

STATUSBEDÖMNING AV BETONGKULVERT

RAPPORT 2012:9



Figur 23: Exempel på armeringskorrosion.



24: Exempel på korrosion i armering som ligger mellan iso



STATUSBEDÖMNING AV BETONGKULVERT

KERSTIN SERNHED EMMA EKDAHL PÅL SKOGLUND

ISBN 978-91-7381-090-6

© 2012 Svensk Fjärrvärme AB

FÖRORD

Syftet med det här arbetet är att få en bild av hur fjärrvärmeföretagen kontrollerar och underhåller sina betongkulvertssystem. Underhållsbehovet kommer att öka i framtiden och rapporten visar vilka problem som finns och hur man kan bedöma statusen, men också hur man kan underhålla och förlänga livslängden på sina befintliga system.

Här finns även en intressant historisk tillbakablick att ta fasta på inför framtiden. Författarna pekar också på vikten av en fungerande skadestatistik och teknikutveckling av övervaknings- och utvärderingssystem, som stöd för kostnadseffektiva åtgärder.

I rapporten finns även några mycket användbara bilagor som med fördel kan användas för bedömning av status och åtgärder av kulvertssystem i allmänhet och betongkulvertssystem i synnerhet, inom branschen. Hela rapporten är mycket bra och väl genomarbetad.

Projektet har genomförts av Kerstin Sernhed, Emma Ekdahl och Pål Skoglund på Grontmij AB. Till projektet har en referensgrupp varit knuten bestående av Harald Andersson, E.ON Värme, Peter Elf, Göteborg Energi, Holger Feuerstein, Lund Energikoncernen, Hans Jakobsson, Fortum Värme, Lennart Larsson, Mälarenergi, Sven Olsson, Vattenfall Värme och Per Rosén, E.ON Värme.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras av Svensk Fjärrvärme och Energimyndigheten. Fjärrsyns mål är att bland annat att utveckla tekniken, driftoptimera fjärrvärme och fjärrkyla för att stärka konkurrenskraften genom en mer anpassad och behovsstyrd forskning.

Bo Johansson
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes teknigråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

FÖRFATTARNAS TACK

Detta projekt har inneburit många olika kontakter med personer som på ett eller annat sätt sitter inne med information om betongkulvertar, underhåll i fjärrvärmenät eller metoder för statusbedömning och läcksökning av fjärrvärmenät.

Vi skulle vilja passa på att tacka alla informanter som har ställt upp i intervjuer och telefonintervjuer, det är era erfarenheter som har sammanställts i rapporten! Vi vill också tacka projektets referensgrupp som med stort engagemang har följt projektet och bidragit med material och bilder till rapporten.

Malmö december 2011
Projektgruppen, genom Kerstin Sernhed

SAMMANFATTNING

Betongkulvertar var den första typen av fjärrvärmeledning som byggdes och det finns idag i svenska nät över 700 km betongkulvert. Betongkulvert har byggts under en 50-årsperiod, från 1940-talet fram till 1990-talet. Tekniken och förläggningssmetoderna har varierat väsentligt under denna tid. De betongkulvertar som finns utgör ofta stora ledningar som ligger i centrala delar av städer och i strategiska delar av nätet, exempelvis i utmatningspunkter. Därför är det viktigt att det finns en genomtänkt strategi för underhåll, utbyte och livslängdsförlängande åtgärder för betongkulvertarna. För att kunna planera för underhåll och utbyte i fjärrvärmenätet behöver fjärrvärmebolagen ha en bild över skicket på fjärrvärmeledningarna och här utgör statusbedömning en viktig del.

Denna studie har haft som syfte att utreda problematiken med äldre betongkulvert i svenska fjärrvärmesystem och att föreslå åtgärder för att förlänga kulvertarnas livslängd. Ett delsyfte har varit att ta fram en metodik för att bedöma status och livslängd i betongkulvert.

Studien bygger på insamling och analys av litteratur och material om betongkulvertar, intervjuer med personal som arbetar med underhållsfrågor, både på strategisk och praktisk nivå i fyra utvalda nät (Malmö, Lund, Göteborg och Helsingborg), intervjuer med andra personer med lång erfarenhet av nätunderhåll och nätutbyggnad, samt personer som har erfarenhet av olika metoder som kan användas för statusbedömning av fjärrvärmenät.

Studien ger en överblick över betongkulvertars utbredning och skadeproblematik i svenska nät genom en sammanställning av uppgifter från den kulvertskadestatistik som Svensk Fjärrvärme samlade in mellan 1982 och 1997, samt från intervjuer med fjärrvärmepersonal i fyra nät. Genom en, om än begränsad, historisk tillbakablick har olika förhållanden som påverkar kulvertens utformning och materialval beskrivits, till exempel regler för betongkonstruktioner, händelser och situationer från tiden då betongkulverten byggdes i olika nät. Till rapporten har även bilagts en bildbank med bildexempel på skador som kan uppkomma i betongkulvertar.

Det kan konstateras att statusen på de betongkulvertar som finns i svenska nät idag till stor del inte är känd för fjärrvärmebolagen. Det finns få metoder, förutom ren läcksökning, som syftar till att undersöka statusen på betongkulvertens icke inspekterbara delar. De metoder som prövats är mätning av godstjockleken på medierören med hjälp av ultraljud, samt att man har försökt att på olika sätt föra in kameror i kulverten inifrån kammaren. Enligt intervjuerna har inte någon av dessa metoder fungerat på ett tillräckligt tillfredsställande sätt som metod för att bedöma kulvertens skick. Det finns flera metoder som används för att lokalisera läckor och olika bolag har förkärlek för olika metoder. Det pågår flera projekt som syftar till att utveckla olika tekniker för läcksökning, till exempel flygtermografering, avlyssning med korrelationsmätning och användning av helium i fjärrvärmevattnet som spårgas. Det är viktigt att det sker en kunskapsöverföring och ett erfarenhetsutbyte mellan fjärrvärmeföretag om hur metoderna fungerar i praktiken.

Till skillnad från dagens preisolerade rör finns det inga fuktlarm installerade i betongkulvertarna eftersom denna utrustning inte fanns när kulverten byggdes. Skador upptäcks därför oftast i form av vattenläckage och oftast genom att det står vatten i kammaren som ligger i ledningens lågpunkt. Det betyder att det ofta är sekundärskadorna som upptäcks och inte den primära orsaken till skadan, exempelvis otätheter i betongkulvertens betonghölje. I studien redovisas ett försök som Öresundskraft har gjort med att dra in larmtråd i befintlig betongkulvert. Detta skulle kunna vara en möjlig åtgärd i vissa typer av betongkulvertar för att på ett tidigt stadium få indikation om fukt i kulverten innan fukten har hunnit orsaka större skada.

Exempel på livslängdsförlängande åtgärder är förebyggande underhåll vid rondering av betongkulvertar med åtgärder som bidrar till att hålla betongkulverten torr, såsom underhåll av ventilation och dränering. En checklista för underhåll av betongkulvertar har tagits fram och redovisas som bilaga i rapporten. Relining är en annan åtgärd för renovering av rör som har lång tradition inom VA-branschen, men som inte har tillämpats mer än i försök på fjärrvärmerör. Problemet har varit att hitta en plast som kan tåla de påfrestningar som reliningen utsätts för i form av temperaturer och tryck. Nu pågår försök med detta inom Vattenfall och Fortum i samarbete med företag som sysslar med relining.

Svensk Fjärrvärme har planer på att återuppta insamlingen av kulvertskadestatistik och har tagit fram ett förslag med struktur för denna insamling. För att bättre anpassa skaderapporteringen till betongkulvertar har förslag tagits fram inom denna studie och delgivits Svensk Fjärrvärme. Förslagen finns även med som en bilaga i rapporten.

SUMMARY

The first method that was used to construct district heating pipes was to place the steel serving pipes into concrete culverts. More than 700 kilometer of concrete culverts still remains in the Swedish district heating grids, today. Concrete culverts have been built over a 50-year period, from the 1940s until the 1990s. The technology and the installation methods have varied significantly during this time. Existing concrete culverts are often in large dimensions which are placed in strategically important points in the district heating grid, for example in output points or in central parts of cities.

In order to plan for maintenance and replacement of parts in the district heating system, the utilities need to make an assessment of the status of different parts in the grid. This study had as objective to investigate the problems of older concrete culverts in the Swedish district heating systems and to propose measures to prolong the life of these kinds of district heating pipes. One aim of the study was to develop a methodology for assessing the status and longevity of concrete culverts.

The study is based on the collection and analysis of literature and other materials for concrete culverts, interviews with personnel involved in maintenance issues, both at strategic and practical level of the organization in four selected district heating networks (Malmö, Lund, Gothenburg and Helsingborg), interviews with other persons with extensive experience in district heating network maintenance and network expansion, and persons with experience of different methods that can be used for status assessment of district heating networks.

The study provides an overview of the propagation of concrete culverts and damage problems of these in the Swedish networks through a set of data from the culvert injury record as the Swedish District Heating Association (SDHA) collected between 1982 and 1997, and from interviews with maintenance staff in the four selected networks. By an, albeit limited, historical overview, the various conditions affecting piping design and materials has been described, for example, rules for concrete structures and events and situations from the time when the concrete culverts were built. An image gallery with examples of different types of injuries of concrete culverts is attached to the report.

From the results of the interviews it could be stated that the status of the concrete culverts that exists today to a large extent is unknown to the district heating utilities. There are few techniques, apart from pure leak detection, that aim to investigate the status of the inaccessible parts of the culvert. The methods tested are for example ways to measure the thickness of the media pennies by ultrasound, or attempts to bring cameras into the culvert from within the culvert chamber. According to the interviews, none of these methods have worked in a satisfactory way as a method for assessing the condition of the culvert. Several methods are used to locate leaks in the grid. The different utilities use and prefer different approaches. There are several projects going on focusing on developing techniques for leak detection, for example air bound thermography, interception with correlation measurements and the use of

helium as a tracer gas added into the district heating water. The transfer of knowledge and practical experiences from different methods tested by the utilities is important to the district heating industry.

Unlike today's pre-insulated district heating pipes, there are no monitoring alarms for moisture detection installed at the pipes in concrete culverts, merely because this kind of equipment did not exist at the time when the culverts were built. Some culvert chambers have been installed with moisture detection and float switches afterwards, but not with alarm wires that follows the pipes. Therefore, injuries of the concrete culvert pipes are mainly detected as water leakage and the most common way to detect water leakage is by finding standing water in the culvert chambers which lie in the low points of the pipes. This means that the primary cause of injury such as cracks or leaks in the concrete casing often are not detected until the service pipes are damaged. The study has reported an attempt to pull alarm wires through the existing concrete culvert placed at its bottom by the utility of Öresundskraft in Helsingborg. The attempt seem to have worked well and this could be a possible measure for some types of concrete culverts to get an early indication of moisture getting into the culvert before this leads to damage on the steel components in the culvert.

Examples of actions that can prolong the life span of existing concrete culverts is given in the report, such as preventive maintenance, through patrolling, that aims to keep the culvert dry, i.e. ventilation and drainage. A checklist was developed that can be used when patrolling concrete culverts. The checklist is presented as an appendix to the report. Relining is another example of life-prolonging measures for different kinds of pipes which has a long tradition especially in water and waste water industry, but has merely been applied in experimental ways for district heating pipes. The problem has been to find a plastic that can withstand the heat and pressure obtained in district heating pipes. The utilities of Vattenfall and Fortum are now testing relining in concrete culverts in collaboration with relining companies.

The SDHA has plans to resume the collection of data about pipe injuries and has developed a proposal for a new structure for data collection. In order to adjust the structure for data collection of injuries of concrete culverts, suggestions were given in this study and were communicated to the SDHA. The suggestions are also included as an appendix in the report.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	13
1.1 INTRODUKTION	13
1.2 SYFTE	14
1.2.1 Utveckling av syftet	14
1.3 AVGRÄNSNINGAR	16
2 BETONGKULVERTAR	17
2.1 EGENSKAPER HOS BETONG	17
2.2 UTBREDNING AV BETONGKULVERT I SVENSKA FJÄRRVÄRMENÄT	19
2.3 SKADOR PÅ BETONGKULVERT	24
2.4 UNDERHÅLLSFRÅGOR	27
2.5 SKADOR ENLIGT KULVERTSKADESTATISTIK	29
3 INTERVJUER MED FYRA FJÄRRVÄRMEBOLAG	31
3.1 METOD	31
3.1.1 Urval av intervjupersoner	31
3.1.2 Genomförande av intervjuer	32
3.1.3 Analys av intervjuer	32
3.2 MEDVERKANDE FJÄRRVÄRMEFÖRETAG OCH DERAS NÄT	32
3.2.1 Helsingborg	32
3.2.2 Göteborg	33
3.2.3 Lund	34
3.2.4 Malmö	34
3.3 ANALYS OCH RESULTAT AV INTERVJUSTUDIE	35
3.3.1 Beskrivning av problem med betongkulvert	35
3.3.2 Vanliga skador	35
3.3.3 Skadeorsaker	37
3.3.4 Riskanalys	49
3.3.5 Skadeupptäckt	49
3.3.6 Skaderapportering och dokumentation	52
3.3.7 Bedömning av status och livslängd	53
3.3.8 Läcksökning	59
3.3.9 Reparation och utbyte av betongkulvert	62

3.3.10	Åtgärder för att förlänga betongkulvertens livslängd	62
3.3.11	Tillsyn, besiktning och planerat underhåll	63
3.3.12	Kostnader för underhåll och reinvestering	63
3.3.13	Kunskapsöverföring	66
3.3.14	Bild av betongkulvertarnas status i nuläget	67
4	SKADEPROBLEMATIK	68
4.1	SPRICKOR I KULVERT OCH KAMMARE	68
4.2	LÄCKANDE SKARVAR	69
4.3	OTÄTA BETÄCKNINGAR	69
4.4	YTTRE ÅVERKAN	70
4.5	SKADOR ORSAKADE AV KONTAMINERAD JORD	70
4.6	PRIMÄRSKADOR PÅ MEDIERÖR	70
4.7	FÖLJDSKADOR AV INLÄCKANDE VATTEN I KULVERTEN	70
4.7.1	Kompensatorer	71
4.8	SVAGA PUNKTER	72
5	KULVERTHISTORIK	74
5.1	REGLER FÖR BETONGKONSTRUKTION	74
5.1.1	Gällande regler	75
5.1.2	Indelning i miljötyper	75
5.1.3	Krav på vct och cementhalt	75
5.1.4	Krav på luftinblandning	76
5.1.5	Krav på högsta tillåtna kloridhalt	76
5.1.6	Täckskiktets tjocklek	76
5.1.7	Krav på tillåten sprickvidd	77
5.1.8	Sammanfattning av regler för betongkonstruktion	77
5.2	POLYMERER I FOGBAND	77
5.3	HISTORIK KOMPENSATORER	78
5.4	HISTORIK I NÅGRA NÄT	78
5.5	MÖJLIG FORTSÄTTNING	82
6	METODER FÖR STATUSBEDÖMNING	83
6.1	OKULÄR UNDERSÖKNING AV BETONG	83
6.1.1	Korrosion	84
6.1.2	Frost	87
6.1.3	Kemiskt angrepp	89
6.2	ÖVERVAKNING	92

6.3	SPÅRGAS	94
6.4	ULTRALJUDSPROVNING	95
6.5	TERMOGRAFERING	95
6.6	AVLYSSNING	98
6.7	RÖRÅL	98
6.8	SEKTIONERING	99
7	LIVSLÄNGDSFÖRLÄNGANDE ÅTGÄRDER	100
7.1	RELINING AV FJÄRRVÄRMERÖR	100
7.2	RENOVERING GENOM IGENFYLLNAD AV KULVERT MED SLURR	103
7.3	SÄKRING AV LEVERANSER I KÄNSLIGA DELAR I NÄTET	103
8	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	104
8.1	STATUSEN PÅ DAGENS BETONGKULVERTAR	105
8.2	RISKANALYS OCH VIKTEN AV DOKUMENTATION	107
8.3	METODER FÖR STATUSBEDÖMNING	108
8.4	ÅTGÄRDER SOM KAN FÖRLÄNGA KULVERTENS LIVSLÄNGD	109
8.5	REAKTIV ELLER AKTIV UNDERHÅLLSSTRATEGI?	110
9	REFERENSER	112
	BILAGA 1 - INTERVJUMANUAL	117
	BILAGA 2 - BILDBANK SKADOR	130
	BILAGA 3 - FÖRSLAG TILL SKADERAPPORTERING	136
	BILAGA 4 - CHECKLISTA FÖREBYGGANDE UNDERHÅLL FÖR BETONGKULVERT	140

1. INLEDNING

1.1 Introduktion

Den ledningsteknologi som användes då utbyggnaden av fjärrvärmesystem var i startgroparna på 50- och 60-talet i Sverige var medierör av stål som förlades i kulvertar av betong. Denna teknik var vanlig en bit in på 70-talet då den ersattes av andra typer av ledningsteknologier (asbestcimentrör och preisolerade rör). Betongkulvert är en tämligen dyr kulvert som har en lång livslängd under förutsättning att den har uppförts på ett korrekt sätt och att den är förlagd i stabil mark. Otätheter i konstruktionen eller som uppstår genom omgivningens påverkan på kulverten leder dock till inläckage av fukt och vatten genom betongkulverten vilket kan resultera i stora värmeförluster och att medierör och armering rostar. Korrosion i armeringen förstör betongen och korrosion i medierören leder till utläckage av fjärrvärmevatten.

I flera äldre fjärrvärmenät förekommer fortfarande betydande längder med betongkulvert. Dessa är många gånger förlagda på strategiskt viktiga platser i nätet såsom utmatningsledningar och stamledningar, och är ofta förlagda i de centrala delarna av städer eftersom det var här fjärrvärmen började att byggas. På grund av den placering som betongkulvertarna har i näten kan skador som uppstår få stora konsekvenser för fjärrvärmeleveranserna i systemet.

De betongkulvertar som fortfarande används börjar nu komma upp i avsevärda driftåldrar varför det är viktigt att fundera kring hur underhållsarbete, restaurering och byten av fjärrvärmeledningarna skall hanteras. Att byta ut befintliga betongkulvertar bedöms vara mycket kostsamt. Det faktum att betongkulvertarna ofta är placerade i städernas äldre delar där det är ont om plats för nya ledningar ställer dessutom till med ytterligare problem. Därför är det viktigt att se över om det finns andra, mindre kostsamma åtgärder som kan genomföras för att förlänga livstiden på kulvertarna. Att göra en bedömning av statusen på de befintliga betongkulvertarna får anses vara ett viktigt led i att kunna lägga upp en strategi för hur man ska handskas med de åldrande betongkulvertarna. Att besiktiga betongkulvertarna är problematiskt eftersom det rör sig om nedgrävda konstruktioner, där okulär besiktning endast är möjlig i nedstigningsbara kammare och punkter (exempelvis brunnslock vid dykare). Därför är det svårt att veta vilket skick som de befintliga betongkulvertar är i. Ofta upptäcks felen först när läckor uppstår.

Den ekonomiska livslängden för fjärrvärmekulvertar har traditionellt satts till runt 30 år, men välbyggda ledningar i bra omgivningsförhållanden anses dock hålla betydligt längre än så. Livslängden på de betongkulvertar som finns i näten beror på många olika faktorer såsom kulvertens utformning, lastförutsättningar och övriga påfrestningar på kulverten, omgivande mark, förekomsten av klorider, armering och ingjutningsgods, isolering, ventilation, Ph-värde och fukt i kulverten (Rapport från ÅF-seminarium i Malmö 2004-01-29). Det går därför inte att säga någonting om

livslängden på en aktuell betongkulvert utan genomföra en okulär besiktning eller göra en bedömning av den utan att veta någonting om ovanstående förhållanden.

I Klimat- och Sårbarhetsutredningen framhålls att fjärrvärmedistributionen framförallt är känslig mot kraftiga nederbördsmängder. Klimatförändringarna medför ökad nederbörd i hela landet. Risken för markförskjutning ökar till följd av den ökade nederbörden. En högre grundvattennivå och en ökad mängd nederbörd medför betongkulvertar i utsatta områden kan få en kortare livslängd om inte dräneringssystemen på dessa förbättras.

Fjärrvärmesystemen är i jämförelse med annan nedgrävd infrastruktur, exempelvis VA-ledningar, relativt unga och därför har underhållsproblematiken ännu inte hunnit bli så påtaglig. Med den restaureringstakt som föreligger i dagsläget för byten av fjärrvärmerör kommer dock de äldsta delarna i nätet att hinna uppnå en ålder på över 100 år innan de byts ut. I Svensk Fjärrvärmes PM till Klimat- och sårbarhetsutredningen uppges att förnyelsen av svenska fjärrvärmenät sker med en takt på 50 km per år (av total längd på 16 000 km parvisa rör), vilket motsvarar 0,3 % av totala fjärrvärmeledningarna. Utbyte eller förnyelse av betongkulvert uppges i detta PM uppgå till ca 3 %, vilket skulle innebära att denna typ av kulvert generellt sett byts ut i högre takt än annan kulvert vilket inte är anmärkningsvärt mot bakgrund att betongkulvertarna också är de äldsta kulvertkonstruktionerna i näten.

1.2 Syfte

Syftet med studien har varit att utreda och klarlägga problematiken kring äldre betongkulvert i svenska fjärrvärmesystem samt att föreslå åtgärder för att förlänga deras livslängd. Ett delsyfte i projektet var att ta fram en metodik för att bedöma status och livslängd för betongkulvert.

Studien har enligt Svensk Fjärrvärmes önskemål delats upp i två delar. Del 1 utgörs av en litteraturstudie och en intervjustudie. Del 2 bestod enligt ursprunglig forskningsansökan i att utarbeta en metodik för statusbedömning av betongkulvert utifrån provtagning på betong samt tillämpning av denna metodik på några olika svenska fjärrvärmenät. Innehållet i del 2 har reviderats i projektet och betongprover har utgått då detta angreppssätt inte förväntades ge tillfredsställande resultat. Istället utarbetade referensgruppen ett nytt innehåll för denna del i projektet. Ett övergripande syfte för det reviderade innehållet i del 2 var istället att göra resultaten från del 1 praktiskt tillämpbara, samt att fördjupa de mest intressanta delarna.

1.2.1 Utveckling av syftet

Mer utvecklat är syftet med del 1 att sammanställa erfarenhet om betongkulvert från personer i fjärrvärmeföretag som har en betydande del betongkulvert i sina fjärrvärmenät. Den erfarenhet som undersökts rör framförallt skadeproblematik, underhållsstrategier, åtgärder och metoder för att undersöka status på betongkulvertar. I studien ingår ett urval av fyra fjärrvärmenät, som sinsemellan har olika förutsättningar då det gäller markförhållanden och typer av betongkulvertar. Några övergripande frågeställningar som undersöks i intervjustudien är:

- Visar intervjuerna på liknande erfarenheter i de olika näten?
- Vad ser man för utmaningar med betongkulvert?
- Har företagen liknande syn på skadeproblematiken och på den förväntade livslängden för den betongkulvert som finns i näten? Om inte, vad kan detta bero på?
- Vilken typ av underhållsstrategier har de olika företagen då det gäller just betongkulvert?
- Vilken renoveringstakt håller man, och hur ser man på rimligheten i att hålla denna takt i relation till den förväntade livslängden?
- Innebär dagens renoveringstakt att man till slut kommer att ha ett underhållsberg framför sig? Hur ser man på framtida kulvertkostnader ur ett kundperspektiv?
- Anses betongkulvert utgöra ett problem i dagsläget?

Innehållet i del 2 har i samarbete mellan referensgrupp och projektgrupp definierats enligt följande:

1. Metoder för statusbedömning av betongkulvert

Det finns ett antal metoder för statusbedömning av fjärrvärmekulvert som är lämpliga att användas för betongkulvertar, till exempel lyssnarteknik och värmekänslig kabel. Flera metoder har redan nämnts i rapporten för del 1 av projektet. I del 2 ska metoderna (inte begränsat till de metoder som nämnts i del 1) lyftas fram och kortfattat presenteras tillsammans med lämpliga användningsområden och tillämpningar. För mer ovanliga metoder kan exempel på fjärrvärmeföretag som har erfarenhet av metoden med fördel lyftas fram.

2. Historik för betongkulvert och dess svaga punkter

Betongkulvert i svenska fjärrvärmenät har byggts under en 50-årsperiod, från 1940-talet fram till 1990-talet. Tekniken och förläggningsteknikerna har varierat väsentligt under denna tid. Som ett delmoment i del 2 av projektet ska historik för betongkulvert och dess svaga punkter tas fram. Genom att veta hur man vanligen byggde betongkulvert inom en viss tidsperiod, till exempel ett visst årtionde, är det lättare att förutse vilka fel och skador man kan stöta på, och vilka tecken man ska titta på i punkter som är/har gjorts inspekterbara. Exempel på parametrar som kan beskrivas är gällande regelverk vid olika tidpunkter, betongkvalitet, tillsatser i betongen, förläggningsteknik, kulvertutformning och isoleringsstandard. Hela betongkulvertkonstruktionen avses, inte bara själva betongen.

3. Förebyggande underhåll för betongkulvert

De flesta fjärrvärmeföretag har väl inarbetade rutiner för inspektion och förebyggande underhåll, men vad bör man egentligen titta särskilt på när det gäller förebyggande underhåll av just betongkulvert? Idéer och förslag på detta kommer att presenteras, tillsammans med en checklista för förebyggande

underhåll av betongkulvert. Som ett stöd till checklisten kommer även ett bildmaterial med exempel på skador på själva betongen att sammanställas. Omfattningen av detta bildmaterial kommer givetvis att bero på omfattningen och kvaliteten på det bildmaterial som projektgruppen kan få tag på genom kontakter på olika fjärrvärmebolag, exempelvis genom referensgruppen. Bildmaterialet kan vara till hjälp för fjärrvärmetekniker som är väl förtrogna med hur skador på andra kulvertkomponenter än just betong ser ut, men kanske inte vet riktigt vad olika tecken på skador på betongen indikerar. Med exempel på tynskador på betong kan man underlätta besluten om när åtgärder bör vidtas eller när en betongexpert bör kallas in. Detta är exempel på beslut som blivit svårare sedan personal med erfarenhet av betongkulvertkonstruktion försvunnit ur organisationerna genom pensionsavgångar.

4. Checklista för ifyllande av skadestatistik

Svensk Fjärrvärme ämnar ta upp sin skadestatistik igen, efter uppehåll sedan 2003. Ett nytt förslag på inrapporteringspunkter har tagits fram, men bör ses över ur betongkulvertsynpunkt. Speciellt problematiken med primär- och sekundärskadeorsak för betongkulvert, där primärskadan är det egentliga problemet men sekundärskadan orsakar haveriet, beaktas.

1.3 Avgränsningar

Benämningen betongkulvert ses i studien i ett brett perspektiv, och används som ett samlingsbegrepp för alla de komponenter som ingår i kulverten, exempelvis betonglåda, lock, fogar, medierör, kompensatorer, fixar och ventiler. Om en komponent går sönder påverkas ju de andra komponenterna i systemet, varför man måste se kulverten som en enhet. Kammare ingår i studien, men ses också som en del av kulverten. Frågor som specifikt rör kammare ligger således inte i fokus. Betongkulvert har byggts i en mängd olika utföranden. Fokus i studien ligger på hålrumskulvert av betong. Cellbetong finns nämnd ett antal gånger, men tyngdpunkten ligger inte på denna typ av kulvert.

2 BETONGKULVERTAR

De första fjärrvärmeledningarna byggdes genom att medierör av stål placerades i kanaler av betong under marken, så kallade betongkulvertar. Tekniken följde samma principer som för ledningsdragnings inomhus och i tunnlar, det vill säga som fritt upplagda system. Stålrören isolerades oftast med mineralull eller halvskålar av polyuretanisolering, men cellbetong användes också som isolering. Krafter och rörelser hanterades med kompensatorer och fixpunkter. Många äldre fjärrvärmesystem har fortfarande betongkulvert i viktiga utmatningsledningar från värme- och kraftvärmeverk, och ledningarna har många år på nacken. (internetkälla: Svensk Fjärrvärme, Rörledningsteknik).

Normal storlek på fjärrvärmerören kan vara upp till 1200 mm i diameter vid utmatning från produktionsanläggningarna. Det förekommer att de största ledningarna ligger i tunnlar tillsammans med andra ledningar. I betongkulvertarna återfinns både fram- och returledning. Stålrören är isolerade med diverse material och senare tid har mineralull använts som isoleringsmaterial. Betongkulvertar har utförts i många olika varianter, både rektangulära och cirkulära, under åren 1950-1980. För att få upp medierören från kulvertbotten är rören ofta upplagda på någon form av upplag av betong eller stål, eller så har de hängt upp i kulverttaket, men det förekommer också att medierören har placerats direkt på kulvertbotten. För att motverka termiska rörelser är medierören fixerade i kulvertens väggar och dessutom används kompensatorer i form av till exempel lyror eller u-böjar (Werner & Fredriksen, 1993). Fixen i en betongkulvert består av ett ingjutet balkverk till vilket medierören svetsas. Rören förstärks med plåt och balkar för att kunna ta upp och fördela krafterna. Det ingjutna balkverket som omger rören medger bara rörelse i axialled hos rören. Även pendlar kan förekomma som när de styrs i sidled mot kulvertväggarna fungerar som styrningar och när de inte är styrda fungerar som upplag (Svensk Fjärrvärme, 2006:3).

Betongkulvertar har uppförts antingen i platsgjuten betong eller i prefabricerade element som på plats har satts ihop till färdiga kulvertar. Betongkulvertar har byggts med kammare i lågpunkter så att eventuellt inläckage skall rinna ned i lågpunkten. Kamrarna medger att inträngande vatten och läckande fjärrvärmevatten kan ledas bort för att minska fuktbelastningen på betongskal och medierör. Läckage i betongkulvert är svårhanterligt då det dels är svårt att upptäcka mindre läckor och dels på grund av att de nedgrävda kulvertarnas dimensioner är anpassade efter medierören och dess isolering, vilket gör att det i de flesta fall inte är möjligt att ta sig fram i dessa kulvertar för att upptäcka läckor (Fredriksen & Werner, 1993).

2.1 Egenskaper hos betong

Betong som tillverkades och användes i olika konstruktionstyper under samma tidsperiod som fjärrvärmekulvertar har producerats varierar generellt med avseende på betongens innehåll samt konstruktionernas utförande¹.

¹ Skoglund, Pål: Erfarenheter från skadutredningar mellan 2001-2011.

Till exempel har cementhalten i betongrecepten varierat, liksom armeringens placering. Båda dessa faktorer har stor inverkan på betongens beständighet. Cementhalten och betongens täthet har stor effekt på hur motståndskraftig betongen blir mot inträngande koldioxid, vatten och klorider mm. Armeringens placering i kombination med betongens täthet påverkar den tid det tar för eventuella aggressiva ämnen att tränga in till armeringsnivån. En annan viktig faktor för beständigheten är givetvis vilken miljö som konstruktionen återfinns i.

Vid själva utförandet kan dålig vibrering av betong medföra att beständigheten för betongen samt för infästningar (fixeringar och upphängningar för medierör) i betongen påverkas. Korrosion av stål i betong kan förekomma under vissa förutsättningar. Detta är en av de allra vanligaste skadeorsakerna i betongkonstruktioner uppförda under motsvarande tidsperiod som betongkulvertar för fjärrvärmerör har konstruerats.

Generellt gäller att stål ingjutet i betong inte kan korrodera utan att det först initieras av pH-sänkning i betongen eller klorider i betongen. Korrosion av stål i betong leder till att stålet (armeringsjärn eller infästningsgods) utvidgas upp till nio gånger sin egen volym och skapar en inre sprängkraft som ger upphov till sprickor i betongen och slutligen kan spränga bort det omkringliggande betongskiktet. Sprickorna medför att aggressiva ämnen (syre, vatten och klorider) som påskyndar korrosionen lätt kan transporteras in till armeringen och accelerera förloppet. Dessutom förlorar stålet sin vidhäftning mot betongen samt om korrosionen får fortgå korroderar stålet så småningom av. Armeringskorrosion leder följaktligen att den armerade konstruktionen förlorar sin funktion och bärigheten i konstruktionen minskar drastiskt. För infästningar innebär det att dessa kan förlora vidhäftningen mot betongen och medierör (Svensk Byggtjänst & Cementa AB, 1994).

Karbonatisering är en kemisk förändring som medför pH-sänkning av betongen till följd av att inträngande koldioxid förstör det skydd som okarbonatiserad betong ger. Angrepp av syror eller andra pH-sänkande kemikalier på betongen får liknande följder. Korrosionsskyddet kan även brytas om andelen kloridjoner, Cl^- i anslutning till armeringen överstiger dess kritiska nivå, det vill säga dess kloridtröskelvärde. Tröskelvärdet varierar med betongkvaliteten och den omgivande miljön. Ju torrare betongen är, desto högre kloridhalt kan tolereras innan korrosion startar. När armeringen korroderar uppstår så kallad rostsprängning och betongtäcksiktet över armeringen spricker och skalas av. Karbonatiserings- och kloridinträngningshastigheten ökar ju otätare betongen är samt om betongen innehåller sprickor. Man vet även att karbonatiseringsfronten kan ”trycka” klorider framför sig och när fronten når armeringen, hamnar den i kloridinnehållande betong med lågt pH. Armeringskorrosionen löper ännu fortare om betongen är karbonatiserad samt innehåller klorider på armeringsnivå (ibid).

Armering som är placerad i fria luften, i det här fallet har hamnat i dåligt vibrerad betong eller är placerad i betongytan, korroderar vid hög relativ fuktighet då den helt saknar skydd från betongen, så kallad atmosfärisk korrosion (ibid).

Innan 1980 användes kalciumklorid (CaCl_2) som accelerator i både platsgjuten och prefabricerad betong. Orsaken var att man ville påskynda härdningen så att en högre

produktionstakt kunde hållas, samt för att minska risken för frysning i den färska betongen om gjutning genomfördes vintertid. 1980 förbjöds inblandning av kalciumklorid i samband med betonggjutningar, då man upptäckt att detta ledde till karbonatisering av betongen.

Betongkulvert som förlagts före 1980 kan därför innehålla kalciumklorid, vilket försämrar betongens egenskaper. Klorider kan även komma från tölsalter som används vid halkbekämpning av gator och trottoarer och som med smältvattnet kan transporteras in i konstruktionen.

Sprickor i betongen kan även uppstå av andra orsaker än armeringskorrosion, till exempel krympning hos betongen, sättningar, kemiska reaktioner i ballast och cementpasta, temperaturvariationer, sulfatangrepp, frostangrepp, belastning i form av yttre last med mera.

Skador på fjärrvärmenätens betongkulvertar kan leda till inläckage av vatten. Det är dock svårt identifiera dessa skador då kulvertarna är nedgrävda och oåtkomliga från insidan. Andra känsliga delar av betongkulverten är givetvis gjutfogar och dilatationsfogar samt i övergång mellan olika betongelement i kulverten där man inte har fått det tätt.

Inläckage av vatten i kulverten höjer fuktigheten i anslutning till medierören. Korrosion på medierören bildas vilket med tid kan medföra att det går hål och fjärrvärmevatten läcker ut. Lokala skador på betongkonstruktionen kan leda till lokala försvagningar på kulvertlock som kan knäckas av en hög trafiklast och detta kan även leda till skador på medieröret.

2.2 Utbredning av betongkulvert i svenska fjärrvärmenät

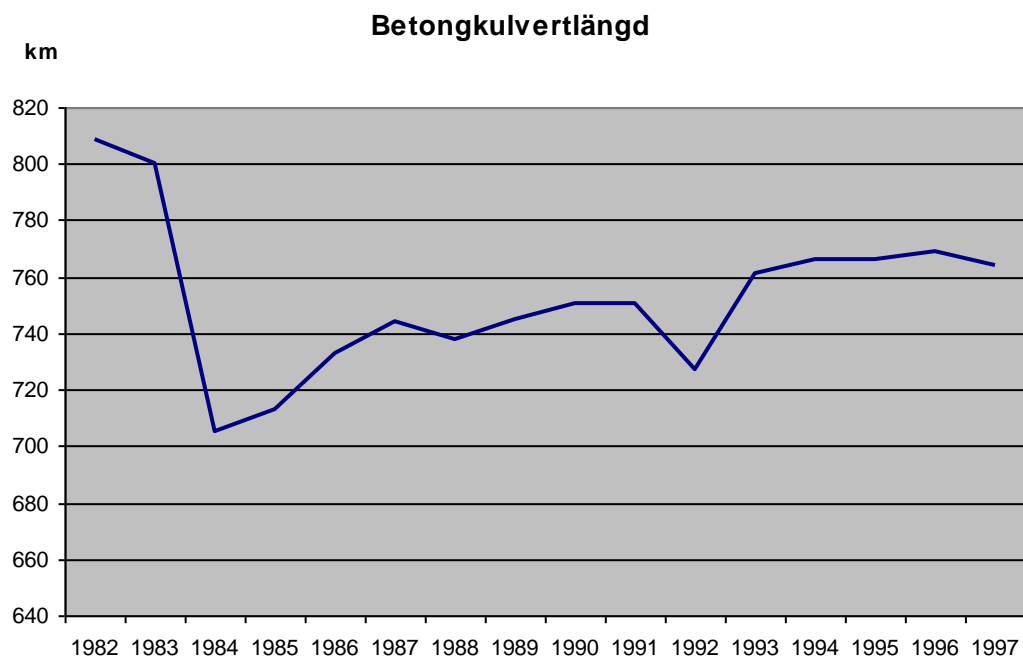
Det finns idag ingen sammanställning av exakt hur mycket betongkulvert som finns i de svenska fjärrvärmenäten. Sättet att bygga fjärrvärmeledningar på har ändrats över tid och därför är det framförallt i äldre nät som det förekommer betongkulvertar. Idag är metoden att förlägga fjärrvärmerör i betongkulvertar en obsolet byggteknik.

Under åren 1983 till 2003 samlade Svensk Fjärrvärme (tidigare Värmeverksföreningen) in kulvertskadestatistik från sina medlemsföretag. Statistiken finns i rapportform för åren 1982 till 1997. Efter detta slutade Svensk Fjärrvärme att ge ut rapporter om kulvertskadestatistik. Svensk Fjärrvärme har på förfrågan inte kunnat tillhandahålla uppgifter från åren 1998 till 2003, även om uppgifter för dessa år har samlats in av företagen². För att få en bild av hur mycket betongkulvert det finns i de svenska fjärrvärmenäten har vi gjort en sammanställning av de uppgifter om betongkulvertsträckor som finns tillgängliga och som har redovisats i rapporterna från 1982 till 1997. Statistiken är förstås i äldsta laget, men förväntas ändå ge en övergripande bild över förekomsten av betongkulvertar i de svenska fjärrvärmenäten,

² För att lägga in kulvertskadestatistiken i en SQL-databas anlätades en konsult och en licensierad programvara användes. När konsultens arbete avslutades sades licensen upp och av misstag raderades databasen. Den backup-fil som fanns har Svensk Fjärrvärme ännu inte lyckats med att öppna.

även om man får ta med i beräkningen med att en del betongkulvert kan ha bytts ut mot andra kulverttyper.

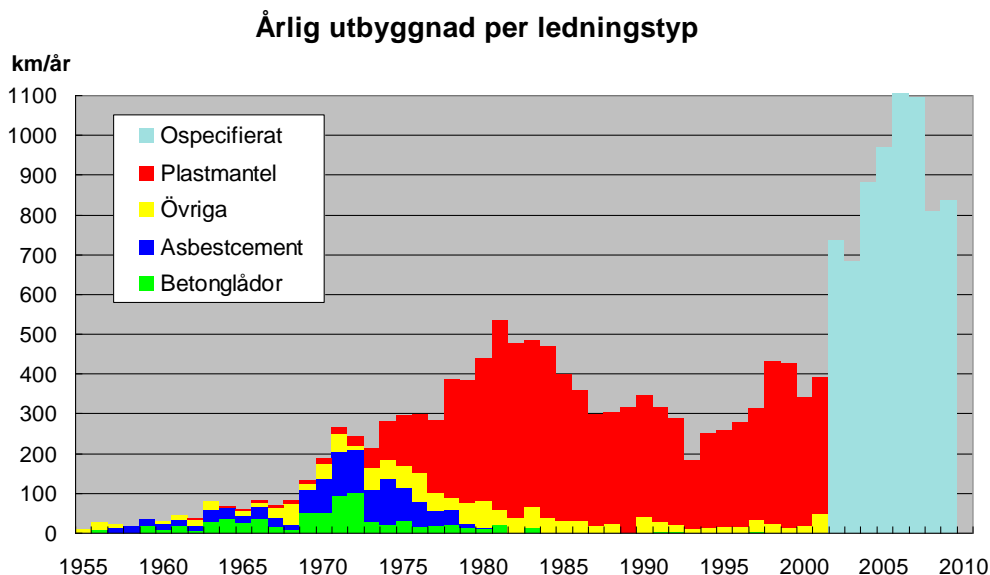
I Figur 1 redovisas den inrapporterade längden betongkulvert för åren 1982 till 1997.



Figur 1: Längd betongkulvert som har rapporterats in till Svensk Fjärrvärme.

Kurvan i diagrammet ger dessvärre inte en helt tillförlitlig bild över hur långa sträckor med betongkulvert som funnits i de svenska fjärrvärmenäten under perioden, eftersom antalet värmeverk som lämnat in uppgifter har varierat för de olika åren. Till exempel kan nedgången 1984 antagligen åtminstone delvis förklaras av att endast 120 av 128 lämnade in uppgifter för detta år, medan det 1983 var 123 av 127 värmeverk som lämnade in uppgifter. Under början av 80-talet tillkom dessutom flera värmeverk, vilket också försvårar jämförelser över de aktuella åren. Troligen har nytillkomna värmeverk anlagt andra kulverttyper än betongkulvert i sina nät. Den färskaste inrapporteringen från 1997 visar att det vid denna tidpunkt fanns minst 764 km betongkulvert i svenska fjärrvärmenät. Det finns anledning att anta att den verkliga längden betongkulvert för 1997 var högre eftersom alla värmeverk antagligen inte lämnat in uppgifter. Hur mycket betongkulvert som finns idag, 2011, i svenska fjärrvärmenät går inte med säkerhet att säga. Även om det inte har byggts mer betongkulvert kan fjärrvärmebolagen ha förvärvat sekundärnät med betongkulvert och en del betongkulvert har med all säkerhet bytts ut mot annan typ av fjärrvärmeledning.

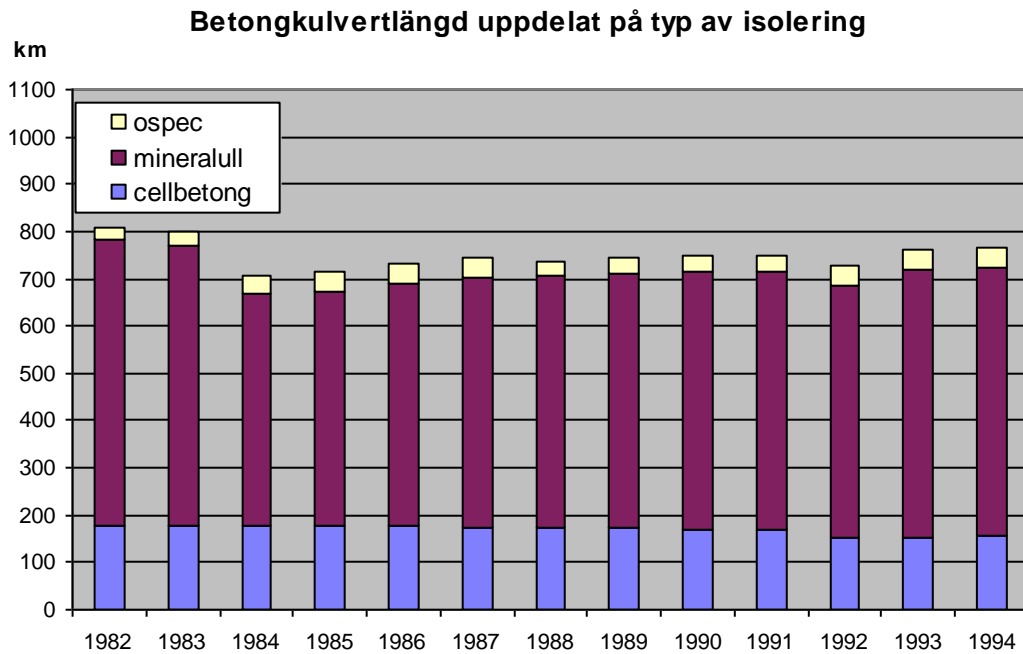
En överblick av årlig utbyggnad har också erhållits från Werner, 2011. Se Figur 2.



Figur 2: Årlig utbyggnad per ledningstyp i svenska fjärrvärmenät (Källa: Werner, 2011).

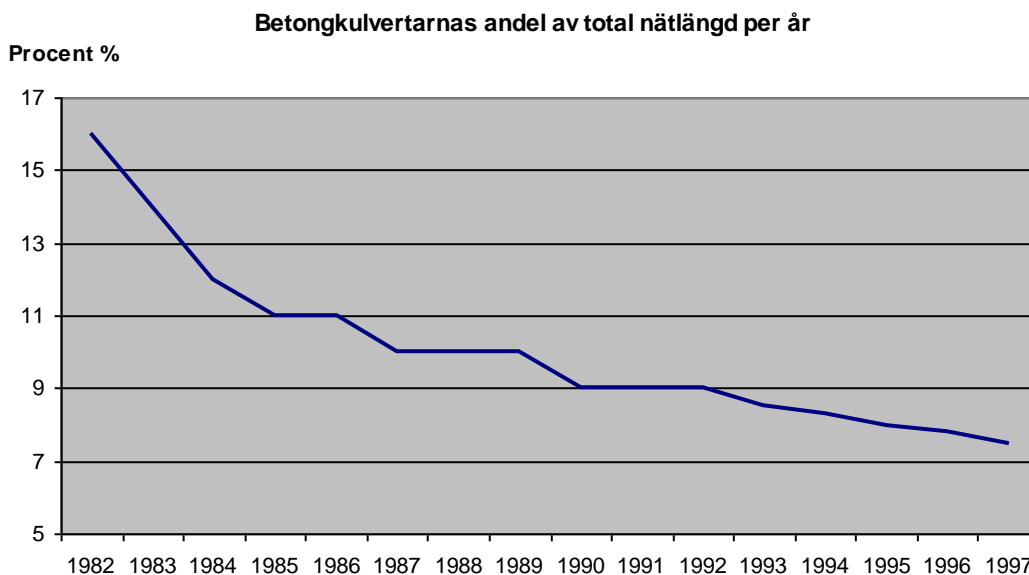
Värdena i diagrammet som löper fram till 2001 bygger också på uppgifter från kulvertskadestatistik, men data har här även bearbetats av källan för att jämna ut ojämn inrapportering med hjälp av en medelvärdesmetod. Uppgifter från 2002 till 2009 kommer från årlig statistik som samlats in för total längd fjärrvärmeledning i svenska nät. Denna statistik har inte varit uppdelad i olika typer av fjärrvärmekulvert, varför denna redovisas som ”ospecificerad” (Werner, 2011). Diagrammet visar att mest betongkulvert byggdes i början av 70-talet.

I Figur 3 redovisas samma förhållanden som i Figur 1 men uppdelat på olika sorters betongkulvertar. (Uppdelningen i cellbetongisolerad och mineralullisolerad betongkulvert görs inte i 1995-1997 års statistik, därför är dessa år inte redovisade i diagrammet).



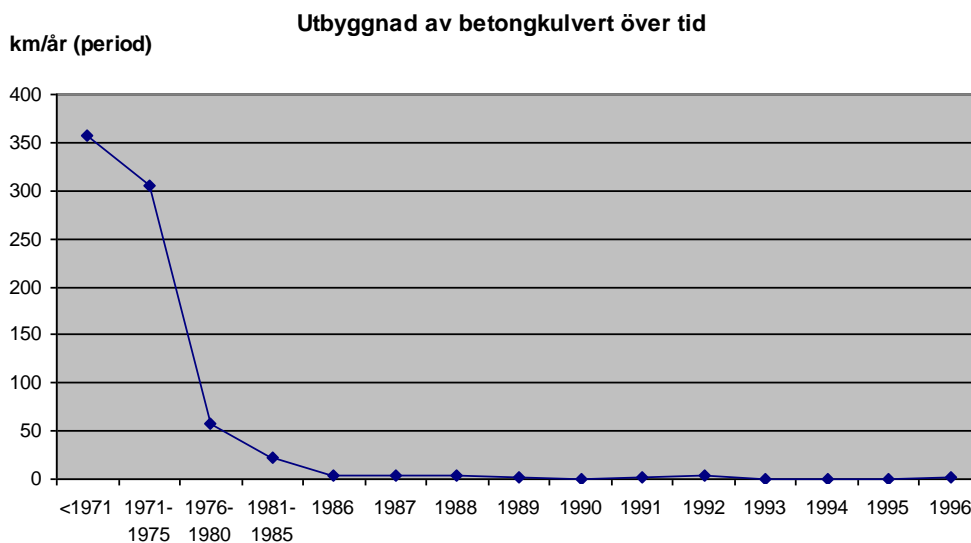
Figur 3: Längd och typ av betongkulvert som har rapporterats in till Svensk fjärrvärme.

Det som kan vara intressant att utläsa av diagrammet, trots inkonsekvensen i hur många värmeverk som har lämnat uppgifter, är att man kan se att det är de mineralullisolerade betongkulvertarna som är den vanligaste typen av betongkulvert, samt att det förefaller finnas en svag trend som tyder på att användningen av cellbetongisolerade kulvertar minskar i jämförelse med mineralullisolerade kulvertar. I Figur 4 redovisas betongkulvertarnas andel av den totala nätlängden, genom en sammanställning från uppgifterna i betongkulvertskadestatistiken.



Figur 4: Betongkulvertens andel av total nätlängd.

Diagrammet visar att andelen betongkulvert i fjärrvärmenäten procentuellt har minskat mellan åren 1983 och 1998. Detta beror på att det under 80- och 90-talet förekom en stor expansion av fjärrvärmenäten i Sverige, men att näten expanderade genom förläggning av andra kulverttyper än betongkulvert. I Figur 5 redovisas hur många kilometer betongkulvert som byggts över tid i Sverige (baserat på uppgifter från kulvertskadestatistiken från 1996).

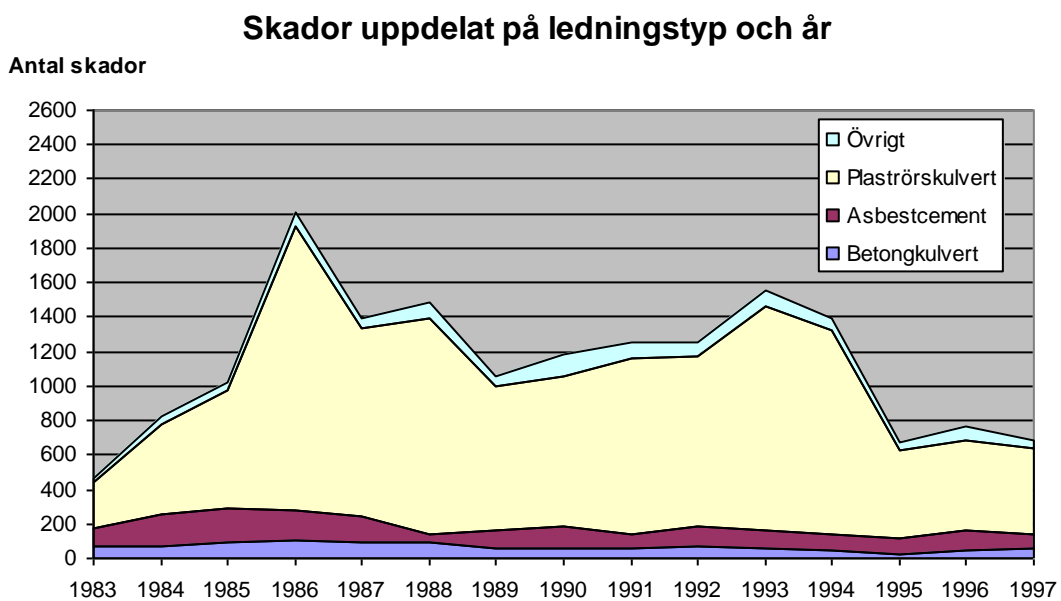


Figur 5: Betongkulvert i kilometer uppdelat på byggår.

Det kan konstateras att det förekommer mycket lite utbyggnad av betongkulvert i de svenska fjärrvärmenäten efter 1986. Detta betyder att betongkulvertar som finns i de svenska fjärrvärmenäten generellt sett är mellan 25 till 65 år gamla, eftersom de tidigaste fjärrvärmenäten började byggas i slutet av 40-talet.

2.3 Skador på betongkulvert

Med utgångspunkt från uppgifter i kulvertskadestatistiken förefaller inte betongkulvert vara mer skadebenägen än andra typer av kulvertar. I Figur 6 redovisas antal inrapporterade skador i skadestatistiken uppdelat på kulverttyp.

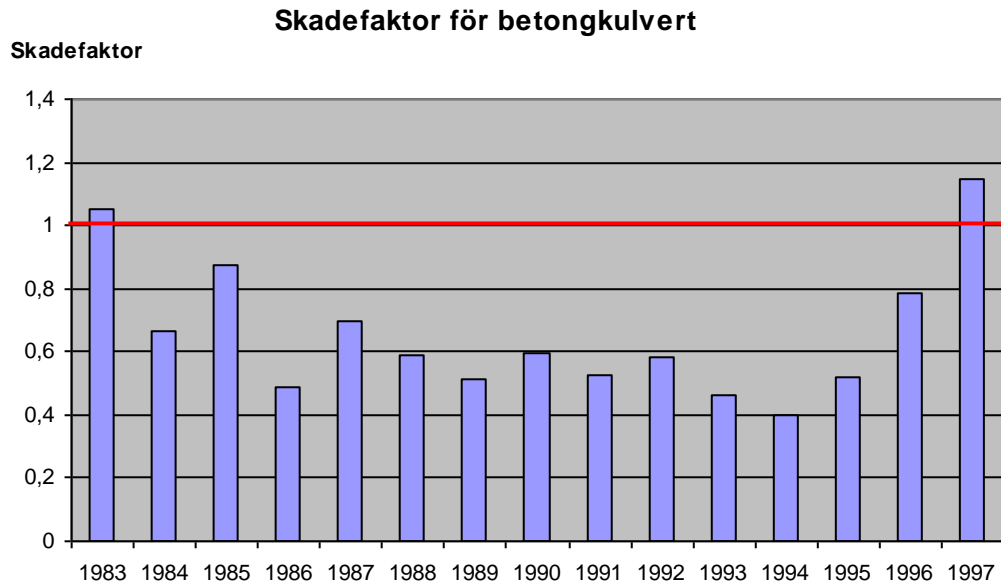


Figur 6: Antal inrapporterade skador i kulvertskadestatistik 1983 till 1997 uppdelat på olika kulverttyper.

Det kan konstateras att de flesta skadeanmälningarna i kulvertskadestatistiken mellan åren 1983 och 1997 rör plaströrskulvert³ totalt sett. De skador som rapporterats in som rör betongkulvertar följer en ganska jämn kurva, med något fler skador rapporterade mellan åren 1985-1988. Att plaströrskulvertarna ligger i topp i antalet skadeanmälningar beror naturligtvis mycket på att plaströrskulvertarna utgör en stor andel av kulvertarna i fjärrvärmenäten. För att få en mer rättvisande bild av hur skadedrabbade betongkulvertarna är i förhållande till andelen betongkulvert i nätet

³ Plaströrskulvert är den benämning som används i Kulvertskadestatistiken. Detta är detsamma som förisolerade plastmantlade rör av PE, PEX eller PEH.

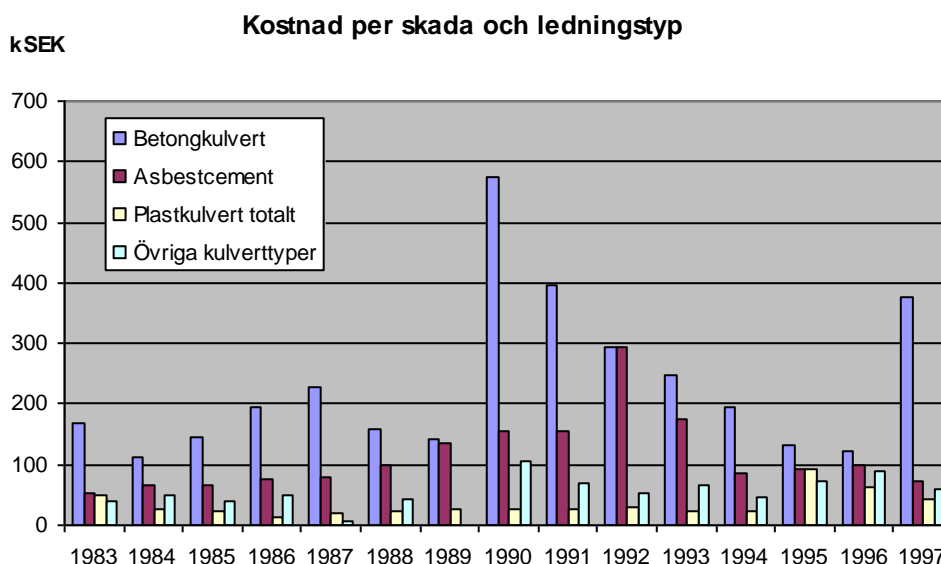
redovisas betongkulvertens skadefaktor som vi räknar ut genom att ta andelen betongkulvert av total nätlängd delat med andelen skador på betongkulvert av totalt antal inrapporterade skador. Resultatet rapporteras i Figur 7.



Figur 7: Betongkulvertens skadefaktor framräknad från data från kulvertskadestatistik mellan 1983 och 1997.

En skadefaktor på värdet "1" innebär att andelen inrapporterade skador på betongkulvert samvarierar med andelen längd betongkulvert som är inrapporterad i kulvertskadestatistiken. Om värdet överstiger "1" betyder det att skadefrekvensen för betongkulvertskador är högre än för det totala antalet kulvertar/fjärrvärmeledningar. Om värdet är under "1" är skadefrekvensen lägre än för det totala antalet kulvertar. Figuren visar att endast för två år – 1983 och 1997 – har betongkulvertar haft en högre skadefaktor jämfört med för det totala antalet kulvertar. För övriga redovisade år (tretton till antalet) har betongkulvertarna en lägre skadefrekvens jämfört med totalen. Det är dock viktigt att hålla i minnet att statistiken baserar sig på längdmeter. Om andelen betongkulvert istället hade redovisats i nätvolym av total nätvolym hade bilden säkerligen blivit en annan beroende på att betongkulvertarna ofta utgör stora dimensioner och utmatningspunkter i fjärrvärmenäten.

Ur kulvertskadestatistiken framgår även att reparationskostnaderna för reparation av inträffade skador på betongkulvert är relativt hög jämfört med för andra kulverttyper. En sammanställning av uppgifterna från de olika åren i kulvertskadestatistiken har gjorts för reparationskostnader på olika kulverttyper för år 1983-1997, se Figur 8.



Figur 8: Kostnad i KSEK per skada för olika kulverttyper.

Källa: Kulvertskadestatistik för år 1983-1997.

Sammanställningen visar tydligt att betongkulvertarna medför betydligt högre kostnader per skada jämfört med andra kulverttyper. Detta har naturligtvis att göra med att betongkulvertarna ofta utgörs av stora ledningsdimensioner, men också på grund av att arbets- och maskinkostnaderna är stora då det krävs ett stort arbete för att kunna komma in till medierören (t.ex. kan man behöva bila upp lock eller betongväggar, kulvertlocken går lätt sönder när man skall lyfta dem etc.).

Ledningsnätets livslängd påverkas både av den yttre och den inre miljön i fjärrvärmekulverten. Den inre miljön utgörs av fjärrvärmevattnets kvalitet, det inre trycket och temperaturen i ledningen. Råvattenkvalitet och vattenbehandling påverkar fjärrvärmevattnets egenskaper. Variationen i tryck och temperatur i ledningen påverkas av fjärrvärmeleverantörens driftsstrategier. Byte av tillsatser för att påverka vattenkvaliteten kan ha en rengörande effekt vilken tar bort beläggningar som i den tidigare miljön varit skyddande (Andersson et al, 1997). Med yttre miljö avses belastningar; dels den omgivande markens egenskaper, dels förändringar i belastningar och mark. Det blir således i samspelet mellan kulvert, omgivande mark och laster, som riskerna för skador uppstår. Kulvertens täthet och dess elasticitet utgör därför de mest intressanta egenskaperna för kulvertens beständighet, givet att materialen i kulverten inte undergår dramatiska förändringar under påverkan av värmevattnets temperatur. För att undvika korrosion i medierör av stål är det viktigt att isoleringen runt medieröret hålls torr. Betongkonstruktionen måste därför ha en god vattentäthet. En god dränering kring ledningsgraven kan hålla undan vatten och minska risken för vatteninträning då höljet eller någon skarv inte är helt vattentät (ibid).

Livslängden hos betongkulvertarna påverkas därmed således av såväl av mekanisk, som termisk och kemisk belastning.

2.4 Underhållsfrågor

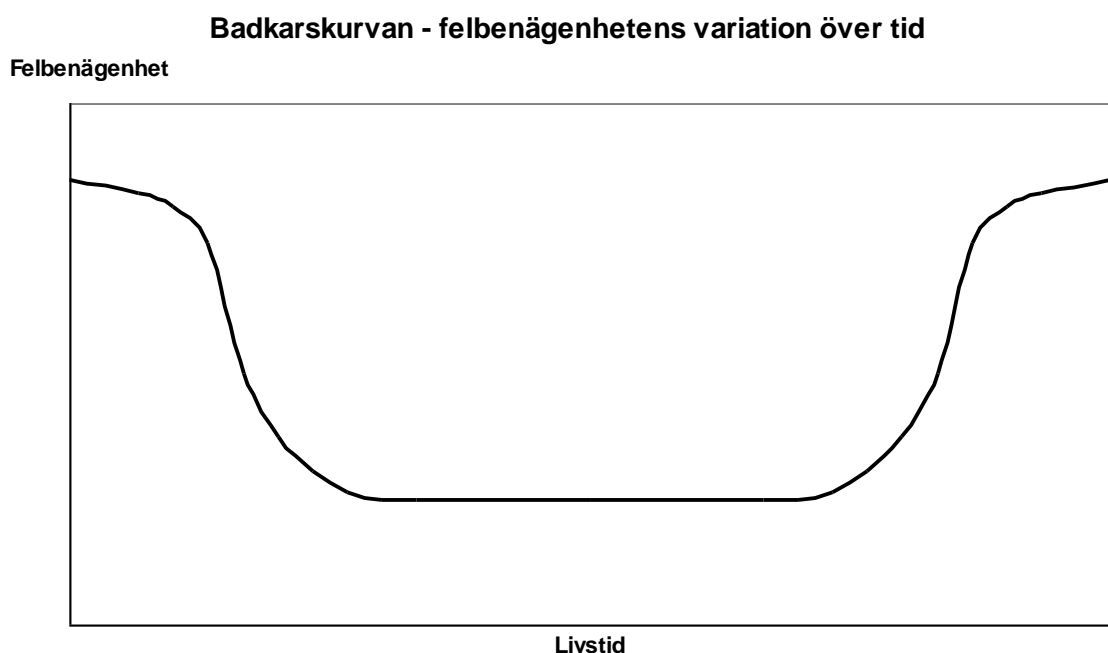
Driftsäkerhetsgenskaperna i fjärrvärmenäten bestäms av funktionssäkerheten, underhållsmässigheten och underhållssäkerheten. Funktionssäkerheten beskrivs av Andersson et.al. (1999) som ”enhetens förmåga att fungera utan funktionshindrande fel”. Underhållsmässigheten beskrivs som ”hur lätt det är att upptäcka, lokalisera och avhjälpa fel” och underhållssäkerheten beskrivs som ”organisationens förmåga att ställa upp med resurser för underhållet”. Dessa begrepp kan vara relevanta i analys av driftsäkerheten i betongkulvertar.

Ska man ha en kortsiktig eller långsiktig förnyelseplanering? Nordvärmes presidium beslöt 1991 att tillsätta en arbetsgrupp för ”underhåll och förnyelse i fjärrvärmenät”, som skulle samla, belysa och rapportera erfarenheter från de nordiska länderna över detta ämne. Denna arbetsgrupp menar att svaret på frågan är beroende av följande:

- hur avbrottskänsligt nätet är
- effektiviteten på drift- och underhåll
- kunskapen om vilka de potentiella skaderiskerna är och var de finns inbyggda, samt
- vattenkvaliteten

Gruppen ansåg att en kortsiktig förnyelseplanering kan anammas om det är mycket goda förhållanden i de fyra ovanstående punkterna. Med kortsiktig förnyelseplanering avser man att beslut om förnyelse tas < 2 år innan åtgärder effektueras, men långsiktig ≥ 2 år (Nordvärme, 1992). Frågan är hur fjärrvärmebolag resonerar kring sin förnyelseplanering då det gäller betongkulvertar idag? Har man en kortsiktig eller långsiktig planeringshorisont?

I Andersson, Molin och Pletikos, 1999, diskuteras om fjärrvärmeledningar ska ses som reparerbara eller icke reparerbara system, och om det utifrån detta är mest relevant att mäta felintensitet eller felbenägenhet för systemet. Deras slutsats är att fjärrvärmeledningen borde ses som begränsat reparerbart, eftersom det både måste gå att hitta felen och vara ekonomiskt motiverbart att åtgärda dem. När det gäller felbenägenhet varierar den över tiden, och ett vanligt sätt att beskriva denna variation är genom badkarskurvan, se Figur 9.



Figur 9: Felbenägenhetens variation över tid, den så kallade badkarskurvan.

Källa: Andersson, Molin och Pletikos, 1999.

Hypotesen bakom badkarskurvan är att felbenägenheten är större under en begynnelse- och en slutperiod, medan den är lägre under konstruktionens så kallade bästperiod. Bästperioden kan förlängas genom att den tekniska utvecklingen utnyttjas vid förnyelse och underhåll, men förr eller senare så kommer slutperioden då felbenägenheten ökar i takt med att konstruktionen går mot slutet av sin livstid.

Ett huvudproblem för fjärrvärmeföretagen blir då att försöka hitta de mest ekonomiskt optimala förhållandena för när utbyte av fjärrvärmeledningar ska ske. I tidigare forskning gällande underhåll av vattenledningsnät har man sett att en individuell lednings ålder inte är en användbar variabel för prognos för återstående teknisk livslängd. Det bästa prognosunderlaget har visat sig vara utvecklingen av skadefrekvensen (Bäckström & Gustavsson, 2005). Även om vi inte har kunnat hitta liknande resultat i litteraturen om underhåll i fjärrvärmenät, finns det många likheter mellan betongkulvertar i fjärrvärmenät och VA-ledningar. I ett examensarbete av Åsa

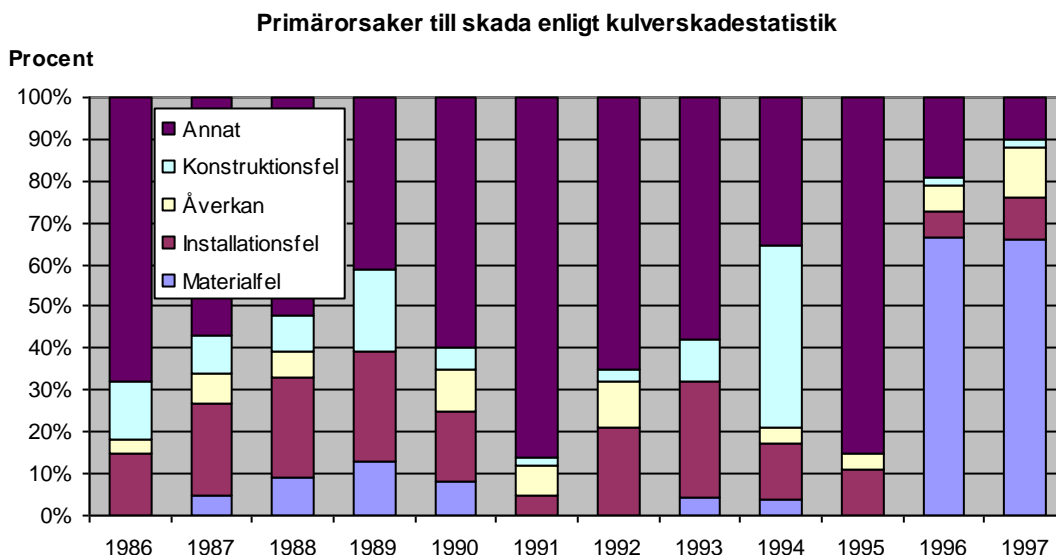
Åkerström vid Lunds Tekniska Högskola har en reinvesteringsmodell för befintligt fjärrvärmenät tagits fram. Parametrar som användes i modellen beaktar omgivningsförhållanden, skadestatistik, miljöpåverkan, leveranssäkerhet och ekonomi. För att testa modellen utfördes en fallstudie på två områden i Göteborg Energis nät. Resultaten från fallstudien visade att det inte fanns några sträckor inom områdena var ekonomiskt lönsamma att förnya. Författaren drar även slutsatsen att det förmodligen såg likadant ut på de flesta andra sträckor i nätet, men att reinvesteringstakten i nätet ändå behövde höjas då den var mycket låg (800 år) och att prioriteringar av förnyelse i nätet borde bygga på konsekvenser av skada, varför större ledningar borde ges prioritet och efter detta borde de mest ekonomiskt fördelaktiga bytena göras (Åkerström, 2004). Det kanske ska tilläggas att kundkostnader i form av badwill, utebliven försäljning med mera vid avbrott i leveransen inte beaktades i modellen.

2.5 Skador enligt kulvertskadestatistik

I Svensk Fjärrvärmes kulvertskadestatistik indelas primärorsaker till kulvertskador i följande kategorier (från Kulvertskadestatistik för 1986):

- Materialfel: Fel som rör skyddshölje, medierör, kompensatorer, ventiler och larm.
- Installationsfel: Fel som uppkommer vid hantering, medierörsarbete, skarvning av skyddshölje, markbyggarbete.
- Åverkan: Inre och yttre åverkan på kulverten genom omgivande miljö, grävskador etc.
- Konstruktionsfel: Till exempel att kulverten har försetts med bristfällig ventilation och dränering, att kulverten har en felaktig lutning eller att ledningen är lagd för nära kulvertbotten.
- Annat.

För att se vilken typ av skador som har rapporterats vara vanligast för betongkulvertar har en sammanställning gjorts för år där uppgifter funnits tillgängliga enligt ovanstående sätt att kategorisera primärorsaker. I Figur 10 redovisas vilka primära skadeorsaker som har rapporterats in mellan åren 1986 till 1997.



Figur 10: Primärorsaker till kulvertskador för alla typer av fjärrvärmekulvert.

Återkommande i upplagorna av kulvertskadestatistiken uppmärksammas att det är svårt att fastställa skadorsakerna i framförallt betongkulvert och asbestcementkulvert. Därför utgör kategorin ”annat” en stor andel i skaderapporteringen. Installationsfel utgör den vanligaste angivna orsaken för skador i betongkulvertar för de flesta av åren i perioden näst efter kategorin ”annat”. Materialfel och konstruktionsfel kommer därefter. För år 1996 och 1997 utgör materialfel primärorsaken till den största andelen skador. Detta år rapporterades dock mycket få skador, varför några få rapporteringar ger stort utslag procentuellt. Följande skadeorsaker omnämns i kulvertskadestatistiken vara vanliga vid skador på betongkulvert: Otät gjutning och otäta skarvar på skyddshölje, otäta lockskarvar, ledning lagd för nära kulvertbotten, bristfällig dränering och ventilation, otäta dilatationsfogar. Det uppges dock vara svårt att fastställa orsaken på inträffade skador för äldre betongkulvertar.

I Andersson, Molin & Pleitikos undersökning från 1999 konstaterades att ACE och cellbetong var de rörtyper som hade högst skadefrekvens i näten i Malmö, Uppsala och Västerås och att byggtakten under anläggningsskedet generellt tycktes ha större betydelse för skadefrekvensen än ledningarnas ålder.

3 INTERVJUER MED FYRA FJÄRRVÄRMEBOLAG

Första delen av projektet syftar till att sammanställa erfarenheter av underhåll av betongkulvertar i nät där sådan erfarenhet finns.

3.1 Metod

Fyra nät/fjärrvärmeföretag har deltagit i studien. De fjärrvärmenät som valdes ut var Göteborg, Helsingborg, Lund och Malmö. De kriterier som användes i urvalet var att näten skulle inkludera en inte oväsentlig andel betongkulvert, vilket indirekt innebär att fjärrvärmenätet måste ha uppnått en viss ålder. Vidare skulle de valda näten täcka in olika typer av betongkulvert, olika markförhållanden och gärna ligga i södra Sverige eftersom Del 2 i projektet från början planerades innefatta betongprover och projektgruppen skulle kunna med kort varsel kunna besöka platsen och utföra betongprover när någon kulvert grävs upp. För en närmare beskrivning av näten se kapitel 3.2.

Det angreppssätt som har valts för att för att sammanställa erfarenheter från betongkulvert i de fyra näten är intervjuer med personal som jobbar med underhållsfrågor på olika nivåer.

3.1.1 Urval av intervjupersoner

Intervjuer genomfördes med 13 personer, två till fyra personer i vart och ett av de fyra fjärrvärmenäten. Intervjupersonerna utsågs av bolagen själva utifrån de önskemål som projektgruppen lämnade. Projektgruppen hade sammanställt önskemål om intervjupersonernas kompetens/befattning utifrån att personer i olika delar av organisationen skulle kunna ha olika perspektiv på de uppsatta frågeställningar, samt givetvis att alla medarbetare kanske inte skulle kunna svara på alla frågor. De personer som efterfrågades som intervjupersoner var:

- En person i en beslutande befattning, med budgetansvar för underhåll, reparationer och byten. Det vill säga någon med kunskap om övergripande underhållsstrategi.
- En nättekniker eller motsvarande som har praktisk erfarenhet av underhåll, reparationer och utbyte av kulvert.
- En person mitt emellan ovanstående, som t.ex. sköter övervakning av larm, koordinerar projekt eller dylikt. Någon som kanske har andra perspektiv på frågorna än de ovanstående.
- Om möjligt, en äldre person som har stor kunskap om vilka förhållanden som rådde när betongkulvertarna byggdes. Eventuellt en pensionerad medarbetare som man fortfarande har kontakt med.

3.1.2 Genomförande av intervjuer

Intervjuerna genomfördes under perioden november 2010 och januari 2011 på plats hos respektive fjärrvärmebolag. Varje intervju genomfördes av två intervjuare, varav en förde anteckningar. Inspelning av samtalet gjordes också, som stöd för minnet och som en möjlighet till verifiering av anteckningarna. De olika intervjupersonerna vid ett och samma företag intervjuades under samma dag (med undantag för intervjupersonerna i Malmö). Detta underlättade i arbetet med att ställa rätt följdfrågor och få de olika intervjupersonernas svar att komplettera varandra, så att en så heltäckande bild som möjligt skulle kunna erhållas. Varje intervju tog mellan 1,5 och 2,5 timmar att genomföra.

Under intervjuerna användes en intervjumanual med 42 frågor som gicks igenom under intervjun. Manualen innehöll både faktafrågor om exempelvis de fysiska förhållandena i nätet, samt bedömningsfrågor där intervjupersonen fick ange sin egen åsikt. De flesta intervjupersonerna hade fått manualen i förväg för att kunna förbereda sig inför intervjun. För intervjumanual, se bilaga 1.

3.1.3 Analys av intervjuer

Intervjusvaren från de fyra näten sammanställdes i en matris i Excel under de olika intervjuteman som fanns i intervjumanualen. På detta sätt var det lättare att se mönster vid jämförelser av svaren från olika fjärrvärmebolag.

3.2 Medverkande fjärrvärmeföretag och deras nät

I följande avsnitt beskrivs de fyra fjärrvärmenät som medverkar i studien. Betongkulverten i dessa nät utgör ca 30 % av den betongkulvertlängd som rapporterades in till Svensk Fjärrvärmes kulvertskadestatistik fram till 1997, se kapitel 2.2.

3.2.1 Helsingborg

Tabell 1: Uppgifter om fjärrvärmenätet i Helsingborg.

Fjärrvärmebolag	Öresundskraft AB
Längd fjärrvärmenät	600 km
Längd betongkulvert, km	11 km
Andel betongkulvert av kulvertlängd	2 %
Andel av nätvolymen i betongkulvert	11 %
Lokalisering i nätet	Utmatningspunkter i centrala Helsingborg

Fjärrvärmenätet i Helsingborg började byggas 1963 och man byggde med betongkulvert fram till 1980. Betongkulverten består av U-kulvert med 2,5 meter långa lock, med isolerplatta på undersidan. Platsgjuten betong finns, men

prefabricerad är vanligare. Medierören är vanligtvis isolerade med mineralull och upplagda på en betongklack eller stålstöd. Över skarvar finns en asfaltlinda. Betongkulvert finns i storlekar mellan DN400 och DN700.

Platsgjuten betong kan vara av varierande tjocklek, ibland är den extra tjock. På vissa ställen har man upptäckt att betong fyllts på punktvis i en kulvert så att avståndet mellan botten och medieröret är väldigt litet. Då detta har varit i slutet av en backe kan en möjlig orsak till att man gjort så här vara att man vill stoppa upp flödet vid en eventuell läcka.

Markförhållandena i Helsingborg är stabila, med jord, lera, sand, hall och utfyllnadsmassor som underlag. Höjdskillnaderna inom staden är stora. Man har inga problem med sättningar.

3.2.2 Göteborg

Tabell 2: Uppgifter om fjärrvärmenätet i Göteborg

Fjärrvärmebolag	Göteborg Energi AB
Längd fjärrvärmenät	1163 km
Längd betongkulvert, km	95 km
Andel betongkulvert av kulvertlängd	8 %
Andel av nätvolymen i betongkulvert	27 %
Lokalisering i nätet	Större ledningsdimensioner, utmatningspunkter

Fjärrvärmenätet i Göteborg började byggas 1953, men i nätdelar som övertagits från fastighetsbolag kan även kulvertsträckor från sent 1940-tal finnas. Betongkulverten består av platsgjuten kulvert med U-profil, med lösa kittade lock på de äldsta sträckorna och helgjutna lock på de nyare sträckorna. Delfogarna ligger normalt med ett c/c på 15 meter. Isoleringen består vanligen av mineralull eller cellbetong. Göteborg Energi var sena på att sluta bygga betongkulvertar. Byggnation har fortgått fram till 90-talet.

För kulvertsträckor som har tagits över från fastighetsbolag förekommer betongkulvert med skiftande profiler, många gånger av betydligt sämre kvalitet än de som byggts i egen regi. Det är generellt tunnare betongväggar och lock, och en del lock är till och med utan armering.

Markförhållandena i Göteborg är varierande, med mycket lera och berg. Höjdskillnaderna är stora. Leran är mycket sättningsbenägen, och vatten hålls kvar i leran istället för att rinna undan som vid många andra marktyper. Vissa kulvertsträckor i Göteborg har varit kringfyllda med sjösand.

På grund av risken för sättningar har man ibland varit tvungen att använda pålade konstruktioner vid övergången mellan lera och berg, och även i övergången mellan kammare och kulvert. Även en gjuten platta under kulverten som ska ta upp lasten har använts, men detta är ett dyrt sätt bygga på.

3.2.3 Lund

Tabell 3: Uppgifter om fjärrvärmenätet i Lund.

Fjärrvärmebolag	Lunds Energikoncernen AB
Längd fjärrvärmenät	339 km
Längd betongkulvert, km	10 km
Andel betongkulvert av kulvertlängd	3 %
Andel av nätvolymen i betongkulvert	5 %
Lokalisering i nätet	Centralt, ej i utmatningspunkter

Lunds fjärrvärmenät började byggas 1963, och 1970 övergick man från betongkulvert till preisolerade plastmantlade rör. Det finns inte längre betongkulvert i några utmatningspunkter. Mycket av betongkulverten i nätet är av storleken DN175.

Det finns i princip två typer av betongkulvertar i Lunds fjärrvärmenät: helgjuten kulvert, samt U-kulvert med lösa lock, ca 1 meter långa. I den helgjutna kulverten är medierören separatisolerade med mineralull, omsvepta av korrugerad plast och vilar direkt på kulvertens botten. Vid skada på helgjuten kulvert får kulverten sågas eller bilas upp. I kulverten med lösa lock vilar medierören på röstöd, och ovanpå rören har tjärpapp lagts ut för att skydda rören vid inläckage. Locken är försedda med ett ytskikt ovanpå.

Marken består mest av lerjord och grus, och upplevs som mycket stabil. Man har inga problem med sättningar, och har aldrig haft några sprickor i betongkulverten. Däremot har man haft en del problem med otätheter i lockfogar till kammare. Höjdskillnaderna inom staden är stora.

3.2.4 Malmö

Tabell 4: Uppgifter om fjärrvärmenätet i Malmö.

Fjärrvärmebolag	E.ON Värme AB
Längd fjärrvärmenät	620 km
Längd betongkulvert, km	120 km
Andel betongkulvert av kulvertlängd	19 %
Andel av nätvolymen i betongkulvert	40 %
Lokalisering i nätet	Utmatningsledningar, centralt i staden

Fjärrvärmenätet i Malmö började byggas 1951. Betongkulverten i Malmös nät består av en blandning av platsgjuten och prefabricerad kulvert av olika modeller, allt beroende på generationen. Andelen cellbetongkulvert är stor. All betongkulvert är täckt på ovansidan med ett tätskikt bestående av asfalt och en tätande matta. De

största och viktigaste utmatningsledningarna är byggda som betonglådor, i DN700. I de centrala delarna av staden finns mycket betongkulvert.

Markförhållandena är goda i Malmö, och består generellt av lermorän eller friktionsjord som är fast och inte sättningbenägen. Dock finns områden med utfylld mark där jordlagren är lösare. På vissa ställen ligger grundvattennivån högt, med risk för inläckage av vatten i kulverten som följd. Nivåskillnaderna inom staden är små.

3.3 Analys och resultat av intervjustudie

3.3.1 Beskrivning av problem med betongkulvert

Det framkommer i intervjuerna att det åtminstone inte i nuläget är åldrande betong som vittrar sönder som är problemet. Där betongkulvert har fått ligga stabilt i marken och under torra förhållanden är betongen i regel i gott skick och det finns en tro på att konstruktionerna kan hålla i många år framöver.

Problemen med betongkulvertkonstruktionerna uppstår när vatten på något sätt tränger in i kulverten och gör medierör eller andra komponenter av stål fuktiga eller blöta. Då uppstår förr eller senare alltid korrosionsangrepp som med tiden leder till läckor, eller på annat sätt påverkar kulvertens funktion negativt. Då betongkulvertarna inte är besiktningbara upptäcks inte problemen i tid. Att frilägga betongkulverten för att öppna den och besiktiga den uppfattas vara en alltför dyr metod för att man skall vilja nyttja sig av denna. Grävningskostnaden utgör den avsevärt största delen av kostnaden i ett sådant förfarande. Betongkulvertarna är dessutom ofta placerade i centrala delar där grävning stör trafik och vardaglig verksamhet. Det enda som är besiktningbart av betongkulvertarna är gångbara kulvertar och kammare. Gångbara kulvertar är rätt så ovanliga, endast Malmö och Göteborgs nät har kortare sträckor av gångbara kulvertar. Besiktningar av betong, medierör och stag kan göras i nedstigningsbara kammare. Från kamrarna finns det möjlighet att se in kulverten en liten bit.

Dagens preisolerade rör är utrustade med fuktlarm som är inbyggt i konstruktionen och följer med när man lägger ned ledningarna i jorden. Betongkulvertarna byggdes innan fuktlarm börjat användas i fjärrvärmesammanhang och därför är det mycket svårt att upptäcka inläckage i betonghöljet förrän inläckaget har orsakat hål i medierören och fjärrvärmevatten läcker ut. Därför upptäcks skador på betongkulvert oftast inte förrän det, så att säga, redan är för sent och läcka har uppstått.

3.3.2 Vanliga skador

Vilka skador som är vanligast på betongkulvertar utgår i stor utsträckning från hur kulverten är uppbyggd i det aktuella nätet, och vilka omgivningsförutsättningar som gäller.

I Göteborg är sättningsskador i alla former samt läckage genom dilatationsfogar och de följdskador som kommer av detta de absolut vanligaste skadorna. I Malmö däremot har man inga problem med marksättningar, och eftersom kulverten är täckt

av ett tätskikt är fogarna inte lika kritiska som i Göteborg. Istället är de största problemen här att upplag, infästningar och kompensatorer rostar sönder i kulvertar som av någon anledning vattenfyllets. Konstruktionen av kulverten är helt enkelt sådan att det är svårt att få den helt torr när den en gång fyllets med vatten. Även i Lund, där man har helgjuten kulvert, är inträngande vatten ett stort problem. Där tror man dock att vattnet främst kommer från inläckage i kamrarna. Eftersom rören ligger direkt på botten av kulverten suger isoleringen till sig vatten och medierören blir blöta, med korrosionsskador som följd.

Det kan konstateras att vissa betongkulvertkonstruktioner har fler nackdelar än andra. Eftersom byggtekniken med betongkulvertar inte längre används vid förläggning av fjärrvärmeledning är det snarare förvaltandet av den kulvert som redan finns nedlagd som ligger i fjärrvärmebolagens intresse, inte att hitta ett bättre sätt att bygga betongkulvertar på. Oavsett typ av konstruktion behöver fjärrvärmeföretagen förhålla sig till och ta hand om den kulvert som ligger. Möjligen kan det vara så att fjärrvärmebolagen anstränger sig mer för att byta ut de sämsta kulverttyperna så fort som möjligt.

När vi bad intervjupersonerna att peka ut vilka delar av betongkulverten som är mest skadebenägna, och vilka punkter i nätet som anses vara svaga punkter så varierade svaren en del. En anledning kan vara att skadorna på betongkulvert inte är särskilt många till antalet ens i de stora näten.

I Malmö räknar man att det uppstår 30 - 50 läckor totalt i hela nätet. Av dessa utgör skador i betongkulvert omkring 10 %, det vill säga 3-5 läckor om året för närvarande. Betongkulvertarna är därmed mindre skadebenägna än andra ledningar i Malmös nät. Dock är det så att följderna av skador i betongkulvertar är betydligt allvarigare då de utgörs av stora dimensioner i strategiska punkter i nätet.

I Göteborg uppgavs inga direkta siffror på hur mycket skador på betongkulvert som årligen inträffar. Generellt säger intervjupersonerna att cellbetongisolerade sträckor eller hålkulvert i betong som byggts med dåligt betongrecept utgör ett visst problem. Eternitkulvertar ser man som ett större problem där det framförallt finns problem med att bultarna i muffarna rostar sönder.

I Helsingborg har man hittills varit ganska förskonade från skador på betongkulverten, men lockskarvarna nämns vara det främsta problemområdet. Endast tre skador på betongkulvertar har upptäckts (cirka en skada vart femte år). 98 % av läckorna i Helsingborg kommer från servis- och fördelningsledningar i villaområden.

I Lund är inte förekomsten av läckor särskilt stor, men man anger att det är just på betongkulvertar som man har haft sina största läckor.

Med en eller som mest några tiotal skador per år är varje skada något av en individuell företeelse, en följd av specifika förhållanden som råder på en viss kulvertsträckning. Detta är troligen orsaken till att de intervjuade gav ganska skilda svar på vad det är för delar i betongkulverten som är mest skadedrabbade. Någon angav kammaren som mest skadedrabbad, någon annan skarvarna i locket och ytterligare någon skarven mellan kammare och kulvert.

Vad som ska definieras som skada på betongkulvertar är också någonting som kan diskuteras. Med skadefrekvens avses ju vanligen, både här och exempelvis i Svensk

fjärrvärmes skadestatistik, frekvensen av skador på kulvert som orsakar läckor på medierören. När det gäller betongkulvert är skada på medieröret ofta fråga om en sekundär skada som ibland har uppstått långt efter den primära skadan skett på betong, kammare, upphängning eller dylikt.

Följdskador av en initial skada är i många fall det som verkligen orsakar problem för betongkulverten. Det är när vatten kommit in i kulverten som korrosion på upphängningar, upplag, kompensatorer och medierör börjar uppträda. När en kulvertsträckning har blivit dränkt återfår isoleringen aldrig sina gamla egenskaper. Istället sjunker den ihop, tappar isolerförmåga och faller av rören i större eller mindre omfattning. Med tillräcklig ventilation torkar den upp hyfsat, även om det tar lite längre tid för isoleringen på returledningen än på framledningen. I Malmö rapporterar man dock om en hel del problem med att isoleringen inte torkar mellan medierör och upplag, utan att fukten står kvar där med korrosion på medieröret precis i upplagspunkten som följd. Detta betyder att om en skada har inträffat och en kulvertsträckning blivit dränkt i vatten så leder detta till följdskador som oftast uppstår inom en tioårsperiod.

Skador på betäckningar är en skada som uppstår frekvent i de undersökta näten, speciellt på sådana som ligger i vältrafikerade gator. Då de lätt upptäcks och åtgärdas är det dock sällan som detta leder till skada på medieröret och därmed fjärrvärmeläckage.

Rena åldersrelaterade skador har man knappt stött på i de undersökta näten, i alla fall inte när det gäller betongkonstruktionen. Alla konstaterar att betong som ligger torrt i princip är i nyskick även om det gått både 40 och 50 år sedan den förlades. Dilatationsfogar verkar dock vara mindre åldersbeständiga och utgör därför den känsligaste delen på kulverten i samband med sättningar. Framförallt i Göteborg pågår det en hel del arbete med omkittning av gamla fogar. Även stålet i exempelvis upplag, upphängningar och kompensatorer anges bli mer åtgångna av åldern än betongen, vilket kan bero på materialfel, utmattning i materialet eller att det är en fuktig miljö i kulverten som medför korrosion.

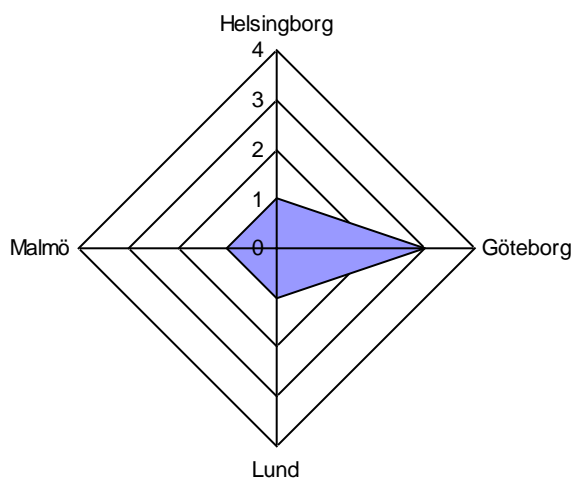
En viktig aspekt som togs upp är att man i många nät har fortsatt att lägga betongkulvert under en ganska lång period (i Göteborg finns till och med kortare sträckor förlagda under tidigt 90-tal). Denna nyare betongkulvert kan därför inte förmodas vara i slutet av sin livslängd, vilket borde minska skadefrekvensen för betongkulvertar i Göteborgs nät.

3.3.3 Skadeorsaker

Vid intervjuerna ombads intervjupersoner i varje nät att göra en bedömning av hur vanliga eller ovanliga olika typer av skadeorsaker är i deras specifika nät. För att ge en jämförande bild av hur man har resonerat i de olika näten redovisas svaren i polära diagram där siffran 1 i diagrammet motsvarar svaret ”mycket ovanligt”, siffran 2 ”ganska ovanligt”, siffran 3 ”ganska vanligt”, och siffran 4 ”mycket vanligt”. Det är viktigt att hålla i minnet att de skador som hittills har uppkommit är relativt ringa till antalet och att svaret ”mycket vanligt” fås ses mot bakgrund av de få skador som

rapporterats i näten. I diagrammen motsvarar en stor area att skadeorsaken är vanligt förekommande. I Figur 11 redovisas hur intervjupersonerna har svarat när det gäller sättningar i mark.

Marksättningar



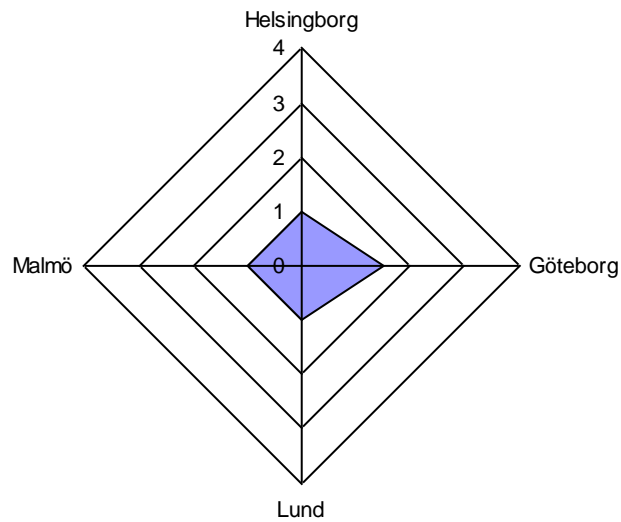
Figur 11: Värdering av skadeorsaken sättningar i mark.

I Göteborg, som har mycket lera, upplevs sättningar vara en starkt bidragande orsak till de skador som har uppstått på betongkulvert i nätet, framförallt i övergångar mellan berg och lera. Betongkulvertarna klarar statisk last mycket bra, men däremot inte dynamiska laster. Höga trafiklastar över betongkulvertar i sättningsbenägen mark är därför ingen lyckad kombination.

Lund, Helsingborg och Malmö har betydligt bättre grundförhållanden med jordarter som lermorän och friktionsjord och här upplever man inte heller problematiken med sättningar som ger upphov till sprickor i kulvertarna.

I Figur 12 redovisas värdering av problematiken med olämplig återfyllning.

Olämplig återfyllnad

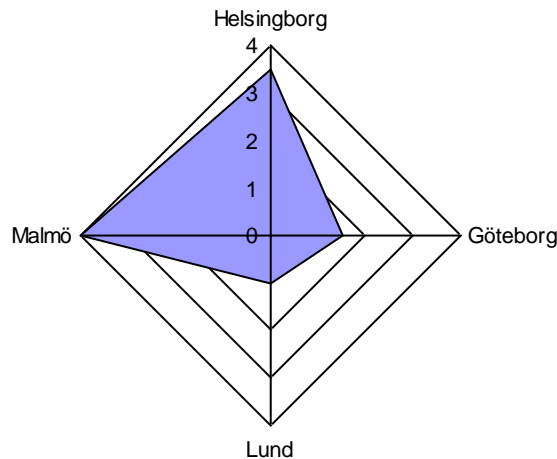


Figur 12: Värdering av skadeorsaken olämplig återfyllnad.

Problemet med olämplig återfyllnad uppmärksammas i någon grad i Göteborg där vissa kulvertsträckor har varit kringfyllda med sjösand, vilken har samma effekt som salt, det vill säga orsakar vittring i betong och korrosion i betongens armering.

Yttre åverkan är en annan skadeorsak som värderats och resultatet redovisas i Figur 13.

Yttre åverkan



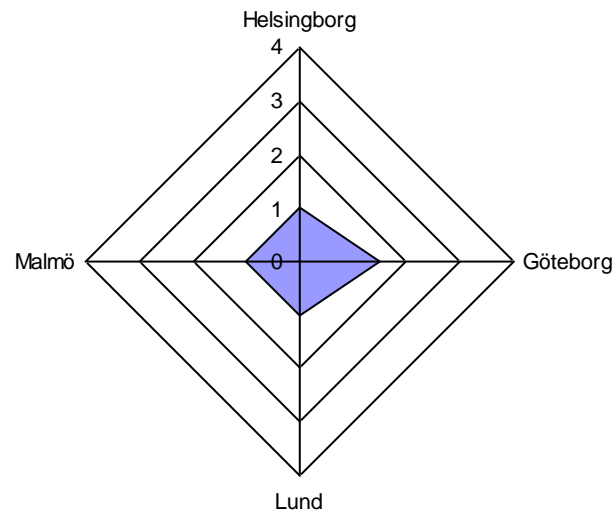
Figur 13. Värdering av skadeorsaken yttre åverkan.

I Malmö har man haft problem med VA-läckor eller grävskador som inte rapporteras. Betongkulvertarna i Malmö är täckta med ett tätskikt av asfalt och en tätande matta på ovansidan locken. Grävskador som repar tätskiktet kan orsaka att fukt tränger in i kulverten, fukt som med tiden orsakar korrosion på stålkonstruktioner och medierör i kulverten. Eftersom förloppet kan ta månader eller år är det svårt att veta när grävskadan kom till. Antagligen uppfattar inte den som orsakar grävskadan att skadan med tiden orsakar stora problem och därför rapporteras detta aldrig in till fjärrvärmebolaget. Helsingborg har liknande erfarenheter.

I Göteborg har man negativa erfarenheter av skador på betongkulvert som uppstår när andra entreprenörer arbetar i kulvertens närhet, till exempel av sättningsskador på grund av schaktande och sprängningar, men också rena grävskador. Det har även hänt att kulvertlock har knäckts om tunga maskiner belastat marken ovan kulverten. Även montering av vägskyltar kan orsaka skador på betongkulverten. I Helsingborg misstänker man att en läcka har orsakats av en stolpe till en skylt som man av okunskap borrar fast i kulvertlocket.

Lund har inga erfarenheter av skador i betongkulvert på grund av yttre åverkan. Detta skulle eventuellt kunna förklaras av att betongkulverten i Lund inte har lösa lock och att de innehåller mycket betong och att de därmed är en mycket stabil konstruktion. Lund upplever därför inte heller att trafiklaster över kulverten skulle vara ett problem. Möjligtvis kan trafiklast ge upphov till sprickor i lock på kammare som kan leda till inläckage. Figur 14 behandlar otäta svetskarvar i medierör.

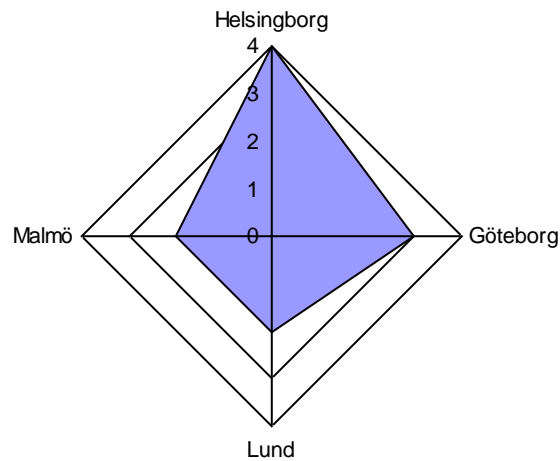
Otät svets skarv i medierör



Figur 14. Värdering av skadeorsaken otät svets skarv i medierör.

Som tidigare konstaterats utgör inte medierören den svaga länken i betongkulverten. Det är först vid inläckage som medierör rostar och går sönder. Själva medierören har annars en mycket lång livslängd så länge de får ligga torrt. Otäta lockskarvar, se Figur 15, är en relativt vanlig orsak till skador i betongkulvert, skador som är svåra att upptäcka innan det är för sent.

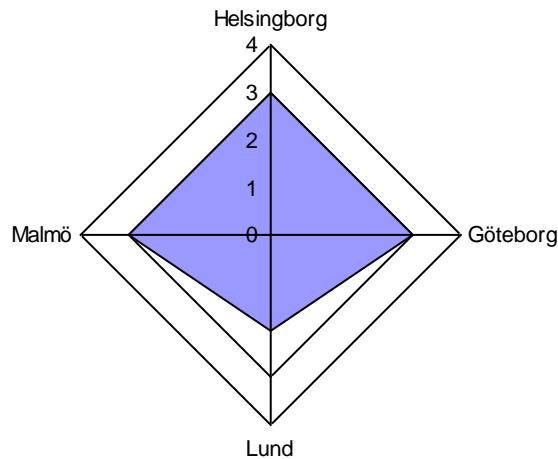
Otät lockskarv



Figur 15. Värdering av skadeorsaken otät lockskarv.

Som nämndes tidigare rör det sig ofta om skador på tätskiktet där sådant finns. Annars kan problemet vara att det tätningsmaterial som använts i lockskarvarna har åldrats, vittrat och försvunnit. I Lund upplevs problemet mest på kammarnas lock. I Figur 16 redovisas en bedömning av problem med otät betäckning.

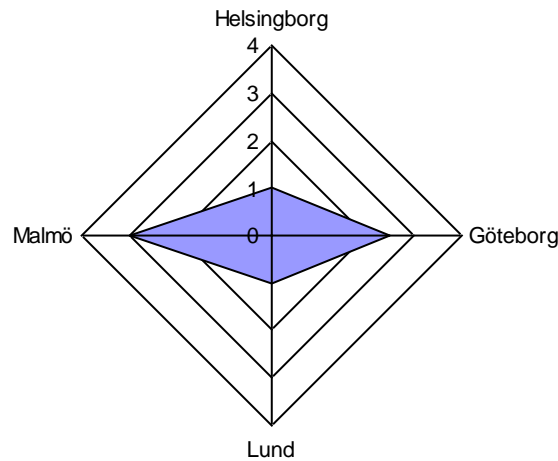
Otät betäckning



Figur 16. Värdering av skadeorsaken otät betäckning

Betäckning/däxel är benämningar på det lock som skyddar installation i gata (till exempel mätpunkter) eller ett lock till nedstigningsbar brunn. Att däxellock slits och vibrerar av trafiklast är ett mycket vanligt bekymmer. Däxellock ovan kammare kan ge upphov till att fukt kommer in och förstör miljön i kammaren. Vid olämplig placering över medierör kan även förekomma punktvis korrosion då vatten droppar in från otäta betäckningar, eller när brunnslock öppnas för nedstigning. Flera av fjärrvärmeföretagen uppger att de har försökt hitta nya, bättre betäckningar, till exempel med innerlock och med dräneringsrör som kan kopplas till tömningsbrunn. Vid lösningar där dräneringsrör kopplas till tömningsbrunn är det viktigt att kopplingen görs på rätt sätt så att vatten inte kan komma in i kammaren bakvägen genom brunnen.

Otät rör genomföring

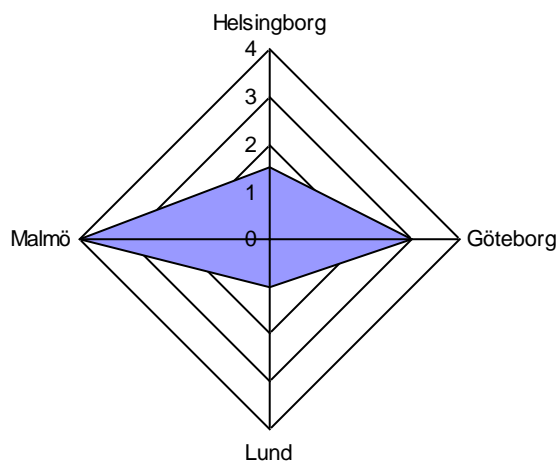


Figur 17. Värdering av skadeorsaken otät rör genomföring.

I Figur 17 visas resultaten av skadeorsaken otät rör genomföring. I Malmös nät upplevs rör genomföring kunna vara ett problem i kammare, till exempel murgenomföring och kabelgenomföring. I Göteborgs nät förekommer problemen framförallt vid övergång till eternitkulvertar genom att materialet i gummimuffarna åldras och försämras med tiden.

Dränering är viktig för att leda bort vatten från kulverten, så att kulverten inte står i vatten som letar sig in i eventuella hålrum. Figur 18 visar hur de intervjuade personerna i de olika näten resonerar kring skador orsakade av bristfällig dränering.

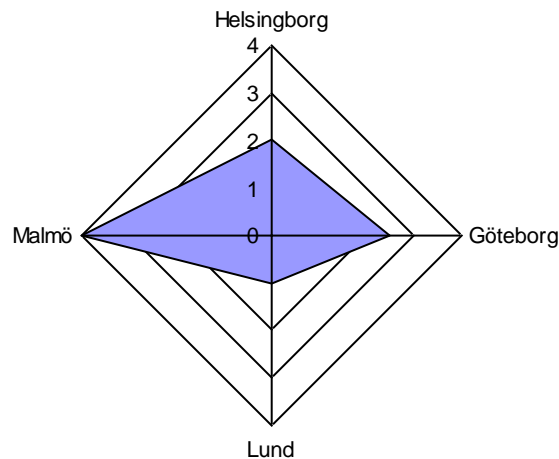
Bristfällig dränering



Figur 18. Värdering av skadeorsaken bristfällig dränering.

I Malmö kontrolleras inte dräneringen och därför har man inte kunnat göra någon bedömning av skadeorsaken. Man har dock kommit fram till att detta är en problempunkt och att man därför borde försöka spola med vatten för att kontrollera att dräneringen fungerar. Detta får inte vara för kostsamt. Efter en skada 2004 kontrolleras dock dränering i dykare (rörlösning som går som ett U under jord under hinder, t.ex. under vattenkanal) och för dykare som ligger under grundvattennivå finns pumpar installerade. Vissa betongkulvertar i Malmös nät har inte utrustats med dränering, vilket får anses vara ett fel vid byggnationen. Även i Helsingborg uppges att man inte vet hur det egentligen ser ut och ligger till med dräneringen. I Göteborg har man vid läckor som orsakats av trasiga dilatationsfogar upptäckt att det ofta är dräneringen som har satt igen sig. Här slamsugs brunnarna emellanåt. Även om bristfällig dränering inte är själva skadeorsaken kan det poängteras att bra dränering kan vara en åtgärd som kan hjälpa till att förlänga kulvertens livslängd. Figur 19 nedan redovisar hur intervjupersonerna värderar skadeorsaken bristfällig ventilation.

Bristfällig ventilation



Figur 19. Värdering av skadeorsaken bristfällig ventilation.

Malmö: Ventilationen i kammare skall kontrolleras vid rondering, men det har varit lite si och så med detta. Detta är en punkt i checklistan vid tillsyn som borde förbättras. Det händer att ventilationsrören används som papperskorg av allmänheten vilket täpper till luftflödet om inte skräpet rensas bort. Det finns ingen bra utrustning för att rensa ventilationsrören i dagsläget. En lösning skulle kunna vara att man gjorde ventilationsrörens översta del möjlig att montera av, men det finns förstås en risk att de tas bort eller vandaliseras då.

I Helsingborg har man problem med ventilationen i kulvertar i trafikerade gator där ventilationsrören har fått placeras väl långt bort. Man arbetar med att förbättra ventilationen.

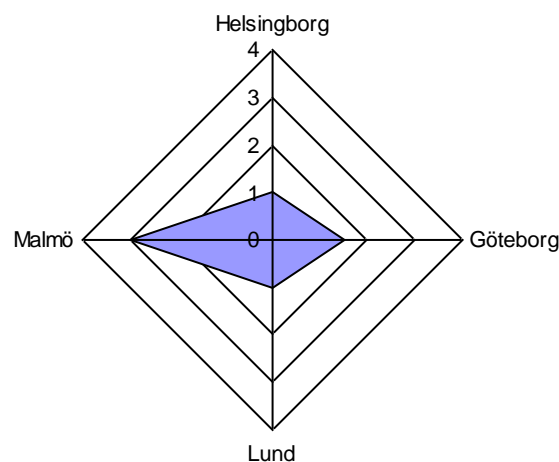
I Göteborg är det vanligt med brister i ventilationen i sekundärnät som övertagits av Göteborg Energi och som i allmänhet håller en lägre kvalitet än de betongkulvertar som Göteborg Energi själva har byggt. Ett avsågat ventilationsrör visade sig vara den troligaste orsaken till en större läcka i Partille.

De helgjutna betongkulvertarna i Lund ger inte mycket utrymme för luft att strömma igenom, vilket får till följd att om en kulvert av någon anledning blir dränkt så är det mycket svårt att få bort fukten. Dessa kulvertar måste därför troligtvis bytas inom ett par år efter dränkningen. Skadeproblematiken för de helgjutna betongkulvertarna liknar därför den som finns med cellbetongkulvertar.

Ventilationen är också något som kan gå sönder efterhand och det uppstår ett antal ventilationsfel varje år då tilloppsventilen går sönder. Efterhand har man sett vilka ventiler det är som är skadebenägna.

Betongkulvertarna byggs med kammare i lågpunkter så att vatten kan samlas i kammaren. På grund av sättningar eller konstruktionsfel kan lutningen vara för dålig eller till och med felaktig, vilket gör att vattenansamlingar kan bli stillastående i kulverten eller rinna åt fel håll. Figur 20 redovisar hur värderingen av denna skadeorsak gjordes av intervjupersonerna från de fyra näten.

Felaktig lutning på kulverten

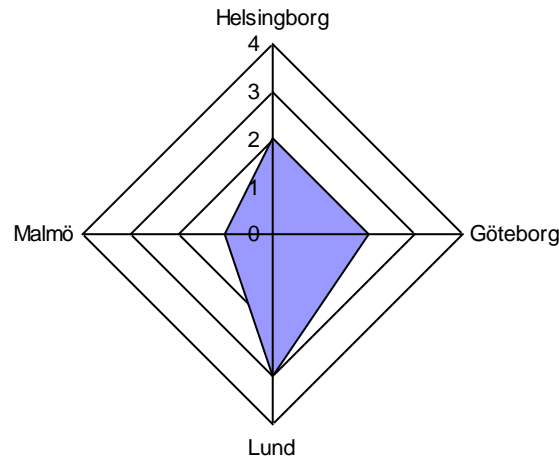


Figur 20. Värdering av skadeorsaken felaktig lutning på kulverten.

I Malmö uppger man att det finns problem som byggts in när kulverten förlades, till exempel stigningar som byggts för att komma förbi hinder. Dessa konstruktionsfel åtgärdas inte förrän läcka uppstår och man måste gå in i kulverten. Kulvert med felaktig lutning uppgraderas i riskanalysen som ligger till grund för prioriteringen för underhåll och reinvestering i nätet. Inte heller i Göteborg gör man något åt felaktig lutning förrän risken för skada är överhängande. Här förekommer också att kulvertarnas lutning kan förändras i och med sättningar i marken. I Helsingborg och Lund upplever man inte någon problematik kring kulvertarnas lutning.

En annan skadeorsak som uppkommer genom en mindre lyckad design av betongkulvertar är om medierören placerats alltför nära kulvertbotten och på så sätt lättare kommer i kontakt med vatten vid inläckage. Ofta är betongkulvertarna konstruerade så att medierören är placerade på upplag av stål eller en betongklack. Det finns också exempel där medierören hänger i olika typer av upphängningsanordningar. Men i vissa fall har medierören placerats på kulvertens botten eller mycket nära botten, vilket väsentligen ökar risken för korrosion. Erfarenheterna från de fyra näten beskrivs i Figur 21.

Ledning lagd för nära kulvertbotten



Figur 21. Värdering av skadeorsaken ledning lagd för nära kulvertbotten.

Lund har en sådan konstruktion på sina betongkulvertar att detta utgör ett problem vid inläckage. I Göteborg upplevs inte detta vara ett vanligt problem. I övertagna nät kan problemet ibland förekomma. Helsingborg har hittills inte upplevt att detta skulle vara ett problem, men anser att det finns en risk att det skulle kunna uppstå problem om det ligger skräp i botten på kulverten och att vatten då kan dämmas upp. I Malmö är medierören antingen upplagda på upplag av stål eller upphängda genom upphängningsanordning i kulvertens tak. Upplagen tar dock ofta stryk om det kommer in fukt. Då ligger fukten ofta kvar mellan upplaget och medieröret vilket på sikt leder till korrosion på medieröret.

Det kan också förekomma rena materialfel, till exempel kvaliteten på betongen eller på isoleringen. I Göteborg har man sett problem i vissa kammare. Övertagna nät har ofta sämre kvalitet på både kulvert och kammare. Kulvertar av en viss årgång har varit mer skadebenägen på grund av dåligt betongrecept. I Malmö har man funderingar på att plocka ut skadestatistik för vintergjutning som skett före 1974, för att se om det finns något som tyder på att klorider har blandats in i betongen.

I Lund hade man problem med någon ledning som bara höll i 3-4 år på grund av att isoleringsskålarna som skulle användas för att isolera medierören hade legat ute och blivit fuktiga. I tron på att isoleringen skulle torka av värmen från medierören användes den fuktiga isoleringen, vilket straffade sig ganska snabbt.

Montagefel kan också förekomma, men upplevs inte vara något stort problem i de fyra näten. Dyliga fel bör dessutom tillhöra barnsjukdomarna i distributionsnätet, varför de redan bör vara åtgärdade då betongkulvertarna är relativt gamla.

Sammanfattningsvis kan konstateras att den inre miljön i betongkulverten som utgörs av fjärrvärmevattnets egenskaper (råvattenkvalitet och vattenbehandling), samt de driftmönster som orsakar förändringar i temperatur och tryck, inte verkar utgöra en

reell skadeorsak i betongkulvertarna. I Malmö framfördes att man hade gjort en studie som pekade på att medierören har en livslängd på flera hundra år.

3.3.4 Riskanalys

De fyra olika fjärrvärmeföretagen arbetar på olika sätt med riskanalyser när det gäller leveranssäkerheten i fjärrvärmenätet. Även andra risker har bearbetats, till exempel arbetsmiljö, brand, intrång mm, men detta ligger utanför denna rapport.

I Helsingborg har man gjort riskanalys utifrån olika scenarier, för att studera följderna av att en skada sker på en viss ledning. Däremot har inga prioriteringar gjorts på underhållssidan utifrån utfallet av denna riskanalys. Man arbetar i dagsläget just med riskanalys på fjärrvärmenätet.

I Göteborg arbetar man med ett differentierat underhåll, med olika tillsynsintervall på olika punkter i nätet utifrån riskklassningen som gjorts för punkten i fråga. Riskklassningen baseras i stor utsträckning på ledningsdimensionen. När en övergripande riskanalys gjordes 2005 gav denna en vidimering av att riskklassningen av underhållspunkterna var rätt enligt klassning från ansvarig myndighet.

I Lund har riskanalys och riskklassning gjorts utifrån ledningarnas betydelse. Riskanalysen har inte använts för att differentiera underhållet eller för att byta ut ledningar i för tid, det vill säga innan en läcka har skett.

I Malmö har man dels gjort en övergripande riskanalys för hela fjärrvärmenätet, dels arbetat mycket med sektionering i nätberäkningsmodeller för att på så sätt få fram var det kan finnas leveranssäkerhetsrisker. I nuläget håller man på att testa och utvärdera riskbedömning genom det datorprogram där kulvertdata hanteras (Facil +), där en klassisk riskbedömning baserad på sannolikhet och konsekvens görs för varje enskild ledningssträckning.

Det som är intressant med arbetet med riskanalyser avseende leveranssäkerheten i nätet är att många av de frågor som ingår i en riskanalys är just de som detta projekt handlar om: vilken status har kulverten nu och framöver, vad händer om en läcka sker och på vilket sätt kan eventuella risker sänkas? Utifrån dessa centrala frågeställningar kan man vidare ställa sig frågorna om en säker metod för statusbedömning av betongkulvert är en förutsättning för att kunna göra en bra riskanalys, eller om det är så att en väl utförd riskanalys kan hjälpa till i arbetet att förvalta betongkulvert på ett bra sätt trots att dess status inte är till fullo känd?

3.3.5 Skadeupptäckt

För att kunna utveckla ett bra sätt att övervaka funktionen i nätet är frågan om hur skador upptäcks en intressant fråga. Intervjupersonerna i de fyra näten har fått gradera hur vanligt det är att skador på betongkulvertar upptäcks på följande olika sätt:

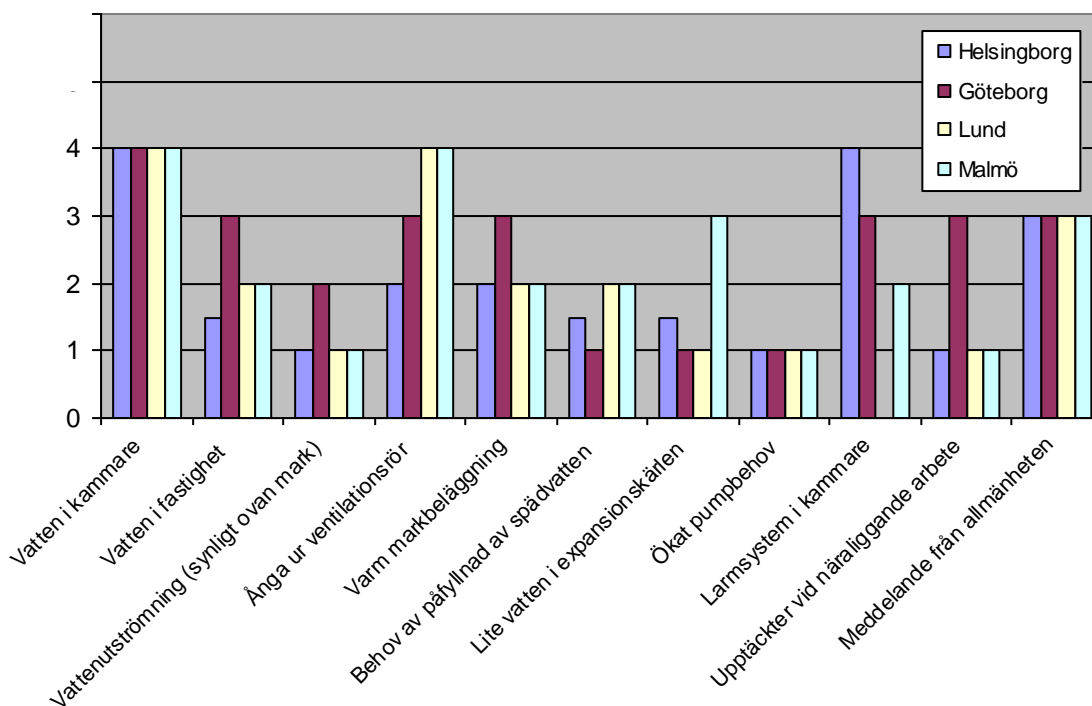
- Vatten i kammare
- Vatten i fastighet
- Vattenutströmning (synligt ovan mark)
- Ånga ur ventilationsrör

- Varm markbeläggning
- Förluster av fjärrvärmevatten som upptäcks antingen genom behov av påfyllnad av spädvatten, att vattenmängden i expansionskärlen är liten, eller ett ökat pumpbehov
- Larmsystem i kammare
- Upptäckter vid näraliggande arbeten
- Upplysninger från allmänheten

Graderingen låg mellan 1-4 där 1 står för mycket ovanligt sätt att upptäck skador på, 2 för ganska ovanligt, 3 för ganska vanligt och 4 för mycket vanligt. Resultaten redovisas i Figur 22.

Värdering av sätt att upptäcka skador

Gradering



Figur 22. Bedömning av olika sätt att upptäcka skador på betongkulvert på.

Att man upptäcker att det står vatten i kammare är det vanligaste sättet att upptäcka skador på betongkulvert på. Detta upptäcks vid periodisk rondering av kammare eller genom larm som finns installerade i kamrarna. Långt ifrån alla kammare är dock utrustade med nivåvippor eller fuktlarm. I Helsingborg är det bara ett fåtal kammare som är utrustade med nivåvippor. Däremot har man ett fuktindikeringsystem (ASIS).

Detta är dock inget direktlarm, utan fjärravläses med bil ca 9 gånger om året. I Göteborg är många kammare utrustade med nivåvippor, dock inte i övertagna nät. I Lunds nät finns sedan 2011 nivåvippor installerade i så kallade signalövervakningskammare, 20 st.. I Malmö är vissa kammare utrustade med nivåvippor, andra inte. I ett nytt initiativ har 25 kammare utan anslutning med signalkabel utrustats med nivåvippor och temperaturmätning, inklusive GPRS-utrustning. I kammarna vill man i Malmö gärna ha online-mätning i större utsträckning. Nätet får ett annat liv då, jämfört med de ögonblicksbilder man får vid rondering.

Själva betongkulvertsträckorna är inte utrustade med trådlarm eller fukt kabel. Detta har förstås att göra med att dylika övervakningssystem inte fanns vid tiden när betongkulvertarna förlades. Hade denna byggmetod använts idag hade fuktlarm med all säkerhet ha byggts in i systemet. Att dra in fuktlarm i redan befintliga betongkulvertar är svårt på grund av att avstånden mellan kammare kan vara ganska långa och att risken för att fastna på vägen är stor. Detta är något som har diskuterats i Göteborg och Helsingborg. I Göteborg anser man dock att det är för dyrt, men i Helsingborg planerar man faktiskt för att försöka få in larmtråd på en sträcka med betongkulvert. Man har här tagit fram en larmtråd som har vävts in i ett band som man hoppas kunna dra igenom kulvertsystemet utan att behöva öppna på alltför många kulvertlock. Man är dock orolig för hur systemet kommer att uppträda i betongkulvert då där kan finnas en relativt hög fuktighet. Farhågorna är att systemet blir alltför känsligt. Men detta återstår att se.

Ånga ur ventilationsrör bedöms vara ett ganska vanligt sätt att upptäcka skador på. Detta kan upptäckas vid rondering, men ofta är det allmänheten som rapporterar in. Skador på betongkulvert kan även upptäckas genom att marken ovanför är varmare på grund av att utläckande fjärrvärmvatten värmer upp marken ovan kulverten. Då betongkulverterna är hålrumskulvertar innebär detta dock att vatten, åtminstone i kulvertar där ett flöde är framkomligt, rinner ner i lågpunkter där förhoppningsvis kammaren finns belägen. Därför blir den ökade temperaturen inte så stor som om vattnet hade förhindrats från att rinna vidare. Det förekommer dock att läckor upptäcks på detta sätt, framförallt vid frost eller tunt lager nysnö som smälter lokalt vid sådana ställen. Att läckande vatten kan ta sig fram i kulverten gör även att fastigheters källare kan få in fjärrvärmvatten vid läckage om det är hålrumskulvertar ända in till fastigheten (behöver inte vara betongkulvertar utan kan även vara andra typer av hålrumskulvertar såsom till exempel asbestcementkulvert). Vatten i fastighet bedöms inte vara ett vanligt sätt att upptäcka skador på betongkulvertar på, men det förekommer.

Att vattnet forslas undan bidrar också till att det inte är särskilt vanligt att skador på betongkulvertar ger utflöden av fjärrvärmvatten som syns ovan mark, även om detta förekommer åtminstone vid större läckor.

Förluster av fjärrvärmvatten betyder att det finns läckor i nätet. För att kompensera för läckor i nätet behöver nätet fyllas på med spädvatten och om spädvattenmatningen följs upp tillräckligt frekvent på produktionssidan kan detta utgöra ett visst underlag för bedömning av nätets funktion. Svårigheter föreligger

dock förstås att veta var läckorna finns i nätet, vilket gör detta till ett trubbigt instrument. Uppföljning av spädvattenmatningen sker på olika sätt och med olika frekvens i de olika näten. I flera av näten upplever man att det ibland är svårt att förstå avvikelser i rapportering från produktionen.

I Malmö följer man till exempel upp spädvattenmatningen genom granskning av fjärravlästa spädmatningssignaler med spädmatning till och från näten och manuella avläsningar. Uppföljning görs även i det dagliga arbetet genom att driftansvariga övervakar nivåer i ackumulatortankar i nätet och larmar om det blir problem med låga nivåer eller att hålla trycket på nätet. Det finns dessutom en beräknad läckagesignal kopplat till ett larm som larmar när det beräknade läckaget gör över ett visst värde.

Mängden vatten i expansionskärlen och ackumulatortankar kan också ge en indikation på läckor i nätet. I små nät finns det bättre förutsättningar att använda detta sätt för att indikera läckor. I Malmö anger man att detta kan fungera i sekundärnät, men knappast i primärnätet. Förändringar på grund av läckor döljs av naturliga volymförändringar som uppstår vid temperaturförändringar i nätet. Finns ackumulatortank i nätet försvåras analysen ytterligare.

Ett ökat pumpbehov är också en mycket svag indikator på läckor i nätet. I Malmö uppger man att man snarare ser förändringar genom att vattnet i ackumulatortanken börjar ta slut.

Upptäckter av läckor vid näraliggande arbeten bedöms vara ett mycket ovanligt sätt att få reda på skador i betongkulvert genom. Endast Göteborg har svarat att detta är ett ganska vanligt sätt att upptäcka läckor på.

Sammanfattningsvis kan konstateras att skador på betongkulvertens ytterhölje upptäcks först när det även har uppstått skador på medierören som orsakar läckor, det vill säga när man redan står inför fullbordat faktum.

3.3.6 Skaderapportering och dokumentation

Som nämnts tidigare samlade Svensk Fjärrvärme in skadestatistik fram till 2003 och den skadestatistik som finns tillgänglig i rapport form finns endast för åren 1982 till 1997. De företag som då rapporterade in skador följde alla samma standard på rapporteringen. Det är oklart om alla de fyra undersökta näten rapporterade in sina skador. Hur skadestatistik förs idag skiljer sig emellertid en del mellan de fyra näten.

Malmö har den mest detaljerade skadestatistiken. Uppgifter om varje skada, t.ex. kulverttyp, omfattning, trolig orsak, lokalisering och åtgärder samlas in och lagras i kulverthanteringssystemet (Facil +). Man sparar också fotodokumentation. Skadestatistiken är enligt uppgift mer detaljerad än den som Svensk Fjärrvärme samlade in.

I Göteborg dokumenterar man också skador i fråga om berörd kulverttyp, typ av skada och genomförda åtgärder. Statistiken är dock inte på den detaljnivå som när rapportering till Svensk Fjärrvärme skedde.

I Helsingborg samlar man statistik om uppkomna skador i en pärm, och sedan tio år tillbaka har man försökt att vara mer noggrann än tidigare med att dokumentera vilka åtgärder som utförts vid varje skada.

I Lund registrerar man också i Facil + var skador har skett. Orsaken till skadan anges däremot inte, eftersom man anser att det är för svårt att avgöra.

Det är intressant att iaktta skillnaderna mellan skaderapportering mellan de olika näten. Å ena sidan är varje enskild skada en individuell företeelse, och de åtgärder man vidtar anpassas efter förhållandena på den plats där skadan uppstod. Å andra sidan är uppkomna skador, hur man hanterat dessa samt den resulterande kulvertstatusen en av få möjligheter som finns att faktiskt lära sig och ta tillvara på kunskapen om betongkulvert och dess skademekanismer. Det ter sig lite märkligt att man inte är mer intresserad av att ta denna chans. Det är också anmärkningsvärt att Svensk Fjärrvärme inte längre är intresserade av att samla in statistik om skador i de svenska fjärrvärmenäten. Analys av ett sådant material borde kunna ge en mängd information om såväl status på näten som sätt att hantera olika uppkomna skador.

3.3.7 Bedömning av status och livslängd

Generellt bedöms livslängden på betongkulvert av samtliga intervjuade till 50-100 år, men samtidigt är intervjupersonerna överens om att den faktiska livslängden helt beror på vilka omgivningsförhållanden som finns runt kulverten. Kulvert som får ligga torrt, med bra grundförhållanden klarar sig bra under mycket lång tid.

En synpunkt som framförts är att kulvertens kvalitet och livslängd till stor del bestäms vid byggtillfället. Välbyggd kulvert håller länge, medan byggfel ofta visar sig inom åtminstone 20-30 år. Därmed borde dessa fel vid det här laget vara upptäckta. Å andra sidan så kan en felbyggd kulvertsträckning som ligger torrt och skyddat överleva mycket länge. Det är först med ändrade omgivningsförhållanden som skadorna uppstår. På det sättet går det inte att vara säker på att alla inbyggda fel har upptäckts bara för att lång tid har gått sedan kulverten byggdes.

Utan att gräva upp betongkulverten är det svårt att göra en bedömning av skicket. Företagens erfarenheter av olika typer av analyser som testats för viss statusbedömning redovisas i Tabell 5 till 8.

Tabell 5. Erfarenheter av olika analysmetoder i Helsingborgs nät.

Betonganalyser	<i>Bara okulärt i kammare</i>
Ultraljudsprovning av korrosion i stålrör	<i>Har testat metoden på ACE-kulvert 2006, men inte i betongkulvert. (Force technology - long range.) Kom kanske 25 m innan det tog emot. Därför testade vi inte i betongkulvert. Vi tyckte inte att metoden fungerade speciellt bra. När vi testade på känd skada, så upptäcktes inte detta. Så fort det finns stag, fixar och dylikt så kommer man inte längre. Finns det flera läckor på samma sträcka så kommer man bara till den första.</i>
Vattenanalyser	<i>Om vi anser att det behövs när vi gör våra serviceronder så gör vi det.</i>
Analys med UV-lampor för att spåra pyranin	<i>Ja, vid servicerond .</i>
Temperaturmätning/termografering	<i>Vi har egna värmekamror och kör i 2 års-cykler. Flygtermografering har vi inte prioriterat då detta är dyrt.</i>
Förändring av fjärrvärmenätets vattenvolym	<i>Ja, dygnsvis koll på spädvatten, men det är mycket som gör resultatet svårtolkat på grund av ackumulatortanken. Vi kan se en tendes när det gäller volymen i expansionskärlet vid stora volymer. Pumparbetet har vi inte sett något på.</i>
Fiberoptik	<i>Vi har försökt både med robotbil och med stavar (Olympus var nog företaget). Har kommit max 30 meter ACE-kulvert med stavar, sedan böjer de sig. Vi kan inte se så mycket på grund av för dåligt ljus. Har köpt i en väldigt kraftig ficklampa, men det hjälper inte.</i>
Andra analysmetoder	<i>Skulle vilja installera fuktlarm i betongkulverten. Har därför beställt larmtråd som används vid preisolerade rör, men istället vävt in larmtråden i tygband. Hur man ska få in larmtråden utan att öppna upp är nästa fråga. Här har vi genererat flera idéer t.ex. att skjuta armborst, att använda sig av illrar eller liknande för att dra med dig larmtråd, laser. Vi har till slut hittat en motor som matar fram en skruvanordning genom hålrummen. Denna har klarat att komma fram bland viss bråte i kulverten.</i>

Tabell 6: Erfarenheter av olika analysmetoder i Göteborgs nät

Betonganalyser	<i>Vi gör egna okulära besiktningar där vi kommer åt att se, men skickar inte iväg för analys</i>
Ultraljudsprovning av korrision i stålrör	<i>Har provat någon enstaka gång. Erfarenheten är att mätningen inte är helt reliabel eftersom den inte mäter över hela rörväggen. Istället försöker man tjockleksmäta där man kommer åt.</i>
Vattenanalyser	<i>Nej. Att det är fjärrvärmevatten som läcker upptäcks istället genom att man har tillsatt pyranin i fjärrvärmevattnet.</i>
Analys med UV-lampor för att spåra pyranin	<i>Alla på underhållsavdelningen har en UV-lampa, så detta är ett vanligt förfarande.</i>
Temperaturmätning/termografering	<i>Dels har man egna värmekameror som man tar med ut för att söka läckor. Även om termografering kan vara lite svårare vid betongkulvertar då värmen utjämnas i kulvertens hålrum. Sedan har hela nätet termograferats från luften för tre år sedan. Detta gav en mycket bra information.</i>
Förändring av fjärrvärmenätets vattenvolym	<i>Produktionen tittar på detta. Det är bara vid snabba avvikelser som vi får larm.</i>
Fiberoptik	<i>Har testats, men bedöms som en dålig metod då man bara kommer åt ett par meter innan rörstöd, kablar, rester från byggnation och nedrasad isolering tar emot. Vi har en liten manick som vi sticker ned i brunnarna.</i>
Andra analysmetoder	<i>Vid förvärv av nät eller samarbete i andra nät så provtrycker vi ledningarna för att få reda på status. Vi provtrycker både små och stora sträckor. Om man tappar i tryck så är detta en indikation på läcka, men man måste ha erfarenhet av att läsa av tryckkurvan för att kunna avgöra vad som är normalt och vad som kan tyda på läcka. Andra metoder är att använda spårgas för att hitta läckor. Om betongkulverten har jord runtomkring kan man också prova att fylla vatten runt kulverten och se om det läcker in och rinner till kammaren i lågpunkten. Detta går dock inte att göra om det är t.ex. asfalt eller husväggar i närheten.</i>

Tabell 7: Erfarenheter av olika analysmetoder i Lunds nät

Betonganalyser	<i>Nej</i>
Ultraljudsprovning av korrision i stålrör	<i>Vi gjorde ett prov för kanske 10-15 år sedan med tjockleksmätning, men den mätte ju inte hela ytan. Det fungerade dåligt.</i>
Vattenanalyser	<i>Man gör ibland vattenanalyser i någon kammare. Nu har vi pyranin, villket gör att det syns för blotta ögat.</i>
Analys med UV-lampor för att spåra pyranin	<i>Ja</i>
Temperaturmätning/termografering	<i>Vi kör en tredjedel av nätet varje år med bil. Nu planerar för att göra flygtermografering, och att göra detta vart femte år.</i>
Förändring av fjärrvärmenätets vattenvolym	<i>Får månatlig rapport. Sedan har vi ett diagram där vi ser varje dag hur mycket vatten som går ut per dag. Så vi ser ju ganska snabbt om det har kommit en läcka eller någonting.</i>
Fiberoptik	<i>Har haft funderingar på att prova, men det har inte blivit så. Istället använder vi den här korrelationsmetoden.</i>
Andra analysmetoder	

Tabell 8: Erfarenheter av olika analysmetoder i Malmös nät

Betonganalyser	<i>CBI har tittat på en gångbar kulvert. Man gjorde en okulär besiktning. Fann att det finns vissa läckor, men man såg inget alarmerande.</i>
Ultraljudsprovning av korrosion i stålrör	<i>Ja. Det har gjorts av ÅF Control. Tjockleksmätning i kammare. I E.ON:s nät i Örebro testas long range ultraljudsmätning (teletestmetoden). Metoden har använts med viss framgång när man har velat statusbedöma vid övertagande av nät.</i>
Vattenanalyser	<i>Prover tas ut regelbundet, där man testar på ett antal faktorer: pH-värde, järn, pyraning, salter.</i>
Analys med UV-lampor för att spåra pyranin	<i>UV-lampor finns i servicebilen. Fjärrvärmevatten som ej är uppblandat kan man se med blotta ögat.</i>
Temperaturmätning/termografering	<i>Följer temperatur via ett övervakningssystem. Att använda värdena för viss statusbestämning skulle kanske vara teoretiskt möjligt, men svårt. Termografering används, men när det gäller betongkulvert är det svårt att se något eftersom värme sprider sig i hålrumskulvertar.</i>
Förändring av fjärrvärmenätets vattenvolym	<i>Drift och underhåll har daglig koll. Med hjälp av sektioneringar kan man ringa in problemet. Man har utvecklat en modell för att ta bort variation som uppstår genom "normala" temperaturförändringar i nätet.</i>
Fiberoptik	<i>Har ej använts</i>
Andra analysmetoder	<i>Rondering, okulär besiktning. Funktionstest av nivåvippor. En anställd håller på med ett projekt med övervakning av betongkulvertar.</i>

Från tabellerna framgår att endast i besiktningsbara delar av betongkulverten har själva betongens status kontrollerats okulärt, till exempel i kammare och i gångbar kulvert. När man på grund av konstaterade läckor är tvungen att gräva upp kulverten brukar man även försöka kontrollera hur kulverten runt om skadan ser ut det. I många fall konstaterar man att kulverten ser välbevarad ut.

Försök med ultraljudsprovning för att tjockleksmäta medierören har provats i alla de fyra näten. Generellt sett har man ganska dåliga erfarenheter av denna metod, vars begränsningar är att räckvidden inte är så lång då stag, upplag och annat gör så att signalen reflekteras tillbaka. Mätningen upplevs inte vara helt reliabel då den inte mäter över hela rörväggen.

Vattenanalyser görs för att analysera om vatten i kulvert eller kammare kommer från inläckage av grundvatten eller från utläckage av fjärrvärmevatten. Samtliga nät har tillsatt pyranin i fjärrvärmevattnet, varför det numera brukar vara ganska lätt att avgöra om vattnet kommer från in- eller utläckage. UV-lampor används också för att upptäcka spår av pyranin vid rondering av kammare.

Termografering används för att hitta värmeförluster i alla fyra näten och fjärrvärmebolagen har själva investerat i utrustning som används för periodisk analys. Göteborgs Energi har god erfarenhet från flygtermografering av hela nätet. I Lund har man också planer på detta. Öresundskraft i Helsingborg anger att man tycker att

flygtermografering är för dyrt. Istället kör man med bil och värmekamera vartannat år.

Produktionssidan håller dygnsvis koll på om det sker några större avvikelser när det gäller fjärrvärmevattnets volym, framförallt genom kontroll av hur mycket spädvatten som går åt. Det upplevs som olika svårt att värdera informationen man får om spädvattenbehovet. I mindre nät är det lättare och där det inte finns ackumulatortank. I Malmö har man tagit fram en modell för att ta bort den variation som uppstår genom normala temperaturförändringar i nätet.

Fiberoptik har testats i Helsingborg och Göteborg. Man har på olika sätt försökt nå längre in i kulverten genom att sticka in stavar. På detta sätt har man i Helsingborg lyckats nå in ca 30 meter innan stavarna böjer sig i försök på asbestkulvert. Men även om man nådde in en bra bit i kulverten var det svårt att se något på grund av bristande belysning. Både i Helsingborg och i Göteborg har även försök gjorts med hjälp av robotbilar. Problemet är att bilarna stoppas av bråte i kulverten, såsom nedfallen isolering, byggrester och så vidare, samt stag och andra fasta delar i kulverten.

Utöver föreslagna metoder anger Göteborgs Energi att man vid förvärv eller i samarbete med andra nät provtrycker ledningarna för att bedöma deras status. Man har även använt sig av spårgas för att hitta sprickor i kulvertarnas betonghöljen. På vissa sträckor där betongkulverten har legat i parkmark har man också provat att spola med vatten runt kring ledningen för att se om det läcker in vatten genom ytterhöljet som sedan rinner ner till kammaren i lågpunkten. En sådan översköljning fungerar inte i närheten av fastigheter eller i gata.

I Helsingborg planerar man ett försök med att lägga in fuktlarm i befintlig betongkulvert. Hur detta skall gå till är inte helt klart, men man arbetar på att finna en lösning.

Det kan konstateras att någon regelrätt och genomgående utredning av betongkulvertarnas status inte har genomförts i något av näten. Den kunskap man har om de nedgrävda betongkulvertarna är det man har sett vid okulära besiktningar vid inspekterbara punkter, av statistik över skadebenägenhet, och riskanalyser som har gjorts. Det finns därmed ingen säker kunskap om betongkulvertens status i de fyra näten (därav intresset för detta projekt!) Ovissheten gäller all kulvertsträcka som man inte kan inspektera.

I samtliga nät har man antagit en filosofi med en reaktiv strategi som går ut på avhjälpande underhåll. Det är först när skada konstateras som man gör något. Alternativet, att aktivt gräva upp och kontrollera betongkulvert anses vara för dyrt. Dessutom är man rädd för att orsaka skador vid uppgrävningstillfället. Det finns dock en generell oro för att statusen på icke inspekterbara delar av betongkulverten skall vara dålig, eftersom detta i så fall utgör en betydande risk för leveranssäkerheten i fjärrvärmenätet, då betongkulvertarna ofta är förlagda i utmatningsstråk och utgör viktiga ledningar med större dimensioner i nätet.

I Lund har man gjort ett visst avsteg från filosofin då man har som målsättning att inom en inte alltför avlägsen framtid bygga bort alla betongkulvertar. Framförallt vill man komma bort från användningen av kammare, vilket man inte använder med dagens sätt att lägga fjärrvärmeledningar. Kamrarna ses framförallt som ett arbetsmiljöproblem och man har tagit som principbeslut att inte gå ned i alltför trånga kammare. Det är framförallt risken för skällning och risken för legionella som man vill undvika. Lund är det nät som har minst betongkulvertar i förhållande till nätets längd av de fyra näten. Ledningar ligger inte i utmatningsstråk och utgör inte heller de största dimensionerna i nätet. Därför innebär detta avsteg från filosofin inte en lika stor kapitalinsats som i övriga nät. Samtidigt ska man dock inte glömma att riskerna för stora leveransavbrott på grund av skador på betongkulvertar mindre i Lund än i de övriga näten.

På frågan om hur ändrade omgivningsförhållanden påverkar kulvertens livslängd tar flera av intervjupersonerna upp ökade trafikklaster. Betäckningar som ligger i hårt trafikerade gator håller ofta inte särskilt länge, och i flera nät har man tätare inspektionsintervall vid kammare som ligger där trafiklasterna är stora. Ingen rapporterar att trafiken har medfört skador, men det finns en oro för att trafiken ska orsaka sprickbildningar i betongen som leder till inläckage av vatten som på sikt ger följskador på medierören. Sådana följskador kan ju upptäckas först långt efter att skadan uppstått i betonglådan.

3.3.8 Läcksökning

Då strategin kring betongkulvertar i de fyra näten främst ligger på att avhjälpa redan uppkomna skador är läcksökning en viktig del av underhållet. I Tabell 9 redovisas vilka metoder av läcksökning som används i de fyra näten.

Tabell 9. Läcksokningsmetoder som används i de fyra näten.

Sökmetoder	Helsingborg	Göteborg	Lund	Malmö
Sektionering med avstängning av ventiler	<i>Ja, det har vi gjort tidigare. Fungerar vid större volymer då trycket går ned snabbt. Annars finns risk att ledningen svalnar och volymen minskar. Har övergått till att använda lyssningsapparatur.</i>	<i>Ja, detta kan vara ett bra sätt att ringa in läckan. Då använder man samtidigt mikrofon för att lyssna efter läckan.</i>	<i>Ja, det görs ibland. Vi har ju så att vi kan sektionera hela systemet, så det kan vi göra.</i>	<i>Ja, vi kan sektionera nätet i olika undersektioner. Antalet ventiler i nätet avgör hur sektioneringen kan göras. Vid stor läcka görs sektionering, annars görs sektionering bara på sommaren på natten, för att inte störa leveransen till kunderna.</i>
Lyssnarapparatur och eventuella korrelationsmätningar	<i>Har används med blandade resultat. Spelar in ljudet och skickar för analys. Svar kommer tillbaka samma dag</i>	<i>Ja. Detta fungerar väldigt bra vid flöden som inte är för små och man får ibland vänta till läckaget ökar. Det blir billigare att upptäcka läckan då.</i>	<i>Ja, detta görs. Vi har bland annat tagit in Arne Jensen, men även andra firmor.</i>	<i>Ja. Har använt Arne Jensen, även på fjärrkylanät.</i>
Termografering	<i>Kan användas vid rätt förhållanden. Det ska finnas en tillräcklig temperaturdifferens - lättast vintertid, men det får inte vara för mycket snö. Om tillräckligt fall saknas på kulverten kan det också vara svårt att se något.</i>	<i>Detta fungerar inte så bra vid läckor i betongkulvert eftersom vattnet förflyttar sig. Däremot är det en bra metod för att kontrollera isoleringen.</i>	<i>Brukar kombinera termografering med lyssnarapparatur och kan på så sätt hitta läckan ganska bra.</i>	<i>Det provas. Men det är svårare vid betongkulvertar eftersom värme sprider sig i hålrummet och vattnet rinner mot lågpunkten.</i>
Spårgas	<i>Vi har bara testat på ACE-kulvert, för rätt länge sedan.</i>	<i>Vi har använt spårgas några gånger. Det är inte helt oproblematiskt eftersom spårgasen kan ta andra vägar upp till markytan. Vid en läcksökning hade vi spår vid 16 ställen på ledningen även om läckan var på ett ställe.</i>	<i>Nej. Det är nog mer om man har sprickor i betongen som detta kan vara en metod. Vi har ju inte problem med sättningar.</i>	<i>Har hört att det har testats med spårgas och hundar för länge sedan</i>
Rörål försedd med termometer och mikrofon	<i>Har ej provat med termometer och mikrofon, bara med kamera.</i>	<i>Har provat, men fungerar dåligt.</i>	<i>Nej.</i>	<i>Nej</i>

Andra metoder att lokalisera läckor	<i>Tösnösvängen. Att filma in i kulverten så långt det går. Sektionering för att göra ledning trycklös för att se om läckage kommer från kallvattensystem i fastighet. Ska testa larmtrådar.</i>	<i>Allmänheten meddelar. Vid frost eller pudersnö kan man en tidig morgon passa på att titta över ett område där man tror att det finns läckor och se om snön eller frosten har smält på vissa ställen.</i>	<i>Kör en runda vid frost och nysnö</i>	<i>Man skulle kunna använda tjockleksmätning eftersom godset borde vara tunnare vid läckan. Men det är inget som har provats.</i>
--	--	---	---	---

Sektionering används för att lokalisera läckor i samtliga fyra nät. Möjligheten att sektionera undersektioner beror på ventilernas placering. Sektionering medför leveransavbrott varför metoden används mest vid större läckor. Sektionering kan kombineras med att man använder lyssnarutrustning.

Lyssnarapparatur används i alla fyra nät. Antingen tar man hjälp av ett företag som utför mätningarna eller så använder man sig av egen lyssnarutrustning och skickar in ljudfilerna för analys. Metoden är framgångsrik framförallt då läckorna inte är alltför små. I Göteborg har man köpt in lyssnarapparatur från Arne Jensen. En erfarenhet man har fått i Göteborg är att det kan vara en mer ekonomiskt gynnsam strategi om man väntar med att göra avlyssningen tills läckan har blivit lite större, eftersom det då är lättare att lokalisera läckan.

Termografering för läcksökningar är också en frekvent använd metod, men metoden fungerar inte alltid helt tillfredsställande i betongkulvertar eftersom den temperaturförändring som uppstår på grund av utläckage sprids i hela kulverten genom ventilationen i kulverten. För att metoden skall fungera väl behöver temperaturdifferensen vara tillräckligt stor. Detta gör att metoden fungerar bättre vintertid. Det får dock inte vara för mycket snö. På kulvertar med svag lutning kan det vara svårt att lokalisera en läcka med hjälp av termografering.

Spårgas används framförallt för att hitta sprickor i betonghöljet, varför metoden är mest använd av Göteborgs Energi, där man har problem med sättningar i mark som ger upphov till sprickbildning i betongen. Erfarenheterna från Göteborg är att metoden inte är helt tillförlitlig eftersom spårgasen kan ta andra vägar upp till markytan.

Rörål, det vill säga en stav som skjuts in i kulverten har testats i två av näten, med ganska dåligt resultat. Rörålen kan utrustas med mikrofon och termometer som ger utslag när man närmar sig en läcka. I Helsingborg testades metoden för besiktning, snarare än läcksökning, och så utrustades staven med en kamera.

En annan vanlig metod som flera av intervjupersonerna tog upp var att tidigt på morgonen kontrollera värmeläckage till ovanliggande mark när det är frost eller nysnö, den så kallade ”tö-snö-svängen”. Om snön eller frosten har smält är detta ett tecken på värmeförluster och en eventuell läcka.

Utifrån erfarenheterna från de intervjuade företagen kan det konstateras att betongkulvertarna är en problematisk konstruktion även ur läcksökningssynpunkt. Därför kan det finnas anledning att göra som i Helsingborg, det vill säga att se över möjligheterna att sätta in fuktlarm i betongkulvertarna.

3.3.9 Reparation och utbyte av betongkulvert

I princip följer alla de fyra nätens åtgärder vid en kulvertskada samma förfarande: läckan lagas akut, och därefter planeras och budgeteras de permanenta åtgärderna. Om sträckan byts ut eller inte är ett avvägande baserat på kulvertens kondition, läget, utbyteskostnaden och konsekvensen vid ytterligare haveri.

När skadan ska åtgärdas permanent läggs i princip alltid preisolerade plastmantlade rör (bara i undantagsfall läggs ny betongkulvert). Hur man lägger den nya ledningen beror mycket på förutsättningarna kring kulverten, var det finns plats helt enkelt. Att lägga den nya kulverten ovanpå den gamla ger minst grävkostnader, men detta är många gånger inte möjligt eftersom täckningen ofta är för liten. Att lägga ny kulvert bredvid är också en ekonomisk fördelaktig lösning, eftersom man då inte behöver röra den gamla betongkulverten mer än i anslutningspunkterna. Finns det inte utrymme att förlägga ny kulvert i en annan sträckning, utan den nya ledningen måste läggas i samma läge som den gamla, så rensar man betonglådan, faller en eller båda väggarna och lägger de nya ledningarna ovanpå betonglådans botten. Detta ger givetvis större arbetskostnader och innebär dessutom att en provisorisk ledning behövs under byggtiden eftersom man måste ta bort den gamla, provisoriskt lagade ledningen.

Hur mycket extra ledningssträcka som byts när kulverten åtgärdas verkar ofta göras lite på magkänsla, samt utifrån om en sträckning varit skadedrabbad vid flera tillfällen. I Malmö planerar man att framöver gräva upp och kontrollera statusen på minst ett ställe till utöver själva skadan när man ska byta en hel ledningsstäckning. Detta är för att undvika att man ersätter fullt funktionsduglig betongkulvert i onödan.

Det som ur projektets synpunkt är intressant vid utbyte av betongkulvert är i vilken liten omfattning man gräver upp den gamla kulverten. Att man inte gräver upp betongkulvert för att kontrollera statusen är förståeligt, både pga. kostnaden och för de problem man kan ställa till med i samband med att kulverten öppnas upp. Men om man inte alltid öppnar betonglådan ens när kulverten tas ur drift så går man ju faktiskt miste om ett tillfälle att kontrollera kulvertens faktiska status och dra slutsatser som man skulle kunna ha nytta av i resten av nätet.

En annan aspekt när man låter betongkulverten ligga kvar orörd i marken, antingen under eller bredvid den nya kulverten, är att om betongen är riktigt dålig så skulle den kunna utgöra ett hållfasthetsproblem. Helt plötsligt en dag kanske locket ger vika, med de konsekvenser det kan medföra. Något som å andra sidan talar för att detta problem kanske inte är så stort är att det företrädesvis borde vara de mindre ledningsdimensionerna som man låter ligga kvar orörda, och dessa kan ju inte lika lätt rasa in. Dock borde nergrävda betongkonstruktioner som man inte längre håller någon koll på betraktas som en aning problematiskt.

3.3.10 Åtgärder för att förlänga betongkulvertens livslängd

Vad som är en livslängdsförlängande åtgärd kan givetvis diskuteras rent definitionsmässigt. Regelbunden tillsyn med rensning av skräp från kammare, ventilationsrör och dräneringar är åtgärder som uppenbart förlänger kulvertens

livslängd, men som ganska uppenbart tillhör det planerade underhållet. Andra åtgärder kan ligga mer i gränzonen.

I flera av de studerade näten uppgavs först att man inte gör några livslängdsförlängande åtgärder. Risken är att det helt enkelt blir dyrare än att ersätta kulverten när den havererar. Det framkom dock att en del åtgärder görs. Exempel från Göteborg är att man injekterar i sprickor för att tätta, schaktar upp och kittar om lock och dränerar och drar till brunn. Vid övertagande av nät från andra ägare undersöks näten och klassas upp, vilket får kosta max 50 % av reinvesteringskostnaden. I Malmö ges exempel på att man dränerat kulvertar i områden med höga grundvattennivåer genom att bygga stenkistor. En idé finns också om att man skulle kunna sektionera betongkulverten med vattentäta skott, så att kulvertsträckan som dränks vid en skada begränsas.

Hur mycket livslängden förlängs av dessa åtgärder är givetvis svårt att uppskatta. Målet behöver inte heller alltid vara detsamma. I vissa fall räcker det med åtgärder som gör att livslängden räcker från ett skadetillfälle fram till den tidpunkt då skadan eller kulvertsträckan ska åtgärdas permanent.

3.3.11 Tillsyn, besiktning och planerat underhåll

I alla fyra näten finns program för rondering och tillsyn. Till synes beroende på storleken på nätet har man mer eller mindre differentierat underhåll. I Göteborg gör man utifrån riskklassning tillsyn på inspekterbara platser med mellan ett till fyra års intervaller, medan man i Lund gör en översyn av alla tillgängliga punkter minst en gång om året. Delar av det planerade underhållet som direkt rör betongkulvert är översyn av ventilations- och dräneringsrör, utbyte av betäckningar och kontroll av nivåvippor och eventuell annan mätutrustning i kamrarna.

När det gäller betongkulvert, och för den delen fjärrvärmekulvert överlag, är givetvis problematiken att det är så liten del av kulverten som syns. I princip är det endast det man kan se från kammare och andra punkter som gjorts inspekterbara som man kan ha en uppfattning om skicket om. Hur kulverten mår däremellan är svårt att veta, framförallt i kulvertar som saknar fuktlarm. Just eftersom det inte går att komma åt själva kulverten är det ju bara i de inspekterbara punkterna som några egentliga underhållsåtgärder kan göras (förutom dränering och ventilation som nämndes ovan).

3.3.12 Kostnader för underhåll och reinvestering

I Figur 7 konstaterades att betongkulvert tillhör en av de dyraste kulverttyperna att åtgärda skador på, och detta bekräftas till stor del av de intervjuade. Anledningar som nämns till varför det är dyrare att åtgärda just skador på betongkulvert är:

- de stora dimensionerna,
- att kulverten ofta ligger trångt och svårtillgängligt,
- att det är dyrt och arbetsamt att bila upp helgjuten kulvert (Lund), och bila/såga ner betongväggar när ny ledning ska läggas på samma plats som den gamla,

- det är svårt att lokalisera läckan, vilket gör att man riskerar att få gräva flera gånger innan man hittar rätt plats

Schaktkostnaderna anges stå för den största delen av kostnaden, precis som vid skador på annan typ av fjärrvärmekulvert. Av denna anledning menar en av de intervjuade att det inte spelar någon större roll i vilken typ av kulvert en läcka sker – det är dyrt att gräva oavsett.

En viktig fråga när det gäller underhåll och livslängd för betongkulvert är i vilken takt man gör reinvesteringar och huruvida man bygger upp ett underhållsberg.

På frågan om reinvesteringstakten i nätet varierade svaren från knappt 300 år till 600-700 år, det vill säga, så lång tid tar det innan all kulvert i nätet har bytts ut med nuvarande investeringstakt. Samtliga intervjuade personer är givetvis överens om att ingen kulvert har så lång livslängd, men den allmänna filosofin är att inte öka reinvesteringstakten förrän man ser en trend på att skadorna ökar eller att kulverten på annat sätt uppnått sin livslängd. Detta är förstås ett sätt att skjuta stora kostnader framför sig så länge som möjligt, men även miljöaspekten tas upp. Visserligen är isoleringen ofta dålig och värmeförlusterna större än normalt i gamla betongkulvertar, men i övrigt är det en miljömässig fördel om man kan fortsätta att utnyttja befintliga ledningar under ytterligare en tid framöver, istället för att byta ut dem. Den kostnadsmissiga fördelen att använda infrastruktur som redan är avskriven är uppenbar.

Sett över de fyra studerade näten bedöms ungefär hälften av den summa pengar som reinvesteras i kulvert utgöra reinvesteringar i sträckor med betongkulvert. För att på ett enkelt sätt åskådliggöra hur lång tid det då tar att ersätta all betongkulvert visas i Tabell 10 antalet år det tar tills betongkulverten är utbytt som en funktion av reinvesteringstakten och andelen betongkulvert i nätet. Om man utgår från att betongkulverten är förlagd på 1960- och 1970-talen (vilket täcker in en stor del av betongkulverten ute i näten) och att livslängden är 50-100 år, så återstår 0-70 år av betongkulvertens livslängd. Relaterat till värdena i tabellen så är det tydligt att med en liten andel betongkulvert och en reinvesteringstakt på 300-400 år så kommer betongkulverten hinna bytas ut i takt med att dess livslängd tar slut. Med större andel betongkulvert och/eller en reinvesteringstakt på 600-700 år så hinner man däremot inte det. Det innebär att reinvesteringstakten i framtiden kommer att behöva ökas och att medel för att kunna göra detta behöver frigöras i framtiden. Detta gäller inte bara för utbyte av betongkulvert utan för alla ledningstyper.

Tabell 10. Antal år tills all betongkulvert är utbytt med antagandet att hälften av alla reinvesteringar görs på sträckor med betongkulvert.

Reinvesteringstakt, år	3 % betong- kulvert av nät	5 % betong- kulvert av nät	8 % betong- kulvert av nät	10 % betong- kulvert av nät	15 % betong- kulvert av nät	20 % betong- kulvert av nät
300	18	30	48	60	90	120
400	24	40	64	80	120	160
500	30	50	80	100	150	200
600	36	60	96	120	180	240
700	42	70	112	140	210	280

Bland de intervjuade var man inte överens om huruvida det byggs upp ett underhållsberg på grund av den låga reinvesteringstakten eller inte. Några menade att man definitivt gör det, andra menade att så länge kulverten ronderas och kontrolleras i den mån det går och skadefrekvensen håller sig någorlunda konstant så bör man inte förändra reinvesteringstakten.

Riskerna med att skjuta upp underhåll är organisatoriska, såväl som ekonomiska och tekniska. Den organisatoriska risken är att man den dag när skadefrekvensen drastiskt börjar peka uppåt står med en alltför liten underhållsorganisation för att man ska hinna åtgärda de fel som uppstår.

Det föreligger en ekonomisk risk i att plötsligt vara tvungen att byta ut stora delar av kulverten under en begränsad period, vilket betyder att man måste plöja ned avsevärda kapital på kort tid. Samtidigt är det ur ekonomisk synvinkel inte fördelaktigt är att byta ut väl fungerande betongkulvert i förtid. I en Om det inte finns kapital för att åtgärda de skador som uppkommer innebär detta att kundintäkterna måste öka. Att höja priserna är bara möjligt till en viss gräns eftersom fjärrvärmens konkurrensfördel i fråga om energipriset förhåller sig till prissättningen hos andra uppvärmningsalternativ. Ökar fjärrvärmepriset för mycket kommer kunder att välja bort fjärrvärme till fördel för andra uppvärmningssystem. Om fjärrvärmeföretaget då inte kan få täckning för de ökade kostnaderna genom prishöjningar går företaget back, särskilt med utgångspunkt från att det inte i något av de intervjuade företagen fanns några fonderade medel för reinvestering i nätet. Den tekniska risken är knuten till leveranssäkerheten och möjligheten att bibehålla leveranserna när stora ledningar och ledningar vid utmatningspunkter går sönder.

Det får konstateras att det är en mycket svår fråga när i tiden man tror att det råder optimala ekonomiska förhållanden för att byta ut betongkulverten i näten. Inte i något av näten har man märkt mer än möjligen en marginell ökning av skadefrekvensen. Det finns därmed få tecken att betongkulvertarna skulle ha passerat sitt ”bäst-föredatum”.

Det är svårt att uttala sig om huruvida skadefrekvensen utgör ett någorlunda tillförlitligt prognosverktyg för att bedöma återstående teknisk livslängd eller ej. Förmodligen är det ett trubbigt instrument. I avsaknad av metoder för

statusbedömning används skadefrekvensen av de intervjuade företagen som ett mått på hur kulverten mår även om det är tydligt att skadestatistik och skadedokumentation sköts på olika vis i de fyra olika företagen. Det finns stor förbättringspotential i samtliga fyra företag att förbättra arbetet med hur skador rapporteras, dokumenteras och följs upp.

3.3.13 Kunskapsöverföring

I samtliga intervjuade företag utom Lunds Energi framhålls att det finns en skillnad i kunskapen om betongkulvert hos yngre och äldre medarbetare, och att det kan vara ett problem med kunskapsöverföring. I Lund har man som tidigare nämnts inställningen att betongkulverten ska byggas bort, och då finns ju inte samma behov av att vidareförmedla kunskapen.

Skillnaden i kunskap mellan yngre och äldre beror givetvis till stor del på den erfarenhet de äldre byggt upp under sina år i tjänst, men man pekar också på behovet av mer upplärning och möjligheter att gå parallellt med erfarna medarbetare. Ytterligare en åsikt är att yngre medarbetare tar lättare på uppgiften, att de inte fördjupar sig i problematiken med betongkulvert och att de därmed inte blir lika engagerade i frågan. Man pekar också på att cheferna måste ha en förståelse för problematiken för att det ska bli ett prioriterat område, men med kort genomloppstid på chefer och stort fokus på lönsamhet så är detta inte alltid fallet.

En annan aspekt på kunskapsöverföring är att det är något av ett dilemma att ingen eller få medarbetare finns kvar sedan tiden då betongkulvertarna byggdes. Dels innebär det att tänket kring förläggningen av betongkulvert inte längre finns kvar i organisationen, men också att teknisk dokumentation i form av exempelvis ritningar blir en allt viktigare kunskapskälla, vilket skapar problem i de fall den inte är komplett eller korrekt. Intervjuerna ger exempel på sådana fall där ritningar inte har stämt överens med kulvertens verkliga utseende.

I flera av de studerade näten har D&U-organisationerna förändrats så att man alltmer förlitar sig till inhyrd kompetens. Detta bidrar också till en minskad kunskapsöverföring, till exempel när projektering sker av inhyrda konsulter som sedan inte agerar byggledare, varför endast liten eller ingen kunskapsåterföring inom projektet sker. Just att kontinuiteten försvinner och kunskapen splittras vid användandet av inhyrd personal togs upp av intervjupersoner i flera av näten. Framförallt medarbetare i praktiska tjänster uttryckte farhågor över detta, medan intervjupersoner i mer strategiska positioner verkade lita mer till den kunskapsöverföring som faktiskt sker i organisationen.

Hur man arbetar med kunskapsöverföring skiljer sig åt mellan de olika organisationerna. Det handlar om allt mellan skrivna rapporter till praktisk kunskapsöverföring, dokumentation med foton och deltagande i projekt som detta. Några intervjupersoner menade att mer behöver göras, medan andra verkade trygga i den situation som råder.

Kunskapen gäller förvaltandet av de betongkulvertar som ligger, det vill säga inte kunskap om hur man ska göra för att bygga en bättre betongkulvert idag utifrån de

erfarenheter man har gjort. Räknar man med att bygga bort betongkulvertarna inom en snar framtid, blir kunskapsöverföringen mindre kritisk. Räknar man med att de ska ligga i många år framöver, är det viktigt med dokumentation och uppföljning av skadefrekvens, omgivningsförhållanden och var reparationer har genomförts. Det är viktigt att informationen om detta inte står och faller med enskilda personer på företaget, utan att det finns system som säkerställer kunskaps- och informationsöverföringen.

3.3.14 Bild av betongkulvertarnas status i nuläget

På den avslutande intervjufrågan om man anser att betongkulvert utgör ett problem i dagsläget får sammanfattningen av alla svar sägas vara att det inte upplevs vara ett överhängande problem just nu, men att utbyte av betongkulvert rör mycket stora kostnader och på grund av att man inte har någon bra bild av statusen på betongkulvertarna så vet man inte när reinvesteringar måste göras. De aspekter som tas upp som problematiska kan sammanfattas i det följande:

- att det inte går att kontrollera betongkulvertens skick
- att man inte vet hur lång livslängden är
- att den ligger i viktiga utmatningspunkter
- att dimensionerna ofta är stora, vilket ger stora konsekvenser om en läcka uppstår
- att många av de stora läckorna som inträffat hittills har varit i betongkulvert

Samtidigt framförs synpunkten att välbyggd betongkulvert som ligger bra är en mycket robust och pålitlig konstruktion, som kan användas framgångsrikt under lång tid. Kanske utgör andra typer av kulvert ännu större problem i dagsläget, exempelvis eternitkulvert eller de allra första typerna av preisolerade rör.

Ovanstående aspekter sammanfattar på ett bra sätt bakgrunden till att föreliggande projekt genomförts. Frågorna kring betongkulvert är många, men de säkra svaren ganska få. En sak som är säker är att betongkulvert utgör en utdöende teknik och att den sett till exempelvis isoleringsprestanda inte håller samma klass som dagens kulvert. Kulverttypen kommer att bytas ut efterhand, men frågan är när och i vilken takt.

4 SKADEPROBLEMATIK

Skadeproblematiken i betongkulvertar beskrivs här sammanställt utifrån uppgifter från litteraturstudier och intervjuer. För bildexempel på några olika skador i betongkulvert, se Bilaga 2.

4.1 Sprickor i kulvert och kammare

Betongkulvertar är stela i förhållande till omgivande mark, vilket gör att de inte tål dynamiska laster särskilt bra och är känsliga för sättningar i marken. Vid sättningar kan skarvar öppna sig och sprickor uppstå genom att draghållfastheten i betong och lättbetong överskrids. Sättningskadorna öppnar upp för inträngande grund- och sjunkvatten om det yttre höljet blir skadat, men kan även ge skador på medieröret. I Anderson et.al. (1999) redovisas att skadefrekvensen för samliga kulverttyper är större i lera än i andra jordarter i skadestatistik från Uppsala och Västerås, vilket man förklarar med att sättningsbenägenheten i lera är större. Vidare konstaterar författarna att fjärrvärmerör i lerområden eller i gränsområden mellan lera och fast mark, oavsett rörtyper, hade högre skadefrekvens än rör i områden med andra geotekniska förhållanden. Den ökade skadefrekvensen i lera anser författarna kunna bero på att sättningsbenägenheten är större i lera än i fastare jordarter, samt att risken för dränkning av ledningar vid bristfällig dränering är störst i lera. Detta förhållande ser man också i intervjuerna där Göteborg har betydligt större problem med sättningar än Malmö, Helsingborg och Lund. Framförallt är det i övergången mellan lera och berg som problemen med sättningar uppstår. Om kulverten vilar på lerlager med insprängda sandlinser föreligger fara om det schaktas bredvid då sandens genomsläpplighet av vatten är flera tusen gånger större än lerans (Rapport från ÅF-seminarium, 2004). För en sammanfattning av jordarters tekniska egenskaper, se Tabell 11.

Tabell 11: Sammanfattning av jordarters tekniska egenskaper
(Källa: Andersson et al, 1999)

Lös lera och organisk jord	Liten hållfasthet och stor sättningbenägenhet på grund av belastningsökning eller grundvattensänkning. Liten vattengenomsläpplighet.
Fast lera och lermorän	Stor hållfasthet och liten sättningbenägenhet. Liten vattengenomsläpplighet.
Silt	Mellanjordart med liten hållfasthet vid vattenöverskott. Måttlig sättningbenägenhet. Blir starkt uppmjukad vid omrörning vid närvaro av vatten och starkt tjälskjutande. Svårhanterad. Liten vattengenomsläpplighet.
Friktionsjord (sand/grus)	Kräver schakt med slänt. Föga sättningbenägenhet. Måttlig till stor vattengenomsläpplighet.
Morän	Stor hållfasthet. Mycket liten sättningbenägenhet. Liten till måttlig vattengenomsläpplighet

Markförlagd kulvert dimensioneras för att klara jordlast och trafiklast. Till skillnad från jordlasten är trafiklasten dynamisk och ger upphov till skakningar och vibrationer i marken. Höga trafiklasten kan orsaka sättningsskador i betongkulverten och skador på kulvertlock. För ACE och cellbetong har man kunnat notera högre skadefrekvens i gator med tung trafik än i otrafikerade gator eller gator med lätt trafik (Andersson et.al., 1999). Ett problem som kan uppstå är då trafiklasten ovan betongkulverten har ökat betydande med tiden och där dimensionering av armering i betonglåda och lock har gjorts utifrån beräkningar av de lastförhållanden som gällde då kulverten förlades. Då finns risk för att hållfastheten i kulverten inte längre består. Dåligt gjutningsarbete och armering som är felplacerad gör att sättningsskador lättare uppstår.

4.2 Läckande skarvar

Läckande skarvar eller fogar är ett annat vanligt problem i betongkulvertar. Skarvarna kan vara otäta på grund av sättningar, men också på grund av fel vid installation, eller att tätningsmaterialet i skarvarna har krympt eller vittrat bort. Otätheter i dilatationsfogar är en relativt vanlig orsak till inläckage i betongkulvertar i Göteborgs nät (Elf, 2010).

Rötter från vissa trädsorter kan leta sig in i skarvarna på kulverten och göra dem otäta så att vatten läcker in (Andersson et al, 1999).

4.3 Otäta betäckningar

Otäta brunnsbetäckningar förefaller utgöra ett ganska vanligt problem för samtliga fjärrvärmeföretag som intervjuats, men fördelen är att betäckningarna är åtkomliga

och kan övervakas och bytas ut vid behov. Problemen med otäta betäckningar har lett till att till exempel Göteborg Energi själva har tagit fram ritningar för betäckningar med dräneringsmöjligheter.

4.4 Yttre åverkan

Grävskador kan leda till otätheter i kulvertens ytterhölje. Anläggningsarbeten som utförs vid sidan om betongkulvert, till exempel schaktning, kan underminera jorden under betongkulverten, vilket också kan orsaka sättningar och sprickbildning i betongen. Andra skador som uppkommer genom yttre åverkan är till exempel nedslagna rör och dylikt, samt tryck från grundvatten under lång tid.

4.5 Skador orsakade av kontaminerad jord

Tätningband och andra tätningsmaterial kan mista sina tätande egenskaper om de utsätts för kontaminerad jord. I industriområden och områden med fyllningsmassor kan kemikalier förekomma som tar bort mjukgörare i tätningsmaterialen, vilket gör materialet sprött (Anderson et.al., 1999).

4.6 Primärskador på medierör

När medierören i betongkulvertar går sönder beror detta oftast på korrosionsskador som uppkommer efter inläckage i betongkulverten, till exempel i dilatationsfogar. Det som framförallt påverkar korrosionshastigheten är föroreningar i vattnet och vattnets temperatur. Vägsalter är exempel på förorening som med högt innehåll av klorider kan ge lokalt höga korrosionshastigheter på medieröret, men även föroreningar i jorden kan påverka korrosionshastigheten (Sund, 2002). Det händer dock att läckor beror på materialfel i medieröret och det är då oftast fråga om dåliga svets skarvar. Tryckstötter i systemet kan utgöra en inre belastning på medierören.

I dagens fjärrvärmesystem är fjärrvärmevattnet behandlat. Vattnet är avsaltat, filtrerat och fritt från mekaniska orenheter och har en anpassad alkalisering och innehåller få kemikalier (Eurowater, 2011). Därför ger fjärrvärmevattnet i dagsläget sällan upphov till inre korrosion i medierören.

4.7 Följdsador av inläckande vatten i kulverten

Inläckande vatten ger med tiden upphov till korrosionsskador på medierör, mestadels vid fixar, styrningar, upplag och vid inmurning mot kammare eller kulvert, samt vid andra komponenter av stål, exempelvis på kompensatorer. Om kulverten blir dränkt är det viktigt att fukten ventileras ut. Om isoleringen har blivit nedblött ligger denna som ett våtvarmt omslag kring medierören, vilket ger ett ganska snabbt förlopp av korrosion på rören. I cellbetongkulvertar och trånga kulvertar utan hålrum förefaller det vara mycket svårt att ventileras ut en dränkt kulvert. I kulvertar med bättre genomströmning av luft kan fläktar placeras i kammare för att öka genomdraget. Dräneringen bör undersökas och ny dränering grävs ned vid behov.

Risken för inläckage är störst under vinterhalvåret då det ju är mest nederbörd. Nederbörden resulterar i en ökad mängd sjunkvatten och högre grundvattenstånd. Risken för driftstörning är därmed störst när det är som mest viktigt att värmeleveransen upprätthålls. Dock är det så att den korrosionsprocess som startas kan ha ett långt förlopp och att skadorna leder till genombrott på ledningen och upptäcks först mycket senare (Andersson et al, 1999).

4.7.1 Kompensatorer

Kompensatorer återfinns i många betongkulvertar och denna komponent förtjänar att nämnas speciellt då den har varit skadedrabbad när det gäller betongkulvertar. Svensk Fjärrvärme har tagit fram en specifik rapport som enkom handlar om kompensatorer (Svensk Fjärrvärme, 2006). Nedanstående text har hämtats ifrån denna rapport.

Kompensatorer kan ha olika arbetsuppgifter i betongkulverten. Den vanligaste är att ta upp rörelser i axialled som uppkommer i rörsystemet då rören värms upp eller svalnar av. Kompensatorn ersätter då andra typer av expansionsupptagande element, till exempel U- och Z-slag, samt minskar eller eliminerar behovet av riktningförändringar för att ta upp axialrörelser. I kammare kan kompensatorn tillsammans med en fix minska rörens rörelser i kammarväggen och reducera kraftlasten på ventiler. Vid fasta fjärrvärmeledningar kan kompensatorer användas vid kallförläggning och som engångskompensator som kan användas för att värmeförspänna system med täckta rörgravar. Det finns flera olika typer av konstruktioner som alla har sitt specifika användningsområde. Grundkonstruktionen är två rörstudsar med en mellanliggande veckad bälg som insvetsas i ett rårör. Kompensatorerna tillverkas av rostfritt material och konstrueras och beräknas för 16 bar och 120 C. Kompensatorer kan skadas på olika sätt. Den i särklass vanligaste skadan är genomslag i bälgen som kan orsakas av olika händelser, till exempel att fukt eller droppande vatten orsakar korrosion på bälgen som då försvagas eller att spänningskorrosion uppstår vid närvaro av klorider på grund av materialsammansättning (autenitiskt, rostfritt, krom/nickelstål). Den förhärskande skadeorsaken är enligt författarna emellertid dragspänning i kombination med till exempel droppande dagvatten med vägsaltinblandning eller kondensdropp med inblandning av klorider från betong eller isolering. Andra skador som kan förekomma är skador vid insvetsning då kompensatorn utsatts för svetsstrut som skadat bälgen, felaktig dimensionering eller felaktigt montage.

Ytterligare skadorsaker kan vara sättningar i betongkulverten som förändrar belastningarna på kompensatorn. Förskjutningar på grund av för stort spel i styrningar, fixhaveri eller felhantering under transport eller före insvetsning kan också orsaka skador på kompensatorn. Ofta är det dock svårt att avgöra primärorsaken till skadan. 1975 och 1977 gjorde Svenska Värmeverksföreningen två ganska uttömmande utredningar av kompensatorskador där det framgick att vissa fabriker var mer skadedrabbade än andra, se Tabell 12.

Tabell 12: Kompensatorfakta för svensk nät år 1977.

Källa: Svensk Fjärrvärme, 2006

Kompensator fabrikat	Antal monterade	Andel skador (st)	Antal skador (%)
BOA	6472	166	2,6
Teddington	29611	65	0,2
Vokes	4880	356	7,3
IWK	206	0	0
Övriga	1564	0	0,6
Totalt	42733	596	1,4

Skadefrekvensen för 35 år sedan var relativt låg, med undantag för Vokes-kompensatorn. De skadade Vokes-kompensatorerna har till övervägande del suttit i framledningarna medan BOA-kompensatorerna varit jämnt fördelade mellan fram- och returledningarna. Statistik över skador på kompensatorer (Svensk Fjärrvärme, 2006).

Trasiga kompensatorer kan komma att bli ett problem framöver. Bara i Malmö finns över 5000 kompensatorer som börjar bli till åren. En del är inspekterbara, andra inte. Kompensatorer finns även på stora ledningsdimensioner och att byta dessa (speciellt i områden där det inte finns möjlighet till ringmatning) kommer att betyda långa avstängningstider. Kompensatorer i fjärrvärmenät är ingen lagervara, varför man behöver planera upphandlingen av dessa (intervju med Rolf Jacobsson, 2011).

4.8 Svaga punkter

Enligt rapporten "Underhåll av äldre fjärrvärmenät" som utgör dokumentation från ett ÅF-seminarium i Malmö (2004), utgör följande punkter de mest kritiska punkterna av betongkulverten:

- Kulvert under hårt trafikerade gator och gatukorsningar
- Dykare
- Omgivande mark – kulverten är självbärande i mycket liten utsträckning
- Högt grundvatten
- Igensatt yttre och inre dränering
- Rör genomföringar

- Korsningar med VA-ledningar
- Dåligt fall eller ännu värre bakfall
- Dilatationsfogar, lodräta skarvar
- Gjutfogar, fogband
- Nedstigningar, brunnsbetäckningar
- Fixbalkar – sämre hållfasthet i betongen
- Rörstöd
- Dålig ventilation, hög luftfuktighet

Denna lista stämmer mycket väl överens med den information som har erhållits vid de intervjuer som har genomförts i denna studie, men med ett tillägg för kompensatorer då. Dock visar resultatet från intervjuerna tydligt att de specifika näten har olika problem med sina betongkulvertar, vilket främst beror på att det har olika typer av kulvertkonstruktioner och olika markförhållanden.

5 KULVERTHISTORIK

Betongkulvert i svenska fjärrvärmenät har byggts under en 50-årsperiod, från 1940-talet fram till 1990-talet. Tekniken och förläggningsmetoderna har varierat väsentligt under denna tid. Som ett delmoment i del 2 av projektet ska historik för betongkulvert och dess svaga punkter tas fram. Genom att veta hur man vanligen byggde betongkulvert inom en viss tidsperiod, till exempel ett visst årtionde, är det lättare att förutse vilka fel och skador man kan stöta på, och vilka tecken man ska titta på i punkter som är/har gjorts inspekterbara. Exempel på parametrar som kan beskrivas är gällande regelverk vid olika tidpunkter, betongkvalitet, tillsatser i betongen, förläggningsteknik, kulvertutformning och isoleringsstandard.

Utifrån en rapport från ett ÅF-seminarium i Malmö 2004-01-29 kan utläsas att moderatorn Hans Sabels erfarenheter från fjärrvärmebranschen från mitten av 50-talet var följande:

- Betongkunskap svag
- Inget underhållstänkande i betongkulvertkonstruktioner
- Kulturskillnad mellan maskin och bygg. Maskin lämnar krafter som styr byggkonstruktionen
- En vanlig fjärrvärmekarriär: Nyanställda ritar betongkulvertar/rör och går senare över till att rita produktionsanläggningar.

Byggnadstekniken härstammade från ledningsläggning inomhus och betonghöljets uppgift var att avisolera den omgivande markens existens från fjärrvärmeledningen (Sture Andersson, *ibid*). Av punkterna framgår att betongkulvertarna från början betraktades som underhållsfria, varför man får förutsätta att man då inte förutsåg svårigheterna med att hålla betongkulverten fri från fukt och inläckage.

5.1 Regler för betongkonstruktion

Byggnation av betongkonstruktioner har över tiden reglerats genom statliga bestämmelser och normer. Hur dessa har varierat beskrivs av Fagerlund (2010). Nedanstående tekniska information har hämtats från Fagerlund där inget annat anges.

Betongkulvert har framför allt byggts under 1950- till 70-talen, men mindre mängder betongkulvert finns även från 1940-talet och med byggår ända fram till 1990-talet. Nedan ges därför en översikt över en del av de krav på betongkonstruktioner som gällt mellan 1940- och 90-talen.

Reglerna och kraven har gällt under följande perioder:

- 1934-1949
- 1949-1965
- 1965-1979
- 1979-1988
- 1988-1994

5.1.1 Gällande regler

De regler som finns idag (2011) har gällt sedan 2008. Sedan 2004 är det europeiska standarder med svenska anpassningsdokument som anger reglerna för uppförandet av betongkonstruktioner. Vid gjutning av betong till fjärrvärmekonstruktioner hänvisas idag till reglerna för konstruktioner av broar (Bro 2002).

5.1.2 Indelning i miljötyper

Den miljö som betongen befinner sig i delas in i olika miljötyper eller exponeringsklasser, vilket möjliggör diversifiering av kraven på betong i olika miljöer. Indelning i miljötyper har gjorts ända sedan 1934, men antalet typer och definitionen av dessa har varierat över tiden. Idag finns 18 olika exponeringsklasser, vilka infördes 2004 då den europeiska standarden började gälla i Sverige. Framförallt kraven på täckskikt och vattencementtal (vct) varierar med miljötypen.

5.1.3 Krav på vct och cementhalt

Vattencementtalet vct är ett mått på förhållandet mellan vatten och cement i en betongblandning. Ett högt vct innebär större andel vatten, och ett lågt vct således en större andel cement. En hög andel cement, dvs. lågt vct, ger en tät betong med god hållfasthet och beständighet.

Det var först 1979 som krav började ställas på högsta tillåtna vct. Innan dess fanns krav på betongens hållfasthet och cementhalt, men inga krav gällande beständigheten. Sedan kraven på vct infördes har de tillåtna värdena successivt sänkts, då forskning visat att de gamla kraven varit otillräckliga främst med avseende på armeringskorrosion.

Fram till 1979 ställdes minimikrav på betongens cementhalt, vilket givetvis satte ramar för hur högt vct kunde bli, beroende på hur mycket vatten som blandades i betongen. Normalt användes högre vct än vad man idag anser ger en god beständighet.

Sett till den period då betongkulvertar byggdes är det både möjligt och troligt att kulvertarna har högre vct än vad man idag hade använt i motsvarande konstruktion, vilket främst inverkar på betongens beständighet över tid. Erfarenhetsmässigt vet man också att det varit vanligt att man använde mindre cement i betongen än vad reglerna föreskrev, av besparingsskäl. Detta påverkar betongens hållfasthet negativt.

5.1.4 Krav på luftinblandning

Sedan 1965 finns krav på luftinblandning i betong i frostmiljö. Luftbubblor i betongen behövs för att det i betongen inneslutna vattnet ska kunna expandera vid frysning utan att betongen spricker sönder. För fjärrvärmekulvert är risken för frysning tämligen liten förutom möjligen vid konstruktionstillfället. Därför bör otillräcklig luftinblandning i betongen inte vara ett problem.

5.1.5 Krav på högsta tillåtna kloridhalt

Klorider i betongen kan orsaka armeringskorrosion. 1965 var första gången som krav på högsta tillåtna kloridhalt i betongen infördes. Då sattes begränsningen till 1,5 % räknat som CaCl_2 . Denna gräns medgav såväl att bräckt vatten kunde användas vid betongtillverkning som att CaCl_2 kunde användas som accelerator vid gjutningen.

1979 sänktes kravet för betong med korrosionskänslig armering eller i armeringskorrosiv miljö, medan 1,5 % CaCl_2 kvarstod för övrigt. Sänkningen gjordes då det upptäckts att även den från 1965 tillåtna kloridhalten kunde orsaka korrosionsskador. Från 1988 och framåt har kraven på högsta tillåtna kloridhalt successivt sänkts väsentligt för betong i alla miljöer.

Med tanke på hur reglerna för högsta tillåtna kloridhalt sett ut så skulle merparten av all betongkulvert kunna innehålla högre halter av klorider än vad som är lämpligt ur korrosionssynpunkt. Endast i de fall man klassat kulvertmiljön som armeringskorrosiv kan en lägre halt förväntas för kulvert byggd efter 1979. Dock är det ju endast fjärrvärmeföretag som är belägna så att bräckt vatten kan förväntas ha använts vid gjutningen, eller där kulverten är gjuten vintertid då accelerator kan ha varit aktuell att tillsätta, som behöver vara uppmärksamma på detta.

Enligt gällande regler idag, enligt Bro 2002, får kloridhalten intill armering vara max 0,3 %

5.1.6 Täcksiktets tjocklek

Täcksiktet är det lager av betong som finns utanför den yttersta delen av armering i betongkonstruktionen. Tjockleken på betongsiktet påverkar tiden det tar innan konstruktionen kan drabbas av armeringskorrosion.

Sedan 1994 delar man in konstruktioner i olika livslängdsklasser, där man utifrån förväntad livslängd (innan armeringskorrosion inträffar) ställer olika krav på bl.a. täcksiktet. Från 1994 delade man in livslängden i klasserna 50 respektive 100 år, och år 2004 tillkom även livslängdsklassen 20 år.

Det är svårt att jämföra de explicita kraven på täcksikt över tiden. Några orsaker detta är att:

- täcksiktstjockleken inte är definierad på samma sätt före och efter 1979
- antalet miljötyper har utökats över tiden och att olika krav på täcksikt gällt för olika miljötyper
- det innan 1994 inte använts olika livslängdsklasser

För den typen av konstruktion som betongkulvert utgör har kravet på minsta täckskikt legat på ca 30 mm fram till 1979. Mellan 1979 och 1994 låg den på 25 mm för platsgjutna konstruktioner, medan något mindre tjocklek krävdes för prefab-konstruktioner. Det som hänt efter 1994 är att kraven på täckskikt har diversifierats mer beroende på förutsättningarna för konstruktionen. En betongkulvert förlagd i en normal kulvertmiljö skulle enligt dagens regler inte behöva ett tjockare täckskikt än vad som krävdes under tiden fram till 1979. Detta innebär att fjärrvärmeföretag med betongkulvert i näten inte behöver bekymra sig över att kulverten byggts med för litet betongtäckskikt, så länge som gällande regler följts.

5.1.7 Krav på tillåten sprickvidd

Sedan 1979 finns krav på maximal vidd på sprickor i betongen. Kraven har varierat över tid sedan dess, och varierat med förhållanden som livslängd, armeringstyp och miljö, men har legat i intervallet 0,1-0,45 mm. Finns större sprickor än det tillåtna så ska dessa åtgärdas (injiceras), och detta gäller under hela betongens livslängd. Sambandet mellan sprickstorlek och korrosionskänslighet är inte helt fastställt.

5.1.8 Sammanfattning av regler för betongkonstruktion

Sammanfattningsvis bör fjärrvärmeföretag med betongkulvert vara uppmärksamma på följande:

- För betongkulvert byggd före 1979 fanns inga krav på vct eller andra krav på betongens beständighet. Därför kan man inte förutsätta att betong från denna tid är lika tidsbeständig som dagens betong.
- Fram till 1979 tilläts en så hög inblandning av klorider i betongen att risken för armeringskorrosion är stor. Detta gäller även fram till 1988 om inte miljön klassades som armeringskorrosiv. Klorider är framförallt en fara för betong i fuktiga miljöer.
- Enligt gällande regler idag, enligt Bro 2002, får kloridhalten intill armering vara max 0,3 %.

5.2 Polymerer i fogband

Polymerer har använts flitigt när det gäller tätningsband i kulvertsammanhang. Enligt Rapporten från ÅF-seminariet, 2004 har synen på polymerer förändrats i kanske ännu större omfattningen än synen på betongkonstruktioner och framförallt under de första decennierna var kunskaperna om långtidsegenskaperna ganska grunda och även när det gäller hur de så kallade mjukgörarna påverkar dessa. Man har upptäckt att genom påverkan av kontaminerad jord kan fogbanden bli spröda och hårda och vittra sönder.

5.3 Historik kompensatorer

I Svensk Fjärrvärmes rapport om Kompensatorer från 2006 går det att läsa att från början när betongkulvertar började byggas var intensionen att kompensatorn skulle vara inspekterbar. Därför monterades den ofta under brunnsbetäckningar i ventilkammare, speciella kompensatorkammare eller inspektionsbrunnar. Det var inte sällan som dessa brunnsbetäckningarna läckte och vatten droppade ner rakt på kompensatorn. Efter hand åtgärdades dessa problem genom att man inte längre förlade kompensatorerna på detta sätt eller genom att stänkskydd installerades (det kan inflikas att idag utgör det ett problem att inte veta skicket på kompensatorer som inte är inspekterbara). Det fanns även exempel på att man kringisolerade kompensatorn med mineralullsmatta som i sin tur skyddades med ett heltäckande plåtsvep vilket blev som ett våtvarmt omslag med korrosion som följd. Under utbyggnadsboomen på 60-talet fanns det brister i metoderna för betonggjutning och kompensatormontage. De orsaker som anges till detta är okunskap i kombination med stress, slarv och missvisande byggregler. En annan barnsjukdom med kompensatorerna var att man inte tätade utluftningshålet i bälgen, varpå det kom in fukt i kompensatorn. Val av fabrikat gjordes utifrån pris och man var inte medveten om de stora skillnader i kvalitet som fanns mellan olika fabrikat (till exempel var Vokes-kompensatorn och BOA-kompensatorn mer skadedrabbade än andra fabrikat). Rapporten om kompensatorer ger inga precisa tidsangivelser för problembilderna med kompensatorer, men vi kan utgå från att det efterhand har gjorts förändringar för att åtgärda de problem som man såg. Dock så kan det konstateras att det finns många kompensatorer i näten som börjar blir till åren.

5.4 Historik i några nät

I telefonintervjuer med Greger Lindroth och Lars-Åke Tibbelin, som båda varit med och byggt betongkulvertarna i Lund, kommer det fram att båda två redan från början var tveksamma till den konstruktion av betongkulvertar som byggdes i Lund. De skulle själva ha föredragit att bygga U-kulvertar med lock som man gjorde i Malmö framför den typ som man valde i Lund. Betongkulvert började byggas i Lund -63. Kulverten göts på plats. I botten göts en 150 mm tjock bottenplatta. I bottenplattan fanns en ränna som skulle fungera som avrinningskanal vid vatten i kulverten. På bottenplattan förlades sedan medierören som isolerades med rockwool och omgärdades av korrugerad plast. När medierören placerats på bottenplattan göts kulverten igen. Problem som ganska snabbt uppdagades var att den isolering man hade valt i form av rockwool inte var vattenavvisande som det hade utlovats av tillverkaren. Isolering som hade fått ligga ute var genomblöt och även om man försökte torka ut isoleringen så kom det en del fukt med i isoleringen. Man trodde att denna skulle torka ut av värmen i kulverten. Det finns två olika ritningar från -63 som visar i stor sett samma konstruktion, men med några undantag. På den ena ritningen fanns inga upplag och de i korrugerad plast inslagna medierören lades direkt på bottenplattan. På den andra ritningen fanns upplag av stål. Framförallt i kulvert utan upplag har den vattensugande isoleringen av rockwool vid inläckage blivit blöt och

trillat ned. Vattnet har då stoppats upp och blivit kvar och detta har sedermera lett till korrosion på rören. Framförallt är det kulvert med dåligt fall som är drabbad.

En annan detalj som man ändrade på efter hand var fogbanden mellan dilatationsfogarna. Från början lades fogbanden bara omlott, sedan kom man på att man var tvungen att smälta ihop fogarna som var av en sorts gummiplast för att få det tätt. Vid denna svetsning med gasol var det viktigt att gummimaterialet inte blev för varmt, för då kunde det koksa. För att undvika byggandet av kompensatorkammare användes en ny byggteknik 1969 på en DN600-ledning från Gunnesbobverket. Ledningen förvärmades till 78°C före återfyllnad varpå materialet utvidgades och på så sätt behövdes inga kompensatorer eller fixar byggas in för att kunna ta upp rörelser i ledningen. Denna metod förefaller ha fungerat tillfredsställande.

I en orienteringsrapport från Svenska Värmeverksföreningen från 1977 beskrivs erfarenheter från prefabricerad betongkulvert i Västerås och Malmö. Rapporten bygger på dokumentation från Bror Dicksson och Lars Stridman i Västerås, samt Sture Andersson i Malmö.

Bror Dicksson beskriver att man i Västerås lät utföra sin första prefabricerade betongkulvert 1975. Det rörde sig om en 800 meter lång DN300-kulvert och förfrågningsunderlaget var upprättat för platsgjuten kulvert, men en entreprenör kom in med ett alternativt anbud som förutsatte att kulverten skulle vara prefabricerad. Konstruktionen var dock inte anpassad för fabriksstillverkning utan man tog ritningarna för platsgjutning och beställde fabriksstillverkade U-sektioner i längden 7,25 meter. Fogningen mellan kulvertelementen gick till så att man göt in fogband i väggar och botten vid kulvertens ändar. Vid monteringen placerades kulvertelementen på 25 cm avstånd varefter elementen göts på plats. Likaså göts locken på plats. På liknande sätt lät Västerås utföra ännu en prefabricerad betongkulvert på ca 1300 m DN600. Erfarenheterna från dessa två kulvertar bedömdes som mycket goda både kvalitetsmässigt och ur kostnadssynpunkt och på grund av dessa erfarenheter ansåg man att man borde försöka utveckla metoden för fabricering i samband med de huvudledningarna som man planerade att bygga under senhösten 1977. I samarbete med tillverkare, entreprenör och konsult tog man fram en kulvert som bestod av två lådsektioner, en underdel och en överdel. Man valde att göra locken i samma längd som kulvertelementen för att minska antalet tvärfogar och därför fick man kantförstyva locken då det inte gick att göra lock av sådana längder utan att skevheten blev för stor. Elementlängderna anpassades till upplagsavstånden för att standardisera ingjutningsdetaljer. En elementlängd på 7,5 meter med upplagsavstånd på 5 meter valdes. Rören isolerades med mineralullsskålar med en tjocklek på 80 mm. Bror Dicksson beskriver att det svåraste att bestämma i utformningen av kulverten var hur fogarna skulle se ut och man hade många träffar med hantverkare och entreprenörer innan utformningen var klar. Tvärfogen utfördes som en hon- och en hanfals. Falsen skulle gå runt i väggar och botten och fyllas med någon form av tätningsmaterial eftersom hanfalsen inte bottnade i honfalsen. Vad som skulle användas som tätningsmaterial var inte beslutat ens när tillverkningen började, dock visste man vilka egenskaper som man ville att tätningsmaterialet skulle ha. Kontakter togs med olika tillverkare. Två tätningsmaterial utprovades i ett fullskaleförsök vid fabriken när de

första betongelementen var gjutna, en svensk produkt från Nya Asphalt och en tysk produkt från agenten Svenska Hünnebeck AB. Två fogar utfördes med de olika materialen. Dagen efter drogs elementet isär varvid man bedömde vidhäftning och elasticitet hos tätningsmaterialen. Båda produkterna hade goda egenskaper med den tyska produkten var något bättre både när det gäller vidhäftning och elasticitet. Detta material behövdes inte heller värmas och var därför lättare att applicera. Materialet hette Plastikol-KTV1 och var en tvåkomponents fogmassa med polyuretantjära som bas. Montering av kulverten utfördes på en noggrant avjämnad ledningsbädd med singel med ett tjockt lager flis. Vid varje elementskarv platsgöts en förstärkningsplatta av betong som även tjänstgjorde som höjdfixar vid avdragningen av flislagret. Betongelementen lyftes ned på ledningsbädden och spändes samman med hjälp av spärrblock så att gummipackningarna komprimerades med 30-35 %. Efter hopdragningen svetsades elementen samman i väggarnas överkant dragarmeringen frilagts, varefter fogmaterialet hälldes i. Upplagen konstruerades så att botten på kulverten försågs med klackar med ingjutningsplåtar. På dessa ingjutningsplåtar monterades sedan ståltuber med glidskor. Ledningen monterades direkt på klackarna utan passbitar. Anläggningen av kulverten utfördes som delad entreprenad med tre sidoentreprenörer, en byggnadsentreprenör, en rörentreprenör och en entreprenör för tillverkning och montering av kulvertelement.

Sture Andersson beskriver att prefabricerade betongkulvertar användes i Malmös nät sedan 1957, vilket betyder att man ganska tidiga med att använda denna byggteknik. Under tiden 1957 till 1963 byggdes ett antal kulvertar med mindre kulvertdimensioner. Grundtanken var att man ville hålla nere kulvertens dimensioner detta kunde man bland annat göra genom att ett mellanstöd för locket placerades mellan rören. Från och med 1963 övergick man till en annan kulverttyp med en U-formad underdel och plana lock. Denna typ av kulvert har byggts för DN40 till och med DN700. 1971 tillkom DN800 i samband med byggandet av en större fördelningsledning, Ormen Långe 1. Sju olika kulvertdimensioner tillverkades och för att begränsa formparken så utformades kulvertelementen lika för grupper om tre på varandra följande rördimensioner. Underdelens längd valdes till 4 meter. Detta gjordes eftersom Malmö Industriverks standardavstånd för rörupphängningar var multiplar av 4 meter och det blev därför möjligt att belasta kulvertelementens mitt. Locken tillverkades i längder om två meter. Det finns även uppgifter om vilken betong och armering som användes:

- Btg I (Detta är en gjutningsklass som kräver att den som gjuter har gått särskilda utbildningar)
- K350 och K400 (Detta är gamla betonghållfasthetsklasser. Det är bra betong som duger till broar med kubtryckhållfasthet på 35 respektive 40 Mpa)
- Ks60S och Ks40S (Ameringskvaliteter. Ks betyder KamStång, siffrorna 60 och 40 står för stålets draghållfasthet och S:et på slutet betyder att armeringsstångerna är svetsbara)
- Nps 50 (Detta är ett armeringsnät med draghållfasthet på 500 Mpa)

Kulverten utfördes med utåtlutande sidor för att möjliggöra skadefri avformning. Lutningen var ca 1:10. Sture Andersson beskriver att de prefabricerade kulvertelementen kunde gjutas vattentätt med en väggjocklek på 150 mm och placerades på plats efter minst 14 dagar för att större delen av betongens krympning skulle ha ägt rum före sammanfogning. Vidare beskriver Andersson att kulverten, efter den har tagits i bruk, utvidgas av värmen i väsentligt högre grad än den förväntade restkrympningen, vilket gör att kulverten blir satt under konstant tryckspänning i längdled. Detta gör kulverten utomordentligt spricksäker och den inbyggda tryckkraften kan vara avsevärd (uppåt en 120 Mp för DN800). Av denna orsak måste försiktighet iakttagas vid ingrepp i en befintlig kulvert, så att sektionen inte ensidigt kraftigt försvagas. Kulvertelementens skarvar utfördes med räfflade ytor för att säkerställa god tvärkraftöverföring i fogen. I fogarna göts ett cementbruk in med tillsats av krympningshämmande medel, men trots detta så förutsade man att skarvarna torde vara konstruktionens sprickkänsligaste punkt, exempelvis vid sättningar. För att undvika detta klistrades skarvarna med glasfiberarmerad epoxi. Vid skarvarna svetsades utstickande armeringsjärn via en L-profil vilket gav en kontinuitet förbi fogarna. Ledningsbädden utgjordes av en singelbädd med makadamavjämning. Vid dåliga grundförhållanden har platsgjutna element av längder om 10-20 meter lagts på plintar till fast botten med ett avstånd mellan plintarna på ca 10 meter. På grund av kulvertens lutande sidor fick återfyllningen ske med viss försiktighet för att undvika framtida sättningar som skulle kunna bli en följd av varierande packning. Vinsterna som man såg med att bygga med prefabricerade element istället för att gjuta betongen på plats var att det gick snabbare och byggandet var mindre beroende av klimatet. Hela ledningssträckor byggdes dock inte med prefabricerade element. Vid kammare, riktningsändringar och dykare kompletterades med platsgjutna delar. Driftserfarenheterna från den prefabricerade kulverten var vid författandet av rapporten goda (med drygt 13 års byggande). Vid ett större kulvertprojekt 1971 beskrivs dock problem med en sträcka som förlades så att grundvattenytan låg ca 1,5 meter över kulvertbotten. Det dröjde också ganska länge efter återfyllning innan värmekörning skedde och detta var på hösten när det började bli kallt. På denna kulvertsträcka fick man läckage i ett flertal skarvar som behövde tätas genom injektering. I rapporten förekommer också kulverttritningar med exempel från både Västerås och Malmö där man se hur olika detaljer i kulverten utformats.

Orienteringsrapporten bjuder på många beskrivningar av hur man tänkte när man tog fram konstruktionerna för prefabricerad kulvert och är nog ett av få dokument som kan ge en detaljerad inblick hur detta arbete gick till. I andra fall har denna kunskap försvunnit i samband med att de personer som arbetade med att konstruera och bygga betongkulvertar har gått i pension.

5.5 Möjlig fortsättning

Det har inte varit möjligt att inom ramen för forskningsprojektets budget dyka alltför djupt i frågorna kring historiken kring betongkulvertarna. Därför ges här några förslag på hur man skulle kunna gå vidare i detta arbete:

- Insamling av konstruktionsritningar av betongkulvert. Detta material kan användas för att kunna datera olika kulverttyper och se förändringar som har tagits fram i typritningar. Förändringar är ibland ett tecken på att man har upptäckt felaktigheter eller svaga punkter i konstruktionen som man vill åtgärda i nästa version. Material och materialbeständighet.
- Kontakter med konsulter som varit behjälpliga eller gjort egna betongkulvertkonstruktioner. (Exempel på sådana finns i rapporten ”Underhåll av äldre fjärrvärmenät”: K-G Ekblad, Svenska Riksbyggen, Fjärrvärmebyrån, Bjerking, Kjell Magnusson, VIAK och ÅF).
- Fler kontakter med pensionerade personer med mycket erfarenhet av betongkulvertar. Snöbollsprincipen⁴ kan med fördel användas vid urvalet.
- Sven Werner, professor vid Högskolan i Halmstad, har ett eget bibliotek där han har sparat fjärrvärmerapporter som utgivits mellan början av 1900-talet till 2004. I detta bibliotek finns en hel del titlar som skulle kunna vara av intresse för undersökningen. Många av titlarna går inte att hitta på universitetsbiblioteken.
- Äldre förläggingsanvisningar för fjärrvärmekulvert (dagens berör ej betongkulvert)

⁴ Snöbollsprincipen innebär att kontakten med en intervjuperson leder vidare till nästa intervjuperson.

6 METODER FÖR STATUSBEDÖMNING

Det problematiska med statusbedömning av fjärrvärmeledningar är att stora delar av nätet inte är inspekterbara för okulära besiktningar då det rör sig om nedgrävda ledningar som utan uppgrävning bara kan inspekteras i kammare, brunnar och det som går att se en bit in i kulverten inifrån kammaren. Försök har även gjorts att skicka in robotkameror i kulverten för att kunna få en bild av statusen på delar längre in i kulverten som inte är direkt besiktningsbara. Att gräva upp kulvert enbart för inspektion är ingenting som görs i dagsläget på grund av att det anses alltför dyrt och för att det ofta medför omfattande framkomlighetsproblem i trafik- och gatumiljö.

De flesta metoder som används idag för statusbedömning är indirekta metoder som bygger på mätning av olika faktorer som i sig kan indikera skador på kulvertkonstruktionen, till exempel indikering av korrosionsangrepp genom tjockleksmätning av godset i medieröret, indikering av fukt eller av in- och utläckage genom mätning och genom larm i kammare, samt olika läcksökningsmetoder.

6.1 Okulär undersökning av betong

Betong utgör det yttre skalet till fjärrvärmeledning i betongkulvert. Statusen på betongen kan bestämmas genom okulär undersökning av åtkomliga delar samt diverse materialprovningar på oskadad och skadad betong. Denna typ av undersökningar bör utföras av expert. I normalfallet, för betongkonstruktioner i allmänhet, vill man okulärt syna hela betongkonstruktionen som man ämnar undersöka, samt göra handnära kontroll och provtagningar på åtminstone 25 % av konstruktionen. Utifrån iakttagelser vid den okulära synen görs lämpliga betongprovningar. Betongens kvalitet med avseende på hållfasthet och cementinnehåll kan bestämmas genom att betongprover analyseras på laboratorium. En okulär undersökning kan också ge svar på synliga tecken på inläckande vatten. Nackdelen med betongkulvertar i fjärrvärmenät är att de oftast är nedgrävda, det vill säga att utsidan av betongskalet måste friläggas vilket är en åtgärd som tar mycket tid och medför höga kostnader, varför det inte kan anses rimligt att i någon högre utsträckning göra okulär besiktning genom att man frilägger kulverten. Insidan är oftast svåråtkomlig på grund av att medierör samt isolering tar upp hela utrymmet i betongkulverten. I vissa fjärrvärmenät förekommer gångbara betongkulvertar, här är det lätt att genomföra statusbedömning.

Statusbedömning av betong i betongkulvertar görs lättast när en kulvert är framgrävd i samband med en läcka eller att delar av medierör byts ut. Studera synliga betongytter okulärt och notera sprickor. Sprickor kan vara orsakade av rörelser, vittring, överbelastning, armeringskorrosion. Andra typer av skador som skall noteras är tecken på fuktläckage, urlakning, gjutsår, kalkutfällningar, avflagning mm. Skadans omfattning samt orsak utreds och framtida risker för betongkulvertens övriga delar bedöms. Vanligast förekommande är att man undersöker om förutsättningar för

armeringskorrosion råder genom att kontrollera kloridhalter och karbonatiseringsdjup (delvis icke förstörande metod) och relaterar detta till det täckande betongskiktet. Åtgärdsförslag tas fram.

De skadetyper som kan finnas i betongskalet är till exempel korrosion på ingjuten armering och infästningar som är förankrade i betongen, sprickor, frost och kemiskt angrepp. Dessa olika skadetyper beskrivs kortfattat i text och bild nedan. För mer information hänvisas till litteraturen, exempelvis betonghandboken "Material".

6.1.1 Korrosion

Armeringskorrosion och korrosion av stål balk orsakas av karbonatisering (neutralisering) av betongen eller av kloridförekomst i betongen. Karbonatisering är en kemisk förändring, en pH-sänkning av betongen till följd av att inträngande koldioxid förstör det skydd som okarbonatiserad betong ger. Okarbonatiserad betong har ett pH-värde på 13-14 och efter karbonatisering fås ett pH-värde på 9. Korrosionsskyddet kan även brytas om andelen klorider, Cl^- i betongen överstiger dess kritiska nivå, kloridtröskelvärde. Tröskelvärdet varierar med betongkvaliteten och den omgivande miljön. Ju torrare betongen är desto högre kloridhalt kan tolereras innan korrosion startar. När armeringen korroderar uppstår så kallad rostsprängning och betongtäcksikt över armeringen spricker och skalas av. Karbonatiserings- och kloridinträngningshastigheten ökar ju otätare betongen är samt om betongen innehåller sprickor.

Karbonatiseringen av en betongkonstruktion går snabbare då betongen är torr. Klorider i betongen kan vara ingjutna från konstruktionstillfället. Fram till slutet av 70-talet användes klorider för att påskynda härdningen av betongen framförallt vintertid. Klorider används idag som tösaltningsmedel på våra gator och dessa kan med dagvattnet tränga ner i marken och nå betongskalet i betongkulvertar. Detta är mest sannolikt då fjärrvärmenätet är placerat i gatumiljö.

För exempel på armeringskorrosion, se Figur 23, 24 och 25.



Figur 23: Exempel på armeringskorrosion.



Figur 24: Exempel på korrosion i armering som ligger mellan isolering och betong.



Figur 25: Armeringskorrosion som har orsakat att en större yta av betongen har sprängts loss och vidhäftning saknas mellan armering och betong, ett så kallat bomparti.

Extrem armeringsaggressiv miljö beskrivs som att konstruktionen dels kan ha hög fuktbelastning, dels att kloridanrikning kan ske genom växelvis nedfuktning och uttorkning. Den växelvisa nedfuktning och uttorkning som sker när betongkulvert blir översvämmad och sedan får självtorka är att betrakta som den allra farligaste klassen ”extrem armeringsaggressiv miljö” i den uppdelning i miljötyper eller exponeringsklasser som görs för diversifiering av krav på betong idag. (Rapport från ÅF-seminarium, 2004).

Sprickor

Sprickor i byggnadsverk av armerad betong är naturligt och oundvikligt. Sprickor kan uppkomma under hela betongens livslängd. Omfattande sprickbildning medför funktions-, bärighets- och beständighetsproblem.

Plastisk betong

Brister i arbetsutförandet kan leda till krymp- och sättsprickor, rörelsesprickor orsakade av formrörelser eller sättningar samt värmehärdningssprickor.

Efter betongens hårdnande

Sprickor kan uppkomma under avsvälningen och ge upphov till ytsprickor och genomgående sprickor. Viss fysikalisk-kemisk inverkan kan ge upphov till mikrosprickor och krackeleringar.

Efter färdigställandet

Betong krymper och denna rörelse kan ge upphov till sprickor. Omgivande temperaturvariationer kan medföra att genomgående sprickor uppstår. Dessutom kan sprickor uppstå i områden med lastkoncentrationer.

Efter belastning

När konstruktionen belastas kan detta medföra bland annat överbelastning, sättning och krypning (långtidslast). Dessa ger upphov till olika typiska sprickmönster. Detta kan ske till exempel för kulvertar som från början var förlagda i parkmiljö men som under åren har hamnat i gatumiljö och därigenom idag utsätts för höga laster från tung trafik. Den tunga trafiken har dessutom blivit tyngre sedan betongkulvertarna byggdes. Detta måste beaktas.

Under brukstid

Under brukstiden för betongkonstruktionen kan sprickor uppkomma på grund av miljöinverkan och brand. Armeringskorrosion, se , och volymökning hos ballast (AKR) är de vanligaste miljöinverkade orsakerna som ger upphov till sprickor.



Figur 26: Spricka i betong som har orsakats av armeringskorrosion.

6.1.2 Frost

Betong kan frysa sönder både i färskt och hårdnat tillstånd. Betong är speciellt känslig för frost i det plastiska tillståndet strax efter gjutning. Om temperaturen sjunker under noll grader så sker iskristalltillväxt i huvudsak i gränzonen mellan stenmaterial och cementpasta. Detta medför volymökning för betongmassan med inre sprickbildning som följd. Hållfastheten i den färdiga betongen minskar med minst 50 %. Även betongens täthet minskar genom porositetsökningen, försämrade vidhäftningen samt sprickbildningen.

Att betongen har frusit i plastiskt tillstånd ger upphov till iskristallavtryck vilket oftast kan noteras med ögat, se Figur 27.



Figur 27: Betong i en balkongplatta utsatt för frysning i det plastiska tillståndet.
Iskristallavtryck kan anas.

En hårdnad betong har en porositet på mellan 12-20 %. Vid en normal utomhusanvändning av betong vattenfylls dessa porer mycket snabbt. Då betongen fryser omvandlas porvattnet delvis till is och det kan uppstå spänningar inne i betongen. Dessa spänningar kan orsaka skador på betongen, se Figur 28 och 29.



Figur 28: Frostskadad hårdnad betong.



Figur 29: Frostskadad betong på ytan av en betongkonstruktion.

Denna typ av frostsador visar sig som oftast som avflagningar av betongytan men kan även ge upphov till inre osynliga skador. Risken för frostsador ökar med antalet frostcykler, den absoluta temperaturen samt och om det frusna vattnet innehåller klorider. I fjärrvärmenätsbetongkulvertar är dock risken väldigt liten att den hårda betongen får frysskador då hela kulverten värms upp av spillvärme från medieröret.

6.1.3 Kemiskt angrepp

Det finns ett flertal olika typer av kemiska angrepp som kan påverka en betongkonstruktion.

Kalkurlakning

Vanligt vatten har en stor kalklösande förmåga i betong och kan därför vara aggressivt mot betong, speciellt om vattnet är mjukt. Urlakningen sker genom att vattnet i porerna löser ut kalciumhydroxiden samt kalcium i bindemedlet som därefter kan transporteras bort. Detta medför att hållfastheten försämras. Ju porösare betongen är desto snabbare går urlakningen. Vid sprickor och fogar med vattengenomströmning kan en stark kalkutlakning fås vilket medför kalkridåer på den sida där vattnet lämnar betongen, se Figur 30. Efter en längre urlakningstid erhålls en lägre hållfasthet i betongen som gör att den kan falla sönder, se Figur 31.



Figur 30: Urlakning av kalk.



Figur 31: Här har betongen förlorat sin hållfasthet lokalt i anslutning till en dilatationsfog till följd av läckage.

Sura angrepp

Cementpastafasen är starkt basisk och därför angrips betongen av sura ämnen, till exempel från utsläpp av oorganiska syror från industrin, kolsyra som finns naturligt i omgivningen och organiska syror, till exempel avlopp från mejerier och dylikt. Hur stor sannolikheten för utsläpp är från näraliggande industrier som får påverkan på betongen i betongkulvertar i fjärrvärmenät är svårt att uppskatta. Dock kan man tänka sig att grundvatten på enstaka platser ha hög kolsyrahalt, vilket skulle kunna påverka betongen kemiskt.

Saltangrepp

Allvarligaste formen av saltangrepp är sulfatangrepp, dock är detta inte särskilt vanligt i Sverige. Sulfatjonerna kan förekomma framförallt i grundvatten och jord, men även i avloppsvatten och havsvatten och tillförs betongen, i dessa fall utifrån. Betongen kan även innehålla sulfatinnehållande cement och ballast. Ett flertal mekanismer kan inträffa med bildande av bland annat gips och ettringit. Detta medför att betongens struktur bryts ner och hållfastheten minskar. Saltangrepp kan även uppstå från havsvatten (magnesium) och kristallisationstryck (från indunstat salt).

Ballastreaktioner

Vissa typer av ballast är känsliga för höga halter av alkalier (KOH och NaOH) eller sulfater. Ballasten reagerar och expanderar under reaktionen med svällande reaktionsprodukter som följd. Detta leder till omfattande sprickbildningar som medför försämrad beständighet med avseende på frost och armeringskorrosion. För exempel, se Figur 32.



Figur 32: Sprickmönster orsakat av alkalikiselsyrereaktioner.

6.2 Övervakning

Fjärrvärmenäten övervakas genom att fjärrvärmebolagets personal ronderar besiktningsbara delar i nätet, såsom kammare, ventilbrunnar och tillgängliga kanaler. I vissa kammare finns fuktlarm eller vattenståndslarm installerade som kan vara förbundna med dräneringspumpar (Nordvärme, 1992). I kulvertskadestatistiken framkommer att det vanligaste sättet att upptäcka läckor i betongkulvert är att det står vatten i kammaren. Ungefär 80 % av skadorna i betongkulvertar upptäcks på detta sätt, antingen genom rondering eller genom larm som installerats i kammare. Det kan antingen röra sig om nivåvippor som känner av vattennivån i kulverten eller fuktlarm. Andra sätt att upptäcka skador (läckor) är att vatten tränger in i intilliggande fastighet,

att ånga syns i ventilationsrören eller att allmänheten larmar vid synliga tecken på läckor.

I dagens preisolerade rör finns det installerat fuktlarm i form av larmtrådar som följer ledningarna, men detta fanns inte när betongkulvertarna byggdes på 40-talet till 80-talet. I Helsingborgs nät har Öresundskraft på försök dragit in ett fuktlarm i den betongkulvertsträckning som varit mest skadebelastad av betongkulvertarna av nätet (kulverten hade vattenförekomst i några kammare). Liknande larmtrådar som används vid dagens preisolerade rör har vävts in i band. Dessa band har sedan dragits genom betongkulverten från kammare till kammare genom en frammatande skruvanordning. Avstånden mellan olika kammare i den aktuella sträckningen var mellan 20 och 110 meter och i de allra flesta fall gick det bra att mata hela vägen. I några fall fick kammarlock öppnas och i något fall fick man borra sig igenom en markfix av betong vid kulvertens botten. Banden har förlagts på kulvertens botten. Försöket har gett resultat över förväntan. Dels var det lättare än väntat att få igenom larmtråden, dels har övervakningsmetoden redan gett resultat genom att man har kunnat hitta ett inläckage i ett tidigt stadium innan inläckaget lett till genomgående korrosion på medieröret. Före försöket befarades att fuktlarmet skulle vara allt för känsligt och ständigt ge larm, men detta har inte hänt. Larmet är i sig mycket känsligt, men betongkulvertarna som nu utrustats med larmtrådarna är i sig mycket torra och därför har även en indikation på en mindre läcka i tidigt skede kunnat spåras. Öresundskraft planerar nu att dra in fuktlarm i alla sina betongkulvertar (totalt en sträcka på 11 km) och räknar med en besparing på över en miljon kronor per år på att använda denna övervakningsmetod för att kunna hitta och laga inläckage i betongskalet innan detta leder till läckor på medierören. Öresundskraft anger en kostnad för fuktlarmet på ca 1000 kr per meter (Ohlsson, 2011).

Att göra på liknande sätt som Öresundskraft planerar att göra kan framförallt vara ett sätt att tidigt få en indikation på inläckage i betongkulverten, men det är inte säkert att metoden fungerar lika bra i alla betongkulvertar eftersom en förutsättning kan vara att kulverten är förhållandevis torr, samt att det i trånga kulverttyper och kulvertar isolerade med cellbetong kan vara mycket svårt eller omöjligt att få igenom några larmtrådar.

Registrering av vattenförluster är också en använd övervakningsmetod. I ett avgränsat nät med tät avläsning av vattenförluster kan läckor upptäckas. På anläggningar med stor vattenvolym och eventuell vattenackumulator är det nödvändigt med en lite längre observationsperiod för utjämning av tryck och temperaturskillnader (Nordvärme, 1992). Enligt kulvertskadestatistiken är detta dock ett ovanligt sätt att hitta skador på betongkulvertar på vilket inte är så anmärkningsvärt eftersom vattenförlusterna avser förluster i nätet som helhet och inte ger svar på var i nätet som läckorna finns. En stor omsättning av fjärrvärmevatten ger dock signal om behovet av läcksökning och kan relateras till kostnader för såväl värmeförluster som förluster av behandlat fjärrvärmevatten.

Förutom att övervaka behovet av nytt spädvatten kan fel i vissa fall uppdagas genom att ett ökat intervall av pumpning upptäcks, samt att nivån i expansionskärlet för nätet sjunker (Larsson, 2010).

6.3 Spårgas

Läcksökning med hjälp av spårgas bygger på att spårgas injiceras i distributionsledningarna. Spårgas har använts både för att detektera läckor i medierör och för att hitta sprickor i betongskalet. För att hitta sprickor i betongen injiceras till exempel vätgas (H₂-molekyler) in i hålrumskulverten och då vätgasen är väldigt lätt letar den sig upp till ytan och kan där detekteras med hjälp av instrument eller av hundar. Gasdetektorerna har mycket hög känslighet och reagerar för 0,0001 % vätgas i luft enligt uppgift från Sund (2004). Försök med denna metod har gjorts för relativt länge sedan i bland annat Västerås och Göteborg. Enligt intervju med personal inom Göteborgs nät upplevdes metoden inte vara riktigt tillförlitlig då man upptäckte att gasen kunde ta omvägar upp till ytan vilket gjorde att man inte kunde se exakt var sprickorna fanns.

Fördelen med att använda vätgas är att det är den lättaste av alla molekyler, att den är ogiftig och är det ämne som lättast tar sig genom en läcka. H₂-metoden kan också användas för att hitta läckor i medierören, men då måste rören först tömmas. Metoden är endast användbar på fjärrvärmerör som fått genomgående hål och är därför inte tillämpbar för att detekterat utvändiga korrosionsskador på fjärrvärmerör (Sund, 2004).

Det tyska företaget DELU har i samarbete med Fraunhofer-Institutet arbetat med att ta fram en metod för läcksökning där helium används som spårgas. Arbetet pågick mellan 2000 och 2005 genom diverse fältförsök för olika typer av ledningar. DELU erbjuder idag denna läcksökningstjänst kommersiellt för att söka läckor ibland annat VA-rör och fjärrvärmerör (Kunze, 2011).

Metoden går ut på att man tillsätter små koncentrationer av helium i fjärrvärmevattnet för att märka ut fjärrvärmevattnet så att det kan skiljas från annat vatten såsom till exempel nederbörd eller fukt från marken. Heliumet kan tillsättas i fjärrvärmevattnet med jämna mellanrum eller kontinuerligt med en heliumladdare som inblandar en låg koncentration av helium (det är viktigt att detta inte ger upphov till några bubblor i fjärrvärmesystemet). Vid läckage tränger det heliumblandade fjärrvärmevattnet ut i hölje, kulvert eller omgivande mark och efter ett tag så desorberas heliumet från vattnet och frigörs och letar sig upp till ytan där det kan detekteras ett par timmar efter en läcka har uppstått. Hur lång tid det tar för heliumet att leta sig upp beror på läckans struktur, ledningens djup, markens täthet och heliumets vidhäftighet vid vattnet. För att detektera läckan används ett instrument som kan känna av mycket låga koncentrationer av helium. Metoden har testats i en pilotstudie av E.ON Fernwärme GmbH, med tillfredställande resultat. Enligt uppgift från Hans-Jürgen Kunze ligger träffsäkerheten för att hitta läckor med denna metod på så mycket som 99,9 procent.

Heliumet som används är av livsmedelskvalitet 5.0. för rent Helium och gasen framställs av Lind Technische-Gase AG (Kunze, 2011). Denna kvalitet är förstås ett viktigare krav då det gäller inblandning av helium i dricksvatten, men det innebär att inblandningen av helium inte heller utgör någon som helst fara för allmänheten vid fjärrvärmeläckor.

6.4 Ultraljudsprovning

I en rapport från Svensk Fjärrvärme beskrivs fältförsök som har genomförts av ultraljudsprovning med hjälp av Teletestmetoden (Svensk Fjärrvärme och Det Norske Veritas, 2006). Vid inspektion av Teletestmetoden behöver rörets isolering avlägsnas på det ställe där utrustningen fästs, men bara på ett lokalt område. Inspektionen kan göras med upp till 30 meter i båda riktningar från mätpunkten, men mätningen begränsas av att ljudvågen som skickas horisontellt med medieröret reflekteras vid flänsar och dylikt. Fältförsök som beskrivs gjordes i Uppsala, i Stockholm och i Göteborg på totalt fem sträckor, tre av dessa kunde utvärderas genom att besiktiga och mäta rören efter upptagning. Fördelen som framhålls med Teletestmetoden är att den kan användas för att hitta korrosionsskador innan dessa leder till läckage. Genom att söka efter områden med godsförtunning kan svaga punkter upptäckas och röret kan bytas ut innan läcka uppstår. Begränsningar i metoden är att räckvidden oftast är betydligt mindre än 30 meter. I fältförsöken orsakade spiralsvetsarna i rören mycket brus som interfererade med mätsignalen varför den längsta räckvidden som uppmättes var 18 meter. Bälgar och sidoförgreningar sänkte räckvidden. Lagningar och stödplåtar gav utslag som defekter med Teletestmetoden, vilket innebär att personalen måste ha mycket god kännedom om rörens utformning för att undvika att lagningar och dylikt förväxlas med korrosionsskador.

Enligt intervju med Hans Jakobsson på Fortum har man inte fortsatt att använda sig av denna metod, då den dels upplevdes som ganska omständlig då man var tvungen att skära bort en bit av kulverten för att komma åt och göra testen, dels gav uppgifterna om förtunnningar i godstjockleken inte tillräcklig information för att hitta alla typer av läckor i medierören. Fortum hoppas på en framtida teknik inom detta område som håller på att utvecklas av Arne Jensen (Jakobsson, 2011).

6.5 Termografering

Termografering med värmekamera detekterar förändringar i temperatur vid markytan. En förhöjd temperatur vid markytan kan indikera energiläckage från fjärrvärmeröret, vilket antingen kan bero på dålig isoleringsförmåga i rören eller på att fjärrvärmeröret har gått sönder och det finns ett utläckage av fjärrvärmevatten.

IR-tekniken har historiskt utvecklats inom försvaret för olika tillämpningar, men från och med början av 2000-talet har värmekameror börjat säljas för civila ändamål i allt större utsträckning (Sjökvist, 2011). Idag är många fjärrvärmebolag utrustade med egna värmekameror, vanligen handhållna. För en mer systematisk genomgång av fjärrvärmenätet används även värmekameror som monteras på bil och som kan styras med joystick (Larsson, 2009).

De bästa förutsättningarna för genomförande av termografering är när marken är fri från snö, löv och regn. Det är även fördelaktigt om det råder en stor temperaturdifferens mellan mark och fjärrvärmevatten, varför termografering lämpligen utförs när lufttemperaturen är högst 10°C. Även solsken påverkar negativt då marken värms upp ojämnt, till exempel på grund av skuggpartier.

Termografering som sker på nära håll (handhållna kameror eller kameror som monteras på bil) kan endast täcka ett litet område, ca tre gånger tre meter, i taget. Då det är temperaturdifferenser som mäts finns risken att energiläckage inte upptäcks eftersom det uppvärmda området kan vara större än bildernas omfång och det inte går att relatera till normalvärden i omgivningen. För direkt läcksökning där man vet att det finns en läcka mellan två kammare kan dock handhållna kameror vara en god hjälp för att lokalisera vattenläckage.

Flygtermografering är en teknik som har börjat användas av flera fjärrvärmebolag som vill ha en överblick av energiläckor i hela sitt nät. Termisk Systemteknik är ett svenskt företag som har arbetat med att utveckla flygtermografering tillämpat för fjärrvärmenät sedan 2006, till en början i utvecklingsprojekt tillsammans med Göteborg Energi AB. Flera av personerna som arbetar inom företaget har ett förflutet inom FOI och mycket utav utvecklingen av metodiken som används vid flygtermografering av fjärrvärmenät kommer från forskning av minsökning (Sjökvist, 2011).

Det är viktigt att det föreligger bra förutsättningar för termograferingen när flygningen görs. Bra förutsättningar är att det är fritt från snö, regn och löv, vilket annars kan påverka markytans temperatur. Det är också viktigt att välja tidpunkter när direkta eller indirekta effekter från solinstrålning inte påverkar. Därför görs flygtermografering med fördel på natten då effekterna av solens ojämna uppvärmning av marken, till exempel på grund av skuggpartier, inte påverkar.

Flygtermograferingen går ut på att ett antal IR-bilder tas på det markområde som fjärrvärmenätet ligger nedgrävt. IR-bilderna ger ett mått på markytans temperatur. Ett underlag över fjärrvärmenätets utbredning ligger till grund för flygningens koordinater. Flygningen sker i stråk där förutbestämda koordinater som skall skäras i rutten. När en nod korsas tas automatiskt en bild av en värmekamera och samtidigt loggas planets höjd och position och kamerans vinkel.

Kamerans temperaturkänslighet ligger på ca $0,015^{\circ}\text{C}$, men då det är temperaturdifferenser som detekteras spelar kamerans mätfel mindre roll eftersom förhållandet mellan två mätpunkter är detsamma. Data korrigeras även utifrån data om atmosfärsstörningar, vilka mäts och loggas vid väderstationer.

När planet landat tankas data från kameran ur, och positionsdata tankas ur från flygplanet. Nästa steg i metoden handlar om att georektifiera data. Dataunderlaget består av ett stort antal IR-bilder, samt data om kamerans position i förhållande till marken. Data behandlas så att varje pixel får ett koordinatvärde. En transformationsmatris tas fram för varje bild med anledning av att förhållandet mellan mark och kamera samt temperatur ändras då fotona stretchas för att anpassas till en hopsatt mosaik som ger en översiktsbild över hela nätet. Mosaiken bildar nu en enhetlig bild som sedan överlagras på en karta över fjärrvärmenätet. Utifrån fjärrvärmeledningens placering på kartan avgränsas korridorer på ± 5 meter kring fjärrvärmeledningarna och inom detta urval i bilden görs ytterligare behandling av data som i ett första led handlar om att detektera temperaturskillnader inom utvalda fält. Programmet räknar på normalvärden, förändringar och derivator utifrån satta gränsvärden och brusmått. Efter detektering genomförs en klassificering där

temperaturskillnader från i fjärrvärmesammanhang ovidkommande källor, så kallade falskmål, sorteras bort (till exempel vattenpölar och bilar som ger tydliga signaturer som man har lärt sig att känna igen). När klassificeringen är genomförd kvarstår ett antal områden med temperaturskillnader som sannolikt kan förklaras av energiläckage från fjärrvärmerör.

Bearbetad data visar upptäckter av temperaturskillnader vid marknivå som kan förklaras av energiläckage från fjärrvärmeledningar. För att avgöra om detta är en skada eller ej på fjärrvärmesystemet är fjärrvärmepersonalens erfarenheter och kunskaper om fjärrvärmenätets utseende och skick mycket viktig. Teknisk personal som kan sätta samman kunskap om fjärrvärmeledningen med den information som erhållits vid flygtermograferingen utgör mycket goda uttolkare av informationen. Erfarenhetsmässigt går det att vid större energiläckage uttolka om det rör sig om isoleringsskador eller vattenläckage, men det är svårare vid mindre temperaturskillnader. Betongkulvertar är ofta ganska lätta att se på den överlagrade värmebilden vilket beror dels på att betongkulvertarna ofta utgörs av stora dimensioner på medierören vilka i sig avger mer värme än mindre rör, dels på att dessa ledningar generellt sett är ganska dåligt isolerade. Rörens skarvar syns tydligt på grund av att det sker ett stort värmeläckage just här. Andra erfarenheter från värmebilder över just betongkulvertar är att betongkulvertarna varierar mycket i sin konstruktion, till exempel vad gäller olika tjocklek på betong.

Termiskt Systemteknik har i samarbete med Linköpings Universitet och Göteborg Energi AB ett projekt inom Fjärrsyn ”Kvantifiering av värmeläckage genom flygburen IR-teknik – en förstudie” som bland annat syftar till att kunna kvantifiera kostnader för värmeläckage i fjärrvärmenät, vilket kan hjälpa fjärrvärmebolagen att göra prioriteringar av reparationer och utbyten av ledningar.

Ett sätt som skulle kunna öka värdet av flygtermografering som metod att statusbedöma fjärrvärmeledningar skulle vara att jämföra flygtermograferingar från olika perioder pixel för pixel för att på så sätt kunna se accelerationer i förlopp. Lämplig tidsperiod mellan två flygtermograferingar som föreslås är ca fyra år. Då tekniken att använda flygburen IR-teknik är relativt ny, finns det ännu inget exempel på fjärrvärmeföretag som har genomfört mer än en flygtermografering över sitt nät.

Termisk Systemteknik har den senaste vintern 2011 genomfört flygtermograferingar i Hässelby (Fortum), Växjö, Borås, Oslo och Trondheim.

Företaget Arne Jensen rekommenderar fjärrvärmeverk att eventuellt kombinera flyg- och biltermografering eftersom man enligt deras erfarenhet missar för mycket vid flygtermografering (Jensen, 2011).

En något mer primitiv form av temperaturrelaterad läcksökning som kan nämnas, och som används av flera bolag som vi har pratat med, är den så kallade tösnösvängen; Att en frostkall morgon då marken är belagd med frost eller ett tunt lager nysnö vandra sträckor över fjärrvärmeledningen och kontrollera om snön eller frosten har smält, vilket i så fall är ett tecken på energiläckage.

6.6 Avlyssning

En läcka i ett rör nedlagt i mark ger upphov till ett läckljud som egentligen består av fyra olika ljud:

- Flödesljudet från vatten som flödar ut från läckan
- Friktionsljud från vatten som trycks ut ur hålet från läckan
- Vibrationsljud i rörmaterialet
- Anslagsljudet från vatten som träffar markmaterialet

Dessa läckljud fortplantar sig både i röret och i marken och olika typer av avlyssningsapparatur kan användas för att dels upptäcka läckor, dels lokalisera dem. För att avlyssna om det finns läckor i ledningarna kan spindelavlyssning användas vid servis- och huvudledningsventiler. För att mer exakt lokalisera läckan används utrustning för markavlyssning och för mer avancerad läcksökning korrelationsmätning (Hamainfo, 2011). Dagens apparatur med korrelationsmätning är uppbyggda med ljudsensorer som placeras på vardera sidan om en misstänkt läcka och där de båda mottagna läckljudssignalerna jämförs (Lange, 2009). Genom att använda korskorrelation, kan en uppskattning av tidsskillnaden för läckesignalen att nå sensor 1 och sensor 2 erhållas. Förutsatt att man kan ta fram (eller anta) ljudhastigheten i vattnet som beror på bland annat tryck, temperatur och rördiameter kan deltatiden omvandlas till ett deltaläge i meter. Det totala avståndet mellan de två mätpunkterna kan hittas genom att man använder ett mätjul eller en exakt karta (Veszelei, Aronsson & Hellström, 2009). Vattenfall Värme AB har tillsammans med Generic Solutions Sweden AB arbetat med att förbättra läcksökning genom avlyssning. Denna metod redovisas i en artikel i EuroHeat&Power. Metoden har förfinats bland annat genom att man uppskattar ljudets utbredningshastighet på plats genom mätningar istället för att använda antaganden om ljudutbredningshastigheten i röret. På detta sätt kan läckan lokaliseras mer exakt eftersom man här tar hänsyn till att ljudutbredningen inte har samma hastighet både uppströms och nedströms. Under fältförsök uppnåddes en noggrannhet på 0,5 meter (Veszelei, Aronsson & Hellström, 2009). För att undvika alltför mycket störningar i form av ljud från trafik görs ljudmätningarna med fördel på natten.

6.7 Rörål

Rörål är ett annat instrument som man kan använda sig av. Rörålen består av ett långt PEX-rör med påmonterad termometer och mikrofon längst fram. Rörålen förs in genom kammaren i kulverten och både temperatur och ljudnivå stiger när den närmar sig läckaget. Nackdelen med denna metod är att rörålen lätt fastnar i rörstöd, isolering och bråte som ligger på kulvertbotten (Hamafo, 2011-02-22).

6.8 Sektionering

Sektionering är en metod som kan användas om man har möjlighet att avbryta leveransen i en viss del av nätet är sektionering. Metoden kan indikera att läckor förekommer. Genom att stänga ventiler på ledningarna kan vattnet stängas in inom ett område med bibehållet tryck. Om trycket sjunker finns det troligen läckande rör innanför sektioneringen (Hamainfo, 2011-02-22).

Vattenfall AB använder en form av sektionering som de kallar ”minisektionering” som huvudsaklig metod för att läcksöka i nätet. Sektioneringen går till så att man stänger två ventiler över ett stort område. Före och efter en ventil görs avstick där flödemätare kopplas. Om det finns läckor inom den stängda sektionen så ger flödesmätaren utslag och då används en halveringsmetod för att hitta läckorna i nätet. Vid denna typ av sektionering behöver ventilerna bara stängas under en kort stund utan att detta märks ute hos kund. Denna princip kan också användas på servisledningarna och då kopplas flödesmätaren in vid kundcentralen (Hellström, 2011). För att kunna göra sektionering på detta sätt krävs att ventilerna är täta.

7 LIVSLÄNGDSFÖRLÄNGANDE ÅTGÄRDER

Det finns lite skrivet i litteraturen om åtgärder som kan förlänga livslängden på fjärrvärmekulvertar av betong. Att underhålla de delar av kulverten som är åtkomliga är en viktig åtgärd. Det kan konstateras att betongkulvert som inte utsätts för stora dynamiska laster och som kan hållas torr kan uppnå en lång livslängd. Att sörja för en god ventilation i kulverten är därför en viktig åtgärd för att förlänga livslängden på betongkulvertar. Vid planerat underhåll bör därför kulvertens ventilationsrör kontrolleras så att dessa inte är igensatta eller av annan anledning fungerar dåligt. Likaså är en väl fungerande dränering en viktig åtgärd för att hålla kulverten torr på utsidan och dräneringen bör precis som ventilationen undersökas och åtgärdas vid planerat underhåll. En fungerande dränering kan komma att bli allt viktigare i områden som påverkas av en stigande havsvattennivå. I Malmö har man dränerat kulvertar i områden med höga grundvattennivåer genom att bygga stenkistor. De har också en idé om att man skulle kunna sektionera betongkulverten med vattentäta skott, så att kulvertsträckan som dränks vid en skada begränsas.

När det har uppstått en läcka och isoleringen har blivit blöt, är det ofta svårt att få isoleringen torr i betongkulvertar, framförallt i kulvertar med cellbetong och trånga kulvertar med dålig ventilation. Eventuellt kan värmefläktar i kammare användas för att i någon grad påverka uttorkningen.

Andra åtgärder som kan förlänga livslängden är att vara uppmärksam och reparera skador i åtkomliga delar av kulverten, till exempel att injektera sprickor i betong i kammare och att kontrollera och byta ut läckande betäckningar.

7.1 Relining av fjärrvärmerör

För att förlänga livslängden på de delar som inte är åtkomliga utan framgrävning finns det idag få beprövade metoder. Relining är en väl beprövad teknik för underhåll av VA-system, och denna metod har också sedan länge diskuterats som en möjlig metod för att förlänga livslängden i fjärrvärmesystem, men här har begränsningen varit att hitta ett material som tål fjärrvärmevattnets temperaturer. Arbetet för att söka efter lämpliga metoder för renovering av medierör för fjärrvärme startade redan 1988 med en studie som utfördes av Studsvik Energy. Vid denna studie hittade man två möjliga materialval – cementrelining och epoxirelining (Nilsson, 1996).

Det finns två metoder för relining: lösplastmetoden och strumpmetoden. Lösplastmetoden innebär att rören beläggs med plast på insidan genom att platen sprutas in med tryckluft⁵. Denna metod används ofta för rör inomhus av mindre dimension, exempelvis kopparrör. Strumpmetoden används idag i mycket hög utsträckning i VA-ledningar och det är denna metod som kan vara lämpad även för

⁵ För demonstration, se film som lagts upp av företaget HWQ Relining:
<http://www.youtube.com/user/hakanssonstefan#p/u/1/dBPCRR2MpTs> (nedladdad 2011-10-27)

fjärrvärmeledningar under förutsättning att strumpan kan beläggas med en plast som tål temperaturen i fjärrvärmeledningarna. Under mitten av 90-talet provades metoden i Västerås på en sträckning vid ett flygfält. Då testade man att relina en sträcka som skulle bytas ut och samtidigt som man lade en ny ledning bredvid.

Vattenfall AB i Uppsala har påbörjat ett projekt där de skall prova relining i en sträckning av sina betongkulvertar. Arbetet har påbörjats med att undersöka vilka punkter på kulverten som är lämpliga att utgå ifrån. Det är inte alls säkert att arbetet kan göras från en kammare om där finns allt för ont om utrymme och hänsyn måste tas så att inte kulverten öppnas vid kompensator eller annan viktig komponent. När lämplig placering för reliningen har hittats kommer kulverten att öppnas och ledningen töms och rensas. Vattenfall samarbetar med två företag som sysslar med relining: det danska företaget Aarsleff som ska utföra själva reliningen och det Sollentunabaserade företaget HWQ Reling som har tagit fram den temperaturtåliga plast som strumpan skall bekläs med. Plasten är en typ av Epoxi som ska tåla upp till 140° C. HWQ har skickat in en ansökan till Svensk Fjärrvärmes forskningsprogram Fjärrsyn där de har ansökt om pengar för att kunna följa och dokumentera försöket, som även stöds av Fortum. I den ansökta studien ingår till exempel att titta på hur tjock plasten behöver vara för att klara olika storlekar på rosthål och att undersöka hur man bäst fäster ändarna på relingen. (Hellström, 2011). Ett fullskaleförsök med den nya temperaturtåliga plasten utfördes i december 2009 i Danmark på ett stålrör DN 400. Försöket visade att man lyckats erhålla de egenskaper i plasten som krävs exempelvis vad gäller glasförändringstemperaturen i materialet, så att denna överstiger arbetstemperaturen i fjärrvärmenätet, så att ingen accelererad nedbrytning av materialet sker på grund av rörelser i molekylstrukturen. Detta betyder att livslängd, e-modul, flexibilitet och vidhäftning kunnat bibehållas även i höga temperaturer (Håkansson, 2011)

På Aarsleffs hemsida ges följande beskrivning i ett Produktblad om hur relining enligt strumpmetoden går till⁶.

”Det mjuka fodret vrängs in i den defekta ledningen via en brunn med hjälp av tryckluft. Fodret letar sig fram genom ledningen och kan passera vinklar på upp till 90 grader. Fodret tar sig förbi såväl brunnar som riktnings- och dimensionsändringar. Åtkomst till brunnar krävs i båda ändar av ledningssträckningen. När fodret väl är på plats härdas det genom att ånga tillförs tryckluften. När fodret har blivit genomhärdat är det formstabil och slitstarkt med en slät yta. Före och efter installationen inspekteras den aktuella ledningssträckan via en TV-monitor. Servisledningar registreras och öppnas efter renoveringen med en så kallad cutter som är ett TV-övervakat robotverktyg. Ledningsavsnitt med stora deformationer, större än 15 procent måste åtgärdas för infodringen. Instickande servisledningar, rötter och avlagringar måste avlägsnas före

⁶ Det finns även filmer på Aarsleffs hemsida där man kan se hur relining med strumpmetoden går till, se till exempel: <http://www.youtube.com/embed/XkEohdwdMLs?rel=0>

installationen. Brott som inte påverkar ledningens tvärsnitt har ingen betydelse för renoveringen.”(Produktblad: Aarsleffs relining med ånga).

Det kanske ska inflikas att det finns flera andra företag som också erbjuder relining som livslängdsförlängande åtgärd i större ledningar så som vatten och avloppsledningar, samt att det finns lite olika metoder för att föra in strumpan genom ledningen.

Vattenfall räknar med en förlängning av livslängden på kulverten med 20 år. Det betyder att man skjuter på utbyte av fjärrvärmeledningen under denna tid (Hellström, 2011). Vattenfall utgår från en differenskalkyl som jämför kostnaden för fallet relining med fallet konventionellt byte av ledning och räknar på att relining kostar ungefär hälften av vad det kostar att byta ledningen (beroende på ledning naturligtvis). För att åtgärden ska löna sig ska besparingen vara större än vald kalkylränta.

Relining är mest ekonomiskt lönsamt i innerstadsområden där alternativet – att byta ut fjärrvärmeledningen – betingar en högre kostnad på grund av ökade gräv- och återställningskostnader. De praktiska olägenheter som uppgrävning i en gata innebär utgör ytterligare ett skäl till att välja relining. I jämförelser mellan relining och nyförläggning ökar reliningens ekonomiska fördel med ökande rördiameter och reliningalternativet är normalt mindre attraktivt vid små dimensioner. Dock kan det finnas situationer som medför extraordinära kostnader för nyförläggning, varför även mindre dimensioner kan vara aktuella för relining (Nilsson, 1996).

Markförlagda ledningar som relinades för 40 år sedan som har grävts upp och visar inga större tecken på slitage, varför de beräknas hålla i minst 40 år till (Håkansson, 2011). Detta indikerar att livslängden för relinade fjärrvärmerör skulle kunna vara betydligt mer än 20 år.

Fördelar som anges av Vattenfall med att relina betongkulvertrör är att:

- det är en schaktfri metod, det vill säga kulverten behöver inte grävas upp.
- det är minimalt med störningar vid utbytet då reliningen går relativt snabbt.
- det är resurssnålt då man förlänger livstiden på befintliga ledningar istället för att lägga ned nya.
- det är en kostnadseffektiv metod jämfört med traditionella metoder för utbyte av kulvert i stadsmiljö
- det leder till lägre vattenförluster. Istället för att söka, hitta och laga läckor så relinas hela sträckan direkt.

Svårigheter eller nackdelar med metoden är till exempel att:

- det kan vara svårt med åtkomligheten vid reliningstillfället.
- lämplig placering för inträde av strumpa måste hittas som tar hänsyn till kompensatorer och andra komponenter i kulverten.
- fjärrvärmeledningar i jämförelse med vattenledningar utsätts för större påfrestningar i form av tryck, temperatur, rörelser och lastväxlingar, vilket eventuellt kan leda till problem.

- att åtgärden enbart lagar medieröret. Läckor på medieröret i betongkulvertar uppstår ganska ofta genom korrosion som orsakas av inläckage i kulverten. Problem med inläckage kvarstår efter relingen.

På grund av att relining inte berör betonghöljets skick bör försiktighet iakttas att använda metoden i kulvertar där armeringskorrosion kan leda till bristande hållfasthet, till exempel i locket, utan att man också åtgärdar dessa brister.

7.2 Renovering genom igenfyllnad av kulvert med slurr

Vattenfall i Tyskland har patenterat en metod för att renovera betongkulvert genom igenfyllnad av kulverten med slurr (en sorts självhårdande, flytande lättbetong). Enligt presentation från Andersson (2007), samt uppgifter från Hellström (2011), har metoden använts för att konvertera ett 36 km centralt ångnät till hetvattenrör. Betongens skick var mycket dåligt och kulverten var på väg att haverera. Rören konverterades till preisolerade rör med plasmantel som förlades där de tidigare ångledningarna hade legat i kulverten. Kulverten fylldes sedan igen med slurr som sprutades in i kulverten från en tankbil. Eftersom kulverten efter torkning var kompakt behövdes inte längre några kulvertlock. Vad som gjorde metoden lönsam var att schaktningen kunde minimeras till mindre än en femtedel av kulvertsträckan. Kostnader som tillkom var kostnader för glidstöd, fyllningsmaterial, inspektion av kulvert med TV caterpillar och utökad röntgen av medierören för att försäkra att dessa var i gott skick innan kulverten fylldes igen. I ett kostnadsexempel i Anderssons presentation var kostnaden för detta sätt att renovera kulverten mindre än hälften mot konventionell metod enligt kostnadsberäkning för ett ca 100 meter långt DN200/200 rör.

7.3 Säkring av leveranser i känsliga delar i nätet

Även om det inte kan ses som en livslängdsförlängande åtgärd på själva betongkulverten kan nämnas att man som en åtgärd för att säkra leveranserna i fjärrvärmenät med områden med betongkulvert kan överväga att montera nya avstängningsventiler på strategiska platser i nätet som möjliggör sektionering om skada uppstår. Likaså kan nätägaren överväga att bygga in redundans i nätet genom att bygga ringmatning eller anslutningar för mobila panncentraler.

8 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

Denna rapport fokuserar på statusbedömning av betongkulvertar. Studien visar att det i dagsläget inte finns metoder som på ett tillräckligt tillfredsställande sätt kan ge information om skicket på de betongkulvertar som finns nedgrävda i fjärrvärmenäten. Då uppgrävning för okulär besiktning av kulvertarna av praktiska och ekonomiska skäl inte anses vara ett alternativ, får en bedömning av statusen göras utifrån indirekta metoder och antaganden om ledningarnas skick. Då det inte längre byggs ny betongkulvert i svenska fjärrvärmenät handlar fjärrvärmebranschens intresse för betongkulvertar främst om att underhålla och förvalta redan nedgrävd infrastruktur, samt att ur företagsekonomisk synpunkt i största möjliga mån utnyttja betongkulvertarna under hela dess fulla tekniska livslängd utan att för den skull äventyra leveranssäkerhet, arbetsmiljö eller skada på tredje person. För att kunna göra detta föreslås följande punkter:

- **Risakanalys:**
 - För att på ett strategiskt sätt kunna ta beslut om underhåll och förnyelse i nätet bör besluten fattas med hjälp av en riskanalys med olika klassningar/viktningar som baseras på sannolikhet och konsekvens av skada.
 - Klassningarna bör göras med hänsyn till leveransrisker, ekonomiska risker, arbetsmiljörisker, samt risker för tredje person.
- **Skaderapportering:**
 - För att kunna utnyttja historiska data om fjärrvärmeledningarna är det viktigt att fjärrvärmebolaget använder sig av en nätdatabas med detaljerad skadedokumentation.
 - Erfaren personal som har hand om underhåll har stor betydelse för konsekvensanalysen av skadad betongkulvert. Fjärrvärmebolagen bör ha en genomtänkt strategi för hur man ska förvalta detta strukturkapital. En del data går att säkra genom ett kulvertanteringssystem.
- **Förbättrad övervakning:**
 - Larm i kammare bör ses över. Är kamrarna utrustade med nivåvippor eller fuktlarm? Fungerar larmet? Är det lämpligt att installera larm i fler kammare?
 - Undersök möjligheterna att dra in larmtråd i kulverten i efterhand.
- **Förebyggande underhåll:**

- Underhållet kan med fördel differentieras utifrån klassningar gjorda i riskanalysen. Betongkulvert som blivit dränkt bör klassas upp i riskanalysen.
- Underhåll av ventilation och dränering är viktigt för att hålla betongkulverten torr. Se till att de anvisningar som finns för rondering tar hänsyn till detta och att detta följs.
- Besiktiga och åtgärda skador på åtkomliga delar i kulverten.
- **Avhjälpande underhåll**
 - Metoderna för läcksökning förbättras ständigt och det finns anledning att ha ett kunskapsutbyte mellan fjärrvärmebolagen och med andra branscher som också håller på med distribution av media i rör.
 - Utveckling av metoder för renovering av betongkulvertar pågår. Precis som i punkten ovan är det viktigt med kunskapsöverföring.
 - Vid rätt förutsättningar kan eventuellt relining vara ett alternativ till utbyte av ledning.
 - För att undvika att ersätta fullt funktionsduglig betongkulvert i onödan kan det vara god idé att, utöver själva skadestället, gräva upp och kontrollera statusen på minst ett annat ställe.
 - Passa på att besiktiga skrotad kulvert. Detta är ett av de få tillfällen som betongkulvert grävs upp.
- **Förnyelse i nät**
 - Prioriteringar av vilka ledningar som skall bytas ut i nätet bör göras utifrån riskanalysen. Framtida risker i form av till exempel klimatförändringar med ökande nederbörd och grundvattennivåer, samt ökade trafikklaster bör också beaktas vid beslut om renovering eller utbyte av betongkulvert eftersom denna kulverttyp är särskilt känslig för dessa förändringar.
 - En strategi för utbyte av kompensatorer bör tas fram. Skador på större kompensatorer kan ge allvarliga leveransavbrott.
 - Betongkulvertar är ofta dåligt isolerade och kostnaden för värmeförluster bör räknas in i bedömningen om kulvert skall lagas eller bytas ut.
 - Eftersom grävkostnaderna utgör en så stor del av kostnaden vid utbyte av betongkulvert framförallt i innerstad bör möjligheten att byta ut ledning när andra aktörer gräver upp en sträcka utnyttjas då detta är möjligt.

8.1 Statusen på dagens betongkulvertar

Det kan konstateras att statusen på betongkulvertarna i dagsläget till liten del är känd för fjärrvärmebolagen. De besiktningbara delarna av fjärrvärmenätet ronderas och

besiktigas okulärt, men i övervägande delar är betongkulverten inte åtkomlig. Eftersom man inte gräver upp och besiktigar betongkulvert görs bedömningar av skicket istället med hjälp av metoder som bygger på mätningar av indikatorer som på olika sätt indirekt kan säga någonting om kulvertens skick.

Betongkulvertarna i svenska fjärrvärmenät är idag mellan 25 och 60 år gamla. Enligt statistik som erhållits från Werner (2011) gjordes den största utbyggnaden av betongkulvert i början av 70-talet. Om dessa kulvertar ännu inte har bytts ut i högre grad än andra betongkulvertar finns det anledning att anta att mycket av den betongkulvert som finns i näten uppgår till en ålder på ca 40 år i dagsläget. Åldern på kulverten förefaller dock inte ge en särskilt stark fingervisning om kulvertens skick, utan kvaliteten på kulvertens utförande och omgivningsmiljön ser ut att ha ett starkare samband för livslängden hos betongkulvertarna. Till viss del kan dock ålder (eller snarare byggnadsår) och livslängd samvariera på grund av att ökade högre krav har ställts på betongrecept och medierör med tiden. Genom den historiska återblick som gjorts inom projektet framkommer att kraven på betongkonstruktioner har förändrats över tid och att det för betongkulvert byggd före 1979 inte fanns några krav på betongens vattencementhalt eller andra krav på betongens beständighet och att man därför inte kan förutsätta att betong från denna tid har lika lång livslängd som den betong som används idag. Vidare så tilläts fram till 1979 en så pass hög kloridhalt i betongen att risken för armeringskorrosion i dessa konstruktioner är stor. Det gäller även betongkulvertar byggda fram till 1988, om inte miljön klassats som armeringskorrosiv. Klorider är framförallt en fara för betong i fuktiga miljöer. Fjärrvärmeföretag belägna i närheten av bräckt vatten kan ha inblandning av havsvatten i betongen då detta var ett vanligt förfarande vid tiden. För vintergjutna kulvertar som har gjutits vid temperaturer nedåt -5°C rekommenderades en inblandning av klorider för att påskynda härdningen. Salt användes också för att avisa gjutformar. Därför kan det konstateras att betongkulvert som är gjuten vintertid före 1980 är mer i riskzonen för armeringskorrosion.

Vissa komponenter såsom till exempel kitt i fogar vid lock och mellan betongelement har också en tendens att åldras och vittra, vilket leder till en otät betongkulvert. Medierör av stål som får ligga i en torr miljö förväntas ha en livslängd på betydligt mer än hundra år. Enligt erfarenhet från skadestatistik och genomförda intervjuer är det tämligen sällan som läckor i betongkulvertar uppstår genom inre korrosion i medierören.

Enligt den skadestatistik som insamlades mellan åren 1982 och 1997 har betongkulvertar historiskt sett inte haft högre skaderisk än annan typ av kulvert, med undantag för kulvertar isolerade med cellbetong, vilka utgör en mindre lyckad typ av konstruktion på grund av dåliga ventilationsegenskaper som gör att fukt och vatten hålls kvar vilket på sikt leder till korrosion på stålet i kulverten. Intervjuer med nätansvarig personal i fyra nät, samt diskussion med projektets referensgrupp ger vid handen att betongkulvertarna inte heller i dagsläget är mer skadebenägen än annan typ av fjärrvärmeledning. Skadebenägenheten förefaller inte heller ha ökat nämnvärt under senare år. Om det är så att en förändring i skadebenägenheten kan anses vara en viktig prediktor för betongkulvertarnas bäst-före-datum, så kan vi genom denna

studie fastställa att detta datum alltså inte kan anses ha uppnåtts än, generellt sett. För individuella kulvertsträckningar går det dock inte att dra samma slutsats och det kan som sagt konstateras att fjärrvärmebolagen i dagsläget inte har tillräckligt underlag för att kunna avgöra det verkliga skicket på sina betongkulvertar.

8.2 Riskanalys och vikten av dokumentation

Om underhåll och förnyelse i fjärrvärmenät ska kunna göras på ett strategiskt sätt bör en riskanalys över ledningsnätet tas fram av fjärrvärmeföretaget. Begreppet risk definieras vanligtvis som en sammanvägning av sannolikheten för att en negativ händelse skall hända och konsekvenserna av denna händelse.

Statusbedömningar av ledningssträckningar eller komponenter är av vikt för att man ska kunna ta fram en beskrivning av nuläget och dokumentation och inrapportering av skador är viktiga för att kunna håll koll på skadehistorik och skadestatistik. Ur skadehistoriken kan man på erfarenhetsmässig och beräkningsmässig basis bilda sig en uppfattning av hur tidigare skador kan påverka risken för ny skada, antingen på samma ledningssträcka, eller som ett underlag för riskbedömning för en specifik typ av ledning eller ledningskomponent. Den kunskap som erfaren personal som arbetar med underhåll av fjärrvärmeledningar har är ovärderlig för att man ska kunna göra en bra bedömning av kulvertens skick baserat på skadehistorik. Dokumentation är en viktig försäkring av strukturkapitalet i ett företag. Det ligger oerhört stora kapital nedplöjda i ledningsnätet och för att på bästa sätt kunna ta hand om dessa anläggningstillgångar bör det finnas möjlighet till överblick över nätet och nätets skick. Därför bör fjärrvärmeföretag som ännu inte har satsat på kulverthanteringssystem överväga detta. Ju större nät, desto viktigare är det att informationen är sökbar och kan användas av flera personer. Att information om ledningarna och dess skick läggs in i en databas är ett sätt att säkra kunskap och vetenskap som annars bara finns i de anställdas huvuden. Många av dem som var med och byggde första generationens fjärrvärmeledningar är idag pensionärer och en del lever inte längre. Att säkra kunskapen från äldre, erfarna medarbetare är något som kan göras nu, men kanske inte i morgon. All erfarenhet och kunskap som personer byggt upp kan förstås inte dokumenteras, men den information som går att överföra bör samlas och göras sökbar. Dokumentationen är viktig inte minst mot bakgrund av att arbetstagare är betydligt mer lätttrörliga på arbetsmarknaden idag och mer benägna att byta arbete med jämna mellanrum. Vidare ger intervjuerna med personal från de fyra näten vid handen att det finns en trend att allt mer konstruktion och förläggning av nya ledningar läggs ut på entreprenad, vilket gör det ännu viktigare med dokumentation med information om såväl dimensioner, sträckningar, materialval, markförhållanden och skaderapportering.

Att kunna ta fram skadehistorik kan sägas vara särskilt viktigt för just betongkulvertar, då dessa konstruktioner är känsliga för fukt och nedblötning och då tidigare skador i hög grad kan påverka kulvertens skick. Skadehistoriken kan också säga något om de svaga punkterna i nätet och om skaderapportering görs på nationell nivå kan en bild av kvaliteten på specifika fabrikat eventuellt erhållas. En nationell

kulvertskadestatistik kan också utgöra en referenspunkt för ett fjärrvärmebolag som vill se hur det ligger till när det gäller skador i jämförelse med andra nät. Detta kan säga något om behovet av förnyelse av nätet. Därför är det önskvärt att den skaderapportering som Svensk Fjärrvärme tidigare samlade in och sammanställde återupptas, eftersom detta kan vara av stort värde för Svensk Fjärrvärmes medlemmar. Det finns också ett värde i att denna statistik sammanställs i rapportform och inte bara i en databas. Rapporter är mer lättillgängliga och når antagligen fler användare än en databas. En nationell skaderapportering kan också vara ett incitament till fjärrvärmebolag som idag inte har någon egen skaderapportering att satsa på detta. Ett nytt förslag på inrapporteringspunkter till kulvertskadestatistik har tagits fram inom Svensk Fjärrvärme. Detta förslag har setts över utifrån ett betongkulvertsperspektiv inom ramen för detta projekt och redovisas som en bilaga i rapporten.

När det gäller konsekvens av skada är fjärrvärmeledningens betydelse för leveranssäkerheten en viktig variabel och här bör till exempel utmatningspunkter och ledningar med stora dimensioner klassas högre i en riskanalys. Högre klassning kan också ges på ledningar till kunder som är känsligare för avbrott eller avvikelser från framledningstemperaturer (industrier, sjukhus eller dylikt), eller kunder i områden utan ringmatning. Betongkulvertar utgör ofta stora dimensioner på strategiska platser i nätet, varför dessa många gånger bör få en högre klassning i riskanalysen. Dessa faktorer bör föranleda tätare ronderingar och prioritet när det gäller förnyelse i nätet. Arbetsmiljörisker är en annan sak som bör vägas in i förnyelseplanering och planerat underhåll. Här utgör betongkulvertkammare en potentiell arbetsrisk, bland annat med risk för skällning och risk för legionella och det är viktigt att föreskrifter i arbetsmiljölagsstiftningen beaktas.

8.3 Metoder för statusbedömning

De flesta metoder som används idag för statusbedömning av fjärrvärmeledningar är indirekta metoder som bygger på mätning av olika faktorer som i sig kan indikera skador på kulvertkonstruktionen, till exempel indikering av korrosionsangrepp genom tjockleksmätning av godset i medieröret, detektering av fukt eller av stigande vattennivåer i kammare, samt olika läcksökningsmetoder. Okulär besiktning kan göras vid åtkomliga delar så som till exempel i kammare eller gångbara kulvertar, men större delen av betongkulverten kommer man inte åt. I normalfallet, för betongkonstruktioner i allmänhet, vill man okulärt syna hela den betongkonstruktion som man ämnar undersöka, samt göra handnära kontroll och provtagningar på åtminstone 25 % av konstruktionen. Detta är inte möjligt att göra på nedgrävda betongkulvertar. Eftersom kulvertens skick till mångt och mycket är beroende av miljön i kulverten går det inte baserat på provtagning vid en punkt att med säkerhet säga något om skicket i andra betongkulvertsträckningar, men däremot kan betonganalyser säga något om kvaliteten på betongen. Eftersom det är så svårt att få tillfälle att komma åt och göra betonganalyser på fjärrvärmeledningar av betong kan det vara värt att utnyttja de gånger som kulverten grävs upp, till exempel vid byte av

kulvert. Enligt de intervjuer som företagits inom ramen för denna studie utnyttjas inte denna möjlighet.

Det kan konstateras att de flesta metoder för statusbedömning som används i svenska fjärrvärmenät handlar om läcksökning av nätet. Det kan också konstateras att läcksökning som metod att bedöma statusen på kulvertarna inte är helt tillfredsställande eftersom läckage betyder att en genomgående skada redan har uppstått, antingen på medieröret när det gäller utläckage eller på betongskalet när det gäller inläckage. Att få bättre kontroll på miljön inne kulverten kan vara mycket värt för att sänka osäkerheten kring hur kulverten mår och här utgör Öresundskrafts försök med att dra igenom larmtråd i befintlig betongkulvert en mycket intressant åtgärd som kan hjälpa företaget att hitta fukt och läckor innan detta har hunnit leda till några större skador, varpå man kanske vågar behålla sin betongkulvert längre än man hade vågat utan denna möjlighet till övervakning.

Läcksökning är och förblir dock en viktig del i underhållet av ett fjärrvärmenät och därför är det glädjande att se att metoderna förfinas och att utvecklingen går framåt. Läcksökning med hjälp av spårgasen helium och förbättrad avlyssningsteknik är två exempel på metoder som kan vara värda att prova. Det är också spännande att följa utvecklingen av flygtermografering. Flygtermografering är fortfarande en ganska dyr metod, men metoden kan ge en betydligt bättre överblick av temperaturskillnader i nätet än termografering med handkamera eller kamera riggad på bil. Det forskningsprojekt som pågår inom Fjärrsyn om flygtermografering kan bidra med metoder för att beräkna värmeförluster i ledningarna, vilka utgör kostnader som i sig inte brukar utgöra tillräckligt skäl för utbyte av ledning, men som bör beaktas i den ekonomiska bedömningen för förnyelse i nätet.

I de intervjuer som har företagits inom ramen för denna studie har från flera olika håll framkommit att personalen som jobbar med nät- och underhållsfrågor ofta driver utvecklingen av olika metoder i egen regi och att försök ofta görs inom det egna företaget. Då metoder för statusbedömning och läcksökning i fjärrvärmenät inte utgör en särskilt stor marknad finns det ganska få aktörer som driver dessa frågor och det ligger inte överdrivet stora kapital i utvecklingsbudgeten hos dessa aktörer. Därför går utvecklingen inte heller särskilt fort inom detta område. På grund av dessa förutsättningar kan det vara strategiskt att gå samman flera företag och samarbeta över företagsgränserna och att samarbeta med andra branscher som står inför liknande problem, till exempel VA-branschen, eller olje- och gasindustrin. De sistnämnda torde ha betydligt bättre ekonomiska förutsättningar att finansiera studier och inköp av utrustning. Spridning av erfarenheter och metoder som tas fram i andra länder kan också följas genom en medveten omvärldsbevakning, som helst bör komma hela fjärrvärmebranschen tillgodo.

8.4 Åtgärder som kan förlänga kulvertens livslängd

De livslängdsförlängande åtgärder som har tagits upp i denna studie är dels att se till att övervaka och underhålla åtkomliga delar av kulverten, dels har ett par metoder för

renovering tagits upp där schaktning inte behöver göras, åtminstone inte på hela kulvertsträckningen.

När det gäller underhåll har vikten av att sörja för god avrinning och avfuktning tagits upp genom att poängtera att vid rondering se till så att ventilationskanaler hålls fria och kontrollera att dränering fungerar på ett tillfredsställande sätt. Detta är en viktig faktor för att kunna hålla en bra miljö inuti kulverten. Övriga livslängdsförlängande åtgärder som exemplifierats i rapporten är relining och igenfyllnad av betongkulvert med slurr (flytande, självhårdande lättbetong). Båda dessa metoder är på försöksstadiet.

Igenfyllnad med slurr är egentligen en metod för nyanläggning med preisolerade rör, men där behovet att gräva upp och bila bort den gamla ledningens betonghölje inte föreligger. Metoden skulle därmed kunna användas för utbyte av fjärrvärmeledning där medierören ligger i betonglådor, men ej för cellbetongkulvert. Huruvida detta är en bra långsiktig lösning eller inte återstår att se. Den igenfyllda kulverten liknar till mångt och mycket cellbetongisolerad betongkulvert, men med den stora skillnaden att medierören inte är av stål, utan av plast, vilket gör att de problem som finns med korrosion på medierör på cellbetongkulvertar, inte kan förkomma här. Skulle dock medierören läcka av någon anledning, så skulle det förstås bli problematiskt att kunna komma åt och laga läckan.

Relining av fjärrvärmerör är också en metod som har tagits upp och som har fått förnyad aktualitet i och med att Vattenfall och Fortum förbereder för att testa detta. Relining har diskuterats under årtionden, men det är först nu som det verkar finnas en epoxi som klarar de speciella påfrestningar i form av temperatur och tryck som finns i fjärrvärmeledningar. Inom VA-området har relining använts under lång tid och det finns goda erfarenheter från reliningens livslängd i VA-rör som har grävts upp och undersökts. Relining i betongkulvertar kan vara ett kostnadseffektivt sätt att skjuta upp utbyte av ledning, men samtidigt bör metoden användas med förnuft, framförallt när det gäller renovering av betongkulvertar då reliningen enbart förlänger livslängden på själva medieröret och inte på kulvertkonstruktionen i övrigt. Kompensatorer och ingjutet gods kommer fortfarande att behöva bytas ut och i fall där det finns risk för att hållfastheten i lock eller betonghölje har påverkats av armeringskorrosion bör relining inte ske utan att man också tillser att laga och förstärka kulvertens betongdelar.

8.5 Reaktiv eller aktiv underhållsstrategi?

Reinvesteringstakten för utbyte av ledningar i fjärrvärmenäten i de intervjuade bolagen ligger enligt utsago på mellan 300-700 år i dagsläget. Då ingen fjärrvärmeledning kan förväntas leva så länge innebär detta att reinvesteringstakten måste komma att ökas väsentligen i framtiden. Om förnyelse av fjärrvärmeledningar görs i form av avhjälpande underhåll, det vill säga att ledningar byts ut först när skador upptäckts, innebär detta att kostnaden för utbyte samvarierar med skadebenägenheten på fjärrvärmeledningarna. Framförallt i äldre nät där mycket kulvert byggts inom en kort tid kan detta innebära att kostnaden för avhjälpande

underhåll och förnyelse kan öka mycket markant när skadebenägenheten börjar peka uppåt.

Att byta ut kulvert först när skador uppstår kan vara ekonomiskt fördelaktigt eftersom kulverten används under hela sin livslängd (förutsatt att planerat underhåll har skötts). I examensarbetet av Åsa Åkerström som redovisades i kapitel 1 gjordes en fallstudie där den reinvesteringsmodell som hade tagits fram i examensarbetet testades på två områden i Göteborgs nät. Fallstudien visade att det inte var ekonomiskt lönsamt att byta ledningarna på någon sträcka och antagligen såg det ut på liknande sätt i de flesta andra områdena i nätet. Studien visar att det kan vara ekonomiskt försvarbart att vänta med att göra reinvesteringar i nätet tills skador upptäcks, det vill säga i de flesta fall när läckor som uppstått upptäckts. Men då reinvesteringstakten i fjärrvärmenäten förefaller vara mycket långsam, bör förnyelse ändå planeras och genomföras i vissa sträckningar på grund av risker för ledningshaverier.

Kompensatorer är en svag punkt i många betongkulvertkonstruktioner. Bara i till exempel Malmös nät finns det över 5000 kompensatorer. Att vänta med utbyte av kompensatorerna kan leda till problem då kompensatorerna inte är en dussinvara, utan tillverkas efter beställning, speciellt de större dimensionerna.

Utifrån slutsatserna att betongkulvertarnas status till stor del är okänd och att det idag inte finns några riktigt bra metoder för att statusbedöma oåtkomliga delar av kulverten finns det än större skäl att vidta en försiktighetsprincip när det gäller leveranssäkerheten i nätet och planera för utbyte av ledningar och komponenter utifrån en konsekvensanalys av riskerna för skada i olika ledningar. Det kan också vara klokt att säkra kundleveranserna i dessa äldre kulvertområden genom att montera nya avstängningsventiler på strategiska platser, samt överväga att bygga in redundans i nätet genom ringmatning och anslutningar av mobila panncentraler.

9 REFERENSER

Andersson, J.: ”Digitala läckdetekteringssystem. En studie av nyare tekniker på marknaden och jämförelser med dagens system”. FoU-rapport Fjärrvärmeföreningen 2002:71

Andersson, S., Molin, J.& Pletikos, C.: ”Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät – insamlingsfasen”. FoU-rapport Svensk Fjärrvärme, 1997:12

Andersson, S., Molin, J.& Pletikos, C.: ”Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar”. FoU-rapport Svensk Fjärrvärme 1999:41

Bäckström & Gustavsson (2005): ”Underhållsplanering av vattenledningsnät – ett samhällsekonomiskt perspektiv”. Chalmers, examensarbete 2005:114

Fagerlund, G.: Betongkonstruktioners beständighet. En genomgång av officiella svenska regler 1926-2011. Avdelningen för Byggnadsmaterial, Lunds Universitet. Rapport TVBM-3153 Lund, 2010

Fredriksen, S. & Werner, S.: ”Fjärrvärme. Teori, teknik och funktion” Studentlitteratur, Lund, 1993

Lange, G.: Att finna läckor i vattendistributionsledningar underlättas med kännedom om deras ljudegenskaper. I: Vatten 65, sid 231-235, Lund 2009

Larsson, A.: ”Inventering av processvattenbalans – Fastställande av fjärrvärmedistributionens läckage inom Vattenfall Värme Uppsala AB”. Examensarbete vid civilingenjörsprogrammet i energisystem, SLU, Uppsala, 2009:03

Nilsson, J. Fjärrvärmeutveckling FVU AB.: Epoxireling av fjärrvärmerör. Fjärrvärmeföreningen FOU-rapport 1996:4

Nordvärme.: ”Underhåll och förnyelse av fjärrvärmenät. Del 1”. Danske fjernvarmeværkers forening. Bog nr. 911, 1992

Stenberg, R.: ”Åland läcksöker med automatik. I Cirkulation - VA-tidsskriften”

Sund, G, Det Norske Veritas.: ”Utvändig korrosion på fjärrvärmerör”, FoU-rapport Svensk Fjärrvärme, 2002:80.

Sund, G, Det Norske Veritas.: ”Inventering av nya inspektionsinstrument för statuskontroll av fjärrvärmerör”. FoU-rapport Svensk Fjärrvärme, 2004:106

Svensk Fjärrvärme.: ”Kompensatorer. Konstruktion, inbyggnad, skador”. Rapport 2006:3

Svensk Fjärrvärme.: ”Ultraljudsprovning med teletestmetoden – Utvärdering av fältförsök på fjärrvärmerör”. Rapport 2006:2

Svensk Byggtjänst och Cements AB.: ”Betonghandboken Material”, 1994

Veszelei, E., Aronsson, M., & Hellström, P: Leak Detection by Real Time Dual-Velocity Cross Correlation. I EuroHeat&Power. English Edition, Vol 6, III, 2009

ÅF Energi & Miljö & Svensk Fjärrvärme.: ”Underhåll av äldre fjärrvärmenät. Svensk äldre nät är i riskzonen och kan bli en kvarnsten runt halsen för många fjärrvärmebolag” Rapport från ÅF-seminarium i Malmö 2004-01-29

Åkerström, Å.: ”Reinvesteringsmodell för befintligt fjärrvärmenät”. Examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola, 2004

Kulvertskadestatistik:

Svenska Värmeverksföreningen, 1984. *Sammanställning av kulvertskadestatistik 1982.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1985. *Kulvertskadestatistik 1983. Skadebilaga.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1985. *Kulvertskadestatistik 1983. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1985. *Kulvertskadestatistik 1984. Skadebilaga.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1986. *Kulvertskadestatistik 1984. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1987. *Kulvertskadestatistik 1985. Skadebilaga.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1987. *Kulvertskadestatistik 1985. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1988. *Kulvertskadestatistik 1986. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1990. *Kulvertskadestatistik 1987. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1990. *Kulvertskadestatistik 1988. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1991. *Kulvertskadestatistik 1989. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1992. *Kulvertskadestatistik 1990. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1993. *Kulvertskadestatistik 1991. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Svenska Värmeverksföreningen, 1994. *Kulvertskadestatistik 1992. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk.*

Fjärrvärmeföreningen, 1994. *Kulvertskadestatistik 1993. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska energiföretag.*

Fjärrvärmeföreningen, 1995. *Kulvertskadestatistik 1994. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska energiföretag. FVF 1995:2*

Presentationer eller information från hemsidor:

Aarleff.: Produktblad: Aarleffs reling med ånga.

http://www.aarsleffpipe.se/informationsmaterial/Pictures%20Informationsmaterial/Relin_ånga_Aa.pdf, nedladdad 2011-10-21

Andersson, Jonas (Vattenfall AB Värme Uppsala): Presentation vid Distributionsdagarna 2007. Renovering av gamla betongkulvertar.

Eurowater. Fjärrvärmevatten:

<http://www.silhorko.dk/omr%C3%A5den/fj%C3%A4rrv%C3%A4rmevatten.aspx>, nedladdad 2011-10-20.

Hellström, Per (Vattenfall): Presentation vid Panndagarna 2010.

http://www.vok.nu/Upload/Presentationer/panndagarna_10/Panndagarna2010_Per_Hellstrom.pdf, nedladdad 2010-10-21.

Hamafo Teknik. Läcksökning:

<http://www.hamafo.se/produkter.asp?kategori=14&prod=62>, nedladdad 2011-02-22.

Larsson, Lennart (Mälarenergi). Ppt-presentation vid referensgruppsmöte för projektet. 2010-09-21.

Svensk Fjärrvärme, Rörledningsteknik:

<http://www.svenskfjarrvarme.se/Medlem/Fokusomraden-/Distribution/Distributionssystem/Kulvertteknik/>, nedladdad 2011-02-22

Unitracc, Läcksökning med spårgasen helium:

<http://www.unitracc.com/aktuelles/artikel/helium-tracer-gas-leak-detection--implemented-during-the-normal-operation-of-the-pipeline-without-interruption-of-the-supply-en>, nedladdad 2011-10-04.

Intervju per telefon eller mailkontakt:

Bär, Kevin, E.ON Fernwärme GmbH. Mailkontakt 2011-10-17

Elf, Peter, Göteborg Energi AB. Telefonkontakt 2011-10-17

Håkansson, Stefan, HWQ Relining. Mailkontakt 2011-11-02

Hellström, Per, Vattenfall AB. Telefonkontakt 2011-10-21

Jacobsson, Rolf. Telefonkontakt 2011-10-31

Jakobsson, Hans, Fortum AB. Telefonkontakt 2011-10-31

Kunze, Hans Jürgen, DELU AG Tyskland. Telefonkontakt och mailkontakt 2011-10-24

Larsson, Lennart, Mälardalens Energi AB. Telefonkontakt 2011-10-31

Lindblad, Bengt, Göteborg Energi AB. Telefonkontakt 2011-10-31

Lindroth, Greger, COWI (tidigare Lunds Energikoncernen AB). Telefonkontakt 2011-11-03

Ohlsson, Magnus, Öresundskraft AB. Telefonkontakt 2011-10-14

Nordensvahn, Ture. Tidigare vid Svensk Fjärrvärme. Telefonkontakt 2011-10-17

Sjökvist, Stefan. CEO Termisk Systemteknik. Telefonkontakt 2011-10-?

Tibbelin, Lars-Åke. Tekniska förvaltningen, Lunds kommun. (Tidigare vid Lunds Energi). Telefonkontakt 2011-11-03

Werner, Sven. Professor vid Energiteknik, Högskolan i Halmstad. Telefonkontakt
2011-10-26.

BILAGA 1 – INTERVJUMANUAL

A: Beskrivning av betongkulvertar och nät

Finns det möjlighet att få ta del av kartor över fjärrvärmenäten där det framgår vad som är betongkulvert? Detta material bör då, om möjligt, finnas med som diskussionsunderlag vid intervjun.

När vi i frågorna använder begreppet betongkulvert menar vi hela betonglådan inkl. medierör, isolering etc.

1. Total längd ledningsnät (inklusive betongkulvertar)
2. Hur mycket betongkulvert finns det i nätet?
 - a. Längd i meter?
 - b. Volym som betongkulverten rymmer?
 - c. Hur många sträckningar finns det med betongkulvert?
3. Vilka typer av betongkulvertar har finns i nätet?
 - a. Platsgjutna/prefabricerade
 - b. Profiltyp
 - c. Typ av isolering: med cellbetong, mineralull eller annat?
 - d. Byggnadsår. Det vill säga hur gamla är de befintliga betongkulvertarna i nätet
 - e. Är betongkulvertarna byggd i egen regi eller genom entreprenad?
4. Vilka uppgifter finns i dokumentationen om betongkulvertarna?
5. Var i nätet är betongkulvert förlagd (centrala delar, utmatningsstråk, specifika områden)?
6. Hur ser markförhållandena ut där betongkulvert ligger förlagd? (jordart, berg, silt etc)
7. Skiljer sig markförhållandena mycket åt mellan olika platser där betongkulvert är förlagd?
8. Vad är det generellt för typ av bebyggelse ovanför betongkulvertarna (stadsgata – trottoar, gata, tunnlar, kanaler, park, åker, villaträdgårdar etc.)?
9. Utgör betongkulvertarna viktiga utmatningspunkter i nätet?

B: Skadeproblematik

*Inför intervjuerna – finns det någon **kulvertskadestatistik** som vi kan få ta del av redan innan intervjuerna? Har det gjorts någon **riskanalys av leveranssäkerheten** i fjärrvärmenätet som vi kan få ta del av?*

Genomgång av skadestatistik om sådan finns. Frågor (antingen med utgångspunkt från skadestatistik om sådan finns, eller intervjupersonens erfarenheter):

Del av kulvert	Rangordning	Kommentarer
Kulvert		
Kammare		
Kompensator		
Ventil		
Larm		

10. Vilka skador på betongkulverten är vanligast?
11. Vilka delar av betongkulverten är mest skadebenägna? Ordna svaren från 1-5 där 1 utgör del som det är mest vanligt att det förekommer skador på:
12. Vilka punkter i betongkulvertdelarna av nätet anses vara svaga punkter?
13. Är betongkulverten mer eller mindre skadebenägen än andra typer av kulvertar?
14. Har man sett några skador som har uppkommit på grund av ålder?
15. Vanliga följdproblem vid skador?

Skadeorsaker

16. Skadeorsaker betongkulvert i det specifika nätet. Ange svaren i tabellen.
 - a. Ange på en skala 1-4 hur vanliga skadorna är,
 - 1 = mycket vanlig orsak,
 - 2 = ganska vanlig,
 - 3 = ganska ovanlig,
 - 4 = mycket ovanlig.

(Svaren skall utgå från om skadeorsaken anses vanlig eller ovanlig i förhållande till andra skadeorsaker – skadorna i sig kan ju generellt uppkomma relativt sällan).

- b. Vilka åtgärder vidtas när skadorna uppmärksammas? Ange svaren i tabellen.

Typ av skadeorsak	Poäng - bedömning	Åtgärder
Marksättningar		
Olämplig återfyllnad		
Yttre åverkan		
Otät skarv i skyddshölje		
I övrigt otätt skyddshölje		
Otät svets/lödskarv i mediarör		
Otät gjutning		
Otät lockskarv		

Otät betäckning		
I övrigt otät kammare		
Otät rör genomföring		
Bristfällig dränering		
Bristfällig ventilation		
Felaktig lutning på kulverten		
Ledning lagd för nära kulvertbotten		
Ventilfel		
Materialfel		
Montagefel		
Larmsystemfel		

Annat		

17. Vilka typer av skador på betongkulverten är dyrast att åtgärda?
18. Är det i allmänhet dyrare att åtgärda skador på betongkulvert än på annan kulvert?
19. Genomgång av riskanalys om sådan finns. Beskriv vilka risker som identifieras som rör betongkulvertar.

Skadeupptäckt

20. Hur upptäcks skador i betongkulvert? Ange på en skala 1-4 hur vanligt det är att skadorna blir upptäckta på angivna sätt,

- 1 = mycket vanligt sätt att upptäcka skador på,
- 2 = ganska vanligt,
- 3 = ganska ovanligt,
- 4 = mycket ovanligt.

(Svaren skall utgå från om sättet att upptäcka skador i betongkulvert kan anses vanligt eller ovanligt i förhållande till andra sätt – skadorna i sig skulle ju generellt kunna uppkomma relativt sällan).

Sätt att upptäcka skador i betongkulvert	Bedömning
Vatten i kammare	
Vatten i fastighet	
Vattenutströmning (synligt ovan mark)	
Ånga ur ventilationsrör	
Varm markbeläggning	
Vattenförluster upptäckta genom:	
Behov av påfyllnad av spädvatten	
Lite vatten i expansionskärl	
Ökat pumpbehov	
Larmsystem (finns detta i betongkulverten? Enbart i kammare?)	
Upptäckter vid näraliggande arbete	
Meddelande (synliga skador, pyranin i kranvatten etc)	

21. Är kamrarna utrustade med nivåvippor?

22. Är betongkulvertarna utrustade med trådlarm?

23. Gräver man någonsin upp betongkulvert utan att först konstatera skada på sträckningen?

C: Underhållsstrategier

Bedömning av livslängd

24. Uppskattad status och livslängd på de betongkulvertar som finns i nätet.
- Har det gjorts någon utredning av statusen på betongkulvertarna? Vad har man i så fall kommit fram till?
 - Om inte, vad antar man att statusen är och vad baserar man dessa antaganden på?
 - Hur påverkar ändrade förutsättningar av byggnormer, markanvändning etc livslängden på betongkulvertarna? Vilka problem ser man med detta?
 - Vilken beräknad livslängd har er betongkulvert, räknat från den dagen den lades?

Analys av funktion och skick

25. Görs några specifika återkommande analyser för att bestämma kulvertarnas skick, och vad är era erfarenheter av dessa analysmetoder?

Analysmetoder	Erfarenheter
Betonganalyser	
Ultraljudsprovning av korrosion i stålrör (t.ex. genom teletestmetoden).	
Vattenanalyser (t.ex. vattenprov i kammare som analyseras i laboratorium för att se om provet innehåller totalavsaltat vatten)	

	Analys med UV-lampor för att spåra pyranin.	
Temperatur-mätning	Termometer	
	Genom termografering	
Mätning av förändring av fjärrvärmevattnets volym eller indikatorer på förändring	Förbrukningen av spädvatten ökar	
	Nivån i expansionskärln minskar	
	Ökat pumpbehov	
Fiberoptik		

Andra analysmetoder?	

Läcksökning

26. Är pyranin tillsatt i fjärrvärmevattnet?

27. Vilka metoder för läcksökning används och vilka är era erfarenheter av dessa?

Metoder för läcksökning	Erfarenheter
Sektionering med avstängning av ventiler	
Lyssnarapparat och eventuella korrelationsmätningar	
Termografering	
Spårgas	
Rörål försedd med termometer och mikrofon	
Andra metoder att lokalisera läckor?	

28. På vilka premisser beslutas om en skadad betongkulvert skall lagas eller bytas ut?

29. Vilka tekniska lösningar använder ni när ni byter ut skadad betongkulvert?

Åtgärder för att förlänga betongkulvertens livslängd

30. Har man vidtagit några åtgärder för att förlänga livslängden på sträckor med betongkulvert?

- a. Hur ser dessa åtgärder ut?
- b. Vilka delar av betongkulverten har man förstärkt?
- c. Har man använt sig av metoden ”relining”?
- d. Med hur lång tid tror man sig ha lyckats förlänga livslängden med vid olika åtgärder?

Tillsyn och besiktning

31. Tillsyn i åtkomliga punkter

- a. Hur ofta görs tillsyn av:
 - i. kammare?
 - ii. dykare?
 - iii. gångbar kulvert?
 - iv. nedstigningar/brunnslöck?
 - v. mark ovan ledning (vatten på markyta, torr markyta, kontroll av sättningar och ånga ur ventilationstorn)?
- b. Vad kommer man åt att se (och vad ser man inte?) i:
 - i. Kammare?
 - ii. Dykare?
 - iii. Gångbar kulvert?
 - iv. Nedstigningar/brunnslöck?
 - v. Ovan mark?
- c. Vilket skick är delarna generellt i? Tecken på åldrande?
 - i. Kammare?
 - ii. Dykare?
 - iii. Gångbar kulvert?
 - iv. Nedstigningar/brunnslöck?
- d. Kan man dra några slutsatser om statusen på andra, oåtkomliga delar av betongkulverten baserat på det man ser?

32. Vilka svaga punkter finns i ert nät (nätdelar med betongkulvert)?

33. Vid svaga punkter: gör man någon speciell tillsyn eller besiktning vid identifierade svaga punkter i nätet t.ex. i:
- Kulvert som belastas med hårt tryck från trafik?
 - Kulvert som ligger förlagd nära eller korsar VA-ledning eller dylikt?
 - Kulvert med känd skadeproblematik (t.ex. dålig dränering, ventilation, hög luftfuktighet, felaktig eller för liten lutning)?
 - Kulvert förlagd i ogynnsamma förhållanden (i mark som medför risk för sättningar, mark med hög grundvattennivå etc)?
 - Andra svaga punkter?

Planerat underhåll

34. Beskriv er underhållsstrategi med fokus på betongkulvertarna i nätet:
- Generell beskrivning
 - Är underhållet att betecknas som reaktivt eller förebyggande?

Budget för fjärrvärmeunderhåll

35. Hur stor är den årliga budgeten för underhåll av fjärrvärmenätet?
36. Hur stor är den årliga kostnaden för utbyte av fjärrvärmekulvertar? Hur stor del har betongkulvertarna av denna kostnad?
37. Hur stor är den årliga kostnaden för reparation av skador på betongkulvertar, samt för reparation av följskador?

Reinvesteringstakt

38. Hur hög är reinvesteringstakten på betongkulvertar?
39. Om denna reinvesteringstakt fortgår – om hur många år kan man räkna med att alla betongkulvertar är utbytta?
40. Hur ser man på rimligheten i att hålla denna takt i relation till den förväntade livslängden?
- Innebär takten att man till slut kommer att ha ett underhållsberg framför sig?
 - Hur ser man på framtida kostnader för underhåll av betongkulvertarna ur ett kundperspektiv?
 - Hur ser man på leveranssäkerheten i nätet med utgångspunkt från reinvesteringstakten av betongkulvertar?

D: Övrigt

41. Är det stor skillnad i kompetens om betongkulvert mellan yngre och äldre medarbetare? Utgör detta i så fall ett problem?
42. Hur gör man för att säkra upp att kunskapen om betongkulvertarna överförs? Dokumentation, upplärning etc.
43. Anser ni att betongkulvert utgör ett problem? Vad anser ni då är de största problemen med betongkulvertar i ert fjärrvärmenät? (Tekniska, ekonomiska, organisatoriska, omvärldsproblem)?

BILAGA 2 – BILDBANK SKADOR

Nedan följer bilder på skador som kan förekomma i betongkulvertar. Bildmaterialet har erhållits från Lennart Larsson, Mälardalens Energi AB och bilderna visar skador som har upptäckts på betongkulvert i Västerås. Bilderna har kommenterats av projektgruppen och Lennart Larsson från Mälardalens Energi AB.

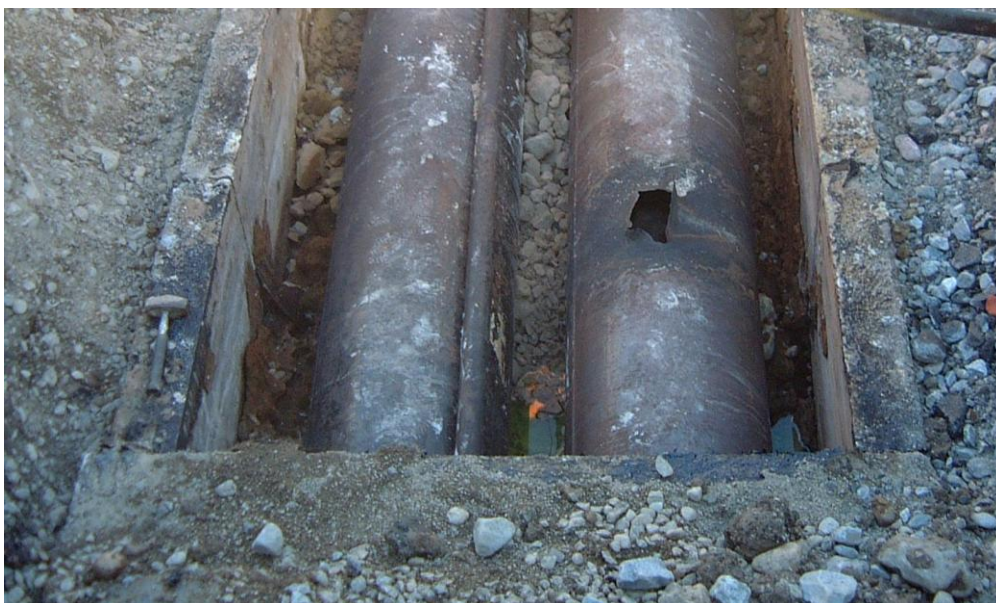


Bilderna ovan visar en genomgående betongspricka i ett hörn av en kammare. Sprickorna i detta fall är en följd av att kulvertarmarna på båda sidor om kammare har satt sig. Kammaren och ca fem meter kulvert på båda sidor - så kallade kulvertarmar - göts i ett stycke innan första dilatationsfogen. Kammaren är dessutom en vinkelkammare och utsatt för stora påkänningar från kompensationskrafter. Sprickorna går ända ned i botten av kulvertsegmentet och återfanns i alla fyra hörn av kammaren. Sprickorna tätades genom att små hål borrades och genom dessa injekterades ett specialmedel.

För betongsprickor är det framförallt sprickbredden som man använder som indikator för hur allvarlig en spricka är – ju bredare desto värre. Sprickor liknande exemplet i bilderna ovan bör utredas vidare av någon som är sakkunnig inom betong.



Bilden ovan visar en kraftig spricka som är nästan helt genomgående. Risken för inläckage av vatten utifrån i en så djup spricka som denna är överhängande. För att inte få inläckage av vatten i kulverten bör sprickan tätas. Hade sprickan bara gått till hälften genom väggen hade man däremot kunnat nöja sig med att lämna den för fortsatt uppsikt/utredning. Dock ska man vara väl medveten om att armeringen ligger fritt exponerad för luftens syre inuti sprickan. Observera även den tunna sprickan som löper över den inre hörnan av kulvertväggen. På sikt kan denna göra att hela hörnan ramlar av.



Bilden ovan visar ett tydligt exempel på när inläckage av vatten genom en skarv i betonglådan lett till en stor skada på medieröret. Detta är stort problem framförallt i betongkulvertar där isoleringen består av cellbetong där inkommande vatten inte rinner undan utan blir stående mot rören.



Till höger i bilden syns ett inläckage, som har fått som följd att hela kammarväggen har blivit fuktig. Hög fukthalt är i sig inte farlig för betongen, men växlingar mellan vått och torrt ökar drastiskt risken för betongkorrosion. Det inträngande vattnet kan givetvis också orsaka skador på själva medieröret och andra komponenter i kulverten/kammaren. Viss ytrost kan skönjas på medieröret i bilden. Ett dilemma med ett inläckage som det på bilden är att det är svårt att tätta inifrån. För att få ett bra resultat behöver tätningen göras utifrån, vilket kräver att man gräver upp intill kammarväggen.



Detta representerar en tydlig bild på ett inläckage. I denna kammare är det troligt att inläckaget skett på ett ställe där distanser mellan ytter- och innerform inte tagits bort under gjutningsarbetet. Dessa distanser var vid detta arbete gjorda antingen i trä eller betong. Trä ruttnar med tiden och nygjuten betong krymper vilket i båda fallen leder till otäthet i konstruktionen.

För att kunna tätas sprickan med gott resultat måste man komma åt på utsidan av kulverten/kammaren. Eftersom detta kräver utgrävning får omständigheterna inuti kulverten vara avgörande för om åtgärder ska vidtas, eller om inläckaget bara ska hållas under fortsatt kontroll. Hur mycket vatten läcker in? Kan det inträngande vattnet ledas undan så att vidare skador undviks? Notera även kalkränderna längs hela betongväggen. Detta är ett tecken på att vatten har läckt in och lakat ur kalk ur betongen, vilket försämrar dess hållfasthet. En upptäckt av kalkränder enligt bilden kräver inga omedelbara insatser, men bör noteras och hållas under kontroll.



Bilden ovan visar en färsk betongskada, där hela den övre delen av betonghörnan har lossnat. Betongen i snittytan ser fräsch ut och på armeringen syns inga spår av korrosion. Det är därför troligt att skadan uppstått av mekanisk belastning när kulvertlocket lyftes av.

På bilden syns en kraftig stål balk som är infäst i betongen. Det bör påpekas att vid alla metallinfästningar i betong kan korrosion uppstå på samma sätt som armeringskorrosion, med exempelvis sprickbildning och försvagning av betongen som följd.



Bilden ovan visar tydligt en otät dilatationsfog mellan två betongelement i en kulvert isolerad med cellbetong. Fogen måste tätas för att förhindra framtida inläckage i kulverten.

BILAGA 3 –FÖRSLAG TILL SKADERAPPORTERING

Allmänt

Nedan anges några allmänna kommentarer om skadestatistikrapporteringen.

- Svensk Fjärrvärmes skadestatistik sträcker sig redan över ett stort antal år. En avvägning måste göras mellan hur man vill förändra rapporteringen för att få den så bra som möjligt, och hur förändringarna påverkar möjligheten att studera parametrar över hela tidsperioden. Inriktningen bör vara att så många parametrar som möjligt ska gå att studera över så lång tidsperiod som möjligt, men att man hela tiden måste justera inrapporteringen till att täcka sådant som är eller kan tänkas vara av allmänt intresse för medlemsföretagen.
- Så som skadestatistiken är uppbyggd i nuläget förefaller det vara så att en skada enligt skadestatistiken är definitionsmässigt lika med en skada som orsakat läckage på medieröret. Frågan är om man missar en del betongkulvertskador på detta sätt, om man upptäcker skador på betonglådan som ännu inte lett till läckage på medierör? Bör dessa skador ingå i statistiken? Kommer de med ändå i dagsläget?
- Som bakgrundsdata i skaderapporteringen anger fjärrvärmeföretagen hur mycket kulvert de har i sina nät av respektive typ. Här bör man ange andelen kulvert i nätet inte bara som längd (kulvertmeter) utan också som andel av den totala nätvolymen. Att ha med detta mått ger en mer rättvisande bild av olika kulverttypers betydelse i näten. Och då kan man relatera skadefrekvensen även till nätvolymen, vilket kan vara ett viktigt mått till exempel i en riskanalys.
- Svartalternativen i strukturen bör vara uteslutande alternativ, dvs. det ska finnas ett och endast ett alternativ som passar i varje lista med alternativ. Så är det inte i nuläget. Se specifika exempel nedan.
- Vi tror att det generellt sett är bra att välja rapporteringskategorier som inte utgör en försvinnande liten andel av underlaget. Exempel följer nedan.

Specifikt

Rubrik 2 ”Ledningsdata”

För rubriken 2 ”Ledningsdata” vore det ur betongkulvertsynpunkt bra att lägga till om det finns dränering och ventilation. För både dränering och ventilation kan ställas frågan om den var 1) fullt fungerande, 2) delvis fungerande, eller 3) saknades/var igensatt. Eventuellt kunde man ha ett fjärde alternativ: 4) vet ej.

Rubrik 2.3 ”Skada på”

Underkategorierna Framledning, Returledning och Kulvert bör definieras. Vad inräknas till exempel i alternativet Kulvert? (Är det övrigt minus framledning och returledning? Vilken kategori tillhör exempelvis kompar, fixar och dylikt?).

Hur rapporteras skador på kammare? Skador som sker på kammare går inte att urskilja ur materialet. Detta borde framgå. Samma gäller för ventilgropar etc.

Egentligen skulle punkten 2.3 kunna lyftas över till fråga 4, eftersom den handlar mer om själva skadan än om ledningsdata (som ju förutom just 2.3 handlar om bakgrundsdata om ledningen).

Rubrik 2.4.3 ”Betongkulvert”

Under rubriken 2.4.3 ”Betongkulvert” föreslår vi ”Platsgjuten” eller ”Prefab” som enda alternativ. Som underrubriker till båda skulle man kunna ha:

- Fyrkantkulvert, helgjuten
- Fyrkantkulvert med lock
- Hel-/halvrör
- Annat

Ur ett betongkulvertperspektiv är det intressant att få information om själva uppbyggnaden av ledningen; är rören till exempel upphängda, ligger på stöd eller ligger rören direkt på betonglådans botten? Finns dränering och ventilation etc? Detta kan vara svårt att beskriva, speciellt med valbara alternativ men kan dock ge viktig info om skadans uppkomst. Kanske bör detta beskrivas under skadeförloppet istället...?

Rubrik 2.8.1 ”I mark”

Rubriken 2.8.1 ”I mark” skulle kunna innefatta underrubriker om markförhållanden i form av jordart (berg, lera, sandjord, övrigt). Detta hade varit intressant information att få när det gäller just betongkulvert som inte klarar dynamiska laster så bra.

Rubrik 2.9 ”Områdeskategori”

För rubriken 2.9 ”Områdeskategori” tror vi att det skulle räcka med alternativen ”Hårdgjord yta” och ”Parkmark”, men däremot bör verksamheten ovanpå anges. Till exempel tungt trafikerad gata, gata med lite trafik, cykel-/gångväg. Då kan man se hur stor andel av skadorna på betongkulvert som uppstår på platser med hög trafiklast.

Är det intressant vad det ligger för andra ledningar i närheten? Ligger det en vattenledning under är det ju kopplat till vissa risker med avseende på läckage, uppgrävning etc.

4 ”Primärorsak”

Den struktur som 4 ”Primärorsak” har i nuläget är problematisk på grund av risken att man går miste om uppgifter längre ut i förgreningen i strukturen på grund av att man

inte kan avgöra vad som är den primära orsaken till skadan. Man kapar så att säga av grenen redan i början, när man kanske har information längre ut i förgreningen⁷. Istället för att utgå från primärorsak skulle man kunna utgå från vad det är som är skadat, eftersom detta är känt, och ange primärorsaker lägre ut i förgreningen, alternativt ha ”primärorsak” och ”vad är skadat?” som två parallella spår. ”Vad är skadat?” skulle mycket väl kunna vara en flervälsfråga.

Om den gamla strukturen med ”primärorsak” som förgrening ändå avses användas tycker vi att svarsalternativen 4.1, 4.2 etc bör förändras enligt följande:

- 4.1 Materialfel (kvarstår)
- 4.2 Installationsfel (kvarstår)
- 4.3 Yttre åverkan, samt 4.4 Inre åverkan slås ihop till ett alternativ 4.3 Åverkan. Detta på grund av att ”Inre åverkan” är en mycket liten grupp i statistiken om man tittar på den skadestatistik som finns mellan 1982-1997. Lägg till alternativet ”tryckstötår” som underrubrik 4.3.4.
- 4.5 Konstruktionsfel (kvarstår, men blir rubrik 4.4)
- 4.6 Inläckage bör tas bort eftersom detta inte är ett bra alternativ då samtliga andra alternativ kan leda till inläckage. Möjligen skulle det kunna ersättas av ”Inläckage från kammare”.
- 4.7 Eftersatt underhåll bör tas bort eftersom denna orsak utgör en mycket liten grupp i tidigare skadestatistik. Om eftersatt underhåll är anledningen till skadan kan detta inräknas under alternativet ”Annat”. Eftersatt underhåll är dessutom ett laddat begrepp och det är möjligt att skaderapporterarna vill undvika att sätta detta som orsak till skador eftersom det ger ett negativt intryck av hur nätunderhållet sköts.
- Kanske skulle ytterligare en skadeorsak kunna vara ”Ålder/slitage”, nu när vissa ledningar/kulvertar börjar närma sig sin tekniska livslängd.
- 4.8 Annan orsak (kvarstår, men blir rubrik 4.5)

För att ange skadeorsaker i betongskalet på betongkulvert kan rubriken 4.1.3 Mantel (eller ”Ytterhölje”) förses med följande underrubriker:

- 4.1.3.1 Sprickor
- 4.1.3.2 Spjälkad betong
- 4.1.3.3 Frost
- 4.1.3.4 Armeringskorrosion

Rubrik 7 ”Kostnad”

För rubrik 7 ”Kostnad” föreslår vi att denna rubrik istället kallas ”Åtgärd” och får underrubrikerna:

- 7.1 Akut åtgärd

⁷ Ett exempel: Om man vet att skadan beror på en läckande lockskarv, men inte vet om det beror på ett materialfel, installationsfel eller något annat, så kommer man i den befintliga strukturen inte vidare till att ange att det är just en lockskarv som gått sönder. Då missas denna information i skadestatistiken (förutom i fritexten, som ju ger information men kan vara svår att sammanställa statistik för).

- 7.2 Reparation
- 7.3 Förnyelse

Samtliga förses med underrubrikerna Beskrivning och Kostnad. Som exempel: för 7.1 Akut åtgärd, blir underrubrikerna således 7.1.1 Beskrivning (text), samt 7.1.2 Kostnad. Vi tror att det kan vara intressant att statistiken visar hur åtgärderna har gjorts. Då kan man se i vilken omfattning andra fjärrvärmeföretag har valt att helt byta ut betongkulverten, lägga nya rör i befintlig betonglåda osv.

BILAGA 4 – CHECKLISTA

FÖREBYGGANDE UNDERHÅLL FÖR

BETONGKULVERT

Nedan följer en checklista för förebyggande underhåll med anpassning för betongkulvert.

Checklista

Allmänt

Ventilation

- Kontrollera att ventilationen fungerar som den ska.
- Kontrollera att inte skräp, löv etc. är på väg att sätta igen ventilationskanalerna.
- Kontrollera att vatten inte kan tränga in i kulverten vid ventilationsöppningar till exempel på grund av skadade ventilationsrör.
- Finns det ingen ventilation? Notera och fundera på om detta kan vara värt att satsa på som livslängdsförlängande åtgärd för betongkulverten.

Dränering

- Kontrollera att dräneringen fungerar som den ska.
- Kontrollera att inte smuts eller skräp är på väg att sätta igen dräneringsrören
- Kontrollera att dräneringsrören leder dit det är tänkt, det vill säga bort från betongkulverten.
- Finns det ingen dränering? Notera och fundera på om detta kan vara värt att satsa på som livslängdsförlängande åtgärd för betongkulverten.

Synligt inläckage i kulvert/kammare

- Kan något synligt inläckage i kulverten upptäckas från inspektionsplatsen? Klargör varifrån vattnet kommer, och om möjligt vad som är skadat.
- Ser det ut att ha förekommit vatten i kulverten tidigare, även om det är torrt nu? Försök att klargöra varifrån vattnet kommit, om något är skadat samt om det är sannolikt att det åter kommer in vatten i kulverten.
- Finns det tecken på skador från inläckande vatten, till exempel våt/skadad isolering, rostfläckar etcetera?

Vatten i kulverten leder ofta till framtida skador, eftersom det är svårt att torka ut kulverten när den väl blivit blöt. Att undvika vatten i kulverten är A och O.

Larm/nivåvippor

- Finns nivåvippor eller annan larmutrustning vid inspektionsplatsen? Om inte, fundera över om inspektionsplatsen utgör en så viktig del av kulvertsystemet så att det borde finnas.
- Fungerar larmutrustningen som avsett?

Betong

Sprickor i betongen

- Finns det synliga sprickor i betongen?
- Hur stor är sprickan? Ser den ut att bli större med tiden, eller ser det ut att kunna uppstå fler sprickor? I så fall bör inspektionsplatsen besökas med högre frekvens framöver.
- Om sprickan är fuktig är detta ett tecken på inläckage. Om möjligt bör då sprickan tätas, och kontrolleras med tätare frekvens framöver för att säkerställa att inte följskador sker (t.ex. armeringskorrosion)

Armeringsskador

- Finns synlig armering vid inspektionsplatsen? Detta är ett tecken på att vatten trängt in i betongen och armeringskorrosion har uppstått. Vid armeringskorrosion blir armeringen skör, dess volym utökas och utanpåliggande betong sprängs loss. Konstruktionen tappar sin hållfasthet – ett allvarligt tillstånd som bör åtgärdas.

Andra betongskador

- Finns tecken på andra skador på betongen än ovan nämnda? Vittrad betong, trasiga hörn, kalkurlakning eller dylikt?

Dilatationsfogar/fogar mellan betongsegment

- Finns tecken på åldrande fogmassa mellan betongsegment, t.ex. fogmassa som är torr, smulas sönder, eller som har ”försvunnit”. Om åldrande fogar kan åtgärdas genom ifyllnad/omfogning kan framtida inläckage i kulverten förhindras.
- Finns tecken på att inläckage genom fogar redan skett? Kan fogarna åtgärdas?

Betongkulvertens konstruktion

- Är betongkulverten utformad på ett olämpligt sätt, till exempel med medierören för nära golvet, felaktig lutning i förhållande till kammare, för tunt lock eller dylikt? Är detta välkänt och dokumenterat? Är inspektionsintervallet anpassat efter detta? Är åtgärder för att förhindra eller uppmärksamma skada vidtagna, till exempel fuktlarm eller nivåvipa?

Generellt: Det är viktigt att våga differentiera underhållet och ronderingen. Där kulverten är i perfekt skick är det ju inte sannolikt att det händer någonting. Rikta då insatserna mot platser där statusen inte är känd eller där skada är känd.



Forskning som stärker fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntrar konkurrenskraftig affärs- och teknikutveckling och skapar resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem. Kunskap från Fjärrsyn är till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort. Programmet finansieras av Energimyndigheten tillsammans med fjärrvärmebranschen och omsätter cirka 19 miljoner kronor om året. Mer information finns på www.fjarrsyn.se

STATUSBEDÖMNING AV BETONGKULVERT

Här finns allt om skador och underhåll av betongkulvertar – skadeorsaker och upptäckt av skador, riskanalys, skaderapportering, reparation och utbyte av en kulvert, tillsyn, kostnader för underhåll med mera.

Betongkulvertar är ofta stora ledningar som ligger i de centrala delarna av en stad och i strategiska delar av nätet, till exempel i utmatningspunkter. Ett haveri kan alltså få mycket stora konsekvenser. Det är därför särskilt viktigt att det finns en genomtänkt strategi för att underhålla, byta ut och förlänga livslängden på de här kulvertarna. Men för att kunna planera för det behöver varje fjärrvärmeföretag ha bra information om skicket på ledningarna i nätet.

I den här rapporten ges tydliga och enkla rekommendationer och förslag till åtgärder för underhåll och förvaltning av de drygt 700 km betongkulvertar som byggdes i våra svenska fjärrvärmenät mellan 1940 och 1990-talet. Här diskuteras också om man som fjärrvärmeföretag ska ha en aktiv eller reaktiv underhållsstrategi.

