

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP





## Forord

Denne masteroppgaven er utformet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi ved Universitet for miljø- og biovitenskap. Den markerer avslutningen på mitt mastergradstudium ved linjen for Vann- og miljøteknikk. Oppgaven har et arbeidsomfang på 30 studiepoeng og skrevet i løpet av våren 2013.

Oppgaven er skrevet for Norconsult AS i samarbeid med Bergen kommune VA-etaten, som begge har bistått med veiledning.

Tema er fornyingsstrategi for VA-nett og bærekraftanalyse for fornying av vannledning. Tema og vinkling på grøftfri rehabilitering er valgt etter samtaler med min far, Terje Skaar, og en egeninteresse for konseptet grøftfri rehabilitering av VA-ledninger. Veilederne fra Norconsult og Bergen kommune VA-etaten har bidratt til å finne egnede oppgaver knyttet til tema og problemstilling.

Jeg vil gjerne takke hovedveilederen min Oddvar Lindholm for hyggelige samtaler og konstruktiv veiledning gjennom hele prosessen, fra valg av tema til siste finpuss på oppgaven. Jeg vil også takke Jan-Inge Nilssen i Norconsult som i tillegg til jevnlig veiledning har lagt til rette med kontorplass og utstyr for oppgaveskrivingen. Takk til Trym Trovik i VA-etaten som har bidratt med praktiske råd, informasjon fra drift, kontakt med leverandører og nyttig informasjon knyttet til utførelse av metoder ved fornying.

For å skrive en oppgave som omhandler fornying av VA-nett har jeg vært avhengig av erfaring fra forskjellige aktører i VA-bransjen. Jeg vil takke Arve Hansen, Tor Waage, Anders Kjellberg, Lars Wermskog, Jon Vestby, Thomas Olsen, Carl Christian Sibbern, Rolf Dalby, Frode Berteig, og alle som har bidratt med informasjon og erfaringsoverføring underveis. Jeg vil takke gjengen på VA-seksjonen i Norconsult i Bergen for hyggelig selskap og god stemning på kontoret.

Jeg vil også takke medstudentene mine på vann- og miljøteknikk for et godt studiemiljø og samhold i studietiden.

Til sist vil jeg takke mor for god støtte underveis i arbeidet og far for veiledning, tips og inspirasjon.

Bergen 10. mai 2013



---

Bjørn Solnes Skaar





## Sammendrag

I Norge er det et stort behov for utskifting av vann- og avløpsledninger. Fornyingsstakten har flere steder vært, og er, så lav at endel rør når sin maksimale tekniske levetid før de blir byttet ut. Det er stor variasjon i kvaliteten på rørledninger og utførelse av grøftearbeidet. Derfor vil det være behov for å bytte noen rørledninger før de er forventet å nå sin tekniske levealder. Andre ledninger har god kvalitet og god funksjonsevne også etter forventet levealder. For å optimalisere fornyingen av vann- og avløpsledninger er det viktig å legge en strategi for hvilke ledninger og ledningsstrek som bør prioriteres.

Det er tre nivåer av fornyingsstrategier, strategisk, taktisk og operasjonell. Strategisk planlegging har et langtidsperspektiv på 20 – 100 år og gjelder strategi for hele nettet. Taktisk planlegging har en tidshorisont på 3 – 5 år og omfatter taktiske vurderinger for deler av nettet. Operasjonell planlegging omfatter tekniske planer for ett eller flere prosjekter, med en tidshorisont på 1 – 2 år.

Rehabilitering kan ofte gjøres uten å grave opp rørene. Dette kalles NoDig, eller grøftefrie metoder. Grøftefrie metoder deles inn i tre grader av rehabilitering. Ikke-strukturelle metoder bidrar ikke til den strukturelle styrken av det rehabiliterede røret. Semistrukturelle gir et delvis bidrag til styrken til røret. De strukturelle metodene gir røret full strukturell styrke og kan fungere uavhengig av det eksisterende røret.

Grøftefrie metoder er viktig for å få fornyingsstakten til et akseptabelt nivå. I byer som Oslo og Bergen skal grøftefrie metoder vurderes ved fornying. Ved nye anlegg skal rør ha en levetid på minimum 100 år. Ved å fornye 1 % av ledningsnettet årlig vil ledningene byttes ut innen levetiden.

Bærekraft er et uttrykk som brukes i mange sammenhenger. I sammenheng med fornying av vann – og avløpsledninger brukes uttrykket for å beskrive belastningen i form av etterslep på fornying av ledningsnettet og økonomiske byrder de kommende generasjoner får av de valgene vi foretar oss i dag. En bærekraftvurdering av VA-nett ser på belastningen et ledningsanlegg påfører samfunnet over levetiden. Ved en så lang tidshorisont er levetiden og holdbarhet viktig. Flere indikatorer er påvirket av levetiden og ledningsanlegg med lang levetid kan være bærekraftig til tross for stor belastning i byggeperioden.

Formålet med oppgaven er å studere fornyelsesstrategier og metoder for grøftefri rehabilitering av vannledninger. Ved å få bedre forståelse for strategier og kunnskap om grøftefrie metoder kan nye metoder sammenlignes med etablerte metoder for fornying.

Metode for å oppnå formålet er å samle kunnskap om fornyingsstrategier og metoder for fornying av VA-nett. Gjennom et litteraturstudium, befaringer og annen erfaringsinnhenting er de ulike metodene vurdert opp mot hverandre. Kunnskapen er brukt til å vurdere metodene mot hverandre i en case. En bærekraftanalyse er utført for å få et konkret svar på hvilke metode som gir minst belastning på kommende generasjoner, utover vanlige kost/nytte-vurderinger. Normalisering og vekting av indikatorer i en bærekraftanalyse gir et bredere syn på hvilke metode som egner seg til fornying.

Alternativer i casen spenner fra full utskifting av ledningsanlegg til strømpeføring som krever minimalt med anleggsarbeid. Fokus er på fornying av vannledninger, men avløpsledning og annen infrastruktur er tatt med i vurderingene. Forutsetningene er satt for å gi en oversiktlig drøfting av alternativene opp hverandre. Totalt er det vektet 15 indikatorer fordelt på fem faktorer.



Alternativ 1 omfatter konvensjonell graving med full utskifting av vannledningen og separering av avløp fellesledning til spillvann og overvann. Oppgradering av øvrig infrastruktur er tatt med i vurderingene. Ledningene forutsettes å ha en levetid på 150 år.

Alternativ 2 består av innføring av strømpeføring i både vann- og avløpsledning. Per i dag foreligger det ingen konkrete krav til levetid for strømpeføring i vannledninger. Levetid for rehabilitert vannledning er satt til 50 år i beregningene.

Alternativ 3 omfatter utblokking eller tetttilsluttet rør. Basert på tilgjengelig informasjon er dimensjonen i ledningene for stor for tetttilsluttet rør. I alternativet må alle anboringer og reparasjoner graves opp. Ledningene forutsettes en levetid på 100 år.

Alternativ 4 er en kombinasjon av konvensjonell graving og bruk av grøftefrie metoder. Eksisterende vannledning re-lines med fleksibel slange og gjøres om til overføringsledning. Avløpsledningen rehabiliteres med strømpeføring. En ny forsyningsledning graves ned på siden av vegen for å redusere omfanget ved montering eller reparasjon av anboringer. Gjennomsnittlig levetid settes til 100 år. Individuelt spenner levetiden fra 50 – 150 år for de ulike ledningene.

#### *Resultat fra case:*

Rangering etter lavest belastning på etterkommere i et bærekraftperspektiv:

1. Alternativ 1      Konvensjonell graving
2. Alternativ 3      Utblokking / tetttilsluttet rør
3. Alternativ 4      Fleksibel slange og ny forsyningsledning
4. Alternativ 2      Strømpeføring

Rangering etter lavest kostnad per bærekraftpoeng og år (kr/poeng\*år):

1. Alternativ 2      Strømpeføring
2. Alternativ 3      Utblokking / tetttilsluttet rør
3. Alternativ 1      Konvensjonell graving
4. Alternativ 4      Fleksibel slange og ny forsyningsledning

#### *Konklusjon:*

I urbane strøk med annen infrastruktur i grunnen utover vann- og avløpsledninger bør det tenkes helhetlig ved opprustning av VA-nettet. En bærekraftanalyse viser at ved slike tilfeller kan full oppgraving være et godt alternativ til grøftefrie metoder i et bærekraftperspektiv.



## **Abstract**

In Norway there is a great demand for renewal of water- and wastewater pipes. The rate of renewing the pipes has been, and still are, too low. Many pipes reaches their maximum life expectancy before there are renewed. There is a great variation in the quality of pipe material and the construction of trenches in the past. Therefore some pipes must be renewed earlier than previously expected. Other pipelines function well after they have reached their life expectancy. To optimize the renewing of the pipe network, strategies for prioritization of pipelines has to be used.

There are three levels of strategies used in planning of renewing pipe networks. The highest level is strategic planning ranging from 20 to 100 years. Strategic planning includes the entire network. The mid-level strategy is tactical planning with a time span of 3 to 5 years. This level includes parts of the pipe network. The lowest level is operational or technical planning. This level ranges from 1 to 2 year. It includes single pipelines or small areas of the network.

Trenchless technology is divided in to three levels. Non-structural renewal is basically re-lining of the pipe and does not contribute to the structural integrity of the pipe. Semi structural methods contribute partially to the structural integrity of the pipe. Structural rehabilitation includes methods that can function independently from the original pipe.

The use of trenchless technology is critical for keeping the rate of renewal to an acceptable level. In the municipalities of Oslo and Bergen trenchless technology has to be considered whenever a pipe is renewed. In Norway the water- and wastewater pipes has to have a life expectancy of 100 years. By renewing 1 % of the pipe network annually all the pipes will be renewed within their life expectancy.

Sustainability is used in many contexts. In the context of renewing water- and wastewater pipelines the expression is used to describe the burden on future generations from present decisions on renewal of the pipe network. An assessment of the sustainability of the water- and wastewater pipe network focuses on the burden the pipe network inflict on the society over the time of the life expectancy. In a long time span the life expectancy is important. Many of the indicators are affected by the life expectancy. Pipe networks with long time expectancy can be sustainable despite of heavy load on the society in the construction period.

The purpose of the thesis is to study the renewal strategies and methods of trenchless rehabilitation of water mains. By gaining a better understanding of strategies and knowledge of trenchless methods, new methods are compared with established methods for renewal.

A method to achieve the objective is to gather knowledge about strategies for renewing the water- and wastewater pipe network, and methods for renewing the pipelines. Through a study of literature, inspections and other gathering of experience, the various methods are evaluated against each other. The methods are evaluated in a case study. A sustainability analysis is performed to get an answer on which method produces the least burden on future generations, beyond the usual cost / benefit analysis. Normalisation and weighting of indicators in a sustainability analysis provides a broader view of which method is suitable for renewal of a water main.

Options in the case study range from full replacement of the pipes to re-lining of the pipes with a reinforced woven fabric hose that requires minimal construction work. Focus is on the renewal of water pipes, but sewer and other infrastructure are taken into account. The conditions are designed to provide a general discussion of the options. In the analysis 15 indicators are weighted.



Option 1 includes conventional excavation with open trench and full replacement of water mains and separation of a wastewater pipe in to one sewer pipe and one pipeline for storm water. Upgrading of other infrastructure is taken into account. The pipes are assumed to have a life expectancy of 150 years.

Option 2 consists of introducing a reinforced liner in both water and wastewater pipe lines. At present there are no specific requirements for life expectancy of reinforced liners in water pipes. Life expectancy of the rehabilitated water main is set at 50 years in the calculations.

Option 3 includes cracking or close fit pipes. Based on available information, the dimension of the pipes are too big for the close fit pipes. In the alternative all connections and repairs have to be dug up. The pipes are assumed to have a life expectancy of 100 years.

Option 4 is a combination of open trench installation and use of trenchless methods. Existing water main is re-lined with a flexible hose and turned into a transmission line. The wastewater pipe is rehabilitated with a reinforced liner. A new supply line buried at the side of the road reduces the scope for installation or repair of connections. The average life span is set to 100 years. Individually their life span ranges from 50 years to 150 years for the various rehabilitated pipes.

#### *Results:*

Ranking for the lowest impact on the descendants from a sustainability perspective:

1. Alternative 1      Conventional excavation with open trench
2. Alternative 3      Cracking or close fit pipes
3. Alternative 4      Flexible hose and a new supply line
4. Alternative 2      Reinforced liner

Ranking for the lowest cost per point sustainability and year (kr / points \* year):

1. Alternative 2      Reinforced liner
2. Alternative 3      Cracking or close fit pipes
3. Alternative 1      Conventional excavation with open trench
4. Alternative 4      Flexible hose and a new supply line

#### *Conclusion:*

In urban areas with other infrastructure in the ground beyond the water- and wastewater pipes, a comprehensive upgrading of the water- and wastewater network should be considered. A sustainability analysis shows that in such cases the conventional open trench renewal of pipe networks could be a good alternative for trenchless methods from a sustainability perspective.





## Innholdsfortegnelse

Figuroversikt .....	XVII
Tabelloversikt.....	XIX
Formeloversikt .....	XXI
Definisjoner .....	XXIII
<b>DEL 1: INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
1 <b>INNLEDNING .....</b>	<b>2</b>
1.1 <b>Bakgrunn .....</b>	<b>2</b>
1.2 <b>Drikkevann – et viktig næringsmiddel .....</b>	<b>3</b>
1.3 <b>Målformulering .....</b>	<b>3</b>
<b>DEL 2: GENERELL DEL .....</b>	<b>5</b>
2 <b>GENERELL LEDNINGSTEKNOLOGI .....</b>	<b>6</b>
2.1 <b>Ledningsmaterialer .....</b>	<b>6</b>
2.1.1 <i>Materialbruk i Norge .....</i>	<i>6</i>
2.1.2 <i>Krav til ledningsnett .....</i>	<i>7</i>
2.1.3 <i>Leggeteknikk / utførelse .....</i>	<i>9</i>
2.1.4 <i>Sluttdokumentasjon og vedlikehold av ledningskartverk .....</i>	<i>10</i>
2.1.5 <i>Grunnforhold .....</i>	<i>11</i>
2.1.6 <i>Krefter på rør i grunn .....</i>	<i>12</i>
2.1.7 <i>Korrosjon og slitasje på rør .....</i>	<i>14</i>
2.1.8 <i>Vannkvalitet – korrosjonskontroll .....</i>	<i>16</i>
2.2 <b>Grøftefrie metoder .....</b>	<b>16</b>
2.2.1 <i>Ulike grader av rehabilitering .....</i>	<i>17</i>
2.2.1.1 <i>Ikke-strukturelle metoder .....</i>	<i>17</i>
2.2.1.2 <i>Semistrukturelle metoder .....</i>	<i>19</i>
2.2.1.3 <i>Strukturelle metoder .....</i>	<i>24</i>
2.2.2 <i>SHA – Ytre miljø .....</i>	<i>28</i>
3 <b>Strømperenovering av vannledninger .....</b>	<b>30</b>
3.1 <b>Strømpeføring i vannledninger .....</b>	<b>30</b>
3.1.1 <i>Prinsipp for strømperenovering av vannledninger .....</i>	<i>30</i>
3.1.2 <i>Utfordringer i forhold til anboringer .....</i>	<i>30</i>
3.1.3 <i>Utbredelse .....</i>	<i>31</i>
3.2 <b>Krav til materialer i drikkevannsnettet .....</b>	<b>31</b>
3.2.1 <i>Folkehelseinstituttet .....</i>	<i>31</i>
3.2.2 <i>Aktuelle parametere i drikkevannsforskriften .....</i>	<i>31</i>
3.3 <b>Forskjellige nye varianter av føring til drikkevannsrør .....</b>	<b>32</b>
3.3.1 <i>Olimb .....</i>	<i>32</i>
3.3.2 <i>Pipeliner .....</i>	<i>32</i>
3.3.3 <i>Scandinavisk VA-teknik AB .....</i>	<i>33</i>



3.4	Drøfting av metodene opp mot tradisjonell NoDig på vann .....	33
<b>DEL 3:</b>	<b>FORNYING AV VA-LEDNINGER</b> .....	<b>35</b>
4	FORNYING AV VANN- OG AVLØPSLEDNINGER .....	36
4.1	Status for fornying av ledningsnett i Norge.....	36
4.1.1	Alder .....	36
4.1.2	Lengde.....	37
4.1.3	Vannledningsbrudd og lekkasjer .....	38
4.1.3.1	<i>Konsekvenser ved vannledningsbrudd og lekkasjer</i> .....	38
4.1.3.2	<i>Lekkasjer i vannledningsnett</i> .....	38
4.1.4	Fornyng.....	40
4.2	Status i Bergen kommune .....	42
4.3	Fornyng av ledningsnett i Bergen kommune.....	43
4.3.1	<i>Metoder brukt i fornyng</i> .....	43
4.3.2	<i>Kriterier for fornyng</i> .....	44
4.4	Fornylsesstrategier for VA-nett .....	45
4.4.1	<i>Strategi for Bergen kommune</i> .....	46
4.4.2	<i>Strategi for Oslo kommune</i> .....	47
4.5	<i>Bærekraftig fornyelse av ledningsnett</i> .....	47
<b>DEL 4:</b>	<b>BÆREKRAFTANALYSE</b> .....	<b>49</b>
5	BÆREKRAFTANALYSE AV METODER FOR FORNYING .....	50
5.1	<i>Innledning</i> .....	50
5.2	<i>Case Ibsens gate</i> .....	50
5.3	<i>Indikatorer</i> .....	55
5.3.1	<i>Vurdering av indikatorer</i> .....	56
5.3.2	<i>Normalisering av indikatorer</i> .....	58
5.3.2.1	<i>Tekniske indikatorer</i> .....	59
5.3.2.2	<i>Økonomiske indikatorer</i> .....	65
5.3.2.3	<i>Helsemessige indikatorer</i> .....	70
5.3.2.4	<i>Sosiale indikatorer</i> .....	71
5.3.2.5	<i>Økologiske- og miljøindikatorer</i> .....	74
5.3.2.6	<i>Normalisering</i> .....	76
5.3.3	<i>Vekting av indikatorer</i> .....	76
5.4	<i>Bærekraftanalyse for rehabilitering av vannledning i Ibsens gate</i> .....	78
5.5	<i>Resultat av analyse</i> .....	82
<b>DEL 5:</b>	<b>DRØFTING OG OPPSUMMERING</b> .....	<b>85</b>
6	DRØFTING.....	86
6.1	<i>Case Ibsens gate</i> .....	86
6.2	<i>Drøfting av alternativer</i> .....	87



6.3	<i>Drøfting av bærekraftanalysen</i> .....	89
6.4	<i>Usikkerhet</i> .....	92
6.5	<i>Forslag til videre arbeid</i> .....	93
7	<b>OPPSUMMERING OG KONKLUSJON</b> .....	94
7.1	<i>Oppsummering</i> .....	94
7.2	<i>Konklusjon</i> .....	96
8	<b>REFERANSER</b> .....	97
	<b>VEDLEGG</b> .....	105



## Figuroversikt

Figur 1	Generelt grøftesnitt i henhold til VA-/miljøblad 5 og 6 .....	10
Figur 2	Fremstilling av krefter som virker på rør ved forskjellige leggedybder .....	12
Figur 3	Illustrasjon på krefter som virker i et snitt på et rør ved forskjellige leggedybder. Kreftene er proporsjonal med pilstørrelsen.....	13
Figur 4	Skisse over grøftefrie metoder. Fra venstre; styrt boring, inntrekking av kontinuerlig rør, utblokking, strømpeføring og påføring av nytt belegg. (Asplan Viak AS 2009a).....	17
Figur 5	Utsnitt av en Primus Line® Gas. Slangen består av et vevd kevlarnett med et lag PE på hver side. Den gule kappen (under) viser at den er beregnet for re-lining av gassledninger.....	18
Figur 6	Illustrasjon av en Primus Line® Drinking Water. Blå PE-kappe indikerer drikkevann (Primus Line) .....	19
Figur 7	Fóring uten epoxy føres gjennom et glassrør. Trykkluft presser foringen frem mens et bånd holder igjen for at den skal presses mot rørvæggen og fylle ut mot rørvæggen når den passerer gjennom bend.....	20
Figur 8	Illustrasjon av en situasjon med for lite trykkluft samt at bremsebåndet ikke er stramt nok. Foringen følger ikke rørvæggen .....	20
Figur 9	Situasjonsoversikt i veg ved rehabilitering av avløpsrør .....	22
Figur 10	Oversiktsbilde før herding av fóring i avløpsledning .....	23
Figur 11 a og b	Utstyr for kontrollert utlufting i kum (a). Utstyret i bruk (b).....	23
Figur 12 a og b	Eksempel på kuttehode til bruk ved utblokking av støpejernsrør.....	24
Figur 13 a og b	Oversikt over grop for inntrekking av rør (a) og trekkgrop (b) i Sandbrogaten i Bergen.....	25
Figur 14 a og b	Stag fra hydraulisk jekk (b) er koblet til kuttehodet (a) før utblokking.....	25
Figur 15	Trommel med tetttilsluttende rør som føres inn i det eksisterende røret (Friberg 2011) .....	27
Figur 16	Illustrasjon på hvordan et tetttilsluttende rør ligger i røret under installasjon, før oppvarming og utbretting (Scandinavia VA-Teknik AB) .....	27
Figur 17	Oversikt over øvre del av Ibsens gate i Bergen. Casen tar for seg det skraverte strekket (Bergen kommune 2013) .....	51
Figur 18	Oversikt over ledningsnett i øvre del av Ibsens gate i Bergen (Gemini VA 2013).....	51
Figur 19	Normalsituasjon i Ibsens gate .....	53





## Tabelloversikt

Tabell 1	Systematisk oversikt over grøftefrie metoder i bruk i Norge (Asplan Viak AS 2009a).....	17
Tabell 2	Beregnet gjennomsnittsalder for vannledningsnett med kjent alder for de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013e).....	37
Tabell 3	Beregnet gjennomsnittsalder (år) for avløpsnett med kjent alder for de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013f).....	37
Tabell 4	Total lengde i meter av vannledningsnett i Norge og de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013b).....	37
Tabell 5	Total lengde i meter for avløpsnett i Norge og i de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013d).....	38
Tabell 6	Total lengde i meter av nylagt avløpsledningsnett i Norge og i de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013d).....	38
Tabell 7	Gjennomsnittlig husholdningsforbruk per tilknyttet innbygger (Statistisk Sentralbyrå 2013c).....	39
Tabell 8	Andel lekkasjer på drikkevannsnettet i de største byene i Norge (Statistisk Sentralbyrå 2013c).....	39
Tabell 9	Total lengde i meter av fornyet / rehabilitert ledningsnett for drikkevann i Norge og i de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013b).....	41
Tabell 10	Fornyingsgrad for vannledningsnettet i Norge og i de største byene i landet.....	41
Tabell 11	Total lengde i meter av fornyet avløpsledningsnett i Norge og i de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013d).....	41
Tabell 12	Fornyingsgrad for avløpsnettet i Norge og i de største byene i landet.....	42
Tabell 13	Sammensetning av fornyingsmetoder på vannledningsnettet i Bergen (Trovik 2013a).....	43
Tabell 14	Sammensetning av fornyingsmetoder på avløpsnettet i Bergen (Trovik 2013a).....	44
Tabell 15	Oversikt over de ulike nivåene for fornyingsstrategier (Jon Røstum et al. 2012).....	45
Tabell 16	Alternativer for fornying av ledningsnettet i Ibsens gate.....	54
Tabell 17	Eksempel på indikatorer (Lindholm 2010).....	55
Tabell 18	Samletabell for indikatorer. Indikatorene er for ulemper relatert til de ulike metodene.....	57
Tabell 19	Antatt levetid for de ulike alternativene.....	58
Tabell 20	Eksempel på poengtildeling.....	59
Tabell 21	Vedlikeholdsbehov.....	60
Tabell 22	Tilpasning til eksisterende infrastruktur.....	60
Tabell 23	Fleksibilitet for nye behov og krav.....	61
Tabell 24	Parametere for innsetting i formel 1 og formel 2.....	62
Tabell 25	Eksempler på rørruheter, k-verdi i Prandtl's formel (Vann- og avløpsteknikk 2012)..	63
Tabell 26	Innvendig diameter for de ulike alternativene.....	63
Tabell 27	Kapasitetsberegning for de ulike metodene.....	63
Tabell 28	Metoder vurdert etter kapasitet.....	64
Tabell 29	Vekting av fornyingsrate.....	64
Tabell 30	Installasjonskostnader som legges til grunn ved normalisering av indikatorer.....	65
Tabell 31	Alternativ 1, konvensjonell graving.....	65
Tabell 32	Alternativ 2, strømpføring.....	66
Tabell 33	Alternativ 3, utblokking / tetttilsluttet rør.....	66
Tabell 34	Alternativ 4, konvensjonell graving og grøftefrie metoder.....	67
Tabell 35	Parametere i beregning for netto nåverdiberegning.....	67
Tabell 36	Resultater av netto nåverdiberegning.....	68



Tabell 37	Driftsmidler .....	69
Tabell 38	Beregnet levetidskostnad .....	69
Tabell 39	Indikatorer for hygienisk sikkerhet .....	71
Tabell 40	Belastning på beboere .....	72
Tabell 41	Bærekraft for kommende generasjoner .....	73
Tabell 42	Risikovurdering .....	74
Tabell 43	Lokal forurensing .....	75
Tabell 44	Bruk av fossilt drivstoff .....	76
Tabell 45	Normalisering av indikatorene .....	76
Tabell 46	Vekting av indikatorene .....	77
Tabell 47	Bærekraftsanalyse over forskjellige metoder for rehabilitering av VA-nett i Ibsens gate ved 50 års levetid på strømpeføring .....	78
Tabell 48	Bærekraftsanalyse over forskjellige metoder for rehabilitering av VA-nett i Ibsens gate ved 100 års levetid på strømpeføring .....	79
Tabell 49	Vurdering av bærekraftpoeng i forhold til forventet levetid ved 50 år på strømpeføring i vannledning .....	80
Tabell 50	Vurdering av bærekraftpoeng i forhold til forventet levetid ved 100 år på strømpeføring i vannledning .....	81

## Formeloversikt

Formel 1	Kapasitetsberegning for vannledning og omgjøring til beregning av volumstrøm (Vann- og avløpsteknikk 2012) .....	62
Formel 2	Beregning av friksjonstap i ledningen ved bruk av Darcy-Weisbachs ligning (Vann- og avløpsteknikk 2012) .....	62
Formel 3	Prandtls formel for å beregne friksjonskoeffisient (Vann- og avløpsteknikk 2012) ...	62
Formel 4	Netto nåverdiberegning (Finansdepartementet 1998) .....	67



## Definisjoner

### *Definisjoner ledningsteknologi*

- *Ledning* – flere rør sammenkoblet utgjør en ledning
- *Utblokking/cracking/blokking* – Inntrekking av et nytt rør i et gammelt rør ved knusing eller splitting av rør med et kuttehode
- *Hydraulisk jekk* – Benyttes til å trekke kuttehode og nytt rør ved utblokking
- *Kuttehode* – Der man fester et nytt rør ved utblokking, kutter det gamle røret og utvider det for å få plass til et nytt rør
- *Re-lining* – Påføring av et nytt stoff på innsiden av røret
- *Strømpeføring* – Innføring av plast- eller glassfiberstrømpe mettet med lim eller en epoksyblanding
- *Styrt boring* – Boring i løsmasser med et kontrollerbart borhode og inntrekking av rør bak et opprømmerhode
- *Opprømming* – Utvidelse av et hull, f. eks. ved styrt boring og utblokking
- *Rørpressing* – Trykking av rør i løsmasser med bruk av jekk
- *Utskifting* – Erstatte et gammelt rør med et nytt
- *Rehabilitering* – Fornyelse med tiltak som hever kvaliteten på ledningen (Skjelanger 2003)
- *Renovering* – Rehabilitering av ledninger med metoder som ikke fjerner eller ødelegger eksisterende ledning (Skjelanger 2003)
- *Ledninger* – Sammensatt strekk av rør, leder et medium
- *Separering* – Erstatning av avløp fellesledninger med separerte spillvann og overvannsledninger
- *Bærekraftig fornying* – Fornyingsstrategi som ikke bare ser på dagens fornyingsrate men som også tar hensyn til vedlikeholdsetterslep, som tar sikte på å ta vår del av byrden av dette etterslepet, og dermed overlate mindre av denne byrden til fremtidige generasjoner.



## *Definisjoner VA / teknisk infrastruktur*

- *Drikkevann* – rent vann fra vannbehandlingsanlegg
- *Spillvann* – kloakk
- *Avløp fellesledninger* – spillvann og overvann blandet i samme ledning
- *Overvann* – Overflatevann, vann fra drenering og fra taknedløp
- *Fremmedvann* – Vann som lekker inn i rør fra utette skjøter og sprekker i rør, er et problem i avløpsledninger siden disse ikke er trykksatt
- *Fjernvarme* – Overføring av varmt vann i en isolert rørledning fra et sentralisert forbrenningsanlegg, med returrør i samme grøft.
- *Søppelsug / Bossug* – Sentralisert innsamling av avfall ved bruk av vakuum og stålrør
- *PN* – Nominelt trykk
- *DN* – Nominell diameter, indre dimensjon for støpejernsrør og betongrør, ofte ytre dimensjon på plastrør og GRP (Skaar 2013)
- *VL* – Vannledning
- *SP* – Spillvannsledning
- *AF* – Avløp fellesledning
- *OV* – Overvannsledning
- *KOSTRA* – Kommune-Stat-Rapportering





# DEL 1: Innledning

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn

I Norge er det et stort behov for utskifting av vann- og avløpsledninger. Fornyingstakten har vært, og er, så lav at endel rør når sin maksimale tekniske levetid før de blir byttet ut. Det er stor variasjon i kvaliteten på rørledninger og utførelse av grøftearbeidet. Derfor vil det være behov for å bytte noen rørledninger før de er forventet å nå sin tekniske levealder. Andre ledninger har god kvalitet og har god funksjonsevne også etter forventet levealder. For å optimalisere fornyingen av vann- og avløpsledninger er det viktig å legge en strategi for hvilke ledninger og ledningsstrekke som bør prioriteres.

I urbane strøk er det ofte mye teknisk infrastruktur i grunnen, som signalkabler til bredbånd, telekabler, høy- og lavspentkabler, vann- og avløpsledninger, drenering, fjernvarmeledninger og noen steder sentralisert søppelsug og gassrør. Det kan være mye trafikk i byer, og gater kan være belagt med belegningsstein, brostein og være estetisk utsmykket. Slike steder vil det være kostbart å grave opp og reetablere gaten, mange mennesker vil bli berørt og oppleve anleggsarbeidet som en belastning. For eksempel ved omfattende oppgraving av fortau og veier for etablering av infrastruktur vil adkomsten til butikker og næring kunne bli redusert og omsetning kan i noen tilfeller gå ned (Mjør & Mæland 2008). Omlegging av trafikk vil kunne bidra til økt slitasje i gater beregnet for lite eller ingen trafikk. En slik omlegging vil ramme beboere også utenfor anleggsområdet. Miljømessige utfordringer med utslipp fra stillestående trafikk, svevestøv og støv fra anleggsplass kan også virke belastende for beboere i disse områdene. Dette er elementer som spiller inn i vurdering av metode for fornying av vann- og avløpsledninger, og gjør at grøftefrie metoder, kalt NoDig, stadig ofte vurderes som det beste alternativet. NoDig indikerer at det ikke er behov for graving. For noen tilfeller er det riktig, andre ganger krever det noe graving. For å være mer presis benytter jeg den norske oversettelsen av det engelske faguttrykket «trenchless technology», grøftefrie metoder, i denne oppgaven.

Siden grøftefrie metoder krever mindre graving enn tradisjonelt anleggsarbeid, vil total anleggstid bli redusert. Dette kan bidra til at flere ledningsstrekke kan rehabiliteres på kortere tid, som igjen kan bidra til økt utskiftingstakt. Selv om noen av de grøftefrie metodene kan ha kortere teknisk levetid enn tradisjonell graving og legging av nye rør, kan det bidra til å redusere etterslepet på fornying av VA-ledninger. Andre metoder med nyetablering av rørledninger ved bruk av grøftefrie metoder kan gi ledningstraséer med lang levetid. Ved å øke fornyingstakten kan vi bidra til å redusere belastningen på fremtidige generasjoner og ta vår del av regningen.

Det er stadig en utvikling av metoder innenfor grøftefrie rehabiliteringsmetoder. Noen metoder er mindre benyttet i Norge, som re-lining av vannledninger med foringer. Her er det lite praktiske erfaringer. Målet er derfor å systematisere kunnskaper og erfaringer i Norge og i utlandet og benytte denne kunnskapen til å vurdere nytte av de forskjellige løsningene opp mot hverandre i en bærekraftsanalyse.

## 1.2 Drikkevann – et viktig næringsmiddel

Vann er vårt viktigste og mest brukte næringsmiddel. Alle mennesker er avhengig av omtrent 2 liter vann hver dag for å overleve. Vann brukes blant annet til drikke, matlaging, og vask av kropp og klær i husholdninger. Forbruket av vann varierer lite mellom kommunene i Norge. Det er beregnet at forbruket i husholdninger ligger på ca. 150 l/p\*d, der omtrent 10 l/p\*d går til drikke og matlaging. Det er beregnet at forbruk i industrien tilsvarer 120 l/p\*d. Norske vannverk leverer også vann til offentlige institusjoner som skoler og barnehjem, sykehus og andre helseinstitusjoner, og brannvesen. (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

I 2011 var 4,2 millioner innbyggere tilknyttet 1078 kommunale vannverk i Norge. Dette utgjør omtrent 84 % av Norges befolkning (Statistisk Sentralbyrå 2012a).

Drikkevannet skal, ifølge Drikkevannsforskriften § 12, være «... *hygienisk betryggende, klart og uten framtredende lukt, smak eller farge. Det skal ikke inneholde fysiske, kjemiske eller biologiske komponenter som kan medføre fare for helseskade i vanlig bruk.*» (Helse- og omsorgsdepartementet 2001). Vann har vært, og er noen steder, en smittebærer som har mange liv på samvittigheten. I utviklingsland er 80 % av alle sykdomstilfeller vannbårne sykdommer. Disse er forårsaket av dårlige sanitærforhold og dårlig drikkevann (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). I Norge og øvrige industriland har vi krav til rensing og desinfeksjon av drikkevann. Her i landet er parametere for dette oppgitt i vedlegg til drikkevannsforskriften (Helse- og omsorgsdepartementet 2004). Norge er med i EØS og har derfor forpliktet seg til å følge EUs direktiver. EU har utarbeidet et direktiv for vann som er en samlet ramme for bestemmelser som gjelder forvaltning av vannressurser i Europa. Direktivet omfatter drikkevann, avløp, naturvern, nitrater etc. Formålet med å samle alle disse områdene innen vannforvaltning er blant annet å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet (Vannportalen). I Norge er krav fra det europeiske vanddirektivet tatt inn i Drikkevannsforskriften (*Vann- og avløpsteknikk* 2012)

## 1.3 Målformulering

Et mål med oppgaven er å se på metoder for fornying av VA-ledninger med fokus på grøftefrie metoder, og studere nye metoder for strømpereovering av vannledninger. Disse metodene er relativt nye i Norge per dags dato, så det er lite erfaringer med dem. Oppgaven ser i utgangspunktet på vannledninger.

Valg av metode kan være en komplisert prosess. Ved å gjøre en bærekraftanalyse i en case, er det et mål å avklare og eventuelt synliggjøre fordeler ved å bruke grøftefrie metoder fremfor konvensjonelle metoder i fornying av vannledninger i et bærekraftperspektiv.

For å løse problemstillingen skal det gjøres et litteraturstudium og utføres befaringer. Et element er erfaringsoverføring fra relevant personale i kommuner, hos rådgivere og samtaler med leverandører. Innhentet informasjon skal settes sammen og brukes som bakgrunn for vurderinger i en case som handler om fornying av vannledninger.



## DEL 2: Generell del

## 2 GENERELL LEDNINGSTEKNOLOGI

I bakken under oss transporteres det mest brukte næringsmiddelet vårt, vann. For at det skal nå forbrukerne i en hygienisk god og appetittlig stand, må rørene ligge forsvarlig og bestå av et materiale som er holdbart i generasjoner.

Avløpsledninger frakter bort kloakk og overvann. Et velfungerende avløpsnett er viktig for å opprettholde en god hygienisk standard i samfunnet. Ved å samle avløpsvannet og sende det til rensesanlegg har vi redusert urensset utslipp til havnebasseng og strandsoner. Spesielt i byene har avløpsnettet bidratt til å redusere sykdomsspredning. Overvann ledes bort fra gatene våre og sørger for å holde oss tørr på beina og at vann holdes borte fra kjellere.

For å opprettholde et tilfredsstillende nivå på vann- og avløpsledninger er det viktig å ha kunnskap om rørmaterialer og leggeteknikk. Når ledningene skal fornyes kan det være nyttig å gjøre dette uten at man graver opp røret. På den måten kan man fornye flere ledninger, og redusere belastningen graving kan ha på samfunnet. Det er viktig med lang levetid på rørene for at vi skal rekke å fornye nettet i et bærekraftig tempo.

### 2.1 Ledningsmaterialer

I Norge benyttes det forskjellige typer materialer i rør for vann og avløp. For vannledninger har støpejernsrør dominert, og i avløpsledninger er betong mye brukt. Fremgang i materialteknologi har gitt stadig bedre rør. Grå støpejernsledninger har blitt erstattet av mer holdbare duktile støpejernsledninger. Plastrør har blitt stadig bedre og er et godt alternativ til støpejern og betong.

#### 2.1.1 Materialbruk i Norge

Bergen etablerte i 1850-årene et av de første vannverkene i Norge. Dette stod ferdig i 1855 og leverte vann fra Svartediket. Vannledninger fra denne tiden bestod av grått støpejern som ble støpt i sandformer. Fra 1920-årene ble det benyttet roterende former som gav jevnere og tynnere vegger i rørene. Duktile støpejernsrør kom i begynnelsen av 1960-årene (*Vann- og avløpsteknikk 2012*).

Mellom 1960 og 1985 ble det benyttet asbestsementrør (eternitt) i Norge. Dette materialet ble forbudt på grunn av helserisiko ved produksjonen og reparasjoner på rørene i 1985 (*Vann- og avløpsteknikk 2012*).

Plastrør har vært mye brukt i Norge, både til avløp og vannforsyning. I starten av 1970-årene kom rør av termoplast til Norge. Plastrørene er laget av polyeten (PE), polyvinylklorid (PVC) og polypropylen (PP). De første ti årene var ikke kvaliteten på rørene god nok i forhold til holdbarhet, men nye metoder og krav fikk frem rør med tilstrekkelig bruddstyrke (*Vann- og avløpsteknikk 2012*). Rør i PVC har mange fordeler. De har lav vekt, er lett å håndtere og tilpasse. Rørene er glatte med lav hydraulisk ruhet og er motstandsdyktig mot erosjon fra jord og bergarter. Lav vekt og enkel tilpasning har sin pris ved at rørene, som andre termoplastrør, er sårbar ved punktbelastning og har lav slagfasthet i kulde. For vannforsyning er det en utfordring at de er sårbare for gjentatte trykkstøt (Grøner AS 1997a).

Rør med store dimensjoner, som overføringsledninger og hovedledninger, består stort sett av støpejern, glassfiberarmerte umettede polyesterrør (GRP), PE-rør, stål eller betong (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

De første avløpsledningene lagt mellom 1850 og 1910 var teglrør. Betongrør ble benyttet i 1890-årene og er fremdeles hyppig brukt i trykkløse avløpsledninger. I avløpssystemer har PVC-rør vært benyttet fra 1960-tallet og har stor utstrekning i avløpsnett. Der det er behov for store dimensjoner har GRP-rør vært benyttet (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). PE-rør benyttes i trykkledninger for avløp og PP-rør i forskjellige varianter benyttes ofte til dreneringsrør og i overvannssystemer.

### **2.1.2 Krav til ledningsnett**

Det finnes felles krav for oppbygging av ledningssonen. Et krav som er felles for ledninger og skjøter er at de skal ha minimum 100 års levetid. For å oppnå dette er det viktig at leggeanvisninger og materialspesifikasjoner følges i hele installasjonsfasen. For at ledningene skal tåle kreftene som virker på dem over levetiden er det viktig at ledningssonen bygges opp med korrekt utført fundament, sidefylling og beskyttelseslag som vist i *Figur 1* (avsnitt 2.1.4) (Interconsult AS 1997b). Lokale bestemmelser i VA-normen til de forskjellige kommunene kan ha strengere krav til rørmaterialet i ledningene. Trondheim kommune sier i sin VA-norm at man skal tilstrebe 200 års levetid på rør og deler (Trondheim kommune 2011), mens Voss kommune planlegger for minst 150 års levetid på VA-nettet (Voss kommune). Drikkevannsforskriften § 1 sier at vannledningsnett skal levere drikkevann i tilfredsstillende mengde og av tilfredsstillende kvalitet (Helse- og omsorgsdepartementet 2001).

#### Krav til duktile støpejernsrør

En duktil støpejernsledning skal ha en levetid på minst 100 år. Kravet omfatter dimensjon, styrke, korrosjonsmotstand og tetthet. Tetningsringen i muffen skal også holde i minimum 100 år. Et drikkevannsrør i duktil støpejern skal tåle et maksimalt driftstrykk på minimum 40 bar. For å oppnå dette må rørveggen ha en minimumstykkelse. Nødvendig tykkelse bestemmes av nominell dimensjon på ledningen og en konstant (Hjellnes COWI AS 1997c).

Styrken til røret representerer de mekaniske egenskapene. Disse egenskapene beskrives av trykk, overdekning, og oppbygging av ledningssonen med fundament, sidefylling og beskyttelseslag. For trykk angis trykkklasser for nominelt trykk, PN. PN angir maksimalt kontinuerlig hydrostatisk trykk i bar, i tre trykkklasser med henholdsvis 10 bar, 16 bar og 25 bar (Hjellnes COWI AS 1997c). Duktile støpejernsrør er stive rør med relativt stor styrke. Skal ledningen legges i hovedvei skal overdekningen være minst 800 mm på grunn av de store dynamiske kreftene som kan oppstå fra passering av tunge kjøretøy. Dette er forutsatt at grøften bygges opp i henhold til VA-/miljøblad nr. 6. Uten trafikklast kan overdekningen reduseres til 300 mm. En duktil støpejernsledning tåler overdekning på 10 – 12 meter uten problemer (Hjellnes COWI AS 1997c).

#### Krav til plastrør

Plastrør brukes til vannforsyning, spillvanns- og overvannsledninger. Det stilles ulike krav til de ulike formålene. Vannledninger skal tåle belastning fra indre trykk i tillegg til ytre

belastninger. Dette stiller krav til veggtykkelse. Avløpsledninger er ofte trykkløse og må tåle ytre belastninger uten hjelp fra innvendig trykk. Da er anleggsutførelse og ringstivheten til rørene avgjørende. Plastrør er fleksible og er derfor sårbar for punktbelastninger og trafikkbelastning dersom ledningssonen ikke er korrekt oppbygget i henhold til leggeanvisning i VA-/miljøblad nr. 5 (Interconsult AS 1997a). Plastrør produseres av forskjellige typer plast med forskjellige egenskaper.

Som for duktile støpejernsrør er det krav til at rør laget av PVC-U skal ha en levetid på minimum 100 år. PVC-U betyr at røret er laget av polyvinylklorid uten mykner. Disse rørene brukes både til vannforsyning og avløpssystemer, med og uten trykk. Vannledninger i PVC-U skal dimensjoneres for innvendig trykk og trykkstøt (Grøner AS 1997a).

Krav til trykkledninger i PVC-U er at det tas høyde for at trykkstøt ikke skal redusere levetiden til rørene. Undertrykk skal heller ikke aksepteres i ledningsanlegget dersom trykklassen er lav. For PN10 kan man vurdere om ledningen tåler undertrykk ned mot 0,5 bar. Rør skal følge kravene i NS-EN 1452. Der er det også oppgitt minimumsmerking for rørene (Grøner AS 1997a). Krav til tetningsringen er at den skal ha en levetid som tilsvarer rørets levetid, altså minimum 100 år. Skjøtene skal tåle et innvendig og utvendig trykk på 0,5 bar. For vannledninger må dette naturligvis være høyere, da må leverandøren dokumentere tettheten spesielt (Grøner AS 1997a).

Polyetylen, PE, benyttes mye i vannledninger og pumpeledninger for avløpsvann. Materialet er benyttet mye for sjøledninger og ved forskjellige grøftefrie installasjoner av rørledninger, som utblokking og styrt boring. Levetiden for et PE-rør skal være minimum 100 år. Dette avhenger av at ledningen er riktig prosjektert, installert og driftet (Grøner AS 1997b). I NS-EN 12201 er dimensjonerende levetid for et PE-rør oppgitt til å være 50 år. For at levetiden skal være minimum 100 år er det i et nasjonalt tillegg anbefalt å benytte en høyere sikkerhetsfaktor,  $C = 1,6$  i stedet for  $C = 1,25$ , ved dimensjonering av rørene (Grøner AS 1997b).

Rør laget av glassfiberarmert umettet polyester, GRP, skal som de øvrige rørtypene ha minimum en levetid på 100 år. Materialet skal være motstandsdyktig mot aggressive stoffer i grunnen og for avløpsrør skal røret være motstandsdyktig mot aggressive stoffer i ledningen. For alle rør i GRP er ringstivheten viktig. Rør som benyttes i vannforsyning skal dimensjoneres for innvendig vanntrykk og trykkstøt (Grøner AS 1997d). Utover funksjonskrav er det ikke krav til GRP-ledninger i VA-/miljøblad. GRP-rør er sårbare for punktlaster, slag og støt. Det er derfor viktig å følge leggeanvisninger i VA-/miljøblad nr. 5 for fleksible rør (Interconsult AS 1997a).

Rør laget av polypropylen, PP, brukes primært til spillvanns- og overvannsledninger i Norge (Grøner AS 1997c). Kravene til disse rørene utledes derfor ikke her.

### Krav til betongrør

Betongrør benyttes i hovedsak til avløpsvann i Norge. Som for de øvrige rørtypene er levetiden forutsatt å være minimum 100 år for rør og pakninger (Hjellnes COWI AS 1997a). For trykkrør er levetiden minimum 100 år for bære rør og deler (Hjellnes COWI AS 1997b). De finnes både som armerte og uarmerte rør (Hjellnes COWI AS 1997a). Trykkløse betongrør benyttes til avløpsvann, og krav til disse utledes ikke her.

Slakkarmerte og forspente sirkulære trykkrør av betong benyttes i en viss grad i Norge. Krav til rørene er oppgitt i følgende norske standarder; NS-EN 639 «Generelle krav til trykkrør av betong inklusive skjøter og deler», NS-EN 640 «Armerte og nettarmerte trykkrør av betong (ikke-sirkulære) inklusive skjøter og deler», NS-EN 641 «Armerte sirkulære trykkrør av betong inklusive



skjøter og deler», NS-EN 642 «Forspente sirkulære og ikke-sirkulære trykkrør av betong, inklusive skjøter, deler og spesielle krav til stålforspenning for rør». Standardene inneholder ikke normer for driftstrykk, leggedyp, laster og omfylling, dette må dimensjoneres hos produsenten for hvert prosjekt. Rørene skal dimensjoneres for å tåle innvendig nominelt driftstrykk, utvendig belastning fra jord- og trafikklaster, og belastninger fra trykkstøt. Funksjonskrav for betongrør omfatter dimensjon, styrke, korrosjonsbestandighet og tetthet for rør og tetningsskjøt (Hjellnes COWI AS 1997b).

Trykkrør av betong bør ha forspent armering for å redusere rissdannelser. Dette reduserer igjen risiko for korrosjon på stålet i armeringen. Slakkarmerte rør anbefales kun for trykk under 4 bar. Betongrør regnes som stive rør (Hjellnes COWI AS 1997b), de skal derfor legges i henhold til VA-/miljøblad nr. 6 (Interconsult AS 1997b). Trykkrør av betong er sist brukt på 1980-tallet i Norge (Skaar 2013).

### **2.1.3 Leggeteknikk / utførelse**

Vann- og avløpsledninger har vært lagt i Norge siden 1850-tallet. De første retningslinjene for anleggsutførelse ble innført på begynnelsen av 1900-tallet. Ledningene begynte på denne tiden å bli mer utsatt for laster fra lastebiler og trikker. Beregninger på denne tiden tok hensyn til dybden ledningene ble lagt på og friksjon i omfyllingsmasser. Senere ble det utviklet modeller for trafikklaster fra kjøretøy. Dagens retningslinjer ble først utarbeidet etter 1970-tallet (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

Før andre verdenskrig ble grøfter gravd og ledningssone bygget opp for hånd. Det ble ofte laget til utsparinger for muffen i grøften (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Dette blir regnet som godt håndverk som gir rørene i disse grøftene lang levetid.

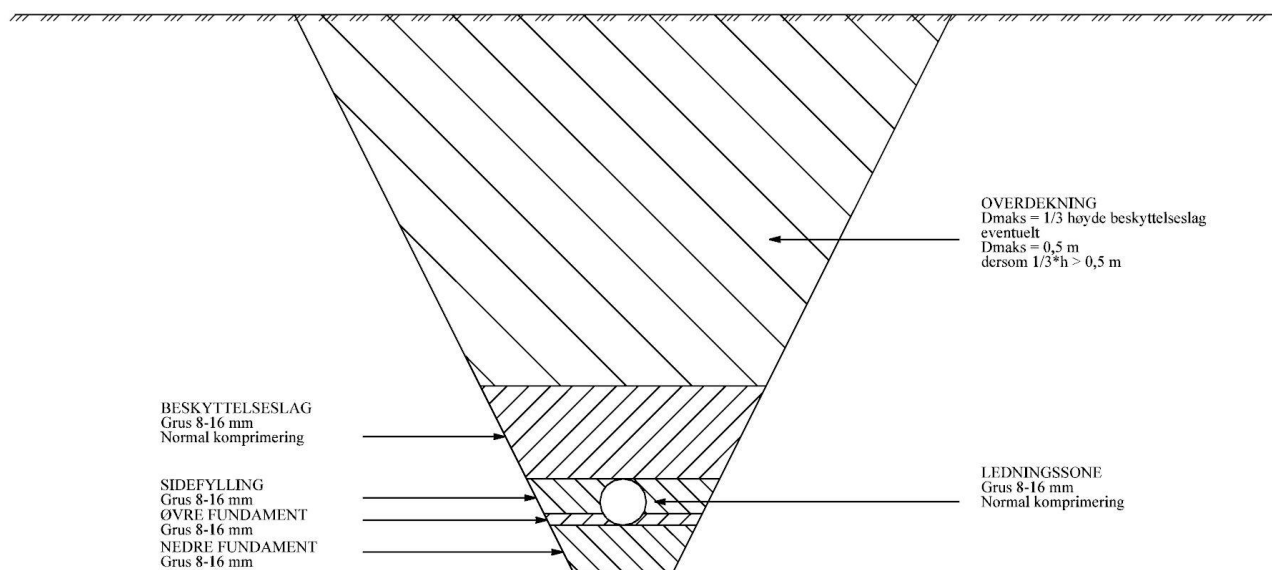
Etter andre verdenskrig økte behovet for utbygging av teknisk infrastruktur som vann og avløp. Fra 1950-tallet ble maskiner mer vanlig. Dette gjorde at grøfter kunne graves hurtigere. Grøftene ble også dypere og bredere. Enkelte steder ble rør lagt på skolinger i form av sviller i grøften. Dette gir punktbelastning hvis det oppstår setninger i ledningssonen. Skolingene av tre vil råtne over tid og miste bæreevnen. Dette kan gi setninger i ledningssonen som vil gi ujevn belastning på røret. Da man først begynte med maskinell oppbygging av grøfter ble det generelt brukt stedlige masser, og noen ganger ble masser tippet direkte fra lastebil ned på røret i grøften. Dette skyldes lite kunnskap om lastpåvirkning på rørene og sporadisk kontroll på anlegg. Ledninger etablert mellom 1950 og 1970 har ofte mange feil som følge av dette (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

På 1970-tallet ble TV-inspeksjon av ledninger tilgjengelig. Dette økte kontrollen på ledningsanlegg i Norge, og førte til større oppmerksomhet på hvordan ledningsanlegg ble bygget opp. Basert på dette ble det stilt krav til gjenfyllingsmasser og komprimering. Det ble stilt krav til lagvis komprimering og etablering av ledningsfundament som skulle hindre konsentrasjon av vekt på den nedre delen av ledningen (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Ledningene fra denne perioden har bedre kvalitet enn ledningene fra like etter andre verdenskrig.

Oppdragsgivers kontroll har i senere år blitt erstattet med egenkontroll av utførende part. Det er observert mange feil på ledninger, hovedsakelig setninger (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

Dette viser at selv med tydelige leggeanvisninger er det behov for å kontrollere at utførelsen av ledningsanleggene er riktig.

Leggeanvisning for rør er beskrevet i VA-miljøblad nr. 5 og 6. Det er viktig at dette følges for å redusere risikoen for skader på grunn av setninger og punktdeformasjoner på ledningene. Spesielt plastrør er utsatt for endringer i ledningssonen. Den norske Plastrørgruppen (DnP) sin leggeanvisning er juridisk bindende (Interconsult AS 1997a), så målene oppgitt i VA-/miljøblad nr. 5 og 6 er absolutte minimumskrav.



Figur 1 Generelt grøftesnitt i henhold til VA-/miljøblad 5 og 6

#### 2.1.4 Sluttdokumentasjon og vedlikehold av ledningskartverk

Når ledningen er ferdig lagt er det viktig å måle inn rørene med x-, y- og z-koordinater. Disse dataene bør så legges inn i et ledningskartverk og en database over ledningene i kommunen. Det er også viktig å trykkteste rørene for å kontrollere at funksjonsevnen og avdekke eventuelle skader og utettheter på ledningen. Retningslinjer for trykktesting er oppgitt i VA-/miljøblad nr. 24 for trykkløse rør og nr. 25 for trykkrør. For avløpsrør er en fordel å inspisere ledningen med kamera. Dette kan avdekke punktdeformasjoner på plastrør, pakninger som er forskjøvet eller gjenstander som kan være glemt igjen under installasjonsfasen (Rørinspeksjon Norge 2001). God sluttdokumentasjon gir også en bra referanse for senere vedlikehold ved at man kan finne tidsrom for når skader har oppstått.

I driftsfasen på et ledningsnett bør man oppdatere ledningskartverket hver gang der har vært utført vedlikehold på ledningen eller i kummer. Driftsavvik som brudd i vannledninger eller kollaps av avløpsrør bør også registreres i ledningskartverket med hvilke metode som er benyttet i reparasjonene og eventuelle andre nyttige opplysninger.

God dokumentasjon fra anleggsstart til driftsslutt er et meget bra verktøy når man skal planlegge vedlikehold og opprettholde en sikker drift av systemet. God forvaltning av ledningsanlegg krever dokumentasjon av anleggene, som også innebærer materialkvalitet og viktige materialegenskaper (Vann- og avløpsteknikk 2012).

### 2.1.5 Grunnforhold

Rør i grunnen påvirkes av grunnforholdene. Aggressive grunnforhold kan gi raskere korrosjon på rør uten ekstra korrosjonsbeskyttelse. Spesielle krav til ekstra korrosjonsbeskyttelse er ofte oppgitt i kommunenes VA-norm (Norsk VA-norm). Ofte kan grunnforholdene legge føringer for hvilke ledningsmaterialer som er aktuelle i forskjellige kommuner. Dette gjelder spesielt i kommuner med aggressive grunnforhold.

Grunnforhold som forutsetter ekstra korrosjonsbeskyttelse på rør (Sægrov 2009a):

- Marin leire
- Alunskifer
- Torv og myrområder
- Utfylte områder der det kan finnes søppel, aske, slagg, kull og koks
- Områder med saltvann (2 meter under høyvannsstand)

Lettklinker for isolasjon eller som lett fyllmasse kan gi stor, jevn korrosjon og groptæring. Ved bruk av lettklinker bør det benyttes ekstra korrosjonsbeskyttelse (Hjellnes COWI AS 1997c).

Grunnforhold kan også være fordelaktig for støpejernsrør. Ekstra korrosjonsbeskyttelse kan sløyfes der man har (Bergen kommune 2012):

- Kalkholdig grunn
- Tørrskorpeleire
- Tørr sandgrøft, grus eller fjellgrøft over grunnvannsstanden

Grunnforhold vil også påvirke hvordan grøften bygges opp. I løse masser som leire vil det være nødvendig å stive opp grøften med for eksempel grøftkasser under anleggsfasen. Det er også nødvendig å benytte fiberduk ved slike grunnforhold, for å holde masser på plass i ledningssonen. Uten fiberduk vil massene vandre ut av ledningssonen og det kan oppstå setninger som fører til svanker og feil belastning på ledningen. Frost er en faktor som kan medføre materialvandring i ledningssonen.

I overgangen mellom grøft i løse masser og grøft i fjell kan setninger i de løse massene gi et knekkpunkt der røret utsettes for punktbelastning. I slike tilfeller er det nødvendig å utspleise grøftebunnen ved at fundamenttykkelsen økes (Interconsult AS 1997b).

Det er forskjell på frostdybde i sprengte grøfter og grøfter i løsmasser. Frostdybde avhenger av flere faktorer, ikke minst er det variasjoner rundt om i landet. Faktorer som spiller inn er snødybde, gjentakelse av kuldeperioder, masser i og rundt grøft, og temperatur i form av middeltemperatur og frostmengde. Tele går dypere i fjell enn i grus og puk. Dette kan gjøre at tele går rundt ledningssonen og dermed kan gi forskyvninger i ledningsfundamentet (Sørland 2011). Frostsikker dybde varierer fra sted til sted. Noen steder er det ikke mulig å legge ledningen frostfritt. For å øke frostdybden kan man isolere ledningssonen og kummer, i noen tilfeller er det nødvendig med varmekabler.

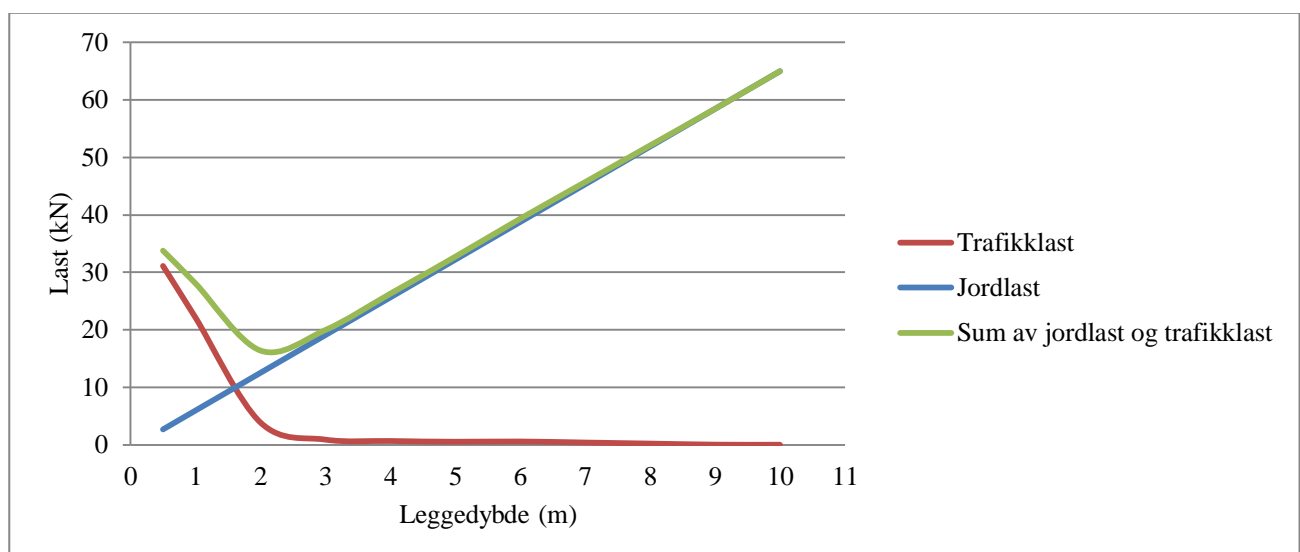
### 2.1.6 Krefter på rør i grunn

Røret utsettes for flere typer krefter i ledningssonen. Størrelsen på kreftene avhenger av leggedybde og belastning fra overflaten. Belastningen påvirkes av omfyllingsmassens tetthet, overdekningens høyde og hvor slank ledningen er. Slankhet defineres som et forhold mellom diameter og vegtykkelse. Gamle ledninger regnes konservativt som uten sidestøtte, mens ledninger der massene er komprimert regnes med sidestøtte. Sidestøtte innebærer at man beregner en noe lavere belastning. Det er etablert beregningsmodeller for begge tilfellene (Sægrov 2009b).

Ytre last på ledninger fra jordtrykk beregnes både for stive og fleksible rør. For stive ledninger er det formelsett med og uten sidestøtte, og for fleksible rør inngår hvelvvirkningsfaktor i formelen (Sægrov 2009b). Stive ledninger bærer en større last enn kun vekten av massene over røret. Det kommer av at massene ved siden av røret vil komprimeres noe. Denne belastningen avhenger av setninger i ledningssonen. Fleksible rør bærer mindre last enn vekten av massene over røret, dette kommer av friksjonskrefter som gir omlagring av trykket. Dersom røret deformeres mer enn massene rundt, vil noe av kreftene overføres til massene rundt (Vann- og avløpsteknikk 2012). Dette er hvelvvirkning. Fleksible rør er derfor mer avhengig av riktig utført grøftarbeid.

Stive ledninger egner seg for store leggedyp, men også fleksible rør kan legges dypt. Dersom belastningen fra jorden rundt kan bli større enn bæreevnen til røret bør det avlastes. Avlastning av røret kan gjøres ved å legge en avlastningsplate over ledningssonen (Vann- og avløpsteknikk 2012).

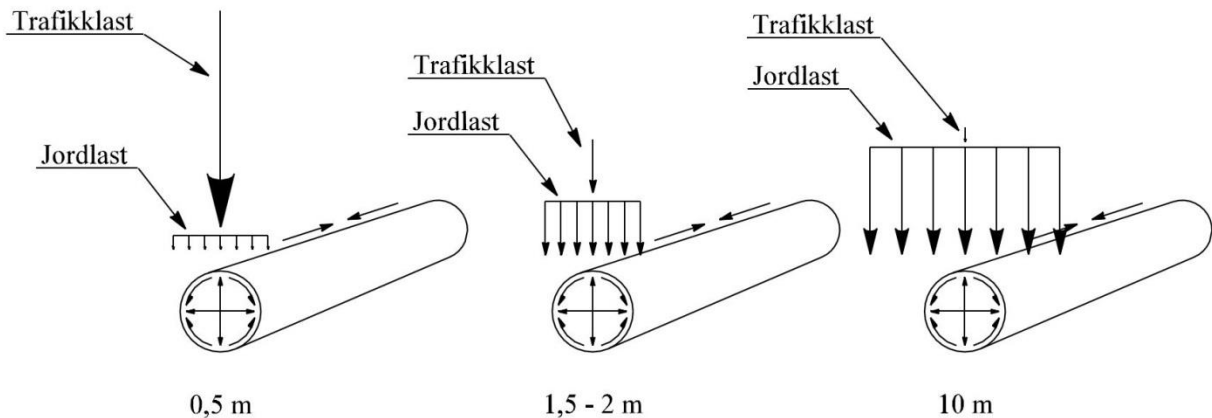
Trafikklast bestemmes av akseltrykket på kjøretøy og er en dynamisk komponent i beregningsgrunnlaget. Grunne ledninger utsettes for utmattingslast avhengig av ÅDT (årlig døgnmiddeltrafikk). Trafikklasten avtar med økende overdekning og har liten betydning for leggedybder over 2 meter (Sægrov 2009b). Figur 2 viser grafisk hvordan effekten av jordlast og trafikklast på ledningen endres med leggedybden. Ved tele vil trafikklasten virke lenger ned i ledningssonen ved at kreftene ikke fordeles ut i den frosne massen.



Figur 2 Fremstilling av krefter som virker på rør ved forskjellige leggedybder

Ved jevnt fordelt last fra overflaten gjøres lasten om til ekvivalent fyllingshøyde og settes inn sammen med jordlasten i beregningene (Sægrov 2009b). Dette kan for eksempel være laster fra en betongplate, en brakkerigg eller fra støttebeina til en kran under løfteoperasjoner.

Den samlede belastningen som gir belastning i ringretning er summen av jordlast, trafikklast, eventuell jevnt fordelt overflatebelastning, innvendig vanntrykk og belastning fra massen til vannet (Sægrov 2009b). I Figur 3 er dette illustrert som kreftene i snittet på røret.



Figur 3 *Illustrasjon på krefter som virker i et snitt på et rør ved forskjellige leggedybder. Kreftene er proporsjonal med pilstørrelsen*

Tele, tørke og setninger påvirker rør på forskjellige måter. I kalde områder med frost og tele er det registrert økninger i rørbrudd om vintrene, mens det i andre områder registreres økte lekkasjer etter tørre somre. Dette er spesielt utpreget når en tørr sommer etterfølges av en tørr vinter (Sægrov 2009b).

Aksialspenningen i rørledningene varierer i løpet av sesongene, som følge av temperaturforandringer. Strekkspenninger i lengderetningen er større om vinteren enn om sommeren. Dersom ledningene er korrodert eller ligger med høye spenninger i rørveggen er de utsatt for skader i kalde perioder (Sægrov 2009b).

Hovedsakelig utsettes et rør i en drikkevannsledning for:

- Aksialkrefter
- Trafikklast
- Jordlast
- Indre krefter, som trykk og skjærkrefter

### 2.1.7 Korrosjon og slitasje på rør

Rørledninger utsettes for ulike påvirkninger som gir slitasje eller korrosjon på ledningen. Disse påvirkningene er av fysisk, kjemisk eller mekanisk karakter. Utvikling i materialteknologi har bidratt til at moderne materialer i mindre grad er utsatt for slitasje enn eldre materialer (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Drikkevannsforskriften stiller krav til materialbruk i drikkevannsledninger (Helse- og omsorgsdepartementet 2001). I § 13 *Materialvalg og dimensjonering av transportsystem og vannbehandlingsanlegg* står det «Materialer i transportsystem, internt fordelingsnett og vannbehandlingsanlegg med videre som direkte eller indirekte kommer i kontakt med vann i vannforsyningssystem, må ikke kunne avgi stoffer til vannet som kan medføre fare for helseskade eller som kan føre til en uakseptabel endring i vannets sammensetning, herunder en forringelse av vannets sensoriske egenskaper.»

Korrosjon er fremtredende i metallrør, enten de består av grått eller duktilt støpejern, eller det er stålrør. Det er en kjemisk prosess der naturen vil forsøke å bringe jernet tilbake til sin naturlige tilstand (Sægrov 2009a). Reaksjonen er todelt og består av en anode- og en katodereaksjon. Det finnes flere typer korrosjon i metaller, som luftningscellekorrosjon, galvanisk korrosjon og likestrømskorrosjon (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Korrosjonsforløpet hos duktile støpejernsrør er i praksis likt som for rør laget av grått støpejern. Rørveggen i duktile støpejernsrør er vanligvis tynnere, og korrosjon blir derfor mer kritisk for tilstanden til ledningen. Når ledningene etableres i korrosiv grunn bør rørene ha ekstra korrosjonsbeskyttelse (Moser & Folkman 2008).

Luftningscellekorrosjon forekommer særlig der røret ligger i fuktig grunn, der fuktigheten rundt røret og oksygentilgangen varierer. Denne type korrosjon kan oppstå der røret ligger i grunnvannsspeilet, for eksempel ved elvekryssinger, eller der det er variasjoner i materialet i ledningssonen. Innvendig i vannledninger kan luftningscellekorrosjon opptre under sedimenter i bunnen (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

Galvanisk korrosjon opptrer der metaller med forskjellig spenningspotensiale kommer i kontakt med hverandre. Dette kan være ved koblinger der deler av kobber monteres på støpejernsrør. Da vil støpejernet fungere som anode og begynne å ruste. For at dette skal ha en praktisk betydning må katoden være betydelig større enn anoden og det må være fuktig for å transportere elektroner. Galvanisk korrosjon fremtrer sjelden på vannledninger (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

Biologisk korrosjon oppstår hovedsakelig på grunn av sulfatreduserende bakterier. Dette er avhengig av at ledningen ligger i et oksygenfritt miljø, at pH ligger mellom 5,5 og 9, og at det er organisk materiale og sulfater tilstede rundt ledningen. Et eksempel er ledninger som ligger i grøfter med organiske masser kombinert med marin leire (Sægrov 2009a).

Likestrømskorrosjon forekommer ved kryptstrøm av likestrømsanlegg og kan være betydelig. Denne formen for korrosjon forekommer for eksempel under trikkeskiner (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Likestrømskorrosjon kan også forekomme fra diverse industri og påtrykt spenningsanlegg (Sægrov 2009a).

Grått støpejern kan utsettes for korrosjon i form av grafittisering. Når jernet trekkes ut ved korrosjon gjenstår det et gitter av grafitt i godset. Dette gitteret har en styrke som kun er ca. 15 % av støpejernets styrke. Konsekvenser av grafittisering er utsprengte flak og tverrbrudd (Sægrov 2009a). Duktile støpejernsledninger kan bli utsatt for groptæring eller «pitting». Dette kommer av anoder

som etableres i urenheter i materialet og fører til korrosjon som graver seg stadig lenger inn i godset på røret og skaper groper i rørveggen. Til slutt vil det komme hull i rørveggen og det oppstår lekkasje ut i grunnen (Sægrov 2009a).

I Norge blir alle metalliske vannledninger beskyttet (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Ekstra korrosjonsbeskyttelse kan benyttes i rør som forventes å ligge i sure masser, under jernbane og trikkeskiner. Korrosjonsbeskyttelse kan være et lag med sinkaluminium og epoxy, epoxyarmert sementmørtel eller ved ekstrudert PU eller PE som ligger som en kappe rundt røret. Innvendig beskyttes røret av sementmørtel (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Aktuelle tiltak for beskyttelse av rør, innvendig og utvendig, er oppgitt i VA-/miljøblad 16 (Hjellnes COWI AS 1997c). Offeranoder er en form for katodisk beskyttelse som ikke krever energi utenfra. Anodematerialet forbrukes, og består vanligvis av sink. Det gir liten risiko for korrosjon på andre konstruksjoner i nærheten av røret. Offeranoden beskytter kun overflaten den er koblet til, som vanligvis er utsiden av røret, og kun det er røret den er tilkoblet (Sægrov 2009a). Der det er aktuelt med likestrømskorrosjon benyttes passiv korrosjonsbeskyttelse i form av et utvendig belegg av PE eller PU (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

I Bergen kommune skal duktile støpejernsrør beskyttes innvendig med en sementmørtelforing med høyovn slaggsement, med tykkelse mellom 4 og 9 millimeter. Utvendig skal røret være belagt med sinkaluminium, med 85 % sink og 15 % aluminium, med eller uten andre metaller. Beleggtykkelsen skal være minimum  $400 \text{ g/m}^2$  og ha et topplag av blå epoxy. Ved spesielt aggressive grunnforhold spesifiseres ytterligere korrosjonsbeskyttelse (Bergen kommune 2012).

For plastrør er det mindre aktuelt å snakke om korrosjon. Plastrør utsettes for slitasje forårsaket av objekter i ledningssonen som beveges langs ledningen ved materialvandring, tele eller setninger i ledningssonen. Termoplastrør utsettes for aldring. Det beregnes korttids E-modul og langtids E-modul for plastrørene. Studier har vist at aldring av polymere materialer som PVC- og PE-rør ikke har innvirkning på korttids E-modul etter langtidsbelastning av røret. E-modulen har direkte betydning for ringstivheten til røret, og dette betyr at ringstivhet ved korttidsbelastning ikke påvirkes negativt ved aldring av ledningen (Moser & Folkman 2008).

Rør utsettes for mekaniske prosesser som deformasjon, sprekkvekst og temperatur. Trykkrør er mer utsatt for sprekkdannelser enn selvfallsrør. De fleste rørmaterialer kan være utsatt for rissdannelser som utvikler seg til sprekker og videre til brudd. Seige materialer som PE og duktilt støpejern har lavere sannsynlig for sprekkdannelser enn sprøtt materiale som PVC og grått støpejern. For vannledninger er det hovedsakelig grå støpejernsledninger lagt før 1970 og PVC-ledninger lagt før 1980 som er utsatt for sprekkdannelser (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

Betongrør er sårbar for surt, bløtt og bikarbonfattig vann. For trykkrør av betong er det en forutsetning at vannet tilfredsstillende krav til alkalitet, pH og bikarbonatinnhold ( $\text{Ca}^{2+}$ ) fra Drikkevannsforskriften (Hjellnes COWI AS 1997b). Betongrør er som andre betongkonstruksjoner sårbar for fri  $\text{CO}_2$  som gir karbonatisering og kalkutfelling i betongen, som igjen senker pH i betongen og reduserer beskyttelsen av armeringen i røret (Hjellnes COWI AS 1997b). Dersom armeringsoverdekningen er opprisset kan det oppstå armeringskorrosjon. Et tiltak for å hindre dette er tilstrekkelig overdekning til armeringen og asymmetrisk armering i røret. Avløpsrør i betong kan utsettes for sulfidkorrosjon, i hovedsak der det har oppstått oksygenfrie soner i røret. Det dannes svovelsyre med pH nær 1 som tærer på betongen (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

En fellesnevner for korrosjonsformene er at de har en liten anode, en stor katode og høy korrosjonshastighet (Sægrov 2009a).

### **2.1.8 Vannkvalitet – korrosjonskontroll**

Vannets kvalitet har innvirkning på ledningenes holdbarhet. Norsk vann er generelt sett surt, altså har lav pH, det er bløtt som betyr at det inneholder lite kalsium og det er humusholdig. Disse egenskapene medfører at vannet er korrosivt overfor de fleste materialene som benyttes i ledningsnett (Vann- og avløpsteknikk 2012). Humus er nedbrutt organisk materiale som gir farge til vann. Fargen kan være ubehagelig i høye konsentrasjoner. Humus kan også reagere med klor og danne helseskadelige biprodukter (Folkehelseinstituttet 2008). Vannkvaliteten og behandling av drikkevannet kan ha en betydning for levetiden til ledningsnett. Ved å tilsette kjemikalier kan man utføre effektiv korrosjonskontroll, og fjerning av humus og partikler reduserer man behovet for spyling av ledningsnett. Humus forekommer i overflatevann. I Norge kommer 90 % av drikkevann fra overflatekilder og 10 % fra grunnvannskilder (RIF 2010).

Det er hovedsakelig to strategier man kan benytte for korrosjonskontroll, enten karbonatisering eller tilsetning av korrosjonsinhibitor (Vann- og avløpsteknikk 2012). Parameterne som er ønskelig å endre i korrosjonskontrollen er pH, alkalitet og kalsiumkonsentrasjon.

Ledningsnett til alle vannverkene i Bergen kommune bærer preg av innvendig korrosjon i rørene. Sammen med humus fra råvann gir korrosjonsprodukter farge til vannet (Bergen kommune 2005b).

## **2.2 Grøtiefrie metoder**

Grøtiefrie metoder, kalt NoDig, ble introdusert på midten av 1980-tallet. Siden den gang har utbredelsen av metoder og utstyr for grøtiefri installasjon av rør ekspandert betydelig. Metodene kan deles inn i tre hovedområder; installasjon av nye rør, fornying av rørledninger og utbytting av gamle rør (Najafi 2010).

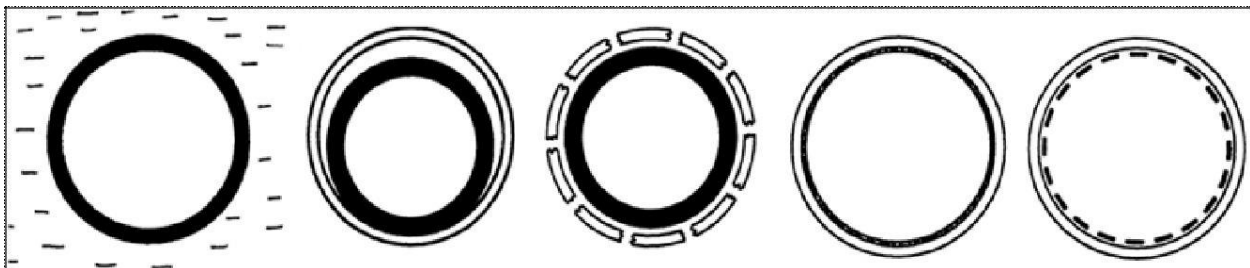
Grøtiefrie metoder benyttes ikke kun ved rehabilitering eller fornying av ledninger. Også ved nyetablering av ledninger blir det benyttet metoder som innebærer grøtiefrie løsninger. I områder med løsmasser kan det benyttes det styrt boring, og i større prosjekter som Midgardsormen i Oslo er det blant annet benyttet mikrotunnelering med åpen front for etablering av selvfalssystemer (Oslo kommune 2010). Mikrotunnelering med åpen front kalles også rørpressing eller rørtrykking (Asplan Viak AS 2009a). Rørene presses inn og overskuddsmaterialet graves ut av en gravemaskin. Mikrotunnelering med lukket front benytter en tunnelboremaskin TBM for fremdrift og graving (Østergaard AS). For boring i fjell brukes en borerigg med en borestreng påmontert en fjellborekrone. Normal borelengde er 10 – 600 meter. I kombinasjonsmasser borer man ved «hammerboring», det bores foran et varerør som trykkes kontinuerlig inn. Normal borelengde er 10 – 90 meter (Asplan Viak AS 2009a).



## 2.2.1 Ulike grader av rehabilitering

Tabell 1 Systematisk oversikt over grøftefrie metoder i bruk i Norge (Asplan Viak AS 2009a)

Metoder	Strukturelle metoder	Semistrukturelle metoder	Ikke-strukturelle metoder
Rørpressing / nytt rør	X		
Boring i løsmasser / nytt rør	X		
Boring i fjell eller kombinasjonsmasser / nytt rør	X		
Inntrekking av kontinuerlig rør / nytt rør	X		
Utblokking / nytt rør	X		
Strømperenovering		X	
Tettisluttet rør		X	
Belegg		(X)	X



Figur 4 Skisse over grøftefrie metoder. Fra venstre; styrt boring, inntrekking av kontinuerlig rør, utblokking, strømpeføring og påføring av nytt belegg. (Asplan Viak AS 2009a)

### 2.2.1.1 Ikke-strukturelle metoder

Definisjonen på ikke-strukturell rehabilitering er at «renoveringsproduktet er helt avhengig av radiell støtte fra det eksisterende røret, for å kunne motstå opptredende krefter i hele levetiden» (Asplan Viak AS 2009a). Det innebærer at ledningen rustes opp uten at den strukturelle styrken til røret økes. Ved en slik rehabilitering påføres nytt belegg innvendig i røret eller det føres inn en fleksibel slange som danner en ny innvendig rørvegg. Ikke-strukturelle rehabiliteringsmetoder gir en glattere rørvegg og vil tette hull fra groptæring. Nytt innvendig belegg vil gjenopprette kapasiteten i ledningen.

Ved påføring av belegg, sprøytes det på rørveggen i ett eller flere lag innvendig i røret ved at et roterende dysehode trekkes med konstant hastighet gjennom røret. Beleggskomponentene pumpes fra en pumperigg til dysehodet gjennom slanger (Asplan Viak AS 2009a). Det kan benyttes belegg av epoxy eller polyuretan (PU) (SINTEF Byggforsk 2006). Polyuretan har kortere herdetid

enn epoxy og foretrekkes derfor ved påføring av innvendig belegg (Asplan Viak AS 2009a). PU herder på ti minutter. Etter påføring av belegg tar det ifølge Berteig i Bærum kommune tre dager å få svar på vannprøver. Det kreves mye kumarbeid i forbindelse med påføring av PU-belegg (Berteig 2013).

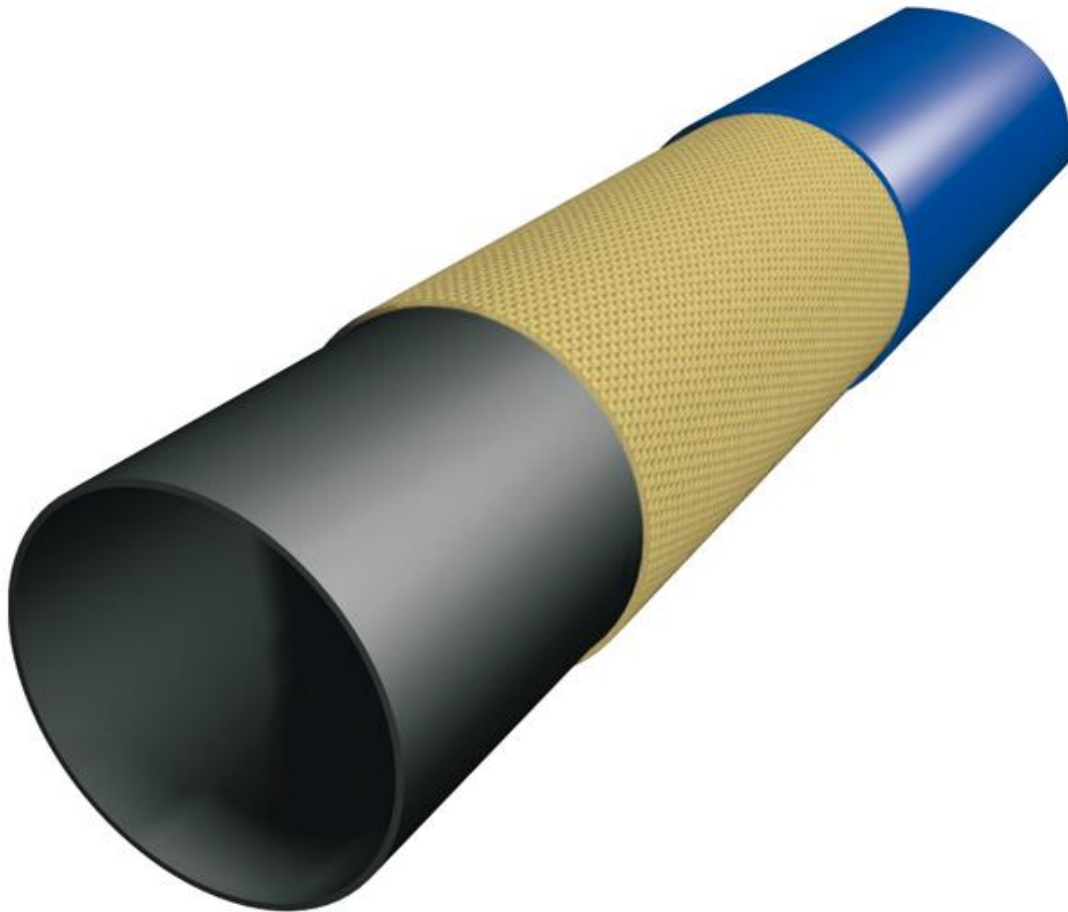
Det finnes forskjellige typer slanger. Felles er at de ikke bidrar til ledningens styrke men gir en tett fóring innvendig. Primus Line er en fleksibel slange satt sammen av to lag PE med vevd kevlar i mellom. Den har ingen ringstivhet som bidrar til rørets styrke, den er derfor avhengig av at det eksisterende røret har full strukturell styrke. Slangen er utviklet og produsert i Tyskland, og er tilgjengelig i dimensjoner mellom 150 – 500 mm. Utførelsen med kun vevd kevlar i kjernen tåler opptil 70 bar / 700 mVs i innvendig trykk. For å holde kostnader nede er det utviklet en egen versjon kun for drikkevann som er laget med 30 % glassfiber vevd sammen med kevlar. Denne kalles Primus Line low pressure og har et maksimalt trykk på 36 bar. For DN 500 er maks. trykk 9 bar. Primus Line low pressure er per dags dato benyttet én gang i Sverige, i Karlstad (Kjellberg 2013).

90 % av Primus Line brukes på drikkevannsledninger, men den kan brukes i re-lining av andre typer ledninger. Slangene har forskjellig farge på PE-kappen som sier noe om bruksområdet (Kjellberg 2013). Gassledninger er for eksempel gul på utsiden (*Figur 5*).

Den leveres på tromler med 2000 meter slange per trommel for alle dimensjonene. Slangen kan føres inn i ledninger med avvinkling på 45° men unntaksvis kan den også føres inn i ledninger med 60° – 90° avvinkling. Ved tilkobling til armaturer kreves det egne koblinger og det er ikke mulig å benytte anboringer på den nye ledningen siden slangen ikke har ringstivhet (Kjellberg 2013). Fleksibel slange egner seg for re-lining av overføringsledninger med tilfredsstillende strukturell styrke.



*Figur 5* Utsnitt av en Primus Line® Gas. Slangen består av et vevd kevlarnett med et lag PE på hver side. Den gule kappen (under) viser at den er beregnet for re-lining av gassledninger

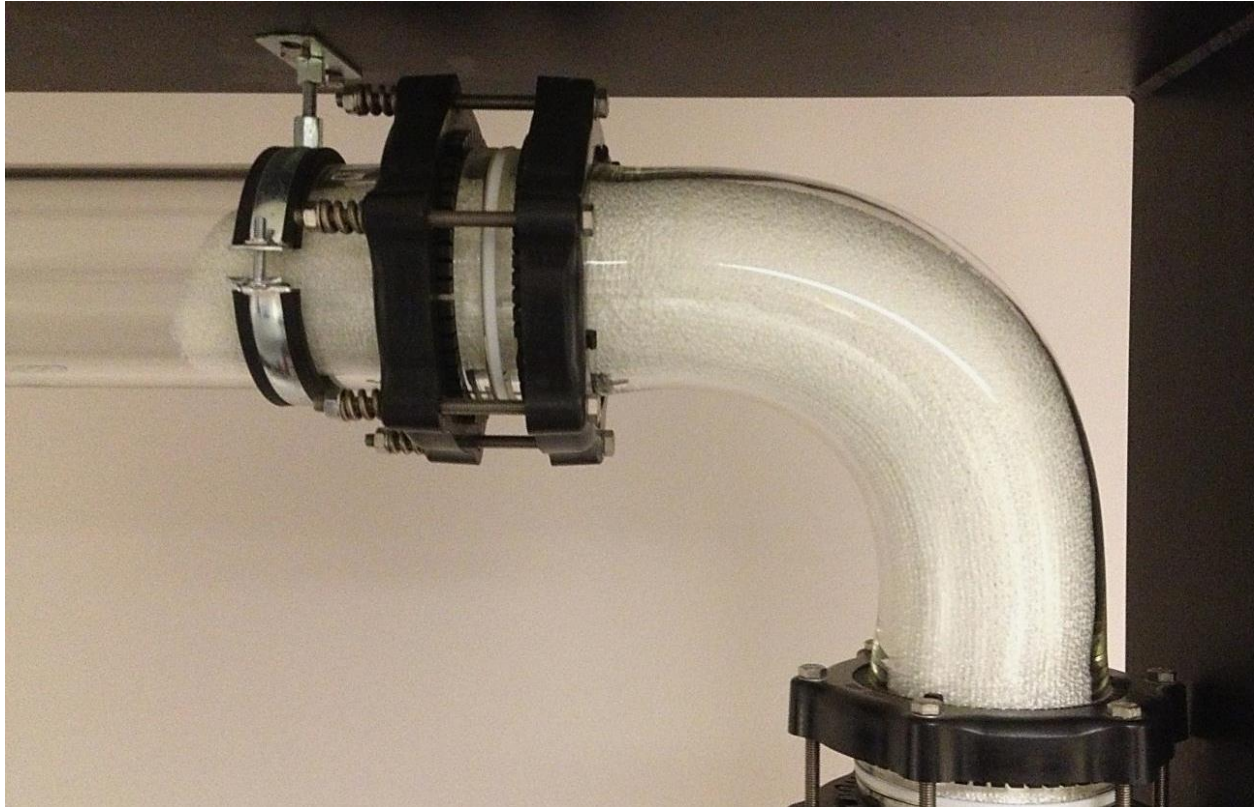


*Figur 6* Illustrasjon av en Primus Line® Drinking Water. Blå PE-kappe indikerer drikkevann (Primus Line)

### **2.2.1.2 Semistrukturelle metoder**

Strømpefóringer er prinsipielt like, uavhengig av herdemiddel og herdemetode. Fóringen er en filtliggende tekstilduk som er sydd som en lang pølse med et plastlag på innsiden. Denne pølsen vrenses og mettes med et herdemiddel. Vanlige herdemiddel er epoxy og polyester. På drikkevannsledninger benyttes det epoxy eller lim, avhengig av leverandør. Limet er selvherdene i løpet av 48 timer etter installasjon (Olimb Rørfornyng AS 2012). En strømperevert ledning skal tilfredsstille kravene til kapasitet, tetthet, styrke og selvrensing. Strømpen skal være fullt herdet og ikke ha rynker, folder eller innsnevringer av tverrsnittet. Den skal i tillegg ha en levetid på minimum 100 år (Asplan Viak AS 2009b).

Foringen installeres i røret ved bruk av trykkluft som blåser den inn i røret og vrenger den inn. For å få god kontakt med rørveggen styres hastigheten på installasjonen ved bruk av et bånd og i noen tilfeller en slanger i foringen. Ved å holde igjen foringen vil trykkluften presse den ut mot rørveggen, og i svinger og bend sørge for at foringen følger det eksisterende røret. Hastigheten reguleres ved å vri på et hjul på trommelen der foringen er rullet opp. Hjulet er ofte utstyrt med brems for å kunne holde igjen foringen (Waage 2013a).



*Figur 7 Fóring uten epoxy føres gjennom et glassrør. Trykkluft presser foringen frem mens et bånd holder igjen for at den skal presses mot rørveggen og fylle ut mot rørveggen når den passerer gjennom bend*



*Figur 8 Illustrasjon av en situasjon med for lite trykkluft samt at bremsebåndet ikke er stramt nok. Foringen følger ikke rørveggen*

I avløpsledninger skjærer man til den herdete foringen i kummer med renneløp for å opprettholde kummens opprinnelige funksjon som inspeksjonspunkt med mulighet for staking/spyling og innføring av kamera for inspeksjon.

Før ethvert arbeid er det viktig å gjøre seg kjent med oppgaven og kjenne forholdene på arbeidsstedet. Kvaliteten på det renoverte røret er avhengig av at installatøren kjenner til viktig informasjon om ledningen. Dette innebærer informasjon om rørdimensjon, ledningsfall, avvinklinger, tilstand på eksisterende rør, tilkoblinger, type kummer og lengde på røret (Asplan Viak AS 2009b). Ved innføring av foringer er det vanlig å inspisere ledningen med kamera. Før inspeksjonen er det vanlig å spyle ledningen for å få et klart bilde på tilstanden. Ved installasjon av foringer i avløpsledninger er ledningens tilstand oftest dokumentert på forhånd, så behovet for rengjøring er mindre. Under inspeksjonen registrerer man dimensjon på ledningen, eventuelle dimensjonsendringer, skjulte kummer og stikkledninger registreres og måles inn, og generell tilstand dokumenteres. Foringen er ofte tilpasset dimensjonsoverganger og avstand inn til disse er det viktig å dokumentere. Før installasjonen av foringen settes i gang, spyles og rengjøres ledningen. Selv om ledningen er rengjort før kamerainspeksjonen er det viktig å sikre at partikler og sediment er ute av ledningen. Deretter føres en tynn plastforing inn i røret, kalt preliner (Olsen 2013). Denne sørger for at herdemiddel som epoxy eller polyester ikke presses ut i stikkledninger og i hull i røret. Den holder også selve strømpeforingen på plass i røret og leder den gjennom kummer.

På drikkevannsledninger rengjøres røret enten med skrape, kjetting eller vann under veldig høyt trykk. Deretter plugges anboringer for å hindre at lim trenger inn i anboringene og tetter påkoblingspunktet. Pipeliner bruker epoxy som de lar trenge inn i anboringen. Dette freses deretter opp, og vil på den måten hindre at vann kommer mellom foring og rørvegg ved anboringen (Waage 2013a). Etter ferdig installasjon freses disse pluggene opp med en fjernstyrt fres. Olimb benytter en plugg i anboringene som settes inn før strømpen installeres. Etter installasjon freses pluggen opp for å åpne anboringen igjen (Olsen 2013).

Installasjon av strømper kan gjøres ved at strømpen vrenses inn med luft eller vann, eller vet den trekkes inn direkte på en glidefolie. Hvis strømpen trekkes inn må den blåses opp med trykkluft etterpå (Asplan Viak AS 2009b). Når strømpes føres inn med luft styres den ved bruk av et bånd inne i foringen. Når strømpen føres inn med vann brukes en slange for å holde igjen foringen. Denne slangen benyttes der foringen herdes ved bruk av varmt vann (Waage 2013a).

I avløpsrør herdes epoxyen eller polyestere med varmt vann som sirkuleres i foringen og holdes varm, eller ved bruk av damp. UV-lys kan også benyttes. Denne prosessen er avhengig av at man beskytter foringen mot sollys under transport og benytter telt ved installasjon for å hindre at herdeprosessen settes i gang for tidlig (Olsen 2013).

Et eksempel på renovering med strømpeføring i et DN 200 mm avløpsrør i Ortugrenda i Fyllingsdalen bydel i Bergen (Gemini VA 2013). Inspeksjon av ledningen viste at dimensjonen varierte mellom 200 mm og 225 mm. Ledningen går gjennom et villastrøk med hager og bratt terreng. Ledningen går delvis i hager ved siden av en veg, og i selve veggen. Veggen er bratt og smal, og er eneste tilkomst med bil for flere husholdninger. En fornying av ledningen ved oppgraving ville forhindret adkomst til eiendommene i lengre tid (Olsen 2013). Installasjon av foringen ble utført i to omganger. Først fra en kum utenfor en hage og gjennom en ledning som gikk gjennom



hager og i veg, deretter fra en kum lenger nedstrøms mot en kum ved Torgny Segerstedsvei i Fyllingsdalen.



Figur 9 Situasjonsoversikt i veg ved rehabilitering av avløpsrør

Før installasjon av strømpeføringen ble ledningen inspisert, rengjort ved spyling og det ble sendt inn en tynn foring, kalt preliner. Prelinerens misjon var å beskytte den nye føringen og forhindre at holde polyestere inne i røret. Strømpeføringen ble deretter ført inn i røret medstrøms ledningen. I alle kummene langs strekket ble det kontrollert at foringen gikk gjennom preliner og inn i et nytt rørstrekk til neste kum. I den siste kummen ble føringen løftet opp og kjørt ut. Her ble det kontrollert at føringen var mettet med polyester også etter rørstrekket. Vanligvis legges det inn en sikkerhetsmargin med 1,5 meter ekstra strømpe utover beregnet ledningsstrekk (Olsen 2013). Nedstrøms for føringen ble det stukket hull i bunn for å drenere bort kondensvann. For å lede bort sjenerende polyesterlukt fra ledningen og hindre at den skal gå i stikkledninger og inn i hus, ble det satt ned en vifte for avtrekk. I enden ble det montert utstyr med ventil for å ventilere ut damp fra føringen. I starten av føringen ble det stukket inn et digitalt termometer for å overvåke temperaturen



i ledningen. Deretter ble det stukket inn to stag med ventil for å regulere mengden damp inn i ledningen. Temperaturen på dampen ble holdt på ca. 80 °C i 30 – 45 minutter for å hindre at plasten inne i fóringen smeltet. Deretter ble temperaturen økt til 100 °C. Totalt ble det regnet med 3 timers herdetid for å være sikker på at polyesteren ble ferdigherdet (Olsen 2013).

I kummene skulle man skjære løs øvre halvdel av fóringen for å reetablere renneløpet. Etter det skulle en entreprenør rehabilitere kummene ved å støpe ny bunn og tette kummen for å hindre infiltrasjon av vann fra grunnen rundt (Olsen 2013).



Figur 10 Oversiktsbilde før herding av fóring i avløpsledning



Figur 11 a og b Utstyr for kontrollert utlufting i kum (a). Utstyret i bruk (b).



Et alternativ til strømpføring er inntrekking av et tettsluttet rør som består av et sammenbrettet, tynnvegget PE-rør som utvides ved bruk av damp etter innføring. Det benyttes oftest et PE-rør sveiset i lange lengder. For å få en jevn rørvegg på utsiden benyttes det speilsveising av PE-rørene.

### 2.2.1.3 Strukturelle metoder

#### Utblokking/Cracking

Utblokking, også kalt cracking, går ut på å trekke et nytt rør inn i et eksisterende rør. Eksisterende rør kuttet eller knuses ved innføring av det nye røret (Skaar 2013). Man er avhengig av en grop for innføring av det nye røret og en trekkegrop der jekken er plassert. For å knytte til abonnenter på ledningen er man avhengig av å grave seg ned på anbringene og etablere disse på nytt. Det nye røret festes til et kuttehode med en kniv i underkant. Trekkegropen er i den andre enden. Herfra sendes det stag fra jekken inn i det gamle røret helt til gropen med kuttehodet og det nye røret. Stagene kobles på kuttehodet og det nye røret trekkes inn i det gamle røret. Kuttehodet skjærer opp det gamle røret i bunn og utvider det slik at det nye røret får plass. I motsetning til innføring av sammenbrettete rør kan man gå opp i dimensjon i forhold til det eksisterende røret. Man beholder også ledningssonen intakt. Den vil da være ferdig komprimert og eventuelle setninger vil allerede være stabilisert. En annen fordel er at restene av det gamle røret vil ligge rundt det nye røret som en beskyttende kappe i ledningssonen. Det nye røret vil likevel være et fullverdig rør i seg selv med full ringstivhet. Rustknoller og skader på det gamle røret vil kunne lage riper på det nye røret. Derfor benyttes det en beskyttelseskappe rundt det nye røret, ofte er denne i polypropylen (PP) hvis det nye røret er i polyetylen (PE). Når man trekker inn duktile støpejernsrør benyttes det en beskyttelseskappe rundt røret, ofte en PE-kappe (Asplan Viak AS 2009a).



Figur 12 a og b Eksempel på kuttehode til bruk ved utblokking av støpejernsrør

Ved korte strekk og små dimensjoner, som stikkledninger, er det mulig å benytte små jekker som kan plasseres i kummer. Disse benytter wire for å trekke det nye røret gjennom det gamle. Eventuelt kan røret trekkes med wire gjennom et traverssystem (SSTT 2012a). Dersom røret er så



lite at det kan trekkes inn i en eksisterende kum, kan metoden kalles ekte NoDig siden det ikke er behov for å grave groper for inntrekking av rør eller til hydraulisk jekk. Ved vannledninger kreves det punktgraving for tilkobling av anboringer.

Et eksempel på utblokking fra Sandbrogaten i Bergen med utblokking av en vannledning like under et ca. 150 år gammelt, vernet tre. Ledningen hadde dimensjon DN 150, men var oppgitt som DN 225 i Gemini VA. Den var i grått støpejern og var etablert i 1937 (Gemini VA 2013). Det var registrert lekkasje på ledningen og den var tatt ut av drift i lengre tid (Trovik 2013c). Kamerainspeksjon viste et brudd under treet, trolig forårsaket av røtter. Bergen kommune besluttet å bruke utblokking av ledningen med et rør i Ø180 PE med PP-kappe. Rørlengden var sammenføyet med speilsveis og hadde aluminiumsfolie som diffusjonssperre mellom PE-røret og PP-kappen. Det ble benyttet en hydraulisk jekk med 40 tonn trekraft for å trekke det nye røret inn i det gamle.



Figur 13 a og b Oversikt over grop for inntrekking av rør (a) og trekkegrop (b) i Sandbrogaten i Bergen.



Figur 14 a og b Stag fra hydraulisk jekk (b) er koblet til kuttehodet (a) før utblokking.

### Inntrekking av nytt rør i eksisterende rør

Denne metoden går ut på å benytte den gamle ledningen som varerør for en ny ledning som trekkes inn i den gamle. Det kalles også for «sliplining» (SSTT 2012b). Det benyttes stort sett helsveisede PE-rør (VA-/miljøblad 1996).

Ved separering av avløpsledninger kan man trekke inn et nytt rør for spillvann og et nytt rør for overvann. Dette krever at man graver seg ned på tilkoblingspunkt og etablerer nye tilkoblinger til stikkledninger og sandfangskummer. For drikkevannsledninger må man grave seg ned på tilkoblingspunkt, fjerne noe av det gamle røret og etablere nye anboringer på det nye røret. For overføringsledninger trenger man kun å trekke inn det nye røret i det gamle.

Den eksisterende avløpsledningen forventes å bryte sammen. Ved dimensjonering av helsveiset PE-rør for inntrekking i ledningen skal den dimensjoneres for å kunne ta opp alle belastninger. Ved vanlige leggedyp vil belastning ved utførelsen være dimensjonerende (VA-/miljøblad 1996).

Ved innføring av kontinuerlige rør i vannledninger bør det benyttes PE-rør med SDR-verdi 11. Det er mulig å gå opp i styrke dersom man forventer at røret skades under innføring (Asplan Viak AS 2009a).

### Inntrekking av tykkvegget U-formet rør i det eksisterende

Det finnes ulike varianter fra ulike produsenter. Felles for metodene er at rørene leveres på rull og trekkes inn i den gamle ledningen før det ekspanderes med damp. Rørene får hjerteformen i en ekstruder. PE vil gå tilbake til sin opprinnelige form når den varmes med damp (Olimb Rørfornyng AS 2011).

U-liner er et polyetylenrør som er brettet i en hjerteform som en U. Røret har vært benyttet kommersielt fra 1989 i Sverige. U-liner gir et tilpasset rør, såkalt close fit. Leverandøren sier at tverrsnittsarealet i et duktilt støpejernsrør reduseres med ca. 15 %. Siden PE-rør har så lav k-verdi sies det at man beholder kapasiteten i ledningen. U-liner finnes i dimensjoner mellom 100 – 400 mm. Rørene leveres på tromler som kontinuerlige rør. DN 100 i 1130 meters lengder, DN 150 i 840 meter og DN 400 i lengder på 120 meter per rull (Kjellberg 2013). U-liner produseres av 5 forskjellige typer granulat. To av disse er godkjent i henhold til merkingen Nordic Poly Mark for bruk i drikkevannsledninger (Nordic Poly Mark). I Danmark er det strenge krav til emisjon fra plast til vann i rørene. Emisjon er når stoffer fra røret blir løst ut og tilsatt vannet i rørene.

Før installasjon renses det eksisterende røret mekanisk. Det gjøres enten ved kjetting eller skrape. Innsiden av det eksisterende røret blir da helt glatt og uten rustknoller. Ved anboringer er det nødvendig med punktgraving ned til ledningen. Anboringer gjøres ved å kappe det eksisterende røret, fjerne en bit av det og sette på en anboringsklave på det nye røret som festes med elektromuffe. For vann benyttes det PE 100 SDR 17, til avløps benyttes det PE 80 SDR 26 (Kjellberg 2013).

Når det nye røret er på plass varmes det opp med damp som holder 130 °C. Ved å sette på trykkluft presses røret ut slik at det blir helt rundt. Etter opphetning øker røret med ca. 5 % i dimensjon. Etter oppvarming til 130 °C har det ikke blitt påvist bakterier i røret. Dette kan være et argument for å utsette kloring av ledningen etter installasjon til etter at man har fått svar på



vannprøver (Kjellberg 2013). Dette er ikke verifisert, men kan utredes nærmere i en fremtidig masteroppgave.

I Sverige er det lagt ca. 15 000 m U-liner. I Norge er rørtypen brukt i Bærum og Asker, men da stort sett på avløp.



*Figur 15 Trommel med tetttilsluttende rør som føres inn i det eksisterende røret (Friberg 2011)*



*Figur 16 Illustrasjon på hvordan et tetttilsluttende rør ligger i røret under installasjon, før oppvarming og utbretting (Scandinavia VA-Teknik AB)*

En annen variant av sammenbrettet PE-rør er Compact Pipe. Rørene installeres av Olimb og er levert av Wavin. I Norge er ledningen benyttet flere steder, blant annet i Bærum kommune. Den

er tilgjengelig i dimensjoner fra 100 – 400 mm og leveres på trommel. Alle dimensjoner leveres med trykkklasse SDR 17 (Friberg 2011). Tetttilsluttende rør, eller «close fit» brukes ikke i Oslo på grunn av forventede vanskeligheter med deteksjon av fremtidige lekkasjer (Wermkog).

### Strømperenovering med tykkvegget strømpe

Som beskrevet i avsnitt 2.3.2.2 er prinsippet er strømpedøringer prinsipielt like. Forskjellen er hvor mye stoff som er i strømpen og dermed hvor mye herdemiddel man kan mette den med. For å regnes som en strukturell rehabiliteringsmetode er det avgjørende at foringen oppnår tilstrekkelig ringstivhet etter herding til å fungere som et selvstendig rør. Dette innebærer at røret skal ta opp alle lastene i ledningssonen og fremdeles ha tilfredsstillende levetid.

Strømperenovering regnes som en semistrukturell metode (Hansen 2013). Pipeliners strømpedøring er i utgangspunktet en semistrukturell metode men etter ønske fra kunde kan det installeres flere lag med strømper. For hvert ekstra lag økes ringstivheten, men innvendig dimensjon reduseres. Strømpen kan bli strukturell ved tilstrekkelig antall lag (Waage 2013c).

### **2.2.2 SHA – Ytre miljø**

Enten man legger ned nye ledninger i urørt grunn eller fornyer eksisterende ledningsnett, er det viktig å fokusere på sikkerhet, helse og arbeidsmiljø for personellet som utfører jobben. Arbeidsmiljølovens § 3-5 sier at arbeidsgiver skal gjennomgå opplæring i helse-, miljø, og sikkerhetsarbeid (Arbeidsdepartementet 2005) og kapittel 4 setter krav til arbeidsmiljøet (Arbeidsdepartementet 2005). Det er også viktig å fokusere på det ytre miljøet for å hindre skader på natur, fugler, dyr og planter. Forurensningslovens § 1 sier at «... *Loven skal sikre en forsvarlig miljøkvalitet, slik at forurensninger og avfall ikke fører til helseskade, går ut over trivselen eller skader naturens evne til produksjon og selvfornyelse...*» (Miljøverndepartementet 1983). Arbeid med VA-anlegg kan ofte innebære arbeid med kjemikalier som kan lekke ut i grunn og vassdrag, og det genererer avfall som kan være uheldig for naturen.

Ved etablering av grøfter kan man f. eks. bli utsatt for at grøftkantene raser inn, personell kan bli helt eller delvis begravet, de kan bli truffet av gjenstander som faller fra grøftkanten eller få et tungt rør over seg. Ved sveisearbeid eller annen bruk av varme kan man få brannskader, og man kan få skader på huden etter kjemikalier. I slike tilfeller kan konsekvensene reduseres ved bruk av korrekt verneutstyr.

I grøfter med annen eksisterende infrastruktur kan det være nødvendig å jobbe i ukomfortable posisjoner, det samme gjelder montering eller manøvrering av deler i kummer. Arbeid langs veg er risikabelt enten det legges nye rør eller at man skal rehabilitere med grøftfrie metoder.

Påvirkninger av jobben som utføres på ytre miljø er også noe som bør evalueres i planleggingsfasen. Noen materialer belaster miljøet mer enn andre i produksjonsfasen, og noen belaster miljøet mer når livsløpet er over. Maskiner og kjemikalier kan påvirke miljøet i anleggsområdet og området rundt. Dette er punkter som kan belyses ved å utføre en livsløpsanalyse også kalt «life-cycle assessment / life-cycle analysis», LCA. Hensikten med en livsløpsanalyse er å vurdere omfanget og fordelingen av de totale miljøpåvirkninger assosiert med et produkt eller tjeneste (Fjeldhus 2012).

Å identifisere risiko er alltid viktig når man planlegger en jobb, enten det gjelder helse og sikkerhet for personellet som utfører jobben eller det gjelder materialenes påvirkning av miljøet. Utslipp av kjemikalier og drivstofflekkasjer kan få konsekvenser for vannlevende organismer og økosystem. Dette belyses i risikovurderinger.

Selv om SHA kommer noe på siden av tema i denne oppgaven, er det verdt å nevne for å gjøre oppmerksom på farene ved å arbeide i trange rom som kummer, i dype grøfter eller med kjemikalier for bruk i rør og kummer. SHA og miljøpåvirkning er et omfattende fagområde og er grunnlag for en, kanskje flere masteroppgaver. Det blir ikke gått nærmere igjennom i denne oppgaven.

### **3 Strømperenovering av vannledninger**

#### **3.1 Strømpeføring i vannledninger**

Strømpeføring i vannledninger er nye metoder for fornying av vannledninger som ikke er tatt i bruk i særlig stor grad. utfordringer ved metoden er at det er lite kunnskap om hvordan innsvingningsfolder vil påvirke levetiden, om det finnes en garanti mot å få vannstrøm mellom rør og fóring og hvordan dette eventuelt kan kontrolleres. Det finnes lite erfaringer med mulighet for fremtidige reparasjoner, og om det vil være kompetanse for dette om 30 år. Man vet for eksempel ikke hvordan fremtidige anboringer vil påvirke røret (Hansen 2013).

##### **3.1.1 Prinsipp for strømperenovering av vannledninger**

Fornyng av drikkevannsledninger er prinsipielt lik metodene for fornyng av avløpsledninger med strømpeføring. Forarbeidet er derimot mer ressurskrevende. Det er mer utfordrende å inspisere drikkevannsledningene i forkant. Drikkevannsledninger kan ikke inspiseres innvendig mens de er i drift. Hygieniske forhold fører til at det er andre krav til kamerainspeksjon og bruk av rørs scanner i disse ledningene. Tilgang til rørene er begrenset ved at ventiler og armaturer må demonteres for å få utstyr inn i rørene. Det kan være behov for andre tilpasninger, som etablering av luker og nye kummer, før man kan inspisere ledningene. Rustknoller i drikkevannsledningene må fjernes, røret renses og anboringer plugges.

Selv om det er mer ressurskrevende å installere strømpeføringer i drikkevannsledninger enn i avløpsledninger kan det være et godt alternativ til utblokking og inntrekking av kontinuerlige rør. I denne oppgaven skal jeg se om man kan forbedre valg av metoder for fornyng av drikkevannsledninger ved å benytte en bærekraftsanalyse.

##### **3.1.2 Utfordringer i forhold til anboringer**

Anboringer er montert på en eksisterende ledning. De er boret inn i røret og er festet på røret med en klave. Ved utblokking må disse anboringene fjernes. Dette krever at man graver seg ned på anboringene. Hvis man ikke gjør dette vil man dra med seg anboringene og kanskje ødelegge installasjoner som eventuelt ligger nær ledningen. Det øker også behovet for trekraft i den hydrauliske jekken. Man må reetablere anboringer etter utblokkingen.

Ved installasjon av strømpeføring må det settes plugg i anboringene for å hindre at epoxy eller lim kommer inn i stikkledningene inntil abonnentene under innføring av mettete strømpe. Etter at strømmen er herdet må pluggene freses åpen ved bruk av robot. Oslo VAV har uttrykket bekymring for at vann kan trenge inn mellom rørvegg og strømpe i anboringspunktene (Wermskog 2013).

Anboringer har kortere levetid enn rørene. Dette gjør at det kreves hyppigere utskifting av anboringene enn av rørene (Berteig 2013).

### **3.1.3 Utbredelse**

Metoden med strømpereovering av vannledninger er lite utbredt i Norge. Det er kun installert noen få steder på Østlandet og i Bergensområdet. Metoden er relativt ny her i landet, men det planlagt tester i Bergen kommune (Pipeliner) og i Kvam Herad (Olimb) i 2013.

I 2011 ble det installert en 3 mm tykk fóring i en vannledning i Arnoldus Reimersgate i Bergen. 80 meter av en 82 år gammel vannledning ble renovert med en fóring fra Profitek, nå Pipeliner (Tunestveit-Torsvik 2011). Olimb har installert en strømpéfóring i en vannledning i Bærum kommune og 1350 meter i Skogveien i Råde (Rørfornyng Norge 2012).

## **3.2 Krav til materialer i drikkevannsnettet**

Det finnes foreløpig ingen godkjenningsordning for materialer som kommer i direkte eller indirekte. Drikkevannsforskriften § 15 krever at kjemiske produkter som kommer i kontakt med drikkevann skal være godkjent av Mattilsynet (Folkehelseinstituttet 2004).

### **3.2.1 Folkehelseinstituttet**

Folkehelseinstituttet gjør de helsemessige vurderingene av produkter som skal benyttes til drikkevann, på oppdrag fra Mattilsynet (Folkehelseinstituttet 2004).

### **3.2.2 Aktuelle parametere i drikkevannsforskriften**

§ 13 i Drikkevannsforskriften sier at materialer som kommer i kontakt med drikkevann «... må ikke kunne avgi stoffer til vannet som kan medføre fare for helseskade...» (Helse- og omsorgsdepartementet 2001). § 15 *Godkjenning av kjemiske produkter til behandling av drikkevann* står det «*Kjemiske produkter til behandling av drikkevann, herunder produkter til desinfeksjon av drikkevann, skal være godkjent av det sentrale Mattilsynet. Mattilsynet skal føre en oppdatert liste over godkjente produkter...*». Videre står det «*Kjemiske produkter til behandling av drikkevann og stoffene i produktet skal ha vært vurdert toksikologisk og ha vært gjenstand for vitenskapelig vurdering nasjonalt eller internasjonalt.*» (Helse- og omsorgsdepartementet 2001). Drikkevannsforskriften omtaler kjemiske produkter til behandling av vannet, men det samme gjelder for kjemikalier som kommer i kontakt med drikkevannet mellom vannbehandlingsanlegget og abonnenten, som epoxy og lim til strømpéfóring.

### 3.3 Forskjellige nye varianter av fóring til drikkevannsrør

#### 3.3.1 *Olimb*

Olimb er en stor aktør innenfor rørfornyning. Firmaet leverer to løsninger for bruk på drikkevann. Et tetttilsluttende rør kalt Compact Pipe og en strømpéfóring kalt DW-liner. Fóringene er på listen over godkjente materialer for bruk med drikkevann (Folkehelseinstituttet 2013).

Strømpéfóringen består av en polyesterarmert slange med ekstrudert polyetylen på den ene siden. Før installasjon blir fóringen impregnert med et polyetanbasert limstoff. Limet sørger for at fóringen fester seg til det eksisterende røret. Før installasjon renses ledningen under høyt trykk, deretter inspiseres den med kamera. Under inspeksjonen registreres anboringer som tettes ved bruk av robot før installasjon av strømpen. Ledningen tørkes før fóringen føres inn. Da sikres man best mulig vedheft mellom rørveggen og limet i fóringen. Limet herder over 48 timer, før endene kappes og det monteres støttehylser der. Disse hylsene brukes til å koble til armaturer i kummene. Før armaturer monteres, freses anboringene opp med robot, ledningen klores og det tas vannprøver (Dalby).

Levetid på strømpéfóringen er oppgitt til å være 1 – 2 generasjoner (Olimb Rørfornyning AS 2012). Dette vurderes til å være omtrent 50 år.

Bærum kommune har brukt metoden på en ledning. Det ble vurdert at vann kommer i kontakt med limet og strømpen. Ifølge Berteig i Bærum kommune var det usikkert om dette ville påvirke vedheft til det opprinnelige røret (Berteig 2013).

#### 3.3.2 *Pipeliners*

Firmaet har brukt metoden med fóringer i oljebransjen, men foreløpig lite i drikkevannssammenheng for kommuner. Fóringen kalles Potable Water PPL. Pipeliners benytter to-komponent epoxy som herdemiddel for strømpéfóringen. Fóringen er testet i Tyskland og er tillatt for bruk til drikkevannsledninger der. Folkehelseinstituttet har dokumentert at vann i ledninger med fóringen er smak- og luktfri, og har tatt den med på listen over godkjente materialer for bruk med drikkevann (Folkehelseinstituttet 2013).

NIVA har utført en migrasjonstest av Potable Water PPL for å teste for konsentrasjon av TOC (totalt organisk karbon). Resultatene viste ikke noen økning i konsentrasjonen av TOC (NIVA 2011).

Fóringen er testet for sprengtrykk av IKM testing. Fóringen tålte 16,5 bar sprengtrykk før katastrofal feil. Samme firma testet fóringen med herdet epoxy. Den nådde ikke katastrofal feil, men ved 37 bar sprakk epoxyen i en slik grad at det ble regnet som sprengtrykk (IKM Testing 2011).

Strømpéfóringen er en vevd polyesterfóring som kan leveres i dimensjoner mellom 80 – 1200 mm, i lengder opp til 400 m (Profitek Pipe Liner AS 2011). På forespørsel kan det leveres lengre lengder, da er det snakk om å sy en lengre fóring (Waage 2013c). Veggykkelsen på fóringen varierer mellom 1,5 – 3 mm (Profitek Pipe Liner AS 2011).



Fóringen herdes med damp eller varmt vann. Ved installasjon lar Pipeliner en viss mengde epoxy trenge inn i anboringer som de deretter freser bort etter herding. Dette gjør at vann ikke trenger inn mellom foring og rørvegg. Det eliminerer også behovet for punktgraving for å reetablere anboringer (Waage 2013b). Levetiden på ledningen er oppgitt til 50 år (Tunestveit-Torsvik 2011).

### **3.3.3 *Scandinavisk VA-teknik AB***

Har to produkter som benyttes i grøftefri rehabilitering av vannledninger, et tettsluttet rør kalt U-liner og en fleksibel slange kalt Primus Line. Primus Line er brukt på en overføringsledning ved E 18 i Bærum kommune. Det går raskt å installere slangen siden den ikke trenger herdetid, noe som gjør den gunstig å føre inn i ledninger langs sterkt trafikkerte veier der det ofte ikke er anboringer. Bærum kommune mener metoden fungerer veldig bra (Berteig 2013). Metoden kan ikke benyttes på strekk med anboringer siden slangen ikke har noe ringstivhet (Kjellberg 2013). Primus line er på listen over godkjente materialer for bruk med drikkevann (Folkehelseinstituttet 2013).

## **3.4 Drøfting av metodene opp mot tradisjonell NoDig på vann**

Metodene med strømperenovering av drikkevannsledninger er relativt nye i Norge, med få utførte prosjekter. Det er derfor rimelig å anta at priser for rehabilitering av vannledninger med strømpeforinger ikke har stabilisert seg ennå. Kostnader for installasjon betraktes derfor i denne oppgaven med bakgrunn i eksisterende metoder og estimeres deretter. Anleggskostnader knytter seg ikke bare til selve innføringen av foringen, men også til relaterte jobber som eventuell punktgraving for anboringer, tilkobling i kummer, oppfresing av plugg i stikkledninger, eventuell midlertidig vannforsyning, spyling og desinfisering av ledninger, og redusert fremkommelighet som krever tilrettelegging av omkjøringsmuligheter.

Inntrekking av kontinuerlig rør og utblokking er avhengig av grop for innføring og trekking av røret. Anboringer og reparasjonsklaver på det opprinnelige røret må fjernes før utblokking, hvis ikke risikerer man at de trekkes med trekkehodet under utblokkingen. Ved montering av anboringer på nye inntrukne rør må det gamle røret kappes bort for å blottlegge det nye røret slik at ny an boring kan etableres. Dette krever at det graves ned på ledningen for hvert anboringspunkt eller på reparasjoner.

Tid for installasjon av strømper varierer etter herdemetode for herdingsmiddelet. Med epoxy herdes fóringene for drikkevannsledninger på tre timer, med lim tar det to døgn. Tilpasninger av armaturer og tilgang til røret kommer i tillegg. Ved arbeid i veier kan det gjøres i god tid før selve installasjonen slik at innsnevring av vegen holdes til et minimum.

Ved fornying av ledninger har Bergen kommune vurdert en grense på tre dager før de ønsker å etablere midlertidig vannforsyning (Trovik 2013d). Tanken er at de tre første dagene kan husstandene forsynes med vann fra tankvogn mot at man gir en reduksjon i gebyret for vann – og avløpstjenester. Husholdningene betaler 12 kr/dag for vann, mens det kan koste typisk 15 000 kr for midlertidig vannforsyning (Trovik 2013d). Dersom det tar lengre tid å renovere ledningen etablerer kommunen midlertidig vannforsyning ved at de legger ut nye rør og kobler stikkledninger fra denne ledningen inn på kraner på utsiden av boligen eller på eksisterende

stikkledning inn til husstanden. Bergen kommune ønsker å benytte grøftefrie metoder som har en total installasjonstid på maksimalt tre dager. Det er forventet at dette gir store besparelser siden det er kostbart å etablere midlertidig vannforsyning. Det vil også påføre beboere mindre påkjenninger ved at det blir mindre anleggsarbeider og færre grøfter med mindre graving.

Levetiden for strømfóringene er ca. 50 år. Disse strømpene er avhengig av det eksisterende røret for styrke, slik at restlevetiden på det gamle røret vil være en faktor i restlevetiden til ledningen. Økt ringstivhet kan oppnås ved å føre inn flere lag med fóring. Det tar lenger tid å få en sterkere fóring ved å installere flere lag. En ny fóring vil hemme korrosjon fra innsiden av røret.

Utblokking eller tetttilsluttet rør har en levetid på minst 100 år. Ulempen er at skader på utsiden av den nye ledningen ikke kan oppdages. Dette kan bøtes på med en beskyttelseskappe av PP. Disse metodene fordrer at anboringer fjernes og retableres. På ledninger med mange anboringer vil denne metoden gi større anleggskostnader og en større belastning på nærmiljøet enn strømfóringene. Utblokking utføres som oftest med kontinuerlige PE-rør, men det kan også benyttes duktile støpejernsrør (Asplan Viak AS 2009a) med strekkfaste pakninger i muffene.

## DEL 3: Fornyning av VA-ledninger

## 4 FORNYING AV VANN- OG AVLØPSLEDNINGER

### 4.1 Status for fornying av ledningsnett i Norge

Vann- og avløpsnett bygges med sikte på lang levetid. Teknisk levetid på 100 år er et minimumskrav til rør og rørdeler. Ved økonomiske betraktninger regner man ofte med 50 års levetid for et anlegg. Levetiden til et ledningsanlegg kan regnes som tiden det inntil en større fornyelse må gjennomføres (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

Ledningsnett for vann og avløp i Norge er langt. Tall over omfanget varierer noe. Ifølge Norsk Vann er utgjør det kommunale drikkevannsnett 41 000 km, mens avløpsnett består av 35 000 km. Avløpsnett omfatter spillvann og fellesledninger. Overvannsledninger utgjør 17 000 km (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Statistisk sentralbyrå samler årlig inn data fra kommuner, men det er ikke alle kommuner som melder tilbake om omfanget av ledningsnett. Tallene er derfor ikke fullstendige. Tall fra SSB sier at vannledningsnett i Norge utgjorde omtrent 43 900 km i 2011 (Statistisk Sentralbyrå 2012a). Avløpsnett utgjorde totalt 35 700 km (Statistisk Sentralbyrå 2012b).

På en fagsamling i Bergen i november 2012 kom det frem at i Bergen kommune er det 1 100 km vannledninger og 900 km med avløpsledninger (Lieng 2012). Dette utgjør henholdsvis 2,5 % av det nasjonale vannledningsnett og 2,5 % av det nasjonale avløpsnett. Tall fra KOSTRA (Statistisk Sentralbyrå 2013a; Statistisk Sentralbyrå 2013e) avviker noe fra dette. Der er det oppgitt 900 km vannledninger og 841 km avløpsledninger i 2012. I hovedplan for avløp og vannmiljø for perioden 2005 – 2015 er det oppført at avløpsnett i Bergen kommune er ca. 1200 km langt, der 400 km er spillvannsledninger, 400 km er fellessystem og overvannsledninger utgjør 400 km. I 2005 var ca. 89 % av Bergens befolkning tilknyttet offentlig avløpsnett. Avløpsledninger lagt før 1965 i Bergen kommuner er stort sett fellesledninger for spillvann og overvann. Ledninger lagt før 1970 sees på som utette (Bergen kommune 2005a).

#### 4.1.1 Alder

Gjennomsnittsalderen på vannledningsnett i Norge er estimert til 33 år (Statistisk Sentralbyrå 2013e). Halvparten av ledningene er lagt mellom 1971 og 2000. Omtrent 17 % av ledningene er lagt mellom 2001 og 2011 (Statistisk Sentralbyrå 2012a).

Avløpsnett i Norge med kjent alder har en estimert gjennomsnittsalder på 30 år. En liten del på 2,8 % er lagt før 1940, mens hele 44 % er lagt etter 1980 (Statistisk Sentralbyrå 2012b).

I Bergen kommune er gjennomsnittlig beregnet alder på vannledningsnett er alderen 43 år (Statistisk Sentralbyrå 2013e). Gjennomsnittlig beregnet alder på avløpsnett er 31 år (Statistisk Sentralbyrå 2013f).

Tabell 2 Beregnet gjennomsnittsalder for vannledningsnett med kjent alder for de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013e)

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	31	32	32	31	33
Oslo	54	55	55	56	58
Stavanger	34	35	35	34	39
Bergen	37	41	39	38	43
Trondheim	36	37	37	38	39

Tabell 3 Beregnet gjennomsnittsalder (år) for avløpsnett med kjent alder for de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013f)

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	29	-	31	30	30
Oslo	49	50	51	51	52
Stavanger	32	31	32	33	33
Bergen	32	32	31	31	31
Trondheim	34	34	36	36	37

#### 4.1.2 Lengde

##### Vannledningsnett

Vannledningsnett i Norge er omfattende. Totalt består det av mer enn 41 500 km med rør. Det er en ressurskrevende jobb å vedlikeholde og sørge for leveringssikkerhet til abonnentene. Oslo kommune har det største nettet med over 1 500 km ledninger, mens Bergen har 900 km med vannledninger.

Tabell 4 Total lengde i meter av vannledningsnett i Norge og de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013b)

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	42 930 548	43 097 222	42 910 919	43 869 419	41 537 460
Oslo	1 556 134	1 556 134	1 573 134	1 491 378	1 534 701
Stavanger	630 516	631 885	635 537	638 191	624 496
Bergen	902 400	893 400	902 400	912 400	900 000
Trondheim	766 800	772 800	770 450	771 110	770 200

##### Avløpsnett

Avløpsnett er ikke like omfattende som vannledningsnett, men er fremdeles av en betydelig lengde. I 2012 bestod nettet av over 35 800 km med rør. Når vi vet at en stor del av rørene hadde varierende kvalitet og leggeteknikken ikke var utviklet til dagens standard, er det klart at det er ressurskrevende å vedlikeholde nettet og fornye det fort nok. Statistikk viser at det er høyere fornyingsgrad på avløpsnett enn på vannledningsnett. I tillegg til fornying av avløpsnett, legges det også nye ledninger. Gamle avløpsledninger er ofte fellesledninger for spillvann og

overvann, mens det i hovedsak legges separate avløpsledninger på nyanlegg. Avløpsledningene i tabellene tar ikke for seg rene overvannsledninger.

Tabell 5 Total lengde i meter for avløpsnett i Norge og i de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013d)

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	35 025 714	35 125 931	36 015 919	35 714 196	35 848 680
Oslo	1 456 600	1 456 600	1 456 600	1 394 531	1 395 331
Stavanger	574 281	576 671	570 134	575 175	577 687
Bergen	822 000	830 000	830 000	832 000	841 000
Trondheim	697 900	700 200	702 800	704 100	704 500

Tabell 6 Total lengde i meter av nylagt avløpsledningsnett i Norge og i de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013d)

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	321 814	441 417	440 672	406 782	338 288
Oslo	1 375	0	0	942	800
Stavanger	4 372	2 534	1 518	1 706	9 126
Bergen	5 000	8 000	-	-	9 000
Trondheim	8 380	5 000	-	-	-

### 4.1.3 Vannledningsbrudd og lekkasjer

#### 4.1.3.1 Konsekvenser ved vannledningsbrudd og lekkasjer

Gamle rør og lite vedlikehold kan føre til høy andel lekkasjer og brudd i vannledninger. Slike brudd kan få ulike konsekvenser. Høyt trykk i vannledningene kan føre til dramatiske brudd, spesielt i gamle rør av grått støpejern og PVC. Den type brudd kan gi økt risiko for kostbare vannskader. Utette vannledninger som ligger i samme grøft som utette avløpsledninger kan ha risiko for innlekking av forurensinger dersom vanntrykket slås av. Aktuelle scenarier er ved brudd eller vedlikehold der trykket på vannledningen tas bort. Dette kan underbygges av spørreundersøkelser der Bergen kommune har avdekket økt hyppighet av mage- /tarmproblemer i områder der det har vært trykkløse vannledninger. Det er også funnet at rustne og gjengrodde ledninger øker risikoen for reduksjon i vannkvaliteten (Bergen kommune 2005b).

#### 4.1.3.2 Lekkasjer i vannledningsnettet

Det har variert mellom tall som brukes som beregningsgrunnlag ved dimensjonering av ledningsnett. Et estimert tall for norske husholdninger er et forbruk på ca. 150 l/p\*d (Vann- og avløpsteknikk 2012). Tall innrapportert til KOSTRA er noe høyere. Gjennomsnittlig andel lekkasje fra drikkevannsnettet i 2012 var på 32 % (Statistisk Sentralbyrå 2013c).

Tabell 7 Gjennomsnittlig husholdningsforbruk per tilknyttet innbygger  
(Statistisk Sentralbyrå 2013c)

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	198	207	213	209	199
Oslo	202	219	233	226	199
Stavanger	182	181	190	188	159
Bergen	174	190	148	160	174
Trondheim	153	174	172	160	164

Andel lekkasjer varierer i de forskjellige kommunene. Noen kommuner har færre lekkasjer enn andre kommuner, som betyr at andre kommuner igjen har flere og større lekkasjer. Siden forbruket er nokså likt rundt i landet betyr dette at enkelte kommuner produserer omtrent dobbelt så mye vann som forbrukes. Sammenlignet med andre europeiske land har Norge en veldig høy grad av lekkasjer. I Danmark er det gjennomsnittlig 6 – 7 % lekkasjer i drikkevannsnettet og for de fleste andre europeiske land ligger andel lekkasjer mellom 8 – 20 % i gjennomsnitt (RIF 2010). I 2002 ble det oppgitt at lekkasjeraten i andre Vest-europeiske land var på mellom 10 – 15 % (Hjukse 2002).

Tabell 8 Andel lekkasjer på drikkevannsnettet i de største byene i Norge  
(Statistisk Sentralbyrå 2013c)

\*Andel ikke bokført vann (tap/lekkasje) \*\* Andel av total vannleveranse til lekkasje

	2008*	2009**	2010**	2011**	2012**
Hele landet	-	32 %	31 %	32 %	32 %
Oslo	22 %	19 %	21 %	22 %	29 %
Stavanger	39 %	38 %	40 %	40 %	47 %
Bergen	37 %	31 %	35 %	36 %	34 %
Trondheim	30 %	30 %	30 %	29 %	29 %

Bergen kommune produserte i 2005 40 millioner m<sup>3</sup> med drikkevann. I hovedplan for vannforsyning for perioden 2005 – 2015 er det anslått at 12 millioner m<sup>3</sup> forsvinner i lekkasjer. Dette utgjør 30 % av total produksjon, noe som er under gjennomsnittet for norske kommuner. Hovedplanen for vannforsyning oppgir flere tiltak for å få redusere andel lekkasjer, som å intensivere lekkasjekontroll, fornye ledninger med hyppige brudd og mye lekkasje, og sørge for hurtig reparasjon av lekkasjer på det private ledningsnettet (Bergen kommune 2005b). Statistikk fra KOSTRA viser at den estimerte andelen lekkasje i Bergen var på 34 % i 2012 (Statistisk Sentralbyrå 2013c).

I Bergen kommune er det årlig mellom 150 – 200 reparasjoner av feil på vannledningsnettet. Dette fordeles på 3 – 5 store brudd med til dels betydelige materielle skader, 80 – 100 ledningsbrudd på gamle ledninger, som hovedsakelig består av grå støpejernsrør og 50 – 100 lekkasjer på grunn av utvendig korrosjon som tærer hull i ledningene. Kostnadene for reparasjoner lå i snitt på 60 – 70 000 kroner i 2005 (Bergen kommune 2005b).

Lekkasjer fra en vannledning kan skylle bort materiale i ledningssonen og føre til setningsskader og ujevnt belastning. I verste fall kan vann skylle bort vegfundament og gi skader på annen infrastruktur (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

#### **4.1.4 Fornyning**

Fornyning av VA-nettet gjøres oftest fordi ledningene ikke fungerer etter hensikten. I vannledninger kan det komme av økt andel brudd og lekkasjer, eller redusert kapasitet etter gjengroing i vannledninger. Avløpsledninger fornyes etter kollaps, slitasje eller i forbindelse med separering.

Ved etablering av ny infrastruktur eller større utbygginger er det ofte hensiktsmessig å fornye det eksisterende ledningsnettet. Det kan komme av behov for kapasitetsøkning eller at det skal graves nær ledningene for å etablere andre typer teknisk infrastruktur. Ved bygging av byggetrinn 1 av Bybanen i Bergen ble det flyttet og fornyet vann- og avløpsledninger langs 7 kilometer av banen. Det ble brukt omtrent 220 millioner på dette arbeidet med VA-ledningene (Loodtz 2010).

For å redusere andel oppgraving i sentrumsnære gater og dermed redusere ulempene for beboere, næringsliv og trafikanter, blir dette arbeidet koordinert mellom utbyggere i flere kommuner. I Bergen blir dette arbeidet koordinert av graveklubben, som er et samarbeidsprosjekt mellom Vann- og avløpsetaten i Bergen kommune, Telenor ASA, BKK Varme AS, BKK Nett AS og Bossnett AS (Graveklubben 2013). I Oslo koordineres utbygging ved at utbyggere registrerer planene på nettsiden gravemelding.no. Det er pliktig for utbyggere å registrere stedet der man har tenkt å grave sånn at arbeid i området kan koordineres (Tunmo 2010). Denne tjenesten driftes av et konsortium, med flere kommuner og netteiere som kunder (Geomatikk AS 2013).

Det er grunn til å anta at fornying ved koordinerte gravearbeider fører til at eksisterende rør byttes ut fremfor å rehabiliteres ved bruk av grøftefrie metoder. Nye rør har lenger holdbarhet enn gamle rør som er laget og lagt med andre krav enn nå. Levetiden bør derfor være lenger ved full utskifting enn ved bruk av ikke-strukturelle eller semistrukturelle rehabiliteringsmetoder.

I Norge fornyes det hvert år flere hundre kilometer med vannledninger. Tall for de siste fem årene viser at det var en topp i fornyingstakten i 2011. I 2011 ble det fornyet over 300 km eller 0,69 %, mens andelen sankt til nesten 240 km eller 0,58 % året etter. Selv om det ble fornyet langt flere ledninger i 2011 enn i de øvrige årene innebærer det at ledningene blir liggende lenger enn de 100 årene som er forutsatt for rør og rørdeler.



Tabell 9 Total lengde i meter av fornyet / rehabilitert ledningsnett for drikkevann i Norge og i de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013b)

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	286 761	256 374	270 437	301 548	239 467
Oslo	6 837	10 034	17 000	17 500	15 800
Stavanger	6 246	6 316	5 191	4 916	4 681
Bergen	8 300	6 599	5 407	4 783	7 390
Trondheim	6 800	6 117	5 206	6 004	6 113

Tabell 10 Fornyingsgrad for vannledningsnettet i Norge og i de største byene i landet

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	0,67 %	0,59 %	0,63 %	0,69 %	0,58 %
Oslo	0,44 %	0,64 %	1,08 %	1,17 %	1,03 %
Stavanger	0,99 %	1,00 %	0,82 %	0,77 %	0,75 %
Bergen	0,92 %	0,73 %	0,60 %	0,52 %	0,82 %
Trondheim	0,89 %	0,79 %	0,68 %	0,78 %	0,79 %

Det totale avløpsnettet i Norge er ikke like omfangsrikt som vannledningsnettet. Totalt er avløpsnettet nesten 5 700 km kortere enn vannledningsnettet. På tross av dette fornyes det langt flere avløpsledninger enn vannledninger. En grunn til det er at tilstanden på avløpsnettet er dårligere enn den er på vannledningsnettet. Det er også mindre ressurskrevende å bruke grøftfrie metoder på avløpsledningene som kan gjøre at det er lettere for kommunene å følge opp behovet for rehabilitering.

I den siste femårsperioden var det i 2012 at det ble fornyet flest avløpsledninger i Norge. Totalt i 2012 ble det fornyet 186 km eller 0,52 %. Året før, i 2011, ble det fornyet ca. 155 km eller 0,44 % av det totale avløpsnettet. Fornyingen var større i de store byene enn for landsgjennomsnittet. Oslo og Bergen har en fornyingstakt på avløpsnettet på over 1 % i året de siste fem årene. Det vil heve landsgjennomsnittet og indikerer at fornyingsraten i de mindre kommunene er en del lavere enn landsgjennomsnittet.

Tabell 11 Total lengde i meter av fornyet avløpsledningsnett i Norge og i de største byene i landet (Statistisk Sentralbyrå 2013d)

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	160 370	163 382	177 037	155 518	186 063
Oslo	19 989	20 470	20 000	20 425	29 500
Stavanger	8 037	6 150	3 857	3 525	7 646
Bergen	18 000	13 200	10 000	9 536	10 511
Trondheim	4 697	-	9 167	5 493	-

Tabell 12 Fornyingsgrad for avløpsnett i Norge og i de største byene i landet

	2008	2009	2010	2011	2012
Hele landet	0,46 %	0,47 %	0,49 %	0,44 %	0,52 %
Oslo	1,37 %	1,41 %	1,37 %	1,46 %	2,11 %
Stavanger	1,40 %	1,07 %	0,68 %	0,61 %	1,32 %
Bergen	2,19 %	1,59 %	1,20 %	1,15 %	1,25 %
Trondheim	0,67 %	-	1,30 %	0,78 %	-

## 4.2 Status i Bergen kommune

I Bergen kommune fornyes 9000 meter vannledninger per år og 11 000 meter avløpsledninger (Lieng 2012). Dette betyr at 0,82 % av vannledningene, og 1,25 % av avløpsledningene fornyes hvert år. Samlet utgjør det en fornyingsrate på 1 %, som er sett på som ideelt ut fra en levetid på 100 år for rør generelt. Bergen kommune har som mål å ha en fornyingsrate på 1 % av vannledningsnett årlig fra 2010 og frem til 2015 (Bergen kommune 2005b). En fornyingsrate på 0,82 % ligger noe under dette målet. I hovedplan for avløp og vannmiljø 2005 – 2015 viderefører man målet fra hovedplanen for 1997 – 2007 med fornyingsrate på 1 % – 1,5 %. Dette er konkretisert i mer spesifikke tiltak der et mål for perioden 2005 – 2015 er 1 % fornying til en kostnad av ca. 50 millioner kr per år (Bergen kommune 2005a). I 2012 fikk Bergen kommune inn 600 millioner kroner i gebyr- og avgiftsinntekter, ca. 10 % av dette ble benyttet til fornying av ledningsnett, både vann- og avløpsledninger (Lieng 2012).

Bergen kommune har som mål å opprettholde et samlet vannbehov på 40 millioner m<sup>3</sup> årlig selv om befolkningen i kommunen er forventet å øke. For å få til dette er målet å redusere andel lekkasjer fra 30 % av produksjonen i 2005 til 25 % av fremtidig produksjon (Bergen kommune 2005b). Bergen kommune har som mål å levere et minimumstrykk på 2,5 bar / 25 mVs (meter vannsøyle) ved uttak fra offentlig vannledning. Ved uttak av brannvann skal det kunne tas ut brannvann i samsvar med gjeldene standard, som vil si 50 l/s i sentrale områder (Bergen kommune 2005b).

### 4.3 Fornyning av ledningsnett i Bergen kommune

#### 4.3.1 Metoder brukt i fornying

Konvensjonell graving benyttes ved fornying av vannledninger i Bergen kommune. Det benyttes flere former for grøftfri rehabilitering av vannledninger (Lieng 2012).

- Utblokking
  - PE 100 RC+, SDR 11 eller SDR 13,6
  - Diffusjonssperre på ledninger der det kan være fare for oljeforurensning
- Inntrekking av PE-rør
- PU
- Compact Pipe, U-liner, eller andre tetttilsluttende løsninger
- Strømpeføring

For avløpsledninger benyttes det i stor grad strømpeføringer. 7 000 meter ble rehabilitert med det i 2012. Det er også et økt fokus på kumrehabilitering på avløpsnett (Lieng 2012).

Andel grøftfri rehabilitering er lavere for vannledninger enn for avløpsledninger i Bergen kommune. Dette kan ha sammenheng med at det er et enkelt tiltak å inspisere og installere en strømpe i avløpsledning. I en vannledning er det en mer omstendelig affære å finne tilstand på røret og fornye det. Andel vannledninger som ble rehabilitert med grøftfrie metoder steg jevnt fra 2003, med en topp på 60 % i 2010.

Til sammenligning ligger andelen grøftfri fornying i Oslo på 70 % per i dag (Wermskog 2013).

Tabell 13 Sammensetning av fornyingsmetoder på vannledningsnett i Bergen (Trovik 2013a)

År	Totalt utskiftet (m)	Grøftfrie metoder (m)	Konvensjonell graving, full utskifting (m)	Andel grøftfrie metoder (%)	Andel konvensjonell graving (%)
2003	10 274	620	9 654	6 %	94 %
2004	4 930	640	4 290	13 %	87 %
2005	4 892	563	4 329	12 %	88 %
2006	5 656	696	4 960	12 %	88 %
2007	4 925	602	4 323	12 %	88 %
2008	8 358	2 178	6 180	26 %	74 %
2009	8 466	2 328	6 138	27 %	73 %
2010	5 407	3 244	2 163	60 %	40 %
2011	4 783	1 321	3 462	28 %	72 %

Andel avløpsledninger i Bergen kommune som ble rehabilitert med grøftefrie metoder har ligget i overkant av 50 % i flere år. I 2003 var andelen nede i 22 %, mens den største andelen var i 2010 med 76 %.

Tabell 14 Sammensetning av fornyingsmetoder på avløpsnettet i Bergen (Trovik 2013a)

År	Totalt utskiftet (m)	Grøftefrie metoder (m)	Konvensjonell graving, full utskifting (m)	Andel grøftefrie metoder (%)	Andel konvensjonell graving (%)
2000	1 765	1 006	759	57 %	43 %
2001	6 857	3 365	3 492	49 %	51 %
2002	12 943	6 003	6 940	46 %	54 %
2003	15 422	3 325	12 097	22 %	78 %
2004	8 276	5 904	2 372	71 %	29 %
2005	8 287	4 821	3 466	58 %	42 %
2006	12 701	7 512	5 189	59 %	41 %
2007	12 455	6 561	5 894	53 %	47 %
2008	17 286	10 547	6 739	61 %	39 %
2009	17 875	10 068	7 807	56 %	44 %
2010	11 653	8 830	2 823	76 %	24 %
2011	11 965	6 941	5 024	58 %	42 %

#### 4.3.2 Kriterier for fornying

Kriterier for hvilke vannledninger som skal rehabiliteres avhenger av flere forhold. I Bergen kommune prioriterer man etter følgende liste (Lieng 2012):

- 1) Ledninger som har mange brudd
- 2) Ledninger som har sårbare abonnenter tilknyttet
- 3) Endeledninger med liten vanngjennomstrømning og ledninger med dårlig kvalitet
- 4) Galvaniserte ledninger
- 5) Ledninger der det er registrert kapasitetsproblemer
- 6) Der det er behov for separering, vannledninger ofte i samme grøft som avløpsledninger

#### 4.4 Fornyelsesstrategier for VA-nett

Ved fornying av ledningsnett for vann- og avløp brukes det forskjellige nivåer av planlegging. Langsiktig planlegging kalles strategisk planlegging, prioritering av prosjekter kalles taktisk planlegging og valg av teknologi kalles operasjonell eller teknisk planlegging (*Vann- og avløpsteknikk 2012*).

Tabell 15 Oversikt over de ulike nivåene for fornyingsstrategier (Jon Røstum et al. 2012)

Nivå	Strategisk	Taktisk	Operasjonelt / teknisk
Skala	Hele VA-nettet	Delsystem, områder, grupper av ledninger	Anleggsprosjekter, årsplan
Type tiltak	De store linjer, retninger, kongstanker	Detaljerte beslutninger	Gjennomføring av tiltak
Ansvarlig	Anleggseier	VA-nettansvarlig	Anleggsansvarlig, driftsansvarlig
Resultater	Strategier	Taktiske vurderinger	Tekniske planer
Tidshorisont	Lang tidshorisont 10 – 20 år 20 – 100 år	Middels tidshorisont 3 – 5 år	Kort tidshorisont 1 – 2 år

##### *Strategisk planlegging:*

Dette er planlegging på ledelsesnivå, der man gir de overordnede prioriteringene for hele VA-nettet. Det planlegges for en lang tidshorisont (Jon Røstum et al. 2012). Planleggingen baserer seg på brukerundersøkelse, og indikatorer for tilstand og kostnader. Det utføres levetidsberegninger for VA-nettet, baser på anleggsår, materialer i ledningene og antall registrerte feil. Informasjonen kan bearbeides i ulike programmer for å få et tydelig bilde av situasjonen (*Vann- og avløpsteknikk 2012*). Eksempel på slik programvare er CARE-W (SINTEF 2008a) for drikkevann og CARE-S (SINTEF 2008b) for spillvanns- og overvannsledninger utviklet av SINTEF.

##### *Taktisk planlegging:*

På det midterste nivået planlegges det for en middels tidshorisont, tre til fem år (Jon Røstum et al. 2012). Med bakgrunn i anbefalingene fra den strategiske planleggingen undersøkes deler av nettet for å finne flaskehals og problemområder. Parametere det undersøkes for er vannføringskapasitet og styrke i ledningene. Målinger av vannføringen i ledningene kan legges inn i modeller av nettet for å beregne hydraulisk ruhet i rørene. Om mulig bør man også legge inn data om brudd og lekkasjer på ledningsnett (*Vann- og avløpsteknikk 2012*).

Beregning av leveringssikkerhet for drikkevannsnettet bygger på en analyse med en hydraulisk modell sammen med en rutine som beregner konsekvensen av feil på hver enkelt ledning. Feil på en ledning forbindes med en hydraulisk kritikalitetsindeks, som uttrykker hvor mye den totale vannleveransen påvirkes av at en ledning stenges ned. Beregning av feilsannsynlighet bygger på avanserte statistiske analyser og observerte feil, kombinert med egenskaper for ledningene (*Vann- og avløpsteknikk 2012*).

En rekke forhold spiller inn på hvilke beslutninger som tas ved fornyelsesprosjekter. Andre prosjekter på nærliggende infrastruktur spiller inn, spesiell risiko, problemer med vannkvaliteten

eller spesielt høye driftskostnader. For å vurdere tiltak er det utviklet programvare med algoritmer for flerkriterieanalyse. I en slik analyse vil man vekte forhold som legges til grunn ved fornying (*Vann- og avløpsteknikk* 2012).

#### *Operasjonell/teknisk planlegging:*

Det laveste nivået består i tekniske planer for gjennomføring av tiltak på ledningsnettet. Disse planene har en kort tidshorisont på 1 – 2 år (Jon Røstum et al. 2012). Her velges den mest egnede tekniske løsningen for det valgte prosjektet. Dette vil avhenge av hvilke parameter det behov for å forbedre på vannledningen, om det er nødvendig å øke dimensjon, øke styrken på røret, om det er nødvendig å fornye hele ledningen eller bare deler av den (*Vann- og avløpsteknikk* 2012). Det er på dette nivået man bestemmer om det skal benyttes grøftefrie metoder eller om det skal benyttes konvensjonelle grøfter. Dersom situasjonen krever det, kan man kombinere disse to. Grøftefrie metoder kan være gunstig i urbane strøk for å minimere inngrep i nærmiljøet.

#### **4.4.1 Strategi for Bergen kommune**

For vannledningsnettet har Bergen kommune som strategi for fornying av nettet å fornye ca. 1 % av den totale ledningslengden (Bergen kommune 2005b).

For fornying av vannledningene ligger Bergen kommune til grunn enkelte parametere. Generelt prioriteres følgende ledninger (Lieng 2012):

- 1) Ledninger som har mange brudd
- 2) Ledninger som har sårbare abonnenter tilknyttet
- 3) Endeledninger med liten vanngjennomstrømming og ledninger med dårlig kvalitet
- 4) Galvaniserte ledninger
- 5) Ledninger der det er registrert kapasitetsproblemer
- 6) Der det er behov for separering, vannledninger ofte i samme grøft som avløpsledninger

Strategien for fornying av avløpsledninger i Bergen kommune er at akutte driftsproblemer og skjerming av sårbare vannforekomster skal være styrende for prioritering av fornyingstiltak. Det er også en strategi at private stikkledninger fornyes samtidig som man fornyer offentlige ledninger. Hensikten med dette er å få økt effekt av fornyingen ved reduksjon av fremmedvann i ledningene. Økt bruk av grøftefrie metoder er fremhevet som en direkte årsak til at fornyingstakten på avløpsledninger i Bergen kommune økte etter 2002. Da ble det innført rammeavtaler for fornying av avløpsledninger med grøftefrie metoder. Dette trekkes frem som en strategi for å øke fornyingstakten og for å nå målet om 1 % fornying per år (Bergen kommune 2005a). Vann- og avløpsetaten i Bergen kommune vurderer grøftefrie metoder som nødvendig for å fornye tilstrekkelig av VA-nettet (Trovik 2013b).

Et tiltak for å sikre et stabilt avløpsnett er at det stilles krav til utførelse av anleggene og at utførelsen kontrolleres. Ved å stille krav kan man sikre at ledningsanleggene vil ha tilfredsstillende

funksjonsevne i 100 år. Et annet tiltak som trekkes frem i hovedplanen for avløp og vannmiljø i perioden 2005 – 2015 er at grøftefrie metoder velges der det ligger til rette for det. Tanken bak det er at kostnader holdes nede og at ulemper for omgivelsene reduseres (Bergen kommune 2005a). For å sikre en helhetlig fornying av avløpsledninger i sterkt trafikkerte gater er et tiltak å fornye private stikkledninger som er tilknyttet det offentlige nettet.

Bergen kommune har i hovedplanen for avløp og vannmiljø i perioden 2005 – 2015 beskrevet fem parametere i prioritert rekkefølge for fornying av avløpsledninger (Bergen kommune 2005a).

- 1) Akutte problemer som medfører fare for helseskader
- 2) Fare for skader på eiendommer og anlegg
- 3) Skjerming av sårbare vannforekomster
- 4) Reduksjon av fremmedvann i avløpssystemet
- 5) Reduksjon av kostnader ved fornying av uforholdsmessig driftskrevende anlegg

#### **4.4.2 Strategi for Oslo kommune**

I Oslo er strategien at 1 % av vann og avløpsledninger skal fornyes årlig. 75 % av prosjektene er definert som vannprosjekter. Oslo VAV har utarbeidet en saneringsplan for vannledningsnettet. Her står bruk av grøftefrie metoder sentralt. Grøftefrie metoder er ansett som en rask metode som krever færre inngrep. Derfor får man rehabilitert en større andel av ledningsnettet enn med konvensjonell graving (Wermskog 2013). Dette ligger til grunn for at andelen grøftefrie metoder ved fornying er 70 %.

#### **4.5 Bærekraftig fornyelse av ledningsnettet**

Verdenskommisjonen for miljø og utvikling la i 1987 frem en sluttrapport der de definerte bærekraft på følgende måte; «*En bærekraftig utvikling er en utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få tilfredsstillende sine behov*» (Finansdepartementet 2009). Verdenskommisjonen brukte begrepet bærekraftig utvikling i miljørammen, men siden 1987 har uttrykket blitt brukt i flere sammenhenger som ikke angår miljø (Store norske leksikon 2005)

Oslo VAV har satt som mål at 1 % av ledningsnettet skal fornyes årlig. De har som mål å holde en konstant avstand mellom forfall og fornying. 1 % fornying i året er tilstrekkelig, vurdert ut fra et bærekraftsprinsipp (Wermskog 2013). Et konstant forhold mellom forfall og fornying vil ikke øke belastningen på kommende generasjoner.

I felles VA-norm for norske kommuner er det oppgitt i første punkt at VA-anleggene skal være bærekraftige. Dette gjelder blant andre Bergen, Stavanger, Stord, Tolga, Trysil og Voss kommuner, med flere (Norsk VA-norm).

Det er naturlig å tenke på grøftefrie metoder som bærekraftige. Disse metodene bidrar til økt fornyingstakt som igjen bidrar til redusert belastning på kommende generasjoner. Etterslepet i fornyingen kan til en viss grad tas igjen. Grøftefrie metoder krever mindre energi ved at de har

betydelig kortere anleggstid enn konvensjonell graving, dermed forbruker de mindre drivstoff og anleggsstrøm. Stadig utvikling og forbedring av metoder for grøftfri fornying vil føre til økt levetid og bedre driftssikkerhet. Til tross for dette er det rimelig å anta at full utskifting av rør ved konvensjonell graving vil ha lenger levetid. Levetid er en viktig indikator i bærekraft.

Konvensjonell oppgraving og fullstendig utskifting av rør kan også sees på som bærekraftig, men på en annen måte enn grøftfrie metoder. Nye rør og rørdeler som tilfredsstillende moderne krav til fremstilling og korrosjonsbeskyttelse vil ha minimum en levetid på 100 år dersom de installeres riktig i grøften. Dersom man legger til rette for fremtidig grøftfri rehabilitering av nye ledninger lagt i dag vil tidshorizonten for levetiden av ledningstrekket bli kanskje dobbelt så langt som nå. Ved å samle stikkledninger i kummer i stedet for å sette på en an boring for hver stikkledning, vil det kreve færre inngrep når ledningen en gang skal rehabiliteres. Selve oppbyggingen av grøftene er også viktig for å sikre optimal levetid. Ved korrekt anleggsutførelse kan levetiden være betydelig lenger enn 100 år. Ved konvensjonell graving kan det samtidig utføres arbeider på nærliggende infrastruktur, som igjen reduserer behovet for fremtidig graving. For eksempel kan eldre oljefylte elkabler byttes med nye mer miljøvennlige kabler i trekkerør. Trekkerør kan redusere behovet for oppgraving ved utbygging av for eksempel fibernett.

Bærekraften for ledningsnett i kommunene er av dynamisk karakter siden utviklingen i materialer og fornyingsmetoder går fremover, dårlige rør byttes med stadig bedre rør og utbygginger gir nye utfordringer i form av slitasje og tilgjengelighet. Bærekraft i ledningsnett må kontinuerlig vurderes i for de forskjellige kommunene. Forvaltningen av det lokale VA-nettet faller til den enkelte kommune. Drift og vedlikehold finansieres av avgifter som fastsettes lokalt i kommunene. Den økonomiske belastningen for den enkelte beboer, og dermed den bærekraftige fornyingen, vil derfor variere mellom kommunene.



## DEL 4: Bærekraftanalyse

## 5 BÆREKRAFTANALYSE AV METODER FOR FORNYING

### 5.1 *Innledning*

Vanligvis utføres enkle betraktninger for kost/nytte når man skal velge alternativer i prosjekter. Ofte kan det være fordelaktig med en mer detaljert betraktning av faktorer. For å kunne sette ulike metoder opp mot hverandre kan det da utføres en bærekraftsanalyse. Dette er en vurdering der ulike kriterier settes mot hverandre ved bruk av vektete indikatorer. Det finnes lite erfaringer i Norge på bruk av strømpereovering av vannledninger, det er derfor problematisk å sette metodene for grøftefrie metoder opp mot hverandre og sammenligne dem kun ved å benytte kost/nytte. Ved å lage en case og sette opp en bærekraftsanalyse skal jeg vurdere hvordan fornying med strømføring egner seg i forhold til mer etablerte metoder.

Det er viktig å velge systemgrenser for analysen. Systemgrensene sier noe om hva som skal veie tyngst ved en vurdering av metodene. Ved en bærekraftsanalyse er det for eksempel to ytterpunkter og et midlere alternativ. Ytterpunktene kan være en ren teknisk avgrensning i infrastrukturen, eller en fullstendig utveksling av energi og ressurser med omgivelsene. Kun fokus på tekniske løsninger vil kunne føre til feil valg av metode sett fra et bærekraftperspektiv, mens det andre alternativet er urealistisk. En midlere begrensning der de viktigste aspektene for bærekraft og tekniske løsninger kan tas med i analysen (Lindholm 2012).

For å få en realistisk systemforståelse er det viktig å balansere antall indikatorer. For få indikatorer gir liten systemforståelse ved at det er flere aspekter som ikke tas med. For mange indikatorer kan virke som støy på analysen og skygge for de viktigste aspektene for en realistisk systemforståelse.

### 5.2 *Case Ibsens gate*

Som case har jeg valgt å se på fylkesveg 255 Ibsens gate i Bergen. Det er flere kriterier ut over tekniske og økonomiske som vil spille inn ved rehabilitering av vannledningen i Ibsens gate. En grunn til at vegen er interessant å se på er at arbeider med rehabilitering potensielt kan få følger for flere enn de tilknyttede abonnentene, også beboere i nærmiljøet, trafikanter og besøkende til Haukeland sykehus.

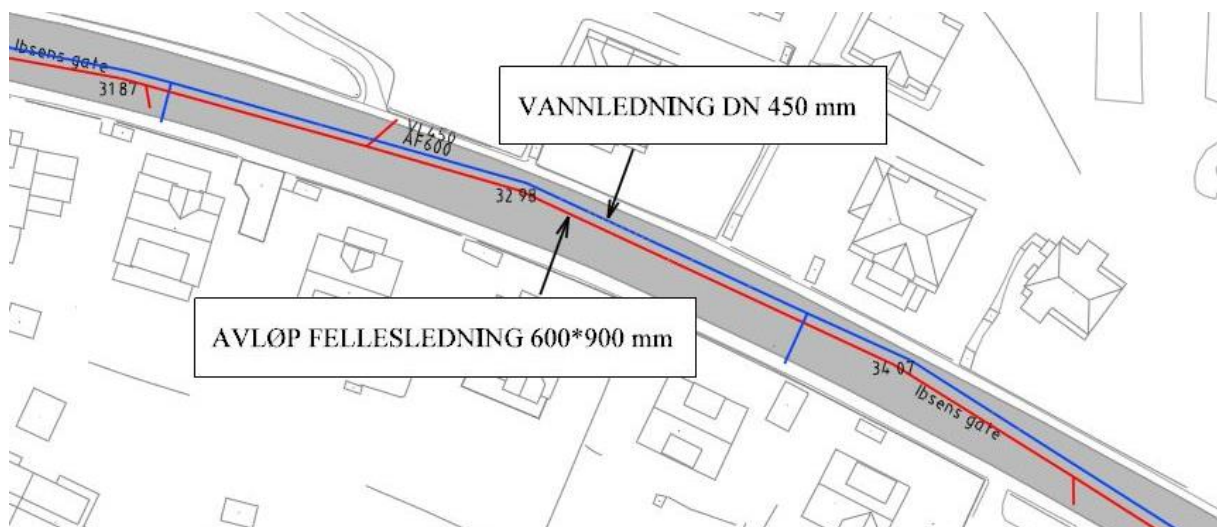
Det er tenkt å se på en hypotetisk rehabilitering av opp mot 200 meter vannledning. Da vil arbeidet omfatte flere anboringer som må håndteres, det er ikke for langt for graving etappevis, det er i øverste grense for hvor langt man kan drive utblokking (Trovik 2013b), og det er i øverste grense for installasjon av Olimbs strømføring (Olimb Rørfornyning AS 2012). Pipeliners føring kan levers opp til 400 meter, men vurderes likt med Olimbs føring i bærekraftanalysen. Bakgrunnen for valget er å begrense omfanget uten at det favoriserer en enkelt metode for fornying.



Figur 17 Oversikt over øvre del av Ibsens gate i Bergen, med ledningsnett. Casen tar for seg det skraverte strekket (Gemini VA 2013)

Vannledningen er oppgitt til å være 326 meter mellom kummene. Det er 18 anboringer på ledningen, samt 4 grenpunkt for tilkobling av hydranter. For å holde avstanden i casen innenfor de 200 meterne som er satt som øverste grense for de ulike metodene, forutsettes det at det legges inn en ny kum halvveis mellom de to eksisterende kummene. Etter korreksjonen blir total lengde for rehabilitering 160 meter per strekk, antall anboringer settes til 9 stykker per strekk og antall grenrør til hydranter settes til 2 stykker per strekk. Kostnaden for ny vannkum settes lik for alle rehabiliteringsmetodene.

Ledningen er en DN 450 mm vannledning av grått støpejern fra 1930 mens avløpsledningen som ligger parallelt er en avløp fellesledning med eggform, dimensjon 600 mm og vertikal høyde på 900 mm fra 1930 (Gemini VA 2013). I Gemini VA er det registrert totalt fem brudd på vannledningen, tre reparasjoner/vedlikehold og to utskiftinger av deler. Langs traséen i Figur 18 ligger det el-kabler parallelt med VA-ledningene.



Figur 18 Oversikt over ledninger i øvre del av Ibsens gate i Bergen (Gemini VA 2013)

Det er flere faktorer som favoriserer grøftefrie metoder ved arbeider i denne vegen, og som er ugunstig for konvensjonell graving. Vegen er en av adkomstvegene til Haukeland sykehus og er sterk trafikkert i rushtiden, den fungerer som utrykningsveg for ambulanser, de nærmeste omkjøringsvegene ligger i boligfelt, og det er parkering for beboere langs vegen. Årlig døgnmiddeltrafikk (ÅDT) for Ibsens gate er 16 000 kjøretøy i døgnet i den delen av gaten som vurderes i denne casen (Hopen 2011).

En trafikkanalyse utarbeidet i anledning bygging av ny veg til Pasienthotellet ved Haukeland sykehus viser at det er vesentlig større trafikketterspørsel enn kapasitet i vegen. Dette fører til køer og forsinkelser. Analysen sier at fremtidig utbygging av bybane vil bedre trafikksituasjonen (Hopen 2011). Grøftefri rehabilitering kan utføres på nattetid eller i ferier. Dersom det blir redusert trafikkbelastning i fremtiden kan det være tilstrekkelig med semistrukturell rehabilitering i form av strømpeføring. Michael Krohns gate som også grener ut fra Danmarks plasskrysset og betjener pendlere til Haukeland sykehus er fornyet med innsnevring og opphøyde gangfelt for å dempe gjennomgangstrafikken. Dersom trafikksituasjonen i Ibsens gate bedres i fremtiden ved at alternative transportløsninger etableres, kan det tenkes at også denne gaten bygges ut med opphøyde gangfelt og innsnevring ved busstopp. Spesielt fartsdempere i form av opphøyde gangfelt vil kunne øke den dynamiske trafikklasten på rørene i bakken. Dette taler for en strukturell rehabilitering av ledningsnett i bakken.

Noen faktorer som taler for konvensjonell graving er at vegen kan opprustes, annen infrastruktur kan skiftes og vedlikeholdes parallelt. Parallelt med vannledningen ligger det en avløpsledning som er inspisert av Bergen kommune. Denne er i en slik forfatning at den kan rehabiliteres ved bruk av strømpeføring (Trovik 2013b). Ved oppgraving kan denne skiftes eller det kan gjøres forbedringer i tillegg til strømperenovering. Økt nedbør i fremtiden vil kunne bidra til økt avrenning fra vegareal og høyereliggende områder med avrenning mot vegen. Ved konvensjonell graving kan ledningstrekket separeres ved at det etableres en egen ledning som kobles til det eksisterende overvannsnett. I vegen ligger det elkabler som kan fjernes og legges i trekkerør. Trekkerør er en mer fleksibel løsning som vil redusere behovet for graving i vegen ved bytte av kabler eller vedlikehold etter kabelbrudd. Trekkerør ligger ikke like dypt som VA-ledninger. Trekkekummer mellom trekkerørene kan derfor etableres etter at VA-ledningene er skiftet.

Grunnforholdene som ledningene ligger i er ikke kartlagt. Siden vann- og avløpsledningene ble lagt i 1930 er det grunn til å anta det er benyttet stedlige masser, som den gang bestod av jord, i ledningssonen. Siden grøftene ble gravd for hånd på den tiden kan man anta at det ikke ble gravd frem plass til et godt ledningsfundament. Noen steder kan det tenkes at ledningen ligger nær fjellgrunn og dermed er utsatt for punktlaster som gir økt risiko for brudd. Ved full oppgraving og utskifting av ledningene kan man utføre masseutskifting og man får bygget opp ledningssonen på en god og fremtidsrettet måte. En masseutskifting vil også gagne vegen, siden bærelaget blir bygget opp i henhold til dagens krav (Statens vegvesen 2011).

Ibsens gate går fra Danmarks plass og opp mot Haukeland sykehus. Danmarks plass har vært et problemområde for luftforurensing i Bergen. Flere stillestående biler i området er ikke gunstig for luftkvaliteten, noe som kan være et argument mot anleggsarbeider. Aktuelle omkjøringsveger er smalere og lengre enn hovedvegen. Dette vil sannsynligvis føre til køer og stillestående trafikk i ellers rolige boligfelt. Beboere kan reagere negativt på dette og den økte lokale forurensingen kan gi

ubehag for utsatte personer som små barn og folk med luftveissykdommer. Det er flere handikapparkeringsplasser langs vegen som vil bli berørt av anleggsarbeider. Renovasjon og henting av husholdningsavfall kan bli et problem ved anleggsarbeider i vegen. På en annen side er disse ulempene små hvis man regner et tidsperspektiv på 100 år eller mer ved full utskifting av ledningene.



Figur 19      Normalsituasjon i Ibsens gate

De ulike metodene for strømpeføring har i praksis like utfordringer. Det forutsettes at man ved denne metoden kan håndtere anboringer uten å grave opp påkoblingspunktet. Tilkobling til hydranter må graves opp siden de er koblet til med grenrør til hovedledningen.

Utblokking og tett-tilsluttede rør fordrer at man graver seg ned på anboringspunkter for å reetablere anoringene. Eldre, omsluttende rør må kappes og det nye røret frilegges.

Metodene deles inn i alternativer som settes opp mot hverandre. Gruppene består av konvensjonell graving, grøftefrie metoder med strømpeføring, metoder med tett-tilsluttede rør og et kombinert alternativ.

Tabell 16 Alternativer for fornying av ledningsnett i Ibsens gate

<p><i>Alternativ 1</i></p> <p>Konvensjonell graving</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Graving av grøft med full utskifting av ledningsanlegget</li> <li>• Separering av avløpsledninger</li> <li>• Trekkerør for el og tele</li> </ul>
<p><i>Alternativ 2</i></p> <p>Grøftefri, strømpeføring</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strømpeføring med lim, Olimb</li> <li>• Strømpeføring med epoxy, Pipeliner</li> </ul>
<p><i>Alternativ 3</i></p> <p>Grøftefri rehabilitering Utblokking / tetttilsluttet rør</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utblokking med inntrekking av kontinuerlig rør, PE-rør med PP-kappe</li> <li>• Inntrekking av kontinuerlig tetttilsluttet rør som utvides med damp, f. eks.</li> <li>• Compact pipe eller U-liner</li> <li>• Strømperenovering av avløpsledning</li> </ul>
<p><i>Alternativ 4</i></p> <p>Kombinert graving og grøftefri rehabilitering</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grøft i fortau med ny forsyningsledning til husrekke langs veien</li> <li>• Anboringer etableres på ny forsyningsledning (samle i kum?)</li> <li>• Innføring av kontinuerlig slange vannledning, f. eks. Primusline, gjøres om til overføringsledning på strekket</li> <li>• Anboringer fjernes fra DN 450</li> <li>• Strømpeføring i avløpsledning</li> <li>• Trekkerør for el og tele i fortau</li> </ul>



### 5.3 Indikatorer

Tabell 17 Eksempel på indikatorer (Lindholm 2010)

<i>Økologi og miljøindikatorer</i>	Forbruk av elektrisitet
	Bruk av fossilt drivstoff
	Miljøgifter til vann og til jord
	Forbruk av ikke-fornybare ressurser
	Bidrag til klimaendringer
	Bruk av verdifullt areal
<i>Sosiale indikatorer</i>	Innsyn i og deltakelse i planprosessen for eget VA-system
	Brukernes aksept av systemet og velferd
<i>Helsemessige indikatorer</i>	Hygienisk sikkerhet
<i>Tekniske indikatorer</i>	Samvirke med andre infrastrukturer
	Fleksibilitet overfor nye behov og krav
<i>Økonomiske indikatorer</i>	Investeringskostnader
	Driftskostnader
	Levetidskostnader

I vurdering av indikatorer for valg av fornyingsmetode i denne oppgaven er det noen indikatorer som er mer aktuell en andre. I begrensingene som ligger i en gradsoppgave ligger det naturlig å velge bort de mest omfattende indikatorene, dette gjelder spesielt noen av indikatorene for økologi og miljø. Disse indikatorene krever en del informasjon og er vanskelig å definere innenfor de begrensingene en masteroppgave gir.

For *sosiale indikatorer* er det ikke aktuelt å vurdere innsyn i og deltakelse i planprosessen for eget VA-system i denne oppgaven. Indikatorer for brukernes aksept av systemet og velferd er derimot aktuelt. Dette kan bestemmes ved å vurdere installasjonstid, tid uten vann, behov for graving, tilgjengelig under anleggsfasen.

*Helsemessige indikatorer* er aktuelt å ta med i denne vurderingen. Hygienisk sikkerhet er viktig i vannforsyning. Rehabiliteringsmetoder vil ikke bare ha innvirkning på vannkvaliteten under anleggsfasen, men også i driftsfasen. Vil epoxy eller lim ha innvirkning på vannkvaliteten, får man emisjon av reststoffer under drift av vannledningen, vil behovet for desinfeksjon med klor falle bort ved bruk av damp eller UV i herding av foring? Andre momenter som kan falle inn under denne indikatoren er i hvilken grad vannkvaliteten vil være under anleggsfasen.

De *tekniske indikatorene* er sentral i denne oppgaven. Både samvirke med annen infrastruktur og fleksibilitet overfor nye krav og behov er indikatorer som er grunnleggende for sammenligningen mellom fornying i åpen grøft eller ved grøftfrie metoder. Samvirke med annen infrastruktur omfatter åpen grøft i gater, kryssende ledninger/kabler, og nærgraving til eksisterende ledninger. Fleksibilitet overfor nye krav og behov omfatter eventuell båndlegging av areal som kommer i konflikt med fremtidig utbygging og utnyttelse av områder. Tilpasning i kummer, nye armatur, anboringer og nye krav i forskrifter, er også momenter som er aktuell i denne sammenhengen.

Kriterier som faller inn under tekniske indikatorer det er naturlig å se på i en sammenligning av metoder er total anleggstid, installasjonstid, behov for grøfter, punktgraving, og trekkegrop. Andre kriterier er hvordan anboringer skal håndteres, er det behov for ombygging av kummer og armaturer eller er det annet tilpasningsbehov.

*Økonomiske indikatorer* er alltid aktuelle, disse kan settes direkte opp mot de øvrige indikatorene. Norske kommuner bruker midler fra vannavgift for å drifte og vedlikeholde ledningsnett. Kommunene kan innenfor rammene i Forurensingsforskriften selv bestemme størrelsen på gebyrene. Et krav er at vann- og avløpstjenestene skal driftes ved selvkost (Miljøverndepartementet 2004). Avgifter er lite populært blant befolkningen, og kommunene ønsker å belaste innbyggerne med minst mulig avgifter. For å få mest mulig fornying eller nyetablering er det derfor viktig å holde kostnadene nede. Det betyr at dersom en løsning er betydelig dyrere enn en annen vil den i mange kommuner være uaktuell, selv om den gir færre ulemper eller har kortere installasjonstid.

### **5.3.1 Vurdering av indikatorer**

Noen indikatorer har større betydning for valg av metode enn andre indikatorer. Enkelte indikatorer vil være subjektive vurderinger og vil variere fra område til område, mens andre kan kvantifiseres gjennom konkrete tall fra beregninger, statistikk og utførte studier. Å veie indikatorer mot hverandre vil være å veie problemer mot hverandre. I normale tilfeller bør dette gjøres av et panel av politikere og andre utvalgte. Noen av valgene må derimot tas av fagfolk (Lindholm 2012).

Økonomiske indikatorer veier tungt i de fleste kommuner. Tjenester koster penger, og jo mindre penger en bruker på et prosjekt jo mer kan man bruke på andre prosjekter på samme budsjett. Slik er det også for prosjekter innenfor VA-bransjen.

Tekniske indikatorer er også viktig. Ved bruk av nye eller avanserte metoder er det rimelig å anta at det kan oppstå feil i installasjonsfasen. Det vil gi ulikt vedlikeholdsbehov og fordrer kompetanseheving av driftspersonell. Alle metoder har vært ny en gang, men med fokus på kompetanse vil man få gode vedlikeholdsrutiner.

Indikatorer for helsemessige-, sosiale- og miljømessige kriterier er vanskeligere å kvantifisere. Disse vil i normale tilfeller bli nedprioritert bak tekniske og økonomiske kriterier. Økonomiske valg gir direkte konsekvenser ved at det påvirker budsjettet og de tekniske faktorene speiles i kompetansen til tilbyderne og kjennskap til metodene hos innkjøperne i kommunene. I denne vurderingen vil indikatorene for helse, sosial miljø vektes lavere enn de tekniske og økonomiske.



Tabell 18

Samletabell for indikatorer brukt i denne oppgaven. Indikatorene er for ulemper relatert til de ulike metodene.

<b>Faktor</b>	<b>Enhet</b>
<b><i>Tekniske indikatorer</i></b>	
Vedlikeholdsbehov	kr / år
Tilpasning til eksisterende infrastruktur	kvalitativ
Fleksibilitet overfor nye behov og krav	kvalitativ
Kapasitet	m <sup>3</sup> /s
Fornyingsrate	%
<b><i>Økonomiske indikatorer</i></b>	
Installasjonskostnader	kr
Netto nåverdi ved endt levetid	kr
Driftsmidler	kr
Levetidskostnad	kr
<b><i>Helsemessige indikatorer</i></b>	
Hygienisk sikkerhet	kvalitativ
<b><i>Sosiale indikatorer</i></b>	
Belastning på beboere	dager
Bærekraft for kommende generasjoner	kvalitativ
Risiko	kvalitativ
<b><i>Økologi- og miljøindikatorer</i></b>	
Lokal forurensing	kvalitativ
Bruk av fossilt drivstoff	kvalitativ

Levetiden for rør ved konvensjonell graving settes til 150 år. Ved utblokking og tetttilsluttede rør settes den til 100 år. Sikkerhetsfaktoren settes oftest til 1,6 ved utblokking og 1,25 ved tetttilsluttet rør noe som i praksis kan ha noe å si for levetiden til røret. Utblokking eller tetttilsluttet rør er strukturelle metoder for rehabilitering som skal ha like lang levetid som et nytt rør, men de gis noe lavere levetid siden ledningssonen ikke utbedres i dette tilfellet. Strømpeføringene i vannledningene antas å ha en levetid på 50 år. Disse er delvis avhengig av det eksisterende røret for å oppnå tilstrekkelig styrke. Det er eksisterende røret er laget av grått støpejern, så det er sannsynlig at det har forekommet grafittisering av rørveggen som svekker styrken til røret.

Det settes opp en bærekraftanalyse over forskjellige metoder for rehabilitering av VA-nett i Ibsens gate ved der alternativ 2 vurderes med minimum 100 års levetid på strømpeføring i vannledningen, i tillegg til på avløpsledningen. Bakgrunnen for det er at det antakeligvis vil komme samme krav til strømpeføringer på vannledninger som for andre ledninger og strømpeføringer. Strømpeføringer for avløpsledninger er forutsatt å holde i minst 100 år (Asplan Viak AS 2009b). De to leverandørene av strømpeføring til vannledninger oppgir 50 år og én til to generasjoners levetid på rørene. Egne indikatorer for ekstra levetid utredes derfor ikke.

Tabell 19 Antatt levetid for de ulike alternativene

Alternativ	Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)
<b>1. Konvensjonell graving</b>	VL	150	150
	SP	150	
	OV	150	
<b>2. Strømpeføring</b>	VL	50	75
	AF	100	
<b>3. Utblokking / tetttilsluttet rør</b>	VL	100	100
	AF	100	
<b>4. Konvensjonell graving og grøftefri overføringsledning</b>	VL	50	100
	AF	100	
	VL, forsyning	150	

Alternativ 1 er satt opp med 150 års levetid fordi det innebærer et nytt støpejernsrør i en korrekt oppbygget ledningssone, samt nye avløpsledninger. Det er derfor grunn til å anta at levetiden til ledningsanlegget vil overstige minimumskravet for rørenes minimumslevetid.

Alternativ 2 består av semistrukturell rehabilitering som er delvis avhengig av det eksisterende røret for å fungere. Grunnforholdene er også uforandret. Dette alternativet er derfor gitt en levetid på 50 år. Strømperenovering av avløpsrør skal holde i 100 år. Gjennomsnittlig levetid blir da 75 år.

Alternativ 3 er gitt en levetid på 100 år siden det er minimumskravet i VA-/miljøblad for nye rør. Ledningssonen og grunnforholdene er uforandret, så det er vanskelig å garantere lenger levetid enn minimumskravet. Alternativ 1 innebærer ny ledningssone, men de omkringliggende massene er de samme. Alternativ 3 ligger i eksisterende omfyllingsmasser, men vil være delvis beskyttet av det eksisterende røret, samt at man kan anta at setninger i ledningssonen er stabilisert. Strømperenovering av avløpsledningen er forventet å holde i 100 år.

Levetiden for alternativ 4 er satt til 100 år. Dette er gjennomsnittet av levetiden for av rehabilitert avløpsledning, ny overføringsledning og forsyningsledning. Forsyningsledningen gis levetid på 150 år med samme begrunnelse som for alternativ 1, eksisterende ledning av grått støpejern rehabiliteres med fleksibel slange som har en antatt levetid på 50 år. Strømpeføringen i avløpsledningen skal ha en levetid på 100 år.

### 5.3.2 Normalisering av indikatorer

Indikatorerne må normaliseres for å kunne settes opp mot hverandre. Det innebærer å gjøre dem om til en benevningsløs størrelse. De ulike metodene for fornying gis en verdi avhengig av vurdert ytelse. I denne analysen gis konvensjonell graving poengsummen 100 og fungerer som en referanse. De grøftefrie metodene med strømperenovering og med tett-tilsluttede rør gis ytelsespoeng i forhold til konvensjonell graving. Poengsummen er det som vurderes som det mest ugunstige forholdet mellom alternativet og konvensjonell graving i alternativ 1. Tallene settes inn i tabell for normalisering av indikatorer.

Det mest gunstige alternativet er det som vurderes å være minst belastende i et bærekraftperspektiv. Dette belønnes med få «straffepoeng» i forhold til referansealternativet. Et alternativ som er mer belastende enn referansealternativet vil få flere «straffepoeng». For noen av indikatorene er poengene basert på forholdet mellom dem i en utregning, mens det for andre er vurdert subjektivt hvor bærekraftig metodene er.

Tabell 20 Eksempel på poengtildeling

Alternativ	Poeng
Referansealternativ	100
Liten belastning / god bærekraft	50
Moderat høy belastning	150
Høy belastning / lav bærekraft	200

Indikatorene gis en vekt som sier noe om hvor høyt prioritert de er. De viktigste indikatorene får størst vekt.

### 5.3.2.1 Tekniske indikatorer

#### Vedlikeholdsbehov:

Støpejernsledninger er kjent for fagarbeidere som skal utføre vedlikeholdsarbeider. Armaturer er i samme materiale og er lett å reparere og skifte ved behov. Støpejernsrør er belagt innvendig med sementmørtel som kan slites over tid. Det gjør også at rørene er ruere enn plastrør som kan bidra til groing. Dette krever rengjøring av ledningen med jevne intervaller.

Strømpefóring er lite brukt på vannledninger i Norge. Metoden er ny og det mangler erfaring med vedlikehold over tid. Det er antatt at ledningene er lik plastledninger med tanke på spylrutiner og rengjøring av ledningen. Koblinger i kummer kan være sårbare ved belastninger eller arbeidsuhell. Anboringer byttes heller ikke og man vet ikke tilstanden på disse. Her har jeg valgt å være konservativ og gitt en høyere poengsum enn referansealternativet.

Plastrørene er glatte med liten fare for groing. Innvendig korrosjon er lite aktuelt og re-lining er utelukket for plastrør. Alternativ 3 med plastrør og strømpefóring på avløpet vektet mest gunstig.

Alternativ 4 består av nytt plastrør for forsyning til husholdningene, fleksibel slange i den eksisterende vannledningen og strømpefóring i avløpsledningen. Forsyningsledningen kan legges med plastrør som krever lite vedlikehold. Den fleksible slangen er lite brukt, men den består av PE, som krever lite vedlikehold. Avløpsledningen vurderes ikke, men det antas at selvrens tilfredsstillende ved ny fóring. Totalt vektet alternativ 4 noe strengere enn konvensjonell graving.

Tabell 21 Vedlikeholdsbehov

Alternativ	Poeng
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpeføring	150
3. Utblokking / tettisluttet rør	80
4. Konvensjonell graving og grøftefri	120

*Tilpasning til eksisterende infrastruktur:*

Alternativ 1 krever frigraving av, eller graving nær, eksisterende infrastruktur. Eksisterende elkabler kan legges om, eller erstattes med nye kabler i trekkerør. Anboringer vil fornyes og avløpsnett vil byttes ut og separeres. Alt dette gjør at konvensjonell graving har en god tilpasning til eksisterende infrastruktur.

Alternativ 2 kommer ikke i konflikt med eksisterende infrastruktur, men bidrar heller ikke til at øvrig infrastruktur får hevet standarden.

Utblokking som i alternativ 3 vil utvide ledningssonen rundt vannrøret. Det kan gi belastninger på annen infrastruktur under installasjon og ujevn belastning på ledninger i grunnen seinere. Enten det benyttes utblokking eller tettisluttet rør vil det være behov for punktgraving som kan innebære skade på kabler og avløpsledninger. Strømpeføring i avløpsledningen vil ikke påvirke øvrig infrastruktur.

Alternativ 4 fører til graving i fortau. Der graves det ikke nær avløpsledningen, men det er mulig at elkablene ikke er korrekt innmålt og kan komme i konflikt med gravingen. Det er mulig å legge ned trekkerør for kablene i ytterst i øvre del av grøften slik at de ikke kommer i konflikt med fremtidig oppgraving av vannledningen. Re-lining av eksisterende vannledning eller strømpeføring i avløpsledningen vil ikke påvirke øvrig infrastruktur.

Tabell 22 Tilpasning til eksisterende infrastruktur

Alternativ	Poeng
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpeføring	130
3. Utblokking / tettisluttet rør	150
4. Konvensjonell graving og grøftefri	110

*Fleksibilitet overfor nye behov og krav:*

Alternativ 1 krever frigraving av, eller graving nær, eksisterende infrastruktur. Dette åpner for oppgradering av all infrastruktur i vegen til forventet fremtidig belastning. Dimensjonen på vannledningen kan økes for å tilfredsstille fremtidig forbruk. For å legge til rette for fremtidig grøftefri rehabilitering kan stikkledningene med stengeventiler samles i en manifold i vannkummen. Ved å samle stikkledningene i en kum og ikke som individuelle anboringer på støpejernsledningen, legger man til rette for effektiv rehabilitering i fremtiden når ledningen er moden for utskifting.

Anboringer fordrer også at man borer i rørveggen. Da skades det korrosjonsbeskyttende laget, og selv om det påføres sinkholding maling er det ikke en garanti mot korrosjon i anboringspunktet. Innvendig vil sementfóringen bli perforert og rørveggen kan korrodere.

Eksisterende elkabler kan legges om, eller erstattes med kabler i trekkerør. Trekkerør kan også brukes til andre typer kabler i fremtiden dersom det oppstår et behov for det. Alternativet består også av separering av avløpsnett. Dette gir en mulighet til å bedre overvannshåndtering slik at den er dimensjonert for klimaforandringer. All infrastruktur i vegen vil måles inn med nøyaktige koordinater når de er frigravd. Det gir en god oversikt over eksisterende infrastruktur neste gang det skal graves i gaten. Alternativet gir best mulighet til å dimensjonere for nye behov eller legge til rette for oppgradering i fremtiden.

Alternativ 2 med strømpeføring i vann- og avløpsledningene vil være temmelig låst i forhold til nye krav og behov. Strømpeføring i avløpsledningen betyr at den beholdes som fellesledning langt inn i fremtiden. Økt fremtidig nedbør og økte krav til rensing av avløpsvann vil være vanskeligere å håndtere med en fellesledning for spillvann og overvann. Denne vektet derfor mest ugunstig for denne indikatoren.

Alternativ 3 gir få muligheter til å dimensjonere for fremtidige krav. Ved utblokking av vannledningen kan dimensjonen økes for å ta unna eventuelt økt forbruk i fremtiden. Tetttilsluttet rør vil ikke bidra til økt kapasitet i fremtiden. Strømpeføring i avløpsledningen bidrar heller ikke til å øke kapasiteten for fremtiden, men lavere ruhet i betongledningen med ny fóring vil bedre kapasitet på kort sikt. Økt fremtidig nedbør og økte krav til rensing av avløpsvann vil være vanskeligere å håndtere med en fellesledning for spillvann og overvann.

Alternativ 4 gir en bedre driftssituasjon i fremtiden ved at anboringer flyttes fra den relativt store vannledningen over på en mindre vannledning som legges i ytterkant av vegen. Ved etablering av nye anboringer eller reparasjon av gamle, vil det bli mindre inngrep i vegen som er mindre kostbart for ledningseier og som belaster trafikanter i mindre grad. Fleksibel slange i overføringsledningen og strømpeføring i avløpsledningen har begrenset levetid. Strømpeføring i avløpsledningen betyr at den beholdes som fellesledning langt inn i fremtiden også for dette alternativet. Økt fremtidig nedbør og økte krav til rensing av avløpsvann vil være vanskeligere å håndtere med en fellesledning for spillvann og overvann. Ved graving i fortauet kan det legges trekkerør som kan ligge klar for fremtidige utbygginger av el- og telenett. Dette alternativet gir en bra mulighet til å tilpasse infrastrukturen til nye krav i fremtiden, og er derfor mer gunstig enn alternativ 2 og 3.

Tabell 23      *Fleksibilitet for nye behov og krav*

<b>Alternativ</b>	<b>Poeng</b>
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpeføring	180
3. Utblokking / tetttilsluttet rør	140
4. Konvensjonell graving og grøftefri	130

### Kapasitet i vannledning:

Kapasiteten i vannledningen beregnes ved å kombinere Darcy-Weisbachs ligning og kontinuitetsligningen (Vann- og avløpsteknikk 2012) og gjøre den om for å finne volumstrømmen Q.

*Formel 1*      *Kapasitetsberegning for vannledning og omgjøring til beregning av volumstrøm (Vann- og avløpsteknikk 2012)*

$$D^5 = \frac{f \cdot L \cdot Q^2 \cdot 8}{g \cdot \pi^2 \cdot h_f} \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{D^5 \cdot g \cdot \pi^2 \cdot h_f}{f \cdot L \cdot 8}}$$

For å beregne kapasiteten på en god måte krever det noen mellomregninger. Verdi for hastighet er ukjent og settes til å være 0,7 m/s. Det vil påvirke beregningen av friksjonstapet som igjen vil virke inn på beregnet kapasitet. Ved å sette opp beregningene i et regneark er det raskt å endre parametere for å beregne for forskjellige tilfeller.

*Formel 2*      *Beregning av friksjonstap i ledningen ved bruk av Darcy-Weisbachs ligning (Vann- og avløpsteknikk 2012)*

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

*Tabell 24*      *Parametere for innsetting i formel 1 og formel 2*

f	Friksjonskoeffisient	dimensjonsløs
g	Tyngdeakselerasjon	m/s <sup>2</sup>
L	Lengden på ledningen	m
D	Innvendig diameter	m
h <sub>f</sub>	Falltapet i ledningen	mVs
v	Midlere vannhastighet i røret	m/s
Q	Volumstrømmen i røret	m <sup>3</sup> /s

*Formel 3*      *Prandtls formel for å beregne friksjonskoeffisient (Vann- og avløpsteknikk 2012)*

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log\left(3,71 \cdot \frac{D}{k}\right) \Rightarrow f = \left(\frac{1}{2 \log\left(3,71 \cdot \frac{D}{k}\right)}\right)^2$$

Tabell 25 Eksempler på rørruheter,  $k$ -verdi i Prandtls formel (Vann- og avløpsteknikk 2012)

Ledningsmateriale	Teoretisk ruhet (mm)	Ofte brukt i praksis (mm)
Plastrør	0,002 - 0,007	0,1 - 0,4
Betongrør	0,3 - 1,0	1,0
Nye støpejernsrør med betongfóring	0,3	0,5
Eldre støpejernsrør	0,8 - 1,5	1,0 - 1,5
Rustne støpejernsrør	1,5 - 2,5	1,5 - 2,5

Ved innsetting av rørruheter for beregning av friksjonsfaktor benyttes det konservative anslag. Det vil si høyeste verdi for praktiske ruheter for å beregne forventet kapasitet mot slutten av rørets levetid. Hastigheten vil variere mellom de ulike indre diameterne ved samme volumstrøm og forbruk. I beregningene er denne satt som lik verdi for alle tilfellene. Strømpéfóring og slange beregnes som plastrør.

Tabell 26 Innvendig diameter for de ulike alternativene

Type rør	Indre diameter (mm)	Ytre diameter (mm)	Veggtykkelse (mm)	Merknad
Støpejernsrør	450	480	15	DN 450 er indre diameter
PE100 SDR 17	396,6	450	26,7	Inntrekking i eksisterende
PE100 SDR 11	458,4	560	50,8	Utblokking
Fleksibel slange	436	450	7	Målt på Primus Line Gas
Strømpéfóring	440	450	5	Antatt

Tabell 27 Kapasitetsberegning for de ulike metodene

Type rør	Indre diameter (mm)	L (m)	v (m/s)	f	g (m/s <sup>2</sup> )	h <sub>f</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (l/s)
Støpejernsrør	450	160	0,7	0,0201	9,81	0,18	0,012	12,4
PE100 SDR 17	396,6	160	0,7	0,0197	9,81	0,20	0,007	7,5
PE100 SDR 11	458,4	160	0,7	0,0190	9,81	0,17	0,013	13,3
Fleksibel slange	436	160	0,7	0,0192	9,81	0,18	0,011	10,9
Strømpéfóring	440	160	0,7	0,0192	9,81	0,17	0,011	11,3

Tabell 28 Metoder vurdert etter kapasitet

Alternativ	Q (l/s)	Poeng
1. Konvensjonell graving	12,4	100
2. Strømpeføring	11,3	109
3. Utblokking	13,3	93
3. Tetttilsluttet rør	7,5	166
4. Konvensjonell graving og grøftfri	10,9 + 0,3	110

Ved konvensjonell graving i alternativ 1 er det forutsatt at det legges et nytt støpejernsrør med betongføring. Som for de øvrige indikatorene er dette alternativet brukt som referanse. Alternativ 3 består av to metoder som kan gi forskjellig kapasitet. I normaliseringen vil det brukes en middelværdi for disse metodene. For alternativ 4 med konvensjonell graving er det forutsatt installasjon av Primus Line i eksisterende drikkevannsledning for å gjøre denne til overføringsledning. Ny forsyningsledning parallelt med denne vil bidra til kapasiteten, den er derfor lagt til i alternativ 4. Utrekning av poeng er gjort ved at dårligere kapasitet straffes med flere straffepoeng.

#### Fornyingsrate:

Denne indikatoren beskriver hvilken betydning rehabiliteringsmetoden har for fornyingsraten. En syklus i fornyingen settes til 100 år. Indikatoren er et forhold mellom antatt levetid etter rehabilitering for de forskjellige metodene.

Tabell 29 Vekting av fornyingsrate

Alternativ	Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)	Fornyingsrate (%)	Poeng
1. Konvensjonell graving	VL	150	150	1,5 %	100
	SP	150			
	OV	150			
2. Strømpeføring	VL	50	75	0,75 %	200
	AF	100			
3. Utblokking / tetttilsluttet rør	VL	100	100	1 %	150
	AF	100			
4. Konvensjonell graving og grøftfri overføringsledning	VL	50	100	1 %	150
	AF	100			
	VL, forsyning	150			



### 5.3.2.2 Økonomiske indikatorer

Kostnader som legges til grunn i følsomhetsanalysen er estimert etter konsultasjon med rådgivende ingeniører og kommuner. Tallene er estimert med bakgrunn i tilsvarende arbeider i nærliggende veg med like trafikkforhold. Grøftarbeider inkluderer graving av grøft, rørleggerarbeider og rør, gjenfylling i ledningssonen og reetablering av veg, trafikkomlegging med skilt og trafikksikring med jerseysteiner. Tilsvarende estimering gjelder for kostnader ved punktgraving. Kostnader for rigg og drift, samt administrering er ikke vurdert. Kostnadsberegningene er kraftig forenklet for å få et klart svar i casen.

Tabell 30 Installasjonskostnader som legges til grunn ved normalisering av indikatorer

Tiltak	Kostnad	Enhet
Grøft, komplett bytte av VL	15 000	kr/m
Grøft, komplett bytte av all infrastruktur	30 000	kr/m
Punktgraving, komplett	50 000	kr/stk.
Strømpeføring, komplett	6 000	kr/m
Utblokking / tetteforluttet, komplett	7 000	kr/m
Fleksibel slange, komplett	5 000	kr/m
Ny kum i veg	250 000	kr/stk.

*Investeringskostnad:*

Tabell 31 Alternativ 1, konvensjonell graving

Enhet	Mengde	Kostnad (kr)
Grøft, komplett (m)	320	9 600 000
Etablering av ny kum	1	250 000
Totalt		9 850 000
<i>Poeng</i>		<i>100</i>

Alternativ 1 med konvensjonell graving innebærer åpen grøft i gaten, bytte av vannledning og etablering av ny vannkum. Avløpsledningen byttes også siden den ligger nær vannledningen og er like gammel. Ved denne metoden må man etablere midlertidig vannforsyning og omkjøringsveg. Et alternativ er å ha en delvis stenging med lysregulering der ett kjørefelt holdes åpent, dersom det er plass til det. Den siste løsningen åpner for at utrykningskjøretøy kan slippe frem ved behov.

Tabell 32 Alternativ 2, strømpedeføring

Enhet	Mengde	Kostnad (kr)
Strømpedeføring, vann (m)	320	1 920 000
Strømpedeføring, avløp (m)	320	1 920 000
Punktgraving, hydranter (stk.)	4	200 000
Etablering av ny kum (stk.)	1	250 000
<b>Totalt</b>		<b>4 290 000</b>
<i>Poeng</i>		<i>44</i>

Alternativ 2 består i strømpereovering av vannledningen i gaten. Det er forutsatt at man kan installere en føring i vannledningen og frese opp anboringspunktene fra innsiden av den rehabiliterte ledningen. Ved å gjøre det på denne måten etableres det ikke midlertidig vannforsyning, men det settes opp vannvogn for beboerne. På denne måten sparer man kostnaden med å etablere midlertidig vannforsyning, og beboere får redusert gebyr som kompensasjon. Avløpsledningen rehabiliteres med strømpedeføring parallelt med vannledningen. Når vannforbruket er minimalt vil det også være minimalt med spillvann i avløpssystemet, noe som er gunstig ved installasjon av strømppe. Gatesluk og sandfang som er koblet til avløp fellesledningen kan plugges midlertidig mens arbeidet pågår. Arbeidet kan gjøres i løpet av en helg eller i rolige dager i fellesferien slik at det kun er nødvendig med dirigering av trafikk.

Tabell 33 Alternativ 3, utblokking / tetttilsluttet rør

Enhet	Mengde	Kostnad (kr)
Utblokking, vann (m)	320	2 240 000
Strømpedeføring, avløp (m)	320	1 920 000
Punktgraving, hydranter (stk.)	4	200 000
Punktgraving, anboringer (stk.)	18	900 000
Punktgraving, trekkegrop (stk.)	1	50 000
Punktgraving, innføringsgrop (stk.)	1	7 000
Etablering av ny kum (stk.)	1	250 000
<b>Totalt</b>		<b>5 567 000</b>
<i>Poeng</i>		<i>57</i>

Alternativ 3 består av utblokking av vannledningen, eventuelt inntrekking av et kontinuerlig tetttilsluttet PE-rør. Inntrekking av et rør kan være både et U-formet rør som ekspanderes til det presses mot rørveggen eller et rundt rør som fyller hele tverrsnittet til det gamle røret. For utblokking må det graves en trekkegrop der røret trekkes inn av en hydraulisk jekk og en grop for innføring av det nye røret. Åpne groper krever skilting og sikring med jerseystein, og gaten må lysreguleres den tiden grøftene er åpen. Før utblokking må anboringer og reparasjonsklaver fjernes. I Ibsen gate er det 7 reparasjonsklaver etter brudd (Trovik 2013d). Punktgraving for disse er ikke

tatt med i beregningen, for det kan eventuelt brukes tetttilsluttet rør. Det må etableres midlertidig vannforsyning for beboere. Avløp fellesledningen rehabiliteres samtidig med strømppe for å forlenge levetiden på denne.

Tabell 34 Alternativ 4, konvensjonell graving og grøftefrie metoder

Enhet	Mengde	Kostnad (kr)
Grøft, i fortau (m)	320	4 800 000
Fleksibel slange (m)	320	1 600 000
Strømpeføring, avløp (m)	320	1 920 000
Etablering av ny kum (stk.)	1	250 000
Totalt		8 570 000
<i>Poeng</i>		87

Alternativ 4 innebærer oppgraving av fortau og en kjørebane. Eksisterende vannledning re-lines ved bruk av fleksibel slange, avløpsledning rehabiliteres med strømpeføring, ny vannkum etableres, ny forsyningsledning til husstander legges ned i fortau med anboringer og tilkobling i eksisterende vannkummer, det legges også ned trekkerør i fortauet med trekkekummer.

*Netto nåverdi:*

Beregninger for netto nåverdi, NNV, kan brukes for å beregne restverdi over levetiden (Finansdepartementet 2012).

Formel 4 Netto nåverdiberegning (Finansdepartementet 1998)

$$NNV = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{U_t}{(1+k)^t}$$

Tabell 35 Parametere i beregning for netto nåverdiberegning

$I_0$	Investeringskostnad
$U_t$	Nytteoverskudd i år t
k	Kalkulasjonsrenten / diskonteringsrenten
N	Antall år i perioden

Netto nåverdi er verdien i dag av et fremtidig beløp, inntekt eller utgift. Beregninger av nåverdi kan gjøres for å sammenligne inntekter og utgifter som påløper på ulike tidspunkt (Finansdepartementet 1996). Nåverdi må være null eller positiv for at investeringen skal være lønnsom. Det vil si at nytten av å investere i anlegget må være lik eller større enn investeringsutgiften.

Valg av diskonteringsrente vil ofte ha avgjørende betydning for om et prosjekt er lønnsomt eller ikke (Finansdepartementet 1997). Denne rentesatsen brukes ved omregning av en eller flere kostnaders verdi til en annen verdi enn investeringstidspunktet. Diskonteringsrenten settes til 4 % i denne oppgaven med bakgrunn i eksisterende nivå på styringsrenten på 1,5 % og en margin som tar høyde for renteøkning (Norges Bank 2007).

Avskrivningstid er det rehabiliterte rørets forventede levetid i denne sammenheng. Normalt er avskrivningstid 50 år for VA-anlegg (Skaar 2013). Den varierer mellom de ulike metodene. Nytteoverskudd vurderes som verdi for det foregående året minus levetidskostnad i disse beregningene.

Tabell 36 Resultater av netto nåverdiberegning

Alternativ	Investeringskostnad	Forventet levetid	Diskonteringsrente	Nåverdi	Poeng
1	9 850 000	150	4 %	60 857	100
2	4 290 000	75	4 %	52 957	87
3	5 567 000	100	4 %	51 566	85
4	8 570 000	100	4 %	79 331	130

#### Driftsmidler:

Driftskostnader er vanskelig å si noe siden strømføring er såpass nytt og det ikke er noen erfaringer med drift og vedlikehold av ledninger renovert med denne metoden. For å vekte dette på en oversiktlig måte, settes alternativene opp med samme gjennomsnittlige årlige driftskostnad. I praksis vil alternativene med lengst levetid fordele driftskostnadene mer jevnt utover levetiden. Årlige kostnader vil ikke være konstant fra første år til siste leveår. De første årene vil det være få kostnader tilknyttet driften av anlegget, mens det mot slutten vil være stadig økte kostnader for å opprettholde drift. 20 000 kr i det 150. leveåret kan sees på som lavere enn 20 000 kroner i det 50. leveåret. For å synliggjøre dette er tallene vektet mot alternativ 1 som referanse ved å sette:

$$\text{Poeng} = \frac{\text{total driftskostnad alt. 1}}{\text{total driftskostnad alt. x}} * 100$$

Denne vektingen tar hensyn til levetid for hele ledningsanlegget i alternativet. Det antas at strømføringer krever en annen kompetanse og verktøy i driftsfasen, for eksempel ved anboringer og montering av nye deler. Dette gir poeng med en viss disfavør i forhold til nedgravde støpejernsledninger. Utblokking og tettisluttet rør av PE er kjent for fagfolk. PE er lett å jobbe med

ved anboringer og montering av nye rørdeler. Det er også et glatt materiale som er lett å holde rent under drift. Antatt lavere levetid gjør at det vektet lavere enn alternativ 1 med nytt støpejernsrør. Alternativ 4 med oppgraving av et fortau og delvis i veg, etablering av ny forsyningsledning med mer vil ha mindre behov for vedlikehold i lengre tid, men total antatt levetid for anlegget gjør at det kommer noe dårligere ut enn alternativ 1 og 3.

Tabell 37 Driftsmidler

Alternativ	Antatt gjennomsnittlig årlig driftskostnad	Forventet levetid	Total driftskostnad	Poeng
1	20 000	150	3 000 000	100
2	20 000	75	1 500 000	200
3	20 000	100	2 000 000	150
4	20 000	100	2 000 000	150

*Levetidskostnad:*

For å sette en estimert levetidskostnad som kan settes inn i følsomhetsanalysen må det estimeres totale kostnader for anlegget over hele levetiden. Dette innebærer at det estimeres driftskostnader i tillegg til verdi ved avhending.

Nåverdi ved endt levetid regnes som restverdi og legges til kostnadene som en avskrivning av anlegget. Levetidskostnadene normaliseres som prosentvis kostnad ved tilsvarende levetid.

Tabell 38 Beregnet levetidskostnad

Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)	Investeringskostnad (kr)	Driftskostnader (kr)	Nåverdi (kr)	Levetidskostnad (kr)	Poeng
VL	150	150	9 850 000	3 000 000	60 857	12 910 857	100
SP	150						
OV	150						
VL	50	75	4 290 000	1 500 000	52 957	5 842 957	91
AF	100						
VL	100	100	5 567 000	2 000 000	51 566	7 618 566	89
AF	100						
VL	50	100	8 570 000	2 000 000	79 331	10 649 331	124
AF	100						
VL, forsyning	150						

### 5.3.2.3 Helsemessige indikatorer

#### *Hygienisk sikkerhet:*

Hygienisk sikkerhet er viktig i drikkevannsnettet. Vannledningene transporterer vårt mest brukte næringsmiddel til private forbrukere og til næringsliv. Sykdomsfremkallende mikroorganismer i vannet kan gi akutte helseplager og sette en betydelig del av arbeidstakerne i området ut av stand til å jobbe. Skadelige stoffer kan gi plager over tid. Det er ikke lett å sette de ulike metodene for fornying og rehabilitering opp mot hverandre.

Alternativ 1 gir helt nye ledninger og anboringer for abonnentene. Ledningen rengjøres og klores etter installasjon. Ved driftsstans eller stort trykkfall er det lite sannsynlig at fremmedvann vil trenge inn i ledningen. Mot slutten av levetiden kan støpejernsledningen være korrodert med groptæring der fremmedvann kan trenge inn ved trykkfall etter brudd eller ved høyt vannuttak på nettet. Ved vannfylt kum og brannvannsutttak i kummen kan det oppstå innsuging av fremmedvann ved spesielle tilfeller. I Ibsens gate er det satt opp brannhydranter, så denne problemstillingen faller bort.

Alternativ 2 med strømpeføring er delvis avhengig av at det eksisterende røret kan ta opp krefter. Eksisterende ledning er en grå støpejernsledning fra 1930. Det gir en viss sannsynlighet for at grafittisering svekker ledningen. Dersom økt belastning på strømpene som følge av dette gir sprekker i foringen er det mulig for fremmedvann å trekke inn ved trykkfall. Det er mange usikkerhetsmomenter rundt strømpeføringer, derfor gis disse en høyere poengsum.

Utblokking eller tetttilsluttet rør i alternativ 3 gjøres stort sett med PE-rør. I forurensede masser kan hydrokarboner diffusere gjennom rørveggen og inn i vannstrømmen. Det er mulig å legge inn diffusjonssperre i form av et lag aluminium mellom røret og kappen ved utblokking. Ved tetttilsluttet rør er det ikke mulig. Det eksisterende røret vil beskytte et tetttilsluttet rør til en viss grad. Ved utblokking åpnes det eksisterende røret i underkant som kan eksponere det nye røret for hydrokarboner. PE-rør er ikke utsatt for korrosjon, men punktdeformasjoner fra harde gjenstander i grunnen kan skade rørveggen. Ved grøftfri rehabilitering kan røret også skades ved installasjon. Skader kan øke risikoen for inntrenging av fremmedvann. Dette alternativet vektet derfor noe høyere enn konvensjonell graving og nytt støpejernsrør.

I alternativ 4 føres en fleksibel slange inn i det eksisterende røret. Denne har ikke strukturell styrke og vil kollapse ved undertrykk eller dersom det eksisterende røret går til brudd. Den fleksible slangen er laget i PE uten diffusjonssperre. Det er derfor en viss risiko for diffusjon av hydrokarboner fra massene i ledningssonen. En ny forsyningsledning i PE vil kunne få problemer med diffusjon, men siden den graves ned med konvensjonell graving vil forurensede masser fjernes og ledningssonen bygges opp uten store steiner som kan gi punktdeformasjoner. Ledningen kan legges med diffusjonssperre siden den ligger ved siden av en trafikkert veg der det er sannsynlig med oljesøl eller lignende etter trafikkuhell. Dette alternativet vektet på linje med strømpeføringer.

Tabell 39 Indikatorer for hygienisk sikkerhet

Alternativ	Poeng
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpeføring	120
3. Utblokking / tetttilsluttet rør	110
4. Konvensjonell graving og grøftefri	120

#### 5.3.2.4 Sosiale indikatorer

##### *Belastning på beboere:*

Belastning på beboere kan vurderes på flere måter. Belastningen i anleggsfasen vil være den samme det første året, men over levetiden vil de mest holdbare alternativene gi minst belastning. Her har jeg valgt å sette poeng etter belastningen ved anleggstiden ved første installasjon. Det er denne som oppleves umiddelbart for dagens beboere. Beboere flytter og er i forskjellige stadier i livsløpet.

Det er ikke lett å sette poeng for belastning. Denne indikatoren er individuell for hver av beboerne i området, eller for de ulike trafikantene som enten sykler, kjører eller reiser kollektivt. Beboere i områder nær en omkjøringsveg vil påvirkes av en vegstengning, enten den er hel eller delvis. Kører kan forplante seg til småveier i området. Omtrent midt i anleggsområdet er det satt av tre plasser til handikapparkering. Disse må flyttes, og beboere med bevegelseshemming vil få en mer ubekvem hverdag i anleggsfasen.

Alternativ 1 fordrer at hele gaten graves opp. Dette vil gi trafikale problemer i omkjøringsveger i nærområdet, men det er flere alternative veger som har god kapasitet. Disse krever riktignok store omveier, men med god planlegging og informasjon til trafikanter er dette håndterbart. Beboere i gaten med bevegelseshemming vil være berørt ved at de må parkere et stykke unna de vanlige plassene. Fordelen med full oppgraving er at fortau kan gjenoppbygges med universell utforming. For å holde stengingen av vegen kortest mulig er det nødvendig med jobbing hele dagen. Anleggsarbeid fra tidlig morgen til seint på kvelden vil gi støybelastning på beboere. Når hele vegen graves opp kan det være naturlig å etablere støyskjerming for beboere. Dette vil ikke avlaste mye i anleggsperioden, men over tid vil dette bidra positivt til nærmiljøet. Det må etableres midlertidig vannforsyning for beboere. Avløpsledningen er stor og ved separering bør denne holdes i drift lengst mulig før anlegget kobles om og ledningen fjernes. Alternativ 1 anslås til å være en stor belastning på nærmiljøet.

Alternativ 2 med strømpeføring av vannledning og avløpsledningen innebærer kun delvis stengning av vegen i et begrenset tidsrom. Dette arbeidet kan gjøres på et tidspunkt med minst mulig trafikk. Ved å legge arbeidet i fellesferien vil færrest mulig av beboere bli plaget med støy fra aggregat og lastebiler. Bergen kommune ønsker å benytte vannvogn for beboere ved arbeider som tar inntil tre dager. Det er antatt at dette gjelder for strømpeføringer. I fellesferien vil færrest mulig av beboerne være avhengig av å hente vann fra vannvogn. Alternativet forutsetter at det settes ned en ny vannkum. Graving og etablering av denne bør gjøres en helg eller i fellesferien for å redusere belastningen ved stengning av vegen. Totalt sett er det få belastninger for beboere i Ibsens gate eller i nærliggende gater ved rehabilitering med denne metoden.

Alternativ 3 innebærer graving av trekkegrop, innføringsgrop, grop for ny vannkum, og punktgraving for samtlige anboringer og hydranter. Dette innebærer en del støy i anleggsperioden. Siden anboringene må fjernes før utblokking, og etableres etterpå, er det nødvendig å ha grøftene åpen den tiden det tar å installere ledningen. I praksis vil vegen dermed være stengt i anleggsperioden. Dette fører til omkjøring i nærmiljøet og økt sannsynlighet for kødannelser i området. Installasjon av strømpføring i avløpsledningen vil utgjøre en minimal belastning på beboere. Tilgjengelig for beboere er antatt å være bedre ved alternativ 3 enn ved alternativ 1, som gjør at dette alternativet får en noe lavere poengsum.

Alternativ 4 vil gi graving langs fortauet og i vegen der ny vannkum skal etableres. Det er mulig å holde en kjørebane åpen. Dette vil sannsynlig føre til kødannelser på linje med de andre alternativene. Dersom en kjørebane holdes åpen, gjerne med dirigering eller lysregulering av trafikken, vil det bidra til å redusere belastningen på øvrige beboere i området ved at behov for omkjøringsmuligheter reduseres. Tilkomst til eiendommene vil være bedre enn ved alternativ 1, men noe dårligere enn ved alternativ 2 og 3. Arbeidet kan gjøres innenfor vanlig arbeidstid. Da vil beboere i liten grad være plaget av støy. Handikapplassene er plassert langs fortauet der det graves. Dette vil gi en belastning for bevegelsehemmede beboere. Totalt vurderes dette alternativet til å være noe bedre enn alternativ 1 og 3, men mer belastende enn alternativ 2.

Tabell 40 Belastning på beboere

Alternativ	Poeng
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpføring	40
3. Utblokking / tertilsluttet rør	95
4. Konvensjonell graving og grøftefri	90

#### Bærekraft for kommende generasjoner:

Indikatoren for bærekraft for kommende generasjoner er relatert til fornyingsgrad og den levetiden som settes for ledningsnett. Fleksibilitet overfor nye behov og krav spiller også inn i denne indikatoren. Ved å ta vår del av belastningen ved fornying av ledningsnett og ta høyde for fremtidige behov, kan kommende generasjoner ta seg av sin andel av fornying og ikke rydde opp etter vårt etterslep. En syklus i fornyingen settes til 100 år. For vannledningen er levetiden stort sett lenger enn avløpsledningen i de ulike alternativene. Som for en del av de andre indikatorene sees anlegget under ett.

Alternativ 1 gir et komplett ledningsnett som har lang levetid, på halvannen ganger fornyingssyklusen. Dette teller positivt for denne metoden for fornying.

Alternativ 2 gir kun fornying av vannledningen tilsvarende halve fornyingssyklusen. Dette betyr at vi utsetter fornying til fremtidige generasjoner. 50 år frem i til vil den eksisterende vannledningen være 133 år. Det kan være at ledningen fungerer bra sammen med strømpføringen på denne tiden, men det er vanskelig å garantere for reststyrken til ledningen. Avløpsledningen vil fremdeles være en fellesledning. Økt fremtidig nedbør og økte krav til rensing av avløpsvann vil



være vanskeligere å innfri med en fellesledning for spillvann og overvann. Dette alternativet får derfor flere straffepoeng.

Alternativ 3 gir en vannledning med god levetid som er lik syklusen for fornying. Strømpeføringen på avløpsledningen skal i henhold til krav holde i minimum 100 år. Ledningsnettets har derfor samme levetid som fornyingsraten. Avløpsledningen vil være en fellesledning for spillvann og overvann som ikke er gunstig for å oppnå høyere rensegrad av spillvannet. Økt nedbør i fremtiden vil være ugunstig for en fellesledning. For fremtidige generasjoner vil det derfor være en potensiell belastning at avløpsledningen ikke separeres.

Alternativ 4 har en gjennomsnittlig levetid på 100 år. Eksisterende vannledning får ny foring i form av en fleksibel slange. Denne har en antatt levetid på kun 50 år. Dette teller negativt for fornyingsraten. Avløpsledningen blir heller ikke separert. Ny forsyningsledning for beboerne teller positivt, da denne har lang levetid og andre beboere kan kobles til denne i fremtiden. På grunn av levetiden til overføringsledningen og manglende separering gis denne like mange poeng som alternativ 3.

Tabell 41 Bærekraft for kommende generasjoner

Alternativ	Poeng
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpeføring	300
3. Utblokking / tettisluttet rør	200
4. Konvensjonell graving og grøftefri	200

#### Risikovurdering:

Store vannledninger med høyt trykk kan potensielt forårsake store skader ved brudd. Grå støpejernsledninger, som den i Ibsens gate, går til sprø brudd. Dette kan få et dramatisk forløp med utvasking av vegfundament og skade på annen infrastruktur i grunnen. Vann kan flomme inn i nærliggende bygg, gå ut over næringsvirksomhet og skade privat eiendom. Siden et brudd vil gi konsekvenser for beboere i området tas risiko inn under sosiale indikatorer.

Alternativ 1 som innebærer bytte til en ny ledning av duktilt støpejern vil gi en solid ledning med lav sannsynlighet for brudd. Når en duktil støpejernsledning går til brudd har det et mindre dramatisk forløp og dermed mindre konsekvenser enn ved et sprøtt brudd.

Alternativ 2 med en strømpeføring i den 83 år gamle vannledningen vil måtte ta noe av belastningen på den eksisterende ledningen. Metoden regnes som semistrukturell. Tilstanden på den opprinnelige ledningen er uvisst. Flere brudd på strekket kan tyde på at den begynner å bli utslitt. Sannsynligheten for et nytt brudd med store konsekvenser med strømpeføring vurderes å være høy. Denne får dermed en del straffepoeng.

Alternativ 3 med utblokking eller tettisluttet rør gir en ny vannledning av PE beskyttet av den gamle ledningen. Når PE går til brudd har det et mindre dramatisk forløp enn PVC-rør og grå støpejernsledninger. Siden det nye røret er strukturelt og er delvis beskyttet av det gamle røret

vurderes sannsynligheten og konsekvensen for brudd som lav. Alternativ 3 får derfor en lavere poengsum enn referansealternativet.

Alternativ 4 gir ingen strukturell styrke til det eksisterende røret. Den fleksible slangen tåler derimot et meget høyt innvendig trykk. Dersom ledningen belastes slik at den kollapser eller det knekker av gods fra rørveggen, vil det kunne skade slangen og føre til brudd. Slangene er forsterket med kevlar mellom to tynne lag med PE. Antakelig vil det gi noe styrke i en situasjon med brudd. Den nye forsyningsledningen vil ha en liten sannsynlighet for å gå til brudd. Forsyningsledningen vil legges utenfor kjørebanelen der det er liten trafikkbelastning, den ligger i en ny ledningssone og består av et rør med lang levetid. Dermed blir overføringsledningen dimensjonerende for dette alternativet. Siden slangen ikke er en strukturell rehabiliteringsmetode er sannsynligheten og konsekvensene ved et brudd vurdert som høy. Den gis derfor en høy poengsum.

Tabell 42 Risikovurdering

Alternativ	Poeng
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpeføring	140
3. Utblokking / tettisluttet rør	80
4. Konvensjonell graving og grøftefri	160

### 5.3.2.5 Økologiske- og miljøindikatorer

#### Lokal forurensing:

Lokal forurensing må beregnes ut fra antall maskiner i bruk på anlegget, anleggstid, omkjøringsmuligheter og kødannelser. Dette er et omfattende arbeid som ikke er beregnet i denne oppgaven. Indikatorene gis poeng etter antatt belastning ved lokal forurensing. Siden ÅDT ligger på 16 000 for Ibsens gate er det tenkelig at det kan oppstå forurensing fra stillestående trafikk i forbindelse med arbeid i vegen. Området er urbant uten lokale vassdrag eller grøntarealer som kan skades av akutt forurensing. Det er antatt at det er lite lokalt dyreliv, og liten eller ingen sårbar flora, som vil være skadelidende av anleggsarbeider.

Alternativ 1 fordrer stenging av veg over lengre tid med betydelig kødannelse og omkjøring i nærmiljøet. Med god planlegging og informasjon kan dette reduseres betydelig, men som en konservativ vurdering kan det antas at endel trafikanter vil prøve seg på lokale veier. Anleggsdrift over lang tid vil bidra noe til forurensing. Støyproblematikk kan bli aktuelt i tørre perioder. Lengre periode med omfattende arbeid øker risikoen for oljesøl eller annen utilsiktet forurensing. Omfanget av anleggsarbeidet fører til at dette alternativet bedømmes strengt.

Alternativ 2 vil gi periodevis og delvis stengning av vegen. Arbeidet kan utføres i perioder med liten trafikkbelastning og vil gi lite forurensing. Kun ved graving for etablering av ny vannkum vil det oppstå kø. Utslipp fra anleggsmaskiner er neglisjerbart i forhold til normaltstand for Ibsens gate. Ved bruk av polyester til metning av strømpeføringene kan det oppstå ubehagelig lukt i området. Dette ledes til luft og vil derfor være lite skadelig og ubehaget er meget midlertidig. Denne metoden bedømmes fordelaktig på grunn av det begrensede anleggsomfanget.

Alternativ 3 krever endel punktgraving for anboringer, hydranter og ny vannkum. Dette betyr at vegen i praksis må stenges for vanlig trafikk. Dette vil gi ulemper i samme omfang som i alternativ 1. Det er noe lavere risiko for utilsiktet utslipp av diesel eller andre kjemikalier siden anleggstiden er antatt å være noe kortere for dette alternativet. Siden anleggstiden er antatt å være noe lavere enn i alternativ 1, vil alternativ 3 bedømmes noe mildere enn referansealternativet.

Alternativ 4 innebærer en del graving, men stort sett i fortauet på siden av vegen. Dette innebærer at ett kjørefelt kan holdes åpent og lysreguleres. Dette gir kødannelser og saktegående trafikk. Med en ÅDT på 16 000 kjøretøy i døgnet det tenkelig at dette kan gi store lokale utslipp. Som i alternativ 1 og 3 kan det planlegges og legges til rette for omkjøring andre steder i byen. Dette kan redusere trafikkbelastningen noe. Forurensing og støv fra anleggsarbeidet kan bli plagsomt for beboere. Utilsiktet utslipp av diesel og lignende kan forekomme ved så omfattende anleggsarbeid. Ett åpent kjørefelt gjør at dette alternativet bedømmes på linje med alternativ 1.

Tabell 43 Lokal forurensing

Alternativ	Poeng
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpeføring	30
3. Utblokking / tetttilsluttet rør	90
4. Konvensjonell graving og grøftefri	100

#### Bruk av fossilt drivstoff:

På samme måte som for lokal forurensing er det vanskelig å bedømme indikatorer for bruk av fossilt drivstoff. Begge indikatorene er viktig i en bærekraftanalyse, men vil kun gjelde i den første perioden av ledningsanleggets levetid. Forbruket må estimeres i henhold til empiriske undersøkelser og erfaringstall fra entreprenører, samt antatt anleggstid basert på fremdriftsplaner og data fra allerede utførte rehabiliteringer.

Alternativ 1 består av omfattende anleggsarbeid og vurderes relativt til de øvrige alternativene.

Alternativ 2 består av lite anleggsarbeid, kun ved graving i forbindelse med ny vannkum. Ved installasjon av strømpeføring i vann- og avløpsledningen vil det benyttes en kompressor for trykkluft, samt en kjel for produksjon av damp. Kort installasjonstid og lite omfang betyr lite drivstofforbruk. Dette alternativet gis få poeng i forhold til referansealternativet.

Alternativ 3 har tilsvarende omfang som alternativ 1, men punktgraving gir en del mindre masseforflytning enn full oppgraving av gaten. Det vil sannsynligvis ha noe kortere anleggstid og dermed mindre drivstoffbehov enn alternativ 1. Dette gis noe lavere poeng enn referansealternativet.

Alternativ 4 innebærer oppgraving av hele traséen på siden av vegen. Det betyr at det blir mer masseforflytning, både opplasting og bortkjøring av eksisterende masser og tilkjøring av nye omfyllingsmasser og asfalt. Antakeligvis vil det være noe mindre graving og massetransport enn i alternativ 1. Med bakgrunn i dette gis dette alternativet noe lavere poengsum enn alternativ 1.

Tabell 44 Bruk av fossilt drivstoff

Alternativ	Poeng
1. Konvensjonell graving	100
2. Strømpeføring	20
3. Utblokking / tetttilsluttet rør	80
4. Konvensjonell graving og grøftefri	90

### 5.3.2.6 Normalisering

Tabell 45 Normalisering av indikatorene

Indikator	Systemets ytelse (Lavere poeng betyr bedre ytelse)			
	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Vedlikeholdsbehov	100	150	80	120
Tilpasning til eksisterende infrastruktur	100	130	150	110
Fleksibilitet overfor nye behov og krav	100	180	140	130
Kapasitet	100	109	130	110
Fornyingsrate	100	200	150	150
Investeringskostnader	100	44	57	87
Netto nåverdi	100	87	85	130
Driftsmidler	100	200	150	150
Levetidskostnad	100	91	89	124
Hygienisk sikkerhet	100	120	110	120
Belastning på beboere	100	40	95	90
Bærekraft for kommende generasjoner	100	300	200	200
Risiko	100	140	80	160
Lokal forurensing	100	30	90	100
Bruk av fossilt drivstoff	100	20	80	90

### 5.3.3 Vekting av indikatorer

Vekting av indikatorer er nødvendig for å kunne rangere ulike alternativer. Man kan prioritere etter alvorlighetsgrad til ulike problemer, politiske mål, betalingsvilje og kostnader. Indikatorene kan brukes til å beskrive effekten av tiltak og nye systemer (Lindholm 2012). Vektingen er en komplisert prosess. Vektenes størrelse vil variere med tid og sted, og må variere med størrelsen på de forskjellige kriteriene.

Vekting kan gjøres ved at hver indikator får en lik «verdi». Det settes opp en totalsum på 100, der hver indikator idéelt får en like stor andel av totalsummen. Siden flere indikatorer kan angå

samme faktor er det nødvendig å lage rammer for hver faktor. Dette innebærer at faktor x innebærer indikator  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ , og tilsvarende for faktor y og z (Lindholm 2010).

Siden omfanget av de tekniske og økonomiske indikatorer er noe større enn de øvrige har jeg vektet disse noe høyere. I en planfase vil faktorer for tekniske løsninger og økonomi sannsynligvis være i fokus.

Tabell 46 Vekting av indikatorene

<b>Indikator</b>	<b>Vekt %</b>
<b><i>Tekniske indikatorer</i></b>	
Vedlikeholdsbehov	5
Tilpasning til eksisterende infrastruktur	5
Fleksibilitet overfor nye behov og krav	2
Kapasitet	8
Fornyingsrate	10
<i>Delsum</i>	<i>30</i>
<b><i>Økonomiske indikatorer</i></b>	
Investeringskostnader	10
Netto nåverdi	5
Driftsmidler	5
Levetidskostnad	10
<i>Delsum</i>	<i>30</i>
<b><i>Helsemessige indikatorer</i></b>	
Hygienisk sikkerhet	10
<i>Delsum</i>	<i>10</i>
<b><i>Sosiale indikatorer</i></b>	
Belastning på beboere	5
Bærekraft for kommende generasjoner	10
Risiko	5
<i>Delsum</i>	<i>20</i>
<b><i>Økologi- og miljøindikatorer</i></b>	
Lokal forurensing	5
Bruk av fossilt drivstoff	5
<i>Delsum</i>	<i>10</i>
<b>SUM</b>	<b>100</b>

## 5.4 Bærekraftanalyse for rehabilitering av vannledning i Ibsens gate

Tabell 47 Bærekraftanalyse over forskjellige metoder for rehabilitering av VA-nett i Ibsens gate ved 50 års levetid på strømpeføring

Indikator	Vekt %	Systemets ytelse (Lavere poeng betyr bedre ytelse)				Poeng for valg av metode			
		Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
<b>Tekniske indikatorer</b>									
Vedlikeholdsbehov	5	100	150	80	120	500	750	400	600
Tilpasning til eksisterende infrastruktur	5	100	130	150	110	500	650	750	550
Fleksibilitet overfor nye behov og krav	2	100	180	140	130	200	360	280	260
Kapasitet	8	100	109	130	110	800	872	1036	880
Fornyingsrate	10	100	200	150	150	1000	2000	1500	1500
<i>Delsum</i>	<i>30</i>					<i>3000</i>	<i>4632</i>	<i>3966</i>	<i>3790</i>
<b>Økonomiske indikatorer</b>									
Investeringskostnader	10	100	44	57	87	1000	440	570	870
Netto nåverdi	5	100	87	85	130	500	435	425	650
Driftsmidler	5	100	200	150	150	500	1000	750	750
Levetidskostnad	10	100	91	89	124	1000	910	890	1240
<i>Delsum</i>	<i>30</i>					<i>3000</i>	<i>2785</i>	<i>2635</i>	<i>3510</i>
<b>Helsemessige indikatorer</b>									
Hygienisk sikkerhet	10	100	120	110	120	1000	1200	1100	1200
<i>Delsum</i>	<i>10</i>					<i>1000</i>	<i>1200</i>	<i>1100</i>	<i>1200</i>
<b>Sosiale indikatorer</b>									
Belastning på beboere	5	100	40	95	90	500	200	475	450
Bærekraft for kommende generasjoner	10	100	300	200	200	1000	3000	2000	2000
Risiko	5	100	140	80	160	500	700	400	800
<i>Delsum</i>	<i>20</i>					<i>2000</i>	<i>3900</i>	<i>2875</i>	<i>3250</i>
<b>Økologi- og miljøindikatorer</b>									
Lokal forurensing	5	100	30	90	100	500	150	450	500
Bruk av fossilt drivstoff	5	100	20	80	90	500	100	400	450
<i>Delsum</i>	<i>10</i>					<i>1000</i>	<i>250</i>	<i>850</i>	<i>950</i>
<b>SUM</b>	<b>100</b>					<b>10000</b>	<b>12767</b>	<b>11426</b>	<b>12700</b>

Tabell 48 Bærekraftanalyse over forskjellige metoder for rehabilitering av VA-nett i Ibsens gate ved 100 års levetid på strømpeføring

Indikator	Vekt %	Systemets ytelse (Lavere poeng betyr bedre ytelse)				Poeng for valg av metode			
		Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4	Alternativ 1	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
<b>Tekniske indikatorer</b>									
Vedlikeholdsbehov	5	100	150	80	120	500	750	400	600
Tilpasning til eksisterende infrastruktur	5	100	130	150	110	500	650	750	550
Fleksibilitet overfor nye behov og krav	2	100	180	140	130	200	360	280	260
Kapasitet	8	100	109	130	110	800	872	1036	880
Fornyingsrate	10	100	150	150	150	1000	1500	1500	1500
<i>Delsum</i>	<i>30</i>					<i>3000</i>	<i>4132</i>	<i>3966</i>	<i>3790</i>
<b>Økonomiske indikatorer</b>									
Investeringskostnader	10	100	44	57	87	1000	440	570	870
Netto nåverdi	5	100	65	85	130	500	325	425	650
Driftsmidler	5	100	150	150	150	500	750	750	750
Levetidskostnad	10	100	74	89	124	1000	740	890	1240
<i>Delsum</i>	<i>30</i>					<i>3000</i>	<i>2255</i>	<i>2635</i>	<i>3510</i>
<b>Helsemessige indikatorer</b>									
Hygienisk sikkerhet	10	100	120	110	120	1000	1200	1100	1200
<i>Delsum</i>	<i>10</i>					<i>1000</i>	<i>1200</i>	<i>1100</i>	<i>1200</i>
<b>Sosiale indikatorer</b>									
Belastning på beboere	5	100	40	95	90	500	200	475	450
Bærekraft for kommende generasjoner	10	100	300	200	200	1000	3000	2000	2000
Risiko	5	100	140	80	160	500	700	400	800
<i>Delsum</i>	<i>20</i>					<i>2000</i>	<i>3900</i>	<i>2875</i>	<i>3250</i>
<b>Økologi- og miljøindikatorer</b>									
Lokal forurensing	5	100	30	90	100	500	150	450	500
Bruk av fossilt drivstoff	5	100	20	80	90	500	100	400	450
<i>Delsum</i>	<i>10</i>					<i>1000</i>	<i>250</i>	<i>850</i>	<i>950</i>
<b>SUM</b>	<b>100</b>					<b>10000</b>	<b>11737</b>	<b>11426</b>	<b>12700</b>

Tabell 49 Vurdering av bærekraftpoeng i forhold til forventet levetid ved 50 år på strømpføring i vannledning

<b>Indikator</b>	<i>Alternativ 1</i>	<i>Alternativ 2</i>	<i>Alternativ 3</i>	<i>Alternativ 4</i>
Forventet levetid etter rehabilitering	150	75	100	100
Investeringskostnad (kr)	9 850 000	4 290 000	5 567 000	8 570 000
<b><i>Tekniske indikatorer</i></b>				
Delsum, poeng	3 000	4 632	3 966	3 790
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	3 283	926	1 404	2 261
<b><i>Økonomiske indikatorer</i></b>				
Delsum	3 000	2 785	2 635	3 510
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	3 283	1 540	2 113	2 442
<b><i>Helsemessige indikatorer</i></b>				
Delsum	1 000	1 200	1 100	1 200
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	9 850	3 575	5 061	7 142
<b><i>Sosiale indikatorer</i></b>				
Delsum	2 000	3 900	2 875	3 250
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	4 925	1 100	1 936	2 637
<b><i>Økologi- og miljøindikatorer</i></b>				
Delsum	1 000	250	850	950
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	9 850	17 160	6 549	9 021
<b>SUM Bærekraftpoeng</b>	<b>10 000</b>	<b>12 767</b>	<b>11 426</b>	<b>12 700</b>
Kostnad pr. år (kr/år)	65 667	57 200	55 670	85 700
<b><i>Kostnad pr. bærekraftpoeng og år (kr/poeng*år)</i></b>	<b>6,6</b>	<b>4,5</b>	<b>4,9</b>	<b>6,7</b>



Tabell 50 Vurdering av bærekraftpoeng i forhold til forventet levetid ved 100 år på strømpføring i vannledning

<b>Indikator</b>	<i>Alternativ 1</i>	<i>Alternativ 2</i>	<i>Alternativ 3</i>	<i>Alternativ 4</i>
Forventet levetid etter rehabilitering	150	100	100	100
Investeringskostnad (kr)	9 850 000	4 290 000	5 567 000	8 570 000
<b><i>Tekniske indikatorer</i></b>				
Delsum, poeng	3 000	4 632	3 966	3 790
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	3 283	926	1 404	2 261
<b><i>Økonomiske indikatorer</i></b>				
Delsum	3 000	2 255	2 635	3 510
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	3 283	1 902	2 113	2 442
<b><i>Helsemessige indikatorer</i></b>				
Delsum	1 000	1 200	1 100	1 200
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	9 850	3 575	5 061	7 142
<b><i>Sosiale indikatorer</i></b>				
Delsum	2 000	3 900	2 875	3 250
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	4 925	1 100	1 936	2 637
<b><i>Økologi- og miljøindikatorer</i></b>				
Delsum	1 000	250	850	950
Kostnad per bærekraftpoeng (kr/poeng)	9 850	17 160	6 549	9 021
<b>SUM Bærekraftpoeng</b>	<b>10 000</b>	<b>12 237</b>	<b>11 426</b>	<b>12 700</b>
Kostnad pr. år (kr/år)	65 667	42 900	55 670	85 700
<b><i>Kostnad pr. bærekraftpoeng og år (kr/poeng*år)</i></b>	<b>6,6</b>	<b>3,5</b>	<b>4,9</b>	<b>6,7</b>

## 5.5 Resultat av analyse

Levetid på 50 år for strømpføring:

- *Tekniske indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Økonomiske indikatorer:* Alternativ 3 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Helsemessige indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Sosiale indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Økologi- og miljømessige indikatorer:* Alternativ 2 kommer ut med færrest straffepoeng.

Rangering etter lavest belastning på etterkommere i et bærekraftperspektiv:

1. Alternativ 1      Konvensjonell graving
2. Alternativ 3      Utblokking / tettisluttet rør
3. Alternativ 4      Fleksibel slange og ny forsyningsledning
4. Alternativ 2      Strømpføring

Rangering etter lavest kostnad per bærekraftpoeng og år (kr/poeng\*år):

1. Alternativ 2      Strømpføring
2. Alternativ 3      Utblokking / tettisluttet rør
3. Alternativ 1      Konvensjonell graving
4. Alternativ 4      Fleksibel slange og ny forsyningsledning

*Levetid på 100 år for strømpføring:*

- *Tekniske indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Økonomiske indikatorer:* Alternativ 2 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Helsemessige indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Sosiale indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Økologi- og miljømessige indikatorer:* Alternativ 2 kommer ut med færrest straffepoeng.

Rangering etter lavest belastning på etterkommere i et bærekraftperspektiv:

1. Alternativ 1      Konvensjonell graving
2. Alternativ 3      Utblokking / tetttilsluttet rør
3. Alternativ 2      Strømpføring
4. Alternativ 4      Fleksibel slange og ny forsyningsledning

Rangering etter lavest kostnad per bærekraftpoeng og år (kr/poeng\*år):

1. Alternativ 2      Strømpføring
2. Alternativ 3      Utblokking / tetttilsluttet rør
3. Alternativ 1      Konvensjonell graving
4. Alternativ 4      Fleksibel slange og ny forsyningsledning

Ved forventet levetid på 100 år for strømpføring viser beregning at alternativ 2 kommer ut med 3,5 kr/bærekraftpoeng og år, mot 4,5 kr/bærekraftpoeng\*år ved 50 år levetid.



## DEL 5: Drøfting og oppsummering

## 6 DRØFTING

I oppgaven har jeg sett på ulike metoder for fornying av VA-ledninger. Fokuset har vært på grøftefrie metoder siden slike trekkes frem som nødvendig for å opprettholde en tilfredsstillende fornyingsrate. Teknologi knyttet til grøftefri fornying er i stadig utvikling. Nye metoder som strømpereovering av vannledninger har potensiale til å bidra til økt fornying med relativt få inngrep.

I arbeidet har jeg utført et litteraturstudium der jeg har sett på flere metoder for grøftefri rehabilitering, jeg har utført befaringer og hatt samtaler med leverandører, entreprenører, rådgivere og ansatte i ulike kommuner. Erfaringene er samlet og brukt i vurderinger knyttet til en bærekraftanalyse i en case.

### 6.1 Case Ibsens gate

Ibsens gate i Bergen er en sterkt trafikkert veg omgitt av eldre boligbebyggelse. Vegen er en av hovedvegene som går mot Haukeland sykehus og Landås bydel. Årlig døgnmiddeltrafikk (ÅDT) i den øverste delen av gaten er 16 000 og brukes som utrykningsveg for ambulanser. Haukeland sykehus er en av de største arbeidsplassene i Bergen kommune, med ca. 11 600 ansatte og 600 000 pasienter årlig (Helse Bergen 2013). Med en stor trafikkbelastning vil det få store følger for beboere og brukere dersom vegen må stenges.

I den øverste delen av gaten ligger det en vannledning av grått støpejern med dimensjon på 450 mm. Ledningen er fra 1930 og har vært utsatt for flere brudd. Et brudd i gaten kan få store trafikale følger siden trafikken må ledes om til alternative og mindre egnede veger. Et vannledningsbrudd vil også kunne forårsake oversvømmelser i nærliggende boliger med påfølgende vannskader og påkjenning for beboere. Grå støpejernsledninger er utsatt for sprø brudd som ofte har dramatisk forløp med store vannmengder på kort tid som kan skylle bort masser og skade annen infrastruktur. Med bakgrunn i dette valgte jeg å se på fornying av ledningen i et bærekraftperspektiv.

Ved siden av vannledningen ligger det en avløp fellesledning av betong, med eggform og dimensjon 600\*900 mm. Avløpsledningen er også fra 1930. Sannsynligvis ligger denne tett på vannledningen da grøftene ikke var større enn høyst nødvendig på den tiden ledningene ble lagt. Sannsynligvis ble det benyttet stedlige masser av jord, i gjenfylling av grøften (Trovik 2013b).

Selve gaten bærer preg av å være utdatert, rent trafiksikkerhetsmessig. Fortauet på den ene siden mangler avvisende kantstein. Avvisende kantsteiner skal lede kjøretøy bort fra fortau og fotgjengere dersom kjøretøyet kommer ut av kontroll. Brannhydrantene i gaten står ved fortauskanten noe som gjør den utsatt for påkjørsler. De er sikret med betongstolper, men dersom en buss eller en stor bil kjører på den er det sannsynlig at hydranten ødelegges. Fortau på den andre siden er rundt en halv meter bredt. Beboere på denne siden av gaten går rett ut i den trafikkerte gaten.

Totalt sett er det behov for å oppgradere mer infrastruktur enn kun vannledningen i denne gaten. Bergen kommune har planer om en oppgradering av ledningsnett i denne gaten i løpet av et par år (Trovik 2013d). Kommunen ønsker i utgangspunktet å fornye ledninger ved bruk av

grøftedfrie metoder. I samarbeid med Bergen kommune VA-etaten har jeg sett på ulike alternative løsninger for fornying av vannledningen i Ibsens gate. Totalt fire alternativer med ulike løsninger er utredet i denne oppgaven. Drøfting rundt de ulike indikatorene er gjort under normalisering i del 5.3.2.

## **6.2 Drøfting av alternativer**

### *Alternativ 1:*

Alternativ 1 består av konvensjonell graving der både vann- og avløpsledningen byttes ut. Når vegen graves opp er det hensiktsmessig å separere avløpet. En ny overvannsledning tar over overvannshåndteringen, og en ny ledning for spillvann kobles til husene i gaten. Det ligger elkabler i vegen. Disse er tenkt å byttes ut med nye kabler, som legges i trekkerør. Trekkerør for fremtidig utbygging av fiberkabler kan legges ned. For å likestille de ulike alternativene med tanke på lengde, er det forutsatt at det settes ned en ny vannkum halvveis på strekket. Stikkledninger og stengeventiler kan samles i denne kummen etter prinsipp fra for eksempel «Vossakummen» (Een 2010). På den måten unngår man anboringer på vannledningen. Anboringer må byttes oftere enn selve røret. Ved å samle dem i en kum vil det gå lenger tid før man trenger å grave opp vegen. En hovedledning uten anboringer krever færre tiltak ved fremtidig grøftfri rehabilitering.

Når vann- og avløpsledningene skiftes vil ledningssonen bygges opp korrekt, med fundament, sidefylling og beskyttelseslag. En korrekt oppbygget grøft, med nye rørmaterialer, vil gi en lenger levetid for ledningene. Ved en komplett oppgraving kan selve gaten rustes opp. Et bra vegfundament vil fordele krefter fra trafikk i grunnen og sammen med ledningssonen vil det beskytte vann- og avløpsledningene. Gateutformingen kan forbedres med bredere fortau og avvisende kantstein, og gjerne lommer for parkering. Slike lommer vil gi rom for å beskytte brannhydranter fra påkjørsler. Høy kantstein vil gjøre at gaten blir en flomveg ved stor nedbør. God drenering etter separering kan lede vannet bort fra vegen og til nærliggende vassdrag. Solheimsvannet ligger ca. 500 meter i luftlinje fra krysset som danner nedre begrensning av fornyingen i denne casen. Uten rensing kan overvannet ledes direkte til vannet.

Alternativ 1 kan gi en stor synergieffekt for flere etater. Alternativet passer dersom flere etater og infrastruktureiere går sammen om opprustningen. Dersom fornyingen av vann- og avløpsledningene gjennomføres uten at gaten eller øvrig infrastruktur rustes opp, kan man risikere at gaten graves opp kun noen år etter. Da mister alternativet en del av fordelene med lav belastning på beboere over tid. Ved en komplett fornying kan man forvente 150 års levetid på ledningsanlegget, kanskje mer. Alternativet åpner også for å legge til rette for fremtidig fornying med grøftedfrie metoder. Dette er viktige faktorer i et bærekraftperspektiv. Komplette oppgraving og full utskifting er kostbart, men alternativet gjør det best i bærekraftanalysen.

### *Alternativ 2:*

Alternativ 2 innebærer strømpereovering av både vann og avløpsledningen. Den ene strømpeføringen for vannledninger har en øvre grense på 200 meter ved installasjon (Olimb Rørfornyning AS 2012), mens den andre kan leveres opp til 400 meter (Waage 2013c). For at ingen alternativer eller metoder skal utelukkes har jeg forutsatt at det også her etableres en ny vannkum. Siden alternativ 2 i hovedsak går ut på å redusere graving til et minimum, blir ikke stikkledningene samlet i den nye kummen. Anboringene freses i stedet opp etter installasjon av strømpeføringen.

Dette alternativet gir få inngrep i veien og har kort installasjonstid. Avhengig av metode som velges vil herdetiden variere mellom 3 og 48 timer. Det vil si at vannledningen antakelig kan settes i drift etter omtrent 3 til 5 dager. Avløpsledningen forutsettes rehabilitert på samme måten i denne casen. En ulempe med metoden er at den er semistrukturell og er avhengig av det gamle røret for å ta opp deler av kreftene som virker på ledningen. En over 80 år gammel rørledning av grått støpejern har brukt opp en del av levetiden sin. Det er uvisst hvor mye som gjenstår og det er uvisst hvordan omfyllingsmassene er. Ved å installere en strømpføring enten i vann- eller avløpsledningen vil man måtte stole på at det eksisterende røret ligger i gode masser.

Strømpføring er en lite kostbar metode for fornying, men har ikke samme levetid som de øvrige metodene. Avløpsrør som er rehabilitert med strømpføringer skal holde i minst 100 år (Asplan Viak AS 2009b). Det er vanlig å regne med levetid på 30 år for slike føringer, men bør være 50 år etter hvert som utviklingen går fremover (Skaar 2013). Olimb sier at deres strømpføring på drikkevann har en levetid på 1 – 2 generasjoner (Olimb Rørfornyning AS 2012) mens Pipeliner sier at deres føring på drikkevann bør holde i 50 år (Waage 2013c). Dette har gjort det vanskelig å fastsette en levetid for alternativ 2. Jeg har valgt å følge kravet på 100 års levetid i VA-/miljøblad 91 for avløpsledninger (Asplan Viak AS 2009b). For vannledninger foreligger det ikke noe krav til strømpføringer, men det er rimelig å anta at det vil komme et krav om 100 års levetid når denne metoden blir mer utbredt. Derfor ble det utført en analyse der levetiden ble satt til 50 år, og en analyse der levetiden ble satt til 100 år. For å forenkle analysen har jeg operert med gjennomsnittlig levetid for de to strømpføringene.

Levetid er viktig i et bærekraftperspektiv. Metoden fikk derfor flest straffepoeng ved 50 års levetid for vannledningen og nest flest straffepoeng dersom den oppnår en levetid på 100 år. Installasjon av føringene har lave kostnader, men må utføres tre ganger for å oppnå levetiden til alternativ 1 (150 år).

### *Alternativ 3:*

Alternativ 3 består av rehabilitering ved utblokking eller inntrekking av tette tilsluttende rør i både vann- og avløpsledningen, samt etablering av en vannkum midt på strekket. Utblokking har en øvre grense på 200 meter (Trovik 2013b), derfor er det naturlig å trekke det nye røret fra en trekkegrop midt på ledningsstrekket. I denne gropen etableres den nye vannkummen. Tette tilsluttet rør, som Compact Pipe har en lengdebegrensning på 1 000 meter. Compact Pipe leveres opp til 400 mm (Olimb Rørfornyning AS 2011). U-liner leveres også opp til DN 400 mm (Kjellberg 2013). I et DN 450 mm støpejernsrør vil ikke disse være tette tilsluttende. Utblokking er derfor et bedre alternativ for vannledningen. For å korte ned anleggstiden og åpne for fremtidig grøftfri rehabilitering kan det etableres en manifold i vannkummen for samling av stikkledninger som i alternativ 1.

Utblokking krever at det graves ned på alle anboringene og reparasjonsklaver. Hvis de blir stående på ledningen kan man trekke dem med seg langs røret og potensielt skade annen infrastruktur i bakken. Det krever punktgraving på hver anboring, reparasjonsklave eller tilkobling. I den delen av Ibsens gate som skal rehabiliteres i denne casen er det 18 anboringer og 4 avgreininger til hydranter. Dette krever en del graving utover trekkegrop og innføringsgrop.

Når man rehabiliterer ledninger med utblokking kan man øke dimensjonen på ledningen ved å trekke inn et større rør enn det opprinnelige. Det er ikke alltid like gunstig. I gamle grøfter ligger de ulike rørene ofte tett og i fjellgrøfter er det stort sett kun plass til røret (Skaar 2013). Ved



utblokking av ledninger er det derfor en risiko for å skade nærliggende rør eller at installasjonen må avbrytes i trange fjellgrøfter. I Ibsens gate er det antatt jord og stedlige masser i grunnen. Det er gunstig for utblokking. Eggformen på avløpsledningen og den store dimensjonen (600\*900 mm) gjør at det blir mer snakk om inntrekking av kontinuerlig rør enn utblokking.

Alternativer er gitt en levetid på 100 år i analysen, basert på funksjonskrav oppgitt i VA-/miljøblad nr. 11 (Grøner AS 1997b). Et PE-rør med PP-kappe som igjen ligger beskyttet av det eksisterende røret bør ha gode forhold til å oppnå denne levealderen.

#### *Alternativ 4:*

Alternativ 4 er et alternativ som kom opp i samtale med VA-etaten. De foreslo muligheten for å gjøre om den eksisterende vannledningen til en overføringsledning og legge en forsyningsledning i fortauet for å forsyne beboerne langs vegen (Trovik 2013b). Tanken er at det gir færre inngrep i vegen og dermed redusert belastning på beboere og trafikanter. Det blir lettere og billigere å grave seg ned på anboringene i ettertid.

Alternativet går ut på at den eksisterende vannledningen re-lines med en fleksibel slange, avløpsledningen rehabiliteres med en strømpføring og det legges et nytt rør langs fortauet på sørsiden av vegen. Alternativet gir en bedre driftssituasjon siden anboringene flyttes fra den gamle støpejernsledningen og tilgang til anboringene bedres. En grøft på siden av vegen åpner for tilrettelegging av annen infrastruktur, som trekkerør for el- og telekabler, og opprusting av fortau.

Levetiden som ligger til grunn i beregningene er som i alternativ 2 et gjennomsnitt av forventet levetid for de ulike løsningene. Det er gjort for å forenkle analysen. I en reell analyse bør man vurdere dette mer nøyaktig. Den fleksible slangen er forventet å holde i 50 år. Denne er laget av to lag med PE og en kevlararmering mellom lagene. Strømpføringen i avløpsledningen er forutsatt en levetid på 100 år basert på funksjonskrav i VA-/miljøblad. Som for alternativ 2 er det uvisst om det er en reell levetid per i dag. Den nye forsyningsledningen legges i en ny grøft med korrekt utføring av grøftarbeid og rørleggerarbeid. Derfor gis denne ledningen en levetid på 150 år. Gjennomsnittet blir 100 år, som kan være noe høyt for en samlet levetid.

### **6.3 Drøfting av bærekraftanalysen**

Bærekraftanalysen er basert på fem ulike faktorer, som representeres av ulike indikatorer. En bærekraftanalyse vil være delvis subjektiv. Noen indikatorer er vanskelig å kvantifisere og kan ikke beregnes objektivt. Vekting må gjøres etter det som er viktig for den som vurderer indikatoren. Idéelt burde indikatorene bli vurdert av et panel bestående av personer med ulik faglig bakgrunn og interesser. I casen med Ibsens gate kunne panelet bestått av fagfolk fra VA-etaten, Samferdselsetaten og Statens vegvesen, samt andre infrastruktureiere, politikere og representanter for brukere og beboere. Tiltak i Ibsens gate vil påvirke faktorer utover systemet, i dette tilfellet VA-nettet. Et bredt panel vil derfor representere brukere og forvalteres interesser.

Det er vanlig å vurdere kost/nytte når løsninger skal settes opp mot hverandre. I en bærekraftanalyse blir vurderingen mer nyansert. Andre faktorer spiller inn, som kan påvirke beslutningen.

Tekniske indikatorer er viktige ved vurdering av fornyingsbehov. Dersom en lednings tekniske tilstand ikke tilfredsstillende de behov og krav ledningseier stiller, vil den måtte rehabiliteres.

Holdbarhet og levetid er viktig i et bærekraftperspektiv. En driftssikker og holdbar ledning er avhengig av flere faktorer enn kun rørmateriale. En korrekt oppbygget og utført ledningssone er viktig for å redusere utvendig belastning på røret. Redusert belastning vil gi færre brudd forårsaket av ytre påvirkning. Korrosjon vil være begrenset siden røret er korrosjonsbeskyttet etter nye krav og kunnskap om dette. Vedlikeholdsbehov, tilpasning til eksisterende infrastruktur og fleksibilitet overfor nye behov og krav er skjønnsmessig vektet. Kapasitet og fornyingsrate er beregnet med kjente parametere. Tekniske indikatorer har jeg vurdert som så betydningsfull for bærekraften at de gis en samlet vekt på 30 %.

Økonomiske indikatorer er alltid aktuelle. Kostnader skal dekkes og ledningseier vil ha mest mulig fornying for pengene. Investeringskostnaden belaster oss i dag. Hvis det velges en løsning som ikke er holdbar i et langt perspektiv vil etterkommerne våre få den økonomiske belastningen. Levetidskostnaden er aktuell i bærekraft. En høy levetidskostnad vil binde opp kapital som ellers kunne brukes i fornyingsarbeid. Løsninger som er dyr i drift og krever mye vedlikehold vil være belastende for de kommende generasjonene. En gunstig økonomisk løsning i dag kan være en kostbar affære om 50 år. Økonomiske indikatorer har jeg vurdert som så betydningsfull for bærekraften at de gis en samlet vekt på 30 %.

Helsemessige indikatorer spiller inn på hygienisk sikkerhet. De ulike alternativene er vurdert opp mot faren for inntrenging av fremmedvann i vannledningen. Alle løsningene gir god tetting kort tid etter installasjon. Jeg har forsøkt å vurdere risiko over levetiden. Hygiene er viktig og vektes med 10 %. I bærekraftanalysen er det kun satt opp én helsemessig indikator, som gjør at den totalt sett blir vurdert lavere enn de øvrige.

Sosiale indikatorer antyder noe om påvirkning på beboere og trafikanter. Men viktigst i en bærekraftanalyse er belastningen de ulike alternativene påfører kommende generasjoner. Forskjellen mellom én uke eller to måneder anleggsarbeids blir forsvinnende liten i et perspektiv på over 100 år. Derfor er belastning på beboere vektet med 5 % og bærekraft for kommende generasjoner vektet med 10 %. Risiko er lagt inn som sosial indikator. Et stort vannledningsbrudd kan gi skader på hus og eiendom, og beboere kan være uten vann over tid. Å miste vannet uventet er en større påkjenning enn en planlagt avstengning. Sosiale indikatorer er relevant i et bærekraftperspektiv og vektes med totalt 20 %.

Økologi- og miljømessige indikatorer kan være bestemmende i et bærekraftperspektiv. Ressursbruk og påvirkning av miljøet over tid kan spille inn som indikatorer. I denne analysen har jeg tatt med de umiddelbare miljøpåvirkningene. Lokal forurensing og luftkvalitet er et problem i området rundt Danmarks plass. Maskiner som står med motoren i gang og støv fra anleggsarbeid er ubehagelig for beboere og myke trafikanter i området. Bruk av fossilt drivstoff slipper ut klimagasser og er ønskelig å redusere mest mulig. Dieselmotorer slipper ut NO<sub>x</sub> og partikler som er skadelig for beboere i nærmiljøet. I løpet av den totale levetiden på ledningsanlegget på over 100 år vil disse utslippene være minimale. Klimaforandringer forårsaket av klimagasser vil derimot påvirke miljøet i lang tid etter at ledningsanleggets levetid er passert. Omfanget av arbeidet og vektet mot de andre indikatorene blir økologi- og miljømessige indikatorer vektet med totalt 10 %.

Bærekraftanalysen gav et uventet resultat. På forhånd var det ventet at de grøftefrie metodene skulle komme best ut i et bærekraftperspektiv. Totalt kommer alternativ 1 best ut i bærekraftanalysen.

*Beregningen der strømpeføring er vurdert med 50 års levetid:*

- *Tekniske indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Økonomiske indikatorer:* Alternativ 3 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Helsemessige indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Sosiale indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Økologi- og miljømessige indikatorer:* Alternativ 2 kommer ut med færrest straffepoeng.

Resultatet viser at alternativ 1 med konvensjonell graving kommer best ut når det testes for tekniske, helsemessige og sosiale indikatorer. Alternativet har den lengste forventede levetiden, som er av betydning når man ser på bærekraft. Siden det legges et nytt rør i ny grøft med moderne kunnskap om oppbygging av grøft og veg er det forventet at ledningen vil ligge lenge uten skader og brudd. Man har kontroll med alle trinn av utførelsen og det er da forventet at utilsiktet forurensing, feilkoblinger eller annet som kan forårsake patogene mikroorganismer i ledningen elimineres. Ved en full oppgraving av vegen vil den rustes opp når ledningen er lagt og nærmiljøet for beboerne vil bli bedre i lang tid. Det forutsettes at det legges til rette for annen infrastruktur slik at fremtidig anleggsarbeid reduseres til eventuelle reparasjoner. I et bærekraftperspektiv belønnes løsninger som gir god effekt over lang tid.

Alternativ 3 med utblokking får færrest straffepoeng på økonomiske indikatorer. Dette kommer at installasjonskostnadene er lav i forhold til levetiden, som igjen har innvirkning på de øvrige økonomiske indikatorene.

Alternativ 2 kommer best ut for økologi- og miljømessige indikatorer. Kort installasjonstid med lite drivstofforbruk gjør at denne metoden får få straffepoeng i forhold til de andre alternativene.

Resultatet viser at alternativet med full oppgraving og omgjøring av eksisterende ledning til overføringsledning kommer ut med flest straffepoeng. Det er ikke sikkert at det ville vært utfallet i en reell analyse, der andre indikatorer og en annen vekting legges til grunn. I en reell situasjon må vurderinger av ledningens resterende levetid og driftsforhold vurderes mer nøye. En analyse basert på observasjoner og utredninger kan gi et annet utfall. Et panel bestående av personer med ulik bakgrunn vil også påvirke resultatet. Dersom lenger levetid prioriteres bør utblokking eller tetttilsluttet rør velges. Dersom få inngrep og liten belastning på beboere prioriteres bør strømpeføring velges.

Det er per i dag ikke noen krav til levetid på strømpeføringer for drikkevann. Krav til rør er at de skal holde i minst 100 år ved nyanlegg. Det samme kravet gjelder for strømpeføringer i avløpsledninger. Sannsynligvis vil det settes like krav til strømpeføringer i drikkevannsledninger.

En bæreanalyse der strømpføring på drikkevannsledningen er vurdert med 100 års levetid viser at levetid for strømpføringer i vannledninger har betydning for resultatet.

*Beregningen der strømpføring er vurdert med 100 års levetid:*

- *Tekniske indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Økonomiske indikatorer:* Alternativ 2 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Helsemessige indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Sosiale indikatorer:* Alternativ 1 kommer ut med færrest straffepoeng.
- *Økologi- og miljømessige indikatorer:* Alternativ 2 kommer ut med færrest straffepoeng.

Resultatet av viser at en økt levetid på strømpføringen gir den færre straffepoeng. For økonomiske indikatorer fører det til at alternativet får færrest straffepoeng.

Full oppgraving er mest gunstig ut fra et bærekraftperspektiv, men rehabilitering ved bruk av grøftefrie metoder gir lavere kostnad per bærekraftpoeng. Strømpføring er spesielt gunstig forutsatt at den har en levetid på 50 år eller mer.

#### **6.4 Usikkerhet**

I denne bærekraftanalysen har jeg normalisert og vektet indikatorer etter egen vurdering. Utfallet av analysen ville vært et annet dersom jeg hadde benyttet et panel til dette.

Vedlikeholdsbehov, tilpasning til eksisterende infrastruktur og fleksibilitet for nye behov og krav er vurdert skjønnsmessig for de ulike metodene. Ved en reell utredning er dette indikatorer som bør vurderes nærmere.

Reell levetid for vannledningen etter rehabilitering. Den eksisterende vannledningen er ikke inspisert og vurdert, så det er usikkert om alle metodene vil egne seg. Ved installasjon av strømpføring og fleksibel slange bør det eksisterende røret ha strukturell styrke.

Installasjonskostnader er basert på erfaringstall fra rådgivende ingeniører og fra VA-etaten. Kostnadene er avrundet og konservativt anslått for å få en oversiktlig analyse. Driftsmidler er vurdert etter et fast beløp i året. Forutsetningen er at spylrutiner og inspeksjoner vil være likt ved de forskjellige metodene. Kostnadene for drift er satt opp likt for alle årene over hele levetiden. Dette er en forenkling for å få oversiktlige beregninger. I realiteten vil behovet for driftsmidler være lavere de første årene etter rehabilitering og betydelig høyere mot slutten av ledningens levetid.

Innvirkning på sosiale og helsemessige indikatorer er vurdert skjønnsmessig. Det samme gjelder for økologi- og miljøindikatorer. Utredninger fra fagpersonell bør ligge til grunn for slike vurderinger. Belastning på beboere kan vektes av legfolk i et panel som opplevd belastning og forventet belastning over tid.

## 6.5 *Forslag til videre arbeid*

Med mer tid til rådighet ville det vært ønskelig å gå dypere inn i tema om fornyingsstrategier. Det finnes dataverktøy for simulering av tiltak og forvaltningsverktøy som er interessant for å vurdere strategier i ulike kommuner. Ved å se på sanntidsmålinger på nettet med volumstrøm, trykk, hastighet og dimensjoner på rørene er det tenkelig at man kan identifisere problemområder med groing i rørene. Simuleringer kan si noe om sammenhenger mellom vannhastighet og groing. Ved å måle volumstrøm på ledninger med få påkoblinger kan man estimere lekkasjer. Sammenheng mellom grunnforhold og rørmateriale kan vurderes mot lekkasjerate og alder.

Grøftefrie metoder er i stadig utvikling. I oppgaven var det planlagt å se nærmere på metoder for strømperenovering av vannledninger. Dessverre var det få prosjekter i gang der denne metoden var i bruk i våren 2013. Det er ikke utarbeidet krav til slike fóring i VA-/miljøblad eller lignende. Forsøk med styrkeberegninger og påkjenninger ved simulert drift vil være interessant å se på i fremtiden. Usikkerhet rundt vanninntrenging mellom fóring og rørvegg i anboringspunkt har kommet opp under arbeidet med oppgaven. Forsøk som belyser denne problemstillingen ville vært interessant å se nærmere på.

Bærekraftanalyse er et interessant verktøy som setter subjektive vurderinger i system med beregninger for tekniske og økonomiske faktorer. Slike analyser kan brukes for utredning av avløpsrenseanlegg, renseanlegg for avrenning fra tunneler, vegbygging eller utbygging av annen infrastruktur med forventet lang levetid og innvirkning på samfunnet. Casestudier for større utbygginger vil være interessant å se på.

Med mer tid tilgjengelig ville det vært ønskelig å utarbeide et standardoppsett for valg av metode for rehabilitering av VA-ledninger. Ved å sette opp ulike prosjekter med bærekraftanalyser kan man vurdere hvilke metoder som passer best for hvert prosjekt.

## 7 OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

### 7.1 Oppsummering

Ledningsnett i Norge har kontinuerlig behov for fornying. Drikkevannsledninger har en høy lekkasjeandel som innebærer at vann som er rensert forsvinner ut i grunnen uten at det har nådd abonnentene. Gamle rør med korrosjon i rørveggen, varierende kvalitet på anleggsutførelse og rørmaterialer, og dårlige kunnskaper om oppbygging av ledningssone før og like etter andre verdenskrig har satt spor i ledningsanleggene. Etter at det ble økt fokus på, og kunnskap om materialkvalitet, korrosjonsbeskyttelse og oppbygging av ledningssonen som omgir rørene, har kvaliteten på nettet gått opp. Levetiden på nye rør skal nå være minimum 100 år. Ved å fornye 1 % av nettet hvert år vil i teorien et rør byttes det året det har nådd sin minste tekniske levetid.

I Bergen kommune skal fornying først vurderes utført med grøftefrie metoder. Dersom dette ikke er egnet, eller at annen infrastruktur skal installeres skal man benytte graving (Skaar 2013). Bergen kommune har derfor stort fokus på grøftefrie metoder. I skrivende stund er de i gang med en pågående anbudsprosess for fornying av VA-ledninger ved bruk av ulike grøftefrie metoder. Derfor har de ønsket å se nærmere på strømperenovering av vannledninger. Man ønsker å finne metoder som begrenser behovet for midlertidig vannforsyning.

Ved grøftefri rehabilitering av vannledninger brukes tre nivåer for å klassifisere metodene. Ikke-strukturelle metoder består av løsninger som ikke tilfører det eksisterende røret noe ekstra styrke. Metodene består av å påføre ledningen et nytt innvendig belegg eller å installere en slange for å bedre rørets hydrauliske egenskaper.

Det midterste nivået er de semistrukturelle metodene. Semistrukturell rehabilitering består av løsninger som bidrar i en viss grad til det opprinnelige rørets styrke, mens som ikke kan fungere som et selvstendig rør. Strømpeføringer og inntrekking av tynnvegget rør går under denne semistrukturelle metoder.

Strukturelle metoder er rehabilitering av ledninger der det gamle røret erstattes av et nytt rør som kan fungere selvstendig. Det nye røret kan ta opp alle kreftene som virker på det i bakken. Ved fornying av vann- og avløpsledninger brukes utblokking og inntrekking av kontinuerlige rør som strukturelle metoder. Tettisluttet rør kan gi strukturell styrke. Strømpeføringer sies å kunne gi strukturell styrke hvis det installeres flere lag med fóring (Waage 2013c). Ved nyanlegg av vann- og avløpsledninger kan rørpressing, boring i løsmasser eller boring i fjell / kombinasjonsmasser brukes som grøftefrie metoder.

Hver husstand i Bergen betaler 12 kr/dag for å få drikkevann i kranene. Etablering av midlertidig vannforsyning koster ca. 15 000 kr (Trovik 2013d). Det antas at abonnenter godtar å hente vann i vannvogn i inntil tre dager mot en kompensasjon i form av reduksjon av vann- og avløpsgebyr. Ved spesielle behov hos abonnenten, enten der er småbarnsfamilier eller institusjoner må vannforsyningen vurderes nærmere. Under arbeidet med oppgaven har det vist at det i praksis er vanskelig å oppnå under tre dager komplett installasjonstid. Utblokking og tettisluttet rør krever en del tiltak utover selve installasjonen. Forarbeider med oppgraving av anboringer, etablering av trekkegrop og innføringsgrop med åpent rør, reetablering av anboringer og til slutt trykktesting, tetthetsprøving og desinfeksjon. Re-lining med strømpeføring mettet med epoxy er den metoden som kommer nærmest i total installasjonstid. Herdetiden er på ca. 3 timer og anboringene trenger ikke å graves frem (Waage 2013a). Ved god planlegging kan nettet komme i drift innen tre dager,

dersom omfanget av kumarbeid ikke blir for stort. Oppstår det uforutsette hendelser kan det gi lenger installasjonstid enn tre dager. Med gode forberedelser kan risikoen for slike hendelser reduseres.

Det er tre nivåer for fornyingsstrategier. Ved strategisk planlegging, over en lang tidsperiode, kan det legges føringer som sikrer en bærekraftig fornyelse av VA-nettet. Slike føringer kan legges inn i kommunenes VA-norm og tilpasses forholdene i de ulike kommunene. Kommende generasjoner bør ikke bli etterlatt en infrastruktur med store etterslep. Ved nyanlegg kan tilrettelegging av ledningsanleggene for fremtidig utskifting eller grøftfri rehabilitering være med på å ta vår del av belastningen. Tiltak kan innebære kulvertløsninger i urbane strøk og samling av stikkledninger i kummer fremfor anboringer. I de langsiktige strategiene for fornying kan det fokuseres på at ledningene skal være tilpasset fremtidige behov i tillegg til å ha en god funksjonsevne. Det kan påvirke valg av metode for rehabilitering. Nye rør er forventet å ha en lenger levetid enn 100 år ved korrekt anleggsutførelse. Hvis fornyingsgraden ligger på 1 % i året med metoder som holder i minst 100 år vil den generelle tilstanden på ledningsnettet bli gradvis bedre.

Ved taktisk planlegging kan det legges til rette for å fornye ledningsanlegg i forbindelse med utbygging av annen infrastruktur. I Bergen ble det flyttet og byttet et stort antall VA-ledninger i forbindelse med bygging av Bybanen. Kontinuerlige målinger og innhenting av data kan brukes i modeller for å kartlegge problemområder og dermed finne punkter som bør prioriteres.

I operasjonell planlegging ser man på enkelte ledningsstrekk. Dersom det må graves opp og skiftes en avløpsledning som ligger ved siden av en eldre vannledning med grei standard, kan det være hensiktsmessig å skifte vannledningen samtidig. Kostnaden for rørene er betydelig lavere enn gravekostnadene og man får et ledningsanlegg som kan ligge uberørt i mye lengre tid. Ved graving nær en vannledning er det en risiko for å skade røret, eller endre forholdene i ledningssonen. Eldre rør ligger ofte tett i grøften. Dersom en avløpsledning må rehabiliteres kan det være hensiktsmessig å velge en grøftfri metode som ikke påvirker røret i grunnen. Under operasjonell planlegging kan man redusere belastningen på fremtidige generasjoner ved å tenke helhetlig på ledningsanlegget.

Fornyning av vannledninger må sees i sammenheng med fornyning av andre VA-ledninger. I noen tilfeller kan kun vannledningen vurderes for fornying, andre ganger vil det være fordelaktig å inkludere andre ledninger i analysen. I casen med Ibsens gate ble det tidlig klart at avløpsledningen parallelt med vannledningen måtte tas med i bærekraftanalysen. Denne ledningen er like gammel som vannledningen, og den ligger like ved. En fornyning av kun vannledningen ville i verste fall føre til oppgraving og fornying av avløpsledningen kort tid etter. I perspektivet av levetiden til ledningene er det derfor naturlig å se på hvilken innvirkning avløpsledningen vil ha på de forskjellige alternativene for fornying. Oppgradering eller utskifting av ledningsnettet innebærer kostbare tiltak. Det er fornuftig å se på oppgradering av annen infrastruktur samtidig med vann- og avløpsledningene for å redusere belastningen på brukere av vegen og beboere i området. Ved å involvere andre infrastruktureiere kan man også fordele kostnadene og få mer for pengene enn ved individuelle prosjekter.

En bærekraftanalyse kan være et godt verktøy når man skal vurdere rehabiliteringsmetode. Metoden er delvis subjektiv og bør baseres på vurderinger fra et panel av personer med ulike interesser. Brukere og andre berørte parter kan inviteres til å delta, for eksempel representanter fra velforeninger og borettslag, politikere, representanter fra andre etater i kommunen og Statens

vegvesen. Representanter i panelet gir indikatorene poeng som rangerer byrden indikatorene representerer i forhold til et referansealternativ. Ved å gjøre dette kan man velge en metode som gir best effekt og som gir en balansert belastning på beboere. Det må også ligge en faglig begrunnelse bak valget, men det kan påvirkes ved vektning av indikatorer.

Rehabilitering med grøftefrie løsninger sparer tid i forhold til konvensjonell grøftegraving, det reduserer anleggskostnader i tettbebygde strøk og påfører beboere færre belastninger i form av ulemper. Ved å benytte filtstrømper tilsatt herdemiddel for å rehabilitere eldre vannledninger kan det være lettere å nå målet på 1 % fornying av vannledningene, og man kan redusere etterslepet i vedlikehold og dermed få et bedre grunnlag for en robust og bærekraftig fornying av ledningsnettet.

Ved å gjøre en god jobb som følger alle krav vil man sikre en lengst mulig levetid ved fornying. Dersom man balanserer fornying mellom grøftefrie metoder og konvensjonell graving der det er mest hensiktsmessig, vil man optimalisere levetid og fornyingstakt slik at belastningen av våre prioriteringer blir lavest mulig på fremtidige generasjoner. Lavest mulig belastning betyr størst mulig bærekraft i fornyingssammenheng. En bærekraftsanalyse med vektning av viktige indikatorer kan være effektiv for å velge den mest gunstige metoden for fornying av vann- og avløpsledninger.

## **7.2 Konklusjon**

I urbane strøk med annen infrastruktur i grunnen utover vann- og avløpsledninger bør det tenkes helhetlig ved opprustning av VA-nettet. En bærekraftsanalyse viser at ved slike tilfeller kan full oppgraving være et godt alternativ til grøftefrie metoder i et bærekraftperspektiv.



## 8 REFERANSER

- Arbeidsdepartementet. (2005). *Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven)*. Norge.
- Asplan Viak AS. (2009a). *VA-/miljøblad nr. 90*. AS, N. R. (red.). NoDig-metoder for hovedledninger - Metodeoversikt: VA-/miljøblad.
- Asplan Viak AS. (2009b). *VA-/miljøblad nr. 91*. AS, N. R. (red.). Strømperenovering av avløpssystem: VA-/miljøblad.
- Bergen kommune. (2005a). *Hovedplan for avløp og vannmiljø 2005 - 2015*. Vann- og avløpsetaten. Bergen, Norge: Begren kommune. 44 s.
- Bergen kommune. (2005b). *Hovedplan for vannforsyning 2005 - 2015*. Vann- og avløpsetaten. Bergen, Norge: Bergen kommune. 40 s.
- Bergen kommune. (2012). *VA-norm for Bergen kommune*. Bergen kommune vann- og avløpsetaten. Norge: Norsk VA-norm.
- Berteig, F. (2013). (Personlig meddelelse, telefonsamtale 2013-04-19).
- Dalby, R. *Rørfornyning med limt armert slange*: OLIMB GROUP AS. Tilgjengelig fra: <http://olimb.no/rorfornyning-vann/rorfornyning-med-limt-armert-slange/>.
- Een, N. (2010). *Frosne vannrør og lekkasjer*. VA-dagane på Vestlandet 2010, Voss: DIHVA.
- Finansdepartementet. (1996). *NOU 1996: 9*. Finansdepartementet.
- Finansdepartementet. (1997). *NOU 1997: 27*. Finansdepartementet.
- Finansdepartementet. (1998). *NOU 1998: 16*. Finansdepartementet.
- Finansdepartementet. (2009). *NOU 2009: 16 Globale miljøutfordringer – norsk politikk*: Finansdepartementet.
- Finansdepartementet. (2012). *NOU 2012: 16*. Finansdepartementet.
- Fjeldhus, K. S. (2012). *Miljøriktig materialvalg i drikkevannsnettet – livsløpsanalyser av fire utvalgte rørmaterialer*. Master. Ås, Norge: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for matematiske realfag og teknologi. 107 s.
- Folkehelseinstituttet. (2004). Tilgjengelig fra: [http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=239&trg=List\\_6212&Main\\_6157=6263:0:25,5901:1:0:0:::0:0&MainContent\\_6263=6464:0:25,5916:1:0:0:::0:0&List\\_6212=6218:0:25,5917:1:0:0:::0:0](http://www.fhi.no/eway/default.aspx?pid=239&trg=List_6212&Main_6157=6263:0:25,5901:1:0:0:::0:0&MainContent_6263=6464:0:25,5916:1:0:0:::0:0&List_6212=6218:0:25,5917:1:0:0:::0:0).
- Folkehelseinstituttet. (2008). *Vannforsyningens ABC*. Norge: Folkehelseinstituttet.
- Folkehelseinstituttet. (2013). *Vurderte/godkjente materialer for bruk i kontakt med drikkevann*. ac53aae41c (red.). [www.fhi.no](http://www.fhi.no): Nasjonalt folkehelseinstitutt / Norwegian Institute of Public Health. PDF med tabell over godkjente produkter s.
- Friberg, F. (2011). *En strukturell fornyingsmetode*: Olimb AS. Tilgjengelig fra: <http://olimb.no/rorfornyning-vann/en-strukturell-fornyingsmetode/>.
- Gemini VA. (2013). *Gemini VA database for vann- og avløpsledninger*: Powel.
- Geomatikk AS. (2013). Tilgjengelig fra: <https://gravemelding.no/>.
- Graveklubben. (2013). Tilgjengelig fra: <http://www.graveklubben.no/>.
- Grøner AS. (1997a). *VA-/miljøblad nr. 10*. AS, N. R. (red.). Kravspesifikasjon for rør og rørdeler av PVC-U materiale: VA-/miljøblad.
- Grøner AS. (1997b). *VA-/miljøblad nr. 11*. AS, N. R. (red.). Kravspesifikasjon for rør av PE materiale: VA-/miljøblad.
- Grøner AS. (1997c). *VA-/miljøblad nr. 12*. AS, N. R. (red.). Kravspesifikasjon for og rørdeler av PP materiale: VA-/miljøblad.
- Grøner AS. (1997d). *VA-/miljøblad nr. 13*. AS, N. R. (red.). Kravspesifikasjoner for rør og rørdeler av GRP materiale: VA-/miljøblad.
- Hansen, A. (2013). (E-post 2013-04-04).



- Helse- og omsorgsdepartementet. (2001). *Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften)*. Norge.
- Helse- og omsorgsdepartementet. (2004). *Kvalitetskrav til drikkevann – vedlegg i forskrift om vannforsyning og drikkevann*.
- Helse Bergen. (2013). *Om oss*. Tilgjengelig fra: [www.helse-bergen.no/omoss/sider/side.aspx](http://www.helse-bergen.no/omoss/sider/side.aspx).
- Hjellnes COWI AS. (1997a). *VA-/miljøblad nr. 14*. AS, N. R. (red.). Kravspesifikasjon for betong avløpsrør: VA-/miljøblad.
- Hjellnes COWI AS. (1997b). *VA-/miljøblad nr. 15*. AS, N. R. (red.). Kravspesifikasjon for betong trykkrør: VA-/miljøblad.
- Hjellnes COWI AS. (1997c). *VA-/miljøblad nr. 16*. AS, N. R. (red.). Kravspesifikasjon for duktile støpejernsrør: VA-/miljøblad.
- Hjukse, A. V. (2002). *Vannet er ikke så rent som vi tror*. Tilgjengelig fra: <http://www.forskning.no/artikler/2002/juni/1024557906.22>.
- Hopen, H. (2011). Omregulering veg Haukeland, trafikkanalyse.
- IKM Testing. (2011). Testrapport sprengtrykk. 2 s.
- Interconsult AS. (1997a). *VA-/miljøblad nr. 5*. AS, N. R. (red.). Grøfteutførelse fleksible rør: VA-/miljøblad.
- Interconsult AS. (1997b). *VA-/miljøblad nr. 6*. AS, N. R. (red.). Grøfteutførelse for stive rør: VA-/miljøblad.
- Jon Røstum, Anette Kveldsvik Desjardins, Arve Hansen & Bruaset, S. (2012). *Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelsesplanlegging av VA-anlegg*. Upublisert manuskript.
- Kjellberg, A. (2013). (Personlig meddelelse, muntlig 2013-03-05).
- Lieng, O. (2012). *Nyhetsbrev november 2012*. Fagdag på Svartediket Vannbehandlingsanlegg, Svartediket Vannbehandlingsanlegg, Bergen kommune, s. 6: SSTT.
- Lindholm, O. (2010). *VA-/miljøblad nr. 98*. AS, N. R. (red.). Bærekraftige VA-systemer: VA-/miljøblad.
- Lindholm, O. (2012). *Hvordan kan man beregne bærekraften i en infrastruktur?* Case Nesodden kommune. Ås: UMB.
- Loodtz, A.-K. (2010). *Bybanen ga førsteklasses rørledninger*: Bergen kommune. Tilgjengelig fra: <https://www.bergen.kommune.no/omkommunen/avdelinger/byradsavd-for-byutvikling-klima-og-miljo/2263/article-68094>.
- Miljøverndepartementet. (1983). *Lov om vern mot forurensninger og om avfall (Forurensningsloven)*. Norge.
- Miljøverndepartementet. (2004). *FOR 2004-06-01 nr 931: Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften)*.
- Mjør, K. & Mæland, P. A. (2008, 22/11-2008). Bybanedøden. *Bergens Tidende*.
- Moser, A. P. & Folkman, S. (2008). *Buried Pipe Design*. Third Edition utg.: McGraw-Hill.
- Najafi, M. (2010). *Trenchless Technology Piping: Installation and Inspection*: McGraw-Hill. 455 s.
- NIVA. (2011). *Migrasjonstest av beleg*: Norsk institutt for vannforskning (Brev 2011-02-14).
- Nordic Poly Mark. *Sertifiseringskrav* [Nettside]: Nordic Poly Mark. Tilgjengelig fra: [http://www.nordicpolymark.com/intra\\_modul\\_info.php?id=10&klickid=10&xid=5](http://www.nordicpolymark.com/intra_modul_info.php?id=10&klickid=10&xid=5)
- [http://www.nordicpolymark.com/intra\\_modul\\_info.php?id=8&klickid=8&xid=5](http://www.nordicpolymark.com/intra_modul_info.php?id=8&klickid=8&xid=5).
- Norges Bank. (2007). *Styringsrenten*. Tilgjengelig fra: <http://www.norges-bank.no/no/prisstabilitet/rentemoter/styringsrenten/>.
- Norsk VA-norm. Tilgjengelig fra: <http://va-norm.no/>.
- Norsk VA-norm. *Generelle bestemmelser, funksjonskrav*. 2 Funksjonskrav: va-norm.no.
- Olimb Rørfornyning AS. (2011). *OLIMB - Compact pipe*. rorfornyning.no/filmer-nedlastning
- YouTube: Rørfornyning Norge
- YouTube.
- Olimb Rørfornyning AS. (2012). *Rørfornyning vann, D.W.liner*. rorfornyning.no/filmer-nedlastning



YouTube: Rørfornyning Norge

YouTube.

Olsen, T. (2013). (Personlig meddelelse, muntlig 2013-03-06).

Oslo kommune. (2010). *Midgardsormen Delprosjekt B*. Norge: Oslo kommune vann- og avløpsetaten. Tilgjengelig fra: <http://www.vann-og-avlopsetaten.oslo.kommune.no/aktuelt/prosjekter/midgardsormen/article225292-54556.html>.

Primus Line. *Primus Line Hose Assembly*. Tyskland. Tilgjengelig fra: <http://www.primusline.com/en/technology/medium-high-pressure-system/hose-assembly/>.

Profitek Pipe Liner AS. (2011). *Description of Potable Water PPL* [Informasjonsbrosjyre].

RIF. (2010). State of the Nation. I: Rådgivende Ingeniørers Forening (red.). Norge. 80 s.

Rørfornyning Norge. (2012). [www.rorfornyning.no](http://rorfornyning.no): Rørfornyning Norge. Tilgjengelig fra: <http://rorfornyning.no/rehabnyheter/ny-norsk-drikkevannsledning/>.

Rørinspeksjon Norge. (2001). *VA-/miljøblad nr. 51*. AS, N. R. (red.). Rørinspeksjon med videokamera av avløpsledninger: VA-/miljøblad.

Scandinavia VA-Teknik AB. *U-Liner® - metod med unika fördelar* [Nettside]: Scandinavia VA-Teknik AB. Tilgjengelig fra: <http://www.svatek.se/Page.asp?PageId=71>.

SINTEF. (2008a). *CARE-W Computer Aided REhabilitation of Water Networks*. Tilgjengelig fra: <http://www.sintef.no/Projectweb/CARE-W/Project-Results/CARE-W-Overview/>.

SINTEF. (2008b). *Computer Aided REhabilitation of Sewer Networks*. Tilgjengelig fra: <http://www.sintef.no/Projectweb/CARE-S/>.

SINTEF Byggforsk. (2006). *VA-/miljøblad nr. 68*. AS, N. R. (red.). Epoxy- og polyuretanbasert renovering av avløpsledninger: VA-/miljøblad.

Skaar, T. (2013). *Kvalitetssikring av masteroppgave* (Personlig meddelelse, muntlig og skriftlige kommentarer i utkast 2013-05-06).

Skjelanger, R. (2003). *Fornylse av vannledningsnett*. Masteroppgave: Norges Landbrukshøgskole, Institutt for tekniske fag. 81 s.

SSTT. (2012a). *Rørsprenning, installasjon* [Nettside]: Scandinavian Society for Trenchless Technology. Tilgjengelig fra: <http://www.sstt.dk/nb-no/nodigguide/utførelsesmetoder/rørsprenning/installasjon.aspx>.

SSTT. (2012b). *Sliplining* [Nettside]: Scandinavian Society for Trenchless Technology. Tilgjengelig fra: <http://www.sstt.dk/nb-no/nodigguide/utførelsesmetoder/sliplining/innledning.aspx>.

Statens vegvesen. (2011). *Håndbok 018 Vegbygging*. 523 s.

Statistisk Sentralbyrå. (2012a). *Kommunal vannforsyning, 2011*. I: Sentralbyrå, S. (red.). KOSTRA. Tilgjengelig fra: [http://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/vann\\_kostraaar](http://www.ssb.no/natur-og-miljo/statistikker/vann_kostraaar).

Statistisk Sentralbyrå. (2012b). *Kommunale avløpstjenester, 2011*. I: Sentralbyrå, S. (red.). KOSTRA. Tilgjengelig fra: [http://www.ssb.no/var\\_kostraa/](http://www.ssb.no/var_kostraa/).

Statistisk Sentralbyrå. (2013a). Kommunale avløpstjenester. I: *Statistisk Sentralbyrå*. Statistisk Sentralbyrå online database. Tilgjengelig fra: [https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectTable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=var\\_kostraa&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&StatVariant=&PLanguage=0&checked=true](https://www.ssb.no/statistikkbanken/SelectTable/hovedtabellHjem.asp?KortNavnWeb=var_kostraa&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&StatVariant=&PLanguage=0&checked=true) (lest 2013).

Statistisk Sentralbyrå. (2013b). Tabell: 04689: I. Vann - nivå 3 (K). I: *Statistisk Sentralbyrå*. Statistisk Sentralbyrå online database. Tilgjengelig fra: [https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Kostraa3KIVannavl&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=vann\\_kostraa&StatVariant=&checked=true](https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Kostraa3KIVannavl&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=vann_kostraa&StatVariant=&checked=true) (lest 2013).

Statistisk Sentralbyrå. (2013c). Tabell: 04936: I. Vann - nivå 2 (K). I: *Statistisk Sentralbyrå*. Statistisk Sentralbyrå online database. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&M>



- ainTable=Kostra2KIVannavl&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=vann\_kostra&StatVariant=&checked=true (lest 2013).
- Statistisk Sentralbyrå. (2013d). Tabell: 05457: I. Avløp - nivå 3 (K). I: *Statistisk Sentralbyrå*. Statistisk Sentralbyrå online database. Tilgjengelig fra: [https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Kostra3KIAvlepni&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=var\\_kostra&StatVariant=&checked=true](https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Kostra3KIAvlepni&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=var_kostra&StatVariant=&checked=true) (lest 2013).
- Statistisk Sentralbyrå. (2013e). Tabell: 06400: I. Vann - kvalitet (K). I: *Statistisk Sentralbyrå*. Statistisk Sentralbyrå online database. Tilgjengelig fra: [https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Kostra4KIVannkva&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=vann\\_kostra&StatVariant=&checked=true](https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Kostra4KIVannkva&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=vann_kostra&StatVariant=&checked=true) (lest 2013).
- Statistisk Sentralbyrå. (2013f). Tabell: 06403: I. Avløp - kvalitet (K). I: *Statistisk Sentralbyrå*. Statistisk Sentralbyrå online database. Tilgjengelig fra: [https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Kostra4KIAvlepkv&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=var\\_kostra&StatVariant=&checked=true](https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectvarval/Define.asp?subjectcode=&ProductId=&MainTable=Kostra4KIAvlepkv&nvl=&PLanguage=0&nyTmpVar=true&CMSSubjectArea=natur-og-miljo&KortNavnWeb=var_kostra&StatVariant=&checked=true) (lest 2013).
- Store norske leksikon. (2005). *Bærekraftig utvikling*. Store norske leksikon.
- Sægrov, S. (2009a). *Nedbryting av ledninger*. VM 6005 Ledningsteknologi, forelesning nr. 8. Trondheim: NTNU.
- Sægrov, S. (2009b). *Utførelse geoteknisk grunnlag*. VM 6005 Ledningsteknologi, forelesning nr. 3. Trondheim: NTNU.
- Sørland, S.-T. (2011). *Frostsikring av VA-anlegg*. Trondheim kommune. (2011). *VA-norm for Trondheim kommune*. Trondheim kommune Kommunalteknikk. Norge.
- Trovik, T. (2013a). *Fornyning* (E-post 2013-04-18).
- Trovik, T. (2013b). *Fornyningstakt med grøftefrie metoder* (Personlig meddelelse, muntlig 2013-04-11).
- Trovik, T. (2013c). *Utblokking* (Personlig meddelelse, muntlig 2013-02-12).
- Trovik, T. (2013d). *Veiledningsmøte* (Personlig meddelelse, muntlig 2013-04-30).
- Tunestveit-Torsvik, B. (2011). *Fornyning av vannledning med NoDig-metode*. Norge: Bergen kommune. Tilgjengelig fra: <https://www.bergen.kommune.no/omkommunen/avdelinger/vannog-avlopsetaten?artSectionId=823&articleId=81746>.
- Tunmo, T. (2010). *Nettjeneste skal redusere gravingen* [Internettside for fagblad]: Teknisk Ukeblad. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/bygg/2010/10/11/nettjeneste-skal-reducere-gravingen>.
- VA-/miljøblad. (1996). *VA-/miljøblad nr. 3* AS, N. R. (red.). Renovering med innføring av kontinuerlige rør: VA-/miljøblad.
- Vann- og avløpsteknikk*. (2012). Norsk Vann.
- Vannportalen. *Vannportalen.no*. I: Direktoratet for naturforvaltning (red.). Tilgjengelig fra: <http://www.vannportalen.no/enkel.aspx?m=31147> (lest 01.03).
- Voss kommune. *VA-norm for Voss kommune*. Norge: Norsk VA-norm.
- Waage, T. (2013a). (Personlig meddelelse, muntlig 2013-02-28).
- Waage, T. (2013b). *Reetablering av anboringer* (Personlig meddelelse, muntlig 2013-04-11).
- Waage, T. (2013c). *Strømperenovering* (Personlig meddelelse, muntlig 2013-05-03).
- Wermkog, L. A. *Saneringsplan vannledningsnett*. tekna.no. Upublisert manuskript.
- Wermkog, L. A. (2013). (Personlig meddelelse, telefonsamtale 2013-03-04).
- Østergaard AS. *Mikrotunnelering*. Danmark. Tilgjengelig fra: <http://www.oestergaardas.dk/no-dig/mikrotunnelering.aspx>.





# Vedlegg



## Vedlegg

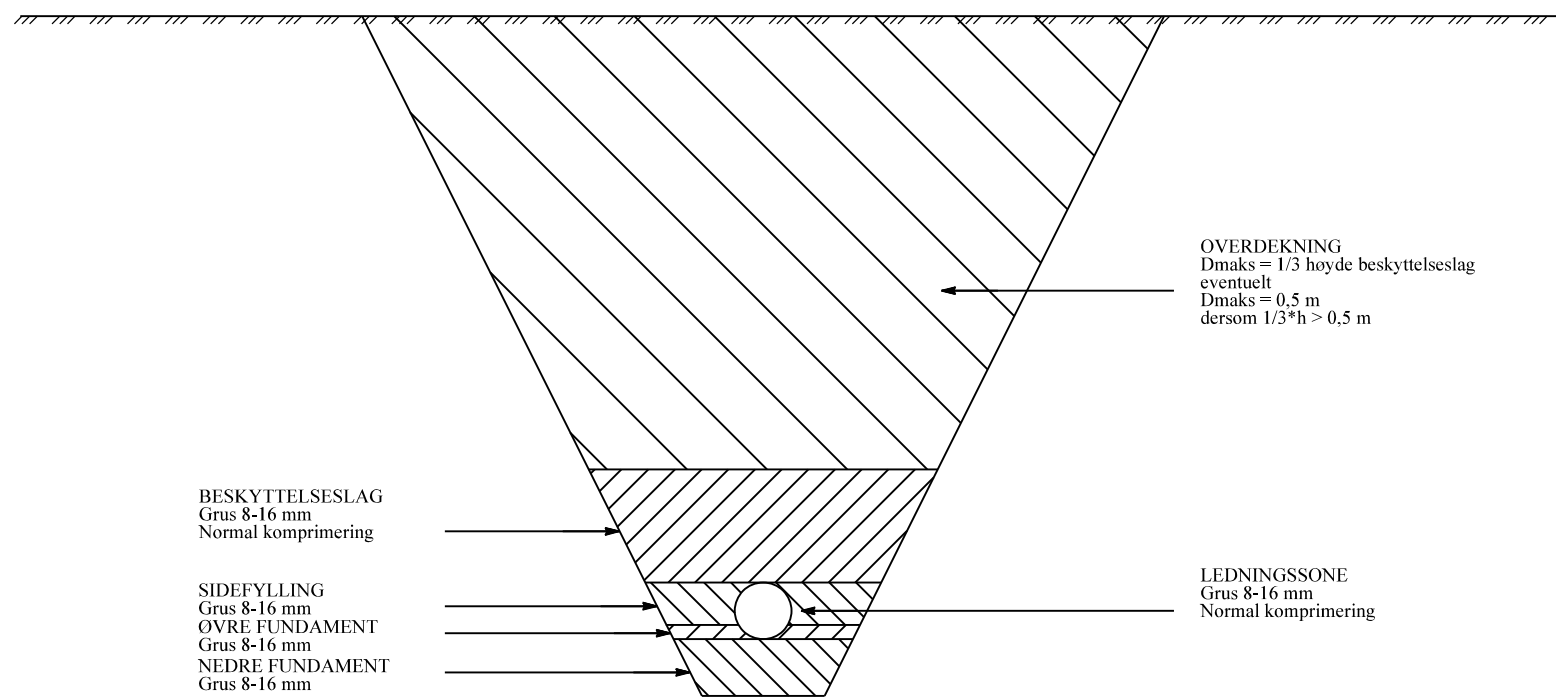
1. Typisk grøftesnitt og krefter på rør
2. Oversikt over case Ibsens gate
3. Beregninger for belastning på rør
4. Normalisering av indikatorer ved 50 år levetid på strømpeføring til vannledning
5. Normalisering av indikatorer ved 100 år levetid på strømpeføring til vannledning
6. Profitek / Pipeliner informasjonsbrosjyre
7. Profitek / Pipeliner vurdering fra FHI for kommunale drikkevannsledninger
8. Profitek / Pipeliner vurdering fra FHI for drikkevannsledninger offshore
9. NIVA migrasjonstest Profitek / Pipeliner PPL
10. Eurofins analyserapport Profitek / Pipeliner PPL
11. IKM testrapport sprengtrykk Profitek / Pipeliner PPL



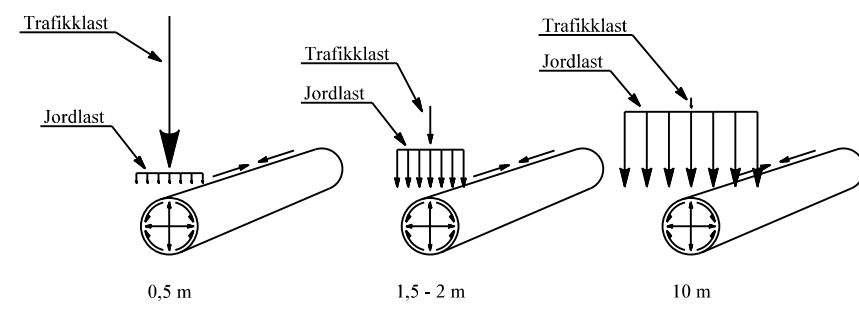
# Vedlegg 1

Typisk grøftesnitt og krefter på rør





TYPISK GRØFTESNITT



2	2013-05-06	Illustrasjon masteroppgave	BSS	-	BSS
1	2013-03-30	Illustrasjon masteroppgave	BSS	-	BSS

	<b>MASTEROPPGAVE 2013</b> TYPISKE SNITT <b>GRØFTESNITT OG KREFTER PÅ RØR</b>		Tegner: <b>Bjørn Solnes Skaar</b> Dato: <b>2013-03-30</b>	
	Skala A1 1:10	Skala A3 1:20	<b>VEDLEGG 1</b>	



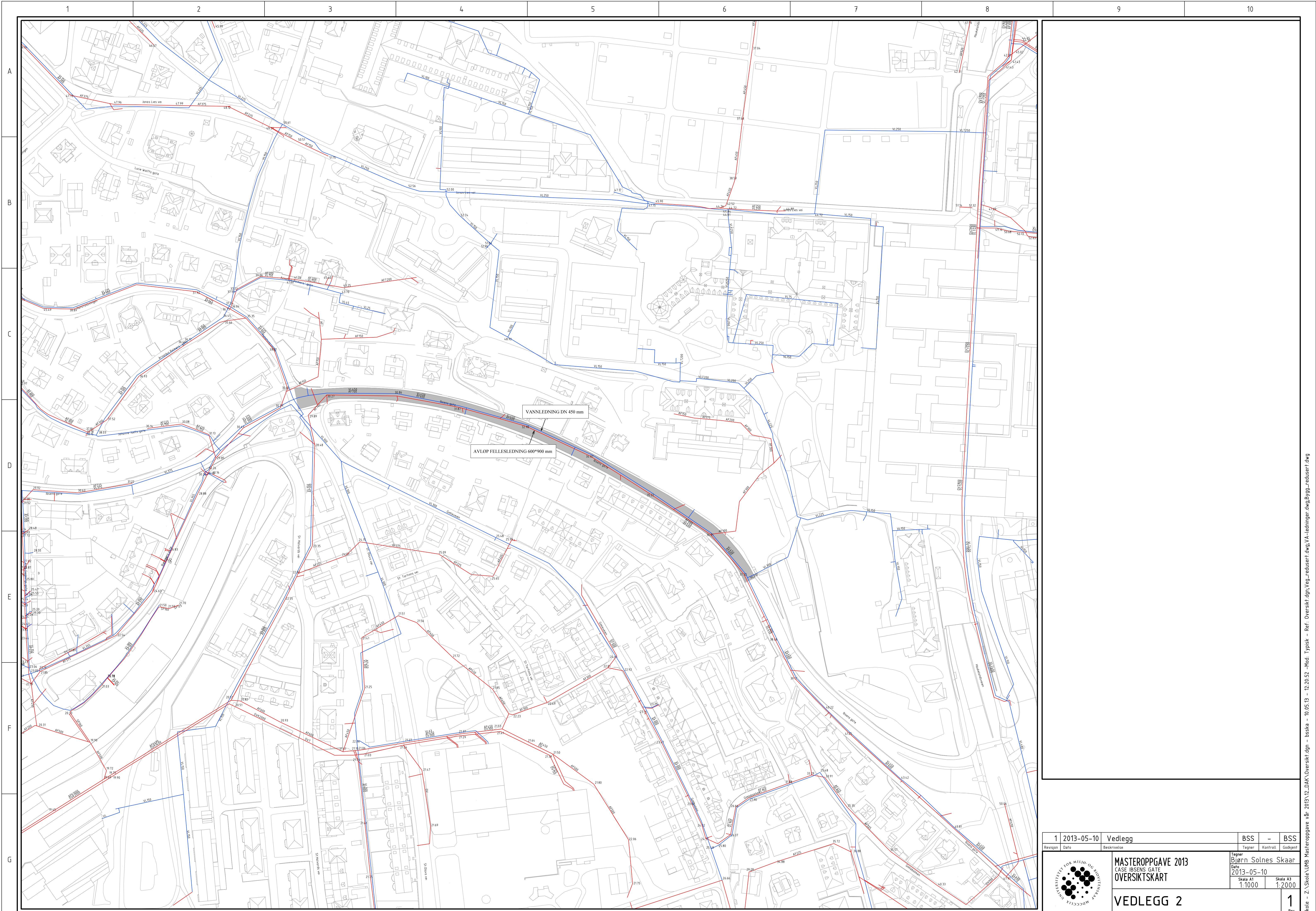


# Vedlegg 2

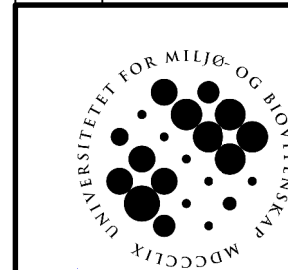
Oversikt over case Ibsens gate







1	2013-05-10	Vedlegg	BSS	-	BSS
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Tegner	Kontroll	Godkjent
<b>MASTEROPPGAVE 2013</b> CASE IBSENS GATE <b>OVERSIKTSKART</b>			Tegner <b>Bjørn Solnes Skaar</b> Dato 2013-05-10 Skala A1 1:1000		Skala A3 1:2000
<b>VEDLEGG 2</b>					<b>1</b> Rev



Skole - Z:\Skole\UMB Masteroppgave vå-2013\12-DAK\Oversikt.dgn - bbska - 10.05.13 - 12:20:52 - Mod. Typisk - Ref. Oversikt.dgn,Veg\_reduisert.dwg,VA\_ledninger.dwg,Bygg\_reduisert.dwg





# Vedlegg 3

Beregninger for belastning på rør



**Ledning**

Nominell diameter, DN	200	mm
Vegdykkelse, T	11	mm
Ytre diameter, dy	=B3+(B5*2)	mm
Vanntrykk	80	mVs
	8	bar
Flytespenning		
Grått stapejem	200	Mpa
Dukilt stapejem	130	Mpa ved trafikk
	400	MPa

**Grunn**

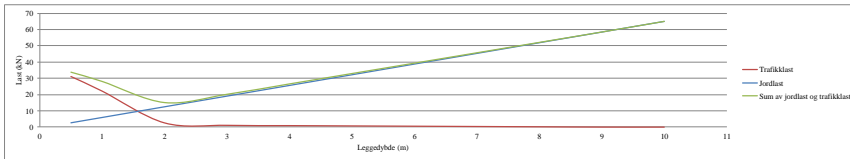
Tetthet tilbakelingsmasser, v	18	kN/m <sup>3</sup>
Jordtrykk		
Uten avlastende sidedrykk, Qj =	$\gamma \cdot (dy^2) / (1.642 \cdot h_0) \cdot dy \cdot 0.690$	kN
Velger konservativ fundamentering grunnet gammel anlegg uten kontrollert :		

**Trafikklast**

h0	0.5	1	2	3
Ct	0.25	0.15	0.02	0.01
K	= 1.3 · h0 <sup>7</sup>			
	= (0.7 · h0) / (4.5 · dy)	for h0/dy < 4.5		
	= 0.7	for h0/dy > 4.5		
h0		K		K
0.5		=1.3·(B37/7)	=HVIS(B37/(B7/1000))<4.5,(0.7·B37)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
1		=1.3·(B38/7)	=HVIS(B38/(B7/1000))<4.5,(0.7·B38)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
2		=1.3·(B39/7)	=HVIS(B39/(B7/1000))<4.5,(0.7·B39)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
3		=1.3·(B40/7)	=HVIS(B40/(B7/1000))<4.5,(0.7·B40)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
4		=1.3·(B41/7)	=HVIS(B41/(B7/1000))<4.5,(0.7·B41)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
5		=1.3·(B42/7)	=HVIS(B42/(B7/1000))<4.5,(0.7·B42)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
6		=1.3·(B43/7)	=HVIS(B43/(B7/1000))<4.5,(0.7·B43)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
7		=1.3·(B44/7)	=HVIS(B44/(B7/1000))<4.5,(0.7·B44)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
8		=1.3·(B45/7)	=HVIS(B45/(B7/1000))<4.5,(0.7·B45)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
9		=1.3·(B46/7)	=HVIS(B46/(B7/1000))<4.5,(0.7·B46)/(4.5·(B7/1000)),0.7)	
10		=HVIS(1.3·(B47/7)>0.1,3·(B47)/(B7/1000))<4.5,(0.7·B47)/(4.5·(B7/1000)),0.7)		

**Belasting på ledningen**

h0	Qj, kN	Qt, kN	Qj+Qt
0.5	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·B30·C37)/(1+D37)))		=SUMMER(C54:D54)
1	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·C30·C38)/(1+D38)))		=SUMMER(C55:D55)
2	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·D30·C39)/(1+D39)))		=SUMMER(C56:D56)
3	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·E30·C40)/(1+D40)))		=SUMMER(C57:D57)
4	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·E30·C41)/(1+D41)))		=SUMMER(C58:D58)
5	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·E30·C42)/(1+D42)))		=SUMMER(C59:D59)
6	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·E30·C43)/(1+D43)))		=SUMMER(C60:D60)
7	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·E30·C44)/(1+D44)))		=SUMMER(C61:D61)
8	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·E30·C45)/(1+D45)))		=SUMMER(C62:D62)
9	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·E30·C46)/(1+D46)))		=SUMMER(C63:D63)
10	=B20·(B7/1000/2) <sup>2</sup> ·((1.64 + (75·E30·C47)/(1+D47)))		=SUMMER(C64:D64)



Summen av kreftene er lavest for leggedybde på 2 meter.

**Ringspenning paa vantrykk,  $\sigma$**

$$p = \frac{B \cdot Q}{100} \quad \text{MN/m}^2$$

$$s = \frac{B}{85} \quad \text{mm}$$

$$\sigma = \frac{(B103^2 - B7 \cdot B104) / (2 \cdot B104)}{s} \quad \text{MPa}$$

**Ringspenning fra ytre last,  $\sigma$**

$$\sigma = \frac{6 \cdot M}{s^2}$$

Oe er ikke capsitt, setter den til 0  
 Qlang = Qj + Qe + Qc

h0	Qj, kN	Qc, kN	Qlang
0,5	=C54	=D54	=SUMMER(C116:D116)
1	=C55	=D55	=SUMMER(C117:D117)
2	=C56	=D56	=SUMMER(C118:D118)
3	=C57	=D57	=SUMMER(C119:D119)
4	=C58	=D58	=SUMMER(C120:D120)
5	=C59	=D59	=SUMMER(C121:D121)
6	=C60	=D60	=SUMMER(C122:D122)
7	=C61	=D61	=SUMMER(C123:D123)
8	=C62	=D62	=SUMMER(C124:D124)
9	=C63	=D63	=SUMMER(C125:D125)
10	=C64	=D64	=SUMMER(C126:D126)

Velger konservativ fundamentering grunnet gammel anlegg uten kontrollert i  
 Lasten konsentrert langs linje i bunn og topp

$$M = 0,159 \cdot Q_{\text{lang}} \cdot d$$

$$s_{\text{min}} = \frac{6 \cdot M}{\sigma_{\text{yt}} / 0,5}$$

Grått stappejern, dynamisk last.

h0	M, kNm	Qyt, kN	Mpa	smin, mm	d, mm
0,5	=0,159'E116'B7	=B157	=B157	=B157	=B5-D137
1	=0,159'E117'B7	=B158	=B158	=B158	=B5-D138
2	=0,159'E118'B7	=B159	=B159	=B159	=B5-D139
3	=0,159'E119'B7	=B160	=B160	=B160	=B5-D140
4	=0,159'E120'B7	=B161	=B161	=B161	=B5-D141
5	=0,159'E121'B7	=B162	=B162	=B162	=B5-D142
6	=0,159'E122'B7	=B163	=B163	=B163	=B5-D143
7	=0,159'E123'B7	=B164	=B164	=B164	=B5-D144
8	=0,159'E124'B7	=B165	=B165	=B165	=B5-D145
9	=0,159'E125'B7	=B166	=B166	=B166	=B5-D146
10	=0,159'E126'B7	=B167	=B167	=B167	=B5-D147

**Spenninger i rørveggen paa temperatur.**

$$\sigma_t = \alpha \cdot \Delta T \cdot E$$

$$\alpha = 1,1 \cdot 10^{-5} \quad \text{Temperaturutvidelseskoeffisi}$$

$$\Delta T = 7 \quad \text{Temperaturutsetning}$$

$$E = 1,03 \cdot 10^8 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{Elastisitetmodul}$$

$$\sigma_t = \frac{B155 \cdot B156 \cdot B157}{Mpa}$$

**Spenninger på grunn av ujevnt fundament, leggedybde 2m**

$$M_0 = K \cdot Q \cdot L^2$$

$$K = 0,1 \quad \text{For stM rør}$$

$$L = \text{Lengde av ikke-støttet fundament}$$

Ikke-støttet fundament, L1 = 0,5	m
Ikke-støttet fundament, L2 = 6	m
Ikke-støttet fundament 0,5, M0 = B160'(B169'Q2)'C118	kNm
Ikke-støttet fundament 6, M0 = B165'(B169'Q2)'C118	kNm

**Aksialspenning**

$$\sigma_f = \frac{(32 \cdot M_0 \cdot \sigma) / (11 \cdot (d_0^3 - d^3))}{A}$$

$$\text{Ikke-støttet 0,5m: } \sigma_f = \frac{(32 \cdot B171 \cdot B172 \cdot (B173 - B174) \cdot (B3'Q3))}{MPa}$$

$$\text{Ikke-støttet 6m: } \sigma_f = \frac{(32 \cdot B173 \cdot B174 \cdot (B175 - B176) \cdot (B3'Q3))}{MPa}$$

**Samlet aksialspenning**

$$\sigma_a = \sigma_f + \sigma_t$$

Ikke-støttet 0,5m: $\sigma_a = B159 \cdot B178$	MPa
Ikke-støttet 6m: $\sigma_a = B159 \cdot B179$	MPa

Aksialspenningen er vesentlig mindre enn ringspenningen.

Selv om aksialspenningen er vesentlig mindre enn ringspenningen kan den ha betydning fordi røret kan være utsatt for punktlast.

$$PFA = \frac{\text{Beregnet driftstrykk}}{20 \cdot e \cdot R_m}$$

e = Min. vegdykkelse for røret (mm)  
 Rm = Seigernets strekkstyrke  $\geq 420$  MPa)

$$SF = \frac{\text{Rørmaterialets sikkerhetsfaktor}}{SF = 3}$$

**Duktilt stappejern**

Flytespenning = B116	MPa
Stivhetsklasse, K = 9	
Maks. tillatt perm. driftstrykk, PFA = 100	bar
Veg. rørdiameter = B7	mm
Vegdykkelse = B5	mm
Rørets stivhetstall = (B157'127)/(11(222-11)/1000)/(11/1000))	

Sikkerhetsfaktor =  $(20 \cdot s \cdot \sigma_f) / \text{driftstrykk}$

$$\text{Sikkerhetsfaktor} = \frac{(20 \cdot B207 \cdot B203) / (B206 \cdot B205)}{}$$

D - SF



# Vedlegg 4

Normalisering av indikatorer ved 50 år levetid på strømpeføring til vannledning



Alternativ	Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)	Fornyingsrate	Poeng
1. Konvensjonell graving	VL	150	$=(E4+E5+E6)/3$	$=(F4/100)/100$	=100
	SP	150			
	OV	150			
2. Strømpeføring	VL	50	$=(E7+E8)/2$	$=(F7/100)/100$	$=F4/F7*100$
	AF	100			
3. Utblokking / tettisluttet rør	VL	100	$=(E9+E10)/2$	$=(F9/100)/100$	$=F4/F9*100$
	AF	100			
4. Konvensjonell graving og grøftefri overføringsledning	VL	50	$=(E11+E12+E13)/3$	$=(F11/100)/100$	$=F4/F11*100$
	AF	100			
	VL, forsyning	150			

f	Friksjonskoeffisient	
g	Tyngdeakselerasjon	m/s <sup>2</sup>
L	Lengden på ledningen	m
D	Innvendig diameter	m
h <sub>r</sub>	Falltapet i ledningen	mVs
v	Midlere vannhastighet i røret	m/s
Q	Volumstrømmen i røret	m <sup>3</sup> /s

Innvendige diametere

Type rør	Indre diameter (mm)	Ytre diameter (mm)	Veggykkelse, e (mm)	Merknad
Støpejernsrør	450	-	-	DN 450 er indre diameter
PE100 SDR 17	=E17-(2*G17)	450	26,7	Inntrekking i eksisterende
PE100 SDR 11	=E18-(2*G18)	560	50,8	Utblokking
Primus line	=E19-(2*G19)	450	7	Målt på Primus Line Gas
Strøpeforing	=E20-(2*G20)	450	5	Antatt
PE100 SDR 11	=E21-(2*G21)	225	20,5	Forsyningsledning

Ledningsmateriale	Teoretisk ruhet (mm)	Ofte brukt i praksis (mm)
Plastrør	0,002 - 0,007	0,1 - 0,4
Betongrør	0,3 - 1,0	1
Nye støpejernsrør med betongforing	0,3	0,5
Eldre støpejernsrør	0,8 - 1,5	1,0 - 1,5
Rustne støpejernsrør	1,5 - 2,5	1,5 - 2,5

Prandtl's formel

Type rør	Friksjonsfaktor
Støpejernsrør	$= (1 / (2 * \text{LOG}(3,71 * (0,16 / 0,5))))^2$
PE100 SDR 17	$= (1 / (2 * \text{LOG}(3,71 * (0,17 / 0,4))))^2$
PE100 SDR 11	$= (1 / (2 * \text{LOG}(3,71 * (0,18 / 0,4))))^2$
Primus line	$= (1 / (2 * \text{LOG}(3,71 * (0,19 / 0,4))))^2$
Strøpeforing	$= (1 / (2 * \text{LOG}(3,71 * (0,20 / 0,4))))^2$

Alternativ	Q (l/s)	Poeng
1. Konvensjonell graving	=W16	100
2. Strøpeforing	=W20	=(E49/E50)*100
3. Utblokking	=W18	=(E49/E51)*100
3. Tettisluttet rør	=W17	=(E49/E52)*100
4. Konvensjonell graving og grøttefri	=W19+W21	=(E49/E53)*100

Falltapsberegning

Type rør	Indre diameter (mm)	L (m)	v (m/s)	f	g (m/s <sup>2</sup> )	h <sub>f</sub> (m)
Støpejernsrør	450	160	0,7	=S16	9,81	=S6*(Q6/(O6/1000))
PE100 SDR 17	396,6	160	0,7	=S17	9,81	=S7*(Q7/(O7/1000))
PE100 SDR 11	458,4	160	0,7	=S18	9,81	=S8*(Q8/(O8/1000))
Primus line	436	160	0,7	=S19	9,81	=S9*(Q9/(O9/1000))
Strøpeføring	440	160	0,7	=S20	9,81	=S10*(Q10/(O10/1000))
PE100 SDR 11	=C21	160	0,7	=S21	9,81	=S11*(Q11/(O11/1000))

Kapasitetsberegning

Type rør	Indre diameter (mm)	L (m)	v (m/s)	f	g (m/s <sup>2</sup> )	h <sub>f</sub> (m)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Q (l/s)
Støpejernsrør	450	160	=R6	=C38	9,81	=U6	=(((O16/1000) <sup>5</sup> )*T)	=V16*1000
PE100 SDR 17	396,6	160	=R7	=C39	9,81	=U7	=(((O17/1000) <sup>5</sup> )*T)	=V17*1000
PE100 SDR 11	458,4	160	=R8	=C40	9,81	=U8	=(((O18/1000) <sup>5</sup> )*T)	=V18*1000
Primus line	436	160	=R9	=C41	9,81	=U9	=(((O19/1000) <sup>5</sup> )*T)	=V19*1000
Strøpeføring	440	160	=R10	=C42	9,81	=U10	=(((O20/1000) <sup>5</sup> )*T)	=V20*1000
PE100 SDR 11	=C21	160	=R11	=C40	9,81	=U11	=(((O21/1000) <sup>5</sup> )*T)	=V21*1000

## Levetidskostnad

Alternativ	Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)	Investeringskostnad (kr)	Driftskostnader (kr)	Nåverdi ved endt levetid (kr)	Levetidskostnad (kr)	Poeng
1. Konvensjonell graving	VL	150	=(E7+E8+E9)/3	=Investeringskostnad!D8	=Driftskostnader!F6	=Nåverdi!H40	=G7+I7+K7	100
	SP	150						
	OV	150						
2. Strømpeføring	VL	50	=(E10+E11)/2	=Investeringskostnad!D20	=Driftskostnader!F7	=Nåverdi!H41	=G10+I10+K10	=((M10*(F\$7/F10))
	AF	100						
3. Utblokking / tettisluttet rør	VL	100	=(E12+E13)/2	=Investeringskostnad!D35	=Driftskostnader!F8	=Nåverdi!H42	=G12+I12+K12	=((M12*(F\$7/F12))
	AF	100						
4. Konvensjonell graving og grøftefri overføringsledning	VL	50	=(E14+E15+E16)/3	=Investeringskostnad!D47	=Driftskostnader!F9	=Nåverdi!H43	=G14+I14+K14	=((M14*(F\$7/F14))
	AF	100						
	VL, forsyning	150						

Alternativ	Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)
1. Konvensjonell graving	VL	150	=(E22+E23+E24)/3
	SP	150	
	OV	150	
2. Strømpeføring	VL	50	=(E25+E26)/2
	AF	100	
3. Utblokking / tettisluttet rør	VL	100	=(E27+E28)/2
	AF	100	
4. Konvensjonell graving og grøftefri overføringsledning	VL	50	=(E29+E30+E31)/3
	AF	100	
	VL, forsyning	150	

Alternativ	Antatt gjennomsnittlig årlig driftskostnad	Forventet levetid	Total driftskostnad	Poeng
1	20000	=Nåverdi!D40	=B6*D6	100
2	20000	=Nåverdi!D41	=B7*D7	=((F6/F7)*100)
3	20000	100	=B8*D8	=((F6/F8)*100)
4	20000	=Nåverdi!D43	=B9*D9	=((F6/F9)*100)

<b>Alternativ 1</b>		
Investeringskostnad	=Investeringskostnad!D8	kr
Forventet levetid	=Levetid!F7	år
Diskonteringsrente	0,04	
Nåverdi ved endt levetid	=NNV(B6;B5;(B4/B5))	kr
<b>Poeng</b>	<b>100</b>	

<b>Alternativ 2</b>		
Investeringskostnad	=Investeringskostnad!D20	kr
Forventet levetid	=Levetid!F10	år
Diskonteringsrente	0,04	
Nåverdi ved endt levetid	=NNV(B15;B14;(B13/B14))	kr
<b>Poeng</b>	<b>=(B16/B7)*100</b>	

<b>Alternativ 3</b>		
Investeringskostnad	=Investeringskostnad!D35	kr
Forventet levetid	=Levetid!F12	år
Diskonteringsrente	0,04	
Nåverdi ved endt levetid	=NNV(B24;B23;(B22/B23))	kr
<b>Poeng</b>	<b>=(B25/B7)*100</b>	



Alternativ 4		
Investeringskostnad	=Investeringskostnad!D47	kr
Forventet levetid	=Levetid!F14	år
Diskonteringsrente	0,04	
Nåverdi ved endt levetid	=NNV(B33;B32;(B31/B32))	kr
<b>Poeng</b>	<b>=(B34/B7)*100</b>	

Alternativ	Investeringskostnad	Forventet levetid	Diskonteringsrente	Nåverdi	Poeng
1	=Investeringskostnad!D8	=Levetid!F7	0,04	=NNV(F40;D40;(B40/D40))	100
2	=Investeringskostnad!D20	=Levetid!F10	0,04	=NNV(F41;D41;(B41/D41))	=(H41/H40)*100
3	=Investeringskostnad!D35	100	0,04	=NNV(F42;D42;(B42/D42))	=(H42/H40)*100
4	=Investeringskostnad!D47	=Levetid!F14	0,04	=NNV(F43;D43;(B43/D43))	=(H43/H40)*100

Alternativ 1 Konvensj

Enhet	Mengde	Kostnad (kr)
Grøft, komplett (m)	320	=C6*Kostnadsoversikt!D4
Etablering av ny kum	1	=Kostnadsoversikt!D10*C7
Totalt		=SUMMER(D6:D7)
<i>Poeng</i>		<i>100</i>

Alternativ 2 Strømpef

Enhet	Mengde	Kostnad (kr)
Strømpeforing, vann (m)	320	=C16*Kostnadsoversikt!D7
Strømpeforing, avløp (m)	320	=C17*Kostnadsoversikt!D7
Punktgraving, hydranter (stk.)	4	=Kostnadsoversikt!D6*C18
Etablering av ny kum (stk.)	1	=Kostnadsoversikt!D10*C19
Totalt		=SUMMER(D16:D19)
<i>Poeng</i>		<i>=(D20/D8)*100</i>

Alternativ 3 Utblokkii

Enhet	Mengde	Kostnad (kr)
Utblokking, vann (m)	320	=C28*Kostnadsoversikt!D8
Strømpeforing, avløp (m)	320	=C29*Kostnadsoversikt!D7
Punktgraving, hydranter (stk.)	4	=Kostnadsoversikt!D6*C30
Punktgraving, anboringer (stk.)	18	=Kostnadsoversikt!D6*C31
Punktgraving, trekkegrop (stk.)	1	=C32*Kostnadsoversikt!D6
Punktgraving, innføringsgrop	1	=C33*Kostnadsoversikt!D8
Etablering av ny kum (stk.)	1	=C34*Kostnadsoversikt!D10
Totalt		=SUMMER(D28:D34)
<i>Poeng</i>		<i>=(D35/D8)*100</i>

Alternativ 4 Konvensj

Enhet	Mengde	Kostnad (kr)
Grøft, i fortau (m)	320	=C43*Kostnadsoversikt!D3
Fleksibel slange (m)	320	=C44*Kostnadsoversikt!D9
Strømpeforing, avløp (m)	320	=C45*Kostnadsoversikt!D7
Etablering av ny kum (stk.)	1	=C46*Kostnadsoversikt!D10
Totalt		=SUMMER(D43:D46)
<i>Poeng</i>		<i>=(D47/D8)*100</i>

# Vedlegg 5

Normalisering av indikatorer ved 100 år levetid på strømpeføring til vannledning



Alternativ	Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)	Fornyingsrate	Poeng
1. Konvensjonell graving	VL	150	$=(E4+E5+E6)/3$	$=(F4/100)/100$	=100
	SP	150			
	OV	150			
2. Strømpeføring	VL	100	$=(E7+E8)/2$	$=(F7/100)/100$	=F4/F7*100
	AF	100			
3. Utblokking / tettisluttet rør	VL	100	$=(E9+E10)/2$	$=(F9/100)/100$	=F4/F9*100
	AF	100			
4. Konvensjonell graving og grøftfri overføringsledning	VL	50	$=(E11+E12+E13)/3$	$=(F11/100)/100$	=F4/F11*100
	AF	100			
	VL, forsyning	150			

## Levetidskostnad

Alternativ	Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)	Investeringskostnad (kr)	Driftskostnader (kr)	Nåverdi ved endt levetid (kr)	Levetidskostnad (kr)	Poeng
1. Konvensjonell graving	VL	150	=(E7+E8+E9)/3	=Investeringskostnad!D8	=Driftskostnader!F6	=Nåverdi!L6	=G7+I7+K7	100
	SP	150						
	OV	150						
2. Strømpeføring	VL	100	=(E10+E11)/2	=Investeringskostnad!D20	=Driftskostnader!F7	=Nåverdi!L7	=G10+I10+K10	=((M10*(F57/F10))
	AF	100						
3. Utblokking / tettisluttet rør	VL	100	=(E12+E13)/2	=Investeringskostnad!D35	=Driftskostnader!F8	=Nåverdi!L8	=G12+I12+K12	=((M12*(F57/F12))
	AF	100						
4. Konvensjonell graving og grøftefri overføringsledning	VL	50	=(E14+E15+E16)/3	=Investeringskostnad!D47	=Driftskostnader!F9	=Nåverdi!L9	=G14+I14+K14	=((M14*(F57/F14))
	AF	100						
	VL, forsyning	150						

Alternativ	Type ledning	Levetid (år)	Levetid snitt (år)
1. Konvensjonell graving	VL	150	=(E22+E23+E24)/3
	SP	150	
	OV	150	
2. Strømpeføring	VL	100	=(E25+E26)/2
	AF	100	
3. Utblokking / tettisluttet rør	VL	100	=(E27+E28)/2
	AF	100	
4. Konvensjonell graving og grøftefri overføringsledning	VL	50	=(E29+E30+E31)/3
	AF	100	
	VL, forsyning	150	

Alternativ	Antatt gjennomsnittlig årlig driftskostnad	Forventet levetid	Total driftskostnad	Poeng
1	20000	=Nåverdi!H6	=B6*D6	100
2	20000	=Nåverdi!H7	=B7*D7	=(F6/F7)*100
3	20000	100	=B8*D8	=(F6/F8)*100
4	20000	=Nåverdi!H9	=B9*D9	=(F6/F9)*100

<b>Alternativ 1</b>		
Investeringskostnad	=Investeringskostnad!D8	kr
Forventet levetid	=Levetid!F7	år
Diskonteringsrente	0,04	
Nåverdi ved endt levetid	=NNV(B9:B8;(B7/B8))	kr
<b>Poeng</b>	<b>100</b>	

<b>Alternativ 2</b>		
Investeringskostnad	=Investeringskostnad!D20	kr
Forventet levetid	=Levetid!F10	år
Diskonteringsrente	0,04	
Nåverdi ved endt levetid	=NNV(B18:B17;(B16/B17))	kr
<b>Poeng</b>	<b>=(B19/B10)*100</b>	

<b>Alternativ 3</b>		
Investeringskostnad	=Investeringskostnad!D35	kr
Forventet levetid	=Levetid!F12	år
Diskonteringsrente	0,04	
Nåverdi ved endt levetid	=NNV(B27:B26;(B25/B26))	kr
<b>Poeng</b>	<b>=(B28/B10)*100</b>	

<b>Alternativ 4</b>		
Investeringskostnad	=Investeringskostnad!D47	kr
Forventet levetid	=Levetid!F14	år
Diskonteringsrente	0,04	
Nåverdi ved endt levetid	=NNV(B36:B35;(B34/B35))	kr
<b>Poeng</b>	<b>=(B37/B10)*100</b>	

Alternativ	Investeringskostnad	Forventet levetid	Diskonteringsrente	Nåverdi	Poeng
1	=Investeringskostnad!D8	=Levetid!F7	0,04	=NNV(J6:H6;(F6/H6))	100
2	=Investeringskostnad!D20	100	0,04	=NNV(J7:H7;(F7/H7))	=(L7/L6)*100
3	=Investeringskostnad!D35	100	0,04	=NNV(J8:H8;(F8/H8))	=(L8/L6)*100
4	=Investeringskostnad!D47	=Levetid!F14	0,04	=NNV(J9:H9;(F9/H9))	=(L9/L6)*100



# Vedlegg 6

Profitek / Pipeliner informasjonsbrosjyre



## Description of Potable Water PPL



# Profitek

Profitek Pipe Liner AS  
Company

Profitek Pipe Liner AS  
Kanalveien 107  
PO Box 6171  
NO-5892 Bergen  
Norway  
mob. (+47) 90 16 33 64  
Tlf: (+47) 55 59 69 00  
Fax: (+47) 55 59 69 01

## Application area

Potable Water PPL is used for trenchless rehabilitation of drinking water pipes. With different materials the product basically can also be used for sewer and industry applications with higher temperatures and several concentrations of chemicals. For more information please call Profitek Pipe Liner AS.

## Product description

Potable Water PPL Liner consists of a round-woven polyester fabric hose coated with a TPU foil. The fabric and the coating are both seamless and bonded together.

The product is manufactured in dimensions from diameter 80mm to 1200mm.

Liner wall thickness: 1.5 - 3mm

Total wall thickness: 2.6 mm

Length: up to 400m

Each liner is manufactured on specific order to maintain to fulfill customer's needs as good as possible.

## Installation

Rev. Procedure. The liner will be inverted with pressure from the drum and cured with steam.

**Material characteristics of Potable Water PPL – Epoxy Liner**

Polymer	Two component Epoxy
Textile	100% round-woven polyester multifilament
Foil	Extruded foil of TPU

**Table 1: Potable Water PPL Components**

Properties	Typical value	Ref. nr.
Approval Norwegian Institute of Public Health Onshore/Offshore	100%	10/2187-26/MIME/INST 10/2187-32/MIME/INST
Toxicological evaluations NIVA VOC, Smell and Taste	100% approved	2010/2837
Eurofins Analyze port	100%	Niva 2837.1
DNV - Pressure test DN 150 Ductil K9 20 Bar-60 min.	100%	DNV Ord.no. PP000310
IKM - Destructive test, spring pressure 16.5 Bar	100%	IKM Rev. nr. 282736-3
IKM – Vacuum test 0.9 Bar	100%	IKM Rev. nr. 282736
Nobi – crushing load Spring pressure test NS 3121/3139 ultimate/collapse load	100%	Nobi rev.5331
Epoxy Approval Norwegian Institute of Public Health Onshore/Offshore	100%	10/2187-26/MIME/INST 10/2187-32/MIME/INST
PPL AS - Technical Data Sheet/Epoxy	100%	TDS. 010.2010
PPL AS – Technical Data Sheet/Textile	100%	TDS 08.09.2010
Liner wall thickness	1.5 – 3mm	
Total wall thickness	2.6 mm	
Permissible deformation min.	0	

**Table 2: Typical values of Potable Water PPL-Liner.**



# Vedlegg 7

Profitek / Pipeliner vurdering fra FHI for kommunale drikkevannsledninger





Profitek Pipe Liner AS  
Rolf Wingsternes  
Kanalveien 107  
Postboks 6171  
5892 BERGEN

Vår ref: 10/2187-26/MIME/INST  
Dato: 16.12.2010

## **Helsemessig vurdering av epoksy tekstilforingen Potable Water PPL til rehabilitering av drikkevannsrør**

Vi viser til Deres e-post datert 10. november 2010 vedrørende helsemessig vurdering av epoksy tekstilforingen Potable Water PPL til rehabilitering av drikkevannsrør på land.

### *Generelt om toksikologisk vurdering/godkjenning av tilsetningsstoffer og materialer i kontakt med drikkevann*

Nasjonalt folkehelseinstitutt (Folkehelseinstituttet), Divisjon for miljømedisin, godkjenner kun tilsetningsstoffer og materialer som kommer i kontakt med drikkevann for bruk på innretninger/fartøyer som deltar i petroleumsvirksomheten (offshore) og er registrert i et nasjonalt skipsregister. Dette gjøres med hjemmel i petroleumsløven av 29.11.1996 (med forskrift av 31.08.2001) og sjødyktighetsloven av 09.06.1903 (med forskrift av 04.09.1987).

For vannforsyning på land gjelder Forskrift om vannforsyning og drikkevann av 01.01.2002. Tilsetningsstoffer som benyttes ved behandling av drikkevann på land skal være godkjente av Mattilsynet. Folkehelseinstituttet utfører helsemessige vurderinger av tilsetningsstoffer på oppdrag fra Mattilsynet. For materialer i kontakt med drikkevann på land er det ingen formell godkjenningsordning. Forskrift om vannforsyning og drikkevann setter imidlertid som krav at drikkevann ikke skal inneholde fysiske, kjemiske eller biologiske komponenter som kan medføre risiko for helseskade i vanlig bruk. Vannverkseier, eier av egen vannforsyning (brønn, systerne etc.) og produsenter av materialer som benyttes i kontakt med drikkevann er derfor ansvarlige for at komponenter i slike materialer ikke skal gjenfinnes i drikkevannet i konsentrasjoner som overstiger de største tillatte konsentrasjoner for slike stoffer i drikkevann, eller i konsentrasjoner som direkte eller indirekte kan medføre helseskade. Folkehelseinstituttet utfører imidlertid toksikologiske vurderinger av slike materialer som kommer i kontakt med drikkevann og næringsmidler på oppdrag fra produsenter, kommunale og statlige myndigheter og andre.

Det er produsentens og/eller importørens ansvar at produktene er produsert i henhold til god produksjonspraksis og at kvaliteten på produktene er god. Innholdet av urenheter i slike produkter skal være så lav som teknisk mulig. Migrasjon av komponenter direkte eller indirekte fra slike produkter til drikkevann eller andre næringsmidler skal ikke medføre en helserisiko.

## *Helsemessig vurdering av epoksy tekstilforingen Potable Water PPL til rehabilitering av drikkevannsrør*

Nasjonalt folkehelseinstitutt har foretatt en helsemessig vurdering av Potable Water PPL ut fra produktopplysningene fremlagt av Profitek Pipe Liner AS, og resultater av tester for TOC, lukt og smak utført på NIVA, og finner at produktet **er akseptabelt** brukt i drikkevannsrør på land. Denne vurderingen gjelder kun i kontakt med kaldt vann.

### **Forutsetninger for vurderingen er at:**

- **produktet er framstilt etter god produksjonspraksis**
- **produsentens instruksjoner for bruk av rørsystemet følges**
- **rørene rengjøres grundig etter rehabilitering med dette systemet før de tas i bruk til drikkevann**
- **produktet ikke påvirker drikkevannskvaliteten**


**Konklusjon: Nasjonalt folkehelseinstitutt finner at epoksy tekstilforingen Potable Water PPL er akseptabelt for bruk i rehabilitering av drikkevannsrør på land.**

Denne vurderingen er gitt ut fra de produktbeskrivelser som er gitt i søknaden og ut fra dagens kunnskapsgrunnlag. Ved en vesentlig endring av spesifikasjonene vil vurderingen automatisk falle bort og ny vurdering må søkes. Også dersom forutsetningene for vurderingen endres vesentlig vil denne kunne trekkes tilbake.

Vurderingen innebærer ingen garanti for produktenes tekniske egenskaper. Vi gjør derfor oppmerksom på at denne ikke må benyttes i markedsføringen på en måte som gir et slikt inntrykk, jfr. § 2 i lov om kontroll med markedsføring.

Kostnader for rådgivningstjenester, toksikologiske vurderinger av materialer eller kjemiske produkter for drikkevannssystemer på landbaserte anlegg og andre utredninger som vi utfører for oppdragsgivere, vil i forståelse med Helse- og omsorgsdepartementet bli belastet oppdragsgiver.

Vennlig hilsen



Helle Margrete Meltzer  
avdelingsdirektør



Inger-Lise Steffensen  
seniorforsker

# Vedlegg 8

Profitek / Pipeliner vurdering fra FHI for drikkevannsledninger offshore





Profitek Pipe Liner AS  
Rolf Wingsternes  
Kanalveien 107  
Postboks 6171  
5892 BERGEN

Vår ref: 10/2187-31/MIME/INST  
Dato: 02.02.2011

### **Godkjenning av epoksy tekstilforingen Potable Water PPL til rehabilitering av drikkevannsrør offshore**

Vi viser til Deres e-poster datert 10. november 2010 og 17. januar 2011 vedrørende godkjenning av epoksy tekstilforingen Potable Water PPL til rehabilitering av drikkevannsrør offshore.

#### *Generelt om toksikologisk vurdering/godkjenning av tilsetningsstoffer og materialer i kontakt med drikkevann*

Nasjonalt folkehelseinstitutt (Folkehelseinstituttet), Divisjon for miljømedisin, godkjenner kun tilsetningsstoffer og materialer som kommer i kontakt med drikkevann for bruk på innretninger/fartøyer som deltar i petroleumsvirksomheten (offshore) og er registrert i et nasjonalt skipsregister. Dette gjøres med hjemmel i petroleumsløven av 29.11.1996 (med forskrift av 31.08.2001) og sjødyktighetsloven av 09.06.1903 (med forskrift av 04.09.1987).

For vannforsyning på land gjelder Forskrift om vannforsyning og drikkevann av 01.01.2002. Tilsetningsstoffer som benyttes ved behandling av drikkevann på land skal være godkjente av Mattilsynet. Folkehelseinstituttet utfører helsemessige vurderinger av tilsetningsstoffer på oppdrag fra Mattilsynet. For materialer i kontakt med drikkevann på land er det ingen formell godkjenningsordning. Forskrift om vannforsyning og drikkevann setter imidlertid som krav at drikkevann ikke skal inneholde fysiske, kjemiske eller biologiske komponenter som kan medføre risiko for helseskade i vanlig bruk. Vannverkseier, eier av egen vannforsyning (brønn, systerne etc.) og produsenter av materialer som benyttes i kontakt med drikkevann er derfor ansvarlige for at komponenter i slike materialer ikke skal gjenfinnes i drikkevannet i konsentrasjoner som overstiger de største tillatte konsentrasjoner for slike stoffer i drikkevann, eller i konsentrasjoner som direkte eller indirekte kan medføre helseskade. Folkehelseinstituttet utfører imidlertid toksikologiske vurderinger av slike materialer som kommer i kontakt med drikkevann og næringsmidler på oppdrag fra produsenter, kommunale og statlige myndigheter og andre.

Det er produsentens og/eller importørens ansvar at produktene er produsert i henhold til god produksjonspraksis og at kvaliteten på produktene er god. Innholdet av urenheter i slike produkter skal være så lav som teknisk mulig. Migrasjon av komponenter direkte eller indirekte fra slike produkter til drikkevann eller andre næringsmidler skal ikke medføre en helserisiko.

*Godkjenning av epoksy tekstilforingen Potable Water PPL til rehabilitering av drikkevannsrør offshore*

Nasjonalt folkehelseinstitutt har foretatt en helsemessig vurdering av Potable Water PPL ut fra produktopplysningene fremlagt av Profitek Pipe Liner AS, og resultater av tester for TOC, lukt og smak utført på NIVA, og **godkjenner** produktet til bruk i drikkevannsrør offshore. Denne godkjenningen gjelder kun i kontakt med kaldt vann.

**Forutsetninger for godkjenningen er at:**

- **produktet er framstilt etter god produksjonspraksis**
- **produsentens instruksjoner for bruk av rørsystemet følges**
- **rørene rengjøres grundig etter rehabilitering med dette systemet før de tas i bruk til drikkevann**
- **produktet ikke påvirker drikkevannskvaliteten**

**Konklusjon: Nasjonalt folkehelseinstitutt godkjenner epoksy tekstilforingen Potable Water PPL til bruk i rehabilitering av drikkevannsrør offshore.**

Denne godkjenningen er gitt ut fra de produktbeskrivelser som er gitt i søknaden og ut fra dagens kunnskapsgrunnlag. Ved en vesentlig endring av spesifikasjonene vil godkjenningen automatisk falle bort og ny godkjenningen må søkes. Også dersom forutsetningene for godkjenningen endres vesentlig vil denne kunne trekkes tilbake.

Godkjenningen innebærer ingen garanti for produktenes tekniske egenskaper. Vi gjør derfor oppmerksom på at denne ikke må benyttes i markedsføringen på en måte som gir et slikt inntrykk, jfr. § 2 i lov om kontroll med markedsføring.

**Kostnader for utført arbeid med godkjenninger av vannbehandlingskjemikalier, materialer o.a. for drikkevannssystemer på norsk kontinentalsokkel vil i følge Arbeidsmiljølovens §18 bli belastet oppdragsgiver.**

Vennlig hilsen



Helle Margrete Meltzer  
avdelingsdirektør



Inger-Lise Steffensen  
seniorforsker

# Vedlegg 9

NIVA migrasjonstest





## Hovedkontor

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon: 22 18 51 00  
Telefax: 22 18 52 00  
Bankgiro: 5010 05 91828  
SWIFT: DNBANOKK  
Foretaksnr.: 855869942  
www.niva.no  
niva@niva.no

Profitek Pipe Liner AS  
Kanalveien 107  
P.B. 6171  
5892 BERGEN

*Deres referanse*  
Rolf Wingsternes

*Deres brev av*

*Vår referanse*  
J.nr. 2251/10  
S.nr. O 10002 31  
Rekv.nr.2010-2837

*Dato*  
14.02.2011

## Migrasjonstest av belegg

Testen er utført i henhold til BGVV: Kunststoffe im Lebensmittelverkehr. Empfwahlungen des Bundesinstitutes für gesundheitslichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin. Teil E. Gesundheitslichen Beurteilung von Kunststoffen und anderen nict-metallischen Verkehrstoffen im Ramen des Lebensmittel und Bedarfgegenstände Gesetzes für den Trinkwasser Bereich.

Prøven besto av en glassplate belagt med Potable Water PPL. Denne hadde et samlet overflateareal på 144 cm<sup>2</sup>. Prøven ble satt i 144 ml springvann, ettersom forholdet mellom arealet i cm<sup>2</sup> og volumet av vannet i ml skal være 1:1 for maling. En annen prøve ble plassert i 576 ml springvann, fordi volum : areal forholdet skal være 1 : 4 for malingprodukter. Etter tre døgn ble vannet skiftet ut med nytt springvann. Etter tre nye døgn gjentas denne prosessen, og etter ytterligere tre døgn (totalt tre ganger tre døgn fra start) ble den siste vannprøven tatt ut, og en delprøve av vannet ble tatt ut og analysert med hensyn på totalt organisk karbon (TOC). Resten av denne tredje vannprøven ble undersøkt med hensyn på lukt og smak. Springvann lagret i tre døgn i tilsvarende kar som utlakingen foregikk i, ble også analysert for å finne bakgrunns-konsetrasjonen av TOC.

Kravet er at økningen i organisk stoff målt som totalt organisk karbon ikke skal være større enn 2,5 mg/m<sup>2</sup> og døgn for 1:1 og 10 mg/m<sup>2</sup> og døgn for 1:4. Resultatene ved denne testen er sammenfattet i tabellen nedenfor.

Prøve merket	TOC, mg/l	mg/m <sup>2</sup> .d	Lukt	Smak
1, 1:4	4,2	< 0,3	-	-
2, 1:1	4,2	< 0,3	Normal	Normal
Springvann	4,5	-	-	-

I dette tilfelle ble det ikke påvist noen økning i konsentrasjonen av TOC. Ved lukt og smaks-testen ble resultatene akseptable.

Med vennlig hilsen  
NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Håvard Hovind  
Forsker  
Direkte linje 98 22 77 51  
E-Mail [hvh@niva.no](mailto:hvh@niva.no)

# Vedlegg 10

Eurofins analyserapport Profitek / Pipeliner PPL





NIVA  
Gaustadalleen 21  
0349 OSLO  
Attn: Rekvirent

Eurofins Norsk Miljøanalyse AS, avd.  
Stavanger  
F. reg. 965 141 618 MVA  
Sjøhagen 3  
NO-4016 Stavanger

Tlf: +47 69 00 52 00

AR-10-ML-004418-01



EUNOST-00030187

Prøvemottak: 02.12.2010  
Temperatur:  
Analyseperiode: 02.12.2010-08.12.2010  
Referanse: Niva 2837.1

## ANALYSERAPPORT

Prøvenr.: 436-2010-1202-032	Prøvetakingsdato: 29.11.2010
Prøvetype: Vann	Prøvetaker: Oppdragsgiver
Prøvemerkning: Niva 2837.1	Analysestartdato: 02.12.2010
Analyse	Resultat: Enhet: MU Metode: LOQ:
Lukt-kvalitativt i vann	
Lukt-kvalitativt	Normal EN 1822
Vannsensorikk smak	Normal Intern metode

Kopi til:

Karin Lang-Ree (Post)

Stavanger 08.12.2010

Ingunn Helgeland Maberg  
Analytiker Kvalitetskoordinator

Tegnforklaring:

\* (Ikke omfattet av akkrediteringen)

< :Mindre enn, > :Større enn, nd :Ikke påvist, MPN :Most Probable Number, cfu :Colony Forming Units, MU :Uncertainty of Measurement, LOQ :Kvantifiseringsgrense

Opplysninger om måleusikkerhet fås ved henvendelse til laboratoriet.

Rapporten må ikke gjengis, unntatt i sin helhet, uten laboratoriets skriftlige godkjenning. Resultatene gjelder kun for de(n) undersøkte prøven(e).

Side 1 av 1



# Vedlegg 11

IKM testrapport sprengtrykk Profitek / Pipeliner PPL







# TEST RAPPORT



**DOK NR: 1.3 Norsk**

**Kunde:** Navn Profitek pipe liner AS  
Adresse Kanalveien 107  
Postboks \_\_\_\_\_  
Postnummer og sted 5068 Bergen

Beskrivelse Destruktiv test  
Linje / Utstyr Nr. Potable Water PPL Liner, dobbel  
Referanse 40016 Tor Waage

Godkjenning metode: Kart X  
Manometer X  
Visuelt X Evt. 3 part

**JOBBS BESKRIVELSE:** Spoolpiece rigges, nedsenkes i vann for så å trykkes til sprengtrykk oppnås.

**KONKLUSJON:** Testen viser at lineren tåler 37 bar før epoxyen sprekker opp i så vesentelig grad at det er å regne som sprengtrykk.  
Lineren oppnådde ikke katastrofal feil, men ekspanderte kraftig ved 37 bar.

Vedlagt denne rapporten følger: Graf

Arkiv ref: 282736-2  
Dato: 11.04.2011

Prosjekt navn Profitek pipe liner  
Prosjekt nr. 282736

IKM Testing AS:

Utført av: Leif I. Langseth

Ansvarlig: Leif I. Langseth

Sign: IKM testing

Dato: 11.04.11

Sign: IKM testing

Dato: 11.04.11