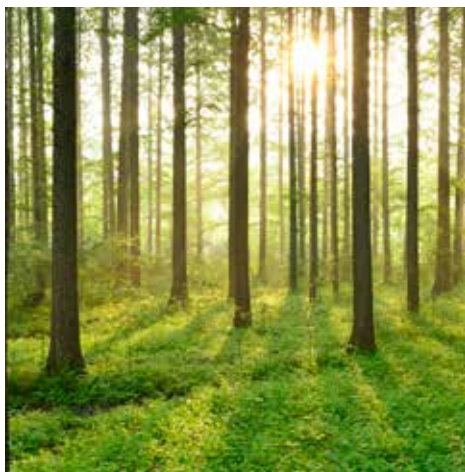


RISKHANTERING FÖR UNDERHÅLL AV FJÄRRVÄRMENÄT

RAPPORT 2015:185



FJÄRRSYN



Energiforsk

RISKHANTERING FÖR UNDERHÅLL AV FJÄRRVÄRMENÄT

BAKGRUND, ERFARENHETER OCH FÖRSLAG

KERSTIN SERNHED

MIKAEL JÖNSSON

MY OLSSON

ISBN 978-91-7673-185-7

♥ 2015 Energiforsk AB

FÖRORD

Projektet har tittat på hur risk- och sårbarhetsarbete gällande distributionsledningar för fjärrvärme går till hos ett par svenska fjärrvärmeföretag och har tagit fram rekommendationer på hur arbetet kan bedrivas även utan detaljerad kunskap om det egna fjärrvärmenätet. Projektet har även tittat på andra branscher för att se hur de arbetar med riskbedömningar.

Skadestatistik, företagets egna erfarenheter och historik gällande skador, statusbedömningar av näten är pusselbitar som tillsammans med rekommendationerna i denna rapport kan ge en bild av hur risk- och sårbarhetsarbete kan gå till i praktiken.

Tanken är att det ska vara enkelt för framförallt mindre fjärrvärmeföretag att komma igång med risk- och sårbarhetsarbete. Startsträckan är med denna rapport utstakad.

Studien har genomförts av Per-Olof Johansson på Grontmij. Per-Olof började sedermera på Hässleholm Miljö AB och Mikael Jönsson tog över som projektledare. My Olsson från Grontmij och Kerstin Sernhed på LTH har tillsammans med Mikael lett projektet.

Projektet har följts av en referensgrupp bestående av Per Hellström från Vattenfall AB Heat Nordic, som under projektets gång ersattes av Morgan Romvall, Vattenfall AB Heat Nordic, Emma Sundin från Fortum Värme samägt med Stockholm stad, Niclas Wiklund från Gävle Energi, Harald Andersson från E.ON Värme Sverige AB, Bojan Stojanovic från Vattenfall AB Heat Nordic. Även Thomas Lummi från Svensk Fjärrvärme har deltagit i projektet.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras av Svensk Fjärrvärme och Energimyndigheten. Forskningen inom Fjärrsyn ska stärka fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntra konkurrenskraftig och affärs- och teknikutveckling och skapa resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort.

Jan Berglund Ordförande för Svensk Fjärrvärmes teknikråd

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

SAMMANFATTNING

Fjärrvärme har en mer än halvsekel lång historia i Sverige och står, med hög leveranssäkerhet, för mer än hälften av energin för värme och varmvatten. Ledningarna i många nät börjar nå en hög ålder och underhållsbehovet växer. Nyanskaffningsvärdet för den totala längden av 23 000 kilometer fjärrvärmeledningar bedöms till 115 miljarder kronor (med utgångspunkt från 2007 års kostnadsstatistik). Ekonomiska skäl talar för att behålla ledningarna så länge som möjligt, men utan att för den skull riskera leveranssäkerhet, arbetsmiljö, eller skador för allmänhet och egendom.

Denna studie syftar till att belysa hur ett fjärrvärmebolag kan förnyelseplanera trots begränsad kännedom om de markförlagda ledningarnas status, samt hur man utifrån denna frågeställning arbetar med riskklassning samt risk- och sårbarhetsanalyser inom fjärrvärmebolag och närliggande branscher. Målet är att rapporten ska kunna utgöra ett referensmaterial vid arbete med planering av underhåll och förnyelse av fjärrvärmenät.

Ett generellt önskemål som framhålls i litteratur om underhåll i fjärrvärmenät är att öka det förebyggande underhållsarbetet och minska det avhjälpande underhållet. Detta försvåras av att det, trots bättre fuktlarm och utveckling av metoder för statusbedömning, fortfarande saknas metoder som ger tillräcklig information om statusen på det markförlagda fjärrvärmenätet.

En genomgång av litteratur kring teorier för risk- och sårbarhetsanalys har genomförts i syfte att sammanfatta olika metoder som kan användas för att värdera risker och identifiera och hantera sårbarhet och för att ge en teoretisk bakgrund till fältet. Några mindre analyser kring skador på ledningar och ledningstyper har gjorts på skadestatistik som samlats in av Svensk Fjärrvärme för åren 1983-2003. En workshop har företagits med ett antal medelstora till större fjärrvärmebolag kring vilka variabler som kan vara viktiga att beakta inom arbetet med risk- och sårbarhetsanalyser. Vidare har intervjuer genomförts med driftspersonal och driftschefer i fjärrvärmeverksamhet i tre olika fjärrvärmeföretag, samt i ett gasföretag och en kommunal förvaltning för VA. Syftet med intervjuerna har varit att undersöka hur dessa verksamheter arbetar med risk- och sårbarhetsanalyser som verktyg för planering av utbyte och underhåll av ledningar.

I intervjuerna framkom att de företag som intervjuats samtliga använder riskklassning och riskanalys som ett verktyg, framförallt för den långsiktiga förnyelseplaneringen, men även för prioritering av rondering och övervakning, samt för beredskapsplanering. De verktyg som används för att hantera bakomliggande information för riskklassning och riskanalyser skiljer sig åt - från tämligen manuella system till integrerade system för dokumentation, kartdatabaser, underhållsplanering och nätberäkningar.

I litteraturstudien om metoder för risk- och sårbarhetsanalyser tas ett antal olika metoder upp, allt från kvalitativa scenarioframtaganden till kvantitativa riskanalyser baserade på sannolikhet och konsekvens. I intervjuerna kan konstateras att ett ganska begränsat antal metoder används av de intervjuade bolagen och att de analyser som

används är att betrakta som semi-kvantitativa metoder baserade på riskmatriser. Det finns därmed en rad metoder som redovisas i litteraturdelen som inte används, men som skulle kunna användas - framförallt inom sårbarhetshantering.

Bland de parametrar som normalt beaktas vid bedömning av sannolikhet för och konsekvenser av ett haveri i fjärrvärmennät kan nämnas följande:

- **Ålder.** Material degenereras med ålder. Denna parameter har fördelen att vara lätt att automatisera i ett datorbaserat system, men är generellt inte en särskilt tillförlitlig indikator för en ledning eller komponents verkliga skick.
- **Ledningstyp.** Olika typer av ledningar har olika skadebenägenhet och svaga punkter, vilket kan påverka livslängden. Även denna parameter har fördelen av att vara lätt att automatisera i ett datorbaserat system.
- **Dimension på ledning.** Ledningens dimension kan ge ett mått på den förväntade konsekvensen av ett haveri.
- **Identifiering av störningskänsliga kunder.** Känsliga kunder vars verksamhet relativt sett påverkas mer negativt vid störningar i leverans bör identifieras utifrån ett konsekvensperspektiv på leveransavbrott.
- **Skador och skadestatistik.** Information om skador kan användas såväl för bedömning av var omgående insatser behövs, som för livslängdsbedömningar och för långsiktig förnyelseplanering.
- **Speciella ledningar.** Ledningar som är placerade i miljöer där sannolikheten för haveri är hög eller där konsekvenserna av ett haveri är stora bör identifieras.
- **Arbetsmiljö och säkerhet.** Konsekvenser för arbetsmiljö och säkerhet måste alltid prioriteras och ha en plats i prioriteringsarbetet av vilka ledningar eller komponenter som bör byggas bort eller underhållas mer frekvent. Arbetsmiljöfrågor har, enligt intervjuerna, fått ett ökat fokus under senare år.

Vad som är att anse som ett avbrott i fjärrvärmeleveranserna är inte helt tydligt i fjärrvärmebranschen. Någon klar definition har inte kunnat hittas inom ramen för detta arbete och detta är inte heller något som brukar regleras i leveransavtalen mot kund. Av fysikaliska skäl är kvaliteten på fjärrvärmeleveranserna svårare att mäta än i till exempel elbranschen. Så länge inte kunden märker av trycksänkningar eller sänkning av framledningstemperatur, så är en tillfällig sänkning av dessa parametrar kanske inte att betrakta som ett leveransavbrott? Men även om det är svårare att definiera vad som är att betrakta som ett avbrott i fjärrvärmeleveranserna, så är det ändå anmärkningsvärt att branschen inte har någon gemensam definition. Därmed blir begreppet leveranssäkerhet svårt att kvantifiera, och detta försvårar viss mån bedömningar av konsekvenser vid ett haveri.

Som ett resultat av de genomförda intervjuerna inom fjärrvärme-, VA- och gasbranscherna kan konstateras att kunskapsöverföring mellan branscherna försvåras av stora skillnader mellan ledningarnas förutsättningar. Utifrån ett underhålls- och förnyelseperspektiv kan fastställas att fjärrvärmeledningar har mer gemensamt med vattenledningar än med gasledningar och avloppsledningar. Bland specifika exempel som tas upp i denna rapport kan nämnas att samma datoriserade nätplaneringsverktyg med rutiner för till exempel förnyelseplanering används av såväl Vattenfall som Kretslopp och vatten (Göteborg). Svensk Vatten Utveckling (SVU) utgav år 2011 en handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar. Mycket av innehållet i denna handbok går att tillämpa även för fjärrvärmeledningar. Bland annat finns det en nyttig checklista som i denna rapport anpassats för fjärrvärmeföretag, samt en tolkning av riskmatriser som används av den intervjuade VA-förvaltningen Kretslopp och Vatten och som är lika tillämpbar för fjärrvärmenät.

Intervjuerna med driftspersonal i denna studie har medvetet inriktats på större bolag som har kommit en bit på väg i arbetet med risk- och sårbarhetsanalys som verktyg för underhåll och förnyelse av sina nät. För att göra deras arbetssätt mera överförbart till lite mindre fjärrvärmebolag har ett avslutande underkapitel med rubriken ”Riskhantering för underhåll i praktiken” tagits fram. Detta kapitel innehåller en avslutande diskussion hur man som ett mindre eller medelstort fjärrvärmebolag kan göra för att komma igång med arbetet med riskhantering i underhåll och förnyelseplanering. Anledningarna till att komma igång med detta arbete är många. Det handlar dels om att kunna erhålla en överblick över förnyelsebehoven, och dels om att arbeta fram en struktur som på ett systematiskt sätt hjälper nätägaren att prioritera mellan olika behov och projekt. Vidare handlar det även om att säkra ett strukturkapital och minska de risker som föreligger när information och kunskap om fjärrvärmenätet, ledningars egenskaper och skick, bara finns i huvudet hos vissa nyckelpersoner. För att kunna använda systemen för riskklassning måste nämligen information samlas in och dokumenteras på ett systematiskt sätt.

SUMMARY

District heating in Sweden has a more than half-century long history. With high reliability of delivery, district heating covers more than fifty percent of the Swedish demand for space heating and domestic hot water. The pipes in many networks are reaching a considerable age and the maintenance demands are increasing. The acquisition value for replacing the total length of 23,000 kilometres of district heating pipes is estimated at 12 million EUR (based on cost data from the year 2007). Financial considerations speak for keeping the pipes as long as possible, but without compromising reliability of supply, the working environment and safety for the general public and without risking damage on property.

This study aims at illustrating how a district heating company can plan renewal without the full knowledge of the status of the underground pipes and how the district heating and related industry tackle this problem by the use of risk rating and risk and vulnerability analysis. The goal is that the report that can constitute a reference when working with planning of maintenance and renewal of district heating networks.

A general wish that is pointed out in the literature about maintenance, is a transition from corrective maintenance to more increased preventive maintenance. Despite better moisture detection systems and the development of methods for status assessment, the lack of methods providing sufficient status information for the underground district heating networks still poses a challenge.

A literature study on theories focusing on risk and vulnerability analysis has been carried out with the aim of summarising existing methods and of giving a theoretical background. Some minor analysis of failures of different pipes and types of pipes has been carried out based on statistical information collected by the Swedish District Heating Association during the years 1983-2003. A workshop on important parameters to be used for risk and vulnerability analysis was held with participants from a number of mid-size and large district heating companies. Furthermore, operation and maintenance staff and managers at three district heating companies, one gas distribution company and one municipal water and wastewater utility were interviewed. The purpose of the interviews was to investigate how these organisations use risk and vulnerability analysis as a tool for planning renewal and maintenance of pipelines.

The interviews resulted in the conclusion that all the interviewed companies used risk rating and risk analysis, in particular for the long-term renewal planning, but also for the prioritising of inspection and monitoring as well as for emergency planning. The tools used to manage the information utilised for the risk rating and the risk analysis varied between the companies – from relatively manual systems to integrated systems for documentation, geographical information systems, maintenance planning and hydraulic analysis.

In the literature study on risk and vulnerability analysis, a number of methods were described, from qualitative scenarios to quantitative risk analysis based on probability and impact. The interviews with the companies showed that a rather limited number of methods were used and that they were of semi-quantitative type, based on

risk matrices. Hence, many of the methods described in the literature study were not used at all in spite of the fact that some of them could be really useful, perhaps those for vulnerability analysis in particular.

The following parameters that normally are considered for the rating of probability and impact from a breakdown in a district heating network could be emphasised:

- **Age.** Materials degenerate with age. This parameter has the advantage of being easy to automate in a computer system, but it is generally not a particularly reliable indicator for the actual condition of a pipe or a component.
- **Type of pipe.** Different types of pipes have different failure tendencies and weak points, which may have implications for the expected life. Also this parameter has the advantage of being easy to automate in a computer system.
- **Pipe dimension.** The dimension of the pipe may indicate the expected impact of a failure.
- **Identification of sensitive customers.** Customers, with activities that will be particularly impacted from failures in the supply, should be identified as sensitive customers.
- **Damage and damage statistics.** Information on damage could be used for decision on where immediate action is required as well as for life estimations and for long-term renewal planning.
- **Specific pipelines or components.** Pipelines and components located where the probability of failure is high or the impact of a failure is severe, should be identified.
- **Working environment and safety.** Negative impact on the working environment or safety should always be given high priority and be considered in the renewal plans or be subject of intensified maintenance measures. Issues related to the working environment have, according to the interviews, been given increased focus during the last years.

The definition of interruption or failure in relation to the supply of district heating is not quite clear in the district heating industry. No definition has been found within the scope of this study and it is generally not specified in the supply contracts with the district heating customers. Because of the physics, quality of district heating supply is less straightforward than for example the quality of the supply of electric power. There is a question whether reduced pressure and/or temperature should be seen as interruption or failure as long as the customer do not recognise any loss of convenience.

But even though it is difficult to define what should be considered as interrupted supply of district heating, it is still remarkable that the industry does not have a common definition. This makes the definition also of reliability of delivery difficult to quantify and, to some extent, it complicates the estimation of the impact of a failure used in, for example, risk matrices.

A conclusion from the interviews with companies in the district heating, gas and waste and wastewater industries was that the transfer of knowledge between the industries may be hampered by the major differences in the prerequisites of the different pipes. From a maintenance and renewal perspective, the conclusion was that district heating pipes have more aspects in common with water pipes than with gas and wastewater pipes. Among specific examples of similarities covered in this report, the fact that the same computer system for network planning, including renewal planning, is used for district heating by Vattenfall and for water and waste water by Kretslopp och vatten, could be mentioned. Swedish Water Development (SVU) published in 2011 a handbook on renewal planning for water and waste water pipes. Many parts of this handbook could be applied also to district heating networks. For example, the handbook includes a useful check list, which, in this report, has been adapted for district heating companies. It also includes an interesting interpretation of risk matrices used by the interviewed water and waste water utility Kretslopp och vatten and which is applicable also for district heating networks.

The companies selected for interviews were intentionally selected among the larger companies and those already using risk and vulnerability analysis as a tool for maintenance and renewal of their networks. In order to make the methodologies available for smaller district heating companies, a concluding section called ‘Applied Risk Management for Maintenance’ has been compiled. This section includes a concluding discussion on how small or medium sized district heating companies can start their work towards using risk management for planning maintenance and renewal. There are several reasons to start this work. It is important to get an overview of the required renewal. It is also important to develop a structure, which, systematically, guides the network owner to prioritise between the different needs and projects. Furthermore, in order to use systematic risk analysis, information has to be collected and documented in a systematic way. This collection of data also enhance the structural capital by reducing the risks caused by losing information and knowledge about the district heating network only stored in the heads of some key experts.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	16
1.1	SYFTE, MÅL OCH MÅLGRUPP	16
2	Bakgrund	18
2.1	TEKNIKUTVECKLING FJÄRRVÄRMELEDNINGAR	19
2.2	VIKTEN AV UNDERHÅLLSFRÅGOR	22
2.2.1	Statusbedömning	24
2.3	LEVERANSSÄKERHET OCH SÅRBARHET	25
2.3.1	Regler kring avbrott	26
2.3.2	Rekommendationer utifrån störningskänslighet	27
2.3.3	Leveranssäkerhet i svenska fjärrvärmesystem	30
2.3.4	Kundkostnader i samband med leveransavbrott	31
2.3.5	Framtida utmaningar som kan påverka leveranssäkerheten	32
2.3.6	Risk- och sårbarhetsanalys i VA-handboken	32
3	METODIK	36
3.1	LITTERATURSTUDIE	36
3.2	SKADESTATISTIK	36
3.3	WORKSHOP	37
3.4	INTERVJUER	38
3.4.1	Urval av intervjupersoner	38
4	LITTERATURSTUDIE – RSA	40
4.1	BEGREPPSFÖRKLARING	40
4.2	SKILLNADEN MELLAN RISKANALYSER OCH SÅRBARHETSANALYSER	42
4.3	RISKANALYSMETODER	43
4.3.1	Grovanalys/preliminär riskanalys/PHA	44
4.3.2	Riskmatris	45
4.3.3	HAZOP	45
4.3.4	What-If?	46
4.3.5	FMEA/FMECA	46
4.3.6	Händelseträdsanalys	47
4.3.7	Felträdsanalys	48
4.4	SÅRBARHETSANALYSMETODER	48
4.4.1	ROSA	49
4.4.2	MVA	49

4.4.3	IBERO	50
4.4.4	FORSA	51
4.4.5	Nätverksanalys	52
4.5	REGLER KRING RISK- OCH SÅRBARHETSBEDÖMNINGAR I FJÄRRVÄRMEVERKSAMHET	53
4.5.1	Arbetsmiljökrav	54
5	ANALYS AV SKADESTATISTIK	55
6	RESULTAT FRÅN WORKSHOP OCH INTERVJUER	62
6.1	JÄMFÖRELSE MELLAN TRE BRANSCHER	62
6.1.1	Olika förutsättningar	62
6.2	LEVERANSSÄKERHET	64
6.3	GENERELLT OM DE ANVÄNDA SYSTEMEN FÖR RISKANALYS	64
6.3.1	E.ON Värme	64
6.3.2	Vattenfall	65
6.3.3	Fortum	65
6.3.4	Kretslopp och vatten, Göteborg	66
6.4	PARAMETRAR SOM ANVÄNDS I RISKANALYSER	67
6.4.1	Resultat från workshop	67
6.4.2	Användning av parametrar för riskklassning	72
6.4.3	Analys av olika parametrar	73
6.5	BUDGET FÖR UNDERHÅLL OCH FÖRNYELSE	80
6.6	SÅRBARHET	81
6.6.1	Beredskap	81
7	RISKHANTERING FÖR UNDERHÅLL I PRAKTIKEN	83
7.1	NYTTA MED RISKKLASSNINGSSYSTEM OCH RISKANALYSER	83
7.1.1	Uppfyllande av lagkrav på riskanalyser	83
7.1.2	Att kunna uppskatta förnyelsebehoven	83
7.1.3	En struktur för att kunna göra prioriteringar	84
7.1.4	Ett sätt att arbeta med strukturkapital	84
7.1.5	Större nytta i större företag?	85
7.2	FÖRSLAG FÖR RISK- OCH SÅRBARHETSARBETET	85
7.2.1	Riskhantering	85
7.2.2	Prioritering av åtgärder – planering på kort sikt	86
7.2.3	Förnyelseplaner – planering på lång sikt	87
7.3	UPPSTART AV ARBETE MED RISKBEDÖMNING	88

7.3.1	Vad ska vi jobba med och varför?	88
7.3.2	Inventeringsfas – var står vi idag?	89
7.3.3	Avgränsningar	90
7.3.4	Dokumentation	90
7.3.5	Kontinuerlig uppdatering	92
8	SLUTSATSER	94
9	REFERENSER	97
bilaga 1		101

1 INLEDNING

Fjärrvärme började byggas i Sverige i mitten på förra seklet och har över tid expanderat kraftigt till att idag stå för 58 procent av energin för uppvärmning och varmvatten i Sverige (Energimyndigheten, 2012). 83 procent av den uppvärmda arean i flerbostadshus värmdes med fjärrvärme år 2013. Av Sveriges lokaler (sjukhus, skolor, hotell, osv) värmdes 72 procent av fjärrvärme år 2013. Detta innebär att fjärrvärmerna är väl utbyggda i Sverige och att det finns många människor som är beroende av fjärrvärmens funktion.

I äldre nät har de tidigare ledningarna börjat uppnå en avsevärd ålder och hur länge en fjärrvärmeledning kan hålla innan den behöver bytas ut är en aktuell fråga för många fjärrvärmebolag. Ur företagsekonomisk synvinkel vill man behålla ledningarna så länge som möjligt, men utan att för den skull äventyra varken leveranssäkerhet eller säkerhet för personal, allmänhet och egendom. Tidigare studier har visat att det finns många variabler, förutom ålder, som påverkar ledningarnas skick, till exempel konstruktion, materialval, förläggning, omgivande marks egenskaper och påverkan från marktryck.

Kontinuerlig besiktning av ledningar och komponenters skick skulle utgöra ett mycket användbart underlag för att kunna planera utbyte och underhållsnivå på fjärrvärmeledningar. Problemet med nedgrävd infrastruktur är att den oftast inte är besiktningssbar, samt att andra, mer indirekta metoder som finns för statusbedömning av ledningar i dag, dels är dyra och dels inte är särskilt tillförlitliga.

I dagens PEH-ledningar finns fuktlarm installerade och där fuktlarmen fungerar som de ska, finns (i bästa fall) en kontinuerlig indikering på när skador på ledningar har gått så långt att de har gett upphov till läckor. I äldre fjärrvärmeledningar såsom betongkulvertar och asbestbetongkulvertar finns det inga fuktlarm installerade på grund av att fuktlarmstekniken inte var framtagen när kulvertarna byggdes, och därmed finns det inte heller någon kontinuerlig övervakning av dessa delar i ledningsnätet. Men även fuktlarm är en ganska indirekt form av övervakning som huvudsakligen indikerar när yttre skada redan har uppstått i yttermanteln och vatten trängt in i isoleringen. Även läckage inifrån medieröret detekteras med fuktlarm, när fukten når isoleringen och larmtråden.

Det okända skicket på ledningar utgör en osäkerhetsfaktor som fjärrvärmeföretagen måste förhålla sig till vid planering av nätförnyelse. Denna rapport tar ett avstamp i hur man systematiskt kan gå tillväga för att använda riskklassning utifrån parametrar som är kända eller som mäts och hur risk- och sårbarhetsanalyser används som underlag för beslut om när en ledning skall bytas ut. Vad är det för risker som tas i beaktande och hur ser de metoder som fjärrvärmebranschen använder sig av ut?

1.1 Syfte, mål och målgrupp

Denna studie syftar till att belysa följande frågeställningar: Hur planerar man som fjärrvärmebolag förnyelse i nät på ett klokt sätt utan att till fullo veta skicket på de

ledningarna som ligger? Hur jobbar fjärrvärmebolag och andra närliggande branscher med riskklassning och risk- och sårbarhetsanalyser i detta syfte? Vad är det för typ av metoder som används och vilken nytta ser man med att jobba med dessa metoder?

Studien avser att genom en litteraturstudie sammanställa metoder för risk- och sårbarhetsanalys och ge en bild av hur dessa teoretiskt är uppbyggda, att genom en intervjustudie göra en erfarenhetsåterföring från fjärrvärmebolag som har arbetat aktivt med dessa frågor under senare år samt att göra en neddykning i hur andra branscher som distribuerar media i rör hanterar dessa frågor genom litteraturstudier och intervjuer med ett par utvalda företag i gas- och VA-branschen.

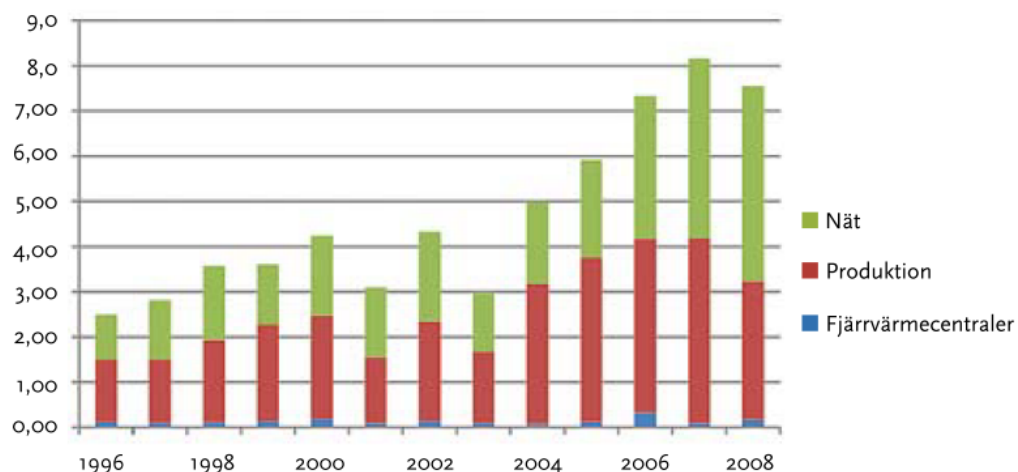
Målet med projektet är att ta fram ett referensmaterial som kan användas av personal som arbetar med distributions- och underhållsfrågor inom fjärrvärmebolag. Primär målgrupp för projektet och projektets resultat är personal, som inom fjärrvärmebolag arbetar med distributionsfrågor generellt och mer specifikt med planering av underhåll och förnyelse av fjärrvärmenät.

2 Bakgrund

Det ligger stora kapital nedgrävda i marken i form av anläggningstillgångar i distributionsnät för fjärrvärme. Enligt Svensk Fjärrvärme (Nyhetsbrev 2015-01-26) uppgår den totala längden fjärrvärmenät i Sverige i dagsläget till 23 000 kilometer (räknat som dubbelrör). Det motsvarande nyanskaffningsvärdet baserat på kostnadsstatistik från år 2007 uppgår till så mycket som 115 miljarder kronor, enligt Svensk Fjärrvärme (ibid).

Att kunna utnyttja redan investerad infrastruktur så länge som möjligt är därför i hög grad en ekonomisk fråga. Dessutom finns det en praktisk dimension som går ut på att det idag är trångt att komma åt att gräva upp ledningar, speciellt i tätorterna på gator med mycket trafik och man vill inte störa boende eller näringsidkare mer än nödvändigt. Fjärrvärmebolagen vill därmed kunna utnyttja ledningarna så länge det går, men utan att äventyra leveranserna och säkerheten för allmänhet och den egna personalen.

Under de senaste årtiondena kan man se att fjärrvärmebranschen har ökat sina investeringskostnader både vad gäller produktionsanläggningarna och distributionsnäten. Utifrån statistik från Svensk Fjärrvärme kan ses att investeringskostnaderna proportionellt sett förefaller ha ökat mer för nätsidan än för produktionssidan, se Figur 1.



Figur 1: Investeringar i fjärrvärmebranschen, 1996-2008, miljarder kr, redovisat i 2008 års prisnivå. Källa Svensk Fjärrvärme (<http://www.svenskfjarrvarme.se/Statistik--Pris/Fjarrvarme/Ekonomi--Anstallda/>)

Anläggningstillgångar i form av distributionsnät kan komma att värderas ännu högre i framtiden i nät där nätägaren tillåter andra aktörer att leverera värme in till fjärrvärmenätet genom så kallat tredjepartstillträde, till exempel Fortums Öppen Fjärrvärme. Med ett sådant förfarande blir leveranssäkerheten ännu viktigare och därmed även nätets skick.

2.1 Teknikutveckling fjärrvärmeledningar

Sättet att bygga fjärrvärme har utvecklats över tid och många olika ledningskonstruktioner har sett solens ljus. Enligt Fredriksen & Werner (2013) har de främsta målen vid utvecklingen av värmedistributionsteknik varit att kunna reducera:

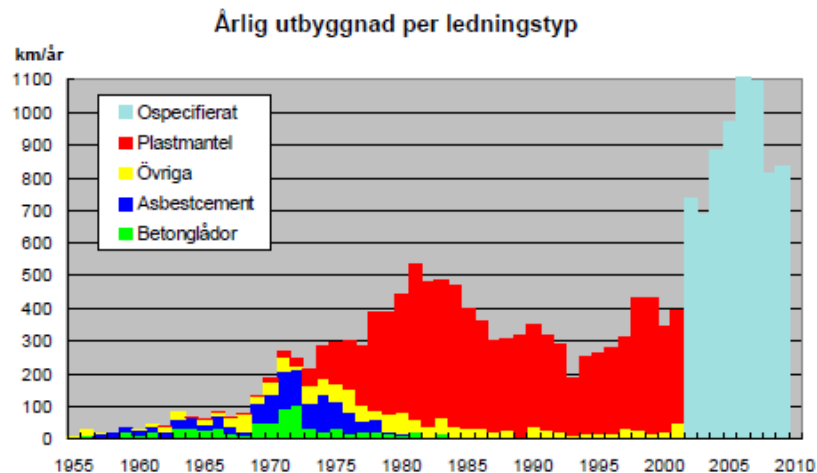
- Investeringskostnader
- Utrymmesbehovet i gata och mark
- Tiden det tar att montera ledningen
- Driftskostnader

Reducerat utrymmesbehov och reducerad montagetid sammanfaller i regel med minskade investeringskostnader, samtidigt som de minskar de störningar allmänheten kommer att uppleva av montaget. Reducerade driftkostnader utgörs av reducerade pumpkostnader, reducerade värmeförluster och minskade förluster av i huvudsak hetvatten som försvinner genom läckor, samt i minskat behov av underhåll och reparationer.

Enligt samma författare kan tre framgångsrika generationer av fjärrvärmevärmedistribution urskiljas. Den första generationen baserades på distribution av ånga genom rör förlagda i kulvertar, den andra generationen på distribution av hetvatten – också i kulvertar. I den tredje generationen övergick man till att förlägga ledningarna direkt i mark, det vill säga man skippade själva kulvertarna.

Dagens fjärrvärmeledningar utgörs framförallt av generation 2 och 3. Svenska ångsystem finns och har funnits enbart till industrikunder med speciella önskemål om högre levererade framledningstemperaturer.

I Figur 2 redovisas den årliga utbyggnaden av fjärrvärmeledningar uppdelad på olika kategorier för ledningstyper. De värden i diagrammet som löper fram till 2001 bygger på uppgifter från kulvertskadestatistik, men data har här även bearbetats av Werner (2011) för utjämning av ojämn inrapportering med hjälp av en medelvärdesmetod. Uppgifterna från år 2002 till 2009 kommer från årlig statistik som samlats in för total längd fjärrvärmledning i svenska nät och här har inte funnits tillgång till uppdelning i olika ledningskategorier, därav posten ”ospecifiserat”. Denna post innehåller dock så gott som uteslutande rör med plastmantel.



Figur 2: Årlig utbyggnad per ledningstyp i svenska fjärrvärmenät (statistik sammanställd av Sven Werner, 2011)

När de första ledningarna byggdes användes betongkulvertar för att omgärda mediärörerna av stål. I vissa fall fylldes kulverten med något isolerande material, t.ex. cellbetong, i andra kulverttyper låg rören fritt eller uppstagade på stöd från betonglådans botten. Det fanns ingen gemensam standard för hur en fjärrvärmeledning och kulvert skulle se ut, utan olika entreprenörer och kommuner tog fram sina egna konstruktioner, vilket gör att betongkulvertar som begrepp innefattar en stor mångfald av olika konstruktioner med olika svagheter, styrkor och problem. Tekniken att bygga med betongkulvert var vanlig en bit in på 70-talet, då den ersattes av andra ledningsteknologier såsom asbestcementrör och preisolerade rör. Det finns dock aktörer som har byggt betongkulvertar så sent som till början av 90-talet (Sernhed, Ekdahl & Skoglund, 2012). Städer med fjärrvärmeverksamhet som har en del gamla betongkulvertar är Borås, Göteborg, Helsingborg, Karlstad, Linköping, Lund, Malmö, Norrköping, Skellefteå, Stockholm, Sundsvall, Uppsala, Västerås, Växjö, Örebro m fl. (PM till Klimat- och sårbarhetsutredningen).

Ledningstekniken med betongkulvertar har, som sagt, använts ända fram till början av 90-talet, men mest frekvent utbyggnad med betongkulvert skedde under 70-talet. Asbestcementkulvertar byggdes framförallt under 70-talet. Tekniken att bygga fjärrvärmeledningar med plastmantel startade på 60-talet, men den verkliga utbyggnaden började på 70-talet och denna teknik har sedan dess kommit att ersätta andra ledningstekniker. Fördelar med plastmantlade fjärrvärmeledningar är att dessa kan förläggas direkt i mark, med återfyllning av jord. De är friktionsfixerade i marken så att de i princip ligger stilla oberoende av temperaturvariationer. Detta är både billigare och enklare och dessutom är dessa ledningar mindre känsliga för dynamiska laster än stelar konstruktioner såsom till exempel betongkulvertar. En annan fördel med dagens plastmantlade ledningar är att de är utrustade med fuktlarm.

Utvecklingen av plaströrsledningar, eller plaströrskulvert som de ofta kallats, går ständigt framåt och fjärrvärmebranschen har länge jobbat med standardisering av komponenter och materialforskning på plasthöljen, isoleringsmaterial och skarvar för att kunna öka livslängden på ledningarna. Detta har lett till framtagandet av standarden SS-EN 253 för fjärrvärmeledningar.

Även moderna standardiserade fjärrvärmerör har sin akilleshäla. Fjärrvärmerören levereras normalt i tolveterslängder som skall fogas ihop och varje skarv utgör sålunda en potentiell felkälla. Ibland skall rören kapas till lämplig längd för montage av böjar, avgreningar och markförlagda ventiler. Först sker sammansvetsning av medierör, sedan monteras larmtrådar, mantelskarv monteras varefter slutligen utrymmet mellan medierör och mantel fylls med PUR-skum (polyuretanskum).

De tidiga näten innehåller ledningstyper från olika generationer av fjärrvärmeteknik. Denna spridning i ålder och byggnadssätt inom och mellan olika nät gör naturligtvis att de olika näten och de olika nätens delar har ganska olika underhållsbehov och renoveringsbehov.

I ”PM till Klimat- och sårbarhetsutredningen” (2007) framhålls att en korrekt utförd konstruktion av en skicklig konstruktör är viktig för att nå en hög kvalitet hos den färdiga fjärrvärmeledningen. Likaså är upphandling av entreprenör och bra uppföljning under byggtiden viktiga komponenter för ett gott resultat. För kvalitetssäkring finns idag såväl tekniska bestämmelser från Svensk Fjärrvärme som certifierade produkter och system för hela kedjan.

Polyuretanskummet i fjärrvärmekulvert kan åldras på olika sätt som sammanfattas i en litteraturstudie av Sällström et al. (2012):

- Termiskt åldrande: Vid höga temperaturer försämras polymeren, polymerstrukturen förändras när bindningar bryts. Skummet blir sprött och de mekaniska egenskaperna försämras.
- Oxidativt åldrande: Syre diffunderar in i skummet genom höljet och reagerar med polyuretanen oxidativt. Skummet blir brunt och de mekaniska egenskaperna försämras.
- Åldrande på grund av cellgasdiffusion: Luft diffunderar i skummet genom höljet och koldioxid och jäsningsmedel diffunderar ut ur skummet. Den termiska ledningsförmågan hos skummet ökar. Den fasta fasen i skummet är dock intakt.
- Åldrande på grund av försämring av polymerstruktur: Vid höga temperaturer (över 150°C) kan polymerisationsreaktionen gå i motsatt riktning och polyuretanen kommer att delas in i polyol och isocyanat (se t.ex. Schuricht & Leuteritz, 2010).

Då olika nät är byggda under olika tidsepoker, med en rad olika fjärrvärmetekniker och förläggningssätt och med en rad olika omgivningsförhållanden krävs ett anpassat och diversifierat underhåll av ledningarna. I och med den ökande åldern på fjärrvärmeledningarna uppkommer också ett ökat fokus på hur länge olika ledningskonstruktioner och ledningstyper håller och hur länge man vågar behålla de befintliga ledningarna utifrån riskerna för leveransavbrott, säkerhet i arbetsmiljö för personal som jobbar ute i fält med fjärrvärmenäten, samt risker för tredje person.

Underhållsbehovet för fjärrvärmeledningar skiftar med konstruktionstyp på ledningen och dess komponenter, med materialval, med ålder och med omgivningens påverkan på ledningen.

2.2 Vikten av underhållsfrågor

Enligt Svensk standard (SS 441 05 05) definieras underhåll som:

”kombinationen av tekniska och administrativa åtgärder, inklusive övervakning, avsedda att bibehålla eller återställa en enhet till ett sådant tillstånd att den kan utföra en krävd funktion”.

Denna standard gör också en åtskillnad mellan underhåll, drift och modifiering. Drift avser verksamhet som påverkar instorheterna¹ till det tekniska systemet medan modifiering avser förändringar för att motsvara nya prestationskrav.

Målet med denna studie är att finna metoder för hur riskanalyser kan användas som verktyg vid planering av underhåll och förnyelse av fjärrvärmenät. I detta ligger underförstått att det vore önskvärt att öka det förebyggande eller planerade underhållet och samtidigt minska det avhjälpande underhållet. Avhjälpande underhåll utförs då ett fel redan uppstått, till exempel läckage på en fjärrvärmeledning. Förebyggande underhåll, däremot, utförs innan felet uppstår. Det delas ofta upp i schemalagt underhåll och tillståndsbaserat underhåll. I förebyggande underhåll inräknas normalt även tillståndskontroll och funktionskontroll, till exempel rontering.

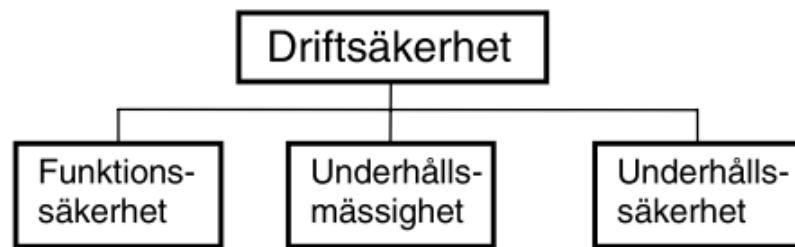
Således är frågan om det går att ta hjälp av riskanalyser för att hitta lämpliga tidsintervall eller lämpliga kriterier för när och hur förebyggande underhåll och förnyelse av fjärrvärmenät ska genomföras.

Anderson et al (1999) sätter in underhåll i ett sammanhang. Underhåll utgör en del av driftsäkerhetsegenskaperna (Figur 3) som anses bestämmas av:

- *”funktionsmässigheten, som är enhetens förmåga att fungera utan funktionshindrande fel*
- *underhållsmässigheten, dvs hur lätt det är att upptäcka, lokalisera och avhjälpa fel*
- *underhållssäkerheten, som är organisationens förmåga att ställa upp med resurser för underhållet.”*

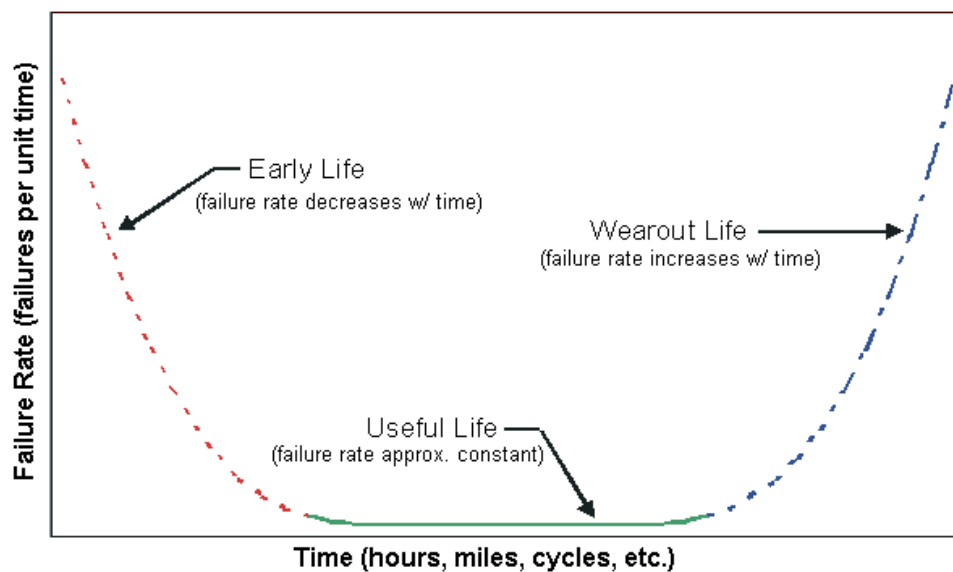
¹ Instorheterna utgörs av tex material (pappersmassa, uteluft, vatten), information (processsignaler, indata) och försörjning (elenergi).

TILLFÖRLITLIGHET



Figur 3: Samband mellan tillförlitlighetsteknikens grundläggande begrepp enligt SS 441 05 05.

Felbenägenheten i olika system kan illustreras av den så kallade badkarskuvan (Figur 4), som bygger på weibullfördelningen, en sannolikhetsfördelning.



Figur 4: Badkarskurva (källa: www.weibull.com) – genom att utnyttja den tekniska utvecklingen vid förnyelse och underhåll kan bästperioden (useful life) förlängas.

Kurvan illustrerar att felfrekvensen, på grund av barnsjukdomar, kan vara hög i början av livslängden. Även mot slutet av livslängden ökar felfrekvensen. Sernhed et al (2012) konstaterar att den mellanliggande bästperioden kan förlängas genom att utnyttja den tekniska utvecklingen vid underhåll och förnyelse. Vidare konstateras att ett huvudproblem för fjärrvärmeföretagen är att försöka hitta den ekonomiskt optimala tidpunkten då fjärrvärmeledningarna ska bytas ut.

Strömwall et al (1989) konstaterar att lämplig tidpunkt för förnyelse normalt kan bestämmas på ekonomiska grunder. Det vill säga att när felfrekvensen enligt badkarskurvan (Figur 4) och därmed underhållskostnaderna har ökat så mycket utöver den ursprungliga nivån att ökningen motsvarar kapitalkostnaderna för en ny anläggningsdel bör den bytas ut. Normalt sker detta i samband med en större skada.

Andersson et al (1999) avslutar sin rapport med att konstatera att allt talar för att:

”underhåll av fjärrvärmenät i allt större omfattning kommer att baseras på planerat och inte på avhjälpande underhåll. Äldre ledningstyper kommer stegvis att försvinna, de som nu behärskar marknaden kommer att utvecklas tekniskt liksom metoderna för statuskontroll och kvantifiering av underhållsbehov. Härigenom kommer fjärrvärmeledningar i ökad utsträckning att ur underhållssynpunkt kunna hanteras som andra maskinkonstruktioner.”

Som en reflektion över dagens situation kan man väl konstatera att än så länge har inte metoderna för statusbedömning nått en sådan nivå att man kan förlita sig på sådana kontroller för att bedöma skicket på icke-besiktningsbara ledningar. Utan möjlighet till besiktning eller kontinuerlig övervakning kan fjärrvärmeledningar ur underhållssynpunkt således inte behandlas som andra maskinkonstruktioner. Dock uppfylls Andersson et als utsaga redan i nuläget genom om att äldre ledningstyper aktivt börjar byggas bort i vissa fjärrvärmenät.

2.2.1 Statusbedömning

Som framgick ur citatet från Anderson et al (1999) ovan, har förhoppningar ställts till att bland annat förbättrade metoder för statuskontroll ska leda till att det förebyggande underhållet ökar på det avhjälpande underhållets bekostnad.

För betongkulvertar finns i Sernhed et al (2012) en genomgång över tillgängliga metoder för statusbedömning och läcksökning. De metoder som tas upp är:

- Okulär undersökning
- Övervakning (rondering)
- Spårgas
- Ultraljudsprovning
- Termografering
- Avlyssning
- Rörål
- Sektionering

Flera av metoderna som används för betongkulvertar, används även för moderna direktskummade fjärrvärmeledningar. Inte minst flygtermografering har fått ökad användning genom förbättrad och billigare teknik, ökad konkurrens och sjunkande kostnader. Emellertid är fuktlarm den metod för statusbedömning som leder till flest upptäckta kulvertskador (se Figur 23).

Fuktlarm bygger på att vatten som läcker in genom plastyttermanteln, eller ut genom medieröret, ger upphov till fuktig isolering vilket i sin tur leder till förändrade

elektriska egenskaper. Oftast detekteras förändringen genom att resistansen mellan en larmtråd (koppartråd) i isoleringen och medieröret (stålrör) minskar. Bjurström et al (2003) konstaterar att kulvertlarmet kan tala om att det finns fuktskador och var de finns, men att det inte finns några säkra metoder för att avgöra när och hur skadorna ska åtgärdas.

En invändning mot de ovan listade metoderna för statusbedömning kan vara att flera av metoderna endast är ett sätt att upptäcka skador som redan inträffat och således inte är förebyggande underhåll i egentlig mening. När det gäller indikering med hjälp av fuktlarm är det dock i regel tidiga skador på yttermantel och som lett till våt isolering som upptäcks. Underhållet är då förebyggande i den meningen att skador på själva medierören inte hinner uppstå. Utifrån detta synsätt kan följande metoder betecknas som förebyggande underhåll:

- Fuktlarm
- Okulär undersökning
- Övervakning (rondering)
- Spårgas
- Ultraljudsprovning
- Termografering

2.3 Leveranssäkerhet och sårbarhet

Risk- och sårbarhetsbedömningar görs framförallt ur ett leveransavbrottsperspektiv. Det är sannolikheten för och konsekvenserna av leveransavbrott som ställs som gemensam nämnare i analyserna. Därmed kan det vara på sin plats att här diskutera leveranssäkerhet ur ett distributionsperspektiv, samt att ta upp sårbarhet ur samhällsligt perspektiv då sårbarhet är en konsekvens av leveransavbrott eller sänkt leveranskvalitet.

Leveranskvaliteten kan för fjärrvärme definieras på olika sätt: som tryck- och temperaturkvalitet, som säkerhet kring leveransen, samt som information om avbrott och konsekvenser. Leveranssäkerhet kan anses vara synonymt med tillförlitlighet och driftsäkerhet (detta är begrepp behandlades tidigare i samband med en övergripande diskussion om underhållsfrågor i avsnitt 2.2). Utifrån ett kundperspektiv innebär leveranssäkerhet för fjärrvärme helt enkelt att kunden alltid får fjärrvärmeleveranser som möter de behov som kunden har för uppvärmning och tappvarmvatten. Vad gäller kundernas krav på leveranssäkerhet varierar dessa med utgångspunkt från vilka *konsekvenser* som uppstår för kunderna vid leveransavbrotten. Konsekvenserna kan vara tekniska, ekonomiska, hälsomässiga eller påverka den upplevda komforten. Sjukhus, daghem och simhallar kan till exempel snabbt drabbas av problem som medför hälso-risker eller ekonomiska risker då verksamhet kan vara tvungen att stänga vid avbrott i fjärrvärmeleveranserna, medan hushållskunder vid inte allt för långa avbrott mer upplever en komfortsänkning.

Värmetrögheten i en byggnad avgör hur snabbt byggnaden kyls ut vid ett avbrott i värmeleveransen. Energimyndigheten har tagit fram en schematisk tabell över hur

fort det går att kyla ut olika typer av hus från en inomhustemperatur på +20 grader Celsius ned till +5 grader beroende av utomhustemperaturen, se Tabell 1 (Energimyndigheten, u.å).

Tabell 1: Ungefärlig tidsåtgång för sänkning av inomhustemperaturen från +20°C ner till +5°C för olika hustyper vid olika utomhustemperaturer (ursprunglig källa är Naturvårdsverket)

Utomhus-temperatur	Äldre hus, 150 mm timmerväggar	20-tals villa, plankstomme sågspåns-isolering	50-tals villa, tegelfasad 50 mm isolering	70-tals villa, tegelfasad 95 mm isolering	90-tals villa, träfasad 150 mm isolering
0 grader	<4 dygn	3 dygn	2 dygn	3 dygn	<6 dygn
-5 grader	2 dygn	<2 dygn	>1 dygn	<2 dygn	<4 dygn
-10 grader	<2 dygn	1 dygn	1 dygn	1 dygn	<3 dygn
-20 grader	1 dygn	<1 dygn	1/2 dygn	<1 dygn	<2 dygn
-30 grader	1/2 dygn	1/2 dygn	<1/2 dygn	1/2 dygn	1 dygn

Utomhus-temperatur	Mindre flerfamiljshus med plankstomme och träfasad från 1940-talet	Flerfamiljshus med betongblockstomme och tegelfasad från 1950-talet	Flerfamiljshus med betongstomme från 1960-talet	Flerfamiljshus med betongstomme och 150 mm isolering från 1990-talet
0 grader	4 dygn	10 dygn	15 dygn	<33 dygn
-5 grader	<3 dygn	<7 dygn	10 dygn	21 dygn
-10 grader	2 dygn	<5 dygn	7 dygn	<16 dygn
-20 grader	1 dygn	<3 dygn	<5 dygn	10 dygn
-30 grader	<1 dygn	2 dygn	3 dygn	<8 dygn

Skillnaden är mycket stor mellan olika byggnadstyper. Dagens byggnadsstandard med tätare fasader och tjockare isolering medför en betydligt bättre beredskap vid avbrott i värmeförsörjningen jämfört med äldre byggnader.

2.3.1 Regler kring avbrott

Begreppet avbrott är inte självklart inom fjärrvärmeverksamheten. Inom elförsörjningsområdet finns ett antal begrepp framtagna för att kvantifiera avbrott och avbrottstider (här hämtade från Kostic et al, 2012):

- Medelavbrottsfrekvensen per år per kund, det vill säga det genomsnittliga antalet avbrott som drabbat alla kunder

$$SAIFI^2 = \text{Summa antal kundavbrott} / \text{Totalt antal kunder}$$

² SAIFI = System Average Interruption Frequency Index

- Medelavbrottstiden, det vill säga den genomsnittliga avbrottslängden per år för alla kunder

$$\text{SAIDI}^3 = \text{Summa av all kundavbrottstid} / \text{Totalt antal kunder}$$
- Medelavbrottstiden per kund per år för de kunder som blivit drabbade av avbrott

$$\text{CAIDI}^4 = \text{SAIDI} / \text{SAIFI}$$
 eller

$$\text{CAIDI} = \text{Summan av all kundavbrottstid} / \text{Totalt antal kundavbrott}$$

För elleveranser ställs i Ellag (1997:857) krav på maximalt tillåtna avbrottstider och ersättningar till kunder fastställs för de fall elbolagen inte uppfyller de ställda kraven. Vidare ska elnätsföretagen årligen rapportera uppgifter om avbrott till Energimarknadsinspektionen, som sedan publicerar sammanställningar. Varken Fjärrvärmelag (2008:263), Svensk Fjärrvärmes olika Allmänna avtalsvillkor eller Svensk Fjärrvärmes regler för Reko fjärrvärme innehåller några definierade begränsningar av avbrott eller några bestämmelser om ersättning för kunderna vid avbrott. Däremot finns krav på information till kunder i samband med avbrott. Vidare ställer Energimarknadsinspektionen (EIFS 2010:1) krav på att fjärrvärmeföretagen ska ange antalet aviserade respektive oaviserade avbrott för respektive fjärrvärmennät eller prisområde (se vidare avsnitt 2.3.3).

2.3.2 Rekommendationer utifrån störningskänslighet

Även om det inte finns några lagmässiga krav på leveranssäkerheten i svensk fjärrvärmeverksamhet förekommer rekommendationer och riktlinjer för avbrottstider. Enligt uppgifter från Värmeverksföreningen 1981 föreslogs tider för normalavbrott som inte bör förekomma mer än en gång per eldningssäsong (Tabell 2). Avbrott under gränserna ansågs kunna tolereras flera gånger per år.

Tabell 2: Normalavbrott i timmar som enligt Värmeverksföreningen (1981) inte bör förekomma mer än en gång per eldningssäsong

Kategori	Ej planerade avbrott		Planerade avbrott	
	Dagtid	Nattid	Dagtid	Nattid
Sjukvårdsanläggningar, mm	2-6	4-12	0-6	2-12
Industri, hotell, kontor, mm	4-12	8-12	2-12	4-12
Bostäder, mm	6-12	12	4-12	6-12
Markvärme, mm	12-24	12-24	6-48	6-48

Enligt Loustarinen (2005) rekommenderade den finska fjärrvärmeföreningen SKY (åtminstone på 90-talet) att indelningen i kundkategorier skulle göras utifrån grad av

³ SAIDI = System Average Interruption Duration Index

⁴ CAIDI = Customer Average Interruption Duration Index

kritisk verksamhet i fyra kategorier och att gränserna för avbrottstider borde vara avhängig kundtypen.

- Kategori 1: Utgörs av kunder där hälsorisker kan vållas på grund av värmebrist: *"Dessa kunder skall förses med tillgång till värmeleverans oberoende av fjärrvärmeavbrott, vilket innebär att en transportabel värmecentral eller en motsvarande beredskap skall finnas till förfogande för kunden vid värmeleveranspunkten eller i dess omedelbara närhet. Sjukhus och andra vårdanstalter hör till den här gruppen."*
- Kategori 2: Utgörs av kunder där avbrott är kopplade till mycket stora ekonomiska risker, eller till stora svårigheter att undvika hälsorisker vilket innebär att noggrann planering måste ta hänsyn till eventuella krissituationer för att säkra värmetillgången. Reservesystem finns inte nödvändigtvis färdigt byggda. Till den här gruppen hör växthus, djurgårdar, daghem m.m. Även hotell, restauranger och andra kunder med risk för stora skador tillhör gruppen.
- Kategori 3: De typiska kunderna inom denna grupp är ålderdomshem och vårdcentraler. Dessa kunder bör få instruktioner för hur en situation med en begränsad energimängd ska hanteras, vilket i vissa fall kan innebära stängning.
- Kategori 4: Utgörs av övriga kunder, t.ex. hushåll. Gemensamma instruktioner ska tas fram för hantering av dessa kunder, och fjärrvärmeleverantören styr handlingarna genom att utnyttja offentliga informationskanaler.

Utifrån denna indelning av kunder angav SKY, under 90-talet, riktlinjer för tillåten längd på avbrott, samt åtgärder som bör vidtas för de kritiska kundgrupperna, se Tabell 3.

Tabell 3: Riktlinjer för avbrott och åtgärder uppdelat i grupper som utgör kritiska kunder. Källa: Loustarinen, översatt till svenska av Svensk Fjärrvärme, 2005

Kritiska kunder, kategori	1	2	3
Tillåtet värmeavbrott	1 h	12 h	24 h
Vad riskeras?	Hälsa	Hälsa, ekonomi	-
Åtgärd	Reservesystem färdigt att tas i bruk	En användningsplan för reservesystem	Begränsning av förbrukning

I Hot- och riskutredningens delbetänkande *Utan el stannar Sverige* gjordes en översyn av störningskänsligheten för olika verksamheter i samhället vid elavbrott. Denna översyn sammanfattades i en tabell, se Tabell 4.

Elavbrott är betydligt lättare att mäta än avbrott av fjärrvärmeleveranser. Elavbrotten påverkar också fler verksamheter i samhället då elen har ett större användningsområde än fjärrvärmens. Men, som konstateras i tabellen, även värmeförsörjning är beroende av elförsörjning. Fjärrvärmedistributionen är dels beroende av el för att kunna

cirkulera runt vatten i fjärrvärmeledningarna och dels för cirkulation i radiatorsystemen i kundernas fastigheter.

Tabell 4: Störningskänslighet för olika verksamheter i samhället vid elavbrott. Källa: Hot- och riskutredningens delbetänkande Utan el stannar Sverige, 2002

Avbrottets längd	Funktion eller verksamhet	Konsekvens
1 sekund (eller mindre)	Processindustri	Processen stannar (med lång återstarttid som följd)
	Datasystem	Systemet stannar och informationen försvinner
	Flygtrafikledning	Flygsäkerheten äventyras
1 minut	Intensivvård	Operationsbelysning, respiratorer och dialys fungerar inte
10-15 minuter	Datorer med batterireserv	System stannar men information går inte förlorad
15-30 minuter	Fjäderfäuppfödning	Djuren i stora anläggningar dör
30 minuter	Processindustrin	Ugnar och rör blir igensatta (återstarten kan ta flera dygn)
2 timmar	Stora svinstallar	Brist på ventilation kan leda till att djuren dör
	Vattenförsörjning	Förbrukare i högt belägna områden blir utan vatten
6 timmar	Smältande industri	Smältor stelnar i ugnar (många veckors stillestånd)
	Växthus	Skador genom torka eller frysning
8 timmar	Vattenförsörjning	Risk att förorenat vatten läcker in
	Värmeförsörjning	Problem särskilt inom vårdinrättningar och för äldre i egna bostäder
	Mjölkkor	Risk för juverinflammation och varaktig minskning i avkastningen
10 timmar	Telestationer med batterireserv	Avbrott i teletrafiken
12-24 timmar	Människor och djur	Brist på vatten och lämplig föda
	Livsmedel	Kylda och frysta livsmedel blir förstörda
		Distributionen till detaljhandeln får svårigheter
	Lokaler och bostäder	Utkylning vintertid, risk för frysskador på vattenledningar
	Avloppsreningsverk	Orenat avloppsvatten rinner ut genom bräddavlopp
Flera dygn	Vardagslivet	Arbetsplatser och serviceinrättningar måste hållas stängda

Under 2008 genomfördes en studie av Lauenburg och Johansson kring möjligheter att utnyttja självcirkulation i kundernas radiatorsystem vid elavbrott. Vid elavbrott

slutar reglering och cirkulationspump i radiatorsystemen att fungera, men om fjärrvärmevatten kan fortsätta att passera genom radiatorsystemets värmeväxlare kan självcirkulation uppstå om temperaturskillnaden mellan fram- och returledning är tillräckligt stor i radiatorsystemet. Förutsättningen är förstås att fjärrvärmenätet i sig kan fungera under elavbrottet, till exempel med hjälp av reservaggregat som förser nätets pumpar med elektricitet.

I studien konstaterades förvånansvärt goda möjligheter till värmeförsörjning vid elavbrott genom den självcirkulation som uppstod i de undersökta fastigheternas radiatorsystem. Resultaten visade att de allra flesta byggnader kan få självcirkulation vid ett elavbrott motsvarande 40-80 procent av uppvärmningseffekten. Självcirkulationen fungerar bättre ju högre utetemperaturen är. Dock kan de flesta byggnader, eventuellt efter vissa modifieringar, få minst 50 procent av uppvärmningseffekten vid en mycket låg utetemperatur. Detta innebär att man normalt klarar sig i flera dygn innan en eventuell evakuering blir nödvändig. Tappvarmvattensystemen omfattas primärt inte av detta, även om viss tappvarmvattenproduktion kan vara möjlig. Vidare konstaterades i studien att det vid ett omfattande elavbrott kan vara önskvärt att etablera ett mindre elnät som är avskilt från stamnätet, genom att utnyttja lokal elproduktion. Upprättandet av ett sådant nät skulle kräva att det finns lokala produktionsanläggningar som kan starta mot spänningslöst nät och har nödvändig reglerutrustning för frekvenshållning.

2.3.3 Leveranssäkerhet i svenska fjärrvärmesystem

Generellt sett är leveranssäkerheten hög för fjärrvärme i Sverige. Som exempel redovisas här Länsstyrelsen i Stockholm läns sammanfattning (Länsstyrelsen i Stockholm, 2004):

”Sammantaget bedöms leveranssäkerheten inom fjärrvärmeförsörjningen i länet vara god med få långvariga avbrott. Den grundläggande förutsättningen är dock en väl fungerande elförsörjning.”

Vad gäller huvudämnet för den här rapporten, nämligen ledningsnätet, konstaterar Energimyndigheten (2014) att:

”Avbrott på grund av läckage i distributionsnäten är förhållandevis vanliga. Skadorna kan dock oftast, men inte alltid, repareras ganska snabbt varför det sällan blir några påtagliga utrymningsproblem utöver förlust av tappvarmvatten.”

Regeringen har gett Energimyndigheten i uppdrag att senast den 31 december 2015 redovisa en utvärdering av risken för avbrott i fjärrvärmeleveranser.

Leveranssäkerhet, trygghet, bekymmersfrihet och så vidare används, av såväl Svensk Fjärrvärme som av de olika fjärrvärmebolagen, som argument för fjärrvärme i valet av uppvärmningssystem i information och marknadsföring. En förståelse för vikten av att upprätthålla detta förtroende hos kunderna och den goodwill (eller snarare undvikande av badwill) det medför, är rimligen huvudanledningen till att det hittills inte införts någon reglering av leveranssäkerhetskrav för fjärrvärme.

Utifrån statistik från Energimarknadsinspektionen redovisades totalt 4779 avbrott i 504 svenska fjärrvärmennät år 2013. Av dessa utgjordes 4122 av avbrotten som ”aviserade avbrott” och 657 som ”ej aviserade avbrott” (Svensk Fjärrvärmes Underhållshandbok). Definitionen av avbrott som användes för insamlingen av statistiken var följande:

”avbrott som påverkar distributionen oavsett om kunden påverkats av avbrottet eller inte. Det har inte heller någon betydelse om endast en eller ett stort antal kunder drabbas av avbrottet.”

Det är dock ovanligt att redovisa leveranssäkerhet *i siffror* i Sverige. I andra länder redovisas tillgängligheten i fjärrvärmeverksamheten, exempelvis av finsk Energiindustri som i ett nyhetsbrev från 21 januari 2015 redovisade att leveranssäkerheten för fjärrvärme under år 2014 var 99,98 procent och att värmeleveransen till fjärrvärmekunder var avbruten i medeltal 1,8 timmar, eller av det amerikanska fjärrvärmeföretaget District Energy St Paul i USA som redovisar minst 99,99 procent tillgänglighet på sin hemsida (<http://www.districtenergy.com/technologies/district-heating/>).

2.3.4 Kundkostnader i samband med leveransavbrott

Vid en leveransstörning förlorar fjärrvärmeföretaget intäkter i form av utebliven värmeförsäljning, samt får företaget kostnader för att ersätta vattenförluster i nätet och för att reparera ledningar. En annan faktor som är svårare att prissätta är dock kundens kostnader för en avbruten leverans, det som brukar benämnas goodwill. En finsk studie som har tittat på kundkostnader som uppstår i samband med leveransavbrott för fjärrvärme gjordes av Loustarinen under 1995 och 1996. Denna rapport är översatt till svenska och utgiven 2005 (Svensk Fjärrvärme, 2005). Studien genomfördes som en enkätundersökning ställd till olika kundgrupper inom följande kategorier: små kunder (fastighetsservicebolag), offentlig sektor, handel och service samt industri. I studien var flera finska fjärrvärmebolags kundgrupper representerade. I enkäten ställdes frågor om kostnader för olika långa inträffade avbrott, vid vilka tidpunkter som avbrotten uppstått, samt antalet fel i fjärrvärmecentraler som hade uppstått mellan åren 1991 och 1995. I studien drogs slutsatsen att den icke levererade fjärrvärmens värde var avhängig kundtypen, där den offentliga sektorn och industrin upplevde de största avbrottskostnaderna. Allra känsligast var sjukhusen och maskinverkstads- och livsmedelsindustrin. Inom gruppen handel och service var det hotellen som upplevde de största kostnaderna medan de mindre kunderna upplevde små kostnader förknippade med avbrotten. Däremot påverkades naturligtvis även dessa kunders komfort av avbrott. Det konstaterades också att även om vissa kunder i några fall hade rapporterat om mycket stora avbrottskostnader, så var det mycket sällan som dessa kostnader uppstod i verkligheten.

Enligt ett examensarbete av Robin Andersson (2014) ligger en rimlig goodwillfaktor vid leveransavbrott på mellan 50-100 gånger under vinter, och cirka 10 gånger lägre under sommaren (goodwillfaktorn räknas fram genom att uppskatta kundkostnaderna och sätta dessa i relation till nättjänstpriset). I rapporten konstaterades att det är

svårt att finna lönsamhet för reinvestering om man endast tittar på utebliven värmeförsäljning, men att man från en goodwillfaktor från 8 och uppåt kan finna lönsamhet att byta ut ledningar istället för att laga dem och att en goodwillfaktor på 50-100 gör det lönsamt att reinvestera i storleksordningen 5,7-8,5 procent av nätet. I en rapport om leveranssäkerhet från Värmeverksföreningen från 1992 värdesattes leveransavbrott väldigt schematiskt (utifrån till exempel evakueringskostnader eller alternativkostnader för reservaggregat) i två beräkningsexempel till mellan 20-50 kr/kWh brist. Med en uppräknig av penningvärdet till dagens värde skulle detta i så fall ligga i spannet 27-67 kr/kWh brist (omräkningen har gjorts med hjälp av Ekonomifaktas omräknare som baseras på uppgifter om inflation från SCB).

2.3.5 Framtida utmaningar som kan påverka leveranssäkerheten

Leveranssäkerheten för fjärrvärme kan komma att påverkas av pågående förändringar i samhället, som till exempel den ökande mängden stora tekniska system och beroenden mellan dessa system, ständigt ökad IT-användning och även marknadens krav på ökad lönsamhet. Samtidigt pekar Energimyndigheten (i rapporten "Översiktlig risk- och sårbarhetsanalys av energiförsörjningen", 2014) på att alltmer ihopkopplade fjärrvärmesystem leder till ökad flexibilitet och robusthet. Trots allt finns ett beroende av att annan infrastruktur fungerar – transport, elförsörjning, naturgasförsörjning, etc.

PM till klimat- och sårbarhetsutredningen (2007) pekar på risker relaterade till de pågående klimatförändringarna och den ökande förekomsten av extrema väderhändelser. När det gäller distributionsnäten är i detta avseende ofta de äldre betongkulvertarna i stora dimensioner närmast produktionsanläggningarna särskilt utsatta. Stigande grundvattennivåer, markförskjutningar med mera kan emellertid orsaka problem och förkorta livslängden för alla typer av fjärrvärmeledningar.

2.3.6 Risk- och sårbarhetsanalys i VA-handboken

Svensk Vatten Utveckling (SVU) utgav år 2011 Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar. Eftersom denna bok finns framtagna och innehåller flera områden som kan vara av intresse för fjärrvärmebranschen görs här en hänvisning till de, för denna studies inriktning, mest intressanta delarna som läsaren kan fördjupa sig om denne går direkt till källan.

Handboken beskriver fyra metoder för att bedöma förnyelsebehov:

1. Förnyelsebehov från medellivslängd
2. Förnyelsebehov från driftstörningar
3. Förnyelsebehov från tidigare erfarenheter
4. Förnyelsebehov från ledningsnätets nuvarande åldersstruktur

Samtliga fyra metoder kan anses vara relevanta även för att göra bedömningar om förnyelsebehov i fjärrvärmenät. Handboken beskriver vidare fyra metoder för prioritering av förnyelseprojekt – även dessa av relevans även för fjärrvärmenät:

1. Driftstörningar
2. Riskvärdering
3. Kriteriebaserat

4. Lönsamhetskalkyl

Andra väsentliga frågeställningar som behandlas i handboken som har direkt koppling till frågor om förnyelse och underhåll i fjärrvärmennät är följande:

- Förnyelse eller fortsatt underhåll?
- Gräns mellan avhjälpande och planerat underhåll
- Förnyelse av ledningssträcka eller större område
- Förnyelsetakt
- Ledningssträckor, geografiska områden och typ av problem att fokusera på
- Årlig planering

De äldsta delarna av VA-näten är väsentligt äldre än de äldsta delarna av fjärrvärmennäten – utbyggnaden startade på 1800-talet. Dock genomfördes kraftiga utbyggnader under miljonprogramåren på sextio- och sjuttitalen, på samma sätt som för fjärrvärmennäten. Under åren 2007 till 2009 var förnyelsetakten mellan 0,3 och 0,4 procent per år. Enligt rapporten arbetar 70 procent av landets kommuner med förnyelseplanering. Ett långt perspektiv på 10 till 20 år rekommenderas för förnyelseplaneringen, medan man menar att konkreta åtgärdsplaner bör ha tidsperspektiv på ett till tre år.

Handboken betonar vikten av ett aktivt nyttjande av en kartdatabas där även information om reparationer och förnyelse lagras på ett sätt som möjliggör att få fram statistik med information om vilka insatser som krävs för ledningar av olika typ, ålder, etc.

För prioritering av förnyelse baserat på riskvärdering, beskriver handboken ett antal exempel på ledningar med hög sannolikhet för respektive svåra konsekvenser vid skador. Ett urval av dessa parametrar, som bedöms kunna ha relevans även för fjärrvärmeledningar redovisas i Tabell 5.

Tabell 5: Urval av parametrar som kan påverka sannolikhet för och konsekvenser vid skador för vatten- och avloppsledningar enligt Handbok för förnyelseplanering av VA-ledningar

Sannolikhet	Konsekvens
Vattenkvalitet	Många kunder drabbas
Isoleringsstatus	Svåråtkomlig ledning
Djupt liggande ledning (jordlast)	Risk för tredjepartsskada
Grunt liggande ledning (trafiklast)	Känsliga kunder drabbas
Störning från grävning	
Korrosiv omgivning	
Felaktigt utförd förläggning	
Material, anläggningsperiod, dimension	
Markförhållanden	
Klimatpåverkan	

Handboken innehåller en checklista med frågor som en VA-verksamhet anses bör kunna besvara med ja för att ha kontroll på läget. Checklistan, som återfinns som Tabell 6 nedan, kan i allt väsentligt tillämpas även för fjärrvärmenät (en för fjärrvärme-verksamhet modifierad version av denna lista återfinns i kapitel 7.3.2.)

Användning av nyckeltal behandlas i handboken. Nyckeltal, t.ex. antal läckor per kilometer, kan användas för att följa utvecklingen från år till år och för att sätta mål för underhållsverksamheten. Nyckeltal som är relaterade till antal kilometer ledning, antal kunder eller motsvarande, kan även användas för jämförelser med andra ledningsnät.

Tabell 6: Checklista "Läget under kontroll" från Handbok för förnyelseplanering av VA-ledningar

	Ja	Till viss del	Nej
Data om nätet			
Ligger ledningsnätet i kartdatabas med material och dimension som attribut?			
Ligger ledningsnätet i kartdatabas med anläggningsår/decennium som attribut?			
Finns servisers material, dimensioner och ungefärliga servislägen med i kartdatabasen?			
Driftstatistik			
Dokumenteras uppgifter om driftstörningar som läckor och källaröversvämningar, var och hur de uppkommit, och sparas denna data så man kan följa år från år?			
Registreras och dokumenteras klagomål på ett tillförlitligt sätt?			
Säkerhet – Kartlägga större risker			
Har man gjort en riskanalys av ledningsnäten för att hitta sårbara punkter, som till exempel att alla blir utan vatten, vad händer vid elavbrott?			
Hanteras avvikelser/större driftstörningar så att de går att i efterhand studera händelseförloppet?			
Förnyelseplanering			
Finns det en åtgärdsplan med framtagna konkreta åtgärder för vatten- respektive avloppsledningsnätet?			
Finns det en underbyggd uppfattning om förnyelsebehov på 10 års sikt eller längre, i alla fall i formen av om det i framtiden behövs mindre, lika mycket, dubbelt så mycket, tre gånger så mycket förnyelse jämfört med idag? (Även kostnader bör uppskattas, inkl eventuella kapitalkostnader.)			
Har vi idag en uppfattning om vilka geografiska områden som har störst behov av ledningsförnyelse?			
Uppföljning			
Kan man följa upp årlig kostnad för drift och underhåll av ledningsnätet och hur den förändras år från år?			
Kan man följa upp årlig kostnad/ekonomisk insats för förnyelse av ledningsnätet och hur den förändras år från år?			
Kan man följa upp kostnader för akuta insatser t ex läckor och stopp?			
Tas nyckeltal och uppgifter som beskriver ledningsnätets status fram och analyseras och jämförs över tid?			
Lämnas uppgifter till Svenskt Vattens statistiksystem VASS?			
Görs jämförelser av ledningsnätets status med andra VA-verksamheter (benchmarking)?			
Görs erfarenhetsutbyte med andra VA-verksamheter av arbetsrutiner, arbetsmetoder mm i driften av VA-nät?			
Personal – kompetens			
Finns det personal som kan ta hand om och dokumentera driftstörningar och klagomål?			
Finns det personal som kan förvalta kartdatabasen?			
Finns personal som kan ta hand om den ekonomiska uppföljningen?			
Finns det personal till att analysera driftstörningar och som kan avsätta minst 1–2 dagar per år till långsiktig planering (längre tid i större VA-verksamheter)?			
Finns det resurser (interna eller externa) som kan genomföra åtgärderna i planen?			
Kommunikation			
Finns underlag framtaget som ger förståelse för förnyelsebehov hos beslutsfattare?			

3 METODIK

Flera olika angreppssätt har använts för att uppfylla mål och syfte i detta projekt:

- En litteraturstudie har genomförts i syfte att ge sammanfatta olika metoder för risk- och sårbarhetsanalyser och för att en teoretisk bakgrund till fältet.
- Några mindre analyser har gjorts på av Svensk Fjärrvärme insamlad skadestatistik från åren 1983-2003 för att beskriva skadebenägenhet hos olika typer av ledningar.
- En workshop har företagits med fjärrvärmebolag i Mellansverige. Under workshopen diskuterades framförallt parametrar som skulle kunna ingå i ett riskklassningssystem.
- Intervjuer har genomförts med driftspersonal och driftschefer i fjärrvärmeverksamhet för tre olika fjärrvärmeföretag, samt med ett gasföretag och en kommunal förvaltning för VA.

3.1 Litteraturstudie

Litteraturstudien, som är av beskrivande karaktär, är tänkt att ge bakgrund till risk- och sårbarhetsbedömningar generellt. I studien har fokuserats på att definiera viktiga begrepp och termer, samt att beskriva olika metoder som används för risk- och sårbarhetsanalyser generellt. Det generella anslaget är medvetet valt för att ge en bredare bild av metoder av risk- och sårbarhetsanalys än vad som kanske används inom fjärrvärmebranschen idag. Detta för att bredda bilden av hur risk- och sårbarhetsanalys skulle kunna utföras.

3.2 Skadestatistik

Svensk Fjärrvärme (tidigare Värmeverksföreningen) genomförde insamling av skadestatistik från medlemsföretagen under åren 1983 till 2003. Svensk Fjärrvärme har nyligen återupptagit insamlingen av skadestatistik, men årets insamling är bara påbörjad och således finns det ingen statistik sammanställd på aktuell data. Det hade förstås varit mer intressant att få en uppdaterad bild av skadestatistiken, men att titta på äldre statistik kan ändå vara av intresse då det ger en hum om vilka ledningstyper som har varit skadedrabbade historiskt, samt utifrån perspektivet att många av de ledningar som fanns under denna period fortfarande används idag.

Mellan åren 1983 och 1997 sammanställdes statistiken i publicerade rapporter som utkom varje år. Utifrån dessa publikationer har en del uppgifter om skadefrekvens för olika ledningstyper kunnat sammanställas. Från och med 1997 slutade Värmeverksföreningen att publicera sin statistik i rapportform och den insamling som gjordes därefter och fram till 2003 finns endast att tillgå i form av rådata. Några analyser har lyckats åstadkommas genom bearbetning av rådata. Om det statistiska underlaget från skadestatistik kan nämnas att de sista åren för insamlingen av skadestatistik, från

2000 – 2003, sjönk inrapporteringsgraden markant, varför det är svårt att uttala sig om trender för dessa år.

3.3 Workshop

En workshop med representanter för åtta fjärrvärmebolag, samt SP och den till detta projekt knutna referensgruppen, hölls den 26 november 2014 i Svensk Fjärrvärmes lokaler i Stockholm. Workshopens fokus låg på hur olika fjärrvärmebolag arbetar med risk- och sårbarhetsanalyser och riskklassningar av ledningar och hur detta används i det löpande och strategiska arbetet, samt vilka variabler som företagsrepresentanterna såg som viktiga riskvariabler i sina nät för i första hand leveranssäkerheten. Vid workshopen hölls även en presentation om Fortums riskklassningssystem av Emma Sundin, Fortum Värme.

Inbjudna gäster till workshopen utgjordes av personal på fjärrvärmebolag i företrädesvis Mellansverige. För deltagare, se Tabell 7.

Tabell 7: Förteckning över deltagare i workshop om Risk- och sårbarhetsanalys, 2014-11-26, Stockholm

Företag	Personer
Sollentuna Energi	Mikael Rindhagen
Vattenfall	Peter Herbert
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Jan Henrik Sällström
Telge Nät	Janne Paavilainen
Värmevärden AB	Thomas Nordin
Växjö Energi	Per Bjerdahl
E.ON Värme Sverige AB	Luis Seguel Villalobos
E.ON Värme Sverige AB, Region Nord	Lasse Thorell
Mälarenergi	Mats Svarc
Mälarenergi	Roger Wessbergh
Möln dal Energi AB	Mats Lysö
Svensk fjärrvärme	Thomas Lummi

Risk är en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens och en indelning i dessa underkategorier gjordes för de variabler som kom fram under workshopen. När variablerna hade inventerats och delats in i sannolikhet och konsekvens gjordes en prioritering av vilka variabler som deltagarna tyckte var mest betydelsefulla för leveranssäkerheten i deras nät. Det framkom vid denna prioritering att vissa variabler kan vara beroende av respektive natts specifika förutsättningar, exempelvis om nätet är nytt eller gammalt, om där finns speciellt känsliga kunder osv.

Workshopen gav också en känsla av vilken verklighet som fjärrvärmebolagen lever i (men man får då beakta att de mindre fjärrvärmebolagen inte fanns representerade bland deltagarna). Det framkom tydligt att olika fjärrvärmeföretag har kommit

olika långt när det gäller användningen av risk- och sårbarhetsanalyser och riskklassning. Flera deltagare i workshopen uttryckte att de hade ett reaktivt sätt att arbeta med förnyelse av nät. Det vill säga endast vid läckor byts ledningar ut, och man har ingen plan för vilka ledningar som ska bytas ut, grundad på andra antaganden eller förutsättningar. Denna kunskap utgjorde en viktig input till framtagande av frågeguider inför de intervjuer som genomfördes i ett senare skede i projektet.

3.4 Intervjuer

Intervjuer företogs med personal på fjärrvärmeföretagen E.ON Värme AB (huvudsakligen avseende fjärrvärmenätet i Malmö), Vattenfall Heat Nordic (huvudsakligen avseende fjärrvärmenätet i Uppsala) och Fortum Värme (huvudsakligen avseende fjärrvärmenätet i Stockholm). Att valet föll på just dessa fjärrvärmebolag förklaras av att samtliga har arbetat med riskklassning och har tagit fram sina egna metoder för detta arbete, och kan på så vis bidra till kunskapsöverföring kring systemens uppbyggnad, antaganden och parametrar som ingår och praktisk erfarenhet av att använda sig av riskhanteringssystem.

För att få input från andra branschers syn på risk- och sårbarhetsarbete genomfördes även intervjuer med Kretslopp och vatten, som ansvarar för vatten- och avloppsverksamheten i Göteborg, och en intervju med E.ON Gas. Att valet föll på Kretslopp och vatten i Göteborg beror delvis på att de är en större aktör och delvis på att personal från Kretslopp och vatten har varit med och tagit fram en bok för underhåll i VA-branschen, och således förväntades ha intressant input att komma med. E.ON Gas valdes framförallt för att de är Sveriges största gasleverantör och förutsattes ha ett strategiskt tänk för underhåll och förnyelse av gasledningarna. Det framkom dock tidigt i intervjun med E.ON Gas att förutsättningarna för gasdistribution skiljer sig så pass mycket från förutsättningarna för fjärrvärmedistribution att liknande system för riskklassning som används av vissa fjärrvärmebolag inte kan tillämpas på gasbranschen. Detta finns mer beskrivet i kapitel 7.1 ”Jämförelser mellan tre branscher”. Distribution av dricksvatten och avloppsvatten har betydligt mer gemensamt med fjärrvärmedistribution, även om det även här finns skillnader som påverkar inställningen till förnyelse och underhåll av ledningarna och som gör att en del kunskap, teknik och metoder inte är överförbara till fjärrvärmedistribution.

3.4.1 Urval av intervjupersoner

Intervjupersonerna valdes med utgångspunkt från deras respektive roller. För att kunna få en bild av hur planering av förnyelse- och underhåll sköts har både personer i ledande befattningar med exempelvis ansvar för investerings- och underhållsbudgetar intervjuats och personer som har insikt i och arbetar med riskklassning och förnyelse och underhåll mer löpande i verksamheten. För förteckning över intervjupersoner och dessas roller i organisationen, se Tabell 8.

Tabell 8: Förteckning intervjupersoner

Företag	Personer	Positioner
E.ON Värme Sverige AB	Åsa Rosberg	Distributionschef Region Syd
	Bjarni Jensson	Nätansvarig, Fjärrvärmedistribution Malmö
Vattenfall AB Heat Nordic	Johanna Walterson	Manager Grid Planning and Construction, Vattenfall – NA-TGC
	Gun Bjurling	Skadeutredare Underhållsplanerare
	Elisabeth Lindberg	Planeringsingenjör
	Sven-Erik Olsson	Chef, drift och underhåll
AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad	Niclas De Lorenzi	Anläggningschef
	Hans Jakobsson	Anläggningsansvarig
Kretslopp och vatten, Göteborgs stad	Annika Malm	Stabschef, strategisk samordning
	Frida Moberg	Projektledare
E.ON Gas AB	Dan Lilja	Anläggningsägare

Intervjuerna genomfördes under våren 2015 på plats hos respektive bolag. 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. Varje intervju tog mellan en och två timmar att genomföra. Kompletteringar av intervjusvar gjordes också genom förnyad kontakt med intervjupersoner. För intervjumanual, se bilaga 1.

4 LITTERATURSTUDIE – RSA

Detta avsnitt är tänkt att ge bakgrund till risk- och sårbarhetsbedömningar generellt. Det inleds med definitioner av begrepp och termer och efterföljs med beskrivning av ett antal vedertagna metoder för risk- och sårbarhetsanalyser.

Varje bransch och varje system som en risk- och sårbarhetsanalys utförs för är unik. Ett fjärrvärmesystem består av en rad komponenter vars sammanlagda funktion är beroende av dess olika beståndsdelar. Olika komponenter är exponerade för olika typer av risker och dess konsekvenser skiljer sig beroende på komponentens funktion, läge etc. Ytterligare en svårighet för bedömning av statusen för ett fjärrvärmesystem är det faktum att det är svårt att inspektera dess faktiska kondition.

4.1 Begreppsförklaring

Risk kan definieras som en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för en händelse. Begreppet risk används i regel enbart när det finns en möjlighet att en negativ händelse kan inträffa (ISO/IEC Guide 73:2002). Enligt Kaplan (1997) kan risk definieras som svaret på följande tre frågor: Vad kan hända? Hur troligt är det att det händer? Vad blir konsekvenserna?

Riskkälla – källa till potentiell skada eller en situation med potential till skada (IEC 1995). Enligt IEC (1995) finns det fyra olika typer av riskkällor: teknologiska risker, naturolyckor, socialt orsakade risker och livsstilsrelaterade risker.

Sannolikhet kan uttryckas som ett värde mellan 0 och 1 där 1 innebär att en händelse helt säkert inträffar. I risksammanhang används ofta begreppet **frekvens** som ett mått på hur ofta en händelse inträffar under en viss tidsperiod (ISO/IEC Guide 73:2002).

Konsekvens – utfallet av en händelse. Konsekvenser kan vara både positiva och negativa men vid riskanalyser är det oftast de negativa konsekvenserna som avses. Konsekvenser kan uttryckas både kvalitativt och kvantitativt (ISO/IEC Guide 73:2002).

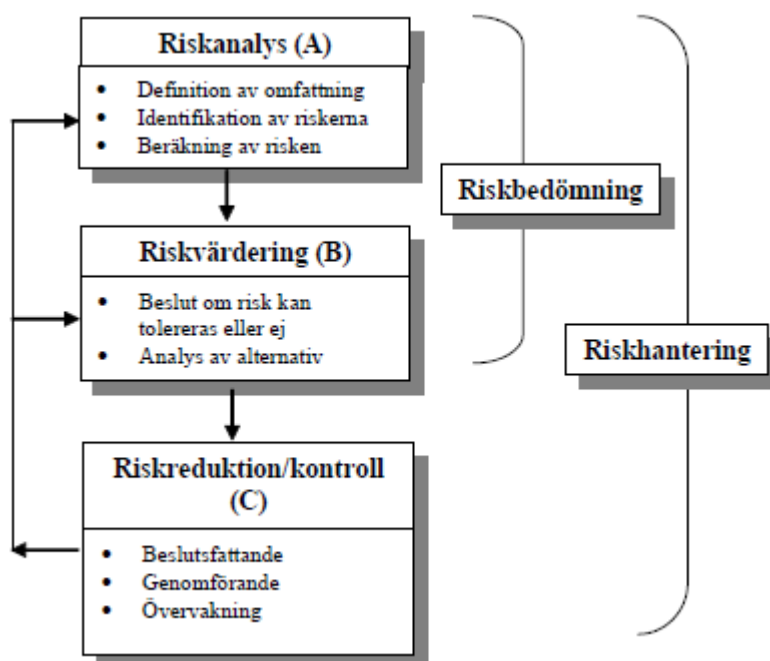
Riskanalys definieras enligt IEC som en systematisk användning av tillgänglig information för att identifiera riskkällor och bedöma risken för individer eller en grupp, egendom eller yttre miljö (IEC-60300-3-9, 1995).

Riskbedömning – övergripande process för riskidentifiering, riskanalys och riskutvärdering (ISO/IEC Guide 73:2002).

Riskvärdering/riskutvärdering innebär jämförelse av risknivå med etablerade riskkriterier (SS ISO 31000:2009).

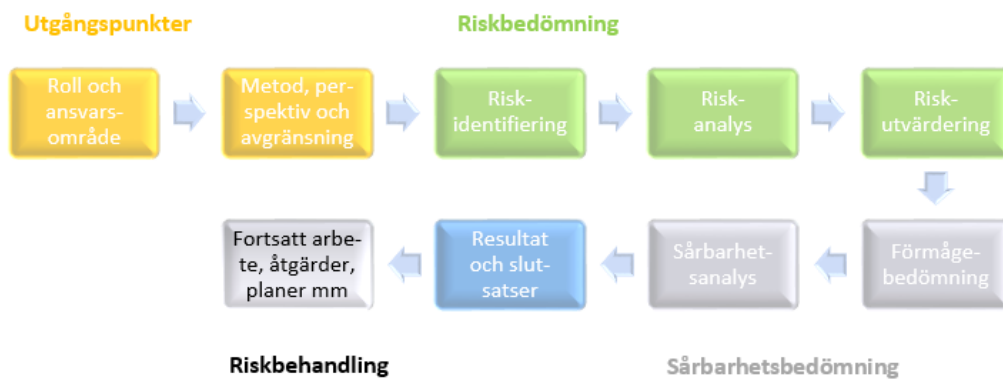
Riskbehandling/riskmodifiering innefattar olika alternativ för modifiering av risker samt implementering av valen. Exempel på alternativ är undvika risken, eliminera risken, ta risken eller öka risken för att kunna tillvarata en möjlighet, förändra sannolikhet eller konsekvens, dela risktagandet med annan part, behålla risken genom välgrundade beslut (SS ISO 31000:2009).

Riskhantering kan enligt IEC (IEC-60300-3-9, 1995) indelas i tre steg: riskanalys (A), riskvärdering (B) och riskreduktion/kontroll (C), se Figur 5 nedan. Riskbedömning utgörs av steg A och B tillsammans. I det första steget, *riskanalys*, definieras omfattningen av analysen, inventering av riskkällor görs, sannolikhet och konsekvens skattas och beräkning av risk görs. I det andra steget, *riskvärdering*, fattas beslut om risken kan tolereras eller om åtgärder för att minska eller eliminera risken erfordras. I det tredje steget, *riskreduktion/kontroll*, fattas beslut om vilka åtgärder som ska vidtas. Åtgärderna vidtas och följs upp.



Figur 5: Riskhanteringsprocessen enligt IEC (IEC, 1995; Nilsson, 2003)

Riskhanteringsprocessen utgörs enligt MSB (2011) av en inledande del, *utgångspunkter*, där roller, ansvarsområden, metoder och avgränsningar bestäms. Nästa steg, *riskbedömning*, utgörs av riskidentifiering, riskanalys och riskutvärdering. I steg tre, *sårbarhetsbedömning*, görs en förmågebedömning och sårbarhetsanalys. Därefter sker en sammanställning av resultat och slutsatser och sedan en riskbehandling där planer för fortsatt arbete och åtgärder bestäms. Processen visas schematiskt i Figur 6 nedan.



Figur 6: Riskhanteringsprocessen (efter MSB, 2011)

Sårbarhet - oförmåga att skydda sig mot konsekvenserna av en skadehändelse. KBM (2003) definierar sårbarhet som hur mycket och hur allvarligt ett system påverkas av en händelse samt att graden av sårbarhet bestäms av förmågan att förutse, hantera, motstå och återhämta sig från händelsen.

Sårbarhetsanalys - frågor att ställa sig vid en sårbarhetsanalys är: Vad är skyddsvärdt? Vad kan hota det skyddsvärda? Hur sårbart är det skyddsvärda? Hur är förmågan att stå emot och hantera påfrestningar på det skyddsvärda? (FOI, 2011)

Robusthet – motsatsen till sårbarhet.

4.2 Skillnaden mellan riskanalyser och sårbarhetsanalyser

I grunden är skillnaden mellan riskanalys och sårbarhetsanalys att man i riskanalysen försöker storleksbestämma risken medan man i sårbarhetsanalysen primärt bedömer svagheter i motstånds-/hanteringsförmågan (Hallin et al., 2004). I sårbarhetsanalysen ligger fokus på konsekvenserna av olika händelser mer än på sannolikheten att händelserna ska inträffa (FOI, 2011).

Riskanalyser ger en redovisning av identifierade skadehändelser och händelsernas sannolikhet och konsekvenser. Syftet är att skapa ett underlag för beslut om hur risken ska hanteras. Syftet med sårbarhetsanalyser är att identifiera svagheter i förmågan att stå emot påfrestningar i systemet och betydelsen av detta för verksamheten.

Eftersom det kan vara svårt att i förväg identifiera alla typer av skadehändelser eller scenarier är det inte alltid rimligt att enbart förlita sig på riskanalyser. Sårbarhetsanalyser är användbara även i system som inte är väl avgränsade eftersom de ger en indikation om var bristerna i hanteringsförmågan finns även om inte alla tänkbara hot är identifierade.

En kombination av riskanalys och sårbarhetsanalys ger en bredare bas eftersom både olika typer av skadehändelser och systemets sårbarhet inkluderas. På så sätt förbättras möjligheterna att öka förmågan att hantera även oförutsedda oönskade händelser.

Tabell 9: Skillnader mellan riskanalys och sårbarhetsanalys. (Hallin Et al., 2004)

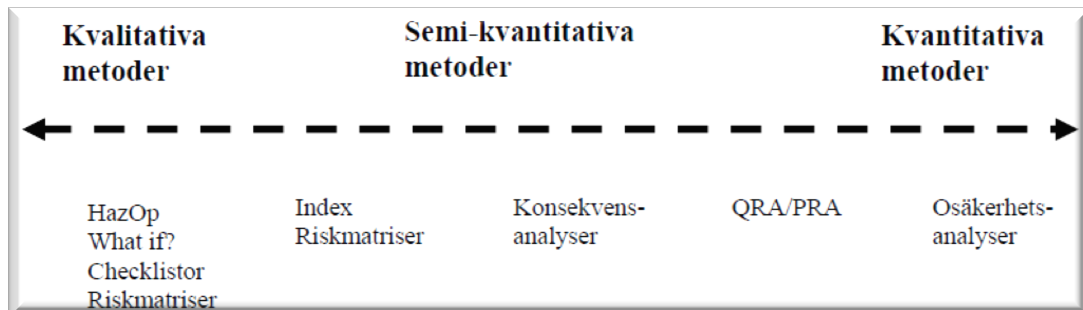
	Riskanalys	Sårbarhetsanalys
Definitioner	Risk är en sammanvägning av sannolikheten för en oönskad händelse och de konsekvenser den kan ge upphov till.	Sårbar handlar om att vara mottaglig för skada.
Syfte	Riskanalys är "systematisk användning av tillgänglig information för att identifiera riskkällor och uppskatta risken för individer, populationer, egendom eller miljö". (International Electrotechnical Commission, IEC 1995, sid 11). Att fatta beslut om huruvida en risk ska kontrolleras/reduceras eller inte baserat på en bedömning av sannolikheten att en eller flera riskkällor kan ge upphov till en eller flera konsekvenser.	Sårbarhetsanalys granskar oförmågan hos ett objekt, system, individ, befolkningsgrupp m.m. att stå emot och hantera en specifik påfrestning som kan härledas från inre eller yttre faktorer. Att identifiera svagheter i förmågan att stå emot olika händelser och analyseras dess betydelse för det skyddsvärda systemet.
Resultat	Sannolikhet och konsekvens.	Brister i hanteringsförmågan.
Lämplighet	Vid analys av väl avgränsade system.	Vid analys av öppna och komplexa system.

4.3 Riskanalysmetoder

Det finns olika huvudtyper av riskanalysmetoder: kvalitativa, halvkvantitativa och kvantitativa. *Kvalitativa riskanalysmetoder* används primärt för att identifiera riskkällor och beskriva skeenden vid olika förutsättningar. En kvalitativ form av rangordning kan göras om mått som stor, liten etc. används. Exempel på kvalitativa riskanalysmetoder är HazOp, What-If, checklistor, grovanalys.

Halv-kvantitativa riskanalysmetoder är något mer detaljerade i sin uppbyggnad än de kvalitativa metoderna i den bemärkelsen att de innehåller inslag av numeriska mått eller storleksordningar på konsekvenser och sannolikheter för att en oönskad händelse ska inträffa. Exempel på mått är frekvensintervall som t ex 1 gång/1-10 år, 1 gång/10-100 år, 1 gång/100-1000 år etc. Exempel på riskanalysmetoder är grovanalys, riskmatrix.

Kvantitativa riskanalysmetoder är helt numeriska. Risken beräknas genom att sannolikheten för en händelse multipliceras med konsekvensen (t ex antalet personer som omkommer eller kostnaden vid skada) och risken kan då uttryckas t ex som förväntat antal döda per år eller kostnaden per år till följd av en viss verksamhet. Exempel på riskanalysmetoder i denna kategori är QRA (Quantitative Risk Analysis) som är vanlig inom processindustrin.



Figur 7: Olika typer av riskanalysmetoder (Nilsson, 2003)

Den generella arbetsgången vid riskanalyser är enligt Nilsson (2003):

1. Definition av systemet och omfattningen av riskanalysen.
2. Identifiering av riskkällor.
3. Riskuppskattning – analys av frekvens och konsekvens. Skattningen kan baseras på statistik, logiska system eller expertbedömningar.
4. Verifikation – kontroll av avgränsning, antaganden, metod, data och reproducerbarhet.
5. Dokumentation av riskanalysen.
6. Kontinuerlig uppdatering av analysen.

Nedan beskrivs ett urval av olika riskanalysmetoder.

4.3.1 Grovanalys/preliminär riskanalys/PHA

Grovanalys, som även kallas för preliminär riskanalys eller PHA, är en riskanalysmetod som vanligen används för att identifiera riskkällor i tekniska system utan att ta hänsyn till detaljer. Syftet är att få en grov uppfattning om vilka risker som behöver analyseras vidare. Analysen inleds med brainstorming och kan kompletteras med användning av checklistor. Personer som har kunskap om de aktuella systemen får efter identifieringen bedöma sannolikhet och konsekvens för var och en av de identifierade riskerna och på så sätt erhålls ett underlag för värdering av riskerna. Metoden är snabb och flexibel och kan ge underlag för fortsatt arbete. Resultatet är dock beroende av analysgruppens kunskaper, erfarenheter och arbetssätt. Nedan visas ett exempel på resultat från en grovanalys.

GROVANALYSSCHEMA								
Identifierad risk/ scenario	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Kommentarer	Riskvärdering	Konsekvens			Rekommenderade åtgärder
				Sannolikhet	H	M	E	
Kollision tåg/bil	• Vägbom ur funktion • Tågförare kör mot rött	• Personskador • Materialsador • Trafikstopp		3	4	1	2	Planskilda korsningar
Urspärning av gasol-vagn	• Undermåligt underhåll • Sabotage • Tågförare håller för hög hastighet	• Explosion • BLEVE • Personskador • Materialsador • Trafikstopp		1	5	2	5	Fördjupad riskanalys krävs
Urspärning av vagn med svaveldioxid	• Undermåligt underhåll • Sabotage • Tågförare håller för hög hastighet	• Spridning av toxisk gas		2	5	3	4	Fördjupad riskanalys krävs

Figur 8: Exempel på grovanalyschema. (MSB, 2011) - H-Hälsa, M-Miljö, E-Egendom

4.3.2 Riskmatris

En riskmatris kan användas för att redovisa resultatet från exempelvis en grovanalys. Sannolikheten åskådliggörs längs den ena axeln och konsekvensen åskådliggörs på den andra axeln. Acceptanskriterierna kan uttryckas med olika färger. Generellt anses risker i nedre vänstra hörnet acceptabla och risker i övre högra hörnet oacceptabla. Området däremellan brukar benämnas ALARP-området (As low as reasonably practicable) där riskerna ska reduceras så långt det är rimligt. Detta innebär att det vid grovt oproportionerliga förhållanden mellan kostnad och nytta inte nödvändigtvis är skäligt att vidta åtgärder. I riskmatrisen nedan ges exempel på kategorier av sannolikhet och konsekvens för en semikvantitativ analys. (Se till exempel Räddningsverket/MSB, 2003.)

4.3.3 HAZOP

Hazard and operability studies används framförallt inom processindustrin där systemet delas upp i väl avgränsade delar. Möjliga avvikelser från normala förhållanden identifieras med hjälp av en lista med ledord som t ex inget, högre, lägre, motsatt. För varje analyspunkt går listan med ledord igenom och processparametrar som t ex tryck, temperatur och flöde studeras. Metoden är tids- och resurskrävande men systematisk och beaktar både tekniska fel och operatörsfel. (Se till exempel Räddningsverket/MSB, 2003.)

Tabell 10: Exempel på riskmatris

Sannolikhet	Riskmatris					
Mycket sannolikt 1 eller fler ggr per år	5					
1 gång per 1-10 år	4					
Sannolikt 1 gång per 10-100 år	3					
1 gång per 100-1000 år	2					
Liten sannolikhet < 1 gång per 1000 år	1					
Konsekvens		1	2	3	4	5
Personskador		Skada som inte ger bestående men	Risk för bestående men för enskilda personer	Bestående men för flera personer	Fara för enskilda dödsfall	Fara för flera dödsfall
Miljöskador		Ingen sanering, liten utbredning	Enkel sanering, liten utbredning	Enkel sanering, stor utbredning	Svår sanering, liten utbredning	Svår sanering, stor utbredning
Materiella skador		< 0,1 Mkr	0,1 – 1 Mkr	1-10 Mkr	10-100 Mkr	> 100 Mkr

4.3.4 What-If?

”What-if”-metoden utvecklades under 1960-talet inom olje- och kemiindustrin. Metoden innebär att riskkällor identifieras genom att värdera följderna av oplanerade händelser i det studerade systemet. Analysen startar med brainstorming kring vilka oönskade händelser som kan inträffa i systemet. Avvikelse fångas upp genom att man ställer frågan ”Vad händer om...?” Metoden kan användas i alla skeden både för nya och befintliga system och metoden påminner om grovanalys. Analysgruppens erfarenhet och kreativitet avgör hur bra resultatet blir. (Se till exempel Räddningsverket/MSB, 2003.)

4.3.5 FMEA/FMECA

Failure Mode Effect Analysis (FMEA) och Failure Mode Effect and Criticality Analysis (FMECA) innebär att ett system delas upp i delsystem och komponenter ner till önskad detaljeringsnivå. Tabellering sker av utrustningsdelar, delarnas avsedda funktion, delarnas möjliga felfunktion, felorsak, varje felfunktionseffekt på systemet och en uppskattning av hur kritiska effekterna (gäller FMECA) är avseende risken för

skador. Felfrekvens, konsekvens och sannolikheten för upptäckt graderas utifrån förutbestämda kategorier/skattningsskalor. Genom att multiplicera graderingstalen för felfrekvens, konsekvens och sannolikhet för upptäckt erhålls ett riskprioriteringstal.

Enhet: omrörare inklusive motor. Datum: 00 00 2002 Utfärdare: NN

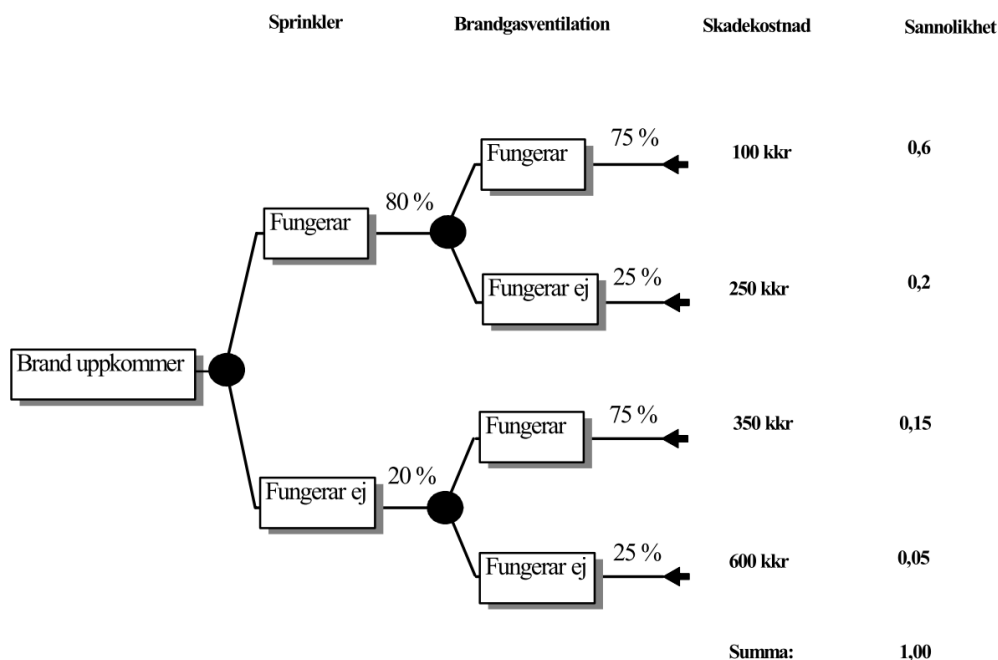
Funktion	Fel-funktion	Felorsak	Feleffekt aktuellt/överordnat system	F	A	U	R	Rekommenderade åtgärder
Omrörning och blandning av oljeprodukter och tillsatser till homogen färdig produkt.	Ingen eller otillräcklig omrörning.	Motor går ej. Impeller lossnat från axel.	Homogenisering blir ofullständig. Felaktig produkt till färdiglager. Upptäcks vid lab-test av produkt.	5	5	2	50	Indikation på att motor går bör finnas på kontrollpanel. Värdera belastningsmätare.

F – motsvarar felfrekvens. A – motsvarar allvarighet av fel. U – sannolikhet för upptäckt. R – produkten: FxAxU.

Figur 9: Exempel på FMEA-analysprotokoll. (Räddningsverket/MSB, 2003)

4.3.6 Händelseträdsanalys

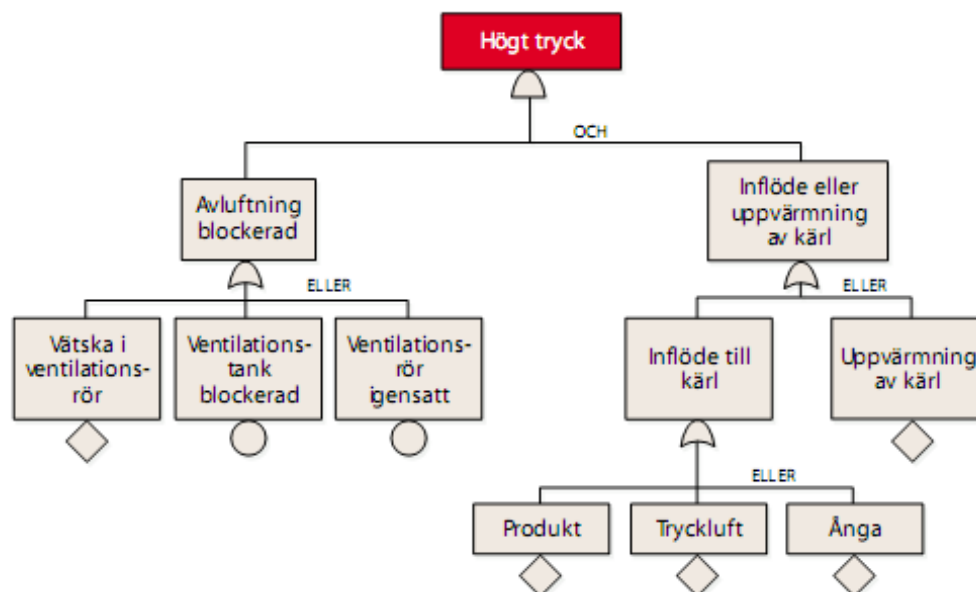
Händelseträdsanalys kan användas för att bestämma vilka skadehändelser som en given utlösande händelse kan leda till. Metoden ger en grafisk presentation och det är möjligt att beräkna sannolikheter för sluthändelser, se exempel nedan. Riskanalysmetoden ger en god överblick över möjliga scenarier men kan vara resurskrävande. Metoden kan användas både kvalitativt och kvantitativt.



Figur 10: Exempel på händelseträd för brandutveckling i ett rum (Nilsson, 2003)

4.3.7 Felträdsanalys

Felträdsanalys innebär att orsaker till en given skadehändelse bryts ner till önskad detaljnivå genom att identifiera kombinationer av felhandlingar och felfunktioner och sannolikheten för topphändelsen kan beräknas. Metoden som kan användas både kvalitativt och kvantitativt är mycket komplex och kräver god metodkundskap.



Figur 11: Exempel på felträdsanalys. (Räddningsverket/MSB, 2003)

4.4 Sårbarhetsanalysmetoder

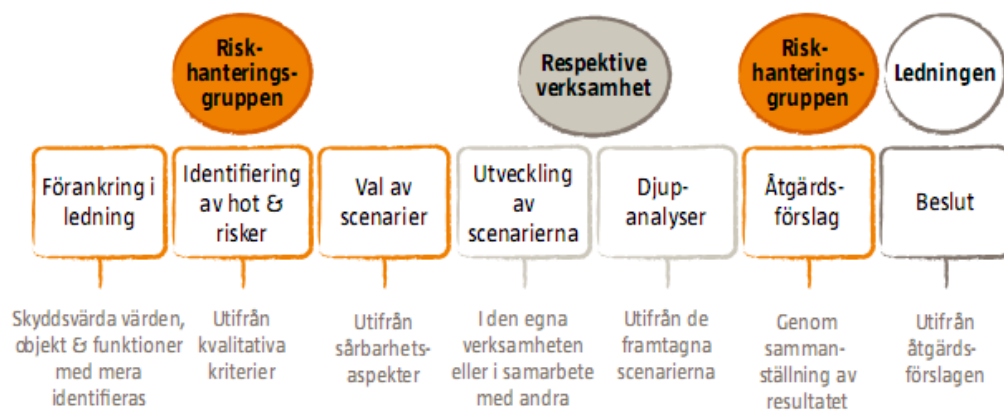
Sett ur ett internationellt perspektiv har ett stort antal myndigheter utfärdat standarder, manualer och vägledningar för sårbarhetsanalyser för infrastruktursystem exponerade för externa hot. Generella delsteg som beskrivs i dessa sammanfattas av Abrahamsson och Magnusson (2004) som:

1. "Identifiera kritiska resurser (KR) i form av komponenter, noder etc.
2. Identifiera vad som skyddar och stöder KR.
3. Identifiera och kategorisera hoten.
4. Identifiera och analysera sårbarheter.
5. Bedöm risk och bestäm prioritering för skydd av KR.
6. Identifiera åtgärder, kostnader och trade-offs."

De modeller för sårbarhetsanalys som finns idag i Sverige är främst utvecklade för kommuner och myndigheter. Metoderna är ofta integrerade risk- och sårbarhetsanalysmetoder. Exempel på metoder är ROSA, MVA, IBERO och FORSA. Det finns stora likheter mellan metoderna men de lägger olika stor vikt vid olika delar i analysen. Ett annat verktyg som kan användas för att analysera sårbarheten i ett system är nätverksanalys. Nedan beskrivs ett urval av risk- och sårbarhetsanalysmetoderna.

4.4.1 ROSA

Risk- och sårbarhetsanalysmetoden, ROSA, har utvecklats genom ett samarbete mellan Krisberedskapsmyndigheten, länsstyrelsen i Kronobergs län och Växjö kommun. Metoden betonar riskhanteringsprocessen starkt men är sårbarhetsorienterad och utgår ifrån hypotesen att det inte går att identifiera alla tänkbara hot och skadehändelser på förhand. Tanken är att analysarbetet ska täcka en stor del av de hot och risker som kan förväntas förekomma. När arbetet är förankrat hos ledningen görs en kvalitativ grovanalys med identifiering av hot och risker och skattning av sannolikhet och konsekvens. Resultatet ligger till grund för val av scenarier att gå vidare med. Scenarierna utvecklas och djupanalyser utförs. Åtgärdsförslag tas fram och beslut fattas i ledningen.

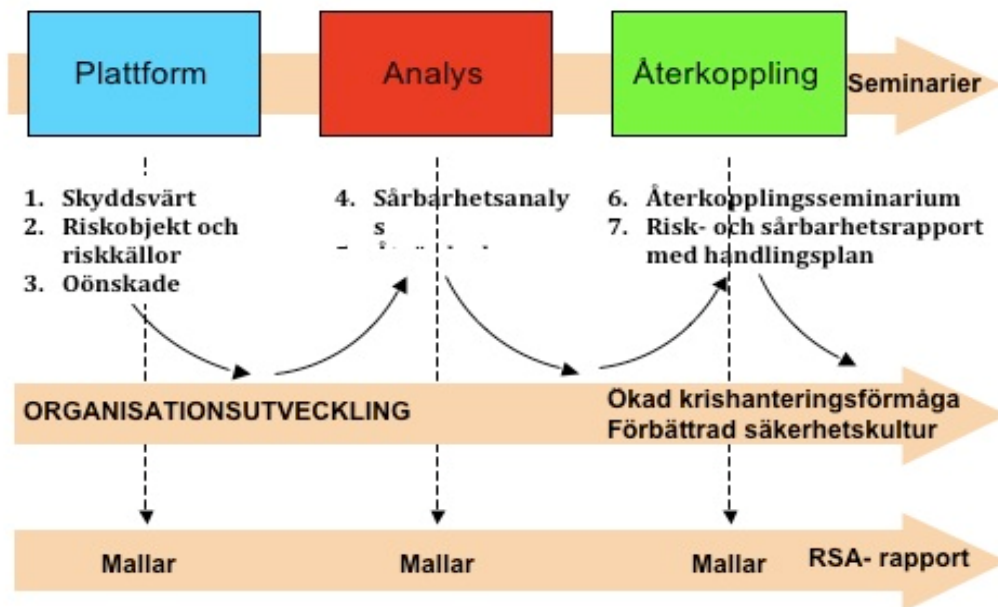


Figur 12: ROSA-metoden (MSB, 2011).

4.4.2 MVA

Mångdimensionell verksamhetsanalys, MVA, är en processinriktad metod för att analysera förvaltningars och organisationers sårbarhet ur ett brett perspektiv. Metoden är utvecklad av en forskargrupp vid Lunds universitet i samverkan med Krisberedskapsmyndigheten och ett antal kommuner.

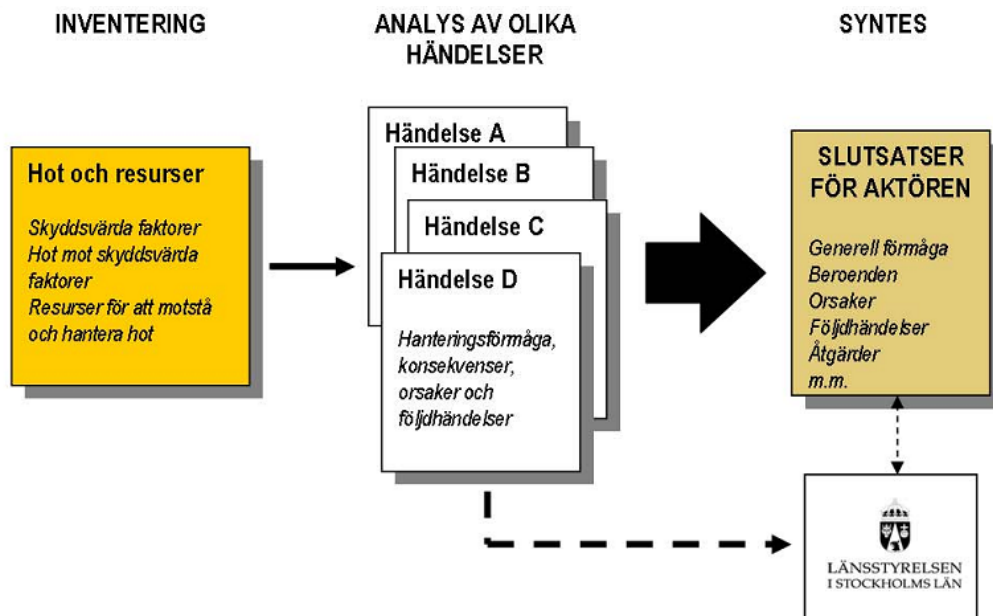
Metoden är scenariobaserad och utförs i seminarieform. I det första steget, *plattform*, skapas en gemensam bas genom att arbetsgruppen inventerar skyddsvärda objekt, funktioner, värden och beroenden. Scenarier med negativ påverkan identifieras och sannolikhet och konsekvens skattas. Resultatet ligger till grund för val av scenarier för sårbarhetsanalysen. I nästa steg, *analys*, genomförs en sårbarhetsanalys av det utvalda/de utvalda scenariot/scenarierna där hanteringsförmågan och möjlig felutveckling bedöms. I *återkopplingsfasen* sammanfattas resultatet. En sammanfattande bedömning av krishanteringsförmågan redovisas och åtgärdsförslag tas fram. (MVA-metoden & MSB, 2011).



Figur 13: MVA-metoden. (MVA-metoden)

4.4.3 IBERO

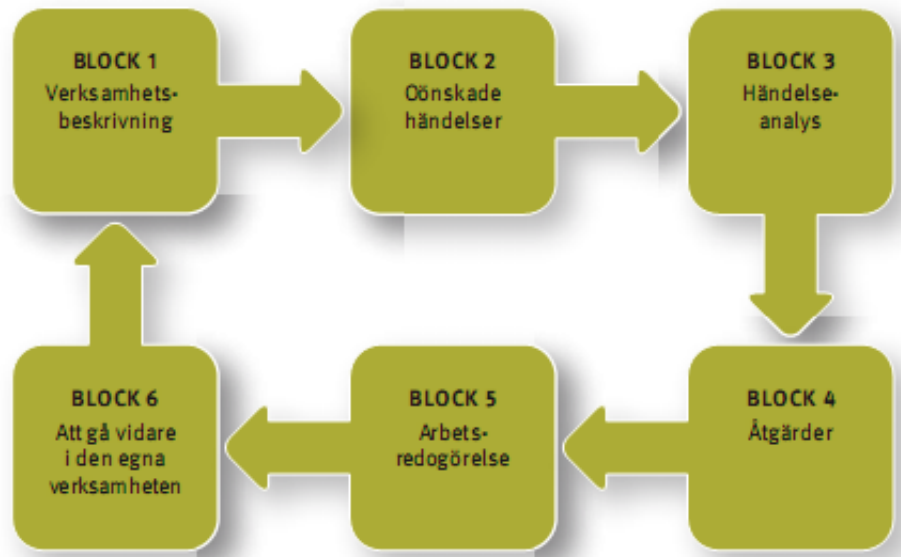
Instrument för beredskapsvärdering av områdesansvar, IBERO, har utarbetats av länsstyrelsen i Stockholms län med stöd av Krisberedskapsmyndigheten och i samarbete med Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) och Lunds universitet. IBERO är ett scenario- och IT-baserat verktyg för risk- och sårbarhetsanalyser. En arbetsgrupp formulerar olika riskscenarier baserat på resultat av inventering av hot mot skyddsvärda faktorer. Verksamhetens hanteringsförmåga i krishanteringsprocessens olika delar, händelsens konsekvenser för verksamheten samt eventuella följdhändelser eller följdverkningar på angränsande samhällssektorer analyseras för de olika händelser som studeras. Det finns möjlighet att jämföra olika verksamheter om analysen genomförs på en högre nivå och på så vis studera vilka effekter verksamheternas hanteringsförmåga och konsekvenserna kan ha på högre nivåer.



Figur 14: IBERO (Länsstyrelsen)

4.4.4 FORSA

FOI:s modell för risk- och sårbarhetsanalys, FORSA, är en kombination av en scenariobaserad och en systembaserad metod. Metoden är indelad i sex stycken block som vart och ett innehåller ett antal frågor som aktörerna ska besvara. *Block 1* innebär verksamhetsbeskrivning där bland annat prioriterade åtaganden, samhällsviktig verksamhet och kritiska beroenden identifieras. I *block 2* identifieras oönskade händelser samt sannolikhet och konsekvens för händelserna. Osäkerheter i bedömningarna behandlas också i detta steg. I *block 3* behandlas bland annat de kritiska beroendenas sårbarhet, förmågebedömning avseende de prioriterade åtaganden samt krishanteringsförmågan. *Block 4* omfattar åtgärder, redan vidtagna åtgärder, åtgärder som håller på att genomföras och vilka ytterligare åtgärder som skulle kunna genomföras. I *block 5* dokumenteras analysen. I *block 6* fattas beslut om vilka åtgärder som ska genomföras och hur man i övrigt ska gå vidare i den egna verksamheten.



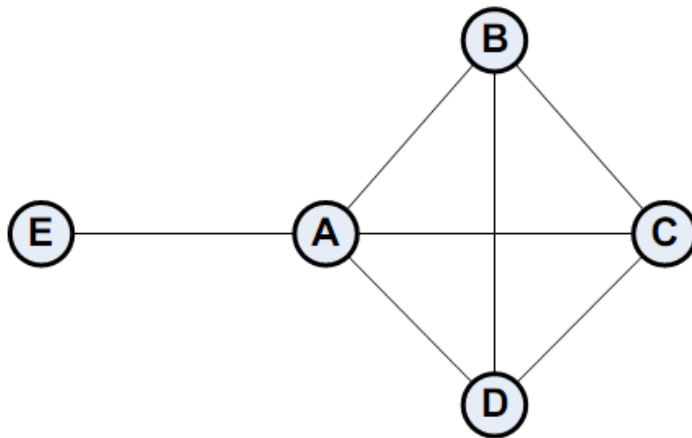
Figur 15: FORSA (FOI 2011)

4.4.5 Nätverksanalys

Nätverksanalys kan användas för att analysera sårbarheten i såväl sociala som tekniska system. Systemet representeras av en nätverksmodell uppbyggd av noder och länkar mellan noderna. Nätverksmodellen kan användas för att analysera olika typer av påfrestningar på systemet som till exempel *slumpmässiga attacker* eller *riktade attacker*. Slumpmässiga attacker kan tänkas efterlikna ett "vardagsfel" i ett nätverk och utförs genom att slå ut noder eller länkar i nätverket. Riktade attacker kan användas för att simulera en avsiktlig attack där de delar av nätverket som är viktigast för den totala funktionen hos nätverket slås ut. Allteftersom simuleringen av attacker mot nätverket pågår mäter man hur sammankopplingen av nätverket påverkas (Johansson & Jönsson, 2007).

Ett vanligt mått på sårbarhet i nätverk är nätverkets *diameter* vilken definieras som den längsta kortaste vägen mellan nätverkets nodpar. Sårbarheten hos nätverket kan analyseras genom att exempelvis studera hur stor andel av nätverket som måste slås ut för att en viss reduktion av nätverkets sammankoppling ska ske eller hur stor påverkan på sammankopplingen blir (Johansson & Jönsson, 2007).

I Figur 16 nedan ges ett exempel på en enkel nätverksmodell. Om komponent C utgör den enda inmatningsnoden och komponent C fallerar kan distributionen av resurser inte nå någon av de övriga noderna i nätverket. Om komponent A fallerar påverkas både nod A och nod E men ingen av de övriga noderna.



Figur 16: Illustration av ett enkelt nätverk. (Johansson & Jönsson, 2007)

Ett tillämpningsområde för nätverksanalys är risk- och sårbarhetsanalyser för tekniska infrastruktursystem. Verktöget har bland annat använts för att analysera sårbarheten i eldistributionssystem (Johansson & Jönsson, 2007).

4.5 Regler kring risk- och sårbarhetsbedömningar i fjärrvärmeverksamhet

Det finns i dagsläget inga krav på att risk- och sårbarhetsbedömningar måste utföras i fjärrvärmeverksamhet, med undantag för en del regler inom arbetsmiljöområdet (se avsnitt 4.5.1). Energimyndigheten (Översiktlig risk- och sårbarhetsanalys av energiförsörjningen, 2014) konstaterar att det inte heller finns några nationellt utformade funktionskrav eller krav på robusthet avseende fjärrvärmeförsörjningen eller några krav på risk- eller krisplaner för samhällsviktiga användare.

Sårbarhetsaspekter behandlas i energimyndighetens rapport ”GSN Energi – Nulägesanalys inom värmeförsörjningen”, som innehåller en genomgång av grundläggande säkerhetsnivåer (GSN). GSN definieras som den lägsta nivå av funktionalitet och säkerhet som bör råda oavsett händelse eller påfrestning på samhället (Samhällets krisberedskap – stärkt samverkan för ökad säkerhet, Regeringens skrivelse 2009/10:124). Rapportens slutsats är att det finns väldigt få strikta funktionskrav för fjärrvärmeförsörjningen. Förutom det något perifera kravet på beredskapslagring av olja har följande två krav identifierats:

- Funktionskrav som är inarbetade i avtal mellan fjärrvärmebolag och vissa samhällsviktiga kunder
- Funktionskrav som är inarbetade i avtal mellan fjärrvärmebolag och entreprenörer

För elnätverksamhet finns en striktare reglering, dels generellt vad gäller koncessioner och intäktsramar och dels specifikt vad gäller risk- och sårbarhetsanalyser. Enligt Ellagen (1997:857) ska den som bedriver elnätverksamhet årligen upprätta och

till nätmyndigheten inlämna dels en risk- och sårbarhetsanalys avseende leveranssäkerheten och dels en åtgärdsplan som visar hur leveranssäkerheten ska förbättras (3 kap 9c). Ellagen har också ett specifikt leveranssäkerhetskrav som innebär att avbrott inte får överstiga 24 timmar (3 kap 9a). Även ersättning till elanvändare vid avbrott regleras i Ellagen (10 kap). För samtliga av elbranschens aktörer, det vill säga elnätsföretag, elproduktionsföretag och elhandelsföretag, ställer sedan år 2012 Elberedskapslagen krav på upprättande av risk- och sårbarhetsanalyser avseende säkerheten inom den egna verksamheten. Naturgaslagen ställer inga motsvarande krav på naturgasmarknadens aktörer. Däremot finns för naturgas och VA, precis som för fjärrvärme, krav på tekniska riskanalyser i olika normer och föreskrifter.

4.5.1 Arbetsmiljökrav

Inom området arbetsmiljö finns ett antal regelverk som är tillämpliga för fjärrvärmebranschen och som innehåller olika former av riskbedömningar. Arbetsmiljökraven är beskrivna i Svensk Fjärrvärmes Arbetsmiljöhandbok. Olika säkerhetskrav som är mer kopplade till fjärrvärmesystemet i sin egenskap av trycksatta rörledningar ställs i några av Arbetsmiljöverkets föreskrifter, framför allt:

- AFS 1999:4 Tryckbärande anordningar
- AFS 2002:1 Användning av trycksatta anordningar
- AFS 2005:2 Tillverkning av vissa behållare, rörledning och anläggningar
- AFS 2005:3 Besiktning av trycksatta anordningar

Den andra av de fyra föreskrifterna behandlas i viss mån i Arbetsmiljöhandboken. En sammanfattning av tillämpningen av de två sista föreskrifterna inom fjärrvärmeverksamhet ges i ”Tillverkning och besiktning av fjärrvärmesystem” från Svensk fjärrvärme.

Enligt AFS 2002:1 gäller att innan en trycksatt anordning (till exempel ett fjärrvärmesystem) tas i bruk, ska en riskbedömning genomföras och dokumenteras. I denna ska dels ingå en bedömning av de risker som anläggningen innebär och dels en bedömning av hur omfattande den fortlöpande tillsynen ska vara. Det resulterande programmet för fortlöpande tillsyn ska följas och dessutom uppdateras minst årligen. AFS 2005:3 ställer formella krav på återkommande besiktning vart sjätte år av fjärrvärmeledningar med dimension DN 250 eller högre (vid tryckklass 16 bar).

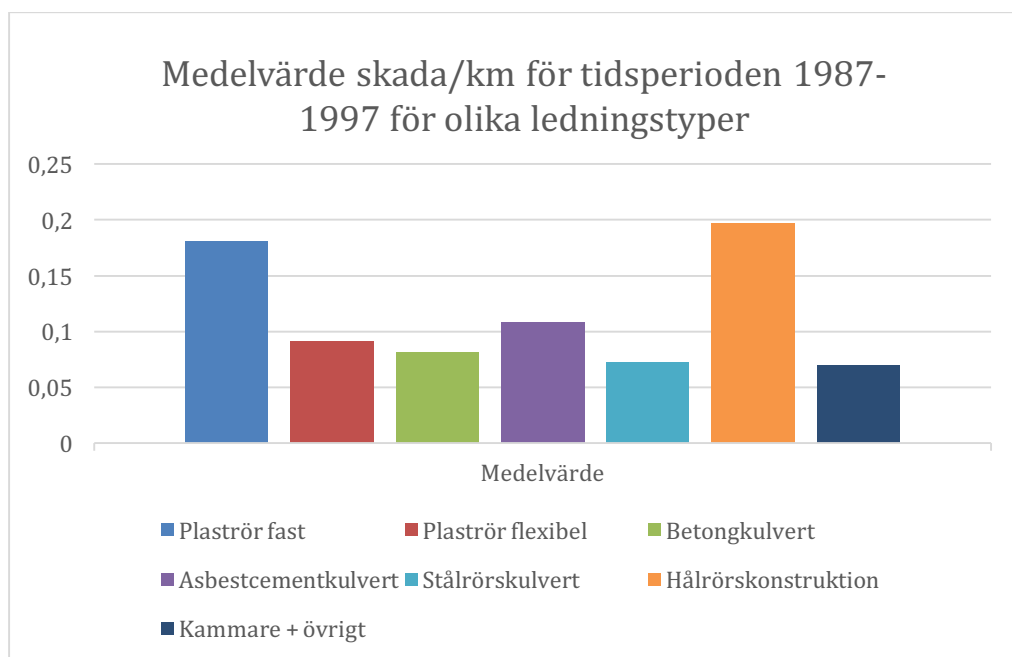
5 ANALYS AV SKADESTATISTIK

Det finns i dagsläget ingen sammanställd aktuell skadestatistik över fjärrvärmeledningar. Svensk Fjärrvärme har nyligen återinfört insamling av skadestatistik efter ett uppehåll på mer än ett decennium, men data för årets insamling finns ännu inte sammanställd. Den statistik som finns att tillgå utgörs av från tidigare insamling från 1983 fram till 2003. Då mycket av dagens ledningar faktiskt kommer från denna tidsperiod, kan det ändå vara intressant att analysera den tidigare statistikens trender när det gäller skadebenägenhet för olika ledningstyper.

Mellan åren 1983 och 1997 sammanställdes statistiken i rapporter som utkom varje år. Utifrån dessa papperskopior har vi kunnat sammanställa en del uppgifter.

1997 slutade Värmeverksföreningen att sammanställa statistiken i rapportform och den insamling som gjordes därefter och fram till 2003 finns endast att tillgå i form av rådata. Vi har fått ta del av denna rådata och kunnat göra några mindre analyser även utifrån detta material.

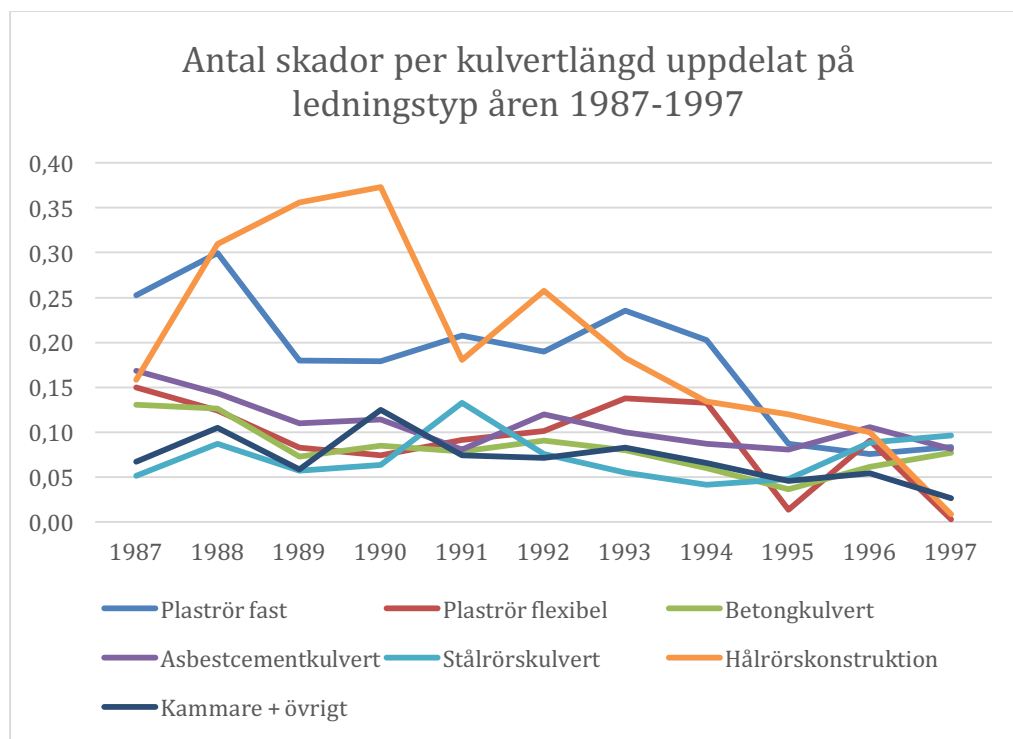
I Figur 17 redovisar vi skadebenägenhet som antal skador per kilometer ledningslängd uppdelat som ett medelvärde för åren 1987 till 1997 för de ledningskategorier som har funnits med i statistiken i statistikrapporterna från 1983 till 1997. Då kategorierna har ändrats över tid har några kategorier fått läggas ihop. Utifrån denna nya kategoriindelning har endast åren 1987 till 1997 kunnat sammanställas på ett (förhoppningsvis) rättvisande sätt.



Figur 17: Skadebenägenhet (skada per km ledning) för olika typer av ledningar. Medelvärde för perioden 1987-1997

I diagrammet går att utläsa att de mest skadebenägna ledningstyperna under perioden förefaller vara plaströrskulvertar i form av hålrörskonstruktion samt fast installerade plaströr.

Om skadebenägenheten istället redovisas år för år för samma period, visar analysen att skadebenägenheten var högre i början av perioden än i slutet för de flesta av ledningstyperna, se Figur 18.

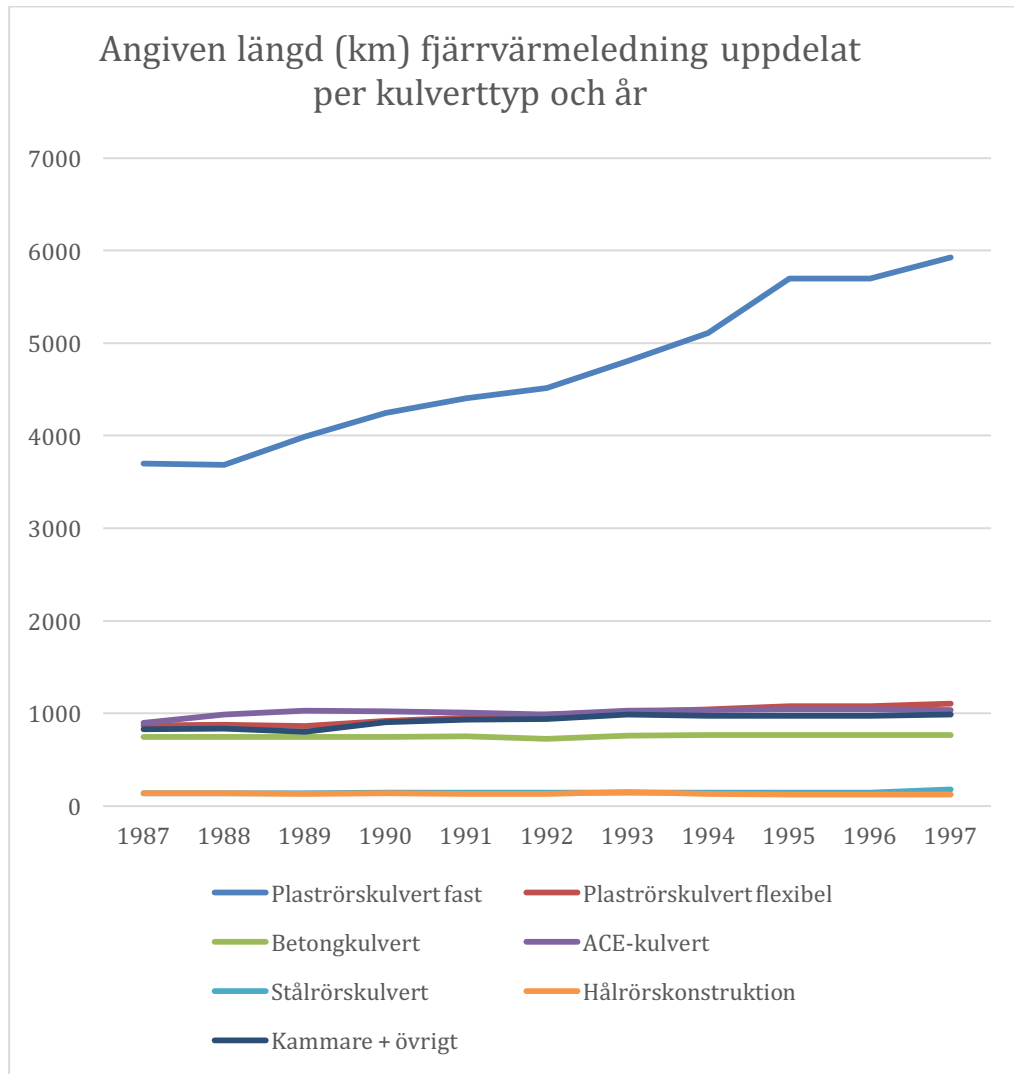


Figur 18: Antal skador per ledningslängd i km uppdelat på ledningstyp.

För betongkulvertar, asbestcementkulvertar och andra ledningskonstruktioner som under denna period inte har byggts ut i någon högre utsträckning skulle detta kunna förklaras av att vissa typer av fel märks av redan inom några år efter förläggningen och att dessa fel därför redan hunnit åtgärdats. På så sätt skulle problematiska ledningar redan ha hunnit utsorteras eller lagats.

Men även för plastmantlade ledningar förefaller skadebenägenheten ha minskat under perioden, detta trots att en stor utbyggnad har skett under denna period och en del tidiga fel borde ha kommit i dagen.

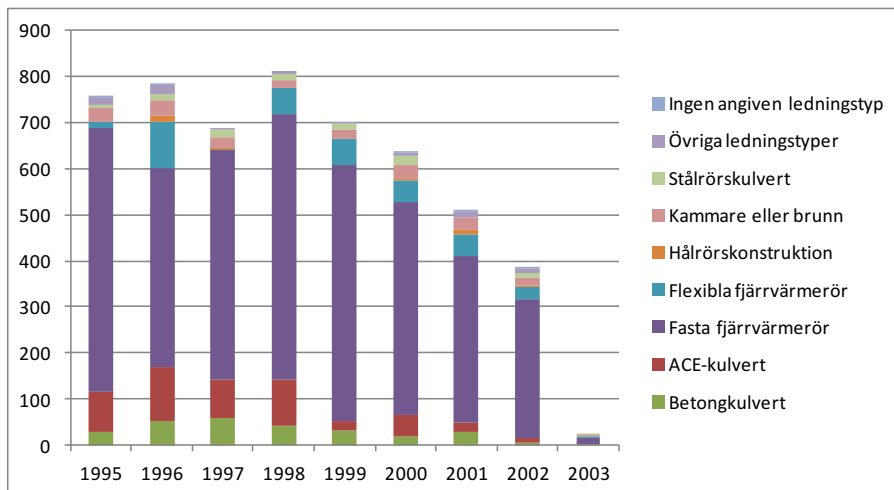
I Figur 19 redovisas av fjärrvärmebolagen angivna längder fjärrvärmeledning under perioden 1987-1997. Här kan man då se att fast installerade plaströrskulvertar har byggts ut kraftigt under perioden i jämförelse med andra ledningstyper.



Figur 19: Angivna längder fjärrvärmeledning uppdelat på ledningstyp under åren 1987-1997. Figuren är sammanställd utifrån uppgifter från Värmeverksföreningens rapporter om skadestatistik för angivna årtal

Antalet inrapporterade skador för olika ledningstyper har också analyserats utifrån rådata från skadestatistik för åren 1995 till 2003, se Figur 20.

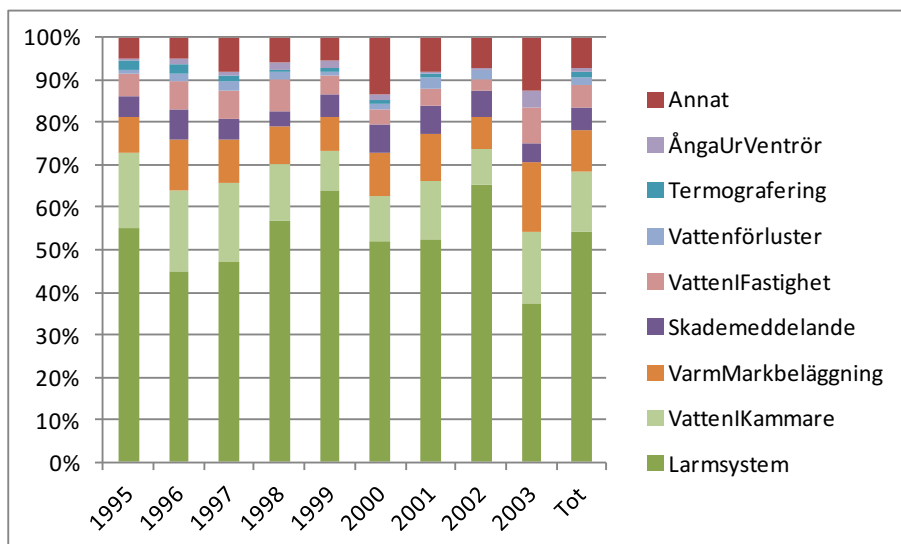
Det första som måste kommenteras är den missvisande trenden att skadorna skulle ha minskat för alla ledningstyper från 1998 till att vara nästan noll 2003. Detta beror inte på ett sjunkande antal skador, utan på att allt färre fjärrvärmebolag har lämnat in skadestatistik för dessa år. Således är det snarare själva fördelningen av antal skador mellan olika ledningstyper som kan vara intressant att titta på i diagrammet. Den ledningstyp som har gett utlopp för flest inrapporterade skador är fasta fjärrvärmerör.



Figur 20: Antal inrapporterade skador för olika ledningstyper till kulvertskadestatistiken för åren 1995-2003 (Källa: Rådata från Svensk Fjärrvärme som bearbetats av Grontmij)

Avseende metoder att upptäcka skador framgår det ur Figur 21 att nästan 80 procent av alla rapporterade skador har upptäckts på ett av följande tre sätt:

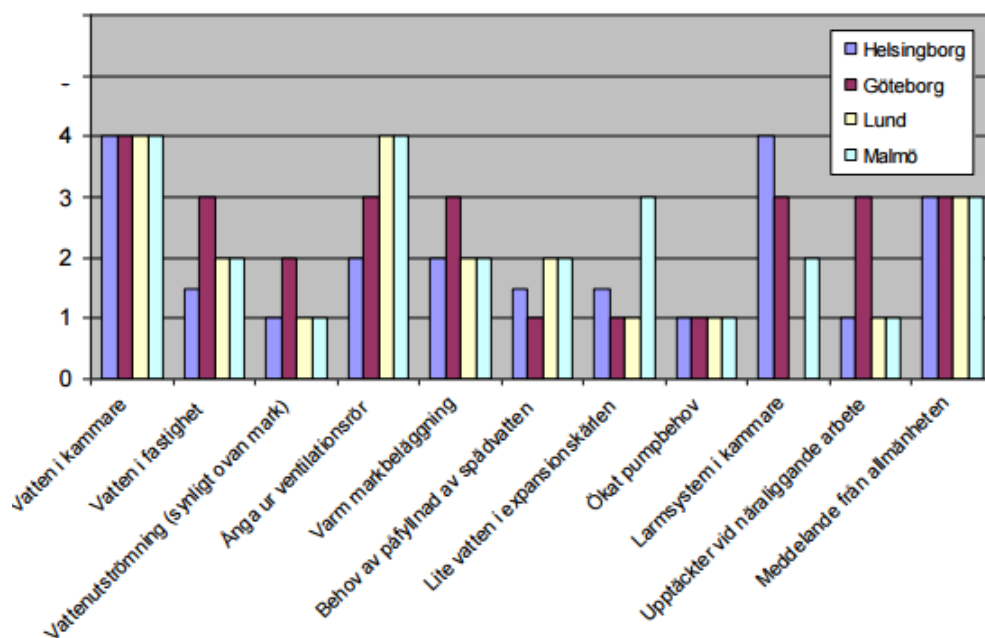
- Genom larmsystem
- Att det står vatten i kammare
- Tecken på varm markbeläggning



Figur 21: Hur ledningsskador upptäckts (Källa: Rådata från Svensk Fjärrvärme som bearbetats av Grontmij)

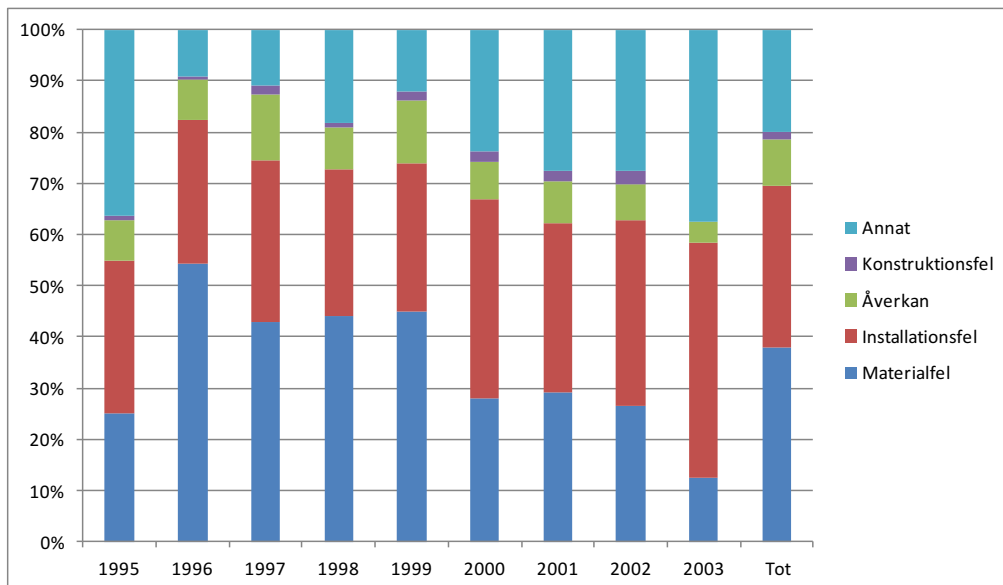
Skadeupptäckten skiljer sig åt beroende av ledningstyp. Skador på betong- och asbestcementrörledningar upptäcks vanligen genom vatten i kammare (eller fastighet eller ånga ur ventilationsrör). För plastledningar är det vanligast att skadorna upptäcks via larmsystem eller varm markbeläggning.

Som jämförelse med uppgifterna från skadestatistiken kan nämnas att en värdering av sätt att upptäcka skador i betongkulvert gjordes inom ramen för studien ”Statusbedömning av betongkulvert” (Sernhed et al, 2012). I denna studie fick intervjupersoner från fyra svenska fjärrvärmenät gradera svarsalternativ kring olika sätt att upptäcka skador i betongkulvert. Se Figur 22.



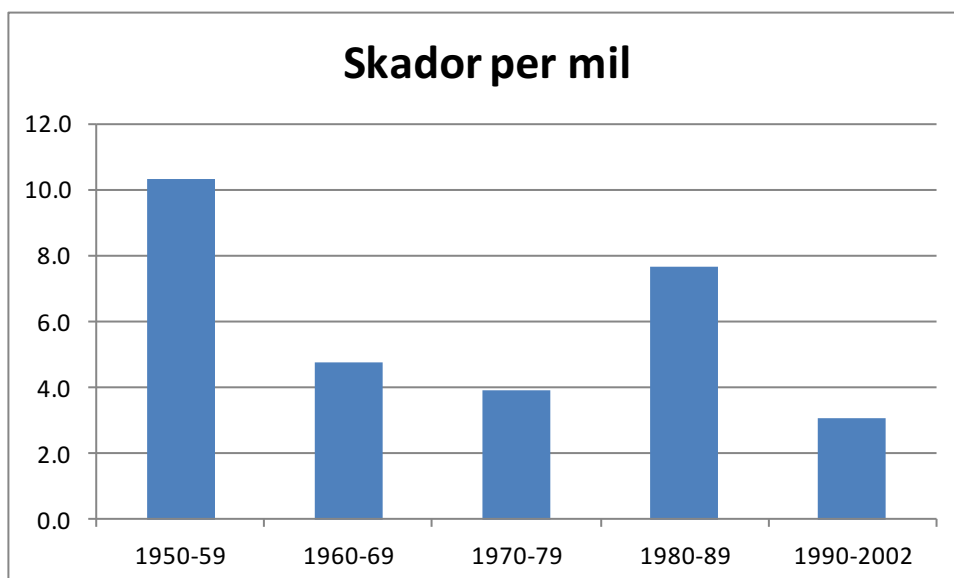
Figur 22: Värdering av sätt att upptäcka skador i betongkulvert (Källa: Sernhed, et al, 2012)

Resultatet i Figur 22 ger en samstämmig bild med uppgifterna från skadestatistiken. När det gäller orsaker till uppkomna skador så förefaller 70 procent av de rapporterade skadorna ha orsakats antingen av materialfel eller installationsfel, alltså fel som har byggts in redan vid förläggningen av ledningarna (se Figur 23).



Figur 23: Skadeorsaker (Källa: Rådata från Svensk Fjärrvärme som bearbetats av Grontmij)

Det förefaller inte finnas något enkelt samband mellan ålder och skadefrekvens. Utifrån den tillgängliga statistiken tycks istället ledningar från femtiotalet och åttiotalet vara särskilt skadebenägna, se Figur 24. Eventuellt skulle detta kunna bero på barnsjukdomar i när ny ledningsteknik har testats och börjat användas.



Figur 24: Under perioden 1995-2003 totalt antal rapporterade skador per mil kulvert för kulvert med olika byggår (Källa: Rådata från Svensk Fjärrvärme som bearbetats av Grontmij)

Vad gäller åttiotalskulverten överensstämmer detta med det som Andersson et al (1999) skriver kring problem med skarvar i åttitalskulverten i rapporten "Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar":

"Under utbyggnadsboomen i början på åttioalet, när längden av det svenska fjärrvärmennätet tredubblades under en femårsperiod, hamnade den nya ledningstypens svagaste länk, skarven, i ett olyckligt läge, som tyvärr har blivit feltolkat i olika sammanhang. Vi var då som nu i ett läge där det förutsattes att nödvändiga kunskaper och resurser för distributionssidan fanns – både vad gäller material och utförande. Detta var dock inte fallet. Både på kontrollant- och utförandesidan saknades utbildad personal. På grund av bristande kunskap och bristande insatser för att åtgärda detta byggdes många i onödan undermåliga skarvar. [...] Och fortfarande kan man se resultatet av det inträffade som en puckel med ökad skadefrekvens för de aktuella åren i fjärrvärmeföreningens skadestatistik."

6 RESULTAT FRÅN WORKSHOP OCH INTERVJUER

6.1 Jämförelser mellan tre branscher

I intervjuerna som har företagits inom ramen för denna studie har tre branscher varit representerade: fjärrvärme-, vatten- & avlopps-, samt gasbranschen. Den viktigaste gemensamma nämnaren mellan dessa branscher för detta projekt är att verksamheter-
nas huvudsakliga tjänster gäller distribution av media i nedgrävda rör.

6.1.1 Olika förutsättningar

Avsikten med att samla erfarenheter från två närliggande branscher har varit att undersöka skillnader och likheter i förutsättningar för nätverksamheten, samt om det finns metoder eller koncept för risk- och sårbarhetsanalys som skulle kunna användas och överföras till fjärrvärmebranschen.

Vad gäller VA-området har i avsnitt 2.3.6 ovan kort beskrivits den ambitiösa handbok ”Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar” som tagits fram inom VA-branschen. Man kan konstatera att delar av den metodik som beskrivs är tillämpbar även för fjärrvärme. Från resultaten som presenteras i kommande underkapitel kan även konstateras att VA-branschen och fjärrvärmebranschen i vissa fall använder samma datorstöd i riskanalysarbetet. Emellertid finns även väsentliga skillnader i förutsättningar för nätverksamheten som gör att en del av sättet att arbeta med förnyelseplanering inte är överförbar. Som exempel kan nämnas:

- **Incitamenten att hitta och laga läckor skiljer sig åt:** Det inte är lika stora kostnader förknippade med förluster av kallvatten i VA-nät som med förluster av varmvatten i fjärrvärmenät. Därmed är incitamentet att hitta läckor och undvika vattenförluster mindre i VA-branschen än i fjärrvärmebranschen.
- **Mått på läckage:** För VA-verksamheten finns det inget bra sätt att kontinuerligt mäta hur mycket vatten som läcker ut. I fjärrvärmenätet utgör vattnet ett värmebärande medium och vattnet i sig konsumeras inte utan ingår i ett slutet system. Vid läckor försvinner vatten från det slutna systemet och nytt behandlat fjärrvärmevatten måste tillsättas. Spädvattenvolymen mäts och genom att veta nätvolymen kan man få fram vattenomsättningen över tid, till exempel ett år, och få en indikation på hur mycket vatten som läcker ut.
- **Risker förknippade med läckor:** Risker för att läckande kallvatten ska ge upphov till skada på människor är inte lika stor som vid hetvattendistribution, vilket gör att de direkta riskerna för personskador inte väger lika tungt i värderingarna för VA-branschen. Däremot kan naturligtvis vattenmängder från huvudledningar inom vattendistribution ge upphov till stora materiella skador, trafikstörningar, med mera.

- **Ålder på nät kopplat till underhållsbehov:** VA-branschen är äldre än fjärrvärmebranschen och därför är underhållsbehovet och reinvesteringsbehovet mer uttalat i VA-branschen idag än i fjärrvärmebranschen. Det är egentligen först nu som vissa av de äldre fjärrvärmenäten börjar komma upp i ålder och där en del av ledningarna närmar sig ”bäst-före-datum”. Detta innebär även att det finns ett bättre statistiskt underlag att förhålla sig till för VA-branschen kring hur ledningar åldras och konsekvenserna av detta.
- **Möjligheter till renovering av ledningar:** Infodring (relining) har länge använts som en schaktfri metod för att förlänga livslängden på vatten- och avloppsrör. Infodring innebär att rören rensas och infodras med nytt material istället för att byta ut hela rören. I Sverige pågår projekt med syfte att undersöka möjligheterna att utnyttja relining för *fjärrvärmeledningar*, men det är ännu inte att betrakta som en kommersiell teknik. Problemet med relining för fjärrvärmerör har framförallt varit att temperaturen i fjärrvärmerören har varit högre än vad den epoxi som används inom VA-branschen tål.

Vid intervjun med E.ON Gas framkom några väsentliga skillnader som gör jämförelserna kring hur beslut tas kring förnyelse av nät mindre intressant mellan gasnät och fjärrvärmenät (och således arbetet med risk- och sårbarhetsanalys i detta syfte). Exempel på sådana skillnader är följande:

- **Olika kravbild kring säkerhetsaspekter:** De hårdare regler kring säkerhet som omgärdar gasverksamheten betyder lite hårdare att läckor *inte får förekomma*. Detta föranleder krav på hårdare kontroll av nätets skick för gasverksamhet jämfört med fjärrvärmeverksamhet. E.ON Gas jobbar kontinuerligt med läcksökning med hundar i sitt nät under cirka sju månader per år.
- **Möjligheter till renovering av ledningar:** Möjligheterna till relining av gasledningar gör att man har mycket bättre förutsättningar att renovera gasledningar än fjärrvärmeledningar.
- **Renoveringsbehov:** I den del av Malmös gasnät som utgörs av det gamla stadsgasnätet och som byggdes ut från slutet av 1800-talet fram till 1965 är i princip 100 procent av ledningarna relinade under de senaste femton åren.

Då möjligheterna att renovera ledningar är så mycket bättre för gasledningar än för fjärrvärmeledningar har detta alltså bidragit till att renoveringar av nätet redan har gjorts för en lång tid framåt. Därmed blev frågeställningar avseende hur beslut tas för byte av ledningar, samt hur man jobbar med riskklassning inte särskilt aktuella. När det gäller planering och beredskap ur ett sårbarhetsperspektiv kan det dock finnas mycket att lära av gasbranschen.

Sammanfattningsvis gör vi, utifrån resultaten från intervjustudien och de skiftande förutsättningarna för verksamheterna, bedömningen att potentialen att överföra kunskap om metoder för risk- och sårbarhetsarbete (och andra erfarenheter inom detta område) är relativt stor mellan VA-branschen och fjärrvärmebranschen, men betydligt mindre mellan gasbranschen och fjärrvärmebranschen. Därmed kommer det i följande

analys finnas med en del input från intervjun med Kretslopp och Vatten, men inte så mycket från intervjun med E.ON Gas.

6.2 Leveranssäkerhet

Riskklassning av fjärrvärmeledningar sker delvis med utgångspunkt från att ledningarna riskerar att inte längre kunna upprätthålla leveranserna av hetvatten till kunderna. Man kan härvid konstatera att det inte finns någon tydlig definition av vad som är att beteckna som ett leveransavbrott för fjärrvärme på samma sätt som för elbranschen, där kunder har rätt till ersättning vid ett leveransavbrott som varar mer än 12 timmar. Fjärrvärmeleveransavtalen säger normalt inte mycket om detta (se avsnitt 2.3.1). Som konstaterades i avsnitt 2.3.3 är det idag ovanligt att fjärrvärmeföretagen publicerar mått på leveranssäkerhet och avbrottsfrekvens. Att sådana mått redovisats tidigare men inte idag, bekräftades under intervjuerna. En väsentlig anledning torde vara bristen på enhetlig definition i kombination med det faktum att kunden ofta inte ens märker ett kort avbrott. Under stora delar av året ger även längre avbrott sig till känna endast genom brist på tappvarmvatten.

Det går att tänka sig olika sätt att definiera ett avbrott – ingen leverans alls eller en kvalitetsförsämring, till exempel att tryck och temperatur understiger nivåer som möjliggör kundens önskade inomhustemperatur eller varmvattentemperatur.

En förklaring till att uppgifter om att fjärrvärme har en leveranssäkerhet på till exempel 99,8 procent inte anges skulle kunna vara att denna typ av information kanske inte är så användbar för en kund, eftersom den inte så lätt kan kopplas till konsekvenser för specifika kunder.

6.3 Generellt om de använda systemen för riskanalys

En kort sammanfattande beskrivning av hur de olika företagen, utifrån den information som erhållits under de genomförda intervjuerna, använder riskanalyser och riskklassning, ges i detta avsnitt. Som tidigare nämnts (avsnitt 6.1.1) finns ingen relevant jämförelse att göra med E.ON Gas i detta sammanhang.

Allmänt kan sägas att även om olika system för att analysera bakomliggande data används, mynnar alla de använda systemen, utifrån indelningen i avsnitt 4.3 och Figur 7, ut i kvalitativa eller semi-kvantitativa metoder i form av riskmatriser. Exempel på användning av kvantitativa riskanalysmetoder, såsom felträdsanalys, förekommer bland annat i rapporten Leveranssäkerhet (1992) som behandlar leveranssäkerhet i fjärrvärmennät, men förefaller inte ha kommit till någon omfattande praktisk användning.

6.3.1 E.ON Värme

E.ON arbetar med ett manuellt verktyg i Excel. På traditionellt sätt värderas sannolikhet och konsekvens i en riskmatris som mycket liknar den som redovisas i Tabell 10. Dock använder E.ON fyra nivåer – för sannolikhet är dessa: osannolik (1), möjlig (2), sannolik (3) och mycket hög (4) och för konsekvens: ringa (1), betydlig (2), allvarlig

(3) och katastrofal (4). De tre rutorna högst upp till höger (med värden 12 och 16) bedöms som oacceptabla risker, se Figur 25.

Sannolikhet		Riskmatris			
Mycket hög	4	4	8	12	16
Sannolik	3	3	6	9	12
Möjlig	2	2	4	6	8
Osannolik	1	1	2	3	4
Konsekvens		1	2	3	4
		Ringa	Betydlig	Allvarlig	Katastrofal

Figur 25: Förenklad princip för riskmatris hos E.ON

Systemet har använts sedan år 2010 och man ser flera nyttor med detta systematiska tillvägagångssätt, bland annat underlättar det att fokus läggs på rätt saker och matrisen utgör ett bra verktyg i samband med budgetarbetet. För tillfället innehåller riskmatrisen 130 identifierade risker, varav 30 av dessa anses ligga på en oacceptabel nivå. Det förebyggande underhållsarbetet fokuserar på att åtgärda dessa risker.

E.ON påpekar att riskklassning även kan ha ett värde för att visa vilka delar av nätet (ofta stora delar) som är oproblematiska och som man därför kanske inte behöver övervaka eller underhålla lika frekvent.

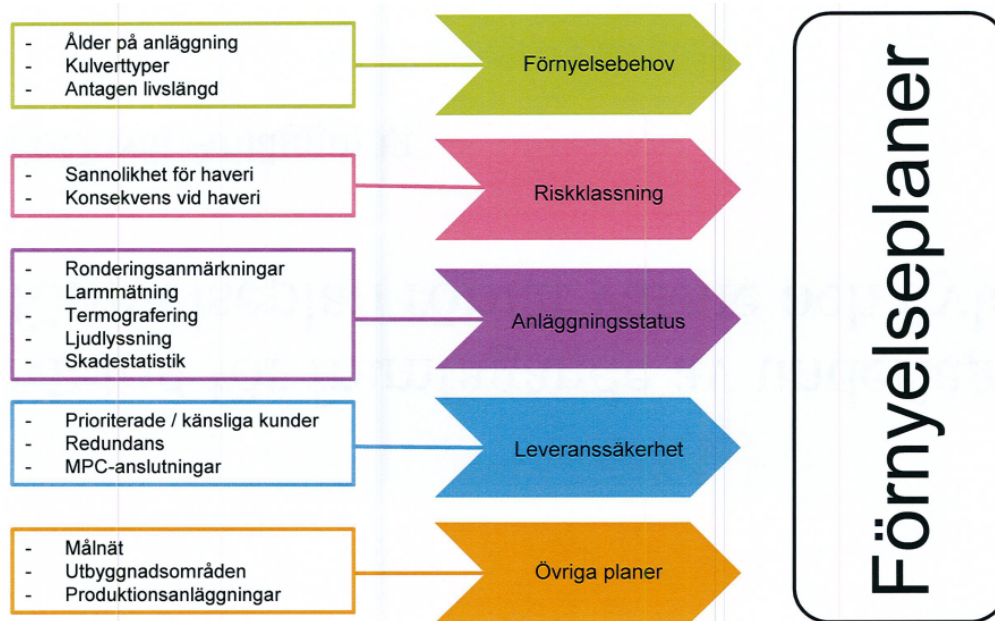
6.3.2 Vattenfall

Vattenfall använder sitt automatiserade verktyg IKOS som ett hjälpmedel för långtidsplanering. Användningen kan fortfarande ses som ett utvecklingsarbete. Som beskrivs mer i detalj nedan, används för närvarande tre parametrar för sannolikhet för ett ledningssegment: antal skador, skadefrekvens för ledningstypen, samt ålder. Parametern för konsekvens bestäms av den hydrauliska viktigheten som kommer från beräkningar i ett nätberäkningsprogram. Efter viktning av de ingående parametrarna ger systemet ett förslag på ledningar som bör prioriteras vid utbyte.

6.3.3 Fortum

Fortums riskklassning ingår som en av delarna i framtagandet av förnyelseplaner. Som framgår av Figur 26 utnyttjas även annan information: förnyelsebehovsinformation från anläggningsinformation, aktuell information om anläggningsstatus, påverkan på leveranssäkerheten med särskild hänsyn till viktiga kunder samt hur den aktuella förnyelsen passar in i övrig planering.

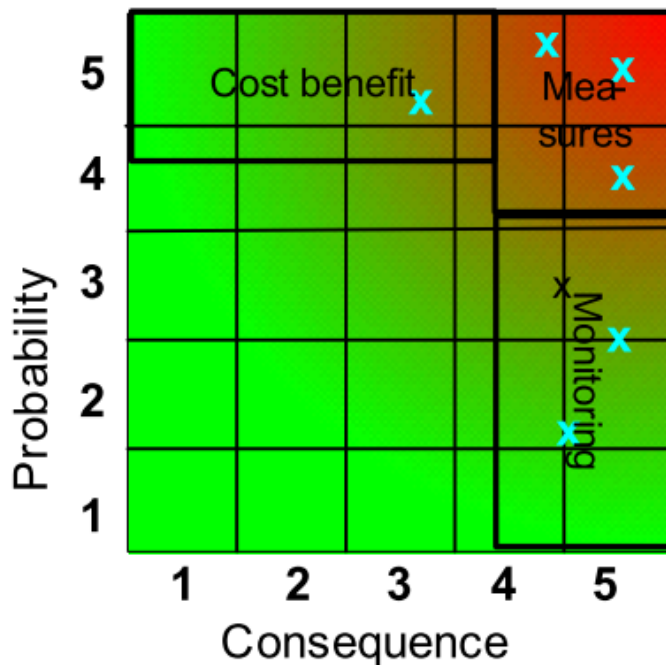
Som beskrivs mer i detalj nedan, bestäms sannolikheten för haveri i Fortums system av en kombination av ledningstyp och ålder (avsnitt 6.4.3.2). Konsekvensen bestäms som en kombination av dimension och placering (avsnitt 6.4.3.3). Resultatet blir en riskmatris (jämför Tabell 10) med fem rader och fem kolumner.



Figur 26: Fortums modell för framtagning av förnyelseplaner (Källa: AB Fortum Värme samägt med Stockholms stad)

6.3.4 Kretslopp och vatten, Göteborg

Kretslopp och vatten använder ett ganska stort antal parametrar för både sannolikhet och konsekvens. Metodiken utgår från vad som beskrivs i ”Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar” och som sammanfattats i avsnitt 2.3.6. Den resulterande riskmatrisen (Figur 27) används på ett intressant sätt. Åtgärder vidtas för ledningar med högst riskvärde, det vill säga ledningar i det övre högra hörnet. Utöver detta har man valt att införa utökad övervakning av ledningar som innebär allvarliga konsekvenser vid haveri även om sannolikheten är relativt låg. För ledningar med hög sannolikhet för haveri, men mindre allvarliga konsekvenser, genomförs en kostnads-nyttoanalys för att eventuellt, utifrån ekonomiska motiv, kunna åtgärda ledningen.



Figur 27: Riskmatris hos Kretslopp och vatten, Göteborg (Källa: Kretslopp och vatten, Göteborg)

6.4 Parametrar som används i riskanalyser

Baserat huvudsakligen på resultaten från workshopen och på de genomförda intervjuerna har ett antal parametrar identifierats som kan utgöra underlag för riskanalys. Parametrarna, som kan påverka sannolikhet eller konsekvens vid en riskanalys och som av olika skäl kan vara mer eller mindre lämpliga att använda, beskrivs nedan.

6.4.1 Resultat från workshop

I workshopen undersöktes vilka parametrar som de inbjudna deltagarna tyckte hade betydelse för riskbedömningar. I Figur 28 visas anteckningar på whiteboard från workshopen.



Figur 28: Anteckningar på whiteboard från workshop

Resultatet från denna övning redovisas även i Tabell 11. Parametrarna är listade i fallande ordning utifrån gruppens uppfattning om vilka variabler som är viktigast, uppdelat på sannolikhet och konsekvens.

Tabell 11: Workshopresultat: Parametrar som ansågs viktiga vid riskanalyser i fjärrvärmennät

Sannolikhet	Konsekvens
Lednings- och komponenttyp	Känsliga kunder
Övervakning	Sektioneringsmöjligheter
Placering	Rundmatningsmöjligheter
Vattenkvalitet	Placering
Statusbedömning	Dimension
Driftförhållanden	Spädvattenomsättning
Förläggningssätt	Arbetsmiljö
Skadestatistik	
Alder	
Erfarenhet och utbildning	
Entreprenör (dokumentation och besiktning)	

Det framkom vid denna prioritering att vissa variabler kan vara beroende av respektive näts specifika förutsättningar, exempelvis om nätet är nytt eller gammalt, om där finns speciellt känsliga kunder osv. Vad som inte hanns med under workshopen, och

som hade kunnat vara intressant, var att diskutera hur man ska gå till väga för att mäta och samla in mätdata för de variabler som borde ingå i ett riskklassningssystem.

Varje parameter diskuterades sedan för sig för att få en förståelse av vad workshopdeltagarna lade in i de olika begreppen/parametrarna som föreslogs. Anteckningar från denna diskussion redovisas i Tabell 12.

Tabell 12: Sammanfattning av anteckningar på tavla samt rösträkning

Parameter	Kommentarer
Ålder	Lätt variabel att definiera, men säger inte så mycket om skick
Lednings- /komponenttyp (17)	Medierör, muffar, isolering mantelrör Fabrikat, rätt val av komponent, rätt byggt
Entreprenör (dokumentation & besiktning)	-
Placering (8)	Markförhållanden, inom/utom fastighet, i korsning, i tunnel Förläggingsdjup (ibland tummas det på djupet: kan vara problem i stadsmiljö, undvika sprängningar) Närhet till vatten, elledningar: "Läckor vid korsande starkströmskablar har förekommit", "Vi har hittat en muff som var sönderkorroderad vid korsande elledning"
Vattenkvalitet (3)	"Det är viktigt med rätt pH, syre salter mm i fjärrvärmevattnet. Det finns problem i vissa områden." "Vattenkvaliteten är antagligen ett större problem för mindre bolag" "Inläckage av färskvatten kan ske i abonnentcentraler, detta kan påverka vattenkvaliteten negativt och orsaka följdfel - framförallt i mindre produktionsanläggningar som inte är avväxlade" "Inläckage av färskvatten kan även orsaka mätfel (induktionsmätare)".
Statusbedömning, samt tillstånds-kontroller och rondering) (4)	"Rondering ger möjlighet att samla in fakta just nu." "Vi har olika ronderingsintervall beroende på komponent" "Vissa kammare är utsatta vid regn" "Vi har nivåvipor i kammare. Vid kraftiga regn kontrolleras utsatta kammare" "Fuktlarm, signal fås ej in kontinuerligt, detta mäts vid rendering" "Rondering av betongkammare sker oftast genom att någon går ner i kammaren. Hur säkrar man att bedömningen blir objektiv?" Svar: "Bedömningen blir inte objektiv om inte precisa instruktioner ges". "Vi har temperatur och fuktmätning i kammare för mätning av faktiska förhållanden. När det regnade i höstas kunde det observeras på mätningen, vad är normalt tillstånd? Installerar även fuktband för kontroll av betongkulvert (precis som i Helsingborg)"

Parameter	Kommentarer
Skadestatistik	"Vi ser stor vits med nationell skadestatistikrapportering. Det var en katastrof när den lades ned. Det finns även en nytta med nationell statistik då man får ett mått på andras skador vid kontakt med leverantörer och entreprenörer som inte kan argumentera att "det är bara i ert nät det är ett problem". "Vad gäller för den nya skadestatistiken? Vad utgör indata för inrapportering?" Svar från Svensk Fjärrvärme: "Allt är möjligt. Alla nivåer på inmatning är möjlig. Vissa uppgifter är obligatoriska, andra inte." "Hur användbar var tidigare skadestatistik?" Svar från Svensk Fjärrvärme: Det får du fråga dem som har gjort budgetar i olika bolag hur de använt dem." Svar (deltagare) "Statistiken kommer aldrig bli heltäckande (drömscenariot är att vi kan använda statistiken som underlag till våra riskbedömningar i fråga om sannolikhet*konsekvens)" "Generell ledningshistorik är viktig"
Övervakning (10)	"Larm – finns och fungerar larmtrådar?" "Min erfarenhet från diskussioner på distributionsdagarna är att det finns problem med att larm inte kopplas och att larmritningar saknas". "Vår rörlieferantörs garantier gäller endast då larm finns och används. Numera ser vi till att larmritningar utförs. Garantikravet har medfört att pengar finns till detta. I dagsläget är det dock oklart hur larmen kontinuerligt skall övervakas". "Vi har larm, men de fungerar till stor del inte. Under en 10-års period fanns ingen som jobbade med larm. Idag har vi viss kontinuerlig larmövervakning. Sedan larmansvarig anställdes har 4-5 läckor hittats med hjälp av larm." "Vi hade tidigare en larmansvarig. Vi har inte grävt på alla larmindikeringar och har nu många icke åtgärdade larm." "Med kontinuerlig övervakning fås tidig indikation på läckor än vid rondering. Av deltagarnas bolag har majoriteten en utsedd person som är larmansvarig
Spädvattenomsättning	"Min erfarenhet är att det är svårt att veta vart förlusten av fjärrvärmevattnet går. Oftast beror förlusterna på läckor/avtappningar i produktionen. I vårt nät har vi nätvolym på 10 000 m³ och spädvattenmatningen uppgår till ca 3 000 m³. Vi har inte tillsatt pyranin till fjärrvärmevattnet så länge" "En nätomsättning är inte ovanligt. Vi har 20 nät, den största omsättningen är två nätvolym per år." "Är det mest läckor hos kundanläggning eller kulvert?" Svar (deltagare): "Största förlusten är oftast internt i produktionen." "Råvatteninträngning är farligare för fjärrvärmesystemet". "Vi sitter ihop med Fortums fjärrvärmenät. De säger att vi tappar 75 m³/dygn. Vi har hittat en liten läcka." "Vi kan stänga av vårt nät mot Fortum för att mäta egen förlust. Det har förekommit att nätet separerats för att utesluta läcka i vårt nät." "Omsättningen av spädvatten är bra nyckeltal, det kan visa på förändringar över tid eller vid exempelvis förnyelse då det bör ge resultat på spädvattenmatningen."
Driftförhållanden (tryck, temp)	"Det har förekommit felaktig mätning av differenstryck för pumpstyrning. Detta innebar att det blev för höga tryck i fjärrvärmesystemet."
Laddning av nät	"Upplevs problem med temperatursvängningar från produktionsanläggningar?" Svar (deltagare): "Det förekommer utmattnings av material (isolering och stål)."
Förläggningssätt	"Det är viktigt att veta hur ledning faktiskt är förlagd (kallförläggning/varmförläggning, dokumenterad faktisk konstruktion)."

Parameter	Kommentarer
Dimension	"Sannolikheten för skada på ledning är större för stor ledningar än för små (relationen mantelarea versus tvärsnittsarea). Gäller även kallförläggning."
Nyttointex (4)	"En utmatningsledning från produktionsenhet har ett större nyttovärde än en mindre distributionsledning."
Arbetsmiljö	Risk för personskada Tillgänglighet (arbetsförhållanden varierar beroende på trafiksituation, tid på dygn etc.)
Känsliga kunder (11)	"Vi har distributionsmöten med vissa känsliga kunder månatligen. Där diskuteras planerade avbrott, besiktningar mm." "Energimyndigheten håller på att identifiera en genomgång av samhällsviktiga elanvändare. De har aviserat att Svensk Fjärrvärmes medlemmar kan beröras av kartläggningen."
Rundmatnings- möjligheter (re- dundans) (6)	-
Erfarenhet utbildning	"Det är viktigt med systemkunskap, rutiner och att kompetensen är god hos medarbetare och ansvariga."

Parametrarna delades upp med utgångspunkt från om de hade att göra med sannolikhet för leveransavbrott eller konsekvens av leveransavbrott. En prioritering av vilka variabler som ansågs ha störst betydelse för riskklassning av ledningar gjordes genom att deltagarna i workshopen fick sätta två poäng på den variabel som de ansåg viktigast och en poäng på den näst viktigaste inom var och en av kategorierna sannolikhet eller konsekvens. Även röstresultatet redovisas i Tabell 12. Vissa parametrar fick inga röster alls, medan andra fick flera. Den viktigaste variabeln inom kategorin "Sannolikhet" ansågs vara "lednings/komponenttyp". Deltagarna kunde räkna upp många svaga punkter och typer på ledningar som i deras nät hade visat sig särskilt skadebenägna. Näst viktigast ansågs "övervakning" genom fuktlarm vara. Med fuktlarm på ledningarna erhålls en helt annan överblick över nätet än om man inte har fuktlarm. Det gör nätet "levande", som någon deltagare uttryckte det. Här poängterades också att fuktlarmet förstås måste fungera och att det krävs att någon person ansvarar för att se till att systemet fungerar. I vissa nät prioriterades detta arbete, i andra inte. I äldre kulvertar där fuktlarm inte fanns installerades diskuterades möjligheten att dra in fuktlarm i efterhand.

För kategorin "Konsekvens", ansågs variabeln "känsliga kunder" vara viktigast. Det framkom att vissa fjärrvärmebolag höll regelbundna möten om leveranssäkerhet med särskilt känsliga kunder. Näst viktigast ansågs variabeln "sektioneringsmöjligheter" vara.

De i workshopen föreslagna variablerna rör ett brett spektrum av områden att arbeta med i fjärrvärmeorganisationen för att minska riskerna för leveransavbrott.

- Faktiska förhållanden som kan påverka rörens och komponenternas livslängd.
- Direkt eller indirekt information om ledningars skick genom statusbedömning, kontroller och rondering.

- Metoder för att avgöra ledningarnas betydelse för leveranssäkerheten.
- Vikten av duktig och utbildad personal.
- Organisationens förmåga att analysera och göra kloka avväganden samt den sårbarhet som en alltför stor personbundenhet kan ställa till vid förlust av medarbetare.
- Vikten av arbetssätt, regler och rutiner som gör att personal i fält inte utsätts för hälsorisker.

Dessa frågeställningar, som landar på olika ställen i organisationen för fjärrvärmedistribution - från styrelse och ledning ner till drift- och underhållstekniker, innebär att risk- och sårbarhetsarbete måste ske på flera fronter samtidigt.

6.4.2 Användning av parametrar för riskklassning

De tre intervjuade fjärrvärmeföretagen arbetar alla med att på olika sätt riskklassa sina fjärrvärmeledningar. En sammanfattning över de parametrar som används i dessa riskklassningssystem ges i Tabell 13.

Tabell 13: Huvudsakliga parametrar som används praktiskt för förebyggande underhåll av de tre intervjuade fjärrvärmeföretagen

	E.ON Värme	Vattenfall	Fortum
Ålder	Finns inlagt i GIS och visas automatiskt, men används inte praktiskt	Används som parameter för sannolikhet i GIS- och underhållssystemets långtidsprognoser	Används tillsammans med ledningstyp i GIS-systemet för att bedöma sannolikhet för haveri
Ledningstyp	Finns inlagt i GIS och visas automatiskt, men används inte praktiskt (med undantag för beslutet att aktivt bygga bort inomhusledningar)	Används som parameter för sannolikhet i GIS- och underhållssystemets långtidsprognoser	Används tillsammans med ålder i GIS-systemet för att bedöma sannolikhet för haveri
Dimension	Används indirekt som parameter för konsekvens då ur leveranssäkerhetssynpunkt viktiga huvudledningar och ringledningar definieras	Hydrauliskt viktiga ledningar används som parametrar för konsekvens. Inte nödvändigtvis de största, men ofta är det så.	Används tillsammans med parametern "placement" för att bedöma konsekvensen av ett haveri
Viktiga kunder	Speciella hänsyn tas vid risk för avbrott	Speciella hänsyn tas vid risk för avbrott; ingår i bedömning av hydrauliskt viktiga ledningar enligt ovan	Speciella hänsyn tas vid risk för avbrott och vid förnyelseplanering
Ska-dor	Registreras i GIS och används för manuella riskvärderingar	Används som parameter för sannolikhet i GIS- och underhållssystemets långtidsprognoser	Registreras i GIS, men rutin finns inte för att ta hänsyn till denna parameter vid riskklassning, men används vid förnyelseplanering

	E.ON Värme	Vattenfall	Fortum
Speciella ledningar	Vissa enskilda ledningar, tex ledningar i tunneltak hantearas speciellt i riskmatrisen	Har extra bevakning på ledningar placerade i tex ån eller under broar	Har med placering som delparameter i det automatiska riskklassningssystemet
Arbetsmiljö	Prioriteras alltid	Prioriteras alltid	Prioriteras alltid

6.4.3 Analys av olika parametrar

I följande avsnitt görs en genomgång av olika parametrar utifrån deras användbarhet i ett riskklassningssystem. I analysen har vi hämtat input både från intervjuerna, workshopen och från kompletterande litteratur.

6.4.3.1 Ålder

Parametern ålder skulle kunna ge information avseende *sannolikheten* för problem. Generellt anser emellertid de intervjuade personerna att åldern på en ledning i sig ger väldigt lite information och ledningens skick. Detta är i linje med resultat av tidigare undersökningar, till exempel Sernhed et al (2012).

En huvudanledning till att ålder ger så pass lite information beskrivs på ett bra sätt i Underhållshandboken för fjärrvärmedistribution där man klargör att livslängden för en fjärrvärmeledning beror på en mängd yttre faktorer såsom:

- Planering, projektledning, konstruktion
- Materialval
- Installation
- Driftförhållanden
- Underhållsåtgärder
- Omgivande och invändig miljö
- Yttre åverkan och påverkan

Ytterligare belägg för omgivningsförhållandenas påverkan på livslängden ges av Sund (2002) som konstaterar att hastigheten för utvändig korrosion av fjärrvärmeledningar kan vara så hög som 0,5 mm per år vid kombination av varm yttemperatur på ledningen och hög korrosivitet hos inträngande vatten.

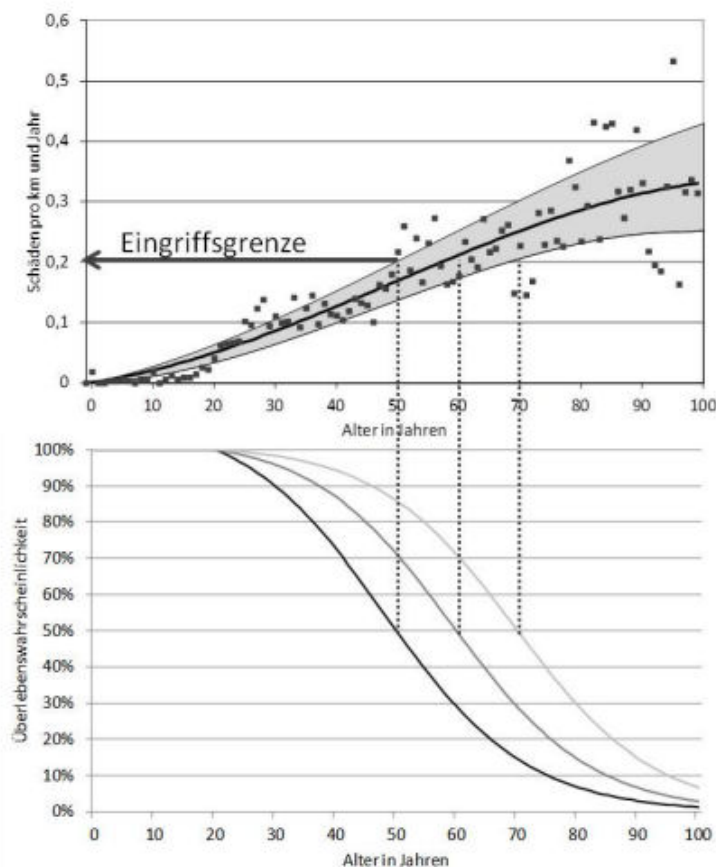
Såväl E.ON som Vattenfall betonar att en ledning aldrig byts enbart utifrån parametern ålder. Däremot uppger Vattenfall att det har betydelse för beslutet att byta ledning om man väl börjar få problem med en ledning som är gammal. Då kan detta föranleda att hela ledningen byts ut istället för enbart kortare sträckor.

För automatisk riskklassning i ett GIS-system eller ett underhållssystem kan dock parametern ålder vara fördelaktig att använda då den är objektiv, lättillgänglig och därmed lätt att samla in och nyttja.

Såväl Vattenfall som Kretslopp och Vatten i Göteborg använder systemet IKOS, som är en programvara ursprungligen utvecklad för VA-branschen. Här läggs livslängdskurvor, baserade på erfarenhet, in. Dessa kurvor visar hur stor andel av en viss ledningstyp som beräknas vara kvar efter ett visst antal år (Figur 29).

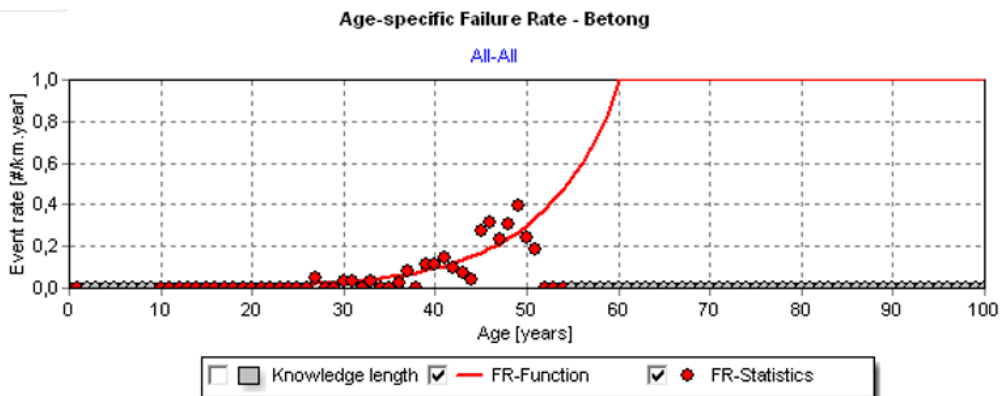
I detta sammanhang kan konstateras att VA-branschen har ett betydligt större statistiskt underlag att basera sin information om livslängd på, då de har data som sträcker sig ända från 1800-talet. Kretslopp och Vatten har en medelålder på sina vattenledningar på 50 år och intervjupersonerna tror att livslängden ligger kring 80 till 100 år. Vattenfall gör ungefär samma bedömning av den totala livslängden av fjärrvärmeledningarna och tror att väldigt få ledningar håller i mer än 100 år.

Även om Vattenfall uppger att ledningar aldrig byts enbart utifrån ålder, ses det som en viktig parameter för den modell för långtidsplanering som byggts upp i GIS- och underhållssystemet IKOS. Utifrån ett antal parametrar kan man här få ut en uppskattning över det förväntade framtida behovet av utbyte av ledningar. Kretslopp och vatten använder sig av systemet på ett liknande sätt.

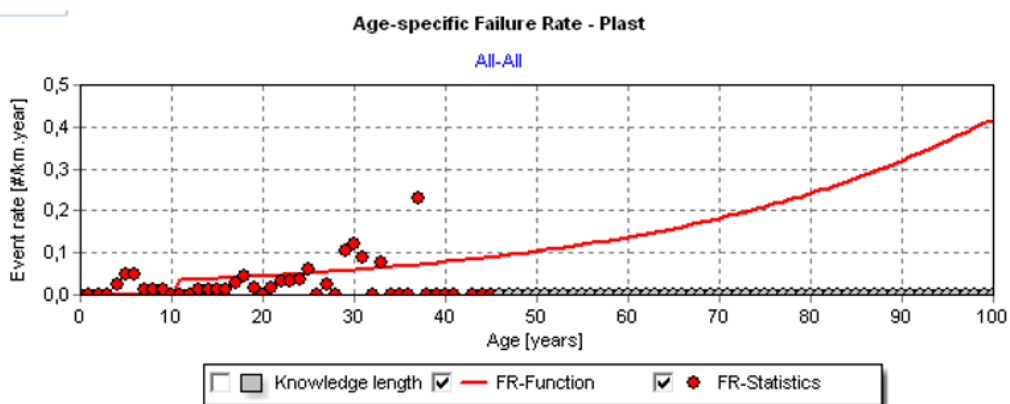


Figur 29: Livslängdskurvor i GIS- och underhållssystemet IKOS (Källa: Programvaruleverantörens hemsida, http://www.3sconsult.de/kanew_zustand.html).

Vid framtagning av livslängdskurvor enligt Figur 29 använder Vattenfall, som en del av underlaget, skadefrekvenskurvor baserade på sin aktuella skadestatistik. Två exempel på sådana skadefrekvenskurvor, med en anpassad och extrapolerad kurva, för betongkulvert och plastledning visas i Figur 30 och Figur 31.



Figur 30: Skadefrekvenskurvor för betongkulvert (Källa: Vattenfall)



Figur 31: Skadefrekvenskurvor för plastledningar (Källa: Vattenfall)

Både Fortum och E.ON använder sig av samma GIS-system och parametrarna ålder och ledningstyp finns inlagda i detta system och kan automatiskt användas för riskklassning och bedömning av förnyelsebehov. Övriga parametrar kräver manuell hantering. Medan systemet används aktivt av Fortum – framförallt för långtidsplanering, har E.ON gjort bedömningen att systemet inte tillför särskilt mycket för möjligheten att bedöma risker och gör därför sina riskbedömningar och sin planering i ett mer manuellt system vid sidan av GIS-systemet.

Livslängdsfrågan, framför allt för gamla kulverttyper, är något som till exempel Fortum pekar ut som en av de stora utmaningarna vad gäller nätunderhåll. Man konstaterar att det saknas bra metoder för statusbestämning och livstidsbedömning. Man nämner att metoder för godstjockleksmätningar testats. Typiska schablonvärden för livslängdsuppskattningar redovisas i Tabell 14. Livslängdsfrågan kommenterades även

av E.ON Gas som konstaterade att E.ON i Tyskland jobbar mycket med frågan om livslängd hos plaströr och att man gått från en prognos på 60 års livslängd till en prognos på 120 års livslängd för gasledningar i plast.

Tabell 14: Typiska schablonvärden som används för livslängdsuppskattningar (Källor: Intervjuerna med Vattenfall och Fortum samt Svensk Fjärrvärmes Underhållshandbok)

	Vattenfall	Fortum	UH-handbok
Betong	50 år	40-50 år	50-70 år
Plast	70 år	80 år	80-100 år
Inomhus	70 år	100 år	80-100 år

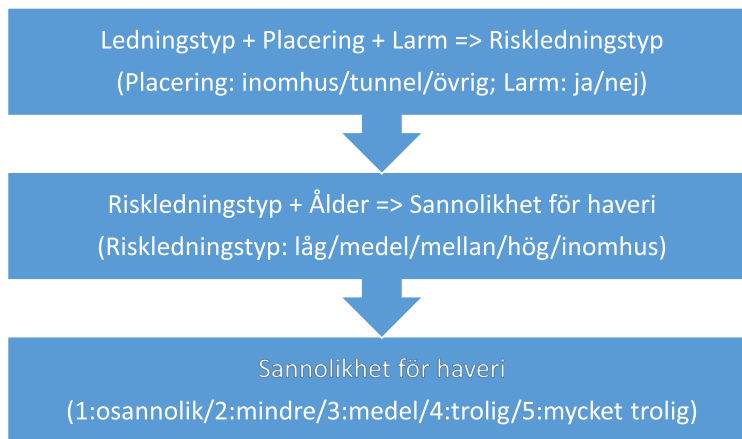
De relativt stora skillnaderna i Tabell 14 kan förklaras dels med att det råder en stor osäkerhet och dels med den grovt förenklade indelningen mellan endast tre typer av fjärrvärmeledningar. De inbördes skillnaderna inom respektive grupp är avsevärd. Till exempel bedöms nya plastmantlade ledningar ha väsentligt längre livslängd än de tidigaste generationerna, vilka uppvisade olika barnsjukdomar. Se till exempel Figur 24 med tillhörande kommentarer ovan.

6.4.3.2 Ledningstyp

Parametern ledningstyp har likheter med parametern ålder och dessa två i kombination skulle kunna ge information avseende *sannolikheten* för problem med läckage.

Som nämnts ovan har det GIS-system som både E.ON och Fortum använder, möjlighet att automatiskt hantera ålder och ledningstyp för riskklassing. Fortum använder de automatiska funktionerna aktivt medan E.ON ser större värde i att använda ett manuellt system.

Av de intervjuade företagen har Fortum det mest långtgående automatiserade systemet, baserat på en modell som använts i över tjugo år och kontinuerligt utvecklats under denna tid. Bedömning av sannolikhet för haveri görs i två steg (Figur 32). I första steget ges varje ledningstyp ett värde som kallas "riskledningstyp". Detta värde kan vara "låg", "medel", "mellan", eller "hög. Förutom själva ledningstypen bestäms värdet på "riskledningstyp" för platsisolerade ledningar även utifrån om ledningen är placerad inomhus eller inte, sådana ledningar får värdet "inomhus". För plastmantellledning bestäms värdet av om den är placerad inomhus, i tunnel eller markförlagd samt om den är försedd med fungerande fuktlarm eller inte. I det andra steget bestäms sannolikhet för haveri till något av värden "låg (1)", "mindre (2)", "medel (3)", "trolig (4)" eller "mycket trolig (5)" genom att kombinera värdet på "riskledningstyp" med ledningens ålder.



Figur 32: Fortums modell för bedömning av sannolikhet för haveri

Man kan notera att den enda ledningstyp som hos Fortum åsätts ”riskledningstyp hög” är betongkulvert med cellbetongfyllning. Denna bedömning gör även E.ON Värme. Hos E.ON Värme angavs även att man har sett en ökad skadebenägenhet hos eternitkulvert, första generationens Aquavarm och första generationernas plaströrs-kulvert (framförallt muffar och krympförband, samt för de yttermantlar av PE som föregick PEH). Dock framhåller E.ON Värme att den förhöjda skadebenägenheten inte i något fall är skäl att frångå det normala, behovsstyrda, underhållsarbetet. Det vill säga man väljer inte att generellt förnya alla ledningar av en viss typ.

En skillnad i uppfattning mellan de intervjuade företagen föreligger avseende inomhusledningar. E.ON Värme ser inomhusledningar som en stor riskfaktor, bland annat på grund av att de kan vara svåra för servicepersonal att nå på kort varsel samtidigt som även små läckor kan orsaka svåra skador. Därför har beslut tagits att aktivt bygga bort dessa ledningar. Fortum, som i centrala Stockholm har cirka 40 procent av sina fjärrvärmeledningar inomhus, ser å andra sidan inte något problem i detta. Dock finns för inomhusledningar med större dimensioner ökade myndighetskrav på kontroll. Vattenfall delar i viss mån den oro som finns hos E.ON Värme framför allt avseende de inomhusledningar som är förlagda i villakällare. Den synbara skillnaden i uppfattning kan dock huvudsakligen förklaras av att huvudproblemet ligger i huruvida ledningarna är inspektionsbara eller inte. Inomhusledningarna som avses hos E.ON och Vattenfall är i regel svåråtkomliga, medan Fortum i allmänhet har god tillgång till de nämnda ledningarna i centrala Stockholm.

E.ON Värme betonar även att vissa äldre ledningstyper kan vara mer känsliga för trafiklast och inte minst för förändringar i trafiklasten.

Vattenfall nyttjar parametern ledningstyp på samma sätt som ålder för sin automatiska modell för långtidsplanering i GIS- och underhållssystemet IKOS.

Generellt kan sägas att alla de intervjuade företagen ser minst problem med de moderna plastmantelledningarna. Fortum uppger att cirka hälften av de upptäckta läckorna förekommer i ledningar som inte är plastmantelledningar. Man räknar med

att samtliga ledningstyper förutom plastmantelledning kommer att bli utbytta inom tio till femton år.

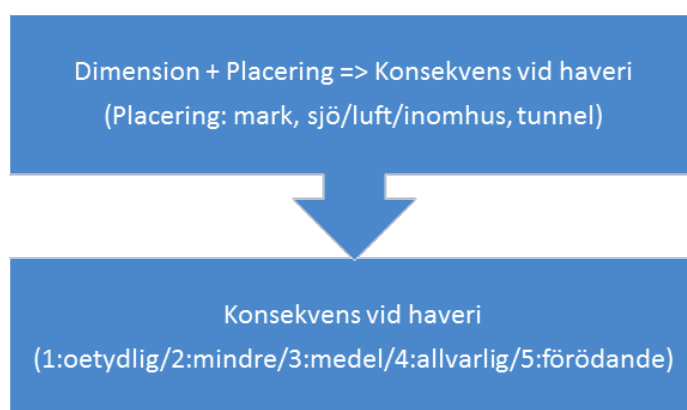
Den komplexitet som föreligger avseende statusbedömning och förebyggande underhåll av olika typer av betongkulvert har beskrivits utförligt av Sernhed et al (2012), varför läsaren hänvisas till denna rapport för mer information om just betongkulvertar.

Man kan se en i huvudsak parallell utveckling och variation av olika ledningstekniker i vattenledningsnäten som i fjärrvärmennäten, där de äldsta ledningarna är gjorda av gjutjärn, på sextiotalet går man över till att tillverka ledningarna av segjärn med tunnare gods (med ökad skadefrekvens till följd) och på åttiotalet tar plaströren vid.

6.4.3.3 Ledningsdimension

Parametern ledningsdimension kan användas både för bedömning av sannolikhet *för* haveri och för konsekvens *av* haveri. Som exempel ser E.ON Värme en stor risk avseende avstick på stora ledningar. Dels bedöms sannolikheten för haveri som relativt hög och dels bedöms konsekvensen som ganska hög eftersom många eller stora kunder drabbas vid haveri.

I Fortums systematiska angreppssätt används dimension för bedömning av konsekvens av ett haveri (Figur 33). Konsekvensen ansätts ett av följande fem värden: ”obetydlig (1)”, ”mindre (2)”, ”medel (3)”, ”allvarlig (4)” eller ”förödande (5)”. Konsekvensen förväntas förstås vara större för större dimensioner, men även ledningens placering vägs in. Placering kan vara mark/sjö, luft eller inomhus/tunnel och konsekvensen för en given dimension bedöms som högst vid placering inomhus eller i tunnel och som lägst vid placering i mark eller i sjö.



Figur 33: Fortums modell för bedömning av konsekvens vid haveri

Hos E.ON Värme pågår ett arbete med att definiera de viktigaste ledningarna ur leveranssynpunkt i Malmös fjärrvärmennät. Det handlar huvudsakligen om ledningar med stora dimensioner, dels nio stycken huvudledningar av dimension mellan DN 500 och DN 800 och dels åtta stycken ringledningar som binder samman huvudledningarna

och som utgörs av dimensioner mellan DN 400 och DN 500. Dessa ledningar kommer i nästa steg att rangordnas och sedan hanteras i den manuella riskmatris som bolaget använder sig av.

Som en parameter som används för att bedöma konsekvens använder Vattenfall de i IKOS hydrauliskt viktiga ledningar som erhålls ur nätberäkningsprogrammet. Ofta utgörs dessa av de stora huvudledningarna.

6.4.3.4 Viktiga och känsliga kunder

Generellt kan sägas att alla de tre intervjuade fjärrvärmeföretagen markerar känsliga kunder i sina GIS-system. Det rör sig om till exempel vårdinrättningar, förskolor, industriprocesser och sportanläggningar. Speciell hänsyn tas till dessa kunder vid risk för avbrott eller andra händelser. Det kan handla om att informera i extra god tid, att specialanpassa tider för avbrott till kundens speciella behov eller att ordna provisorisk värmeförsörjning vid leveransavbrott. Hos Vattenfall kommer parametern ”viktiga kunder” in indirekt genom de i IKOS identifierade ledningar som anses hydrauliskt viktiga (i enlighet med beskrivningen i föregående avsnitt) eftersom viktiga kunder markerats i IKOS.

6.4.3.5 Läckor och skador, skadestatistik

Alla de tre intervjuade fjärrvärmeföretagen lägger in rapporterade skador i GIS-systemet. Vattenfall använder informationen som en av tre parametrar för sannolikhet i IKOS, tillsammans med ålder och ledningstyp. Fortum har däremot ingen automatisk rutin som innebär att mycket skador ger en ökad riskklassning. Parametern används dock vid förnyelseplanering (såsom beskrivits i avsnitt 6.3.3). E.ON Värme använder läckage- och skadestatistik som viktig input till de bedömningar man gör genom sitt manuella riskvärderingssystem.

6.4.3.6 Speciella ledningar

Vissa enskilda ledningar kan av olika skäl kräva speciell hänsyn. Till exempel konstaterar Vattenfall att de i Uppsala har särskild bevakning på ledningar förlagda i Fyrisån, under broar, osv. Fortum använder parametern ”placering” för att hantera speciella ledningar i riskbedömningarna. Den används dels tillsammans med parametern dimension för att bedöma konsekvens i enlighet med vad som beskrivits ovan (6.4.3.3). Konsekvensen för en given dimension bedöms vara störst vid placering inomhus eller i tunnel och som minst vid placering i mark eller i sjö. Vad gäller sannolikhet bedöms den däremot vara lägre för ledningar inomhus eller i tunnel. Som nämnts ovan (6.4.3.3) pågår det hos E.ON Värme i Malmö ett arbete med att identifiera de ur leveranssäkerhetssynpunkt viktigaste ledningarna – huvudledningar och ringledningar. I det befintliga systemet bedöms vissa bestämda ledningssträckor, tex korsande ledningar placerade i tak i Citytunneln, kunna ge särskilt allvarliga konsekvenser vid haveri.

6.4.3.7 Arbetsmiljö

Samtliga intervjuade företag framhåller att ledningar som kan innebära risker för arbetsmiljön eller risker för personskador för allmänheten alltid prioriteras. I huvudsak berör detta fjärrvärmekammare och betongkulvert, där lock, betäckningar, nedstigningsutrustning med mera kan innebära fara för personskada. Det finns en uttalad strategi att bygga bort kammare där det går.

6.5 Budget för underhåll och förnyelse

Genom intervjuerna kan konstateras att de tre intervjuade fjärrvärmeföretagen arbetar med budget för underhåll och förnyelse på relativt likartat sätt. Generellt kan sägas att de olika riskanalysmetoderna i störst utsträckning används som ett viktigt verktyg för förnyelseplanering på *längre sikt*. När det kommer till budget för det närmaste året bestäms denna i stor utsträckning utifrån om det bedöms behövas mer eller mindre medel än föregående år. Det framhålls även att skadestatistik och riskanalyser är ett viktigt underlag vid argumentation under budgetarbetet.

E.ON Värme planerar på kort och lång sikt, med budgetplanering från ett år till maximalt fem års sikt. Nytt beslut om budgeten, gemensam för underhåll och förnyelse, tas varje år. Delen som sätts av för förnyelse har under de senaste åren ökat som en del av en medveten satsning.

Vattenfall har separata avdelningar och separata budgetar för reinvestering respektive för drift och underhåll. Dock samarbetar avdelningarna nära. Man jobbar i första hand på fem års sikt, men gör budget även för en planeringshorisont på tio år. Helt fastställd är budgeten dock endast för ett år i taget. Den slutliga prioriteringen för denna ettårsbudget görs utifrån prioriteringar i Excellistor som innehåller samtliga potentiella läckor och problem.

Fortum baserar budgeten på tjugوårsperspektivplaner som är baserade på olika planerade utbytestakter för olika ledningstyper. Planen bryts ned på femårs- och ettårsnivå med högre detaljnivå. Utöver detta finns en pott för akut förnyelsebehov som bygger på trender från tidigare år. De senaste sju till åtta åren har andelen förebyggande underhåll ökat.

I workshopen framkom det att de olika fjärrvärmeföretagens budgetar för reinvestering och avhjälpande underhåll ser ganska olika ut och att detta får konsekvenser för hur man de facto kan arbeta med riskklassning som ett verktyg för förnyelse och underhåll i fjärrvärmenätet. Flera deltagare i workshopen uttryckte att de har ett reaktivt sätt att arbeta med förnyelse av nät. Ledningar byts ut endast vid läckor och det finns inte någon plan som är grundad på andra antaganden och förutsättningar för vilka ledningar som förnyas. Det är således troligt att mindre fjärrvärmebolag har mindre utvecklade metoder att arbeta med sannolikhet och konsekvensparametrar som ett underlag i budgetplaneringen.

6.6 Sårbarhet

Man kan konstatera att vad gäller riskanalys och riskklassning använder samtliga intervjuade företag olika typer av systematiska och kvantitativa angreppssätt. Det samma kan inte sägas avseende sårbarhetsanalyser. Dock har vissa parametrar, som behandlas som konsekvens i riskanalysen, samband med sårbarhetsanalyser. E.ON Värme påpekar att ett spektrum av aktiviteter borde behandlas inom området sårbarhet och riskklassning, till exempel kommunikation och samträning med räddningstjänsten. Det kan dock vara svårt att relatera sårbarhet till just fjärrvärmedistributionsnätet och inte till hela fjärrvärmesystemet.

Vattenfall startade en översyn av sina rutiner som en följd av det uppvaknande som den stora fjärrvärmeläcka som uppstod i Krafringens ledning i Lund våren 2015 utgjorde och som fick olyckliga följder. Till exempel såg Vattenfall över sin dokumentation och sina rutiner med avseende på telefonkedjor, kontaktlistor för olika typer av entreprenörer som kan behövas vid en olycka, möjligheter till snabbavstängning av sektioner, samlingsplatser för krisledning med mera. Man uppgav även att man kommer att påbörja övningar i syfte att drilla personal i hur man ska förfara om det uppstår en stor läcka.

Av de intervjuade fjärrvärmeföretagens åtgärder och lösningar för att minska sårbarheten relaterat till distributionsnätet kan nämnas följande:

- Möjligheter att sektionera nätet, ofta med fjärrstyrda ventiler
- Möjlighet att på kort varsel koppla in transportabla panncentraler i många punkter i nätet
- Att förse större sjukhus med matning från flera håll och från olika sektioneringsområden
- Att använda sig av ringledningar för att generellt minska sårbarheten
- Att ta hänsyn till viktiga kunder vid förnyelseplaneringen

Hos Kretslopp och vatten utgörs en väsentlig del i systemet för att minska sårbarheten av de 17 000 avstängningsområden som finns i Göteborg, vilket gör att man kan sektionera tämligen små områden.

E.ON Gas förefaller att ha nått väsentligt längre vad gäller rutiner för hantering av olyckor. Här finns beredskap för krisledning där även företagets ledningsgrupp ingår. Vidare finns till exempel ett organiserat samarbete mellan den egna beredskapsorganisationen och Räddningstjänsten. Räddningstjänsten har även tillgång till det GIS-system som E.ON Gas använder, samt till nycklar till avstängningsventiler. Man genomför gemensamma övningar. Ett mer organiserat samarbete med olika entreprenörer för att förebygga olyckor är under uppstart.

6.6.1 Beredskap

Vad gäller beredskap för större läckor i nätet kan sägas att intervjuerna bekräftar det som beskrivs i till exempel rapporten Leveranssäkerhet (1992). Det ska finnas aktuella instruktioner, samt beredskaps- och sektioneringsplaner, för organisationen, inklusive ansvar, arbetsuppgifter, samlingspunkter och kontaktvägar. Kommunikation

både internt och externt ska vara strukturerad och övningar anses vara viktiga för att hanteringen skall fungera vid verkliga situationer.

Vikten av att beredskapsgruppen har tillgång till aktuell och relevant information, lämpligen i beredskapsbussarna, framhålls i denna rapport. Förutom övergripande dokument enligt ovan kan det gälla telefonkedjor till nyckelpersoner, telefonnummer till entreprenörer liksom anläggningsdokumentation och snabb åtkomst till IT-system.

7 RISKHANTERING FÖR UNDERHÅLL I PRAKTIKEN

Detta avslutande kapitel innehåller en diskussion om hur ett mindre eller medelstort fjärrvärmebolag kan göra för komma igång med att använda risk- och sårbarhetsanalyser och varför man ska göra detta. Framställningen är uppdelad på tre avsnitt. Det första beskriver nyttan av riskklassning och riskanalyser, det andra beskriver ett förslag på inventering av dagens situation för att komma igång och det tredje beskriver, i kokboksform, ett förslag på start, genomförande och upprätthållande av ett systematiskt arbete med RSA för planering av nätunderhåll.

7.1 Nyttan med riskklassningssystem och riskanalyser

Att arbeta med riskklassningssystem och riskanalyser kan ge flera nyttor vid planering av underhåll och förnyelse i fjärrvärmennät. Det handlar dels om att kunna erhålla en överblick över förnyelsebehoven, och dels om att arbeta fram en struktur som på ett systematiskt sätt hjälper nätägaren att prioritera mellan olika behov och projekt. Vidare handlar det även om att metodiskt arbeta med dokumentation. Inom arbetsmiljöområdet finns även vissa lagkrav på genomförande av riskanalyser.

7.1.1 Uppfyllande av lagkrav på riskanalyser

En kort beskrivning av lagkrav på genomförande av vissa riskanalyser framför allt inom arbetsmiljöområdet finns i avsnitt 4.5.1. Detta avser framför allt AFS 2002:1, som kräver att innan en trycksatt anordning (till exempel ett fjärrvärmesystem) tas i bruk, ska en riskbedömning genomföras och dokumenteras. I denna ska dels ingå en bedömning av de risker som anläggningen innebär och dels en bedömning av hur omfattande den fortlöpande tillsynen ska vara. Det resulterande programmet för fortlöpande tillsyn ska följas och dessutom uppdateras minst årligen. Vad de olika lagkraven innebär för fjärrvärmebranschen finns beskrivet dels i Arbetsmiljöhandbok och dels i Underhållshandbok, båda utgivna av Svensk Fjärrvärme, och beskrivs därför inte i ytterligare detalj i denna rapport. Dock kan nämnas att ett systematiskt arbete med risk- och sårbarhetsanalyser kan ge möjlighet att förlänga intervallen för den tredjepartskontroll som krävs för vissa ledningar enligt arbetsmiljölagstiftningen (AFS 2005:3).

7.1.2 Att kunna uppskatta förnyelsebehoven

Genom att samla in data över ålder och byggår på de ledningar som finns i nätet, kopplat till ledningstyp och placering kan man underlätta långtidsplanering genom att livslängdskurvor kan tas fram och en uppskattad återstående livslängd kan beräknas för de ledningar som finns i nätet. Detta ger en tydlig indikation på hur stort förnyel-

sebehovet förväntas vara över tid, vilket i sin tur möjliggör spridning av reinvesteringarna över tid och minskar risken av att drabbas av ett plötsligt, stort och oväntat reinvesteringsbehov. Om beräknad kvarvarande livslängd sammanfaller för en stor del av nätet, kan även reinvesteringarna behöva periodiseras. Med tanke på att utbyggnadstakten för fjärrvärme var som högst under 70- och 80-talet, kan det finnas flera nät som står inför risken att stora reinvesteringsbehov sammanfaller. Kontinuerligt uppdaterade förnyelseplaner kan då vara en väg att inte plötsligt stå oförberedd inför ett mycket omfattande förnyelsebehov av fjärrvärmenätet.

7.1.3 En struktur för att kunna göra prioriteringar

Riskklassningssystem kan underlätta planering och prioriteringar både på kort och lång sikt. De mer generella och automatiserade systemen lämpar sig bäst för långsiktig planering och för att ge en överblick.

Vid användning av riskmatriser blir det tydligt vilka förnyelseprojekt som är mest angelägna att vidta utifrån identifierade sannolikheter för och konsekvenser av skada. Riskmatriserna kan ge input till vilka projekt man bör börja med. Vissa projekt kanske måste genomföras omgående av olika skäl, men en riskanalys kan ibland ge argument för om ett projekt kan vänta eller inte.

Ledningar och komponenter, som i riskanalysen har identifierats kunna ge stora konsekvenser vid leveransavbrott, kan behöva hållas under extra uppsikt. Denna insikt kan ge underlag för planering av det löpande underhållet, genom att man till exempel ökar ronderingsfrekvensen för sådana ledningar.

Ledningar och komponenter som har identifierats ha hög sannolikhet för skada bör kostnadsberäknas och värderas utifrån lönsamhet. På detta sätt kan man göra en prioritering av projekten utifrån ekonomiska grunder.

De intervjuade fjärrvärmebolagen uttrycker att de underlag, som genereras i riskanalyser och analyser utifrån utfall i riskklassningssystemen, utgör ett viktigt underlag för diskussion om underhållsbehov med ledning och styrelse. Det är lättare att få igenom en budget om man kan backa upp denna med siffror och beräknade behov och om man kan visa att dessa bygger på ett systematiskt arbetssätt.

För de ledningar som kräver tredjepartskontroll kan omfattningen av denna kontroll i viss mån minskas med hjälp av systematisk riskklassning.

Slutligen, genom att ha med hälsa och personsäkerhet som utgångspunkt i riskklassningen blir den även ett sätt att jobba med viktiga arbetsmiljöfrågor i planering av utbyte av ledningar och komponenter i näten. Till exempel har nedstigning i kammare identifierats som arbetsmiljöriskmoment och flera fjärrvärmebolag uppger att de har som strategi att aktivt bygga bort kammare i nätet.

7.1.4 Ett sätt att arbeta med strukturkapital

En bonus med ett metodiskt arbete med underhåll och förnyelseplanering understött av riskanalyser är att man blir tvingad till att arbeta med dokumentation av anläggningsdata och annan information, såsom ronderingsanmärkningar, resultat från status-

bedömningar och information från kunder och kundavtal. Informationen läggs in i databaser, GIS-system och planeringsverktyg. Genom det kontinuerliga dokumentationsarbetet görs kunskapen om ledningarna mindre personbunden. På så sätt minskas även automatiskt de risker för kunskapsstapp och förlorad spårbarhet som förlust av viktiga medarbetare kan innebära.

7.1.5 Större nytta i större företag?

Det är naturligtvis så att ju större ett nät är, desto svårare är det att ha översikt över nätet och behoven av förnyelse och underhåll. Därför finns det större behov att jobba än mer systematiskt med dokumentation och analys i större fjärrvärmeföretag. Men även i ett lite mindre fjärrvärmeföretag finns det många fördelar med att använda riskanalys och riskklassning i planering av förnyelse och underhåll av nät. Även i mindre nät kan ett beslutsunderlag för prioriteringar av åtgärder vara mycket värdefullt, inte minst som argumentationsunderlag när budget för förnyelse och löpande underhåll diskuteras. Vidare utgör som sagt den dokumentation som följer av att använda ett riskklassningssystem ett viktigt steg i att göra kunskap och information mindre personbunden. Vid förlust av viktiga medarbetare kanske viss information är borta för alltid. Även om en del information sparas i pärmar, kan det vara svårt att veta var man ska söka efter informationen. Vad man bör tänka på är att även mindre nät har en tendens att växa över tid. Att redan från början satsa på ett bra system för dokumentation är en viktig investering för framtiden. Information som inte dokumenteras faller i glömska när åren går eller försvinner när medarbetare byts ut.

7.2 Förslag för risk- och sårbarhetsarbetet

7.2.1 Riskhantering

Ett sätt att komma igång med systematisk riskhantering kan vara att utnyttja en grov-analys i enlighet med exemplet i Tabell 15 nedan (för mer info hänvisas till avsnitt 4.3.1 och Figur 8).

Tabell 15: Exempel på grovanalyschema

Risk	Orsak	Konsekvens	Kommentar	Riskvärdering	Konsekvens	Åtgärd
Leveransavbrott område A	Haft många läckor	45 kunder	Minskad goodwill	3	2	Planera utbyte av ledn från x till y
Leveransavbrott äldreboende B	Endast en matning	Snabb nedkylning		2	3	Avsättn för mobil PC

Beroende på det aktuella fjärrvärmensätets storlek kan man välja om man vill utgå från enskilda ledningar eller från mer övergripande ledningstyper och förhållanden. I ett stort nät kan det vara nödvändigt att generalisera utifrån ledningstyper och dimensioner, medan det i ett mindre nät kan vara lättare att ha överblick över specifika ledningar och komponenter.

En inledande inventering görs med fördel i form av ett antal workshops av karaktären brainstorming med deltagande av personal med skilda kompetenser och specialiteter. Med brainstorming menas att idéer inte ska kritiseras och förkastas i ett första skede, spontanitet uppmuntras, kvantitet antas generera kvalitet och är viktig, och att deltagarna ska utveckla och förbättra varandras idéer. Parametrarna från avsnitt 7.3.4 bör utgöra en viktig utgångspunkt för arbetet.

7.2.1.1 Riskmatris

Rangordning av de olika risker som identifierats under grovanalysen, görs med fördel utgående från metoden med riskmatris enligt exempel nedan i Tabell 16 (för ytterligare information hänvisas till avsnitt 4.3.2 och Tabell 10).

Tabell 16: Exempel på riskmatris med exempel från Tabell 15 markerade

Sannolikhet		Riskmatris			
Mycket hög	4	4	8	12	16
Sannolik	3	3	6	9	12
Möjlig	2	2	4	6	8
Osannolik	1	1	2	3	4
Konsekvens		1	2	3	4
		Ringa	Betydlig	Allvarlig	Katastrofal

Utifrån rangordningen kan en bedömning göras över vilka ledningar eller objekt som befinner sig i riskmatrisens nedre vänstra område (långt riskvärde) och inte behöver ägnas så väldigt intensiv uppmärksamhet, vilka som befinner sig i det övre högra hörnet (hög riskvärde) och därmed kräver täta statusuppdateringar och vilka som befinner sig i ett mellanområde. Det är viktigt att välja gränsvärden på ett sådant sätt att antalet objekt med högt riskvärde inte blir ohanterligt för det framtida arbetet.

7.2.2 Prioritering av åtgärder – planering på kort sikt

Från föregående avsnitt finns nu en lista med objekt rangordnade efter riskvärde. Utifrån Tabell 17 (för ytterligare information se avsnitt 6.3.4 och Figur 27) föreslås följande användning för underhållsplaneringen på kort sikt:

- Objekt eller ledningar med högst riskvärde bör komma ifråga för snara åtgärder, det vill säga de bör tas med i budget för något av de närmast följande åren.
- Objekt som vid haveri kan leda till allvarliga konsekvenser ges ökad övervakning, till exempel tätare ronderingsintervall, även om sannolikheten för haveri är låg.
- För objekt med hög sannolikhet för haveri genomförs en lönsamhetsbedömning för åtgärd även om konsekvenserna vid ett haveri är mindre allvarliga.

Tabell 17: Riskmatris och planering på kort sikt

Sannolikhet		Riskmatris			
Mycket hög	4	Kostnad-nytta!		Åtgärda!	
Sannolik	3				Åtgärda!
Möjlig	2				
Osannolik	1				Håll koll!
Konsekvens		1	2	3	4
		Ringa	Betydlig	Allvarlig	Katastrofal

Ytterligare användning av riskanalyserna kan, utefter de lokala förutsättningarna, omfatta:

- Omfördelning av resurser för rondering från objekt med låga riskvärden till objekt med höga riskvärden
- Val av objekt för skyddsronder
- Övervägande huruvida beredskapsorganisationen är organiserad på ett sätt som kan hantera de identifierade konsekvenserna av ett haveri, det vill säga en analys av sårbarheten (för ytterligare information se avsnitt 6.6)

7.2.3 Förnyelseplaner – planering på lång sikt

De långsiktiga förnyelseplanerna måste bygga på uppskattningar av nätets livslängd.

Indata för detta kan utgöras av:

- Ålder på befintliga ledningar och komponenter. Generellt säger ålder inte mycket om statusen på en ledning, men det är trots allt en objektiv och tillgänglig parameter (för ytterligare information se avsnitt 6.4.3 och Tabell 5).
- Generella livslängdsbedömningar för olika ledningstyper och komponenter, som går att hitta till exempel i Underhållshandboken.
- Bedömningar utifrån egen och andras skadestatistik för olika ledningstyper (för exempel på sådan användning se avsnitt 6.4.3.1).
- Speciella degenererande förhållanden som kan bero på till exempel
 - Omgivande mark

- Trafiklaster
- Nätets driftförhållanden
- Fukt
- Statusbedömningar

Precis som vid riskbedömning (avsnitt 7.2.1) går det att för mindre nät förenkla arbetet genom att utgå från individuella ledningar och komponenter, medan det för större nät är nödvändigt att göra generaliseringar.

För att nå fram till en långtidsplan för förnyelse återstår följande:

- Genom att kombinera ålder och livslängdsbedömning går det att prognosticera återstående livslängd för respektive ledning eller ledningstyp
- Från detta går det att bedöma det förnyelsebehov som finns år för år
- Genomföra analys av resultatet avseende bland annat:
 - Risk för stora reinvesteringsspucklar framöver
 - Jämförelse med dagens reinvesteringstakt
 - Framtagning av nyckeltal och benchmarking med statistik från Svensk Fjärrvärme och andra fjärrvärmeföretag

7.3 Uppstart av arbete med riskbedömning

Nedan följer en lista med olika steg i processen att börja arbeta med riskbedömning för underhåll och förnyelse i fjärrvärmennät:

1. Se över ert **behov** av ett metodiskt arbetssätt för att göra prioriteringar av reinvesteringssåtgärder och löpande underhåll, samt behov av översikt för förståelse av kommande reinvesteringar och planering för detta.
2. Skaffa en **överblick** över vad som redan finns i form av data, verktyg och resurser, lämpligen genom att fundera igenom checklistan nedan (Tabell 18)
3. Fundera över **avgränsningar**, tex vilka nät- och nätdelar som ska ingå
4. Identifiera **vilka data** som måste samlas in och hur dessa data ska samlas in och dokumenteras.
5. Bestäm vilka **verktyg** som ska användas, tex kartdatabssystem för dokumentation, Excel eller något mer specialiserat verktyg för riskanalyser.
6. Definiera **mål**, tex när dokumentationsarbetet ska ha nått en viss nivå, när en risklista ska finnas färdig och när en första förnyelseplan ska finnas färdig
7. Definiera **roller**, dvs vilka som ska utföra olika delar av arbetet, vem som ska leda arbetet och vilka som ska granska resultaten.
8. Uppföljning och **utvärdering** av analyser, resurser, system och datahantering, och **förslag till förbättring**.

7.3.1 Vad ska vi jobba med och varför?

Den första fråga ett fjärrvärmeföretag måste ställa sig är förstås vilka riskanalyser och metoder som skulle vara till nytta för arbetet i just det egna företaget? Riskanalyser och riskklassning av ledningar används som ett stöd för beslutsunderlag när det gäller att göra prioriteringar av reinvesteringssåtgärder i nätet, samt för prioriteringar och differentiering av underhåll, till exempel övervakning och frekvens för rondering. Tätt

knutet till riskanalyserna är även livslängdsbedömningar av hur länge en viss ledning eller komponent förväntas kunna användas innan den måste bytas ut. Om livslängdsbedömningar görs för hela nätet erhålls ett underlag som kan utgöra stöd för beslut om planering på längre sikt.

7.3.2 Inventeringsfas – var står vi idag?

Baserat på checklistan kallad ”Läget under kontroll” i VA-handboken (tidigare redovisad i Tabell 6) har ett förslag på en enkel inledande checklista tagits fram för ett fjärrvärmeföretag som vill börja arbeta mer systematiskt med risk- och sårbarhetsanalyser (Tabell 18).

Tabell 18: Förslag på checklista för att komma igång med riskanalys för förnyelseplanering, bearbetad version av checklista i VA-handboken (2012).

	Ja	Delvis	Nej
Data om nätet			
Finns uppdaterat ledningsnät i kartdatabas?	☐	☐	☐
Finns följande information i kartdatabasen (*)?			
- Anläggningsdata med dimension, typ, ålder	☐	☐	☐
- Ronderingsanmärkningar, läckstatistik, tredjepartskontroller	☐	☐	☐
- Viktig information från nyckelperson och övrig personal	☐	☐	☐
- Information om känsliga och viktiga kunder, speciella avtal	☐	☐	☐
Driftstatistik			
Finns följande information i kartdatabasen (*)?			
- Driftstörningar	☐	☐	☐
- Klagomål från kunder	☐	☐	☐
Säkerhet			
Har riskanalys av ledningsnäten för att hitta sårbara punkter genomförts?	☐	☐	☐
Hanteras driftstörningar på ett sådant sätt att det går att studera händelseförloppet i efterhand?	☐	☐	☐
Förnyelseplanering			
Finns en åtgärdsplan med framtagna konkreta åtgärder?	☐	☐	☐
Finns en underbyggd uppfattning om förnyelsebehov på 10 års sikt eller längre, inklusive kostnader?	☐	☐	☐
Uppföljning			
Kan man följa upp årlig kostnad och förändring för drift och underhåll av fjärrvärmesnätet?	☐	☐	☐
Kan man följa upp årlig kostnad och förändring av kostnad för förnyelse?	☐	☐	☐
Kan man följa upp årliga kostnader och förändringar av kostnader för akuta insatser?	☐	☐	☐
Tas nyckeltal och uppgifter om nätstatus fram, analyseras och jämförs över tid?	☐	☐	☐
Lämnas uppgifter till Svensk Fjärrvärmes skadestatistik?	☐	☐	☐

	Ja	Delvis	Nej
Görs jämförelser avseende nätets status med andra fjärrvärmeföretag (benchmarking)?	☐	☐	☐
Görs erfarenhetsutbyte med andra fjärrvärmeföretag av rutiner och metoder?	☐	☐	☐
Personal			
Finns det personal som kan ta hand om och dokumentera driftstörningar och klagomål?	☐	☐	☐
Finns det personal som kan förvalta kartdatabasen?	☐	☐	☐
Finns det personal som kan ta hand om ekonomisk uppföljning?	☐	☐	☐
Finns det personal som kan analysera driftstörning och avsätta minst 1-2 dagar per år till långsiktigt planering?	☐	☐	☐
Finns det personal som minst två gånger per år kan uppdatera riskanalysen?	☐	☐	☐
Finns det resurser (interna eller externa) som kan genomföra åtgärderna i planen?	☐	☐	☐
Kommunikation			
Finns underlag framtaget som ger förståelse för förnyelsebehov hos beslutsfattare?	☐	☐	☐

(*) Eller, om kartdatabas inte finns, systematisk dokumenterat i annan databas

Checklistan ger inga absoluta besked om status på dokumentation och arbetet med risk- och sårbarhetsanalyser, men kan tjäna som ett diskussionsunderlag för att komma igång med ett systematiskt arbete.

7.3.3 Avgränsningar

Det kan finnas olika skäl till att man vill göra avgränsningar och titta närmare på vissa delar av nätet. Dels kan det vara så att olika delar av nätet är byggda vid olika tidpunkter och att det på så vis föreligger olika reinvesteringsbehov i olika nätdelar, dels kan det av resursskäl vara bra att börja med en del i taget. Om målet är att få översikt över reinvesteringsbehovet i hela nätet, måste dock förstås hela nätet ingå. Men man kan även göra avgränsningar i hur många parametrar man tar med i en riskklassning till exempel.

7.3.4 Dokumentation

Ett stort inledande arbete ligger i att ta till vara på den anläggningskännedom som finns hos personalen, framför allt hos vissa nyckelpersoner, och att dokumentera denna i så stor utsträckning som möjligt. Förutom specifik information från nyckelpersonerna, erfordras systematisk dokumentation av till exempel anläggningsdata med dimensioner, typ och ålder liksom information om aktuell status baserad på ronderingsanmärkningar, läckstatistik, tredjepartskontroller, statusbedömningar med mera. Även bedömningar om viktiga och känsliga kunder och kunder med speciella förutsättningar eller avtalsvillkor bör lagras för att på ett översiktligt sätt kunna ingå i bedömningarna av konsekvenserna av ett haveri.

Nedan följer ett processschema över de olika delarna i den dokumentationsprocess som ska ligga till grund för analyser och beräkningar ur ett risk- och sårbarhetsperspektiv:



Figur 34: Processchema för datainsamling

Bestäm vad det är för variabler, förhållanden och parametrar som ska dokumenteras, genom att först besluta vilka analyser och vilket underlag som ska tas fram. Förslag till frågor att ställa sig är: Vad är det som vi vill att informationen ska användas till? Vill vi ta fram långtidsplaner baserade på kvarvarande prognosticerad livslängd i nätet? Vill vi kunna prioritera vilka åtgärder och vilka projekt som är viktigast och som bör göras först?

Parametrarna nedan kan anses utgöra en miniminivå (för mer information hänvisas till avsnitt 6.4 och Tabell 13).

- Ålder, ledningens byggnadsår
- Ledningstyp, med så mycket detaljer som möjligt
- Dimension
- Viktiga kunder, kunder som är extra känsliga för avbrott
- Skador
- Speciella ledningar, ledningar som på grund av läge eller annat kräver extra uppmärksamhet
- Arbetsmiljö, punkter i nätet, såsom vissa kammare, med arbetsmiljörisker

7.3.4.1 Informationskällor

Det inledande arbetet med dokumentation innebär att samla ihop och systematisera information som redan finns tillgänglig på olika håll, såsom:

- Anläggningsdata, som kanske är spridd på olika håll
- Historiska ronderingsanmärkningar
- Resultat från statusbedömningar, indikeringar i fuktlarmsystem, etc
- Resultat från tredjepartskontroller och andra besiktningar
- Historisk skadestatistik
- Genomförda reparationer
- Information från kunder avseende problem, oönskade händelser, etc
- Kunskap och erfarenheter från nyckelpersoner inom organisationen
- Kapacitets- och tryckfallsberäkningar
- Sektioneringsplaner

7.3.4.2 Rutiner för insamling

Val av metodik för dokumentation och riskhantering beror helt på det enskilda fjärrvärmeföretagets förutsättningar och på vilka verktyg som redan finns på plats och som kan underlätta dokumentation och beräkningar. Om kartdatabassystem finns, så är det fördelaktigt om data om ledningarna kan lagras i detta system, då informationen knyts till specifika ledningar i ett geografiskt system. Om det redan finns ett GIS-system, NIS-system, underhållssystem eller nätberäkningsprogram med möjligheter att ge stöd för dokumentation, riskbedömningar, livslängdsbedömningar och underhållsplanering, finns det goda skäl att börja med att undersöka vilka möjligheter som dessa verktyg eller system kan ge.

De stora och integrerade systemen, till exempel IKOS som används av såväl Vattenfall som Kretslopp och vatten, ställer relativt stora krav både på IT-infrastruktur och personella resurser och det är inte säkert att dessa resurser finns att tillgå i ett mindre fjärrvärmeföretag. I ett mindre företag kan livslängdsbedömningar av ledningar göras genom benchmarking och egen skadestatistik på ett mer överslagsmässigt sätt. När man nått en rimlig nivå för systematisering av befintlig dokumentation krävs etablerande av rutiner för det fortsatta dokumentationsarbetet:

- Vem ansvarar för dokumentationen?
- När ska data uppdateras?
- Vem uppdaterar?
- Hur kvalitetssäkras insamlad information?

Generellt är det självklart önskvärt att all relevant information omedelbart görs tillgänglig i dokumentationssystemet, till exempel genom att ronderingsanmärkningar omedelbart lagras i kartdatabasen. Lämplig metod beror emellertid på de system som används och de förutsättningar som finns.

7.3.5 Kontinuerlig uppdatering

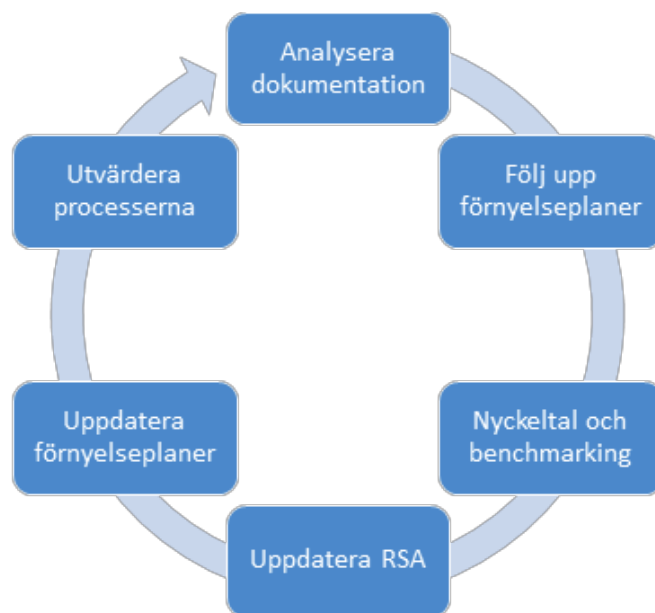
Med rutiner på plats för dokumentation, riskhantering samt planering på kort och lång sikt, inträder ett fortvarighetstillstånd med ständiga förbättringar, vilket illustreras av Figur 35.

Dokumentationen förutsätts uppdateras kontinuerligt, medan övrig genomgång bör ske minst en till två gånger per år. Förutom uppdatering av risk- och sårbarhetsanalyser, förnyelseplaner och nyckeltal, bör då en utvärdering av metoder och processer genomföras:

- Vilken nytta ser vi med arbetssättet? Görs rätt analyser?
- Används rätt parametrar?
 - Är de användbara?
 - Är de tillgängliga?
- Används rätt informationskällor?
 - Går det att få erforderlig data och information på andra (enklare eller mer tillförlitliga) sätt?
- Fungerar rutinerna?
 - Blir data uppdaterade tillräckligt ofta?

- Följs rutinerna?
- Fungerar ansvarsfördelningen?
- Används rätt verktyg och metoder?
 - För dokumentation?
 - För riskanalyser?

Utifrån en genomgång av dessa punkter tas förbättringsförslag fram och beslut om förändringar tas.



Figur 35: Fortvarighetstillstånd med ständiga förbättringar

8 SLUTSATSER

I bakgrunden till denna studie görs hänvisningar till Andersson et al (1999) avseende utvecklingen inom området underhåll av fjärrvärmedistributionsnät. I den rapporten från 1999 ansåg författarna att allt talar för att underhållet i allt större utsträckning kommer att baseras på planerat och inte på akut, avhjälpande underhåll. Vidare förutsågs att äldre ledningstyper skulle försvinna samtidigt som nya utvecklas, liksom nya metoder för statuskontroll utvecklas. Resultatet skulle då bli att fjärrvärmeledningar ur underhållssynpunkt skulle kunna behandlas som andra maskinkonstruktioner.

Till viss del kan prognosen sägas ha slagit in. Till exempel ger intervjuerna med Fortum till handa att samtliga ledningstyper förutom plastmantelledning kommer att vara utbytta i deras nät inom tio till femton år. Plastmantelledningarna har utvecklats på ett sätt som innebär att livslängden idag bedöms vara upp emot 100 år. Bättre fuktalarm leder till att skador i ledningarnas yttermantel kan upptäckas tidigt och skador på medieröret förebyggs. Den kulvertskadestatistik som finns tillgänglig visar att fuktalarm står för en stor andel av upptäckta skador. Dock är fuktalarm, liksom till exempel flygtermografering som har utvecklats snabbt under de senaste åren, trots allt indirekta metoder för statusbedömning. Några fungerande generella metoder för förebyggande statusbedömning har inte kommit fram. Detta leder till att underhållsarbetet hos fjärrvärmeföretagen med nödvändighet fortsätter att vara reaktivt i stor utsträckning. Man åtgärdar således skador som redan uppkommit. Trots det uppger de tre intervjuade fjärrvärmeföretagen att andelen förebyggande underhåll har en ökande trend.

De företag som intervjuats använder samtliga riskklassning och riskanalys som ett verktyg framför allt för den långsiktiga förnyelseplaneringen, men även för prioritering av rondering och övervakning och för beredskapsplanering. De verktyg som används för att hantera bakomliggande information för riskklassning och riskanalyser skiljer sig åt från mer manuella system till integrerade system för dokumentation, kartdatabaser, underhållsplanering och nätberäkningar. I relation till metoder för risk- och sårbarhetsanalyser som har redovisats inom ramen för den genomförda litteraturstudien, är de metoder som används av intervjuade företag dock i samtliga fall att betrakta som semi-kvantitativa och baserade på riskmatriser.

De parametrar som normalt har beaktats vid bedömning av sannolikhet för och konsekvenser av ett haveri, är följande:

- **Ålder.** Denna parameter har fördelen att vara lätt att automatisera i ett datorbaserat system, men som generellt inte är en särskilt tillförlitlig indikator för en ledning eller komponents verkliga skick.
- **Ledningstyp.** Olika typer av ledningar har olika skadebenägenhet och svaga punkter, vilket kan påverka livslängden. Även denna parameter har fördelen av att vara lätt att automatisera i ett datorbaserat system.
- **Dimension på ledning.** Ledningens dimension kan ge ett mått på den förväntade konsekvensen av ett haveri.

- **Identifiering av störningskänsliga kunder.** Känsliga kunder vars verksamhet relativt sett påverkas mer negativt vid störningar i leverans bör identifieras utifrån ett konsekvensperspektiv på leveransavbrott.
- **Skador och skadestatistik.** Information om skador kan användas såväl för bedömning av var omgående insatser behövs, som för livslängdsbedömningar och för långsiktig förnyelseplanering.
- **Speciella ledningar.** Ledningar som är placerade i miljöer där sannolikheten för haveri är hög eller där konsekvenserna av ett haveri är stora bör identifieras.
- **Arbetsmiljö och säkerhet.** Konsekvenser för arbetsmiljö och säkerhet måste alltid prioriteras och ha en plats i prioriteringsarbetet av vilka ledningar eller komponenter som bör byggas bort eller underhållas mer frekvent. Arbetsmiljöfrågor har, enligt intervjuerna, fått ett ökat fokus under senare år.

Något som i viss mån försvårar bedömningarna av konsekvenserna av ett haveri är att begreppet avbrott inte har någon allmänt accepterad definition inom fjärrvärmebranschen. Detta leder till att begreppet leveranssäkerhet är svårt att kvantifiera, speciellt som det normalt inte heller är reglerat i kundavtalen.

Kunskapsöverföring mellan branscherna försvåras av att det föreligger stora skillnader mellan ledningarnas förutsättningar. Dock är det uppenbart att fjärrvärmeledning har mer gemensamt med vattenledningar än med gasledningar och avloppsledningar. Vid jämförelser med fjärrvärmenät och VA-nät kan konstateras att läcksökning och att laga läckor är mer angeläget i fjärrvärmenät än i VA-nät, men att VA-näten i regel är äldre än fjärrvärmenäten i Sverige och därmed har hunnit få ett större underhållsbehov. Samtidigt har VA-branschen hunnit få ett bättre statistiskt underlag för t.ex. livslängdsbedömning av ledningar. Metoder för att renovera VA-ledningar genom infodring har funnits sedan 80-talet och används frekvent, medan relining endast pågår på försöksstadium i fjärrvärmebranschen.

Vad gäller lärdomar från VA-branschen kan generellt sägas att mycket av innehållet i VA-handboken (2011) går att tillämpa även för fjärrvärme. Bland specifika exempel, som tas upp i denna rapport, kan nämnas att samma datoriserade nätplaneringsverktyg med rutiner för till exempel förnyelseplanering används av såväl Vattenfall som Kretslopp och vatten. Vidare finns en nyttig checklista i VA-handboken som anpassats för fjärrvärmeföretag i denna rapport samt en tolkning av riskmatriser som används av Kretslopp och vatten som är lika tillämpbar för fjärrvärmenät.

Vid jämförelser mellan gasnät och fjärrvärmenät visade sig möjligheterna att renovera ledningar med hjälp av relining vara mycket bättre för gasledningar än i fjärrvärmenät. Intervjun med gasbolaget E.ON Gas visade att ett stort renoveringsarbete redan hade gjorts och att man därför inte arbetade med riskklassning på samma sätt som de intervjuade fjärrvärmebolagen gör. På grund av rigorösa säkerhetsbestämmelser som har påverkat säkerhetsarbetet och beredskapsarbetet i gasbranschen kan det dock

finnas en del att hämta när det gäller sårbarhetsaspekter, beredskapsövningar och beredskapsarbete.

Från identifierade nyttor med ett systematiskt arbete med riskklassning kan nämnas att det underlättar budgetarbetet liksom att det utgör ett bra underlag för att motivera en föreslagen budget. Vidare innebär det kontinuerliga dokumentationsarbetet att underhållplaneringen kan bli mindre personbunden.

9 REFERENSER

- Abrahamsson M., Magnusson S. E.: *"Risk- och sårbarhetsanalyser"*, KBM forskningsserie nr 2, 2003
- 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
- Andersson, R.: *Risk- och sårbarhetsanalys av fjärrvärmenätet i Lund*. Examensarbete vid Högskolan i Halmstad 2014-06-03.
- Andersson, S., Werner, S.: *"Reservkapacitet i fjärrvärmesystem"*, Fjärrvärmeföreningen, FVF 02 11 63, 2002
- Bjurström, H., Cronholm, L.-Å., & Edström, M.-O.: *"Fukt i fjärrvärmerör, larmsystem och detektering"*, FoU-rapport Svensk Fjärrvärme 2003:98
- Energimyndigheten: *"GSN Energi – Nulägesanalys inom värmeförsörjningen"*, Dnr 2012-9068, 2014
- Energimyndigheten: *"Uppvärmning i Sverige 2012"*, EI R2012:09
- Energimyndigheten: *"Översiktlig risk- och sårbarhetsanalys över energiförsörjningen i Sverige år 2014 – enligt förordning (2006:942) om krisberedskap och höjd beredskap"*, ER 2014:24
- Energimyndigheten: *"Hur snabbt blir huset kallt vid el- eller värmeavbrott? – Olika behov av åtgärder och konkreta råd"*, ET 2007:40
- FOI: *"FOI:s modell för risk- och sårbarhetsanalys (FORSA)"*, Totalförsvarets forskningsinstitut, 2011
- Hallin P.-O., Nilsson J., Olofsson N.: *"Kommunal sårbarhetsanalys"*, KBM forskningsserie nr 3, 2004
- IEC: *"Dependability management – part 3: application guide"*, IEC-60300-3-9, 1995
- ISO/IEC: *"Risk management – vocabulary – guide lines for use in standards"*, ISO/IEC Guide 73:2002
- Johansson, H. & Jönsson, H.: *"Metoder för risk- och sårbarhetsanalys ur ett systemperspektiv, rapport 1010"*, LUCRAM, Lund, 2007
- Jönsson, H.: *"Risk and Vulnerability Analysis of Complex Systems – a basis for proactive emergency management"*, LTH, Department of Safety Engineering and System Safety Faculty of Engineering, 2007
- Kaplan S.: *"The Words of Risk Analysis"*, Risk Analysis. Vol 17, No 4. Sid 407-417, Society for Risk Analysis, London, 1997
- KBM: *"Risk- och sårbarhetsanalyser – Vägledning för statliga myndigheter"*, 2003

- Kostic, J., Bulory, A.: ”Analys av orsaker och tid för åtgärder vid driftstörning i elnätet”, Examensarbete vid Elektoringenjörsprogrammet, Karlstads Universitet, 2012
- Lauenburg, P., Johansson, P-O.: ”Fjärrvärme vid elavbrott – slutrapport”. Rapport vid institutionen för Energivetenskaper, Lunds Universitet, nov 2008.
- Loustarinen, Tero, Värdet av icke levererad fjärrvärme till kunder – fjärrvärmecentralens felfrekvenser i fjärrvärmesystem, Rapport FoU 2005:11, Svensk Fjärrvärme AB, Stockholm, 2005.
- Länsstyrelsen: ”Säkerheten i Stockholms läns fjärrvärmenät”, Länsstyrelsen i Stockholms län, 2004
- Malm, A., Horstmark, A., Jansson, E., Larsson, G., Meyer, A., Uusijärvi, J.: ”Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar”, Svensk Vatten Utveckling, Rapport Nr 2011-12
- Mattson, M.: ”Kostnad-Nytta av industrins brandskyddsåtgärder”, Brandteknik, LTH, Lund, 1997
- MSB: ”Vägledning för risk- och sårbarhetsanalyser”, 2011
- Nilsson, J.: ”Introduktion till riskanalysmetoder”, LTH, Lund, 2003
- Nystedt, F.: ”Riskanalysmetoder”, Brandteknik LTH, Lund, 2000
- Regeringen: ”Regleringsbrev för budgetåret 2015 avseende Statens energimyndighet inom utgiftsområde 21 Energi”, Regeringsbeslut, 2014-12-18
- Regeringen: ”Samhällets krisberedskap – stärkt samverkan för ökad säkerhet”, Regeringens skrivelse 2009/10:124
- Räddningsverket/MSB: ”Handbok för riskanalys”, 2003
- Sernhed, K., Ekdahl, E. & Skoglund, P.: ”Statusbedömning av betongkulvert”, Fjärrsyn Rapport 2012:9, Svensk Fjärrvärme AB, 2012
- Statens energimyndighet: ”Översiktlig risk- och sårbarhetsanalys över energiförsörjningen i Sverige år 2014”, ER 2014:24
- Strömwall, L., Lemmeke, L.: ”Underhållsstrategi för distributionsnät. Förstudie”, Värmeforsk. Hetvattenteknik 364, 1989
- Sund, G.: ”Utvändig korrosion på fjärrvärmerör”, Fjärrvärmeföreningen, FOU 2002:80
- Svensk Fjärrvärme: ”Arbetsmiljöhandbok”, 2013
- Svensk Fjärrvärme: ”Fjärrvärmenäten - en tillgång som måste underhållas”, Nyhetsbrev 2015-01-26
- Svensk Fjärrvärme: ”PM till klimat- och sårbarhetsutredningen”, Rapport 2007:3
- Svensk Fjärrvärme: ”Svensk Fjärrvärmes system för kvalitetsmärkning av fjärrvärmeleverantörer”, 2013-07-01

Svensk Fjärrvärme: *"Tillverkning och besiktning av fjärrvärmesystem"*, Rapport 2006:1

Svensk Fjärrvärme: *"Underhållshandbok - Fjärrvärmedistribution"*, 2015

Svensk standard: *"Riskhantering - Principer och riktlinjer"*, SS-ISO 31000:2009

Svensk standard: *"Tillförlitlighet – Ordlista"*, SS 441 05 05, 2000

Svenska Värmeverksföreningen: *"Leveranssäkerhet för fjärrvärme"*, 1981

Sällström, JH., Ramnäs, O. & Sällberg, S-E. *"Statusbedömning av fjärrvärmerörsystem"*. SP Rapport 2012:37

Värmeverksföreningen: *"Leveranssäkerhet"*. Maj, 1992.

Föreskrifter, författningar, etc

"AFS 2002:1 Användning av trycksatta anordningar", Arbetsmiljöverket

"AFS 2005:2 Tillverkning av vissa behållare, rörledning och anläggningar", Arbetsmiljöverket

"AFS 2005:3 Besiktning av trycksatta anordningar", Arbetsmiljöverket

"Elberedskapslag", SFS 1997:288

"Ellag", SFS 1997:857

"Energimarknadsinspektionens föreskrifter och allmänna råd om redovisning av fjärrvärmeverksamhet", EIFS 2010:1

"Fjärrvärmelag", SFS 2008:263

"Naturgaslag", SFS 2005:403

Internetkällor

Länsstyrelsen, <http://www.lansstyrelsen.se/stockholm/SiteCollection-Documents/Sv/publikationer/2006/Hur%20fungerar%20IBERO-2.pdf>, hämtad 2014-11-11

MVA-metoden, <http://mva-metoden.se>, besökt 2014-11-11

Kulvertskadestatistik

Svenska Värmeverksföreningen: *"Sammanställning av kulvertskadestatistik 1982"*, 1984

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

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

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

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

- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1985. Skadebilaga"*, 1987
- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1985. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk"*, 1987
- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1986. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk"*, 1988
- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1987. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk"*, 1990
- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1988. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk"*, 1990
- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1989. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk"*, 1991
- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1990. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk"*, 1992
- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1991. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk"*, 1993
- Svenska Värmeverksföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1992. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska värmeverk"*, 1994
- Fjärrvärmeföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1993. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska energiföretag"*, 1994
- Fjärrvärmeföreningen: *"Kulvertskadestatistik 1994. Sammanställning av kulvertlängder och kulvertskador vid svenska energiföretag"*, 1995, FVF 1995:2

bilaga 1 – Intervjumanual

Intervjumanual sid 1 av 4

Intervjuguide
2015-02-20

Intervjuguide

Syftet med intervjun är att kartlägga fjärrvärmebolags metodik för utbyte av fjärrvärmeledningar och koppla detta till om och hur riskklassning/RSA används i denna metodik.

Intervjuguiden är uppdelad i två delar, en som inriktar sig mot person med bolagsstrategisk position (ledningsgrupp, ekonomiansvar etc.) och en del med inriktning mot person ansvarig för planering av underhåll och förnyelse av kulvertnät.

Innan genomförande av intervju skickas ett dokument ut för ifyllnad av bakgrundsinformation. Se separat Excel-fil.

Bolagsstrategisk position (ledningsgrupp, ekonomiansvar etc.)

1. Hur jobbar ni med förnyelse av ledningar i fjärrvärmennätet? Berätta i stora drag
 - a. Skulle du beskriva ert arbetssätt som reaktivt eller proaktivt?
 - b. Hur är beslutsgången för planering av underhåll?
 - c. Och hur är beslutsgången för planering av förnyelse av ledningsnät?
 - d. Finns det några krav på planerat underhållsarbete och förnyelse av fjärrvärmekulvert? Vilken typ av krav ställs?
 - e. Vem ställer kraven? (ägare/kunder / styrelse)
2. Hur diskuteras frågorna om utbyte av ledningar i ledningsgruppen, upplever du att dessa frågor har hög eller låg prioritet i förhållande till andra frågor?
3. Har fjärrvärmeolyckan som nyligen hände i Lund aktualiserat frågan (enligt ovan) i ert företag?
4. Budgetfrågor:
 - a. Finns det en särskild budget för förnyelse av ledningsnät sätts hos er? Kan du berätta hur denna fastställs? Vilka parametrar och vilka underlag tar ni hänsyn till? Finns det såväl budget på kanske 2-5 år och långsiktig strategi på kanske 5-10 år. Allokeras pengar långsiktigt? Kan man följa upp årliga kostnader och hur dessa förändras från år till år?
 - b. Finns det en särskild budget för underhåll? Kan du beskriva hur budgeten för underhåll sätts? Vilka parametrar och vilka underlag tar ni hänsyn till? Kan man följa upp årliga kostnader och hur dessa förändras från år till år fördelat på avhjälpande och planerat underhåll?
 - c. Hur förhåller sig dessa budgetar till varandra? Är de sammankopplade på något sätt? Eller helt olika ansvarsområden och ansvariga? Vattentäta skott eller överlappning? Några redovisningstekniska problem?
 - d. Vad har ni för tankar om hur skadefrekvensen i ert nät kan komma att utveckla sig i ert nät, säg kommande 5, 10 och 20 år?
 - i. Hur tror ni att kostnaderna för förnyelse av ert nät kommer att utveckla sig för dessa tidsperioder?
 - ii. Avsätter ni några medel för prognoser om ökade kostnader för utbyte av ledningar, samt för ökade kostnader för underhåll?
 - iii. Har ser ni på den förnyelsetakt ni har idag? Tillräcklig?
 - e. Hur skulle du vilja se att budgetarna sattes? Har du några idéer? Något du tycker skulle vara bra att förändra? Något speciellt underlag som ni borde ta hänsyn till som ni inte gör idag?
5. Vad ser du som den största utmaningen för ert nät när det gäller frågor om förnyelse kortsiktigt just nu? Och mera långsiktigt?

Ansvarig för planering av underhåll och förnyelse av kulvertnät

1. Hur går det till i ert företag när beslut om utbyte av ledning görs? Hur arbetar man med kort och långt perspektiv – 2-5 år resp 5-10 år?
2. Hur arbetar ni med risk-och sårbarhetsanalyser vid förnyelse av ert fjärrvärmennät?
3. Används riskklassningssystem? (Motivering till varför man har valt att använda sig av/inte använda sig av)
4. Hur är systemet uppbyggt?
 - a. Vilka variabler ingår?*se lista att ha som diskussionsunderlag
 - b. Hur har dessa valts ut?
 - c. Värdering av variablerna – "viktningsklass"
 - d. Vad har denna viktningsklass baserats på för information/statistik/kunskap/antaganden?
 - e. Datainsamling – vilka variabler är möjliga att samla in data om? Tillgång på mätdata
 - f. Hur ser ni till att variablerna uppdateras? Hur ofta? Systematisk genomgång eller händelseaktiverat?
 - g. Är systemet kopplat till GIS?
 - h. Hur illustreras riskklasserna (t.ex. olika färger för olika nivåer?)
 - i. Skala på riskklassning – motivering?
 - j. Nyckeltal/nivåer. Hur är dessa satta och varför?
 - k. Targets – målbild: Hur många större läckor är acceptabelt? Olika targets i olika områden?
 - l. Är arbetet med underhåll i fjärrvärmennätet baserat på något riskklassningssystem?
5. Hur ser man på behovet av ett riskklassningssystem?
 - a. Vems initiativ?
 - b. Ledningens syn på reinvestering?
 - c. Vad finns det för krav på leveranssäkerhet?
 - Från ägare
 - Kommunen
 - Kunder
6. Erfarenheter från det system man har valt?
 - a. Erfarenheter från implementering? Vad skulle till för att systemet skulle komma på plats? Vems initiativ?
 - b. Erfarenheter från användning av systemet. Vad fungerar bra? Vad fungerar mindre bra?
 - c. Erfarenhetsutbyte med andra bolag?
 - d. Skulle man – utifrån era erfarenheter med riskklassningssystem – kunna göra en stegvis satsning på ett riskklassningssystem?
 - e. Medel till planerat underhåll/förnyelse. Är det svårt att få gehör i en budgetprocess? Hur hanteras budgetfördelning mellan avhjälpande underhåll (oplanerat) och planerat underhåll och förnyelse?
7. Vad ser ni för behov/nytta av en nationell skadestatistik? Efterfrågas detta? Har ni testat det nya systemet?

Intervjumanual sid 4 av 4

* Möjliga variabler för diskussionsunderlag: (Syftet är att diskutera dels vilka variabler som är med, respektive inte med, vad respondenten har för input till de olika variablerna hur de påverkar/borde påverka riskklassning eller beslut om utbyte av ledning/komponent)

- Ålder
- Ledningstyp/konstruktion
 - Generell skadestatistik på ledningstyp
- Dimension
- Kundrelaterade variabler
 - Känslighet för avbrott/kvalitetssänkning
 - Antal som drabbas vid avbrott på ledning
 - Möjlighet till ringmatning
- Omgivande mark
 - Jordart
 - Trafiklaster ovan ledning
 - Speciella förhållanden, t.ex. att ledningen ligger under järnväg
- Ledningens händelsehistorik
 - Skadestatistik på aktuell ledning
 - Markarbeten ovan ledning
- Arbetsmiljörisker (t.ex. önskan att bygga bort kammare)
- Genomförd statusbedömning
 - Tjockleksmätning
 - Termograferat område
 - Larm
 - Okulärt besiktigad
- Händelser före drifttagning
 - Förutsättningar att bygga ledningen på bästa sätt
 - Beställarkompetens – egen regi, konsulter
 - Projades och byggdes ledningen korrekt?
 - Deltog personal från driftorganisationen i projektering/upphandling/byggnation

RISKHANTERING FÖR UNDERHÅLL AV FJÄRRVÄRMENÄT

Fjärrvärme har funnits länge i Sverige, har en hög leveranssäkerhet och står för mer än hälften av den energi som används för värme och varmvatten. Ledningarna i många nät börjar nå en hög ålder och behovet av underhåll växer. Om den totala längden 23 000 kilometer fjärrvärmeledningar skulle bytas ut bedöms värdet vara 115 miljarder kronor. Ekonomiska skäl talar därför för att behålla ledningarna så länge som möjligt, men utan att riskera leveranssäkerhet, arbetsmiljö eller skador för allmänhet och egendom.

Den här rapporten belyser hur ett fjärrvärmebolag kan planera för förnyelse trots att kännedomen om ledningarnas status är begränsad. Den visar också hur man arbetar med riskklassning och med risk- och sårbarhetsanalyser i fjärrvärmeföretag och liknande branscher. Resultaten utgör ett bra referensmaterial vid planering av underhåll och förnyelse av fjärrvärmenät.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se



Energiforsk