

Til: Roy-Andre Midtgård
Fra: Ida Engan, Ranveig H. Paus, Eirik Bjørn
Dato 2016-12-16

PN 4 - Vurdering av alternative prosessløsninger og lokasjoner

1 Innledning

Inneværende notat redegjør for fordeler og ulemper ved to (tre) mulige prosessløsninger, både på ny tomt ved Bjøre og som utvidelse av eksisterende anlegg ved Noresund.

Det gjøres en vurdering av nødvendige areal- og volumkrav, fordeler og ulemper utfra et prosessmessig,- og samfunnsmessig perspektiv, samt enkel kostnadskalkyle for å vurdere om det er signifikante forskjeller mellom alternativene.

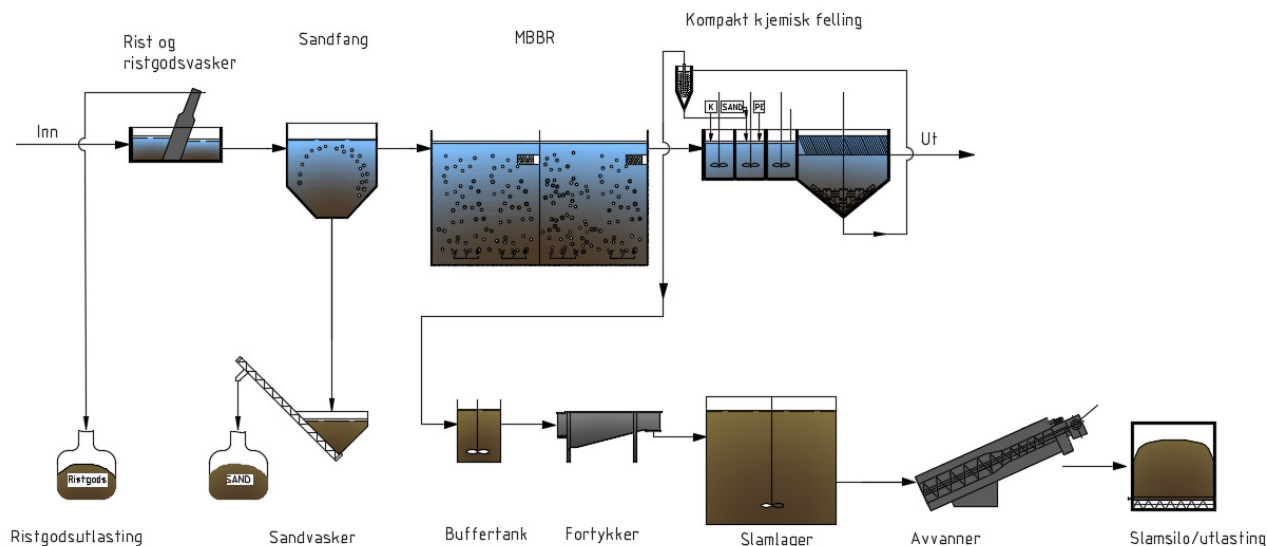
Valg av renseprosess må sikre en effektiv rensing av kommunalt avløpsvann og bør vurderes utfra bl.a. følgende aspekt:

- Best mulig rensning
- Rimeligst mulig rensning / Mest ressurseffektiv rensning
- Størst mulig fremtidssikring / Størst mulig fleksibilitet
- Mest miljøvennlig/bærekraftig rensning
- Størst driftssikker
- Best mulig arbeidsmiljø og driftsforhold

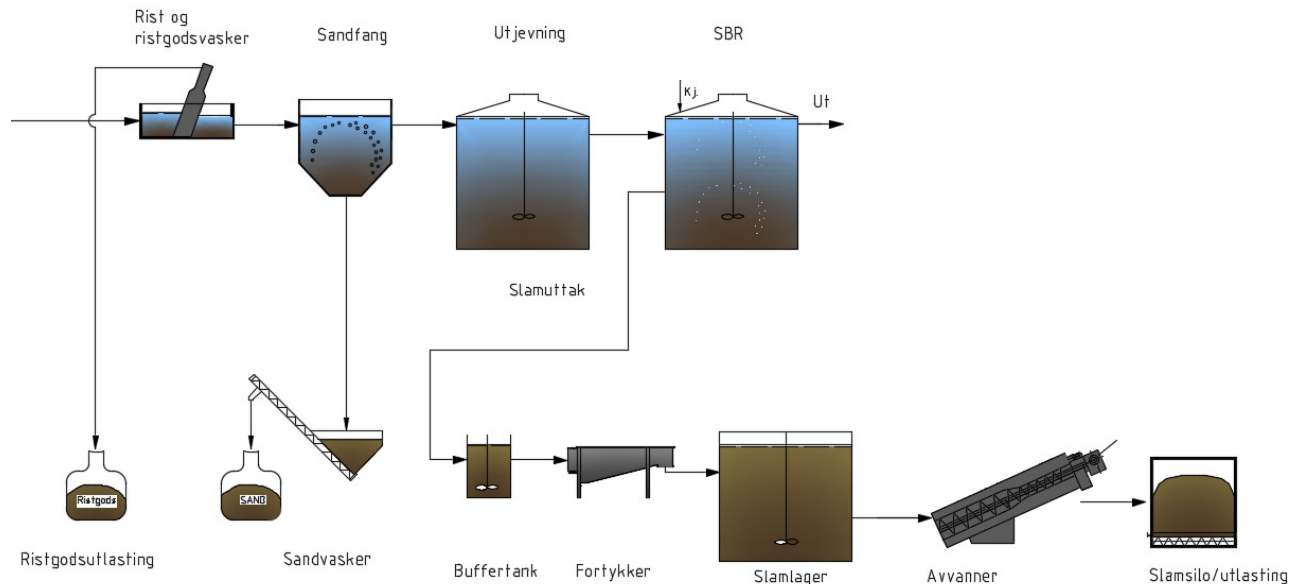
I forprosjektet vurderes kun to (tre) alternative renseprosesser. Disse er velutprøvde prosesser for å håndtere gitte rensekrav, og vil begge gi en representativ kostnad for et anlegg som håndterer rensekravene og vil fungere godt. Det ene er den mest kompakte løsningen for plassering i bygg mens den andre baserer seg på tanker plassert som kan plasseres utenfor anlegget. Begge godt egnet for utvidelse på eksisterende anlegg. Figur 1 og 2 illustrerer enkelt prosesstogene.

Følgende alternativ vurderes:

1. Plassering ny tomt
 - a. Biologisk rensing i MBBR og avskilling i Actiflo
 - b. Biologisk rensing og avskilling i SBR
2. Plassering i/ved eksisterende anlegg
 - a. Biologisk rensetrinn i MBBR og avskilling i Actiflo/flotasjon
 - b. Biologisk rensing og avskilling i SBR



Figur 1: Skjematisert prosesssteg i alternativ A - Biologisk rensing med MBBR og avskilling med Actiflo. På ny tomt ble en variant med avskilling med flotasjon også vurdert. Da utgår behov for buffertank og fortykker på slamsiden.



Figur 2: Skjematisert prosesssteg i alternativ B - Biologisk rensing og avskilling i SBR

Dersom anlegget får hygieniseringskrav eller ønsker å legge inn en sikkerhet for oppnåelse av 93% fosforkrav kan et filter som etterpolering bli aktuelt i alle løsningene vurdert her. Dette vil i prinsippet være likt uavhengig av prosessen forut og en tenkt utvidelse med dette er ikke inkludert i vurderingen på dette stadiet.

Det finnes også enkelte andre prosesser/delprosesser som kan egne seg på Noresund. F.eks. en MBR-løsninger (biologisk rensing med aktivslam med avskilling i membraner). Denne kan spesielt være en egnet løsning dersom anlegget får strengere krav eller føringer mhp. hygienisk karakter i utløpet. Alternativ med MBR kan i prinsippet utføres likt som SBR-anlegget med tanker plassert utenfor bygget med skivefiltre i bunn. Det kan være naturlig å åpne for andre prosesser i en evt. konkurranse for detalj/totalentreprise. Og dermed utsette endelig valg av prosessløsning til faktiske tilbudspriser og ytelsesgarantier er innhentet.

På eksisterende anlegg forutsettes det i utgangspunktet at personaldelen rives for å gi plass til ny forbehandling/slamutlasting. Det kan da legges til grunn at det bygges en lik personaldel ved begge lokaliseringene. Det er her lagt inn et minimums av areal det er behov for i umiddelbar nærhet av anlegget slik at et fullverdig personalbygg kan plasseres litt unna anlegget. Basert på notat fra Multiconsult er betongkvaliteten i eksisterende sedimenteringsbasseng forholdsvis bra og kan brukes videre etter rehabilitering av overflaten.

Hovedprosessen dimensjoneres med minst to linjer som skal håndtere antatt belastning i år 2025. Det avsettes videre plass for en ny tilsvarende linje, for å håndtere belastning i 2035. Forbehandling og slambehandling dimensjoneres for å håndtere belastning i år 2035 fra starten av, da oppdimensjonering av disse trinnene ikke utgjør betydelig merkostnad. Forbehandling og slambehandling antas på dette stadiet i hovedsak likt i de ulike alternativene.

Alternativene som det velges å gå videre med i forprosjektet vil dimensjoneres og skisseres opp grundigere. Basert på dette vil det videre gjøres en grundigere kostnadskalkyle.

Videre er alternativene beskrevet og kostnadsestimert.

2 Prosessvalg

2.1 Alternativ A - Biologisk rensetrinn i MBBR og avskilling i Actiflo/Flotasjon

2.1.1 Beskrivelse og dimensjonering av MBBR

MBBR (moving bed biofilm reactor) er en type biologisk prosess hvor biomassen sitter fast på suspenderte plastbiter i luftetanken. Netto biomassevekst fjernes ved at biofilm skaller av når den blir for tykk slik at dette følger vannet og kan skilles av som slam i påfølgende separasjonstrinn. Denne metoden er en norsk oppfinnelse som har spredt seg over store deler av verden. Prosessen er kompakt og dermed velegnet ved utvidelse av eksisterende anlegg innenfor tilgjengelige volum, samt ofte rimelig da den er kompakt og derfor krever mindre bygg. Denne er benyttet i svært mange norske anlegg de siste årene som følge av sekundærrensekrav til allerede kjemiske anlegg. Så godt som alle avskillingsmetoder egner seg etter en MBBR reaktor, men sedimentering eller flotasjon er mest benyttet.

Neste figur viser plastbærerne biofilmen vokser på, samt en luftet MBBR-reaktor.



Figur 3: Illustrasjon av plastbærerne biomassen gror på, samt et åpent luftet basseng med MBBR

I motsetning til de andre biologiske prosessene egner ikke denne metoden seg for biologisk fosforfjerning.

Krüger Kaldnes (Veolia) hadde tidligere patent på MBBR. Denne er gått ut og det finnes nå flere aktører med tilsvarende løsninger på markedet.

Det finnes flere ulike bæremedier, men bæremediet brukt i dimensjoneringen har en spesifikk overflate på $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ og fyllingsgraden er satt til 60%. Dimensjonerende temperatur settes til 5 grader i avløpssvannet. I denne sammenhengen er det temperaturen i påsken og andre perioder med høy belastning som er av betydning.

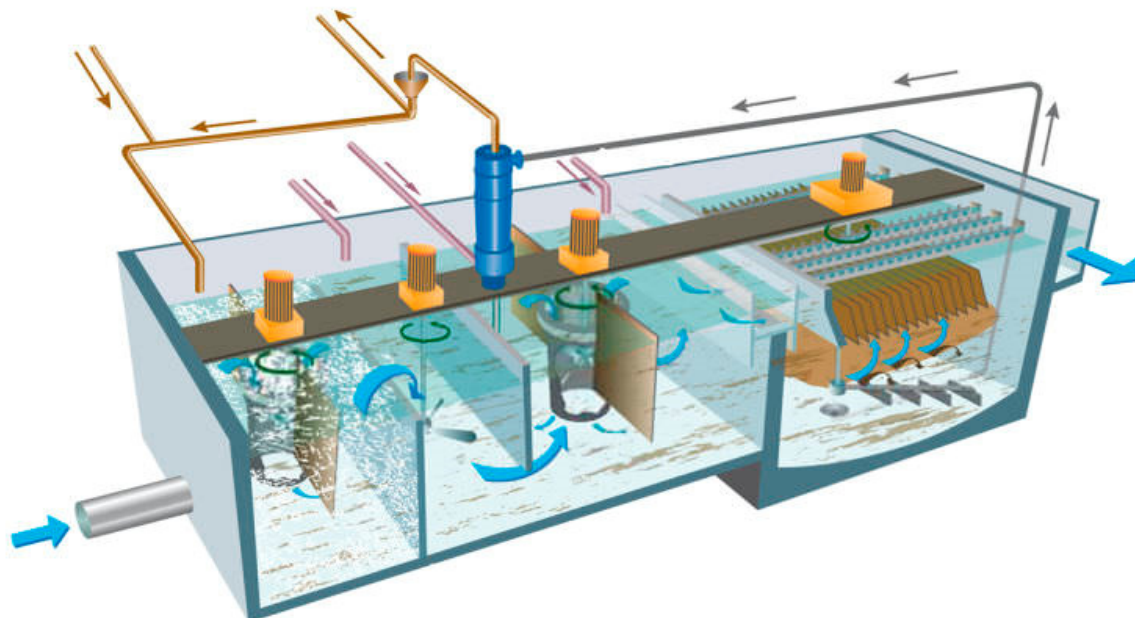
Erfaringsmessig renser MBBR-reaktorer betydelig over sekundærrensekravet for BOF og KOF, med normalt over 90% reduksjon. Med lav grunnbelastning vil imidlertid biomassen bruke tid på å bygge seg opp for å håndtere maksbelastningene f.eks. i påsken, og biomassen vil nå sin maks kapasitet først når påsken går mot slutten. Det er derfor lite hensiktsmessig å dimensjonere reaktoren for forventet 90 % reduksjon i påsken. MBBR-reaktorene er derfor dimensjonert for å håndtere 80% av dimensjonerende belastning, men det forventes at rensekravet vil oppnås ved maks belastning.

2.1.2 Beskrivelse og dimensjonering av avskilling

Actiflo

Det finnes en rekke ulike kompakte avskillingsløsninger på markedet, og i en eventuell konkurranse vil det, som tidligere omtalt, være naturlig å åpne for flere metoder. Actiflo er imidlertid vurdert her og er også Krüger Kaldnes' konsept. Actiflo er valgt da dette er en av de mest kompakte løsningene og således velegnet for ombygging i eksisterende anlegg. Det er også gode driftserfaringer fra dette oppsettet fra andre sammenlignbare anlegg, da kapasiteten tilpasses innløpet ved endret doseringsmengde av sand og kjemikalier. Prosessen er satt sammen av flokkulering med kjemikalietilsetning og mikrosand, etterfulgt av lamellsedimentering, samt regenerering av mikrosanden for gjenbruk (se illustrasjon). Flokkuleringskjemikalier tilsettes i første kammer og medfører koagulering av løst stoff til større fnokker. Fnokkene bygges så opp ved miksing og tilsetning av mikrosand, til tyngre og større fnokker som lettere lar seg sedimentere ved gravitasjon og tas ut som slam i bunn. Innsettelse av lameller i sedimenteringsdelen øker videre «overflaten» slik at sedimenteringsbassenget er betydelig mer kompakt enn ved konvensjonelt sedimentering.

Sedimenteringen kan dermed dimensjoneres med en overflatebelastning på 80 m/h, mot ca. 2m/h i konvensjonelle sedimenteringsanlegg.



Figur 4: Illustrasjon av actiflo (Veolia)

Ved valg av Actiflo trengs samlet areal på ca. 10 m² fordelt på 2 linjer for å håndtere 2025-belastning. Dette vil suppleres med en tilsvarende linje for å håndtere 2035 belastningen.

Flotasjon

Flotasjon kan være et annet aktuelt alternativ for avskilling, og er velegnet etter høybelastede MBBR-reaktorer. Her skjer avskilling enkelt forklart ved innblåsing av rensset avløpsvann mettet med luft under trykk i bunn av reaktoren. Luften frigis ved innmating og mikroskopiske luftbobler trekker med seg fnokkene til overflaten, hvor de kan skrapes av. Ved anvendelse av flotasjon som avskilling kreves et samlet overflateareal på ca. 20 m² for 2025-belastning, og utvidelse med en tilsvarende linje for 2035. En fordel med flotasjon er et tykkere slam som tas ut (høyere tørrstoff-innhold), slik at behovet for fortykning av slammet kan falle bort. Totalt sett vil derfor flotasjon kunne være en mer kompakt løsning, med færre behandlingstrinn i anlegget. Det er derfor gjort et supplerende alternativ på eksisterende tomt hvor kjemisk felling, flokkulering og flotasjon er vurdert.

Det legges opp til dosering av hjelpekoagulant for optimal flokkulering for å håndtere toppene. Foran flotasjonsprosessen kan det plasseres et noe mer kompakt flokkuleringstrinn enn ved konvensjonell sedimentering. Dette kan potensielt være rørflokkulering, men for å være konservative i denne fasen benyttes reaktorflokkulering for å sikre god fnokkoppygging før avskilling.

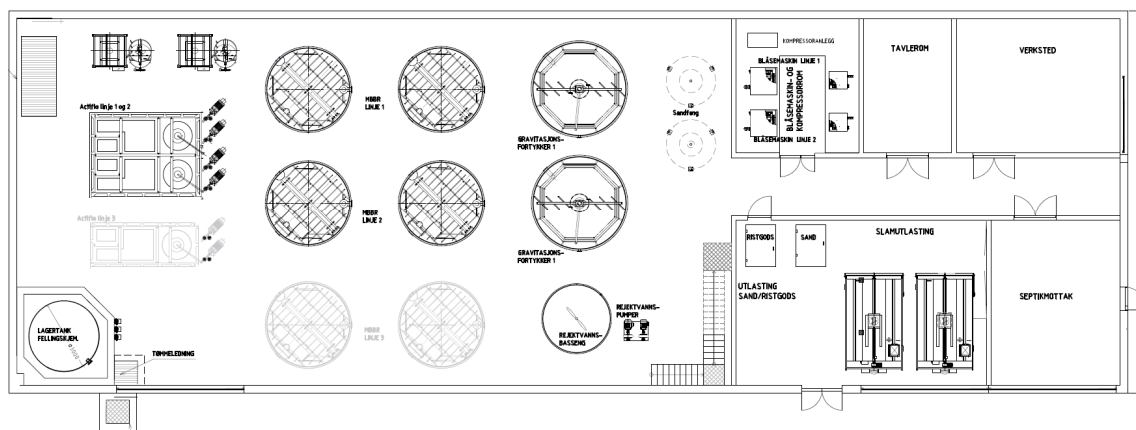
Til prosessen følger et dispergeringssystem som trykksetter og luftmetter en andel av utløpsvannet og returnerer dette til innløpssiden. Her kan f.eks. Nikunu-pumper benyttes, men også andre aktuelle løsninger finnes på markedet.

2.1.3 Planløsning alternativ 1A – MBBR/Actiflo på ny tomt

MBBR prosessen dimensjoneres med to linjer som sammen skal håndtere $Q_{maksdim-2025}$. Hver linje består av to sirkulære, prefabrikkerte tanker i serie. Tankene har en diameter på ca. 4 meter og en total høyde på 5m. Ved utvidelse fra 2025-belastning til 2035 belastning utvides anlegget med en supplerende linje med 2 nye reaktorer. Det avsettes plass i bygget for denne linjen (vist med grått i figur 5).

I lengre lavbelastningsperioder kan det vurderes å drifte kun en linje, og overføre biomasse ved flytting av bæremedie til den tomme linjen når høysesongen nærmer seg.

I figur 5 vises et forslag til planløsning og arealbehov ved plassering på ny tomt. Figuren viser 1. etg. med sandfang, MBBR, Actiflo, kjemikalianlegg og polymerdosering. Videre vises sirkulære reaktorer for gravitasjonsfortykking av slam, rejektivannbasseng og slamutlasting. Rister med integrert ristgodsvasker, sandvasker og avvannere er plassert i 2. etg. over blåsemaskinrom og slamutlasting. Skissert bygg er ca. 830m² stort (17*49m). Bygget vil få en gesimshøyde på ca. 10 m.



Figur 5: Planskisse av 1. etg. av beregnet bygg og prosesser til alternativ 1b. Plassering av en linje tre ved utvidelse av anlegget for belastning i 2035 er skravert. Plass til inntaks,- og /fordelingskasser, 2 rister med integrert ristgodsvasker, 1 launder-renne til transport av ristgods, samt sandvasker og luktreduksjonsanlegg er plassert på dekke over slamutlasting, kompressoranlegg og tavlerom.

Verkstedet kan gjøres om til lab og WC – personalbehovet i et tilstøtende personalbygg vil da være likt som for et nytt anlegg på eksisterende tomt.

Drift under bygging vil være uproblematisk da eksisterende anlegg driftes frem til nytt anlegg står klart. Det vil da kun være et kort opphold mens ny pumpe/selvfallsledning til ny plassering settes i drift.

2.1.4 Planløsning alternativ 2A – MBBR og Actiflo/flotasjon på eksisterende anlegg

Arealet for utbygging av eksisterende anlegg er svært begrenset. Anlegget kan ikke utvides mot sør pga. utrykningsveien fra brannstasjonen, slik at utvidelsen må komme på nordsiden. Plassen på denne siden er etablert ved utfylling, slik at det har blitt en bratt skråning ut mot fjorden. Det nye rensetrinn trekkes lenger mot øst enn eksisterende anlegg for å komme lenger bort fra skråningen.

Betongen i eksisterende sedimenteringsbasseng er vurdert av Multiconsult. Betongen er forholdsvis bra og kan brukes videre som prosessbasseng etter rehabilitering av overflaten. Bassenget kan også brukes videre som et tørt rom, og det vil da bare være behov for rengjøring og oppussing av vegger

og gulv. Tilstanden på slamlagrene er ikke vurdert i notatet fra Multiconsult, men antas også å kunne benyttes videre.

For utvidelse av anlegget beholdes i prinsippet kun underetasjen mens overbygget rives og bygges nytt, samt utvides. Figuren under illustrere et forslag til utvidelse med flotasjon. Bygget har kjeller + 2 etasjer, men nybygg har kjeller og en etasje. Alternativ med Actiflo kan i prinsippet utføres tilnærmet likt.



Figur 4: Planskisse av 1. etg av beregnet bygg og prosesser til alternativ 2a (flotasjon). Utforming av kjelleren er delvis synlig der hvor det er tenkt ristdekke. Det er en 2. etg. over eksisterende bygg som inneholder avvanningsmaskiner, sandvasker, VVS-rom og WC. Nybygg har kun kjeller og 1. etg. Dersom utvidelsen er med Actiflo kan denne plasseres sammen med et tynnsamlager på plass for flotasjon. Det må da også plasseres en fortykker ved septikmottaket og ved fortsatt ønske om septikmottak må dette plasseres i tilbygg, f.eks. hvor kjemikalietanken er plassert.

Eksisterende personaldel rives og her bygges forbehandling og slamutlasting. Det benyttes 2 rister med integrert ristgodsvasker. Fordeling til ristene skjer ved 2 pumper i innløppspumpene evt. at ristene alternerer i lavsesongen/inntil maksbelastning inntreffer. Prøvetaking, overløp og fordeling til linjene videre er plassert bak ristene. 2 nye luftede rundsandfang plasseres i eksisterende sedimenteringsbasseng. Sandfang reduserer sand videre i prosessen og beskytter videre prosessutstyr. Etter sandfangene føres vannet via mengdemålere og reguleringsventiler til plass-støpte MBBR-reaktorer i nytt påbygg.

For å få en mest mulig stabil skråning, vil det være fordelaktig om anlegget senkes i terrenget. Det vil da ikke bli god atkomst til et anlegg basert på industrihallkonseptet, slik som foreslått for nytt tomtealternativ. Det innebærer at det bør støpes bioreaktorer i betong, noe som også vil minimere nødvendig areal. Det er ønskelig med dype bassenger for å redusere nødvendig areal. For ikke å undergrave eksisterende anlegg bør likevel ikke bassengene være dypere enn 4,5 m (kt. +140,53), som gir en effektiv dybde på 4,0 m. Dypere basseng kan benyttes dersom bassengene trekkes litt i fra

eksisterende anlegg. I forhold til flom vil det uansett ikke være noe problem ettersom 1000-års-flommen er beregnet å komme opp til ca. kt. + 135.

Videre føres vannet til flokkulering og flotasjon /Actiflo og deretter til samle- og målekum før utløp.

Det vil ikke være mulig å utvide anlegget med en linje til senere. Det forutsettes derfor at det bygges tre like linjer, men at det kun installeres prosessutstyr i to av linjene i første omgang.

Bygget utvides også mot vest med en etasje med tavlerom, samt noe kjeller for rejektivannsbasseng.

Slammet fra flotasjonen kan føres direkte til eksisterende slamlagre. Eksisterende slamlagre som benyttes videre har en kapasitet i høysesongen i 2035 som tilsier at avvanningsmaskinene må kjøres annenhver dag. Dette medfører at det kan bli nødvendig med drift i helger i høysesongen. Etter slamlagring pumpes slammet til to avvanning i 2. etg. over utlastingshallen. Her avvannes slammet før det faller direkte ned i utlastningscontaineren.

Slammet fra evt. actiflo pumpes først til en fortykker plassert over eksisterende slamlagre før videre behandling tilsvarende som ved flotasjon. Ved denne løsningen må septikmottaket plasseres i tilbygg.

Dersom personalbygget plasseres et stykke unna må et minimum av personalbehov være dekket i anlegget. Dette gjelder lab og WC. Dette plasseres her i byggets en 2. etg, sammen med VVS-rom og luktreduksjon. Datautstyr plasseres i tavlerommet.

Det må for øvrig understreket av skissert anlegg med utvidelse har mindre rom for drift og vedlikehold og tilgang på utstyr enn et nytt anlegg. Det vil også være mindre lagringskapasitet for slam med hyppigere drift av avvannere, samt noe lavere driftssikkerhet da det ikke er tilsvarende redundans i polymerberedere. Blåsemaskinene er ikke plassert i eget rom. Disse er ofte plassert i eget rom for å redusere støy i prosesshallen.

2.1.5 Drift under bygging

Over er det foreslått at det bygges et helt nytt frittstående biologisk/kjemisk rensetrinn. Mens dette bygges kan eksisterende anlegg holdes i full drift, med unntak av når ledninger skal legges om.

Ombygging av innløpsrister og tilkopling av nytt trinn kan så utføres i etterkant av oppføring av biologisk/kjemisk rensetrinn, men ettersom rister forutsettes lagt i dagens personaldel må overbygget først rives, hulldেকে for ny 2. etg. etableres og dekket i 1. etg. renoveres før rister kan installeres. Selv ved god planlegging og forberedelse av alle arbeider som skal utføres vil dette ta flere måneder.

Ved bruk av eksisterende rist i denne perioden og provisorisk tilkopling til en av bioreaktorene, vil anlegget kunne driftes. Det må likevel regnes med at det vil være behov for full stans på renseanlegget i noen uker, slik at alt avløpsvann vil gå urensset ut i fjorden. Omleggingen bør foregå i en lavbelastningsperiode og utenom badesesongen, sannsynligvis sent på våren etter at snøsmeltingen er avsluttet.

Det må etableres fullstendig nye el.tavler og nytt automatikkanlegg på siden av eksisterende anlegg, slik at det kun er å kople til nytt utstyr når omleggingen skal skje.

Når slambehandlingen skal utføres vil være avhengig av hvilken løsning som velges. Ettersom eksisterende slamlagre forutsettes benyttes videre, vil det uansett kunne være mulig å kjøre bort fortykket slam i en periode, evt. at det avvannes med avvanningsbil.

I anleggsfasen vil det være en god del transport inn til anlegget. For å sikre at utrykning med brannbiler ikke blir hindret, bør plassen mellom brannstasjonen og renseanlegget utvides i sør-vest. Dette vil også kunne være nødvendig for uttransport av slamcontainere.

2.2 Alternativ B - Biologisk rensetrinn og avskilling i SBR

2.2.1 Beskrivelse og dimensjonering av prosessen

I Norge er SBR-systemet (sequential batch reactor/sekvensiell biologisk reaktor) ofte benyttet som prefabrikkert løsning til mindre renseanlegg. Et eksempel på et større renseanlegg med SBR i Norge er Grødaland på Jæren. Dersom man ser på verdensbasis er SBR for øvrig en mer populær prosess enn biologiske prosesser basert på biofilm slik som MBBR, og det finnes store anlegg blant annet i Sverige og Irland.



Figur 5: SBR-reaktor fra SBR-reaktor på Grødaland på Jæren. På det første bildet vises også luftesystemet i bunn samt dekanter-utakeren for renset avløpsvann.

I aktivslam anlegg vokser biomassen suspendert i vannet og netto biomassevekst fjernes normalt ved sedimentering. SBR baserer seg på aktivslam og skiller seg ut fra andre biologiske renseprosesser ved at samme reaktor benyttes både som biologisk rensing og til sedimentering av slam.

En SBR-prosess kan som øvrige biologiske prosesser designes for fjerning av organisk stoff, fosfor og nitrogenfjerning, alt avhengig av design og drift av prosessen. I dette alternativet er prosessen designet for fjerning av organisk stoff og biologisk fosforfjerning i lavbelastningsperioder, med supplerende dosering av fellingskjemikalier for fjerning av restfosfor samt fosforfjerning i høybelastningsperioder. Anlegget på Noresund er tenkt bygget opp med utjevningssjø og 3 reaktorer for å håndtere belastningen i 2025. Utjevningssjøen utformes likt som reaktorene slik at dette kan benyttes som en supplerende reaktor i 2035 (hvertfall i høysesongen). Bruk av denne som reaktoren vil påkrevne 4 timers syklustid med en times fylling slik at det alltid er en reaktor klar for fylling.

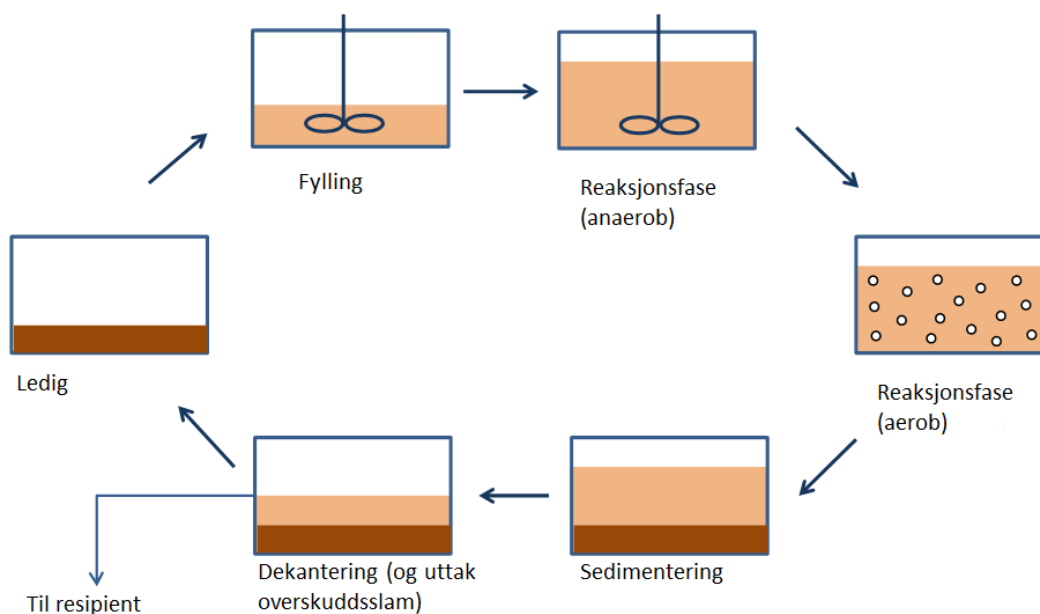
Prosessene foregår i sekvenser med vekselvis fylling, evt. en anaerob fase, lufting, sedimentering av slam, dekantering av renset avløpsvann og tømning av renset vann. Prinsippet med SBR er illustrert på figur 8.

SBR-tankene er enkle og hensiktsmessig å plassere utendørs som åpne eller lukkede tanker. Dette bidrar til å gjøre prosessen rimeligere på tross av at de krever en viss størrelse. Ved ombygging er disse likevel plassert i kjelleren grunnet tomtens begrensninger og ønske om et lavt bygg.

For å redusere volumet til SBR reaktorene, kan man ha et kompakt foravskillingstrinn, som eksempelvis siling, i forkant av prosessen. Dette vil redusere den organiske belastningen inn til det biologiske trinnet og dermed nødvendig oppholdstid i tankene. Det er midlertidig valgt å se bort fra foravskilling i alternativsanalysen.

SBR kan være svært velegnet ved bruk av eksisterende anlegg da supplerende tanker kan plasseres utenfor eksisterende bygg. Ved plassering på Noresund tas det utgangspunkt i isolerte tanker med

tak. Dette får å unngå problemer med frysing da det vil oppstå lavbelastningsperioder ved lave temperaturer.



Figur 6: Illustrasjon av en SBR-prosess

Nærmere beskrevet tilføres avløpsvannet kontinuerlig utjevningsbassenget fra forbehandlingen, mens de 3 reaksjonstankene tilføres avløpsvann etter tur. Fasene er som følger:

1. **Ledig.** Reaktoren har gjennomgått alle sykluser og er klar for mottak av nytt avløpsvann fra utjevningsbasseng.
2. **Fylling.** Avløpsvannet pumpes inn fra utjevningsbassenget. Ved ønske om biologisk fosforfjerning skjer innpumping uten samtidig lufting av reaktoren. Avløpsvannet holdes da i omrøring med en mekanisk omrører.
3. **Reaksjonsfase (anaerob).** Anlegget kan evt. driftes med en kortere anaerob fase med omrøring. Innføring av en slik fase favoriserer fosforakkumulerende bakterier og biologisk fosforreduksjon. For Noresund kan det være en fin løsning å drifte anlegget med biologisk fosforfjerning i lavbelastningsperioder og frem til full utnyttelse av kapasiteten, og at denne fasen utelukkes ved stor belastning i høysesongen.
4. **Reaksjonsfase (aerob).** I denne fasen stoppes den mekaniske omrøringen og hele bassenget luftes. Hoveddelen av omsetningen av det organiske materialet finner sted i denne fasen. Fellingskemikalier for utfelling av rest-fosfor, dvs. den fosforandelen som ikke allerede er bundet i det biologiske slammet, tilsettes mot slutten av fasen. Ved utelukkning av biologisk fosfor-fjerning (anaerob fase) må det tilsettes større mengder kjemikalie for å oppnå rensekravet mhp. fosfor.

5. **Sedimentering.** Både lufting og omrøring er stoppet i denne fasen, og slammet sedimenterer til bunn ved gravitasjon.
6. **Dekantering (og evt. uttak av overskuddsslam).** Renset avløpsvann tas ut. Dette kan med fordel gjøres ved en dekanteringsuttaker som følger klarfasen nedover etter hvert om slammet synker mot bunnen. Dermed kan dekanteringstiden inngå i sedimenteringstiden og syklustiden reduseres. Dette er forutsatt i dimensjoneringen ved Noresund. Ved behov vil overskuddsslam også tas ut i denne fasen og pumpes til gravitasjonsfortykkere/tynnsamlager før fortykkermaskiner. Tørrstoff-innholdet i slikt slam er typisk 1-1,5% TS (tilsvarende som actiflo) og fortykning er nødvendig.

De 3 reaktortankene vil til enhver tid vil være på ulike trinn i sine sykluser, og innløpsvann bufres i utjevningssammenheng inntil en ny tank er klar for mottak av avløpsvann.

Tilpassing til varierende belastning:

I lavbelastningsperioder kan anlegget driftes med en syklustid på 6-8 timer, med biologisk fosforfjerning. Det kan også være hensiktsmessig å ta en eller flere reaktorer ut av drift i lengre lavbelastningsperioder om sommeren. For å starte opp igjen reaktoren kan da overskuddsslammet fra øvrige reaktorer pumpes direkte inn i den tomme reaktoren istedenfor å gå til slambehandling.

I høybelastningsperioder kan syklustiden et godt stykke på vei tilpasses belastningen, ved å øke slamkonsentrasjonen i reaktoren (ta ut mindre overskuddsslam) og korte ned på lufteperioden samt lufte reaktorene i fyllingstiden. Det er også forutsatt at fosfor fjernes kjemisk og ikke biologisk ved stor belastning. I en slik situasjon kan syklustiden reduseres til 4 timer, og rensekravene er fortsatt forventet oppnådd, da anlegget normalt vil kunne rense betydelig bedre mhp. organisk belastning enn kravet. Kjemikalieforbruket vil for øvrig gå opp i en slik situasjon. Med dette er SBR en svært fleksibel løsning som kan tilpasses anleggets varierende tilførsel.

Biologisk fosforfjerning:

I en SBR-løsning som skissert her er biologisk fosforfjerning muliggjort i lavbelastningsperioder og evt. frem til anleggets kapasitet er mer benyttet mot slutten av perioden. Biologisk fosforfjerning er per i dag ikke et alternativ ved anvendelse av MBBR.

Fordelen med biologisk fosfor-fjerning er redusert bruk av fellingskjemikalier med påfølgende reduksjon i slamproduksjon. I tillegg vil slammets innhold av tungmetaller reduseres og fosforet er betydelig mer planteopptakelig ved videre bruk som gjødsel. Fosforinnholdet vil i slam etter biologisk fosforreduksjon normalt være 3-5 % av SS mot normalt 1-2 % i kjemisk felt slam. Dette vil derfor være en mer bærekraftig løsning da økonomisk drivverdige reserver av mineralsk fosfor er en begrenset resurs, og gjenvinning av fosfor i avløpsslammet trolig er nødvendig for å sikre nok fosfor til matproduksjon i fremtiden. Biologiske fosforfjerningen kan således ses på som et «grønt» alternativ til tradisjonell kjemisk felling.

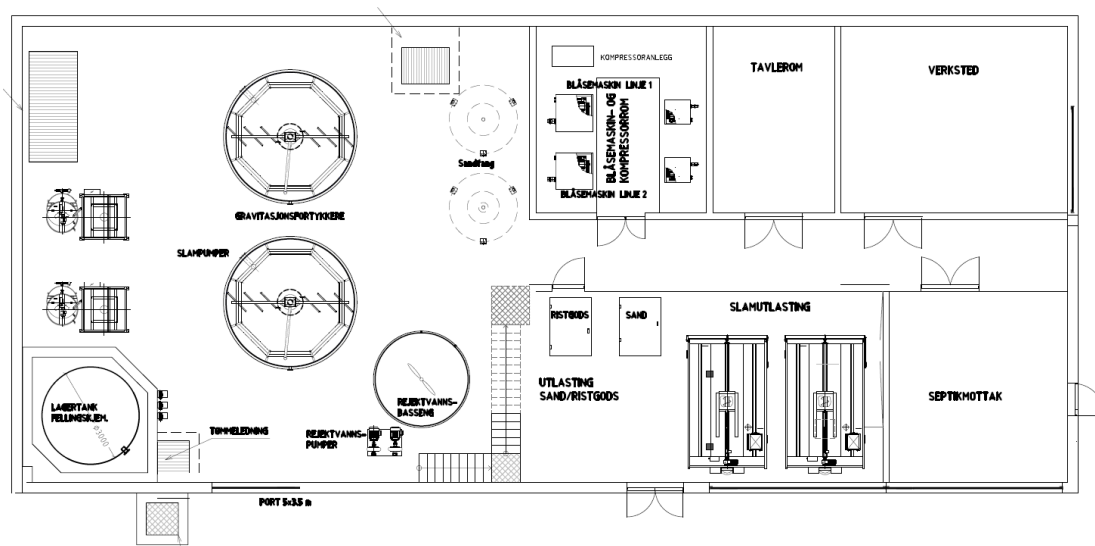
Dersom biologisk fosforreduksjon alene skal kunne håndtere rensekravet på 90 %, må C/P-forholdet i avløpsvannet være ca. 50. Dersom dette ikke er tilfelle kan man øke reduksjonen ved å tilsette en karbonkilde eller ved å supplere med felling. Et eksempel anlegg hvor dette fungerer godt er Vik renseanlegg på Jæren. Det antas at dette forholdet ikke er tilstrekkelig ved Noresund slik at det suppleres med lavere doser for simultanfelling også i lavbelastningsperiode.

Den biologiske fosfor-reduksjonen skjer ved at det introduseres en anaerob fase i prosessen som medfører favorisering av fosforakkumulerende bakterier. Disse bakteriene akkumulerer fosfor i den aerobe fasen, og frigir dette i den anaerobe fasen med energigevinst, noe som gir dem et konkurransefortrinn sammenliknet med «ordinære» aerobe bakterier.

Med vurdert belastning fra PN2 er det nødvendig med tre reaktorer med effektivt volum på ca. 400m³, samt en tilsvarende reaktor for utjevning. Dette er skissert som 4 tanker med en høyde på 5,5m og en diameter på ca. 10m. Utjevningstanken kan være noe mindre, men er skissert lik som de øvrige på dette planstadiet, for økt fleksibilitet og konservativ beregning. SBR- tankene kan med fordel graves delvis ned, uten at dette medfører pumping av avløpsvann til resipient. SBR-prosessen vil evt. dimensjoneres nærmere i et forprosjekt og noe endring av nødvendig volum kan forekomme.

2.2.2 Planløsning alternativ 1B- SBR på ny tomt

Arealene til forbehandling, slambehandling og kjemikalielagring etc. er tilnærmet likt. I tillegg kommer 3 SBR-tanker plassert på utsiden av eksisterende bygg. Skissert bygg inkluderer for,- og slambehandling og er skissert til 14,5*30m (440 m²).



Figur 7: Planløsning bygg ved SBR. Bygget er i prinsippet likt som ved alternativ A, men ekskludert vannbehandlingen (MBBR-tankene og Actiflo) da SBR-tankene er plassert utendørs. SBR-tankene og utjevningstanken er 4 tanker i 2025, med en utvendig høyde på 5,5m og en diameter på ca. 10m. Anlegget vil suppleres med en tilsvarende tank for å håndtere forventet belastning i år 2035.

Verketsedet kan evt. gjøres om til lab og WC dersom personalbygget plasseres et stykke unna. Da kan det være hensiktsmessig med et verksted i personalbygget. Evt. at septikmottaket gjøres om til verksted dersom det bestemmes at det ikke skal legges opp til dette.

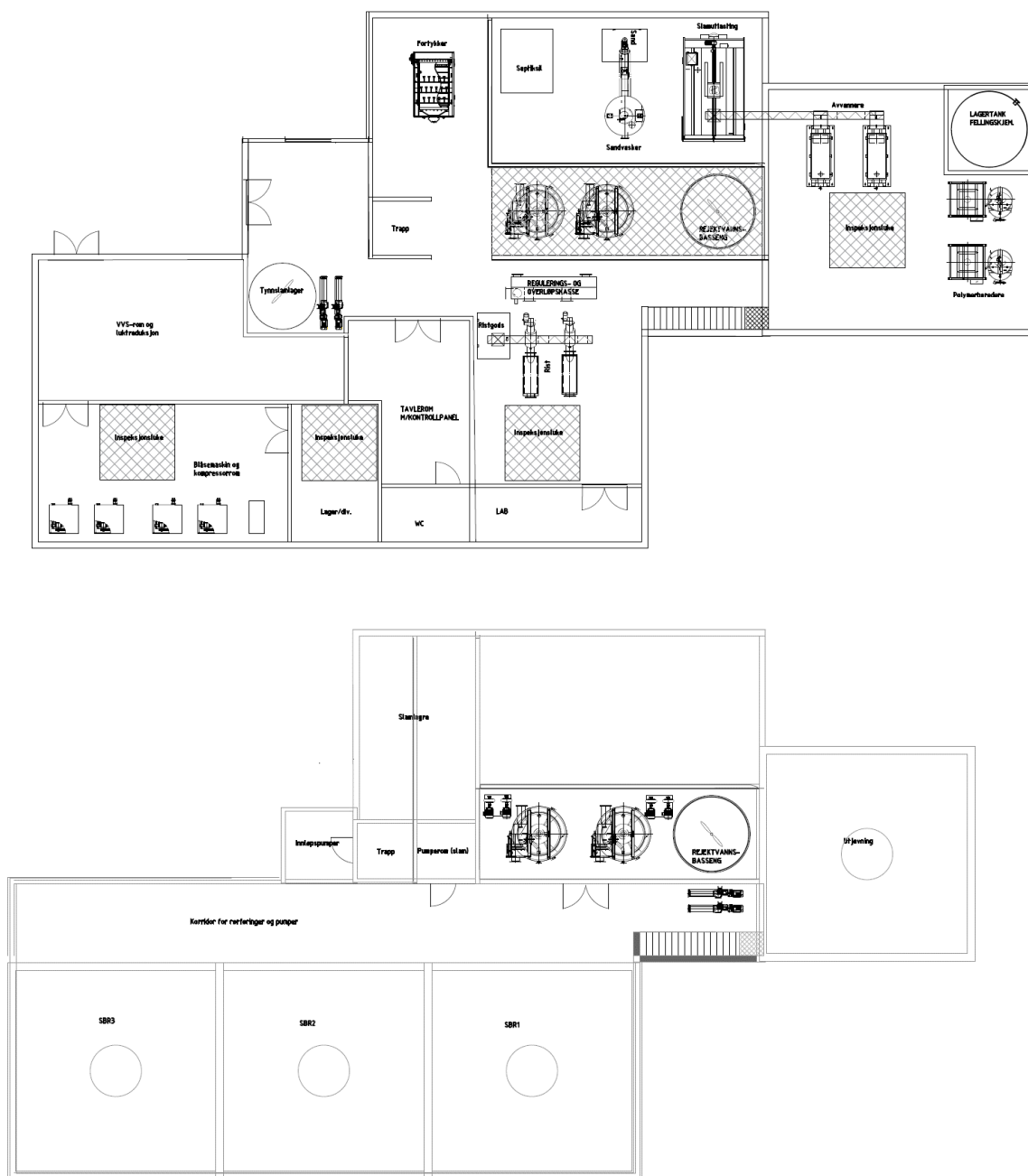
2.2.3 Planløsning alternativ 2B – SBR på eksisterende anlegg

For å vurdere arealbehov på ny tomt legges det til grunn at det må være plass til 3 stk. SBR-tanker, hver på ca. 250 m³ for 2025. I tillegg må det etableres buffertank på ca. 250 m³ som evt. kan benyttes som SBR-reaktor for belastning i 2035.

I dette alternativet bevares også kun underetasjen i eksisterende bygg. Bygget utvides på nordsiden mot fjorden med ny prosesshall med underetasje og 1. etg.. På vestsiden utvides med kjemikalierom og avannere. Dette for å unngå et bygg med 2. etasjer + kjeller.

Plaststøpte SBR-basseng plasseres nord for bygget, mot fjorden. Disse graves ned til samme nivå som bunn av sedimenteringsbassenget, med overbygg over. Mellom eksisterende bygg og tankene må det etableres en pumpekjeller/korridor for rørføringer. I 1. etg. over kjelleren etableres blås maskinrom og tavlerom etc. Dersom septikmottak utgår kan bygget forkortes på vestsiden da polymerberederne kan flyttes inn hvor septikmottaket er plassert i forslaget.

En planløsning er vist i figur 6. Alle ledninger i området må legges om. Omleggingen vil også være komplisert og tilgang med bil for evt. vedlikehold etc. vil være vanskelig.



Figur 6: Skissert planløsning ved SBR på eksisterende tomt (1 etg. over, kjeller under).

Det vil ikke være plass til ny personaldel på nordsiden av anlegget, slik som vist for MBBR-løsningen. Denne løsningen forutsetter dermed at personalbygg og verksted etableres et annet sted.

2.2.4 Drift i anleggsperioden

Eksisterende anlegg kan driftes som i dag mens tankene settes opp og påbyggene bygges. Drift på anlegget må da stanses når ytre rør legges om, når SBR-tankene kobles på og ved ombygging av innløpspumper, rist og sandfang (tilsvarende som alternativ 2A).

3 Grovt kostnadsoverslag

3.1 Investeringskostnader

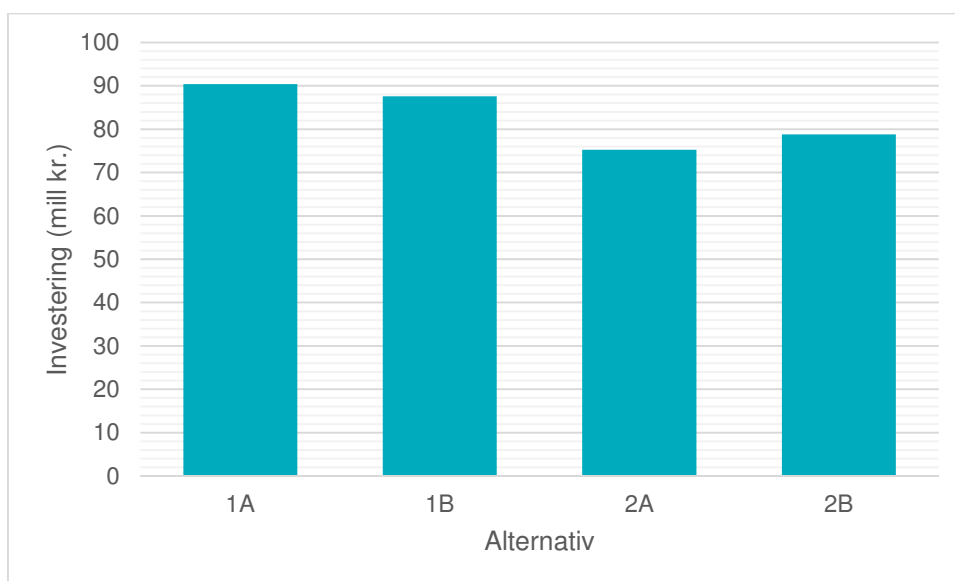
For å få frem kostnadsforskjeller i alternativene vurderes komponentene som skiller seg mellom dem. Dette gjøres både for alternativ 1 - Ny tomt og alternativ 2 – Eksisterende tomt. Prisene er delvis basert på innhentede priser fra andre anlegg supplert med tilbudspriser innhentet fra leverandører her. Kalkylen er ment for å ha et sammenligningsgrunnlag og ikke som en fullstendig kalkyle. Fullstendig kalkyle blir først utført i forprosjektet for valgte alternativ. Kalkylen er delvis oppdatert på bakgrunn av grundigere kalkyler utført i PN6.

Personalbygg er antatt likt på begge steder.

For VA er det antatt det rimeligste alternativet med sjøledning til Bjøre.

For ombyggingsalternativene er det lagt inn 5% tillegg for usikkerhet, samt 5% for byggeledelse/prosjektering, og 4% tillegg for rigg og drift. Dette er gjort for å inkludere noe av den merkostnaden som erfaringsmessig tilkommer ved ombyggingsprosjekt, og som er vanskelig å forutse på forhånd.

Gevinst av frigjøring av tomt i Noresund sentrum er ikke inkludert. Ei heller gevinst av et mer romslig anlegg som enklere kan la seg utbygge og trolig har lenger levetid enn et ombygget anlegg.



Figur 8: Investeringskostnader til alternativene. Dette er sammenligningskostnader og ikke en komplett kostnadskalkyle.

Nybygg er tilsynelatende dyrere i investering som følge av kostbare overføringsanlegg til ny plassering. Her er det ikke signifikant forskjell mellom alternativet med MBBR (1A) og SBR (1B). 1B er muligens litt rimeligere.

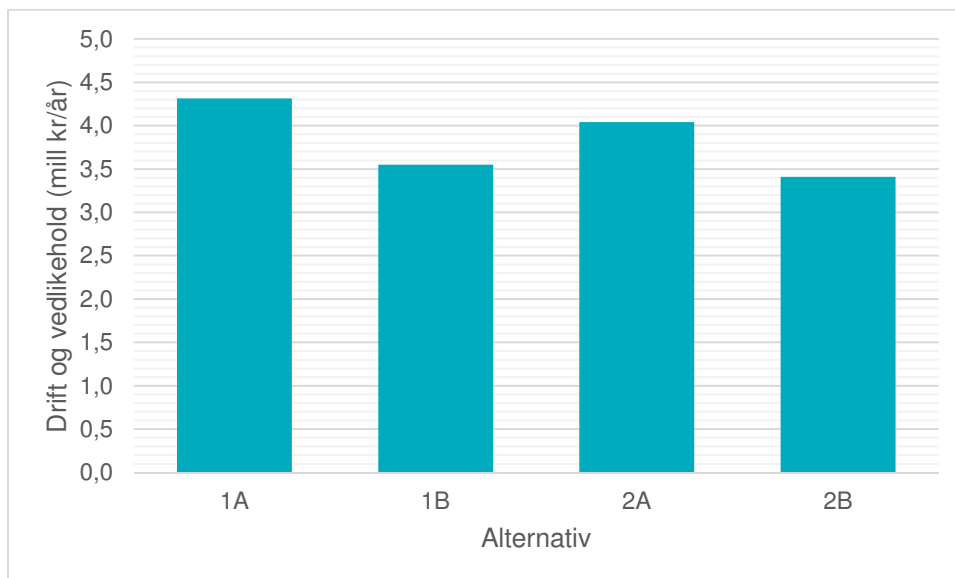
2A er trolig det rimeligste alternativet grunnet lave byggkostnader. Her det beregnet flotasjon og byggkostnadene vil stige noe ved Actiflo. Ombygging er potensielt noe rimeligere, men vil resultere i et noe mindre driftsvennlig anlegg og eldre bygningsmasser med økt vedlikehold og redusert levetid. Det er også trangere forhold for tilsyn og vedlikehold etc. enn i forslaget for nybygging.

3.2 Driftskostnader

Ut fra en antagelse om midlere tilknytning 1/3 av det dimensjonerende over året, er det gjort en vurdering av driftskostnader i år 2025. Dette er konservativt regnet.

Dette inkluderer bl.a. elektrisitet til oppvarming og prosess inkl. pumping og lufting av prosessene, forventet kjemikalie,- og polymerforbruk, forventet driftsbehov, forsikring, normalt vedlikehold etter noen år, slamdeponering etc.

Generelt forventes lavere kjemikalieforbruk i SBR'en da denne store deler av året driftes med biologisk fosforfjerning. Det vil også produseres mindre slam fra denne prosessen samt ha lavere energibehov til beluftning. Det er i tillegg forventet noe lavere driftskostnader knyttet til oppsyn av personell, da SBR er en enkel prosess å drifte. For plassering på ny tomt er kostnader knyttet til pumping til ny lokasjon inkludert.



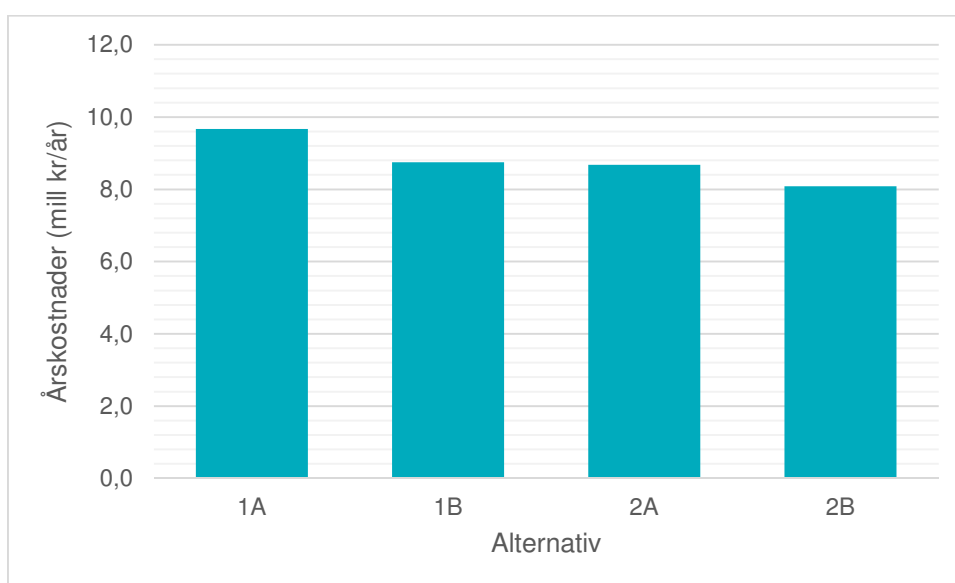
Figur 9: Basert på vurderingene fremkommer driftskostnadene for SBR noe lavere enn for MBBR og flotasjon (antatte driftskostnader i år 2025, men en midlere belastning på 1/3 av dimensjonerende PE)

Alternativ 2B (SBR eksisterende tomt) har trolig lavest driftskostnader etterfulgt av 1B (SBR ny tomt). Alternativene med MBBR er rimeligst på eksisterende tomt og dyrest på ny tomt.

3.3 Årskostnader

Basert på normal nedbetalingstid for ulike deler av investeringene, samt annuitetslån på 3% rente er årskostnadene vurdert for de ulike alternativene. Det er ikke signifikant forskjell i kostnadene her heller, men basert på analysen av de aktuelle alternativene kommer alternativ 1B (SBR på ny tomt) noe rimeligere ut enn alternativ 2A (MBBR/Actiflo eksisterende tomt). Alternativ 1A (MBBR/Actiflo på ny tomt) kommer dårligst ut.

Det er for øvrig krevende å inkludere merkostnad knyttet til vanskeligere byggeforhold og kompliserende prosjektering ved utvidelse av eksisterende anlegg.



Figur 10: Årskostnader knyttet til investerings,- og driftskostnader i de ulike alternativene

4 Konklusjon/alternativsvurdering

Videre vurdering av alternativene deles inn i underkategorier før en samlet vurdering.

4.1 Best mulig rensning

Begge prosessene vil håndtere avløpsvannet og rense dette tilnærmet likt.

Ny lokasjon vil imidlertid kunne medføre at noen flere husstander knyttes til, og således være et lite pluss.

4.2 Rimeligst mulig / mest ressurseffektiv rensing

Det er ikke signifikant differanse på årskostnadene til de ulike alternativene. Den reelle forskjellen kan vise seg å være både høyere og lavere, og vil vurderes grundigere i forprosjekt for valgte alternativ.

Alternativ 2B (ombygging med SBR) fremkommer imidlertid som noe rimeligere investeringskostnader og driftskostnader. På andre plass kommer 1B (SBR ny tomt). Kostnader for salg av tomten er ikke inkludert.

Alternativ 1B ansees på dette stadiet som mest ressurseffektivt.

4.3 Størst mulig fremtidssikring/fleksibilitet

For fremtidssikring gjelder sikring mot både strengere rensekrav og økt belastning.

Anlegget er dimensjonert for år 2035, men hva vil status på belastningen være i 2035? Erfaring fra en rekke andre anlegg viser at det er vanskelig å forutse situasjonen 20+ år frem i tid. Et nytt anlegg vil ha vesentlig bedre muligheter for videre drift enn et anlegg hvor deler av bygningsmassen alt er 50 år gammel. Nyanleggene vil også være enklere å utvide, det vil være enklere å skifte komponenter og tilpasse prosessene til fremtidige behov og evt. rensekrav.

For utvidelse med MBBR+Actiflo/flotasjon på eksisterende tomt er det lagt inn en usikkerhetsfaktor i kostnadsoverslaget, slik at usikkerhetsmomentet er ivaretatt så langt det lar seg gjøre på dette stadiet i prosjektet. Det er for øvrig en betydelig restusikkerhet som er vanskelig å kvantifisere.

Fosforkrav på 93% kan ved god drift og lite overløp oppnås ved begge prosessene. Dette er imidlertid litt vanskelig å forutse og det kan vise seg å bli behov for etterpolering i filter i begge prosessene, spesielt dersom det fremkommer krav til hygienisering av utløpsvannet. Således vil bygging på en ny tomt være fordelaktig da det er større mulighet for utvidelse.

SBR gir mulighet til biologisk fosforfjerning som er mer fremtidsrettet ettersom det *kan* kommer krav om gjenvinning av fosfor i løpet av anleggets levetid, og dette per i dag ikke er mulig med MBBR.

En utfordring med biologisk renseanlegg på Noresund er de store variasjonene i tilførsel fra turistnæring og at renseanlegg må fungere både i lav- og høysesong. En fordel med SBR-reaktorene er at det er flere små reaktorer med integrert omrører. Dette gir stor fleksibilitet i hvordan anlegget kan driftes og hvordan anlegget håndterer de store variasjonene i tilrenning. SBR som er basert på aktivslam vil også raskere kunne fremskaffe tilstrekkelig biomasse til å håndtere høysesongbelastningen enn en MBBR som er basert på biofilm.

Alternativ 1B ansees som mest fremtidsrettet og fleksibel.

4.4 Mest miljøvennlig/bærekraftig rensning

SBR-prosessen som har lavere energiforbruk, kjemikalieforbruk og slamproduksjon og kan ansees som noe mer bærekraftig løsning. SBR har også den fordel at den kan driftes med biologisk fosforfjerning i lavsesongen.

Gjenbruk av eksisterende anlegg kan imidlertid forsvares ved at dette er mindre ressurskrevende enn nybygg og ikke berører nye områder. Det er for øvrig kun betongbassengene som gjenbrukes videre.

Alternativ med 1B og 2B ansees som mest miljøvennlig.

4.5 Størst driftssikker

Bygging på ny tomt vil gi større driftssikkerhet som følge av dublering av fortykker og container og bedrede inspeksjonsmuligheter. Da SBR er en enklere prosess enn MBBR + Actiflo/flotasjon kan det også hevdes at denne er mer driftssikker.

Alternativ 1B ansees som mest driftssikker.

4.6 Best mulig arbeidsmiljø og driftsforhold

SBR-tankene ved nybygg vil være plassert utendørs hvilket utfra et driftsperspektiv kan ansees som en ulempe ved inspeksjon ol. sammenlignet med MBBR/Actiflo plassert inni selve bygningen. SBR på eksisterende tomt har tilgang via luker.

En rekke driftsmessige forhold vil være vesentlig bedre ved bygging av et nytt anlegg:

Oppfølging av kvaliteten på gammel bygningsmasse. Anlegget dimensjoneres for en lang levetid med belastning i 2035. Men frem til da vil det trolig være behov for å følge opp kvaliteten på eksisterende betongbasseng. Eksisterende bygg har en restverdi men etter hvert øker også risikoen med økende alder. I forbindelse med den planlagte utvidelse bør det gjøres tiltak for å begrense aldringen men tiltakene kan ikke reversere aldringen av konstruksjonene.

Betjeningsvennligheten og transportveier vil være vesentlig bedre i et nytt anlegg som følge av at det i det eksisterende anlegget er en rekke bygningsmessige og tomtlige begrensninger å forholde seg til.

Luktspredning. Ved et nybygg lenger unna tett bebyggelse vil faren for klager som følge av lukt ved mottak av septik ol. reduseres betraktelig.

Drift av anlegget i byggefasen. Utvidelse av eksisterende bygg har betydelig ulemper ved usikkerhet rundt ombygging og ulemper ved provisorisk drift av anlegget under byggefasen. Dette er foreløpig inkludert i kostnadsberegningene ved økte kostnader til byggeledelse og dyrere bygningskostnader og tilleggskostnader for usikkerhet knyttet til gjennomføringen. Dette punktet gjelder derfor selve gjennomføringen og restrisikoen. I alle prosjekter hvor eksisterende anlegg skal være i drift i byggefasen, er det erfaringsmessig en stor utfordring for alle involverte i prosessen, dette går på

koordinering mellom fagfelt, mellom bygging og drift, og mellom byggeplassadministrasjon og prosjektledelse (spesielt knyttet til fremdrift). Summen av disse utfordringene er en betydelig restrisiko som er vanskelig å kvantifisere.

Det vil ved ombygging av eksisterende anlegg måtte påregnes flere uker i lavsesongen med direkte utløp til resipient.

Ut fra et perspektiv om gode arbeidsforhold i anlegget og driftsmiljø kommer alternativ 1A og 1B best ut.

4.7 Oppsummering

Enkelt oppsummere tabellen under vurderingene gjort her. En slik vurdering vil for øvrig alltid være basert på en viss grad av skjønn og driftserfaringer som er tilgjengelig.

Tabell 1: Oppsummere tabellen under vurderingene gjort her.

Post	1A	1B	2A	2B
Best mulig rensning	+	+	+	+
Investeringskostnader	-	-	+	+
Driftskostnader	--	+	-	+
Årskostnader	--	+	+	++
Fremtidsrettet/fleksibelt	+	++	--	+
Miljøvennlig	-	+	+	+
Driftssikkerhet	-	++	--	+
Arbeidsforhold	++	+	-	-

Alle vurderte alternativ renser tilstrekkelig i forhold til eksisterende rensekrav.

Ut fra en vurdering av bærekraft, mulighet for fremtidig utvidelse og tilpasning til nye rensekrav, mulighet for fleksibel drift og driftssikkerhet er vårt skjønn at alternativ 1B - SBR på ny tomt er det beste alternativet. Dette bør imidlertid baseres på en diskusjon og vekting av ulike aspekt i kommunen.

Ut fra en økonomisk vurdering av årskostnader er det ikke signifikante forskjeller som fremkommer her. SBR på ny eksisterende tomt fremkommer imidlertid med noe rimeligere årskostnader i analysen utført her.

Det er ikke enkelt å vurdere ulempen ved utvidelse kontra den tilleggskostnaden nybygg representerer. Vår vurdering er likevel, delvis basert på erfaringer fra tilsvarende prosjekter hvor det er valgt å bygge videre på eksisterende anlegg, og delvis basert på de konkrete forholdene som gjelder i dette prosjektet, at det riktige valget også ut fra et økonomisk ståsted vil være å bygge et nytt renseanlegg som erstatning for det eksisterende.

Dette notatet vurderer kun MBBR+ Actiflo/flotasjon kontra SBR. Utfallet videre i forprosjektet vil være en representativ kostnad for et anlegg som vil tilfredsstille rensekravene og håndtere forventet belastning. Dersom det fremkommer krav om bedre hygienisk karakter i utløpet grunnet bruk av

resipient til jordbruksvanning, kan en MBR-prosess vise seg svært velegnet. Dette kan f.eks. plasseres som utendørs tanker med skivefilter i bunn, og dermed langt på vei ligne skissert SBR-løsning. Endelig valg av prosess vil således tas basert på innkomne tilbud med ytelsesgarantier i en evt. totalentreprise hvor det er åpent for andre prosessløsninger.

Utfra vår vurdering av løsningene anbefaler vi at kun alternativet med SBR på ny tomt bearbeides videre i forprosjektet. Alternativt kan også utvidelse med SBR på eksisterende tomt vurderes videre for en grundigere sammenligning av kostnader.

B02	2016-12-16	Revidert med nytt forslag for ombygging med SBR på eksisterende tomt og oppdaterte kostnadsestimat	RHFRE	EiBj	EiBj
B01	2016-11-16	For oppdragsgivers kommentar	IdEng, RHFre, EBjo	RHFre, EBjo	EBjo
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.