



Rapport

Diarienummer

NV Rapport 2020-03

Projektnummer

Examensarbete, 15p

Entreprenadarbetens miljöpåverkan vid underhåll av dricksvattennätet

En jämförande fallstudie av traditionella- och schaktfria ledningsnätsentreprenader i norra Stockholm
Examensarbete inom Teknik och ekonomi, KTH

ANDREAS MOHLÉN
ECMEL-KEMAL BAL
KTH

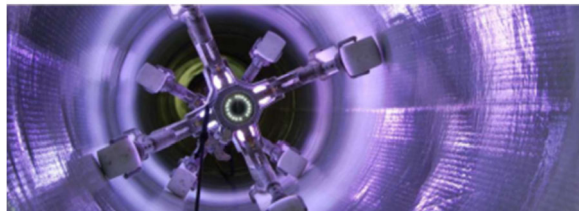
2020-03-12

Entreprenadarbetens miljöpåverkan vid underhåll av dricksvattennätet

En jämförande fallstudie av traditionella- och schaktfria ledningsnätsentreprenader i norra Stockholm

The environmental impact of maintenance related construction work of water supply lines

A comparative case study between traditional and trenchless technologies



Författare: Andreas Mohlén
Ecmel-Kemal Bal

Uppdragsgivare: Norrvatten

Handledare: Daniel Hellström, Norrvatten
Johan Wallberg, Norrvatten
Annika Gram, KTH

Examinator: Zeev Bohbot, KTH ABE

Examensarbete: 15 högskolepoäng inom Teknik och ekonomi;
Byggteknik & Design

Serienr: TRITA-ABE-MBT-2020

Godkännandedatum: 2020-03-12



EXAMENSARBETE INOM TEKNIK OCH EKONOMI,
GRUNDNIVÅ, 15 HP
STOCKHOLM, SVERIGE 2020

Entreprenadarbetens miljöpåverkan vid underhåll av dricksvattennätet

En jämförande fallstudie av traditionella- och schaktfria ledningsnätsentreprenader i norra Stockholm

ANDREAS MOHLÉN

ECMEL-KEMAL BAL

"Vi ska producera och distribuera dricksvatten av god kvalitet med minsta möjliga miljöbelastning."

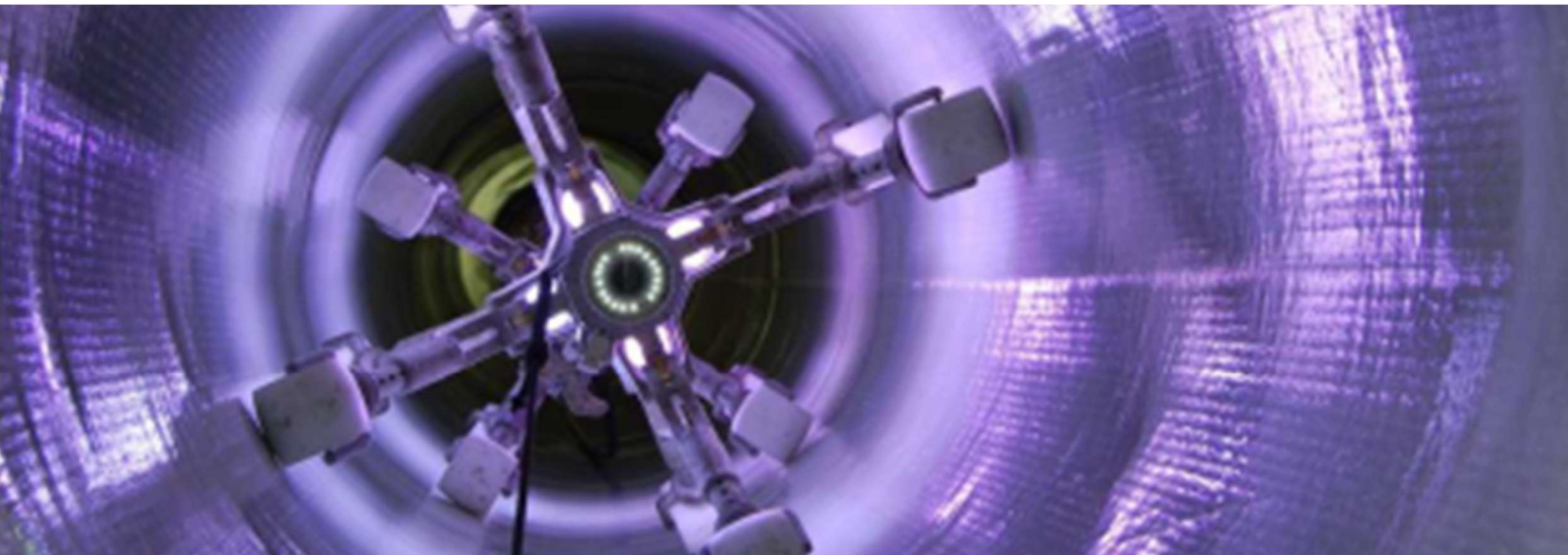
-Norrvatten

Entreprenadarbetens miljöpåverkan vid underhåll av dricksvattnätet

En jämförande fallstudie av traditionella- och schaktfria
ledningsnätsentreprenader i norra Stockholm

The environmental impact of maintenance related construction work of water supply lines

A comparative case study between traditional and trenchless technologies



Författare:	Andreas Mohlén Ecmel-Kemal Bal
Uppdragsgivare:	Norrvatten
Handledare:	Daniel Hellström, Norrvatten Johan Wallberg, Norrvatten Annika Gram, KTH
Examinator:	Zeev Bohbot, KTH ABE
Examensarbete:	15 högskolepoäng inom Teknik och ekonomi; Byggteknik & Design
Serienr:	TRITA-ABE-MBT-2020
Godkännandedatum:	2020-03-12

Sammanfattning

Hållbarhets- och klimatfokus driver aktörer inom bygg- och anläggningsbranschen att utveckla nya arbetssätt och verktyg för att minimera klimatpåverkan från den egna verksamheten. Livscykelanalyser, LCA, som ett miljöledningsverktyg för att analysera och minska klimatpåverkan från processer kräver stora resurser för att applicera LCA-metodik på hela entreprenadprojekt. Ett flertal nischade beräkningsverktyg har därför utvecklats av intressenter inom ledningsreovering.

Som ledningsnätsägare har Norrvatten höga krav på kvalitet vid nyläggning och reovering av huvudvattenledningar. Men även ett miljöfokus och engagemang för nya tekniker som mynnat ut i användandet av nya schaktfria metoder för reoveringsprojekt, ibland i grunden av praktiska skäl men där en betydande minskning av klimatpåverkan kan anses uppstå till följd. Genom större insyn i klimatpåverkan från entreprenadprojekt skapas underlag för framtida beslutsfattande, arbetsprocesser och fortsatta studier.

Syftet med studien var att se över tillgängliga beräkningsverktyg och deras användbarhet och användarvänlighet. Vidare att analysera aktuella vattenledningsentreprenadprojekt utförda i öppen schakt samt schaktfri metod för att se om dessa val kan påverka hur entreprenader kan utföras mer hållbart, ur ett klimatomässigt och ekonomiskt perspektiv.

Under studien uppstod problem vid resursinventering för entreprenaderna, där faktiska mängder från entreprenörer ej kunde erhållas. Endast övergripande kartläggning och analys utfördes därför av entreprenaderna, i kombination med ett antal beräkningsverktyg tillgängliga på marknaden.

Studien visar att många nischade beräkningsverktyg baserade på LCA-metodik saknar anpassning för analys av ledningsentreprenader med större rördimensioner, vanligt förekommande inom Norrvattens ledningsnät. Beräkningsverktyg saknar även den transparens och därmed jämförbarhet som renodlade LCA-verktyg. Resultatet visade dock att, även trots antagen och uppskattad analys av ingående parametrar för projekten, skapades en ganska likartad bild av den procentuella sänkningen av kg CO₂-ekvivalenter mellan de olika teknikerna. Den beräknade klimatpåverkan var omkring 80% lägre per meter ledning för påverkanskategori GWP, liknande det resultat som kunde erhållas från nischade beräkningsverktyg. Med hänsyn tagen till att den schaktfria metoden infodring är relativt ny för dricksvattenledningar samt har en halverad teoretisk materiallivslängd kan en teoretisk brytpunkt beräknas till 231,8 år eller drygt fyra schaktfria reoveringar innan klimatpåverkan uppgår till motsvarande reovering i traditionell öppen schakt.

Fortsatta studier kan med fördel mer ingående fokusera på resursinventering av entreprenader och fördjupning inom transparenta LCA-verktyg likt miljöberäkningsverktyget, BM 1.0. Alternativt bygga vidare på rapportens analys och beräkningsdel för framtagning av ett nischat beräkningsverktyg.

Nyckelord: vattenledning, ledningsnätreovering, entreprenadarbete, miljöpåverkan, LCA, nodig, schaktfritt

Abstract

Sustainability and environmental focus drives actors in the construction industry into developing new working methods and tools to minimize the climate impact from their own activities. Life cycle assessment, LCA, as an environmental management tool for analyzing and reducing the climate impact of processes require considerable resources to apply the methodology to entire construction projects. A number of niche calculation tools have therefore been developed by actors working with trenchless technologies.

As a grid owner, Norrvatten has high demands on quality when installing and renovating main water pipes. But also, an environmental focus and commitment to new technologies that have resulted in the use of new shaft-free methods for renovation projects, sometimes for practical reasons but where a significant reduction in climate impact can result. Greater transparency in the climate impact from contracting projects creates the basis for future decision-making, work processes and further studies.

The purpose of the study was to review available calculation tools and their usefulness and ease of use. Furthermore, to analyze current projects carried out in open shafts and shaft-free method to see if these choices can affect how contracts can be carried out more sustainably, from a climate and economic perspective.

During the study there were problems with gathering information about used resource from the contractors, therefore actual quantities from contractors could not be obtained. Only overall mapping and analysis was carried out, in combination with a number of calculation tools available on the market.

The study shows that many niche calculation tools based on LCA methodology lack adaptation for analysis of management contracts with larger pipe dimensions, commonly found in Norrvatten's pipeline network. Calculation tools also lack the transparency and thus comparability as general LCA tools. The result also showed that despite rough assumptions and analysis using several different calculation tools, with different input parameters, a fairly similar picture was created of the percentage reduction in kg CO₂ equivalents between the different technologies. The calculated result in climate impact category GPW was about 80% lower per meter pipeline. A similar result that could be obtained from niche calculation tools. Given that the NoDig-method with liner for potable water pipes is fairly new on the market and has a halved theoretical material-lifespan, a theoretical break-even can be estimated to 231,8 years or just over four life cycles of rehabilitation of pipes with the use of this NoDig-technology, before reaching the climate impact corresponding to traditional open shafts.

Continued studies can advantageously focus more on resource inventory of contracts and in-depth in transparent LCA-tools like the environmental calculation tool, BM 1.0. Or deeper analysis and further development on a niche calculation tool.

Keywords: potable water pipes, rehabilitation of pipes, environmental impacts, LCA, nodig, trenchless

Förord

Med detta arbete avslutar vi vår högskoleingenjörsutbildning inom Teknik & Ekonomi med inriktning Byggteknik & Design vid Kungliga Tekniska Högskolan, KTH.

Under våra tre års studier har vi, med hjälp av våra klasskamrater och lärare, upptäckt ett väldigt stort intresse för ämnet samt programmet.

Dricksvatten är det viktigaste i vårt liv. Att göra det mer miljövänligt och effektivt att utvinna dricksvatten borde vara vårt ultimata mål i samhället. Så vi hoppas på att den här studien blir inspiration och grundsten för flera, att fortsätta jobba med det här ämnet samt till och med förbättra det arbete som vi har tagit fram.

Vi vill börja med att tacka Norrvatten samt branschdeltagare vid 4S Ledningsnät teknikdag, hösten 2019, för ett varmt mottagande och visat engagemang inför vårt examensarbete. Ett extra tack riktas till våra handledare och kontaktpersoner vid Norrvatten; Daniel Hellström, Johan Wallberg och samtliga på Avd. Projekt & Utredning.

Vi vill även rikta ett stort tack till vår handledare Annika Gram, KTH, som har varit med och motiverat samt uppmuntrat oss till att göra ett bra arbete, och Nadia Al-Ayish, RISE, för både rådgivning och stöd under arbetets gång.

Slutligen, ett stort tack till familj och vänner för stöd under hela utbildningens gång.

Andreas Mohlén

januari 2020, Stockholm

Ecmel – Kemal Bal

januari 2020, Stockholm

Begreppsförklaringar

AMA	Allmänna Material- & Arbetsbeskrivningar.
DiVA	Digital VA-förvaltning; En norsk hemsida och plattform med stöd för digital VA-förvaltning. Innehåller samlade checklistor, verktyg och länkar.
DIVA	Databas för publicerade examensarbeten och dissertationer.
EPD	Environmental Product Declaration, miljövarudeklaration.
Fall A	Vid ett schaktarbete så används den massa som schaktades till fyllning av samma eller ett annat arbete.
Fall B	Den schaktmassa som uppkommer vid ett schaktarbete och som inte går att använda, överskottsmassor.
Från vaggan till graven	LCA-uttryck som syftar till ett helhetsperspektiv, från råvaru-utvinning, produktion och användning, till demontering och resursåtervinning.
GWP	Global Warming Potential är ett gemensamt mått framtaget för att möjliggöra jämförelse av växthusgaser som koldioxid, metan, freoner m.fl. GWP, mäts i ton koldioxidekvivalenter, CO ₂ e.
LCA	Livscykelanalys (- eller bedömning). "Life Cycle Assessment". Metodik specificerad enligt ISO standarder för bedömning av miljöpåverkan från vaggan till graven, d.v.s. från råvaruutvinning tills det att material- eller energiåtervinning sker.
LCI-studie	LCA-benämning för utförande av inventeringsanalys som sedan tolkas inom ramen för LCA.
Nodig	NODIG eller schaktfritt. Syftar till markarbeten där entreprenören undviker att gräva hela ledningssträckan. Omfattar olika tekniker som i stället endast kräver anslutande schaktgropar längs med ledningssträckan.
SDR	Ett värde på förhållandet mellan ett rörs godstjocklek och yttre dimension.
SSTT	En samarbetsorganisation med skandinaviska medlemmar som arbetar med schaktfria tekniker. "Scandinavian Society for Trenchless Technology.
SWOT-Analys	En metod för att kunna få en bild över vilka styrkor, svagheter, möjligheter och hot det finns för litteraturstudien, intervjuerna och databehandlingen.

Innehåll

1.	Inledning.....	1
1.1.	Bakgrund.....	1
1.2.	Syfte och frågeställning.....	2
1.3.	Avgränsningar.....	3
2.	Metod	5
2.1.	Litteraturstudie.....	5
2.2.	Intervjuer	5
2.3.	Databehandling.....	6
2.3.1.	Studie 1 – NoDig-kalkylator, NCC.....	6
2.3.2.	Studie 2 – NoDig-kalkulator, Asplan Viak m.fl.....	6
2.3.3.	Studie 3 – DiVA Klimat-kalkulator, Asplan Viak m.fl.....	6
2.3.4.	Studie 4 – BM 1.0, IVL Svenska miljöinstitutet.....	6
2.4.	SWOT-analys	7
3.	Nulägesbeskrivning.....	9
4.	Teoretisk referensram.....	11
4.1.	Utförandemetoder ledningsrenovering.....	11
4.1.1.	Traditionell Schakt	11
4.1.2.	Schaktfria metoder ”NoDig”	13
4.2.	Beräkningsverktyg för klimatpåverkan	15
4.2.1.	Generella LCA-beräkningsverktyg	15
4.2.2.	Branschspecifika verktyg inom Bygg- & anläggning.....	16
4.2.3.	Branschspecifika verktyg inom VA-området.....	16
5.	Genomförande	17
6.	Resultat	19
6.1.	Beräkningsverktyg	20
6.1.1.	NoDig-kalkulator, Asplan Viak mfl.	21
6.1.2.	DiVA Klimat-kalkulator, Asplan Viak mfl.	23
6.1.3.	NoDig-Kalkylator, NCC	24
6.1.4.	CO ₂ -kalkylator, Aarsleff.....	26
6.1.5.	LCA-verktyg.....	27
6.2.	Analys av entreprenader	30
6.2.1.	Ekonomi	31
6.2.2.	Klimatpåverkan	32
7.	Analys.....	35
8.	Slutsatser.....	37
9.	Rekommendationer	39

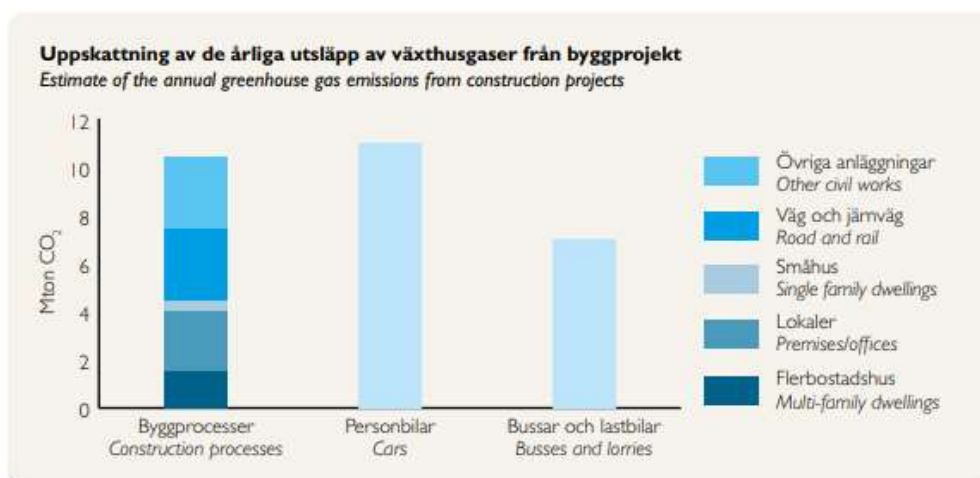
Referenser.....	41
Bilagor	44
Bilaga 1: Intervjufrågor	I
Bilaga 2: Questionnaire	I
Bilaga 3: Transkriberad intervju.....	I
Bilaga 4: Transkriberad intervju.....	I
Bilaga 5: Questionnaire result	I
Bilaga 6: Förenklad LCA / LCI-studie	I

1. Inledning

Följande stycken behandlar bakgrunden till, och indikationer för ett behov av, att denna rapport skrivits. Vi redogör här för det övergripande syftet med rapporten samt aktuella frågeställningar och mål som funnits med oss under arbetets gång. Samt hur arbetet avgränsats och på vilka grunder.

1.1. Bakgrund

Klimatpåverkan från bygg- och anläggningsbranschens byggprocesser står i Sverige för en stor del av det totala koldioxidutsläppet, uppskattningsvis beroende på beräkningsmodell omkring 20% (Boverket, 2018). Tidigare har den största delen av energianvändningen kunnat härledas till uppvärmning av byggnader, men där trenden nu istället går åt ett fokus på byggprocessen på grund av låg- eller till och med plusenergihus. Med ett ständigt ökande klimatfokus ligger det i samtliga aktörers intresse att kartlägga egna processer och utveckla det egna hållbarhetsarbetet. Boverket (2019) rekommenderade krav på LCA vid uppförande av ett flertal byggnadstyper i sin rapport "Klimatdeklaration av byggnader, 2018:23", med ett initialt fokus på flerbostadshus. Men även övriga byggprocessers, från småhus till väg- och järnvägsprojekt, utsläpp av växthusgaser indikerar på förbättringsmöjligheter och mervärde av klimatdeklarering, där totala uppskattade årliga utsläpp av växthusgaser kan ses i figur 1 nedan.



Figur 1. Klimatpåverkan från byggprocessen (IVA - Sveriges Byggindustrier, 2014)

För anläggningsentreprenader som innefattar schaktningsarbete uppstår oundvikligen transport av schaktmassor i någon utsträckning, från arbetsplats till plats för mellanlagring eller deponi samt eventuella inköpta massor från grustag. Så kallade schaktfria-, eller "NoDig"-metoder, där endast punktvisa schakter utförs för åtkomst till, och renovering av, befintlig ledning är därför ett lämpligt alternativ för att minska klimatpåverkan. Då i huvudsak genom en minskning av transporterade massor. Det finns ett flertal olika tekniker för schaktfria ledningsnätsentreprenader. En del lämpliga för nyläggning i jungfrulig eller bebyggd mark, en del för ledningsrenovering. Många gånger styr yttre faktorer vilken eller vilka metoder som är möjliga. Vidare ger kombinationer av olika materialval och variationer av tekniska metoder en mängd olika alternativa tillvägagångssätt.

Med ett ständigt ökande miljöfokus i hela bygg- och anläggningsbranschen finns därför stora analys- och utvecklingsmöjligheter kring jämförelse av metoder och deras inverkan på både miljö och ekonomi.

Med antalet möjliga utfall av lämpliga metoder och materialval, generiska och ibland grova uppskattade värden uppstår svårigheter att göra bedömningar av möjliga entreprenadmetoders inverkan. Något som skulle kunna tydliggöras genom en mer avgränsad analys med hjälp av dagens tillgängliga verktyg.

Föreningen SSTT, Scandinavian Society for Trenchless Technology, bildades 1989 och är en öppen förening för aktörer inom schaktfritt byggande. Genom gemensamma branschinsatser, kommersialisering och entreprenörer har beräkningsverktyg tagits fram för att belysa positiva fördelar med schaktfritt ur ett miljöpåverkansperspektiv. På marknaden finns det ett antal nischade beräkningsverktyg, både fritt tillgängliga och kommersiella. Både webbaserade verktyg och verktyg utvecklade i Excel.

Det finns även ett stort antal renodlade, LCA-mjukvaror på marknaden, vilka ej behandlas mer ingående på analysnivå inom ramen för denna rapport. Bland annat GaBi Software som inom byggbranschen används för LCA-beräkningar på byggproduktnivå, men dock är möjligt att anpassa för analys av projekt. Inom bygg- och anläggningsbranschen finns även flertalet fritt tillgängliga verktyg under utveckling. Trafikverkets "Klimatkalkyl" släpptes under 2019 som version 6.1. (Trafikverket, 2019) liksom det generella klimatberäkningsverktyg med huvudsakligt fokus på byggnader, Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM 1.0, som utvecklats av IVL Svenska Miljöinstitutet, även detta med en livscykelanalysmetodik. (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2018).

1.2. Syfte och frågeställning

Syftet med examensarbetet är att kartlägga och jämföra en traditionell entreprenad utförd i schakt, med en entreprenad utförd med schaktfri metod. Detta för att ge en överblick och belysa för- och nackdelar vid val av entreprenadmetod vid ledningsnätsreovering, med ett huvudsakligt fokus ur miljöperspektiv - men även ekonomiskt. För detta formuleras nedan tre forskningsfrågor, FF, upp som ledstjärnor genom arbetet.

FF 1: Vilka besparingar kan göras, både ekonomiska och klimatmässiga?

FF 2: Vilka metoder och verktyg finns att tillgå för att beräkna klimatpåverkan?

FF 3: Hur väl anpassade och lätthanterliga är tillgängliga verktyg i dagsläget?

Målet är att genom analys av aktuella entreprenadprojekt besvara ovan formulerade forskningsfrågor, analysera och presentera data kring miljöpåverkan och kostnad för traditionell samt schaktfri ledningsnätsentreprenad. Detta för att skapa en tydlighet gällande valet av schaktfria metoder och hur detta kan påverka slutkostnad och klimatpåverkan, som avstamp för fortsatta analyser och utveckling av arbetssätt. Om resultatet visar på att beräkningsverktyg lämpliga för ändamålet saknas är målet att arbetet leder mot framtagning av ett lättbegripligt beräkningsverktyg i Excel.

1.3. Avgränsningar

Då examensarbetet skrevs på uppdrag av Norrvatten styrde pågående entreprenadprojekt rapportens omfång. Under perioden fanns tre lämpliga projekt att analysera. Ett som utförts i traditionell schakt samt två projekt där schaktfri metod använts; infodring med flexibelt foder och mikrotunnel. I och med detta blev rapporten avgränsad till dessa två schaktfriametoder i jämförelse med projektet som bedrivits i traditionell schakt, och i förlängningen avgränsat till upphandlade entreprenörer och använda schaktfria metoder. Under arbetets gång gjordes ytterligare avgränsning från entreprenadprojektet utfört med mikrotunnel-teknik. På grund av en kombination av tidsbrist och svårigheter att komma i kontakt med aktuell entreprenör.

I dagsläget finns stora möjligheter att påverka hållbarhetsfrågan i upphandlingsskedet, detta är dock ett omfattande område som vi av tidsskäl ej kunnat lägga fokus på inom ramen för denna rapport.

Norrvattens önskan var även att utöver uppföljning av aktuella entreprenadprojekt få en överblick av tillgängliga verktyg för att beskriva miljö- och klimatpåverkan. Efter vår förstudie valde vi, av tidsskäl, att begränsa oss till ett antal nischade VA-beräkningsverktyg baserat på deras tillgänglighet och antal ingående parametrar för beräkning av klimatpåverkan.

På grund av det stora antalet tillgängliga renodlade LCA-verktyg, både kommersiella och kostnadsfria, i kombination med ytterligare ett stort antal databaser och uppstådda risker valde vi att begränsa informationsinsamlingen till branschspecifika beräkningsverktyg inom bygg- & anläggning. Renodlade LCA-verktyg behandlas därför endast övergripande.

Vid analys av entreprenader har avgränsning gjorts för miljöpåverkanskategorier, där fokus legat på GWP, och kilogram koldioxidekvivalenter (CO₂e). För klimatberäkningar har uppskattningar behövts göras i de fall information ej har kunnat tillhandahållas av entreprenör, alternativt funnits tillgängligt genom framarbetad miljövarudeklaration, Environmental Product Declaration, EPD.

2. Metod

För att kunna beskriva och komma närmare ett svar på inledande frågeställningar krävs en kvalitativ metodik. Rapporten skriv med utgångspunkt att lite är känt kring mängden beräkningsverktyg som i dagsläget existerar och studien kommer troligen endast belysa en bråkdel av dessa. Vidare är upplevelsen av användarvänlighet av denna typ av hjälpmedel olika från användare till användare. Precis som entreprenadprojekt aldrig har identiska förutsättningar.

Arbetet bedrevs inledande i huvudsak av faktainsamling genom granskning av tidigare examensarbeten, rapporter och branschpublikationer kring schaktfria metoder och klimatberäkningsverktyg. En bredare insyn i branschen erhöles genom deltagande i samarbetsorganisationen 4S Ledningsnäts teknikdag den 6 november 2019, (4S Ledningsnät, 2019) där både kommuner, entreprenörer och ledningsägare rapporterade kring aktuella projekt.

Insamling av information genomfördes till viss del på Norrvattens huvudkontor i Sundbyberg. Genom granskning av entreprenaddata samt intervjuer av projektledare för aktuella entreprenader. Utöver intervjuer med personal från Norrvatten skickades intervjufrågor via mejl till materialtillverkare samt entreprenörer.

Ytterligare insamling av information utfördes vid KTH:s Bibliotek. Där vi letade efter relevanta artiklar inom ämnesområdet.

2.1. Litteraturstudie

Under uppstartsfasen bedrevs arbetet i huvudsak genom litteraturstudier. Kopplingar söktes till examensarbeten genom Diva Portal, samt artiklar och branschpublikationer via KTH Bibliotek Primo, samt databassökningar i Scopus och Web of Science. Övergripande information kring entreprenadprojekt behandlades inledande efter sekretessavtal, därefter mer ingående successivt under arbetets gång, till viss del tillsammans med berörda projektledare från Norrvatten.

2.2. Intervjuer

Med koppling till tidigare utförda examensarbeten framarbetades intervjufrågor inom hållbarhetsområdet för vattenledningsentreprenader. Frågorna ställdes sedan till både materialtillverkare, ledningsnätsägare och entreprenörer via telefon, fysiska möten och via mailkorrespondens.

2.3. Databehandling

För att på ett vetenskapligt och kvalitetssäkrat vis analysera och jämföra nischade beräkningsverktyg utfördes mindre fallstudie och analys av entreprenadprojekten individuellt med hjälp av samma framarbetade parametrar. Därefter jämfördes resultaten för att ge indikationer på verktygens användarvänlighet och precision.

2.3.1. Studie 1 – NoDig-kalkylator, NCC

Databehandling i studie 1 avser det webbaserade referensverktyget som Norrvatten själva har nyttjat. Verktöget ger svar i procentuell minskning av CO₂-ekvivalenter mellan öppen schakt och schaktfri metod. Verktöget visar även specificerade detaljer från kategorier så som rör, transport och återvinningspotential. Som stöd har verktöget inbyggda informationstexter som beskriver parametrar som skall anges.

2.3.2. Studie 2 – NoDig-kalkulator, Asplan Viak m.fl.

Databehandling i studie 2 avser det Excelbaserade verktöget NoDig-kalkulator med fasta ingående parametrar. Ett verktyg utvecklats av bland annat av norska Asplan Viak. Resultatet redovisar CO₂e-utsläpp samt ekonomi för öppen schakt och schaktfria metoder. Verktöget visar även areabehov och mer specificerade detaljer.

2.3.3. Studie 3 – DiVA Klimat-kalkulator, Asplan Viak m.fl.

Databehandling i studie 3 avser DiVA Klimat-kalkulator med fasta ingående parametrar, en vidareutveckling av verktöget NoDig-kalkulator som redovisar CO₂-utsläpp för öppen schakt och schaktfria metoder. Som stöd finns en användarmanual, skriven på norska, som mer ingående beskriver verktöget och hur det skall användas.

2.3.4. Studie 4 – BM 1.0, IVL Svenska miljöinstitutet.

Databehandling i studie 4 avser det nedladdningsbara beräkningsverktyg BM 1.0 utvecklad av IVL och som i dagsläget är under utveckling. Ingående data från faktiska/uppskattade värden (bränsleförbrukning och mängder) med klimatdata från manuellt registrerade EPD:er där dessa funnits tillgängliga. Verktöget redovisar CO₂e mellan öppen schakt och schaktfri metod. Som stöd finns en användarmanual som beskriver.

2.4. SWOT-analys

Huvudsakligen utfördes arbetet genom litteraturstudie och genom databehandling med hjälp av flertalet mjukvaror som litteraturstudien genererat. Flertalet mjukvaror och verktyg kontrollerades, främst renodlade LCA-mjukvaror, men avfärdades dels på grund av licenskrav och tillgänglig tid. Ytterligare fördjupning och bredare insikt i branschen, underlag för diskussion och analys erhöles genom intervjuer. Detta som ett komplement till övriga metoder. Intervjuerna medförde även att ytterligare koppling till tidigare utförda intervjustudier inom relaterade till bygg- och anläggningsbranschen kunde göras, se avsnitt 4. Teknisk referensram.

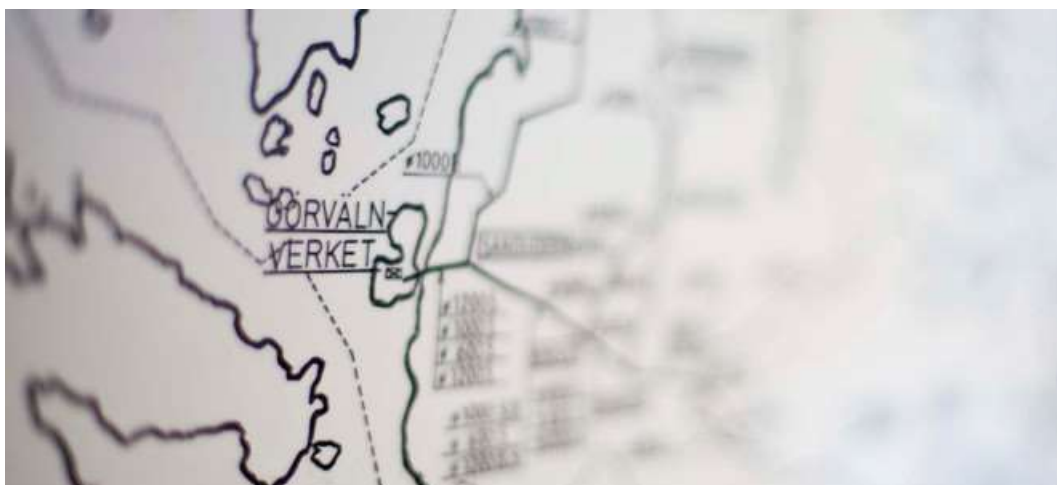
Identifierade styrkor, svagheter, möjligheter och hot relaterade till rapportens metodval enligt SWOT-metodik i diagrammet i figur 2 nedan.

<p>Styrkor</p> <ul style="list-style-type: none"> - Breda informationsinsamlingsområde (Intervju av tillverkare, ledningsägare, entreprenörer) - Mycket kunskap och engagemang i branschen (Intervjuer) - Parameterstyrda beräkningar kan anpassas i de fall indata saknas, för att med generiska värden skapa en uppskattning av klimatpåverkan & ekonomiska faktorer (Databehandling) 	<p>Svagheter</p> <ul style="list-style-type: none"> - Omfattande metoder som kan vara svåra att avgränsa (Litteraturstudie, Databehandling) - Möjligt stort antal, parallellt utvecklade beräkningsverktyg med varierande transparens (Databehandling) - Parameterstyrda beräkningar, med generiska värden, kan ge upphov till missvisande resultat (Databehandling) - Teknisk metod relativt ny specifikt för dricksvattenledningar, svårighet att finna underlag (Litteraturstudie, Databehandling) - Utförandeperiod innefattar jul och årsavslut, ej optimalt för intervjuer (Intervjuer)
<p>Möjligheter</p> <ul style="list-style-type: none"> - Positivt bemötande från flertalet branschaktörer kan ge nya infallsvinklar och information (Intervjuer) - Analys av beräkningsverktyg kan skapa underlag för framtida studier (Databehandling) - Resultat kan ge stöd för framtida beslutsfattande (Databehandling) 	<p>Hot</p> <ul style="list-style-type: none"> - Risk att intervjuade personer ger en felaktig bild (Intervjuer) - Risk att mindre lämpliga beräkningsverktyg nyttjas (Databehandling) - Risk att generella indata är inkorrekta eller missvisande (Databehandling) - Risk att renodlade LCA-verktyg är för omfattande att behandla inom ramen för arbetet (Databehandling) - Tidskrävande metoder, tidspress kan påverka resultat negativt (Samtliga) - Högt instegströskel för renodlade LCA-verktyg, omfattande/tidskrävande (Databehandling)

Figur 2. SWOT-diagram.

3. Nulägesbeskrivning

Kommunalförbundet Norrvatten är en av landets största producenter av dricksvatten och distribuerar dricksvatten till 14 kommuner i norra Stockholm. Från Norrtälje i norr till Sundbyberg i söder. Med växande kommuner innebär det för Norrvatten som ledningsnätsägare att det finns ett behov av nyläggning av ledningar likväl som ett växande underhållsbehov av det omkring 32 mil långa ledningsnätet (Norrvatten, 2019) och Görvålverket i Mälaren, figur 3. Åtgärder som medför både klimatpåverkan och stora kostnader. Sett övergripande till VA-ledningar började kommuner och ledningsägare under 1970 att renovera befintliga ledningar (Lidström, 2012). Något som i huvudsak medför lägre nivå av störning på omgivningen, men även ett minskat behov av transporterade massor och därmed lägre klimatpåverkan.



Figur 3. Görvålverket, kartillustration (Norrvatten, 2020)

I rollen som ledningsägare fokuserar Norrvatten på kvalitet och funktion, även om ett genomgående miljö- och klimatfokus finns inom organisationen. Metodval och teknisk lämplighet varierar mellan projekt och det är flera faktorer som behöver beaktas i valet mellan traditionell schakt och schaktfria metoder. Framförallt geografiskt läge och omgivning, vilket påverkar både risker för trafikstörningar och möjlighet till mellanlagring av schaktmassor. I fall då nödvändiga schakter inkräktar på högt trafikerade vägar, framförallt i kombination med avsaknad av mellanlagringsplatser, blir schaktfria metoder per automatik ett alternativ som utreds. Omvänt begränsas en del av dessa metoder då exempelvis infodring ger mindre ledningsdimension och därmed kapacitet. Även livslängden på färdigställd ledning varierar mellan tillämpliga tekniska metoder. För nyläggning av huvudvattenledningar, det vill säga både nya ledningssträckor i jungfrulig mark och utbyte av befintliga ledningar med traditionell schakt, projekteras en livslängd på omkring 100–150 år enligt Svenskt Vatten AB. (2018). Vilket kan jämföras med en kalkylerad livslängd för den schaktfria metoden flexibla foder på omkring 50 år enligt Bilaga 5, Intervju #3. För ledningsägare av distributionsledningar kan det därför finnas en nytta i att kunna belysa inom vilka områden, och för vilka metoder inverkan på klimat och ekonomi är som störst. Som underlag inför beslutsfattande genom en tydligare översikt som ser till ett helhetsperspektiv, med både kvalitet och hållbarhet i fokus. I dagsläget saknas någon implementerad rutin inom Norrvattens avdelning Projekt & Utredning. Något som grundar sig i avsaknad av beräkningsverktyg eller utförbar arbetsmetodik. Detta har mynnat ut i ett önskemål att examensarbetet belyser lämpliga beräkningsverktyg alternativt, om detta saknas, resulterar i framtagning av ett sådant verktyg.

Sett övergripande till ledningsrenovering av avloppsledningar har metoden infodring funnits tillgänglig sedan 1970-talet då den utvecklades i England. År 1988 togs det patent på den tekniska lösningen att invändigt klä en uttjänt ledning med en flexibel "SDR" som därefter expanderas och härdas. Men först under andra halvan av 2010-talet hade behovet medfört att tekniken utvecklats för renovering av dricksvattenledningar. En av de första ledningsrenoveringarna som utfördes i Norden skedde 2016 i Sande kommun, utanför Oslo, där en sträckning om cirka 250 meter förnyades med infodring av en flexibel strumpa som kan ses i figur 4 (SSTT, 2016). Året därpå skedde den första ledningsrenoveringen i Sverige och då i Botkyrka kommun (Norrvatten, 2019).



Figur 4. Installation Saertex-Liner H2O, Sande Kommun i Norge (SSTT, 2016)

4. Teoretisk referensram

Grunden till denna rapport har sitt ursprung i ett flertal kurser under inom högskoleingenjörsutbildningen Teknik & Ekonomi; inriktning Byggteknik & Design vid Kungliga Tekniska högskolan. Från det ekonomiska perspektivet genom en inledande termin ekonomi, till flera delmoment under utbildningen som behandlat både miljö-, VA-teori samt VA-projektering.

Vidare har en bred litteraturstudie gjorts för att bredda kunskap och vyer inom både det byggtekniska området, klimatpåverkan, LCA och beräkningsverktyg tillgängliga på marknaden.

Arbetet bygger till viss del vidare på ett flertal tidigare utförda examensarbeten på kandidatnivå, vilka behandlar vattenledningsnät och klimatpåverkan. I huvudsak bygger denna rapport vidare på "Trycksatta huvudvattenledningar, Guide för material och schaktfria metodval vid åtgärder av vattenledningar" där Cranser (2013) kommit fram till slutsatsen att metodval vid utbyte och renovering av vattenledningar inte är enkelt att besluta. Vilket indikerar på att mer arbete krävs inom detta område.

För koppling till hållbarhetsarbete och LCA har intervjufrågor utarbetats ifrån tidigare ställda frågor i examensarbete "Livscykelanalys inom byggbranschen", där Häggström, R. (2018). intervjuat aktörer inom byggbranschen.

4.1. Utförandemetoder ledningsrenovering

När det kommer till ledningsrenovering så finns det olika tekniska metoder att göra det på. Det kan göras med traditionell schakt eller med schaktfria metoder, så kallade "NoDig-metoder". Dessa olika metoder har både sina positiva respektive negativa sidor som vi kommer att behandla här och som kan ses sammanställt i figur 6 respektive 9 nedan.

4.1.1. Traditionell Schakt

Traditionell schakt är den tekniska metod då entreprenören på ett traditionellt sätt schaktar bort mark för den ledning som ledningsägaren vill installera. Denna metod kallas även för öppen schakt, då det grävs upp och hålls öppen för installationen av rören. Vilket kan ses på figur 5.



Figur 5. Traditionell, öppen Schakt. (Norrvatten, 2019)

För att kunna göra ett traditionellt schaktarbete så måste entreprenören göra undersökningar om vad för jordmaterial det är och beroende på förutsättningar så görs det planeringar enligt det. Utöver kostnaden från undersökningen som görs innan arbetet kräver denna metod en massa schaktning då det behöver schaktas för de långa rörledningarna och därmed uppstår stora schaktningskostnader.

Som konsekvens för schaktningsarbeten som utförs, så uppkommer det bland annat avstängning av vägar och allmänna störningar vid området. Därmed är det möjligt att t.ex. göra vidare beräkningar på hur mycket CO₂-ekvivalenter bilarna som får ta en omväg släpper ut till miljön.

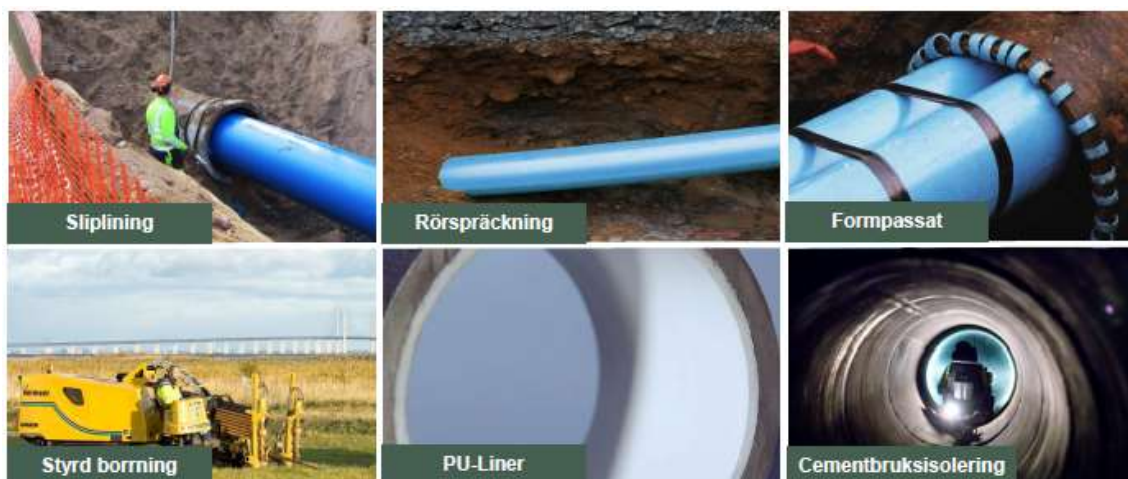
Ett utav Norrvattens projekt som behandlats i studien är Wäsby Golf, som gjordes i Wäsby. Vid detta projekt användes traditionell, öppen schakt, som metod. Arbetet utfördes av PEAB där själva rörledningen var 1350 meter långt.

Traditionell schakt, öppen schakt	
Fördelar	<p>Pålitlig och välkänd metod</p> <p>Inga begränsningar för metod gällande rörlängd</p> <p>Ej begränsade materialval, rörledningar av olika typer kan användas</p> <p>Vid ställedningar teoretiska livslängder över 100 år</p>
Nackdelar	<p>Problematik att hantera massor; provtagning kan krävas för att återanvända massor, mellanlagring kräver utrymme</p> <p>Omfattande schaktningsarbete är kostsamt och medför utsläpp från entreprenadmaskiner</p> <p>Hantering av större volymer schaktmassor medför utsläpp vid transporter</p> <p>Mer tidskrävande än schaktfria metoder</p>

Figur 6. För- & nackdelar traditionell öppen schakt

4.1.2. Schaktfria metoder ”NoDig”

Schaktfria arbeten innefattar flera metoder då det installeras rörledningar utan stora schaktningsarbeten längst rörledningen. För denna metod så väljer entreprenören att schakta en schaktgrop på vardera sida av där ledningen ska sitta och fortsätter arbetet med någon utav de olika schaktfria metoderna som kan ses i figur 7 nedan.



Figur 7. Schaktfria-, ”NoDig”-metoder (SSTT, 2019)

Som det nämndes ovan så finns det olika metoder för schaktfria arbeten. Det finns bland annat infodring, pilotborrning och mikrotunneling. Dessa metoder har varsin sina egna unika arbetsområden.

Schaktfria metoder medför mindre omfattande schaktningsarbeten och därmed färre transporter och lägre koldioxidutsläpp. Den här metoden brukar föredras då miljövänligare arbeten uppkommer med denna metod.

Någon nackdel med dessa metoder är dock att kortare rörledningar generellt sett kan utföras än vid traditionell schakt. Vid längre sträckor krävs flera etapper och ytterligare schaktgropar.

Tekniker för schaktfria metoder utvecklas i takt med efterfrågan och Norrvatten har i skrivande stund ett flertal tekniker angivna i sin tekniska handbok. Dessa kategoriseras inom Norrvatten som metoder för nyläggning samt metoder för renovering. Inom renovering delas metoderna upp i självbärande och ej självbärande. Det vill säga där renoveringsmetoden och ny ledning förväntas, eller ej förväntas, bära belastningar efter utfört arbete på egen hand eller tillsammans med gammalt rör. Denna rapport avgränsas dock till metoden ”flexibla foder” och infodring med en så kallad ”strumpa”, av typ Saertex-Liner H₂O. Mer ingående beskrivningar av tekniska metoder och deras förutsättningar har hämtats från rapporten ”Guide för material- och schaktfria metodval vid åtgärder av vattenledningar” där Cranser (2013) utfört SWOT-analys för flertal olika material- och metodval.

Ett utav Norrvattens projekt som behandlats i studien är Mörby. Vid detta projekt användes den schaktfria metoden infodring med flexibla foder. Arbetet utfördes av NCC, där själva rörledningen var ca: 150 meter långt. Den schaktfria metoden infodring med flexibla foder innebär att en, i den aktuella entreprenad av typ Saertex-Liner H2o, vävd glasfiberstrumpa dras igenom den aktuella rörledningen och därefter blåses upp med hjälp av luft, för att sedan härddas med UV-ljus (SSTT, 2016). Insidan av ett installerat flexibelt foder kan ses i figur 8.



Figur 8. Insidan av flexibelt foder (SSTT, 2019)

Saertex multiCom erhöll 2019 pris för sin nya teknik och flexibelt foder Liner H2o för dricksvattenledningar, detta genom "The International Society for Trenchless Technology" (ISTT, 2019). Då metoden är ny vid användning på dricksvattenledningar finns det i dagsläget ingen ledning som varit i drift under hela den teoretiska livslängden på 50 år. För alternativa strumpor finns studier som visar på goda resultat på lång sikt (William, W. 2017).

Erfarenheter från andra områden så som dagvatten- och avloppsledningar i kombination med det nya användningsområdet av trycksatta dricksvattenledningar pekar på två huvudsakliga problemområden, vilka även behandlades vid 4S Ledningsnätets teknikdag. Vid installation av flexibelt foder uppstår veck vid rörböjar, vilket kan ge upphov till turbulens och sänkt kapacitet för dricksvattenledningar (4S Ledningsnät, 2019). Även den faktiska minskningen av diameter som uppstår i och med infodringen ger en kapacitetssänkning. Tidigare tester för Liner H2o har visat på en minskad diameter på 3,4% för ledningsdiameter 250 mm (SSTT, 2016). Något som behöver beaktas vid val av schaktfri metod.

Infodring av flexibla foder	
Fördelar	<p>Minskad mängd schakt, därmed lägre klimatpåverkan från entreprenadmaskiner</p> <p>Flexibelt foder kan lagras upp till ett halvår inför installation</p> <p>Arbeten kan utföras utan att stoppa upp trafiken</p>
Nackdelar	<p>Ny metod, för avloppsledningar har den äldsta ledningen varit i drift strax under 50 år</p> <p>Maximal rörlängd 320 m (Saertex-Liner H20)</p> <p>Problematik kan uppstå vid infodring av befintliga rörböjar</p> <p>Minskad diameter på ledningen som leder till kapacitetssänkning</p>

Figur 9. För- & nackdelar infodring av flexibla foder

4.2. Beräkningsverktyg för klimatpåverkan

Som det nämndes i tidigare rubriker så blir det koldioxidutsläpp på grund av alla faktorer från råvaruinsamling tills att arbetet är helt klart.

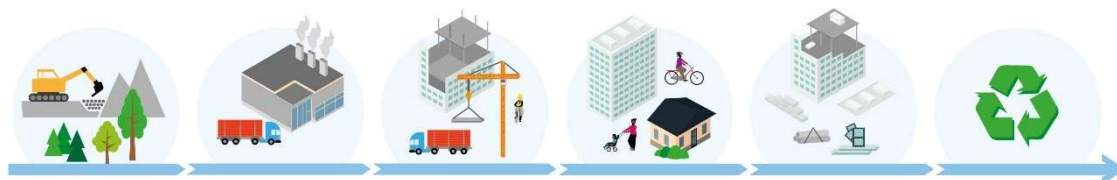
För att kunna förstå och uppskatta utsläppet av koldioxid och miljöpåverkan av det så har många olika aktörer tagit fram beräkningsverktyg som ger ett uppskattat värde som är baserat på vetenskapliga referenser.

Det finns olika typer av beräkningsverktyg, generella och branschspecifika inom bygg- och anläggningsbranschen och VA-området.

4.2.1. Generella LCA-beräkningsverktyg

Den övergripande LCA-metodiken baseras på ett helhetstänk, från resursutvinning vidare genom tillverkningsprocesser och användande, till slutgiltig återvinning eller energiåtervinning, vilket illustreras i figur 10 nedan.

Till skillnad från fysiska produkter blir kompletta entreprenader mer tekniskt komplexa och ställer betydligt högre krav vid utförande av LCA. Tidigare studier pekar på svårigheter att utföra LCA inom byggbranschen på grund av skillnader i kunskapsnivåer och intresse i hela kedjan från materialtillverkare till entreprenör. (Farhan, M., Mahdi, S., 2017) Däremot finns det som ledningsägare, eller byggherre, stora möjligheter att påverka hela leverantörskedjan och den övergripande livscykeln hos ledningsnätet genom att styra val av tekniska metoder och material vid upphandling. Systemgränser som sätts avgör i vilken grad LCA kan utföras. Tidigare studier utförda specifikt inom byggbranschen visar att kunskapen generellt bland entreprenörer är polariserad när det gäller arbete med LCA. (Strinsjö R., Mårtensson H, 2016).



Figur 10. Livscykelillustration (Infab AB/Boverket)

Metodiken att utföra en LCA delas upp i fyra olika utförandesteg:

1. Definiera mål och omfattning
2. Inventera energi och material (ressurssammanställning)
3. Miljöpåverkansbedömning
4. Tolka resultaten

Ett stort antal kommersiella och fritt tillgängliga beräkningsverktyg för att utföra LCA finns tillgängliga på marknaden. Verktygen hjälper till att visualisera processer, resurser och knyta samman emissionsdata från olika databaser.

Precis som för mjukvaror finns det en stor mängd både kommersiella och öppna databaser. Även om dessa generella mjukvaror avser att underlätta arbetet ställs höga krav på kunskap inom LCA. I bygg- och anläggningsbranschen används bl.a. det kommersiella GaBi Software utav NCC vid LCA beräkning av byggprodukter (Larissa Strömberg, 2019), även One click LCA och det fritt tillgängliga openLCA förekommer. I rapporten "Livscykelanalys - vägledning vid val av verktyg" redogör Heincke, Dahlgren m.fl. (2018) att instegströskeln och krav på kunskap inom LCA varierar mellan olika verktyg. Detta samtidigt som det svårt att peka på för- eller nackdelar med någon av mjukvarorna. I och med LCA-metodikens uppbyggnad och behov av att göra antaganden uppstår svårighet att utföra jämförelser mellan verktyg, där resultat många gånger baseras på generiska data. Flera olika verktyg kan därför ge brett skilda resultat. För syftet att analysera exempelvis ledningsnätsentreprenader finns därför en fördel i att utveckla mer specifika beräkningsverktyg.

4.2.2. Branschspecifika verktyg inom Bygg- & anläggning

Inom Bygg- och anläggnings-sektorn har bland annat Trafikverket och IVL Svenska miljöinstitutet utvecklat beräkningsverktyg baserade på LCA. Trafikverkets Klimatkalkyl är ett webbaserat beräkningsverktyg med fokus på väg- och järnvägsentreprenader. BM 1.0, som ännu är under utveckling, har tagits fram av IVL och är ett fritt nedladdningsbart program med ett fokus på byggnader. Bidcon Klimatkalkyl är ett tillägg till det kommersiella kalkylprogrammet Bidcon.

4.2.3. Branschspecifika verktyg inom VA-området

Genom branschorganisation och kontakt med personer inom VA-området har vi genom studien funnit ett antal nischade beräkningsverktyg för beräkning och jämförelse av traditionell, öppen schakt kontra schaktfria metoder. Verktygen skiljer sig gällande möjliga schaktfria metoder samt möjlighet att anpassa ledningsgravar efter ett, två eller tre rör samt ingående dimensioner och materialval. Gemensamt för verktygen är ett övergripande LCA-metodik och ett fokus på schaktmassor, transportsträckor samt rörmaterial. Sett ur ett LCA-perspektiv utesluts delar av livscykeln i beräkningsverktygen och fokus ligger på ett antal grundparametrar.

Oavsett detaljeringsgrad vid beräkning klimat- och ekonomiska konsekvenser vid ledningsarbeten krävs en del grundparametrar. Dessa beaktas i samtliga nischade beräkningsverktyg och benämns hädanefter "Grundparametrar". Dessa parametrar omfattar ledningssträcka, schaktdjup, ledningstyp(er) samt transportsträcka. Parametern transportsträcka kan i sin tur brytas ned i mer detaljerade data som avstånd till mellanlagring, till grustag och till fyllplats. Beroende på detaljeringsgrad av verktyg kan SDR-klass även anges.

5. Genomförande

Arbetets genomförande kan delas upp i tre faser: uppstartsfas, genomförandefas och slutfas. Genomförandefaser, ingående aktiviteter och uppenbarade risker beskrivs nedan mer ingående.

Uppstartsfas

Arbetet genomfördes på uppdrag av Norrvatten. Efter inledande startmöte anpassades en i förväg framarbetad skiss innehållandes mål och frågeställningar. Efter godkänd skiss påbörjades en förstudie innehållandes högre detaljeringsgrad och tidsplan över arbetet utformades.

Uppstartsfasen sammanföll med samarbetsorganisationens 4S Ledningsnät teknikdag. Efter deltagande erhöles en bred insyn i branschen genom rapportering av aktuella branschprojekt. Vidare bestod uppstartsfasen i huvudsak av en bred litteraturstudie, där artikelsökningar genomfördes via Kungliga Tekniska Högskolans Bibliotek, samt sökningar i databaserna "Scopus" och "Web of Science". Inledande sökningar på breda tekniska termer för att sedan avsmalna mot det nischade tekniska området "Schaktfritt".

Breda söktermer

Vattenledning*, Ledningsnät*, Schaktfri*, Entreprenad*, Miljöpåverkan*

Begränsade, kombinerade söktermer

Entreprenad* + Hållbarhet*, Entreprenad* + Schakt*, LCA* + Entreprenad,

Nischade söktermer

Strumpinfodring*, Relining*, Mikrotunnel*, Rörspräckning*, Nodig

Risk 1

En av våra tidigt uppmärksammade risker uppenbarade sig under litteraturstudien, detta då den tekniska metoden infodring är relativt ny för dricksvattenledningar. Detta resulterade i att vi huvudsakligen hittade ett relevant tidigare utfört examensarbete på kandidatnivå, med kopplingar till just trycksatta huvudvattenledningar och schaktfria metoder, se teknisk referensram. Ett flertal andra, delvis relevanta rapporter och examensarbeten hittades men då med anknytning endast till schaktfri metod, huvudvattenledningar alternativt på en allt för detaljerad och avancerad nivå.

Förarbetet inför databehandling bedrevs inledande genom litteraturstudier, internetsökningar samt längre fram även genom kontakt med personer i branschen. Nischade beräkningsverktyg och beräkningsmodeller eftersöktes via branschorganisationer, entreprenörer, konsulter och ledningsägare.

Risk 2

Den andra identifierade risken som uppmärksammades under uppstartsfasen var gällande generella LCA-mjukvaror. Den stora mängden fritt tillgängliga mjukvaror i kombination med utvärdering och kontroll av öppna databaser bedömdes som allt för omfattande för att behandla inom den satta tidsramen. Dessutom förekom problem att erhålla licenser för samtliga kommersiella mjukvaror bortsett från Elecosofts Bidcon. Trots att dessa risker uppstod fanns tillräckligt med underlag för att bedriva fortsatt arbetet genom att avgränsa beräkningsverktyg och mjukvaror.

Utförandefas

Då grafisk information gällande ledningsnätet omfattas av sekretess enligt 18 kap 8 § i offentlighets- och sekretesslagen erhöles projektspecifika data fysiskt via kontaktpersoner på Norrvatten. Informationsinsamling skedde löpande under uppstartsfasen. Projektunderlag granskades parallellt med framarbetning av intervjufrågor intervjuer och databehandling.

Löpande kontakt och stöd från Norrvattens avdelning Projekt & Utredning medförde att svar på frågetecken kring projektunderlagen fanns nära till hand. Denna problematik uppstod bland annat då projektunderlagen refererade till två ursprungsländer för stålrör. I detta fall gjordes en gemensam bedömning och uppskattning av transportsträckor och volymer.

Två möten med Nadia Al-Ayish vid Research Institutes of Sweden, RISE gav under utförandefasen ytterligare information och tips gällande LCA-metodik, beräkningsverktyg och läsanvisningar med koppling till utvärdering av transporters klimatpåverkan. Den webbaserade tjänsten för transportberäkningar, NTMCalc 4.0, användes därefter för att beräkna klimatpåverkan från transporter (NTM, 2019).

Intervjuer hölls och transkriberades löpande parallellt med rapportskrivning och framarbetning av resultat. Löpande utvärderades och testades beräkningsverktyg.

Risk 3

Ytterligare en identifierad risk uppmärksammades halvvägs igenom utförandeperioden. Detta då kontakt med entreprenörer var svår att knyta inför slutet av året. Kombinationen med sent godkänd förstudie medförde att kontaktförfrågan till entreprenörer troligen skickades för sent. Kanske hade resursinventeringen kunnat utföras om kontaktförfrågan formulerats och skickats betydligt tidigare till aktuella entreprenörer. Detta resulterade i ytterligare avgränsning av analys av entreprenader och behov av ytterligare antaganden för att beräkna klimatpåverkan från dessa.

Slutfas

Slutgiltiga analyser och beräkningar utfördes med hjälp av tillgänglig information, i kombination med antaganden i de fall information kring projekten saknades. Resultat sammanställdes därefter och presenterades i tabellformat i rapporten.

6. Resultat

Den inledande resultatdelen avser att skapa en överblick av studerade beräkningsverktyg. Vidare följer resultatet av analyserade entreprenader som behandlats med hjälp av verktygen.

Samtliga nischade beräkningsverktyg var förhållandevis enkla att sätta sig in och nyttja utan breda förkunskaper. Det skapades en tydlig bild och uppskattning av klimatpåverkan vid val mellan olika tekniker baserat på ingående parametrar. Dock saknades det för samtliga nischade beräkningsverktyg minst en fördefinierad parameter som medförde att exakt analys ej kunde utföras av aktuella referensprojekt.

Av de mer transparenta och manuella LCA-verktygen har BM 1.0 störst potential för analys av vattenledningsentreprenader. Verktöget kräver mer förarbete och förståelse än nischade beräkningsverktyg. Det kräver tillgång till EPD-dokument, resursinventering och manuell inmatning av dessa parametrar. Efter att förarbetet gjorts kan resursparametrar från inmatade EPD-dokument nyttjas för kommande projekt.

Ytterligare verktyg än vad som beskrivs i rapporten behandlades men valdes att ej tas med i rapporten på grund av för hög kommersialiseringsgrad eller på grund av att flertalet grundparametrar ej var anpassade för ledningsnätsentreprenader.

6.1. Beräkningsverktyg

Tabellen nedan i figur 11 visar översiktligt beräkningsverktyg som behandlats inom ramen för arbetet. Kriterier och ingående parametrar som är möjliga att projekthanpassa. Endast nischade beräkningsverktyg mot just VA-branschen alternativt riktade mot bygg- & anläggning och fortfarande är under utveckling, med möjlighet att i framtiden kunna nyttjas vid klimatberäkningar vid vattenledningsentreprenader. Kommande stycken behandlar respektive beräkningsverktyg mer ingående.

Inget av verktygen har fullt ut kunnat användas för att analysera entreprenaderna. För nischade verktyg har kombination av parametrar infodring flexibla foder, "Strumpa", och rördimension medfört avvikelser.

Verktyg	NoDig-kalkulator	DiVA Klimat-kalkulator	NoDig-kalkulator	BM 1.0	CO2-kalkulator	Klimatkalkyl 6.1 Bidcon
Utvecklat för	VA	VA	VA	Bygg	VA	Bygg / Anl.
Utvecklare	Asplan Viak	Asplan Viak	NCC	IVL	Aarsleff	Trafikverket Elecosoft
Språk	Norska	Norska	Svenska	Svenska	Svenska	Svenska
Typ	Excel	Excel	Webb	Excel	Excel	Webb Mjukvara
Status	Uppdateras ej	Aktuell	Aktuell	Aktuell	Aktuell	Aktuella
Ingående parametrar						
Metoder för en ledning (vatten)	Öppen schakt, Rörspräckning, PE-infodring,	Öppen schakt, Rörspräckning, "Strump"-renovering	Öppen schakt, Flexibla foder, Rörspräckning, Styrd borrning, Sliplining, PU liner Samt kombination av ovan metoder	N/A	N/A	N/A
Rörlängd	Max 1500 m	-	-	N/A	N/A	N/A
Rördim.	max 500	max 2000	max 1200	N/A	N/A	N/A
Rörmaterial	AC	Betong	PE	N/A	N/A	N/A
	PE	GRP	Segjärn			
	PVC	PE	Stål			
	Gjutjärn	PP				
	Stål	PVC Gjutjärn				
Schakt	Ja; Beräknas på valda parametrar	Ja; Beräknas på valda parametrar	Ja; Beräknas på valda parametrar	N/A	N/A	N/A
Transporter (Mottagare)	Ja; Avstånd till asfalt, grustag, mellanlagring och fyllnadsmassor.	Ja; Avstånd till asfalt, grustag, mellanlagring och fyllnadsmassor.	Ja; Avstånd till asfalt, rör och spill, mellanlagring och upplag.	N/A	N/A	N/A
Mark	Ja; Asfalt, marksten, grus, park, skog	Ja; Asfalt, marksten, grus, park, skog	Ja; Jungfrulig mark/ Gatumiljö samt Grönyta/grus/asfalt	N/A	N/A	N/A
Trafik	Ja; Högt-, medeltrafikerad, vägtyp	Ja; Högt-, medeltrafikerad, vägtyp	Ja; Jungfrulig mark Gatumiljö	N/A	N/A	N/A
Övrigt	"Strump"-renovering finns, dock ej för vattenledning.	Manuellt justerbar CO ₂ e för ingående material	"Strump"-renovering finns, dock ej för vattenledning. Antal punktschakter	Import av EPD samt mängder krävs.	Har ej utvärderats. Ej publikt verktyg.	Har ej utvärderats mer ingående

Figur 11. Översikt av beräkningsverktyg

6.1.1. NoDig-kalkulator, Asplan Viak mfl.

Asplan Viak utveklade tillsammans med CO₂ focus det Excelbaserade beräkningsverktyget NoDig-kalkulator, vilket färdigställdes under 2010. Beräkningsverktyget är nischat mot VA-ledningar och kan för vattenledningar användas för beräkning av både klimat- och ekonomisk påverkan vid traditionell schakt samt rörspräckning. För avloppsledningar kan utöver detta beräkningar göras för infodring med strump teknik. Som kan ses i figur 12 och 13 nedan, för att belysa koldioxidutsläpp, men även ekonomi, masshantering samt areal- och transportbehov.

Ingående parametrar är utöver grundparametrar;

- Terrängyta (asfalt, marksten, grus, park, jungfrulig mark)
- Transportavstånd till (Asfaltsverk, grustag, mellanlagring, fyllplats för överskottsmassor)
- Procentuell fördelning av massor som transporteras till mellanlagring
- Trafik (Högt trafikerad, mellantrafikerad, gata i bostadsområde, landsväg, ej trafikerad)

I dagsläget är beräkningsverktyget utdaterad och uppdateras ej längre. Genom ett större forskningsprojekt har NoDig-kalkulatoren vidareutvecklats, se 6.1.2. DiVA Klimat-kalkulator (Asplan Viak, 2010).

NoDig-kalkulator®

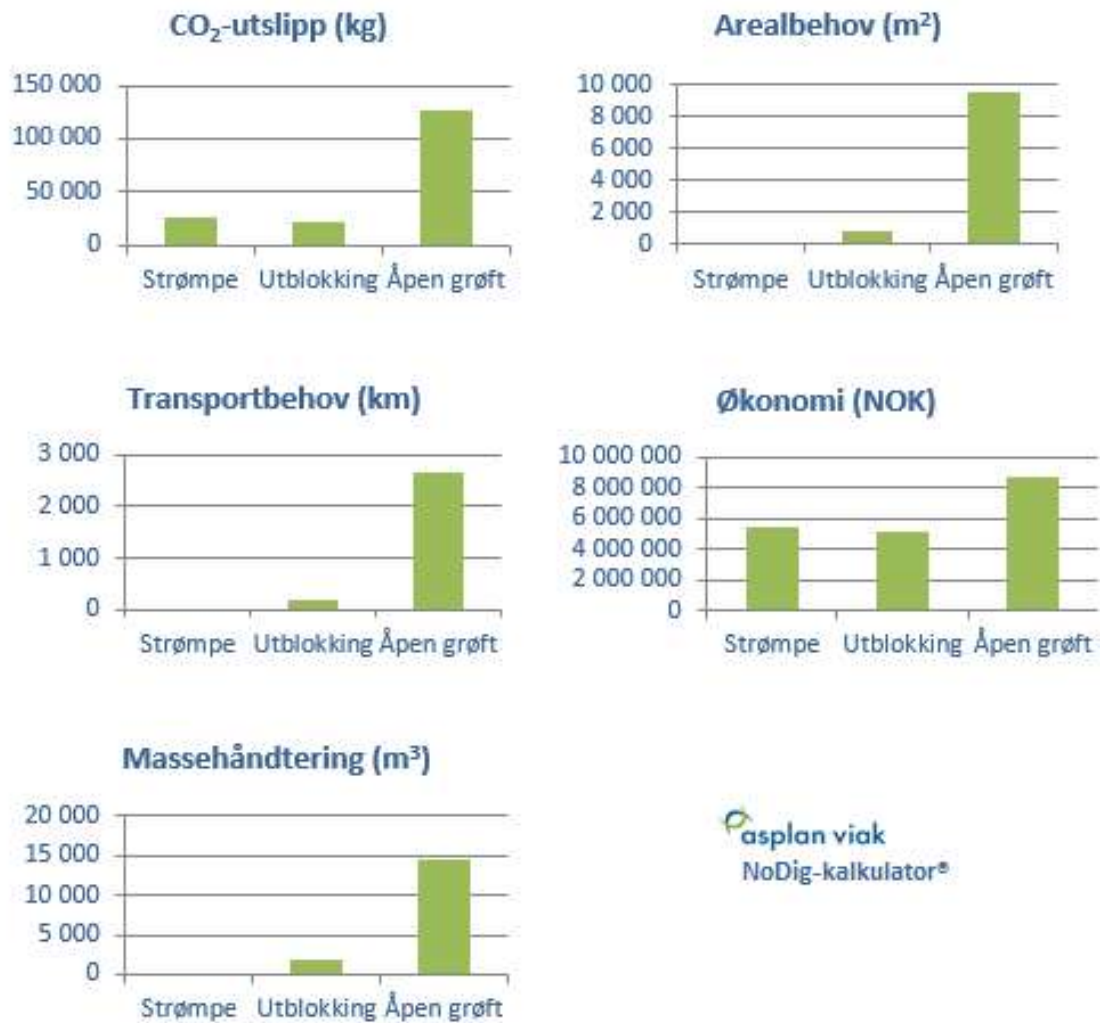
Versjon 1.1

Ved å legge inn informasjon om eksisterende og planlagte forhold, vil du få svar på følgende	
Økonomi	Kostnadsberegning av de metodene som velges
Arealbehov	Det areal som beslaglegges til grøfter og masselagring langs grøft
Massehåndtering	Volum oppgravde masser og tilført pukk og asfalt
Transportbehov	Antall kilometer massetransport som kreves
CO ₂ -utslipp	Mengde utslipp fra maskiner og utstyr som inngår i anleggsutførelsen

Følgende metoder kan foreløpig benyttes i denne modellen		
Graving / åpen grøft	Vann	Avløp
Utblokkning og PE-innføring	Vann	Avløp
Strømperenovering		Avløp

Prosjektinformasjon (valgfritt)	
Oppdragsgiver	KTH
Prosjektnummer	Testprosjekt
Prosjektnavn	Testprosjekt
Prosjektleder	Testprosjekt

Figur 12. NoDig-kalkulator (Asplan Viak, 2010)



Figur 13. NoDig-kalkulator, eksempelresultat (Asplan Viak, 2010)

Verktøyet er brukervennlig og lett å håndtere, men mangler mange metoder, materialvalg og dimensjoner ønskbare for vannledningsnettentrepreparasjoner. Resultatet utover CO₂-utslipp inkluderer blant annet transportbehov, massehåndteringsvolumer og kostnadsanslagninger fra utviklingsåret. Beregninger er ikke transparente og dermed mangler mulighet til å kontrollere disse mer grundig.

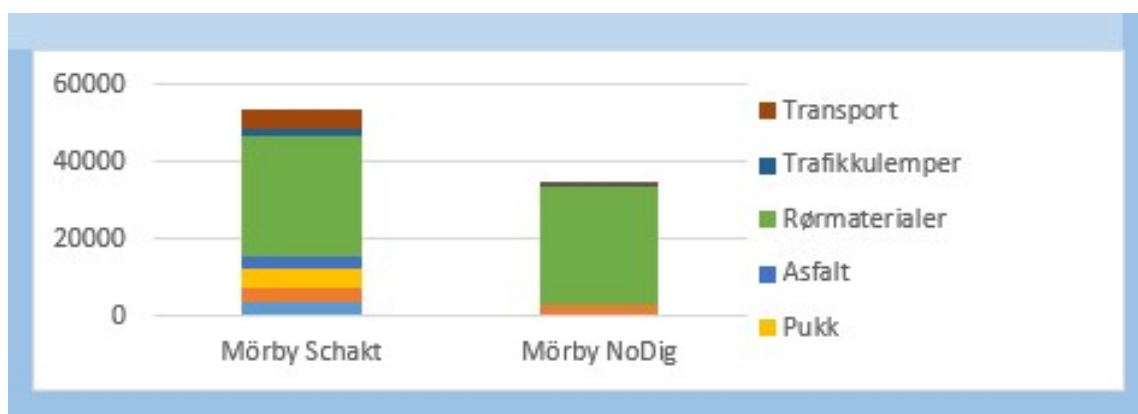
6.1.2. DiVA Klimat-kalkulator, Asplan Viak mfl.

Asplan Viak AS och Norconsult AS har tillsammans med stöd från bland annat Norsk Vann utvecklat en digital plattform för stöd i VA-förvaltning. Plattformen, som benämns DiVA efter ett omfattande forsknings och utvecklingsprojekt Digital VA forvaltning, innehåller bland annat checklistor och stöd i VA-förvaltning.

Plattformen innehåller även en vidareutveckling av NoDig-kalkulatoren, DiVA Klimat-kalkulator. Vidareutvecklingen av det Excelbaserade beräkningsverktyget är mer omfattande och ger ett resultat uppdelat på transport, trafikstörningar samt ingående materials klimatpåverkan, vilket ses i exempelresultatet i figur 14. Verktöget är baserat på LCA-metodik och färdigställdes år 2012. Vägledande rapporter publicerades 2018, som ingående förklarar användning, materialdata och bakgrund till verktöget, som även möjliggör att ingående materialparametrar justeras till projektspecifika data (DiVA Digital VA-forvaltning, 2012).

Ingående parametrar är utöver grundparametrar;

- Terrängyta (asfalt, marksten, grus, park, jungfrulig mark)
- Transportavstånd till (Asfaltsverk, grustag, mellanlagring, fyllplats för överskottsmassor)
- Procentuell fördelning av massor som transporteras till mellanlagring
- Trafik (Högt trafikerad, mellantrafikerad, gata i bostadsområde, landsväg, ej trafikerad)



Figur 14. DiVA Klimat-kalkulator, exempel klimatpåverkanskategorier (DiVA Digital VA-forvaltning, 2012)

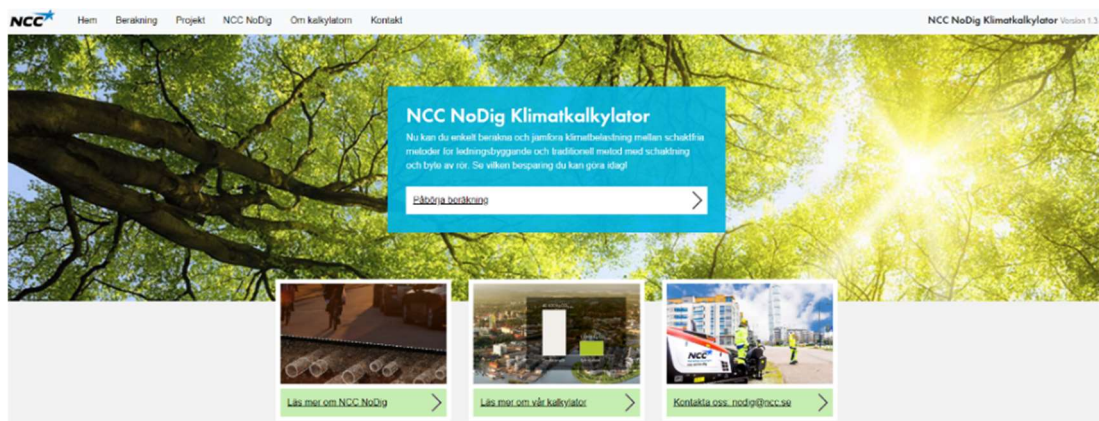
Verktöget saknar flertalet metoder, materialval och dimensioner önskvärda för huvudledningsnätsentreprenader. Dock finns möjligheter att justera CO₂e från specifika ingående material. Beräkningar är ej transparenta och därmed saknas möjlighet att kontrollera dessa mer ingående.

6.1.3. NoDig-Kalkylator, NCC

NCC har tagit fram en digital plattform för bland annat kommuner, entreprenörer och vattenledningsägare där de kan ta stöd och få fram en kalkyl på hur deras projektklimatmässigt kommer påverka miljön samt för att göra en underlättning av uträkning av de besparingar som eventuellt kan göras vid ny byggning och reparation av VA-ledningar, vid användning av rätt metod. Plattformen heter NoDig-kalkylator med tanke på att man kommer kunna göra en jämförelse på schaktfriametoder (No Dig) och traditionell schakt och även visa stora besparingar mellan dessa två metoder. Plattformen är en LCA-baserad klimatkalkylator där projektparametrar anges, som kan ses i figur 15–16. Kort sagt, man gör beräkningar och jämför olika metoder inom VA baserade projekt.

Ingående parametrar är utöver grundparametrar;

- Landskap, beläggning före/efter (Jungfrulig mark/gatumiljö, asfalt/grus)
- Transportavstånd till mottagare (asfalt, fyllnadsmassor, rörspill, upplag för asfalt och fyllnadsmassor)
- Procentuell fördelning av massor som transporteras till mellanlagring
- Schaktkapacitet



Figur 15. NoDig-Kalkylator, webgränssnitt (NCC, 2019)

Val av teknik

Jämför traditionell schaktning med

Flexibla foder

Platsen före

Typ av landskap

Gatumiljö

Beläggning

Asfalt

Gatutyp

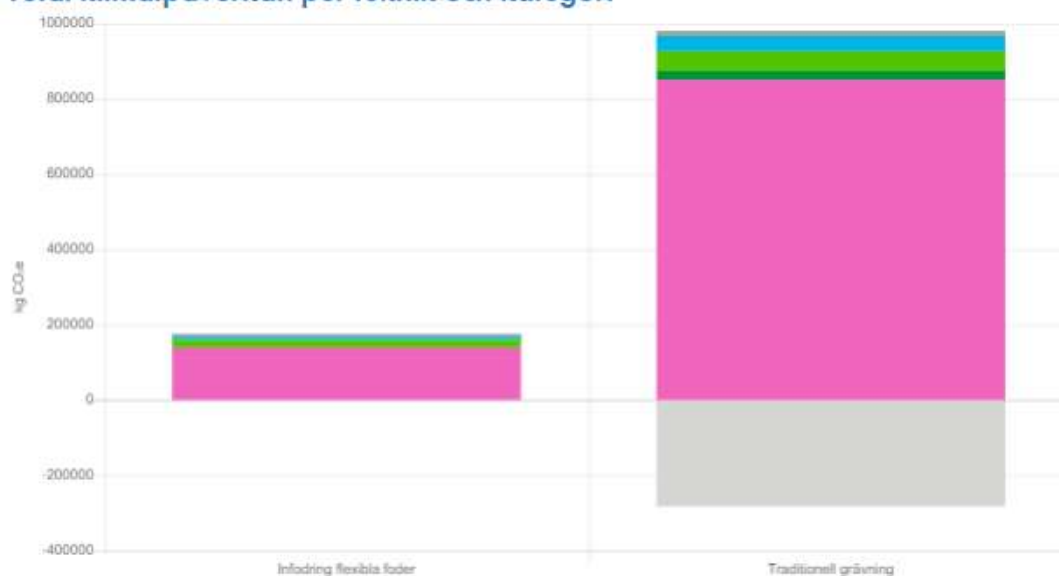
Stadsgata

Figur 16. NoDig-Klimatkalkylator, projektparametrar (NCC, 2019)

Efter inmatning av parametrar erhålls detaljerad information och ett resultat som visar påverkan uppdelat mellan material, transporter och fyllnadsmassor. Det är det enda verktyget som även tar hänsyn till återvinningspotential. Se figur 17.

Detaljer

Total klimatpåverkan per teknik och kategori



	Infodring flexibla foder (kg CO ₂ e)	Traditionell grävning (kg CO ₂ e)
Rörmaterial	138 647	850 628
Fyllnadsmassor	686	23 970
Energi	20 276	51 613
Transporter	8 648	41 492
Avfall	7 572	13 577
Totalt	175 829	981 280
Återvinningspotential	-1 266	-282 889

Figur 17. Resultat NoDig-kalkylator, exempelprojekt (NCC, 2019)

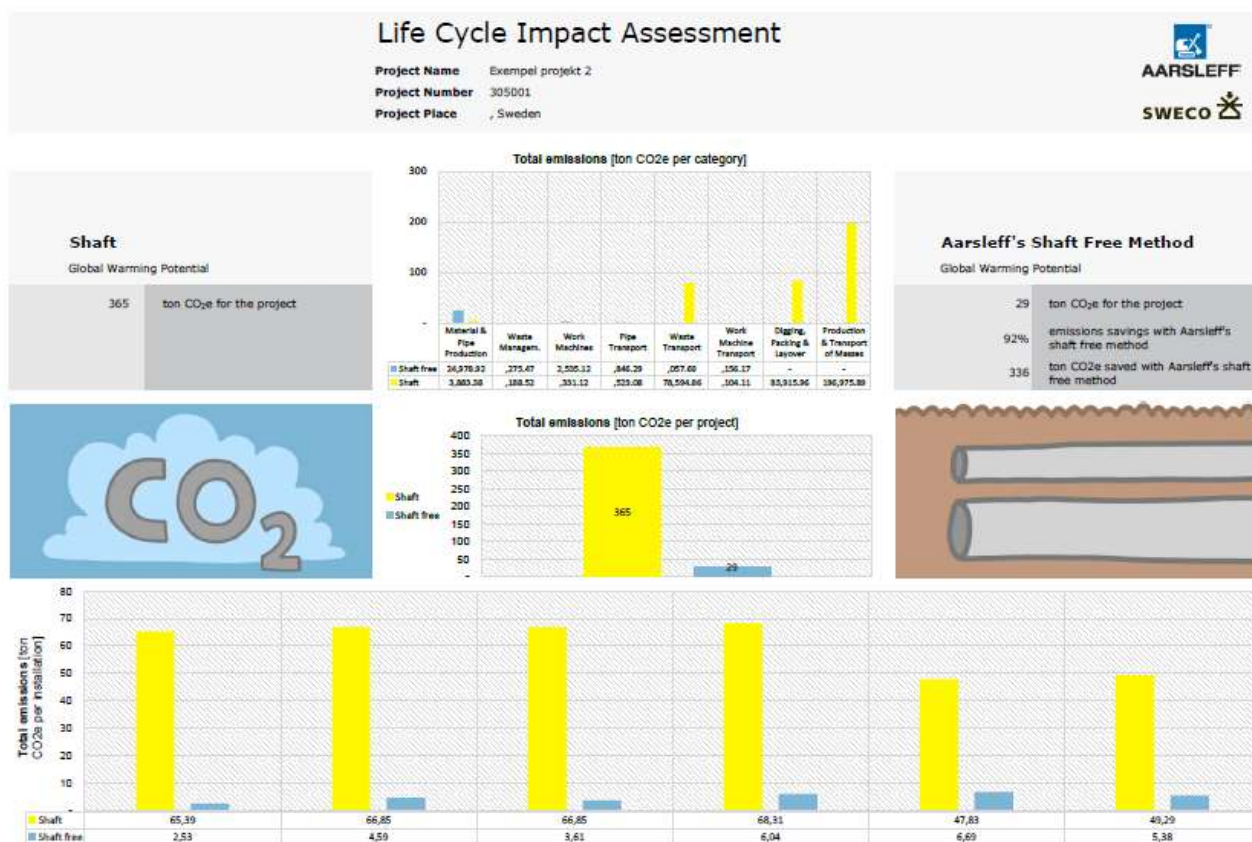
Verktyget är enkelt och tydligt med instruktioner direkt i webbläsaren som förtydligar hur ingående parametrar skall anges. Dock saknas dimensioner för kombination vattenledning strumpinfodring önskvärt för huvudledningsnätsentreprenader. Beräkningar är ej transparenta och därmed saknas möjlighet att kontrollera dessa mer ingående.

6.1.4. CO₂-kalkylator, Aarsleff

Aarsleff rörteknik är en del av bygg- och anläggningskoncernen Aarsleff som tillsammans med konsultföretaget SWECO tagit fram en intern, excelbaserad klimatkalkylator nischad mot egna schaktfria ledningsrenoveringsentreprenader. Resultatet redovisas uppdelat i utsläppskategorier men även projektspecifikt, vilket kan ses i exempel figur 18.

Ingående parametrar är utöver grundparametrar;

- Terrängyta
- Rörtjocklek
- Metod för härdning av infodring



Figur 18. CO₂-kalkylator, Exempelprojekt resultat (Aarsleff, 2019)

Verktyget har ej kunnat utvärderas då det är internt och i dagsläget endast används för entreprenörens egna projekt. Vid överlämnande av projekt levereras resultat från kalkylator tillsammans med slutdokumentation. Resultatet redovisar detaljerad påverkan från transport av bland annat rörmaterial, schaktmassor och igenfyllnadsmaterial baserat på en procentuell återanvändningsgrad. Beräkningar är baserade på en del antaganden. För schakt utförs beräkningar genom ett antal antaganden. Detta innebär att verktyget är baserat på 10 kilometers transport av schaktmassor, med återanvändningsgrad på 60 %. Vidare görs antaganden om rörmaterial och materialutförande, där mindre dimensioner antas ersättas av helt återvunnen polyvinylklorid, PVC eller betongrör.

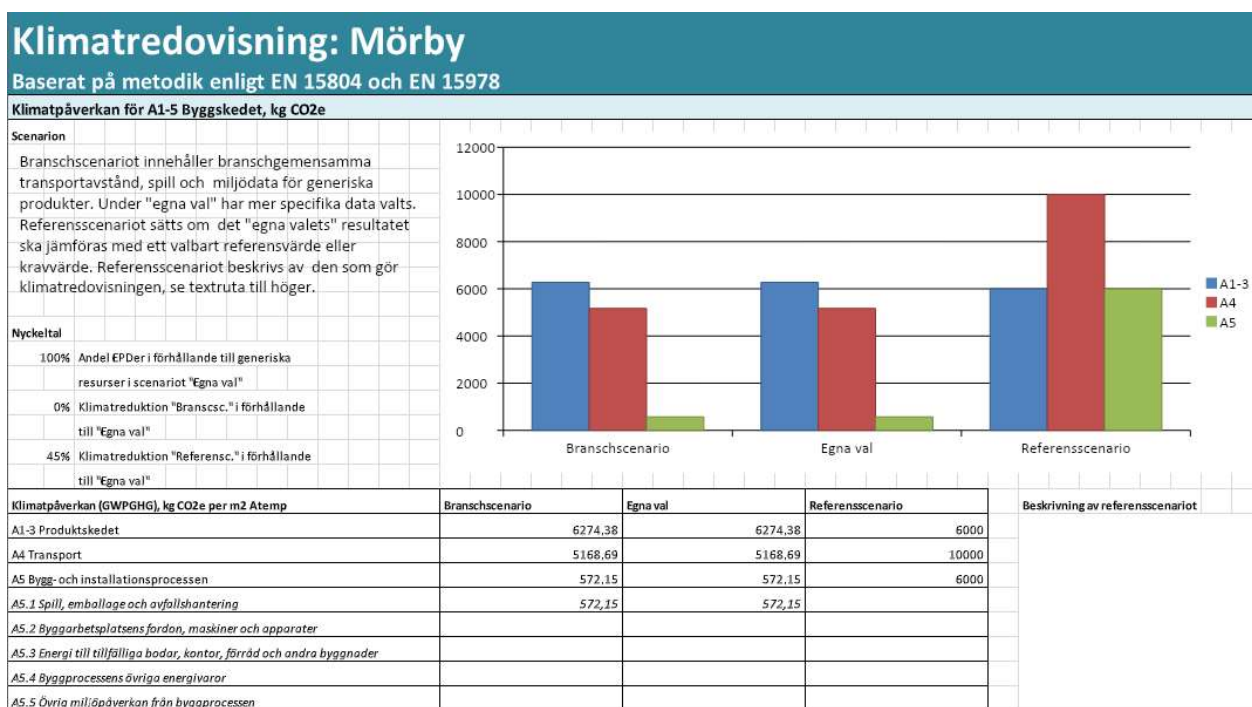
6.1.5. LCA-verktyg

Det finns i dagsläget en stor mängd generella LCA-mjukvaror på marknaden, vilka i kombination med lämpliga databaser och kunskap inom LCA kan nyttjas inom bygg- & anläggningssektorn för analys av projekt. Förekommande inom branschen är bland annat kommersiella GaBi Software samt fritt tillgängliga openLCA. Enligt avgränsningar behandlas dessa ej mer ingående.

Av följande tre beräkningsverktyg användes endast BM 1.0 för att utreda möjlighet att utföra en analys av projekten, övriga behandlas endast kortfattat på grund av deras befintliga spridning inom bygg- & anläggningsbranschen, i kombination med pågående utveckling vilket kan göra verktygen mer relevanta i framtiden.

Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg ”BM1.0”, IVL Svenska Miljöinstitutet

BM 1.0 är ett fritt tillgängligt, nedladdningsbart, branschverktyg utvecklat av IVL för klimatberäkningar av byggnader. Programmet innehåller en databas med klimatdata för vanligt förekommande byggdelar, men tillåter även registrering av information från EPD-dokument. Från mängdberäkningar genererar programmet en översiktlig klimatredovisning i Excelformat. Beräkningar är baserade på metodiken enligt standarder för hållbarhet hos byggnadsverk, EN 15804 ”Miljödeklarationer – Produktspecifika regler” och EN 15978 ”Värdering av byggnaders miljöprestanda – Beräkningsmetod”. BM 1.0 är i dagsläget under utveckling (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2018).



Figur 19. Exempel klimatredovisning BM 1.0 (Källa: BM 1.0)

Verktyget har en något högre instegströskel än nischade beräkningsverktyg samt kräver tillgängliga EPD-dokument samt detaljerade inventerade resurser så som diesel för att kunna appliceras på ledningsnätsentreprenader. Detta medför ytterligare osäkerhet vid jämförande mellan verktyg. Exempel på klimatredovisning som skapas kan ses i figur 19 ovan

”Trafikverket Klimatkalkyl”, Trafikverket

Som kravställare har Trafikverket själva utvecklat en klimatkalkyl för vägar och järnvägar. Verktuget utvecklas fortfarande och en ny version släpptes så sent som 2019 (Trafikverket, 2019). Verktugets layout kan ses i figur 20 nedan.

Trafikverkets klimatkalkyl användes ej mer ingående i projektet för analys av entreprenadprojekten. Dock finns möjlighet att nyttja Klimatkalkyl för alternativa beräkningar än för just väg- och järnväg, vilket då kräver manuella åtgärder och bredare kunskap inom både LCA och projektets ingående resurser. I en studie uppmärksammar Bergman, S. problematik kopplat till detta genom en jämförande studie av just Trafikverkets Klimatkalkyl i en tidigare version, samt IVL BM 1.0. (Bergman, S. 2018).

TRAFIKVERKET Klimatkalkyl - Begränsad version

Start Klimatkalkyler Modell

Investeringsobjekt Baskontrakt

Nytt mapp Nytt kalkyl Importera

0 (50)

Steg 1 Introduktion Steg 2 Val av kalkylnivå Steg 3 Kalkyluppgifter Steg 4 Typåtgärder Steg 5 Slutföra

Här inkluderas utsläpp från byggande och reinvestering samt drift och underhåll av typåtgärder. Listan nedan innehåller samtliga typåtgärder uppdelat per kategori (exempelvis tunnlar, konstruktioner). Välj en eller flera typåtgärder genom att klicka på raderna i tabellen. Klicka sedan på knappen "Lägg till" och ange mängder i listan till höger.

Visa ALLA

Visa 10 rader Sök:

Typåtgärd (Bygg & reinvestering)	Huvudkategori \ underkategori
Arbetstunnel, berg (6.3)	6.3 Tunnlar \ 6.3 Typåtgärder Järnväg
Arbetstunnel, berg (6.3)	6.3 Tunnlar \ 6.3 Typåtgärder Väg
Banöverbyggnad, dubbelspår ballast (7.1)	7.1 Ban \ 7.1 Typåtgärder
Banöverbyggnad, dubbelspår ballastfritt (7.1)	7.1 Ban \ 7.1 Typåtgärder
Banöverbyggnad, enkelspår ballast (7.1)	7.1 Ban \ 7.1 Typåtgärder
Banöverbyggnad, enkelspår ballastfritt (7.1)	7.1 Ban \ 7.1 Typåtgärder
Belysningspunkter Väg (fundament, stolpe) (6.1)	6.1 Markarbeten - Järnväg \ 6.1 Typåtgärder
Belysningspunkter Väg (fundament, stolpe) (6.4)	6.4 Väg \ 6.4 Typåtgärder
Bergtunnel 1 körfält (6.3)	6.3 Tunnlar \ 6.3 Typåtgärder Väg
Bergtunnel 2 körfält (6.3)	6.3 Tunnlar \ 6.3 Typåtgärder Väg

Visar 1 till 10 av totalt 94 rader

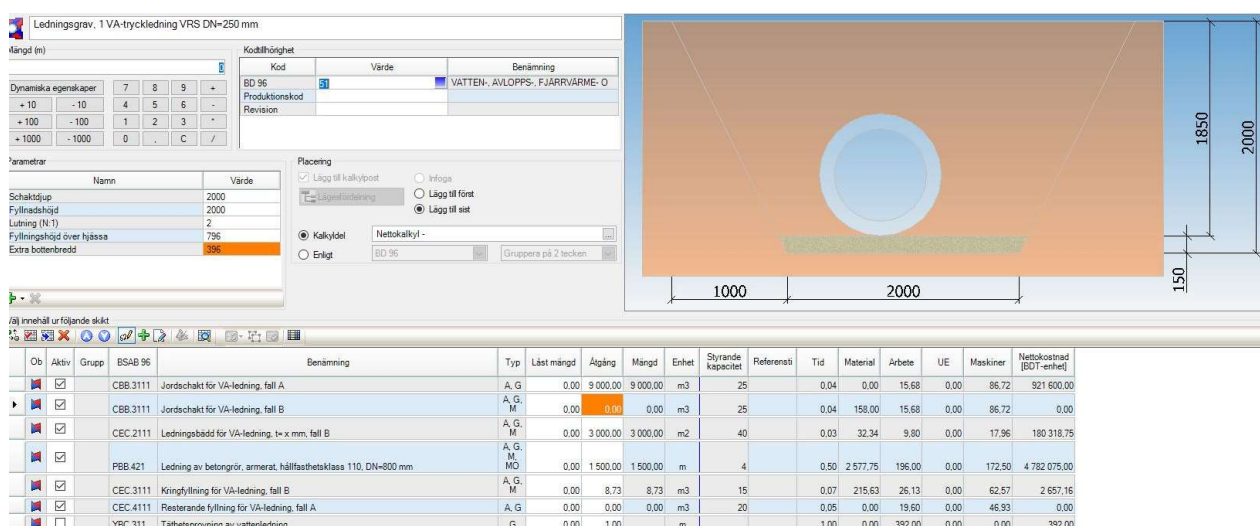
Figur 20. Trafikverket Klimatkalkyl, startsida (Trafikverket, 2019)

Verktuget har en högre instegströskel än nischade beräkningsverktyg och behandlades ej mer ingående i studien. Vid projekt med stor andel ledning förlagd vid väg kan fördel finnas att se över verktuget närmre.

Bidcon Klimatmodul, Elecosoft

Det inom bygg-, installations- och anläggningsbranschen vanligt förekommande kalkylprogrammet Bidcon är ett Elecosofts kommersiella programvaror. Figur 21 nedan visar kalkylprogrammet och en modifierad ledningsgrav med tillhörande kostnader och ingående mängder.

Bidcon Klimatmodul är ett tillägg till grundprogrammet som i dagsläget ej erbjuder möjligheten att utföra klimatberäkningar för anläggningsprojekt. men då programmet fortfarande är under utveckling av Elecosoft samt med stöd av konsultföretaget Tyréns skulle framtida versioner kunna erbjuda större möjligheter (Elecosoft, 2018). Som kalkylprogram kan Bidcon användas för mängdning i anläggningsprojekt, vilket i förlängningen hade kunnat underlätta för entreprenörer och minska tröskeln då krav ställs på klimatkalkyler och LCA-arbete. På grund av klimatmodulens begränsningar behandlas inte detta verktyg vidare i rapporten.



Figur 21. Bidcon, kalkyl ledningsgrav (Elecosoft, 2019)

Verktyget som i grunden är ett kommersiellt kalkylprogram, med en tilläggsmodul, har därför en något högre instegströskel än nischade beräkningsverktyg. Kalkylprogrammet omfattar ledningsgravar medan den faktiska Klimatmodulen i dagsläget endast utformad för byggnader.

I och med Bidcons spridning och användning av entreprenörer för mängdkalkyler finns möjligheter att i framtiden underlätta arbetet med att utföra resurssamanställningar och klimatkalkyl i ett tidigare skede.

6.2. Analys av entreprenader

I figur 22 nedan presenteras ekonomiska data samt ingående parametrar och klimatpåverkan som kartlagts och använts vid jämförelse av traditionell, öppen schakt med stålrör från olika tillverkare för projektet Wäsby Golf, samt schaktfri metod där infodring av flexibla foder typ Saertex-Liner H20 för projektet Mörby. Mer detaljerad information och beräkningsunderlag återfinns i bilaga 6. Då det saknades möjlighet att utföra en verklig resurssammanställning är teoretiska mängder angivna nedan baserade på Norrvattens tekniska handbok alternativt uppskattade värden för att möjliggöra analys.

Metod Typ	Projekt 1. Wäsby Golf	Projekt 2. Mörby
	Traditionell, öppen schakt Stålrör	Infodring flexibelt foder "Strumpa" Saertex-Liner H20
Tillverkare	SSAB m.fl. (Sverige, Italien, Turkiet)	Saertex-Multicom (Tyskland)
Entreprenör	PEAB	NCC
Rörlängd	1350 meter	150 meter
Rördimension	DN800	DN500
Avstånd upplag*	10 kilometer	2 kilometer
Schaktdjup	2,05 meter	1,75 meter
Schaktmängd*	7380 m ³	551 m ³
Klimatpåverkan	GWP, kg CO₂-ekvivalenter	GWP, kg CO₂-ekvivalenter
- Rör	560 250	5993,2
- Transport rör	43 766,3	339,8
- Bergkross	39 507,1	281,2
- Transport bergkross	19 994,4	6 472,8
- Transport schaktmassor	17 055,2	2 949,4
- Entreprenadmaskiner	13 243,2	1 483,1
Ekonomi		
- Projekterad entreprenadkostnad	27 733 410 kr	3 592 750 kr
- Faktisk entreprenadkostnad	25 960 000 kr	3 763 741 kr
- Σ Tillkommande entreprenadkostnader	373 317 kr	39 280 kr
- Slutgiltig totalkostnad	26 333 317 kr	4 022 343 kr
- Förändring (%)	+ 5,4 %	+ 6,9 %

*Teoretiska värden och uppskattade beräkningar

Figur 22. Översikt över analyserad entreprenadprojekt

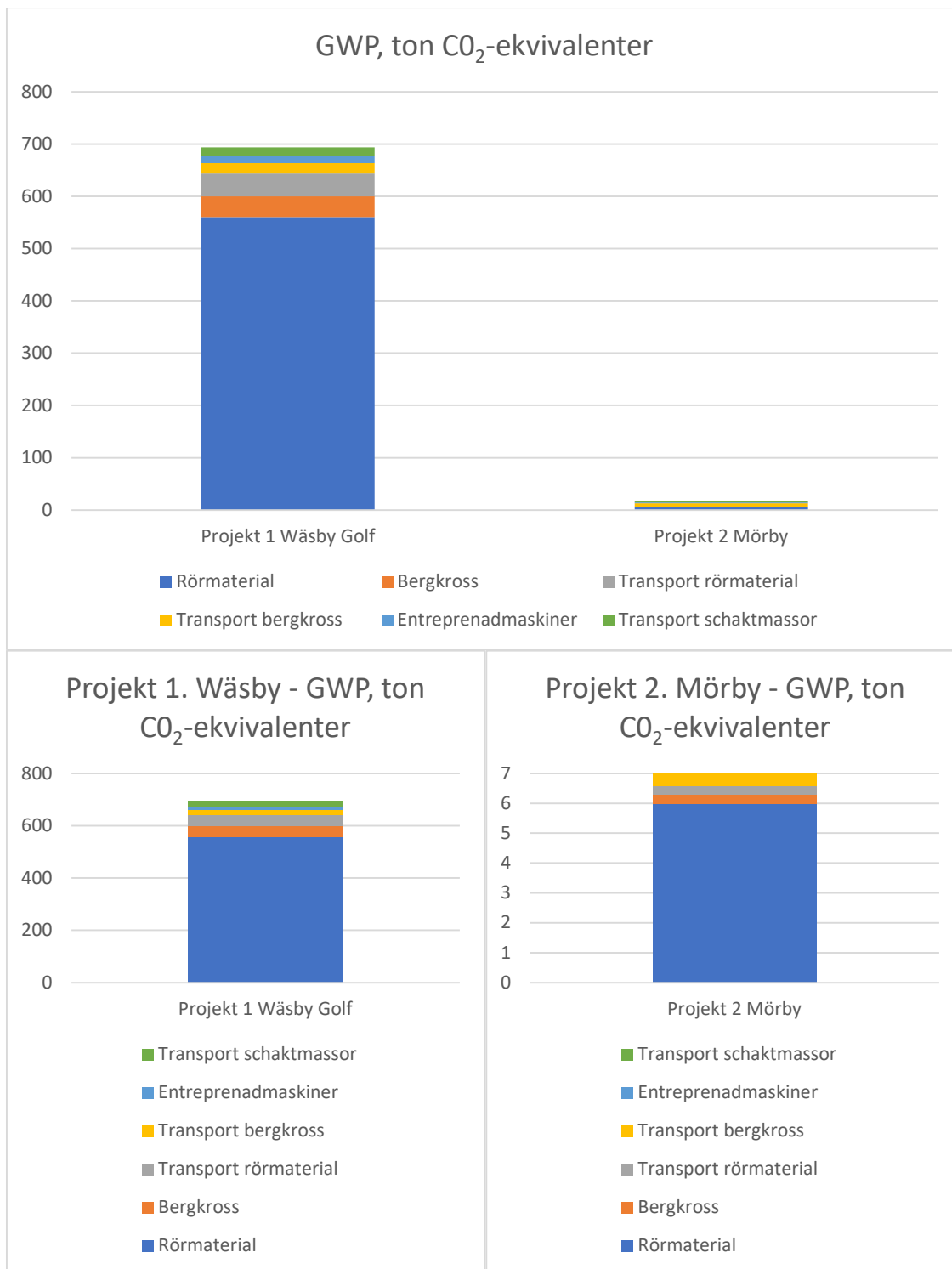
6.2.1. Ekonomi

Projekt 1 Wäsby utfördes som totalentreprenad med PEAB som entreprenör, med en projekterad entreprenadkostnad om 27 733 410 kr. Utfallet, den faktiska kostnaden uppgick med ÄTA-arbeten till 26 333 317 kr.

För Projekt 2 Mörby utfördes inom ramavtal med NCC som entreprenör, med en projekterad entreprenadkostnad om 3 592 750 kr, exklusive projektering och upphandlingskostnader. Den slutgiltiga kostnaden med tillägg för projekteringskostnader, men exklusive Norrvattens interna kostnader uppgick till 3 894 222 kr. Budgeterad upphandlingskostnad 75 621 kr. Främsta orsaker till entreprenadens ekonomiska förändringar var extra kostnader för utökade vattenprover samt interntid och slutbesiktning som ej beaktats i budget. Slutgiltig totalkostnad 4 022 343 kr, varav 39 280 kr endast sett till tillkommande entreprenadkostnader.

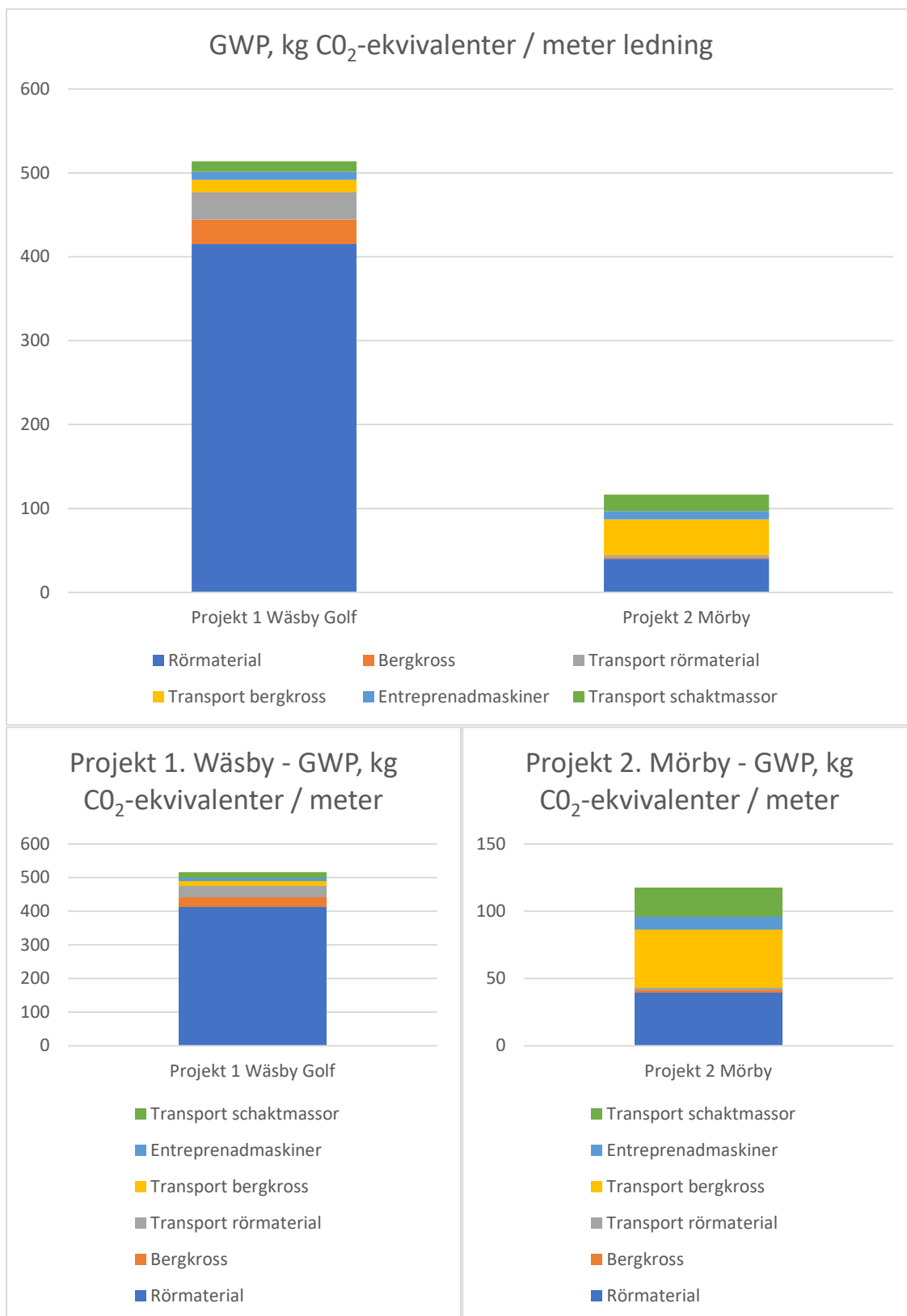
6.2.2. Klimatpåverkan

Följande tabeller i figur 23 visar teoretiska beräknade utsläpp i ton CO₂-ekvivalenter för påverkanskategori GWP. Vilka härstammar från kategorier "Rörmaterial", "Bergkross" samt "Transport av rörmaterial".



Figur 23. Översikt av projekt 1. Wäsby samt projekt 2. Mörby, utsläpp i ton CO₂e totalt för projekt

Då projektens ledningssträckor skiljer sig över 1000 meter, vilket jämförelsevis ger stora skillnader i GWP visas i figur 24 nedan påverkan per meter ledning.



Figur 24. Översikt av analyserade entreprenadprojekt, kg CO_{2e} per meter ledning

7. Analys

Arbetet visar på ett hållbarhetsfokus inom bygg- och anläggningsbranschen i sin helhet. Ett fokus som medför att enskilda aktörer arbetar på eget håll för att skapa verktyg som kan belysa klimatpåverkan vid olika material- och metodval, till fördel för den egna verksamheten eller branschen i stort. Vid fördjupning i specifika verktyg uppstår dock frågetecken kring ingående data och svårigheter att kontrollera på grund av avsaknad av transparens.

Ur entreprenörens synvinkel saknas incitament att överprestera när det gäller hållbarhetsarbetet. Att värdera och skapa incitament utan tydlig information kring vilka delar av entreprenadernas moment och ingående delar som har en betydande klimatpåverkan kan därför kännas oklart. Samtliga nischade beräkningsverktyg som behandlats i studien har varit användarvänliga och relativt enkla, även som icke expert, att använda och samtidigt gett viss insyn i potentiell klimatpåverkan. Detta trots fall av ej optimerade ingående parametrar som exempelvis rördimensioner. Beräkningsverktygen saknar dock den grundläggande fördelen med renodlade LCA-arbeten och det är transparens och struktur. Vidareutveckling av nya nischade beräkningsverktyg drar därför fokus från den ursprungliga frågeställningen, att analysera och se hur ledningsnätsentreprenader kan göras mer hållbara med avseende på klimatpåverkan och ekonomi.

Som ledningsnätsägare finns ett större fokus på kvalitet, driftsäkerhet och hållbarhet än på andra ekonomiska faktorer. Detta skapar ett ekonomiskt utrymme för ledningsnätsägare att skapa just ekonomiska incitament för att minska klimatpåverkan från drivande poster så som transporter.

På grund av arbetets förutsättningar blev informationsinsamling och resursinventering av aktuella entreprenadprojekt ej enligt planerat. Utförandetiden i kombination med vår egen tidsbegränsning medförde att resursinventeringen blev generell och ej projektspecifik baserad på information från entreprenörer. Därmed visar resultat av entreprenadprojekten endast en exemplifierad bild av skillnad mellan schaktfri ledningsrenovering och renovering i öppen schakt. Summan av arbetet får därför ses som ett steg i riktning mot tydligare insyn i ledningsnätsentreprenader och fungera som avstamp för fortsatta studier.

I takt med utveckling av standarder för LCA samt ett ökat hållbarhets- och klimatfokus hos byggmaterialtillverkare ökar ständigt möjligheterna att arbeta med dessa frågor och sänker instegströskeln för arbete med mer renodlade LCA-mjukvaror likt BM 1.0 där manuell inmatning av data från EPD-dokument krävs. I förlängningen krävs, som tidigare nämnts, mer öppenhet och transparens för ökad noggrannhet vid analys av entreprenadprojekt.

8. Slutsatser

FF1. Vilka besparingar kan göras, både ekonomiska och klimatomässiga?

Gällande ekonomiska besparingar har arbetet inte kunnat visa på en rättvis bild då projekt 1 omfattar en nära på tio gånger så lång sträckning. Vilket i entreprenadsammanhang ger en felaktig bild att jämföra. Därför har ekonomiskt fokus för rapporten legat på ekonomiska incitament och möjliga åtgärdsposter och fokus på ekonomi och klimat ur ett hållbarhetsperspektiv. Projekterade kostnader var för projekt 1 utfört med traditionell schakt högre än den slutgiltiga kostnaden. Detta trots tillkommande ÅTA-arbeten. Drygt 17000 kr per meter ledning.

För projekt 2 utfört med den nya schaktfria tekniken var projekterad kostnad lägre än den slutgiltiga kostnaden, detta p.g.a. behov av extra vattenprover till följd av den nya tekniken samt interna kostnader. Kostnader, och avvikelser, som därför vid framtida entreprenader kan förväntas sjunka då utökade vattenprover ej krävs, samt då arbetsrutiner och entreprenörer blivit mer inarbetade. Sett till meter ledning blev den schaktfria entreprenaden drygt 45% dyrare.

För att ytterligare försöka besvara FF1 och visa på vilka besparingar som kan göras, visar utförd analys och jämförelse av två entreprenadprojekt att ledningsreovering utförd med schaktfri teknik medför cirka 80% lägre klimatpåverkan per meter ledning i förhållande till projektet som utförts i öppen schakt. Då endast sett till ingående rör- och bergkrossmaterial, transporter för dessa samt vid en förenklad masshantering med antaganden enligt bilaga 6. Med hänsyn tagen till uppskattad livslängd om 50 respektive 100 år för infodring respektive ny ledning i öppen schakt är klimatpåverkan trots halverad livslängd lägre. Viktigt att tillägga är att den analyserade tekniska metoden är förhållandevis ny och endast framtiden kan visa på hur väl den presterar i praktiken för just dricksvattenledningar. Med hänsyn tagen till att den schaktfria metoden infodring har en halverad teoretisk materiallivslängd kan en teoretisk brytpunkt beräknas till 231,8 år eller drygt fyra schaktfria reoveringar innan klimatpåverkan uppgår till motsvarande reovering i traditionell öppen schakt. Vilket i kombination till ovan bör kunna anses som ett hållbart alternativ med hänsyn tagen till projektens stora skillnad i omfattning, klimatpåverkan samt slutgiltigt kostnad.

Jämförelsevis visar Axelsson, J., Olsson, J. (2017) med sitt examensarbete och analys av ett väganläggningsprojekt genom Trafikverkets klimatkalkyl att många små åtgärder kan ha betydande inverkan på klimatpåverkan. Den största sänkning av CO₂e erhöles enbart genom utbyte till miljödiesel. För detta arbete har denna typ av ingående information ej kunnat inhämtas och analyserats. Detta innebär ej att liknande möjligheter inte funnits för dessa projekt, och att incitament och högre ställda krav mot entreprenörer hade kunnat medföra ytterligare ekonomiska besparingar.

FF2. Vilka metoder och verktyg finns att tillgå för att beräkna klimatpåverkan?

En viktig sak att poängtera är att LCA-metodiken som används vid framtagning av beräkningsverktyg i kombination med miljödatabaser skapar ett brett resultatspektrum. Det går därför inte att rakt av jämföra ett verktyg mot ett annat. I rapporten "Livscykelanalyser – vägledning vid val av verktyg" konstateras (Heincke, Dahlgren, Ek, Beemsterboer, 2018) just detta efter utförd jämförelse mellan olika LCA-mjukvaror. Risker med parallell utveckling av nischade beräkningsverktyg som behandlats under kapitel 6.1 är att en felaktig bild skapas av utförandemetoderna och att man istället motverkar ökad transparens och standardiseringen av LCA. Sett från ett övergripande

perspektiv med generella LCA-mjukvaror är antalet tillgängliga verktyg betydligt fler än som behandlats i denna rapport. Instegströskeln är för dessa renodlade mjukvaror är dessutom betydligt högre och i flera av fallen krävs manuell import av emissionsdata eller EPD eller dylikt. Det finns i dag ett flertal nischade beräkningsverktyg baserade på LCA som samtliga kan användas för att översiktligt skapa sig en bild av valet mellan schaktfri ledningsnätrenovering kontra öppen schakt. Detta besvarar, om än delvis, FF2 även om en fördjupad studie troligtvis gett upphov till ytterligare verktyg för att beräkna klimatpåverkan.

FF3. Hur väl anpassade och lätthanterliga är tillgängliga verktyg i dagsläget?

Avslutningsvis kan nämnas att verktygen som vi funnit inom studien dock ej varit optimala i avseendet att justera ingående parametrar, rördimension och rörmaterial, i den grad som gör verktygen optimala för ledningsnätrenovering inom Norrvattens område. Samtliga verktyg som behandlats har, med hänsyn tagen till ingående värden, gett snarlika procentuella resultat. Detta trots att vissa beräkningsverktyg helt utlämnar delar så som antalet schakter, schaktkapacitet eller dylikt. Genomgående har verktygen varit användarvänliga i den grad att vi som ingenjörstudenter kunnat nyttja dem, genom information tillgänglig direkt i verktyget alternativt genom tillhörande användarmanualer. Detta ger en kortfattad beskrivning som belyser arbetets utförande och besvarar FF3.

Det initiala, högt uppsatta, målet att under den korta utförandetiden även se över möjlighet att ta fram ett eget beräkningsverktyg visade sig svårt att uppnå. Även de enklare Excelbaserade beräkningsverktygen som studien behandlar har vid utveckling haft ett flertal aktörer inblandade, både entreprenörer och konsultföretag. Utfört arbete har dock skapat en grund för vidare studier och fördjupningar, genom sammanställande av information och underlag som kan ligga till grund för framtagning av ett öppet beräkningsverktyg. Nedan följer rekommendationer kring möjliga framtida examensarbeten:

- Analysera klimatpåverkan från vattenledningsentreprenad hos entreprenör under VT och ej HT för möjlighet till större insyn i faktiska resurser.
- Följa upp ytterligare entreprenader hos Norrvatten med fokus på ett mer transparent beräkningsverktyg. Exempelvis BM 1.0.
- Utföra en fördjupad resursinventering av ledningsnätentreprenad med fokus på ett aktuellt projekt.
- Med grund i rapportens resursinventering, vidareutveckla ett nischat beräkningsverktyg i Excel, som knyter mängder och klimatpåverkan till identifierade utsläppsposter.
- Utredda möjligheter till minskad klimatpåverkan genom samspelet mellan ledningsnätägare och entreprenör, genom incitament och delade kostnader för mellanlagring och dylikt.

9. Rekommendationer

Efter utfört arbete är våra rekommendationer till Norrvatten och andra ledningsnätsägare att fortsätta arbeta med samspel med entreprenörer och skapa incitament för hållbarhetsarbete. Som exempelvis uppmärksammades vid intervjuer hos Norrvatten, exempelvis genom att dela på kostnader för mellanlagring för att optimera och minska transportkostnader.

Ytterligare punkter att belysa:

- Skapa incitament för högre krav på tillgängliga data och kalkyler för resursinventering. T.ex. genom bonussystem för redovisade minskade transporter.
- Bevaka aktuella mjukvaror som är under utveckling, då främst generella och transparenta LCA-verktyg. Likt BM 1.0.
- Främja fortsatta fördjupande studier genom examensarbeten som bygger vidare på studien och "tar pulsen" på branschen.

Referenser

- Asplan Viak AS. (2010). *NoDig versus åpen groft – miljømessige-, økonomiske- og juridiske betraktninger*. Drammen: Asplan Viak AS. Från <http://d21dbafykfdck9.cloudfront.net/1448877382/nodig-klimaregnskaprapport-nodig-vs-åpen-groft.pdf> [2019-11-12]
- Axelsson, J., Olsson, J. (2017). *Åtgärder för minskad klimatbelastning i anläggningsprojekt – Trafikverkets ökade krav på klimatgasreducering genom klimatkalkyl* (Examensarbete, Karlstads universitet, Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap) Från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1136651/FULLTEXT01.pdf> [2019-10-12]
- Bergman, S. (2018). *Livscykelanalys för grundläggning av byggnader – Användningen idag och hur metoden kan tillämpas i praktiken*. (Examensarbete 30hp, Luleå Tekniska Universitet) Från <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1252929> [2019-10-12]
- Boverket. (2018). *Klimatdeklaration av byggnader (2018:23)*. Karlskrona: Boverket. Från <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/klimatdeklaration/> [2019-11-12]
- Cranser, H. (2013). *Trycksatta huvudvattenledningar – Guide för material och schaktfria metodval vid åtgärder av vattenledningar*. (Examensarbete 15hp, Kungliga Tekniska Högskolan ABE, Stockholm). Från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:643186/FULLTEXT01.pdf> [2019-10-12]
- DiVA Digital VA-forvaltning. (2012). *Om DiVA*. (Webbplattform; LCA-verktyg) Från <https://diva-guiden.no/om> [2019-12-16]
- Elecosoft. (2018). *Bidcon Klimatmodul*. Skellefteå: Elecosoft. Från <https://www.elecosoft.se/wp/wp-content/uploads/bidcon-klimatmodul.pdf> [2019-12-16]
- Farhan, M., Mahdi, S. (2017). *Möjligheten att utföra LCA i en totalentreprenad: En studie om LCA i en totalentreprenad*. (Examensarbete, Högskolan Dalarna, Akademin Industri och samhälle, Byggt teknik). Från <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:1120733> [2019-11-12]
- Heincke, C., Dahlgren, L., Ek, K., Beemsterboer, S. (2018). *Livscykelanalyser - vägledning vid val av verktyg*. (ID: 13461). Göteborg: NCC, SBUF. Från <https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/bfb45784-3c19-49e7-a542-26cc031b419e/FinalReport/Slutrapport%2013461%20Utv%C3%A4rdering%20av%20LCA-verktyg.pdf> [2019-12-11]
- ISTT. (2019). *Award winner. The International Society for Trenchless Technology*, Från <http://istt.com/index/award-winners> [2020-02-22]
- IVA, Sveriges Byggindustrier. (2014). *Klimatpåverkan från byggprocessen*. Stockholm: Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien (IVA). Från <https://www.iva.se/globalassets/rapporter/ett-energieffektivt-samhalle/201406-iva-energieffektivisering-rapport9-i1.pdf> [2019-11-12]
- IVL Svenska Miljöinstitutet. (2018). *Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM1.0 (2018:04)*. Stockholm: IVL Svenska Miljöinstitutet. Från <https://www.ivl.se/sidor/vara-omraden/miljodata/byggsektorns-miljoberakningsverktyg/bm---praktiska-verktygsfragor.html>

Lidström, V. (2012). *Vårt vatten: grundläggande lärobok i vatten- och avloppsteknik*. (1. utg.) Solna: Svenskt Vatten.

Naturvårdverket. (2018). *Beräkna dina klimatutsläpp/Beräkningsverktyg transportutsläpp*. Excel. Från <https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Luft-och-klimat/Berakna-dina-klimatutslapp/> [2019-12-16]

Norrvatten. (2019). *Om Norrvatten/Nyhetsarkiv*. Från <https://www.norrvatten.se/> [2019-11-12]

NTM. (2019). *NTMCalc Basic 4.0. Environmental Performance Calculator*. Från <https://www.transportmeasures.org/ntmcalc/v4/basic/index.html#/> [2019-12-06]

SGI. (2007). *Jords egenskaper*. Från <https://www.swedgeo.se/globalassets/publikationer/info/pdf/sgi-i1.pdf> [2019-11-12]

SGU. (2020). *Kartvisare Jordarter 1:25000 – 1:100000*, Från <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html> [2019-11-12]

SSAB. (2019). *SSAB Huvudvattenledningar*. Från https://ssabwebsitecdn.azureedge.net/-/media/files/se/infra/ssab_huvudvattenledningar_ror_och_rordelar.pdf?m=20170915072806 [2019-12-16]

SSAB. (2020). *SSAB Miljöansvar och hållbarhet*. Från <https://www.ssab.se/produkter/stalkategorier/infrastructure/infrastructure-ehsq?di=discover9D8DEB7EC0DC4B5299529A5B170E0A93> [2020-01-06]

SSTT. (2016). *Glasfiberstrumpa för dricksvattenledning*. Från <http://www.sstt.se/?cid=414> [2019-11-12]

Strinsjö, R., Mårtensson, H. (2016). *Livscykelanalyser i byggbranschen - En kartläggning av den svenska entreprenörssektorn*. Examensarbete Byggingenjör Halmstad. Från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:953960/FULLTEXT02.pdf> [2019-12-11]

Stripple, H. (2001). *Life Cycle Assessment of Road*. (B 1210 E) Göteborg: IVL Svenska Miljöinstitutet. Från <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b734e/1445515385608/B1210E.pdf> [2019-12-16]

Svenskt Vatten AB. (2018). *Framtidens hållbara VA-ledningssystem*. Från https://www.svensktvatten.se/contentassets/odfc8061928d4757a8f816f66486b31e/svur_18-10a.pdf [2020-02-19]

The Norwegian EPD Foundation. (2019). *EPD - Environmental Product Declaration Bergkrossprodukter, Skanska*. Från https://www.epd-norge.no/getfile.php/139362-1537176670/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-1257-403_Crushed-Stone-Bergkrossprodukter_1_1.pdf [2019-12-30]

Trafikverket. (2019). *Handbok för vägtrafikens luftföroreningar*. (Bilaga 6:1). Från <https://www.trafikverket.se/contentassets/3c85ef29f30b4f58aa895dc52efbb14a/handbok-for-vagtrafikens-luftfororeningar/kapitel-6-bilagor-emissionsfaktorer-2017-2020-2030.pdf> [2019-12-16]

Trafikverket. (2019). *Trafikverkets Klimatkalkyl modellversion 6.1*. (Webbplattform; Klimatkalkyl) Borlänge: Trafikverket. Från <http://webapp.trafikverket.se/Klimatkalkyl/> [2019-12-25]

UKSTT, UK Society for Trenchless Technology, *CIPP-Lining*. Från <https://www.ukstt.org.uk/pf/cipp-lining/> [2020-02-19]

William, W. (2017). *Long-term performance of CIPP*. Trenchless International. Från <https://www.trenchlessinternational.com/2017/07/04/long-term-performance-cipp/> [2020-02-19]

Åkerlund, S. (2019). *Schaktfritt – Det hållbara ledningsbyggandet*. SSTT, NCC. Från <http://www.delegia.com/app/Data/ProjectImages/13719/VA%20Tour%202019/Presentationer/Schaktfritt - det hallbara ledningsbyggandet - presentation Elmia.pdf> [2019-11-12]

Muntliga Källor:

Larissa Strömberg. (2019). *Föreläsning AH 1907 – Anläggning 1*. Kungliga Tekniska Högskolan, Stockholm

4S Ledningsnät. (2019). *Studiebesök, Teknikdag – Rapportering av aktuella projekt och utmaningar*. Stockholm Vatten & Avfall, Stockholm

Bilagor

Bilaga 1 – Intervjufrågor

Bilaga 2 – Questionnaire

Bilaga 3 – Transkriberad intervju #1

Bilaga 4 – Transkriberad intervju #2

Bilaga 5 – Questionnaire result

Bilaga 6 – Förenklad LCA / LCI-studie

Bilaga 1: Intervjufrågor

Frågeställning 1.

Använder ni några faktiska beräkningsverktyg i dagsläget för att beräkna klimatpåverkan?

Görs några livscykelanalyser?

Finns kompetens som krävs för att utföra livscykelanalyser för hela projekt?

Frågeställning 2.

Görs någon form av efterkalkyl på klimatpåverkan? Om ja, hur följs det utförda miljöarbetet upp?

Hur ser arbetet med klimatpåverkan ut i projekterings- respektive utförandeskedet? Används alternativa verktyg likt miljöcertifieringssystem, miljömärkning eller dyligt? Om ja, i så fall vad?

Anser ni att branschen har behov och är förberedd för ytterligare miljökrav?

Frågeställning 3.

Vilket fokus har det ekonomiska kontra den klimatmässiga sett från Ert perspektiv? Ökar kraven ur ekonomiskt eller klimatmässigt perspektiv och vad påverkar, t.ex. framkomlighet/driftstörningar entreprenad, livslängd av material m.m.?

Finns några utmärkande skillnader gällande ÄTA-arbeten vid traditionell och schaktfria entreprenader?

I vilken utsträckning styr de olika faktorerna, klimatpåverkan, ekonomi och teknisk lämplighet (d.v.s. att det är mer praktiskt utförbart med kortare utförandetid, mindre driftstörningar/framkomlighetsproblematik).

Bilaga 2: Questionnaire

Initial questions not applicable but overall briefly answered in first mail contact with Ivo Raphael Hemsing, 2019-12-10, regarding implementing LCA, EPD as a manufacturer:

“Regarding your request for an EPD, I have to say there hasn't been one yet.

In Germany, we were able to analyse the Product Carbon Footprint according to DIN EN ISO 14040 and 14044 (2006) with the Wessling testing institute in 2012.”

- Do you in any way follow up on how your products perform - in ways that have environmental impact - such as life span? (E.g. through contact with customers)
If yes, specify briefly.

- Do you work with, and/or planning to implement environmental assessment of any kind? (E.g. environmental certifications)
If yes, specify briefly.

- Do you consider you field of business to be prepared for increasing environmental demands?
Please elaborate briefly.

- As a manufacturer, do you see a change in focus on environmental-, economical- and technical aspects from your customers? (Eg. changing in requests for new materials, lower pricing or new technical solutions)
If yes, specify changes briefly.

- As a manufacturer, do you see a change in focus on environmental-, economical- and technical aspects from your customers? (Eg. changing in requests for new materials, lower pricing or new technical solutions)
If yes, specify changes briefly.

- Other questions not applicable and/or combined with above.

Bilaga 3: Transkriberad intervju

Intervju #1 *Transskript efterbearbetat med förtydliganden efter önskemål 2019-12-11, Norrvatten, Sundbyberg*

Annika Falkmar, Projektledare

Hur ser arbetet med klimatpåverkan ut i projekterings- respektive utförandeskedet? Vilka metoder/verktyg används för att se över och bedöma klimatpåverkan?

Annika: Det är inte direkt något fokus på klimatpåverkan i projekteringskedet utan där fokuserar vi mer på vilken som är den bästa lösningen för projektet och vad som blir smidigast att göra snarare än vad som är bäst för miljön. Till exempel om sträckan som ska läggas om ligger i en mindre gata eller grönområde så prioriterar vi schakt framför schaktfritt. Om ledningen ligger ex. i E 18 som är en svår väg att stänga av under längre tider så försöker vi lägga om ledningen schaktfritt. När vi schaktar upp och byter ledningen så vet vi att vi har en helt ny ledning med längre hållbarhet än när ledningen renoveras med schaktfritt så det är också därför vi oftast lägger om ledningarna med schakter. Vi har en åtgärdsplanegrupp som tidigt fångar upp vilka projekt som i framtiden ska läggas om, dom tittar också på vilken metod dom tror är bäst men jag tror inte att klimatpåverkan är den största faktorn dom kollar efter.

Följdfråga, Andreas: I din roll som projektledare, om vi ser till miljöfrågan i utförandefasen, hur märks det av för dig?

Annika: Massorna som schaktas upp är bland den största miljöfrågan vid genomförandet vilket också är komplicerat att hantera. Om massorna är förorenade ska dom köras bort till deponi och om dom inte är förorenade så är det mest miljövänliga att lägga tillbaka massorna igen efter att ledningen lagts om. Problematiken är att det kan vara svårt att helt veta om massorna är förorenade samt att det ofta inte finns någon mellanlagring där man kan förvara massorna undertiden man lägger dit de nya rören. Detta gör att det är lättare att köra bort alla massorna på deponi. På detta sätt vet man att massorna man lagt tillbaka är miljövänliga.

Görs några livscykelanalyser?

Annika: Nej, det gör det inte.

Det skulle absolut vara intressant och något man skulle kunna göra om det finns något enkelt verktyg.

Finns kompetens som krävs för att utföra livscykelanalyser för hela projekt?

Annika: Ja det tror jag absolut det skulle finnas, vi är ganska små men vi är många med olika kompetenser och vi hjälper varandra väldigt mycket. Om man tar hjälp av någon konsult som jobbar med sådana verktyg så skulle vi kunna ta fram något tillsammans som skulle kunna passa vår verksamhet bra och något som branschen kan använda sig av.

Görs någon form av efterkalkyl på klimatpåverkan? Om ja, hur följs det utförda miljöarbetet upp?

Annika: Nej, det görs det inte.

Hur ser arbetet med klimatpåverkan ut i projekterings- respektive utförandeskedet? Används alternativa verktyg likt miljöcertifieringssystem, miljömärkning eller dylikt? Om ja, i så fall vad?

Annika: Ja det gör vi, och nu har vi precis fått klart ett ramavtal på schakt och rörläggning där vi lade extra fokus på just miljöfrågan i utvärderingen. Till exempel fordon som de använder ska vara miljövänliga alternativ, att man ska lägga lite extra fokus på massorna i projektet att till exempel Norrvatten kan vara med och hjälpa till med att hitta platser för mellanlagring av massorna och att det ska gynna entreprenören om de gör detta. Detta är ett sätt att göra schaktarbetet så miljövänligt som möjligt. Jag tror det är viktigt att vi som beställare ger entreprenören förutsättningar för att arbeta miljövänligt, deras intresse är oftast att tjäna så mycket pengar som möjligt vilket då ställer högre krav på oss beställare för att få in miljötänket. Jag tycker dock att entreprenörer oftast är villiga att hjälpa till med detta och mestadels positiva till det.

Anser ni att branschen har behov och är förberedd för ytterligare miljökrav?

Annika: Stor skillnad mot min tidigare bransch inom husbyggnad där man jobbar mycket med miljöcertifieringar. Det görs inte i VA-branschen. Men i min tidigare anställning på Stockholm Vatten och Avfall för cirka 3 år sen började man kika på Byggvarubedömningen (som används mycket i husbyggnadsbranschen) för att implementera den även i VA-branschen för att hålla koll på vilket material man bygger in. Detta blev dock väldigt krångligt och togs tyvärr inte emot så positivt, jag tror mycket av detta beror på att man bara tog ett verktyg som fungerar bra i husbyggnadsbranschen och trodde att det skulle funka lika bra för VA-branschen men det gjorde det inte, vilket gjorde att det bara blev ett extra moment som var krångligare än vad det hade behövs vara och ökade bara stressen mitt bland alla projekt som pågick. Så det krävs att man gör verktyget bra för branschen innan man implementerar något, då tror jag det kommer funka bra och ge bra nytta. Viktigt att vi har koll på vad det är för material som vi gräver ner i marken.

Vilket fokus har det ekonomiska kontra den klimatomfattiga sett från Ert perspektiv? Ökar kraven ur ekonomiskt eller klimatomfattigt perspektiv och vad påverkar, t.ex. framkomlighet/driftstörningar entreprenad, livslängd av material m.m.?

Annika: Där känns det som att det är värt att satsa på det miljömässiga, visst vi har en budget och vill göra det priseffektivt men vi ser miljön som en stor del i det. Absolut att det kan kosta lite mer med miljöaspekter. Vi är inget företag som ska gå med vinst så för miljöaspekter så kan det få kosta lite mer när det ger tillbaka till samhällsnyttan. Det känns som att Norrvatten och kommuner i Sverige har ett stort ansvar att komma åt det, så inget hinder utan bara hur och på vilket sätt, med vilka verktyg, så att man kan komma åt det.

Finns några utmärkande skillnader gällande ÄTA-arbeten vid traditionell och schaktfria entreprenader?

Annika: När man använder en schaktfri metod så bli det oftast mindre Ätor på grund av det blir färre schakter. Det är ofta schakterna som ger ÄTA-arbeten eftersom man inte kan veta exakt hur det kommer se ut under marken förrän det är uppschaktat. Till exempel kan det finnas ledningar och kablar som man tidigare inte vetat om, vilket ger Ätor samt extraarbeten. Så generellt kan jag säga att det blir mindre ÄTA-arbeten med en schaktfri metod. Det är inte så mycket överraskningar som kan komma vid schaktfritt, man har filmat röret innan och har koll på mycket vid infodring.

I vilken utsträckning styr de olika faktorerna, klimatpåverkan, ekonomi och teknisk lämplighet (d.v.s. att det är mer praktiskt utförbart med kortare utförandetid, mindre driftstörningar/framkomlighetsproblematik)

- Besvarad enligt ovan och utelämnades

Bilaga 4: Transkriberad intervju

Intervju #2

2019-12-11, Norrvatten, Sundbyberg

Fredrik Pagmén, Byggledare

Använder ni några faktiska beräkningsverktyg i dagsläget för att beräkna klimatpåverkan?

Fredrik: Inte vad jag vet så gör vi inte det. Jag vet att någonstans kollar man på det här schaktfriteknik och schaktteknik, men att man kollar liksom de två mot varandra och gör någon typ av beräkning, det gör vi inte.

Görs några livscykelanalyser?

Fredrik: Alltså det vi kikar på, det är ju när vi väl är väldigt noga när vi väljer material. Alltså där är man ju noga med att vi har en lång livslängd på det vi sätter ner i backen. Att rören ska hålla i minst hundra år, att hela genomförandet som vi ser till att vi har en bra ledningsbädd, bra kringfyllning, att vi ser till att vi isolerar skarvar och annat så att vi verkligen ser till så att det är minst hundra års livslängd på det som vi lägger ner i backen. Och det gäller ju allt från alla armaturer också, ventiler, kopplingar. Så att vi har ju någon typ av hundra års tänk där. Och en stor del när det gäller schaktjobben, det är ju att man ser till så att man inte skadar befintliga ytskikt från transport ner i backen tills man återfyller. För börjar man skada redan där då funkar ju inte det här med hundra års perspektivet. Det väl lite det som vi har haft problem med tidigare att vi byter ledningarna här som är långtifrån utjänta tidsmässigt, men att det har vart något fel från antingen tillverkningen eller utförandet, det är då man tappar de här cyklerna och det är då det blir problem liksom. Därför måste man vara supernoga när vi väljer metod och väljer material idag.

Följdfråga, Andreas: Är det då lätt att utreda vart problemet härstammar från?

Fredrik: Det vi har gjort är att vi har tagit extern hjälp på vissa grejer. Då har man gjort någonting som heter haveriutredningar där man har då tagit in hjälp från någon som verkligen "nördar" ner sig i problembilden. Det har både varit att rörmaterial har vi gjort det och en koppling, för att verkligen ha svart på vitt liksom. För annars är det lätt att det blir spekulationer och lite hobbytyckande, utan man gör en ordentlig haveriutredning på problembilden, och det är jättebra, för då samlar man på sig den kompetensen sen som behövs för att kunna göra rätt val framöver.

Finns kompetens som krävs för att utföra livscykelanalyser för hela projekt?

Fredrik: Nu är jag inte helt hundra på just vad som menas med det där men jag tycker ju att vi (Norrvatten) är noga, vi har en tekniskhandbok där vi har specificerar oss ganska hårt på det, för material och armaturer och hur det ska utföras. Och skulle man göra det då känner vi oss trygga att vi har en lång livslängd på anläggningen. Sen skulle jag nog säga att vi har den kompetensen idag och att vi har liksom tekniska handböcker, typritningar, materialkännedom för att känna oss trygga med att det vi bygger idag har den livslängden som vi vet. Och det är också att vi försöker jobba nära leverantörer, tillverkare med de här bitarna, där vi också få tala bättrings delar som kan utföras på deras saker.

Görs någon form av efterkalkyl på klimatpåverkan? Om ja, hur följs det utförda miljöarbetet upp?

Fredrik: Det är ingenting som vi jobbar med idag vad jag vet. Ingenting som jag har varit involverat i. Lite hur bra klimatpåverkan på ett projekt har varit, det gör vi inte idag. Men det skulle kunna vara intressant, alltså det som är lite, det är ju att beroende på entreprenadform så blir ju det mycket att, är det en totalentreprenad så är ju det mycket entreprenören liksom som lägger upp och planerar och utför. Är det en utförandeentreprenad, så är det lite vi som projekterar och behöver vara mycket mer involverade i allt från “finns det mellanrum?”, “Har vi tillräckligt med utrymme för att kunna lagra material eller behöver vi köra iväg materialen?”. Där är en bit som jag har sagt att vi ska “vässa” oss på framöver. Bli duktigare på den biten. Se hur man kan minimera transporter, minimera fall B och dem bitarna. Så att det är någonting som jag tror att vi ska kika på framöver.

Hur ser arbetet med klimatpåverkan ut i projekterings- respektive utförandeskedet? Används alternativa verktyg likt miljöcertifieringssystem, miljömärkning eller dylikt? Om ja, i så fall vad?

Fredrik: Det här är ju inte min bit alls.

Anser ni att branschen har behov och är förberedd för ytterligare miljökrav?

Fredrik: Jag tror att vi har säkert mer det här tänket, för kollar man den, vi ställer ju krav på fordonsparken i våra projekt, alltså det gör vi. Det ska vara miljöhydrauloljor och annat. Jag vet att alla fall B prov tas ju då, ute på tipparna till exempel. Så det “bakas” säkert in en hel del grejer, jag ser inte hela kedjan framför mig just nu. Men jag tror helt klart att det är någonting som vi kan bli bättre på och som kommer efterfrågas på mer och mer, det är jag fullständigt övertygad om. För att det är där för mycket med schaktfria tekniker har ju alltid kört mycket på att det minimerar, det är bättre ur miljösynpunkt. Det är en bra konkurrens fördel för dem. Så jag är övertygad om när det gäller schaktjobb och annat, kommer det här att bli mer på “tapeten” liksom, hur man planerar och utför det.

Vilket fokus har det ekonomiska kontra den klimatomässiga sett från Ert perspektiv? Ökar kraven ur ekonomiskt eller klimatomässigt perspektiv och vad påverkar, t.ex. framkomlighet/driftstörningar entreprenad, livslängd av material m.m.?

Fredrik: Det blir så projekt specifikt för oss hela tiden så att det viktigaste för oss, det är att vi har en verktygslåda med olika alternativ. Där vi känner oss trygga med, om vi ska schakta så vet vi att det är den här materialen vi använder, vi har ett utförande som vi är trygga med. Är det schaktfritt då har vi den här metoden och valen. Sen i varje förstudie och projekteringskede, där får du utkristalliserad vilken metod man använder, vilken som är bäst för respektive projekt och det är så mycket faktorer som kan påverka. Det är allt från geoteknik till framkomlighet till att man vill knyta ihop ett material på sträckan utan att blanda in ett annat material, det är mycket olika krav, mycket olika frågeställningar som gör varför man väljer om man ska köra schaktfritt eller ska vi traditionell schakt.

Finns några utmärkande skillnader gällande ÄTA-arbeten vid traditionell och schaktfria entreprenader?

Fredrik: Man kan stöta på oförutsedda saker när man gör schaktfria metoder också, absolut. Det som gäller när man kör schaktfritt, det är ju att man har kollat igenom geoteknik ordentligt så att man har koll på om man ska köra styrdborrning så kan man köra styrdborrning. Ska man renovera en ledning, då är det inga problem. För att då vet man att det ligger en ledning där. Den har man ganska god koll på. Så jag kan nog säga att det blir kanske mindre ÄTA-arbeten när man kör schaktfritt men det krävs minst lika mycket i undersökningssynpunkt.

Följdfråga, Andreas: Det borde nästa vara mer, just med filmningar av rören, blir det på något sätt mer avancerat?

Fredrik: Man måste skilja då på renovering och ny förläggning. Om man tar schaktfri renovering, då måste man se till vad för ledning man håller på med, man måste veta om det är några av vinklingar så att det metodvalet med flexibelt foder klarar av sträckan längdmässigt, böjarna och krokarna. Då har man ju fångat in mycket av utmaningen med den tekniken. För att den klarar bara av vissa längder, den klarar bara av vissa graders av vinkling. Så där gäller det att man är supernoga med att ha koll på relationsritningar, att man tar ledningen ur drift, filmar, tar provgropar om det behövs. Då ska man ha fångat upp mycket av det oförutsedda som kan inträffa när det kommer till att renovera ledningen. Så det kan vara en viss skillnad på det. Garanterat så är ett sånt projekt mindre ÄTA-arbeten än traditionellt schaktjobb.

I vilken utsträckning styr de olika faktorerna, klimatpåverkan, ekonomi och teknisk lämplighet (d.v.s. att det är mer praktiskt utförbart med kortare utförandetid, mindre driftstörningar/framkomlighetsproblematik)

Fredrik: Ja, det är som sagt, det viktigaste för en ledningsägare där ju att man är trygg på de metodvalen som finns och sen att man då får väga liksom schaktfriatekniker med traditionell schaktning. Då får det bli exempel som det här med att man får lista med vad det är som funkar och inte funkar på respektive objekt och därifrån får man göra en bedömning av vilken metod man använder. Och då kan det absolut vara geoteknik, tillgängligheten, tidsaspekten, ekonomin är ju också med någonstans men samtidigt tänker vi ju 100 - 150 år på våra ledningar så att, finns den teknik vi vill använda som är lite dyrare men som är längre livslängd så måste man ju hela tiden väga in de aspekterna. Sen är det nog så att vi har varit väldigt teknisk lämplighet som har styrt det här, men att det är möjligt att det blir mer klimatpåverkan framöver också riktigt, de parametrarna har vi inte haft heller för att någonstans så ser man ju att byggskedet är en kort period på en anläggning som ska vara 100 - 150 år. Så att jag tror det skulle vara så att man kollar väldigt mycket på klimatpåverkan. Risken då blir ju att de här andra teknikerna som "strumpning" och annat säger de att det är inte lika lång livslängd på det. Problemet då, det blir ju att behöver man förnya den här ledningen tätare, så blir det en jäkla klimatpåverkan. Så det måste man ha med sig liksom i så fall. Den kan jag tänka mig kan slå fel eller om man inte gör det här på rätt sätt.

Bilaga 5: Questionnaire result

Intervju/Questionnaire #3
2020-01-06, E-mail

I.A. Ivo Hemsing, M.Eng. Project Manager, Saertex multiCom GmbH

Do you in any way follow up on how your products perform - in ways that have environmental impact - such as life span? (E.g. through contact with customers) If yes, specify briefly.

Many construction sites are accompanied by our application engineers. This means that we are in constant contact with our customers and receive direct feedback. Due to the specified product life of at least 50 years, we as a manufacturer are of course informed directly by network operators if the product is faulty, such as a leakage. Then our in-house quality assurance department and the laboratory intervene to check the case.

Do you work with, and/or planning to implement environmental assessment of any kind? (E.g. environmental certifications) If yes, specify briefly.

The product SAERTEX-LINER H₂O has the following test certificates with regard to the environment (see appendix):

- NSF/ANSI 61 International
- DVGW Technical Standard W 270

Do you consider your field of business to be prepared for increasing environmental demands? Please elaborate briefly.

So far, no regulation whatsoever has been established in the international CIPP industry with regard to the product life cycle. SAERTEX multiCom is therefore already on the right track with the analysis of the Product Carbon Footprint according to DIN EN ISO 14040 and 14044.

As a manufacturer, do you see a change in focus on environmental-, economical- and technical aspects from your customers? (E.g. changing in requests for new materials, lower pricing or new technical solutions) If yes, specify changes briefly.

Especially in the CIPP market, our customers as network operators, construction companies, engineering offices and private companies attach more and more importance to resource-saving technologies that do not burden the environment. They specifically ask for curing by UV technology in order to use less energy and to avoid any significant discharge of resin ingredients such as styrene into the environment.

Styrene-free resins are also deliberately used in certain market sectors in order to ensure the highest possible environmental standards, even though the medium is municipal wastewater or process water and no potable water approvals need to be observed. These special styrene-free resins are more complex to produce and therefore more expensive for the customer.

Bilaga 6: Förenklad LCA / LCI-studie

1. Definition av mål och omfattning

Denna förenklade LCA eller LCI-studie syftar till att skapa grunden för en inventeringsanalys av klimatpåverkan från underhållsrenoveringar.

1.1. Mål

Att ta fram en avgränsad och förenklad LCA med fokus på underhållsrenoveringar av vattenledningar.

1.2. Syfte

Att bidra till utökad information som kan användas som underlag vid beslutsfattande gällande utförandemetoder, öppen schakt och den schaktfria metoden infodring med flexibla foder av typ Saertex-Liner H2O.

1.3. Omfattning

Två renoveringsprojekt omfattas av analysen. Projekt 1 - Wäsby: Traditionell öppen schakt samt Projekt 2 - Mörby: infodring med flexibla foder typ Saertex-Liner H2O.

Med fokus på renoveringar och begränsad tidsomfattning begränsas livscykelanalysen och B1-B7 utelämnas. Därmed utesluts underhåll, driftenergi vidare till slutskede: rivning, restprodukthantering och bortskaffning. Underhållsarbeten och drift antas likvärdiga mellan olika metoder även om slutgiltig livslängd varierar samt ej är tillräckligt dokumenterad. I övrigt har ingen ingående information funnits kring äldre projekt som har kunnat användas som referens i analysen. Hela livscykel, som kan ses i figur 1 nedan, behandlas därför ej.



Figur 1. Livscykel [Infab AB/Boverket]

Omfattningen av livscykel delas vid LCA upp i olika skeden, med underliggande moduler för respektive skede, se figur 2 nedan. Med fokus på entreprenader har analysen begränsats och omfattar endast A1-A5. Det vill säga från råvaruförsörjning till och med färdigställd bygg- och installationsprocess och därmed överlämnande. Viktigt att poängtera är dock faktiska livslängder som i analysen ej behandlas mer ingående. Där produkten Saertex-Liner H2o har en uppskattad livslängd om 50 år enligt materialtillverkaren (Bilaga 3. Questionnaire) att jämföra 100 år för huvudvattenledningar i stål, enligt SSAB (2020) angivet i EPD.

A1–5 Byggskede		
A1–3 Produktskede	A1	Råvaruförsörjning
	A2	Transport
	A3	Tillverkning
A4–5 Byggproduktionsskede	A4	Transport
	A5	Bygg- och installationsprocess
B1–7 Användningsskede	B1	Användning
	B2	Underhåll
	B3	Reparation
	B4	Utbyte
	B5	Ombyggnad
	B6	Driftsenergi
	B7	Driftens vattenanvändning
C1–4 Slutskede	C1	Demontering, rivning
	C2	Transport
	C3	Restproduktsbehandling
	C4	Bortskaffning
D Fördelar och belastningar utanför systemgränsen		

Figur 2. Livscykelkedan och underliggande informationsmoduler [Infab AB/Boverket]

2. Inventering

Den grundläggande informationen som utgör basen i LCA-analysen erhålls genom inventering. För entreprenadprojekten kräver detta dokumenterade mängder i huvudsak från entreprenörer, men även materialtillverkare.

Parametrar som behandlats är rörmaterial, bergkrossprodukter, drivmedel från transport samt drivmedel från entreprenadarbete.

Då entreprenörer ej hade möjlighet att tillhandahålla fullständig information kring aktuella entreprenader ligger generella data, samt där tillgängliga data från EPD, till grund för beräkningar.

A1-A3 Produktskede

Data kring rörprodukter baseras på EPD samt av tillverkaren angiven information. Denna information redogör för energiförbrukning och utsläpp baserat på deklarerad enhet, vilket kan vara per kilogram färdig produkt, per ton eller exempelvis per sex meter färdig produkt. Den data som nyttjats är GWP i enhet kg CO₂-ekvivalenter. Sammanställning av produktskede för projekt 1 och projekt 2 redovisas i figur 3 nedan, samt transporter i figur 5.

Projekt 1. Wäsby

Projektet saknade exakta dokumenterade mängder för rörmaterial. Del av sträckan utgjordes av befintligt tillgängliga rör med ursprungsland Italien/Turkiet. Övrig mängd befintliga rör från SSAB. 50% av rören uppskattades tillsammans med Norrvatten komma från SSAB samt 50% från Italien. Uppskattning krävdes för transportberäkningar, materialdata togs från SSAB (2020) och tillgänglig EPD och deklarerad enhet om 1 kilogram rörprodukt.

Projekt 2. Mörby

Data kring Saertex-Liner H2O erhöles från tillverkaren, detta då en faktiskt EPD ej tagits fram. Deklarerad enhet om 50 meter Saertex-Liner H2O.

För båda projekten inhämtades data från den öppna databasen www.epd-norge.no för Bergkrossprodukter med tre antal krossteg för användning som skyddsfillnad enligt normal produktsortimentstabell. Återanvändningsgrad av befintliga massor sattes till 0% med 1,75 ton/m³ samt 15% kompression vid fyll. (The Norwegian EPD Foundation. 2020) Beräkningar utfördes därefter på Skanskas deklarerade enhet om 1000 kilogram.

	Projekt 1. Wäsby Golf	Projekt 2. Mörby
GWP	(GWP/deklarerad enhet) x vikt x antal	(GWP/deklarerad enhet) x antal
Rörmaterial	2,49 x 1000 x 225 = 560 250 kg CO ₂ -ekvivalenter	1997,74 x 3 = 5993,2 kg CO ₂ -ekvivalenter
GWP	(GWP/deklarerad enhet) x antal	(GWP/deklarerad enhet) x antal
Bergkross	2,66 x 14852,3 = 39 507,1 kg CO ₂ -ekvivalenter	2,66 x 105,7 = 281,2 kg CO ₂ -ekvivalenter
GWP	NTMCalc Basic 4.0:	NTMCalc Basic 4.0:
Transport	43 766,3	339,8
Rörmaterial	kg CO ₂ -ekvivalenter	kg CO ₂ -ekvivalenter

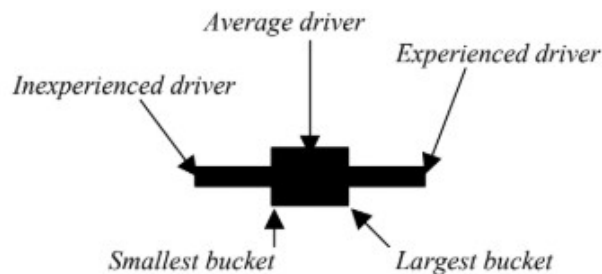
Figur 3. Produktskede A1-3, resursuppskattning och kg CO₂-ekvivalenter från påverkanskategori.

A4-5 Byggproduktionsskede

Transportberäkningar baseras på det webbaserade NTMCalc 4.0 Basic. Beräkningar av schaktmassor har utförts med hjälp av Norrvattens tekniska handbok med tillägg utöver Allmänna Material- & Arbetsbeskrivningar, AMA, för dimensionering av ledningsgrav, samt genom analyserade beräkningsverktyg. För entreprenadmaskiner, grävare och lastväxlare har antaganden gjorts baserat på arbetsplatsens miljö och avstånd till plats för mellanlagring och deponi. NTMCalc 4.0 Basic har här återigen använts samt "Beräkningsverktyg för transportutsläpp" baserat på arbetstid och motoreffekt enligt Naturvårdsverkets vägledning (2018).

Schaktberäkningar har även utförts med av Norrvatten tillhandahållet "Beräkningsprogram – Rörläggningskostnader 2005" i Excelformat. Transport av bergkross avser transport för inköpt bergkrossmaterial med antaganden av 60% respektive 0% återanvändningsgrad av schaktmassor inom projekten, med anledning av aktuella jordartstyper, volymer och geografiskt läge.

Bränsleförbrukning för entreprenadmaskiner påverkas av en mängd faktorer som schaktklass, geotekniska förhållanden och schaktdjup. Men även typ av entreprenadmaskin, dess utrustning samt förarens erfarenhet. Se figur 4 och kapacitetsvariationer. Att härleda bränsleförbrukning och klimatpåverkan från entreprenadmaskiner är omfattande och antaganden svåra att göra då information kring arbetstimmar eller dieselförbrukning ej kunnat erhållas kring projekten. I rapporten Life Cycle Assessment of Road redogör Stripple (2001) ingående för beräkningar av bränsleförbrukning från så väl byggproduktionsskede som transporter av massor under olika förhållanden. Där eventuella uppskattningar för aktuella projekt skulle bli väldigt godtyckliga. Detta då faktisk resurssammanställning för vare sig typ av entreprenadmaskiner; lastförmågor, utrustning, kapacitet, förare eller dylikt har kunnat erhållas.



Figur 4. Byggproduktionsskede, kapacitetsvariationer p.g.a. förare och utrustning (Stripple, 2001)

För projektet har ingen elförbrukning från arbetsplatsbelysning eller bodar behandlats då information kring detta ej kunnat antas. För dessa parametrar kan beräkningar dock utföras per kWh från Norden motsvarande 0,125 kg CO₂-ekvivalenter.

Begränsningar som påverkar arbetet är många, där vägars bärighetsklasser, framkomlighet och utrymme för lastning och lossning är några faktorer som påverkar den faktiska utförandetiden. Vidare kan mer detaljerade beräkningar utföras på bränsletyper, trafikbelastning och lutning av väg. I beräkningar har endast den faktiska påverkan från transporter beräknats, returresor är därmed ej inräknade.

Generellt för beräkningar tas ej hänsyn till förekomst av berg. Teoretisk fast respektive verklig lös volym har ej beaktats. Endast teoretiska volymer har behandlats, med maximal kapacitet för bortforsling av schaktmassor om 17 ton för lastväxlare utan släp. Samt jordartstyper enligt Sveriges geologiska undersökning, SGU. (2019) och antagna naturfuktiga tungheter för jordarter enligt rapport "Jords egenskaper", SGI (2019).

Projekt 1. Wäsby

Omgivningen för projektet medför goda förhållanden, schaktkapaciteten har antagits och beräknats på 15 m³/timme.

Hjulgrävmaskin 75–130 kW Motoreffekt

$7380 / 15 = 492$ timmar ger för Naturvårdsverkets beräkningsverktyg 13243,193 kg CO₂e

Avstånd till upplag för transportberäkningar enligt handlingar 10 kilometer.

Fördelning Fall A och Fall B för projektet uppskattas till 60/40, det vill säga återanvändning av 60 % schaktade massor om 7380 m³.

SGU jordartskarta visar: "Postglacial finlera", Antaget: 1,7 ton/m³. Max last 17 ton.

Totalt antal transportlass (Schaktmängd x tunghet)/17 = 738 stycken lass

60 % till mellanlagring enligt handlingar ca: 10 km ger $0,6 \times 738 = 443$ stycken lass

40 % till deponi ca: 10 km ger $0,4 \times 738 = 295$ stycken lass

Beräkning för sträckan med hjälp av NTMCalc ger 23,11 kg CO₂e per lass

$738 \times 23,11 = 17\ 055,18$ kg CO₂e

Transport Bergkross (från Svevia Grustäkt, Arlanda)

Behov 40% av total schakt, med hänsyn till 15% kompression. Antaget fyll 1,8 ton/m³.

$0,4 \times 7380 \times 1,15 = 3394,8$

Totalt antal transportlass ($3394,8 \times 1,8$) / 17 = 360 stycken lass

Beräkning för sträckan med hjälp av NTMCalc ger 55,54 kg CO₂e per lass

$360 \times 55,54 = 19\ 994,4$ kg CO₂e

Projekt 2. Mörby

Omgivningen för projektet medför mindre goda förhållanden, schaktkapaciteten har beräknats på 10 m³/timme.

Hjulgrävmaskin 75–130 kW Motoreffekt

551 / 10 = 55,1 timmar ger för Naturvårdsverkets beräkningsverktyg 1483,130 kg CO₂e

Avstånd till upplag för transportberäkningar enligt handlingar 2 kilometer.

Fördelning Fall A och Fall B för projektet uppskattas till 0/100, det vill säga återanvändning av 0% schaktade massor om 551 m³.

SGU jordartskarta visar: "Fyllning", antaget: 1,8 ton/m³. Max last 17 ton.

Totalt antal transportlass (Schaktmängd x tunghet) / 17 = 59 stycken lass

100% till deponi 22,7 km ger = 59 stycken lass

Beräkning för sträckan med hjälp av NTMCalc ger 49,99 kg CO₂e per lass

59 x 49,99 = 2949,41 kg CO₂e

Transport Bergkross (från Svevia Grustäkt, Arlanda)

Behov 100% av total schakt, med hänsyn till 15% kompression. Antaget fyll 1,8 ton/m³.

551 x 1,15 = 633,65

Totalt antal transportlass (633,65 x 1,8) / 17 = 67 stycken lass

Beräkning för sträckan med hjälp av NTMCalc ger 96,61 kg CO₂e per lass

67 x 96,61 = 6472,84 kg CO₂e

	Projekt 1. Wäsby Golf	Projekt 2. Mörby
GWP Transport Bergkross	19 994,4 kg CO ₂ -ekvivalenter	6 472,8 kg CO ₂ -ekvivalenter
GWP Entreprenadmaskiner	13 243,2 kg CO ₂ -ekvivalenter	1 483,1 kg CO ₂ -ekvivalenter
GWP Transport schaktmassor	17 055,2 kg CO ₂ -ekvivalenter	2 949,4 kg CO ₂ -ekvivalenter

Figur 5. Byggproduktionsskede A4-5, kg CO₂-ekvivalenter.

Miljöpåverkansbedömning

Fokus för miljöpåverkan har legat på kilogram CO₂-ekvivalenter och parameter GWP. Beroende på exempelvis geoteknik och behov av sprängning blir andra parametrar av större vikt att analysera.

Tolkning

Mer detaljerade analyser kan utföras med avseende på klimatpåverkan och påverkanskategorier. Resursinventeringen och fördjupad analys har fokuserat på avgränsade områden med hänsyn till nischade beräkningsverktyg för jämförelse av traditionell öppen schakt med schaktfri metod infodring av flexibla foder.

Datakvaliteten är på grund av avsaknad av, och brister i resursinventering ej optimal. Avgränsningar kan med fördel breddas för hela livscykeln då ett restvärde hos stålledningar påverkar jämförelse.

TRITA ABE-MBT-2020