e

Materialval i VA-system baserat på miljö- och klimataspekter samt anläggning-, drift- och underhållskostnader

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Ekonomi och produktionsteknik

John Carlsson
Axel Vainio

INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
AVDELNINGEN FÖR KONSTRUKTIONSMATERIAL

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, 2024
www.chalmers.se

Materialval i VA-system baserat på miljö- och klimataspekter samt anläggning-, drift- och underhållskostnader

John Carlsson
Axel Vainio

Industri- och materialvetenskap
Avdelning för konstruktionsmaterial
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024

Materialval i VA-system baserat på miljö- och klimataspekter samt anläggning-,drift- och underhållskostnader

John Carlsson
Axel Vainio

© John Carlsson, 2024
© Axel Vainio, 2024

Industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Ett VA-arbete med flera olika komponenter i olika material

Göteborg, Sverige 2024

Göteborg, Sverige 2024

Materialval i VA-system baserat på miljö- och klimataspekter samt anläggning-,drift- och underhållskostnader

John Carlsson
Axel Vainio

Institutionen för industri- och materialvetenskap
Chalmers tekniska högskola

Sammanfattning:

Detta examensarbete har utförts på uppdrag av Växjö kommun och syftar till att undersöka de tre hållbarhetsdimensionerna i förhållande till olika material och deras roll i VA-branschen. Växjö kommun vill ha mer underlag för deras beslut angående materialval i deras projekt och upplever att nuvarande beslut ibland kan baseras på personliga åsikter. Materialen som utforskas är PE och segjärn i tryckfallsledningar, PP, PVC och betong i självfallsledningar samt PP och betong i både nedstignings- och tillsynsbrunnar.

Den ekologiska hållbarhetsdimensionen har analyserats genom kvantitativa beräkningar baserade på EPD-studier och LCA som har genomförts för de olika produkterna samt diskutera miljöperspektiv med kommuner. På grund av att inte alla moment inkluderas i produkternas miljödeklarationer, omfattar analysen endast produktionsstadiet, värden för materialen hämtas även från Granta EduPack.

Den ekonomiska hållbarhetsdimensionen har undersökts genom att analyserar skadehistorik och samtala med kunniga personer från Kalmar, Göteborg och Växjö kommun som arbetar med skadefrekvens, skadehistorik och kostnader relaterade till dessa skador.

Den sociala hållbarhetsdimensionen har undersökts genom intervjuer med personer inom tre olika kommuner, med störst fokus på skillnader i arbetsförhållanden beroende på vilket material som används.

Resultaten visar att det finns ekologiska skillnader mellan materialen, men att en djupare analys är nödvändig eftersom endast en liten del av livscykeln har analyserats. EPD-studier saknades för vissa brunnskomponenter och andra produkter som hade varit relevanta att jämföra. Intervjuerna visar att vissa kommuner idag inte beaktar miljöaspekter vid materialval i rörläggning.

Ur ett ekonomiskt perspektiv krävs utökade studier utöver detta examensarbete för att exakt kunna fastställa alla kostnadsskillnader under produkternas livscykel. När det gäller arbetsförhållanden och andra sociala aspekter bör det inte finnas några skillnader om arbetet utförs på rätt sätt, även om arbetsprocesserna kan se olika ut beroende på materialval.

Nyckelord: ledning, rör, brunn, EPD, PE, PP, PVC, segjärn, betong

Abstract:

This thesis was commissioned by Växjö Kommun and aims to investigate the three sustainability dimensions in relation to different materials and their role in the water and sewage industry. Växjö Kommun seeks more data to support their material selection decisions in projects, as current decisions are sometimes based on personal opinions. The materials explored include PE and ductile iron in pressure pipelines, PP, PVC, and concrete in gravity pipelines, and PP and concrete in two types of wells.

The ecological sustainability dimension has been analyzed through quantitative calculations based on EPD studies and LCA conducted for the various products, as well as discussions on environmental perspectives with municipalities. Since not all aspects are included in the product environmental declarations, the analysis only covers the production stage, with values for the materials also sourced from Granta EduPack.

The economic sustainability dimension has been investigated by analyzing damage history and consulting with knowledgeable individuals from Gothenburg, Kalmar and Växjö who work with damage frequency, damage history, and costs related to these damages.

The social sustainability dimension has been examined through interviews with individuals from three different municipalities, focusing primarily on differences in working conditions when using different materials.

The results show that there are ecological differences between materials but that it should be further explored as only a small part of the entire life cycle has been able to be analyzed for all products, EPD-studies were also missing for certain well-components and other products that would have been relevant to compare. The interviews reveal that some municipalities currently do not consider environmental aspects when selecting materials for piping.

From an economic perspective, more resources are required to accurately determine all cost differences throughout the products' life cycles. Regarding working conditions and other social aspects, there should be no significant differences if the work is carried out correctly, even though the work processes may vary depending on the material chosen.

Keywords: pipe, well, EPD, PE, PP, PVC, ductile iron, concrete

1. Inledning **1**
1.1 Bakgrund 1
1.1.1 Växjö kommun 2
1.1.2 Uppdrag 2
1.2 Syfte 2
1.3 Avgränsningar 3
1.4 Rapportens disposition 3
2. Teoretisk Referensram **4**
2.1 Hållbar utveckling 4
2.1.1 Ekologiska dimensionen 4
2.1.2 Ekonomiska dimensionen 4
2.1.3 Sociala dimensionen 5
2.2 LCA & EPD-studier 5
2.3 Material 6
2.3.1 PE 6
2.3.2 PP och PVC 7
2.3.3 Betong 7
2.3.4 Segjärn 7
2.3.5 Framtida utveckling av material 8
2.4 Rördimensioner 8
2.5 Brunnar 8
2.6 Granta EduPack 9
3. Metod **10**
3.1 Informationsinsamling 10
3.1.1 Vetenskapliga studier 10
3.1.2 Intervjuer 10
3.1.4 Granta EduPack 11
3.2 Utformning av resultat 11
4 Kvantitativ Resultat **12**
4.1 Ekologisk dimension 12
4.1.1 Ledningar 13
4.1.1.1 Tryckfallsledningar 14
4.1.1.2 Självfallsledningar 16
4.1.2 Brunnar 18
4.2 Skadefrekvens av ledningar 20
5 Kvalitativt Resultat **22**
5.1 Leverantörsintervjuer 22
5.1.1 Plastbranchen 22
5.1.2 Segjärnsbranschen 24

5.1.3 Betongbranchen ... 25
5.2 Kommunsintervjuer ... 27
5.2.1 Kommun 1 ... 27
5.2.1.1 Driftsingenjörer och driftstekniker ... 27
5.2.2 Kommun 2 ... 29
5.2.2.1 Utredningstekniker och Gruppledare rörnät ... 29
5.2.2.2 Rörläggare inom drift- och underhållsarbete ... 31
5.2.3 Kommun 3 ... 32
5.2.3.1 Arbetsledare inom drift och underhåll ... 32
5.2.3.2 Reparatör och arbetsledare rörläggning ... 33
6. Diskussion ... 36
7. Sammanvägning av Resultat och Diskussion ... 40
8. Framtida Forskning ... 41
9. Referenser ... 42
10. Bilagor ... 46

Beteckningar och ordlista3

CO_2-ekvivalent
Antalet kilogram koldioxid som går åt till framställningen av ett kilogram av produkten.

Ekologi
I det här arbetet så fokuserar ekologi främst på miljöfaktorer, huvudsakligen på koldioxid och återvinning

DN
Ytterdiameter av rör/brunn.

EPD
Environmental product declaration, en miljödeklaration skapad från tredjepartsföretag för ett företags produkt som dokumenterar alla miljöutsläpp skapade under dess livslängd.

Framdrift
Tidsåtgång för arbete

Jungfruligt material
Materialet har tagits fram från helt nya resurser.

Kringfyllning/Kringfyllnadsmaterial
Det material som ledningar och brunnar läggs i.

LCA
Life cycle assessment, en fullständig analys av hela livscykeln som dokumenterar alla miljöutsläpp skapade under dess livslängd.

Läcksökning
Söka läckor i ledningar eller andra komponenter.

PE
Polyeten, vilket är en vanlig termoplast som framställs av polymerisering av eten.

PN10, PN16
Pressure nominal x, det nominella invändiga tryck (uttryckt i bar) som ligger till grund för hållfasthetsberäkningar av hela trycksystemet vid temperaturen 20°C.

PP
Polypropen, vilket är en vanlig termoplast som är uppbyggd av propen.

PVC
Polyvinylklorid, vilket är en vanlig termoplast som tillverkas genom kedjepolymerisation av vinylkloridmolekyler.

Rörbrott
Skada på rör.

Schakt
Utrymme som grävs upp vid röranläggning eller reparation.

SDR17, SDR11
Size dimension ratio x, rörets ytterdiameter delas med SDRx för att få väggtjockleken med viss tolerans.

Servis
Den ledning som går mellan huvudledningen och fastighetens förbindelsepunkt vid tomtgräns

SN8
Stiffness x, vilken styvhetsklass röret tillhör, där siffran står för x så att enheten är 1000x N/m/m.

Spräckning och Relining
Två olika metoder för att ersätta ledningar i mark utan att genomföra hela schaktarbetet

VA
Vatten- och avlopp.

Vita fläckar
En specifik skada som kan uppstå på plaströr.

Vittra sönder
Eroderar, går sönder.

ZM-beläggning
Avancerat korrisionskydd så att segjärnsledningar kan tåla alla markförhållanden.

1. Inledning

Tillgång till dricksvatten och avlopp är nödvändigt för våran vardag och det är något som de flesta här i Sverige tar för givet. Det är egentligen bara när problem uppstår på ledningarna som tillgången sätts i fokus och man inser vikten av ett välfungerande VA-nät.

Alla de material som används för att framställa ledningar och brunnar idag har relativt hög miljöbelastning så det är en viktig bransch i vårt samhälle att undersöka så utsläppen potentiellt kan reduceras. Materialen som kommunerna aktivt använder baseras på mycket subjektiva val. Det leder bland annat till att vissa kommuner har ett stort fokus på miljö medan någon kommun kan ha en glöd för att använda ett specifikt material då det är deras personliga favorit.

I de dricksvattenledningar som vi har idag så är de vanligaste förekommande materialen: PE, gjutjärn och segjärn, gjutjärn kom väldigt tidigt men slutade läggas runt 1970-talet (Malm et al., 2011) då materialet hade en del bristande kvalitéer. Både PE och segjärn började användas på 1950-talet och är de mest förekommande materialen som läggs idag, PE har utvecklats väldigt mycket och PE100-RC som används idag är fjärde generationens PE-material. Segjärn har fortfarande samma kvalitéer som det hade när det först lanserades och har främst sett en förbättring av dess ytskikt som förbättrat ledningarnas korrosionsbeständighet.

I avloppssystem så är PP, PVC och betong de mest förekommande materialen för alla ledningar (Malm et al., 2011). Alla materialen används idag men vilket material som läggs ser väldigt annorlunda ut baserat på var man befinner sig. Brunnar förekommer främst i PP och betong och har många olika funktioner i ledningsnätet.

Kostnaden för att producera de olika materialen skiljer sig ganska mycket men majoriteten av kostnaderna uppstår vid schaktarbeten. Därmed så är det extremt viktigt att rören ska ha en lång livslängd och inte vara skadebenägen, så att det inte behövs schaktarbeten på grund av lagningar. En projektledare på Växjö kommun framhåller att deras schaktkostnader ligger någonstans mellan 10-30 tusen kronor per uppgrävd meter medan själva materialkostnaden och reparationskostnader oftast är relativt försumbara i förhållande till totalkostnaden.

Det är viktigt att rätt underlag finns så att kommunerna kan göra alla väsentliga beslut vid anläggning av nya hållbara VA-system. I VA-branschen så finns det ett väldigt stort antal vägande aspekter som måste ges vikt för att kunna lägga de material som har bäst förutsättningar för framtiden.

1.1 Bakgrund

Vatten är uppdelat i två olika typer inom VA-avdelningen, dricksvatten som är vatten hämtat från källor och renat inom reningsverk och avloppsvatten vilket består av dagvatten och spillvatten. Dagvatten är tillfälligt vatten som kommer till exempel från nederbörd och spillvatten är sådant som kommer bland annat från användning av toaletter, handfat, disk och tvätt.

I undersökningen Drift 2017 så visade det sig att cirka 20% av allt dricksvatten som lämnar reningsverket aldrig når fram till konsumenternas vattenkran (Malm et al., 2019). Enligt rapporten kan förluster bland annat ske genom felaktig debitering av kunder för vad de faktiskt förbrukar, osäkerhet i egenförbrukning, osäkerhet i utlevererade volymer och vattenläckage i ledningar.

Det finns idag två olika typer av ledningar, tryck- samt självfallsledningar. Tryckledningar använder pumpar för att transportera vatten medan självfallsledningar använder gravitation.

Vid nyanläggning av rör så är den förväntade livslängden cirka 50-100 år där medianlivslängden på rör i Sverige är cirka 80 år (Malm et al., 2011). Livslängden beror bland annat på vilket material som används då det innefattar många olika egenskaper som kan ha en betydande roll men också faktorer som kringfyllningen som existerar längs ledningarna och hur de läggs, har även en påverkan på dess livslängd.

Varje rör och brunnkomponent har en viss tolerans som alla andra produkter, vilket är satt efter svenska standarder, det påverkar bland annat hur massan beräknas. Den teoretiska massan, uträknat från rörens volym, kommer sannerligen inte stämma helt överens med den givna nettovikten för röret. Därmed så byggs resultaten främst utifrån nettovikten given av leverantörer då komplexa strukturer är svåra att konkret beräkna.

Det finns massvis med olika versioner av samma material som påverkar hur de ser ut och vilka egenskaper de har, de betecknas oftast på olika sätt så det kommer bland annat att innefatta extra siffror och bokstäver sammankopplat till material i vissa delar av rapporten.

1.1.1 Växjö kommun

Det här examensarbetet utförs med Växjö kommuns VA-avdelning. De står för dricksvattenframställning, rening av spillvatten och leverans av dricksvatten till VA-kollektivet, spillvatten till reningsverken och dagvatten till recipient. Mer specifikt så ligger fokuset på ledningsnätenheten under VA-avdelningen som fokuserar på drift, underhåll och renovering, planering och utredning samt utbyggnad av ledningsnätet i kommunen.

Växjö kommun har som hållbarhetsmål att minska deras klimatpåverkan och ska vara klimatneutrala till 2030.

1.1.2 Uppdrag

Uppdraget är att göra en översyn av olika material med avseende på miljö- och klimatpåverkan samt uppskatta kostnaderna för de olika materialen i samband med anläggning, drift och underhåll, slutligen också diskutera en sammanvägning av båda sidor.

1.2 Syfte

Rapporten innefattar en studie av miljö- och klimatpåverkan för olika material i ledningar och brunnar inom VA-avdelningen i Växjö kommun samt undersöker de kostnader som uppstår, hela vägen från inköp till skrotning.

Syftet med examensarbetet är att skapa en bättre grund och förståelse i beslutsfattningen av vilka material som är mest fördelaktiga att använda i framtiden och utforska dilemmat som uppstår mellan de ekologiska och ekonomiska dimensionerna för att hitta ett eller flera optimala material som är en bra sammanvägning av båda sidor.

1.3 Avgränsningar

På grund av de begränsade resurserna och tid som examensarbetet innefattar så kommer rapporten att avgränsas på följande sätt.

Informationen angående alla koldioxidrelaterade uppgifter för alla material hämtas utifrån EPD-studier skapade av sista leverantören i näringskedjan och kommer då inte att omfatta alla dess underleverantörer och deras perspektiv samt analyserar inte alla de utsläpp som uppstår vid installation och efterföljande faser i livscykeln. Andra växthusgaser, såsom freon (fluortriklormetan), kommer inte att undersökas. Energi- och vattenförbrukning är också uteslutna.

Den sociala hållbarhetsdimensionen kommer inte att få ett lika stort fokus i denna rapport då miljö- och ekonomiska dimensionerna har en större betydelse för rapportens syfte men kommer fortfarande vägas in resultatet.

Examensarbetet består inte av någon form av utveckling eller framtagning av nya och bättre material och komponenter, utan kommer enbart att analysera och värdera de material som finns på marknaden nu, dock så vägs ett framtidsperspektiv in i resultatet och den slutliga diskussionen.

1.4 Rapportens disposition

Rapporten består av en materialanalys med syfte att identifiera för- och nackdelar med olika material, främst med avseende på hållbarhet och ekonomi men även teknisk prestanda.

Rapportens resultat delas upp i en kvantitativ del som innefattar alla relevanta värden av materialen och produkterna samt en kvalitativ del som bland annat fokuserar på intervjuer med leverantörer och anställda inom Göteborgs, Kalmars och Växjös VA-avdelning samt vetenskaplig information hämtat från en litteraturstudie.

Rekommendationen är att framtida beslutsfattning bör byggas utifrån en sammanvägning av dessa två sidor.

2. Teoretisk Referensram

Följande avsnitt klarlägger den information som samlats in i samband med en litteraturstudie. Teorin belyser de centrala delarna vilket är väsentliga för att förstå och åstadkomma eftersökt resultat utifrån syftet med rapporten.

2.1 Hållbar utveckling

Den vanligaste definitionen av hållbar utveckling är Brundtland-definitionen från 1987 (Hedenus et al., 2018) som menar att en hållbar utveckling (1) tillfredsställer dagens behov (2) utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov. Van de Kerk och Manuel utvidgade denna definition 2008 med sin Brundtland+ definition, som inkluderar en tredje aspekt: (3) där varje människa ska ha möjligheten att utveckla sig själv i frihet i ett välbalanserat samhälle och i harmoni med dess omgivning (Van de Kerk & Manuel, 2008).

Oftast så brukar hållbar utveckling delas in i tre subgrupper, en ekologisk-, en ekonomisk- och en social dimension men hur dessa definieras, rangordnas och förhåller sig till varandra är upp till egen tolkning.

2.1.1 Ekologiska dimensionen

Den ekologiska dimensionen handlar om att upprätthålla naturliga system som fortsatt kan försörja människor med viktiga nyttigheter (Hedenus et al., 2018), dimensionen kan delas upp i två delar, naturens produktionsförmåga som innefattar dess förmåga att förse människan med nyttigheter och naturens assimilationsförmåga som handlar om naturens kapacitet att kunna ta hand om olika typer av utsläpp och miljöpåverkan.

Dessa två funktioner ska inte bara betraktas som enbart materiella utan omfattar också ekosystemtjänster, biologisk mångfald och naturens förmåga att bidra till människan med ett rekreations-, andligt- och kulturellt värde.

I det här arbetet så är målsättningen att förbättra informationen kring miljöaspekter för att i framtida beslutsfattning kunna reducera människans koldioxidutsläpp, för att minska beroendet av naturens assimilationsförmåga.

2.1.2 Ekonomiska dimensionen

När man talar om den ekonomiska dimensionen ur ett hållbarhetsperspektiv kännetecknas den av att det är viktigt att vara sparsam med de viktiga resurserna (Hedenus et al., 2018). Den ursprungliga definitionen av ordet ekonomi är “läran om att hushålla med knappa resurser”. Mycket av dagens fokus ligger på att åstadkomma ekonomisk tillväxt vilket kan ses vara väsentligt för att skapa en ekonomiskt hållbar situation.

Ett långsiktigt tänkande utan att glömma dagens behov är viktigt, vi behöver utvinna och återvinna de material som finns idag på ett hållbart sätt så att även framtida generationer har tillgång till de resurserna. Forskning och utveckling är ett betydelsefullt verktyg för vad som är möjligt att åstadkomma i framtiden.

Fokuset är att identifiera och granska alla kostnader som uppstår över hela rörens och brunnarnas livscykel för att klargöra de finansiella faktorer som bör vägas in i framtida beslutsfattning.

2.1.3 Sociala dimensionen

Den sociala dimensionen av hållbar utveckling har diskuterats minst i den vetenskapliga litteraturen och det är också inom denna dimension som de största oenigheterna råder (Hedenus et al., 2018). Hälsa, mänskliga rättigheter och fördelning nämns som centralt men det råder delade meningar om dessa ska betraktas som medel eller mål för hållbarhet eller om det ska ses som förutsättningar för att uppnå mänskliga behov.

Resultatet kommer enbart att inkludera en liten del av den sociala dimensionen, där fokuset är att identifiera och värdera samt belysa de arbetsförhållanden som framkommer vid olika material så att de i framtida beslutsfattning kan ta del av den kunskap och de behov som finns inom röranläggning.

2.2 LCA & EPD-studier

En livscykelanalys är en samling av all miljömässiga påverkan som skapas under en produkts livscykel, hela vägen från vagga till grav. En EPD är en typ III miljödeklaration vilket lyder till ISO 14025 standarden (EPD International, u.å.), typ III betyder att miljödeklarationen skapas och registreras inom ett ramverk av ett program, för EPD-studier så samlas alla studier i International EPD® System. Varje EPD-studie är tredjepartsverifierade för att göra informationen tillförlitlig.

En EPD består av två huvudsakliga dokument (EPD International, u.å.), det första dokumentet är ett offentligt och tillgängligt EPD-dokument som tillförser alla resultat hämtade från LCA samt inkluderar övrigt EPD innehåll. Det andra dokumentet innefattar en underliggande LCA rapport samt en systematisk och omfattande sammanfattning av hela LCA projektet för att stödja tredjepartsverifiering vilket inte är offentligt tillgängligt.

Product stage			**Assembly stage**		**Use stage**							**End of life stage**				**Beyond the system boundaries**		
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	D	D
X	X	X	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Raw Materials	Transport	Manufactuaring	Transport	Assembly	Use	Maintenance	Repair	Replacement	Refurbishment	Operational energy use	Operational water use	Deconstruction	Transport	Waste processing	Disposal	Reuse	Recovery	Recycling

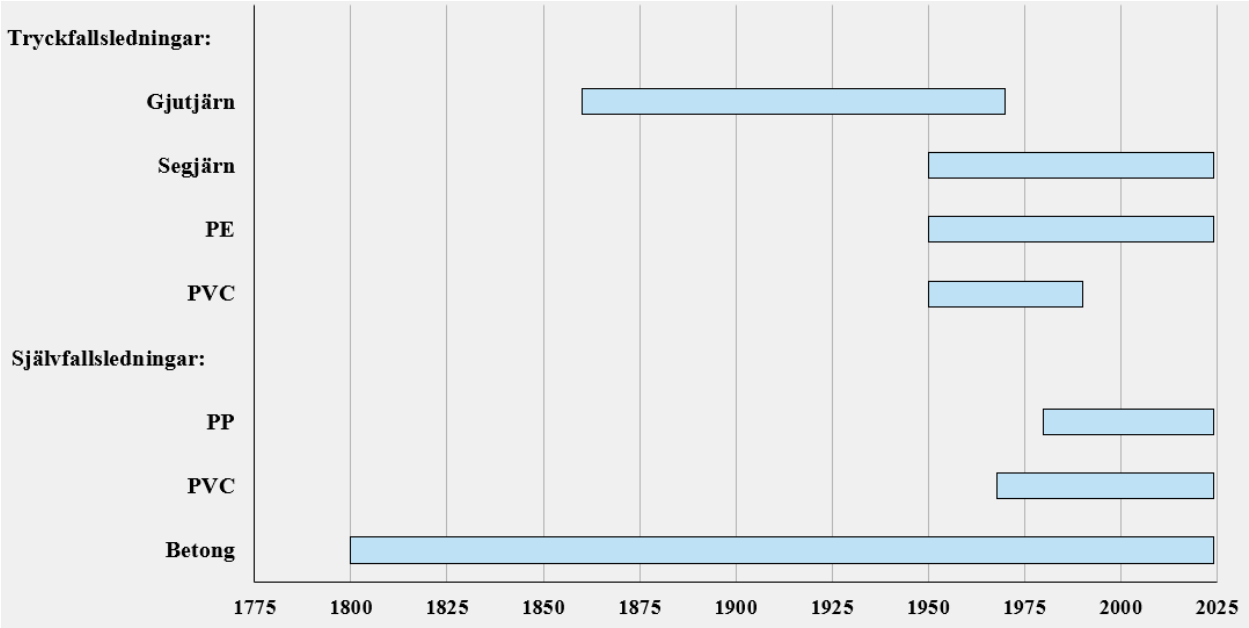
Figur 2.1 är ett exempel på hur en livscykel delas upp, om momentet markeras med ett x så tyder det att LCA innehåller det momentet, om markerat med ND eller MND som betyder module not declared så har det momentet inte granskats för produkten

En LCA kan delas in i 4 kategorier; A-D som syns i Figur 2.1, namnen på alla kategorier och individuella moment kan variera men skall betyda samma sak. Varje LCA utförs inte på alla moment, det vill säga hela produktens livscykel, i den här rapporten så kommer enbart A1-A3 att värderas då det är de enda momenten som förekommer inom alla produkters LCA och EPD-studier som granskas i arbetet.

2.3 Material

VA-ledningar är investeringar som ska hålla under många årtionden. Ledningar och brunnar består av olika material och de har således olika egenskaper och användningsområden. Bland annat skiljer sig materialen när det gäller kostnad, livslängd, skadefrekvens och klimatpåverkan.

Medianlivslängden för alla material som installeras idag estimeras att ligga i över 100 år men både plaströr och segjärnsrör introducerades enbart i markförlagda VA-ledningar i Sverige på 1950-talet" (Malm et al., 2011). Därmed så finns inte konkret historik att medianlivslängden faktiskt är över 100 år.



Figur 2.2 förklarar enligt (Malm et al., 2011) när materialen först började användas samt om de har slutat användas. PVC slutade inte användas officiellt men en miljödebatt uppstod i slutet av 1980-talet som resulterade i att PVC såg ett starkt avtagande på grund av dess känslighet för sprickor.

Från Malm et al. (2011) så var det första materialet som användes i VA-ledningar var betong som man började lägga vid 1800-talets början. Gjutjärn började sedan att användas i tryckledningar vid 1860-talet men man slutade lägga det 1970 då segjärnet hade tagit över på grund av förbättrade egenskaper. Segjärn, PE och PVC började läggas 1950 i tryckledningar men eftersom man upptäckte att PVC var sprött och kunde spricka, slutade man nästan helt att använda det i tryckledningar och därefter används det enbart i självfallsledningar. PP blev på 80-talet ytterligare ett tänkbart material att använda i självfallsledningar.

2.3.1 PE

Idag används PE100 RC för tryckledningar inom Växjös kommun, vilket är en variant av högdensitetspolyeten. PE100 började användas på 80-talet i Växjö kommun och är tredje generationens

PE-material. Det hade högre densitet och hållfasthet än tidigare versioner av PE vilket har gjort att det har varit möjligt att ha högre tryck i röret. Skadefrekvensen på dagens PE rör är liten (Malm et al., 2011). PE100 RC är relativt ny på marknaden och har tagit över från det vanliga PE100 materialet. Det är idag inte möjligt att läcksöka i PE-materialet vilket enligt rapporten "Framtidens hållbara VA-ledningssystem" skulle vara högst betydelsefullt kopplat till livslängden (Mårtensson et al., 2018).

RC står för "resistant to crack" (Mårtensson et al., 2018) vilket från namnet hänvisar till materialets förbättrade egenskaper inom motståndskraft mot sprickbildning.

2.3.2 PP och PVC

PP används i självfallsledningar och brunnar, PVC används idag enbart till självfallsledningar.

I självfallsledningar används både PP och PVC i olika applikationer. PP har två starka egenskaper, vilka är att det har en något högre temperaturresistans och bättre slagseghet än PVC (Malm et al., 2011) medan PVC ofta är billigare och har en högre sträckgräns (Emmanuel et al., 2020).

PVC användes tidigare till tryckrör men på grund av att det är sprött och har en stor skaderisk med mycket sprickbildningar började man att ersätta det med PE istället (Malm et al., 2011) . Växjö lade mycket tryckrör i PVC på 70-talet men man fick mycket läckor, vilket har lett till mycket negativ diskurs runt materialet i den applikationen. Det finns undersökningar av uppgrävda PVC-rör som visar att de är närmast opåverkade av längre tids användning (Malm et al., 2011) vilket kan kopplas till att skadorna kan bero på läggingsarbetet.

2.3.3 Betong

Betong har använts i självfallsledningar och brunnar sedan 1800-talet (Malm et al., 2011). Sedan dess har det skett en hel del förändringar när det gäller materialet, kvalitetsstandarder och tillverkningstekniker. Den nya betongen är bland annat mycket mer hållfast än tidigare och är väldigt anpassningsbar till specifika syften.

Betong delas upp i två typer, antingen så är den oarmerad, det vill säga att den består av 100 procent betong eller så är den armerad där det gjuts in stål för att förbättra materialets egenskaper.

2.3.4 Segjärn

Segjärnet började användas efter att man hade använt gjutjärn då segjärnet har mer fördelaktiga mekaniska egenskaper (Malm et al., 2011). Till skillnad från gjutjärn så tillsätter man en liten mängd magnesium i gjutjärnsmältan och resultatet av det är ett segare material som tål slag bättre än tidigare. Dessa egenskaper medför att röret kan ha en mindre väggtjocklek istället och bli lättare att hantera för rörläggare. Jämfört med plast är det mycket lättare att söka läckor i segjärnsledningar.

Gjutjärn användes främst i tryckledningar men idag så läggs inte nya gjutjärnsledningar. Det ligger dock fortfarande en stor mängd i marken (Malm et al., 2011). Den stora anledningen till att man slutat med att tillverka rör av gjutjärn är att man får sämre egenskaper än segjärn när det kommer till hållfasthet och motstånd mot sprickor. Segjärn står även emot korrosion på ett bättre sätt än gjutjärn.

Dagens segjärnsrör har möjligheten till att ha mycket bättre korrosionsskydd än vad tidigare segjärnsrör hade (Mårtensson et al., 2018), ZM-belagda segjärnsrör ger ett bra mekaniskt skydd och kan krävas i vissa kommuner om de har högt korrosiva marker.

2.3.5 Framtida utveckling av material

Att inkludera mer bioplast i plastprodukter blir mer och mer viktig då plast är en ändlig resurs (Pilla, 2011), också för att plast har ett så pass högt miljöutsläpp. Det är av hög betydelse att kunna framta gröna kompositer som PP och andra plaster vilket redan har utvecklats inom vissa industrisektorer men fortfarande är under utveckling i många användningsområden.

Koldioxidutsläppen från betong går att i stor utsträckning koppla till cementen som används i betong. Grön betong är där en mer ekologiskt hållbar betong som helt eller delvis byter ut cementen mot andra bindemedel som resulterar i ett lägre koldioxidavtryck (Sivakrishna et al., 2020). En tänkbar väg framöver med grön betong är att använda slagg som är en restprodukt, vilket kan förbättra mekaniska egenskaper samt resultera i lägre klimatpåverkan.

2.4 Rördimensioner

Rör produceras i många olika dimensioner, där längden och bredden varierar. De kvantitativa resultaten kommer att baseras på så stora längder som möjligt men justeras så att alla resultat återspeglar en 1 meter lång ledning. Diametern på rören som undersöks varierar i större bredd med allt från små 110 mm rör till stora 1 200 mm rör, diametern utgår från ytterdiametern och är standardiserat till stor grad så att alla rörproducenter har liknande diametrar i sin försäljning. Dock kan det förekomma avvikelser mellan materialen, vilket kommer att belysas senare i rapporten. Resultaten kommer att återspegla ledningar i dimensionerna 200 mm, 400 mm och 800 mm, men alla tillgängliga dimensioner kan ses i Bilaga 5.

Nettovikten och övrig information om rören hämtas från sju olika leverantörer: tre som producerar rör i plast, två som producerar i betong och slutligen två som producerar i segjärn.

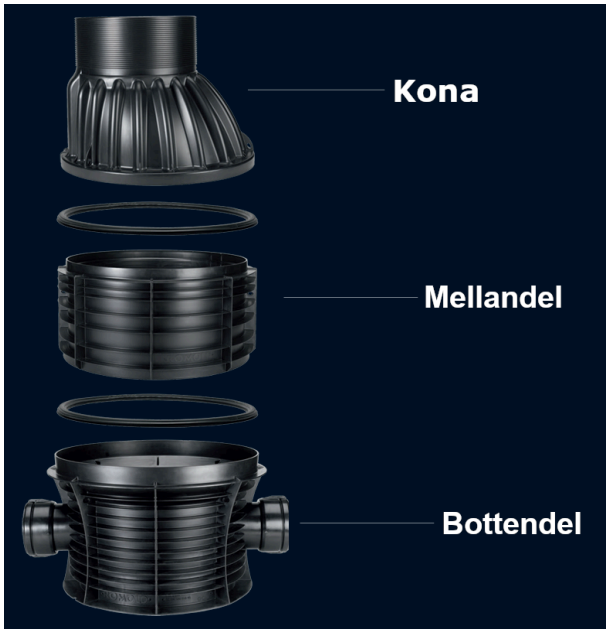
2.5 Brunnar

Brunner, i kontrast till rör, består av flera olika komponenter, vilket ger möjligheten att skapa mycket specifika brunnar efter särskilda behov. Men denna flexibilitet gör det också svårt att ge konkreta siffror eftersom det finns så många olika komplexa kombinationer. Därför kommer det kvantitativa resultaten endast att avgränsas till två olika typer av brunnar: en tillsynsbrunn med en diameter på 400 mm och en nedstigningsbrunn med en diameter på 1 000 mm. Höjden av brunnarna skall sammanräknas intill 2 500 mm och de kommer enbart att ha en röranslutning som går rakt igenom. Betäckningen som finns på varje brunn exkluderas från rapporten, eftersom produkten ska vara densamma oavsett om det är en betong- eller plastbrunn.

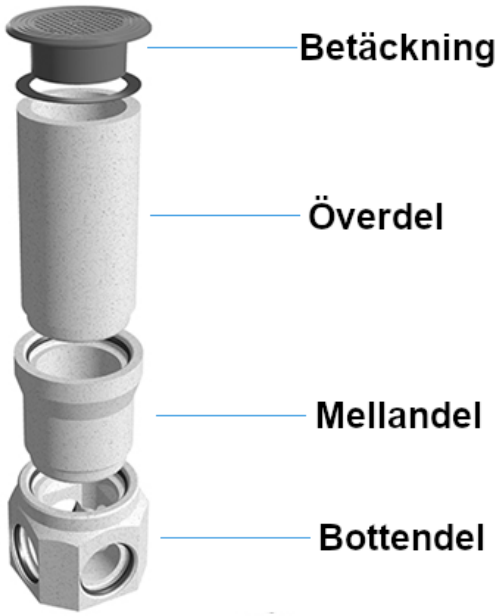
Nedstigningsbrunnen i betong kommer att bestå av en bottendel, två mellandelar och en kona. I plast så består nedstigningsbrunnen av en bottendel, en mellandel och en kona. Mellandelen kan också benämnas korrigerat ståndarrör, stigarrör eller mellanring av leverantörerna.

Tillsynsbrunnen liknar nedstigningsbrunnen, men kommer dock inte använda sig av en kona då den redan har den avsedda betäckningens diameter. I betong består brunnen enbart av en bottendel och en överdel, i

vissa fall så kan det förekomma en ytterligare mellandel om brunner behöver vara djupare, men mellandelen utesluts i analysen. Tillsynsbrunnen i plast består enbart av en bottendel och ett stigarrör.



Figur 2.3 är ett exempel på hur en Accesso 1000 nedstigningsbrunn från Uponor (Uponor Infra AB, 2022)*kan se ut*



Figur 2.4 är ett exempel på hur en ALFA tillsynsbrunn från Alfa rör (Alfa Rör AB, 2021) *kan se ut*

Tillsynsbrunnar är avsedd för kontroll, inspektion och rensning av VA-systemet och nedstigningsbrunnar har samma funktion men tillåter också möjligheten att fysiskt vara nere inuti brunnen.

Nettovikten och övrig information om brunnarnas komponenter hämtas från fyra olika leverantörer, Pipelife och Uponor som producerar brunnar i plast och Benders och S:T Eriks som producerar brunnar i betong.

2.6 Granta EduPack

Granta EduPack är ett lärandeverktyg som är tillgängligt för allmänheten. Man har tillgång till introduktionskurser, projektarbeten och verkliga designprojekt (Ansys, u.å.). I programmet har användare även tillgång till MaterialUniverse™, som är en omfattande informationsdatabas med över fyra tusen olika material och dess egenskaper, karaktär, vad de används till, var de kommer ifrån, miljöegenskaper och mer. Databasen uppehålls, uppdateras och expanderas löpande med ny information.

Eftersom livscykelanalyser är relativt nya och för att de är dyra och tidskonsumerande att skapa så finns det bara en liten del som Granta EduPack har kunnat analysera för de ungefär 60 000 olika material som används idag.

3. Metod

Det här kapitlet kommer att presentera alla olika metoder för informationsinsamling som har använts i arbetet samt också förklara utformningen av resultatet för att läsarna ska kunna tolka och förstå arbetet.

3.1 Informationsinsamling

Flera olika metoder för informationsinsamling nyttjas för att erhålla eftersökt information och önskade resultat till denna rapport.

3.1.1 Vetenskapliga studier

Ett antal vetenskapliga studier har undersökts för att få fram faktagrundad information om bland annat materialegenskaper, koldioxidutsläpp från olika material. Det har legat till grund för frågorna under intervjuerna.

Alla vetenskapliga källor har hämtats från databaser som Chalmers Library och Google Scholar eller studier direkt hämtade från Svenskt vatten.

3.1.2 Intervjuer

Flera intervjuer har genomförts med både leverantörer av de olika materialen och med VA-avdelningar i Göteborgs, Kalmars och Växjös kommuner. Syftet med att intervjua leverantörerna är att få deras bild på materialen, hållbarhet och framtidstänkande. De är också sannolikt experter på sina egna produkter och har därmed mycket kunskap om deras rör och brunnar. Intervjuresultaten från kommunerna fokuserar på sociala aspekter som arbetsmiljö i hänsyn till olika typer av material samt finansiella och skaderelaterade aspekter. Studiebesök har även utförts hos Pipelife och Benders.

Intervjuer är en kvalitativ undersökning och är ett bra jämförelseverktyg med hänsyn till den kvantitativa undersökningen så att även olika personers åsikter om de olika materialen kan vägas in i den slutliga bedömningen av vilket material som kommer att rekommenderas.

Alla intervjufrågor hittas under Bilaga 1, 2, 3 & 4. Till respondenterna ställdes även uppföljningsfrågor eller om de presenterade något intressant koncept som vi ville veta mer om så ställdes även följdfrågor utöver de initiala intervjufrågorna.

3.1.3 Leverantörsinformation

Leverantörerna som Växjö kommun idag använder har utfört många studier för att utforska deras produkter och material, bland annat i form av produktcertifikationer och miljödeklarationer. Därav kommer mycket av värdena i resultatet komma från leverantörerna, framför allt är den eftersökta informationen för den här rapporten: LCA- och EPD-studier som har blivit certifierade och utförda av en extern aktör enligt EN-standarder. Framtagna resultat jämförs både med andra leverantörer samt med en opartisk materialdatabas, Granta EduPack. Leverantörerna kommer inte att ställas emot varandra utan syftet är att ta reda på hur materialens egenskaper skiljer sig från varandra.

De leverantörer som har intervjuats och vars information har använts är Pipelife, Wavin och Uponor som säljer plastprodukter i PE, PP och PVC, Benders och S:T Eriks som säljer betongprodukter samt Gustavsberg Rörsystem och Tubman som säljer segjärnsprodukter.

3.1.4 Granta EduPack

Ändamålet med att använda en extern databas är att jämföra leverantörernas egna miljödeklarationer med en opartisk källa för att säkerställa att resultaten blir trovärdiga

De huvudsakliga parametrarna som hämtats från Granta EduPack är miljömässiga siffror, främst allt koldioxidavtryck som uppstår från den initiala utvinningen och produktionen. Siffrorna är byggda på materialens branschsnitt och är inte anpassade till produkterna så det kommer på grund av detta enbart vara en jämförande bas i den kvantitativa delen av resultatet.

3.2 Utformning av resultat

Det kvantitativa resultatet kommer att byggas på materialdatabasen Granta EduPack och leverantörsinformation.

Koldioxidavtryck för varje rör och brunnar i olika material räknas fram från en sammanvägning av koldioxidekvivalenterna som tagits fram i EPD-studier och vikten av ett rör som antingen ges direkt av leverantörerna eller beräknas utifrån komponenternas dimensioner.

För att ta reda på alla kostnader som uppstår för rör och brunnar kommer kvantitativ historik att utforskas samt kostnadsrelaterad information sökas från kvalitativa intervjuer med kommuner.

Den kvalitativa delen av resultatet är baserad på främst intervjuer med olika intressenter. Ett antal frågor ställs för att intervjun ska bidra med relevant information som ger en bild av leverantörens syn på sina produkter. Dessa svar granskas då det finns en risk att de vill framställa företaget på ett så positivt sätt som möjligt.

Intervjuer med kommuner kommer främst att fokusera på den sociala dimensionen för att ge en bild av hur arbetsmiljön ser ut beroende på vilket material som används och vad de tycker är för- och nackdelar med materialen. Intervjuer med representanter från kommunerna används både som en källa för information men också som en motpart till vad leverantörerna säger. Respondenterna har flera olika arbetsroller för att få en bred bild på vad kommunerna tycker om de olika materialen.

4 Kvantitativ Resultat

Det kvantitativa resultatet delas upp i två delar: Ekologisk dimension och skadefrekvens.

4.1 Ekologisk dimension

För att jämföra olika material mot varandra ur ett ekologiskt perspektiv så har de produkternas dimensioner anpassats så att de är så likvärdiga som möjligt, alla ledningar normeras till en 1 meters längd och i resultatet representeras deras vikt och koldioxidutsläpp för tre olika rördimensioner men resterande rördimensioner är också presenterade i Bilaga 5. Brunnarna anpassas så att deras höjd, diameter och röranslutningsdimensioner är relativt lika. Där avvikelser uppstår mellan produkterna belyses det då det påverkar resultatet.

De fem material som används av Växjö kommuns VA-avdelning och deras koldioxidekvivalent utifrån Granta EduPack kan hittas i tabell 4.1, värden hämtas utifrån A1-råmaterialutvinning samt A3-tillverkning. Tillverkningsmetoden skiljer sig mellan de olika materialen beroende på vilken produkt som skapas, alla släta plaströr extruderas, segjärn gjuts i form, betong blandas och fylls i form och PP brunnar i skillnad till rör produceras antingen med formsprutning eller annan specificerade tillverkningsmetod. Varje variant av material har valts enligt starka antaganden och reflekterar möjligtvis inte de verkliga materialen.

Tabell 4.1 är en bas som kommer att förekomma i alla följande resultat som ett jämförelseverktyg.

Granta EduPack Level 3	Enhet - kg CO_2/kg	PE-HD - General purpose, extrusion	PP - Random Copolymer, extrusion	PVC - Rigid, high impact, extrusion	Concrete - Pozzolona cement	Cast iron, austempered ductile, casting	PP - Random Copolymer, molding
Lägre gräns	A1	1.91	2.77	2.21	0.11	1.42	2.77
	A3	0.44	0.45	0.43	0.13	0.75	1.65
	A1 + A3	2.35	3.22	2.64	0.24	2.17	4.42
Högre gräns	A1	2.11	3.06	2.44	0.13	1.67	3.06
	A3	0.49	0.49	0.48	0.14	0.83	1.82
	A1 + A3	2.60	3.55	2.92	0.27	2.50	4.88

Tabell 4.1 innefattar koldioxidekvivalenter för framställningen av de olika materialen och deras tillverkningsmetod utifrån givna lägre gräns gentemot högre gräns hämtat från Granta Edupack

Alla livscykelanalyser samt EPD-studier som brukats kan åskådas i tabell 4.2, alla värden hämtas utifrån A1-råmaterialutvinning, A2-transport samt A3-tillverkning.

Material	Data hämtade från LCA och EPD-studier		Enhet - kg CO_2/kg
Plast	**PE - Pipelife - EPD koldioxidutsläpp**	**PP - Pipelife - EPD koldioxidutsläpp**	**PVC - Pipelife - EPD koldioxidutsläpp**
A1-A3	2.230	2.240	1.810
Segjärn	**200 Segjärn - Saint-Gobain Pam - EPD koldioxidutsläpp**	**400 Segjärn - Saint-Gobain Pam - EPD koldioxidutsläpp**	**800 Segjärn - Saint-Gobain Pam - EPD koldioxidutsläpp**
A1-A3	2.152	2.128	2.109
Betongledningar	**Oarmerad ledning - S:T Eriks - EPD koldioxidutsläpp**	**Armerad ledning - S:T Eriks - EPD koldioxidutsläpp**	
A1-A3	0.116	0.131	
Betongbrunnar	**400 betong brunn - Benders - LCA koldioxidutsläpp**	**1000 betong bottendel - Benders - LCA koldioxidutsläpp**	
A1-A3	0.104	0.128	

Tabell 4.2 innefattar koldioxidekvivalenter för framställningen av de aktuella materialen hämtade från LCA och EPD skapade av leverantörer i ordning: "PE" (The Norwegian EPD Foundation & Pipelife, 2023), "PP" (The Norwegian EPD Foundation & Pipelife, 2023), "PVC" (The Norwegian EPD Foundation & Pipelife, 2023), "200 Segjärn" (Gomez Ferrer & Saint-Gobain PAM, 2022), "400 Segjärn" (Gomez Ferrer & Saint-Gobain PAM, 2022), "800 Segjärn" (Gomez Ferrer & Saint-Gobain PAM, 2022), "Oarmerad ledning" (EPD International AB & S:t Eriks AB, 2020), "Armerad ledning" (EPD International AB & S:t Eriks AB, 2020), "400 betong brunn" (Benders Sverige AB, 2018), "1000 betong bottendel" (Benders Sverige AB, 2018).

4.1.1 Ledningar

Varje material presenteras i tabell med förklarande text, ytterligare information presenteras i övrig text.

All produktinformation som har använts för resultatet i det här kapitlet kommer från Pipelife, Wavin och Uponor för plastprodukter, Benders och S:T Eriks för betongprodukter samt Gustavsberg Rörsystem och Tubman för segjärnsprodukter.

PE - SDR17 PN10	Pipelife	Wavin	Uponor	Medelvärde
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)			Nettovikt (kg)
200	7.4	6.8	7.1	7.1
400	28.9	26.9	28.2	28.0
800	111.0			111.0

Segjärn - VRS PRO /Natural	Gustavsberg rörsystem	Saint-Gobain Pam	Medelvärde
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)		Nettovikt (kg)
200	41.3	30.2	35.8
400	104.2	79.4	91.8
800		229.0	229.0

PE - SDR11 PN16	Pipelife	Wavin	Uponor	Medelvärde
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)			Nettovikt (kg)
200	10.3	10.0	10.6	10.3
400	41.1	39.8	42.1	41.0
800	164.1			164.1

Segjärn - VRS ZM	Gustavsberg rörsystem	Saint-Gobain Pam	Medelvärde
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)		Nettovikt (kg)
200	48.5	47.0	47.8
400	117.8	108.4	113.1
800		304.8	304.8

PP - SN8	Pipelife	Wavin	Uponor	Medelvärde
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)			Nettovikt (kg)
200	4.0	4.1	3.5	3.9
400	17.5	17.8	14.3	16.5

Betong, oarmerat	Benders	S:T Eriks	Medelvärde
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)		Nettovikt (kg)
225	105.9	120.6	113.2
400	336.4		336.4

PVC - SN8	Pipelife	Wavin	Uponor	Medelvärde
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)			Nettovikt (kg)
200	6.4		5.5	5.9
400	25.8	22.8	21.7	23.4

Betong, armerat	Benders	S:T Eriks	Medelvärde
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)		Nettovikt (kg)
400	336.4	290.9	313.6
800	854.5	877.3	865.9

Tabell 4.3 innefattar nettovikt hämtat från medelvärde av alla vikter hämtade från leverantörer (Pipelife Sverige AB, u.å.)(Uponor Infra AB, u.å.) (Wavin Sverige, u.å.)(Gustavsberg RörSystem AB, u.å.)(Tubman, u.å.)(Benders Sverige AB, u.å.) (S:T Eriks, u.å.)

Alla resultat kommer att utgå från släta rör i dimensionerna 200 mm, 400 mm och 800 mm.

4.1.1.1 Tryckfallsledningar

Materialet PE SDR11 representerar ledningar i tabell 4.3 där väggtjockleken är rördimensionen dividerad med 11 enligt följande ekvation.

$$För\ dimension\ 200\ mm \rightarrow Väggtjocklek\ = 200/11 \approx 18.18\ mm$$

För dimension 800 mm så har vikten enbart hämtas från Pipelife då andra leverantörer inte har angett vikt för den dimensionen vilket kan åskådas i tabell 4.3.

PE SDR11-ledningar		Pipelife - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
			Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Nettovikt (kg/m)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
200	10.3	22.9	24.2	26.7
400	41.0	91.4	96.4	106.6
800	164.1	366.0	386.0	426.6

Tabell 4.4 innefattar en meters PE SDR11-ledningar i tre olika dimensioner, utifrån dimensionen hämtas nettovikt från tabell 4.3 och antalet koldioxidekvivalenter hämtat från Pipelifes EPD-studie enligt tabell 4.2 samt Granta EduPack enligt tabell 4.1

Materialet PE SDR17 representerar ledningar i tabell 4.4 där väggtjockleken är rördimensionen dividerad med 17 enligt följande ekvation.

$$Dimension\ 200\ mm \rightarrow Väggtjocklek\ = 200/17 \approx 11.76\ mm$$

För dimension 800 mm har vikten enbart hämtas från Pipelife då andra leverantörer inte har angett vikt för den dimensionen vilket kan åskådas i tabell 4.3.

PE SDR17-ledningar		Pipelife - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
			Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Nettovikt (kg/m)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
200	7.1	15.8	16.7	18.4
400	28.0	62.4	65.9	72.8
800	111.0	247.5	261.0	288.4

Tabell 4.5 innefattar en meters PE SDR17-ledningar i tre olika dimensioner, utifrån dimensionen hämtas nettovikt från tabell 4.3 och antalet koldioxidekvivalenter hämtat från Pipelifes EPD-studie enligt tabell 4.2 samt Granta EduPack enligt tabell 4.1

Varje dimension i segjärn har olika koldioxidekvivalenter hämtade från EPD enligt tabell 4.2.

För dimension 800 mm har vikten enbart hämtas från Saint-Gobain Pam då Gustavsberg inte har angett vikt för den dimensionen i dricksvattenledningar vilket kan åskådas i tabell 4.3.

Segjärn-ledningar		Saint-Gobain Pam - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
			Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Nettovikt (kg/m)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
200	35.8	76.1	77.6	89.3
400	91.8	195.4	199.3	229.3
800	229.0	487.4	497.2	572.0

Tabell 4.6 innefattar en meters Segjärn-ledningar i tre olika dimensioner, utifrån dimensionen hämtas nettovikt från tabell 4.3 och antalet koldioxidekvivalenter hämtat från Saint-Gobain Pam EPD-studie enligt tabell 4.2 samt Granta EduPack enligt tabell 4.1

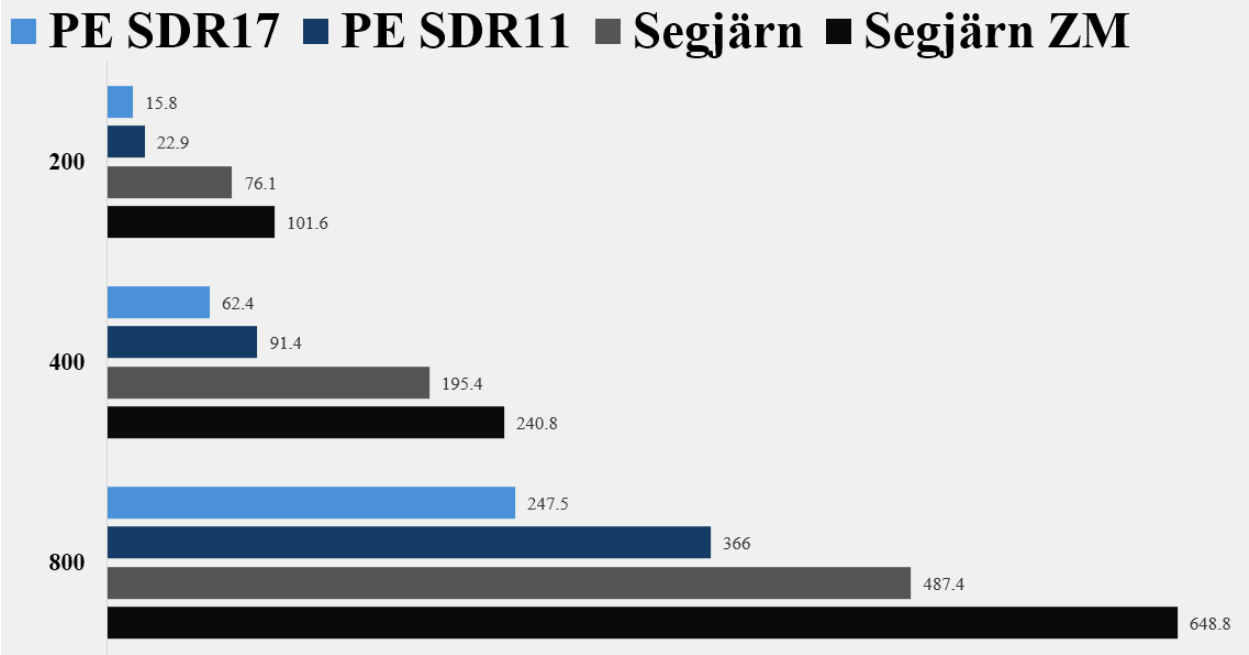
Det finns ingen aktuell LCA eller EPD för Segjärn ZM-ledningar, resultaten i tabell 4.6 utgår från samma EPD som vanliga segjärnsrör och bör därmed granskas med extra hänsyn.

Varje dimension i segjärn har olika koldioxidekvivalenter hämtade från EPD enligt tabell 4.2.

För dimension 800 mm har vikten enbart hämtas från Saint-Gobain Pam då den andra leverantören inte har angett vikt för den dimensionen i dricksvattenledningar vilket kan åskådas i tabell 4.3.

Segjärn ZM-ledningar		Saint-Gobain Pam - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
			Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Nettovikt (kg/m)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
200	47.8	101.6	103.7	119.3
400	113.1	240.8	245.6	282.6
800	304.8	648.8	661.7	761.4

Tabell 4.7 innefattar en meters Segjärn ZM-ledningar i tre olika dimensioner, utifrån dimensionen hämtas nettovikt från tabell 4.3 och antalet koldioxidekvivalenter hämtat från Saint-Gobain Pam EPD-studie enligt tabell 4.2 samt Granta EduPack enligt tabell 4.1



Figur 4.1 innefattar resultaten från tabell 4.4 - 4.7 i kolumn EPD koldioxidutsläpp (kg/m)

Man kan utifrån tabell 4.4 - 4.7 se att PE har ett mycket lägre koldioxidavtryck än segjärnsprodukterna men det kan observeras att de i större dimensioner har en mindre procentuell skillnad vilket kan korreleras till att PE-rören ser en större relativ viktökning i större dimensioner än segjärn. Skillnaden mellan både PE-materialen samt segjärnsmaterialen är enbart en viktskillnad. Likaså finns värden för Granta EduPack i Bilaga 6.

4.1.1.2 Självfallsledningar

För släta PP- och PVC-rör till självfallsledningar så finns inte standarddimensioner i större storlek än 400 mm och därmed utesluts 800 mm dimensionen. Det finns alternativa räfflade rör som företagen producerar i storlekar över 400 mm vilket inte är standardiserade i branschen utan är helt unika inom varje företag och därmed kommer i varierande rördimensioner.

Om högre dimensioner av PP-ledningar söks så erbjuder Pipelife bland annat Pragma rör, Wavin, X-stream och Uponor, Ultra rib 2.

PP-ledningar		Pipelife - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
			Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Nettovikt (kg/m)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
200	3.9	8.7	12.5	13.8
400	16.5	37.0	53.2	58.7

Tabell 4.8 innefattar en meters PP-ledningar i två olika dimensioner, utifrån dimensionen hämtas nettovikt från tabell 4.3 och antalet koldioxidekvivalenter hämtat från Pipelife EPD-studie enligt tabell 4.2 samt Granta EduPack enligt tabell 4.1

För dimension 400 mm har vikten enbart hämtas från Pipelife och Uponor då den tredje leverantören inte har angett vikt för den dimensionen vilket kan åskådas i tabell 4.3.

PVC-ledningar		Pipelife - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
			Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Nettovikt (kg/m)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
200	5.9	10.7	15.6	17.3
400	23.4	42.4	61.8	68.3

Tabell 4.9 innefattar en meters PVC-ledningar i två olika dimensioner, utifrån dimensionen hämtas nettovikt från tabell 4.3 och antalet koldioxidekvivalenter hämtat från Pipelife EPD-studie enligt tabell 4.2 samt Granta EduPack enligt tabell 4.1

Varje betongrör ska ha hållfasthetsklass 165 eller högre enligt krav satta från Växjö kommun.

Betongrör kommer inte i dimension 200 mm utan standarddimensionen är 225 mm.

För dimension 400 mm i oarmerade ledningar har vikten enbart hämtas från Benders då den andra leverantören inte har angett vikt för den dimensionen med hållfasthetsklass 165 eller högre.

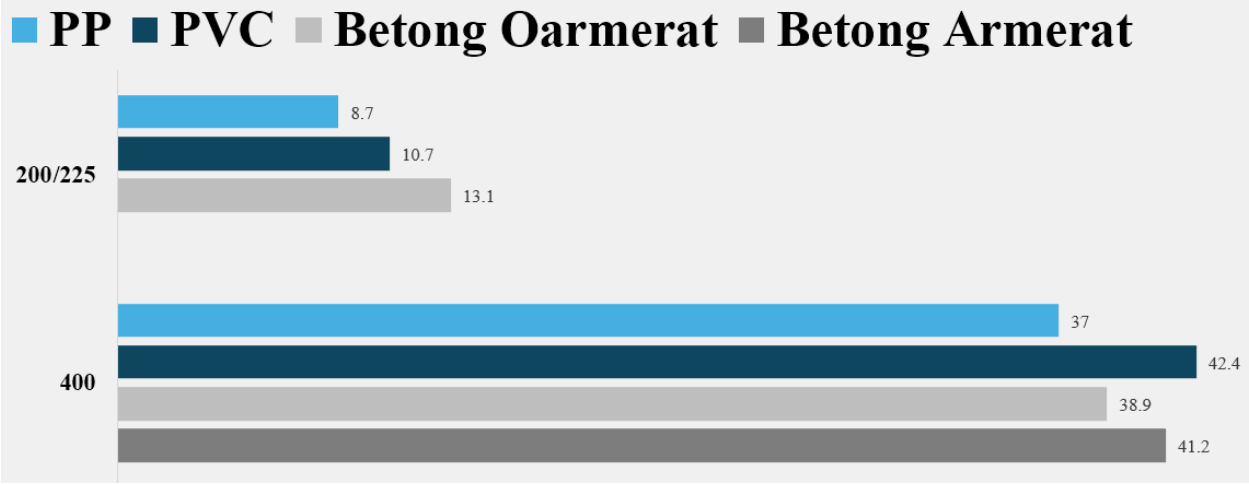
Betong-ledningar (Oarmerat)		S:T Eriks - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
			Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Nettovikt (kg/m)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
225	113.2	13.1	27.3	30.1
400	336.4	38.9	81.1	89.5

Tabell 4.10 innefattar en meters oarmerad betong-ledningar i två olika dimensioner, utifrån dimensionen hämtas nettovikt från tabell 4.3 och antalet koldioxidekvivalenter hämtat från S:T Eriks EPD-studie enligt tabell 4.2 samt Granta EduPack enligt tabell 4.1

Värden hämtade från Granta EduPack är detsamma för oarmerade och armerade ledningar och bör därmed granskas med extra hänsyn.

Betong-ledningar (Armerat)		S:T Eriks - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
			Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Nettovikt (kg/m)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
400	313.6	41.2	75.6	83.4
800	865.9	113.8	208.7	230.3

Tabell 4.11 innefattar en meters armerad betong-ledningar i två olika dimensioner, utifrån dimensionen hämtas nettovikt från tabell 4.3 och antalet koldioxidekvivalenter hämtat från S:T Eriks EPD-studie enligt tabell 4.2 samt Granta EduPack enligt tabell 4.1



Figur 4.2 innefattar resultaten från tabell 4.8 - 4.11 i kolumn EPD koldioxidutsläpp (kg/m) men exkluderar dimensionen 800 mm i tabell 4.11

Man kan utifrån tabell 4.8 - 4.11 se att PP har lägst koldioxidavtryck i både dimension 200/225 mm och 400 mm, PVC har ett lägre koldioxidavtryck än betong i 200/225 mm men har det högsta koldioxidavtrycket i 400 mm dimensionen. Betong i 400 mm har ett lite lägre koldioxidavtryck i oarmerad variant än armerad. Den procentuella skillnaden är mindre mellan materialen i de större dimensionerna. Likaså finns värden för Granta EduPack i Bilaga 7.

4.1.2 Brunnar

Varje material presenteras i tabell med förklarande text, ytterligare information presenteras i övrig text.

All produktinformation för det här kapitlet som har sammanställts kommer från Pipelife, och Uponor gällande plastprodukter samt Benders och S:T Eriks gällande betongprodukter. Värdena hämtade för Uponors nedstigningsbrunn är annorlunda om man kollar på produkternas specifika informationssidor gentemot om man kollar på det tekniska produktbladet. Informationen har hämtats från produkternas specifika sidor.

Brunnar	Beskrivning del	Material	Höjd (mm)	Vikt (kg)	Antal (st)	Artikel nummer
Nedstigningsbrunn	Bottendel	Betong	790	1280	1	NB11040
Benders	Mellandel	Betong	900	740	1	MD1090
Max anslutning	Kona	Betong	600	495	1	ÖDK1064
400						
Tillsynsbrunn	Bottendel	Betong	370	240	1	TB14022
Benders	Överdel	Betong	1100	230	2	ÖDR4011
Max anslutning						
225						
Nedstigningsbrunn	Bottendel	Betong	705	1500	1	851-4021
S:T Eriks	Mellandel	Betong	500	480	1	860-1005
Max anslutning	Mellandel	Betong	750	730	1	860-1007
400	Kona	Betong	600	600	1	862-1006
Tillsynsbrunn	Bottendel	Betong	370	240	1	865-2021
S:T Eriks	Mellandel	Betong	375	108	6	875-6503
Max anslutning						
225						
Nedstigningsbrunn	Bottendel	PP	733	52.1	1	RSK 2357700
Pipelife	Stigarring	PP	590	25.2	2	RSK 2357679
Max anslutning	Kona	PP	421	14.5	1	RSK 2373017
400						
Tillsynsbrunn	Bottendel	PP	608	4.6	1	RSK 2359273
Pipelife	Stigarrör	PP	2000	35.0	1	RSK 2373015
Max anslutning						
200						
Nedstigningsbrunn	Bottendel	PP	700	60.0	1	RSK 2358347
Uponor	Mellanring	PP	1000	45.0	1	RSK 2358353
Max anslutning	Kona	PP	750	24.0	1	RSK 2358355
400						
Tillsynsbrunn	Bottendel	PP	609	6.7	1	RSK 2358492
Uponor	Stigarrör	PP	2000	18.9	1	RSK 2352824
Max anslutning						
200						

Tabell 4.12 innefattar alla komponenter och deras material, höjd och vikter hämtade från olika leverantörer (Pipelife Sverige AB, u.å.)(Uponor Infra AB, u.å.)(Benders Sverige AB, u.å.)(S:T Eriks, u.å.) samt antal och Artikelnummer/RSK-nummer

Brunnarna kommer att utgå från en höjd som resulterar nära 2 500 mm så att det är möjligt att göra direkta jämförelser, därmed är det viktigare att höjderna är närmare varandra än att de är närmare 2 500

mm. För att manipulera höjden till att hamna runt 2 500 mm så har specifika komponenter valts ut i varje brunn baserat på komponenternas höjd.

I kontrast till släta ledningar så har företagen inte i nuläget skapat livscykelanalyser eller EPD-studier i många av deras brunnkomponenter. Beräknade koldioxidutsläpp kommer därmed att baseras på andra produkter i vissa fall vilket presenteras i kolumnen "*LCA- EPD"*.

Värdena som bör jämföras här är i raden "*Total*" som innefattar hela brunnen.

Skillnaden i höjd mellan de två nedstigningsbrunnarna är 14 mm, vilket innebär att betongbrunnen har en procentuell höjdskillnad på $-\ \sim 0,57\%$.

Typ	Beskrivning Del	Material	LCA - EPD	Höjd (mm)	Nettovikt (kg)	LCA - EPD Koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
							Lägre gräns	Högre gräns
						CO_2 (kg/Produkt)	CO_2 (kg/Produkt)	
Betong Nedstigning 1000 mm DN	Bottendel	Betong	1000 betong bottendel - Benders	748	1390	177.9	335.0	369.7
	Mellandel	Betong	Armerad ledning - S:T Eriks	1075	975	128.1	235.0	259.4
	Kona	Betong	Armerad ledning - S:T Eriks	600	548	72.0	131.9	145.6
Total	-	-	-	**2423**	**2913**	**378.0**	**701.9**	**774.7**
Plast Nedstigning 1000 mm DN	Bottendel	PP	PP - Pipelife	712	56	125.6	247.7	273.5
	Mellandel	PP	PP - Pipelife	1115	35	78.6	155.1	171.3
	Kona	PP	PP - Pipelife	611	19	43.1	85.1	93.9
Total	-	-	-	**2437**	**110**	**247.3**	**488.0**	**538.8**

Tabell 4.13 innefattar två olika nedstigningsbrunnar, en i betong och en i plast, materialen, nettovikten och höjden på alla komponenter har hämtats från tabell 4.12 och antalet koldioxidekvivalenter för varje komponent är hämtat enligt kolumn "LCA - EPD" enligt tabell 4.2 samt granta EduPack enligt tabell 4.1

Skillnaden i höjd mellan de två tillsynsbrunnarna är 14 mm, vilket innebär att betongbrunnen har en procentuell höjdskillnad på $-\ \sim 0,53\%$.

Typ	Beskrivning Del	Material	LCA - EPD	Höjd (mm)	Nettovikt (kg)	LCA - EPD Koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
							Lägre gräns	Högre gräns
						CO_2 (kg/Produkt)	CO_2 (kg/Produkt)	
Betong Tillsyns 400 mm DN	Bottendel	Betong	400 betong brunn - Benders	370	240	24.9	57.8	63.8
	Överdel	Betong	400 betong brunn - Benders	2225	554	57.5	133.5	147.4
Total	-	-	-	**2595**	**794**	**82.4**	**191.4**	**211.2**
Plast Tillsyns 400 mm DN	Bottendel	PP	PP - Pipelife	609	6	12.6	24.9	27.5
	Stigarrör	PP	PP - Pipelife	2000	27	60.4	119.2	131.6
Total	-	-	-	**2609**	**33**	**73.0**	**144.0**	**159.0**

Tabell 4.14 innefattar två olika tillsynsbrunnar, en i betong och en i plast, materialen, nettovikten och höjden på alla komponenter har hämtats från tabell 4.12 och antalet koldioxidekvivalenter för varje komponent är hämtat enligt kolumn "LCA - EPD" enligt tabell 4.2 samt granta EduPack enligt tabell 4.1

4.2 Skadefrekvens av ledningar

För att jämföra materialen utifrån ett perspektiv kring skador har tabell 4.13 tagits fram med hjälp av Göteborg stad, kretslopp och vatten.

Hur gamla ledningarna är när skador uppstår är inte antecknat.

Tabell 4.13 utesluter ett flertal av Göteborgs mindre använda material då det ligger utanför projektets scope. Sträckan segjärn i ledningsnätet är dubbelt så lång som alla andra material tillsammans

Material	Längd huvudledning (Km)	Rörbrott (Styck)	Rörbrottsfrekvens (antal rörbrott/km huvudledning)
Gjutjärn	599.6	640	1.07
PE	571.6	50	0.09
Segjärn	433.7	115	0.27

Tabell 4.15 innefattar alla rörbrott som har skett i Göteborg stad i materialen gjutjärn, PE och segjärn från 2021-2023 åren och med den totala längden av alla ledningarna så har rörbrottsfrekvens framtagits.

5 Kvalitativt Resultat

Resultatet av intervjuerna kommer att vara en sammanställning av det som diskuterades med leverantörer samt det som diskuterades med de personer som arbetar kommunalt inom VA-branschen.

5.1 Leverantörsintervjuer

Leverantörsintervjuerna sammanfogas in till ett branschperspektiv då syftet är att jämföra materialen mot varandra, inte företag. Huvudområdena kring leverantörsintervjuerna är materialen, hållbarhet och framtidstänkande. Inga specifika kostnadsrelaterade frågor ställdes till leverantörerna.

5.1.1 Plastbranchen

Tre företag i den svenska plastbranschen har intervjuats för att få en bild och deras perspektiv på VA-området. De företagen är Pipelife, Uponor och Wavin.

Som material har plast i både ledningar och brunnar en mycket lägre vikt än deras motsvarighet i segjärn och betong vilket gör det lättare att både transportera och hantera på plats av arbetare. Det tar även kortare tid och är säkrare att lossa plastprodukter från lastbilar till arbetsplatsen och dimensionerna på rören kan lätt anpassas på plats genom att kapa rören vid behov. Plast är även mindre känsligt för svavelväte som bildas i spillvatten.

Den beräknade livslängden för plaströren är upskattat till att vara över 100 år men tros kan ligga upp till 150 eller 200 år om ledningen installeras på rätt sätt. De är dock enbart estimationer då materialet inte har legat så länge än och sedan lägger man inte heller samma material som lades när plast först kom in på marknaden. PE100 RC är fjärde generationens PE-material och har troligen längre livslängd än första generationens. Idag genomförs livslängdstester genom att stressa materialet under en hög temperatur för att simulera rörets verkliga förhållanden i 100 år och en respondent uttrycker att deras tester har visat att plasterna kan uppnå en 700 års livslängd.

Största fokuset i materialutvecklingen är i dagsläget att reducera koldioxidavtrycket i materialet, främst genom att använda återvunnen plast eller andra bioplaster som en substitut i produkterna men kostnaderna är idag relativt mycket högre och det är få kunder som är villiga att stå för den kostnaden. För att sänka kostnaderna så finns det på marknaden blandningar mellan bioplast och vanlig plast där man kan se stora reduktioner av koldioxid medan priset inte blir för högt för kunderna. Bioplasten kommer inte från olja utan istället restprodukter från matindustrin och skogsindustrin. Den har samma egenskaper och livslängd som vanlig plast enligt plastföretagen och finns i både PE och PP. Bioplaster kan dock bli en flaskhals på marknaden om efterfrågan på restprodukterna blir för hög då det är en begränsad råvara. Utifrån ett miljöperspektiv förespråkar en respondent att använda PVC över PP i självfall då koldioxidavtrycket är lägre och PVC enklare kan återanvändas. Det krävs även mindre energi för att producera PVC jämfört med PP och det kommer i slutändan påverka priset för kunden.

Leverantörerna arbetar med att göra det möjligt att återvinna plasten men ett stort problem med återvinning av rör är att de ska plockas upp, sorteras och malas ned innan de kan återvinnas och det gör att kostnaden för återvunna rör blir hög. Få vill köpa återvunna rör om de är så pass mycket dyrare även om koldioxidavtrycket från återvunna rör är mindre än nytillverkade rör.

I dricksvattenledningar krävs det att enbart jungfruligt material används, vilket begränsar användningen av återvunnen plast till självfallsledningar. En av respondenterna uttryckte sig att det är svårt att åstadkomma exakt lika bra egenskaper i återvunnen plast som jungfrulig plast har.

Leverantörerna kollar inte själva på att ta fram nya läcksökningsmetoder då de främst arbetar med att producera och säljer rör men yttrar att det finns andra aktörer som försöker utveckla läcksökningsmetoder i plaströr. En lösning som redan finns är plaströr med aluminiumkappa och att lägga det i ett skyddsrör som kan ge en indikation på läckor men är väsentligt dyrare att producera än vanliga rör.

Enligt en av respondenterna fanns det en del kommuner idag som främst eftersöker att installera plastbrunnar där det finns plaströr samt betongbrunnar där det finns betongrör även fast det är möjligt att göra anslutningar mellan olika material.

De plastleverantörerna som har medverkat har inte sett eller läst någon rapport om det skulle avgå väsentliga mängder mikroplaster från rör i plast. Det har gjorts tester på hur mycket plastpartiklar som lossnar från rören men även fast det inte finns så mycket siffror på hur mycket mikroplaster som kommer ut, finns det inget som tyder på att det skulle vara ett stort problem. Enligt en respondent skapas mikroplaster ofta av plaster med kort livslängd som inte står emot UV-strålning men de ledningar och brunnar som produceras har en lång livslängd och väldigt liten kontakt med någon UV-strålning. Det kan dock eventuellt komma ut lite partiklar vid kapning av brunnar och rör men det tolkades inte av respondenterna vara ett problem.

En respondent tog upp att för några år sedan försökte betongindustrin dra igång en debatt om att det kommer ut mycket mikroplaster från plaströr för att beställare skulle börja värdera betongrör över plaströr men de senaste åren har den debatten dött ut.

Alla respondenter upplever att det finns ett växande intresse för hållbara och att de ekologiska aspekterna i produkter börjar väga lite tyngre i inköpet. Enligt respondenterna kommer främst kraven på EPD:er från entreprenörer som exempelvis Skanska, medan kommuner generellt inte är så intresserade av hållbarheten när det kommer till klimatavtryck från VA-avdelningen

Vid produktionen är det effektivare elanvändning som är den största prioriteringen men den stora delen av utsläppen från plasten är utvinningen av råvaran och man vill effektivisera användningen av råvaror också genom att återvinna rester. En av leverantörerna har i dagsläget två fabriker som är helt koldioxidneutrala. På fabrikerna går man över till grön elektricitet och de försöker återanvända så mycket plast man kan i de rör man får det.

För leverantörerna är det en effektivare elanvändning vid produktionen som är det största miljömålet men den stora delen av utsläppen för plasten kommer från utvinningen av råvaran vilket dem inte har direkt kontroll över. Sedan försöker man också effektivisera användningen av råvaror genom att återvinna rester. På fabrikerna går man över till grön elektricitet och en leverantör försöker även att återanvända så mycket plast man kan i de rör man får det.

Kommunerna kan specificera vilka krav man vill ha på rören där alla behöver vara godkända av nordic polymark. Den som beställer produkter kan efterfråga till exempel vissa hållbarhetskrav eller en viss grad återvunnen plast och som kommun kan man ta in miljöaspekter och EPD som en parameter när man efterfrågar material på samma sätt som att man vill efterfråga en hög hållfasthet. En kommun skulle kunna kravställa det maximala antalet koldioxidekvivalenter eftersökt för ett rör i en upphandling, för att sålla bort tillverkare med en mindre klimateffektiv produktion.

Vissa leverantörer kan vara mer inarbetade på vissa områden i landet och vara mer vana och ha bättre relationer till vissa kunder, vilket kan driva materialval.

Respondenterna anser att koldioxidutsläppen från de olika materialen inte får så stor inverkan på grossisterna då de är mestadels kostnadsdrivna. Det är främst upp till kunderna om de vill specificera ett visst krav på hållbarhet på produkten.

Alla leverantörerna har satt sina mål inom den ekologiska hållbarhetsdimensionerna där huvudfokuset uttryckt under intervjuerna var att återvinna mer samt att dra ner på både sin energiförbrukning och koldioxidavtryck. Mycket av koldioxidavtrycket kommer dock från framställningen av plasten som sker innan deras produktion så betoningen ligger på att förbättra deras egna fabriker medan man förväntar att deras underleverantörer förbättrar sin sida av näringskedjan.

5.1.2 Segjärnsbranschen

Järn är ett vanligt förekommande material i samhället. Från 1950 till 1970 var segjärn ett mycket populärt material, övergången från att använda gjutjärn kom då de rören är hårdare, sprödare och spricker mycket enklare än segjärn. Segjärn är ett tåligt material i form av att det klarar av stora tryckbelastningar, både i form av marktryck och även tryck inifrån. Enligt en respondent läggs det idag mer segjärn nu än för 10 år sedan.

I rören som produceras används 100% återvunnet järnskrot och man behöver då inte bryta något nytt material alls vilket är en av de stora fördelarna enligt leverantörerna. Både företagen arbetar enbart i Sverige men importerar alla deras rör från Tyskland respektive Frankrike. Tidigare hade en respondent även produktion i Sverige men det lades ned på grund av för stora kostnader. Järnskrotet som används för att göra rören kommer bland annat hämtade från bilindustrin. Underleverantörer är ISO-certifierade med godkända kvalitet och miljökrav.

Kraven på att minska utsläppen och skapa mer hållbara produkter upplever en respondent främst att kommer från kunder. Det kan finnas en konkurrensmässig fördel för segjärnsindustrin att ha mot andra material i takt med att kunder lägger mer vikt vid den ekologiska aspekten när de tar beslut om vilket material de ska lägga.

Det ser just nu ut att vara svårt att förbättra produktionen men man försöker minska energianvändning så mycket man kan. I dagsläget går det åt mycket energi till stålverket för att smälta materialet och branschen ser en övergång från att byta ut fossildrivna ugnar till elektriska. En respondent erbjuder också ett “green offer” som innebär att kunder kan välja att få produkter endast skapade med grön el.

Materialet i sig utvecklas mycket långsamt just nu och segjärnet som material har i princip sett likadant ut i 70 år. Däremot har ytbeläggningen på rören förbättrats och det finns större förståelse för vilken beläggning som faktiskt behövs. Segjärnsrör med ZM-beläggning, vilket är utvecklat för att stå emot mark med högre korrosionsbenägenhet, vilket är ett krav i vissa kommuner.

Segjärn används endast i tryckledningar och alternativet till segjärn är främst PE. De fördelar som man kan få vid användning av segjärn är att det har en teknisk livslängd i 100-150 år vilket enligt dem är bättre än konkurrenterna av plast som utlovar en 100 år livslängd. Det går relativt snabbt att montera rör av segjärn. Ofta går det att använda samma kringfyllnadsmaterial vid uppgrävning som legat innan istället för att införa nytt kringfyllnadsmaterial då segjärn tål mer och är mer robust än PE, vilket kräver mer finfördelade kringfyllnadsmaterial. Att undvika transport av kringfyllnadsmaterial har också stora ekologiska fördelar då det kan ske stora ingrepp i naturen baserat på vilket material som utvinns samt så

minskar transporterna som även har en klimatpåverkan. Det blir även en extra kostnad att frakta bort markmassan och hämta andra kringfyllnadsmaterial. I de flesta kommuner lägger sannolikt de flesta kommuner nya segjärnsrör med jungfruligt kringfyllnadsmaterial.

Ljud fortplantar sig bättre i segjärn och man kan ganska exakt hitta var en läcka finns genom att lyssna på röret. Segjärnsrör har fördelen över PE att materialet är diffusionstätt vilket gör rören mycket motståndskraftiga mot föroreningar, en respondent tog upp ett exempel där om ett fordon skulle läcka ut diesel så skulle det inte kunna tränga in i röret vilket hade varit möjligt i PE-ledningar. Man behöver inte utvinna något nytt material då det är 100%, återvunnet vilket är en stor fördel över PE som i dricksvatten måste vara av jungfruligt material. Respondenterna anser att man inte bör blanda in plast där det finns möjlighet att ha längre sammanhängande rörsystem av segjärn, då man i så fall inte längre kan läcksöka i det röret.

Enligt leverantörer av segjärn är materialets nackdel främst att inköpskostnaden för materialet kan vara tre gånger så dyrt som PE vid inköp av rör i små dimensioner. Vid större dimensioner minskar dock skillnaden i kostnad. Materialet väger väsentligt mer men maskiner gör alla tunga lyft. Är de större dimensioner så görs även alla arbeten i PE med samma maskiner så där spelar tyngden på segjärnet ingen roll. Det är vissa kommuner som väldigt sällan lägger segjärn och rörläggarna bygger då inte upp erfarenhet för materialet vilket påverkar deras effektivitet vid läggning och framdriften kan bli långsammare.

Kvalitetstesterna på segjärn som avgör materialets livslängd utförs av ett certifieringsorgan som genomför forcerade tester. Respondenterna var inte kunniga om hur exakt testerna såg ut men uttryckte att det var liknande tester som genomfördes för bedömningen av plastens livslängd, det vill säga att man utsätter röret för tryck under hög temperatur. Vid rätt beläggning ska segjärnsrör klara 100 år och om förutsättningarna i marken är bra kan det ligga i 150 år.

Respondenterna tror inte att något företag i branschen hittar på siffror men försöker alltid visa sin bästa sida. De upplever båda att fokuset hamnar mer på andra faktorer än bara kostnader, främst ett fokus på koldioxidutsläpp och livslängd.

5.1.3 Betongbranchen

Den största ekologiska utmaningen som betongbranschen har är att utsläppen från råvaruutvinningen är stor. Kalk, natursten, grus och ballast har stora utsläpp vid utvinningen samt stor påverkan på det lokala landskapet. Cementen som ingår i betongen är den största orsaken till utsläppen och branschen arbetar hårt med att skapa nya produkter där man ersatt cement med slagg i den grad man kan. Slagg är ett bindemedel som kan användas som ersättare av cement som skulle kunna sänka koldioxidutsläppen från betongprodukter drastiskt.

Leverantörerna arbetar tillsammans med cementproducenter för att se till att de kan minska sina utsläpp så att även leverantörerna kan få lägre utsläpp i sina EPD-studier. Båda leverantörer vill minska sina transporter och byta ut truckar och allt i fabrikerna till fossilfria alternativ. Man tittar mycket på grön betong som anses vara framtiden där koldioxid är kraftigt minimerad genom att man ersätter cementen med slagg.

I betongindustrin hämtar man nästan alla sina produkter från producenter innanför Sveriges gränser men en respondent nämner att man ibland använder en enskild aktör i Lettland. Man vill ha lokala produkter för att sänka utsläpp och kostnader.

Leverantören av cement sätter stora krav på sig själva från samhällets sida och stora investeringar sker. Leverantörerna satsar mycket på att framställa bättre cement så att deras produkter har lägre koldioxidavtryck.

Fördelar är att betongen, enligt leverantörer, är att den är tung och stabil och ligger still även i dåliga marker, den deformeras inte heller till skillnad från plaströr som kan böjas vid dålig packning och bli ovala och då behöver man inte utföra lika många spolningsarbeten. Om det är grönyta kan man återfylla schakten med samma material som man grävde upp vilket är fördelaktigt då man inte behöver köpa nytt kringfyllnadsmaterial eller transportera extra material. För andra material kan det behövas mer nytt kringfyllnadmaterial intill ledningen men sedan återfyller man ofta med samma material som man grävde upp i de andra materialen också. Brunnarna kan specialtillverkas så att de möter de specifika krav som kunder har vilket kan innebära att man ibland enbart behöver ha en brunn istället för två då man kan borra in fler anslutningar. Betongbrunnar står stabilt och kommer inte att flyta upp som plastbrunnar kan göra. Betongprodukterna kan även lagras utomhus och påverkas inte av solljus.

Nackdelarna med materialet kan vara dess känslighet för saltvatten och svavelväte som kan skada betongen. Det är ett tungt material men det finns hjälpverktyg och det kan även bli tunga transporter som kan släppa ut mycket.

Livslängden för betongprodukterna uppskattas av leverantörerna att vara någonstans mellan 100-150 år och man gör spräcktester och beräkningar på hur länge materialet ska kunna ligga i marken.

Man letar hela tiden efter förbättringar på materialen. Som tidigare nämnts kommer grön betong sannolikt att vara viktig i framtiden och en respondent bedömer att om 5-7 år kan det säljas lika mycket grön betong som dagens betong.

Ett problem med grön betong är att det är dyrare och det är svårt att sälja då kunder sällan är beredda att betala mycket mer för en hög hållbarhet. Man vill ha längre livslängd på produkterna och minska utsläppen genom att förändra recepten och samtidigt kunna ha ett lågt pris.

Utvecklingen sker främst på grund av en intern vilja, då man själva vill erbjuda de mest klimatvänliga produkterna och samtidigt få ett rykte av att ta klimatet på stort allvar. En respondent tar upp att kommuner ställer krav på att leverantörerna ska ha EPD:er tillgängliga men sedan baserar beställare ändå beslutet nästan enbart på inköpskostnaden. EPD:erna upplevs av en representant att knappt ha något värde alls hos de som beställer produkterna mer än att de har kryssat i en ruta. Den andra respondenten upplevde att många idag är väldigt insnöade på en liten del av hela miljöperspektivet när man bör värdera alla faktorer, till exempel att man enbart vill ha återvunna produkter så att alla andra aktörer försvinner från diskussionen.

Av det övriga som togs upp tror en respondent att många kommuner bygger sina beslut på vad man har lagt tidigare och är rädda för att använda andra material. Personen tror också att många blir avskräckta av betongens högre densitet men man kommer ändå att behöva maskiner till hjälp för alla material.

5.2 Kommunsintervjuer

Kalmar, Göteborg och Växjö kommun refereras som kommun 1, 2 och 3 för att hålla kommunernas svar relativt anonyma, kommunerna presenteras i slumpmässig ordning. I varje kommun har intervjuerna genomförts med personer som har olika yrkersoller för att skapa en nyans i deras svar. Deras yrkesroller presenteras under varje kommun.

Till rörläggare fick frågor enligt Bilaga 2. Informationen som främst söktes var att ta reda på materialens påverkan på arbetsmiljön samt fånga de anställdas åsikter kring de olika materialen. Frågorna ställdes kring tryckfallsledningar, självfallsledningar samt brunnar.

De fysiska och drift- och underhållsansvariga fick frågor enligt Bilaga 3. Informationen som främst söktes var att ta reda på materialens påverkan på arbetsmiljön samt fånga de anställdas åsikter kring de olika materialen. Frågorna ställdes kring tryckfallsledningar och självfallsledningar

De drift- och underhållsansvariga fick frågor enligt Bilaga 4. Information som främst söktes var att ta reda på om respondenter anser att livslängden mellan material skiljer samt information kring skadefrekvens och kostnader.

Rörläggarna samt de fysiska underhålls-och driftsarbetarna intervjuades delvis i par om två vilket också presenteras under varje kommun. På grund av det så kommer deras uppfattade för- och nackdelar presenteras som att båda respondenter har samma åsikt.

5.2.1 Kommun 1

Intervjuerna med Kommun 1 genomfördes med två driftsingenjörer och två driftstekniker samt fem underhålls- och driftsarbetare, där två intervjuer genomfördes i par och en av dem enskilt.

5.2.1.1 Driftsingenjörer och driftstekniker

Respondenterna har ställts frågorna i *Bilaga 4*.

De respondenterna som intervjuats hade inga konkreta bedömningar på vad medianlivslängden kan vara på de olika materialen. De besvär som Kommun 1 upplever är främst med deras gjutjärnsledningar där de står för 70 % av skadorna medan de enbart utgör 30 % av själva ledningsnätet. Läckor hittas även på segjärnsrör men ytskiktet har blivit bättre på senare tid och skadorna sker främst på de äldre segjärnsrören. För plaströr upplevs inte stora problem men det kan bero på att det är svårt att läcksöka i plast. En av respondenterna drog slutsatsen att plaströr kanske ansågs bättre eftersom det var svårare att hitta de läckor som finns, att de i det aktuella läget kan existera flera läckor i plaströren som man inte kommer att upptäcka på lång tid. I så fall har plast ett oförtjänt bra rykte.

I allmänhet trodde respondenterna att kringfyllnadsmaterialet och installationen av produkterna troliga hade en större vikt på livslängden än själva materialet i sig.

Respondenterna upplevde inte att det fanns en stor skillnad i skadefrekvens mellan de nya materialen som läggs, förutom PVC som Kommun 1 i nuläget inte lägger över huvud taget i varken tryck- eller självfallsrör, då man upplevde mycket problem när det först lades. De flesta skadorna sker på äldre rör, i plast hamnar skadorna främst på skarvar och det är sällan som det sker i raka ledningar. I dagsläget är inget nytt material som läggs värderat som mer skadebenäget.

Skadehistorik skrevs ner och registreras i en databas. Hur den informationen användes var något oklart för respondenterna men de upplevdes vara en faktor som vägdes in i inköp av nya produkter. Respondenterna var inte säkra på om alla kostnader som uppstår vid varje reparationsarbete skrevs ner och hur det i så fall värderas.

Majoriteten av kostnaderna uppstår vid schaktarbete, utgrävningen av marken tar mycket tid och leder till höga maskin- och personalkostnader. För stora ledningar så uppstår större kostnader men själva reparationen för läckan brukar vara en liten del av den totala kostnaden. På grund av det så blir inte kostnaden relaterad till materialet i sig då majoriteten av skadorna kräver samma schaktarbete.

Det upplevs att mycket vikt läggs på drift och underhåll vid inköp då det är de själva som behöver hantera eventuella skador. De vill inte köpa nytt, otestat material där de inte har kunskapen eller historiken utan väljer det som är bäst för dem för att minska eventuella kostnader. Miljöaspekter anses ha en roll vid inköp men ges inte någon stor vikt vid det slutliga materialbeslutet.

För att kunna uppnå bättre kunskap om alla skador och kostnader i ledningsnätet uttryckte respondenterna främst att det skulle drivas av tekniska lösningar. Läcksökningsmetoder för plaströr var det mest efterfrågade för att hitta skador som uppstår i plast.

Ett slutligt exempel som togs upp var att det kunde vara farligt att installera betongrör vid närliggande träd då deras rötter kunde orsaka skador. Utifrån det ansågs det vara viktigt att de som beslutar om materialval är kunniga om alla aspekter som påverkar besluten.

5.2.1.2 Drift- och underhållsansvariga

Respondenterna ställdes frågorna utifrån *Bilaga 3*. Intervjun är uppdelad så att frågorna kring tryckfall presenteras först, sedan i självfall.

Kommun 1		Fördelar	Nackdelar
Tryckfall	PE	Mer hållbart (2), Enklare att arbeta med (4), Enklare att vinkla (3), Enklare att kapa (2), Lätt att justera (2)	Lång svetstid (2), Noggrannhet med renighet (4), Temperatur behöver vara rätt (2), Nogrannhet med torrhet (2), Inte möjligt att läcksöka (1)
	Segjärn	Lätt att sammankoppla som legobitar (5), Behöver inte vara rent och torrt (2), Behöver inget svetsmoment (1), Möjligt att läcksöka (1)	Väger mycket (5), Ibland svårt att få in låselement (2), Statiskt (1), Svårt att kapa (2), Farligare metod för att kapa (2), Svårt med skarvar (2)
Självfall	PP	Enklare att arbeta med (5), Kan kapa hur man vill (3), Enklare att bygga ihop (2), Låg vikt (3), Bra kopplingar (1)	Kan bli oval vid dålig packning (4), Klara inte lika högt marktryck (2), Inte stabilt (1)
	PVC	Ringstyvare (2), Tjockare (2), Inga fördelar (3)	Spricker lätt (2), Sprickor blir längre (2), Sprött (2), Lätt att få sprickor (1),
	Betong	Stabil (3), Inga fördelar (2)	Väger mycket (5), Känsligare för svavelväte (2), Spricker lätt (2), Mer arbete (2), Problem att sammanfoga (3), Korta rörlängder (2)

Tabell 5.1 visar upplevda för- och nackdelar enligt de 5 respondenter som intervjuades, varje nummer inom parentes hänvisar till hur många som upplever för- eller nackdelen, i med att två grupper intervjuades parvis antecknades deras svar som (2) istället för (1).

PE och segjärn ser väldigt annorlunda ut som material och komponenterna skiljer sig mycket, vilket påverkar hur man hanterar och arbetar med materialet.
Tre respondenter tycker att den fysiska belastningen är sig lik för PE och segjärn medan de två andra upplever att det är tyngre att arbeta i segjärn, medan det uppstår mer arbetsmoment och det krävs mer verktyg när man arbetar med plast.

Görs tradionella schaktarbeten är tiden troligare snabbare för segjärn då man behöver utföra många svetsarbeten i plast men genomförs spräckningsarbeten, som är en metod för att ersätta gamla rör utan schakten behöver grävas upp, så går det snabbare att lägga PE. Vid spräckning tror en respondent att det kan gå dubbelt så snabbt att lägga PE.

Överlag tyckte respondenterna att det var svårt att ge en konkret bedömning i hur lätt det vara att få de olika materialen täta då det finns många olika förutsättningar, bland annat uppkommer olika kopplingar och markanlägg men alla ledningar ska vara täta efter test.

I självfall ser arbetet något annorlunda ut mellan materialen men överlag är det lättare att arbeta med plast än betong men man behöver alltid vara lika noggrann vid installation.

Hjälpverktygen är alltid på arbetsplatsen för att göra de väsentliga arbetsmomenten, arbetet skiljer sig så klart om man behöver använda speciella verktyg men är inte nödvändigtvis en bra eller dålig sak, är det tungt så lyfter man det inte, är det lätt så blir arbetsmomentet lättare.

Två av respondenterna tyckte att arbetsbelastningen var ganska lik mellan materialen, två tyckte däremot att det var betydligt tyngre att arbeta med betong, bland annat svårare att justera för att få det på plats. Den sista respondenten ansåg att det enbart skedde en högre arbetsbelastning och man lurar sig själv. För små dimensioner av plast kan man lätt bära det men börjar man göra det i större dimensioner leder det till en hög arbetsbelastning om man försöker göra lyftmomenten själv.

En respondent såg ingen skillnad på framdrift. Två trodde att vid öppna schakter så är det bara en lite högre framdrift att lägga betong på grund av korta rörlängder, medan de två sista tyckte att det alltid tog mycket längre tid att lägga betong än PP.

Tre respondenter ansåg att det var lika lätt att få ledningarna täta i både PP och betong så länge det görs på rätt sätt samt att det var lika lätt att koppla på nya ledningar i både material till befintliga ledningssystem. De två andra respondenterna tyckte dock att det generellt var lättare att få täta PP-ledningar än betongledningar och att det var mycket lättare att koppla på PP till befintliga ledningssystem.

5.2.2 Kommun 2

Intervjuerna med Kommun 2 bestod av tre utredningstekniker och en gruppledare inom rörnät samt tre rörläggare som ersätter skadade rör. De tre rörläggarna intervjuades enskilt.

5.2.2.1 Utredningstekniker och Gruppledare rörnät

Respondenterna ställdes frågorna utifrån *Bilaga 4*.

Två respondenter tror att alla material ska kunna hålla i 100 år förutom betongen som börjar vittra sönder lite tidigare, bland annat på grund av skadligt grundvatten och svavelväte som uppstår i

självfallsledningar. Den tredje respondenten tror att alla material kan hålla i 150 till 200 år vid korrekt installation då det inte finns några klara fel på materialen i sig. Dock så är nackdelen med undantag för segjärn att man inte har någon klar koll på hur den aktuella driften ser ut. Den fjärde personen tror också att alla material har en livslängd på 100 år men tror att betongen kan hålla längre än så, då den tål mer tryck.

Tre av respondenterna upplever att majoriteten av alla skador som sker är antingen på grund av tidigare fusk eller bristande kunskap. Ett exempel är att man brukade tro att plast kunde tåla allt. Idag är man mer försiktig i installationen. PE får långsidiga skador och kan vara mer känsligt för handhavandefel. Den fjärde respondenten medger dock att de främsta skadorna som upptäcks och repareras är på ledningarna i betong, gjutjärn och segjärn. En respondent tog upp problemen som finns med plast, där det bland annat kan uppstå vita fläckar på grund av slag som är skadliga.

Historik av skador skrivs ner, exempelvis antal läckor, är det främsta som antecknas. Men en av respondenterna upplever att det inte används så mycket i framtida beslutsfattning kring material.

Majoriteten av reparationskostnaden sker i arbetet med schakten. Två av respondenterna tror att i själva reparationen så är de flesta materialen likvärdiga med varandra medan en upplever att det är mycket dyrare att göra reparationer specifikt i betong. En respondent lyfte fram att det kan vara billigare att laga segjärnsläckor jämfört med plastläckor då man kan hitta läckorna snabbare.

Enbart en respondent var kunnig angående nedskrivning av kostnader och medgav att det inte gjordes då nyttan inte syntes när den tidigare hade utförts, kostnader vid läckor uppskattas istället årsvis.

En av respondenterna tycker att det läggs stort fokus på drift och underhållsperspektivet vid inköp då den produktkostnaden är den billigaste delen av totalkostnaden för ledningen, två av de andra respondenterna upplever att det finns ett fokus på drift och underhållsperspektivet men att det ibland är inköpspriset som blir den avgörande faktorn. Ett exempel som medgavs var där PE i ett nyligt projekt skulle kosta runt 30 - 40 tusen kronor medan segjärn var upp mot 300 tusen kronor. Dock var den totala kostnaden för hela projektet 5 miljoner kronor, så det ifrågasätts om de stora skillnaderna bör vara en värderande faktor. Ingen av respondenterna anser att det finns ett miljöperspektiv hos inköparna och den aspekten vägs inte in vid val av material.

Tre höll med om att nya läcksökningsmetoder som kan hitta läckor i PE är önskvärt. En respondent trodde inte att det kommer att komma läcksökningsmetoder till PE, då det redan borde ha etablerats i sådana fall För att stärka det argumentet tog respondenten upp att de idag har de gått så långt att de bland annat använder specialtränade hundar för att hitta läckor i plasten.

Varför läckorna sker finns det redan god kunskap om. Två respondenter ansåg dock att det behöver finnas mer vetenskapliga tester för plast, då de inte upplever att kunskapen idag är tillräcklig. En av de respondenterna tog upp vikten som 4s har, vilket är en organisation som skapades då det uppkom flera problem hos PE-ledningar som undersöker materialen. Det kommer dock att behövas stora investeringar för att kunna läcksöka i PE och det är svårt för kommuner att ta den kostnaden. Gruppchefen ansåg att kunskapen av alla skador fanns då ungefär 90% av alla skador uppstår på grund av dåligt handhavande. De senaste 8 åren som den respondenten arbetat där har hen utifrån alla skador som har uppstått, bara upptäckt två skador i PE-ledningar som inte har skett på grund av fysiskt misshantering vid installationen eller bristande kunskap.

Övrigt om vad som togs upp tror en av respondenterna att PVC skulle vara lika bra som andra material om det hade lagts med samma förutsättningar som finns idag samt att det är svårt att jämföra den privata och kommunala sektorn då de privata endast är ansvariga i 2 år medan kommunen är ansvarig i 100 år.

Respondenten tror också att betongledningar kommer att vara det största problemet i framtiden med mycket inläckage. En respondent anser att det viktigaste är att man behöver ha driftkoll på ledningsnätet så att man inte bara lägger material baserat på inköpspris eller känsla. En annan respondent lade vikt vid ett labb i Stockholm som idag undersöker skador som sker i plastmaterial och hävdar att det troligen kommer att ske framtida driftstörningar baserat på deras experiment. Den sista respondenten tror att kvaliteten på hur man lägger ledningar inte kommer att bli mycket bättre i framtiden, då man inte längre är på ett jobb i halva sitt liv och yrkesstoltheten försvinner.

5.2.2.2 Rörläggare inom drift- och underhållsarbete

Respondenterna ställdes frågorna utifrån *Bilaga 2*. Intervjun är uppdelad så att frågorna kring tryckfall presenteras först, sedan i självfall och slutligen i brunnar.

Kommun 2		Fördelar	Nackdelar
Tryckfall	PE	Enklare att arbeta med (3), Enklare att svetsa (2), Enklare att kapa (1), Enklare att vinkla (1)	Inte möjligt att läcksöka (3)
	Segjärn	Möjligt att läcksöka (3), Smidigare att lägga (1), Mer tåligt mot skador (1)	Väger mycket (2), Måste använda maskin (1), Kortare rör (1), Måste kapa vid varje servis (1), Skador blir långa (1), Rostar om skitket skadas (1),Vid rörkapning så uppstår 24 timmar torktid efter ny målning (1), Mer handhavande (1)
Självfall	PP	Enklare att arbeta med (2), Låg vikt (3), mer styvt än PVC (1), Enklare att kapa (1), Långa rörlängder (1)	Mjukt material (2), Vita fläckar kan uppstå (1), Inga nackdelar (1), Svårt att lägga rakt (1)
	PVC	Enklare att arbeta med (1), Har samma fördelar som PP över betong (1), Styvt (1), Rakt rör (1)	Tyngre än PP (2), vid kapning och fasning så dammar det (1), Skörare än PP (1), inga nackdelar (1), Risk för klorgasbildning (1)
	Betong	Inte lika känsligt material vid återfyllning (1), Ligger där den ligger (1), Styvare (1), Hårdare (1), Tål mer än plast vid installation (1), Kan vara bättre i större dimensioner (1)	Väger mycket (2), Klumpigare (1), Mycket arbete vid spett av stora dimensioner (1), inte möjligt att få 100% täta (1), Omständigt arbete (1), Krävs mycket yrkeserfarenhet (1), Korta rör (1)
Brunnar	PP	Enklare att arbeta med (1), Bra justerbara vinklar vid in- och utlopp (3), Låg vikt (1), Enklare att justera (1)	Inga nackdelar (1), Den kan resa sig (2)
	Betong	Stabil (2), Lätt att borra ny anslutning (2)	Väger mycket (2), Har inte samma möjlighet med justerbara vinklar (2), Svårare att justera (1), Dimensioner och vinklar kan vara felaktiga från skiss (1)

Tabell 5.2 visar upplevda för- och nackdelar enligt de 3 respondenter som intervjuades, varje nummer inom parentes hänvisar till hur många som upplever för- eller nackdelen

I tryckledningar anser en rörläggare att arbetsbelastningen i olika material skiljer sig men att man har bra maskiner som gör att de tunga lyften ofta kan undvikas. Det är tyngre att justera röret när det ligger i marken. Den andra respondenten tycker att arbetsbelastningen är likvärdig medan den tredje anser att arbetsbelastningen är ganska lika men att man vill hjälpa till och då kan använda kroppen för mycket.

Segjärn kan ta längre tid att lägga vid serviser men eftersom den respondenten inte lägger segjärn så ofta tror hen att man säkerligen, med mer erfarenhet, kan lägga segjärn snabbare. De andra två respondenterna tror att vid läggning av segjärnsrör behövs det planering för några rör framåt men bedömningen är att det går ungefär lika snabbt att lägga de olika materialen

När det kommer till att få till ett tätt system i de olika materialen upplevs det som att skillnaden mellan segjärn och PE är ganska liten. Det är inga problem med PE enligt en respondent och med segjärn handlar det bara om att man gör installationen på rätt sätt. Det kan vara svårare att få det tätt på segjärnsrör om det är många vinklar, ansåg en respondent.

I självfallsledningar är det något tyngre att arbeta med betong och även om man har grävmaskiner till hjälp behöver man justera röret med ett spett och man blir då tröttare i kroppen jämfört med om man arbetar med PP eller PVC. Det är endast små dimensioner av plaströr som man kan bära med kroppen men när diametern blir större så kommer en grävmaskin att behövas för både plast- och betongrör.

Oftast tar det längre tid att lägga betong då det uppstår många fler skarvar för att rören är korta i längd. Plaströren behöver en viss kyltid efter att de har svetsats men den tiden kan man utnyttja till annat så att det inte blir ett stopp.

Sammanfogning av de olika materialen skiljer sig enligt två av respondenterna, då de menar att det inte går att få det 100% tätt i betongledningarna, medan den tredje respondenten menar att man kan få till täta sammanfogningar i betong om man arbetar på rätt sätt. Plast är lättare att få tätt då man har färre skarvar på 6 m plastledningar i kontrast till betongens 2,2 m ledningar.

Två ansåg att det är enklare att ansluta nya ledningar till betongbrunnar, där en av dem sa att det inte var möjligt att borra in i en plastbrunn. Den tredje respondenten trodde dock att det var lätt att ansluta nya kopplingar i båda brunnar.

Två av respondenterna upplevde att det var lika lätt att få det tätt i båda brunnarna medan den tredje ansåg att det är lättare att få täta PP-brunnar på grund av det uppkommer mindre skarvar.

Betongbrunnar är tyngre och det krävs en viss mänsklig kraft för att få brunnen på rätt plats men det är en grävmaskin som står för den stora delen av arbetet.

Två respondenter bedömer tiden som ungefär samma för de olika brunnarna, det som kan skilja sig är om vinklarna på betongbrunnen är fel eller om man inte har rätt verktyg på plats. Den tredje respondenten ansåg att det går snabbare med plastbrunnar då vinklarna är lite rörligare medan betongbrunnarna är statiska.

Något övrigt som en av respondenterna upplevde var att människor alltid kommer att välja det som är snabbast istället för att använda givna lyftverktyg tills man blir utsliten. Därmed utsätter sig arbetarna för tunga lyft som de inte egentligen bör göra.

5.2.3 Kommun 3

Intervjuerna med Kommun 3 genomfördes med två arbetsledare inom drift och underhåll samt en reparatör och två arbetsledare som fysiskt arbetar med att ersätta ledningar.

5.2.3.1 Arbetsledare inom drift och underhåll

Respondenterna ställdes frågorna utifrån *Bilaga 4*.

De respondenterna upplevde att alla rör skulle ha en livslängd på den givna 100 år som finns i branschen och medger att det inte går att ge konkreta bedömningar då det finns för många vägande aspekter som påverkar livslängden. En respondent trodde att PVC hade en något kortare livslängd då det är ett mer sprött material men kringfyllningen och hur ledningarna installeras är de två viktigaste avgörande faktorerna för att den ska kunna hålla i 100 år eller mer.

Skadefrekvensen är mest kopplat till kringfyllningen, majoriteten av skadorna som de upplever på dagens ledningsnät är på grund av att de inte har installerats på rätt sätt. En respondent trodde dock att gjutjärn och segjärn var något mer skadebenäget än PE samt att betong är mer skadebenäget än PP.

Alla skador skrivs ner i kommunens VA-bank vilket är deras informationslogg som de använder för att styra deras materialpolicy. Policyn vägleder den framtida beslutsfattningen om vilket material som ska läggas var.

Skillnaden på kostnader i olika material kan variera mycket beroende på skada och dimension på rören, vissa reparationer kräver att man byter ut hela röret medan andra kan man enbart svetsa över ett plåtsvep över hålet. I allmänhet är schakten alltid den största kostnaden men en respondent uppger att motsatsen ibland förekommer, ett exempel är där man har specialanpassade dimensioner och då kräver att man har producerat specifika reparationsdelar som är dyra.

De specifika kostnaderna som uppstår vid varje individuellt reparationsarbete skrivs inte ner men man går igenom en budget varje år där man får en helhetssyn på kostnaden från alla reparationer som har utförts.

Båda respondenter upplever att det läggs ett stort fokus på drift- och underhållsperspektivet i inköpsprocessen. Att göra om initialt billiga arbeten kostar mycket mer än att göra arbetet ordentligt från början. Miljöperspektiv vägs också in i beslutsfattningen där de idag använder mer miljövänliga ledningar som kostar mer i vissa av deras projekt utifrån bland annat rekommendationer från Svenskt vatten.

För att förbättra kunskapen om skadorna och kostnaderna som uppstår i ledningsnätet tror båda respondenterna att det mest effektiva medlet skulle vara mer interna resurser för att öka deras effektivitet, men upplever att kommunen ändå har satsat mycket.

En av respondenterna upplevde att de idag var för glada i att gräva och hoppas på att de i framtiden börjar kolla mer på att använda schaktfria metoder som relining eller spräckning där man då kan undvika de höga schaktkostnaderna. Den andra respondenten tyckte att det är viktigt att sätta ett stort fokus på att skapa en fullständig underhållsplan då det annars blir väldigt dyrt för kommunerna på lång sikt.

5.2.3.2 Reparatör och arbetsledare rörläggning

Respondenterna ställdes frågorna utifrån *Bilaga 2.* Intervjun är uppdelad så att frågorna kring tryckfall presenteras först, sedan i självfall och slutligen i brunnar.

Kommun 3		Fördelar	Nackdelar
Tryckfall	PE	Stryktåligt (1), Enklare att arbeta med (1), Hållbart (1), Låg vikt (2), Högre hållbarhet än PVC (2), Enklare att svetsa (2), Behöver inte säkra på samma sätt som segjärn (2)	Inga nackdelar (1), Inte diffusionstätt (2)
	Segjärn	Möjligt att läcksöka (3), Lätt att reparera små läckor (1), diffussionstätt (2), Hållbart (1)	Hög vikt (3), Behöver hanteras försiktigt (1), Blyade muffar är känsliga (1)
Självfall	PP	Låg vikt (3), Väldigt hållbar (1), flexibel (1), Långa rörlängder (1), Enklare att arbeta med (2)	Lätt att bli deformerad (3), Kan resa sig eller sätta sig (1),
	PVC	Inga fördelar (3)	PP har alla fördelar över PVC (1), Tyngre än PP (2), Skör (1), Sprött material (1)
	Betong	Högre hållbarhet i större dimensioner (tror respondent) (1), Hög hållbarhet (2)	Väger mycket (3), Bräcklig (1), Vid reparation så kan nästa rör gå sönder (1), Korta rör/Flera skarvar (1),
Brunnar	PP	Låg vikt (2), Enklare att justera (2)	Den kan resa sig (2)
	Betong	Stabil (2), Får specifika brunnsdimensioner från skiss (2), Billigare (2)	Väger mycket (2), Mer påverkad av svavelväte (2), Behöver målas med epoxy (2)

Tabell 5.3 visar upplevda för- och nackdelar enligt de 3 respondenter som intervjuades, varje nummer inom parentes hänvisar till hur många som upplever för- eller nackdelen, i och med att två grupper intervjuades parvis antecknades deras svar som (2) istället för (1). Enbart två respondenter ställdes frågor om brunnar.

Alla rör, vare sig det är i tryckfall eller självfall, har olika förutsättningar. Kringfyllnadsmaterialet spelar inte minst en stor roll då det kan förekomma stenar längs röret. Materialpolicyn används som erfarenhet för att lägga rätt material på rätt plats.

Arbetsbelastningen i tryckfall är likvärdigt för båda material tycker alla respondenter, man gör inte tunga lyft för hand och vid små plastdimensioner där det är möjligt att hantera det för hand så påverkar det inte arbetsbelastningen särskilt mycket. Arbetarna anpassar sig i hur de arbetar för att det alltid finns verktyg och redskap tillgängliga.

En av respondenterna tyckte att framdriften var ganska likvärdig men att det potentiellt kunde gå snabbare i segjärn vid stora dimensioner där kyltiden blir mycket större. De andra två tyckte dock att segjärn i små dimensioner gick väldigt snabbt och att det annars var ganska likvärt.

Att få ledningen täta är likvärdigt samtycker de tre respondenterna, både ledningar i PE och segjärn provtrycks och då vet man om systemet har blivit tätt.

Arbetsbelastningen ska inte vara något högre mellan materialen i självfall heller, att använda maskin är ett måste, det uppkommer dock att arbetarna ibland får manuellt spätta rören så att de hamnar i rätt läge vilket kan vara belastande då betongen är ett väldigt tungt material.

Plaströr är mycket längre än betongrör så de tar mycket kortare tid. Det finns ingen stor skillnad mellan PP och PVC men vid betongrör behöver man sammanfoga mycket fler skarvar vilket tar tid.

Det ska inte vara någon skillnad på att få ledningarna täta men två av respondenterna höll med om att det handlar om arbetarnas yrkesstolthet, om arbetarna verkligen bryr sig och vill att ledningen ska vara så bra som möjligt när de lämnar arbetsplatsen, så blir resultatet bättre.

Materialpolicyn anger vilken brunn som ska sättas var.

Det är inte möjligt att göra nya anslutningar direkt in till en plastbrunn men det är möjligt att ansluta genom att gå in genom stigarröret. Betongen i kontrast tycker respondenterna är oslagbar i detta då det inte krävs mycket arbete för att göra en ny anslutning i brunnen.

En plastbrunn upplevs vara lättare att få tät då man behöver vara mer noggrann med betong.

Respondenterna tycker att arbetsbelastningen är högre när man installerar en plastbrunn där det uppkommer mer kapning, packning och smörjning. Vid betongbrunn försöker man inte att göra några lyft utan låter grävmaskinen göra allt jobbigt.

Det uppstår ingen stor skillnad på framdriften mellan plast och betong. Det förekommer nog mer moment i betongbrunnen, men det är möjligt att enbart sätta halva brunnen på plats så att man får mer flexibilitet, medan brunnen i plast kommer färdig.

6. Diskussion

Vissa frågor som ställdes under intervjuerna som inte visade sig vara relevanta för arbetet har strukits och reflekteras därmed inte i intervjuerna samt i Bilaga 1, 2, 3 & 4.

Utifrån det kvantitativa resultatet uppstår det skillnader i koldioxidutsläppen mellan de olika materialen men enbart för att produkterna presenterar sämre värden betyder dock inte att den är nödvändigtvis sämre, utifrån både ett funktionellt och ur ett ekologiskt perspektiv. Skulle till exempel livslängden skilja sig mellan materialen så skulle resultaten se drastiska förändringar. EPD-studierna innefattar inte heller hela livscykeln, så det kan uppstå gråzoner som man ytterligare behöver värdera vid framtida materialval. Ett exempel som nämns i både Benders LCA (Benders Sverige AB, 2018) och S:T Eriks EPD-studier (EPD International AB & S:t Eriks AB, 2020) så uppstår kalcinering efter installation av betongprodukter där kalkstenen i cementen omvandlas tillbaka till kalksten och då återtar CO_2 under användning och slutskedet, Benders (Benders Sverige AB, 2018) uppskattar att det vanligtvis återtar mellan 20-30 % av CO_2-utsläppet.

Jämförs koldioxidutsläppen hämtade från LCA och EPD-studier med Granta EduPack uppstår det både små och stora skillnader vilket kan åskådas i tabell 6.1 och bör utforskas ytterligare. Observeras 400 mm "Brunn Betong" i tabell 6.1 som är längst ifrån Granta EduPacks värden så har en annan EPD-studie från företaget Humes i Nya Zeeland (EPD Australasia Limited & Humes Pipeline Systems, 2023), som deklarerar flera av deras olika armerade betongrör så hamnar de mycket närmare Granta EduPack, utifrån deras 5 grupperingar av olika armerade rör, så kan deras värden ses i tabell 6.2 längs med värden hämtade från Granta EduPack.

Material	Granta EduPack	
	Lägre gräns	Högre gräns
PE	94.8%	85.8%
Segjärn	98.1%	85.3%
PP Extrudering	69.7%	63.1%
PVC	68.6%	62.1%
Betong Oarmerad	48.0%	43.5%
Betong Armerad	54.5%	49.4%
PP Formsprutning	50.7%	45.9%
400 Brunn Betong	43.1%	39.0%
1000 Brunn Betong	53.1%	48.1%

Tabell 6.1 innefattar i procentform alla värden hämtade från LCA och EPD-studier delat med värdena hämtade från Granta EduPack

Humes Pipeline Systems	Grupp 1	0.271	A1-A3
	Grupp 2	0.242	
	Grupp 3	0.266	
	Grupp 4	0.287	
	Grupp 5	0.274	
Granta EduPack	Lägre gräns	0.24	A1 + A3
	Högre gräns	0.27	

Tabell 6.2 innefattar Humes 5 olika betongrörsgrupperingar och dess koldioxidekvivalenter hämtat från deras EPD samt respektive värden för lägre gräns gentemot högre gräns hämtat från Granta Edupack

Rapporten har inte vidare utforskat varför de stora skillnaderna existerar i de två svenska producenterna av betong. Dock så ställdes frågan kort till en av respondenterna från betongsintervjun där respondenten inte upplevde att de var mycket bättre än resten av branschen. En möjlig förklaring skulle vara att Sverige ligger långt fram i många miljöaspekter jämfört med majoriteten av andra länder, men det behöver utforskas vidare och är ingen slutsats som kan dras i det här arbetet.

Utifrån hämtade EPD-studier kan dessa resultat observeras.

Från figur 4.1 så kan det ses att i tryckfallsledningar har PE i både SDR17 och SDR11 ett lägre koldioxidavtryck i alla tre dimensioner än segjärn men det kan observeras att skillnaderna minskar i större

ledningar, vilket kan hänföras till att väggtjockleken av PE ökar i mycket snabbare takt än segjärn. För ZM-ledningar i segjärn kommer resultaten bättre att reflekteras om det kommer en EPD-studie som är tillägnad den specifika produkten. Slutligen i kontrast till de andra materialen så är både PE och Segjärn relativt nära Granta EduPacks värden.

Från figur 4.2 så kan det ses att i självfallsledningar så har PP det lägsta koldioxidutsläppet i både dimension 200 mm och 400 mm. Det är också värt att observera att även då PP har en högre koldioxidekvivalent än PVC, så har den på grund av dess lägre vikt ett lägre koldioxidutsläpp. För betong är det viktigt att observera att dimensionen är 225 mm och inte 200 mm men resultatet bör fortfarande vara högre även om ledningen normerades till 200 mm. I dimension 400 mm för både oarmerade och armerade ledningar så har de ett högre koldioxidutsläpp än PP men ett lägre utsläpp än PVC. I kontrast till tryckfallsledningar är alla resultaten i självfallsledningar relativt nära varandra utifrån koldioxidutsläppen men långt ifrån Granta EduPack.

För brunnar är det väldigt viktigt att observera att många av produkterna inte har specifikt tillägnade LCA- eller EPD-studier vilket skevar det slutliga resultatet. Om slutsatser ska dras mellan de olika brunnarna kan man se en markant ökning av koldioxidutsläppet för nedstigningsbrunnar i betong utöver PP medan det i tillsynsbrunnar är en relativt liten ökning av koldioxidutsläppet i betong utöver PP.

Skulle alla komponenter istället tillverkas genom formsprutning istället för extrudering som är antagandet i använda EPD-studier så skulle det enligt tabell 4.1 adderas 1.2 kg CO_2/kg till koldioxidekvivalenten utifrån Granta EduPacks värden. Resultaten uträknade från det förhöjda värdet kan enligt tabell 6.3, observera att nedstigningsbrunnar blir likvärdiga i koldioxidavtryck medan tillsynsbrunnar blir mer miljövänliga i betong.

LCA - EPD	S:T Eriks, Benders	Pipelife	Pipelife + 1.2 kg CO_2/kg
Nedstigningsbrunnar	Betong Nedstigning 1000 mm DN	Plast Nedstigning 1000 mm DN - Extruderade komponenter	Plast Nedstigning 1000 mm DN - Formsprutade komponenter
CO_2 (kg/Produkt)	378.0	247.3	379.8
Tillsynsbrunnar	Betong Tillsyns 400 mm DN	Plast Tillsyns 400 mm DN - Extruderade komponenter	Plast Tillsyns 400 mm DN - Formsprutade komponenter
CO_2 (kg/Produkt)	82.4	73.0	112.1

Tabell 6.3 innefattar den totala CO_2 (kg/Produkt) från tabell 4.13 och 4.14 i grönt samt ett justerat resultat där koldioxidekvivalenten från PP - Pipelife - EPD i tabell 4.2 ökar med 1.2 från skillnaden på koldioxidekvivalenterna mellan formsprutade PP produkter och extruderade PP produkter enligt tabell 4.1

Notera att det kvalitativa resultatet enbart fokuserar på CO_2-värden men att det även finns många andra miljömässiga aspekter som kan vara lika värdefullt att observera, vare sig det är att fundera på vikten av att använda återvunnet material, att kolla på andra typer av utsläpp eller energi- och vattenförbrukning i samband med de olika produkterna.

För att ta reda på livslängden och kostnader för ledningar så är Tabell 4.15 ett bra initialt verktyg, men det finns så många värderande faktorer som påverkar ledningarnas livslängd så det är svårt att göra några konkreta slutsatser. Några sådana aspekter är ålder på röret vid skada, vilket i den tabellen inte inkluderas. Gjutjärn kan där observeras ha mer än en tre gånger så hög rörbrottsfrekvens som PE och segjärn ihopslaget. Men det kan nog till viss del relateras till att gjutjärnet har legat mycket längre än de andra två materialen. En annan aspekt är att alla material har sett en viss materialutveckling sedan det först började

lägga i mark. Idag används fjärde generationens PE-material inom VA-branschen och Göteborg har gått över till att enbart lägga ZM-ledningar i segjärn numera, då marken är så pass korrosiv (Mårtensson et al., 2018). Varken PE och segjärn har inte heller legat i 100 år än, vilket är vad båda av materialen bedöms ha som livslängd.

I PE finns det även en risk att man inte har hittat alla de rörbrott som har uppstått då det inte går att läcksöka i materialet, som tidigare tagits upp så försvinner cirka 20% av allt dricksvatten från ledningssystemet (Malm et al., 2019) och då är det möjlig att man i PE har läckor vilket leder till stora förluster som man inte vet om.

Ett delsyfte med kommunsintervjuerna var att få tillräckligt med information för att genomföra en kvalificerad bedömning på hur driftkostnaden på de olika materialen skulle kunna skilja sig. Den största tyngden som intervjuerna betonade var kostnaderna som uppstod i schaktarbeten vare sig det är vid nyanläggning, ersättning eller vid reparationer så därmed är livslängd och skadehistorik för de olika materialen avgörande för att kunna göra en fullständig kostnadsbedömning.

Utifrån intervjuerna är det inte möjligt att dra många faktabaserade slutsatser då det saknades mycket konkret information för bland annat kostnadsskillnader som uppstår vid olika reparationsarbeten eller hur stort genomsnittet på längden schaktarbete som behövs för reparationer i varje material. Mycket av den information som uttrycktes var i form av personliga åsikter vars vikt individuellt får värderas av läsarna.

Den kollektiva informationen som många av respondenterna var eniga i var att majoriteten av skadorna uppstår på grund av dåligt handhavande vid anläggning. Det påverkar också hur man bland annat ska tolka Tabell 4.15 då mycket av skadorna kanske inte är materialrelaterade överhuvudtaget. Åsikter angående hur ledningarna ska läggas och vilket kringfyllnadsmaterial som ska användas har förändrats med tiden, vilket även har en stor påverkan på resultaten.

Skadehistoriken som funnits att ta del av har varit för begränsad för att ha som underlag för att kunna genomföra en bra kostnadsanalys, vilket var ett av huvudsyftena i arbetets början. Resurserna som krävs för att kunna utforska konkreta kostnader blev för stora för denna rapportens omfattning.

Intervjuerna som genomfördes med relativt slumpmässigt valda arbetare i kommunen ledde till att resultatet blev någorlunda partiskt mot hur kommunens materialpolicy ser ut. Bland annat framgick det från resultatet att Kommun 1 hade mycket mer positivt att säga om segjärn medan Kommun 2 var den enda kommunen som aktivt arbetade med och förespråkade för användandet av PVC.

Arbetsbelastningen bör vara ganska lik för alla material om man arbetar på rätt sätt men arbetet upplevs vara lättare om man arbetar i plast. I tryckledningar verkar arbetarnas yrkeserfarenhet med materialen vara den största betydande faktorn vid framdrift men i självfall så upplevdes det snabbare med plast då betongledningar är väsentligt kortare vilket skapar mer sammanfogningsarbete.

De främsta fördelarna som alla plastmaterialen har utifrån intervjuerna med både leverantörer och kommuner är att de har en låg vikt och är lättare att arbeta med.

Det råder osäkerhet om hur mycket mikroplaster som släpps ut i naturen till följd av tillverkning och installationer av plastprodukter i VA-system. Leverantörer påstår dock att det inte finns någon forskning som tyder på att deras produkter skulle släppa ut mikroplaster, efter en omfattande informationssökning angående mikroplastutsläpp i avloppssystem så har det inte kunnat bevisas eller motbevisas och det finns därmed ingenting som tyder på att rör och brunnar av plast skulle vara en stark orsak till att mikroplaster släpps ut, men bör utforskas vidare.

Livslängden på alla plaströr är satt på 100 år och det är väldigt få som argumenterar mot att den inte skulle kunna uppnå det eller potentiellt längre. De simuleringstester som leverantörer genomför upplevs dock inte motsvara de verkliga livsförhållanden som ledningar ska utsättas för i 100 år. Att en respondent från leverantörssidan tog upp att deras tester visat att plast kan uppnå en livslängd på upp till 700 år bör ifrågasättas om hur verkliga de testerna faktiskt är. Sedan är leverantörernas garanti bara satt på några år så det får ifrågasättas hur viktigt det är för dem att utföra tester som potentiellt skulle skada plastens bra rykte. Därmed är det nog viktigt att oberoende institut som 4S eller RISE, som var nämnda i intervjuerna, att genomföra bättre verklighetsbaserade tester för att beräkna den aktuella livslängden.

Möjligheten att övergå från dagens plaster till mer hållbara alternativ existerar redan och kommer mest troligtvis bara fortsätta att utvecklas. I dagsläget är intresset inte tillräckligt stort då leverantörerna upplever att kunderna inte är villiga att stå för de höga kostnaderna som bioplasten har just nu. Det finns dock blandningar ute på marknaden där man kombinerar vanlig plast med bioplast så att miljöutsläppet minskar medan kostnaderna inte blir för höga.

Det hade varit lockande att inkludera en bioplast i det kvantitativa resultatet för att kunna jämföra dess miljöpåverkan men det uteslöts då det idag inte fanns några EPD-studier på de produkterna.

Den största nackdelen med plast i tryckfall utifrån kommunintervjuerna är bristen på möjligheten att läcksöka. Det är svårt att identifiera exakt hur viktig roll läcksökheten har men upplevs från respondenterna att det är viktigt för att kunna uppnå bra koll på hur driften ser ut. Läcksökheten i segjärn upplevs därmed vara en, om inte den viktigaste fördelen, som segjärnet har. Dock tror majoriteten att läcksökhet kommer att även komma till plast då det finns ett så pass stort behov, då de plastleverantörer som intervjuats inte aktivt arbetade för att hitta nya läcksökningsmetoder så kommer lösningen troligen att behöva komma från annat håll. Plasttillverkare har i regel inte de kunskaper inom fysik som krävs för att lösa problemet med läcksökning i plast.

Utöver läcksökheten så är en annan fördel att det inte sker någon ny materialutvinning då rören produceras enbart utifrån återvunnet material där dricksvattenledningar i plast måste vara av jungfruligt material och därmed kräva fortsatt oljeutvinning. En annan stor fördel skulle vara om det hade varit möjligt att återanvända samma kringfyllnadsmaterial som legat innan, enligt en planeringsingenjör från Växjö kommun görs inte det på grund av krav från deras tekniska vägledningar men det kopplas även till att Småland har mycket sten i deras jord.

En av segjärnets nackdelar är att det är dyrt, sedan får man värdera hur viktigt inköpspriset egentligen är om de enbart står för en bråkdel av totalkostnaden för hela projektet. Utifrån det kvantitativa resultatet så är det även betydelsefullt sämre för miljön men som tidigare nämnts i rapporten så är övriga EPD-studier inte lika fullständiga och segjärn kan potentiellt vara mycket bättre i resterande moment.

Betongprodukternas största fördelar är att de framförallt är tyngre så att både brunnar och rör kommer att ligga mer stabilt i marken medan det finns risk för plasten att kunna flytta på sig vid dålig packning. Den deformeras inte heller och kan lagras utomhus. Det skulle också vara en fördel om det är möjligt att återanvända samma schaktmaterial som tidigare legat på plats men som nämnt under segjärnets fördelar så händer det sällan. Främsta nackdelarna verkar vara att den är känsligare för saltvatten och svavelväte i avloppet samt att det är svårare att justera positionen på produkterna, huvudsakligen på grund av dess höga vikt.

Betong kommer troligtvis se fortsatta reduktioner av koldioxidutsläpp vid framställningen av grönare betongsmaterial där man starkt reducerar kalkstensmängden.

7. Sammanvägning av Resultat och Diskussion

I tryckfall har PE de stora fördelarna att materialet väger mindre, är billigare, potentiellt är lättare att arbeta med och har utifrån hämtade EPD-studier ett mycket lägre koldioxidutsläpp. Segjärn däremot har möjligheten att läcksöka, att återvinna material och möjligheten att återanvända av det befintliga kringfyllnadsmaterialet som grävs upp i schakten.

I självfall är PP troligtvis ett bättre materialval än PVC i majoriteten av arbeten då det var det mest förespråkade materialet i självfallsledningar utifrån intervjuerna samt att det har i motpart till vad en leverantör uttryckte sig, även ett lägre koldioxidavtryck än PVC. Både betong och PP har sina egna fördelar och användningsområden där de bör appliceras.

Utifrån vad flera av respondenterna från kommunsintervjuerna har diskuterat så upplevs PP- och betongbrunnar ha många olika fördelar mot varandra, därmed kan inga starka slutsatser dras om vilken som är bättre utan det bör väljas beroende på behov. Utifrån den kvantitativa jämförelsen bör brunnarna inte jämföras då komponenterna i PP-brunnen enbart går utifrån EPD satt för extruderade PP-rör där åtminstone vissa komponenter i verkligheten hade formsprutas eller tillverkats genom annan metod vilket kan ha drastiska effekter vilket kan ses i tabell 6.3.

Alla värden i den kvalitativa delen är statiska medan produkterna ser en kontinuerlig förändring, nya EPD-studier tas fram och miljöutvecklingen observeras att gå väldigt snabbt. Hämtade siffror i rapporten är också baserade på många genomsnitt från flera leverantörer där man egentligen bör beräkna miljöpåverkan som förekommer i varje projekt, då företagen i verkligheten inte ser sig lika ut.

Flera av de respondenterna som intervjuats från kommunsidan upplever att majoriteten av skadorna som uppstår inte är materialrelaterade. Därmed kommer det vara ofantligt svårt att göra konkreta bedömningar på vad skadehistorik egentligen säger. Tabell 4.15 skulle egentligen behövas expanderas så att ledningarnas ålder inkluderas samt att enbart materialrelaterade skador antecknas, då handhavande skador skapar felkällor i resultatet. Svårigheten att identifiera läckor i PE-ledningar skapar även en ytterligare felkälla som måste beaktas när man jämför med segjärn.

8. Framtida Forskning

De EPD-studier som har använts bör utforskas mer utifrån vad de tar med och vad de lämnar ute. Kalcinering är ett av troligen flertal exempel som har nämnts men är garanterat inte den enda vägande faktorn som har blivit utesluten. Sedan behöver det analyseras om A1-A3 vilket är de moment som har använts för det kvantitativa resultatet faktiskt står för majoriteten av utsläppet eller om det bara är en bråkdel av helhetsperspektivet. Siffror ändrar sig även hela tiden och de EPD-studier som använts kommer inte att vara giltiga om ett decennium.

Tillvägagångssättet till hur intervjuer med kommuner sattes upp kunde ha genomförts på annat vis för att få mer värdefulla svar. Ett alternativ för att kunna producera bättre resultat skulle potentiellt vara att hitta experter inom varje specifikt material för att intervjua så att man värderar deras åsikter mot varandra istället för att ha ett flertal partiska åsikter som talar för och emot varje material.

Det skulle vara värdefullt för kommunerna att känna till alla kostnader som uppstår hela vägen från vagga till grav. För att åstadkomma ett resultat så bör man ytterligare kolla på statistik men också kunna identifiera alla de felkällor som uppstår för att skapa något konkret som kan bedömas. Sedan behöver man även hitta alla specifika kostnader som uppstår vid schaktarbeten, reparationskostnader, skadefrekvens och konkreta livslängdsbedömningar av olika material.

9. Referenser

Alfa Rör AB. (2021). *Rör och brunnar*. https://static.byggtjanst.se/byggkatalogen/documents/dokument/66/alfa-ror-och-brunnar-juni-2021-webb9.pdf

Ansys. (u.å.). *Ansys Granta EduPack | Software for Materials Education*. Ansys. https://www.ansys.com/products/materials/granta-edupack

Benders Sverige AB. (u.å.). *Produktkatalog*. https://www.benders.se/globalassets/start/sortiment/va-system/se-va-produktlista-2023-hu.pdf

Benders Sverige AB. (2018, 11 30). *Miljövarudeklaration: Betongbrunn dim 400 (baserat på CBMD1040)*. https://benders.se/globalassets/start/hallbarhet/hallbarhet-dokument/lca-dokument/lca-va-brunn-dim-400-benders-sodra-sandby-2.9-ny.pdf

Benders Sverige AB. (2018, 12 21). *Miljövarudeklaration: Betongbrunn botttendel dim 1000 (Baserat på BD1077)*. https://www.benders.se/globalassets/start/hallbarhet/hallbarhet-dokument/lca-dokument/lca-va-bd-1077-benders-sodra-sandby-2.9-ny.pdf

Emmanuel, A. K., Emmanuel, G., Frank, A. O., Salifu, A. T., Anthony, A., & Abigail, T. (2020, Jan-February). Material Selection for Water Pipes by the Multi-Objective Decision-Making Method: The Case of Alternative Materials for PVC Pipes. *Journal of Science and Technology*, *Volume 5*(Issue 1), s29.

EPD Australasia Limited & Humes Pipeline Systems. (2023, 07 31). Environmental Product Declaration: Reinforced Concrete Pipes (RCP). https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/44767af8-90ab-4b2f-f9cb-08db99345335/Data

EPD International. (u.å.). *Environmental Product Declarations*. https://www.environdec.com/all-about-epds/the-epd

EPD International AB & S:t Eriks AB. (2020, 09 15). https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/f3e82268-4ad0-496f-a1d2-959acdecdeef/Data

EPD International AB & S:t Eriks AB. (2020, 09 15). *Environmental Product Declaration*. St Eriks. https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/cff43614-4e15-4f5a-97d4-f05942e93db7/Data

Gomez Ferrer, M., & Saint-Gobain PAM. (2022, 09 09). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION: Natural DN200*. Retrieved May 26, 2024, from https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/0c213d23-d3dd-48bf-696d-08da94c36b94/Data

Gomez Ferrer, M., & Saint-Gobain PAM. (2022, 09 09). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION: Pipe system Natural DN400*. Retrieved May 26, 2024, from https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/6e316516-eee4-419a-6979-08da94c36b94/Data

Gomez Ferrer, M., & Saint-Gobain PAM. (2022, 09 09). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION: Pipe system Natural DN800*. Retrieved May 26, 2024, from https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/eea21141-7b13-4b85-39d4-08da8f03cf69/Data

Gustavsberg RörSystem AB. (u.å.). *Produktkatalog*. https://www.gustavsberg-ror.se/produkter/

Hedenus, F., Persson, M., & Sprei, F. (2018). *Hållbar utveckling: nyanser och tolkningar*. Studentlitteratur AB. s27, s32-40

Malm, A., Axell, L., Svensson, G., & Røstum, J. (2019). *Vattenförluster från ledningsnätet – beräkningsverktyg för en hållbar nivå*. https://vav.griffel.net/filer/svu-rapport-2019-17.pdf, s19, s44.

Malm, A., Horstmark, A., Larsson, G., Uusijärvi, J., Meyer, A., & Jansson, E. (2011). *Rörmaterial i svenska VA-ledningar – egenskaper och livslängd*. https://vav.griffel.net/filer/Rapport_2011-14.pdf, s10, s13, s15, s26, s29-s33, s37, s50-s52.

Mårtensson, H., Malm, A., Sederholm, B., Sällström, J.-H., & Trägårdh, J. (2018). *Framtidens hållbara VA-ledningssystem*. https://www.svensktvatten.se/contentassets/0dfc8061928d4757a8f816f66486b31e/svur_18-10a.pdf, s24, s66.

The Norwegian EPD Foundation & Pipelife Sverige AB. (2023, 02 15). *Environmental product declaration: PE100 RC Water Pressure pipes SDR 17*. https://www.pipelife.se/content/dam/pipelife/sweden/marketing/general/environmental-documents/epd/NEPD-4474-3731_PE100-RC-Pressure-Sewage-pipes-SDR-11.pdf

The Norwegian EPD Foundation & Pipelife Sverige AB. (2023, April 3). *Environmental product declaration: PP Sewage pipe*. https://www.pipelife.se/content/dam/pipelife/sweden/marketing/general/environmental-documents/epd/NEPD-4323-3558_PP-Sewage-pipe-.pdf

The Norwegian EPD Foundation & Pipelife Sverige AB. (2023, April 3). *Environmental product declaration: PVC Sewage pipe*. https://www.pipelife.se/content/dam/pipelife/sweden/marketing/general/environmental-documents/epd/NEPD-4321-3560%20PVC%20sewage%20pipes.pdf

Pilla, S. (Ed.). (2011). *Handbook of Bioplastics and Biocomposites Engineering Applications*. Wiley. s1-s2.

Pipelife Sverige AB. (u.å.). *Produktkatalog*. https://catalog.pipelife.com/se/va-1579

Sivakrishna, A., Adesina, A., Awoyera, P.O., & Rajesh Kumar, K. (2020). *Green concrete: A review of recent developments*. s55.

S:T Eriks. (u.å.). *Produktkatalog*. https://steriks.se/produktsortiment/va/

Tubman. (u.å.). *Produktkatalog*. https://tubman.se/va

Uponor Infra AB. (u.å.). *Produktkatalog*. https://www.uponor.com/sv-se/infra/katalog

Uponor Infra AB. (2022). *Uponor Accesso 1000*. https://brandportal.uponor.com/m/1bd26cb4587fb5ba/original/Tekniska_data_Accesso_1000_Technical_data_Accesso_1000_SE.pdf

Van de Kerk, G., & Manuel, A. R. (2008, Januari 18). A comprehensive index for a sustainable society: The SSI — the Sustainable Society Index. *Ecological Economics*, s229. 10.1016/j.ecolecon.2008.01.029

Wavin Sverige. (u.å.). *Produktkatalog*. https://wavin.com/sv-se/produktkatalog?category=Vatten

10. Bilagor

Bilaga 1

-Vilka är era största ekologiska utmaningar just nu?

-Vad gör ni för att minska koldioxidutsläppet vid produktion och utvinningen?

-Går det att återvinna era gamla produkter?

-Hur ser hela näringskedjan ut för era segjärnsledningar? Hur långt transporteras material (nationella- eller lokala gränser)?

-Vad har ni för krav på era leverantörer samt fabriker i andra länder när det kommer till hållbar utveckling? Har ni koll på hur allt går till vid produktion och utsläpp?

-Vad ser ni för fördelar med era material? Kan ni se några nackdelar? (Ledningar och brunnar)

-Vad bedömer ni att livslängden är på era VA-produkter?

-Hur kvalitetstestar nya era produkter?

-Försöker ni utveckla era material på något sätt för att förbättra materialet och dess egenskaper?

-Kollar ni på att införa nya material?

-Anser ni att priset brukar vara det avgörande beslutet eller jobbar inköpet djupare med andra faktorer, till exempel koldioxidutsläpp?

-Vad tycker ni att eran miljöutveckling främst drivs av? (Kundefterfrågan, intern drivkraft, politiska mål etc.)

-Är det något övrigt som ni tycker är viktigt för oss att veta om eller kolla på i vårt arbete?

Segjärn specifik fråga:

-Utifrån diskussioner med rörläggare så har de flesta sagt att den stora fördelen med Segjärn är läcksökheten, ser ni det som eran största fördel eller vad är erat perspektiv på läcksökhet?

Plast specifik frågor:

-Nu när olika plaster är relativt nya rörmaterial och livslängden på något rör aldrig har nått upp till 100 år än, tror ni att livslängden kan vara mer än 100 år?

-Hur stora är fördelarna med PE100 RC jämfört med det tidigare generationer av PE-materialet?

-Förespråkar ni för en plast över andra? (t.ex. PE över PVC i tryckrör eller PVC över PP i självfall)

-Arbetar ni något med potentiella läcksökningsmetoder för era plaströr?

-Mikroplaster är ju mycket i nyheterna nuförtiden, jobbar ni aktivt med forskning kring ämnet för att minska eller mitigera mikroplast läckor i rören, kasseringen etc.?

Betong specifik fråga:
-Vad finns det fördelar med nya betongrecept som tas fram jämfört med vad som har använts tidigare?

Bilaga 2 - Rörläggare

Tryckledning specifika frågor:

-Vilka av de här materialen har du lagt? (PE, Segjärn)

- Vad ser du för fördelar med? (PE, Segjärn)

- Vad ser du för nackdelar med? (PE, Segjärn)

-Hur är skillnaden på belastning beroende på vilket material som du arbetar med? (PE, Segjärn)

-Hur skiljer sig framdriften vid anläggning av olika material? (PE, Segjärn)

-Hur enkelt är det att få ett tätt ledningssystem av olika material? (PE, Segjärn)

-Hur enkelt är det att foga materialen mot varandra? (Kopplingar, svetsar, elmuffsvets, stumsvets)

Självfall specifika frågor:
-Vilka av de här materialen har du lagt? (PP, PVC, Betong)

- Vad ser du för fördelar med? (PP, PVC, Betong)

- Vad ser du för nackdelar med? (PP, PVC, Betong)

-Hur ser du på att använda hjälpverktyg för att kunna lyfta och placera tunga ledningar jämfört med att flytta komponenterna i hand?

-Hur är skillnaden på belastning beroende på vilket material som du arbetar med? (PP, PVC, Betong)

-Hur skiljer sig framdriften vid anläggning av olika material? (PP, PVC, Betong)

-Hur enkelt är det att få ett tätt ledningssystem av olika material? (PP, PVC, Betong)

-Hur enkelt är det att koppla ledning till befintligt ledningssystem? (PP, PVC, Betong)

Brunnar specifika frågor:

-Vilka av de här materialen har du lagt? (PP, Betong)

- Vad ser du för fördelar med? (PP, Betong)

- Vad ser du för nackdelar med? (PP, Betong)

-Hur ser du på att ansluta nya ledningar till brunnar i båda materialen? (PP, Betong)

-Hur enkelt är det att få täta brunnar i båda materialen? (PP, Betong)

-Hur är skillnaden på belastning beroende på vilket material som du arbetar med? (PP, Betong)

-Hur skiljer sig framdriften vid anläggning av olika material? (PP, Betong)

Bilaga 3 - Underhåll- och driftsarbetare

Frågor om Tryckfallsledningar (PE, Segjärn)

-I tryckledningar, vad är det för drift- och underhållsarbeten som ni utför?

-Ser ni någon arbetsskillnader i olika material?

-Hur läcksöker ni på ledningar i olika material?

-Kollar ni på att införa nya läcksökningsmetoder för PE? Har ni nyligen implementerat någon läcksökningsmetod?

-Vilka av de här materialen har du genomfört underhållsarbete? (PE, Segjärn)

- Vad ser du för fördelar med? (PE, Segjärn)

- Vad ser du för nackdelar med? (PE, Segjärn)

-Hur är skillnaden på belastning beroende på vilket material som du arbetar med? (PE, Segjärn)

-Hur skiljer sig framdriften vid anläggning av olika material? (PE, Segjärn)

-Hur enkelt är det att få ett tätt ledningssystem av olika material? (PE, Segjärn)

-Hur enkelt är det att foga materialen mot varandra? (Kopplingar, svetsar, elmuffsvets, stumsvets)

Frågor om Självfallsledningar (PP, PVC, Betong)
-Vad är det för drift- och underhållsarbeten som ni utför?

-Ser ni någon arbetsskillnader i olika material?

-Hur ofta underhålls spolar ni ledningsnätet? Är frekvens påverkad av vilket material som läggs?

-Vilka av de här materialen har du genomfört underhållsarbete? (PP, PVC, Betong)

- Vad ser du för fördelar med? (PP, PVC, Betong)

- Vad ser du för nackdelar med? (PP, PVC, Betong)

-Hur ser du på att använda hjälpverktyg för att kunna lyfta och placera tunga ledningar jämfört med att flytta komponenterna i hand?

-Hur är skillnaden på belastning beroende på vilket material som du arbetar med? (PP, PVC, Betong)

-Hur skiljer sig framdriften vid anläggning av olika material? (PP, PVC, Betong)

-Hur enkelt är det att få ett tätt ledningssystem av olika material? (PP, PVC, Betong)

-Hur enkelt är det att koppla ledning till befintligt ledningssystem? (PP, PVC, Betong)

Bilaga 4 - Underhåll- och driftsansvariga

-Vad bedömer du att livslängden är för olika material?

-Ser ni en skillnad i skadefrekvens av olika material?

-Skriver ni ner historik om de skador som ni hittar för att se skadefrekvens?

-Vad skiljer kostnaderna för att göra lagningar i olika material?

-Skriver ni ner historik om de kostnader som uppstår vid drift och underhåll?

-Tycker du att man vid inköp lägger vikt på drift- och underhållsperspektivet? (miljöperspektiv)

-Skulle ni vilja veta alla kostnader som uppstår på lednätet? Vad skulle behövas för att uppnå full kunskap om kostnaderna? (mer från leverantörer, mer resurser internt, bättre teknik)

Bilaga 5 - Koldioxidutsläpp för produkter i alla standarddimensioner

PE SDR17	Pipelife	Wavin	Uponor	Medelvärde	Pipelife - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
						Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)			Nettovikt (kg)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
110	2.200	2.058	2.190	2.149	4.793	5.055	5.586
160	4.500	4.312	4.580	4.464	9.955	10.499	11.602
200	7.378	6.751	7.140	7.090	15.810	16.675	18.426
250	10.909	10.498	11.120	10.842	24.179	25.501	28.180
315	17.540	16.711	17.690	17.314	38.609	40.722	44.998
400	28.900	26.897	28.207	28.001	62.443	65.859	72.775
500	44.500	42.126		43.313	96.588	101.872	112.571
630	70.200	66.843		68.521	152.803	161.162	178.087
800	110.983			110.983	247.492	261.032	288.445

PE SDR11	Pipelife	Wavin	Uponor	Medelvärde	Pipelife - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
						Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)			Nettovikt (kg)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
110	3.196	3.016		3.106	6.926	7.305	8.072
160	6.612	6.402	6.833	6.616	14.753	15.561	17.195
200	10.307	9.979	10.583	10.290	22.946	24.202	26.743
250	16.053	15.561	16.583	16.066	35.827	37.787	41.755
315	25.478	24.704	26.080	25.421	56.688	59.789	66.068
400	41.063	39.817	42.125	41.002	91.434	96.436	106.564
500	64.171	62.245		63.208	140.954	148.666	164.278
630	101.861			101.861	227.150	239.577	264.737
800	164.122			164.122	365.992	386.015	426.553

PP SN8	Pipelife	Wavin	Uponor	Medelvärde	Pipelife - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
						Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)			Nettovikt (kg)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
110	1.216	1.293	1.267	1.259	2.820	4.047	4.471
160	2.560	2.685	2.382	2.542	5.694	8.173	9.029
200	3.998	4.109	3.545	3.884	8.700	12.487	13.796
250	6.333	7.000	5.426	6.253	14.007	20.104	22.211
315	11.500	11.110	8.961	10.524	23.573	33.834	37.380
400	17.500	17.780	14.327	16.536	37.040	53.162	58.735

PVC SN8	Pipelife	Wavin	Uponor	Medelvärde	Pipelife - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
						Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)			Nettovikt (kg)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
110	1.717	1.771	1.712	1.733	3.137	4.574	5.053
160	3.750	3.735	3.726	3.737	6.764	9.862	10.893
200	6.400		5.457	5.928	10.730	15.645	17.281
250	9.530	8.878	8.443	8.950	16.200	23.620	26.090
315	15.581	13.971	13.409	14.320	25.920	37.792	41.744
400	25.814	22.834	21.653	23.434	42.415	61.842	68.310

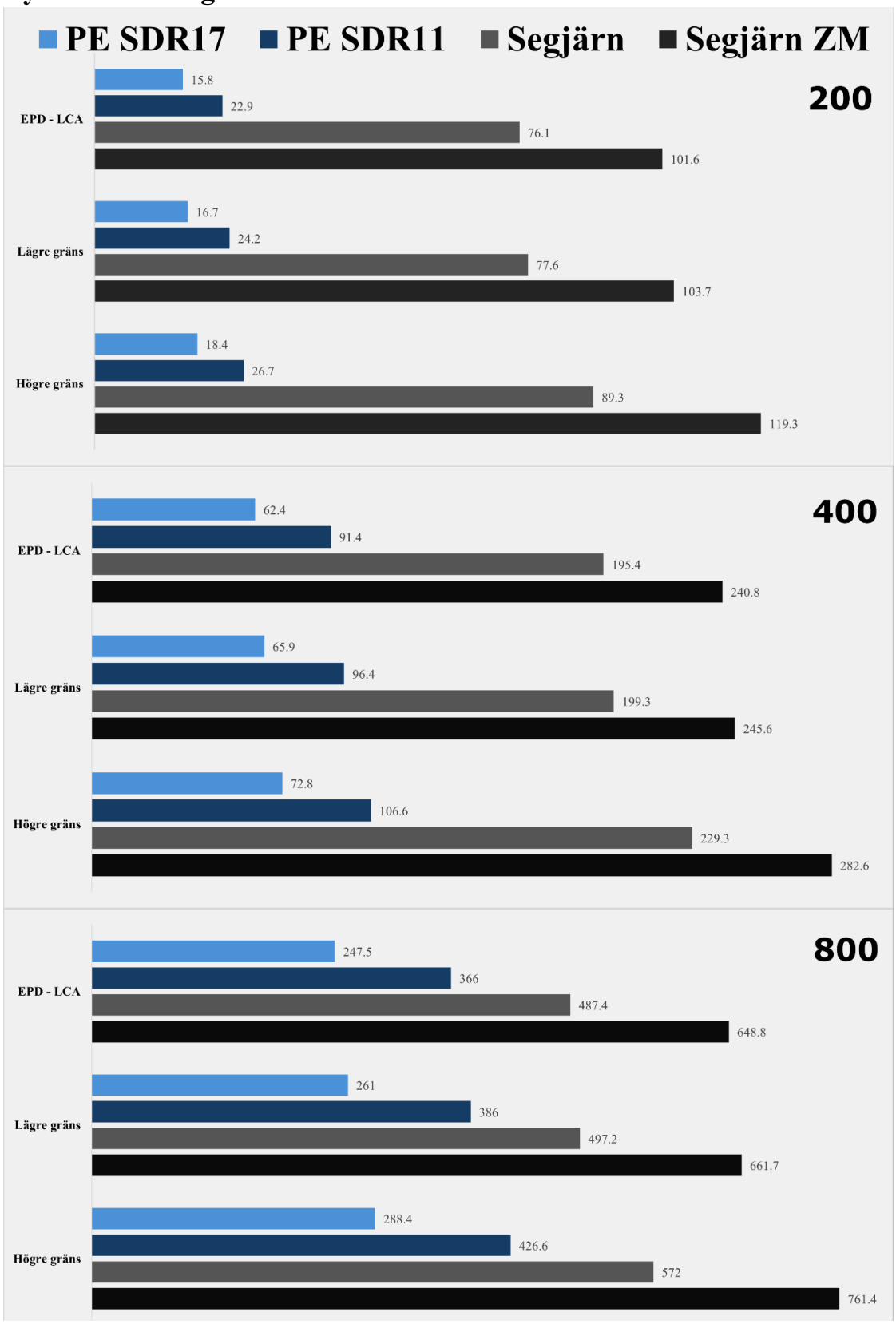
Segjärn - VRS PRO/Natural	Gustavsberg rörsystem	Saint-Gobain Pam	Medelvärde	Saint Gobain 400 - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
					Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)		Nettovikt (kg)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
150	32.0	22.2	27.1	57.6	58.8	67.6
200	41.3	30.2	35.8	76.1	77.6	89.3
250	55.0	42.2	48.6	103.5	105.5	121.4
300	70.8	55.6	63.2	134.5	137.2	157.9
400	104.2	79.4	91.8	195.4	199.3	229.3
500	140.0	111.2	125.6	267.3	272.6	313.7
600		150.6	150.6	320.5	326.9	376.1
700		186.2	186.2	396.3	404.2	465.1
800		229.0	229.0	487.4	497.2	572.0

Segjärn - VRS ZM	Gustavsberg rörsystem	Saint-Gobain Pam	Medelvärde	Saint Gobain 400 - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
					Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)		Nettovikt (kg)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
150	37.5	34.4	36.0	76.5	78.0	89.8
200	48.5	47.0	47.8	101.6	103.7	119.3
250	63.7	60.9	62.3	132.6	135.2	155.6
300	81.3	77.6	79.5	169.1	172.5	198.5
400	117.8	108.4	113.1	240.8	245.6	282.6
500	156.8	148.9	152.9	325.4	331.9	381.9
600		189.8	189.8	404.0	412.1	474.1
700		246.3	246.3	524.2	534.7	615.3
800		304.8	304.8	648.8	661.7	761.4

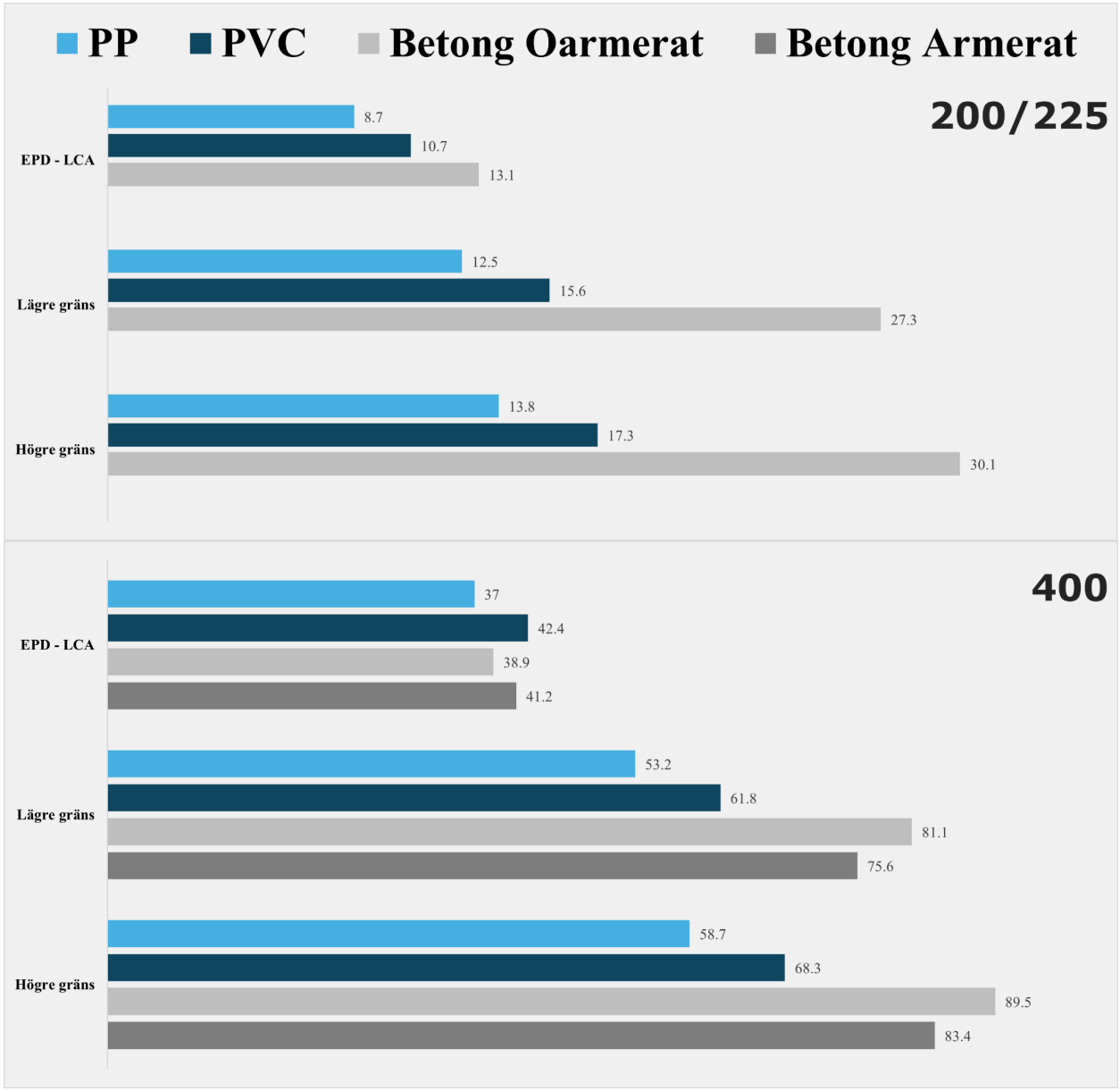
Betong, oarmerat	Benders	S:T Eriks	Medelvärde	S:T Eriks - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
					Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)		Nettovikt (kg)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
150		56.0	56.0	6.5	13.5	14.9
225	105.9	120.6	113.2	13.1	27.3	30.1
300						
400	336.4		336.4	38.9	81.1	89.5

Betong, armerat	Benders	S:T Eriks	Medelvärde	S:T Eriks - EPD koldioxidutsläpp	Granta EduPack	
					Lägre gräns	Högre gräns
Dimensioner (mm)	Vikt (kg)		Nettovikt (kg)	CO_2 (kg/m)	CO_2 (kg/m)	
400	336.4	290.9	313.6	41.2	75.6	83.4
500	400.0	409.1	404.5	53.2	97.5	107.6
600	477.3	468.2	472.7	62.1	113.9	125.7
800	854.5	877.3	865.9	113.8	208.7	230.3
1,000	1,272.7	1,100.0	1,186.4	155.9	285.9	315.6
1,200	1,363.6	1,481.8	1,422.7	187.0	342.9	378.4

Bilaga 6 - Stapeldiagram som innefattar koldioxidavtrycket för tryckfallsledningar



Bilaga 7 - Stapeldiagram som innefattar koldioxidavtrycket för självfallsledningar



INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH MATERIALVETENSKAP
AVDELNINGEN FÖR KONSTRUKTIONSMATERIAL
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se

CHALMERS