



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2022 30 stp
Fakultet for realfag og teknologi

Bærekraftig vann- og avløpsprosjektering, et mulighetsstudie

Sustainable water and wastewater engineering, a
feasibility study

Vebjørn Løkensgard
Vann- og miljøteknikk

Forord

Denne masteroppgaven marker slutten på mine fem semestre i Vann- og miljøteknikk ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Avhandlingen står for 30 studiepoeng og er skrevet ved fakultetet for realfag og teknologi høsten 2022.

Masteroppgaven har vært en spennende, utfordrende og lærerik oppgave. Gjennom arbeidet har jeg fått tilegnet meg kunnskap om informasjonsinnsamling, intervjuer og se sammenhengen informasjon fra flere fagforeninger og personer er med på å skape fremtidens informasjon, veiledninger og forskrifter innenfor vann og avløps bransjen i Norge.

Oppgaven er skrevet i samarbeid med COWI og NMBU. Valget av tema for oppgaven ble påvirket av begge parters syn på fremtidens bransje og problemene som oppstår. Ved NMBU må jeg rette en stor takk til Ulf Rydningen som har stått på og hjulpet godt med informasjonsinnsamlingen og samt veiledet meg godt igjennom dette siste høstsemesteret. Hos COWI har Lene Grimsrud vært til stor hjelp, både under sommeren og gjennom høstsemesteret med god oppfølging. Videre har hun vært meget positiv og samarbeidsvillig underveis i arbeidet.

Sammendrag

Behovet for mer miljøvennlig og bærekraftig prosjektering innenfor anleggsbransjen er et faktum, og vann- og avløpssektoren er en stor del av den bransjen og trenger og utvikle seg med tiden. Nye regler for prosjekter settes på internasjonalt mål og FNs fronter utviklingen med sine målsetninger for fremtiden. Bransjen utvikler seg og arbeidet for å skape bedre løsninger er i full sving for å være med på å skape en bedre framtid.

Dette studie vil ta for seg grunnleggende hvilke løsninger som finnes og brukes i dag, samt hvordan bransjen ser på utviklingen og implementeringen av nye metoder innenfor klimatilpasning. Hva de forskjellige aktørene gjør innenfor sitt fagfelt for å levere bedre og mer bærekraftige produkter og løsninger.

Studiet bygger på to forskningsspørsmål for å studere problemstillingen nærmere:

- 1) Hvilke tiltak kan brukes for å senke klimapåkjenningen i norske VA-prosjekter.
- 2) Hvilke områder innenfor VA-prosjektering sees på som største pådrag innenfor klima.

Gjennom litteraturstudie og intervjuer er det opparbeidet data og grunnlag for å kunne besvare dette. Diskusjonen i oppgaven bygger på datagrunnlaget fra dette samt egne meninger og erfaringer opparbeidet under arbeidet med oppgaven.

Resultatene viser fordelene av bruken av nye metoder ovenfor tradisjonelle metoder ofte brukt i vann og avløpsbransjen. Studiet viser at arbeidet for bærekraft er stort og omfavner bransjen som en helhet. Selv om det kommer frem at arbeidet for bærekraft er stort er det problematisk å kunne utnytte de nye løsningene, metodene og produktene best mulig for enklere å vise og dokumentere bærekraften i prosjektene.

Abstract

The need for more environmentally friendly and sustainable engineering within the construction industry is a fact, and the water and sewage sector is a large part of that industry and needs and develops with time. New rules for projects are set on international targets and the UN fronts the development with its objectives for the future. The industry is developing and the work to create better solutions is in full swing to help create a better future.

This study will deal with the basics of which solutions exist and are used today, as well as how the industry views the development and implementation of new methods within climate adaptation. What the different actors do within their professional field to deliver better and more sustainable products and solutions.

The study is based on two research questions to study the issue in more detail:

- 1) What measures can be used to reduce climate stress in Norwegian VA projects.
- 2) Which areas within VA planning are seen as the biggest tasks within climate.

Through a literature study and interviews, data and a basis for being able to answer this have been compiled. The discussion in the thesis is based on the data base from this as well as own opinions and experiences gained during the work on the thesis.

The results show the advantage of the use of new methods over traditional methods often used in the water and wastewater industry. The study shows that the work for sustainability is extensive and embraces the industry as a whole. Even if it emerges that the work for sustainability is great, it is problematic to be able to make the best possible use of the new solutions, methods and products in order to more easily show and document the sustainability of the projects.

Figurliste

Figur 1 Prinsipielle påvirkningsmuligheter i byggeprosessen for å oppnå en mer bærekraftig prosjektering	2
Figur 2: Illustrasjonsbilde av VA-norm (Flugund, 2016)	4
Figur 3: Sammenheng mellom spenning og tøyning for elastisk og viskoelastisk, (Ødegaard, 2014, s. 377)	7
Figur 4: seigt støpejern med korrosjonsbeskyttelse. Foto: Brødrene Dahl	8
Figur 5: Illustrasjonsfoto av betongrør, hentet fra pixabay	9
Figur 6: Illustrasjonsbilde av glaserte keramiske rør. Funnet på: no.deborahnormansoprano.com	9
Figur 7: Illustrasjonsbilde av PE rør Foto: Ahlsell	10
Figur 8: Grøftetversnitt i 2 plan, VA-Norm Ålesund kommune	12
Figur 9: Grøftetversnitt i 3 plan, VA-Norm Ålesund kommune	13
Figur 10: Viser til Tabell 6, Skisse 1,2 og 3 er strukturelle metoder, skisse 4 er semistrukturell metode og skisse 5 er ikke-strukturelle metoder – VA Miljøblad 90	16
Figur 11. Rørtrykking skisse – VA Miljøblad 90	16
Figur 12: boring i løsmasser - VA Miljøblad 90	17
Figur 13: Nytt rør på kveil fra fabrikke - VA Miljøblad 90	17
Figur 14: Illustrasjon av nytt rør som innføres i gammelt rør under bakken – VA Miljøblad 90	18
Figur 15: Utblokking i praksis, nytt rør føres inn i grøfteåpning - VA Miljøblad 90	18
Figur 16: Utblokking – VA miljøblad 90	18
Figur 17: Hvordan Brå vinkler i ledninger håndteres - VA Miljøblad 90	19
Figur 18: Skisse av strømpereovering - VA Miljøblad 90	19
Figur 19: Tettisluttet rør, utforming ved innføring - VA Miljøblad 90	19
Figur 20: Tettisluttet rør, etter tilføring av varme og trykk går røret tilbake til opprinnelig str. - VA Miljøblad 90	20
Figur 21: Påføring av belegg i ferdig vasket rør - VA Miljøblad 90	20
Figur 22: Maksimal avstander varierende med rørdiameter England. (Sewers Automatic Adoption Implementation Team, 2011)	23
Figur 23: Viser avstander mellom kummer i Louisiana (Sobrinho, 2018, s. 30)	24
Figur 24: Maksimal tillatte avstander for kummer med korresponderende ledningsdiameter. (dallas water utilities city of dallas, 2015, s. 160)	24
Figur 25: Represetasjon av de forskjellige trinnene i tre-trinns strategien. Bildet hentet fra (Paus, 2018)	26
Figur 26: Diagram som viser fordelingen av vannmasser på de forskjellige tiltakene ved et normalt årsnedbør og ett ekstremnedbør med klimafaktor. Hentet fra (Paus, 2018)	27
Figur 27: Illustrasjonsbilde av "vugge til grav". hentet fra (LCA.no, 2022)	28
Figur 28: Inkluderende systemgrenser i EPD på standardform EN 15804. (LCA.no, 2022) ..	29
Figur 29: Eksisterende forhold boliggate	44

Figur 30: Eksisterende forhold - Tre rør med seperatsystem	44
Figur 31: Viser valg av metode og materiale for utskiftning	45
Figur 32: Resultatene for tradisjonell metode og utblokkning.....	45

Tabell liste

Tabell 1: Egenskaper til materialer i ledningsnett (Ødegaard, 2014, s. 378).....	8
Tabell 2: Styrende nedbrytningsegenskaper for ulike materialtyper (Ødegaard, 2014, s. 384).....	11
Tabell 3: Rørdiametere og avstand mellom rør og grøfteside. VA-Norm Ålesund kommune	14
Tabell 4: Fundament i grunn av grøft for VA ledninger, VA-Norm Ålesund kommune	14
Tabell 5:.....	14
Tabell 6: Oversikt over renoveringsmetoder for vann og avløpsledninger (Ødegaard, 2014, s. 402).....	15
Tabell 7: Klassifisering av NoDig-metoder etter rørstyrke, (Ødegaard, 2014, s. 402).....	16
Tabell 8: Forskjellige tilfeller der NoDig og graving vurderes – Hentet fra VA Miljøblad 90 (Asplan Viak As. 2009).....	21
Tabell 9: Tabell med materialre, deklarasjonsmetode og utslipp CO2	36
Tabell 10: Rør materialer med trykk, diameter, grunnforhold, belastninger og om undervannsledninger (VA Miljø Blad, 2010).....	36
Tabell 11: Materialtype med egnethet for terreng, no-dig, miljø, trase og løsmasser (VA Miljø Blad, 2010).....	37
Tabell 12: Rørmateriale meg egnethet for temperatur, grunnforhold, slagbestandighet, anleggsteknisk og rystelser og vibrasjoner (VA Miljø Blad, 2010).....	37
Tabell 13: Tabell viser de lokale bestemmelsene for valgte kommuner i Norge, bestemmelsene er hentet fra de tilhørende VA-Normene til kommunene gjennom VA-norm.no	39
Tabell 14: Krav til tykkelser, materialvalg og utførelse av fundament for rørledninger. Hentet fra (Vegvesen, 2022)	47
Tabell 15: Krav til materialer og utførelse for sidefylling/beskyttelseslag til rørledninger (stikkledninger og overvannsledninger) (Vegvesen, 2022)	48
Tabell 16: Kornstørrelse for fundamentmasser (Norsk Vann, 2016).....	48
Tabell 17: Største kornstørrelse for masser til sidefylling/beskyttelseslag (kilde: NS 3420-FS3.1/NS-ENV 1046), tilpassede størrelser (Norsk Vann, 2016).....	48

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
Figurliste	IV
Tabell liste	V
Innholdsfortegnelse	VI
1 Innledning	1
1.1 Formål	2
1.2 Problemstilling	3
1.3 Avgrensninger	3
2 Bakgrunn	4
2.1 VA-norm	4
2.2 BREEAM	5
2.3 Bærekrafts fokus	6
2.4 Materialtyper	6
2.4.1 Elastisk og viskoelastisk	6
2.4.2 Viskoelastiske materialer	7
2.4.3 Støpejernsrør	8
2.4.4 Betongrør	9
2.4.5 Keramiske rør	9
2.4.6 Termoplast	10
2.4.7 Nedbrytning av ledninger	10
2.5 Grøfter	11
2.5.1 Grøftetverrsnitt	12
2.5.2 Åpne grøfter	15
2.6 NoDig	15
2.6.1 Rørtrykking	16
2.6.2 Boring i løsmasser	17
2.6.3 Boring i fjell	17
2.6.4 Relining – rørinnføring	17
2.6.5 Utblokking	18
2.6.6 Strømprerovering	19

2.6.7	Tetttilsluttet rør	19
2.6.8	Belegg	20
2.7	Sammenligning NoDig og åpen grøft	21
2.8	Kummer	21
2.8.1	Kumtegninger	22
2.8.2	Tilknytning av stikkledninger/avgrening på kommunal vannledning	22
2.8.3	Avstander mellom vannkummer	22
2.8.4	Avløpskummer	23
2.8.5	Kum avstander utlandet	23
2.8.6	Prefabrikkerte kummer	25
2.9	Overvann	25
2.9.1	LOD	26
2.10	LCA og EPD	28
3	Metode	30
3.1	Forskningsmetode	30
3.2	Litteraturgjennomgang	30
3.3	Intervju	31
3.3.1	Forberedelse	31
3.3.2	Valg av informanter	31
3.3.3	Intervjuets struktur og gjennomføring	32
3.3.4	Validitet	32
3.3.5	Etterarbeid	33
4	Resultater	34
4.1	Konservativ bransje	34
4.2	LCA og EPD	34
4.3	Materialer	35
4.4	Kummer	39
4.3.1	Drikkevannskummer	42
4.3.2	Spillvanns- og overvannskummer	43
4.5	Bruk av gravefire løsninger	44
4.6	Bærekraftige anleggsplasser	46
4.7	Gjenbruk	47
5	Diskusjon	50
5.1	Grunnlag	50
5.2	Bærekrafts behov	50

5.3	Innovasjon	51
5.4	Miljødeklarasjoner	52
5.5	Materialer	53
5.6	Kummer	53
5.6.1	Plast mot betong	54
5.7	Anleggsmetoder	55
5.7.1	Gravefrie løsninger	56
5.7.2	Overvann	56
5.7.3	Masser	57
5.8	Refleksjon rundt problemstilling og forskningsspørsmål	57
5.9	Diskusjon av metode	58
6	Konklusjon	60
6.1	Forslag for videre arbeid	61
	Referanseliste	62
	Vedlegg	66
	Vedlegg 1 – Intervjuguide	66

1 Innledning

I dagens samfunn der energiforbruk, forurensning, bærekraft og grønn energi er vanlige temaer, kommer ofte byggenæringen ut som miljøverstinger på klimaregnskapene (Asplan Viak , 2019). Ved å legge ett større fokus på nye metoder (ref. Tabell 8) for å utføre normale arbeidsoppgaver og ta i bruk nye produkter, kan byggebransjen være med på å fremme det grønne skiftet ved å tilrettelegge byggverkene og byggeplassene for fremtiden og fremtidens behov. Dersom miljø regnestykket, og den økonomiske byrden fra prosjekter kan senkes ved implementering av nye metoder og løsninger vil alle vinne, prosjekteier, forbrukeren og miljøet.

I alle deler av byggebransjen blir det sett mere og mere på det grønne skiftet og effekten av reduksjon av klimagasser under hele tidsløpet for prosjektet. Alt fra planlegging, utførelse og drift har punkter som kan effektiviseres økonomisk og miljømessig. Ved et konkret fokus på mer miljøvennlige anleggsmetoder og produkter vil dette være med på å senke klimaavtrykket til konstruksjonene som bygges og samtidig være med på å senke kostnadene som forekommer med prosjektene. Ved større fokus og implementering av grønnere løsninger og produkter vil prisen for tjenestene videre senkes underveis med kunnskap og erfaringen i bruken av dette økes. Innenfor VA faget er det mye å hente med nye miljøvennlige produkter og løsninger. Løsninger til dette kan være større gjenbruk av masser, bruk av stedlige masser, reduksjon av kummer i nye prosjekter, nullutslipps byggeplasser og gravefrie løsninger. Bærekraft kan påvirkes på flere nivåer av byggeprosessen. Figur 1 viser at for å få til et mer bærekraftig utbyggingsprosjekt, så kan det stilles krav om mer bærekraftige løsninger i alt fra de kommunale normene, til prosjekterte løsninger, og videre til anleggsutførelsen.



Figur 1 Prinsipielle påvirkningsmuligheter i byggeprosessen for å oppnå en mer bærekraftig prosjektering

Bygg-, anleggs- og eiendomssektoren i Norge står for 16 % av Norges totale klimagassutslipp (Grønn Byggallianse, 2022). Grønn Byggallianse viser til en reduksjon på 40-50 % i klimagassene innenfor næringen er mulig dersom alle norske byggherrer stiller krav om bruk av lavutslippsmaterialer og utslippsfri byggeplasser. Denne reduksjonen vil tilsvare en årlig reduksjon av klimagasser på 4,7 – 5,9 millioner tonn, som tilsvarer det årlige utslippet for en bilpark på 2,14 – 2,68 millioner. (Asplan Viak , 2019) Dette tilsvarer årlig Norges totale bilpark på 2,3 millioner biler. Dette viser at miljøgevinsten ved et fokus på bærekraft innenfor bygg- og anleggsbransjen vil gi et markant resultat for klimaregnskapet i næringen for Norge.

1.1 Formål

Historisk sett blir den norske VA sektoren sett på som konservativ (Byggfakta, 2013) (VA forum, 20017) og har vært dårlig på utvikling og implementering av nye metoder og teknologi, men de siste årene har arbeidet for å forbedre og fornye sektoren sett dage i bransjen. I denne oppgaven vil det sees på allerede brukte metoder, løsninger og produkter, men i ny utførelse. NoDig og mere miljøvennlige metoder og produkter blir allerede brukt mere og mere i flere rehabiliteringsprosjekter og nyanlegg. Med denne oppgaven vil samkjøring av eksisterende metoder og nytt fokus på miljø være med på å endre kommuner og VA-bransjen sitt syn på de konservative løsningene som i dag preger bransjen. Ved å fremlegge løsninger som

utfordrer forskriftene, men opprettholder kravene satt i lovverket er det mulig å få en mer bærekraftig prosjektering og utførelse av Vann og avløpsprosjekter som også er mer økonomisk gunstige enn dagens prosjekter.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen for denne oppgaven er å se på nye løsninger og utnyttelser av dagens allerede etablerte standarder i VA sektoren. Ved å bruke samme produkter, men med andre fremgangsmåten disse blir brukt i bransjen og kombinere bruken av forskjellige løsninger. Ved en endring av fremgangsmåten og utførelse vil de sees på hva utslag dette vil gjøre på miljøaspektet og økonomien i fremtidige prosjekter.

Spørsmålene som blir forsket på er:

- 1) Hvilke tiltak kan brukes for å senke klimapåkjenningen i norske VA-prosjekter?
- 2) Hvilke området innenfor VA-prosjektering sees på som største pådrag innenfor klima?

1.3 Avgrensninger

Følgende avgrensninger er gjort, for å vurdere er mer bærekraftig prosjektering av VA-anlegg:

- Studiet vil holde seg innenfor standard grøfteutforminger og benyttelse av gravefrie løsninger for legging av VA-ledninger.
- Avstander mellom kummer og nødvendigheten av kum plasseringer.
- Det vil ses på miljø- og økonomiske endringer som følge av endret utførelse fra dagens bransjestandard.
- Hvilke deler av bransjen jobber for bærekraft.
- Det vil sees på hvilken sektor innenfor VA-prosjektering som vil fremme det økonomiske og bærekraftige spekteret best for fremtiden.

Hvert temaområde kan studeres forskes videre på og være egne avhandlinger, men denne oppgaven vil se på helhetlig endring og gjøre en overordnet vurdering.

2 Bakgrunn

2.1 VA-norm

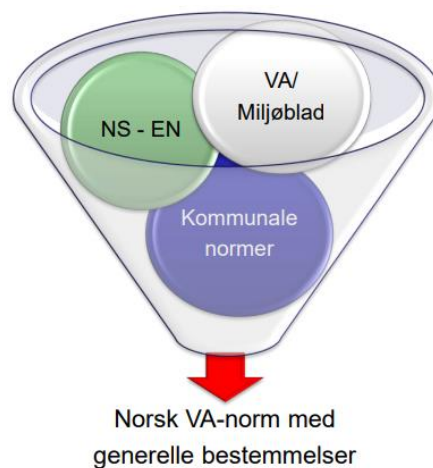
VA-normen er normen norske kommuner bruker som anføring for sine retningslinjer for bygging, vedlikehold og andre VA relaterte prosjekter i Norge. VA-normen inneholder bestemmelser og utførelser for det kommunale ledningsnett og løsninger. (Flugund, 2016) VA-normen er laget av Norsk Vann som er en samarbeidsorganisasjon. Hver kommune skal følge normen, men kan om ønskelig gjøre egne bestemmelser og lokale tilpasninger for punktene i normen. Dette kan være da utførelse kan være vanskelig, eller at kommunen selv mener at kravene er for strenge eller for milde, og gjør så endringer ut fra dette. Normen er laget utfra lovene som gjelder i Norge og EU og er derfor vanskelig å unnvike fra dersom begrunnelsen ikke er brukbart dokumentert.

For de generelle lovbestemmelsene i normen er Plan- og bygningsloven, tekniske forskrifter, Forskrift om byggesak, og Forskrift om sikkerhet, helse og arbeidsmiljø på bygge- og anleggsplasser «Byggherreforskriften» brukt.

Norsk VA-normer blir bygd opp etter veiledninger fra NS- EN, VA/ miljøblad og kommunale normer. Normen fungere som en kommunalteknisk mal med generelle bestemmelser som utgjør en egen VA-norm. (Flugund, 2016) Dersom kommune ønsker eller trenger har de muligheter til å legge ut lokale bestemmelser som erstatter eller som tillegg til de generelle bestemmelsene. (Flugund, 2016)

Strukturen for normene er standardisert med en samling av 8 kapitler, som hver inneholder delkapitler.

- Kap. 1. Hjemmelsdokumenter (lover og forskrifter)
- Kap. 2. Funksjonskrav
- Kap. 3. Prosjektdokumentasjon



Figur 2: Illustrasjonsbilde av VA-norm (Flugund, 2016)

- Kap. 4. Grøfter og ledningsutførelse
- Kap. 5. Transportsystem – vannforsyning
- Kap. 6. Transportsystem – spillvann
- Kap. 7. Transportsystem – overvann
- Kap. 8. Transportsystem – avløp felles

Listen er hentet fra presentasjonen «Mal for kommunaltekniske VA-normer. (Norsk VA-norm) skrevet av Kjetil Fluglund for VA/Miljø-blad.

I denne masteroppgaven er hovedsakelig VA-normen for Ringerike kommune brukt, da caseområdet ligger i Hønefoss.

2.2 BREEAM

Breem er et bevisbasert system for dokumentasjon av bærekraftsmål og -arbeid i samferdsel og byggeprosjekter. Systemet er eid av BRE Group og er laget for å håndtere bransjens hovedproblemer innenfor klimaendringer, karbonutslipp og bærekraft. Internasjonale standarder og innovasjonsprosjekter har vært med på å bygge opp systemet.

Før var det CEEQUAL som kjørte det samme systemet innenfor infrastruktur og vannprosjekter, mens nå hele byggfaget under BREEAM, der VA går under BREEAM Infrastruktur.

Bruken av BREEAM vil være et hjelpemiddel for å utføre prosjektene på en mest bærekraftig måte ved at hvert ledd i hele prosjektfasen blir poengvurdert. Jo høyere samlet poengscore ved ferdig prosjekt vil vise til optimalisering av klimascore til prosjektet. Scoren som blir gitt er med på å miljøsertifisere prosjektet og vil da fungere som et mål for fremtidige prosjekter å sammenligne seg med.

I prosjekter vil det bli gitt poeng ut ifra om løsninger er nevnt i planleggingsfasen, utført i byggeprosessen og om utførelsen har vært riktig så tiltakene gir ønsket resultat (BRE Group, 2022).

2.3 Bærekrafts fokus

FN har fremlagt 17 bærekraftsmål som en arbeidsplan for å utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030 (FN, 2022). Av de 17 målene er 6 mål tett knyttet til infrastruktur og vann- og avløpssektoren.

- 3. God helse og livskvalitet
- 6. Rent vann og gode sanitærforhold
- 9. industri, innovasjon og infrastruktur
- 11. Bærekraftige byer og lokalsamfunn
- 12. Ansvarlig forbruk og produksjon
- 13. Stoppe klimaendringene

(FN, 2022)

Med et fokus på bærekraftsmålene gjennom produksjon, bruk og utførelse innenfor VA sektoren vil det skape en positiv vekst og verdi. Dette temaet vil bli diskutert videre i kapittel 5.2.

2.4 Materialtyper

Ulike materialtyper har ulike egenskaper, som kan være viktig å tenke over med hvilke ledningstyper man skal bytte ut, og hva man skal legge når fornyelsen først skal gjennomføres. De mekaniske egenskapene til rørmaterialet kan deles inn i to kategorier:

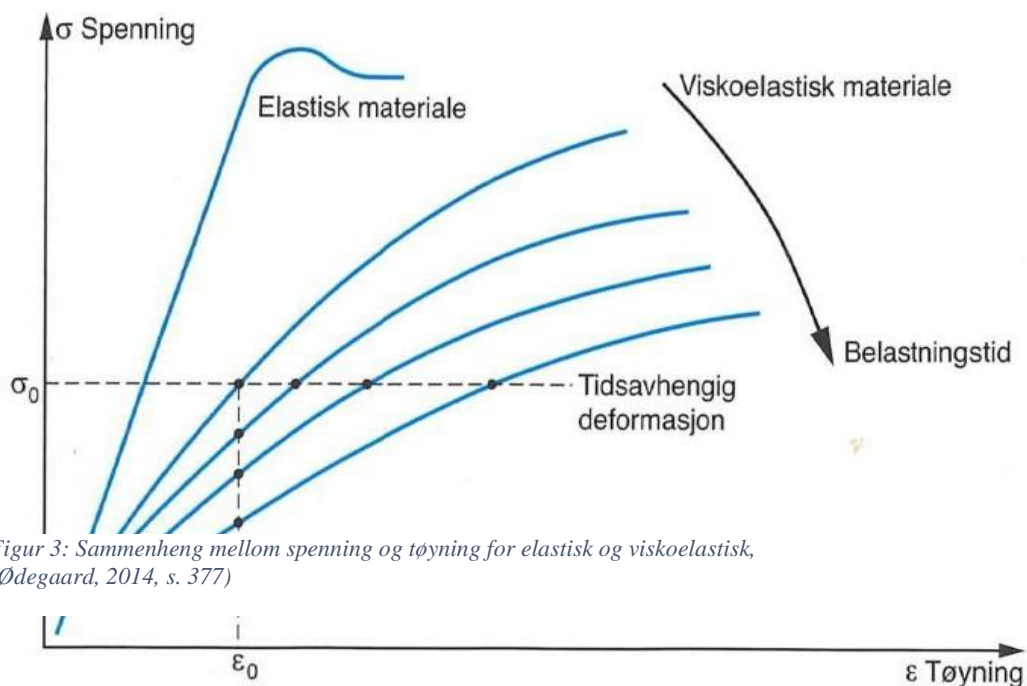
- Elastisk og viskoelastisk
- Seig og sprø

(Løkensgard & Herfindal, 2019)

2.4.1 Elastisk og viskoelastisk

Elastiske materialer har en entydig sammenheng mellom spenning og tøyning, det betyr at det er en lineær deformasjon ved spenningen og tøyningen som oppstår. Stål og støpejern er eksempler på elastiske materialer. Denne elastisiteten blir bestemt av elastisitetsmodulen, E , som blir oppgitt i MPa . (Ødegaard, 2014, s. 377)

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$



Figur 3: Sammenheng mellom spenning og tøyning for elastisk og viskoelastisk, (Ødegaard, 2014, s. 377)

2.4.2 Viskoelastiske materialer

Denne type materialer vil øke deformasjonen, over tid ved konstant belastning. Dette innebærer at man vil få en setning av selve røret, avhengig av hvilke gjenfyllingsmasser som blir benyttet. Spenningen i rørveggen vil avta noe over tid om tøyningen holdes konstant (relaksasjon).

Termoplaster (PVC, PE, PP) er de rørmaterialene som er viskoelastiske. Med disse materialene vil E-modulen avta med belastningstiden og man benytter to typer E-moduler. Den første er en korttids E-modul for å avklare hvordan ledningen skal oppføre seg ved belastninger den første tiden etter anlegget er ferdigstilt. Den andre er en langtids E-modul som er beregnet ut ifra akselererte forsøk der 50 års belastningstid er tatt høyde for. For fleksible ledningsmaterialer er ringstivheten en viktig parameter for beskrivelse av styrke,

denne er definert ved formel under:

Formel 1: Ringstivhet for utvalgte rør

$$S = \frac{E}{12} * \left(\frac{s}{D}\right)^3 \text{ MPa}$$

SDR er forholdet mellom utvendig diameter og veggtykkelse, brukes ofte som mål for materialets styrke, og ringstivheten er da også bestemt. (Ødegaard, 2014, s. 377) (Løkensgard & Herfindal, 2019)

Tabell 1: Egenskaper til materialer i ledningsnett (Ødegaard, 2014, s. 378)

Egenskaper	Eksempler
Tekniske	Korrosjonsbestandighet, motstand mot slitasje, statiske og dynamiske lastforhold (det brukes mer robuste rør når lastene er store og konsekvensene ved feil er store). Omliggende massers kjemiske og fysiske egenskaper, spesielt ved dårlige masser som myr eller ved legging under grunnvannsstanden. Evt. trykk og/eller undertrykk, spesielt for trykkledninger. Styrke og fleksibilitet. Evne til å motstå endringer i last (for eksempel på grunn av endringer i grunnvannsnivå eller endringer i jordlast på grunn av erosjon). Brennbarhet
Anlegg og drift	Rutiner for lossing, mottakskontroll og lagring. Nødvendig utstyr for installasjon. Transport og legging, og motstand mot påkjenninger under disse operasjonene. Vekt og håndterbarhet. Reparasjon, drift og vedlikehold (for eksempel hvor godt et materiale tåler høytrykksspyling). God tilgang på deler, kompatibilitet med eksisterende løsninger. Skjøtemetoder. System for senere tilkobling av stikkledninger (mange feil på ledningsnettet er knyttet til dårlige utførte tilkoblinger av stikk både ved tilkobling ved nyanlegg, men også ved senere tilkoblinger).
Kvalitet og pris	Helhetsvurdering av kvalitet som inkluderer alle komponenter (ikke bare rør). Økonomiske forhold og pris, både på kort og lang sikt. Tilgjengelighet. Leveringssikkerhet. Dokumentasjon og leggeanvisninger. Sertifisering av rørprodukter.
Vannføringskapasitet	Hydrauliske egenskaper i nytt rør. Utvikling av hydrauliske egenskaper over tid (pga. slitasje, nedbrytning mm).

2.4.3 Støpejernsrør

Korrosjons beskyttet duktilt støpejern er et av de vanligste materialene for vannforsyningsnettet i Norge. Materialet er svært sterkt og brukes mye der store trykk er til stede. Det har en høy E-modul på $1,7 * 10^6$ MPA.

Grått støpejern var i bruk fra 1890 til 19070 i Norge og er ett sprøtt materiale som relativt ofte går til brudd. I dag bruker man seigt støpejern med korrosjonsbeskyttelse, innvendig beskyttelse er sementmørtel og utvendig med et belegg av sinkaluminium og epoksy. (Ødegaard, 2014, s. 379) (Løkensgard & Herfindal, 2019)



Figur 4: seigt støpejern med korrosjonsbeskyttelse. Foto: Brødrene Dahl

2.4.4 Betongrør

Betong er det historisk mest anvendte rørmaterialet for avløpsnettet. Det er i dag det mest anvendte materialet for større diametere (over 400-600mm), men vanlig også for mindre diametere.

Betongrørene produseres vanligvis uten armering opp til 600mm, og med armering fra 600mm og oppover.

I store dimensjoner (over 1200mm), leveres de normalt med asymmetrisk armering for bedre å ta opp kreftene fra ytre laster. Den mest vanlige utformingen er sirkulær betongrør, men i enkelte dimensjoner finnes det eggformende rør som har bedre hydraulisk funksjonsevne (bedre selvrens ved små vannføringer) (Ødegaard, 2014, s. 379) (Løkensgard & Herfindal, 2019)



Figur 5: Illustrasjonsfoto av betongrør, hentet fra pixabay

2.4.5 Keramiske rør

Keramer er et rørmateriale som tidligere var mye brukt i Norge, men som det ikke legges spesielt mye av i dag. Røret produseres ved at det formes av leire som så brennes i flere omganger (samme som murstein). Hvor man ved siste omgang gir det en glasert overflate. (Ødegaard, 2014, s. 380)



Figur 6: Illustrasjonsbilde av glaserte keramiske rør. Funnet på: no.deborahnormansoprano.com

2.4.6 Termoplast

PE (Polyetylenrør) er et robust rørmateriale som er svært mye brukt i Norge og internasjonalt, særlig for vannledninger og trykkledninger for avløp. Materialet kan sveises sammen i lange lengder og er derfor det mest vanlige materialet til undervannsledninger.



Figur 7: Illustrasjonsbilde av PE rør Foto: Ahlsell

PE blir tilsatt ulike stoffer for å få de ønskede egenskapene som trengs. Rørene er også egnet for temperatur opp til 40-50 grader og er det materialet som under normale belastninger som er mest motstandsdyktig mot slitasje.

PVC (Polyvinylkloridrør) er også en termoplast som brukes på lik linje med PE svært mye i Norge og internasjonalt. Legging av PVC er et sårbart område da det kreves korrekt komprimering. PVC kan også være utsatt for slagskader ved lav temperatur.

PP (Polypropylenrør) er en termoplast som brukes for avløpsrør, og kan sammenlignes med PVC, men har enkelte egenskaper som ligger nærmere PE. Sammenlignet med PE er PP sterkere og noe stivere, og har en fordel at den tåler varme bedre (opp til ca. 60 grader celsius).

GRP (Glassfiberarmert herdeplastrør) brukes mye til overføringsledninger for vannforsyning, mye på grunn av de er økonomisk konkurransedyktige for store dimensjoner. Rørene blir også benyttet til avløpsledninger i store dimensjoner (over 300mm). Rørene blir bygget opp som to rør med et mellomliggende sjikt som kan være fylt med sand. (Ødegaard, 2014, pp. 380–383)

De ulike termoplast rør typene blir benyttet der miljøet, lengder, krav til setninger mm. imøtekommer de kravene hver enkelt type termoplast innehar. Det er dermed viktig å vite disse parameterne før man legger røret slik at sprekker / skader ikke oppstår i løpet av rørets levetid. (Løkensgard & Herfindal, 2019)

2.4.7 Nedbrytning av ledninger

Det er flere typer fysisk/kjemiske/mekaniske prosesser som kan bryte ned ledninger, og er kort beskrevet i Tabell 2. Moderne materialer er langt mindre utsatt for disse type prosessene da de har undergått en kontinuerlig utvikling for å redusere dette. (Løkensgard & Herfindal, 2019)

Tabell 2: Styrende nedbrytningsegenskaper for ulike materialtyper (Ødegaard, 2014, s. 384)

Materiale	Nedbrytningsmekanisme	Styrende material-egenskap	Kommentar
Betong, uarmert	Kjemisk nedbrytning	Porøsitet	Porøsitet, har sammenheng med produksjonsmetode
Betong, armert	Kjemisk nedbrytning (armeringskorrosjon)	Porøsitet overdekning	Mange eldre ledninger har for liten opprinnelig armeringsoverdekning
Grått støpejern	Sprekkvekst, korrosjon	Bruddseighet	
Keramiske rør	Sprekkvekst	Bruddseighet	
Glassfiberarmert polyester	Sprekkvekst		Skaden kan opptre innvendig ved utvendig støtbelastning
PP-selvfallsrør	Deformasjon	E-modul, slankhet	
PVC, trykkløst	Deformasjon	E-modul, slankhet	
PVC, trykkør	Sprekkvekst	Bruddseighet	Førstegenerasjonsrør har lavere bruddseighet enn nyere rør
PE-rør for rehabilitering	Sprekkvekst	Riss på røroverflate (> 10% av veggtykkelse)	
PE-trykkør for vann eller avløp	Sprekkvekst	Riss på røroverflate (> 10% av veggtykkelse)	
Seigt støpejern	Korrosjon, gjennomtæring	Korrosjonsbeskyttelse	Rør lagt 1960 – 1970 utsatt for korrosjon

Lekkasjer for vannledninger kan føre til utvasking og erosjon slik at fundamenteringsmasser vil renne bort, dette vil igjen føre til skade på infrastruktur og veier. (Løkensgard & Herfindal, 2019)

2.5 Grøfter

For grøfter er den generelle bestemmelsen i VA normer:

Grøfter og ledningsanlegg skal planlegges og utføres slik at de tilfredsstillende gjeldende tetthetskrav i hele sin planlagte levetid. Materialbruk og utførelse skal være slik at det ikke fører til uakseptabel forringelse av kvaliteten på drikkevannet eller svikt i effektiv transport av drikkevann, avløpsvann og overvann.

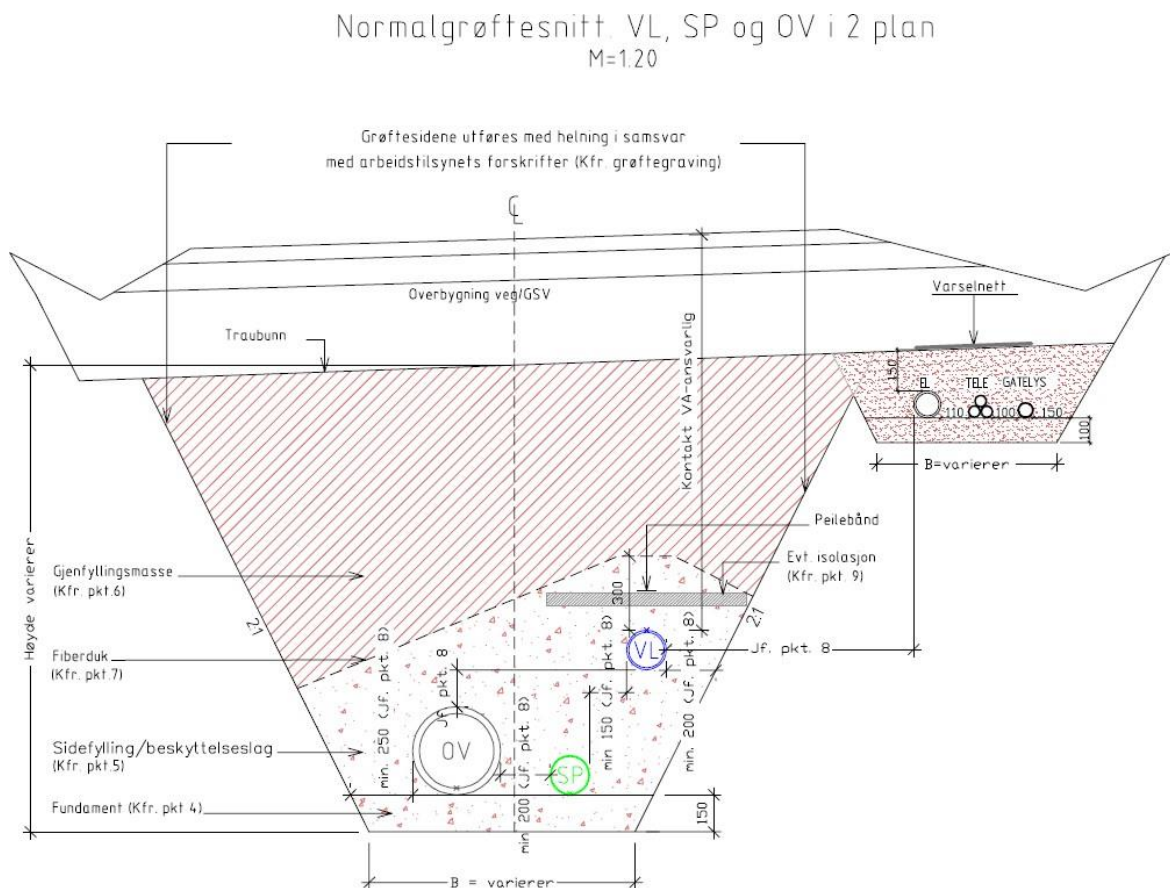
Produkter og materialer som benyttes i vann- og avløpsanlegg, skal ha slike egenskaper at bestemmelsene i plan og bygningslover og de tekniske kravene i forskriften tilfredsstilles. (Ringerike, 2022)

2.5.1 Grøftetverrsnitt

Ved åpne grøfter stilles det flere krav for utformingen av grøftetverrsnittet til grøften. Kravene er forskjellige fra kommune til kommune med det ligger generelle bestemmelser til grunne i alle.

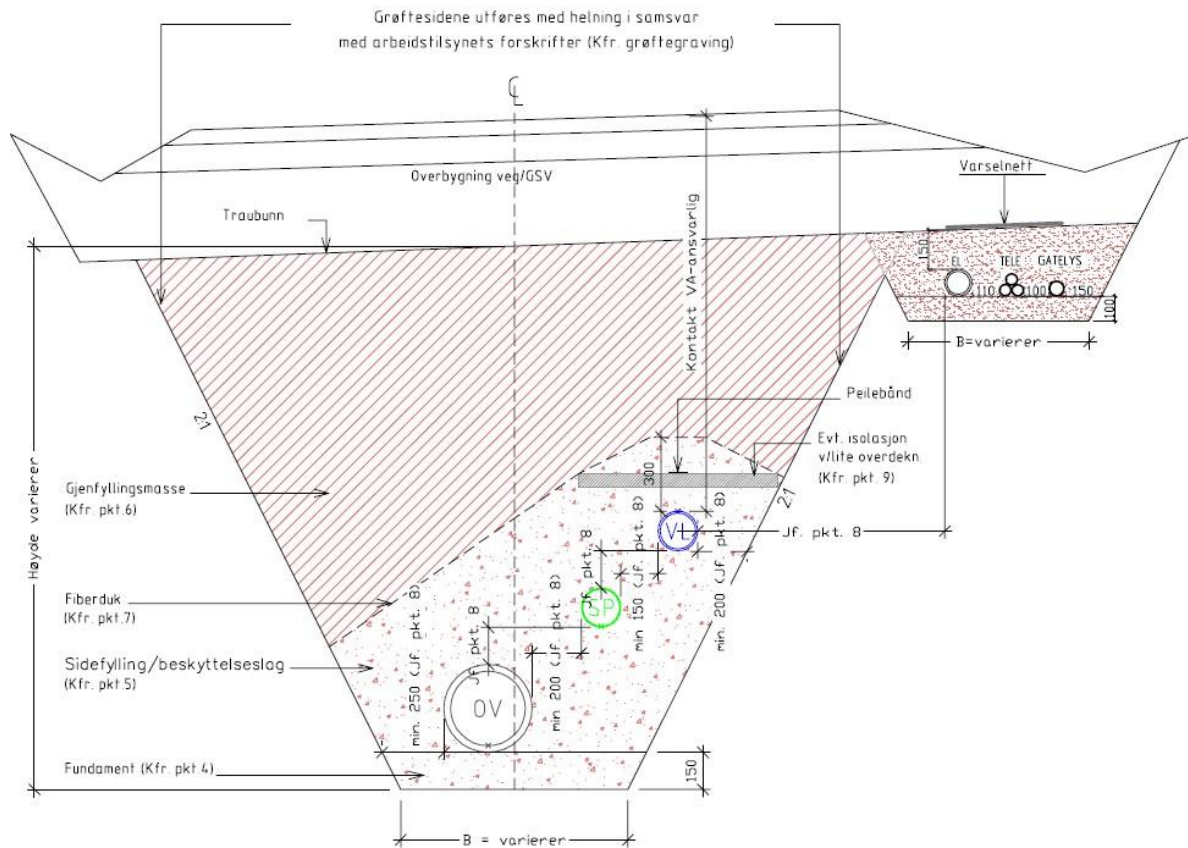
I kapittel 3.7 Grøftetverrsnitt i VA-normene er den generelle bestemmelsen:

Skal vise geometrisk utforming av grøften, ledningenes innbyrdes plassering, krav til ledningsfundamentering, sidefyll, beskyttelseslag og tilbakefyllingsmasser. (Ringerike, 2022). Mer detaljerte krav kan forekomme i VA-Normene eller evt. vedlegg kommuner har lagt ved for de lokale bestemmelsene. Gode og nøyaktige krav for hvordan dokumentasjonen og utførelse av grøfter skal utføres hjelper entreprenører og rødgivere for å mer effektivt og nøyaktig lage gode og sikre løsninger for kommunene.



Figur 8: Grøftetverrsnitt i 2 plan, VA-Norm Ålesund kommune

Alt. normalgrøftesnitt VL, SP og OV i 3 plan
M=1:20



Figur 9: Grøftetversnitt i 3 plan, VA-Norm Ålesund kommune

Figur 8 og Figur 9 over viser to grøftetversnitt tatt fra vedlegg A2 og A3 tilhørende Ålesund sin VA-Norm. De viser utformingen som kommunen har satt for hvordan en grøft skal se ut for hovedledninger til vann og avløp. Figurene over viser grøfteutførelse for rør med en diameter opptil 700mm. Tverrsnittene viser et separatsystem der overvann og spillvann er separert og ligger på et annet nivå fra vannledningen. Dybdeforskjellen mellom vannledning og avløpsledning er for å forhindre forurensing av drikkevannet ved en eventuell lekkasje i avløpsledningen dersom det også er undertrykk i vannledningen. Figur 19 viser til et grøftetversnitt i to plan der overvann og spillvann ligger på samme plan nederst i grøften med 150mm avstand fra grøftebunn. Videre ligger drikkevanns ledningen i en minsteavstand fra overvannsledningen der avstanden er satt i forhold til diameteren til overvannsledningen.

Tabell 3: Rørdiametere og avstand mellom rør og grøfteside. VA-Norm Ålesund kommune

Rørdiameter	Minste horisontale avstand til grøfteside	Minste horisontale avstand mellom rør
DN < 225	200	150
225 < DN < 350	250	200
350 < DN < 700	350	250

Tabell 3 viser avstandene til grøftesiden og mellom rør i samsvar med diameteren til overvannsledningen (Løkensgard & Herfindal, 2019).

Tabell 4: Fundament i grunn av grøft for VA ledninger, VA-Norm Ålesund kommune

Ledningstype	Rørtype	Masse	Fraksjon	Merknad
Vannledning	Duktile rør	Sand	0 - 20	Mer fiberduk
Vann, spillvann og overvannsledning	Plastrør	Pukk	8-11 / 11- 16	Alle trykklasser
	Betongrør	Pukk	11 - 16	
	Betongrør > 400	Pukk	16 – 32 / 11 - 16	

Tabell 5:

Nominell rørdiameter	Tykkelse v/ normale grunnforhold	Tykkelse ved harde grunnforhold, eks berg/Betong
DN < 400	150	150
400 < DN < 700	200	300

Dersom tradisjonelle metoder med åpne grøfter skal utføres og som da følger reglene angitt i N200 vegvesen sin håndbok og eventuelle VA normer som vist fra Tabell 4 & Tabell 5 kan det være positivt å innføre krav om økt bruk av miljøvennlige anleggsmaskiner. Der maskinene går på elektrisitet eller biodrivstoff.

Bruken av stedlige masser og gjenbruk av masser vil og virke som et positivt tiltak ved tradisjonelle åpne grøfter.

2.5.2 Åpne grøfter

Åpne grøfter er i den forstand at grøften er gravd opp og ligger åpen under anleggsprosessen. Ved åpne grøfter er det bestemmelser for helning i veggene for hva som er tillatt, og dersom denne helningen ikke kan oppnås, hva som kreves av sikring. Videre er dybdebestemmelser med tilhørende HMS tiltak viktige faktorer for en godkjent grøft.

2.6 NoDig

Teknikker for rehabilitering og legging av nye rør uten graving, eller ved minimalistisk graving kalles NoDig-metoder. NoDig-metoder brukes der:

- Graving er kostbart
- Graving er samfunnsmessig uakseptabelt
- Graving er umulig som følge av f.eks. eksisterende bygningsmasse eller infrastruktur, dybde eller grunnforhold.

Punktene er hentet fra VA Miljøblad 90 (Asplan Viak AS, 2009)

Ved bruken av NoDig vil det bli mindre skade på miljøet, og det vil ikke være synlig fra overflaten at nye rør legges eller rehabiliteres. NoDig metodene gjør det mulig å legge nye ledninger der det før ikke har vært mulig som følge av f.eks. gamle byggverk og eksisterende infrastruktur.

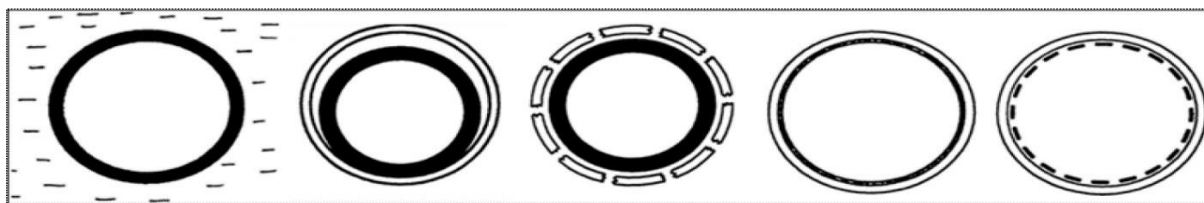
Det finnes mange forskjellige metoder for NoDig, der valget av metoder varierer med standarden på eksisterende rør, styrken på det eksisterende og nye røret, grunnforhold og krav til resultatet. Følger forskjellige klassifiseringer som vist i tabellene under.

Tabell 6: Oversikt over renoveringsmetoder for vann og avløpsledninger (Ødegaard, 2014, s. 402)

Metodeklassifisering	Definisjon
Strukturelle metoder	Renoveringsproduktet (det nye røret) kan alene motstå opptredende krefter i hele levetiden
Semistrukturelle metoder	Renoveringsprosjektet er helt avhengig av radiell støtte fra det eksisterende røret, for å kunne motstå opptredende krefter i hele levetiden
Ikke-strukturelle metoder	Renoveringsproduktet er delvis avhengig av radiell støtte fra det eksisterende røret, for å kunne motstå opptredende krefter i hele levetiden

Tabell 7: Klassifisering av NoDig-metoder etter rørstyrke. (Ødegaard, 2014, s. 402)

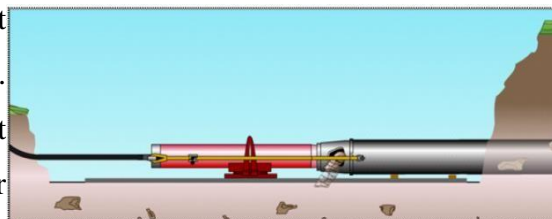
Metoder	Strukturelle metoder	Semistrukturelle metoder	Ikke-strukturelle metoder
Rørtrykking / nytt rør	x		
Boring i løsmasser / nytt rør	x		
Boring i fjell eller kombinasjonsmasser / nytt rør	x		
Rørinnføring («Relining») / nytt rør	x		
Utblokking / nytt rør	x		
Strømperenovering		x	
Tett-tilsluttet rør		x	
Belegg (kun vannledninger)		(x)	x



Figur 10: Viser til Tabell 7, Skisse 1,2 og 3 er strukturelle metoder, skisse 4 er semistrukturell metode og skisse 5 er ikke-strukturelle metoder – VA Miljøblad 90

2.6.1 Rørtrykking

Rørtrykking er en NoDig-metode der et nytt medierør blir presset inn i jomfruelige løsmasser. Det kan også etableres som et varerør for et nytt medierør. Normal prosedyre ved rørtrykking er trykking av helsveist stålrør med åpen front.



Figur 11. Rørtrykking skisse – VA Miljøblad 90

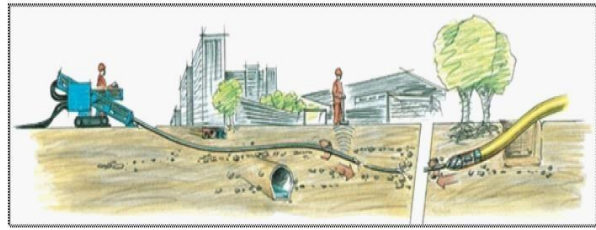
Massene vil da bli presset inn i røret ettersom røret blir presset lenger inn i jordmassene. Massene kan forløpende bli fjernet ved naverboring, eller ved bruk av trykkluft og trykkspyling etter installasjon. (Ødegaard, 2014, p. 403). Ved bruk av denne metoden skal avstanden ikke være stor, som for eksempel under broer, jernbaner og korte strekninger. Retningsstabiliteten for metoden varierer som følge av eventuelle innslag av fjell og store steiner i grunnen. Anbefalt ledningsfall er >15‰ (Ødegaard, 2014, p. 403). Normalt sett blir varerør utført med et nytt medierør, men røret kan også strømpes, eller brukes uten utligger tiltak. Dersom røret skal brukes til overvann blir røret liggende uten noen videre foretak (Løkensgard & Herfindal, 2019).

2.6.2 Boring i løsmasser

For områder som er vernet, bysentrum, under elver, boligområder og under jernbaner kan NoDig metoden boring i løsmasser benyttes.

«Ved boring i løsmasser etableres et nytt medierør i jomfruelige områder, ved styrt fremføring av stålstreng og

opprømming/inntrekning av nytt rør.» (Ødegaard, 2014, p. 403). Metoden markedsføres som «retningsstyrt boring i løsmasser». Ved installering av selvrensledninger er det ønskelig med et krav på minst 10 ‰ fall, dette er ønskelig for å unngå svanker ved mindre variasjoner. (Løkensgard & Herfindal, 2019).



Figur 12: boring i løsmasser - VA Miljøblad 90

2.6.3 Boring i fjell

Ved boring i fjell bores det et hull direkte med evt. fortløpende innføring av varerør. Fjellboring foregår ved at en borestreng påmontert en fjellborekrone bores gjennom fjellet. Lengden for boring i fjell er 10 – 600m. Dersom det er varierende løsmasser det bores i, brukes samme fremgangsmåte, men med et varerør i stål med fortløpende rørtrykking. Det er noe muligheter for å endre retningen på røret under boring med bruk av kontinuerlig posisjonsmåling. (Løkensgard & Herfindal, 2019).

2.6.4 Relining – rørinnføring

Ved relining er det direkte innføring av nytt rør inn i gammelt rør som er metoden. Det nye røret kan enten føres inn i hel lengde eller innføres i deler. Bruken av forskjellige materialer varierer med:

- PE-rør rette lengder, som sammensveises til en kontinuerlig lengde før innføring.
- PE-rør levert på kveil, for å unngå sveising og begrense innføringsgropens lengde.



Figur 13: Nytt rr på kveil fra fabrikk - VA Miljøblad 90

- Kortrør i PE eller PP, som sammenkoples fortløpende under innføring.
- Duktile støpejernsrør med strekkfaste skjøter, som føres inn på et stabilt underlag. (Ødegaard, 2014, s. 404)



Figur 14: Illustrasjon av nytt rør som innføres i gammelt rør under bakken – VA Miljøblad 90

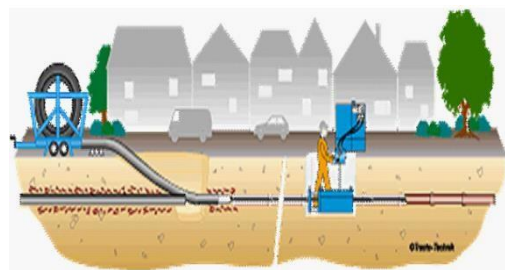
Ved legging kan det nye røret trekkes inn ved bruk av vinsj, og/eller i en kombinasjon med trykking.

For at relining metoden skal kunne brukes forutsettes det at eksisterende rørtverrsnitt kan reduseres i merkbare mengder. Den nye rørdimensjonen må beregnes ut fra veggtykkelsen, det nødvendige mellomrommet mellom nytt og gammelt rør og eventuelle muffe. (Ødegaard, 2014, s. 404) (Løkensgard & Herfindal, 2019).

2.6.5 Utblokking

Utblokking bruker et konisk utblokkerhode av stål med et påmontert nytt rør for direkte innføring av nytt rør som presses inn i eksisterende rør og blokker så ut eksisterende rørdiameter. Innenfor de forskjellige NoDig metodene er utblokking den eneste metoden som tillater å oppdimensjonere rørene som legges fra det eksisterende rørtverrsnittet. Her kan for eksempel gamle betongrør med dimensjon 225 mm utblokkes til et nytt PE-rør med diameter 355 mm. Her settes det krav til at massene som ligger rundt røret kan «ta imot» den nye dimensjonen. Videre må avstander til fjell, nærliggende ledninger og ledningsdybde også vurderes.

Ved normal utblokking brukes hydraulisk kraft med presskrefter opp til 250 tonn. Det kan også brukes et utblokkingshode med skjærekniver. (Ødegaard, 2014, s. 405) (Løkensgard & Herfindal, 2019)



Figur 16: Utblokking – VA miljøblad 90



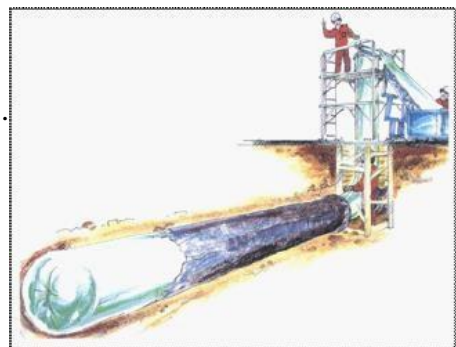
Figur 15: Utblokking i praksis, nytt rør føres inn i grøfteåpning - VA Miljøblad 90

2.6.6 Strømprerenerovering

Strømprerenerovering er en my metode det er fleksibel foring føres inn i eksisterende rør for så å trykkes ut så det ekspandere seg ut til eksisterende rørvegg. Rørtverrsnittet vil minske noe som følge av denne metoden, men ikke like mye som ved relining. Materialet som vanligvis blir brukt er glassfiber- eller filterstrømpe som er mettet med epoxy- eller polyesterharpiks som herdes med varmt vann, damp eller ultrafiolett lys. Arbeidet utføres ofte fra kum til kum da prosessen krever lite plass. Ved tilkoblinger som er blitt blokkert av nye røret brukes robotstyrt fres for å åpne tilkoblingene. (Ødegaard, 2014, s. 406) (Løkensgard & Herfindal, 2019)



Figur 17: Hvordan Brå vinkler i ledninger håndteres - VA Miljøblad 90



Figur 18: Skisse av strømprerenerovering - VA Miljøblad 90

2.6.7 Tettisluttet rør

Tettisluttet rør er en metode der det er foldet eller innsnevret rør føres inn i et eldre rør før det «brettes» ut etter innføringen er ferdig. Det nye røret blir ekspandert inni det gamle røret ved hjelp av trykkesetting, ofte ved hjelp av varmt vann. Det er tre forskjellige variasjoner av denne metoden som brukes, de er:

- 1) Det nye røret kommer sammenfoldet og oppkveilet fra fabrikk. Røret blir så oppvarmet på anleggsplassen og så ført inn i eldre rør fortsatt sammenfoldet og ekspanderes etter innføring med trykk og varme.
- 2) Utføring med en armert slange som enten vil bli formet til et permanent rør etter ferdig inntrekk, eller så kan det ekspanderes ved hjelp av vann under trykk.
- 3) Innsnevring av diameter på anleggsplassen. Her blir PE-rør sveiset sammen på anleggsplassen, og rett før innføring går røret gjennom en mekanisk innsnevring før



Figur 19: Tettisluttet rør, utforming ved innføring - VA Miljøblad 90

det blir ført inn i det gamle røret. Røret blir så tilstatt varme og trykk så det ekspandere tilbake til original tilstand inne i det gamle røret.

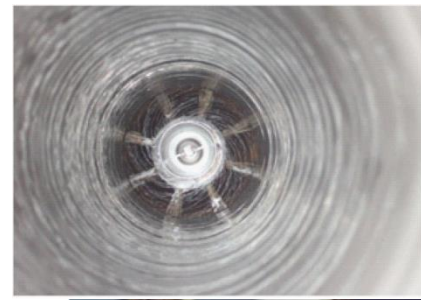


Figur 20: Tettisluttet rør, etter tilføring av varme og trykk går røret tilbake til opprinnelig str. - VA Miljøblad 90

Ved denne metoden må det tas hensyn til forminskelse i tverrsnitt i forhold til det gamle røret. Gamle skjøter og reparasjoner og anboringer kan hindre det nye røret fra å ekspandere seg fullt i det gamle røret. Det er derfor meget viktig for inspektør og sjekke tilstand på det gamle røret før en bestemmer og bestiller rørdimensjonen for nytt rør. (Ødegaard, 2014, s. 406) (Løkensgard & Herfindal, 2019)

2.6.8 Belegg

Denne NoDig metoden tar i bruk påsprøyting direkte på innsiden av eksisterende rør for å skape et nytt glatt rør inni det gamle. Det nye røret vil ha en rørvegg tykkelse på mellom 1 – 5 mm varierende av formålet. Rørtykkelse og materialtype vil avgjøre om det nye røret kan anses som «ikke-strukturelt» eller «semi-strukturelt». Tynn tykkelse vil virke som «maling» og anses som en ikke-strukturelt, mens tykkere lag vil bli sett på som semi-strukturelt. Før belegget



Figur 21: Påføring av belegg i ferdig vasket rør - VA Miljøblad 90

kan sprøytes inn i det gamle røret må røret vaskes grundig og tørkes så det ikke ligger igjen noen korrosjonspartikler. Ruheten vil minimeres og korrosjon forhindres. Det nye røret vil få en glatt overflate og vil ikke påvirke vannkvaliteten. Belegget som blir påført blir sprutet på av et dysehode som beveger seg med konstant hastighet gjennom eksisterende rør. (Ødegaard, 2014, s. 407) (Løkensgard & Herfindal, 2019)

2.7 Sammenligning NoDig og åpen grøft

Når det kommer til valg av utførelsesmetode for rehabilitering og nylegging av ledninger gjøres dette ut fra en teknisk-økonomisk vurdering. Generelt kan begge metoder brukes for de fleste arbeid, men det er i hvilken grad det er gunstig å bruke de forskjellige metodene som har noe å si. I tette bysentrum kan det for eksempel være mer gunstig å bruke en NoDig metode da dette som oftest blir det mest økonomiske valget da en slipper å grave opp hele gater og arbeide rundt allerede etablerte ledninger i grunnen. Så for å skille mellom de to metodene kan en se på forskjellige tilfeller der bruk av NoDig og graving er spesielt gunstig/ugunstig. Etter å ha sett på de forskjellige tilfellene kan en så falle på en av de to metodene for utførelsen av arbeidet som skal gjøres.

Asplan Viak og Hallvard Ødegaard bruker en tabell for best mulig å vise frem forskjellige situasjoner der valget av NoDig og konvensjonell åpen grøft kan brukes. Tabellen er som følger

Tabell 8: Forskjellige tilfeller der NoDig og graving vurderes – Hentet fra VA Miljøblad 90 (Asplan Viak As. 2009)

Vurdering	NoDig	Graving
Infrastruktur og eksisterende bygningsmasse	Medfører ingen eller minimale inngrep på eksisterende infrastruktur, og det kan rehabiliteres/nyetablertes under eksisterende bygningsmasse.	Kan medføre høye kostnader og ulemper, men er gunstig der f.eks. overbygning i vei skal skiftes eller der det kan samarbeides med andre etater.
Grunnforhold, geoteknikk og leggedybde	Metodeavhengig	Vanskelig/umulig i bløte grunnforhold eller ved store dybder.
Behov for separering av avløp	Rom for kreative løsninger, f.eks. strømpøutføring og omdefinering av eks. AF til SP og etablering av ny OV-ledning ved NoDig.	Vanlig ved separering av avløp.
Tilstand eksisterende rør	Ugunstig ved større svanker på avløpsledninger, eller avhengig av metode.	

(Løkensgard & Herfindal, 2019, s. 27)

2.8 Kummer

Likt som ved grøfter ligger det til grunne en generell bestemmelse for grøfter og ledningsutførelse nevnt i kapittel 2.2 i VA-normen (2022) (Ringerike, 2022).

2.8.1 Kumtegninger

VA-normen viser til generelle bestemmelser for kumtegninger i kapittel 3.8 beskrevet under.

Skal vise geometrisk utforming, plassering, ledningsføring i kum, rørgjennomføring i kumvegg, ledningsforankring, materialvalg, fundamentering, armaturplassering etc. (Ringerike, 2022)

Det kan forekomme forskjellige tekniske krav for utførelse av kumtegninger i forskjellige kommuner ettersom dette blir sett på som en nødvendighet av kommunen.

2.8.2 Tilknytning av stikkledninger/avgrening på kommunal vannledning

Kapittel 5.10 beskriver bestemmelsene for tilkobling på det kommunale ledningsnettet for vanntilførsel. Som en generell regel skal tilkoblinger/anboringer på det kommunale nettet foregå utenfor kummer, og med en minsteavstand som varierer. Det er unntak for dette i den generelle bestemmelsen, dersom tilknytningen er for sprinkleranlegg eller viktige hovedvannledninger kan denne tilkoblingen være i kummen. Dersom dette er tilfelle, skal arbeidet utføres i henhold til VA/Miljø-blad nr. 7. UTV. Tilknytning av stikkledning til kommunal vannledning. (Ringerike, 2022).

Det er ikke tillatt med anboringer på plastrør i spenn. Videre skal avgreninger utenfor kum innmåles med x-, y- og z-koordinater. For anboringer skal avstand måles fra senter i nærmeste kumlukk til anboringen. (Ringerike, 2022)

2.8.3 Avstander mellom vannkummer

Kapittel 5.15 i VA-normen viser til den generelle bestemmelsen for avstander mellom kummer. Bestemmelsene sier:

Avstand mellom vannkummer påvirkes av flere faktorer:

- Slokkevannsuttak
- Høybrekk/lavbrekk
- Avgreninger
- Drift

Endelig avstand skal avtales med kommunens VA-ansvarlig. (Ringerike, 2022)

2.8.4 Avløpskummer

Kapittel 6.13 fra VA-normen omtaler de generelle bestemmelsene for avløpskummer.

Nedstigningskummer skal ikke ha mindre diameter enn 1000 mm. For de minste rørdimensjonene bør renner utføres i samme materiale som rørledningen (ved bruk av PVC-rør kan renner i PP aksepteres).

Montering av kumramme og kumlukk skal utføres i henhold til VA/Miljø-blad nr. 32, UT. Montering av kumramme og kumlukk. Kummen skal være tett. Bruk av minikummer avtales med kommunens VA-ansvarlig. (Ringerike, 2022)

For avløpskummer er det en generell bestemmelse for avstand i kapittel 6.14 som tilsier at den maksimale tillatte avstanden mellom kummer er på 80 meter. (Halden, 2022)

2.8.5 Kum avstander utlandet

For utlandet følger det andre regler og standarder for utbygging av kommunale ledningsnett. For kum plasseringer med tanke på maksimale distanser viser det seg at det ofte utføres med lengre avstander enn det praktiseres i Norge.

I England som dokumentert i «National Build Standards, Design and Construction of new gravity foul sewers and lateral drains» utgitt av regjeringen i 2011 (Sewers Automatic Adoption Implementation Team,

2011) er den standardiserte maksimale avstanden for kum avstander 150m. I Figur 22:

Maksimal avstander varierende med rørdiameter England. Figur

22 kan vi se maksimale avstander mellom kummer varierer med rørdiameter for tilkoblede rør. Her kommer det og frem at avvik fra maksimalgrensen kan søkes etter.

For Cape Town gjelder 90 meter (City of Cape Town , 2014, s. 42) som maksimal distanse for kummer som håndterer overvann, men her er det ønskelig at overvannet blir håndtert på overflaten fremfor i rør. Dersom kummen fungerer som infiltrasjonskummer for overvann er den maksimale avstanden 60 meter mellom kummer. (City of Cape Town , 2014, s. 43) Det blir beskrevet i «Service guidelines & standards» at den maksimale avstanden tillatt mellom

TABLE "13"
Maximum Manhole Spacing

Pipe Size	Maximum Manhole Spacing
8-inch to 24-inch	400 feet
27-inch to 42-inch	600 feet
48-inch and larger	600 feet, unless otherwise approved by WSSC

Figur 22: Maksimal avstander varierende med rørdiameter England. (Sewers Automatic Adoption Implementation Team, 2011)

kummer for drikkevann og avløpsvann er 90 meter for Cape Town. (City of Cape Town, 2019, s. 16)

I en avhandling fra *University of New Orleans* skrevet av Homero de Toledo Sobrinho fremlegges det en tabell som viser avstander mellom kummer i Louisiana der avstandene går opp til 150 meter i mellomrom.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
no.	Location	Manhole		Length of line (m)	area drained (km2)	increment of population		Total population		Approx. total Infiltration (L/s)	Average Wastewater flow (L/s)		Surface elevation (m)		Street slope
		from	to			present'	ultimate''	present	ultimate		present'''	ultimate	upper manhole	lower manhole	
1	Avenue A	1	2	150	0.018	54	108	54	108	0.154	0.310	0.466	66.0	65.1	0.006
2	Avenue A	2	3	150	0.018	54	108	108	216	0.309	0.620	0.932	65.1	64.5	0.004
3	Avenue A	4	3	120	0.0144	43	86	43	86	0.123	0.248	0.373	64.8	64.5	0.002
4	Street 3	3	8	60				205	410		0.593	1.185	64.5	64.2	0.005
5	Avenue B	5	6	150	0.009	27	54	27	54	0.077	0.155	0.233	66.6	65.7	0.006
6	Avenue B	6	7	150	0.009	27	54	54	108	0.154	0.310	0.466	65.7	65.1	0.004
7	Avenue B	7	8	150	0.009	27	54	81	162	0.231	0.465	0.699	65.1	64.2	0.006
8	Avenue B	10	9	90	0.0054	16	32	16	32	0.046	0.093	0.140	64.5	64.4	0.002
9	Avenue B	9	8	120	0.0072	22	43	38	76	0.108	0.217	0.326	64.4	64.2	0.001
10	Street 3	8	13	60				421	842		1.216	2.432	64.2	63.9	0.005
11	Avenue C	11	12	150	0.00975	29	59	29	59	0.084	0.168	0.252	65.4	64.5	0.006
12	Avenue C	12	13	150	0.00975	29	59	59	117	0.167	0.336	0.505	64.5	63.9	0.004
13	Avenue C	14	13	120	0.0078	23	47	23	47	0.067	0.134	0.202	64.2	63.9	0.003
14	Street 3	13	17	75				532	1065		1.537	3.074	63.9	63.6	0.004
15	Avenue D	15	16	150	0.01125	34	68	34	68	0.096	0.194	0.291	64.8	64.2	0.004
16	Avenue D	16	17	150	0.01125	34	68	68	135	0.193	0.388	0.583	64.2	63.6	0.004
17	Avenue D	18	17	120	0.009	27	54	27	54	0.077	0.155	0.233	63.9	63.6	0.003
18	Street 3	17	22	75				661	1321		1.907	3.815	63.6	63.3	0.004
19	Avenue E	19	20	150	0.012	36	72	36	72	0.103	0.207	0.311	64.5	64.2	0.002
20	Avenue E	20	21	150	0.012	36	72	72	144	0.206	0.414	0.622	64.2	63.9	0.002
21	Avenue E	21	22	150	0.012	36	72	108	216	0.309	0.620	0.932	63.9	63.3	0.004
22	Avenue E	23	22	120	0.0096	29	58	29	58	0.082	0.165	0.249	63.6	63.3	0.002
23	Street 3	22	Q1	30				905	1811		2.614	5.229	63.3	63.0	0.010
24	Street 3	A2	Q2		0.455	3640	7280	4545	7271	12.987	26.112	33.981	63		
25	Street 3	A3	Q3		0.285	2280	4560	6825	10691	19.501	39.209	50.371			
26	Street 3	A4	Q4		0.622	4976	9952	11801	18155	33.718	67.795	86.140		54	0.008
Total Area=					1.556	km2									

* [Area (km2) (Col. 6) x 3000 people/km2]
 ** [Area (km2) (Col. 6) x 6000 people/km2]
 *** [Area (km2) (Col. 9) x rate (66gal/person.day) [1m3/1000L][1day/24.60.60][3.78L/gal]

Figur 23: Viser avstander mellom kummer i Louisiana (Sobrinho, 2018, s. 30)

I Figur 23 vises avstander mellom kummer i rad 5. Avstandene er varierende, men ser den øvre distansen ligger på 150 meter.

I Dallas USA fremlegges det i «Water and Wastewater Procedures and Design Manual» at det skal være nedstignbare kummer hver 1000 feet, som tilsvarer ca. 304 meter. Kriteriene for avstander mellom kummer varierer her med størrelsen på rørene som er tilkoblet kummene. Avstandene forklares med

Table 5.2.4: Manhole Spacing Criteria

Pipe Diameter (in)	Max. Manhole Spacing (ft)
6- 15	500
18- 30	800
36- 48	1000
54 or Larger	2000

Figur 24: Maksimal tillatte avstander for kummer med korresponderende ledningsdiameter. (dallas water utilities city of dallas, 2015, s. 160)

forskjellen av mikrobiell styrt korrosjon i ledningene ved forskjellige diameter. (dallas water utilities city of dallas, 2015)

2.8.6 Prefabrikkerte kummer

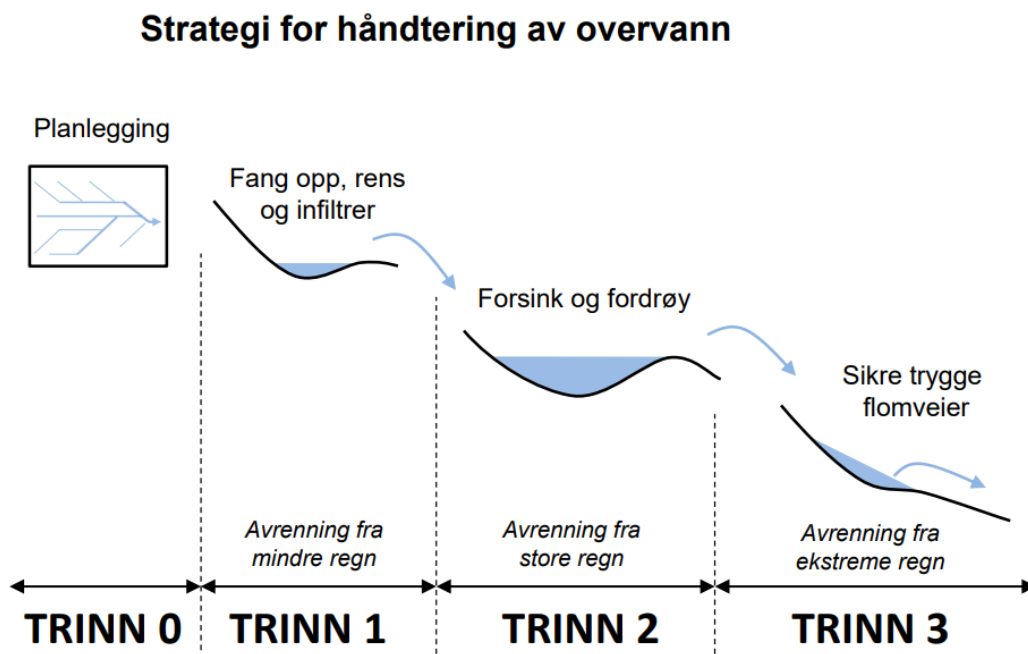
Det er i dag flere produsenter som produserer helt prefabrikkerte kummer. Prefabrikkerte kummer er med på å skape tidsbesparelse og gjør arbeidet enklere, fremfor å kjøpe enkle deler hver for seg. Ved å kjøpe deler spredt er det viktig at delene passer sammen og at korrekte pakninger blir brukt for å opprettholde tettheten i kummen. Montering "on-site" kan også bringe feil med seg som kan gjøre kummen svakere enn optimalt. For valget av prefabrikkerte kummer finnes det plastkummer, plastkummer med betongbunn og betongkummer. Hver type kum har hver sine fordeler og ulemper som må drøftes i hvert enkelt prosjekt.

2.9 Overvann

Som en følge av verdens økte samlede CO₂-utslipp endres klimaet vi lever i. En følge av dette er en økning av ekstremvær i både intensitet og gjentakintervall. Dersom temperaturen på kloden økes vil luften holde på mere vann før dette kommer som nedbør. Økt evapotranspirasjon som følge av temperaturøkningen vil og være med på å øke hurtigheten vannet samles i luften. En følge av dette er at i Norge blir det hyppigere

2.9.1 LOD

I VA-normen er det en generell bestemmelse at overvann skal i størst mulig grad håndteres lokalt med en begrenset tilførsel til overvannssystemet. Dette tilsier at dersom det er mulig så skal løsninger for håndteringen av overvannet velges fremover å tilføre og belaste det kommunale ledningsnett. Lokal overvanns distribusjon vil da være den ønskelige løsningen for håndtering av overvannet. For en håndtering av dette kan tre-trinns strategien brukes.



Figur 25: Represetasjon av de forskjellige trinnene i tre-trinns strategien. Bildet hentet fra (Paus, 2018)

Figur 25 viser hvordan og hva de forskjellige trinnene har i oppgave for overvannshåndteringen.

Starter med Trinn 0 som omhandler planleggingen, her kommer da områdebeskrivelse og utforming inn, hva området skal brukes til, hvordan det ser ut nå og etter utbygging. Dette er viktige punkter for at iverksatte tiltak for ett området fungerer som ønsket i praksis etter utbygging.

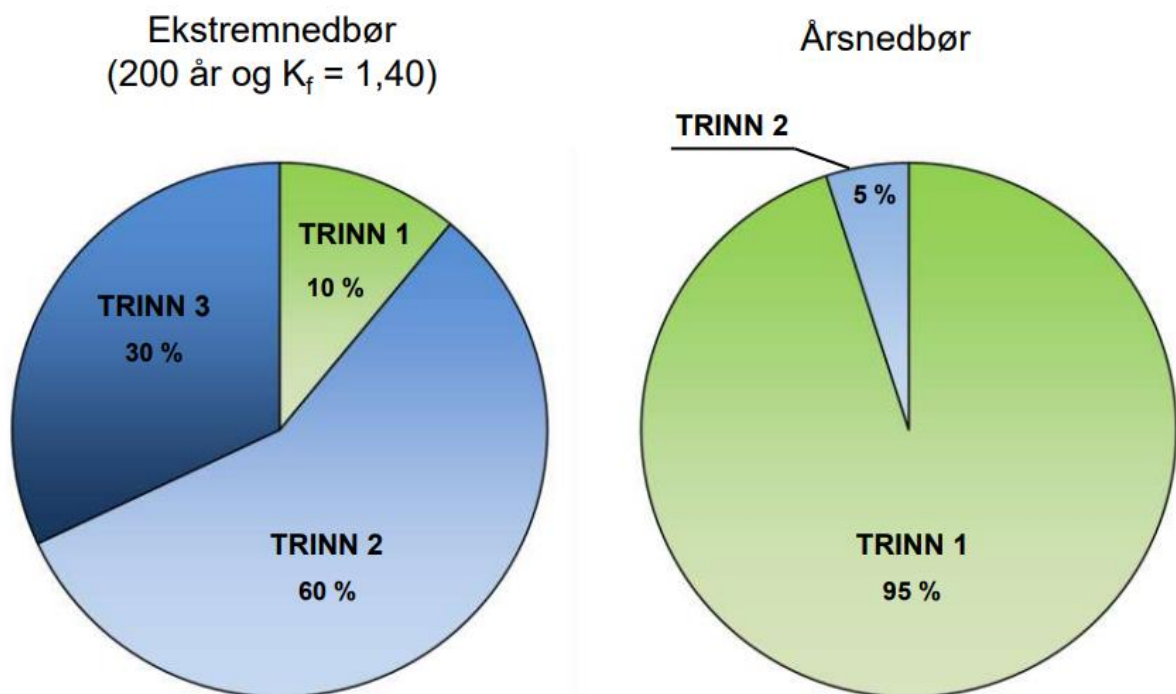
Trinn 1 er mindre tiltak og løsninger som har i oppgave å fange opp, rense og infiltrere vannmassene fra mindre regnhendelser. Dette kan være enkle tiltak som åpne grønne flater som blomsterbed, gressflater og andre permeable flater.

Trinn 2 er tiltak som er ment for å forsinke og fordrøy vannmassene ved mere intense regnhendelser, ofte med lengre perioder mellom gjenntaksintervall, ofte rundt 20-25års

regnhendelser. For dette steget brukes ofte mere intensive løsninger en Trinn 1, regnbed, naturlige/konstruerte lavpunkter med mulighet for magasinering, magasiner, dammer og andre blågrønne konstruksjoner.

Trinn 3 er for å sikre trygge flomveier i de hendelsene som overgår den samlede kapasiteten til trinn 1 og 2. Dimensjoneringsgrunnlaget for flomveier har ofte vært 200 års regnhendelser, men problemet med dette er en kraftig overdimensjonering for de aller fleste regnhendelser som vil oppstå.

For de forskjellige trinnene er det gjenntaksintervallet og klimafaktoren som er med på å bestemme dimensjoneringen av tiltakene. Ved en evt nedjustering av gjenntaksintervall vil størrelsen på tiltakene bli kraftig påvirket.



Figur 26: Diagram som viser fordelingen av vannmasser på de forskjellige tiltakene ved et normalt årsnedbør og ett ekstremnedbør med klimafaktor. Hentet fra (Paus, 2018)

Som Figur 26 viser ser vi at de største mengdene overvann blir håndtert av Trinn 1 tiltak ved et normalår, og en skeivere fordeling dersom hendelsen er ett ekstremnedbør.

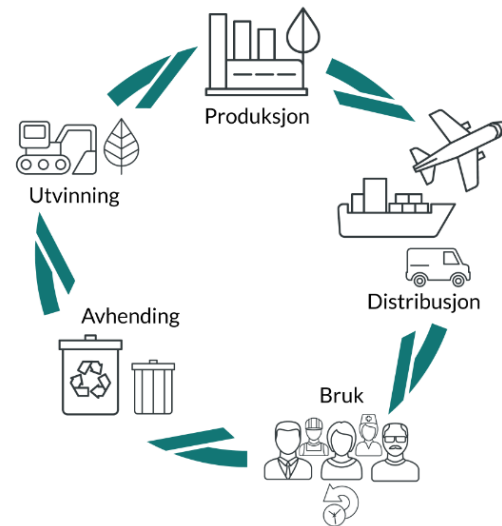
Ved en implementering av riktig dimensjonerte tiltak for overvannshåndtering vil nye utbyggingsområder kunne klare å håndtere overvannet som vil oppstå på eiendommen, uten å føre vannet videre til en nærliggende nabolomt eller belaste det kommunale ledningsnettet.

Dersom tomteareal ikke har muligheten for infiltrasjon eller tilbakeholdning av vann burde det tilrettelegges for sikre flomveier rundt eiendom for å forhindre skader påfølgende kraftige nedbørshendelser.

2.10 LCA og EPD

LCA står for «Life Cycle Assessment», oversatt til livsløpsvurdering, og er en systematisk kartlegging og vurdering av miljø og ressurspåvirkninger til et produkt eller produktsystem (LCA.no, 2022).

Figur 27 viser en illustrasjon fra vugge til grav som er et representativt bilde av hva en LCA vurderer for et produkt. Hele livsløpet til produktet blir vurdert. Fra råvareutvinning, produksjon, distribusjon, bruk og avhending



Figur 27: Illustrasjonsbilde av "vugge til grav". hentet fra (LCA.no, 2022)

(LCA.no, 2022). Optimalt vurderes det fra «vugge til vugge» for å få med seg hele livsløpet inn til ett nytt livsløp. I en LCA er det artlegging der utslipp beregnes og kategoriseres i klassifiseringer før miljøpåvirkninger beregnes og analyser for forbedringer til produktet lages. LCA kan da brukes fra tidlige konseptutredninger for å redegjøre miljøbelastningen ved ulike metoder og tekniske alternativer til et produkt. Det kan da brukes som et verktøy for å fremlegge de mest miljøvennlige løsningene underveis i et prosjekt, eller miljøbesparelser ved ferdig leveranse (LCA.no, 2022)

LCA kan brukes som grunnlaget for produksjonen av EPD til tilhørende produkter som er kortfattede dokumenter som beskriver miljøpåvirkningen fra et produkt eller tjeneste.

Miljødeklarasjoner (EPD) er publiserte kortfattede dokumenter som er sammenlignbare da de utvikles etter standarder og er godkjente av uavhengige tredjeparter. EPD blir offentlig publisert på EPD-norge.no og kan brukes av miljørådgivere og innkjøpere er bedre grunnlag for å vurdere miljøbelastningen produkter og tjenester har. Ettersom de er utviklet etter standarder kan de enkelt adderes sammen for å skape grunnlag for miljøregnskap i store prosjekter.

Produksjonen av EPDer skal følge EN 15804 som er den Europeiske standarden for EPDer til bygg og anlegg. Formålet med standarden er å sikre at de samme LCA-metodene brukes for

alle produktgrupper og at presentasjonen av miljøinformasjonen i EPDene er gjennomsliktig og sammenlignbare (epd-norge, 2022).

Systemgrenser (X=inkludert, MND=modul ikke deklarerert, MNR=modul ikke relevant)

Product stage					Construction installation stage	User stage							End of life stage				Beyond the system boundaries
Råmaterier	Transport	Tilvirkning	Transport	Konstruksjons/ installasjon fase	Bruk	Vedlikehold	Reparasjon	Utskiftinger	Renovering	Operasjonell energibruk	Operasjonell vannbruk	Demontering	Transport	Avfallsbehandling	Avfall til sluttbehandling	Gjenbruk/ miljøvennlig resirkulering- potensiale	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	
X	X	X	X	X	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	X	X	X	X	X	

Miljøpåvirkning (Environmental impact)

Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D
GWP	kg CO ₂ -eq	1,07E+01	2,08E-01	0	0	0	2,42E+00	2,18E-03	-2,49E+00
ODP	kg CFC11 -eq	4,93E-07	3,88E-08	0	0	0	1,79E-09	2,93E-10	-2,13E-07
POCP	kg C ₂ H ₄ -eq	1,67E-02	3,22E-05	0	0	0	3,27E-06	3,38E-07	-8,16E-03
AP	kg SO ₂ -eq	4,02E-01	5,41E-04	0	0	0	2,10E-04	7,70E-06	-1,96E-01
EP	kg PO ₄ ³⁻ -eq	2,34E-02	7,81E-05	0	0	0	6,58E-05	1,33E-06	-9,37E-03
ADPM	kg Sb -eq	2,75E-06	6,41E-07	0	0	0	8,04E-09	3,10E-11	-1,97E-06
ADPE	MJ	1,42E+02	3,13E+00	0	0	0	1,57E-01	2,64E-02	-2,84E+01

GWP Global warming potential; ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer; POCP Formation potential of tropospheric photochemical oxidants; AP Acidification potential of land and water; EP Eutrophication potential; ADPM Abiotic depletion potential for non fossil resources; ADPE Abiotic depletion potential for fossil resources

Leseksempel $9,0 \text{ E-}03 = 9,0 \cdot 10^{-3} = 0,009$

*INA Indicator Not Assessed

Figur 28: Inkluderende systemgrenser i EPD på standardform EN 15804. (LCA.no, 2022)

Figur 28 viser de forskjellige systemgrensene som inkluderes i EPD etter standardformen EN 15804. Systemer er delt inn i flere steg der A1-A3 definerer produksjonssteget, A4-A5 konstruksjon og installasjon, B1-B7 brukssteg, C1-C4 sluttsteget og D hva som skjer med produktet etter endt livsløp. Hvert steg fremlegger miljøpåvirkningen for de forskjellige indikatorene.

3 Metode

Dette kapittelet vil presentere valg av forskningsmetode for det valgte problemstillingen som ble presentert i kapittel 1.2 Problemstilling.

3.1 Forskningsmetode

Målet med metodevalget for oppgaven var å kunne fremme bransjens syn og erfaringer på hva som kan gjøres innenfor tematikken bærekraftig prosjektering innenfor vann og avløp. For å skape et bredt kunnskapsspekter innenfor problemstillingene var det hensiktsmessig med kvantitativ litteraturgjennomgang og supplementerende intervjuer.

Som en følge av klimaendringene og konsekvensene dette medbringer seg er tematikken bredt nevnt i medier og forskning. Valget for kvalitativ metode ble gjort for at fokuset på litteraturen skulle bygge mere på mening og innhold, fremfor bredde og omfang (FEK, 2022) . For å trekke ut relaterte og gode kilder til problemstillingen ble fokuset rettet mot det faglige og erfaringsmessige fra bransjen og dens spesialister. Kvantitet var mindre fokusert fremfor kvalitativt for å kunne finne mer detaljert og moderne informasjon innenfor tema.

3.2 Litteraturgjennomgang

Innledningsvis i arbeidet med oppgaven ble det gjennomført ett litteraturstudie for å skape forståelse og et bakgrunnsbilde av hva problematikken innenfor VA-sektoren bestod av, samt se på konsekvensene av dette. Dette var nødvendig for å få kunnskapen av dagens situasjon, muligheter og hvorfor fokuset på bærekraft er viktig. Gjennom litteraturstudie ble eksisterende arbeid og fokusområder innenfor tematikken sett på.

Gjennomføringen av litteraturstudie ble gjort gjennom Google, Google Scholar, Brage og Lovdata. Videre ble relevante kilder og litteratur tilsendt fra veileder, relevante firmaer og rådgivere. Gjennom systematisk søk innenfor hvert temaområde ble det sikret for aktualitet for hver området. Søkord som ble brukt var kumplasseringer, gjennbruk av masser, klimapåkjenning, gravefire løsninger, vann- og avløpssektoren og bærekraft. Etter anskaffelse av norsk litteratur ble flere av søkene gjennomført på engelsk for å skape et bredere kunnskapsgrunnlag internasjonalt. 2 Bakgrunn kapittelet består mye av resultatene fra

litteratursøket for å bygge opp bakgrunnsinformasjonen. Resultat- og diskusjonskapittelet er blitt oppbygd med resultat av litteratursøket, intervjuer og samtaler med fagfolk innenfor bransjen samt egne erfaringer og meninger.

3.3 Intervju

Dette kapittelet vil omhandle arbeidet rundt intervjuene

3.3.1 Forberedelse

Fra starten av prosjektet har det vært ønskelig å få til intervjuer med fagfolk innenfor bransjen for å få personlige og faglige syn innenfor problemstillingen. Det ble sendt ut forespørsler om deltagelse for intervjuer og problemstillingen samt kort og konkrete spørsmål ble sendt ut ved forespørsel av intervju. Tilbakemeldingene var positive, men flere responderte med tidsproblemer i sine personlige jobber. Responsen brakte også med seg videre kontaktpersoner jeg ble anbefalt å kontakte eller ble satt i kontakt med. Før intervjustart ble informant informert at intervjuet ville følge Norsk senter for forskningsdata (NSD) sine anbefalinger for intervju. Retten til å trekke seg, være anonym og lagring av data ble diskutert.

Forarbeidet før intervjuene ble gjort med litteraturstudie for innsamling av nyttig bakgrunnsinformasjon for intervju spørsmålene. Informantene ble også tilsendt spørsmålene i forkant for å kunne forberede seg og at intervjuet foregikk innenfor gitte rammer.

3.3.2 Valg av informanter

Informantene startet med en anbefaling fra Ulf Rydningen om å starte med å kontakte fagfolk som arbeider med bestemmelser innenfor VA. Da bakgrunnen til prosjektering ligger i lovverket og normene de forskjellige kommunene bruker for sine VA-prosjekter. Etter intervjuene startet ble jeg anbefalt videre kontaktpersoner fra informantene for å skape bredere informasjons- og synsfelt. Valget av informanter og kontaktpersoner ble vurdert opp mot om fagfeltet personene jobbet innenfor var relevant for problemstillingen.

For å treffe flere vinkler fra bransjen er personene i varierende stillinger innenfor VA-bransjen. Dette ble gjort for å skaffe et bredt spekter av synspunkter, der alt er rettet innover mot problemstillingen. Informantene ble en kombinasjon av rådgivende ingeniører fra privat og statlige organer, samt interesse organisasjoner.

3.3.3 Intervjuets struktur og gjennomføring

Intervjuet ble gjennomført som semistrukturerte intervjuer med fastsatte spørsmål gitt i forkant til informanten. For å sikre et bredt spekter av relevans er spørsmålene fordelt mellom spørsmål som bygger på personlige syn og faglige spørsmål som. De personlige synene er med på å vise hva fagfolket innenfor bransjen synes og tenker kan være bra for fremtiden, uten å fremlegge konkrete svar rundt dette. Spørsmålene startet med konkrete svar og var med på å skape rammer for videre besvarelse. De personlige synene kom senere for at informanten kunne fremlegge egne syn og tanker. Avslutningsvis ble det spurt om egne tanker om oppgaven og om de kunne anbefale en ny informant. (Tjora, 2021)

Innledningsvis i intervjuet ble det informert om opptak og godkjenning var mottatt for å kunne renskrive samtalen etter ferdig intervju for å sikre ordrette sitater og informasjon som ble fremlagt. Informasjonen om dette ble for å opprettholde de etniske retningslinjene innenfor kvalitativ forskning. Informantene ble også informert om sine rettigheter og ved hver tid kan trekke seg eller endre grad av anonymitet.

Intervjuene foregikk over Teams digitalt da den praktiske nytten for opptak og tidsbesparelse var til stede. Tiden for intervjuene var satt til 30 minutter for å holde det konkret og effektivt.

3.3.4 Validitet

Kvaliteten på forskningsresultatene som er kommet fra intervjuene må vurderes med reliabiliteten og validiteten for metoden. Det er viktig i forskning å fremme reliabilitet, om forskningen er pålitelig. Dette vises i hvordan data er tilegnet, nøyaktigheten av data, bearbeidelse av data og hvordan de bearbeides. Ved anskaffelse av data er objektiv og nøytral tilegning ideelt. Ved forskning er det ofte vist engasjement rundt forskningen, men dette kan innimellom være en negativ side da eget engasjement kan være forstyrrende mot resultatene. Dersom personlig posisjon fremlegges kan engasjement også være styrkene og fungere som en ressurs innenfor enkelte tema. For denne oppgaven er personlig engasjement en ressurs da tanker og erfaringer innenfor tema er ønskelig hos informantene.

Validiteten av data omtales som relevans, hvor godt dataene representerer tematikken som vil bli utforsket (Johannessen, Tufte, & Christoffersen, 2010). For denne forskningen blir det dataene som blir anskaffet fra informantene. Det er blitt gjort 4 intervjuer med

fagpersoner innenfor bransjen. Rollene til informantene har vært varierende for å få forskjellige innfallsvinkler rundt tematikken.

For å sikre bedre reliabilitet og validitet kunne antallet informanter vært høyere for å sikre flere innfallsvinkler.

3.3.5 Etterarbeid

Intervjuene ble etter tillatelse fra informantene tatt opp og transkribert etter endte intervjuer. Totalt ente intervjuene på 12 sider etter transkribering. Spørsmålene som ble gjennomgått ble strukturert etter forskningsspørsmålene og videre ble informantene anonymisert. Resultatene fra intervjuene samt litteraturstudiet dannet grunnlaget for resultatkapitlet. I diskusjonskapitlet ble resultatene drøftet og underbygget. Diskusjonskapitlet bygger da opp for en oppsummering og konklusjon til slutt i oppgaven.

4 Resultater

Kapittel 4. fremlegger resultatene fra litteraturstudiet samt informantenes generelle synspunkt, meninger rundt forskningsspørsmålene og hvilke området det burde fokuseres på innenfor tematikken bærekraftig prosjektering.

4.1 Konservativ bransje

Det kom frem til delte meninger om bransjens konservative side rundt innovasjon og teknologi. Noen mente at motstanden for bruk av nye metoder og teknologi var tilstedeværende og at bransjen i sin helhet vil fortsette sånn de har gjort i tiden frem til nå, da dette har fungert godt i en årrekke. Andre mente at stigmaet rundt innovasjonen ikke lenger har et godt fotfeste i bransjen og alle ledd fra produksjon til utførelse og ferdigstillelse moderniseres med tanke på fremtiden.

Det kommer frem fra flere produsenter innenfor bransjen at fokuset på bærekraft er viktige verdier i selskapene for å være med på å skape en sikker fremtid.

4.2 LCA og EPD

Bruken av LCA analyser og EPD (Environmental Product Declaration) kommer frem som økt innenfor bransjen gjennom informantene. En EPD er et kortfattet tredjeparts verifisert og registret dokument med transparent og sammenlignbar informasjon om produkters miljøprestasjon gjennom hele livssyklusen (epd-norge, 2022). LCA og EPD er basert på internasjonale standarder og er med på å fremlegge påkjenningen produkter har på miljøet i sin helhet. EPD-Norge har over 2000 EPDer fra over 250 produsenter fritt tilgjengelig (epd-norge, 2022). Flere konkrete produkter fra norske produsenter har sine EPDer tilgjengelige, og er da gode hjelpemidler for miljøregnskapet for prosjekter. Kommer frem som ett tiltak som kan være med på å fremme bruken av mer bærekraftige materialer i prosjekter.

4.3 Materialer

Fokuset ved bruken og produksjonen av mer bærekraftige materialer er blitt satt i fokus hos produsenter for å kunne vise seg som konkurransedyktige innenfor bransjen der søkelyset på bærekraft er stigende. Norsk Vann mener bærekraftmålene nr. 5 Rent vann og gode sanitærforhold, nr. 9 Industri, innovasjon og infrastruktur, nr. 11 Bærekraftige byer og lokalsamfunn, nr. 12 Ansvarlig forbruk og produksjon og nr. 13 Stoppe klimaendringene er fokusområder som vann- og avløpssektoren burde fokusere på (Norsk Vann, 2020). Av de 5 bærekraftmålene er det «nr. 12 Ansvarlig forbruk og produksjon» som er det viktigste punktet for å lykkes innenfor vannbransjen i Norge. Fra 2020 til 2040 er det gjort et omslag på rundt 280 mrd. kr. for investeringsbehovet innenfor kommunalt eide vann- og avløpsanlegg (Norsk Vann, 2020). Som en følge av det store investeringsbehovet i Norge skaper muligheter for klimatilpasninger og utvikling av bærekraftige løsninger innenfor bransjen som vil ha markeder innlands og globalt (Norsk Vann, 2020).

For å fremme bærekraften innenfor produksjonen av produkter er det viktig å ikke introdusere miljø- og helseskadelige stoffer i kretsløpet til produkter. Der produkter inneholder slike stoffer og endring eller fjerning av sagt stoffer ikke er mulig må arbeidet oppstrøms i produksjonen prioriteres for opprydding og rensing for å skape mer positive verdier for sluttproduktet. For å skape en reduksjon av klimagassutslippet må skadelige produkter byttes ut med nye produkter, eller produksjonsmetoden endres.

Produsenter har som sagt et ansvar for å produsere bedre og mer bærekraftige produkter og her har Basal som en stor produsent og leverandør av betongprodukter gjort et solid arbeid for å kunne levere betong i rundt Lavkarbonbetongklasse A. Denne betongen har ett miljøfotavtrykk på typiske $220 \pm \text{kg CO}_2/\text{m}^3$ (Basal, 2022). Som en følge av fokuset på bærekraft har Basal senket klimagassutslippet sitt med 50% de siste 10 årene.

Andre metoder for bærekraft kommer frem hos Pipelife der produksjonen av PVC rør gjøres på lavest mulig temperatur for minst mulig energiforbruk, og et høyt fokus på lang levetid som gir uttelling i det langsiktige klimaregnskapet (Pipelife, 2022). Wavin har som et annet tiltak valgt å endre drivstoff på sine lastebiler til HVO Biodiesel som har redusert CO₂-utslippet fra transport med 88% (Wavin, 2022).

Tabell 9: Tabell med materialre, deklarasjonsmetode og utslipp CO2

Rørmateriale	Deklarasjon gjelder	Kg CO ₂ eq A1-A3*	Kg CO ₂ eq A4*
PVC ¹⁾	1 kg PVC trykkrørsystem	1,28E+00	4,14E-03
PE ²⁾	1 kg PE trykkrør	1,97e+00	4,14e-03
PP ³⁾	6 meter DN 200, resultat gjelder 100m rør lagt i grøft	916.786	7.609
Duktilt støpejern ⁴⁾	1 tonn ferdig produkt	2,16E+02	2,82E+01
Betong ⁵⁾	1 meter DN 600 x 2250 (uarmert) Basal standard	47.485	4,85E-01

* A1-A3: Produksjons fase. A1: Råmaterialer, A2: Transport, A3: Tilvirkning

** A4: konstruksjonsfase: Transport

1): (Pipelife Norge AS, 2021), 2): (Pipelife Norge As, 2021), 3): (Pipelife Norge AS, 2018),
4): (Furnes Jernstøperi, 2021), 5): (Loe Rørprodukter AS, 2020)

Tabell 10: Rør materialer med trykk, diameter, grunnforhold, belastninger og om undervanns-ledninger (VA Miljø Blad, 2010)

Rørmateriale	Trykk	Diameter	Bløte grunnforhold	Store utvendige belastninger	Undervanns- ledninger
PVC	≤ 25 bar	≤ 630mm	Mindre egnet	Mindre egnet	Uegnet
PE	≤ 25 bar	≤ 2000mm	Godt egnet	Godt egnet	Meget godt egnet
PP	≤ 25 bar	≤ 1200mm	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet
GRP	≤ 25 bar	≤ 24000mm	Mindre egnet	Godt egnet	Kan benyttes
Duktilt støpejern	≤ 40 bar	≤ 2000mm	Mindre egnet	Godt egnet	Kan benyttes
Stål	≤ 40 bar	≤ 1600mm	Godt egnet	Godt egnet	Godt egnet
Forspent betong	≤ 25 bar	≤ 2000mm	Mindre egnet	Meget godt egnet	Mindre egnet
Betong	≤ 1 bar	≤ 2000mm	Mindre egnet	Godt egnet	Uegnet

Tabell 11: Materialtype med egnethet for terreng, no-dig, miljø, trase og løsmasser (VA Miljø Blad, 2010)

Rørmateriale	Bratt terreng >15°	Styrt boring / NoDig	Aggressivt miljø	Kurvet trase	Eksisterende løsmasser i dundament og omfylling
PVC	Mindre egnet	Ikke egnet	Godt egnet	Mindre egnet	Egnet
PE	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet
PP	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Egnet
GRP	Godt egnet	Kan benyttes	Meget godt egnet	Egnet	Godt egnet
Duktilt støpejern	Godt egnet	Kan benyttes	Godt egnet	Egnet	Godt egnet
Stål	Meget godt egnet	Kan benyttes	Godt egnet	Mindre egnet	Godt egnet
Forspent betong	Ikke egnet	Ikke egnet	Mindre egnet	Mindre egnet	Meget godt egnet
Betong	Uegnet	Ikke egnet	Mindre egnet	Mindre egnet	Meget godt egnet

Tabell 12: Rørmateriale meg egnethet for temperatur, grunnforhold, slagbestandighet, anleggsteknisk og rystelser og vibrasjoner (VA Miljø Blad, 2010)

Rørmateriale	Høy temperatur >15°C	Forurensning grunn	Slagbestandighet	Anleggsteknisk i tettbygd strøk	Rystelser og vibrasjoner
PVC	Mindre egnet	Mindre egnet	Godt egnet	Meget godt egnet	Godt egnet
PE	Mindre egnet	Mindre egnet	Meget godt egnet	Godt egnet	Meget godt egnet
PP	Egnet	Mindre egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Meget godt egnet
GRP	Meget godt egnet	Godt egnet	Mindre egnet	Meget godt egnet	Godt egnet
Duktilt støpejern	Meget godt egnet	Godt egnet	Godt egnet	Meget godt egnet	Godt egnet
Stål	Meget godt egnet	Meget godt egnet	Godt egnet	Mindre egnet	Godt egnet
Forspent betong	Godt egnet	Mindre egnet	Godt egnet	Godt egnet	Mindre egnet
Betong	Godt egnet	Mindre egnet	Godt egnet	Godt egnet	Mindre egnet

Tabell 9, Tabell 10, Tabell 11 og Tabell 12 viser vanlige materialvalg innenfor prosjektering og viser resultatene fra EPDer samt hvilke forhold som påvirker hvor godt egnet valgt materiale er ved forskjellige situasjoner. Dataen er innhentet fra EPD-norge og VA Miljø Blad Nr. 30. Informasjonen rundt dette vil bli diskutert i kapittel 5.5.

4.4 Kummer

Under fremlegges en tabell med kommunenes valgte avstander for plassering av drikkevann-, spillvann- og overvannskummer.

Tabell 13: Tabell viser de lokale bestemmelsene for valgte kommuner i Norge, bestemmelsene er hentet fra de tilhørende VA-Normene til kommunene gjennom VA-norm.no

Bestemmelser avstand kummer, drikkevann, spillvann og overvann					
Gjeldene kapiteler der kummer nevnes i VA-normen: 2.2 3.8, 5.10 5.14 5.15 6.13 6.14 7.13 7.14					
Fylke	Kommune	Kommune-nummer	Drikkevann	Avløpsvann	Overvann
Viken	Halden	3001		80m	80m
Viken	Moss	3002	Dekningsradius for brannvann normalt 100m	80m	80m
Viken	Sarpsborg	3003	Brannvann 100m med 180m som maks dekning	80m < godkjenne ansvarlig	80m < godkjennes av ansvarlig
Viken	Fredrikstad	3004	Brannvann 100m maks	80m	80m
Viken	Drammen	3005	70-80m	70-80m	70-80m
Viken	Kongsberg	3006		80m	80m
Viken	Ringerike	3007		100m	100m
Viken	Hvaler	3011	Dekningsradius brannvann 100m	80m	80m
Viken	Rakkestad	3016		80m	80m
Viken	Råde	3017		80m	80m
Viken	Våler	3018		80m	80m
Viken	Vestby	3019		80m	80m
Viken	Nordre Follo	3020		80m	80m
Viken	Ås	3021		80m	80m
Viken	Frogn	3022		80m	80m
Viken	Nesodden	3023		80m < godkjennes ansvarlig	80m < godkjennes av ansvarlig
Viken	Bærum	3024	100m brannvann ved kjørbare vei	80m	80m
Viken	Asker	3025	25-100m småhusbebyggelse	100m selvrensende ledning	80m

			se, 25-50 bebyggelse		
Viken	Enebakk	3028		80m	80m
Viken	Flå	3039		80m	80m
Viken	Nesbyen	3040		80m	80m
Viken	Gol	3041		80m	80m
Viken	Hemsedal	3042		80m	80m
Viken	Ål	3043		80m	80m
Viken	Hol	3044	Bør ikke overstige 150m	Bør ikke overstige 60m	Bør ikke overstige 60m
Viken	Modum	3047	70-80m, ved større avtales med ansvarlig	70-80m, ved større avtales med ansvarlig	70-80m, ved større avtales med ansvarlig
Viken	Øvre Eiker	3048	70-80m, ved større avtales med ansvarlig	70-80m, ved større avtales med ansvarlig	70-80m, ved større avtales med ansvarlig
Viken	Lier	3049	70-80m, ved større avtales med ansvarlig	70-80m, ved større avtales med ansvarlig	70-80m, ved større avtales med ansvarlig
Viken	Lunner	3054		80m, avklares med ansvarlig	80m, avklares med ansvarlig
Oslo	Oslo	0301	Hvert gatekryss, eller max 100m	Skal være mindre enn 80m	Skal være mindre enn 80m
Innlandet	Hamar	3403		80m	80m
Innlandet	Lillehammer	3405		80m	Avklares med ansvarlig
Innlandet	Gjøvik	3407		80m, avklares med ansvarlig	80m, avklares med ansvarlig
Innlandet	Ringsaker	3411	Med brannventil: 160m tettbebyggelse, 240m utenfor	Nedstigning hver 240m, vegkryss, ledningskryss og endekummer	Nedstigning hver 240m, vegkryss, ledningskryss og endekumm
Innlandet	Stange	3413		80m, avklares med ansvarlig	80m, avklares med ansvarlig
Innlandet	Sør-Odal	3416		80m	80m
Innlandet	Elverum	3420		80m, kan avtales for økt ved pumpeledning	80m, for rene overføring kan 150m brukes

Innlandet	Trysil	3421		80m	80m
Innlandet	Åmot	3422		80m	80m
Innlandet	Stor-Elvdal	3423	I bebygd område ikke større enn 100m	80m	80m
Innlandet	Rendalen	3424	I bebygd område ikke større enn 100m	80m	80m
Innlandet	Tolga	3426	I bebygd område ikke større enn 100m	80m	80m
Innlandet	Tynset	3427	I bebygd område ikke større enn 100m	80m	80m
Innlandet	Alvdal	3428	I bebygd område ikke større enn 100m	80m	80m
Innlandet	Folldal	3429	I bebygd område ikke større enn 100m	80m	80m
Innlandet	Os	3430		80m	80m
Innlandet	Dovre	3431		80m, kortere avtales med ansvarlig	80m, kortere avtales med ansvarlig
Innlandet	Lesja	3432		80m, kortere avtales med ansvarlig	80m, kortere avtales med ansvarlig
Innlandet	Skjåk	3433		80m, kortere avtales med ansvarlig	80m, kortere avtales med ansvarlig
Innlandet	Lom	3434		80m, kortere avtales med ansvarlig	80m, kortere avtales med ansvarlig
Innlandet	Vågå	3435		80m, kortere avtales med ansvarlig	80m, kortere avtales med ansvarlig
Innlandet	Nord-Fron	3436		80m	80m
Innlandet	Sel	3437		80m, kortere avtales med ansvarlig	80m, kortere avtales med ansvarlig
Innlandet	Sør-Fron	3438		80m	80m
Innlandet	Ringebu	3439		80m maks, avstand avtales med ansvarlig	80m maks, avstand avtales med ansvarlig
Innlandet	Øyer	3440		80m maks, avstand avtales med ansvarlig	80m maks, avstand avtales med ansvarlig
Innlandet	Gausdal	3441		80m maks, avstand avtales med ansvarlig	80m maks, avstand avtales med ansvarlig

Innlandet	Østre Toten	3442		80m maks, avstand avtales med ansvarlig	80m maks, avstand avtales med ansvarlig
Innlandet	Vestre Toten	3443		80m maks, avstand avtales med ansvarlig	80m maks, avstand avtales med ansvarlig
Innlandet	Gran	3446		80m maks, avstand avtales med ansvarlig	80m maks, avstand avtales med ansvarlig
Innlandet	Søndre Land	3447		80m maks, avstand avtales med ansvarlig	80m maks, avstand avtales med ansvarlig
Innlandet	Nordre Land	3448		80m maks, avstand avtales med ansvarlig	80m maks, avstand avtales med ansvarlig
Innlandet	Nord-Aurdal	3451		80m	80m
Innlandet	Øystre Slidre	3453		80m	80m
Vestfold og Telemark	Horten	3801		80m	80m
Vestfold og Telemark	Holmestrand	3802	Dekningsradius for brannvann normalt 100m	80m, 160m for nedstigningskummer	80m, 160m for nedstigningskummer
Vestfold og Telemark	Tønsberg	3803	Normalt ikke mere en 70-80m, avtales med ansvarlig	Normalt 70-80m, avtales med ansvarlig	Normalt 70-80m, avtales med ansvarlig
Vestfold og Telemark	Sandefjord	3804	Dekningsradius for brannvann normalt 100m	80m, større avstand avtales med ansvarlig	80m, større avstand avtales med ansvarlig
Vestfold og Telemark	Porsgrunn	3806	300m brannkummer med maks 150m uttrekk	80m	80m
Vestfold og Telemark	Skien	3807	Brannvann, 100m boligfelt, 250m spredt bebyggelse	80m, kan økes til 100m	80m, kan økes til 100m
Vestfold og Telemark	Notodden	3808	Brannvannsdekning 100m langs kjørbare vei	60-70m normalt, maks 180-210m nedstigning	60-70m normalt, maks 180-210m nedstigning

Vestfold og Telemark	Færder	3811		80m	80m
Vestfold og Telemark	Siljan	3812		80m	80m
Vestfold og Telemark	Drangedal	3815	Normalt ikke mere en 70-80m, avtales med ansvarlig	Normalt 70-80m, avtales med ansvarlig	Normalt 70-80m, avtales med ansvarlig
Vestfold og Telemark	Nissedal	3822		Normalt mellom 60-70m, med 80m maks	Vurderes individuelt, 100m grense
Agder	Grimstad	4202	Veiledende avstand på 120m	120m	120m
Agder	Kristiansand	4204	Maks 150m fra nærmeste brannobjekt	80m	80m
Agder	Lillesand	4215		80m	80m
Agder	Birkenes	4216	Maks 150m fra nærmeste brannobjekt	80m	80m
Agder	Valle	4221		80m	80m
Agder	Bykle	4222		80m	80m
Agder	Vennesla	4223		80m	80m
Agder	Åseral	4224		80m	80m
Agder	Kvinesdal	4227		80m maks, normalt 60-70m	80m maks, normalt 60-70m
Agder	Sirdal	4228		80m	80m

Avstandene som er vist i Tabell 13 stammer fra VA-normen til de tilhørende kommunene i tabellen. De aller fleste kommunene holder seg mellom 60-120m med 80m som mest normale maksimalavstand for de forskjellige kummene.

4.3.1 Drikkevannskummer

For drikkevannskummer blir maksimalavstanden ofte styrt av brannvannsdekning fra kummen. Avstandene varierer fra kommune til kommune etter hva de anser som korrekte avstander for å opprettholde kravene satt i Byggteknisk forskrift (TEK17) § 11. I TEK17 [2017 §15-7] utvendig vannforsyningsanlegg med ledningsnett står det at:

- (1) Anlegg skal prosjekteres og utføres slik at god helse ivaretas ved at
 - a. Det velges produkter som ikke avgir stoffer som kan forringe kvaliteten på drikkevannet eller medføre helsefare.
 - b. Ledningsnett er sikret mot tilbakestrømming eller inntrengning av urene væsker, stoffer eller gasser. Dette gjelder også for tilbakesuging og tilførsel av vann fra annen vannkilde og installasjon.
- (2) Anlegg skal være dimensjonert slik at det gir tilstrekkelig mengde og tilfredsstillende trykk til å dekke vannbehovet, inklusivt slokkevann.
- (3) Vannforsyningsanlegg skal
 - a. Tilrettelegges for høy driftssikkerhet og for effektiv drift og vedlikeholde
 - b. Tåle indre og ytre belastninger, og kjemiske påvirkninger
 - c. Sikres mot frostskafer
 - d. Ha tilstrekkelig tetthet mot lekkasje ved maksimalt driftstrykk.

Det står da her ikke noe konkret om avstander mellom kummer og eventuelle bygninger, men hvilke tekniske krav som settes til installasjonen. Som nevnt i kapittel 5.15 i VA-normen blir avstander mellom kummer påvirket av faktorer som brannvannsuttak, høybrekk/lavbrekk, drift, vedlikehold type boligstrøk og fremtidige utbygning for området. En samlet vurdering av tidligere nevnte punkter skaper de avstandene som kommer frem i Tabell 13. For lednings/anleggseier skal kunne sikre trygg og forsvarlig drift og vedlikehold av anlegget blir maksimal avstandene satt til ca. 80-100m for drikkevannskummer. Fra intervjuene ble det nevnt at nøyaktige lekkasjesøk blir vanskeligere ved lengre distanser mellom kummer og knutepunkt.

4.3.2 Spillvanns- og overvannskummer

I TEK17 [2017 §15-8] Utvendig avløpsanlegg med ledningsnett. Overvann og drensvann står det

- (1) Overvann og drensvann skal i størst mulig grad infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt for å sikre vannbalansen i området og unngå overbelastning på avløpsanleggene.
- (2) Bortledning av overvann og drensvann skal skje slik at det ikke oppstår oversvømmelse eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet.
- (3) Byggverk skal sikres mot oversvømmelse som følge av høy vannstand eller overtrykk i avløpsledning. Sjenerende lukt skal ikke forekomme.
- (4) Avløpsanlegg skal
 - a. Prosjekteres og utføres slik at avløpsvann bortledes i takt med tilført vannmengde, og slik at god helse ivaretas
 - b. Tilrettelegges for høy driftssikkerhet og for effektiv drift og vedlikehold
 - c. Være selvrensende og ha nødvendige punkter for inspeksjon og rengjøring
 - d. Tåle indre og ytre belastninger samt kjemiske påvirkninger
 - e. Sikres mot frostskafer
 - f. Ha tilstrekkelig tetthet mot lekkasje.
- (5) Stikkledning for avløpsanlegg som ikke lenger brukes, skal frakobles.

TEK17 sier ikke noe konkret om avstandene for kummene for spillvann og overvann, men mer om funksjonskravene som settes til anlegg og installasjoner. Bestemmelsen for avstand mellom kummer for spillvann og overvann påvirkes av flere faktorer som høybrekk/lavbrekk, drift og vedlikehold og krappe retningsendringer. Avløpsledninger legges ønskelig som selvrensende og med fall til pumpesummer. Vedlikeholdet av ledningene med spyling og tv-kjøring for karlegging av ledningstilstand fremlegges mest overkommelig med avstander mellom kummene på under 100m.

4.5 Bruk av gravefrie løsninger

Ved rehabiliteringsarbeid blir gravefrie løsninger mer og mer brukt for utskiftning og reparasjon for ledningene. Bruken av NoDig-kalkulatorer vil kunne vise besparelser ved bruken av gravefrie metoder fremfor

Ved bruken av NoDig-kalkulator (kan hentes på: nodig.avinet.no) fra Asplan Viak i et eksempel for en boliggate på 800m, med gjennomsnittlig avstand til asfaltverk, pukkverk, mellomlager og deponi på 10km, ledning ligger under asfalten og mulighet for lagring av masser langs ledningstrasè på 40%, vil bruken av NoDig gi:

Trasélengde (maks. 1500 m)		
800	meter	

Terrengoverflate			OK
Asfalt	800	meter	
Belegningsstein		meter	
Grus		meter	
Park		meter	
Utmark		meter	
Sum	800	meter	

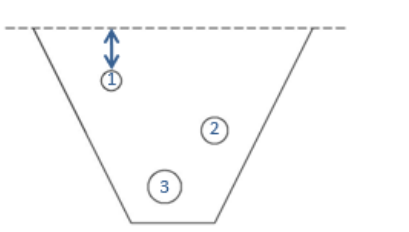
Transportavstander fra anlegg til...		
Asfaltverk	10	km
Pukkverk	10	km
Mellomlager	10	km
Fyllplass *	10	km

Trafikktrasé			OK
Bygate - Sterkt trafikkert		meter	
Bygate - Moderat trafikkert		meter	
Boliggate	800	meter	
Landevei		meter	
Utenfor vei		meter	
Sum	800	meter	

Håndtering av gjenfyllingsmasse			OK
Lagring langs ledningstrasé	40	%	
Til mellomlager	60	%	
Sum	100	%	

Figur 29: Eksisterende forhold boliggate

Figur 29 viser eksisterende forhold i eksempelet. Her er lagring av gjenfyllingsmasser satt til 40% da fortau og passasje rundt anleggsområdet er nødvendig for boligområdet.

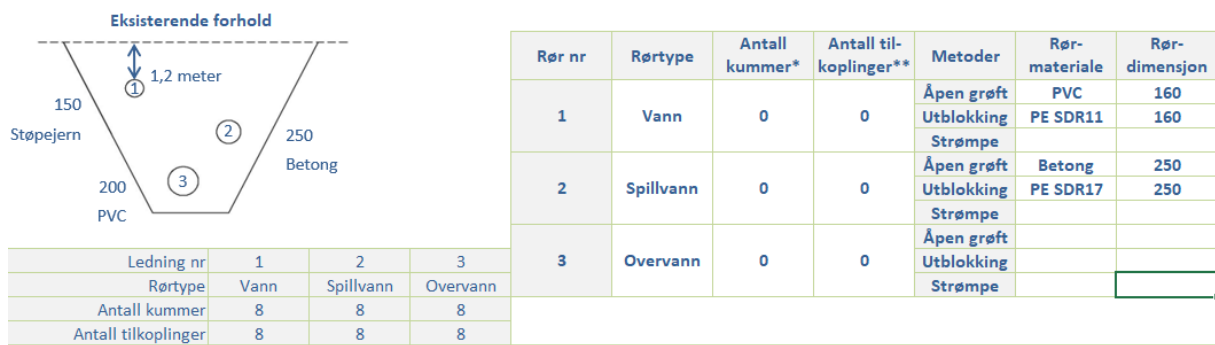


Overdekning:		
1,2	meter	

Rør nr	Rørtype	Rør-materiale	Rør-dimensjon	Antall kummer*	Antall tilkoplinger**
1	Vann	Støpejern	150	8	8
2	Spillvann	Betong	250	8	8
3	Overvann	PVC	200	8	8

Figur 30: Eksisterende forhold - Tre rør med seperatsystem

Figur 30 viser et seperatsystem med tilhørende ledningsmaterialer, ledningsdimensjoner, antall kummer på strekket og antall tilkoblinger utenfor kummer. Her er 100 meter mellom kummer brukt for å representere normale tillatte avstander i norske kommuner. Overdekningen er satt til 1,2m i dette tilfellet for å sikre seg innenfor kravet om minst 3 ganger rørdiameter overdekning og ikke mindre enn 0,5m (Norsk Vann, 2016). Denne dybden variere med grunnforhold og permafrost for frostsikring av rørene.



* Gjelder nye kummer / kummer som skal rehabiliteres. Felles kummer for flere ledninger regnes som 1 stk. kum.

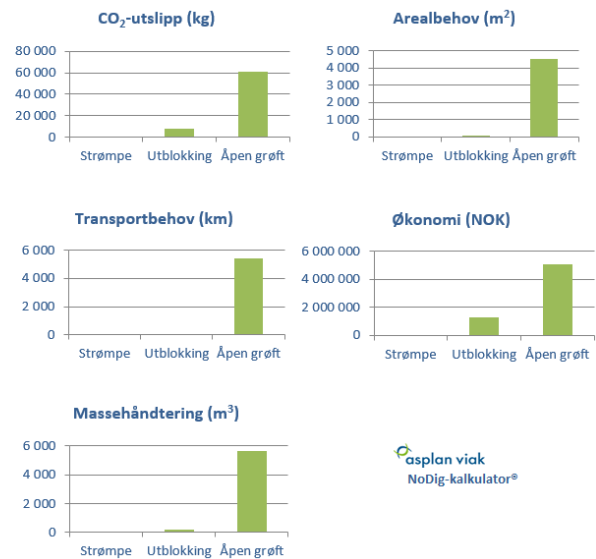
** Gjelder nye tilkøplinger utenfor kum.

Figur 31: Viser valg av metode og materiale for utskifning

Figur 32 viser valg av metode og materialer brukt for de rehabiliterte ledningene. Her er rehabiliteringen fokusert på drikkevann- og spillvannsledningene og NoDig-metoden utblokkning er brukt.

Oppdragsgiver				
Prosjektnummer				
Prosjektnavn				
Prosjektleder				
Trasélengde	800 meter			
Overdekning	1,2 meter			
	Rør 1	Rør 2	Rør 3	
Kummer	0	0	0	stk.
Tilkøplinger	0	0	0	stk.
	Strømpe *	Utblokking	Åpen grøft	
CO ₂ -utslipp (kg)		8 200	61 150	
CO ₂ per meter (kg/m)		10	76	
Transportbehov (km)		79	5 452	
Massehåndtering (m ³)		180	5 630	
Arealbehov (m ²)		78	4 539	
Kostnad per meter (kr/m)		1 700	6 400	
Total kostnad (kr)		1 307 000	5 064 000	

* Kun avløpsledninger



Figur 32: Resultatene for tradisjonell metode og utblokkning

Figur 32 viser resultatene fra rådataen innputtet i kalkulatoren.

$$\frac{8200}{61150} * 100 = 13,41 \%$$

$$\frac{1700}{6400} * 100 = 35,56 \%$$

CO₂-regnskapet kommer ut med en markant forskjell der NoDig-metoden tilsvarer et utslipp på bare 13,41 % og en kostnadsreduksjon på 35,56 % av den tradisjonelle metoden for utskiftning.

4.6 Bærekraftige anleggsplasser

Fra informantene ble det presisert at fokus på anleggsområder og massegjennbruk var viktige områder for å kunne forsvare mer bærekraftige prosjekter innen vann- og avløpsprosjekter. Dersom bruken av mer bærekraftige produkter og metoder er implementert, er neste steg byggeplassen. Norske bygge- og anleggsplasser er ansvarlige for et årlig utslipp på 854.000 tonn CO₂eq, med 340.000 tonn CO₂eq bare fra byggeplassene (Anskaffelser.no, 2022). DNV GL AS fremlegger i rapport fra 2018 at dersom korrekte tiltak utføres vil det være mulig med nærmest null utslipp (DNV GL AS Energy, 2018). Ved å implementere bruken av elektriske, batteridrevne eller hydrogendrevne anleggsmaskiner fremfor fossile maskiner vil store deler av miljøgassene reduseres. Dersom fjernvarme anskaffes tidlige i prosjektfasen vil energien som trengs til oppvarming og tørking reduseres. Anskaffelse av store energilagere som batterier som driftes av solenergi er med på å eliminere kravet for fossile drivstoffer der anleggsmaskineriet er elektrisk. Dersom elektriske anleggsmaskiner ikke er tilgjengelige, er bytte fra diesel til biodrivstoff mulig. Ved valget av biodrivstoff er det viktig at denne er bærekraftig og følger EUs bærekraftkriterier og at biobrensel fra palmeolje unngås (DNV GL AS Energy, 2018). DNV GL AS Energy fremlegger i sin rapport «Veileder for tilrettelegging av fossilfrie og utslippsfrie løsninger på byggeplassen» at nesten alle typer maskiner er tilgjengelige for bruken av HVO100 (biodrivstoff), eneste som mangler er mobilkraner. Alle Caterpillar sine maskiner som er nyere enn 20 år har muligheten for bruken av HVO100, alle maskiner fra Volvo kan, og Hitachi har et begrenset utvalg (DNV GL AS Energy, 2018).

Gjenbruk av masser på anleggsplasser kommer frem som et viktig bidragsytere for det totale klimaregnskapet. Basal fremlegger et klimaregnskap for nye grøfter med ig falsrør DN 600 vil gjennom A1-A3 vil stå for 46,5 kg CO₂/meter, mens transport A4 beregnes til 0,44 kg CO₂/meter med en gjennomsnittlig transportavstand for masser på 10 km og kun 0,9 meter overdekning av rør. Dersom alle masser som skal i grøften må transporteres vil CO₂ regnskapet ligge på 91,5 kg CO₂/meter rørgroft. Der gjenfyllingsmassene er gjenbrukte masser vil dette skape en 50 % CO₂ reduksjon, og der alle omfyllings og gjenfyllingsmassene er gjenbrukte stedlige masser vil dette gi en 70 % CO₂ reduksjon for ledningsgrøften (Basal, 2022).

4.7 Gjenbruk

Fra informantene framkom det at gjenbruk og bruken av stedlige masser var ønskelig og et viktig element for å fremme mer bærekraftig prosjektering. Ved å ha egne knusere for steinmasser på anleggsplassen vil transport av omfyllingsmasser kunne reduseres betraktelig. Som igjen vil være representativt i miljøregnskapet. Det kom frem at ved å bruke omfyllingsmasser med større tverrprofil som ofte bare har vært igjennom 1 knuserunde kunne vært gode alternativer.

Tabell 14: Krav til tykkelser, materialvalg og utførelse av fundament for rørledninger. Hentet fra (Vegvesen, 2022)

Fundament og materialer	Grunnforhold		
	Meget fast grunn Berg, stein Betong Meget fast og hard morene el. leire	Fast grunn Grus/sand Fast og tørr leire Jevne grunnforhold	Bløt grunn Torv Bløt silt, leire Masser som lett bløtes opp Ujevne grunnforhold
Gjelder for alle rørmaterialer			
Fundamenttykkelse v/rørdiameter DN < 400 mm DN = 400-1200 mm DN > 1200 mm	≥ 200 mm **) ≥ 300 mm **) ≥ 400 mm **)	≥ 150 mm *) ≥ 200 mm *) ≥ 250 mm *)	Ved masseutskifting med ≥ 500 mm friksjonsmasser kan disse massene utgjøre fundamentet dersom de øverste 200 mm fyller vanlige krav til fundament. Ved stabilisering, støpt bunnforsterkning eller lignende, skal fundamentet være som for «Meget fast grunn»
Massetyper i fundament, øvre siktstørrelse ¹⁾	Betongrør Betongrør Plastrør Plastrør Stålrør	DN < 400 mm: DN ≥ 400 mm: DN ≤ 300 mm: DN > 300 mm: Alle diametre:	Velgradert Maks. 32 mm Maks. 63 mm Maks. 22 mm Maks. 32 mm Maks. 32 mm Ensgradert Maks. 22 mm Maks. 32 mm Maks. 22 mm Maks. 32 mm Maks. 22 mm

¹⁾ Massene bør ikke være vannømfintlige, og vurderes iht. krav til frostsikring.

Tabell 15: Krav til materialer og utførelse for sidefylling/beskyttelseslag til rørledninger (stikkledninger og overvannsledninger) (Vegvesen, 2022)

Sidefylling/ beskyttelseslag, materialer og utførelse	Rørmaterial (diameter DN, mm)					
	Betong		Termoplast			Stål
Materialer, øvre siktstørrelse (D)	DN < 400	DN ≥ 400	DN ≤ 300	300 < DN ≤ 600	DN > 600	Maks. 32 mm
	Maks. 63 mm	Maks. 120 mm	Maks. 22 mm	Maks. 32 mm	Maks. 63 mm	
Lagtykkelse komprimering	Maks. 200 mm	Maks. 300 mm	Maks. 200 mm			Maks. 200 mm
Tykkelse beskyttelseslag	Min. 300 mm	Min. 300 mm	Min. 300 mm			Min. 300 mm
Lagtykkelse over rør for trafikk ¹⁾	Min. 500 mm dersom annet ikke er angitt		Min. 600 mm			Min. 500 mm dersom annet ikke er angitt

¹⁾ Anleggstrafikk på ujevn veg gir større belastninger enn normal trafikk ved overdekningen rørene er dimensjonert for. Lastreducerende eller lastfordelende tiltak vurderes i anleggsperioden.

Tabell 14 og Tabell 15 viser kravene for massene brukt som fundamentlag og sidefylling/beskyttelseslag for rør i forskjellige materialer og diametere som er vedtatt i Vegvesenet sin håndbok N200.

Tabell 16: Kornstørrelse for fundamentmasser (Norsk Vann, 2016)

Rørtype	Rørdiameter (DN)	Største kornstørrelse	
		Velgradert	Ensgrader
Termoplast	≤ 300	16	16
	> 300	22	22
Herdeplast	≤ 600	16	16
	> 600	22	33

Tabell 17: Største kornstørrelse for masser til sidefylling/beskyttelseslag (kilde: NS 3420-FS3.1/NS-ENV 1046), tilpassede størrelser (Norsk Vann, 2016)

Nominell rørdiameter DN	Største nominelle kornstørrelse (mm) velgraderte masser	Største nominelle kornstørrelse (mm) ensgraderte masser
DN < 300	22	16
300 ≤ DN < 600	32	22
600 ≤ DN	40	32

Rørtype	Rørdiameter (DN)	Største kornstørrelse	
		Velgradert	Ensgrader
Termoplast	≤ 300	16	16
	> 300	22	22
Herdeplast	≤ 600	16	16
	> 600	22	33

Tabell 16 og Tabell 17 viser kravene for kornstørrelse som fremlegges for utførelse av fundament, sidefyll og beskyttelseslag som beskrevet i VA Miljøblad 5. Tabellene fra Norsk Vann sitt Miljøblad er basert på NS 3420 kap FS3.1. Det meldes at ved de forskjellige sorteringene er det kjent at større kornstørrelser forekommer.

5 Diskusjon

Kapittel 4. Resultater fremla resultatene framkommet av intervjuene samt litteraturstudiet utført for oppgaven. Kapittel 5. vil ta for seg resultatene fra intervjuene og litteraturstudiet og drøftes opp mot teori og egne refleksjoner. Videre vil metoden og fremgangsmåte drøftes før det avsluttes med forslag for temaer der mer forskning ville vært interessant.

5.1 Grunnlag

Datagrunnlaget som fremkommer fra intervjuene, kan bli sett på som representativt for vann- og avløpsbransjen i Norge da informantene kommer fra stillinger tett knyttet opp til fagområdene som er blitt nevnt. Ved å stille som rådgivende organer og informasjonskilder for fagfolk og kunder vil informasjonen som blir innhentet være relevant og tett knyttet til virkelighetsbildet innenfor Norsk Vann- og avløpssektor. Ofte vil utførende fagpersoner sitte med andre grunnlag og erfaringer en rent teoretisk informasjon som er med på å skape et mer konkret virkelighetsbilde av hvordan bransjen i helhet håndterer og bearbeider problemer og prosjekter. Underveis i litteraturstudiet framkom det at oppgaven ønskelig skulle hatt flere intervjuobjekter for å skape et enda bredere bakgrunnsbilde for bransjen. Videre er det gjort ett bredt litteraturstudie som stiller som bakgrunnsinformasjon.

5.2 Bærekrafts behov

Klimakrisen er en fakta, og det fremmes fra FN at satsningen på bærekraft er essensiell for fremtiden for kloden og dens innbyggere. For å skape bærekraftig utvikling må verden jobbe på tre områder:

- 1) Klima og miljø
- 2) Økonomi
- 3) Sosiale forhold

(FN, 2021). For denne oppgaven er det hovedsakelig områdene Klima og miljø og Økonomi som blir berørt. Ved å sette fokuset i VA prosjekter mot disse områdene vil bransjen være med på å skape en bedre fremtid og som en følge være med på å forbedre de sosiale forhold i landet. Det fremkommer ett stort etterslep i Norge på utskiftning av de kommunale ledningsnettene i landet, og det vil være store trykk i fremtiden for utskiftning og forbedringer av eksisterende

anlegg. Ved å fremlegge et større press på å velge mer bærekraftige løsninger vil vannbransjen være med på å fremme bærekraften innenfor industrien og anleggssektoren.

Fra Rapport 116 «Rapport fra Vannverksregisteret» i 2011 blir ulike scenarioer fra VA-sektoren i 2010 presentert. Det fremlegges at det er flere aspekter som er med i spill for at sektoren ikke klarer å yte oppfylte krav og levere etter dette. Det kommer frem at et manglene langsiktig syn i bransjen, dårlig kompetanse og økte fokus på bærekraft er med på å påvirke utviklingen i bransjen og sektoren. Fra intervjuene og litteratursøkene fremkommer det at arbeidet mot bærekraft er sentrale deler hos produsenter og utførende aktører i bransjen, og at dette er med på å forme bedriftene mot en mer krevende framtid med økt fokus innenfor miljø og bærekraft. Et av intervjuobjektene mine mente at:

Med dagens mediedekning av klima lever bransjen under et press for å utvikle seg med hensyn på fremtiden.

5.3 Innovasjon

For å videreføre FNs anbefalinger om bærekraft og utvikling er det viktig for bransjen i sin helhet at innføringen av innovasjonsprosjekter i solide størrelser forekommer. Dette er med på å presse bransjen fremover og bevise at valget av nye metoder og løsninger fungerer. Ved å gå i forveien i valgene av nye løsninger for eksisterende problemer er dette med på å skape insentiver for at fremtidige prosjekter også bruker dette. Innovasjonsprosjekter er med på å drive fremgangen innenfor de tre hovedsakene innenfor innovasjon:

- Markedsdrevet innovasjon, baserer seg på behov identifisert i markedet.
- Kostnadsdrevet innovasjon, baserer seg på behovet for å redusere kostnader
- FoU innovasjon, baserer seg på resultater fra forskning og utvikling

(Kittilsen, 2014).

Ved å bruke metoder som BREEAM Infrastruktur under planlegging, utførelse og ferdigstilling i prosjekter vil fokuset og drivet under prosjektet vinkles mere mot bærekraft og miljø i prosjektet.

Som innovasjonsprosjekter vil dette være med på å drive bransjen fremover innenfor alle de tre hovedsakene innenfor innovasjon. Ved erfaringer og økt kompetanse innenfor prosjekter med fokus på bærekraft vil fremtidige kostnader bli påvirket da metoder og løsninger er prøvd ut og blitt godkjent innenfor bransjen.

For denne slags prosjekter er det viktig å få med seg utbygger/anleggseier med på laget for å strekke seg mot økt bærekraft og miljøregnskap i sine prosjekter da kostnadene ved disse prosjektene kan være noe høyere enn «konservative» løsninger som allerede finnes og er innarbeidet innenfor bransjen.

5.4 Miljødeklarasjoner

Bruken og produksjonen av LCAer og EPDer er i vekst med løpende utgivelser av EPDer fra forskjellige produsenter rundt om i verden. Fordelen med dette er den økte innsikten prosjekterende ingeniører og prosjekteiere får i prosjekter der valget av forskjellige materialer er tema. Problemet med EPDene er selv om de følger den internasjonale standarden EN 15804, varierer måten klimagassutslippene fremlegges for forskjellige produkter ved forskjellige produsenter. Ved flere betongprodukter fremlegges utslippet pr. kubikkmeter produsert betong for valgt type produkt, mens for forskjellige plastprodukter vises ofte utslippene for pr meter ferdig produkt. Videre er transportdistansene til produktene ikke alltid korrekte distanser, men 300 km brukes ofte gjengående hos forskjellige produkter.

Innenfor utviklingen av nye programvarer og klimakalkulatorer innenfor VA-prosjektering fremkommer denne lille ulikheten i forskjellige EPDer som er problem da anskaffelse av grunndata for programvaren blir en meget tidkrevende prosess da hver EPD må gjennomgås og kontrolleres at målemetodene som brukes er sammenlignbare. Et av mine intervjuobjekter hevdet at:

Ved utviklingen av programvarene oppstår problematikken med å få samkjørt innsamlet data der benevningsgrunnlaget differensierer.

Der fordelen med standardiserte maler og dokumenter har det vist seg vanskelig og tidkrevende å samle inn og likestille alle grunnlagene sånn at dataprogrammene enkelt og effektivt kan utføre oppgavene rundt klimapåkjenninger der forskjellige produkter sammenlignes.

For anleggseier og utførende personale kan EPDene gi ett røft resultat av det avsluttende klimaregnskapet for valgte produkter gjennom hele livsløpet frem til resirkulasjon og gjenbruk. Dette kan brukes som gode forhandlingskort da klimaregnskap for forskjellige materialer og produkter kan relativt enkelt fremlegges til prosjekteier, og skape incentiver for å velge mer bærekraftige materialer og produkter.

5.5 Materialer

Valg av hvilke materialer som skal velges for forskjellige prosjekter påvirkes av mange faktorer. Grunnforhold, om ledningen skal ligge under vann, utvendige belastninger, om grunnen er forurenset, slagbestandighet, vibrasjoner og rystelser, helning på terreng, utforming av trase, miljø det legges i, eksisterende løsmasser, samt om valgt materiale kan brukes til gravefrie løsninger som NoDig. Som vist i kapittel 4.3 gjennom Tabell 9 **Error! Reference source not found.** differensierer presentasjonsmåten av hvert materiale når det kommer til deklarasjonen. Noen materialer og produkter blir deklartert som 1 kg ferdig produkt i ferdig grøft, mens andre vises som et ledningsstykke ved en bestemt diameter. Vet at det er en vesentlig forskjell rundt dette skaper det problematikk for å effektivt kunne sammenligne produkter. Et av intervjuobjektene sa:

Det er som å se et eple, men et eple er ikke likt andre epler.

Det at flere produkter får tilhørende EPDer publisert er en positiv effekt for bransjen, men problematikken med å sammenligne de forskjellige EPDene forekommer fortsatt.

5.6 Kummer

Gjennom litteratursøk og intervjuer er det kommet frem at det ikke forekommer noen direkte maksimalgrenser for avstander mellom vann og avløpskummer i Norge. I TEK17 og PBL fremkommer det funksjonskrav til ferdigstilte anlegg som skal driftes og vedlikeholdes etter sagt krav. For prosjekter som blir ferdigstilt, og eierskap overtas av ledningsveier (her, norske kommuner) fremkommer drift og vedlikehold som neste steg for kommunene. Driften og vedlikeholdet innehar flere punkter der ledningslengder mellom kummer påvirker arbeidet. Spyling, TV-kjøring, lekkasjesøk og brannvann er temaområder som forenkles ved moderate avstander mellom kummer. Brannvann setter en øvre grense for drikkevannskummer gjennom brannvannsforskriften som setter grunnlaget ved bestemmelsen for maksimalavstander. Kommuner har noe varierende avstander her som varierer, og definisjonen av dekning varierer mellom måkt eller umåkt eiendommer.

Mer nøyaktig lekkasjesøk med lytteinstrumenter framkommer som enklere dersom ledningsstrekningene er kortere.

For spillvannskummer og overvannskummer er det ikke satt konkrete maksimal distanser mellom kummene, men som det fremkommer i Tabell 13 ligger avstandene på rundt 80 – 100 meter i Norske kommuner som beskrevet i VA-normene. 80 meter er den mest normale avstanden og forekommer med tanke på driften og vedlikeholdet av anlegget. Selv om det finnes mange eksempler på land som bruker lengre avstander mellom kummene sine, kommer det fra intervjuene at vedlikehold og drift anses som enklere ved den mest brukte lengden på 80m i Norge.

Dersom Norge ville brukt lengre avstander som har bevist seg å fungere godt i utlandet vil pris og klimaregnskapet for kommunale ledningsnett påvirkes da antall nødvendige kummer for en distanse kan reduseres. Grøftebredde, anleggstid som følge av færre kummer vil bli forkortet som igjen er med på å presse pris og klimautslipp ned. Dette er et område som må forskes videre på om vedlikehold og drift blir påvirket negativt og funksjonskravene for anleggene ikke opprettholdes.

5.6.1 Plast mot betong

Når det kommer til prosessen for valget for lednings- og kummateriale har det ofte vist seg at nedstigningskummer lages i betong, hvert fall bunnene fremkommer i betong, men nå blir det sett flere prosjekter der plastprodukter brukes i alle ledd av nettet, fra ledningene til kummene. Øygarden kommune har gjennomført et prosjekt der de valgte å bruke plastkummer for spillvann og overvann (TUM Studio , 2022). Ved å velge kun plast rør og kummer ved prosjektering av nye spillvann og overvannsledninger vil nødvendigheten for tungt maskineri forminskes da rør- og kummene relativt enkelt kan forflyttes av personell i grøften fremfor med betong der tungt maskineri må brukes som følge av vekten til produktene.

Ved å eliminere bruken av tungt maskineri som hovedsakelig fortsatt går på fossilt drivstoff vil klima bespares under leggeperioden. Ved legging av plastkummer er det viktig å se på grunnvannstanden for der kummene skal ligge. Høyt vannspeil kan få kummene til å flyte opp fremfor med vanlige betongkummer som holder seg nede på grunn av vekten.

For valg av materiale er det viktig å vite oppbygningen av bergartene som ligger i grunnen der grøften skal legges. Alunskifter er kjent for å forsake etseskader på jernrør og få betong til å svulle og smuldre (Bryhni, 2021). Ved å velge plastprodukter vil problemene rundt

dette forsvinne, samt EPDer for de forskjellige produktene er tilgjengelige for å føre et klimaregnskap om dette er ønskelig for prosjektet.

Vannkummer står under trykk og den lette vekten, eventuelt kombinert med grunnvann kan gi utslag ved forflytninger av kummen og skape svake punkter for rørledningene inn og ut av kummen. Det finnes betong bunner som kan være med på å eliminere dette, men det fremkommer fra intervjuer og litteratursøk at bransjen sverger på kummer i helbetong for drikkevannskummer. Tryggheten for funksjonalitet og holdbarheten for system under trykk støttes opp for fastheten til betongkummen. Dersom grunnforholdene består av ugunstige fjellarter som kan forårsake skader på komponenter må derfor utskiftes i områdene, noe som igjen er kostbart og tidkrevende arbeid. Her fremkommer utnyttelse av stedlige masser og tungtransport med biodrivstoff eller elektrisitet som bidragsyttere for å fremme bærekraft og miljøhensyn rundt arbeidet.

5.7 Anleggsmetoder

I planleggingsfasen til prosjektet bør det redegjøres for hva slags utføringsmetode som skal anvendes under utførelsen av prosjektet. Skal prosjektet satse på fornybare energikilder som strøm, mer miljøvennlige drivstoff som biodiesel eller tradisjonelle metoder med fossile drivstoffer. Valget av dette vil gjøre utslag på klimapåkjenningen byggeprosjektet medfører for omverden. Ved å anvende verktøy for klimatilpasnings som BREEAM vil fokuset i prosjektet presses mot mer miljøvennlige alternativer for å kunne oppnå høyest mulig poengsum for prosjektet. Ved gjennomførelse av prosjekt med BREEAM vil prosjektet kunne søke om miljøsertifisering som fremmer prosjektet som et bærekraftig prosjekt med fokus innenfor miljø, helse, energi og troverdighet for ferdig arbeid.

Strømmen som eventuelt vil anvendes på anleggsplassen kan også produseres på eller i nærheten av anleggsplassen gjennom solceller for så å lagres i store batterier og brukes når solen ikke skinner. Ved å bruke omgivelsene og naturen som ressurser i anleggsfasen kan store besparelser innenfor energi forekomme. Fjernvarme fra dype brønner kan brukes for oppvarming av lokaler så energibehovet her senkes.

5.7.1 Gravefrie løsninger

Ved å velge bort tradisjonelle utføringsløsninger som åpne grøfter fremfor gravefrie løsninger som NoDig vil mindre areal kreves for utførelse av rørprosjekter. Mindre omfyllingsmasser kreves som igjen gir mindre plassbehov, og mindre massetransport med tungt maskinelt utstyr. Metoden kan brukes for nylegging eller rehabiliteringsarbeid i allerede eksisterende rørsystemer. Ved nylegging må det gjennomføres analyser av grunnmaterialene da metodene ikke fungerer likt for alle grunnmaterialer. I området med mye massivt fjell kan det vise seg å være vanskelig å utføre gravefrie løsninger.

Flere VA-normer som er gått igjennom i studie fremmer bruken av gravefrie løsninger i de prosjektene det lar seg gjøre. Ved å se på resultatene fra kapittel 4.5 ser vi er markant besparelse innen klimagasser og kostnad. Beparelsene gitt fra kalkulatoren i kapittel 4.5 viser klimagassutslipp på rundt 14% og 35% sammenlignes med tradisjonelle metoder med åpne grøfter. Store deler av utslippene vil forekomme fra massetransport og annet tungt maskinelt utstyr, men det er viktig å få med seg at reduksjonen er der. Selv om det vises fra eksempelet at det er positivt og besparelser ved bruken av gravefrie løsninger fremkommer det fra intervjuer at den relative kostnaden for prosjekter ofte økes ettersom grunnforholdene forandres. Dette kan være problematisk for prosjekteier med løpende kostander som kan forekomme ved legging av nye ledninger. Mens ved rehabiliteringsarbeid kan dette sees bort ifra da nytt rør føres igjennom eksisterende rør og grunnmassene trengs ikke å tas likt hensyn til.

5.7.2 Overvann

Som angitt i flere VA-normer ønsker kommuner å forhindre store påslipp av overvann til sine kommunale ledningsnett da dette bringer med seg større utgifter ved renseanleggene og økt fare for oversvømmelser under store regnhendelser der kapasiteten til eksisterende anlegg er tilstrekkelig. Nye prosjekter prosjekteres som seperatsystemer der overvann og spillvann skilles i forskjellige rør da rensebehovet av vannet er stort. Når det da kommer til prosjekteringen av nye områder må overvannet som oppstår på nevnt eiendom håndteres på nevnt eiendom. Vannet skal om mulig ikke ledes til annen persons eiendom eller det kommunale ledningsnettet. Dersom et fokus på å bruke overvannet som en ressurs fremfor et problem som må håndteres innføres, vil vannet kunne spille sin rolle som et gode fremfor et vonde. I områder med mye flater eller svake helninger kan regnbeds, kanaler og dammer prosjekteres for å ta hånd om overvannet som Trinn 1 & 2 for Tretrinnsstrategien for overvann. Grønne tak og vegger vil skape uteområder med godt klima og være innbydende for fugler og insekter. Ved at sollys tas

opp og reflekteres i mindre grad kan dette skape mer behagelige uteområder som oppfordrer til ferdsel for innbyggerne.

Ved utførelse av legging eller rehabilitering på ledningsnett i åpen grøft må overvannet håndteres slik at dette ikke forsaker skader på anlegg og arbeidere eller svekker grøftens integritet under bruk. Dette er for driftssikkerhet under arbeid. Ved prosjekter med store åpne grøfter og flater kan vannet forsake driftsstopp som vil være med på å øke kostnadene til prosjektet som en følge av forlenget arbeidstid eller eventuelle stopp. Her kan store mobile overvannsmagasin benyttes dersom bortledning av vann viser seg vanskelig og pumping av vann viser seg lite effektivt som eneste tiltak. Fordel her er at magasinene ofte kommer i plastikk og er lette å frakte og installere og kan gjenbrukes ved nye prosjekter.

5.7.3 Masser

Gjennom intervjuene fremkom det at tematikken rundt masser var noe av det viktigste for å forbedre bærekraften innenfor norske VA-prosjekter. Det ble da nevnt massetransport til og fra deponier samt knusing til korrekt kornstørrelse var de ytende faktorene. Ved å eliminere deler eller hele transportbehovet for masser til prosjekter forventes det store besparelser innenfor pris og klimapåkjenninger. Ved gjenbruk av stedlige masser vil reduksjonen av klimagasser reduserer markant som følge av hvor stor gjenbruksgrad som anføres for valgte prosjekter. Den normale avstanden til deponier for fyllingsmasser anes som rundt 10 km. Dersom antall turer her kan reduseres vil dette gi en positiv effekt for prosjektene.

5.8 Refleksjon rundt problemstilling og forskningsspørsmål

Oppgavens problemstilling er å kartlegge hvilke tiltak som kan være med å fremme bærekraftig prosjektering innenfor vann- og avløpssektoren. Som en følge av at problemstillingen kan fattes litt vid medfører dette at mange temaer blir tatt inn som informasjon. Som følge av den brede problemstillingen er det blitt fokusert på det overordnede bildet innenfor tematikken uten å gå dypt i studiene i hvert aspekt. Et problem ved dette er at oppgaven og informasjonen som vises fort blir sett på som litt generell, men fokuset har vært å holde seg innenfor vann- og avløpssektoren.

Når det kommer til forskningsspørsmålet om hvilket tema innenfor VA-prosjektering som er det området som kan tilby størst miljøgevinst fremkom det flere temaer som mulige bidragsyttere. Generelt fra intervjuene kommer massehåndtering og følgende av dette som en

av de viktigste temaene. Ved at dette kommer frem fra flere parter gir dette et godt virkelighetsbilde for hva som er noen av problemene bransjen står ovenfor.

5.9 Diskusjon av metode

Metode for løsning og arbeid med oppgaven står beskrevet i kapittel 3, mens dette kapitlet er for diskusjon rundt valgene gjort i denne oppgaven.

For den brede problemstillingen var det ønskelig å innsamle informasjon gjennom intervjuer og litteraturstudier for å skape et bredt bakgrunnsbilde samt informasjon og erfaringer fra fagpersoner som arbeider innenfor tematikken. En svakhet ved å gjennomføre få intervjuer for innsamling av data er at hver enkel informant blir vektlagt mye. Dette er ikke med på å alene skape et godt og konkret bilde av hvordan virkelighetsbilde i bransjen faktisk er. En positiv side med intervjuobjektene var deres forskjellige roller innenfor fagsektoren vann og avløp.

Gjennom de forskjellige intervjuene fremkom det en flytende samtale rund intervju spørsmålene som var med på å forme hvert enkelt individ sitt personlige synspunkt. Dersom jeg hadde gjennomført flere intervjuer og samtidig holdt bredden fra hvilke roller informantene hadde i bransjen ville informasjonen som ble innsamlet vært med på å skape et bedre og mer konkret virkelighetsbilde for bransjen. Min personlige oppfatning er at gjennom de forskjellige intervjuene kom det frem ganske like svar for forskningsspørsmål 2). Med dette i bakgrunn føler jeg at grunnlaget jeg lette etter i intervjuene kom frem, og ble i ettertid støttet opp gjennom litteraturstudiene.

Dersom min forkunnskap rundt intervjuer hadde vært bedre vil jeg kunne bedre forhindret mer flytende samtaler i intervjuene og heller fått fokuset kun på de planlagte intervju spørsmålene. Da samtalen gikk noe flytende var det deler av intervjuene som medbrakte seg irrelevant informasjon for oppgaven, men spennende temaer som jeg i fremtiden må berøre i mitt arbeid innenfor bransjen.

Litteraturstudie føler jeg var et godt arbeid og jeg stiller en erfaring rikere når det kommer til informasjonssøk. Da oppgaven var bred og noe generell har mengder av lest stoff vært utenfor temafeltet, men har igjen vært med på å øke min generelle kunnskap innenfor fagfeltet og hvordan bransjen håndterer og løser forskjellige problemer og prosjekter.

En oppsummering av valg av metode vil jeg si meg relativt fornøy med tanke på problemstillingen, men med ettertanke gjennomført flere intervjuer før å skape et bredere grunnlag for diskusjonsdelen.

6 Konklusjon

Denne studien hadde som formål å se på hva som finnes av bærekraftige løsninger og metoder innenfor bransjen, og hvilke området innenfor bransjen der fokuset på dette vil gi størst gevinst for miljøet. Dette ble gjennomført ved en systematisk gjennomgang av litteratur og intervjuer med fagpersoner tett knyttet til tematikken for studie. Gjennom studie ble det sett på hvordan bransjen gjør ting i dag og hvilke løsninger som finnes for fremtidens prosjekter innenfor vann og avløp. Det er tydelig at klima er noe som må bli tatt hensyn til innenfor byggenæringen, og vann- og avløpssektoren som en del av denne næringen har da en gylden mulighet til å fronte bærekraftige løsninger i sine fremtidige prosjekter.

Bransjen henger noe med utførelsen av nye metoder da det ikke finnes mengder med dokumentasjon for de nye løsningene som frontes i næringen. Norge som et lite og langstrakt land har en mengde varierende forhold og krav til løsninger rundt vann- og avløpsprosjekter, dette i kombinasjon med tidspress i prosjekter svekker incentivet for å benytte seg av nye metoder.

Det er klart at bransjen i sin helhet har miljø og bærekraft på sin agenda, dette spesielt hos produsenter og leverandører som stadig kommer med nye løsninger på hvordan de kan levere mer miljøvennlige produkter og tjenester til kundene. Dette kombinert med miljøfokus generelt i samfunnet er med på å presse anleggseiere til mer miljøvennlige løsninger for sine prosjekter.

Som gjennomgått i denne studien er at mange ledd innenfor bransjen som rett fokuset sitt mot bærekraft. Ved å ta i bruk informasjonen som er tilgjengelig og legge til rette for bruken av mer miljøvennlige metoder kan vann- og avløpsbransjen være med i forveien av bærekraftig prosjektering.

6.1 Forslag for videre arbeid

Det har vist seg under arbeid med oppgaven at arbeidet mot bærekraft er noe alle deler av bransjen er innom, alt fra produksjonsfabrikker, transport tilknyttet produktene, anleggsplasser og anleggsmetoder.

Ett temaområde jeg vil foreslå videre arbeid er innenfor utviklingen av kalkulatorverktøy innenfor gjenbruk av masser da dette har kommet frem som en av de største områdene innenfor bransjen der solide besparelser kan forekomme. Til grunne for dette kommer tematikken innenfor graden av utnyttelse av biodrivstoff og strøm i tungtransporten. Eventuelt implementeringen av knusemaskiner på anleggsplassen som vil være med på å eliminere kravet om transport som igjen vil gi utslaget for gjenbruken av stedlige masser.

Andre temaer som kunne vært spennende å sett på var på hvordan bruken av større kornstørrelse for omfyllingsmasser vil påvirke stabiliteten til rørene i grøften.

Referanseliste

- Anskaffelser.no. (2022, 02 04). *Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser*. Hentet fra Anskaffelser.no: <https://anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendombae/utslippsfrie-bygge-og-anleggsplasser>
- Anskaffelser.no. (2022, 02 04). *Utslippsfrie bygge- og anleggsplasser*. Hentet fra anskaffelser.no: <https://anskaffelser.no/hva-skal-du-kjope/bygg-anlegg-og-eiendombae/utslippsfrie-bygge-og-anleggsplasser>
- Asplan Viak . (2019). *Bygg- og anleggssektorens klimagassutslipp*. Asplan Viak/Byggenæringens landsforening.
- Basal. (2022, 12 10). *Reduser CO2-fotavtrukket ved korrekt bruk av betongrør og kummer*. Hentet fra Basal.no: <https://www.basal.no/lavkarbonbetong-til-ror-og-kummer/>
- BRE Group. (2022, 1 10). *BREEAM*. Hentet fra bregroup: <https://bregroup.com/products/breeam/>
- Bryhni, I. (2021, 4 28). *Alunskifer* . Hentet fra SNL.no: <https://snl.no/alunskifer>
- Byggfakta. (2013, 01 18). *Mener VA-bransjen er for konservativ*. Hentet fra Byggfakta nyheter: <https://nyheter.byggfakta.no/mener-va-bransjen-er-for-konservativ-54164/nyhet.html>
- City of Cape Town . (2014). Minimum standards for roads and stormwater design. (s. 62). Cape Town: The City of Cape Town's Transport and Urban Development Authority.
- City of Cape Town. (2019, 06 20). *Water and Sanitation Department*. Hentet fra Service fuidelines and standards: [https://resource.capetown.gov.za/documentcentre/Documents/Procedures,%20guidelines%20and%20regulations/Service%20Guidelines%20and%20Standards_for_Water_and_Sanitation_CCT%20\(Vers%203%202\).pdf](https://resource.capetown.gov.za/documentcentre/Documents/Procedures,%20guidelines%20and%20regulations/Service%20Guidelines%20and%20Standards_for_Water_and_Sanitation_CCT%20(Vers%203%202).pdf)
- dallas water utilities city of dallas. (2015). *Water and Wastewater Procedures and Design Manual* . Dallas: City of Callas.
- De nasjonale forskningsetiske komiteene. (2022, 09 06). *FEK*. Hentet fra Kvalitativ metode: <https://www.forskningsetikk.no/ressurser/fbib/metoder/kvalitativ-metode/>
- DNV GL AS Energy. (2018). *Veileder for tilrettelegging av fossilfrie og utslippsfrie løsninger å byggeplassen*. Høvik: DNV GL AS.
- epd-norge. (2022, 12 10). *epd-norway*. Hentet fra https://www.epd-norge.no/?lang=no_NO
- Flugund, K. (2016). Mal for kommunaltekniske VA-normer. *VA-dagene* (s. 42). Sintef.

- FN. (2021, 10 28). *Bærekraft utvikling*. Hentet fra FN:
<https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>
- FN. (2022, 10 18). *FN*. Hentet fra FNs bærekraftsmål: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>
- Fossen Utvikling AS. (2022, 12 1). *Tandberghøgda*. Hentet fra [fossenutvikling.no](https://www.fossenutvikling.no):
<https://www.fossenutvikling.no/prosjekter/tanberghogda>
- Furnes Jernstøperi. (2021, 10 15). *Ductile Cast Iron*. Hentet fra [epd-norway](https://www.epd-norway.no):
https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321122-1634298573/EPDer/Byggevarer/NEPD-3175-1816_Ductile-Cast-Iron.pdf
- Grønn Byggallianse. (2022). *Klimakur for bygg og eiendom*. Hentet fra Grønn Byggallianse:
<https://byggalliansen.no/kunnskapscenter/publikasjoner/infopakkeklimakjempen/#1610543721156-39143120-001d>
- Halden, V.-n. (2022, 10 25). *VA-norm Halden kommune*. Hentet fra <https://va-norm.no/pdf/0/all/36/>
- Hansen, G. H. (2022, 10 12). *nodig.avinet.no*. Hentet fra NoDig-Kalkulator:
<http://nodig.avinet.no/>
- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*.
- Kittilsen, A. R. (2014). *Innovasjon og Corporate Social Responsibility (CSR) i samspill - en litteraturstudie*. Hentet fra <https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2788904/Storlien2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- LCA.no. (2022, 12 14). *EPD basert på EN 15804*. Hentet fra LCA.no: <https://lca.no/epd-basert-pa-en-15804/>
- LCA.no. (2022, 12 12). *Hva er LCA*. Hentet fra LCA.no: <https://lca.no/hva-er-lca/>
- Loe Rørprodukter AS. (2020, 11 04). *ig-falsrør DN 600 x 2250 (uarmert) - iht. Basal Standard*. Hentet fra [epd-norway](https://www.epd-norge.no): https://www.epd-norge.no/getfile.php/1315945-1618843334/EPDer/Byggevarer/Betongvarer/NEPD-2513-1253_ig-falsror-DN-600-x-2250--uarmert---iht-Basal-Standard.pdf
- Lovdata. (15.06.2022). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. Lovdata. Hentet fra [lovdata](https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71):
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>
- Løkensgard, V., & Herfindal, E. N. (2019). *Sammenligning av DiVA og Powel Ledningsfornyelseprogram for Ålesund kommune*. Ålesund: NTNU.
- Norsk Vann. (2016, 08 13). *Nr. 5. Grøfteutførelse fleksible rør*. Hentet fra VA Miljø Blad 5:
<https://www.va-blad.no/grofteutforelse-fleksible-ror/#toc14>
- Norsk Vann. (2020). *Innspill til handlingsplan om bærekraftarbeidet i Norge*. Hamar: Kommunal- og moderniseringsdepartementet.

- Paus, K. H. (2018). *Tre-trinns strategien og dimensjonering i praksis*. Hentet fra statsforvalteren: <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/utgatt/fm-oslo-og-akershus/dokument-fmoa/miljo-og-klima/kurs-og-seminarer/seminar-om-klimatilpasning-og-overvann-2018/presentasjon-av-kim-h.-paus-asplan-viak-as.pdf>
- Pipelife. (2022). *Pipelife*. Hentet fra Carbon footprint: <https://www.pipelife.no/content/dam/pipelife/norway/marketing/general/brochures/various/Carbon%20Footprint.pdf>
- Pipelife Norge AS. (2018, 02 14). *Glatte grunnavløps- og overvannsrør i PP*. Hentet fra epd-norge: https://www.epd-norge.no/getfile.php/138537-1601888620/EPDer/Byggevarer/NEPD-1505-513_Glatte-grunnavl--ps--og-overvannsr--r-i-PP-----.pdf
- Pipelife Norge As. (2021, 12 08). *PE 100 Robustline RC trykkør*. Hentet fra epd-norge: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321768-1638958771/EPDer/Byggevarer/R%C3%B8systemer/NEPD-3265-1906_PE-100-Robustline-RC-trykkør.pdf
- Pipelife Norge AS. (2021, 10 14). *PVC Trykkørssystem*. Hentet fra epd-norge: https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321104-1634643779/EPDer/Byggevarer/R%C3%B8systemer/NEPD-3173-1815_PVC-trykkørssystem.pdf
- Ringerike, V.-n. (2022, 10 25). *VA-norm Ringerike kommune*. Hentet fra <https://va-norm.no/pdf/0/all/93/>
- Sewers Automatic Adoption Implementation Team. (2011). *National Build Standards*. www.defra.gov.uk.
- Sobrinho, H. d. (2018). *Simplified Sewerage Systems and Potential Application to Rural Louisiana Communities*. New Orleans : University of New Orleans .
- Storlien, H. (2021). *Kartlegging av barrierer og potensielle tiltak knytte til den teknologiske utviklingen i vann- og avløpssektoren*. Hentet fra [nmbu.brage: https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2788904/Storlien2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://nmbu.brage.unit.no/nmbu-xmlui/bitstream/handle/11250/2788904/Storlien2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tjora, A. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis 4. utgave*. Gyldendal.
- TUM Studio . (2022). *Plast vs. Betong: Plast er enklere å montere og langt mere miljøvennlig*. Hentet fra [veier24.no: https://www.veier24.no/deltav/_/plast-vs-betong-plast-er-enklere-a-montere-og-langt-mer-miljovennlig/485299](https://www.veier24.no/deltav/_/plast-vs-betong-plast-er-enklere-a-montere-og-langt-mer-miljovennlig/485299)
- VA forum. (20017, 08). *VA forum*. Hentet fra <https://vaforum.no/vaforum-artikler/vannbransjen-skal-ogsaa-opp-i-sky/>
- VA Miljø Blad. (2010). *VA Miljø blad Nr. 30 Valg av rørmaterialer*. Hentet fra VA-blad: <https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2014/10/blad-30-rev-09.02.11.pdf>
- Vegvesen, S. (2022). *N200 Vegbygging*. Statens Vegvesen.

Wavin. (2022, 05 30). *Wavin har gått over til klimavennlig transport i Norden*. Hentet fra Wavin: <https://www.wavin.com/nn-no/Nyheter-Prosjekter/Nyheter/HVO-Biodiesel>

Ødegaard, H. (2014). *Vann- og avløpsteknikk* . Norsk Vann.

Vedlegg

Vedlegg 1 – Intervjuguide

Intervjuguide – Bærekraftig VA-prosjekter

Tidsbruk: ca 30 min.

Samtykke og rettigheter blir gjennomgått ved starten av hvert intervju.

Generelle spørsmål:

- Kan du fortelle kort om din bakgrunn og hvem du er?
- Hvilken rolle innenfor VA bransjen har du?

Spørsmål:

- Er en økning av maksimalavstand mellom kummer et tiltak for klima- og økonomibesparelse?
- Hvor kommer bestemmelsen for avstanden mellom kummer?
- Hvordan kan avvik fra dette gjennomføres?
- Hva mener du er det området innenfor VA-prosjektering som kan ha størst miljøgevinst dersom endring i praksis blir utført?
- Hva er dine erfaringer rundt mulighetene nullutslippsbyggeplasser
- Hva gjøres innenfor miljø og bærekraft i din del av bransjen?
- Er fokuset rundt miljø stort?
- Anbefalinger for nye personer til intervju?
- Er det noe du ønsker å tilføye som kan være interessant for oppgaven?



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway