

JUNI 2022
MOVAR IKS

NYE FUGLEVIK RA

FORPROSJEKTRAPPORT



JUNI 2022
MOVAR IKS

NYE FUGLEVIK RA

FORPROSJEKTRAPPORT

OPPDRAGSNR.

A207440

DOKUMENTNR.

10-RAP-101

VERSJON

1

UTGIVELSESDATO

29.6.22

BESKRIVELSE

Forprosjektrapport nye
Fuglevik RA

UTARBEIDET

GWHP, ERJO
29.6.22

KONTROLLERT

HVKR, RIF
29.6.22

GODKJENT

HVKR
29.6.22

INNHOOLDSFORTEGNELSE

Sammendrag	5
Utvidet sammendrag	6
1 Innledning	16
2 Arbeidsprosess i forprosjektet	17
2.1 Forarbeid og prosessledning	17
2.2 Innovasjonsprosess	19
2.3 Forprosjektarbeider	23
3 Dimensjoneringsgrunnlag	25
3.1 Forutsetninger i utslippstillatelsen	25
3.2 Tilknytning og befolkningsvekst	25
3.3 Dagens belastning	26
3.4 Fremtidig belastning	27
4 Grunnlag for prosessvalg og anleggsutforming	30
4.1 Pilotforsøk og tidlige studier	30
4.2 Energiutnyttelse og energikilder	30
4.3 Slambehandling og -disponering	34
4.4 Screening LCA	37
4.5 HMS og SHA	39
4.6 BREEAM	40
4.7 Risikovurdering	44
4.8 Geotekniske vurderinger	48
5 Bærekraftskriterier for valg av prosess	51
6 Prosessløsninger	53
6.1 Vannbehandling Sekundærrensing	53
6.2 Vannbehandling Nitrogenfjerning	57
6.3 Slambehandling	62
7 Prosessdimensjonering	67
7.1 Forbehandling og primærrensing	67
7.2 Sekundærrensing med prosess S21	67
7.3 Nitrogenfjerning med prosess N15-B	68
7.4 Nitrogenfjerning med prosess N23	69
7.5 Prosessmodellering	71
7.6 Slambehandling	73

8	Anleggsutforming	76
8.1	Bygningsmessige utvidelser	76
8.2	Arkitektonisk utforming	78
8.3	Landskapsmessig utforming	83
8.4	Utvendig ledningsanlegg	85
9	Tekniske løsninger og kvalitetsnormer	88
9.1	Bygg	88
9.2	Maskin	90
9.3	VVS	90
9.4	El/auto	92
10	Prosjektgjennomføring	95
10.1	Entreprisemodell og anskaffelsesstrategi	95
10.2	Drift i byggefasen	96
10.3	Planarbeid	104
10.4	Fremdriftsplan	105
11	Organisasjon	107
11.1	Prosjektgjennomføring	107
11.2	Driftsfase	107
12	Kostnader	109
12.1	Basiskalkyle	109
12.2	Usikkerhetsanalyse	110
12.3	Årskostnader	111

VEDLEGG

Vedlegg 1 - Arkitektoniske illustrasjoner

Vedlegg 2 - Tegninger

Vedlegg 3 - Flytskjema

Sammendrag

MOVAR IKS har besluttet å legge ned Kambo renseanlegg og overføre avløpsvannet til Fuglevik. Ny utslippstillatelse gir krav om nitrogenfjerning, og samlet gjør dette at Fuglevik renseanlegg må utvides.

Gjennom forprosjektarbeidene har ikke rensekrav vært fastlagt, og løsningsforslag for både sekundærrensing og nitrogenfjerning er utarbeidet. Det er gjennomført grundige vurderinger og utarbeidet 33 prosjektnotater. Dette er grunnlag for videre valg av bærekraftige løsninger. Innovasjon har vært en viktig bærebjelke, med mål om at prosjektet skal utvikle sirkulære verdisystem som underbygger MOVARs strategi, som er forankret i FNs bærekraftsmål. Etterfølgende sammendrag tar utgangspunkt i utslippstillatelse som nå foreligger.

For å velge prosessløsninger, både vann- og slambehandling, er det utviklet et nytt evalueringsverktøy, *bærekraftsmatrisen*, som ivaretar MOVARs tredelte bunnlinje (Miljø – Samfunn - Økonomi) og strategi. Det er 21 kriterier for vannbehandling og 19 kriterier for slambehandling som er benyttet i evalueringen. Energiforbruk, kjemikalieforbruk, klimafotavtrykk og ressursgjenvinning (fosfor) er sammenlignet i en livssyklusanalyse, ved å bruke "Screening LCA" (LCA = Life Cycle Analysis).

Det er vurdert 27 ulike prosesskombinasjoner for rensing inkl nitrogenfjerning av avløpsvann. Det er de to mest bærekraftige nitrogenfjerningsløsninger som er forprosjektet og kostnadsbereget; i) Alt. N15B Den norskutviklede MBBR-teknologien (MBBR = Moving Bed Bio Reactor) etterfulgt av flotasjon, og ii) Alt N23: Bio-P og IFAS etterfulgt av membranavskilling i en MBR-konfigurasjon (Bio-P = Biologisk fosforfjerning, IFAS = Integrated Fixed film Activated Sludge, MBR = Membran Bio Reactor). Begge teknologier anses internasjonalt som "State of the Art" når det gjelder avløpsrensing.

For behandling av slam er 15 ulike prosesskombinasjoner vurdert. Basert på bærekraftsmatrisen er det konkludert at slambehandlingen baseres på THP (Thermal Hydrolysis Plant) og utråtning, med etterfølgende pyrolyse.

Øvrig rehabilitering for å møte kapasitetsøkning og for å imøtekomme krav til arbeidsmiljø og bærekraft her hensyntatt. Det kan omfatte blant annet; tilbygg- og ombygging av administrasjonsbygget, solcelleanlegg, nytt bygg for innløpsarrangement, nytt septik- og tørrslammottak og ny forseparasjon (primærsiler). Utbyggingen av renseanlegget med ny slambehandling vil medføre en utbygging betydelig utbygging, spesielt øst for eksisterende bassenghall.

Investerings- og driftskostnad med tilhørende årskostnad er angitt i tabell nedenfor.

Investering (MNOK)			Årskostnader (MNOK)		
	N23	N15B	N23	N15B	
Basiskonstnad	1 537	1 271		78	65
Forventet sluttkostnad (P50)	1 491	1 265		49	48
Kostnadsramme (P85)	1 694	1 423	Sum Årskostnad	127	113

Utvidet sammendrag

MOVAR IKS har besluttet å legge ned Kambo renseanlegg og overføre avløpsvannet til Fuglevik for behandling der. I tillegg har man fått ny utslippstillatelse, og samlet gjør dette at Fuglevik renseanlegg må utvides. Dette dokumentet oppsummerer det arbeidet som er utført i forbindelse med forprosjektet for Nye Fuglevik RA.

Gjennom forprosjektarbeidene har ikke rensekrav vært fastlagt, og løsningsforslag for både sekundærrensing og nitrogenfjerning er utarbeidet. Etter at forprosjektarbeidene var avsluttet forelå endelig avgjørelse fra Miljødirektoratet: Nye Fuglevik RA skal tilfredsstillere krav om nitrogenrensing. Et anlegg med nitrogenfjerning krever langt større bygningsmasse og har et langt høyere energiforbruk enn et anlegg med sekundærrensing. Det gir i effekt at MOVAR vil få større utfordringer knyttet til å redusere klimagassutslippene sine, samt at anlegget vil bli langt mer kostbart å bygge og drifte.

Når MOVAR nå bygger om anlegget for å ivareta både den kapasitetsmessige utvidelsen, samt de prosessmessige forandringene, har man vært opptatt av å bygge et robust og fremtidsrettet anlegg. Det er gjennomført flere utredninger og pilottester for å vurdere nye teknologier, og det er gjort grundige undersøkelser og vurderinger når valg av løsninger er tatt. Det er produsert nærmere 30 prosjektnotater hvor mange av dem er knyttet til valg av bærekraftige løsninger for det nye anlegget.

MOVAR's målsetninger med anlegget er definert ved at man ønsker:

- i) Et fremtidsrettet anlegg, som når man ser tilbake om 15-20 år, viser at det ble tatt gode valg
- ii) En god og trygg arbeidsplass for de ansatte som skal drifte anlegget
- iii) Et robust anlegg, som er enkelt å drifte
- iv) Et energieffektivt anlegg
- iv) Prestasjoner som strekker seg utover minimumskravene
- v) Et anlegg som gir noe tilbake til innbyggerne, mer enn rene badestrender og lite luktulempere
- vi) Mye igjen for pengene dvs. at det investeres innenfor forsvarlige rammer, og at man oppnår en god driftsøkonomi og stordriftsfordeler
- vii) Et anlegg som håndterer slam og avfallsfraksjoner godt slik at ressurser kan utnyttes med en sirkulærøkonomisk tilnærming

Det er gjennomført en innovasjonsprosess fortrinnsvis for å utrede mulighetene for innovasjon på områder som er åpne for løsningsalternativer; eksisterende og fremvoksende teknologi, prosjektets evne til å overprestere på FNs bærekraftsmål, samt prosjektets og MOVARs rolle i storsamfunnet og lokalsamfunnet. Innovasjonsprosessen identifiserte 5 stjerneverdier som har vært styrende for de øvrige arbeidsprosessene; i) Prosjektet skal utvikle sirkulære verdisystemer for (rest)ressurser slik som slam, hvor man søker å overprestere i å identifisere og integrere ressurser inn i sirkulære sløyfer som i sin tur underbygger FNs bærekraftsmål, ii) Prosjektet skal bidra til å gjøre både feltet (avløpsrensing) generelt og MOVAR spesielt til en attraktiv arbeidsplass og

karrierevei med godt arbeidsmiljø og utviklingsmuligheter for medarbeidere, iii) Prosjektet skal "gi noe tilbake" (bonusverdi), ved at det skal utløse positive sideeffekter / sideprosjekt(er) som gir noe tilbake, lokalt/nasjonalt/globalt og også i lys av FNs bærekraftsmål, iv) Løsningene som velges skal være fremtidsrettede og smidige, og planlagt for å kunne adoptere nye løsninger og teknologi.

Løsninger vurdert og valgt med tanke på sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) i både byggefase og drift- og vedlikeholdsfasen. Det er MOVARs målsetning at prosjektet skal gjennomføres uten skader under byggearbeidene. Forskrift om arbeidslokaler (Arbeidsplassforskriften) og Forskrift om utførelse av arbeid gir føringer og premisser knyttet til etablering og opprettholdelse av et godt arbeidsmiljø. I prosjekteringsfasen skal krav gitt i forskriftene følges opp og dokumenteres for å sikre et godt arbeidsmiljø i ferdig anlegg. For HMS- risiko som ikke lar seg prosjektere bort, vil det være arbeidsgiver (MOVAR) som må håndtere dette gjennom prosedyrer, rutiner, opplæring eller tilsvarende, og vil inngå i MOVARs systematiske HMS-arbeid i henhold til Internkontrollforskriften.

Ulike energikilder og hvordan disse kan utnyttes i best mulig grad er evaluert, hvor energiutnyttelse er vurdert i sammenheng med energibehov for ulike renseløsninger og slambehandlingsmetoder. Energivurderingene omfatter både sekundærrensing og N-fjerning, og de ulike slambehandlingsmetodene som er vurdert er anaerob stabilisering (utråtning), termisk hydrolyse (THP), pyrolyse og kombinasjoner av disse. Utråtning av slam produserer biogass som er en god kilde til både termisk og elektrisk energi. To alternative pyrolysekonsepter; autotermisk pyrolyse (ATP) og gassifisering, gir ulike energibalanser, hvor ATP gir store overskudd av termisk energi, mens gassifisering muliggjør høyere andel elektrisk energi. Som grunnlag for beslutning om slambehandlingsteknologi er det utarbeidet energibalanser. Energibalansene viser at man ved å velge ATP kombinert med THP og utråtning av slam for biogassproduksjon, vil gi betydelig termisk overskudd hvor man kan eksportere termisk energi i deler av året. Prosesskombinasjonen gir imidlertid betydelige underskudd mhp. elektrisk energi dersom Fuglevik RA får krav om nitrogenfjerning. Bruk av gassifisering kombinert med THP og biogassproduksjon vil på den annen side gi et anlegg som er nærmest energinøytralt mht. elektrisk energi dersom man får nitrogenrensekraft, men da med stort behov for termisk energi. Slik termisk energi kan imidlertid suppleres med bruk av f.eks. varmpumpe basert på rensed avløpsvann som energikilde. Ved sekundærrensing vil det bli et betydelig elektrisk overskudd ved gassifisering, og dette kunne vært benyttet i en elkjele for produksjon av termisk energi slik at anlegget også vil kunne være energinøytralt mhp. varme.

En mulig løsning mhp. et varmeoverskudd er å bruke varme fra Fuglevik RA til å forsyne nærliggende drivhus. Denne løsningen vil kun kunne kombineres med ATP konseptet, da øvrige løsninger ikke vil ha store nok termiske overskudd. Et slikt tiltak vil være svært "grønt" og svarer meget godt på MOVARs ambisjoner i forhold til sirkulærøkonomi hvor overskuddsvarme fra Fuglevik RA vil erstatte bruk av fossil energi i drivhusene. Drivhusene kan potensielt samtidig få dekket

sitt behov for CO₂¹ ved at man også overfører utløp fra røykgassrensaneanlegget dit. Hvorvidt det er mulig å gjennomføre dette må imidlertid utredes nærmere, og det planlegges i første omgang å søke offentlige støtteordninger via Enova for nærmere utredninger.

Energikilder som er uavhengig av prosessvalg har også blitt evaluert, hvor solenergi, bergvarme og vindkraft kunne være aktuelle løsninger. Bergvarme og vindkraft anses ikke som særlig aktuelle for nye Fuglevik RA. Solenergi er imidlertid aktuelt for å produsere elektrisk energi, og det planlegges å plassere solcellepaneler på taket av rensaneanlegget. Effekten som kan høstes vil være avhengig av renseteknologi som velges og hva slags renseskrav man får. For et sekundærrensaneanlegg er det estimert ca. 550 MWh/år i el. energi fra solcellepaneler, mens det for anlegg med større bygningsflate som følge av N-fjerning vil kunne produseres ca. 700 – 1000 MWh/år.

Energilagring er vurdert for både elektrisk- og termisk energi. Begrepet energilagring handler i denne sammenheng om å lagre billig energi, for så å benytte seg av energien når prisen er høyere. Dette kan være aktuelt for elektrisk energi, hvor man kan lagre energi (både egenprodusert og kjøpt) i en batteribank hvor strømmen benyttes i tider på døgnet hvor strømprisen er høy. I den videre prosjekteringen anbefales det at dette inngår som et bærekraftstiltak som samtidig vil kunne redusere MOVAR sine kostnader. Lagring av termisk energi, for utjevning av effekttopper under et døgn, kan skje i en sjiktet akkumulatortank som også anbefales vurdert i videre prosjektering.

Utover utnyttelse av energi i en sirkulærøkonomisk sammenheng er temaet for Fuglevik RA sterkt knyttet til utnyttelse av restprodukt (i dag slam) og eventuelt gjenvinning av næringsstoffer (fosfor). Dagens praksis med disponering av slam i landbruket er truet, og MOVAR må forberede seg på at dette både vil bli mer kostbart og vanskeligere å organisere. Nye forskrifter for bruk av gjødselvarer har lenge vært under utredning, men er dessverre fortsatt ikke kommet til effektivering. Signaler fra aktuelle departementer er imidlertid relativt entydige og peker imot innstramminger i forhold til spredning av miljøgifter og fosfor. For fosfor kan det se ut som man i effekt vil ha behov for dobbelt så stort spredeareal, noe som vil gi effekt på økonomi og administrasjon ved at det blir vanskeligere å finne tilgjengelig areal. At andre aktører også etablerer seg i det samme "markedet" bidrar heller ikke i positiv retning for MOVARs avsetningsmuligheter. En annen utfordring for Fuglevik RA er at konsentrasjon av PFOS+PFOA i slam er over foreslåtte grenseverdier, og dette kan føre til at slammet fra anlegget ikke kan benyttes som gjødselvarer i fremtiden. Dersom man ikke klarer å fjerne PFOS+PFOA i slam eller i tilført avløpsvann ved kilden, kan anlegget få utfordringer med disponeringen både i landbruk og i grøntanlegg.

Ved gjenvinning av fosfor, vil utkrystallisering av fosfor som struvitt eller amorf kalsiumfosfat være aktuelle løsninger og kan gi en verdifull ressursutvinning av slammet. Kontrollert fosforutfelling vil være nødvendig dersom man går for biologisk fosforfjerning som vannrensprosess. Biologisk fosforfjerning i

¹ Behov for CO₂ kommer av fotosyntesen som er grunnprosessen i alle planters vekst og omdanner CO₂ og vann til biomasse (planter) og oksygen.

vannbehandlingen er også langt mer bærekraftig enn fortsatt bruk av kjemisk felling (som er dagens praksis), da det medfører langt lavere klimagassutslipp knyttet til produksjon av fellingskjemikalier.

Prosjektet planlegger for miljøsertifisering av bygningsmassen, og det planlegges å bruke miljøsertifiseringsordningen BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method). Dette er verdens ledende miljøsertifiseringsordning for bygg. BREEAM-NOR er en norsk tilpasning og den mest utbredte ordningen her i landet. Sertifiseringen gjennomføres ved å dokumentere kriterier i BREEAM-NOR manualen innenfor kategoriene: ledelse, inneklima, energi, transport, vann, materialer, avfall, forurensning samt arealbruk og økologi. For hver kategori og deres underliggende emner som velges til å være en del av prosjektets kvaliteter, utdeles det poeng dersom man dokumenterer kvalitetene. Den totale poengsummen i hvert emne og vektning av kategorien gir til slutt en endelig prosentandel, som igjen bestemmer hvilket sertifiseringsnivå prosjektet havner på. Prosjektet ender med et bygg der miljøkvaliteter er godt dokumentert. Prosjektet får god implementering av bærekraft på alle fagområder og svarer ut MOVARs mål rundt bærekraft og viser at bedriften tar miljøarbeid på alvor. Prosjektets ambisjon er å oppnå minimum sertifiseringsnivå Very Good. Det vil si at prosjektet må ha en poengoppnåelse tilsvarende 55% eller bedre. Det er gjennomført en pre-analyse i forprosjekt for å vurdere hvilke poeng som er mulig å oppnå på Fuglevik RA og denne viser at foreløpig poengoppnåelse tilsvarer 67,7%. Dette anses som en god margin for å kunne oppnå Very Good ved sertifisering etter oppføring.

For å velge prosessløsninger, både vann- og slambehandling, er det utviklet et nytt evalueringsverktøy (heretter kalt bærekraftsmatrisen) som ivaretar både MOVARs tredelte bunnlinje og FN's bærekraftsmål. Bærekraftsmatrisen består av 21 og 19 ulike kriterier for henholdsvis vannbehandling og slambehandling. Ett kriterium er knyttet til økonomi, 5 er tilknyttet samfunn og 15/13 kriterier er tilknyttet miljø for henholdsvis vann- eller slambehandling. I bærekraftsmatrisen inngår FN's bærekraftsmål nr 6, 8, 9, 11, 12, 13 og 17. Alle de 21 eller 19 kriteriene er vektet ut ifra hvilken relevans de har til de utvalgte FN's bærekraftsmål. MOVARs tredelte bunnlinje består av Økonomi, Samfunn og Miljø, og i bærekraftsmatrisen er det vektet med henholdsvis 30, 10 og 60 poeng.

For kriteriene energiforbruk, kjemikalieforbruk, klimafotavtrykk og ressursgjenvinning (fosfor) er ulike teknologier sammenlignet i en livssyklusanalyse, ved å bruke en såkalt "Screening LCA" (LCA = Life Cycle Analysis). I denne screening LCA-en fant man at de mest betydningsfulle bidragene til klimagassutslipp er utslipp av gassene metan (CH₄) og lystgass (N₂O), samt bruk av kjemikalier (PAX, metanol, oksalsyre).

Det finnes et utall prosessløsninger for behandling av avløpsvann. I prosessen med å finne den mest optimale løsningen for Nye Fuglevik RA begynte man først meget bredt hvor man helt innledningsvis utelukket de minst aktuelle alternativene. Deretter gjennomførte man en grovsortering blant 31 prosesskombinasjoner for sekundærrensing og 27 for nitrogenfjerning.

For sekundærrensingsprosessene viste grovsorteringen av anlegg basert på MBBR-teknologi² scoret klart høyest og var i en klasse for seg. I tillegg til 6 prosesskombinasjoner basert på MBBR, valgte man å også inkludere HIAS-løsningen samt en løsning basert på CFIC®-teknologi³. De 8 prosesskombinasjonene ble så grovdimensjonert slik at man kunne benytte bærekraftsmatrisen for evaluering og valg av løsning. Basert på grovdimensjoneringen ble det gjennomført grove kostnadsestimeringer for å finne drifts- og investeringskostnader, og for å gjennomføre screening-LCA. Evalueringen resulterte i at for sekundærrensing vil den mest bærekraftige løsningen være prosesskombinasjon med kode S21, som består av forseparasjon med primærsiler, MBBR, kjemisk felling og flotasjon.

Grovsorteringen for nitrogenrensing ga et noe mer diversifisert svar enn for sekundærrensing. Også her var det dominerende innslag av MBBR løsninger, hvor 3 av totalt 7 løsninger som ble valgt for mer inngående vurdering var basert på denne teknologien. To andre løsninger som ble vurdert aktuelle nok for videre evaluering var basert på SBR⁴ med granulært slam og IFAS⁵ m/biologisk fosforfjerning (bio-P) som de biologiske grunnprosessene. De to siste aktuelle prosesskombinasjonene var MBR⁶ anlegg, hvor den ene kombinerte med aktivslam og den andre med IFAS m/bio-P i de biologiske trinnene. Etter tilsvarende evaluering basert på bærekraftsmatrisen resulterte i at MBR løsningene kom best ut, hvor MBR med IFAS kom marginalt bedre ut enn MBR kombinert med aktivslam. En løsning som kom tett på disse var en MBBR løsning hvor man kunne bygge videre på vinnerløsningen for sekundærrensing.

Siden krav til rensing var uavklart på dette tidspunktet ble det besluttet å forprosjekttere to alternativer knyttet til nitrogenfjerning, i tillegg til en løsning for sekundærrensing. Den ene nitrogenfjerningsprosessen var basert på MBR (kode N23), hvor prosesskombinasjonen er: Primærsiling – Bio-P - Fordenitrifisering – IFAS – Membraner. Det ble også besluttet å gå videre med den løsningen som kan kombineres med sekundærrenseløsningen, dvs. et MBBR anlegg (kode N15B) og prosesskombinasjonen for dette alternativet er: Primærsiling – Fordenitrifisering – Nitrifisering – Etterdenitrifisering m/ekstern karbonkilde – Kjemisk felling – Flotasjon.

Som for vannbehandling er det også svært mange aktuelle prosesskombinasjoner for behandling av slam, med 15 opprinnelige alternativer. Etter en grovsortering ble dette redusert til 7 alternativer (hvor igjen to løsninger hadde varianter med ulikt prinsipp for pyrolyse). Basert på

² MBBR = Moving Bed Bio Reactor. Norskutviklet teknologi basert på at biofilmen sitter på bevegelige biofilmbærere.

³ CFIC = Continuous Flow Intermittent Cleaning. Norskutviklet teknologi basert på kontinuerlig rensing med periodisk slamfjerning.

⁴ SBR = Sequencing Batch Reactor. Aktivslamteknologi hvor alle rensesprosesser skjer sekvensielt i samme reaktor.

⁵ IFAS = Integrated Fixed film Activated Sludge. En prosess som kombinerer MBBR teknologi og aktivslam teknologi.

⁶ MBR = Membran Bio Reaktor. En prosessløsning som forutsetter bruk av membraner for sluttseparasjon.

bærekraftsmatrisen ble det konkludert at MOVAR bør bygge ut slambehandlingen med THP og utråtning, med etterfølgende pyrolyse. Pyrolysekonsept er ikke besluttet og kan bli både ATP og gassifisering, hvor eventuelt ekstern utnyttelse av termisk energi kan bli utslagsgivende for endelig valg. Med en slik prosesskombinasjon vil MOVAR ha den beste sikkerhet i forhold til å tilfredsstille gjødselvareforskriftens krav mht. hygienisering av slam. Både THP og pyrolyse bidrar hver for seg for ytterligere utnyttelse av slammet som ressurs, da prosesskombinasjonen bidrar til maksimal utnyttelse av energien i slammet og gir lavest mengde restprodukt. I tillegg vil biokull fra pyrolyse bidra til karbonlagring og hjelper MOVAR med å redusere klimagassutslippene.

Dagens tilknytning til Kambo RA og Fuglevik RA fra kommunene Moss, Vestby og Våler er benyttet som grunnlag for beregninger for kapasitetsutvidelse. I tillegg er det tatt høyde for at både Svinndal RA i Våler og Hestevold RA i Råde legges ned og overføres til Nye Fuglevik RA. Forventet vekst i Våler er oppgitt av kommunen til å være 45 % frem mot 2056, noe som vil gjelde for dagens tilknytning og Svinndal RA. For Moss, Vestby (områdene Son og Brevik) og Råde er det lagt til grunn 1% vekst pr år, noe som gir 42% vekst frem til 2056. Basert på dagens belastninger til de eksisterende anleggene, og framskriving av belastninger vil dimensjonerende vannmengder i år 2056 være $Q_{dim} = 1380 \text{ m}^3/\text{h}$ og $Q_{maksdim} = 2340 \text{ m}^3/\text{h}$, hvor Q_{dim} er definert som den maksimale timetilrenning som overskrides i 50 % av årets døgn (medianverdi) og $Q_{maksdim}$ er definert som den største timetilrenning som skal kunne behandles i alle trinn i renseanlegget. I tillegg skal forbehandlingsprosesser (innløpsrister og sand-/fettfang) kunne behandle en vannmengde (Q_{maks}) tilsvarende $4210 \text{ m}^3/\text{h}$. Dimensjonerende stoffbelastninger (90-persentil) til innløpet på Nye Fuglevik RA er: 16660 kg KOF/d, 7430 kg BOF₅/d, 9360 kg SS/d, 1320 kg Tot-N/d og 163 kg Tot-P/d.

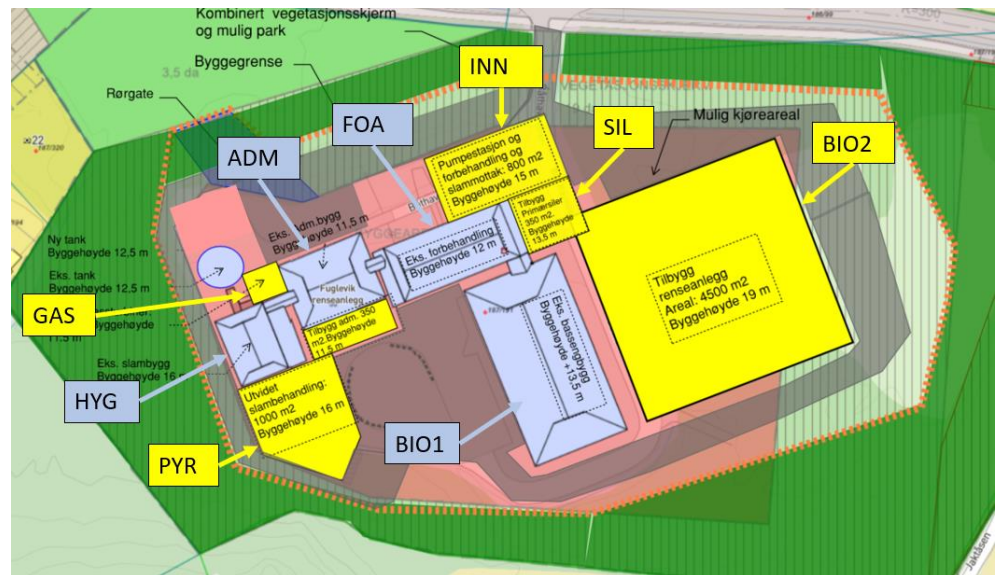
Metodikken beskrevet ovenfor (bærekraftsmatrisen) er benyttet for valg av prosessløsninger knyttet utslippskravene, dvs. fjerning av organisk stoff, fosfor og eventuelt nitrogen, samt for valg av slambehandlingsmetode. På et avløpsrenseanlegg inngår også andre løsninger som er nødvendige av forskjellige årsaker. Av kapasitetsmessige hensyn er det besluttet at: Det bygges ny innløpspumpestasjon med skruepumper (Arkimedes skruer) og nye innløpsrister og eksisterende sand- og fettfang bygges om. Disse enhetene bygges i nytt tilbygg nord for eksisterende forbehandlingsbygg. Dette tilbygget vil også inneholde følgende prosessrelaterte installasjoner: Utjevningsmagasin for avløpsvann som pumpes fra Kambo RA, nytt septikmottak, mottak av avvannet slam fra Hestevold, samt sand- og ristgodsutlasting. Det nye bygget vil bygges i flere etasjer med en grunnflate på ca. 880 m².

Eksisterende sedimenteringshall utnyttes til ulike prosesstrinn i alle alternativer, avhengig av prosesskombinasjon. For sekundærrensealternativet (S21) vil både biologiske reaktorer, kjemisk felling og sluttseparasjon i flotasjon få plass i eksisterende bygning. Det kreves imidlertid ulike støttefunksjoner, som bygges i et nytt tilbygg øst for eksisterende sedimenteringshall. Siden det er overveiende sannsynlig at ved et slikt alternativ må man forberede dette for senere krav om nitrogenfjerning er det forutsatt at bygg for støttefunksjoner utformes likt for alternativene sekundærrensing (S21) og det komplementære alternativet for

nitrogenrensning (N15B). Bygg for støttefunksjoner i disse alternativene vil oppføres i 2 etasjer og ha en grunnflate på i overkant av 900 m².

Den nitrogenfjerningsløsningen som bygger videre på sekundærrensing bygges til bygget for støttefunksjoner, og vil inneholde kun biologiske reaktorer. Allerede eksisterende sekundærrensaneanlegg som er plassert i dagens sedimenteringshall vil bestå mht. reaktorutforming, men noe innvendig prosessmessig tilpasning vil bli nødvendig. F.eks. vil første reaktor bli gjort om fra å være luftet til å bli ikke luftet og omrøring vil skje mekanisk med omrører. Nytt bygg for biotrikk og støttefunksjoner vil i dette alternativet ha en grunnflate på nærmere 2900 m². Prosesskombinasjonen basert på MBR teknologi vil ha noe større grunnflate, delvis på grunn av at støttefunksjonene i dette alternativet bygges i én etasje. Dette alternativet vil ha en grunnflate for bioreaktorer og støttefunksjoner på ca. 4800 m².

Som det kommer frem av beskrivelser ovenfor, vil Nye Fuglevik RA bygges ut i alle retninger, hovedsakelig av følgende årsaker: i) Nye rensekraftige løsninger, ii) Økt kapasitet for forbehandlingen, iii) Mottak av septik, iv) Mottak av eksterntslam, v) Utvidelse av administrasjonsbygget for bedret arbeidsmiljø og vi) Utvidelser i slambehandling for å legge til rette for bærekraftige løsninger og ressursgjenvinning. I figuren nedenfor vises både eksisterende (blå) og nye (gule) bygningsdeler. For å gjøre kommunikasjonen enkel i prosjektgjennomføringen er hovedbygningssdeler gitt "tre-bokstavsnavn", som gjenspeiler hvilke funksjoner den enkelte bygningen skal inneholde.



Det er utført geotekniske undersøkelser i anleggsområdet. Disse viser varierende dybder til fjell, med mye kvikkleire. Grunnen kan ikke klassifiseres som annet enn dårlig, og det må omfattende fundamenteringsarbeider til. Hele byggeområdet må kalkstabiliseres, byggegropen må spundes og alle bygg må pæles til fjell.

Det er mange risikoer i forbindelse med gjennomføring av et prosjekt som dette; Økonomi, fremdrift, prosjekteringsrelaterte saker, byggesak, reguleringsplan,

andre byråkratiske risiki, drift av anlegg og utslipp i byggeperioden, overholdelse av renskrav, grunnforhold, forminner, lukt, støy, osv. Det er gjennomført en risikokartlegging og -vurdering i forprosjektet som omfatter risikoelementer for prosjektet og således de samme for både byggherre og de impliserte rådgivere og utførende. Hensikten med risikovurderingen har vært å identifisere og analysere forhold som kan medføre forsinkelser, økte kostnader, redusert kvalitet/ytelse i prosjektet og omfatter i tillegg omdømmesensitive saker og eventuelle konsekvenser for miljø. Vurderingen omfatter både prosjekterings- og byggefase, og omfatter totalt 76 hendelser, hvor 12 av disse vurderes som kritiske og følges tett opp.

Værne Kloster-området er et av 9 områder med nasjonal kulturhistorisk landskapsverdi i Østfold. Fra øst til vest strekker landskapsvernområdet seg fra Vansjø og E6/Rygge flyplass i øst frem til Oslofjorden i vest der bolig- og fritidsbebyggelsen i Fuglevik samt Fuglevik RA ligger. Det råder noe usikkerhet om hvorvidt Fuglevik RA er utenfor vernesonen eller ikke. Anlegget ligger uansett i et område der ethvert inngrep må vurderes nøye opp mot verneinteressen. Ved utvidelse av anlegget har det fra MOVAR sin side vært et sterkt ønske om å tilpasse bygningsmassen til det lokale landskapet som rommelig og estetisk opplevelse, noe som også er i tråd med intensjoner i landskapsvernet. Videre har MOVAR en tydelig ambisjon om innovasjon i prosjektet herunder å synliggjøre virksomheten. Det vil si både som en attraktiv karrierevei i VA-bransjen men ikke minst hvilke positive effekter virksomheten tilfører samfunnet. Det er et ønske om at virksomheten kan være et positivt element i lokalmiljøet. Disse tanker er tatt med inn i utvidelsen av Fuglevik rensenanlegg. Arkitekturens oppgave blir derfor både å synliggjøre anleggets rolle som en rens- og "gjenvinningsmaskin" i kretsløpet/strømmene mellom innbyggere, virksomheter og jordbruket i Moss-, Ryggeregionen på den ene siden og resipienten Oslofjorden på den andre siden. Det er tenkt at arkitekturen skal ivareta opplevelsen av det historiske kulturlandskapet på en god måte. Figuren nedenfor viser forslag til arkitektonisk uttrykk for anlegget.



Utvidelsen av rensenanlegget og de prosesser som er nødvendige for funksjon og kapasitet resulterer i relativt store og høye bygningsvolumer. Store bygningsvolumer er tenkt utført med flere saltak for å bryte ned størrelsen til mindre visuelle elementer og med en skala som tar utgangspunkt i de lokale

landbruksbygninger. Videre er det tenkt at øvre deler utføres med materialer som er tradisjonelle og vanlige å finne i landskapet for øvrig. I skisser som foreligger så langt er dette trekledning. Saltakene er orientert slik at en side kan brukes til solenergi og den andre tenkt utført med dekke av sedum eller gress.

For å ytterligere synliggjøre anleggets funksjon og rolle i samfunnet er det tenkt anlagt en innovasjonspark rundt anlegget med stasjoner for informasjon og læring om vannets kretsløp, både gjennom de ulike trinnene i rense-/gjenvinningsprosessen, men også kretsløpet gjennom samfunnet og tilbake til naturen. Renseprosessene i Fuglevik blir konseptualisert gjennom ulike funksjoner eller stasjoner i innovasjonsparken. Utover aktiviteter og funksjoner som er direkte knyttet til renseprosessene på Fuglevik, er det også lagt opp til utplassering av infoskilter som forklarer renseprosessene, noen supplerende benker, avfallskurver og brygger til vannlek. Mest mulig av eksisterende vegetasjon skal beholdes, men noe må fjernes. Sosiale soner skal plasseres skånsomt, og vegetasjonen der skal bevares i størst mulig grad. For å videreutvikle deler av vegetasjonen som må fjernes skal det plantes inn ny treplanting.

Gjeldende reguleringsplan til Fuglevik RA er ikke dekkende for de tiltakene nytt renseanlegg vil medføre. Det må derfor utarbeides en ny detaljreguleringsplan. Planarbeidet utløser krav til konsekvensutredning i henhold til forskriftens paragraf §§ 6, 8 og 10. Det er utarbeidet planprogram for å synliggjøre arbeidet med konsekvensutredningen. Det er varslet oppstart av arbeidet. Varslet ble sendt til naboer, offentlige myndigheter og interesseorganisasjoner. Frist for innspill var 1. april 2022. I varslingsperioden ble det avholdt informasjonsmøte på Rygge ungdomsskole. Totalt ble 20 innspill mottatt, som tas med i det videre planarbeidet. Planforslag forventes vedtatt politisk i Moss kommune høsten 2023.

MOVAR sin utlippstillatelse setter krav til fremdrift, hvor alle rensekrav skal være oppfylt innen 1.1.2026. Det er varslet at denne fristen ikke kan overholdes, med bakgrunn i at utslippskravene fortsatt ikke er helt avklart. I brev fra Miljødirektoratet til Statsforvalteren i Oslo og Viken datert 13.5.2022⁷ signaliseres det ganske sterkt at utsettelse for innfrielse av krav bør gis. Det ses derfor ganske naturlig at slik utsettelse også bør gis til MOVAR. Det er utarbeidet en grov fremdriftsplan som viser at det ikke vil være mulig for MOVAR å kunne tilfredsstille nye krav til rensing innen 1.1.2026. Det vurderes som langt mer sannsynlig at dette kan nås om lag ett år senere enn dette. MOVAR har varslet Statsforvalter/Miljødirektoratet om dette.

Utbygging av Nye Fuglevik RA skal foregå samtidig med drift av eksisterende anlegg. Dette er relativt uproblematisk for de deler som skal bygges som nye konstruksjoner. Ombygging i eksisterende forbehandlingsbygg (FOA) og bassenghall (BIO1) er imidlertid noe mer utfordrende. Siden begge disse bygningene skal være en integrert del av det fremtidige anlegget og det skal være drift i eksisterende anlegg, med så høy grad av rensing som mulig under byggeperioden, må man planlegge at utbyggingen må skje i faser. Faseinndeling

⁷ <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/fm-oslo-og-viken/miljo-og-klima/informasjon-fra-miljodirektoratet-vedrorende-nitrogenrensing.pdf>

er avhengig av hvilken løsning som skal bygges, og det må påregnes 3-4 faser uansett alternativ. For alle faser vil det i hovedsak være mulig å opprettholde dagens standard mht. rensing, eller bedre. I kortere perioder (dager/uker) med inn/utkobling av prosesstrinn vil det imidlertid være aktuelt med redusert rensing. En utfyllende plan for slike delfaser, inklusive risikovurdering skal utarbeides og oversendes Statsforvalteren for godkjenning, før anleggsarbeider starter opp.

Gjennomføring av byggeprosjektet er planlagt som en kombinasjon av funksjonsentrepriser med ytelseskrav for prosess/maskin, og tradisjonelle delte entrepriser for bygg, el/auto og VVS. Anskaffelser må følge lov om offentlige anskaffelser, med tilhørende forskrifter og tillatte anskaffelsesprosedyrer.

Når Nye Fuglevik RA kommer i driftsfase vil nye prosesser kreve større innsats da det er langt flere komponenter som skal driftes og vedlikeholdes, enn dagens anlegg kombinert (Fuglevik + Kambo). I tillegg er dagens anlegg svært enkelt prosessmessig sammenlignet med Nye Fuglevik RA. Det kreves langt mer inngående prosesskompetanse for det nye anlegget, og MOVAR må øke både kompetanse og kapasitet i organisasjonen.

Basert på forprosjekteringen er det gjennomført kostnadsberegninger, hvor det er beregnet basiskostnad for tre alternativer; N23 – Nitrogenfjerning med MBR og Bio-P, N15B – Nitrogenfjerning med MBBR og S21 – Sekundærrensing. Basiskalkylen er igjen vurdert med en usikkerhetsanalyse, hvor vurderingen av estimatusikkerheten og usikkerhetsfaktoren gir i sum et lite forventet fratrekk på basiskostnaden. Dette er litt uvanlig, men kan forklares av at man i basiskalkylen har lagt til grunn et prisnivå som er vesentlig høyere enn erfaringspriser fra renseanlegg bygget frem til 2020, dvs. før pandemi og krig i Ukraina. Resultat fra usikkerhetsanalyse ved P50 og P85 verdier er vist i tabellen nedenfor, alle tall i millioner norske kroner (mNOK).

Beskrivelse	N23	N15B	S21
Basiskostnad	1 537	1 271	965
Forventet sluttkostnad (P50)	1 491	1 265	959
Kostnadsramme (P85)	1 694	1 423	1 076

P50-kostnaden fra denne analysen ansees å være et beste grunnlag for å anslå en total sluttkostnad for tiltaket. P85-kostnaden vil ofte anvendes som en kostnadsramme. Mye av usikkerheten i prosjektet er knyttet til usikkerhetsdrivere som for en stor del ligger utenfor prosjektets kontroll, slik som hvordan markedssituasjonen vil utvikle seg framover. Markedssituasjonen forklarer 64-73 % av usikkerheten i estimatet.

1 Innledning

Fuglevik renseanlegg (RA) skal utvides for å behandle forventet fremtidig belastning i år 2056. Anlegget dimensjoneres for at Kambo RA legges ned og at avløpet derfra overføres til nye Fuglevik RA. Selv om det ikke er endelig besluttet, er det dimensjoneringsmessig også tatt høyde for at Svinndal RA i Våler legges ned og overføres til nye Fuglevik RA. I tillegg er det også tatt høyde for at Hestevold RA i Råde kommune kan bli lagt ned og overført til Fuglevik RA innen 2056.

MOVAR har mottatt utslippstillatelse fra Statsforvalteren i Oslo og Viken med krav til fosforfjerning og sekundærrensing med forhøyede krav, samt nitrogenfjerning. Kravet om nitrogenfjerning er påklaget, hvoretter klagen ble avvist av Statsforvalteren. Pr. mai 2022 ligger anke til behandling hos Miljødirektoratet, men klagen har ikke fått oppsettende virkning på prosjektets framdrift. MOVAR har derfor gjennomført parallell planlegging og forprosjektering for utbygging både med og uten nitrogenfjerning. Denne forprosjektrapporten beskriver utvidelsen av anlegget for å tilfredsstille kravene fra Statsforvalteren, inkl. nitrogenfjerning.

Fuglevik RA vil bli et komplekst prosessanlegg skreddersydd de tekniske løsningene som skal til for å nå MOVARs krav til avløpsrensing, slambehandling, arbeidsmiljø og bærekraft.

Forprosjektet inkluderer både vann- og slambehandlingsprosesser. Det er lagt særlig vekt på bærekraftige løsninger ved valg av prosesser, samt at anlegget skal tilpasse seg de lokale forholdene mht. utforming og arkitektur. Anleggsutforming og tekniske løsninger er beskrevet og ligger til grunn for kostnadsestimeringen. Det er gjennomført en usikkerhetsanalyse i fellesskap med MOVAR for å avdekke markedsusikkerheter som vil påvirke kostnadsberegningene.

2 Arbeidsprosess i forprosjektet

Det er gjennomført et omfattende og systematisk arbeid for å komme frem til de beste løsningene for MOVAR. Veien frem til der hvor man står i dag, inkludert målsetninger og resultatdokumenter for de ulike fasene er beskrevet i dette kapitlet.

2.1 Forarbeid og prosessledelse

Mål med fasen: Sammenfatte og systematisere tidligere studier og vurdering av teknologi, samt definere rammer og vektlegging av kritiske parametere og omfang, som grunnlag for beslutninger nødvendige for videre arbeider.

Oppgavedefinisjon og styringsdokument: Det ble etablert en omforent forståelse av prosjektet innledningsvis, ved at det ble utarbeidet en Oppgavedefinisjon og et Styringsdokument, for arbeidet t.o.m. forprosjektet. Følgende momenter inngikk:

Oppgavedefinisjon

- Omfang
- Begrensninger
- Forutsetninger
- Suksesskriterier
- Roller
- Interessenter
- Budsjett
- Leveranser
- Fremdrift/Milepæler

Styringsdokument

- Organisering
- Møteplaner
- Rapportering
- HMS / SHA
- Kvalitetssikring
- Risikostyring

Evaluering av tidligere studier og vurdering av teknologi: MOVAR hadde før oppstart av dette prosjektet gjennomført ulike utredninger, studier og pilotforsøk. Det ble etablert en bredt sammensatt ressursgruppe bestående av godt erfarne ingeniører med svært høy prosess-/maskinfaglig kompetanse for å sammenstille og systematisere de ulike utredningene. Utover de teknologiene MOVAR allerede hadde utredet, ble også andre potensielle prosessløsninger diskutert som tidligere ikke hadde vært gjenstand for inngående evaluering av MOVAR.

Prioritering og vektlegging for prosessvalg: Parametere som naturlig inngår i forbindelse med endelig valg av prosessløsning er: Kjemikalie- og energiforbruk; Rensing utover minimumskrav i utslippstillatelsen; Fotavtrykk (kompakthet / areal- og bygningsbehov); Kompleksitet og kompetansebehov, driftsstabilitet og robusthet; Investerings- og driftskostnader – LCC; Klimafotavtrykk (LCA) og Annen samfunnsnytte. Dette ble definert og sammen med FN's bærekraftsmål og MOVARs 3-delte bunnlinje (Miljø – Samfunn –

Økonomi) ble det utarbeidet et verktøy for å velge den optimale løsningen for MOVAR. Dette er mer utførlig beskrevet i kap. 6.

Utnyttelse og gjenvinning av energi: Det er utarbeidet et strateginotat om energi, hvor alle potensielle energikilder og evt. energibufring/-lagring diskuteres og vurderes ut ifra økonomisk lønnsomhet og bærekraft. Se også kap. 5.2.

Gjenvinning av næringsstoffer: Dette er et sentralt punkt for både MOVAR og hele avløpsbransjen, hvor særlig fosfor er fokusparameter. Det er i flere sammenhenger i denne fasen redegjort for kombinasjonen bio-P og P-gjenvinning.

Slamhåndtering og avsetting av sluttprodukt/sluttrest: Avsetting av sluttprodukt er dessverre fortsatt noe uforutsigbart, så lenge revidert gjødselvareregelverk lar vente på seg. Lokale forhold er utredet; eksempelvis lokasjon i forhold til evt. avsetningsmuligheter, mengder slam/biokull og sammenheng ved øvrige prosessvalg. Dette kan man lese mer om i kap. 5.3.

HMS og arbeidsmiljø og påvirkning på ytre miljø: Det er utarbeidet et strateginotat som skal være styrende for senere prosjektering. Målsettinger, krav og bestemmelser knyttet til dette defineres, og foreligger som designbasis i detaljprosjekteringsfasen.

Miljøsertifisering (BREEAM): BREEAM-sertifisering er basert på dokumentert miljøprestasjon i kategoriene; ledelse, helse- og innemiljø, energi, transport, vann, materialer, avfall, arealbruk og økologi, forurensning. Målsetning og metodikk for å oppnå miljøsertifisering av prosjektet etter BREEAM-standarden ble gjennomført i denne fasen.

BIM strategi/manual: Dokumentasjon av hva som skal bygges i et prosjekt som dette gjøres i dag i form av modellering i 3 dimensjoner (3D). BIM står for Bygnings Informasjons Modell/Modellering, og signaliserer at det kan legges mer enn bare streker inn i den elektroniske modellen. Her er det ulike nivåer og valgmuligheter, og dermed er det alltid viktig å definere hva man ønsker på et tidlig tidspunkt. Det er utarbeidet en BIM strategi/manual som foreligger som designbasis i detaljprosjekteringsfasen.

Konsekvensvurderinger av nitrogenrensing: Siden kravet om nitrogenfjerning kom overraskende ble det besluttet å utrede konsekvensene mht. klima og økonomi. I tillegg ble det utredet konsekvensene for resipienten. Dette resulterte i 2 stk notater PN27 og PN28.

Pyrolysing av avløpsslam: Pyrolyse av slam fra avløpsreanseanlegg kan være en god løsning med tanke på karbonbinding og dermed en mulig løsning som kan bidra til at MOVAR når regjeringens målsetninger mht. reduksjon i klimagassutslipp. I tillegg vil teknologien gi mulighet for ytterligere energigjenvinning og restproduktminimalisering. Teknologien er imidlertid relativt ny med bruk av slam som råstoff og det var nødvendig med kunnskapsinnhenting. Det er derfor utarbeidet et eget notat med dette som tema, og mer fra denne studien kan leses i kap. 5.3.1.

Resultatdokumenter fase 1 – Forarbeid og prosessledelse:

- Prosjektnotat PN1 – Oppgavedefinisjon/Styringsdokument
- Prosjektnotat PN2 - Sammenstilling og kritisk gjennomgang av studier knyttet til valg av prosess
- Prosjektnotat PN3 – Risikokartlegging og -vurdering
- Prosjektnotat PN4 - Bærekraftig utnyttelse av energikilder ved Fuglevik RA
- Prosjektnotat PN5 - Prioriteringer og vektlegging av parametere som grunnlag for prosessvalg
- Prosjektnotat PN6 - Slamhåndtering; muligheter og begrensninger med avsetting av sluttprodukt
- Prosjektnotat PN7 – Premissnotat HMS og SHA
- Prosjektnotat PN8 - Føringer og premisser for LCA
- Prosjektnotat PN9 - Føringer og premisser for miljøsertifisering (BREEAM)
- Prosjektnotat PN27 – Konsekvensvurdering N-rensing – Klima og økonomi
- Prosjektnotat PN28 - Vurdering av vannkvalitet og utslipp av nitrogen i resipient
- Prosjektnotat PN33 - Pyrolyse og biokull Dimensjoneringsgrunnlag for bruk av rensed avløpsvann

2.2 Innovasjonsprosess

Parallelt med en del av aktivitetene beskrevet i kap. 3.1 har MOVAR også gjennomført en innovasjonsprosess. Denne har bestått flere workshops, hvor nøkkelpersonell hos MOVAR og COWI har deltatt, under ledelse av firmaet Innoco Ledelse AS. Formålet med innovasjonsprosessen var:

i) Å strekke mulighetene og utforske innovasjonsrommet i prosjektet på områder som fortsatt er åpne for løsningsalternativer:

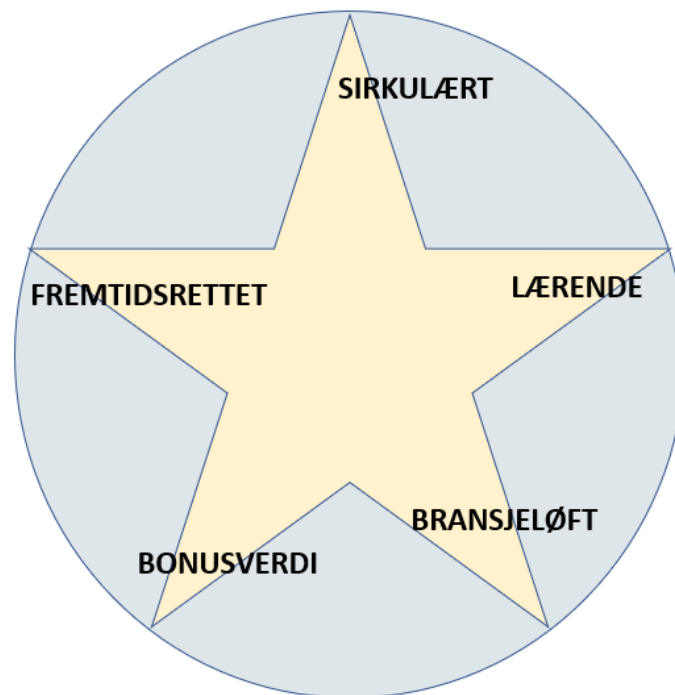
- a) for eksisterende og fremvoksende renseteknologi/biologi
- b) prosjektets evne til å overprestere på FNs bærekraftsmål
- c) prosjektets og Movars rolle i storsamfunn og lokalsamfunn

ii) Å styrke forankringsarbeidet og medvirkningsprosesser i innovasjonsarbeidet mellom i teamet og overfor interessenter og ressurser, som for eksempel eksperter, berørte innbyggere, samarbeidspartnere etc.

iii) Tilpasse og introdusere relevant prosessmetodikk og verktøy som prosjektteamet kan bruke videre i dette prosjektet og videre i andre prosjekter og samarbeid.

iv) Å visualisere og dokumentere arbeidet og prosessene på en måte som gir støtte fremover i arbeidet med Nye Fuglevik RA og som samtidig dokumenterer innovasjonsarbeidet og vurderinger i prosjektet for ettertiden.

Innledningsvis i innovasjonsprosessen ble de viktigste fokusområdene for prosjektet identifisert. Disse ble omtalt som stjerneverdier og er vist i Figur 1.



Figur 1. Stjerneverdier for innovasjonsarbeidet knyttet til utvidelse av Fuglevik RA.

De enkelte stjerneverdiene kan stikkordsmessig oppsummeres som følger:

i) *Sirkulært*: Prosjektet skal utvikle sirkulære verdisystem for (rest)ressurser slik som slam og fraksjoner. Vi vil overprestere i å identifisere og integrere ressurser inn i sirkulære sløyfer som i sin tur underbygger FNs bærekraftsmål (eksempel: Pyrolyse av slam? Biokull?).

ii) *Lærende*: Prosjektet skal utvikle lærende strukturer, søke samarbeid med ledende miljøer og være nysgjerrige på nye teknologier. Man skal være nysgjerrige og samarbeidsorienterte overfor eksterne miljøer og eksperter, tech-miljøer og andre som kan hjelpe oss å jobbe smartere (eks. datafangst,

robotifisering, AI etc.). Man skal være bevisste på å fange opp og forvalte videre kunnskap som erverves gjennom prosjektet.

iii) Bransjeløft: Prosjektet skal bidra til å gjøre feltet til en attraktiv karrierevei med godt arbeidsmiljø og utviklingsmuligheter for medarbeidere. Måten man jobber på og utvikler virksomheten skal gjøre MOVAR mer attraktive på arbeidsmarkedet og løfte bransjens anseelse og posisjon i samfunnet.

iv) Bonusverdi: Prosjektet skal "gi noe tilbake". Prosjektet skal utløse positive sideeffekter / sideprosjekt(er) som gir noe tilbake, lokalt/nasjonalt/globalt og også i lys av FNs bærekraftsmål.

v) Fremtidsrettet: Løsningene som velges skal være fremtidsrettede og smidige i et 15-20 års perspektiv. Det er planlagt for å kunne adoptere nye løsninger og teknologi.

Basert på målsetninger og stjerneverdier ble 11 spor definert som så interessante at de ble evaluert ut ifra verdiskapning og nødvendig innsats for å realisere. Dette ble kvantifisert slik at hvert spor ble bedømt og samlet score beregnet ut ifra at verdiskapning hadde vektall 3 og innsats -1. Resultatet er vist i Tabell 1 nedenfor, hvor det også kommer frem hvordan de ulike sporene er ivare tatt i forprosjektprosessen.

Tabell 1. Resultat av innovasjonsprosessen

#	Verdi	Inns	Score	SPOR/ Beskrivelse	Kommentar	PRIORITERING / RESULTAT : Parkering? Utforske videre, innunder prosjektkområde – "hvem/hva/når"	Omhandles i dokument:
1	2,7	1,7	6	Innbydende miljø & arkitektur	OK verdi og grei innsats	Er en naturlig del av prosjektet videre, og må drøftes videre i forprosjektet. Må ses i sammenheng med #10. Punktet må jobbes videre med i en LARK/ARK idemyndring når svar fra SF foreligger.	PN18 Fagbeskrivelse ARK/LARK Konseptskisser PNXX Overvannshåndtering Forprosjektrapport
2	2,3	2,3	5	Marina, bobleantegg, sjøbad	Begrenset verdi. Sprikende om innsats.	Spør følges ikke videre. En ikke-profesjonell aktør som vil ha mest behov for varme på samme tidspunkt som Fuglevik RA har eget behov.	Avventes
3	4,3	3	10	Energi til landbruk/fjøs/drivhus	Stor verdi. Noe krevende innsats	Ses på videre. En mer detaljert vurdering må gjøres når det er gjort beslutninger på valg av prosess. PN11 og slamhåndtering. Da kan energivurderingen ferdigstilles, og man har et mer håndterlig begrep om hvilken energi som kan leveres. Løber med i forprosjektet	PN4 Bærekraftig utnyttelse av energikilder PNXX Mulighetsstudie overføring av energi til drivhus Forprosjektrapport
4	3,7	4,3	7	Struvitt, næringsrikt vann	Uklart om både verdi og innsats	Videre arbeid må vurderes etter beslutning om rensesprosess. Vil kun bli aktuell ved noen prosesser. Vurderes videre etter PN11 ca. august 21.	PN6 Slamhåndtering og avsetning av sluttprodukt PN5 Prioriteringer og vektlegging av prosessvalg PN11 Prosessvalg for forprosjektering PN33 Pyrolyse og biokull Forprosjektrapport
5	4,3	3,7	9	Pyrolyse, biokull inn/ut	Stor verdi. Sprikende om innsats	Videre arbeid vurderes etter PN33, og beslutning ifm. slambehandling	PN6 Slamhåndtering og avsetning av sluttprodukt PN5 Prioriteringer og vektlegging av prosessvalg PN11 Prosessvalg for forprosjektering PN33 Pyrolyse og biokull Markedsundersøkelse Forprosjektrapport
6	2,7	3,7	4	FoU: Kretsøp-uter, Bier, poppelskog	God verdi. Noe krevende innsats	Spør følges ikke videre.	Avventes
7	3,3	3,7	6	FoU: Kretsøp- inne: Drivhus, lukket system	God verdi. Noe krevende innsats	Spør følges ikke videre.	Avventes
8	4,3	3,7	9	FoU: Pyrolyse/Biokull CO2-fangst	Stor verdi. Sprikende om innsats	Ses i sammenheng med #5. Vil være en naturlig videreutvikling hvis pyrolyse velges på slambehandling	PN6 Slamhåndtering og avsetning av sluttprodukt PN5 Prioriteringer og vektlegging av prosessvalg PN11 Prosessvalg for forprosjektering PN33 Pyrolyse og biokull Markedsundersøkelse Forprosjektrapport
9	4	5	7	marinobiologisk	Meget krevende	Spør følges ikke videre. Kan eventuelt vurderes senere	Avventes
10	3,3	1,7	8	Besøkscenter	God verdi. Grei innsats.	Ses i sammenheng med #1. Kan tilpasses ambisjonsnivå.	PN18 Fagbeskrivelse ARK/LARK Konseptskisser/layout PNXX Overvannshåndtering Forprosjektrapport
11	4,3	3,3	10	Datafangst, AI, HighTech	Stor verdi. Sprikende om innsats	Blir inkludert i anskaffelsen av nytt kontrollsystem. Kan da gjøres som en innovativ anskaffelse. Utføres 2023/2024 (tentativt). Be nytte alliansepartnere i bransjen. Diskuteres bl.a. i Norsk Vann workshop mai 2021 om Smarte digitale løsninger i vannbransjen.	PN18 Fagbeskrivelse Elektro/Automasjon Forprosjektrapport Leverandørdialog/anskaffelse Drift- og kontrollsystem

2.3 Forprosjektarbeider

Mål med fasen: Planlegge, forberede og beregne prosjektets ulike elementer, herunder tekniske- og økonomiske variable, slik at MOVAR's risiko er definert til tilfredsstillende nivå og prosjektets rammer er innenfor akseptabel usikkerhet. Ferdig forprosjekt skal gi teknisk og økonomisk grunnlag for styrebehandling og finansiering.

Tilstandsvurdering av dagens bygningsmasse: Eksisterende bygningsmasse er utredet mht. mangler og begrensninger. Dette er gjennomført befaringer med fagansvarlige, og dokumentert egen tilstandsrapport.

Valg av prosessløsning for forprosjekt: Et av hovedmålene med forprosjekteringen var å lage et kostnadsbudsjett som styret skal kunne ta beslutning på og for at MOVAR kan starte planlegging mht. finansiering. For å kunne lage dette kostnadsbudsjettet må man nødvendigvis ha en prosessløsning.

Kartlegging og vurdering av ulike risikomomenter i prosjektet: Det er gjennomført en risikovurdering for prosjektgjennomføringen. Dette kan man lese mer om i kap. 5.7.

Gjenvinning og utnyttelse av rensed avløpsvann: Gjenbruk av rensed avløpsvann til eksempelvis intern spyling i lukkede maskinkomponenter, varmevekslere (til varmepumpe), spedevann til polymer, samt dimensjonerende vannmengder utredet, og foreligger som designbasis i detaljprosjekteringsfasen.

Valg av entreprisemodell / anskaffelsesstrategi: Det er utarbeidet entreprisemodell og anskaffelsesstrategi, dvs. hvilke anskaffelsesprosedyrer som er best egnet for prosjektet. Disse skal også ivareta MOVAR's strategiske mål knyttet til bærekraft og innovasjon, og er nærmere beskrevet i kap. 11.1.

Designbasis: Dette omhandler alle forhold slik at man har et omforent utgangspunkt, og som er nødvendig for å sikre både kvalitet og fremdrift for de etterfølgende arbeider. Designbasis startet med innhenting av datagrunnlag og de ulike elementene er dokumentert i særskilte prosjektnotater der hvor det var naturlig. Følgende utgjør designbasis:

- Dimensjoneringsgrunnlag
- Sikkerhet i design / Redundansnivå / Drift- og vedlikeholdsstrategi
- Fagrapporter med valg av teknisk nivå innenfor de forskjellige fagene
- Geoteknisk rapport: Gjennomgang av underlag, utarbeidelse av prøveplan, samt vurdering og konklusjon av områdestabilitet i henhold til NVEs veileder 7/2014
- Gjennomføring av grunnundersøkelser, med datarapport
- Strateginotat HMS og arbeidsmiljø
- Risikovurdering prosjektgjennomføring
- BIM strategi/manual

Prosjektutvikling og forprosjektering: Valgte løsninger er forprosjektert og har dannet grunnlag for kostnadsberegninger. Forprosjekteringen har bestått bl.a. av følgende elementer:

- Dimensjonering av prosesser
- P&ID
- MFD (Masse flow diagram)
- Hydraulisk profil
- 3D skanning av eksisterende anlegg
- Rom og funksjonsplan
- Layout og situasjonsplan, inkl. logistikkvurderinger (trafikkavvikling)
- Arkitektur (fasade, arkitektonisk uttrykk)
- Modellering av bygg, utomhus (terreng) og store komponenter (kostnadsdrivere)
- Geoteknisk prosjektering av fundamenteringsløsning
- Grensesnittmatriser
- Kommunikasjon med markedet for innhenting av budsjettpriser
- Kalkulasjon, inkl. usikkerhetsanalyse

Resultatdokumenter fase 2 - Forprosjektering:

- Prosjektnotat PN10 - Tilstandsvurdering av dagens bygningsmasse
- Prosjektnotat PN11 - Evaluering og anbefaling mht. prosessvalg
- Prosjektnotat PN12 - Entreprisemodell / anskaffelsesstrategi
- Prosjektnotat PN13 – BIM strategi og manual
- Prosjektnotat PN14 - Bruk av rensed avløpsvann
- Prosjektnotat PN15 – Dimensjoneringsgrunnlag prosess
- Prosjektnotat PN16 - Sikkerhet i design/Redundansnivå/Drift- og vedlikeholdsstrategi
- Prosjektnotat PN18A-D – Fagbeskrivelser (A-Bygg, B-Elektro, C-Maskin, D-VVS)
- Prosjektnotat PN19 - Flomvurdering
- Prosjektnotat PN20 - Geoteknisk rapport + prøveplan
- Prosjektnotat PN21 – Grunnundersøkelser med datarapport
- Prosjektnotat PN22A-C - Dimensjoneringsnotat (A-vannbehandling, B-slambehandling, C-Prosessmodellering)
- Prosjektnotat PN23 – Usikkerhetsanalyse
- Prosjektnotat PN29 – Vurdering av områdestabilitet
- Prosjektnotat PN30 – TAG kode manual
- Prosjektnotat PN37 – Reservekraft
- Prosjektnotat PN39- Beregninger vannforsyning og slokkevann

3 Dimensjoneringsgrunnlag

Det har blitt utarbeidet et dimensjoneringsgrunnlag (PN15) som legger til grunn mengde- og stoffbelastning for Nye Fuglevik RA i dimensjonerende år 2056, som er 30 år fra anleggsstart og tilsvarer anleggets forventede levetid.

3.1 Forutsetninger i utslippstillatelsen

I utslippstillatelse fra Statsforvalteren i Oslo og Viken datert 25.02.2021 har Fuglevik renseanlegg krav om å overholde følgende rensekrav fra 01.01.2026, hvor kun det siste punktet er påklagd:

- BOF < 25 mg/l eller > 80 % renseeffekt
- KOF < 125 mg/l eller > 85 % renseeffekt
- Total P > 93 % renseeffekt som årsgjennomsnitt
- Total N > 70 % renseeffekt som årsgjennomsnitt

Fra 01.03.2026 skal Kambo renseanlegg legges ned og avløp overføres til Fuglevik renseanlegg. Når Kambo RA blir lagt ned, omfatter utslippstillatelsen også alt avløpsvann fra tettbebyggelse 01-014 Moss som i dag går til Kambo RA.

3.2 Tilknytning og befolkningsvekst

Movar har oversendt dagens tilknytning (2021) til Kambo RA og Fuglevik RA fra kommunene Moss, Vestby og Våler. I tillegg er det tatt høyde for at Svinndal RA i Våler legges ned og overføres til Nye Fuglevik RA. Forventet vekst i Våler er oppgitt av kommunen til å være 45% frem mot 2056, noe som vil gjelde for dagens tilknytning og Svinndal RA. For Moss og Vestby (Son og Brevik) er det lagt til grunn 1% vekst pr år, noe som gir 42% vekst frem til 2056.

Det ble i prosjekteringsmøte 14.12.21 besluttet at en eventuell fremtidig nedleggelse av Hestevold RA i Råde med overføring til Nye Fuglevik skal inngå i dimensjoneringsgrunnlaget.

I 2020 ble det rapportert om 6 548 personer tilknyttet Hestevold RA. Dersom det antas 1% vekst pr år vil fremtidig tilknytning for Hestevold RA tilsvare 9 276 personer.

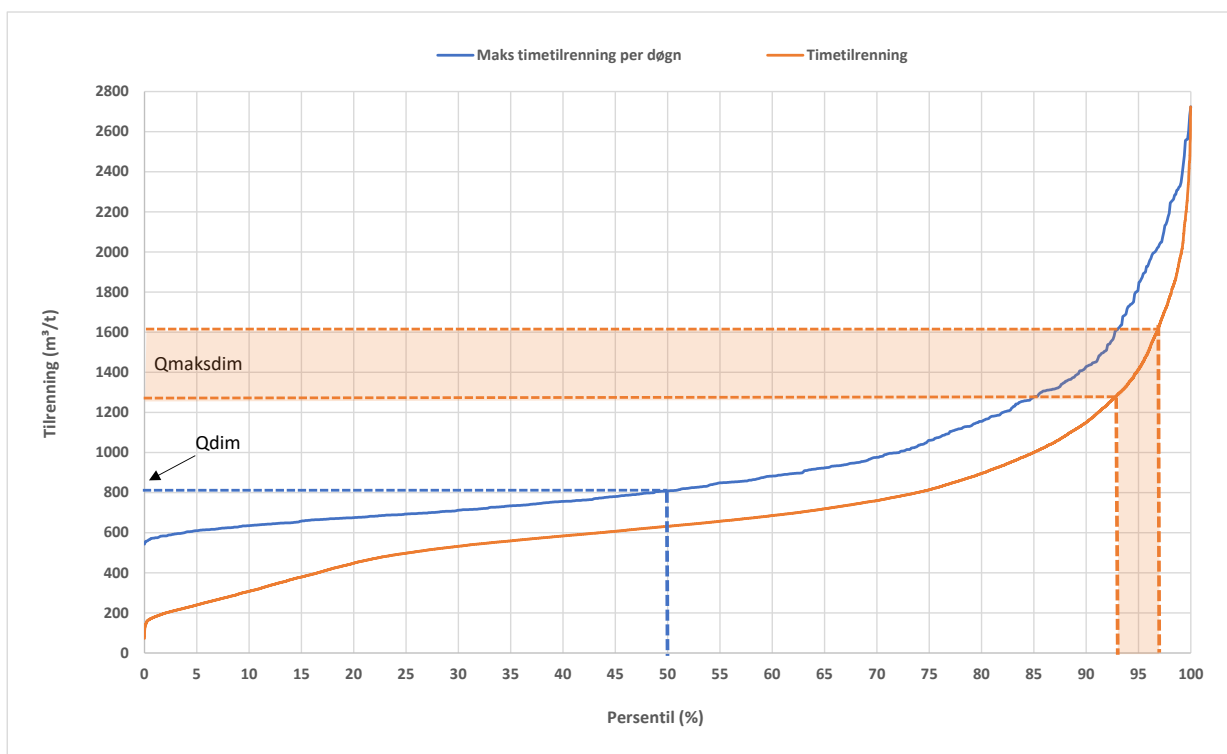
Tabell 2. Estimert tilknytning til Nye Fuglevik RA i 2056.

Tilknytning Nye Fuglevik RA	2021	Vekstfaktor	2056
Moss	49 418	1,42	70 006
Vestby	5 244	1,42	7 429
Våler	3 856	1,45	5 591
Svinndal RA			943
Hestevold RA		1,42	9 276
Totalt	58 518		93 245

3.3 Dagens belastning

3.3.1 Avløpsmengder

Eksisterende hydrauliske belastninger er gjeldene for perioden 01.01.2018 til 08.05.2021. Varighetskurven består av data fra både Kambo RA og Fuglevik RA der innløpsmengdene fra samme tidspunkt er lagt sammen. Det er ikke tatt høyde for forsinkelse i overføringsledningen fra Kambo til Fuglevik.



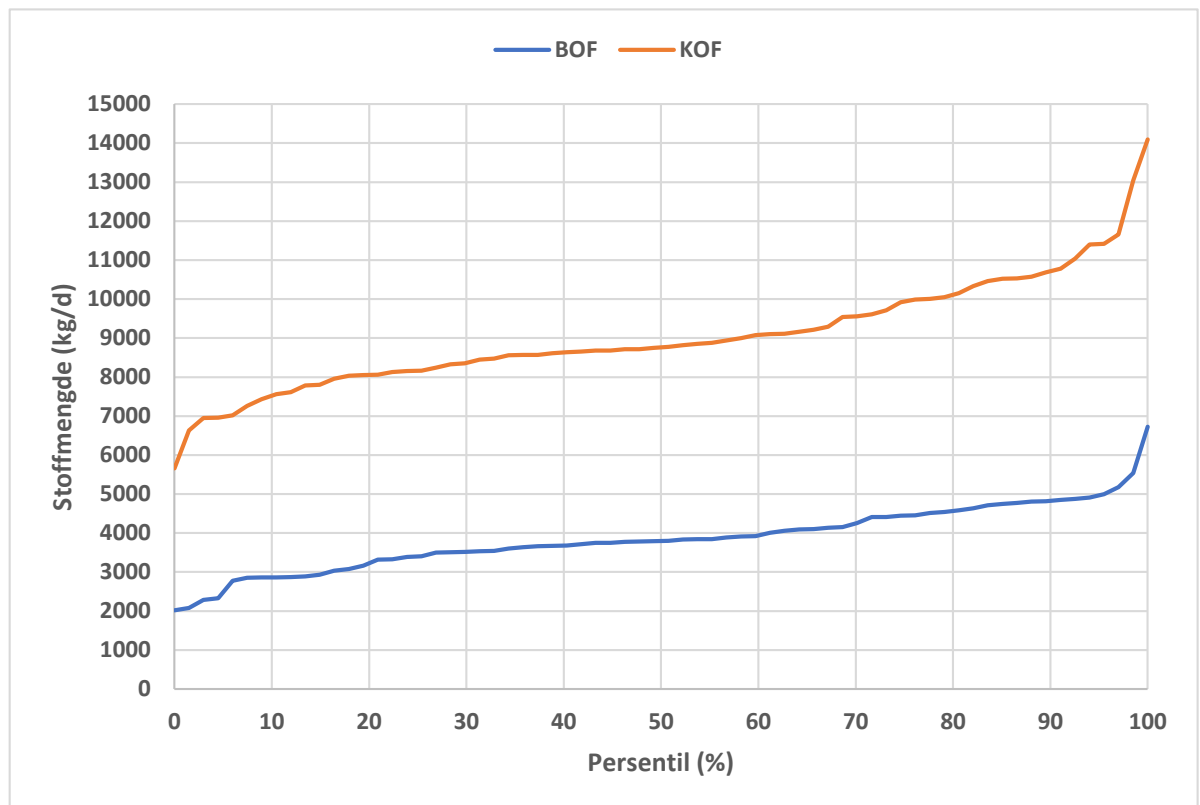
Figur 2. Varighetskurve for summerte vannmengder tilført Kambo RA og Fuglevik RA

Eksisterende trenddata fra Figur 2 ga følgende verdi for 2021:

- Q_{midl} : 700 m³/t
- Q_{dim} : 809 m³/t

3.3.2 Stoffbelastning

Eksisterende stoffbelastning har blitt hentet ut fra Gurusoft for perioden 06.01.2018 til 07.12.2020. Varighetskurven består av data fra både Kambo og Fuglevik RA der stoffmengdene (kg/d) fra samme tidspunkt er lagt sammen og dividert med innløpsmengde (m³/d). Det er ikke tatt høyde for forsinkelse i overføringsledningen fra Kambo til Fuglevik.



Figur 3. Varighetskurver for organisk stoff tilført Nye Fuglevik RA.

Basert på data vist i figuren over, gir dette følgende eksisterende belastning som underskrides i 90 % av tilfellene:

- KOF = 10 715 kg KOF/d
- BOF₅ = 4 823 kg BOF₅/d

3.4 Fremtidig belastning

Tabell 3 (sekundærrensing) og Tabell 4 (nitrogenfjerning) viser **midlere** og **dimensjonerende** stoffbelastninger med og uten returstrømmer ved Nye Fuglevik RA i 2056. Dimensjonerende stoffbelastning for sekundærrensing tilsvarer 90-persentilen, mens dimensjonerende stoffbelastning for nitrogenfjerning tilsvarer 80-persentilen.

Det er forventet at returvannet tilføres prosessen etter primærfiltrering for å unngå unødvendig driftsproblematikk.

Det er lagt til grunn følgende reduksjon i primærfiltreringen: 25% TKOF, 25% TBOF, 45% SS, 5% Tot-N, 15% Tot-P.

Tabell 3. Total stoffbelastning for Nye Fuglevik RA med sekundærrensing.

Prosessdimensjonering Nye Fuglevik RA - Sekundærrensing					
	Parameter	Enhet	Før primærrensing (innløpsverdier)	Etter primærrensing (uten returstrømmer)	Inn til biologi (med returstrømmer)
Vannmengde 2056	Midlere vannmengde (Qmiddel)	m ³ /d	27 600	27 600	28 060
	Dimensjonerende vannmengde (Qdim)	m ³ /h	1 380	1 380	1 405
	Maksimal dimensjonerende vannmengde (Qmaksdim)	m ³ /h	2 340	2 340	2 365
	Maksimal vannmengde (Qmaks)	m ³ /h	4 210	4 210	4 235
Midlere stoffbelastning 2056	Total KOF (TKOF)	kg/d	14 080	10 560	12 170
	Filtrert KOF (FKOF)	kg/d	4 022	4 022	4 968
	Total BOF ₅ (TBOF ₅)	kg/d	5 950	4 463	5 015
	Filtrert BOF ₅ (FBOF ₅)	kg/d	1 871	1 871	2 195
	SS	kg/d	7 350	4 043	4 733
	Total N (TN)	kg/d	1 180	1 121	1 314
	Total N på filtrert prøve (FTN)	kg/d	1 035	1 035	1 191
	NH ₄ -N	kg/d	888	888	1 036
	Total P (TP)	kg/d	136	116	129
	Total P på filtrert prøve (FTP)	kg/d	94	94	97
	Alkalitet	kmol/d	106	106	139
Dimensjonerende stoffbelastning 2056 (90- persentil)	Total KOF (TKOF)	kg/d	16 660	12 495	14 595
	Filtrert KOF (FKOF)	kg/d	5 818	5 818	6 891
	Total BOF ₅ (TBOF ₅)	kg/d	7 430	5 573	6 293
	Filtrert BOF ₅ (FBOF ₅)	kg/d	2 838	2 838	3 205
	SS	kg/d	9 360	5 148	6 048
	Total N (TN)	kg/d	1 320	1 254	1 506
	Total N på filtrert prøve (FTN)	kg/d	1 234	1 234	1 426
	NH ₄ -N	kg/d	1 073	1 073	1 259
	Total P (TP)	kg/d	163	139	157
	Total P på filtrert prøve (FTP)	kg/d	126	126	128
	Alkalitet	kmol/d	141	141	197
Dimensjonerende midlere konsentrasjoner 2056	Total KOF (TKOF)	mg/l	510	383	434
	Filtrert KOF (FKOF)	mg/l	146	146	177
	Total BOF ₅ (TBOF ₅)	mg/l	216	162	179
	Filtrert BOF ₅ (FBOF ₅)	mg/l	68	68	78
	SS	mg/l	266	146	169
	Total N (TN)	mg/l	43	41	47
	Total N på filtrert prøve (FTN)	mg/l	38	38	42
	NH ₄ -N	mg/l	32	32	37
	Total P (TP)	mg/l	4,9	4,2	4,6
	Total P på filtrert prøve (FTP)	mg/l	3,4	3,4	3,4
	Alkalitet	mmol/l	3,8	3,8	5,0

Tabell 4 Total stoffbelastning for Nye Fuglevik RA med nitrogenfjerning.

Prosessdimensjonering Nye Fuglevik RA - Nitrogenfjerning					
Parameter	Enhet	Før primærrensing	Etter primærrensing	Inn til biologi	
		(innløpsverdier)	(uten returstrømmer)	(med returstrømmer)	
Vannmengde 2056	Midlere vannmengde (Qmiddel)	m ³ /d	27 600	27 600	28 060
	Dimensjonerende vannmengde (Qdim)	m ³ /h	1 380	1 380	1 405
	Maksimal dimensjonerende vannmengde (Qmaksdim)	m ³ /h	2 340	2 340	2 365
	Maksimal vannmengde (Qmaks)	m ³ /h	4 210	4 210	4 235
Midlere stoffbelastning 2056	Total KOF (TKOF)	kg/d	14 080	10 560	12 170
	Filtrert KOF (FKOF)	kg/d	4 022	4 022	4 968
	Total BOF ₅ (TBOF5)	kg/d	5 950	4 463	5 015
	Filtrert BOF ₅ (FBOF5)	kg/d	1 871	1 871	2 195
	SS	kg/d	7 350	4 043	4 733
	Total N (TN)	kg/d	1 180	1 121	1 314
	Total N på filtrert prøve (FTN)	kg/d	1 035	1 035	1 191
	NH ₄ -N	kg/d	888	888	1 036
	Total P (TP)	kg/d	136	116	129
	Total P på filtrert prøve (FTP)	kg/d	94	94	97
Alkalitet	kmol/d	106	106	139	
Dimensjonerende stoffbelastning 2056 (80- persentil)	Total KOF (TKOF)	kg/d	15 820	11 865	13 965
	Filtrert KOF (FKOF)	kg/d	5 525	5 525	6 597
	Total BOF ₅ (TBOF5)	kg/d	7 110	5 333	6 053
	Filtrert BOF ₅ (FBOF5)	kg/d	2 715	2 715	3 083
	SS	kg/d	8 330	4 582	5 482
	Total N (TN)	kg/d	1 260	1 197	1 449
	Total N på filtrert prøve (FTN)	kg/d	1 178	1 178	1 369
	NH ₄ -N	kg/d	1 024	1 024	1 210
	Total P (TP)	kg/d	153	130	148
	Total P på filtrert prøve (FTP)	kg/d	118	118	121
Alkalitet	kmol/d	135	135	191	
Dimensjonerende midlere konsentrasjoner 2056	Total KOF (TKOF)	mg/l	510	383	434
	Filtrert KOF (FKOF)	mg/l	146	146	177
	Total BOF ₅ (TBOF5)	mg/l	216	162	179
	Filtrert BOF ₅ (FBOF5)	mg/l	68	68	78
	SS	mg/l	266	146	169
	Total N (TN)	mg/l	43	41	47
	Total N på filtrert prøve (FTN)	mg/l	38	38	42
	NH ₄ -N	mg/l	32	32	37
	Total P (TP)	mg/l	4,9	4,2	4,6
	Total P på filtrert prøve (FTP)	mg/l	3,4	3,4	3,4
Alkalitet	mmol/l	3,8	3,8	5,0	

4 Grunnlag for prosessvalg og anleggsutforming

4.1 Pilotforsøk og tidlige studier

Movar har tidligere gjennomført omfattende kartlegging i form av skrivebordsstudier og pilot-forsøk for utvidelsen av Nye Fuglevik RA. Dette har blitt gjennomført fra begynnelsen av 2017 til slutten av november 2020:

- Vurderinger: Teknologivalg Nye Fuglevik RA – SINTEF Byggforsk 2017
- Vurderinger: Teknologivalg Nye Fuglevik RA – EnviDan Momentum 2017
- Studie: Valg av prosess for nytt Fuglevik RA – Hias/Krüger Kaldnes + (Østfoldforskning) 2017
- Pilotforsøk – «Hias-prosessen», Hias How2O 2019
- Pilotforsøk – «Chem.+highrate MBBR+membrane» - «Bio-P. IFAS+membrane» - «MBR - Membrane Bio Reactor» , Krüger Kaldnes 2019-2020.

COWI har gjennomgått dokumentasjonen fra disse innledende studiene og utarbeidet og sammenstilt en kritisk gjennomgang av tidligere studier for sekundærrensing ved Nye Fuglevik renseanlegg (*PN2- kritisk gjennomgang tidligere studier*). Felles for alle innledende studier var at de fokuserte på løsninger for sekundærrensing.

Høsten 2020 kom ny utlippstillatelse fra Statsforvalteren med krav om nitrogenfjerning. Beskrivelser av mulige prosesser for nitrogenfjerning har dermed blitt inkludert i den kritiske gjennomgangen.

4.2 Energiutnyttelse og energikilder

Det er utarbeidet et prosjektnotat (*PN4- bærekraftig utnyttelse av energikilder*) som tar for seg ulike energikilder og hvordan disse kan utnyttes i best mulig grad. Energiutnyttelse er vurdert i sammenheng med energibehov for ulike renseløsninger og slambehandlingsmetoder.

Energivurderingene tar for seg både sekundærrensing og N-fjerning i to prosesskombinasjoner (bio-P/IFAS og MBBR). De ulike slambehandlingsmetodene som er vurdert er anaerob stabilisering (utråtning), termisk hydrolyse (THP), pyrolyse og kombinasjoner av disse. I alle alternativer hvor råtnetanker er inkludert er det forutsatt termofil drift, dvs. >55 °C. Det er to pyrolysekonsepter som vurderes som aktuelle; autotermisk pyrolyse (ATP) og gassifisering. ATP-konseptet forbrenner syngassen internt, noe som resulterer i kun termiske overskudd. I gassifiseringskonseptet forbrennes syngassen i en CHP, som gir både termisk og elektrisk energi. Det introduseres også en variant av gassifisering som er kalt for "COWI modellen", hvor prinsippet var å redusere behovet for termisk energi ved å hente energi fra syngassen før den forbrennes i CHP. Energibalanser for de ulike løsningene er vist i Figur 4 og Figur 5.

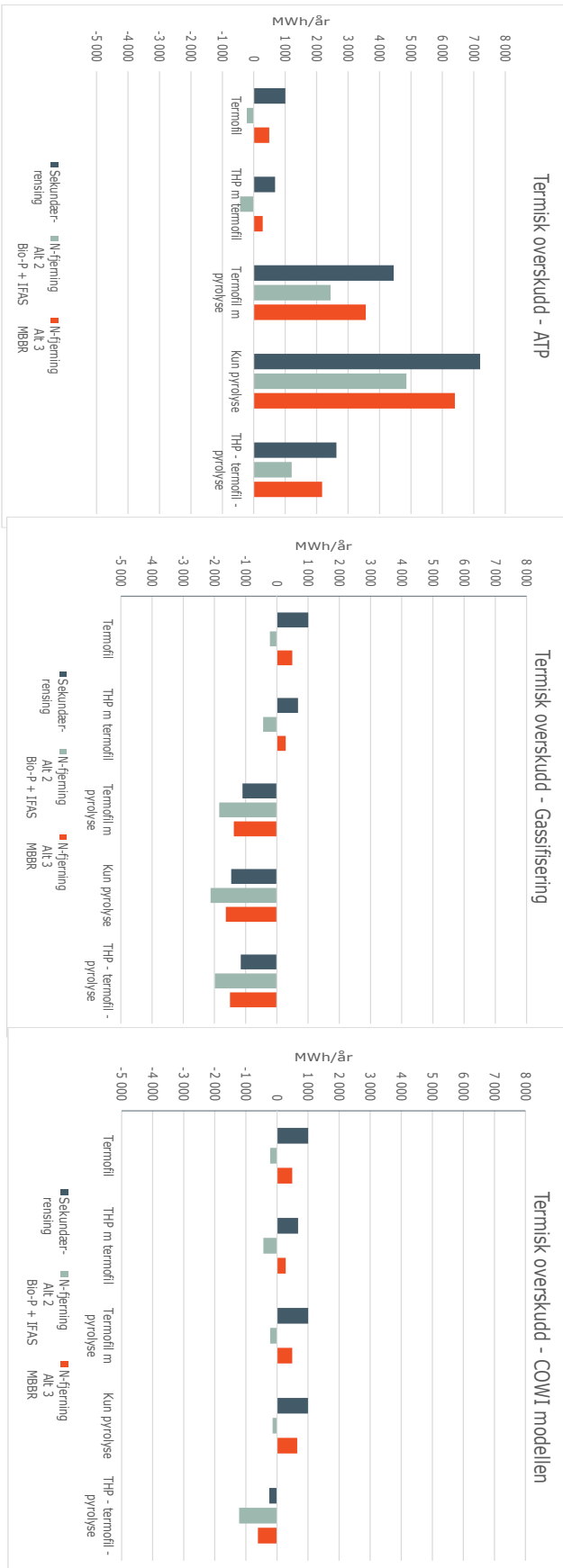
Prosesskombinasjon med ATP-konseptet har det klart største overskuddet av termisk energi, noe som er naturlig da det her ikke produseres elektrisitet av syngassen. Denne løsningen kommer dårligst ut når det gjelder elektrisk energi, med store underskudd for Termofil utråtning med pyrolyse og pyrolyse av råslam. Elektrisitetsunderskuddet er ikke like stort når ATP kombineres med THP, noe som må tilskrives økt gassproduksjon i biogassanlegget. På den annen side krever denne kombinasjonen også mer varme, slik at det termiske overskuddet er lavest for dette pyrolysebaserte alternativet. Det store underskuddet mht. elektrisk energi for løsningen basert på pyrolysing av råslam ("kun pyrolyse") henger selvfølgelig sammen med at det i dette alternativet ikke blir produsert elektrisk energi fra biogass.

Alternativene uten pyrolyse har langt mindre termisk overskudd enn de med pyrolyse i et ATP-anlegg. For konseptene med bruk av gassifisering vil man ha behov for tilførsel av ekstern termisk energi, altså underskudd. Resultatene for COWI-modellen ligger mellom ATP og gassifisering, og kan nærmest sies å være termisk energinøytral med små overskudd for både sekundærrensing og N-fjerning med MBBR og kun mindre termiske underskudd for bio-P alternativene.

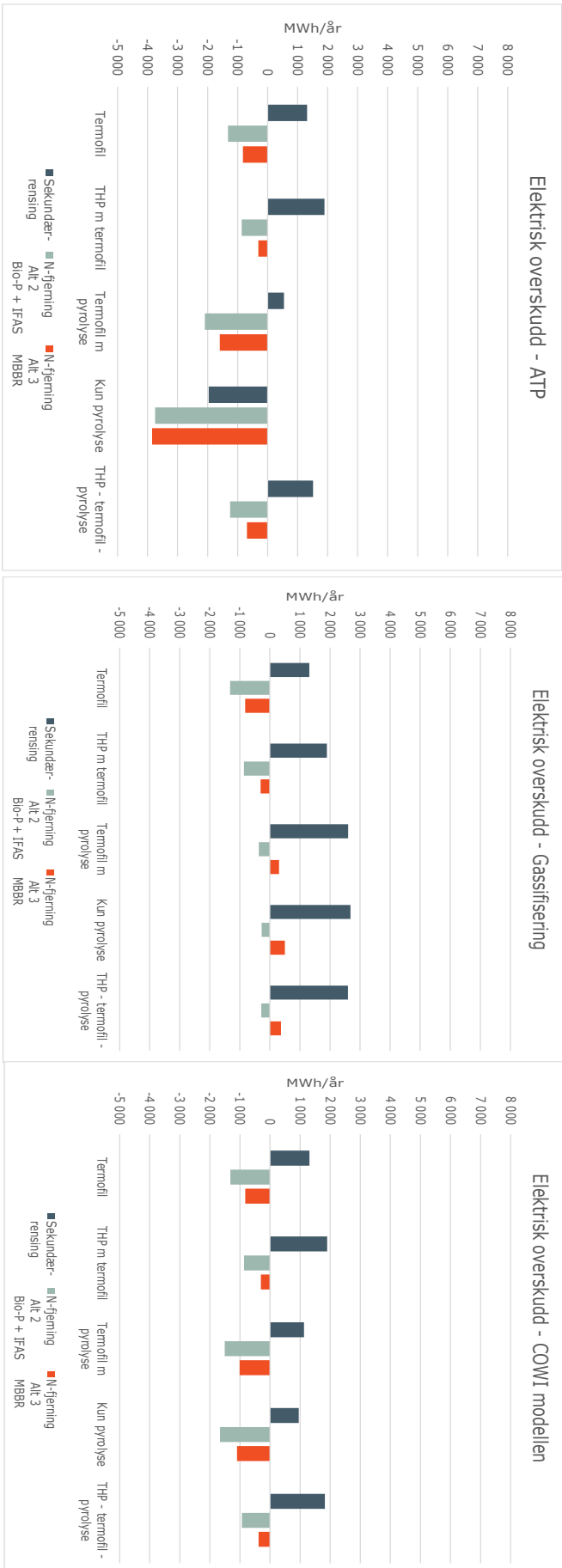
En mulig løsning mhp. et varmeoverskudd er å bruke varme fra Fuglevik RA til å forsyne nærliggende drivhus. Denne løsningen vil kun kunne kombineres med ATP konseptet, da øvrige løsninger ikke vil ha store nok termiske overskudd. Et slikt tiltak vil være svært "grønt" og svarer meget godt på MOVARs ambisjoner i forhold til sirkulærøkonomi hvor overskuddsvarme fra Fuglevik RA vil erstatte bruk av fossil energi i drivhusene. Drivhusene kan potensielt samtidig få dekket sitt behov for CO₂ ved at man også overfører utløp fra røykgassrensaneanlegget dit. Hvorvidt det er mulig å gjennomføre dette må imidlertid utredes nærmere, og det planlegges i første omgang å søke offentlige støtteordninger via Enova for nærmere utredninger.

Energikilder som er uavhengig av prosessvalg har også blitt evaluert, hvor solenergi, bergvarme og vindkraft kunne være aktuelle løsninger. Bergvarme og vindkraft anses ikke som særlig aktuelle for nye Fuglevik RA. Solenergi er imidlertid aktuelt for å produsere elektrisk energi, og det planlegges å plassere solcellepaneler på taket av rensaneanlegget. Effekten som kan høstes vil være avhengig av renseteknologi som velges og hva slags renseskrav man får. For et sekundærrensaneanlegg er det estimert ca. 550 MWh/år i el. energi fra solcellepaneler, mens det for anlegg med større bygningsflate som følge av N-fjerning vil kunne produseres ca. 700 – 1000 MWh/år.

Energilagring er vurdert for både elektrisk- og termisk energi. Begrepet energilagring handler i denne sammenheng om å lagre billig energi, for så å benytte seg av energien når prisen er høyere. Dette kan være aktuelt for elektrisk energi, hvor man kan lagre energi (både egenprodusert og kjøpt) i en batteribank hvor strømmen benyttes i tider på døgnet hvor strømprisen er høy. I den videre prosjekteringen anbefales det at dette inngår som et bærekraftstiltak som samtidig vil kunne redusere MOVAR sine kostnader. Lagring av termisk energi, for utjevning av effekttopper under et døgn, kan skje i en sjiktet akkumulatortank som også anbefales vurdert i videre prosjektering.



Figur 4: Illustrasjoner over det termiske overskuddet for de forskjellige renseprosessene og slambehandlingsmetodene, fordelt på pyrolysekonseptene til ATP, Gassifisering og COWI modellen.



Figur 5: Illustrasjoner over det elektriske overskuddet for de forskjellige renseprosessene og slambehandlingsmetodene, fordelt på pyrolysekonseptene til Aquagrean, Scandi Energy og COWI modellen.

4.3 Slambehandling og -disponering

PN6- slamhåndtering og avsetting av sluttprodukt er utarbeidet for å belyse ulike muligheter og kartlegge eventuelle problemstillinger for disponering av slam fra Nye Fuglevik RA.

Nye regler er under utarbeidelse og Mattilsynet har i samarbeid med Miljødirektoratet utviklet utkast til to nye forskrifter ("Gjødselvarerforskrift" og "Gjødselbruksforskrift") som regulerer kvalitet og bruk av gjødselvarer, herunder avløpslam. Endelig forskrift er foreløpig ikke ferdig utarbeidet, men signaler fra aktuelle departementer er imidlertid relativt entydige og peker imot innstramminger i forhold til spredning av miljøgifter og fosfor. Mhp. fosfor kan det resultere i at man vil ha behov for dobbelt så stort spredeareal, noe som vil gi effekt på økonomi og administrasjon ved at det blir vanskeligere å finne tilgjengelig areal. At andre aktører også etablerer seg i det samme "markedet", dvs. ønsker å resirkulere slam i det samme geografiske området, bidrar heller ikke i positiv retning for MOVARs avsetningsmuligheter.

Selv med begrensede tillatte mengder slam/daa som er skissert i ny gjødselvarerforskrift, er det i teorien tilstrekkelig areal i nærliggende kommuner til anlegget for å kunne disponere alt slammet i landbruket. Dersom man velger teknologi som gjør slam mer plantetilgjengelig vil man også ha tilstrekkelig areal i kommuner i umiddelbar nærhet. Dette forutsetter at landbruket er positive til å bruke avløpslam som en gjødselvarer og at bruk av avløpslam ikke medfører eutrofiering av vassdrag som for eksempel Vansjø. MOVARs erfaring i dag er at avløpslammet må i stor grad kjøres ut av eget distrikt, til tross for at det er tilgjengelige kornarealer i egne kommuner. En av årsakene kan være pålegg om redusert jordarbeiding om høsten for å redusere erosjon og eutrofiering i Vansjø.

En utfordring for Fuglevik er at konsentrasjon av PFOS+PFOA i slam er over foreslåtte grenseverdier, og dette kan føre til at slam ikke kan benyttes som gjødselvarer i fremtiden. Dersom man ikke klarer å fjerne PFOS+PFOA i slam eller i tilført avløpsvann ved kilden, kan anlegget få utfordringer med disponeringen både i landbruk og i grøntanlegg. Det blir sannsynligvis ikke et krav om rensing av disse komponentene i kommunalt avløpsvann, men siden kilden er flyplassen bør man ha påslippstillatelse til kommunalt nett som inkluderer maksimal PFAS konsentrasjon samt mengde. Overholdelse av et slikt utslippskrav vil påvirke muligheten til å gjenvinne slam som gjødselvarer. Forsvarsbygg har iverksatt tiltak for å redusere PFAS fra Rygge flyplass til kommunalt avløpsnett og dette vil også forhåpentligvis redusere innholdet i slammet på sikt.

Konsentrasjonen av DEHP fra Fuglevik har blitt kartlagt til å ligge under foreslått grenseverdi for DEHP, men sikkerhetsmarginen er ikke spesielt stor. Det er usikkert hvordan slam/avløpsvann fra Kambo vil kunne påvirke slammet på nye Fuglevik da Solgård avfallsplass har sigevann som går til Kambo. Det foreligger data for 2011 og 2016 for DEHP konsentrasjon i sigevannet til Kambo og de er lave: 1 mg/l. Vannanalysen er basert på årlig stikkprøve så en slamblandprøve fra Kambo bør analyseres for DEHP.

Som følge av endringer i regelverket bør MOVAR forvente økte kostnader tilknyttet disponering av slam. Dette er i hovedsak konsekvens av forventet økt arealbehov for spredning og økt arealbehov for slamlagring. I tillegg, dersom slam fra MOVAR benyttes som ingrediens i jordblandinger, er det mulig at nye regler vil gjøre dette mindre lønnsomt.

Hvis man velger å gjenvinne fosfor, er det grunn til å anta at utkrystallisering av fosfor som struvitt eller amorf kalsiumfosfat, kan gi en verdifull ressursutvinning av slammet. Flere leverandører har utprøvd teknologi for dette. Uansett vil kontrollert fosforutfelling kunne være nødvendig dersom man går for biologisk fosforfjerning som vannrenseprosess for å unngå eventuelle driftsproblemer og kostnader i vann og slambehandlingen. Nye studier viser at fosforgjenvinningsteknologi kan ha store variasjoner i kostnader både i investering og driftskostnader, og det synes som teknologi som fremmer amorf kalsiumfosfat er den rimeligste veien til målet.

4.3.1 Pyrolyse

Det finnes mye litteratur og forsøk på biokull basert på trevirke, og det er svært positive funn alt fra å se på det som en løsning for karbonlagring og som jordforbedringsmiddel. Biokull basert på slam derimot inneholder mindre karbon og mer metaller og næringssalter enn biokull basert på trevirke og vil begrense mengde slambasert biokull som kan tilbakeføres til jord. Alle disse usikkerhetene resulterte i et nytt prosjektnotat *PN33- pyrolyse og biokull* som en litteraturstudie.

Studier viser at til tross for at innholdet av tungmetaller øker på vektbasis, som følge av pyrolysebehandling, samt med pyrolysetemperaturen, blir de mer stabile (mindre plantetilgjengelige) jo høyere temperatur man har i pyrolysereaktoren. Samlet sett vurderes tungmetaller å være et betydelig problem knyttet til bruk av biokull i landbruket, selv om litteratur viser til høy stabilitet. Det må forventes at "godkjenning" av biokull fra slam ligger flere år frem i tid.

Det er forventet at pyrolyse er en god løsning for å fjerne en rekke miljøfremmende stoffer som antas å ha alvorlig skadevirkning ved spredning i naturen, herunder landbruksjord.

I PN33 ble det konkludert med at kvaliteten til biokull produsert fra avløpslam er vesentlig lavere enn fra andre råstoff (eksempelvis trevirke). Den reduserte kvaliteten gjør avhending av biokullet til en utfordring. Biokull fra slam anses ikke i dag som et jordforbedringsmiddel da karboninnholdet er lavere enn 50% (European Biochar Certificate (EBC)).

Energibildet rundt pyrolysering anses som svært positivt, da store mengder termisk energi er tilgjengelig (overskudd). Dette vil senere fremgå av prosessvurdering for slambehandling.

Til tross for stor usikkerhet rundt avhending av biokull er det store karbonlagringsmuligheter. Det er etablert karbonbalanser for 8 alternative

prosesskombinasjoner, med tilhørende beregning av netto klimagassutslipp som CO₂-ekv. Netto CO₂ balanse for disse alternativene er vist i Figur 6.

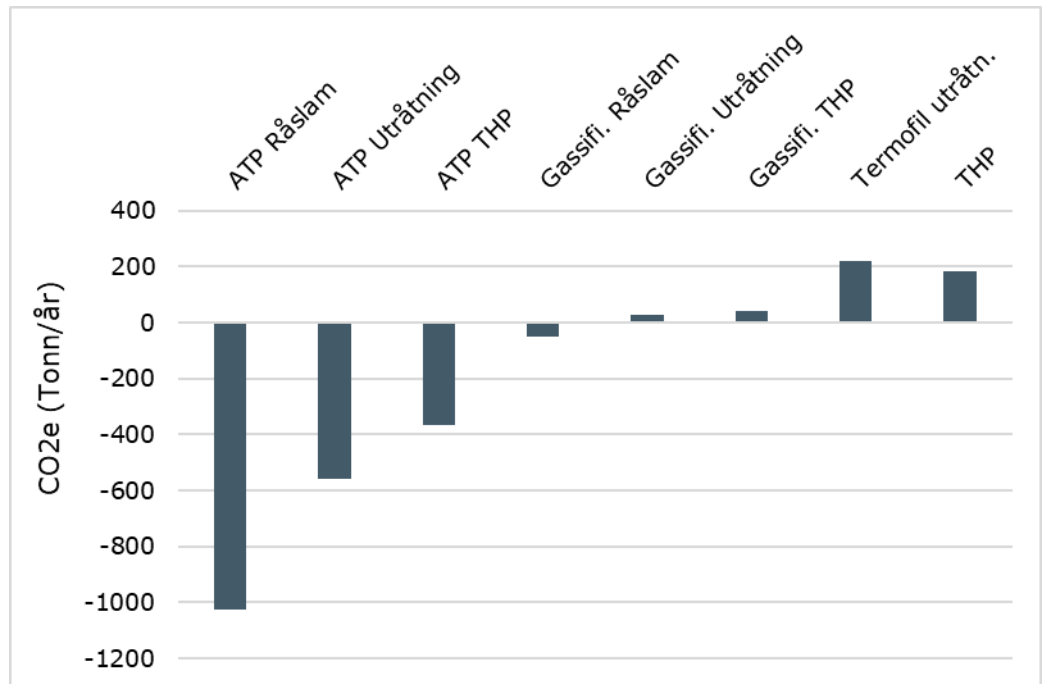
Viktige trekk ved karbonbalansene er at for løsninger med biogass vil mye av slammets karbon gå over i biogass og derigjennom bidra til energigjenvinning. For anlegg med pyrolyse (ATP og gassifisering) vil det også dannes betydelige mengder syngass, som også kan brukes til energigjenvinning. For ATP anleggene er det normalt at denne energien brukes internt for tørking av slammet, og at energien gjenvinnes som varmt vann i f.eks. et fjernvarmenett. For gassifiseringsanleggene er det normalt å høste biogassen for burning i en CHP hvor varmen kan gjenvinnes til tørking av slammet, samt at en betydelig del gjenvinnes som elektrisk energi. Energibalanse inngår imidlertid ikke her og det henvises til prosjektnotat nr. 4.

For anlegg med etterfølgende ATP blir en betydelig del av karbonet bundet i biokullet. Her ser man da også at syngassens innhold av karbon er tilsvarende lavere, sammenlignet med gassifisering. For gassifisering på den annen side er innholdet av karbon i biokullet lavere, samt at andelen biokull er lav. ATP anlegg binder dermed i større grad karbon i biokullet, enn hva gassifisering vil gjøre. På den annen side vil gassifisering bidra til økt gjenvinning av høygradig energi (elektrisitet) enn hva ATP alternativene gjør pga. økt syngassproduksjon med økt brennverdi. I tillegg vil gassifisering gi de minste mengdene med sluttprodukt som skal avhendes.

Biogassen inneholder i det alt vesentligste metan (CH₄) og karbondioksid (CO₂), mens syngassen vil i tillegg inneholde ikke ubetydelige mengder av hydrogengass (H₂) og karbonmonoksid (CO). Både H₂ og CO er brennbare gasser hvor, i likhet med CH₄, CO₂ fra forbrenning av disse anses som biogent. Dvs. utslipp fra fullstendig forbrenning av disse gassene skal ikke medregnes når klimagassutslipp estimeres. Også CO₂ innholdet i begge disse gassene anses som biogent.

De ulike klimagassutslippene er beregnet basert på utslippsfaktorer⁸ som er tidligere benyttet i prosjektet, og resultatene fremkommer også av karbonbalansene. Netto utslipp eller karbonbinding for de ulike prosessløsningene vises i Figur 6, hvor negative verdier viser netto karbonbinding og positive stolper indikerer netto utslipp.

⁸ Norsk Vann Klimakalkulator og Svenskt Vatten rapport SVU 2014-02 (som begge bygger på utslippsfaktorer fra Ecoinvent og IPCC).



Figur 6. Netto CO2e utslipp eller binding ved ulike prosesskombinasjoner.

Figur 6 viser at ATP alternativene har størst potensiale for karbonbinding. Dette henger ganske enkelt sammen med at denne teknologien også produserer klart mest biokull, og har høyest andel karbon i biokullet (sammenlignet med gassifisering). Gassifisering kan sies å være tilnærmet karbonnøytrale løsninger, mens ATP kan bidra til lagring av opp til ca. 1000 tonn CO2e pr år. Selv med både utråtning og THP+utråtning vil ATP gi ikke ubetydelig lagring av karbon med henholdsvis ca. 600 og 400 tonn CO2e pr år.

Anlegg uten pyrolyse i noen form vil ha netto utslipp, estimert til om lag 200 tonn CO2e pr år for både termofil utråtning og THP+utråtning.

I MOVAR sin årsrapport er det oppgitt et totalt klimagassutslipp fra VA-sektoren i 2020 på 3 866 tonn CO2e, der 2 754 tonn CO2e er utslipp fra avløpsrensing.

4.4 Screening LCA

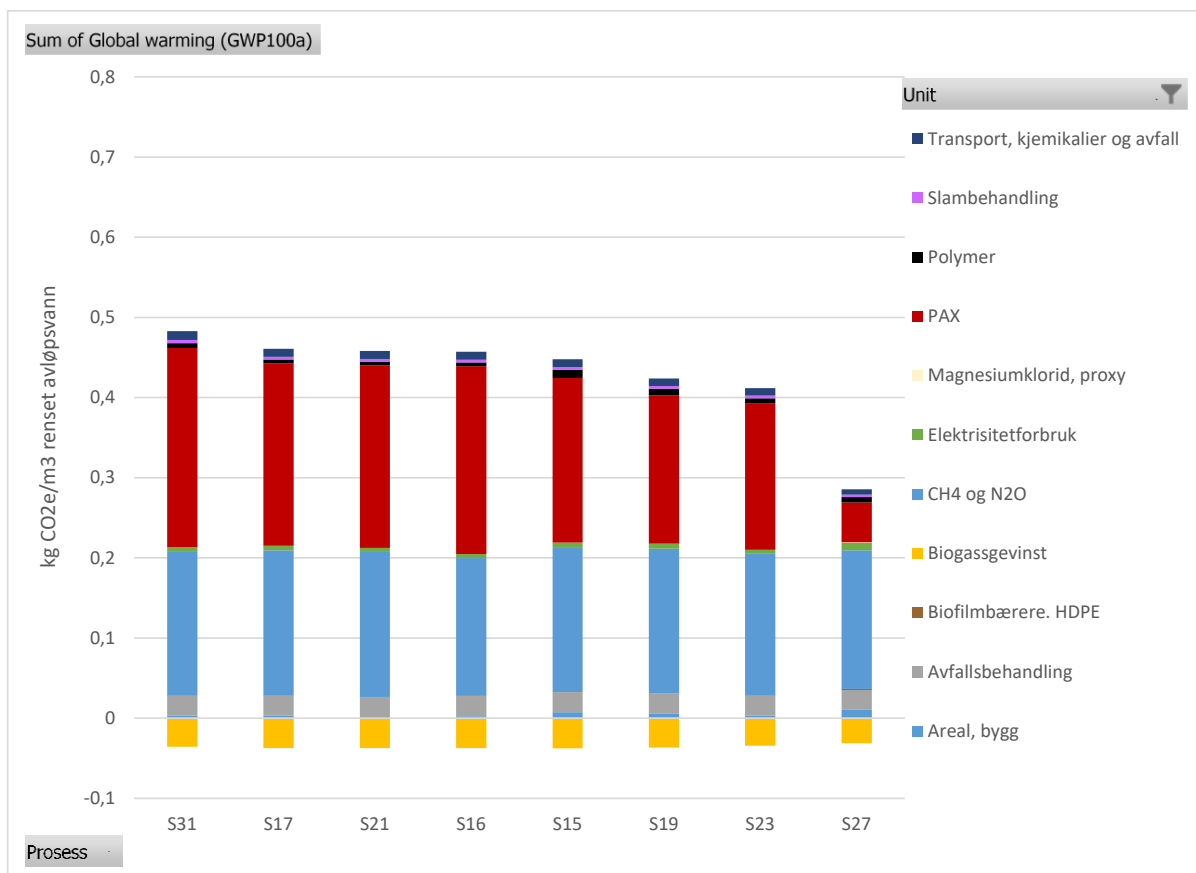
Det er utarbeidet et notat *PN8- Føringer og premisser for LCA* som tar for seg hvordan livssyklusanalyse (LCA) skal benyttes til prosessvalg i forprosjektet. Det er ikke vanlig praksis at screening LCA benyttes til valg av prosessløsning på samme måte som er gjort i dette prosjektet. Dette underbygger Movars ønske om at bærekraftsvurdering utgjør en større del av tildelingskriteriene.

Screening-studier skal gi en overordnet vurdering av miljøpåvirkninger fra en prosess eller materiale. En screeningstudie er ikke ment å være like omfattende som et fullt LCA-studie, og vil dermed ikke gi like spesifikke og underbygde resultater som en LCA-studie. Det er derimot et godt verktøy for å ta beslutninger i en tidlig alternativsvurdering.

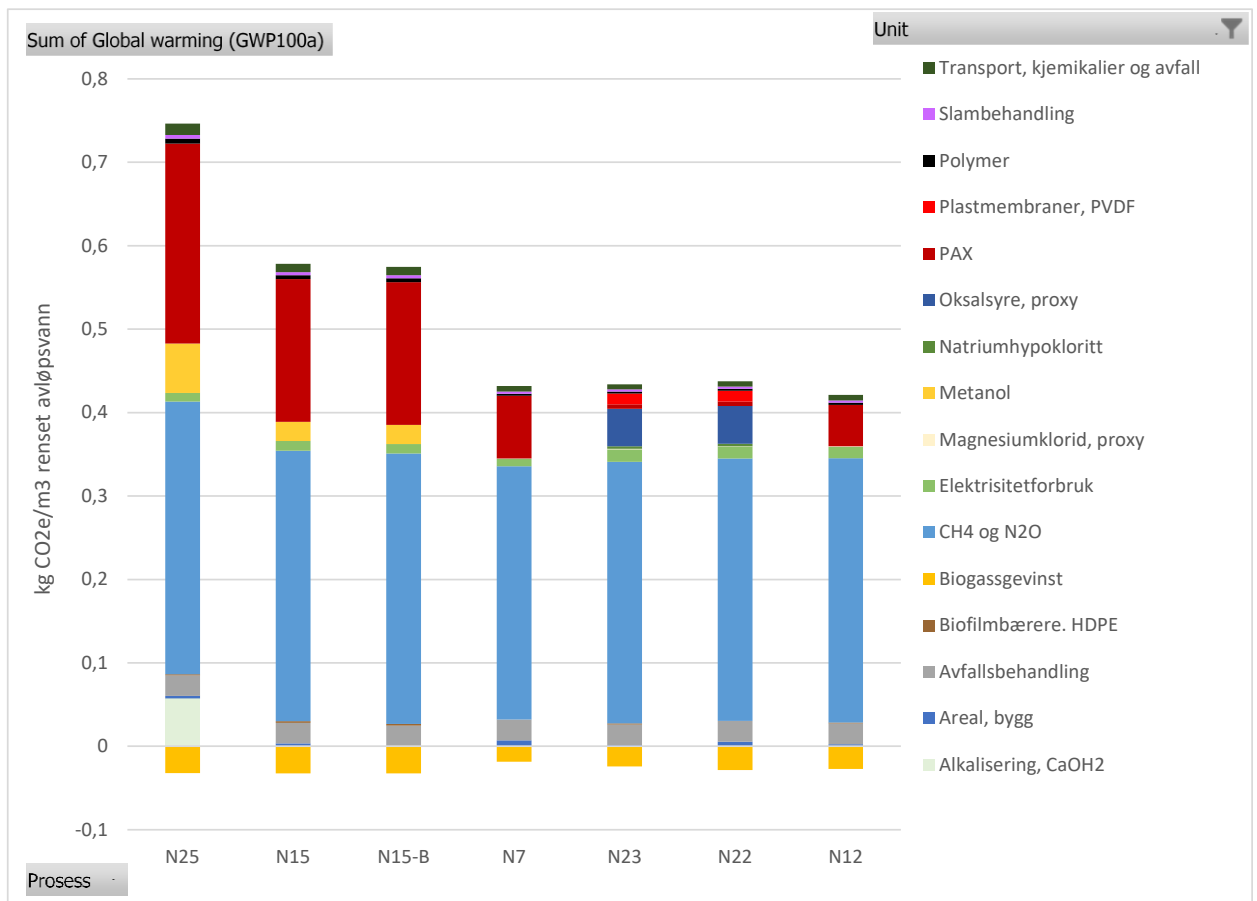
Screeningen skal deles opp i to studier; ett for renseprosess og ett for tilhørende bygning og byggeprosess. Dette for å forenkle analysen til det som er hensiktsmessig. SimaPro skal brukes til screening av renseprosessene og OneClick LCA skal benyttes til screening av tilhørende bygg.

Figur 7 og Figur 8 viser resultatene fra screening LCA for prosessalternativer med sekundærrensing og nitrogenfjerning. Y-aksen viser hvor mange kg CO₂-ekv som slippes ut pr m³ renset avløpsvann. Figurene viser at alternativ S27 kommer klart best ut for sekundærrensing, mens det er fire alternativer som kommer omtrent like godt ut for nitrogenfjerning (N7, N12, N22 og N23).

De mest betydningsfulle bidragene til klimagassutslipp er utslipp av gassene metan (CH₄) og lystgass (N₂O), samt bruk av kjemikalier (PAX, metanol, oksalsyre). Den relativt beskjedne betydningen av egenproduksjon av biogass, skyldes at det i disse beregningene ble lagt som forutsetning av biogassen i sin helhet erstatter elektrisk energi og det ble brukt nordisk strømmiks for kvantifisering. Hadde man satt som forutsetning at biogass erstattet f.eks. fossilt drivstoff ville bidraget fra egenprodusert biogass vært betydelig høyere. Prosessene N22 og N23 er anlegg med biologisk fosforfjerning (bio-P) og partikkelseparasjon i membranlegg (såkalt MBR), og det er forutsatt at de vil klare rensekravene uten bruk av fellingskjemikalier.



Figur 7. Resultater fra screening LCA for sekundærrensing.



Figur 8. Resultater fra screening LCA for nitrogenfjerning.

4.5 HMS og SHA

Det er utarbeidet et premissnotat for HMS og SHA (PN7) som har til hensikt å beskrive hvordan helse, miljø og sikkerhet (HMS) og sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) skal ivaretas i prosjekteringen og for ferdig anlegg på Nye Fuglevik rensanlegg. Dokumentet gir også en oversikt på relevant regelverk som kommer til anvendelse i prosjektet samt en overordnet vurdering av HMS-utfordringer avdekket i tidligere studier.

- **MOVAR har som målsetting at prosjektet skal gjennomføres uten skader under gjennomføring av aktivitetene.**

Det er hovedsakelig Forskrift om arbeidslokaler (Arbeidsplassforskriften) og Forskrift om utførelse av arbeid, som gir føringer og premisene knyttet til etablering og opprettholdelse av et godt arbeidsmiljø. I prosjekteringsfasen skal krav gitt i forskriftene følges opp og dokumenteres for å sikre et godt arbeidsmiljø i ferdig anlegg.

For HMS- risiko som ikke lar seg prosjektere bort, vil det være arbeidsgiver (MOVAR) som må håndtere dette gjennom prosedyrer, rutiner, opplæring eller tilsvarende. Dette skal være del av MOVAR sitt systematiske HMS-arbeid i henhold til Internkontrollforskriften.

For å sikre et godt arbeidsmiljø knyttet til fysiske faktorer, er det viktig å ha fokus på aktiviteter og arbeidsoppgaver som kan medføre en fysisk belastning/ skade. For eksempel:

- > Gjentakende løfteoperasjoner
- > Tilkomst til vedlikeholdspunkter
- > Tilkomst for og behov for løfteutstyr
- > Sikring mot farlige forhold for eksempel fall, fallende gjenstander, drukning etc.

For å sikre samsvar med krav i forskrift, er det utarbeidet egne sjekklister, SHA-SJE-01, knyttet til både arbeidslokaler/ utforming og utførelse av arbeid. Sjekklisten inneholder også anbefalinger knyttet til beste praksis for HMS arbeid/ tiltak i vannbransjen samt anbefalinger gitt i NORSOK S-002. Disse vil bli gjennomgått i samråd med prosjekteringsgruppen i detaljprosjekteringsfasen.

I forbindelse med valg av utstyr og metode, vil det bli gjort en identifisering av følgende:

- > Utstyr som krever vedlikehold/ inspeksjon/ utskifting
- > Intervall for vedlikehold/ inspeksjon/ utskifting
- > Tilkomst for vedlikehold/ inspeksjon/ utskifting
- > Vurdering av behovet for løfteutstyr for å utføre arbeidsoppgaven

Prosjekterte løsninger skal ivareta sikkerhet, helse og arbeidsmiljø i drift- og vedlikeholdsfasen, samt ved fremtidige endringer og ved riving.

Det å prosjektere gode byggbare løsninger, som er trygge å oppføre, er et ansvar som påligger hvert enkelt fag, både selvstendig og i samarbeid med andre faggrupper. Med det menes at hvert enkelt fag og enhver oppdragsmedarbeider er ansvarlig for å identifisere risiko og ivareta SHA-krav innenfor sitt fag/ arbeidsområde. I dette prosjektet er det utpekt egen SHA-rådgiver for oppfølging av samtlige fag og sammenstilling av vurderinger.

Risikovurderinger mht. SHA skal være en integrert del av prosjekteringsprosessen, og skal gjøres tidlig i prosjekteringsforløpet og gjentas minimum en gang pr. prosjekteringsfase. Risikovurderinger kan gjennomføres for det enkelte fag og/eller tverrfaglig dersom det er flere fagdisipliner involvert.

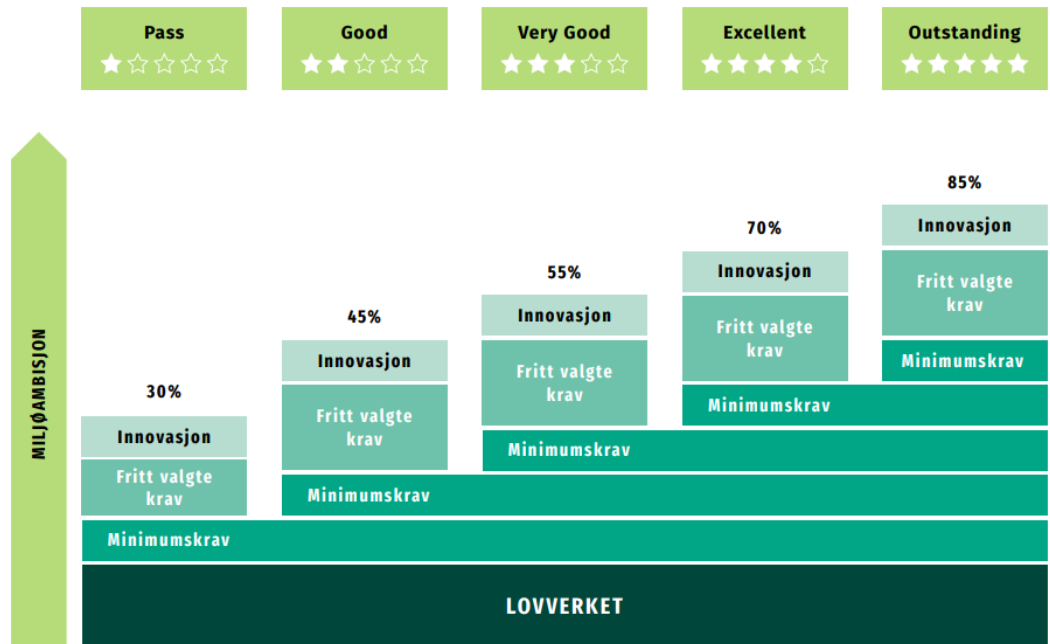
4.6 BREEAM

4.6.1 Hva er BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) er verdens ledende miljøsertifiseringsordning for bygg. BREEAM-NOR er en norsk tilpasning og den mest utbredte ordningen her i landet. Sertifiseringen gjennomføres ved å dokumentere kriterier i BREEAM-NOR manualen innenfor

kategoriene: ledelse, inneklimate, energi, transport, vann, materialer, avfall, forurensning samt arealbruk og økologi.

For hver kategori og deres underliggende emner som velges til å være en del av prosjektets kvaliteter, utdeles det poeng dersom man dokumenterer kvalitetene. Den totale poengsummen i hvert emne og vektning av kategorien gir til slutt en endelig prosentandel, som igjen bestemmer hvilket sertifiseringsnivå prosjektet havner på. Figur nedenfor viser sertifiseringsnivåer og tilhørende prosentandel. Sertifiseringen vises i stigende rekkefølge fra Pass til Outstanding.



Figur 9 - Oversikt over sertifiseringsnivåene i BREEAM-NOR

4.6.2 Hvorfor BREEAM

Prosjektet ender med et bygg der miljøkvaliteter er godt dokumentert. Det er tydelige krav i manualen og prosjektet får god implementering av bærekraft på alle fagområder. Dette bidrar til en mer effektiv prosjektprosess og et bedre samspill. Prosjektet svarer ut virksomhetens mål rundt bærekraft og viser at bedriften tar miljøarbeid på alvor.

I tillegg til dette får brukere et bedre bygg å være i, det reduserer risiko for investorer, finnes muligheter for bedre finansiering, bidrar til lavere driftskostnader, bygget er mer attraktivt og vil få en høyere verdi enn bygg uten sertifisering.

4.6.3 BREEAM målsetning i prosjektet

Byggherre har ambisjoner om å oppnå minimum sertifiseringsnivå Very Good. Det vil si at prosjektet må oppnå 55% eller bedre. I tillegg må prosjektet oppfylle minimumskravene som tilhører Very Good. De vises i tabellen under.

Tabell 5. Oversikt over minstekravene for hvert sertifiseringsnivåene i BREEAM-NOR

Man 03 Ansvarlig byggepraksis	*Krav 7/8				1 poeng*	2 poeng*
Man 04 Idriftsetting og overlevering	*Krav 1–4 **Krav 1–4 + 7	1 poeng*	1 poeng*	2 poeng**	2 poeng**	3 poeng**
Man 05 Prøvedrift og oppfølging	*Krav 3				1 poeng*	1 poeng*
Hea 01 Visuell komfort		Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1
Hea 02 Innluftkvalitet	*Krav 1 + 7 **Krav 1 + 9			2 poeng*	3 poeng**	3 poeng**
Hea 08 Privat område	Bare boligbygg					1 poeng
Hea 09 Fuktsikkerhet				1 poeng	1 poeng	1 poeng
Ene 01 Energieffektivitet					6 poeng	8 poeng
Ene 02a Energimåling	Bare næringsbygg			1 poeng	1 poeng	1 poeng
Ene 04 Energiforsyning med lavt klimagassutslipp					1 poeng	1 poeng
Ene 23 Bygningskonstruksjonens energiytelse						2 poeng
Wat 01 Vannforbruk					1 poeng	2 poeng
Mat 01 Bærekraftige materialvalg		Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1
Mat 03 Ansvarlig innkjøp		Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1	Kriterium 1
Wst 01 Avfallshåndtering på byggeplass						1 poeng
Wst 03a/b Avfall i driftsfase					1 poeng	1 poeng

Tabell 1: Oversikt over minstekravene for hvert sertifiseringsnivåene i BREEAM-NOR

Fuglevik renseanlegg består i dag av eksisterende bygg, som skal gjennom en rehabilitering. Administrasjonsbygget, slambygget og forbehandlingsbygget skal i tillegg bygges ut, og helt nytt bassengbygg føres opp. For å kunne gjennomføre en sertifisering med BREEAM-NOR manualen er det nødvendig at eksisterende bygg gjennomgår en omfattende rehabilitering. Det er fortsatt usikkerhet rundt omfanget og om hele eller kun nybygg/tilbygg ender med en sertifisering. Dette er en vurdering som gjøres senere i prosjekteringen.

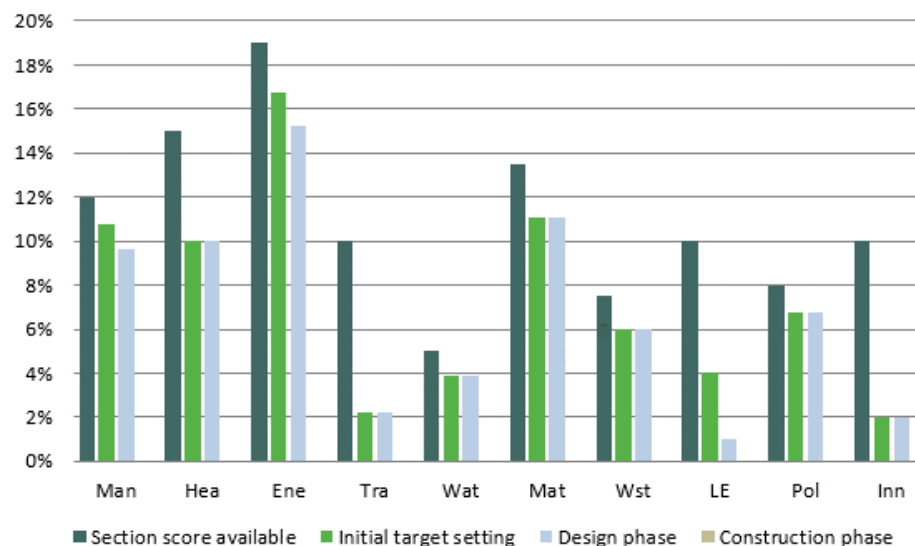
4.6.4 Preanalyse

Det er gjennomført en pre-analyse i forprosjekt for å vurdere hvilke poeng som er mulig å oppnå på Fuglevik renseanlegg. Det overordnede resultatet er vist i Figur 10. Foreløpig er det satt inn poeng som tilsvarer 67,7%. Dette anses som en god margin for å kunne oppnå Very Good ved sertifisering etter oppføring. Resultatet av den foreløpige pre-analysen viser at det er energi som er vektet høyest i BREEAM sertifiseringen, deretter helse og innemiljø og ledelse. Det er i disse tre emnene, i tillegg til materialer, hvor prosjektet ser potensialet for å oppnå flest poeng.

Overall Building Performance

Building name		
	Initial target setting	Design phase
Show results	Yes	Yes
Indicative BREEAM-NOR rating	Excellent	Very Good
Indicative total score	73,4 %	67,7 %
Min. standards level achieved	Excellent	Excellent

Building Performance by Environment Section



Figur 10. Resultater av foreløpig pre-analyse.

Energi (Ene): Mål: 22/25 poeng

Prosjektet har høye ambisjoner når det kommer til energieffektivitet. En forstudie gjennomføres for å finne den mest hensiktsmessige lokale energiforsyningsløsningen.

Ved å installere solceller, lagre termisk/elektrisk energi og se på forskjellige muligheter for spillvarmen, er det satt et mål om 12/12 poeng i emnet Ene 01. Videre vil prosjekteringsgruppen sørge for energieffektiv belysning samt delmåling av energiforbruk for oppvarming, varmtvann, kjøling, vifter, pumper, belysning, mindre teknisk utstyr og annet energikrevende utstyr.

Ledelse (Man): Mål: 18/20 poeng

Ledelse er en viktig kategori for å sette rammer rundt prosjektets mål for bærekraft, og for å sikre god prosess. Interne og eksterne interessenter har fått mulighet til å påvirke og komme med innspill, slik at deres interesser blir ivaretatt.

Ved å velge en entreprenør med miljøstyringssystem, samt en ITB (Integrerte Tekniske Bygningsinstallasjoner) for oppfølging av det tekniske, vil kategorien bidra til god miljøstyring på byggeplass og bedre oppfølging av teknisk ved overlevering og i drift.

Helse og innemiljø (Hea): Mål: 14/21 poeng

Helse og innemiljø er viktig for at alle brukere av byggene skal få et god og sunn hverdag. Belysning uten flimmer er et minstekrav og dagslys i områder hvor det ikke kreves er også i fokus. Måling av utvendig og innvendig støy blir gjort av akustiker, og en rapport vil vise eventuelle tiltak som må gjøres. Det produseres en plan for inneluftkvalitet, som sørger for et godt arbeidsmiljø, både ved bygging og når byggene er i drift.

Sikkerheten til bygg og mennesker ivaretas ved å lage en risikoanalyse for naturpåkjenninger, kontrollplan for potensielle fuktskader og tilrettelegge for sikre traseer for gående og syklende til alle bygg.

Avfall (Wst): Mål: 4/5 poeng

Fokuset på sirkulær økonomi er et voksende fokus i Norge, og prosjektet ønsker å være en del av det. En ombrukskartlegging gir større potensiale for å bidra til økt gjenbruk, ombruk og gjenvinning av allerede installerte materialer og elementer. I tillegg settes det mål for mengder av farlige og ikke farlige avfall som genereres, hvor målene regelmessig følges opp. Det er også lagt inn et mønstergyldig poeng, som betyr at 90% av byggeavfall sorteres i separate hovedavfallsgrupper.

4.7 Risikovurdering

Identifisering av risiko og håndtering (mitigering) av disse er essensielt i alle prosjekter. Det er mange risikoer i forbindelse med gjennomføring av et slikt prosjekt; Økonomi, fremdrift, prosjekteringsrelaterte saker, byggesak, reguleringsplan, andre byråkratiske risiki, drift av anlegg og utslipp i byggeperioden, overholdelse av rensekraft, grunnforhold, fornminner, lukt, støy, osv.

Det er gjennomført en risikokartlegging og -vurdering i forprosjektet som omfatter risikoelementer for prosjektet og således de samme for både byggherre og de impliserte rådgivere og utførende. Risiko vurderes kontinuerlig, og dette notatet dokumenterer første gangs risikoevaluering hvor både MOVAR og COWI har deltatt i et felles arbeidsmøte hvor risikomomentene er identifisert og evaluert i fellesskap.

Hensikten med risikovurderingen er å identifisere og analysere forhold som kan medføre forsinkelser, økte kostnader, redusert kvalitet/ytelse i prosjektet og omfatter i tillegg omdømmesensitive saker og eventuelle konsekvenser for miljø. Vurderingen omfatter både prosjekterings- og byggefase.

Totalt 76 risikoelementer er identifisert og vurdert, og alle faser av prosjektet er inkludert – fra forprosjektfasen, gjennombyggefase, t.o.m. driftsfasen. Denne risikovurderingen gjelder ikke SHA, som behandles separat (jfr. kap. 4.5).

Hvert risikoelement er igjen vurdert mhp. konsekvens for:

- Forsinkelser i prosjektet
- Økonomi (økte kostnader)
- Miljø (delt opp i Ytre miljø og Arbeidsmiljø/HMS)

- Omdømme

I denne risikovurderingen er sannsynlighets- og konsekvensklasser definert som følger:

Tabell 6 Oversikt over sannsynlighetsklasser (hendelser)

Sannsynlighet		Definisjon 1	Definisjon 2	Definisjon 3
4	Svært stor (Sannsynlig)	> 75%	Ukentlig eller oftere	Skjer nesten alltid
3	Stor (Mulig)	50% - 75%	En gang hver måned	Skjer ofte
2	Middels (Lite sannsynlig)	25% - 50%	Hvert kvartal	Skjer noen ganger
1	Liten (Usannsynlig)	< 25%	Hvert år eller sjeldnere	Skjer nesten aldri

Tabell 7 Oversikt over konsekvensklasser

Konsekvens		Kriterier/beskrivelse				
		Økt kostnad	Forsinkelse	Omdømme	Miljø	
					Ytre miljø	Arbeidsmiljø/helse
4	Svært stor (Kritisk)	over 10 mill. kr	Prosjektet: Over 12 uker Byggefase: Over 4 uker	Uopprettelig tap Internasjonalt	Utsiktet utslipp av urensset avløpsvann til resipient over 1 uke* Permanet støyplage for naboer/over grenseverdier Permanet luktplage fra anlegget	Dødsfall/meget alvorlig personskade med varig men
3	Stor (Alvorlig)	1-10 mil. kr	Prosjektet: 4-12 uker Byggefase: 2-4 uker	Tap av omdømme. Nasjonalt	Alt avløpsvann urensset til resipient 1-7 dager Periodevis støyplage for naboer/over grenseverdier Periodevis plagsom luktplage fra anlegget	Alvorlig personskade med fravær
2	Middels (Moderat)	kr 200.000-1.000.000	Prosjektet: 2-4 uker Byggefase: 1-2 uker	Moderat tap Lokalt	Utslipp av urensset avløpsvann 1t-1d Kortvarlig støy/luft under byggeprosessen	Mindre alvorlig personskade med fravær
1	Liten (Ubetydelig)	kr 0- 200.000	Prosjektet: Under 2 uker Byggefase: Under 1 uke	Ikke tap av omdømme	Urenset avløpsvann i overløp <1t Kortvarlig lukt eller støy - ikke sjenerende for naboer	Ubetydelig personskade uten fravær

*Inkluderer ikke utslipp man har søkt om og fått tillatelse til

Når sannsynlighet og konsekvens som definert ovenfor sammenstilles, gir dette følgende risikomatrixe:

Tabell 8 Risikomatrixe og risikoakseptkriterier.

		Konsekvens				
		1	2	3	4	
		Ubetydelig	Moderat	Alvorlig	Kritisk	
Sannsynlighet	4	Sannsynlig	4	8	12	16
	3	Mulig	3	6	9	12
	2	Lite sannsynlig	2	4	6	8
	1	Usannsynlig	1	2	3	4*

* Ved konsekvens på 4 blir aldri risiko vurdert som grønn pga. kritisk konsekvens. Ved sannsynlighet på 1 og konsekvens på 4 som gir risiko på 4 settes denne derfor likevel til gul og tiltak skal vurderes.

Verdi	Farge	Kommentar
1-4		Ingen tiltak nødvendig
6-8		Tiltak må vurderes
9-16		Tiltak må gjennomføres

Risikovurderingen er gjennomført i samarbeid mellom COWI og MOVAR, hvor følgende risikoelementer er vurdert som kritiske (rød kategori):

Tabell 9. Kritiske risikoelementer som krever risikoreduserende tiltak.

Nr/ID	Prosjekt-fase	Ansvarlig	Beskrivelse av hendelse	Konsekvens 1	Konsekvens 2	Kommentar/eksisterende tiltak	S (1-4)	K (1-4)	Risiko (1-16)	Forslag til nye risikoreduserende tiltak
12	A	U	Påtreffer sårbare arter (flora og fauna) som ikke var forventet	Forsinkelse	Økt kostnad	Gjøre undersøkelse før man starter	3	3	9	Det skal gjennomføres en kartlegging for å avdekke om området har sårbare arter.
13	A	B	Utilstrekkelig ivaretagelse av intresenter (for eksempel naboer o.l.)	Omdømme	Forsinkelse	Holde lokalsamfunnet oppdatert vil bidra til økt forståelse.	3	3	9	Det skal utarbeides en informasjons- og mediestrategi. For eksempel ha egen nettside hos MOVAR med fortløpende oppdatert informasjon, spesielt i byggefasen.
16	A	B,R,U	Arbeider/oppgaver ikke gjennomført iht. fortløpende avtaler under planlegging og byggeprosess	Forsinkelse	Økt kostnad		3	3	9	Skrive gode/tydelige referater med klar ansvarfordeling på oppgaver. Gjennomgå forrige referat på nye møter og sjekke at oppgavene er utført og ikke glemt. Bruke handlingslogg.
20	A	R,B	Dårligere tilstand på eksisterende bygg enn forventet	Forsinkelse	Økt kostnad		3	3	9	Det skal gjennomføres undersøkelser på et tidlig tidspunkt og utarbeides et prosjektnotat: "Kartlegging av eksisterende byggemasse"
28	A	A	For korte frister på leveranser i forhold til arbeidsomfang	Forsinkelse		Må sette realistiske frister. Varsle tidlig hvis man ser at frister vil overskrides, spesielt viktig hvis det får konsekvenser for andre områder.	3	3	9	God planlegging. Organisering og resursallokering.
43	D	R,B	Mangelfull kommunikasjon mellom byggherre og rådgiver slik at løsninger ikke prosjekteres iht. byggherrens spesifikasjoner og ønsker	Forsinkelse		Alltid sende dokumenter til gjennomsyn og be om skriftlig tilbakemelding. Skrive gode referater fra møter hvor det står tydelig hva som er besluttet.	3	3	9	Skrive gode/tydelige referater med klar ansvarfordeling på oppgaver. Gjennomgå forrige referat på nye møter og sjekke at oppgavene er utført og ikke glemt. Bruke handlingslogg.
67	B	B,U	Problemer med tilkomst til anlegget for store/tunge kjøretøy el.	Økt kostnad	Forsinkelse	Tåler veien tyngden, hvor lange og høye kjøretøy kan benyttes (er det krappe svinger, broer el. som setter begrensninger). Er det flere tilkomster til anlegget. Tilkost på anleggsområde.	3	3	9	Sjekk om det er noen begrensning i akseltrykk - kreve dispensasjon? Overgang Dilling? Inkludere i anbudsdokumentene.
70	B	B	Manglende koordinering mellom forskjellige entreprenører	Økt kostnad	Forsinkelse	Kartlegge hvilke prosjektfaser som er helt avhengige av hverandre	3	3	9	Fremdriftsplan. God planlegging og kommunikasjon. Tydelig beskrivelse av ansvar, grensesnitt og kostnad. Bruke grensesnitmatrise. Godt byggelederteam. Valg av entreprisemodell.
71	B	U	Manglende sikring av anleggsområde	Miljø	Omdømme		3	3	9	God planlegging av entreprenør og oppfølging av SHA plan
72	B	B,U	Misforståelser pga. språkproblemer	Miljø	Økt kostnad	Kan føre til ulykke	3	4	12	Krav om norsktalende personell på byggeplass? Omtales ISHA-dokument?
73	B	B	Utslipp til Gunnarsbybekken (overflatevann til bekken)	Miljø	Omdømme	Sårbar lokal resipient - ørretbekk.	3	3	9	Kommunisere plan for plan plugg ledningen ved utslipp - har rutine og utstyr. Vurder løøsninger.
74	B	B	Utilstrekkelig intern ivaretagelse av egne ansatte	Miljø		Jobbe på midlertidig byggeplass	4	4	16	Utarbeide SHA-plan. Vernerunder. God kommunikasjon til driftsorganisasjon.

4.8 Geotekniske vurderinger

4.8.1 Grunnforhold og topografi

Prosjektområdet er overveiende flatt. De gjennomførte grunnundersøkelser viser at terrenget innenfor prosjektområdet variere fra kote +5,19 til kote +6,25 m. Mot øst så faller terrenget ned mot eksisterende bekk, Gunnarsbybekken, og mot sør-vest stiger terrenget.

For å avklare de opptredende grunnforhold er eksisterende grunnundersøkelser gjennomgått, samt at det er utført supplerende undersøkelser.

De utførte grunnundersøkelser viser at det treffes et øvre lag på cirka 2 m, bestående av tørrskorpeleire samt sand og grus. Herunder treffes det overveiende kvikkleire til overside fjell.

Fjell er truffet mellom kote +2,36 og kote -13,85 m, svarende til henholdsvis 3,30 m og 19,75 m under terreng. Se PN21 grunnundersøkelse, Geoteknisk datarapport for utfyllende dokumentasjon.

Grunnvannspeilet innenfor prosjekt området ligger ca. 1 m under terreng, svarende til kote +5,5 m. Det kan ikke avvises at i våte perioder av året eller når det har regnet mye, at vannspeilet står i eller nært terreng.

Det er utført flomberegninger i Gunnarsbybekken som ligger rett øst for anlegget. Dimensjonerende flom er 12 m³/s ved 200 års gjentasintervall. Beregningen viser at anlegget ikke blir berørt av flom. For utfyllende dokumentasjon se PN19 Flomvurdering.

4.8.2 Områdestabilitet

Iht. regelverket må områdestabiliteten utredes i arealplaner og byggesaker for områder under marin grense, og iht. TEK 17, skal dette gjøres iht. NVE veileder 1/2019.

På grunnlag av utførte grunnundersøkelser, befaringer og beregninger er det avdekket et mulig løsneområde syd over eiendommen. Beregninger viser at det nåværende terreng står med en sikkerhet $\geq 1,25$ og en robusthetstørre en 1,20. Der vil derfor ikke være risiko for områdeskred i forbindelse med etablering av et eventuelt bygg innfor prosjektområdet.

Det vises til PN29 Vurdering av områdestabilitet for supplerende dokumentasjon.

4.8.3 Geotekniske tiltak for utbyggingen

Den delen av prosjektet hvor det kreves dype byggegropen er nytt innløpsbygg (INN), silbygg (SIL) og 2 alternativer på tilbygg til det eksisterende renseanlegget (BIO2). I tillegg kommer utvendig VA-ledninger.

Med de grunn- og grunnvannsforhold som er innenfor prosjektområdet er det i forbindelse med utgraving for selve byggegropen er nødvendig å kalksementstabilisere bunnen av byggegropen, med en kombinasjon av dobbelt og enkelt ribber fort å kunne kjøre rundt og ned i byggegropen.

For å kunne etablere en utgraving til ca. 7 m under terreng er det nødvendig å etablere spunt for byggegropen.

Det er gjort en beregning hvor spunten føres til overside berg og fastholdes med fotbolter og stag ut i grunnen for å avstive spunten. Beregningen viser at det kommer veldig store utbøyinger av spunten, Dette kan ikke aksepteres når spunten settes i kvikkleire da grunnen ikke er egnet til å oppta horisontalkrefter, dvs at kvikkleiren ikke gir noen "sidestøtte" til spunten.

Det er derfor ikke mulig å sette ned vanlig spunt uten tiltak. Da det skal kalksementstabilisere innenfor spunt vil det være opplagt også å kalksementstabilisere på yttersiden av spunt for å forsterke jorden, og dermed forminske de utbøyinger som kommer i spunten i forbindelse med utgraving innen i spuntgropen.

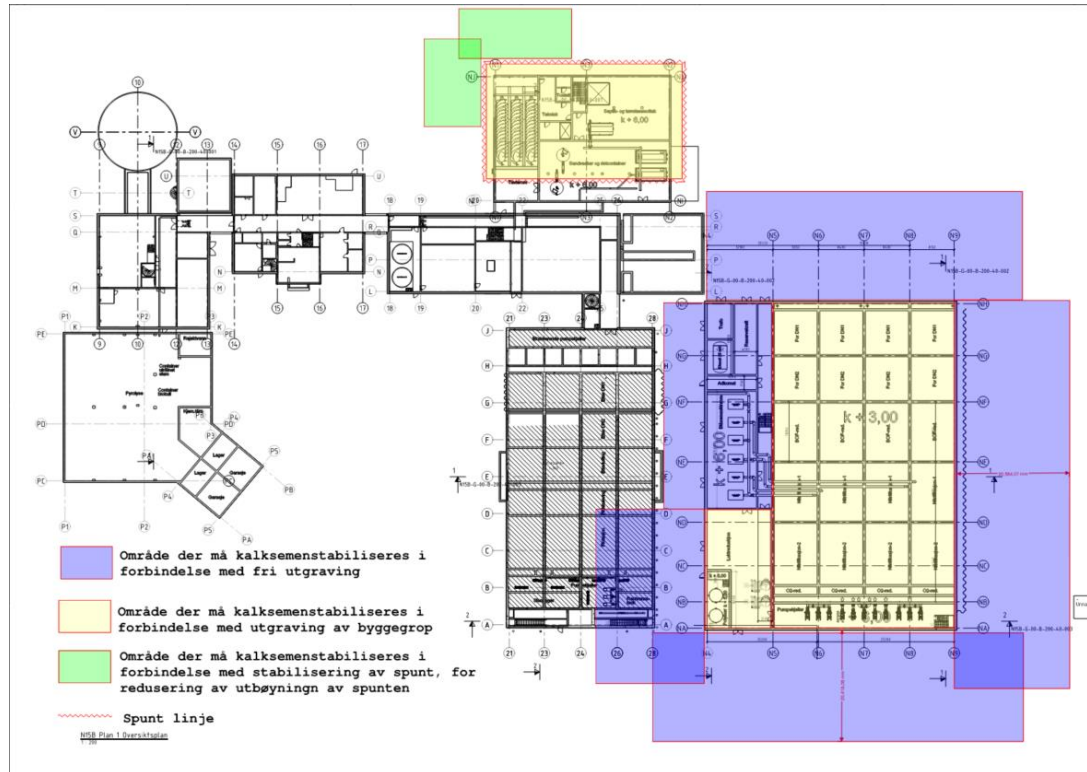
Det skal også bygges:

- Utvidelse av eksisterende administrasjonsbygg (ADM)
- bygg for gass-installasjoner (GAS)
- Utvidelse av slambygg (HYG) for pyrolyse (PYR)

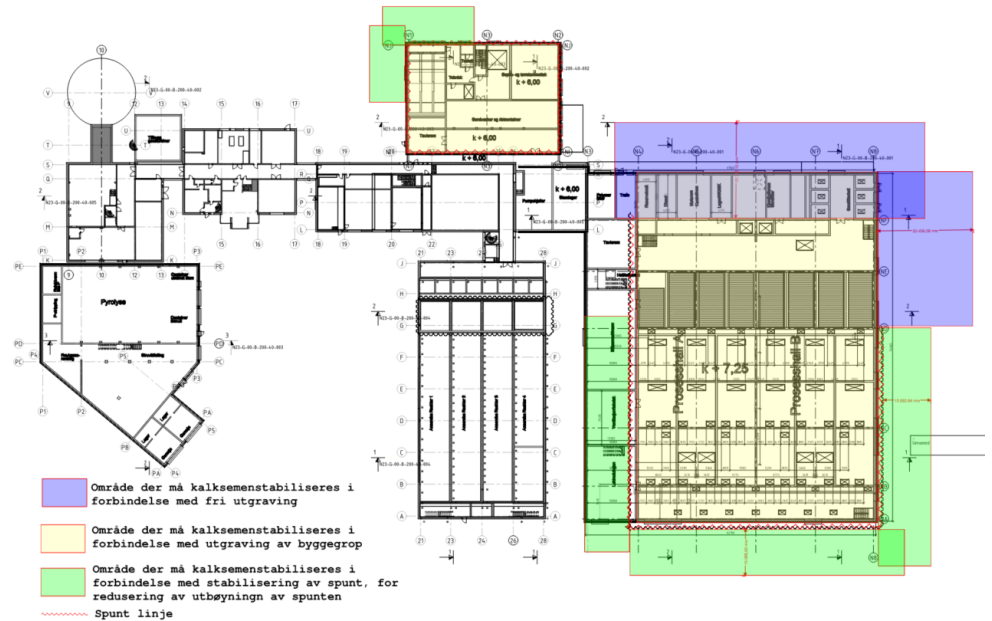
Disse bygningskroppene skal bygges i plan med terreng og har ikke behov for større utgravninger. Alle nye bygg må fundamenteres til berg med stålkjernepeler.

Hvis det etter supplerende grunnundersøkelser avdekkes grunne avstander til berg, kan det fundamenteres med betongsøyler til berg med fri utgraving. For VA-ledninger er det lagt opp til kalk-sementstabilisering av grøfter.

Figurer nedenfor viser plasseringen geotekniske tiltak for de bygg som har dype utgravninger.



Figur 11 angir omfang av spunt og kalksementstabilisering for N15B



Figur 12 angir omfang av spunt og kalksementstabilisering for N23

5 Bærekraftskriterier for valg av prosess

MOVAR har i samarbeid med COWI kommet fram til kriterier for valg av prosess, som vist i Tabell 10. Disse bygger på MOVARs 3-delte bunnlinje som består av Miljø, Samfunn og Økonomi, samt de av FNs bærekraftsmål som er vurdert til å være relevante for utviklingen av Nye Fuglevik RA.

For valg av vannbehandlingsprosess ble *FNs bærekraftsmål #11- bærekraftig byer og samfunn* ikke evaluert da dette ble ansett som relevant for alle kriterier. For valg av slambehandlingsprosess ble bærekraftsmålet trukket inn der det ble ansett som ekstra relevant.

I en grovsorteringsfase ble en score fra 0 til 100 % estimert for hvert delkriterium, basert på COWIs generelle kjennskap til de enkelte prosesskombinasjonene og de forutsetningene som gjelder for nye Fuglevik renseanlegg. Kriteriet «Slambehandling utover krav» ble ikke vurdert i forbindelse med valg av vannbehandlingsprosess, slik at maksimal poengsum med 100 % score på alle delkriterier var 95,8.

Kriteriene med lilla skrift er kvantitative kriterier hentet fra screening LCA.

Tabell 10. Kriterier for valg av vannbehandling.

Kriterier	MOVARs 3-delte bunnlinje		FNs bærekraftsmål						Vekt		
		Vekt	#6	#8	#9	#12	#13	#17		Sum	
Energiforbruk	Miljø	60			1	1	1		3	5,0	
Kjemikalieforbruk						1	1	1		3	5,0
Kompakthet (areal og bygningsbehov)							1	1		2	3,3
Gjenbruk av eksisterende bygningsmasse							1	1		2	3,3
Fleksibilitet/modularitet (utvidelser og tilpassing til nye prosesser)					1		1	1		3	5,0
Driftsstabilitet og robusthet					1	1				2	3,3
Rensing bedre enn krav for parameterne P, N og BOF/KOF					1			1		2	3,3
Rensing av mikroplast					1			1		2	3,3
Rensing av miljøfremmede stoffer (DEHP, PFAS, legemidler, osv)					1			1		2	3,3
Rensing av smittestoffer (eks. TKB)					1			1		2	3,3
Slambehandling utover krav					1			1	1	3	5,0
Klimafotavtrykk					1	1	1	1	1	5	8,3
Ressursgjenvinning, fosfor							1	1		2	3,3
Lukt					1					1	1,7
Slamproduksjon og slamkonsentrasjon								1	1	2	3,3
Prosessens modenhet	Samfunn	10				1			1	0,8	
Kompetansebehov				1				1	2	1,7	
Innovasjonsgrad				1	1			1	3	2,5	
Leverandørkonkurranse				1		1		1	3	2,5	
Annen samfunnsnytte				1	1			1	3	2,5	
Årskostnader / LCC	Økonomi	30								30,0	
Sum pr. bærekraftsmål			7	8	6	15	8	4			

Tabell 11. Kriterier for valg av slambehandling.

Kriterier	MOVARs 3-delte bunnlinje	FNs bærekraftsmål							Vekt			
		Vekt	#6	#8	#9	#11	#12	#13		#17	Sum	
Energiforbruk	Miljø	60			1		1	1		3	5,1	
Mellomlagringsbehov			1		1		1	1	1		5	8,6
Kompakthet (areal og bygningsbehov)							1	1			2	3,4
Gjenbruk av eksisterende bygningsmasse							1	1			2	3,4
Flexibilitet/modularitet (utvidelser og tilpassing til nye prosesser)					1			1	1	1	4	6,9
Driftsstabilitet og robusthet					1	1					2	3,4
Avfallsprodukt herunder evt spesialavfall								1			1	1,7
Rensing av mikroplast					1			1			2	3,4
Rensing av miljøfremmede stoffer (DEHP, PFAS, legemidler, osv)					1			1			2	3,4
Slambehandling utover krav					1			1	1		3	5,1
Klimafotavtrykk/karbonbalanse					1	1	1		1	1	5	8,6
Ressurgjenvinning, fosfor							1		1		2	3,4
Lukt og støy					1			1			2	3,4
Lokalt landskapsvern/Kulturlandskap i.e forhold til reguleringsprosessen			Samfunn	10				1	1		1	3
Kompetansebehov		1							1	2	1,3	
Innovasjonsgrad		1			1					1	3	2,0
Leverandørkonkurranse		1						1		1	3	2,0
Annen samfunnsnytte inkl transportavvikling/områdebelastning		1			1		1			1	4	2,7
Årskostnader / LCC	Økonomi	30									30,0	
Sum pr. bærekraftsmål			6	8	6	3	13	7	7			

6 Prosessløsninger

I utgangspunktet er det et nesten uendelig antall mulige prosesskombinasjoner for både sekundærrensprosesser og nitrogenfjerningsprosesser dersom man inkluderer alle mulige varianter av partikkelseparasjonsprosesser og biologiske + kjemiske prosesser. Enhetsprosesser som er vurdert er listet opp nedenfor. Det er forutsatt at alle prosesskombinasjoner har standard forbehandling, bestående av rist og sandfang med fettfangsone.

6.1 Vannbehandling Sekundærrensing

6.1.1 Aktuelle prosesskombinasjoner

Alternativer som ble vurdert som primærrensetrinn:

- > Primærfiltrering
- > Forsedimentering
- > Forsedimentering med hydrolyse av primærslam (for evt. karbonkilde til bio-P prosess)
- > Forbedret forsedimentering (m/polymer)
- > Forfelling med sedimentering

Alternativer som ble vurdert for biologiske renseprosesser:

- > Aktivslam
- > Biofilm, BAF (biological aerated filter)
- > Biofilm, MBBR
- > IFAS (aktivslam + MBBR)
- > Granulært slam (Nereda)

Alternativer som ble vurdert for fosforfjerning:

- > Forfelling
- > Simultanfelling
- > Etterfelling
- > Bio-P med aktivslam
- > Bio-P med MBBR

Alternativer som ble vurdert for sekundær partikkelfjerning:

- > Sedimentering
- > Flotasjon
- > Ballastert sedimentering (Actiflo, Densadeg, Co-Mag, etc.)
- > Membran
- > Trommelfilter/Skivefilter

Alternativer som ble vurdert som poleringstrinn:

- > Sandfilter (evt. med kjemisk felling)
- > Membran (evt. med kjemisk felling)
- > Skivefilter (evt. med kjemisk felling)

Det er gjort en grov vurdering av totalt 31 prosesskombinasjoner for vannbehandlingsdelene i et sekundærrensaneanlegg. Aktuelle prosesskombinasjoner er kort beskrevet i PN11.

Grovsorteringen er gjort i et Excel regneark, med kriterier og vektning vist i Tabell 10. I Tabell 12 vises poengsummen for de alternativene med høyest score.

MBBR med kjemisk felling og forskjellige varianter av separasjonsprosesser scorete høyest og var i en egen klasse. Seks av disse ble plukket ut for mer detaljerte vurderinger, grove kostnadsberegninger og screening LCA med tanke på valg av prosess til forprosjektering. Dette var prosesskombinasjonene S15, S16, S17, S19, S21 og S31. Disse prosesskombinasjonene fikk fra 65 til 67 poeng. Flere av enhetsprosessene er like for disse fem MBBR-variantene, og det vil vi dra nytte av med tanke på kostnadsberegningen. S14 fikk like mange poeng som S16 og S21, men ble vraket til fordel for disse to da den krever mer plass.

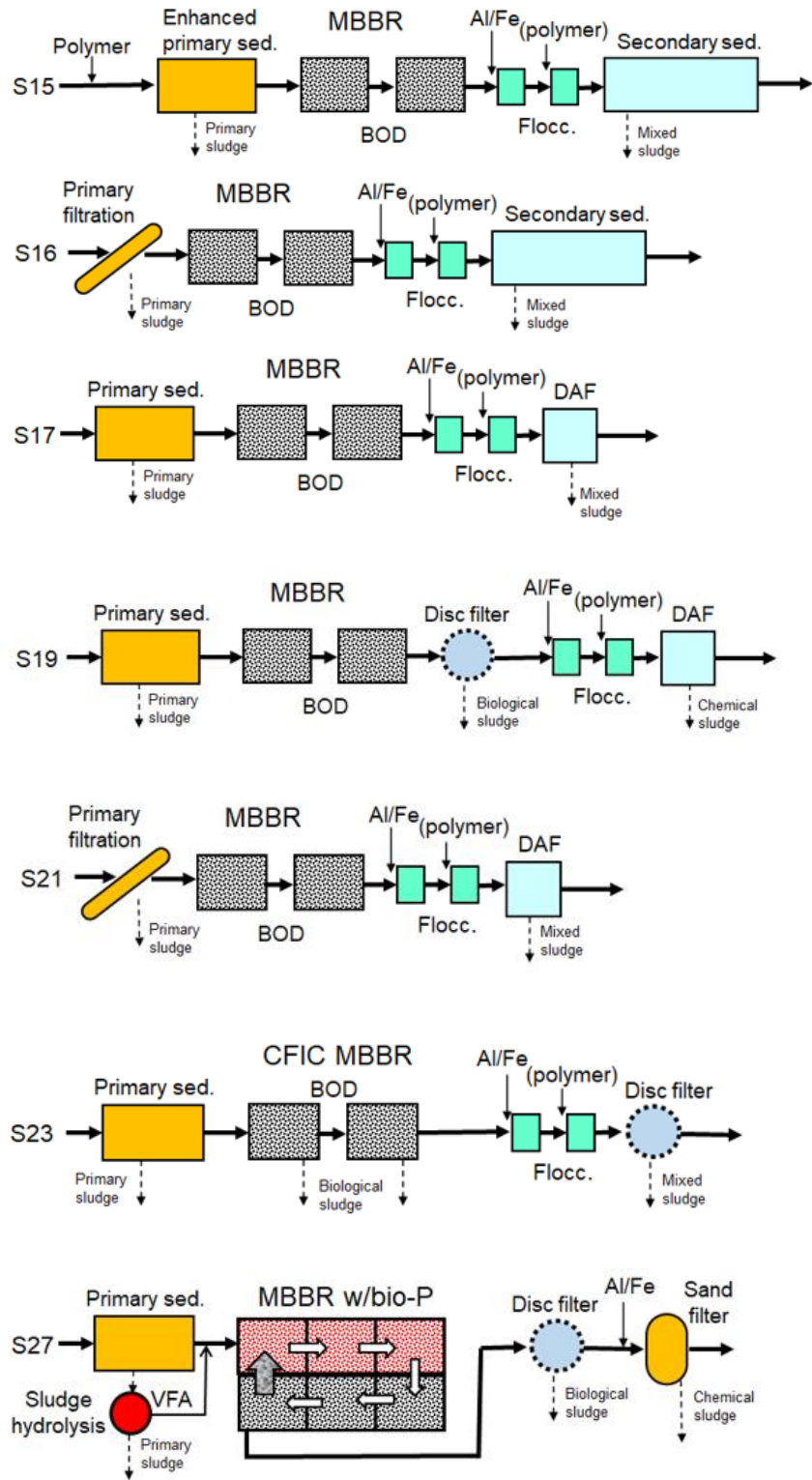
For at det skulle bli noe variasjon i de prosessene som skal vurderes mer detaljert, ble det bestemt å gå videre med to ekstra prosesser. Dette er CFIC prosessen med kjemisk felling på skivefilter (S23) som fikk 58 poeng. Videre er det HIAS prosessen (S27) som fikk 61 poeng.

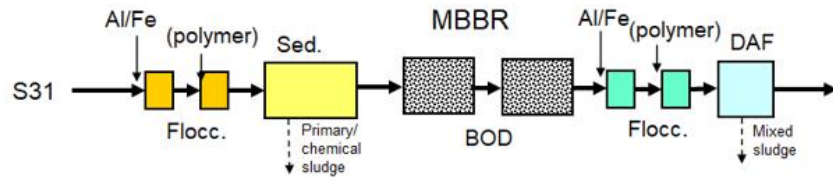
Tre varianter av HIAS-prosessen ble vurdert i grovsorteringen, der S27 scorete 2-3 poeng høyere enn de to andre fordi etterpolering med mulighet for felling på sandfilter vil garantere at man klarer rensekravene.

Selv om S23 og S27 (CFIC- og HIAS-prosessene) kom ut med dårligere poengsum enn mange andre varianter av MBBR prosessen i denne grovsorteringen, ble de tatt med videre fordi de representerte relativt nye prosesser. Det er et svært begrenset erfaringsgrunnlag, både nasjonalt og internasjonalt for disse to prosesskombinasjonene. Dermed var usikkerhetene i de antagelsene som lå til grunn for grovsorteringen såpass store at prosessene fortjente en mer grundig gjennomgang med de kriteriene MOVAR har for valg av en sekundærrensprosess.

Tabell 12. Prosesskombinasjoner valgt ut til grovdimensjonering etter grovsortering.

Nr.	Kort beskrivelse	Poeng
S15	FS m/polymer + MBBR + kjemisk felling + sedimentering	67
S16	PF + MBBR + kjemisk felling + sedimentering	65
S17	FS + MBBR + kjemisk felling + flotasjon	67
S19	FS + MBBR + skivefilter + kjemisk felling + flotasjon	66
S21	PF + MBBR + kjemisk felling + flotasjon	65
S23	FS + CFIC + kjemisk felling på skivefilter	58
S27	FS m/slamhydrolyse + MBBR m/bio-P + skivefilter + felling på sandfilter	61
S31	Forfelling m/sed. + MBBR + kjemisk felling og flotasjon	67





Figur 13. Flytskjemaer for prosessalternativer med sekundærrensing som har blitt grovdimensjonert.

6.1.2 Resultat og prosessvalg

Grovdimensjonering ble gjennomført for de 8 utvalgte prosesskombinasjonene for å få mer detaljert informasjon om de ulike evalueringskriteriene fra kapittelet over. Basert på grovdimensjoneringen ble det gjennomført grove kostnadsestimeringer for å finne drifts- og investeringskostnader og screening-LCA for å finne klimafotavtrykket.

Tabell 13 viser resultatet fra evalueringen etter gjennomført grovdimensjonering basert på de 21 evalueringskriteriene i kap 5.

Tabell 13. Evaluering av prosesskombinasjoner for sekundærrensing basert på evalueringskriterier i kap 5.

Kriterier	Vekt	S15		S16		S17		S19		S21		S23		S27		S31	
		%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet
Energiforbruk	5,00	78	3,9	85	4,2	74	3,7	60	3,0	96	4,8	85	4,2	0	0,0	100	5,0
Kjemikalieforbruk	5,00	21	1,0	7	0,4	11	0,6	32	1,6	11	0,6	34	1,7	100	5,0	0	0,0
Kompakthet (areal og bygningsbehov)	3,33	30	1,0	81	2,7	71	2,4	49	1,6	100	3,3	75	2,5	0	0,0	73	2,4
Gjenbruk av eksisterende bygningsmasse	3,33	75	2,5	85	2,8	75	2,5	75	2,5	70	2,3	80	2,7	60	2,0	80	2,7
Fleksibilitet/modularitet (utvidelser og tilpassing til nye prosesser)	5,00	50	2,5	50	2,5	55	2,8	55	2,8	70	3,5	40	2,0	60	3,0	50	2,5
Driftsstabilitet og robusthet	3,33	100	3,3	90	3,0	95	3,2	97	3,2	90	3,0	65	2,2	60	2,0	90	3,0
Rensing bedre enn krav for parameterne P, N og BOF/KOF	3,33	60	2,0	60	2,0	65	2,2	70	2,3	65	2,2	0	0,0	70	2,3	65	2,2
Rensing av mikroplast	3,33	75	2,5	75	2,5	85	2,8	85	2,8	85	2,8	55	1,8	95	3,2	75	2,5
Rensing av miljøfremmede stoffer (DEHP, PFAS, legemidler, osv)	3,33	55	1,8	55	1,8	60	2,0	60	2,0	55	1,8	40	1,3	65	2,2	55	1,8
Rensing av smittestoffer (eks. TKB)	3,33	55	1,8	55	1,8	65	2,2	70	2,3	65	2,2	15	0,5	85	2,8	55	1,8
Slambehandling utover krav	5,00		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
Klimafotavtrykk	8,33	39	3,2	45	3,7	33	2,8	48	4,0	34	2,9	52	4,3	100	8,3	24	2,0
Ressursgjenvinning, fosfor	3,33	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20	0,7	0	0,0	20	0,7	100	3,3	0	0,0
Lukt	1,67	65	1,1	65	1,1	65	1,1	65	1,1	65	1,1	60	1,0	55	0,9	95	1,6
Slamproduksjon og slamkonsentrasjon	3,33	60	2,0	59	2,0	82	2,7	71	2,4	90	3,0	60	2,0	59	2,0	67	2,2
Prosessens modenhet	0,83	100	0,8	90	0,8	100	0,8	70	0,6	90	0,8	50	0,4	70	0,6	95	0,8
Kompetansebehov	1,67	95	1,6	80	1,3	90	1,5	85	1,4	80	1,3	40	0,7	35	0,6	85	1,4
Innovasjonsgrad	2,50	5	0,1	10	0,3	0	0,0	20	0,5	10	0,3	50	1,3	80	2,0	0	0,0
Leverandørkonkurranse	2,50	90	2,3	80	2,0	90	2,3	85	2,1	80	2,0	0	0,0	0	0,0	90	2,3
Annen samfunnsnytte	2,50	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	20	0,5	0	0,0	20	0,5	70	1,8	0	0,0
Årskostnader / LCC	30	64	19,3	96	28,7	90	26,9	79	23,7	100	30,0	93	27,9	51	15,4	90	26,9
Vektet SUM	100,0		52,8		63,6		62,3		61,1		67,8		57,7		57,4		61,1

Som det fremgår av tabellen over er det alternativ S21 som anses som det beste alternativet dersom det skal bygges et nytt renselanlegg med sekundærrensing.

Dersom Movar kun får krav om sekundærrensing er det forventet at krav om nitrogenfjerning vil komme de nærmeste årene. Evalueringstabellen over tar ikke for seg fleksibel ombygging fra sekundærrensing til nitrogenfjerning. Endelig prosessvalg for sekundærrensing som enkelt kan omgjøres til nitrogenfjerning må dermed ses i sammenheng med evalueringen av nitrogenfjerningsprosessene.

6.2 Vannbehandling Nitrogenfjerning

6.2.1 Aktuelle prosesskombinasjoner

Alternativer som ble vurdert som primærrensetrinn:

- > Primærfiltrering
- > Forsedimentering
- > Forsedimentering med hydrolyse av primærslam (for evt. karbonkilde til bio-P prosess)
- > Forbedret forsedimentering (m/polymer)
- > Forfelling med sedimentering

Alternativer som ble vurdert for biologiske renseprosesser:

- > Aktivslam
- > Biofilm, BAF (biological aerated filter)
- > Biofilm, MBBR
- > IFAS (aktivslam + MBBR)
- > Granulært slam (Nereda)
- > Anammox-prosesser

Alternativer som ble vurdert for fosforfjerning:

- > Forfelling
- > Simultanfelling
- > Etterfelling
- > Bio-P med aktivslam*

(*Bio-P med MBBR ("HIAS"-prosessen) er ikke vurdert på lik linje med øvrige løsninger, fordi prosessen ikke er ferdig utviklet for bruk i kombinasjon med fullverdig nitrogenfjerning. HIAS har imidlertid lansert et konsept, som er omtalt nærmere nedenfor).

Alternativer som ble vurdert for sekundær partikkelfjerning:

- > Sedimentering
- > Flotasjon
- > Membran
- > Trommelfilter/Skivefilter

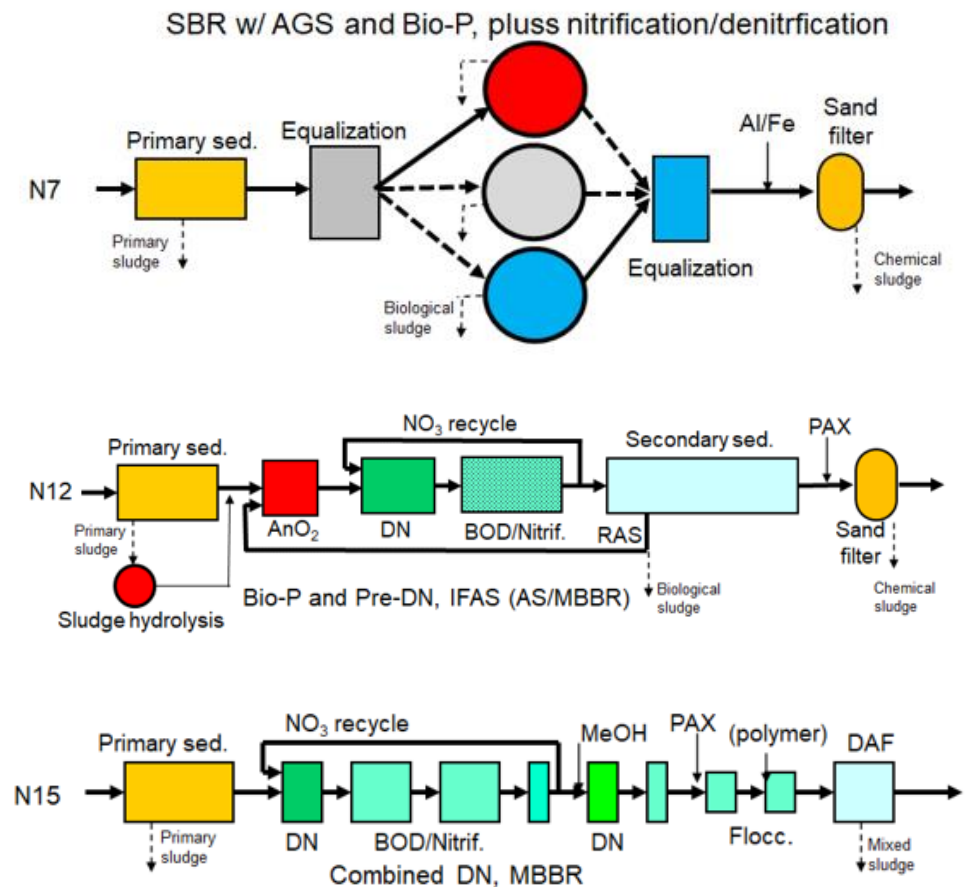
Alternativer som ble vurdert som poleringstrinn:

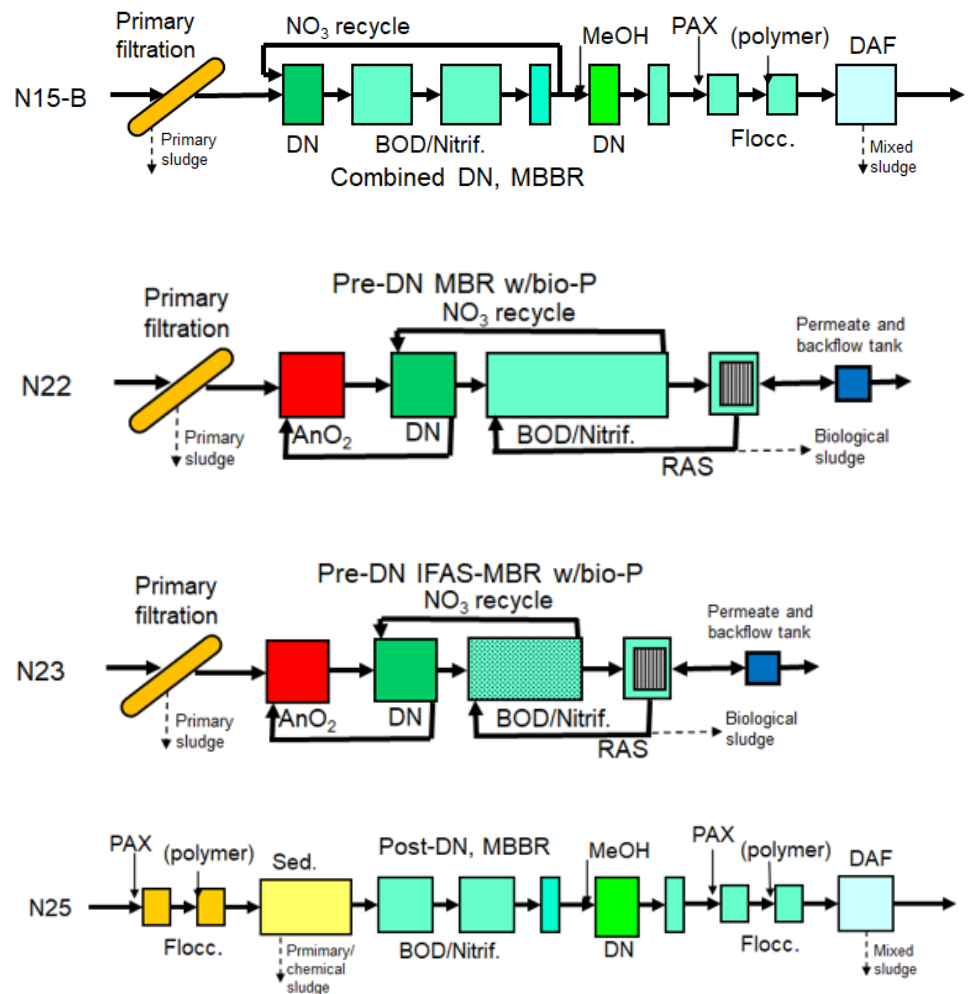
- > Sandfilter (evt. med kjemisk felling)
- > Membran (evt. med kjemisk felling)
- > Skivefilter (evt. med kjemisk felling)

27 prosesskombinasjoner (N1-N27) av enhetsprosessene over ble vurdert for utvidelsen av Fuglevik renseanlegg. I en innledende grovsortering ble 6 prosesser valgt ut til grovdimensjonering, se Tabell 14. Disse prosessene hadde høyest poengsum basert på vektning av kriterier i Tabell 10 over. Det ble også lagt til en prosess (N15B) etter grovsorteringen. Denne prosessen passer for en trinnvis utbygning, hvor man først etablerer enhetsprosesser i eksisterende anlegg for å kunne overholde sekundærrensekrav, for deretter å etablere rensetrinn i ny bygningsmasse for å overholde nitrogenfjerningskrav. Denne løsningen erstatter derfor forsedimentering med forsiling, da eksisterende sedimenteringsbassenger må benyttes til både biologi og sluttseparasjon i det sekundærrenseanlegget som da etableres først.

Tabell 14. Prosesskombinasjoner valgt ut til grovdimensjonering etter grovsortering.

Nr.	Prosesskombinasjon	Poengsum
N7	Forsedimentering + utjevning + SBR m/granulært slam, bio-P og nitrifisering-denitrifisering (eks. Nereda) + utjevning + felling på sandfilter	64
N12	Forsedimentering m/slamhydrolyse + IFAS m/bio-P og for-DN + sedimentering + felling på sandfilter	63
N15	Forsedimentering + MBBR m/kombinert for- og etter-DN + kjemisk felling og flotasjon	65
N15B	Primærfiltrering + MBR m/kombinert for- og etter-DN + kjemisk felling og flotasjon	-
N22	Primærfiltrering + MBR m/bio-P og for-DN	68
N23	Primærfiltrering + IFAS-MBR m/bio-P og for-DN	69
N25	Forfelling m/sedimentering + MBBR m/etter-DN + kjemisk felling og flotasjon	63

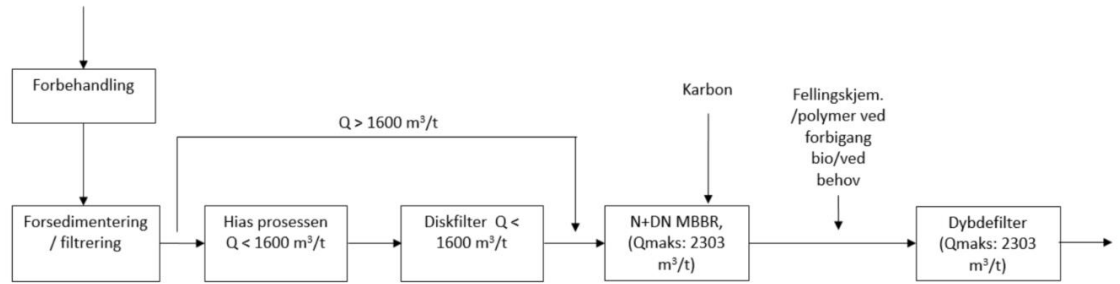




Figur 14. Flytskjemaer for prosessalternativer med nitrogenfjerning som har blitt grovdimensjonert.

HIAS har som kjent utviklet et konsept for Bio-P i en MBBR konfigurasjon. Så langt har denne vært lansert som en sekundærrensingsprosess (i prinsippet prosesskombinasjon S27 i kap. 6.1). Underveis i forprosjektperioden, og etter at prosesser var valgt, lanserte HIAS et nytt konsept som også kan fjerne nitrogen. Løsningen er helt uten referanser, og det gjenstår fortsatt FoU, slik at det var aldri aktuelt å ta det inn som et reelt alternativ. Vi finner det imidlertid riktig å omtale prosessen her, da det er en liten stund til prosess skal anskaffes, og det kan ha skjedd utvikling som gjør at prosessen ikke er helt uaktuell. Prosessen er vist i Figur 15 nedenfor, og her kommer det frem at HIAS kjerneprosess med bio-P i MBBR med skivefilter skal ta hånd om 1600 m³/h på dimensjonerende belastning, mens overskytende vannmengde kun renses med "konvensjonelt" oppsatt nitrifikasjon/denitrifikasjons-MBBR. Det gjør at man også må ha kjemisk felling av det vannet som ikke gjennomgår bio-P.

Det er et spennende konsept, som virker lovende, og som det vil bli mulig å tilby i en senere konkurranse, men som på tidspunkt for valg av løsning for forprosjektering ikke var tilstrekkelig utviklet. Løsningen er derfor ikke evaluert i denne omgang.



Figur 15. HIAS' løsningsforslag for nitrogenfjerning ved Nye Fuglevik RA.

6.2.2 Resultat og prosessvalg

Grovdimensjoneringer ble gjennomført for de 7 utvalgte prosesskombinasjonene for å få mer detaljert informasjon om de ulike evalueringskriteriene fra kapittelet over. Det forutsettes at man benytter rejektivannrensing med anammox for å fjerne nitrogen fra rejektivann, og at belastningen fra returstrømmer dermed er neglisjerbar. Basert på grovdimensjoneringene ble det blant annet gjennomført grove kostnadsestimeringer for å finne drifts- og investeringskostnader og screening-LCA for å finne klimafotavtrykket for de 7 prosessene.

Tabell 15 viser resultatet fra evalueringen etter gjennomført grovdimensjonering basert på de 21 evalueringskriteriene i kap 5.

Tabell 15. Evaluering av prosesskombinasjoner for nitrogenfjerning basert på evalueringskriterier i kap 5.

Kriterier	Vekt	N7		N12		N15		N22		N23		N25		N15B	
		%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet
Energiforbruk	5,00	75	3,8	25	1,3	62	3,1	10	0,5	0	0,0	100	5,0	65,0	3,2
Kjemikalieforbruk	5,00	95	4,7	100	5,0	59	2,9	100	5,0	100	5,0	0	0,0	58,7	2,9
Kompakthet (areal og bygningsbehov)	3,33	56	1,9	0	0,0	85	2,8	75	2,5	86	2,9	94	3,1	100,0	3,3
Gjenbruk av eksisterende bygningsmasse	3,33	35	1,2	40	1,3	60	2,0	60	2,0	60	2,0	60	2,0	60,0	2,0
Fleksibilitet/modularitet (utvidelser og tilpassing til nye prosesser)	5,00	40	2,0	35	1,8	65	3,3	50	2,5	50	2,5	65	3,3	65,0	3,3
Driftsstabilitet og robusthet	3,33	75	2,5	77	2,6	80	2,7	60	2,0	55	1,8	90	3,0	90,0	3,0
Rensing bedre enn krav for parameterne P, N og BOF/KOF	3,33	50	1,7	50	1,7	80	2,7	75	2,5	50	1,7	80	2,7	80,0	2,7
Rensing av mikroplast	3,33	95	3,2	95	3,2	85	2,8	100	3,3	100	3,3	85	2,8	85,0	2,8
Rensing av miljøfremmede stoffer (DEHP, PFAS, legemidler, osv)	3,33	75	2,5	70	2,3	60	2,0	83	2,8	85	2,8	60	2,0	60,0	2,0
Rensing av smittestoffer (eks. TKB)	3,33	85	2,8	85	2,8	65	2,2	100	3,3	100	3,3	65	2,2	65,0	2,2
Slambehandling utover krav	5,00		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0		0,0
Klimafotavtrykk	8,33	95	7,9	100	8,3	61	5,1	96	8,0	96	8,0	19	1,6	62,4	5,2
Ressursgjenvinning, fosfor	3,33	63	2,1	80	2,7	0	0,0	100	3,3	100	3,3	0	0,0	0,0	0,0
Lukt	1,67	60	1,0	55	0,9	60	1,0	70	1,2	70	1,2	100	1,7	100,0	1,7
Slamproduksjon og slamkonsentrasjon	3,33	57	1,9	54	1,8	74	2,5	76	2,5	77	2,6	55	1,8	82,6	2,8
Prosessens modenhet	0,83	50	0,4	100	0,8	100	0,8	100	0,8	100	0,8	100	0,8	100,0	0,8
Kompetansebehov	1,67	30	0,5	30	0,5	65	1,1	30	0,5	30	0,5	65	1,1	65,0	1,1
Innovasjonsgrad	2,50	40	1,0	0	0,0	0	0,0	20	0,5	25	0,6	0	0,0	0,0	0,0
Leverandørkonkurranse	2,50	40	1,0	90	2,3	90	2,3	75	1,9	60	1,5	90	2,3	90,0	2,3
Annen samfunnsnytte	2,50	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20	0,5	25	0,6	0	0,0	0,0	0,0
Årskostnader / LCC	30	82	24,7	58	17,3	91	27,4	89	26,8	96	28,8	93	28,0	100,0	30,0
Vektet SUM			66,7		56,6		66,6		72,5		73,3		63,2		71,2

N23 fikk mest poeng av de evaluerte prosessene. Dette er altså en prosess med primærfiltrering, IFAS-MBR med bio-P og fordenitrifisering. N22 fikk nest høyest poengsum, og er en prosess som er relativt lik N23 (N22 er en ren MBR-prosess mens N23 er en IFAS-MBR-prosess, som altså har biofilmbærere i tillegg til aktivslam). N22 er en konvensjonell prosess som er vanlig brukt, mens N23 er mindre utprøvd. Det ble imidlertid valgt å gå videre med N23 i forprosjektet, da fordelene med lavere kostnader og en mer kompakt løsning er foretrukket av MOVAR.

MOVAR ønsket også å gå videre med alternativ N15B, som har tredje høyest score. Denne prosessen kan bygges ut trinnvis, hvor man først etablerer enhetsprosesser i eksisterende anlegg for å kunne overholde sekundærrensing (S21), for deretter å etablere rensetrinn i et nytt/utvidet anlegg for å overholde nitrogenfjerningskrav.

Prosesskombinasjonen N15B har altså lavere årskostnader enn N23. N15B kommer også bedre ut i prosessevalueringen når det gjelder energibehov, kompakthet, fleksibilitet/modularitet (utvidelse og tilpassing til nye prosesser), driftsstabilitet og robusthet, jf. vektning av evalueringskriterier i Tabell 10. Prosessen vil også kunne oppnå bedre rensing for parameterne P, N og BOF/KOF enn N23 (bedre enn krav) og det er flere tilgjengelige leverandører på markedet. Prosessen har også en fordel i at man kan bygge ut prosessen trinnvis, hvis det blir aktuelt.

N23 kommer imidlertid noe bedre ut totalt sett, med de evalueringskriterier og den vektning som er valgt i forprosjektet, jf. Tabell 10. Dette takket være lavere kjemikalieforbruk og klimafotavtrykk, bedre rensing av mikroplast, miljøfremmede stoffer og smittestoffer, mulighet for gjenvinning av fosfor og annen samfunnsnytte.

Det ble derfor valgt å gå videre med å dimensjonere to prosesskombinasjoner for vannbehandlingen:

- Prosesskombinasjon 1: N15B - Primærfiltrering + MBBR m/kombinert for- og etter-DN + kjemisk felling og flotasjon
- Prosesskombinasjon 2: N23 - Primærfiltrering + IFAS-MBR m/bio-P og for-DN

6.3 Slambehandling

6.3.1 Aktuelle enhetsprosesser

Det er valgt å se bort fra noen prosesser som i utgangspunktet anses som ikke aktuelle. De er ikke bærekraftige for et anlegg av Nye Fuglevik sin størrelse og derfor ikke forenlig med MOVAR sin visjon. Dette gjelder:

- > Våtkompostering, som kommer dårlig ut med hensyn på energi
- > Kalkstabilisering (Orsa-metoden), som har høyt klimafotavtrykk
- > Kompostering, som kommer dårlig ut med hensyn på kostnader og energi
- > Langtidslagring, som krever store arealer og ikke utnytter energiressursene i slammet

Aktuell enhetsprosess for fortykking:

- > Fortykkermaskiner

Aktuelle enhetsprosesser for avvanning:

- > Sentrifuger
- > Skruepresser
- > Filterpresser

Aktuelle enhetsprosesser for hygienisering:

- > Aerob termofil forbehandling
- > Pasteurisering
- > Termisk hydrolyse (THP)

Aktuell enhetsprosess for stabilisering:

- > Mesofil anaerob stabilisering

Aktuelle enhetsprosesser som kombinerer hygienisering og stabilisering:

- > Termofil anaerob stabilisering
- > Termisk tørking
- > Pyrolyse
- > Hydrotermisk karbonisering (HTC)

I tillegg kan det bli aktuelt med tilsetninger (f.eks. kalk) til ferdig behandlet slam for å gjøre det mer attraktivt for bøndene. Dette har imidlertid ikke inngått i våre vurderinger av valg av slambehandlingsprosess.

6.3.2 Prosesskombinasjoner

MOVAR ønsket i utgangspunktet ikke å ha noen føringer eller restriksjoner i prosessvalg for slambehandling. Valget ble basert på en helhetlig evaluering hvor bærekraft er det sentrale nøkkelordet. I den forbindelse er sentrale begreper *energigjenvinning* og *klimafotavtrykk*. Alle aktuelle prosesskombinasjoner skal derfor ha potensiale for energigjenvinning og ha redusert klimafotavtrykk.

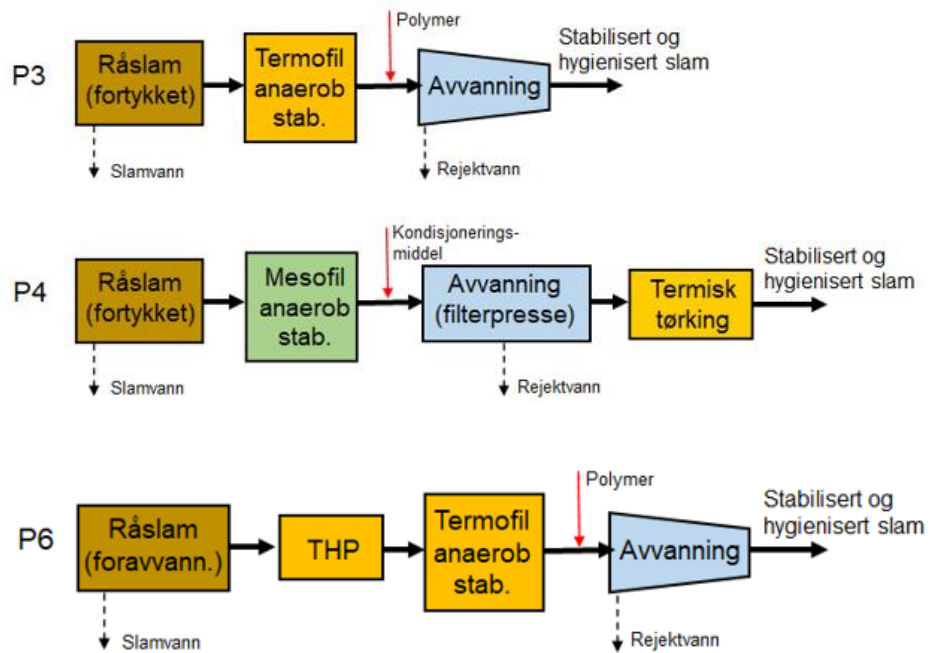
Slambehandlingsprosessene skal tilpasses de vannbehandlingsprosessene som velges. For sekundærrensing kom prosesskombinasjon S21 best ut (Primærfiltrering + MBBR + kjemisk felling og flotasjon). Ved utbygging av først sekundærrensing og deretter nitrogenfjerning, kan denne prosesskombinasjonen utvides til N15B (Primærfiltrering + MBBR m/kombinert for- og etter-DN + kjemisk felling og flotasjon). Disse to prosesskombinasjonene har omtrent samme midlere slamproduksjon (11 - 11,5 tonn TS/d i 2056) og vil ha de samme optimale slambehandlingsprosessene.

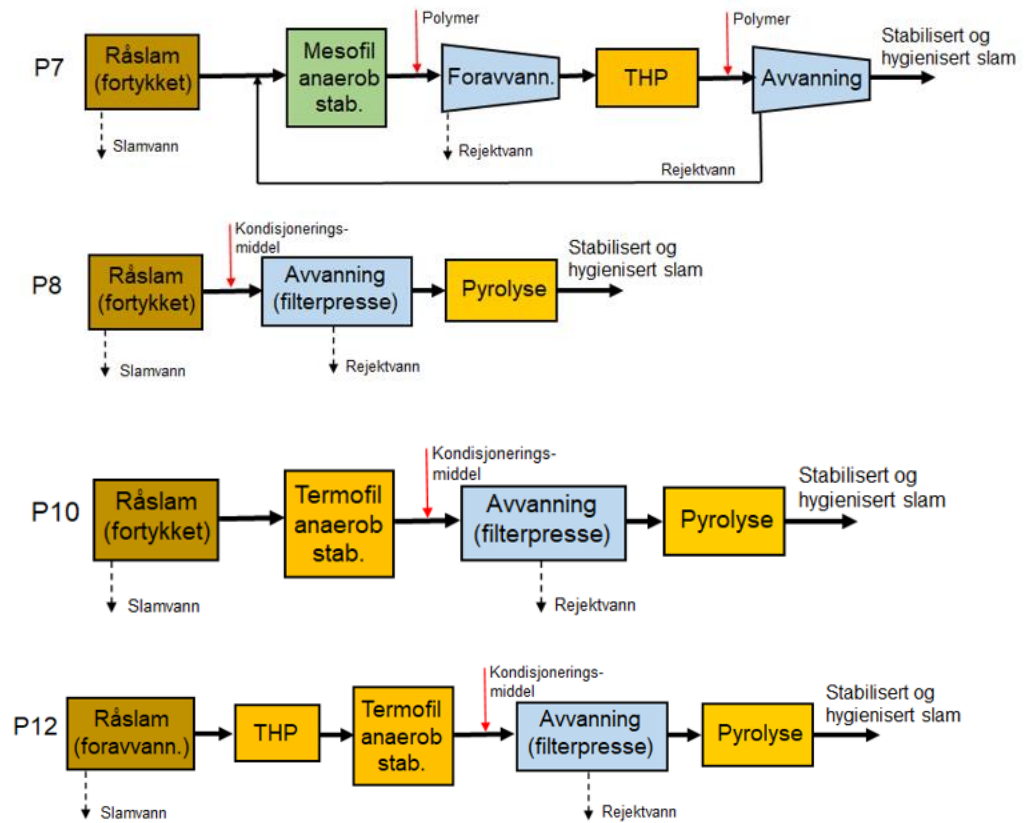
Ved direkte utbygging til nitrogenfjerning kom prosesskombinasjonen N23 best ut (Primærfiltrering + IFAS-MBR m/bio-P og for-DN). Denne prosesskombinasjonen har en midlere slamproduksjon på 8,3 tonn TS/d og det er mulig å gjenvinne fosfor fra rejektivannet.

Det ble tidlig utført en grovsortering der 15 opprinnelig prosesser ble redusert til disse prosesskombinasjonene:

Tabell 16. Prosesskombinasjoner valgt ut til grovdimensjonering etter grovsortering.

Nummer	Kort beskrivelse
P3	Fortykk. + termofil anaerob stab. + avvanning
P4	Fortykk. + mesofil anaerob stab. + avvanning (filterpresse) + termisk tørking
P6	Fortykk./foravvann. + THP + termofil anaerob stab. + avvanning
P7	Fortykk. + mesofil anaerob stab. + foravvanning + THP + sluttavvanning
P8	Fortykk. + avvanning (filterpresse) + pyrolyse (ATP)
P10A	Fortykk. + termofil anaerob stab. + avvanning (filterpresse) + pyrolyse (ATP)
P10B	Fortykk. + termofil anaerob stab. + avvanning (filterpresse) + gassifisering
P12A	Fortykk./foravvann + THP + termofil anaerob stab. + avvanning (filterpresse) + pyrolyse (ATP)
P12B	Fortykk./foravvann + THP + termofil anaerob stab. + avvanning (filterpresse) + gassifisering





Figur 16. Flytskjemaer for prosessalternativer med slambehandling som har blitt grovdimensjonert.

6.3.3 Resultater og prosessvalg

Grovdimensjoneringer ble gjennomført for de 7 utvalgte prosesskombinasjonene for å mer detaljert informasjon om de ulike evalueringskriteriene fra kapittelet over. Basert på grovdimensjoneringene ble det blant annet gjennomført grove kostnadsestimeringer for å finne drifts- og investeringskostnader og screening-LCA for å finne klimafotavtrykket.

For alternativene med pyrolyse er det valg å skille mellom A: autotermisk pyrolyse og B: Gassifisering.

Tabell 17 viser resultatet fra evalueringen etter gjennomført grovdimensjonering basert på evalueringskriteriene i kap 5.

Tabell 17. Evaluering av slambehandlingsmetoder etter kriterier basert på MOVARs tredelte bunnlinje og FN's bærekraftsmål.

Kriterier	Vekt	P3		P4		P6		P7		P8		P10A		P10B		P12A		P12B	
		%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet	%	Vektet
Energiforbruk	5,0	8	3,8	6	3,2	9	4,4	9	4,4	0	0,0	5	2,5	9	4,5	8	4,0	10	5,0
Mellomlagringsbehov	8,3	0	0,0	6	5,0	0	0,0	0	0,0	7	5,6	8	6,4	10	8,3	8	6,7	10	8,3
Kompakthet (areal og bygningsbehov)	3,3	4	1,5	4	1,4	10	3,3	9	3,0	2	0,6	0	0,0	0	0,0	7	2,4	7	2,4
Gjenbruk av eksisterende bygningsmasse	3,3	0	0,0	0	0,0	10	3,3	10	3,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	10	3,3	10	3,3
Flexibilitet/modularitet (utvidelser og tilpassing til nye prosesser)	6,7	10	6,7	10	6,7	10	6,7	10	6,7	10	6,7	10	6,7	10	6,7	10	6,7	10	6,7
Driftsstabilitet og robusthet	3,3	7	2,3	5	1,7	10	3,3	5	1,7	5	1,7	6	2,0	6	2,0	8	2,7	8	2,7
Avfallsprodukt herunder evt spesialavfall	1,7	10	1,7	10	1,7	10	1,7	10	1,7	2	0,3	5	0,8	2	0,3	5	0,8	2	0,3
Rensing av mikroplast	3,3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	10	3,3	10	3,3	10	3,3	10	3,3	10	3,3
Rensing av miljøfremmede stoffer (DEHP, PFAS, legemidler, osv)	3,3	0	0,0	0	0,0	2	0,7	2	0,7	10	3,3	10	3,3	10	3,3	10	3,3	10	3,3
Slambehandling utover krav	5,0	0	0,0	0	0,0	8	4,0	8	4,0	10	5,0	10	5,0	10	5,0	10	5,0	10	5,0
Klimafotavtrykk/karbonbalanse	10,0	0	0,0	0	0,0	0	0,3	0	0,3	10	10,0	6	6,2	2	1,5	5	4,7	1	1,4
Ressurgjenvinning, fosfor	3,3	8	2,7	8	2,7	10	3,3	10	3,3	5	1,7	8	2,7	8	2,7	10	3,3	10	3,3
Lukt og støy	3,3	2	0,7	4	1,3	8	2,7	8	2,7	10	3,3	10	3,3	10	3,3	10	3,3	10	3,3
reguleringsprosessen	2,0	4	0,8	0	0,0	10	2,0	10	2,0	6	1,2	2	0,4	2	0,4	8	1,6	8	1,6
Kompetansebehov	1,3	10	1,3	6	0,8	6	0,8	6	0,8	4	0,5	4	0,5	4	0,5	4	0,5	4	0,5
Innovasjonsgrad	2,0	0	0,0	0	0,0	4	0,8	4	0,8	8	1,6	8	1,6	8	1,6	8	1,6	8	1,6
Leverandørkonkurranse	2,0	10	2,0	8	1,6	8	1,6	4	0,8	4	0,8	4	0,8	2	0,4	4	0,8	2	0,4
Annen samfunnsnytte inkl transportavvikling/områdebelastning	2,7	0	0,0	6	1,6	2	0,5	2	0,5	6	1,6	6	1,6	8	2,1	6	1,6	8	2,1
Årskostnader / LCC	30	0	0,0	1	2,6	6	17,9	5	14,2	3	10,5	5	14,4	5	15,9	10	28,8	10	30,0
Vektet SUM	100	23,4	30,2	57,4	50,9	57,7	61,6	61,9	84,5	84,8									

Basert på de beregninger og vurderinger som kommer frem av det ovenstående ble det konkludert med at den mest bærekraftige løsningen for MOVAR er en prosess basert på **utråtning og THP med etterfølgende pyrolyse (P12A/P12B)**.

Hvorvidt pyrolysen bør baseres på ATP eller gassifisering bør holdes åpen, da forskjellen mellom disse alternativene må sies å være innenfor usikkerheten av de beregninger og vurderinger som ligger til grunn. Begge disse alternativene skiller seg klart fra de øvrige og vurderingen bedømmes derfor som robust, og endelig valg av pyrolyseprosess kan besluttes på senere tidspunkt, f.eks. i forbindelse med en tilbudskonkurranse.

I energiberegninger og klimafotavtrykk (karbonbalanse) er det tatt utgangspunkt i at utråtning skal skje ved termofil utråtning. Dette vil potensielt gi økt gassproduksjon sammenlignet med mesofil utråtning. Det er imidlertid lite erfaringer med denne prosesskombinasjonen, slik at systemet bør også tilrettelegges for mesofil utråtning. En årsak til at denne prosesskombinasjonen er lite brukt skyldes at Cambi (dominerende leverandør) hadde utfordringer med ammoniouninhibering i tidligere prosjekt. Mesofil utråtning ble valgt bort i grovsorteringen, fortrinnsvis i denne sammenheng for å redusere antall relativt like alternativer, og ville ha scoret like bra som P12. Forsøk på den aktuelle slamtypen ses på som nødvendig for å avdekke om dette vil bli en utfordring for Fuglevik RA.

7 Prosessdimensjonering

7.1 Forbehandling og primærsiling

For alle prosessalternativene vil forbehandling og primærsiling være samme løsning. Plasseringen av primærsilene kan imidlertid bli noe forskjellig for de ulike prosessalternativene. Den totale vannmengden (opp til Q_{maks}) skal behandles i rister og sand- og fettfang. Vannmengder opp til $Q_{maksdim}$ skal gå gjennom primærsilene. Det er i utgangspunktet forutsatt at returstrømmer tilføres nedstrøms primærsilene.

7.1.1 Rister, sand- og fettfang

Innløpsrister har blitt dimensjonert slik at det er tilstrekkelig redundans ved Q_{maks} . For å oppnå tilstrekkelig redundans er det i denne sammenhengen besluttet at det skal bygges 3 linjer, hvor hver rist har kapasitet tilsvarende $0,5 \times Q_{maks} = 0,5 \times 4210 \text{ m}^3/\text{h} = 2105 \text{ m}^3/\text{h}$. På denne måten vil man kunne ha en rist ute for vedlikehold, også ved maksimale vannmengder.

Det må etableres et overløp foran ristene, slik at vannmengder over $4210 \text{ m}^3/\text{h}$ ledes utenom renseanlegget og til utløp.

Etter sandfangene må det etableres nytt driftsoverløp som trer i kraft ved $Q_{maksdim}$ ($2340 \text{ m}^3/\text{h}$). Siden det kan slippes maksimalt $4210 \text{ m}^3/\text{h}$ forbi innløpsristene, skal dette overløpet dimensjoneres for $(4210 - 2340) = 1870 \text{ m}^3/\text{h}$.

7.1.2 Primærsiling

Primærsilene har blitt dimensjonert i henhold til tabell 3.3.1 i NV256. Det er tatt utgangspunkt i finsiler av type Salsnes Filter SFK 600 og silduker med $0,34 \text{ mm}$ lysåpning. Disse har $2,2 \text{ m}^2$ dykket silflate. Det vil være behov for 9 siler for å tilfredsstillere kravet om hydraulisk belastning på dykket silflate $< 125 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-h}$ ved $Q_{maksdim}$.

7.2 Sekundærrensing med prosess S21

Dette alternativet utnytter eksisterende anlegg maksimalt, med plassering av alle anleggsdeler i eksisterende anlegg. Eksisterende sedimenteringsbassenger har et samlet netto overflateareal på $4 \times 259 = 1036 \text{ m}^2$ og $3,5 \text{ m}$ vanndyp. Eksisterende flokkuleringsbassenger kan også fjernes for å få plass til nye prosessenheter.

COWI har et eget dimensjoneringsverktøy for MBBR prosesser, som ble brukt for dimensjoneringen i PN 11. I dette verktøyet inngår ligninger for beregning av biologisk slamproduksjon og oksygenbehov som bl.a. tar hensyn til avløpsvannets sammensetning, temperaturen og slamalderen i reaktorene.

Tabell 18. Nøkkeldata for biologisk trinn, etterfelling og flotasjon i prosesskombinasjon S21.

Bioreaktorer:	
Vannndyp alle reaktorer	3,5 m
Diffusordyp	3,3 m
Biofilmbærer	BWT-X, 650 m ² /m ³
Totalt bioreaktorvolum	1620 m ³ vått volum
Mengde biofilmbærere	1053 m ³ ; 684450 m ² biofilmareal
Midlere luftbehov	9276 Nm ³ /h
Dimensjonerende luftbehov	17344 Nm ³ /h
Midlere biologisk slamproduksjon	6128 kg TS/d
Dimensjonerende biologisk slamproduksjon	8012 kg TS/d
Etterfelling:	
Kjemikaliebehov, midlere	3632 kg/d PAX-18
Kjemikaliebehov, dimensjonerende	4394 kg/d PAX-18
Polymerdosering, midlere	14 kg/d
Polymerdosering, dimensjonerende	17 kg/d
Flokkulering og partikkelseparasjon:	
Flokkulering (4 linjer, 2 reaktorer i serie)	352 m ³ totalt
Flotasjon (4 linjer)	226 m ² totalt
Trykk dispergeringsvann	500 kPa
Midlere mengde dispergeringsvann	201 m ³ /h
Maks. mengde dispergeringsvann	284 m ³ /h
Midlere kjemisk slamproduksjon	1961 kg TS/d
Dimensjonerende kjemisk slamproduksjon	2373 kg TS/d

7.3 Nitrogenfjerning med prosess N15-B

Dette er et prosessalternativ som bygger videre på sekundærrenseprosessen S21. Det viser hvordan man kan utvide renseanlegget med nitrogenfjerning på et senere tidspunkt, dersom man først bygger et sekundærrenseanlegg. Bioreaktorene i sekundærrenseanlegget vil bli bygd om til henholdsvis etterdenitrifisering og etter-lufting ved at det settes inn omrørere i etterdenitrifiseringen.

Primærsiling, etterfelling og flotasjon vil bli som før. Det som må bygges nytt for utvidelse til nitrogenfjerning vil være nye for-denitrifiseringsreaktorer, nye aerobe reaktorer for BOF-fjerning, nye nitrifiseringsreaktorer, nye deoksygeneringsreaktorer, resirkuleringsløyfe for nitrifisert avløpsvann, samt lagertank og doseringsutrustning for ekstern karbonkilde til etterdenitrifiseringen.

Dimensjoneringen av det biologiske nitrogenfjerningstrinnet er gjort med basis i NV256, men med tilpasninger hvor NV256 etter vårt syn er for konservativ. Videre har vi benyttet en noe mer presis metode for beregning av biologisk slamproduksjon og luftforbruk, som tar hensyn til vannets sammensetning, temperaturen i reaktorene og slamalderen. Vi har også akseptert at oksygenkonsentrasjonen i nitrifiserende reaktorer kan være > 5 mg O₂/l ved minimumstemperaturen. Dette er vanlig praksis når minimumstemperaturen er betydelig lavere enn 10 °C.

Tabell 19. Nøkkeldata for biologisk trinn i prosesskombinasjon N15-B, dimensjonert etter en modifisert versjon av NV256.

Bioreaktorer:	
Resirkulering av nitrat	1558 m ³ /h midlere, 2810 m ³ /h dimensjonerende
Biofilmbærer	BWT-X, 650 m ² /m ³
Totalt bioreaktorvolum	12140 m ³ vått volum
Mengde biofilmbærere	7465 m ³ ; 4.852.250 m ² biofilmareal
Midlere luftbehov	13790 Nm ³ /h
Dimensjonerende luftbehov	23090 Nm ³ /h
Metanolforbruk, midlere	1288 kg/d
Metanolforbruk, dimensjonerende	1786 kg/d
Midlere biologisk slamproduksjon	5465 kg TS/d
Dimensjonerende biologisk slamproduksjon	7192 kg TS/d

7.4 Nitrogenfjerning med prosess N23

Primærsiling er nødvendig for å beskytte membranene mot hår og andre fiber i avløpsvannet.

Fordi den anaerobe reaktoren i bio-P prosessen er meget følsom for oksygen, og vi heller ikke ønsker at oksygen i anaerobe og anoksiske reaktorer skal unødig forbruke tilgjengelig karbonkilde, er det mange resirkuleringsstrømmer i denne prosessen. I IFAS-reaktoren er imidlertid disse resirkuleringsstrømmene en stor utfordring, fordi vannet må gjennom siler som skal sørge for at biofilmbærerne holder seg på plass i den aerobe IFAS-reaktoren. Med en returslammengde fra membrantanken på 2 ganger innløpsvannmengden, og en resirkulering av nitrifisert vann fra IFAS-reaktoren til for-denitrifiseringen på 3,2 ganger innløpsvannmengden blir samlet vannmengde gjennom silene i utløpet fra IFAS-reaktoren på 6,2 ganger innkommende vannmengde. Dette krever et meget stort silareal, men reaktorene er også store. I forhold til veggarealet i reaktorene blir derfor silarealet i praksis tilnærmet proporsjonalt med silarealet i de relativt små bioreaktorene i sekundærrensalternativet (S21). Med et fornuftig lengde/bredde-forhold i IFAS-reaktorene vil det gå greit å få plass til nødvendig silareal.

For å unngå ekstremt høye flukser på membranene vil vannmengder som har gått gjennom primærrensingen, og ligger over 2100 m³/h, gå i omløp rundt det biologiske rensetrinnet. Vann som går i omløp vil normalt være veldig tynt og vil bli rensert i et eget "regnvannsanlegg". Regnvannsanlegget skal bestå av dybdefilter med sand, der det kan doseres små mengder fellingskjemikalier på innløpet. Basert på varighetskurven i dimensjoneringsgrunnlaget er det grovt estimert at vannmengden som går gjennom primærrensingen og deretter kjøres utenom biologisk trinn vil være på bare ca. 2 % av årlig tilført vannmengde.

Dimensjoneringen av det biologiske rensetrinnet er gjort med basis i NV256, med tilpasninger. Tilførselen av nitrogen i returstrømmer har vi tatt hensyn til i dimensjoneringsgrunnlaget.

Tabell 20. Nøkkeldata for biologisk trinn i prosesskombinasjon N23, dimensjonert etter en modifisert versjon av NV256.

Bioreaktorer:	
Returslam fra membrantanker	2338 m ³ /h midlere, 4000 m ³ /h maksimum
Resirkulering av nitrat	3741 m ³ /h midlere, 6400 m ³ /h maksimum
Returslam fra for-DN til anaerob	3508 m ³ /h midlere, 6000 m ³ /h maksimum
Vannmengde gjennom anaerob reaktor	4677 m ³ /h midlere, 8100 m ³ /h maksimum
Vannmengde gjennom for-DN	8418 m ³ /h midlere, 14500 m ³ /h maksimum
Vannmengde gjennom IFAS-reaktor	7249 m ³ /h midlere, 12500 m ³ /h maksimum
Biofilmbærere i IFAS reaktorer (BWT-X)	3996 m ³ ; 2.597.400 m ² ; 60 % fylling
Totalt reaktorvolum	14836 m ³ vått volum
Midlere luftbehov	11390 Nm ³ /h
Dimensjonerende luftbehov	18800 Nm ³ /h
Midlere biologisk slamproduksjon	4399 kg TS/d
Dimensjonerende biologisk slamproduksjon	5593 kg TS/d

Membranene er dimensjonert noe mer konservativt enn foreslått i NV256. Dimensjoneringen er vist i Tabell 21. Det er brukt membraner av type ZeeWeed som eksempel, og dimensjonerende flukser er basert på erfaringer fra diverse pilot-anlegg og anbefalinger fra membranleverandøren.

Membranpakkene som er brukt i denne dimensjoneringen har en høyde på 2,59 m. Det må være litt vann både over og under pakkene på grunn av membranluftingen. Bassengene i eksisterende bassenghall skulle imidlertid være dype nok, men takhøyden i hallen er for lav til å løfte membranpakkene ut for periodisk vedlikehold. Membranpakkene må derfor plasseres i et nybygg.

Tabell 21. Nøkkeldata for membraner, membrantank og permeattank i prosesskombinasjon N23.

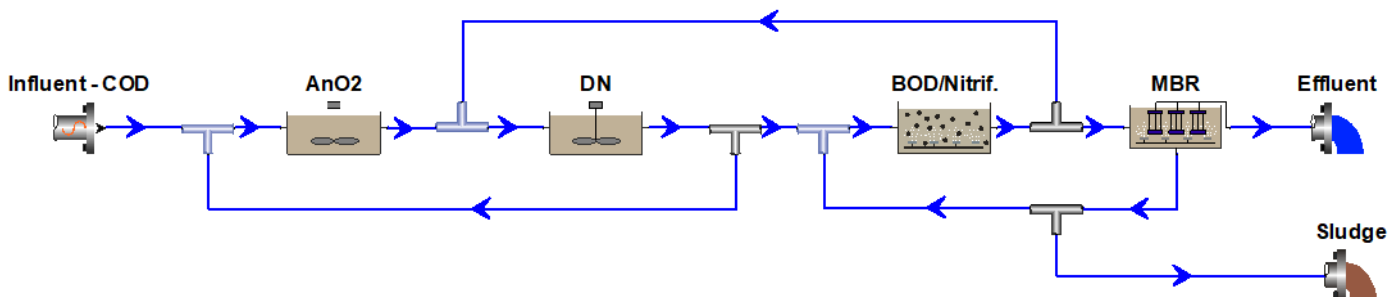
Membrantanker:	
Kassetter med ZW500D	48 moduler per kassett, 1651,2 m ²
Kassetter per membrantank	8
Antall membrantanker	8
Dimensjon per kassett	L x B x H = 1,745 m x 2,122 m x 2,59 m
Dimensjon per membrantank (vått volum)	L x B x H = 19,4 m x 2,8 m x 3,50 m = 190 m ³
Totalt membranareal	105677 m ²
Luft for rengjøring av membraner, midlere	10680 Nm ³ /h med ca. 3,2 m diffusordyp
Luft for rengjøring av membraner, maksimum	21360 Nm ³ /h med ca. 3,2 m diffusordyp
Permeatpumper, dimensjonerende kapasitet	8 x 345 m ³ /h, maks. undertrykk 5,5 mVS
Permeattank:	100 m ³

7.5 Prosessmodellering

Modellering av avløpsrensprosesser er gjort i mange år, og er svært utbredt internasjonalt. I Norge derimot har det så langt ikke vært vanlig å bruke dette verktøyet, etter all sannsynlighet fordi man har overvekt av relativt enkle anlegg med mye kjemisk felling – hvor modellering normalt ikke har vært brukt. Med nitrogenfjerning får man langt mer komplekse anlegg, hvor konsekvensen av en prosessstilpasning ikke alltid er like forutsigbar. Et modelleringsverktøy kan brukes til å planlegge slike endringer, samt å forstå oppståtte (gjærne utilsiktede/uventede) endringers effekt.

Modellverktøy i markedet baseres hovedsakelig på ASM (Activated Sludge Modelling) prosjekter i regi av IWA som startet på 90-tallet. Dette er senere videreutviklet til å også omfatte nyere teknologi, som f.eks. MBBR. Felles for alle modellverktøy er at formelgrunnlaget baseres på mange parametere/faktorer som krever både tilpasninger og "kalibrering" mot lokale forhold. I forprosjektarbeidet for Nye Fuglevik RA er det sett nærmere på det dominerende modellverktøyet BioWin fra firmaet EnviroSim, hvor formålet har vært å gjøre nødvendige tilpasninger og vurdere nyttebarheten for norske forhold generelt og Fuglevik RA spesielt. Tanken er at MOVAR i ettertid skal kunne bruke modellering for prosessoppfølging- og optimalisering i seinere driftsfase.

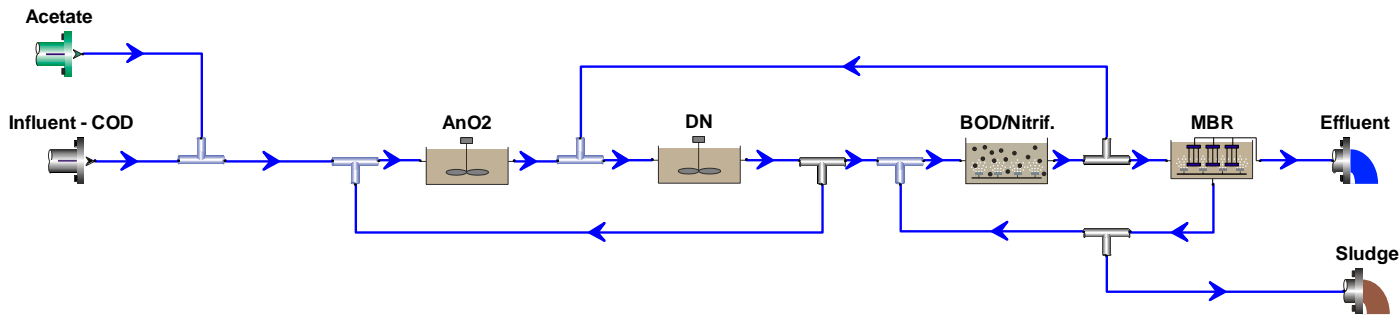
Alle de valgte prosessløsningene (S21, N15B og N23) er modellert, og det er kjørt både statiske (steady state) og dynamiske modellsimuleringer. I BioWin ser eksempelvis flytskjemaet for N23 ut som vist i Figur 17.



Figur 17. Flytskjema for BioWin modell av prosessløsning N23

Basert på de manuelle beregningene diskutert i kap. 8.2 - 8.4 ble reaktordimensjoner og dimensjonerende belastninger lagt inn i BioWin og det ble kjørt både statiske og dynamiske simuleringer. Resultatet fra den statiske simuleringen viste biologisk fosforfjerning blir stresset ved høye belastninger. Dette kan man delvis kompensere med å regulere resirkuleringsstrømmene, men ved høy nok belastning vil det sannsynligvis være nødvendig med tilsetning av lett nedbrytbart organisk stoff for å holde liv i bio-P bakteriene.

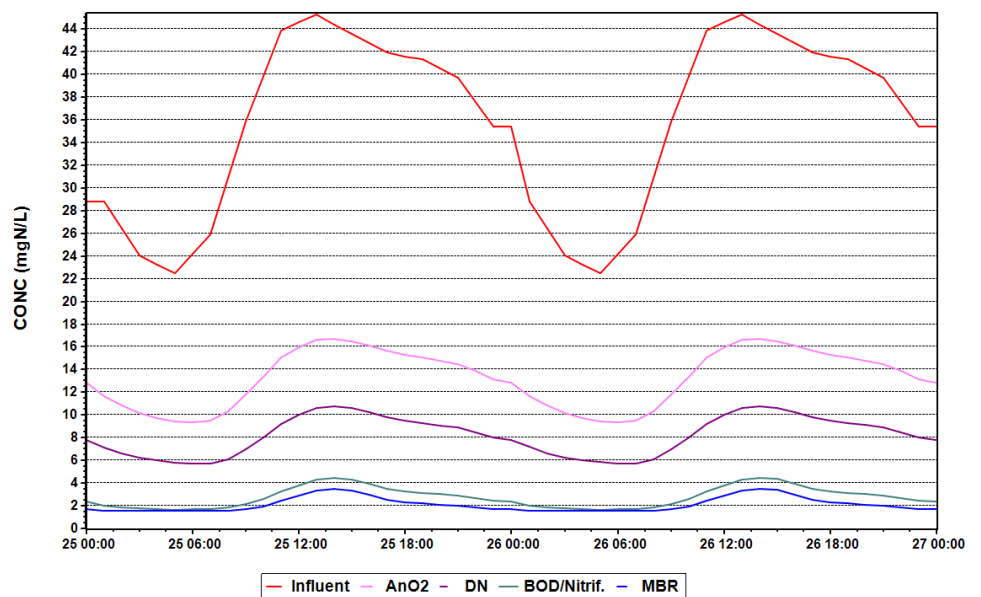
Å tilsette ekstern karbonkilde (acetat) vil bedre betingelsene for de fosforakkumulerende organismene (PAO). Flytskjema med den prosessen er vist i Figur 18. Acetat er en flyktig fettsyre, eller *volatile fatty acid* på engelsk, som ofte bare omtales som VFA. Anlegget kan ganske enkelt produsere VFA selv ved å hydrolysere f.eks. primærslam.



Figur 18. Flytskjema for BioWin modell av prosessløsning N23 m/tilsats av acetat.

Statisk simulering av modellen med tilsats av VFA (acetat) tilsvarende 3-400 kg KOF/d gjør at man fint klarer også fosfor kravene. Dette tilsvarer ca. 3 % av innkommende KOF.

Dynamisk simulering av modellen er også utført hvor det er lagt inn døgnvariasjon inn til anlegget gjennom 2 døgn. I Figur 19 vises konsentrasjonen for løst Kjeldahl Nitrogen gjennom anlegget beregnet med den dynamiske simuleringen.



Figur 19. Konsentrasjoner av løst Kjeldahl-nitrogen (hovedsakelig ammonium) gjennom anlegget ved varierende vannføring og innløpskonsentrasjon gjennom 2 døgn

Modelleringen som er utført viser at BioWin kan simulere prosessene som er dimensjonert i forprosjektet, og som er dokumentert i PN#22A. Noen tilpasninger av standardmodellen for biofilmprosesser i BioWin har vist seg nødvendige. Dette gjelder biofilmtykkelse og biofilmkonsentrasjon, som er sentralt for både MBBR- og IFAS-prosessen.

I modellen av N23, med bio-P, klarte man ikke rensekravet for fosfor ved første modellering. Modellen indikerte at det var for lite lett nedbrytbart KOF inn til biologien. Ved å øke tilførselen av KOF i modellen kom man imidlertid under utslippskravet for fosfor ved dimensjonerende tilførsel og dimensjonerende minimumstemperatur. Matematiske modeller som BioWin er i utgangspunktet ment for simulering av prosessendringer i eksisterende renseanlegg og ikke til dimensjonering. For simulering av et eksisterende renseanlegg kan modellen kalibreres mye mer nøyaktig ved at man har måleserier i renseanlegget som gir mer pålitelige inngangsverdier. Den simuleringen som er gjort i denne rapporten viser imidlertid at det vil være en god idé å legge til rette for biologisk hydrolyse av primærslam, for å ha muligheten til å produsere eddiksyre og lett nedbrytbart KOF til bio-P prosessen.

Modellsimuleringene som er beskrevet i denne rapporten, viser at BioWin vil være et nyttig verktøy for MOVAR i sin seinere oppfølging av anlegget når dette er satt i drift. Ved å bruke dette verktøyet kan MOVAR simulere prosessendringer og forutse effektene av dette, uten å måtte gjøre det «live» og i fullskala. Istedenfor å bruke flere uker for å se om en prosessendring i renseanlegget gir noen forbedringer (mhp. f.eks. renseeffekter og/eller driftskostnader), kan man raskt kjøre simuleringer med flere alternative prosessendringer. Deretter gjøres de prosessendringer i renseanlegget som kommer best ut i simuleringene. Dette gir lav risiko og sannsynligvis en bedre driftsøkonomi. Det anbefales at MOVAR benytter dette verktøyet for fremtidig prosessoppfølging og -optimalisering.

7.6 Slambehandling

Prosessdimensjonering for slambehandlingen vil i stor grad gjennomføres av totalleverandører. Det er innhentet priser og anleggsstørrelser fra leverandører for THP, rejektvannrensing, pyrolyse og struvittfelling. Se flytskjema slambehandling for fullstendig prosessoversikt.

7.6.1 Termisk hydrolyse (THP)

THP er et prosesstrinn som benyttes i slambehandling hovedsakelig for å både hygienisere og gjøre bestanddelene i slammet (lettere) nedbrytbart med resultat av større gassutbytte ved utråtning og mindre utråtnet slam som må viderebehandles.

Det er tatt utgangspunkt i CAMBI sin modell B2-4, som har en design kapasitet på opptil 7800 tonn TS pr år, og dimensjonerende belastning på 22 ton TS/d. Denne modellen har målene 12,5 x 2,5 m (L x B). I tillegg til dette kommer matesilo, pumper, varmevekslere og dampanlegg.

Både THP anlegget og matesiloen med pumper skal plasseres i eksisterende UTB-rom. Varmevekslere plasseres på nytt dekke og dampanlegget i nytt bygg.

7.6.2 Råtnetank

Ut fra THP er det forventet en TS-% på ca 14%. I etterkant av THP blir slammet tilsatt brutt vann eller desinfisert prosessvann som spede vann for fortrinnsvis å kjøle ned slammet, men det reduserer også TS fra 14% til ca. 11-12%. Det vil være behov for ca 0,8 m³/h med spede vann. I etterkant av THP vil slammet ha en høy temperatur som det vil være mulig å kjøre gjennom varmeveksler for å hente ut termisk energi.

For alternativ N23 er det vurdert at volumet i dagens råtnetank er tilstrekkelig, mens for alternativ N15B vil det være behov for ca 200 m³ ekstra volum i 2056. Dette kan tilfredsstilles ved å øke høyden på eksisterende råtnetank. Tidspunkt for når råtnetanken blir begrenset i forhold til veiledende belastning (iht. Norsk Vann rapport 256) er selvfølgelig avhengig av hvordan belastningsøkningen skjer, men forutsatt en lineær utvikling fra nå og frem til år 2056 vil dette kunne inntreffe i 2046-2048.

Fra utråtning går slammet til slamlager for utråtnet slam. Slamlageret vil bli plassert i eksisterende slamlager for utråtnet slam som har et volum på 130 m³.

7.6.3 Pyrolyse

For alternativ N15B vil pyrolyseanlegget motta 1 061 kg avvannet slam/time, mens for N23 vil pyrolyseanlegget motta 758 kg avvannet slam/time. Slammengder fra S21 er høyere enn N15B, men er ikke vurdert i denne sammenheng da det forutsettes at man vil få krav om nitrogenfjerning i god tid før man når dimensjonerende mengder. Derfor vil et pyrolyseanlegg basert på N15B mengder være tilstrekkelig så lenge S21 eksisterer.

Pyrolyseanlegget i alternativ N15B vil ha et energibehov på 561 kW til tørkeenheten og 67 kW til pyrolyseringen, mens alternativ N23 har et energibehov på 401 kW til tørkeenheten og 48 kW til pyrolyseringen. De to pyrolyseanleggene har et ulikt energibehov og vil dermed bli bygd opp på to ulike måter.

Pyrolyseanlegget i alternativ N15B vil bestå av to pyrolyseenheter med kapasitet 350 kW, altså 700 kW sammenlagt. Pyrolyseanlegget i alternativ N23 vil bestå av en pyrolyseenhet med kapasitet 500 kW. Begge pyrolyseanleggene vil da driftes med 80 % kapasitet i 2056.

Pyrolyseanlegget vil plasseres i det nye slambygget (PYR), og arealbehov for 2x350 kW enhet og 500 kW enhet er hhv. ca 810 m² og 660 m².

Det er tatt utgangspunkt i priser og størrelser fra den danske pyrolyseleverandøren AquaGreen ApS.

7.6.4 Struvittfelling

Midlere belastning Tot-P inn til Nye Fuglevik RA i 2056 er beregnet til 136 kg/d. Det kan forventes at 93% av fosforet separeres ut i slammet, og at 60% av fosforet "slipper" under anaerobe forhold og skilles ut i rejektivannet som

pumpes videre til struvittfellingsanlegget. Det er lagt til grunn Pearl-reaktor fra Ostara til gjenvinning av fosfor. Den midlere belastningen på Pearl-reaktoren blir da $136 \text{ kg/d} * 0,93 * 0,6 = 76 \text{ kg P/d}$. Det kan forutsettes at variasjonen i slambehandlingen har en faktor på 1,3 mellom midlere og dimensjonerende slamproduksjon, og den dimensjonerende belastningen på Pearl reaktoren settes dermed til $76 * 1,3 = 99 \text{ kg P/d}$. Det forutsettes at all P som frigjøres i de anaerobe prosessene danner PO_4^{3-} ioner, slik at dimensjonerende mengde også er $99 \text{ kg PO}_4\text{-P/d}$ ($= 304 \text{ kg PO}_4^{3-}$).

Størrelsen til Pearl-reaktoren avhenger av $\text{PO}_4\text{-P}$ belastning kg/d. Pearl 500 har en dimensjonerende belastning på $65 \text{ kg PO}_4\text{-P/d}$, mens Pearl 2000 har en dimensjonerende belastning på $250 \text{ kg PO}_4\text{-P/d}$.

Det er benyttet Pearl 2000 som grunnlag for arealbehov, anleggsutforming og kostnadsberegninger. Reaktoren har en høyde på 11 meter og en diameter 3,2 meter. I tillegg til Pearl-reaktoren er det behov for tørking, avvanning, kjemikalier og utlasting med storekk. Det er forventet at det totale arealet for struvittfelling er ca. 200 m^2 .

Sluttproduktet som pakkes i storekk og hentes av Ostara kalles Crystal Green og utgjør ca. 5 ganger så stor mengde som belastningsmengden. For Fuglevik sin belastning på 76 kg/d er det dermed forventet utlasting av $380 \text{ kg Crystal Green}$ pr dag. Ostara oppgir "bulk density" på 1 g/ml noe som da skulle tilsi at det vil produseres i gjennomsnitt $380 \text{ liter Crystal Green}$ pr dag, eller ca. $2,7 \text{ m}^3$ sluttprodukt pr uke.

7.6.5 Rejektivannrensing

Selv om vannrensingsprosessene i utgangspunktet er dimensjonert for å håndtere alt vann, inklusive returvannstrømmer (jfr. PN22A), er det i forprosjektet vurdert at man også skal se på løsning med rejektivannrensing. I denne sammenheng er det vurdert deammonifisering (ofte kalt anammox). Disse dimensjoneres normalt av systemleverandør, og kan baseres på MBBR teknologi, IFAS eller granulært aktivslam teknologi. Belastningen varierer fra $0,6$ til $1,4 \text{ kg N}_{\text{uorganisk}}/\text{m}^3_{\text{reaktorvolum}} \cdot \text{d}$. Siden man har THP vil konsentrasjonen være høy, mens vannmengden er lav. Konsentrasjonen estimeres til 2000 mg FTN/l i rejektivannet, og det er vurdert at man har $3,0$ og $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$ i gjennomsnittlig rejektivannsmengde fra hhv. N23 og N15B. Dette gir midlere mengde uorganisk nitrogen (FTN = Filtrert Total Nitrogen) på 144 og 173 kg FTN/d for hhv. N23 og N15B. Dersom man antar at dimensjonerende belastning har en faktor på 1,3 i forhold til midlere belastning gir dette 187 og 225 kg FTN/d for hhv. N23 og N15B.

Mulig lokasjon for rejektivannrensingsanlegget er dagens flokkuleringskammer, inkl. fordelingsrenner i forkant av sedimenteringsbassengene. Totalt volum etter riving av vegger her er 340 m^3 . Dette gir en belastning på $<0,6 \text{ kg FTN/m}^3 \cdot \text{d}$ for M23 og $0,66 \text{ kg FTN/m}^3 \cdot \text{d}$ for hhv. N23 og N15B, og anses som tilstrekkelig volum.

FOA – Eksisterende forbehandlingsbygg: I dette bygget skal det fortsatt være luftet sand- og fettfang, men dette bygges om slik at overflatebelastninger i fettfangssonen iht. Norsk Vann rapport 256 – Dimensjonering av avløpsrensaneanlegg tilfredsstilles. Innløpspumpestasjon og innløpsrister flyttes til INN pga. kapasitetsøkninger og tilhørende plassbehov. Ristgodsutlasting og sandavvanning (erstattes med sandvasking) flyttes da også til INN. Dagens polymerrom er også utdatert og lite hensiktsmessig utformet, og flyttes til BIO2. Dette gir som resultat at nytt laboratorium og kontrollrom kan plasseres på øvre nivå, i de arealer som i dag okkuperes av blåsemaskin/kompressorrom og polymerrom. Blåsemaskiner og kompressorrommet flyttes fra eksisterende lokasjon til dagens ristrom. På terrengplan vil det etableres nytt ventilasjonsrom og verksted. Eksisterende kjemikalilager beholdes.

INN – Nytt innløpsbygg: Det bygges nytt innløpsbygg, som skal inneholde nye innløpspumper av Arkimedes skrue typen og nye innløpsrister, samt sandvasking og ristgodsutlasting i forbindelse med vannbehandlingen. I kjelleren inngår det utjevningvolum for innløpsvann som pumpes fra Kambo. Bygningen skal også romme mottak av avvannet slam fra Hestevold RA, og septikmottak som i dag har sin funksjon dekket på Kambo RA. I tillegg skal det inngå ventilasjonsrom og tavlerom i det nye bygget.

SIL – Nytt bygg for primærsiler: Denne nye bygningsdelen bygges i forlengelsen av eksisterende forbehandlingsbygg (FOA) og skal romme primærsiler og primærslamlager. Plasseringen er bestemt av prosessrekkefølge og hydraulikk på den måten at silene er plassert direkte nedstrøms sandfanget og oppstrøms biologiske rensetrinn. Vannet forutsettes å renne med selvfall gjennom primærsilene.

BIO1 – Biologiske rensetrinn/sluttseparasjon: Frem til dette bygget har løsningene vært de samme, uavhengig av prosessløsning. I BIO1 er det imidlertid ulik utforming, hvor det i S21 skal romme både MBBR tanker for aerob nedbrytning av organisk stoff og separasjonstrinn ved flotasjon. For N15B vil det fortsatt være flotasjon, mens biotrinne er tilpasset øvrige biotrinne i BIO2, med etterdenitrifisering (anoxisk) og etterlufting. For både S21 og N15B vil det være muligheter for slamlager i sydenden av bygget. I alternativ N23 vil de eksisterende sedimenteringsbassengene blir utnyttet til anaerobe bassenger for biologisk fosforfjerning.

Eksisterende flokkuleringskammer vil utnyttes til rejektivannrensning (anammox).

BIO2 – Fellesfunksjoner, biologiske rensetrinn og sluttseparasjon: Denne bygningen vil bli den største bygningen dersom det blir krav om nitrogenfjerning. Blir det ikke krav til nitrogenfjerning, dvs. kun sekundærrensning, vil kun bygget for fellesfunksjoner bygges ut. Dette bygget vil da bli forberedt for utbygging til N15B, og vil ha eksakt samme romgeometri. Fellesfunksjoner blir utformet på annen måte i N23, men vil ha de samme funksjonene/rommene som i S21 og N15B, dvs. felles for alle løsninger vil denne delen av bygget inneholde: Trafo, reservekraft, tavlerom, kontrollrom, møterom,

lager, WC, kjemikalierom, blåsemaskinrom, polymerrom, ventilasjonsrom og luktreduksjon.

I S21 vil tilbygget kun utgjøre fellesfunksjonene, da prosessanlegget får plass i eksisterende sedimenteringsbassenger (BIO1). For N15B vil øvrig areal/volum i BIO2 utgjøre fordenitrifiserings- og nitrifiseringsbassenger, dvs. kun biologiske rensetrinn, med unntak av pumpekjeller for mellompumpepestasjon. I alternativ N23 vil BIO2 foruten fellesfunksjonene også inneholde denitrifiserings- og nitrifiseringsreaktorer (IFAS), samt membranfiltreringstanker. Bypass renseanlegg i sandfilter, rentvannstank, pumpekjellere og membranvasketanker inngår også i BIO2.

HYG – bygg for stabilisering og hygienisering av slam: Eksisterende slambehandlingsbygg, vil fortsatt benyttes til dagens formål, hvor i prinsippet alle rom skal beholde samme funksjon. I dagens UTB rom skal det bygges THP reaktorer. Det vil bli laget et nytt dekke på ca. kote + 11 for varmevekslere og muligens matevannstank til dampkjeler. Ellers skal sluttavvanning foregå i samme rom, slamsiloer for avvannet slam skal videreføres og de ulike slamlagerne for våtslam og rejektivann benyttes til samme formål. Mikrogassturbiner forutsettes flyttet til GAS-bygget, mens dagens råtnetank beholdes.

GAS – nytt tilbygg for dampkjeler: THP trenger damp, og dampkjelen forutsettes fyrt fortrinnsvis med biogass. Eksisterende mikrogassturbiner flyttes til GAS-bygget. Ny adkomstvei gjør at fakkelen må flyttes, og det forutsettes at fakkel plasseres på taket til GAS bygget.

PYR – nytt bygg for pyrolyse m.m.: I dette nye tilbygget skal pyrolyseanlegget plasseres. Utlasting av biokull skjer med lukkede containere i pyrolyserommet. Røykgassrensianlegg for pyrolyseanlegget plasseres også i dette bygget. I tillegg skal nye avvanningstrinn m/polymerberednings og -doseringsanlegg plasseres på nivå 2 og supplerende rejektivansbufferlager bygges. Dersom det blir aktuelt med biologisk fosforfjerning og gjenvinning av fosfor som struvitt, skal også dette legges til dette bygget. Ventilasjonsrom og luktreduksjonsanlegg bygges på nivå 2. Dagens garasjeanlegg vil måtte rives og blir bygges som en ny del av det nye tilbygget.

8.2 Arkitektonisk utforming

8.2.1 Værne kloster og Landskapsvernet

Riksantikvaren har i rapporten «Kulturhistoriske landskap av nasjonal interesse i Østfold» (Riksantikvaren 2015) definert Værne Kloster-området som et av 9 områder med nasjonal kulturhistorisk landskapsverdi i Østfold.

Fra øst til vest strekker landskapsvernområdet seg fra Vansjø og E6/Rygge flyplass i øst til Oslofjorden i vest, der bolig- og fritidsbebyggelsen i Fuglevik samt Fuglevik renseanlegg ligger utenfor grensen til landskapsvernområdet. Grensen i rapportens kart for området er trukket slik at renseanlegget ligger inne i området, men i kommunens kartverk kan vi se at grensen er trukket

rundt anlegget, inkludert det område som nå er tenkt brukt til utvidelsen. Anlegget ligger dermed i et område der et hvert inngrep skal vurderes nøye opp mot verneinteressen.

Historien har formet landskapet, i et samspill mellom menneskeskapte og naturgitte forhold. Dette har gitt et karakteristisk jordbruks- og herregårdslandskap. Dette inkluderer både det estetiske og rommelige. Samtidig er historien som har formet landskapet full av kunnskap og hendelser, og et kunnskapsgrunnlag som landskapsvernet skal ivareta.

Intensjonen med arkitekturen i prosjektet er å ivareta begge disse aspekter, både for det historiske kulturlandskapet, men også for videreutviklingen av samfunnet generelt, som utvidelsen av renseanlegget er en viktig del av.

8.2.2 Med historien som utgangspunkt for arkitektur

Dagens renseanlegg, oppført i begynnelsen av 1990 årene, ligger i den vestre delen av landskapsvernområdet inntil den skogkledde Jaktåsen. Området skiller et større landskapsrom, som renseanlegget deler med bl.a. Værne kloster, fra Oslofjorden i vest.

Renseanlegget er omringet av et relativt tett bånd med løvtrær og er lite synlig ute i landskapsrommet. Bak vegetasjonsskjermen er anlegget utformet som flere bygninger i en U-formasjon, med fasader av hvit mur, brunbeiset treverk og med saltak med tekking av rød betongtakstein.

Arkitekturen i dagens anlegg tar tydelig utgangspunkt i herregårdsarkitekturen (herregårder, driftsbygninger/låver mm) som ellers er å finne i det nærliggende landskapet. Med unntak fra tank/silo og andre utvendige tekniske installasjoner som man finner i anleggets nordvestre hjørne er det ellers lite i arkitekturen som vitner om at det er et renseanlegg.

I herregårdslandskapet har virksomhetene i landskapet vært med på å forme området. Herregårdskulturen som vi finner her, er mer fremtredende i Østfold en i øvrige deler landet. Dette er et resultat av handel og de kulturimpulser som beliggenheten nært kontinentet har ført med seg. Landskapet er dermed formet ikke kun av lokale behov, men også av stedets rolle, i en større internasjonal sammenheng.

Den større sammenhengen var tydelig til stede allerede under middelalderen med Værne kloster som et av mange steder for den internasjonale Johanitterordenen. Stedet var da, ved siden av bl.a. Akershus og Tønsberg, et av få steder i vår del av verden som var avmerket på det tidligste riktige kart over Skandinavia, Carta Marina fra 1539. Tidlig på 1900 tallet, da godset Værne kloster (klosteret og klosterkirken ble brent ned under den nordiske syvårskrigen i 1570) ble overtatt av Bergenseren Ingaard Sundt, ble den større sammenhengen som vi i dag kjenner som «globalisering» enda tydeligere.

Da Sundt overtok godset innførte han nye driftsmåter og satte i gang landbruksbaserte industriprosjekter. Dette omfattet bla bygninger som fjøs for 130 kuer og meieri samt melkekondenseringsfabrikk. Meierivirksomheten ga også grunnlaget for De forenede blikkemballasjefabrikk i Moss og i tillegg

anlagte Sundt en havn, med lagerskur, i Årefjorden, for utskipping av meierivarene. Med skipene kom det så kull tilbake til havnen som ble brukt til fyring når Sundt også satset videre på grønnsaksdyrking i oppvarmede drivhus.

Virksomhetene satt sitt tydelige preg på det lokale kulturlandskapet, både med bygninger og bruk av landskapet til produksjonen, men også med rikdommen som herregårdene skulle uttrykke. Med tiden ble det tydeligere at landskapet inngikk i et nettverk av hendelser, produsenter, transportører, konsumenter mm. der varer, idéer, ressurser, overskudd og avfall osv. strømmet i ulike retninger i nettverket.

Med utviklingen av samfunnet, inngår nå renseanlegget i disse strømmene og er en viktig del av samfunnet.

Samtidig tar det fysisk plass i et lokalmiljø og utvidelsen av anlegget må ivareta både den tekniske funksjonen, men også kunnskapen om det estetiske samt de rommelige aspektene ved lokalmiljøet og kulturlandskapet.

8.2.3 Arkitektur ved utvidelse av renseanlegget

Ved utvidelse av anlegget har det fra MOVAR sin side vært et sterkt ønske om å tilpasse bygningsmassen til det lokale landskapet, både rommelig og estetisk. Dette er også i tråd med intensjonene i landskapsvernet. MOVAR har en tydelig ambisjon om innovasjon i prosjektet herunder å synliggjøre virksomheten, både som en attraktiv karrierevei i VA-bransjen men ikke minst hvilke positive effekter virksomheten tilfører samfunnet, samtidig som den kan være et positivt element i lokalmiljøet.

På samme måte som innovasjon har preget utviklingen av landskapet, f.eks. med meieri og internasjonal handel ved Verne Kloster tidlig på 1900 tallet, bør innovasjon også komme til uttrykk i forbindelse med renseanlegget. Anlegget skal være et positivt element i lokalmiljøet og i god balanse med landskapets kulturhistoriske verdier.

Som et mulig forbilde for en slik tilnærming har Hillerødanlegget i Danmark blitt løftet frem. Hillerødanlegget er et nytt renseanlegg som en del i et større miljøparkanlegg. Anlegget i Hillerød er integrert i landskapet ved at bassenger er helt gravd ned under bakkenivå. Overfylling av bygningsmassen har bidratt til at anlegget er en del av landskapsflaten.

Hillerødanleggets styrke ligger delvis i det radikale grepet, der bygningene har blitt en del av et nytt kunstig landskap, men fremfor alt ligger styrken i at det synliggjør renseprosessen og anleggets rolle i en større samfunnsmessig sammenheng. Renseanlegget synliggjøres som en viktig del i et større nettverk av innbyggere og virksomheter på den ene siden og en resipient og mottakere av gjenvunne stoffer/produkter på den andre siden. Renseanlegget er en «maskin» mellom disse deler i nettverket som skal sikre en bærekraftig balanse.

Disse tanker har vi ønsket å ta med oss inn i utvidelsen av Fuglevik renseanlegg. Arkitekturens oppgave blir derfor både å synliggjøre anleggets rolle som en rense- og "gjenvinningsmaskin" i kretsløpet/strømmene mellom innbyggere, virksomheter og jordbruket i Moss-, Ryggeregionen på den ene siden og

resipienten Oslofjorden på den andre siden. Samtidig skal arkitekturen ivareta opplevelsen av det historiske kulturlandskapet på en god måte.



Figur 21 Hillerød Renseanlegg i Solrødgaard Miljøpark nord for København.

Utvidelsen av rensaanlegget og de prosesser som er nødvendige for funksjon og kapasitet resulterer i relativt store og høye bygningsvolumer. Videre gjør grunnforholdene på stedet at det ikke er forsvarlig hverken å grave ned store deler av disse volumer eller å bygge anlegget inn i kunstige landskap slik som i Hillerød. Store bygningsvolumer – som forøvrig ikke er uvanlige å finne i jordbrukslandskap i form av låver, fjøs, bygninger for landbruksbasert industriproduksjon mm. – er tenkt utført med flere saltak for å bryte ned størrelsen til mindre visuelle elementer og med en skala som tar utgangspunkt i de lokale landbruksbygninger.

Videre er det tenkt at øvre deler av disse bygningsvolumer (de deler som blir synlige på avstand i landskapet) utføres med materialer som er tradisjonelle og vanlige å finne i landskapet for øvrig. I skisser som foreligger så langt er dette trekledning. Saltakene er orientert slik at en side kan brukes til solenergi og det gjør samtidig at den fasade som blir mest synlig i landskapet, fasaden mot øst, blir delt inn i flere gavlmotiv. Tak er i øvrig tenkt utført med dekke av sedum eller gress. Ikke fremst for å kamuflere bygningsvolumene i landskapet (ingen andre landbruksbygninger her er utført med gresstak) men som en teknisk og lokalt miljømessig bedre løsning som fordrøyning av regnvann, utjevning av temperatur og bidrag til biologisk mangfold, med bla. habitater for insekter.

Ved utvidelsen av anlegget må deler av vegetasjonen med trær midt på området vike for ny bygningsmasse, men selv etter utvidelsen vil mye av vegetasjonsskjermen i området ytterkanter bestå. Store deler av anlegget vil

derfor også etter utvidelsen være delvis skjult i landskapet bak skjermen av trær. Fremfor alt de nedre delene av bygningsmassen.

Da de øvre delenes viktigste oppgave blir å ivareta den estetiske opplevelsen av landskapsrommet og de nedre delene er tenkt som mer aktive fasader der anleggets funksjon kan få lov til å fremtre tydeligere. Dels er det flere steder med transportåpninger som kjøreporter, dører etc. på bakkenivå. Mellom disse er det tenkt glassfelter og en aktiv fasade der dette er mulig, for å synliggjøre deler av prosessen, slik om i Hillerødanlegget. Dette kan også forsterkes med god utforming og styring av innvendig belysning. Her kan også farget lys brukes.

For å ytterligere synliggjøre anleggets funksjon og rolle i samfunnet er det tenkt anlagt en kunnskapspark rundt anlegget med stasjoner for informasjon og læring om vannets kretsløp, både gjennom de ulike trinnene i rense-/gjenvinningsprosessen, men også kretsløpet gjennom samfunnet og tilbake til naturen. Kunnskapsparken og bygninger, fremfor alt fasadene i første etasje, er tenkt sett i sammenheng med hverandre med et samspill mellom parken ute og det som er synlig av prosesser inn gjennom glassfasadene. Det er her tenkt at det skal være et tydelig samspill mellom elementer i bygninger, bygningens fasader og elementer i kunnskapsparken rundt bygningene.



Konseptillustrasjon av utvidelsen (alternativ N23) sett fra øst. Lyse volumer i midten er det eksisterende anlegget. Båthavnveien til høyre i bildet.

8.2.4 Arbeidsmiljø

I forbindelse med utvidelsen er det satt et stort fokus på godt arbeidsmiljø og samt det å skape en attraktiv arbeidsplass. Administrasjonsbygget, som inneholder, kontorer, pause-/spiserom, garderober og fasiliteter for å ta imot besøkende vil i stor grad fornyes innvendig i forbindelse med utvidelsen. Det har her vært viktig å finne gode løsninger for skillet mellom en ren og en uren sone i anlegget, og at veien mellom disse er både logisk og naturlig (at veien mellom uren og ren sone går gjennom garderober med vaske- og skiftemulighet.)

I forbindelse med utvidelsen økes også garderobekapasiteten for flere ansatte i tillegg til at garderober endres fra å være fellesgarderober til individuelle garderober. Dette for å oppgradere til den standard og arbeidsmiljø som er vanlig i dag.

Ivaretagelse av hygiene og sikkerhet for besøkende (f.eks. studiebesøk av skoleklasser) har vært viktig å finne gode løsninger for, herunder gode skifte- og vaskemuligheter samt nok plass til å ta imot besøk i både ren og uren sone. Det er i forbindelse med dette satt av egne garderober for besøkende i overgangen mellom ren og uren sone i første etasje som er store nok til å kunne ta imot f.eks. skoleklasser. Garderobenes plassering gjør også at besøkende og ansattes veier fra ren til uren sone ikke krysses, noe som er viktig for ivaretagelse av både sikkerhet og smittevern.

I tillegg til utvidelse av garderober utvides og oppgraderes også plass til kontorarbeidsplasser og plass til spise-pauserom. I denne forbindelse er det også tenkt installert løfteplattform og planløsning tilpasses slik at administrasjonsbygget blir universelt utformet.

For utvidelsen av funksjoner i administrasjonsbygget flyttes kontrollrom ut av administrasjonsbygget. Tidligere lager, verksted og tekniske rom transformeres for mer plass for garderober, administrasjon samt rom for mottak av studiebesøk. I tillegg til innvendig transformasjon utvides også første etasje med et tilbygg på 145 m² i forbindelse med inngangen. På taket av tilbygget gis det mulighet for utearealer i forbindelse med spiserommet.

I nye prosessbygninger er det tenkt glass i deler av fasader, ikke kun for synliggjøring av prosessen som beskrevet ovenfor, men også for å sikre gode lysforhold i rom- og haller som også er den daglige arbeidsplassen for drift og vedlikehold av prosessen.

8.3 Landskapsmessig utforming

Det er tatt utgangspunkt i utvikling av park- og vegarealer for alternativ N23, men løsninger og hovedprinsipper nevnt nedenfor gjelder også for andre alternative renseløsninger.

Kunnskapspark

Utomhusområdet ved Fuglevik rensanlegg skal opparbeides til en kunnskapspark. Parken, sammen med arkitekturen, skal bidra til informasjonsutveksling til allmennheten. Fuglevik kunnskapspark skal gi noe tilbake til lokalmiljøet, ved å skape interesse for vannbehandling og dermed også Fuglevik rensanleggs rolle som samfunnsaktør.

Konseptualisering av renseprosesser: lek og opphold

Renseprosessene i Fuglevik blir konseptualisert gjennom ulike funksjoner eller stasjoner i innovasjonsparken. I nordvest er plassering av innløp for VA-ledninger vist med malte trestokker, som er skånsomt plassert i terrenget.

Stasjon nr. 1 er i nord, der det etableres en liten, hånddrevet Arkimedes skrue til en dam, der man selv kan oppleve fysikken som driver innløpsvannet opp og inn til renseanlegget. Stasjon 2 er et overgangsfelt over adkomstveien, der asfaltung viser et abstrahert bilde av sorteringsprosessen. Stasjon 3 er en pergola med tak og sitteplasser, der sedimentering er konseptualisert. Stasjon 4 er en forenklet konseptualisering av de biokjemiske renseprosessene, der ulike felt med porter og balansekluser legger opp til lek. Stasjon 5 består av felter med stauder, grus og to abstrakte lekestativer, der utformingen er basert på filtreringsprosessen. Videre er prosesser for slamhåndtering (råtnetank) abstrahert i en bålplasse, der utforming av sitteplasser og balanselek er basert på molekylstrukturen til metan. Ved innføring av pyrolyse vil selve bålplassen gis en større utforming med teglsteinsdekke, der deler av biokullet kan tilgjengeliggjøres for allmenheten ved bålplassen. Uten pyrolyse kan bålplassen få en mer nøktern utforming.

Utover aktiviteter og funksjoner som er direkte knyttet til renseprosessene på Fuglevik, er det også lagt opp til utplassering av infoskilter som forklarer renseprosessene, noen supplerende benker, avfallskurver og brygger til vannlek.

Stier og gangveger

Det er tilrettelagt for ferdsel rundt hele bygningsmassen, uten at det skal stå i veien for vanlig drift av renseanlegget. Universelt utforma gangveger i grus på 2 m bredde, etableres fra vest, går videre nordover og avsluttes i sør. Mindre ferdselsårer i form av tilrettelegging for stier med utlegging av bark, vil sikre sammenkobling av eksisterende turstier til anlegget. Sammen vil disse ferdselslinjene skape en intern sammenheng, som også integrerer anlegget i eksisterende ferdselsårer i nærmiljøet. Der grusstien går over våte områder eller vannspeil, skal det opparbeides klopper eller bruer for å sikre tørrskodd ferdsel.

Overvannshåndtering

Grønne tak reduserer avrenninga, og takvann skal i den grad det er mulig ledes ut på terreng. Det er lagt opp til at alt overvann skal håndteres på terreng, med avrenning til grønne arealer og fordrøyning i grønne grøfter, regnbed og en vanddam. Overløp ledes ut til eksisterende vegggrøfter og naturlig flomveg til bekken i nordøst, utenfor planområdet.

Bepanting

Mest mulig av eksisterende vegetasjon skal beholdes, men noe må fjernes. Bålplasser og sitteplasser skal plasseres skånsomt, og vegetasjonen der skal bevares i størst mulig grad. For å videreutvikle deler av vegetasjonen som må fjernes skal det plantes inn ny treplanting. Det skal fokuseres på varierte arter med hovedsakelig stedegne arter. Noe staudebepanting skal etableres i parken, og i regnbed. Det legges opp til etablering av engbepanting i vest, med opphøyde terrengformer med vårblomstrende løk.

Veginfrastruktur

Dagens hovedadkomst til anlegget beholdes. Ny trase for vegen strekker seg lenger østover, og leder trafikken på øst og sørsiden av nytt bygg (N23/N15), rundt bygningsmassen. I midten av dagens gårdsrom etableres det opparbeiding av et nytt, sentralt grøntareal, der det dimensjoneres for rundkjøring av vogntog. Eksisterende asfaltdekke i gårdsrommet bevarer, men utvides og tilpasses. Kjøreareal er dimensjonert for stor lastebil/vogntog, og er tilrettelagt med vendehammere og tilstrekkelig med svingradius til rygging inntil bygg der det er behov for det. Det er også lagt til rette for enkelte møteplasser dersom lastebil møter personbil.

På østsiden av N23 vil fasaden av bygget fungere som framsiden av det nye renseanlegget, der vinduer inn mot bassengene viser fram renseprosessen. Dermed er det lagt opp til at det store arealet med hardt dekke her, skal få en høyere kvalitet. For å redusere mengden asfalt og harde flater i anlegget, er det lagt opp til etablering av armert gress som vegdekke. Det består av stein eller betongdekke som etableres med brede fuger til etablering av gress.

Ramper på bygg vil sikre adkomst for truck. Grussti som går nordvest i anlegget vil være 3,5 meter bred, tilrettelagt for truck til vestfasaden.

Noe av dagens parkering i sørvest utgår, men nye parkeringsplasser blir etablert i ny garasje. Eksisterende parkering som beholdes, blir oppgradert med EL-ladeplasser. Sykkelstativer med tak etableres.

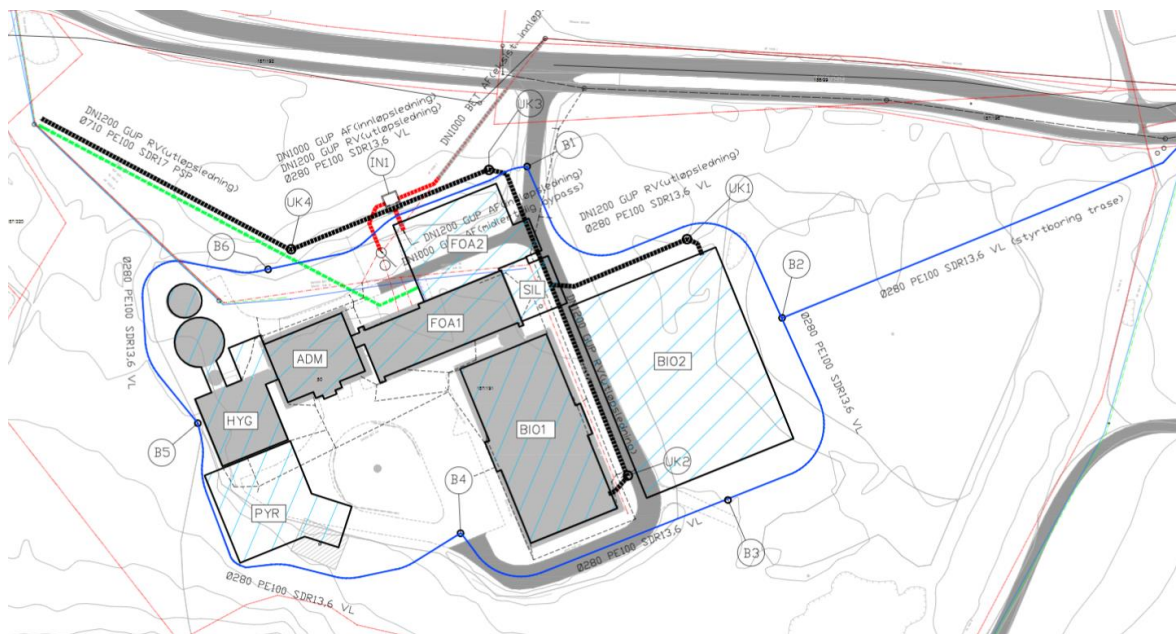
Trafikkmengden til Fuglevik RA vil antas å øke noe ifm. utbyggingen. Den trafikkmengden er foreløpig antatt å øke fra 70 til 100 kjøretøy ukentlig. Trafikk vil også utredes ifm. reguleringsplanarbeidet.

8.4 Utvendig ledningsanlegg

Ved utvidelsen av Fuglevik RA vil spillvannsmengden til anlegget øke, spesielt da avløpsvann skal overføres fra Kambo RA til Fuglevik RA. Dette medfører også at mengden reset avløpsvann øker betydelig.

Rundt anlegget skal det etableres ny pumpeledning for spillvann fra nedlagte Kambo RA, ny innløpskum, omlegging av innløpsledning, ny utslippsledning og

ny ledning til vannforsyning. Ledningsanlegget er tilnærmet identisk for alle alternativer. Se tegning av ledningsanlegget i vedlegg 2 – tegninger.



Figur 22 - Skisse av ledningsanlegg. Ledningsanlegget er tilnærmet identisk for alle alternativer.

8.4.1 Vannforsyning

Dagens vannforsyning til Fuglevik RA tilfredstiller ikke krav til slukkevannsdekning ved brann. Det må etableres ringledning rundt rensanlegget, samt ny vannledning til eksisterende nett i øst for anlegget. Anlegget har i dag bare vannforsyning fra nett i nord-vest. Det må i tillegg gjøres mindre tiltak i det kommunale ledningsnettet lengre nord i Moss kommune, Se PN39- Beregninger vannforsyning og slokkevann for en mer detaljert utredning.

8.4.2 Innløpsledning spillvann

Dagens innløpsledning fra nord, Ø1000, har antatt tilfredsstillende kapasitet for å håndtere økte avløpsmengder grunnet befolkningsøkning som tilfaller dagens Fuglevik RA. Eksisterende innløpsledning må legges om pga INN. Det legges opp til en ny innløpskum i forkant av INN, som også vil fungere som overløpskum i forkant av anlegget. I anleggsfasen må eksisterende ledning legges om rundt INN. Se rød ledning i figur ovenfor. Når anlegget er ferdigstilt saneres dagens innløpskum samt ledninger tilknyttet denne.

Spillvann fra Kambo RA blir pumpet direkte fra nye pumpestasjoner på Møllebakken i Moss og Brevik i Vestby. Det må kjøres selv-rens på pumpeledningen min 2. ganger i døgnet. Dette medfører at 200 m³ spillvann blir pumpet innenfor et kort tidsintervall. Spillvannet fra Kambo føres til et rennemagasin på 200 m³ under INN, for å sikre utjevning. Dette vil gi en vesentlig jevnere strøm av spillvann inn i anlegget. Magasinet kan også benyttes

til driftsoptimalisering, ved å regulere vannmengden som slippes inn på anlegget over døgnet.

8.4.3 Utløpsledning

Eksisterende utløpsledning, Ø1000, vil bli liggende under INN og må legges om rundt bygningskroppene. Eksisterende ledning har også betydelige svanker mellom FOA og eiendomsgrensen.

Det etableres ny utløpsledning, Ø1200, mellom BIO1 og BIO2, rundt INN og frem til eiendomsgrensen. Det benyttes Ø1200 på alle strekk for å redusere hydraulisk tap, samt gi anlegget en fleksibilitet i fremtiden. Dette medfører at det kan slippes på maksimal vannmengde i alle punkter uten at maksimalt hydraulisk nivå øker.

9 Tekniske løsninger og kvalitetsnormer

MOVAR's målsetninger med anlegget og som har direkte innvirkning på tekniske løsninger og -kvalitetsnivå, er definert ved at man ønsker:

- Et fremtidsrettet anlegg, som når man ser tilbake om 15-20 år, viser at det ble tatt gode valg.
- En god og trygg arbeidsplass for de ansatte som skal drifte anlegget.
- Et robust anlegg som er enkelt å drifte.
- Et energieffektivt anlegg.
- Prestasjoner som strekker seg utover minimumskravene.
- Et anlegg som gir noe tilbake til innbyggerne, mer enn rene badestrender og lite luktulempere.
- Mye igjen for pengene; dvs. at det investeres innenfor forsvarlige rammer, og at man oppnår en god driftsøkonomi og stordriftsfordeler ved anlegget.

Valg av renseprosesser og løsninger på systemnivå for å tilfredsstill disse målene er beskrevet i kapittel 6, 7 og 8. I dette kapitlet beskrives kort hvilken kvalitet og utførelse for de tekniske løsningene som må ligge på for å underbygge dette. Det er i tillegg utarbeidet fagrapporter for de enkelte fagdisiplinene, hvor man går mer i dybden mhp. teknisk utførelse.

9.1 Bygg

I alle fundamenter, grunnkonstruksjoner, tekniske rom i underetasje og bærende betongkonstruksjoner benyttes det lavvarme betong, vanntett eller normal. Vegger isoleres etter behov og forblendes. Betongkvalitet dimensjoneres for mekanisk og miljøbelastning tilpasset prosess og drift. Følgende eksponerings-, bestandighets- og fasthetsklasser er forutsatt benyttet:

Tabell 22. Eksponerings-, bestandighets- og fasthetsklasse for betong.

Konstruksjonsdel	Klasser		
	Eksponering	Bestandighet	Fasthet
Bassenger	XD2	M-40	B45
Øvrig	XD1	M-45	B35
Utvendige fundamenter	XF2	MF-45	B35

Geotekniske undersøkelser viser dårlige grunnforhold med varierende dybde til fjell, og tilstedeværelse av kvikkleire. Dette medfører utstrakt bruk av spunt, og at bygget vil fundamenteres med pæler til fjell. Grunnen under deler av utbyggingsareal vil også kalkstabiliseres.

I tillegg til et bestandig grunnmateriale som betong er det tatt med overflatebehandling på dekker, i tekniske rom, i kummer på vegger osv. Den ekstra overflatebehandlingen skal tilpasses bruken i området den påføres, underlette renhold og eksempelvis tåle høytrykksspyling, samt "lyse opp" i mørke omgivelser.

Utsparinger og gjenstøpning i vanntette konstruksjoner bør begrenses så mye som mulig. Det er viktig å ha samtidig prosjektering for å planlegge vanntette utførelser slik at elementer fra andre fag som skal ha dette kan støpes direkte inn i betongen. Utførelse av vanntette gjennomføringer skal utføres iht. COWI-standard.

Kvalitetene som velges for montasje av elementer som: rekkverk, oppheng av VVS/EL, kraner, luker, dører rister skal være av bestandige materialer som syrefast, rustfritt, galvanisert, kompositt, malt etc. Materialene og overflatebehandlingen skal tilfredsstillende "høy" og "veldig høy" korrosivitetsklasse.

Gulv i prosessarealer med tyngre trafikk belegges med akryl, mens lettere trafikkerte arealer som f.eks. i administrasjonsbygget vil det være vinylbelegg, fliser og/eller laminat. Vegger og bunn i våte bassenger behandles med vannglass eller epoxy. Rom som det skal spyles i utføres med fall til renner og sluk.

Arbeidsstilling ved service vedlikehold og utbytting av komponenter er viktig. Maskinfundamenter med høyde på ca. 60 cm etableres, der det er mulig, for å gjøre drift og vedlikehold mer ergonomisk.

Øvrig teknisk utstyr monteres på betongsokler, min 10-20 cm. Installasjonene vil da komme opp fra gulvet slik at vann og søl ikke kommer i direkte kontakt.

Utstikkende hjørner på vegger, fundamenter fases med trekantlekt.

Laster på konstruksjoner i henhold til NS-EN 1991. Nyttelaster på dekker skal plasseres i Kategori C5 ref. tabell 6.2 i NS-EN 1991.

I anlegget vil det være behov for lagring av materiell. Arealer for lagring skal plasseres i kategori E2. Ref. tabell 6.3 i NS-EN 1991.

I anlegget vil det også være trafikkerte arealer. Trafikkerte arealer skal være i kategori G. Ref. tabell 6.7 i NS-EN 1991.

Alle bassenger og renner skal dimensjoneres for høyeste mulige vannstand. Vannstanden oppgis i prosessdimensjoneringen.

9.2 Maskin

Det er lagt til grunn maskiner av normalt god kvalitet fra anerkjente produsenter, som f.eks. Huber, Nordic Water, Kaeser, Xylem, Stafsjö, osv. Disse produsentene tilfredsstiller krav til materialkvaliteter, energieffektivitet, overflatekvalitet og reservedelshold som det er normalt å forlange ved anskaffelser i VA-bransjen.

Alle rør er tilpasset væsken som skal transporteres, typisk vil det være rustfritt stål (AISI304) i rør som transporterer vann og syrefast stål (AISI316) i rør som transporterer slam. For dimensjoner opp til DN 50 brukes gjenge- eller pressfittings, større dimensjoner sveises. Rør som transporterer kjemikalier er tilpasset det aktuelle kjemikalie. Sekundærstål er forutsatt montert iht. SSG standard.

Utstyr av støpejern og handelsstål/karbonstål sandblåses til grad Sa 2,5 ifølge SIS 055900, og dekkes med to-komponent epoxy maling med min. tørrfilmtykkelse 250 my. Utstyr i rustfritt og syrefast stål skal ikke overflatebehandles, men alle sveiseskjøter må vaskes med beisevæske. Sveiser skal ikke slipes.

Alle sveiser skal tilfredsstille sveiseklasse C etter EN ISO 5817. Alt sveisearbeid skal utføres av godkjente sveisere med sertifikat etter NS-EN-ISO 9606-1 (tidligere NS-EN 287-1). Sveiseprosedyrer skal være iht. NS-EN 15614-1:2004 (erstatte NS-EN 288). Dette gjelder alle typer sveisearbeider, også inn sveising av armatur, opphengs anordninger m.m. Sveisearbeider i forbindelse med prefabrikasjon på verksted av rustfrie eller syrefaste rør skal utføres med TIG og bakgass. Sveisearbeider på anlegget utføres med TIG og bakgass så langt det er praktisk mulig.

Maskiner og andre komponenter som trenger ettersyn og vedlikehold vil bli montert slik at det er ergonomisk optimalt. Det er videre lagt opp til at det skal sikres god adgang rundt komponenter, slik at f.eks. minimumsavstand til vegg er 800 mm.

Systemet er bygget med akseptabelt nivå mhp. redundans. Det er ikke lagt opp til 100 % redundans på alle komponenter, men er tilpasset i forhold til hvor kritisk komponenten er, og redundansnivå er bestemt ut ifra risikovurdering koblet med kost/nytte vurderinger.

Bygningsmassen er klassifisert som industrilokaler og er underlagt krav gitt i forskrift om vern mot støy på arbeidsplassen. Det velges utstyr og løsninger som oppfyller lydkrav gitt i byggeforskriftene. Kravene gjelder summen av lydtryknivå, Lp fra alle tekniske installasjoner, jfr. NS 8175:2012. Utendørs gjelder lydklasse C.

9.3 VVS

De VVS-tekniske anleggene utformes og dimensjoneres på en slik måte at de tilfredsstiller de krav som både offentlige myndigheter, byggherre og brukerne

stiller til innemiljø, påvirkning på ytre miljø, funksjonalitet, driftsforhold og kostnader.

Sanitæranlegg

Spillvann føres i rustfrie ledninger innendørs og i bunnledninger i PP til ulike pumpekummer i anlegget. Pumpesumper installeres på lavnivå hvor vannet ikke kan ledes med selvføll til spillvannnett.

Det blir tre ulike separate systemer for vann i anlegget:

- Sanitær. Dette er rent vann fra offentlig nett som føres frem til tappesteder som krever rent vann, her under servanter, toaletter, nøddusjer, dusjer o.l.
- Brutt vann. Skal forsyne de tappesteder som er utsatt for tilbakeslag av helseskadelige bakterier og virus. Brutt vannforsyning vil tilfredsstillende krav til væskekategori 5. Brutt vann skal i hovedsak forsyne spyleposter og maskiner som skal ha varmtvann, i tillegg noe maskinutstyr og prosess.
- Driftsvann (prosessvann). Dette er rensede avløpsvann som gjennomgår ytterligere rensing i form av filtrering. Vanntypen benyttes til innvendig spyling av komponenter som f.eks. septikmottak og innløpsrister. Vanntypen vil ikke hygieniseres, slik at den skal f.eks. ikke brukes til spyleposter.

I sanitæranlegget benyttes utstyr og komponenter av alminnelig god standard og i tråd med retningslinjer fra oppdragsgiver. I denne posten inngår alt utstyr for komplett sanitæranlegg. Herunder også brannskap, nøddusjer, spyleposter, VVB beredere, samt utstyr i adm. bygg som for eksempel oppvaskmaskin og minikjøkken.

Varmeanlegg

Varmeanlegget leverer varme til prosess, ventilasjonsanlegg og oppvarming av arealer der det er behov for varmetilskudd for opprettholdelse av krav til romlufttemperatur.

Prosessvarme og varme til bygg vil i hovedsak være basert på egenprodusert biogass som brennes i gassturbiner og gasskjele, samt varme gjenvunnet fra pyrolyseanlegg. Varme hentes fra dampkjele som også benyttes til THP-anlegget. Dampkjelen skal også kunne brenne diesel/biodiesel som en nødløsning ved bortfall av biogass, og det vil installeres en dampkjele for elektrisk oppvarming som back-up løsning. Utstrakt bruk av energigjenvinning og bruk av varmepumper skal være et supplement til oppvarming med biogass.

I varmeanlegget benyttes utstyr og komponenter av alminnelig god standard og i tråd med retningslinjer fra oppdragsgiver. Alle røropplegg skal utføres som skjult anlegg der dette er mulig. På alle hovedkurser og opplegg, samt fordelingskurser, skal det være avstengningsventiler med inspeksjonsmulighet. Det monteres vakuumsutskiller i varmeanlegget.

Alle rør og rørdeler installeres for trykkklasse PN6. Alle rør som monteres skjult trykkprøves, om nødvendigvis seksjonsvis.

Det benyttes stålrør som varmeledninger i hovedføringer. Uttaksledninger vil bli en kombinasjon av PEX (rør i rør) i vegger og blanke stålrør for åpen montasje. For dimensjoner opp til DN 50 brukes gjenge- eller pressfittings, større dimensjoner sveises. For utvendige rør benyttes pre-isolerte kulvertrør.

Det legges opp til et mengderegulert varmeanlegg, og pumper kapasitetsreguleres med frekvensomformere for mengderegulering. Dette gir sirkulasjon av den til enhver tid korrekte vannmengde og er gunstig mht. pumpeenergi.

Ventilasjonsanlegg

Ventilasjon i prosessdelen er bygd opp av et tilluftsystem, "rent" avtrekk og "urent" avtrekk med luktreduksjon. Luften fordeles videre med hjelpevifter rundt i anlegget. Ved ekstrabehov for ventilering og/eller kjøling er det medtatt mindre separate ventilasjonsaggregater.

Avtrekksluft fra områder med begrenset lukt og forurensning føres direkte ut. Forurenset luft renses i anlegg for luktreduksjon før det føres ut i kanaler og blåses ut.

Systemene for Tilluft og "rent" avtrekk er det kanaler og utstyr utført i galvanisert/lakkert utførelse. I det "urene" systemet er det kanaler og utstyr i syrefaste materialer.

Tilførsel av tilluft/friskluft er på gangsoner og eller i områder hvor personalet oppholder seg. Luften tilføres fra tak med lav hastighet, for ikke å skape mere bevegelse i luften enn nødvendig. Denne løsningen vil gi god kontroll på forurensninger i anlegget. Luften trekkes fra ved gulv eller over bassenger. Spesielle forurensede områder har ekstra punktavsug så nær luktkilden som mulig.

Avtrekk fra prosess med fare for luktspredning gjøres i tett samarbeid med maskin/prosess. Dette for å stenge inne lukt og trekke av forurenset luft og dermed hindre luktspredning. Nye kanalsystem inneholder alle nødvendige deler som tillufts-/avtrekkspunkter, reguleringsspjeld, brannspjeld, vifte, lydfeller, isolasjon etc.

9.4 El/auto

Elektroteknisk -og automasjonsanlegg vil ta utgangspunkt i forskjellige standarder. I hovedsak vil FEL benyttes for generell elektro i alle bygg, mens maskinforskriften med gjeldene standarder benyttes for maskininstallasjoner.

Installasjonene skal prosjekteres og utføres etter gjeldende versjoner av følgende forskrifter:

- FEL (Forskrift for elektriske lavspenningsinstallasjoner)

- NEK400:2022 (Elektriske lavspenningsinstallasjoner)
- FOR-2009-05-20-544 (Forskrift om maskiner)
- NEK EN 60204-1:2018 (Maskinsikkerhet)
- EN12100
- NEK439 (Lavspenningstavler og kanalskinnesystemer)
- NS-EN 12464 (Belysning av arbeidsplasser)
- NS-EN 1838 (Anvendt belysning – Nødbelysning)
- NS 3960 (Brannalarmanlegg – Prosjektering, installasjon, drift og vedlikehold)
- NEK700 (Informasjonsteknologi)

Elektroleveransen innbefatter ny nettstasjon, hovedfordeling og underfordelinger for lys/stikk og tavler for ventilasjon-varmesystem. Det skal legges stigere til bygningsmessige-, VVS- og prosesstavler. Føringsveier for bygningsmessige installasjoner, belysning og stikk. Det skal fremføres installasjoner for alminnelig- og driftstekniske anlegg. I tillegg skal det etableres sentralt nødlysanlegg og brannalarmanlegg i hele bygningsmassen.

Fordeling for generell elektro bygges etter NEK400:2018. Fordelinger for styringsanlegg bygges etter EN60204-1:2018. Det legges vekt på at anlegget bygges etter maskindirektivet og EMC- direktivet.

Lokale tavler for utstyr/komponenter plasseres på angitte plasser, og skal være godkjent for det miljøet de skal stå i. Automasjonsanlegget skal være faglig utført og av god kvalitet.

Det skal kun benyttes materiell og utstyr av solid kvalitet. Der det benyttes utenlands fabrikkert materiell eller utstyr, er det et ubetinget krav at produsenten er representert i Norge, med om nødvendig reservedelslager, servicedelelager, serviceapparat etc. som til enhver tid gir byggherren sikkerhet for hurtig reservedelsleveranser, service o.l.

Alt materiell, med unntak av kabler og ledninger, skal være CE- merket. CE-merking viser at produktet er i overensstemmelse med alle relevante EU-direktiver som var obligatorisk på merketidspunktet. En samsvarserklæring med tilhørende dokumentasjon som viser at produktet er utført iht. gjeldene forskrifter, skal være tilgjengelig.

Anlegget skal styres av et enhetlig prosesskontrollanlegg bestående av PLS-anlegg med overordnet åpent skjermbasert system. Prosessavsnittet skal styres av PLS-anlegget tilknyttet styretavle med overvåkingssignaler til Sentalt Driftskontrollanlegg (SD)-anlegget. Driftskontrollentreprisen lyses ut som egen entreprise E2 basert på retningslinjer som følges i dag.

Ved normal drift skal alle styringer og reguleringer utføres av PLS- anlegget. Det bygges ikke prosessrelaterte forriglinger i fordelingene, kun nødvendige forriglinger som forhindrer at utstyr ødelegges (motorvern, endebrytere, sikkerhetsbrytere ol.).

Frekvensomformere skal kunne kjøres manuelt på display på omformerne.

Personsikkerhet skal tas i betraktning i alle systemer og ved valg av utstyr. Alle motorer og annet utstyr skal ha lokalt monterte låsbar sikkerhetsbryter for vedlikehold.

Systemspenninger: 230/400V TN-C-S

Styrestrøm: 230 VAC / 24 VDC

Alle kabler skal legges på kabelstiger. Kraftkabler skal atskilles fra instrumentkabler, men kan gå på samme kabelbru. Kabler skal ikke festes direkte til rør, stålkonstruksjoner eller maskindeler. Der det er noe avstand (over 40cm.) fra kabelstiger til objektene som skal tilkobles, trekkes kablene i syrefaste rør. Rørene formes til den aktuelle føringsvei og påsveises festeører. Rør skal ikke festes i demonterbart utstyr. Bæresystemet dimensjoneres for ca. 20% reservekapasitet. Som bæresystem skal det benyttes kabelbroer. Kabelstiger skal i hovedsak være varmgalvanisert stål beregnet for VA miljø. Korrosivitetsklasse C5-I.

Alle kabelbruer og maskinkonstruksjoner skal ha utjevningsforbindelser. Dette gjelder spesielt kabelbruer. Beskyttelsesjordleder (PE), generelt følger som egen leder i lavspente kraftkabler. Alle bygningsdeler må tilkobles jordingsanlegget.

Alle arbeider på hovedfordelingen skal være iht. FEL §10, vedlegg I (frakobling). Det skal benyttes kabler med ledere av kobber for ledertverrsnitt til og med 16 mm². For større ledertverrsnitt benyttes kabel med aluminiumsledere. Stigerkabler til underfordelinger/tavler skal dimensjoneres med en reservekapasitet på minimum 30 %. Det skal benyttes halogenfrie kabler.

Lysarmaturer i prosessområder skal ha IP54 eller bedre. Det skal leveres lysstoffarmaturer i aluminium i LED utførelse 4000K. For eksempel Trilux Nextrema. Alle lysarmaturer monteres slik at det er lett å vedlikeholde. Krav til lysstyrke er som følger: (bruksverdier)

Gangbaner i prosessområder	300 lux
Tavlerom	500 lux
Utendørs/fasade parkeringsområde etc.	15 lux

Alle prosessområder både utvendig og innvendig skal dekkes med kabellengde inntil 10 m fra stikkontakt. Utvendig monteres 1 stk. kontakt 3 fas 230 V, 32 A og 1 stk. kontakt 1 fas 230 V, 16 A. Stikkontakter skal monteres i alle rom, og skal merkes med tavle- og kursnr.

Anlegget er utstyr med UPS som opprettholder kommunikasjon, drift på styresystemer og kritiske anleggsdeler som ikke er strømkrevende.

Anlegget vil bli utstyrt med egen reservekraft som vil kunne forsyne anlegget med strøm i en kritisk driftsfase hvor strømtilførselen er borte.

10 Prosjektgjennomføring

10.1 Entreprisemodell og anskaffelsesstrategi

Nye Fuglevik RA vil bli et komplekst prosessanlegg, med mange delprosesser som samlet skal utføre den jobben som anlegget skal tilfredsstille. For å utnytte leverandørsituasjonen og markedet optimalt må utførelsen deles opp i flere entrepriser. Følgende entrepriseoppdeling er besluttet:

Tabell 23. Entrepriseplan for utbygging av Nye Fuglevik RA⁹.

Nr.	Entreprisenavn	Entrepriseform
M1	Forbehandling og øvrige maskininstallasjoner	Delt entreprise
M2	Vannbehandling - Separasjon og biotrikk	Funksjonsentreprise ⁹
M3	Slambehandling - Biogass	Funksjonsentreprise
M4	Slambehandling - Pyrolyse	Funksjonsentreprise
M5	Slambehandling - Avvanning og utlasting	Funksjonsentreprise
B1	Bygningsmessige arbeider	Delt entreprise
B2	Forberedende arbeider	Delt entreprise
E1	Elkraft	Delt entreprise
E2	Driftskontroll/automasjon	Delt entreprise
V1	Varme- og sanitæranlegg	Delt entreprise
V2	Ventilasjonsanlegg	Delt entreprise

Byggentreprisen inneholder i dette oppsettet også alle leveranser knyttet til grunnarbeider, dette inkluderer graving, fundamentering, vei, grøntanlegg, bunnledninger og utvendig VA.

Av tidsmessige hensyn kan det være aktuelt å splitte opp i ytterligere entrepriser for fagene bygg, VVS og elektro. Slike forberedende entrepriser vil kanskje være nødvendige, og tidsmessig ligge så lang tid i forveien av øvrige arbeider, at det er fornuftig å opphandle de særskilt. Dette avklares i detaljprosjekteringsfasen.

Hovedentreprisen er et begrep om hvordan man organiserer seg på byggeplassen, og kan meget godt kombineres med modellen basert på delte entrepriser og prosessentrepriser. I et slikt tilfelle er det normalt at byggentreprenøren er hovedentreprenør. Begrepet er definert av Direktoratet for byggkvalitet slik¹⁰: Denne organiseringen innebærer vanligvis at én entreprenør, hovedentreprenøren, påtar seg utførelsen av alle bygningsmessige arbeider, mens de installasjonstekniske arbeidene utføres i separate entrepriser. Hovedentreprenøren og de tekniske entreprenørene er sideentreprenører. Det er vanlig at hovedentreprenøren får ansvaret for koordinering på byggeplassen og for fremdriftskontroll av de andre sideentreprenørene mot særskilt godtgjørelse. For utførelsen kan hovedentreprenør velge å påta seg ansvarsrett for hele tiltaket eller pålegge underentreprenørene å påta seg ansvarsretten for sine arbeider.

⁹ Entreprise M2 er besluttet skal gjennomføres som en samspillsentreprise.

¹⁰ <https://dibk.no/saksbehandling/kommunalt-tilsyn/temaveiledninger/tilsyn/del-3--vedlegg/vedlegg-3.2/3.2.5.-entrepriseformer/>

Hovedentreprenøren skal godtgjøres for denne koordineringen, som også ofte inkluderer HMS på byggeplassen. Hvorvidt man ønsker å tillegge en entreprenør dette ansvaret, og dermed gjennomføre den spesifikke entreprisen som en *hovedentreprise* må være besluttet før den første entreprisen kontraheres, slik at spillereglene på byggeplassen gjøres kjent og kan prissettes.

Den totale anskaffelsen vil havne i Forskrift om innkjøpsregler i forsyningssektorene (Forsyningsforskriften) del I og II. Dvs. alle entrepriser må i utgangspunktet kunngjøres på den europeiske databasen TED. For flere av entreprisene i tabell 2 er det vanlig å benytte prosedyren *åpen anbudskonkurranse*. For noen entrepriser kan det imidlertid være ønskelig å benytte *forhandlet prosedyre*. Å benytte forhandlet prosedyre i Forsyningsforskriften anses ikke som spesielt problematisk, og anskaffelsesprosedyren *konkurranse med forhandling etter forutgående kunngjøring* er listet opp som tillatt prosedyre i §9-1 ledd (1). Ordlyden *forutgående kunngjøring* er allment tolket som at anskaffelsen må gjennomføres i to trinn, dvs. med en prekvalifiseringsrunde først.

Foreløpig besluttede anskaffelsesprosedyrer for den enkelte entreprise er oppsummert i Tabell 24.

Tabell 24. *Besluttede anskaffelsesprosedyrer for de enkelte entrepriser.*

Nr.	Entreprisenavn	Anskaffelsesprosedyre
M1	Forbehandling og øvrige maskininstallasjoner	Forhandlet prosedyre (m/prekvalifisering)
M2	Vannbehandling - Separasjon og biotrikk	Forhandlet prosedyre (m/prekvalifisering)
M3	Slambehandling - Biogass	Forhandlet prosedyre (m/prekvalifisering)
M4	Slambehandling - Pyrolyse	Forhandlet prosedyre (m/prekvalifisering)
M5	Slambehandling - Avvanning og utlating	Forhandlet prosedyre (m/prekvalifisering)
B1	Bygningsmessige arbeider	Åpen anbudskonkurranse
B2	Forberedende arbeider	Åpen anbudskonkurranse
E1	Elkraft	Åpen anbudskonkurranse
E2	Driftskontroll/automasjon	Forhandlet prosedyre (m/prekvalifisering)
V1	Varme- og sanitæranlegg	Åpen anbudskonkurranse
V2	Ventilasjonsanlegg	Åpen anbudskonkurranse

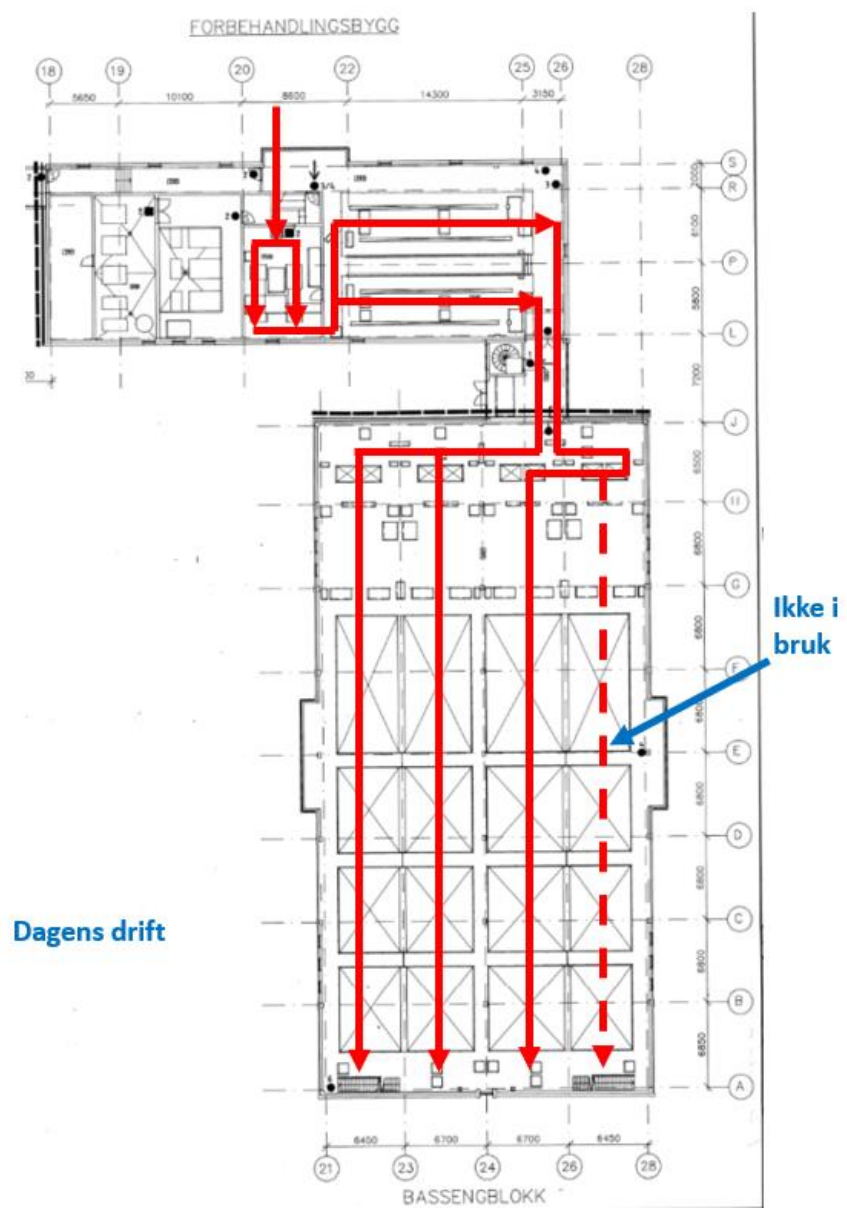
For å motivere til størst mulig deltagelse og som et middel for å motta så gode tilbud som mulig er det videre besluttet at økonomisk kompensasjon inngår som verktøy ved anskaffelsen av de mest omfattende entreprisene som gjennomføres med forhandlinger, som f.eks. M2 og M3. Alternativt at de gjennomføres som samspillsentrepriser hvor tilbudsfasen vil bli betydelig mindre ressurskrevende for tilbyderne. Dette er som nevnt besluttet for M2, og da utgår økonomisk kompensasjon for denne i forbindelse med anskaffelsen. For alle samspillsentrepriser vil forhandlet prosedyre benyttes, alternativt at man kan benytte åpen anbudskonkurranse. Dette avgjøres fortløpende, slik at listen ovenfor kan endres.

10.2 Drift i byggefasen

Utbygging av Nye Fuglevik RA skal foregå samtidig med drift av eksisterende anlegg. Dette er relativt uproblematisk for de deler som skal bygges som nye

konstruksjoner, se Figur 20. Ombygging i eksisterende forbehandlingsbygg (FOA) og bassenghall (BIO1) er imidlertid ikke like greit. Siden begge disse bygningene skal være en integrert del av det fremtidige anlegget og det skal være drift i eksisterende anlegg, med så høy grad av rensing som mulig under byggeperioden, må man planlegge at utbyggingen må skje i faser.

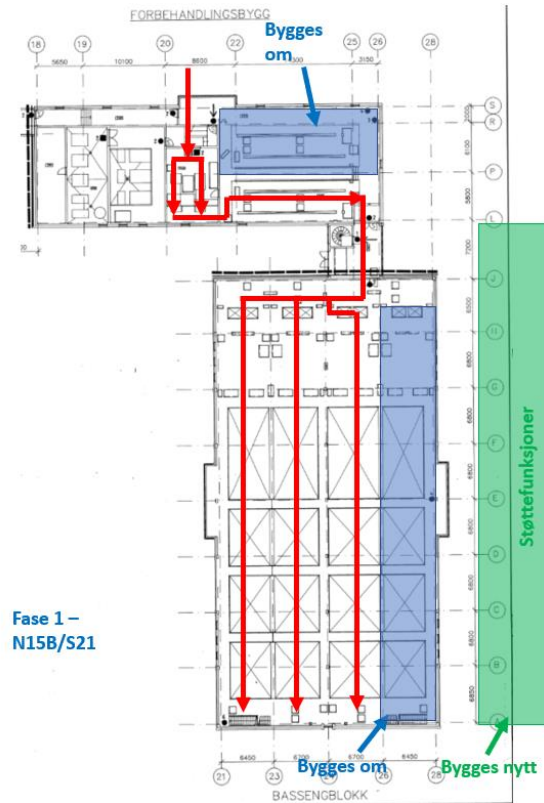
Nødvendige faser for å opprettholde så høygradig rensing som mulig er litt forskjellig for de ulike løsningsalternativene og er nærmere beskrevet nedenfor. Det er viktig å understreke at dette er forslag til utbyggingsrekkefølger og at det kan være andre måter å gjennomføre dette på. I detaljprosjekteringsfasen vil man gå mer detaljert til verks. Det er imidlertid ikke funnet hensiktsmessig å gå lenger med dette nå, da rensekraft fortsatt ikke er avklart. Som grunnlag for de ulike fasene er vannets vei gjennom eksisterende anlegg illustrert i Figur 23.



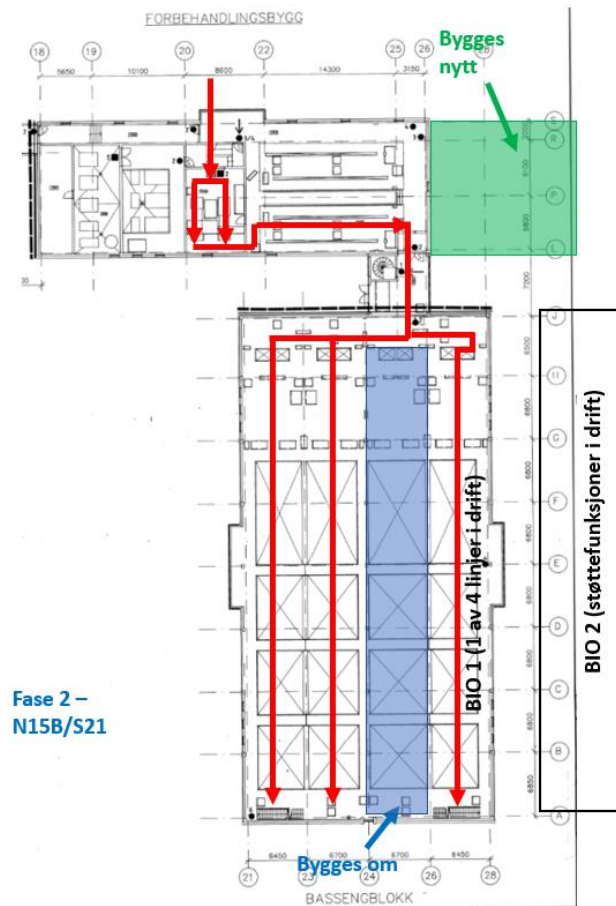
Figur 23. Vannets vei gjennom dagens anlegg.

10.2.1 Utbygging av S21 og N15B

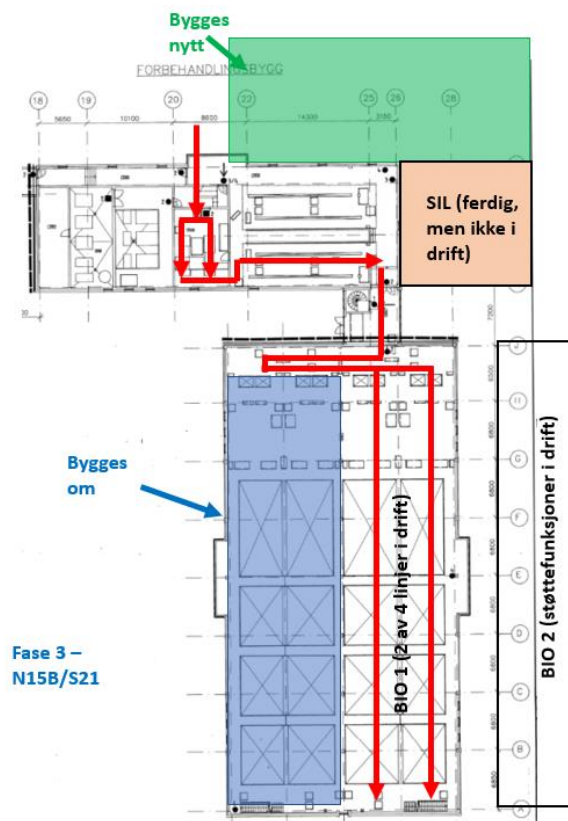
Utbygging av S21 og N15B kan følge de samme fasene helt frem til utbygging av biologiske reaktorer i BIO2. Ombygging til S21 og N15B kan bli oppdelt i 4 faser. De ulike fasene er illustrert i Figur 24 til Figur 27 og er nærmere beskrevet under figurene.



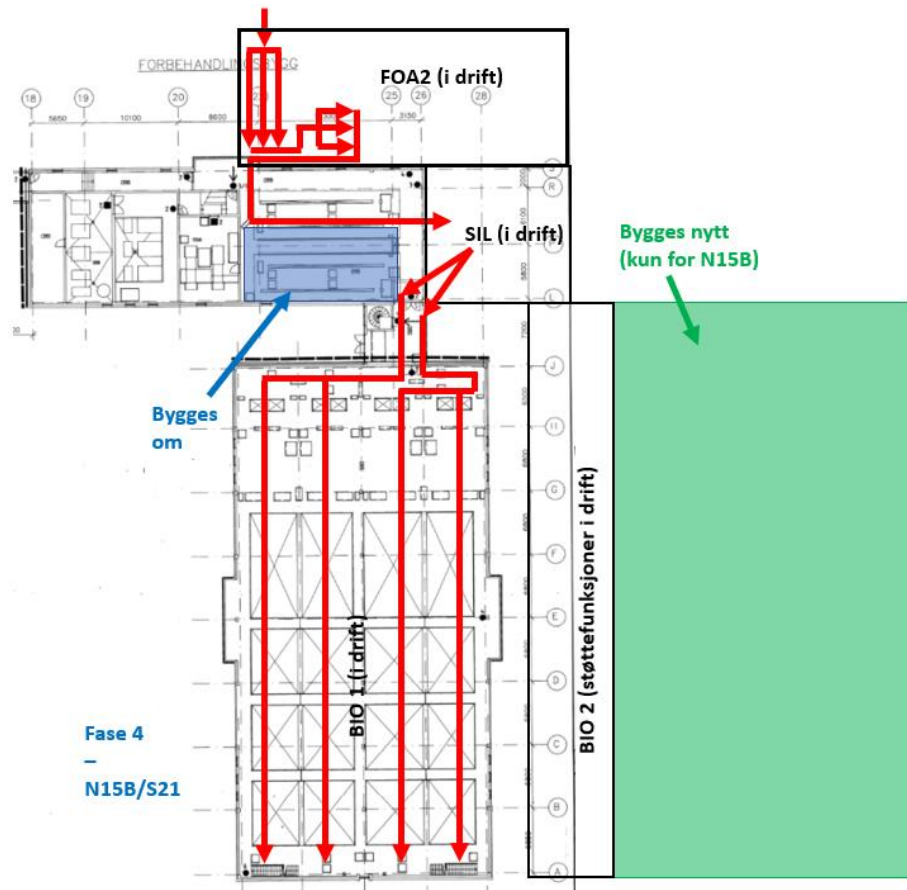
Figur 24. Fase 1 i ombygging til prosessløsning S21 eller N15B



Figur 25. Fase 2 i ombygging til prosessløsning S21 eller N15B



Figur 26. Fase 3 i ombygging til prosessløsning S21 eller N15B



Figur 27. Fase 4 i ombygging til prosessløsning S21 eller N15B

Fase 1: I den første fasen bygges det nordre sand- og fettfanget (linje 2) om, samt den østre sedimenteringslinjen (linje 4) som ikke er i bruk i dagens anlegg. Eksisterende sedimenteringslinje 4 bygges om til bioreaktorer og flotasjon. I tillegg bygges bygget for støttefunksjoner ferdig så langt at innhold kan tas i bruk. Etter all sannsynlighet vil det også samtidig være byggeaktivitet knyttet til BIO2 i denne fasen, men dette er ikke diskutert i denne omgang.

Vannets vei: Eksisterende innløpsspumpestasjon – eksisterende innløpsrister - sand-/fettfanglinje linje 1, sedimentering linje 1-3.

Effekt på rensing: Redusert sand- og fettfjerning. Tilsvarende rensing mht. fosfor, nitrogen og organisk stoff som i dagens driftssituasjon.

Fase 2: Her bygges nytt bygg for primærsiler øst for FOA, samtidig som man bygger om linje 3 til bioreaktorer og flotasjon. Sand- og fettfanglinje 2 tas ikke i bruk før INN er ferdigbygd. Linje 4 i BIO1 tas i bruk, dvs. med biologisk rensing og flotasjon.

Vannets vei: Eksisterende innløpsspumpestasjon – eksisterende innløpsrister - sand-/fettfanglinje linje 1, sedimentering linje 1-2 + linje 4 i BIO1.

Effekt på rensing: Redusert sand- og fettfjerning. Bedre rensing mht. fosfor, nitrogen og organisk stoff enn i dagens driftssituasjon, da man kan tillate høyere overflatebelastning i flotasjon, samt at biotrinn vil bryte ned noe løst organisk

stoff. Dersom det bygges ut for N15B vil første biotrinns være anaerobt (anoxisk når N-fjerning er i gang), slik at effekten på den biologiske nedbrytningen av organisk stoff vil være redusert. Bioreaktor 2 i BIO1, dvs. etterluftingsreaktoren, er derimot aerob, så her vil det være høyere biologisk omsetning. Det er usikkert om krav til sekundærrensing vil tilfredstilles i denne fasen.

Fase 3: Når 2 linjer i BIO1 er i drift kan begge de to andre linjene tas ut av drift og bygges om samtidig, da man i utgangspunktet vil ha bedre hydraulisk kapasitet i 2 flotasjonslinjer enn i 3 sedimenteringslinjer. Nå bygges altså linje 1 og 2 om. I tillegg bygges INN.

Vannets vei: Eksisterende innløpsspumpestasjon – eksisterende innløpsrister - sand-/fettfanglinje linje 1, linje 3 og 4 i BIO1.

Effekt på rensing: Redusert sand- og fettfjerning. Bedre rensing mht. fosfor, nitrogen og organisk stoff enn i dagens driftssituasjon, da man kan tillate høyere overflatebelastning i flotasjon, samt at biotrinns vil bryte ned noe løst organisk stoff. Som for fase 2 vil det være redusert biologisk omsetning pga. anaerobt første trinn i BIO1. I denne fasen vil det imidlertid være 2 linjer i drift og det kan forventes at krav til sekundærrensing vil nås, siden belastningen er langt lavere enn dimensjonerende (Kambo vann er ikke overført ennå). Dette gjelder N15B. Dersom det bygges for S21 er det ganske sikkert at sekundærrensingskrav nås i denne fasen.

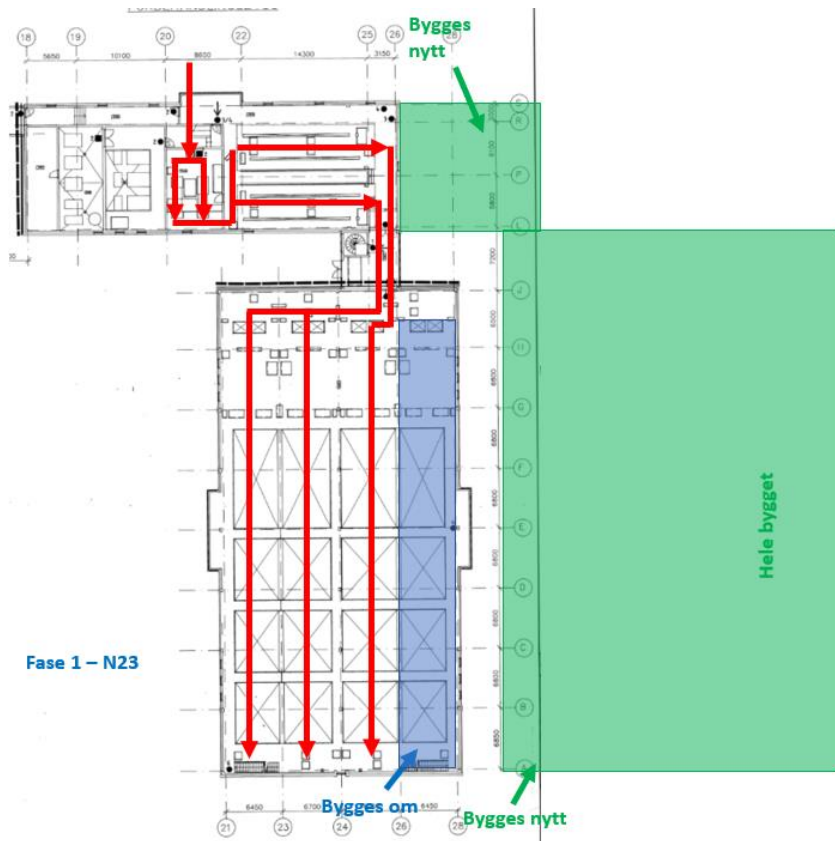
Fase 4: Den siste delfasen vies til ombygging av sand- og fettfang linje 1, samt for N15B alternativet bygges bioreaktorer i BIO2. I denne fasen vil man dermed med unntak av sand- og fettfang ha full hydraulisk kapasitet.

Vannets vei: Nye innløpsspumper – nye innløpsrister - sand-/fettfanglinje linje 2, primærsiling, BIO1 (4 linjer).

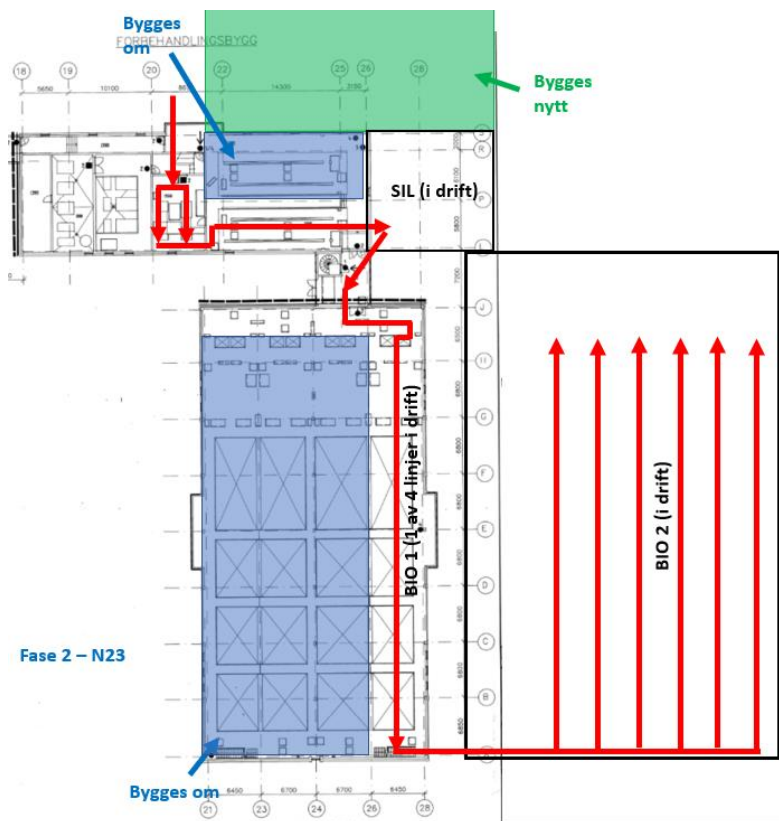
Effekt på rensing: Redusert sand- og fettfjerning. Krav til sekundærrensing og fosfor vil tilfredstilles.

10.2.2 Utbygging av N23

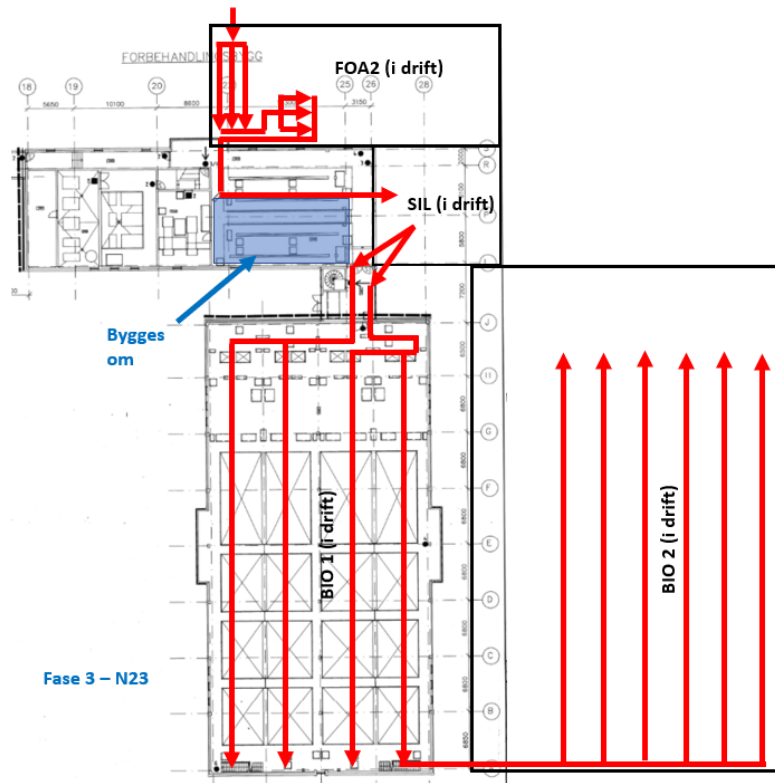
Utbygging av N23 kan gjennomføres i 3 faser, hvor nitrogenfjerning bygges i den første fasen. De ulike fasene er illustrert i Figur 28 til Figur 30, og er beskrevet under figurene.



Figur 28. Fase 1 i ombygging til prosessløsning N23



Figur 29. Fase 2 i ombygging til prosessløsning N23



Figur 30. Fase 3 i ombygging til prosessløsning N23

Fase 1: I første fase bygges det nye SIL-bygget og linje 4 i eksisterende bassenghall bygges om til ny anaerob reaktor. I samme fase bygger man også store nye bygningsmassen; BIO2. Denne fasen blir dermed relativt langvarig og derfor er det en fordel at eksisterende rensing består i sin helhet.

Vannets vei: Eksisterende innløpspumpestasjon – eksisterende innløpsrister - sand-/fettfang (begge linjer), sedimentering linje 1-3.

Effekt på rensing: Redusert sand- og fettfjerning. Samme rensing mht. fosfor, nitrogen og organisk stoff som i dagens driftssituasjon.

Fase 2: I fase 2 bygges INN, samt at sand- og fettfang linje 2 og sedimentering linje 1-3 bygges om. For å få drift i linjen sand- og fettfang linje 1 og til SIL-bygg må det i påregnes full driftstans etter innløpsrister i en periode. Det må derfor tilrettelegges slik at dette gjøres i ytterligere oppdelte delfaser (p.t. ikke planlagt i detalj).

Vannets vei: Eksisterende innløpspumpestasjon – eksisterende innløpsrister - sand-/fettfang linje 1, primærsiler, BIO1 linje 4 og hele BIO2.

Effekt på rensing: Redusert sand- og fettfjerning. Full nitrogenfjerning og MBR i drift gir bedre rensing enn dagens anlegg. Det må påregnes å dosere noe fellingskjemikalier (simultanfelling) da kun én linje med anaerob behandling vil sannsynligvis være for lite for fullverdig biologisk fosforfjerning. Med kjemisk felling vil fosforkrav tilfredsstilles.

Fase 3: I denne fasen vil hele den nye vannbehandlingslinjen være i drift, med unntak av sand- og fettfanglinje 1 som bygges om.

Vannets vei: Ny innløpspumpestasjon – nye innløpsrister - sand-/fettfang linje 2, primærsiler, hele BIO1 og hele BIO2.

Effekt på rensing: Redusert sand- og fettfjerning. Full nitrogenfjerning og rensing for øvrig.

10.2.3 Ombygging av slambehandling

Det er vurdert at dagens råtnetank har tilstrekkelig kapasitet i mange år fremover. Det er derfor ikke aktuelt med tiltak der i første omgang. I slambehandlingsbygget vil imidlertid ombygging fra UTB til THP medføre ganske lang nedetid på slambehandlingen mht. hygienisering og stabilisering. Det forutsettes i denne forbindelse at slam ikke kjøres om råtnetank så lenge UTB/THP ikke er i drift.

I denne fasen må derfor slam avvannes ubehandlet (dvs. hverken stabilisert eller hygienisert) og transporteres til ekstern behandling. Eksisterende pumpeløsning, sentrifuger og slamsilo kan benyttes til dette formålet.

I byggefasen for PYR-bygget må slam transporteres ut av bygget mot vest, og det bygges nytt bygg og vei med containerutlasting for dette formålet.

10.2.4 Plan og risikovurdering

Som det kommer frem av beskrivelser i kap. 10.2.1 og 10.2.2, vil det for alle faser i hovedsak være mulig å opprettholde dagens standard mht. rensing, eller bedre, knyttet til renskravene. I kortere perioder (timer/dager/uker) med inn/utkobling av prosesstrinn vil det imidlertid være aktuelt med redusert rensing. En utfyllende plan for slike delfaser, inklusive risikovurdering skal utarbeides og oversendes Statsforvalteren for godkjenning, før anleggsarbeider starter opp.

10.3 Planarbeid

Hensikten med planarbeidet er å legge til rette for en utvidelse og oppgradering av eksisterende Fuglevik renseanlegg (RA). På bakgrunn av at Kambo renseanlegg skal nedlegges er det behov for en ombygging- og utvidelse av dagens bygningsmasse ved Fuglevik RA. Gjeldende reguleringsplan til Fuglevik RA er ikke dekkende for de tiltakene nytt renseanlegg vil medføre. Det må derfor utarbeides en ny detaljreguleringsplan.

Planarbeidet utløser krav til konsekvensutredning i henhold til forskriftens paragraf §§ 6, 8 og 10. Det er utarbeidet planprogram for å synliggjøre arbeidet med konsekvensutredningen. Temaene som skal konsekvens utredes er:

- Naturmangfold
- Kulturminner og kulturmiljø

- Landskap
- Friluftsliv
- Forurensning av luft
- Forurensning av støy
- Forurensning av lukt
- Arkitektonisk utforming

Konsekvensutredningstemaene skal benytte Miljødirektoratets veileder *M-1941 Konsekvensutredninger for klima og miljø*.

Det er varslet oppstart av arbeidet. Varselet ble sendt til naboer, offentlige myndigheter og interesseorganisasjoner. Frist for innspill var 1. april 2022. I varslingsperioden ble det avholdt informasjonsmøte på Rygge ungdomsskole. Totalt ble 20 innspill mottatt, som tas med i det videre planarbeidet.

Arbeidet med konsekvensutredningen og plandokumentene er påbegynt og fortsetter utover høsten. Det utarbeides forslag til plankart med tilhørende bestemmelser og planbeskrivelse med konsekvensutredning. Komplette planforslag sendes planavdelingen i Moss kommune for førstegangsbehandling innen uke 44.

Planforslaget førstegangs behandles av utvalg, plan bygg og teknisk i uke 4, 2023. Deretter sendes planforslaget på høring til offentlige myndigheter, interesseorganisasjoner, berørte parter/naboer og legges ut til offentlig ettersyn i minimum 6 uker.

Innkommne merknader oppsummeres og behandles. Eventuell bearbeiding av planforslaget justering/supplering av konsekvensutredning utføres i løpet av vår/sommer 2023.

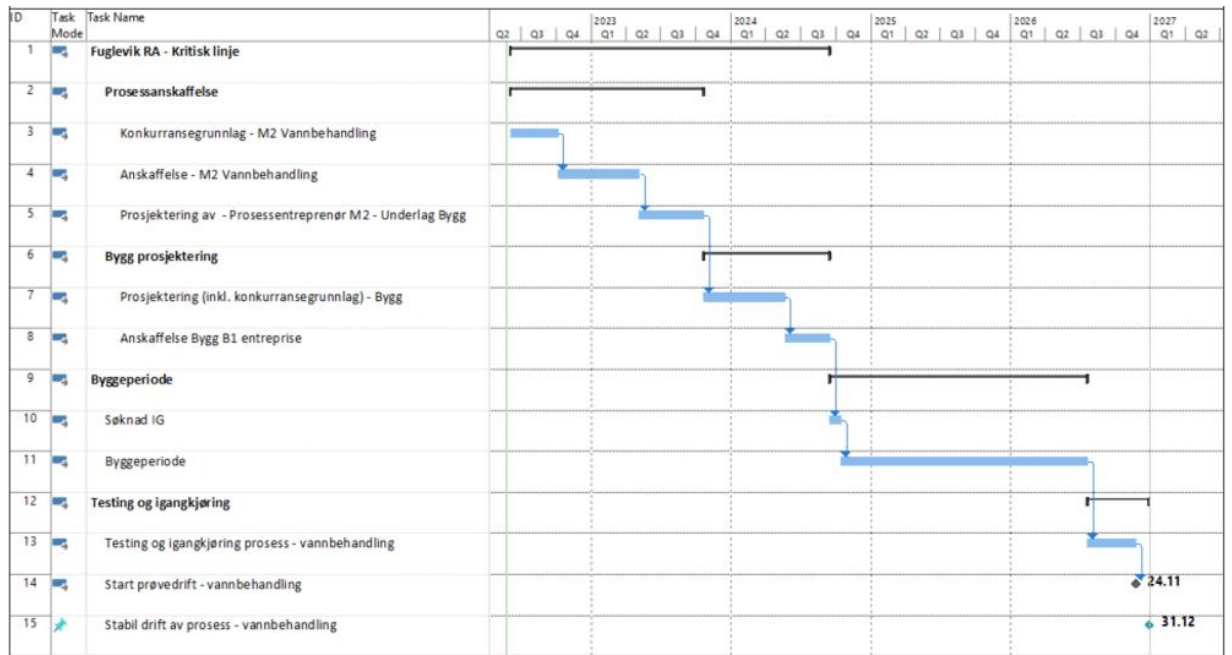
Planforslag vedtas politisk i Moss kommune høsten 2023. Ved behov gjøres vedtak om nytt offentlig ettersyn.

10.4 Fremdriftsplan

MOVAR sin utslippstillatelse setter krav til fremdrift, hvor alle rensekrav skal være oppfylt innen 1.1.2026. Det er varslet at denne fristen ikke kan overholdes, med bakgrunn i at utslippskravene fortsatt ikke er helt avklart. I brev fra Miljødirektoratet til Statsforvalteren i Oslo og Viken datert 13.5.2022¹¹ signaliseres det ganske sterkt at utsettelse for innfrielse av krav bør gis. Det ses derfor ganske naturlig at slik utsettelse også bør gis til MOVAR.

COWI har utarbeidet en grov fremdriftsplan for neste fase hvor kritisk linje er identifisert. Denne vises i Figur 31.

¹¹ <https://www.statsforvalteren.no/siteassets/fm-oslo-og-viken/miljo-og-klima/informasjon-fra-miljodirektoratet-vedrorende-nitrogenrensing.pdf>



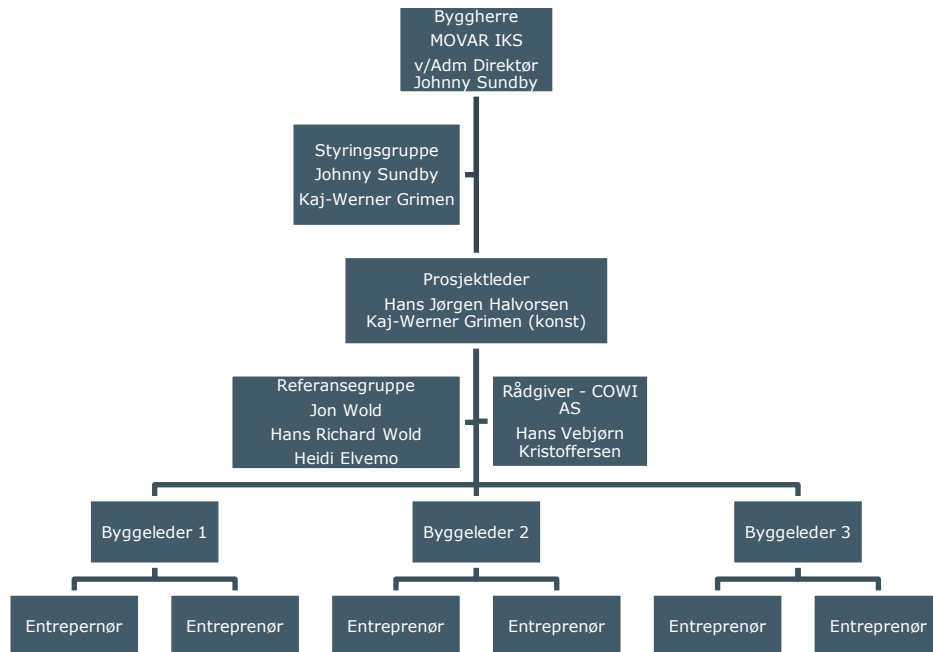
Figur 31. Grov fremdriftsplan basert på kritisk linje i forbindelse med utbygging av Nye Fuglevik RA.

Som det kommer frem av fremdriftsplanen ovenfor vil det ikke være mulig for MOVAR å kunne tilfredsstille nye krav til rensing innen 1.1.2026. Det vurderes som langt mer sannsynlig at dette kan nås om lag ett år senere enn dette. MOVAR har varslet Statsforvalter/Miljødirektoratet om dette.

11 Organisasjon

11.1 Prosjektgjennomføring

MOVAR har organisert prosjektgjennomføringen som følger:



Alle ledd i organisasjonsplanen ovenfor er etablert, med unntak av byggeledere som planlegges innleid på senere tidspunkt. Det anbefales et byggelederteam, hvor ulik fagkompetanse blir engasjert.

11.2 Driftsfase

Nye Fuglevik RA vil bli et langt mer komplekst anlegg enn det eksisterende anlegget. Dette vil dermed kreve at organisasjonen både øker sin kapasitet og kompetanse.

Kapasitetsmessig vil økt behov delvis dekkes av at Kambo RA på sikt legges ned. Imidlertid vil de nye prosessene ved Ny Fuglevik RA kreve større innsats da det er langt flere komponenter som skal driftes og vedlikeholdes, enn hva summen av dagens anlegg har i dag. Bemanningen må derfor økes kun basert på drift- og vedlikehold.

Når det gjelder kompetanse vil det bli en svært stor overgang. Dagens anlegg er svært enkelt prosessmessig sammenlignet med Nye Fuglevik RA. Det kreves langt mer inngående prosesskompetanse for det nye anlegget, og MOVAR må ta høyde for dette ved at det må ansettes folk som har biologiske renseprosesser som hovedkompetanse.

Samlet vurderes det til at driftsstaben bør utvides med følgende nytt personell:

- Prossesingeniører (1-2 stk)
- Prossesoperatører m/generell kompetanse (2-3 stk*)
- Elektriker/automatiker (1 stk**)

(*I staben over prossesoperatører må det inngå personell med kjelsertifikat, pga. dampanlegget for THP (som også vil bli varmekilde for VVS). Dette kan være nyansatte, eller at eksisterende personell videreutdannes.

**Det antas at dette dekkes opp av den sentrale tekniske avdelingen, men den må styrkes også.)

12 Kostnader

Følgende begrensninger er lagt til grunn for kostnadsberegningene:

- Tiltak på Kambo RA er ikke vurdert/inkludert i kostnadsberegninger
- Kostnader for overføringsledning fra Kambo RA er ikke inkludert i kostnadsberegninger. Grensesnitt i denne kalkylen er tomtegrense for Fuglevik RA – dvs. VA anlegg inne på egen tomt er inkludert.
- Reguleringstekniske forhold for tomt er ikke avklart
- Eventuelle forurensinger i grunn er ikke hensyntatt – dvs. det er forutsatt rene masser
- Det er ikke gjennomført interessentanalyse
- Prisnivå Q1 - 2022
- Priser er eks. mva
- Prisstigning i byggetiden er ikke inkludert
- I sammenstillingen er det medtatt innleide byggherrekostnader (prosjektledelse, byggeledelse og øvrige administrasjonskostnader for byggherre).
- Finansieringskostnader og grunnerverv er ikke medtatt
- Uspesifisert er inkludert i basiskostnaden

Det henvises for øvrig til PN23 Usikkerhetsanalyse for en mer detaljert oversikt.

12.1 Basiskalkyle

Det er gjort nedenfra-opp-kalkyler basert på mengder multiplisert med erfaringspriser fra tidligere COWI-prosjekter, samt innhenting av enkelte leverandørpriser. Kostnadene er utarbeidet på et relativt detaljert nivå, men er i usikkerhetsanalysen aggregert opp i kostnadskategorier på et håndterbart nivå.

Det er flere elementer som blir likt i alle tre utbyggingsalternativer. For alle alternativer er Innløpsbygg, forbehandling, silbygg, biologi, separasjon, administrasjon, gassbygg, slambygg og styringssystem likt. For utfyllende informasjon se PN23 Usikkerhetsanalyse, vedlegg A: Basiskalkyler.

Tabell 25. Basiskostnad

Estimatposter	N23	N15B	S21
A1 FOA/INN	208	208	208
A2 SIL/BIO1/BIO2	657	493	246
A3 HYG/PYR/GAS	263	206	206
B1 ADM	31	31	31
B2 Styringssystemer	18	18	18
C1 Utomhus	61	60	60
R1 Rigg og drift	162	132	99
Q1 Prosjektering og oppfølging COWI	110	100	80
Q2 Byggherrekostnad	28	23	17
U1 Grunnerverv	-	-	-
Sum	1 537	1 271	965

12.2 Usikkerhetsanalyse

Basiskalkylen er gjennomgått i en felles seanse med COWI og MOVAR. Usikkerhetssamlingen hadde en god prosess som førte til et resultat som gruppa anser som realistisk.

Vurderingen av estimatusikkerheten og usikkerhetsfaktoren gir i sum et lite forventet fratrekk på basiskostnaden. Dette er litt uvanlig, men kan forklares av at man i basiskalkylen har lagt til grunn et prisnivå som er vesentlig høyere enn erfaringspriser fra renseanlegg bygget frem til 2020, dvs før pandemi og krig i Ukraina.

Tabell 26. Kostnader inkludert usikkerhetsavsetning

Sammendrag	N23	N15B	S21
Basiskostnad (mNOK)	1 537	1 271	965
+ Forventet tillegg	-46	-6	-6
Forventet sluttkostnad (P50)	1 491	1 265	959
+ Usikkerhetsavsetning	203	158	118
P85 (mNOK)	1 694	1 423	1 076
Relativt standardavvik	13 %	12%	12 %

Standardavviket gir et bilde på samlet usikkerhet i prosjektet. Et standardavvik på 12-13 % er i det nedre sjiktet av normalområde for prosjekter i denne planfasen.

P50-kostnaden fra denne analysen ansees å være et beste grunnlag for å anslå en total sluttkostnad for tiltaket. P85-kostnaden vil ofte anvendes som en kostnadsramme.

Mye av usikkerheten i prosjektet er knyttet til usikkerhetsdrivere som for en stor del ligger utenfor prosjektets kontroll, slik som hvordan markedssituasjonen vil utvikle seg framover. Markedssituasjonen forklarer 64-73 % av usikkerheten i estimatet. Det vil likevel være gode muligheter for å jobbe for å redusere noe av usikkerheten i estimatet i det videre arbeidet samtidig som en del usikkerhet vil reduseres etter hvert som prosjektet skrider frem, uavhengig av spesifikke tiltak.

12.3 Årskostnader

Grunnlaget for beregning av årskostnader er beregnede kapitalkostnader (basert på basiskostnad) som vist ovenfor, hvor investeringenes kapitalkostnad beregnes med 3 % rente og 30 års levetid.

Driftskostnader er basert på beregnet gjennomsnittlig forbruk av elektrisitet og kjemikalier, antatt produksjon av biogass, samt personal- og vedlikeholds-kostnader tilpasset det nye anlegget. Driftskostnader for de ulike alternativene er estimert som vist i Tabell 27.

Tabell 27. Driftskostnader

Kostnadselement	Driftskostnader (MNOK)		
	N23	N15B	S21
Personell	13,0	13,0	11,2
Kjemikalier	2,1	5,7	4,7
Energi	11,0	6,8	2,2
Vedlikehold	7,7	6,4	4,8
Slamkostnader*	0,2	1,2	1,2
Andre driftskostnader	15,0	15,0	15,0
Sum	49,0	48,1	39,1

*Avhendingskostnad for biokull og salg av struvitt

De totale årskostnader, når kapitalkostnader er lagt til er vist i Tabell 1Tabell 28.

Tabell 28. Årskostnader

Kostnadselement	Årskostnader (MNOK)		
	N23	N15B	S21
Kapitalkostnader	78,4	64,8	49,3
Driftskostnader	49,0	48,1	39,1
Årskostnader	127,4	113,0	88,3