



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R89:1977

**Larmsystem och läck-
sökningmetoder för
värmekulvertar**

Runo Stenberg

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R89:1977

LARMSYSTEM OCH LÄCKSÖKNINGSMETODER FÖR VÄRMEKULVERTAR

Runo Stenberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740073-2 från
Statens råd för byggnadsforskning till Orrje & Co-Scandiaconsult,
Stockholm

Nyckelord:

fjärrvärme
värmekulvertar
läckor
fuktlarm
larmsystem
läcksökning
läckljud
lyssning

UDK 697.34

R89:1977

ISBN 91-540-2792-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1977

INNEHÅLL

	Sid
FÖRORD	5
INLEDNING	6
LARMSYSTEM	7
Övervakningsprinciper	7
Lokaliseringsprinciper	7
Inventering av larmsystem på svenska marknaden	8
Allmänna synpunkter på larmsystem	8
Exempel på beställarspecifikation för larmsystem	10
LYSSNINGSMETODEN	13
Princip	13
Undersökningar	13
Utformning av lyssningsläcksökare för kulvertledning	17
FORSKNINGSBEHOV BETRÄFFANDE LARMSYSTEM OCH LÄCKSÖKNINGS- METODER FÖR VÄRMEKULVERTAR	19
SAMMANFATTNING	21
 BILAGOR	
Bilaga 1 Resultat av rundfråga och diskussion 1974/75 angående forskningsbehov	23
Bilaga 2 Förteckning och beskrivning av i Sverige salu- förda larmsystem för värmekulvert 1977	29
Bilaga 3 Svar på remitterad förhandskopia av forsknings- rapporten	45

FÖRORD

Utredaren har i många år arbetat med problematiken kring läcksökning på vattenledningar i mark. På senare år har därvid sporadiskt uppkommit frågeställningar kring läckor på värmekulvertar. Det syntes föreligga ett behov av en sammanställning av erfarenheter från olika håll och vidareutveckling av viss teknik. Byggforskningen anslog i april 1974 ett mindre belopp för inventering av detta forskningsbehov. Inventeringen redovisades i rapport juni 1975, se bilaga 1 för vissa kapitel ur rapporten.

En kommentar till bilaga 1 må anföras:

Utbyggnaden av värmekulvertledningar är mycket stor, som framgår av följande tabell.

<u>Tidpunkt</u>	<u>värmekulvert längd inom Sverige</u>
1974-06-30	1744 km (vid rapport juni 1975)
1976-06-30	2320 km
1977-05-01	ca 2500 km

Om antalet läckor, då behov av närmare lokalisering föreläggat, står i proportion till kulvertlängden skulle de vid rapporten i juni 1975 50 - 100 st per år nu vara uppe i 75 - 150 st per år.

Ett flertal forskningsuppgifter ansågs vid inventeringen intressanta, men vid prioritering utvaldes två för närmare studium: Larmsystem och lyssningsläcksökning. Medel för detta anslogs i februari 1976.

Medverkande vid arbetets genomförande har varit Svenska Värmeverksföreningen, flertalet av föreningens värmedistribuerande medlemsverk samt avdelningarna för VA-teknik, VVS-teknik och Akustik vid Orrje & Co - Scandiaconsult.

INLEDNING

Behovet av täthetsövervakning och läcksökning på värmekulvertar stiger i takt med ökad utbyggnad av fjärrvärme och måste anpassas till utvecklingen av nya kulverttyper. Statistiken visar att flertalet skadefall på värmekulvertar är att härleda till skador på skyddshölje, som genom nedfuktning leder till sekundär skada på medierör på grund av korrosion. Larmsystem fyller en viktig funktion såväl för upptäckt av dessa skador på ett tidigt stadium som för upptäckt av skador, som primärt uppstår direkt på medierör. Flera skilda larmsystem saluförs och det finns ett önskemål från köparna om sammankopplingsmöjlighet mellan dessa. Ett första steg i denna riktning är att inventera marknaden.

Lokalisering av läckstället inför reparation sker dels genom elektrisk inmätning av fuktstället om man har trådlarmsystem, dels genom en rad andra metoder, varav lyssningsmetoden tilldragit sig största intresset. Eftersom den förutsätter ett tryckfall, som ger ljud, är den begränsad till läckor på medieröret. En objektiv undersökning av metodens möjligheter och begränsningar erhålls genom mätning av läckljudens vibrationsnivåer.

Fortsatt forskning synes böra utföras på larmsystem, lyssningsmetoden och även värmekameran, varvid möjligheter till måttliga kostnader för projektet öppnas genom kombination med andra försök vid AB Atomenergi i Studsvik. Där byggs ett antal kulvertsträckor uteslutande från försökssynpunkt och vissa mätningar för t ex lyssningsmetoden bör arrangeras redan innan ifrågavarande ledningsgrav återfylls. Därför refereras i AB Atomenergis forskningsprogram till förhandskopia av här föreliggande forskningsrapport.

LARMSYSTEM

Övervakningsprinciper

Nivåalarm i kammare utlöses av hög vattennivå. Detta kan ske genom olika typer av nivågivare, varav elektroder och nivåvippor synes vanligast. Larmet överförs antingen via mångtrådig kabel eller genom kodning via en- eller fåtrådig kabel till en central där larmstället kan avläsas.

Fuktlarm i kulvert utlöses av nedfuktning, som minskar den elektriska isoleringen mellan avkänningsselement och medierör. Avkänningen kan ske i diskreta punkter, t ex skarvar eller kompensatorer, eller kontinuerligt längs isoleringen i kulverten. Avkänning och överföring av larm till central sker genom larmtrådar, t ex kopparlina, företrädesvis förlagda inuti kulverten.

Lokaliseringsprinciper

Nivåalarm och fuktlarm i diskreta punkter kan vara indikerade individuellt vid central. Fuktlarm för fogar eller med kontinuerlig avkänning längs kulverten kräver någon form av elektriskt baserad inmätning för lokalisering av fuktstället:

Resistansmätning baseras på att larmtråden har en viss på förhand känd resistans per längdenhet, som vid larm utnyttjas för att bestämma längden larmtråd fram till fuktstället. Det synes svårt att undgå att resistans i fuktstället påverkar noggrannheten vid inmätningen.

Bryggmätning baseras på att larmtråden på ömse sidor om fuktstället får utgöra grenar i en spänningsbrygga, där strömgenomgången genom fuktstället balanseras till noll.

Pulsreflektometer används konventionellt för inmätning av fel på elkablar. Därvid utsänds en elektrisk puls på kabeln, i detta fall larmtråden, och en jordslutning till medieröret eller ett avbrott ger ett eko på t ex en bildskärm med en tidsfördröjning som är proportionell mot pulsens löphastighet i kabeln. Avläsningen kan vara digital.

Pulsekoapparat är en för fuktlarmsystem specialutvecklad variant av pulsreflektometern, som baseras på samma princip men med utläsningen av avståndet enbart i digital form.

Inventering av larmsystem på svenska marknaden

Med hjälp av bl a Svenska Värmeverksföreningens register har samtliga kulverttillverkare eller agenturer i Sverige getts tillfälle att besvara en rundfråga om kulvertlarmsystem. Svarsunderlaget användes för att utforma schematiska beskrivningar av de olika systemen, vilka sändes till respektive tillverkare eller agentur för kommentar. Därvid erhöles nytt underlagsmaterial av mycket skiftande beskaffenhet, vilket lett till justering av beskrivningarna. I något fall kan dock fortfarande någon skiljaktighet från verkliga förhållanden föreligga, varför en avslutande remiss arrangeras genom förhandsutsändande av rapporten till berörda företag samt några värmeverk. Resultat av remissen redovisas i bilaga 3.

Förteckning över de sju larmsystem som 1977 förekommer på den svenska marknaden lämnas i bilaga 2, som även omfattar separata beskrivningar för respektive system. Därutöver kan nämnas att egna larmsystem för nivå i kammare utvecklats vid skilda energiverk, t ex i Göteborg.

Vissa termer och uttryck betr. larmsystem som används i denna rapport har inte prövats av Tekniska Nomenklaturcentralen. Det synes lämpligt att en ordlista sammanställs innan eventuella, olämpliga termer kommer i allmänt bruk.

De ritningsbeteckningar som redan finns inom etablerad el-teknik behöver kompletteras i viss utsträckning.

Allmänna synpunkter på larmsystem

Från energiverken är ett uttalat önskemål att en viss standardisering genomförs. Tanken är att man skall kunna köpa kulvert oberoende av vilket övervaknings- och lokaliseringssystem som skall användas. Man vill inte vara bunden till viss kulvert därför att man tidigare har ett visst larmsystem. Vidare öns-

kar man kunna sammankoppla tidigare larm med nyutbyggnad, åtminstone vad beträffar själva larmsignalen, samt att denna skall kunna överföras via larmtråd inom kulverten.

Från tillverkare hävdas att svårigheterna är oöverkomliga vad avser standardisering av larmsystem, då många patent låser upp olika system. Vad man emellertid borde kunna standardisera är larmtrådarnas utformning och förläggning i kulverten, ty detta är såvitt känt inte upplåst av något patent.

För övervakningsfunktionen bör endast växelspanning förekomma. I annat fall kan korrosion förorsakas, antingen på larmtråden som i så fall brister, eller på medieröret, där det i olyckliga fall kan ske en punktkorrosion med läcka som följd. (Jämför dock bilaga 3)

För inmätningen av fuktstället är likspänning olämplig, ty vid fuktstället kan mycket lätt uppstå polarisationsfenomen, som ger upphov till missvisande resultat. (Jämför bilaga 3)

Larmsystemen bör vara uppbyggda så att såväl fukt som avbrott på larmtråden indikeras.

Signalkablar utanför kulverten bör undvikas därför att de ligger dåligt skyddade och kräver genomföringar genom skyddshöljet, där varje genomföring utgör en svaghetspunkt för inträngande fukt. Signalkablar inom kulverten måste vara konstruerade för tillräckligt hög temperatur.

Larmsystemet bör vara så uppbyggt att andra önskade larmfunktioner kan överföras i samma system som fuktlarmet, t ex nivå-larm etc.

Vid vissa kulvertkonstruktioner kan en läcka snabbt ge upphov till nedfuktning av en lång kulvertsträcka. Det kan därvid vara av stort värde om lokaliseringsutrustning automatiskt träder i funktion och mäter in fuktstället på ett tidigt stadium.

Vid användning av pulsreflektometer och pulsekoapparater kan falska ekon uppträda t ex vid korsande ledningar och elkablar.

För att undvika misstolkning av dessa störningar kan det vara lämpligt att då larmanläggningen tages i drift mäta in dess egenskaper. Det kan ifrågasättas om förenklade pulsekoapparater vid förekomst av starka störande ekon måste ställas på så låg känslighet att ekot från fuktstället inte uppfattas vid inmätningen. Förändringar av ledningsbeståndet intill en kulvert med larmsystem som nyttjar dessa lokaliseringsprinciper bör föranleda anmärkningar i larmbeskrivningen och eventuell nyinmätning av ekobilden.

Skarvning av larmtrådar måste utföras enligt en metod som fungerar tillfredsställande i fältanläggningsteknik. Det synes som om kontaktpressning av skarvhylsa och i förekommande fall isolering med krypslang skulle ge fullgoda skarvar.

Allmänt bör beaktas att rören vid transport och anläggning blir ovarsamt hanterade.

Exempel på beställarspecifikation för larmsystem

Med hänsyn till de allmänna synpunkter som redovisas ovan har ett försök gjorts att ställa upp några specifika punkter som borde beaktas vid en upphandling av larmsystem.

Nedanstående exempel på beställarspecifikation föreslås remissbehandlas hos larm- och kulverttillverkare, värmeverk, Korrosionsinstitutet m fl. Eventuellt kan därefter en allmän material- och arbetsbeskrivning utarbetas och införas i exempelvis EL-AMA. (svar på förhandsremiss, se bilaga 3).

Fordringar

- a) Hela kulverten inklusive krokrör, kammare etc förses med larmsystem.
- b) För fuktindikering tillämpas den konduktiva mätprincipen.
- c) Enbart klenspanning får användas på i kulverten förlagda larmtrådar.
- d) Enbart växelspanning får användas för övervakning. (jämför dock bilaga 3)
- e) Fuktindikering skall vid kulvert med polyuretanisolering direkt mot medieröret vara kontinuerlig längs hela kulvertsträckan. Vid hålrörskulvert måste fukt kunna indikeras vid varje skarv.

- f) Larmutrustningen skall indikera både för hög fuktighet i kulverten och avbrott på larmtråden.
- g) Larmtråd och övrig utrustning skall vara utformad med tillräcklig hållfasthet med tanke på fältmässig hantering.
- h) Vid isolerad tråd i kulvert beaktas att isoleringsmaterialet skall tåla 393 K (120 °C) kontinuerligt samt polyuretanskumisolering och mindre mängder klorider och saltsyra.
- j) Skarvning skall ske med kontaktpressad skarvhylsa.
Komplettering med lödning får förekomma. Eventuell isolering av skarv på isolerad ledare skall ske med krympslang.
(Jämför även bilaga 3.)

LYSSNINGSMETODEN

Princip

Lyssningsmetoden för läcksökning på ledningar för vätskor baseras på att ett ljud uppstår vid tryckfallet då mediet strömmar ut genom läckan. Ljudet, eller egentligen vibrationen, leds genom framför allt rörmaterial om detta är metall men till viss del även av mediet. Tekniken är väl etablerad inom renvattendistribution, där avlyssningsapparater används av typen mikrofon (egentligen vibrationsgivare) med förstärkare och hörtelefon. Förstärkaren är oftast försedd med visarinstrument, så att man lättare kan jämföra ljudstyrkor mellan olika avlyssningspunkter. Slutlig lokalisering av läckan inför uppgrävning sker genom marklyssning, varvid lyssning inom ett lågfrekvent område utnyttjas.

Vid värmekulvertar är problemställningen svårare, dels därför att man ofta söker mindre läckor, dels kan ha lägre medietryck och slutligen är förhindrad att använda marklyssning på grund av kulvertens ljudisolerande egenskaper. Lyssningsmetoden har därför inte vunnit särskilt stor tillämpning inom värmekulvertområdet.

Undersökningar

För att objektivt kunna bedöma lyssningsmetodens tillämpbarhet på värmekulvertar behöver man veta bl a följande:

1. Läckljudets dominerande frekvensområde
2. Läckljudets styrka (vibrationsnivå)
3. Läckljudets avtagande med avståndet
4. Lyssnarapparaturens känslighet
5. Frekvensområde, styrka och karaktär hos störande ljud

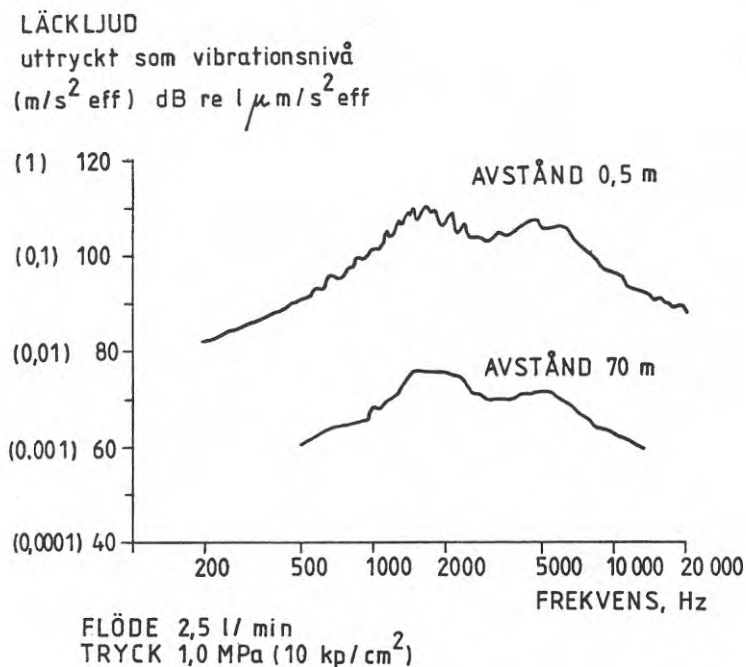
Litteraturuppgifter

Balygin och Kublanovsky uppger i en uppsats från 1969 att läckljud på vattenledningar har ett praktiskt användbart frekvensmaximum kring 1 å 2 kHz. Läckljudets dämpning med avståndet på rör utan ventiler, kompensatorer och avgreningar uppges vara

exponentiell. Rör med nämnda komplikationer anses svåra att behandla matematiskt. (Se litteraturreferens)

Läckljudets frekvens

Vid här bedrivna undersökningar har läckljuden konsekvent uppmätts genom spektrografering och utskrift på nivåskrivare. Därvid har Balygins uppgift om dominerande frekvensmaximum i stort kunnat bekräftas, d v s att signifikanta värden erhålls inom frekvensområdet 1 till 2 kHz. Man bör vid vibrationsmätning med accelerometer, som ansluts till röret med en spetsig stav, inte lita på att vibrationer med frekvenser över detta område kan tas upp med acceptabel reproducerbarhet. Trots att detta förfarande använts har god överensstämmelse erhållits mellan frekvensspektrum på nära och större avstånd ända upp i 5 kHz-området, figur 1. Detta bör uppmärksammas vid fortsatta undersökningar, ty inom detta område har man ofta låg störningsnivå.



Figur 1. EXEMPEL PÅ FREKVENSSPEKTRUM HOS LÄCKLJUD

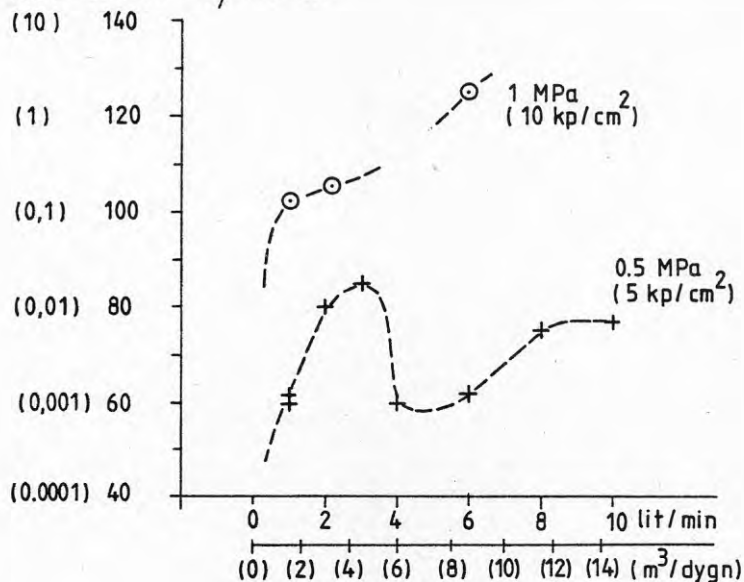
Läckljudets styrka

Läckljudsstyrkan eller riktigare vibrationsnivån föreslås mätt i den måttenhet som definieras i VAV P 13, Läcksökning på va-nät, sid 81, nämligen dB re $1 \mu\text{m/s}^2_{\text{eff}}$. Bestämning av läckljudets utgångsnivå vid läckan har utförts vid ett antal konstgjorda läckor och vid ett par olika tryck, figur 2. Det kan konstateras att en läcka av ett visst flöde ger avsevärt högre läckljudsstyrka vid högre vattentryck. En egendomlighet, som visat sig reproducerbar, är att ljudstyrkan vid ett successivt ökande flöde och vid konstant tryck ej med nödvändighet ökar på ett regelbundet sätt. Jämför med figurens undre kurva. Detta kan inte förklaras men kan möjligen bero bl a på olika strömningsförhållanden i de små läckhål det här är frågan om, nämligen av storleksordningen 1 - 7 mm².

LÄCKLJUD

uttryckt som vibrationsnivå

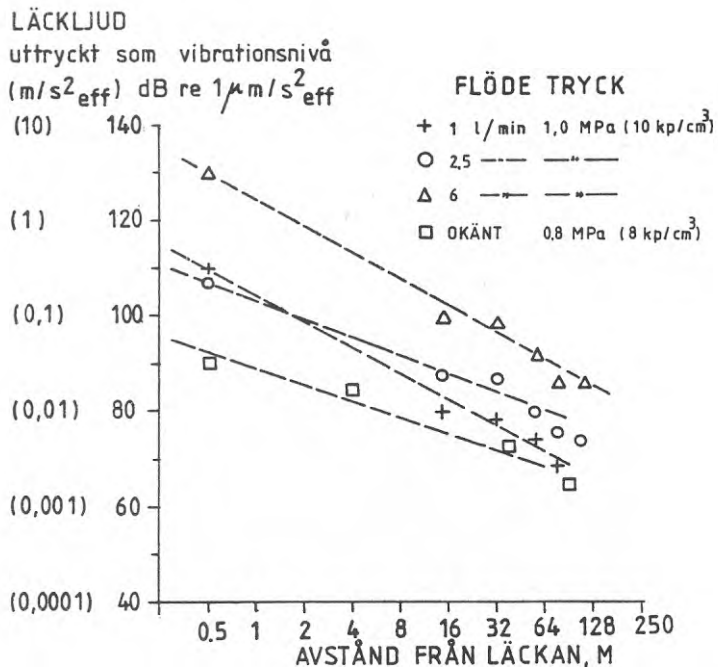
(m/s² eff) dB re $1 \mu\text{m/s}^2_{\text{eff}}$



Figur 2. VIBRATIONSNIÅ INVID LÄCKA MED LUFTAD STRÅLE SOM FUNKTION AV LÄCKFLÖDE VID OLIKA TRYCK

Läckljudets avtagande med avståndet

Vid försök på kulvertledningarna inom Stockholms Energiverks distributionsnät har mätningar kunnat utföras på relativt stora kulvertlängder. Ljudstyrkan synes därvid avta exponentiellt med avståndet, vilket även antyds av Balygin. Detta framgår av presentationen i ett dubbellogaritmiskt diagram, där vibrationsnivån på y-axeln är uttryckt linjärt i logaritmiskt mått och avståndsskalan på x-axeln är avsatt med logaritmisk indelning, figur 3. Vid rent exponentiellt avtagande skulle kurvorna där framträda som räta linjer, vilket antyds av erhållna mätdata. Detta förenklar en enkel utvärdering av mätresultaten vid praktisk läcksökning.



Figur 3. VIBRATIONSNIVA SOM FUNKTION AV AVSTÅNDET FRÅN LÄCKAN

Lyssnarapparaturens känslighet

Den vid försöken använda spektrografen har en högsta känslighet ned till 40 dB vibrationsnivå. Vid de ljudstyrkor som uppträtt vid försökens relativt små läckor är denna känslighet fullt tillräcklig för ljudupptagningen. En konventionell läcksökare för vattenläcksökning har en högsta känslighet av storleksordningen 60 dB, vilket i många fall kan vara tillräckligt.

Frekvensområde och styrka hos störande ljud

Man kan självklart inte ange något generellt mått på störande ljud i ledningar, nedgrävda under en stadsgata. Som exempel kan dock nämnas att ljud från trafik mätt i vibrationsnivå normalt kan uppgå till 40 å 70 dB men med dominerande frekvensområde under 0,5 - 1 kHz. Detta gör att man på kulvertledningarna arbetar tämligen ostört i frekvensområdet över 1 kHz, där de från läckljudet dominerande frekvenserna börjar göra sig gällande.

Vid kulverttyper med rörstöd uppträder tidvis störande knäppar från glidning över stöden, som helt omöjliggör avläsning av en konventionell lyssningsläcksökare. Dessa uppträder inom hela det vid lyssningen använda frekvensområdet.

Utformning av lyssningsläcksökare för kulvertledningarna

Det är lämpligt att fortsätta undersökningarna med ovanstående mätningar som utgångspunkt för att skapa tillräckligt underlag för en regelrätt specifikation av nödvändiga data för en lyssningsläcksökare, avsedd främst för kulvertläcksökning. Vad man redan nu kan säga är att känsligheten inom 1 - 5 kHz bör vara 40 dB eller bättre och att avläsningen skall kunna göras selektiv inom vissa smala band, t ex 1/1 eller 1/3 oktav, vilka är standard inom akustisk mätteknik. Vidare bör avläsningen kunna göras direkt i logaritmisk skala, t ex den här använda dB-skalan för att underlätta upprättande av utvärderingsdiagram. För att möjliggöra avläsning vid förekomst av stödknäppar är för närvarande registrering en lösning. Det bör undersökas möjligheten av en förstärkarkonstruktion, som på indikerande instrument eller display låser läckljudets minimivärde under viss tidrymd, kanske några sekunder.

FORSKNINGSBEHOV BETRÄFFANDE LARMSYSTEM OCH LÄCKSÖKNINGSMETODER FÖR VÄRMEKULVERTAR

Larmsystem

- Möjligheter att standardisera larmtrådarna och deras förläggning i kulverten.
- Bedömning av olika larmsystem - långtidsstabilitet, risk för falsklarm, sammankopplingsmöjligheter mellan olika system.
- Bedömning av olika lokaliseringssystem - svårighet att handha, precision
- Inventering och bedömning av givare för nivåalarm i kammare.
- Sammanställning av termer och ritningsbeteckningar för beskrivning av larmsystem - granskning av TNC, SEN etc.

Lyssningsmetoden

- Fortsatta mätningar av läckljudets vibrationsnivå och frekvensspektrum och dess beroende av avståndet från läckan vid olika kulverttyper.
- Parallellförsök med konventionell lyssningsläcksökare.
- Upprättande av specifikation för eventuellt modifierad läcksökare.

Värmekameran

- Försök med värmekamera för lokalisering av läcka från markytan under kontrollerbara förhållanden.

LITTERATURREFERENS

Balygin och Kublanovsky - Lokalisering av läckställe på vattenledningar med hjälp av jämförelse av läckljudens nivåer. Vattenförsörjning och sanitärteknik, nr 12/1969 (Rysk uppsats)

SAMMANFATTNING

Larmsystem för värmekulvertar har tidigare vanligast bestått av nivåalarm för kammare. Den ökande användningen av kulvertar med polyuretanisolering direkt mot medieröret har medfört att man ofta anser det befogat med fuktlarm längs hela kulverten, eftersom man inte kan få någon indikation på utläckt vatten i kammare. Vid dränerande mark erhålls heller ingen indikation i markytan.

En liten läcka på medieröret, som inte ger märkbar förlust, kan ge utbredd ytkorrosion. Denna risk är ännu större vid otäthet i skyddshöljet. Den försvagade zon som uppstår genom ytkorrosion, kan utgöra ett allvarligt riskmoment då en lucka kan uppstå om man en kall vinterdag höjer trycket.

En större läcka på medieröret ger förlust av varmvatten och Hydrazin.

Med fuktlarm kan man tidigt upptäcka såväl läckor på medierör som på skyddshölje och därigenom möjligen förhindra uppkomsten av utbredd korrosion.

Flera kulverttillverkare har själva eller genom underleverantör tagit fram larmsystem för sin kulvert med följd att det nu i marknaden finns olika system, mer eller mindre sammankopplingsbara vid utbyggnad. Önskemålet från inköpare av kulvert är att larmsystemet inte skall vara bundet till kulverten eller ännu hellre att viss standardisering sker. Ett första steg i en sådan utveckling är att undersöka vad som finns på marknaden. Så har skett i denna undersökning och sju system redovisas schematiskt, såväl vad beträffar övervaknings- som lokaliseringsmetod.

Ett sätt att undvika olämpliga system, t ex med separat kabel utanför kulverten och många genomföringar genom skyddshöljet, är att specificera vissa krav vid en upphandling. Några sådana krav redovisas som diskussionsunderlag.

Bland läcksökningsmetoder för läckor på kulvertar som saknar larmsystem och för närmare lokalisering inför uppschaktning av läckor, som upptäckts t ex genom fukt i kammare, har lyssningsmetoden kommit att tilldra sig största intresset. Detta beror på att man i vissa fall framgångsrikt kunnat använda samma princip och utrustning som vid läcksökning på renvattenledningar. Kraven är dock större vid kulvertar, ty dels behöver man lokalisera mindre läckor än vid vattenledningar, dels kan man inte utföra slutlig lokalisering från markytan på grund av kulvertarnas ljudisolerande egenskaper.

Försök har därför utförts med mätning av läckljudens egenskaper vid olika läckor och på olika avstånd. Vibrationsnivå och frekvensspektrum har registrerats, varigenom basvärden har erhållits, som visar att lyssningsmetoden är värd att utveckla vidare. Riktlinjer anges för krav på en förbättrad läcksökningsapparat, som bättre separerar läckljud från störande ljud och underlättar beräkningen av läckans läge mellan åtkomliga lyssningspunkter på medieröret. Studsviks-projektet ger även i detta avseende tillfälle att på ett förhållandevis billigt sätt få fram mera underlagsmaterial, om man utför ljudmätningar redan i samband med anläggandet av försökssträckorna.

Andra läcksökningsmetoder, som prövats vid olika värmeverk, omnämnes kortfattat i resultatet av en rundfråga till värmeverken och diskussion med några representanter för värmeverk, som inledde forskningsuppgiften. Bl a har värmebildskamera använts med växlande resultat. Det synes därför lämpligt att även denna teknik provas under kontrollerbara förhållanden i Studsvik.

Nyckelord

Värmekulvert, fukt, läcka, läcksökning, larmtråd, larmsystem, mätbrygga, pulsreflektometer, läckljud, ljudspektrum.

F Ö R U N D E R S Ö K N I N G

Till grund för här presenterad forskningsuppgift låg en inventering av forskningsbehovet. Rapport över den inventeringen ingavs till Byggforskningsrådet i juni 1975. Resultatet av en rundfråga till värmeverk och informell diskussion med några av deras representanter som låg till grund för inriktningen av det fortsatta arbetet kan vara av visst intresse. Kapitlen "Rundfråga" och "Informell diskussion" från inventeringen återges därför i denna bilaga in extenso. Det bör observeras att åsikterna härstammar från 1974/75.

Man beslöt att en första etapp i forskningen skulle omfatta larmsystem och lyssningsmetoder.

RUNDFRÅGA

Vid utformningen av rundfrågan medverkade Tommy Norén, Svenska Värmeverksföreningen och Eva-Katrin Jonsson, Korrosionsinstitutet. Den utsändes i namn av Orrje & Co - Scandiaconsult och Svenska Värmeverksföreningen gemensamt. Av 48 tillfrågade erhöles svar från 22 verk, då 1974-06-30 representerande 1385 km av totalt inom Sverige 1744 km värmekulvertlängd.

RESULTAT AV RUNDFRÅGANLäcksökningsbehov

Antal läckor på medierör då behov av närmare lokalisering föreläggat synes ligga mellan 50 och 100 per år för föreningens medlemmar sammantaget, dvs Sverige jämte Helsingfors.

Det föreligger därutöver ett behov som inte närmare kartlagts av rundfrågan, nämligen lokalisering av läckor i skyddshölje. Detta behov är av minst samma storleksordning.

Önskvärd precision

I många fall anser man det tillräckligt med en precision i lokalisering av läcka till en kulvertdel om 5 till 10 m. Men övervägande önskar man något bättre lokalisering på 1 till 4 m när.

Nuvarande precision är vanligen lika med ett kammaravstånd, 25 - till 50 m.

Finlokalisering sker f n vanligen genom upptagning av provgropar eller genom halveringsmetoden. En noggrannare lokaliseringmetod önskas kunna begränsa ingreppen till erforderligt utrymme för en schaktgrop, dvs bättre noggrannhet än 1 till 2 m behövs ej.

Kostnadsbesparing

I flertalet fall får inte lokaliseringmetoden vara särskilt dyrbar om totalekonomin skall förbättras. Det är vanligen endast för stora dimensioner eller särskilt ömtålig förläggningsplats som väsentliga besparingar kan åstadkommas genom bättre lokaliseringmetoder.

Värdet av tidigare upptäckt av läckor

Möjligheten att planera reparationsarbetet bättre även i tiden samt att begränsa skadeverkningarna, bl a i mindre nedfuktning av isolering, är de mest framhållna fördelarna med tidigare upptäckt av läckor genom systematisk undersökning.

Läckflödets storlek vid önskad lokalisering

Lokaliseringmetoden bör klara läckor ned till $0,1 \text{ m}^3/\text{dygn}$ om alla önskemål skall kunna tillgodoses. Men även för metoder som lokaliserar läckor på upp till 5 ä $15 \text{ m}^3/\text{dygn}$ finns behov.

Läcksökningsmetoder som prövats

Fuktighetsmätning - endast i kammare.

Lyssning - ej tillfredsställande resultat.

Värmebildskamera - svårtolkade bilder.

Sammanfattningsvis är det allmänna omdömet att man saknar effektiva metoder.

Larm

Nivåalarm i kammare m m är ganska vanligt förekommande. Kulvertar med avkännande signalledningar har börjat installeras, men

driftsresultat har ännu ej framkommit.

Vilja att investera i läcksökningsapparat

Kostnadsgränsen för vad man skulle vilja investera är helt beroende av vad apparaten förmår. Vissa verk kan tänkas investera 50.000 kr:

Egen personal eller konsult

Utbildning av egen personal för läcksökning är ett starkt önskemål. Endast om det blir fråga om svår teknik och mycket dyrbar utrustning önskar man anlita utomstående expertis.

INFORMELL DISKUSSION

Den informella diskussionen kom att bestå av två delar, dels en besöksintervju med representanter för Stockholms energiverk, dels ett sammanträde i Helsingborg i anslutning till ett där avhållet möte med Svenska Värmeverksföreningens delegation för distributionsfrågor. Representerade i den senare diskussionen var:

AB Hälsingborgs Kraftvärmeverk
Norrköpings Kommunala Affärsverk
Södertörns Fjärrvärmeaktiebolag
Tekniska verken i Västerås
Uppsala Industriverk.

SYNPUNKTER FRAMFÖRDA VID DISKUSSIONEN

Temperaturmätning

De försök med temperaturmätning man hittills gjort har varit mindre lyckade. Orsakerna härtill är ojämn temperaturledning i marken, utslag för förankringar och elkablar m m. Flertalet försök har utförts med beröringsfri termometer, men även värmebildskamera har prövats.

Skilja medievatten och grundvatten

Eftersom inläckning genom en läcka på skyddshöljet oftast på sikt leder till en medierörläcka repareras vanligen en läcka oavsett var den är belägen. Emellertid är det ibland av exempelvis tids- och resursskäl önskvärt med en prioritering av

insatserna. Det finns därvid behov av en metod varigenom läckvatten från medieröret kan särskiljas från läckvatten som här rör utifrån.

Bomullsband för finlokalisering

I de kulverttyper som medger införande av rensband kan man från torra änden införa ett torrt bomullsband som fuktas av läckvatten och vid utdragning åt torra änden indikerar avståndet till läckan.

Reparation utan uppgrävning

Genom injektering av marklagren med bentonithar man i vissa fall kunnat reparera läckor på skyddshölje utan att behöva gräva fram kulverten.

Dränering och ventilation

Dränering och ventilation av kulverten minskar risken för läckor genom korrosion. Ventilation kräver energi. Närmare bestämning av nödvändig ventilation för att förebygga korrosionsskador och kostnaden för denna ventilation bör utredas.

Lyssning

Lyssningsmetoden för lokalisering av läckor på medierör har provats i ett flertal fall. Man måste ofta utföra arbetet under natten för att få tillräckligt fritt från störande ljud. Ut-sikterna att lyckas ökas om man kan avstänga sektionen från övriga nätet och höja trycket utöver normalt driftryck.

Man tror allmänt på möjligheter att förbättra lyssningsmetodiken därför att den i vissa fall visat sig framgångsrik med den enkla utrustning som används för vattenläcksökning.

Larmsystem

För de nya plaströrskulvertarna, som får alltmer användning, anser man behovet av larmsystem vara stort. På grund av avsaknaden av kammare är risken att läckor länge förblir dolda mycket större än för konventionella kulverttyper.

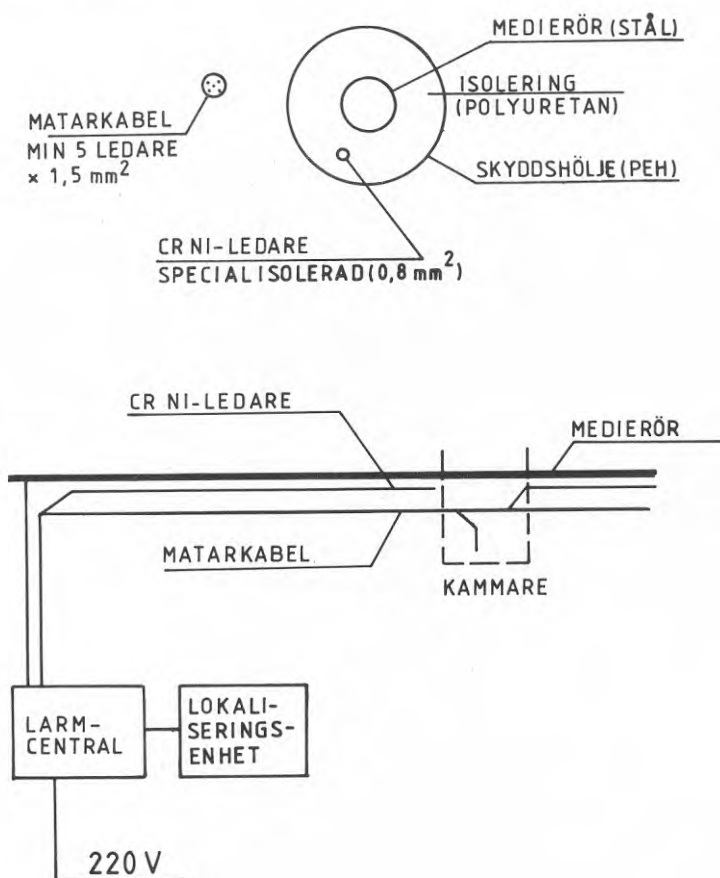
Man anser emellertid att larmsystem saluförs långt innan de är färdigutvecklade och tvivlar på dess funktion inom kulvertledningens livslängd. Marknadsundersökning och provning efterlyses.

FÖRTECKNING ÖVER I SVERIGE SALUFÖRDA LARMSYSTEM FÖR VÄRMEKULVERT

<u>Larmsystem(beteckn.+ tillv)</u>	<u>Agentur</u>	<u>Kulvert</u>
1. BRANDES Brandes GMBH D-6200 WIESBADEN Wilhelminenstrasse 22 Väst-Tyskland	Hintal AB Box 3119 103 62 STOCKHOLM	KELIT
2. CEJ K-V Handelsbolaget CEJK Måsvägen 11 381 00 KALMAR	Svenska Panisovit AB Koksgatan 25 A 211 24 MALMÖ	PANISOVIT
3. CWA 2100 Larmsystem AB Box 4007 131 04 NACKA	Larmsystem AB Box 4007 131 04 NACKA	STJERNERØR
4. I C M A/S I C Møller Treldevej 191 DK-7000 FREDERICIA Danmark	VVV-Produkter Box 66 701 02 ÖREBRO 1	I C M
5. ISOLRÖR Isolrør A/S Treldevej 185 DK-7000 FREDERICIA Danmark	Vattenteknik AB Gustav Adolfs torg 12 211 39 MALMÖ	ISOLRÖR
6. PAN DATA MULTILARM Pan Data AB Box 3158 103 63 STOCKHOLM	Armaturljonsson Fröfastegatan 71 421 31 V FRÖLUNDA	ECOPIPE
7. TERMIC INSTRUMENT Termic Instrument AB Prästvägen 56 141 42 HUDDINGE	AB Eternitrör Box 197 432 01 VARBERG	ETERNITRÖR

Larmsystem: BRANDES
 Agentur: Hintal AB, Stockholm
 Kulvert: KELIT

Schematisk uppbyggnad



Funktion: Över matarkabeln matas en svag likspänning 16-24 V till varje larmkrets. En larmkrets maximilängd är avhängig av önskad noggrannhet i lokalisering men typiskt är 1000 m kulvert eller en kulvertbrunn. Krom-nickel-ledaren är isolerad med ett fuktkännande material (perforerat teflon, textil, papper etc). Brott på CrNi-ledaren kan ej registreras i larmcentralen.

Vid läckning (fukt) försämras isoleringen kring CrNi-ledaren och strömmen till röret ökas och larm erhålls. Kontinuerlig avkänning av hela kulverten. Strömavbrott indikeras i larmcentral. Larmfunktionen bryts vid strömavbrott.

Brott på CrNi-ledaren uppges kunna lokaliserars med lokaliseringsenheten.

Larmpunkten lokaliserars automatiskt genom resistansmätning.

Utbyggnad:

Systemet kan ej kopplas samman med andra larmsystem.

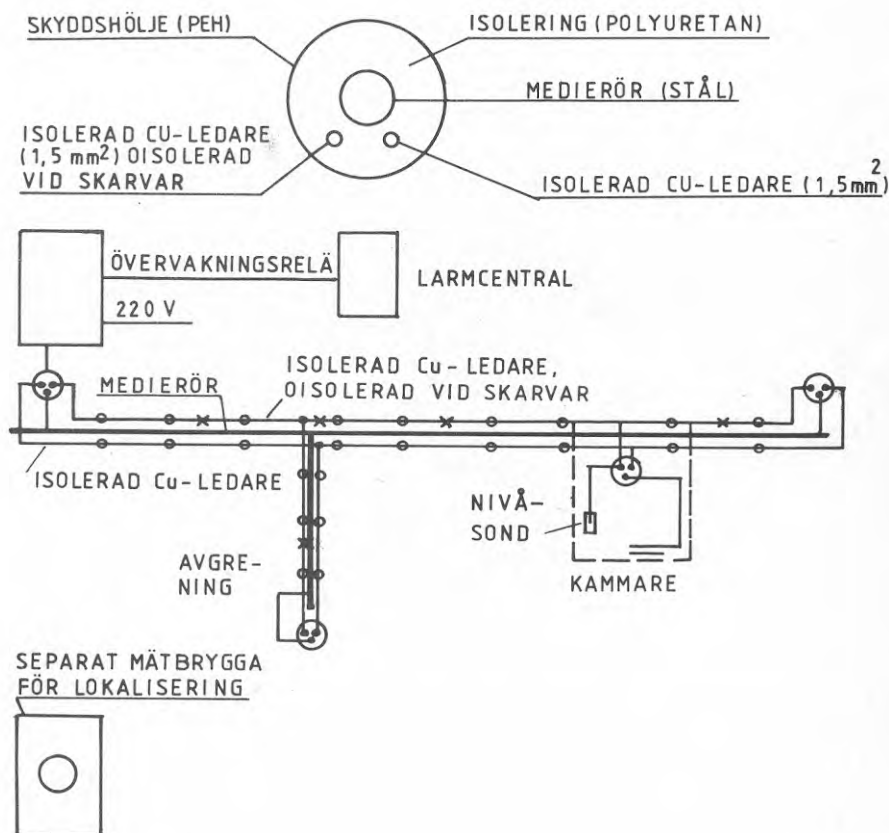
Vid utbyggnad kan nya delsträckor inkopplas utan ändring i larmcentral. Vid utbyggnad av befintlig larmkrets måste lokaliseringsenheten omkalibreras. Till årsskiftet 1976/77 har inget kulvertsystem i Sverige försetts med detta larmsystem.

Övrigt:

Max 180 eller 400 delsträckor kan anslutas till en larmcentral. Den större larmcentralen har automatisk utskrift. Temperaturlarm i kammare kan erhållas.

Larmsystem: CEJ K-V
Agentur: Svenska Panisovit AB, Malmö
Kulvert: Panisovit

Schematisk uppbyggnad:



Funktion: Fuktavkänning sker i fogarna vid de oisolerade delarna av larmtråden med 12 volt likspänning. Varje övervakningsrelä klarar upp till 1000 m enkelkulvert. Vid larm sökes den larmande kretsen med omkopplare vid övervakningsrelä. Kontroll av larmtråd sker genom manuell spänningsmätning vid ändpunkt. Nivåalarm i kammare ingår i systemet.

Inmätning av fuktställe eller larmande nivåövervakning sker med mätbrygga från sträckans båda ändpunkter och eventuella avgreningar.

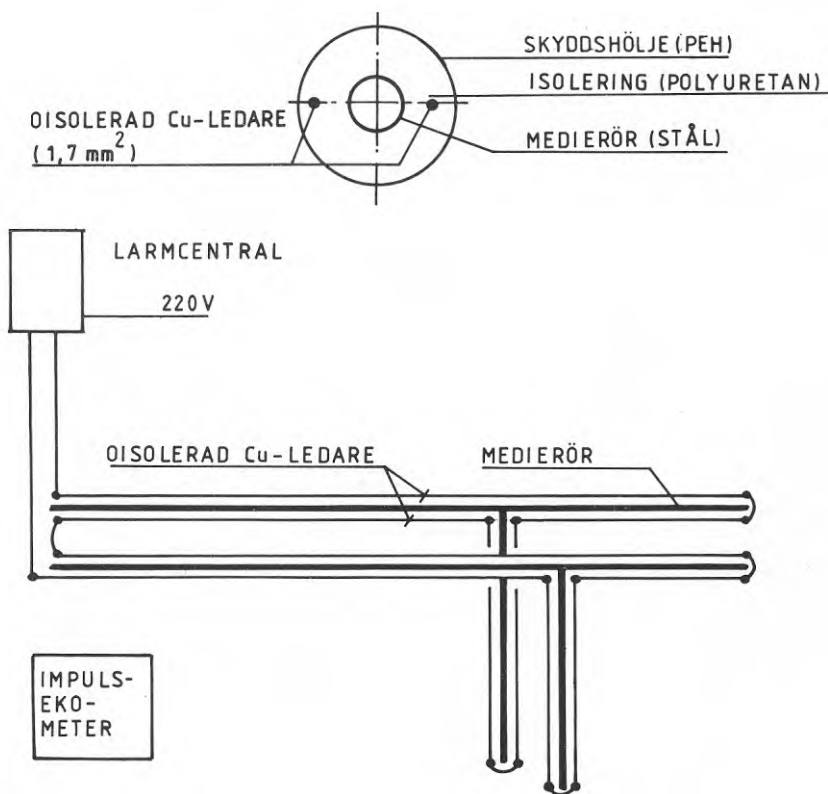
Utbyggnad: Systemet kan ej kopplas samman med andra larmsystem på grund av lokaliseringsprincipen. Vid utbyggnad av nya eller gamla delsträckor berörs ej befintliga delar.

Till årsskiftet 1976/77 har ca 30 km kulvert lagts och försetts med detta larmsystem i Sverige.

Övrigt: Till varje larmcentral kan ett obegränsat antal larmkretsar anslutas.
Skarv på Cu-ledare utförs med kontaktpressning av skarvhylsa.

Larmsystem: CWA 2100
 Agentur: Larmsystem AB, Nacka
 Kulvert: Stjernerør

Schematisk uppbyggnad:



Funktion: Kontinuerlig fuktavkänning sker längs hela kulverten med 3,5 volt växelspanning. Avbrott på larmtråden och ökad konduktivitet i isoleringen utlöser larm. En larmkrets utgörs av max 1000 m dubbelkulvert.
 Inmätning av fuktställe eller avbrott sker med impulsekometer.

Utbyggnad: Larmenheterna kan uppkopplas till ett större heltäckande övervakningssystem med central indikering i en centralapparat. Systemet kan sammankopplas med andra larmsystem.

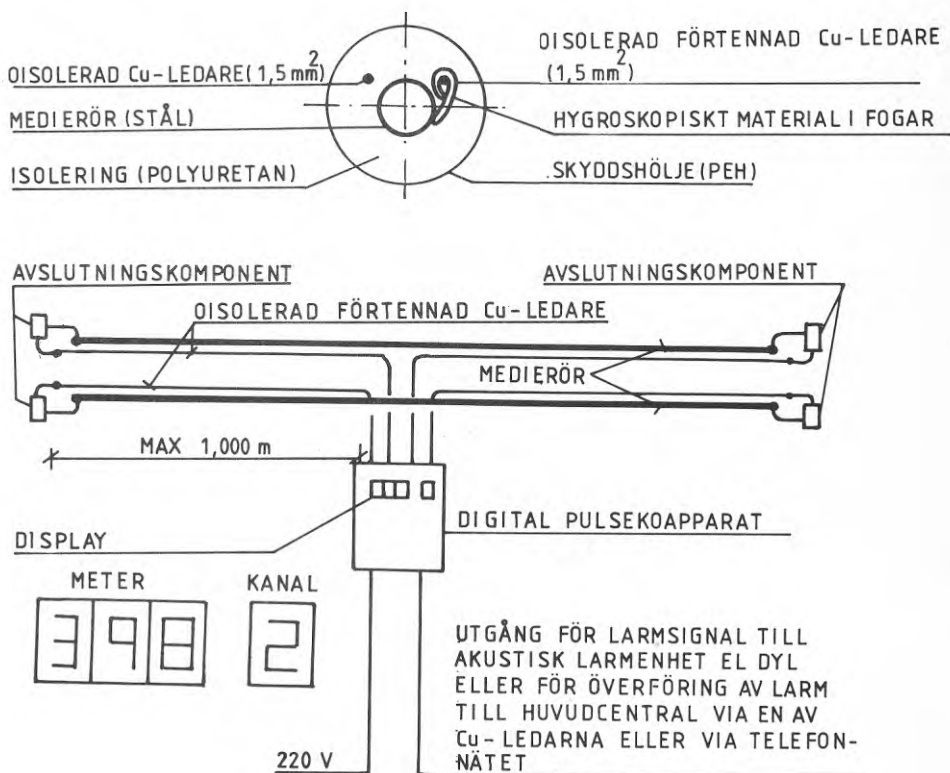
Till årsskiftet 1976/77 har ca 7,5 km kulvert lagts och försetts med detta larmsystem i Sverige.

Övrigt: Skarvningen av Cu-ledare sker genom kontaktpressning av skarvhylsa jämte lödning.

Trådarnas symmetriska placering i 180° har valts för att underlätta montering.

Larmsystem: I C M
 Agentur: VVV-produkter AB, Örebro
 Kulvert: I C M

Schematisk uppbyggnad:



Funktion: Pulsekoapparaten sänder kodade impulståg (10 volts växelspanning) på de förtennade Cu-ledarna, vars max längd är 1000 m per kanal. (Maximalt 4 st kanaler per apparat.) Vid brott på en förtennad Cu-ledare ger pulsekoapparaten larm och avläsning av felställets avstånd i meter från apparaten samt kanalnummer. Vid vatteninträning till en viss grad i det hygroskopiska materialet i fögarna utlöses larm och avstånd anges som vid avbrott.

Då systemet är felfritt blinkar displayen med ett streck. Bliket upphör vid strömavbrott.

Utbyggnad: Systemet kan ej sammankopplas med andra system då det är beroende av speciella kopplingskomponenter vid rörens läggning.

Via en konverteringsenhet är det möjligt att överföra larmfunktioner från andra fabrikat via Cu-ledaren till huvudcentral.

Obegränsat antal pulsekoapparater om 4 x 1000 m kulvertrör kan sammankopplas.

Till årsskiftet 1976/77 har 200 km kulvert lagts och försetts med detta larmsystem i Sverige.

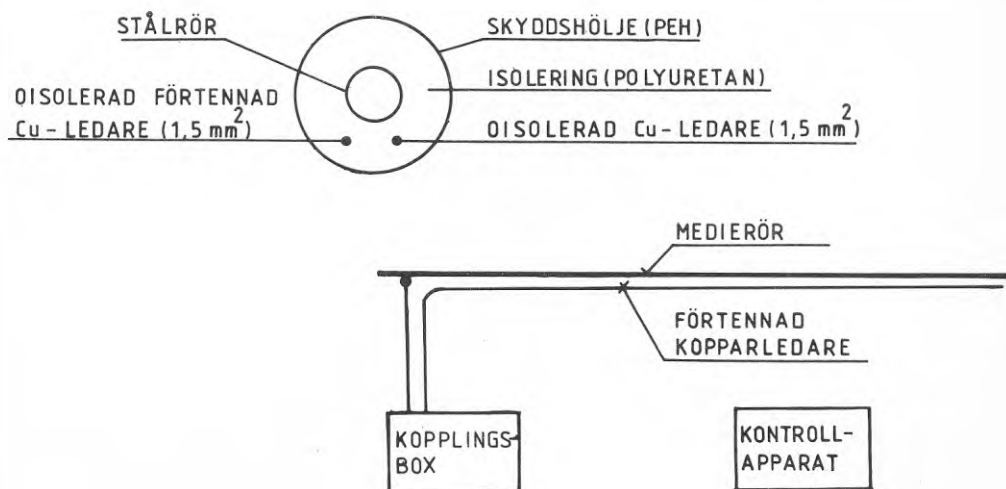
Placering av Cu-ledare:

I C Møller hävdar att placering av ledarna över eller under medieröret ger lika stor säkerhet för larmutlösning, varför man har valt ovanförliggande ledare för att underlätta monteringen.

Övrigt: Skarv på Cu-ledare utförs genom kontaktpressning av skarvhylsa samt lödning.

Larmsystem: ISOLRÖR
 Agentur: Vattenteknik AB, Malmö
 Kulvert: ISOLRÖR

Schematisk uppbyggnad:



Funktion: En larmkrets utgörs av max 500 m dubbelkulvert. Cu-ledarna ansluts till en kopplingsbox, där man periodvis kan kontrollera kulverten med en separat kontrollapparat. Brott på ledarna eller fukt indikeras med enkla lampfunktioner.

Larpunkten lokaliseras manuellt t ex med impulsekometer.

Utbyggnad: Systemet kan ej direkt kopplas samman med andra larmsystem. Vid utbyggnad av nya eller gamla larmkretsar (= delsträckor) berörs ej befintliga delar.

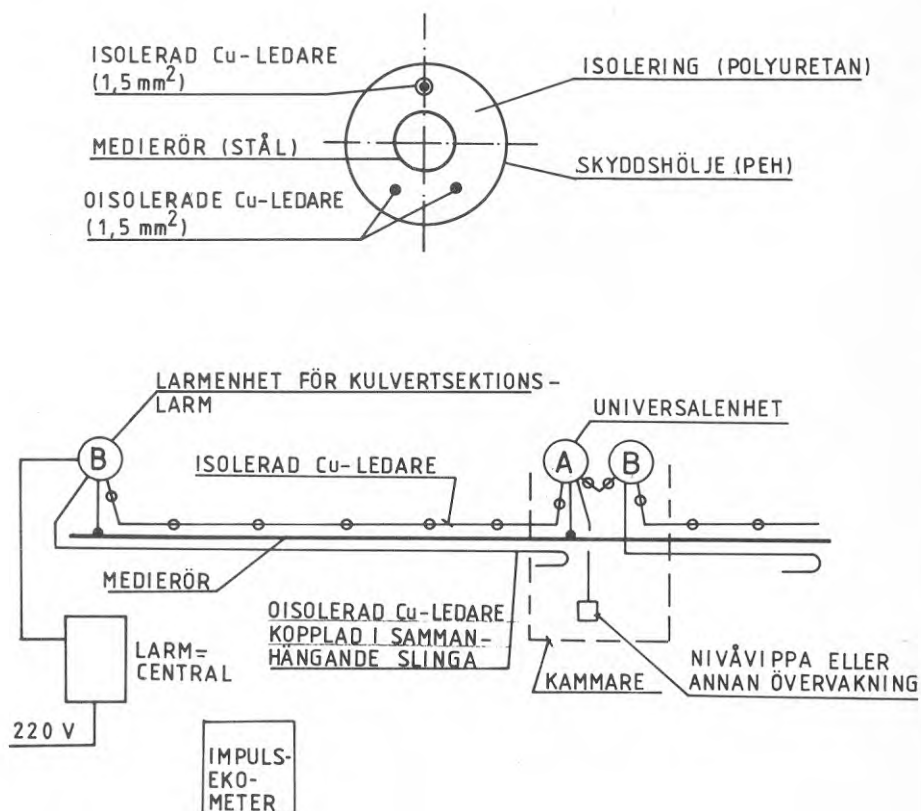
Till årsskiftet 1976/77 har ingen kulvert i Sverige försetts med detta larmsystem.

Övrigt: Till varje kopplingsbox kan 4 x 250 m enkelkulvert anslutas.

Skarvning utförs genom kontaktpressning av skarvhylsa samt lödning.

LARMSYSTEM: PAN DATA MULTILARM
Agentur: Armaturjonsson AB, Göteborg
Kulvert: ECOPIPE

Schematisk uppbyggnad:



Funktion: De två oisolerade Cu-ledarna sammankopplas till en sammanhängande slinga för kontinuerlig kontroll av att mättråden är intakt. Fuktavkänning sker längs hela längden med 5 - 10 volt växelspanning. Genom användning av två trådar medges överkopplingar inom kulverten så att genomborrningar av skyddshöljet kan undvikas.

Den tredje, isolerade, Cu-ledaren används dels för distribution av driftspänning till underenheterna, dels för överföring av information till larmcentralen.

Inmätning av larmpunkt på kulvertsektion sker med impulsekometer.

Systemuppbyggnad:

Larmcentral omfattar 1 - 5, 1 - 15 eller 1 - 60 st larmkretsar och visar genom digital indikering, vilken som gett larm. Relä finns för extern larmfunktion.

Universalenhet (A) används för anslutning av olika typer av larmgivare och för eventuell anslutning av utgångsrelä från larm av annat fabrikat.

Larmenhet för kulvertsektionslarm (B) avsedd för en kulvertsektion om max 500 m dubbelkulvert.

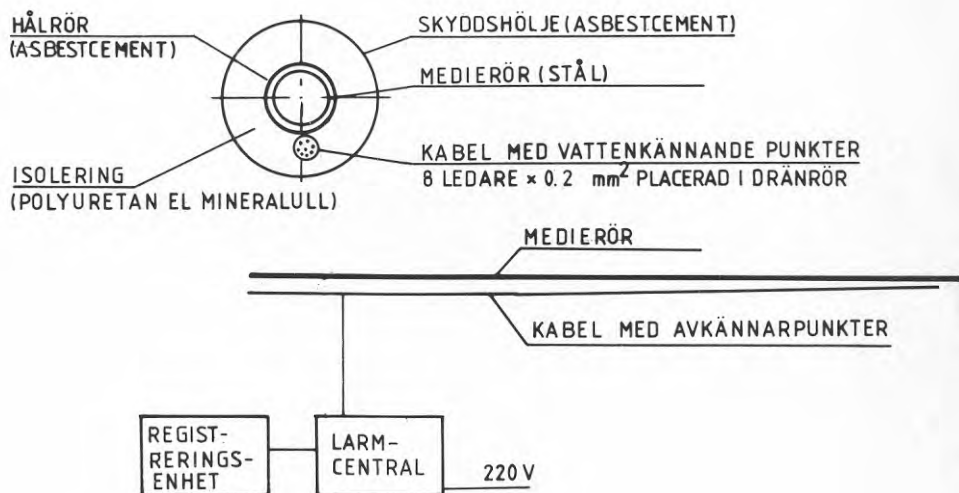
Utbyggnad: En ytterligare larmcentral kan via sitt utgångsrelä kopplas till en universalenhet i ett nät som tidigare utbyggt. På så sätt kan utbyggnad ske praktiskt taget obegränsat. Sammankoppling med andra system kan ske förutsatt förekomsten i dessa av utgångsrelä.

Till årsskiftet 1976/77 har ca 22 km kulvert lagts och försetts med detta larmsystem i Sverige.

Övrigt: Skarvning av Cu-ledare sker genom kontaktpressning av skarvhylsa. Skarv på den isolerade ledaren isoleras med krympslang.

Larmsystem: TERMIC INSTRUMENT AB
Agentur: AB Eternitrör, Varberg
Kulvert: Eternitrör

Schematisk uppbyggnad:



Funktion: Kabel med larpunkter är elektriskt skild från medierör. Över larpunkterna matas en likspänning (0-5 V). Vid fukt i en larpunkt registreras denna i en minnesenhet för att efter automatisk kontroll av att fukt kvarstår efter några minuter vidareändas till registreringsenheten. Därefter bryts automatiskt likspänningen över larpunkterna för att förhindra galvanisk frätning på medierör och larpunkter.

Registreringsenheten arbetar enligt bryggmetoden.

Utbyggnad: Systemet kan ej kopplas samman med andra larmsystem. Förutom i själva eternitkulverten kan larmet användas samtidigt i kammare och/eller annan typ av hålrörskulvert respektive betongkulvert. Nya larmkretsar inkopplas utan ändring i larmcentral. Vid utbyggnad av befintlig larmkrets måste lokaliseringseenheten omkalibreras. Till årsskiftet 1976/77 har ca 2 km kulvert lagts och försetts med detta larmsystem i Sverige.

Övrigt: En larmcentral finns för varje kulvertsträcka om max 2000 m. Högst tre larmcentraler kan anslutas till varje lokaliseringseenhet. Skarvning utförs genom lödning.

SVAR PÅ REMITTERAD FÖRHANDSKOPIA AV FORSKNINGSRAPPORTEN

Allmänt

Föreliggande forskningsrapport har i renskrivet skick tryckts som en remissutgåva i format A4. Denna har utsänts till Svenska Värmeverksföreningen, AB Atomenergi, samtliga tillverkare och agenturer för larmsystem enligt bilaga 2, blad 1, och till några värmeverk. En del remissyttranden har inkommit och arbetats in i texten såsom språkliga förtydliganden och utbyte av termerna "mantel" och "kulvertrör" mot den numera vedertagna "skyddshölje".

Den väsentligaste anmärkningen mot innehållet i rapporten har varit rekommendationen att endast använda växelspanning för övervakningsfunktionen vid larmsystem. I tre av varandra oberoende remissvar har framförts likspänning som ett fullt användbart alternativ och i ett par av svaren ifrågasätts t o m om inte likspänning har vissa fördelar. En sammanfattning av dessa synpunkter följer nedan. Därutöver har framförts att isolering av skarv på isolerad larmtråd bör utföras genom in-gjutning med isolermaterial, t ex hårdplast, samt att extra trådar i kulverten för överföring av andra signaler vore en bra tillgång.

Likspänning kontra växelspanning för övervakning i larmsystem

Den likspänning som används i vissa larmsystem ger vid de motståndsvärden om 50 till 100 Mohm som råder vid torr och felfri kulvert strömstyrkor av någon μA och effekter om mindre än 1 mW. Det hävdas från olika håll att skadeverkan av dessa strömstyrkor måste vara utesluten. Om det visas att skada ändå kan uppstå finns möjlighet att lägga in polvändare.

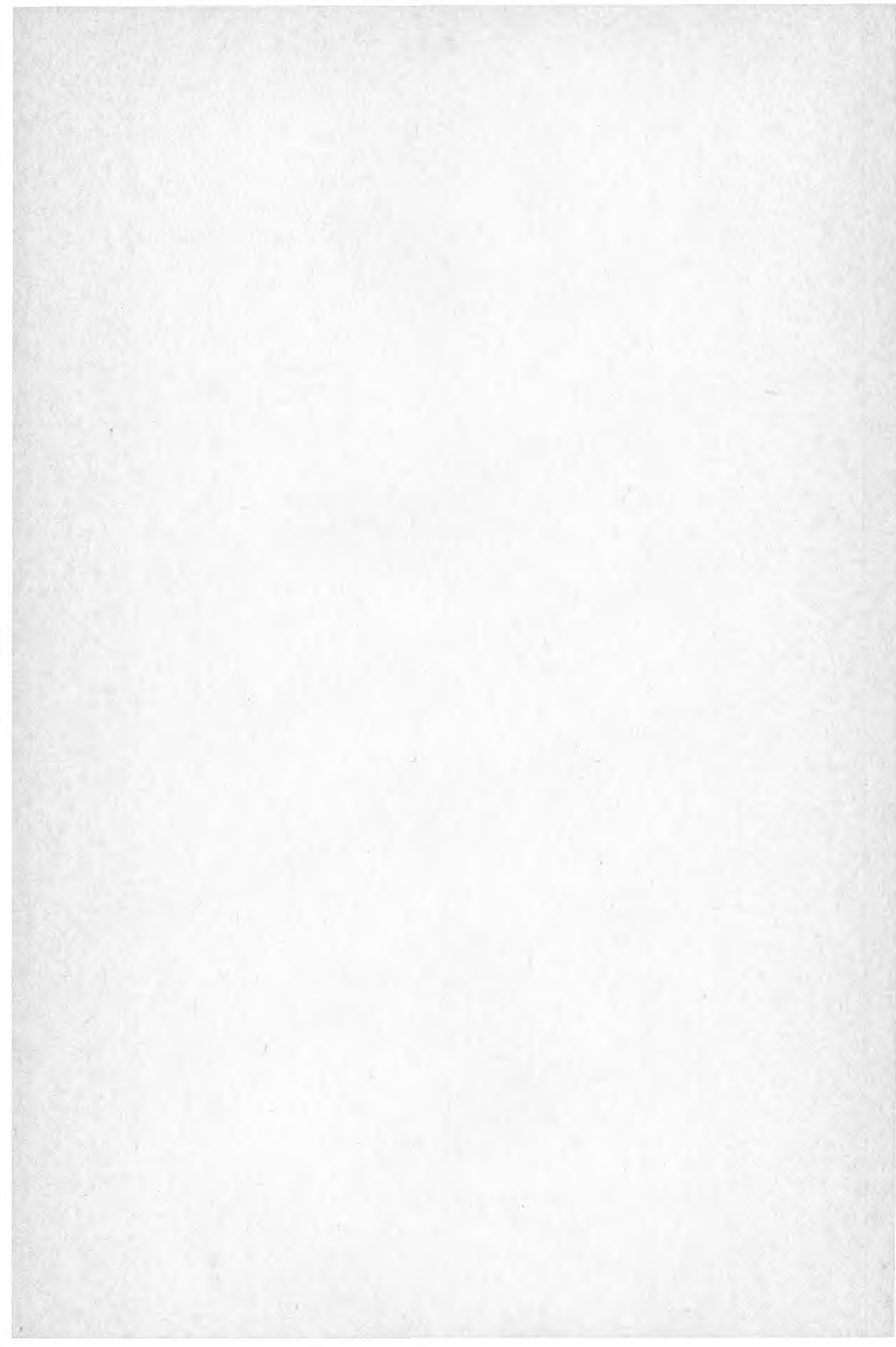
Då isolationsmotståndet sjunker så att strömmen ökar till värden med risk för korrosion har fel redan inträffat som kräver tillsyn och eventuell reparation. Misstanke om fel riktas mot kulverten redan då isolationen sjunkit till storleksordningen 5 Mohm och vid 10 - 20 Kohm är felet av brådskande natur.

Vid användning av 50 Hz växelspanning uppgår impedansen i larmkretsen till ca 1 Mohm per 100 m kulvert ($0,3 \mu\text{F}/100 \text{ m}$) och avtar med växande kulvertlängd. Det ifrågasätts därför om inte större längder kulvert kan kopplas in i varje larmkrets vid likspänning och att mindre fel kan upptäckas än vid växelspanning.

Inmätning av fel vid erhållet larm

Det bestyrkes att polarisationsfenomen kan störa inmätningen vid resistansmätning med likspänning men att dessa helt kan kompenseras bort vid användning av bryggkoppling för inmätningen.

Såsom tillämpbar även vid kulvertledningarna anges den från kabelfelstekniken välkända metoden att sända en serie kraftiga strömstötter genom kabeln, som ger gnistor vid felstället, vilka är möjliga att lokalisera genom akustiska metoder.



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740073-2 från
Statens råd för byggnadsforskning till Orrje & Co-Scandiaconsult,
Stockholm

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Art.nr: 6600689
Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm

Cirkapris: 22 kr exkl moms

R89: 1977

ISBN 91-540-2792-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm