

Dimensjonering av overføringsledning fra Fossetangen til Grøtvann

Prosjekt:	Kragerø kommune - forprosjekt reservevann	Prosjektnr.:	10247101
Kunde:	Kragerø Kommune	Prosjektleder:	Inger Line Hamre
Utarbeidet av:	Thorbjørn S. Emdal og Marianne Nørstrud	Dato:	05.06.2026
Kontrollert av:	Svein Erik Bakken	Godkjent av:	Inger Line Hamre
Dokumentnr.:	10247101_N02_RIVA	Rev.:	01

Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
00	05.06.2026	Kommentarversjon	NOEMDA, NOMANR		NOINHA
01	26.06.2026	Oppdatert kommentarversjon etter trykkstøtsberegninger	NOEMDA, NOMANR, NO1F6P	NOSEBA, NOTRST	NOINHA

Sammendrag

Kragerø kommune planlegger bygging av et reservevannverk bestående av en ny kilde (Farsjø), inntaksledning, råvannspumpestasjon, vannbehandlingsanlegg på Fossetangen, rentvannsledning for påkobling til eksisterende ledningsnett og høydebasseng. I forbindelse med utredning av prosessløsninger og forprosjekt for ledningsanleggene for reservevannforsyning i Kragerø, er det behov for å vurdere alternativer for overføringsledning mellom vannbehandlingsanlegget og Grøtvann høydebasseng. Det er lagt til grunn at overføringsledningen er en ren forsyningsledning til høydebassenget.

Følgende alternativer er vurdert:

- A. 1 stk. Ø560
- B. 1 stk. Ø500
- C. 2. stk. Ø450 + Ø355

I vurderingen av ledningsalternativer er det lagt til grunn realistiske driftsscenarioer basert på historiske produksjonsdata fra 2024 og 2025. Analysen viser at vannproduksjonen i hovedsak foregår ved lave til moderate vannføringer, med en betydelig andel av tiden rundt 50–60 l/s, tilsvarende minimum stabil produksjon. Drift nær dimensjonerende kapasitet på 150 l/s forekommer i et begrenset antall timer per år.

På bakgrunn av dette er både løsning med en enkelt overføringsledning og en løsning med to parallelle ledninger vurdert. Vurderingene viser at den økte fleksibiliteten en løsning med to ledninger kan gi, har begrenset praktisk betydning gitt de faktiske driftsscenarioene, samtidig som løsningen medfører økt teknisk kompleksitet, høyere investeringskostnader og større krav til drift og styring. Samlet sett vurderes derfor én ledning i dimensjon Ø560 som den mest robuste, energieffektive og driftsmessig hensiktsmessige løsningen.

Det er utført trykkstøtsberegninger for et scenario med brå pumpestans for ulike varianter av én ledning opp til høydebassenget. Resultater viser at trykksvingningene i ledningen vil skape undertrykk enkelte deler av traséen opp til høydebassenget, mens det i andre deler oppstår et høyere trykk enn rørets trykkklasse tillater. Trykksvingningene kan dempes effektivt ved å installere en trykktank på anslagsvis 2-3 m³ etter pumpearangementet i vannbehandlingsanlegget slik at det hverken blir for lavt eller for høyt trykk.

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	3
1.1	Bakgrunn og formål	3
2	Forutsetninger	3
2.1	Overføringsledningen	3
2.1.1	Nødvendig statisk løftehøyde	3
2.1.2	Trykkklasse	4
2.2	Vannmengde	4
2.2.1	Dimensjonerende vannmengde	4
2.2.2	Analyse av dagens vannproduksjon	5
3	Vurderte alternativer	6
3.1	Innledning	6
3.2	Oversikt over vurderte alternativer	6
4	Overordnet driftsfilosofi	6
5	Vurdering av de enkelte alternativene	7
5.1	Alternativ A – 1 stk. Ø560	7
5.2	Alternativ B – 1 stk. Ø500	8
5.3	Alternativ C – 2 stk. Ø450 + Ø355	8
5.4	Energiforbruk	9
5.5	Materialkostnader	10
5.6	Samlet vurdering	10
6	Nærmere vurdering av alternativ A og B	11
6.1	Trykkstøt	11
6.2	Kostnader	11
7	Anbefaling	12
8	Videre arbeid	12

Vedlegg

Vedlegg 1	Varighetskurve
Vedlegg 2	Hydrauliske beregninger
Vedlegg 3	Trykkstøtsberegninger

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn og formål

Kragerø kommune skal bygge et komplett nytt reservevannverk bestående av ny kilde (Farsjø), inntaksledning, råvannspumpestasjon, vannbehandlingsanlegg med rentvannsbasseng og rentvannspumpestasjon, rentvannsledning for påkobling til eksisterende ledningsnett og høydebasseng. Reservevannløsningen skal kunne forsyne alle kommunens vannabonnenter både alene og med delvis forsyning fra dette anlegget og delvis forsyning fra eksisterende vannverk (Grøtvann).

Formålet med dette notatet er å vurdere aktuelle ledningsløsninger for forsyningsledning fra det nye vannbehandlingsanlegget, og å gi en samlet faglig anbefaling basert på hydrauliske forhold, driftsmessige hensyn, energibruk og systemrobusthet. Notater inngår som en del av grunnlaget for utredning av prosessløsninger og forprosjekt for ledningsanleggene.

2 Forutsetninger

Vurderingene i dette notatet er basert på at sammenkoblingen mellom Farsjø og Grøtvann skjer ved høydebassenget på Grøtvann. Overføringsledningen er tenkt etablert som en ren forsyningsledning til høydebassenget, uten tilkoblinger.

Videre i kapittelet beskrives det hvilke følgende forutsetninger lagt til grunn for dimensjonering av ledningen og vurdering av en eller to ledninger.

2.1 Overføringsledningen

Oppsummering av forutsetninger:

- Lengde: Ca. 5,5 km
- Statisk løftehøyde: Ca. 96-97 meter
- Ledningsmateriale: PE100 RC

Forutsetningene knyttet til statisk løftehøyde og trykkklasse er nærmere kommentert i kapitlene nedenfor.

2.1.1 Nødvendig statisk løftehøyde

Nytt høydebasseng skal etableres på samme kotehøyde som dagens høydebasseng på Grøtvann. Det innebærer en statisk trykkehøyde på ca. på kote +115 m. Videre må det i tillegg tas høyde for bassengets høyde. Det anbefales også å legge til et resttrykk på minimum 10 mVs (1 bar) for å noe margin for singulærtap, dårligere pumpeytelse over tid og lignende. Til sammen gir dette da behov for en statisk trykkehøyde på kote +135 m ut fra vannbehandlingsanlegget.

Vannbehandlingsanlegget på Fossetangen er planlagt på kote +43,5 m (OK gulv i første etasje). I beregningene er det lagt til grunn en kjelleretasje med bassenger på inntil 5 meter under OK gulv i første etasje, det vil si kote +38,5 m.

Nødvendig statisk trykk fra vannbehandlingsanlegget opp til høydebassenget vil dermed være $135 - 38,5 = 96,5$ mVs. En må i tillegg ta høyde for friksjonstap i ledningen under drift. I sum vil nødvendig løftehøyde sannsynligvis være på omtrent 110 mVs (11 bar), det vil si en trykkehøyde på minimum kote + 148,5 m.

Det er kontrollert med pumpeleverandører at det finnes pumper for dimensjonerende kapasitet og løftehøyde uten etablering av mellomstasjon mellom vannbehandlingsanlegget og høydebassenget. Fra en leverandør er det anbefalt å dele kapasiteten på to pumper som driftes i parallell og da gir til sammen dimensjonerende vannmengde. Vurderingene videre er derfor basert på at det pumpes helt fra vannbehandlingsanlegget til nytt høydebasseng.

2.1.2 Trykkklasse

I utgangspunktet er det ønskelig å benytte rør med SDR 11 på mest mulig av traseen. Det er både rimeligere og enklere anleggsteknisk enn å benytte SDR 9.

Det er lagt til grunn en sikkerhetsfaktor på 1,6 i henhold til vanlig praksis i Norge.

Tabellen i Figur 1 hentet fra Hallingplast sitt produktdatablad for PE100 PC Trykkør, og viser sammenhengen mellom SDR-verdi, nominell trykkklasse og sikkerhetsfaktor.

C:	SDR41	SDR33	SDR26	SDR21	SDR17	SDR13,6	SDR11	SDR9	SDR7,4
1,25	PN4	PN5	PN6,3	PN8	PN10	PN12,5	PN16	PN20	PN25
1,6	PN3,2	PN4	PN5	PN6,3	PN8	PN10	PN12,5	PN16	PN20
1,9	PN2,5	PN3,2	PN4	PN5	PN6,3	PN8	PN10	PN12,5	PN16
SN	SN 1,3	SN 2,5	SN 5,3	SN 10,4	SN 20,3	SN 41,7	SN 83,3	SN 162,8	SN 317,9

Dy = Ytre diameter	PN = Nominelt trykk / pressure nominal
e = Veggykkelse	C = Sikkerhetsfaktor/designfaktor
SN = Ringstivhet kN/m ²	SDR = Dimensjonerende forholdstall for «Dy» og «e». (Dy / SDR = e)

Figur 1 Sammenheng mellom SDR-verdi, nominell trykkklasse og sikkerhetsfaktor for PE100 PC trykkør

ISO 4427 for trykksatte PE-rør for vann og avløp, som blant annet beskriver PN-klassifisering, sier at det kun er indre hydrostatisk trykk rørets PN-klasse er basert på. Man har ikke anledning til å trekke fra ytre krefter, selv om en ren fysisk betraktning tilsier at ytre vanntrykk motvirker det indre vanntrykket. På bakgrunn av det, er anbefalingen å kun se på det indre vanntrykket ved vurdering av SDR-verdi, og dermed se bort ifra det ytre vanntrykket.

Med bakgrunn i et nødvendig trykk ut fra vannbehandlingsanlegget på ca. 110 mVs (11 bar), anbefales som et utgangspunkt å legge vannledning med SDR-verdi 11 (PN 12,5). Denne vil tåle et trykk på inntil 12,5 bar (125 mVs) ved sikkerhetsfaktor 1,6.

Basert på fremtidig bunnkotekartlegging i Tyvann og Tveitereidvann må det vurderes om sjøledningene kan dimensjoneres med SDR 11, eller om krav til ringstivhet og trykkklasse tilsier bruk av SDR 9 (PN 16) eller eventuelt SDR 7,4 (PN 20) for deler av traséen. Vannspeilet i begge vannene ligger på ca. kote +30 m, noe som vil si at trykket ved vannoverflaten ligger på ca. 118,5 mVs (11,9 bar). Det statiske vanntrykket øker med 10 mVs (1 bar) per 10 meters dybde. SDR 11 (PN 12,5) vil dermed være tilstrekkelig ned til ca. 6 meters vandndyp. For større dybder må det vurderes om trykkpåkjennningene krever rør med lavere SDR-verdi (høyere trykkklasse) for å opprettholde nødvendig sikkerhetsmargin.

I tillegg til det statiske vanntrykket, vil det også oppstå trykksvingninger i forbindelse med blant annet start og stopp av pumper. Trykksvingningene kan medføre at trykket blir for høyt for rørets trykkklasse selv om det statiske vanntrykket er innenfor. Trykkstøtsberegninger er utført med egen programvare, og er beskrevet i kapittel 6.1.

2.2 Vannmengde

2.2.1 Dimensjonerende vannmengde

Dimensjonerende forbruk, Q_{dim} for vannforsyningen i Kragerø kommune er beregnet til 150 l/s. Dimensjonerende minste forbruk $Q_{dim-min}$ er beregnet til 60 l/s.

I en normalsituasjon skal vannproduksjonen fordeles likt mellom Grøtvann VBA og Farsjø VBA (scenario 1). Samtidig skal Farsjø VBA kunne levere dimensjonerende vannmengde alene (scenario 2).

Dette, sammen med store sesongmessige variasjoner, gjør at overføringsanlegget må planlegges for å håndtere store variasjoner i vannforbruk:

- Vannproduksjon ved igangkjøring av anlegget (2030):

- Laveste døgnproduksjon, scenario 1 (delt med Grøtvann): **110 m³/time (30 l/s)**
- Høyeste døgnproduksjon, scenario 2 (alt fra Farsjø VBA): 500 m³/time (140 l/s)
- Vannproduksjon i dimensjonerende år (2070):
 - Laveste døgnproduksjon, scenario 1 (delt med Grøtvann): 120 m³/time (35 l/s)
 - Høyeste døgnproduksjon, scenario 2 (alt fra Farsjø VBA): **540 m³/time (150 l/s)**

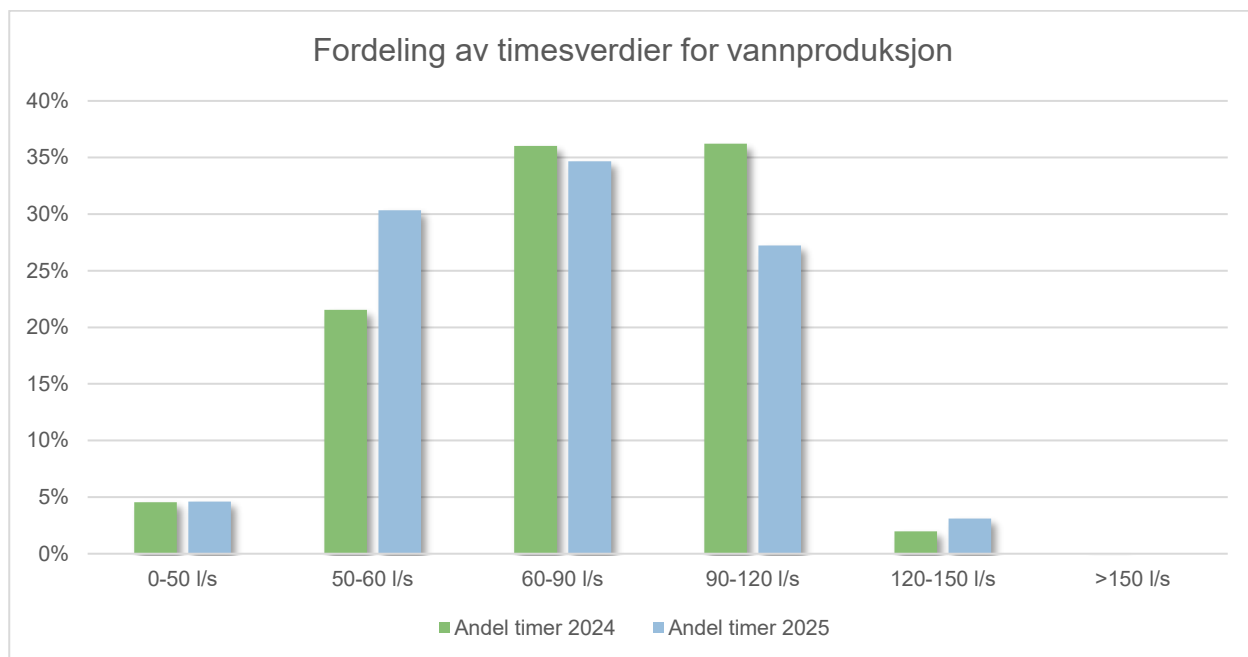
$Q_{\text{dim-middel}}$ i 2070 er beregnet til ca. 100 l/s, noe som tilsvarer 50 l/s på hvert anlegg i scenario 1.

2.2.2 Analyse av dagens vannproduksjon

Analyse av timesverdier fra Grøtvann VBA viser at fordelingen av vannproduksjon er relativt lik i 2024 og 2025, men med en tydelig forskyvning mot lavere produksjonsnivå i 2025. Andel timer i intervallet 50–60 l/s, tilsvarende $Q_{\text{min d\ddot{a}gn}}$, øker fra om lag 22 % i 2024 til rundt 30 % i 2025. Samtidig reduseres andel timer i normal produksjon (90–120 l/s). Drift nær eller over dimensjonerende kapasitet (≥ 120 l/s) forekommer kun i et begrenset antall timer begge år.

Tabell 1 Fordeling av timesverdier for vannproduksjon i 2024 og 2025, gruppert etter produksjonsnivå

Intervall ¹	Antall timer 2024	Andel timer 2024	Antall timer 2025	Andel timer 2025
0 – 50 l/s	397	4,53 %	402	4,59 %
50 – 60 l/s	1886	21,54 %	2657	30,35 %
60 – 90 l/s	3153	36,01 %	3035	34,67 %
90 – 120 l/s	3170	36,21 %	2385	27,24 %
120 – 150 l/s	174	1,99 %	273	3,12 %
> 150 l/s	4	0,05 %	3	0,03 %



Dataene viser at rundt 70 % av årets timer har vannproduksjon lavere enn 90 l/s, mens drift nær eller over dimensjonerende kapasitet forekommer i svært få timer. Dette underbygger at overføringsledningen i

¹ Verdier fra måler «Vann ut UV gj.snitt l/s»

hovedsak vil operere i lav- til moderat belastning, med kortvarige perioder med høy overføring, noe som taler for en robust løsning med lavt friksjonstap og enkel drift fremfor høy grad av teknisk fleksibilitet.

Det vises til vedlegg 1 for varighetskurve for vannproduksjonen i 2024 og 2025.

3 Vurderte alternativer

3.1 Innledning

I dette kapittelet presenteres og avgrenses de ledningsalternativene som er vurdert for overføring av vann mellom vannbehandlingsanlegget og Grøtvann høydebasseng. Alternativene er valgt for å belyse forskjeller i hydraulisk kapasitet, driftsfleksibilitet, energibruk og systemrobusthet.

Det er vurdert både løsning med én enkelt ledning og løsning med to parallelle ledninger. For alternativet med to ledninger, er det lagt til grunn en fordeling av vannmengde mellom ledningene basert på analyser av historiske produksjonsdata og varighetskurver for Grøtvann VBA i 2024 og 2025. Fordelingen reflekterer en driftsstrategi der vannmengde opp til 100 l/s i hovedsak håndteres av én ledning, mens begge ledninger benyttes ved toppbelastning. Grunnen til å ha to ledninger med ulik størrelse, er for å optimalisere leggekostnader, graden av selvrens og nødvendig løftehøyde mesteparten av driftstiden. Den største ledningen kan benyttes som en optimalisert hovedledning. Den lille ledningen må også bli benyttet jevnlig for å unngå lang oppholdstid og begroing. En kan se for seg en sekvens hvert døgn hvor den lille ledningen blir benyttet slik at alt vannet blir byttet ut i den før en bytter tilbake til den store ledningen.

Ved å ha to like store ledninger, ville drift med én ledning medført større løftehøyde enn nødvendig. Over anleggets levetid ville merforbruket av energi blitt høyt. Det vil derfor ikke være optimalisert på samme måte, men det vil være enklere å forstå og drifte.

3.2 Oversikt over vurderte alternativer

Det er gjort hydrauliske beregninger for å vurdere hvilke ledningsdimensjoner som er aktuelle. Resultatet av beregningene er samlet i vedlegg 2.

Basert på beregningene vurderes følgende alternativer (D_i = innvendig dimensjon SDR 11 / SDR 9):

- Alternativ A: 1 stk. Ø560 (D_i = 458,2 mm / 435,6 mm)
- Alternativ B: 1 stk. Ø500 (D_i = 409,1 mm / 388,9 mm)
- Alternativ C: 2 stk. Ø450 (D_i = 368,2 mm / 350,0 mm) + Ø355 (D_i = 290,5 mm / 276,1 mm)

For alle alternativene forutsettes det rør i PE, med nødvendig trykkklasse.

4 Overordnet driftsfilosofi

Siden ledningen kun skal forsyne høydebasseng(ene) på Grøtvann, og ikke er direkte koblet til distribusjonsnettet, er det ikke nødvendig at vannføringen i ledningen følger variasjoner i abonnentforbruk.

I tillegg er det planlagt et rentvannsbasseng ved det nye vannbehandlingsanlegget som må være stort nok som pumpeump for pumper ut av vannbehandlingsanlegget og som også kan brukes som klorkontaktbasseng. Det er anbefalt at bassenget bygges med minimum 1000 m³ volum, jf. rapport 1024701_R01_RIVAprcess_Skisseløsning vannbehandling.

Høydebasseng(ene) og rentvannsvolumet skal til sammen gi mulighet for å:

- kjøre vannbehandlingsanlegget relativt jevnt
- overføre vann til høydebassenget med trinnvis eller moderat batchvis pumping
- begrense antall pumpestarter og -stopp

Dette gir grunnlag for å prioritere løsninger med:

- god hydraulisk kapasitet
- lavt friksjonstap
- enkel systemoppbygging
- robust drift

I vurderingen av ledningsalternativer er det lagt til grunn flere realistiske driftsscenarier for overføringen mellom vannbehandlingsanlegget og høydebasseng. Dette omfatter normal drift med delt produksjon mellom Grøtvann og Farsjø VBA, perioder med lav belastning der vannproduksjonen samlet i hovedsak ligger rundt $Q_{\min \text{ døgnet}}$ (50–60 l/s), samt situasjoner der Farsjø VBA alene må dekke hele vannbehovet opp mot dimensjonerende vannmengde på 150 l/s. Videre er det vurdert både kontinuerlig drift og mer trinnvis eller moderat batchvis pumping, der rentvannsvolum benyttes aktivt for å jevne ut variasjoner i produksjon og redusere antall pumpestarter.

5 Vurdering av de enkelte alternativene

5.1 Alternativ A – 1 stk. Ø560

Beskrivelse og egenskaper

Ø560 gir størst hydraulisk kapasitet og lavest friksjonstap av de vurderte alternativene. Løsningen gir god margin ved maksimal vannføring på 150 l/s og er minst følsom for økte tap i strekningen med SDR9.

Driftsmessige forhold

Løsningen er godt egnet for trinnvis eller batchvis pumping til høydebasseng. Systemet er enkelt, med én ledning og begrenset behov for armatur og kompleks styring.

Energiforbruk

Lavt friksjonstap gir lavere nødvendig løftehøyde enn for de øvrige alternativene. Dette innebærer normalt lavest spesifikt energiforbruk (kWh/m^3), særlig ved drift nær maksimal kapasitet.

Vurdering

Ø560 fremstår som den mest robuste og framtidsrettede løsningen. Når ledningen fungerer som ren overføringsledning til basseng, er det ikke avgjørende at diameteren er optimalisert for jevn lav vannføring til enhver tid. Løsningen gir god kapasitet, enkel drift og gunstige energiegenskaper.

Fordeler:

- lavest friksjonstap av de vurderte alternativene
- minst endring i friksjonstap ved drift opp mot 150 l/s kontra normalvannmengder
- minst følsomhet for at deler av traseen må utføres i SDR9
- enkel løsning med én ledning, mindre armatur og enklere drift/styring
- godt egnet for trinnvis eller batchvis pumping til høydebasseng
- lavest pumpehøydebehov og dermed normalt også lavest strømforbruk per m^3 , særlig ved høy vannføring

Ulemper:

- relativt stor dimensjon ved lavere normalvannmengder
- mindre tilpasset kontinuerlig lavlastdrift siden vannhastigheten og graden av selvrens kan bli for lav
- ingen ledningsredundans ved feil på ledningen

5.2 Alternativ B – 1 stk. Ø500

Beskrivelse og egenskaper

Ø500 gir noe lavere kapasitet og høyere friksjonstap enn Ø560, men er fortsatt tilstrekkelig for de aktuelle vannføringer.

Driftsmessige forhold

Løsningen er enkel, men kurven for friksjonstap mot ønsket vannmengde er brattere enn for alternativ A. Pumpene vil derfor havne utenfor optimalt driftspunkt ved maksimal drift. Alternativet er også mer følsomt for økt tap på strekningen med SDR9.

Energiforbruk

Høyere friksjonstap medfører noe høyere pumpehøyde og dermed høyere energibruk per m³ enn for Ø560, særlig ved høye vannføringer. Over hele anleggets levetid kan dette bli betydelig.

Vurdering

Ø500 er et teknisk godt kompromiss, men vurderes som noe svakere enn Ø560 når kapasitet, robusthet og energibruk sees samlet. Alternativet kan være aktuelt dersom investeringskostnad prioriteres høyere enn hydraulisk margin. Hydraulisk margin kan forstås som kapasiteten systemet har for økning i løftehøyde og pumpet vannmengde.

Fordeler:

- godt kompromiss mellom normaldrift og maksimaldrift
- bedre tilpasset kontinuerlig lavere vannføring enn Ø560
- fortsatt en enkel løsning med én ledning
- kan gi lavere investeringskostnad enn Ø560

Ulemper:

- høyere friksjonstap enn Ø560, spesielt ved høyere vannføringer
- mindre hydraulisk margin ved 150 l/s
- mer følsom for SDR9-strekningen
- høyere nødvendig pumpehøyde gir normalt også høyere strømforbruk per m³ enn Ø560
- ingen ledningsredundans

5.3 Alternativ C – 2 stk. Ø450 + Ø355

Beskrivelse og egenskaper

To parallelle ledninger gir høy fleksibilitet i drift og en viss grad av redundans. For dette alternativet er det spesielt vurdert driftsscenarier der én ledning benyttes ved lav vannføring, mens begge ledninger tas i bruk ved høyere behov.

Driftsmessige forhold

Løsningen gir mulighet for å tilpasse vannføringen ved å bruke én eller begge ledninger, men krever mer avansert styring, flere armaturer og større driftsmessig oppfølging. Begge ledningene brukes regelmessig for å unngå gammelt vann og begroing. En kan sette opp et styringsregime hvor man alternerer slik at begge ledningene får byttet ut alt vannet ved faste intervaller. Det kan også være noe vanskeligere å velge riktige pumper, og en bør ha pumper med ulik størrelse for å optimalisere etter ulik vannmengde og løftehøyde gjennom året. Dette medfører at man må ha minst én pumpe ekstra i drift med tanke på redundans. I tillegg må man vurdere å ha ekstra pumper på lager.

Ved plutselig pumpestans, eksempelvis ved strømbrudd ved maks vannmengde, kan det oppstå et betydelig større trykkstøt i små ledninger enn for en større enkeltledning. Det er ikke utført simuleringer og beregninger for dette.

Energiforbruk

Ved høy samlet vannføring vil friksjonstapet normalt være høyere enn for én Ø560. Eventuell energigevinst ved lavere vannføring er avhengig av aktiv og riktig drift.

Vurdering

Alternativet er mest interessant dersom fleksibilitet og delvis redundans prioriteres høyt.

Analyse av produksjonsdata viser at vannproduksjonen i stor grad er konsentrert rundt 50–60 l/s og 60–90 l/s, og at drift nær maksimal kapasitet forekommer i et begrenset antall timer per år. Samtidig er ledningen en ren forsyningsledning til høydebasseng, der rentvannsvolumet kan benyttes aktivt for å håndtere variasjoner i forbruk. Dette reduserer behovet for kontinuerlig tilpasning av vannføringen i selve overføringsledningen.

Gevinsten ved to parallelle ledninger vurderes derfor som begrenset i forhold til økt kompleksitet i anlegget, høyere investeringskostnad – særlig der begge ledninger må utføres i SDR9 – samt større krav til styring, overvåking og drift. Eventuelle energimessige fordeler ved lavere vannføringer forutsetter en aktiv og korrekt driftsstrategi, og vurderes som usikre sammenliknet med en enkel løsning med lavt friksjonstap.

Fordeler:

- stor driftsfleksibilitet
- mulig å bruke én ledning ved lavere forbruk og begge ved høyere forbruk
- delvis redundans dersom én ledning er ute av drift
- kan i teorien tilpasses flere optimale driftspunkter for ulike pumper godt

Ulemper:

- høyest investeringskostnad, SDR9 på to ledninger gjør løsningen ekstra kostbar
- mest kompleks løsning med mer armatur, styring og drift
- større behov for gjennomtenkt driftsstrategi og styring
- energimessig ikke nødvendigvis best totalt:
 - ved høy last vil samlet friksjonstap normalt være høyere enn for én Ø560
 - ved lav last kan løsningen være fleksibel, men gevinsten er avhengig av aktiv og riktig drift
- mer komplisert anlegg gir også større drifts- og vedlikeholdsbehov

5.4 Energiforbruk

Energiforbruket bestemmes i hovedsak av:

- statisk løftehøyde
- friksjonstap i ledning
- pumpenes virkningsgrad
- valgt driftsmønster

Siden den statiske løftehøyden er høy, vil denne utgjøre en stor del av total energibruk. Likevel vil forskjeller i friksjonstap mellom alternativene få betydning, særlig ved høyere vannføringer.

Det er gjort grove beregninger av energiforbruk for alternativene med en ledning. Alternativet med to ledninger vil kreve mer omfattende beregninger ettersom det er flere måter å drifte ledningene på og er derfor ikke utført i denne fasen av prosjektet.

Overordnet energivurdering

Alternativ A – 1 stk. Ø560

Alternativet forventes å gi lavest strømforbruk per m³, fordi ledningen har lavest friksjonstap. Det er grovt beregnet at forskjellen på dette alternativet og alternativ B er 20-25 000 kWt per år.

Alternativ B – 1 stk. Ø500

Alternativet vil gi noe høyere strømforbruk enn Ø560, særlig ved drift nær 150 l/s.

Alternativ C – 2 stk. Ø450 + Ø355

Alternativet kan gi fleksibel drift, men vil normalt ikke være bedre enn Ø560 samlet sett, og gevinsten avhenger sterkt av hvordan anlegget styres i praksis.

Oppsummering

Basert på dette er det derfor rimelig å legge til grunn at Ø560 også er det mest gunstige alternativet energimessig, spesielt dersom anlegget tidvis skal kjøres med høy overføringskapasitet.

5.5 Materialkostnader

Det er gjennomført en grov vurdering av materialkostnadene for de ulike alternativene. Vurderingen tar utgangspunkt i beregnet mengde plastmateriale i hvert røralternativ. Som grunnlag for kostnadsberegningen er det benyttet en enhetspris for plast på 50 kr/kg, basert på erfaringer fra tilsvarende prosjekter. For alternativene med en kombinasjon av SDR11 og SDR9 er det lagt til grunn 2 000 meter rør i SDR9 og 3 500 meter rør i SDR11.

Resultatet er presentert i Tabell 2. Beregningene viser at alternativ B, med 1 stk. Ø500 i en kombinasjon av SDR11 og SDR9, har den laveste beregnede materialkostnaden, med rundt 18 millioner kroner. Det dyreste alternativet er alternativ C, med 2 stk. rør Ø450 + Ø355 i SDR9, med en beregnet materialkostnad på nærmere 27 millioner kroner. Dette er om lag 8-9 millioner kroner høyere enn alternativet med lavest materialkostnad.

Tabell 2 Grovt beregnede materialkostnader for de ulike alternativene

Alternativ	Rørdimensjon	Trykkklasse	Materialkostnad (avrundet til nærmeste million)
A	Ø560	SDR11 og SDR9	23 mill.
A	Ø560	SDR9	26 mill.
B	Ø500	SDR11 og SDR9	18 mill.
B	Ø500	SDR9	21 mill.
C	Ø450 + Ø355	SDR11 og SDR9	24 mill.
C	Ø450 + Ø355	SDR9	27 mill.

5.6 Samlet vurdering

Den samlede vurderingen tar utgangspunkt i følgende:

- at ledningen er en ren forsyningsledning til høydebasseng
- at rentvannsvolumet kan justeres
- at anlegget skal kunne levere opp til 150 l/s
- at deler av traseen må utføres i SDR9
- og at strømforbruk skal inngå i vurderingen

Basert på dette vurderer Sweco at **én ledning** vil være den beste løsningen. Løsningen innebærer en enkel og oversiktlig systemoppbygging, gir god robusthet med tanke på framtidig drift og utvikling, har

lavere kompleksitet enn en løsning med to parallelle ledninger og forventes også å være rimeligere enn to ledninger.

Ved å ha tilstrekkelig rentvannsvolum og en hensiktsmessig pumpestrategi, kan man:

- drifte vannbehandlingsanlegget jevnt uten å måtte kjøre produksjonen opp og ned gjennom uka
- kjøre pumpene jevnere og redusere hyppige start/stopp
- unngå raske trykkendringer i overføringsledningen

6 Nærmere vurdering av alternativ A og B

I dette kapittelet vurderes alternativene A (1 stk. Ø560) og B (1 stk. Ø500) nærmere. Det er sett på både en kombinasjon av ulike trykklasser og lik trykkklasse hele traséen for alternativ A, og en kombinasjon av ulike trykklasser for alternativ B. Lik trykkklasse for alternativ B er vurdert til å gi uhensiktsmessig stort friksjonstap, og er derfor ikke vurdert videre.

6.1 Trykkstøt

For å dimensjonere overføringsledningen(e) fra Fossetangen til høydebassenget ved Grøtvann, må en ta hensyn til eventuelle trykkstøt som kan opptre. For dette systemet med rentvannsbasseng, pumper og lange overføringsledninger som pumper inn i et høydebasseng, er scenarioet som gir størst trykkstøt det hvor pumpene går for fullt og det blir plutselig driftsstans, for eksempel ved strømbrytning.

Det er foreløpig gjort trykkstøtsberegninger for ulike varianter av én ledning opp til høydebassenget, jf. vurderingen i forrige kapittel. Beregningene er gjort for scenarioet med brå pumpestans.

Resultater viser at trykksvingningene i ledningen vil skape undertrykk den siste delen av traséen opp til høydebassenget. Som en følge av undertrykket, risikerer man store påkjenninger på ledningen og i verste fall ledningskollaps.

I andre deler av traséen gir trykkstøtet såpass høyt trykk at man går over trykklassen for SDR 11, jf. kapittel 2.1.2.

Resultatene tilsier videre at trykksvingningene effektivt kan dempes ved å installere en trykktank på anslagsvis 2-3 m³ etter pumpearrangementet i vannbehandlingsanlegget. Med trykktank viser resultatene hverken delstrekk med undertrykk eller med trykk over det som er anbefalt for trykklassen.

Premisser for beregningene og resultater er samlet i vedlegg 3.

6.2 Kostnader

I denne fasen er det ikke gjort en komplett kostnadsvurdering av de to alternativene, men det er sett på enkelte sentrale kostnadselementer, som energiforbruk og materialkostnad. Vurderingene tar utgangspunkt i dagens kostnadsnivå og er ikke justert for inflasjon, fremtidig prisutvikling eller andre usikkerhetsfaktorer.

Materialkostnader for de to alternativene er presentert i kapittel 5.5 og viser, som forventet, at 1 stk. Ø560, alternativ A, er noe dyrere enn 1 stk. Ø500, alternativ B. Dersom det tas utgangspunkt i variantene med en kombinasjon av SDR9 og SDR11, er differansen rundt 5 millioner kroner. I tillegg må det forventes noe høyere grøftekostnad for den største dimensjonen, da denne vil kreve en bredere grøft og større mengder omfyllingsmasser.

Forskjellen i energiforbruk mellom alternativene er grovt beregnet til 20–25 000 kWh per år i favør av den største ledningen. For å synliggjøre den økonomiske betydningen av dette er det lagt til grunn en påregnelig strømpris på 1,50 kr/kWh ekskl. mva., basert på dagens prisnivå for samlet energikostnad, inkludert kraftpris, nettleie og offentlige avgifter. Dette tilsvarer en årlig kostnadsforskjell på om lag 30 000–37 500 kr per år. Over en lengre driftsperiode vil dette gi en akkumulert besparelse, men energibesparelsen alene vurderes ikke å oppveie den økte investeringskostnaden for Ø560. Ved en nåverdiberegning vil dessuten fremtidige energibesparelser neddiskonteres, mens merkostnaden for rør og anlegg påløper ved etablering og må vurderes med tilhørende kapitalkostnad/rente.

7 **Anbefaling**

Basert på vurderingene i dette notatet anbefaler Sweco 1 stk. Ø560 som den marginalt beste løsningen. Selv om alternativet innebærer noe høyere investeringskostnad enn Ø500, vurderes det som det mest robuste alternativet. Alternativet gir bedre hydraulisk kapasitet, lavere trykktap og mindre belastning på pumpesystemet, samtidig som denne dimensjonen gir større fleksibilitet dersom det på sikt skal leveres mer vann enn det som er lagt til grunn for beregningene. Samlet gjør dette at Ø560 vurderes som et noe mer framtidsrettet valg enn Ø500.

Ø500 kan likevel vurderes dersom investeringskostnad prioriteres høyt. Alternativet har tilstrekkelig hydraulisk kapasitet og trykktapet er akseptabelt. Det må likevel påregnes noe høyere pumpekostnader som følge av høyere trykktap i ledningen enn Ø560. Energibesparelsen som følge av lavere trykktap er relativt begrenset sammenlignet med merkostnaden i investering.

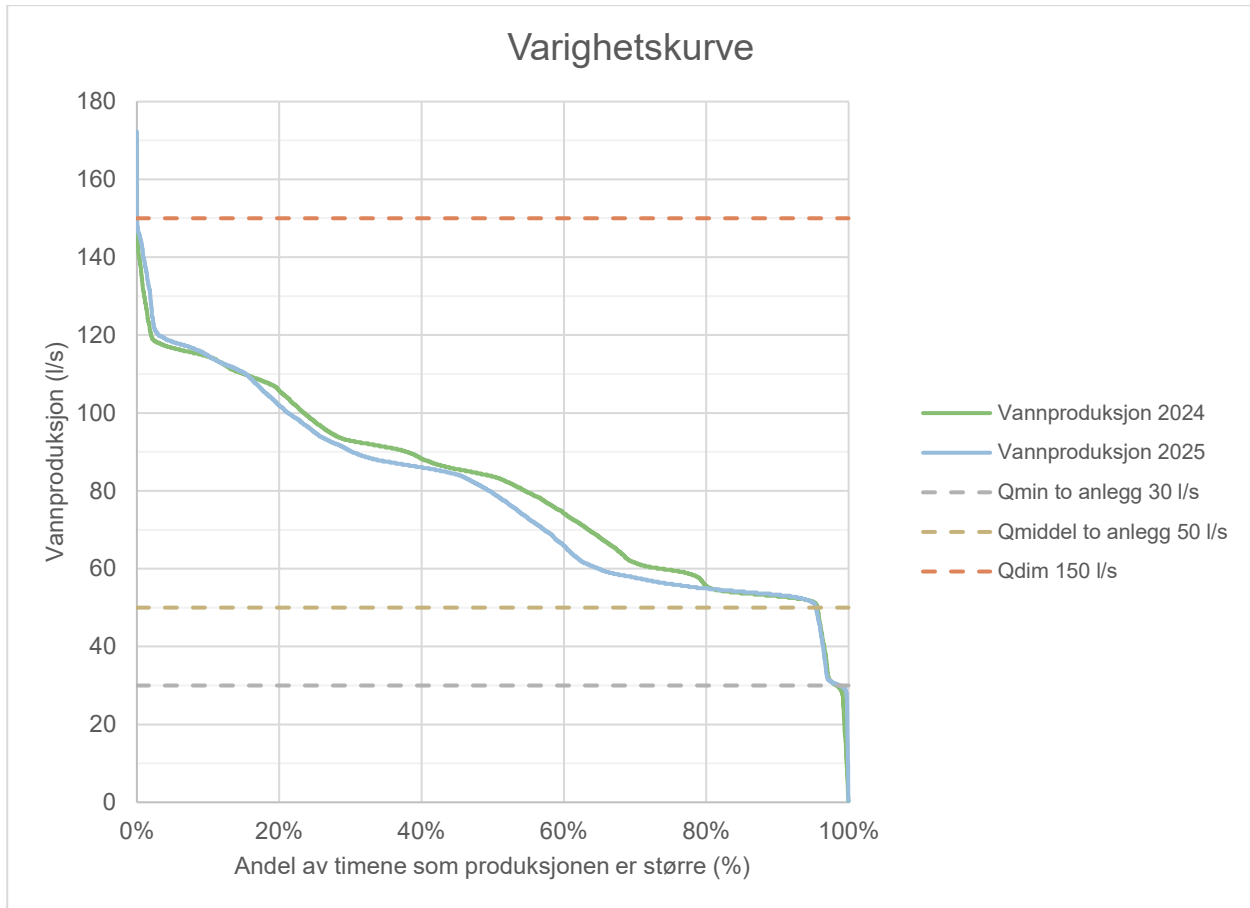
Uavhengig av hvilken dimensjon som velges, bør det installeres en trykktank på anslagsvis 2-3 m³ etter pumpearangementet i vannbehandlingsanlegget for å dempe trykksvingningene ved trykkstøt som følge av eksempelvis brå pumpestans.

8 **Videre arbeid**

Før endelig valg anbefales det å gjennomføre:

- hydraulisk detaljberegning av alle alternativer
- energivurdering med faktisk pumpekurve og virkningsgrad
- trykkstøt/transientanalyse, spesielt ved pumpestopp og strømbrudd
- vurdering av nødvendig rentvannsvolum for ønsket drift og antall pumpestarter per døgn

Vedlegg 1 Varighetskurve



Følgende timer er ikke tatt med i varighetskurven:

- Timer uten registrering av vannproduksjon (ingen verdi)
- Timer med registrert vannproduksjon på 0 l/s
- Timer med unormalt høy produksjon (>175 l/s). Ved strømutfall kan verdier for flere timer registerets på en time, noe som gir unormalt høy verdi.

Vedlegg 2 Hydrauliske beregninger

Premisser

Parameter	Verdi	Begrunnelse
Ledningslengde	5500 meter	I henhold til anbefalt trasé i rapport 10247101_R01_Ledningsanlegg og høydebasseng
Ruhet	0,1 mm	
Singulærtapsfaktor	-	Ikke tilstrekkelig grunnlag for å beregne nå. Må tas med i detaljerte beregninger i neste fase.
Vanntemperatur	6 grader celsius	

Vurderte vannmengder og scenarioer

Vannmengde	Aktuelle scenarioer	Aktuelle driftspunkt
30 l/s	Scenario 1 Lik fordeling mellom Grøtvann VBA og Farsjø VBA	Beregnet $Q_{dim-min}$ (60 l/s) ved igangkjøring av Farsjø VBA (2030)
50 l/s	Scenario 1 Lik fordeling mellom Grøtvann VBA og Farsjø VBA	Beregnet $Q_{dim-middel}$ (100 l/s) i dimensjonerende år (2070).
	Scenario 2 Kun forsyning fra Farsjø VBA	Ta toppen (50 l/s) av beregnet Q_{dim} (150 l/s) i dimensjonerende år (2070)
100 l/s	Scenario 2 Kun forsyning fra Farsjø VBA	Beregnet $Q_{dim-middel}$ (100 l/s) i dimensjonerende år (2070).
	Scenario 2 Kun forsyning fra Farsjø VBA	Ta hoveddelen (100 l/s) av beregnet Q_{dim} (150 l/s) i dimensjonerende år (2070)
150 l/s	Scenario 2 Kun forsyning fra Farsjø VBA	Beregnet Q_{dim} (150 l/s) i dimensjonerende år (2070)

Følgende kriterier er lagt til grunn ved vurdering av de aktuelle ledningsdimensjonene:

- Vannhastighet: 1 – 2 m/s
- Skjærspenning: 1,5 – 3,0 N/m²
- Ledningsvolum: Inntil 1000 m³, som er foreløpig volum i rentvannsbassenget
- Sum friksjonstap: Ikke over 13,5 m for å holde seg innen 11 bars driftstrykk. Grensen på 11 bar kan justeres opp eller ned ut ifra resultatene av trykkstøtsberegningene og valg av trykkklasse for hele eller deler av traséen.

Verdier som ligger innenfor dette, er markert med grønt i tabellene nedenfor. Der verdien ligger utenfor dette, men innenfor det man kan vurdere å akseptere, er den markert med oransje.

Resultater for ulike vannmengder

Q = 30 l/s

SDR11									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	30	30	30	30	30	30	30	30
Indre diameter	mm	204,55	257,73	290,45	327,27	368,18	409,09	458,18	515,45
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,21
Hastighet	m/s	0,91	0,58	0,45	0,36	0,28	0,23	0,18	0,14
Friksjonstap	m	22,49	7,13	3,96	2,20	1,24	0,74	0,43	0,24
Skjærspenning	N/m ²	2,05	0,82	0,51	0,32	0,20	0,14	0,09	0,06
Ledningsvolum	m ³	180,73	286,93	364,43	462,67	585,57	722,92	906,84	1147,71

SDR9									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	30	30	30	30	30	30	30	30
Indre diameter	mm	194,44	245,00	276,11	311,11	350,00	388,89	435,56	490,00
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,19
Hastighet	m/s	1,01	0,64	0,50	0,39	0,31	0,25	0,20	0,16
Friksjonstap	m	28,96	9,17	5,08	2,82	1,59	0,95	0,55	0,31
Skjærspenning	N/m ²	2,51	1,00	0,63	0,39	0,25	0,16	0,11	0,07
Ledningsvolum	m ³	163,32	259,29	329,32	418,10	529,16	653,29	819,48	1037,16

Q = 50 l/s

SDR11									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	50	50	50	50	50	50	50	50
Indre diameter	mm	204,55	257,73	290,45	327,27	368,18	409,09	458,18	515,45
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,21
Hastighet	m/s	1,52	0,96	0,75	0,59	0,47	0,38	0,30	0,24
Friksjonstap	m	59,23	18,56	10,23	5,66	3,17	1,89	1,08	0,61
Skjærspenning	N/m ²	5,40	2,13	1,33	0,83	0,52	0,34	0,22	0,14
Ledningsvolum	m ³	180,73	286,93	364,43	462,67	585,57	722,92	906,84	1147,71

SDR9									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	50	50	50	50	50	50	50	50
Indre diameter	mm	194,44	245,00	276,11	311,11	350,00	388,89	435,56	490,00
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,19
Hastighet	m/s	1,68	1,06	0,84	0,66	0,52	0,42	0,34	0,27
Friksjonstap	m	76,50	23,91	13,16	7,28	4,07	2,42	1,39	0,78
Skjærspenning	N/m ²	6,63	2,61	1,62	1,01	0,63	0,42	0,27	0,17
Ledningsvolum	m ³	163,32	259,29	329,32	418,10	529,16	653,29	819,48	1037,16

Q = 75 l/s

SDR11									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	75	75	75	75	75	75	75	75
Indre diameter	mm	204,55	257,73	290,45	327,27	368,18	409,09	458,18	515,45
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,21
Hastighet	m/s	2,28	1,44	1,13	0,89	0,70	0,57	0,45	0,36
Friksjonstap	m	129,04	40,05	21,97	12,10	6,74	4,00	2,29	1,28
Skjærspenning	N/m ²	11,77	4,60	2,85	1,77	1,11	0,73	0,47	0,30
Ledningsvolum	m ³	180,73	286,93	364,43	462,67	585,57	722,92	906,84	1147,71

SDR9									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	75	75	75	75	75	75	75	75
Indre diameter	mm	194,44	245,00	276,11	311,11	350,00	388,89	435,56	490,00
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,19
Hastighet	m/s	2,53	1,59	1,25	0,99	0,78	0,63	0,50	0,40
Friksjonstap	m	167,00	51,71	28,32	15,58	8,66	5,14	2,94	1,65
Skjærspenning	N/m ²	14,48	5,65	3,49	2,16	1,35	0,89	0,57	0,36
Ledningsvolum	m ³	163,32	259,29	329,32	418,10	529,16	653,29	819,48	1037,16

Q = 100 l/s

SDR11									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	100	100	100	100	100	100	100	100
Indre diameter	mm	204,55	257,73	290,45	327,27	368,18	409,09	458,18	515,45
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,21
Hastighet	m/s	3,04	1,92	1,51	1,19	0,94	0,76	0,61	0,48
Friksjonstap	m	225,29	69,49	37,98	20,85	11,57	6,85	3,90	2,18
Skjærspenning	N/m ²	20,55	7,99	4,92	3,04	1,90	1,25	0,80	0,50
Ledningsvolum	m ³	180,73	286,93	364,43	462,67	585,57	722,92	906,84	1147,71

SDR9									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	100	100	100	100	100	100	100	100
Indre diameter	mm	194,44	245,00	276,11	311,11	350,00	388,89	435,56	490,00
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,19
Hastighet	m/s	3,37	2,12	1,67	1,32	1,04	0,84	0,67	0,53
Friksjonstap	m	291,92	89,84	49,04	26,88	14,89	8,81	5,02	2,80
Skjærspenning	N/m ²	25,31	9,82	6,04	3,73	2,32	1,53	0,97	0,61
Ledningsvolum	m ³	163,32	259,29	329,32	418,10	529,16	653,29	819,48	1037,16

Q = 150 l/s

SDR11									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	150	150	150	150	150	150	150	150
Indre diameter	mm	204,55	257,73	290,45	327,27	368,18	409,09	458,18	515,45
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,07	0,08	0,11	0,13	0,16	0,21
Hastighet	m/s	4,56	2,88	2,26	1,78	1,41	1,14	0,91	0,72
Friksjonstap	m	496,97	152,13	82,78	45,22	24,97	14,71	8,35	4,65
Skjærspenning	N/m ²	45,33	17,48	10,72	6,60	4,10	2,68	1,71	1,07
Ledningsvolum	m ³	180,73	286,93	364,43	462,67	585,57	722,92	906,84	1147,71

SDR9									
Variabel	Enhet	Ø250 PE100	Ø315 PE100	Ø355 PE100	Ø400 PE100	Ø450 PE100	Ø500 PE100	Ø560 PE100	Ø630 PE100
Vannføring	l/s	150	150	150	150	150	150	150	150
Indre diameter	mm	194,44	245,00	276,11	311,11	350,00	388,89	435,56	490,00
Strømningsareal	m ²	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,19
Hastighet	m/s	5,05	3,18	2,51	1,97	1,56	1,26	1,01	0,80
Friksjonstap	m	644,91	197,03	107,09	58,42	32,22	18,97	10,75	5,98
Skjærspenning	N/m ²	55,92	21,52	13,18	8,10	5,03	3,29	2,09	1,31
Ledningsvolum	m ³	163,32	259,29	329,32	418,10	529,16	653,29	819,48	1037,16

Vedlegg 3 Trykkstøtsberegninger

Modelleringsdata

Trykkstøtsberegningene er utført i programmet WANDA, der det er etablert en modell basert på følgende data:

Rør

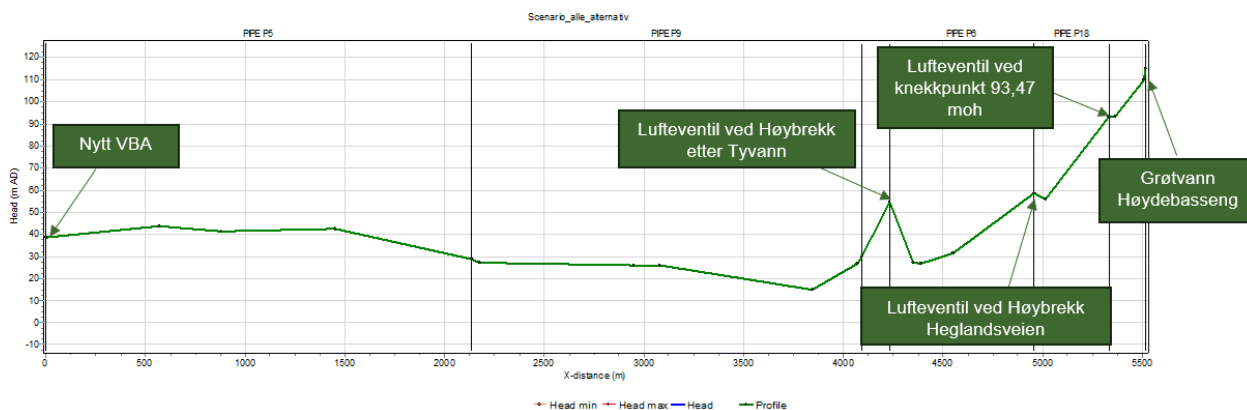
Det er lagt til grunn en overføringsledning med rørmateriale PE100 RC.

Beregningene er utført for følgende rørdiametre og trykklasser:

Alternativ	Diameter (mm)	Trykklasse ² / SDR
Alternativ 1	Ø560	PN12,5 / SDR11 over ca. kote +28 m PN16 / SDR9 lavere enn ca. kote +28 m
Alternativ 2	Ø560	PN16 / SDR9
Alternativ 3	Ø500	PN12,5 / SDR11 ned til ca. kote +28 m PN16 / SDR9 lavere enn ca. kote +28 m

Det er benyttet en ruhefsfaktor på 0,01 mm og Young's modulus på $1,0 \cdot 10^{-9}$

Profil for ledningsnettet



Pumpe

Det er brukt to pumper i drift i parallell med like betingelser. Pumpene er valgt ut fra et behov for en samlet maksimal vannmengde på 540 m³/time (150 l/s) og løftehøyde på ca. 110 mVs.

Tekniske data for benyttet pumpe (Grundfos CR 255-3 A-F-A-E-HQQE):

- Faktisk beregnet strømnig per pumpe: 76,19 l/s
- Pumpehastigheten som pumpedata er basert på: 2983 rpm
- Resulterende pumpetrykk: 113,5 m
- Tregghetsmoment: 0,9 kg.m²
- Brå pumpestans (trip time) etter 2 sekunder

² Basert på sikkerhetsfaktor på 1,6

Lufteventil

Det er lagt inn lufteventiler i høybrekk. Følgende betingelser er benyttet:

Elevation offset	0,100000 (m AD)
Laplace coefficient	1,400 (-)
Ambient air temperature	10,00 (oC)
Initial air volume	0 (m3)
Residual air volume	0 (m3)
Vent type	In/Out
Initial state	Closed
Level effect	No
Air inflow characteris	TABLE
Air outflow characteri	TABLE
Normal air temp. char.	0 (oC)

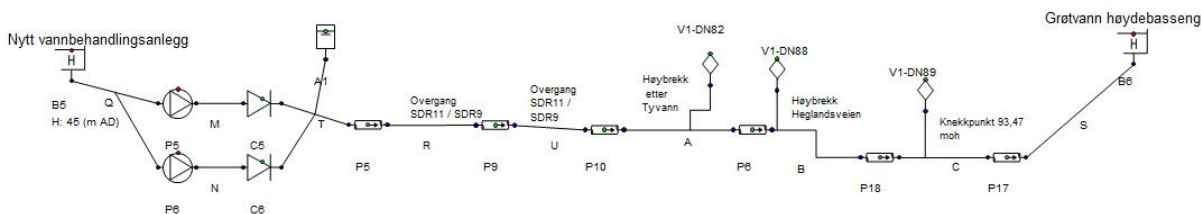
Høydebasseng

For eksisterende høydebasseng på Grøtvann er det brukt to nivå:

- Laveste nivå: 120,4 m
- Høyeste nivå: 125,0 m

Modelloppsett i WANDA

Figuren nedenfor illustrerer oppbygningen av modellen som er etablert og benyttet i trykkstøtsberegningene.



Vurderte scenarioer

Trykkstøtsberegningene er utført for scenarioet med brå pumpestans med og uten trykktank ved Q_{dim} (150 l/s).

Resultater for ulike scenarioer

Brå pumpestans, uten trykktank

Tabellen nedenfor viser resultater uten trykktank ved vannbehandlingsanlegget. Verdier som viser undertrykk er markert med rødt i tabellene, mens trykk over trykklassen er markert med grønt.

				Alternativ 1 Ø560 SNR11 / SDR9		Alternativ 2 Ø560 SDR9		Alternativ 3 Ø500 SNR11 / SDR9	
Nivå Grøtvann høydebasseng:				120,4 m	125,0 m	120,4 m	125,0 m	120,4 m	125,0 m
Pressure	T_node	MIN	[bar]	4,7	5,1	4,4	4,8	3,9	4,4
Pressure	T_node	MAX	[bar]	11,2	11,6	12,5	11,7	11,7	12,1
Pressure	P5	MIN	[bar]	4,2	4,7	3,9	4,4	3,5	4,0
Pressure	P5	MAX	[bar]	11,6	12,1	12,5	12,4	12,3	12,5
Pressure	P9	MIN	[bar]	5,8	6,3	5,5	5,9	5,1	5,6
Pressure	P9	MAX	[bar]	12,8	13,2	14,0	13,9	14,0	13,5
Pressure	P10	MIN	[bar]	3,8	4,2	3,1	3,5	3,3	3,7
Pressure	P10	MAX	[bar]	11,0	11,5	12,6	12,4	12,0	11,7
Pressure	Høybrekk_Tyvann	MIN	[bar]	3,8	4,2	3,1	3,5	3,3	3,7
Pressure	Høybrekk_Tyvann	MAX	[bar]	8,5	8,9	10,1	9,9	9,5	9,2
Pressure	P6	MIN	[bar]	3,4	3,9	2,8	3,2	3,0	3,4
Pressure	P6	MAX	[bar]	11,3	11,7	12,9	12,7	12,3	12,0
Pressure	Høybrekk_Heglandsveien	MIN	[bar]	3,4	3,9	2,8	3,2	3,0	3,4
Pressure	Høybrekk_Heglandsveien	MAX	[bar]	8,1	8,5	9,7	9,6	9,2	8,8
Pressure	P18	MIN	[bar]	0,0	0,5	-0,4	-0,2	-0,3	0,0
Pressure	P18	MAX	[bar]	8,4	8,8	10,1	9,9	9,5	9,1
Pressure	Knekkpunkt_93_moh	MIN	[bar]	0,0	0,5	-0,2	-0,2	-0,3	0,0
Pressure	Knekkpunkt_93_moh	MAX	[bar]	4,6	5,1	5,7	6,1	5,4	5,3
Pressure	P17	MIN	[bar]	-0,7	-0,3	-0,7	-0,6	-0,9	-0,7
Pressure	P17	MAX	[bar]	4,7	5,1	5,8	6,1	5,5	5,4

Resultatene viser at det blir for høyt trykk i første rørstrekk i alternativ 3, og undertrykk for alle alternativer i siste rørstrekk. For alternativ 2 og 3 blir det også undertrykk i nest siste rørstrekk og i knekkpunktet ved 93 moh.

Beregningene viser også at lufteventilen ved knekkpunktet ved 93 moh. er i funksjon for alternativ 2 og 3 når man ikke har trykktank.

Brå pumpestans, med trykktank på 2 m³

Tabellen nedenfor viser resultater med trykktank på 2 m³ ved vannbehandlingsanlegget.

				Alternativ 1 Ø560 SNR11 / SDR9		Alternativ 2 Ø560 SDR9		Alternativ 3 Ø500 SNR11 / SDR9	
Nivå Grøtvann høydebasseng:				120,4 m	125,0 m	120,4 m	125,0 m	120,4 m	125,0 m
Pressure	T_node	MIN	[bar]	4,8	5,3	4,5	5,0	4,3	4,8
Pressure	T_node	MAX	[bar]	11,1	11,6	11,9	12,3	11,7	12,1
Pressure	P5	MIN	[bar]	4,4	4,9	4,1	4,5	3,8	4,3
Pressure	P5	MAX	[bar]	11,7	12,2	12,3	12,8	11,8	12,3
Pressure	P9	MIN	[bar]	6,1	6,5	5,7	6,1	5,7	6,1
Pressure	P9	MAX	[bar]	12,8	13,2	13,4	13,9	13,0	13,4
Pressure	P10	MIN	[bar]	3,9	4,4	3,5	3,9	3,6	4,0
Pressure	P10	MAX	[bar]	11,4	11,8	11,8	12,3	11,5	12,0
Pressure	Høybrekk_Tyvann	MIN	[bar]	3,9	4,4	3,5	3,9	3,6	4,0
Pressure	Høybrekk_Tyvann	MAX	[bar]	8,8	9,3	9,1	9,7	8,9	9,4
Pressure	P6	MIN	[bar]	3,9	4,4	3,5	3,9	3,6	4,0
Pressure	P6	MAX	[bar]	11,4	11,9	11,8	12,3	11,5	12,0
Pressure	Høybrekk_Heglandsveien	MIN	[bar]	4,0	4,4	3,9	4,2	3,9	4,2
Pressure	Høybrekk_Heglandsveien	MAX	[bar]	7,6	8,1	7,6	8,1	7,4	7,9
Pressure	P18	MIN	[bar]	1,5	1,9	1,5	1,9	1,5	1,9
Pressure	P18	MAX	[bar]	7,8	8,3	7,7	8,3	7,6	8,1
Pressure	Knekkpunkt_93_moh	MIN	[bar]	1,5	1,9	1,5	1,9	1,5	1,9
Pressure	Knekkpunkt_93_moh	MAX	[bar]	3,2	3,7	3,1	3,6	3,1	3,6
Pressure	P17	MIN	[bar]	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
Pressure	P17	MAX	[bar]	3,2	3,7	3,2	3,7	3,2	3,6

Resultatet viser at dersom man har en trykktank på 2 m³ ved vannbehandlingsanlegget, så skapes det ikke undertrykk eller for høyt trykk for ledningstypen.

Beregningene viser videre at ved å bruke en slik trykktank, vil det ikke være aktivitet i lufteventilene (ingen air flow).

Brå pumpestans, med trykktank på 3 m³

Tabellen nedenfor viser resultater med trykktank på 3 m³ ved vannbehandlingsanlegget.

				Alternativ 1 Ø560 SNR11 / SDR9		Alternativ 2 Ø560 SDR9		Alternativ 3 Ø500 SNR11 / SDR9	
Nivå Grøtvann høydebasseng:				120,4 m	125,0 m	120,4 m	125,0 m	120,4 m	125,0 m
Pressure	T_node	MIN	[bar]	5,0	5,4	4,6	5,0	4,4	4,9
Pressure	T_node	MAX	[bar]	11,2	11,6	11,7	12,2	11,6	12,1
Pressure	P5	MIN	[bar]	4,5	4,9	4,2	4,6	4,0	4,4
Pressure	P5	MAX	[bar]	11,5	11,9	12,1	12,6	11,7	12,1
Pressure	P9	MIN	[bar]	6,3	6,7	5,8	6,2	5,9	6,3
Pressure	P9	MAX	[bar]	12,6	13,1	12,8	13,4	12,6	13,1
Pressure	P10	MIN	[bar]	4,1	4,5	3,8	4,2	3,9	4,3
Pressure	P10	MAX	[bar]	11,1	11,6	11,1	11,7	10,9	11,5
Pressure	Høybrekk_Tyvann	MIN	[bar]	4,1	4,5	3,8	4,2	3,9	4,3
Pressure	Høybrekk_Tyvann	MAX	[bar]	8,5	9,0	8,5	9,0	8,3	8,9
Pressure	P6	MIN	[bar]	4,1	4,5	3,8	4,2	3,9	4,3
Pressure	P6	MAX	[bar]	11,2	11,6	11,1	11,6	11,0	11,5
Pressure	Høybrekk_Heglandsveien	MIN	[bar]	4,3	4,7	4,3	4,7	4,2	4,6
Pressure	Høybrekk_Heglandsveien	MAX	[bar]	7,1	7,6	7,1	7,6	7,0	7,5
Pressure	P18	MIN	[bar]	1,8	2,2	1,8	2,2	1,8	2,2
Pressure	P18	MAX	[bar]	7,4	7,9	7,3	7,8	7,2	7,7
Pressure	Knekkpunkt_93_moh	MIN	[bar]	1,8	2,2	1,8	2,2	1,8	2,2
Pressure	Knekkpunkt_93_moh	MAX	[bar]	3,0	3,5	3,0	3,4	3,0	3,4
Pressure	P17	MIN	[bar]	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	1,0
Pressure	P17	MAX	[bar]	3,0	3,5	3,0	3,5	3,0	3,5

Resultatet viser at dersom man har en trykktank på 3 m³ ved vannbehandlingsanlegget, så skapes det ikke undertrykk eller for høyt trykk for ledningstypen.

Beregningene viser videre at ved å bruke en slik trykktank, vil det ikke være aktivitet i lufteventilene (ingen air flow).