
Rapport SGC 105

UNDERSÖKNING OCH FÖRSTÄRKNING AV
KORROSIONSSKYDDET PÅ GASRÖR
FÖRLAGDA I SKYDDSRÖR

Göran Camitz, Korrosionsinstitutet
Charlotte Johansson, SYCON Energikonsult AB
Åsa Marbe, SYCON Energikonsult AB

Februari 2000



Rapport SGC 105

UNDERSÖKNING OCH FÖRSTÄRKNING AV KORROSIONSSKYDDET PÅ GASRÖR FÖRLAGDA I SKYDDSRÖR

Göran Camitz, Korrosionsinstitutet
Charlotte Johansson, SYCON Energikonsult AB
Åsa Marbe, SYCON Energikonsult AB

Februari 2000

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.

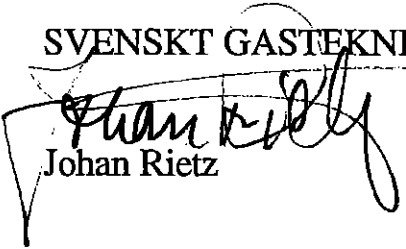
Svenskt Gastekniskt Center AB (SGC) är ett samarbetsorgan för företag verksamma inom energigasområdet. Dess främsta uppgift är att samordna och effektivisera intressenternas insatser inom områdena forskning, utveckling och demonstration (FUD). SGC har följande delägare: Svenska Gasföreningen, Sydgas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

Följande parter har gjort det möjligt att genomföra detta utvecklingsprojekt:

Sydgas AB
Helsingborg Energi AB
Lunds Energi AB
Vattenfall Naturgas AB

Göteborg Energi AB
SE Gas AB
Banverket
Statens Energimyndighet

SVENSKT GASTEKNISKT CENTER AB



Johan Rietz

Förord

Föreliggande rapport med bilagor utgör slutrapportering av Svenskt Gastekniskt Centers (SGC) projekt nr 97.02, "Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör". Projektet har pågått under perioden mars 1997 – juni 1999 och det har finansierats med medel från:

Statens Energimyndighet (genom SGC)
Sydgas AB
Vattenfall Naturgas AB
SE Gas AB
Göteborgs Energi
Helsingborgs Energi AB
Lunds Energi AB
Banverket

I arbetsgruppen som varit knuten till projektet har följande personer ingått:

Staffan Boström, Banverket
Göran Camitz, Korrosionsinstitutet (projektledare)
Hans-Erik Edwall, Sydgas AB (ordförande)
Kjell Eriksson, Göteborgs Energi
Ove Håkansson, Stockholm Energi Gas AB
Charlotte Johansson, Sycon Energikonsult AB
Owe Jönsson, SGC (sekreterare)
Lars Kvist, Helsingborgs Energi AB
Magnus Lindsjö, Vattenfall Naturgas AB
Åsa Marbe, Sycon Energikonsult AB

Projektarbetet har i huvudsak utförts av Charlotte Johansson och Åsa Marbe. Från SGCs sida har projektet administrerats av Owe Jönsson. Projektet har letts av Korrosionsinstitutet.

SAMMANFATTNING

I de svenska ledningsnäten för naturgas ligger gasröret i ett skyddsrör där gasledningen passerar under större väg eller järnväg. Skyddsrör kan nedsätta verkan hos det katodiska skyddet på gasrör i skyddsrör. Skyddsröret medför även att det med traditionell mätteknik inte går att kontrollera effektiviteten hos gasrörets katodiska skydd i skyddsröret. Syftet med detta projekt har varit att undersöka olika metoder för förbättring av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör.

På grund av att frågan om skyddsrör är mycket komplex ur geoteknisk, korrosionsteknisk och elektrisk synpunkt har den behandlats i olika omgångar och projekt här i landet. Dessa tidigare arbeten refereras i denna rapport.

Den experimentella delen i föreliggande projekt – moment 1– har omfattat provning av olika förfaranden, innefattande både visuell och mätteknisk besiktning, för närmare kontroll av förhållandena inne i skyddsrör. Ändarna på fyra skyddsrör, vilkas vilopotential (korrosionspotential) var onormal, schaktades fram. Prov med fiberoptisk undersökning inne i ett par skyddsrör visade att det med denna teknik är svårt att kontrollera tillståndet hos gasrörets skyddsbeläggning. Gasrörets distanshållare utgör ett fysiskt hinder vid införandet av kamerahuvudet. Troligen går det att utveckla tekniken med fiberoptisk besiktning och skräddarsy den för undersökning av förhållandena i spalten mellan gas- och skyddsrör. Konditionen hos distanshållarna av plast, vilka omsluter gasröret och distanserar detta från skyddsröret, kunde däremot kontrolleras ett stycke in i skyddsröret med hjälp av fiberoptiken. I tre av fyra skyddsrör påträffades trasiga distanshållare.

De mättekniska undersökningarna visade att man genom mätning av skyddsrörets elektropotential (den fria korrosionspotentialen) kan dra vissa slutsatser om tillståndet hos gasrörets skyddsbeläggning inne i rörspalten. Om skyddsrörets potential distinkt följer till- och frånslagscykeln hos gasledningens katodiska skydd är detta ett tecken dels på att det finns vatten i rörspalten dels på att det föreligger beläggningsskador på gasrörets del under vattenytan. Mätning med referenselektrod placerad i rörspalten i ett av skyddsrören, vars potential följde till- och frånslagscykeln, visade att gasröret inne i skyddsröret hade otillräcklig skyddspotential. Detta berodde troligen på att skyddsröret med sin utvändiga polyetenbeläggning utgör en "elektrisk barriär" för den katodiska skyddsströmmen. Försök med anslutning av skyddsröret till en jordningsplåt visade att jordning av skyddsrör kan förbättra effektiviteten väsentligt hos gasrörets katodiska skydd i rörspalten.

En ny undersökningsmetodik, som provades i projektet, innebär kontinuerlig mätning av skyddsrörets potential samtidigt som skyddsröret fylls och töms på vatten. Hypotesen var att en plötslig förändring av skyddsrörets potential skulle indikera att vattennivån just hade passerat en beläggningsskada på gasröret. Proven visade att man på detta sätt kan lokalisera var på gasrörets omkrets en eller flera beläggningsskador är belägna. I ett skyddsrör indikerade mätningarna att det fanns två dolda beläggningsskador, varav en påträffades senare genom visuell kontroll. I ett annat skyddsrör erhöles samma indikation men dessa skador kunde inte påträffas, sannolikt på grund av att de låg långt in i skyddsröret.

En annan ny undersökningsteknik som provades innebär ett försök att genom beräkning uppskatta den sammanlagda arean hos beläggningsskador på gasrör i skyddsrör. Metoden innebär att man fyller skyddsröret med vatten och mäter den skyddsström som flyter i förbindelseledaren mellan skyddsröret och en jordningsplåt. Arean beräknas med ledning av uppmätt strömstyrka och genom antagande av ett visst värde på det sk. katodiska skyddsströmbehovet, som i detta sammanhang kan ansättas till t ex 50 mA/m² frilagd stålyta.

Prov i det skyddsrör där man genom visuell kontroll påträffade en beläggningsskada (vars verkliga area alltså kunde bestämmas) visade att man med metoden kan uppskatta den sammanlagda arean hos beläggningsskador med någorlunda god noggrannhet.

Ett andra moment i projektet har omfattat insamling av utländska erfarenheter av utfyllnad av spalten mellan gas- och skyddsrör med ett korrosionshindrande medium. Erfarenhetsinsamlingen har delvis bestått i studiebesök, ett i USA och ett i Holland. I USA och Kanada tillämpas i stor utsträckning fyllning med paraffinvax. Sonderingar hos miljöförvaltningen i en svensk kommun visade att det förmodligen inte finns några hinder från miljöskyddssynpunkt för tillämpning av paraffinvax i skyddsrör här i landet. I Tyskland och Österrike används en slags lättbetong som i flytande tillstånd sprutas in i rörspalten och som sedan får härda. I Schweiz använder man finkornig sand som i fuktat tillstånd sprutas in i rörspalten, så att sanden packas ordentligt.

Ett tredje moment i projektet har utgjorts av aktivt deltagande i utarbetande av en europeisk rekommendation för säkerställande av korrosionsskyddet på gasrör, med eller utan skyddsrör, vid korsningar med trafikleder. Rekommendationens innehåll refereras i föreliggande rapport. Rekommendationen är under utgivning på engelska, tyska och franska.

I projektet har andra pågående standardiseringsarbeten rörande gasledningar i skyddsrör identifierats. I USA utarbetar den amerikanska korrosionsorganisationen NACE en Standard Recommended Practice, som bl a behandlar utfyllnad av rörspalten med paraffinvax. Den tyska gas- och vattenverksföreningen DVGW utarbetar en rekommendation för utfyllnad av rörspalten med lättbetong.

De svenska Naturgassystemnormerna, NGSN/87, revideras för närvarande. I dessa rekommenderas det att korsningar mellan gasledningar och trafikleder utförs utan skyddsrör. Där skyddsrör måste tillämpas, t ex på grund av geotekniska förhållanden, rekommenderas det att skyddsrör av betong används och att rörspalten fylls med fuktig sand.

Rapporten avslutas med rekommendationer, vilka är baserade på projektresultaten, och som omfattar säkerhetshöjande åtgärder både vid befintliga skyddsrörsinstallationer och vid nykonstruktion.

SUMMARY

In the Swedish pipeline network for natural gas the gas pipe is placed in a steel casing pipe (externally protected by a several mm thick polyethylene coating) where the pipeline crosses under a large road or a rail way. Casing pipes may impair the efficiency of the cathodic corrosion protection of the gas pipe in the casing. The use of casing pipes also implies the impossibility of monitoring the cathodic protection efficiency on the encased gas pipe by using traditional measurement technique, i.e. by placing the reference electrode at ground surface. The aim of this project has been to investigate methods for improving the corrosion protection of gas pipes placed in casing pipes.

Since the question of using casing pipes is rather complex from a geotechnical, corrosion technical as well as electrical point of view this matter has been treated in different periods and various projects in Sweden. These earlier works are summed-up in this report.

The experimental part of the project has been directed towards investigation of various techniques, both visual and measurement procedures, for a closer check of the corrosion conditions inside the casing pipe. The ends of four casing pipes exposed to different electrical conditions were excavated and the rubber end seals were opened up. Tests with visual inspection by using a fibre optic camera showed that it is difficult to use this technique for checking the condition of the protective coating on the gas pipe. The technique is time consuming and the pipe spacers that surround the gas pipe constitute an obstacle for the camera head when it is hauled through the pipe annular space. It seems possible, however, to develop this method for inspections inside casing pipes. The method was quite suitable for checking the conditions of the pipe spacers. Damaged spacers were encountered in three casings.

The measurement investigations showed that it is possible to draw certain conclusions concerning the conditions of the coating on the encased gas pipe by measuring the potential of the PE-coated casing pipe. If the potential of the casing pipe follows the on- and off-cycle of the interrupted cathodic protection of the gas pipeline this is an indication of water being present in the pipe annular space and of coating defects on the gas pipe below the water line. Potential measurements with a reference electrode placed in one casing pipe whose potential responded on the on- and off cycle revealed insufficient level of the cathodic protection potential on the gas pipe. Tests which involved the connection of the casing pipe to a buried earthing plate of steel showed that earthing of the casing essentially can improve the cathodic protection efficiency on the gas pipe in the casing pipe.

One new investigation technique which was tested in the project implies continuous recording of the casing potential (on a casing which responds to the on- and off-cycle) at the same time as the casing is filled with and emptied of water. The theory was that a sudden change of the casing potential indicates that the water level just passed a coating defect on the gas pipe. Tests showed that it is possible with the aid of this procedure to identify where on the gas pipe circumference one or more coating defects are situated. In one casing the test revealed the presence of two defects of which one was later localised visually. The same indication was obtained in another casing but these defects could not be localised, probably because they were situated far in the pipe annular space.

Another new investigation technique that was tested is an attempt to estimate the total area of coating defects on gas pipes in casings. The method implies that the casing is filled with water and measurement of the cathodic protection current that flows in the connection lead between the steel casing and a temporarily buried earthing plate of steel. The defect area is calculated by using the measured current and by the assumption of a certain value

of the cathodic current demand for steel in water, which in this stagnant water could be assumed to be for example 50 mA/m² exposed steel area. Tests in the casing where a coating defect was visually discovered (and thus where the defect area could be measured) showed that it is possible to estimate the total area of coating defects on the gas pipe with a rather good accuracy.

A second part of the project has consisted of a gathering of information and foreign experiences of filling up the annular pipe space by a corrosion-preventing medium. In USA and Canada a medium consisting of paraffin wax is used to a large extent. Mostly a hot-wax type is used which is pumped into the casing and which becomes solid when it is chilled. The method requires the existence of two vent pipes which go from the casing up to above ground surface and through which access to the annular space is reached. In Germany and Austria a kind of light concrete is used as filling medium. It is sprayed in fluid form into the casing where it then cures. In Switzerland, where only concrete casings are used, fine-grained sand is being used as filling medium. The sand is wetted and sprayed into the concrete casing.

A third part of the project has involved an active participation in the preparation of a European recommendation for corrosion protection of gas pipelines, with or without casings, at crossings with traffic roads. The recommendation will be published in English, French and German during 1999 by the European Committee for the study of Corrosion and Protection of Pipes, CEOCOR. The recommendation is summarised in this report.

In the project other on-going standardisation works concerning casing pipes have been identified. In USA a Recommended Practice which also covers the use of paraffin wax in casings is being prepared by the NACE organisation. In Germany the national gas- and waterworks association, DVGW, is preparing a recommendation concerning the filling up of casings with light concrete.

In the on-going revision of the Swedish recommendations for the construction of natural gas pipelines it is recommended that crossings with traffic roads be as far as possible constructed without casings. In a situation when casings have to be used, e.g. for geotechnical reasons, it is recommended that concrete casings which are to be filled with wet sand are used.

The report ends up with recommendations based on the project results. The recommendations include corrosion mitigation measures for gas pipes at existing casing installations as well as at the construction of new crossings with traffic roads.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	7
2	PROJEKTETS SYFTE	8
3	TIDIGARE SVENSKA ARBETEN INOM OMRÅDET SAMT SKYDDSRÖRSUTFORMNINGAR I SVERIGE	9
3.1	Litteraturgranskning och undersökning av praxis i andra länder	9
3.2	Rekommendation från Korrosionsinstitutets arbetsgrupp	9
3.3	Naturgassystemnormerna, NGSN/87	10
3.4	Skyddsrörsutformning i de svenska gasledningarna	10
3.5	Fältundersökning av störande elektrisk inverkan från offeranoder i skyddsrör	10
3.6	Mätning av gasrörets katodiska skyddsnivå inne i skyddsrör	10
3.7	Revision av Naturgassystemnormerna	11
4	PROJEKTRESULTAT	12
4.1	Framgrävning av skyddsrör samt provning av mätmetodik – (Moment 1)	12
4.1.4	Provning av ny mätteknik för lokalisering av beläggningsskador	14
4.1.5	Metod för beräkning av storlek hos beläggningsskador	15
4.1.6	Jordning av skyddsrör för förbättring av gasrörets skyddspotential	16
4.2	Utfyllnad av spalten mellan gas- och skyddsrör – (Moment 2)	16
4.3	Deltagande i europeisk arbetsgrupp - (Moment 3)	17
5	REKOMMENDATIONER	20
5.1	Befintliga skyddsrörsinstallationer	20
5.2	Nyinstallation	21
6	SLUTSATSER	22
7	REFERENSER	24
BILAGOR		
Bilaga 1:	Delrapport "Friläggning av skyddsrör i Kävlinge"	
Bilaga 2:	Delrapport "Friläggning av skyddsrör i Halmstad"	
Bilaga 3:	Delrapport "Friläggning av skyddsrör i Hasslarp"	
Bilaga 4:	Delrapport "Friläggning av skyddsrör i Fosie"	
Bilaga 5:	Europeiska rekommendationer, CEOCOR Recommendation	
Bilaga 6:	Reserapport från besök vid Gasunie, Holland	
Bilaga 7:	Reserapport från deltagande i NACE Conference, USA	
Bilaga 8:	Korrosionsteknisk ordlista	

1 INLEDNING OCH BAKGRUND

I det svenska naturgasnätet ligger gasledningarna, som är katodiskt skyddade, i skyddsror av plastbelagt stål där ledningarna går under järnvägar och större vägar. Det finns ett 90-tal sådana skyddsroर्सinstallationer på de svenska naturgasledningarna. Stålskyddsror på gasror i korsningar är vanligt även utomlands. Trots gummitätningar vid skyddsroर्सändarna har de flesta skyddsror med tiden blivit mer eller mindre vattenfyllda. I sådana fall är det absolut nödvändigt att skyddsströmmen från det katodiska skyddet når in till gasroret i skyddsroret och skyddar stålet i porer och eventuella mekaniska skador i rörets skyddsbeläggning.

Skyddsror kan verka som en "barriär" för skyddsströmmen varvid den katodiska skyddverkan kan bli nedsatt. Eftersom gasroret inne i skyddsroret inte är tillgängligt för inspektion och eftersom man med dagens mätteknik inte kan avgöra om gasror i skyddsror med vatten har fullständigt katodiskt skydd utgör skyddsroren ur korrosionssynpunkt en osäkerhet i ledningsnäten.

Vid senare års kontrollmätningar av gasledningarnas katodiska skydd har man observerat onormalt stort flöde av katodisk skyddsström till ett antal skyddsror. Detta tyder på att det förekommer beläggningsskador på gasroren i dessa skyddsror. Vidare har man observerat onormalt höga (positiva) potentialer på några skyddsror. Det har varit svårt att tolka innebörden av dessa potentialer, men de skulle kunna tyda på att skyddsroret, och möjligen även gasroret, är utsatt för korrosionsfarlig elektrisk påverkan på dessa ställen.

I diskussioner mellan Vattenfall Naturgas AB, Sydgas AB, Sycon Energikonsult AB och Korrosionsinstitutet har det framförts förslag på nya metoder för kontroll av tillståndet hos korrosionsskyddet på gasror i skyddsror. Man ansåg att det vore värdefullt att prova dessa metoder i fält.

I Nordamerika och i vissa länder i Europa använder man sedan en tid en teknik där man fyller ut utrymmet mellan gas- och skyddsror med olika slags korrosionshindrande medier. Metodiken tillämpas på gasledningar både med och utan katodiskt skydd samt både i befintliga skyddsroर्सinstallationer och vid nybyggnation. Svenska gasbolag har visat intresse för en närmare undersökning av förutsättningarna för tillämpning av denna skyddsmetod på gasledningar här i landet.

Samtidigt med förberedelserna för föreliggande projekt påbörjade en projektgrupp inom den europeiska korrosionsorganisationen CECOR (European committee for the study of corrosion and protection of pipelines) arbetet med att utarbeta en rekommendation för säkerställande av korrosionsskyddet av gasledningar vid korsningar med trafikleder. Det var uppenbart att ett aktivt svenskt deltagande i detta arbete skulle kunna tillföra projektet värdefull kunskap, varför man beslutade låta detta ingå som ett moment i projektet.

2 PROJEKTETS SYFTE

Syftet med projektet har varit

- att undersöka tillförlitligheten hos ny metodik för mätning och förbättring av den katodiska skyddsnivån på gasrör i skyddsrör
- att undersöka förutsättningarna för utfyllnad av spalten mellan gas- och skyddsrör med ett korrosionshindrande medium
- att ta del av utländska erfarenheter genom aktivt deltagande i utarbetandet av en europeisk rekommendation på området gasledningar i korsningar med trafikleder

Det övergripande målet har varit att ta fram åtgärder för minimering av risken för korrosionsskador på gasrör i skyddsrör, både i befintliga installationer och vid nybyggnad.

3 TIDIGARE SVENSKA ARBETEN INOM OMRÅDET SAMT SKYDDSRÖRSUTFORMNINGAR I SVERIGE

Ända sedan strax före utbyggnaden 1984/85 av den första svenska etappen av naturgasledningar (ledningsnätet Sydgas I) har man i olika omgångar och projekt behandlat frågan om korrosionssäkerheten för gasledningsrör i skyddsrör.

3.1 Litteraturgranskning och undersökning av praxis i andra länder

På initiativ av bl a Sydgas AB, Sprängämnesinspektionen, Statens Järnvägar och Vägverket genomförde Korrosionsinstitutet under 1983/84 en omfattande utredning som rymde en litteraturgranskning och en enkätundersökning av praxis i andra länder i Europa och Nordamerika (ref. 1 och 2). Meningen var att utredningen skulle utgöra ett av underlagen när man beslutade om utformning av gasröret vid korsning med väg/järnväg i kommande svenska gasledningar.

Granskningen av litteraturen visade att frågan är komplex ur geoteknisk, korrosionsteknisk och elektrisk synpunkt. Av enkätundersökningen framgick det att man i olika länder tillämpar olika lösningar vid korsningar mellan gasledning och trafikleder. Huvudresultatet från både litteratur- och enkätundersökningarna var att skyddsrör försämrar verkan av det katodiska skyddet på stålröret i skyddsröret.

Det vanliga är att skyddsrör används, men materialet i skyddsrören varierar (belagt eller obelagt stål, armerad betong, asbestcement och plast). I vissa länder fylls utrymmet mellan gas- och skyddsrör med ett medium, vanligen sand, en slags lättbetong eller bitumen. I några länder placerar man offeranoder i rörspalten, vilka blir verksamma och ger galvaniskt katodiskt skydd till gasröret när och om rörspalten så småningom fylls med grundvatten. I vissa delstater i några länder (t ex Tyskland och USA) tillämpas normalt inte skyddsrör utan gasröret har förstärkt godstjocklek och läggs på större djup vid korsningar. I Nordamerika förses ofta skyddsrör av stål med "ventilationsrör" som går upp till markytan.

Av enkäten framgick det att det i ett antal fall har uppstått genomgående fräthål på gasrör i skyddsrör som en följd av vatteninträngning och av att det ordinarie katodiska skyddet inte varit tillräckligt verksamt som en följd av skyddsrörets "elektriska barriärverkan". Slutligen visade enkätundersökningen att det råder delade meningar mellan uppgiftslämnarna om värdet med skyddsrör och om korrosionsriskerna vid tillämpning av skyddsrör.

3.2 Rekommendation från Korrosionsinstitutets arbetsgrupp

I arbetsgruppen som var knuten till projektet, som nämns i föregående avsnitt, utarbetades en KI-rekommendation för tillämpning av skyddsrör på gasrör vid korsning med väg eller järnväg (ref. 3).

Huvudbudskapet i KI-rekommendationen är att användning av skyddsrör begränsar möjligheten att upprätthålla fullgott katodiskt skydd på gasröret i skyddsröret varför det rekommenderas att man så långt möjligt undviker att lägga gasrör i skyddsrör. I de fall skyddsrör måste tillämpas och dessa är av stål förordar rekommendationen att skyddsrörets utsida skall vara försedd med en kraftig plastbeläggning. Skyddsrör av betong behöver inte beläggas. I skyddsrör av stål rekommenderas det att offeranoder, som ansluts elektriskt till gasröret, placeras i spalten mellan gas- och skyddsrör. (Offeranoder av magnesium har i efterhand visat sig ge störande elektrisk biverkan, se följande avsnitt).

3.3 Naturgassystemnormerna, NGSN/87

I Naturgassystemnormerna NGSN/87 som gavs ut 1987 förtydligade man KI-rekommendationen på några punkter. Vid tillämpning av skyddsrör av stål anvisar NGSN följande:

- gasröret skall föras på plats i skyddsröret med stor försiktighet
- gasröret skall läggas centrerat med distanshållare i skyddsröret med en spalt mellan rören på 75 mm
- skyddsröret skall ha en utvändig skyddsbeläggning som är mekaniskt tålig
- en kedja av offeranoder skall placeras i skyddsröret och anslutas till gasröret
- skyddsrörets båda ändar skall tätas mot vatteninträngning

3.4 Skyddsrörsutformning i de svenska gasledningarna

Det finns ett 90-tal skyddsrör i de svenska ledningsnäten för naturgas. Praktiskt taget samtliga skyddsrör är utformade i enlighet med anvisningarna i Naturgassystemnormerna.

3.5 Fältundersökning av störande elektrisk inverkan från offeranoder i skyddsrör

Under 1988 gjorde Sydgas AB och Bergsöe Anti Corrosion AB en omfattande mätteknisk fältundersökning av elektrisk biverkan från offeranoderna av magnesium, vilka var placerade i skyddsrör i rörnätet Sydgas I. Bakgrunden var att Sydgas hade noterat underliga potentialmätvärden på rörsektioner nära skyddsrör vid den årliga kontrollmätningen av gasledningens katodiska skyddspotential.

Undersökningen visade att offeranoderna genererade galvanisk skyddsström inte bara till gasröret inne i skyddsröret utan till långa sträckor av gasröret utanför skyddsröret. Man fann att en del av skyddsströmmen från offeranoderna flöt ut till omgivningen genom skyddsrörets stålgojs, som en följd av magnesiumets mycket negativa elektropotential. Detta medförde två icke önskvärda elektriska biverkningar. Dels försköts potentialen på skyddsrörets utsida i positiv riktning (innebärande korrosionsrisk för skyddsröret) som en följd av strömutträdet, dels förfalskade strömflödet från offeranoderna uppmätta värden på den sk IR-fria ("rättvisande") skyddspotentialen på gasledningen utanför skyddsröret. Försök att begränsa offeranodernas strömavgivning till en låg och stabil nivå med hjälp av justerbara motstånd lyckades inte. Denna undersökning är inte publicerad.

Undersökningen ledde till att den elektriska anslutningen mellan offeranoder och gasrör bröts för gott i samtliga skyddsrör. Offeranoderna lämnades alltså liggande överksamma i skyddsrören.

3.6 Mätning av gasrörets katodiska skyddsnivå inne i skyddsrör

I och med att offeranoderna kopplades bort, som nämnts i föregående avsnitt, uppstod frågan vilken katodisk skyddspotential som gasröret i skyddsröret erhöll från gasledningens ordinarie katodiska skydd, vilket är av typen påtryckt ström. Nästa fråga var: hur skall man kunna mäta gasrörets skyddspotential, när mätning med referenselektrod placerad i markytan inte ger någon information alls om rörpotentialer inne i skyddsröret?

I ett samarbetsprojekt mellan Sydgas AB, Korrosionsinstitutet och Bergsöe Anti Corrosion AB utformades en speciell mätprocedur där man efter kalibrering mot en referenselektrod i

markytan kunde använda en av de icke anslutna offeranoderna (av magnesium) i skyddsröret som nöjaktig referenselektrod för mätning av skyddspotentialen på gasröret inne i skyddsröret. Provmätningar i ett specialutformat skyddsrör visade att mätmetodiken fungerade. Efter kontrollmätningar i samtliga 29 mer eller mindre vattenfyllda skyddsrör i Sydgas I bedömdes gasröret vara tillräckligt katodiskt skyddat i de flesta skyddsrör. Mätningarna var mycket komplicerade och tidsödande och i några fall störda elektriskt av sk jordmagnetiska strömmar varför potentialvärdena i några skyddsrör bedömdes vara osäkra. Undersökningen är publicerad (ref. 4).

3.7 Revision av Naturgassystemnormerna

Naturgassystemnormerna från 1987 har under 1998/99 reviderats. I revideringsarbetet har hänsyn tagits till resultat i föreliggande projekt. I remissutgåvan från juni 1999 anvisas följande beträffande korsning mellan gasledning och trafikled:

- Skyddsrör bör i möjligaste mån undvikas
- Efter pressning av gasrör (utan skyddsrör) och innan röret svetsas till den övriga ledningen skall gasrörets skyddsbeläggning kontrolleras på elektrisk väg med avseende på mekaniska skador
- Om skyddsrör skall användas skall det vara av betong
- Betongröret skall inte ha någon ytbeläggning
- Spalten mellan gas- och skyddsrör skall fyllas med sand
- Skyddsrörets båda ändar skall försees med tätning som håller sanden på plats och som förhindrar inträngning av jord och stenar

4 PROJEKTRESULTAT

Projektarbetet har varit uppdelat i tre moment:

Moment 1: Framgrävning och inspektion av befintliga skyddsror samt provning av ny mätmetodik

Moment 2: Sondering av utländska procedurer och använda medier för utfyllnad av spalten mellan gas- och skyddsror, samt undersökning av förutsättningarna för tillämpning av detta förfarande i de svenska skyddsroresinstallationerna

Moment 3: Deltagande i en arbetsgrupp inom European committee for the study of corrosion and protection of pipes (CEOCOR) vars uppgift har varit att utarbeta en europeisk rekommendation för säkerställande av korrosionsskyddet på jordförlagda rörledningar vid korsningar med trafikleder.

4.1 Framgrävning av skyddsror samt provning av mätmetodik – (Moment 1)

Projektets huvudmoment har utgjorts av framgrävningar av och inspektioner i skyddsror samt provning av ny mätmetodik. Fyra skyddsror har grävts fram. De är belägna i Kävlinge, Halmstad, Fosie och Hasslarp. Gasledningarna är på samtliga ställen katodiskt skyddade, och skydden är av typen påtryckt ström med fjärranoder. Anledningen till att just dessa skyddsror valdes för framgrävning var att deras elektropotential (fria korrosionspotential) visade onormala värden. Framgrävningarna redovisas i **bilaga 1 - 4**.

4.1.1 Observationer vid framgrävningar

Vid framgrävning av skyddsroren gjordes en rad observationer:

- Vatten påträffades i tre av de fyra inspekterade skyddsroren (Kävlinge, Halmstad och Fosie). Där ligger roren under grundvattennivån. Grundvatten hade trängt in trots att gummidamaskerna var oskadade och intakta. I ett skyddsror (Hasslarp) påträffades inget vatten. Detta rör ligger ovan grundvattennivån. Även i Hasslarp var gummidamaskerna oskadade.
- Insidan av de skyddsror som innehöll grundvatten var mer eller mindre angripen av korrosion både under och ovan vattenytan. Se bild 4 i **bilaga 2**. I skyddsroret utan vatten (Hasslarp) var insidan inte angripen.
- I tre av fallen (Kävlinge, Halmstad och Fosie) observerades att några plastvingar i distanshållarna, som är fastsatta som ett band runt gasröret, var spruckna eller helt avbrutna. De trasiga distanshållarna var belägna vid skyddsrorets båda ändar. Distanshållarna längre in i skyddsroren syntes vara oskadade. Detta förhållande tyder på att hållarna skadats genom rörelser hos gas- eller skyddsroret, förmodligen på grund av marksättningar. Se bilder i **bilaga 2**.
- Vid framgrävningarna drogs de befintliga (men icke anslutna) offeranoderna av magnesium ut ur skyddsroren. I ett skyddsror med vatten (Fosie) hade anoderna lösts upp nästan helt och hållet genom egenkorrosion. I de två andra skyddsroren med vatten var anoderna konstigt nog praktiskt taget oangripna. Möjligen kan vatten ha trängt in först på senare år i dessa skyddsror. I skyddsroret som saknade vatten (Hasslarp) var anoderna helt oangripna.

- I ett skyddsrör (Kävlinge) påträffades en mekanisk skada i gasrörets skyddsbeläggning. Skadan var belägen på gasrörets undersida och under gummidamasken, dvs. vid skyddsrörets mynning. Ca 1 cm² stålyta var exponerad för grundvattnet i skyddsröret. Inget korrosionsangrepp förekom. Beträffande metodik för lokalisering av beläggningsskadan, se vidare nedan i punkten "Provning av ny mätmetodik".

4.1.2 Besiktning i rörspalten genom fiberoptisk videofilmning

Vid två framgrävningar (Kävlinge och Halmstad) gjordes försök att inspektera utrymmet mellan gas- och skyddsrör med hjälp av fiberoptik, nämligen med ett sk. endoskop. Ett kamerahuvud, vilket var vridbart genom fjärrmanövrering, fästes på en bärlina och halades successivt in i rörspalten. Avsökningen med endoskopet videofilmades hela vägen. En distansmätare angav hela tiden på videofilmen avståndet från skyddsrörsmynningen in till kamerahuvudet. Följande erfarenheter gjordes:

- Det är mycket svårt och tidsödande att lotsa fram kamerahuvudet i det trånga utrymmet förbi distanshållarnas vingar, på grund av att dessa sitter osymmetriskt i förhållande till varandra från hållare till hållare. Även de långa plaströren, vilka offeranderna legat i, och deras fastsurrning på gasröret utgjorde fysiska hinder. Av detta skäl gick det inte att komma igenom hela skyddsröret med kamerahuvudet i något av fallen.
- Sikten blir då och då mycket dålig inne i rörspalten. Antingen är det för mörkt eller så bildas det bländande ljusreflexer från den starka kamerabelysningen.
- Det är mycket tidsödande att med ett kameraobjektiv försöka inspektera tillståndet hos gasrörets hela mantelyta (skyddsbeläggning) inne i skyddsröret, på grund av ytans förhållandevis stora area. Små beläggningsskador är troligen svåra att upptäcka (en mindre skada som hade reparerats upptäcktes dock) medan ytmässigt större skador bör vara lättare att se.
- Inspektionen av distanshållarnas tillstånd fungerade ganska bra även långt in i rörspalten.
- Gasrörets mekaniska tillstånd, t ex förekomst av bucklor och dylikt, bedöms också kunna inspekteras med denna teknik.
- Det bedöms vara möjligt att utveckla och skräddarsy en kamerautrustning för inspektioner av gasrör i skyddsrör. Den utrustning som provades i detta projekt var egentligen utvecklad för invändig inspektion av markförlagda avloppsledningar.

Inspektionen med fiberoptik beskrivs närmare i **bilaga 1**. Videofilmerna som togs vid dessa inspektioner finns sparade vid Sydgas AB i Åstorp och vid Korrosionsinstitutet.

4.1.3 Tolkning av potentialmätningar på gas- och skyddsrör

De fyra undersökta skyddsrörens elektropotential uppvisade, som sagts tidigare, onormala värden. I två av fallen (Kävlinge och Fosie) följde skyddsrörets potential gasledningens ON- och OFF- potential (dvs. gasledningens potentialändring vid upprepad till- och fränslagning av det katodiska skyddet). I de två andra fallen (Halmstad och Hasslarp) var skyddsrörets potential förskjuten onormalt mycket i positiv riktning till ett värde (ca. -100 mV) som dock inte var helt stabilt utan svängde långsamt ett eller ett par hundra millivolt. Under normala förhållanden ligger potentialen hos ett skyddsrör på ett stabilt värde mellan ungefär -500 och -600 mV.

I Halmstad hade dessutom gasledningens katodiska skyddspotential försämrats under senare år och var alltså inte längre tillräckligt negativ. Vid långtidsloggning av gasrörets potential visade det sig dessutom att den förändrades markant under en kort stund vid tågpassage, trots att den aktuella järnvägen inte är elektrifierad. De omfattande mättekniska undersökningar på de fyra platserna och analyserna av mätresultat visade att man genom mätning av skyddsrörets potential kan dra vissa slutsatser om tillståndet hos både gasrörets skyddsbeläggning inne i skyddsröret och skyddsrörets utvändiga skyddsbeläggning enligt följande:

- Det faktum att potentialen hos ett skyddsrör varierar i takt med till- och frånslagscykeln (som styrs med en tidsinställd brytare) hos gasledningens katodiska skydd innebär att det föreligger en elektrisk krets där skyddsström från gasledningens strömmatade fjärranoder flyter genom jorden, in genom skyddsrörets rörgods (i en eller flera beläggningsskador) och vidare till en eller flera beläggningsskador på gasröret i skyddsröret. Detta innebär i sin tur att skyddsröret är fyllt med vatten till en viss nivå samt att det förekommer en eller flera porer eller skador i gasrörets beläggning under vattenytan i skyddsröret. Förhållandet visas med diagram bl a i **bilaga 1 och 4**.

Genom att mäta skyddsrörens potential, t ex i samband med den årliga rutinmätningen av gasledningens katodiska skydd, kan man alltså identifiera förekomst av beläggningsskador på gasrör i vattenfyllda skyddsrör.

- Orsaken till den onormalt positiva, men dock ej helt stabila, potentialen hos skyddsröret i Hasslarp var att skyddsrörets utvändiga polyetenbeläggning var helt intakt utan några som helst mekaniska skador, vilket innebär att den uppmätta potentialen är falsk. Att orsaken var intakt skyddsbeläggning bevisades genom att man åstadkom en "elektrolytbrygga" av lerjord mellan marken och rörstålet i skyddsrörets ände, varvid röret blev jordat och intog en normal och stabil potential. En närmare redogörelse för mätströmkretsen ges i **bilaga 3**. Troligen var orsaken den samma till den onormalt positiva potentialen på skyddsröret i Halmstad, även om det inte påvisades experimentellt lika entydigt där. Potentialändringen till ett mera negativt och stabilt värde vid vattenpolning på en stålyta på skyddsrörets ände stödjer dock detta antagande.

Om man vid t ex rutinmätning påträffar onormalt positiv skyddsrörspotential kan man alltså kontrollera om detta beror på intakt skyddsbeläggning eller på verklig, korrosionsfarlig elektrisk påverkan genom att man tillfälligt "jordar" röret med ett litet stål-föremål. Ett tecken på att orsaken är intakt beläggning är om potentialen genast sjunker till ett negativt och stabilt värde (t ex -500 till -650 mV).

- Orsaken till att den katodiska skyddspotentialen på gasröret i marken utanför skyddsröret i Halmstad inte var tillräckligt negativ och att den ändrades markant vid tågpassage berodde på ett elektriskt fel i järnvägens signalspårledning, som går i rälisen över gasledningen. De elektriska förhållandena i signalspårledningen beskrivs närmare i **bilaga 2**.

Denna upptäckt visar att det är viktigt att noggrant kontrollmäta gasledningens skyddspotential vid närhet till järnvägars signalspårledning, oavsett om järnvägen är elektrifierad eller inte. Helst bör man mäta potentialen med en logger under en viss tidsperiod så att mätningen omfattar några tågpassager.

4.1.4 Provning av ny mätteknik för lokalisering av beläggningsskador

Innan projektstarten hade man diskuterat möjligheten att närmare kontrollera förekomsten av beläggningsskador på gasrör i skyddsrör genom tillämpning av en ny undersökningsmetodik. Metodiken innebär kontinuerlig registrering av skyddsrörets potential sam-

tidigt som spalten mellan gas- och skyddsrör fylls och töms på vatten. Hypotesen var att en plötslig förändring av skyddsrörets potential skulle indikera att vattennivån just hade passerat en beläggningsskada på gasröret, som en följd av att strömflödet till skyddsröret och vidare in till skadan hade förändrats.

Med denna metodik skulle man alltså både kunna kontrollera förekomst av en eller flera beläggningsskador på gasröret och dessutom kunna avgöra var på rörets omkrets skadan/skadorna är belägna. Förfarandet bygger på förståelsen av den strömkrets som föreligger när skyddsrörets potential följer till- och frånslagscykeln hos gasledningens katodiska skydd (se föregående avsnitt "Tolkning av potentialmätningar på gas- och skyddsrör"). Undersökningsförfarandet beskrivs närmare i **bilaga 1**.

Mätförfarandet provades i alla fyra undersökta skyddsrör. I Kävlinge visade mätningarna på förekomst av två beläggningsskador på gasröret. Den ena upptäcktes senare vid skyddsrörets ena ände genom visuell undersökning medan den andra inte kunde påträffas. Den senare är sannolikt belägen längre in i skyddsröret. Även i Fosie visade mätningarna på förekomst av en skada. Denna kunde dock inte påträffas vid visuell undersökning. I de två andra skyddsrören (Halmstad och Hasslarp) antydde mätningarna att det inte förekommer några beläggningsskador på gasrören.

Undersökningen verifierade alltså att detta mätförfarande kan ge värdefull information om tillståndet hos skyddsbeläggningen på gasrör i skyddsrör, särskilt i skyddsrör som inte innehåller något vatten. I sådana skyddsrör kan ju inte skyddsrörets potential reagera på till- och frånslagscykeln hos gasledningens katodiska skydd på grund av avsaknad av elektrolyt (vatten), även om det förekommer beläggningsskador på gasröret.

4.1.5 Metod för beräkning av storlek hos beläggningsskador

Man hade vid projektstarten också diskuterat en mät- och beräkningsmetodik med vilken man skulle kunna uppskatta den sammanlagda arean hos en eller flera konstaterade beläggningsskador på gasröret. Metoden innebär att man först fyller skyddsröret med vatten och sedan mäter storleken på den skyddsström som leds in till skyddsröret via ett tillfälligt eller permanent anordnat jordtag. Genom antagande av ett visst värde (t ex 50 mA/m² stål-yta) på sk erforderlig katodisk strömtäthet på obelagt stål i vatten skulle den sammanlagda blottlagda stálytan kunna beräknas. Beräkning sker enligt

$$A = \frac{I_{dc}}{J_{erf.}}$$

där A = Stålarea i beläggningsskada (m²)
 I_{dc} = Uppmätt skyddsström (mA)
 $J_{erf.}$ = Erforderlig strömtäthet (mA/m² stályta) för polarisering av en stályta till skyddspotential. Kan sättas till 50 mA/m² i stagnant vatten.

Beräkningsmetodens giltighet kontrollerades vid undersökningarna i Kävlinge. I anslutningsledaren till jordningsplåten mättes ett strömflöde på 6 - 8 µA. Beräkningarna antydde att den sammanlagda arean hos de två förmodade beläggningsskadorna skulle vara i storleksordningen 1 - 3 cm². Endast den ena av skadorna påträffades senare och dess area var ca. 1 cm². Arean hos den icke påträffade skadan bedömdes, efter mätning med sk. polarisationselektrod, vara av samma storleksordning varför den sammanlagda skadearean bör ligga inom det framräknade intervallet.

Undersökningen visade alltså att man med detta mät- och beräkningsförfarande kan uppskatta storleken hos beläggningsskador på gasrör i skyddsrör med ganska god noggrannhet.

4.1.6 Jordning av skyddsrör för förbättring av gasrörets skyddspotential

Skyddsrören på de svenska gasledningarna är, som sagts tidigare, utvändigt skyddade mot korrosion med en flera millimeter tjock beläggning av polyeten (PE). En nackdel med PE-beläggningen är att den, pga dess höga elektriska resistans, motverkar flödet av skyddsström från gasledningens katodiska skydd in till gasröret. En helt intakt beläggning på skyddsröret omöjliggör strömflödet. För att strömmen ska kunna flyta någorlunda obehindrat genom skyddsrörets rörgods in till gasröret fordras det att skyddsrörets stályta är fri-lagd i någorlunda stora beläggningsskador, som uppkommit t ex vid rörinstallationen. Ströminträdet i skyddsröret kan emellertid underlättas genom att skyddsröret jordas med t ex en stålplåt med tillräckligt stor area så att dess jordningsresistans blir låg. Effekten av jordning av skyddsrör med hjälp av olika stora jordningsplåtar undersöktes i samband med framgrävningen av skyddsröret i Kävlinge.

En sk. polarisationselektrod, med vilken man kan mäta t ex den katodiska skyddspotentialen mycket noggrant på en definierad stályta, placerades invid gasröret inne i skyddsröret. Elektrodens stályta, som är ansluten till gasröret, motsvarar stálytan i en beläggningsskada på gasröret. Skyddsröret fylldes med vatten. Före anslutning av jordningsplåten (area ca 1m²) var stálytans skyddspotential -0,54 V (alltså helt otillräcklig) och efter anslutningen var potentialen -0,89 V, vilket i detta fall får betraktas som en tillräckligt negativ skyddspotential eftersom gasröret ligger i vatten i skyddsröret.

Mätningen med polarisationselektroden visade alltså på två viktiga sakförhållanden. För det första, att ett skyddsrör kan försämra skyddspotentialen på gasrör väsentligt och för det andra, att anslutning av en jordningsplåt till skyddsröret väsentligen kan öka effektiviteten hos det katodiska skyddet på gasröret i skyddsröret. Jordningsplåtens area bör vara minst några dm² och plåten måste placeras i blöt (lågresistiv) jord för att full effekt skall uppnås. Provet med jordning av skyddsröret beskrivs närmare i **bilaga 1**.

Som en följd av de positiva erfarenheterna med jordtag vid undersökningen i Kävlinge anslöts de övriga tre skyddsrören, som ingick i projektet, permanent till en jordningsplåt.

4.2 Utfyllnad av spalten mellan gas- och skyddsrör - (Moment 2)

Detta moment har omfattat insamling av information om utländska procedurer och använda medier för utfyllnad av spalten mellan gas- och skyddsrör som korrosionshindrande åtgärd på gasrör. Utöver erfarenhetsinsamlingen företogs två studieresor, en till USA och en till Holland. Se **bilaga 6 och 7**. För utfyllnad av rörspalten används utomlands följande medier:

- Paraffinvax (i skyddsrör av stål)
- Sand (i skyddsrör av betong)
- Cementbruk (lättbetong) (i skyddsrör av stål)

Alla tre medierna används både för utfyllnad av befintliga skyddsrör och vid nybyggnation. Vid användning av alla tre medier tillämpas någon form av tätning, t ex gummidamasker, av skyddsrörets mynnningar. Avsikten är att hålla mediet på plats och att hindra att jord tränger in i rörspalten.

Paraffinvax (som är en petroleumbaserad produkt) är troligen det äldsta mediet för utfyllnad av skyddsrör. Det är, så vitt bekant, det enda mediet som används i USA och Kanada,

där det tillämpas i stor utsträckning. Mediet har använts åtminstone sedan 1960-talet. Paraffinvax är ingen elektrolyt, dvs. det leder inte ström. Det vanligast förekommande fabrikatet (Trenton Fill Coat) har använts i ca. 7000 skyddsroörsinstallationer i Nordamerika. Det finns två varianter; ett varmvax och ett kallvax. Varmvaxet anses ge bäst resultat genom att det lättare fyller ut hålrum kring t ex distanshållare. För att man skall kunna pumpa in vaxet i skyddsroöret måste roöret vara försett med två ventilationsroör. Ventilationsroör saknas på skyddsroör i Europa, vilket kan vara en förklaring till att mediet inte har kommit till användning här. Paraffinvaxet har ingen skadlig miljöpåverkan. Sonderingar hos miljönämnden i Åstorps kommun om möjligheterna att använda mediet i skyddsroör i denna kommun har givit positivt resultat. Paraffinvaxet beskrivs närmare i **bilaga 7**.

För tillfället pågår utarbetandet av en sk. Recommended Practice i den nordamerikanska korrosionsorganisationen National Association of Corrosion Engineers (NACE). Rekommendationen behandlar bl a utfyllnad av roörspalten med paraffinvax. Rekommendationen har arbetstiteln "Steel-cased pipeline practices" och utarbetas av kommittén T-10A-18. Rekommendationen föreligger för närvarande endast som internt förslag.

I Schweiz föreskrivs att skyddsroör på katodiskt skyddade roörledningar skall vara av betong eller fibercement samt att spalten mellan produkt- och skyddsroör skall fyllas med sand (ref. 5). Man använder en finkornig, ren sand som sprutas in något fuktig i skyddsroöret så att den packas ordentligt. Sandfyllning tillämpas i Schweiz sedan 1970-talet. I Schweiz anser man att den fuktiga sanden underlättar väsentligt för den katodiska skyddsströmmen att nå beläggningsskador på gasroöret oavsett var på roörets omkrets de är belägna. Vidare anses den rena sanden endast vara svagt korrosiv, vilket är av betydelse om det katodiska skyddet skulle upphöra att fungera en längre tid.

I Tyskland och i Österrike används en form av lättbetong (ty.: Dämmer) för utfyllnad av roörspalten. Lättbetongen sprutas i form av cementbruk in i skyddsroöret. Mediet är en elektrolyt, dvs. det leder ström, och resonemanget för lättbetongen i Tyskland är det samma som för sanden i Schweiz. En fråga som dock diskuteras är om det kan medföra några komplikationer ur korrosionssynpunkt att lättbetongen är så alkalisk, dvs. att den har ett så högt pH-värde som 12 – 13. En tysk rekommendation är under utarbetande inom DVGW (tyska gas- och vattenverksföreningen) för utfyllnad av skyddsroör med lättbetong. Rekommendationen har titeln "Ringraumvefüllung von Mantelröhren" och beteckningen DVGW-GW 307 (ref. 6).

I Holland experimenterar man med en speciell förstärkning av gasroörets skyddsbeläggning i roörspalten vid nyinstallationer eller förlängning av befintliga av skyddsroör. Vid nyinstallation avser man att trä ett PE-roör på gasroöret. Spalten mellan roören, som är 10 mm, ska sedan fyllas med en korrosionsskyddande seg polymer. Vid förlängning av befintliga skyddsroör avser man att tejpa gasroöret (som sedan kommer att ligga i det förlängda skyddsroöret) och därefter lägga två PE-roörhalvor kring det tejpade roöret. Förfarandena beskriv närmare i **bilaga 6**.

4.3 Deltagande i europeisk arbetsgrupp - (Moment 3)

Ett särskilt moment i projektet har, som nämnts tidigare, innefattat deltagande i arbetsgruppen "Corrosion protection of steel pipes in casing pipes" vilken administreras av den europeiska korrosionsorganisationen CECOR (European committee on the study of corrosion and protection of pipelines). Arbetsgruppens huvuduppgift har varit att utarbeta en rekommendation för hur korrosionsskyddet skall säkerställas på gasroör i korsningar med landsvägar, järnvägar eller vattendrag. En annan uppgift har varit utbyte av erfarenheter med olika utformningar av korsningar mellan gasledning och trafikleder.

Arbetsgruppen tillsattes i januari 1996 och den avslutade sitt arbete våren 1999 i och med att rekommendationen (den tyskspråkiga versionen) vid CEOCORs årsmöte i maj samma år godkändes för utgivning. Rekommendationens originalspråk är tyska, men en engelsk version (ännu ej språkgranskad) återfinns i **bilaga 5**. (Det finns även en franskspråkig version). Rekommendationen kan beställas från CEOCORs sekretariat i Bryssel (ref. 7).

Rekommendationen behandlar åtgärder vid korsningar både med och utan skyddsror och åtgärder både vid befintliga skyddsroresinstallationer och vid nybyggnation. Rörledningar både med och utan katodiskt skydd behandlas. I det följande refereras kortfattat rekommendationens huvudavsnitt.

a) Historisk överblick

Här beskrivs hur skyddsroresinstallationer har utformats konstruktionstekniskt under olika tidsepoker i framförallt Mellaneuropa.

b) Korrosionsrisker för gasrör i skyddsror

Detta avsnitt behandlar ingående de olika korrosionsrisker som föreligger för gasröret under olika förhållanden i och omkring skyddsroret.

c) Mätmetoder för undersökning av korrosionsrisk på gasrör i skyddsror

I detta avsnitt beskrivs mätmetoder för identifiering av kontakt och för lokalisering av kontaktstället då det föreligger oavsiktlig metalledande kontakt mellan gasrör och skyddsror av stål. Vidare anvisas hur man genom tolkning av skyddsrorets elektropotential kan dra slutsatser om korrosionsförhållandet på gasröret i skyddsroret. Mätprocedurerna är tydligt beskrivna med hjälp av principfigurer och kopplingsscheman.

d) Beslutskriterier för vidtagande av avhjälpande åtgärder

Här beskrivs hur risken för korrosion på gasröret kan klassificeras i tre olika riskklasser. Kriterierna för varje riskklass baseras på mätningar. Klassificeringen ger vägledning för hur akut åtgärdsbehovet är. Riskklass 1 innebär behov av åtgärd inom två år. Vid riskklass 2 rekommenderas åtgärd inom fem år och vid riskklass 3 åtgärd inom tio år.

e) Åtgärder för avhjälpande av korrosionsrisk på gasrör i befintligt skyddsror

I detta avsnitt beskrivs olika åtgärder som kan vidtas för att avhjälpa korrosionsrisk på gasröret beroende på vilken risksituation som föreligger. Åtgärder som behandlas är

- Avlägsnande av skyddsroret
- Avkortning av skyddsroret
- Avkortning av skyddsroret och lyftning av gasröret
- Utfyllnad av rörspalten med massa som leder ström – lättbetong eller stabiliserad sand
- Utfyllnad av rörspalten med massa som icke leder ström – paraffinvax
- Förstärkt katodiskt skydd – offeranoder i rörspalten
- Förläggning av nytt gasrör i korsningen

Rekommendationer för nyinstallationer

I avsnittet ges rekommendationer för korsningar

- utan skyddsrör
- med skyddsrör av betong
- med skyddsrör av stål
- med skyddsrör av plast

Huvudbudskapet är att man så långt möjligt bör undvika skyddsrör på katodiskt skyddade rörledningar. Det rekommenderas att konditionen hos gasrörets skyddsbeläggning kontrolleras mättekniskt efter rörpressningen under korsningen. Mätuppställning och förlaga till mätprotokoll redovisas.

Måste skyddsrör användas (pga. geotekniska förhållanden eller pga. krav från myndigheter) bör man i första hand använda rör av betong. Används rör av stål bör det ha en utvändig skyddsbeläggning, anslutas till en jordningsplåt samt fyllas med en elektrolyt, t ex sand eller lättbetong (den amerikanska massan av paraffinvax behandlas inte pga. avsaknad av erfarenheter i Europa). Det avråds från att använda rör av plast. Måste plaströr ändå användas bör offeranoder placeras i skyddsröret och anslutas till gasröret och rörspalten fyllas med sand eller lättbetong.

5 REKOMMENDATIONER

Med projektresultaten som grund kan följande åtgärder rekommenderas med syftet att minimera risken för korrosion på gasrör i skyddsror.

5.1 Befintliga skyddsroresinstallationer

- Mätning och utvärdering av skyddsrores potential bör ingå som rutin i den årliga kontrollmätningen av gasledningens katodiska skydd. Vid tolkning av mätresultat kan följande vara vägledande:
 - Under normala förhållanden ligger potentialen hos ett icke katodiskt skyddat skyddsror stabilt på ett visst värde ungefär i potentialintervallet – 500 till – 650 mV. Vid avvikelser från detta kan tolkningar enligt följande två punkter göras
 - Skyddsrores potential är icke stabil utan följer distinkt till- och frånslagscykeln hos gasledningens katodiska skydd = Detta innebär att skyddsroret är helt eller delvis vattenfyllt och att det föreligger en eller flera beläggningsskador på den del av gasroret som befinner sig under vattenytan inne i skyddsroret
 - Skyddsrores potential är förskjuten i positiv riktning (och eventuellt svänger potentialen långsamt och osystematiskt) = Orsaken kan vara korrosionsfarlig elektrisk påverkan eller bristande elektrolytkontakt mellan stålroret och jorden pga. intakt och oskadad beläggning. För undersökning av om orsaken är dålig elektrolytkontakt jordas roret tillfälligt med ett litet stålföremål (minst några cm² stålarea) samtidigt som rörets potential mäts. Om potentialen genast sjunker till normal nivå och intar ett stabilt värde antyder detta att orsaken är bristande elektrolytkontakt, och någon vidare åtgärd behöver inte vidtas. Om potentialen inte påverkas nämnvärt av jordningen kan detta innebära att roret är påverkat elektriskt. En sådan situation kan utgöra en korrosionsfara, varför fördjupad mätteknisk undersökning bör göras.
- Skyddsror, där mätning visat att det förekommer beläggningsskador på gasroret, bör jordas permanent med stålplåt eller stålspett för att underlätta flödet av katodisk skyddsström in till gasroret. Stålplåten/-spettet bör placeras i blöt (lågresistiv) jord och ha en area på minst några dm² så att jordtagsresistansen blir tillräckligt låg.
- Vid jordning av vattenfyllt skyddsror på gasledning som är växelspanningspåverkad bör risken för växelströmskorrosion på gasroret i skyddsroret beaktas. Exempelvis kan växelströmstyrkan i förbindelseledaren mellan skyddsror och jordningsplåt mätas för utvärdering av korrosionsrisken. Vattenfyllt skyddsror på gasledning med hög växelspanningsnivå bör inte jordas annat än om det går att visa att det inte föreligger risk för växelströmskorrosion.
- Vid onormala värden på potentialen hos gas- och/eller skyddsror vid korsning med järnväg (elektrifierad eller icke elektrifierad) bör potentialen registreras kontinuerligt under några dygn, för kontroll av om det föreligger korrosionsfarlig elektrisk påverkan från järnvägens signalspårledning.

5.2 Nyinstallation

Vid nyinstallation av gasledning i korsning med trafikled bör anvisningarna i de reviderade Naturgassystemnormerna följas (se även sist i kapitel 3 i föreliggande rapport). Därutöver bör följande beaktas i de fall skyddsror skall tillämpas:

- Distanshållarna bör sitta tätare intill varandra vid skyddsrorets ändar, för minimering av risken för brott i hållarna.
- Där det av installationstekniska eller andra skäl bedöms föreligga risk för att det kommer att uppstå beläggningsskador på gasröret, som skall placeras i skyddsroret, bör gasröret förses med en förstärkt skyddsbeläggning.
- Där det av säkerhetsskäl bedöms nödvändigt med framtida kontroll av effektiviteten hos gasrörets katodiska skydd i skyddsroret bör en mätkupong, placeras permanent nedtill i skyddsroret i samband med rörinstallationen.
- Innan gasröret sticks in i skyddsroret bör gasrörets skyddsbeläggning noggrant kontrolleras med avseende på förekomst av beläggningsskador.
- Installationen av gasröret i skyddsroret måste ske försiktigt så att det inte uppstår beläggningsskador.

6 SLUTSATSER

Följande slutsatser kan dras av undersökningen

- ❑ Avgörande för korrosionssäkerheten hos gasrör i skyddsrör är att gasröret installeras försiktigt i skyddsröret så att gasrörets skyddsbeläggning inte skadas.
- ❑ Skyddsrör belägna under grundvattennivån blir förr eller senare mer eller mindre vattenfyllda, trots gummitätningar i skyddsrörets ändar, varvid gasröret i skyddsröret måste erhålla katodiskt korrosionsskydd.
- ❑ Plastbelagda stålskyddsrör kan genom "elektrisk barriärverkan" hindra flödet av katodisk skyddsström till beläggningsskador på gasröret i skyddsröret, så att den katodiska skyddsverkan försämras väsentligt på de blottlagda ståltyterna.
- ❑ Förekomst av beläggningsskador på gasröret kan identifieras genom registrering och tolkning av skyddsrörets potential samtidigt som gasledningens katodiska skydd slås till och från med korta intervall.
- ❑ Beläggningsskadans/-skadornas position på gasrörets omkrets kan lokaliseras genom kontinuerlig registrering av skyddsrörets potential samtidigt som skyddsröret fylls och töms på vatten.
- ❑ Beläggningsskadans/-skadornas area kan bestämmas med någorlunda god noggrannhet med ledning av storleken på den katodiska skyddsströmmen som flyter i förbindelseledningen mellan skyddsröret och en tillfälligt eller permanent anordnad jordningsplåt.
- ❑ Permanent jordning av skyddsröret med en stålplåt underlättar skyddsströmflödet in till gasröret, och förbättrar därigenom den katodiska skyddsverkan.
- ❑ Plastvingarna på distanshållarna, som separerar gasröret från skyddsröret, kan brytas sönder, framför allt vid skyddsrörets ändar, som följd av rörelser mellan rören. Brotttyternas vassa kanter kan skära sönder gasrörets skyddsbeläggning och blottlägga rörstålet för vattnet i skyddsröret. Är inte den katodiska skyddsverkan tillräcklig kan blottlagt stål angripas av korrosion. Trasiga distanshållare utgör därför en korrosionsrisk.
- ❑ Vid framtida skyddsrörsinstallationer behöver montering av distanshållare och centrerings av gasröret i skyddsröret kontrolleras bättre. Extra stöd för gasröret kan behövas vid skyddsrörets ändar i sättningsskänslig mark.
- ❑ Järnvägars signalspårledning kan förorsaka korrosionsfarlig elektrisk påverkan på både gas- och skyddsrör som korsar järnvägen, oavsett om järnvägen är elektrifierad eller inte.
- ❑ Onormalt positiv potential hos ett skyddsrör kan bero på korrosionsfarlig elektrisk påverkan eller på att rörets PE-beläggning är extremt isolerande pga. avsaknad av porer och skador. Vilket av förhållandena som råder kan avgöras genom temporär jordning av skyddsröret till ett litet stålföremål och samtidig mätning av rörets potential.
- ❑ Undersökning av tillståndet hos skyddsbeläggningen på gasrör i skyddsrör med hjälp av fiberoptik är tidsödande och kostsam samt ger mycket begränsad information.

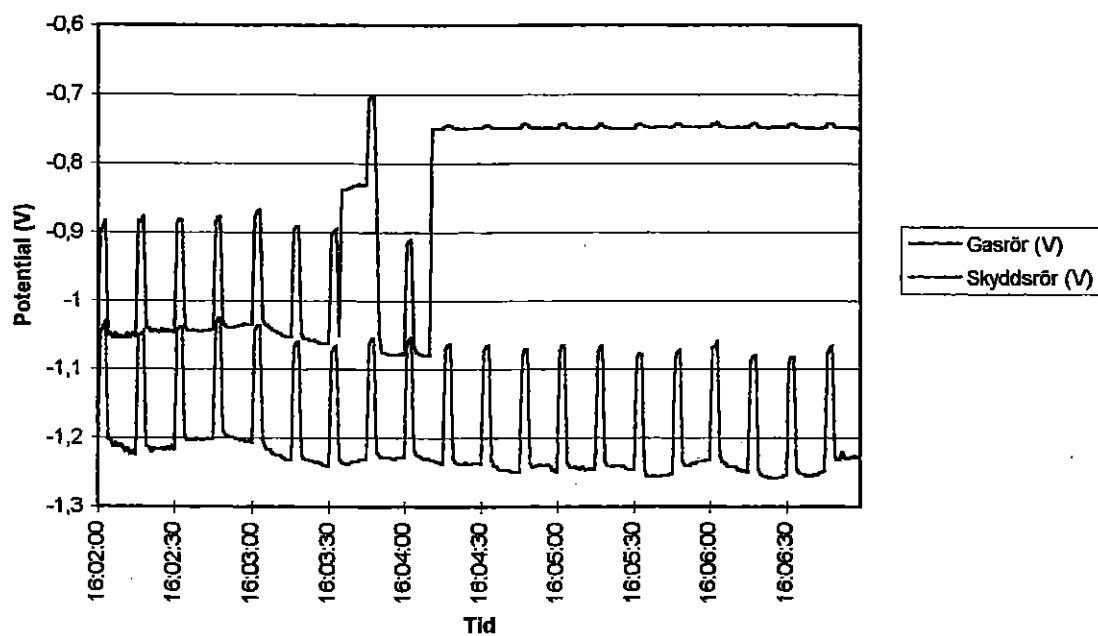
- Utländska erfarenheter av utfyllnad av spalten mellan gas- och skyddsrör med ett medium som korrosionshindrande åtgärd uppges vara goda. I Nordamerika är det vanligt att befintliga stålskyddsrör fylls med paraffinvax, vilket förhindrar att grundvatten tränger in i rörspalten. I Tyskland tillämpar några gasbolag en slags lättbetong som fyllnadsmedium vid nybyggnation. I Schweiz används endast betongskyddsrör och vid nybyggnation fylls rörspalten med finsand.

Bilaga 1

SGC- projekt: Gasrör i skyddsrör

Delrapport - Friläggning av skyddsrör i Kävlinge

FÄLTUNDERSÖKNING AV SKYDDSRÖR SOM ÄR PÅVERKADE AV DET KATODISKA SKYDDET



1996-12-18

Göran Camitz
Åsa Marbe

FÄLTUNDERSÖKNING AV SKYDDSRÖR SOM ÄR PÅVERKADE AV DET KATODISKA SKYDDET

SAMMANFATTNING

På Sydgas1 finns det ett antal skyddsrör som är påverkade av det katodiska skyddet. Detta har observerats under de senaste årens kontrollmätningar. Det är en relativt stor skillnad mellan on- och off-potentialen på skyddsröret. Denna skillnad i potentialerna tyder på att det på något sätt finns elektrolytisk kontakt mellan gasrör och skyddsrör.

För att undersöka vad det är som orsakar påverkan på skyddsrören beslutades det att ett utav de påverkade skyddsrören skulle friläggas i båda ändar och undersöks både visuellt och genom kontrollmätningar. Det skyddsrör som frilades var vid korsningen mellan grenledningen till Eslöv och järnvägen Kävlinge - Landskrona.

Vid den visuella inspektionen noterades bl a att gasröret är inte centrerat i skyddsröret, några distanser var trasiga i ändpunkterna på skyddsröret medan de synes vara intakta längre in i skyddsröret. Gummidamaskerna vid skyddsrörets ändpunkter var oskadade. Vattnet som fanns i spalten var förhållandevis rent och vid spolning med vatten i spalten kom det inte ut någon större mängd smuts eller grus. En beläggningsskada upptäcktes under gummidamasken i underkant av gasröret på den norra sidan av skyddsröret.

Då vattenmängden i spalten mellan gasrör och skyddsrör ändrades förändrades även påverkan på skyddsröret. Då utrymmet var helt fyllt med vatten närmade sig skyddsrörets potential gasrörets potential, och då utrymmet var tomt på vatten minskade skillnaden mellan skyddsrörets on- och off-potential dessutom blev skyddsrörets potential mer positiv.

Då stålplåtar anslöts till skyddsröret, för att på så sätt lättare få in skyddsström till gasledningen, minskade påverkan på skyddsröret. För att kunna kontrollera om det katodiska skyddet är tillräckligt på gasröret i skyddsröret installerades en specialtillverkad polarisationselektrod i spalten mellan gasrör och skyddsrör. Skyddspotentialen på gasledningen kan bestämmas genom att mäta potentialen på polarisationselektrodens stålplatta.

Gasröret inspekterades med en kamera ca 7 m in i skyddsröret från båda ändarna. På den filmen syns det att distansringarna på gasröret är oskadade. Det observerades en blank fläck på gasröret som kan vara en blottlagd stålyta, vilket kan bekräfta den kvarstående påverkan på skyddsröret.

Samtliga mätningar som har gjorts indikerar att det finns en eller flera beläggningsskador på gasröret. Genom att ansluta en plåt till skyddsröret leds skyddsströmmen in till gasröret, och gasrörets skyddspotential sänks från -0,54 till -0,89 V då det finns vatten i spalten. Denna åtgärd har som synes inte medfört att gasröret i skyddsröret har fullständigt katodiskt skydd men det är en enorm förbättring. Anslutning av en stålplåt medför även att påverkan på skyddsröret minskar.

Erfarenheterna från friläggningen visar att utformningen av skyddsrör kan förbättras, dessutom bör det påpekas att kontrollen under byggtiden måste vara mycket noggrann eftersom skyddsrör är en svag punkt i gasledningssystemet. Vid utformning av skyddsrör bör följande beaktas; spalten mellan gasrör och skyddsrör bör oavsett rördiameter vara minst 75 mm. Distansringarna bör vara placerade i linje så att det finns fritt utrymme för att göra inspektion med t ex videoskop. Dessutom bör skyddsröret utformas så att skyddsströmmen kan komma in till gasröret och så att det är möjligt att kontrollera skyddsnivån på gasröret i skyddsröret t ex genom att installera en polarisationselektrod i spalten.

INNEHÅLL

- 1. Inledning och bakgrund**
- 2. Syfte**
- 3. Genomförande och resultat**
 - 3.1 Visuella observationer**
 - 3.2 Identifiering av beläggningsskador**
 - 3.2.1 Tömning av befintligt vatten i skyddsörret**
 - 3.2.2 Fyllning och tömning av vatten i skyddsörret**
 - 3.3 Kontroll och förstärkning av det katodiska skyddets verkan**
- 4. Mätning av växelspanningspåverkan**
- 5. Slutsatser**
- 6. Rekommendationer för utformning av skyddsör vid nybyggnation**

1. Inledning och bakgrund

Inom FUD-projektet "Fältundersökning av skyddsror som är påverkade av det katodiska skyddet" undersöks om det föreligger korrosionsrisk på gasrör förlagda i skyddsror vid korsning med landsvägar och järnvägar. Det finns en risk att skyddsroret kan hindra att den katodiska skyddsströmmen att i tillräcklig omfattning nå den blottlagda stålytan i beläggningsskador på gasrör i skyddsror.

Bakgrunden till projektet är att det under de senare årens årliga kontrollmätningar har det observerats att det föreligger ett förhållandevis stort IR-fall vid on- och off-mätningar på skyddsrorets utsida och vidare in till gasroret. I praktiken innebär detta att det flyter en katodisk skyddsström från jorden in i skyddsroret. Detta förhållande betyder i sin tur dels att det trängt in vatten i spalten mellan gasrör och skyddsror dels att det sannolikt finns en eller flera beläggningsskador på gasroret under vattenlinjen. Huruvida det föreligger beläggningsskador ovanför vattenlinjen går det tyvärr inte att dra några slutsatser om.

Som ett led i försöken att skaffa information om förhållandena på gasrör i skyddsror har man beslutat att frilägga ändarna på några utvalda skyddsror.

Den första friläggningen gjordes 1996-10-01 - 04, vid korsningen mellan grenledningen Eslöv och järnvägen Kävlinge - Landskrona. I denna rapport redovisas resultaten från denna friläggning.

2. Syfte

Syftet med denna undersökning är att genom visuella observationer, elektriska och elektrokemiska mätningar undersöka vad det är som orsakar påverkan på skyddsroret. Vidare ska denna undersökning också skapa underlag för fortsatta friläggningar inom projektet samt underlag för rekommendationer beträffande utformning av skyddsror vid nybyggnation.

3. Genomförande och resultat

Skyddsrorets båda ändar frilades för visuell inspektion inuti skyddsroret, så långt så möjligt. Spalten mellan gasroret och skyddsroret spolades ren med vatten. De befintliga magnesiumanoderna togs ut ur skyddsroret.

3.1 Visuella observationer

Följande observationer gjordes då skyddsroret var frilagt:

- Gasröret ligger ocentrerat i skyddsröret. Som minst är det endast 20 mm mellan rören i norra änden och 24 mm i södra änden.
- Den yttre distansringen är trasig i norra änden. Övriga ringar längre in, tycks vara oskadade.
- Distansringarna hade filats av vid ena sidan för att rören med Mg-anoderna skulle få plats vid andra sidan av gasröret.
- Mg-anoderna var praktiskt taget oangripna, vilket tyder på att de inte varit i vatten särskilt lång tid. Anoderna i botten var något mer angripna än de anoder som är placerade på sidan..
- Vattnet som tömdes ut var förhållandevis rent. Vid renspolningen av spaltutrymmet kom det inte ut någon större mängd smuts eller jord.
- Gummidamaskerna var helt oskadade.
- Den invändiga epoxybeläggningen i skyddsröret syntes vara i förhållandevis god kondition utan flagning.
- En coatingskada (ca 1 cm²) upptäcktes i underkant av gasröret (kl. 6) på norra sidan. Skadan var belägen under gummidamasken.

För att inspektera längre in i skyddsröret användes en kamerautrustning för att filma i rör. Den kamera som hade tillräckligt med ljus för att återge gasrörets svarta polyetenbeläggning var 55 mm i diameter, vilket begränsade var på gasröret filmningen kunde ske eftersom spalten mellan rören var relativt liten. Filmningen genomfördes på de delar av gasröret som var möjligt, vilket finns dokumenterat på en videofilm.

På filmen syns det att distansringarna på gasröret är intakta. På det område som är dokumenterat på film är det svårt att se någon beläggningsskada. Det finns dock en misstänkt fläck, som kan vara blottlagt stål, med en skarp svart kant i bakgrunden. Detta tyder på att en skada har upptäckts och att man slipat bort polyetenen för att laga denna.

3.2 Identifiering av beläggningsskador

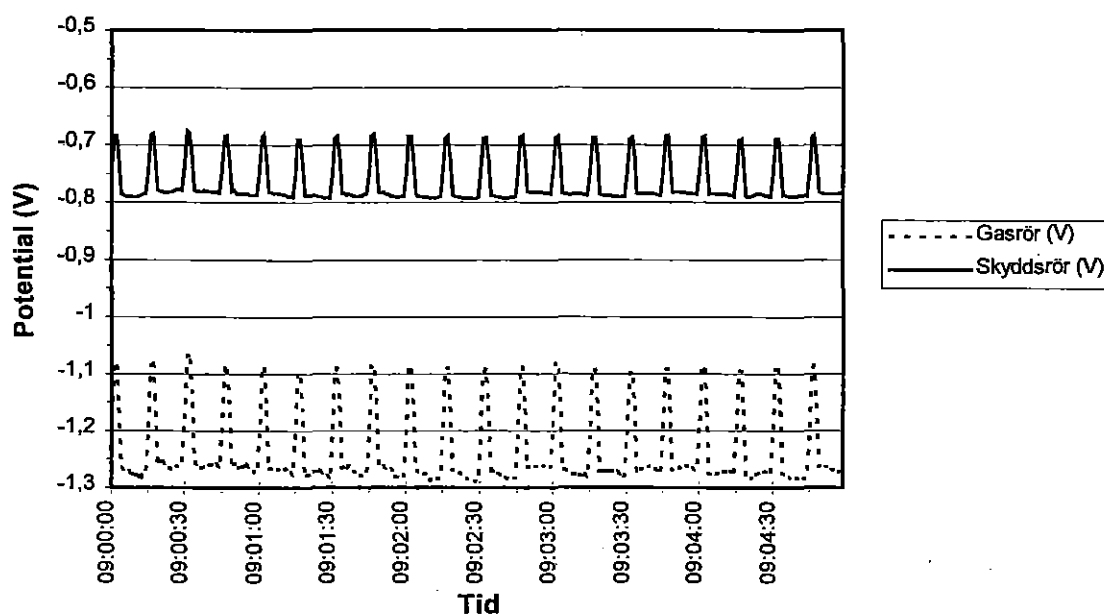
För att kunna kontrollera om det fanns beläggningsskador i det aktuella området vid skyddsröret kopplades en interrupter in i likriktaren. Skyddsströmmen var då tillslagen (on-potential) i 12 sekunder och frånslagen (off-potential) i 3 sekunder. Potentialen på både gas- och skyddsrör registrerades kontinuerligt med datalogger på båda sidor om järnvägen. Potentialerna registrerades varje sekund. Dessutom genomfördes momentana mätningar både på gasröret och skyddsröret.

För att förändra effekten på skyddsröret utav en beläggningsskada ökades respektive minskades ledningsförmågan mellan gasrör och skyddsrör genom att spalten mellan rören fylldes respektive tömdes på vatten. Om det finns en beläggningsskada på gasröret kommer påverkan på skyddsröret att öka då skyddsröret är fyllt med vatten, medan påverkan försvinner då spalten är fri från vatten. Genom att kontrollera vattennivån vid det tillfälle det sker en

kraftig förändring i påverkan är det möjligt att få en uppfattning om var på röret beläggningsskadorna finns.

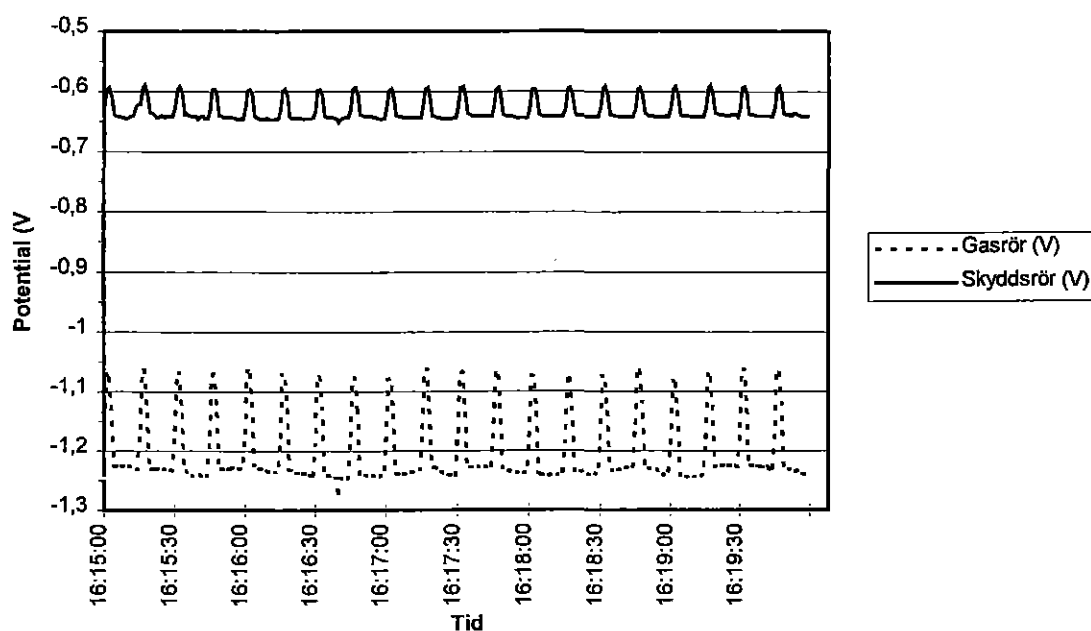
3.2.1 Tömning av befintligt vatten i skyddsröret

Då skyddsröret var frilagt i båda ändar togs gummidamaskerna bort för att tömma ut det vatten som under årens lopp trängt in i spalten mellan skyddsrör och gasrör. Innan vattnet tömdes ut var IR-fallet (skillnaden mellan on- och off-potential) på skyddsröret ca 100 mV, se figur 1.



Figur 1: On- och off-potential på gas- och skyddsrör innan vattnet tömdes ut.

Då skyddsröret var fritt från vatten minskade IR-fallet till ca 50 mV, se figur 2.



Figur 2: On- och off-potential på gas- och skyddsror efter att vattnet hade tömts ut.

Förutom att IR-fallet minskade försköts potentialen på skyddsroret i positiv riktning, från ca -780 mV till ca -650 mV. Även denna förskjutning av potentialen visar att skyddsroret blir mindre påverkat av katodiska skyddet på gasledningen då det inte finns vatten i spalten mellan gasrör och skyddsror.

Skyddsroret stod utan vatten under natten mellan den 1 och 2 oktober. På morgonen den 2 oktober var IR-fallet på skyddsroret ca 40 mV och resistansen mellan gasrör och skyddsror 4,2 k Ω (mätt med megger, 108 Hz).

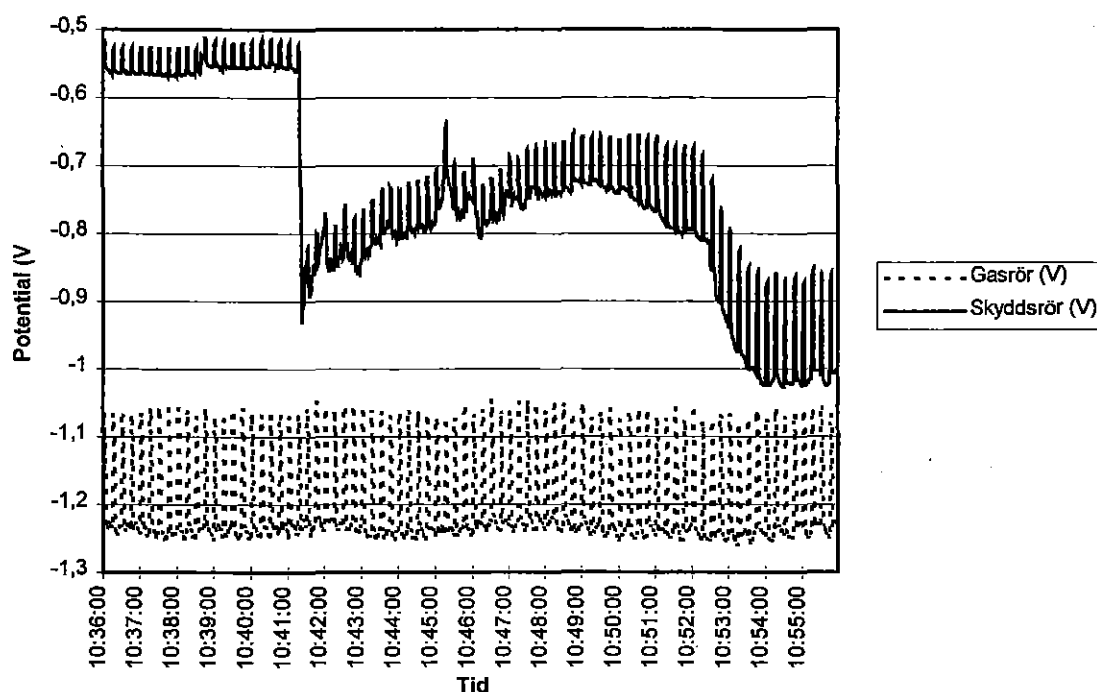
3.2.2 Fyllning och tömning av vatten i skyddsroret

För att ytterligare kontrollera hur skyddsroret påverkas då spalten är fylld med vatten och utifrån det försöka fastslå om det finns någon beläggningsskada på gasroret, fylldes spalten med rent vatten. Under inpumpningen mättes on- och off-potentialer på skyddsroret samt resistans mellan gasrör och skyddsror, se tabell 1 nedan.

Tabell 1: Potentialer och resistans då skyddsörret fylldes med vatten.

E_{on} (V)	E_{off} (V)	$R_{gas-skrör}$ (k Ω)	Mängd vatten (l)	Anmärkning
-0,58	-0,54	4,20		Före inpumpning
-0,88	-0,82	-	ca 100	
-0,80	-0,72	-		
-1,10	-0,95	2,29	ca 450	
-1,02	-0,87	2,09	ca 1000	Skyddsörret fyllt med vatten

I figur 3 nedan, visas on- och off-potentialer på gas- och skyddsör under tiden vatten pumpades in i skyddsörret.

**Figur 3:** Potentialer under tiden skyddsörret fylldes med vatten.

Det syns tydligt både på de momentana mätningarna i tabell 1 och de loggade värdena på on- och off-potentialerna i figur 3, att hur stor påverkan är på skyddsörret är starkt beroende av om det förekommer vatten eller ej i spalten mellan gasrör och skyddsör. Skyddsörrets potential närmar sig gasrörets potential, från -0,6 till -1,0 V, då vatten finns i spalten. Detta tyder på att det på något sätt finns möjlighet till elektrolytisk kontakt mellan gasrör och skyddsör.

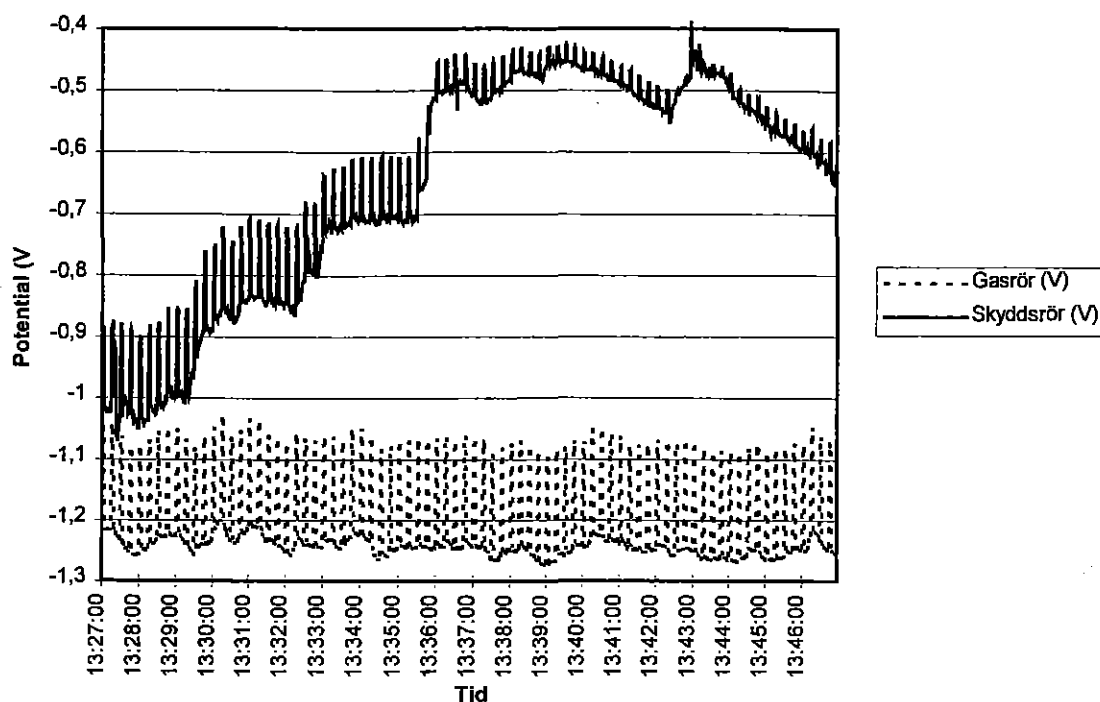
För att ytterligare kontrollera på vilket sätt närvaro av vatten i skyddsroret påverkar skyddsroret gjordes potentialmätningar även då skyddsroret tömdes på vatten. Resultatet från detta redovisas nedan i tabell 2.

Tabell 2: Potential på skyddsroret då skyddsroret tömdes på vatten.

Tid	E _{on} (V)	E _{off} (V)	Anmärkning
13:27	-1,09	-0,99	Damaskerna avlägsnas
13:31	-1,05	-0,92	
13:32	-0,93	-0,80	
13:33	-0,85	-0,73	
13:34	-0,78	-0,68	
13:36	-0,74	-0,64	
13:37	-0,68	-0,55	Vattennivån under gasroret
13:38	-0,51	-0,47	
13:19	-0,51	-0,47	
13:40	-0,51	-0,47	
13:42	-0,51	-0,47	
13:45	-0,50	-0,48	Renspolning av spalt, varierande potential
13:48	-0,69	-0,69	

Under tiden som vattnet tappades ut mättes on- och off-potentialerna och vattennivån på gasroret registrerades för att på så sätt få en indikering i vilken position på gasroret beläggningsskadan kan vara. Vid den första kraftiga förändringen i skyddsrorets potential täckte vattnet ca $\frac{3}{4}$ av gasroret. Det kan alltså finnas en skada på hjässan av roret. Då vatten nivån var under gasroret ändrades också skyddsrorets potential kraftigt. Dessa två iakttagelser tyder på att det finns någon beläggningsskada $\frac{3}{4}$ upp på gasroret och någon på undersidan av roret.

I figur 4 nedan, visas hur on- och off-potentialerna på både gasrör och skyddsror förändras under den period då vattnet tappades ur skyddsroret.



Figur 4: On- och off-potentialer på gasrör och skyddsror medan skyddsröret tömdes på vatten.

Även vid urtappningen av vattnet syns det tydligt att skyddsrörets potential förskjuts i positiv riktning och IR-fallet minskar då vattnet i spalten försvinner.

3.3 Kontroll och förstärkning av det katodiska skyddets verkan

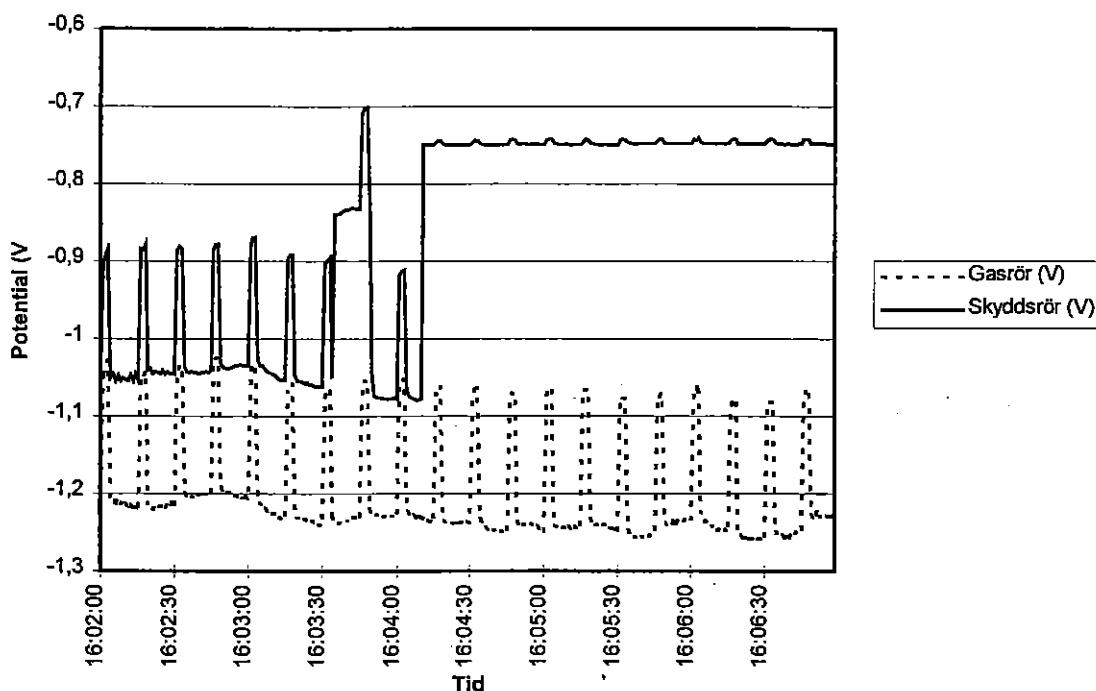
För att förbättra det katodiska skyddet på gasröret i skyddsroret kopplades stålplåtar till skyddsroret för att på så sätt lättare få in skyddsström i spalten mellan gasrör och skyddsror. Mätningarna gjordes med en stor plåt (ca 1 m²) och en liten plåt (ca 8 cm²).

Den första kontrollmätningen, se tabell 3 nedan, gjordes då skyddsroret var fyllt med vatten, resistansen mellan gasrör och skyddsror var 1,3 kΩ. Potentialen på plåtarna uppmättes till -0,75 V.

Tabell 3: Potential- och strömmätningar för att kontrollera plåtarnas inverkan på det katodiska skyddet.

E_{on} (V)	E_{off} (V)	I_{on} (μA)	I_{off} (μA)	Anmärkning
-1,25	-1,10	0	0	Ingen plåt ansluten
-1,06	-1,00	66	43	Liten plåt ansluten
-0,84	-0,81	165	132	Stor plåt ansluten

Av tabellen framgår det att potentialen på skyddsörret förskjuts i positiv riktning och IR-fallet minskar då stålplåtar ansluts till skyddsörret. I diagrammet i figur 5 visar också tydligt att påverkan på skyddsörret minskar då stålplåten ansluts.



Figur 5: Effekterna på on- och off-potentialerna då jordningsplåten ansluts till skyddsörret.

De momentana mätningarna som redovisas ovan i tabell 3 visar att det finns något innanför skyddsörret som drar ström.

Samtliga mätningar tyder på att det finns en skada på gasledningen inuti skyddsörret. Eftersom det näst intill är omöjligt att åtgärda en beläggningsskada på gasröret i skyddsörret måste det katodiska skyddet ge ett fullständigt skydd i skyddsörret. För att kontrollera det katodiska skyddets

verkan inuti skyddsörret installerades en specialtillverkad polarisationselektrod. Elektroden är en silver/silverklorid-elektrod och runt om elektroden finns en stålplatta med arean 3 cm², på vilken det är möjligt att kontrollera gasrörets off-potential i skyddsörret.

Skyddspotentialen på gasledningen i skyddsörret kan mätas genom att mäta potentialen på polarisationselektrodens stålplatta, då elektroden är placerad i skyddsörret. Då stålplattan inuti skyddsörret har fullständigt katodiskt skydd borde en beläggningsskada på gasledningen också erhålla katodiskt skydd.

För att kontrollera effekterna då plåtarna ansluts till skyddsörret mättes potentialer och strömmar med och utan plåt, samt med och utan vatten, vilket redovisas i tabell 4 nedan.

Tabell 4: Potential- och strömmätningar på skyddsör och polarisationselektrod.

Parameter		Stor plåt ansluten		Utan plåt	
		Med vatten	Utan vatten	Med vatten	Utan vatten
E _{skyddsör On}	(V)	-0,79	-0,77	-1,25	-0,66
E _{skyddsör Off}	(V)	-0,79	-0,77	-1,05	-0,64
E _{pol.elektrod On}	(V)	-0,93	-	-0,54	-
E _{pol.elektrod Off}	(V)	-0,89	-	-0,54	-
E _{skyddsör, insida On}	(V)	-0,43	-	-0,54	-
E _{skyddsör, insida Off}	(V)	-0,55	-	-0,54	-
I _{pol.elektrod-gasör On}	(µA)	7	-	15	-
I _{pol.elektrod-gasör Off}	(µA)	7	-	11	-
I _{pol.elektrod-gasör AC}	(mA)	7,8	-	-	-
I _{plåt-skyddsör On}	(µA)	4	3	-	-
I _{plåt-skyddsör Off}	(µA)	4	3	-	-
I _{plåt-skyddsör AC}	(mA)	8,7	0,24	-	-
I _{gasör-skyddsör On}	(µA)	3	-	15	-
I _{gasör-skyddsör Off}	(µA)	3	-	10	-

Kontrollmätningarna visar att då en stålplåt kopplas till skyddsörret försvinner påverkan på skyddsörret samtidigt ökar det katodiska skyddets effektivitet på gasörret i skyddsörret. Gasörrets potential i skyddsörret kan mätas genom att en polarisationselektrod placeras i skyddsörret och ansluts till gasörret. Förutsättningarna för att det ska vara möjligt att mäta är att elektroden ligger i vatten.

Vid inkoppling av en stålplåt (ca 1 m²) vid vattenfyllt skyddsör försköts gasörrets skyddspotential i negativ riktning från -0,54 V till -0,89 V, vilket är en klar förbättring av skyddsnivån på gasörret i skyddsörret även om det inte är fullgott katodiskt skydd. Denna mätning gjordes direkt efter att stålplåten

kopplades in och sannolikt kommer gasröret att polariseras ytterligare något med tiden.

4. Mätning av växelspanningspåverkan

Som ett led i det pågående undersökningarna av växelspanningspåverkan på gasledningarna och därmed förknippade korrosionsrisker gjordes en rad mätningar av såväl gasrörets och skyddsrörets växelspanning under olika förhållanden.

Växelspanningsnivån i gasröret varierar mellan 14 och 16 V, och påverkas inte av om stålplåten är inkopplad till skyddsröret eller ej. Eftersom ingen mätning gjordes på gasledningen vid tågpassage går inte att fastställa om även den elektrifierade järnvägen som påverkar gasledningen, och i så fall till vilken spanningsnivå.

Växelspanningsnivån på skyddsröret är i hög grad beroende av om skyddsröret är vattenfyllt eller inte. Vid vattenfyllt skyddsrör är växelspanningen $11 V_{ac}$, och vid tomt rör $1,5 V_{ac}$, se tabell 5. Detta indikerar att växelspanningen överförs på konduktiv väg från gasröret. När skyddsröret är vattenfyllt leds växelström ut ur gasröret genom befintliga beläggningsskador var igenom vattnets potential höjs. Genom vattnets kontakt med skyddsrörets insida höjs även skyddsrörets potential.

Tabell 5: Växelspanning på skyddsröret (utan vatten).

Parameter	Stor plåt ansluten	Plåt ej ansluten	Anmärkning
$U_{ac,skyddsrör}$ (V)	0,05	1,50	
$U_{ac,skyddsrör}$ (V)	2,50	-	Tågpassage

Provanslutningen av skyddsröret till det tillfälliga jordtaget (plåten) visar att denna åtgärd väsentligen reducerar skyddsrörets växelspanningsnivå när skyddsröret är tomt. Spänningen sjönk från $1,5 V_{ac}$ till $0,05 V_{ac}$. Ingen sådan mätning gjordes med vattenfyllt rör, men allt talar för att jordtagsanslutningen är gynnsam även på vattenfyllt rör.

När skyddsröret är tomt och anslutet till jordtaget är som tidigare sagts ovan dess växelspanning mycket låg ($0,05 V_{ac}$). Vid tågpassage ökar emellertid växelspanning ca 50 gånger, till ca $2,5 V_{ac}$. Hur hög skyddsrörets växelspanning blir vid tågpassage när röret är vattenfyllt och icke anslutet till jordtaget är okänt eftersom ingen sådan mätning gjordes.

5. Slutsatser

Den påverkan som syns på skyddsroret beror troligtvis på en beläggningsskada på gasroret. Den skada som hittades under gummidamasken på den östra sidan av järnvägen bidrog till påverkan, med då denna skada var lagad fanns påverkan kvar men den hade minskat till ungefär hälften.

De försök som genomfördes visade att finns ett starkt samband mellan vattennivån i spalten och både påverkan och potentialnivån på skyddsroret. Då vatten finns i spalten ökar påverkan och nivån på skyddsrorets potential går mot potentialen på gasroret. Detta indikerar att det finns minst en beläggningsskada på gasroret.

Den permanenta växelspänningen på gasroret är ca $15 V_{ac}$. Då skyddsroret är vattenfyllt är dess växelspänning ca $11 V_{ac}$, och då det är tomt är växelspänningen $1,5 V_{ac}$. Dessa mätningarna av växelspänningen på gasrör och skyddsror visar att det finns en elektrolytisk kontakt mellan rören, dvs en eller flera beläggningsskador på polyeten på gasroret.

Genom att ansluta en stålplåt till skyddsroret leds skyddsströmmen in till gasroret. Skyddspotentialen på gasledningen minskade vid mättillfället från ca $-0,5 V$ till ca $-0,9 V$. Även om gasledningen inte erhöll fullgott katodiskt skydd blev det en oerhörd förbättring av skyddspotentialen.

Skyddsroret borde ha haft större diameter så att det funnits plats för anodernas plaströr utan att gasroret behövt ligga ocentrerat. En för trång spalt försvårar eller omöjliggör framtida inspektion och överför sättnings av skyddsroret till gasroret.

Distanserna som är monterade mellan skyddsror och gasrör är trasiga i båda ändarna medan de tycks vara intakta längre in i spalten. Detta indikerar att skyddsroret och gasroret har rört sig i förhållande till varandra. Den största rörelsen sker naturligtvis i ändpunkterna där distanserna då har gått sönder. Det syntes däremot inte om distanserna hade tryckts igenom polyetenbeläggningen.

6. Rekommendationer för utformning av skyddsror

Erfarenheterna från friläggningen av skyddsroret visar att utformningen på skyddsror kan förbättras. Dessa erfarenheter och iakttagelser är nedan sammanställda i form av rekommendationer för hur ett skyddsror bör vara utformat. Vidare bör kontrollen under byggtiden vara mycket noggrann just vid skyddsror eftersom det är en svag punkt i gasledningssystem

Spalten skall vara så stor att gasroret med monterade distansringar, ligger fritt i förhållande till skyddsroret och att det finns tillräckligt utrymme för inspektion med kamera eller videoskop vid ev framtida friläggning. Spalten bör oavsett rördiameter vara minst 75 mm. Vidare bör benen på distansringarna vara placerade i linje utmed gasroret, så att fritt utrymme finns för att skicka in t ex videoskop.

Skyddsroret ska utformas så att skyddsström lättare kan komma in till gasroret. Detta kan genomföras t ex med att ansluta stålplåtar till skyddsroret. Ett annat alternativ är att installera någon typ av ledande genomföring som t ex ett antal bultar som är stålrena.

I botten på skyddsroret ska en polarisationselektrod installeras för att det ska vara möjligt att kontrollera så att gasroret kan erhålla fullständigt katodiskt skydd i skyddsroret.

Bilaga 2

SGC- projekt: Gasrör i skyddsrör

Delrapport - Friläggning av skyddsrör i Halmstad

Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör - Delrapport 1

Sammanfattning

I detta projekt skall ett antal skyddsrör med onormal potential undersökas. Denna rapport behandlar undersökningen av ett skyddsrör i Halmstad. Anledningen till att just detta skyddsrör valdes är att dess potential mot mark blivit alltmer positiv de senaste åren. Skyddsrörets potential varierade före undersökningstillfället med tiden, och var ca ± 0 mV mot Cu/CuSO₄-referenselektrod. Normalt ska potentialen på ett skyddsrör ligga mellan -500 och -600 mV.

Vid den visuella inspektionen noterades det att flera distanser var trasiga, medan de båda gummidamaskerna var intakta. Skyddsrörets insida var kraftigt angripen av korrosion. Vattnet som fanns i spalten mellan skyddsrör och gasrör var klart, men innehöll en del rostflakor. Den befintliga vattenmängden var relativt liten, uppskattningsvis 20-30 liter. Magnesiumanoderna var praktiskt taget oangripna, vilket indikerar att de inte legat i vatten särskilt länge.

Vid denna undersökning kontrollerades det om det fanns beläggningsskador på gasröret. Detta skedde genom att studera förändring av skyddsrörets potential samtidigt som spalten mellan gasrör och skyddsrör succesivt fylldes med rent vatten. Även magnesium-anodernas och järnvägens signalspårlednings inverkan på skyddsrörets potential undersöktes.

Det är ännu inte fullständigt klarlagt vad anledningen till skyddsrörets positiva potential är. Det finns dock ett par teorier om skyddsrörets onormala potential; en teori är att det på något sätt kan uppstå en strömkrets mellan skyddsrör och gasrör/anoder, där vattnet i spalten fungerar som elektrolyt. Strömkretsen i sin tur ger en potentialförskjutning. En annan teori är att strömkretsen uppkommer genom att en galvanisk ström flyter mellan skyddsrörets korroderade insida (förhållandevis ädel potential) och skyddsrörets utsida (förhållandevis oädel potential).

Efter återfyllningen återfick skyddsörret sin normala potential (-650 mV). Detta tyder på att anoderna och/eller vattnet är orsaken till skyddsörrets positiva potential, eftersom borttagning av magnesium-anoderna och tömning av vattnet är de enda förändringar som gjorts. För att ytterligare få klarhet i vad som kan ha orsakat den positiva potentialen, bör fler skyddsör som uppvisar positiv potential undersökas.

INNEHÅLL

1. Inledning och bakgrund

2. Syfte

3. Genomförande och resultat

3.1 Visuella observationer

3.2 Undersökning av förekomst av beläggningsskador

3.2.1 Tömning av befintligt vatten i skyddsröret

3.2.2 Fyllning och tömning av vatten i skyddsröret

3.3 Skyddsrörets potential

3.3.1 Magnesiumanodernas inverkan

3.3.2 Effekten av inkoppling av stålplåtar

3.3.3 Inverkan av järnvägens spårledning

3.4 Elektrisk påverkan från spårledningen på gasröret

3.5 Växelspänningspåverkan

4. Slutsatser

5. Förslag till utformning av skyddsrör vid nybyggnation

1. Inledning och bakgrund

Inom SGC-projektet "Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör" ska ett antal skyddsrör inklusive gasröret undersökas. Undersökningsobjekten väljs ut med ledning av om det förekommer onormala potentialer på skyddsrör och/eller gasrör. Denna rapport behandlar undersökningen av ett skyddsrör i närheten av Halmstad. Skyddsröret är förlagt till platsen där järnvägslinjen Halmstad-Värnamo korsar gasrörets stamledning. Undersökningar och kontrollmätningar utfördes under september 1997.

Anledningen till att just detta skyddsröret undersöktes var att dess potential mot mark blivit mer positiv de senaste åren. Normalt ligger potentialen på ett polyetenbelagt skyddsrör mot mark på ca -600 mV. Vid årsmätningen 1996 visade det sig att skyddsrörets on-potential mot mark var +19 mV i den södra änden och -15 mV i norra änden. Motsvarande off-potentialer var +25 mV respektive -8 mV. Skillnaden i on- och off-potentialen visar att skyddsröret påverkas av gasledningens katodiska skydd (skyddsström flyter genom skyddsröret), vilket kan tyda på att det finns en eller flera beläggningsskador på gasledningen i skyddsröret. Skillnaden visar också att det finns vatten i spalten mellan skyddsrör och gasrör.

Det upptäcktes i samband med kontrollmätningar, inför friläggningen av skyddsröret i Halmstad, att gasledningen var elektriskt påverkad av järnvägens signalspårledning. Även detta undersöktes, se kapitel 3.4.

Vid undersökningen deltog, förutom rapportförfattarna, även Hans- Erik Edwall, Sydgas AB, Magnus Lindsjö, Vattenfall Naturgas AB och Göran Camitz, Korrosionsinstitutet.

2. Syfte

Syftet med undersökningen var dels att fastställa orsaken till skyddsrörets positiva potential, dels att söka en förklaring till skillnaden mellan on- och off-potentialen på skyddsröret.

Vidare ska undersökningen också skapa underlag för fortsatta friläggningar av skyddsrör. Målet med SGC-projektet är att ge underlag för rekommendationer beträffande utformning av skyddsrör vid nybyggnation.

3. Genomförande och resultat

För att kunna utföra undersökningarna på skyddsröret, frilades det i båda ändar. Under undersökningsperioden, den 8-11 september 1997, registrerades följande parametrar med datalogger:

- Gasrörets potential (båda sidor om järnvägen)
- Skyddsrörets potential (båda sidor om järnvägen)
- Gasrörets växelspanning
- Skyddsrörets växelspanning
- Potential mellan skyddsrör och invändiga magnesiumanoder
- Potentialgradient i marken

Dessutom genomfördes manuella kontrollmätningar på både gasröret och skyddsröret.

3.1 Visuella observationer

Följande observationer gjordes då skyddsröret var frilagt:

- De yttre distansringarna i skyddsrörets båda ändar var trasiga. I brottytorna fanns vassa kanter, vilka kan skada gasrörets polyetenbeläggning.
- I skyddsrörets södra ände fanns en träkil i underkant mellan den yttre distansringen och skyddsröret.
- Gummidamaskerna var helt oskadade.
- Skyddsrörets insida var kraftigt angripen av relativt jämn korrosion.
- Vattenmängden i spalten mellan skyddsrör och gasrör var relativt liten, uppskattningsvis 20-30 l.
- Det befintliga vattnet var klart, men innehöll en del rostflakor.
- Vatten som spolades igenom skyddsröret blev grumligt och rostfärgat.
- Magnesiumanoderna var praktiskt taget oanripna, vilket tyder på att de inte har legat i vatten under särskilt lång tid.

Se foton i bilaga 1.

För inspektion av gasledningen i skyddsröret gjordes ett försök att filma med en kamerautrustning gjord för att inspektera rörledningar. Det var emellertid svårt att granska gasledningens polyetenbeläggning med denna utrustning, bl a beroende på att kameran var så stor som 42 mm i diameter och att det var svårt att styra kameran någon längre sträcka in i skyddsröret. På filmen syns det dock att skyddsrörets insida är kraftigt angripen av korrosion och att flera av distansringarna är trasiga.

För att i framtiden erhålla ett bättre resultat av filmning i skyddsrör, krävs det en mindre och mer lättstyrd kamerautrustning. Det bör noteras att trasiga distansringar kan vara ett problem då utrustningen ska föras in i skyddsröret.

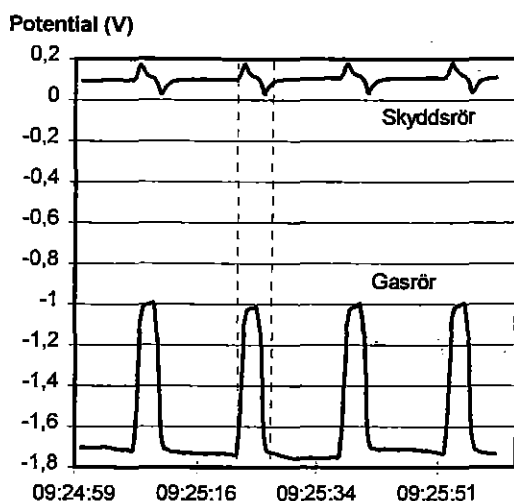
3.2 Undersökning av förekomst av beläggningsskador

Eventuella beläggningsskador på gasrörets polyeten kan identifieras genom att spalten mellan gasrör och skyddsrör fylls respektive töms på vatten, samtidigt

som skyddsörets potential registreras. När vattennivån passerar en skada där gasledningens stål är blottlagt, förändras skyddsörets potential drastiskt. Genom att notera vattennivån då potentialförändringen inträffar, kan skadans läge i vertikal led uppskattas.

Ytterligare ett sätt att påvisa om det finns beläggningsskador på gasröret, är att se om skyddsöret följer gasrörets on/off-cykel då spalten är vattenfylld.

Denna undersökning har visat att skyddsörets potential ibland uppvisar en "annorlunda off-period": Under off-perioden förskjuts först potentialen i positiv riktning för att följas av en förskjutning i negativ riktning, se nedan i figur 1. Normalt skulle off-potentialens profil se ut som för gasröret i figur 1, dvs vid brytningen av skyddsströmmen förskjuts potentialen i positiv riktning och ligger kvar där tills skyddsströmmen slås till igen.

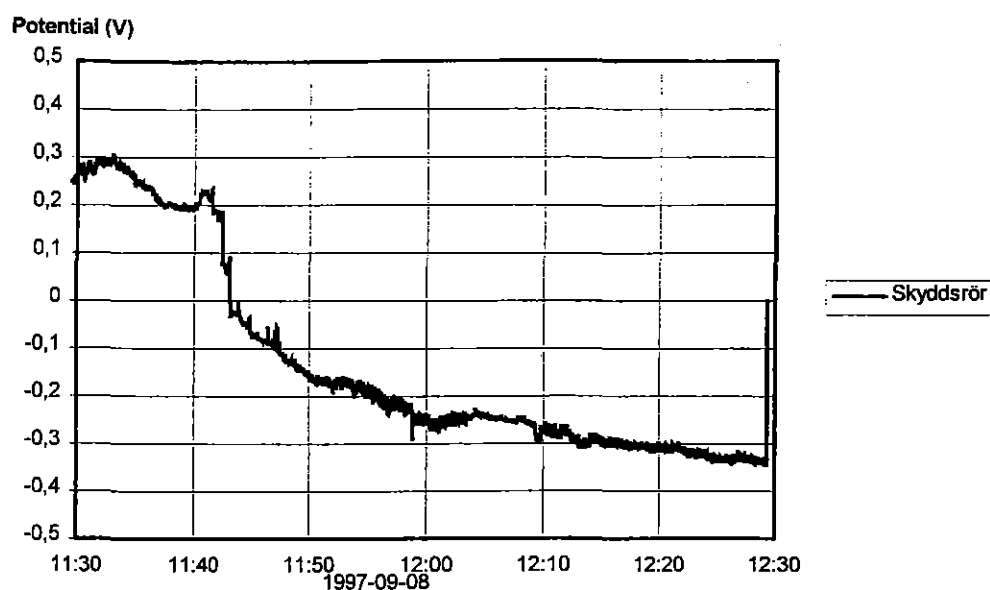


Figur 1: Detaljbild över skyddsörets "annorlunda off-period" och gasrörets "normala off-period".

Ingen orsak och ej heller något samband till denna variation i off-potentialen har identifierats.

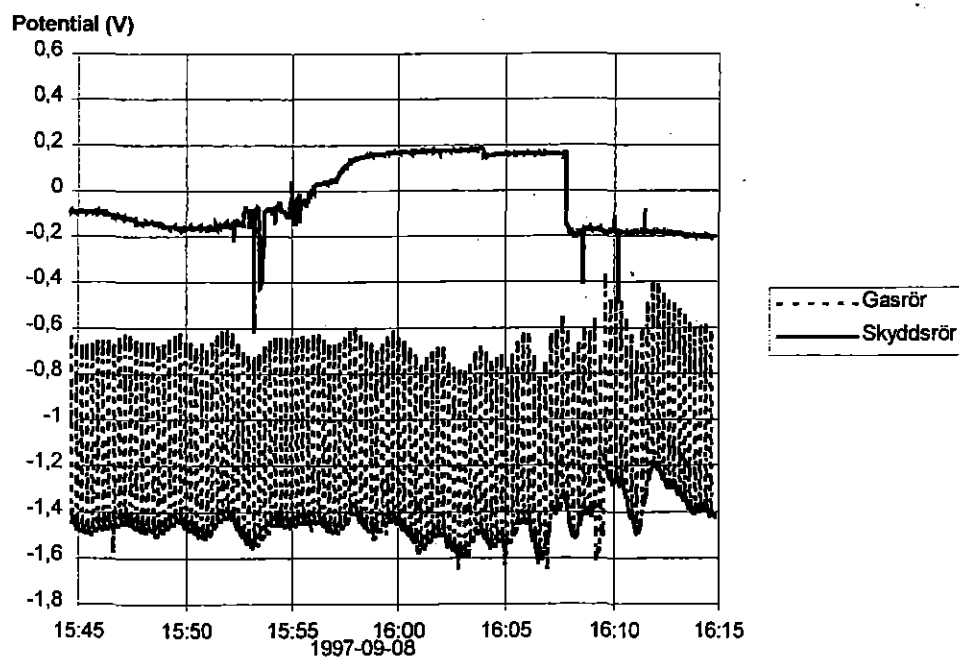
3.2.1 Tömning av befintligt vatten i skyddsöret

Vid utvärdering av kurvorna visar det sig att potentialnivån på skyddsöret varierar kraftigt med tiden. Dessutom är skyddsöret inte alltid påverkat av gasrörets on/off-potential. Exempel på variation kan ses i figur 2, som visar skyddsörets potential under 1 timme. Under denna tid var skyddsöret helt orört, dvs inga andra operationer gjordes vare sig på gasrör eller skyddsör. Potentialen varierar mellan +300 mV och -350 mV.



Figur 2: Skyddsröret potentialvariation under 1 timme. Både skydds- och gasrör var orörda under denna period.

Då det befintliga vattnet (ca 20-30 l), som under årens lopp trängt in i spalten, tömdes ut steg skyddsrörets potential något, se figur 3. Det är oklart om det är tömningen av vattnet som orsakar potentialförändringen, eller om det är en variation med tiden som är oberoende av undersökningsaktiviteterna. Tiden före, under och efter tömningen av befintligt vatten hade skyddsröret ingen tydlig påverkan av gasledningens katodiska skydd, se figur 3.



Figur 3: Potential på gasrör och skyddsror under tömning av befintligt vatten.

Innan det befintliga vattnet tömts ut ur spalten uppmättes isolationsresistansen mellan gasrör och skyddsrör till 3,6 k Ω och då spalten var tömd på vatten till 3,9 k Ω .

Skyddsröret stod utan vatten natten mellan den 8 och 9 september.

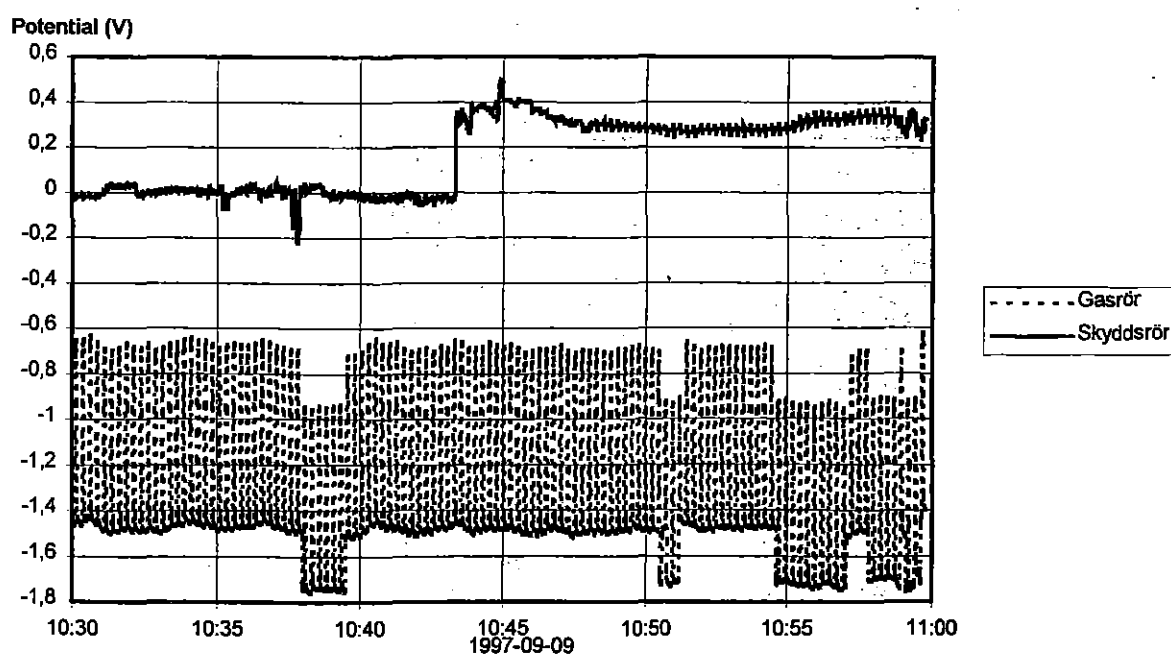
3.2.2 Fyllning och tömning av vatten i skyddsröret

För att kunna fastställa om det finns någon beläggningsskada på gasröret, fylls spalten mellan gasrör och skyddsrör med rent vatten. Under fyllningen mättes on- och off-potentialer på skyddsröret samt isolationsresistans mellan gasrör och skyddsrör.

Tabell 1: Potentialer och resistans vid vattenfyllning av skyddsröret.

Status	Objekt	E _{on} (V)	E _{off} (V)	R (kohm)	Anmärkning
Inget vatten i spalten	Gasrör	-1,49	-0,73	-	
	Skyddsrör	-0,034	-0,025	-	
	Gasrör-skyddsrör	-	-	3,95	
Vatten i spalten	Gasrör	-1,53	-0,78	-	Off varierar 0,24 - 0,38
	Skyddsrör	+ 0,3	+ 0,3	-	
	Gasrör-skyddsrör	-	-	1,87	

I figur 4 nedan, visas potentialer på gas- och skyddsrör under tiden vatten pumpades in i skyddsröret.



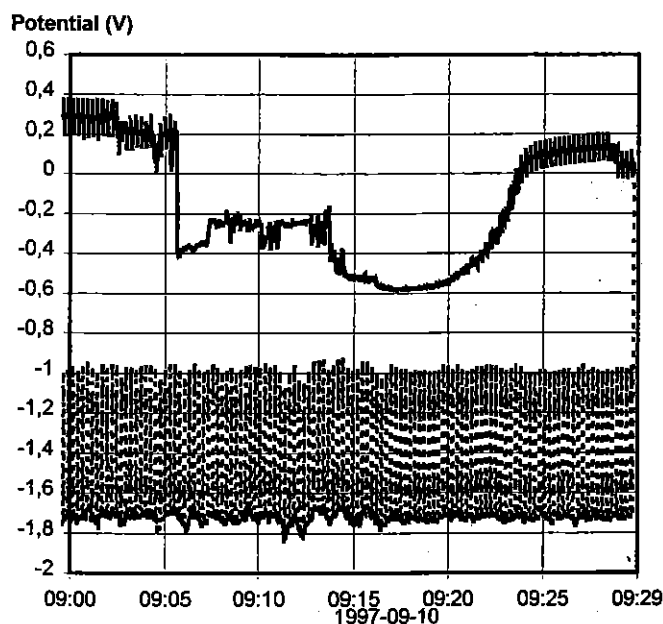
Figur 4: Potentialer under tiden skyddsröret fylldes med vatten.

Som syns i figur 4 ligger skyddsrorets potential före fyllning på ca 0 V. Skyddsrorets potential varierar något, men följer inte on/off-perioden. Då spalten är fylld med vatten har potentialen stigit till ca +300 mV. Efter några minuter börjar skyddsrorets off-potential att variera enligt tidigare beskrivning, se 3.2 och figur 4. Denna variation kan inte hänföras till någon beläggningsskada på gasröret.

Den snabba förändringen vid ca kl 10:43 beror troligtvis på att vattennivån har nått hjässan av gasröret. Potentialen förskjuts i positiv riktning, vilket indikerar att det inte finns någon beläggningsskada på gasröret. Vid en eventuell beläggningsskada skulle potentialen istället förskjutits i negativ riktning.

Under tömning av vattnet mättes on- och off-potentialer. Under tömningens gång noterades vattennivån samt klockslag vid dessa nivåer, för att kunna lokalisera ev beläggningsskador.

I figur 5 nedan, visas hur potentialerna förändras under den period då vattnet tappades ur skyddsroret.



Figur 5: Potentialerna på gasrör och skyddsrör under tömning av vatten.

Innan tömning av vattnet är skyddsrorets potential ca +300 mV. Under tömningen sjunker potentialen som lägst till ca -600 mV och ökar därefter successivt till ca +100 mV. Både före och efter, och i viss mån under tömning av vatten varierar skyddsrorets off-potential, se figur 5.

Den snabba förändringen ca kl 09:06 beror troligtvis på att vattnet passerar hjässan på gasröret. Potentialen förskjuts i negativ riktning, vilket stärker observationen att det inte finns någon beläggningsskada, se fyllning av vatten ovan.

3.3 Skyddsrorets potential

De senaste åren har det observerats att skyddsrorets potential varit förskjuten i positiv riktning. I tabell 2 nedan, redovisas skyddsrorets potential uppmätt vid respektive årsmätning.

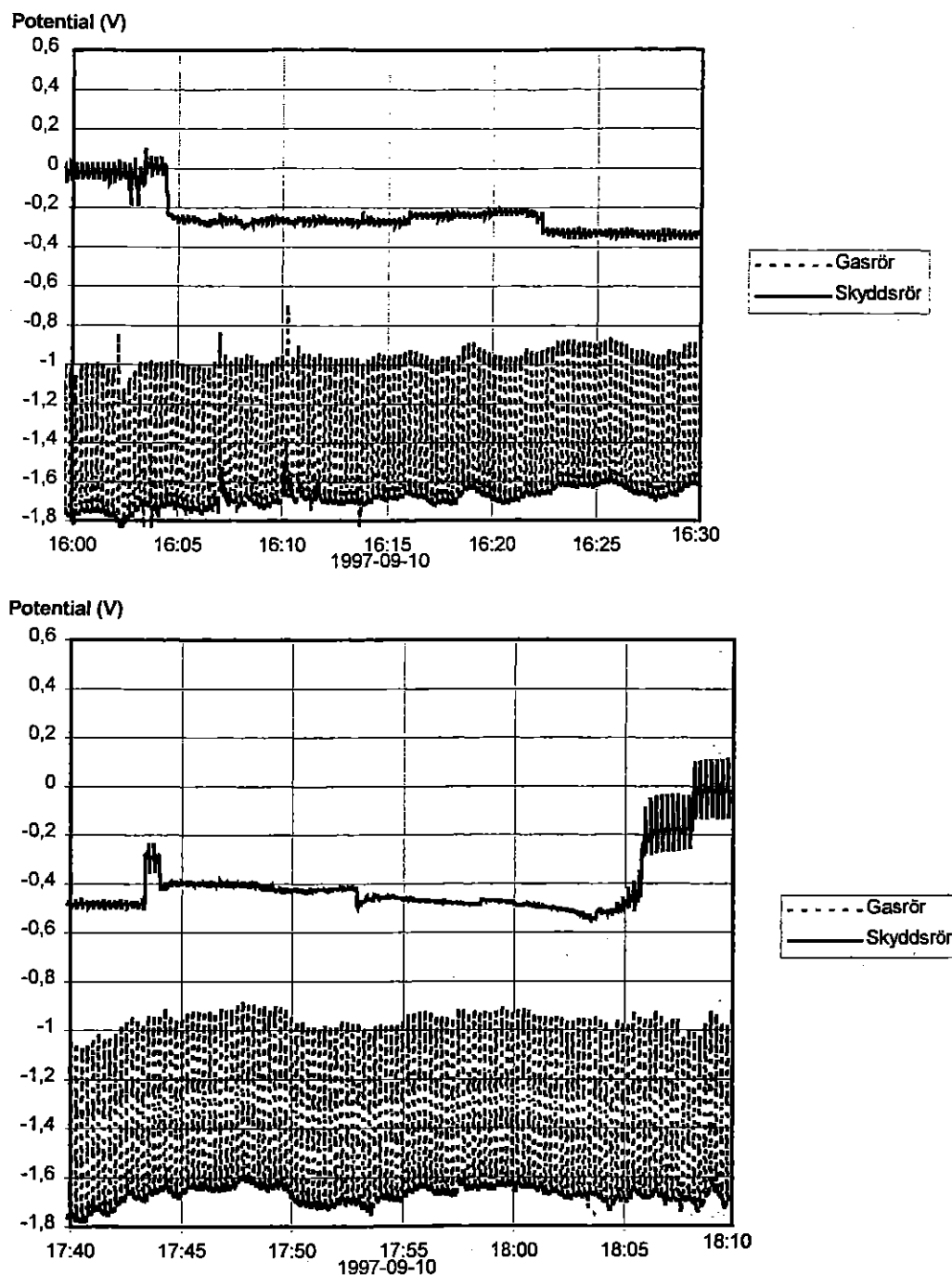
Tabell 2: Skyddsrorets potential, uppmätt vid årsmätningar.

År	200-05-0510		200-05-0520		Anmärkning
	E _{on} (V)	E _{off} (V)	E _{on} (V)	E _{off} (V)	
1986	-0,48	-	-0,48	-	Innan start av KKS
1986	-0,54	-	-0,56	-	
1987	-0,53	-0,53	-0,571	-0,571	
1988	-0,607	-0,605	-0,729	-0,729	
1989	-0,615	-0,615	-0,65	-0,65	
1990	-0,48	-0,48	-0,5	-0,5	
1991	-	-	-	-	
1992	-0,31	-0,31	-0,31	-0,31	Värden saknas pga intensivmätning
1993					
1994	-0,15	-0,15	-0,2	-0,2	
1995	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	
1996	+0,019	+0,025	-0,015	-0,008	

Som syns i tabellen har potentialen sedan 1990 blivit allt mer positiv. Trolig bidragande orsak till denna förändring är att vatten successivt trängt in i spalten mellan skyddsroret och gasröret, vilket möjliggör en elektrolytisk kontakt mellan skyddsroret och anoderna. Denna elektrolytiska kontakt orsakar en strömkrets som orsakar en potentialförskjutning på skyddsrorets utsida.

3.3.1 Magnesiumanodernas inverkan

För att klargöra magnesiumanodernas inverkan på skyddsrorets potential, togs anoderna bort. Undersökningen med fyllning/tömning av vatten i spalten upprepades ytterligare en gång. I figur 6 visas gasrorets och skyddsrorets potential under fyllning respektive tömning av vatten.



Figur 6: Överst: Potentialerna under fyllning av vatten i spalten.
Nederst: Potentialerna under tömning av vatten i spalten.

Intressanta observationer i kurvor av skyddsrorets potential före och efter det att anoderna tagits bort är:

- *Potentialförändringen är motsatt i de två fallen.*
Vid fyllning respektive tömning av vatten i spalten sker alltid en relativt snabb potentialförändring. Vid fyllning av vatten med anoder i spalten stiger

potentialen med ca 350 mV, för att sedan vid tömningen sjunka med 600 mV. Däremot vid fyllning av vatten utan anoder i spalten sjunker potentialen med 250 mV, för att sedan stiga med 300 mV vid tömningen.

- *Off-potentialvariation på skyddsroret.*

Under de båda tömningsperioderna försvann den tidigare beskrivna off-perioden på skyddsroret, för att återkomma efter respektive tömning.

3.3.2 Effekten av inkoppling av stålplåtar

För att öka strömflödet till skyddsroret kopplades jordförlagda stålplåtar, av olika storlekar, in till skyddsroret. Mätresultaten redovisas i tabell 3 nedan.

Tabell 3: Potential och ström vid inkoppling av stålplåtar till skyddsroret.

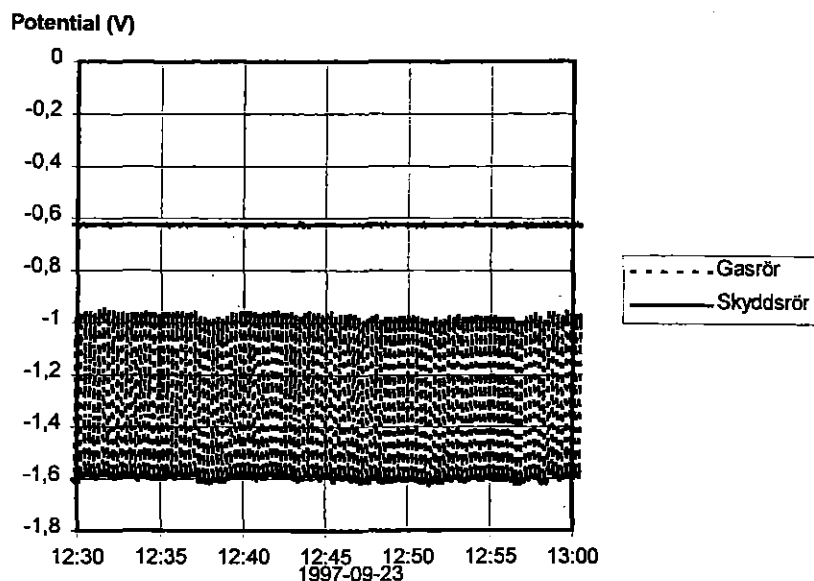
Stålplåt		Skyddsror	Ström stålplåt-
Area(m ²)	Potential (mV)	Potential (mV)	skyddsror (μA)
0,0001	-645	-375	0,5
0,5	-690	-700	2,9

Som syns i tabellen var det inte tillräckligt med den lilla stålplåten (1cm²) för att sänka potentialen på skyddsroret till normal korrosionspotential, ca -600 mV. Strömmen i den tänkta strömkretsen måste därför var större än 0,5 μA, men mindre än 2,9 μA.

3.3.3 Inverkan av järnvägens spårledning

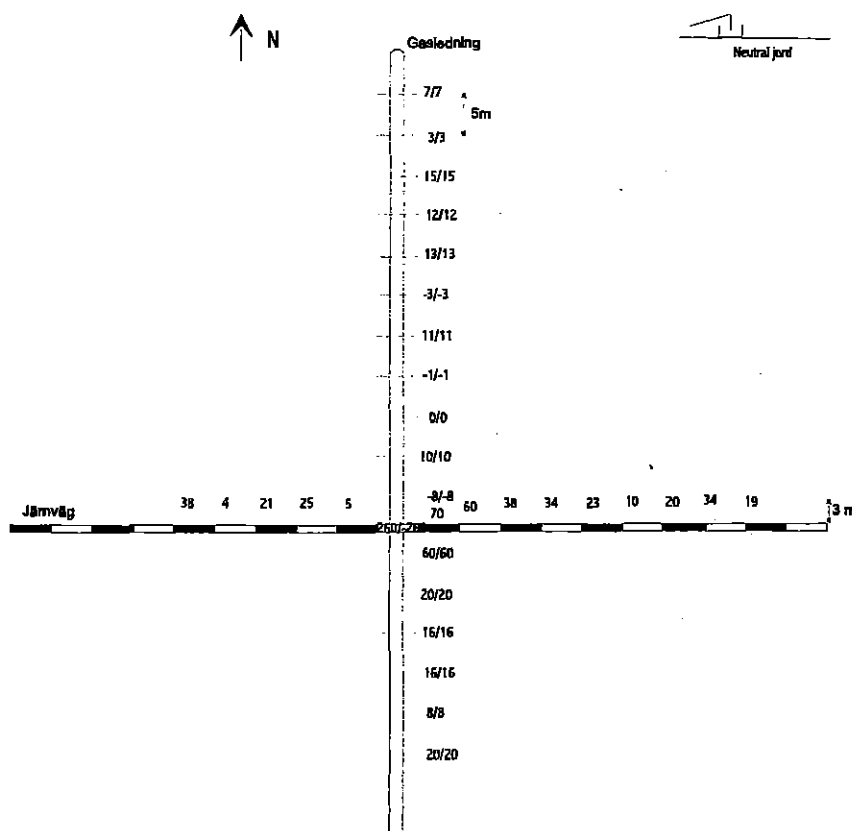
De inledande mätningar som genomfördes indikerade att skyddsroret inte var påverkat av spårledningen. Det beslutades trots detta att en mer ingående undersökning skulle genomföras, eftersom skyddsrorets potential inte återgick till normal nivå (ca -600 mV) efter vidtagna åtgärder.

Den mer ingående undersökningen utfördes den 23 september. Då mätningarna påbörjades var skyddsrorets potential - 650 mV och låg på denna nivå hela undersökningsdagen, se figur 7. För att kontrollera att det inte var en tillfällighet att skyddsrorets potential var normal, loggades potentialen under 5 dagar med samma resultat.



Figur 7: Potential på skydds- och gasrör den 23 september.

Undersökningen, för att klarlägga om skyddsörret var påverkat av järnvägens signalspår, bestod i att potentialen mot neutral jord uppmättes längs gasrör och järnväg, se figur 8 nedan. Potentialen uppmättes både under skyddsströmmens on- och off-period.



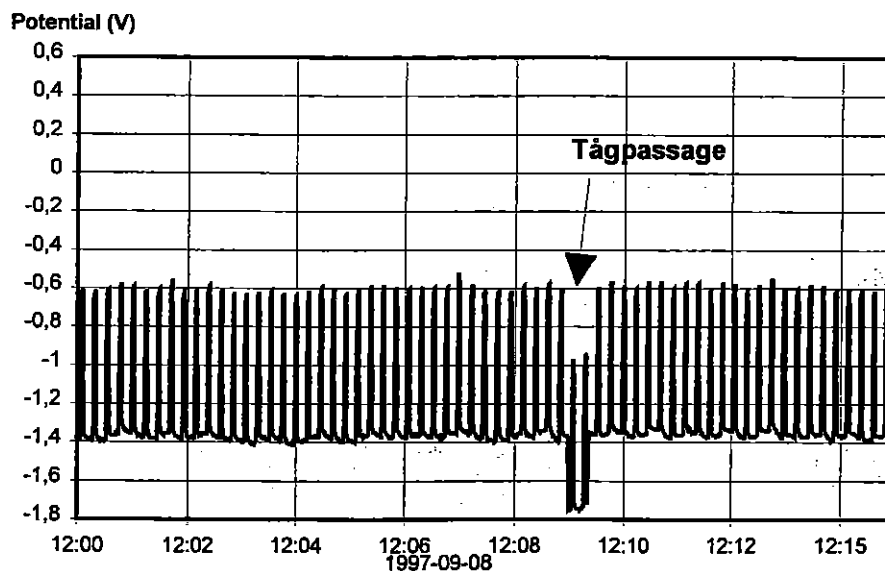
Figur 8: Uppmätt potential [mV] utmed gasledning och järnväg.

Som syns i figuren ovan är markens potential ovanför gasledningen något förhöjd närmast järnvägen.

Efter denna mätning slogs spårledningen ifrån av Banverket. Mätningarna närmast järnvägen upprepades, vilka visade att marken närmast korsningen fick samma potential som då signalspåret är i drift. Det noterades även att skyddsrörets potential inte påverkades av till/från-slaget utav spårledningen.

3.4 Elektrisk påverkan från järnvägens spårledning på gasröret

Det upptäcktes i samband med kontrollmätningar inför friläggningen av skyddsröret att gasledningen hade otillräcklig skyddspotential, ca -600 mV. Det noterades att gasledningen erhöll tillräcklig skyddspotential ca -1000 mV vid tågpassage, se nedan i figur 9.



Figur 9: Gasledningens on- och off-potential före, under och efter tågpassage.

Orsaken till gasledningens otillräckliga negativa potential, visade sig vara elektrisk påverkan från järnvägens likströmsmatade signalspårledning. Minusrälen var på grund av ett ihopbrunnet gnistgap, i kontakt med ett kopparjordtag beläget ca 500 m bort ifrån korsningen mellan gasledning och järnväg. När det trasiga gnistgapet åtgärdats, återgick gasledningens skyddspotential till normal nivå, dvs -1000 mV.

3.5 Växelspänningspåverkan

Växelspänningsnivån i gasröret varierar mellan 2 och 5 V.

Växelspänningsnivån på skyddsröret är mycket låg ca 0,05 V då spalten är tom på vatten. Då vatten fylls i skyddsröret ökar växelspänningen i skyddsröret upp

till ca 1V. Variationerna i växelspanning hos skyddsroret och gasroret följs åt, vilket tyder på att växelspanningen överförs konduktivt ifrån gasledningen.

4. Slutsatser

Orsaken till att skyddsrorets potential under åren blivit mer och mer positiv är inte fullständigt klarlagd. En tänkbar orsak är att det med tiden successivt läckt in vatten i skyddsroret och i takt med detta har ledningsförmågan mellan skyddsror och gasror och/eller anoder ökat. Vattnet utgör en elektrolyt vilket gör att en strömkrets kan uppstå och som i sin tur kan ge en potentialförskjutning.

Strömkretsen kan uppkomma på galvanisk väg, genom att skyddsrorets rostiga insida har en förhållandevis ädel potential (ca -400 mV) och verkar som katod mot rörets utsida. Utsidan har från början en oädel potential (ca -600 mV) och blir därmed anod. En ström flyter då från rörets utsida, genom jorden och genom vattenfilmen mellan gummimanschetten och gasror/skyddsror och vidare in till skyddsrorets insida. Den anodiska (positiva) strömtätheten blir hög i de små beläggningsskadorna eller porerna som antages föreligga på skyddsrorets utsida. Strömflödet medför ett positivt IR-fall, vilket adderas till den sanna potentialen på rörets utsida. Den potential som mäts med referenselektroden på markytan består alltså till en stor del av ett positivt IR-fall.

Det faktum att skyddsroret efter återfyllningen har återfått en normal potentialnivå, ca -600 mV, tyder på att anoderna medverkat till den tidigare positiva potentialen. Detta eftersom den enda förändring som gjorts är borttagandet av anoderna. Observationen att potentialförändringen var motsatt vid vattenfyllning/tömning med och utan anoder visar också på att anoderna medverkar till den positiva potentialförskjutningen.

För att ytterligare få klarhet i vad som kan ha orsakat den positiva potentialen, bör fler skyddsror som uppvisar positiv potential undersökas.

Byte av det trasiga gnistgapet i järnvägens spårledning visade sig inte ha någon inverkan på skyddsrorets potential.

Distanserna som är monterade mellan skyddsror och gasror var trasiga i båda ändarna medan de tycktes vara intakta längre in i spalten. Detta indikerar att skyddsroret och gasroret har rört sig i förhållande till varandra. I brottytorna på distansringarna fanns vassa kanter, som under ogynnsamma rörelser hos gasroret kunde ha skurit in i gasrorets polyetenbeläggning och därigenom exponerat stålet.

Det bör ytterligare undersökas om det är möjligt att förbättra distansernas material och design, så att ovanstående skador inte uppstår (se kapitel 5). Detta bör göras i samarbete med konstruktörer av distanser och materialtekniker.

Genom den inspektion (visuellt och videofilmning) som gjordes av gasledningens polyetenbeläggning kunde inga skador påvisas. Den tråkil som upptäcktes vid skyddsrorets södra öppning hade ej heller orsakat någon påvisbar skada på beläggningen.

5. Förslag till utformning av skyddsror vid nybyggnation

Erfarenheterna från denna friläggning, och tidigare genomförda friläggningar av skyddsror, visar att utformningen av skyddsror kan förbättras betydligt. Dessa erfarenheter och iakttagelser är sammanställda nedan, i form av förslag till vad som kan vidareutvecklas i kommande skyddsroreskonstruktioner. Vidare har det visat sig att kontrollen under byggtiden är mycket viktig eftersom skyddsror utgör en ur korrosionssynpunkt svag punkt gasledningssystemet.

De distanser som används idag är tillverkade av hårdplast, vilka lätt går sönder på grund av att gasröret rör sig i förhållande till skyddsroret. För att distanserna ska klara dessa rörelser måste de vara tillverkade av ett mer elastiskt material, t ex ett kraftigt gummidistanser. Dessa gummidistanser kan medföra problem då gasröret skall föras in i skyddsroret, eftersom det mjuka gummit har svårt att glida på skyddsrorets insida. Detta skulle kunna lösas genom att gasröret, med monterade gummidistanser, förses med hjul längst fram och kan på så sätt rullas in i röret. Ett annat möjligt alternativ för att förbättra glidförmågan, och därmed minska friktionen, är att fetta in gummidistanserna.

Spalten mellan gasrör och skyddsror skall vara så stor att gasröret med monterade distansringar kan ligga fritt i förhållande till skyddsroret. Det skall även finnas tillräckligt med utrymme för inspektion med kamera eller videoskop. Spalten bör oavsett rördiameter vara minst 75 mm. Vidare bör benen på distansringarna vara placerade i linje utmed gasröret, så att fritt utrymme finns för t ex ett videoskop.

De i rapporten beskrivna observationerna visar att skyddsror kan orsaka problem, och därmed bör behovet av dem verkligen övervägas. Skyddsroret har bl a till uppgift att fördela tryckändringar från den konstruktion som korsar gasledningen. Dessa tryckändringar måste fördelas på annat sätt, då skyddsroret ev tas bort. Tryckfördelning kan göras med antingen betongplank förlagda i marken ovanför gasledningen eller så förläggs gasledningen djupare under korsande konstruktion. Erfarenheter finns numera hos Vattenfall Naturgas av intryckning av gasrör utan skyddsror under motorväg (E6) utanför Göteborg.

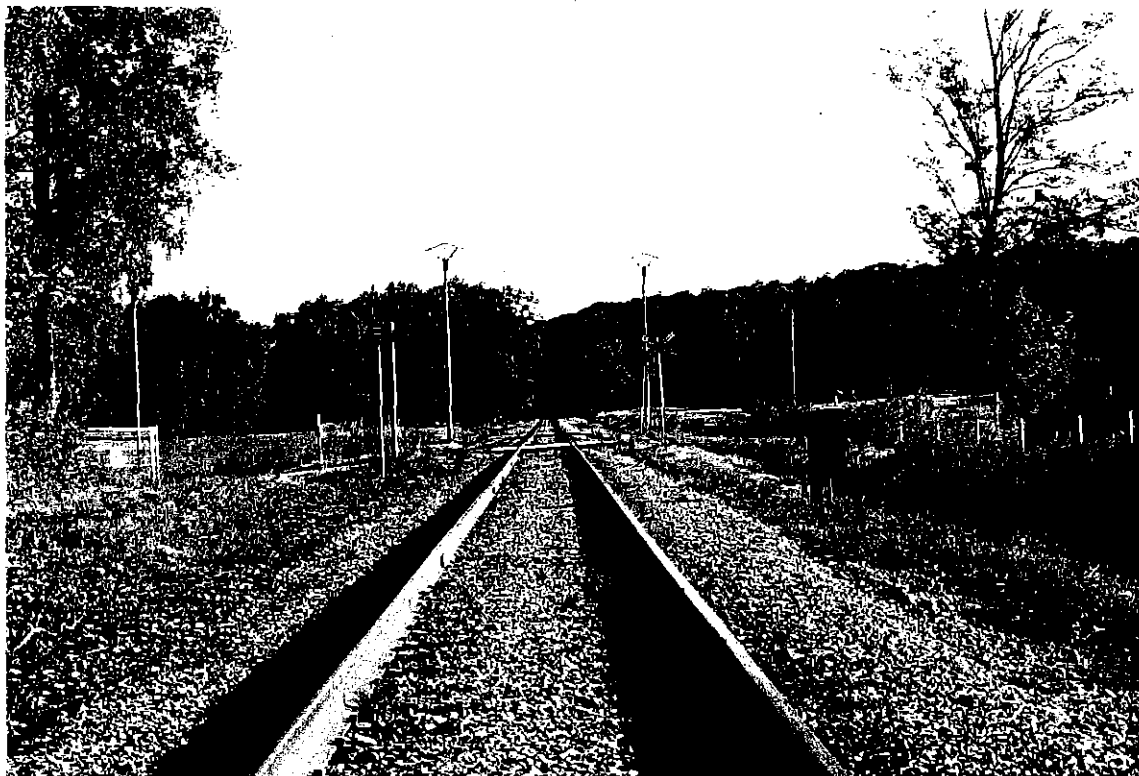


Bild 1 Gasledningen med det undersökta skyddsroret korsar under järnvägen Halmstad-Värnamo vid den obevakade järnvägsövergången, som syns på bilden.



Bild 2 Skyddsrorets södra ände med intakt gummidamask.

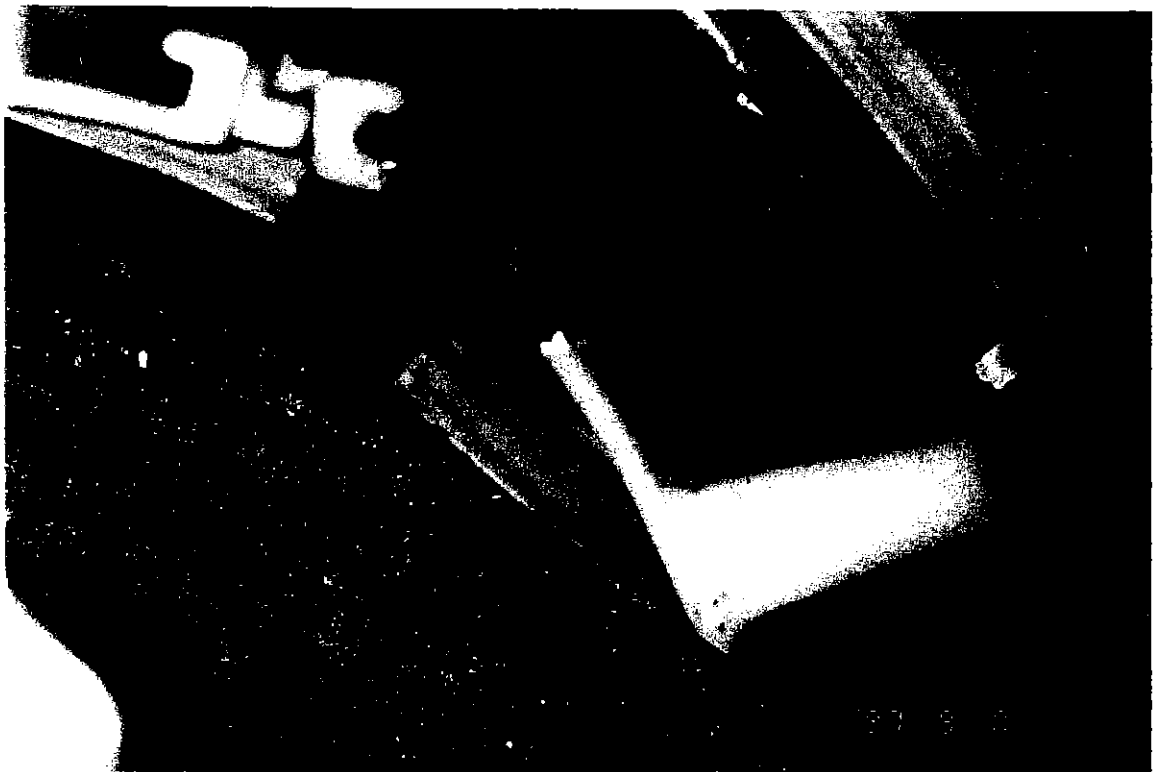
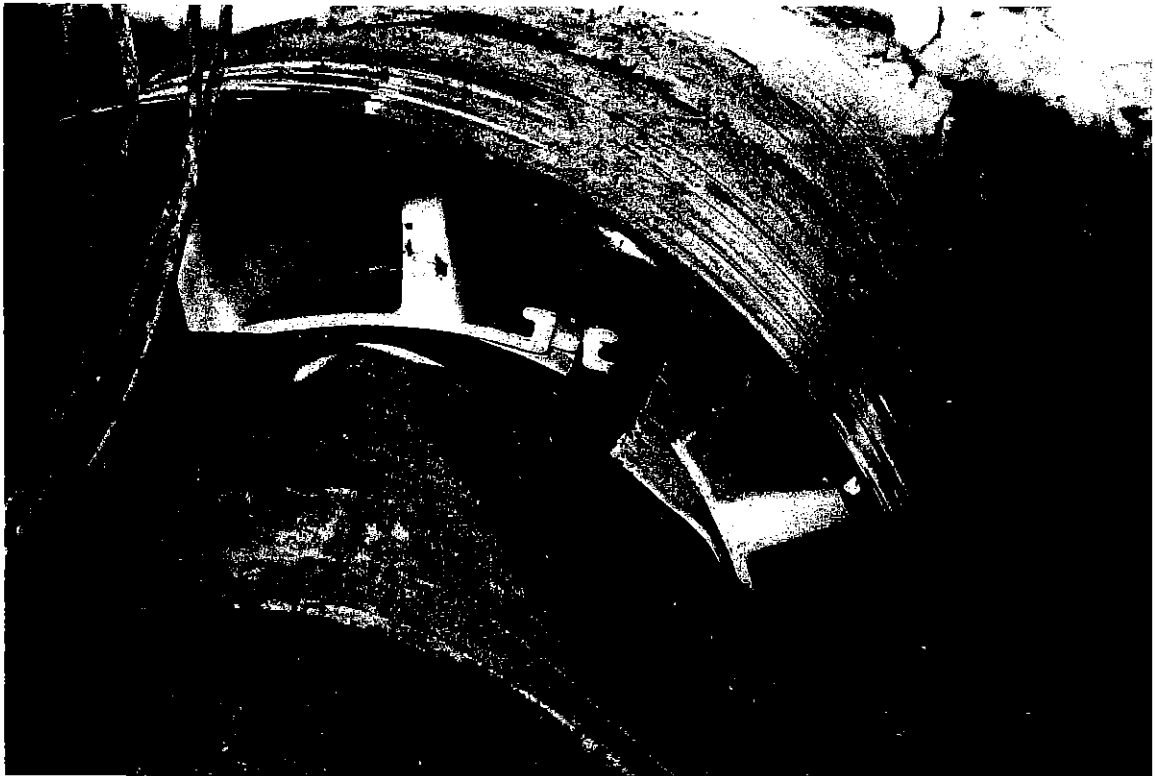


Bild 3 Sönderbruten distansring med vassa brottkanter i skyddsrörets södra ände.



Bild 4 Skyddsrörets rostiga insida (atmosfärisk korrosion).

Bilaga 3

SGC- projekt: Gasrör i skyddsrör

Delrapport - Friläggning av skyddsrör i Kattarp

Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör - Delrapport 2

Charlotte Johansson, SYCON Energikonsult AB

Åsa Marbe, SYCON Energikonsult AB

Sammanfattning

Inom projektet skall ett antal skyddsrör med onormal potential undersökas. Denna rapport behandlar undersökningen av ett skyddsrör i Hasslarp, ca en mil norr om Helsingborg. Anledningen till att detta skyddsrör valdes är att dess potential mot mark under en längre tid har varit för positiv. Skyddsrörets potential var vid undersökningstillfället väldigt varierande mellan ca -200 mV och +200 mV. Normalt skall potentialen på ett skyddsrör ligga mellan -500 mV och -600 mV.

Vid den visuella inspektionen noterades det att alla synliga distanser var hela. De båda gummidamaskerna vid skyddsrörets ändpunkter var intakta. Skyddsrörets insida var i god kondition, ingen nämnvärd synlig korrosion. Det var helt torrt i spalten mellan skyddsrör och gasrör, vilket visar att damaskerna har varit tättslutande. Magnesiumanoderna var praktiskt taget oangripna, vilket var väntat eftersom det inte fanns något vatten i skyddsröret.

Vid denna undersökning kontrollerades det om det fanns beläggningsskador på gasröret, genom att fylla spalten mellan gasrör och skyddsrör med rent vatten. Även magnesiumanodernas inverkan på skyddsrörets potential undersöktes.

Det är ännu inte fullständigt klarlagt vad anledningen till skyddsrörets positiva potential är. Den troliga orsaken är att skyddsröret är väl isolerat och blir då därmed väldigt känslig för mycket små främmande strömmar. Test med att åstadkomma direktkontakt mellan skyddsröret och marken, gav en mycket stabil potential. Det finns ingen sådan direktkontakt mellan skyddsröret och marken när damaskerna är på, vilket gör att vi mäter en felaktig potential.

Efter återfyllningen har en jordplåt installerats. Detta för att skapa en kontakt mellan skyddsrör och jord. Skyddsrörets potentialnivå efter installation av jordplåt blev ca -800 mV.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	2
2	SYFTE	2
3	GENOMFÖRANDE OCH RESULTAT	3
3.1	Visuella observationer	3
3.2	Undersökning av förekomst av skador	3
3.2.1	Tömning av befintligt vatten	4
3.2.2	Fyllning och tömning av vatten i skyddsroret	4
3.3	Skyddsrorets potential	5
3.3.1	Magnesiumanodernas inverkan	5
3.3.2	Effekten av inkoppling av jordplåt	5
3.4	Växelspänningspåverkan	5
4	RESULTAT OCH SLUTSATSER	6

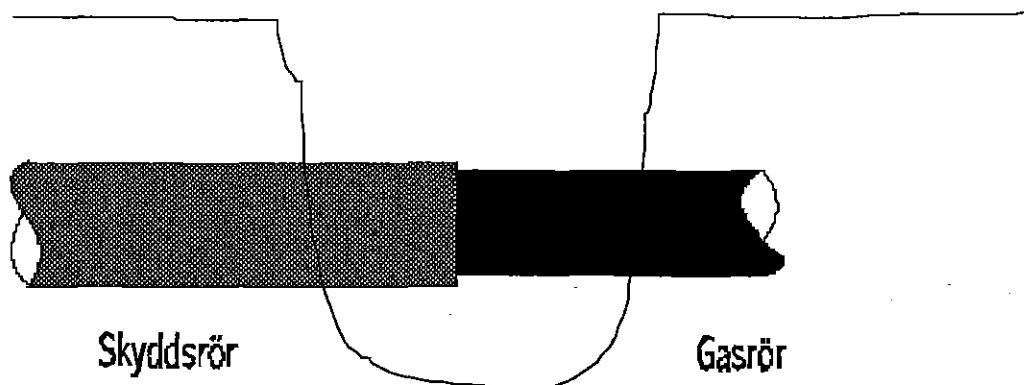
Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör - Delrapport 2

1 Inledning och bakgrund

Inom SGC-projektet "Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör" skall ett antal skyddsrör inklusive gasröret undersökas. Undersökningsobjekten väljs ut med ledning av om det förekommer onormala potentialer på skyddsrör och/eller gasrör.

Denna rapport behandlar undersökningen av ett skyddsrör beläget i Kattarp strax utanför Helsingborg. Skyddsröret finns på grenledningen mot Höganäs. Friläggning (se figur 1) och kontrollmätning utfördes under maj respektive augusti 1998.

Anledningen till skyddsrörets placering är att en elektrifierad järnväg korsar gasledningen. Gasledningen har diametern 219,1 mm och godstjocklek 5,1 mm. Skyddsröret var vid undersökningen 12 år gammalt (byggår 1986).



Figur 1: Schablonfigur över frilagt skyddsrör (ena sidan)

Det nu undersökta skyddsröret hade potentialerna (on/off) -0,2 / -0,19 V på ena sidan järnvägen respektive -0,23 / -0,22 V vid andra sidan. Detta kan jämföras med potentialerna som uppmättes på skyddsröret i Halmstad (se delrapport 1) som var 0,019 / 0,025 V respektive -0,02 / -0,01 V. Potentialerna är på båda platserna för positiva (bör ligga runt -500 – -600 mV) och visar on/off påverkan.

2 Syfte

Syftet med undersökningen var dels att fastställa orsaken till skyddsrörets positiva potential, dels att söka en förklaring till skillnaden mellan on- och off-potentialen på skyddsröret. Syftet med undersökningen var dessutom att undersöka om det var möjligt att bekräfta de resultat som erhöles vid friläggningen av skyddsröret i Halmstad (se delrapport 1).

Vidare skall undersökningen också skapa underlag för fortsatta friläggningar av skyddsrör. Målet med projektet är att ge underlag för rekommendationer beträffande utformning av skyddsrör vid nybyggnation samt rehabilitering av befintliga skyddsrör.

3

Genomförande och resultat

För att kunna genomföra undersökningarna på skyddsröret, frilades det i båda ändar. Gasrörets påtryckta ström bröts/slogs till med intervall 12s / 3s, vilket betyder att strömmen är tillslagen i tolv sekunder bruten i tre sekunder o s v. Under undersökningsperioden, den 4-6 maj 1998, registrerades följande parametrar med datalogger (samma parametrar som i tidigare undersökningar):

- Gasrörets potential på båda sidor om järnvägen
- Skyddsrörets potential på båda sidor om järnvägen
- Gasrörets växelspanning
- Skyddsrörets växelspanning
- Potential mellan skyddsrör och invändiga magnesianoder
- Potentialgradient i marken

Dessutom genomfördes momentana kontrollmätningar på både gasröret och skyddsröret.

3.1

Visuella observationer

Följande observationer gjordes då skyddsröret var frilagt:

- De distansringar som var synliga för inspektion var hela. Inga brottytor kunde observeras.
- Gummidamaskerna var helt oskadade.
- Ingen speciell lukt kunde kännas när damaskerna lossades.
- Skyddsrörets insida var mycket väl vidbehållen. Ingen korrosion kunde observeras.
- Inget vatten fanns i spalten mellan gasrör och skyddsrör.
- Vatten som spolades igenom röret förblev klart.
- Magnesianoderna var praktiskt taget oangripna, vilket var väntat då det inte fanns något vatten i spalten.

3.2

Undersökning av förekomst av skador

Eventuella beläggningsskador på gasröret kan identifieras genom att spalten mellan gasrör och skyddsrör fylls respektive töms på vatten. När vattennivån passerar beläggningsskadan, där gasledningens stål är blottlagt, påverkas skyddsrörets potential drastiskt. Genom att notera vattennivån då potentialförändringen inträffar, kan skadans läge uppskattas.

Ytterligare ett sätt att påvisa om det finns beläggningsskador på gasröret, är att se om skyddsröret följer gasrörets on/off-cykel då spalten är vattenfylld.

3.2.1 Tömning av befintligt vatten

Det fanns inget befintligt vatten i skyddsröret när damaskerna lossades. Insidan på skyddsröret var alldeles torr och inga tecken fanns på att där skulle funnits vatten.

3.2.2 Fyllning och tömning av vatten i skyddsröret

För att kunna fastställa om det fanns någon beläggningsskada på gasröret, fylldes spalten mellan gasrör och skyddsrör med rent vatten. Under tömning av vattnet mättes on- och off- potentialer. Under tömningens gång noterades vattennivåns position på gasröret, för att kunna lokalisera ev. beläggningsskador.

I diagram 1 nedan visas hur potentialerna förändras under den period då vattnet tappades ut ur skyddsröret. Det finns ingen on/off påverkan på skyddsröret när röret är fyllt med vatten och potentialkurvan för skyddsröret ändras inte drastiskt vid något till under tömningen. Detta tyder på att gasrörets coating är intakt.

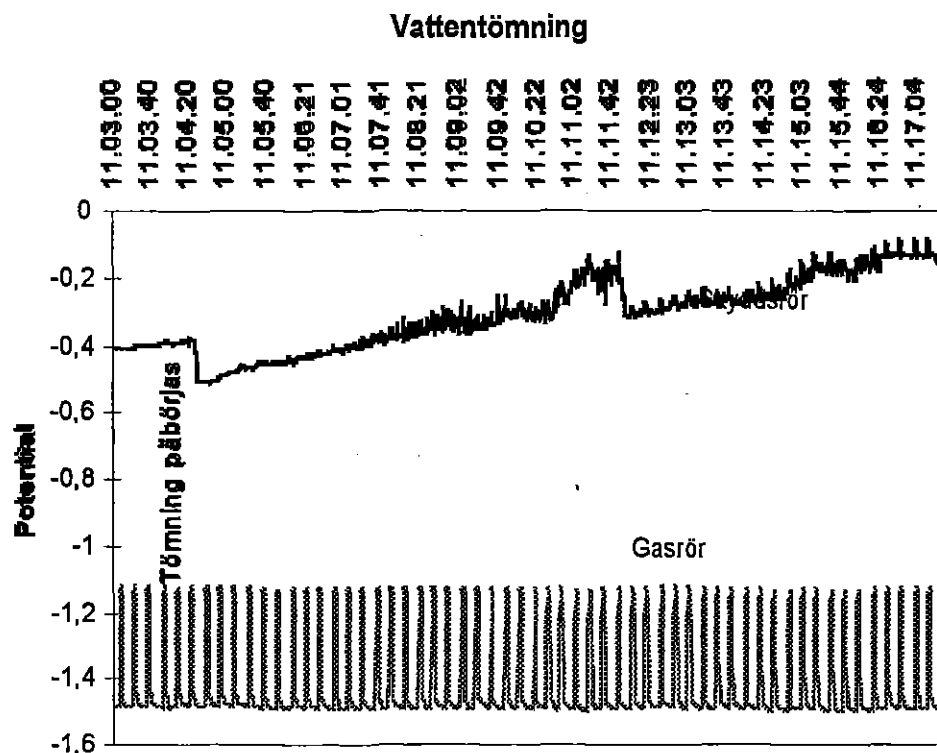


Diagram 1: Potentialer på gasrör och skyddsrör under tömning av vatten

Innan tömning av vattnet är skydds rörets potential ca -400 mV för att efter tömningen stiga till ca -100 mV. För förklaring till varför potentialen stiger till mer positiv nivå efter tömning se kapitel 4.

3.3 Skydds rörets potential

De senaste åren har det observerats att skydds rörets potential varit förskjuten i positiv riktning. Detta har observerats i de årsmätningar som utförs årligen.

3.3.1 Magnesiumanodernas inverkan

För att få klarhet om magnesiumanoderna inverkar på skydds rörets potential togs dessa bort. Undersökning med fyllning och tömning av vatten upprepades. Ingen inverkan av magnesiumanoderna kunde observeras. Dessa har heller troligen inte haft någon påverkan på den avvikande potentialen, då det var torrt i skydds röret när det öppnades.

3.3.2 Effekten av inkoppling av jordplåt

För att minska utbredningsresistansen, mellan skydds röret och jord, kopplades jordplåt in. Diagram (se diagram 2) över skydds rörets potential under tiden då en stålplåt var ansluten till skydds röret visar att skydds röret erhåller en stabil potential. Potentialen sänks från ca -100 mV till -800 mV.

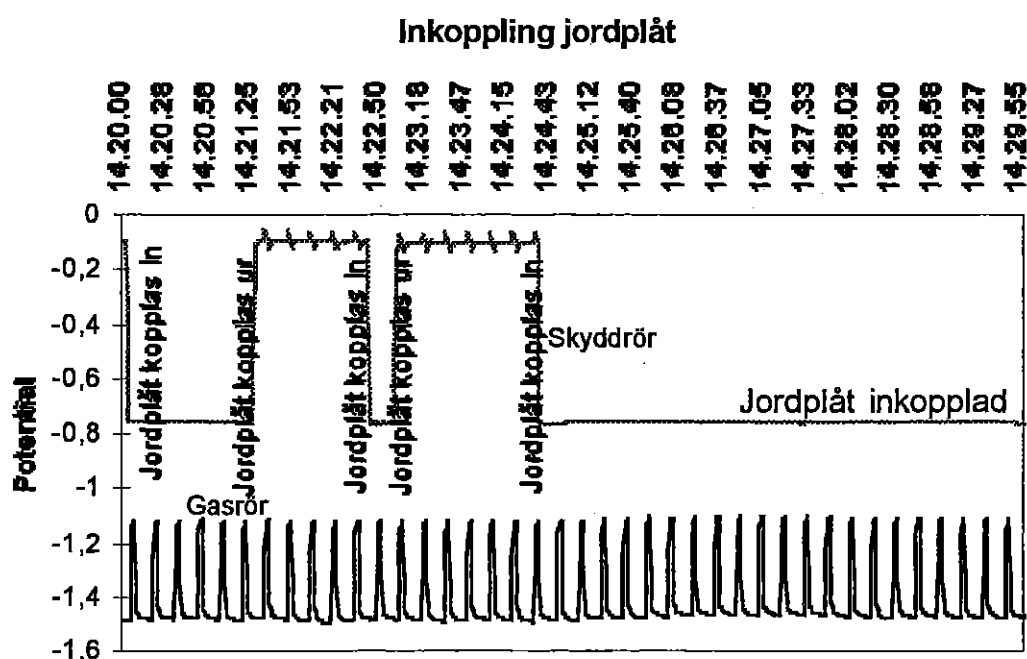


Diagram 2: Potential på gasrör och skydds rör under inkopplandet av jordplåt

3.4 Växelspänningspåverkan

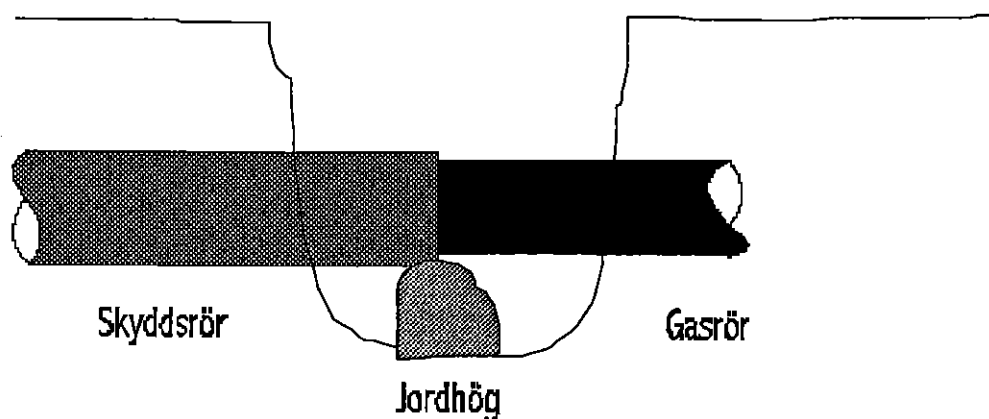
Växelspänningsnivån i gasröret ligger runt 1,5 V. Detta är en relativt liten påverkan. Växelspänningsnivån på skydds röret uppmättes till ca 0,15 V.

Variationerna i växelspanning hos skyddsröret och gasröret följs åt, vilket tyder på att växelspanningen överförs induktivt ifrån gasledningen till skyddsröret.

4

Resultat och slutsatser

I ett försök att finna förklaringen till varför skyddsröret uppvisar en så positiv potential så gjordes ett försök med att öka kontakten mellan skyddsrörets stålyta och jord. Detta gjordes genom att jordhög lades upp mot skyddsröret (se figur 2).



Figur 2: Schablonbild över försök att öka kontakten mellan skyddsrör och jord

Resultatet i diagram 3 visar att potentialen sjunker till normal nivå när jordkontakten ökar. Den troliga orsaken till skyddsrörets positiva potential är att coatingen på skyddsröret är så perfekt och att det helt enkelt är ett mättekniskt problem att fastställa den sanna potentialen, se figur 3.

Försök med ökad jordkontakt mellan skyddsörrets stålyta och gasröret

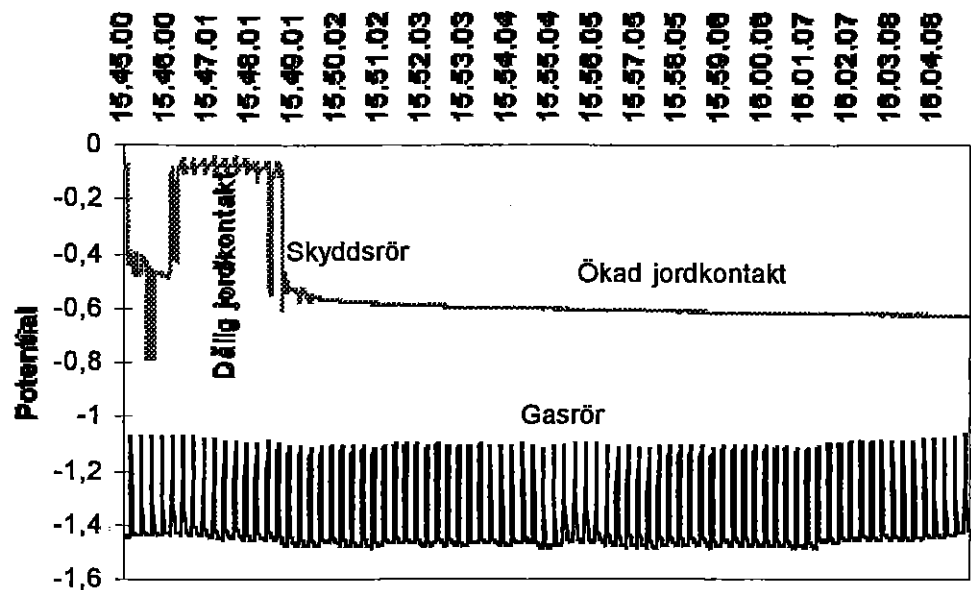
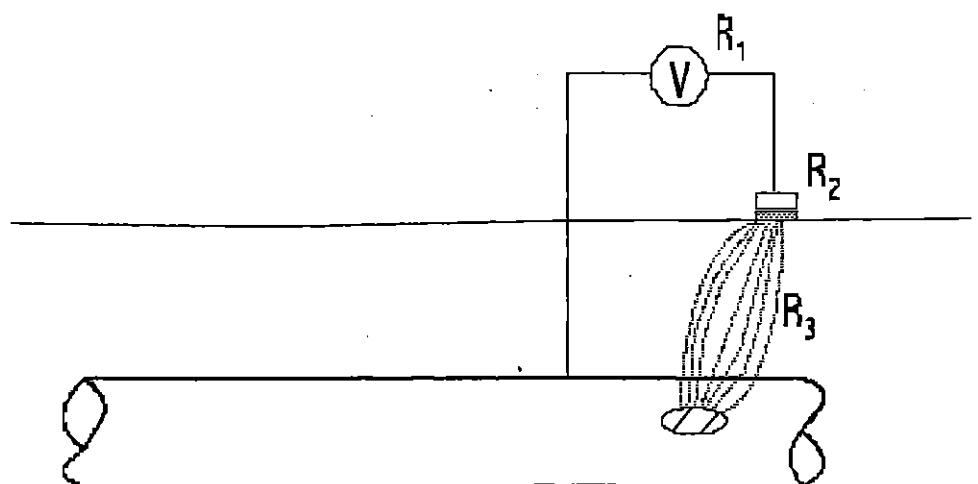


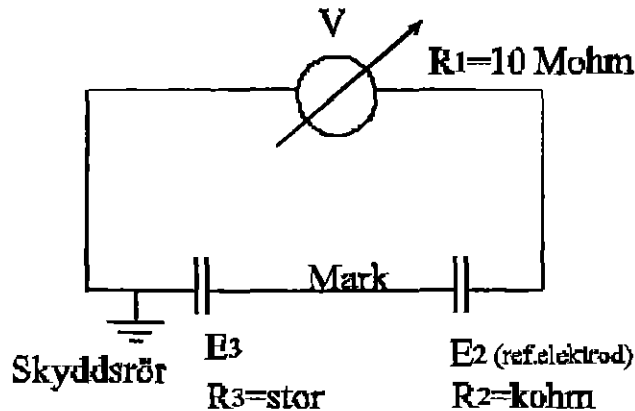
Diagram 3: Visar effekten på potentialen vid ökad jordkontakt



Figur 3: Bild över hur det mättekniska problemet uppstår att mäta den sanna potentialen

I figur 3 visas hur mätuppkopplingen ser ut vid mätning av skyddsörrets potential. I denna uppkoppling finns ett antal olika resistanser R_1 = resistans i voltmetern, R_2 = resistans mellan referenselektrod och jord och R_3 = resistans mellan jord och skyddsör (övriga resistanser anses försumbara). Om

skyddsörrets coating är perfekt kommer resistansen R_3 bli väldigt hög och vi mäter ett felaktigt värde med voltmetern, se figur 4.



Figur 4: Kretsschema över resistanser i mätuppkopplingen vid potentialmätning av skyddsörrets potential

Ytterligare tecken som tyder på att den positiva potentialen orsakas av hög utbredningsresistans mellan skyddsör och jord är att skyddsörrets potential sjönk till ca -400 mV när skyddsörret fylldes med vatten. Vattnet sänkte resistansen mellan skyddsörret och jord. Under tömningen sjunker potentialen till ca -500 mV, eftersom då ökar kontakten ytterligare. När skyddsörret sedan var tomt på vatten och resistansen ökade steg potentialen successivt till ca -100 mV.

De slutsatser som kan dras av friläggningen i Hasslarp är att det troligen är ett mättekniskt problem som ger upphov till den alltför positiva potentialen. Detta till följd av att skyddsörret är välisolerat. Vid kontrollmätningar av påverkade skyddsör kan det avgöras om det rör sig om verklig påverkan på skyddsörret eller om det är ett mätfel genom att utnyttja en provisoriskt installerad jordplåt (plåt som sticks ner i marken). Provplåten ansluts till skyddsörret och blir då potentialen stabil och återgår till mer naturlig nivå rör det sig om ett mätfel. De tendenser till att skyddsörret påverkas av gasörrets on/off då skyddsörret inte är i kontakt med jorden, beror troligtvis på att det blir små gradientfält i marken vid det katodiska skyddets till- och frånslag. Eftersom skyddsörret är så välisolerat syns mycket små strömmar vid mätningen. Den uppmätta skillnaden mellan on- och off-potentialen beror troligtvis i detta fallet inte på någon coatingskada.

Andra intressanta slutsatser är att de synliga distanserna i detta skyddsörret var hela. I de skyddsör som tidigare frilagts har distanserna varit trasiga.

Damaskerna i Hasslarp verkar dessutom varit helt tättslutande då det inte fanns något befintligt vatten i skyddsörret och heller inga tecken på att där ha stått vatten. Insidan av skyddsörret var i förhållandevis mycket god kondition vilket visar att vid frånvaro av vatten korroderar det mindre.

Bilaga 4

SGC- projekt: Gasrör i skyddsrör

Delrapport - Friläggning av skyddsrör i Fosie, Malmö

Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör - Delrapport 3

Charlotte Johansson, SYCON Energikonsult AB
Åsa Marbe, SYCON Energikonsult AB

Sammanfattning

Inom projektet skall ett antal skyddsrör med onormal potential undersökas. Denna rapport behandlar undersökningen av ett skyddsrör i Fosie, strax söder om Malmö. Anledningen till att detta skyddsrör valdes är att dess potential mot mark uppvisar on-/off-påverkan. Vägdragningen skulle dessutom ändras där skyddsröret är beläget, vilket föranledde att skyddsröret ändå skulle friläggas.

Vid den visuella inspektionen noterades det att alla synliga distanser var trasiga. De båda gummidamaskerna vid skyddsrörets ändpunkter var intakta. Skyddsrörets insida var i dålig kondition och tämligen kraftigt korroderat. Det stod vatten i spalten mellan gasrör och skyddsrör upp till halva gasröret, vilket visar att damaskerna inte varit tättslutande. Magnesiumanoderna var så gott som upplösta, vilket var väntat eftersom det stått vatten i skyddsröret.

Vid denna undersökning kontrollerades det om det fanns beläggningsskador på gasröret, genom att fylla spalten mellan gasrör och skyddsrör med rent vatten. Mätningar tyder på att det finns en coatingskada på gasröret. Skadan finns troligen på gasrörets undersida och befinner sig inuti skyddsröret.

Innehållsförteckning

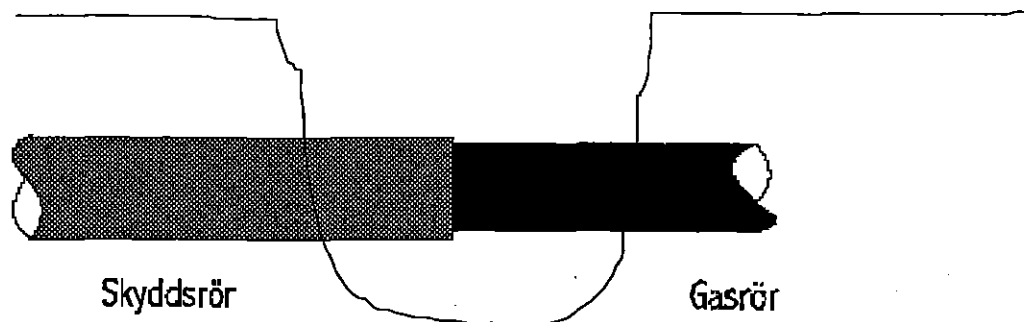
1	INLEDNING OCH BAKGRUND	2
2	SYFTE	2
3	GENOMFÖRANDE OCH RESULTAT	3
3.1	Visuella observationer	3
3.2	Undersökning av förekomst av skador	3
3.2.1	Tömning av befintligt vatten	3
3.2.2	Fyllning och tömning av vatten i skyddsroret	4
3.3	Skyddsrorets potential	6
3.3.1	Magnesiumanodernas inverkan	6
3.3.2	Effekten av jordning av skyddsroret	7
3.4	Växelspänningspåverkan	7
4	RESULTAT OCH SLUTSATSER	8

Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör - Delrapport 3

1 Inledning och bakgrund

Inom SGC-projektet "Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör" skall ett antal skyddsrör inklusive gasröret undersökas. Undersökningsobjekten väljs ut med ledning av om det förekommer onormala potentialer på skyddsrör och/eller gasrör. Denna rapport behandlar undersökningen av ett skyddsrör på stamledningen beläget i Fosie strax söder om Malmö. Friläggning (se figur 1) och undersökning utfördes under september 1998.

Anledningen till att skyddsröret är nedlagt är att en väg (väg 101) korsar gasledningen. Trycket i stamledningen är 80 bar och diametern på gasröret är 609,6 mm och godstjockleken 10,2 mm



Figur 1: Schablonfigur över frilagt skyddsrör (ena sidan)

Det nu undersökta skyddsröret hade före friläggningen potentialerna (On/Off) - 0,53 / -0,50 V. Potentialerna är alltså inte för positiva (skall ligga runt 500 – 600 mV) men de uppvisar en on/off påverkan. De tidigare frilagda skyddsrören i Halmstad (se delrapport 1) respektive Hasslarp (se delrapport 2) har uppvisat både för positiva värden och en on/off påverkan.

2 Syfte

Syftet med undersökningen var att söka en förklaring till skillnaden mellan on- och off- potentialen på skyddsröret. Vägdragningen skulle dessutom ändras där skyddsröret är beläget, vilket föranledde att skyddsröret ändå skulle friläggas.

Målet med SGC-projektet och friläggningarna är att ge underlag för rekommendationer beträffande utformning av skyddsrör vid nybyggnation.

3 Genomförande och resultat

Vid undersökningen frilades skyddsrorets båda ändar. Under hela undersökningstillfället, 7 - 8 september 1998, registrerades följande parametrar med dataloggrar:

- Gasrorets potential (båda sidor ursprunglig väg)
- Skyddsrorets potential (båda sidor ursprunglig väg)
- Gasrorets växelspanning
- Skyddsrorets växelspanning
- Potential mellan skyddsror och invändiga magnesiumanoder
- Potentialgradient i marken

Förutom ovanstående registrerade mätningar gjordes manuella kontrollmätningar på både gasror och skyddsror.

3.1 Visuella observationer

När skyddsroret var frilagt kunde följande observationer göras:

- De distansringar som var synliga för inspektion var trasiga. Varje synlig distansring hade minst en brottyta.
- Gummidamaskerna var helt oskadade.
- En doft av unkenhet kunde kännas när damaskerna öppnades.
- Skyddsrorets insida var tämligen kraftigt korroderat. Flagor av korrosionsprodukter kunde plockas från skyddsrorets insida.
- Skyddsroret innehöll vatten som rann ut när damaskerna lossades. Det syntes en tydlig vattenlinje efter var vattenytan hade befunnit sig. Ungefär halva röret hade varit fyllt med vatten
- Magnesiumanoderna var i stort sett upplösta till följd av att de stora delar av tiden befunnit sig i vatten.
- I detta skyddsroret var kanten på ändarna på skyddsroret täckta med tejp.

3.2 Undersökning av förekomst av skador

Eventuella beläggningsskador på gasrorets polyeten kan identifieras genom att spalten mellan gasror och skyddsror fylls respektive töms på vatten. När vattennivån passerar en skada där gasledningens stål är blottlagt, förändras skyddsrorets potential drastiskt. Genom att notera vattennivån då potentialförändringen inträffar, kan skadans läge uppskattas.

Ytterligare ett sätt att påvisa om det finns beläggningsskador på gasroret, är att se om skyddsroret följer gasrorets on/off-cykel då spalten är vattenfylld.

3.2.1 Tömning av befintligt vatten

Det uppskattas att ungefär halva skyddsroret var fyllt med vatten vid undersökningstillfället. Detta kunde också verifieras genom att studera det

tömnda skyddsrorets korrosionsangrepp. Korrosionsangreppen var kraftigare vid kl 3 och 9 på skyddsrorets insida.

3.2.2

Fyllning och tömning av vatten i skyddsroret

För att kunna fastställa om det finns någon beläggningsskada på gasroret, fylls spalten mellan gasrör och skyddsrör med rent vatten. Under tömning av vattnet mättes on-och off- potentialer. Under tömningens gång noterades vattennivåns position på gasroret, för att kunna lokalisera ev. beläggningsskador.

I diagram 1 nedan visas hur potentialerna förändras under de perioder som skyddsroret fylls med vatten. Vattenfyllningen utfördes två gånger då den ena damasken släppte, och vattnet rann ut, före det att skyddsroret var fyllt vid det första tillfället.

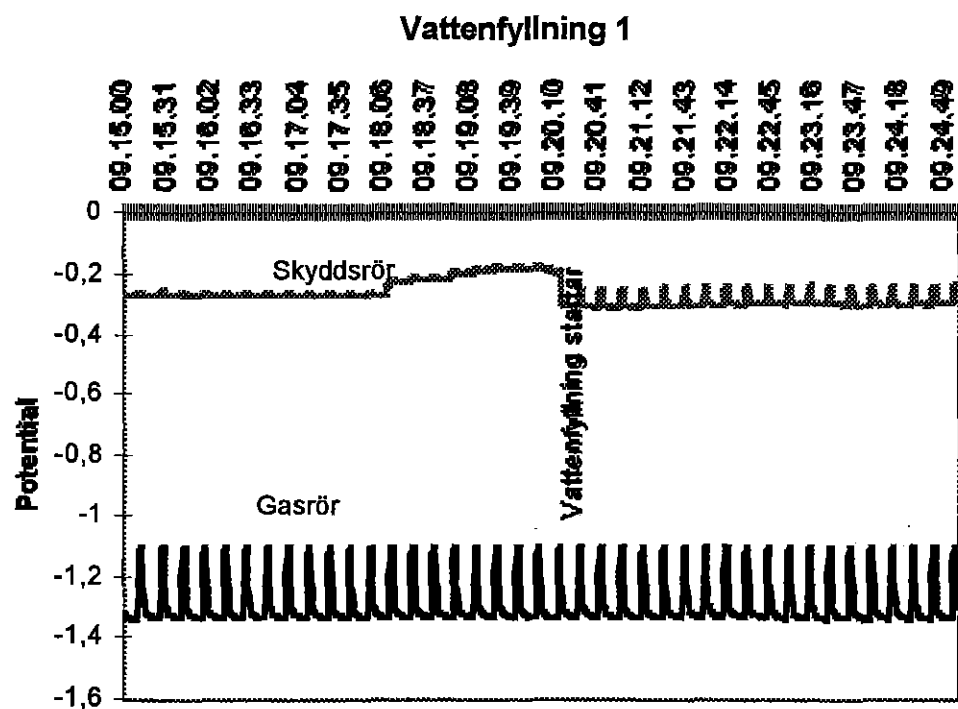


Diagram 1a: Potentialer på gasrör och skyddsrör vid fyllning av vatten vid första tillfället

Vattenfyllning 2

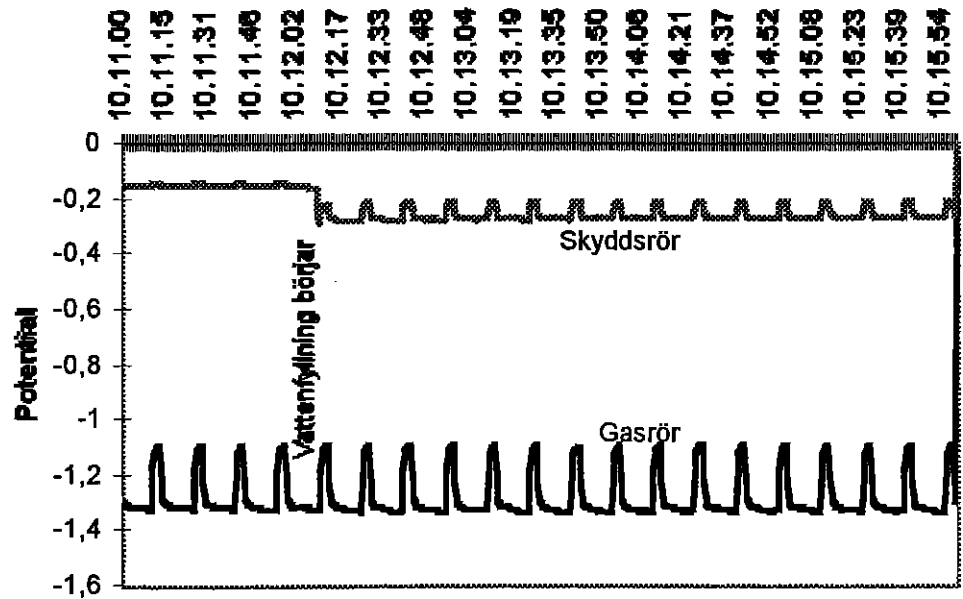


Diagram 1b: Potentialer på gasrör och skyddsrör vid fyllning av vatten vid andra tillfället

Vid kl 09:20 respektive kl 10:12 sjunker skyddsrörets potential med ca 100 mV och IR-fallet ökar från ca 15 mV till ca 90 mV. Detta indikerar på att en skada finns i gasrörets coating. Nivån på påfylld vattenmängd vid de två tidpunkterna uppskattades till någonstans i botten av gasröret. Skadan tros därför befinna någonstans på gasrörets undersida.

I diagram 2 nedan visas potentialkurvorna för gasrör respektive tömning under det att tömning pågår utav vatten i skyddsröret.

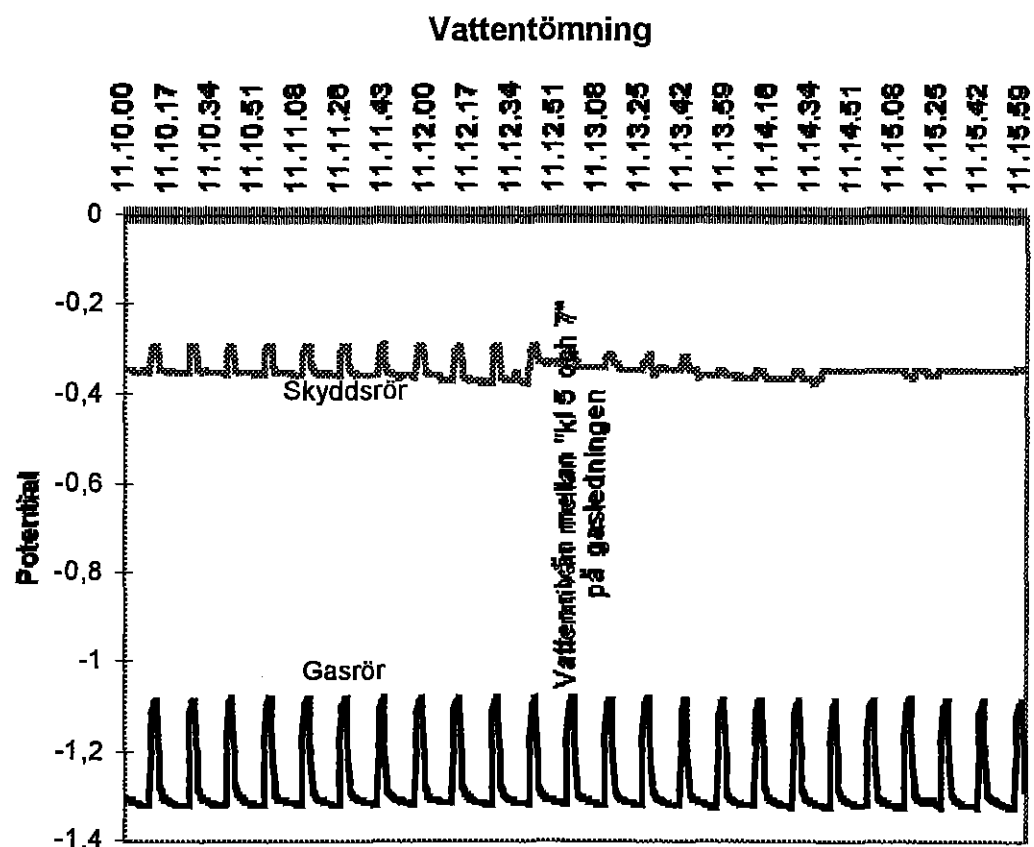


Diagram 2: Potentialer på gasrör och skyddsror under tömning av vatten

Vid ca kl 11:13 befinner sig vattennivån på gasrörets undersida och det syns i diagrammet att IR-fallet minskar. Detta verifierar återigen att det finns en skada på gasrörets undersida. Potentialnivån stiger sedan sakta till en mer positiv nivå i takt med att skyddsrorets insida torkar och utbredningsresistansen ökar.

3.3 Skyddsrorets potential

Det har vid de senaste årsmätningarna som görs varje år observerats att skyddsroret följer gasledningens on/off-cykel. Detta kan indikera på att gasroret har en beläggningsskada i coatingen, vilket mätningarna i kapitel 3.2 tyder på. Vattnet som befinner sig i skyddsroret gör att gasroret och skyddsroret då står i elektrisk kontakt med varandra.

3.3.1 Magnesiumanodernas inverkan

Vid tidigare friläggningar har mätningarna under fyllning/tömning av vatten upprepats efter det att anoderna tagits bort. Dessa mätningar har utförts för att bedöma anodernas eventuella inverkan på potentialen. Då det i Fosie bedömdes att orsaken till att skyddsroret följer gasrörets on/off-cykel är en coatingskada ansågs det inte meningsfullt att upprepa mätningarna med anoderna borttagna.

3.3.2

Effekten av jordning av skyddsörret

I ett försök att minska utbredningsresistansen mellan skyddsörret och jord kopplades en skruvmejsel in till skyddsörret, se diagram 3. Det faktum att potentialen inte blir stabil då skruvmejseln kopplas in indikerar att skadan är större än eller i samma storleksordning som "skruvmejselarean".

För att öka stålarean för jordningen kopplades en 1 m² stor stålplåt in i istället för skruvmejseln. I diagrammet syns tydligt att stålplåten blir dominerande och det visar på att skadan på gasröret är avsevärt mindre än stålplåten.

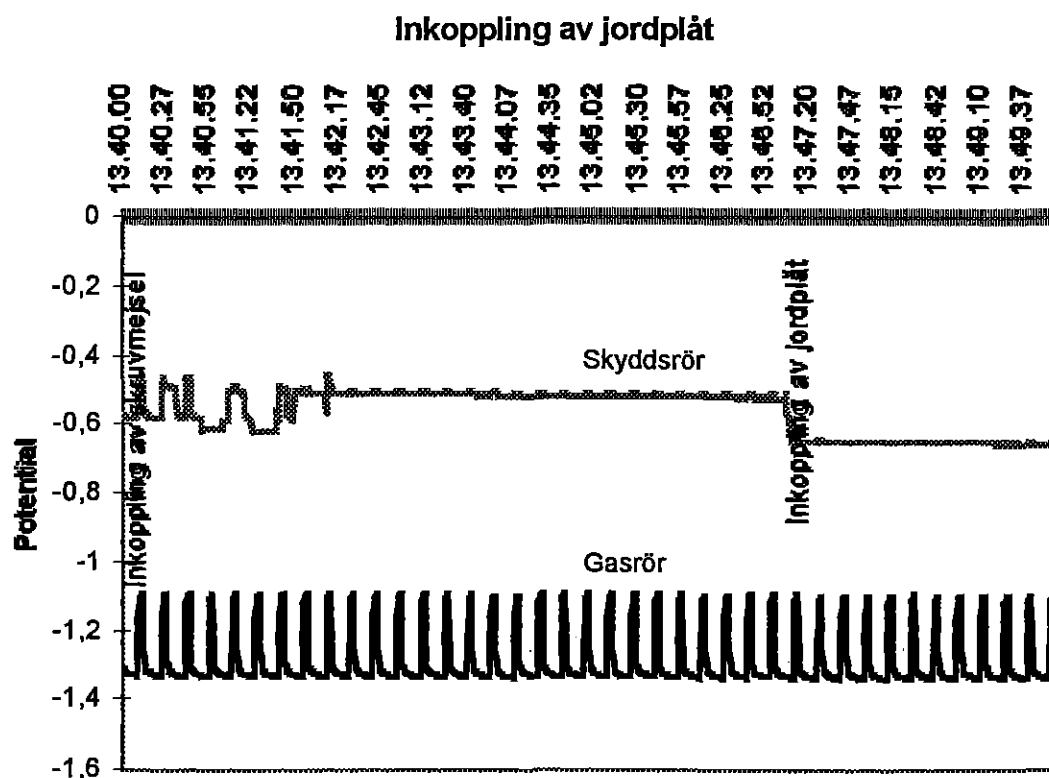


Diagram 3: Effekten av inkoppling av skruvmejsel respektive jordplåt

3.4

Växelspänningspåverkan

Växelspänningsnivån på gasröret i Fosie varierar mellan 1,5 - 2V vid friläggningstillfället. De loggningar som gjordes på skyddsörrets växelspanning vid undersökningstillfället visade sig vara felaktiga. Trolig orsak är glappkontakt med kablar. Vid de momentana mätningar som gjordes var skyddsörrets AC-nivå ca 0,5 V. Inga slutsatser kunde dras om hur AC-nivån på skyddsörret ändras vid fyllning / tömning eftersom kurvorna från loggningen av skyddsörrets AC-nivå var felaktiga.

Resultat och slutsatser

Orsaken till att skyddsröret i Fosie uppvisar on-/off- påverkan torde vara en skada på gasröret. Skadan har inte gått att se då den befinner sig inuti skyddsröret.

Alla synliga distanser inuti skyddsröret var trasiga. De trasiga distanserna tyder på att gasrör och skyddsrör rört sig i förhållande till varandra. I brottytorna på distanserna fanns vassa kanter, som under ogynnsamma rörelser hos gasröret kan ha skurit in i polyetenbeläggningen.

Det bör ytterligare undersökas om det är möjligt att förbättra distansernas material och design, så att ovanstående skador inte uppstår.

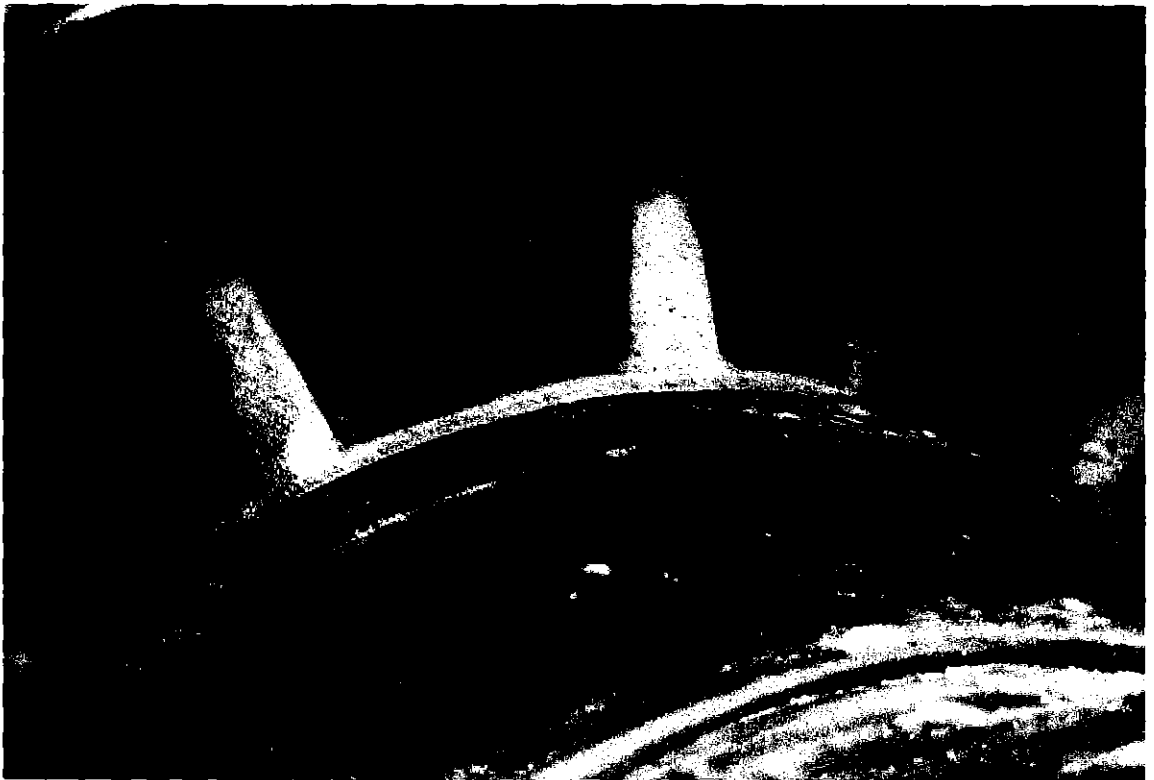
Det undersökta skyddsröret innehöll mycket vatten vilket visar att damaskerna inte varit tättslutande. Det bör undersökas om olika möjligheter att hindra vatten från att tränga in i skyddsröret och sänka utbredningsresistansen. Ett möjligt sätt som undersöks inom projektet är att fylla skyddsröret med ett isolerande material typ vax. Detta hindrar vatten från att stå i skyddsröret samtidigt som det isolerar en eventuell skada.

Fotobilaga

SGC- projekt: Gasrör i skyddsrör

Friläggning av skyddsrör i Fosie, Malmö





Bilaga 5

SGC- projekt: Gasrör i skyddsrör

**CEOCOR Recommendations – Casings
Execution, testing and alterations of crossings of buried
pipelines with transport lines**

C E O C O R recommendations

Casings

Execution, testing and alteration of crossings of buried pipelines with transport lines

Introduction

The present technical recommendations for the execution, testing and alteration of crossings of buried pipelines with transport lines were drawn up by the CEOCOR Section A with the assistance of suitably qualified personnel.

1. Scope of application

The present recommendations apply for the execution of crossings of buried pipelines with transport lines, with and without casings, and the testing of corrosion protection. They include instructions for the assessment of the risk of corrosion in existing casings and any proposals for alteration operations.

2. General

Crossings of buried pipelines with transport lines are executed with and without casings. The reasons for using casings are, among other things, different materials and connection techniques for the pipelines and the resulting static corrosion protection and operational aspects. In addition to the present technical considerations, the official regulations must be complied with.

Pipelines can be laid in appropriate types of soil with the help of new and improved pipe-pushing techniques without damage to the coating and without affecting the active and passive corrosion protection.

Casings may affect the cathodic corrosion protection of pipelines. Consequently, it is suggested in the case of pipelines to be protected cathodically, where technically feasible, not to use casings and instead to insert specially coated pipelines under transport lines.

Casings may be necessary for technical reasons (e.g. as assembly pipes or in particular geological formations). Cathodic corrosion protection for buried steel pipelines and for steel pipes for high-voltage cables has proved its worth for a number of years. However, casings may affect its effectiveness. With the metal casings that were formerly in use, which were either uncoated or had a thin coating of bitumen, cathodic protection of the pipeline with an electrically conducting contact between the two pipes is not possible. When using well-coated casings, the pipeline is not cathodically protected within the casing.

The annular space can be filled at crossings of transport lines with casings. As this technique is increasingly being used, it was felt that it was sensible to give some instructions for the filling of the annular space. The annular space is filled to provide corrosion protection for the pipeline and the inner surfaces of the casing. In addition, this provides durable protection against lifting of the pipeline in the casing.

One of the main aspects of the present recommendations is corrosion protection. In the context of the overall considerations, which are not the object of the present recommendations, in addition to the potential hazard for the environment and the safe supply of the product for the customer, the product loss, with all the possible consequences, must be taken into consideration.

3. Historical background

Up to around 1955, when making casings often the emphasis was on the pipeline-related aspects of the problem. Questions concerning corrosion protection, on the other hand, were not taken into consideration.

The different designs of casings reveal, on the one hand, the manual or equipment-related possibilities and, on the other hand, the availability of materials and, of course, the way in which these materials were used. In earlier years, casings were made of iron (figure 1) or iron and wood (figure 2). Later, from 1975 onwards, there was a switch to plastics combined with iron (figure 3), and subsequently from around 1990 a complete plastic spacer system was developed (figure 4).

The first designs (figure 1) of a casing dating from 1929 featured a sliding device with steel rollers. This provided a means of introducing the pipeline with relatively few problems, but there was immediately a metal-conducting contact between the pipeline and the casing. Later, presumably for cost reasons, there was a switch to the use of skids made of steel (figure 5). In these designs, corrosion occurred in the interstitial spaces between the sliding device and the metal of the pipeline.

In addition, the plugs on the casing were often very stable in design (masonry at the end plus grouting with bitumen). These plugs are still in use today.

Already in 1929 (the actual reasons can no longer be reconstructed), a sliding bearing using wooden sliding skids (figure 2) was constructed and, at the same time, electrical isolation was achieved. The wooden skids consisted of hardwood impregnated with a wood preserving agent. Little is known of experience with these designs.

It can be seen from certain designs that a sliding device was constructed at great effort, but that the coating subsequently underwent considerable stress. These mechanical stresses led to cracks in the coating and to electrical contacts.

Even after the introduction of cathodic corrosion protection from around 1955, no attention was yet being given to ensuring electrical isolation between the pipeline and the casing (figure 6).

It was only with the casing design developed in 1960 (figure 7) that isolating spacers were used. These isolating skids were fastened with wire cables and held in place with straining screws.

When these casing constructions were dismantled, the following types of damage were found: as a result of major mechanical stresses occurring when the pipeline is fed into the casing, the steel cables crack, and the isolating skids become wedged and damage the coating. This subsequently led to metal contacts between the pipeline and the casing.

In the case of skid rings made of plastic segments held together with metal screws, under the effect of mechanical stresses there was a danger of the screws being pulled out. These screws can lead to metal contact between the pipeline and the casing.

Furthermore, the presence of steel strips with which the accompanying pipe, cable, etc. were connected, led to metal contacts.

It is only in recent years that skid rings made of plastic segments have been constructed without metal parts. The segments are connected together by means of plastic wedges (figure 4).

In addition, the use of skid rings completely made of plastic would lead to metal contacts between the pipeline and the casing if the skid rings were destroyed as a result of mechanical stresses (excessively large distances, embrittlement of the material).

4. Risk of corrosion in casings (see appendix 1)

The risks and problems that can arise with casings have been summarized in a study by G. Camitz (1). Depending on the type of construction, the material used and the type of casing, and depending on the type of filling used for the annular space, problems can occur which may put the pipeline at risk. The following types of corrosion, either in isolation or in combination, can lead to risks:

- * insufficient cathodic protection of the pipeline in the annular space or possibly outside the casing
- * atmospheric corrosion of the pipeline in the air-filled annular space
- * corrosion due to the presence of water in the annular space
- * A.C. corrosion on the pipeline in the annular space filled with sand or cement-bonded mortar

4.1. Insufficient cathodic protection

The effect of the cathodic protection in the annular space is insufficient when the protection current flow from the earth through the casing to the pipeline is hindered by insulating layers such as air, inner casing coatings, outer casing coatings or casings made of plastic.

Sufficient cathodic protection in plastic casings and in internally coated casings can be achieved in the vicinity of infiltrated water or a filled electrolyte through the insertion of anodes in the annular space (2).

In the event of an electrical contact between an uncoated casing made of metal and a pipeline, the casing acts as a very large defect at which a sufficient protection current flow is not possible. Consequently, the pipeline is not

sufficiently cathodically protected around the casing. Cathodic protection of the pipeline is impossible inside the casing.

Furthermore, due to the large "defect" (casing), there is a voltage gradient which can adversely affect the adjacent metal parts.

4.2. Atmospheric corrosion in the annular space

A corrosion attack through the mechanism of atmospheric corrosion can occur in casings made of steel or plastic when the annular space is filled with humid air. This annular space is sealed from the soil with plastic. As experience shows, these seals become permeable over time and water infiltrates into the annular space. An attack by atmospheric corrosion can then occur when the coating of the pipeline exhibits defects which are not in the infiltrating water. Due to the presence of water, the relative humidity of the air in the annular space rises to 100%. Subsequently, there is an atmospheric corrosion attack at the defect as a result of which the oxygen in the annular space is consumed. This leads to a reduction in atmospheric pressure, as a result of which air or water is drawn into the annular space.

The atmospheric corrosion is a relatively slow process. According to W. Vernon (3), the corrosion removal with a relative humidity of 100% in pure air is 0.22 g per m² and per day, which corresponds to a removal of 11 µm a year. Due to the presence of impurities in the air, with lower relative humidity higher rates of attack of 25 to 160 µm a year have been observed (4).

This atmospheric corrosion is therefore dangerous because over a period of 10 years it can lead to the removal of 1 mm. Cathodic protection has no effect against this type of corrosion.

4.3. Corrosion attack due to water in the air-filled space

In the zone in which the casing is filled with water, at defects in the coating of the pipeline and on the metal casing a corrosion attack occurs as a result of the oxygen dissolved in the water. The rate of this attack is relatively slow (around 50 µm a year). Initially, oxygen is supplied from the air. Also, once all the oxygen is consumed, the sulphate and nitrate dissolved in the water are reduced to sulphide and ammoniac. As the FeS formed by these reactions is an electron conductor, an electrical contact can be created through the FeS film between the casing and the pipeline if the FeS binds a defect in the coating of the pipeline with the casing.

The corrosion attack through the aqueous phase is not evenly distributed over the casing. This usually leads to local corrosion attacks due to the formation of an aeration element, as the water in the annular space moves very little. This aeration element can locally lead to attack rates much higher than 50 µm a year, so that in adverse conditions perforation of the casing can occur in the space of a few years.

If there are defects in the coating of the pipeline in the water, these defects are very likely to be sufficiently cathodically protected if the casing is made of metal and if inside and outside it does not exhibit an isolating coating. The cathodic protection current flows from the ground into the casing and then in through the infiltrated water to the defects in the coating of the pipeline. As a result, the casing is partly cathodically protected on the outside (current entry point). On the inside, this current leaves the casing in concentrated form at the defects. As a result, over time the casing is attacked at this point.

If there is an A.C. effect of the pipeline and the presence of groundwater with high conductivity, A.C. corrosion can occur (see point 4.6).

4.4. Corrosion attack if the annular space is filled with sand

The rate of the corrosion attack in the annular space is reduced considerably by sand as in this case there is no attack through atmospheric corrosion. Consequently, there is no atmospheric pressure reduction, and no water or air is drawn in. Cathodic protection is assured in metal casings without internal pressure coating or external coating, but over time there is a corrosion attack on the casing at defects in the coating of the pipeline.

4.5. Corrosion behaviour if the annular space is filled with a cement-bonded mass

By means of cement-bonded (alkaline) mortar, the inner surfaces of the metallic casing and the defects in the coating of the pipeline are passivated, which in itself provides ideal corrosion protection.

In the event of defects in the cathodic corrosion protection, however, there is a danger of macroelement formation between the inner surfaces of the casing and minor defects in the coating of the pipeline (see point 4.6).

4.6. A.C. corrosion with an annular space filled with sand or cement-bonded masses

The flow of the protective current through sand or through cement-bonded mass to defects in the pipeline is possible as both have good electrolytic conductivity. When the current leaves the casing and flows into the mortar (at local defects), iron is transferred to the electrolyte (active in the sand as Fe^{2+} and transpassive in the cement-bonded mass as Fe^{3+}). At local cathodes, water is broken down or oxygen is reduced, and hydroxyl ions are created. Due to the current flow between the anode and cathode, anions flow towards the anodes and cations towards the cathode. This produces iron salts at the anode, and alkali and alkaline earth hydroxides at the cathode. The two salt groups are very hygroscopic, whereby a low-impedance current path is created between the pipeline and the casing laid in contact with the earth.

In the case of pipelines affected by A.C. current, A.C. currents can flow with such a high current density through these low-impedance current paths that A.C. corrosion damage inevitably occurs.

According to Dach (5), this kind of corrosion damage is observed in the pipeline in the casing by intelligent pigging. One protective measure against this kind of corrosion is to connect the pipeline to the casing through a delimiting unit (low-impedance discharge of A.C. current, blockage of D.C. current).

4.7 Corrosion behaviour if the annular space is filled with paraffin or a similar product

Assuming that the annular space can be completely filled with a suitable plastic which offers durable resistance, i.e. that complete isolation of the electrolyte is achieved, no corrosion occurs on the pipeline.

(1) G. Camitz: Report No. 63069, cathodic corrosion protection with and without casing at crossings with the railway or with roads (1983)

(2) G. Camitz: cathodic corrosion protection of gas pipelines in casings, Tagungsband "40 Jahre AfK", Essen, 1990

(3) W. Vernon, Trans, Faraday Soc., 23 (1927) 113

(4) K.A. van Oeteren, Feuerverzinkung, expert report, 1988

(5) U. Dach, Ruhrgas AG, verbal report, 1997

5. INSPECTION METHODS USED TO ASSESS RISK

5.1. CONTACT BETWEEN CASING AND PIPELINE

When there is metallic contact between the casing and the pipeline, the pipeline is not cathodically protected within the casing.

The proof, which can be very difficult, can be established with the combined use of the following methods:

- potential measurement
- resistance measurement
- short circuit measurement
- current supply test

The more the results of the following and any additional measurements (see CEOCOR manual of measurement methods for the KKS (cathodic corrosion protection)) go simultaneously in the direction of contact, the greater the assurance that there is contact between the pipeline and the casing. If no definitive conclusions can be drawn, the cabling of the measurement points must be tested.

5.1.1. Potential measurement

The casing-soil potential and the pipeline-soil potential are measured. If these are roughly equivalent, this may be an indication of a short circuit between the pipeline and the casing.

This method can be extended by repeating the potential measurements at a distance of 20 metres and 40 metres from the casing.

5.1.2. Measurement of the spreading resistances

The earthing resistances of the casing and of the pipeline are measured. If these are roughly equivalent, this may be an indication of a short circuit between the pipeline and the casing.

5.1.3. Resistance measurement

The resistance between the pipeline and the casing are measured. If the resistance measured is less than 0.5Ω , this may be an indication of a short circuit between the pipeline and the casing.

5.1.4. Short circuit measurement

The short circuit current of an auxiliary D.C. voltage source is first measured through the supply cable. A supply cable is then connected to the casing and a second to the pipeline, and the current is again measured.

If this current is only a fraction of the short circuit current, it means that the two pipes have no metallic contact.

If these currents are approximately the same size, it may be an indication of a short circuit between the pipeline and the casing.

5.1.5. Current supply test

The purpose of this method is to change the potential of the casing in relation to that of the pipeline. The positive pole of the auxiliary D.C. voltage source is connected to the casing and the negative is connected to a remote, independent metal structure. A small anodic current is then fed into the casing.

If there is an electrical resistance between the casing and the pipeline, the potential of the casing is essentially more positive than that of the pipeline.

If there is a metallic short circuit, the pipe-soil potential of the casing and of the pipeline change by around the same degree.

5.2. POSITIONING OF THE CONTACT POINT

If the contact is proved on the basis of the measurement methods referred to in 5.1., the contact point can be positioned using the following measurement methods:

5.2.1. Potential division method

An auxiliary D.C. voltage source is connected to the pipeline on both sides of the casing (distance L_3). The voltage over these two points is measured (V_3). The voltages between the two supply points and the casing are also measured (V_1 and V_2).

The measured potentials V_1 and V_2 are to V_3 as the distances L_1 and L_2 are to L_3 .

The distance of the contact from each side can be calculated on this basis.

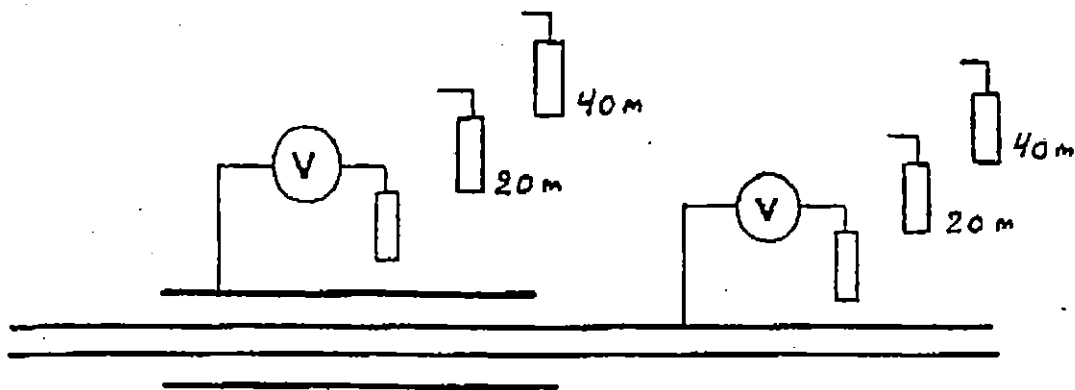
5.2.2. Potential accumulation method

With the cathodic protection on, the casing-soil potential along the casing can be measured, connected first to one side and then to the other side of the casing.

At the contact, the casing-soil potential curves will show a negative maximum (mV range) because of the voltage drop in the casing.

5.1.1 Potentialmessung

POTENTIAL MEASUREMENT



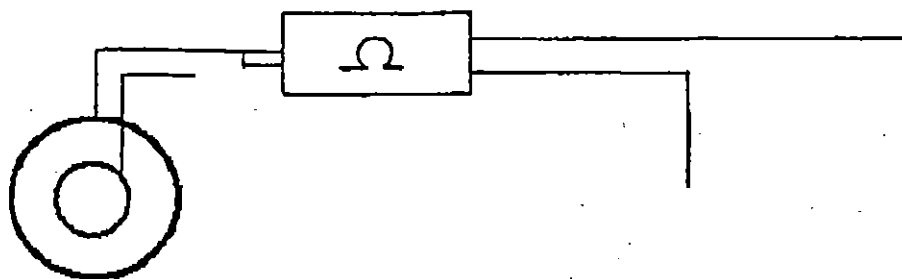
5.1.2.

MESSUNG DER AUSBREITUNGSWIDERSTÄNDE -

5.1.3. Widerstandsmessung

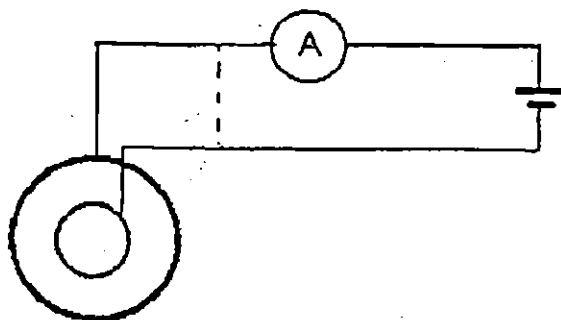
MEASUREMENT OF THE SPREADING RESISTANCES

RESISTANCE MEASUREMENT



5.1.4. Kurzschlussstrommessung

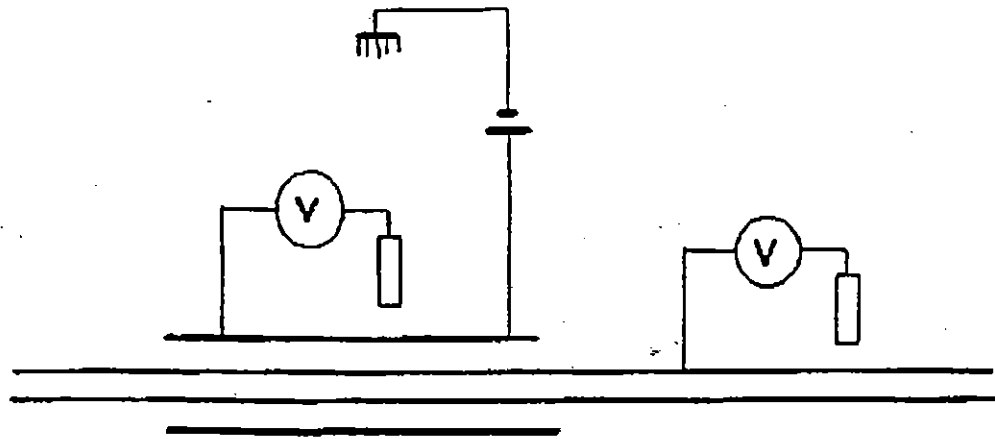
SHORT CIRCUIT MEASUREMENT



5.1.5

Stromeinspeiseversuch

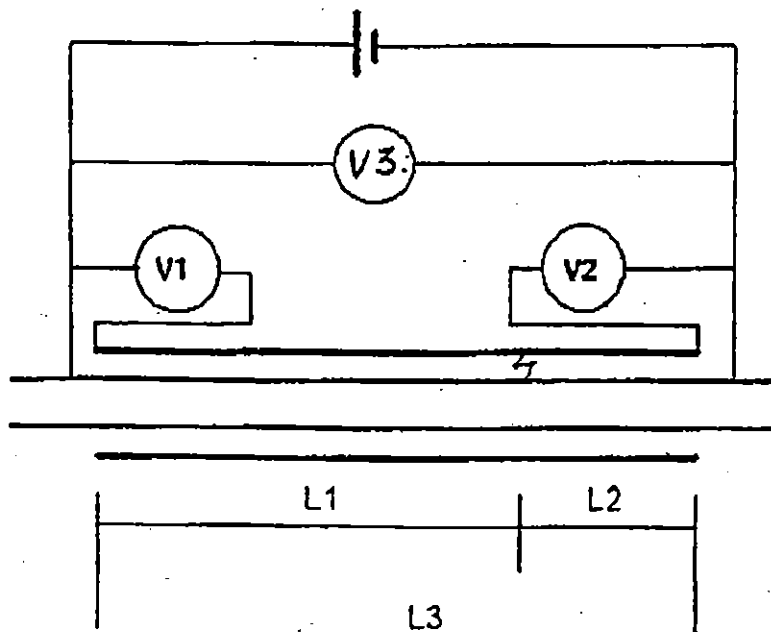
CURRENT SUPPLY TEST



5.2.1.

Potentialteilungsmethode

POTENTIAL DIVISION METHOD

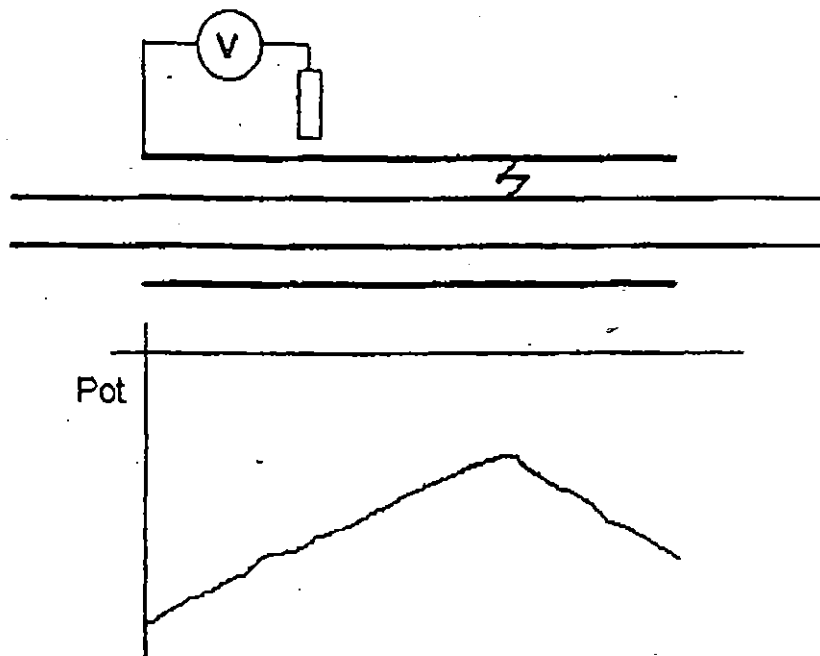


$$V_3/L_3 = V_1/L_1 = V_2/L_2$$

5.2.2.

Potentialtrichtermethode.

POTENTIAL GRADIENT METHOD



5.3. ANNULAR SPACE FILLING - DEFECTS IN THE COATING OF THE PIPELINE

If the pipeline is cathodically protected, the cathodic protection current flows to the outer surface of the casing, crosses the metal of the casing, leaves the inner surface of the casing (the casing is attacked on the inside by this!) and penetrates the electrolyte (current-conducting annular space filling) to the surface of the pipeline and provides a cathodic protection at defects in the coating of the pipeline, which can be measured and controlled by the polarization of the pipe.

Depending on the potential change of the casing and the pipeline when the cathodic corrosion protection is turned on and off (see measurement method 5.1.1.), the following conclusions can be drawn:

5.3.1. Current-conducting annular space medium and defects in the coating

If when the cathodic protection is turned on the pipeline-soil potential shows a large negative potential shift and the casing-soil potential shows a small negative potential shift (simultaneously), this is an indication of the presence of a current-conducting annular space medium (sand, cement-bonded mass) and defects in the coating of the pipeline and of the casing.

The pipeline is also cathodically protected in the vicinity of the casing.

5.3.2. Non-conducting annular space medium and/or no defects in the coating

No simultaneous action may be an indication that there are no defects in the coating of the casing and/or of the pipeline and/or that the annular space medium (air, plastic mass) is non-conducting.

The pipeline is not cathodically protected in the vicinity of the casing. However, it is only corrosive when there are defects in the coating of the pipeline in connection with high air humidity in the annular space (see point 4.2).

6. DETERMINING CRITERIA FOR THE PERIOD UNTIL THE EXECUTION OF ALTERATION MEASURES AT CASING CROSSINGS

The following determining criteria are based on the level of risk potential for the safe operation of the pipeline and the safety hazards for the environment.

In order to keep the financial expenditure for alteration measures to a minimum, the risk potential must be clarified in advance by means of measurements according to chapters 4 and 5.

Experiments with the execution of the alteration of crossings of transport lines with casings sometimes show very little or even no corrosion attacks to the product pipe. This may be caused by errors in the execution and assessment of the measurements described in chapter 5 and in their interpretation in line with chapter 4. If a metal conducting contact is proved conclusively, if this contact is discovered when the pipe is unearthed and if the damage is nonetheless not dramatic, it must be assumed in line with chapter 4 that there were no corrosive conditions to be found in the system concerned. However, it must nonetheless be pointed out that the conditions in the casing system act as a "black box" in the presence of a metal conducting contact. To further clarify the actual conditions, measures such as the unearthing of the entry points of the product pipe/casing and inspection of the annular space are therefore required.

The execution and interpretation of the measurements are therefore of great importance. Consequently, such apparently simple examinations should only be carried out by qualified personnel with considerable experience.

If all the measurements and the interpretation are carried out, an assessment of the risk to the pipeline at the crossing must be carried out by the person responsible.

Basically, there are three different categories of assessment:

Category 1:

Direct metal conducting contact between the pipeline and the casing; the cathodic protection of the pipeline is not efficient!

Alteration within two years after discovery of the defect.

Category 2:

The casing shows simultaneous action with difference of the pipe/soil potential pipeline/casing $\Delta U = < 100 \text{ mV}$; efficiency of cathodic protection of the pipeline is very limited. Corrosion due to atmospheric influences and/or alternating levels of electrolyte in the annular space.

Alteration within two to five years of discovery of the defect.

Category 3:

The casing shows simultaneous action with difference of the pipe/soil potential pipeline/casing $\Delta U = < 100 \text{ mV}$; efficiency of cathodic protection of the pipeline is limited. Corrosion due to atmospheric influences and/or alternating levels of electrolyte in the annular space.

Alteration within two to five years of discovery of the defect.

It must be assumed that measurements of the casing crossings are to be carried out within two years and that the operational risk increases if the recommended alteration deadlines are exceeded.

Appropriate recordings must be taken. A proposal for the documentation is given in appendix 2.

7. ALTERATION AND REPAIR OF CASING CROSSINGS

7.1. General

The purpose of the alteration measures must be to eliminate the recognized risk to the safe and problem-free operation of the pipeline or to reduce it to reasonable proportions. When deciding on the repair measures, an optimized cost-benefit ratio must be taken into account.

Each case must be assessed on its own merits. Consequently, a catch-all alteration solution cannot be given.

The most common alteration methods are described below along with the different advantages and disadvantages. Combinations of the different methods may also be effective.

7.2. Repair methods

7.2.1. Removal of the casing

The casing is unearthed and cut into pieces using special devices. Subsequently, the coating of the pipeline is once again reshaped and/or if necessary replaced.

Advantages: - technically the best solution as there is no longer a casing

Disadvantages: - unearthing of the casing no longer possible (motorway, railway, etc.)
- complicated and expensive

7.2.2. Shortening of the casing

When there is a contact between the pipeline and the casing, the end of the casing is dug out, a piece of the casing is cut off and the contact is thereby removed.

Advantages: - almost always possible
- relatively cost-effective

Disadvantages: - contact can once again occur in adverse soil conditions
- only possible with contacts at the end of the casing

7.2.3. Unearthing and substructure of the pipeline

The pipeline is unearthed in the vicinity of the casing and raised to the point where the contact is removed. The pipeline can be fixed in this position by means of a suitable substructure.

Advantages: - almost always possible
 - relatively cost-effective

Disadvantages: - only possible with contacts at the end of the casing
 - problematic in the case of adverse ground conditions

7.2.4. Filling of the annular space

7.2.4.1. Filling with cement mortar

The annular space between the pipeline and the casing is filled with sand, cement mortar or a similar product. This can be carried out through the casing ends or if necessary through a possible intermediate pipe.

Advantages: - relatively simple and cheap

Disadvantages: - success of alteration doubtful
 - risk of macro cell formation between two zones in the casing

7.2.4.2. Filling with paraffin wax

The annular space is filled with paraffin-type substances

Advantages: - relatively easy to apply

Disadvantages: - product very expensive
 - success of alteration doubtful
 - flows under pressure
 - no practical experience for the time being

7.3. Cathodic corrosion protection within the casing

By incorporating magnesium or zinc strips-anodes in the annular space of the casing, the pipeline can also be cathodically protected within a casing.

Advantages: - relatively cost-effective

Disadvantages: - virtually only possible on newly laid casings
 - electrolyte in annular space necessary
 - results of measurements difficult to analyze

7.4. Making new crossings

Adjacent to the faulty casing crossing, a new crossing is set up according to point 8 and incorporated in the existing pipeline.

Advantages: - technically good solution

Disadvantages: - very expensive
 - the pipeline must be taken out of service

8. Recommendations for new installation of pipelines with or without casings.

8.1. General.

During the design phase the protection concept for all crossings with pipelines concerning the mechanical and cathodic protection has to be specified in common between the pipeline builders and the cathodic protection experts.

According to experiences during recent years, the mechanical protection achieved by casings has been overestimated.

Because casings can cause problems with respect to cathodic protection, casings should be avoided in general when building new steel pipelines.

When casings can not be avoided (ex. Authorities, requirement of the road owner, geology, hydrology, ...) casings of concrete or fibre mortar have preference when the pipeline is cathodically protected.

In general crossings with roads, rail roads, waterways or highways are not constructed in open sleeve.

When crossing via pressing (directional drilling, pressings, ...) air pockets along the pipeline are not acceptable.

In the area of the crossing of roads, the measurement of the working of the cathodic protection has to be established according to EN..... (equipment of measuring points, etc.).

8.2. Pipeline without casing

8.2.1. Steel pipeline

In general the construction of a steel pipeline without casing is done by pressing. The choice of the pressing procedure is oriented by the geological and hydrological circumstances as well as by the soil conditions.

The coating of the pipeline may not be damaged unacceptably by the pressing procedure.

Aftercoating on site (weldings, coating faults etc.) must withstand the pressing procedure.

For the mechanical protection of the pipeline coating the coated pipeline may be surrounded with a fibre mortar layer.

After the pressing procedure and before including the pipeline into the grid the quality of the pipeline coating has to be checked by impressed current tests.

Measurement equipment and installation : see attachment 1.

Description of the measurement procedure : see attachment 2.

The readings are to be registered in a protocol; the results of the measurements shall be confirmed; example of a measurement protocol : see attachment 3.

8.3. Steel pipeline - concrete or fibre mortar casing

When the pipeline is cathodically protected, the cathodic protection in the area of the crossing must also be active inside the casing (see also chapter 2. and 3.). This can be achieved by using casings of concrete or fibre mortar that may not be coated internally or externally, and by filling up the annular space between casing and pipeline with an electrolyte (sand, lean mortar, etc.).

When the annular space will not be filled, both ends of the casing have to be sealed, to make intrusion of the electrolyte difficult.

It is recommended, except other requirements by the authorities, that casing ends enter minimum 0,75 m into both drill holes.

When introducing the pipeline into the casing sleeves of electrical isolating material (polyethylene, polypropylene, ...) must be used.

The single sleeve segments must be assembled to rings, if possible without metal parts like screws, belts, and be fixed on the pipeline in circumferential direction.

To secure the introduction of the pipeline, the sleeves and the annular back fill, into the casing, for pipelines < DN400 a diameter difference of 100 mm and for pipelines > DN400 a diameter difference of 200 mm between pipeline and casing is required.

Before mounting the sleeve segments on the pipeline the coating has to be checked for coating faults according to EN 10285 to 10290.

Before entering the pipeline into the casing, the casing must be cleaned internally.

The internal surface of the casing must be smooth and shall not have unevennesses.

The sleeve rings shall be fixed on the pipeline in such a way that there shall be a sleeve ring at max. 0,3 m of both ends of the pipeline.

The distance between separate sleeve rings is a function of the weight of the pipeline and of the transported medium (as well as the weight of the water for the hydraulic test).

- < DN100 max. distance 2 m
- > DN100 max. distance 1,5 m

To avoid damage to the coating of the pipeline at the casing ends the pipeline must be supported by a pipeline saddle of electrically isolating material . In the transition area from the casing to the soil , it may be necessary to support the pipeline by concrete foundations.

After bringing the pipeline into the casing checks for an electrical contact between pipeline and casing shall be done.

Casings installed with a slow inclination facilitate introduction of the back fill.

When filling up the annular space, care should be taken that the pipeline doesn't swim up.

The requirements for the back fill material are :

- good fluidity when filling up,
- low water transparency,
- no volume change when hardening,
- long workable time,
- no aggression to iron,
- electrolytically conductive,
- when back fill is composed of different materials, homogeneity of the mixture shall not change.

A back fill containing concrete shall passivate the steel alcalinically (pH between 11 and 13).

After filling up the annular space, but before connecting the pipeline to the grid, the quality of the coating shall be checked by an impressed current test (see attachment 1).

The readings are to be registered in a protocol; the results of the measurements shall be confirmed; example of a measurement protocol : see attachment 3.

8.4. Steel pipeline - steel casing

In exceptional cases it can be necessary to use steel casings.

To assure efficiency of the cathodic protection inside the casing the following measures are to be taken to install steel pipelines inside steel casings.

Steel casings may not be coated internally nor externally.

The pipeline must have adequate passive protection (coating).

The annular space between casing and pipeline must be filled with electrolytic material.

The pipeline inside the casing is not protected cathodically when a metallic contact exists between pipeline and casing, and when the annular space is not filled with electrolytic material.

Once the pipeline installed, the potential difference, the short circuit current and the resistance between pipeline and casing shall stored as reference for the future.

The other requirements for construction and test as in 8.3. remain valid.

8.5. Steel pipeline - Plastic casing.

When the pipeline is cathodically protected, cathodic protection is not efficient inside the casing.

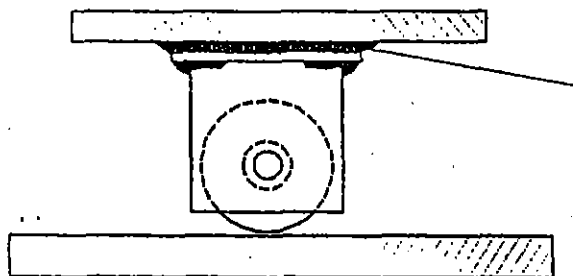
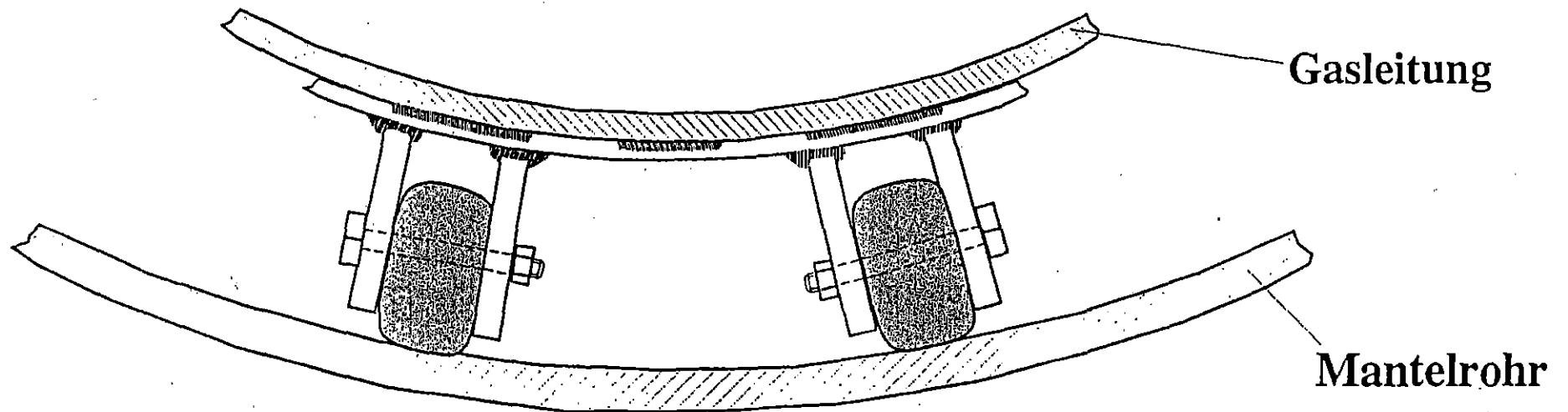
To make the cathodic protection work inside the casing, galvanic anodes must be placed inside the annular space see chapter 5).

The annular space must in this case be filled with electrolytic material , to allow the protective current to reach the coating faults on the pipeline.

To check for efficient cathodic protection of the pipeline inside the casing it is recommended to install reference electrodes, measuring coupons or probes.

When cathodic protection of the pipeline is not required, the annular space doesn't have to be filled. Both ends of the casing have to be sealed by adequate measures as good as to render intrusion of electrolyte as difficult as possible.

The other requirements for construction and test as in 8.3. remain valid.



Die Stege sind außen auf der ganzen Breite
und innen an den Enden verschweißt

Gas pipeline

Casing

The support frames are welded outside over the entire width and inside at the ends

Designation of drawing: Casing with roller support

Zeichnungsbenennung	
Mantelrohr mit Rollenbock	
Zeichnung aus dem Jahr	Zeichnungs - Nummer
1030	Zeichnung 1

Casing
Guideline
welded

Section A - B

The sides are very rounded

Hardwood block impregnated with carbolineum

Designation of drawing: Sliding device for pipe DN 200 in casing DN 400

Drawing from year: 1936

Drawing number: Figure 2

Mantelrohr

Leitung

geschweißt

Schnitt A - B

Kanten sind stark
abgerundet

Hartholzklötz mit Karbolineum getränkt

Zeichnungsbenennung

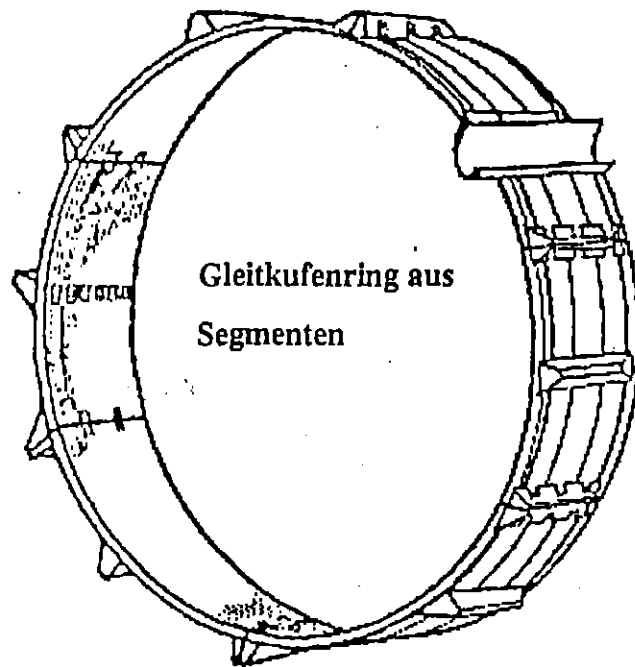
Gleitvorrichtung für Rohr DN 200
in Mantelrohr DN 400

Zeichnung aus dem Jahr

1936

Zeichnungs - Nummer

Zeichnung 2



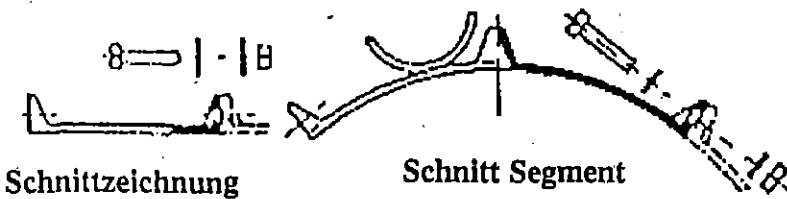
Gleitkufenring aus
Segmenten

Skid ring made of segments

Sectional drawing

Cross-section of segment

Designation of drawing: Skid ring made of segments
Drawing from year: 1975
Drawing number: Figure 3



Schnittzeichnung

Schnitt Segment

Zeichnungsbeneennung

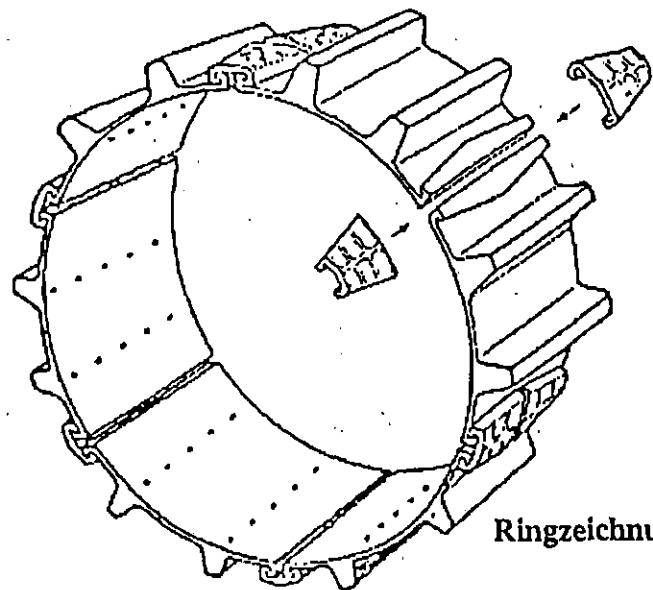
Gleitkufenring aus Segmenten

Zeichnung aus dem Jahr

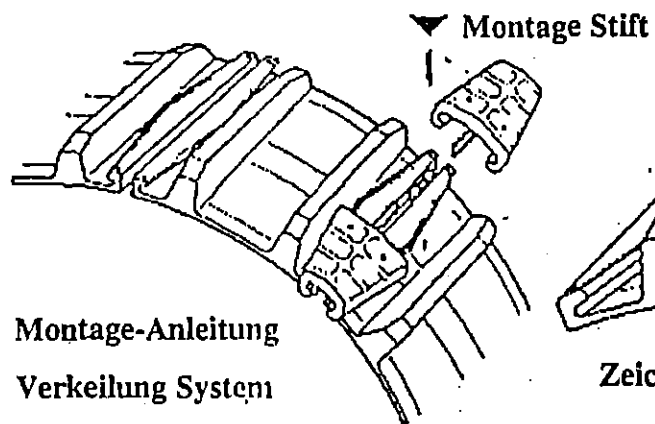
1975

Zeichnungs - Nummer

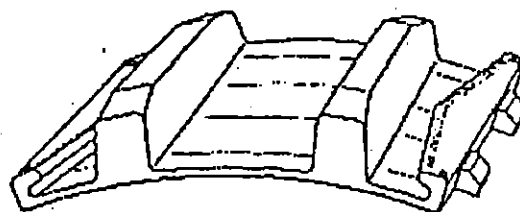
Zeichnung 3



Ringzeichnung System



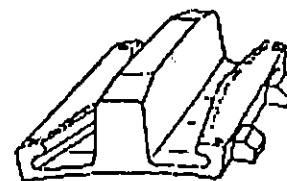
Montage-Anleitung
Verkeilung System



Zeichnerische Darstellung



Schnittzeichnung



Schnittzeichnung

ab DN 400

from DN 400

Overview of ring construction

Sectional drawing

Assembly pin

Assembly instructions

Wedging of system

Drawing

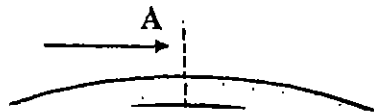
Sectional drawing

Designation of drawing: Skid ring made of segments

Drawing from year: 1980

Drawing number: Figure 4

Zeichnungsbearbeitung	
Gleitkufenring aus Segmenten	
Zeichnung aus dem Jahr	Zeichnungs - Nummer
1980	Zeichnung 4



Schnitt A - B

Casing

Pipeline

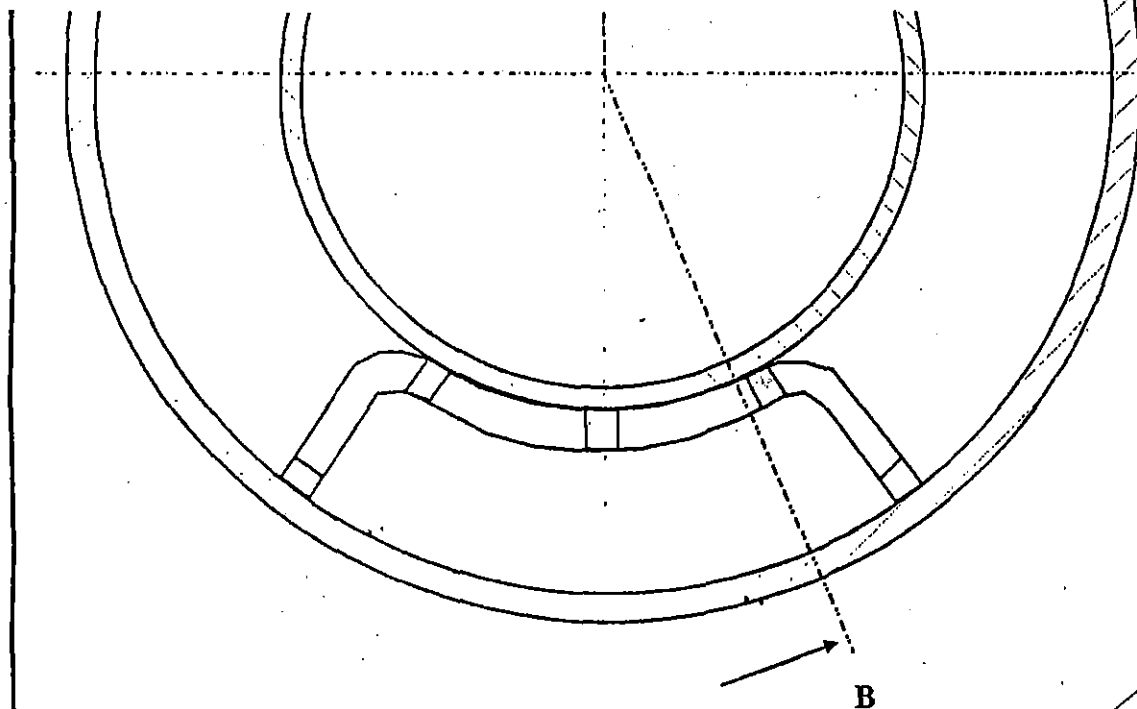
Section A - B

Pipe hanger made of flat plates
welded to the pipeline

Designation of drawing: Pipe sliding device for pipeline DN 150 in casing DN 250
Drawing from year: 1939
Drawing number: Figure 5

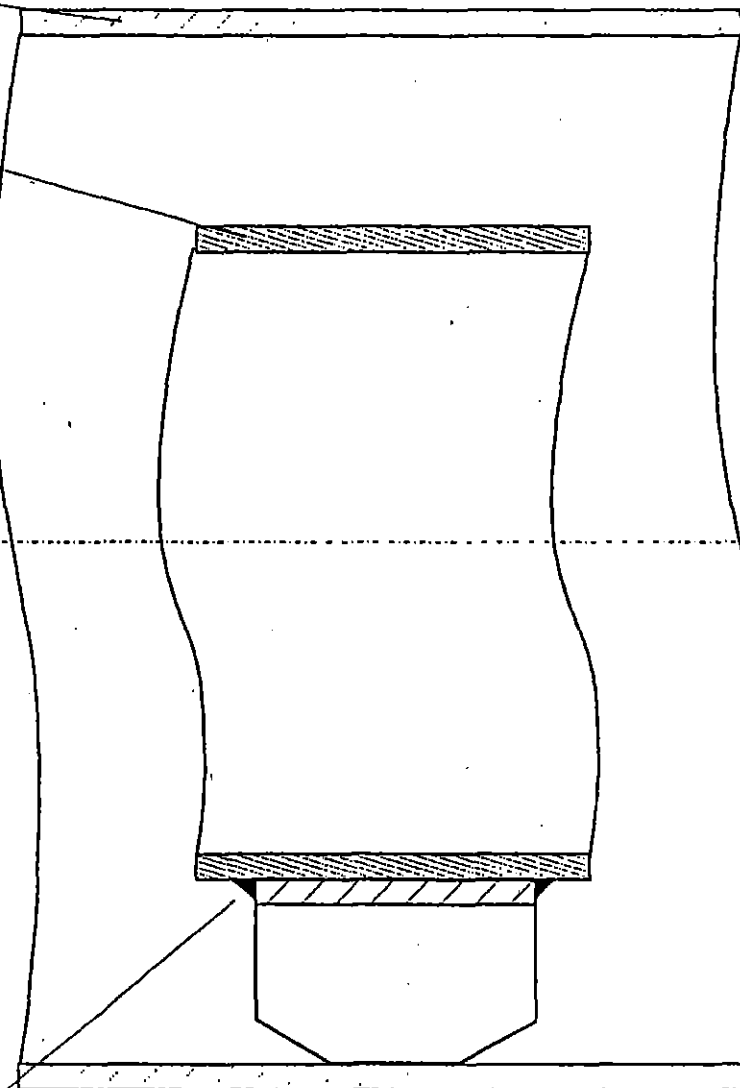
Mantelrohr

Leitung



B

Rohrsattel aus Flacheisen
an Rohrleitung angeschweißt



Zeichnungsbenennung

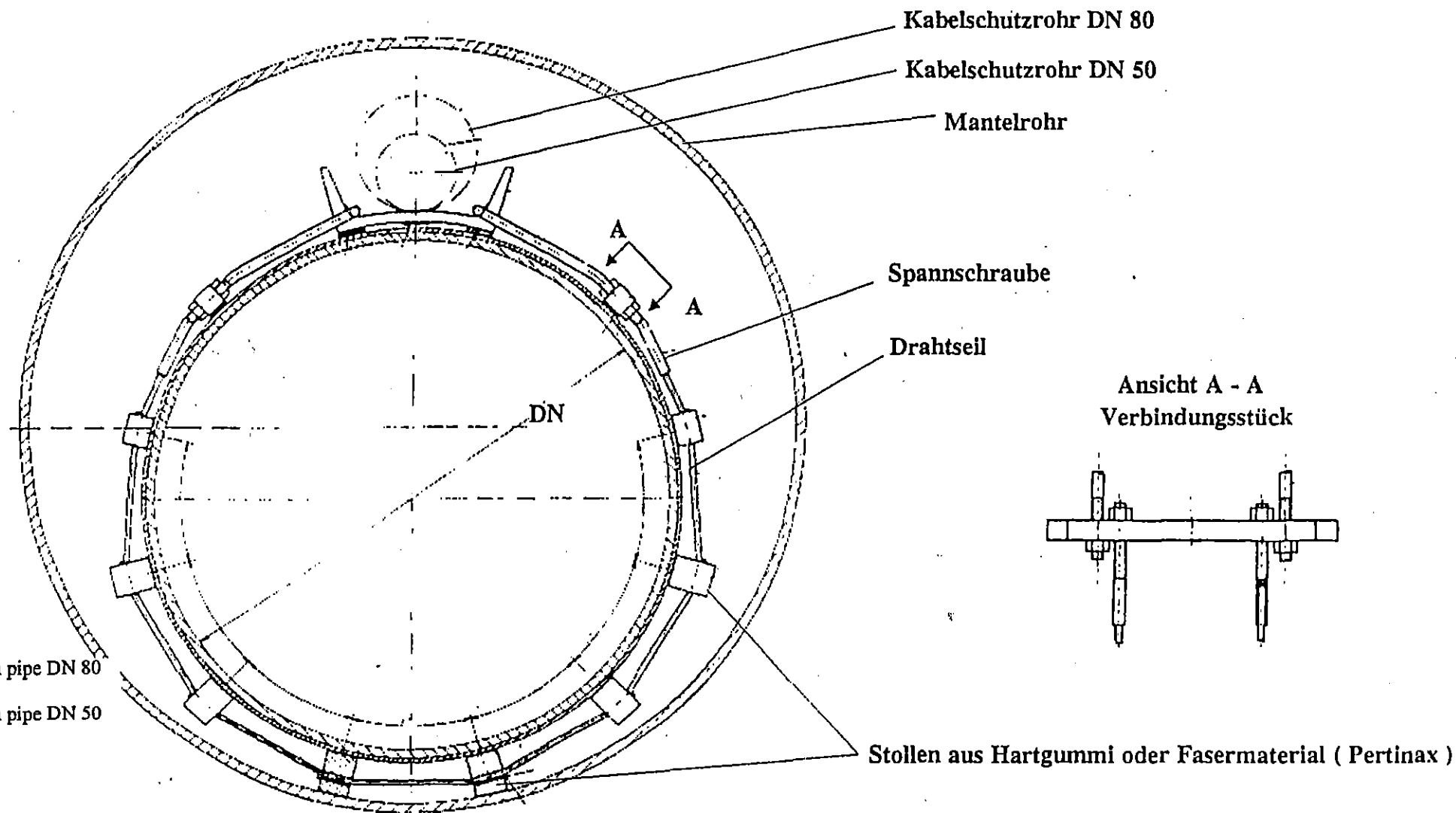
Rohrgleitvorrichtung für Leitung DN 150
in Mantelrohr DN 250

Zeichnung aus dem Jahr

1939

Zeichnungs - Nummer

Zeichnung 5



Cable protection pipe DN 80

Cable protection pipe DN 50

Casing

Straining screw

Wire cable

View A - A

Connection piece

Studs made of hard rubber or fibre material (Pertinax)

Designation of drawing: Isolating spacer for pipe DN 200-800 with cable protection pipe

Drawing from year: 1960

Drawing number: Figure 7

Zeichnungsbenennung	
Isolierende Abstandhalter für Rohr DN 200-800 mit Kabelschutzrohr	
Zeichnung aus dem Jahr	Zeichnungs - Nummer
1960	Zeichnung 7

Corrosion risk and inspection with different casings, pipelines and annular space media

Conditions

For a pipeline to be able to corrode, the coating must be damaged locally.

Abbreviations for product pipes and casings

nCCP: without cathodic corrosion protection

wCCP: with cathodic corrosion protection

nLC: without longitudinal conductivity

wLC: with longitudinal conductivity

nC: without coating

wCi: with coating inside

wCo: with coating outside

wCio: with coating inside and outside

P: pipeline

C: casing

AtmCorr: atmospheric corrosion

GenCorr: general surface corrosion

LocCorr: local corrosion at damage to coating

Earthing: only if there is an earth connection

Filling of the annular space

A: air with relative humidity < 80%

A+W: air and water, permeable seal of the annular space

CM: cement-bonded mass

PM: Petrolatum mass

Corrosion risk/rate of attack

l: rate of attack > 0.1 mm/a

m: rate of attack between 0.04 mm/a and 0.1 mm/a

s: rate of attack < 0.04 mm/a

0: rate of attack = 0

-: unspecified

Inspections

Simultaneous Action: electrolyte in the annular space?

Contact: contact between PP and C?

P: inspections with intelligent pig

There is no corrosion risk for the pipelines in the annular space with any material combination of casing and pipeline if the annular space is and remains filled only with air having a relative humidity < 80%.

There is no corrosion risk for the pipelines in the annular space with any material combination of casing and pipeline if the annular space is filled with petroleum wax in such a way that no more water can infiltrate.

Pipeline	Casing	Annular space	Corrosion P Type	Rate	Corrosion C
Metal, nCCP, wLC	Steel, nC	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	AtmCorr-GenCorr
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCi	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	AtmCorr-LocCorr
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCo	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	AtmCorr-GenCorr
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCio	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	AtmCorr-LocCorr
Metal, nCCP, wLC	Concrete	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	0
Metal, nCCP, wLC	Fibre element	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	0
Metal, nCCP, wLC	Plastic + B24	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	0
Metal, nCCP, nLC	Steel, nC	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	AtmCorr-GenCorr
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCi	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	AtmCorr-LocCorr
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCo	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	AtmCorr-GenCorr
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCio	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	AtmCorr-LocCorr
Metal, nCCP, nLC	Concrete	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	0
Metal, nCCP, nLC	Fibre element	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	0
Metal, nCCP, nLC	Plastic	A+W	AtmCorr-GenCorr	m*)	0
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, nC	A+W	AtmCorr-none	m*)	AtmCorr-GenCorr
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCi	A+W	AtmCorr-none	m*)	AtmCorr-LocCorr
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCo	A+W	AtmCorr-none (Earthing)	m*)	AtmCorr-GenCorr (Ea
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCio	A+W	AtmCorr-none (Earthing)	m*)	AtmCorr-LocCorr (Ear
Metal, wCCP, wLC, mB	Concrete	A+W	AtmCorr-none	m*)	0
Metal, wCCP, wLC, mB	Fibre element	A+W	AtmCorr-none	m*)	0
Metal, wCCP, wLC, mB	Plastic	A+W	AtmCorr-LocCorr	m*)	0

*) If sulphates or nitrates are dissolved in the water, which can also be reduced, the corrosion rate can also increase with the help of sulphate-reducing bacteria to over 0.1 mm per year.

Pipeline	Casing	Annular space	Corrosion P Type	Rate	Corrosion C
Metal, nCCP, wLC	Steel, nC	Sand	Moderate Corrosion	m	Moderate Corrosion
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCi	Sand	Moderate Corrosion	s	LocCorr
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCo	Sand	Moderate Corrosion	m	Moderate Corrosion
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCio	Sand	Moderate Corrosion	s	LocCorr
Metal, nCCP, wLC	Concrete	Sand	Moderate Corrosion	s	none
Metal, nCCP, wLC	Fibre element	Sand	Moderate Corrosion	s	none
Metal, nCCP, wLC	Plastic	Sand	Moderate Corrosion	s	none
Metal, nCCP, nLC	Steel, nC	Sand	Minor Corrosion	s	Moderate Corrosion
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCi	Sand	Minor Corrosion	s	LocCorr
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCo	Sand	Minor Corrosion	s	Moderate Corrosion
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCio	Sand	Minor Corrosion	s	LocCorr
Metal, nCCP, nLC	Concrete	Sand	Minor Corrosion	s	none
Metal, nCCP, nLC	Fibre element	Sand	Minor Corrosion	s	none
Metal, nCCP, nLC	Plastic	Sand	Minor Corrosion	s	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, nC	Sand	none	0	GenCorr
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCi	Sand	none	s	LocCorr
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCo	Sand	none	s	GenCorr (Earthing)
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCio	Sand	none	s	LocCorr (Earthing)
Metal, wCCP, wLC, mB	Concrete	Sand	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Fibre element	Sand	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Plastic	Sand	LocCorr	s	none

Pipeline	Casing	Annular space	Corrosion P Type	Rate	Corrosion C
Metal, nCCP, wLC	Steel, nC	CM	none	0	none
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCi	CM	none	0	none
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCo	CM	none	0	none
Metal, nCCP, wLC	Steel, wCio	CM	none	0	none
Metal, nCCP, wLC	Concrete	CM	none	0	none
Metal, nCCP, wLC	Fibre element	CM	none	0	none
Metal, nCCP, wLC	Plastic + B71	CM	none	0	none
Metal, nCCP, nLC	Steel, nC	CM	none	0	none
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCi	CM	none	0	none
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCo	CM	none	0	none
Metal, nCCP, nLC	Steel, wCio	CM	none	0	none
Metal, nCCP, nLC	Concrete	CM	none	0	none
Metal, nCCP, nLC	Fibre element	CM	none	0	none
Metal, nCCP, nLC	Plastic	CM	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, nC	CM	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCi	CM	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCo	CM	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Steel, wCio	CM	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Concrete	CM	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Fibre element	CM	none	0	none
Metal, wCCP, wLC, mB	Plastic	CM	none	0	none

Daten zur Vorbereitung der Sanierung von Kreuzungen mit Verkehrswegen mit Mantelrohr

1. Bezeichnung :

2. Lokalisierung

3. Technische Daten

3.1 Länge MR (m) :

3.2 Außendurchmesser MA (mm) :

3.3 Außendurchmesser PR (mm) :

3.4 Nennwanddicke MR (mm) :

3.5 Nennwanddicke PR (mm) :

3.6 Material MR : ☐Stahl ☐Beton ☐sonst.

3.7 Ringraum verdämmt : ☐ ja ☐ nein ☐ unbek.

3.8 Umhüllungsart PR : ☐ Anstrich ☐ Bitumen ☐ PE

☐ Steinkohlenteerpech ☐ sonst.

3.9 Schichtdicke Umhül. PR (mm) :

4. Klassifizierungsdaten :

4.1 Baujahr :

4.2 im KKS : ☐ ja seit ☐ nein

4.3 meßbar : ☒ ja ☐ nein

4.4 Kontakt metall. : ☒ja ☐nein ☐unbek.

4.5	Abstandhalter	: ☐ Metall	☐ PE	:
-----	---------------	-----------------------------------	-----------------------------	---

4.6 Wasser im MA : ☐ja ☐nein ☐vermut.

4.7 Abdichtung Enden : ☐ gemauert ☐ metall. ☐ Kunstst.

4.7	Abdichtung Enden	:	Ugenmaaten	Umetall.	Ukranst.
4.8	Überdeckung (m)	:			

4.9 nachträgliche Überbauung >6m : ☐nein

4.9 Nachträgliche Überbauung > 5m : ☐ nein
: ☐ ja-gerechnet

: ☐ ja-gerechnet
: ☐ ja-nicht gerechnet

4.10 Montagenaht PR : ☐ Muffe ☐ Stumpfnaht

4.11 Beeinträchtigung KKS : ☒ wesentlich ☐ gering

4.12 Beeinflussung durch Dritte : ☐ ja seit ☐ nein ☐ beendet

4.12	Beeinflussung durch Dritte	:	☒ Ja seit	☐ Nein	☐ Beendet
4.13	Beeinflussung Dritter	:	☐ Ja seit	☐ Nein	☐ Beendet

CHAPTER 8. ATTACHMENT 3

3... Earth electrode

Q... Power supply

R... Variable resistance

P1... Amp meter

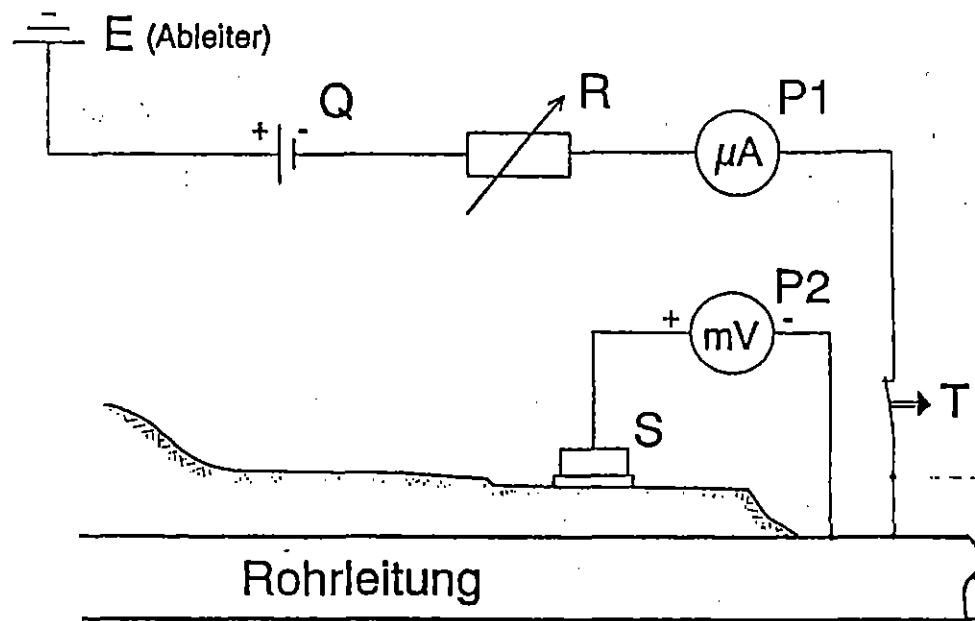
P2... Volt meter

S... Cu/CuSO₄ electrode, reference electrode

T... Switch

Rohrleitung... Pipeline

Künstliche Fehlstelle (Kupon)... Artificial coating fault = coupon with defined surface dimensions.



E....Erdspleiß

Q....Spannungsquelle

R....regelbarer Widerstand

P1...Strommesser

P2...Spannungsmesser

S....Cu/CuSO₄ Sonde
Bezugselektrode

T....Taster

Künstliche Fehlstelle
(Kupon)

CHAPTER 8. ATTACHMENT 4

Measuring equipment, installation and measuring procedure.

When measuring, no uncoated surfaces at both end of the pipeline may be in contact with the soil or with humidity (interruption of electrolyte bridges). Therefore dirty and humid ends of the pipeline have to be cleaned and dried.

Before impressing current the free corrosion potential of the pipeline has to be measured.

The surface of the pipeline surrounded by electrolyte has to be established.

Data about the pipeline must be registered (DN, AC, Outer diameter etc.) as well as the type of back fill of the annular space.

For measuring purposes the minus pole of a DC power supply is connected to the pipeline under test, and the plus pole to a provisional earth electrode (earthing system). Distance between this earth electrode and the pipeline should be 20 m at least.

The measuring installation may be done at one end or at the other.

Potential measurements should be taken at both ends.

E_{ON} , measured with a high input impedance voltmeter ($> 1 \text{ Mohm}$) is set to -1500 to -2000 mV.

The current for this shall be measured with an Amp meter.

The need for protection current to reach this potential should not exceed 5 uA/m^2 (surface of the pipeline in contact with the electrolyte).

To measure E_{OFF} in 3 minute intervals the power supply is disconnected shortly.

When the measured E_{OFF} is more negative than - 850 mV (measured with a saturated CuSO_4 reference electrode) the measuring procedure can be stopped.

The pipeline in the casing may be connected to the grid.

When the protection potential (- 850 mV) is not reached, the impressed current has to be increased to bring E_{ON} to a potential of about -2000 mV to - 3000 mV. Current and E_{OFF} are measured as described previously.

If, although the current has been increased, no E_{OFF} can be detected (after about 30 min.), a large coating fault may be expected. The coating fault has to be repaired. The impressed current test has to be repeated.

When coating faults are very small or small, impressed current will be very low ($< 0,1 \text{ uA/m}^2$) and no or very low polarization will be seen.

To check for this result, an artificial coating fault (coupon) of about 1 cm^2 will be installed, connected to the pipeline and the impressed current test repeated.

If in this case the protection current increases significantly, and the E_{OFF} of the pipeline with the connected coupon reaches - 850 mV, it can be concluded that there are no or very small coating faults on the pipeline. The coating of the pipeline inside the casing is acceptable.

The pipeline may be connected to the grid.

The readings are to be registered in a protocol; the results of the measurements shall be confirmed; example of a measurement protocol : see attachment 3.

Muster eines Meßprotokolls

für Messungen an durchgepreßten od. durchgebohrten Rohrleitungen

Bezeichnung der Leitung:	Datum:	
	Gem. von:	

Nennweite DN		Rohrumhüllung (z.B. PE):	
Außendurchmesser (mm):		Länge im Elektrolyt (m):	
Oberfläche pro Meter Länge (m ² /m):		Oberfläche im Elektrolyt (m ²):	

ZEIT nach min.	Ein-Pot. (mV)	Aus-Pot. (mV)	ΔU (mV)	I_s (μA)	R_A (k Ω)	I_s ($\mu A/m^2$)	R_U (k Ω/m^2)
3 min	1500						
6 min	1500						
9 min	1500						
12 min	1500						
15 min	2000						
30 min	2000						
60 min							

freies Korrosionspotential (mV):	Bodenart:
----------------------------------	-----------

Bemerkung:

Unterschrift des Meßtechnikers:

Querung zur Einbindung freigegeben:	Ja/Nein
Datum:	Unterschrift:

Legende: ΔU : Pot.-Differenz zwischen U_{ein} u. U_{aus} I_s : Gesamtstrom R_A : Gesamtwiderstand ($\Delta U/I_s$) I_s : Schutzstrom pro m² R_U : Umhüllungswiderstand pro m²

Anmerkung: Diese Messung stellt eine Momentaufnahme dar
 Eine tatsächliche Beurteilung der Querung kann aufgrund der Erdfähigkeit
 erst bei der Garantiemessung erfolgen.

Bilaga 6

SGC- projekt: Gasrör i skyddsrör

Reserapport från besök vid Gasunie, Holland

Projekt: Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör

Delrapport: Diskussionsmöte på Gasunie i Holland den 23 mars, 1999

Författare: Göran Camitz, Korrosionsinstitutet

1. Inledning

Ett moment i SGC- projektet " Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör" innefattar insamling av information om utländska metoder för utfyllnad av spalten mellan gas- och skyddsrör med korrosionshinder medier. Kollegor vid Gasunie i Groningen, Holland hade tidigare informerat om att man där experimenterar med ett speciellt förfarande för utfyllnad av rörspalten, vilket föranledde ett besök med diskussionsmöte vid Gasunie. Mötet hölls den 23 mars 1999 på FoU-avdelningen vid Gasunie i Groningen, med följande deltagare:

Från Gasunie:

Floris Kuijt:	Centralt ansvarig för katodiskt skydd på Gasunie
Ari Dam:	FoU katodiskt skydd på forskningsstationen
Paul Wesselius:	FoU korrosionsskydd, bl a datoriserade beräkningar av läckströmspåverkan och effektiviteten hos elektriska dräneringar som motåtgärd mot läckströmskorrosion

Från Frans Nooren:

Edwin Welles:	General manager & product engineer
---------------	------------------------------------

Från Sverige:

Göran Camitz:	Korrosionsinstitutet
Hans-Erik Edwall:	Sydgas AB, Åstorp
Charlotte Johansson:	Sycon Energikonsult AB, Halmstad
Magnus Lindsjö:	Vattenfall Naturgas AB, Göteborg

Mötet koncentrerades på skyddsrörsfrågan men även andra korrosionsfrågor diskuterades, bl a datoriserade beräkningar av korrosionsfarlig läckströmspåverkan på gasledningar.

2. Gasunie och korrosionsproblem på deras naturgasledningar

Gasunie är ett av Europas största naturgasföretag. Företaget bildades när man i slutet av 1950-talet och i början av 1960-talet påträffade stora naturgasfyndigheter utanför den holländska kusten och på land i norra Holland. En stor del av naturgasen exporteras genom rörledningar till flera andra europeiska länder. Totala antalet anställda i hela Holland är

1 600 personer, varav 1 000 arbetar vid huvudkontoret i Groningen. FoU-avdelningen i Groningen har 100 anställda.

Gasunie har 12 000 km transmissionsledningar. Det förekommer praktiskt taget ingen elektrisk sektionering (alltså inga elektriskt isolerande rörstycken) av rörledningarna, varför hela ledningssystemet "sitter ihop" elektriskt. Man upplever att man har två huvudproblem vad gäller korrosion på rörledningarna.

Ett faktiskt problem, som man arbetar ständigt med, är elektrisk påverkan genom läckströmmar (läckströmskorrosion) från den holländska järnvägen, som drivs med 15 kV likström.

Ett potentiellt problem, som man börjat arbeta med på senare år, är befarade korrosiva förhållanden på gasrör förlagda i skyddsrör vid underjordskorsningar med landsvägar, järnvägar och kanaler. Totalt finns det 6 000 skyddsrörsinstallationer. Den stora mängden skyddsrör gör det svårt att planera specialundersökningar till rimliga kostnader vid sidan av de ordinarie, regelbundna kontrollmätningarna av gasledningarnas katodiska skydd och de elektriska dräneringarna av läckströmmar på det stora ledningsnätet.

3. Skyddsrör i Gasunies ledningsnät

Det finns, som nämnts tidigare, ca 6 000 skyddsrörsinstallationer. Principen för tillämpning av skyddsrör har skiftat genom tiderna. Man sammanfattade på följande sätt

Tidigare installerades skyddsrör (vanligen pga. myndighetskrav):

- alltid vid järnvägs-korsning
- alltid vid korsning med större landsväg
- ofta vid korsning med kanal

Nuförtiden installeras skyddsrör:

- alltid vid järnvägs-korsning (myndighetskrav, pga. läckströmsförekomsten)
- ibland vid större vägkorsning (pga. geotekniska förhållanden)
- ibland vid kanalkorsning (pga. geotekniska förhållanden)

Materialet i skyddsrören har varierat i olika perioder:

- Fram till 1972: Stål (med eller utan utvändig beläggning)
- 1972 – 1992: Asbestcement
- Från 1992: Vid rör DN < 500 glasfiberarmerad plast
Vid rör DN > 500 stålarmad betong
Inget fyllningsmedium i rörspalten

Som förstärkning av den katodiska skyddsverkan på gasröret inne i skyddsröret har man under vissa perioder installerat offeranoder i rörspalten. Vanligen har anodmaterialet varit magnesium men även zinkanoder har använts. Anoderna är utformade som band eller stavar. En erfarenhet är att anoderna efter en viss tid kan korrodera av som en följd av lokalt stor strömgivning till gasröret (vilket medför lokalt förhöjd anodkorrosion). Man har ingen teknik för kontrollmätning av offeranodernas funktion inne i rörspalten. Idag installeras inte offeranoder i skyddsrör, främst pga. att man inte kan kontrollera deras skyddsverkan. Det pågår dock ett utvecklingsarbete där man försöker ta fram en mätteknik för kontroll av strömgivningen i befintliga anodinstallationer. Tekniken grundar sig på induktiv mätning av anodströmmen, med sk. magnetometer. Gasunie visade ett instrument med vilket man ansåg att det går att från markytan mäta strömflödet i gasröret.

4. Utvecklingsarbete avseende korrosionsskydd på gasrör i skyddsrör

Vid Gasunies forskningsstation pågår ett utvecklingsarbete som syftar till förstärkning av gasrörets skyddsbeläggning dels vid nyinstallationer med skyddsrör dels vid förlängning av befintliga skyddsrör (t ex om den korsande vägen ska breddas).

Vid nyinstallationer avser man använda en teknik som innebär att man trär på ett rör av polyeten (PE) på gasröret och tätar i båda ändarna. Spaltstorleken mellan gasrör och PE-rör är 10 mm. Rörspalten fylls sedan med en slags vattenavvisande polymer. Vi fick dokument som visade att polymeren har godkänts ur miljöskyddssynpunkt och korrosionsskyddssynpunkt bl a vid TÜV i Tyskland och KIVA i Holland. Polymeren uppgavs få mycket god vidhäftning till gasrörets PE-beläggning. Utvecklingsarbetet för närvarande går dels ut på att justera polymerens kemisk sammansättning så att den skall "härda" på önskat sätt dels på att finna lämpligt sätt att pressa in polymeren i rörspalten.

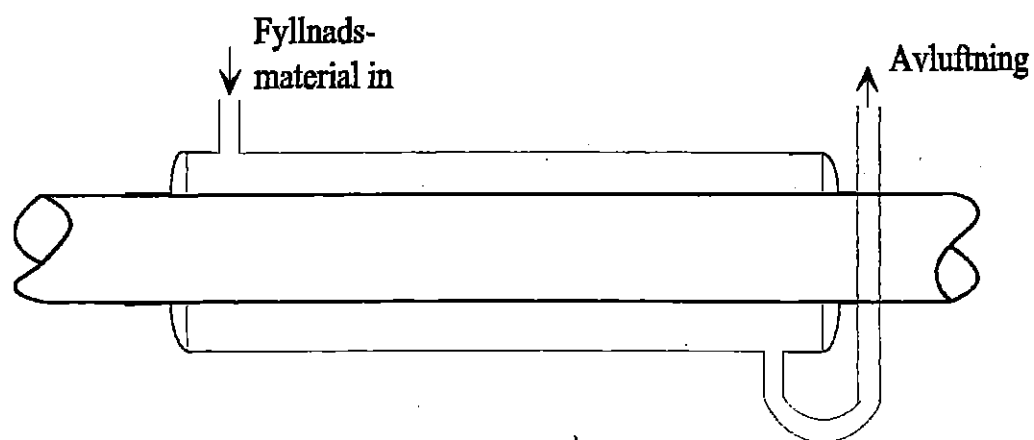
Vid förlängning av skyddsrör avser man att tejpa den frilagda sträckan av gasröret med en tejp av samma slags "sega" polymer som den som nämns i föregående stycke. Utanpå den tejpade rörytan läggs två rörhalvor av PE, som mekaniskt skydd.

Polymeren som används tillverkas av företaget Frans Nooren, vars fabrik och kontor liggen nära Groningen. Vid ett kort besök på fabriken erhöll vi omfattande dokumentation om polymerens korrosionsskyddande egenskaper samt ett par videofilmer som visar olika praktisk användning av produkten på naturgasledningar, t ex isolering av flänsförband och rörskarvar. En fördel med produkten är dess starka vidhäftning till underlaget, vilket gör att kraven på ytrenhet före applicering inte är särskilt stora. Videofilmerna förvaras på Korrosionsinstitutet.

Bilaga 7

SGC- projekt: Gasrör i skyddsrör

**Reserapport från besök vid NACE-konferensen
Corrosion-99**



Åsa Marbe
Charlotte Johansson
Sycon Energikonsult AB

Sammanfattning

I syfte att insamla information om fyllnadsmaterial för skyddsrör besöktes NACE-konferensen "Corrosion-99" i San Antonio, USA. I samband med konferensen träffades representanter för Trenton Corporation, samt några av deras kunder.

Trenton Corporation säljer produkter för korrosionsskydd. Produkterna, bl a tejp och fyllnadsmaterial för skyddsrör, baseras på petroleumvax. Fyllnadsmaterialen finns i två olika typer; varmt respektive kallt installerat vax. Båda vaxtyperna är inerta och icke ledande. Vaxet är inte toxiskt och innehåller t ex inga lösningsmedel, flyktiga ämnen. Fyllnadsmaterialen har använts i ca 7000 skyddsrör.

Vid fyllning krävs det att skyddsröret har två ventilationsrör, ett i varje ände. Vaxet hålls i det ena ventilationsröret och det andra fungerar som avluftning och indikerar även när skyddsröret är fullt. Trenton Corporation rekommenderar att tätningen mellan skyddsrör och gasrör är av expanderande typ, eftersom vanliga damasker lätt deformeras när skyddsröret fylls.

Mötena med två amerikanska olje- och gasbolag, som tillsammans har ca 5000 st skyddsrör gav kortfattat följande information. Pipelineföretagen i USA strävar efter att inte använda skyddsrör vid nybyggnation, istället förläggs ledningen djupare. Om myndigheter eller andra anläggningsägare kräver skyddsrör så fylls skyddsrören med vax. Befintliga skyddsrör som indikerar på problem (mekanisk kontakt) fylls med vax, om de inte kan tas bort.

Det är det varma vaxet som främst används vid fyllning av skyddsrör. Detta eftersom erfarenheter visar att det lättare kan uppstå problem med luftfickor runt distanser vid installation av kallt vax. Det har även visat sig att skyddsröret bör vara varmt innan fyllning sker, annars stelnar vaxet för tidigt. Erfarenhetsmässigt blir det bra resultat om vaxåtgången är 90-95 % utav den beräknade volymen.

I USA pågår arbetet med att ta fram en teknisk föreskrift för skyddsrör av stål. Arbetet bedrivs av en arbetsgrupp inom NACE. Föreskriften kommer att bl a behandla när skyddsrör skall användas, design av skyddsrör samt underhåll och reparation av skyddsrör. Föreskriften beräknas vara klar och antagen i slutet av 1999.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	4
2	TRENTON CORPORATION	4
3	VAX	4
3.1	Varmt vax (Fill-Coat #1)	4
3.2	Kallt vax (Fill-Coat #2)	4
4	TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID FyllNING	5
5	MÖTE MED MARATHON ASHLAND PIPE LINE LLC	6
6	MÖTE MED UNION CARBIDE CORPORATION	6
7	ÖVRIGT	7

BILAGOR:

- Bilaga 1: Produktblad Fill-Coat #1
Bilaga 2: Produktblad Fill-Coat #2

1 Inledning

Inom SGC-projektet "Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagda i skyddsrör" besöktes NACE konferensen "Corrosion-99" i San Antonio, USA. Besöket genomfördes i april 1999 av Charlotte Johansson och Åsa Marbe, Sycon Energikonsult AB.

Syftet med besöket var att träffa representanter från Trenton Corporation som tillverkar fyllnadsmaterial för skyddsrör. Dessutom inhämtades information från konferensen och utställningen.

2 Trenton Corporation

Trenton Corporation grundades 1949. Företaget har sedan dess utvecklat petroleumvax produkter för korrosionsskydd. Deras produkter omfattar idag bl a varmt respektive kallt applicerade vax-mastixer, fyllnadsmaterial till skyddsrör samt vax tejper.

Trenton Corporation har ca 25 personer anställda. Huvudkontoret ligger i Ann Arbor, Michigan. Företaget är ett av de ledande inom branschen på den amerikanska marknaden. De arbetar även i Sydamerika, Asien och Europa.

3 Vax

Trenton Corporations vaxprodukter har använts vid fyllning av ca 7000 skyddsrör. Vaxerna består av ett inert petroleumbaserat material. Materialet är icke ledande.

Trenton har varit tvingade att visa att vaxet inte är toxiskt. Vaxet innehåller t ex inga syror, klorider, fosfor, flyktiga ämnen eller lösningsmedel. Materialet är godkänt i Kalifornien, som har extremt höga miljökrav.

3.1 Varmt vax (Fill-Coat #1)

Trenton Corporations varmt installerade vax (Fill-Coat #1) distribueras med tankbil. Vaxet varmhålls i tankbilen och fylls i vätskeform direkt ner i skyddsroren.

Varmt installerat vax används vid stora volymer. Det varma vaxet är vid installation mer lättflytande än det kalla vaxet. Detta medför att risken för luftfickor är mindre än vid kall installation.

Produktblad för Fill-Coat #1 återfinns i bilaga 1.

3.2 Kallt vax (Fill-Coat #2)

Trenton Corporations kallt installerade vax (Fill-Coat #2) levereras i fat (208 liter). På fatet monteras en masticpump. Vaxet pumpas sedan ner i skyddsroret. Vaxet är pumpbart utan extra värmning vid temperaturer över 13 °C.

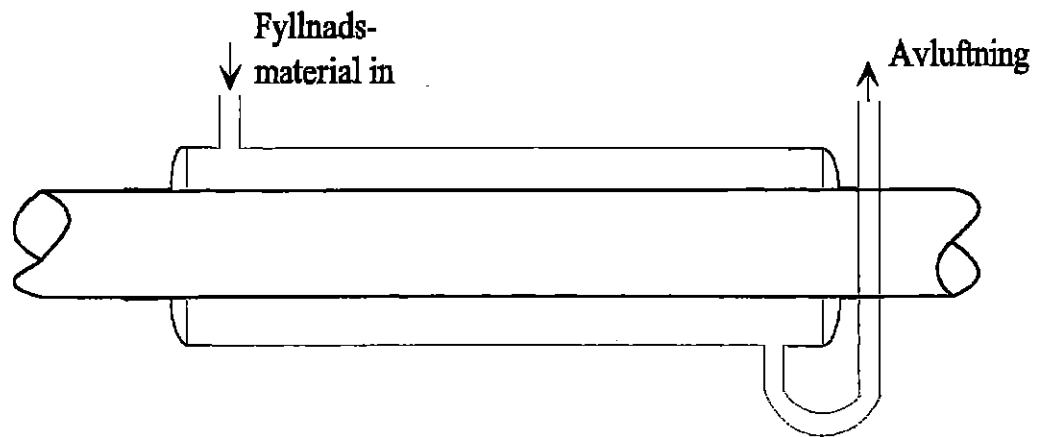
Kallt installerat vax är främst användbart vid mindre volymer och diameter på skyddsrör. Erfarenheter av det kallt installerade vaxet är att risken för luftfickor är större än vid installation av varmt vax.

Produktblad för Fill-Coat #2 återfinns i bilaga 2.

4

Tillvägagångssätt vid fyllning

Vid fyllning krävs två ventilationsrör, ett i varje rörände, se figur 1. I det ena ventilationsröret fylls vaxet i. Det andra fungerar som avluftning samt indikerar när skyddsröret är fullt med vax. Vid installationen av vax trycks befintligt vatten i skyddsröret ut.



Figur 1: Principskiss

Det finns en inofficiell frågeställning inom branschen om vad befintligt vatten i skyddsrören innehåller. Frågeställningen rör bl a om det skall vara tillåtet ur miljösynpunkt att pumpa ut befintligt vatten ur skyddsrören till omgivande mark.

Trenton Corporation rekommenderar att damaskerna för tätning av skyddsrörets ändar är av expanderande typ. Dessa placeras vid skyddsrörets ändar, mellan produktrör och skyddsrör. Det går även att använda gummidamsaker (av den typ som används i Sverige), men erfarenheterna visar på sämre resultat. Detta beror på att de lätt deformeras då vaxet fylls på vid installation.

Vid ev befintliga skador på skyddsröret kommer inga större mängder vax ut pga jordtrycket och att materialet blir trögflytande när det svalnar.

I USA används distanser av liknande typ som i Sverige. Avståndet mellan distanserna rekommenderas till ca 1 m. Vid konferensen observerades olika utformning av distanser. En typ av distanser hade kraftig gummikloss mellan distansens ben och skyddsröret. En annan typ av distanser hade hjul för att underlätta införandet av produktröret.

5

Möte med Marathon Ashland Pipe Line LLC

Den 26 april träffade vi Roger L. Swick (Corrosion Supervisor) från Marathon Ashland Pipe Line LLC.

Marathon Ashland har ca 3000 mil gas- och oljeledningar, som sträcker sig från Louisiana till Illinois. Totalt har man ca 4400 skyddsrör. Efter ett par incidenter med skyddsrör med gasläckor som följd fick man myndigheternas krav på sig att åtgärda skyddsrören. Marathon Ashland beslöt att fylla skyddsrören med vax. Enligt planen ska 60-70 skyddsrör fyllas per år. Projektet beräknas pågå i ytterligare 10 år.

Det är mycket viktigt att produktvägarna centraliseras. Distanser är placerade med 1 m mellanrum. Skyddsrören är inte belagda och de har ventileringsrör i varje ände.

Vid nybyggnation är målet att i största möjliga mån undvika skyddsrör. Istället förläggs gasledningen djupt. I de fall då det krävs skyddsrör fylls skyddsrören med vax. Detta görs vid t ex korsningar av järnväg.

Marathon Ashland använder varmt vax. De anser sig inte ha några problem med luftfickor kring distanser. I de fall där luftfickor trots allt bildas, bedömer man att det inte spelar någon roll eftersom tillgången till syre och vatten är begränsade.

Marathon Ashland har inte hört talas om att fylla skyddsrör med betongmaterial. De ställer sig frågande till materialets ledningsförmåga, härdning, livslängd och beständighet.

6

Möte med Union Carbide Corporation

Den 27 april träffade vi E.L. Sonny McKibbin (Corrosion Control Specialist) från Union Carbide Corporation. De har ca 300 mil gasledning, som sträcker sig från New Orleans till Mexico. Diametern på gasledningen är ca 400 mm.

Union Carbide Corporation har fyllt ca 80 st skyddsrör. Gamla skyddsrör fylls endast om de är i mekanisk kontakt med gasledningen. Nya skyddsrör fylls alltid. Om det inte krävs av myndigheter läggs inga skyddsrör. De skyddsrör som används idag är belagda med polyeten.

Innan fyllning sker testas skyddsrörets täthet genom att luft trycks in med ca 5 bar. Det är viktigt att skyddsröret är varmt innan fyllning sker med varmt vax, annars stelnar vaxet för tidigt. Union Carbide Corporations erfarenhet är att varmt vax ger bäst resultat. Då vaxåtgången är 90-95% av den beräknade vaxmängden blir det erfarenhetsmässigt ett bra resultat.

Vid breddning av vägar förlängs det befintliga skyddsröret och hela skyddsröret fylls med vax.

Generellt ställer myndigheterna inom Union Carbide Corporations geografiska område följande krav:

Ej fyllt skyddsrör

- Intensivmät var 6:e månad
- Ta bort skyddsröret

Fyllt skyddsrör

- Inga speciella krav

Detta medför att underhållskostnaderna minskar drastiskt för fyllda skyddsrör, vilket Union Carbide Corporation tar hänsyn till i budgeten.

7

Övrigt

I USA pågår arbetet med att ta fram en teknisk föreskrift (NACE Standard recommended practice) för skyddsrör av stål. Arbetet bedrivs av en arbetsgrupp inom NACE. Föreskriften kommer att behandla:

- när skyddsrör skall användas
- design av skyddsrör
- installering av skyddsrör
- underhåll och reparation av skyddsrör
- kontroll av skyddsrör
- fyllning av skyddsrör.

Föreskriften beräknas vara klar och antagen i slutet av 1999.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET
May be used to comply with
OSHA's Hazard Communication Standard,
29 CFR 1910.1200. Standard must be
consulted for specific requirements

U.S. DEPARTMENT OF LABOR
Occupational Safety and Health Administration
(Non-Mandatory Form)
Form Approved
OMB No. 1218-0072

Bilaga

IDENTITY (As Used on Label and List) FILL-COAT #1 (petrolatum / petroleum wax)		<i>Note: Blank spaces are not permitted. If any item is not applicable, or no information is available, the space must be marked to indicate that.</i>	
Section I	Formula C_nH_{2n+2}	CAS#	8009-03-8
Manufacturer's Name The Trenton Corporation		Emergency Telephone Number (313) 426-3955	
Address (Number, Street, City, State, and ZIP Code) 7700 Jackson Road		Telephone Number for Information (313) 426-3955	
Ann Arbor, Michigan 48103		Date Prepared January 31, 1996	
		Signature of Preparer (optional)	
Section II - Hazardous Ingredients/Identify Information			
Hazardous Components (Specific Chemical Identity; Common Name(s)) OSHA PEL; ACGIH TLV; Other Limits Recommended; % (optional)			
Petrolatum (petroleum wax)			
Non-carcinogenic			
Non-corrosive			
Non-toxic (estimated oral toxicity 5g/Kg) (estimated dermal toxicity 3.16g/Kg)			
Non-irritant (individual sensitive to petroleum hydrocarbons may be irritated)			
Non-sensitizer			
Section III - Physical/Chemical			
Boiling Point Not Determined		Specific Gravity ($H_2O = 1$) .83-.90	
Vapor Pressure (mm Hg.) Not Determined		Melting Point Pour Point 100°F - 120°F	
Vapor Density (AIR = 1) Not Determined		Evaporation Rate (Butyl Acetate = 1) Negligible	
Solubility in Water Negligible			
Appearance and Odor Brown color with bland petroleum odor			
Section IV - Fire and Explosion Hazard Data			
Flash Point (Method Used) 300°F open cup (minimum)	Flammable Limits Estimated	LEL .9%	UEL 7.0%
Extinguishing Media Carbon Dioxide, Foam, Dry Chemical, Vaporizing Liquid			
Special Fire Fighting Procedures Treat the same as an oil fire			
Unusual Fire and Explosion Hazards In the presence of strong oxidants and a source of ignition violent burning can occur			

Section V - Reactivity Data

Stability	Unstable		Conditions to Avoid
	Stable	X	

Incompatibility (*Materials to Avoid*)**Avoid strong oxidants**

Hazardous Decomposition or Byproducts

When burning, CO, CO₂ and other hydrocarbon byproducts will be released

Hazardous Polymerization	May Occur		Conditions to Avoid
	Will Not Occur	X	

Section VI - Health Hazard Data

Route(s) of Entry:	Inhalation?	Skin?	Ingestion?
See "FIRST AID" below	Possible	Possible	Unlikely

Health Hazards (*Acute and Chronic*)**None Known**

Carcinogenicity:	NTP?	IARC Monographs?	OSHA Regulated?
	Not Listed	Not Listed	Not Registered

Signs and Symptoms of Exposure

See "FIRST AID" belowMedical Conditions Generally Aggravated by Exposure **See "FIRST AID" below**

Emergency and First Aid Procedures **FIRST AID: INHALATION: If overcome by fumes from heated wax, move to fresh air. SKIN: Treat hot wax contact as thermal burn. EYES: Flush with water. INGESTION: Do not induce vomiting except to prevent asphyxiation.**

Section VII - Precautions for Safe Handling and Use

Steps to be Taken in Case Material is Released or Spilled

Confine spill with dirt or sand, allow to solidify, then scrape up

Waste Disposal Method

Burn in approved hydrocarbon incinerator or bury in approved landfill

Precautions to be Taken in Handling and Storing

Avoid splattering on bare skin and store away from open flame and heat

Other Precautions

None**Section VIII - Control Measures**Respiratory Protection (*Specify Type*) **None required unless in confined area**

Ventilation	Local Exhaust	Special
	Not Required	Not Required
	Mechanical (<i>General</i>)	Other
	Should be Adequate	Not Required

Protective Gloves

Oil resistant gloves recommended

Eye Protection

Goggles recommended

Other Protective Clothing or Equipment

Clothing that covers bare skin is recommendedWork/Hygienic Practices **ACGIH recommends exposure limit of 2 mf/m³ for wax fumes**

* The information herein is given in good faith. However, no warranty, expressed or implied, is made regarding this data.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET
May be used to comply with
OSHA's Hazard Communication Standard,
29 CFR 1910.1200. Standard must be
consulted for specific requirements

U.S. DEPARTMENT OF LABOR
Occupational Safety and Health Administration
(Non-Mandatory Form)
Form Approved
OMB No. 1218-0072

Bilaga

IDENTITY (As Used on Label and List) FILL-COAT #2 (petroleum blend)		<i>Note: Blank spaces are not permitted. If any item is not applicable, or no information is available, the space must be marked to indicate that.</i>	
Section I			
Manufacturer's Name The Trenton Corporation		Emergency Telephone Number (313) 426-3955	
Address (Number, Street, City, State, and ZIP Code) 7700 Jackson Road		Telephone Number for Information (313) 426-3955	
Ann Arbor, Michigan 48103		Date Prepared January 31, 1996	
		Signature of Preparer (optional)	
Section II - Hazardous Ingredients/Identify Information			
Hazardous Components (Specific Chemical Identity; Common Name(s)) OSHA PEL; ACGIH TLV; Other Limits Recommended; % (optional)			
Petrolatum (petroleum wax)			
Non-carcinogenic			
Non-corrosive			
Non-Toxic (estimated oral toxicity 5g/Kg) (estimated dermal toxicity 3.1g/Kg)			
Non-irritant (individual sensitive to petroleum hydrocarbons may be irritated)			
Non-sensitizer			
Section III - Physical/Chemical			
Boiling Point 325°F		Specific Gravity (H₂O = 1) .83-.90	
Vapor Pressure (mm Hg.) Not Determined		Melting Point Pour Point 80°F-100°F	
Vapor Density (AIR = 1) Not Determined		Evaporation Rate (Butyl Acetate = 1) Non-volatile	
Solubility in Water Negligible			
Appearance and Odor Brown color with bland petroleum odor			
Section IV - Fire and Explosion Hazard Data			
Flash Point (Method Used) 300°F open cup (minimum)	Flammable Limits Estimated	LEL .7%	UEL 5%
Extinguishing Media Carbon Dioxide, Foam, Dry Chemical			
Special Fire Fighting Procedures Treat the same as an oil fire			
Unusual Fire and Explosion Hazards In the presence of strong oxidants and a source of ignition violent burning can occur			

Section V - Reactivity Data

Stability	Unstable		Conditions to Avoid
	Stable	X	

Incompatibility (Materials to Avoid)

Avoid strong oxidants

Hazardous Decomposition or Byproducts

Burning will release CO, CO₂ and other hydrocarbon byproducts

Hazardous Polymerization	May Occur		Conditions to Avoid
	Will Not Occur	X	

Section VI - Health Hazard Data

Route(s) of Entry:	Inhalation?	Skin?	Ingestion?
See "First Aid" below	Possible	Possible	Unlikely

Health Hazards (Acute and Chronic) **None Known**

Carcinogenicity:	NTP?	IARC Monographs?	OSHA Regulated?
	Not Listed	Not Listed	Not Regulated

Signs and Symptoms of Exposure **See "First Aid" below**

Medical Conditions Generally Aggravated by Exposure

Not Known

Emergency and First Aid Procedures **FIRST AID: INHALATION: If overcome by fumes from heated wax, move to fresh air. SKIN: Treat hot wax contact as thermal burn. EYES: Water wash. INGESTION: Do not induce vomiting unless to prevent asphyxiation. Consult physician.**

Section VII - Precautions for Safe Handling and Use

Steps to be Taken in Case Material is Released or Spilled

Confine spill with dirt or sand; allow to solidify; then scrape up. If needed, clean residue with petroleum solvents and/or hot spray wash.

Waste Disposal Method

Burn in approved hydrocarbon incinerator or bury in approved landfill.

Precautions to be Taken in Handling and Storing

If in a hot liquid state, avoid splattering on bare skin. Store away from heat, open flame, and strong oxidants.

Other Precautions

Section VIII - Control MeasuresRespiratory Protection (Specify Type) **Not Required**

Ventilation	Local Exhaust	Special
	Not Required	Not Required
	Mechanical (General)	Other
	Adequate if heated	Not Required

Protective Gloves

Oil resistant gloves recommended

Eye Protection

Goggles recommendedOther Protective Clothing or Equipment **If heated, we recommend clothing that covers skin.**Work/Hygienic Practices **General hygiene practices are adequate**

* The information herein is given in good faith. However, no warranty, expressed or implied, is made regarding this data.

Bilaga 8

Korrosionsteknisk ordlista

Göran Camitz, augusti 1999

SGC- projekt "Gasrör i skyddsrör"

Korrosionsteknisk ordlista

I rapporten förekommer bl a. följande korrosionstekniska begrepp:

Anod: *se skyddsanod*

Depolarisation (katodisk): minskning av katodisk polarisation, t ex som en följd av avbruten strömmatning till stålytan.

Elektrod: metall eller annan elektronledare i kontakt med en elektrolyt och genom vilken elektrisk ström kan gå in i eller lämna elektrolyten.

Elektrodpotential: elektrisk potentialskillnad mellan elektrod och omgivande elektrolyt. Uppmätts med referenselektrod placerad i elektrolyten.

Elektrolyt: medium som kan leda ström genom jontransport, t ex vatten och fuktig jord.

Frånslagspotential ($E_{från}$): skyddspotential uppmätt en bråkdel av en sekund efter brytning av skyddsströmmen (men omedelbart innan depolarisationen inleds) i syfte att undvika inmätning av IR-fallet i elektrolyten. Uttrycket kommer av att potentialen mäts i frånslagsögonblicket. (eng. OFF-potential). Se även *tillslagspotential*.

IR-fall: spänningsfall i elektrolyten, som uppstår till följd av skyddsströmflödet och som ingår i skyddsföremålets potential när den mäts med skyddet inkopplat. Mätningen visar därför inte skyddsföremålets sanna potential. Uttrycket kommer av I för ström och R för resistans.

Jordmagnetisk ström (tellurisk ström): pulserande och reverserande ström i jordskorpan som alstras, särskilt i norr- och sydskenzonerna, på grund av tidsvariationer i Jordens magnetfält. Variationerna orsakas av pulserande elektriskt laddad partikelstrålning från solen. Hög strömintensitet sammanfaller med intensiva norrsken, vilka brukar vara vanligt förekommande ungefär vid vår- och höstdagjämningarna. Maximum inträffar ca vart 11:e år, senast 1991. Strömmarna ger upphov till ett IR-fall i marken och kan därigenom förfalska även en potential uppmätt som frånslagspotential.

Katodiskt skydd: elektrokemiskt korrosionsskydd, som innebär att metallens elektrodpotential sänks från korrosionspotentialen till ett värde, skyddspotentialen, där korrosionen är praktiskt försumbar. Potentialsänkningen sker genom matning av likström från skyddsanoden genom elektrolyten till metallytan. Skydd med *påtryckt ström* (elektrolytiskt skydd) innebär att strömmen matas från en likströmkälla, vanligen en nätansluten likriktarenhet. Skydd med *offeranod* (galvaniskt

skydd) innebär att strömmen alstras på galvanisk väg av magnesium- eller zink-anod.

Korrosionspotential (E_{kor}): elektrodpotentialen hos en fritt korroderande metallyta, t ex stålytan i en beläggningsskada på ett rör utan katodiskt skydd. Korrosionspotential kan antingen vara en *vilopotential* eller en *polariserad potential* som har förskjutits i positiv eller negativ riktning till följd av att främmande likström flyter ut ur respektive in i stålytan.

OFF- potential: se *frånslagspotential*.

ON- potential: se *tillslagspotential*.

Polarisation (katodisk): förskjutning (sänkning) av metallytans elektrodpotential i negativ riktning på grund ett flöde av likström från elektrolyten in i stålytan. Jfr. *katodiskt skydd*.

Polarisationssond: elektrod på vilken IR-fri skyddspotential kan mätas utan frånslag av det katodiska skyddet. I samband med katodiskt skydd av rörledningar består sonden av en nedgrävd stålring (area t ex 10 cm^2) monterad på en referenselektrod. När stålringen är ansluten till rörledningen tar ringen upp lika stor skyddsström och antar samma elektrodpotential som stålytan i en närliggande (tänkt eller befintlig) beläggningsskada på röret. Genom det korta avståndet mellan referenselektrod och stålring innefattar den mätta potentialen inget IR-fall utan utgör sann skyddspotential.

Referenselektrod: opolariserbar mätelektrod för bestämning av elektrodpotential. Vid mätning av rörledningars potential i jord används vanligen referenselektroder av typen mättad koppar/kopparsulfat (Cu/CuSO_4). Referenselektroden i polarisationssond är vanligen av typen silver/silverklorid (Ag/AgCl) eller mättad kalomel (SCE). Alla referenselektroder har en viss, fast potential på normalvätgaselektrodens potentialskala. Potential som har uppmätts mot en viss referenselektrod kan alltså omräknas till potential mot en annan typ av referenselektrod. Vid mätning måste det anges vilken referenselektrod som använts.

Skyddsanod: elektrisk ledare, placerad i elektrolyten, genom vilken skyddsström, matas till metallytan som skall skyddas katodiskt. Vid elektrolytiskt skydd (skydd med påtryckt ström) är anoden strömmatad och den består vanligen av magnetit eller kiseljärn. Vid galvaniskt skydd är anoden en offeranod som vid skydd av rörledningar består av zink eller magnesium.

Skyddspotential: elektrodpotential vid vilken katodiskt skydd erhålles, dvs. där korrosionen är praktiskt försumbar.

Skyddsrör: rör av stål eller betong som omsluter gasledning i t ex korsning med landsväg eller järnväg. Skyddsröret underlättar placering av gasledningen under korsningen och motverkar punktvisa trafiklastar på gasröret men kan nedsätta effektiviteten hos det katodiska skyddet på gasröret i vattenfyllt skyddsrör.

Skyddsström: likström som matas från skyddsanod, genom elektrolyten till metallytan för uppnående av skyddspotential.

Skyddsströmtäthet (katodisk): kvot mellan skyddsström och area hos metallyta som skyddas katodiskt. Anges vanligen i mA/m².

Tillslagspotential (E): skyddspotential uppmätt när skyddsström flyter. Tillslagspotentialen innehåller, förutom äkta skyddspotential, även ett IR-fall. Uttrycket kommer av att potentialen mäts med skyddsströmmen tillslagen. (eng. ON-potential). Jfr. *frånslagspotential*.

Till- och frånslagscykel: Vid kontrollmätning av den katodiska skyddspotentialen på naturgasledningar brukar utmatningen av skyddsström till rörledningen brytas och slås till automatiskt med återkommande korta tidsmellanrum. Avsikten är att man enkelt ska kunna mäta både ON- och OFF-potentialen var man än befinner sig utmed ledningen, utan att behöva färdas till likriktarenheten och bryta strömutmatningen för varje enskild mätning. Brytningen sker i likriktarenheten med hjälp av en strömbrytare som styrs av ett tidrelä. Tidrelät styr brytaren så att strömmen slås till och från enligt en viss tidscykel. Vanligtvis förinställs tidrelät så att skyddsströmmen är tillslagen i 9 sekunder och frånslagen i 3 sekunder. Detta kallas till- och frånslagscykeln.

Transformator- och likriktarenhet: nätansluten elektrisk enhet som matar skyddsström. Enheten består i huvudsak av en transformator som transformerar ned nätspänningen till skyddsspänning (normalt lägre än 20 V) och en likriktare som omvandlar växelströmmen till likström. Enheten kan arbeta på tre olika sätt: med fast utgående skyddsspänning och variabel skyddsström (*spänningsstyv likriktare*), med variabel skyddsspänning och fast skyddsström (*strömstyv likriktare*) eller med variabel skyddsström och fast potential (*potentialstyrd likriktare*). På naturgasledningar används normalt strömstyv likriktare.

Vilopotential: korrosionspotential utan inverkan (polarisation) av elektriska strömmar.

2000-02-02

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
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
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 gasrörsystem av polyeten	Okt 91	Stefan Grudén, F. Varmedal TUMAB	100
013	Spektralfördelning och verkningsgrad för gaseldade IR-strålare	Okt 91	Michael Johansson Driftekniska Inst. 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
017	Analys och förslag till handlingsprogram för området industriell vätskevärmning	Dec 91	Rolf Christensen AF-Energikonsult Syd AB	100
018	Skärning med acetylen och naturgas. En jämförelse.	Apr 92	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	100

2000-02-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
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 Projekt. AB	150
022	Katalog över gastekniska FUD-projekt i Sverige. Utgåva 4	Aug 92	Svenskt Gastekniskt Center	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 ÄF-Energikonsult	150
028	Stora gasledningar av PE. Teknisk och ekonomisk studie.	Okt 92	Lars-Erik Andersson, Åke Carlsson, Sydkraft Konsult	150
029	Catalogue of Gas Techn Research and Development Projects in Sweden (På engelska)	Sep 92	Swedish Gas Technology Center	150
030	Pulsationsspanna. 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 Triumf Triumf Geophysics AB	100
032	Systemverkn.grad efter konvertering av vattenburen elvärme t gasvärme i småhus	Jan 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem AB	150
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

2000-02-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
035	Hemmatankning av naturgasdriven personbil. Demonstrationsprojekt	Jun 93	Tove Ekeborg Vattenfall Energisystem	150
036	Gaseldade genomströmningsberedare för tappvarmvatten i småhus. Litteraturstudie	Jun 93	Jonas Forsman Vattenfall Energisystem	150
037	Verifiering av dimensioneringsmetoder för distributionsledningar. Litt studie.	Jun 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
038	NOx-reduktion genom reburning med naturgas. Fullskaleförsök vid SYSAV i Malmö	Aug 93	Jan Bergström Miljökonsulterna	150
039	Pulserande förbränning för torkändamål	Sep 93	Sten Hermodsson Lunds Tekniska Högskola	150
040	Organisationer med koppling till gasteknisk utvecklingsverksamhet	Feb 94	Jörgen Thunell SGC	150
041	Fältsortering av fyllnadsmassor vid läggning av PE-rör med lägningsbox.	Nov 93	Göran Lustig Elektro Sandberg Kraft AB	150
042	Deponigasens påverkan på polyetenrör.	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
043	Gasanvändning inom plastindustrin, handlingsplan	Nov 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
044	PA 11 som material ledningar för gasdistribution.	Dec 93	Thomas Ehrstedt Sydkraft Konsult AB	150
045	Metoder att höja verkningsgraden vid avgaskondensering	Dec 93	Kjell Wanselius KW Energiprodukter AB	150
046	Gasanvändning i målerier	Dec 93	Charlotte Rehn et al Sydkraft Konsult AB	150
047	Rekuperativ aluminiumsmältugn. Utvärdering av degelugn på Värnamo Pressgjuteri.	Okt 93	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
048	Konvertering av dieseldrivna reservkraftverk till gasdrift och kraftvärmeprod	Jan 94	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult AB	150
049	Utvecklad teknik för gasinstallationer i småhus	Feb 94	P Kastensson, S Ivarsson Sydgas AB	150
050	Korrosion i flexibla rostfria insatsrör (Finns även i engelsk upplaga)	Dec 93	Ulf Nilsson m fl LTH	150

2000-02-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
051	Nordiska Degelugnsprojektet. Pilot- och fältförsök med gasanvändning.	Nov 93	Eva-Maria Svensson Glafo	150
052	Nordic Gas Technology R&D Workshop. April 20, 1994. Proceedings. (På engelska)	Jun 94	Jörgen Thunell, Editor Swedish Gas Center	150
053	Tryckhöjande utrustning för gas vid metallbearbetning -- En förstudie av GT-PAK	Apr 94	Mårten Wärnö MGT Teknik AB	150
054	NOx-reduktion genom injicering av naturgas i kombination med ureainsprutning	Sep 94	Bent Karll, DGC P Å Gustafsson, Miljökons.	100
055	Trevägs-katalysatorer för stationära gasmotorer.	Okt 94	Torbjörn Karlelid m fl Sydkraft Konsult AB	150
056	Utvärdering av en industriell gaseldad IR-strålare	Nov 94	Johansson, M m fl Lunds Tekniska Högskola	150
057	Läckagedetekteringssystem i storskaliga gasinstallationer	Dec 94	Fredrik A Silversand Katator AB	150
058	Demonstration av låg-NOx-brännare i växthus	Feb 95	B Karll, B T Nielsen Dansk Gasteknisk Center	150
059	Marknadspotential naturgaseldade industriella IR-strålare	Apr 95	Rolf Christensen Enerkon RC	150
060	Rekommendationer vid val av flexibla insatsrör av rostfritt i villaskorstenar	Maj 95	L Hedeén, G Björklund Sydgas AB	50
061	Polyamidrör för distribution av gasol i gasfas. Kunskapssammanställning	Jul 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
062	PE-rörs tålighet mot yttre påverkan. Sammanställning av utförda praktiska försök	Aug 95	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	150
063	Naturgas på hjul. Förutsättningar för en storskalig satsning på NGV i Sverige	Aug 95	Naturgasbolagens NGV- grupp	150
064	Energieffektivisering av större gaseldade pannanläggningar. Handbok	Aug 95	Lars Frederiksen Dansk Gasteknisk Center	200
065	Förbättra miljön med gasdrivna fordon	Aug 95	Göteborg Energi AB	150
066	Konvertering av oljeeldade panncentraler till naturgas. Handbok.	Nov 95	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	150

2000-02-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
067	Naturgasmodellen. Manual för SMHI:s program för beräkn av skorstenshöjder	Dec 95	Tingnert B, SKKB Thunell J, SGC	150
068	Energigas och oxyfuelteknik	Dec 95	Ingemar Gunnarsson Energi-Analys AB	150
069	CO ₂ -gödsling med avgaser från gasmotor med katalysator	Dec 95	Bent Karll Dansk Gasteknisk Center	150
070	Utvärdering av naturgasförbränning i porösa bäddar	Mar 96	Henric Larsson Lunds Tekniska Högskola	150
071	Utvärdering av naturgasdrivna IR-booster i ugn för pulverlackering	Nov 95	Ole H Madsen Asger N Myken	150
072	Sammanställning av emissionsdata från naturgas-, biogas- o motorgasdrivna fordon	Jun 96	Hans-Åke Maltesson Svenskt Gastekniskt Center AB	150
073	Livslängdsbestämning för PE-rör för gasdistribution (EVOPE-projektet)	Jul 96	Tomas Tränkner Studsvik Material AB	100
074	Gasblandningar för fordonsdrift. Idéstudie.	Aug 96	Ola Hall Sydkraft Konsult AB	150
075	Gasbranschens miljöhandbok	Sep 96	Jörgen Thunell Svenskt Gastekniskt Center	500
076	Låg-NO _x -teknik för gasdrivna processer - dagsläge	Okt 96	Mikael Näslund, LTH Inst.Värme- och Kraftteknik, LTH	150
077	Karakterisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB 50 -projektet	Dec 96	K-E Egeback Roger Westerholm	150
078	Uppvärmning med gas i svenska småhus - erfarenheter och framtida teknikval	Nov 96	Mikael Näslund, LTH	150
079	Handledn. för inst av gaseldade IR -värmare. Rådgivning, analys och genomförande	Apr 97	Pär Dalin DITAB	150
080	Mikrokraftvärmeverk med Stirlingmotor	Jan 97	Tomas Nilsson Lunds Tekniska Högskola	150
081	Naturgasbaserad småskalig kraftvärme inom uppvärmningssektorn	Feb 97	Mats Nilsson LTH/MALMÖ	150
082	Kylning och klimatisering av byggnader och lokaler med hjälp av naturgas	Apr 97	Anders Lindkvist Vattenfall Energisystem	150

2000-02-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
083	Naturgassystemet i Sverige - en teknisk beskrivning	Jun 97	Ronny Nilsson, KM	150
084	Livscykelanalyser - Är det något för gasbranschen	Sep 97	Jörgen Thunell	150
085	Konvertering av direktelvärmda småhus till naturgasuppvärmning	Dec 97	Mikael Näslund Inst Värme- och Kraftteknik, LTH	150
086	Uppgradering av biogas . Fas 2, Praktiska försök med kondenseringsmetoder.	Jun 97	Ola Lloyd / BioMil AB Johan Nilsson / LTH	150
087	Utveckling av katatalytisk rening av avgaser från befintlig panna	Dec 97	F Silversand, T Hargitai m fl Katator AB	150
088	Technical Description of the Swedish Natural Gas Distr System (På Engelska)	Jun 97	Ronny Nilsson, KM	150
089	Rening av avgaser från en naturgasdriven lean burn motor i en förbr.växlare	Okt 97	Björn Heed Inst för Energiteknik, CTH	150
090	Utsläpp av oreglerade ämnen vid förbränning av olika bränslen	Jun 98	Jörgen Thunell	150
091	Nya metoder för att säkerställa mätnoggrannheten i naturgasnät	Nov 97	Ulf R C Nilsson Luleå TH, Inst Systemteknik	150
092	LB30-projektet - Introduktion av naturgasdrivna tyngre lastbilar	Jan 99	Owe Jönsson Svenskt Gastekniskt Center	150
093	Karaktärisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB50 -projektet	Sep 98	Karl Erik Egebäck	150
094	Gasdistribution och avgasinstallation i byggnader	Jan 99	Hans Christian Thiis Per Palm	150
095	Karaktärisering av emissioner från naturgasdrivna lastbilar inom LB50 -projektet	Okt 98	Karl Erik Egebäck	150
096	Lifetime of PE-pipes subjected to squeeze off	Nov 98	Tomas Tränkner	150
097	Svensk högskoleförlagd energigasforskning Nutid och framtid	Jan 99	Mikael Näslund, LTH Owe Jönsson, SGC	150
098	Metoder för snabb kvalitetskontroll av PE-rör för gasdistribution	Apr 99	Tomas Tränkner	150

2000-02-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
099	Gas co-firing for NOx-reduction in coal fired boilers	Apr 99	Fredrik Brogaard	200
100	Optimerad samrötning av restprodukter från stad och land	Apr 99	A Dahl, M Linné, L Andersson	150
101	Distribution av biogas i naturgasnät	Jul 99	Kaj Vågdahl	100
102	Evaluation of the efficiency face to the NOx -emissions from European plants	990901	M J Fourniguet, A Quinqueneau, B Karll, P Breithaupt, O Jonsson	150
103	Uppföljning av kvalitetsspecifikation för uppgraderad biogas som fordonsbränsle	Okt 99	Anders Dahl	150
104	Evaluation of three-way-catalysis for NOx -abatement in large gas-fired appliance	Jan 00	Fredrik Silversand	150
105	Undersökning och förstärkning av korrosionsskyddet på gasrör förlagd i skyddsrör	feb 00	Göran Camitz, Åsa Marbe Charlotte Johansson	150
A01	Fordonstankstation Naturgas. Parallellkoppling av 4 st Fuel Makers	Feb 95	Per Carlsson Göteborg Energi AB	50
A02	Uppföljning av gaseldade luftvärmare vid Arlövs Sockerraffinaderi	Jul 95	Rolf Christensen Enercon RC	50
A03	Gasanvändning för färjedrift. Förstudie (Endast för internt bruk)	Jul 95	Gunnar Sandström Sydkraft Konsult	0
A04	Bussbuller. Förslag till mätprogram	Jun 95	Ingemar Carlsson Ecotrans Teknik AB	50
A05	Värmning av vätskor med naturgas - Bakgrund till faktablad	Okt 95	Rolf Christensen Enerkon RC	50
A06	Isbildning i naturgasbussar och CNG -system (Endast för internt bruk)	Nov 95	Volvo Aero Turbines Sydgas, SGC	0
A07	Större keramisk fiberbrännare. Förstudie	Jan 96	Per Carlsson Sydkraft Konsult AB	50
A08	Reduktion av dioxin, furan- och klorfenoler vid avfallsförbränning	Maj 96	H Palmén, M Lampinen et al Helsingfors Tekniska Högskola	50
A09	Naturgas/mikrovågsteknik för sintring av keramer	Maj 96	Anders Röstin KTH	50

2000-02-02

RAPPORTFÖRTECKNING

SGC Nr	Rapportnamn	Rapport datum	Författare	Pris kr
A10	NOx-reduktion genom naturgasinjektion o reurning. Demoprojekt på Knudmoseverket	Apr 96	Jan Flensted Poulsen Völund R & D Center	50
A11	Direktorkning av socker med naturgas (Endast för internt bruk)	Jul 96	Rolf Christensen Enerkon RC	0
A12	Uppföljning, installation av gaspanna med avgaskondensor, kv Hornblåsaren 6, Råå	Sep 96	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	50
A13	Klassningsplaner för gasinstallationer	Jun 97	Carl-Axel Stenberg Greger Arnesson	50
A14	Uppf av drift med natugaseldad kondenserande gaspanna i Rinnebacksskolan	Okt 97	Bo Cederholm Sydkraft Konsult AB	50
A15	Undersökn o förstärkn av korr.skyddet på gasrör förl i skyddsrör - Delrapport 1	Nov 97	Åsa Marbe, C Johansson Sydkraft Konsult AB	100
A16	Ind - CO2-härdning av betong med naturgas	Feb 98	Åsa Marbe Sydkraft Konsult AB	50
A17	Reservförsörjning med fordonstransporterad LNG	Dec 97	Stig Johansen	50
A18	Emissions- och immissionsmätning vid en naturgaseldad villapanna	Mar 97	David Cooper IVL	50
A19	Katalytisk rening av gaseldade lean -burnmotorer etapp 1 - teoretisk förstudie	Aug98	Fredrik Silversand Katator	100
A20	Europeisk livscykelinventering för naturgas (endast för internt bruk)	Sep 98	Jörgen Thunell	0
A21	Naturgasdrivna järnvägsfordon - Förstudie	Dec 98	Rolf Öberg	100
A22	Catalytic abatement of CO- and UHC -emissions from Gas Fuelled Engines	Feb99	Fredrik Silversand	100
A23	Förläggning av gasrör av polyeten i befintliga massor	Mar 99	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	100



Svenskt Gastekniskt Center AB

SE-205 09 MALMÖ
Telefon: 040-24 43 10
Telefax: 040-24 43 14
www.sgc.se