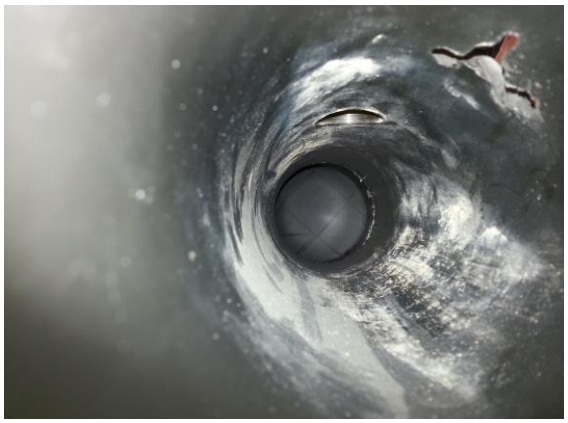
KTH Arkitektur
och samhällsbyggnad

Läckor på PE-ledningar

Statistiksammanställning & analys

PE-pipes leakage

Compilation & analysis of statistics



Författare: Daniel Appelfeldt

Johan Kohler

Uppdragsgivare: 4S ledningsnät

Handledare: Tomas Helenius, 4S/Stockholm Vatten

Tommy Giertz, KTH ABE

Examinator: Per Roald, KTH ABE

Examensarbete: 15 högskolepoäng inom Byggteknik och Design

Godkännandedatum: 20xx-xx-xx

Serienr: BD 2014;53

Sammanfattning

Det absolut vanligaste materialet vid nybyggnad av dricksvattenledningar var år 2008 polyeten. Flera VA-huvudmän i Sverige och Norge upptäckte dock att vissa av dessa ledningar gick sönder efter bara några få år i drift, trots det faktum att de skulle ha en drifttid på upp mot 150 år. Flera VA-bolag gick då ihop och skapade en branschorganisation under namnet 4S med syftet att stimulera till utveckling av ledningsmaterialet. Organisationen visste dock inte hur utbrett problemet med läckande PE-ledningar var och hade bara indikationer om bakomliggande orsaker. Det vill säga att PE-ledningar av stora dimensioner gick sönder efter få år i drift på grund av fel på skarven.

Uppgiften med detta examensarbete var att ta fram ett statistiskt underlag som påvisar hur omfattande problemet var och kunna hitta samband som visar var och varför problemen uppkom.

Ett frågeformulär som beskrev för VA-huvudmännen vilken information som eftersöktes för att kunna göra en bra undersökning sattes ihop och skickades ut. De data som sen inkom sammanställdes i ett dokument i programmet Excel för att få en enhetlig och övergripande bild.

Resultaten som kom in visade sig dock ha stora brister och det var svårt att dra några statistiskt säkerställda slutsatser. Det fanns dock antydan till att problemet var på skarvar och i mindre dimensioner, oftast på servisledningar. Problembilden som uppkom under arbetets gång var att de data som tillhandahölls oftast var antingen bristfälligt eller obefintligt, och något VA-huvudmännen måste arbeta mer med. Det gick heller inte att se några ålderssamband, det vill säga att PE-ledningarna skulle gå sönder efter kort eller lång tid i drift.

Nyckelord: PE, läcka, skarv, vattenledning, elektrosvetsmuff.

Abstract

The most common material used when producing new water pipes in Sweden in 2008 was polyethylene. A couple of pipe owners in Sweden discovered that pipes made out of PE who only had been operating a few years broke, despite the fact they are supposed to have a service life of 150 years. The pipe owners therefore created an organization named 4S with the target to develop the PE pipe system. The problem was that the organization did not know how widespread the problem with leaking PE pipes was and they only had indications of why it is caused.

The objective with this project was to collect statistics to show how widespread the problem is and to find where and why the problem arises.

A couple of question that described to the pipe owners what kind of data that was needed, on order to make a good examination, was put together and sent out. The data that came in was put together in an Excel document to get a better picture of the problem.

The results that came in proved to have major flaws and it was difficult to draw statistically based conclusions. The results, however, showed a hint that the problem mainly was in the joints and in smaller dimensions. The biggest problem was that the received data most often was either inadequate or non-existent, and the pipe owners have to work harder improving the system. The statistics also cannot find any age related problem.

Keywords: PE, leakage, joint, water pipes, electrofusion welding.

Förord

Denna rapport är ett examensarbete på 15 högskolepoäng som ska fullborda högskoleingenjörsutbildningen Byggteknik och Design på Kungliga Tekniska Högskolan.

Vi vill här passa på att tacka alla personer som har bidragit och gjort detta arbete möjligt. Ett extra stort tack till våra handledare Tomas Helenius på Stockholm Vatten och Tommy Giertz på KTH. Tack även till Stockholm Vatten och dess medarbetare som tillhandahöll kontor under perioden och hela tiden bistod med kunskap när problem uppstod. Avslutningsvis vill vi tacka alla personer vi varit i kontakt med hos de olika VA-huvudmännen som bistått med resultat och förklaringar till resultaten under arbetets gång.

Begreppsförklaringar

PE	Polyeten.
Läcka	Fel på ledning som orsakar oönskat in- eller utflöde.
VA-huvudman	Organisation/företag som är ansvarig för och förvaltar VA-ledningsnätet.
SDR	Standard Dimension Ration = Ytterdiameter/godstjocklek.
PE 100	100 är ett mått på densiteten hos polyetenmaterialet.
PN10	Tryckklass. Det tryck ledningen är dimensionerad att klara, med säkerhetsfaktor på 1,25, angivet i bar.
Plastisk deformation	Permanent förändring som uppstår vid spänningar i materialet.
Segt brott	Plastisk deformation vid brott, god sammansmältning har skett.
Sprött brott	Sammansmältning av material har inte skett vid svetsning, brott i kontaktytorna.
Toe-in	Inbyggda spänningar i röret leder till att ändarna dras ihop, rörets diameter i änden minskar.
Granulat	Råvara i kornform.
Extrudering	Tillverkningsprocessen för PE-rör.
LCC	Livscykelkostnad, tar hänsyn till kostnaden för en produkt under hela dess livslängd.
Sadel	Anslutning som används vid inkoppling av en ledning på större ledning.
Förstörande prov	Vid elektromuffsvetsning görs en provsvets som skickas på laboratorieundersökning för granskning.
Provtryckning	Sker före driftsättning av ledning, utsätter ledningen för ökat tryck och undersöker att det inte finns några synliga läckor.
Svetsparametrar	Beskrivning av hur en svets ska genomföras med avseende på tid, temperatur etc.
Driftstörning	Händelse som stör den ordinarie driften. Kan vara till exempel läckage, men även dåligt flöde eller konstig smak på vattnet.
Driftstörningsrapport	Dokumentation av händelseförloppet vid en driftstörning.

Innehållsförteckning

1. Inledning ... 1
1.1 Bakgrund ... 1
1.2 Mål och syfte ... 1
1.3 Omfattning och avgränsning ... 2
1.4 Lösningsmetodik ... 2
2. Nulägesbeskrivning ... 3
2.1 4S ... 3
2.2 Garantitider ... 3
3. Teoretisk referensram ... 5
3.1 Grundläggande om dricksvattenledningsnätet ... 5
3.2 Polyeten ... 5
3.3 Polyetenrör ... 6
3.4 Skarvmetoder ... 9
3.5 Produktionsmetoder ... 11
3.6 Beskrivning av fel ... 12
3.7 Underhållsarbete ... 15
4. Genomförande och datainsamling ... 17
4.1 Tillvägagångssätt ... 17
5. Resultat ... 19
5.1 Göteborg Stad Kretslopp Och Vatten (GBG) ... 19
5.2 Stockholm Vatten (STHLM) ... 24
5.3 Norrvatten (NORR) ... 25
5.4 Sydvatten (SYD) ... 25
5.5 VA SYD (MLEB) ... 25
5.6 Linköping (LKPN) ... 27
5.7 Totalt (TOT) ... 29
6. Analyser ... 35
6.1 Göteborg Stad Kretslopp Och Vatten ... 35
6.2 Stockholm Vatten ... 36
6.3 VA SYD ... 36
6.4 Linköping ... 36
6.5 Totalt ... 37

7. Slutsatser och diskussion 39
7.1 Slutsatser 39
7.2 Diskussion 39
8. Rekommendationer 41
8.1 4S 41
8.2 VA-huvudmän 41
8.3 Nya forskningsuppdrag 41
Referenser 43
Litterära källor 43
Elektroniska källor 44
Muntliga källor 44
Bilaga 1 .....

1. Inledning

Detta kapitel kommer att ge en mer ingående beskrivning av problemet. Kapitlet behandlar bakgrund till hur behovet för detta examensarbete har uppkommit, vad målet och syftet med arbetet har varit, vad som omfattas och vilka avgränsningar som har gjorts samt vilka metoder som har använts.

1.1 Bakgrund

Rör tillverkade av polyeten (PE) används idag i majoriteten av nybyggda vattenledningar i Sverige och år 2008 bestod 22 % av det svenska ledningsnätet av PE (Lidström, 2012). Stockholm Vatten uppmärksammade problem med läckande skarvar på flera PE-ledningar med kort tid i drift och hörde sig för med andra VA-huvudmän i Sverige som upptäckte att det även fanns problem i andra delar av landet. Därför startades en organisation under namnet 4S. (4S Ledningsnät, 2013)

Att reparera en trasig vattenledning kostar stora summor i form av driftstörningar, schaktarbeten, reservdelar och arbetstimmar. Stockholm Vatten räknar med att en läcka på stora dimensioner kostar mellan en halv och en miljon kronor (Olsson, 2011). Sett till den långsiktiga samhällskostnaden kan det därför vara ansvarsfullt att investera i dyrare produkter med högre kvalitet och högre driftsäkerhet. Enligt beräkningar kostar en läcka i snitt ungefär 100 000 kronor att reparera. Om 22 % av det svenska vattenledningsnätet (som totalt är cirka 6 700 mil) består av PE, så skulle det med den årliga läckfrekvensen 0,029 läckor/km/år rendera i att reparationskostnaden i Sverige varje år blir över 40 miljoner kronor. Det skulle leda till att de ledningar som idag består av PE kommer att kosta samhället över 5 miljarder kronor under deras tänkta drifttid, i enbart reparationskostnader. Då tillkommer dessutom höga kostnader för spill och störningar för abonnenten. Detta är en anledning till varför detta projektarbete är viktigt för framtiden, då det finns möjlighet att göra stora samhällsekonomiska besparingar.

Enligt en sammanställning av läckfrekvenser från tidigare forskning som visas i tabell 3.2 i kapitel 3.3.6 av denna rapport, har polyeten den mest gynnsamma läckfrekvensen av de vanligare ledningsnätsmaterialen. Trots det så anses det finnas förbättringspotential som kan minska läckfrekvensen ytterligare, vilket är viktigt då ett av 4S mål är att skapa ett underhållsfritt ledningsnät.

Det här arbetet görs för organisationen 4S för att ge dem ett gemensamt underlag över felfrekvensen på PE-rör. Detta på grund av att ledningsägarna i dagsläget saknar sammanställd statistik på hur omfattande problemet är. 4S syfte med denna statistik är att få ett underlag som skulle kunna användas för att utbilda samt utveckla material- och produktionstekniker för PE-rör. Allt för att abonnenten i framtiden ska kunna få sitt vatten med så få avbrott som möjligt och att den långsiktiga samhällskostnaden ska bli så låg som möjligt.

1.2 Mål och syfte

Målet med detta examensarbete är att med hjälp av resultat från medlemmarna i organisationen 4S och utvalda VA-huvudmän i Sverige åstadkomma ett statistiskt underlag gällande läckor på polyetenledningar. Detta statistiska underlag ska sedan analyseras och undersökas i syfte att få bättre förståelse kring hur omfattande problemet med läckor på PE-ledningar är. Det kommer undersökas om det finns några intressanta samband mellan läckorna, som till exempel om läckorna

uppträder i alla dimensioner, tjocklekar och typer av PE-material. Hur och var läckorna uppkommer. Om de olika svetsningsmetoderna, jordarterna eller produktionsmetoderna har något samband med läckorna. Slutmålet är att underlaget som tas fram bidrar till att minska antalet läckor i framtiden.

1.3 Omfattning och avgränsning

Eftersom detta examensarbete var efterfrågat av medlemmarna i 4S, så valdes att i första hand lägga fokus på dessa nio VA-organisationer, men data hämtades även in från ytterligare sju VA-huvudmän i landet. Undersökningen omfattade endast dricksvattenledningar eftersom det inte är samma problem med spillvattenledningar då de sällan är trycksatta.

Eftersom 4S önskade en utredning på PE-ledningar valdes att avgränsa detta arbete till att enbart behandla dem och bidra till att minska deras läckfrekvensen, varför jämförelser med andra material inte har gjorts. Något som ansågs viktigt då ett diagram av Lidström från 2012 visar att ungefär 90 % av de svenska vattenledningarna som byggdes mellan 2000 och 2008 var av materialet polyeten.

Målet med detta examensarbete var inte att peka ut företag eller enskilda personer utan istället utveckla kunskapen kring varför läckorna sker. Därför har inga frågeställningar angående samband mellan produkter kopplade till olika tillverkare eller olika entreprenörers utförande använts. Inga ekonomiska beräkningar har heller genomförts i detta arbete.

1.4 Lösningsmetodik

För att få en ökad insikt och förståelse kring problemet tilldelades relevant litteratur och användbara rapporter från handledarna redan vid kursstart. Användbart material och rapporter delgavs även under arbetets gång ifrån andra personer på arbetsplatsen Stockholm Vatten. Förutom dessa källor söktes information upp genom olika typer av informationssökningar på diverse sökmotorer. Materialet som hämtades in var mestadels svenska rapporter, men även rapporter som visade statistik och resultat från Tyskland, England, Kina och USA användes. En del av informationen som refereras till i detta arbete är material från föreläsningar i kurser med anläggningsinriktning på KTH. Förutom de, så hölls även samtal med personer som arbetat länge i branschen och studiebesök på olika platser som var relevanta för arbetet gjordes. Allt för att få en djupare bild av verkligheten. Svar på funderingar och frågor som uppstod under arbetets gång kunde enkelt och snabbt besvaras tack vare närhet till kompetent och insatt personal på arbetsplatsen Stockholm Vatten.

Med hjälp av denna information sattes ett frågeformulär ihop som påvisade för VA-huvudmännen vilken data som efterfrågades, vilket skulle ligga till grund för hela arbetet. Detta formulär granskades av handledarna och flera andra med ingående kunskap kring problemet innan det skickades ut till de olika VA-huvudmännen. Denna kvantitativa metod för att inhämta informationen övergick vid granskande av de inkomna svaren till en mer kvalitativ metod, eftersom VA-huvudmännen åter kontaktades när olika samband upptäckts, för en mer ingående intervju. För att sammanställa och jämföra statistiken på ett bra sätt togs hjälp av datorprogrammet Excel.

En brist med den valda metoden var att ansvaret att delge resultat helt låg i händerna på VA-huvudmännen, vilket kunde ha lett till att inga svar tillhandahölls. En annan nackdel var att VA-huvudmännen i de kvalitativa frågorna efteråt har kunnat styra svaren, eftersom många av dem är medlemmar i 4S. En styrka med vald metod är att inte enbart en kvalitativ eller kvantitativ metod har använts utan både och. Därmed försvann vissa tveksamheter i resultaten och svar har hela tiden kunnat fås till varför det såg ut som det gjorde.

2. Nulägesbeskrivning

I detta kapitel beskrivs organisationen 4S mer i detalj. Det ges en beskrivning av hur organisationen ser ur, vad dess syfte är och var organisationen står just nu. Avslutningsvis behandlas även problemet med garantitider kopplat till långsiktigt tänkande för ledningsägarna.

2.1 4S

När Stockholm Vatten hörde sig för med andra VA-huvudmän i Sverige upptäckte de att problemet med läckor på nybyggda PE-ledningar inte bara drabbat Stockholm utan även förekom i andra delar av landet. Därför startades organisationen 4S som idag består av Stockholm vatten, Norrvatten (norra Storstockholm), Göteborg Stad Kretslopp och Vatten, MittSverige Vatten (Sundsvall), NSVA (Skåne), VAV Oslo, Norrköping Vatten, Växjö kommun och Sydvatten (Skåne). Organisationen startades år 2012 och är ordnad som en förening med säte i Stockholm. Det är enbart VA-huvudmän som kan bli medlemmar i föreningen, men alla med intresse i branschen är välkomna att delta på den årliga konferensen. Organisationen finansieras genom medlemsavgifter från de VA-huvudmän som är medlemmar i organisationen, dock kan vissa utvecklingsprojekt som genomförs på uppdrag av 4S bekostas av utvecklingsbidrag.

Organisationen arbetar för att:

- Sprida kunskap till andra ledningsägare och kommuner genom att till exempel publicera haverirapporter på vattenledningar på organisationens hemsida. Detta ska leda till att VA-huvudmännen får kännedom om fel som begåtts samt ökad förståelse för ledningsnätsmaterialet, för att på det sättet kunna undvika samma problem i framtiden. Det krävs även ökad kunskap om ledningsmaterialen för att kunna ställa högre krav på tillverkare och entreprenörer.

- Systematisera kravställningar mot tillverkare och entreprenörer då VA-huvudmännen vill ta tillbaka möjligheten att själva bestämma hur ledningsnätet ska se ut. I dagsläget är det tillverkarna av produkterna som styr vilka krav och normer som ska gälla på ledningsnätet.

- Starta dialog inom VA-branschen med målsättningen att skapa ett underhållsfritt ledningsnät. Ett forum organisationen använder sig av för att lyfta problemen är en årlig konferens där representanter för VA-huvudmän, tillverkare och entreprenörer bjuds in för att diskutera problemen som finns och hur de ska förbättras.

- Skapa utvecklingsprocesser för att ta fram nya produkter och metoder som ska förbättra brister på ledningsnätet, vilket är ett arbete som sker i projektform. Exempel på ett projekt som pågår är möjligheten att kunna röntga elektrosvetsmuffar i fält, eftersom det visat sig finnas brister i metoderna som idag används för att kontrollera skarvens kvalitet.

(4S Ledningsnät, 2013)

2.2 Garantitider

En anledning till att utvecklingen av rördetaljer inte är tillräcklig är att det finns olika garantitider beroende på vilken roll i kedjan vederbörande befinner sig i. Som leverantör är du ansvarig för produktens kvalitet i två år, entreprenör i fem år medan VA-huvudmännen (samhället) har ansvar för ledningen hela dess livstid. (4S Ledningsnät, 2013)

För att få en förståelse för den totala kostnaden för en ledning under dess hela livstid finns det ett arbetssätt som heter LCC. Det står för livscykelkostnad och är till för att jämföra kostnaden för olika produkter över hela den bestämda driftstiden. Generellt har produkten med lägst inköpspris dyrast livscykelkostnad då oftast kostnader för driftstopp och service blir dyrare än för en produkt med högre inköpskostnad. Medlemmarna i 4S bygger sina ledningsnät för att de ska hålla i minst 150 år och lägger därför stor vikt på LCC vid upphandlingar och produktion av nya vattenledningar. (Giertz, 2014 och 4S Ledningsnät, 2013)

3. Teoretisk referensram

I detta kapitel presenteras de teoretiska referensramarna för arbetet baserat på grundläggande kunskaper och tidigare forskning. Först ges en övergripande beskrivning av Sveriges dricksvattenledningsnät följt av en beskrivning av materialet polyeten och polyetenrör. Olika metoder för hur rören skarvas och byggs kommer att förklaras, följt av en beskrivning över olika typer av fel som kan uppstå på en ledning. Avslutningsvis behandlas teori kring driftstörningar.

3.1 Grundläggande om dricksvattenledningsnätet

Vatten är idag en självklarhet i samhället som många inte reflekterar över. För att försörja majoriteten av samhällets invånare med vatten av hög kvalitet krävs det en omfattande anläggning för att transportera vattnet. Anläggningen har många komponenter så som till exempel vattenreningsverk, pumpar och ledningar där vattnet transporteras. För ökad kunskap och förståelse om de olika komponenterna rekommenderas annan litteratur, till exempel ”Vårt Vatten” av Viveka Lidström.

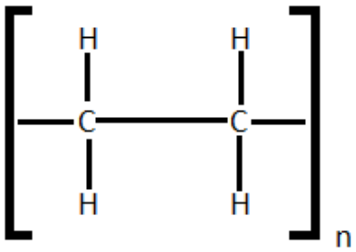
I Sverige finns det dokumenterat ledningar som byggdes redan på 1100-talet. När kraven på hygien och bekvämlighet ökade under mitten av 1800-talet drogs vatten in i lägenheter. Detta ledde till att ledningarna var tvungna att trycksättas vilket i sin tur ökade kraven på ledningarnas material. Sedan dess har materialen utvecklats och det finns i Sverige idag ledningar som räcker över två och ett halvt varv runt jorden. Dessa ledningar är i olika typer av material, så som till exempel järn, betong och olika typer av plaster. (Lidström, 2012)

3.1.1 Ledningsnätets uppbyggnad

Ledningsnätet delas upp i tre olika typer av ledningar. Dessa är huvud-, distributions- och servisledning. Huvudledningen leder vattnet från reningsverket och pumpstationen till en reservoar eller direkt till distributionsnätet. Distributionsledningar har ofta en mindre diameter än huvudledningen eftersom de inte behöver transportera lika mycket vatten. De är ofta placerade under gator och följer dess dragning. Distributionsledningarna förgrenar ut sig till servisledningar som går ut till varje fastighet. (Lidström, 2012)

3.2 Polyeten

Materialet polyeten är en mjuk och billig plast som används i allt från plastkassar och hushållsfolie till vattenrör. Det är uppbyggt av två väteatomer för varje kolatom (se figur 3.1) som bildar en lång kedja. (Krigsman, 2002)



Figur 3.1 Kemisk uppbyggnad för PE

Polyeten tillhör gruppen termoplaster, som smälter och blir mjuka vid uppvärmning vilket gör att de då kan formas om. Polyeten leder inte elektricitet, brinner bra och är inte lösligt i varken vatten eller de flesta organiska lösningsmedel. (Nikolajsen, 2006)

3.2.1 Viskoelasticitet

Termoplaster tillhör gruppen av material som är viskoelastiska. Vid spänning i materialet uppstår det både en elastisk deformation och en plastisk deformation. Det betyder att ett plastmaterial som blivit utsatt för en spänning töjer sig. När lasten sedan tas bort återgår en del av deformationen (den elastiska töjningen) medan en del av deformationen kvarstår (den plastiska deformationen, även kallad krypning). Faktorer som påverkar den plastiska deformationen är hur länge samt med vilken spänning materialet utsätts för belastningen. (Berggren, 2005)

3.3 Polyetenrör

Polyetengranulat (figur 3.2) är själva råmaterialet i röret. Rörtillverkarna har olika tillsatser i röret. Som ett exempel kan 2 % mjukgörare och kimrök tillsättas, enligt Helenius (2014). Densiteten på röret är då redan bestämt eftersom det är råmaterialet som avgör vilken densitet röret sedan får. Ett PE 100-material (som syns på bilden i figur 3.2) har som exempel högre hållfasthet än ett PE 80-material. (Nordiska Plströrgruppen, 2011)

Figur 3.2 Polyetengranulat för PE 100

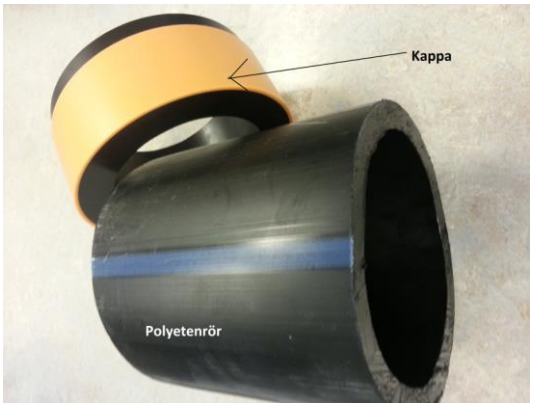
3.3.1 Tillverkningsprocessen

Polyetenrör tillverkas genom en process där granulat förs ner till extruderingsmaskinen via en tratt. Extruderingsmaskinen består av en archimedesskruv inuti ett formrör, där skruven pressar produktmassan framåt och utåt mot formväggen. Produktmassan värms upp, smälter och kan sedan enkelt formas mot formrörets insida medan polyetenrörets insida formas mot archimedesskruven. Det formade röret pressas sedan långsamt ut genom utmatning tills det att röret har nått önskad längd. (Ståhlberg & Öberg, 2012)

Ett problem med denna tillverkningsmetod är att röret kyls av med olika hastighet på insidan och utsidan av röret. Detta skapar inbyggda spänningar i röret och leder till problem vid kapning av rören. Änden på röret vill dra ihop sig på grund av dessa inbyggda spänningar. Detta fenomen som kallas toe-in går att läsa mer om under kapitel 3.6.1. (Burström, 2010)

3.3.2 Beskrivning

Ett polyetenrör (se figur 3.3) är ofta ett svart rör som används främst till vattenledningar, men även gas- och spillvattenledningar. De blåa sträcken på röret visar att röret ska användas som vattenledning. Rören kan även ha en kappa i olika färger (se figur 3.3) runt PE-materialet. Polyetenrör tillverkas genom sprängsprutning, vilket beskrivs närmare i kapitel 3.3.1, och några kända tillverkare är Hallingplast, Pipelife och Egeplast.



Figur 3.3 Bit av PE-rör med och utan kappa

3.3.3 Utveckling

Redan på 1940-talet började rörtillverkarna tillverka rör i materialet polyeten. Det var dock först på 1960-talet som rören mer frekvent började användas i ledningsnätet. Det fanns då två olika typer av polyetenrör, nämligen PEL och PEH. PEL-rör var rör som hade lägre densitet än PEH. Därför benämningen L och H i slutet på förkortningen. (Horstmark m.fl., 2011)

På 1970-talet kom det fram en ny sorts rör som var ett mellanhårt rör som därför fick förkortningen PEM. Dessa konkurerade snabbt ut PEL-rören då åldersbeständigheten var bättre. I samband med detta ändrades även benämningen på rören. Istället för att avsluta med en bokstav som beskrev rörets densitet så började en siffra, som beskrev hur bra materialets hållfasthet var, att användas. Siffran beskriver PE-materialets hållfasthet gånger 0,1 som håller 50 år vid +20 grader Celsius i enheten MPA inklusive en säkerhetsfaktor på 1,25. De vanligaste sifferbeteckningarna blev då PE 63 och PE80. Exempel PE100 fås ur 100/10/1,25 = 8 MPA. (Horstmark m.fl., 2011)

Under mitten på 80-talet började tillverkningen av PE 100-rören. Dessa tillsammans med PE 80-rören är än idag vanligt förekommande vid nybyggnad av polyetenledningar medan PE 63 inte används längre. (Horstmark m.fl., 2011)

3.3.4 SDR-tal och tryckklass

Med hjälp av PE-klassen som beskrevs ovan (kapitel 3.3.3) och SDR-tal så fås en tryckklass ut. SDR står för Standard Dimension Ration och används som ett mått på ett materials styvhet. Det räknas ut genom att ta ytterdiametern genom godstjockleken på röret, till exempel 200/18,2 ger SDR 17. Desto högre SDR-tal ett rör har desto lägre är dess styvhet, förutsatt att samma E-modul används. Vanliga SDR-värden i Sverige är 11 och 17. Genom att ta SDR-värdet och PE-klassen fås ett PN-värde ur tabell 3.1. Detta värde beskriver rörledningens nominella tryckklassvärde i enheten bar. De vill säga hur många bar som ledningen får utsättas för. (Ståhlberg & Öberg, 2012)

SDR-klass:	6	7,4	9	11	13,6	17	21	26	33	41
PE 63		PN 16	PN 12,5	PN 10	PN 8	PN 6,3	PN 6	PN 4	PN 3,2	PN 2,5
PE 80	PN 25	PN 20	PN 16	PN 12,5	PN 10	PN 8	PN 6,3	PN 5	PN 4	PN 3,2
PE 100		PN 25	PN 20	PN 16	PN 12,5	PN 10	PN 8	PN 6,3	PN 5	PN 4
Styvhetsklass				SN 64	SN 32	SN 16	SN 8	SN 4	SN 2	SN 1

Tabell 3.1 Tryckklass (Ståhlberg & Öberg, 2012)

3.3.5 Egenskaper

Polyetenrör kan användas mellan -40 och +80 grader Celsius, och har en längdutvidgningskoefficient på ca 0,2 mm/m/°C. Polyeten är beständigt mot luft, avjoniserat vatten, svaga lösningsmedel och syra, men inte mot oxiderande syror och halogener. Polyeten har en ungefärlig densitet på 0,95 g/cm^3 och draghållfastheten är omkring 25 N/mm^2, beroende på vilken typ av rör och vem som har tillverkat röret. (GPA)

En viktig egenskap för polyetenrör är seghet. Det är ett mått på hur bra materialet kan motstå sprickbildning och ta upp spänningar, och styrs av flera parametrar. En faktor är materialets densitet. En lägre densitet ger ett segare material vilket ökar möjligheten att ta upp skjuvspänningar. Skjuvspänningarna är de spänningar som uppstår i rörets tvärplan. Detta utnyttjas till exempel i

Japan som har problem med jordbävningar. Det är då en fördel att rören kan ta upp skjuvspänningar och därför används materialet PE80 jämfört med Sverige som använder mycket PE100, enligt Olsson 2014. En annan faktor som tas hänsyn till är hur den kemiska uppbyggnaden av materialet ser ut. Med längre kedjor ökar segheten hos materialet. Under hur lång tid materialet ska belastas är även det en viktig faktor som ska tas hänsyn till. PE-materialet åldras, vilket leder till att segheten i materialen minskar med tiden. Därför är det viktigt att testa materialets långtidsegenskaper för att undvika att materialet blir sprött under den förväntade livslängden. Sprödhet kan leda till att materialet inte klarar att ta upp de krafter som det är förväntat att det ska klara. (Ineos, 2014)

3.3.6 För- och nackdelar

Förutom polyeten så finns det tre andra ledningsmaterial som är vanligen förekommande i det svenska ledningsnätet. Dessa är polyvinylklorid (PVC), segjärn och gråjärn. Enligt rapporten av Horstmark m.fl. från 2011 bestod år 2008 cirka nittio procent av det svenska ledningsnätet av dessa fyra materialen. De övriga tio procenten består av bland annat stål, galvaniserat stål, betong, asbestbetong och GRP (glasfiberarmerad härdplast). (Horstmark m.fl., 2011)

Några fördelar med polyeten jämfört med ovan nämnda vanligare materialen (PVC, seg- och gråjärn) är att:

- Polyeten är det material som har lägst densitet vilket ger relativt lätta rör som i sin tur ger fördelen att de blir enklare att hantera.
- Polyeten har ett relativt lågt pris vilket ger en konkurrensfördel.
- PE som material är beständigt mot korrosion vilket är en stor fördel jämfört med metallrör.
- Om en bra svetsning genomförs, läs mer i kapitel 3.4.1, kan hela ledningen betraktas som ett homogent rör, vilket är en stor fördel då hela ledningen får samma egenskaper.
- Enligt Helenius (2014) talas det om att rören, tack vare dess goda beständighet, kan komma att uppnå en teoretisk livslängd på flera hundra år.
- Tack vare utvecklingen av PE-ledningarna har nya schaktfria metoder uppkommit enligt Olsson (2014).
- I sammanställningen av tidigare forskning angående läckfrekvenser på olika ledningsmaterial som visas i tabell 3.2, så har PE den lägsta totala läckfrekvensen.

Rapporter	PE	Segjärn	Stål	PVC	Gråjärn	Asbestcement
Horstmark m.fl., 2011	0,02	0,04	0,08	0,09	0,19	
MacKellar, 2006	0,04	0,07		0,09	0,29	0,16
Ingham, 2013	0,03	0,07		0,08	0,27	0,11
Folkman, Fronk & Sorensen, 2012		0,03	0,08	0,02	0,15	0,04
Stockholm Vatten, 2006	0,04	0,05	0,02		0,16	
Sundahl, 1996	0,01	0,03		0,13	0,14	
DVGW, 2012	0,04	0,04	0,19	0,03	0,21	0,07
Totalt	**0,03**	**0,05**	**0,09**	**0,07**	**0,20**	**0,10**

Tabell 3.2 Läckfrekvenser för olika material enligt tidigare forskning, i läckor/km, år

Det finns även nackdelar med att använda polyeten som ledningsmaterial och några av dessa är att:

- Enligt Bergman (2012) är det ett stort problem att det är svårt att göra tester på om ledningen är tät eller inte när ledningen har blivit hopsvetsad, se kapitel 3.7.1.
- Det inte går att läcklyssna en ledning i PE, vilket gör att det blir svårare att lokalisera en eventuell läcka, enligt Helenius, 2014.
- Det är dessutom svårt att reparera en trasig PE-ledning och de reparationsmetoder som finns är ännu inte färdigutvecklade.
- Polyeten har högre krav än andra ledningsmaterial på kringfyllnadsmaterialen.
- Den praktiska livslängden är ännu inte känd.
- Materialet har en låg tolerans för punktbelastningar.
- Polyeten är repkänsligt.
- Materialegenskaperna ändras vid fysiska påfrestningar vilket gör att det kan ske utdragningar och uppkomma inre spänningar.

(Nikolajsen, 2006)

3.4 Skarvmetoder

PE-rör levereras till byggarbetsplatsen i längder om sex eller tolv meter. För att sammanbinda dessa ledningar skarvas rören med hjälp av olika metoder. Vad gäller polyeten finns det fyra metoder, varav alla har sina för- och nackdelar.

3.4.1 Elektromuffsvetsning

För att sammanfoga rör med hjälp av denna metod används en elektrosvetsmuff (se figur 3.4) med inbyggda svetstrådar. De rör som ska sammanfogas skrapas och rengörs för att sedan föras in i svetsmuffen. När de är på plats tillförs en elektrisk ström till svetstrådarna vilket smälter rörens kontaktytor och startar svetsningsprocessen. Det smälta PE-materialet pressas ut i kylzonerna mellan rören och muffen där PE-materialet stelnar. När svetstiden har passerat tas strömmen bort från svetstrådarna och kylperioden startar. När kyltiden är klar är PE-materialet från både rören och elektrosvetsmuffen sammanfogade. Hela denna process dokumenteras noggrant så att rätt svets- och kyltider följs. Om en skarv utförs korrekt med denna metod kan skarven betraktas som en del av ett homogent rör. En fördel med denna metod är enligt Blomfeldt, 2014 att det i teorin är en enkel process som inte kräver lika stor och tung utrustning i jämförelse med stumsvetsning. (Nordiska plaströrsgruppen, 2011)

Figur 3.4 Elektrosvetsmuff

Vid tester av rör i laboratorium som gått till brott, skiljs brottet beroende på om det är segt eller sprött. Ett segt brott är önskvärt då det uppstår en plastisk deformation som visar att skarven är väl utförd. För ett sprött brott uppstår brottet i kontaktytorna mellan rören utan plastiska deformationer och det är ett tecken på dåligt utförd svets vilket kan leda till en läcka. (Blomfeldt, 2013)

3.4.2 Stumsvetsning

Vid stumsvetsar av rör (se figur 3.5) värms de röränder som ska sammanfogas så att de smälter. Rören är fästa i en ställning som för ihop ändarna och håller dem sammanpressade med ett bestämt tryck under en bestämd kyltid. När rören är hoptryckta svalnar de och plastmaterialet stelnar och binds ihop i varandra. Före svetsningen är det viktigt att båda röränderna är jämna och rena för att få en stark svets. Det är alltså en relativt säker metod att sammanfoga rör. Dock kräver stumsvetsning utrustning som är tyngre och mer omständlig än elektromuffsvetsning. Vid stumsvetsning gäller olika tider, temperaturer och tryck. De kallas för svetsparametrar och anges av rörtillverkarna. Ett problem med stumsvetsning är att det enbart kan göras under produktionstiden. (Nordiska plaströrsgruppen, 2011)

Figur 3.5 Stumsvetsning

3.4.3 Flänsförband

Enligt Nordiska plaströrsgruppen (2011), används flänsförband ofta vid anslutning av PE-rör till ventiler, pumpar, rör av andra material etc. De delar som används för att skapa ett flänsförband är bordring, lösfläns, packning och bultar. Bordringen av PE-material svetsas på röränden enligt stumsvetsmetoden. Lösflänsen träs på röret innan bordringen svetsas på plats och packningen placeras mellan röret och anslutningen för att täta skarven. Anslutningen hålls ihop med hjälp av bultar som spänns enligt föreskrivna parametrar. Alla parametrar finns beskrivna i regelverk. (Nordiska plaströrsgruppen, 2011)

3.4.4 Mekanisk skarvning

Det finns olika produkter på marknaden för att skarva PE-rör med mekanisk skarvning (se figur 3.6). Kopplingen låser rören med hjälp av låsringen. När systemet trycksätts vidgar sig röret och friktionen i kopplingen ökar. Ett problem som kan uppstå med denna skarvtyp är repor på ledningen. (Nordiska plaströrsgruppen, 2011)

Figur 3.6 Mekanisk skarvning

3.5 Produktionsmetoder

När entreprenörerna bygger en ny eller renoverar en befintlig ledning i marken så finns det flera olika metoder att använda sig av.

3.5.1 Nybyggnad av ledning – ledningsschakt

Det traditionella sättet att bygga på är genom att skapa ett ledningsschakt. Jordmassor flyttas då ut från ledningsgraven, ledningar placeras på ledningsgravens botten och sedan fylls schaktet igen med jordmassor av olika fraktioner. De olika fraktionerna packas ordentligt för att ledningen inte ska drabbas av skjuvspänningar, kompressioner etc. Att bygga med ledningsschakt är ett dyrt sätt att bygga ledningar på, både ekonomiskt och miljömässigt. Det tar lång tid, blir mycket transporter av jordmassor och medför störningar för omgivningen. Att vistas i ledningsschakt kan även vara riskfyllt då ras eller skred kan ske om inte försiktighetsåtgärder är väl genomtänkta och genomförda. (Giertz, 2013)

3.5.2 Nybyggnad av ledning - schaktfria metoder

Ett annat sätt att bygga ledningar är att använda schaktfria metoder. Fördelen med schaktfria metoder är att störningen på omgivningen i form av avstängd infrastruktur blir mindre eller obefintlig. Om en ledning dras under till exempel en järnväg så är det ett krav att använda en schaktfri metod. Användandet av denna metod sparar både på miljö och tid då enbart en liten mängd jordmassor behöver transporteras bort, jämfört med ledningsschakt.

Styrd borrning är en metod där entreprenören med stor precision kan bygga ledningar med liten påverkan på omgivningen. Med denna metod kan ledningen svänga och styras på olika djup. Utrustningen borrar ett hål och operatören styr borrhuvudet med hjälp av radiosignaler. När borren kommer fram på rätt ställe så kopplar entreprenören på en rymmare, de vill säga en borr som vidgar hålet. På rymmaren kopplas själva röret och dras tillbaka. Denna metod är mycket bra vid nybyggnad av ledningar om marken består av sand eller lera. En nackdel är dock att tillgängligheten för reparation inte är så stor, eftersom ledningarna kan ligga väldigt djupt.

Raiseborrning är en metod där ett pilothål först borras för den önskade ledningsdragningen. Sedan dras utrustningen tillbaka med hjälp av borren som drivs av en borrstång som är placerad i pilothålet. Raiseborrning är en bra metod för att borra i berg och stenar.

(Giertz, 2013)

3.5.3 Ledningsrenovering

Det finns möjlighet att renovera en befintlig ledning som är i dåligt skick. Detta är ett kostnads- och tidseffektivt sätt att få en ledning i god kondition och ändå kunna utnyttja den gamla ledningen.

Infodring innebär att ett nytt rör placeras inuti ett befintligt rör. Detta kan göras genom att ett rör med mindre dimension dras igenom det befintliga röret. Mellanrummet som uppstår mellan rören fylls igen med cement. Det andra alternativet är att ett mjukt och hopvikt plaströr (strumpa) dras igenom det gamla röret. Väl på plats pressas den nya strumpan till dess rätta form med hjälp av vatten eller tryckluft och härdar sedan. Denna metod ger ett nytt rör av mindre dimension. Dock kan VA-huvudmannen ha ungefär samma flöde i röret då friktionen är lägre än i det gamla röret.

Rörspräckning innebär att en spräckkon dras igenom ett befintligt VA-rör vilket då vidgar sig och spricker. Det nya röret fästs på konens baksida och dras samtidigt igenom.

(Giertz, 2013)

3.6 Beskrivning av fel

Läckage på vattenledningar är vanligt på det svenska dricksvattennätet. Vatten är dock billigt att producera i Sverige och därför lönar det sig inte ekonomiskt att leta rätt på alla läckor och reparera ledningarna. Dock uppstår det problem när det blir en stor läcka på en vattenledning. Vattnet som sprutar ut ur ledningen med högt tryck kan föra med sig den omkringliggande jordmassan och underminera marken. Detta kan i sin tur leda till hål i gator och stora vattensamlingar. Det kan även bli problem för abonnenter då ledningen vid reparationsarbetet kan behöva stängas av. (Lidström, 2012)

3.6.1 Otäta skarvar och anslutningar

Jianfeng m.fl. beskriver i sin rapport från 2011 problem med elektrosvetsmuffar. De bygger sin rapport från forskning i bland annat USA där dessa muffar är ett stort problem. 53 % av alla driftstörningar på PE-ledningarna inträffade i skarvarna och där var majoriteten elektrosvetsmuffar. I denna rapport tar de upp fyra olika felkällor i svetsmetoden. Dessa är dålig skrapning, för lång svetstid, skador och deformationer. Även dr Edward Ingham pekar på att skarvarna är ett stort problem i sin rapport från 2013 angående PE-ledningar i Storbritannien. Där orsakas 43 % av alla driftstörningar på PE-ledningar på grund av skarvproblem.

Enligt **Nordiska plaströrsgruppen**, 2009 är skarvar och anslutningar en känslig punkt på PE-ledningar där det på senare år förekommit flera fall av läckage. Orsaken till läckor i skarvar och anslutningar kan ha flera orsaker. Skarven ska både klara av att ta upp krafter från vattentrycket samt de längsgående krafter som uppstår till följd av spänningar från uppvärmning och nedkylning av rören. (Nordiska plaströrsgruppen, 2009)

Ingham, Lowe & Starkey gjorde en studie i England på åtta skadade elektrosvetsmuffar där det visade sig att sju av skarvarna var dåligt utförda. Det som brast i utförandet var att rören var dåligt skrapade och dåligt rengjorda. Studien visar även att i fyra av fallen var det fel på rören. Rören var inte inom de kravnormer för ovalitet som finns och dessa fel härleds i studien till att rören har lagrats på ett felaktigt sätt på byggarbetsplatsen. I ett av fallen var det elektrosvetsmuffen som var orsaken till felet, vilket ledde till en dålig sammansmältning. (Ingham, Lowe & Starkey)

Boge och Hjärtfors från Chalmers universitet har i rapporten från 2011 tittat på felfrekvensen på elektrosvetsmuffar. I rapporten har de undersökt hur kvalliten och hållfastheten på skarven påverkas av utförandet. Resultatet av rapporten visar att skrapning av röret på den del där svetsen ska utföras är viktigt för en hållbar svets. Enligt rapporten går det inte att ersätta skrapningen med att tvätta röret med olika kemikalier. Skillnaden mellan ett skrapat och ett oskrapat rör visar sig vid undersökning vara ett oxidationsskikt som finns kvar på ett oskrapat rör. Detta skikt går inte att få bort med hjälp av kemikalier och påverkar elektrosvetsmuffens kvalitet negativt där sammansmältningen mellan röret och muffen försämras. Rapporten pekar på att oxidationsskiktet på rörets yta påverkas mer av tillverkningsprocessen än lagringstiden utomhus. Under tillverkningsprocessen kyls röret dels av den omgivande luften men även med vatten som innehåller syre.

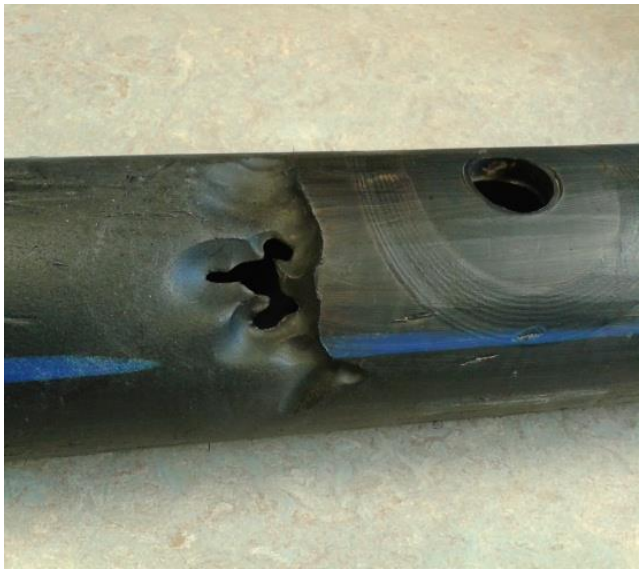
Enligt **Blomfeldt**, 2013 finns det flera faktorer som spelar in om svetsen ska bli bra. Rören har en tendens att dra ihop sig i röränderna till följd av spänningar som uppkommer i tillverkningsprocessen. Detta kallas för toe-in och leder till att rören måste svetsas snart efter att de har kapats. Om detta inte görs blir det en glipa mellan muffen och röret, vilket leder till att det smälta PE-materialet rinner förbi kylzonen och skarven får för lite sammansmält massa. Svetstrycket blir då inte tillräckligt stort för att få en bra och hållbar skarv. (Blomfeldt, 2013)

Nordiska plaströrsgruppen beskriver år 2011 att en annan viktig faktor att ta hänsyn till är att det inte ska vara spänningar och böjningar i elektrosvetsmuffen vid svetsning. Detta kan leda till att toleranserna som är angivna underskrids och samma problematik som är beskrivet i ovanstående stycke uppstår. Den tredje varianten av problemet som ger samma fel som ovanstående, det vill säga en glipa under svetsning, är att stora rör får en ovallitet under lagringen. Det medför att toleranserna riskerar att underskridas med dåliga svetsar som följd. (Nordiska plaströrsgruppen, 2011)

Jacobsson gjorde 2010 en testrapport av en stumsvets. Vad gäller skarvar av stumsvetstyp som går till läckage beror även det ofta på felaktigt handhavande i svetsprocessen. Det är viktigt att de olika svetsparametrarna följs för att få en godkänd svets. Rapporten visar att sammansmältningen av fogen i det fallet inte var tillräcklig. Anledningen till det var felaktiga svetsparametrar, vilka beskrivs i kapitlet 3.4.2 om skarvar. Detta ledde till att skarven inte höll den kvalitet som behövdes för att motstå de krafter som vattnet skapar i röret.

3.6.2 Hål

Ett hål på en vattenledning leder, beroende på hålets storlek, till stora vattenförluster. En ledning som är trycksatt med tio bar och får ett hål av en tändstickas storlek får, enligt Stenberg (1973), ett läckage av cirka tretton kubikmeter vatten per dygn. Enligt Olsson, 2014 är ett hål på en modern polyetenledning ovanligt eftersom PE-ledningar med högre densitet är mer motståndskraftigt mot dessa skador, se avsnitt 3.3.5. Däremot kan det uppstå hål till följd av läckande skarvar. Vattenstrålen som sprutar ut från den lilla läckan tar med sig sand från omgivningen och blästrar närliggande rör (se figur 3.7). Blästringen är effektiv och ett större hål skapas under kort tid. (Olsson, 2014)



Figur 3.7 Sandblästrat rör

3.6.3 Deformation

En vattenledning av polyeten expanderar i drift och får alltså en ökad dimension. En ökning som kan uppgå till ungefär tre procent av den ursprungliga. Mer om detta står i kapitel 3.2.1. Denna dimensionsökning är inte ett problem vid normal drift, men kan leda till problem vid läckage då det inte går att reparera ledningen med en elektrosvetsmuff, eftersom muffen inte passar det deformerade röret. (Olsson, 2011)

3.6.4 Längsgående sprickor

Längsgående sprickor är vanligare förekommande på äldre PE-ledningar, enligt Helenius (2014). Polyetenmaterialet i dessa ledningar är ordnade i långa parallella kedjor vilket leder till att hållfastheten mellan kedjorna är svag. Vid höga tryckbelastningar kan det därför bildas längsgående sprickor i ledningen med läckage som följd. Kedjorna i nyare material korsar varandra och blir därför mer beständigt mot längsgående sprickor. (Helenius, 2014)

Vid ett test av tryckhållfastheten på en PE-ledning av materialet PE80 med dimensionen 32 mm och tryckklassen PN10 klarade röret ett tryck av 45 bar innan det uppstod en längsgående spricka. Detta är högt över det värde röret är dimensionerat för. Röret (som syns i figur 3.8) testades på Stockholm Vattens förråd i Sickla år 2004, enligt Helenius år 2014.

Figur 3.8 Sprucket rör efter test av tryckhållfasthet

3.6.5 Provtryckning

Redan innan en ledning tas i drift finns det möjlighet att testa ledningens hållfasthet. Detta är ett led i byggentreprenörsarbetet för att säkerhetsställa att ledningen är korrekt utförd. Idag provtrycks de flesta vattenledningarna i Sverige enligt standarden VAV P78. Kortfattat så utförs metoden genom att höja trycket i ledningen (högre än driftstrycket) till provtrycksnivån under tolv timmar. Detta görs för att den viskoelastiska ledningen ska tillåtas att expandera. Efter tolv timmar höjs trycket igen (har sjunkit på grund av ledningens expansion) genom att tillföra mer vatten till ledningen. Vattenmängden som behöver tillföras under fem timmar för att hålla konstant tryck mäts och värdena jämförs mot diagram. (Andersson & Karlsson, 2011)

Andersson och Karlsson gjorde 2011 en undersökning för Svenskt Vattens räkning bland VA-huvudmän och de företag som utför provtryckningarna. Rapporten pekar på att det finns brister med denna metod då ledningar som först blivit underkända senare blivit godkända i ett andra test. Problemen har framförallt uppkommit på långa ledningar av stora dimensioner, hög densitet och SDR-tal sjutton. Detta beror enligt författarna på att det är svårt att beräkna hur mycket ledningarna expanderar till följd av det ökande trycket. Denna osäkerhet över hur mycket ledningen ska expandera ger ett osäkert resultat över om ledningen är tät eller inte.

Under ett vattenledningsprojekt som genomfördes av Norrköping Vatten 2008-2009 byggdes en femton kilometer lång huvudvattenledning i stora dimensioner. Innan ledningen driftsattes provtrycktes den och då uppstod sju stycken läckor. Det läckorna hade gemensamt var att alla skedde vid elektrosvetsmuffar (Westling, 2012). När däremot Stockholm Vatten byggde en vattenledning 2009 blev den godkänd i provtryckningen, men ledningen har ändå haft fyra läckor på de fem år den varit i drift och problemen har även där varit i skarvar och anslutningar (Olsson, 2011). Detta ger enligt Helenius (2014) en osäkerhet kring hur tillförlitlig provtryckningsmetoden för PE-ledningar är och därför undersöker organisationen 4S möjligheten att röntga skarvar i fält.

3.7 Underhållsarbete

Medlemmarna i 4S bygger sina ledningsnät med en planerad drifttid av 150 år. För att ledningarna ska hålla den utsatta tiden är det viktigt att ledningen byggs på ett bra sätt och att lärdomar dras av de fel som uppstått tidigare. I slutändan är VA-huvudmannens uppgift att året om leverera vatten till brukarna. Därför är det viktigt hur hanteringen av en läcka fungerar inom organisationen under hela processen, från upptäckt till uppföljning.

3.7.1 Läckhantering

Som beskrivet i inledningen av avsnitt 3.6 finns det idag läckor på det svenska vattenledningsnätet. Det är många som inte upptäcks, men uppstår det en stor läcka krävs det en akut åtgärd. En läcka på en vattenledning kan upptäckas på olika sätt. En stor läcka kan leda till att vatten tränger upp i gatumiljön och rapporteras då oftast in till VA-huvudmannen av allmänheten. VA-huvudmannen registrerar en eventuell läcka i en databas, undersöker vad som har hänt och hur de ska åtgärda felet. En annan metod som även den är beskriven av Sundahl (1996) är att systemet själv larmar om det upptäcker onormala tryckfall. Ett utdrag ur en driftstörningsrapport från Stockholm Vatten visar att en inkommen rapport om driftstörning hanteras som ett nytt ärende i databasen. Därefter registreras alla följande kontakter och åtgärder som utförs för att kunna gå tillbaka och ta del av all historik om driftstörningen.

De möjligheter att upptäcka läckor som är beskrivna i föregående stycke är tillfällen då akut underhåll krävs, enligt underhållsmetoden SS-EN 13306. Enligt Giertz (2014) är resultatet av att behöva genomföra akut underhåll arbetsmässigt, störningsmässigt och ekonomiskt kostsamt i jämförelse med ett planerat underhållsarbete. Det är därför en fördel att tidigt upptäcka en potentiell läcka och på det sättet kunna planera underhållsåtgärden innan ledningen går till brott. Ett effektivt underhållsarbete ger möjlighet att kunna reparera ledningen med rätt material, rätt personal och under rätt tid på dygnet, vilket leder till bättre service för abonnenten.

De olika VA-huvudmännen genomför aktivt sökning och lokalisering av de läckor som uppkommer. Detta sker oftast när det uppkommit misstanke om läcka och kan ske genom olika metoder, så som till exempel läck-logger, spårgas eller flödesmätning.

3.7.2 Driftstörningsrapporter

När en läcka på en ledning upptäcks och har åtgärdats ska det dokumenteras i en databas. Hur detta görs och vilken information som finns med ser olika ut hos olika VA-huvudmännen. Enligt Sundahl, 1996 är systemet med driftstörningsrapporter viktigt för att kunna sammanställa information om ledningsnätet. Sundahl kritiserar i sin rapport hur dessa driftstörningsrapporter hos de fem kommuner som är med i undersökningen är ifyllda. De saknar information som behövs för att göra

fullständiga slutsatser över olika ledningars kondition. En annan brist hos driftstörningsrapporterna enligt Sundahl är att det inte finns någon gemensam mall för hur dessa rapporter ser ut. Ett gemensamt underlag underlättar möjligheten att dra slutsatser om de olika driftstörningarna. Det är även viktigt som ett led i att förstå vad som sker i ledningsnätet och förebygga nya fel och störningar för abonnenten. (Sundahl, 1996)

Väl ifyllda rapporter har enligt Sundahl ett stort värde. Sundahl beskriver i sin rapport hur attityden gällande driftstörningar skiljer sig åt i Sverige och USA. I USA läggs större vikt vid att beskriva var skadan är placerad på röret och hur den ser ut. Detta menar Sundahl ökar möjligheten till att förstå hur och varför skadan har uppkommit för att på det sättet kunna dra slutsatser om det är brister i produkten eller handhavandefel som är orsaken till driftstörningen. Med den utgångspunkten går det att dra slutsatser för att förbättra materialets kvalitet, produktionsmetoder och projekteringsmetodik. (Sundahl, 1996)

När forskningen, som ligger till grund för Sundahls (1996) rapport, gjordes så upptäcktes flera brister i driftstörningsrapporterna. Dels var det uppenbara brister som att information saknades i rapporterna, men det fanns även andra rena faktafel som bara kunde upptäckas med kritiskt granskande. Därför är det viktigt att den som fyller i rapporten är noggrann, har kunskap om vad som menas med alla punkter och förstår betydelsen av driftsstörningsrapporten. Det är även viktigt att den som ska använda störningsrapporten är kritisk i granskandet av den. (Sundahl, 1996)

3.7.3 Åtgärdsplaner

Informationen som driftstörningsrapporterna ger är viktig för planering av hur ledningssystemet ska behålla sitt syfte. Det ligger till underlag för renoveringar, uppdateringar och ombyggnationer av ledningar. Vid planering av åtgärder är det viktigt att besluten inte bara grundas på åldern på ledningen. I rapporten visar Sundahl (1996) på skador i förhållande till ledningens ålder. Statistiken visar att skadefrekvensen ökar med ökad ålder på ledningen tills dess att ledningen uppnår en ålder av trettio år. Därefter finns det inget samband mellan skador på ledningen och dess ålder. Slutsatsen av detta menar författaren är att det kan vara bättre att skapa åtgärdsplaner efter hur drabbad en viss ledningssträcka är av skador istället för att bestämma renoveringsbehovet utifrån ledningens ålder. (Sundahl, 1996)

4. Genomförande och datainsamling

I detta kapitel beskrivs vilken information som har inhämtats och hur den har hanterats.

4.1 Tillvägagångssätt

Från början valdes enbart medlemmarna i 4S ut för insamling av statistik. Av Tomas Helenius på Stockholm Vatten tilldelades kontaktpersoner på de nio olika VA-bolag som är medlemmar i 4S, som sedan kontaktades via telefon. I telefonsamtalet förklarades kort vad som efterfrågades, men för att ha allt i skriftlig form mejlades även ett dokument med frågor angående den information som behövdes till de berörda VA-huvudmännen. Under arbetets gång framkom det att flera av VA-huvudmännen hade ett bristfälligt dataunderlag eller ont om tid att besvara frågorna vilket ledde till att ytterligare sju ledningsnätsägare i Sverige tillfrågades för att få ett bredare statistiskt underlag.

Av totalt sexton tillfrågade VA-huvudmän inkom svar som kunde användas i undersökningen från sex. Orsaken till bortfallet är beskrivet i ovanstående stycke. De resultat som inkom och som har använts i denna undersökning varierar avseende hur mycket information som varit angivet och vilken möjlighet det varit att använda informationen.

Det frågeformulär som skickades till VA-huvudmännen (finns i bilaga 1) beskrev vilken information som behövdes för att genomföra undersökningen och var uppdelat i två delar. Den ena delen var information angående VA-huvudmännens ledningsnät, för att få en bild över hur deras nät såg ut och möjliggöra att fördela läckorna på antal löpmeter vattenledning. Den andra delen av frågeformuläret handlade om de olika driftstörningsrapporter som VA-huvudmännen har, det vill säga rapporter om när en ledning har behövt underhåll. Dessa frågor konstruerades för att få så mycket information som möjligt angående de olika läckorna som VA-huvudmännen har haft på PE-ledningar.

De data som tillhandahölls hade olika format beroende på VA-huvudman. Resultaten inkom dels i Exceldokument, men även i form av olika typer av driftstörningsrapporter. Somliga VA-huvudmän hade även gjort intervjuer på arbetsplatsen, vilka tyvärr inte kunde användas i denna sammanställning eftersom orsaken till läckorna inte fanns dokumenterat.

Kvaliteten på inkommande data varierade mellan de olika VA-huvudmännen vilket har tagits hänsyn till i granskningen. I några fall var driftstörningsrapporterna som tillhandahölls direkta utdrag ur VA-huvudmännens databas, och har därför inte blivit kontrollerade från VA-huvudmännens sida. Detta refereras som kvalitetsgranskning eller kvalitetssäkring. Författarna av detta arbete har inte haft tillgång till de olika databaserna och har istället gjort en övergripande kvalitetssäkring på det materialet som inkommit. Kvalitetsgranskning har gjorts genom egna slutsatser kring uppenbara felaktigheter, men även genom kontakt och diskussion med de berörda VA-huvudmännen kring misstänkta fel.

All inkommande information fördes in i ett egentillverkat Exceldokument för att få ett enhetligt underlag. Med hjälp av Excel sammanställdes även olika typer av diagram som gjorde det enklare att påvisa olika typer av samband. Diagrammen som påvisar intressanta resultat finns med i resultatdelen av denna rapport medan statistik som av författarna ansågs allt för osäker eller utan relevans valdes att utelämnas. När olika typer av samband i statistiken upptäcktes kontaktades åter VA-huvudmännen för att få en förklaring till sambanden, vilket även till viss del ligger till grund för det som har skrivits i kapitlet analys och slutsatser.

5. Resultat

I detta kapitel visas de diagram som skapats av det underlag som tillhandahållits av VA-huvudmännen. Till varje diagram finns det en beskrivande text som förklarar hur de skapats, vilka parametrar de tar hänsyn till och felkällor som finns kring det specifika diagrammet.

5.1 Göteborg Stad Kretslopp Och Vatten (GBG)

Den första VA-huvudmannen som delgav data var Göteborg Stad. Över 400 läckrapporter där PE var angivet som det läckande materialet fanns tillgängliga. Det hade dock inte skett någon kvalitetssäkring av Göteborg Stad på det inkomna materialet vilket gjorde att alla rapporter behövde gås igenom för att sålla ut de som uppenbart var felaktiga. Hos Göteborg Stad fanns elektroniskt lagrade läckor från och med år 1995. Vad gäller informationen angående deras ledningsnät så kom användbar data in från det över 50 mil långa PE-ledningsnätet. Detta tillsammans med det stora antalet läckrapporter ledde till att användbar statistik kunde sammanställas.

Eftersom Göteborg Stad delgav så pass användbar data används deras diagram för att beskriva hur statistiken har bearbetats till de olika diagrammen. Vissa diagram som har gjorts (både hos Göteborg Stad och hos andra VA-bolag) har av olika anledningar inte tagits med i rapporten. Till exempel att diagrammet inte varit användbart, eller påvisat och tillfört någonting.

5.1.1 Beskrivning och sammanställning

Diagram 5.1 visar antalet läckor som skedde under ett visst år delat på hur långt det totala PE-ledningsnätet var vid det givna året. De felrapporter som använts från Göteborg innehöll alla information om vilket år skadan inträffade. I och med att Göteborg KOV år 1995 började registrera läckor elektroniskt så användes bara data från och med det året.

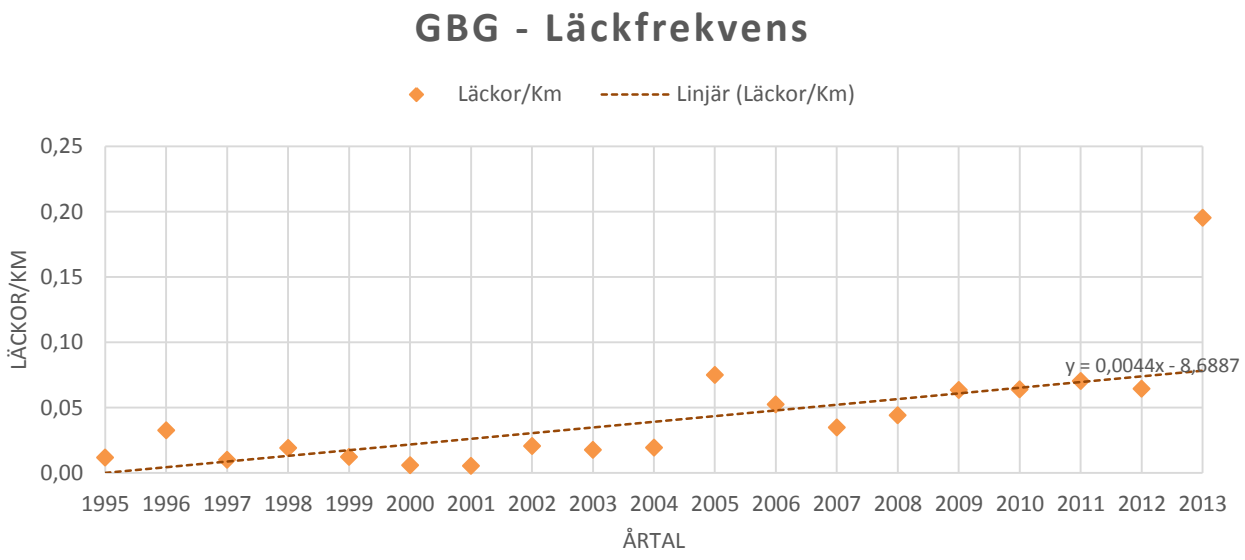


Diagram 5.1 Läckfrekvensen för Göteborg Stad

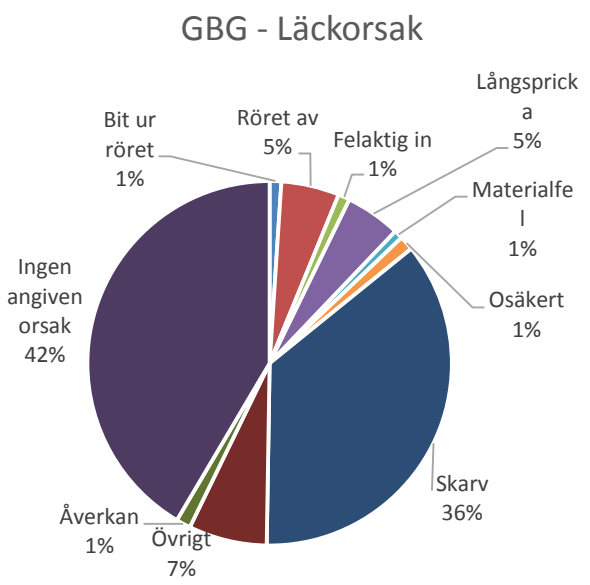


Diagram 5.2 Läckorsak från alla inkomna driftstörningsrapporter, i Göteborg Stad

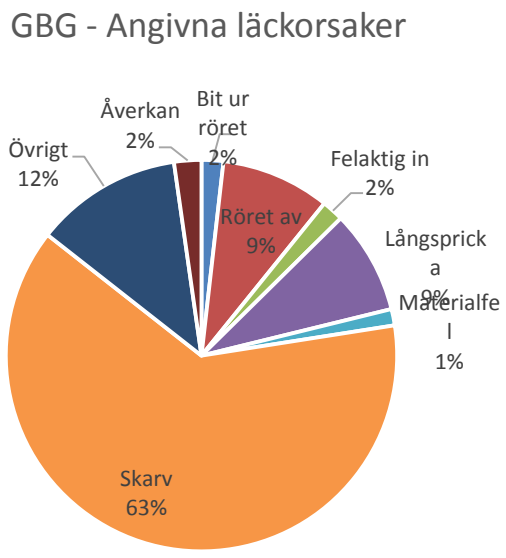


Diagram 5.3 Läckorsak hos GBG, där de utan angiven orsak och osäkra har sållats bort

Hur vanligt förekommande en viss skadeorsak är i läckrapporterna visas procentuellt i diagrammen 5.2 och 5.3. Diagram 5.2 visar alla rapporter som inkommit medan 5.3 redovisar resultaten från de rapporter där skadeorsaken varit angiven. En felkälla med diagram 5.3 är att många läckrapporter saknar angiven orsak vilket ger ett stort mörkertal kring orsaken till läckan. Beskrivning av de olika orsakerna finns i kapitel 3.6.

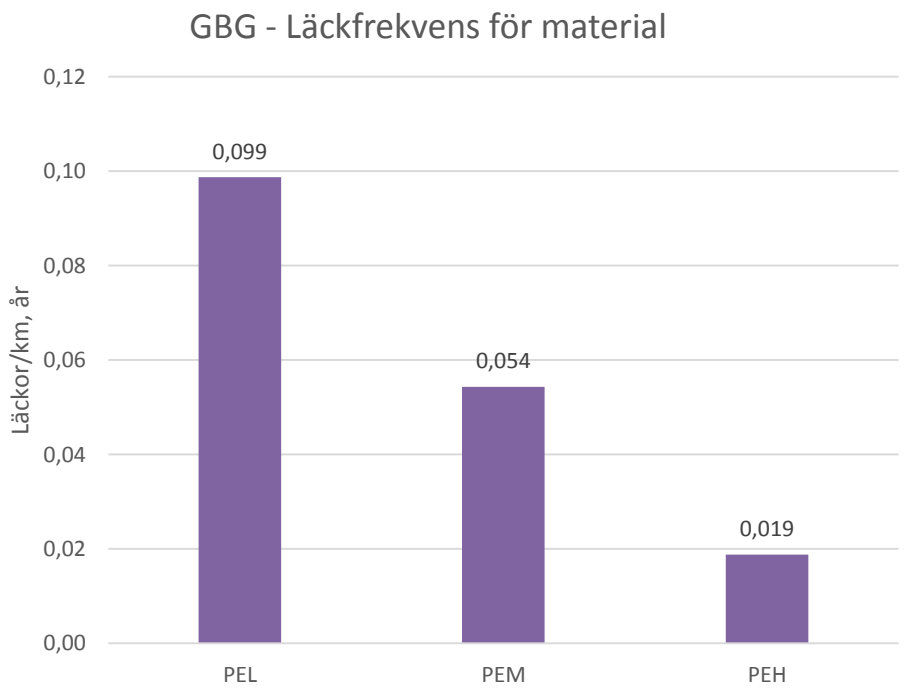


Diagram 5.4 Läckfrekvensen uppdelat i olika typer av PE-material för Göteborg Stad

Diagram 5.4 visar läckfrekvensen för olika rörmaterial uppdelat på hur många kilometer ledning det finns av det aktuella materialet och antal år som läckorna är registrerade. Göteborg Stad har i 367 av 388 driftstörningsrapporter angivit vilken typ av PE-material det har varit vid läckan, vilket ger ett lågt mörkertal. Förklaring av de olika materialen finns att tillgå i kapitel 3.3.3. Det fanns inga driftstörningsrapporter där ledningsmaterialet var beskrivet som PE63, PE80 eller PE100.

Läckfrekvensen uppdelad i olika delar av ledningsnätet visas i diagram 5.5. Läckfrekvensen är konstruerad på så sätt att antalet läckor på varje ledningstyp har delats med antalet kilometer ledning av den typen genom antalet år där läckor har registrerats i Göteborg Stad. HLED står för huvudledning, SLED för servisledning och övrigt för andra typer av ledningar, exempelvis brandposter och avtappningsledningar. I andra diagram finns det ytterligare en stapel som heter DLED (distributionsledning), men Göteborg Stad skiljer inte på huvudledning och distributionsledning utan båda står som HLED. I alla driftstörningsrapporter från Göteborg Stad var det angivet vilken typ av ledning som läckan var på.

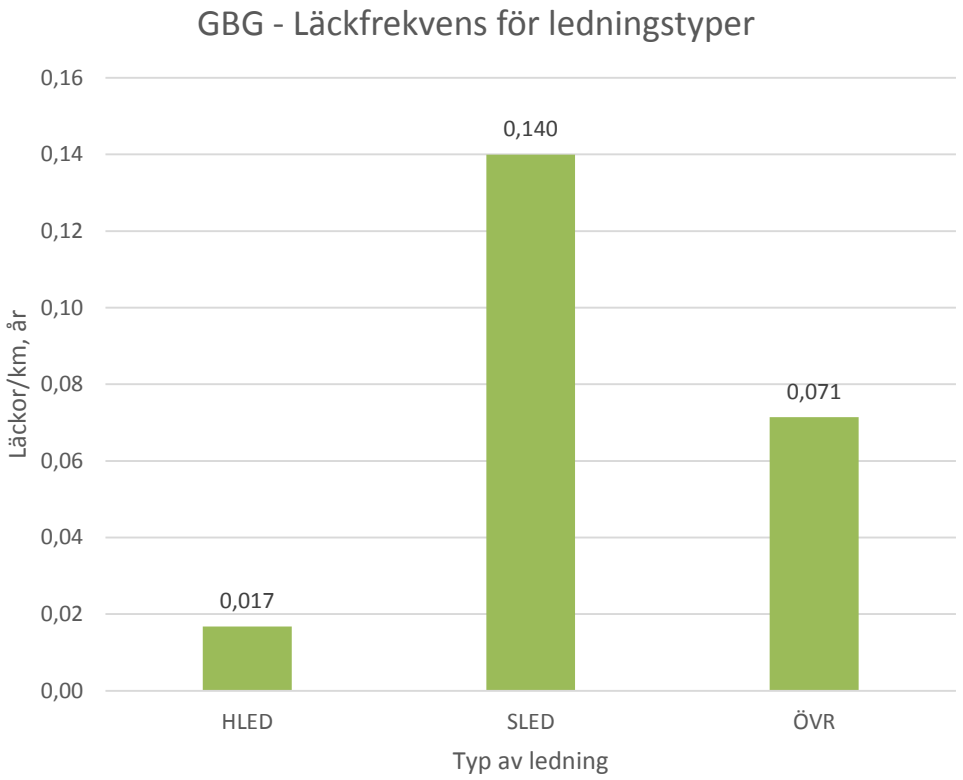


Diagram 5.5 Läckfrekvensen uppdelad i olika typer av ledningar för Göteborg Stad

Diagram 5.6 visar läckfrekvensen uppdelad på ledningens diameter. Det är uträknat på antal läckrapporter för en viss dimension delat på totala ledningslängden av den dimensionen och antal år som ledningen har kunnat läcka. Ledningens diameter var angiven i samtliga driftstörningsrapporter från Göteborg Stad. Alla dimensioner som hade totala ledningslängder under 1 kilometer togs bort ur diagrammet då det ansågs vara missvisande statistik.

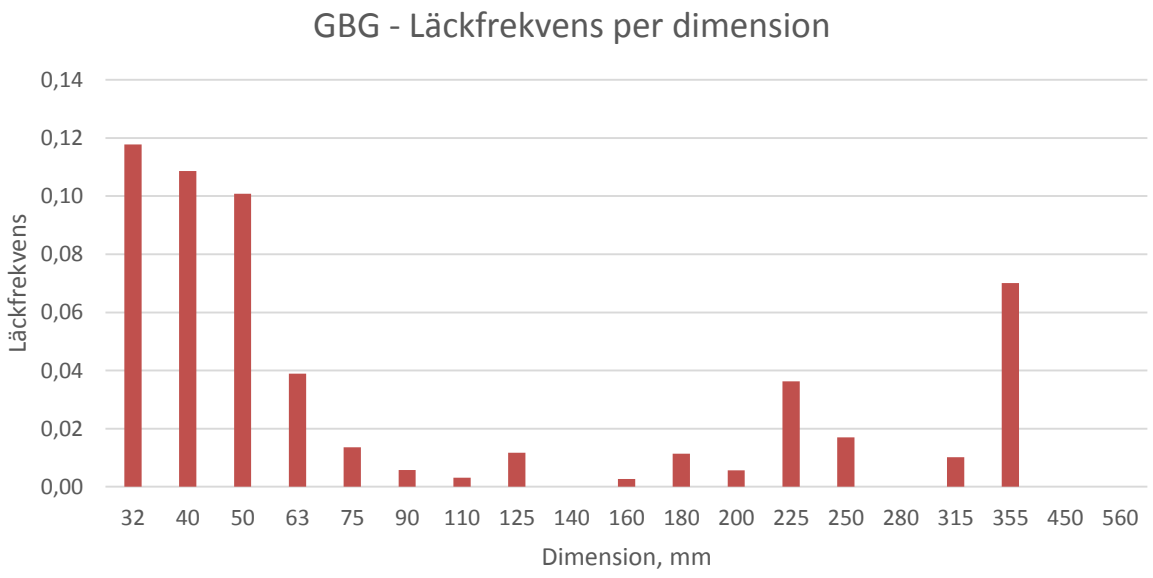


Diagram 5.6 Läckfrekvensen för olika dimensioner i Göteborg Stad

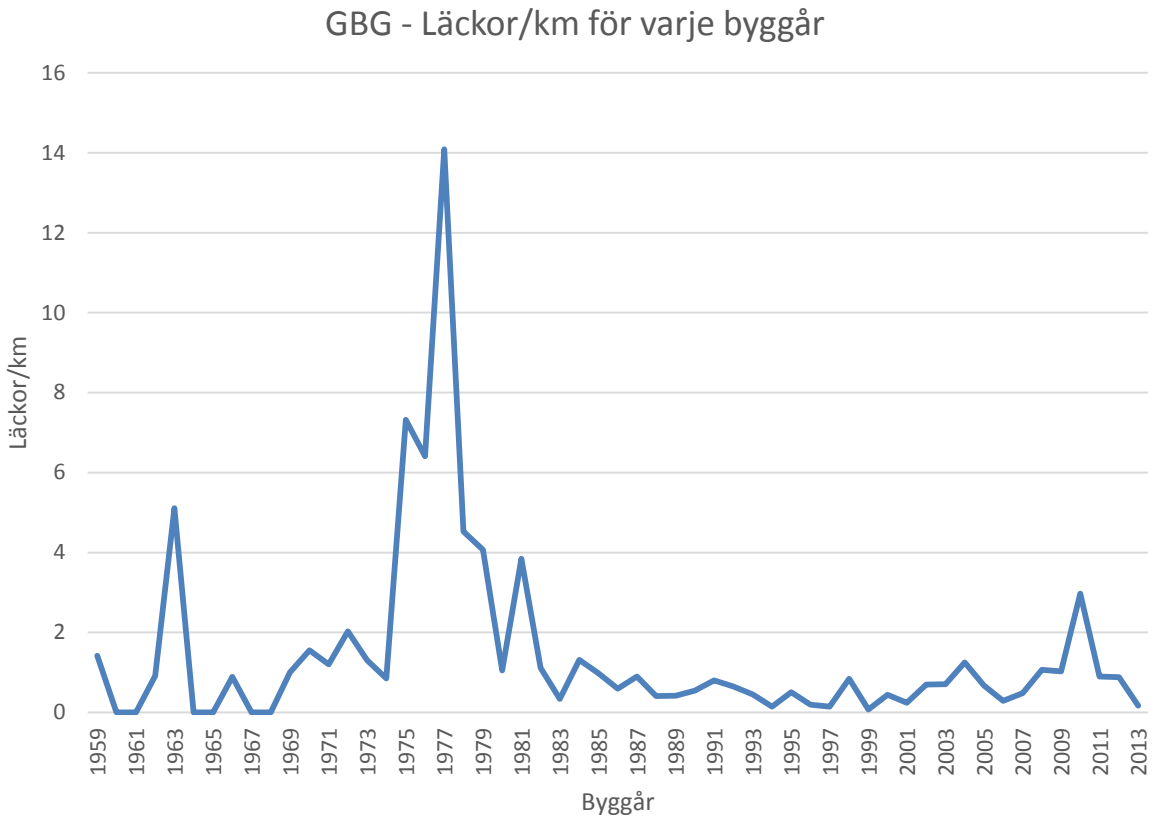


Diagram 5.7 Antalet läckor per km uppdelat i olika byggår, för Göteborg Stad

Läckfrekvenser för olika byggnadsår i Göteborg Stad redovisas i diagram 5.7. Den räknades ut genom att addera de rapporterna som hade ett angivet byggår och dela ut det på antalet kilometer ledning som byggdes det året. Det kan anses lite missvisande, eftersom de äldre ledningarna har haft fler år på sig att läcka. Detta ledde till att ett till diagram gjordes där läckfrekvensen delades ut på antalet möjliga läckår. Det diagrammet påvisade dock inte mer än detta, vilket ledde till att diagram 5.7

valdes att presenteras. I underlaget innehöll majoriteten av rapporterna en uppgift om vilket år ledningarna byggdes, dock hade 106 av 537 kilometer ledning inte angivet årtal vilket kan ha påverkat diagrammet. Särskilt under de tidiga åren, då det inte byggdes lika mycket i PE.

I driftstörningsrapporterna från Göteborg Stad finns det i nästan samtliga fall angivet vilken jordart de skadade ledningarna är placerade i, vilket redovisas i diagram 5.8. Det finns dock inga uppgifter i underlaget hur mycket av det totala PE-ledningsnätet som är placerad i respektive jordart.

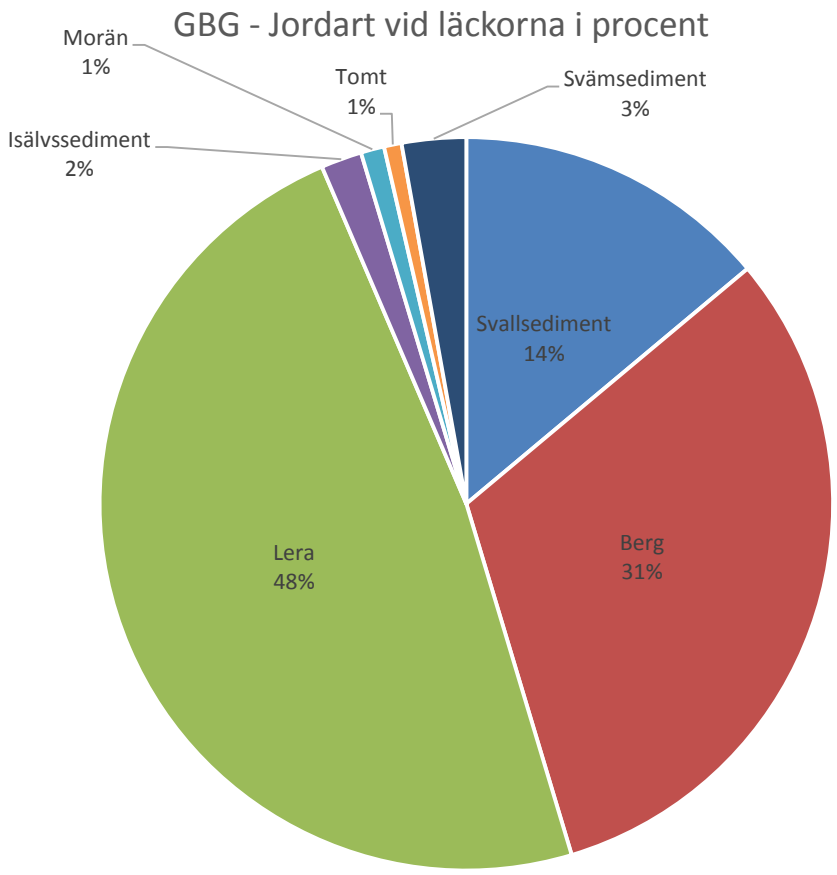


Diagram 5.8 Hur stor procent av läckorna som var vid varje jordart, i Göteborg Stad

Diagram 5.9 visar hur stor andel av de rapporterade läckorna som har skett på renoverade ledningar. De olika renoveringsmetoderna finns med i diagrammet för jämförelse mellan dem. Data saknas dock för exakt hur stor del av det totala VA-ledningsnätet som är renoverat.

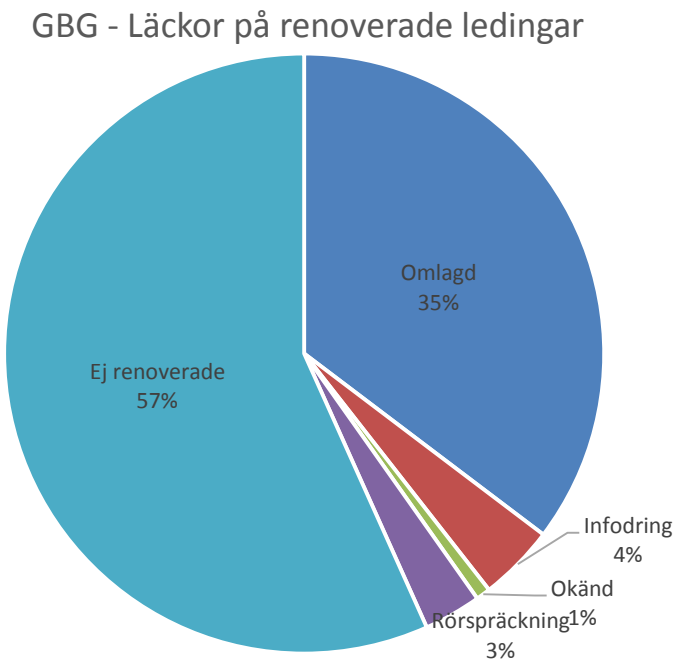


Diagram 5.9 Hur stor procent av läckorna som har varit på renoverade ledningar, i Göteborg Stad

5.2 Stockholm Vatten (STHLM)

På Stockholm Vatten fanns elektroniska läckrapporter registrerade från år 2006 och framåt. Det var svårt att på ett enkelt sätt få dessa rapporter, då det fanns buggar i systemet. Efter många försök inhämtades data från cirka 150 läckrapporter. Ett problem var dock att dessa inte hade genomgått någon fullständig kvalitetsgranskning för att säkerställa att materialet stämde. Den information som tillhandahölls angående Stockholm Vattens ledningsnät var däremot detaljerad och bra, vilket trots allt ledde till att materialet kunde användas för att dra enstaka slutsatser.

5.2.1 Beskrivning och sammanställning

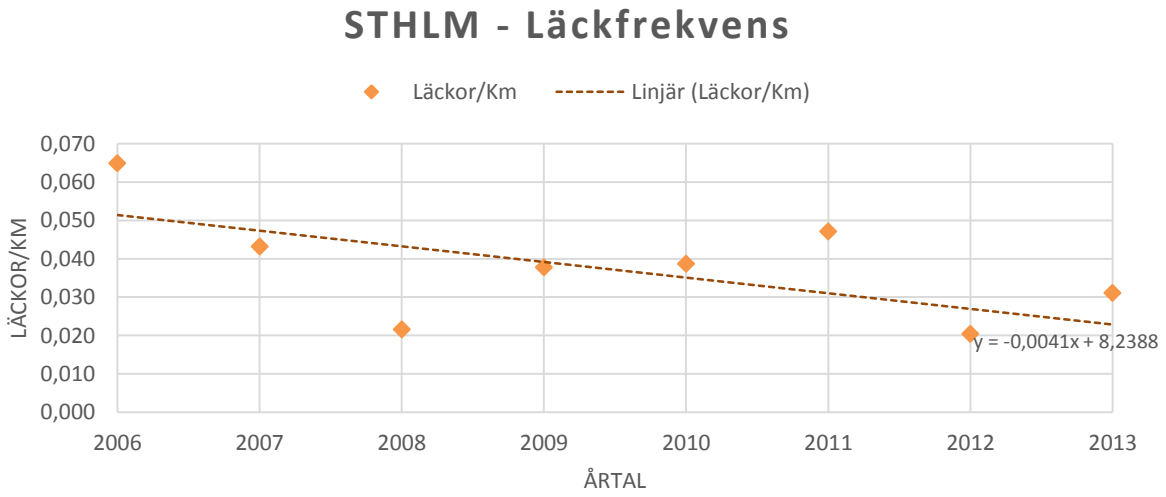


Diagram 5.10 Läckfrekvensen för Stockholm Vatten

Diagram 5.10 skapades enligt samma princip som diagram 5.1. De data som delgivits behandlar läckor som inträffat på ledningsnätet efter år 2005. Alla driftstörningsrapporter från Stockholm Vatten hade angivet vilket år skadan inträffade.

Diagram 5.11 och 5.12 beskrivs avseende tillvägagångssättet och felkällor i diagram 5.2 och 5.3.

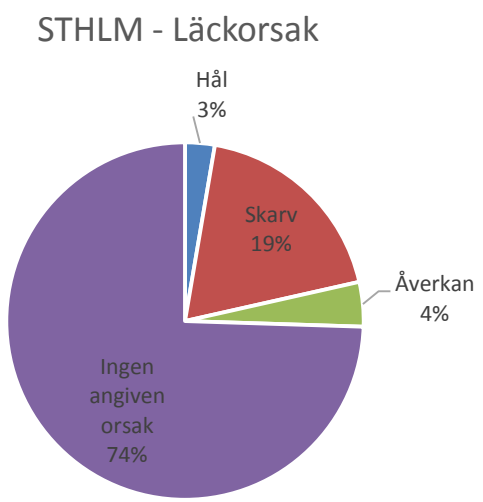


Diagram 5.11 Läckorsak från alla inkomna driftstörningsrapporter, i Stockholm

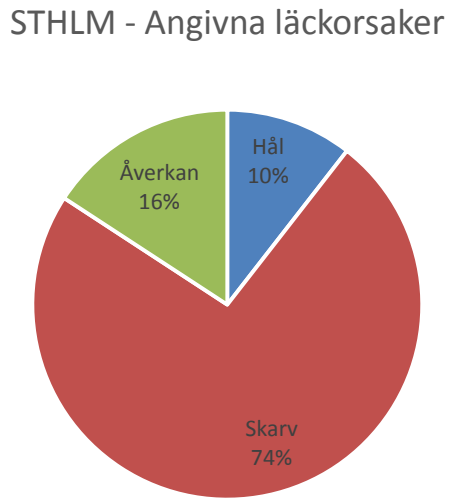


Diagram 5.12 Läckorsak hos Stockholm, där de utan angiven orsak har sållats bort

5.3 Norrvatten (NORR)

Norrvatten är en VA-huvudman som enbart har ansvar för huvudvattenledningar och har därför mestadels ledningar i större dimensioner. Fram till och med 2012 hade de cirka 10 km ledning i PE. I och med det pågående byggandet av Norrtäljeledningen, har dock siffran för PE-ledningar ökat. Norrvatten har haft totalt två läckor på polyetenledningar från dess att de elektroniskt började registrera läckorna år 1995. Det inkomna materialet var kvalitetssäkrat och kunde användas i den statistiska undersökningen. Dock är det svårt att föra separat statistik för Norrvatten eftersom underlaget är begränsat, varför resultaten enbart vägs in i de totala diagrammen.

5.4 Sydvatten (SYD)

Sydvatten är precis som Norrvatten enbart ansvariga för huvudvattenledningar. De började använda polyeten år 2002 och har sedan dess inte haft en enda läcka på dessa ledningar. Svaren vi fick var ändå kvalitativa och beslut togs därför att inkludera Sydvattens resultat i det statistiska underlaget. Av samma anledning som hos Norrvatten valdes att inte göra några enskilda diagram för Sydvatten, utan enbart ta med deras resultat i den totala statistiken.

5.5 VA SYD (MLEB)

När det framkom att det inte skulle komma in svar från alla medlemmar i 4S beslutades att ta kontakt med ytterligare sju VA-bolag. Ett av dessa var VA SYD, som trots den korta tiden lyckades få ihop ett användbart material som dock inte hann genomgå full kvalitetsgranskning. VA SYD är ansvariga för fyra kommuner (Malmö, Lund, Eslöv och Burlöv) och hade det längsta ledningsnätet (över 70 mil) vad gäller PE av alla som kontaktades. Totalt tilldelade 163 rapporter om läckor från VA SYD.

5.5.1 Beskrivning och sammanställning

Statistiken till diagram 5.13 är utfört på samma sätt som till diagram 5.5. I de data som inkom från VA SYD så var alla läckor kopplade till typ av ledning.

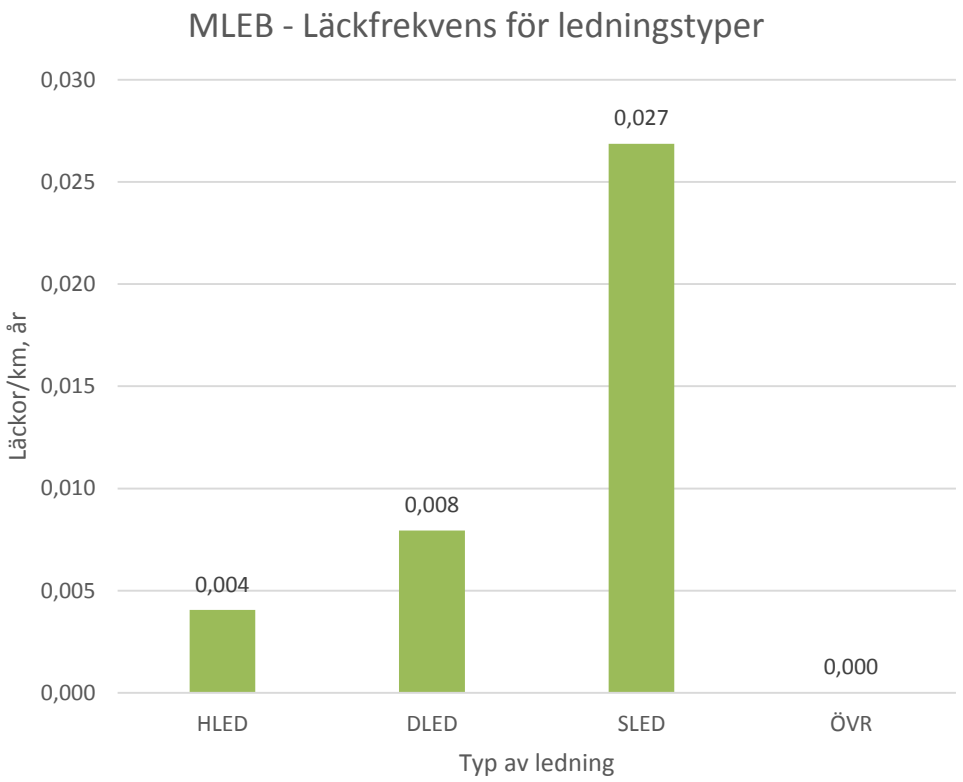


Diagram 5.13 Läckfrekvensen uppdelad i olika typer av ledningar för VA SYD

Diagram 5.14 gjordes likt diagram 5.6 och visar läckfrekvensen uppdelad på ledningens diameter. Det var enbart 4 av 169 läckande ledningar som inte hade någon dimension och enbart 5 av 730 km hade en okänd dimension.

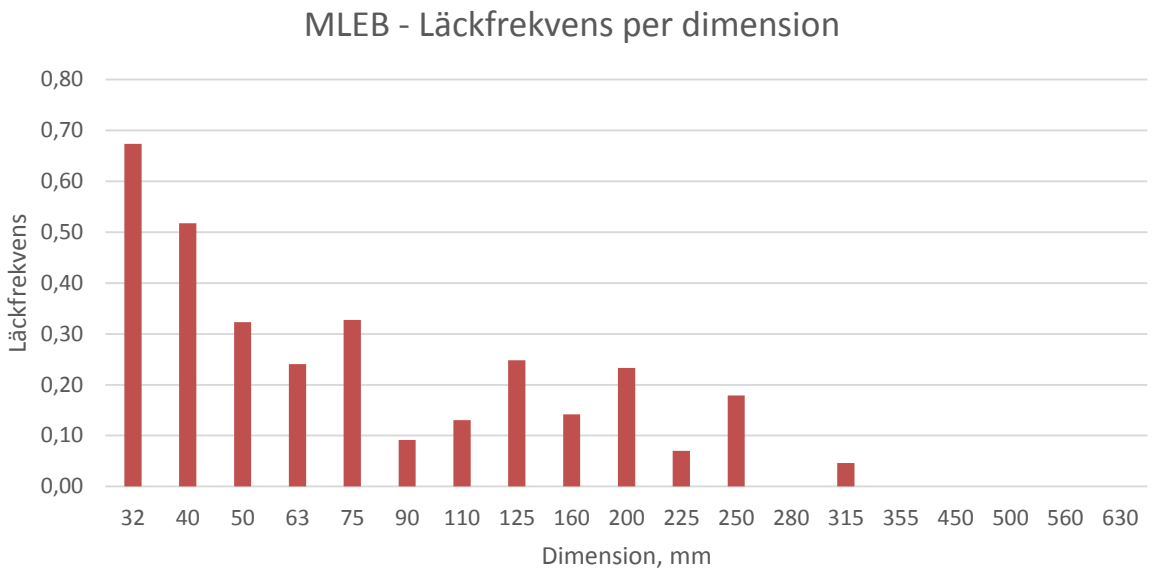


Diagram 5.14 Läckfrekvensen för olika dimensioner för VA SYD

Beskrivning av utförandet av diagram 5.15 finns vid diagram 5.7. Både antalet läckrapporter och ledningar hade angivet årtal i 88 procent av fallen.

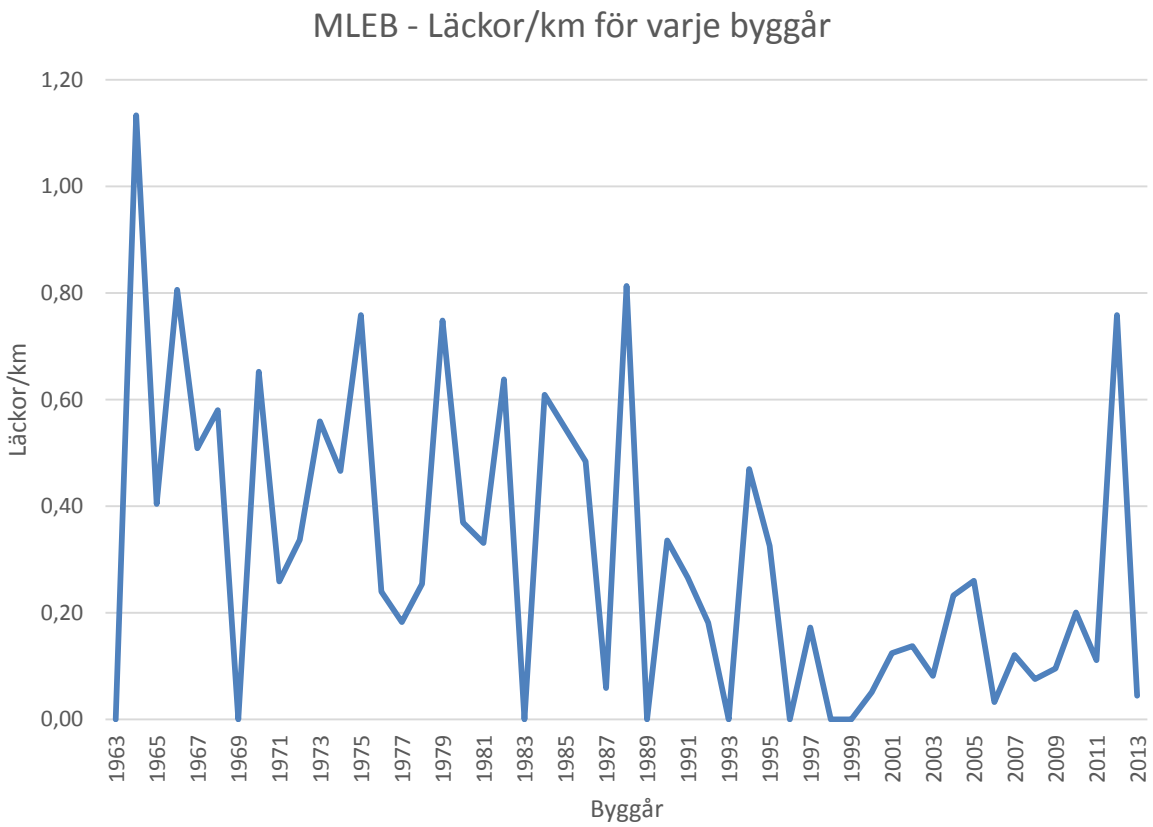


Diagram 5.15 Antalet läckor per km uppdelat i olika byggår, för VA SYD

5.6 Linköping (LKPN)

Precis som med VA SYD så kontaktades Linköping i ett sent läge, men kunde leverera ett bra och användbart material. Det var dock bara möjligt att få fram data från huvudledningar, vilket har gjort att vissa resultat kan vara påverkade av det. De 50 läckrapporter som kom in hade alla genomgått kvalitetssäkring och även ledningsnätsmaterialet innehöll användbar information.

5.6.1 Beskrivning och sammanställning

Beskrivning av hur diagram 5.16 konstruerades finns närmare beskrivet i diagram 5.1 från Göteborg. I Linköping fanns det elektroniskt lagrade läckor från 1984 och alla läckor hade angivet årtal.

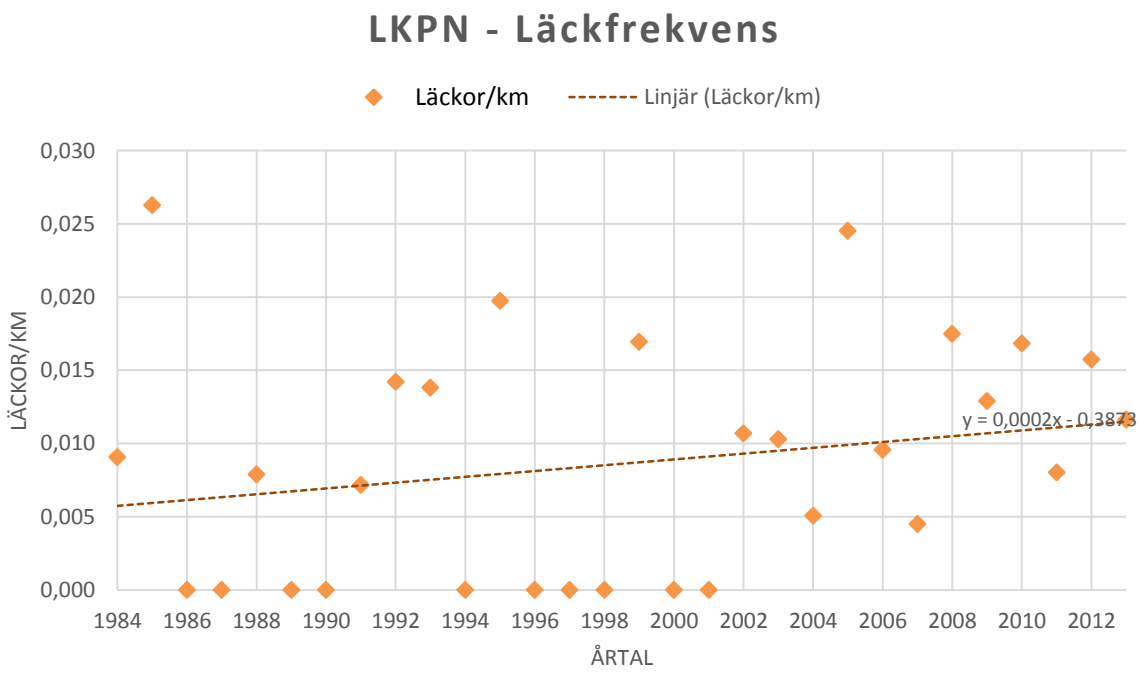


Diagram 5.16 Läckfrekvensen för Linköping

Diagram 5.17 gjordes med samma metod som diagram 5.2. I Linköping fanns dock orsaken till läckan registrerad i de flesta fall. Andelen rapporter som inte hade angiven orsak till läckan var enbart två och därför skapades inte ett diagram där denna faktor är borträknad. Enligt kontaktpersonen hos Linköping beskrivs kategorin övrigt i en del rapporter med en kommentar om orsaken till skadan, medan det i andra rapporter inte finns någon angiven orsak.

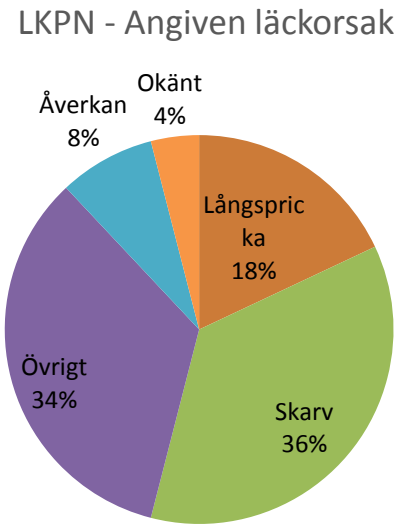


Diagram 5.17 De läckor i Linköping som hade orsak angivet

Diagram 5.18 gjordes på samma sätt som diagram 5.4. Dock hade över 30 % av ledningsnätet i Linköping inte angivet vilken typ av PE sträckan bestod av. Men eftersom Linköping tillsammans med Göteborg var de enda som hade angivet material så valdes att ändå ta med diagrammet. Dessutom har förklaring inkommit till varför diagrammet ser ur som det gör, vilket kan läsas om i analysdelen.

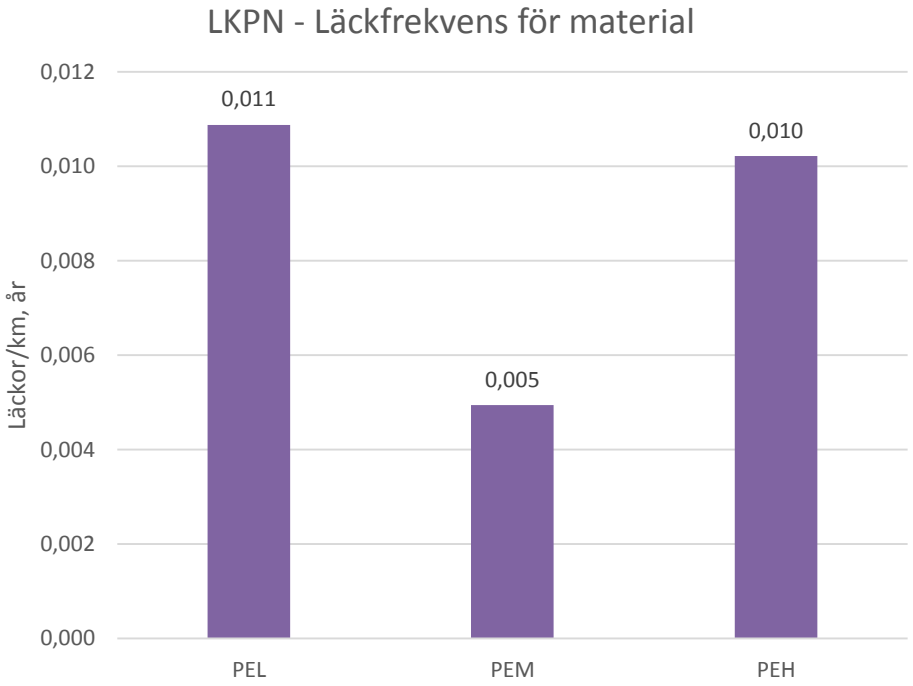


Diagram 5.18 Läckfrekvensen uppdelat i olika typer av PE-material för Linköping

Diagram 5.19 gjordes enligt samma metodik som diagram 5.6. I Linköping hade endast 5 meter ledning okänd diameter och alla läckor var kopplade till en diameter. Dock baseras statistiken enbart på huvudledningar.

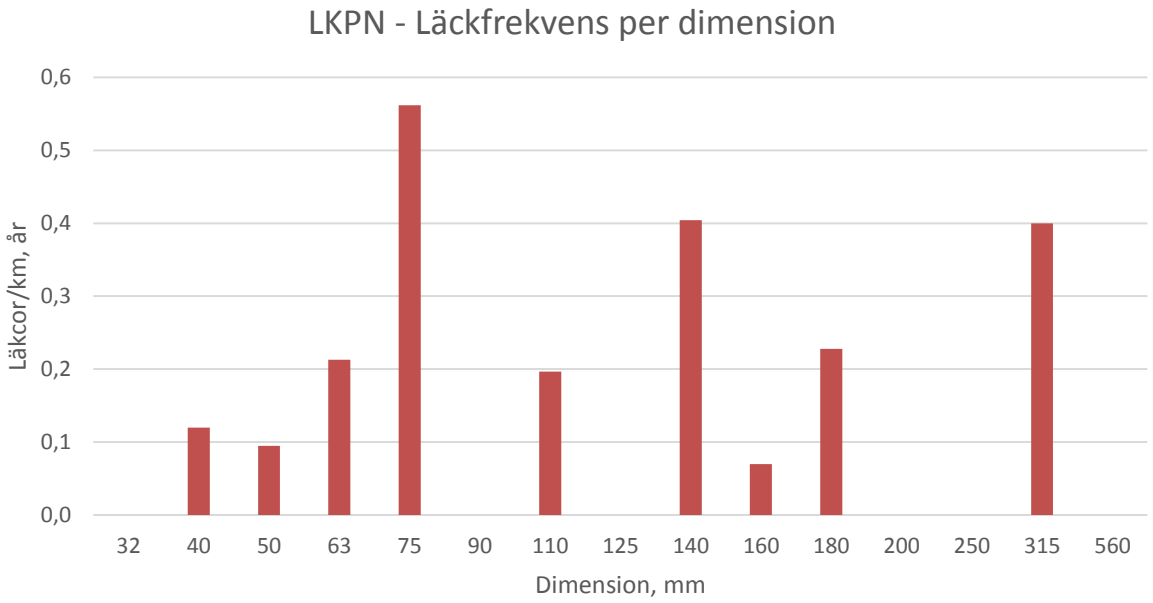


Diagram 5.19 Läckfrekvensen för olika dimensioner i Linköping

5.7 Totalt (TOT)

Förutom att varje enskilt VA-bolag sammanställdes för sig så valdes att också göra en total sammanställning där resultaten från de olika VA-huvudmännen räknades ihop. För att ge en rättvisande bild så valdes enbart de diagram där minst tre VA-bolag hade data.

5.7.1 Beskrivning och sammanställning

Metodiken som beskrevs vid diagram 5.1 användes vid skapandet av diagram 5.20. Varje enskild VA-bolag har förts in i samma diagram (5.20) för att se skillnader mellan olika bolag.

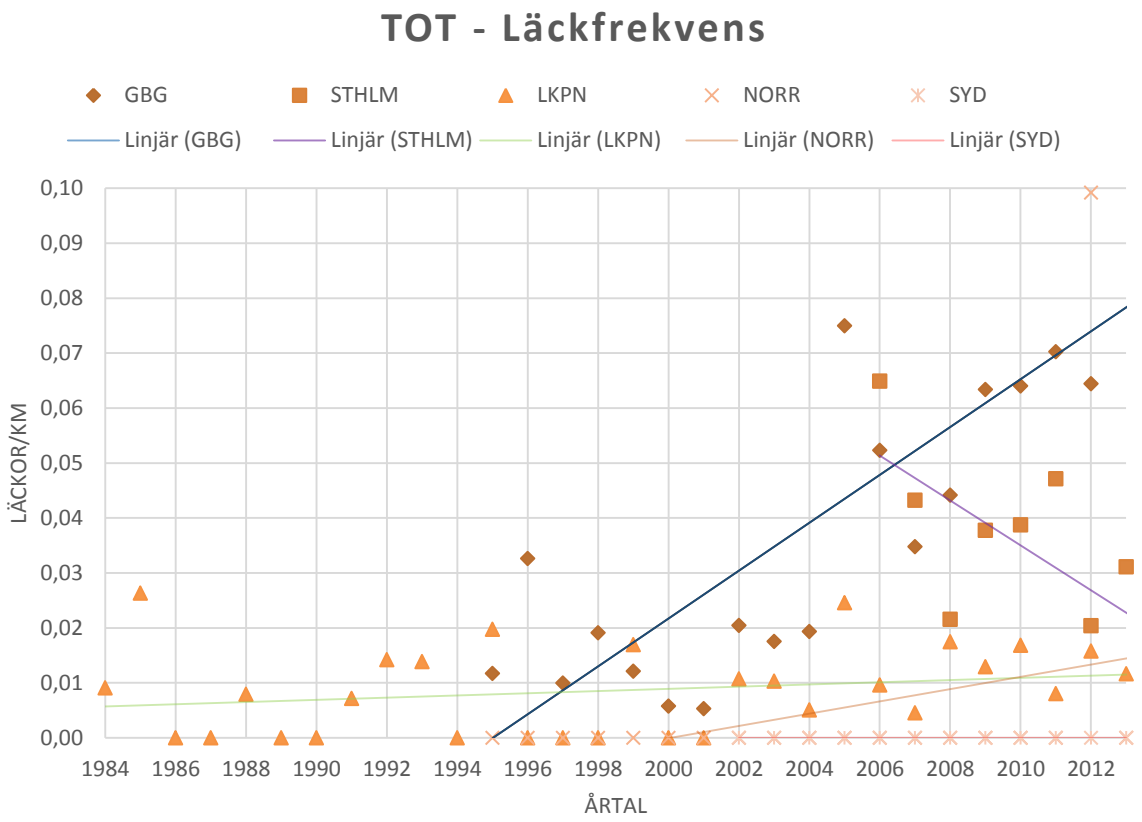


Diagram 5.20 Läckfrekvensen för GBG, STHLM, LKPN, NORR och SYD i samma diagram

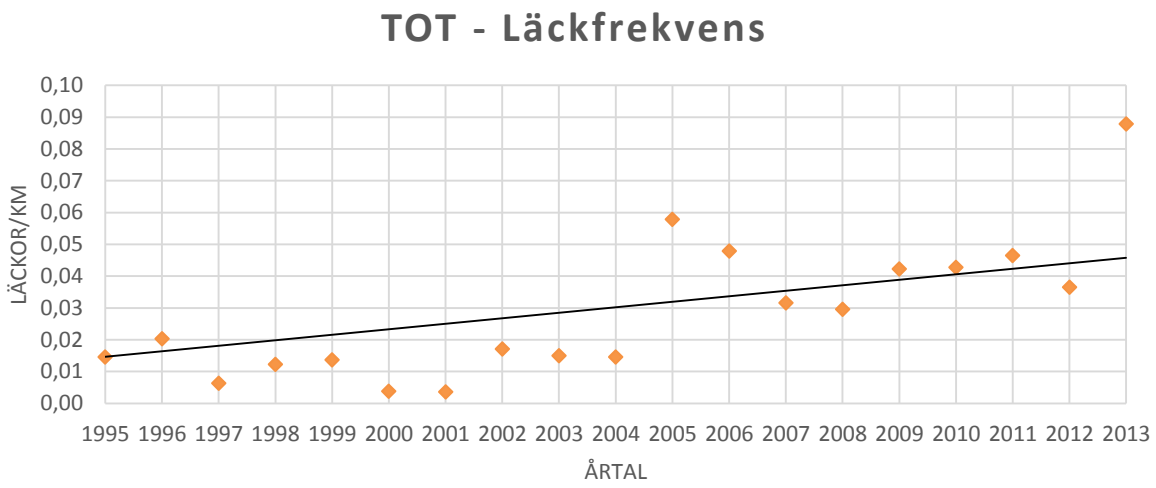


Diagram 5.21 Totala läckfrekvensen för GBG, STHLM, LNKP, NORR och SYD sammanräknat

När det sammanställda diagram 5.20 var klart valdes att även göra ett diagram (diagram 5.21) där all data räknades ihop. Diagrammet börjar från år 1995, eftersom det var första året då tre VA-huvudmän hade registrerade läckor. Beräkningen är alltså gjord på det totala antalet läckor upptäckta under ett visst år för de 5 VA-bolagen Göteborg Stad, Stockholm Vatten, Sydvatten,

Norrvatten och Linköping. Det antalet har sedan delats ut på det totala antalet kilometer ledning som fanns under det året.

Av de olika läckfrekvenserna uppdelade på år har ett snittvärde valts för att bestämma den totala läckfrekvensen. I diagram 5.22 redovisas de olika frekvenserna för de enskilda VA-huvudmännen och på dessa har det tagits ett medelvärde. Förutom det så finns det även med ett totalt värde som har sammanställts som ett medelvärde från diagram 5.21.

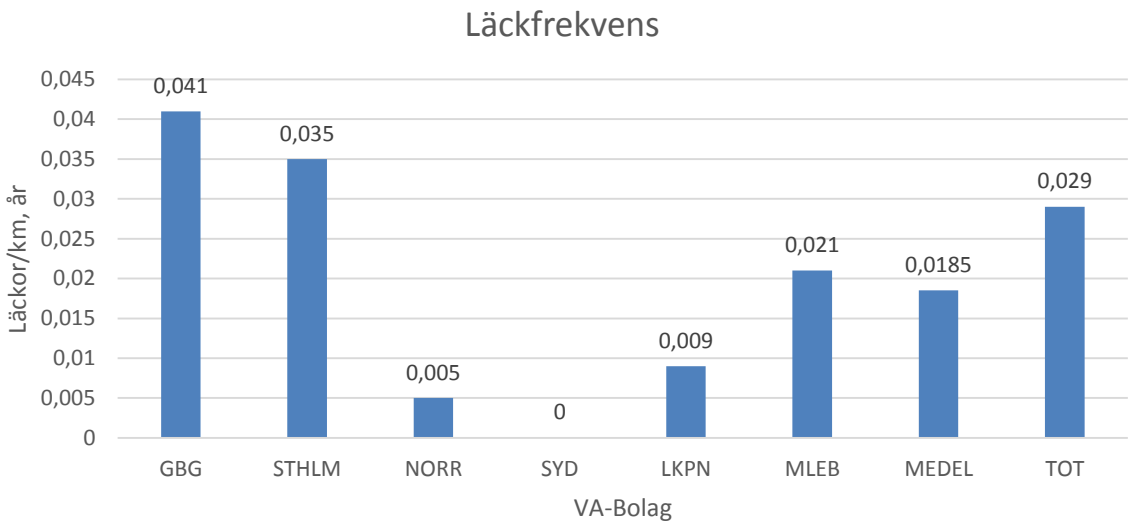


Diagram 5.22 Den totala läckfrekvensen för de olika VA-bolagen samt ett beräknat medel och total

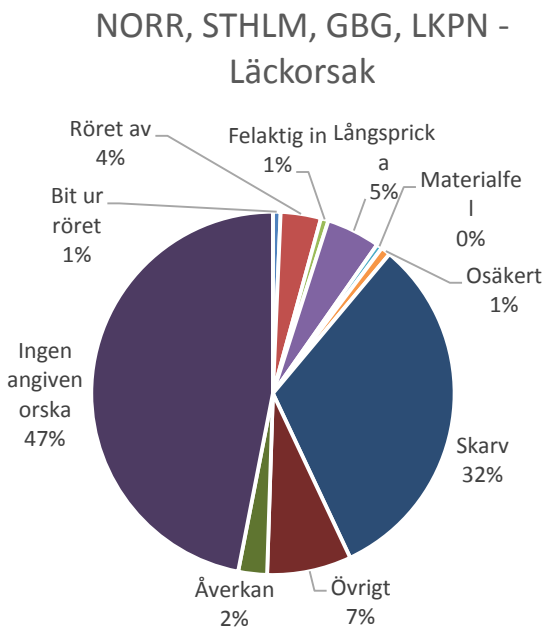


Diagram 5.23 De rapporterade orsakerna till läckorna på 4 VA-bolag

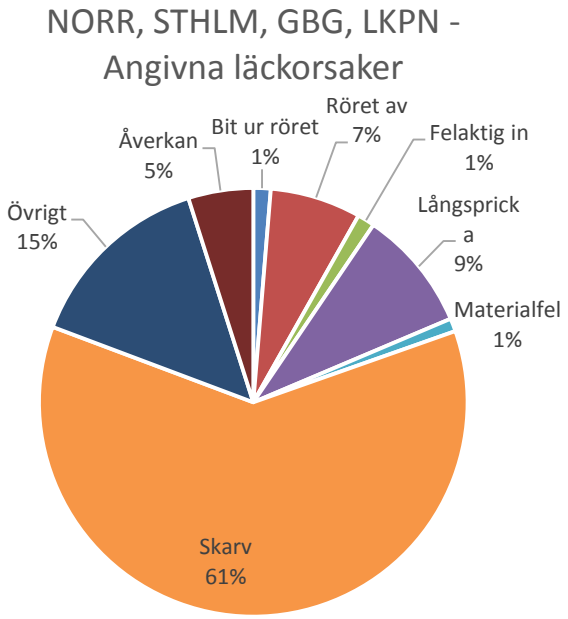
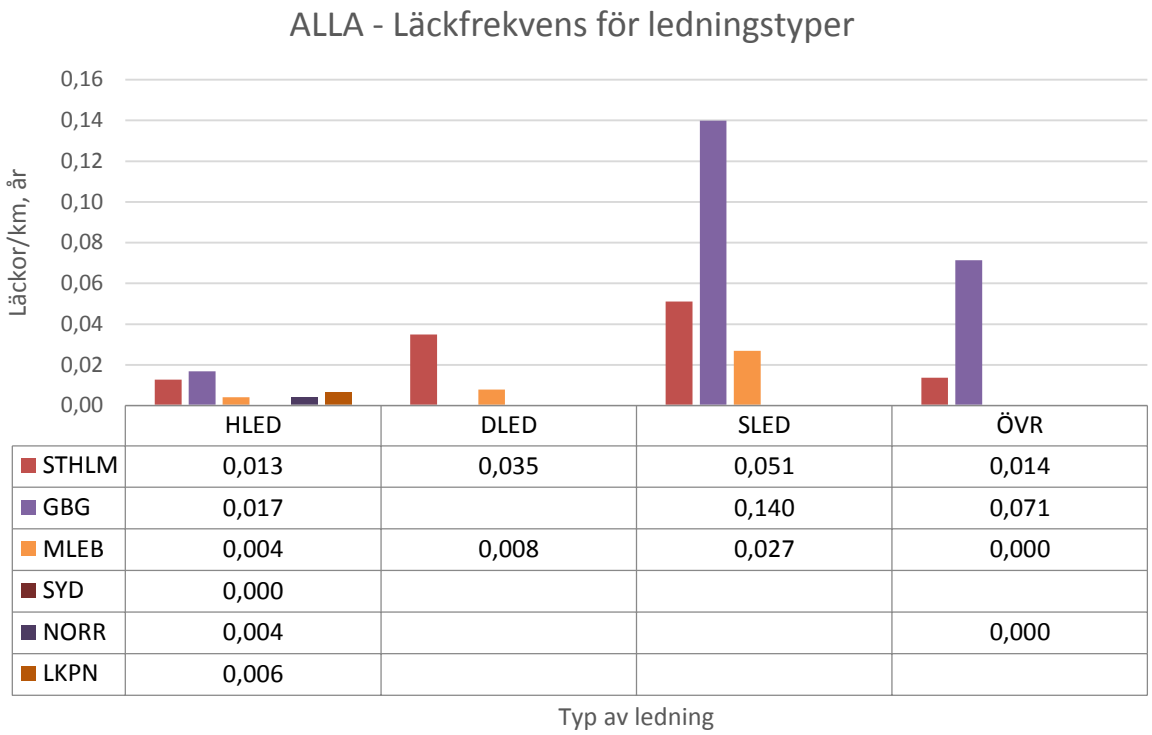


Diagram 5.24 De läckor som hade angiven orsak, dvs. ingen angiven orsak och osäkert är borttaget

Diagrammen 5.23 och 5.24 har konstruerats enligt samma princip som beskrevs för diagrammen 5.2 och 5.3. De fyra VA-huvudmännen som har används för att skapa dessa diagram har varit Göteborg Stad, Stockholm Vatten, Norrvatten och Linköping.

I diagram 5.25 har alla de olika läckfrekvenserna för olika typer av ledningar sammanställts i ett och samma diagram, för en mer övergripande bild. Metodiken som har använts finns beskriven närmare vid diagram 5.4. Som skrivits tidigare har Göteborg inte skiljt på distributions- och huvudledning, och vad gäller Sydvatten, Norrvatten och Linköping så fanns nästan bara huvudvattenledningar att tillgå.



	HLED	DLED	SLED	ÖVR
STHLM	0,013	0,035	0,051	0,014
GBG	0,017		0,140	0,071
MLEB	0,004	0,008	0,027	0,000
SYD	0,000			
NORR	0,004			0,000
LKPN	0,006			

Diagram 5.25 Läckfrekvensen uppdelad i olika typer av ledningar

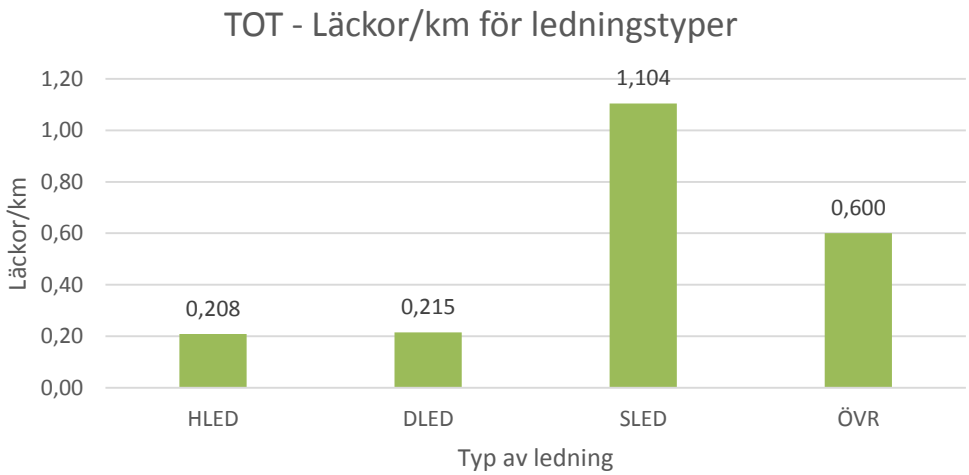


Diagram 5.26 Sammanräknat antal läckor per km uppdelad i olika typer av ledningar

I diagram 5.26 har de olika företagens resultat räknats ihop för att få totala siffror. Metodiken skiljer sig lite från ovan. De olika bolagen har olika ålder på sina registrerade läckor, så då valdes att enbart göra beräkningen på antalet totala läckor genom ledningslängden på den typen av ledning.

Den metodiken som beskrevs i diagram 5.6 har även använts i diagram 5.27 med skillnaden att resultat från alla sex VA-huvudmän har lagts in, för en bättre förståelse.

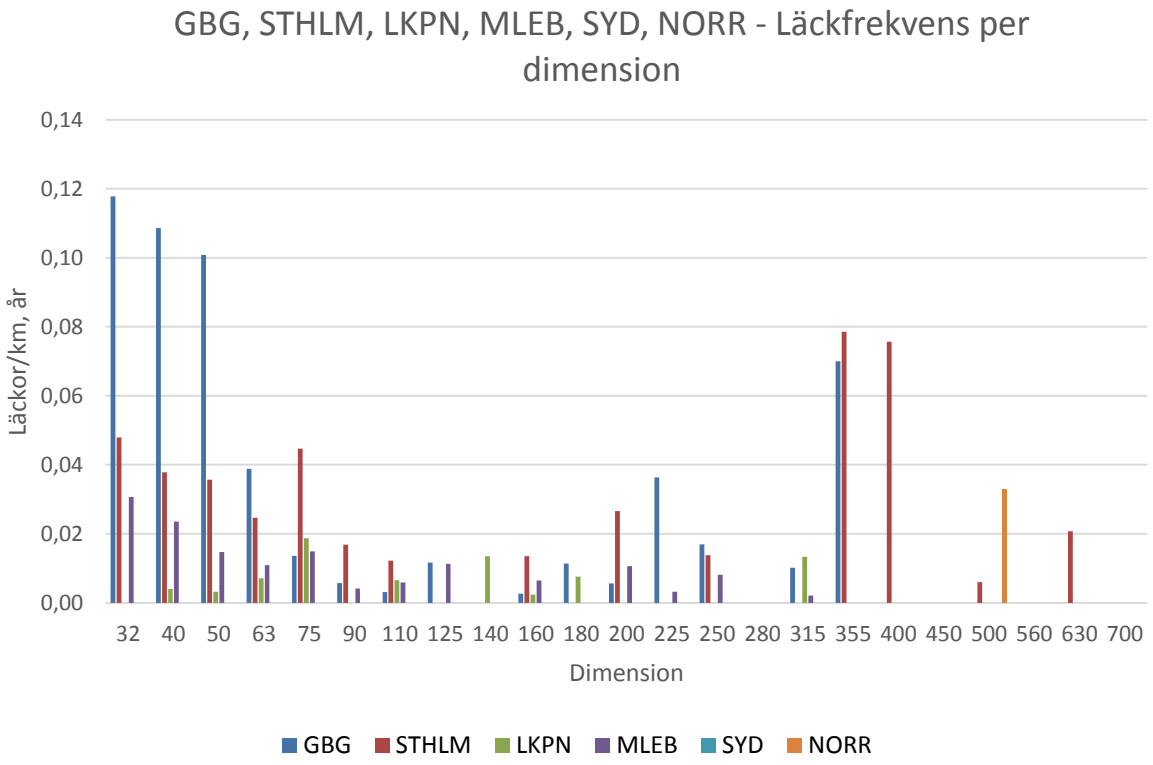


Diagram 5.27 Läckfrekvensen för olika dimensioner

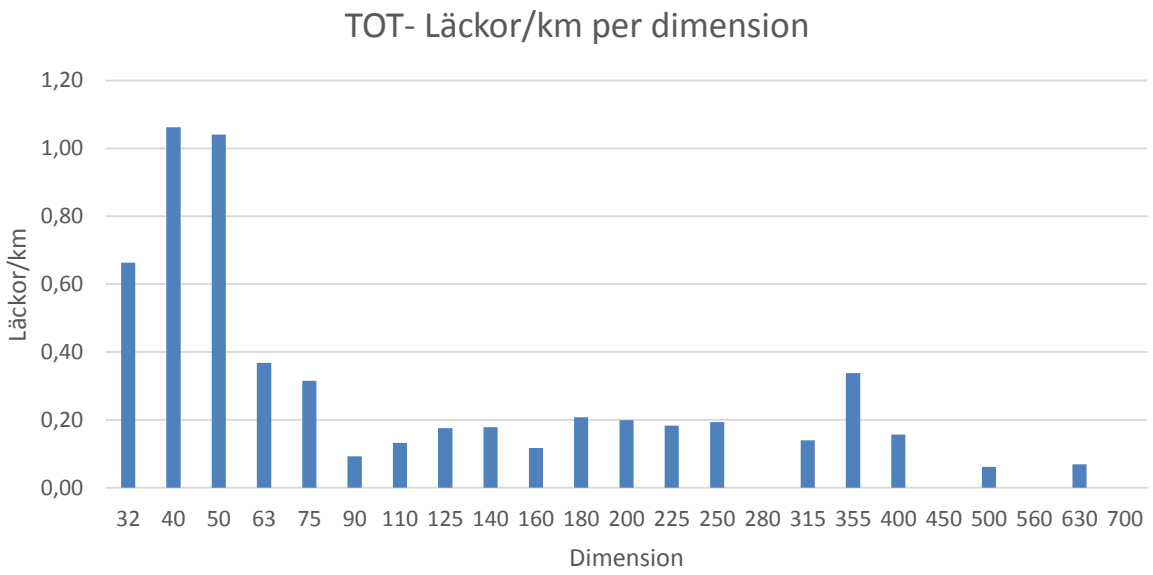


Diagram 5.28 Antalet läckor/km för olika dimensioner, sammanräknat för alla 6 VA-bolag

Eftersom diagram 5.27 kan anses missvisande då de läckfrekvenser som är noll inte syns skapades även diagram (diagram 5.28) som drog ut det totala antalet läckor på en dimension genom längden ledning som fanns i den dimensionen. Även i detta diagram valdes att bortse från år eftersom det är olika hos olika VA-bolag.

Diagram 5.29 är konstruerat efter samma metodik som beskrevs vid diagram 5.7, med skillnaden att fyra VA-bolag har använts och inte bara ett.

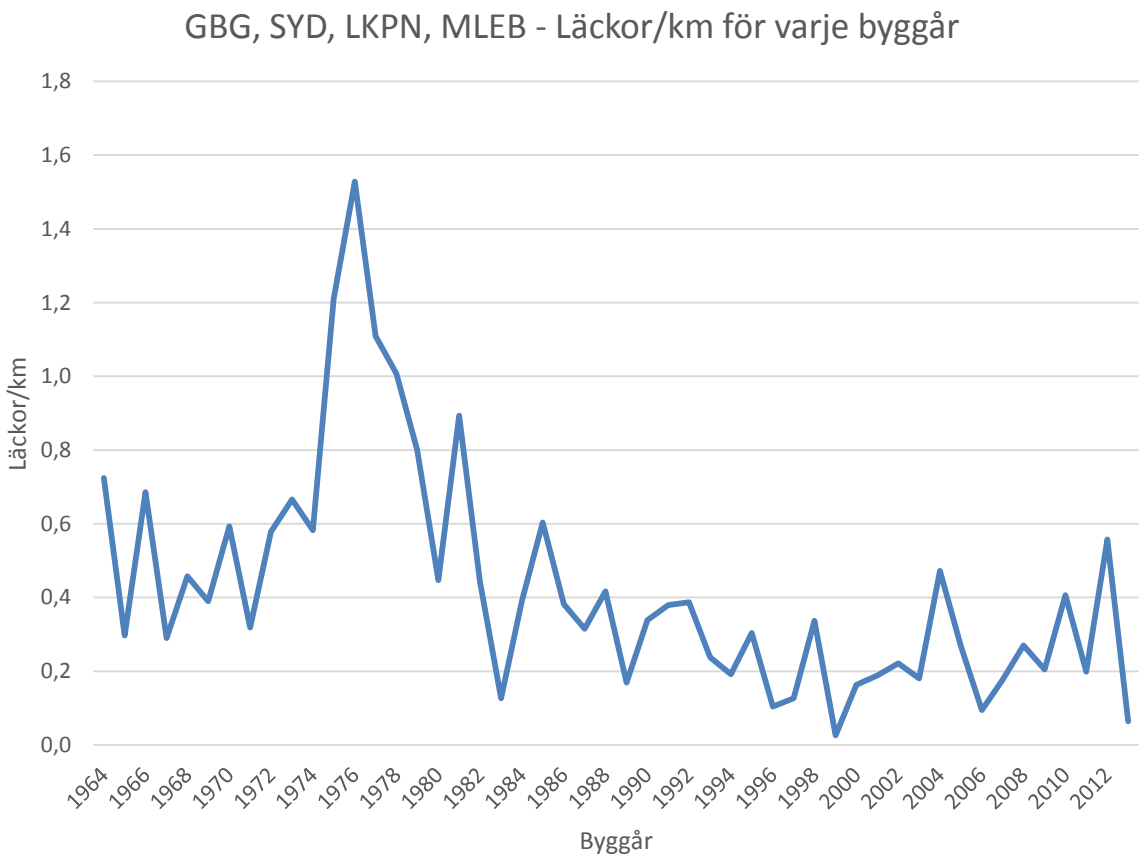


Diagram 5.29 Antalet läckor per km uppdelat i olika byggår, för 4 VA-bolag

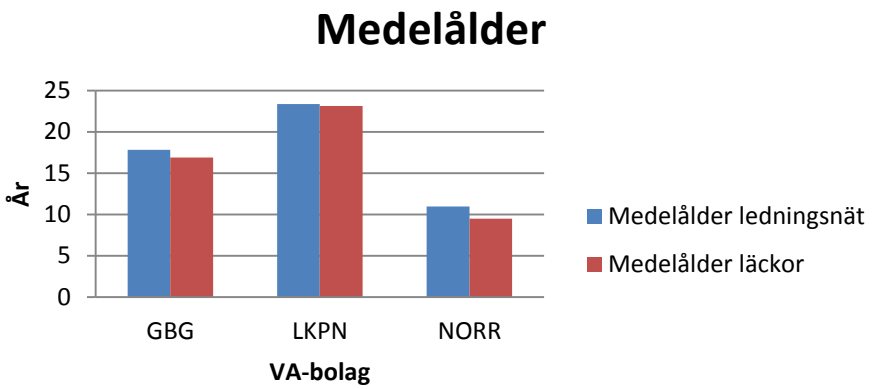


Diagram 5.30 Medelålder för ledningsnätet och läckor

Diagram 5.30 visar medelåldern på hela nätet jämfört med medelåldern på när läckorna skett.

6. Analyser

I detta kapitel analyseras de resultat som redovisades i kapitel fem. Fyra VA-huvudmäns resultat analyseras enskilt för att avslutningsvis gå igenom de totala resultaten.

6.1 Göteborg Stad Kretslopp Och Vatten

Diagram 5.22 visar att Göteborg Stad hade den högsta läckfrekvensen (0,041 läckor/km, år) av alla VA-bolag i denna undersökning. Det är dock inget uppseendeväckande eftersom den tendensen har påvisats även i tidigare forskning, bland annat i Horstmark m.fl. från 2011.

I en granskning av diagram 5.1 som visar läckfrekvensen så ligger läckfrekvensen för 2013 betydligt högre än övriga år. Detta förklarades av kontaktpersonen i Göteborg med att de år 2010 gjorde en omläggning av delar av flera ledningar i koppar till PE, där det uppstod problem i kopplingen mellan det gamla kopparmaterialet och nya PE-materialet. Det upptäcktes år 2013 många läckor till följd av detta vilket ledde till att läckfrekvensen för det året blev mycket högre. Detta angavs också som en anledning till varför 2010 hade fler läckor än närliggande år i diagram 5.7. Den andra toppen i det diagrammet mellan åren 1975 och 1981 tros bero på införandet av första generationens PEM-rör, som skedde år 1974. Höjdpunkten år 1977 tros bero på felaktig statistik, eftersom det var en hel del ledningar som hade okänt byggnadsår.

Om diagram 5.9, som visar om ledningen blivit renoverad, studeras så har 35 % av läckorna varit på ledningar som blivit omlagda. En siffra som inte säger så mycket, eftersom det inte finns exakta siffror på hur många procent ledningar som har blivit omlagda.

Det finns ingen entydig förklaring till varför en stor del av problemen uppstår i mindre dimensioner, vilket visas i diagram 5.6 som visar uppdelning i dimensioner. Viss del förklaras med det problem som berättades om angående kopplingen mellan PE och koppar, men det är inte hela förklaringen eftersom dessa ofta var på dimension 50. Just den kopplingen har i viss mån även påverkat resultatet i diagram 5.5 som visar ledningstyp, men även utan dessa problem hade servisledningar haft högst läckfrekvens.

Diagram 5.4 visar att ju högre densitet desto bättre håller ledningen. Stapeln på PEM är dock lite missvisande hög eftersom det var stora problem med första generationens rör och att det var PEM som ofta användes i kopplingen till koppar. Även om dessa ledningar tas bort från statistiken så har PEH en lägre läckfrekvens i Göteborg Stad än PEM.

En överblick av diagram 5.2 (läckorsaken) visar på två problemtyper. Den ena är döpt till ingen angiven orsak och anger att skadeorsak inte var angiven vid skadan, vilket inte är bra eftersom det leder till ett mörkertal i diagram 5.3 som visar de med angiven läckorsak. De slutsatser som kan dras är dock att minst 32 % av läckorna i Göteborg Stad beror på skarven, vilket är den andra stora orsaken. Tyvärr är det inte angivit vilken typ av skarv det rör sig om, vilket hade varit intressant. En ungefärlig tolkning har ändå gjorts i diagram 5.3 av det tillgängliga resultatet och där pekas 63 % av de kända läckorna ut med orsaken fel på skarven.

I Göteborg Stad fanns även tillgång till vilken jordart det var vid skadan, vilket inte fanns hos något annat VA-bolag. Tyvärr har det inte gått att få ut hur många procent av ledningarna som ligger i respektive jordart, vilket gör att statistiken inte går att använda. Dessutom så tros inte jordarten ha

någon betydelse enligt kontakten på Göteborg Stad då entreprenören ändå lägger kringfyllnadsmaterial enligt anvisningar runt ledningen.

6.2 Stockholm Vatten

Den totala läckfrekvens för Stockholm Vatten var 0,035 läckor/km/år, vilket är högre än genomsnittet. Men det finns viss osäkerhet kring den siffran eftersom driftstörningsrapporterna inte hade kvalitetsgranskats av Stockholm Vatten.

Det som var uppseendeväckande med de rapporter som tillhandahölls från Stockholm Vatten var att hela 74 % inte hade någon angiven läckorsak. På grund av detta så gick det inte att dra några slutsatser av diagram 5.12 (läckorsak), där det visar sig att 74 % av de läckor som har angiven orsak, beror på skarven. Det finns en antydan om att problemet ligger i skarven men eftersom mörkertalet är så pass stort går det inte att dra några slutsatser kring det.

Efter samtal på Stockholm Vatten så var det exakt det faktum som oftast påtalades, det vill säga att de problem som finns på PE, ligger i skarvarna och att det nästan aldrig är problem med själva rören, vilket tyvärr får ses som subjektiva bedömningar. Precis som hos Göteborg Stad har man även haft problem med kopplingen mellan gammal koppar och nylagd PE.

6.3 VA SYD

Även om läckfrekvensen hos VA SYD är lägre än i Göteborg så uppkommer samma tendenser i diagram 5.13 (läckfrekvens/ledningstyper) och 5.14 (läckfrekvens/dimension) som hos Göteborg Stad. Det vill säga att läckorna är mer vanligt förekommande i mindre dimensioner och i servisledningar. Varför det ser ut som det gör har inte gått att få svar på och detta beror till stor del på att förfrågan till VA SYD från författarnas sida kom i ett sent skede av arbetet.

Från diagram 5.15 (olika byggår) är det svårt att göra en analys. Det som är meningen med diagrammet är att peka ut om det är några årgångar som är mer problemtyngda än andra, men eftersom statistiken slår mycket över olika år visas inte något tydligt samband ur detta diagram. Toppen som sticker ut i diagrammet är år 2012, men där har det inte gått att få någon förklaring till varför det ser ut som det gör.

6.4 Linköping

I Linköping har de enligt diagram 5.22 en låg läckfrekvens (0,09 läckor/km, år) jämfört med andra VA-huvudmän. Detta tillsammans med ett bra statistiskt underlag ledde till att kontakt togs för att ta reda på hur de jobbar med dessa frågor. Svaren som inkom var att de har en arbetsledare som jobbar aktivt med dessa frågor och ser till att allt noteras metodiskt och strukturerat. Viss förklaring till den låga läckfrekvensen beror dock på att enbart huvudledningar hann tas med i denna undersökning. Det är även den troliga anledningen till varför problemet i mindre dimensioner inte uppkommer lika ofta i Linköping (enligt diagram 5.19 som visar läckor för olika dimensioner) som hos andra VA-huvudmän. Enligt det diagrammet så ligger läckorna mer utspridda över olika dimensioner.

Vid närmare titt i diagram 5.18 med materialuppdelad läckfrekvens så har PEH en dubbelt så hög läckfrekvens som PEM, vilket är märkligt eftersom PEH ska vara det materialet med högst hållfasthet. Den förklaring som gavs var att det till stor del beror på ett enskilt problemprojekt, där de har använt sig av PEH. Eftersom det har varit så många läckor på just det projektet har det lett till att PEH har

fått den lite missvisande statistiken. Dessutom har över 30 % av ledningsnätet inte angivet vilket typ av PE-material det bestod av så det går inte att dra några större slutsatser kring resultatet.

Enligt diagram 5.17 som visar läckorsaker uppkom 36 % av läckorna, på grund av skarvfel. En låg siffra om man jämför med andra VA-huvudmän, men där inkom förklaringen att en del av de felorsaker som hade övrigt angivet även hade en kommentar med där det stod att läckan var i skarven. Alltså är diagrammet något missvisande.

6.5 Totalt

Vid en granskning av diagram 5.22 så ser man att medelvärdet i läckfrekvensen är 0,0185 läckor/km, år medan den totala läckfrekvensen ligger på 0,029 läckor/km, år. Anledningen till detta är att de 3 VA-bolagen med längre ledningsnät är de med flest läckor, vilket påverkar statistiken på den totala läckfrekvensen. Medan de VA-huvudmän som enbart delgivit huvudledningar, vilket inte ger så långa ledningsnät, påverkar statistiken väldigt mycket vad gäller medelvärdet för läckfrekvensen.

Efter att ha sammanräknat resultaten från fyra olika VA-huvudmän i diagram 5.23 (som visar läckorsak) så framkommer att läckorsak saknas i nästan hälften av fallen, vilket måste ses som ett stort misslyckande och underbetyg. Om man tittar på diagram 5.24 (angiven läckorsak) så finns det helt klart tendenser till att läckorna uppkommer i skarven, men eftersom mörkertalet är så stort så går det inte fastställa en exakt siffra på hur stort problemet är. Det enda som kan sägas är att det enligt diagram 5.23 i minst 32 % av fallen beror på skarven.

En blick på diagram 5.25 som visar läckfrekvens för olika ledningstyper och 5.26 (läckor/km för olika ledningstyper) klargör de tidigare nämnda tendenserna att det största problemområdet är på servisledningarna. Något som får anses som positivt eftersom de inte har lika många abonnenter att leverera vatten till. En läcka som leder till avstängning drabbar betydligt fler abonnenter om den inträffar på en huvud- eller distributionsledning än på en servisledning. Det har försökts att få fram siffror på hur många abonnenter som drabbas och hur länge vid en läcka, men det har inte gått att få fram.

Vid en närmare titt på diagram 5.28 som visar läckor/km för olika dimensioner så syns även där samma tendenser som tidigare nämnts. Det vill säga att läckorna är vanligare i mindre dimensioner medan de annars sprider ut sig relativt jämnt på övriga. Något som även det får anses som positivt enligt ovan nämnda teori, det vill säga att desto högre dimension, desto fler abonnenter drabbas. Detta pekar dessutom, tvärtemot vad tidigare forskning antytt, att ett stort problem ligger i mindre dimensioner. Det är visserligen ett större problem när läckorna uppkommer i högre dimensioner, men läckorna verkar enligt denna undersökning åtminstone inte förekomma oftare vid stora dimensioner. Anledningen till detta tros dels bero på ombyggnaden av PE mot befintlig koppar och problem på kopplingen mellan distributions- och servisledningen.

Diagram 5.29 visar om det har varit mer problemtyngda byggår än andra och har egentligen bara en topp som sticker ut. Det är den som börjar i mitten på 1970-talet och beror på införandet av första generationens PEM-rör. Förövrigt anses inte diagrammet påvisa några större problemår.

Vid en närmare titt i diagram 5.30 så syns inte några större avvikelser i medelåldern på själva nätet kopplat till medelåldern på läckorna. Det antyder att detta problem inte har någon större relation till ålder, utan att ledningen kan gå sönder när som helst.

7. Slutsatser och diskussion

I detta kapitel delges slutsatser och diskussion kring arbetet. Slutsatserna är återkopplade till mål och syfte medan diskussion beskriver tankar och funderingar.

7.1 Slutsatser

Målet med detta arbete var att ta fram ett statistiskt underlag för att se hur stort problemet med läckande PE-ledningar var, där föraningen var att problemen bestod av läckande elektrosvetsmuffar i stora dimensioner. Det har under arbetets gång visat sig att de rapporter som funnits tillgängliga hos VA-huvudmännen varit mycket bristfälliga gällande detaljrikedomen. Även om den allmänna uppfattningen hos VA-huvudmännen är att elektrosvetsmuffar är orsaken till en stor del av problemen, går det inte att med hjälp av det underlag som tillhandahölls ge svar på frågan hur stort problemet egentligen är.

Trots att det statistiska underlaget som denna rapport bygger på varit bristfälligt, går det att se intressanta tendenser. Den allmänna uppfattningen i branschen, baserat på samtal under arbetets gång, beskriver att de största problemen finns i skarven på PE-ledningar av stora dimensioner. Dock visar en sammanställning av underlaget att en stor del av läckorna sker på servisledningarna av små dimensioner. Detta beror till viss del på problem i kopplingen mellan befintlig koppar och nybyggd PE samt med kopplingen mellan distributions- och servisledningen. Inställningen att de flesta problem uppstår på ledningar av stora dimensioner kan bero på att det är dyrare att laga en läcka på en stor ledning och att det drabbar fler personer. Enligt tidigare forskning av Horstmark m.fl., 2011 och Sundahl, 1996 så är det dock även i andra material vanligare med läckor i mindre dimensioner, men skillnaderna är betydligt mindre än i denna undersökning.

Att de olika skarvarna är ett problem är dock något som även den statistik som har tagits fram i denna rapport pekar på. Statistiken pekar även på andra samband, så som att det finns en antydan att rör med lägre densitet är mer problemfyllda. Det har gjorts försök att ta fram eventuella ålderssamband, men inga sådana tendenser kunde upptäckas.

På grund av det bristfälliga underlaget gick det inte att få svar på andra intressanta samband som till exempel om jordarten, produktionsmetoden, skarvmetoden eller rörets SDR-tal har haft inverkan på resultatet. Det har även gjorts försök att undersöka hur många abonnenter som blir utan vatten vid en läcka och hur länge de i så fall blir det, utan resultat.

Ett annat stort problem har varit VA-bolag som har kontaktats men som inte har kunnat lämna något material. Det är ett problem att VA-bolag har vissa brister i sitt material men att enbart sex av tretton tillfrågade har lyckats delge ett användbart material får ses som lite av ett underkännande.

7.2 Diskussion

Denna rapport visar att bland de studerade skaderapporterna är skarvar den klart vanligaste skadeorsaken på PE-ledningar och detta är i enighet med tidigare forskning. Även läckfrekvensen för de olika VA-huvudmännen stämmer väl överens med tidigare forskning. En intressant slutsats är att nästan hälften av alla driftstörningsrapporter som studerats saknar angiven skadeorsak. Detta trots att Sundahl (1996) redan för cirka tjugo år sedan tog upp problemet med dåligt ifyllda

driftstörningsrapporter, verkar det inte skett några förbättringar hos VA-huvudmännen inom detta område.

Vad är då orsaken till det bristande statistikunderlaget? Tekniska Verken i Linköping är en VA-huvudman som kunde lämna ett tydligt statistiskt underlag med kort varsel. Vad är då anledningen till att de lyckas med sitt driftstörningssystem? Enligt kontaktpersonen på Tekniska Verken i Linköping beror det framförallt på ett arbete som startade redan på 1980-talet där de redan då bestämde sig för vilken standard de ville ha på sitt system och såg till att alla i företaget strävade mot samma mål. Ett väl fungerande driftstörningssytem är en del i ledet att möjliggöra förebyggande insatser på ledningarna, då driftstörningsrapporterna är en förutsättning för att få en bra bild av ledningsnätets renoveringsbehov. (Sundahl, 1996)

I ledet att skapa ett rapporteringssystem hos VA-huvudmännen, som ska kunna användas för att i framtiden dra slutsatser kring ledningsnätets kondition, krävs det att alla som är delaktiga i arbetet med rapporterna har kunskap om hur de ska hanteras och vad syftet är med dem. Arbetsledarna på plats vid läckan måste kunna fylla i rapporterna på ett korrekt sätt, samtidigt som rapporterna inte får hamna i ett arkiv utan att komma till användning. Om de inte används för att hela tiden förbättra kunskapen om materialen blir attityden till driftstörningsrapporterna att de bara är ett jobbigt, onödigt moment och kvalitén på driftstörningsrapporterna sjunker.

8. Rekommendationer

I detta kapitel ges rekommendationer på hur arbetet med läckande PE-ledningar kan förbättras. Kapitlet inleds med en beskrivning hur organisationen 4S kan gå vidare med detta arbete. Rekommendation för hur de olika VA-huvudmännen kan förbättra sitt arbete delges, men även hur vidare forskning kan bedrivas.

8.1 4S

I och med resultatet av detta arbete rekommenderas att organisationen 4S arbetar vidare med att undersöka om problemen med läckor på PE-ledningar av små dimensioner är så pass allvarligt, beträffande kostnad och störningar, att det måste utredas vidare. Rekommendationen till 4S är även att arbeta för att standardisera driftstörningshanteringen, och därmed underlätta för framtida forskning samt öka möjligheten att bedriva en kostnadseffektiv renovering av det befintliga ledningsnätet. Ett intressant projekt organisationen kan starta är en jämförelse av driftstörningshanteringen med andra branscher för att på det sättet hitta utvecklingsmöjligheter och hur de följer upp fel.

8.2 VA-huvudmän

Till de VA-huvudmän som inte hade möjlighet att ta fram elektroniskt lagrade läckor rekommenderas att upprätta ett databassystem som på ett enkelt sätt möjliggör detta. Det måste gå att genom en enkel sökning få fram tillräckligt med information för att kunna identifiera kommande problemområden. I en bra strukturerad databas ska det finnas möjlighet att dela upp sökningen i material, dimensioner etc. Allt för att kunna finna olika skadesamband.

I de driftstörningsrapporter som användes i detta arbete var information i driftstörningsrapporterna bristfällig. Information angående fogtyp, rörmaterial vid fogen, SDR-tal och hur abonnenten drabbas fanns knappt med i någon rapport, vilket hade varit till stor hjälp för att kunna påvisa problemet. Det fanns även rapporter som var slarvigt och bristfälligt ifyllda. Organisationen hos de olika VA-bolagen måste bli noggrannare vid ifyllandet av rapporterna för att dessa ska gå att användas i framtiden.

Vad gäller ledningsnätet så tilldelades för det mesta ett bra underlag. Dock var underlaget vad gäller olika typer av skarvar och i vilken grad de används mycket bristfälligt. De olika VA-bolagen rekommenderas att börja införa ett system där man fyller i vilka skarvtyper som använts i skarvarna. Allt för att förenkla möjligheten att undersöka om det är någon skarvtyp som är mer drabbad av läckor och vad det i sådana fall kan bero på.

8.3 Nya forskningsuppdrag

Om ett liknande arbete ska göras rekommenderas att fokus läggs på att hantera färre företag, och om möjligt få tillgång till de databaser där driftstörningsrapporterna är lagrade. Det är viktigt att ha en förståelse för vilka felkällor som kan förekomma i databaserna och driftstörningsrapporterna.

Referenser

Litterära källor

Andersson, Hans & Karlsson, Linda (2011) *Metoder för täthetsprovning av trycksatta polyetenledningar.* Rapport 2011-10.

Berggren, Stina (2005). *Analys och modellering av de viskoelastiska effekterna hos polypropenbaserad fiberväv*. LITH-IKP-EX–05/2301–SE.

Bergman, Gunnar (2012). *Alternativa metoder och metodiker för att säkerställa tätheten och kvalliten hos skarvar i nya markförlagda tryckvattenledningar av etenplast.* Projektnummer 12.124.

Blomfeldt, Thomas (2013). *Utvärdering av orsaken bakom ett läckage på en 160 mm elektrosvetsmuff.* Rapport 10660.

Blomfeldt, Thomas (2014). *Förstörande provning av elektrosvetsmuffar: Vilken standardmetod skall man välja och vad är viktigt att tänka på?* Referensnummer 10093.10.

Boge, Lukas & Hjärtfors, Emil (2011). *Surface analysis of polyethylene pipes and failure characterization of electrofusion joints.* Chalmers universitet. Rapport No.380.

Burström, Per Gunnar (2010). *Byggnadsmaterial.* ISBN; 9789144027388.

Folkman, Steve, Fronk, Thomas & Sorensen, Ammon (2012). *Survey Results of Water Main Failures in the United States and Canada.* Rapport.

Giertz, Tommy (2013). *Schaktfritt.* PowerPoint.

Giertz, Tommy (2014). *Underhållsteknik – med inriktning på VA-teknik*. Version 2014–0.1.

Horstmark, Anders m.fl. (2011). *Rörmaterial i svenska VA-ledningar – egenskaper och livslängd.* Rapport Nr 2011-14 (2:a revidering)

Ingham, Edward (2013). *Causes of Leakage in PE Systems.* PowerPoint.

Ingham, Edward, Lowe, David & Starkey, Paul. *Joints for large diameter PE100 pipe.* Rapport.

Jacobsson, Karin (2010). *Undersökning av havererad stumsvets i en PE100 DN500 ledning för vattendistribution.* 2010-09-10.

Jianfeng, Shi m.fl. (2011). *Defects Classification and Failure Modes of Electrofusion Joint for Connecting Polyethylene Pipes.*

Lidström, Viveka (2012). *Vårt Vatten.* Grundläggande lärobok i vatten- och avloppsteknik.

MacKellar, Steve (2006). *UKWIR National Mains Failure Database.* Rapport.

Nikolajsen, Lise Lau (2006). *Plastledningar*. PowerPoint LU-konferens.

Nordiska plaströrsgruppen (2009). *Elektrosvetsning av PE-rör.* Bruksanvisning.

Olsson, Kent (2011). *Vattenläcka Nynäsledningen*. PowerPoint 2011-11-22.

Stenberg, Jan (1973). *Utläckande vattenflöde*. Diagram.

Stockholm Vatten (2006). *Stockholm Vattens 10-årsplan för ledningsnäten*. LU-konferens**.**

Sundahl, Ann-Christin (1996). *Diagnos av vattenledningars kondition.* Rapport 3200.

Westling, Per (2012). *Skarvning stora PE-rör erfarenheter från Norrköping.* PowerPoint.

Elektroniska källor

4S Ledningsnät. *Om 4S*. http://www.4sledningsnat.se/om-4s/4s-ledningsn%C3%A4t-17367942 (Hämtad 2014-03-25).

DVGW (2012). *DVGW-Schadenstatestik Wasser*. Ergebnisse aus den Jahren 2006 bis 2009. http://www.strukturdatenerfassung.de/fileadmin/dvgw/angebote/strukturdaten/1212walther.pdf (Hämtad 2014-04-09)

GPA. *PE*. http://www.gpa.se/fileadmin/uploads/PDF/PE_Polyeten_GPA.pdf (Hämtad 2014-04-03)

Ineos. *Environmental stress crack resistance.* http://www.ineos.com/Global/Olefins%20and%20Polymers%20USA/Products/Technical%20information/environmental20stress20crack20resistance20of20pe1.pdf (Hämtad 2014-05-05).

Krigsman, Thomas (2002). *Modeller av polymerer - syntetiska och naturliga*. Kemiteori. http://www.krc.su.se/documents/Modul_9.0_Polymerer.pdf (Hämtad 2014-04-02)

Nordiska Plaströrgruppen (2011). *Tryckrörssystem av polyeten*. Broschyr. http://www.pipelife.se/media/se/ladda-ner/Broschyrer/VA/NPG_Broschyr_Tryckrorsystem_av_polyeten_PE_December_2011.pdf (Hämtad 2014-04-02)

Pipelife (2010). *Tryckrörsystem*. PE och PVC tryckrör. Broschyr. http://www.pipelife.se/media/se/ladda-ner/Broschyrer/VA/Tryckrorssystem-December-2010.pdf (Hämtad 2014-04-09)

Ståhlberg, Andreas & Öberg, John (2012). *Materialegenskaper och dimensioneringsmetodik för vattenledningar*. En sammanställning av de material som förekommer i Norrvattens ledningsnät samt dimensioneringsverktyg för plastledningar. http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:548797/FULLTEXT01.pdf (Hämtad 2014-04-02)

Muntliga källor

Olsson, Kenth (2014). Enhetschef avdelningen *Ledningsnät och Material* Stockholm Vatten. Samtal under arbetets gång.

Helenius, Tomas (2014). Handledare Stockholm Vatten, avdelningen *Ledningsnät och Material*. Samtal under arbetets gång.

Bilaga 1

Denna bilaga visar frågeformuläret som skickades ut till de olika VA-huvudmännen.

För att kunna göra en bra statistisk undersökning skulle vi behöva få fram viss information angående era läckage på PE-rör. Vi skulle gärna vilja få fram följande information från de läckor som ni har registrerat på ert nät:

- Vilket år skedde skadan och vilket år byggdes ledningen?
  - Det vi vill få fram är hur länge har den varit i drift innan den började läcka?
- Vilken typ av fel som orsakat skadan?
  - Vet ni vad orsaken till skadan är?
  - Om skadan är vid fogen, vilken fogtyp har använts och vilka 2 rörmaterial möts vid fogen?
- Har den blivit renoverad?
  - Vilken metod har då använts? (Ex infodring)
  - Vilket år skedde detta?
- Vilket PE-material är det på ledningen? (Ex PE 80)
- Ytterdiameter och SDR-tal (innerdiameter eller tjocklek går också bra) på röret?
- Vilken produktionsmetod har använts där skadan skedde? (Hur har ledningen lagts i marken, t ex styrd borrning)
- Omgivande jordart vid skadan?
- Vilka konsekvenser kom av skadan?
  - Om några drabbades av att inte ha tillgång till vatten, så hur länge då?

Förutom driftstörningsrapporter skulle vi även behöva få fram information om ert ledningsnät. Det vi skulle behöva veta är:

- Hur många löpmeter PE-ledning ni har lagda efter 2000? Uppdelat i:
  - Dimensioner
  - SDR-tal
  - och PE-material.
- Statistik på hur många PE-ledningar som lagts varje år i ert nät sedan 2000.
  - Om det inte går att få fram så delge gärna oss om det byggdes avsevärt mycket mer eller mindre under något år?
- Hur många av varje skarvtyp ni har i ert nät? (Ex antal elektrosvetsmuffar)
  - Om ni inte har den statistiken själva, så skulle ni kanske kunna kolla upp hur mycket avdelningen för inköp eller förrådsverksamhet har sålt eller köpt in för att få fram en ungefärlig siffra på hur många av olika skarvtyper som ligger i ert system.