

Framtidens hållbara VA-ledningssystem

*Helena Mårtensson, Annika Malm, Bror Sederholm
Jan-Henrik Sällström, Jan Trägårdh*



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området.

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 Bromma
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Framtidens hållbara VA-ledningssystem.
Title of the report:	Sustainable water and wastewater pipe systems.
Författare:	Helena Mårtensson, RISE Urban Water Management, Annika Malm, RISE Urban Water Management, Bror Sederholm, Swerea Kimab, Jan Henrik Sällström, RISE Rörcentrum, Jan Trägårdh, RISE CBI.
Rapportnummer:	2018-10
Antal sidor:	104
Sammandrag:	Rapporten går igenom dels de faktorer som har störst betydelse för VA-ledningssystemens livslängd, dels de forsknings- och utvecklingsbehov som behöver tillgodoses för att VA-ledningssystemen i framtiden ska hålla i 100–150 år. Både forsknings- och investeringsbehoven är stora, och det gäller att satsa systematiskt på de projekt och delar av systemen där nyttan blir störst.
Abstract:	This report compiles the factors of importance for the life-time of water and wastewater systems and research needed for existing and future systems to last for at least 100-150 years. The research needs are major and are prioritized in the report.
Sökord:	VA-ledningssystem, hållbara VA-ledningssystem, förlängning av livslängd för VA-ledningssystem.
Keywords:	Water and wastewater pipe networks, sustainable water and wastewater pipe networks, extension of lifetime of water and sewerage pipes.
Målgrupper:	Kommuners VA-förvaltningar/bolag, teknik konsulter inom VA, entreprenörer inom anläggning, leverantörer inom VA, forskare inom VA-ledningsnät.
Omslagsbild:	Förläggning av ny huvudvattenledning med styrbar borning i Ängelholms kommun. Foto: Helena Mårtensson, RISE.
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svenskvatten.se
Utgivningsår:	2018
Utgivare:	Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	16-120
Projektets namn:	Framtidens hållbara VA-ledningssystem
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling

Förord

Svenskt Vattens område ”Rörnät & klimat” har tre prioriterade huvudriktningar; hållbar nyanläggning, drift, underhåll och förnyelse av ledningsnät samt klimat och dagvatten. Områdena hållbar nyanläggning och drift, underhåll och förnyelse av ledningsnät är utgångspunkten för denna rapport.

Denna rapport har skrivits av en arbetsgrupp inom RISE Research Institutes of Sweden och Swerea KIMAB. Arbetet har utförts mellan mars 2017 och maj 2018.

I referensgruppen har följande personer varit med:

Johan Hultén, Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad

Stefan Karvonen, Meag VA-system AB

Eva Kjellman, Puls AB

Peter Andersson, Gustavsberg rörsystem AB

Birger Wallsten, Mälarenergi AB och Svenskt Vattens rörnätskommitté

Joakim Ekberg, Borås Energi och Miljö

Martin Andersson, Hallingplast Sverige AB

Kent Andersson, Mölndals stad

Stort tack till er alla för värdefulla synpunkter till projektet.

Ett särskilt stort tack till de kommuner, teknikkonsulter och entreprenörer som svarat på enkät och intervjuer kring framtidens hållbara VA-ledningssystem.

Stockholm, Göteborg och Lund maj 2018

Författarna

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning	6
Summary.....	7
1 Inledning.....	8
1.1 Bakgrund	8
1.2 Mål.....	9
1.3 Avgränsning	9
1.4 Metod	10
1.5 Kartläggning med workshops.....	11
1.6 Webbenkäter och intervjuer	11
2 Erfarenhetsuppföljning av dagens VA-ledningssystem.....	13
2.1 Urval av ledningsmaterial som studerats.....	13
2.2 Trycksatta gjutjärnrör (seg- och gråjärn)	14
2.3 Trycksatta stålrör	19
2.4 Trycksatta polyetenrör (PE).....	21
2.5 Självfallsledningar av polypropen (PP)	25
2.6 Trycksatta och självfallsledningar av polyvinylklorid (PVC)	28
2.7 Strukturväggsrör av PE, PP och PVC för självfall	30
2.8 Trycksatta ledningar av glasfiberarmerad polyester (GRP)	31
2.9 Flexibla foder för renovering av självfallsledningar	33
2.10 Betongrör	35
2.11 Fogar, skarvar, rördelar och anordningar	41
3 Hur ska vi bygga framtidens hållbara VA-ledningssystem med livslängsperspektivet 100-150 år?	45
3.1 Smart förnyelseplanering	45
3.2 Statusbedömning av befintliga vattenledningsnät	46
3.3 Produkt- och materialutveckling.....	47
3.4 Samarbete och kompetens	51
3.5 Projektfaserna.....	53
3.6 Utredning och projektering	53
3.7 Upphandling	54
3.8 Utförande.....	56
3.9 Drift och underhåll.....	59

4	Framtidens hållbara VA-ledningssystem - sammanfattning och prioritering av FoU-behov	60
4.1	Forsknings- och utvecklingsbehov utifrån kapitel 2	60
4.2	Forsknings- och utvecklingsbehov utifrån kapitel 3	63
4.3	Prioritering av behoven	65
5	En sammanställning av pågående och avslutade FoU-projekt inom VA-ledningsnät i Sverige 2008-2018.....	67
5.1	Svenskt Vatten Utveckling.....	67
5.2	Vinnova (2011-2018).....	68
5.3	4S ledningsnät	69
5.4	Övriga projekt.....	69
6	Rekommendationer.....	70
7	Referenser.....	71
	Bilaga 1: Underlag för urval av rörmaterial	78
	Bilaga 2: Katodiskt skydd.....	83
	Bilaga 3: Fullständiga resultat från intervjuer och webbenkäter	85
	Bilaga 4: Prioritering av forskningsbehoven från kapitel 4.....	98

Sammanfattning

Rapporten går igenom dels de faktorer som har störst betydelse för VA-ledningssystemens livslängd, dels de forsknings- och utvecklingsbehov som behöver tillgodoses för att VA-ledningssystemen i framtiden ska hålla i 100–150 år. Både forsknings- och investeringsbehoven är stora, och det gäller att satsa systematiskt på de projekt och delar av systemen där nyttan blir störst.

Varje år byggs det VA-ledningar för mer än 7 miljarder kronor i Sverige. Men förnyelsetakten behöver öka med 40 procent för att inte underhållsbehovet ska skjutas på framtiden, och de VA-ledningssystem som läggs i dag bör enligt Svenskt Vatten ha en livslängd på minst 100 år. För att kunna göra rätt prioriteringar behövs det kunskap om statusen hos enskilda delar av systemet. Rapporten systematiserar kunskap om olika rörsystem och rörmaterial i allmänna VA-ledningssystem – utifrån litteraturstudier samt enkät och intervjuer med ett antal kommuner, teknikkonsulter och entreprenörer. Författarna har i första hand undersökt ledningssystem som förekommer ofta, där det ofta uppstår fel och där felen ger stora konsekvenser. Rapporten avslutas med rekommendationer för den fortsatta utvecklingen av systemen och hur kunskapen för längre livslängd hos systemen kan öka.

Det ger stora miljömässiga och samhällsekonomiska vinster om författarnas mål uppfylls att de VA-ledningar som läggs från år 2020 ska ha en livslängd på 100–150 år. Målet är ambitiöst med tanke på hur dagens praxis ser ut. För att det ska uppnås måste kvalitet och kompetens öka när det gäller bland annat förnyelseplanering, produkt- och materialutveckling, samarbete, projektering, upphandling, utförande, drift och underhåll. Det är viktigt med hög kvalitet på det material som används, och materialet ska vara rätt för omgivningen. Anläggningen ska ske på rätt sätt, och systemen ska utformas med tanke på framtida drift och underhåll.

Genomgången av FoU-behov visar att det finns projekt som kan ge stor nytta till rimlig insats. Utifrån planerings- och byggerspektiv bör det skapas utökad samarbete och ökad kunskapsöverföring mellan beställare, konsulter och entreprenörer genom exempelvis nätverksplattformar. Det bör tas fram stöd för tydliga materialvalspolicyer för VA-huvudmän samt en kontroll- och byggleddarhandbok för att säkerställa kvaliteten i utförandefasen. En projektleddarhandbok håller på att tas fram i Svenskt Vattens regi.

De projekt som bör prioriteras utifrån de vanligaste materialen i dagens ledningssystem är studier av kostnad och nytta av att förlänga livslängden på metalliska dricksvattenledningar, hur fogningsegenskaper kan förbättras på självfallsledningar i plast och betong, samt hur trycksatta PE-ledningars livslängd kan garanteras och övervakas bättre än i dag.

Rapporten har skrivits av en arbetsgrupp inom RISE Research Institutes of Sweden och Swerea KIMAB. Författarna konstaterar att det återstår mycket att göra för att beställare ska kunna ställa krav på 100–150 års livslängd för hela VA-ledningssystemet.

Summary

Every year new pipes for drinking water, sewerage, and storm water are being built or replaced for more than 7 billion SEK in Sweden. The renewal rate of the pipe network has to increase in order to avoid an increase in the age of the existing pipe network. The Swedish Water and Wastewater Association (SWWA) has set a goal that new pipe systems should have a lifespan of 100 to 150 years. Therefore, it is important that the pipe material is of high quality, that the material is right for the environment, that the pipes are properly laid and that the systems are designed for future operation and maintenance. A major challenge in Sweden and the world is therefore to build sustainable drinking water and wastewater and storm water pipe systems, both from an environmental perspective and from an economic perspective.

The purpose of this report is to improve the possibilities to build sustainable pipe systems for the life span 100–150 years by:

- Monitoring and evaluating of the most common pipe systems and materials that have been used in Sweden.
- Describing the factors that are of greatest importance for how to build the future's water and wastewater system with a lifetime perspective of 100–150 years.
- Identifying and prioritizing the research and development needs that are needed within the water and wastewater networks in Sweden.
- Providing comprehensive recommendations for continued development of the systems and propose the need for knowledge-enhancing measures.

The target groups of this report are municipalities, technical consultants, contractors, and pipe suppliers working with water and wastewater and storm water pipe systems.

The key findings identified in this report shows that there is an extensive need for research and development for sustainable water and wastewater networks. The review of R&D needs based on the target of a 100–150-year life span shows that there are projects that can give benefit with reasonable efforts. The projects that should be prioritized from a planning and construction perspective can be summarized in: (1) enhanced collaboration and knowledge transfer between utilities, consultants and contractors, (2) support for developing pipe material policies and (2) a control and construction manual for the staff at the water utilities. The projects that should be prioritized based on existing and current pipe systems are (1) cost-benefit analysis of extending the life span of metallic water pipes, (2) how joint properties can be improved on wastewater pipes, and (3) how the life span of pressurized PE pipes can be guaranteed and monitored better than today.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Totalt uppskattas det allmänna huvudledningsnätet för dricksvatten-, spillvatten- och dagvattenledningar vara ca 194 000 km i Sverige (Svenskt Vatten 2018e). Det allmänna servisledningsnätet uppskattas vara 17 200 km (Lundin m.fl. 2017). Det sammanlagda återanskaffningsvärdet för de allmänna VA-ledningsnäten uppskattas till 500 miljarder, vilket utgör cirka 70 procent av återanskaffningsvärdet för hela VA-systemet (Svenskt Vatten, 2018e).

Varje år byggs det nya och förnyas VA-ledningar för mer än 7 miljarder kronor (Svenskt Vatten, 2016a). Även om siffran är hög är behoven ännu större för att ledningsnäten inte ska åldras i en snabbare takt. Förnyelsetakten i dagens vatten- och avloppsledningsnät är 0,5 % respektive 0,4 %, men behöver öka till 0,7 % respektive 0,6 % för att underhållsbehovet inte ska skjutas på framtiden (Svenskt Vatten, 2017a).

Svenskt Vatten anser att de VA-ledningssystem som anläggs nu ska hålla i 100-150 år. Det är därför viktigt att beakta hela VA-ledningssystemet, d.v.s. både rör, rördelar, brunnar och anordningar, både under planering, projektering, utförande och drift och utifrån flera olika parametrar. En av de viktigaste parametrarna är materialkvalitet, men även att materialen är rätt för omgivningen, att ledningar och anordningar anläggs på rätt sätt och att systemen utformas med tanke på framtida drift och underhåll (Svenskt Vatten, 2018c).

En stor samhällsutmaning i Sverige och världen är därför att bygga hållbara VA-ledningssystem både ur ett miljöperspektiv, tekniskt perspektiv och ur ett ekonomiskt perspektiv. Idag finns en god kompetens i drift och underhåll av dagens VA-ledningssystem, men kompetensen brister i planeringen för investeringar och förnyelse (Svenskt Vatten, 2017b). En ökad förnyelsetakt blir självklart mest effektiv om rätt del av VA-ledningssystemet prioriteras först. För att kunna göra rätt prioritering måste det finnas kunskap om enskilda delar av VA-ledningssystemens status. VA-ledningssystem består av rör, rörskarvar, kopplingar och brunnar samt anordningar som ventiler och brandposter. Den kunskap som finns om VA-ledningssystemen är inte sammanställd idag och de erfarenheter från skador som inträffar förmedlas ofta via nätverk och kontakter mellan personer i VA-branschen. Det innebär att det finns en erfarenhet som skulle vinna på att systematiseras för att bättre kunna styra analyser och tester till de områden och produkter där skador är mest omfattande i Sverige idag. Detta för att kunna börja systematisera VA-ledningarnas hållbarhet, funktion och livslängd ur ett helhetsperspektiv, från vaggan till graven. En kunskapssammanställning kan visa på de brister som finns i dagens VA-ledningssystem. Kunskap om dagens system kan i ett senare skede användas för att förbättra och utveckla morgondagens hållbara VA-ledningssystem.

1.2 Mål

Projektets mål är att förbättra möjligheterna att bygga framtidens hållbara rörsystem genom att:

- Göra en erfarenhetsuppföljning av de vanligaste befintliga VA-ledningssystemen som har använts utifrån tillgänglig litteratur och erfarenheter (kapitel 2) inklusive att sammanfatta pågående och avslutade forsknings- och utvecklingsinsatser inom VA-ledningsnät i Sverige de senaste 10 åren (kapitel 5).
- Beskriva de faktorer som är av störst betydelse för hur vi ska bygga framtidens VA-ledningssystem, utifrån smart förnyelseplanering, statusbedömning av befintliga vattenledningsnät, produkt- och materialutveckling, samarbete och kompetens, utredning och projektering, upphandling, utförande samt drift och underhåll med livslängdsperspektivet 100-150 år. (kapitel 3)
- Identifiera, beskriva och prioritera de forsknings- och utvecklingsbehov som behövs inom VA-ledningsnät i Sverige dels för att förlänga livslängd på de delar av de befintliga VA-ledningssystemen som går att förlänga, och dels för att undersöka hur nyanläggning och omläggning görs mest effektivt utifrån hela VA-ledningssystemets livscykel. (kapitel 4)
- Ta fram övergripande rekommendationer om vilka funktionskrav som bör ställas på de VA-ledningssystem som läggs idag, ta fram övergripande rekommendationer för fortsatt utveckling av systemen och föreslå behov av kunskapshöjande åtgärder. (kapitel 6)

1.3 Avgränsning

I detta projekt har de vanligaste ledningssystemen för dricksvatten, spillvatten och dagvatten studerats. Ledningsnäten som studerats är de som ägs av VA-huvudmannen enligt Lagen om allmänna vattentjänster (2006:412). Det omfattar ledningsnätet från vattenverk till förbindelsepunkt i tomtgräns för dricksvatten och från förbindelsepunkt i tomtgräns till avloppsreningsverk för avlopp (spill- och dagvatten).

Privata servisledning och fastigheters VVS-installationer studeras inte i denna rapport. Privata servisledning utgör en betydande del av den totala längden av VA-ledningsnätet och uppskattas till 201 500 km med ett återanskaffningsvärde på drygt 200 miljarder kronor (Lundin m.fl. 2017). Dessa har studerats i ett separat projekt av Lundin m.fl. (2017). Inte heller tryckstegringsstationer, avloppspumpstationer, reservoarer, vattenverk och avloppsreningsverk som tillhör den allmänna VA-anläggningen ingår i denna rapport, eftersom planeringen av förnyelse inte är lika komplicerad som för det nergrävda ledningssystemet.

Sveriges befintliga VA-ledningssystem material, åldersfördelning egenskaper och livslängd har tidigare studerats av Malm m.fl. (2011a, 2011b). I denna rapport beskrivs bara de delar av rörsystemen som behöver mer forskning och som man genom att titta historiskt kan dra slutsatser för att förlänga livslängden på befintliga och nylagda VA-ledningar.

Huvudfokus i kapitel två är på rörledningar och deras fogar, packningar och skarvar. Generellt har rörmaterialen idag en lång livslängd. Det som påverkar VA-ledningssystemens livslängd är främst inbyggda svagheter i form av packningar i skarvar och rörfogar mellan rörlängder samt läggnings- och installationsförhållanden. Denna rapport undersöker inte övriga rördelar och anordningars påverkan på hela VA-ledningsnätets livslängd. Även dessa spelar en viktig roll för hela VA-ledningsnätets livslängd men författarna har valt att lämna denna fråga till framtida forsknings- och utvecklingsprojekt.

Inte heller material i kontakt med dricksvatten studeras i denna rapport. För mer information om detta hänvisas läsaren till SVU-rapport 2015–24 (Johansson m.fl., 2015).

1.4 Metod

Projektet har utförts enligt tabell 1.1.

Tabell 1.1 Projektets utförande.



1.5 Kartläggning med workshops

En kartläggning avseende materialegenskaper, teknisk funktion, yttre faktorer, anläggningsarbete (installation) samt drift och underhåll utfördes vid en workshop 2017-03-16 på RISE i Göteborg med arbets- och referensgruppen för projektet. Denna kartläggning redovisas i sin helhet i bilaga 1 och har varit underlag för det urval som gjorts i kapitel 2. Ytterligare en workshop hölls med arbets- och referensgruppen på RISE i Göteborg 2017-09-18 med syfte att identifiera de största behoven och utmaningarna för att VA-ledningssystemen ska hålla i 100–150 år och till att prioritera förändringsbehov och fastställa eventuella kunskapsluckor.

1.6 Webbenkäter och intervjuer

En webbenkät har skickats ut till VA-organisationer i Sverige enligt tabell 1.2. Av tabellen framgår även hur många abonnenter som är anslutna till den allmänna vatten- respektive spillvattenanläggningen.

Tabell 1.2 VA-organisationer som erhållit webbenkät.

VA-organisation	VA-huvudman	Antal VA-abbonenter (Svenskt Vatten, 2018a,b)		Svarade på enkät
		Vatten	Spillvatten	
Stockholm Vatten och Avfall AB	Stockholms stad, Huddinge kommun	1 059 764	1 059 764	Ja
Förvaltningen kretslopp och vatten	Göteborgs Stad	550 000	550 000	Ja
Mitt Sverige Vatten och Avfall AB (MSVA)	Sundsvalls kommun, Nordanstig kommun och Timrå kommun	108 797	113 948	Nej
Kommunalförbundet Norrvatten (dricks- vattenproducent)	Danderyds kommun, Järfälla kommun, Knivsta kommun, Norrtälje kommun, Sigtuna kommun, Sollentuna kommun, Solna stad, Sundbybergs stad, Täby kommun, Upplands-Bro kommun, Upplands Väsby kommun, Vallentuna kommun, Vaxholms kommun och Österåkers kommun.	464 842	0	Nej
Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp AB (NSVA)	Helsingborg stad, Bjuvs kommun, Båstad kommun, Landskrona kommun, Svalövs kommun och Åstorps kommun.	220 129	216 657	Ja
Norrköping Vatten och Avfall AB	Norrköpings kommun.	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Nej
Sydvatten AB (dricks- vattenproducent)	Bjuv kommun, Burlövs kommun, Eslövs kommun, Helsingborgs stad, Höganäs kommun, Kävlinge kommun, Landskrona kommun, Lomma kommun, Lunds kommun, Malmö stad, Skurups kommun, Staffanstorps kommun, Svalövs kommun, Svedala kommun, Vellinge kommun och Ängelholms kommun.	812 589	0	Nej
VA Syd AB	Malmö stad, Lunds kommun, Eslövs kommun och Burlövs kommun.	491 238	492 622	Ja
Avdelningen för kommunalt vatten och avlopp	Haninge kommun	80 490	79 350	Nej
Tekniska förvaltningen	Mölnadal kommun	62 051	62 698	Nej
Samhällsbyggnadsförvaltningen, VA-avdelningen	Höganäs kommun	24 760	23 769	Ja
Samhälle, Arkitektur & teknik, VA-enheten	Ängelholms kommun	35 497	35 200	Ja
Samhällsbyggnadsförvaltningen, VA-enheten	Lomma kommun	6 032	6405	Ja





VA-organisation	VA-huvudman	Antal VA-abonnenter (Svenskt Vatten, 2018a,b)		Svarade på enkät
		Vatten	Spillvatten	
Samhällsbyggnads- förvaltningen, Teknikavdelningen	Örkelljunga kommun	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Nej
Samhällsbyggnads- förvaltningen, VA- enheten	Simrishamns kommun	Ingen uppgift	Ingen uppgift	Nej
Totalt antal svarande anslutna till kommunalt VA		2 387 120	2 384 417	
Andel svarande anslutna till kommunalt VA av totalt antal anslutna		27 %	26 %	
Totalt antal anslutna till kommunalt VA i Sverige		8 807 000 (90 %)	9 018 000 (88 %)	

Enkäten har åtta frågor (mest kryssfrågor) uppdelad i två delar. Del ett handlar om rörmaterial och observerade skador, där de första två frågorna avser gårdagens material och de efterföljande sex frågorna handlar om de rörmaterial som läggs idag och planerar läggas framöver. Del två handlar om hur ledningsägarna bedömer nya och förändrade material och deras möjligheter att klara en livslängd av 100-150 år. Webbenkäten utfördes mellan september och december 2017.

Muntliga intervjuer kring specifika frågor har även gjorts med Sydvatten AB, Norrvatten, Stockholm Vatten och Avfall och Meag VA-system AB.

En webbenkät har även skickats till flera teknikkonsultföretag i Sverige som arbetar med VA-projektering. Följande teknik konsulter har fått möjlighet att svara på enkäten: WSP Sverige AB, Sweco Sverige AB, Atkins Sverige AB, Tyréns AB, Envidan Sverige AB, Griab AB och Ramböll Sverige AB. Av de 7 tillfrågade konsultföretagen inkom svar från två. Webbenkäten utfördes mellan oktober och december 2017.

Muntliga intervjuer har utförts med tio anläggningsarbetare (rörläggare och grävmaskinister) och fyra platschefer/arbetsledare på följande entreprenadföretag och kommuner: Skanska Sverige AB, NCC Sverige AB och PEAB Anläggning AB, Höganäs kommun och Ängelholms kommun. Intervjuer är utförda av Helena Mårtensson, RISE Urban Water Management, mellan 2017-11-10 och 2017-12-08.

Resultaten från enkäter och intervjuer är på inget sätt ett statistiskt underlag för Sveriges VA-bransch, men kan ändå ses om en indikation på de behov som finns i VA-branschen både hos ledningsägare, teknik konsulter och entreprenörer. Frågor och svar från samtliga enkäter och intervjuer presenteras i sin helhet i bilaga 3. Slutsatser från resultaten presenteras i kapitel 2 och 3.

2 Erfarenhetsuppföljning av dagens VA-ledningssystem

2.1 Urval av ledningsmaterial som studerats

De rörsystem som valts ut för närmare studier valdes utifrån principen sannolikhet och konsekvens, där:

- sannolikhet innebär att det är ett ofta förekommande rörsystem och att fel uppkommer ofta
- konsekvens innebär att fel ger stora konsekvenser eller att rörsystemet används i stora dimensioner (vilket ger stora konsekvenser vid haveri)

Urvalet gjordes vid den första workshoppen. Resultatet presenteras i tabell 2.1 nedan. Urvalsunderlaget redovisas som tidigare nämnts i bilaga 1.

Tabell 2.1 Tabell med urval/bortval av material.

Rörsystem	Urval/bortval
Gråjärn (trycksatt)	Urval: Vanligt förekommande material i vattenledningsnätet även om materialet inte läggs längre. T.ex. kan katodiskt skydd med offeranoder eller påtryckt ström förlänga livslängden hos befintliga rör.
Segjärn (trycksatt)	Urval: Vanligt förekommande material i vattenledningsnätet som fortfarande läggs vid nyanläggning. T.ex. kan katodiskt skydd med offeranoder eller påtryckt ström förlänga livslängden hos befintliga rör.
Stål (trycksatt)	Urval: Ovanligt att använda detta material i mark men det förekommer på ledningar av större dimensioner. Stora konsekvenser för rörbrott/rörkollaps på stora dimensioner.
PE (trycksatt) nyanläggning och renovering	Urval: Vanligt förekommande material i vattenledningsnätet och förstahandsval vid nyanläggning för många kommuner i Sverige.
PP (självfall)	Urval: Vanligt förekommande material i självfallsnät.
PVC (självfall) PVC (trycksatta)	Urval: Vanligt förekommande material i självfallsnät. PVC för dricksvattenledningar nämns mycket kort eftersom materialet inte används längre vid nyanläggning och befintliga ledningar byts ut efterhand.
Ribbade/dubbelväggsrör (självfall)	Urval: Ribbade/dubbelväggiga rör är vanligt förekommande i självfallsnätet.
Flerskiktströr (självfall)	Urval: Denna rapport berör flerskiktströren väldigt kort då de under senare år blivit vanligare på den svenska marknaden och för att deras materialegenskaper behöver diskuteras.
GRP (trycksatta)	Urval: Ovanligt att använda detta rörmaterial i Sverige. Används för stora dimensioner på t.ex. råvattenledningar. Stora konsekvenser för rörbrott/rörkollaps på stora dimensioner. Bortval: Självfallsledning då de är ovanliga i Sverige.
Flexibla foder (självfall) renovering	Urval: Vanlig renoveringsmetod för befintliga självfallsledningar av betong. Bortval: Renovering av vattenledningar med flexibla foder. Eftersom det är ovanligt i Sverige och behöver beläggas utifrån att materialet är i kontakt med dricksvatten, vilket denna rapport inte omfattar.
Betong (trycksatta och självfall)	Urval: Vanligt förekommande material för självfallsledningar. Mindre vanligt förekommande för trycksatta system men det nämns ändå kortfattat i denna rapport.
Asbestcement (trycksatt)	Bortval: Finns i liten omfattning, ingen nyanläggning.
Lerrör (självfall)	Bortval: Ingen nyanläggning.

Varje material är indelat i ett eget kapitel med följande underrubriker:

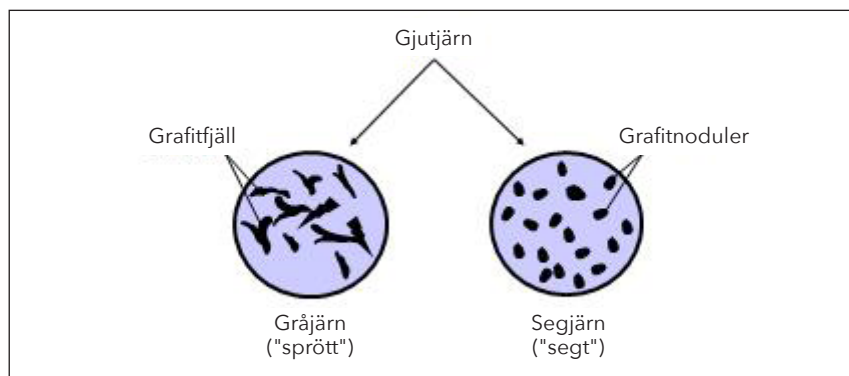
- Egenskaper och utvecklingen av rören
- Förlängning av livslängd
- Erfarenheter från webbenkäten
- Behov av forskning och utveckling

Förutom själva rörledningarna berörs även fogar, skarvar och gummiringstättning som ofta är den svaga länken i VA-ledningssystemet.

2.2 Trycksatta gjutjärnsrör (seg- och gråjärn)

2.2.1 Egenskaper och utvecklingen av rören

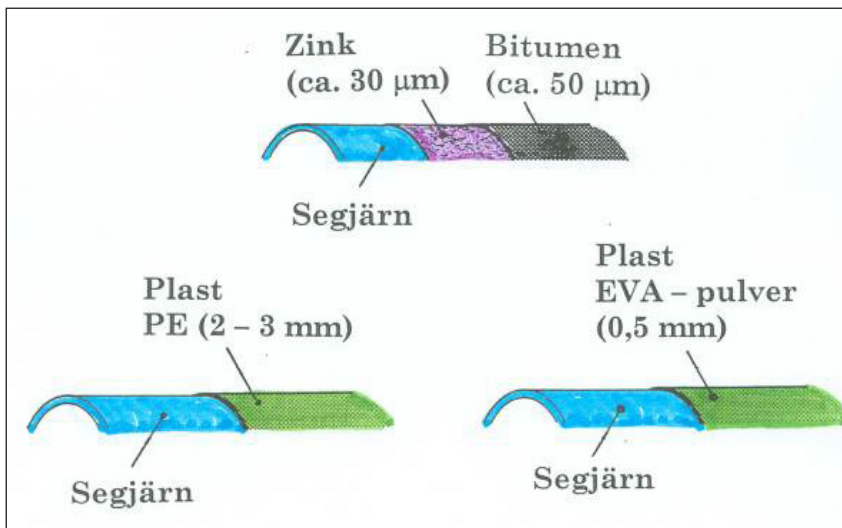
De vanligaste metalliska ledningsmaterialen i ett vattenledningsnät i Sverige är segjärn och gråjärn. Av det totala vattenledningsnätet framgick det i en utredning utförd 2008 att gjutjärn (seg- och gråjärnsledning) samt övriga metalliska material (stål och rostfritt stål) uppgick till ca 54 % av det totala beståndet (Malm, 2011b). Av de sju kommuner som svarat på frågan i webbenkäten lägger endast Stockholm Vatten och Avfall och Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad segjärnsledningar vid nyanläggning idag. Gråjärnsrören som har funnits sedan slutet av 1890-tal ersattes vid nyanläggning med segjärnsrör från 1960-talet. Anledningen är att segjärnsröret har betydligt bättre brottöjningsegenskaper än gråjärnsröret. På grund av bättre hållfasthetsegenskaper hos segjärnsrören jämfört med gråjärnsrören användes en tunnare godstjocklek hos segjärnsrören jämfört med gråjärnsrören. Risker för grafitisk korrosion är också något mindre hos ett segjärnsrör jämfört med ett gråjärnsrör. I Figur 2.1 visas en schematisk skiss av mikrostrukturen hos seg- och gråjärnsrör.



Figur 2.1 Schematisk skiss av mikrostrukturen hos seg- och gråjärnsrör (Camitz, 2009).

För att skydda grå- och segjärnsrören mot utvändigt korrosion används alltid en korrosionsskyddande beläggning. De äldre gråjärnsrören hade fram till 1965 en skyddsbeläggning av asfalt (bitumen). Tjockleken hos bitumenbeläggningen varierade mellan 50–100 μm . I mitten av 1960-talet introducerades de första segjärnsrören med en bitumenbeläggning med en tjocklek på ca 50 μm . Under åren 1980–1995 förstärktes korrosionsskyddet ytterligare hos segjärnsrören med olika typer av beläggningar, Figur 2.2.

Idag levereras markförlagda segjärnsrör för VA-ledningar oftast med en utvändigt zinkbeläggning. Utanpå zinken appliceras därefter antingen ett skikt av epoxi, polyuretan och/eller fiberarmerad specialbetong. Enligt AMA Anläggning 17 ska ytbehandlade segjärnsledningar vara försedda med ett skikt av zink som är minst 200 g/m^2 och en yttre beläggning med en minsta tjocklek av 70 μm . Rördelar är utvändigt belagda med epoxi enligt EN 14901 med en minsta tjocklek av 250 μm . Rör ska invändigt vara cementbruksisolerade enligt EN 545. Rördelar ska invändigt vara belagda med livsmedelsgodkänd epoxi enligt EN 14901 med en minsta tjocklek av 250 μm .



Figur 2.2 Schematisk skiss av olika skyddsbeläggningar hos segjärnsrör som introducerades mellan 1980 och 1995 (Camitz, 2009).

De markförlagda segjärnsrör som i dag används har ett mycket bättre korrosionsskydd än tidigare segjärnsrör. Det är dock svårt att undvika beläggningsskador helt, även om det finns erfarenheter från webbenkäten att t.ex. ZM-belagda segjärnsrör ger ett bra mekaniskt skydd som underlättar hanteringen vid läggning. Beläggningsskador innebär att blottlagda ytor (zink- och segjärnsytor) kommer att exponeras i jord och utsättas för korrosion. Korrosionen orsakas av jordens naturliga aggressivitet (klorider, sulfider m.m.) men kan accelereras av luftningsceller, galvaniska strömmar och läckströmmar.

Luftningsceller i jord uppkommer om markförhållanden varierar utmed den aktuella rörledningen. För segjärnsledningar, som är skarvade med muffar och har isolerande packningar av t.ex. EPDM-gummi är varje rörlängd isolerad från de övriga rörlängderna. Eventuella uppkomna luftningsceller kan då bara uppstå på varje enskild isolerad rörlängd, vilket innebär en begränsad utbredning. Om kringfyllningen sker med likadant material, rörgravsgrus, utan inslag av lerklumpar så minskar risken ytterligare för dessa korrosionsceller. Förekomst av galvaniska korrosionsströmmar eller läckströmmar från både lik- och växelström kan ge en dramatisk ökning av korrosionshastigheten, framför allt på belagda segjärnsrör med beläggningsskador. Om beläggningen är elisolerande kommer både de galvaniska korrosionsströmmarna och läckströmmarna att koncentreras till blottlagda beläggningsskador. En liten skada kan vara betydligt värre än t.ex. 10 stora skador. Belagda segjärnsrör är därför mer känsliga för läckströmskorrosion än dåligt belagda eller helt obelagda segjärnsrör. Eftersom det är svårt att helt undvika beläggningsskador så att stålytor blottläggs kan man komplettera de belagda rören med t.ex. katodiskt skydd. Hur katodiskt skydd fungerar kan läsas om i bilaga 2.

2.2.2 Förlängning av livslängd för befintliga gjutjärn- och trycksatta ställedningar på dricksvattennätet

Katodiskt skydd

Idag är det ett önskemål att livslängden hos VA-ledningar borde vara minst 100–150 år. Enligt Gustavsberg rörsystem har deras segjärnsledningar med VRS-systemet en bevisad teknisk livslängd på mellan 100 och 140 år (DVGW, 2018). Detta gäller nya ledningar. Eftersom det är svårt att helt undvika beläggningsskador vid nyanläggning och reparationer kan rören med fördel kompletteras med ett förstärkt korrosionsskydd för att möjliggöra 100–150 års livslängd. Exempel på ett förstärkt korrosionsskydd är att använda katodiskt korrosionsskydd i både förebyggande syfte (nya markförlagda rörledningar) och för att förlänga livslängden hos befintliga rörledningar. Katodiskt skydd kan alltså även användas på befintliga gjutjärnsledningar (seg- och gråjärn) för att förlänga livslängden genom att minimera utvändig korrosion. Vid installation av katodiskt skydd med offeranoder monteras anoderna på varannan rörpipa och endast rörpipans övre del vid skarven grävs fram, vilket blir billigare jämfört med att ersätta den gamla ledningen med en helt ny ledning. För mer information om katodiskt skydd se bilaga 2.

När det gäller kostnaderna för installation av katodiskt skydd är en mycket viktig faktor när installationen görs. Om den katodiska skyddsinstallationen görs vid nyanläggning kommer kostnaderna vara beroende av om offeranoder eller inerta anoder med påtryckt ström används. Vid användning av offeranoder som installeras vid nyanläggning kommer kostnaderna öka med ca 3–5 %. Livslängden hos anoderna är beräknade till ca 50 år. (Muntlig information Jörgen Almqvist, J.A Korrosionskonsult AB).

När det gäller katodiskt skydd med påtryckt ström är kostnader troligtvis högre jämfört med ett offeranodsystem. Anledningen är att katodiskt skydd med påtryckt ström måste övervakas och den skyddade ledningen bör vara försedd med isolerstycken. Även kostnader för strömförbrukning tillkommer. Likriktarnas måste normalt bytas efter ca 10–15 års drift.

Reparation med cementbruk

För att skydda insidan av gjutjärnsledningar mot korrosion används ofta ett alkaliskt cementbruk. Cementbruket sänker korrosionshastigheten på gjutjärnet till mycket låga nivåer ($<1\mu\text{m}/\text{år}$).

Vid skador på betongskiktet på insidan av gjutjärnsrören används cementbruk för att renovera, och därmed förlänga livslängden på vattenledningarna. Cementbruket har mycket höga hållfasthetsvärden och en lång livslängd. Genom att öka vattnets alkalinitet så kan man minska risken för invändiga korrosionsskador hos gjutjärnsrören. Man kan också belägga med polyuretan (PUR) eller epoxi. Invändig korrosion bedöms inte vara ett stort problem för trycksatta dricksvattenledningar av gjutjärn utan det är den utvändiga korrosionen som är problemet.

Renovering med PE-ledning

Det finns många metoder för schaktfri ledningsrenovering av dricksvattenledningar, när där inte är andra alternativ att förlänga livslängden av befint-

liga ledningar och man inte vill gräva. Exempel på metoder är infodring med formpassade rör, infodring med kontinuerliga rör och infodring med rörspräckning. För mer information om detta hänvisas läsaren till Svenskt Vattens publikation P101 Schaktfritt byggande av markförlagda VA-ledningar av plast.

Ett exempel på renovering av en befintlig gjutjärnsledning med U-liner visas i Figur 2.3. Metoden bygger på att ett u-format PE-rör dras in i befintlig ledning och expanderas med vattenånga.



Figur 2.3 T.v. gammal ledning, i mitten gammal "fräst ledning" med u-liner, t.h. ny PE-ledning i gammalt gjutjärnsrör. Bild: Med tillstånd att publicera från SVATEK.

2.2.3 Erfarenheter från webbenkäten

Material

Enligt resultat från enkäten är andelen gråjärnsledningar respektive segjärnsledningar 33 respektive 16 % i de befintliga dricksvattennäten i de svarande kommunerna (NSVA, Stockholm Vatten och Avfall, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd, Höganäs kommun och Lomma kommun). Det motsvarar nästan 50 % grå- och segjärnsledningar i de svarande kommunernas dricksvattennät. Andelen anslutna personer till de kommunala dricksvattennäten i de sex svarande kommunerna jämfört med det totala antalet anslutna personer i Sverige motsvarar 26 % (Svenskt Vatten 2018a, 2018b). Material- och åldersfördelning har undersökts för Sveriges VA-ledningsnät tidigare av Malm m.fl. (2011a). Både tidigare studier och denna undersökning visar att en stor andel av det befintliga beståndet av Sveriges dricksvattennät består av grå- och segjärnsledningar. Om det går att förlänga livslängden på redan lagda grå- och segjärnsledningar till en låg kostnad bör detta vara ett kostnadseffektivt alternativ till infodring eller omläggning.

På frågan vad man lägger för material på huvudvattenledningsnätet idag svarade fyra kommuner (NSVA, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd och Höganäs kommun). Materialfördelningen för de svarande kommunerna är 95 % PE, 4 % segjärn och mindre än 1 % trycksatt stål. Andelen anslutna personer till de kommunala dricksvattennäten av de fyra svarande kommunerna jämfört med det totala antalet anslutna personer i Sverige motsvarar 14 % (Svenskt Vatten 2018a, 2018b). Stockholm Vatten och Avfall kunde inte ange andel för respektive material varför de inte finns

representerade i uppgifterna ovan. Av de tillfrågade kommunerna är det enbart Stockholm Vatten och Avfall och Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad som lägger segjärnsledningar vid nyanläggning i större utsträckning. På Kretslopp och vatten används vid all om- och nyanläggning rör med ZM-beläggning (zinkbeläggning 200 g/m² med ytskikt av pigmenterad specialbetong) som bland annat ger ett ökat mekaniskt skydd vilket är en fördel vid hantering av rören vid läggning. De har som tidigare nämnts även ett långtidsskydd mot korrosion som ger ledningsmaterialet en lång livslängd. På frågan om vilka fördelar kommunerna ser med segjärnsledningar var svaren att de har lång livslängd. Det som är viktigt att säkerställa är att gumnipackningen kan garanteras en lika lång livslängd för att ledningssystemet inte ska börja läcka då packningarnas livslängd är slut.

På frågan om i vilket skede som skador främst uppkommer svarade de flesta kommunerna dålig kvalitet på rörmaterialet och fel vid själva läggningen. Typen av skador på rören var främst korrosionsskador och ålder på de skadade rören var oftast mellan 20 och 60 år.

Katodiskt skydd

I webbenkäten som skickades ut till kommunerna svarade 17 % nej på frågan om de har katodiskt skydd, 50 % ja, men bara på något/några ställen och 33 % vet inte för gråjärnsledningar. För segjärnsledningar svarade 33 % nej, 33 % ja, men bara på något/några ställen och 33 % vet inte. Katodiskt skydd används bara i liten utsträckning i Sveriges vattenledningsnät av gråjärn- och segjärnsledningar.

2.2.4 Behov av forskning och utveckling

- När det gäller val av rörmaterial eller val av skyddsbeläggning är FoU-behovet minimalt. Problemet idag och i framtiden är de beläggningsskador som uppkommer vid hantering eller vid läggning av rören. Det finns ett stort forskningsbehov kring hur tunn själva godstjockleken av segjärn får vara för att ledningarna ska hålla i 100–150 år. Eftersom det är svårt att helt undvika beläggningsskador så är det viktigt att kvantitativt fastställa de eller den parameter (t.ex. påverkan av galvanisk korrosion, luftningsceller och läckströmmar) som har den största betydelsen för lokala korrosionsangrepp i beläggningsskador och därefter ta fram lämpliga skyddsmetoder.
- Livslängdsbedömningar på förankringar (låselement, klämringar m.m.) behöver tas fram.
- Kostnad-nyttoanalys på om det är lönsamt att installera katodiskt skydd på segjärnsrör för att förlänga rörets livslängd.
- Det behövs mer forskning kring livslängdsbedömning av gummitätningarna mellan grå- och segjärnsrören. Idag misstänker VA-huvudmän att en möjlig förklaring till de förluster som inte går att identifiera på dricksvattenledningsnäten, som större läckor och omätt vattenuttag, kan bero på att äldre skarvar ”gräter”, d.v.s. att många skarvar läcker lite grann och att detta blir stora vattenförluster totalt. Ett Svenskt Vatten Utveckling projekt pågår kring livslängdsbedömning av tätningsfogar av termoplastisk

elastomer och en rapport har publicerats av Thörnblom m.fl. (2014) om livslängdsbedömning av gummiringsfogar hos VA-ledningar.

- Studier på om och hur katodiskt skydd förskjuter eventuell korrosion på dricksvattenledningar av gjutjärn och därmed förlänger deras livslängd behöver göras. Även hur korrosionshastigheten påverkas av omkringliggande jordarter för befintliga gjutjärnsledningar är av intresse att titta vidare på.

2.3 Trycksatta stålrör

2.3.1 Egenskaper och utvecklingen av rören - stålrör för större dimensioner

Trycksatta stålrör läggs i mark för stora dimensioner och vid stora djup. De är dock vanligast i tryckstegringsstationer för dricksvatten och spillvattenpumpstationer i form av rostfritt stål.

På grund av stålets höga hållfasthet lämpar stålrör väl för djupa ledningsgravar eller vid höga överbyggnader där stort jordtryck belastar ledningen. Stålrören har en hög hållfasthet, seghet och stor förmåga att motstå deformationer jämfört med t.ex. gråjärnsrör. Eftersom tunnare godstjocklekar kan användas i stålrör jämfört med gråjärnsrör blir oftast stålrören något lättare viktmässigt än gråjärnsrör. Den tunnare godstjockleken kan dock innebära snabbare genomfrätningar i blottlagda stálytor på grund av korrosion (Malm, 2011b).

De äldsta stålrören i Sverige är lagda i slutet av 1800-talet. Från 1940-talet fram till 1980 användes stålrören med ett invändigt skyddsskikt av asfalt- och bitumen. Utvändigt skyddades stålrören med en bitumenindränkt juteväv eller glasfiberväv. Erfarenheter från inspektioner utförda av Stockholm Vatten 1997 visade att bitumenbeläggningen invändigt har en livslängd av ca 25 år och utvändigt har bitumenbeläggningen med ingjuten juteväv upp till ca 50 års livslängd. För att förlänga livslängden hos äldre stålrör med en utvändig bitumenbeläggning kan med fördel katodiskt skydd med påtryckt ström användas.

Från 1980-talet och framåt används stålrör (grova dimensioner) med ett invändigt korrosionsskydd av cementbruk och utvändigt skyddas stålrören med polyeten (PE), polypropen (PP) eller polyuretan (PUR) (Malm, 2011b).

Eftersom det är svårt att undvika beläggningsskador (transport, hantering, etc.) är det några kommuner i Sverige som idag använder belagda stålrör med ett förstärkt korrosionsskydd med katodiskt skydd. Eftersom rören av stora dimensioner oftast är svetsade så är det betydligt enklare och billigare att installera ett katodiskt skydd med påtryckt ström jämfört med segjärnsledningar, eftersom ingen bygling behövs i rörskarvar för att skapa elektrisk kontinuitet. Det är dock viktigt att de katodiskt skyddade rörledningarna isoleras mot övriga stålkonstruktioner i jord med så kallad isolerstycken så att tillräcklig skyddsförmåga uppnås. Det behövs färre antal anoder när påtryckt ström används jämfört med ett skydd med offeranoder. Eftersom skyddsförmågan alltid övervakas med referenselektroder, när ett

katodiskt skydd med påtryckt ström används så är det möjligt att kontinuerligt övervaka skyddsförmågan via dator. Det katodiska skyddets strömmatning kan även regleras via dator. Nackdelen är dock att kostnaderna för ett katodiskt skydd med påtryckt ström oftast är dyrare att installera än ett katodiskt skydd med offeranoder. Ett rätt designat katodiskt skydd med påtryckt ström ger ofta en längre livslängd än ett offeranod skydd eftersom offeranod förbrukas med tiden.

2.3.2 Egenskaper och utvecklingen av rören - stålrör för mindre dimensioner

Varmförzinkade stålrör (galvaniserade stålrör) utgör mindre än 4 % av Sveriges huvudledningsnät för vatten. Huvudsakligen har galvaniserade stålrör använts till servisleddningar (Malm m.fl., 2011b). Att endast använda varmförzinkning som ett förstärkt korrosionsskydd för trycksatta stålrör påbörjades i mitten av 1950-talet och avslutades i slutet 1960-talet. De vanligaste dimensionerna var då 25 upp till 50 mm, även om dimensioner upp till 100 mm kunde förekomma. Huvudanledningen till att använda zink som ett korrosionsskydd för stålrör är att zinken ger ett visst katodiskt skydd (fungerar som en offeranod) vid blottlagda stálytor. Detta innebär att korrosionshastigheten hos blottlagda stálytor kan sänkas med ett angränsande zinksskikt så länge det finns zink kvar på stálytan. Tyvärr är korrosionshastigheten hos zinken hög både ut- och invändigt för stålrören. Läckfrekvensen är 10 gånger högre för varmförzinkade stålrör än för segjärnsrör (Malm, 2011b). Om varmförzinkning används på stålrör så används alltid varmförzinkningen i kombination med en skyddsbeläggning av polyeten eller polypropen.

I en utredning initierad av Stockholm Vatten och Avfall utförd av Swe-rea KIMAB ställdes frågan vilken betydelse zinktjockleken har på förväntad livslängd hos markförlagda gjutjärnsrör. Antagande som gjordes var att korrosionshastigheten hos kolstål och gjutjärn är ungefär lika mellan de olika metallerna i jord. Den genomförda utredningen visade att en fördubbling av de befintliga rören ursprungliga zinktjocklek av ca 28 µm bedöms öka rörets livslängd med 20–25 % i jordar med låg korrosivitet (hög kalciumkarbonathalt). I jordar med högre korrosivitet (låg halt kalciumkarbonat) är motsvarande siffra 10–15 %. Analysen är baserad på korrosionsdata från fältexponeringar och visar att livslängder på 100–200 år är möjliga att uppnå för zinkbelagda stålrör då endast den naturliga jordens korrosivitet beaktats. I praktiken är de markförlagda varmförzinkade stålrören inte enbart utsatta för jordens korrosivitet utan det finns andra faktorer som påverkar korrosionen och därmed livslängden hos varmförzinkade stålrör. Faktorer som har en negativ inverkan och som inte togs upp i utredningen var bland annat:

- Blottlagda stálytor vid anborrning av servisleddning.
- Blottlagda snittytor vid kapning av rör.
- Påverkan från låselement och klämringar.
- Galvaniska effekter vid kontakt med ädlare material.
- Läckströmmar.

De tre första punkterna innebär minskad skyddsverkan från zinkskiktet eftersom snittytor konkurrerar om skyddsströmmen från zinkskiktet. Även

galvaniska kontakter minskar zinkens livslängd och ökar gropfrätningshastigheten. Läckströmmar kan under olyckliga omständigheter kraftigt minska livslängden hos varmförzinkade stålrör.

2.3.3 Förlängning av livslängden

Genom systematisk statusbedömning som underlag för förnyelseplanering går det att förlänga livslängden på ett ledningssystem när rätt ledning byts ut i rätt tid. Statusbedömning av vattenledningar är komplicerat och standardiserade metoder motsvarande de som finns för självfallsnät saknas (Giertz m.fl., 2015).

Katodiskt skydd kan användas för att förlänga livslängden på rören. Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad har påtryckt spänning på alla stålledningar idag.

2.3.4 Erfarenheter från webbenkäten

Trycksatta stålrör används som tidigare nämnts i ganska liten omfattning i vattenledningsnätet i Sverige. Stockholm Vatten och Avfall har ca 15 % av befintligt huvudvattenledningsnät i materialet stål för större dimensioner, dim. 500–1 200 mm. Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad har mindre än 10 % stålrör i sitt vattenledningsnät och lade ca 4 % stålrör i sitt vattenledningsnät 2017.

På frågorna kring fördel med rörmaterialet, typ av skador, skadans ursprung och skadans ålder var svaren så få att inga slutsatser kan dras.

2.3.5 Behov av forskning och utveckling

För att erhålla långa livslängder hos nylagda stålrör måste ledningarna kompletteras med ett aktivt korrosionsskydd (t.ex. katodiskt skydd). Det katodiska skyddets utformning är helt beroende av jordens resistivitet och val av rörledningssystemet (skarvar, svetsar, etc.). En av de viktigaste frågorna är vilken typ av katodiskt skydd som bör användas (galvaniskt eller elektrolytiskt) för att erhålla 100–150 års livslängd. En annan fråga är hur ofta skyddsförmågan av det katodiska skyddet ska kontrolleras?

2.4 Trycksatta polyetenrör (PE)

2.4.1 Egenskaper och utvecklingen av rören

Rör av polyeten (PE) används i störst utsträckning till trycksatta dricksvattenledningar, men materialet används även till trycksatta spillvattenledningar och till självfallsledningar för spill- och dagvatten. Lågdensitet polyeten började tillverkas redan 1945 och högdensitet polyeten 10 år senare (Janson, 2003). Högdensitet polyeten (PE100) med styrkan 10 MPa började produceras på 1990-talet. Materialet skall hålla för spänningen 10 MPa under 50 år vid temperaturen 20° C. Tryckrör dimensioneras för ett inre tryck och självfallsledningar för en tillräcklig ringstyvhet för att stå emot yttre belastning från omgivande fyllnadsmaterial.

Materialet PE100 är ett bimodalt material som tillverkas med både molekyler av låg och hög vikt. Detta tillhör den tredje generationens polyeten. Den andra generationen, som kom ut på marknaden på 1970-talet, var unimodal och här ingår PE63 och PE80. Den andra generationens polyeten med nya tillsatser hade förbättrade åldringsegenskaper än tidigare generation (Malm, 2011b).

Vid tryckprovning kan livslängdskurvor ritas, som bygger på att sega brott uppstår vid höga spänningar och spröda brott vid lägre spänningar och längre tider. För tidiga polyetenkvaliteter är livslängden vid användning vid 20° C extrapolerad och antas vara begränsad av att det uppstår ett sprödbrott efter 50 år eller mer. Extrapoleringen är gjord från högre temperaturer. Janson (2003) ger principiella livslängdskurvor där det inte finns någon livslängdsbegränsning i form av sprödbrott för varken PE80 eller PE100 vid 20° C. Vid 80° C kan sprödbrott inträffa för PE80 men detta kan inte påvisas för PE100.

Den andra generationens polyeten PE63 och PE80 som lades ned i mar-ken på mitten 1970-talet hade en uppskattad livslängd på 50 år då spänningen var 6,3 MPa respektive 8 MPa. Många av dessa rör ligger kvar än idag, se rapporten av Malm & Svensson (2011a). Rören har snart legat i 50 år och det har alltså visats i praktiken att de i princip håller i 50 år. Det finns inget som tyder på att dessa rör skulle få en dramatiskt ökad felfrekvens och behöva bytas ut inom en snar framtid. Schulte & Hessel (2006) undersökte polyetenrör som varit i drift från 1961 (d.v.s. i 45 år) med en spänning i rörväggen på 2,2 MPa. Experimentellt kom de fram till en kvarvarande livslängd på 27 år.

Som tidigare nämnts har inte moderna bimodala polyetenrör av PE80- eller PE100-kvaliteter samma begränsade livslängd till följd av sprödbrott som tidigare unimodala polyetenkvaliteter. Detta indikerar längre brukstider för dagens nylagda polyetenledningarna under förutsättning att materialets belastning inte har ökat genom att tillämpa rör med tunnare godstjocklek. De bimodala polyetenrören är dessutom mycket robusta och kan användas vid schaktfri läggning som rörspräckning och styrd borring. Bergström m.fl. (2009) uppskattade att sprickor med djupet 10 % av godstjockleken kan tillåtas utan reduktion av arbetstrycket då livslängden avser 50 år. Hoàng & Lowe (2008) tryckprovade rör i hela nio år och utvärderade nedbrytningen av antioxidanter på in- och utsida. Vid temperaturen 10° C extrapolerades det fram att det tog 100–150 år att bryta ned antioxidanterna på utsidan av röret och för 20° C tog det 56 år. Jacobson m. fl. (2014) studerade tillfällig avstängning av plastledningarna genom sammanklämning. Egna tester, enkäter och litteraturstudier genomfördes och rekommendationer gavs.

På dricksvattennätet är det ytterst få rörbrott endast kring 0,2 läckor per mil och år för de av Malm m.fl. (2011b) undersökta kommunerna. På samma nät finns i Sverige uppskattningsvis 22 % PE-ledningar enligt Malm & Svensson (2011a).

Tryckrör av PE för vatten och avlopp följer standarden EN 12201-2 (2011). Hydrostatisk hållfasthet av tryckrör följer standarden ISO 9080 (2012).

Vid val av PE-rör kommer olika aspekter in, förutom att den hydrauliska kapaciteten måste vara tillräcklig, så ska röret vara dimensionerat för ett maximalt tryck. Det maximalt tillåtna trycket ges av tillåten spänning i rörväggen, rörets diameter och godstjocklek. Här kommer kvoten (SDR) mellan diameter och godstjocklek in. Den tillåtna spänningen ges av karakteristisk hållfasthet dividerat med en säkerhetsfaktor. För SDR 11 tillåts trycket 16 bar (PN16) och för SDR 17 tillåts 10 bar (PN10) i vattenledningar enligt standarden EN 12201-2 (2011) med säkerhetsfaktorn 1,25. När EN 12201-2 kom ut 2003 hade säkerhetsfaktorn sänkts jämfört med tidigare svenska norm SS 3362 från 1,6 till 1,25. I Norge används fortfarande säkerhetsfaktorn 1,6 (NS-EN 12201-2). Detta betyder att när man jämför olika rör bör man använda SDR-klasser istället för olika tryckklasser.

Valet av godstjocklek eller SDR-klass påverkas också av vilka kryptöjningar som kan accepteras. Även om rören håller för ett visst tryck kan det bli svårt att reparera en ledning, eftersom ledningen med tiden expanderar på grund av krypning i materialet. Det blir alltså en kvarstående expansion även om röret blir trycklöst. Då en större godstjock används blir spänningarna mindre och även krypningen och den kvarstående expansionen.

Ytterligare en aspekt är att det i en större godstjocklek finns mer stabilisatorer, som har till uppgift att skydda materialet i röret mot oxidation, och dessa har en längre väg att vandra ut. Stabilisatorerna förbrukas genom att de reagerar med syre och de vandrar, migrerar, ut ur materialet.

2.4.2 Förlängning av livslängden

PE-materialets medianlivslängd är enligt Malm m.fl. (2011b) 50 till >100 år för PE-ledningar lagda mellan 1960-talet och 1974 och >100 år för PE-ledningar lagda efter 1974. Med medianlivslängd menas hur lång tid det tar innan 50 % av en grupp ledningar är utbytta. De äldsta PE-ledningarna som är lagda i Sverige i dag har varit i drift i drygt 50 år. Dagens PE-rör har mycket få skador. För den första generationens rör kan man se en något förhöjd skadefrekvens enligt Malm m.fl. (2011b). Fogar i plastledningar har visat sig ha högre skadefrekvenser än själva rören. Detta gäller främst mekaniska kopplingar av metall som tidigare ofta använts för PE-slang (diameter 32–63 mm) (Malm m.fl. 2011b).

Det uppstår få brott på PE-ledningar idag se rapporten av Malm m.fl. (2011b). För befintliga ledningar av PE behövs det i dagsläget inga livslängdsförlängande åtgärder. Ledningar lagas då läckor uppstår. Forskning pågår, men mer forskning och produktutveckling behövs för att möjliggöra statusbedömning av PE-ledningar utan att gräva fram ledningar. Eftersom PE ökar i Sveriges dricksvattenledningsnät, är det om 50–100 år som detta material står i fokus för ledningsförnyelse. Då krävs det bra verktyg för att ta kloka beslut om när och vilka sträckor av ledningsnätet, som skall bytas ut eller förnyas.

Skarvarna är de svaga punkterna och åtgärder på svaga sådana skulle kunna förlänga livslängden. För att kunna göra detta krävs.

- att ledningsägarna vid läggning dokumentera skarvmetod och skarvläge,
- att nya bättre metoder utvecklas för att kontrollera dricksvattenledningar,

- krav på bra utbildning för både svetsare, bygglidare och platschefer/arbetsledare.

2.4.3 Erfarenheter från webbenkäten

Andelen PE i det svenska dricksvattenledningsnätet var 2008 22,4 % (Malm m.fl., 2011a). Enligt resultat från enkäten är andelen PE 19 % i de befintliga dricksvattennäten i de svarande kommunerna (NSVA, Stockholm Vatten och Avfall, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd, Höganäs kommun och Lomma kommun). Andelen anslutna personer till de kommunala dricksvattennäten i de sex svarande kommunerna jämfört med det totala antalet anslutna personer i Sverige motsvarar 26 % (Svenskt Vatten 2018a, 2018b).

Enligt statistik från VASS var andelen PE vid ny- respektive omläggning av dricksvattennätet 79 respektive 82 % 2016. Materialfördelningen för de svarande kommunerna i webbenkäten var för nyanläggning på dricksvattennätet 95 % PE, 4 % segjärn och mindre än 1 % stål. Andelen anslutna personer till de kommunala dricksvattennäten i de fyra svarande kommunerna jämfört med det totala antalet anslutna personer i Sverige motsvarar 14 % (Svenskt Vatten 2018a, 2018b). Stockholm Vatten och Avfall kunde inte ange andel för respektive material varför de inte finns representerade i uppgifterna ovan. Ovanstående siffror visar att andelen PE i det svenska dricksvattenledningsnätet ökar då PE är förstahandsvalet för många svenska kommuner vid nyanläggning och omläggning av vattenledningar.

Både Stockholm Vatten och Avfall och Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad lägger idag PE100 SDR11, de lägger alltså ett PE100-rör med tjockare godstjocklek för att säkerställa en lång livslängd på rören. Göteborg stad lägger dessutom PE100RC (resistant to crack). För de ledningar som läggs nu och framåt bör fokus ligga på utveckling av PE-ledningssystemet.

På frågan om vilka fördelar kommunerna ser med PE som ledningsmaterial var svaren att de har få eller inga skador och att de troligen har lång livslängd, även i inkopplingar och skarvar. På frågan om i vilket skede skador uppkom svarade de flesta kommunerna vid läggning eller läckage i fogar efter läggning, främst läckande elsvetsmuffar. Ålder på skadade rör av PE80 och PE100 varierade mellan 15 och 25 år.

2.4.4 Drift och underhåll av PE-ledningar

Vid drift- och underhåll är det viktigt att ha i beaktan att det ofta tar längre tid och kräver mer utrustning att laga en läckande skarv på ett PE-rör än vad det tar på en ledning av stål eller segjärn. PE-ledningen är svårare att få tät, speciellt när ledningen har legat i marken länge och kanske fått utvändiga repor och svält. Att PE-ledningar sväller beror på att materialet är viskoelastiskt och att det inre trycket som ledningen utsätts för ger upphov till en permanent deformation. Hur stor denna deformation blir beror på inre tryck, temperatur, godstjocklek och tid.

2.4.5 Behov av forskning och utveckling

- Det kan vara av intresse att verifiera livslängdsbedömningar för dagens bimodala polyetenkvaliteter som lagts efter 1990 med försök med jungfruliga rör och längre provningstider eller begagnade rör som varit i drift en lång tid. Förutom tryckprovning är det av intresse att se hur antioxidanter förbrukas och materialet bryts ned från in- och utsida. Det gäller att en stark kärna blir kvar som kan bära trycklasten under den önskade brukslängden.
- En önskad livslängd för nyanlagda ledningar på 100-150 år kan motivera att man väljer ett rör med större godstjocklek. Flera VA-huvudmän/VA-bolag, däribland Stockholm Vatten och Avfall och Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), väljer idag att lägga vattenledningar i PE100-materialet med SDR11 (PN16) istället för SDR17 (PN10) för att få ytterligare en säkerhetsmarginal för den tekniska livslängden på röret. Tar man bara hänsyn till tryckklass och vattnets invändiga tryck på röret räcker det att välja ett SDR17 rör för PE100-materialet, men för att öka rörets godstjocklek och därmed dess livslängd kan detta vara en bra strategi. Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad har gått ytterligare ett steg längre och lägger endast PE100 RC (resistant to crack). Studier behövs kring kostnad mot nytta av att välja en högre SDR-klass. Även studier på RC-materialet behövs avseende livslängdsmålet 100–150 år.
- Studier på eventuell påverkan på PE-rörets livslängd vid böjning kan vara av intresse. PE-ledning tillåter en ganska stor böjning utan att man sätter rördelar. Den exakta böjningsradien varierar med temperatur, material och rörets diameter.
- Diffusionstätheten hos PE-ledningar gjorda för att läggas i förorenad mark kan vara av intresse att undersöka ytterligare för att utvärdera de olika rörmaterialens tillförlitlighet.
- Utveckla metoder för läcksökning för PE-ledningar.

2.5 *Självfallsledningar av polypropen (PP)*

2.5 Egenskaper och utvecklingen av rören

Det finns två huvudtyper av plaströr för självfall; dels homogena rör och dels strukturväggsrör. I detta kapitel beskrivs homogena rör av polypropen.

Rör av polypropen (PP) används främst till självfallsledningar för avloppsvatten, men används även för andra tillämpningar. Polypropen började tillverkas redan 1955, se boken av Janson (2003). Polypropen finns som en homopolymer och som en co-polymer där byggstenar av eten ingår. I det senare fallet kan olika molekyler förekomma blockvis eller slumpmässigt. Vanligtvis så tillverkas avloppsrör av blockpolymerer. I polypropen kan det finnas fyllmedel av mineraler såsom talk och krita.

Thörnblom m.fl. (2009) undersökte beständighet hos rör av polypropen av typen blockpolymer med och utan fyllmedel i form av krita (kalciumkarbonat). Relaxationstest med ovaliserade rör genomfördes och mekaniska storheter bestämdes. Polypropen utan fyllmedel visade sig relativt opåverkat av termisk åldring vad gäller mekaniska storheter. Inga brott uppstod var-

ken hos jungfruliga eller åldrade rör av dessa material i relaxationsriggarna under 10 000 timmar. Åldringen skedde under 12 månader i vattenbad med 95° C då insidan exponerades av luft med 95° C. Rör av polypropen med fyllmedel uppvisade efter termisk åldring lägre lastkapacitet. Sprickbildningar (crazing) uppstod vid relaxationstest efter en tid i draget material hos dessa rör. Thörnblom m fl. (2009) konstaterar att det inte finns någon internationellt accepterad metod för att utvärdera beständighet av självfallsrör av polypropen. I rapporten redovisas ett försök att använda smältindex för att bedöma kemisk nedbrytning, vilket gav bedömningar med mycket långa livslängder.

Polypropenmaterialet som används i självfallsledningar utvärderas bl. a med tryckprovning av släta rör vid förhöjd temperatur, men detta är ett kvalitetstest som inte har en direkt relation till livslängd hos ett självfallsrör.

Förutom att självfallsrör utsätts för en mekanisk påfrestning vid ovalisering, så utsätts avloppsrör för en kemisk påfrestning av spillvatten. Stabilisator tillsatser kan brytas ned och kan transporteras bort med spillvattnet. Härtill kommer skavarnas långsiktiga täthet och tätningsmaterialets beständighet. De Palo m fl. (2005) utsatte polypropenrör för temperaturåldring i luft och vatten. Kvarvarande mängder av antioxidanter mättes med kromatografiska metoder och OIT (oxidation induction time).

Standard för homogena rör av PP är EN 1852-1 (2009).

2.5.2 Förlängning av livslängden

Polypropen har lagts i självfallsnätet för spill- och dagvatten efter 2000 (Malm m.fl., 2011a). Författarna känner inte till att det har funnits något omfattande behov av renovering eller livslängdsförlängning ännu. Skarvarna är de svaga punkterna, där det finns risk för läckage och rotinträngningar. Enstaka fel kan lagas genom byte av enskilda rörlängder, efter att de lokaliserats genom t.ex. filmning. I princip skulle det vara möjligt att lägga in en strumpa i en PP-ledning, som läcker på många ställen, d.v.s. efter varje rörlängd på 3, 6 eller 12 m. Framtida statusbedömningar och skador får utvisa vilka metoder som är mest kostnadseffektiva.

2.5.3 Erfarenheter från webbenkäten

Enligt resultat från enkäten är andelen släta PP-ledningar och homogena ribbade eller dubbelväggsrör (som till största delen är i materialet PP) 10 respektive 4 % i de svarande kommunernas befintliga självfallsnät för spill- och dagvatten. NSVA, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd och Höganäs kommun har svarat på frågan. Stockholm Vatten och Avfall kunde inte ange andel för respektive material men lägger släta PP rör sedan 2015. De lägger inga homogena ribbade eller dubbelväggsrör.

Andelen anslutna personer till det allmänna spillvattennätet i de fyra svarande kommunerna motsvarar 14 % av det totala antalet anslutna personer till det allmänna spillvattennät i Sverige.

Jämfört med tidigare studier av Malm m.fl. (2011a) är andelen släta PP-rör och homogena ribbade eller dubbelväggsrör högre för denna enkät. Resultatet från Malm m.fl. var för släta PP-rör och homogena ribbade eller dubbelväggsrör 1,8 % respektive 1,3 %. Det går dock inte att dra några

slutsatser om en ökning för hela Sverige utifrån de två undersökningarna då underlagen för de två undersökningar skiljer sig åt.

Av de sex kommunerna (Stockholm Vatten och Avfall, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), NSVA, VA Syd, Ängelholms kommun, Höganäs kommun och Lomma kommun) som svarade på frågan vad de lägger för material i spill- och dagvattenledningsnätet idag svarade alla kommuner utom Lomma att de lägger släta PP rör. Alla de sex svarande kommunerna, utom Stockholm Vatten och Avfall, lägger homogena ribbade eller dubbelväggsrör. Eftersom ingen av de svarande kommunerna angav en siffra på denna fråga svarar inte denna undersökning på hur stor andel släta PP-rör respektive homogena ribbade eller dubbelväggsrör som läggs i spill- och dagvattenledningsnäten idag.

Gällande brunnar sätter alla de 6 svarande kommunerna tillsynsbrunnar av PP, nedstigningsbrunnar av både PP och betong.

Fördelarna som de svarande kommunerna ser med det släta PP röret är att de har få eller inga skador, är lätta att laga, och troligtvis har en lång livslängd. För strukturväggsrör av PP var fördelarna att rören har få eller inga skador och troligtvis har en lång livslängd.

På frågan vilken typ av skador och som uppstår på släta PP-rör idag var några av svaren att PP-materialet förlorar 75 % av sin ringstyvhet på 50 år, man är osäker på om det är ett bra materialval ur ett 100–150-årsperspektiv, det finns risk för svackor vid läggning av längre rörlängder än 3 m, ovalitet uppstår lätt vid ojämn packning.

Ålder på de skadade rören varierar mellan 0 och 50 år.

Problemet som kommuner upplever idag är att självfallsledningar för spill- och dagvatten i PP, och även i PVC, finns i många olika fabrikat med olika lösningar för att skarva ihop rör, rördelar och brunnar. Det saknas ett standardiserat skarvsystem som fungerar för samtliga fabrikat. Detta gäller även för anslutning av strukturväggsrör mot cirkulära betongbrunnar som belyses mer i kapitel 4.3.

Skadorna på släta- och homogena ribbade eller dubbelväggsrör av PP uppkommer främst vid läggning enligt de svarande kommunerna.

2.5.4. Behov av forskning och utveckling

I avlopps nätet finns ca 2 % PP-rör enligt Malm m.fl. (2011a). Det som finns har i princip lagts efter år 2000. För PP-rör skulle det behövas ytterligare arbete, som syftar till bättre livslängdsuppskattningar av rör som läggs idag och de som redan lagts. Det kan både gälla själva rörmaterialet, funktionen hos rören och tätningarnas livslängd. Specifika studier på hur ledningarnas deformation (ovalitet) förändras över tiden behöver utföras. Det finns indikationer från studier i USA på att ledningar som haft mindre avvikelser avseende ovalitet vid nyanläggning inom en 10–15 års period har haft en betydande ökning i ovalitet.

För att bestämma livslängden på både rör och tätningar krävs ett omfattande experimentellt arbete. I ett sådant arbete kan jungfruligt material användas men även material från ledningar som varit i drift. Även forskning kring punktlaster på PP rör behövs eftersom detta troligtvis kommer vara det som avgör livslängden. Även krypbrott i PP behöver utredas ytterligare.

2.6 Trycksatta och självfallsledningar av polyvinylklorid (PVC)

2.6.1 Egenskaper och utvecklingen av rören

Det finns två huvudtyper av plaströr för självfall; dels homogena rör och dels strukturväggrör. I detta kapitel beskrivs homogena rör av PVC. Även PVC-ledningar för dricksvatten nämns i korthet.

Polyvinylklorid (PVC) började tillverkas på mitten av 1930-talet, se boken av Janson (2003). För rör används PVC-U (unplasticised PVC) utan mjukgörare. Även PVC-materialet som används i självfallsledningar utvärderas bl. a. med tryckprovning av släta rör vid förhöjd temperatur, men som för polypropen är det ett kvalitetstest som inte har en direkt relation till livslängd hos ett självfallsrör. Livslängden hos PVC-rör vid tryckprovning beror på processer vid råvaru- och rörtillverkning.

I slutet av 60-talet och början på 70-talet användes formsprutade muffar s.k. EHRI-muffar, som limmades på rören. Dessa har sedan visat sig ha en hög skadefrekvens. År 1973 förbättrades tillverkningsprocessen för PVC-rören när så kallad skalfri PVC kom ut på marknaden. Pellets blev mer homogena och saknade skal, vilket gjorde att man fick en bra gelatineringsgrad i en snabb tillverkningsprocess. Under 1970-talet ökade fokus på gelatineringsgrad vilket mynnade ut i bra kvalitet hos PVC-rören, trots att man gick ifrån den skalfria kvaliteten. I början på 2002 försvann bly i stabilisatorer i Sverige (www.plastnet.se) och fabrikanterna gick över till kalcium-zink istället. Idag används även organiskt baserade stabilisatorer där även zinken är eliminerad. I självfallsrör finns det en betydande andel fyllmedel i form av krita.

Nowack (1995) har gjort tryckprov i 60° C på gamla rör av PVC-U från 1930-talet och kommit fram till att rören skulle kunna användas fortsättningsvis i samma miljö många år till. En slutsats var att de visserligen inte uppfyller aktuella standarder från 1995, men de kan fungera fortsättningsvis i sin befintliga dricksvattenapplikation. Scholten m.fl. (2016) har undersökt gas och vatten rör av PVC-U som lagts i mark under 1960- och 1970-talet. Rör hämtades från 27 platser. Rören som var mellan 35–50 år gamla uppvisade inga påtaglig försämrade egenskaper. De uppfyllde kraven i den aktuella standarden för plaströr av PVC-U för vattendistribution under tryck i mark, EN 1452-2 (2009).

Whittle och Tennakon (2005) har undersökt uppgrävda PVC självfallsrör (7 st.) använda i avloppssystemet under ca 25 år i Australien. Ingen erosion av rörväggarna kunde fastställas. Små förändringar av styvhet och styrka konstaterades. Täthet undersöktes med tryckprov och vacuumprov med ±0,8 bar. Alla rörskarvar utom en som skadats vid uppgrävning var täta. Tätningarna visade inget tecken på nedbrytning vid en visuell kontroll. En viss minskning i slaghållfasthet konstaterades. Författarna bedömer att lång livslängd återstår. Även Bauer (1990) undersökte tidigare avloppsrör av PVC med liknande tester som varit i drift. Rören hade diametern Ø 257 mm och hade varit i drift i 15 år. Ingen nedbrytning kunde konstateras.

I dricksvattenledningsnätet finns ca 12,5 % PVC-ledningar och i avlopps-nätet finns ca 10 % (Malm m.fl., 2011a). Även om stabilisatorer har bytts ut

bedöms kvaliteten ha varit jämn under en längre tid sedan fokus på gelatine-ringsgrad ökade under 1970-talet. Standard för släta rör av PVC för avlopp (självfallsledningar i mark) finns i EN 1401-1 (2009).

2.6.2 Förlängning av livslängden

PVC har lagts i både vatten- och avloppsledningsnätet sedan 1970-talet. Ett känt problem har varit den limmade EHRI-muffen på PVC-ledningar för dricksvatten. Många av dessa muffar och ledningssystem är utbytta idag. För nya PVC-ledningar utan bly som kom efter 2002 (www.plastnet.se) känner författarna inte till att det har funnits något omfattande behov av renovering eller livslängdsförlängning ännu då ledningarna är så nya. Skarvarna är de svaga punkterna, där det är risk för läckage och rotinträngningar. Enstaka fel kan lagas genom byte av specifika rörlängder efter att de lokaliserats genom t.ex. filmning. I princip skulle det vara möjligt att lägga in en strumpa i en PVC-ledning förutsatt att det läcker i skarvarna, d.v.s. efter varje rörlängd på 3, 6 eller 12 m. Eftersom PVC är en spröd plast går ledningen vid rörbrott sönder i ganska stor omfattning med inträngning av jordmassor runt omkring som följd. Framtida statusbedömningar och skador får utvisa om det finns kostnadseffektiva metoder för förlängning av livslängden på befintliga ledningar som relining med flexibla foder eller om de behöver läggas om.

2.6.3 Erfarenheter från webbenkäten

Enligt resultat från enkäten är andelen släta PVC ledningar 11 % i de befintliga dricksvattennäten i de svarande kommunerna (NSVA, Stockholm Vatten och Avfall, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd, Höganäs kommun och Lomma kommun). Denna andel stämmer även bra överens med resultaten från tidigare studier i Malm m.fl.,(2011a) där siffran för andelen PVC i hela det svenska vattenledningsnätet var 12,5 %. Andelen anslutna personer till de kommunala dricksvattennäten i de sex svarande kommunerna jämfört med det totala antalet anslutna personer i Sverige motsvarar 26 % (Svenskt Vatten 2018a, 2018b).

Enligt resultat från enkäten är andelen släta PVC ledningar för det befintliga spill- och dagvattennätet 7 %. Fyra kommuner svarade på frågan (NSVA, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd och Höganäs kommun. I tidigare studier av Malm m.fl. (2011a) var andelen PVC-ledning i hela Sveriges spill- och dagvattenledningsnät 10 %. Andelen anslutna personer till de kommunala spillvattennäten i de fyra svarande kommunerna jämfört med det totala antalet anslutna personer i Sverige motsvarar 14 % (Svenskt Vatten 2018a, 2018b). Bara NSVA och VA Syd lägger nya PVC-ledningar i sina spill- och dagvattenledningsnät idag. Stockholm Vatten och Avfall övergick från släta PVC-ledningar till släta PP-ledningar 2015. Inga av de sex svarande kommunerna lägger nya PVC-ledningar i sitt dricksvattennät.

De svarande kommunerna såg inga fördelar med PVC-ledning i dricksvattennätet. Fördelen med PVC-ledningar för självfallsnätet var att de troligtvis har lång livslängd och är lätta att laga.

Skador på befintliga PVC-ledningar i dricksvattennätet är främst läckor i de limmade EHRI-muffarna. Detta är ett välkänt problem i hela VA-branschen och många av muffarna och ledningarna är idag utbytta. I övrigt såg kommunerna problem med att äldre PVC-ledningar blivit spröda.

Åldern på de skadade PVC-ledningarna varierade mycket mellan de svarande kommunerna, från 0 till 60 år.

2.6.4 Behov av forskning och utveckling

När det gäller PVC-rör skulle det behövas ytterligare arbete, som syftar till bättre livslängdsuppskattningar av rör som läggs idag och de som redan lagts av liknande kvalitet som dagens.

2.7 Strukturväggsrör av PE, PP och PVC för självfall

2.7.1 Egenskaper och utvecklingen av rören

Strukturväggsrören delas in i homogena ribbade/dubbelväggsrör och flerskiktsrör. Det ribbade röret har rillor på utsidan och en slät insida och är homogena. Även dubbelväggsröret har rillor på utsidan och är släta på insidan men har dubbla väggar med luft mellan väggarna. Flerskiktsrör är skummade i mitten och har en slät ut- och insida. Strukturväggsrör beskrivs i standarden EN 13476. Flerskiktsrören, oberoende av plastmaterial, beskrivs i EN 13476-2 och de ribbade rören/dubbelväggsrören i EN 13476-3.

Homogena ribbade rör och dubbelväggsrör

Ribbade rör används för att skapa ett styvt rör till lägre vikt. Material "flyttas" radiellt från rörets medelyta genom att cirkulära ribbor eller dubbla väggar införs. Mellan väggarna i ett dubbelväggsrör finns vanligtvis luft. Figur 2.4 visar exempel på ett homogent ribbat rör av PP. Homogena ribbade rör förekommer främst i PP på den svenska marknaden. Dubbelväggsrör förekommer främst i PP, men även i PE, på den svenska marknaden. Dubbelväggsröret testproducerades i Sverige redan i slutet på 70-talet i materialet PEH. 1986 lanserades det homogena ribbade röret Ultra Rib® av Uponor i PVC. 1989 bytte man material till PP och namn på röret till Ultra Rib 2® (Uponor, 2018). Det finns många andra fabrikat på den svenska marknaden som tillverkar strukturväggsrör.



Figur 2.4 Exempel på homogena ribbade rör av PP. Foto: Mårtensson.

Flerskiktsrör

Flerskiktsrören består vanligtvis av tre skikt. Det yttersta lagret skyddar mot ytskador, det innersta är slätt för att medge ett bra flöde, och det mellersta lagret av ett skum med sluten cellstruktur leder till lättare rör. Flerskiktsrör finns i materialen PP och PVC. Det fanns flerskiktsrören på den nordiska marknaden i slutet av 1980-talet och början på 1990-talet i PE (KWH 1990). Flerskiktsrör i PP kom in på marknaden i mitten av 2000-talet. INST-CERT kom ut med certifieringsregler för flerskiktsrör och ribbade rör 2006 (INSTA SBC PS 103:2006) och de senaste är INSTA SBC EN 13476 (2018).

2.7.2 Förlängning av livslängden

Strukturväggsrör har lagts i avloppsledningsnätet huvudsakligen efter 2000. Författarna känner inte till att det har funnits något omfattande behov av renovering eller livslängdsförlängning ännu av strukturväggsrör. Framtida statusbedömningar och skador får utvisa vilka metoder för livslängdsförlängning som är kostnadseffektiva.

2.7.3 Erfarenheter från webbenkäten

Se motsvarande stycke under kapitel 2.5.3 för ribbade/dubbelvägsrör. Inga av de svarande kommunerna lägger flerskiktsrör.

2.7.4 Behov av forskning och utveckling

Det finns behov av utvärdering av rörens egenskaper efter viss tids användning, om packningarna håller tätt och hur materialet åldras. Det finns även ett behov av att se över standard för både rör och brunnar av plast då material och fabrikat blandas. Det behöver bli enklare att passa ihop olika delar utan fördyrande rördelar.

För flerskiktsrören är det tveksamt om utvecklingen av tunnare rör med en skummad kärna är rätt väg att gå i jämförelse med homogena rör när målet är att gå mot 100–150 års livslängd på framtidens VA-ledningssystem. Forskning behövs inom området.

Det behöver utvecklas bättre anslutningsmuffar mellan strukturväggsrör i plast och cirkulära betongbrunnar samt en systemstandard för dubbelväggsrör av olika fabrikat och plastbrunnar för att minska antalet övergångsrördelar som kan orsaka strypning (tillfällig dimensionsminskning) av vattenflödet.

2.8 *Trycksatta ledningar av glasfiberarmerad polyester (GRP)*

2.8.1 Egenskaper och utvecklingen av rören

GRP står för Glass fiber Reinforced Plastics. På svenska kallas GRP-röret för GAP-rör, Glasfiber Armerad Plast. GRP är ett kompositmaterial som består av tvåkomponents härdplaster som förstärks med glasfiber och som fyllmedel kan sand användas. Mängden fiber och fiberriktningar kan variera och detta påverkar de mekaniska egenskaperna. Härdplasten består vanligtvis av polyester. Sedan 2006 finns de europeiska standarderna EN 1796 (2013)

för dricksvattenledningar och EN 14364 (2013) för tryck- och självfallsledningar till avlopp.

Det finns olika varianter av GRP-rör. De vanligaste är centrifugaljutna respektive lindade rör. Figur 2.5 visar exempel på GRP-rör.



Figur 2.5 Exempel på glasfiber armerade självfallsledningar i dimension 600 mm. Foto: Mårtensson.

2.8.2 Erfarenhet av GRP i VA-ledningsnätet i Sverige

I Sverige används GRP-rör i begränsad omfattning. Främst används det för stora dimensioner i dricksvattenledningsnätet. Norrvatten har ca 16 km GRP-rör i sitt huvudledningsnät för dricksvatten. Ledningsdimensionerna varierar från DN400 till DN1000. Ledningarna lades från 1980-talet till början av 2000-talet. Även Sydsvatten AB har GRP-rör i sitt ledningsnät, även om huvuddelen av deras vattenledningsnät är i betong. Sydsvatten har 34 km GRP-ledning i dimensionerna DN700-800 som byggdes under 2003 och 2004. Sedan 2016 pågår ett större ledningsprojekt där det byggs 25 km ny råvattenledning i GRP i dimension DN1400-1600. Ledningen ska tas i drift under 2019.

Det har förekommit en del haverier på dricksvattenhuvudledningar där GRP-materialet använts i Sverige. Norrvatten har haft ett flertal stora läckor på sitt vattenledningsnät av GRP där konsekvenserna av läckorna varit stora p.g.a. det explosionsartade förloppet som GRP-materialet går sönder med. Även Stockholm Vatten och Avfall har haft problem med sina intagsledningar av GRP till Norsborgs vattenverk. Konsekvensen av ledningshaverier på GRP-rör blir ofta omfattande, dels på grund av hur materialet går sönder, men även på grund av att ledningarnas dimension är stora. Norrvatten har gjort ett flertal utredningar och undersökningar när man fått ledningsbrott på sina GRP-rör. Orsakerna till haverierna tror man har varit en kombination mellan bristande rörkvalitet, bristande mottagningskontroll,

handhavandefel vid rörläggning och återfyllning samt tryckslag vid drift. Sydvatten AB har inte haft några haverier på sina GRP-ledningar sedan de togs i drift. En nackdel med GRP-materialet är att läckor på ledningar inte kan lagas under tryck, utan att ledningen måste stängas av.

Det är dock inget som säger att GRP som rörmaterial inte ska väljas. För rätt projekt är GRP-rör i stora dimensioner prisvärda i jämförelse med t.ex. PE- och stål. Här måste man dock titta på hela kostnadsbilden. Utöver rörkostnaden, påverkar ju omfattning av schakt och kringfyllning, arbetskostnader (där fogningen är en del) och eventuella kostnader för stöd vid icke dragsäkra rör samt ledningens drift. I varje VA-ledningsprojekt är det en avvägning mellan kvalitet och pris, i vilken miljö som ledningarna ska läggas (stadsbebyggelse eller landsbygd) och ledningens funktion i ledningsnätet. Den nya råvattenledningen som Sydvatten lägger just nu är en ledning som ger dubbelmatning och därmed ökad redundans i systemet. Med den redundans som finns i systemet har Sydvatten därför goda möjligheter att se till att vattenleveranserna till kommunerna inte påverkas om det blir avbrott på ledningen.

2.8.3 Förlängning av livslängden

Norrvatten har erfarenhet av att ha infordrat en kortare sträcka GRP-ledning längs med E4:an, som de såg som särskilt kritisk ur haverisynpunkt. Infordring gjordes, med ett nytt PE-rör, s.k. Primus Line®. Det går även att förnya GRP-rör genom rörspräckning. Norrvatten utförde en rörspräckning av ett GRP-rör med DN800 med ett stålrör 2017 med lyckat resultat.

2.8.4 Erfarenheter från webbenkäten

Av de sex svarande kommunerna var det enbart VA Syd som angav att de har GRP i sitt huvudvattenledningsnät under andelen annat material.

2.8.5 Behov av forskning och utveckling

Erfarenheter från VA-huvudmän i Sverige är att de haft invändiga sprickor på GRP-rör och större haverier som uppstått på grund av invändigt tryck. Mer forskning behövs kring hur vattentryck och tryckslag påverkar GRP-materialet.

Som för alla rörsystem så är det även här väsentligt att skarvarna är täta. Utredningar som syftar till att säkerställa god kvalitet vid läggning, god långtidsfunktion hos skarvar och lång livslängd hos tätningsmaterialet är av intresse. Då GRP-rör används i mycket liten skala i Sverige identifieras inget direkt behov av forskning på detta rörmaterial.

2.9 Flexibla foder för renovering av självfallsledningar

2.9.1 Egenskaper och utvecklingen av rören

Klassificering av olika renoverings- och utbytesmetoder med plaströrssystem görs i standarden EN ISO 11295 (2017). Schaktfria metoder för avlopp finns i EN 12889 (2000).

Flexibla foder (strumpa) är en vanlig metod som främst används för renovering av befintliga spill- och dagvattenledningar i betong. Det är en metod där man vränger in en strumpa av väv eller filt, indränkt med härdplast, som därefter härdas till ett nytt rör i det gamla röret. Kompositröret byggs som sagt upp av en strumpa av väv eller filt och en härdplast. Strumpan som är indränkt med härdplast (ofta epoxi- eller polyesterplast) vrängs eller dras in i det befintliga röret. Då strumpan vrängs in kan vatten eller tryckluft användas. Strumpan härdas sedan med hjälp av varmt vatten, ånga eller UV-ljus. Strumpan kan vara armerad med glasfiber eller oarmerad. Krav på flexibla foder finns i standarden EN ISO 11296-4 (2011). Uppbyggnaden av ett flexibelt foder skiljer sig åt mellan tillverkare och för vilket användningsområde det är designat för. Figur 2.6 visar ett exempel på installation av flexibla foder i befintliga spillvattenledningar av betong i dimension 600 och 800 mm i Ängelholms kommun 2016.



Foto: Anders Karlsson, Aarsleff Rörteknik AB.

Figur 2.6 Relining med flexibelt foder av glasfiberarmerad polyester. Härdning med UV-ljus.

2.9.2 Erfarenheter från webbenkäten

Samtliga svarande kommuner (7 st) har och installerar flexibla foder i sina självfallsnät för spill- och dagvatten. Enligt resultat från enkäten är andelen flexibla foder i befintliga spill- och dagvattennätet 3 %. Fyra kommuner svarade på frågan (NSVA, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd och Höganäs kommun). Andelen anslutna personer till de kommunala spillvattennäten i de fyra svarande kommunerna jämfört med det totala antalet anslutna personer i Sverige motsvarar 14 % (Svenskt Vatten 2018a, 2018b). Stockholm Vatten och Avfall angav ingen siffra för andelen flexibla foder i sitt spill- och dagvattennät, men har installerat flexibla foder i avloppsnätet sedan 1995. I tidigare studier av Malm m.fl. (2011a) var andelen flexibla foder 1 % i spillvattennätet och 0 % i dagvattennätet. Denna andel bör ha ökat sedan studien gjordes.

Fördelarna med flexibla foder för självfallsnätet (spill- och dagvatten) var främst få eller inga skador, troligtvis lång livslängd och att de är lätta att installera.

Skador på flexibla foder har främst skett vid installation och typen av skador har varit veck vid vinkelavvikelse, ofullständig härdning, ihop-tryckning (ej självbärande) och inläckage i skarvar mot t.ex. serviser.

2.9.3 Behov av forskning och utveckling

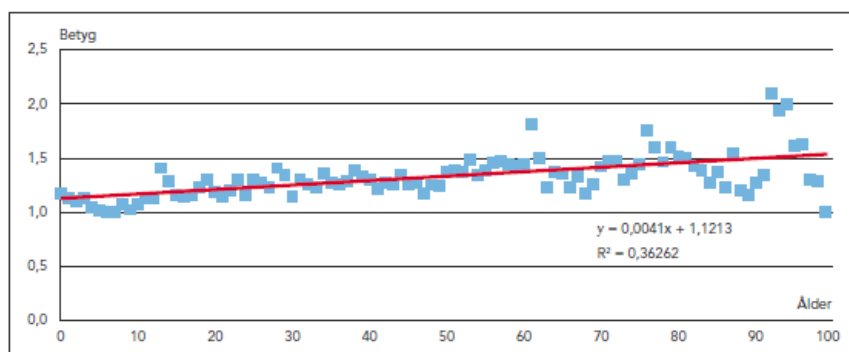
Trots att det finns standarder att tillämpa för flexibla foder är det svårt att säkerställa det flexibla fodrets långtidshållfasthet. Forskning pågår och mer forskning behövs inom området. Flexibla foder på dricksvattenledningar har lagts på kortare sträckor i Sverige och det finns flexibla foder speciellt framtagna för dricksvattenledningar, typgodkända i Tyskland. Om flexibla foder för dricksvatten börjar användas i större utsträckning i Sverige behövs forskning- och utveckling kring eventuella risker med migration av ämnen från fodret till dricksvattnet samt svenska typgodkännanden eller myndighetskrav för dessa, vilket saknas idag. Området material i kontakt med dricksvatten berörs inte i denna rapport.

2.10 Betongrör

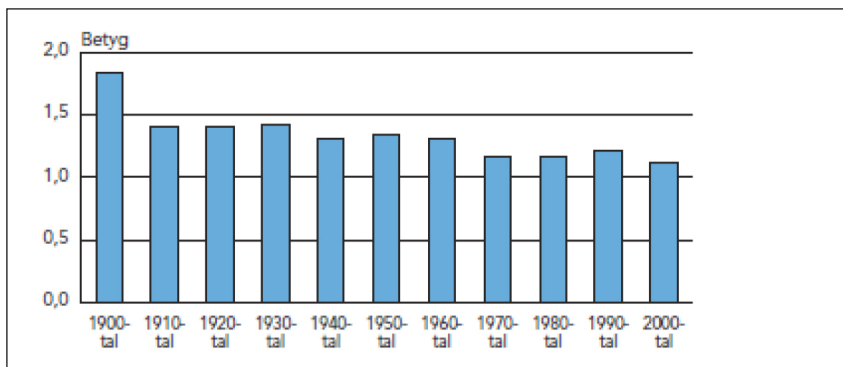
2.10.1 Egenskaper och utvecklingen av rören

Självfallsledningar

Redan i mitten på 1800-talet började man använda självfallsledningar av betong, som således har använts i mer än 150 år. Ett avloppsledningsnät i betong är fortfarande grundläggande för vår infrastruktur. Enligt Malm m.fl. (2011a) består spillvattenförande ledningsnät i Sverige av 66,6 % betongledningar och motsvarande siffra för dagvattenförande ledningar är 81,6 %. Betongrör i Stockholm som lades 1898 används fortfarande idag, 120 år senare. Betongrörens livslängd visas i Figur 2.7 och 2.8 från en undersökning i Malmö 2009 (Malm, 2009).



Figur 2.7 Medel rörbetyg (en prick per år) i förhållande till ledningens ålder vid filmtillfället för drygt 14 000 filmade sträckor i Malmö (vissa sträckor är filmade flera gånger vid olika ålder).



Figur 2.8 Medel rörbetyg för drygt 14 000 filmade ledningar i Malmö i förhållande till anläggningsårtionde.

Enligt undersökningen i Malmö så är fortfarande en stor andel av betongrören funktionsdugliga efter 100 år. Spridningen vid 100 år indikerar att en viss andel av systemet börjar åldras och behöver bytas ut. Beständigheten för betongrör har förbättrats efterhand beroende på olika tillsatsmaterial, t.ex. granulerad masugnsslagg (GBFS), flygaska, silika, kalkstensfiller. En litteraturgenomgång av betongrörs livslängd har gjorts av RISE CBI Betonginstitutet (Fjällberg, 2016).

Idag finns betongrör huvudsakligen som självfallsledningar i avloppsledningssystemet, men även som trycksatta huvudvattenledningar från vattentäcker till vattenverk (råvattenledningar). I de kommunala distributionsnäten för dricksvatten är betong ovanligt. Idag läggs emellertid betongrör enbart i avloppsledningssystemen.

De rör som nedlades under 40-talet har generellt sett en något kortare livslängd (50–100 år). Det beror på att det var brist på cement under 2:a världskriget och det ersattes med finmald kalkstensfiller (E-cement). Betong med E-cement börjar således nå sin livslängds slut. I moderna betongrör finns också finmald kalkstenfiller, men som tillsatsmaterial och inte som ersättning av cement. Kalkstenfiller som tillsatsmaterial medföra ofta positiva egenskaper genom att motståndet mot syraangrepp ökar.

Under miljonprogrammet utbyggnad på 60- och 70-talen nåddes en kulmen av nedlagda betongrör. Enligt undersökningen från Malmö 2009 är konditionen bra för avloppsledningar. Antalet rapporterade skador på betongrör från denna tid är liten. När rören uppnår en ålder på över 100 år kan man emellertid förvänta sig att en viss andel av dessa rör kontinuerligt behöver börja bytas ut. Eftersom mängden rör som blev nedlagda under denna period är stor så kan man även förvänta sig att antalet rör som behöver underhållas, repareras eller bytas ut att vara stort om ca 40–50 år, d.v.s. kring 2050. Det finns ingenting som tyder på att kvaliteten och därmed beständigheten för betongrör från denna period är sämre än äldre rör, snarare tvärtom beroende på förbättrad teknik och produktionsmetoder. Idag tillverkas betongrör i Sverige med dimensionerna 150–1 000 mm (oarmerade) och 400–3 000 mm (armerade) som är motståndskraftigare mot syraangrepp. Dessa beständigare betongrör används till stor del i dagens avloppsledningsnät.

Godstjocklek, betongkvalitet och armeringsmängder har ökat kontinuerligt sedan de började användas i mitten av 1800-talet. Den första stan-

darden för hållfasthet kom på 1920-talet och 1949 kom betongrörsnormen som ökade kraven på hållfastheten ytterligare.

Trycksatta ledningar (råvatten)

Den största andelen av de befintliga trycksatta betongrören består av Sentab-, Premo- och Arkelrör. Premorör har tillverkats sedan 1940-talet. Dessa rör var förspända med en tunn armeringstråd och hade dimensioner med innerdiametrar från 400–2 000 mm. En mindre andel Bonnarör (300–1 250 mm) existerar också som består av en stålkärna med ett armerat betonglager på utsidan och insidan. Tillverkningen av Bonnarör inleddes i början på 1900-talet och används fortfarande världen över. Från en intervju med Norrvatten 2017 framkom två huvudsakliga orsaker till skador på trycksatta betongrör som lades på 60- och 70-talet. Skadorna ansågs dock vara sällsynta. Dessa var: skarvläckor på grund av otäta O-ringar och betongspjälkning som medför brott och lossnande bitar. Den förra skadan repareras genom att man tätar eller trycker O-ringen mot muffen med en repboja. Den senare skadan åtgärdas med en s.k. reparationsatts i stål, d.v.s. betongröret tas bort och ersätts med ett nytt stålrör. Erfarenheten från 60- och 70-talets ledningsnät var att skadorna som sagt var sällsynta men när de uppkommer så är de svåra att felsöka, svåra att reparera och fogarna är inte dragfasta.

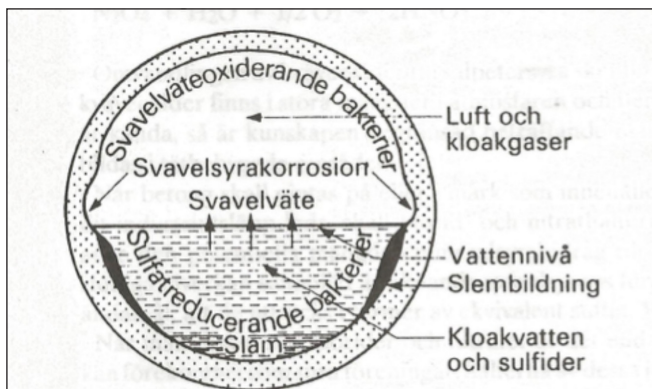
Under reparationsarbeten i Vombverken har man funnit att tryckledning av 70 år gamla rör som grävts upp har varit i bra skick (Bonnarör och Sentabrör). Bonnarören var som nya och Sentabrören i allmänhet i god kondition (CBI-dagen, 2018, Svante Lönnqvist). Den svaga länken för Sentabrören var gummipackningar som kan förorsaka läckage och erosion på själva röret. Rotinträngning och sprött gummi orsakar problem och rör som uppnått denna ålder är känsliga för vibrationer och rörelser i marken som kan förändra skarvarnas läge.

2.10.2 Egenskaper hos dagens betongrör i avloppsledningsnätet

Idag finns det lösningar som ökar beständigheten och därmed livslängden hos betongrören (muntlig kommunikation, Meag). Användningen av alternativa bindemedel (tex. slagg och flygaska), andra tillsatsmaterial (kalkstensfiller, polymerer) samt olika ytbehandlingsmetoder bidrar till utvecklingen. Det finns emellertid problem med sprickor i nyproducerade betongrör och Svenskt Vatten har startat ett projekt för att utreda orsaken.

De olika faktorer som orsakar nedbrytning av betongrör i mark är relativt kända. Vätesulfidangrepp (H_2S), som medför bildandet av svavelsyrlighet eller svavelsyra i närvaro av bakterier i en reducerande miljö i avloppsledningsnätet, anses vara den viktigaste orsaken som måste hanteras. Konsekvensen med tiden medför minskade vägg- och täckskiktstjocklekar till armering.

I Figur 2.9 på nästa sida illustreras mekanismen för nedbrytning av betong i reducerande miljöer som uppstår där avloppsvattnet varit för stillastående. Bakterier skapar indirekt förutsättningar för svavelsyra och sulfatangrepp som kan leda till minskad tjocklek och sprickbildning. Under förruttnelseprocessen i det organiska slammet reducerar bakterierna bundet svavel till



Figur 2.9 Illustration av angreppsmekanismen på betongrör i stillastående miljöer i avloppsledningsnätet (Ashan, 1962).

svavelväte, H_2S , vilket som gas stiger över avloppsvattnet. Där bildas genom fukt, syre och svaveloxiderande bakterier svavelsyra som angriper betongen företrädesvis i vattenlinjen där fukt finns tillgängligt.

Speciellt känsliga områden där angrepp kan förekomma är brunnar och där tryckavloppsledning övergår i självfallsledning. För att förhindra för tidigt åldrande på grund av vätesulfidangrepp i dagens och framtidens avloppsledningsnät vidtas åtgärder idag och sedan en tid tillbaka. Det finns olika metoder för detta, dels gäller det att vara noggrann med materialvalet för ledningar där man vet att svavelväteangrepp kan förekomma, man behöver ev. även sätta luftare i brunnar på ledningen. Man ökar till exempel betongens motståndskraft mot syra- och sulfatangrepp genom att modifiera betongens sammansättning med olika delmaterial, t.ex. granulerad masugnsslagg. Idag tillverkas Alfarör i Sverige med ett blandcement som innehåller ca 15 % granulerad masugnsslagg. Det finns även ett sulfatresistent cement med ca 20 % flygaska på den svenska marknaden.

Det finns också nya innovativa lösningar med tillsatser med bakteriedödande funktion. Tillsatsen är en så kallad katjonisk polymer med funktionella grupper som binder och oskadliggör speciellt svavelvätebakterier. Enligt uppgift från tillverkaren skall andra bakterier inte påverkas och tillsatsen blandas med den färskbetongen och finns således i hela betongens godstjocklek. På detta sätt ökas livslängden för betongrör i avloppsledningssystemet och tillsatsmedlet har enligt tillverkaren använts med framgång ibland annat USA och Kanada sedan 1996. Enligt tillverkaren introducerades produkten i Sverige 2010 och den har levererats till projekt i Stockholm och Göteborg. Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad gav RISE CBI Betonginstitutet i uppdrag att undersöka produkten 2011. Den bakteriedödande effekten undersöktes av SIK (Institutet för livsmedel och bioteknik som idag är en del av RISE Research Institutes of Sweden) medan syramotståndet genomlystes av RISE CBI Betonginstitutet (Mueller, 2011). Slutsatsen var att medlet i polymeren har en viss bakteriedödande effekt. Jämfört med betong från ett referensrör var betongen med den bakteriedödande polymeren syrafastare än referensbetongen. Det är emellertid oklart om effekten beror på den bakteriehämmande polymerinblandningen eller på andra tillsatsmaterial i betongrörets sammansättning som inte fanns i referensbetongen (slag eller silikainblandning).

På kontinenten och i stora delar av världen, där bakteriellt inducerad svavelvätebildning är ett större problem, bland annat på grund av optimal temperatur under längre perioder än i Sverige (30° C), används kalciumaluminatcement (Lafarge Fondu). Detta cement har en större kemisk motståndskraft än de flesta Portlandcement och används både för tillverkning av betongrör och som cementbruksisolering, d.v.s. invändig centrifugalsprutning, av t.ex. grå- och segjärnsrör. Denna teknik används också för att reparera gamla betongrör.

Betongrör och brunnar med gummitätade fogar i självfallsledningar klarar ett invändigt och utvändigt tryck på mer än 5 meter vattenpelare, vilket är kravet i svensk standard för rör och brunnar. Betongrörsledningar är idag så täta att de kan användas som lågtrycksrör, d.v.s. 5 bar enligt AMA Anläggning 17. Standard för betongrör finns i EN 1916 (2002) samt SS 22 70 00. Den europeiska betongrörsstandarderna kompletteras i dagsläget av en nationell standard.

En del kommuner upplever att betongkvaliteten vid nyproduktion av betongrör i Sverige på senare tid har varit varierande. Sprickbildning har skett i helt nya rör. Ett Svenskt Vatten Utveckling projekt som drivs av Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad, pågår just nu kring kartläggning av certifieringskrav för betongrör.

2.10.3 Förlängning av livslängden av betongrör i avloppsledningsnätet

Där det idag är möjligt renoveras självfallsledningar oftast med olika typer av flexibla foder då avloppsledningarna i betong inte bedöms vara så dåliga att de måste bytas ut. Ledningar kan också punktlagas efter filmning med konventionell schakt och utbyte av rördelar för att förlänga livslängden på ledningssystemet då betongledningarna enbart är dåliga på begränsade sträckor. Skador kan vara omfattande sprickbildning, en större rotinträngning eller ett svavelväteangrepp. Oftast när längre sträckor på samma ledning är i behov av renovering är relining med flexibla foder en kostnadseffektiv lösning som ger ett helt nytt rör i det gamla röret.

2.10.4 Erfarenheter från webbenkäten

Av de sex svarande kommunerna (NSVA, Stockholm Vatten och Avfall, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd, Höganäs kommun och Lomma kommun) var det endast Kretslopp och vatten som svarade att de har betong i sitt befintliga dricksvattennät som "annat material". Andelen "annat material" som Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad angav är 10 % och denna siffra delas med stål. Det är med andra ord en mycket liten del av det svenska distributionsnätet för dricksvatten som består av betongrör. Det förekommer däremot trycksatta ledningar av stål med en insida av ett sprutat betongskikt (cementbruk).

I det befintliga spill- och dagvattennätet är betong däremot ett mycket vanligt rörmaterial. Andelen betongledning i befintligt spill- och dagvattenledningsnät är 69 % i de fyra svarande kommunerna (NSVA, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd och Höganäs kommun). Andelen anslutna personer till de kommunala spillvattennäten i de fyra svarande kommunerna

jämfört med det totala antalet anslutna personer i Sverige motsvarar 14 % (Svenskt Vatten 2018a, 2018b). I studien utförd av Malm m.fl. (2011a) var motsvarande siffror 66,6 % för spillvattenledningsnätet och 81,6 % för dagvattenledningsnätet.

Alla kommuner som svarade på enkäten utom Lomma kommun lägger fortfarande betongrör i sina självfallsnät idag. Eftersom ingen av de svarande kommunerna angav en siffra på denna fråga svarar inte denna undersökning på hur stor andel betongledning som läggs i spill- och dagvattenledningsnätet idag. Enligt statistik från VASS Rörnät 2016 (Svenskt Vatten, 2018d) lades vid nyanläggning 1 % betongledningar i spillvattennätet och 12 % i dagvattennätet. Inga betongledningar lades i dricksvattenledningsnätet.

Nedstigningsbrunnar i betong används både vid läggning av nya betongledningar och i fyra av de sju svarande kommunerna, i vissa fall, även vid läggning av plastledningar.

Fördelar som de svarande kommunerna ser med betongrör på spill- och dagvattenledningsnäten är deras långa livslängd.

Enligt svar från enkäten uppstår skador på betongledningar främst vid läggning och i drift (rotinträngning i skarvar). Typ av skador är främst att gamla betongrör får sprickor och sättningar, att skarvar läcker, svavelväteangrepp och rotinträngningar.

Ålder på skadade rör varierar mellan 0 och 100 år.

2.10.5 Behov av forskning och utveckling

Det är mindre känt hur man kan förhindra, kontrollera och prognostisera nedbrytningen i gamla VA-ledningsnät av betong i avloppsledningsnätet. Här behövs forskning för att ta fram innovativa metoder för tillståndsbedömningar som i sin tur kan ge värdefulla data till olika modeller och prognosverktyg som hjälper ägaren att planera underhållsåtgärder och förhindra oplanerade driftstörningar. Utvecklingen av nya oförstörande metoder och sensorer är en viktig del, men dessa måste valideras mot verkliga skador i ett ledningsnät.

Det finns behov av att utveckla ett prognosverktyg som kan hjälpa ägaren att bestämma när, var, och vad som behöver göras för att hindra ett oväntat brott i VA-ledningssystemet. Ett sådant prognosverktyg för betongrör inriktas i första hand på avloppsledningsnätet och kan innehålla följande steg:

1. Framtagning av en modell för rörmaterialets nedbrytning. Modellen kommer att innehålla data från de nyckelfaktorer som påverkar nedbrytningen tillsammans med en tidsfunktion (för betong ofta en kvadratroten av tiden funktion). I fallet betongrör kan man lista följande nyckelfaktorer som bör ingå i modelleringen:
 - Reducerande miljö med H_2S , d.v.s. låg syrehalt och bakterietillväxt vilket medför syraangrepp.
 - Temperaturen som kan påverka aktiviteten av sulfatoxiderande och sulfatreducerande bakterier.
 - Armeringskorrosion orsakad av klorider och/eller reducerat täckskikt.
 - Rörelser i marken som kan medföra sättningar, sprickor, och läckage i fogar.

- Lågpunkter i ledningsnätet som medför låga flödes hastigheter med risk för att syrefattiga miljöer kan bildas.

För att nå målet behövs analysdata från både fält- och laboratoriestudier som kan utgöra en så kallad testbädd.

- 2). En riskbedömning av sannolikheten för rörkollaps. Probabiliteten för rörkollaps kvantifieras och plottas som en funktion mot tiden. För detta används avancerade tidsberoende ”reliability methods”.
3. Föreslå samt utveckla relevanta reparationsåtgärder och material.
4. LCC-analys som inkluderar reparations- och driftskostnader samt en LCA-analys.

Förslag på ytterligare underökningar och forskningsbehov:

- Som nämnts tidigare så har en tillsats till den färiska betongen av en så kallad katjonisk polymer med funktionella grupper som binder och oskadliggör speciellt svavelvätebakterier provats i vissa projekt i Stockholm och Göteborg. Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad har undersökt effekten (Mueller, 2011). Den bakteriehämmande effekten vore dock intressant att undersöka ytterligare eftersom dess eventuella bidrag till det minskade frättdjupet hos betong med tillsatsen inte blev klarlagd i undersökningen.
- Konditionen på de rör som lades under 40-talet bör om möjligt undersökas.
- Det behöver utvecklas bättre anslutningsmuffar mellan homogena ribbade eller dubbelväggsrör i plast och cirkulära betongbrunnar.
- Orsaken till sprickbildning i nyproduktion av svenska betongrör. Certifieringen behöver förbättras.
- Rotinträngningarnas påverkan på betongmaterialet.

2.11 Fogar, skarvar, rördelar och anordningar

Rörskarvar och fogar är ofta den svaga länken i VA-ledningssystemet avseende livslängdsmålet på 100–150 år. I detta kapitel beskrivs några av de vanligaste fogmetoderna för PE-ledningar och gummiringstättningen som förekommer i t.ex. rörskarvar på självfallsledningar av betong och plast och trycksatta segjärnsledningar samt vanliga rördelar och anordningar.

2.11.1 Fogning av trycksatta PE-ledningar

Fogningsmetoder

PE-materialet har fördelen att rören kan tillverkas i långa längder. Standardlängderna är 6 m och 12 m, men det tillverkas även längre rör, t.ex. 18 och 24 m längder. För mindre dimensioner tillverkas PE-ledning på rulle.

När rören skarvas ihop finns möjlighet att tillämpa stumsvetsning eller elektromuffsvetsning. Se Figurerna 2.10 och 2.11. Enligt AMA Anläggning 17 ska rör med dimension större än 90 mm alltid stumsvetsas. Stumsvetsning beskrivs i standarden ISO 21307 (2011). Elektrosvetsmuffen ska uppfylla kraven i standarden EN 12201-3. Elsvetsmuff ska vara anpassad till rörets SDR-klass. Principerna för båda metoderna beskrivs vidare i skriften av NPG (2011a). Se även instruktionerna i NPG (2011b,c) och DVS 2207-1 (2005).



Figur 2.10 Exempel på stumsvets vid fogning av två PE100-rör dim. 315 mm. Foto: Mårtensson.



Figur 2.11 Exempel på elsvets vid fogning av två PE100-rör dim. 315 mm. Foto: Mårtensson.

Kvaliteten hos stumsvetsar undersöks med förstörande provning enligt standarden ISO 13953 (2001) och kravet anges i EN 12201-5 (2011), vilket är att brottet skall vara segt. Det finns olika standardiserade metoder att undersöka kvaliteten hos den bildade svetsen mellan elektromuffen och röret, ISO 13954 (1997) och EN 12814-4 (2001). Provningsmetoderna i standarderna är förstörande. Olika typer av provstavar sågas ut och sedan dras de svetsade delarna isär. Brottytan undersöks och andelen av ytan med sprött brott kvantifieras. Enligt EN 12201-5 skall sprödbrottet vara mindre än 33 % då metoden i ISO 13954 (1997) används. Alternativa metoder att bedöma elsvetsmuffar har undersökts av Kärrbrant m.fl. (2016). Bowman m.fl. (1992) har presenterat en studie om förfarande att kvantifiera styrkan hos elektrosvetsmuffar. Lowe m.fl. (2008) har även presenterat en studie kring livslängdsbedömning av elsvetsmuffar.

Ett annat alternativ att foga PE-rör mot varandra eller mot ventiler och andra anordningar och rördelar är skruvade flänsförband. När en ledningsträcka skall fogas ihop kan det vara omöjligt att tillämpa stumsvetsning på grund av plats. Ibland kan elektromuffsvetsning tillämpas, men ytterligare

ett alternativ är ett skruvat flänsförband. Det finns bordringar av PE och andra flänskonstruktioner av stål för ändamålet. Tätheten hos flänsförband i bägge syftena har undersökts av Jacobsson & Andersson (2011) och Sällström m.fl. (2016). Det finns även andra vanligt förekommande mekaniska kopplingar, typ Multifix, som är en dragsäkerkoppling för alla rörtyper.

Behov av forskning och utveckling

- Fortsatt undersökning av elektromuffsvetsarnas tillförlitlighet avseende sprödbrott.
- Även studier av handhavandet vid installation av elektromuffsvetsar bör undersökas mer.
- Stumsvetsning vid temperaturer under +5° C bör undersökas då det i dagsläget inte finns någon forskning som kan ge vägledning ifall det behövs någon justering i gällande normer som används vid svetsning.
- Korrigering av ovalitetskraven i befintlig standard EN12201-2 (PE-rör) och EN12201-3 (elmuffar) så att de harmoniseras med de krav som finns i DVS2207-01 avseende elsvetsning.

2.11.2 Fogning av trycksatta segjärnsrör

Det finns olika fogsystem för segjärnsledningar som erbjuds av olika rörtillverkare. Exempel på system är VRS-systemet[®], Tyton[®], Tyton-sit[®] och Novo-sit[®]. Både VRS-systemet och Novo-sit är dragsäkra. Gemensamt för alla fogningssätten är att det går fortare att foga ihop segjärnsledningar än PE-ledningar. I dessa fogningssystem ingår även gummitätningar enligt kapitlet nedan.

2.11.3 Fogning av självfallsledningar av PP, PVC och betong med gummitätningar

Självfallsledningar av PP, PVC och betong och trycksatta segjärnsrör fogas mellan muff- och spetsända med en packning av gummi. Även anslutning av rör mot brunn, mellan brunnsringar av betong, mellan rör och serviser och andra rördelar har en packning av gummi.

Egenskaper på dagens tätningsringar av gummi

Europeisk standard för tätningsringar till vatten- och avloppsinstallationer för vulkaniserat gummi beskrivs i EN 681-1 (1996). För tätningsringar av termoplastiska elastomerer gäller istället EN 681-2 (2000).

En översiktlig studie av gummiringar i VA-ledningar har gjorts av Thörnblom m.fl. (2014). Fogar i ett rörsystem är en svag länk där läckage kan uppstå. Moderna fogar tillverkas av vulkaniserat EPDM-gummi och termoplastiska elastomer (TPE). Läckage i USA har uppstått efter skador på tätningar av EPDM, som tros bero på nedbrytning orsakad av kloramin, som används för desinfektion av vattnet. I Sverige används lägre halter av kloramin i vattenverken, men publicerade studier om nedbrytning av tätningar vid dessa halter har inte hittats. Vidare rapporteras om att vid gummitätningar kan det uppstå bakterietillväxt och äldre tätningar av naturgummi och syntetisk isoprengummi kan vara känsliga för bionedbrytning. Kraven i standarderna EN 681-1 och -2, bedöms vara låga. I standarderna föreskrivs

accelererad åldring i sju dagar vid förhöjd temperatur i 70° C, vilket betraktas som en otillräcklig åldring. Andra faktorer som påverkar tätheten hos en skarv är kopplade till handhavande. Det gäller att montera gummitätningen rätt, använda rätt komponenter, se till att tätningar och andra komponenter är rena samt att smörja tätningen så att sammanfogningen blir korrekt enligt de aktuella specifikationerna.

Livslängdsbedömning

Ett fortsättningsprojekt på Törnblom m.fl. (2014) pågår där tätningsmaterial utsätts för accelererad åldring i ett år vid tre temperaturer (70, 80 och 90° C). Tre tätningsmaterial har valts: en EPDM-kvalitet och två TPE-kvaliteter. Brottöjning bestäms för dragprovstavar och sättning bestäms för cylindriska provkroppar vid flera tidpunkter då de har åldrats olika länge. Projektet är begränsat till att studera termo-oxidativ nedbrytning. Målet är att uppskatta livslängd för materialen vid brukstemperatur genom att etablera Arrheniussamband.

Ett annat fortsättningsprojekt finansierat av Vinnova (<https://www.vinnova.se/p/framtidens-hallbara-material/>) är i planeringsfasen där livslängden ska bedömas med relaxation under mycket lång tid. Även täthetstrycket ska försöka bedömas i det projektet med hänsyn till täthet för vatteninträngning och rotinträngning, dock utan möjlighet att göra praktiska försök med rötter.

Rotinträngning

Det är mycket svårt att helt undvika rotinträngning vid fogar med tätningar i självfallsledning. En fördel med plastledningar är att det är få skarvar per kilometer ledning. Rötter kan bara hållas ute ur helsvetsade avloppssystem. Andra faktorer förutom fogen som påverkar risken för rotinträngning är avstånd, geotextil och val av arter, se Österberg m fl (2010) och Ridgers m fl (2006).

Behov av forskning och utveckling

Forskning pågår och mer forskning behövs kring gummitätningarnas livslängd i förhållande till rörets livslängd så att hela systemet får en livslängd på 100–150 år. Detta gäller alla rörmaterial där gummiringstättning används – alltså för PP, PVC, segjärn och betong. Underlag behöver tas fram för framtida kravställning för upphandling av hela rörsystem som ska hålla i 100–150 år.

2.11.4 Övriga rördelar och anordningar

Det finns mängder av olika rördelar (t.ex. T-rör, rörböjar, förminskningar, förstoringar, grenrör och anborrningsbyglar) och anordningar (t.ex. brunnar, ventiler, brandposter, luftningsanordningar, tömningsanordningar, spolposter) för både trycksatta vattenledningsnät och självfallsnät för spill- och dagvatten. Att gå in på hela produktsortiment gällande rördelar och anordningar och göra livslängdsbedömningar på dessa och analysera deras påverkan på hela VA-ledningssystemets livslängd utförs inte inom detta projekt även om det är en viktig aspekt att studera för målet att hela VA-ledningssystemet, både för dricksvatten och avlopp (spill- och dagvatten) ska hålla i 100–150 år. Dessa bedömningar lämnas till framtida forsknings- och utvecklingsprojekt.

3 Hur ska vi bygga framtidens hållbara VA-ledningssystem med livslängsperspektivet 100–150 år?

För de VA-ledningar som anläggs framöver finns ett mål både från Svenskt Vattens och 4S ledningsnäts sida och även flera andra kommunala VA-organisationer om en livslängd på 100–150 år. Eftersom det idag redan byggs nya och förnyas VA-ledningar för mer än 7 miljarder kronor (Svenskt Vatten, 2016a) per år i Sverige och att förnyelsetakten i ledningsnäten behöver öka med 40 % (Svenskt Vatten, 2017a) är utgångspunkten från författarna till denna rapport att ambitionen ska ligga på minst 100–150 års livslängd från år 2020, då här finns stora miljömässiga och samhällsekonomiska vinster om ledningsnätet byggs med så hög kvalitet att de håller 100–150 år eller längre.

I begreppet nyanläggning ingår i denna rapport även omläggning och ledningsrenovering.

Minst 100–150-års livslängd för hela det nyanlagda VA-ledningssystemet som läggs från 2020 och framåt är ett ambitiöst mål utifrån hur dagens materialstandarder, upphandlingspraxis och entreprenadkontrakt ser ut. För att nå målet krävs i första hand att *kvalitet* och *kompetens* får ta större plats vid investeringsbeslut. I detta kapitel har författarna därför valt att fokusera på åtta huvudfaktorer för att uppnå målet ”minst 100–150 års livslängd” vid nyanläggning med fokus på ökad *kvalitet* och *kompetens*.

- Smart förnyelseplanering
- Statusbedömning av befintliga vattenledningsnät
- Produkt- och materialutveckling
- Samarbete och kompetens
- Utredning och projektering
- Upphandling
- Utförande
- Drift och underhåll

3.1 Smart förnyelseplanering

Ett sätt att förlänga livslängden är att systematiskt dokumentera alla skador som uppkommer, och att aktivt söka läckage på rörsystemen. Vet vi var och vilka typer av skador vi har (är det i vissa markförhållanden, vissa läggningsperioder, vissa typer av skador) är det mycket lättare att bedöma vilka ledningar som ska prioriteras för förnyelse först.

Byter VA-verksamheten ledningen ”just in time”, d.v.s. inte i förtid och inte för sent, så låter de varje rörsystem hålla så länge det går. Sedan spelar andra arbeten i kommunen naturligtvis in, men en bra grundprioritering får verksamheten om de dokumenterar skador systematiskt med ett riskperspektiv, t.ex. enligt Förnyelseprojektets arbetssätt (Malm m.fl. 2011a).

Genom att arbeta strukturerat med prioritering av ledningsomläggningar förlängs livslängden på ledningsnäten.

3.2 Statusbedömning av befintliga vattenledningsnät

Det finns idag flera metoder för statusbedömning av VA-ledningar. För självfallsledningar, d.v.s. spill- och dagvattenledningar, är TV-inspektion enligt Svenskt Vattens publikation TV-inspektioner av avloppsledningar i mark P93 det vanligaste hjälpmedlet för statusbedömning av ledningarna.

Att systematiskt använda resultat från avloppsledningsinspektioner t.ex. genom att använda kortbetyg (Giertz m.fl. 2011) leder till mer systematiskt förnyelsearbete och därmed längre livslängder.

För trycksatta dricksvattenledningar är det svårare att bedöma ledningarnas skick utan att gräva upp dem eller ta dem ur drift. Det finns idag ett antal metoder på marknaden för invändig inspektion av vattenledningar avseende statusbedömning, t.ex. SmartBall Pipe Wall Assessment[®], Sahara Pipeline Inspection System[®], Breivoll Inspection Technologies Pipe scanner[®] och MTA Pipe inspector[®]. En sammanställning av olika metoder för invändig inspektion har gjorts av Malm (2010) och av Giertz m.fl. (2015). Giertz m.fl. (2015) har kommit fram till att ingen av de metoder som finns på marknaden fungerar för alla rörmaterial på dricksvattenledningar så tekniker behöver kombineras. Det finns ett bra verktyg som heter CATWizard (www.islecatwizard.com) där man lätt kan jämföra olika metoder för statusbedömning och läcksökning av dricksvattenledningar. Nackdelen med dagens tekniker är att de fortfarande är dyra. Swerea KIMAB har provat en elektrokemisk mätmetod som verkar vara lovande vad gäller att upptäcka beläggningsskador på belagda ställedningar (Sederholm, 2017). Ställedningar förekommer dock i ganska liten utsträckning i VA-ledningsnäten i Sverige.

Det finns viss erfarenhet av invändig tillståndskontroll av dricksvattenledningar i Sverige. Både Norrvatten och Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad har använt SmartBall[®] för läcksökning, då traditionell läcksökning varit svår att genomföra på grund av skiftande ledningsmaterial och stora avstånd mellan ventiler och andra anordningar som används för avlyssning. Norrvatten använder idag också en kamera för invändig inspektion av dricksvattenledning som fungerar för dimension 300 till 1600 mm. Norrvattens erfarenheter av invändig tillståndskontroll med SmartBall[®] har varit goda. För att få in- och ut själva utrustningen har man installerat en sluss på ledningen som ska undersökas i form av en stös med fläns, dimension 300 mm. Andra förutsättningar för att tekniken ska fungera är att vattenhastigheten är tillräckligt hög (minst 0,5 m/s) och att det finns punkter på ledningen ovan mark i form av ventiler och andra anordningar som luftare där sensorer kan placeras för att fastställa mätutrustningens position i ledningen. (Norrvatten, 2018-02-09).

Metodval för statusbedömning styrs även av nätets utformning, t.ex. vilka hastigheter vattnet har och vilken typ av ventiler som finns i ledningsnätet som ska undersökas. Det har t.ex. varit problematiskt att få Smart-

Ball sonden hos Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad att komma fram när den undersökta vattenledning låg i motlut, vilket gav upphov till låga vattenhastigheter.

För utvärdig statusbedömning av vattenledningar har Persson m.fl. (2016) skrivit en rapport utifrån tidiga resultat från det pågående Vinnoprojektet Pipestatus, där man undersöker akustiska metoder, markradar, resistivitetsmätning och elektrokemiska metoder för att statusbedöma fjärrvärme- och dricksvattenledningar från marken, utan att gräva fram ledningarna eller gå in i dom. Projektet pågår fortfarande.

På frammarsch är även beslutsstödsverktyg där man använder sig av befintliga data om ledningsnätet och dess omgivning, som t.ex. Prevoir från Suez, för att bedöma var läckor på vattenledningsnätet ska inträffa härnäst. Även beslutsstödsverktyg som t.ex. SurgeView från Visenti/Xylem finns. Här mäts tryckskillnader och tryckslag i ledningarna för att förutspå läckor och svaga punkter i vattenledningsnätet.

3.2.1 Behov av forskning och utveckling

Det har pågått en del forskning kring förnyelseplanering och en förnyelseplaneringshandbok och en kurs som hålls av Svenskt Vatten är framtagen inom detta område, se Malm (2011c).

Inom området statusbedömning för dricksvattenledningar behövs det mer forskning och utveckling som görs med avstamp utifrån slutsatserna i rapporten av Giertz m.fl. (2015):

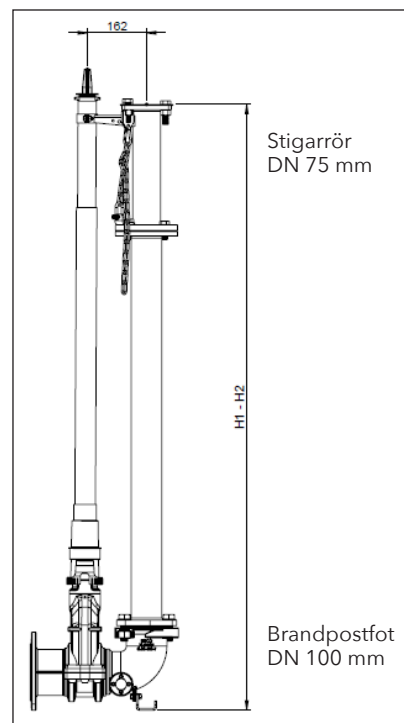
- Standard för bedömning av dricksvattenledningar motsvarande Svenskt Vattens publikation P93 TV-inspektion av avloppsledningar i mark som används för spill- och dagvattenledningar.
- Standardiserat bedömningsprotokoll.
- Vidareutveckling och anpassning av de metoder som finns på marknaden idag för statusbedömning för det svenska ledningsnätet. T.ex. behöver metoder utvecklas för att få in och ut mätutrustningen genom svenska brandposter som inte sitter direkt på ledning utan vid sidan om ledning med en 90-graders böj enligt Figur 3.1. Standarddimension på stigarröret i svenska brandposter är ofta mindre än i de länder som utvecklat nuvarande statusbedömningsutrustning (75 mm) och brandpostfoten är oftast 100 mm i diameter i 90-gradersböjen.

3.3 Produkt- och materialutveckling

3.3.1 Erfarenheter från webbenkäten

I enkäten till kommunerna/VA-bolagen ställdes frågan hur VA-huvudmännen bedömer nya och förändrade produkter och material i ledningsnätet. Samma fråga ställdes även till sju teknikkonsultföretag, varav två svarade. Resultaten från svarande kommuner och teknikkonsulter har sammanställts i tabell 3.1 på nästa sida.

Resultatet visar att de kommuner och teknikkonsulter som deltagit i undersökningen främst förlitar sig på erfarenheter i den egna organisationen för bedömning av ledningars livslängd, mekaniska egenskaper, hur de kan



Figur 3.1

Exempel på standardutförande för brandpost i svenska VA-ledningsnät. Bild: Publicerad med tillstånd från Thisab.

Tabell 3.1 Sammanställt resultat kring bedömning av nya och förändrade produkter som ska användas i VA-ledningsnätet. Siffran till vänster om parentes är antal kommuner som svarat ja på frågan. Totalt antal svarande kommuner på frågan inom parentes.

Egenskaper som bedöms	Bedöms genom att använda					
	Erfarenhet i egen organisation	Information från tillverkaren	Provningar, tester	Standarder, CE-märkning, Nordic Poly Mark	Rekommendationer från Svenskt vatten	Annat (vad)
Livslängd	8 (9)	6 (9)	3 (9)	4 (9)	3 (9)	4S utredningar, beställarens önskemål, idéer och erfarenheter.
Mekaniska egenskaper	7 (9)	5 (9)	3 (9)	2 (9)	2 (9)	4S utredningar, beställarens önskemål, idéer och erfarenheter.
Hygieniska egenskaper	6 (9)	5 (9)	3 (9)	3 (9)	4 (9)	4S utredningar, beställarens önskemål, idéer och erfarenheter.
Hur de kan repareras	7 (9)	6 (9)	2 (9)	1 (9)	3 (9)	4S utredningar, beställarens önskemål, idéer och erfarenheter.
Hur lätta de är att installera	7 (9)	7 (9)	2 (9)	1 (9)	2 (9)	4S utredningar, beställarens önskemål, idéer och erfarenheter.

repareras och hur lätta de är att installera. Även information från tillverkaren används i stor utsträckning. Provningar, tester, standarder, märkning och rekommendationer från Svenskt Vatten används i mindre utsträckning.

På frågan vad kommuner och teknik konsulter saknar i Sverige idag relaterat till stöd vid införande av nya/förändrad produkter/material i ledningsnätet i form av kunskap, provning, regler/godkännande respektive "annat" framkom följande svar:

Kunskap

- Kunskap hos tillverkarna av drift och underhåll avseende den produkt de säljer.
- Samarbete mellan storförbrukande kommuner för att öka den gemensamma kunskapsbanken.
- En plattform där man lätt kan få information om förändrade/nya produkter.
- Kunskap om VA-ledningssystemet som helhet. Idag finns mycket kunskap kring olika rörmaterial, rördelar och anordningar, men inte om hela VA-ledningssystemet.
- Tydliga material- och produktval från beställaren (svar från teknik konsulter).

Provning

- Tillverkarna gör bara provning enligt de krav som EN-normen eller tredjepart certifieringen kräver, det är i de flesta fall inte tillräckligt om vi ska ha en produkt som klarar 100-150 års livslängd. Nya provningsmetoder och typgodkännande behöver utvecklas.
- En plattform där man lätt kan få information om förändrade/nya produkter.
- Mer lättillgängliga sammanställningar kring den provnings som görs på VA-material och produkter.

Regler/godkännande

- Tillverkarna styr hela certifieringsprocessen idag, EN-normen hanterar mest produktionsmetoden. Det saknas i regel genomarbetade funktions-, säkerhets- och miljökrav i EN-normen.
- Beaktande av hela rörsystemets livscykel, från läggning till livslängden för systemet är slut.
- En plattform där man lätt kan få information om förändrade/nya produkter.
- Mer lättillgängliga sammanställningar kring certifieringen som görs på VA-material och produkter.

Resurser för provning

De resurser som de svarande kommunerna främst utnyttjar för provning av nya/förändrade produkter/material är RISE Rörcentrum, Swerea KIMAB, Stockholm Vatten och Avfalls egen testanläggning, tester i fält på egna befintliga ledningsnät och tester som utförs i 4S-ledningsnäts regi.

Utmaningar framöver

- På frågan hur VA-organisationerna i kommunerna och teknik konsulter som arbetar med VA på uppdrag åt kommuner, ser på framtiden och vad de ser för utmaningar inkom följande svar:
- Att tillverkarna börjar lyssna på slutanvändarna avseende certifieringskrav på VA-produkter.
- Mer schaktfri förläggning för att underhålla VA-ledningsnätet i gatumiljö, men även generellt.
- Mer fokus på tillskottsvatten och täta spillvattensystem.
- Är mikroplaster ett problem i VA-ledningsnäten?
- Att det vi bygger idag ska hålla länge och samtidigt fungera för driften under livslängden. Det ska vara enkelt att laga en läcka.
- Brist på kompetens och tid att få ta fram hållbara lösningar.
- Brist på kollegor som arbetar med VA-ledningsnät.
- Rörtillverkarna ger inte mer än 5 års garanti på rör- och rördelar, men produkterna ska hålla i 100 år eller längre.

3.3.2 Materialvalspolicy

Det är viktigt att varje svenskt VA-huvudman har en tydlig materialvalspolicy som i normalfallet bör ta sikte på en 100 till 150-årig livslängd där både rör, rördelar, anordningar och fogningsmetod ses som en helhet. För att ta fram en hållbar materialvalspolicy är det viktigt att förutom erfarenhet i den egna organisationen och information från tillverkaren även göra en omvärldsanalys. Hur arbetar andra kommuner och hur kan man undvika misstag som begåtts av andra? Hur bra fungerar olika system när man blandar fabrikat och material, både vid läggning och under driftfasen.

Några av de tydligaste resultat från intervjuer med anläggningsarbetare, arbetsledare och platschefer på frågan om vad de ser för problem med rör och rördelar för vatten och avlopp som läggs idag som gör att de inte håller i 100–150 år var att det:

- Är svårt att foga ihop homogena ribbade rör och dubbelväggrör mot cirkulära betongbrunnar. Det behövs olika gummiringstätningar för att

foga ihop olika fabrikat. Ibland är det nästan omöjligt att få röret att gå i betongbrunnen, även om hålet är borrarat med rätt dimension.

- Upplevs att rördelar som muffar och sadelgrensrör är den svaga länken i rörsystem av PE. De upplever skillnad i kvalitet mellan olika fabrikat på t.ex. elsvetsmuffar och sadelgrensrör.

För fogning av homogena ribbade rör och dubbelväggsrör mot betongbrunnar visas ett par exempel i figur 3.2–3.5 nedan.

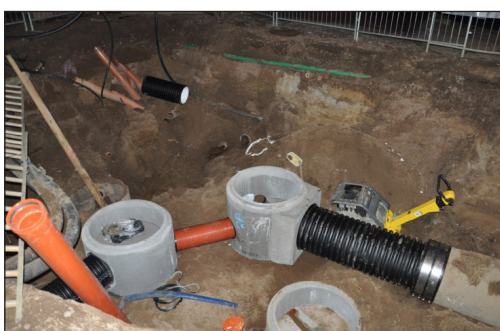
Produktstandarden för PE-rör, EN12201-2, tillåter en ovalitet på röret som är större än den som tillåts vid fogning med elsvetsmuff, vilket kan skapa



Figur 3.2 Fogning med injuten rörbit från brunnstillverkaren. Foto: Helena Mårtensson



Figur 3.3 Fogning med Ibeco 910 packning som först måste anslutas till ett slätt rör och därefter till det ribbade röret med en övergång. Foto: Helena Mårtensson.



Figur 3.4 Fogning med Multi-seal packning mellan betongbrunn och ett ribbat rör av PP. Foto: Kombiringen AB, med tillstånd att publicera.

Figur 3.5 Exempel på dubbelväggsrör rör som ansluts till betongbrunnar. Foto: Helena Mårtensson.

problem vid svetsning, framförallt av större dimensioner där skrapningen av röret blir svår och tidskrävande. För elsvetsmuffar har 4S ledningsnät tillsammans med Swerea KIMAB utfört en del undersökningar (Kärrbrant m.fl., 2016). Det finns standardmetoder för att prova elektrosvetsmuff ISO 13954 (1997) och EN 12814-4 (2001), men en ny provningsmetod har även tagits fram (Kärrbrant m.fl. 2016). Svenskt Vatten 4S-ledningsnät håller en utbildning om kontroll av VA-ledningar med fokus på PE. GPA, Swerea KIMAB och TUMAB håller utbildningar i svetsning av PE-ledningar, som leder till certifiering via Svetskommissionen enligt den europeiska anvisningen EWF 581. RISE håller i själva examinationen för Svetskommissionens räkning.

3.3.4 Utveckling av nya smarta rörsystem

Det finns redan ett par olika tekniker på marknaden där teknik är inbyggd i själva rörväggen på ledningen. Bl. a. kan man med fiberoptik ha koll på ledningen i realtid eller genom en indikationstråd i metall få kontroll på läckage genom resistivitetsmätning. (Persson m.fl. 2016, Giertz m.fl. 2015). Mer forskning kring smarta PE-rör, brandposter och ventiler behövs för att möta efterfrågan för framtidens VA-ledningssystem. Dessa tekniker fungerar bara för nyanläggning, men med tanke på att nyanläggningstakten ökar byggs på sikt fler mätpunkter in i det befintliga ledningsnätet. Även sensorer för mätning av tryck, temperatur, flöde och vattenkvalitet behöver utvecklas.

3.4 Samarbete och kompetens

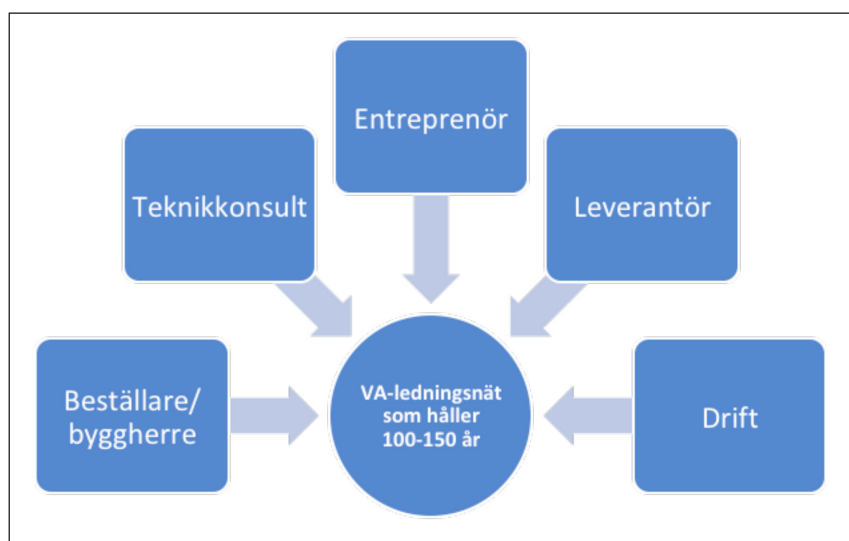
3.4.1 Samarbete mellan VA-projektets parter

”Med hänsyn till den komplexitet som ofta sammanhänger med genomförandet av entreprenader är en god kommunikation och samverkan nödvändig för ett gott resultat. Parterna bör därför finna former för en fortlöpande dialog samt inom ramen för den allmänna lojalitetsplikten visa varandra förtroende och öppenhet.” (utdrag ur förordet till AB04/ABT06)

Ovanstående står att läsa i förordet till AB04 och ABT06 som är de standardavtal som är framtagna av byggbranschens parter gemensamt för utförande- respektive totalentreprenader inom bygg- anläggning- och installationsentreprenader. Denna text borde få ett större utrymme i de allmänna bestämmelserna, kanske rentav som en egen paragraf, för det är här som kvaliteten och kompetensen i ett projekt till stor del säkerställs.

Den gemensamma kompetens som beställare (läs kommunen i denna rapport då det är kommuner som är huvudman för det allmänna VA-ledningsnätet), teknikkonsulter, leverantörer och entreprenör har idag är mycket god för att genomföra ett VA-projekt av god kvalitet. Det handlar därför mycket om att skapa tillit för att våga släppa på prestige och rädslan för att göra fel för att skapa det samarbetsklimat som är optimalt oavsett upphandlings- och entreprenadform för att nå ett produktionsresultat av så hög kvalitet att VA-ledningsnätet som byggs håller i minst 100–150 år. För detta krävs ett tätt samarbete mellan beställare, teknikkonsulter, entrepre-

nörer, leverantörer och driftspersonal redan i ett tidigt skede i projektet. När beställare, teknik konsulter, entreprenörer, leverantörer och driftspersonal arbetar tätt tillsammans och vågar lita på varandras kompetens säkerställs produktionsresultatets kvalitet, se Figur 3.6.



Figur 3.6 Med ett gott samarbete får vi bättre VA-ledningssystem!

Det finns olika samarbetsformer att välja mellan när nya VA-ledningsnät ska byggas för att främja samarbetet ytterligare.

Med utökad samverkan (partnering) som samarbetsform blir alla parter i ett projekt (beställare/byggherre, konsult, entreprenör) en mer naturlig del av alla faser i projektet (utrednings-, projekterings- och byggfasen) och får på så sätt en ökad förståelse för hela projektet och alla parter kompetens utnyttjas mer optimalt. Partnering är dock varken en upphandlingsform eller en entreprenadform utan ett strukturerat sätt att samarbeta som blivit vanligare. Projekt som drivs som partneringprojekt eller utökad samverkan kan antingen ha entreprenadformen utförandeentreprenad eller total entreprenad.

Även utan partnering som samarbetsform går det att skapa ett bättre samarbete mellan ett projekts olika parter för att säkerställa kvaliteten av produktionsresultatet. En förutsättning för detta är att man har de olika projektdeltagarnas roller klara för sig och förstår de olika entreprenadformernas fördelar och begränsningar.

Det är av stor vikt att definiera de olika parternas roller i ett VA-investeringsprojekt och vika arbetsuppgifter, vilket ansvar och vilka befogenheter som ingår i respektive roll. En del av detta klargörs i AB04 och ABT06. Det gäller inte bara att klargöra beställarens, konsultens och entreprenörens respektive roll, vilka ofta är tydliga, utan även de olika roller som finns i ett projekt hos respektive part. T.ex. mellan projektledaren, byggledaren och den teknikansvariga hos beställaren, eller mellan VA-projektören, om konsult anlitas, och den teknikansvariga beställaren. Ställer man sig frågan "Vem gör vad"? tidigt i projektet minskar risken att arbetsuppgifter faller mellan stolarna eller dubbelarbetas.

3.4.2 Kompetensutveckling

Projektörsyrket är viktigt och det borde finnas ännu tydligare karriärvägar för att bli specialist inom projektering. Idag är den vanligaste karriärvägen från projektör till uppdragsledare. Det tar minst 5 år att bli en bra förfrågningsunderlagsskrivare. Det bör därför finnas incitament att arbeta med projektering och upprättande av förfrågningsunderlag under hela sin karriär så att man ökar andelen mycket erfarna projektörer.

Sverige har ett bra grundläggande system för upprättande av förfrågningsunderlag och bygghandlingar. Det är därför viktigt att fortsätta använda och utveckla AMA referensverken eftersom de fungerar bra.

Eventuellt är lösningen fler obligatoriska kurser i projektering och AMA-verktyget för de som läser ett bygg- och anläggningsprogram eller väg- och vattenprogram innan examen. Innan detta är på plats bör krav ställas från beställare vid upphandling att teknik konsulterna som upprättar eller medverkar i upprättandet av förfrågningsunderlag och bygghandlingar, har gått minst nedanstående vidareutbildning på företaget, internt eller externt via utbildningsföretag och får kontinuerlig vidareutveckling av sin kompetens:

- Beskrivningsteknik anläggning.
- AMA Anläggning för den generation som förfrågningsunderlag ansluter till.
- AMA AF (om administrativa föreskrifter upprättas).
- MER Anläggning (om mängförteckningar upprättas).
- Entreprenadjuridik.
- Minst ett fältbesök på plats innan projekteringsstart.
- Minst två fältbesök under byggfasen för erfarenhetsåterföring.
- Närvaro vid obligatoriskt erfarenhetsåterföringsmöte efter avslutat projekt med beställaren (och gärna entreprenören om möjligt).

3.5 Projektfaserna

Avsnitt 3.6 till 3.9 följer den generella projektprocessen för en VA-entreprenad som därför kan vara bra för läsaren att känna till för att underlätta läsningen, se Figur 3.7.



Figur 3.7 Generell projektprocess för VA-ledningsprojekt.

3.6 Utredning och projektering

3.6.1 Kostnadseffektivitet

Som en tumregel brukar man säga att projekteringskostnaden för ett VA-projekt ungefär utgör 10 % av totalkostnaden för projektet. Att ha en väl genomarbetad bygghandling av hög kvalitet är därför en kostnadseffektiv åtgärd för att hålla nere kostnaderna under själva entreprenaden och öka

produktionsresultatets kvalitet. Dålig kvalitet på bygghandlingar resulterar ofta i många ÄTA-arbeten (ändrings-, tillägs- och avgående arbeten). Det är mycket dyrare att ändra något i byggskedet än i projekteringen. För att ett förfrågningsunderlag ska bli bra krävs bra underlag och engagemang från beställaren. Det är ett samspel mellan beställare och teknikkonsult att ta fram ett förfrågningsunderlag. Projekteringsmöten minst en gång i månaden under hela utrednings- och projekteringsfasen är viktigt för att säkerställa ett VA-ledningssystem av hög kvalitet.

3.6.2 Resultat från webbenkäten med teknikkonsulter

Endast två av sju teknikkonsulter svarade på webbenkäten varför inga generella slutsatser kan dras från de svar som inkommit. De kom dock in värdefulla synpunkter:

- De teknikkonsulter som svarade på enkäten tycker att dagens projekteringsanvisningar och tekniska anvisningar med struktur enligt AMA är bra.
- För att öka teknikkonsulternas förutsättningar att säkerställa kvaliteten på förfrågningsunderlagen som de tar fram för att VA-ledningssystemen som byggs ska ha en livslängd på 100–150 år finns det framförallt önskemål om tydligare kommunikation och bättre tillgänglighet hos beställaren, högre kvalitet på underlag i form befintliga VA-ledningar från kartdatabasen och inmätning, och mer tid/större budget att ta fram förfrågningsunderlagen.
- Skedet som teknikkonsulterna ser bäst förbättringspotential i för att VA-ledningssystemen ska hålla i 100–150 år är i uppdragsbeskrivningen från beställaren, i utredningsskedet, vid mottagningskontroll av rör under entreprenadtiden, vid förläggning av rör under entreprenadtiden samt under drift.
- De största behoven som de svarande teknikkonsulterna såg för att utreda och projektera VA-ledningssystem med en ökad livslängd är mer erfarenheter från branschorganisationen Svenskt Vatten, föreläsningar från Svenskt vatten och att beställaren är villig att betala/investera i den tid det tar för konsulten att fördjupa sig för att kunna ta fram den mest hållbara lösningen för det specifika projektet.

Även om svarsfrekvensen var låg kan det konstateras att ett fungerande samarbete mellan beställare (kommun) och teknikkonsulter är av stor vikt för förfrågningsunderlagets kvalitet och för att få den produkt man vill ha som beställare samt att det system som används i Sverige idag (BSAB-systemet) med kodstruktur enligt AMA Anläggning fungerar bra.

3.7 Upphandling

3.7.1 Att komma ifrån "lägsta pris"

Eftersom lagen om offentlig upphandling LOU (2016:1145) och lagen om upphandling inom försörjningssektorn LUF (2016:1146) begränsar utvärdering på parametrar som inte är objektiva, så som kvalitet och samarbetsförmåga, är det svårt för kommuner och VA-bolag att göra upphandlingar på andra parametrar än pris då skallkrav som erfarenhet från liknande typ av projekt, kompetens och kvalitets- och miljösystem är uppfyllda.

Enligt 15 kap. 1§ LUF (2016:1146) ska en upphandlande enhet tilldela den leverantör ett kontrakt vars anbud är det *ekonomiskt mest fördelaktiga* för enheten. Vilket anbud som är det ekonomiskt mest fördelaktiga ska utvärderas på någon av följande grunder:

1. Bästa förhållandet mellan pris och kvalitet,
2. Kostnad, eller
3. Pris.

Dricksvattentjänster får handlas upp enligt LUF, medan avloppstjänster styrs av LOU.

Även om det nyligen kommit både en ny LOU och LUF ser det inte ut som att det kommer bli lättare att utvärdera mjuka värden såsom samarbetsförmåga. I nya LOU så har det öppnats mer för att använda ett förhandlat förfarande, tidigare var detta ett undantag. I LUF så är det accepterat att använda förhandlat förfarande på alla köp med föregående annonsering. Förhandlat förfarande innebär att den upphandlande myndigheten bjuder in utvalda leverantörer och förhandlar om kontraktsvillkoren.

Hur ska man då arbeta för ökad kvaliteten på produkten för att uppnå målet 100–150 års livslängd för hela VA-ledningssystemet? Förutom olika samverkansformer kan man också titta på att bättre inkludera drift och underhållskostnader i upphandlingen. Kanske framtidens melodi är att handla upp hela VA-ledningsprojekt på produktionsresultatens livscykelkostnader istället för som i dag på à-pris för respektive produktionskod i mängdförteckningen?

3.7.2 Entreprenadformer

Oavsett entreprenadform (utförande- eller en totalentreprenad) eller samverkansform är det viktigt att drift- och underhållsperspektivet säkerställs utifrån teknik, kunskap om nya lösningar för framtida installationer/repARATIONER och att lagerhållning av erforderligt material och utrustning säkerställs om man väljer nya material och lösningar.

Traditionellt sett har VA-ledningsnäts projekt ofta utförandeentreprenad som entreprenadform. D.v.s. beställaren har ansvar för projekteringen och entreprenören för själva utförandet. Detta har möjliggjort detaljstyrning av den nya VA-anläggningens alla ingående delar. Trafikverket satte 2012 upp som mål att 50 % av alla deras projekt skulle utföras som totalentreprenader, dvs. att entreprenören ansvarar för både projektering och utförande utifrån beställarens ställda funktionskrav. Målet uppnåddes under 2015. Enligt en forskningsrapport utförd på uppdrag av Konkurrensverket av Edquist (2014) har slutsatsen dragits att innovation och nytänkande stimuleras då man upphandlar funktion istället för att detaljerat beskriva produkten som ska handlas upp. Detta talar för att andelen totalentreprenader bör öka även i VA-ledningsnätsprojekt.

3.7.3 Utökad samverkan - partnering

Utökad samverkan är varken en upphandlings- eller entreprenadform utan en samarbetsform mellan beställare (i detta fall VA-huvudmannen) och entreprenör, vilket möjliggör ett utökat samarbete kring utredning och pro-

jektering då arbetet upphandlas i ett tidigare skede. Detta kan vara en fördel i komplicerade projekt där man inte har tillräcklig kunskap för utredning- och projekteringsfasen inom beställarorganisationen och behöver entreprenörens kompetens tidigt i projektet. Det ger även en större flexibilitet för förändringar under projektets gång. Utökad samverkan eller partnering har antingen entreprenadformen utförandeentreprenad eller totalentreprenad i grunden. En samverkansentreprenad ersätts ungefär som en entreprenad på löpande räkning mot ett riktpolis. Från att traditionellt ha handlat upp VA-ledningsprojekt främst som utförandeentreprenader har t.ex. NSVA och Ängelholms kommun de senaste åren börjat göra upphandlingar med samverkan som arbetsform och totalentreprenad som entreprenadform med bra resultat avseende kvalitet. Dessa projekt har handlats upp med tre utvärderingsgrunder:

1. Entreprenörsarvode.
2. Projektorganisation med bedömning av nyckelpersoners kunskap och erfarenheter.
3. Intervju där en bedömning gjorts utifrån presentation av beskrivning av arbetets framdrift, styrning och kvalitetsplaner för att säkerställa slutproduktens kvalitet, hur ekonomin ska redovisas och hur tidplaner för projektering och entreprenad ska hållas. (NSVA, 2015).

I en intervju med Anders Ericsson, projektledare i Ängelholms kommun, uttalar han sig positivt kring partnering som samverkansform i större VA-ledningsprojekt. ”Jag är helt övertygad om att det är rätt väg att gå”, säger Anders Ericsson. Han driver just nu planeringen av en stor ombyggnad av en huvudspillvattenledning som ska bytas ut genom stora delar av staden som ska handlas upp i utökad samverkan.

3.7.4 Innovationsupphandling

För att t.ex. snabbare driva utvecklingen av smarta rör och statusbedömningstjänster som passar i svenska vattenledningsnät kan som Giertz m.fl. (2015) föreslår innovationsupphandling användas i större utsträckning av kommuner och VA-bolag. I och med nya LOU finns det enligt 6 kap. 30 § lagutrymme att som upphandlande kommun inrätta ett innovationspartnerskap i syfte att utveckla och köpa in den vara, tjänst eller entreprenad som kommunen har behov av som ännu inte finns på marknaden. Här krävs det dock en stor teknisk kunskap från både beställaren och teknikleverantören.

3.8 Utförande

3.8.1 Bättre kontroll

Bättre kontroll behövs både från beställare och från entreprenör så att mottagningskontroll vid rörleveranser utförs enligt bygghandling och att bygghandlingen ställer stora krav på en noggrann mottagningskontroll av rörmaterial. Det finns färdiga formulär både för materialkontroll och kontroll av ovalitet på rör. Det ska bara säkerställas att dessa är med i bygghandlingen

och att bygglidaren följer upp att detta steg inte missas, då det ofta är bråttom att komma igång för entreprenören i början av ett projekt. Mycket händer samtidigt och det är bra med flera ögon som hjälper entreprenören att följa bygghandlingen (bygglidarens roll).

Även kontroll av fogning av PE-rör under byggskedet är viktig. Beställaren bör inte lita blint på entreprenörens egenkontroll. Beställaren och entreprenören behöver samarbeta för att säkerställa att ledningssystemet byggs enligt "best practice". Det finns idag bra kontrollantutbildningar för PE-ledningar på marknaden för både bygglidare och entreprenörer för att stärka deras kompetens kring kontroll av fogning av PE-rör.

För att säkerställa ett bra VA-ledningssystem behöver kontrollen fungera under alla entreprenadens arbetsmoment så att de krav som står i bygghandlingen efterlevs. Förutom bygglidarens platsbesök, som bör vara minst två i veckan är genomgång av entreprenörens egenkontrollplan av bygglidaren tillsammans med entreprenörens platschef en enkel kvalitetssäkring av projektet. Görs detta en gång i veckan på arbetsplatsen undviks många enkla fel som uppstår när många saker ska göras och samordnas samtidigt. Entreprenörens egenkontrollplan ska vara granskad av beställaren innan byggstart för att säkerställa att alla arbetsmoment är med. Entreprenörens planering och arbetsberedning av utförandet säkerställer också kvaliteten på det färdiga VA-ledningsnätet. Det är också viktigt att engagera yrkesarbetarna, t.ex. vid förläggning av dricksvattenledningar för att belysa hygienaspekter. Beställarens platsbesök ska inte underskattas för engagemanget hos de som arbetar ute i projektet. De är roligt för yrkesarbetarna när beställaren visar intresse för projektet ute på arbetsplatsen. Det är dessutom roligt att som beställare få komma ut och se det man länge planerat byggas och samtidigt passa på att prata med rörläggarna och se projektet från ett annat perspektiv. En god relation mellan beställaren och platschef och yrkesarbetarna kan minska risken för många fel då kontrollen istället blir ett samarbete där man tillsammans jobbar för att minimera fel.

3.8.2 Resultat från intervjuer med anläggningsarbetare och arbetsledare/platschefer

De största problemen som de intervjuade rörläggarna, grävmaskinisterna, arbetsledarna och platscheferna såg med de rör och rördelar som idag läggs i VA-ledningsnäten för att hela ledningssystemet ska hålla i 100–150 år var att:

- Det är svårt att foga ihop homogena ribbade rör och dubbelväggrör mot betongbrunnar.
- Rördelar som elsvetsmuffar och sadelgrensrör för PE-ledningar är den svaga länken. De upplever även skillnader i kvalitet mellan olika fabrikat på elsvetsmuffar och sadelgrensrör.
- Rörleveranser som kommer till arbetsplatser har ibland bristande kvalitet.
- Plastbrunnar saknar inbyggt fall (stalp). Plastbrunnar måste specialbeställas om där ska vara fall i brunnen, vilket är dyrt. Betongbrunnar har inbyggt stalp.

De största möjligheterna som de intervjuade såg med de rör och rördelar som läggs idag är att:

- Rör- och rördelar i plast är lättare att lägga jämfört med rör- och rördelar av betong och segjärn. Till exempel vid ledningssanering där det redan ligger utjänta ledningar och det är dåligt med plats är det nästan en förutsättning då plaströrssystemet är mer flexibelt.
- Flera rörläggare upplever att elsvetsmuffar blivit enklare att arbeta med de senaste åren.

De förbättringar som de intervjuade önskade sig gällande rör och rördelar för att de ska hålla längre var:

- Ett standardförfarande för fogning av ribbade-/dubbelväggsrör mot cirkulära betongbrunnar.
- Att leverantörerna som utvecklar nya produkter utgår från de verkliga förhållandena vid ledningsförläggning och inte utvecklar nya produkter i kontrollerade labbmiljöer. T.ex. klarar ett sadelgrensrör som avgrenar serviledningen från en huvudvattenledning en avvinkling på plus/minus 2 grader. I gropan, vid rörläggning är det mycket svårt att åstadkomma förhållanden som uppfyller detta krav.
- Bättre mottagningskontroller genom att öka incitamentet för entreprenören i upphandlingen att lägga ledningssystem av hög kvalitet med så lång livslängd som möjligt istället för att räkna på lägsta priset.
- Datumstämpel på självfallsrör för att se att de inte legat på lager för länge innan användning.

De problem som rörläggarna stöter på i jobbet med rörläggning som inte avser rörmaterialet som kan ha en inverkan på ledningsnätets livslängd är att:

- Rörlasern som används vid läggning av självfallsledningarna för att lägga ledningarna med rätt fall klarar en sträcka på ca 50 m. Standardsträckor mellan brunnar är ca 70 m. När riktningssvikt i höjd- eller plan inte är den begränsande faktorn för avstånd mellan brunnar brukar man ta hänsyn till film- och spolmöjligheter i självfallsledningarna. Dessa klarar ofta upp till ca 100 m avstånd mellan brunnar. Även hänsyn bör tas till rörlaserns räckvidd vid projektering.
- Det är svårt att kontrollera att rör inte har en svacka mitt på rörsträcka. Kontrolleras i varje muff- och spetsända, men inte mitt på röret.
- Det upplevs som att kvaliteten på bygghandlingar har blivit sämre. Viktigt att bygghandlingen är väl genomarbetad och kvalitetsgranskade innan byggstart.
- Utsättningsfiler behöver kvalitetsgranskas och bli en del av bygghandlingen och distribueras av beställaren, och inte av konsulten som ofta är fallet idag. Entreprenören behöver kvalitetsgranska utsättningsfilen som en del av sin egenkontroll för att säkerställa att uppgifter till t.ex. maskinstyrning är rätt. Maskinstyrningsfilen måste uppdateras efter varje revidering av bygghandlingen.

De förbättringar som de intervjuade önskade sig gällande rör och rördelar för att de ska hålla längre var:

- Skärpa upp krav på fyllnadsmaterial och packning i AMA Anläggning för att avlasta röret ännu mer, framförallt för PP-materialet.

- Noggrannhet vid packning av ledningsbädd, stödpackningszon och kringfyllning runt rör för att minska risker för ovalitet vid läggning av PP-rör och sättningsskador för alla materialtyper.
- När en ny produkt införs i ett projekt måste en arbetsberedning utföras där monteringsanvisning och läggingsanvisningar går igenom gemensamt.
- Ökad närvaro av beställare och konsulter under entreprenaden (blir en erfarenhetsåterföring för konsulten som tagit fram bygghandlingen).
- Obligatorisk monteringsanvisning i papper som följer med varje leverans av rör- och rördelar. Idag följer bara monteringsanvisningar med vissa produkter. Entreprenörer förutsätts hämta dessa själv från leverantörens hemsida. I fält är förhållandena inte alltid lämpliga för att ha med en handdator eller bärbar dator.

Anläggningsarbetarnas största behov för att kunna lägga rör med 100–150 års livslängd i framtiden var enligt intervjuerna att:

- Upphandling på lägsta pris som idag fortfarande är det vanligast förekommande motsäger kravet på så hög kvalitet som möjligt.
- Bättre mottagningskontroller. Mer tid till mottagningskontroll.

3.9 Drift och underhåll

Drift- och underhållspersonalen får inte glömmas bort i någon av projektets faser (utredning, projektering, upphandling och entreprenad). Fångar man upp driftpersonalens kunskap och åsikter i ett tidigt skede förbättrar man chanserna att få ett VA-ledningssystem som både håller och är lätt att underhålla under hela VA-ledningssystemets livslängd. Idag glöms ibland driftpersonalens kunskap bort i tidiga skeden av projekt och de saknas resurser i form av tid att avvara för driftpersonal att sitta med på projekteringsmöten m.m. Ska man bygga ett ledningssystem som håller hela rörets tekniska livslängd, och då helst 150 år, behöver driftpersonal involveras mer, åtminstone i projekterings- och entreprenadfasen.

Stockholm Vatten och Avfall resonerar mycket kring nya ledningars ”driftbarhet”. Materialvalet kan inte bara väljas utifrån rörmaterialets råvarupris eller hur lätta de är att lägga och installera utan även ”driftbarhet” behöver vägas in, dvs. kostnad för lagning av läckor och kostnad för stopp på ledningar.

Att laga läckor på en vattenledning av stål, segjärn, betong, PE, GRP eller något annat material skiljer sig väsentligt åt. Både i arbets- och i materialkostnad. Ställedningar går t.ex. att laga under tryck då de oftast är punktkorrosion som har uppstått vid en läcka. Läckor på GRP-rör får mycket stora konsekvenser då hela ledningen måste göras trycklös vid lagning. Detta gäller även för ledningar av PE som behöver stängas av vid reparationer, med undantag för anborrningar av t.ex. nya servisledningar som kan göras under tryck. När man väljer framtidens rörmaterial som ska hålla i 100-150 år är det av stor vikt att väga in ”driftbarheten”.

4 Framtidens hållbara VA-lednings-system - sammanfattning och prioritering av FoU-behov

Det finns stora behov av förändrade arbetssätt av material- och produktutveckling och av forskning och utveckling (FoU) kring VA-ledningssystem för att bygga framtidens hållbara VA-ledningssystem med livslängdsperspektivet 100–150 år. I detta kapitel har alla behoven som rapporten kommit fram till i kapitel 2 och 3 sammanställts. Vad som behöver göras för att se till att respektive behov blir tillgodosett står inom hakparentes []. Sist har författarna försökt att värdera insatserna utifrån kostnad för VA-huvudmannen mot nytta för VA-ledningssystemets livslängd.

4.1 *Forsknings- och utvecklingsbehov utifrån kapitel 2*

4.1.1 Trycksatta gjutjärnrör (seg- och gråjärn)

- Behov av forskning kring hur tunn själva godstjockleken av segjärn får vara för att ledningarna ska hålla i 100-150 år. [Forskningsprojekt]
- Forskning för att kvantitativt fastställa de eller den parameter (t.ex. påverkan av galvanisk korrosion, luftningsceller och läckströmmar) som har den största betydelsen för lokala korrosionsangrepp i beläggningskador och därefter ta fram lämpliga skyddsmetoder. [Forskningsprojekt]
- Livslängdsbedömningar på förankringar (låselement, klämringar m.m.). [Forskningsprojekt]
- Kostnad-nyttoanalys på segjärnröret behöver göras avseende hela rörets livslängd, från nyanläggning till att rörets tekniska livslängd är slut. [Forskningsprojekt]
- Forskning kring livslängdsbedömning av gummitätningarna mellan befintliga grå- och segjärnrör för att förstå varför skarvar ”gråter”. [Forskningsprojekt pågår.]
- Studier på om och hur katodiskt skydd förskjuter eventuell korrosion på dricksvattenledningar av gjutjärn och därmed förlänger deras livslängd behöver göras samt hur korrosionshastigheten påverkats av omkringliggande jordarter för befintliga gjutjärnsledningar är av intresse att titta vidare på. [Forskningsprojekt]

4.1.2 Trycksatta stålrör

- Forskning kring vilken typ av katodiskt skydd som bör användas (galvaniskt eller elektrolytiskt) för att erhålla minst 100–150 års livslängd samt hur ofta skyddsförmågan av det katodiska skyddet ska kontrolleras? [Forskningsprojekt]

4.1.3 Trycksatta polyetenrör (PE)

- Verifiering av livslängdsbedömningar för dagens bimodala polyetenkvaliteter som lagts efter 1990 med försök med jungfruliga rör och längre provningstider eller begagnade rör som varit i drift en lång tid. [Forskningsprojekt]
- Studier på nyttan och konsekvenserna av att välja en högre SDR-klass på PE100 rör för att få ett rör med större godstjocklek som en extra säkerhet mot skador vid läggning och från utvändigt belastning samt studier på RC-materialet avseende livslängdsmålet 100–150 år. [Forskningsprojekt]
- Studier om PE-rörets livslängd påverkas vid böjning eftersom PE-ledning tillåter en ganska stor böjning utan att man sätter rördelar. [Forskningsprojekt]
- Studier av diffusionstätheten hos PE-ledningar gjorda för att läggas i förorenad mark att utvärdera de olika rörmaterialens tillförlitlighet. [Forskningsprojekt]
- Utveckla metoder för läcksökning för PE-ledningar. [Utvecklingsprojekt]

4.1.4 Självfallsledningar av polypropen (PP)

- Forskning kring bättre livslängdsuppskattningar av PP-rör som läggs idag och de som redan lagts. Det kan både gälla själva rörmaterialet, funktionen hos rören och tätningarnas livslängd. [Forskningsprojekt]
- Forskning kring punktlaster på PP rör behövs eftersom detta troligtvis kommer vara det som avgör livslängden. [Forskningsprojekt]
- Krypbrott i PP behöver utredas ytterligare. [Forskningsprojekt]
- Specifika studier på hur ledningarnas deformation (ovalitet) förändras över tiden behöver utföras.

4.1.5 Trycksatta och självfallsledningar av polyvinylklorid (PVC)

- Forskning kring bättre livslängdsuppskattningar av PVC-rör som läggs idag i självfallsnätet och de som redan lagts av liknande kvalitet som dagens. [Forskningsprojekt]

4.1.6 Strukturväggsrör av PE, PP och PVC för självfall

- Det finns behov av utvärdering av rörens egenskaper efter viss tids användning, om packningarna håller tätt och hur materialet åldras. [Forskningsprojekt]
- För flerskiktsrören är det tveksamt om utvecklingen av tunnare rör med en skummad kärna är rätt väg att gå i jämförelse med homogena rör när målet är att gå mot 100–150 års livslängd på framtidens VA-ledningssystem. Forskning behövs inom området.
- Det behöver utvecklas bättre anslutningsmuffar mellan homogena ribbade rör och dubbelväggsrör i plast och cirkulära betongbrunnar. [Tillverkarnas utveckling]
- Framtagande av systemstandard för dubbelväggsrör av olika fabrikat och plastbrunnar för att minska antalet övergångsrördelar. [Standardiseringsarbete]

4.1.7 Trycksatta ledningar av glasfiberarmerad plast (GRP)

- Mer forskning behövs kring hur vattentryck och tryckslag påverkar GRP-materialet. [Forskningsprojekt]
- Statusbedömning av GRP-rör på dricksvattennätet behöver utvecklas så att inte ledningarna måste tömmas på vatten för att inspekteras som idag. [Utvecklingsprojekt]

4.1.8 Flexibla foder för renovering av självfallsledningar

- Forskning kring flexibla foders långtidshållfasthet samt bättre livslängdsuppskattningar. [Forsknings- och utvecklingsprojekt pågår]
- För dricksvattenledningar behövs nationella regler och mer forskning kring material i kontakt med dricksvatten. [Forskning inom dricksvattenkvalitet, myndighetskrav]

4.1.9 Betongrör

- Forskning kring metoder hur man kan förhindra, kontrollera och prognostisera nedbrytningen i det befintliga självfallsnätet. Utvecklingen av nya oförstörande metoder och sensorer är en viktig del, men dessa måste valideras mot verkliga skador i ett ledningsnät. [Forsknings- och utvecklingsprojekt.]
- Utveckling av prognosverktyg för att hjälpa ledningsägarna att bestämma när, var, och vad som behöver göras för att hindra ett oväntat brott i VA-ledningssystemet. [Utvecklingsprojekt]
- Forskning kring den bakteriehämmande effekten hos den tillsatts som provats i färsk betong i projekt i Stockholm och Göteborg för att oskadliggöra svavelvätebakterier. [Forskningsprojekt]
- Konditionsbedömningar på de rör som lades under 1940-talet. [Utredningsprojekt]
- Forskning kring orsaken till sprickbildning i nyproduktion av svenska betongrör. Certifieringen behöver förbättras. [Forskningsprojekt, utvecklingsprojekt pågår]
- Fortsatta undersökningar kring rotinträngningars påverkan på betongmaterialet.

4.1.10 Fogning, skarvar, rördelar och anordningar

- Fortsatt undersökning av elektromuffsvetsarnas tillförlitlighet avseende sprödbrott. [Forsknings- och utvecklingsprojekt]
- Studier kring handhavandet vid installation av elektromuffsvetsar. [Utvecklingsprojekt]
- Stumsvetsning vid temperaturer under + 5 °C bör undersökas då det i dagsläget inte finns någon forskning som kan ge vägledning ifall det behövs någon justering i gällande normer som används vid svetsning. [Forsknings- och utvecklingsprojekt]
- Forskning pågår och mer forskning behövs kring gummitätningarnas livslängd i förhållande till rörets livslängd så att hela systemet får en livslängd på 100-150 år. Underlag behöver tas fram för framtida kravställning för

upphandling av hela rörsystem som ska hålla i 100–150 år. [Forsknings- och utvecklingsprojekt]

- Forskning kring gummitätningarnas inre tryck för att vara täta mot rotinträngningar. [Forskningsprojekt]
- Anordningars (som ventiler, brandposter, flödesmätare m.m.) påverkan på VA-ledningssystemens totala livslängd. [Forsknings- och utvecklingsprojekt]
- Korrigering av ovalitetskraven i befintlig standard EN12201-2 (PE-rör) och EN12201-3 (elmuffar) så att de harmoniseras med de krav som finns i DVS2207-01 avseende elsvetsning. [Standardiseringsarbete]

4.2 Forsknings- och utvecklingsbehov utifrån kapitel 3

4.2.1 Smart förnyelseplanering

- Fortsatt spridning av resultaten i Förnyelseprojektet via Svenskt Vattens kurser. [Pågår]
- Systematisk dokumentation av skador på befintligt VA-ledningsnät med obligatorisk driftstörningsrapportering direkt in i VA-huvudmannens kartdatabas stödjer en smart förnyelseplanering. [Pågår i Svenskt Vatten Utveckling projekt men kräver också ökad efterlevnad av rutiner i VA-verksamheterna.

4.2.2 Statusbedömning av befintliga vattenledningsnät

- Oförstörande metoder för att statusbedöma vattenledningar både utvändigt och invändigt. [Utvecklingsprojekt pågår]
- Ta fram oförstörande metoder för att undersöka läckströmmar och galvaniska strömmar i jord för att bedöma korrosionsrisken för nya segjärnsledningar.
- Utveckla en standardiserad metod i Sverige för statusbedömning av vattenledningar med ett betygssystem som blir en Svenskt Vatten publikation likt P93: TV-inspektion för avloppsledningar, fast för dricksvattenledningar. [Utvecklingsprojekt]

4.2.3 Produkt- och materialutveckling (som inte nämnts i avsnitt 4.1)

- Säkerställa att alla VA-huvudmän har tydliga materialvalspolicys som i normalfallet bör ta sikte på 100 till 150 års livslängd för hela VA-ledningssystemet där både rör och rördelar är enkla att underhålla under hela VA-ledningssystemets livslängd. [Utvecklingsprojekt]
- Bygga förlåtande rörsystem – skulle något gå fel vid laggnings så ska röret fungera 100–150 år ändå. [Tillverkares utveckling]
- Nyanlagda VA-ledningssystem måste klara ett helhetsperspektiv - från vagg till graven. [Forskning]
- Studera vilka nya material som finns på ingång och är under utveckling. [Utvecklingsprojekt]

- Utveckla en plattform där man lätt kan få oberoende information om nya och förändrade produkter. [Forskningsprojekt pågår]
- Utveckling av smarta dricksvattenledningar och smarta brandposter för kontinuerlig online mätning av tryck, flöde och temperatur. [Utveckling hos tillverkarna]
- Utveckling av nya produkter för de förhållanden som råder vid ledningsförläggning (t.ex. temperatur, nederbörd, begränsad plats) och inte utvecklar nya produkter i kontrollerade labbmiljöer. [Tillverkarnas utveckling]

4.2.4 Samarbete och kompetens

- Utökat samarbete och kunskapsöverföring mellan beställare, konsulter och entreprenörer. Samtliga har ovärderliga kunskaper, från olika synvinklar. Tillsammans finns den kunskap som behövs för att utveckla bättre ledningssystem redan idag. [Nätverksplattform, samverkansentreprenader]
- Utveckla ett nytt system för kontroll med kontroll från beställaren som kompletterar entreprenörens egenkontroll. Systemet ska bygga på öppenhet, förtroende och samarbete mellan parterna. [Utvecklingsprojekt, nätverksplattform]
- Ta fram förslag på diplomutbildning/certifiering av byggleddare. [Utvecklingsprojekt]

4.2.5 Utredning och projektering

- Metod för uppskattning av livscykelkostnader (LCC) för hela rörets livslängd.
- Projektera inspektionsmöjligheter på huvudvattenledningar vid nyanläggning.
- Ändra rekommendationer för nya brandposter så att de underlättar inspektion av vattenledningsnät eller omvänt, utveckla inspektionsmetoder som kommer in genom svenska brandposter.
- Tillföra mer resurser till driftpersonalen så de kan involveras mer i utrednings- och projekteringsfasen.
- Förstärkt granskningskontroll av förfrågningsunderlag och bygghandlingar för att säkerställa deras kvalitet, både genom utökad intern granskning hos teknikkonsulten och utökad granskning hos beställaren.
- Skärpta krav på kringfyllning och packning (framförallt av stödpackningszonen) i AMA Anläggning för att minska risken för deformation och sättningsskador, framförallt för PP-rör i större dimensioner. [Revidering av AMA Anläggning]

4.2.6 Upphandling

- Underlätta upphandling av hållbara rörsystem genom att ta fram en mall för vad som bör ingå och hur det bör skrivas för att komplettera AMA. Punkter där det behövs ett arbete för att få till detta är:
 - Kontroll i byggskedet.
 - Hur man efterfrågar 3:e partscertifiering.

- Krav på att lägningsanvisning och hur det ska se ut när det är klart ska finnas på YouTube eller liknande för att minska risken för felmontage.
- Hålla fast vid och utveckla det som redan fungerar bra idag, t.ex. AMA, och förändra det som fungerar mindre bra t.ex. fogning mellan ribbade rör och dubbelväggsrör och betongbrunnar.
- Hur man kan ställa höga krav på beständighet i förfrågningsunderlag (exempelvis behövs högre krav på kemisk beständighet för betongledningarna).
- Hur man vid upphandlingar låter materialkvaliteten väga tungt och inte i första hand priset. Ta fram livscykelkostnader (LCC) för relevanta AMA-koder i P-kapitlet. [Utvecklingsprojekt]
- Innovationsupphandling för utveckling av smarta vattenledningar, brandposter och ventiler.

4.2.7 Utförande

- Ha en noggrann mottagningskontroll på arbetsplatsen så att rätt rör levererats och att rören är felfria. [Utbildningsprojekt, Utvecklingsprojekt kring upphandlingsunderlag]
- Kontroll- och bygglidarhandbok [Utvecklingsprojekt]
- Ökad närvaro på arbetsplatsen av beställare och konsulter under entreprenadtiden för att skapa en naturlig erfarenhetsåterföring mellan beställare, konsult och entreprenör.
- Obligatoriska arbetsberedningar med alla anläggningsarbetare och grävmaskinister där monteringsanvisningar går igenom gemensamt. [Entreprenörernas egenkontroll]
- Utökad samarbete mellan beställarens bygglidare och entreprenörens platschef under entreprenadtiden som bygger på förtroende och respekt för varandras kompetens.

4.2.8 Drift och underhåll

- Val av rörmaterial vid nyanläggning ska väljas för ledningens ”driftbarhet” 100–150 år framåt. [Samordning mellan planerings- och driftorganisation hos beställaren]

4.3 Prioritering av behoven

Alla ovanstående förslag till projekt har prioriterats utifrån hur stort bidrag de ger till VA-systemets livslängd, samt hur dyra de bedöms vara att genomföra. Projekt som bidrar till att livslängden förlängs på material som används eller har använts i stor utsträckning får högre prioritet än en lika stor livslängdsförlängning på ett mindre använt material. I den prioritering som genomförts har följande projekt fallit ut som högst prioriterade, tabell 4.2. För hela prioriteringslistan se bilaga 4.

Tabell 4.2 De projekt som förväntas bidra mest till livslängden samt bedömd kostnad. 1 motsvarar hög kostnad för VA-verksamheten och 5 låg kostnad och 1 motsvarar låg betydelse för livslängden och 5 hög betydelse.

PRIORITERING AV FORSKNINGNS- OCH UTVECKLINGSBEHOV	Kostnad för VA-verksamheterna	Betydelse för livslängd
Ha en noggrann mottagningskontroll på arbetsplatsen så att rätt rör levererats och att rören är felfria. [Utbildningsprojekt, Utvecklingsprojekt kring upphandlingsunderlag]	5	5
Studier kring handhavandet vid installation av elektromuffsvetsar. [Utvecklingsprojekt]	4	5
Korrigerig av ovalitetskraven i befintlig standard EN12201-2 (PE-rör) och EN12201-3 (elmuffar) så att de harmoniseras med de krav som finns i DVS2207-01 avseende elsvetsning. [Standardiseringsarbete]	4	5
Säkerställa att alla VA-huvudmän har tydliga materialvalspolicys som i normalfallet bör ta sikte på 100 till 150-års livslängd för hela VA-ledningssystemet där både rör och rördelar är enkla att underhålla under hela VA-ledningssystemets livslängd. [Utvecklingsprojekt]	4	5
Utökat samarbete och kunskapsöverföring mellan beställare, konsulter och entreprenörer. Samtliga har ovärderliga kunskaper, från olika synvinklar. Tillsammans finns den kunskap som behövs för att utveckla bättre ledningssystem redan idag. [Nätverksplattform, samverkansentreprenader]	4	5
Kontroll- och bygglidarhandbok [Utvecklingsprojekt]	4	5
Ökad närvaro på arbetsplatsen av beställare och konsulter under entreprenadtiden för att skapa en naturlig erfarenhetsåterföring mellan beställare, konsult och entreprenör.	4	5
Kostnad-nyttoanalys på om det är lönsamt att installera katodiskt skydd på befintliga grå- och segjärnsrör för att förlänga rörens livslängd. [Utvecklingsprojekt]	4	4
För flerskiktetsrören är det tveksamt om utvecklingen av tunnare rör med en skummad kärna är rätt väg att gå i jämförelse med homogena rör när målet är att gå mot 150 års livslängd på framtidens VA-ledningssystem. Forskning behövs inom området.	3	5
Utveckla en plattform där man lätt kan få oberoende information om nya och förändrade produkter. [Forskningsprojekt pågående]	3	5
Det behöver utvecklas bättre anslutningsmuffar mellan dubbelväggör i plast och cirkulära betongbrunnar. [Tillverkarnas utveckling]	4	4
Ta fram förslag på diplomutbildning/certifiering av bygglidare. [Utvecklingsprojekt]	4	4
Innovationsupphandling för utveckling av smarta vattenledningar, brandposter och ventiler.	4	4
Utveckla metoder för läcksökning för PE-ledningar. [Utvecklingsprojekt]	2	5
Forskning kring bättre livslängdsuppskattningar av PP-rör som läggs idag och de som redan lagts. Det kan både gälla själva rörmaterialet, funktionen hos rören och tätningarnas livslängd. [Forskningsprojekt]	2	5
Forskning kring orsaken till sprickbildning i nyproduktion av svenska betongrör. Certifieringen behöver förbättras. [Forskningsprojekt, utvecklingsprojekt pågående]	2	5
Bygga förlåtande rörsystem – skulle något gå fel vid läggning så ska röret funka 150 år ändå. [Tillverkarens utveckling]	2	5
Forskning pågående och mer forskning behövs kring gummitätningarnas livslängd i förhållande till rörets livslängd så att hela systemet får en livslängd på 150 år. Underlag behöver tas fram för framtida kravställning för upphandling av hela rörsystem som ska hålla i 150 år. [Forsknings- och utvecklingsprojekt]	2	5
Forskning kring punktlaster på PP rör och deformation i form av ovalitet eftersom detta troligtvis kommer vara det som avgör livslängden. [Forskningsprojekt]	3	4
Oförstörande metoder för att statusbedöma vattenledningar både utvändigt och invändigt. [Utvecklingsprojekt pågående]	1	5

5 En sammanställning av pågående och avslutade FoU-projekt inom VA-ledningsnät i Sverige 2008-2018

Syftet med denna lista är att åskådliggöra det forsknings- och utvecklingsarbete (FoU) som gjorts i Sverige de senaste 10-åren inom VA-ledningsnät relaterat till ledningsnätens status och livslängd. Författarna har valt ut projekt som berör själva VA-ledningsnätet. Dagvattenprojekt, dricksvattenkvalitet och projekt relaterade till vatten- eller avloppsreningsverk redovisas således inte i denna lista.

5.1 Svenskt Vatten Utveckling

Projekt nr.	Projektnamn	Projektägare	Status
17-120	Förnyelse med plasthårdade flexibla foder - erfarenheter och framtida utveckling.	Swerea Kimab och RISE	Pågående
17-119	Tillskottsvatten - kvantifiering och konsekvensanalys för reningsverk och ledningsnät.	DHI Sverige AB	Pågående
17-117	Dag och nät. Projektperioden 2018-2020 Projekt kring VA-ledningsnät 2017: - Attract C - Attractive and Sustainable Cities in Cold Climate - Renovering av åldrande avloppsledningsnät - Förbättrar miljö och hälsa eller bortkastade pengar? - Små flexibla avloppslösningar: an-passning till en föränderlig värld - ALICE - Attractive Living In Cold Environment	Luleå tekniska universitet	Pågående
17-110	Erfarenhet av VA-tunnlar, från utredning till drift.	Sweco Environment	Pågående
17-109	Förslag till standard för driftstörningsdata till VA-databaser.	RISE	Pågående
17-108	Kartläggning av certifieringskrav för betongrör.	Göteborg Stad, Kretslopp och vatten	Pågående
17-107	Framtidens uppkopplade VA-ledningsnät.	RISE	Pågående
17-106	Förundersökning - utmaningar och möjligheter med framtidens certifieringar.	Swerea Kimab	Pågående
16-120	Framtidens hållbara VA-ledningssystem.	RISE, Swerea Kimab	Denna rapport
16-110	Livslängdsbedömning av tätningsfogar av termoplastisk elastomer.	RISE	Pågående
15-102	Litteraturstudie om icke invasiva metoder för statusbedömning.	Sweden Water Research	Publicerad
2017-13	Privata servisledningar för dricksvatten, spillvatten och dagvatten - så långa är de.	RISE	Publicerad
2017-04	Källsorterande system för spillvatten och matavfall - erfarenheter, implementering, ekonomi och samhällsnytta.	RISE, NSVA	Publicerad
2016-20	Utveckling av provningsmetod för elektromuffsvets.	Swerea Kimab	Publicerad
2016-17	Täthet hos flänsförband mellan stora polyetenrör och ventiler - experimentell och numerisk studie.	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Publicerad
2016-01	Kartläggning av certifieringskrav för PE-rör.	Swerea Kimab	Publicerad
2014-22	Tillfällig avstängning av plaströrsledningar genom sammanklämning - kunskapsläge.	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Publicerad
2014-15	Att säkerställa täthet och kvalitet hos skarvar i PE-ledningar.	Swerea Kimab	Publicerad
2014-04	Livslängdsbedömning av gummiringfogar hos VA-ledningar.	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Publicerad
2013-03	Minskning av in- och utläckage genom aktiv läcksökning.	Norrköping Vatten	Publicerad
2013-02	Ny metod för läcksökning.	Norrköping Vatten, FOI	Publicerad





Projekt nr.	Projektnamn	Projektägare	Status
2011-17	Undersökning av täthet hos flänsförband i grova plaströr med beräkningar och experiment.	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Publicerad
2011-14	Rörmaterial i svenska VA-ledningar - egenskaper och livslängd.	Göteborg Stad Kretslopp och vatten m.fl.	Publicerad
2011-13	Material och åldersfördelning för Sveriges VA-nät och framtida förnyelsebehov.	Göteborg Stad Kretslopp och vatten, CIT Urban Water Management	Publicerad
2011-12	Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar.	Göteborg Stad Kretslopp och vatten m.fl.	Publicerad
2011-11	Silver i blad - metod för att identifiera träd som gjort rotinträngningar i spillvattenledningar.	Sveriges Lantbruksuniversitet	Publicerad
2011-10	Metoder för täthetsprovning av trycksatta polyetenledningar.	SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut	Publicerad
2011-01	Utvärdering av kortbetygsystem för TV-inspekterade avloppsledningar - förstudie.	Sweco, Miljö och Vatten i Örnsköldsvik AB	Publicerad
2010-11	Invändig inspektion av vattenledningar, Annika Malm.	Göteborg Stad Kretslopp och vatten	Publicerad
2010-04	Förebyggande av rotinträngningar i VA-ledningar - utveckling av beslutsstöd.	Sveriges Lantbruksuniversitet	Publicerad
C SP 2009-21	Acceptanskriterier för repor och intryck i plaströr.	SP Sveriges Tekniska forskningsinstitut	Publicerad

5.2 Vinnova (2011-2018)

Projekt nr.	Projektnamn	Projektägare	Status
2018-00672	Förnyelse med plattskräddade flexibla foder erfarenheter och framtida utveckling.	Swerea Kimab	Pågående
2017-02541	Aqua Ström Shark - Självdriven flödesindikator för läckagehantering i allmänna vattenledningar.	Aqua Robur Technologies AB	Avslutad
2017-02313	Framtidens hållbara material.	RISE	Pågående
2017-02311	Testbädd för resilienta och smarta dricksvattennät.	RISE	Pågående
2017-02307	Testbädd för framtidens VA-installationer.	Swerea Kimab, RISE	Pågående
2017-01046	Future City Flow.	Sweden Water Research	Pågående
2016-03532	Vattenplattformen 2016-2018.	Svenskt Vatten	Pågående
2015-04326	Pipestatus.	Sweden Water Research	Pågående
2014-06241	Tillståndskontroll - vattenledningar.	Kommunalförbundet Norrvatten	Avslutad
2014-04268	Statusbedömning och förvaltning av ledningsnät.	Sweden Water Research	Avslutad
2013-04730	Nya tekniker för säker skarvning av PE.	Kommunalförbundet Norrvatten	Avslutad
2013	Upphandling av innovation - säker skarvning av PE-rör.	4S ledningsnät	Avslutad
2012-02751	Ultraljudsmätare för strömmande media.	Accesgate AB	Avslutad
2011-00837	Ultra leak finder (läcksökning på plastledningar).	Foab elektronik AB	Avslutad

För fler projekt se Vinnovas projektdatabas:

<https://www.vinnova.se/sa-framjar-vi-innovation/projekt/>.

5.3 4S ledningsnät

4S ledningsnät gör ett omfattande arbete inom framför allt plaströr (PE) och är inblandade i (och delfinansierar) många av de projekt som nämns under Svenskt Vatten och Vinnova ovan. De har också kontrollantutbildningar av PE-ledningar för Svenskt Vatten. Deras presentationer och rapporter finns tillgängliga för medlemmar via deras hemsida <http://www.4sledningsnat.se/för-medlemmar/tester-rapporter-18151367>.

5.4 Övriga projekt

Årtal	Projektname	Projektägare	Status
2018	Plaströr for vannforsyning og avløp: Hvordan skal vi oppnå 100 års levetid?	Norsk Vann	Pågående
2017	Characteristics of drinking water polyethylene pipes tested with the purpose of quality certification, historical data, trends and their potential consequences.	Chalmers tekniska högskola	Publicerat examensarbete
2016	Kommunernas arbetssätt med underhåll av VA-ledningar.	KTH	Publicerat examensarbete
2016	Smart ledningsfornyelse - Bruk av NoDig-metoder.	Norsk Vann	Publicerad
2015	Aspects of historical data and health criteria for drinking water network replacement strategies.	Chalmers tekniska högskola	Publicerad doktorsavhandling
2014	Läckor på PE-ledningar - Statistiksammanställning & analys.	KTH	Publicerat examensarbete
2014	Sikring av kvalitet på ledningsanlegg.	Norsk Vann	Publicerad
2013	Trycksatta huvudvattenledningar - Guide for material och schaktfria metodval vid åtgärder av vattenledningar.	KTH	Publicerat examensarbete
2012	Materialegenskaper och dimensjoneringsmetodik for vattenledningar.	KTH	Publicerat examensarbete
2011	Rörbrottsdatabas och rörbrottsanalys - For Göteborg Vattens dricksvatten-distributionsnät.	Chalmers tekniska högskola	Publicerat examensarbete
2009	Baerekraftig ledningsnett.	SINTEF	Publicerad

En sammanställning gjord av Svenskt Vatten över pågående och avslutad VA-forskning i Sverige (från 2013) och EU (från 2015) finns på: <http://www.svensktvatten.se/forskning/extern-forskning-och-utveckling/> under länken "Pågående VA-relaterade FoU-projekt".

6 Rekommendationer

VA-ledningssystemet är i behov av stora investeringar, det är därför viktigt att göra dessa investeringar på ett systematiskt sätt där de investeringarna man gör är de som gör störst nytta. För att kunna göra rätt prioriteringar när VA-ledningssystemen ska förnyas på ett resurseffektivt sätt måste det finnas kunskap om hela VA-ledningssystemets status.

Rapporten visar att det finns ett omfattande behov av forskning och utveckling för ett hållbart VA-ledningsnät. Den genomgång av FoU-behov som genomförts utifrån livslängdsperspektivet 100–150 år visar att det finns projekt som kan ge stor nytta till rimlig insats.

Utifrån utrednings-, projekterings- och byggskedet bör följande prioriteras:

- Att skapa ett utökat samarbete och kunskapsöverföring mellan beställare, konsulter och entreprenörer genom exempelvis nätverksplattformar och samverkansentreprenader.
- Att ta fram stöd för tydliga materialvalspolicys för VA-huvudmän.
- Att ta fram en kontroll- och bygglidarhandbok som ger incitament till ökad närvaro på arbetsplatsen för beställaren och teknikkonsulten under byggtiden samt som ska bidra till ett bättre samarbete kring uppföljning av entreprenörens egenkontroll under byggtiden.

Utifrån vilka de vanligaste materialen i befintligt och nyanlagt VA-ledningsnät är kan följande prioritering göras:

- Utifrån perspektivet att nästan 60 % av det befintliga dricksvattennätet i Sverige består av ledningar av metalliska material, främst gråjärn- och segjärn, bör kostnad-nyttanalyser på om det är lönsamt att installera katodiskt skydd på befintliga grå- och segjärnrör för att förlänga rörens livslängd göras.
- Utifrån perspektivet att mellan 70 och 80 % av det befintliga spill- och dagvattenledningsnätet består av betongrör med problem som sprickbildning, sättningar, läckande skarvar, svavelväteangrepp och rotinträngningar bör forsknings- och utvecklingsarbetet påskyndas och fortsätta inom svavelvätebeständig betong, indikation och nedbrytning av svavelväte i betongrör, förbättrad betongkvalitet på dagens rör avseende sprickbildning samt ökad beständighet avseende livslängd och täthet hos dagens gummiringstättningar.
- Utifrån perspektivet att ca 80 % av ny- och omläggning av det svenska dricksvattennätet görs i materialet PE, och för att PE ska vara ett hållbart material även i framtiden, behöver man säkerställa att t.ex. elsvetsfogar håller lika länge som röret, att det utvecklas metoder för läcksökning och inspektion av PE-ledningar för statusbedömning och att det är lätt att underhålla PE-ledningar, även i större dimensioner.

Vår förhoppning är att denna rapport har systematiserat den kunskap som finns kring hela VA-ledningssystemet med avseende på beständighet och funktion gällande livslängdsperspektivet 100–150 år. Vi kan konstatera att

det fortfarande återstår mycket att göra för att beställare ska kunna ställa krav på 100–150 års livslängd för hela VA-ledningssystemet. Det är därför viktigt att beställare, tillverkare, teknikkonsulter, entreprenörer och forskningsinstitut arbetar tillsammans för att öka kunskapen om hur man bygger hållbara VA-ledningsnät i Sverige.

7 Referenser

Litteratur och hemsidor

Bauer, D E (1990). 15 year old polyvinyl chloride (PVC) sewer pipe; a durability and performance review. ASTM Special Technical Publication, (1093), pp. 393–401.

Bergström, G, Flansbjerg M, Karlsson L, Sällberg S-E och Thörnblom K (2009). Acceptanskriterier för repor och intryck i plaströr. SP Rapport 2009:21.

Björklund I (1991). Skador på vattenledningar av PVC och PE. Nordiska Plaströrgruppen.

Bowman J, Medhurst T och Portas R (1992). Procedures of Quantifying the Strength of Electrofusion Joints. Plasticpipesconference.com/site/database/ (sökord: Bowman).

Camitz G (2009). Undervisningsmaterial för kurs hos Svenskt Vatten Utveckling.

DVGW (2018). Technical notice W401. German Technical and Scientific Association for Gas and Water, <https://www.dvgw-regelwerk.de/>.

Edquist C (2014). Offentlig upphandling och innovation. Uppdragsforskningsrapport 2014:5, Konkurrensverket.

Giertz T (2011). Utvärdering av kortbetygssystem för TV-inspekterade avloppsledningar – förstudie. Svenskt Vatten Utveckling, 2011-01.

Giertz T, Hallberg O, Elfverson K, Pelin V, Suneson M och Bäckström M (2015). Tillståndskontroll av dricksvattenledningar, Vinnova.

Gustafsson C (2014). Förnyelse av markförlagda VA-ledningar. Scandinavia VA-Teknik, Vederslöv.

Hoàng E M och Lowe D (2008). Lifetime prediction of a blue PE100 water pipe. *Polymer Degradation and Stability* 93, 1496–1503.

Janson L-E (2003). Plastic pipes for water supply and sewage disposal, 4th ed, Borealis & Majornas copyprint.

Jacobsson L, Andersson H (2011). Undersökning av täthet hos flänsförband i grova plaströr med beräkningar och experiment. Svenskt Vatten Utveckling, 2011–17.

Jacobsson L, Bergström G och Sällberg S-E (2014). Tillfällig avstängning av plaströrsledningar genom sammanklämning – kunskapsläge, SP Rapport 2014:22.

Johansson L, Rod O och Römhild S (2013). Framtida lösningar för distribution av dricksvatten – slutrapport. Swerea KIMAB, rapport 2013-481401.

- Johansson L, Rod O, Elfström Broo A, Berghut B och Engdahl M (2015). Underlag för material i kontakt med dricksvatten. Svenskt Vatten Utveckling, 2015-24.
- Lowe D, Starkey P och Ingham E (2008). Lifetime of PE Electrofusion Joints. Plastic pipes conference, Budapest and Bodycote PDL, Manchester UK.
- Lundin E, Malm A och Svensson G (2017). Privata servisledningar för dricksvatten, spillvatten och dagvatten – så långa är de. Svenskt Vatten Utveckling, 2017-13.
- Kärrbrant A, Alvar M och Ejdeholm D (2016). Utveckling av provningsmetod för elektromuffsvets. Svenskt Vatten Utveckling, 2016-20.
- KWH (1990), The Weholite system, KWH Pipe, Vaasa, Finland.
- Malm A (2010). Invändig inspektion av vattenledningar. Svenskt Vatten Utveckling, 2010-11.
- Malm A och Svensson G (2011a). Material och åldersfördelning för Sveriges VA-nät och framtida förnyelsebehov. Svenskt Vatten Utveckling, 2011-13.
- Malm A, Horstmark A, Larsson G, Uusijärvi J, Meyer A och Jansson E (2011b). Rörmaterial i svenska VA-ledningar – egenskaper och livslängd. Svenskt Vatten Utveckling, 2011-14 (2:a rev).
- Malm A, Horstmark A, Larsson G, Uusijärvi J, Meyer A och Jansson E (2011c). Handbok i förnyelseplanering av VA-ledningar. Svenskt Vatten Utveckling, 2011-12.
- Nowack R, Barth E, Otto I och Braun E W (1995). 60 Jahre Erfahrung mit Rohrleitungen aus weichmacherfreiem Polyvinylchlorid (PVC-U, KRV) nachrichten 1/95.
- Miljøblad nr. 91 (2017). Strømpereovering av avløpssystem. www.va-blad.no.
- NPG (2011a). Tryckrørssystem av polyeten. Nordiska plastrørgruppen, www.npgsverige.se.
- NPG (2011b). Elektrosvetsning av PE-rør. Nordiska Plastrørgruppen, www.npgsverige.se.
- NPG (2011c). Stumsvetsning av PE-rør. Nordiska Plastrørgruppen, www.npgsverige.se.
- NSVA (2015). Administrativa föreskrifter till förfrågningsunderlag VA-sanering Söderköpingsgatan, Mönsteråsgatan och Sollefteågatan i Helsingborg. NSVA, 2015-10-02.
- de Palo R, Pradella F, Burgin E och Ferrari E (2005). Establishing long-term behaviour of underground pressure less polyolefin materials, *Plastics, Rubber and Composites*, 34 (7), pp. 334–340.

Persson K, Rindelöv M och Grassi R (2016). Statusbedömning av ledningsnät. Svenskt vatten utveckling, 2016-07.

Ridgers D, Rolf K & Stål Ö (2006) Management and Planning solutions to lack of resistance to root penetration by modern PVC and concrete sewer pipes, *Arboricultural Journal*, 29:4, 269–290.

SCB (2016). Antal taxeringsenheter efter ägarkategori. Excellark framtaget av SCB, enheten för byggande, bostäder och fastigheter, 2016-12-13.

SFS (2006:412). Lagen om allmänna vattentjänster.
<http://www.notisum.se>.

SFS (2016:1145). Lagen om offentlig upphandling.
<http://www.notisum.se>.

SFS (2016:1146). Lagen om upphandling inom försörjningssektorerna.
<http://www.notisum.se>.

Scholten F, van der Stok E, Gerets B, Wenzel M och Boerge M (2016). Residual quality of excavated UPVC gas and water distribution pipelines.

Schulte U och Hessel J (2006). Restlebensdauer von Kunststoffrohren nach einer Betriebszeit von 41 Jahren, *3R international* (45) 9, s 1–5.

Sällström J-H, Sandström J och Sällberg S-E (2016). Täthet hos flänsförband mellan stora polyetenrör och ventiler – experimentell och numerisk studie. *Svenskt Vatten Utveckling*, 2016-17.

Thörnblom K, Forsaeus Nilsson S, Sällberg S-E, Bergström G, Ek C-G och Stenström A (2007). Durability of non-pressure polypropylene pipe materials. SP Rapport 2007:30.

Sederholm B (2017). Lokalisering av beläggningsskador hos fjärrvärmeledningar med elektrokemisk mätmetod. Delrapport nr 2. Uppdragsrapport 13741:2, Swerea KIMAB.

Svensk byggtjänst (2017). AMA Anläggning 17. Svensk byggtjänst, Stockholm.

Svenskt vatten (2008). P98: Plaströr för allmänna VA-ledningar.

Svenskt vatten (2010). P101: Schaktfritt byggande av markförlagda VA-ledningar av plast.

Svenskt Vatten (2015). Svenskt Vattens Statistiksystem (VASS), Driftundersökning 2015.

Svenskt Vatten (2016a). PM – Resultat från VASS Driftundersökning 2014. <http://www.svensktvatten.se/globalassets/organisation-och-juridik/vass/pm-drift-2014.pdf>.

Svenskt Vatten (2016b). Svenskt Vattens hemsida.
<http://www.svensktvatten.se/vattentjanster/rornat-och-klimat/>.

Svenskt Vatten (2017a). Investeringsbehov och framtida kostnader för kommunalt vatten och avlopp. <http://www.svensktvatten.se/om-oss/nyheter-lista/nyheter-svenskt-vatten/investeringsrapporten/>.

Svenskt Vatten (2017b). Resultatrapport för hållbarhetsindex 2016.
http://www.svensktvatten.se/globalassets/organisation-och-juridik/vass/hallbarhetsindex/resultatrapport-hallbarhetsindex-2016_webb.pdf.

Svenskt Vatten (2018a). Resultatrapport för VASS DRIFT 2016.

Svenskt Vatten (2018b). Utdrag ur VASS driftstatistik 2016 och 2017 avseende antalet anslutna personer till vatten- och spillvattennätet.
<http://vass-statistik.se>, 2018-03-27 och 2018-05-10.

Svenskt Vatten (2018c). <http://www.svensktvatten.se/vattentjanster/rornat-och-klimat/hallbar-nyanlaggning>, 2018-03-20.

Svenskt Vatten (2018d). Resultatrapport för VASS Rörnät 2016.
<http://www.svensktvatten.se/globalassets/organisation-och-juridik/vass/rornat/vass-rornat-2016.pdf>

Svenskt Vatten (2018e). <http://www.svensktvatten.se/vattentjanster/rornat-och-klimat/>, 2018-03-16.

Thörnblom K, Sällström J-H, Bergström G (2014). Livslängdsbedömning av gummiringfogar hos VA-ledningar. Svenskt vatten utveckling, 2014-04.

Whittle & J Tennakoon A J (2005). Predicting the residual life of PVC sewer pipes, *Plastics, Rubber and Composites*, 34 (7), pp. 311–317.

Östberg J, Stål Ö, Martinsson M & Fransson A-M (2010). Förebyggande av rotinträngningar i VA-ledningar – utveckling av beslutsstöd, Svenskt vatten utveckling, 2010-04.

Personliga intervjuer

Tommy Giertz, Stockholm Vatten och Avfall, 2018-02-02.

Lars Balkfors, Sydvatten AB, 2018-02-07.

Anders Ericsson, Ängelholms kommun, 2018-02-08.

Fredrik Pagmen, Norrvatten, 2018-02-09.

Stefan Karvonen, Meag VA-system, 2017-05-12.

Uppgifter via e-post

Peter Pålsson, Uponor, 2018-03-27.

Produktstandarder

DVS 2207-01 (2005), Welding of thermoplastics – Heated element welding of pipes, piping parts and panels made out of polyethylene, DVS German Welding Society.

EN ISO 1452-2 (2009), Plastics piping systems for water supply and for buried and above-ground drainage and sewerage under pressure – Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) Part 2: Pipes, CEN, Bryssel.

EN ISO 9080 (2012), Plastics piping and ducting systems – determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe from by extrusion, CEN, Bryssel.

EN ISO 11295 (2017), Classification and information on design and applications of plastics piping systems used for renovation and replacement, CEN, Bryssel.

EN 545 (2002), Gjutjärnsrör - Rör, rörkopplingar och rördelar av segjärn för vattendistribution, CEN, Bryssel.

EN 681-1 (1996), Elastomeric seals – Materials requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications – Part 1: Vulcanized rubber, CEN, Bryssel.

EN 681-2 (2000) Elastomeric seals – Materials requirements for pipe joint seals used in water and drainage applications – Part 2: Thermoplastic elastomers, CEN, Bryssel.

EN 1401-1 (2009), Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Unplasticized poly vinyl chloride (PVC-U) – Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system, CEN, Bryssel.

EN 14901 (2014), Rör, rördelar och tillbehör av gjutjärn – Epoxy-beläggningar (extra kraftig) i rördelar och tillbehör av segjärn, CEN, Bryssel.

EN 1852-1 (2009), Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Polypropylene (PP) – Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system, CEN, Bryssel.

EN 1796 (2013), Plaströrsystem för vattendistribution med eller utan tryck – Glasfiberarmerad plast baserad på omättad polyester, CEN, Bryssel.

EN 1916 (2002), Avlopp – Rör och rördelar av oarmerad, stålfiberarmerad och armerad betong, CEN, Bryssel.

EN 12201-2 (2011), Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) –Part 2: Pipes, CEN, Bryssel.

EN 12201-5 (2011), Plastics piping systems for water supply, and for drainage and sewerage under pressure – Polyethylene (PE) – Part 5: Fitness for purpose of the system, CEN, Bryssel.

EN 12814-4 (2001), Testing of welded joints of thermoplastics semi-finished products – Part 4: Peel test, CEN, Bryssel.

EN 12889 (2000), Avlopp – schaktfria metoder, CEN, Bryssel.

EN 13476-1–3 (2007), Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) – Part 1: General requirements and performance characteristics, Part 2: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and external surface and the system, Type A, Part 3: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and profiled external surface and the system, Type B, CEN, Bryssel.

EN 14364 (2013), Plastics piping systems for drainage and sewerage with or without pressure – Glass-reinforced thermosetting plastics (GRP) based on unsaturated polyester resin (UP) – Specifications for pipes, fittings and joints, CEN, Bryssel.

INSTA SBC PS 103 (2006) Specific Rules for Nordic Certification in accordance with NPG/PS 103 Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage. Structured-wall piping systems of Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) Specifications for pipes, fittings and the system, INSTA-CERT.

INSTA SBC EN 13476 (2018) Specific Rules for Nordic Certification in accordance with EN13476 - 1, 2 and 3 Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage – Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE), INSTA-CERT.

ISO 11295:2010, Plaströrssystem – Klassificering och information om konstruktion av plaströrssystem avsedda för renovering, Genève, Schweiz.

ISO 11296-4 (2011), Plastics piping systems for renovation of underground non-pressure drainage and sewerage networks – Part 4: Lining with cured-in-place pipes, Genève, Schweiz.

ISO 13953 (2001), Polyethylene (PE) pipes and fittings-Determination of the tensile strength and failure mode of test pieces from a butt-fused joint, Genève, Schweiz.

ISO 13954 (1997), Plastics pipes and fittings – Peel decohesion test for polyethylene (PE) electrofusion assemblies of nominal outside diameter greater than or equal to 90 mm, Genève, Schweiz.

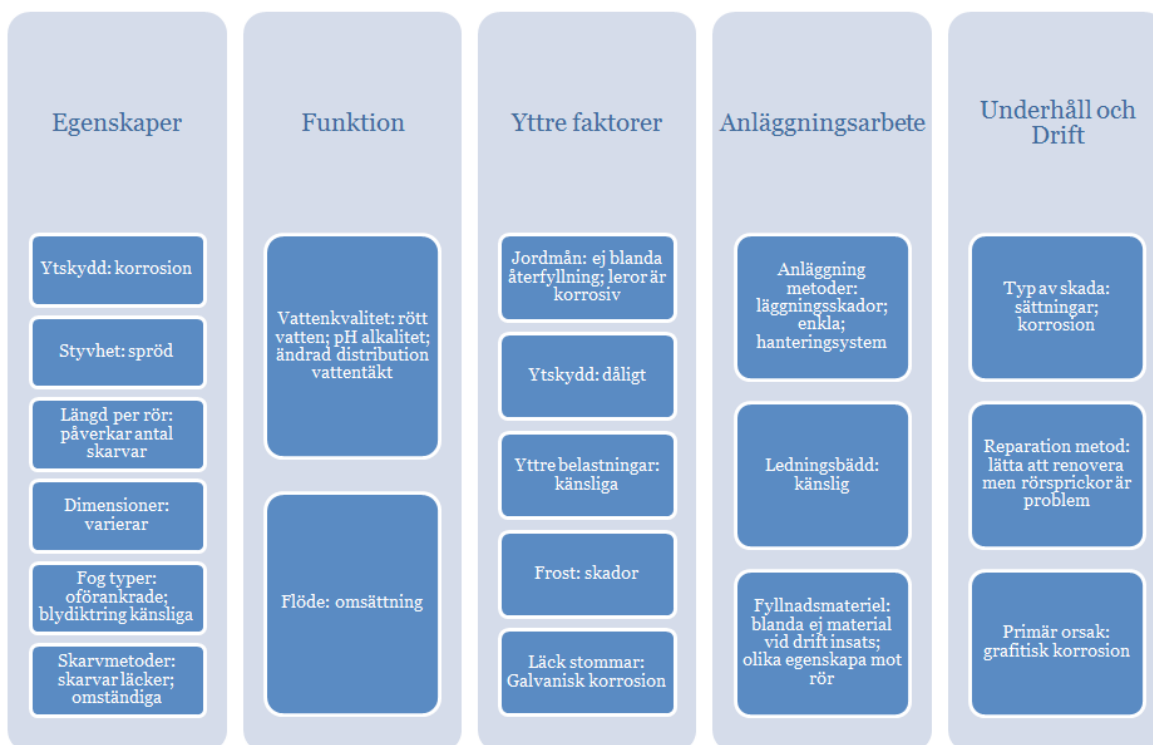
ISO 21307 (2011), Plastics pipes and fittings – Butt fusion jointing procedures for polyethylene (PE) pipes and fittings used in the construction of gas and water distribution systems, Genève, Schweiz.

SS 3362 (1990), Plaströr – tryckrör av PE till kallvattenledningar, SIS, Stockholm.

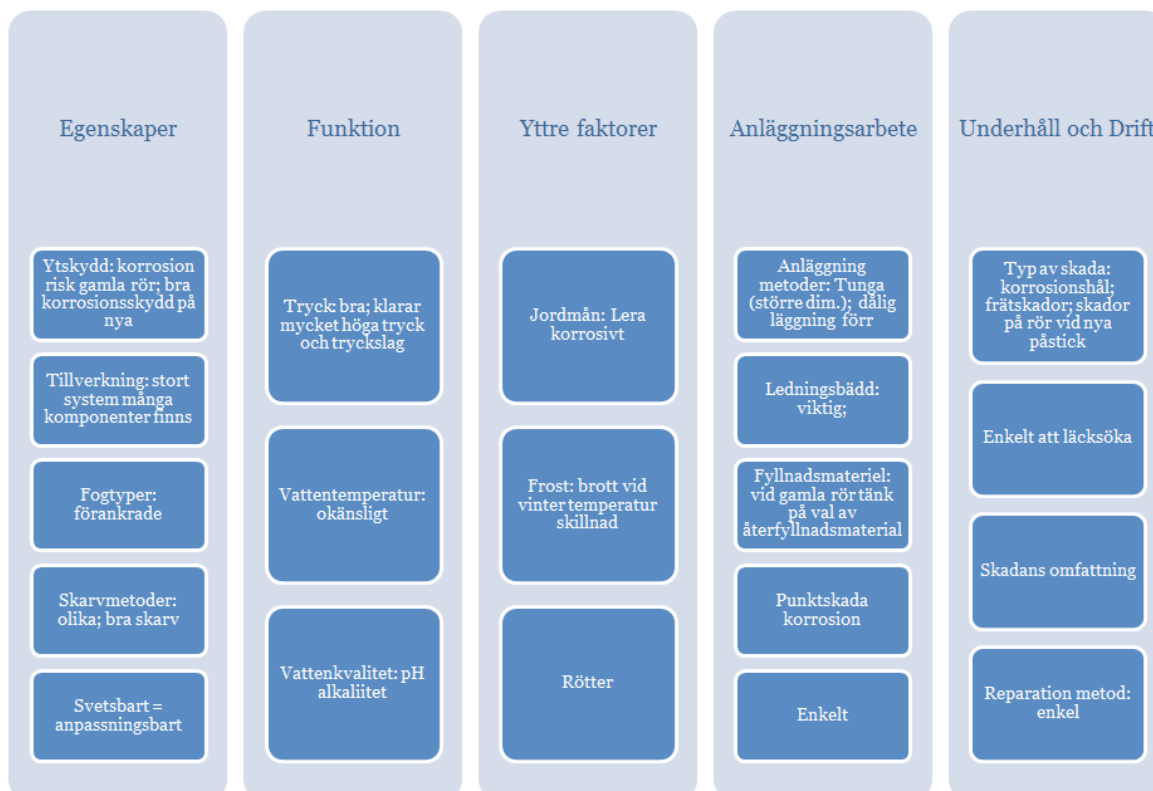
SS 3622 (1989), Plaströr – Rör och skarvmuff av glasfiberarmerad esterplast för självfallsledningar – Mått och tekniska specifikationer, SIS, Stockholm.

Bilaga 1: Underlag för urval av rörmaterial

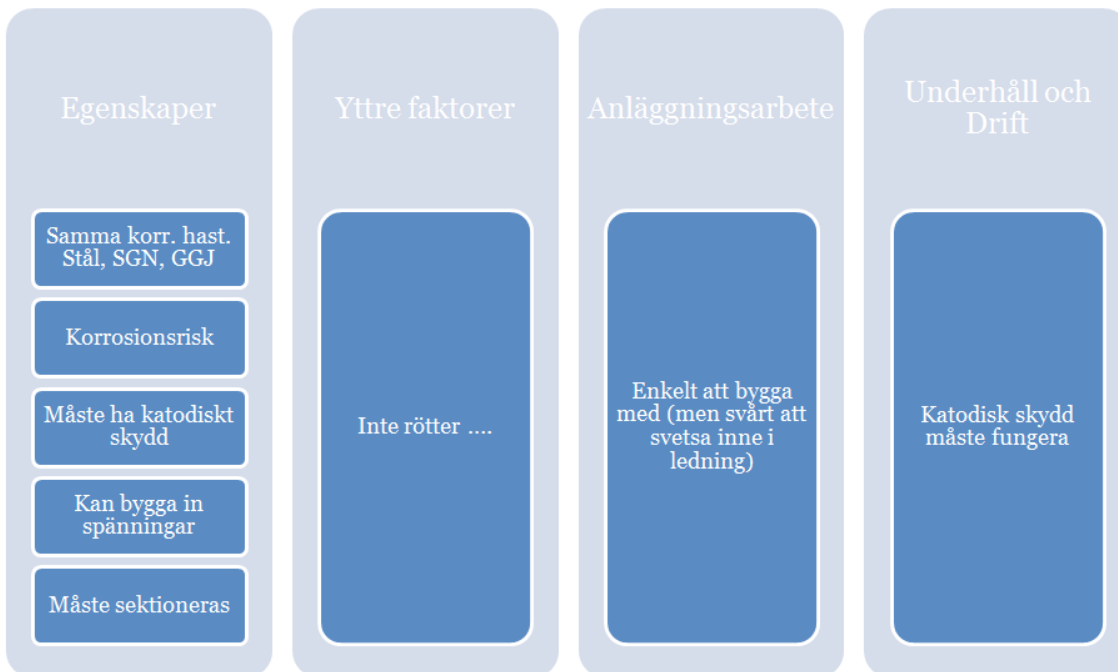
Gråjärn



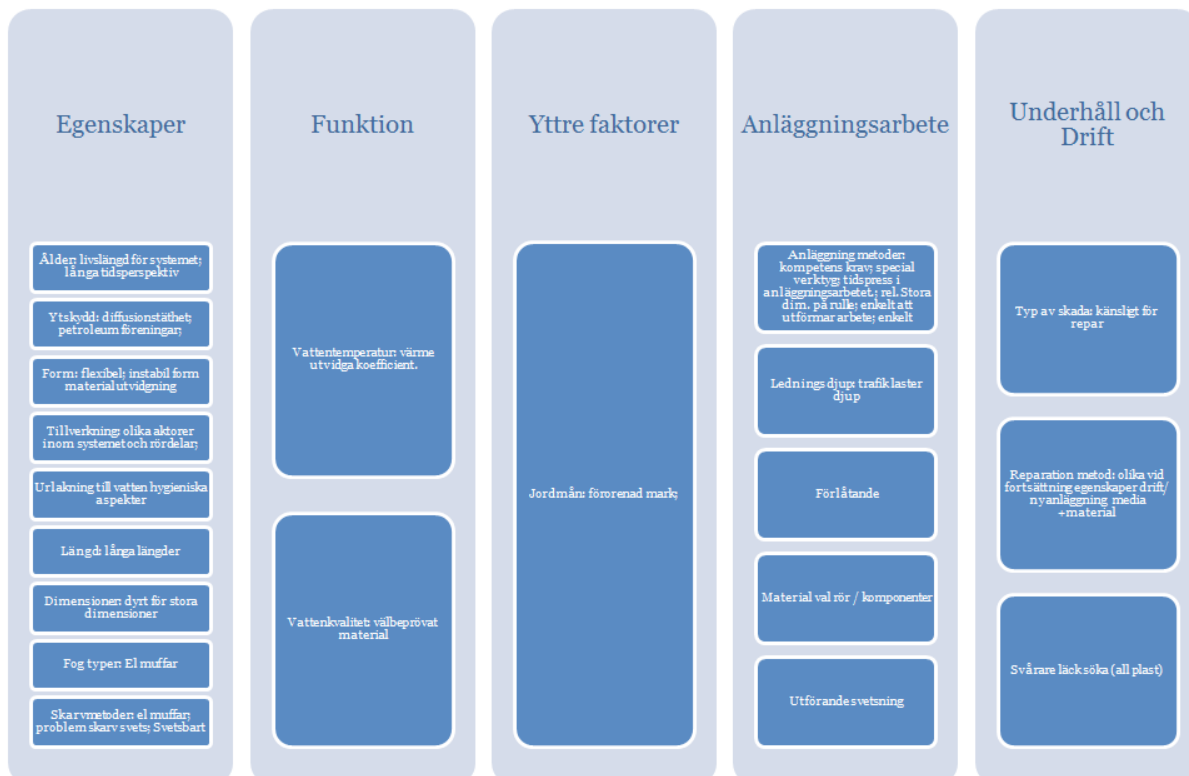
Segjärn



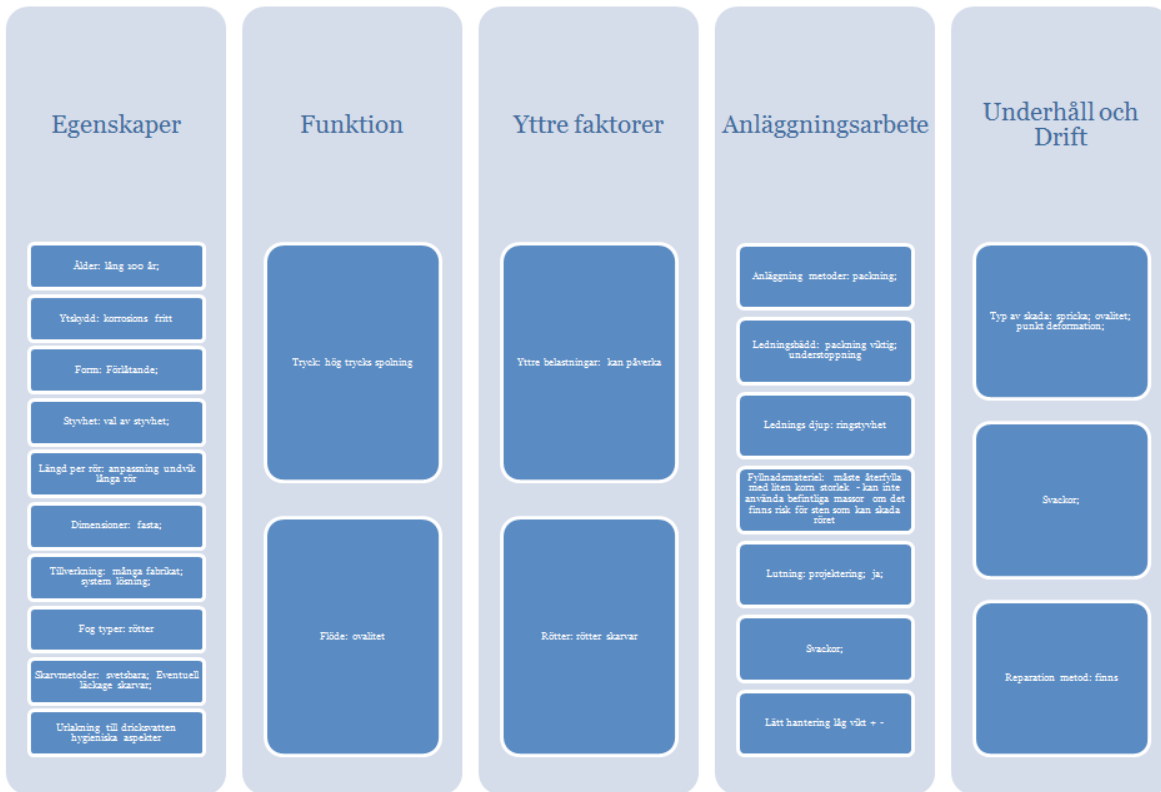
Stål



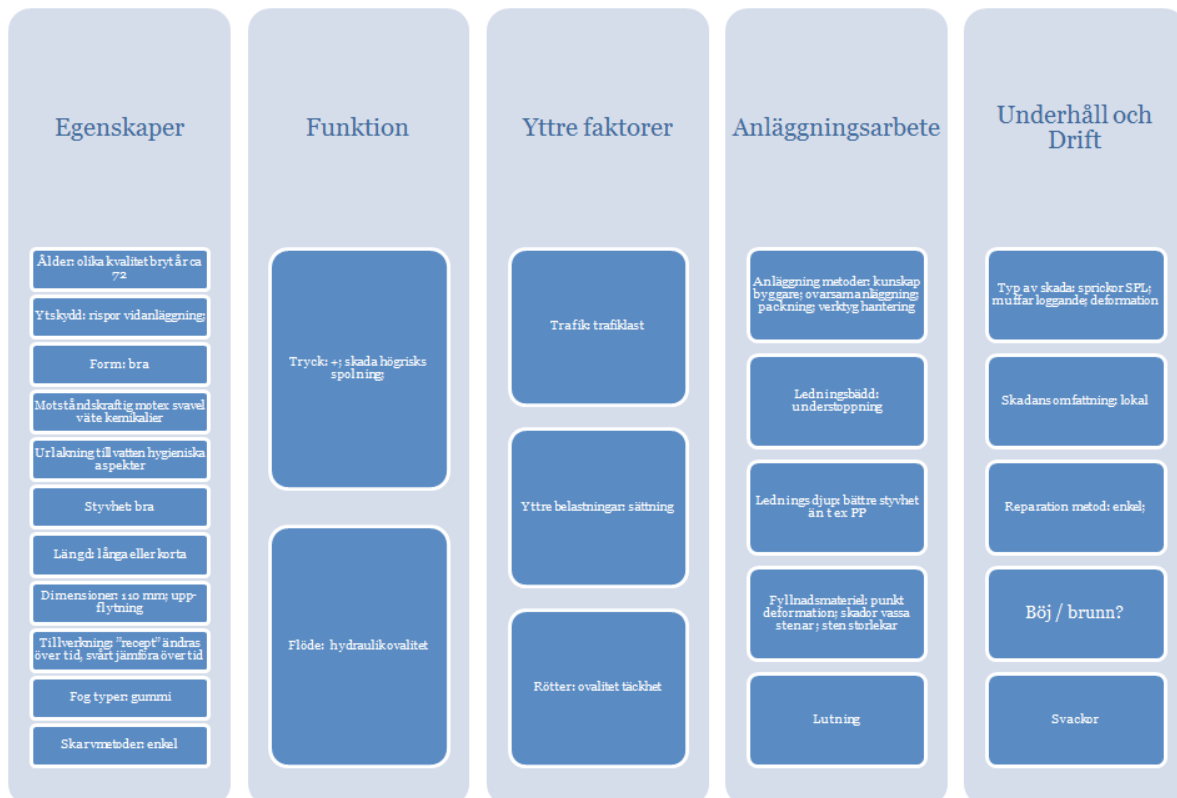
PE



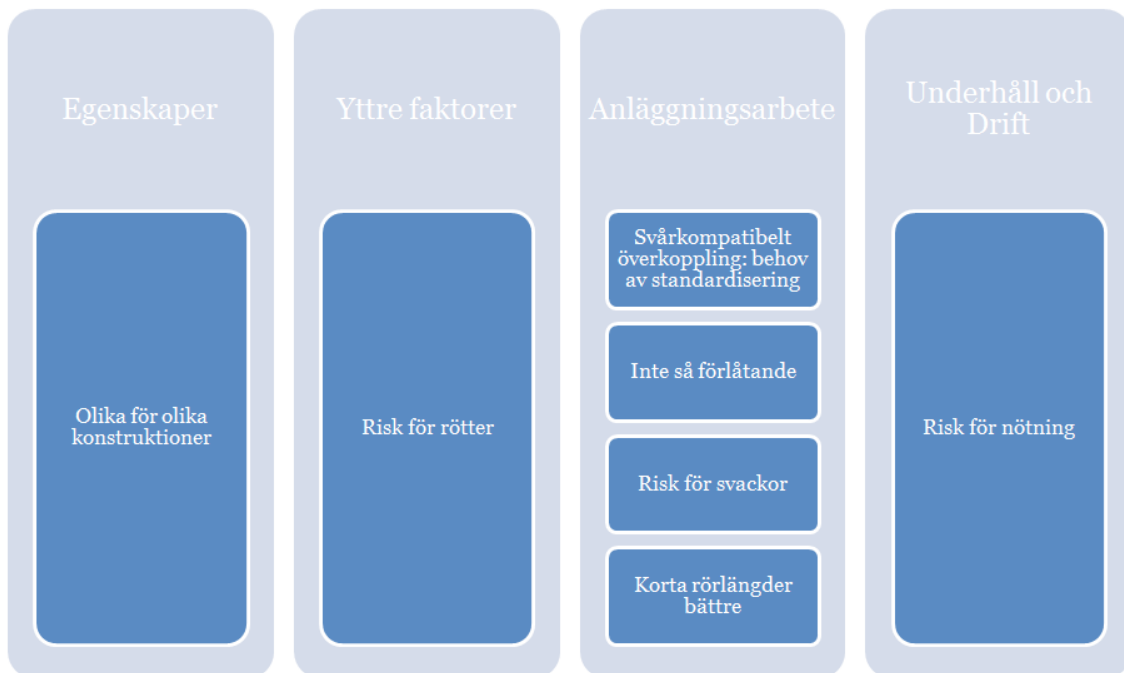
PP



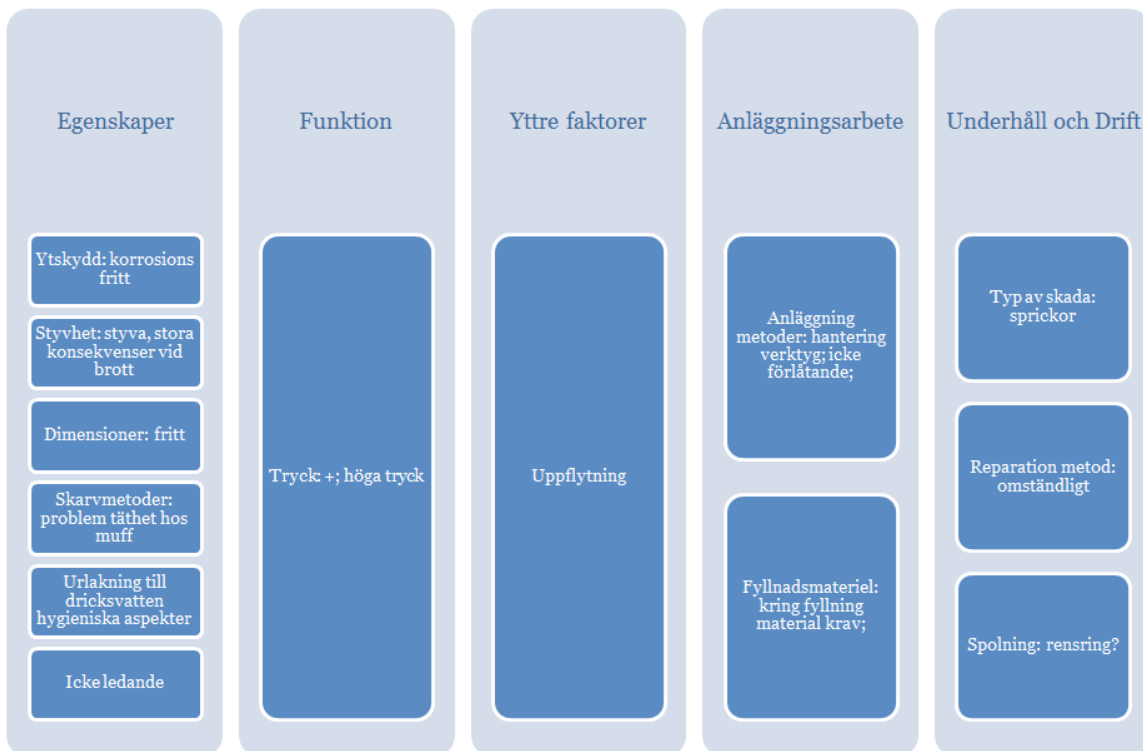
PVC självfall



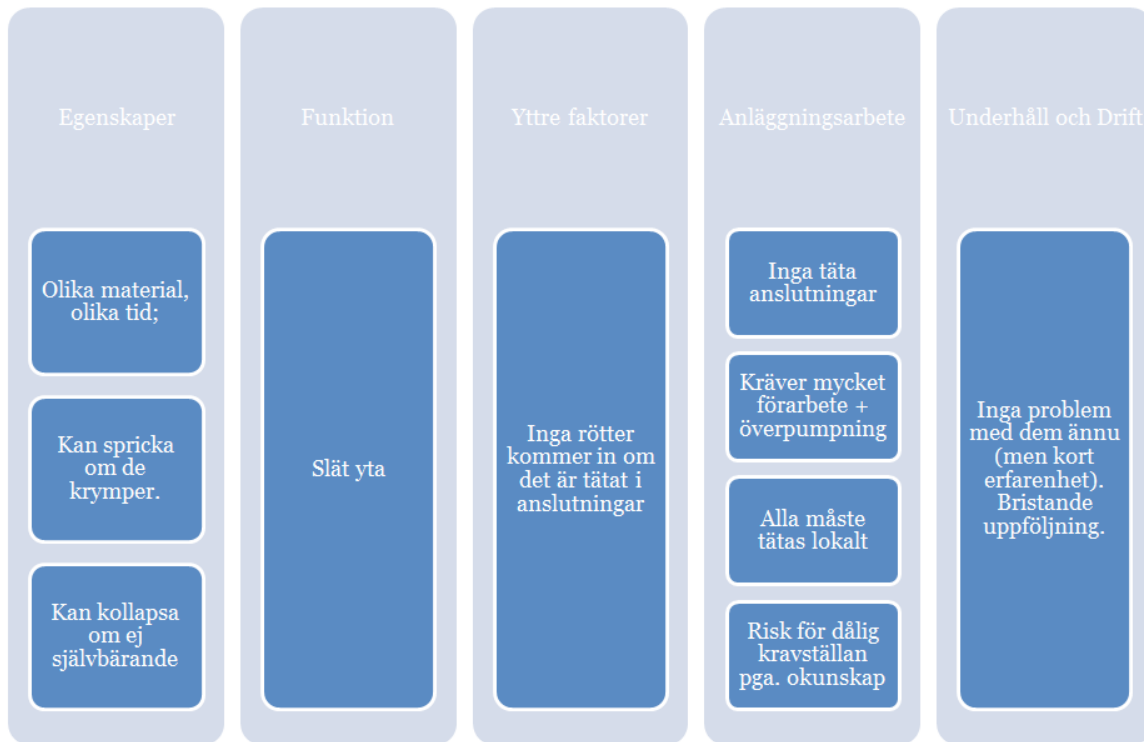
Struktur rör



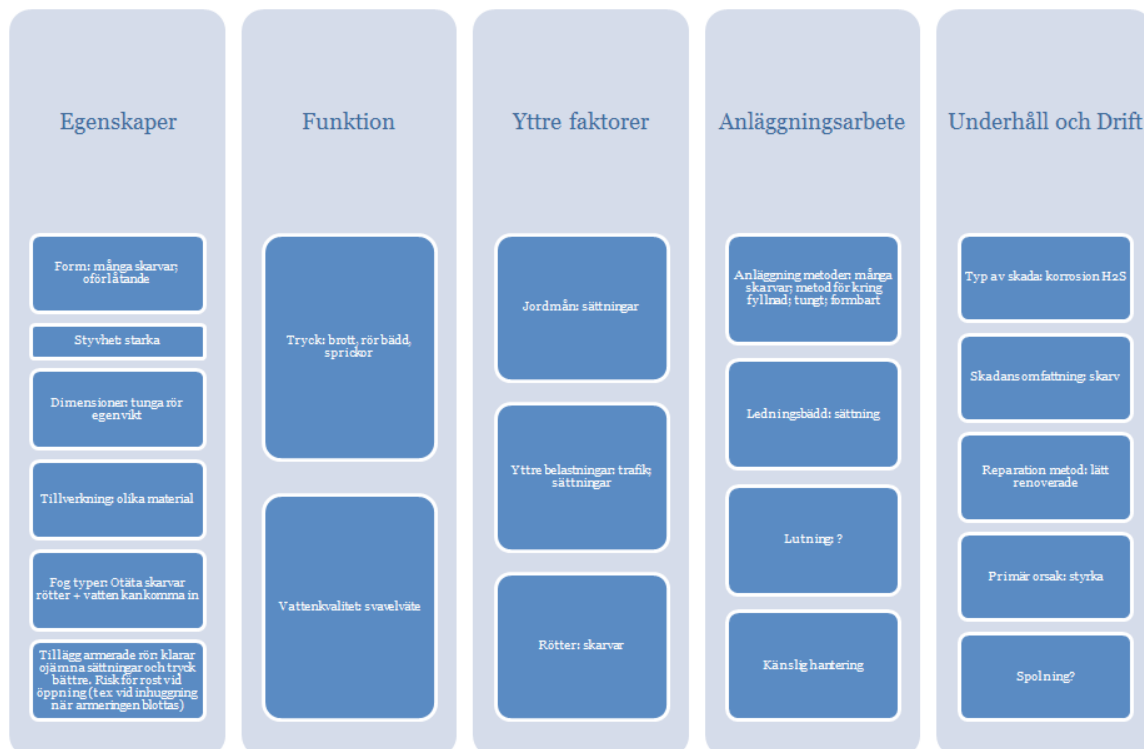
GRP



Flexibla foder

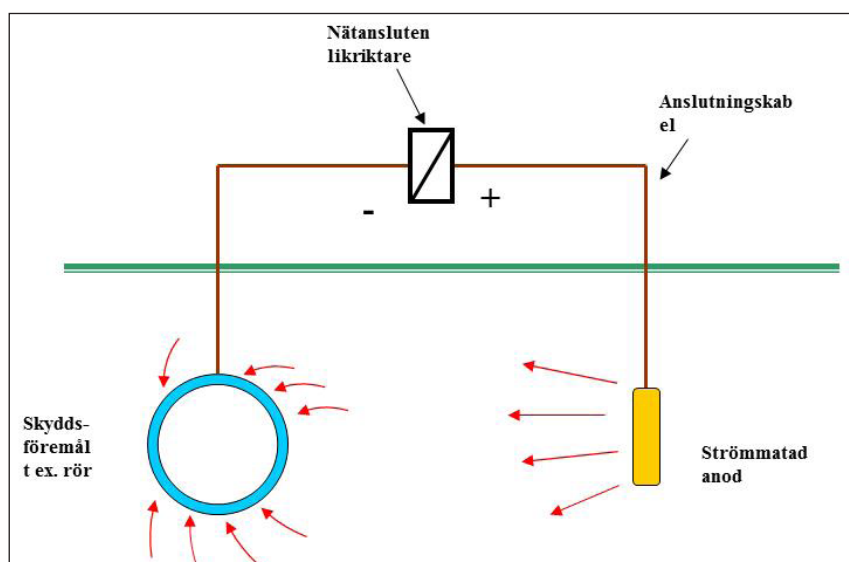


Betong

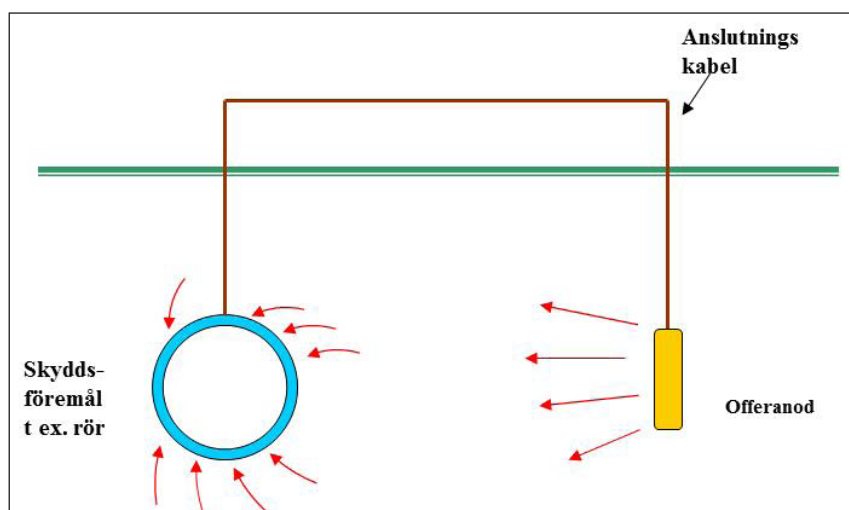


Bilaga 2: Katodiskt skydd

Katodiskt skydd är en elektrokemisk skyddsmetod. En svag likström matas genom jorden till felställen (skador) i rörets skyddsbeläggning. Strömmatning kan ske på två sätt, antingen från offeranoder (galvaniskt katodiskt skydd), Figur Bilaga 2.1. eller från nätansluten transformator/likriktare (elektrolytiskt katodiskt skydd), Figur Bilaga 2.2.



Figur Bilaga 2.1. Katodiskt skydd med offeranod - galvanisk katodiskt skydd (Camitz, 2009).



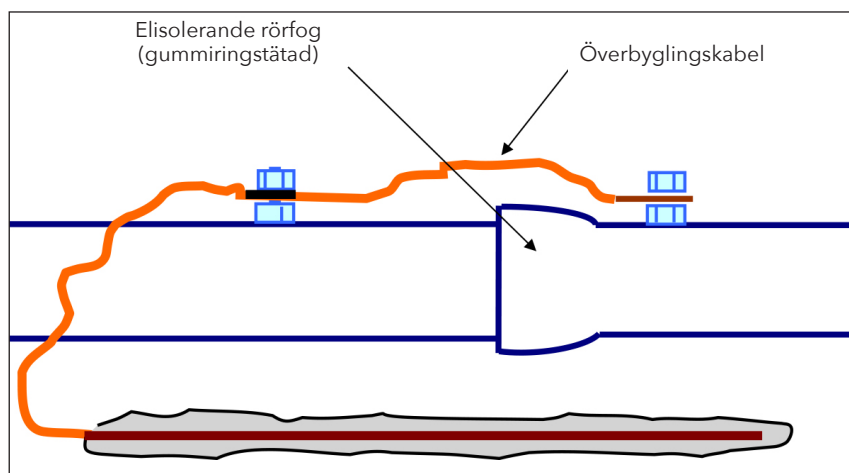
Figur Bilaga 2.2. Katodiskt skydd med påtryckt ström - elektrolytiskt katodiskt skydd (Camitz, 2009).

När ett katodiskt skydd installeras idag med offeranoder används nästan alltid zinkanoder (ibland dock magnesiumanoder). Nackdelen med att använda de med magnesiumanoder är att livslängden oftast är alldeles för kort p.g.a. hög egenkorrosion. Anoderna placeras i en jutesäck som är fylld

med bentonitlera, gips och natriumsulfat, nära rörledningen, Figur Bilaga 2.3. Även jordens resistivitet har stor betydelse för hur bra anoden kommer att fungera. Exempelvis bör inte zinkanoder användas vid en jordresistivitet $> 50 \Omega\text{m}$.

Vid nyare installationer av katodiskt skydd med offeranoder så är det möjligt att göra en kontrollmätning av skyddsförmågan. Detta gäller dock inte för äldre installationer.

Eftersom fogarna mellan rörpiporna nästan alltid är elisolerade så görs en överbygglingskabel av den elisolerande rörfogen, Figur Bilaga 2.4.



Figur Bilaga 2.4. Exempel på överbygglingskabel och anslutning av skyddsanod.

När det gäller katodiskt skydd med påtryckt ström så är fördelen med ett sådant system att antalet anoder som behövs för att få ett fullständigt katodiskt skydd är betydligt färre än vid användning av offeranoder. Vid katodiskt skydd med påtryckt ström kontrolleras alltid skyddsförmågan med en referenselektrod t.ex. mättad Cu/CUSO₄ elektrod. Anoderna (magnetit, kiseljärn m.fl.) som används vid påtryckt ström har oftast en betydligt längre livslängd än offeranoder av zink.



Figur Bilaga 2.3
Zinkanod placerad i en jutesäck med bentonitlera, gips och natriumsulfat placerad nära rörledning (bild J.A Korrosionskonsult).

Bilaga 3: Fullständiga resultat från intervjuer och webbenkäter

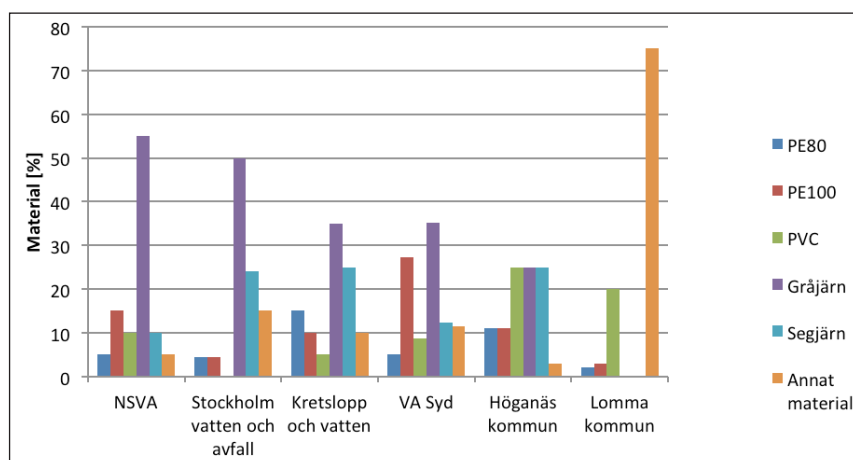
Resultaten från enkäter och intervjuer är på inget sätt ett statistiskt underlag för Sveriges VA-bransch, men kan ändå ses om en indikation på de behov som finns i VA-branschen både hos ledningsägare, teknik konsulter och entreprenörer.

Resultat från webbenkät till beställare

Resultat från intervjuer med beställare (kommuner och VA-bolag) presenteras i detta kapitel. NSVA,¹ Stockholm Vatten och Avfall,² Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd,³ Ängelholms kommun, Höganäs kommun och Lomma kommun har svarat på webbenkäten. Alla kommuner har inte svarat på alla frågor vilket innebär att resultaten inte presenteras för samtliga svarande kommuner för varje fråga nedan.

Material i befintligt huvudledningsnät för vatten

Fråga 1: Vilka material har ni i huvudledningsnätet för vatten?



Figur Bilaga 3.1. Materialfördelning i huvudledningsnätet för vatten. Annat material i Lomma kommun är eternit.

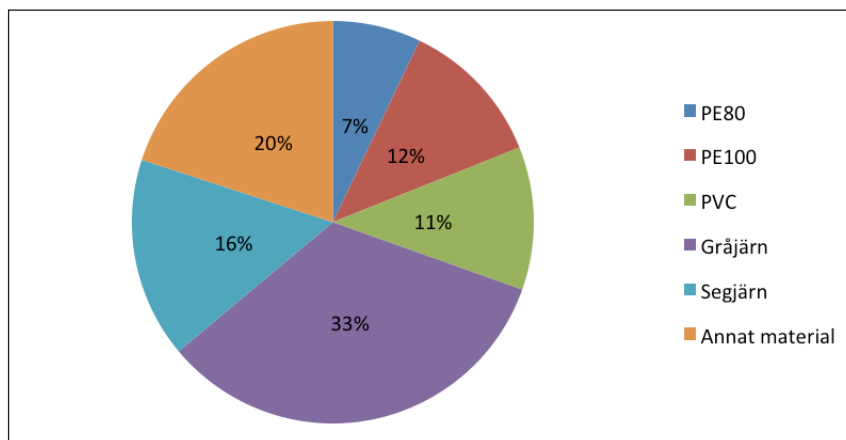
För de kommuner som svarade att de har gråjärnsledningar i sitt vattenledningsnät svarade 17 % nej på frågan om de har katodiskt skydd, 50 %

¹ NSVA ansvarar för den kommunala vatten- och avloppsverksamheten i kommunerna Bjuv, Båstad, Helsingborg, Landskrona, Svalöv och Åstorp.

² Stockholm Vatten och Avfall ansvarar för den kommunala vatten- och avloppsverksamheten för kommunerna Stockholm och Huddinge.

³ VA SYD ansvarar för den kommunala vatten- och avloppsverksamheten för kommunerna Burlöv, Eslöv, Lund och Malmö.

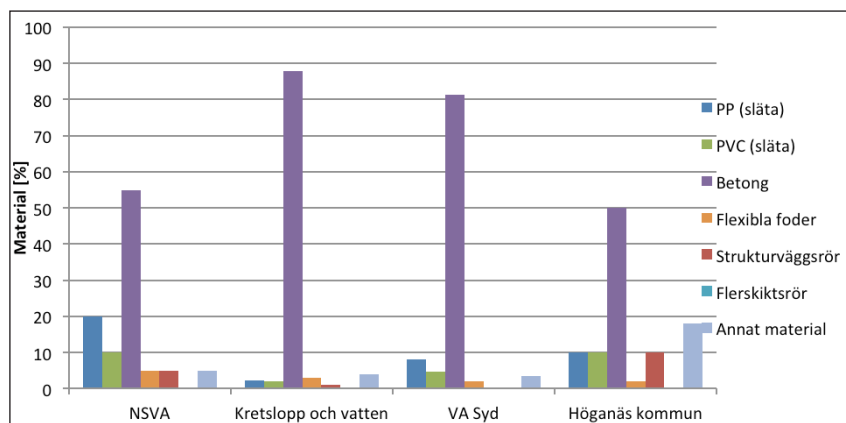
svarade ja, men bara på något/några ställen och 33 % svarade vet inte. För de kommuner som svarade att de har segjärnsledningar i sitt vattenledningsnät svarade 33 % nej på frågan om de har katodiskt skydd, 33 % svarade ja, men bara på något/några ställen och 33 % svarade vet inte.



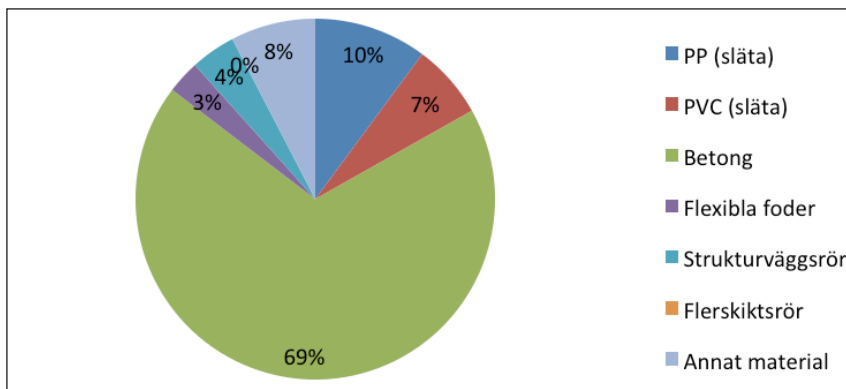
Figur Bilaga 3.2. Materialfördelning i medelvärde i huvudledningsnätet för vatten för de sex kommuner som svarade på frågan. Annat material är eternit, stål, GAP och betong.

Material i befintligt huvudledningsnät för dag- och spillvatten

Fråga 2: Vilka material har ni i huvudledningsnätet för dag- och spillvatten (självfall)?



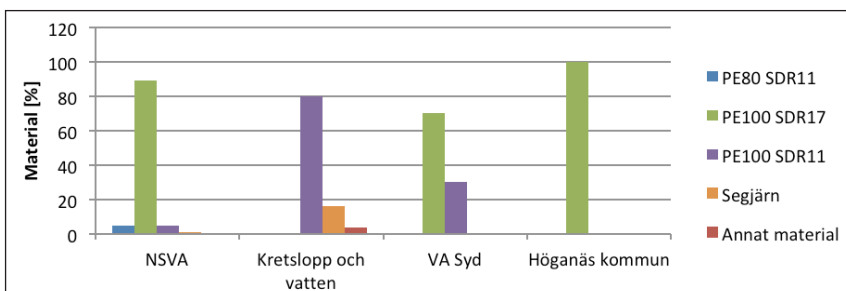
Figur Bilaga 3.3. Materialfördelning i huvudledningsnätet för spill- och dagvatten (självfall).



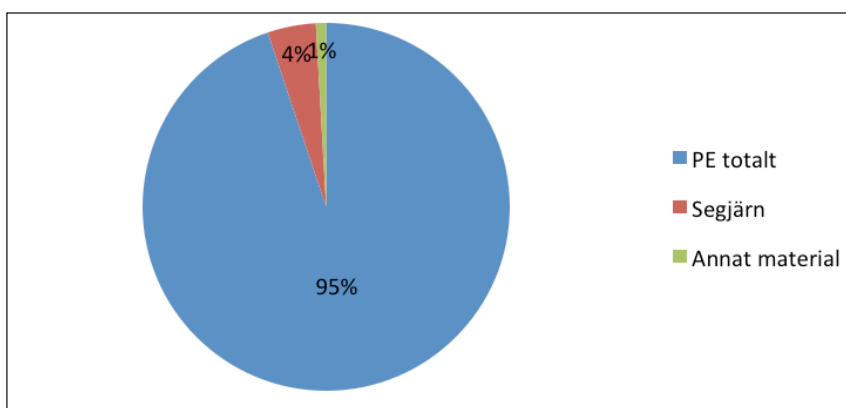
Figur Bilaga 3.4. Materialfördelning i medelvärde i huvudledningsnätet för spill- och dagvatten (självfall) för de fyra svarande kommunerna.

Material som läggs vid nyanläggning i huvudledningsnätet för vatten

Fråga 3: Vilka material lägger ni i huvudledningsnätet för vatten idag?



Figur Bilaga 3.5. Materialfördelning vid nyanläggning för vattenledningsnätet. Observera att Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad lägger 80 % PE SDR11. De vet ej andelen mellan PE80- och PE100-materialet. För illustration är det inlagt i stapel för PE100 SDR11.



Figur Bilaga 3.6. Materialfördelning i medelvärde vid nyanläggning för vattenledningsnätet för de fyra svarande kommunerna. Annat material är stål. PE total består av PE80 SDR11, PE100 SDR17 och PE100 SDR11.

Stockholm Vatten och Avfall och Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad kunde inte ange andel av respektive material de lägger vid nyanläggning idag, varför de inte är med i tabellen ovan.

Stockholm Vatten och Avfall lägger idag PE100 SDR11 (PN16) och segjärn i sitt vattenledningsnät. Mellan 1990 och 2000 lades PE80 SDR11 (PN10) men från 2000 och framåt lägger man PE100 SDR11 (man har alltså gått upp en tryckklass till PN16). Segjärn lägger man sedan 1967.

Kretslopp och vatten, Göteborgs Stad lägger PE80 SDR11, PE100 SDR11 och segjärn idag.

Stockholm Vatten och Avfall och Kretslopp vatten, Göteborgs Stad installerar endast katodiskt skydd på få ställen vid nyanläggning av segjärnsledningar.

Material som läggs vid nyanläggning i huvudledningsnätet för dag- och spillvatten

Fråga 4: Vilka material lägger ni idag i huvudledningsnätet för dag- och spillvatten (självfallsnätet)?

Inga av de sju kommuner och VA-bolag som svarat på enkäten lägger flerskiktsrör (multilayer). Alla utom Stockholm vatten och avfall lägger homogena ribbade rör och dubbelväggsrör idag. Alla utom Lomma kommun lägger fortfarande betongrör idag, i viss mån. NSVA och VA Syd lägger släta PVC rör. Alla kommuner utom Lomma kommun lägger släta PP rör.

Material för brunnar

Fråga 5: Vilket material väljer ni för nedstigningsbrunnar?

Både NSVA, Stockholm vatten och avfall, Ängelholms kommun och Höganäs kommun sätter både nedstigningsbrunnar av plast och betong för plast-rörssystem. Kretslopp vatten, VA Syd och Lomma kommun blandar inte materialen plast och betong för rörssystem och brunnar.

Fråga 6: Vilket material väljer ni för tillsynsbrunnar?

Samtliga kommuner som svarat på webbenkäten, dvs. NSVA, Stockholm vatten och avfall, Kretslopp och vatten (Göteborgs Stad), VA Syd, Ängelholms kommun, Höganäs kommun och Lomma kommun sätter enbart tillsynsbrunnar i plast.

Fördelar med material som läggs idag

Fråga 7: Vilka fördelar ser ni med materialen som ni lägger idag?

Tabell Bilaga 3.1. Sammanställning av antal svar på frågan: "Vilka fördelar ser du med de material som läggs i dag i huvudledningsnätet för dricksvatten?" Antal kommuner som höll med om påståendet till vänster om parentes och inom parentes totalt antal svarande kommuner. Exempel på tolkning av tabell: Tre kommuner av fyra svarande såg fördelen "få eller inga skador för PE80-materialet."

Fördel	PE80	PE100	SEGJÄRN	PVC	STÅL
Få eller inga skador.	3 (4)	3 (5)	1 (4)	0 (1)	1 (1)
Troligen lång livslängd (i alla delar, även i inkopplingar och skarvar).	3 (4)	5 (5)	3 (4)	0 (1)	1 (1)
Lätta att laga	1 (4)	2 (5)	2 (4)	0 (1)	1 (1)
De skador som inträffar ger inte stora följdverkningar.	1 (4)	1 (5)	0 (4)	0 (1)	1 (1)
Lätta att installera på rätt sätt (robust installation med liten risk att det blir fel).	2 (4)	1 (5)	2 (4)	0 (1)	1 (1)
Liten miljöbelastning.	1 (4)	1 (5)	0 (4)	0 (1)	0 (1)

Tabell Bilaga 3.2. Sammanställning av antal svar på "Vilka fördelar ser du med de material som läggs i dag i huvudledningsnätet för dag- och spillvatten?" Antal kommuner som höll med om påståendet till vänster om parentes och inom parentes totalt antal svarande kommuner.

Fördel	PP släta	PVC släta	BETONG	FLEXIBLA FODER	STRUKTUR-VÄGGSRÖR
Få eller inga skador.	4 (6)	3 (6)	3 (6)	4 (7)	5 (5)
Troligen lång livslängd (i alla delar, även i inkopplingar och skarvar).	5 (6)	5 (6)	6 (6)	5 (7)	5 (5)
Lätta att laga.	5 (6)	4 (6)	2 (6)	0 (7)	2 (5)
De skador som inträffar ger inte stora följdverkningar.	2 (6)	1 (6)	0 (6)	0 (7)	1 (5)
Lätta att installera på rätt sätt (robust installation med liten risk att det blir fel).	2 (6)	0 (6)	1 (6)	5 (7)	1 (5)
Liten miljöbelastning.	1 (6)	0 (6)	0 (6)	2 (7)	1 (5)

Skador på ledningsnätet

Fråga 8: I vilket skede uppkommer skadorna i första hand?

Tabell Bilaga 3.3. Sammanställning av antal svar på frågan "I vilket skede uppkommer skadorna i första hand i huvudledningsnätet för dricksvatten?" Antal kommuner som höll med om påståendet till vänster om parentes och inom parentes totalt antal svarande kommuner.

Skede för skadans ursprung	PE80	PE100	SEGJÄRN	PVC	STÅL
Skadans ursprung har skett vid tillverkning/skador på röret vid mottagningskontroll.	0 (4)	0 (4)	1 (5)	0 (1)	0 (1)
Rörmaterialet (t.ex. dålig kvalitet).	0 (4)	1 (4)	5 (5)	0 (1)	1 (1)
Skadans ursprung är troligtvis fel vid läggning.	3 (4)	3 (4)	5 (5)	0 (1)	1 (1)
Fogar/skarvar (vid elsvetsmuffar, stumsvetsar, flänskopplingar, muffar, grenrör).	3 (4)	3 (4)	0 (5)	1 (1)	1 (1)
Installationer/armaturer (ventiler, brandposter, serviser, brunnar).	1 (4)	0 (4)	0 (5)	0 (1)	0 (1)
Drift (vid tryckslag för vatten och rotinträngning för avlopp).	0 (4)	0 (4)	1 (5)	0 (1)	0 (1)
Drift (dålig vattenkvalitet/avloppskvalitet).	0 (4)	0 (4)	0 (5)	0 (1)	0 (1)
Dåliga markförhållanden.	-	-	-	-	1 (1)

Tabell Bilaga 3.4. Sammanställning av antal svar på frågan "I vilket skede uppkommer skadorna i första hand på huvudledningsnätet för självfall (dag- och spillvatten)?" Antal kommuner som höll med om påståendet till vänster om parentes och inom parentes totalt antal svarande kommuner.

Skede för skadans ursprung	PP	PVC	BETONG	FLEXIBLA FODER	STRUKTURVÄGSRÖR
Skadans ursprung har skett vid tillverkning/skador på röret vid mottagningskontroll.	0 (5)	0 (6)	1 (6)	0 (4)	0 (4)
Rörmaterialet (t.ex. dålig kvalitet).	0 (5)	2 (6)	1 (6)	1 (4)	1 (4)
Skadans ursprung är troligtvis fel vid läggning.	4 (5)	4 (6)	5 (6)	4 (4)	3 (4)
Fogar/skarvar (vid elsvetsmuffar, stumsvetsar, flänskopplingar, muffar, grenrör).	3 (5)	2 (6)	3 (6)	1 (4)	2 (4)
Installationer/armaturer (ventiler, brandposter, serviser, brunnar).	2 (5)	0 (6)	1 (6)	2 (4)	1 (4)
Drift (vid tryckslag för vatten och rotinträngning för avlopp).	3 (5)	2 (6)	5 (6)	0 (4)	0 (4)
Drift (dålig vattenkvalitet/avloppskvalitet).	0 (5)	0 (6)	3 (6)	0 (4)	0 (4)
Dåliga markförhållanden.	-	-	-	-	-

Typ av skador på ledningsnätet

Fråga 9: Vilken typ av skador/problem uppstår?

Tabell Bilaga 3.5. Sammanställning av resultat och antal svar på frågan "Vilken typ av skador/problem uppstår på huvudledningsnätet för dricksvatten?" Antal kommuner som höll med om påståendet till vänster om parentes och inom parentes totalt antal svarande kommuner.

PE80	PE100	SEGJÄRN	PVC	STÅL
Läckande elsvetsmuffar 2 (3). Dålig svetskvalitet 1 (3).	Underkända rör till arbetsplatsen 1 (1). Läckande elsvetsmuffar 2 (2).	Korrosionsskador 3 (4). Rörbrott 1 (4). Packning vid muff har hamnat snett vid mon- tage 1 (4).	I limmade EHRI-muffar 1 (1).	Korrosionsskador på äldre rör 1 (1). Läckande blyskarvar 1 (1).

Tabell Bilaga 3.6. Sammanställning av resultat och antal svar på frågan "Vilken typ av skador/problem uppstår på huvudledningsnätet för självfall (dag- och spillvatten)?" Antal kommuner som höll med om påståendet till vänster om parentes och inom parentes totalt antal svarande kommuner.

PP	PVC	BETONG	FLEXIBLA FODER	STRUKTURVÄGSRÖR
PP-materialet förlorar 75 % av sin ringstyvhet på 50 år. Osäkra på om det är ett bra materialval ur ett 150-årsperspektiv 1 (1). Risk för svackor vid läggning av längre rörlängder än 3 m 1 (1). Ovalitet p.g.a. ojämn packning, inbuckling p.g.a. stora fraktioner ligger mot rörvägg 1 (1). PP-materialet är svårt att lägga vintertid p.g.a. muff och spetsände inte har samma längdutvidgnings värde 1 (1). Läckande skarvar vid ovalitet 1 (1). Mekanisk påverkan från grävmaskiner 1 (1). Rotinträngning Intryckningar 3 (5).	PVC-rören spricker lätt med ökad ålder 3 (4). Rotinträngning 2 (6). Risk för svackor vid läggning av längre rörlängder än 3 m 1 (1).	Gamla betongrör kan få sprickor och sättningar p.g.a. underminering från omgivande vatten- läckor 1 (4). Sprickor och håll 1 (4). Rörkollaps p.g.a. läckande skarvar, sättningar och svavelväteangrepp 2 (4). Rotinträngningar 1 (4)	Veck vid vinkelavvikelse 1 (4). Ofullständig härdning, ihop-tryckning (ej självbärande 2 (4). Inläckage i skarvar mot t.ex. serviser 2 (4).	Läckande fogar vid ovalitet 1 (2).

Ålder på skadade rör

Fråga 10: Vilken ålder har de skadade rören?

Tabell Bilaga 3.7. Sammanställning av resultat för fråga 10 för dricksvattenledningar [år]. Totalt antal svar inom parentes.

PE80	PE100	SEGJÄRN	PVC	STÅL
15-25 (2)	15-25 (1)	20-60 (5)	40-50 (1)	40-80 (1)

Tabell Bilaga 3.8. Sammanställning av resultat för fråga 10 för spill- och dagvattenledningar (självfall) [år]. Totalt antal svar inom parentes.

PP	PVC	BETONG	FLEXIBLA FODER	STRUKTURVÄGSRÖR
0-50 (5)	0-60 (6)	0-100 (6)	0-30 (4)	0-25 (3)

Bedömning av nya och förändrade produkter

Fråga 11: När ni ska använda nya/förändrade produkter/material i ledningsnätet, vilka egenskaper bedömer ni utifrån, och för dessa egenskaper hur gör ni bedömningen?

Tabell Bilaga 3.9. Sammanställt resultat av fråga 11 för 7 svarande kommuner. Antal svar (totalt antal svarande).

Egenskaper som bedöms	Bedöms genom att använda					
	Erfarenhet i egen organisation	Information från tillverkaren	Provningar, tester	Standarder, CE-märkning, Nordic Poly Mark	Rekommendationer från Svenskt vatten	Annat (vad)
Livslängd	6 (7)	5 (7)	3 (7)	4 (7)	2 (7)	2 (4S utredningar)
Mekaniska egenskaper	5 (7)	4 (7)	3 (7)	2 (7)	1 (7)	1 (4S utredningar)
Hygieniska egenskaper	4 (7)	4 (7)	3 (7)	3 (7)	3 (7)	2 (4S utredningar)
Hur de kan repareras	6 (7)	4 (7)	2 (7)	1 (7)	2 (7)	1 (4S utredningar)
Hur lätta de är att installera	6 (7)	5 (7)	2 (7)	1 (7)	1 (7)	1 (4S utredningar)

Kunskap:

- Tillverkarna har inte kompetens av drift & underhåll av sitt material, idag får VA-huvudmannen själv utveckla tekniker att göra nya inkopplingar i t.ex. SUB-liningsrör.
- Referenser från främst Europa, samarbete mellan storförbrukare (kommun)
- En plattform där man lätt kan få information om förändrade/nya produkter.
- Idag lutar vi mycket på vad tillverkaren säger. Ofta fokus på rören eller armaturer för sig, men borde prata om hela rörsystemet.

Provning:

- Tillverkarna gör bara provning enligt de krav som EN-normen eller tredjepartscertifieringen kräver, det är i de flesta fall inte tillräckligt om vi ska ha en produkt som klarar 100–150 års livslängd.

- Nya provningsmetoder.
- En plattform där man lätt kan få information om förändrade/nya produkter.
- Vi litar på tillverkarens tester och har själva ingen möjlighet att utföra tester på ett vetenskapligt sätt. Vi använder ofta material och armaturer som vi erfarenhetsmässigt vet fungerar.
- Mer samordnad provning.

Regler/godkännande:

- Tillverkarna styr hela certifieringsprocessen idag, EN-normen hanterar mest produktionsmetoden. Saknas i regel genomarbetade funktions-, säkerhets- och miljökrav i EN-normen.
- Beaktande av livstidscykeln.
En plattform där man lätt kan få information om förändrade/nya produkter.
Nordic Polymark, SS-EN-standarder, ISO-standarder.

Framtidsutmaningar

Fråga 14: Hur ser ni på framtiden? Vad ser ni för utmaningar? Vad ser ni för nya material på ingång?

- Att tillverkarna släpper på sin totala kontroll av certifieringskraven och börjar lyssna på slutanvändarna.
- Mer schaktfri förläggning för att underhålla VA-ledningsnätet i gatumiljö.
- Mycket fokus på tillskottsvatten och täta spillvattensystem.
- Är mikroplaster ett problem?
- Att det vi bygger idag ska hålla länge och samtidigt fungera för driften under livslängden. Det ska till exempel vara enkelt att laga en läcka.
- Mer schaktfritt byggande.

Resultat från webbenkät till teknikkonsulter

Resultat från intervjuer med teknikkonsulter presenteras i detta kapitel. Få svar inkom (2 av 7) och inga generella slutsatser dras därför av svaren.

Fråga 1: Vilka problem ser ni med de material som läggs vid nybyggnation av nya och renovering av befintliga vatten- och avloppsledningar (spill- och dagvatten) idag?

- Rörtillverkarna ger inte mer än 5 års garanti på rör- och rördelar, men produkterna ska hålla i 100 år eller längre.

Fråga 2: Vilka möjligheter ser ni med de material som läggs vid nybyggnation av nya och renovering av befintliga vatten- och avloppsledningar (spill- och dagvatten) idag?

- Idag används mest plast och betong. Plast är lättare att lägga medan betong är mer miljövänligt. För betong kan också återfyllningen göras med befintliga massor vilket sparar dyrbara friktionsmassor (sand, grus).

Fråga 3: Vilka problem och förbättringsmöjligheter ser ni med dagens projekteringsanvisningar och tekniska anvisningar så som AMA Anläggning och produktinformation från rörleverantörer?

- Samtliga som svarat ser inga problem och tycker att dagens AMA-struktur är bra.

Fråga 4: Vad hade ni önskat från beställaren för att få förutsättningar för att säkerställa kvaliteten på förfrågningsunderlag så att de ledningar som byggs håller i 150 år?

- En av två svarade tydligare kommunikation.
- Två av två svarade bättre tillgänglighet.
- Två av två svarade bättre underlag.
- En av två svarade mer tid.
- Två av två svarade större budget.

Fråga 5: I vilket skede/var ser ni störst förbättringspotential för att de VA-ledningar som byggs framöver ska hålla i 150 år?

- En av två svarade i uppdragsbeskrivningen från beställaren.
- Två av två svarade under VA-utredningen/förstudien/förprojekteringen.
- En av två svarade under detaljprojektering.
- En av två svarade vid upphandling.
- En av två svarade i entreprenörens egenkontroll under entreprenadtiden.
- En av två svarade vid beställarens kontroll under entreprenadtiden.
- Två av två svarade vid mottagningskontroll av rör under entreprenadtiden.
- Två av två svarade vid förläggning av rör under entreprenadtiden.
- Två av två svarade under drift.

Fråga 6: Utifrån föregående fråga vilka är era största behov som teknik konsulter för att utreda och projektera VA-lednings-system med en ökad livslängd?

- Erfarenheter från branschorganisationen Svenskt vatten.
- Föreläsningar från Svenskt vatten.
- Att beställaren är intresserad och villig att betala/investera i att det tar tid (kostar pengar) för konsulten att fördjupa sig för att kunna ge tillbaka bästa hållbara lösningen till beställaren.

Fråga 7: När ni föreslår nya/förändrade produkter/material för beställare, vilka egenskaper bedömer ni utifrån och för dessa egenskaper hur gör ni bedömningen?

Tabell Bilaga 3.10. Sammanställt resultat av fråga 7 för 2 svarande teknik konsulter. Antal svar (totalt antal svarande).

Egenskaper som bedöms	Bedöms genom att använda					
	Erfarenhet i egen organisation	Information från tillverkaren	Provningar, tester	Standarder, CE-märkning, Nordic Poly Mark	Rekommendationer från Svenskt vatten	Annat (vad)
Livslängd	2 (2)	1 (2)	0 (2)	0 (2)	1 (2)	1 (2) (beställarens önskemål, idéer och erfarenheter)
Mekaniska egenskaper	2 (2)	1 (2)	0 (2)	0 (2)	1 (2)	1 (2) (beställarens önskemål, idéer och erfarenheter)
Hygieniska egenskaper	2 (2)	1 (2)	0 (2)	0 (2)	1 (2)	0 (2)
Hur de kan repareras	1 (2)	2 (2)	0 (2)	0 (2)	1 (2)	1 (2) (beställarens önskemål, idéer och erfarenheter)
Hur lätta de är att installera	1 (2)	2 (2)	0 (2)	0 (2)	1 (2)	1 (2) (beställarens önskemål, idéer och erfarenheter)

Fråga 8: Vad saknar ni i Sverige idag relaterat till stöd då ni föreslår nya/förändrade produkter/material i förfrågningsunderlag till beställare?

- Kunskap/information: Materialval och produktval av beställare.
- Provning: Lättillgänglig sammanställning.
- Regler/godkännande: Lättillgänglig sammanställning.

Fråga 9: Vad ser ni för utmaningar?

- Brist på kompetens och tid att få ta fram hållbara lösningar.
- Brist på kollegor som arbetar med VA-nät.

Resultat från intervjuer med rörläggare

Resultat från intervjuer med anläggningsarbetare, arbetsledare och plastschefer presenteras i detta kapitel.

Fråga 1: Vilka problem ser ni med rör och rördelar för vatten och avlopp (spillvatten och dagvatten) som läggs idag vid byggnation och renovering av kommunala ledningsnät som gör att de inte håller i 150 år?

- Svårt att foga ihop homogena ribbade och dubbelväggrör mot betongbrunnar. Det behövs olika gummiringstätningar för att foga ihop olika fabrikat. Ibland är det nästan omöjligt att få röret att gå i betongbrunnen, även om hålet är borrarat med rätt dimension.
- För PE-ledningar upplevs rördelar som muffar och sadelgrensrör som den svaga länken. Stor skillnad i kvalitet mellan olika fabrikat på t.ex. elsvetsmuffar och sadelgrensrör.
- Leverans av dåliga rör från tillverkare till arbetsplats.

- Plastbrunnar saknar inbyggt fall (stalp). Måste specialbeställas om där ska vara fall i brunn, vilket är dyrt. Problem vid dåligt fall på ledningssträcka. Betongbrunnar har inbyggt fall i vallningen (stalp).

Fråga 2: Vilka möjligheter ser ni med rör och rördelar för vatten och avlopp som läggs idag vid byggnation och renovering ur ett hållbarhetsperspektiv?

- Rör- och rördelar i plast är lättare att lägga jämfört med rör- och rördelar av betong och segjärn.
- Till exempel vid ledningssanering där det redan ligger uttjänta ledningar är det nästan en förutsättning då plaströrssystemet är mer flexibelt eller vid lagning av läckor.
- Flera rörläggare upplever att elsvetsmuffar blivit enklare att arbeta med de senaste åren.

Fråga 3: Vad önskar ni er för förbättringar när det gäller rörmaterial och rördelar för att de ska hålla längre?

- Datumstämpel på självfallsrör för att se att de inte legat på lager för länge innan användning.
- Att leverantörerna som utvecklar nya produkter utgår från de verkliga förhållandena vid ledningsförläggning och inte utvecklar nya produkter i kontrollerade labbmiljöer. T ex klarar ett sadelgrensrör som avgrenar serviledningen från en huvudvattenledning en avvinkling på plus/minus 2 grader. I gropan, vid rörläggning är det mycket svårt att åstadkomma förhållanden som uppfyller detta krav.
- Ett standardförfarande för fogning av homogena ribbade rör och dubbelvägsrör mot betongbrunnar.
- Bättre mottagningskontroller genom att öka incitamentet för entreprenören i upphandlingen att lägga ledningssystem av högkvalitet med så lång livslängd som möjligt.

Fråga 4: Vilka problem stöter ni på i jobbet med själva läggningen av rören (ej rörmaterialet) som ni tror kan påverka rörets livslängd?

- Rörlasern som används vid läggning av självfallsledningarna för att lägga ledningarna med rätt fall klarar en sträcka på ca 50 m. Standardsträckor mellan brunnar är ca 70 m. När riktningsavvikelse i höjd- eller plan inte är den begränsande faktorn för avstånd mellan brunnar brukar man ta hänsyn till film- och spolmöjligheter i självfallsledningarna. Dessa klarar ofta upp till ca 100 m avstånd mellan brunnar. Även hänsyn bör tas till rörlaser vid projektering.
- Svårt att kontrollera att rör inte har en svacka mitt på rörsträcka. Kontrolleras i varje muff- och spetsända, men inte mitt på rör.
- Det upplevs som att kvaliteten på bygghandlingar har blivit sämre. Viktigt att bygghandlingen är väl genomarbetad och kvalitetsgranskade innan byggstart.

- Utsättningsfiler behöver kvalitetsgranskas och bli en del av bygghandlingen och distribueras av beställaren, och inte av konsulten som ofta är fallet idag. Entreprenören behöver kvalitetsgranska utsättningsfilen som en del av sin egenkontroll för att säkerställa att uppgifter till t.ex. maskinstyrning är rätt. Maskinstyrningsfilen måste uppdateras efter varje revidering av bygghandlingen.

Fråga 5: Hur kan rörläggningen bli bättre för att livslängden på ledningarna ska öka?

- Skärpa upp krav på fyllnadsmaterial och packning i AMA Anläggning för att avlasta röret.
- Noggrannhet vid packning av ledningsbädd, stödpackningszon och kringfyllning runt rör för att minska risken för ovalitet (PP) och sättningsskador.
- När en ny produkt införs i ett projekt måste en arbetsberedning utföras där monteringsanvisning och läggingsanvisningar går igenom gemensamt.
- Ökad närvaro av beställare och konsulter under entreprenaden så att detta blir en erfarenhetsåterföring för konsulten som tagit fram bygghandlingen.
- Obligatorisk monteringsanvisning i papper som följer med varje leverans av rör- och rördelar. Idag följer bara monteringsanvisningar med vissa produkter. Entreprenörer förutsätts hämta dessa själv från leverantörens hemsida. I fält är förhållandena fortfarande så svåra att det är svårt att använda dator (lerigt, regnigt).

Fråga 6: Vilket är ert största behov som rörläggare för att kunna lägga rör har en längre livslängd i framtiden?

- Upphandling på lägsta pris som idag fortfarande är det vanligast förekommande motsäger kravet på så hög kvalitet som möjligt.
- Bättre mottagningskontroller.
- Mer tid till mottagningskontroller.

Resultat från kompletterande intervjuer för betongledning

Ur ägarens och driftansvariges perspektiv så är användarvänligheten med avseende på driften av ledningsnätet mycket viktigt samt att man ser till helheten. Tabell 3.11 nedan visar vilka krav som är viktiga och hur betongrörens egenskaper möter dessa krav idag. Uppgifterna bygger på intervjuer från ledningsägare och tillverkare (Norrvatten och Meag-VA system) samt från branschorganisationen Svensk Betong.

Tabell Bilaga 3.11. Viktiga krav på betongrör och hur betongrörens egenskaper möter dessa krav.

Krav	Ja	Nej
TRYCKSATTA LEDNINGAR		
Lätt att bygga ut nätet och ansluta nya ledningar. (flexibelt nät).		X
Lätt att reparera.		X
Robusta mot vibrationer i mark. Hög egen styrka. (rören behåller sin form)	X	
Lätt att laga med få olika material i systemet	X	
Smidig förrådshållning.		
Beständighet, lång livslängd.	X	
Driftsäkerhet, litet underhållsbehov.	X	
Dragfasta fogar		X
SJÄLVFALLSLEDNING		
Beständighet, lång livslängd	X	
Driftsäkerhet, litet underhållsbehov	X	
Lätt att lägga (mindre packning och kringfyllnad)	X	
Felsökning är lätt.		X
Smidiga och täta rörfogar som tål vibrationer och viss sättning (rören behåller sin form).	X	
God arbetsmiljö med lite manuellt arbete (maskinellt byggande).	X	
Robusta mot vibrationer (hög egen styrka).	X	

Bilaga 4: Prioritering av forskningsbehoven från kapitel 4

		Kostnad för VA-verksamheterna (5 år låg)	Betydelse för livslängd (5 år hög)
	PRIORITERING AV FORSKNINGNS- OCH UTVECKLINGSBEHOV		
	4.1.1. Trycksatta gjutjärnsrör (seg- och gråjärn)		
4.1.1.1	Behov av forskning kring hur tunn själva godstjockleken av segjärn får vara för att ledningarna ska hålla i 150 år. [Forskningsprojekt]	2	4
4.1.1.2	Luftningsceller och läckströmmar som har den största betydelsen för lokala korrosionsangrepp i beläggningsskador och därefter ta fram lämpliga skyddsmetoder. [Forskningsprojekt]	3	4
4.1.1.3	Livslängdsbedömningar på förankringar (låselement, klämringar m.m.). [Forskningsprojekt]	3	2
4.1.1.4	Kostnad-nyttoanalys på om det är lönsamt att installera katodiskt skydd på befintliga grå- och segjärnsrör för att förlänga rörens livslängd. [Utvecklingsprojekt]	4	4
4.1.1.5	Forskning kring livslängdsbedömning av gummitätningarna mellan befintliga grå- och segjärnsrör för att förstå varför skarvar "gräter". [Forskningsprojekt pågår.]	2	4
4.1.1.6	Studier på om och hur katodiskt skydd förskjuter eventuell korrosion på dricksvattenledningar av gjutjärn och därmed förlänger deras livslängd behöver göras samt hur korrosionshastigheten påverkas av omkringliggande jordarter för befintliga gjutjärnsledningar är av intresse att titta vidare på. [Forskningsprojekt]	2	3
	4.1.2. Trycksatta stålror		
4.1.2.1	Forskning kring vilken typ av katodiskt skydd som bör användas (galvaniskt eller elektrolytiskt) för att erhålla minst 150 års livslängd samt hur ofta skyddsförmågan av det katodiska skyddet ska kontrolleras? [Forskningsprojekt]	3	5
	4.1.3. Trycksatta polyetenrör (PE)		
4.1.3.1	Verifiering av livslängdsbedömningar för dagens bimodala polyetenkvaliteter som lagts efter 1990 med försök med jungfruliga rör och längre provningstider eller begagnade rör som varit i drift en lång tid. [Forskningsprojekt]	2	4
4.1.3.2	Studier på nyttan och konsekvenserna av att välja en högre SDR-klass på PE100 rör för att få ett rör med större godstjocklek som en extra säkerhet mot skador vid läggning och från utvändigt belastning samt studier på RC-materialet avseende livslängdsmålet 150 år. [Forskningsprojekt]	4	4
4.1.3.3	Studier om PE-rörets livslängd påverkas vid böjning eftersom PE-ledning tillåter en ganska stor böjning utan att man sätter rördelar. [Forskningsprojekt]	2	3
4.1.3.4	Studier av diffusionstätheten hos PE-ledningar gjorda för att läggas i förorenad mark att utvärdera de olika rörmaterialens tillförlitlighet. [Forskningsprojekt]	3	3
4.1.3.5	Utveckla metoder för läcksökning för PE-ledningar. [Utvecklingsprojekt]	2	5
	4.1.4. Självfallsledningar av polypropen (PP)		
4.1.4.1	Forskning kring bättre livslängdsuppskattningar av PP-rör som läggs idag och de som redan lagts. Det kan både gälla själva rörmaterialet, funktionen hos rören och tätningarnas livslängd. [Forskningsprojekt]	2	5
4.1.4.2	Forskning kring punktlast på PP rör behövs eftersom detta troligtvis kommer vara det som avgör livslängden. [Forskningsprojekt]	3	4
4.1.4.3	Krypbrott i PP behöver utredas ytterligare. [Forskningsprojekt]	2	3
4.1.4.4	Specifika studier på hur ledningarnas deformation (ovalitet) förändras över tiden behöver utföras.	3	4
	4.1.5. Trycksatta och självfallsledningar av polyvinylklorid (PVC)		
4.1.5.1	Forskning kring bättre livslängdsuppskattningar av PVC-rör som läggs idag i självfallsnätet och de som redan lagts av liknande kvalitet som dagens. [Forskningsprojekt]	2	3
	4.1.6. Strukturväggsrör av PE, PP och PVC för självfall		
4.1.6.1	Det finns behov av utvärdering av rörens egenskaper efter viss tids användning, om packningarna håller tätt och hur materialet åldras. [Forskningsprojekt]	2	4
4.1.6.2	För flerskiktörören är det tveksamt om utvecklingen av tunnare rör med en skummad kärna är rätt väg att gå i jämförelse med homogena rör när målet är att gå mot 150 års livslängd på framtidens VA-ledningssystem. Forskning behövs inom området.	3	5
4.1.6.3	Det behöver utvecklas bättre anslutningsmuffar mellan homogena ribbade rör och dubbelväggsrör i plast och cirkulära betongbrunnar. [Tillverkarnas utveckling]	4	4
4.1.6.4	Framtagande av systemstandard för homogena ribbade rör och dubbelväggsrör av olika fabrikat och plastbrunnar för att minska antalet övergångsrördelar. [Standardiseringsarbete]	4	4
	4.1.7. Trycksatta ledningar av glasfiberarmerad plast (GRP)		
4.1.7.1	Mer forskning behövs kring hur vattentryck och tryckslag påverkar GRP-materialet. [Forskningsprojekt]	2	2
	4.1.8. Flexibla foder för renovering av självfallsledningar		
4.1.8.1	Forskning kring flexibla foders långtidshållfasthet samt bättre livslängdsuppskattningar. [Forsknings- och utvecklingsprojekt pågår]	2	4
	4.1.9. Betongrör för självfallsledningar		
4.1.9.1	Forskning kring metoder hur man kan förhindra, kontrollera och prognostisera nedbrytningen i det befintliga självfallsnätet. Utvecklingen av nya oförstörande metoder och sensorer är en viktig del, men dessa måste valideras mot verkliga skador i ett ledningsnät. [Forsknings- och utvecklingsprojekt.]	2	4
4.1.9.2	Utveckling av prognosverktyg för att hjälpa ledningsägarna att bestämma när, var, och vad som behöver göras för att hindra ett oväntat brott i VA-ledningssystemet. [Utvecklingsprojekt]	1	2

4.1.9.3	Forskning kring den bakteriehämmande effekten hos den tillsatts som provats i färsk betong i projekt i Stockholm och Göteborg för att oskadliggöra svavelvätebakterier. [Forskningsprojekt]	3	4
4.1.9.4	Konditionensbestämning på de rör som lades under 1940-talet. [Utredningsprojekt]	2	2
4.1.9.5	Forskning kring orsaken till sprickbildning i nyproduktion av svenska betongrör. Certifieringen behöver förbättras. [Forskningsprojekt, utvecklingsprojekt pågår]	2	5
4.1.9.6	Fortsatta undersökningar kring rotinträngningars påverkan på betongmaterialet.	2	4
4.1.10. Fogning, skarvar, rördelar och anordningar			
4.1.10.1	Fortsatt undersökning av elektromuffsvetsarnas tillförlitlighet avseende sprödbrott. [Forsknings- och utvecklingsprojekt]	2	3
4.1.10.2	Studier kring handhavandet vid installation av elektromuffsvetsar. [Utvecklingsprojekt]	4	5
4.1.10.3	Stumsvetsning vid temperaturer under + 5 °C bör undersökas då det i dagsläget inte finns någon forskning som kan ge vägledning ifall det behövs någon justering i gällande normer som används vid svetsning. [Forsknings- och utvecklingsprojekt]	3	4
4.1.10.4	Forskning pågår och mer forskning behövs kring gummitätningarnas livslängd i förhållande till rörets livslängd så att hela systemet får en livslängd på 150 år. Underlag behöver tas fram för framtida kravställning för upphandling av hela rörsystem som ska hålla i 150 år. [Forsknings- och utvecklingsprojekt]	2	4
4.1.10.5	Forskning kring gummitätningarnas inre tryck för att vara täta mot rotinträngningar. [Forskningsprojekt]	2	4
4.1.10.6	Anordningars (som ventiler, brandposter, flödesmätare m.m.) påverkan på VA-ledningssystemens totala livslängd. [Forsknings- och utvecklingsprojekt.]	2	3
4.1.10.7	Korrigerig av ovalitetskraven i befintlig standard EN12201-2 (PE-rör) och EN12201-3 (elmuffar) så att de harmoniseras med de krav som finns i DVS2207-01 avseende elsvetsning. [Standardiseringsarbete]	4	5
4.2.1 Smart förnyelseplanering			
4.2.1.1	Fortsatt spridning av resultaten i Förnyelseprojektet via Svenskt Vattens kurser. [Pågår]	5	3
4.2.1.2	Systematisk dokumentation av skador på befintligt VA-ledningsnät med obligatorisk driftstörningsrapportering direkt in i VA-huvudmannens stödjer en smart förnyelseplanering. [Pågår i Svenskt Vatten Utveckling projekt men kräver också ökad efterlevnad av rutiner i VA-verksamheterna. Forskning kring analys av skadors påverkan på livslängden.]	4	4
4.2.2 Statusbedömning av befintliga vattenledningar			
4.2.2.1	Oförstörande metoder för att statusbedöma vattenledningar både utvändigt och invändigt. [Utvecklingsprojekt pågår]	1	5
4.2.2.2	Ta fram oförstörande metoder för att undersöka läckströmmar och galvaniska strömmar i jord för att bedöma korrosionsrisken för nya segjärnsledningar.	3	4
4.2.2.3	Utveckla en standardiserad metod i Sverige för statusbedömning av vattenledningar med ett betygssystem som blir en Svenskt Vatten publikation likt P93: TV-inspektion för avloppsledningar, fast för dricksvattenledningar. [Utvecklingsprojekt]	4	3
4.2.3. Produkt- och materialutveckling (som inte nämnts i avsnitt 4.1)			
4.2.3.1	Säkerställa att alla VA-huvudmän har tydliga materialvalspolicies som i normalfallet bör ta sikte på 100 till 150-års livslängd för hela VA-ledningssystemet där både rör och rördelar är enkla att underhålla under hela VA-ledningssystemets livslängd. [Utvecklingsprojekt]	4	5
4.2.3.2	Bygga förlåtande rörsystem – skulle något gå fel vid läggning så ska röret funka 150 år ändå. [Tillverkares utveckling]	2	5
4.2.3.3	Nyanlagda VA-ledningssystem måste klara ett helhetsperspektiv - från vaggan till graven. [Forskning]	2	4
4.2.3.4	Studera vilka nya material som finns på ingång och är under utveckling. [Utvecklingsprojekt]	4	
4.2.3.5	Utveckla en plattform där man lätt kan få oberoende information om nya och förändrade produkter. [Forskningsprojekt pågår]	3	5
4.2.3.6	Utveckling av smarta dricksvattenledningar och smarta brandposter för kontinuerlig online mätning av tryck, flöde och temperatur. [Utveckling hos tillverkarna]	1	4
4.2.3.7	Utveckling av nya produkter för de förhållanden som råder vid ledningsförläggning (t.ex. temperatur, regn, begränsad plats) och inte utvecklar nya produkter i kontrollerade labbmiljöer. [Tillverkarnas utveckling]	4	4
4.2.4. Samarbete och kompetens			
4.2.4.1	Utökad samarbete och kunskapsöverföring mellan beställare, konsulter och entreprenörer. Samtliga har ovärderliga kunskaper, från olika synvinklar. Tillsammans finns den kunskap som behövs för att utveckla bättre ledningssystem redan idag. [Nätverksplattform, samverkansentreprenader]	4	5
4.2.4.2	Utveckla ett nytt system för kontroll med kontroll från beställaren som kompletterar entreprenörens egenkontroll. Systemet ska bygga på öppenhet, förtroende och samarbete mellan parterna. [Utvecklingsprojekt, nätverksplattform]	4	4
4.2.4.3	Ta fram förslag på diplomutbildning/certifiering av bygglidare. [Utvecklingsprojekt]	4	4
4.2.5. Utredning och projektering			
4.2.5.1	Metod för uppskattning av livscykelkostnader (LCC) för hela rörets livslängd.	3	3
4.2.5.2	Projektera inspektionsmöjligheter på huvudvattenledningar vid nyanläggning.	2	4
4.2.5.3	Ändra rekommendationer för nya brandposter så att de underlättar inspektion av vattenledningsnät eller omvänt, utveckla inspektionsmetoder som kommer i genom svenska brandposter.	3	3
4.2.5.4	Tillföra mer resurser till driftpersonalen så de kan involveras mer i utrednings- och projekteringsfasen.	4	4
4.2.5.5	Förstärkt granskningskontroll av förfrågningsunderlag och bygghandlingar för att säkerställa deras kvalitet, både genom utökad intern granskning hos teknikonsulten och utökad granskning hos beställaren.	3	3

4.2.5.6	Skärpta upp krav på kringfyllning och packning (framförallt av stödpackningszonen) i AMA Anläggning för att minska risken för deformation och sättningsskador, framförallt för PP-rör i större dimensioner. [Revidering av AMA Anläggning]	5	4
4.2.6. Upphandling			
4.2.6.1	skrivs för att komplettera AMA. Punkter där det behövs ett arbete för att få till detta är: (1) Kontroll i byggskedet. (2) Hur man efterfrågar 3:e partscertifiering. (3) Krav på att läggingsanvisning och hur det ska se ut när det är klart ska finnas på YouTube eller liknande för att minska risken för felmontage. (4) Hålla fast vid och utveckla det som redan fungerar bra idag, t.ex. AMA, och förändra det som fungerar mindre bra t.ex. fogning mellan ribbade rör och betongbrunnar.	4	4
4.2.6.2	Hur man kan ställa höga krav på beständighet i förfrågningsunderlag (exempelvis behövs högre krav på kemisk beständighet för betongledning).	3	4
4.2.6.3	Hur man vid upphandlingar låter materialkvaliteten väga tungt och inte i första hand priset. Ta fram livscykelkostnader (LCC) för relevanta AMA-koder i P-kapitlet. [Utvecklingsprojekt]	2	4
4.2.6.4	Innovationsupphandling för utveckling av smarta vattenledningar, brandposter och ventiler.	4	4
4.2.7. Utförande			
4.2.7.1	Ha en noggrann mottagningskontroll på arbetsplatsen så att rätt rör levererats och att rören är felfria. [Utbildningsprojekt, Utvecklingsprojekt kring upphandlingsunderlag]	5	5
4.2.7.2	Kontroll- och bygglidarhandbok [Utvecklingsprojekt]	4	5
4.2.7.3	Ökad närvaro på arbetsplatsen av beställare och konsulter under entreprenadtiden för att skapa en naturlig erfarenhetsåterföring mellan beställare, konsult och entreprenör.	4	5
4.2.7.4	Obligatoriska arbetsberedningar med alla anläggningsarbetare och grävmaskinister där monteringsanvisningar går igenom gemensamt. [Entreprenörernas egenkontroll]	2	4
4.2.7.5	Utökad samarbete mellan beställarens bygglidare och entreprenörens platschef under entreprenadtiden som bygger på förtroende och respekt för varandras kompetens.	5	5
4.2.8. Drift och underhåll			
4.2.8.1	Val av rörmaterial vid nyanläggning ska väljas för ledningens "driftbarhet" 150 år framåt. [Samordning mellan planerings- och driftorganisation hos beställaren]	4	4



Box 14057 • 167 14 Bromma
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svenskvatten@svenskvatten.se
www.svenskvatten.se