

STIKKLEDNINGER I VARERØR

Innovasjonsprosjekt for praktisk testing av trekking og trekkekrefter.



PROSJEKTDeltakere:



Multiconsult



Nasjonalt senter for vanninfrastruktur



PIPELIFE 



RAPPORT

TITTEL	Stikkledninger i varerør - Innovasjonsprosjekt	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRA GSGIVER	Drammen kommune		
KONTAKTPERSON	Nora Belling Mangen	UTARBEIDET AV	Katarina Hansen (Multiconsult) Roger Eilertsen (Multiconsult) Nora Belling Mangen (Drammen kommune) Stian Bruaset (SINTEF)
ISBN	978-82-414-0478-8	NORSK VANN RAPPORT NR.	C16/2023

Rapporten inngår i Norsk Vanns C-rapport serie. C-rapporter er rapporter som er delfinansiert av Norsk Vann, men utgitt av andre. Rapporten utgis kun elektronisk.

SAMMENDRAG

Drammen kommune har satt i gang et innovasjonsprosjekt for å undersøke inn/uttrekking av stikkledninger i varerør. Prosjektet har fått finansiell støtte fra Program for teknologiutvikling i vannbransjen, som er en offentlig støtteordning forvaltet av Folkehelseinstituttet.

Bakgrunnen for prosjektet er at stadig flere kommuner har begynt å samle stikkledninger i kummer, ofte med varerør, i stedet for direkte anboringer. Ved å legge stikkledninger i varerør kan man tilrettelegge for fremtidig utskifting og reparasjon uten oppgraving. Ved å samle alle tilkoblinger i kum, tilrettelegger man også for grøftfri utskifting av hovedledning. Samtidig fjerner man anboringer, som er kjente svake punkter, fra lukket grøft til kummer med inspeksjonsmulighet. Det vil si at man minimerer faren for lekkasje, samtidig som man tilrettelegger for enklere reparasjon. En annen fordel er at man kan oppdage eventuelle lekkasjer ved at det renner inn i vannkummen via varerøret. Det er derimot ingen felles praksis på området, og det stilles ulike krav til utførelse av rør i rør i kommunene rundt om i landet. Kravene virker å være basert på en blanding av interne erfaringer, oppfatninger og antakelser.

Hovedmålet med prosjektet er å oppnå økt kunnskap om stikkledninger i varerør, og få ytterligere dokumentasjon på praktiske forhold rundt legging og trekking av ulike kombinasjoner av avvinklinger, diameter på varerør, type varerør osv. Dette for å legge til rette for en best mulig praksis på området.

Prosjektet ble gjennomført våren og høsten 2022, og gjennomføringen av forsøkene ble utført på et industriområde i Mjøndalen. Det ble totalt utført 44 ulike forsøk hvor trekkraftene varierte fra 19,5 kg (36 m, 32/60 PE, tverrgående riller, 60° bend) til 134,5 kg (100 m strekk 40/63 mm 90° + 60° bend). De fleste rørene var rundt 35 m lange.

Testene bygger videre på testingen som ble gjennomført av Asker kommune i 2018.

RESULTATER

Resultatene viser at det stort sett var lavere trekkraft enn antatt på forhånd, og at:

- Trekkraften er tilnærmet lik for inn – og uttrekking.
- Større dimensjonsforskjell mellom varerøret og medierørets diameter gir mindre trekkraft.
- Avvinklingens størrelse har mindre betydning for trekkraften enn bøyeradiusen, som har stor innvirkning.
- Varerør i PP (mufferør) og varerør med tverrgående riller (korrugerte) gir minst trekkraft. Det var også i disse forsøkene varerørets lysåpning var størst, og det er vanskelig å konkludere i hvor stor grad materialet og utformingen har betydning for resultatet.
- Vann som smøremiddel har ingen effekt på trekkraften.
- Deformasjon av varerøret slik at det klemmer på medierøret gir betydelig økning av trekkraft.
- Lavere temperaturer gir høyere trekkraft fordi stivheten til røret øker, og man får dermed økt motstand gjennom bend.
- Når differansen mellom medierørets- og varerørets dimensjon øker, utgjør avvinklingen i bendet større en større andel av resultatet, fordi det er betydelig mindre motstand i resten av strekket.
- Det gikk fint å trekke en 32 mm ledning ut gjennom en 1600 mm kum med kjegle. Større rørdimensjoner og mindre kumdimensjoner er ikke testet, men virker krevende.

ANBEFALINGER

Ved etablering av stikkledninger i varerør anbefales det å ta hensyn til størrelsesforholdet mellom medierør og varerør da det påvirker hvor lett det er å trekke ut medierøret.

Leverandørens krav til minste bøyeradius må overholdes for å være sikker på at trekking er gjennomførbart, særlig ved flere avvinklinger, og lengre lengder.

Det anbefales at det gjøres flere studier av stikkledninger i varerør i storskala og under ulike forhold. Inntil trekking av flere stikkledninger i samme varerør er tilstrekkelig testet, vil vi ikke anbefale en slik løsning dersom grøftfri utskifting er målet.

INNHOILDSFORTEGNELSE

Figurliste.....	6
Tabelliste.....	7
Diagramliste	8
1 Innledning.....	9
2 Bakgrunn	11
2.1 Mål for prosjektet.....	11
2.1.1 Delmål:.....	11
2.2 Problemstillinger	11
2.3 Dagens teknologi	11
2.4 Tidligere studier.....	12
2.4.1 Rør-i-rør-systemer i Asker	12
2.4.2 Testing av kabler på Fornebu	12
2.5 Praksis i kommunene.....	13
2.5.1 Trondheim kommune	13
2.5.2 Oslo kommune (VAV)	14
2.5.3 Rana kommune.....	14
2.5.4 Bergen Vann	14
2.5.5 Bærum kommune.....	15
2.5.6 Drammen, Lier og Asker kommune	15
2.6 Definisjoner og beregningsmetodikk.....	16
2.6.1 Størrelsesforhold mellom medierør og varerør	16
2.6.2 Bøyeradius.....	16
2.6.3 Deformasjon	18
3 Materialer og metode.....	19
3.1 Materialer.....	20
3.1.1 Rør	20
3.1.2 Utstyr.....	20
3.2 Metode.....	23
3.2.1 Trekkeprosedyre.....	24
3.2.2 Bygging av vinkler	25
3.2.3 Deformasjon	26
3.2.4 Smøremiddel	27
4 Resultater	28
4.1 Temperaturer og værforhold	28
4.2 Resultater fra testing av enkeltfaktorer	30
4.2.1 Inntrekking og uttrekking	31
4.2.2 Størrelsesforhold mellom medierør og varerør	32
4.2.3 Rørmateriale – varerør	35
4.2.1 Rørmateriale – medierør	37
4.2.2 Avvinkling	38
4.2.3 Bøyeradius.....	40
4.2.4 Deformasjon	40
4.2.5 Smøremiddel	41
4.3 Uttrekking via kumtopp.....	42
4.4 Langt strekk med skjøt og to vinkler: 60° og 90°	44
4.5 Praktiske erfaringer	46
4.5.1 Røregenskaper.....	46
4.5.2 Trekking og utstyr	46
4.5.3 Skjøting.....	46
5 Diskusjon	48
5.1 Måleresultater	48
5.1.1 Værforhold	48
5.1.2 Inn – og uttrekking.....	49
5.1.3 Størrelsesforhold mellom medierør og varerør	50
5.1.4 Avvinkling	54
5.1.5 Bøyeradius.....	57
5.1.6 Rørmateriale.....	58

5.1.7	Deformasjon	60
5.1.8	Smøremiddel	61
5.1.9	Stivhet knyttet til temperatur og langtidsoppførsel	61
5.2	Sammenlikninger og beregninger	63
5.2.1	Forhold mellom trekraft, rørlengde og vekt	63
5.2.2	Sammenlikning med resultatene fra Asker i 2018	64
5.2.3	Målt trekraft mot PE-rørenes tåleevne	69
5.3	Usikkerheter	70
5.3.1	Temperatur/værforhold	70
5.3.2	Rigg, materiale og utstyr	70
5.4	Faktorer som påvirker gjennomføringen under faktiske forhold	71
5.4.1	Stikkledningskum	71
5.4.2	Fasthold/forankring	71
5.4.3	Temperatur	71
5.4.4	Flere stikkledninger i samme rør	71
5.4.5	Avslutning av varerøret og ansvarsforhold	71
5.5	Fremtidig anlegg – etableres for en levetid på 100 år?	72
6	Konklusjon	73
7	Anbefaling	75
8	Videre arbeid	76
9	Kildehenvisning	77
10	Vedlegg	78
Appendix A.	Tegninger	79
Appendix B.	Fullstendig oversikt over resultatene.	81
Appendix C.	Svar på spørsmål om erfaringer og bruk av stikkledninger i varerør fra et utvalg kommuner (e-post)	84

Figurliste

Figur 1: Skjermdump fra (Godt Vann, 2023)	9
Figur 2: Aktuelle bøyeradier for forsøkene i dette prosjektet, her vist ved 90° vinkel.	17
Figur 3: Bildene viser testing av henholdsvis riktig og for liten/krapp bøyeradius i 90 graders vinkel for kombinasjonen 40/63 mm rør. I bildet til venstre er bøyeradiusen ca. 2,4 m, til høyre er den redusert til ca. 1,0 m. (Foto: Drammen kommune)	17
Figur 4: Rørskviser. Åpningen i rørskviseren er avstanden mellom den svarte og den blanke sylindere, og måles med meterstokk. Foto: (Haugaland Rørhandel AS, 2023).	18
Figur 5: Venstre bilde øverst viser riggområde før tilrigging (Foto: Drammen kommune). Høyre bilde øverst viser riggområde sett fra luften mens området var rigget for forsøkene (Statens kartverk, 2023). De nederste bildene viser tilrigging på anlegget (Foto: Multiconsult & Drammen kommune)	19
Figur 6: Bildene viser Hallingplast sine ferdige rør-i-rør systemer. Bildet til venstre viser PE100RC-DUO og bildet til høyre viser PODI-DUO (med diffusjonssperre) (Hallingplast, 2021). Bildet helt nederst til høyre er PODI-DUO røret tatt i felt. (Foto: Drammen kommune)	20
Figur 7: Utstyr som ble benyttet for å gjennomføre forsøkene. Bildet til høyre viser trekkehoder som ble benyttet til Ø32 PE-rør (Foto: Drammen kommune). Bildet til venstre viser noe av utstyret som ble benyttet på plassen (foto: Drammen kommune).	22
Figur 8: Kranvekten som ble brukt i forsøkene. Til venstre er vektcellen beskyttet av en avklippet bit av et varerør med slisse og hull til ledningen for å unngå å skrape opp vektcellen underveis i trekkingen. Til høyre vises vektcellen uten beskyttelsen. (Foto: Drammen kommune)	22
Figur 9: Kabelvinsj av samme type som ble brukt i prosjektet. Foto: (Castor AS, 2023)	22
Figur 10: Bilder tatt i felt under forsøkene. Gravemaskin ble benyttet for å rigge til testene (foto Drammen kommune).	23
Figur 11: Oppsett for trekking av medierør i varerør på testområdet i Mjøndalen. Rørstrekke i figuren er basert på innmålinger og viser noen av de ulike trasekombinasjonene som ble testet i prosjektet.	24
Figur 12: Bildet til venstre viser uttrekking av medierør ved hjelp av trekkehode, karabinkrok og en kranvekt for måling av trekraften. Bildet til midten viser aggregatet som var festet i hengerfestet og drevet av et aggregat i driftsbilen. Bildet til høyre viser inntrekking av medierør i varerør ved hjelp av et tau som er festet til enden av røret (Foto: Drammen kommune og Multiconsult).	25
Figur 13: Bilder som viser bygging av vinkler. Bildene til venstre viser hvordan PE-røret ble fiksert i riktig vinkel med bruk av kumringer og ved hjelp av hjullaster og kjettingskrev (Foto: Multiconsult). Bildet øverst til høyre viser at enden på ledningen akkurat har kommet ut gjennom bendet og bildet nederst til venstre viser hvordan PP varerørene ble satt sammen 3x30 graders bend og 1x90 graders bend samt rettstrekninger og fiksert med pukk. Langbend med radius 600 mm (Foto: drammen kommune).	26
Figur 14: Bildet til venstre viser hvordan deformasjonen ble utført i felt (Foto: Multiconsult). Bildet til høyre illustrerer prosentvis deformasjon av rør fra 10 – 30 % av rørtverrsnittet for Ø32/50 (Illustrasjon: Multiconsult).	27
Figur 15: Henger med vanntank. Bildet viser hengeren med drikkevannstank som ble brukt i prosjektet. Her avbildet i en annen situasjon. (Drammen kommunes mediearkiv, 2022)	27
Figur 16: Eksempler på målte temperaturer på plassen. De to første bildene er tatt med ca. 4 min. mellomrom, rundt kl. 14.00 den 20. mai. På det første bildet hadde termometeret ligget i skyggen, på det andre, hadde det ligget noen minutter i solsteiken. Det siste bildet er fra 29. november, ca. kl. 13.00 (Foto: Drammen kommune).	29
Figur 17: Bilder av forsøk med uttrekking gjennom kum. Bildene viser hvordan forsøket og kummen er konstruert for å gjenskape et realistisk tilfelle (Foto: Drammen kommune og Multiconsult).	42
Figur 18: Bildet til venstre viser hvordan medierøret er ført opp igjennom tigersvansen/slangespareren og ut gjennom kummen i varerør. Bildet til høyre viser hvordan varerør og medierør er festet inne i kummen før røret føres på utsiden (Foto: Drammen kommune).	43
Figur 19: (Bakgrunn på denne siden) Trasé for kombinasjonsforsøk.	44
Figur 20: Spjelkeskjøting av medierør.	47
Figur 21: Utklipp fra ressursbanken til Hallingplast. (Hallingplast AS, 2023)	69

Tabelliste

Tabell 1: Oversikt over prosjektdeltakerne.	10
Tabell 2: Resultater for trekking med 90 graders vinkel for ulike dimensjoner i 100 m lengde fra testforsøket i Asker kommune i 2018.	12
Tabell 3: Oversikt over erfaringer og krav i andre kommuner.	13
Tabell 4: tabellen viser produsentenes krav til minste bøyeradius for PE-rør.	18
Tabell 5: Værforholdene de syv testdagene utført våren og høsten 2022.	28
Tabell 6: Resultater for inntrekking og uttrekking for samme rørkombinasjon, med to ulike vinkler.	31
Tabell 7: Resultater for ulike fyllingsgrader av medierør i varerør for 60° vinkel .	32
Tabell 8: Resultater for ulike fyllingsgrader av medierør i varerør for 90° vinkel .	33
Tabell 9: Resultater for ulike fyllingsgrader av medierør i varerør for oppsamling av andre vinkler.	34
Tabell 10: Sammenstilling av resultatene med ulike typer varerør ved 60° vinkel .	35
Tabell 11: Sammenstilling av resultatene med ulike typer varerør ved 90° vinkel .	36
Tabell 12: Sammenlikning av medierørene PODI (PE-rør med diffusjonssperre og PP-kappe) og «vanlig» PE-rør ved 60° vinkel .	37
Tabell 13: Sammenlikning av medierørene PODI (PE-rør med diffusjonssperre og PP-kappe) og «vanlig» PE-rør ved 90° vinkel .	37
Tabell 14: Resultater ved testing av ulike vinkler for 32 mm medierør med diffusjonssperre og PP-kappe.	38
Tabell 15: Resultater ved testing av ulike vinkler for 32 mm medierør av PE.	38
Tabell 16: Resultater ved testing av ulike vinkler for 40 mm medierør av PE.	39
Tabell 17: Resultater ved testing av ulike vinkler for 50 mm medierør av PE.	39
Tabell 18: Resultater fra forsøk med vanlig, og veldig krapp bøyeradius i 90° vinkel for to ulike typer rørkombinasjoner.	40
Tabell 19: Resultater av simulert punktdeformasjon på varerøret.	40
Tabell 20: Resultater av trekking med og uten bruk av vann som smøremiddel.	41
Tabell 21: Resultater fra forsøket med uttrekking av medierør Ø32 PE100 opp av kum.	42
Tabell 22: Avlesninger underveis i kombinasjonsforsøket.	45
Tabell 23: Effekten av bend (60 mot 90 grader) på nødvendig trekkekraft.	52
Tabell 24: Forhold mellom trekkekraft og rørlengde.	63
Tabell 25: Summering av delstrekk sammenliknet med kombinasjonsforsøket.	65
Tabell 26: Summering av delstrekk sammenliknet med Askers forsøk med 90° vinkel og 100 m lengde.	66
Tabell 27: Summering av delstrekk sammenliknet med Askers forsøk med 180° vinkel og 60 m lengde.	67
Tabell 28: Summering av delstrekk sammenliknet med Askers forsøk med S-kurve og 100 m lengde.	68
Tabell 29: Maks tillatte trekkekrefter på PE100-rør, vist i KN og kg kraft (kgf) for sammenlikning mot resultatene i prosjektet.	69

Diagramliste

Diagram 1: Målte temperaturer gjennom dagen (kl.07:00 – kl. 16:00) ved værstasjonen utenfor Mjøndalen renseanlegg. Kilde: (yr.no, 2022).	29
Diagram 2: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkraft med trender vist for alle dager, kalde og varme dager. OBS: Her er resultatene for det diffusjonstette medierøret inkludert i oversikten, og drar snittet opp.....	48
Diagram 3: Sammenheng mellom temperatur og motstand.	49
Diagram 4: Sammenlikning av inntrekking og uttrekking av Ø32/50 (DUO-rør) med vinkel 60° og 90° den 12. mai.	50
Diagram 5: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkraft, vist for alle vinkler.	51
Diagram 6: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkraft for 60 grader bend.	51
Diagram 7: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkraft for 90 grader bend.	52
Diagram 8: Sammenstilling av nødvendig trekkraft for ulike arealfyllingsgrader og vinkler. Her er kun resultatene fra mai vist.	53
Diagram 9: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkraft for kalde dager.	53
Diagram 10: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkraft for varme dager.....	54
Diagram 11: Resultat for ulike vinkler og rørkombinasjoner i mai. De avvikende resultatene for 40/63 (Duo) er diskutert nærmere i kapittel 5.1.9 Stivhet knyttet til temperatur og langtidsoppførsel.....	55
Diagram 12: Resultat for ulike vinkler og rørkombinasjoner i november.	55
Diagram 13: Sammenheng mellom trekkemotstand og vinkel på bend.	56
Diagram 14: Vinkel på bend mot prosentvis økning i motstand.....	57
Diagram 15: Målt motstand ved anbefalt, og redusert bøyeradius. For kombinasjonen 40/63 Duo er resultatene fra forsøk utført i november, mens for 50/75 Duo er resultatene fra forsøk utført i mai. Dette kan bidra til at trendlinjen for 40/63 er mye brattere enn for 50/75.....	58
Diagram 16: Resultater fra forsøk med vertikal deformasjon av Ø32/50 (DUO-rør).	60
Diagram 17: Resultater fra forsøk med og uten smøremiddel (vann) i Ø40/63 (DUO-rør).	61

1 Innledning

Norge har ett av Europas høyeste lekkasjetap, og har per år ca. 30 % lekkasje i gjennomsnitt (år 2021) (Norsk Vann, 2021). Det har i de senere årene blitt mer fokus rundt lekkasjekontroll, både av økonomiske og helsemessige årsaker.

Noen av grunnene til høyt lekkasjenivå i Norge er høy alder på ledningsnettet, høyt vanntrykk, varierende grunnforhold, klima, og feil utførelse ved legging/montering. På private stikkledninger oppstår lekkasjen hovedsakelig ved anboringer, stoppekraner eller koblinger/skjøter.

Det finnes ikke nøyaktige tall på hvor stor del av vannlekkasjene som oppstår på de private stikkledningene, og dette varierer antakelig også mye fra kommune til kommune. I storbykommuner som Oslo tilsier erfaringer at ved utskifting av hovedledning, lekker opp mot 80 % av de tilknyttede stikkledningene (Norsk Vann, 2017). I Drammen kommune, som er en del av Godt Vann-samarbeidet, har man egne team som jobber aktivt med lekkasjesøk. Godt Vann-samarbeidet har kort oppsummert året 2021 som vist i **Figur 1**.

De private vannlekkasjene som ble funnet av lekkasjeteamet i Godt Vann-samarbeidet i 2021 utgjorde ca. 42 % av det totale antallet lekkasjer. Her er det antakeligvis en del mørketall. Samtidig viser erfaringer at det ofte tar lengre tid før en lekkasje på privat nett blir utbedret enn det kommunale hovednettet.

For å kontrollere og redusere lekkasjeandelen har flere kommuner gått over til tilknytning av stikkledninger i kum. Dermed blir noen av risikopunktene for lekkasje flyttet fra lukket grøft til inspeksjonskum. Dette fører til at en del stikkledninger blir noe lengre og de vil ofte bli liggende i offentlig vei og sammen med hovedledningene. Ved vedlikehold av stikkledningene vil dette medføre økte kostnader for abonnentene og uønsket graving nær hovedledningene.

Som et tiltak for å redusere ulempene for stikkledningseier, veiholder og hovedledningseier, har noen kommuner begynt å stille krav om at stikkledninger skal legges i varerør, enten ut av offentlig veigrunn eller helt inn til husvegg, for å minimere eller å slippe å grave i sin helhet. Dette er samtidig en del av den helhetlige tilretteleggingen for fremtidig grøftefri utskifting av vann – og avløpsanlegg.

I dag er det manglende kunnskap på området, og det er ulike oppfatninger om hvor godt stikkledninger i varerør fungerer i praksis og hvordan man skal anlegge disse på best mulig måte.

På bakgrunn av dette, har Drammen kommune satt i gang et innovasjonsprosjekt for å teste ulike kombinasjoner av utskifting av stikkledninger i varerør under gitte forutsetninger for å oppnå mer kunnskap på området.

Denne rapporten tar for seg testing av ulike kombinasjoner av «rør-i-rør» systemer. Testingen ble utført på et industriområde i Mjøndalen, våren og høsten 2022. Testingen ble utført for å legge grunnlaget for en best mulig praksis på området.

Testene bygger videre på et forsøk som ble gjennomført av Asker kommune i 2018, og prosjektet er utført i samarbeid med flere kommuner og andre aktører, se **Tabell 1**. Prosjektet har mottatt finansiell støtte gjennom den offentlige ordningen Program for teknologiutvikling i vannbransjen, som forvaltes av Folkehelseinstituttet.



Figur 1: Skjermdump fra (Godt Vann, 2023)

Tabell 1: Oversikt over prosjektdeltakerne.

Deltaker	Rolle
Drammen kommune	Prosjekteier og -leder
Asker kommune	Bidragster
Lier kommune	Bidragster
SINTEF	Konsulent
Multiconsult	Konsulent
Norsk Vann	Bidragster
Hallingplast	Leverandør
Pipelife	Leverandør
Wavin	Leverandør
Nasjonalt senter for vanninfrastruktur	Støtte i oppstartsprosessen
FHI v/Program for teknologiutvikling i vannbransjen	Finansiell støtte

2 Bakgrunn

2.1 Mål for prosjektet

Det overordnede målet for dette prosjektet er å redusere fare for innsug og forurensning i siste ledd av vandistribusjonsnettets gjennom økt kunnskap om bruk av stikkledning i varerør.

Det er også et ønske at denne rapporten vil bidra til å spre kunnskap til andre kommuner slik at flere vil ta i bruk både stikkledningskummer og stikkledninger i varerør, og stille nødvendige krav til utførelse av disse.

2.1.1 Delmål:

- Økt kunnskap og dokumentasjon om de ulike løsningene/kombinasjonene av stikkledninger i varerør, inkl. praktiske løsninger.
- Etablere et kunnskapsgrunnlag for å bidra til at fremtidige utbedringer av både kommunale og private ledninger kan skje med grøftefrie metoder.
- Bidra til økt bruk av varerør for stikkledninger. Dette vil gjøre det enklere å avdekke lekkasjer (ved at vannet renner gjennom varerør og ut i kum, i stedet for ut i grøft).
- Lage/tilpasse beregningsverktøy for trekkekrefter på rør til bruk i VA-bransjen.

2.2 Problemstillinger

- Hva skal til for at man skal kunne benytte varerørene og skifte ut stikkledningene gravefritt?
- Hvordan påvirker bøyeradius og størrelsen på avvinklingen nødvendig trekraft?
- Hvilke kombinasjoner av medierør og varerør er enklest å trekke ut/inn?
- Hvilke praktiske utfordringer og løsninger må man tenke på ved inntrekking og uttrekking, er det forskjell på de to?
- Vil vann som smøremiddel gjøre det lettere å trekke inn medierør?
- Hvordan påvirker deformasjon av varerørene mulighet for å trekke inn et nytt rør?

2.3 Dagens teknologi

Varerør har blitt brukt på mange måter tidligere, spesielt for vannforsyning innomhus og for kabler. Det er derimot ikke like utbredt å benytte det på vannforsyning utomhus. En mulig årsak til dette er at utvendige, nedgravde løsninger stiller andre krav til bl.a. materialkvalitet og styrke, på grunn av belastninger, temperaturforhold, lengde mellom inspeksjonspunkter, større dimensjon og høyere krav til levetid.

For de kommunene som benytter seg av rør i rør så benyttes det mange ulike kombinasjoner av varerør og medierør, da det ikke er noen felles gjeldende norm/praksis for dette i Norge. Foreløpig er det lite erfaring på området, og mange praksiser er bygd opp på personlige erfaringer, oppfatninger og antakelser.

Det finnes ikke mange ferdige «rør i rør» systemer på det norske markedet. Her er det foreløpig kun DUO-pipe fra Hallingsplast. De leverer ferdige rør trukket i varerør på kveil, i både PE100RC-DUO (25-

63 mm), PODI-DUO (diffusjonstette PE100 RC-rør, 32-63mm), I tillegg har de PP-DUO (varerør med muffe 75mm)

2.4 Tidligere studier

2.4.1 Rør-i-rør-systemer i Asker

I 2018 testet Asker kommune Hallingsplast sine ferdige «rør i rør» systemer, type PE100RC-DUO på testområdet på Vakås i samråd med Hallingsplast og Isachsen Anlegg AS. De utførte tester på dimensjonene 32 mm (varerør 50 mm), 40 mm (varerør 63 mm) og 50 mm (varerør 75 mm) på 100 m lengder med 90 og 180 graders avvikling på enden. De testet også med en S-kurve på enden (Asker kommune, 2018).

Konklusjonen av testene var at rørene i hovedsak ikke kunne skiftes ut ved håndmakt. Det er nødvendig med vinsj, gravemaskin eller annet maskinelt utstyr for å få dratt ut vannledningene av varerørene (Asker kommune, 2018).

De høyeste målte verdiene for 90 graders vinkel, og 100 m lengde for ulike dimensjonene var som følger:

Tabell 2: Resultater for trekking med 90 graders vinkel for ulike dimensjoner i 100 m lengde fra testforsøket i Asker kommune i 2018.

Rørkombinasjon	Trekkraft
32/50 DUO	199,4 kg*
40/63 DUO	84,5 kg
50/75 DUO	183,2

*Uttrekking ble gjennomført for håndmakt (2 personer) med kraftige rykk.

I tillegg ble det testet utført noen tester med 180 graders vinkel, og en S-kombinasjon (dobbel kurve). Resultatene av de testene lå mellom 65,2 (eneste test med 60 m lengde) og 382,6 kg. For de testene som ikke ble gjort med håndmakt, ble trekkingen utført med gravemaskin.

Det er ikke blitt utført noen andre studier i storskala på inn - og uttrekking av rør i rør for vanddistribusjon i Norge.

2.4.2 Testing av kabler på Fornebu

I 2007 ble det utført en fullskala test for kabler i rør på sentralparken i Fornebu. Kort oppsummert så viste resultatene at dagens beregningsverktøy for bestemmelse av trekkekrefter viser samme trender som i forsøkene, og at de målte verdiene ligger noe lavere enn de beregnede verdiene. Det ble også registrert at en redusert bøyeradius på bendene gav økte trekkekrefter, og at kreftene økte 30 % i snitt når bøyeradiusen ble redusert fra 2000 mm til 600 mm. Smøring av kabler med glidemiddel viste også å redusere trekkekreftene ned til 1/3 (Norconsult, 2007).

Rapporten viste også at trekkekraften kan reduseres betraktelig om det velges riktig trekkeretning (oppoverbakke i forhold til nedoverbakke). Målingene viser også at det er viktig med et jevnt drag når man trekker kablet gjennom rørene (stans i trekkingen vil medføre en svært stor trekkekraft for å få trekkingen i gang igjen) (Norconsult, 2007).

For kabler har trolig både vekt, og type coating større betydning enn det man kan regne med for (trykkløse) PE-ledninger i små dimensjoner for vann. Mange av prinsippene kan likevel overføres til vannrør.

2.5 Praksis i kommunene

I forbindelse med denne studien er det blitt innhentet praksis og erfaringer fra andre kommuner som har tatt i bruk stikkledninger i varerør. Generelle punkter er oppsummert i **Tabell 3** nedenfor. I tillegg har noen av kommunene satt krav til hvordan varerøret skal avsluttes, og de fleste kommunene har krav til utforming av stikkledningskummene i sine VA-normer.

Tabell 3: Oversikt over erfaringer og krav i andre kommuner.

Kommune	Rørkombinasjoner
Trondheim Siden ca. 2016/2017	PODI-DUO (diffusjonstett) med dimensjoner fra 32 til 63
Oslo	75 mm PP varerør med muffe for stikkledninger tom. 50 mm PE. For medierør 63 mm PE benyttes varerør 110 mm PP. Ved utblokking av hovedledning trekkes det med et varerør 110 PE SDR 11 med PP-kappe for stikkledninger.
Rana Siden ca. 2014/2015	Kommunen har, av hensyn til HMS landet på å kun legge stikkledninger opp til 40 mm PE med varerør. Har opplevd at det er svært utfordrende å legge store dimensjoner siden rørene blir stive, og har lett for å rulle seg sammen når grøften er åpen siden de har vært på kveil.
Bergen	Stikkledning skal legges i varerør (rør i rør). Ikke spesifikke krav til rørkombinasjon.
Bærum	Hvis det er 1 stikkledning i grøfta benyttes standard DUO rør i rør for 32/40/50mm stikkledninger. Er det flere stikkledninger i samme grøft benyttes felles varerør på 110mm PP/PVC mufferrør. Grenrør og langbend benyttes også ved felles varerør. Ved utblokking av hovedledning trekkes det med et varerør 110 PE SDR 11 med PP-kappe for stikkledninger.
Drammen, Lier og Asker Siden ca. 2018/2019, krav fra 2020	Varerøret skal ha en dimensjon som muliggjør grøftefri utskiftning av stikkledning ved behov, og SDR-verdien på trekkerør velges utfra leggeforshold mtp. deformasjon, lengden på trekkerøret og nødvendig bøyeradius.

2.5.1 Trondheim kommune

Det har blitt brukt rør i rør i Trondheim siden ca. 2016/2017. Det benyttes Hallingplast sine ferdige «rør i rør» systemer, type PODI-DUO med dimensjoner fra 32 til 63.

Rørene legges alltid ut av veigrunn og ca. 2 m inn på eiendomsgrense ved veigrunn. I gater der hus er bygd helt inn til fortau så kan de hende at røret blir skiftet igjennom grunnmur.

Lengden ønsket begrenset seg til 50 m, men det tillates lengder opp til 100 m. Bøyeradius på

varerøret dimensjoneres etter 2 ganger minste tillate bøyeradius på medierøret, som er 120 x utvendig diameter på medierør.

Driftsavdelingen i kommunen har testet litt hvordan man skal få medierøret ut av varerøret, og den viktigste erfaringen er å ikke bruke for krappe avvinklinger.

(Trondheim kommune v/Lars Erik Hårberg , 2022)

2.5.2 Oslo kommune (VAV)

Oslo kommune benytter 75 mm PP varerør med muffe for stikkledninger tom. 50 mm PE. For medierør 63 mm PE benyttes varerør 110 mm PP. Ved utblokking av hovedledning trekkes det med et varerør 110 PE SDR 11 med PP-kappe for stikkledninger.

Rørene legges pr. dags dato 1 m ut av prosjektert grøfteprofil. I samarbeidsprosjekter med andre kommunale/statlige organer legges det ut av veigrunn. For avvinkling brukes det standard langbend.

Det er erfart at dersom varerøret er mindre enn 75 mm vil det være utfordrende å få medierør ut/inn i varerør. Det er også erfart at PE SDR17 som varerør blir sammenklemt og at det er utfordrende å buksere med PE kveiler med tilhørende medierør og varerør.

(Oslo kommune v/Morten Kristensen, 2022)

2.5.3 Rana kommune

Det har blitt benyttet rør i rør på stikkledninger siden ca. 2014/2015.

Det har blitt testet å benytte dimensjoner opp til 63 mm PE med 90mm varerør, men kommunen har nå landet på å kun legge stikkledninger opp til 40 mm PE med varerør. Kommunen har opplevd at det er svært utfordrende å legge store dimensjoner siden rørene blir stive, og har lett for å rulle seg sammen når grøften er åpen siden de har vært på kveil.

Varerøret legges i utgangspunktet ut av anleggsområdet der eksisterende stikkledning tilknyttes, som oftest ut av vei.

Det er leggeanvisningen til leverandøren som er førende for hvordan avvinklingen og bøyeradiusen på rørene skal legges.

Kommunen har erfaringer fra å trekke nytt rør i et prosjekt der det ble skade på røret ca. 20-25m fra kum. Varerøret ble skjøtet sammen og ny sammenhengende vannledning ble trukket i varerøret.

(Rana kommune v/Kristoffer Rundhaug, 2022)

2.5.4 Bergen Vann

I Bergen kommune eies stikkledningene i offentlig vei av kommunen. Kommunen er derfor ansvarlig for reparasjon og vedlikehold av den delen av ledningen som ligger i trafikkert del av offentlig bilvei.

Stikkledning skal legges i varerør (rør i rør) i størst mulig utstrekning og som minimum ut av offentlig veg og annet areal hvor kommunen har overtatt ansvaret for stikkledninger. Ved avslutning av stikkledningen i kum, ved nedgravd stoppekran og inn i hus skal mellomrommet mellom varerøret og medierøret tettes ved å sveise på en elektroreduksjon.

Det er leggeanvisningen til leverandøren som er førende for hvordan avvinklingen og bøyeradiusen på rørene skal legges.

Kommunen har ikke utført noen tester av inn-/uttrekking av medierør i varerør.

(Bergen kommune v/Zlato Cemalovic, 2022)

2.5.5 Bærum kommune

I Bærum kommune er praksisen at det skal benyttes varerør på alle private stikkledninger. Hvis det er 1 stikkledning i grøfta benyttes standard DUO rør i rør for 32/40/50mm stikkledninger. Er det flere stikkledninger i samme grøft benyttes felles varerør på 110mm PP/PVC mufferrør. Grenrør og langbend benyttes også ved felles varerør. Ved utblokking av hovedledning trekkes det med et varerør 110 PE SDR 11 med PP-kappe for stikkledninger.

I VA-normen til kommunen er det angitt at varerør skal legges ut av offentlig vei. Det som ofte skjer i praksis er at kommunen skifter stikkledning frem til utvendig privat stoppekran, og ledningen legges i varerør frem til det punktet. Kommunen har ikke spesifisert noe rundt avvinklinger eller bøyeradius i sin norm, men har følgende krav: *«Kurvatur og dimensjon skal være slik at ut-/inntrekking kan skje problemfritt.»*

Kommunen har ikke testet inn-/uttrekking av medierør i varerør, men har vært innom en annen løsning hvor det har blitt brukt PVC-varerør (kun på rette strekk).

(Bærum kommune v/Reidar Kveine, 2022)

2.5.6 Drammen, Lier og Asker kommune

Asker, Drammen og Lier er tre av totalt seks kommuner som har samarbeidet om spørsmål knyttet til VA-norm gjennom samarbeidsforumet Godt Vann (tidligere Godt Vann Drammensregionen, GVD). Asker var noe tidligere ute med tilknytning i kummer og varerør på stikkledninger enn Drammen og Lier. Foretrukket løsning for tilkobling i kum kom inn i Drammens VA-norm i 2020, selv om det allerede var tatt i bruk i flere anleggsprosjekter før dette.

I både Drammen, Lier og Asker kommune skal stikkledninger legges som rør i rør fra stikkledningskum og minst 1 meter ut av kommunal veigrunn, eventuelt helt inn til husvegg. Hulrommet mellom varerør og medierør (på privat side) skal forsegles med en elektroreduksjon for å unngå at eventuelle lekkasjer dreneres inn mot/i bygget eller at hulrommet tilstoppes.

I VA-normene til kommunene er det angitt at varerøret skal ha en dimensjon som muliggjør grøftefri utskiftning av stikkledning ved behov, og at SDR-verdien på trekkerør velges utfra leggeforskytning mtp. deformasjon, lengden på trekkerøret og nødvendig bøyeradius.

2.6 Definisjoner og beregningsmetodikk

2.6.1 Størrelsesforhold mellom medierør og varerør

Det er flere måter å regne på hvor trangt medierøret har det inne i varerøret. Under har vi definert to begreper for dette: Lysåpning, og arealfyllingsgrad.

Varerørets lysåpning er differansen mellom det innvendige tverrsnittsarealet for varerøret og det utvendige tverrsnittsarealet for medierøret, og det er undersøkt om dette har betydning på trekkraften.

$$\begin{aligned}\text{Varerørets lysåpning} &= A_{\text{innvendig tverrsnitt varerør}} - A_{\text{utvendig tverrsnitt medierør}} \\ &= \pi * (r_{\text{innvendig varerør}}^2 - r_{\text{utvendig medierør}}^2)\end{aligned}$$

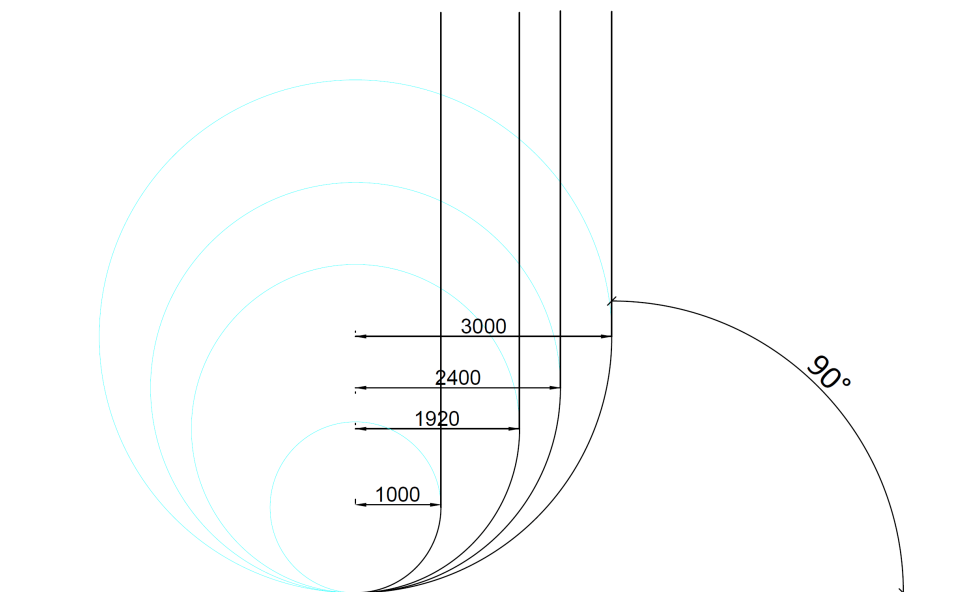
Arealfylingsgraden (eller *fylingsgraden*) forteller hvor stor andel av det tilgjengelige tverrsnittsarealet i varerøret som opptas av medierøret.

$$\begin{aligned}\text{Arealfylingsgraden} &= \frac{A_{\text{utvendig tverrsnitt medierør}}}{A_{\text{innvendig tverrsnitt varerør}}} \\ &= \frac{\pi * r_{\text{utvendig medierør}}^2}{\pi * r_{\text{innvendig varerør}}^2}\end{aligned}$$

For testing av deformasjoner, vil det i tillegg være relevant å se på hvor mye varerørets tverrsnitt må deformeres før det kommer nær medierøret både i topp og bunn samtidig. Det vil si når varerøret blir ovalt, og den korteste innvendige diameteren på varerøret er lik den ytre diameteren på medierøret. Dette er beskrevet nærmere i avsnitt 4.2.4 Deformasjon .

2.6.2 Bøyeradius

Bøyeradiusen, eller svingradiusen, sier noe om hvor krapp en sving eller bue er i en gitt vinkel. Dette kan også forklares med opplevelsen av å kjøre bil gjennom en sving: Det er enklere å kjøre gjennom en 90° sving med stor radius, enn liten, selv om vinkelen er den samme, se **Figur 2** og **Figur 3** nedenfor.



Figur 2: Aktuelle bøyeradier for forsøkene i dette prosjektet, her vist ved 90° vinkel.

Bøyeradiusen for trykksatte PE-rør skal følge produsentens anvisning. For de testede medierørene i trykkklasse SDR 11, er minste bøyeradius $60 \cdot D_y$. Ettersom varerøret er trykkløst, er produsentens anbefaling for bøyeradius for disse minst $30 \cdot D_y$. Dette betyr at medierøret vil bestemme minste tillatte bøyeradius, så lenge varerørets ytre diameter ikke er mer enn dobbelt av medierøret, jf. Tabell 4.



Figur 3: Bildene viser testing av henholdsvis riktig og for liten/krapp bøyeradius i 90 graders vinkel for kombinasjonen 40/63 mm rør. I bildet til venstre er bøyeradiusen ca. 2,4 m, til høyre er den redusert til ca. 1,0 m. (Foto: Drammen kommune)

Tabellen under viser produsentenes krav til minste bøyeradius for PE-rør, og ved hvilke dimensjoner varerøret overtar som dimensjonerende for bøyeradiusen.

Tabell 4: tabellen viser produsentenes krav til minste bøyeradius for PE-rør.

Rørdimensjon (medierør)	Minste tillatte bøyeradius for trykksatte rør: 60 *Dy (Hallingplast, 2023)	Minste tillatte bøyeradius for trykløse rør: 30*Dy (Hallingplast, 2023)	Største mulige dimensjon på varerøret før varerøret blir dimensjonerende for bøyeradiusen (utfra tilgjengelige rørdimensjoner):
32 mm	1,92 m	0,96 m	63 mm
40 mm	2,40 m	1,20 m	75 mm
50 mm	3,00 m	1,50 m	90 mm
63 mm	3,78 m	1,89 m	125 mm
75 mm	4,50 m	2,25 m	140 mm

2.6.3 Deformasjon

Graden av deformasjon på varerørene oppgis i prosent, og beregnes på følgende måte:

$$\text{Deformasjon} = \frac{D_{y, \text{oppriinnelig}} - \text{Åpning i rørskviseren}}{D_{y, \text{oppriinnelig}}} * 100$$



Figur 4: Rørskviser. Åpningen i rørskviseren er avstanden mellom den svarte og den blanke sylindren, og måles med meterstokk. Foto: (Haugaland Rørhandel AS, 2023).

3 Materialer og metode

Testene ble gjennomført våren og senhøsten 2022 og omfattet en rekke tester på inn-/uttrekking av ulike medierør og varerør i ulik geometrisk utforming og varierende rørmateriale.

Testingen ble utført på et testområde på Mile i Mjøndalen (Orkidéhøgda 21), som befinner seg ca. 800 m fra Mjøndalen Brannstasjon.

Mai 2022 startet rigging og testing på området. Det ble utført fem testdager i mai, og to testdager i november for å undersøke forskjellen ved varme og kalde temperaturer.

Testområdet var et relativt flatt industriområde. Underlaget bestod hovedsakelig av grus, med noe asfalt og pukk. Underlaget var det samme ved utførelse av alle testene, og det var ikke noe snø på bakken testdagene i november.

Forsøkene ble arrangert i 5 parallelle testrigger omtrent midt på området. Rørene ble lagt oppå bakken for å kunne kjøre flere ulike forsøk uten for mye tid og ressursbruk.



Figur 5: Venstre bilde øverst viser riggområde før tilrigging (Foto: Drammen kommune). Høyre bilde øverst viser riggområde sett fra luften mens området var rigget for forsøkene (Statens kartverk, 2023). De nederste bildene viser tilrigging på anlegget (Foto: Multiconsult & Drammen kommune)

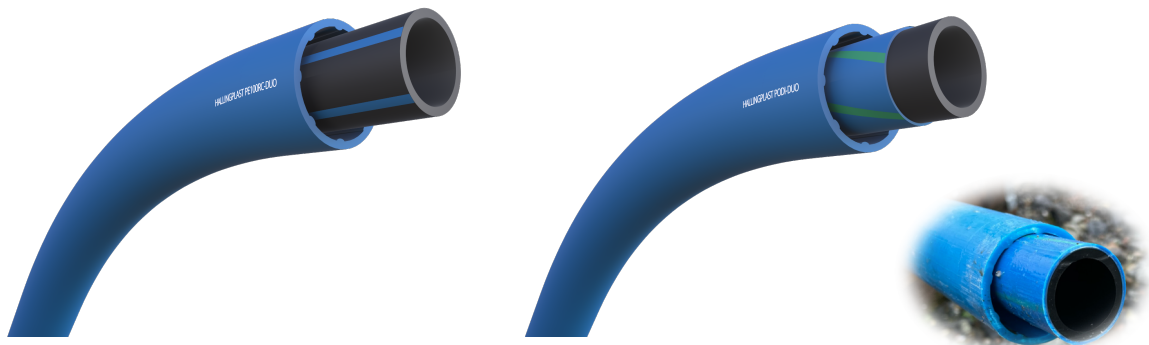
3.1 Materialer

Det ble brukt følgende rør og utstyr for å få til inn-/uttrekking for de planlagte forsøkene:

3.1.1 Rør

- Medierør
 - PE SDR11 i dimensjonene 32, 40 og 50 mm.
 - PE SDR11 med kappe i dimensjon 32mm.
- Varerør
 - PE SDR17 i dimensjon 50mm.
 - PP mufferør i dimensjonene 75 og 110 mm.
 - PE Korrugert varerør dimensjon 60 mm (Isoterm).
- Ferdige rør i rør løsninger (på kveil)
 - PE100RC-DUO med medierør 32 mm (PE100RC+) og varerør 50 mm (PE100 SDR17).
 - PE100RC-DUO med medierør 40 mm og varerør 63 mm.
 - PE100RC-DUO med medierør 50 mm og varerør 75 mm.
 - PODI-DUO med 32 mm medierør (diffusjonstett med kappe) og varerør 50mm.

Varerørene på DUO rørene har innvendige langsgående riller for å redusere friksjon mellom medierør og varerør (Hallingplast, 2021).



Figur 6: Bildene viser Hallingplast sine ferdige rør-i-rør systemer. Bildet til venstre viser PE100RC-DUO og bildet til høyre viser PODI-DUO (med diffusjonssperre) (Hallingplast, 2021). Bildet helt nederst til høyre er PODI-DUO røret tatt i felt. (Foto: Drammen kommune)

3.1.2 Utstyr

- Kranvekt: Type Scale it med maks. kapasitet 1000 kg og måletrinn på 0,5 kg, lånt fra Hallingplast. Se **Figur 12**. Selve vektcellen ble etter hvert beskyttet mot riper og slitasje ved å kappe en bit av et varerør med en slisse og hull til ledning, som ble tredd utenpå.
- Vinsj: elektrisk kabelvinsj fra Castor (800W), drevet av aggregat i driftsbil, festet med stropp til hengerfeste. Vinsjen hadde to hastigheter: 4 m/min med maks trekkraft 800 kg og 8 m/min med maks trekkraft 400 kg. Vi brukte 8m/min.

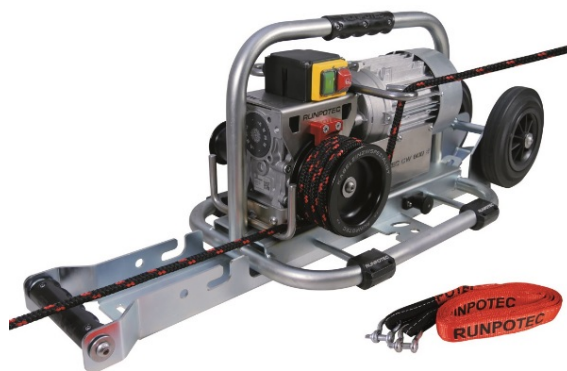
- Tau: Båttau fra Biltema. Skjøtt sammen flere lengder ved behov. Styrke på mellom 700-1680 kg. I november ble det benyttet 10 mm tykt og 200 m langt tau på stativ fra Castor, som var beregnet på bruk sammen med vinsjen. Dette hadde en styrke på 1 640 kg, og noe mer fleksibilitet enn båttauene fra Biltema som ble brukt i mai.
- Trekkehoder: 32 mm (x2), 40 mm, og 50 mm NoDig trekkehoder uten kappe (dvs. at hodet går «flush» med ytterdiameter på medierør), levert av det danske selskapet Holm & Holm AS.
- Karabinkroker.
- Vinkelmåler med vater.
- DN650 kummer med bunn, 500 mm høye. Brukt for å fikse vinkler/radier på varerøret:
 - 2 stk med kjerneboret rettløp i 52 mm (til 50 mm varerør)
 - 2 stk med kjerneboret rettløp i 67 mm (til 63 mm varerør)
 - 2 stk med kjerneboret rettløp i 82 mm (til 75 mm varerør)
- DN1600 kumring som mothold ved testing av de største rørene og vinklene.
- Komplet DN1600 kum inkludert støpejernsramme.
- Paller til å ha under kummer og vanntank, i tillegg til bor for kjerneboring i kummer.
- Vanntank på pall, med vannslange og pumpe for innpumping av vann som smøremiddel.
- PP-langbend i 75 mm og 110 mm.
- Stakefjær for å føre trekktauet gjennom varerøret før inntrekking av medierøret.
- Hjullaster og gravemaskin.
- Rørskviser.
- Slangesparer type «Tigersvans» til bruk ved trekking gjennom kum.
- Utstyr for konstruksjon og tegning av vinkler: snor, plugger og sprayboks.
- Diverse verktøy fra driftsbil: Håndsag, rørklipper, målebånd, meterstokk, skrutrekker, osv.



Figur 7: Utstyr som ble benyttet for å gjennomføre forsøkene. Bildet til høyre viser trekkeheder som ble benyttet til Ø32 PE-rør (Foto: Drammen kommune). Bildet til venstre viser noe av utstyret som ble benyttet på plassen (foto: Drammen kommune).



Figur 8: Kranvekten som ble brukt i forsøkene. Til venstre er vektcellen beskyttet av en avklippet bit av et varerør med slisse og hull til ledningen for å unngå å skrape opp vektcellen underveis i trekkingen. Til høyre vises vektcellen uten beskyttelsen. (Foto: Drammen kommune)



Figur 9: Kabelvinsj av samme type som ble brukt i prosjektet. Foto: (Castor AS, 2023)

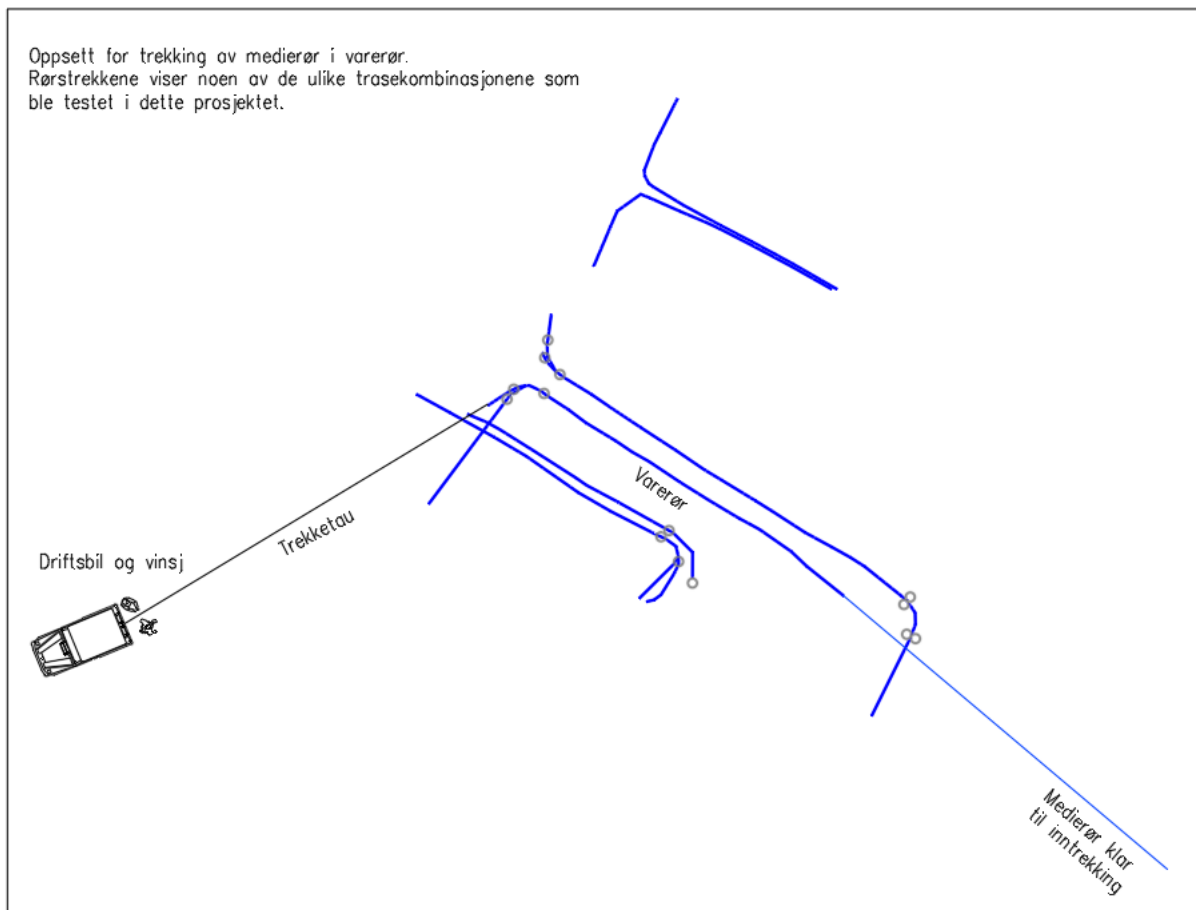
3.2 Metode

For å rigge testene, og endre vinkler og bøyeradius, ble det benyttet hjullaster de 4 første testdagene (4 første dagene i mai), og gravemaskin de tre resterende (1 dag i mai, og 2 i november).



Figur 10: Bilder tatt i felt under forsøkene. Gravemaskin ble benyttet for å rigge til testene (foto Drammen kommune).

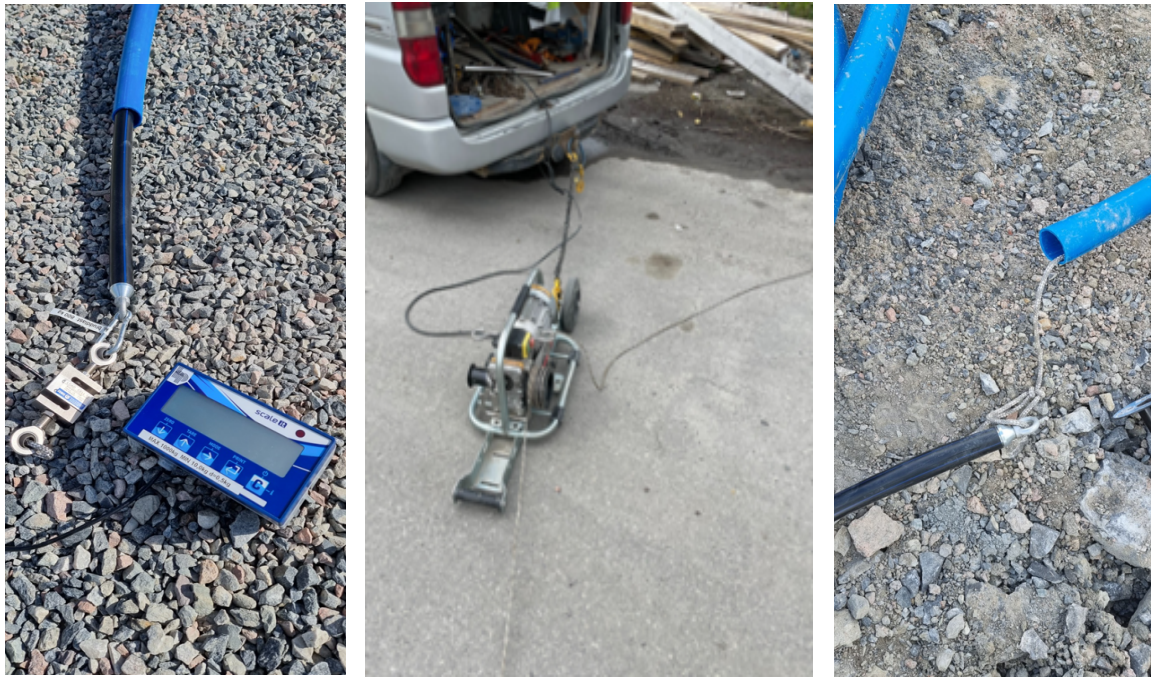
De fleste rørene var mellom 30 og 37 m lange i testene. Grunnen til dette var at vi måtte ha plass til både inntrekking og uttrekking av hele røret. Det vil si at vinsj og driftsbil måtte stå en hel rørlengde unna enden på varerøret for å kunne dra ut medierøret i sin helhet. Samtidig bidro dette til jevnt drag, og sikre at vinsjen trakk i rett linje ut av enden på varerøret, og dermed opprettholde den ønskede vinkelen i bendet. For å teste inntrekking måtte det være plass til hele rørlengden i den andre enden. For å enkelt kunne endre avvinkling, uten å røre rettstrekket krevde vi også at vinsj og driftsbil kunne flyttes i en vifteformasjon i forhold til rettstrekket. Med andre ord, trengte vi nesten tre ganger så lang plass som lengden av røret vi testet, så lenge vi ikke skulle teste kombinasjoner av flere vinkler. Se **Figur 11**.



Figur 11: Oppsett for trekking av medierør i varerør på testområdet i Mjøndalen. Rørstrekken i figuren er basert på innmålinger og viser noen av de ulike trasekombinasjonene som ble testet i prosjektet.

3.2.1 Trekkeprosedyre

Ved trekking ble det festet et trekkehode til rørenden. Vektcellen ble festet til trekkehodet og tauet med karabinkroker. Røret ble trukket ut ved hjelp av en elektrisk kabelvinsj, som var drevet av et strømaggregat i driftsbilen. Kabelvinsjen var festet med en stropp til hengerfestet. Trekkraften ble målt med en kranvekt som var festet til trekketauet.



Figur 12: Bildet til venstre viser uttrekking av medierør ved hjelp av trekkehode, karabinkrok og en kranvekt for måling av trekkraften. Bildet til midten viser aggregatet som var festet i hengerfestet og drevet av et aggregat i driftsbilen. Bildet til høyre viser inntrekking av medierør i varerør ved hjelp av et tau som er festet til enden av røret (Foto: Drammen kommune og Multiconsult).

3.2.2 Bygging av vinkler

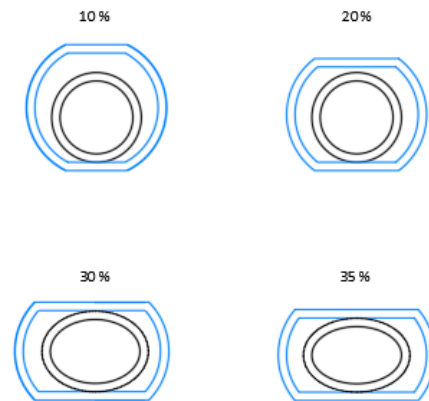
For å fikse PE varerøret i riktig vinkel og med riktig radius ble det benyttet DN650 kumringer med bunn hvor det ble kjerneboret 2 hull med litt større diameter enn varerøret. Varerøret ble tredd inn på 2 av disse kummene og ved hjelp av gravemaskin/hjullaster ble den ene kummen dreid/forskjøvet slik at riktig vinkel og riktig radius ble oppnådd. For å holde radiusen riktig under inntrekking ble det også satt en kumring som sidestøtte mot varerøret. Rettstrekket ble fiksert med pukk. Utenom noen få ekstremforsøk, ble det benyttet 60 x rørdiameter for medierøret som standard radius. Dette er rørleverandørens anbefalte minimumsradius for trykkrør i en driftssituasjon, som nevnt i kapittel 2.6.2 Bøyeradius.



Figur 13: Bilder som viser bygging av vinkler. Bildene til venstre viser hvordan PE-røret ble fiksert i riktig vinkel med bruk av kumringer og ved hjelp av hjullaster og kjettingskrev (Foto: Multiconsult). Bildet øverst til høyre viser at enden på ledningen akkurat har kommet ut gjennom bendet og bildet nederst til venstre viser hvordan PP varerørene ble satt sammen 3x30 graders bend og 1x90 graders bend samt rettstrekninger og fiksert med pukk. Langbend med radius 600 mm (Foto: drammen kommune).

3.2.3 Deformasjon

Deformasjon ble utført med en rørsviser, og det ble testet for 10 %, 20%, 30% og 35% deformasjon av Ø32/50 DUO-rør, se **Figur 14**.



Figur 14: Bildet til venstre viser hvordan deformasjonen ble utført i felt (Foto: Multiconsult). Bildet til høyre illustrerer prosentvis deformasjon av rør fra 10 – 30 % av rørtverrsnittet for Ø32/50 (Illustrasjon: Multiconsult).

3.2.4 Smøremiddel

Det ble testet å helle vann inn i varerøret før inntrekking for å sammenlikne motstanden ved bruk av vann som smøremiddel sammenliknet med ingen smøremidler. Det finnes et stort utvalg smøremidler på markedet, men siden testene skal representere stikkledninger for vann, så valgte vi å kun teste rent drikkevann fra tank, slik at man ikke står i fare for å forurensne ledningen.



Figur 15: Henger med vanntank. Bildet viser hengeren med drikkevannstank som ble brukt i prosjektet. Her avbildet i en annen situasjon. (Drammen kommunes mediearkiv, 2022)

4 Resultater

Med bakgrunn i de definerte problemstillingene i prosjektet ble følgende typer forsøk gjennomført:

- Inn- og uttrekking for ulike typer medierør og varerør i forskjellige traseer der man varierte en og en av faktorene dimensjon, materiale, vinkel og bøyeradius.
- Ett kombinasjonsforsøk med to vinkler, full lengde (100 m), og skjøt.
- Ulik grad av deformasjon av varerøret.
- Vann som smøremiddel.
- Trekking av medierør på bakken (uten varerør) for verdien av egenvekten til røret ved trekking.
- Uttrekking gjennom kum.

Lengden på rørtraseene varierte, og det ble gjort forsøk med lengder på 29, 33, 36 og 100 m.

Dette kapittelet presenterer hovedsakelig måleresultatene fra de ulike forsøkene. Det ble totalt utført 44 ulike forsøk hvor trekkreftene varierte fra 19,5 kg til 134,5 kg.

Alle registrerte data er vedlagt i Vedlegg A - Registrerte målinger fra alle testforsøk.

Det påpekes at resultatene som presenteres i denne rapporten er tendenser, og ikke nøyaktige laboratorieforsøk, og anses som gyldige under de forhold som var på Mjøndalen teststasjon de dagene forsøkene pågikk.

4.1 Temperaturer og værforhold

Ved bruk av plastrør av PE, vil temperaturforskjeller og værforhold påvirke resultatene. Det ble derfor notert temperatur og værforhold for alle testdagene, se Tabell 5 og Diagram 1 **Feil! Fant ikke referansekilden.** under. I resultatoversikten er temperaturen fra nærmeste målestasjon notert to ganger per dag, ca. kl. 10, og kl. 14. Det første forsøket hver morgen, kan derfor være notert med en noe høyere temperatur enn det som faktisk var tilfellet på plassen. Særlig i mai, kunne variasjonen være stor i løpet av dagen.

Tabell 5: Værforholdene de syv testdagene utført våren og høsten 2022.

Testdager	Skydekke	Gjennomsnittstemperatur [°C]
Dag 1 (12.mai 2022)	Delvis skyet	14
Dag 2 (13.mai 2022)	Overskyet	15
Dag 3 (16.mai 2022)	Sol	16
Dag 4 (19.mai 2022)	Overskyet	13
Dag 5 (20.mai 2022)	Sol	18
Dag 6 (28. november 2022)	Regn	2,5
Dag 7 (29. november 2022)	Regn	0,8

I mai var temperaturen noe varierende med relativ lik temperatur for de to første testdagene (12 og 13. mai). Det var sol to av dagene (16 og 20. mai), med temperaturer opp i 22°C i skyggen på den

varmeste dagen. Den 20. mai ble det målt ca. 40 °C i solsteiken kl. 14. Den kaldeste dagen av testdagene i mai var den 19, med 13°C og skydekke.

I november var det regn begge testdagene, med temperaturer på 2,5°C første dagen og 0,8°C andre dag. Underlaget var snøfritt.

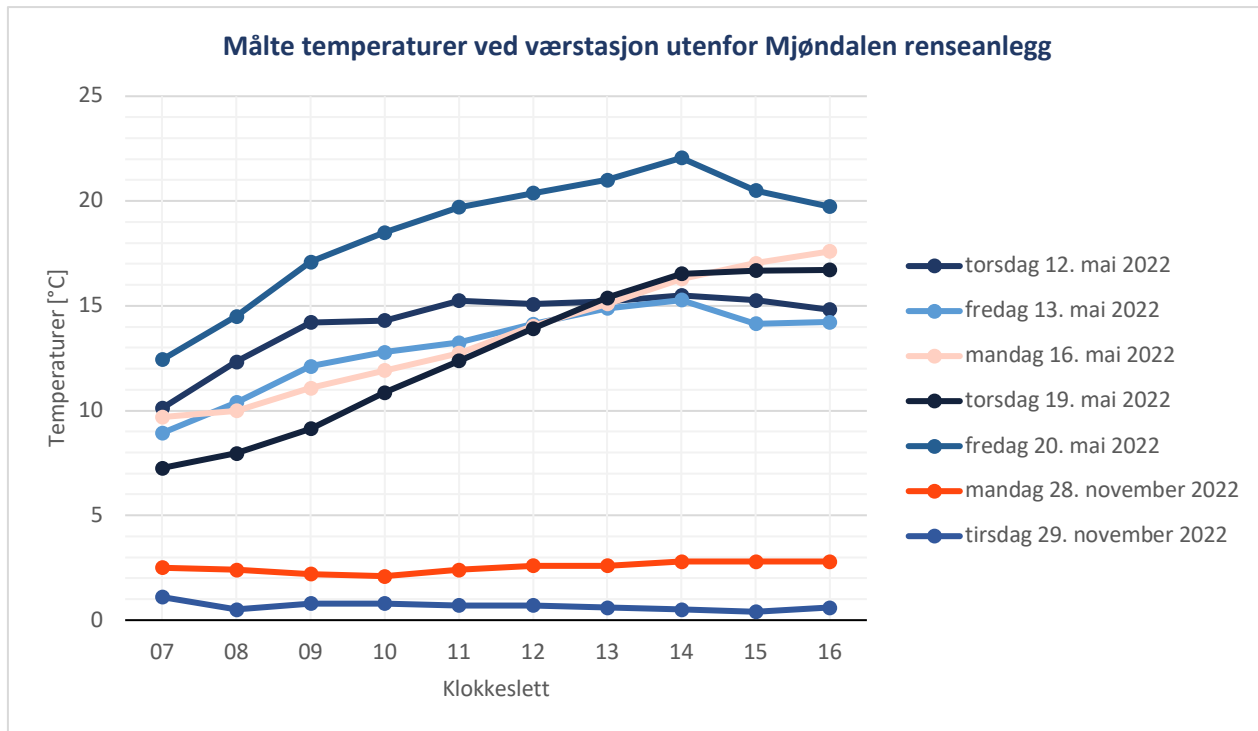


Diagram 1: Målte temperaturer gjennom dagen (kl.07:00 – kl. 16:00) ved værstasjonen utenfor Mjøndalen renseanlegg. Kilde: (yr.no, 2022).



Figur 16: Eksempler på målte temperaturer på plassen. De to første bildene er tatt med ca. 4 min. mellomrom, rundt kl. 14.00 den 20. mai. På det første bildet hadde termometeret ligget i skyggen, på det andre, hadde det ligget noen minutter i solsteiken. Det siste bildet er fra 29. november, ca. kl. 13.00 (Foto: Drammen kommune).

4.2 Resultater fra testing av enkeltfaktorer

Totalt i prosjektet ble det gjennomført svært mange enkeltforsøk, der det til enhver tid ble tilstrebet å teste betydningen av én og én faktor isolert sett. For noen av forsøkene gikk det relativt greit uten «forstyrrelser» av andre faktorer som kunne ha betydning for resultatet, mens for andre faktorer var det ikke mulig å få til i felt. En av grunnene til dette er, som sagt værforhold, men også at noen tester krevde større endringer, og mer jobb knyttet til rigging enn andre. Dermed kan blant annet nøyaktighet av oppmålte vinkler og trasé, plassering av vinsj, og tidsbruken få betydning for sammenlikningsgrunnlaget.

Faktorer det var enklere å teste betydningen av er: inntrekking mot uttrekking, deformasjon, og vann som smøremiddel.

Faktorer som var mer krevende å teste isolert sett var: avvinklingen i bend, rørmaterialer i varerør.

Faktorene lysåpning/arealfyllingsgrad, og bøyeradius hadde en del av de samme utfordringene som ved testing av vinkler og rørmaterialer, men tendensene var såpass tydelige, at feilmarginene kan anses som mindre, relativt sett.

I de påfølgende underkapitlene, er resultatene fra forsøkene filtrert og sammenstilt i tabeller slik at det er lettere å sammenlikne dem. For hver av de undersøkte faktorene, er de viktigste verdiene og påvirkningsfaktorene fremhevet med bakgrunnsfarge.

Disse tabellene danner grunnlaget for diagrammer og diskusjon i kapittel 5.

4.2.1 Inntrekking og uttrekking

Tabell 6: Resultater for inntrekking og uttrekking for samme rørkombinasjon, med to ulike vinkler.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkeltype	Radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]
1	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	51,5	Delvis skyet	11
2	32/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	54,0	Delvis skyet	11
3	32/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	54,5	Delvis skyet	11
4	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	52,5	Delvis skyet	11

4.2.2 Størrelsesforhold mellom medierør og varerør

Tabell 7: Resultater for ulike fyllingsgrader av medierør i varerør for 60° vinkel.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Vær-forhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/lengde [kg/m]	Trekraft/vekt [kg/kg]
27	32 diff.tett/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	60,5	Overskyet	15	62,6 %	36	1,68	4,00
43	32 diff.tett/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	121,5	Regn	0,8	62,6 %	36	3,38	8,04
1	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	51,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,43	5,22
2	32/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	54,0	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,50	5,47
29	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	38	Sol	20	52,9 %	36	1,06	3,85
30	32/50 (Glatt (svart))	60	bue	1920	ut	27,5	Sol	20	52,9 %	36	0,76	2,79
25	32/60 (PE, tverrgående riller (Isoterm))	60	bue	1920	ut	19,5	Sol	15	39,4 %	36	0,54	1,98
7	40/63 (Duo)	60	bue	2400	ut	70,5	Delvis skyet	14	52,1 %	36	1,96	4,51
36	40/63 (Duo)	60	bue	2400	inn	50,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,39	3,20

Tabell 8: Resultater for ulike fyllingsgrader av medierør i varerør for 90° vinkel.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/in n	Høyeste målte motstand [kgf]	Vær-forhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/lengde [kg/m]	Trekraft/vekt [kg/kg]
24	32 diff.tett/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	58,5	Sol	15	62,6 %	36	1,63	3,87
42	32 diff.tett/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	124,0	Regn	0,8	62,6 %	36	3,44	8,20
3	32/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	54,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,51	5,53
4	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	52,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,46	5,32
41	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	62,5	Regn	0,8	52,9 %	33	1,89	6,91
26	32/60 (PE, tverrgående riller (Isoterm))	90	bue	1920	ut	21,0	Sol	15	39,4 %	36	0,58	2,13
6	32/75 (75 PP mufferrør)	90	3x30 langbend	3x600	inn	Nora dyttet røret inn relativt enkelt med håndmakt	Delvis skyet	14	21,3 %	36		
11	40/63 (Duo)	90	bue	2400	inn	72,5	Overskyet	11	52,1 %	36	2,01	4,64
37	40/63 (Duo)	90	bue	2400	inn	60,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,67	3,84
10	40/75 (75 PP mufferrør)	90	3x30 langbend	1800	inn	20,5	Delvis skyet	14	33,2 %	36	0,57	1,31
9	50/110 (110 PP mufferrør)	90	3x30 langbend	1800	inn	29,0	Delvis skyet	14	23,8 %	29	1,00	1,59
8	50/75 (75 PP mufferrør)	90	3x30 langbend	1800	inn	41,0	Delvis skyet	14	51,9 %	29	1,41	2,25
14	50/75 (Duo)	90	bue	3000	inn	55,5	Overskyet	13	57,4 %	29	1,91	3,05

Tabell 9: Resultater for ulike fyllingsgrader av medierør i varerør for oppsamling av andre vinkler.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Vær-forhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/lengde [kg/m]	Trekraft/vekt [kg/kg]
38	32/0 (Uten varerør (over bakken))	0	rett		fritt	6	Regn	2,5	0 %	33	0,18	0,66
19	32/50 (Duo)	0	rett		ut	30,5	Sol	10	52,9 %	36	0,85	3,09
5	32/75 (75 PP mufferør)	90° + 90°	3x30 langbend + 1x90 langbend	600	inn	Nora dyttet røret inn relativt enkelt med håndmakt	Delvis skyet	14	21,3 %	36		
39	40/0 (Uten varerør (over bakken))	0	rett		fritt	8	Regn	2,5	0 %	36	0,22	0,51
16	40/63 (Duo med vann)	30	bue	2400	inn	50,0	Overskyet	13	52,1 %	36	1,39	3,20
12	40/63 (Duo)	45	bue	2400	inn	49,5	Overskyet	11	52,1 %	36	1,38	3,17
15	40/63 (Duo)	30	bue	2400	inn	47,5	Overskyet	11	52,1 %	36	1,32	3,04
33	40/63 (Duo)	0	rett		inn	53,5	Regn	2,5	52,1 %	36	1,49	3,42
34	40/63 (Duo)	30	bue	2400	inn	55,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,53	3,52
35	40/63 (Duo)	45	bue	2400	inn	66,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,83	4,22
40	50/0 (Uten varerør (over bakken))	0	rett		fritt	10,5	Regn	2,5	0 %	29	0,36	0,58
13	50/75 (Duo)	0	rett	3000	ut	47,5	Overskyet	13	57,4 %	29	1,64	2,61

4.2.3 Rørmateriale – varerør

Tabell 10: Sammenstilling av resultatene med ulike typer varerør ved 60° vinkel.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/lengde [kg/m]	Trekraft/vekt [kg/kg]
1	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	51,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,43	5,22
2	32/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	54,0	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,50	5,47
7	40/63 (Duo)	60	bue	2400	ut	70,5	Delvis skyet	14	52,1 %	36	1,96	4,51
25	32/60 (PE, tverrgående riller (Isoterm))	60	bue	1920	ut	19,5	Sol	15	39,4 %	36	0,54	1,98
27	32 diff.tett/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	60,5	Overskyet	15	62,6 %	36	1,68	4,00
29	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	38	Sol	20	52,9 %	36	1,06	3,85
30	32/50 (Glatt (svart))	60	bue	1920	ut	27,5	Sol	20	52,9 %	36	0,76	2,79
36	40/63 (Duo)	60	bue	2400	inn	50,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,39	3,20
43	32 diff.tett/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	121,5	Regn	0,8	62,6 %	36	3,38	8,04

Tabell 11: Sammenstilling av resultatene med ulike typer varerør ved 90° vinkel.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/lengde [kg/m]	Trekraft/vekt [kg/kg]
24	32 diff.tett/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	58,5	Sol	15	62,6 %	36	1,63	3,87
42	32 diff.tett/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	124,0	Regn	0,8	62,6 %	36	3,44	8,20
3	32/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	54,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,51	5,53
4	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	52,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,46	5,32
41	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	62,5	Regn	0,8	52,9 %	33	1,89	6,91
26	32/60 (PE, tverrgående riller (Isoterm))	90	bue	1920	ut	21,0	Sol	15	39,4 %	36	0,58	2,13
6	32/75 (75 PP mufferrør)	90	3x30 langbend	1800	inn	Nora dyttet røret inn relativt enkelt med håndmakt	Delvis skyet	14	21,3 %	36		
11	40/63 (Duo)	90	bue	2400	inn	72,5	Overskyet	11	52,1 %	36	2,01	4,64
37	40/63 (Duo)	90	bue	2400	inn	60,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,67	3,84
10	40/75 (75 PP mufferrør)	90	3x30 langbend	1800	inn	20,5	Delvis skyet	14	33,2 %	36	0,57	1,31
9	50/110 (110 PP mufferrør)	90	3x30 langbend	1800	inn	29,0	Delvis skyet	14	23,8 %	29	1,00	1,59
8	50/75 (75 PP mufferrør)	90	3x30 langbend	1800	inn	41,0	Delvis skyet	14	51,9 %	29	1,41	2,25
14	50/75 (Duo)	90	bue	3000	inn	55,5	Overskyet	13	57,4 %	29	1,91	3,05

4.2.1 Rørmateriale – medierør

I utgangspunktet er det kun testet én type medierør i dette prosjektet, men i og med at Trondheim kommune krever diffusjonstette medierør, ønsket vi også å se på forskjellen på det vanlige PE-røret, og det samme røret med diffusjonssperre og PP-kappe. Selv om PP er et noe glattere materiale enn PE, så blir røret både tykkere og stivere med kappe.

Tabell 12: Sammenlikning av medierørene PODI (PE-rør med diffusjonssperre og PP-kappe) og «vanlig» PE-rør ved 60° vinkel.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/ lengde [kg/m]	Trekraft/ vekt [kg/kg]
27	32 diff.tett/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	60,5	Overskyet	15	62,6 %	36	1,68	4,00
43	32 diff.tett/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	121,5	Regn	0,8	62,6 %	36	3,38	8,04
1	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	51,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,43	5,22
2	32/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	54,0	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,50	5,47
29	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	38	Sol	20	52,9 %	36	1,06	3,85

Tabell 13: Sammenlikning av medierørene PODI (PE-rør med diffusjonssperre og PP-kappe) og «vanlig» PE-rør ved 90° vinkel.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/ lengde [kg/m]	Trekraft/ vekt [kg/kg]
24	32 diff.tett/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	58,5	Sol	15	62,6 %	36	1,63	3,87
42	32 diff.tett/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	124,0	Regn	0,8	62,6 %	36	3,44	8,20
3	32/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	54,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,51	5,53
4	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	52,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,46	5,32
41	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	62,5	Regn	0,8	52,9 %	33	1,89	6,91

4.2.2 Avvinkling

Tabell 14: Resultater ved testing av ulike vinkler for 32 mm medierør med diffusjonssperre og PP-kappe.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/ varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekkraft/ lengde [kg/m]	Trekkraft/ vekt [kg/kg]
27	32 diff.tett/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	60,5	Overskyet	15	62,6 %	36	1,68	4,00
43	32 diff.tett/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	121,5	Regn	0,8	62,6 %	36	3,38	8,04
24	32 diff.tett/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	58,5	Sol	15	62,6 %	36	1,63	3,87
42	32 diff.tett/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	124,0	Regn	0,8	62,6 %	36	3,44	8,20

Tabell 15: Resultater ved testing av ulike vinkler for 32 mm medierør av PE.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekkraft/ lengde [kg/m]	Trekkraft/ vekt [kg/kg]
19	32/50 (Duo)	0	rett		ut	30,5	Sol	10	52,9 %	36	0,85	3,09
1	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	51,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,43	5,22
2	32/50 (Duo)	60	bue	1920	inn	54,0	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,50	5,47
29	32/50 (Duo)	60	bue	1920	ut	38	Sol	20	52,9 %	36	1,06	3,85
30	32/50 (Glatt (svart))	60	bue	1920	ut	27,5	Sol	20	52,9 %	36	0,76	5,53
3	32/50 (Duo)	90	bue	1920	ut	54,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,51	5,32
4	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	52,5	Delvis skyet	11	52,9 %	36	1,46	6,91
41	32/50 (Duo)	90	bue	1920	inn	62,5	Regn	0,8	52,9 %	33	1,89	5,42

Tabell 16: Resultater ved testing av ulike vinkler for 40 mm medierør av PE.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/lengde [kg/m]	Trekraft/vekt [kg/kg]
33	40/63 (Duo)	0	rett		inn	53,5	Regn	2,5	52,1 %	36	1,49	3,42
15	40/63 (Duo)	30	bue	2400	inn	47,5	Overskyet	11	52,1 %	36	1,32	3,04
34	40/63 (Duo)	30	bue	2400	inn	55,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,53	3,52
12	40/63 (Duo)	45	bue	2400	inn	49,5	Overskyet	11	52,1 %	36	1,38	3,17
35	40/63 (Duo)	45	bue	2400	inn	66,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,83	4,22
7	40/63 (Duo)	60	bue	2400	ut	70,5	Delvis skyet	14	52,1 %	36	1,96	4,51
36	40/63 (Duo)	60	bue	2400	inn	50,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,39	3,20
11	40/63 (Duo)	90	bue	2400	inn	72,5	Overskyet	11	52,1 %	36	2,01	4,64
37	40/63 (Duo)	90	bue	2400	inn	60,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,67	3,84
31	40/63 (Duo)	90° + 60° med skjøt	bue	2400	ut	134,5	Sol	20	52,1 %	100	1,35	3,10

Tabell 17: Resultater ved testing av ulike vinkler for 50 mm medierør av PE.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/lengde [kg/m]	Trekraft/vekt [kg/kg]
13	50/75 (Duo)	0	rett	3000	ut	47,5	Overskyet	13	57,4 %	29	1,64	2,61
8	50/75 (75 PP mufferør)	90	3x30 langbend	3*600	inn	41,0	Delvis skyet	14	51,9 %	29	1,41	2,25
14	50/75 (Duo)	90	bue	3000	inn	55,5	Overskyet	13	57,4 %	29	1,91	3,05

4.2.3 Bøyeradius

Tabell 18: Resultater fra forsøk med vanlig, og veldig krapp bøyeradius i 90° vinkel for to ulike typer rørkombinasjoner.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/ lengde [kg/m]	Trekraft/ vekt [kg/kg]
37	40/63 (Duo)	90	bue	2400	inn	60,0	Regn	2,5	52,1 %	36	1,67	3,84
44	40/63 (Duo)	90	bue	1000	inn	94	Regn	0,6	52,1 %	36	2,61	6,02
17	50/75 (Duo)	90	bue	1500	inn	68,0	Sol	10	57,4 %	29	2,34	3,74
14	50/75 (Duo)	90	bue	3000	inn	55,5	Overskyet	13	57,4 %	29	1,91	3,05

4.2.4 Deformasjon

Tabell 19: Resultater av simulert punktdeformasjon på varerøret.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/varerør)	Vinkel [°]	Ut/inn	Deformasjon	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft / lengde [kg/m]	Trekraft / vekt [kg/kg]
19	32/50 (Duo)	0	ut	0 %	30,5	Sol	10	52,9 %	36	0,85	3,09
20	32/50 (Duo)	0	ut	10 %	28,5	Sol	10	52,9 %	36	0,79	2,89
21	32/50 (Duo)	0	ut	20 %	28,0	Sol	10	52,9 %	36	0,78	2,84
22	32/50 (Duo)	0	ut	30 %	77,0	Sol	10	52,9 %	36	2,14	7,81
23	32/50 (Duo)	0	ut	35 %	96,0	Sol	10	52,9 %	36	2,67	9,73

I forsøk nr. 19, 20 og 21 klemmer ikke varerøret på medierøret, mens i forsøk nr. 22 og 23, er varerøret så deformert at det også klemmer sammen medierøret etter hvert som det glir forbi punktdeformasjonen.

4.2.5 Smøremiddel

Tabell 20: Resultater av trekking med og uten bruk av vann som smøremiddel.

Forsøk nr.	Kombinasjon (medierør/ varerør)	Smøre-middel	Vinkel [°]	Vinkel-type	Bøye-radius [mm]	Ut/inn	Høyeste målte motstand [kgf]	Værforhold	Snitt-temp. for økt [°C]	Fyllings-grad	Lengde rør [m]	Trekraft/ lengde [kg/m]	Trekraft/ vekt [kg/kg]
15	40/63 (Duo)	Ingen	30	bue	2400	inn	47,5	Overskyet	11	52,1 %	36	1,32	3,04
16	40/63 (Duo)	Vann	30	bue	2400	inn	50,0	Overskyet	13	52,1 %	36	1,39	3,20

4.3 Uttrekking via kumtopp

Det ble gjennomført et forsøk med uttrekking av et Ø32 medierør gjennom en DN1600 kum for å undersøke hvordan vinklingen og bøyeradiusen gjennom kummen ville påvirke trekkekräften.

For å få gjennomført forsøket, ble medierøret plassert i varerøret inn i kummen gjennom kjerneboring og gummipakning. For å få trukket medierøret ut av kummen ble det benyttet en slangesparer/tigersvans ut av støpejernsramma, se **Figur 17** og **Figur 18**. I bunn av kummen så vi ingen hensikt i å montere noen føring for å få røret til å yte mindre motstand. Tigersvansen fungerte bra og vi dro røret horisontalt ut fra kumramma uten noen problemer. Målt motstand i denne S-svingen i denne rørdimensjonen er uproblematisk. Med større diameter på ledningen vil det nok være ganske krevende å få ledningen opp av kummen på denne måten. Da må nok innføring og uttrekking foregå i den andre enden av varerøret og til kummen.

Tabell 21: Resultater fra forsøket med uttrekking av medierør Ø32 PE100 opp av kum.

Type forsøk	Lengde rørtrase [m]	Medierør [mm]	Varerør [mm]	Maks motstand [kg]
Gjennom kum	36	32 PE100	50 PE100	53,5

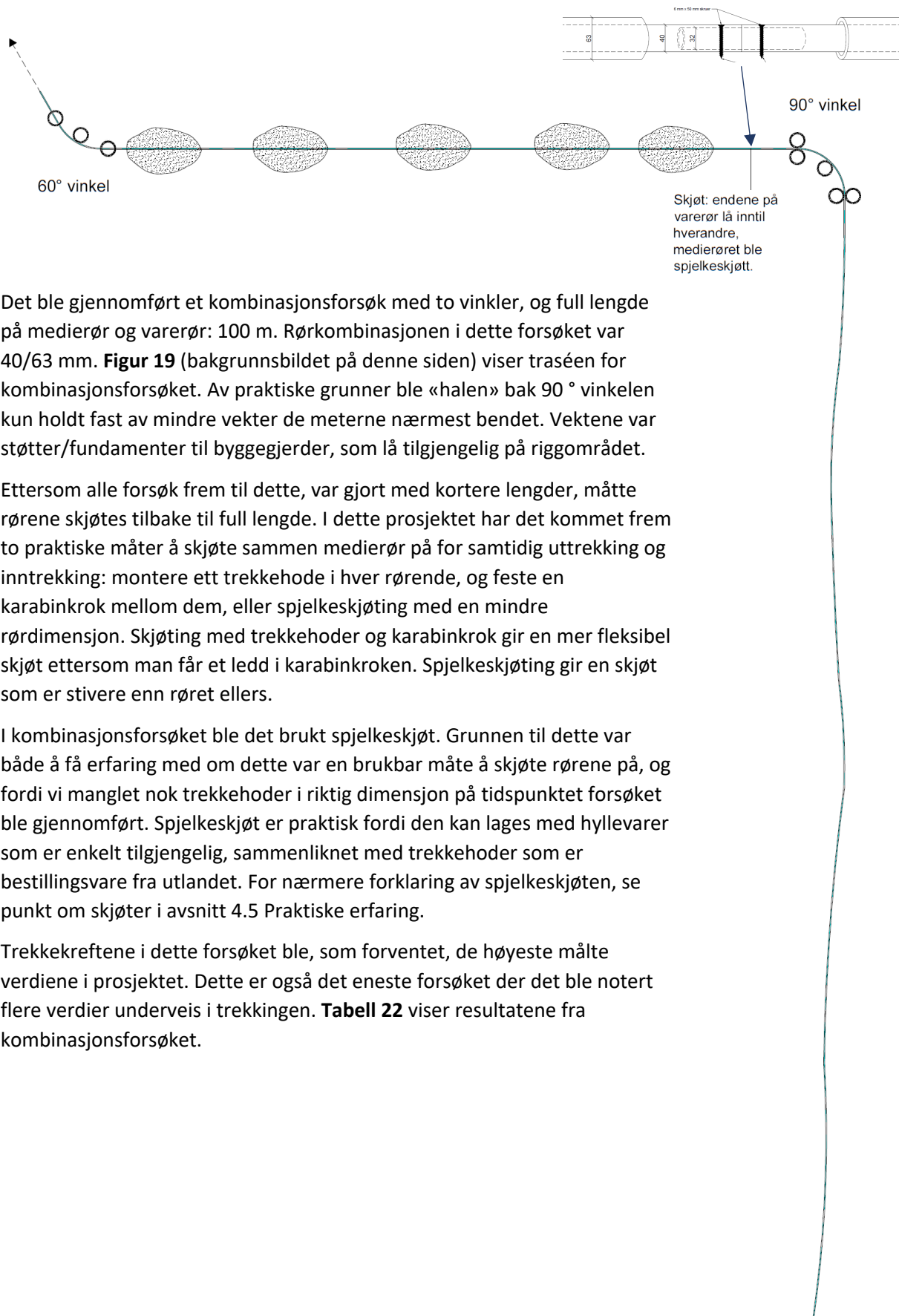


Figur 17: Bilder av forsøk med uttrekking gjennom kum. Bildene viser hvordan forsøket og kummen er konstruert for å gjenskape et realistisk tilfelle (Foto: Drammen kommune og Multiconsult).



Figur 18: Bildet til venstre viser hvordan medierøret er ført opp igjennom tigersvansen/slangespareren og ut gjennom kummen i varerør. Bildet til høyre viser hvordan varerør og medierør er festet inne i kummen før røret føres på utsiden (Foto: Drammen kommune).

4.4 Langt strekk med skjõt og to vinkler: 60° og 90°



Det ble gjennomført et kombinasjonsforsøk med to vinkler, og full lengde på medierør og varerør: 100 m. Rørkombinasjonen i dette forsøket var 40/63 mm. **Figur 19** (bakgrunnsbildet på denne siden) viser traséen for kombinasjonsforsøket. Av praktiske grunner ble «halen» bak 90 ° vinkelen kun holdt fast av mindre vekter de meterne nærmest bendet. Vektene var støtter/fundamenter til byggegjerder, som lå tilgjengelig på riggområdet.

Ettersom alle forsøk frem til dette, var gjort med kortere lengder, måtte rørene skjøtes tilbake til full lengde. I dette prosjektet har det kommet frem to praktiske måter å skjøte sammen medierør på for samtidig uttrekking og inntrekking: montere ett trekkehode i hver rørende, og feste en karabinkrok mellom dem, eller spjelkeskjøting med en mindre rørdimensjon. Skjøting med trekkehoder og karabinkrok gir en mer fleksibel skjõt ettersom man får et ledd i karabinkroken. Spjelkeskjøting gir en skjõt som er stivere enn røret ellers.

I kombinasjonsforsøket ble det brukt spjelkeskjøt. Grunnen til dette var både å få erfaring med om dette var en brukbar måte å skjøte rørene på, og fordi vi manglet nok trekkehoder i riktig dimensjon på tidspunktet forsøket ble gjennomført. Spjelkeskjøt er praktisk fordi den kan lages med hyllevarer som er enkelt tilgjengelig, sammenliknet med trekkehoder som er bestillingsvare fra utlandet. For nærmere forklaring av spjelkeskjøten, se punkt om skjøter i avsnitt 4.5 Praktiske erfaring.

Trekkekraftene i dette forsøket ble, som forventet, de høyeste målte verdiene i prosjektet. Dette er også det eneste forsøket der det ble notert flere verdier underveis i trekkingen. **Tabell 22** viser resultatene fra kombinasjonsforsøket.

Figur 19: (Bakgrunn på denne siden) Trasé for kombinasjonsforsøk.

Tabell 22: Avlesninger underveis i kombinasjonsforsøket.

Rekkefølge testet	Kombinasjon	Maks. motstand [kg]	Dato	Avlesning underveis	Vær	Temp. [°C]	Kommentar
31	40/63 (Duo)	134,5	20.05.2022	1. avlesning	Sol	20	1,8+0,65 m rett, 60 grader venstre, ca. 30 m rett, 90 grader høyre, ca. 90 m. «hale» først i rett linje, deretter i veldig slak bue mot høyre (dvs. samme retning som 90° vinkelen i forkant).
31.2	40/63 (Duo)	118,5	20.05.2022	2. avlesning	Sol	20	
32.3	40/63 (Duo)	88,5	20.05.2022	3. avlesning	Sol	20	Skjøten var antakelig på vei ut, eller hadde akkurat kommet ut her. Vi var for få pers. til å følge med på når den kom.
32.4	40/63 (Duo)	102,5	20.05.2022	4. avlesning	Sol	20	
32.5	40/63 (Duo)	85,5	20.05.2022	5. avlesning	Sol	20	(drøyt halve ledningen trukket gjennom)
Gjennomsnitt		105,9					

4.5 Praktiske erfaringer

4.5.1 Røregenskaper

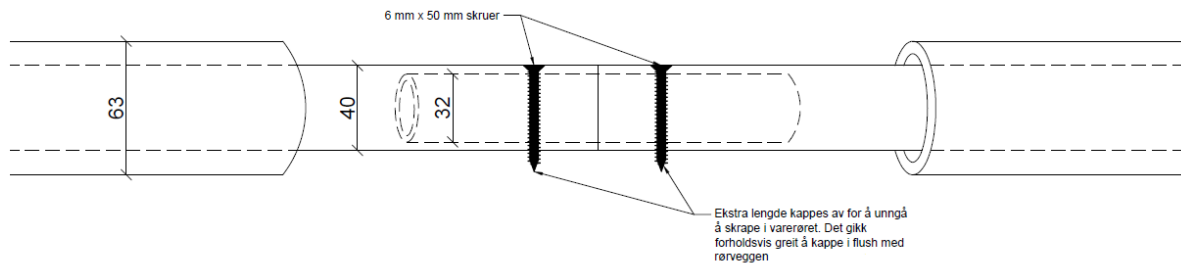
- Vanskelig å håndtere DUO 50/75. Å rette ut en ny rull med rør i rør 50/75 var en krevende øvelse med flere deltagere. Mye spenst i disse rørene. Bør nok rulles ut i god tid før de skal legges i grøfta slik at røret får en litt mer rett fasong.
- Bruk av PP mufferrør med noe mer «kantete» radius (3x30 grader langbend) og større lysåpning (mindre fyllingsgrad) fungerte godt på tross av mindre bøyeradius enn anbefalt. Grunnen er nok at medierøret fikk mer plass til å bevege seg, og dermed fikk også medierørets større bøyeradius enn varerøret. PP-rør er også glattere enn PE, men det er vanskelig å si hvor stor innvirkning forskjellen i friksjon utgjorde.
- Bruk av korrugert PE varerør gav mindre motstand enn forventet sett i forhold til Asker sine forsøk. Det kan være litt vanskelig å legge i jevne buer, og mye lettere å legge i for krapp radius i forhold til anbefaling for medierøret.

4.5.2 Trekking og utstyr

- Trekkehodene var lette og montere/demontere uten verktøy. Festet seg veldig godt til PE røret.
- Vinsjen dro jevnt og 8m/min. Dette var en grei fart å bruke på inntrekningene.
- I mai brukte vi «billige» tau uten evne til strekk. Fungerte utmerket og vi fikk jevne inntrekninger uten rykk. I november brukte vi et tykkere tau som var bygd opp som et «klatretau» Dvs. at det kunne strekke seg/dempe fall. Dette gjorde at det ble mer rykkvis inntrekking og dette kan ha spilt en rolle for noen av resultatene.
- Trekking av 32 mm rør ut gjennom kum med diameter DN1600 kum gikk relativt enkelt, og tilsier at dette bør gå bra i de fleste tilfeller, så lenge resten av strekket utenfor kummen er lagt i henhold til anvisninger. Ved større rørdimensjoner må man nok tilrettelegge hele kummen med for eksempel større kumdiameter og Ø800 lokk hvis det er ønskelig å bruke kummen til uttrekking av rør.

4.5.3 Skjøting

- Skjøting av rør for trekking kan enkelt gjøres ved å feste en karabinkrok mellom to trekkehoder. Karabinkroken bør ikke være bredere enn ytre dimensjon av medierøret, og må være sterk nok til å tåle trekkekreftene. Denne metoden ble ikke testet i dette prosjektet.
- Alternativ skjøting kan gjøres ved spjelking med skruer: En rørbit i én dimensjon mindre, føres inn i enden på rørene som skal skjøtes. Rørstumpen i forsøket var drøyt 15 cm lang. Skru rørbiten fast med en skrue tvers gjennom røret i hver av rørendene, kapp eventuelt skruespissen, slik at den ikke stikker ut. Dette er en betydelig stivere skjøt, men fungerte godt i det kombinerte trekkeforsøket med to vinkler. Spjelkeskjøting av rør er vist i figuren under, på bildene er der kun det sorte røret som er skjøtt på denne måten.



Figur 20: Spjelkeskjøting av medierør.

5 Diskusjon

I dette kapittelet blir resultatene av forsøkene diskutert, og andre forhold som kan være verdt å ta hensyn til ved etablering av stikkledning i varerør. Videre blir de usikkerhetene som kan ha innvirkning på testresultatet beskrevet.

5.1 Måleresultater

Dessverre var det for mange usikkerheter, og for få direkte sammenliknbare resultater i de gjennomførte forsøkene til at prosjektet lyktes med å lage, og verifisere, en beregningsmodell for trekkekrefter tilsvarende det kabelbransjen og REN har. Vi har likevel sett på betydningen en rekke ulike faktorer utgjør for trekkekraftene, og funnet en del sammenhenger og trender.

5.1.1 Værforhold

Resultatene viser generelt at nødvendig trekkekraft er betydeligere høyere i november enn ved lavere temperaturer enn i mai.

Effekten av temperatur

Diagram 2 (under) illustrerer hvordan temperatur påvirker behovet for trekkekraft sammenlignet med gjennomsnittlig behov basert på alle data. Lys blå trendlinje representerer data for kalde dager, rosa representerer varme dager, og mørk blå representerer snittet av alle data over året.

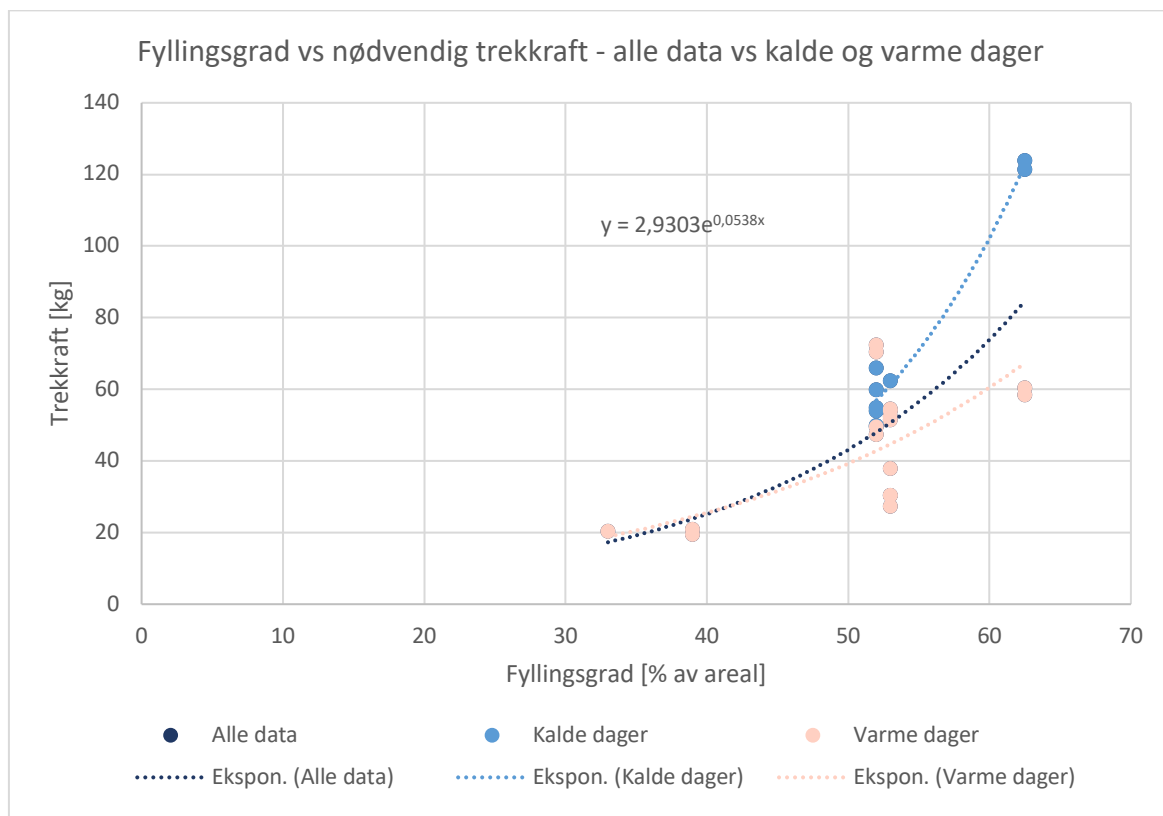


Diagram 2: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkekraft med trender vist for alle dager, kalde og varme dager. OBS: Her er resultatene for det diffusjonstette medierøret inkludert i oversikten, og drar snittet opp.

Diagram 3 (under) viser sammenhengen mellom temperatur og nødvendig trekkekraft. Den viser at behovet for trekkekraft går betydelig ned når lufttemperaturen øker. **Man kan i snitt forvente ca. 4 kg økning i behovet for trekkekraft per grad reduksjon av temperatur. Ved å trekke ledninger på en dag som er 10 grader kaldere vil man dermed oppleve (i snitt) et økt behov for ca. 40 kg trekkekraft, i forhold til den varmere dagen.** Det gjøres oppmerksom på at resultatene for det diffusjonstette medierøret er inkludert i beregningsgrunnlaget, og drar snittet en del opp.

Med utgangspunkt i dette kan man estimere trekkebehov basert på fyllingsgrad og når på året man gjennomfører trekkingen. Samtidig kan man benytte seg av Tabell 23 for å få med effekten av vinkel/bend man skal trekke.

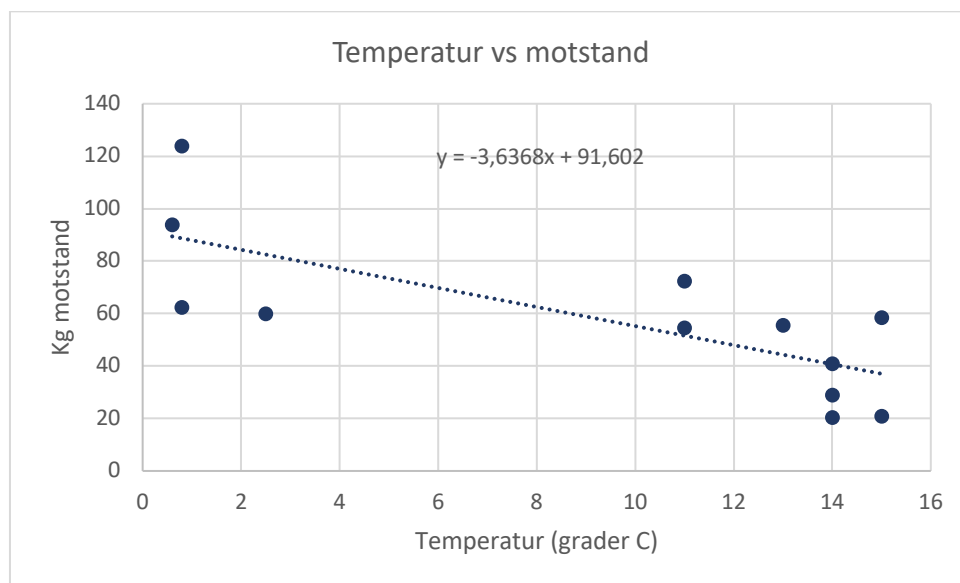


Diagram 3: Sammenheng mellom temperatur og motstand.

5.1.2 Inn – og uttrekking

Resultatene viser at det er så liten forskjell i trekkekraft mellom inn- og uttrekking, og at det ikke kan fastslås at den ene eventuelt er tyngre. I realiteten er det altså ingen forskjell på kreftene ved inntrekking sammenliknet med uttrekking av like rør.

Det er likevel noen praktiske forskjeller, som f.eks. at man må få tak i den frie rørenden ved inntrekking, med mindre man trekker ut gammelt rør samtidig som det nye skal inn, da kan man skjøte sammen de to og trekke begge samtidig. For å få tak i den frie enden gjennom varerøret kan man bruke en ren stakefjær, blåse inn tråd, eller liknende. Stakefjær fungerte fint i forsøkene vi gjorde, men akkurat denne var ikke hygienisk ren, og kan ikke brukes i vannledningsprosjekter. Utstyr som skal brukes i virkelige prosjekter må være egnet for bruk på drikkevannsledninger.

I tillegg er plassbehovet viktig å tenke på ved inn, og uttrekking. Ved inntrekking er det lett å tenke at man kan dra inn nytt rør direkte fra kveil, men ettersom vi erfarte at stivheten er av vesentlig betydning for trekkekraftene, vil det være lurt å rette ut røret i god nok tid i forveien, for å unngå unødvendig høye krefter. Ved uttrekking av rør som tas ut av bruk, kan man kappe røret underveis og flytte trekkehodet, slik at vinsj/trekkeutstyr kan stå nærmere enden av medierøret enn det vi kunne i forsøkene i dette prosjektet.

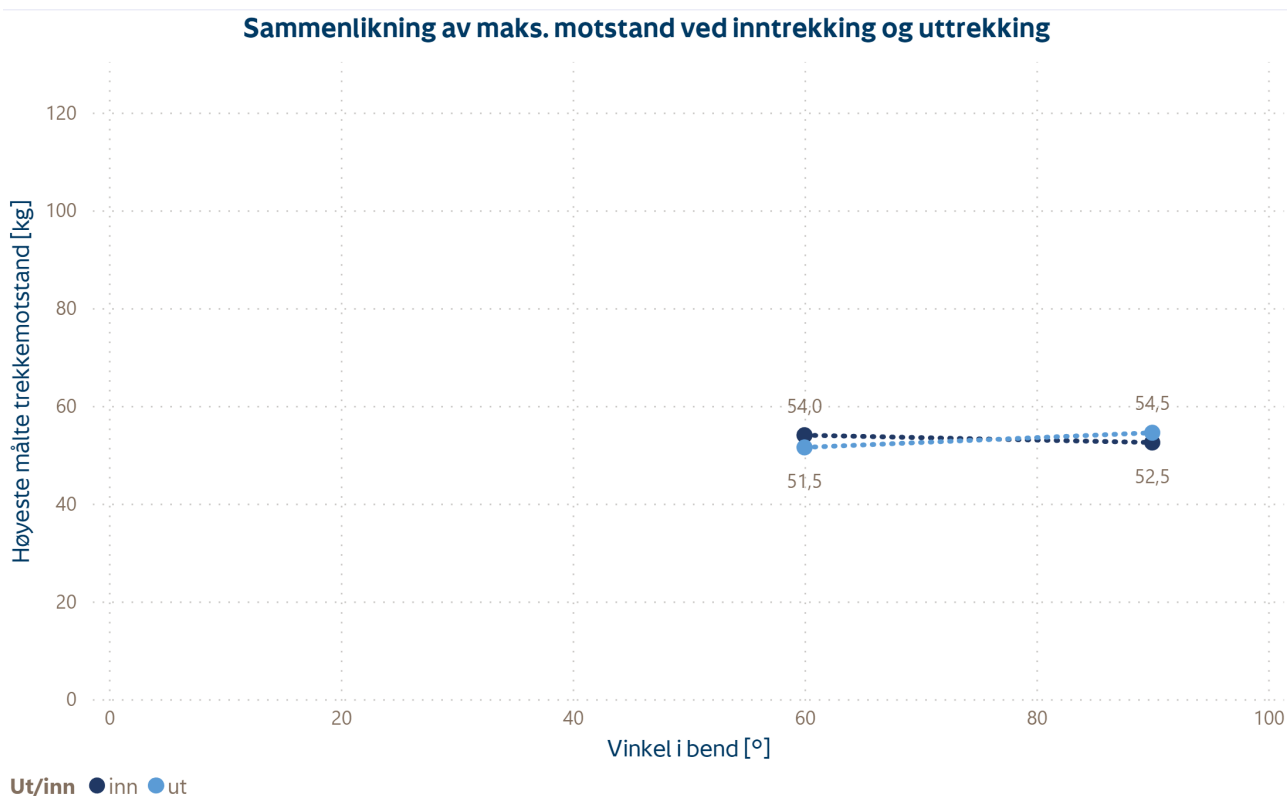


Diagram 4: Sammenlikning av inntrekking og uttrekking av Ø32/50 (DUO-rør) med vinkel 60° og 90° den 12. mai.

5.1.3 Størrelsesforhold mellom medierør og varerør

Resultatene viser at varerørets lysåpning har betydning på trekraften. Kontaktflaten og friksjonen mellom rørene blir mindre hvis forskjellen mellom rørdiametrene er større, og medierøret har større plass å bukte seg på.

Det letteste forsøket (nr. 6) var med Ø32/75 (PP mufferør) med en arealfyllingsgrad på 21,3 %, som enkelt kunne dyttes inn med håndmakt. Det tyngste sammenliknbare forsøket var (nr. 42) med Ø32 diffusjonstett rør i 50 mm DUO varerør, med en arealfyllingsgrad på 62,6 %, og er resultat på 124 kg. Begge disse forsøkene hadde 90° vinkel, men ulike værforhold.

I prosjektet utført på Fornebu i 2007, i rapporten «Kabler i rør - Trekkekrefter for kabler i rør og målinger i full skala på Fornebu» ble det konkludert med at varerørets lysåpning spiller en rolle, og at trekkekreftene var lavere for trekking gjennom et 160 mm rør i forhold til 110 mm rør selv ved trekking på rett strekk og trekking igjennom bend (Norconsult, 2007).

Effekten av fyllingsgrad

En eksponentiell funksjon er valgt for å representere sammenhengen mellom fyllingsgrad, som er % av arealet til varerør som er fylt opp av medierør, og nødvendig trekraft. En slik funksjon er valgt fordi dette gir best tilpasning til dataene, og det er forventet at motstanden vil bli større enn lineær jo høyere andel av varerøret areal som fylles opp.

Diagram 5 kan brukes til å anslå behovet for trekraft som en funksjon av fyllingsgraden, hvis man har en variasjon av rette strekk og ulike typer bend man skal trekke. Om man vil ha mer nøyaktige data kan man benytte seg av **Diagram 6** og **Diagram 7** for å finne nødvendig trekraft for henholdsvis 60 grader bend og 90 grader bend. Det er viktig å påpeke at alle disse tre figurene gir et gjennomsnitt for målinger over året, dvs. et snitt av ulike temperaturer. Gjennomfører man trekking på kalde dager

(vinter, sen høst) så vil man ligge i øvre sjikt med hensyn til trekkekraft, mens trekking på varme dager medfører at man ligger i nedre sjikt. Dette er illustrert med **Diagram 9** og **Diagram 10** (lenger ned).

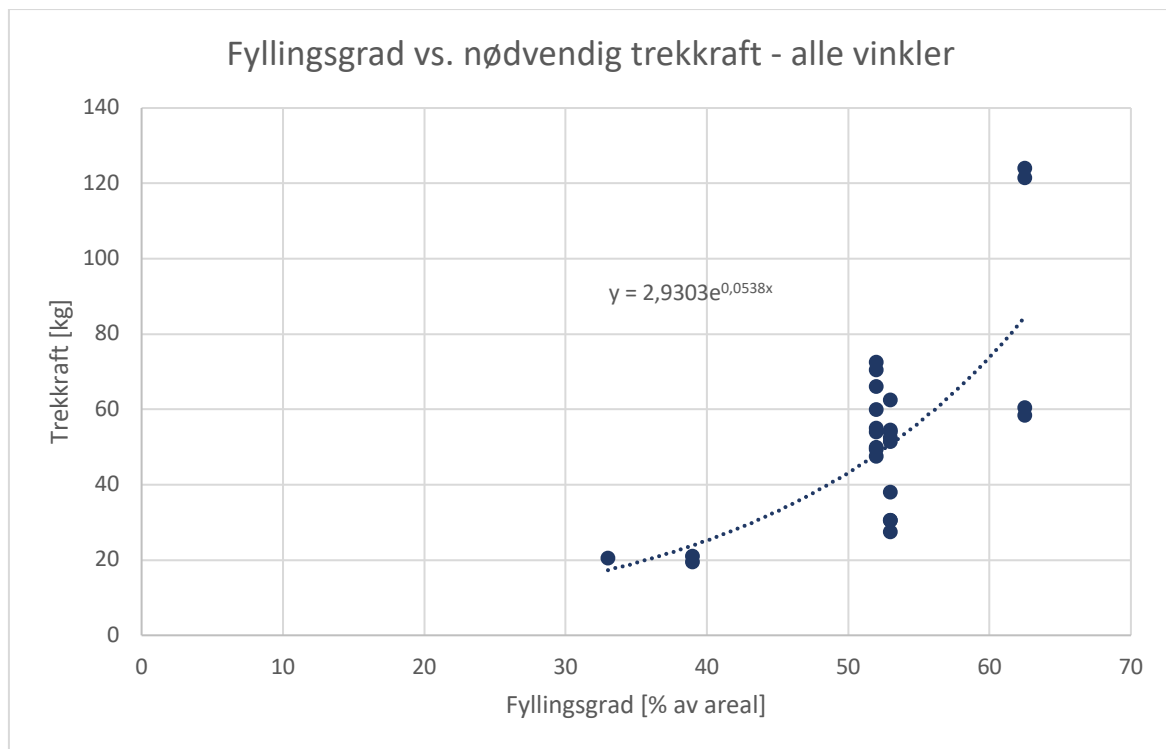


Diagram 5: Fyllingsgrad mot nødvendig trekraft, vist for alle vinkler.

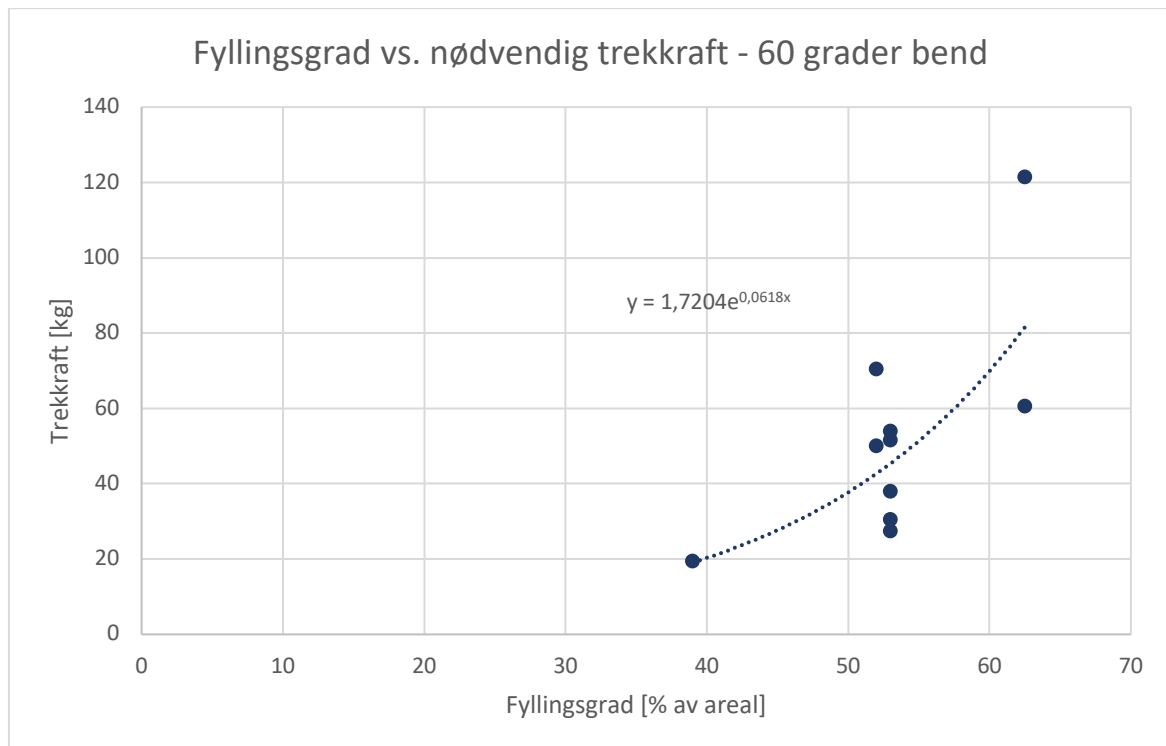


Diagram 6: Fyllingsgrad mot nødvendig trekraft for 60 grader bend.

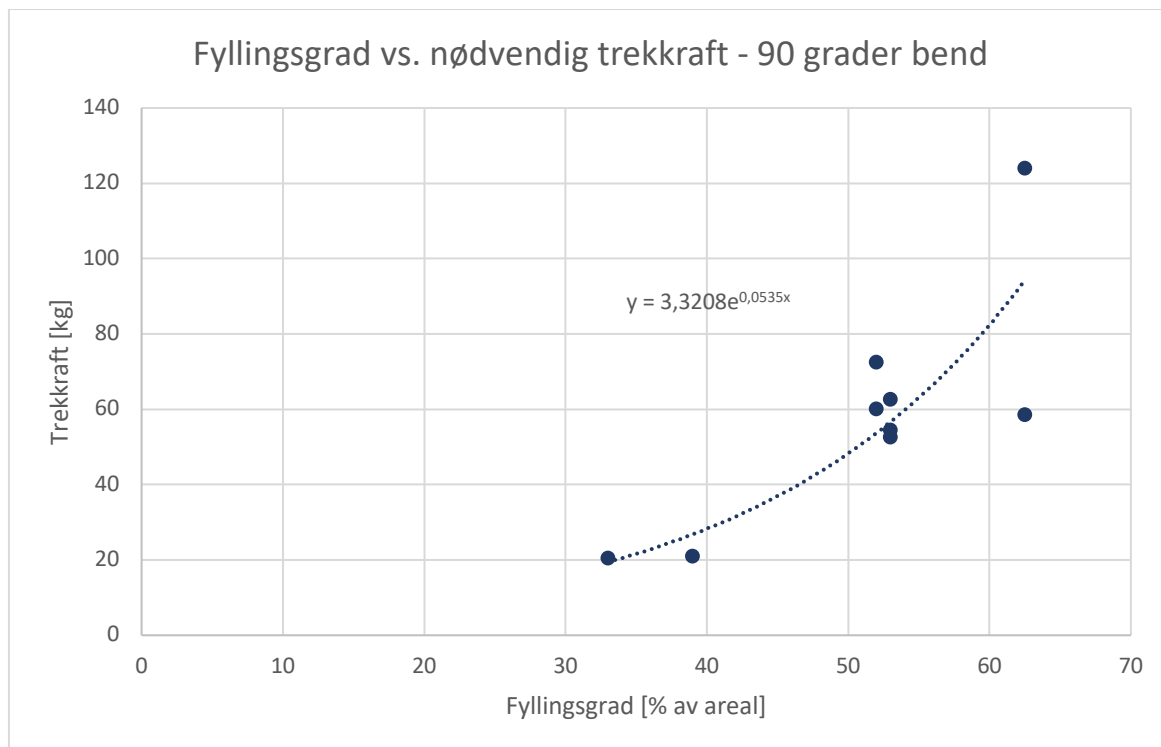


Diagram 7: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkraft for 90 grader bend.

I tabellen under er det satt opp en sammenligning av nødvendig trekkraft mellom 90 grader og 60 grader bend, for ulike fyllingsgrader (40, 50 og 60 %). Tallene er basert på den beregnede trendlinjen, og ikke på måledataene.

Tabell 23: Effekten av bend (60 mot 90 grader) på nødvendig trekkekraft.

Fyllingsgrad	90° mot 60° vinkel
40	28 / 20 = 1,4 -> 40 % høyere trekkekraft
50	48 / 38 = 1,26 -> 26 % høyere trekkekraft
60	82 / 69 = 1,19 -> 19 % høyere trekkekraft

Konklusjonen blir følgende: jo lavere fyllingsgrad jo større effekt har bend på motstand. Når fyllingsgraden øker vil størrelsen på bend ha mindre effekt på motstanden fordi motstanden mellom medierør og varerør da blir viktigere enn motstanden som bendet i seg selv skaper.

Figuren under, som er en plotting av resultater, viser det samme konseptet; nemlig at nødvendig trekkekraft konvergerer for alle vinkler jo større fyllingsgraden blir, og at forskjellen i trekkekraft øker for ulike vinkler når fyllingsgraden minker.

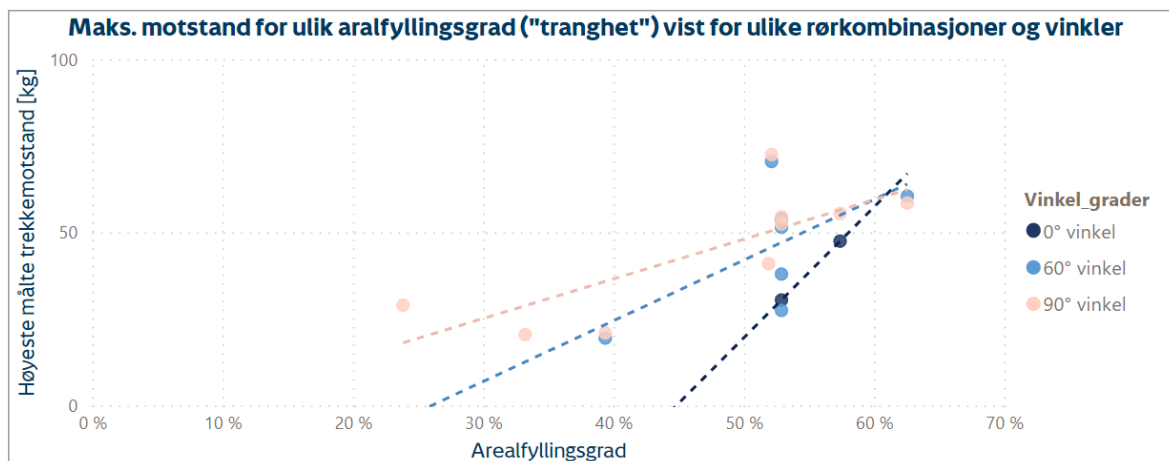


Diagram 8: Sammenstilling av nødvendig trekkekraft for ulike arealfyllingsgrader og vinkler. Her er kun resultatene fra mai vist.

Nedenfor er det gjengitt en sammenheng mellom nødvendig trekkekraft og fyllingsgrad for kalde (Diagram 9) og varme (Diagram 10) lufttemperaturer. Stigningstallet for kalde dager er høyere enn for varme dager, noe som betyr at raskt vil oppleve et behov for mye høyere trekkekraft på kalde dager enn på varme dager ettersom fyllingsgraden øker. Dette betyr i praksis at en høyere fyllingsgrad øker behovet for trekkekraft mer når det er kaldt enn når det er varmt. Man kan også se at behovet for trekkekraft generelt er høyere over hele fjøla for kalde dager.

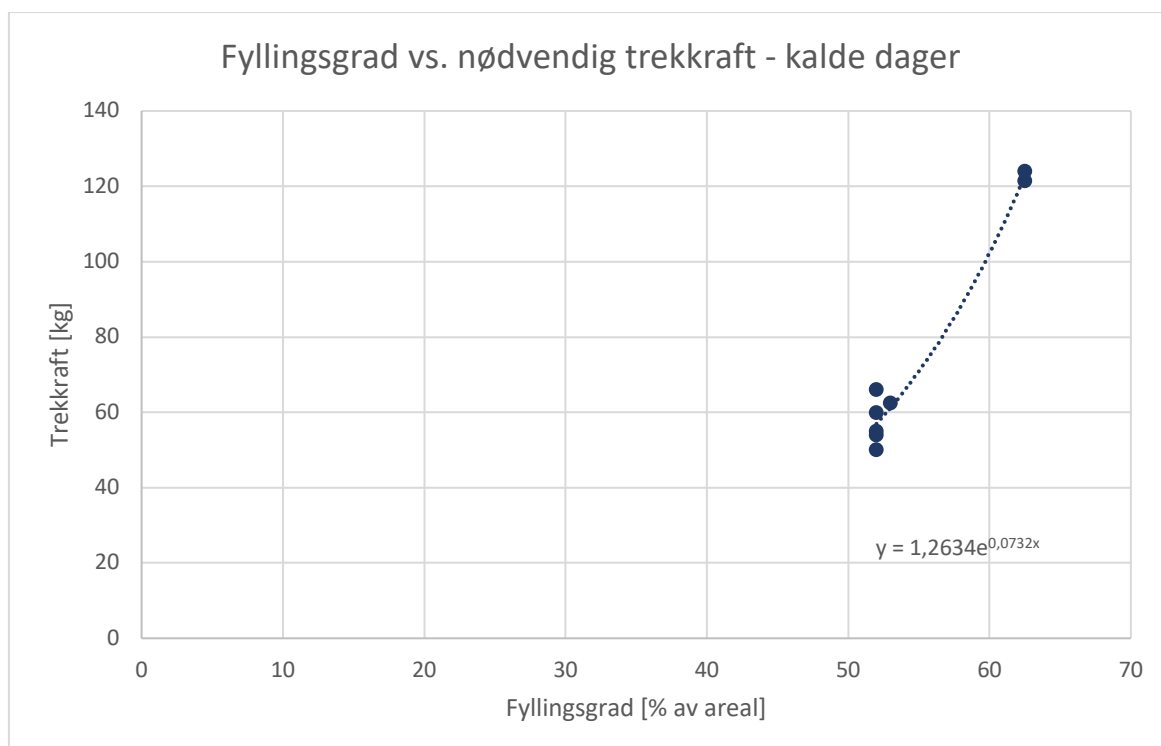


Diagram 9: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkekraft for kalde dager.

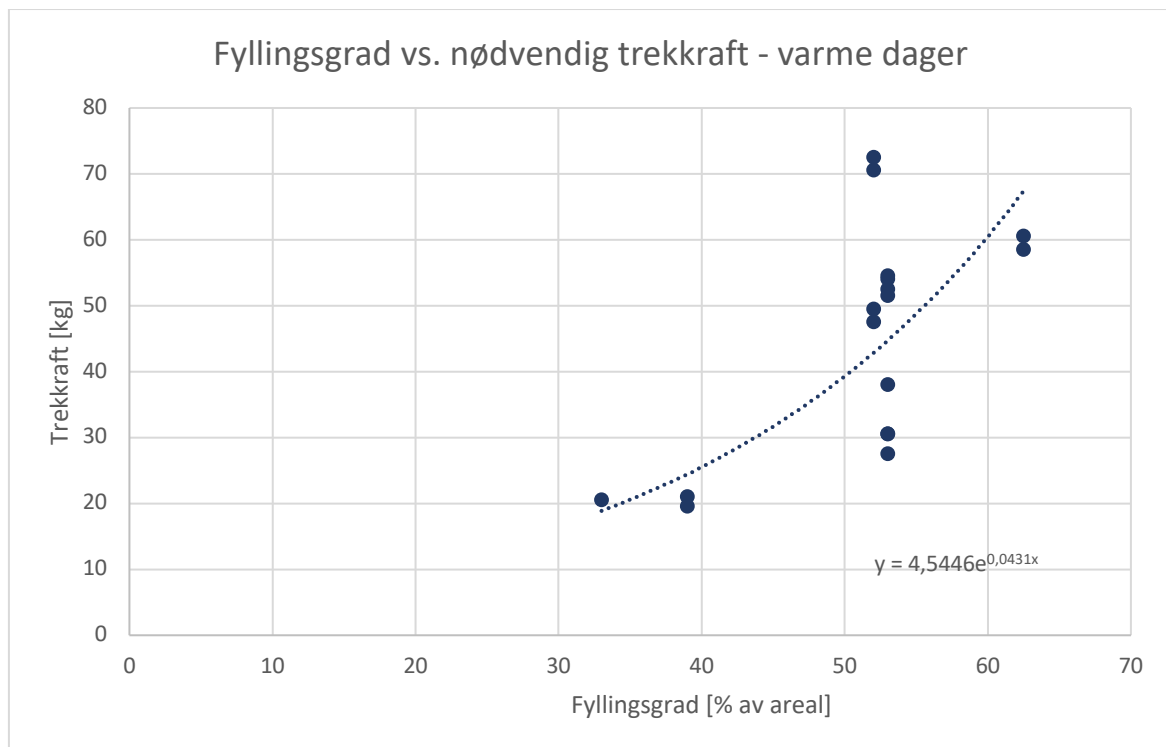


Diagram 10: Fyllingsgrad mot nødvendig trekkraft for varme dager.

5.1.4 Avvinkling

Testresultatene viser at en variasjon på avvinklingen fra 30 til 90 grader ikke hadde like stor innvirkning på trekkemotstanden som ventet.

Totalt sett ser man at det er relativt liten differanse i trekkekraft ved endring av vinkel sammenlignet med rett strekk når man ser på én og én rørkombinasjon, se **Diagram 11**, **Diagram 12**, og tabellene i kapittel 4.2.2 Avvinkling.

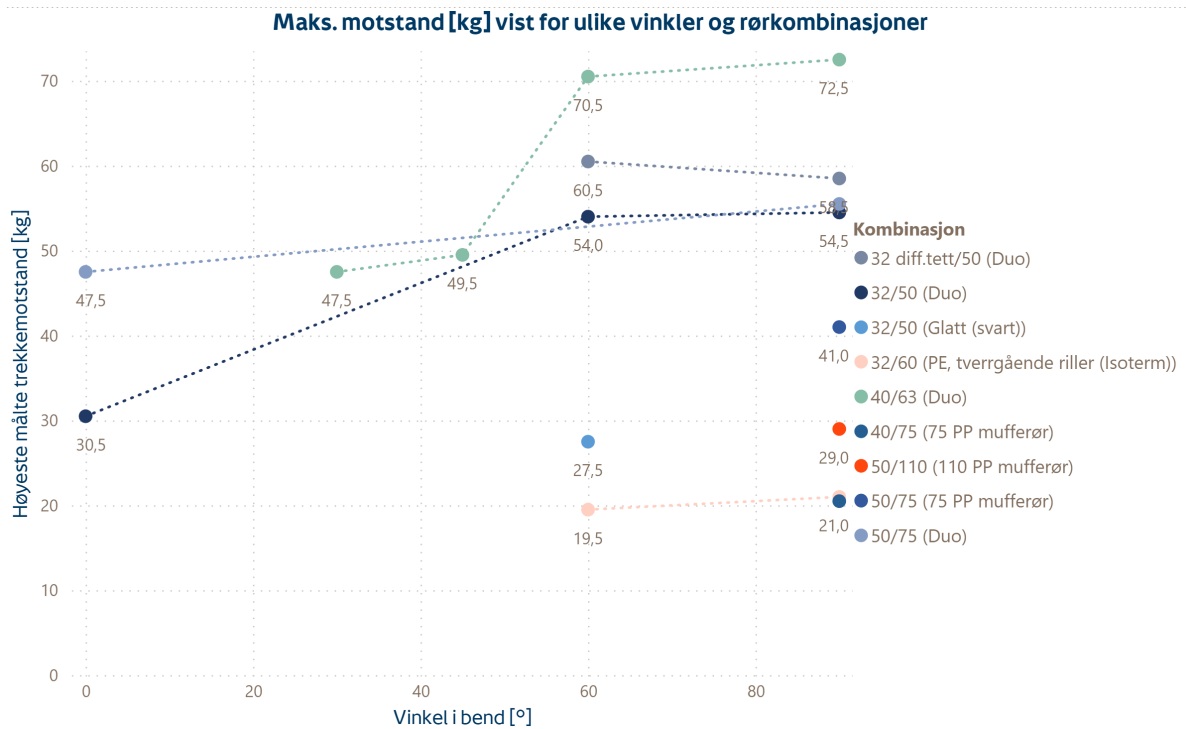


Diagram 11: Resultat for ulike vinkler og rørkombinasjoner i mai. De avvikende resultatene for 40/63 (Duo) er diskutert nærmere i kapittel 5.1.9 Stivhet knyttet til temperatur og langtidsoppførsel.

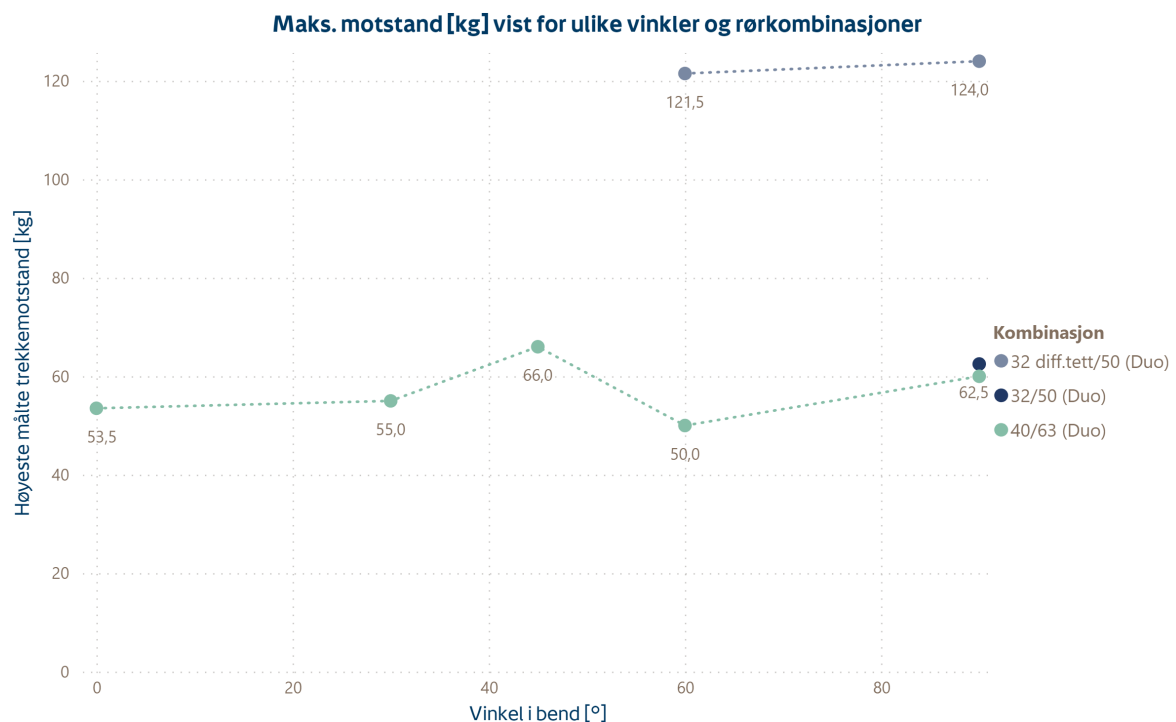


Diagram 12: Resultat for ulike vinkler og rørkombinasjoner i november.

Som nevnt i kapittel 5.1.3 ovenfor, har effekten av bend størst betydning når arealfyllingsgraden er liten, men når det blir trangt i varerøret, blir det etter hvert av større betydning enn vinkelen i bendet.

Effekten av bend

Figuren under viser korrelasjonen mellom vinkel på bend og nødvendig trekkekraft. Figuren inneholder data for både kalde og varme dager, og for ulike fyllingsgrader. Testene på 122 og 124 kg trekkekraft er utført på kalde dager, mens de lave verdiene på 20 og 21 kg trekkekraft er utført med lav fyllingsgrad. Dette er noe av grunnen til at verdiene varierer så mye. Trendlinjen gir en indikasjon på hva man kan forvente av nødvendig trekkekraft på normale dager (ikke veldig kalde dager) med normale fyllingsgrader (ikke veldig lave eller veldig høye). I den etterfølgende figuren er det beregnet prosentvis forventet økning i nødvendig trekkekraft som en funksjon av vinkel på bend. Den forventede økningen i trekkekraft er beregnet med utgangspunkt i verdien angitt for rette strekk (0 grader vinkel). Tallene inneholder data for både varme og kalde dager, så er et gjennomsnitt for året. Eksempelvis må man i snitt forvente en 32 % økning av nødvendig trekkekraft i en 90 graders bend sammenlignet med et rett strekk.

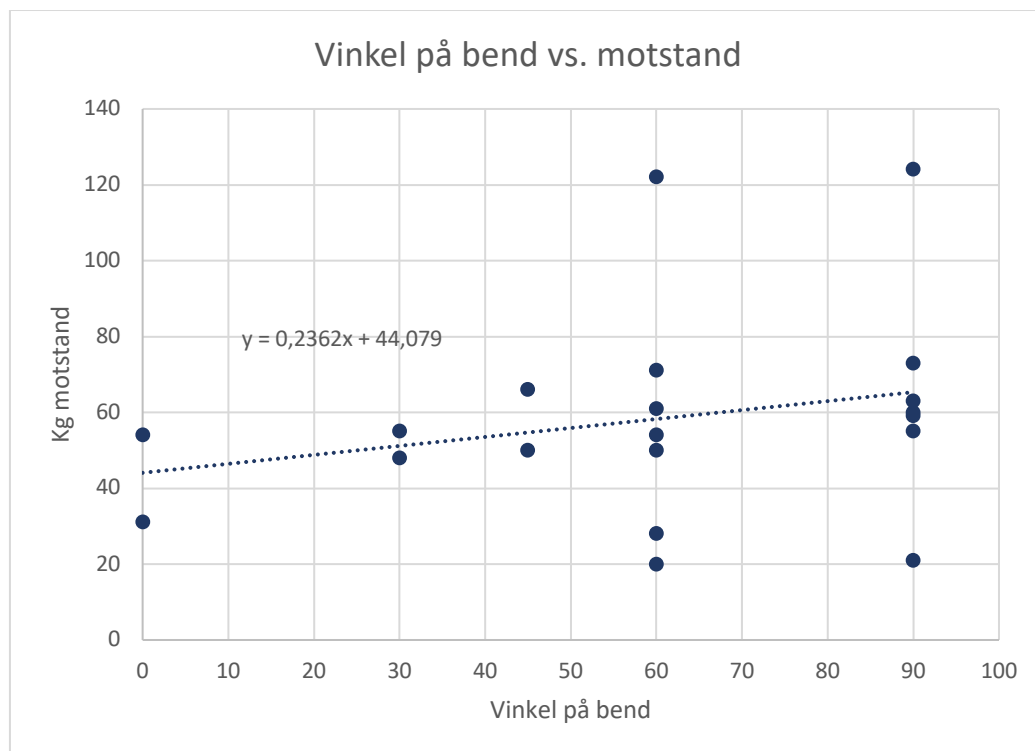


Diagram 13: Sammenheng mellom trekkemotstand og vinkel på bend.

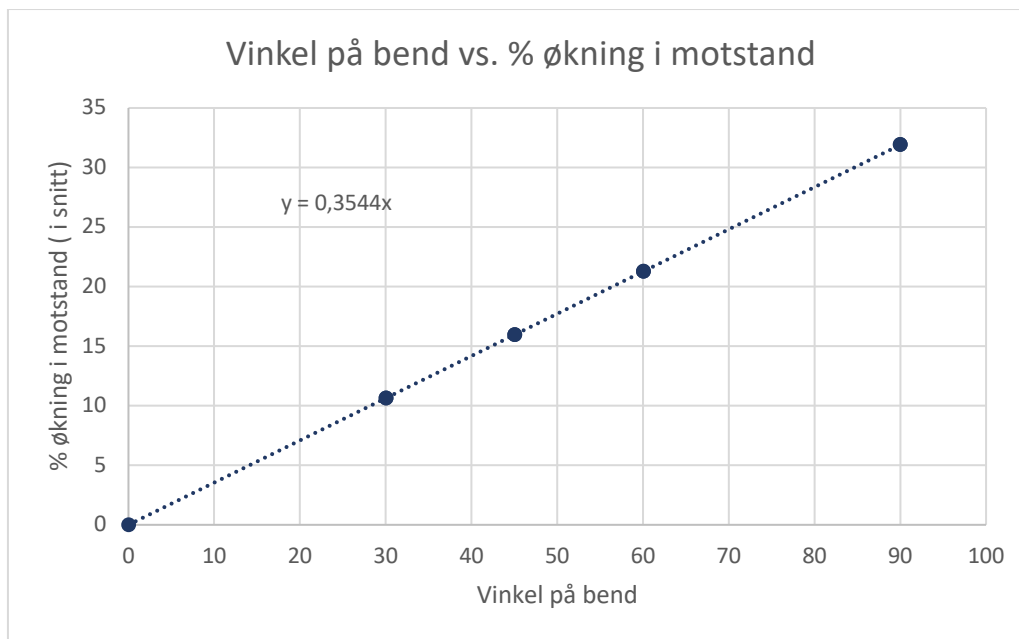


Diagram 14: Vinkel på bend mot prosentvis økning i motstand.

5.1.5 Bøyeradius

Bøyeradiusen har stor innvirkning på motstanden gjennom bendene. Å «knekke» røret i en krappere vinkel enn produsentens anbefaling, kan være en av de viktigste faktorene for senere trekking, og som ikke kan endres på annen måte enn å grave opp ved bendet, når traseen først er lagt. For å tilrettelegge for fremtidig trekking, og for å ivareta rørets egenskaper, og kvalitet, er det svært viktig å overholde produsentens anvisninger når det kommer til maks bøyeradius.

Diagram 15 nedenfor viser hvor mye motstanden økte i et 90° bend da bøyeradiusen ble krappere (mindre). For kombinasjonen 40/63 Duo er resultatene fra forsøk utført i november, mens for 50/75 Duo er resultatene fra forsøk utført i mai. Dette kan bidra til at trenden for 40/63 er mye brattere enn for 50/75. I forsøkene med 40/63 Duo, økte motstanden med 56 % (fra 60 kg til 94 kg), da radiusen ble redusert til 42 % av anbefalt verdi (fra 2,4 m til ca. 1,0 m), mens for 50/75 Duo, som ble testet i varmere vær, var differansen mindre ekstrem: Der økte motstanden med ca. 23 % (fra 55,5 kg til 68,0 kg), da radiusen ble redusert til 50 % av anbefalt verdi.

For PP-rør ble det ikke testet forskjell på å bruke 3x30° langbend mot 1x90° langbend, men langbendene har en bøyeradius på 600 mm, som er betydelig lavere enn produsentenes anbefaling for PE-rør under trykk. Med stor dimensjonsforskjell på medierør og varerør, vil medierørets bøyeradius inne i varerøret likevel bli en god del større. Ved bruk av 3x30° langbend, vil man i tillegg få noen rette partier som en del av den fullstendige vinkelen, som gjør at man totalt sett vil få en større bøyeradius med denne løsningen. Det bør jobbes videre med å finne konkrete anbefalinger for bruk av langbend ved ulike kombinasjoner av dimensjoner på medierør og varerør med tanke på tilrettelegging for trekking.

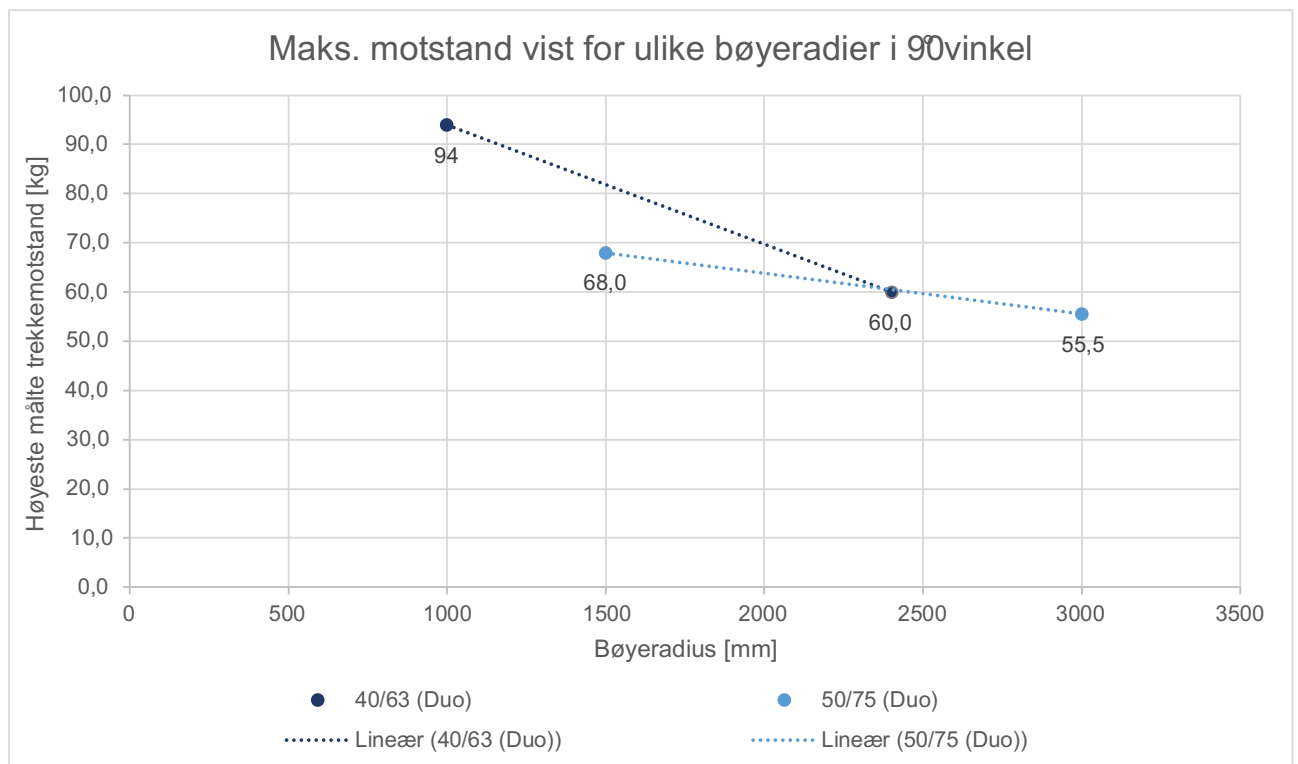


Diagram 15: Målt motstand ved anbefalt, og redusert bøyeradius. For kombinasjonen 40/63 Duo er resultatene fra forsøk utført i november, mens for 50/75 Duo er resultatene fra forsøk utført i mai. Dette kan bidra til at trendlinjen for 40/63 er mye brattere enn for 50/75.

5.1.6 Rørmateriale

Det ble testet varerør av ulike typer, både når det kommer til materiale og utforming.

Rørene i PP er stive rør i 6 m lengder med muffeskjøter og langbend. Det ble testet to dimensjoner PP-rør: 75 mm og 110 mm i ringstivhetsklasse SN8. Disse dimensjonene er vesentlig større enn de dimensjonene på varerørene som leveres for ferdige rør-i-rør-løsninger. Unntaket er for 50 mm medierør som leveres i 75 mm PE-rør. Denne kombinasjonen gir da det eneste direkte sammenlikningsgrunnlaget mellom PE og PP i denne testen.

PE-rørene var utformet på tre ulike måter: Glatt («vanlig»), langsgående riller (DUO-pipe) og tverrgående riller/korrugert (tilsvarende som varerøret for Isoterm, men uten isolasjon og annet utstyr). Det ble testet tre ulike størrelser PE varerør: 50, 63, og 75 mm. Siden det glatte røret og det med langsgående riller hadde samme dimensjoner (DN 50 mm og SDR 17) er disse direkte sammenliknbare. Likevel er det andre forhold og usikkerheter ved forsøkene som gjør at resultatene ikke nødvendigvis kan gi et fasitsvar. Det korrugerte varerøret med tverrgående riller var nesten én dimensjon større i utvendig diameter. I det korrugerte varerøret hadde altså medierøret 7 mm mer plass i tverrsnittet å bevege seg på (51 mm mot 44 mm).

Generelt viser forsøkene at både det glatte PE-røret og PP-rørene i sammenliknbare størrelser var noe lettere å trekke gjennom enn de med langsgående riller. Likevel er datagrunnlaget her noe tynt, og usikkerhet i værforhold og nøyaktighet av riggene gjør at det ikke kan sies med sikkerhet at det er tyngre å trekke med langsgående riller, men forsøkene viser altså ikke at de langsgående rillene gir noen positiv effekt.

Grunnen til dette er det vanskelig å si noe om, men det kan tenkes at når medierøret ligger på de langsgående rillene, får det to kontaktpunkter mot varerøret i stedet for ett, og at friksjonen dermed øker, og ikke minker, slik man kanskje skulle tro.

Resultatene for varerøret med tverrgående riller viste at dette var betydelig lettere å trekke i, enn DUO-rørene. I og med at dette delvis skyldes økt dimensjon og bedre plass, er det vanskelig å si hvor stor virkningen av tverrgående riller er. Det virker sannsynlig at de tverrgående rillene minimerer friksjonen i lengderetningen på grunn av mindre kontaktflate mellom medierør og varerør og dermed gjør det lettere å trekke. Samtidig var arealfyllingsgraden for de korrugerte varerøret betydelig mindre enn for Duo-rørene (39,4% mot 52,9%). Når man sammenlikner flere forsøk, og ser på trendlinjer, ser man likevel at det korrugerte varerøret ligger under trendlinjen, og tverrgående riller kan derfor antas å ha en positiv effekt for å redusere trekkekreftene. Det er uansett behov for at det utføres flere forsøk med varerør med tverrgående riller i ulike dimensjoner.

Varerør med tverrgående riller er også mer bevegelig og lettere å bøye, noe det er viktig å være oppmerksom på ved anleggsarbeid, slik at ikke traseen får bend med for krapp radius. Den økte bevegeligheten kan også ha hatt betydning i selve forsøkene. Selv om røret tilsynelatende lå stabilt, ble det registrert noen små, synlige bevegelser av varerøret mellom siste pukkehaug og første kum underveis i trekkingen.

5.1.7 Deformasjon

En mindre deformasjon hadde ingen effekt på trekkekräften, og røret måtte klemmes opp til 30 % for å gi utslag på motstanden.

Deformasjon i disse forsøkene ble testet vertikalt, og det er antatt at det er en vertikal deformasjon som mest sannsynlig oppstår i grøften, **Figur 14**.

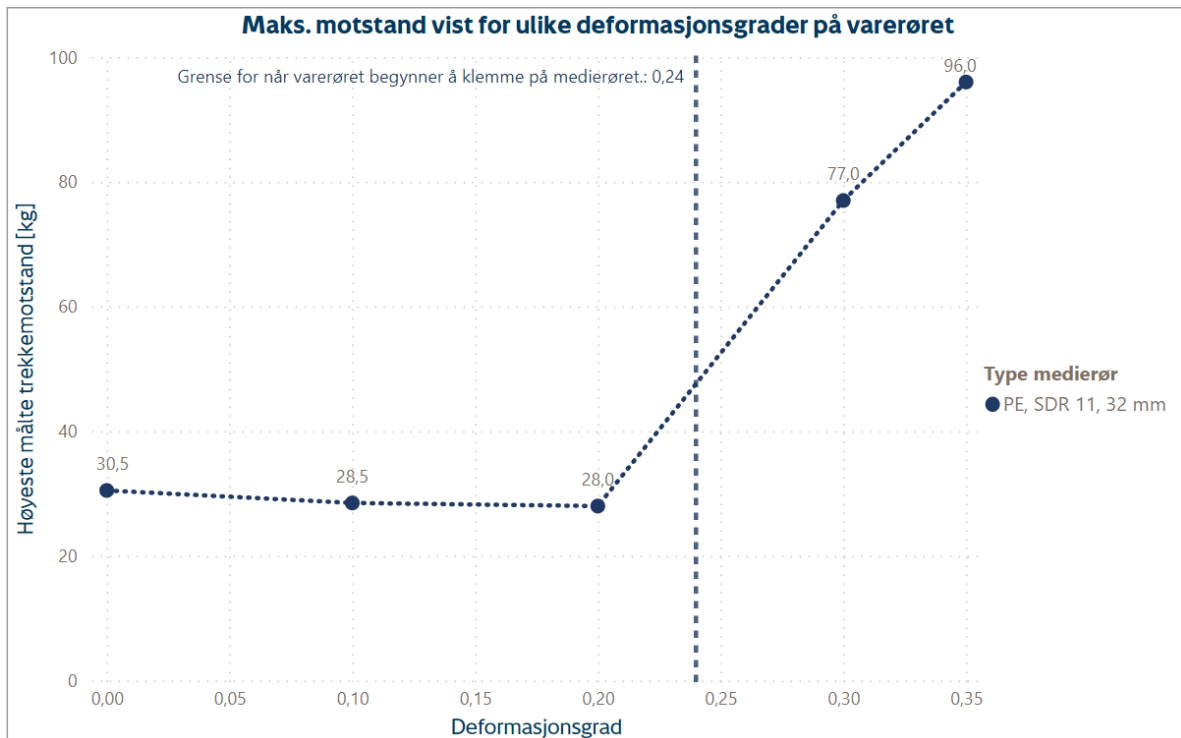


Diagram 16: Resultater fra forsøk med vertikal deformasjon av $\varnothing 32/50$ (DUO-rør).

Resultatene viser at 30 % deformasjon av rørtverrsnittet gir vesentlig økt motstand, og at en deformasjon på 20 % eller mindre har ingen påvirkning på motstanden. **Diagram 16** viser også en stiplet linje for grensen der varerøret begynner å klemme på medierøret. For 32/50 DUO-rør (eller tilsvarende glatt 50 mm PE-rør SDR 17) er denne grensen beregnet å være ved 24 % deformasjon. For illustrasjon av bevegelsesrommet til medierøret etter hvert som deformasjonsgraden øker, se **Figur 14**.

Mindre punktdeformasjoner som ikke fører til samtidig klemming av medierøret, ser altså ikke ut til å ha noen spesiell betydning for muligheten til å trekke ut medierør. Dersom deformasjonen kommer på et ugunstig sted i et bend eller liknende kan det likevel ha en negativ effekt. Samtidig viser forsøkene at hvor god plass medierøret har til å bevege seg inne i varerøret, er en av faktorene med størst betydning for resultatet (sammen med temperatur/rørets stivhet og bøyeradiusen). Det vil derfor trolig være betydelig forskjell på en enkelt punktdeformasjon, og et område med en større langsgående deformasjon.

Uavhengig av trekking, er deformasjoner på rør en skade, og kan svekke varerørets egenskaper og kvalitet. Produsentens anbefalinger skal alltid følges ved legging av rør, for å unngå svekkelser av produktene.

5.1.8 Smøremiddel

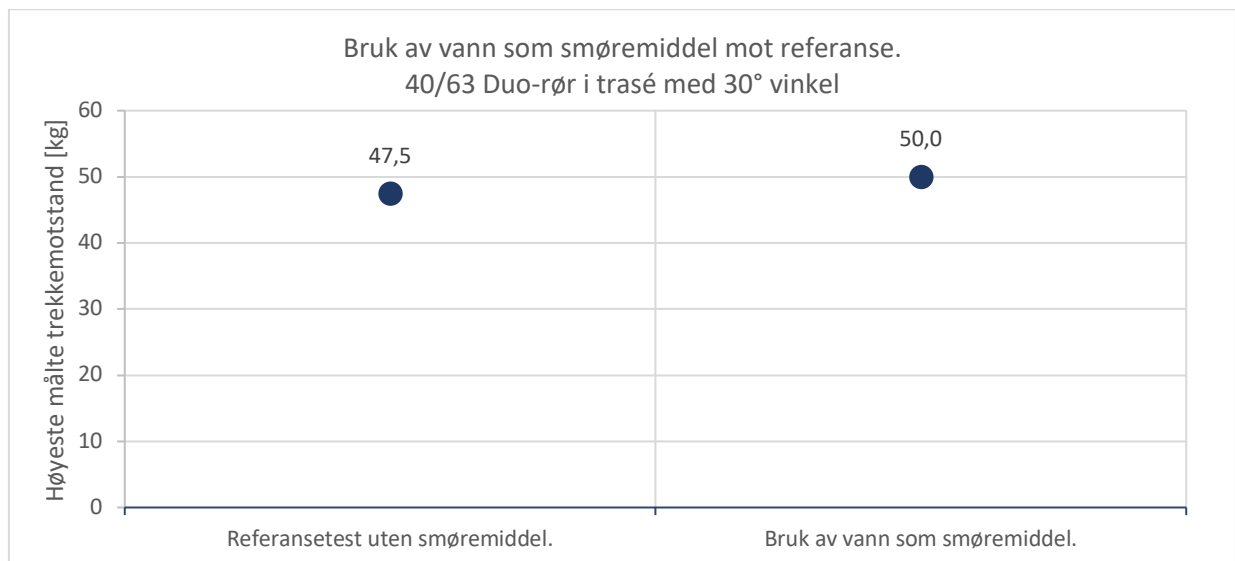


Diagram 17: Resultater fra forsøk med og uten smøremiddel (vann) i ø40/63 (DUO-rør).

Resultatene viser at å benytte vann som smøremiddel ikke hadde noen positiv effekt på trekkekraftene. Mulige årsaker til dette kan være:

1. Ettersom trekkehodet på medierøret er tett i enden, og at lysåpningen er relativt liten, så ender man med å skyve hele vannvolumet foran seg, og på den måten få større motstand.
2. Testen med vann som smøremiddel ble utført sent på dagen, og vannet på tanken var betydelig kaldere enn ledningene, dermed kjølte vannet ned ledningene, og gjorde dem stivere enn i referansetesten.
3. En kombinasjon av disse, og/eller andre årsaker.

I forsøkene utført på Fornebu så viste det seg at bruk av glidemiddel fra TerJan halverte trekkekraften, men at vann avvek i liten grad fra forsøkene uten bruk av glidemiddel. Det presiseres i rapporten at det ble benyttet små vannmengder, og at bruk av større vannmengder vil nok fortsatt være et alternativ til bruk av glidemiddel (Norconsult, 2007). Egenskapene til kabler avviker en del fra PE-rør til vann på flere områder. Det kan derfor tenkes at både coating, relativ størrelse i varerør, egenvekt, og stivheten til kablene kan tenkes å gjøre at bruk av smøremiddel vil ha ulik effekt på kabler enn PE-rør. Særlig type coating vil ha stor betydning for friksjonen mellom kabler og varerør, mens PE-rør er relativt glatte.

Ved trekking av ledninger til rent drikkevann bør det ikke brukes smøremidler som ikke er godkjent for kontakt med drikkevann, på grunn av fare for forurensing.

5.1.9 Stivhet knyttet til temperatur og langtidsoppførsel

PE-rør er det mykeste og mest formbare av de vanlige rørmaterialene for vann og avløp i dag. Samtidig påvirkes materialets egenskaper også mer av temperaturen enn mange av de andre rørmaterialene. Både stivheten og tverrkontraksjonen med tilhørende aksialspenninger endrer seg

med endret temperatur. Ved lave temperaturer blir PE-rørene stivere, og vanskeligere å bøye, og tilsvarende blir de mykere ved høye temperaturer.

Ofte blir mindre dimensjoner av PE-rør levert på kveil. De viskoelastiske egenskapene gjør at rør som har ligget i ro, og «blitt vant til» en viss form eller trasé, søker tilbake til den formen ved håndtering. Det gjør at det kan være krevende å rette ut rør som har ligget lenge på kveil. Den samme effekten kan oppstå ved trekking av rør som har ligget lenge i en gitt trasé. Betydningen av denne effekten var dessverre vanskelig å få testet i dette prosjektet av hensyn til fremdrift. Prosjektet gir derfor ingen konkrete svar på hvordan medierøret vil påvirkes over lengre tid under bakken (rørets langtidsoppførsel).

Stivheten i røret, og dermed trekkekreftene, kan altså påvirkes av både temperatur og langtidsvirkninger. Flere av resultatene fra forsøkene underbygger teorien om at stivheten til medierøret påvirker trekkekreften. Det diffusjonstette røret med PP-kappe var vesentlig stivere enn de øvrige medierørene, noe som var tydelig både ved håndtering og trekking. Med unntak av to tilfeller (testnr. 11 og 7), viste testene at det var trekkekreftene økte med lavere temperaturer. De avvikende resultatene for testene med 40 mm medierør skyldes antakelig følgende: Forsøk nr. 7 ble gjennomført rett etter at traseen var ferdig lagt, og dermed kort tid etter at røret hadde vært kveilet sammen, så det buktet seg antakelig mer i varerøret, og motstanden økte mer enn for de andre kombinasjonene. 40 mm medierørene er også stivere enn 32 mm, som kan bidra til at dette får større effekt ved større diametere. Forsøk nr. 11 var den aller første som ble gjennomført den 13. mai, dvs. at sola ennå ikke hadde rukket å varme rørene på plassen, og man fikk en del av de samme effektene som for forsøk nr. 7 ettermiddagen før.

Fra resultatene for november ser det ut som det var det positivt at røret hadde fått tid til å hvile/rette seg ut. Det kan derfor se ut til at det lønner seg at røret får tid til å hvile/rette seg ut etter å være på kveil.

5.2 Sammenlikninger og beregninger

Ettersom prosjektet ikke lyktes med å lage noen beregningsmodell for trekkekrefter for ulike typer traséer, har vi prøvd å undersøke om det finnes andre måter å predikere hvilken størrelsesorden man kan forvente at kreftene kommer opp i. Blant annet har vi i de to neste underkapitlene sett på trekraften per rørlengde, og undersøkt hvor nærme vi kommer faktiske resultater fra lengre testforsøk dersom vi summerer verdier fra enkeltforsøk der vi har forsøkt å teste én og én parameter.

5.2.1 Forhold mellom trekraft, rørlengde og vekt

I tabellen nedenfor er trekraft per meter rørlengde av medierøret regnet ut, og gjennomsnittsverdien fra disse enkelttestene kan brukes til sammenlikning med den lange kombinasjonstesten med to vinkler, samt resultatene fra Asker sine forsøk i 2018, se avsnitt 5.2.2

Tabell 24: Forhold mellom trekraft og rørlengde.

Forhold mellom trekraft og rørlengde	Trekraft [kg]	Lengde av medierør [m]	Trekraft/lengde [kg/m]	Vinkel [°]
Forsøk 12 (mai)	49,5	36,0	1,38	45
Forsøk 15 (mai)	47,5	36,0	1,32	30
Gjennomsnitt av de to testene i mai	48,5	36,0	1,35	37,5
Forsøk 33 (november)	53,5	36,0	1,49	0
Forsøk 34(november)	55,0	36,0	1,53	30
Forsøk 35 (november)	66,0	36,0	1,83	45
Forsøk 36 (november)	50,0	36,0	1,39	60
Forsøk 37 (november)	60,0	36,0	1,67	90
Gjennomsnitt av de fem testene i november	56,9	36,0	1,58	45
36 m Gjennomsnitt av alle testene over. (Test 7 og 11 er utelatt her på grunn av avvikende resultater.)	54,5	36,0	1,51	45
100 m (med to bend og en skjøt), maksverdi	134,5	100	1,35	75

Hvis vi sammenlikner trekraften per lengde av medierøret for det 100 meter lange røret, og de 36 meter lange rørene, ser vi at snittet av de to "korte" testene i mai, sammenfaller fint med den "lange" testen i mai. De "korte" testene gjennomført i november ligger generelt litt høyere på trekraft per meter rør, som stemmer godt overens med både antakelsene i forkant, og observasjonene om at det er tyngre å trekke rør i varerør i kaldere vær. Beregningene i tabellen tar kun hensyn til rørlengden, ikke vinkel, da vinkelen i seg selv ser ut til å noe mindre betydning, som omtalt i avsnitt 5.1.4 Avvinkling.

Det var overskyet og relativt kjølig ved alle disse testene, med unntak av den lange testen i mai, da det var sol og 20 °C. Det er derfor sannsynlig at det lange strekket ville vært noe tyngre under de samme forholdene som de øvrige forsøkene.

5.2.2 Sammenlikning med resultatene fra Asker i 2018

Nedenfor er ulike kombinasjoner av resultatene er satt opp mot en referanse i tabeller nedenfor. I alle de sammenstilte forsøkene er det benyttet 40/63 DUO-rør. Referansene er både tester fra Asker i 2018, og det lange kombinasjonsforsøket i dette prosjektet.

Generell kommentar til tabellene nedenfor:

Det ser ut til at å summere resultatene fra ulike forsøk egner seg dårlig for å predikere total trekkekraft for mer sammensatte traseer. Å bruke gjennomsnittlig trekraft per lengde for den aktuelle rørkombinasjonen stemmer noe bedre. Dette gir et konservativt resultat, også for traseer med lengre lengder og kombinasjoner av vinkler. Dette ser derimot ikke ut til å stemme like godt dersom vinklene ikke følger anbefalt bøyeradius, eller dersom vinklene ligger så tett at de påvirker hverandre direkte. Her kreves det flere forsøk for å undersøke nærmere betydningen av "buktende" traséer.

Resultatene og nøyaktigheten i forsøkene er, som tidligere nevnt, ikke gode nok til å lage og verifisere en beregningsmodell. Regneøvelsene i dette kapittelet må ikke brukes til å beregne konkrete tilfeller, men heller brukes for å forstå sammenhenger og forventet størrelsesorden.

Tallene med stjerne bak, er ikke direkte målte verdier, men valgt basert på helheten i de relevante forsøkene (40/63 DUO-pipe).

Tabell 25: Summering av delstrekk sammenliknet med kombinasjonsforsøket.

		Forsøk 31 (100 m, 60° + 90°, skjøtt medierør)	Forsøk 7 + 11 + ekstrapolert/a ntatt verdi	Forsøk 36 + 37 + 33	Antatt resultater dersom forsøkene i mai hadde fulgt samme tendens som resten	Gjennomsnittlig trekkraft for 40/63 per meter*100 m	Kommentarer
Del 1	36 m ledning med 60° vinkel	70,5	50	50*			Ettersom "halen" bak 90° vinkelen kun var delvis fiksert, var nok motstanden i forsøket med 100 m rør mindre i denne "halen" enn om lengden hadde vært fiksert slik som i forsøk nr. 33. Det er derfor logisk at målt verdi blir noe lavere enn de beregnede. Det vil være rimelig å anta at trekkemotstanden i en slik trasé vil ligge på mellom 130 og 160 kg. Det virker også rimelig med tanke på resultatene fra Asker kommunes forsøk i 2018.
Del 2.1	36 m ledning med 90° vinkel	72,5	60	50*			
Del 2.2	28 m ledning uten avvinkling	45*	53,5*	45*			
Total motstand [kg]		134,5	188	163,5	145	141,9	Når man har to vinkler, strekker man ut røret i rettstrekket mellom dem, og selve rettstrekket kan bli enklere å dra?

Tabell 26: Summering av delstrekk sammenliknet med Askers forsøk med 90° vinkel og 100 m lengde.

		Askers resultat 90° vinkel, 100 m lengde	Forsøk 11 + (ekstrapolert/a ntatt verdi x 2)	Forsøk 37 + 33 + 33*	Antatt resultater dersom forsøkene i mai hadde fulgt samme tendens som resten	Gjennomsnittlig trekkraft for 40/63 per meter*100 m	Kommentarer
Del 1	36 m ledning med 90° vinkel	72,5	60	50*			
Del 2	36 m ledning uten avvinkling	45*	53,5	45*			
Del 3	28 m ledning uten avvinkling	45*	50*	45*			
Total motstand [kg]		84,5	162,5	163,5	140	141,9	Her blir alle de beregnede resultatene høyere enn det Asker målte i sine forsøk

Tabell 27: Summering av delstrekk sammenliknet med Askers forsøk med 180° vinkel og 60 m lengde.

		Askers resultat 180° vinkel og 60 m lengde	Forsøk 11 + 11	Forsøk 37 + 37	Antatt resultater dersom forsøkene i mai hadde fulgt samme tendens som resten	Gjennomsnittlig trekkraft for 40/63 per meter*60 m	Kommentarer
Del 1	36 m ledning med 90° vinkel		72,5	60	50*		Er det ikke dobbelt så tungt å dra et rør som er dobbelt så langt?
Del 2	36 m ledning med 90° vinkel		72,5	60	50*		
Total motstand [kg]		65,2	145	120	100	85,1	Her blir alle de beregnede resultatene høyere enn det Asker målte i sine forsøk. Hvis vi følger teorien om at selve vinkelen har liten betydning i forhold til lengde (vekt), arealfyllingsgrad og bøyeradius, ser dette likevel ut til å stemme godt overens med de resultatene vi fikk i våre forsøk.

Tabell 28: Summering av delstrekk sammenliknet med Askers forsøk med S-kurve og 100 m lengde.

		Askers resultat S-kurve og 100 m lengde	Forsøk 11 + 11 + (ekstrapolert/ antatt verdi)	Forsøk 37 + 37 + 33*	Antatt resultater dersom forsøkene i mai hadde fulgt samme tendens som resten	Gjennomsnittlig trekkraft for 40/63 per meter*100 m	Kommentarer
Del 1	36 m ledning med 90° vinkel		72,5	60	50*		
Del 2	36 m ledning med 90° vinkel		72,5	60	50*		
Del 3			45*	50*			
Total motstand [kg]		156,6	190	170	100	141,9	Her er den gjennomsnittlige trekkraften per meter lavere enn målt verdi, og kan ikke brukes som konservativt anslag.

5.2.3 Målt trekkraft mot PE-rørenes tåleevne

De målte trekkekreftene i alle forsøkene ligger godt under tåleevnene til PE-rørene. Tabellen under viser maksimal langtidstrekkraft på PE100-rør i kN og kilogram kraft (kgf). Korttidsbelastning kan være opp mot det dobbelte. For 40 mm rør med SDR 11 betyr det at vinsjen brukt i våre forsøk hadde gitt seg før PE-røret.

Tabell B: Langtids Trekk-krefter på PE100 og PE100 RC+ rør.

Tabellen under viser de tillatte trekk-kreftene for PE100 og PE100 RC+ rør oppgitt i kN. Tabellen er basert på ett maksimalt strekkspenn på 10Mpa i rørveggen. Korttids belastning kan være opp til det dobbelte. For trekk-krefter på PE80 rør kan man benytte verdiene i tabellen, men med en reduksjonsfaktor på 0,8 for å komme ned i strekkspenn på 0,008kN/mm².

Dim/SDR:	41	33	26	21	17	13,6	11	9	7,4
32							2,6	3,2	3,8
40					2,8	3,5	4,2	5	6
50					4,4	5,4	6,6	7,8	9,3
63					7,1	8,6	10,4	12,5	14,7
75					10	12,2	14,6	17,6	20,9

Figur 21: Utklipp fra ressursbanken til Hallingplast. (Hallingplast AS, 2023)

Tabell 29: Maks tillatte trekkekrefter på PE100-rør, vist i kN og kg kraft (kgf) for sammenlikning mot resultatene i prosjektet.

Dimensjon PE-rør	SDR 11 Maks trekkraft		SDR 17 Maks trekkraft:	
	[kN]	[kgf]	[kN]	[kgf]
32	2,6	255	-	-
40	4,2	412	2,8	275
50	6,6	647	4,4	431
63	10,4	1020	7,1	696
75	14,6	1432	10	981

5.3 Usikkerheter

Det er flere usikkerhetsmomenter knyttet til vær – og riggforhold, materiale og utstyr som kan ha påvirkning på resultatet og tolkningen av dem.

5.3.1 Temperatur/værforhold

Fra forsøkene er det stor forskjell i trekkekraften på de varmeste dagene i mai sammenlignet med de kaldeste dagene i november. Det er derfor fordelaktig å gjennomføre flere forsøk under de samme type værforholdene for å få minimere denne usikkerhetsfaktoren.

5.3.2 Rigg, materiale og utstyr

Det er faktorer knyttet til rigg, materiale og utstyr som kan ha ulik påvirkning på trekkekraften:

- Tempo på trekkingen. Vi prøvde med 4m/min. og 8m/min. God flyt med begge hastighetene, så vi valgte å bruke 8m/min.
- Type trekketau. Her brukte vi tau med «svikt» og tau uten. Tau som ikke har en «strikk»-effekt fungerte best og vi fikk et jevnt og fin inntrekking.
- Kumringene som redskap for å holde radius og vinkel på plass fungerte godt. Sto stødig og det var oversiktlig for å se at røret holdt seg på plass under inntrekking. Vi burde ha boret litt større hull for varerør. Vi måtte jobbe en del med å lirke kumringen inn i ny posisjon pga. at varerøret satt fast i hullet.
- Vekta vi brukte for å registrere inntrekningskraft fungerte fint. Den var svært pålitelig, og ble innstilt slik at den hele tiden viste høyeste registrerte toppbelastning for hvert forsøk. Dersom det skal gjøres nye forsøk, der resultatene ønskes brukt til å lage og verifisere en beregningsmodell anbefales det å ha en vekt med logger som kan vise utviklingen underveis i forsøket. Vekten ble hele tiden fulgt med på underveis, da en person hadde som oppgave å bære denne bortover etter hvert som trekketauet beveget seg mot vinsjen.
- Vi hadde på forhånd regnet ut radius og lengden på sirkelstykket som måtte etableres for hver diameter og vinkel. Vinklene ble konstruert ved hjelp av snorer festet i plugger i bakken, spray, vinkelmåler, og målebånd. Til høstens test ble det laget en større treplate hvor disse målene ble tegnet inn. Så ble denne sjablongen lagt oppå rør og kummer for justering. Dette fungerte godt selv om plate ble litt tung i regnværet.
- De samme rørene ble brukt om igjen i de ulike forsøkene. Selv om det i størst mulig grad ble forsøkt å bære medierørene mellom forsøkene, var det vanskelig å unngå at hele eller deler av røret tidvis ble dratt over bakken. Både slitasje, og eventuell sand og støv som ble dratt med inn i varerøret, kan ha påvirket friksjonen og dermed resultatene.

5.4 Faktorer som påvirker gjennomføringen under faktiske forhold

Det er flere faktorer som påvirker inn og uttrekking under faktiske forhold, og som ikke kommer frem i disse testforsøkene.

5.4.1 Stikkledningskum

Det finnes prefabrikkerte kummer på markedet med ferdigmonterte konsoller og hull i kumveggen for mange stikkledninger. Ved bruk av disse må man ta hensyn til stikkledningene, dersom de skal kunne trekkes ut gjennom kum. Kumdimensjon og -utforming er derfor avgjørende for hvor enkelt det vil være å trekke ut medierøret ved senere anledning, og er noe man burde vurdere ved bruk av stikkledningskummer.

5.4.2 Fasthold/forankring

I disse testene ble varerørene fiksert med hauger av pukk plassert ut med jevne mellomrom. Avvinklingene gikk gjennom 2 kummer og hang ellers i lufta. I teorien så kan dette ha lettet medierørets inntrekking fordi varerøret kan tilpasse seg medierøret. I praksis tror vi dette er en så liten forskjell at vi kan se bort fra denne. Det var ikke tegn til synlig bevegelse av kummene underveis i forsøkene.

5.4.3 Temperatur

Plast blir stivere og mer uhåndterlig ved lave temperaturer. Det må inn rutiner i anleggsgjennomføringen som gir råd om hvordan plastrørene skal behandles når det er kaldt på anleggsplassen. Oppbevaring, forvarming osv.

5.4.4 Flere stikkledninger i samme rør

Flere kommuner, eksempelvis Bærum kommune, ønsker at flere stikkledninger legges i samme varerør inn til kum. Dersom det skal legges mer enn to stikkledninger til samme kum legges stikkledningene sammen i et Ø110 varerør. Det bør testes hvor enkelt det er å trekke stikkledninger som ligger sammen med andre stikkledninger, for å undersøke om det kan skape problemer ved senere bruk av varerøret. Det hadde derfor vært nyttig eksempelvis å teste et antall medierør i varierende diameter, f.eks. 4xDN32, 3xDN40 som kan benyttes i et Ø110 rør.

5.4.5 Avslutning av varerøret og ansvarsforhold

Mange kommuner som benytter stikkledninger i varerør, legger varerør ut av gategrunn, og en del avslutter varerøret for stikkledningen ved en stoppekran i tomtegrensen. Ved avslutning av varerøret utendørs i grøft, må enden beskyttes mot inntrenging av jord, grunnvann, og liknende, med en elektroreduksjon.

Dersom målet er å kvitte seg med mulige lekkasjepunkter mellom hovedledning og inntaket i bygningene, må den nye stoppekranen ved tilknytningspunktet i kum erstatte den nedgravde utvendige stoppekran, ikke komme i tillegg. Det har vært en del spørsmål rundt de juridiske mulighetene for å kutte ut den utvendige stoppekranen på privat grunn, og en del kommuner er redde for at de påtar seg et ansvar for de private ledningene ved å fjerne, eller råde huseier til å unngå slik kran. Det betyr at selv om man blir kvitt dårlige anboringspunkter i lukket grøft, og får tilrettelagt for grøftfri utskifting av vannledninger i veigrunn, så har man ikke fjernet alle kjente svake ledd. Her må det jobbes for å få på plass noen nasjonale retningslinjer som tydeliggjør både muligheter til å gi faglige råd om systemløsninger og materialbruk til huseiere, og ansvarsforholdene

man har ved et samarbeid med huseier. Dette vil være en gjeldende problemstilling fremover, også for de kommunene som velger å overta eierskapet til stikkledninger ut av offentlig grunn/veigrunn.

5.5 Fremtidig anlegg – etableres for en levetid på 100 år?

Nye ledningsnett skal prosjekteres og etableres for en levetid på 100 år. Burde det samme kravet stilles til etablering av stikkledning i varerør?

Svaret på spørsmålet ligger i det fremtidige vannforbruket, og om det er sannsynlig for at vannforbruket vil øke i det gitte området hvor det skal etableres nye stikkledninger i varerør. Noen praktiserer i dag er at det legges varerør i en slik dimensjon at det ikke er mulighet for å oppgradere medierøret senere. Andre legger en dimensjon større for å være forberedt en slik økning av forbruket.

Om det skal legges varerør i én dimensjonsstørrelse større burde vurderes i hvert prosjekt ut ifra utbyggingsplanene i området.

6 Konklusjon

Alle forsøkene lot seg gjennomføre uten nevneverdige problemer, og det var god margin på tåleevne på alt av materialer og utstyr i forhold til de målte trekkekreftene. Stort sett ga forsøkene lavere trekraft enn antatt på forhånd, og resultatene viser noen tydelige trender, og kombinasjoner som virker mer gunstig enn andre. Alt av utstyr og maskiner som ble brukt både ved rigging av forsøkene, og til trekking, fungerte godt. Trekkehoder, vinsj, tau, karabinkroker og diverse annet verktøy var godt egnet til oppgaven, lett å skaffe, og relativt rimelig i innkjøp/leie.

Det er flere usikkerhetsfaktorer som kan påvirke måleresultatene, som begrunnet i kap. 5, og det presiseres at konklusjonen i denne rapporten baserer seg på resultater fra forsøkene utført i dette prosjektet, og stemmer ikke nødvendigvis under andre forhold enn det som var på teststasjonen i Mjøndalen.

Det var mulig å trekke et 32 mm rør ut gjennom en fullskala vannkum (DN 1600) med kjegle uten spesielt høye trekkekrefter, men det er ikke gitt at dette går i mindre kummer fullt av armatur og annet utstyr. Størrelse og utforming av kummen vil være avgjørende for muligheten til å trekke ut gjennom kum uten oppgraving

Det viste seg dessverre vanskeligere enn antatt å teste kun én og én faktor slik at resultatene kunne brukes til å lage, og kalibrere, en beregningsmodell for en hvilken som helst trasé.

Problemstillingene som ble presentert innledningsvis i rapporten blir besvart punktvis under:

- Det er mange faktorer som bidrar til totalbildet for nødvendig trekraft, og noen av de viktigste enkeltfaktorene ser ut til å være temperatur, bøyeradius, arealfyllingsgrad, og stivheten til medierøret (f.eks. bruk av diffusjonssperre og PP-kappe). I tillegg vil man kunne ha noen kombinasjonsfaktorer, eller utilsiktede faktorer.
 - Samlet sett gir en økning i vinkel noe økt trekkemotstand, men effekten av vinkelen alene ser ut til å være av mindre betydning enn mange av de andre faktorene, som bøyeradius, arealfyllingsgrad og temperatur.
 - Forsøkene viser en tydelig sammenheng mellom økte trekkekrefter ved reduksjon i bøyeradien. Kravene til minste bøyeradius må derfor overholdes.
 - Temperaturen har vesentlig betydning for nødvendig trekraft. I beregningseksempelet i 5.1.1, ble det funnet at man i snitt kan forvente en økning på ca. 40 kg ved å trekke ledninger på en dag som er 10 grader kaldere, i forhold til den varmere dagen. Det gjøres oppmerksom på at resultatene for det diffusjonstette medierøret er inkludert i beregningsgrunnlaget, og drar snittet en del opp.
- Det er ikke ett enkelt svar på hvilken rørkombinasjon som er enklest å trekke. Arealfylingsgraden er en viktig faktor for trekkemotstanden, og forsøkene viste tydelig at romsligere varerør ga mindre trekraft. I forsøkene med PP mufferrør, og varerør med tverrgående riller var det ikke mulig å konkludere med hvor stor betydning materialet og utformingen har med tanke på ev. redusert friksjon, sammenliknet mot lysåpningen. I dette prosjektet så vi ingen fordel av å ha langsgående innvendige riller i varerøret sammenliknet med glatt rør, men datagrunnlaget her er for tynt til å konkludere sikkert.
- Trekkraften er tilnærmet det samme for inn- og uttrekking. Bortsett fra plassbehov til ledning som skal trekkes ut/inn, er det også lite forskjell på den praktiske gjennomføringen av inntrekking og uttrekking. Dersom man skal trekke et nytt medierør inn i et tomt varerør, må man få tak i enden av medierøret. Stakefjær fungerte godt i dette prosjektet, men denne var

ikke desinfisert etter annen bruk, og dermed ikke tilfredsstillende for bruk på materialer i kontakt med drikkevann. Alternativt kan man blåse inn en snor, men det ble ikke testet her.

- Vann som smøremiddel ga ingen effekt.
- En punktdeformasjon av varerøret påvirker trekkraften når deformasjonen blir stor nok til at varerøret klemmer på medierøret. En deformasjon på mindre enn 20 % for Ø32/50 ga ingen utslag på motstanden på et rettstrekk. En større deformasjon enn grensen for når medierøret klemmer på medierøret (24 % for rørkombinasjonen 32/50 Duo) vil gi en betydelig økning i motstanden med økt deformasjon. Deformasjon av varerøret i et bend er ikke testet, og det kan tenkes at det skal mindre deformasjon til i et bend før varerøret klemmer på medierøret grunnet buen, jamfør forsøkene som viser en tydelig sammenheng mellom arealfyllingsgrad og trekkemotstand.

7 **Anbefaling**

Formålet med prosjektet var å etablere og konkretisere retningslinjer for etablering av stikkledning i varerør. Det kreves mer testing på området, men ut ifra resultatene i dette prosjektet anbefales det å:

- Ta hensyn til størrelsesforholdet mellom medierør og varerør i forhold til lengde og avviklinger på trase, og leggeforshold.
- Ikke anlegge varerøret med mindre bøyeradius en 60x diameteren på medierøret.
- Være nøye med fundament og omfylling av varerøret.
- Bygge vannkummen slik at det er mulig å trekke medierøret ut og inn fra kummen.
- Produsentene utvikler best mulige varerør som har nødvendig ringstivhet, er fleksible i lengderetningen og medfører minimal friksjon mot medierøret.
- Det må inn rutiner i anleggsgjennomføringen som gir råd om hvordan plastrørene skal behandles når det er kaldt på anleggsplassen. Oppbevaring, forvarming osv.

8 Videre arbeid

Gravefrie løsninger blir i større grad et krav fra kommuner, og i stor grad etterspurt. Det er derfor det er behov for flere studier av rør i rør i storskala under ulike forhold. For videre arbeid anbefales det at det gjøres testforsøk med:

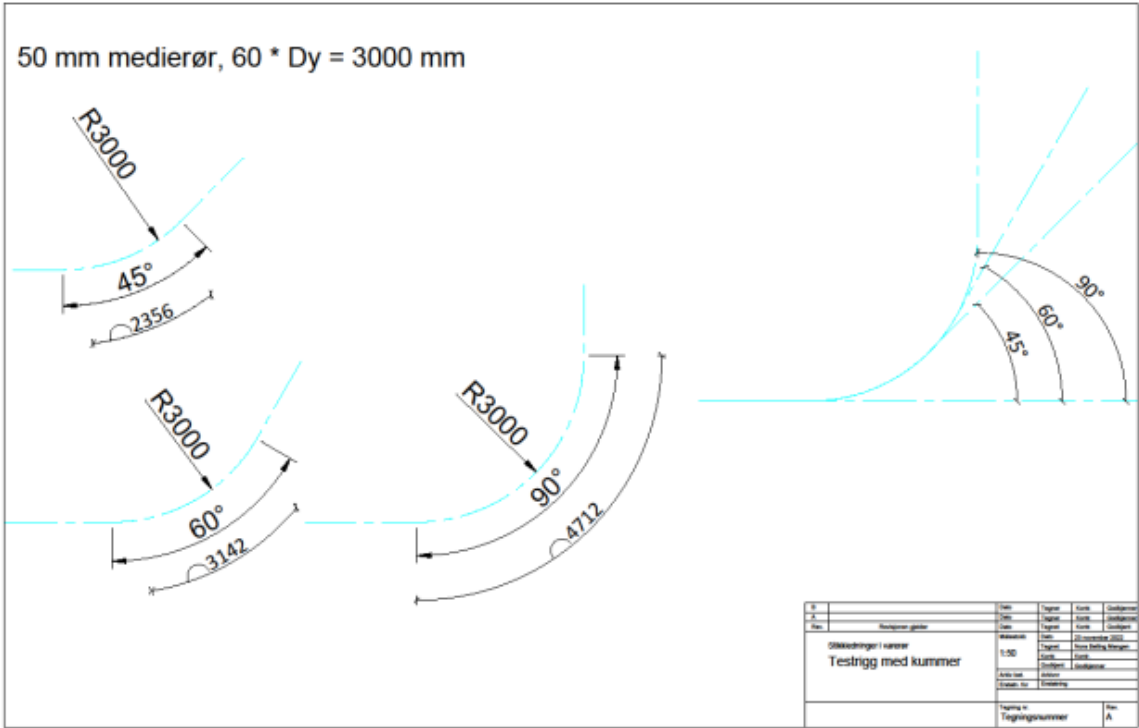
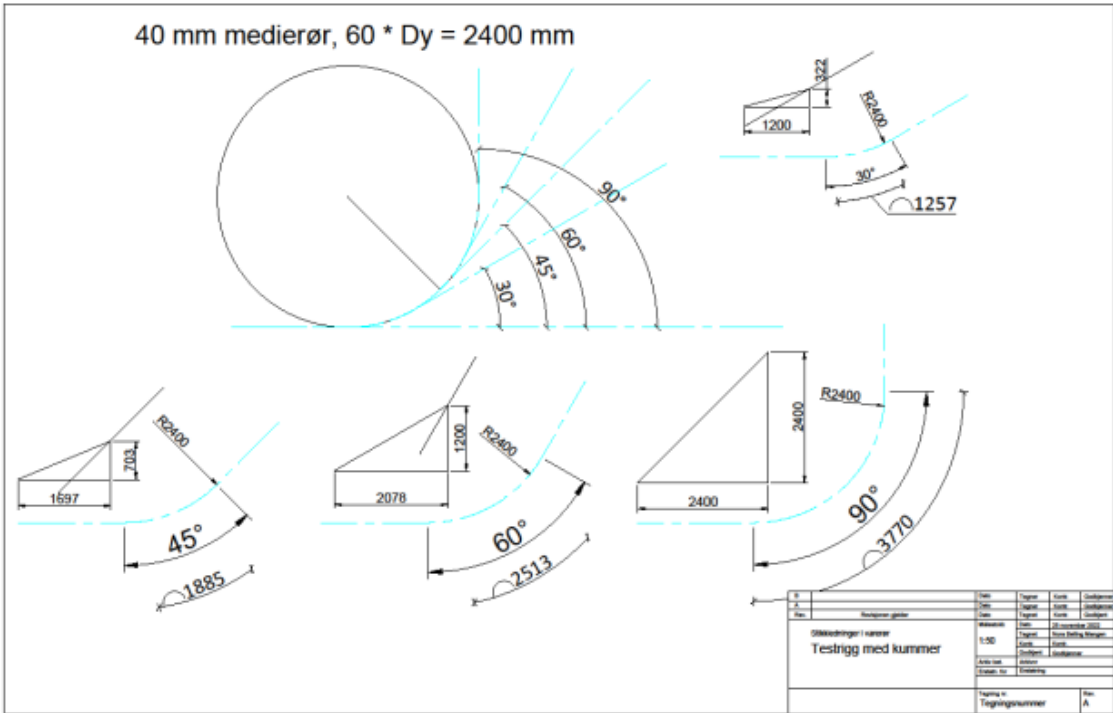
- Varerør med ulik type dimensjon med et gitt medierør under de samme forutsetningene for å verifisere lysåpningens betydning på trekkekräften.
- Varerør av ulikt materiale i en gitt dimensjon på varerør og medierør, under de samme forutsetningene for å sjekke betydningen på trekkekreften. Særlig DUO-rør mot tilsvarende innvendig glatte rør, for å undersøke om langsgående riller faktisk kan øke motstanden noe, slik noen av resultatene i dette prosjektet kan tyde på.
- Lengre strekk med kombinasjoner av vinkler for å verifisere en eventuell beregningsmodell.
- Rør som har fått ligge over lengre tid, for å undersøke om stivheten har noen påvirkning på trekkekräften, og for å verifisere om det er gunstig å rette ut rørene etter at de har ligget på kveil.
- Trekking av flere medierør i samme varerør, gjerne ut gjennom grenrør.
- Trekking av rør som ligger buntet sammen, eller tett inntil hverandre i samme trase.
- Praktiske muligheter for å få varmet opp, eller på en eller annen måte, få myket opp medierøret før uttrekking.

I tillegg anbefales det å se på praksis og regelverk rundt det å beholde/fjerne nedgravd stengeventil på privat eiendom i forbindelse med graveprosjekter. Nedgravde stengeventiler er kjente svake punkt på den private stikkledningen, med vesentlig lavere levetid enn rørene. For å få ned antallet lekkasjer, bør det gjøres en generell kost/nyttevurdering av private, utvendige stoppekraner sett i sammenheng med mulighet for å legge stikkledning fra kum, og helt inn til husvegg.

9 Kildehenvisning

- Asker kommune. (2018). *Test av rør i rør - utskiftbare vannledninger*. Asker: Asker kommune.
- Bergen kommune v/Zlato Cemalovic. (2022, mars 7.). E-post: SV: Stikkledninger «rør i rør».
- Bærum kommune v/Reidar Kveine. (2022, mars 16.). E-post: SV: Stikkledninger «rør i rør».
- Castor AS. (2023). *Verktøy for trekking - CW 800E*. Hentet fra Castoras.no:
<https://castoras.no/produkt/?id=211>
- Drammen kommunes mediearkiv. (2022, Oktober 17.). Henger med drikkevann. (C. B. Hvatum, Red.) Drammen.
- Godt Vann. (2023). *Hovedside*. Hentet juni 2023 fra Godt Vann: <https://www.godtvann.no/>
- Hallingplast. (2021). <https://www.hallingplast.no/produktomraader/pe-roersystem/duo-pipe/>. Hentet fra www.hallingplast.no: <https://www.hallingplast.no/produktomraader/pe-roersystem/duo-pipe/>
- Hallingplast. (2023). *Teknisk informasjon – bøyeradius på PE-rør*. Hentet fra [Hallingplast.no](https://www.hallingplast.no):
https://www.hallingplast.no/media/1256/teknisk-informasjon_boeyeradius-paa-pe-roer.pdf
- Hallingplast AS. (2023, juni). *Ressursbank - veiledninger - Trekk-krefter på PE rør*. Hentet fra [hallingsplast.no](https://www.hallingplast.no):
<https://www.hallingplast.no/media/1158/informasjon-om-trekk-krefter-i-pe-roer.pdf>
- Haugaland Rørhandel AS. (2023). *Rørskviser 20-63 mm*. (U. M. Web, Produsent) Hentet juni 6., 2023 fra [haugaland rørhandel](https://www.haugalandrørhandel.no): <https://www.haugaror.no/produkter/tilbehor/rorskviser-20-63-mm>
- Norconsult. (2007). *Kabler i rør - trekkekrefter for kabler i rør, målinger i full skala Fornebu*. Fornebu.
- Norsk Vann. (2017). *Eierskap til stikkledninger*. Norsk Vann. Hamar: Norsk Vann BA.
- Oslo kommune v/Morten Kristensen. (2022, mars 4.). E-post: SV: Stikkledninger "rør i rør".
- Rana kommune v/Kristoffer Rundhaug. (2022, mars 9.). E-post: SV: Stikkledninger "rør i rør".
- Statens kartverk. (2023). *norgebilder.no*. Hentet Juni 2023 fra Norge i bilder:
<https://www.norgebilder.no/?x=220819&y=6633717&level=15&utm=33&projects=&layers=&plannedOmlop=0&plannedGeovekst=0>
- Trondheim kommune v/Lars Erik Hårberg . (2022, mars 14). E-post: Re: Stikkledninger "rør i rør".
- yr.no. (2022). *Mjøndalen - historikk*. (I. S. Jensen, Redaktør, & NRK og Meteorologisk institutt) Hentet 2022 fra Yr.no: <https://www.yr.no/nb/historikk/graf/1-58720/Norge/Viken/Drammen/Mj%C3%B8ndalen?q=2022-05-12>

10 Vedlegg



Appendix B. Fullstendig oversikt over resultatene.

Rekkefølge testet	Kombinasjon	Vinkel	Medie- rør	Vinkel-type	Type medierør	Radius	Ut/ inn	Maks. motstand [kg]	Lengde rør [m]	Total vekt medierør [kg]	Dim varerør [mm]	Type varerør	Deformasjo n	Trekraft/ lengde [kg/m]	Trekraft/ vekt [kg/kg]	Dato	Økt	Skydekke	Temperatur for økten (ca.)	Areal- fyllings-grad	Kommentar
1	32/50 (Duo)	60	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	ut	51,5	36	9,9	50	Duo	0	1,43	5,22	12.05.2022	Første økt	Delvis skyet	11	52,9 %	
2	32/50 (Duo)	60	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	inn	54,0	36	9,9	50	Duo	0	1,50	5,47	12.05.2022	Første økt	Delvis skyet	11	52,9 %	
3	32/50 (Duo)	90	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	ut	54,5	36	9,9	50	Duo	0	1,51	5,53	12.05.2022	Første økt	Delvis skyet	11	52,9 %	
4	32/50 (Duo)	90	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	inn	52,5	36	9,9	50	Duo	0	1,46	5,32	12.05.2022	Første økt	Delvis skyet	11	52,9 %	
5	32/75 (75 PP mufferrør)	90° + 90°	32	3x30 langbend + 1x90 langbend	PE, SDR 11, 32 mm	3*600	inn	Nora dyttet røret inn relativt enkelt med håndmakt	36	9,9	75	75 PP mufferrør	0	-	-	12.05.2022	Andre økt	Delvis skyet	14	21,3 %	
6	32/75 (75 PP mufferrør)	90	32	3x30 langbend	PE, SDR 11, 32 mm	3*600	inn	Nora dyttet røret inn relativt enkelt med håndmakt	36	9,9	75	75 PP mufferrør	0	-	-	12.05.2022	Andre økt	Delvis skyet	14	21,3 %	
7	40/63 (Duo)	60	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	ut	70,5	36	15,6	63	Duo	0	1,96	4,51	12.05.2022	Andre økt	Delvis skyet	14	52,1 %	Sammenliknes/verifiser es mot test nr 31
8	50/75 (75 PP mufferrør)	90	50	3x30 langbend	PE, SDR 11, 50 mm	3*600	inn	41,0	29	18,2	75	75 PP mufferrør	0	1,41	2,25	12.05.2022	Andre økt	Delvis skyet	14	51,9 %	
9	50/110 (110 PP mufferrør)	90	50	3x30 langbend	PE, SDR 11, 50 mm	3*600	inn	29,0	29	18,2	110	110 PP mufferrør	0	1,00	1,59	12.05.2022	Andre økt	Delvis skyet	14	23,8 %	
10	40/75 (75 PP mufferrør)	90	40	3x30 langbend	PE, SDR 11, 40 mm	3*600	inn	20,5	36	15,6	75	75 PP mufferrør	0	0,57	1,31	12.05.2022	Andre økt	Delvis skyet	14	33,2 %	
11	40/63 (Duo)	90	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	inn	72,5	36	15,6	63	Duo	0	2,01	4,64	13.05.2022	Første økt	Overskyet	11	52,1 %	Sammenliknes/verifiser es mot test nr 31
12	40/63 (Duo)	45	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	inn	49,5	36	15,6	63	Duo	0	1,38	3,17	13.05.2022	Første økt	Overskyet	11	52,1 %	Sammenliknes/verifiser es mot test nr 31
13	50/75 (Duo)	0	50	rett	PE, SDR 11, 50 mm	3000	ut	47,5	29	18,2	75	Duo	0	1,64	2,61	13.05.2022	Andre økt	Overskyet	13	57,4 %	
14	50/75 (Duo)	90	50	bue	PE, SDR 11, 50 mm	3000	inn	55,5	29	18,2	75	Duo	0	1,91	3,05	13.05.2022	Andre økt	Overskyet	13	57,4 %	
15	40/63 (Duo)	30	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	inn	47,5	36	15,6	63	Duo	0	1,32	3,04	13.05.2022	Første økt	Overskyet	11	52,1 %	Sammenliknes/verifiser es mot test nr 31
16	40/63 (Duo med vann)	30	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	inn	50,0	36	15,6	63	Duo med vann	0	1,39	3,20	13.05.2022	Andre økt	Overskyet	13	52,1 %	
17	50/75 (Duo)	90° og R=1,50 m	50	bue	PE, SDR 11, 50 mm	1500	inn	68,0	29	18,2	75	Duo	0	2,34	3,74	16.05.2022	Første økt	Sol	10	57,4 %	
18	50/75 (Duo)	90° og R=1,50 m	50	bue	PE, SDR 11, 50 mm	1500	ut	68,0	29	18,2	75	Duo	0	2,34	3,74	16.05.2022	Første økt	Sol	10	57,4 %	
19	32/50 (Duo)	0	32	rett	PE, SDR 11, 32 mm		ut	30,5	36	9,9	50	Duo	0	0,85	3,09	16.05.2022	Første økt	Sol	10	52,9 %	Klemmer ikke på medierøret
20	32/50 (Duo, 10% deformasjon)	0° + 10% def.	32	rett	PE, SDR 11, 32 mm		ut	28,5	36	9,9	50	Duo, 10% deformasjo n	0,1	0,79	2,89	16.05.2022	Første økt	Sol	10	52,9 %	Klemmer ikke på medierøret
21	32/50 (Duo, 20% deformasjon)	0° + 20% def.	32	rett	PE, SDR 11, 32 mm		ut	28,0	36	9,9	50	Duo, 20% deformasjo n	0,2	0,78	2,84	16.05.2022	Første økt	Sol	10	52,9 %	Klemmer ikke på medierøret
22	32/50 (Duo, 30% deformasjon)	0° + 30% def.	32	rett	PE, SDR 11, 32 mm		ut	77,0	36	9,9	50	Duo, 30% deformasjo n	0,3	2,14	7,81	16.05.2022	Første økt	Sol	10	52,9 %	
23	32/50 (Duo, 35% deformasjon)	0° + 35% def.	32	rett	PE, SDR 11, 32 mm		ut	96,0	36	9,9	50	Duo, 35% deformasjo n	0,35	2,67	9,73	16.05.2022	Første økt	Sol	10	52,9 %	

Rekke-følge testet	Kombinasjon	Vinkel	Medie-rør	Vinkel-type	Type medierør	Radius	Ut/inn	Maks. motstand [kg]	Lengde rør [m]	Total vekt medierør [kg]	Dim varerør [mm]	Type varerør	Deformasjo n	Trekraft/ lengde [kg/m]	Trekraft/ vekt [kg/kg]	Dato	Økt	Skydekke	Temperatur for økten (ca.)	Areal-fyllings-grad	Kommentar
24	32 diff.tett/50 (Duo)	90	32 diff.tett	bue	PE, SDR 11, diff.tett, 32 mm	1920	ut	58,5	36	15,1	50	Duo	0	1,63	3,87	16.05.2022	Andre økt	Sol	15	62,6 %	
25	32/60 (PE, tverrgående riller (Isoterm))	60	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	ut	19,5	36	9,9	60	PE, tverrgående riller (Isoterm)	0	0,54	1,98	16.05.2022	Andre økt	Sol	15	39,4 %	Denne var noe vanskeligere å rigge. Mulig måleresultatene er påvirket av at varerøret ikke er like stivt i lengderetningen. Noe bevegelse mellom pukk og kummer underveis i trekkingen?
26	32/60 (PE, tverrgående riller (Isoterm))	90	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	ut	21,0	36	9,9	60	PE, tverrgående riller (Isoterm)	0	0,58	2,13	16.05.2022	Andre økt	Sol	15	39,4 %	Denne var noe vanskeligere å rigge. Mulig måleresultatene er påvirket av at varerøret ikke er like stivt i lengderetningen. Noe bevegelse mellom pukk og kummer underveis i trekkingen?
27	32 diff.tett/50 (Duo)	60	32 diff.tett	bue	PE, SDR 11, diff.tett, 32 mm	1920	ut	60,5	36	15,1	50	Duo	0	1,68	4,00	19.05.2022	Andre økt	Overskyet	15	62,6 %	
28	32/50 (Duo)	gjennom kum	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm		ut	53,5	36	9,9	50	Duo	0	1,49	5,42	19.05.2022	Andre økt	Overskyet	15	52,9 %	
29	32/50 (Duo)	60	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	ut	38	36	9,9	50	Duo	0	1,06	3,85	20.05.2022	Andre økt	Sol	20	52,9 %	13.30
30	32/50 (Glatt (svart))	60	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	ut	27,5	36	9,9	50	Glatt (svart)	0	0,76	2,79	20.05.2022	Andre økt	Sol	20	52,9 %	13.40
31	40/63 (Duo)	90° + 60° med skjøt	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	ut	134,5	100	43,4	63	Duo	0	1,35	3,10	20.05.2022	Andre økt	Sol	20	52,1 %	1,8+0,65 m rett, 60 grader venstre, ca 30 m rett, 90 grader høyre, x rett, y i slak bue (høyre).
33	40/63 (Duo)	0	40	rett	PE, SDR 11, 40 mm		inn	53,5	36	15,6	63	Duo	0	1,49	3,42	28.11.2022	Første økt	Regn	2,5	52,1 %	
34	40/63 (Duo)	30	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	inn	55,0	36	15,6	63	Duo	0	1,53	3,52	28.11.2022	Første økt	Regn	2,5	52,1 %	
35	40/63 (Duo)	45	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	inn	66,0	36	15,6	63	Duo	0	1,83	4,22	28.11.2022	Første økt	Regn	2,5	52,1 %	
36	40/63 (Duo)	60	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	inn	50,0	36	15,6	63	Duo	0	1,39	3,20	28.11.2022	Andre økt	Regn	2,5	52,1 %	
37	40/63 (Duo)	90	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	inn	60,0	36	15,6	63	Duo	0	1,67	3,84	28.11.2022	Andre økt	Regn	2,5	52,1 %	
38	32/0 (Uten varerør (over bakken))	0	32	rett	PE, SDR 11, 32 mm		fritt	6	33	9,0	-	Uten varerør (over bakken)	0	0,18	0,66	28.11.2022	Andre økt	Regn	2,5	0 %	Tunge skyer og en del regn, lite variasjon gjennom dagen.
39	40/0 (Uten varerør (over bakken))	0	40	rett	PE, SDR 11, 40 mm		fritt	8,0	36	15,6	-	Uten varerør (over bakken)	0	0,22	0,51	28.11.2022	Andre økt	Regn	2,5	0 %	
40	50/0 (Uten varerør (over bakken))	0	50	rett	PE, SDR 11, 50 mm		fritt	10,5	29	18,2	-	Uten varerør (over bakken)	0	0,36	0,58	28.11.2022	Andre økt	Regn	2,5	0 %	
41	32/50 (Duo)	90	32	bue	PE, SDR 11, 32 mm	1920	inn	62,5	33	9,0	50	Duo	0	1,89	6,91	29.11.2022	Første økt	Regn	0,8	52,9 %	
42	32 diff.tett/50 (Duo)	90	32 diff.tett	bue	PE, SDR 11, diff.tett, 32 mm	1920	inn	124,0	36	15,1	50	Duo	0	3,44	8,20	29.11.2022	Første økt	Regn	0,8	62,6 %	
43	32 diff.tett/50 (Duo)	60	32 diff.tett	bue	PE, SDR 11, diff.tett, 32 mm	1920	inn	121,5	36	15,1	50	Duo	0	3,38	8,04	29.11.2022	Første økt	Regn	0,8	62,6 %	

Rekke- følge testet	Kombinasjon	Vinkel	Medie- rør	Vinkel-type	Type medierør	Radius	Ut/ inn	Maks. motstand [kg]	Lengde rør [m]	Total vekt medierør [kg]	Dim varerør [mm]	Type varerør	Deformasjo n	Trekraft/ lengde [kg/m]	Trekraft/ vekt [kg/kg]	Dato	Økt	Skydekke	Temperatur for økten (ca.)	Areal- fyllings-grad	Kommentar
44	40/63 (Duo)	90° og R=1 m	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	1000	inn	94,0	36	15,6	63	Duo	0	2,61	6,02	29.11.2022	Andre økt	Regn	0,6	52,1 %	Medbrakt termometer viste ca. 4 °C, tunge skyer og en del regn, lite variasjon gjennom dagen.
31.2	40/63 (Duo)	90° + 60° med skjøt	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	ut	118,5	100	43,4	63	Duo	0	1,19	2,73	20.05.2022	2. avlesning	Sol	20	52,1 %	
32.3	40/63 (Duo)	90° + 60° med skjøt	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	ut	88,5	100	43,4	63	Duo	0	0,89	2,04	20.05.2022	3. avlesning	Sol	20	52,1 %	Skjøten var antakelig på vei ut, eller hadde akkurat kommet ut her. Vi var for få pers til å følge med på når den kom.
32.4	40/63 (Duo)	90° + 60° med skjøt	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	ut	102,5	100	43,4	63	Duo	0	1,03	2,36	20.05.2022	4. avlesning	Sol	20	52,1 %	
32.5	40/63 (Duo)	90° + 60° med skjøt	40	bue	PE, SDR 11, 40 mm	2400	ut	85,5	100	43,4	63	Duo	0	0,86	1,97	20.05.2022	5. avlesning (drøyt halve ledningen trukket gjennom)	Sol	20	52,1 %	

Appendix C. Svar på spørsmål om erfaringer og bruk av stikkledninger i varerør fra et utvalg kommuner (e-post)

From: Lars Erik Hårberg <lars.erik.harberg@trondheim.kommune.no>
Sent: mandag 14. mars 2022 12.08
To: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>
Subject: Re: Stikkledninger "rør i rør"

Hei. Beklager sent svar. Mine svar med rødt:

Vennlig hilsen
Lars Erik Hårberg

Prosjektleder
Kommunalteknikk, VAR

Telefon: 948 25 757
Sentralbord, Kommunalteknikk: 979 96 224

TRONDHEIM KOMMUNE
Sentralbord: 72540000
Besøksadresse: Erling Skakkesgate 14
Postboks 2300 Torgarden, 7004 Trondheim

fre. 4. mar. 2022 kl. 09:00 skrev Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>:

Hei

Jeg driver å systematisere all kunnskap om rør i rør for stikkledninger. Denne løsningen blir tatt i bruk av fler og fler kommuner.

Jeg gjør dette på oppdrag for en gruppe kommuner med Drammen kommune som leder. Vi kommer til å utføre et testprogram på ut og inntrekning.

Derfor ønsker jeg info fra dere om erfaringer og vurderinger dere har med dette systemet.

- Hvorfor bruker dere rør i rør for stikkledningene? **For å hindre unøvendig oppgraving av gate ved utskifting, samt å redusere lekkasjer ved at alle stikkledninger blir koblet i kum.**
- På hvilke dimensjoner og hva er størrelsene på varerørene? **Vi bruker fra Dy 32 til Dy 63 (medierør). Vi bruker PODI-DUO, se <https://www.hallingplast.no/media/1303/maaletabell-roeriroer.pdf>**
- Hvor langt legger dere varerøret? Til tomte grensa, ut av veigrunn, inn i huset? **Vi legger alltid ut av veigrunn og ca. 2m inn på eiendomsgrense ved veigrunn. I gater der hus er bygd helt inntil fortau hender det seg at vi skifter igjennom grunnmur. Vi prøver å begrense lengden på rør i rør til 50 m og ikke tillate lengder større enn 100 m.**
- Hvilke avvinklinger og radius har dere som begrensninger for rør i rør? **se TK normtegnings https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/kommunalteknikk/normtegninger/tk_h08-1.pdf**
- Har dere testet/tenkt igjennom hvordan man skal få medierøret ut og inn av varerøret? **vår driftsavdeling har testet litt og våre entreprenører har brukt rør i rør i Trondheim siden ca. 2016/17. Det viktigste er at man ikke bruker for krappe avvinklinger.**

Og andre vurderinger som dere har gjort om dette temaet.

Ta gjerne direkte kontakt for en diskusjon.

ROGER EILERTSEN

Senior rådgiver | VA kommunalteknikk | Vann og Miljø

(+47) 96 62 79 25 | Roger.Eilertsen@multiconsult.no

www.multiconsult.no

From: Morten Kristensen <morten.kristensen@vav.oslo.kommune.no>
Sent: fredag 4. mars 2022 16.24
To: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>
Subject: SV: Stikkledninger "rør i rør"

Hei

Mine svar med rød skrift.

Det er mulig at du også vil få andre bemerkninger fra andre i etaten.

Mvh

Morten

Fra: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>
Sendt: fredag 4. mars 2022 11.58
Til: Morten Kristensen <morten.kristensen@vav.oslo.kommune.no>
Emne: Stikkledninger "rør i rør"

Hei

Jeg driver å systematisere all kunnskap om rør i rør for stikkledninger. Denne løsningen blir tatt i bruk av fler og fler kommuner. Jeg gjør dette på oppdrag for en gruppe kommuner med Drammen kommune som leder. Vi kommer til å utføre et testprogram på ut og inntrekning.

Derfor ønsker jeg info fra VAV om erfaringer og vurderinger dere har med dette systemet.

- Hvorfor bruker dere rør i rør for stikkledningene?
 1. Lokalisere eventuelle lekkasjer på stikkledningen
 2. Ved fornyelse/oppdimensjonering av stikkledningen slipper man å grave.
- På hvilke dimensjoner og hva er størrelsene på varerørene ?
 1. Varerøret er 75 PP for stikkledning tom 50 PE. 110 PP for stikkledning 63 PE
 2. Varerøret rette rør med muffe, blå farge, med tekst varerør for vann
 3. Ved utblokking er varerøret 110 PE SDR 11 med PP-kappe
- Hvor langt legger dere varerøret ? Til tomte grensa, ut av veigrunn, inn i huset ?
 1. Hovedregel pr. d.d. 1 m ut av prosjektert grøfteprofil
 2. Ved samarbeides prosjekter med andre kommunale/statlige legges det ut av veigrunn
- Hvilke avvinklinger og radius har dere som begrensninger for rør i rør?
 1. Vi bruker standard lengde langbend
- Har dere testet/tenkt igjennom hvordan man skal få medierøret ut og inn av varerøret ?
 1. Vi erfarte at dersom varerøret er mindre enn 75 vil det være utfordrende å få medierøret ut)inn i varerøret
 2. PE som varerør ble sammenklemt
 3. Utfordrende å buksere med PE kveiler med tilhørende medierør og varerør

Og andre vurderinger som VAV har gjort om dette temaet.

Hvis det er andre i VAV som kan svare ut disse spørsmålene, ville det vært fint om du kunne videresende spørsmålene til rette vedkommende. Ta gjerne direkte kontakt for en diskusjon.

ROGER EILERTSEN
Senior rådgiver | VA kommunalteknikk | Vann og Miljø

(+47) 96 62 79 25 | Roger.Eilertsen@multiconsult.no
www.multiconsult.no

From: Rundhaug, Kristoffer <Kristoffer.Rundhaug@rana.kommune.no>
Sent: onsdag 9. mars 2022 12.46
To: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>
Subject: SV: Stikkledninger "rør i rør"

Hei Roger

Se svar i **rødt**.

Har dere vært i kontakt med Asker, de har gjennomfør noen tester på trekking av rør i rør?

Håper det er mulig å få oversendt resultatene når det er klart 😊

Med vennlig hilsen

Kristoffer Rundhaug
Sivilingeniør
Seksjon for vann og avløp

Telefon: 751 45 322 | Mobil: 99 16 40 83
E-post: kristoffer.rundhaug@rana.kommune.no
www.rana.kommune.no

Fra: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>
Sendt: fredag 4. mars 2022 09:01
Til: Rundhaug, Kristoffer <Kristoffer.Rundhaug@rana.kommune.no>
Emne: Stikkledninger "rør i rør"

Hei

Jeg driver å systematisere all kunnskap om rør i rør for stikkledninger. Denne løsningen blir tatt i bruk av fler og fler kommuner. Jeg gjør dette på oppdrag for en gruppe kommuner med Drammen kommune som leder. Vi kommer til å utføre et testprogram på ut og inntrekning.

Derfor ønsker jeg info fra dere om erfaringer og vurderinger dere har med dette systemet.

- Hvorfor bruker dere rør i rør for stikkledningene?
Vi bruker rør i rør på stikkledningene siden vi kobler alle stikkledninger i kum og da blir det relativt lange stikkledninger i offentlig vei for huseierne. Vi ønsker at huseierne skal slippe å måtte grave opp store deler av gaten for å reparere lekkasje eller skifte stikkledningen. Vi har gode erfaringer med å ha stikkledninger i kum med stengeventil og tilbakestrømsikring. Da unngår vi både utvendig stoppe på stikkledningen og anboringer på hovedledningen, og dette er de to punktene som oftest forårsaker lekkasjer. I Rana kommune har det vært benyttet rør i rør på stikkledninger siden rundt 2014/2015.
- På hvilke dimensjoner og hva er størrelsene på varerørene ?
Vi har testet å legge stikkledninger opp til PE 63mm med 90mm varerør, men har nå landet på at vi kun legger stikkledninger opp til PE 40mm med varerør. Store dimensjoner er svært utfordrende å legge siden det blir svært stive rør som er på kveil, som vil rulle seg sammen når grøften er åpen. Det er ofte kanskje 4-5 kveiler med stikkledninger som entreprenøren skal håndtere i grøften samtidig som de legger hovedledningene. Det er også en risiko når det er kveiler med store dimensjoner som kan treffe personer i grøften. Stikkledninger med større dimensjonene er ofte næringsbygg eller leilighetsbygg med sprinkler og da er det ofte tilknyttet i en kum i nærheten av bygget.
- Hvor langt legger dere varerøret ? Til tomte grensa, ut av veigrunn, inn i huset ?
- Vi legger i utgangspunktet varerøret ut av anleggsområdet der eksisterende stikkledning tilknyttes, det vil ofte si ut av vei. Siden dette stort sett legges i forbindelse med separeringsprosjekter, vil huseierne langs prosjektet måtte separere sine stikkledninger, og dermed grave helt inn til huset. Hvis de da bruker kommunens entreprenør til separeringen i forbindelse med at prosjektet passerer eiendommen, vil de legge sammenhengende vannledning med varerør inn til huset.
 - Hvilke avvinklinger og radius har dere som begrensninger for rør i rør?
- Det er leggeanvisningen til leverandøren som er førende for hvordan rørene skal legges.
- - Har dere testet/tenkt igjennom hvordan man skal få medierøret ut og inn av varerøret ?
- Vi har testet å trekke nytt rør i et prosjekt der det ble skade på røret ca. 20-25m fra kum. Det ble da skjøttet sammen varerør og trukket ny sammenhengende vannledning i varerøret. Vi har også vært i kontakt med Asker kommune som tidligere har gjort tester på dette med lengder på rundt 100m og med knappe avvinklinger.

Og andre vurderinger som dere har gjort om dette temaet.
Ta gjerne direkte kontakt for en diskusjon.

ROGER EILERTSEN
Senior rådgiver | VA kommunalteknikk | Vann og Miljø

(+47) 96 62 79 25 | Roger.Eilertsen@multiconsult.no
www.multiconsult.no

From: Reidar Kveine <reidar.kveine@baerum.kommune.no>
Sent: fredag 18. mars 2022 12.32
To: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>
Subject: Stikkledninger "rør i rør"

Hei Roger. Har forsøkt å svare på dine spørsmål med **rødt** nedenfor

Reidar

Fra: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>
Sendt: onsdag 16. mars 2022 17:37
Til: Reidar Kveine <reidar.kveine@baerum.kommune.no>
Emne: Stikkledninger "rør i rør"

Hei

Jeg driver å systematisere all kunnskap om rør i rør for stikkledninger. Denne løsningen blir tatt i bruk av fler og fler kommuner. Jeg gjør dette på oppdrag for en gruppe kommuner med Drammen kommune som leder. Vi kommer til å utføre et testprogram på ut og inntrekning.

Derfor ønsker jeg info fra Bærum kommune om erfaringer og vurderinger dere har med dette systemet.

- Hvorfor bruker dere rør i rør for stikkledningene?
Motivasjonen for å kreve rør i rør er at vi tenker det skal være lettere å skifte ut stikkledningen og erstatte den med ny hvis det skulle bli behov for det. I de tilfeller hvor private stikkledninger ligger i vei vil det ofte påløpe store kostnader hvis det må graves opp for å skifte ut defekt stikkledning.
- På hvilke dimensjoner og hva er størrelsene på varerørene ?
Utgangspunktet er at det skal brukes varerør på alle private stikkledninger. Ved dim 32 mm på medierøret er vel varerøret 50 mm og hvis medierøret er 50 mm er varerøret 75 mm
- Hvor langt legger dere varerøret ? Til tomte grensa, ut av veigrunn, inn i huset ?
I vår VA-norm er det angitt at varerør skal legges ut av offentlig vei. Det som i praksis ofte gjøres er at dersom kommunen skifter stikkledning frem til utvendig privat stoppekran legges ledningen i varerør frem til dette punktet.
- Hvilke avvinklinger og radius har dere som begrensninger for rør i rør?
Vi har ikke spesifisert noe rundt dette i vår norm. Det vi skriver er følgende: Kurvatur og dimensjon skal være slik at ut-/inntrekking kan skje problemfritt. (Om det er samsvar mellom teori og praksis på dette punktet er jo det store spørsmålet og en av grunnene til at vi følger prosjektet Drammen kommune har igangsatt med spenning 😊)
- Har dere testet/tenkt igjennom hvordan man skal få medierøret ut og inn av varerøret ?
Så vidt jeg vet har vi ikke testet dette nei og som sagt er vi derfor interessert i hva dere kommer frem til i prosjektet til Drammen og co. Vi har tenkt igjennom dette en del og har derfor også vært inne på om det kanskje hadde vært bedre å sett på andre løsninger enn tradisjonell rør i rør. (Har f.eks ved et par anledninger valgt en løsning hvor vi har brukt PVC-varerør. Dette fungerer selvsagt bare på rette strekk.

Og andre vurderinger som dere har gjort om dette temaet.

ROGER EILERTSEN
Senior rådgiver | VA kommunalteknikk | Vann og Miljø

(+47) 96 62 79 25 | Roger.Eilertsen@multiconsult.no
www.multiconsult.no

Multiconsult

Fra: Cemalovic, Zlatko <Zlatko.Cemalovic@bergen.kommune.no>

Sendt: fredag 18. mars 2022 11:51

Til: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>

Emne: SV: Erfaringer med stikkledninger "rør i rør"

Hei

Sender litt relevant info:

[Bergen kommune - Huseier har ansvar for egne vann-og avløpsrør: private stikk- og fellesledninger](#)

» [5.10 Tilknytning av stikkledninger/avgrening på kommunal vannledning \(va-norm.no\)](#) – ref. lokal bestemmelse

Da høres vi i kl.1230☺

Mvh

Fra: Eilertsen, Roger <Roger.Eilertsen@multiconsult.no>

Sendt: mandag 7. mars 2022 08:46

Til: Cemalovic, Zlatko <Zlatko.Cemalovic@bergen.kommune.no>

Emne: Erfaringer med stikkledninger "rør i rør"

Hei

Det ryktes at du har god greie på det som foregår med «Rør i Rør» i Bergen. Derfor kommer disse spørsmålene til deg.

Jeg driver å systematisere all kunnskap om rør i rør for stikkledninger. Denne løsningen blir tatt i bruk av fler og fler kommuner.

Jeg gjør dette på oppdrag for en gruppe kommuner med Drammen kommune som leder. Vi kommer til å utføre et testprogram på ut og inntrekning.

Derfor ønsker jeg info fra deg om erfaringer og vurderinger Bergen kommune har med dette systemet.

- Hvorfor bruker dere rør i rør for stikkledningene? [ref. link over](#)
- På hvilke dimensjoner og hva er størrelsene på varerørene ?
- Hvor langt legger dere varerøret ? Til tomte grensa, ut av veigrunn, inn i huset ? [ref. link over](#)
- Hvilke avvinklinger og radius har dere som begrensninger for rør i rør? [Bl.a. viser \(NS3420\) til PE-produsent som I-Avvinkling og bøyning \(pipelife.no\) teknisk-informasjon boeyeradius-paa-pe-roer.pdf \(hallingplast.no\)](#) (i tilfelle bruk av PE som varerør), merk: PE-varerør er ikke krav
- Har dere testet/tenkt igjennom hvordan man skal få medierøret ut og inn av varerøret ?

Og andre vurderinger som Bergen har gjort om dette temaet.

Hvis det er andre i Bergen Vann som kan svare ut disse spørsmålene, ville det vært fint om du kunne videresende spørsmålene til rette vedkommende.

Ta gjerne direkte kontakt for en diskusjon.

ROGER EILERTSEN

Senior rådgiver | VA kommunalteknikk | Vann og Miljø

(+47) 96 62 79 25 | Roger.Eilertsen@multiconsult.no

www.multiconsult.no

Multiconsult