

Akustisk "pigging"

– en metod för täthetsövervakning och
läcklokalisering på matarledningar

*Runo Stenberg
Ulf Rengman*



VA-Forsk

VA-Forsk är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande 1,05 kronor per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-Forsk initierades gemensamt av Kommunförbundet och Svenskt Vatten. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området. Projekt bedrivs inom hela det VA-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-Forsk styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Ola Burström, ordförande
Roger Bergström
Bengt Göran Hellström
Staffan Holmberg
Pär Jönsson
Peeter Maripuu
Stefan Marklund
Peter Stahre
Jan Söderström

Skellefteå
Svenskt Vatten AB
Stockholm Vatten AB
Haninge
Östersund
Vaxholm
Luleå
VA-verket Malmö
Sv kommunförbundet

Asle Aasen, adjungerad
Thomas Hellström, sekreterare

NORVAR, Norge
Svenskt Vatten AB

Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

VA-Forsk
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
E-post svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Akustisk "pigging" – en metod för täthetsövervakning och läcklokalisering på matarledningar
Title of the report:	Acoustic pigging – a method for leakage surveillance and leak localization for long plastic water trunk mains
Rapportens beteckning Nr i VA-Forsk-serien: ISSN-nummer: ISBN-nummer:	2003-23 1102-5638 91-89182-87-1
Författare:	Runo Stenberg och Ulf Rengman, F:a Runophon, Saltsjö-Duvnäs
VA-Forsk projekt nr:	21-112
Projektets namn:	"Pigging" för lokalisering av läckor på långa, grova, tryckledningar
Projektets finansiering:	VA-Forsk
Rapportens omfattning Sidantal: Format:	18 A4
Sökord:	Huvudvattenledning, undervattensledning, läcka, läcksökning, driftövervakning, pigg
Keywords:	Water trunk mains, under water pipes, leak, leak location, leakage control, pigging
Sammandrag:	För läckagekontroll och läcklokalisering på långa huvudvattenledningar av plast, har inte tidigare funnits någon bra teknik. Principen att låta en sond (pigg) följa vattnet genom ledningen och registrera eventuella läckljud är i och för sig känd, men den kräver en metodik för att följa och lokalisera piggen. En sådan teknik har utvecklats och provats inom detta projekt. Den baseras på radiokontakt med en läckande koaxialkabel längs rörledningen och transponderar (taggar) på jämna avstånd.
Abstract:	Up till now, no satisfactory method for leakage surveillance and leak localization for long plastic water trunk mains, has been available. The principle of having a probe, so called pig, that follows the water through the pipe and records possible leak sounds is already known, but it requires a method for tracking and localizing the pig. Such a method has been developed and tested in the reported project. It is based on radio contact with a "leaky" coaxial cable along the pipe and transponders (tags) at regular intervals.
Målgrupper:	Företag som anlägger och driver långa huvudvattenledningar eller undervattensledningar för dricksvatten
Omslagsbild:	Lars-Göran Johansson, Elgab, skjuter in sin testrigg med läsaren i röret hos Nacka kommun, foto Runo Stenberg
Rapporten beställs från:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2003
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Sammanfattning

För läckagekontroll på långa huvudvattenledningar finns tekniken att föra en lyssningshydrofon genom ledningen, dragen med vattnet av en parasoll. Den tekniken kräver många anbörningspunkter. En annan teknik är att sända hydrofonen genom ledningen med en frilöpande "pigg". Därvid är det ett problem att hålla rätt på dess läge med god noggrannhet.

Ny metod för att lokalisera läckor. Den här redovisade forskningsuppgiften har varit att klarlägga bärkraften i en teknik för att lägesbestämma en pigg och därmed eventuella läckor, med transpondrar, "taggar", som avläses per radio från piggen. Såväl ljudinspelningar som lägesnoteringar utvärderas vid piggens ankomst till slutänden. Resultatet av fältförsöken blev att denna teknik är fullt genomförbar. En kompletterande teknik med "läckande" koaxialkabel, med vilken man avsågs kunna följa piggen kontinuerligt, utprovades i ett tilläggprojekt, bilaga. Värdet med denna är att få veta platsen om en pigg skulle fastna i ledningen. Proven var lyckade.

Summary

For leakage surveillance of long water trunk mains, a method for inserting a listening hydrophone in the pipe has been commercially available for some time. The hydrophone is propelled by the water flow, aided by an umbrella-like device in front and dragging an umbilical cord behind, containing signal lines. Due to limitations in possible cord length, this method requires a number of insertion points along the pipe. An alternative method would be to send the hydrophone through the pipe in a free-running cordless so called pig. The problem that arises is to keep track of the pig's position with sufficient accuracy.

The objective of the described research was to verify the viability of using transponders, so called tags, whose identity are read out by radio from inside the pig. Sound recordings together with position information are stored in the pig and evaluated upon arrival to the final end of the pipe. The result of the field tests proved this method to be successful. A complementing technique was tested in a complementary study, using "leaky" coaxial cable aiming at continuously monitoring the pig's position. The purpose was to pinpoint the position of the pig, should it get stuck. These tests were successful.

Förord

Läckor på vattenledningar behöver lokaliseras av flera anledningar:

- Det utläckande vattnet kostar pengar
- Det kan medföra sekundära skador
- Läckan kan förstöras
- Stor dold läckning kan medföra vattenbrist
- Läcka vid nyanläggning kan förhindra godkännande.

Så länge det funnits vattenledningar under tryck, har man kunnat utnyttja ljudet från det utströmmande vattnet, läckljudet, för att lokalisera läckan. Detta leds förhållandevis långt i ledningar av metall. När plastledningar introducerades, försvårades läcksökningsarbetet i hög grad därför att läckljudet har ytterst begränsad räckvidd i dessa. Svårigheterna är ännu mer markanta i ledningar med stor diameter, såsom överföringsledningar och matarledningar.

Från den petrokemiska industrin kan man hämta erfarenheten att sända en sond, pigg, genom ledningen. Detta är tillämpligt just på långa, grova ledningar. Piggen bär en hydrofon som vid sin passage genom ledningen kommer mycket nära läckan. Även små läckor kan därigenom detekteras. En svårighet är att bestämma piggens läge och därmed läckan.

Det här beskrivna forskningsarbetet har gått ut på att utveckla metoder för att dels få en god positionsbestämning av läckorna i efterhand sedan piggen nått slutänden, men även att kunna följa piggen på dess väg – ovärderligt om piggen skulle fastna. För själva detekteringen av läckorna är principerna redan klara och utrustning är relativt enkel att modifiera från tillgänglig sådan.

INNEHÅLL

Bibliografiska uppgifter	II
Sammanfattning	III
Summary	III
Förord.....	IV
Bakgrund	1
Problemställning	1
Mätning av läckflöde är inte meningsfullt.....	1
Lokalisering av läckor med den nya "SAHARA"	1
Frilöpande lyssnarsond	2
Koncept för en ny "pigg"	3
"Pigging"	4
Följa piggen kontinuerligt.....	4
Vad finns att tillgå?	4
Plats för fältprov	4
Prov med taggar	5
Prov med läckande koax	5
Portabel pejling.....	6
Resultat av denna etapp	6
Egenskaper hos en akustisk pigg	7
"Faktaruta".....	8
Överslagsmässiga kostnader vid en matarledning på några mil	9
Läcksökningspigging fungerar!	10
Piggens position	10
Prov med läckande koax	10
Sammanfattning	12

Bakgrund

Planerna på en ny vattentäkt för Växjö, som skulle kräva en 51 km lång överföringsledning från Lagan, har initierat ett forskningsprojekt kring hur man övervakar tätheten hos en sådan ledning och vid behov lokaliserar en läcka. Behovet i Växjö av en snabb felsökningsmetod grundar sig på att ett eventuellt avbrott inte får vara mer än halvtannat dygn med hänsyn till tillgänglig reservoarvolym.

Växjöledningen skulle byggas av plast, som mycket dåligt leder läckljud. Ledningen är så lång att tryckstegringsstationer krävs med omkring 20 km inbördes avstånd längs ledningen, varför sträckan ur undersökningssynpunkt delas i tre delar. Det är rimligt att anta att liknande problem finns även i andra orter än Växjö.

Problemställning

De mest använda metoderna för lokalisering av läckor på vattenledningar grundar sig på att på olika sätt att utnyttja ljudet från läckan, antingen via kontakt med ventiler eller andra kontaktpunkter, eller via hydrofoner i kontakt med vattnet. Vid ledningar av plast och med större diametrar dämpas detta ljud bort på en relativt kort sträcka, och för långa tillförselledningar är dessa tekniker därför otillräckliga. För en hydrofon är räckvidden vid goda omständigheter 300–500 m.

Om man i stället på något sätt låter hydrofonen passera inuti ledningen, kommer den mycket nära en eventuell läcka, och även små läckor kan detekteras. Hydrofon i lång kabel eller i en frilöpande sond, är möjliga lösningar, med olika för- och nackdelar.

Mätning av läckflöde är inte meningsfullt

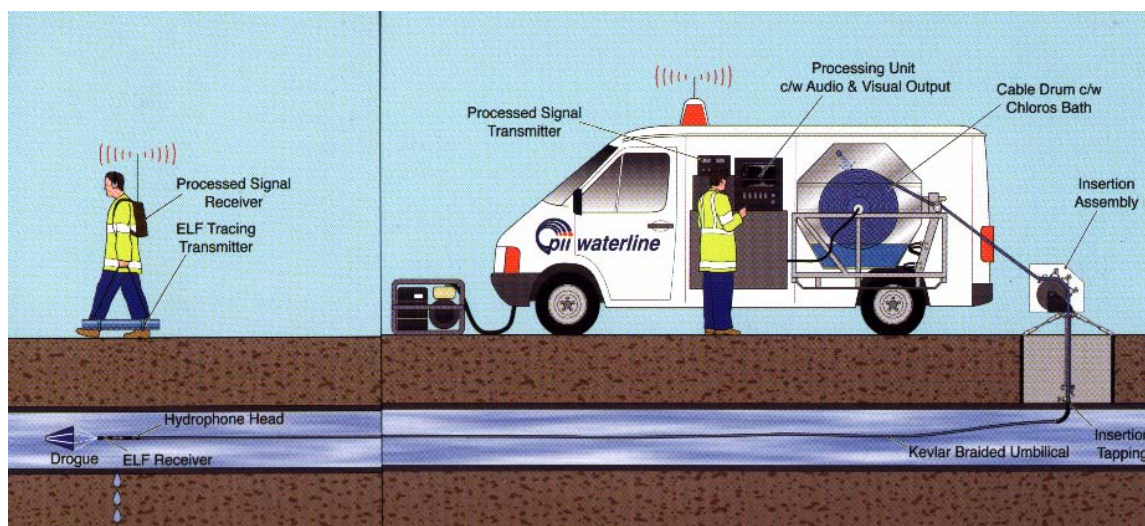
För att mäta eventuell läckning och förvissa sig om behovet av läcklokalisering, är det inte lönt att jämföra värdena från fullstora mätare på olika platser längs ledningen. De små differenser, som är intressanta för läckflöden, försvinner helt i mätonoggrannheten, utom vid mycket stora läckor. I stället måste man arrangera små mätare i förbigångar förbi huvudventilerna. Mätningen kräver då att ledningen tillfälligt tas ur drift.

Lokalisering av läckor med den nya "SAHARA"

SAHARA är en nyhet från Water Research Centre, WRc, i England, som har arbetat med teknik för vattenläcksökning sedan "urminnes tider". Bl a utvecklade man den första korrelatorn för finlokalisering av läckor, nu känd över hela världen. För "koll" på matarledningar har man nyligen slutfört 6 års utveckling av en läcklokaliseringsteknik för grova ledningar, som man döpt till SAHARA. En likartad metod på annat håll kallas LEAKATOR. Båda baseras på i att en sond med en hydrofon lyssnar efter läckljud.

SAHARA var ursprungligen ett arbetsnamn för utvecklingsprojektet, men kom så småningom att förknippas med själva metoden, ett namn som har fastnat, men är något missvisande – exempelvis betyder Sahara på arabiska "ingenting".

Hydrofonen dras genom ledningen med vattenflödet under pågående drift med ett hopfällbart "parasoll". Kabeln till sonden klarar upp till 2.000 meter ledning (Sahara) eller 800 meter (Leakator) i ett svep och den kan föras in genom så små öppningar som diameter 50 mm, t.ex. en anborrning på rörhjässan.



Figur 1. SAHARA-system

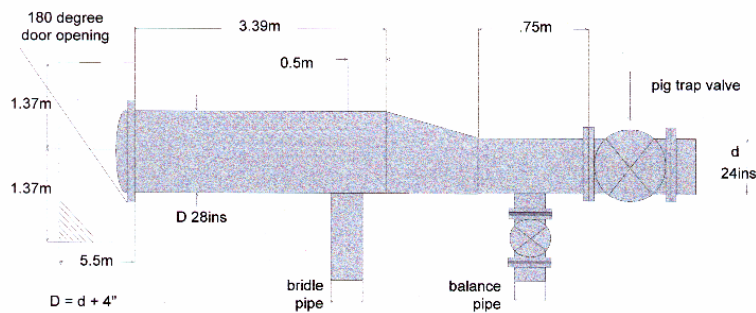
Ledningsdimensionen kan troligen vara ned till 300 mm, men uppåt finns ingen gräns. När man med datorskärm och hörtelefon i bilen (figur 1) har indikerat en läcka med SAHARA, bestämmer man sondens position först med hjälp av kabellängden. Därefter går man på marken över ledningen med en radiosändare för extremt låga frekvenser, ELF, (längst till vänster på figuren), vars signal tas emot av en mottagare i sonden och vidarebefordras till bilen. Flera läckor kan lokaliseras i samma svep, och man säger sig även finna mindre läckor än en korrelator brukar kunna lokalisera. Buller från omgivningen stör inte undersökningen. När ljudet analyseras i bilen avlyssnas det i hörtelefon, så att man t.ex. kan avgöra att det inte är något störande ljud man har fångat upp.

Metoden har tilldelats utmärkelsen Millennium-produkt av den engelska myndigheten för "utformning", the Design Council.

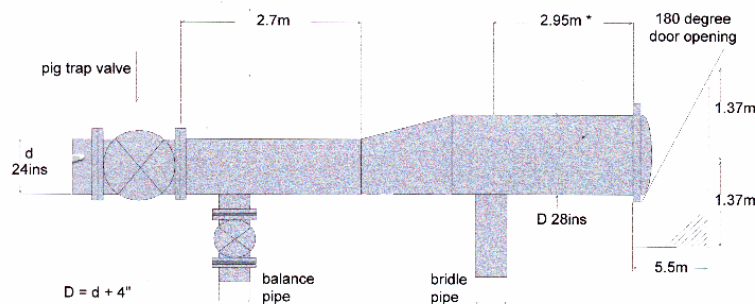
Frilöpande lyssnarsond

Om ledningssträckan är så lång att det blir orealistiskt att använda SAHARA, får man överväga att använda en frilöpande sond, sounding pig. Även den innehåller en hydrofon, men har ingen kabelförbindelse, utan ljudet registreras inne i sonden längs hela den undersökta sträckan. För att föra in och ta ut sonden, krävs växelstationer med flera fullstora ventiler (pig traps) se figur 2 på nästa sida.

Launch Trap



Receive Trap



* may be reduced by 1 metre for single phase liquids

Figur 2. Växlingsstation, "pig traps" enligt PII-Pipetronix.

Koncept för en ny "pigg"

Just nu skissas på ett koncept till en ny sond, i första hand för den planerade tillförsel- ledningen. I sonden avses känd teknik kombineras med en del nytänkande.

Hydrofonen för lyssning är given. Men för det första: Den ohanterligt stora mängden information av ljud från hela ledningssträckan "silas" redan inne i sonden, digitaliseras och endast intressanta ljud registreras. För det andra: Dessa ljudregistreringars läge längs ledningssträckan mäts in med "baliser", dvs med någon typ av transpondrar som bl a används för att hålla reda på järnvägstrafiken.



Figur 3. Baliser vid järnväg (Foto: Erik Winnfors)

De är tänkta att placeras ut permanent på bestämda avstånd längs rörets hjässa i ledningsgraven och indikeras inifrån röret av sonden, som följer med vattnet. Vid passagen strömförsörjer sonden baliserna per radiovåg. Radiokontakt med baliserna kan endast ske vid ledningar av plast. Den ljudinformation som sparats i sonden, kan efter passagen analyseras, dels i en PC och dels genom uppspelning i en hörteltelefon, där man bra kan skilja mellan störande ljud och verkligt läckljud.

"Pigging"

Om ledningen, som vid Växjöexemplet, är lång, säg sträckor om ett par mil, och går genom mindre lättframkomlig terräng, kan man överväga att använda en sådan fri-löpande sond med hydrofon, "lyssnar-pigg". I stället för anborrningar för åtkomst med ganska korta mellanrum som vid Sahara/Leakator, kräver denna pigg växelstationer i vardera änden av ledningen, "pig traps". Dessa utförs med ventiler med full genomloppsarea för att växla piggen in och ut. (Figur 2.)

Registrering av piggens position och därmed av läget för registrerade läckljud, kan i förekommande piggar ske med mätthjul, ex Leakscan. Vissa referenspunkter kan anordnas över ledningen för att stadga upp positioneringen. Det förefaller emellertid som om mätnoggrannheten ändå skulle bli bristfällig vid de stora ledningslängder vi här talar om. Därför har vi föreslagit att längdregistreringen skulle ske med transpondrar i likhet med dem som nämnts för järnvägen (ATS-systemet), men i detta fall med mycket små och billiga sådana, s.k. "taggar". En föreslagen pigg med denna funktion har fått arbetsnamnet Rulph.

Följa piggen kontinuerligt

Senare har en kompletterande tanke provats: Om man placerar en "läckande" koaxialkabel längs rörhjässan, kunde kanske svaren från taggarna ledas till en mottagare i ledningens ände, där piggens framfart skulle kunna följas kontinuerligt. Detta utgör en extra säkerhet, i den händelse piggen skulle fastna i ledningen. Utprovningen av detta skedde i ett tilläggsprojekt, bilaga.

Vad finns att tillgå?

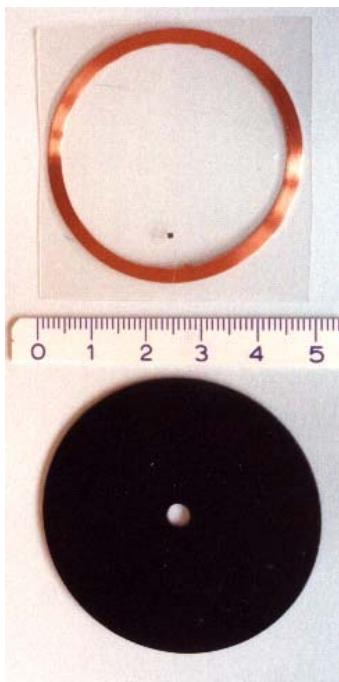
Utrustningskomponenter för lyssning med hydrofon i piggen och för lämplig filtrering och registrering av läckljud, bör man kunna hämta från befintliga konstruktioner. Men radiokontakt med taggar och läckande koaxialkabel har hittills, så vitt känt, endast tillämpats i luft. Vid den här tillämpningen skall radiosignalen i stället ledas genom vatten, rörvägg och jord. Fullskaleförsök var därför nödvändiga, och dessa har stötts av VA-Forsk (proj.nr 21-112).

Plats för fältprov

Fältförsök har genomförts i Nacka, tack Nacka! Försöksröret är ett stycke på 6 meter Ø600 mm PEH, med godstjockleken 60 mm, och härrör från en ledning som nyligen byggts mellan Nacka och Käppalaverket på Lidingö. (Den har för övrigt bogserats från tillverkningen i Norge runt hela kusten.) För att inte behöva fylla över röret med jord, vändes förhållandena upp och ned.

Prov med taggar

Taggarna monterades under röret, som placerades på en grusbädd och fylldes till halva diametern med vatten. De taggar vi använde var från Elgab. De innehåller en antennspole och en mycket liten integrerad krets – 1 mm i fyrkant (figur 4).



Figur 4. Transponder, "tag", överst igenomskärning, med den mycket lilla integrerade kretsen, som avtecknar sig som en "flugsmuts". (Foto: Runo Stenberg)

I piggen skall finnas en läsare som sänder ut en kontinuerlig radiosignal. När den kommer till en tagg, svarar taggen med ett unikt ID-nummer. En modifierad sådan läsare flottades vid försöket genom röret (omslagsbilden), så att signalen måste passera vatten och rörvägg. Taggen sitter i denna applikation ogynnsamt för radiosvaret när den ligger mot fuktigt grus.

Taggarna monterades vid provet med ett c/c-avstånd av 150 cm. Den första och andra taggen bestod av transpondrar av epoxypast med diametern 50 mm, med cirkulär spole (som på figur 4). Avläsning av dessa var tydlig på en sträcka av 15–20 cm. Den tredje taggen var i form och storlek av ett kreditkort med en oval spole, varvid avläsningssträckan ökade till ca 30 cm. Den fjärde taggen var en epoxytagg med 100 mm diameter och rund spole. Den gav en avläsningssträcka av hela ca 45 cm. Beroende på piggens hastighet, dvs vattenhastigheten i röret, behöver man en viss avläsningssträcka, vilket resultatet visar kan uppnås med god marginal.

Försöket blev således helt lyckat, varför denna lokaliseringsmetod med taggar bedöms som praktiskt genomförbar.

Prov med läckande coax

En provlängd av läckande coaxialkabel hade tillhandahållits av Andrew AB. En radiosignal med den låga frekvens som valts för taggarna, 125 kHz, sändes mot denna kabel och uppmättes i kabelns ände. Detta förförsök misslyckades, troligen mest beroende på att vi erhöll en dålig koppling av radiosignalen vid denna frekvens. Om man väljer en högre frekvens drabbas man av större dämpning i vattnet, och det är inte säkert att detta skulle fungera bättre vid den här applikationen. I försöksserien ingick emellertid kopplingsprov med högre frekvens och de visade lovande resultat. För att kunna utveckla den kontinuerliga grovlokaliseringen av piggen behövde man utföra en

omfattande försöksserie med olika kombinationer av läsarfrekvens och eventuell repeterfrekvens. Detta har inte kunnat inrymmas inom huvudprojektet, men utprovades i ett tilläggsprojekt, bilaga.

Portabel pejling

Om piggen skulle fastna, och man har utarbetat någon form av grovlokalisering, kan finlokaliseringen av piggen ske med en sökare som liknar en konventionell metall-detektor, men som pejlar på den 125 kHz-signal, som utsänds av läsaren i piggen.

Resultat av denna etapp

Läcksökning med frilöpande pigg med transpondrar på röret längs hela dess längd, har visats möjlig att utföra med god precision. Det skulle bli en snabb metod, som kan tillämpas under pågående drift, men kräver ventilstationer i ändarna för inväxling av piggen. Alla insamlade data av läckljud och läge, får man ut när piggen kommer fram.

För ökad säkerhet i den händelse att piggen skulle fastna, skissas på möjligheter med en kabel, som också följer röret. En enkel sådan metod (med en s.k. läckande koaxialkabel) provades i tilläggsprojektet. Nya ansatser för att lösa detta problem var följande:

1. En provad frekvens för direkt indikering av piggen var 125 kHz. En försöksserie med högre frekvenser bör provas. Det kan tänkas att vattnets dämpning vid högre frekvenser är ett hinder. Detta kan genomföras utan elektronikbyggen.
2. Prov med en s.k. repeter-sändare i piggen, kunde inrättas för högre frekvens. För att kunna prova detta, måste man bygga om en befintlig transponderläsare.
3. Prov med en enklare standardkabel av koaxialtyp, som förses med elektronikboxar på lämpliga avstånd längs röret. Härvid kan flera alternativa dellösningar behöva provas. Alla kräver tillverkning av någon laboratorieprototyp.

När klara resultat föreligger, blir följden att man erbjuder konstruktionerna till någon intresserad piggtillverkare.

Egenskaper hos en akustisk pigg

Erforderliga egenskaper hos en akustisk pigg av modell Rulph, där elektroniken byggs in i en kapsel, som kan monteras i riggar för olika rördiametrar.

Lyssnardelen

1. Hydrofon, som monteras i kapselns vägg. Trycktålig till ca 20 Bar.
2. Förstärkare för läckljud.
3. Signalbehandlare, som
 - skiljer kontinuerligt läckljud från tillfälliga störningar
 - öppnar för registrering av ljudet vid inställbar nivå
 - sparar intressanta ljud, såväl från strax före som till strax efter passagen av ljudkällan
 - registrerar ID från närmaste taggar.
4. Möjlighet till avlyssning och analys av ljudet efter inspektionen.

Lokaliseringsdelen

5. Läsare för RFID (Radio Frequency Identification) för registrering av taggar som monterats längs rörledningen vid dess anläggning, och som eventuellt utrustats med repeterfunktion för en "läckande" koaxialkabel, vilken i så fall monteras längs röret. (Kanske kan en pigg typ Leakscan modifieras med denna positioneringsteknik.)

Yttre utrustning

6. Eventuell läsare för RFID, portabel för avläsning i koaxialkabel i rörledningens ände.
7. Portabel pejlare för finlokalisering.

Utvärderingsutrustning

8. Presentation av registrerade ljud med hörtelefon och frekvensanalys, samt med angivande av piggens position vid registreringstillfället.

Kapsel monterad i rigg

bör enligt vår uppskattning tillsammans ha en volymvikt av cirka 0,98.

"Faktaruta"

Sahara/Leakator

Kräver anborrning eller luftnings-
ventil varje 2.000/800 m.

Kräver körbar väg längs ledningen.

Klarar alla rörmaterial.

Klarar ned till rördiameter Ø300 mm.

Max djup för lokalisering 10 m.

-

Erforderlig vattenhastighet
0,3–1,5 m/s.

Utrustningen hyrs från
England eller Tyskland med personal.

Leakscan/Lyssnarpigg Rulph

Kräver växelstation med fullstora ventiler
i vardera änden av ledningen.

-

Leakscan klarar alla rörmaterial, Rulph klarar
endast icke-metalliska rörmaterial.

Kanske får svårighet att klara ned till rördiametern
Ø300 mm. Instrumentkapseln kan användas för
olika pigg-storlekar.

Max djup kan tänkas vara obegränsat.

Rulph kräver fast installerade taggar och ev kabel
längs hela ledningen.

Behöver troligen uppemot 0,5 m/s.

Leakscan finns att köpa. Kanske någon firma kan
intresseras att tillverka och hyra ut en pigg typ
Rulph?

Överslagsmässiga kostnader vid en matarledning på några mil

Ett grovt överslag för att få en uppfattning om storleksordningen. Det antas att för en akustisk pigg kan uthyraren vilja ha 20 % av tillverkningskostnaden vid varje undersökningstillfälle.

Anläggningskostnad för anborrningar
Sahara MSEK 0,8/Leakator 2,0

Anläggningskostnad för växlingsstationer
MSEK 1,0
Vid Rulph tillkommer taggar MSEK 0,5
och eventuell kabel MSEK 2,0–5,0

Arvode för en undersökningsentreprenad
Sahara MSEK 1,6/Leakator 1,9

Hyreskostnad för pigg
Leakscan MSEK 0,3/Rulph 0,7

Eget undersökningsarbete MSEK 0,4

Tidsåtgång för en undersökning
Sahara 5 (?) veckor/
Leakator 12 veckor

Leakscan/Rulph 2 veckor

För ett övervägande om val av metod för läckagekontroll, bör noggrannare kostnadsuppgifter inhämtas. Ur ovanstående kan dock följande preliminära riktvärden ges:

Investeringskostnaden för anordningar vid ledningens anläggning kan röra sig om 1 till 6 miljoner kronor. Varje undersökningsomgång kan sedan kosta runt 2 miljoner kronor. Det synes som om metoderna med en **frilöpande pigg** skulle kräva mindre kostnader än undersökning med Sahara/Leakator. Arbetet med en undersökning med en pigg skulle antagligen ta väsentligt kortare tid än med Sahara/Leakator. Det bör slutligen påpekas att samtliga av metoderna är avsedda att tillämpas på en vattenledning som är i drift.

Läcksökningspigging fungerar!

Tilläggsprojekt till VA-Forsk 21-112 "AKUSTISK PIGGING", bekostat av F:a Runophon, Saltsjö-Duvnäs, och ELGAB, Smedjebacken.

Av Runo Stenberg och Ulf Rengman

I forskningsrapporten "Akustisk pigging" har vi berättat om idéer och forskning kring pigging för att hålla koll på läckor vid långa huvudvattenledningar, dvs att sända en sond genom vattnet i ledningen vilken fångar upp eventuella läckljud. Nu är äntligen försökskedjan för att visa att det fungerar, fullbordad och med lyckat resultat. Och en biprodukt är användning av samma teknik för undervattensledningar. Denna uppsats har publicerats i tidskriften Cirkulation 2/03.

Piggens position

Lyssningstekniken och registreringstekniken bygger på konventionella lösningar. Men om olyckan skulle vara framme och piggen fastnar under sin passage genom ledningen, hur vet man var den är? Detta problem kvarstod vid de tidigare försök som publicerats, men är nu löst. Transpondrar (taggar) och en "läckande" koaxialkabel längs ledningshjässan gör det möjligt att från ledningens ände följa piggen och bestämma dess position. Detta visades genom praktiska prov på senhösten 2002.

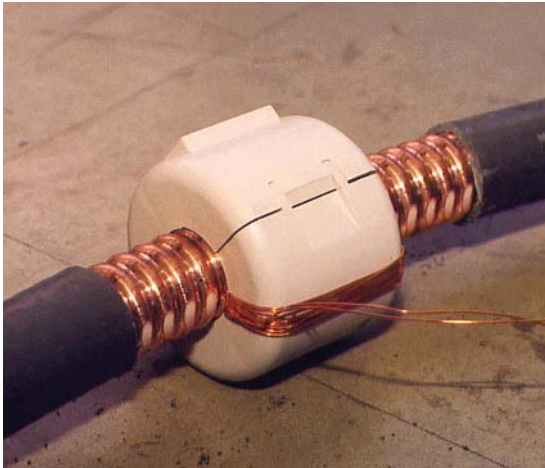
Prov med läckande coax

Proven gick ut på att bekräfta funktionen av idén med att förlägga en läckande koaxialkabel på rörhjässan längs hela rörledningen samt med jämna mellanrum också med taggar. Dessa "läses" av en läsare inne i piggen som får svar vartefter den passerar och piggen aktiverar dem. Svaren utgörs av en unik ID-kod för varje tagg. Koden överförs till kabeln enligt någon av metoderna nedan. En mottagare i ena änden av kabeln tillsammans med någon form av registrering, lämnar en realtidslista över piggens passage. Om det skulle bli problem, kan därigenom piggen lokaliseras till mellan två taggar vars lägen är kända eller kan bestämmas med en teknik som tidigare provats och beskrivits.

I ett förberedande prov sändes en radiosignal av den frekvens som används för taggarna, 125 kHz, mot en 10 m lång provkabel, och signalstyrkan mättes i kabeländen. Detta prov misslyckades därför att tillräcklig koppling till kabeln inte kunde åstadkommas.

I följande prov undersöktes två olika sätt att förbättra denna koppling.

I det första användes en transformator. Denna konstruerades som en delad toroidformad ferritkärna, som omgav kabeln. Kärnan fick en lindning på 10 varv, vilken fungerade som en primärlindning och kopplades till en öppen ramantenn. Kabeln, som passerade genom kärnan, får betraktas som en sekundärlindning med ett varv. Signalen inducerades i den yttre ledaren, men överfördes till den inre genom "läckningen". Återigen mättes signalen i kabeländen. En dramatisk förbättring jämfört med det förra försöket kunde konstateras.



Figur 5. Ferrit-transformator. (Den ferritkärna som var tillgänglig, var för trång för kabeln, vars ytterhölje därför måste avlägsnas. Detta har ingen betydelse för provet.) (Foto: Runo Stenberg)

I det ovan beskrivna provet användes frekvensen 125 kHz, som är en väl beprövad frekvens inom RFID (Radio Frequency Identification) med färdig utrustning i marknaden. Vi beslöt att prova en mycket högre frekvens, en framväxande standard i frekvensområdet 16 MHz. Provförhållandena var desamma, och återigen var resultatet mycket gott.

Utifrån dessa prov har vi fått tre möjligheter att lösa problemet.

1. Bibehållande av frekvensen 125 kHz med förbättring av kopplingen till kabeln med ferrittransformatorer.
2. Byte till den nya frekvensen 16 MHz, varvid inga transformatorer erfordras.
3. Den högre frekvensen kommer att ha andra egenskaper i fråga om att tränga igenom vatten, jord etc. Detta har inte undersökts. Skulle genomträngligheten vara svag, är det möjligt med en hybridlösning, varvid 125 kHz-frekvensen bibehålles för läsningen av RFID-taggar, men piggen kompletteras med en radiosändare med låg effekt med en frekvens som ger god koppling till kabeln. Sändaren repeterar de erhållna svaren från taggarna.

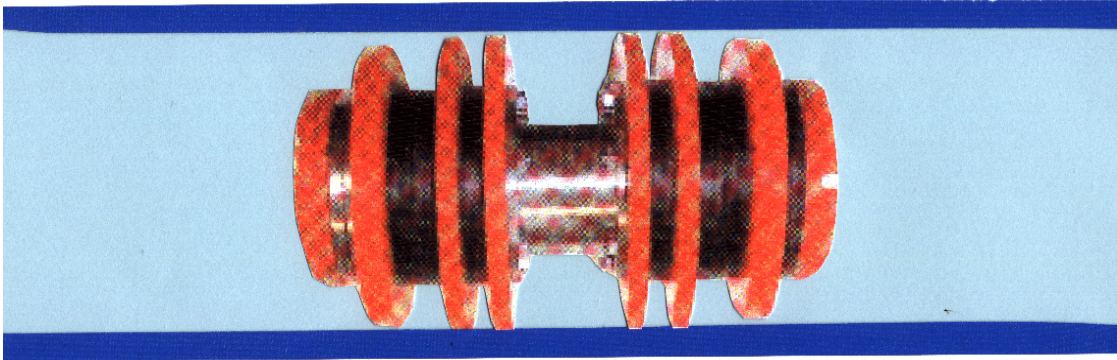
De beskrivna proven har utförts för att visa möjliga lösningar för att följa piggen under dess gång. En god portion av optimering och utveckling erfordras före det praktiska förverkligandet.

Sammanfattning

En läcksökningspigg kan vara lösningen för kontroll och läcklokalisering på såväl långa huvudledningar som på undervattensledningar under förutsättningen att dessa är av icke-metalliska material. Mycket små läckljud bör kunna detekteras, emedan hydrofonen kommer så nära läckan. Teknik för ljudupptagning och registrering finns redan i andra tillämpningar. Teknik för att kontinuerligt följa piggen har enligt ovan provats med lyckat resultat.

En läcksökningspigg bör utformas så att den är lätt att rengöra och desinficera. Alla kopplingar till elektroniken bör om möjligt utföras utan kontaktdon. Man bör eftersträva små dimensioner för att kunna använda piggen i gigger för olika rördiametrar.

Kanske kan piggen utrustas med rensdon för rengöring av ledningen. Då får den troligen köras en extra gång, ty skrapljud kan maskera eventuella läckljud.



Figur 6. Principskiss för utseendet hos en pigg.



Box 47607 117 94 Stockholm

Tfn 08-506 002 00

Fax 08-506 002 10

E-post svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se