asplan viak

Oppdragsgiver:	Ålesund kommune
Oppdragsnavn:	Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund - Renseanlegg
Oppdragsnummer:	624969-03
Utarbeidet av:	Magnar Katla/Fred-Arne Sivertsen
Oppdragsleder:	Øystein Tranvåg
Tilgjengelighet:	Åpen

NOTAT Vurdering av alternative reneseprosesser

1. RESIPIENT OG UTSLIPPSKRAV 2
1.1. Resipientundersøkelser 2
1.2. Utslippskrav 3

2. GRUNNLAGSDATA TILRENNING OG STOFFBELASTNING 5

3. FORBEHANDLING 6
3.1. Innløpsrist 6
3.2. Sand- og fettfang 7

4. FORRENSING 8

5. AKTUELLE BIOLOGISKE RENSEPROSESSER 8
5.1. Biofilm – Moving Bed Bioreactor MBBR 8
5.2. Aktivslam prosess 9
5.3. Sequencing Batch Reactor – SBR 10
5.4. SBR med granulert slam, AGS 10
5.5. Prosesser som kombinerer biofilm og aktiv slam, IFAS 11

6. FOSFORFJERNING 12
6.1.1. Kjemisk fosforfjerning 12
6.1.2. Biologisk fosforfjerning 13

7. SEPARASJONSPROSESSER 13
7.1. Sedimentasjon 13
7.2. Flotasjon 14
7.3. Ballastert sedimentasjon 14

8. SLAMBEHANDLING 15

9. FORESLÅTT KONFIGURASJON FOR RENSEANLEGGET 16
9.1. Forbehandling 16
9.2. Biologisk trinn og separasjon 16
9.2.1. Alternativ 1a – MBBR-flotasjon 16
9.2.2. Alternativ 1b – MBBR-sedimentasjon 17
9.2.3. Alternativ 2 – Aktivslam-sedimentasjon 17
9.2.4. Flotasjon eller sedimentering? 18

9.3. Renseeffekt ved de ulike alternativene....19
9.4. Slambehandling....19

10. VIDERE PROSESS MOT VALG AV RENSEPROSESS....20

11. SAMMENLIKNING AV PROSESSER....21

11.1. Dimensjonering....21
11.2. Konstruktiv utforming....22
11.3. Kostnader....24
11.4. Fremtidige utvidelsesmuligheter for de ulike alternativene....25
11.5. Robusthet og vedlikeholdsbehov....25
11.6. Bemanning og kompetanse....26
11.7. Energiforbruk....26
11.8. LCA-vurderinger....27
11.8.1. Livsløpsinventar....27
11.8.2. Resultater....28
11.9. Oppsummering og anbefaling....28

BAKGRUNN

Ålesund og Sula kommuner skal bygge et nytt renseanlegg som tar imot avløpsvann fra Sula og store deler av Ålesund kommune. Notatet er ment som et utgangspunkt for videre arbeid med valg av reneprosess og utforming av renseanlegget.

Å utarbeide et forprosjekt for et renseanlegg er en omfattende jobb der mange detaljer skal løses. Det er derfor viktig å avklare de overordnede forholdene så tidlig som mulig i prosessen. En avklaring av type biologisk reneprosess med tilhørende partikkelseparering er nødvendig å gjøre tidlig i forprosjekteringen av anlegget, da det vil påvirke videre valg av delprosesser med tilhørende kostnader. Ved å beslutte valg av reneprosess i starten, vil man kunne gjennomføre arbeidet med selve forprosjektet på en mer effektiv måte. En første utgave av notatet (kap. 1-10) ble gjennomgått i prosjektmøte 04.02.2020. I prosjektmøtet ble det besluttet hvilke to prosesser som skulle vurderes videre i en innledende fase. En vurdering av disse prosessene er oppsummert i kap. 11.

I revisjon 04 er det etter presentasjon og gjennomgang med oppdragsgiver gjort en gjennomgang av grunnlag for LCA vurdering, i tillegg til at fordeler og ulemper med alternativene sedimentasjon eller flotasjon for sluttseparasjon beskrevet nærmere. Dette er beskrevet i kapittel 9.2.4.

I kapittel 11 er tall for årskostnader og LCA oppdatert etter en gjennomgang av grunnlaget for beregningene. I tillegg er det lagt til et delkapittel om bemanning og kompetanse.

1. RESIPIENT OG UTSLIPPSKRAV

Det er planlagt utslipp utenfor Kvasnes, endelig utslippspunkt er ikke bestemt.

1.1. Resipientundersøkelser

Det er gjennomført en resipientundersøkelse i perioden juni 2018 til februar 2019. Som en del av resipientundersøkelsen er det etablert prøvetakingsstasjoner som angitt i Figur 1.

Figur 1: prøvetakingsstasjoner i Storfjorden /1/

Det etableres et sprangsjikt på 5-10 meters dyp i Storfjorden, vår og sommer. Utover vinteren forsvinner dette, og vannsøylen er totalomblandet.

Siktedyp er i kvalitetsklasse 1 på alle stasjoner i Storfjorden.

Med unntak av noen få prøver er alle analyser av næringssalter innenfor tiltaksklasse 1.

For målestasjon Kvasneset 3 :

«…Det ble etablert en ny stasjon utenfor Kvasneset der det er planlagt å etablere et nytt felles renseanlegg for Ålesund og Sula kommuner. Denne undersøkelsen har dokumentert at det er god vannkvalitet i Storfjorden på denne lokaliteten, Kvasneset-1, med et lavt innhold av næringssalter både i sommer- og vinterperioden. Og stasjonen klassifiseres i beste tilstandsklasse (Tilstandsklasse I – Svært god) både for næringssalter og siktedyp. Ferskvannstilførsler i løpet av sommeren sørger for at det gradvis utvikles en tetthetsgradient med sjiktning i ca 5 – 10 m dyp. Om vinteren er vannsøylen gjennomblandet, noe som utgjør en risiko for at utslipp fra et fremtidig renseanlegg kan nå overflatelaget…» /1/

Det er påvist lave verdier av termotolerante bakterier på Kvasneset målestasjon (8 og mindre).

For miljøgifter i sediment i Storfjorden er det påvist lave verdier, bortsett fra forhøyede verdier for TBT (tributyltinn) i den innerste stasjonen, S-KH.

Stasjonen Kvassneset har tilstandsklasse 1, mens S-KH har tilstand klasse 2 for bunnfauna.

I hovedsak ser det foreløpig ut til at det er forsvarlig å slippe ut avløpsvann rundt der prøvestasjonen Kvasneset 3 ligger. I videre planlegging må en ta hensyn til at vannsøylen ikke er sjiktet i store deler av året. En må vurdere om det skal gjøre innlagringsberegninger for å undersøke behov for diffusor eller alternativ plassering av utslippspunkt, for å unngå at avløpsvannet når overflaten i vintersesongen.

I det videre arbeidet med forprosjektet tar vi utgangspunkt i at utslippspunktet fra framtidig renseanlegg blir i området ved prøvepunkt Kvasneset 3. Vi tar utgangspunkt i et utslipp på 50 m dyp, noe som normalt er mer enn nok.

1.2. Utslippskrav

Forurensingsforskriften plasserer Ålesund i mindre følsomt område.

Et anlegg som behandle avløpsvann fra 10 000 personekvivalenter og oppover og slipper ut til hav eller fjord vil være omfattet av kravene i forskriftens del 4, paragraf 14.1 - 17

§14-2 Følgende definisjoner for rensegrad gjelder i kapittel 14:

a) ***Primærrensing:*** *En renseprosess der både*

1) BOF_5 -mengden i avløpsvannet reduseres med minst 20% av det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 40 mg O_2/l ved utslipp og

2) SS-mengden i avløpsvannet reduseres med minst 50% av det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 60 mg/l ved utslipp.

b) ***Sekundærrensing:*** *En renseprosess der både*

1) BOF_5 -mengden i avløpsvannet reduseres med minst 70% av det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 25 mg O_2/l ved utslipp og

2) KOFCR -mengden i avløpsvannet reduseres med minst 75% av det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 125 mg O_2/l ved utslipp.

c) ***Fosforfjerning:*** *En renseprosess der fosformengden i avløpsvannet reduseres med minst 90% av det som blir tilført renseanlegget.*

d) ***Nitrogenfjerning:*** *En renseprosess der nitrogenmengden i avløpsvannet reduseres med minst 70% av det som blir tilført renseanlegget.*

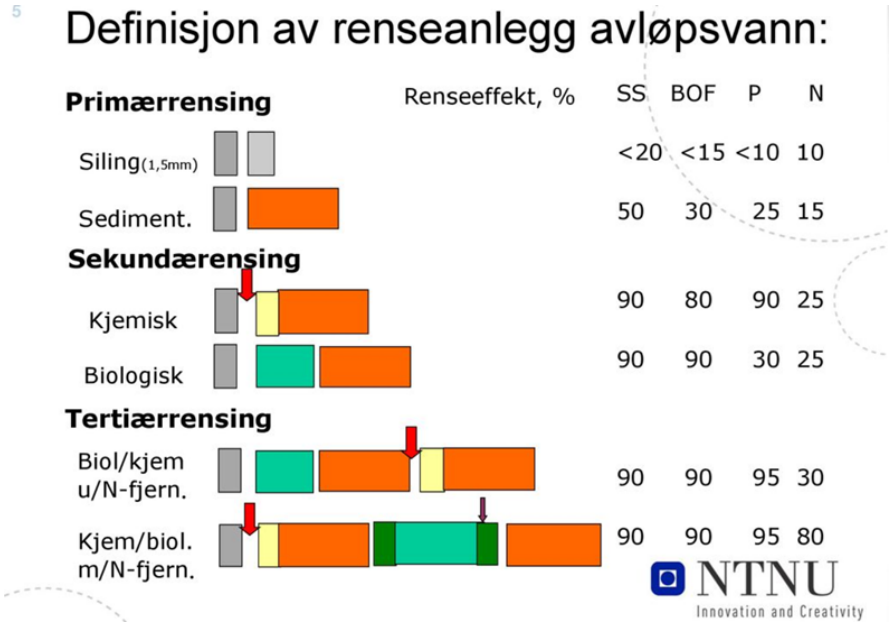
Kravet til rensing for utslipp til mindre følsomme områder er gitt i §14-8. i utgangspunktet er rensekravet **sekundærrensing** se pkt. b) over. Det kan gjøres unntak hvis:

Utslippet gjennomgår primærrensing og den ansvarlige gjennom grundige undersøkelser kan vise at utslippene ikke har skadevirkninger på miljøet.

Fylkesmannen er forurensningsmyndighet, behandler utslippssøknaden og vil behandle en søknad om unntak fra krav til sekundærrensing.

Ofte bygges renseanlegg for å kunne fjerne fosfor uavhengig av om det er krav om det. Det anbefales uansett at anlegget klargjøres for fosforfjerning.

Ålesund og Sula kommuner har besluttet at det ikke skal søkes om unntak. Renseanlegget bygges derfor med utgangspunkt i at det er sekundærrensekravet som skal tilfredsstilles.
Figur 2 viser forventet renseeffekt ved ulike typer renseanlegg.



Figur 2: Forventet renseeffekt ved ulike typer renseanlegg.

2. GRUNNLAGSDATA TILRENNING OG STOFFBELASTNING

I skisseprosjektet fra 2017 /2/, er det gjort beregninger for hydraulisk belastning på renseanlegget med bakgrunn i tilrenning til eksisterende renseanlegg. Overslag for stoffbelastning er basert på teoretiske verdier utfra tilknytning, jf. figur 2:

2.1 Dimensjoneringsforutsetninger

Dimensjoneringsgrunnlaget er sammensatt av registrerte data fra 2014 til mai 2016 fra Ålesund RA3 + RA4 + RA5 + RA6, samt opplyste (skjønnet) data fra Sula.

Registrert belastning	største ukentlige middel BOF5	største ukentlige middel PE(BOF5)	Middel SS belastning	Middel PE	Qmaxdim	Qdim	Q maksdim	Qdim
	kg BOF5/d	PE/d	kg SS/d	PE/d	l/s	l/s	m3/h	m3/h
RA3+4+5+6	3.390	56.500	2.873	41.048	515	255	1854	918
Sula*	660	11.000	630	9.000	130	65	468	234
Sum	4.050	67.500	3.503	50.048	645	320	2322	1152

*Tabell 1. Registrert belastning 2014 – 2016 (mai). * skjønnet*

Dimensjonerende belastning er ut fra dagens belastning oppgitt til 70.000 PE basert på flg. definisjoner:

DEFINITION	PE belastning	
BOF5	60	g/pers*d
KOF	120	g/pers*d
SS	70	g/pers*d
P	12	g/pers*d

Fremtidig belastning	Middel PE	Middel SS belastning	Middel BOF5 belastning	Middel KOF belastning	Middel P belastning	Qmiddel	Qmaksdim	Qdim
	PE/d	kg SS/d	kg SS/d	kg SS/d	kg SS/d	m3/d	m3/h	m3/h
RA3+4+5+6	56.000	3.920	3.360	6.720	101	22400		
Sula	14.000	980	840	1.680	25	5600		
Sum	70.000	4.900	4.200	8.400	126	28000	2340	1260

Tabell 2: Dimensjoneringsgrunnlag.

$Q_{maksdim}$ er den maksimale vannmengde som behandles på anlegget. Dersom Q > $Q_{maksdim}$ by-passes direkte til utløp.

Figur 3: Utklipp fra forprosjekt/skisseprosjekt dimensjoneringsgrunnlag benyttet der /2/

Det er ikke tatt høyde for belastning fra tilkjørt septik på anlegget, det må avklares om det skal etableres septikmottak og hvor store mengder det skal dimensjoneres for. Bidrag fra industri må også taes med i grunnlaget.

For å ivareta det ønskede rensekravet, er det vanligvis nødvendig med et biologisk rensetrinn i renseanlegget. Ved enkelte renseanlegg (unntaksvis) kan en klare dette kravet uten biologisk trinn, men bare med kjemisk felling. Men siden vi ikke har kontroll på vannkvalitet for nytt renseanlegg kan en ikke forutsette at dette er mulig. Anlegget er planlagt å ligge i fjell, en antar at anlegget dimensjoneres for å kunne behandle alt vann som pumpes inn til anlegget, altså er $Q_{maksdim} = Q_{maks.}$

I innledende vurderinger tas det utgangspunkt i verdiene for tilrenning og stoffbelastning fra skisseprosjektet. Etter hvert som arbeidet med forprosjektet gjennomføres vil disse tallene bli revidert.

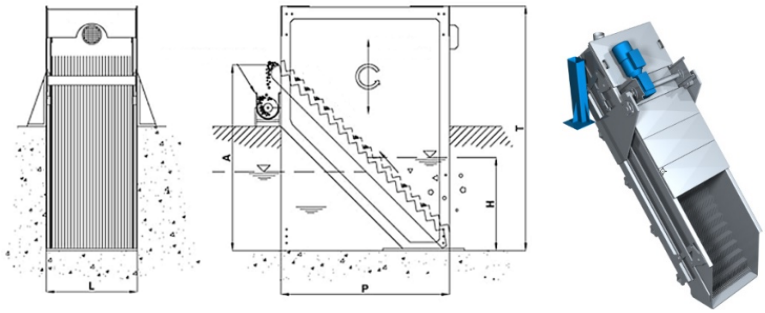
3. FORBEHANDLING

Alle renseprosessene forutsetter en forbehandling som skal fjerne mest mulig avløpssøppel, fett og sand før videre behandling.

3.1. Innløpsrist

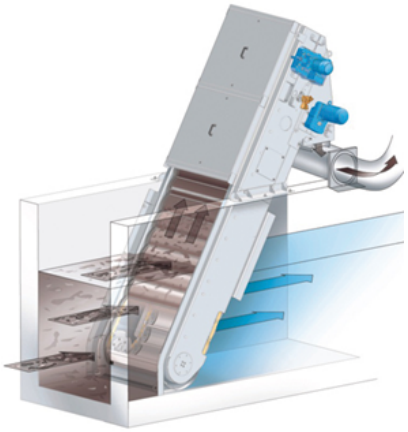
Rista har som hovedfunksjon å fjerne avløpssøppel fra avløpsvannet, det er i hovedsak tre typer,

Trapperist, rist med vertikale spalter, der avløpssøppelet fraktes oppover av risten selv, typisk lysåpning 2- 6 mm. Mekanisk rensing.



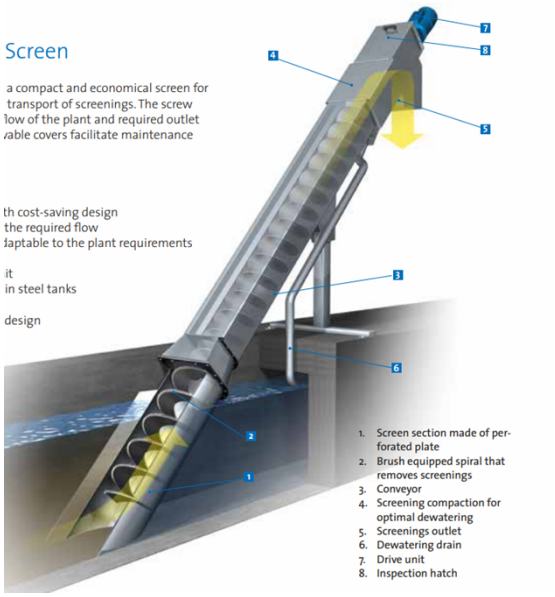
Figur 4: Trapperister, fra evotech.com og lackeby.com

Båndrist, rist med perforerte plater som roterer. Mekanisk rensing og spyling, lysåpning for sirkulære hull 3-6 mm.



Figur 5 Båndrist fra Huber.no

Skruesil med integrert skruetransport, vasking og avvanning av ristgods i ett trinn, typisk lysåpning 0,5-6 mm spalte eller perforert plate.



Figur 6: Innløpssil med skrue fra lackeby.com

Ristene plasseres i kanal ved innløpet til renseanlegget. Det bør være to eller flere linjer slik at én linje kan tas ut for vedlikehold og at øvrig(e) linje(r) dimensjoneres for å håndtere $Q_{maksdim.}$

Etter innløpseptik

Det legges opp til at containerrommet plasseres nær ristene slik at transportveien for ristgods blir kortest mulig.

Rist med lysåpning 3-6mm hull er passe her, avhengig av renseprosess. Spyling av rist og avløpssøppel kan gjøres med renset avløpsvann, men det anbefales at det legges opp til back up med spyling med drikkevann. Dette spylevannet tas fra anlegg med brutt vannspeil – vannmengde for spyling er viktig for dimensjonering av dette anlegget.

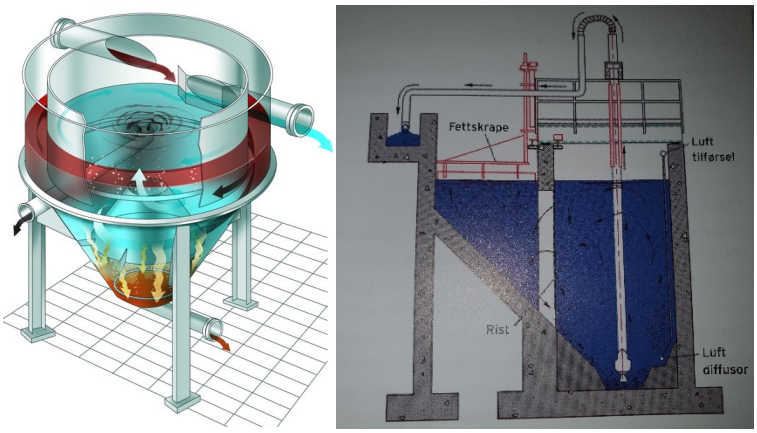
3.2. Sand- og fettfang

I et tradisjonelt plasstøpt sand- og fettfang tilføres det luft slik at olje og fett flyter opp til overflaten og kan separeres herfra, mens tyngre partikler som sand og for eksempel kaffegrut sedimenterer. Fettet skrapes av på toppen og føres til en fettkum og hentes derfra for videre behandling. Sanden pumpes til en sandvasker og føres til en konteiner. Et alternativ til plasstøpt sand- og fettfang er prefabrikkert rundsandfang. I rundsandfang trenger man ikke lufting, og det er derfor svært energisparende i forhold til et tradisjonelt sandfang. Rundsandfang er også arealbesparende. De er utformet i rustfritt stål og kan plasseres nedsenket i dekket.

For anlegg av en størrelse tilsvarende Kvasnes RA vil investeringskostnaden for et rundsandfang normalt være høyere enn et tradisjonelt plasstøpt sand- og fettfang.

Med biologisk rensetrinn er det ikke strengt nødvendig med fettfang, men vi tar utgangspunkt i at anlegget bygges med fettfang.

Sanden behandles i en sandvasker for å redusere innholdet av organisk materiale, slik at det kan deponeres.



Figur 7: Rundsandfang fra HRSF Huber og prinsippskisse for langsandfang med mammutpumpe /4/

4. FORRENSING

Hvis man en ønsker å ha en utvidet slambehandling med biogassproduksjon kan det lønne seg å hente ut slam i et rensetrinn mellom forbehandling og biologisk prosess. Dette slammet har et høyere energiinnhold for biogassproduksjon. Det vil være et viktig bidrag hvis en har som målsetting å bygge et anlegg som har et lavest mulig energiforbruk. Et slikt rensetrinn reduserer belastningen på påfølgende trinn slik at reaktorvolumene og energiforbruket i biotrinnet reduseres. Ulempen er at det vil være et ekstra prosesstrinn som krever ekstra oppfølging og vedlikehold.

En slik forrensing kan være mikrosiler/båndsiler eller skivefilter med en lysåpning på 0,3-0,5 mm eller tradisjonell forsedimentering.

En slik forrensing har liten eller ingen betydning for om man vil klare å tilfredsstille rensekravene.

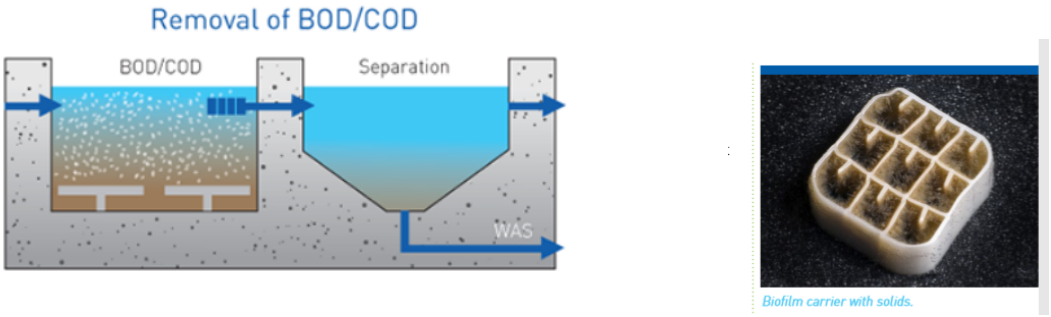
Nytten med forrensing i forhold til kostnadene er liten, dersom det ikke bygges en utvidet slambehandling med biogassproduksjon på anlegget.

5. AKTUELLE BIOLOGISKE RENSEPROSESSER

5.1. Biofilm – Moving Bed Bioreactor MBBR

Dette er den mest utbredte renseprosessen for sekundærrensing og nitrogenfjerning i Norge. Det er en norsk oppfinnelse som det er gode erfaringer med, også til oppgradering av eksisterende anlegg uten for store ombygginger. Patentet på denne type biofilmbærere er gått ut og de produseres over hele verden. Mange leverandører har egne patenterte varianter av hele systemløsningen.

Biomassen som omdanner oppløst og partikulært organisk stoff til vokser på innsida av biofilmbærere som beveger seg i reaktoren, derav navnet Moving Bed. Det organiske stoffet omdannes til CO_2 og ny bakteriebiomasse som blir slam. I denne applikasjonen er det nødvendig med lufting, denne gir oksygen til prosessen og sørger for at biofilmbærerne beveger seg i reaktoren. Reaktorene dimensjoneres utfra organisk overflatebelastning, kg BOF_5/d m^2, der arealet er biofilmarealet. Biofilmbærerne finnes i mange utførelser med forskjellig areal/volumforhold. Nødvendig volum på reaktor bestemmes da av tilført mengde organisk stoff, biofilmbærernes areal/volumforhold og fyllingsgraden.



Figur 8: Moving bed Bioreactor, MBBR og bæremedie fra Biowater.no

Det er få kjente ulemper med denne prosessen, bortsett fra at det kan være noe problemer med sedimentasjonsegenskapene hvis det er høy belastning og det ikke er etterfelling/polymertilsetning før sluttseparasjon.

Det finnes mange renseanlegg, både små og store, som har denne prosessen for biologisk rensing, bl.a. to anlegg i Bergen og Odderøya renseanlegg i Kristiansand.

En annen generell risiko med biologiske renseprosesser er at mikroorganismene kan slås ut hvis det kommer giftige stoffer med avløpsvannet. Det har vist seg at biofilmanlegg (for eksempel MBBR) er mer motstandsdyktig mot slike hendelser enn f.eks. en aktivslamprosess. Biofilmanlegg har også vist seg å gi bedre renseresultater i snøsmeltingsperioder hvor det kommer mye kaldt avløpsvann til anleggene.

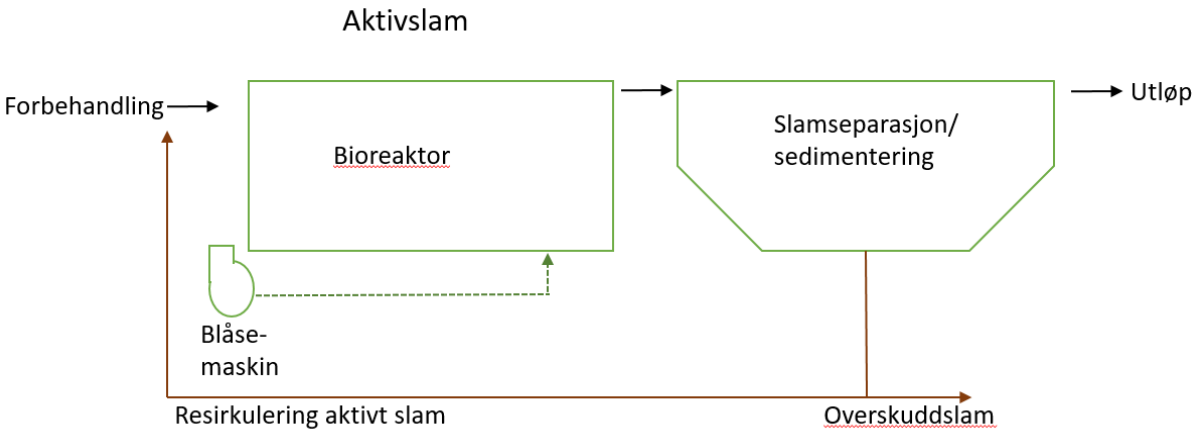
5.2. Aktivslam prosess

Et tradisjonelt aktivslamanlegg består av en suspendert bakteriekultur i slammet som resirkuleres fra etterfølgende separasjonstrinn. Urenset avløpsvann blandes med slam som inneholder en aktiv bakteriekultur (aktivslam). Bakteriene forbruker det tilgjengelige organiske stoffet fra avløpsvannet som kommer fra forbehandlingen/foravskillingen og går videre til etterfølgende separasjonstrinn. Denne prosessen krever også oksygen. Luft tilføres i bassenget, og det må være omrøring i bassenget for å holde det aktive slammet i suspensjon. Aktivslam er såpass vanskelig å avskille at det normalt kreves sedimentering etter biotrinnet, hvilket også er arealkrevende.

Et tradisjonelt aktivslam-anlegg vil kreve mye mer areal enn MBBR, og vil derfor medføre høyere byggekostnader til bassenger og fjellhaller, men sannsynligvis noe lavere kostnader til prosessutstyr.

En ulempe med aktivslam er at man risikerer slamflukt ved høy hydraulisk belastning, noe som også svekker den biologiske rensingen i anlegget etter slamflukten, da det blir for lav mengde bakteriekultur igjen i bassengene.

En delstrøm med slam fra sedimentasjonstanken og ev. utløp fra luftebasseng pumpes tilbake til innløpet for å opprettholde konsentrasjonen av aktiv biomasse.



Figur 9: Prinsippskisse for aktivslamanlegg

Bergen kommune og IVAR/SNJ har bygd aktivslamanlegg for drift uten bruk av fellingskjemikalier de siste årene. Oslo kommune har akkurat bygd ut Bekkelaget renseanlegg med aktivslamprosess for simultanfelling og nitrogenfjerning.

5.3. Sequencing Batch Reactor – SBR

SBR er en aktivslamprosess som beskrevet i forrige kapittel, men forskjellen er at her foregår prosessen batch-vis, og ikke kontinuerlig, som i et tradisjonelt aktivslamanlegg. Hver syklus foregår i en og samme reaktor. Forbehandlet avløpsvann føres til en utjevningstank. Derfra pumpes det til reaktortanker som er installert med mulighet for luftinnblåsing. En syklus består av følgende trinn;

1. Fylling
2. Biologisk oksidasjon (mikroorganismene forbruker organisk materiale)
3. Sedimentering av aktivslam
4. Dekantering av renset avløpsvann
5. Tømming av overskuddsslam

Her skjer altså både rensing (biologisk og kjemisk) og separasjon i samme tank. Fordeler med SBR sammenlignet med tradisjonell aktivslam er blant annet følgende;

- Slipper eget separasjonstrinn
- Biologisk og kjemisk trinn i samme reaktor (simultanfelling)
- Høy toleranse mot belastningsvariasjoner
- Unngår slamflukt som følge av høy belastning

Ulempen med prosessen er at man risikerer slamfukt under dekantering av renset avløpsvann om man ikke stopper dekanteringen før man kommer til slamnivået i tanken.

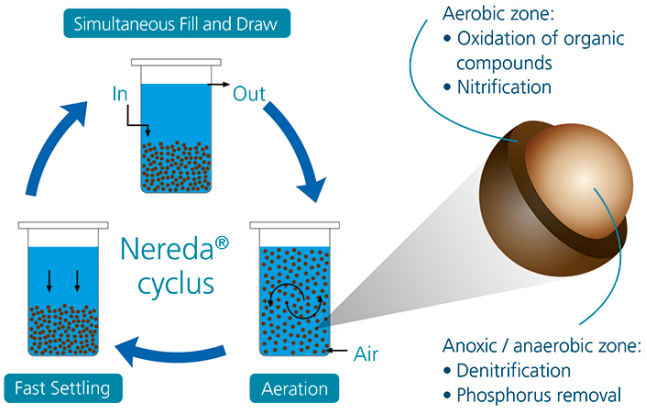
Dette er mulig å unngå dersom man setter inn kontinuerlig måling av turbiditet på utløpsvannet. I Norge benyttes SBR tradisjonelt ved mindre anlegg enn hva som er aktuelt her. Ettersom rensingen foregår batch-vis ved SBR trengs det et utjevningsvolum (mottakstank) før reaktorene.

I forprosjekt-skisseprosjekt /2/, er det vist et forslag til SBR løsning.

5.4. SBR med granulert slam, AGS

Prosesser med granulert slam er hylllevare for anaerob rensing av konsentrert avløpsvann fra industri. Det er utviklet en prosess der en nyttiggjør seg at mikroorganismene danner granuler, her i

en aerob renseprosess. Prosessen er drevet delvis satsvis som SBR, med biologisk prosess og separasjon i samme reaktor. Det granulerte slammet har mye bedre sedimentasjonsegenskaper enn konvensjonelt aktivslam og reaktorvolumet og luftbehov kan reduseres, sammenliknet med SBR. Slik sett er prosessen lovende. Styring av innpumping plassering av uttapping og lufteregimet gjør at prosessen kan fjerne organisk stoff, og i tillegg nitrogen eller fosfor biologisk hvis det er ønskelig. Prosessen selges under handelsnavnet NEREDA og det er i hovedsak styringen av lufting og pumping som er patentert, og driftsoperatørene har begrenset innflytelse på drift av anlegget.



Figur 10: Illustrasjon AGS fra envirotechmagazine.com

Det er bygd noen titall anlegg i verden, det første i Skandinavia er i Strømstad, Sverige. Dette er under innkjøring.

5.5. Prosesser som kombinerer biofilm og aktiv slam, IFAS

Det finnes leverandører på markedet som leverer løsninger hvor man kombinerer biofilm og aktivslam i en og samme prosess. Det vil si at aktivslam resirkuleres fra separasjonstrinn inn til reaktoren, hvor det også er biofilmelementer. Det er lufting i tanken. Hensikten med dette er å få en økt konsentrasjon av aktive mikroorganismer i reaktoren, noe som gir enda mer effektiv omdanning av organisk stoff. I slike prosesser er det også mulig å få til biologisk fosforfjerning (se neste kapittel), samt nitrogenfjerning.

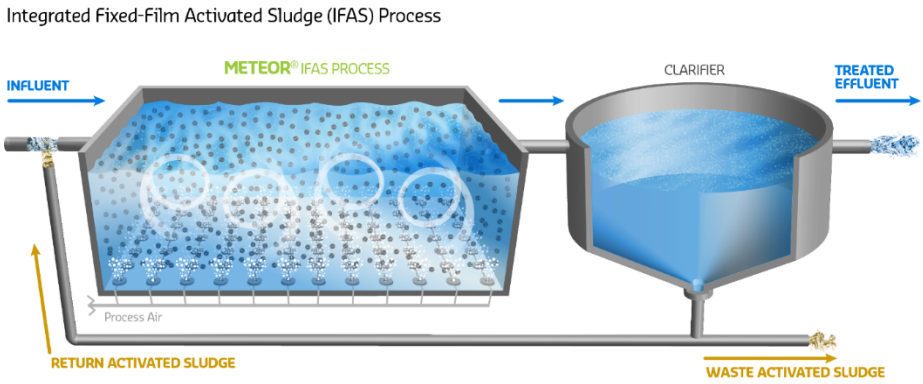
Eksempler på løsninger på slike kombinerte prosesser er blant annet;

* CFAS® (Combined Fixed Film Activated Sludge) fra BioWater

* Hybas ™ fra Krüger Kaldnes

* METEOR® IFAS (Integrated Fixed Film Activated Sludge) fra Degremont

I disse prosessene vil det være mest hensiktsmessig med sedimentering som separasjonsmetode etter biologisk trinn, for å få tilbakeført aktivslam til reaktoren. Som tidligere nevnt er sedimenteringsbasseng arealkrevende separasjonsmetoder, og disse kombinerte prosessene vil derfor med all sannsynlighet kreve høyere investeringskostnader enn for eksempel MBBR, mens driftskostnadene kan bli lavere.



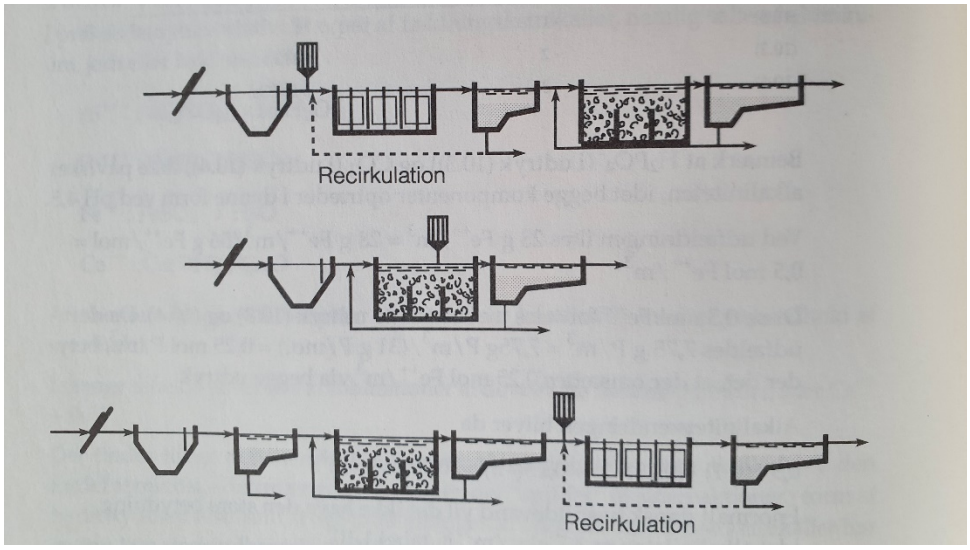
Figur 11:Bilde hentet fra Degremont. Prinsippet for prosessen er lik for alle nevnte leverandører. Bioreaktoren har både biofilmelementer, samt aktivslam som resirkuleres fra etterfølgende slamseparasjonstrinn.
IFAS prosessene er relativt mye brukt i USA og vest/sentraleuropa, ofte ved ombygging for kapasitetsøkning på eksisterende aktivslamanlegg.

6. FOSFORFJERNING

6.1.1. Kjemisk fosforfjerning

Fosforet felles ut ved tilsetning av jern eller aluminiumsalter er det tre muligheter for konfigurering:

- **Forfelling**, et trinn foran bioprosess, med kjemikaliedosering, flokkulering og sedimentering/flotasjon, reduserer den organiske belastningen på biotrinnet og gir enda mer redusert volum og luftbehov enn forsedimentering eller siling som beskrevet tidligere.
- **Mellomfelling** brukes etter en biofilmprosess, kjemikalieinnblanding og flokkulering før separasjon. Hvis en bygger et flotasjonsanlegg, er dette allerede på plass.
- **Etterfelling** innebærer kjemikalietilsetting, flokkulering og separasjon etter biotrinnets separasjonstrinn. For aktivslam vil etterfellingsanlegget være tilsvarende et forfellingstrinn.
- Ved s**imultanfelling**, tilsettes fellingskjemikaliet rett før innløpet i bioreaktoren og utfelling og flokkulering skjer i luftetanken. Dette er bare aktuelt på aktivslamanlegg. En trenger å øke volumet på biotrinnet noe for å ta høyde for at en større del av slammet ikke er biologisk aktivt.



Figur 12: Forfelling, simultanfelling og etterfelling fra /3/

All kjemisk forsforfjerning gir stor økning i slamproduksjon og gir et slam der fosforet er svært lite plantetilgjengelig.

6.1.2. Biologisk fosforfjerning

Ved biologisk fosforfjerning er det opptak og slipp av fosfor fra fosforakkumulerende bakterier som bidrar til fosforfjerning. Det skjer gjennom å utsette biomasse og avløpsvann for vekslende oksygenforhold. Det finnes tilgjengelig teknologi for biologisk fosforfjerning for alle typer biologiske renseprosesser, aktivslam, IFAS, SBR, AGS og biofilm MBBR.

En er avhengig av en del lett tilgjengelig organisk materiale for å få prosessen til å gå, her er det sannsynligvis en utfordring i Ålesund, siden det tidvis er tynt avløpsvann og lange overføringssystemer. Dette kan avhjelpes ved å ha en sidestrøm med biologisk hydrolyse av slam for å tilgjengeliggjøre lettnedbrytelig materiale, som i sin tur kan tilføres hovedprosessen. En er også avhengig av svært god partikkelavskilling, og det kan være nødvendig med etterpolering i form av finsiler eller en form for sandfilter.

Biologisk fosforfjerning krever større reaktorvolum enn reaktorer designet for å fjerne organisk stoff (sekundærrensing). Prosessen vil også fjerne organisk materiale slik at kravene til sekundærrensing overholdes i tillegg.

Det er aktivslamanlegg for biologisk fosforfjerning i Grimstad og Mandal, disse er fra tid til annen avhengige av å dosere noe jern eller aluminium for å klare utslippskravene.

På Hias i Ringsaker kommune har en egenutviklet Bio-P prosess basert på Biofilm og MBBR vært under utprøving i flere år, på en delstrøm på 10 000 personekvivalenter. Anlegget er under ombygging slik at denne prosessen kan behandle hele avløpsstrømmen tilsvarende 100 000 pe.

Hvis det ikke er krav om fosforfjerning kan enkelte av prosessene optimeres for å fjerne så mye fosfor som mulig med den mengden lett tilgjengelig organisk materiale som er i vannet til enhver tid, dette er gjort få SNJ sentralrenseanlegg utenfor Stavanger, der fjernes ca. 50 % fosfor biologisk på tross av tynt avløpsvann.

Fordelen med biologisk fosforfjerning framfor kjemisk, er at en sparer kostnader til kjemikalier, har en lavere slamproduksjon og en får et slam med lett tilgjengelig fosfor. Utfordringen er at fosforet kan løses ut igjen hvis det behandles anaerobt og det kan gi en stor fosforloop på et renseanlegg, fosforen kan gjenvinnes ved å felle det ut kontrollert som struvitt i fra rejektvann, dette er under implementering på HIAS på Hamar, og på Norges største renseanlegg, VEAS i Asker.

Klimaavtrykket av noe mer lufting oppveies sannsynligvis av spart av klimabelastningen fra produksjon av fellingskjemikalier (særlig stor belastning fra aluminiumsalter). Hvis en i framtiden får krav om gjenvinning av fosfor fra slam, vil dette være enklere fra et slam fra biologisk fosforfjerning.

7. SEPARASJONSPROSESSER

7.1. Sedimentasjon

Sedimentasjon er velkjent og enkelt, men arealkrevende, jf. Figur 13. Slammet bunnfelles, skrapes bort til en slamlomme og pumpes til fortykking og videre slambehandling.

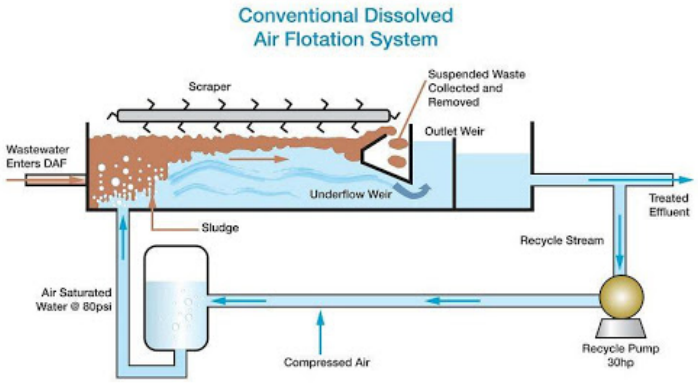
Figur 13: Sedimentasjonsbasseng fra Nordic Water.com

Renset avløpsvann trekkes av på toppen i en renne og går til utløp. Det er ikke nødvendig med fellingskjemikalier og flokkulering, med mindre det skal fjernes fosfor. Sedimentasjon er den eneste aktuelle prosessen for den konvensjonelle aktivslamprosessen. Arealbehovet for sedimentasjon ved aktivslamprosess er noe større enn ved biofilmprosess.

7.2. Flotasjon

Flotasjon er noe mer komplisert og adskillig mindre arealkrevende enn sedimentasjon.

Avløpsvann tilsettes polymer og kanskje fellingskjemikalie og føres inn i enheten sammen med trykksatt og luftmettet vann fra utløp. Luften i returstrømmen vil slippe i bassenget og dra med slammet til overflaten der det skrapes av.



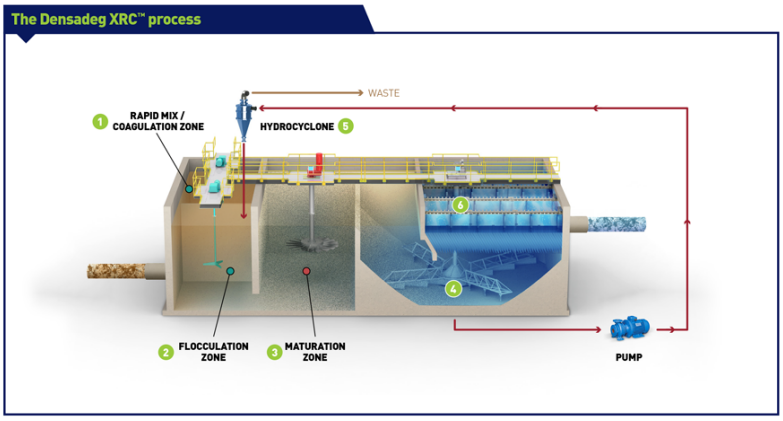
Figur 14: Flotasjon – prinsipp

Utstyret kan settes i bassenger eller leveres frittstående, her er bassengmontert mest aktuelt. Flotasjon krever kun ca. 30 % av arealet til et sedimentasjonsbasseng. Konseptet er brukt på flere anlegg med MBBR teknologi i Norge. Det framgår at det er noe mer kostbart og komplisert enn sedimentasjon, og trykksetting av returstrømmen (5- 10 % av vannmengden) krever en del energi. Slammet har et ganske høyt tørrstoffinnhold, så slamlagrene kan bygges mindre enn ved andre separasjonsprosesser.

7.3. Ballastert sedimentasjon

– komplisert og svært kompakt

Avløpsvannet tilsettes fellingskjemikalie og kvartssand, etter flokkulering og modning går vannet til sedimentasjon og bunnfelles svært raskt, noe som gjør et en kan klare seg med et svært lite sedimentasjonsbasseng.



Figur 15: Ballastert sedimentasjon fra suezwatertechnologies.com

Slammet trekkes ut i bunnen og går tilbake til en hydrosyklon som skiller slam og kvartssand så sanden kan brukes på nytt. Noe av sanden blir med videre i slammet, så det må hele tiden tilføres ny sand.

Det finnes flere patenterte konsepter for dette, for eksempel Densadeg og Actiflo.

Det er en del slike anlegg i Norge, de fleste er levert sammen med MBBR-reaktorer for sekundærrensing og fosforfjerning. Det er også noen som behandler tynt avløpsvann fra overløp på store renseanlegg. Slammet fra disse prosessene er relativt tynt så det kreves større fortykkere og eventuelt større slamlager.

8. SLAMBEHANDLING

Etter separasjon går slammet til fortykking der tørrstoffinnholdet i slammet typisk økes fra 0,5 % til 3 %. Dette kan gjøres i en fortykkermaskin eller i en gravitasjonsfortykker (eller en kombinasjon av disse). Ved bruk av flotasjon er ikke fortykking nødvendig. Det er også mulig å bygge slamlommer i sedimentasjonsbasseng som er store nok til at det slammet fortykkes der.

Fra fortykking går slammet til et omrørt slamlagerbasseng som er en buffer før videre avvanning. Kapasiteten på dette bestemmes av hvordan avvanningen skal drives og hvor stort nødvolum som er nødvendig i tilfelle full stans i avvanningen.

Avvanningsmaskinene er enten sentrifuger, skrueavvannere eller presser. En kan regne med å oppnå minst 25 % tørstoff i avvanningen.

Fra avvanningsmaskinene skrus eller skytes slammet til containere eller via en tørrslamsilo til containere.

Rejektvann fra fortykking og avvanning føres tilbake etter forbehandling i anlegget. Det er svært konsentrert og en bør derfor ha et rejektvannsbasseng som forhindrer sjokkbelastning på bioprosessen.

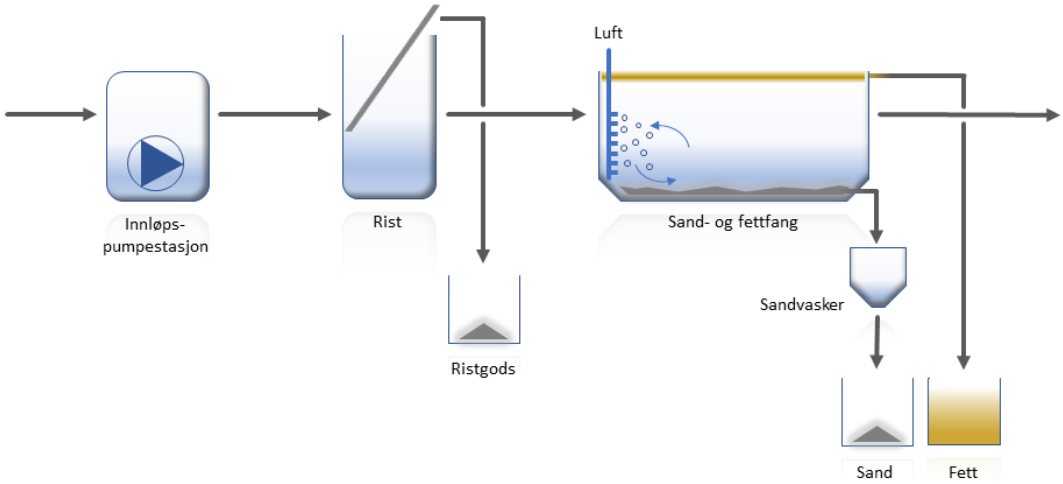
Klarvannet fra fortykkerne føres til rejektvannsbassenget.

Både fortykking og avanning krevet tilsetning av polymer.

Dette er en minimumsbehandling som gir et slam som ikke er stabilisert og hygienisert. Slammet må da sluttbehandles et annet sted.

9. FORESLÅTT KONFIGURASJON FOR RENSEANLEGGET

9.1. Forbehandling



Figur 16:Forbehandling

Det anbefales at det etableres tre linjer, der to til sammen kan behandle maksimal tillrenning $Q_{maksdim}$, det er relativt mye ettersyn og vedlikehold på forbehandlingsutstyr og en vil kunne drive anlegget ved full belastning hvis en av linjene i forbehandlingen er ute av drift.

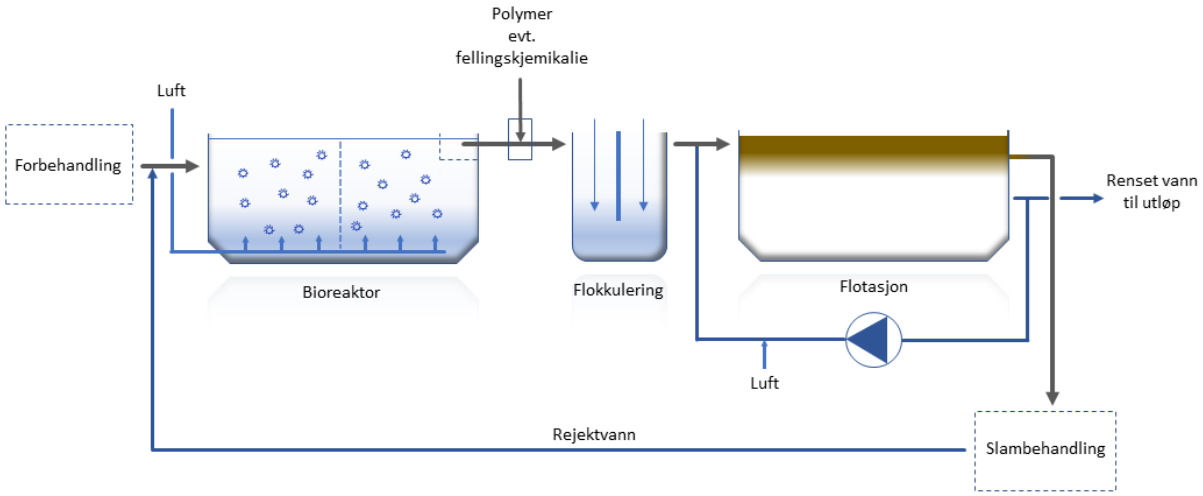
9.2. Biologisk trinn og separasjon

Det er mange aktuelle prosesser på markedet, der mange er svært spennende. Men vi foreslår å gå videre og sammenlikne to gjennomprøvde prosesser for biologisk rensing og tre gjennomprøvde prosesser for sluttseparasjon. Vi forutsetter at disse gjøres klar for kjemisk felling for fosforfjerning, hvis det blir aktuelt på et senere tidspunkt. Det bør etableres minst to uavhengige linjer som dimensjoneres for $Q_{maksdim}$ til sammen, slik at en linje kan tas ut av drift for vedlikehold.

SBR er et tredje alternativ som kan utredes videre. Sannsynligvis vil arealbehovet for dette være mellom de de to alternativene som er vist her. Septikmottaket er ikke tegnet inn på systemskjemaene. Det kan løses på mange måter, men septiken må inn før prøvetakingspunktet på innløpet.

9.2.1. Alternativ 1a – MBBR-flotasjon

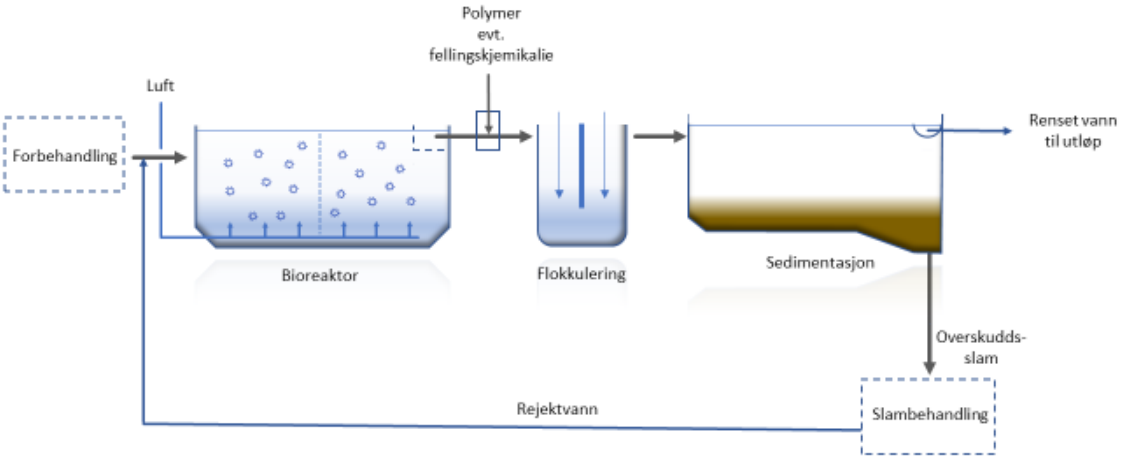
Vi foreslår en kombinasjon av en høyt belastet MBBR-reaktor og tilsetning av polymer og flotasjon. Den vil være arealgjerrig og ikke for komplisert og vil være klargjort for kjemisk felling av fosfor. Ved å overdimensjonere bioreaktorene noe og ikke fylle helt opp med bæremedie, kan en ha en reserve for økt stoffbelastning. Et forenklet flytskjema er vist i Figur 17.



Figur 17: Systemskisse for MBBR – flotasjon

9.2.2. Alternativ 1b – MBBR-sedimentasjon

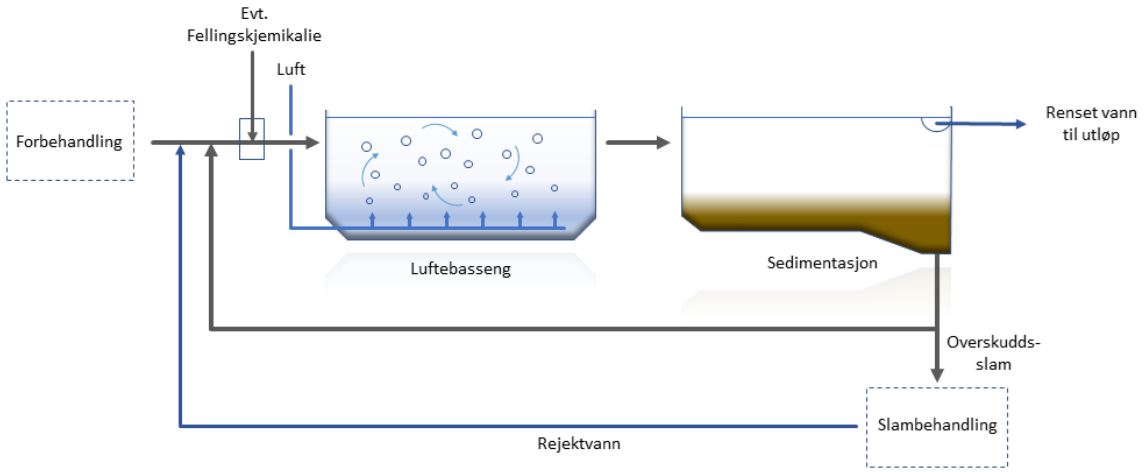
Vi foreslår en kombinasjon av en høyt belastet MBBR-reaktor og etterfølgende sedimentasjon. Den vil være mer arealkrevende enn alternativet med flotasjon, men vil være enklere å drifte. Den kan klargjøres for kjemisk felling av fosfor. Ved å overdimensjonere biorereaktorene noe og ikke fylle helt opp med bæremedie, kan en ha en reserve for økt stoffbelastning. Et forenklet flytskjema er vist i Figur 18.



Figur 18: Systemskisse for MBBR – sedimentasjon

9.2.3. Alternativ 2 – Aktivslam-sedimentasjon

Her foreslås et konvensjonelt aktivslamanlegg, der det legges til rette for simultanfelling i luftebassenget. Anlegget vil ha et relativt stort arealbehov. Et forenklet flytskjema er vist i Figur 19.



Figur 19: Systemskisse for Aktivslamanlegg

9.2.4. Flotasjon eller sedimentering?

Den store forskjellen på de to prosessene for sluttseparering er at sedimentering krever et stort areal, mens flotasjon har mer mekanisk utstyr som krever oppfølging, og det har et større energibehov. Momenter i vurderingen er kort beskrevet her.

9.2.4.1. Flotasjon

Fordeler og ulemper med flotasjon kan beskrives som følger:

+ Lite arealbehov.
+ God fjerning av partikler, også lette stoff som flyter eller har meget lav synkehastighet.
+ Slam fra overflateskrapene kan ha ca 3 % tørrstoffinnhold, som er et bra utgangspunkt for avvanning uten videre fortykking.

- Sårbar for stans i komponenter. Hvis dispergeringsanlegget stopper vil renseeffekten bli nesten borte i løpet av minutter.
- Dispergeringsanlegget må levere for største vannmengde, med ca. 10 % av vannføringen som pumpes til ca. 5 bar trykk.
- Innregulering av dispergeringskretsen krever oppfølging: Vannmengde i pumpa, innsug av riktig mengde luft, innstilling av dysene med trykkfall fra 5 bar til utblanding med jevn fordeling i bassenget. på grunn av samspillet her er det vanskelig å regulere ned dispergeringsvannmengden i takt med avløpsmengden.
- Dysene med trykkfall ca. 5 bar har små gjennomløp og kan gå tett ved bruk av renset avløpsvann. Krever rutiner for sjekk og spyling. (Åpne helt og sette tilbake i riktig posisjon, en etter en.)
- Noen nyere anlegg har problem med å oppnå stabile, gode renseresultat. Flotasjon er mer sårbar for uheldige designløsninger, også når de kan synes som bagateller. Prinsippet er bra, men «the devil lies in the details» gjelder i større grad her enn ved sedimentasjon.

9.2.4.2. Sedimentasjon

Fordeler og ulemper med sedimentasjon kan beskrives som følger:

+ Enkel prosess. Når kjemikaliedosering og flokkulering er vellykket så skjer resten ved hjelp av tyngdekraften.
+ Robust ved feil på komponenter. Hvis slamskraper eller slampumper skulle stoppe så vil slamseparasjonen fortsette upåvirket av det i timevis. (Hvis stopp i slamuttak varer et døgn eller mer kan oppstart bli noe tungt pga. mye og tykt slam).

- Avhengig av at slampartiklene synker. Flyteslam må kunne fjernes med eget avtrekk, og partikler med egenvekt nær vannets vil lett gå med utløpsvannet.
- Slam som pumpes fra slamlommer har normalt 1-2 % tørrstoffinnhold. Da bør det fortykkes i gravitasjonsfortykker eller fortykkermaskin før videre slambehandling.

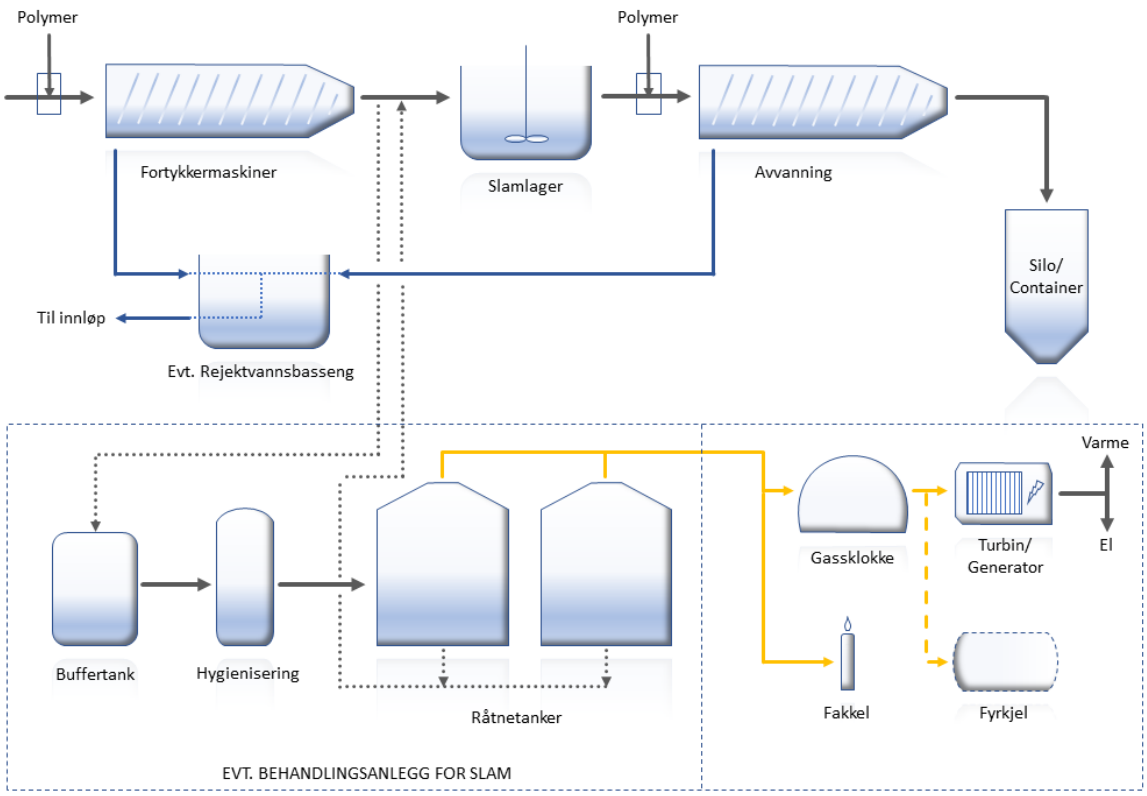
9.3. Renseeffekt ved de ulike alternativene

Alle beskrevne alternativer vil tilfredsstille sekundærrensekravene med god margin dersom renseanlegget planlegges, bygges og driftes riktig.

De ulike prosessenes robusthet vil kunne påvirke renseeffekten ved at problemer med utstyr/prosess og lignende vil medføre at renseeffekten i en kort periode blir dårligere. I så måte vil et robust alternativ over tid ha en litt høyere renseeffekt.

9.4. Slambehandling

Minimumskonseptet er beskrevet i kapittel 8.



Figur 20: Systemskisse slambehandlingsanlegg

Hvis det er ønskelig å etablere en utvidet behandling av avløpsslammet på anlegget vil en kunne utnytte energi lokalt og sannsynligvis kunne bygge et bortimot energinøytralt anlegg ved at det produseres strøm og varme som utnyttes på anlegget. En vil også kunne redusere slamtransporten med ca. 30 % i forhold til det som er aktuelt for minimumsløsningen beskrevet i kapittel 8. Behandling på et eksternt anlegg som ikke er i egenregi vil gi en usikkerhet vedrørende kostnad og total løsning for klima og miljøavtrykk.

For et anlegg av denne størrelse vil en slik utvidet slambehandling mest sannsynlig ha en god nytteeffekt i forhold til kostnaden.

10. VIDERE PROSESS MOT VALG AV RENSEPROSESS

Før en går videre bør det tas en gjennomgang av hvilke mål man har for anlegget. Det kan være forhold som:

- Et anlegg som kun oppfyller kravene gitt i lov og forskrift, med fokus på kostnader
- Et mål om å bygge et anlegg som er energinøytralt med energigjerrige prosesser
- Et ønske om å bygge et anlegg med lavest mulig klimagassavtrykk
- Et mål om å legge til rette for utnytting av ressurser i avløpsvann

For å kunne sammenlikne alternativene dimensjoneres anlegget grovt og tegnes opp i plan for å få fram arealbehov og volumbehov. Det gjøres overslagsberegninger for investeringskostnader.

Det beregnes kostnader for drift av anlegget og transport av slam og sluttbehandling på et annet anlegg.

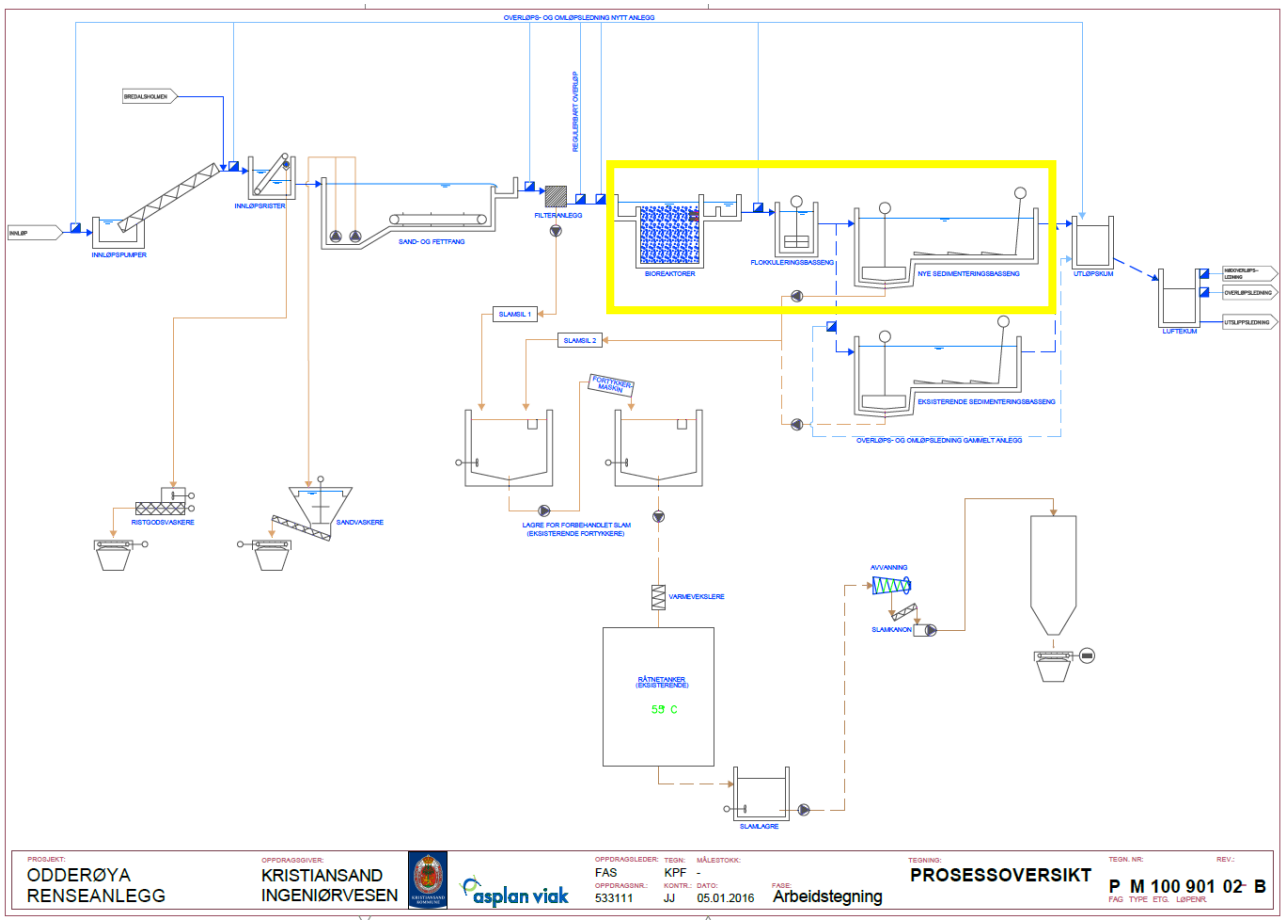
Driftskostnad legges sammen med kapitalkostnad, og årskostnaden sammenliknes for alternativene.

I tillegg gjøres det en LCA-vurdering som beskriver de to alternativenes klimaavtrykk ved bygging og drift over 20 år. Den omfatter klimabidrag fra anleggsarbeid, materialer, forbruk av energi og hjelpestoffer.

Det kan også gjøres kvalitative vurderinger av prosessene, slik som robusthet, kompleksitet/kompetansebehov, fleksibilitet for utvidelse ved økt belastning eller andre krav til rensing mv.

En slik samlet vurdering vil danne grunnlaget for en anbefalt prosessløsning. Denne vil tas med videre inn i forprosjekt hvor den videreutvikles og tegnes ut mer detaljert. På bakgrunn av det kan det lages en kalkyle som er nøyaktig nok til å gjøre et vedtak om investering.

Figur 21 viser flytskjema for et tilsvarende anlegg som det som planlegges på Kvasneset. Det er alternativer for biologisk rensetrinn og sluttseparasjon som vurderes i dette notatet, da det er disse delprosessene som vil gi ulike behov for areal og fjellvolum for de ulike alternativene. Øvrige delprosesser, som innløp og forbehandling vil være lik for alle alternativene.



Figur 21: Flytskjema for aktuell prosess (Eksempel hentet fra Odderøya renseanlegg, Kristiansand). Prosesstrinn innenfor gul firkant er de delprosessene som sammenlignes i dette notatet.

11. SAMMENLIKNING AV PROSESSER

For å sammenlikne prosessene er delprosessene dimensjonert, og årskostnad for de tre prosessene er beregnet. I tillegg er det gjort en kvalitativ sammenlikning av prosessene. **NB!** Det er bare biologisk rensetrinn og separasjonstrinn det er gjort beregninger for. Resten av anlegget vil være likt for alle alternativer og er derfor ikke tatt med i denne omgang. Slik sett kan ikke investeringskostnader og årskostnader brukes til noe annet enn å sammenlikne de tre alternativene. En kan anta at renseresultatet for alternativene er likeverdig.

11.1. Dimensjonering

Dimensjoneringsgrunnlaget er angitt i Tabell 1.

Tabell 1: Dimensjoneringsgrunnlag

Hydraulisk belastning		
Q_{midl}	865 m³/h	240 l/s
Q_{dim}	1 260 m³/h	350 l/s
$Q_{maksdim}$	2 340 m³/h	650 l/s
Organisk belastning		
Organisk belastning	70 000 pe	
Spesifikk org. belastning	60 g BOD/pe*d	

Delprosessene er dimensjonert etter kriterier i Norsk vanns 168/2009 Veiledning for dimensjonering av avløpsrenseanlegg.

Det er lagt opp til fire linjer i anlegget som til sammen kan håndtere $Q_{maksdim}$.

Tabell 2: Arealbehov for prosessanlegget

		Biotrinn					**Separasjon**				**Til sammen**
		Samlet volum	Dybde	Areal	Bredde	Lengde	Dybde	Areal	Bredde	Lengde	Areal
Alt. 1a	MBBR + flotasjon	2381	7	340	5	17	3	252	5	14	592
Alt. 1b	MBBR + sed	2381	7	340	9	10	5	1463	9	42	1803
Alt 2	Aktiv slam + sed	6832	7	976	9	27	5	1636	9	47	2612

Alternativ 1 skiller seg klart ut med lavest arealbehov, flotasjonsdelen er mye mer arealeffektivt enn sedimentasjon. Alternativ 2 er mest arealkrevende, biotrinnet blir nesten tre ganger så stort som MBBR-reaktorene, og sedimentasjonstrinnet er noe større enn sedimentasjonstrinnet for MBBR-alternativet.

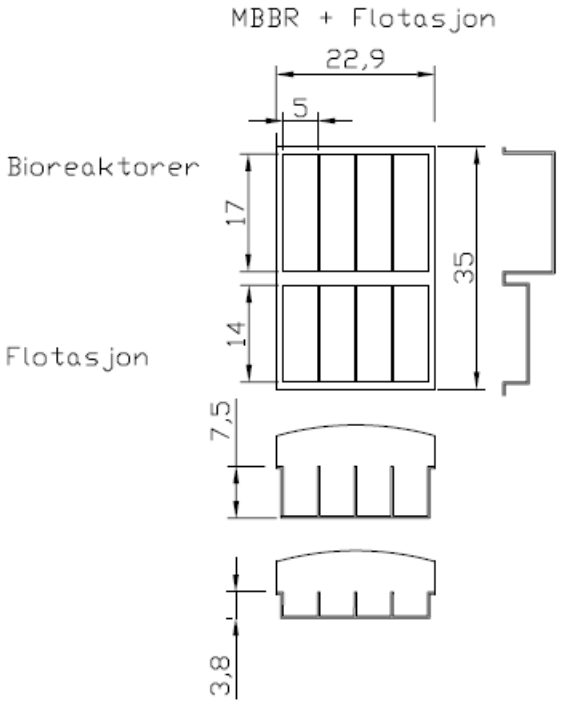
11.2. Konstruktiv utforming

De ingeniørgeologiske vurderingene legger noen begrensninger på plassering av renseanlegget i fjellet. Det viser seg at det er mulig å få plass til alle alternativene.

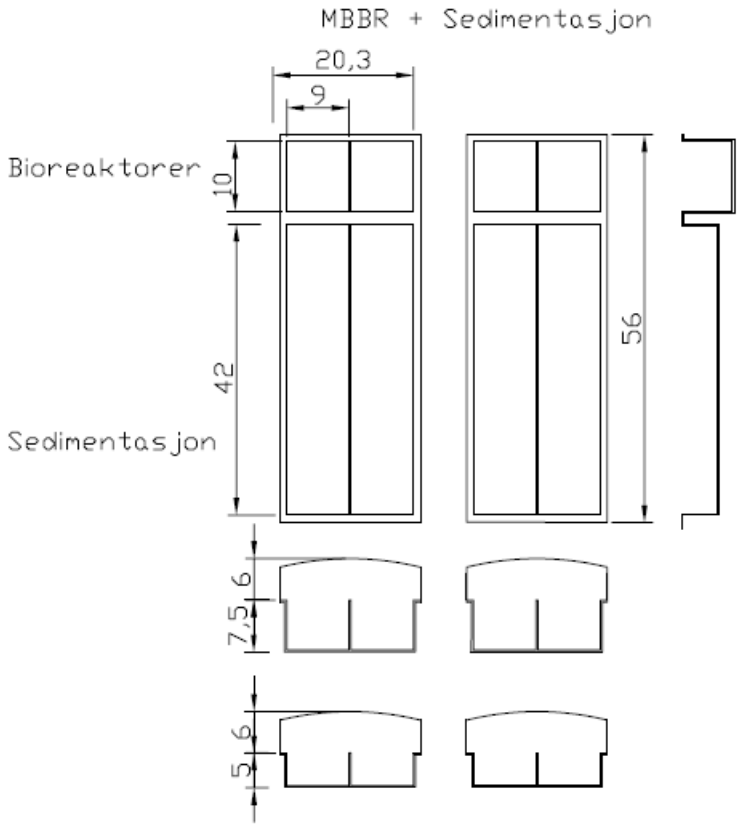
Haller for bassengene sprenges ut i to dybder, bassengvegger og skillevegene støpes med tosidig forskaling. Høyeste høyde i hallen er 6 m over dekke.

Alternativ 1a får plass i en fjellhall, 23 meter bred, mens alternativ 1b og 2 plasseres i to parallelle fjellhaller i ca. 20 meters bredde.

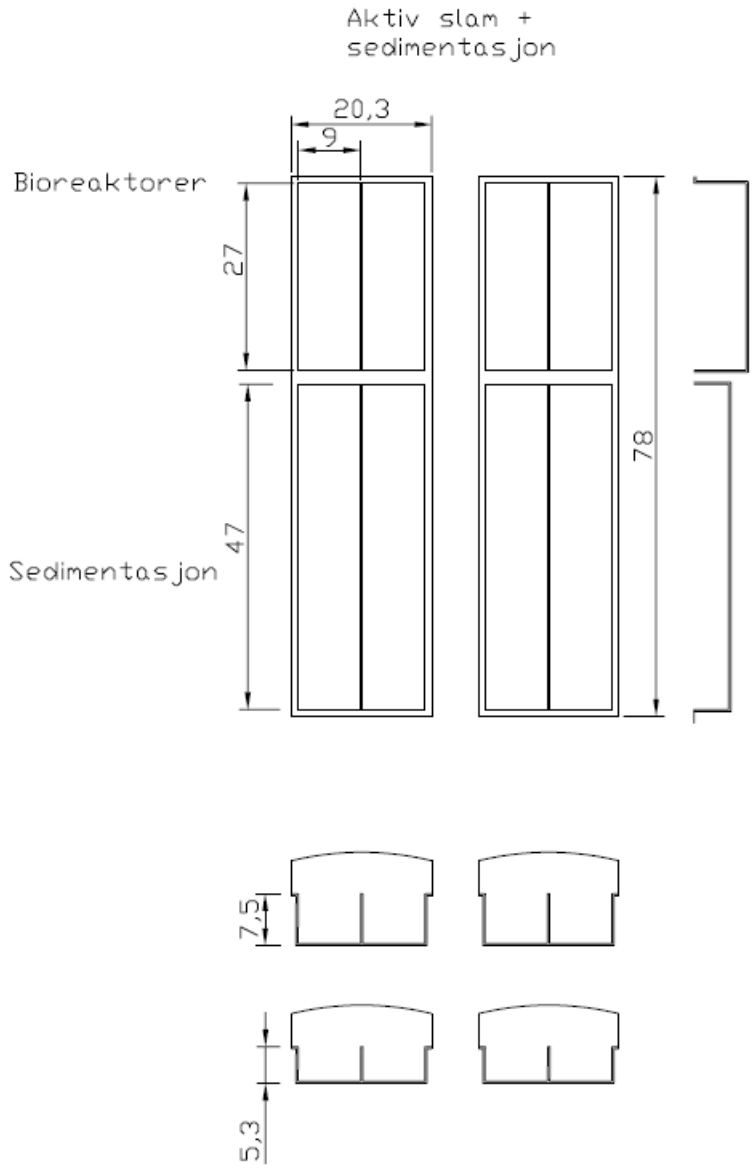
Hovedmålene for de tre alternativene er vist i figurene under.



Figur 22 Konstruktiv utforming for Alt. 1a



Figur 23 Konstruktiv utforming for Alt. 1b



Figur 24 Konstruktiv utforming for Alt. 2

11.3. Kostnader

Kostnader for bygg er kalkulert utfra mengder og enhetspriser for delarbeider. For prosessanlegget er det brukt erfaringstall fra anlegg av likende størrelse for hoveddeler av anlegget.

Tabell 3 Sammenstilling av investeringskostnader. **NB!** Tallene gjelder kun biologisk trinn og separasjonstrinn for sammenligning av disse. Samlet investeringskostnad for komplett renseanlegg vil være langt høyere, og vil bli beregnet i videre forprosjektering for valgt prosess.

	Alt 1a MBBR og flotasjon	**Alt. 1b MBBR og sedimentasjon**	**Alt. 2 Aktivslam og sedimentasjon**
Fjellarbeid	8 540 000	25 100 000	31 180 000
Betong	6 020 000	16 900 000	27 020 000
Stål- og metallarbeider	111 000	384 000	528 000
Luftbehandling	1 833 360	3 018 680	3 884 620
Maskin	28 400 000	16 475 000	13 662 500
Sum	**44 904 360**	**61 877 680**	**76 275 120**

Investeringskostnaden er høyest for alternativ 2, siden det er behov for større fjellhaller og bassenger. Maskinkostnaden er klart høyest for alternativ 1a, siden pumper og utstyr til flotasjonsanlegget er kostbart.

Kapitalkostnadene er beregnet med avskrivningstid på 20 år for prosessutstyr og 40 år for resten, med 4 prosent rente.

Driftskostnadene er beregnet utfra sjablongtall for energiforbruk til prosess, ventilasjon/varme og vedlikeholdskostnader. For alternativ 1a er det tatt med kostnader til polymer til flotasjonsanlegget.

Tabell 4: Årlig kapitalkostnad, driftskostnad og årskostnad for alternativene

Prosessalternativ	**Alt. 1a MBBR og flotasjon**	**Alt. 1b MBBR og sedimentasjon**	**Alt. 2 Aktivslam og sedimentasjon**
Kapitalkostnader	2 968 000	3 579 000	4 261 000
Driftskostnader	2 692 000	1 897 000	2 282 000
Årskostnad	**5 660 000**	**5 476 000**	**6 543 000**

Det er mindre forskjell mellom kapitalkostnadene enn mellom investeringskostnadene siden betong- og fjellarbeidene skrives av over dobbelt så lang tid som det tekniske utstyret. Driftskostnadene er høyest for Alternativ 1a, mest på grunn av kostnaden med polymer til renseprosessen. Det at alternativ 1a har den høyeste driftskostnaden er også en konsekvens av at det er beregnet noe mer behov for arbeidsinnsats ved drift av dette alternativet enn ved øvrige alternativer.

Samlet årskostnad er beregnet å være lavest for alternativ 1b, MBBR og sedimentasjon.

11.4. Fremtidige utvidelsesmuligheter for de ulike alternativene

I forutgående beregning av årlige kapitalkostnader er det sett på fjellanlegget i et 40 års perspektiv. En gang i fremtiden vil man nå et punkt hvor det blir behov for en kapasitetsøkning, enten som følge av befolkningsvekst og/eller skjerpede krav til rensing.

Av alternativ 1a og 1b, som anses som mest aktuelle, vil alternativ 1b ha størst fjellvolum. I utgangspunktet vil dette alternativet ha størst potensiale til kapasitetsøkning ved å installere ny og mer kompakte prosessenheter innenfor dette fjellvolumet.

Imidlertid anses det ikke som noe stort problem å sprenge ut nye fjellvolum om noen 10-år for alternativ 1a.

Vi anser at dette forholdet ikke bør tillegges stor vekt, da man for begge disse alternativene vil ha mulighet til å utvide fjellvolum i fremtiden. Det kan imidlertid være et poeng å ta med seg dette inn i den videre utformingen av adkomsttunnel og fjellrom, slik at man sikrer god tilkomst for etablering av ev. fremtidige fjellvolum.

11.5. Robusthet og vedlikeholdsbehov

Av de to alternativene for biologisk rensetrinn, så er aktivslam mer komplisert og mindre robust enn et MBBR-anlegg. Begge alternativene har blåsemaskiner, mens aktivslamanlegget i tillegg har pumper og måleutstyr for returpumping av slam. Aktivslamanlegg er normalt regnet for å være mindre robuste med tanke på temperatursvingninger og endringer i avløpsvannets sammensetning enn et MBBR-anlegg.

Av de tre alternativene for sluttseparering er flotasjon det mest kompliserte anlegget. Det har doseringsanlegg for polymer, flokkuleringsdel og flotasjonsanlegg med pumper, styring og kompressor. Det gjør behovet for ettersyn og sårbarheten større enn for sedimentasjonsanleggene.

Når dette sammenstilles betyr det at alternativ 1b kommer best ut på denne vurderingen, mens alternativ 2 kommer dårligst ut.

11.6. Bemanning og kompetanse

Som nevnt i tidligere avsnitt vil et flotasjonsanlegg bestå av flere mekaniske komponenter, med flere punkter for drift og vedlikehold. Polymerdosering er også med på å gi flere komponenter og doseringsutstyr som skal etterses og innjusteres. Imidlertid vil ikke valg av et flotasjonsanlegg gi utslag i behov for ekstra bemanning. For begge alternativene vil det være aktuelt med 4-5 personer for å drifte anlegget.

For et avløpsrenseanlegg av denne typen er det slambehandlingen med slampumping, avvvanning og transport av avvannet slam som erfaringsmessig vil være mest driftskrevende. Dette gjelder også utstyr for vasking og håndtering av ristgods i forbehandlingen.

Alle de ansatte på renseanlegget må gis grunnleggende opplæring i aktuell renseprosess, og det utstyret som finnes på anlegget. Alle må også ha opplæring i bruk av driftsovervåkningsanlegg med aktuelle settpunkter med videre. Driftspersonell bør utover dette ha en faglig sammensetning som følger:

- 1 person med fagkompetanse prosess/kjemi, for oppfølging av prosess, kjemikaliedosering, prøvetaking med videre.
- 1 person med fagkompetanse innen elektro og automasjon, for drift og oppfølging av elektriske installasjoner, instrumentering og driftskontrollanlegg.
- 2-3 personer med fagkompetanse mekanisk/maskinteknikk, for vedlikehold og oppfølging av mekanisk utsyr som pumper, ventiler, skrapeverk etc.

11.7. Energiforbruk

Det største bidraget til energiforbruket til prosessanleggene kommer fra blåsemaskinene til biotrinnene. Energiforbruket til aktivslamluftingen er større enn for MBBR, siden bassengene er større og det er et større vannvolum å lufte. Luftoverføringengseffektiviteten er også mindre i aktivslam enn i MBBR. Flotasjonen har et høyt energiforbruk og det gjør at alternativ 1a samlet sett kommer ut med størst energiforbruk til renseprosessen.

Tabell 5: Grunnlagsdata for energiforbruk

Prosessalternativ	**Energiforbruk kWh/m³**
Sedimentasjon	0,005
Flotasjon	0,04
MBBR	0,09
Aktiv slam	0,12

Med utgangspunkt i tallene i Tabell 5 får vi følgende totale energiforbruk for de tre alternativene.

Tabell 6: Energiforbruk for prosessanlegget

Prosessalternativ	Alt. 1a. MBBR og flotasjon	Alt. 1b. MBBR og sedimentasjon	Alt. 2. Aktivslam og sedimentasjon
Årlig energiforbruk kWh	983 923	719 021	946 080

Dette energiforbruket er inkludert i både årskostnaden og i LCA-vurderingen, så vi velger derfor å ikke tillegge dette vekt som et eget vurderingskriterie.

11.8. LCA-vurderinger

Det er gjennomført LCA vurderinger for de tre rensealternativene, med samme grunnlag som for kostnadsberegningene. Analysen dekker produksjon og transport av materialer og energi forbrukt til konstruksjon og drift av de tre prosessalternativene. Analyseperioden er 40 år, med resultater vist i tonn CO_2 ekv. Som bakgrunnsdatabase for utslippsdata er det benyttet databasen Ecoinvent, samt nøkkeltall for betong og stålproduksjon fra EPD-Norge. Det er benyttet en nordisk miks for elektrisitetsforbruk på 112 g CO_2 ekv./kWh.

11.8.1. **Livsløpsinventar**

Prosessene som er vurdert i analysen er vist i kapittel 9.2**Error! Reference source not found.**Tabell 8 er det forutsatt et konservativt scenario hvor fjellmasser transporteres til deponi på land, med en avstand på 10 km. er det forutsatt et konservativt scenario hvor fjellmasser transporteres til deponi på land, med en avstand på 10 km.

Tabell 7: Mengder brukt i LCA-vurdering av alternativer.

	Enhet	1a - MBBR og flotasjon	1b - MBBR og sedimentasjon	2 - Aktivslam og sedimentasjon
Utsprengning fjellhaller	m3	11 390	35 092	41 728
Betong, bransjestandard	m3	812	2 256	3 214
Armering	kg	153 870	430 860	607 245
Aktivt kull	kg/år	1 289	1 753	2 132
UV-lamper	stk/år	21	28	34
Energiforbruk, prosess	kWh/år	983 923	719 021	946 080
Energiforbruk, ventilasjon	kWh/år	119 368	203 276	267 274

Tabell 8: Transportavstander brukt i LCA-vurdering av alternativer.

Transport	Produksjonssted	Lastebil (km)	Båt (km)
Transport av fjellmasser til deponi på land		10	
Betong	Norge	10	
Armering	Norge	20	624
Polymer	Europa	1 848	
Aktivt kull	Indonesia	546	16 738
UV-lamper	Europa	1 848	

11.8.2. **Resultater**

Tabell 9: Tonn CO2 ekv. for prosessalternativene over en levetid på 40 år.

Tonn CO_2 ekv. over 40 år.	1a - MBBR og Flotasjon	1b - MBBR og sedimentasjon	2 - Aktivslam og sedimentasjon
Armering	49	138	194
Betong	227	632	900
Energiforbruk	4 943	4 132	5 436
Fjellarbeid	62	189	225
Transport	207	188	227
Polymer	1 163	0	0
Aktivt kull	170	231	281
UV-lamper	1	1	2
Totalsum	6 821	5 511	7 265

Alternativ 1b kommer best ut på grunn av lavere energiforbruk (inkl. ventilasjon), samt ingen polymerbruk. En usikkerhet for analysen er utslippsfaktoren benyttet for produksjon av aktivt kull. Tilgjengelig litteraturdata viser et spenn i utslippsfaktorer fra 8-18 kg CO_2 ekv. per kg kull for aktivt kull fra fossilt kull, til om lag 1 kg CO_2 ekv per kg kull for reaktivert kull. Siden det skal benyttes biokull ved anlegget er det forutsatt en relativt lav utslippsfaktor på 3,3 kg CO_2 ekv. per kg kull. Dette tillegges ikke vesentlig effekt ettersom kullforbruket er relativt lite i forhold til det totale utslippet.

Resultatene er også sensitive for utslippsfaktor for strøm. Som alternativ for en nordisk miks kan det benyttes norsk forbruksmiks med en utslippsfaktor på om lag 50 g CO_2 ekv./kWh, altså en halvert utslippsfaktor. Med denne forutsetningen blir totale utslipp for alternativ 1a, **4 085 tonn CO_2 ekv.**, mens totale utslipp for 1b blir **3 224tonn CO_2 ekv.** Vi ser at dette reduserer forskjellene mellom alternativ 1a og 1b, men det endrer ikke rangeringen.

Strømforbruk i alternativene kan reduseres ved bruk av varmepumper i ventilasjonsanlegget. Dette vil imidlertid heller ikke endre rangeringen av de tre alternativene, men det vil gjøre forskjellene noe mindre.

Det er også verdt å merke seg at selv om betong og stål utgjør en relativt liten del av totale klimagassutslipp, er også disse viktig å redusere fordi utslippene skjer allerede ved bygging, mens klimagassutslipp fra drift skjer over en periode på 40 år.

Vi ser her at det som i hovedsak bidrar negativt til det totale utslippet er de elementene som kommer hvert år i hele anleggets levetid. I vårt tilfelle er det energiforbruk og polymer som er de klart største faktorene her. På disse elementene kommer alternativ 1a og alternativ 2 klart dårligere ut enn alternativ 1b.

11.9. Oppsummering og anbefaling

Vi ser at når det gjelder årskostnad, så er det relativt liten forskjell mellom de to alternativene, selv om alternativ 1b kommer litt bedre ut. Vi må imidlertid ikke glemme at det er betydelig usikkerhet i slike grove vurderinger av investerings- og driftskostnader. De to alternativene anses derfor for å være like på det som gjelder årskostnader. Det er verd å merke seg at alternativ 1b krever en større investering enn alternativ 1a og at det vil gå noen år før denne ekstrakostnaden er tjent inn gjennom lavere årlige driftskostnader.

Vi oppfatter at alternativ 1b er en noe mer robust løsning enn de to andre alternativene. Men heller ikke her er det store forskjeller.

Når det gjelder LCA-vurderingen, så har alternativ 1b et betydelig lavere klimafotavtrykk enn de to andre alternativene. Årsaken er lavere årlige utslipp fra energiforbruk og at det ikke er noe kjemikalieforbruk.

Vår vurdering er at alternativ 2 kommer klart dårligst ut av vurderingen. Vi anser ikke dette alternativet som et aktuelt valg.

Alternativ 1a og 1b er så å si like på årskostnad, men alternativ 1b kommer merkbart bedre ut på LCA-vurderingen, og anses også bedre i forhold til robusthet.

Kvasnes RA vil bli et godt og funksjonelt renseanlegg uansett om man velger alternativ 1a eller 1b. Vurderingene over viser at alternativ 1b kommer best ut på LCA-vurderingen.

Ut fra dette vil vi anbefale at alternativ 1b med MBBR og sedimentering velges som renseprosess.

Kvasnes RA vil da bli bygget med en gjennomprøvd, driftssikker og trygg prosess.

~~I Tabell 10 er det satt opp en sammenstilling av de tre alternativene der det er gitt poeng fra 1-5 på de tre kriteriene.~~

~~Tabell 10: Sammenstilling av alternativene, med poenggivning fra 1 til 5 for de ulike kriteriene.~~

	~~Alt. 1a. MBBR og flotasjon~~	**~~Alt. 1b. MBBR og sedimentasjon~~**	**~~Alt. 2. Aktivslam og sedimentasjon~~**
~~Årskostnad~~	~~5~~	~~5~~	~~3~~
~~Robusthet~~	~~4~~	~~5~~	~~4~~
~~LCA~~	~~4~~	~~5~~	~~3~~
~~Sum~~	~~13~~	~~15~~	~~9~~

KILDER

1. Multiconsult 2019, Resipientundersøkelse i Ålesund og Sula kommuner
2. Norconsult november 2017, Ålesund og Sula Kommune Forprosjekt - skisseprosjekt Felles avløpsrenseanlegg Kvassnes
3. Henze et al 1992 Spildevandsrensing Biologisk og Kjemisk, Polyteknisk forlag Danmark
4. Ødegaard et al Vann og avløpsteknikk Norsk Vann 2012
5. Norsk vann 168/2009 Veiledning for Dimensjonering av avløpsrenseanlegg

04	22.05.20	Versjon korrigert etter prosjektmøte/presentasjon	MK	FAS/ØT
03	04.05.20	Versjon sendt over som beslutningsgrunnlag for valg av renseprosess	MK	FAS/ØT
02	14.04.20	Andre utgave	MK	FAS/ØT
01	31.01.20	Første utgave	MK	FAS/ØT
VERSJON	**DATO**	**BESKRIVELSE**	**UTARBEIDET AV**	**KS**

asplan viak

Oppdragsgiver:	Ålesund kommune
Oppdragsnavn:	Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund - Renseanlegg
Oppdragsnummer:	624969-03
Utarbeidet av:	Magnar Katla
Oppdragsleder:	Øystein Tranvåg
Tilgjengelighet:	Åpen

NOTAT Prosessnotat

1. SITUASJON OG BAKGRUNN 2

2. HYDRAULIKK – DIMENSJONERENDE VANNMENGDER 2

3. STOFFBELASTNING 4

3.1. Dimensjonerende stoffbelastning fra eksisterende anlegg og befolkningsvekst 4
3.2. Dimensjonerende stoffbelastning fra septik 5
3.3. Dimensjonerende stoffbelastning fra rejektvann 6
3.4. Dimensjonerende stoffbelastning totalt 7

4. PROSESSVALG 7

5. BEHANGLINGSTRINN AVLØPSRENSING 7

5.1. Forbehandling 7
5.1.1. Innløpsrister og ristgodshåndtering 7
5.1.2. Sand/fettfang 8
5.2. Forsedimentering 11
5.3. Biologisk trinn 11
5.4. Ettersedimentering 13

6. SLAMBEHANDLING 14

6.1. Slamproduksjon 14
6.1.1. Slamproduksjon fra forsedimentering 14
6.1.2. Slamproduksjon fra biotrinn 15
6.1.3. Slamproduksjon fra kjemisk rensing 15
6.1.4. Samlet slamproduksjon 15
6.2. Blandeslamlager 15
6.3. Fortykking 16
6.4. Slamlager 16
6.5. Avvanning 16
6.6. Slamsiloer 17
6.7. Septikmottak 17
6.8. Rejektvannbasseng 18

7. STØTTESYSTEMER 19

7.1. Prosessvann renset avløpsvann 19
7.2. Prosessvann rent vann 19

7.3. Pumpestasjon internt spillvann 19
7.4. Polymerdosering 19
7.5. Blåsemaskiner 20
7.6. Kompressorer 20
7.7. Akkreditert prøvetaking 20
7.8. Instrumentering 21

8. FLEKSIBILITET OG MULIGHETER FOR UTVIDELSE 21

9. HYDRAULISK PROFIL 22

9.1. Forutsetninger 22
9.2. Utslippsledning 22
9.3. Alternative høyder med pumping ut 23
9.3.1. Middelvannstand og $Q_{maksdim}$ 23
9.3.2. Flo og Q_{midl} 23
9.3.3. Anbefaling vedrørende høydemessig plassering av anlegget 24
9.4. Hydraulisk profil fra utløp til innløp 25
9.5. Dimensjonering nødutslippsledning 26

1. SITUASJON OG BAKGRUNN

Renseanlegget skal ta imot avløpsvann fra fire avløpssoner i Ålesund kommune og fem avløpssoner på Sula. Det er planlagt et avskjærende overføringssystem der avløpet til slutt pumpes som en samlet avløpsstrøm direkte inn på renseanlegget i fjell. Anlegget skal dimensjoneres for vann- og stoffbelastning i 2050.

Tilrenning er estimert gjennom en kombinasjon av dataanalyse, estimater og befolkningsfraskrivninger fram til 2050 og er dokumentert i et eget notat og oppsummeres her.

Dimensjonerende stoffbelastning er estimert på grunnlag av belastning fra husholdninger, mengde septik levert, og rejektvann fra slamavvanning.

2. HYDRAULIKK – DIMENSJONERENDE VANNMENGDER

Begrepene i hydraulikken er i hovedsak definert i Tabell 1.

Tabell 1: Definisjon av begreper – dimensjonerende vannføring

	Forklaring	
Q_{maks}	Maksimal tilrenning til renseanlegget	Dimensjonerende for forbehandlingsanlegg, denne mengden skal kunne håndteres hydraulisk av renseanlegget, med et noe dårligere renseresultat enn kravet.
$Q_{maksdim}$	Maksimalt dimensjonerende tilrenning	Største tilrenning som skal kunne behandles av alle trinn i renseprosessen
Q_{dim}	Dimensjonerende tilrenning	Maksimal tilrenning som overskrides i 50 % av årets døgn
Q_{mid}	Middeltilrenning	Midlere/gjennomsnittlig tilrenning over året

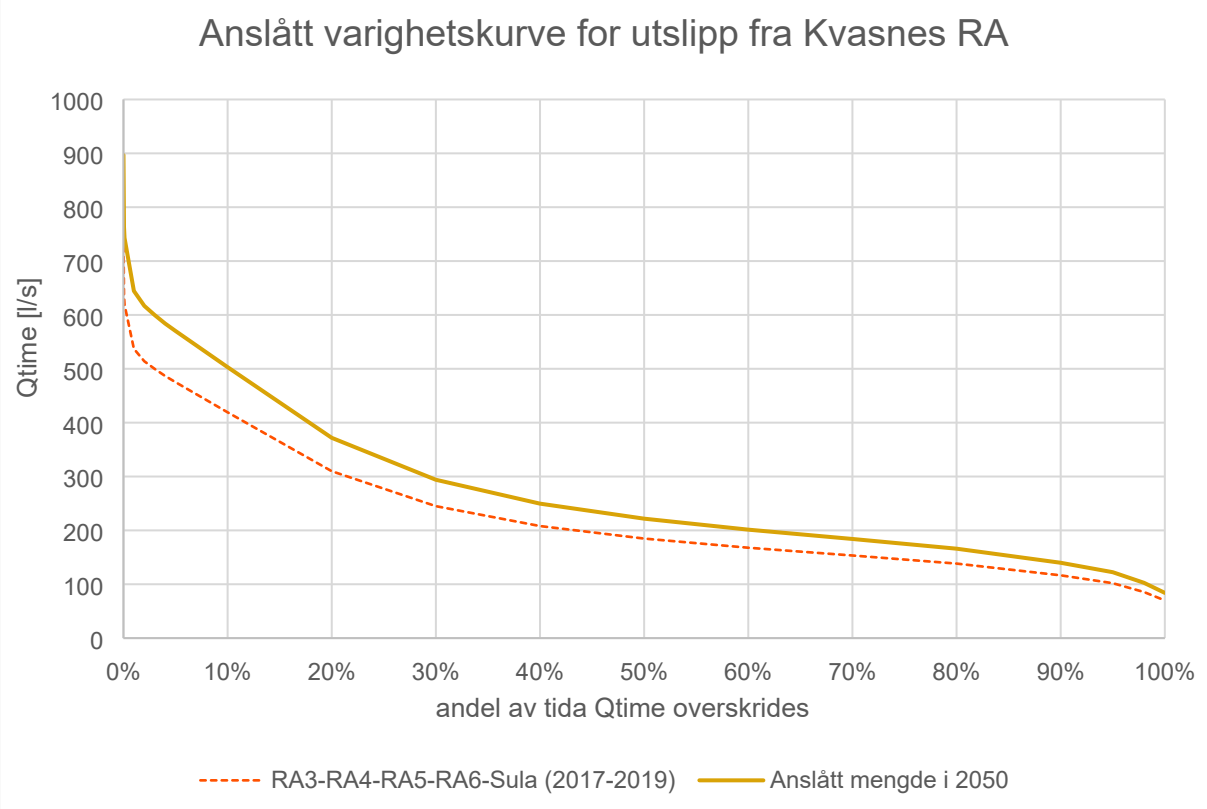
Tabell 2: Beregnet fremtidig hydrauliske belastning

	Verdier tilrenning 2050	Forklaring
Q_{maks}	700 l/s - 2520 m³/h	Fra - Dimensjoneringsgrunnlag for overføringsanlegg /2/
$Q_{maksdim}$	600 l/s - 2160 m³/h	Fra - Dimensjoneringsgrunnlag for overføringsanlegg /2/
Q_{dim}	222 l/s - 800 m³/h	Dette gir m=2,7 – jf. likn 2.2.2 /1/
Q_{mid}	260 l/s - 936 m³/h	Estimert middeltilrenning Midlere tilrenning i perioden 2017-2019, lagt til 20 % for befolkningsvekst
$Q_{tørrvær}$	120 l/s	Estimat fra tilrenningsdata /2/

Grunnlagsmaterialet for beregning av hydraulisk belastning er hentet fra månedsrapporter. Dimensjonerende hydraulisk belastning beregnes utfra fraktilkurver av timebasert vanntilførsel iht. Norsk Vanns rapport 256/2020 og det settes normalt Q_{dim} til 50 % fraktilen og $Q_{maksdim}$ til 95 % fraktilen. $Q_{maksdim}$ er dermed den midlere timesvannføringen som ikke overskrides til anlegget i 95% av årets dager. Figur 1 viser samlet varighetskurve av gjennomsnittlig vannmengde i RA 3-6 og Sula fra 2017 –2019. Det henvises for øvrig til «Dimensjoneringsgrunnlag for overføringsanlegg» /2/.

Hele renseanlegget dimensjoneres slik at det kan håndtere Q_{maks} hydraulisk. Det er en sikkerhet mot feildrift og gir mulighet for behandling av full vannmengde med redusert rensegrad om ønskelig.

I estimatene er det forutsatt at mye fremmedvann som tilføres avløpssystemet reduseres.



Figur 1: Varighetskurve for vannmengde i RA 3-6 og Sula fra 2017 –2019

3. STOFFBELASTNING

Renseanlegget skal oppfylle kravene til sekundærrensing:

> *Sekundærrensing: En renseprosess der både*
> *1) BOF5 -mengden i avløpsvannet reduseres med minst 70% av det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 25 mg O_2 /l ved utslipp og*
> *2) KOFCR -mengden i avløpsvannet reduseres med minst 75% av det som blir tilført renseanlegget eller ikke overstiger 125 mg O_2 /l ved utslipp.*

Forurensingsforskriften stiller som krav til anlegg over 10 000 personekvivalenter at det skal tas 24 prøver årlig som skal inngå i utslippskontrollen. Av disse kan opptil tre være over konsentrasjonskravet eller under renseefektkravet, jfr. *§14.3 forurensingsforskriften.*

Beskrivelse av avløpssonene som skal føres til nytt renseanlegg og estimat for befolkningsvekst er beskrevet i /2/.

For Sula kommune tas det utgangspunkt i folketall for beregning av stoffbelastning.

3.1. Dimensjonerende stoffbelastning fra eksisterende anlegg og befolkningsvekst

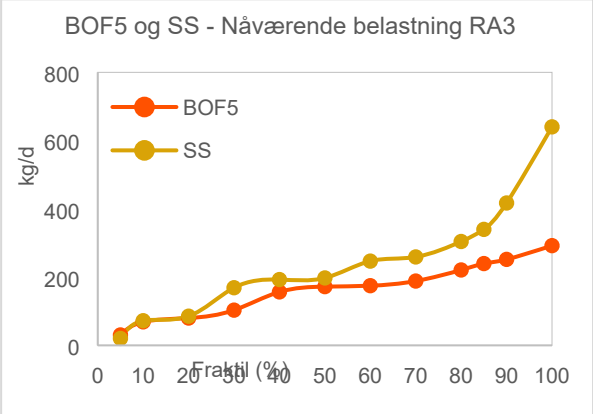
Det er to metoder for å beregne forurensingstilførsel og dimensjonerende stoffbelastning for renseanlegget, en er basert på at en lager et regnskap for tilførsel basert på teoretisk produksjon og en er basert på målinger av reell forurensningstilførsel.

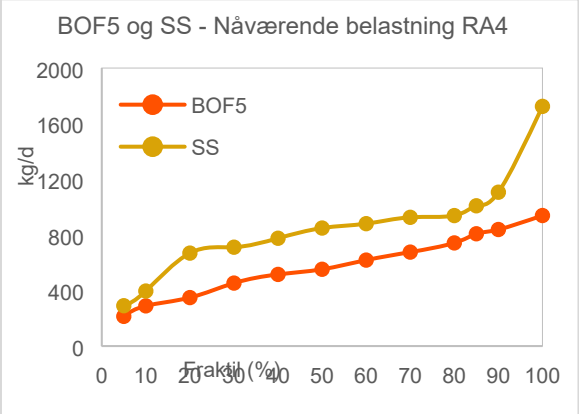
NS9426 tar utgangspunkt i teoretisk spesifikk forurensingsproduksjon fra befolkningen og fra forskjellige typer virksomheter. En beregner samlet stoffmengde ut fra antall bosatte, antall ansatte i forskjellige virksomheter og konkret forurensingsproduksjon fra bedrifter med stor forurensingsproduksjon. I tillegg må en ha opplysninger om inn og utpendling. Dette er informasjon som ikke er tilgjengelig på et detaljert nok nivå nå.

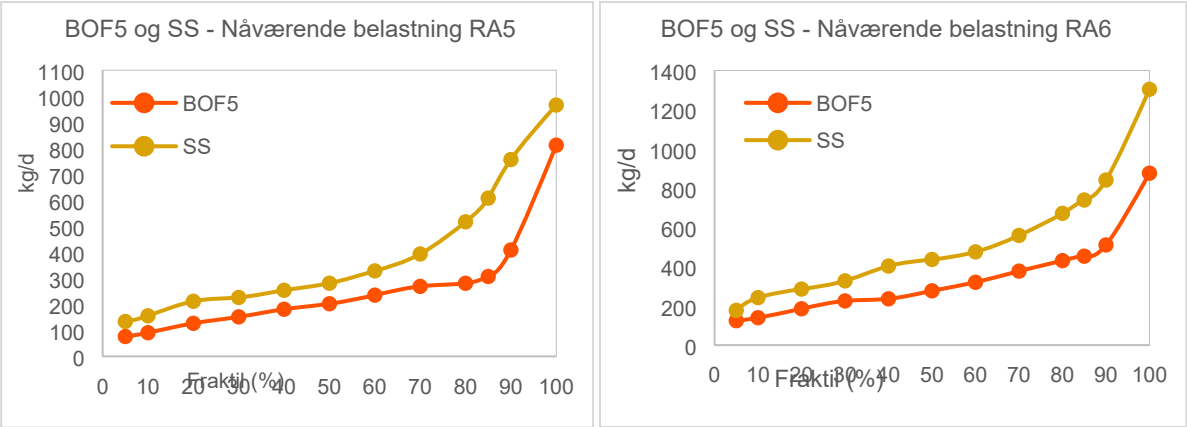
Alternativet er å basere seg på analyserte verdier, det er gjort beregninger på bakgrunn av data fra utslippskontrollen. Det er ikke enkelt å sammenstille en samlet varighetskurve for de forskjellige delene av avløpssystemet, siden det ikke er tatt prøver på samme dag på alle anlegg. Derfor er det satt opp varighetskurver til hvert renseanlegg belastningen i kg/døgn. Belastningen er regnet ut som produktet av målt konsentrasjon for døgnblandprøve og døgntilrenning i prøvedøgnet. Figur 2 viser varighetskurve av stoffbelastning (BOF_5 og SS) i RA 3-6.

Norsk Vanns rapport 256 settes dimensjonerende belastning til den verdien som tilsvarer 90% av prøvene ligger under denne. Dette samsvarer normalt med krav om antall prøver som må være innenfor rensekravet.

Samlet dimensjonerende belastning er beregnet som summen av 90 % fraktil på varighetekurven på hvert renseanlegg.







Figur 2: Varighetskurve for stoffbelastning (BOF_5 og SS) i RA 3-6

For å kontrollere resultatene, kan det være hensiktsmessig å sammenligne med den teoretiske organisk belastningen med spesifikk dimensjonerende forurensningsmengde av 60 gBOF5/pe d og 70 g SS/pe d. Stoffbelastning fram til 2050 er beregnet basert på dagens målte belastning i tillegg til belastning fra befolkningsvekst fram til 2050.

Det finnes ikke data om stoffbelastning for Sula, så her er det brukt spesifikk forurensningsmengde og innbyggertall for å beregne belastningen.

Tabell 3 viser at omregningen av BOF_5 stoffbelastningen til pe basert på denne metoden samsvarer med teoretisk belastning utfra folketall i Ålesund. Økning i stoffbelastning fram til 2050 er beregnet ut fra dagens målte belastning pluss befolkningsvekst etter SSBs prognoser. Spesifikk belastning på 60 g BOF_5/pe·d og 70 g SS/pe·d er lagt til grunn for å beregne stoffbelastning fra befolkningsvekst.

Vi ser at omregning av BOF_5 til pe samsvarer med forventet belasting ut fra dagens folketall. For SS ser en at belastning beregnet ut fra målte verdier angir at det tilføres mer partikler til avløpssystemet enn det befolkningstallene tilsier. Det kan skyldes feil i prøvetaking eller at enkelte prøver har vært påvirket av en first flush hendelse. First flush er et fenomen som innebærer at den første delen av avrenningen i starten av en nedbørsperiode er mer forurenset enn den påfølgende da akkumulerte forurensninger, både på overflaten og i ledningsnettet vaskes av.

Tabell 3: Omregning av stoffbelastning til personekvivalent

År	**Avløpssone**	**Folketall**	**BOF_5 (kg/d)**	**SS (kg/d)**	**Tilsvarende pe basert på BOF5**	**Tilsvarende pe basert på SS**
2020	Ålesund (RA3 – 6)	32 006	2 010	3 122	33 503	44 602
2050	Ålesund (RA3 – 6)	36 400	2 285[1]	3 5511	37 550	49 957
2020	Sula	9 248	555	647		
2050	Sula	11 900	714[2]	833		
Sum 2020	Ålesund + Sula	41 254	2 565	3 769		
Sum 2050	Ålesund + Sula	48 300	2 999	4 384		

[1] Tilsvarer økning av folketallet på 4 580 personer fram til 2050

[2] Tilsvarer økning av folketallet på 2 650 personer fram til 2050

3.2. Dimensjonerende stoffbelastning fra septik

Renseanlegget dimensjoneres for å ta mot septik fra Ålesund og Sula. Rapporterte mengder for levert septik er lagt til grunn for beregningene.

Tabell 4: Dimensjonerende septikmengde fra Ålesund og Sula

	2017	**2018**	**2019**	**Maksimal mengde**
Ålesund (m3/år)	1879	4051	2192	4051
Sula (m3/år)	149	1320	591	1320
Dim årsmengde (m3/år)				5371

Dimensjonerende septikmengde regnes som summen av høyeste årlige mengde for hver kommune.

Dimensjonerende slamtilførsel på døgnbasis kan estimeres /5/

$$\text{Maksimal månedsfaktor} = \frac{\text{Maksimal slammengde pr. måned } \left(\frac{\text{m3}}{\text{måned}}\right) x\ 12}{\text{Slammengde pr. år } \left(\frac{\text{m3}}{\text{år}}\right)} = 1{,}5 - 2{,}2$$

$$\text{Maksimal døgnfaktor} = \frac{\text{Maksimal slammengde pr. døgn } \left(\frac{\text{m3}}{\text{døgn}}\right) x\ 20\ x\ 12}{\text{Slammengde pr. år } \left(\frac{\text{m3}}{\text{år}}\right)} = 2{,}7 - 4{,}8$$

Høy døgnfaktor vil tilsvare en kort tømmesesong, her kan vi anta at tømmesesongen er lang, gitt at en befinner seg på kysten av Vestlandet og bruker laveste verdi. Dimensjonerende maksimal døgnmengde er da 60 m^3, tilsvarende fire septikbiler om dagen.

For en BOF-konsentrasjon på 8500 mg/l i septiken /5/, gir en døgnbelastning på 514 kg BOF_5/d og 2 175 kg SS/d. Denne antar vi ikke vil øke tilsvarende befolkningsøkningen.

3.3. Dimensjonerende stoffbelastning fra rejektvann

Rejektvann fra fortykking av slam og fra avvanning av slam føres tilbake inn på anlegget. Rejektvann fra avvanning utgjør en betydelig merbelastning på prosessen, så er det viktig å beregne stoffbelastningen fra rejektvannet.

Tabell 5 viser strømmengde av rejektvann og slam i slambehandlingstrinn.

Det er planlagt en fortykking og en sluttavvanning. Det er antatt at blandet primært- og biologisk slam fra slamfortykker i sedimentasjonsbasseng med 1 % SS innhold sendes til foravvanning. Det er antatt at foravvanning fører til slam med 5 % TS og rejektvann som inneholder 1000 mgBOF_5/l i fortykking og 2000 mgBOF5/L i etteravvanning. Slammet fra foravvanning sendes videre til avvanning som produsere slam med 20 % SS innhold og rejektvann som blandes sammen med rejektvann fra foravvanning og føres tilbake inn på anlegget. Renseanlegget er forberedt for ombygging til et fellingsanlegg. Ved beregning av stoffbelastning har vi tatt med tillegget i stoffbelastning ved kjemisk felling.

Tabell 5: Strømmengde og spesifikasjon av strømmer i slambehandlingstrinn

	Slam fra for - og etter-sedimentering til avvanning	Tillegg for kjemisk felling	Rejekt fra fortykking til rejektvanns-basseng	Fortykket slam til avvanning	Rejekt fra avvanning til rejektvanns-basseng	Avvannet slam til slamsilo
Q (m3/d)	849	181	693	156	120	36
TS (%)	1	1	-	5	-	20
TS (kg/d)	8492	1806	489	7813	450	7188
SS (mg/l)	-		1000[2]	-	1000[2]	-
BOF_5 (mg/l)	-		1000[1]	-	2000[1]	-
BOF_5 (kg/d)	-		499	-	173	-

[1] Erfaringstall.
[2] Tilsvarer 92 % SS gjenvinning.

3.4. Dimensjonerende stoffbelastning totalt

For å beregne dimensjonerende stoffbelastning benyttes belastningen til anlegget fra befolkning, septik og tilbakeført rejektvann fra slamavvanning. Det er også lagt til en reserve på 20 % i forhold til beregnet belastning. Dette er på grunn av usikkerhet i beregninger og for å gi anlegget kapasitet til å håndtere eventuell fremtidig utbygging som ikke er kjent i dag.

Tabell 6: Dimensjonerende stoffbelastning til anlegget

	2020		2050	
	kg BOF_5/d	kg SS/d	kg BOF_5/d	kg SS/d
Befolkning	2 010	3 122	2 999	4 384
Septik	514	2 175	514	2 175
Rejektvann	-	-	934	568
Reserve (20 %)	-	-	899	1425
Dimensjonerende verdi	-	-	5336	8 553

4. PROSESSVALG

Renseanlegget skal overholde kravene til sekundærrensing som, jf. forurensingsforskriftens kapittel 14, med krav til fjerning av organisk materiale (målt som KOF/BOF). Det er ikke krav til fjerning av fosfor. I skisseprosjektet er det valgt en prosess der en bruker en biologisk reneseprosess, MBBR der aktiv biomasse sitter på biofilmbærere som sirkulerer i vannet. Luftingen i bioraktorene sørger både for oksygentilførsel og omrøring. Separasjon av overskuddslam skjer ved sedimentasjon. For å ta høyde for at det på et senere tidspunkt kan komme krav om å fjerne fosfor, forberedes anlegget for at det senere kan doseres fellingskjemikalier for å fjerne fosfor. Det bygges en sone mellom innløp og kanten av slamlomma på hvert sedimentasjonsbasseng der det kan settes inn vegger slik at det blir flokkuleringsbassenger.

Det anbefales at det bygges et partikkelavskillende trinn (forsedimentering) før det biologiske trinnet. Det vil gi mindre bioreaktorer og vil redusere behov for energikrevende lufting. Hvis det senere skulle bli aktuelt å behandle slammet i en utvidet slambehandling, vil det slammet som taes ut før biotrinnet være mer energirikt enn slammet som taes ut etter og en vil få et større biogassutbytte enn en vil få uten forsedimenteringstrinn.

5. BEHANGLINGSTRINN AVLØPSRENSING

5.1. Forbehandling

Hensikten med forbehandling er å fjerne avløpssøppel, sand og fett fra avløpsvannet for å unngå driftsforstyrrelser og slitasje i resten av anlegget og å unngå at søppel havner i avløpsslammet.

Forbehandlingen består av innløpsrister som holder tilbake søppel (ristgods), og et kombinert sand- og fettfang som holder tilbake sand og fett. Ristgods og sand samles i containere og kjøres bort. Fett samles i en fettkum og hentes av sugebil for sluttbehandling eksternt, eller blandes med slam fra sedimentasjonsbassengene.

5.1.1. Innløpsrister og ristgodshåndtering

Dimensjonering

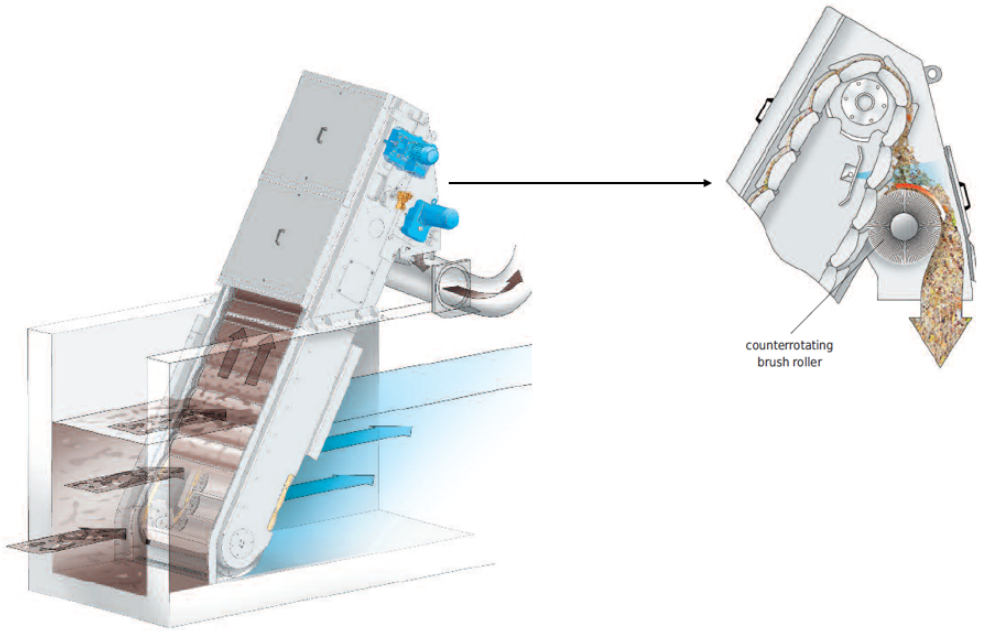
Innløpsrister dimensjoneres for Q_{maks} = 2520 m^3/h = 700 l/s med en enhet i reserve.

Beskrivelse

Det velges i utgangspunktet 3 linjer der 2 tar Q_{maks}. Kapasitet på hver rist må da være:

2520/2 = 1260 m^3/h = 350 l/s

Det installeres båndrister med 6 mm hull. Ristene monteres i 1 m brede betongkanaler. Figur 3 illustrerer en innløpsrist som viser at når ristgod bygger seg opp på innløpssiden, blir det oppstuvning foran rista. Når vannstanden foran rista går over et gitt nivå kjøres båndet et stykke opp. Ristgodset følger båndet til toppen og fjernes med en børste og spyling.



Figur 3: Båndrist for forbehandling av avløpsvann (HUBER Belt Screen EscaMax®)

Om en vurderer ristgodsproduksjon basert på NVR 256-2020 med 0,05 liter/m^3 avløpsvann, beregnes ristgodsproduksjon:

Q_{mid} = 936 x 24 x 0,05 / 1000 = 1,2 m^3/d

Ristgodset transporteres fra ristene til vaskepressene med en vaskekanal, såkalt launderkanal. Ristgodset skal vaskes og avvannes i en ristgodsvaskepresse. Det forutsettes to vaskepresser der den ene er reserve for den andre. Fra vaskepressen ramler ristgodset ned i lukkede containere. For å sikre kontinuerlig drift legges det opp til to vaskepresser og to lukkede ristgodscontainere. Med to containere på 10 m^3 hver, vil dette gi ukentlig tømming av en container i snitt. Rister og launderkanal spyles med renset avløpsvann.

5.1.2. Sand/fettfang

Beskrivelse

Sandfangene bygges som luftet Hartmann sandfang med fettfangsone med oppumping av sanden med mammutpumper fra enden av bassengene. Sanden føres fram til sugeledningene med en skrape i bunnen av bassenget. Volumet er delt opp i et luftekammer og ett flytekammer som er delt av en skillevegg. I sandfangsonen blir luft pumpet inn i bunnen som holder mindre partikler i suspensjon, mens tyngre partikler som sand og mineraler faller til bunn i sandrennen. Videre så skaper skilleveggen en rolig sone i fettfangsonen hvor fett flyter til overflaten

Dimensjonering

To linjer som dimensjoneres ut fra Norsk Vanns rapport (256/2020) for Q_{dim} og $Q_{maksdim}$ ved begge linjer i drift samtidig. I tillegg dimensjoneres det hydraulisk for at en linje skal ta $Q_{maksdim}$ slik at en linje kan tas ut av drift i kortere perioder uten at vann må kjøres i omløp. I tillegg vil det være mulig å ta en vannmengde opp til Q_{maks} gjennom en linje i sandfanget, uten oppstuvning over overløpskanten mot fettkummen.

Oppholdstid sandfang ved Q_{dim} minst 10 minutter

Oppholdstid sandfang ved $Q_{maksdim}$ minst 3 minutter

Gir nødvendig volum

800 x (10/60) = 133 m^3 (67 m^3 per sandfang) dette kontrolleres mot reelt volum til slutt

133 x 60/2160 = 3,7 minutter

Fettfanget dimensjoneres for en overflatebelastning ved $Q_{maksdim}$: < 25 $m^3/m^2 \cdot h$.

Nødvendig overflate for hele sandfanget:

2160/25 = 86 m^2

Konstruktiv utforming

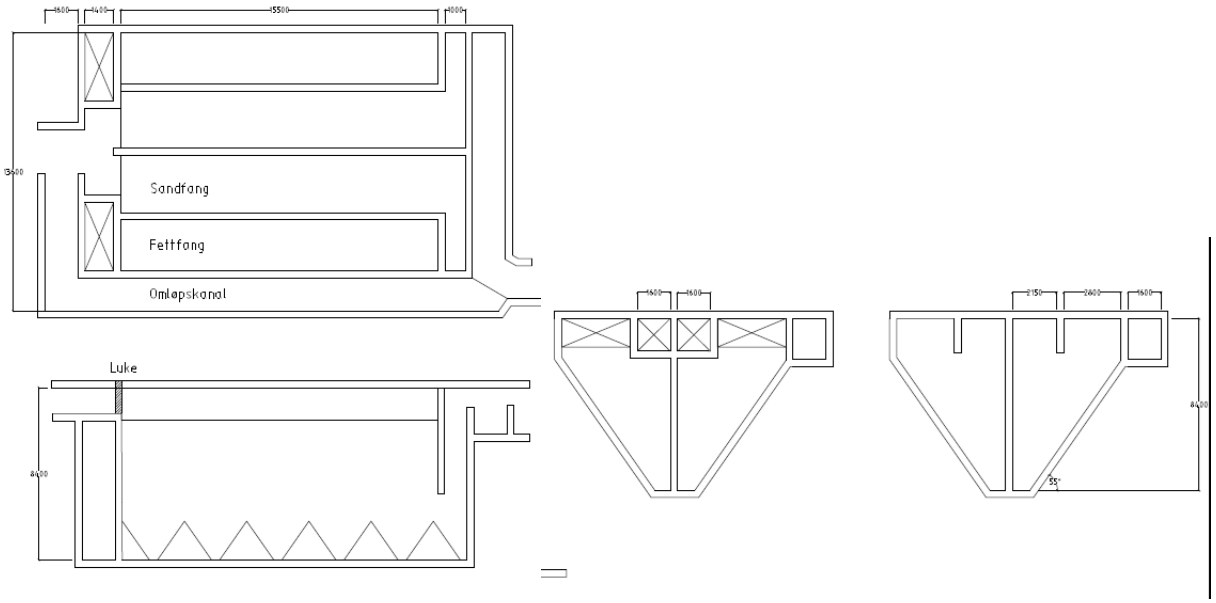
Fettfangsonen gis en bredde på 2,8 meter.

Det gir en nødvendig lengde på 86/(2x2,8) = 15,5 m for fettfanget.

Geometrien på tverrsnittet av sand/fettfanget er bestemt av en del forhold som at skråvegger skal ha helning på minst 55°, at forholdet mellom dybde og bredde av sandfangssonen ikke skal være større enn ca. 2:1 og at den øverste delen av veggene i fettfanget må være vertikale på grunn av fettskrapen. I praksis vil dette ofte medføre at det er fettfanget som blir bestemmende for lengden av anlegget. Bredden på hvert sandfang vil bli ca. 2,15 i overflaten og 2,5 m under betongskilleveggen mellom sand- og fettfang ut fra de begrensingen en har når det gjelder tverrsnittet. Se skisse i Figur 4.

Store vannstandsvariasjoner vil gi problemer for fettskrapene, For å unngå for stor oppstuvning er overløpskanten ut av sandfanget forlenget slik at den går i hele bassengets bredde, 5,2 meter.

Effektivt tverrsnittsareal for sandfanget er 12m^2, lengde 15,5 m volumet blir da 186 m^3, noe som er over nødvendig volum på 133 m^3 beregnet over.



Figur 4 Utforming sand - og fettfang

Oppstuvning over overløpskanten ut av sandfanget er beregnet for vannføringen opp til Q_{maks}.

Tabell 7: Vannivåer i sandfanget

	Q_{maks} 0,7 m^3/s	$Q_{maksdim}$ 0,6 m^3/s	Q_{dim} 0,22 m^3/s
En linje i drift	17 cm	16 cm	8
Begge linjer i drift	11 cm	10 cm	5

Oppstuvingen vil ikke føre til oversvømmelser, eller ødelegge for funksjonen til fettskrapen.

Bunnen av sandfanget kan bygges med sandlommer med pumping ut fra hver slamlomme eller med sandskrape på bunnen som fører sanden til en slamlomme der den kan pumpes opp med en mammutpumpe. Et annet alternativ er å la en tannhjulsdreven vogn med mamutpumpesugerør kjøre sakte fram og tilbake over bassenget og suge opp sand fra bunnen av sandfanget. Det er besluttet å bygge sandfanget med flat bunn og sandskraper som skraper sanden til slamlomme der den pumpes ut med mammutpumpe.

Sanden føres til en sandvasker for utvasking av organisk stoff og avvanning i skruen opp fra denne. Sanden føres ned til sandcontainer i en sjakt direkte fra sandvaskeren. Figur 5 viser en typisk sandvasker. Det forutsettes to sandvaskere, der den en er reserve for den andre, og en sandcontainer. Ved tømming av denne stanses opp-pumpingen av sanden. Som container benyttes samme type som ristgodscontainerene.

Figur 5: Sandvasker

Dimensjonerende sandproduksjon for anlegg med fellesavløp vil ifølge NVR 256-2020 være 0,05 liter/m³. Sandproduksjonen vil da være 1,2 m³/d for midlere vannføring, Q_{mid}.

Det forutsettes at det brukes renset avløpsvann som vaskevann i sandvaskeren. Det er to utløp fra sandvaskeren, en for organisk fraksjon og en for rejektvannet. Rejektvannet kan ledes inn på sandfangene. Partikulær organisk fraksjon tappes av i kortere perioder. Om dette ledes inn på sandfangen vil det organiske materialet stort sett akkumuleres i systemet. Denne fraksjonen kan da føres inn på kanalen etter sandfang eller inn på slamlinjen. Sandvaskeren må plasseres så høyt at det blir selvfall for de to utløpene.

Fett/flyteslam skrapes til fettkum i enden av hvert fettfang med motordrevet overflateskrape. Fettkummen utstyres med grovluftere for homogenisering og for å forhindreblokkering/avleiring. Lufting etter behov styres fra DK anlegget. Fettkummen tømmes med slamsugebil med jevne mellomrom og kjøres til sluttbehandling et annet sted.

5.2. Forsedimentering

Det bygges tre linjer som dimensjoneres for å håndtere $Q_{maksdim}$ til sammen. I tillegg dimensjoneres det for at Q_{maks} kan håndteres hydraulisk, med en redusert renseeffekt som konsekvens ved Q_{maks} eller en linje ute av drift ved $Q_{maksdim}$.

Dimensjonerende overflatebelastninger i henhold til Norsk Vanns retningslinjer (rapport 256/2020) er:

- Ved Q_{dim}: 2,4 m/h
- Ved $Q_{maksdim}$: 4,8 m/h

Nødvendig overflate:

- Ved Q_{dim}: 800/2,4= 333 m²
- Ved $Q_{maksdim}$: 2160/4,8= 450 m²

$Q_{maksdim}$ blir dimensjonerende.

For å kompensere for forstyrrelser i innløpssonen, korrigeres totalt areal etter nominelt totalt areal for rektangulære bassenger. Med bredde på 5 m og 3 bassenger:

Korrigert areal per basseng = 150 + 5 = 155 m^2

Lengde per basseng blir da 155/5 = 31,0 m

Avtrekksrenner plasseres på tvers av bassenget i den siste tredjedelen av bassenget, hvis et av bassengene er ute av drift må rennene i to bassenger håndtere $Q_{maksdim}$.

Når sedimentering brukes som eneste rensetrinn eller som forsedimentering, skal utløpsrennene dimensjoneres for høyst 50 m^3/time pr. meter overløpskant ved $Q_{maksdim}$.

Nødvendig lengde på avtrekksrenner er (2160/3)/50 = 14,5 m

For en bassengbredde på 5 m, vil det være hensiktsmessig å installere tre renner på tvers av hvert basseng. Avtrekksrennene har utløp til en betongkanaler som går mellom bassengene, på langs.

Slammet skrapes med hydraulisk drevne lamellskraper mot en dyp slamlomme med slamskrape. Den dype slamlommen gir noe fortykking og er en buffer i tillegg til slamlageret. Derfra pumpes slammet til videre slambehandling.

Tabell 8: Nøkkeltall forsedimentering

	Per basseng
Lengde	31,0 m
Bredde	5 m
Dybde	3,2 til 3,5 m
L/B	6,2
Dybde slamlomme (m)	2,5 m

5.3. Biologisk trinn

Det bygges tre linjer også her, og en dimensjonerer for å ha kapasitet til å behandle maksimal stoffbelastning med alle linjene i drift. To av linjene må sammen kunne ta unna $Q_{maksdim}$ i tilfelle en er ute av drift. Renseresultatet blir i så fall noe dårligere enn behandlingsmålet som er satt.

- Dimensjonerende organisk til forsedimentering: 5 336 kg BOF_5/d
- Reduksjon i organisk belastning i forsedimentering: 15 %

For MBBR angir dimensjoneringsretningslinjene følgende for et anlegg som skal drives uten kjemisk felling:

- Organisk arealbelastning ved 10 °C 5 g $BOF_5/m^2 \cdot d$

Øvrige forutsetninger:

- Avløpsvannet temperatur 5 °C
- Temperaturkorrigert arealbelastning 3,6 g $BOF_5/m^2 \cdot d$
- Spesifikk overflate biofilmmedie 500 m^2/m^3
- Fyllingsgrad biofilmmedie 60 %

Nødvendig volum biofilmreaktor:

Dimensjonerende BOF_5 etter forsedimentering (15 % reduksjon i forhold til tilført mengde)

0,85 x 5336 = 4 536 kg BOF_5/d

Volum bæremedium:

4 536 x 1000/3,6 x 500 = 2 545 m^3

Nødvendig bassengvolum med 60 % fyllingsgrad bæremedium:

2 545 x 100/60 = 4 241 m^3

Dette gir oppholdstid ved $Q_{maksdim}$:

4 241 x 60/2160= 118 minutter, som er mer enn 30 minutter per, dvs. ok

Tabell 9: Nøkkeltall bioreaktorer

	Per basseng
Lengde	12,25 m, delt i to reaktorer á 6,13 m
Bredde	13,55 m
Dybde	8,5 m
Fyllingsgrad bæremedium	60 %
Spesifikt biofilmareal	500 m^2/m^3

Reaktorene plasseres slik at hver linje går på tvers av fjellhallens bredde. Hver av linjene består av to reaktorer i serie.

Dette gir biobassenger som har et areal på 13,55 x 6,12 m, med 8,5 m dyp.

Utslipp av plastbæremedie fra bioreaktorer er et kjent problem og bidrar til forsøpling. Derfor må innløp og utløp fra reaktorer og siler dimensjoneres og utformes slik at overtopping av basseng med påfølgende tap av bæremedie ikke blir mulig. På samme måte er utforming og innfesting av siler viktig slik at de er robuste med liten risiko for brudd.

Lufting

Som luftkilde benyttes blåsemaskiner. Det installeres tre blåsemaskiner der to har kapasitet til dimensjonerende belastning, alternativt fire noe mindre maskiner med alternerende drift. Maskinene turtallsreguleres med frekvensomformer og styres av O_2-sonder. I tillegg til at luftingen tilfører oksygen, sørger den også for at bæremediene beveger seg. Blåsemaskinene plasseres i eget blåsemaskinrom under innløpsristene.

Den dimensjonerende oksygentilførsel (OT) er avhengig av oksygenbehovet (OB) som ifølge NVR256-2020 er 1 kg O_2/kg BOF. Samlet oksygenbehov kan da beregnes:

4 536 (BOF_5 etter forsedimentering) x 1 = 4 536 kg O_2/d = 189 kg O_2/time

Ved bestemmelse av oksygenbehov (kg O_2/time) skal det legges inn en spissbelastningsfaktor på 1,3, som gir:

Spissbelastning= 189 x 1,3 = 246 kg O_2/time

I MBBR-anlegg er den spesifikke oksygenoverføringskapasiteten (SOFK) avhengig av luftesystemets evne til å overføre oksygen fra boble til luft, samt innblåsingsdypet, også avhengig av utforming og fyllingsgrad av mediet. Luftmengden beregnes som følger:

$$Q_{luft}\ (m^3/time) = \frac{OT\ (kgO_2/time) \cdot 1000\ (g/kg)}{SOFK\ (gO_2/Nm^3_{luft} \cdot m_{innblåsningsdyp}) \cdot h_d\ (m_{innblåsningsdyp})}$$

Samlet luftbehov med spesifikke oksygenoverføringskapasiteten = 8 g O_2/m^3 luft 8,5 m bassengdyp (rør-lignende) er da Q_{luft}= 246 x 1000 / 8 x 7 = 3 613 m^3/time

5.4. Ettersedimentering

Sluttsedimenteringen utformes og dimensjoneres slik at bassengene kan bygges om med flokkuleringssoner hvis en på et senere tidspunkt skal ta i bruk kjemisk felling. Kjemisk felling vil gi slam med bedre sedimentasjonsegenskaper enn slam fra en ren biologisk prosess og krever mindre areal. Her dimensjoneres bassengene først for drift uten kjemisk felling, så gjøres det en kontroll av at det er tilstrekkelig volum og areal til å ta noe bassengvolum til flokkulering og fortsatt ha nok bassengareal igjen til sedimentering.

Dimensjonerende overflatebelastninger i henhold til Norsk Vanns retningslinjer (rapport 256/2020) for biologisk trinn uten kjemisk felling er:

- Ved Q_{dim}: 1 m^3/m^2 x time
- Ved $Q_{maksdim}$: 1,6 m^3/m^2 x time

Nødvendig overflate:

- Ved Q_{dim}: 800/1 = 800 m^2
- Ved $Q_{maksdim}$: 2160/1,6 = 1350 m^2

$Q_{maksdim}$ blir dimensjonerende.

For å kompensere for forstyrrelser i innløpssonen, totalt areal korrigeres etter nominelt totalt areal for rektangulære bassenger. Med bredde på 7 m og 3 bassenger:

Korrigert areal = 450 + 7 = 457 m^2 per basseng

Tabell 10: Nøkkeltall sluttsedimentering

Lengde	65,3 m
Bredde	7 m
Dybde	3-3,5 m
Dybde slamlomme	2,5 m

Avtrekksrenner plasseres på tvers av bassenget i den siste tredjedelen av bassenget, hvis et av bassengene er ute av drift må rennene i to bassenger håndtere $Q_{maksdim}$:

Ved slamseparering etter et biologisk trinn uten felling, skal utløpsrennene dimensjoneres for høyst 10 m^3/time pr. meter overløpskant ved dimensjonerende vannmengde.

Ved nødvendig lengde på avtrekksrenner er (2160/3) / 10 = 72 m

For en bassengbredde på 7 m, vil det være hensiktsmessig å installere 11 renner på tvers av hvert basseng.

Hvis en skal bruke fellingskjemikalier eller hjelpekoagulanter vil den første delen av sedimentasjonsbassenget kunne bygges om til flokkuleringssone, derfor må slamlommen plasseres et stykke fra ut fra starten på bassengene. Det vil være nødvendig med slamskrape som går motsatt vei på det arealet for å dytte slam til slamlomma.

Ved belastning over dimensjonerende tilrenning kan en få overtopping av avtrekksrennene. Dette vil kun skje dersom én linje er ute av drift og man får en tilrenning tilsvarende Q_{maks}.

Bassenget bygges med fall mot slamlomme og en liten renne i midten langs bassenget for å lette rengjøring av bassengene.

Eventuelt flokkulering

Oppholdstiden i flokkulering settes til 30 minutter i henhold til anbefaling til Norsk Vanns retningslinjer (rapport 256/2020) som anbefaler oppholdstid over 20 minutter for flokkulering med Al/Fe. Flokkuleringen dimensjoneres ut fra Q_{dim} som er 800 m^3/t.

Volum = 800 x 0,5 = 400 m^3 (133 m^3 per linje)

Foreløpig settes det av 7 m lengde i basseng i full bredde til flokkulering, utforming og prinsipp avklares senere. Det gir et volum på 171 m^3, noe høyere enn det som er nødvendig.

Tabell 11: Nøkkeltall flokkulering

Lengde (m)	7
Bredde (m)	7
Dybde (m)	3,5
Areal per linje (m2)	49

Ettersedimentering etter flokkulering - Kontroll

Overflatebelastning for resterende areal beregnes og sammenliknes med dimensjonerende verdier for ettersedimentering for MBBR-prosess kombinert med etterfelling:

Tilgjengelig areal til sedimentering, per basseng med flokkulering = (3x457) – (3x38) = 1257 m^2

Overflatebelastning ved Q_{dim} = 800/1257 = 0,6 $m^3/m^2 \cdot time$ < 1,0 $m^3/m^2 \cdot time$, dvs. ok.

Overflatebelastning ved $Q_{maksdim}$ = 2160/1257= 1,7 $m^3/m^2 \cdot time$ < 2 $m^3/m^2 \cdot time$, dvs. ok.

Det viser at det er mulig å bruke en del av ettersedimenteringsbassenget til flokkulering og samtidig ha tilstrekkelig areal tilgjengelig til sedimentering, hvis en går over til å bruke kjemisk felling.

6. SLAMBEHANDLING

Det er ikke planlagt sluttbehandling av avløpsslammet på renseanlegget, slammet skal avvannes for transport til videre sluttbehandling utenfor anlegget.

6.1. Slamproduksjon

6.1.1. Slamproduksjon fra forsedimentering

Slammengdene som beregnes er dimensjonerende verdier for slambehandlingslinja, tilsvarende maksimal døgnproduksjon.

Totalt SS_{inn} x renseeffekt (30 %) = 8 998 x 0,3 = 2 699 kg TS/d

Volumstrøm (med 1 % TS) = 2 699 / (1000 * 0,01) = 270 m^3/d

6.1.2. Slamproduksjon fra biotrinn

BOF_5 til biotrinn = BOF_{5inn} – BOF_5 fjerning i forsedimentering = 5 022 – (0,15 * 5 022) = 4 297 kg BOF_5/d

Slamproduksjon fra biotrinn = BOF_5 x 1,15 g TS/BOF_5 x 0,85 (85% renseeffekt) = 4 297 x 1,15 x 0,85 = 3 653 kg TS/d

Volumstrøm (med 1 % TS) = 3 653 / (1000 * 0,01) = 365 m^3/d

6.1.3. Slamproduksjon fra kjemisk rensing

Selv om renseanlegget ikke skal ha kjemisk rensing fra starten av, dimensjoneres slambehandlingen for å kunne behandle økt slamproduksjon fra kjemisk felling.

Kjemisk rensing:

SP = $K_{Kjem} \cdot D + (SS_{inn} - SS_{ut})$ (g TS/m^3) lign. 4.2.3

Felling med jern K_{Kjem} = 3 g SS/g $Fe_{tilsatt}$

Felling med aluminimum K_{Kjem} = 6 g SS/g $Al_{tilsatt}$

D = kjemikaliedoseringen i g/m^3

Beregner bidraget fra kjemisk felling ved bruk av aluminium som fellingskjemikalie.

Antar 4,5 mg P/l i avløpsvannet, molforhold 3 mellom Al tilsatt og P og P

Det gir en dose på 15,7 g AL/m^3

Slamproduksjonen beregnes for Q_{dim}

Aluminiumbehov – døgn 15 x 800 x 24/1000 = 301 kg AL/d

Slamproduksjon 301 kg AL/d x 6 gSS/Al = 1806 kg TS/d

6.1.4. Samlet slamproduksjon

Tabell 12: Total dimensjonerende slamproduksjon (biologisk/kjemisk + mekanisk) til fortykker

	kg TS/d	m^3/d
Slam fra forsedimentering	2 699	270
Slam fra biotrinn	3 653	365
Sum biologisk og mekanisk	6 352	635
Tillegg for kjemisk felling	1806	181
Sum – dimensjonerende slammengde	8 158	816

Antar at alle slamfraksjonene har et TS-innhold på 1%.

Slammengdene som er beregnet for drift med kjemisk felling i tillegg til biotrinn er dimensjonerende for slambehandlingsprosessen. Overgang til kjemisk felling vil også gi en større returstrøm fra slambehandlingen. Det vil gi en økt belastning på ca. 5 % BOF. Denne eventuelle økningen er tatt med i dimensjoneringen av biotrinnet.

Døgnproduksjonen av slam vil være lavere enn dette i store deler av tiden, siden anlegget ikke vil være fullt belastet i starten og også vil ha varierende stoffbelastning over året.

6.2. Blandeslamlager

Anlegget vil ha to ulike slamfraksjoner (primærslam fra forsedimentering og biologisk slam fra ettersedimentering). For å lette videre slambehandling bør disse fraksjonene blandes.

Et blandebasseng for de to slamfraksjonene før fortykking sikrer jevn sammensetning på slammet før polymertilsetning. Det kan være forskjellig type polymer og dose som er gunstig for de to delstrømmene av slam. Ved å blande dem kan en optimere drift av fortykkermaskiner og dosering av polymer etter blandingen, bassenget gir i tillegg en buffer/utjevning for fortykkerne. For å få en god blanding anslås det at oppholdstiden bør være minimum seks timer. Dette gir et nødvendig volum på minimum 6/24 * 816 m^3 = 205 m^3.

Blandeslamlageret utformes med areal 6,5 * 6,2 m og dybde 5,2 m, totalt volum 210 m^3.

Blandeslamlager utstyres med omrører.

Det legges opp slik at det er mulig å pumpe direkte fra slamlommer i sedimenteringsbasseng til fortykking dersom blandeslamlageret må tas ut av drift for vedlikehold.

6.3. Fortykking

Slam tas fra blanndeslamlager og pumpes til fortykking. Det antas at det installeres to fortykkermaskiner med full redundans og dimensjonering for kontinuerlig drift.

Volumstrøm inn til fortykker (1 % TS) = 8492 / (1000 x 0,01) = 611 m^3/d

Masse av SS i rejektvann (med 92 % SS gjenvinning) = 6 114 x (100-92)/100 = 489 kg SS/d

Masse av fortykket/foravvannet slam videre til etteravvanning = 6 114 * 92/100 = 5 625 kg TS/d

Mengde fortykket slam ut fra slamlager til avvanning (5 % TS) = 5 625 / (1000 x 0,05) = 113 m^3/d

Volumstrøm av rejekt ut fra fortykking = 611-113 = 498 m^3/d.

Det er vanlig å bruke polymerer som kondisjoneringsmiddel for å få en tilstrekkelig god gjenvinning av slampartikler (lavt innhold av slampartikler i rejektvannet) og høyt nok tørrstoffinnhold. Typiske polymerdoser for fortykking (NVR 256-2020) er 1-4 kg polymer/tonn TS. Det er antatt 3 kg polymer/tonn TS her, noe som gir et døgnforbruk på 3 x 6,1 = 18,3 kg tørr polymer i døgnet.

6.4. Slamlager

Slamlageret vil være en buffer mellom fortykkingen og sluttavvanning, slik at sluttavvanning kan foregå med personell til stede hvis det er ønskelig. Slamlageret beregnes med kapasitet til minst 3 dagers slamproduksjon for fortykket slam: 3 x 113 = 338 m^3. Det lages to slamlager.

Slamlagrene utformes med areal 6,5 * 5,4 m og dybde 5,2 m, 216 m^3 per slamlager, totalt volum 432 m^3.

Slamlagrene utstyres med omrørere.

6.5. Avvanning

Fortykket slam med 5 % TS pumpes videre til avvanningsmaskinene der det avvannes til minst 20 % tørrstoff.

Masse av SS i rejektvann (med 92 % SS gjenvinning) = 5 625 x (100-92)/100 = 450 kg SS/d

Mengde slamtørrstoff etter avvanning (20 % TS) = 7188 kg TS/d

Volumstrøm av ferdig avvannet slam = (7188)/ (1000 * 0,2) = 36 m^3/d

Volumstrøm av rejekt ut fra avvanning = 156 – 6 = 120 m^3/d

Typiske doseringsmengder av polymer for biologisk kjemisk slam ifølge NVR 256-2020 er 5-10 kg/tonn TS. Vi kan anta at polymerbehovet vil være i øvre del av intervallet. 9 kg/tonn TS er brukt for beregning av polymerforbruk. 9 x 7,2 = 65 kg tørr polymer per døgn.

Avvanningsmaskinene kan være enten skruepresse eller sentrifuger. Sentrifuger gir sannsynligvis et høyere tørrstoffinnhold og bedre gjenvinningsgrad, men er dyrere, mer energikrevende, krever mer vedlikehold og er mer støyende enn skruepresser. Skruepresser har overtatt mer og mer som foretrukket avvanning ved renseanlegg. I forprosjektet tar vi utgangspunkt i at det installeres skruepresser.

Det installeres to skruepresser som hver har kapasitet til dimensjonerende slamproduksjon.

Som nevnt tidligere vil det være en adskillig lavere slamproduksjon ved oppstart.

6.6. Slamsiloer

For så slippe tømming av slamcontainere i helger installeres det to tørrslamsiloer.

Total mengde avvannet slam (tørrslam) er 36 m^3/d. Vi tar høyde for å kunne lagre tre døgns produksjon av slam. Dette blir et totalt volum på 108 m^3. Dette fordeles på to slamsiloer á 54 m^3.

Slamsiloene bygges som sirkulære siloer i stål. Med en høyde på siloene på 5 m og en diameter på 3,7 m gir dette et volum på 108 m^3.

Tørrslammet «pumpes» opp i siloene med slamkanoner. Det installeres to slamkanoner, en for hver skruepresse. Disse kan levere til begge slamsiloene.

6.7. Septikmottak

Sugebilene kjører inn i fjellet, kobler seg til en tømmeslange og tømmer via en septiksil. Silen fjerner søppel og stein fra septik. Det installeres en egen blåsemaskin for tømming av septikbiler slik at eksosutslippet fra septikbilene reduseres mest mulig.

Figur 6: ROFAS septiksil, fra Huber.no

Utstyret kan leveres med automatikk som registrerer data om hvem som tømmer, mengde mv. Silgods fra septikmottaket må behandles i en egen ristgodsvasker slik at vaskevann fra vasking av silgodset kan blandes med resten av septiken. Septik og vaskevann fra ristgodsvaskerne ledes til et utjevningsbasseng, som motvirker støtbelastning på renseprosessen, og pumpes derfra til innløp, før prøvetakingspunktet for innløpsprøvene.

Utjevningsbassenget for septik bør ha et volum på ca. 100 m^3. Man vil da ha kapasitet til å ta imot 4-5 biler over en periode på et par timer. Utjevningsbassenget må utstyres med omrører.

Pumper fra utjevningsbassenget må ha kapasitet til å kunne tømme bassenget i løpet av fire timer. Pumpene må da ha en kapasitet på 25 m^3/h = 6,9 l/s.

Utjevningsbassenget plasseres under silen. Det kan da ha et areal på 8 * 2 m og en dybde på 6,5 m.

Pumpene turtallsreguleres og vil normalt levere en lavere mengde enn maksimal kapasitet.

6.8. Rejektvannbasseng

Rejektvannbasseng dimensjoneres etter rejektvannsproduksjon fra dekantingsvann ut fra fortykker og rejektvann fra avvanning med kapasitet til 8 timers produksjon.

Rejektvannsmengde= 498 + 87 = 585 m^3/d

Bassengets volum er da 585/3 = 190 m^3

Rejektvannsbassenget utformes med areal 6,4 * 6,0 m og dybde 5,2 m, totalt volum 200 m^3.

Rejektvannsbassenget utstyres med omrører og rejektvannet utjevnes før det pumpes tilbake til innløpet på renseprosessen.

Pumper fra rejektvannsbassenget må ha kapasitet til å ta unna dimensjonerende rejektvannsmengde. Pumpene må da ha en kapasitet på 24 m^3/h = 6,8 l/s.

Pumpene turtallsreguleres og vil normalt levere en lavere mengde enn maksimal kapasitet.

7. STØTTESYSTEMER

7.1. Prosessvann renset avløpsvann

Det er et stort behov for spylevann i alle maskinene i forbehandlingen. For å minimere behovet for å bruke vann fra drikkevannsnettet, legges det opp til bruk av renset avløpsvann til spyling. Avløpsvann hentes fra utslippskanalen og pumpes gjennom en trykksil for rensing til ca 5 bars trykk inn på maskinene. Det etableres en backup for dette for spyling med rent vann fra anlegget for brutt vannspeil.

Prosessvannsbehovet for utstyr som er plukket ut som eksempel er:

- Innløpsrister, 3stk 3 m^3/h pr stk
- Launderkanal 25 m^3/h
- Ristgodsvasker, 2 stk 4 m^3/h pr stk
- Sandvasker, 2 stk 3 m^3/h pr stk
- Sum ca 50 m^3/h,14 l/s ved samtidig drift på alle maskiner
- Antatt maks. momentanforbruk på ca. 35 m^3/h

Dette er maksimalt momentant vannbehov angitt fra en leverandør til en bestemt type maskiner. Vannforbruket for andre likeverdige maskiner vil kunne variere. I praksis vil maksimalt forbruk være lavere enn angitt siden like maskiner ikke vil gå i vaskemodus samtidig. Forbruket vil gjennomsnittlig være adskillig lavere siden vaskesekvensene er korte og frekvensen er begrenset.

7.2. Prosessvann rent vann

I anlegget må det etableres en pumpestasjon for rent prosessvann. Denne etableres ved at rent drikkevann fylles i en buffertank. Fra denne pumpes vannet ut på et distribusjonsnett i renseanlegget. Hensikten med buffertanken er å lage et brudd i forsyningen slik at man er sikker på at man ikke kan få tilbakeslag med avløpsvann inn på rentvannsnettet.

Prosessvannsbehovet med rent vann er som følger:

- Polymeranlegg, 2 stk 4 m^3/h til sammen
- Avvanningsmaskin skruepresse, 2 stk 7 m^3/h pr stykk
- Spyleslanger 3 samtidig 10 m^3/h
- Fortykkermaskiner, 2 stk 2,1 m^3/h pr stk
- Fylling av slambiler 20 m^3/h
- Backup prosessvann 35 m^3/h
- Sum ca. 80 m^3/h

7.3. Pumpestasjon internt spillvann

Det må etableres en intern spillvannspumpestasjon for slukvann fra gulv og kjørearealer, toalett, håndvasker/utslagsvasker og lignende. Denne etableres som en standard spillvannspumpestasjon med sump og dykkede pumper.

7.4. Polymerdosering

Det vil sannsynligvis være slik at fortykkingen og sluttavvanningen vil ha behov for forskjellig polymer. Det betyr at en må regne med å installere to polymerberedningssystem. På anlegg av denne størrelsen, brukes polymer i pulverform levert i storsekk, et system som vist i Figur 7.

Figur 7: Polymerberederanlegg /tomal.no

Polymerpulveret blandes ut med lunkent vann og lagres i en modningstank der den reagerer og blir aktivert, før den fortynnes mer og overføres til en tank der bruksløsningen lagres. Doseringen styres vanligvis fra automatikk som styrer avvanningsmaskinene.

7.5. Blåsemaskiner

Blåsemaskinene brukes der en trenger lavtrykksluft i store mengder, gjerne i jevn strøm

- Sandfang, 2 stk, 1 har kapasitet på dim mengde, ca. 1000 m^3/h
- Biotrinn, 3 stk, 2 har kapasitet til dim mengde, ca. 2600 m^3/h
- Tømming av septikbiler, 1 stk, ca. 1000 m^3/h
- Blåsemaskiner for lufting av kanaler der man ikke oppnår selvrensing, 3 stk, 100-200 m^3/h

7.6. Kompressorer

Trykkluften brukes der det er behov for høytrykksluft. Det installeres separate kompressorer til:

- Pneumatiske ventiler/verktøyluft*
- Mammutpumper sandfang*
- Slamkanoner, 2 stk

*Det installeres til sammen tre kompressorer slik at én kompressor reserve for begge funksjonene.

7.7. Akkreditert prøvetaking

Prøvetakingen skal foregå i henhold til kravene som stilles til akkreditert prøvetaking. Innløpsprøvene taes ut på et punkt slik at interne returstrømmer ikke taes med i prøvetakingen, men slik at septik som tilføres blir med i innløpsprøvene.

Utløpsprøvene taes i utslippskum.

Ved prøvepunktene etableres det turbulent strømning for å sikre god oppblanding og reperesentative prøver. Det kan gjøres med innsnevring i ledninger, i kanal ved å ved å ta prøver i forbindelse med vannstandssprang.

Selve prøvtakeren består av en sugepumpe som tar ut blandprøver, styrt av en programmerbar kontroller som tar prøve proporsjonalt med avløpsmengden. Prøvene fylles direkte på

blandprøveprøvebeholdere som står i kjøleskap. Det kan med fordel lages en liten «prøvetakingsbu» der utstyret plasseres.

7.8. Instrumentering

Instrumenteringen skal ivareta behovet for drift og overvåking av prosessen. Det skal også ivareta kravene som stilles til mengdemåling ift. utslippskrav og kravene som stilles ved akkreditert prøvetaking. Alle disse skal være tilgjengelig på skjermbilder i driftskontrollsystemet og det defineres alarmgrenser der det er relevant. Her er en oversikt:

- Elektromagnetiske mengdemålere iht. flytskjema
- Tørrstoff-/mengdemåler for slam for samleledningene fra for- og ettersedimentering, samt før fortykekrmaskiner og avvanningsmaskiner
- Trykkgivere på pumpeledninger
- O2-givere i bioreaktorer
- pH-givere
- Nivågivere (radar) for bassenger og kanaler
- Nivåmålere ristgodscontainere
- Nivåvakter for overløp og vann på gulv
- Veieceller for slamcontainere

8. FLEKSIBILITET OG MULIGHETER FOR UTVIDELSE

På det biologiske rensetrinnet ligger inne en reserve i dimensjoneringen på 20 %, det gjør at det er rom for vekst i befolkning og etableringer av noe næring med stort utslipp av organisk materiale. Det vil også være rom for leveranse av større mengde septik enn det som var forutsatt opprinnelig.

Det ligger også inne muligheter for å bytte bæremedie til et mer arealeffektivt bæremedie, det kan øke kapasiteten for å håndtere organisk materiale med ca. 20 %. Da må også luftekapasiteten økes, eventuelt kan en bruke noe av reservekapasiteten til ordinær drift.

Hvis det kommer krav om fjerning av fosfor, er det lagt til rette for kjemisk felling med jern eller aluminium. Det er kontrollert at om en del av sedimentasjonsbassengene bygges om til flokkulering, er det kapasitet til å få en god partikkelavskilling i det resterende bassengarealet. Tanker for kjemikalier kan plasseres på dekket over sedimentasjonsbassengene. Kjemisk felling vil også gi en større fjerning av de minste partiklene ut fra biotrinnet, noe som gjør at det blir mulig å belaste biotrinnet med mer organisk materiale. Det vil gi en kapasitetsøkning på biologisk trinn på 110 %. Slamproduksjonen vil øke kraftig ved kjemisk felling for fosforfjerning.

Alternativt kan en bygge om til biologisk fosforfjerning, som gir større muligheter for gjenvinning av fosforet. Det krever en større ombygging, men vil være mulig så sant avløpsvannets sammensetning tillater det.

Hvis det er behov for en bedre fjerning av partikler fra avløpet, kan en i stedet for å bruke kjemisk felling bruke polymerkoagulering, eventuelt i kombinasjon med en lav dose fellingskjemikalie. En vil da oppnå bedre partikkelavskilling, eventuelt sammen med en økt kapasitet på biotrinnet uten stor økning i slamproduksjon. Alternativt kan en bygge om ettersedimenteringen til flotasjon, det vil også kreve bruk av en koagulant. Et tredje alternativ vil være å bygge et etterpoleringstrinn i form av en finsil eller hurtigsandfilter.

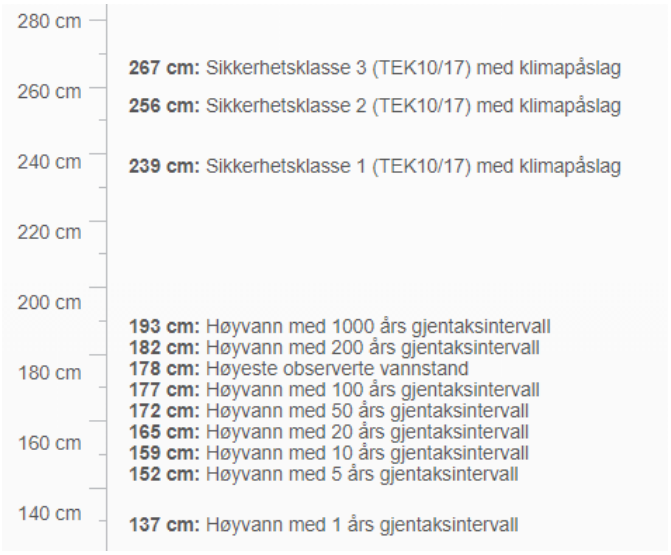
Det vil sannsynligvis være mulig å bygge om anlegget til nitrogenfjerning med de bassengvolumene som er tilgjengelig, sedimenteringsvolumene som bioreaktorer og bygge om til en ekstremt arealgjerrig partikkelseparasjon som ballastert flokkulering eller svært høybelastet flotasjon i samme volum eller i en ny sidehall. Dette er ikke kontrollert i detalj.

9. HYDRAULISK PROFIL

9.1. Forutsetninger

Det er i utgangspunktet ønskelig at anlegges plasseres høydemessig slik at man får selvfall gjennom anlegget og ut på utslippsledning fram til utslippspunktet. Det forutsettes med andre ord at man ikke skal pumpe renset avløpsvann ut til utslippspunktet.

I tidevannstabellen for Kvasnes er høyvann med 1000 år gjentaksintervall angitt til +1,93. Tidevann med klimapåslag for sikkerhetsklasse 1 (TEK10/17) er angitt til +2,39.



Anlegget dimensjoneres hydraulisk for at sjøvannstanden skal kunne være +2,39.

Nødoverløpet dimensjoneres hydraulisk for at sjøvannstanden skal kunne være +2,67.

Det er tre alternative plasseringer av renseanlegget:

1. Kvasneset
2. Kongshaugen
3. Veibust

Utslippspunktet er besluttet til å ligge ca. 300 m fra land sør for Kvasneset.

9.2. Utslippsledning

Hydraulisk har dybden på utslippspunktet og utformingen av utslippspunktet betydning. Det er besluttet at utslippet skal ligge på 60 m dyp, og at dimensjonen på enden av utslippsledningen bør ha en indre diameter på 494 mm.

Med en dimensjonerende mengde på 700 l/s tilsier at maksimal dimensjon der man kan oppnå tilstrekkelig hastighet til å fjerne luft vil være en 800 mm PE SDR17. Det er derfor denne dimensjonen som legges til grunn. Det er benyttet en hydraulisk ruhet på k = 1,0 mm.

De hydrauliske forholdene for de tre alternative plasseringene er angitt i tabellen under.

	1. Kvasneset	2. Kongshaugen	3. Veibust
Lengde utslippsledning	1200 m	1750 m	2250 m
Dimensjonerende sjøvannstand	2,39	2,39	2,39
Tetthetsforskjell 60 m dyp	1,56	1,56	1,56
Tap i utløp fra utslippsledning	0,68	0,68	0,68
Friksjonstap i utslippsledning	6,54	9,32	11,84
Nødvendig vannivå i utslippskum	**11,17**	**13,95**	**16,47**
Nødvendig fall gjennom anlegget	5,50	5,50	5,50
Nødvendig vannivå før innløpsrister	**16,67**	**19,45**	**21,97**
Nødvendig høyde til topp fjellhall ved innløp	7,00	7,00	7,00
Høyeste punkt på fjellhall	**23,7**	**26,5**	**29,0**

9.3. Alternative høyder med pumping ut

Som et alternativ til å ha full kapasitet ut i dimensjonerende situasjon kan man se for seg to alternative dimensjoneringskriterier som angitt under.

9.3.1. Middelvannstand og $Q_{maksdim}$

Grense for kapasitet uten pumping hvis begge disse kriteriene er oppfylt:

- Middel vannstand på -0,05
- $Q_{maksdim}$ på 600 l/s.

	1. Kvasneset	2. Kongshaugen	3. Veibust
Lengde utslippsledning	1200 m	1750 m	2250 m
Dimensjonerende sjøvannstand	-0,05	-0,05	-0,05
Tetthetsforskjell 60 m dyp	1,50	1,50	1,50
Tap i utløp fra utslippsledning	0,50	0,50	0,50
Friksjonstap i utslippsledning	4,81	6,86	8,71
Nødvendig vannivå i utslippskum	**6,76**	**8,81**	**10,66**
Nødvendig fall gjennom anlegget	5,50	5,50	5,50
Nødvendig vannivå før innløpsrister	**12,26**	**14,31**	**16,16**
Nødvendig høyde til topp fjellhall ved innløp	7,00	7,00	7,00
Høyeste punkt på fjellhall	**19,3**	**21,3**	**23,2**

9.3.2. Flo og Q_{midl}

Grense for kapasitet uten pumping hvis begge disse kriteriene er oppfylt:

- 1-årsflo på +1,37
- Q_{mid} på 260 l/s.

	1. Kvasneset	2. Kongshaugen	3. Veibust
Lengde utslippsledning	1200 m	1750 m	2250 m
Dimensjonerende sjøvannstand	1,37	1,37	1,37
Tetthetsforskjell 60 m dyp	1,53	1,53	1,53
Tap i utløp fra utslippsledning	0,13	0,13	0,13
Friksjonstap i utslippsledning	0,92	1,31	1,66
Nødvendig vannivå i utslippskum	**3,95**	**4,34**	**4,69**
Nødvendig fall gjennom anlegget	5,50	5,50	5,50
Nødvendig vannivå før innløpsrister	**9,45**	**9,84**	**10,19**
Nødvendig høyde til topp fjellhall ved innløp	7,00	7,00	7,00
Høyeste punkt på fjellhall	**16,5**	**16,8**	**17,2**

Selv om det hydraulisk ville vært mulig å legge anlegget på denne høyde, så er det ikke mulig i praksis på grunn av høydenivåene for plassering av adkomst til anlegget.

9.3.3. Anbefaling vedrørende høydemessig plassering av anlegget

For videre vurderinger er det tatt utgangspunkt i alternativet med plassering av anlegget i Kongshaugen.

Hvilken høyde anlegget kan plasseres på avhenger av adkomsttunnelen. Vi er avhengig av å ha fall på utslippsledningen i adkomsttunnelen. Tunnelen må derfor legges med fall fra utløpskummen inne i anlegget til tunnelportalen. Vi forutsetter at fall på adkomsttunnel og utslippsledning må være minst 5 ‰.

Adkomsttunnelen har en lengde på 350 m. Med 5 ‰ fall gir dette en høydeforskjell på 1,75 m.

Nivået på Kongshaugveien er kt. 6,75.

Nivå på portal kan settes til kt. 7,00.

Nivå på kjøreareal inni anlegget blir da kt. 8,75.

Normalt ville man lagt bunnplate i ettersedimenteringsbassenget på dette nivået.

Dette gir en høyde på avdragsrenner på kt. 11,75.

Dette gir maks nivå utløpskum på kt. 10,55.

Dette gir en spart pumpehøyde inn på anlegget på 3,40 m (kt. 13,95-10,55 = 3,40).

Med en mengde på 200 l/s (redusert fra Q_{mid} på 260 l/s), totalvirkningsgrad for pumpingen til anlegget på 45 % og energipris på 1 kr/kWh, så gir dette en årlig besparelse på ca. 130 000 kr. En pumpestasjon internt på anlegget vil også bruke energi og ha driftskostnader. Hvis man sier at en pumpestasjon har en årlig driftskostnad på 30 000 kr, så er den reelle besparelsen på 100 000 kr per år. Med en forenklet nåverdiberegning betyr dette at man kan investere inntil ca. 1 mill. kr for å spare 100 000 kr per år.

Med en slik høydemessig plassering vil utslippsanlegget ha kapasitet til å ta $Q_{maksdim}$ ved sjøvannstand opp til kt. 1,69. En sjøvannstand på kt. 1,69 er i tidevannstabellen oppgitt til å ha et gjentaksintervall på over 20 år.

Bygging av en pumpestasjon på utløpet bør derfor utsettes til det viser seg å bli behov for det. Mest sannsynlig vil det gå mange år før behovet oppstår.

Konsekvensen hvis mengden blir slik at utslippsledningen ikke har kapasitet til å ta unna er at det vil avlastes litt renset avløpsvann i nødutslippsledningen. Dette vil kun skje under flo, altså et par ganger i døgnet over en periode på noen dager.

Alternativt kunne anlegget plasseres lavere (og dermed øke besparelsen), men da ville tunnelportalen måtte plasseres lavere enn nivået på Kongshaugveien med de utfordringene det medfører. Dette anses ikke som en god løsning.

9.4. Hydraulisk profil fra utløp til innløp

Nødvendige høyder i hydrauliske kontrollpunkter er angitt i tabellen under. Kotehøydene er satt med forutsetning om at kjørearealet ligger på kt. 8,75 og at nivå i utløpskum maksimalt kan være på kt. 10,55.

Kontrollpunkt	Relativ høyde	Kote-høyde	Kommentar
1. Høyde på utløpskant der vannet renner ned i.	0,00	10,55	
2. Høyde på bunn samlekanal etter sedimentasjonsbassengene	0,00	10,55	
3. Høyde på bunn samlekanal etter avdragsrenner i sedimentasjonsbassengene	0,60	11,15	Dette er 0,60 over forrige punkt.
4. Høyde på avdragsrenner i sedimentasjonsbassengene	1,20	11,75	Dette er 0,60 over forrige punkt. Nivå ved Q=0 er 5 cm lavere.
5. Høyde på bunn samlekanal før sedimentasjonsbassengene	0,70	11,25	Her valgt til 0,50 under 4.
6. Høyde på bunn samlekanal etter MBBR	1,70	12,25	Her valgt til 0,50 over 4.
7. Høyde på overløpsterskel mellom MBBR og sedimentasjonsbassenger			Overløp utgår. Kanalluker inn til ettersedimentering utformes slik at vannet vil renne over kanalluka dersom den er stengt.
8. Høyde på utløpskant etter MBBR	3,10	13,65	Satt 0,15 over overløpsterskel i 7 ved avlastning
9. Høyde på innløpskant før MBBR	3,45	14,00	Brukt 0,35 fra 8 som på Odderøya
10. Høyde på bunn samlekanal før MBBR	2,45	13,00	1,00 under innløpskant
11. Høyde på overløpsterskel mellom forsedimentering og MBBR	3,75	14,30	0,30 over 9 Lengde på overløpskant lik 7 m gir 0,15 i oppstuvning ved avlastning.
12. Høyde på bunn samlekanal etter forsedimentasjonsbassengene	3,00	13,55	0,55 over 10 for å få selvrensing i samlekanal etter forsedimentasjon

13. Høyde på bunn samlekanal etter avdragsrenner i forsedimentasjonsbassengene	3,40	13,95	0,40 over 12, tilsvarende som for ettersedimentering
14. Høyde på avdragsrenner i forsedimentasjonsbassengene	4,20	14,75	0,80 over 13, tilsvarende som for ettersedimentering Nivå ved Q=0 er 5 cm lavere.
15. Høyde på bunn samlekanal før forsedimentasjonsbassengene	4,20	14,75	Settes lik 14 slik at man alltid har selvrensing i kanalen. Må lages et arrangement på innløp som roer ned vannstrømmen inn i bassenget.
16. Høyde på overløpsterskel mellom sand-/fettfang og forsedimentasjonsbassenger	4,95	15,50	0,75 over 15 Lengde på overløpskant lik 7 m gir 0,15 i oppstuvning ved avlastning.
17. Høyde på utløpskant etter sand-/fettfang	5,60	16,15	Satt 0,15 over overløpsterskel i 16 ved avlastning
18. Høyde på kanalbunn før/etter innløpsrister og før sand-/fettfang	5,50	16,05	0,10 under 17
19. Høyde på overløpskant før innløpsrister	7,00	17,55	1,50 over kanalbunn, altså oppstuving på rist maksimalt 1,50
20. Høyde på overløpskant til nødutslippsledning	0,00	10,55	Høyden her settes lik nivået på samlekanal etter sedimenteringsbassengene. Dette gir en tilgjengelig høydeforskjell i forhold til det laveste overløpet i anlegget (pkt. 11 på 3,75 m (14,30 -10,55=3,75). Med denne høydeforskjellen kan nødoverløpsledningen i anlegget ha innvendig diameter 600 mm.

9.5. Dimensjonering nødutslippsledning

Med en overløpskant i nødutslippskummen på kt. 10,55, høyeste mulige sjøvannstand på kt. 2,67, lengde på 900 m og utslipp på 30 m dybde må nødutslippsledningen ha en innvendig diameter på minimum 700 mm.

KILDER

1 Johannesen et Al 2020 - Norsk vann rapport 256 Veiledning for dimensjonering av renseanlegg
2 Asplan Viak AS Dimensjoneringsgrunnlag for overføringsanlegg rev 02 11.08 2020
3 Norconsult 2019 dimensjonerende stoffbelastninger RA3 Larsgården og RA5 Breivika
4 Lyngstad et Al 2017 - Norsk vann rapport 227 Beregning av forurensingsutslipp fra renseanlegg
5 Paulsrud 1982 VANN -

02	30.04.21	Vedlegg til forprosjektrapport	MK/SS	FAS
01	07.12.20	Sendt for gjennomgang	MK/SS	FAS
VERSJON	**DATO**	**BESKRIVELSE**	**UTARBEIDET AV**	**KS**

asplan viak

Ålesund kommune

INGENIØRGEOLOGISK RAPPORT
NYTT AVLØPSRENSEANLEGG FOR SULA OG ÅLESUND
FORPROSJEKT

Rapporten beskriver bergforhold og innledende ingeniørgeologiske vurderinger for aktuelle plasseringer, utført på forprosjekt

Dato: 30.04.2021
Versjon: 02

Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver:	Ålesund kommune
Tittel på rapport:	Ingeniørgeologisk rapport - Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund
Oppdragsnavn:	Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund - Renseanlegg
Oppdragsnummer:	624969-03
Utarbeidet av:	Tonje Mek Eidset
Oppdragsleder:	Øystein Tranvåg
Tilgjengelighet:	Åpen

Sammendrag

Asplan Viak er engasjert av Ålesund kommune og Sula kommune for å utrede mulighetene for å etablere et felles avløpsrenseanlegg i fjell ved Kvasnes i Sula kommune. Renseanlegget skal ta imot avløpsvann fra Sula og deler av gamle Ålesund kommune. I denne forbindelse er det utarbeidet et teknisk forprosjekt, der tre alternative plasseringer av fjellhaller er vurdert;

- Alternativ 1: Kolle vest for Kvasneset
- Alternativ 2: Kolle sørvest for Kongshaugen
- Alternativ 3: Veibustfjellet

Etter planen skal renseanlegget ta imot kloakk fra ca. 70.000 personekvivalenter. Med bakgrunn i gjeldende regelverk, plasseres fjellhallene i tiltaksklasse 3. Adkomst-/rømningstunnel plasseres i tiltaksklasse 2. Ved kryssing av Breidalen skal tiltaksklasse 3 benyttes.. Bergskjæringer plasseres i tiltaksklasse 2-3 avhengig av bergskjæringshøyde. Tilsvarende inndeling er valgt for geoteknisk kategori, basert på pålitelighetsklasse og vanskelighetsgrad.

Berggrunnen består av granittisk gneis. Bergmassens mekaniske egenskaper er ikke undersøkt for prosjektet, men refraksjonsseismiske målinger i området utført av GeoPhysix, tyder på god bergmassekvalitet under dagfjellsonen som har en dybde på ca. 4-12 meter. Bergmassekvaliteten er i henhold til Q-systemet klassifisert som i hovedsak middels til god med Q-verdier på 8-40.

Sprengsteinsmassene kan trolig benyttes som tilslag i veg, muligens som betongtilslag. For høyt glimmerinnhold kan begrense bruksområder for betong. Prøver fra lokale steinbrudd har glimmerinnhold under, men opp mot, veiledende grenseverdi på ca. 20% glimmerinnhold. Bergmassen kan uansett benyttes til rene utfyllingsformål.

Feltundersøkelser har identifisert tre markerte sprekkesett i området. To steile sprekkesett orientert med strøk-retning på hhv. N-S og NØ-SV er mest fremtredende.

Det er anslått et bergmasseuttak på 130 – 160 000 fm^3 og et løsmasseuttak mellom 10-60 000 m^3 avhengig av valg alternativ. I forskjæring og i områder ved lite bergoverdekning, må det påberegnes dårligere bergmassekvalitet.

Løsmassene i området består ifølge kvartærgeologisk kart primært av morenemateriale av ulik mektighet, og hav- og fjordavsetning og strandavsetning nærmest sjøen. Grunnundersøkelser viser at løsmasser på land i hovedsak består av sand, grus og stein. Undersøkelsene viser stor løsmassemektighet i dagsone ved alternativ 1, 7 – 13 meter, og mindre løsmassemektighet ved alternativ 2 og ved alternativ 3, ca. 0,5 og 5,5 meter meter.

Fjellanlegget består av to fjellhaller med dimensjonene ca. 125-140 x 25 meter (lengde(r) x bredde) og en høyde på opptil 18 meter. Hallene er tilknyttet adkomst og rømningstunnel med en rundkjøring med en bergstabbe i midten. I tillegg er det et teknisk rom. Teknisk rom og orientering av adkomst-/ rømningstunnel tilpasses fjellhallplasseringen. Bergoverdekningen bør være minimum 25

meter. For de mulige alternativene varierer bergoverdekningen fra 25 til 60 meter. Det skal etableres to ventilasjonssjakter fra fjellhallene. Disse hullene har diameter 2 meter og er opptil 60 meter lange.

Fjellhaller og adkomst-/rømningstunneler antas sprengt som konvensjonell driving, med boring og sprengning. Primært antas det at sikring med bolter og fiberarmert sprøytebetong vil være tilstrekkelig. I områder med større spenn og ved høye vegger, må det påberegnes mer bergsikring. Det må også påberegnes at det kan bli behov for armerte sprøytebetongbuer dersom det påtreffes spesielt dårlig bergmasse. Dette gjelder spesielt ved kryssing av Breidalen. Systematisk sonderboring antas å være tilstrekkelig for å vurdere omfang injeksjon. Antatt innlekkasjekrav for anlegget er 20l/min/100m.

Anlegget vil i alle skisserte alternativene plasseres i nærhet til bebyggelse og infrastruktur. Dette medfører behov for bygningsbesiktigelse og fastsetting av vibrasjonskrav samt vurderinger av mulighet for vibrasjonsutløste steinsprang. Dette utføres i detaljprosjekt.

Alle alternativer presentert i rapporten vurderes som teknisk gjennomførbare. Alternativ 1 vurderes likevel som mindre egnet med hensyn til bergoverdekning og nærhet til potensielle svakhetssoner, i tillegg til et stort løsmasseuttak og arealinngrep. Det må også etableres midlertidig tiltak for uttak omlegging av trafikk ut til Kvasneset under driving av tunneler.

Plassering av fjellhall i kollen sørøst for Kongshaugen (alt. 2) gir god bergoverdekning for fjellhaller. Utført seismikk tyder på god bergmassekvalitet under dagfjellsonen. Utførte grunnundersøkelser viser liten løsmassemektighet i dagsone, og alternativet gir korte forskjæringer og et arealmessig lite inngrep.

Plassering i Veibustfjellet (alt. 3), gir god overdekning for fjellhaller. Grunnet slakere terreng, blir forskjæringer lenger enn alternativ 1 og 3. Dette gir mer masseuttak og lengre tunnelportaler. Tunnelene inn til fjellanlegget blir også lengst. Alternativet gir også kryssing av Breidalen som kan gi behov for mer bergsikring.

Ut fra et ingeniørgeologisk syn er alternativ 2 det mest egnede alternativet.

02	30.04.21	Revisjon av ingeniørgeologisk rapport etter utførte undersøkelser.	TME	LEF
01	13.03.20	Ingeniørgeologisk rapport – Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund	TME	AHP
VERSJON	**DATO**	**BESKRIVELSE**	**UTARBEIDET AV**	**KS**

Forord

Asplan Viak er engasjert av Ålesund kommune og Sula kommune for å gjennomføre et teknisk forprosjekt. I dette forprosjektet skal muligheten for å etablere et felles renseanlegg i fjell for Ålesund og Sula utredes.

Leif Egil Friestad og Tonje Mek Eidset har utført befaring og ingeniørgeologiske vurderinger. Rapport er skrevet av Tonje Mek Eidset. Leif Egil Friestad har stått for sidemannskontroll.

Øystein Tranvåg er oppdragsleder for Asplan Viak.

Ørsta, 30.04.2021

Øystein Tranvåg
Oppdragsleder

Tonje Mek Eidset

Rapportansvarlig

Leif Egil Friestad

Kvalitetssikrer

Innhold

INNLEDNING 6

1.1. Prosjektområdet 7
1.2. Anleggets utforming 8

2. REGELVERK 9

2.1. Geoteknisk kategori 9
2.2. Tiltaksklasse for Kvasneset renseanlegg 10
2.3. Oppsummering av geoteknisk kategori og tiltaksklasse 11
2.4. Prosjekterings- og utførelseskontroll 11

FAKTADEL 12

3. GRUNNLAGSDATA 12

3.1. Kartgrunnlag for terreng- og strukturanalyse 12
3.2. Grunnlagsmateriale 12
3.3. Utførte undersøkelser 13

4. RESULTATER FRA UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER 14

4.1. Tidligere utførte undersøkelser 14
4.2. Utførte grunnundersøkelser for forprosjekt 16
4.3. Løsmassemektighet 18

5. OMRÅDEBESKRIVELSE 19

5.1. Geologi og kvartærgeologi 19
5.2. Hydrogeologi 28
5.3. Aktsomhetsområder for skred 29

TOLKNINGSDEL 32

6. INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER 32

6.1. Svakhetssoner 32
6.2. Tolking av tidligere utførte geofysiske undersøkelser 36
6.3. Bergkvalitet, bergspenninger og nødvendig bergoverdekning 37
6.4. Orientering og utforming av anlegget 38
6.5. Skredfare ved påhuggsalternativer 47
6.6. Vibrasjoner og bygningsbesiktigelse 49
6.7. Hydrogeologi 49
6.8. Drivemetodikk for tunneler og fjellhaller 51
6.9. Klassifisering og bruk av bergmassen 51
6.10. Bergsikring 55

7. VURDERING AV ALTERNATIVER 60

8. GJENNOMFØRBARHET 67

9. VIDERE ARBEIDER 68

9.1. Bemanning 68

9.2. Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA) 68
9.3. Inspeksjonsbehov.....68
9.4. Videre undersøkelser og vurderinger 68

10. KONKLUSJON 70

11. VEDLEGG.....71

KILDER 72

INNLEDNING

Asplan Viak er engasjert av Ålesund kommune og Sula kommune for å utrede mulighetene for å etablere et felles avløpsrenseanlegg for Ålesund og Sula i fjell ved Kvasnes i Sula kommune. Renseanlegget skal ta imot avløpsvann fra Sula og deler av gamle Ålesund kommune. I denne forbindelse er det utarbeidet et teknisk forprosjekt. Det er foreslått tre plasseringer for det nye renseanlegget, se Figur 1:

- Kollen like vest for Kvasneset, markert Alt.1.
- Kollen vest for Kongshaugen, markert Alt. 2.
- Veibustfjellet, markert Alt. 3.

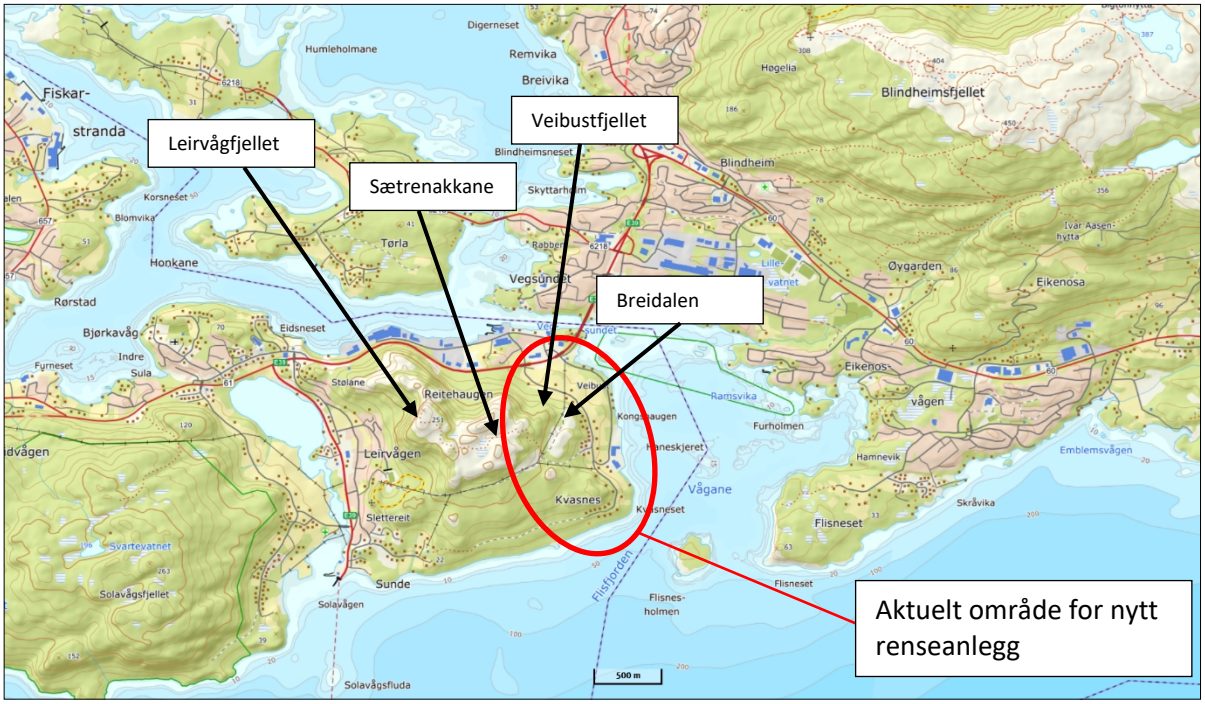
Denne rapporten beskriver bergforhold og ingeniørgeologiske vurderinger for aktuelle plasseringer av avløpsrenseanlegg i fjell samt forskjæringer og byggegrop i dagen.

Vurderingene av de ulike alternativene tar utgangspunkt i minste bergoverdekning, nødvendig avstand mellom hallene, antatte svakhetssoner og vurdering av utførte grunnundersøkelser. Krysningspunkt mellom svakhetssoner og markerte søkk i terrenget er omtalt.

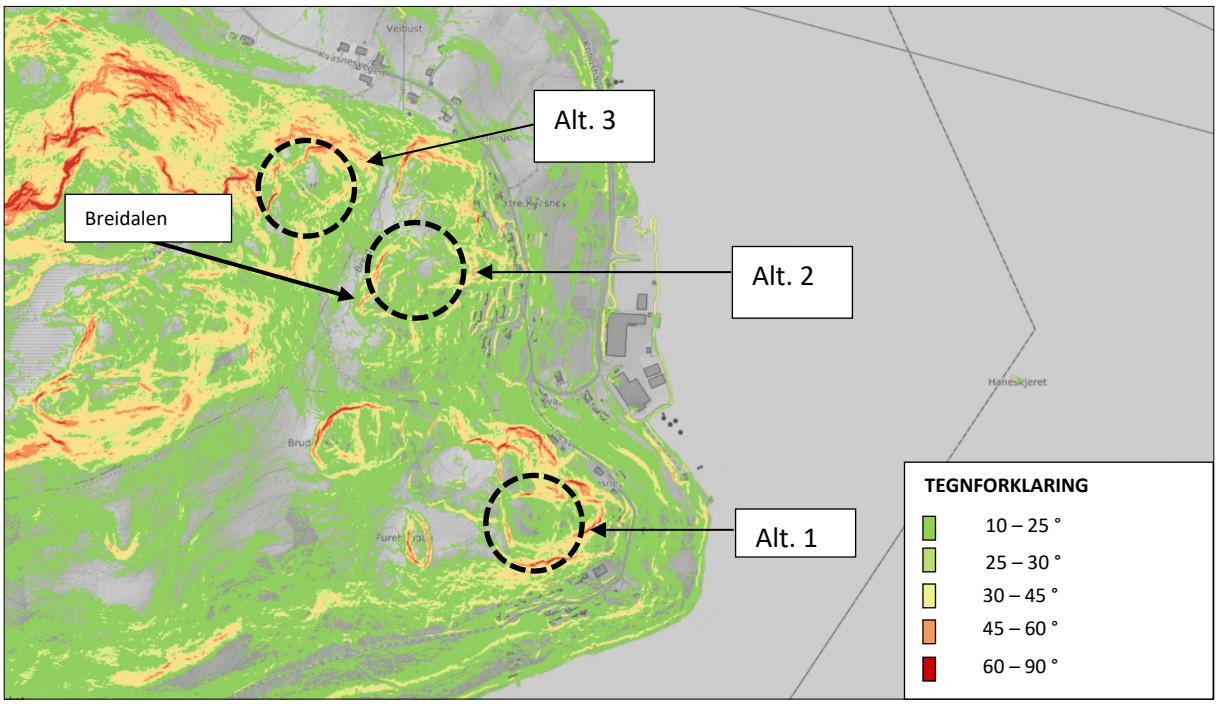
Figur 1: Flyfoto over alternative plasseringer av avløpsrenseanlegget [6]

1.1. Prosjektområdet

Prosjektområdet ligger helt øst i øykommunen Sula. Hovedtrenden i området er at terrenget stiger mot nordvest, fra havnivå over Sætrenakkane (210 moh.) og opp til Leirvågfjellet (ca. 250 moh.). Terrenget har flere parallelle forsenkinger, orientert med strøkretning SV-NØ, deriblant Breidalen øst for Veibustfjellet, se Figur 2. Det er også ca. Ø-V gående forsenkninger i terrenget. Området er i hovedsak dekket av løvskog av varierende bonitet og åpen jorddekt fastmark. På de høyeste toppene langs fjellryggen, er åpen grunnlent fastmark dominerende [1]. Figur 3 viser et terrenghelningskart over området.



Figur 2: Oversiktskart som viser plasseringen til prosjektet [2]



Figur 3: Terrenghelningskart for området der altenativene for renseanlegget ligger..

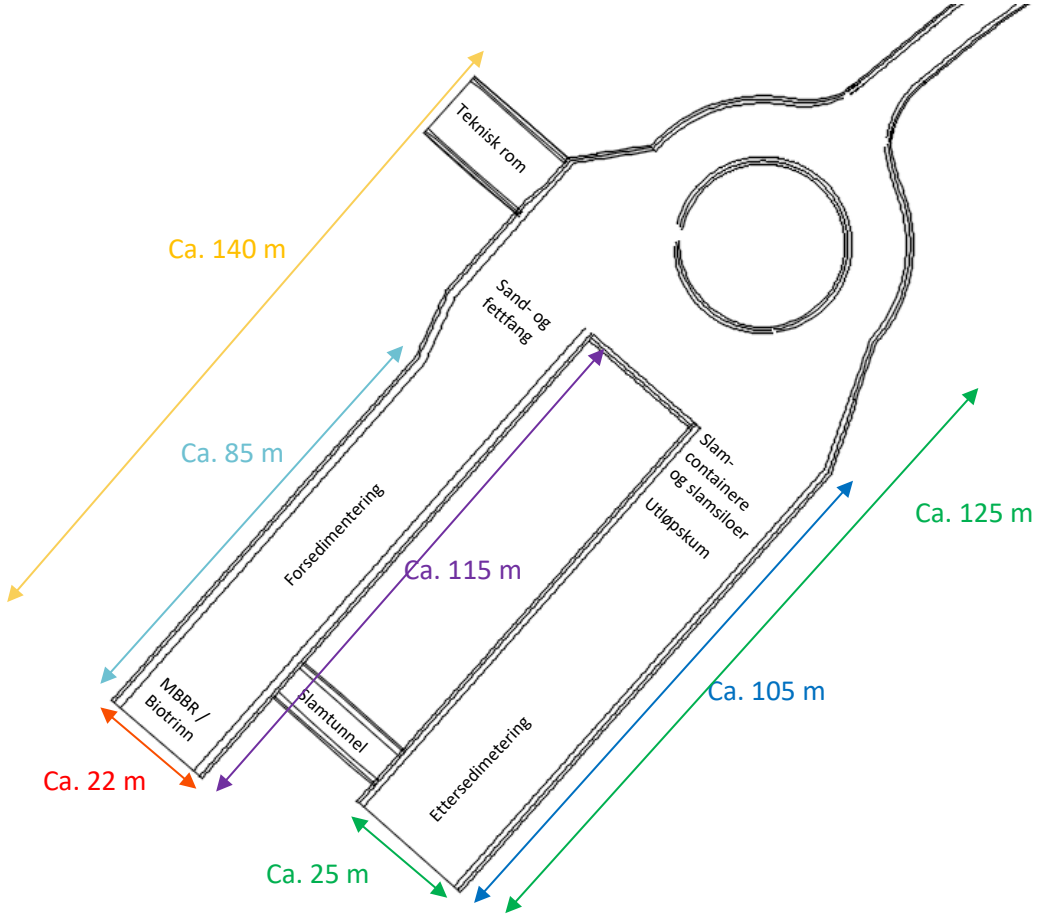
1.2. Anleggets utforming

I gjeldene planfase tas det utgangspunkt i to fjellhaller med dimensjonene ca. 125-140x25 meter (lengde(r) x bredde), og en høyde på mellom ca. 10 – 18 meter, se Figur 4. Fjellhallene er forbundet gjennom kjøreareal og rundkjøring i ytre deler og av en slamtunnel i indre deler.

Tilløps/adkomsttunnel og rømningstunnel går inn til fjellhallene fra en dagsone. Tverrsnittarealet til adkomsttunnelen huser konstruksjon for avløp under kjørebanen. Adkomsttunnelen har et tverrsnitt på i overkant av 40 m^2, men et berguttak på i overkant 60 m^2 grunnet nødvendige grøfter.

Rømningstunnelen har et fritt rømningsprofil på ca. 3x3 meter og et teoretisk sprengningsprofil på om lag 27 m^2. Dette for å kunne benytte samme utstyr i berguttak av hele anlegget.

Omtrentlige plasseringer av fjellhallene er vist i skissen i Figur 33, mens forslag til tverrsnitt for adkomsttunnel er vist i Figur 34. Forslag til tverrsnitt på rømningstunnel er vist i Figur 35. Merk at samtlige fjellhallskisser i rapport viser tenkt utforming i kollen sørøst for Kongshaugen, med tilkomst fra Kongshaugen. Fjellhallene er rotert noe for alternativ 1 og 3. Teknisk bygg kan spegles og tunneler kan komme inn med annen orientering, avhengig av valgt alternativ.



Figur 4: Skisse av anleggets utforming med dimensjoner. Plantegning. Rømningstunnel er ikke med i skisse, men vil komme parallelt med adkomsttunnel. Teknisk rom kan plasseres på begge sider av rundkjøring.

2. REGELVERK

2.1. Geoteknisk kategori

I henhold til Eurokode 7 [28] skal konstruksjoner i berg defineres i geoteknisk kategori ut fra pålitelighetsklasse (CC/RC), samt grunnforholdenes og prosjektets vanskelighetsgrad.

- **Pålitelighetsklasse:** Det vises til Norsk bergmekanikkgruppe (NBG) sin «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering» [29]. Tabellen er en forenkling av NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 kap. NA.A1.3.1(901) Tabell NA.A1(901) [30], tilpasset bergteknisk prosjektering. Tabellen angir veiledende eksempler for valg av pålitelighetsklasse.
- **Vanskelighetsgrad:** NBGs veileder klassifiserer også vanskelighetsgrad på grunnlag av grunnforhold og type prosjekt, med beskrivelser for de tre ulike vanskelighetsgradene.

Tabell 1: Klassifisering av geoteknisk kategori [29]

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC 1	1	1	2
CC/RC 2	1	2	2/3
CC/RC 3	2	2/3	3
CC/RC 4	*	*	*

* Vurderes særskilt

2.1.1. Geoteknisk kategori for Kvasneset renseanlegg

Geoteknisk kategori blir vurdert ut fra prosjektets pålitelighetsklasse (konsekvens) og grunnforholdenes kompleksitet (vanskelighetsgrad).

2.1.1.1. Fjellhaller

I permanent-/driftsfasen vil fjellhallene huse konstruksjoner og teknisk utstyr. Etter at betongkonstruksjonene inne i fjellhallene er etablert, vil deler av tunneltverrsnittet ikke være tilgjengelig for supplerende sikring. Videre, har anlegget stedvis stort spenn sammenlignet med overdekning.

Det legges opp til mulighet til inspeksjon bak betongkonstruksjon i veggene. Konsekvensen av en skade i permanentfase vurderes som stor/svært alvorlig, men muligheten for jevnlig inspeksjon av berg og bergsikring gjør at ustabiliteter kan fanges opp før eventuelle nedfall og berget kan ettersikres.

«Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller» skal normalt plasseres i pålitelighetsklasse (CC/RC) 3 [29]. Til tross for inspeksjonsmuligheter i permanentfase, settes pålitelighetsklassen for fjellhaller derfor til (CC/RC) 3.

2.1.1.2. Bergskjæringer

I henhold til N200 [31], skal alle bergskjæringer over 10 m høyde i vegprosjekter i utgangspunktet plasseres i geoteknisk kategori 3 med tilhørende krav til uavhengig kontroll. Ved tilfredsstillende bergstabilitet kan geoteknisk kategori nedjusteres til 2. Bergskjæringer under 10 m settes normalt til kategori 2.

Avhengig av valgt alternativ, vil driving av adkomst- og rømningstunnel medføre til dels store byggegroper i påhuggsområdet og sprengning nær eksisterende bebyggelse. Bergskjæringer med høyde 5-10 meter, settes til geoteknisk kategori 2 og >10 meter til geoteknisk kategori 3. Alle forskjæringene vil være høyere enn 10 meter.

2.1.1.3. Adkomsttunnel/rømningstunnel

For vegtunneler, legger også beskrivelser i Håndbok N500 Vegtunneler føringer for valg av geoteknisk kategori. Selv om krav til vegtunneler ikke gjelder adkomsttunnel til fjellhall, kan de brukes som veiledning til valg av geoteknisk kategori.

- Alle vegtunnelprosjekter skal i henhold til N500 i utgangspunktet ligge i geoteknisk kategori 3, men kategorien kan nedjusteres for ulike deler av prosjektet. Geoteknisk kategori 3 skal benyttes for tunnelpåhugg og for strekninger med liten bergoverdekning. Også for strekninger der det ventes ugunstige grunn- og stabilitetsforhold, eller en kombinasjon av flere uheldige forhold (eksempelvis nærhet til konstruksjoner) kreves geoteknisk kategori 3. For resterende deler kan geoteknisk kategori nedjusteres.

Adkomst- og rømningstunnel settes til geoteknisk kategori 2. Ved eventuell kryssing av Breidalen, settes geoteknisk kategori til 3.

2.2. Tiltaksklasse for Kvasneset renseanlegg

2.2.1. Fjellhaller

Etter planen skal renseanlegget ta imot kloakk fra ca. 70.000 personekvivalenter. I henhold til SAK10 § 9-4, skal prosjekteringen for «*VA-ledninger med store dimensjoner eller store rense- eller vannforsyningsanlegg over 200 personekvivalenter (pe)*» ligge i tiltaksklasse 3. Det samme skal «fjellhaller for opphold av mennesker». Fjellhallene plasseres på bakgrunn av dette i tiltaksklasse 3.

2.2.2. Bergskjæringer

I henhold til SAK 10 § 9-3, kan ulike deler av et prosjekt plasseres i ulike tiltaksklasser. Byggesaksforskriften (SAK10) §13-5 bokstav b (Direktoratet for byggkvalitet, 2012) beskriver godkjenningsområder for prosjektering av veg- og grunnarbeider. For tiltaksklasse 2 er følgende beskrivelse gitt for uteareale: «Prosjektering av uteareal som krever middels store eller krevende terrengtilpasninger og inngrep ved kjente grunn- og forurensningsforhold.» For veg gjelder tiltaksklasse 2 tilsvarende terrengtilpasninger og inngrep, samt «utforming og dimensjonering av veg med ÅDT høyst 5000».

SAK10 §13-5 gir også eksempler på veg- og grunnarbeider i de ulike tiltaksklassene.

- Tiltaksklasse 1 gjelder blant annet «fjellarbeider i dagen, sprengning av grop eller skjæringer uten krav til kontur og med liten risiko for skader».
- Tiltaksklasse 2 gjelder «fjellarbeider i dagen med tilhørende sikringsarbeider, sprengning av grop eller skjæringer med mindre høyde enn 8 meter, med krav til kontur i utførelsesklasse 2 i henhold til NS 3420 og med middels risiko for skader».
- Tiltaksklasse 3 gjelder «fjellarbeider i dagen med tilhørende sikringsarbeider, sprengning av grop eller skjæringer med høyde over 8 meter, med krav til fjellkontur i henhold til NS 3420 og med stor risiko for skader, og store sprengningsarbeider i vann».

Bergskjæringer med høyde under 8 meter settes med dette i tiltaksklasse 2, mens bergskjæringer over 8 meter settes i tiltaksklasse 3. Forskjæringene settes i tiltaksklasse 3.

2.2.3. Adkomsttunnel/rømningstunnel

Tunnelene plasseres i tiltaksklasse 2. Ved eventuell kryssing av Breidalen, benyttes tiltaksklasse 3.

2.3. Oppsummering av geoteknisk kategori og tiltaksklasse

Tabell 2 oppsummerer geoteknisk kategori og tiltaksklasse for Kvasnes.

Tabell 2: Oppsummering av geoteknisk kategori og tiltaksklasse for prosjektet. * Ved eventuell kryssing av Breidalen, benyttes geoteknisk kategori 3 og tiltaksklasse 3.

Prosjektelement	Geoteknisk kategori	Tiltaksklasse
Fjellhaller	3	3
Bergskjæringer	2-3	2-3
Adkomsttunnel/ rømningstunnel	2*	2*

2.4. Prosjekterings- og utførelseskontroll

Føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll avhengig av pålitelighetsklasse er gitt i Eurokode 0 «Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner» (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016). Plan og bygningsloven (PBL) og Byggsaksforskriften (SAK10) krever i tillegg kontroll i henhold til tiltaksklasse.

Basert på følgende beslutningsgrunnlag, kan det forutsettes kontrollklasse PKK3 og UKK3 for kontroll av geoteknisk prosjektering;

- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, Kap. NA.A1.3.1
  - Tabell NA.A1 (902)
  - Tabell NA.A1 (903)
- SAK 10
  - § 14-1. Krav til uavhengighet for kontrollerende foretak
  - § 14-2. Obligatoriske krav om uavhengig kontroll c) Geoteknikk
  - § 14-7. Gjennomføring av uavhengig kontroll i tiltaksklasse 2 og 3

Kontrollklasse PKK3 krever at det utføres grunnleggende kontroll og kollegakontroll, eksempelvis gjennom egenkontroll og sidemannskontroll. For PKK3 kreves det i tillegg utvidet kontroll, som er en systemkontroll på at KS-systemet er fulgt samt en faglig kontroll på de vurderingene som er gjort. Systemkontrollen skal utføres av et uavhengig foretak, og tilsvarer kontroll iht. PBL. Det skal i tillegg utføres kontroll som angir at prosjekteringen er tilfredsstillende, også utført av uavhengig foretak.

FAKTADEL

I det følgende presenteres de ulike undersøkelsene som er utført med mål om å få et bilde av de geologiske forholdene i området.

3. GRUNNLAGSDATA

3.1. Kartgrunnlag for terreng- og strukturanalyse

Kartgrunnlaget er laserdata med 2 punkt per kvadratmeter fra 2016 (NDH Sunnmøre Nord 2pkt 2016) som er hentet fra hoydedata.no. Terrengdata er studert i ArcGIS 10.6, der det er laget terrengmodell og skyggerelieffkart.

3.2. Grunnlagsmateriale

Tabell 3 oppsummerer grunnlagsmaterialet som er benyttet.

Tabell 3: Benyttet grunnlagsmateriale.

Type grunnlagsmateriale	Utgiver	Referanse
Nettsteder og WMS-tjenester		
Arealinformasjon	Norsk institutt for Bioøkonomi (NIBIO)	1
Kartgrunnlag	Statens kartverk (Kartverket)	2
Høydekart	Kartverket	3
Berggrunnskart, målestokk 1:50000	Norges Geologiske Undersøkelse (NGU)	4
Løsmassekart i målestokk 1:50000	NGU	5
Flyfoto/Ortofoto fra norgeibilder	Statens vegvesen, NIBIO og Kartverket	6
Aktsomhetskart for skred	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	7
Registrerte skredhendelser	NVE	7
Bratthetskart for snøskred	NVE	7
Klimadata for Norge	NVE, Kartverket og Meteorologisk institutt	8
Grunnvannsdatabasen (GRANADA)	NGU	9
Grus-, pukk- og steintippdatabasen	NGU	10
Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG)	NGU	11

Fortsettelse av Tabell 3: Benyttet grunnlagsmateriale

Type grunnlagsmateriale	Utgiver	Referanse
Rapporter		
Rapport: Refraksjonsseismiske undersøkelser	GeoPhysix AS	22
Rapport: Ingeniørgeologisk vurdering av resultater fra refraksjonsseismiske forundersøkelser	Norconsult AS	24
Rapport: Forprosjekt – skisseprosjekt. Felles avløpsrenseanlegg Kvasnes.	Norconsult AS	37
Rapport: Regional kvikkleirekartlegging. Risiko for kvikkleireskred i Sula kommune.	Multiconsult på oppdrag fra NVE	21
Rapport: Grunnundersøkelse for kvikkleirekartlegging i Sula kommune.	GeoStrøm AS	15
Rapport: Kvasnes renseanlegg. Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser	Multiconsult	38

3.3. Utførte undersøkelser

Det er utført følgende undersøkelser i området rundt alternative plasseringer for fjellhaller ved Kvasneset (Tabell 4).

Tabell 4: Utførte undersøkelser

Undersøkelser	Utført av	Rapport	[Referanse] (år)
Utført tidligere			
Totalsonderinger	Norconsult, på oppdrag for Ålesund kommune	Geoteknisk datarapport: Grunnundersøkelser. Avløpsanlegg på Kvasneset	[18] (2017)
Seismiske undersøkelser	GeoPhysix AS, på oppdrag for Sula kommune, gjennom Norconsult	Rapport 19062 Sula kommune, Kvasneset. Refraksjonsseismiske undersøkelser	[22] (2019)
Utført for dette forprosjektet			
Befaring og kartlegging av sprekkesett	Asplan Viak	*Se avsnitt 5.1.2 og 5.1.3 i foreliggende rapport.*	(2020)
Grunnundersøkelser	Multiconsult	Kvasnes renseanlegg. Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser	[38] (2021)

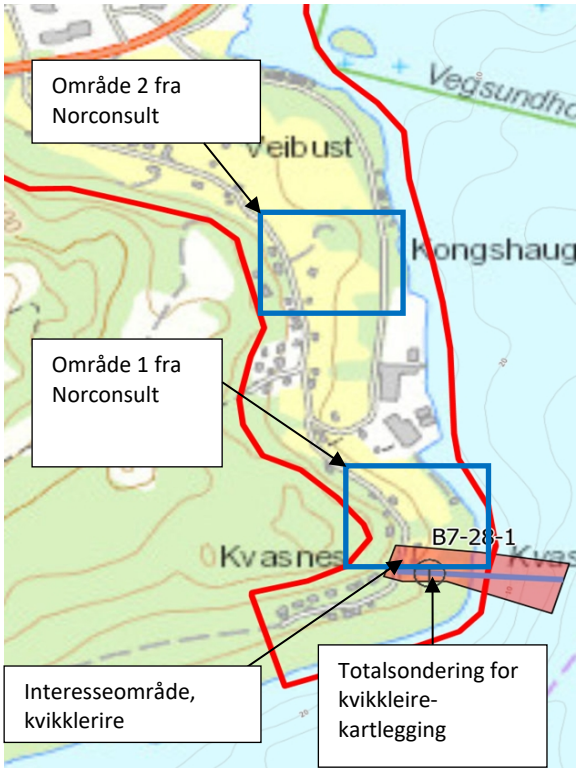
4. RESULTATER FRA UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER

Det er utført grunnundersøkelser i området i forbindelse med planlegging av nytt avløpsanlegg på Kvasnes, både i gjeldende planfase og tidligere.

4.1. Tidligere utførte undersøkelser

4.1.1. Geotekniske undersøkelser

Figur 5 viser områder med utførte totalsonderinger. Område 1 og område 2 fra Norconsults geotekniske rapport [18] er også markert i figuren.



Figur 5: Utsnitt av kart fra GeoStrøm AS sin rapport ang. regional kartlegging av kvikkleire [15], som viser plasseringen av totalsonderingen utført på Kvasneset. Bakgrunnskartet er utarbeidet av Multiconsult.

4.1.1.1. Totalsonderinger for forprosjekt, Norconsult

Norconsult har i forbindelse med forprosjektet utført grunnundersøkelser med geoteknisk borerigg i området [18]. Totalt 10 totalsonderinger er utført, oppdelt i to ulike områder (se Figur 5).

Resultatene viser at for område 1 er dybden til berg 2,9-6,2 meter [18]. Øvre deler av løsmassene (0,5-1,0 m) består av løse masser. Deretter er det faste til meget faste masser ned til registrert berg. For område 2 er dybden til berg mindre (1,2-3,5 meter). Løse masser utgjør de øvre 50 cm, deretter er det faste til meget faste masser ned til registrert berg [18].

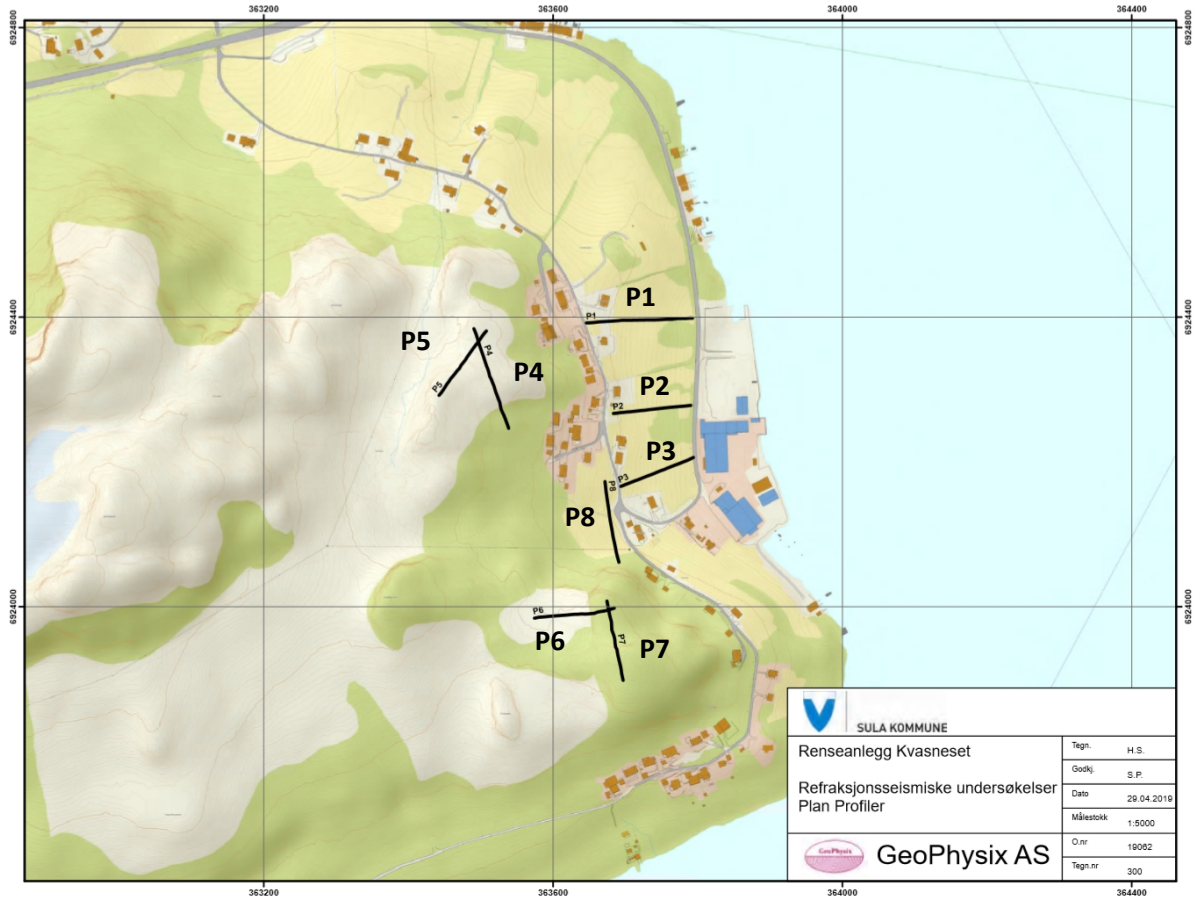
4.1.1.2. Regional kvikkleirekartlegging

I forbindelse med regional kartlegging av kvikkleire for Sula kommune [11,15,21], er det utført en totalsondering ved Kvasneset. Figur 2 viser plassering av totalsonderingen. Rødt skravert område i kartet viser et område som er definert som interesseområde. Interesseområdet har helning større

enn 1:15 og høyde større enn 10 meter, og er definert som aktsomhetsområder for marin leire [21]. Det ble boret totalt 3,8 meter, derav 2,3 meter i løsmasser og 1,5 meter i antatt berg.

4.1.2. Refraksjonsseismikk for forprosjekt, Norconsult

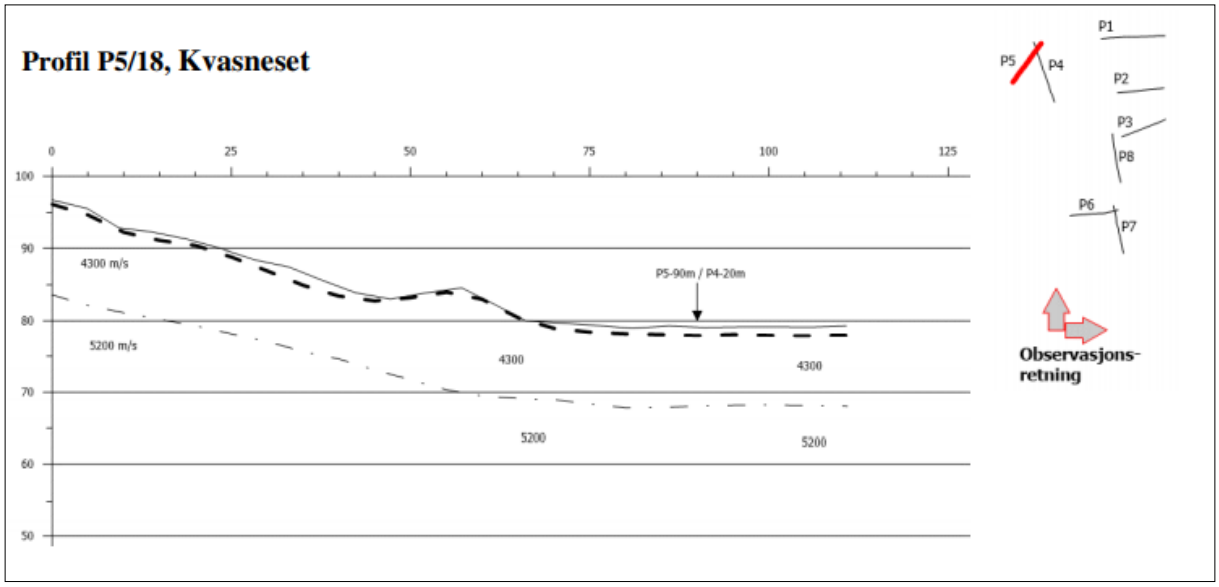
I forbindelse med forprosjektet har GeoPhysix AS utført refraksjonsseismiske undersøkelser i området [22]. Kartlegging av bergoverflate, bergkvalitet, løsmassetykkelse og løsmassetype var formålet med undersøkelsene.



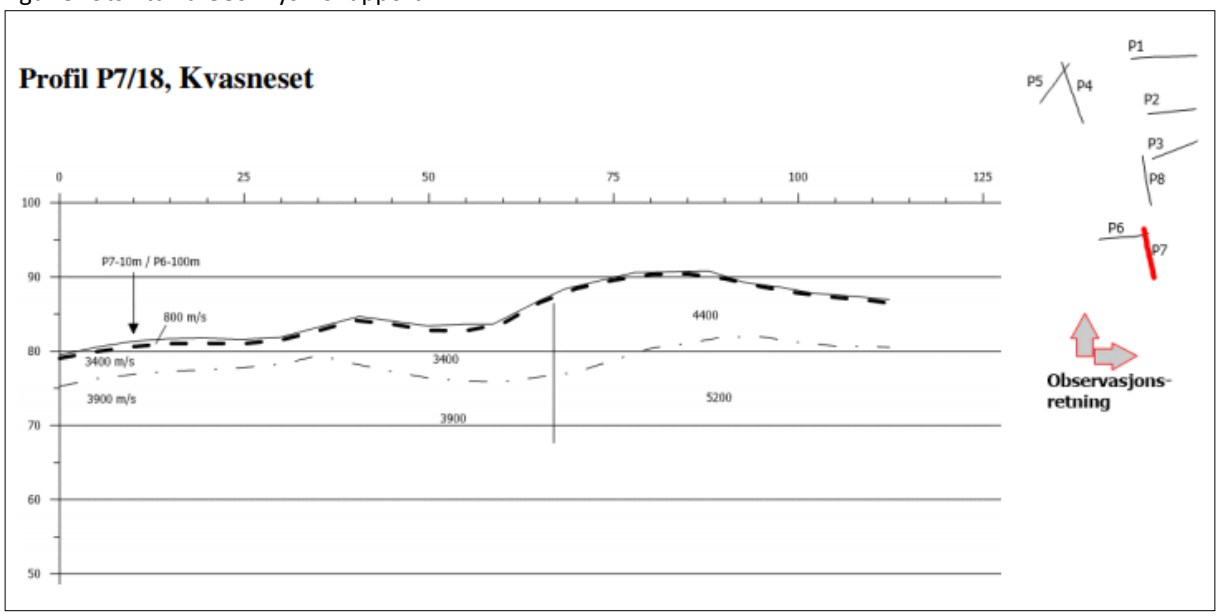
Figur 6: Plassering av profiler for utført refraksjonsseismikk i området.

Profil	Løsmassetykkelse [m]	Dagfjellsone [m]	Hastighet berg [m/s]	Svakhetssoner	Kommentarer
P1	1-3	5-8	5400	Nei	
P2	2-3	4-6	5200	Nei	
P3	2-4	4-10	5400	Nei	
P4	0-2	8-10	5200	Nei	
P5	0-2	7-12	5200	Nei	
P6	0-2	7-12	3900/5500	Nei	Antatt bergartsskille registrert
P7	0-1	4-10	3900/5500	Nei	Antatt bergartsskille registrert
P8	2-4	4-8	5200	Nei	

Figur 7: Skjermbilde av tabell som viser en sammenstilling av resultater fra utførte undersøkelser.



Figur 8: Utsnitt fra GeoPhysix's rapport.



Figur 9: Utsnitt fra GeoPhysix's rapport.

4.2. Utførte grunnundersøkelser for forprosjekt

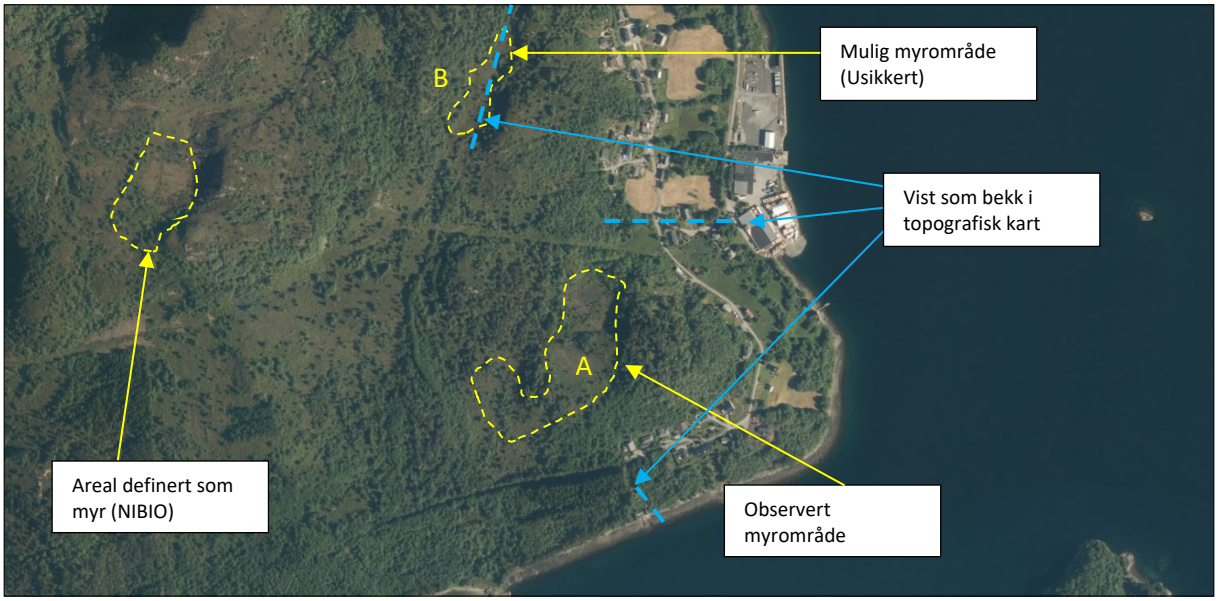
Det er utført grunnundersøkelser for å kartlegge dybden til berg i aktuelle påhuggsområder for tilkomsttunnel. Kartlegging av myrdybde er utført med stikksonderingsstang, og det er utført sprekkemålinger i forbindelse med feltbefaringer.

4.2.1. Ingeniørgeologisk kartlegging

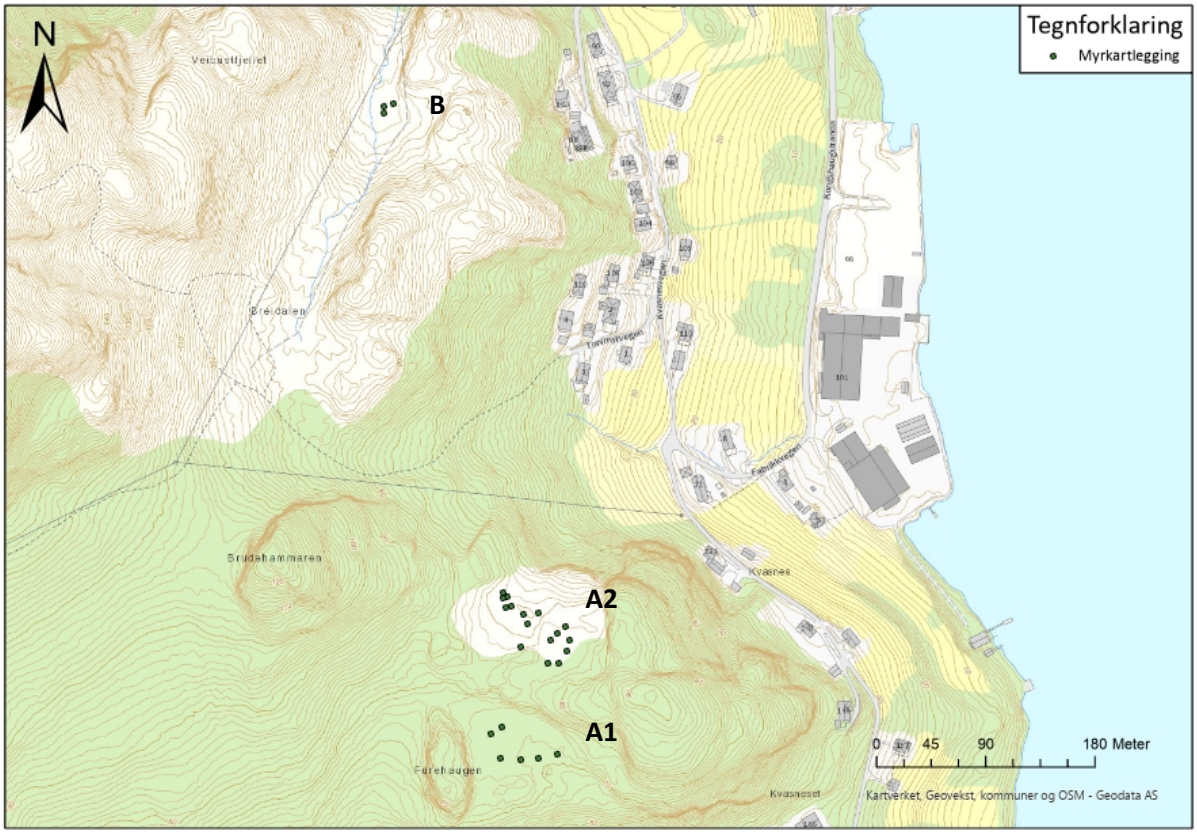
De ingeniørgeologiske undersøkelsene i området har omfattet kartlegging av bergblotninger i terrenget. Sprekkemålinger ble utført for å fastsette orienteringen til observerte sprekkesett, både i bergblotninger og eksisterende bergskjæringer langs veg. Se for øvrig avsnitt 5.1.2.

4.2.2. Kartlegging av myrdybde

Det er gjort egen kartlegging av myr området. Figur 10 viser myrområder definert i NIBIOs kartløsning Kilden [1], samt egne observasjoner av myr (A i Figur 10) og et mulig myrområde (B i Figur 10). Totalt er myrdybdekartlegging utført med stikksonde ved 24 posisjoner. Største registrerte dybder var 290 og 300 cm, i hhv. område B og område A. Figur 11 og Tabell 5 viser hhv. plassering av utførte undersøkelser og en oppsumering av målte dybder.



Figur 10: Oversikt over potensielle myrer og elver/bekker i området. Tolkningen er basert på data fra kartverket, NIBIOs kartløsning Kilden og egne observasjoner. Fastsetting av vannforholdene i området gjøres i senere planfaser.



Figur 11: Oversiktsbilde over myrkartlegginger i området.

Tabell 5: Myrdybder målt med stikksonderingsstang av Asplan Viak.

Myr	Antall målinger	Minste målte dybde	Største målte dybde	Gjennomsnittlig dybde
	[m]			
Område A1	3	120	290	233
Område A2	5	15	100	49
Område B	15	160	300	210

4.2.3. Grunnundersøkelser

Multiconsult har utført grunnundersøkelser i forbindelse med gjeldende forprosjekt, på land og på sjøbunnen nær eksisterende fylling ved fabrikkområdet. Det vises til rapport for resultater fra utførte undersøkelser [38], mens hovedfunn er oppsummert i avsnitt 4.3.

4.3. Løsmassemektighet

Multiconsults grunnundersøkelser (2020) er oppsummert som følger:

- Grunnundersøkelser har vist at løsmassene i hovedsak består av sand, grus og stein. Berg ble påtruffet i dybder mellom ca. 1,5 og 12,85 meter.
- I myrområdet vest for Kvasneset, ble det utført håndholdte, enkle sonderinger. Det ble registrert et topplag av myr med en mektighet på 2,0 – 4,6 meter over sand, før antatt berg ble registrert ved dybder på ca. 1,9-4,6 meter.
- Grunnundersøkelser på sjøbunn viste at løsmassene i hovedsak består av sand med innslag av steinholdige masser og lagdelinger av mykere løsmasser. Berg ble påtruffet i dybder mellom ca. 1,3 meter og 8,4 meter under sjøbunnen.

Multiconsult har utført supplerende undersøkelser i 2021. Asplan Viak har mottatt foreløpige resultater, men ikke endelig datarapport. Oppsummeringen under presenterer resultater fra alle grunnundersøkelser som er utført, inkludert foreløbige resultater.

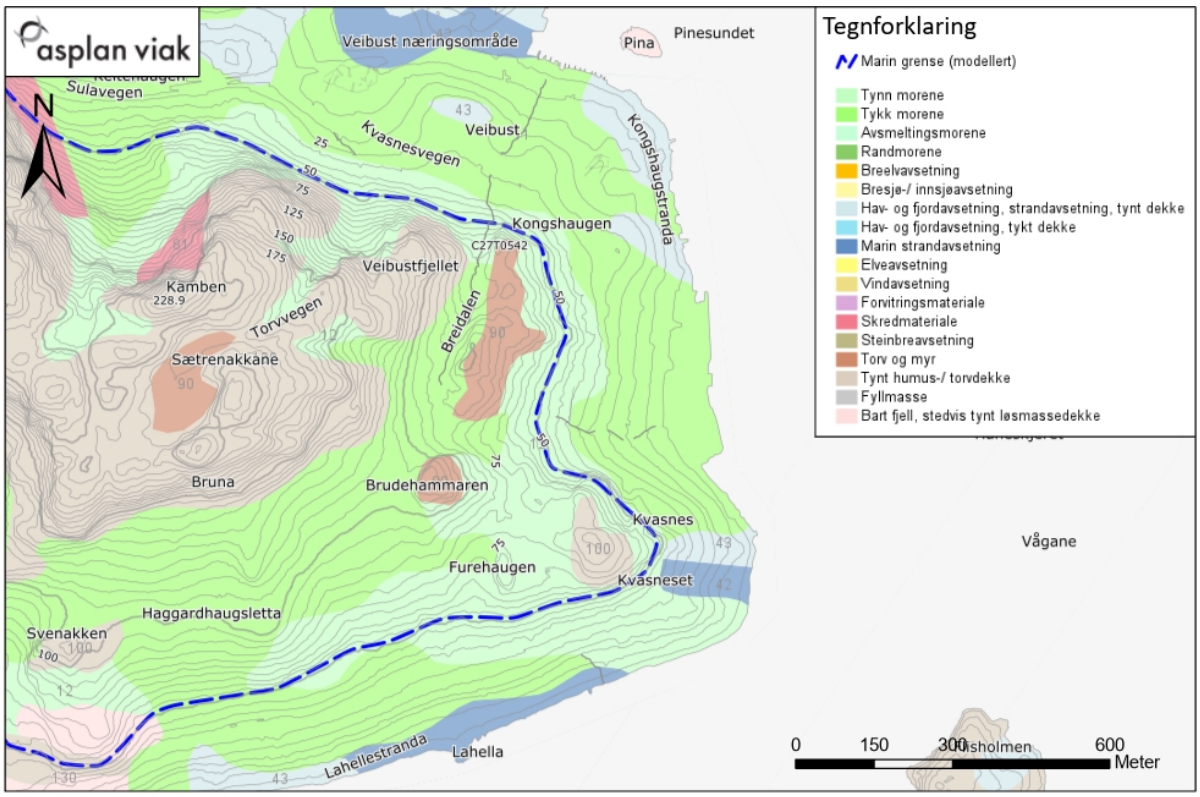
Grunnundersøkelser ved skissert dagsone for alternativ plassering nr. 1 ved Kvasneset viser løsmassemektigheter på mellom 7,7 og 12,85 meter før påtruffet berg. Ved Kongshaugen (alt. 2, evt. 3) er løsmassemektigheten mindre, mellom 0,47 og 3,8 meter. Ved skissert påhuggsplassering er løsmassemektigheten 0,47 meter, mens den i dagsoneområdet er ca. 1,7 meter. Løsmassemektigheten over skisserte tunneler er mellom 1,15 og 3,8 meter. Ved skissert dagsone ved Veibust (alt. 3, evt. 2) viser grunnundersøkelser nær bebyggelse en mektighet på 1,4 til 5,6 meter. Mektigheten ved skissert dagsone er mellom 2,03 og 3 meter, mens mektigheten langs skisserte tunneler varierer mellom 0,65 og 5,62 meter. Undersøkelser på jordet mellom påhuggsområde og Fabrikkvegen viser mektigheter på ca. 0,7 til 2,0 meter.

5. OMRÅDEBESKRIVELSE

5.1. Geologi og kvartærgeologi

5.1.1. Løsmasser

Løsmassene i området er gjengitt i Figur 12. Det er hovedsakelig morenemateriale, torv og myr, samt humusdekke som dominerer i området. Mektigheten til morenematerialet varierer, og bergoverflatens beliggenhet under løsmassene er usikker.



Figur 12: Løsmassekart for området.

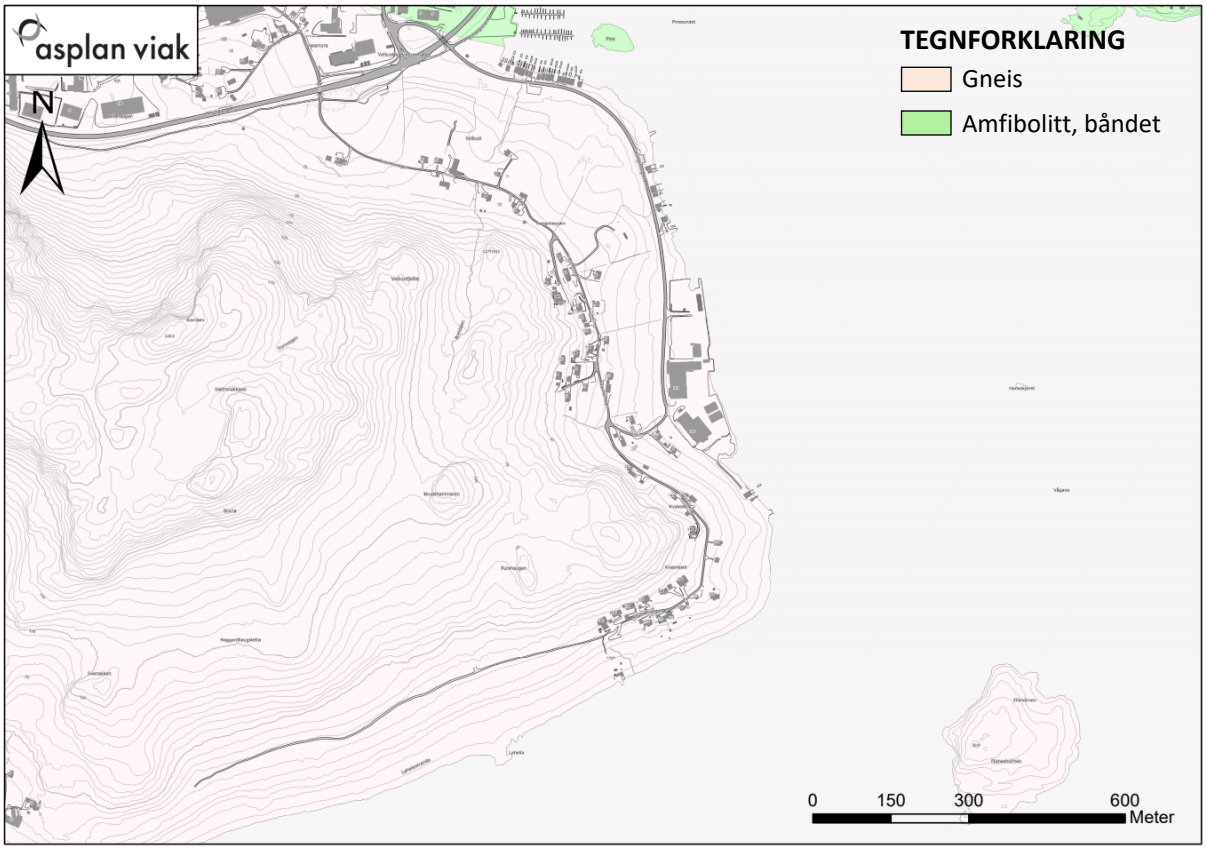
Marin grense i området ligger på om lag kote +50. Det er enkelte mindre områder som er kartlagt som potensielt marine avsetninger-

Berg i dagen er observert som brattskrenter i tilknytning til, samt som enkeltblotninger på toppen av, kollene. Det er generelt observert et tynt løsmassedekke, med tilsynelatende større mektighet i søkk og i dagsonen nedenfor Kvasnesvegen.

5.1.2. Berggrunn

Berggrunnen i området består ifølge nasjonal berggrunnsdatabase (NGU) av gneis. Gneis er et samlebegrep for en metamorf bergart som har blitt dannet ved at en dypbergart har gått gjennom mekanisk deformasjon og rekrystallisering [19].

NGUs berggrunnskart viser at berggrunnen i området er ikke inndelt gneis. Gneisen er ifølge kartgrunnlaget hovedsakelig granittisk ortogneis, men noen steder migmatittisk gneis med diorittisk til granittisk sammensetting.



Figur 13: Berggrunnen i området. Kartet er hentet fra NGUs berggrunnsdatabase, med målestokk 1:50 000. Utfyllende bergartsbeskrivelse er hentet fra kart med målestokk 1:250 000, også fra NGUs berggrunnsdatabase [4].

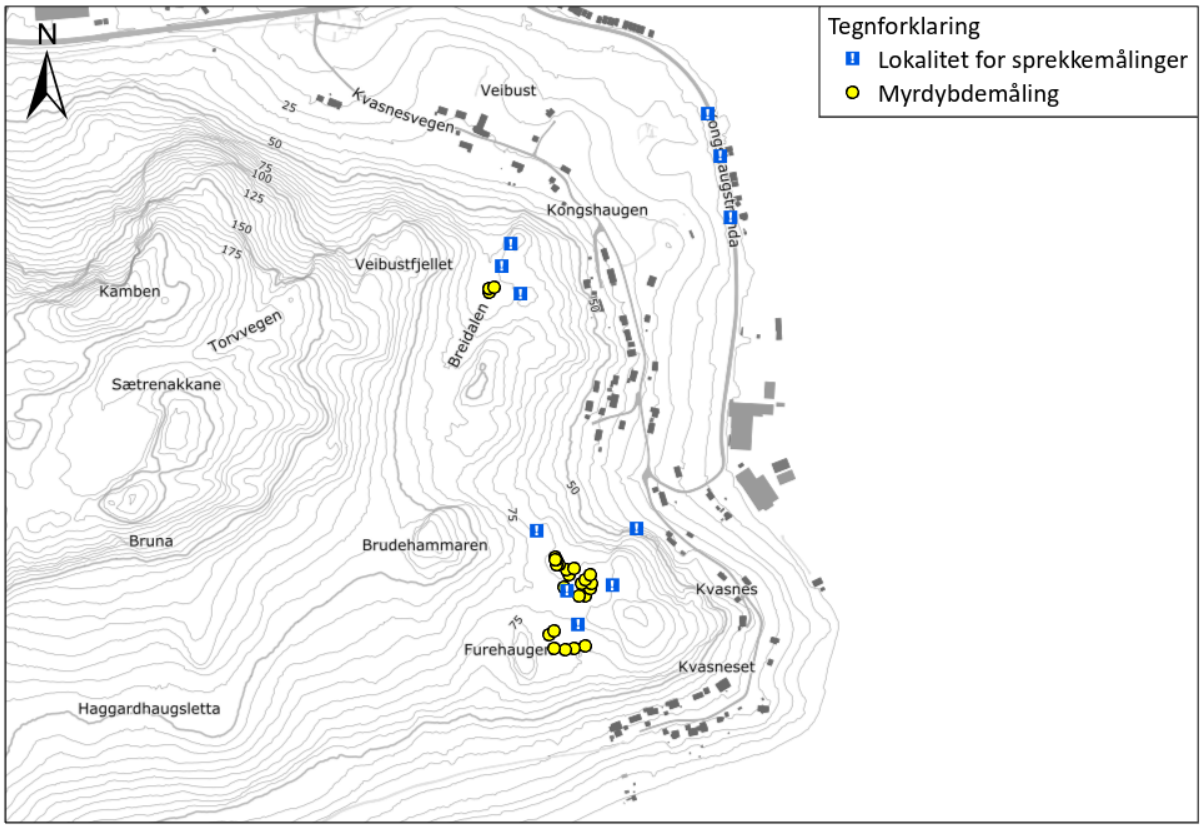
I felt fremtrer bergmassen lys i fargen. Bergmassen er oppsprukket i markerte sprekkesett (se Figur 14 og Figur 18). Det er registrert lite berg i dagen langs Fabrikkvegen mellom Veibust og Kvasneset. Eksisterende bergskjeringer er lokalisert i nærheten av Kongshaugen, langs Kongshaugstranda.

Figur 14: Observasjoner av gneisbergarten i terrenget

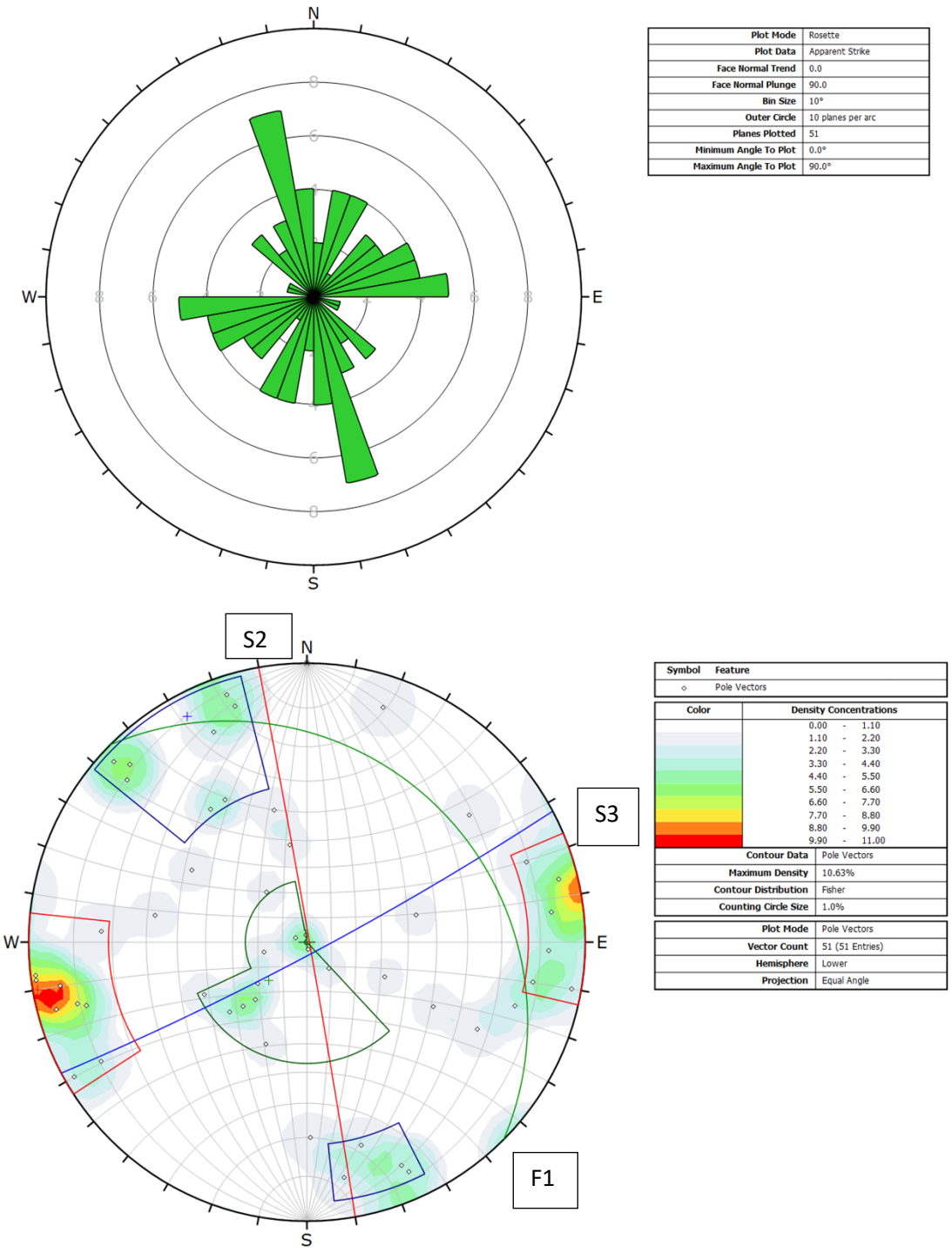
Figur 15: Observasjoner av gneisbergarten ved eksisterende bergskjæringer langs Fabrikkvegen. Bergskjæringene er i stor grad utformet etter et steilt sprekkesett med strøk tilnærmet N-S. Øverst t.v. og nederst: bergskjæringer langs Kongshaugstranda ved Kongshaugen. Øverst t.h.: Berg i dagen på oversiden av Fabrikkvegen ved fylling for Fabrikkområdet.

5.1.3. Oppsprekking

Sprekkekartlegging er utført som en del av feltkartleggingen. Det er utført totalt 51 sprekkemålinger i området, fordelt på 11 lokaliteter. Målingene ble primært utført i forbindelse med felles befaring med Ålesund og Sula kommuner og etterfølgende myrkartlegging. Det er i området registrert tre markerte sprekkesett, se Tabell 6.



Figur 16: Oversiktsfigur over sprekkemålinger i området. Plasseringer for myrdybdemålinger er markert med gul farge.



Figur 17: Sprekkerose og stereoplott som illustrerer oppsprekkingen i området.

Figur 18: Det er registrert 3 markerte sprekkesett i bergmassen. Oppsprekkingen sees tydeligst i de nær vertikale skrentene i planområdet. Sprekkesettene markert med gul og oransje farge i figuren fremtrer gjennomgående. Det steile sprekkesettet markert med rød farge fremtrer mindre gjennomgående. Bildet er tatt ved brattskrent i området hvor alternativ 1 er skissert, se innfelt kart.

Tabell 6: Oppsummering sprekkesett i området. Sprekkesett 1 (foliasjonen, F1) har grønn farge i stereoplot og sprekkerose i rapporten, sprekkesett 2 blå og sprekkesett 3 rød. Merk at fargene i figuren (Figur 18) over avviker fra disse.

Sprekkesett	Strøk	Fall	Ca. sprekkeavstand [m]
1	225	22	0,2-2
2	332	85	0,5-2
3	260	89	>1

5.1.4. Terreng og svakhetssoner i grunnen

Skyggerelieffkart viser tydelige mønster av strukturer i berggrunnen (se Figur 22). Primære retninger for mønsteret er ca. Ø-V, SV-NØ og N-S (mer om dette i delkapittel 6.4).

Daler og søkk i terrenget følger ofte områder med svakere berg, da topografien blir preget av styrken til bergmassen og også is-erosjon. Harde bergarter som f.eks. gneis har generell stor erosjonsmotstand. De mest markerte søkkene forventes derfor å indikere svakhetssoners forløp i dagen. Søkk som er mindre markerte ventes å representere soner som er mer oppsprukket enn berget ellers. Avsnitt 6.1 tar for seg vurderinger av svakhetssoner.

5.1.5. Bergmassens mekaniske egenskaper

Det foreligger ikke tester for de mekaniske egenskapene til berggrunnen i planområdet. Generelt er den aktuelle bergarten (gneis) sterk og karakteriseres som en kompetent bergart.

Figur 19: Plassering av prøvelokaliteter. Blå informasjonspunkter viser plassering av lokale steinbrudd med prøveresultater.

Det foreligger prøveresultater for gneisbergarter i lokale steinbrudd. Tabell 7 presenterer resultater fra analyser tatt ved disse lokalitetene.

Tabell 7: Resultater fra prøver tatt av bergarter regionalt i forhold til Kvasneset.

Testmetode	**Testfraksjon (mm)**	**Ytterland (Valderøya)**	**Årset (Ellingsøya)**	**Hjørungavåg**
		Gjennomsnitt (Min – Maks)	Gjennomsnitt (Min – Maks)	Gjennomsnitt (Min – Maks)
Densitet	8.0-11.2	2.85 (2.76-2.93)	2.82	2.75 (2.71-2.81)
Los Angeles (LA-verdi)	10.0-14.0	17.5 (16.0-19.0)	Ikke testet	24.5 (21.0-28.0)
Micro Deval	10.0-14.0	9.0	Ikke testet	9.0
Kulemølle	11.2-16.0	12.0 (11.2-12.8)	13.5	14.1 (12.8-16.4)
Flisighet	8.0-11.0	Ikke testet	1.36	Ikke testet
Sprøhetstall	8.0-11.0	Ikke testet	34	Ikke testet

Analysene er utført på følgende bergartsprøver:

- Prøver er utført for hornblendegneis ved Ytterland steinbrudd. Prøvene er utført på maskinkultprøver bestående av 35% hornblende, 20% kvarts, 20% plagioklas, 10% kloritt, 5% kalkspat og 10% andre mineraler. I tynnslip beskrives gneisen som svakt orientert, fin- til middelskornet og ujevnkornet.
- Prøvene ved Årset er utført på fastfjellsprøver bestående av 50% feltspat, 25% amfibol, 15% glimmer, 3% kvarts, 2% epidot og 5% andre mineraler. I tynnslip beskrives gneisen som parallellorientert, fin- til middelskornet og ujevnkornet.
- Prøvene ved Hjørungavåg er utført på fastfjellsprøver bestående av 45-60% feltspat, 29-50% kvarts, 15-18% glimmer, samt varierende mengder av andre mineraler. I tynnslip beskrives gneisen som granulær til parallellorientert, fin- til middelskornet og ujevnkornet.

Det presiseres at det er usikkert i hvilken grad disse prøveresultatene er representative for bergmassen ved Kvasneset. Bergmassen er inhomogen og lokale variasjoner vil forekomme, også innenfor samme bergartstype. Verdiene gir uansett en pekepinn på egenskapene til gneisbergartene i området (regional skala).

5.2. Hydrogeologi

5.2.1. Brønner

Den nasjonale grunnvannsdatabasen (Granada) administreres av NGU og inneholder informasjon om grunnvannsressurser og brønner [9]. Det er ikke angitt grunnvannsborehull innenfor planområdet. Det kan forekomme grunnvannsbrønner som ikke er registrert i grunnvannsdatabasen. Dette gjelder særlig eldre brønner. Dette må undersøkes i neste planfase.

5.2.2. Elver

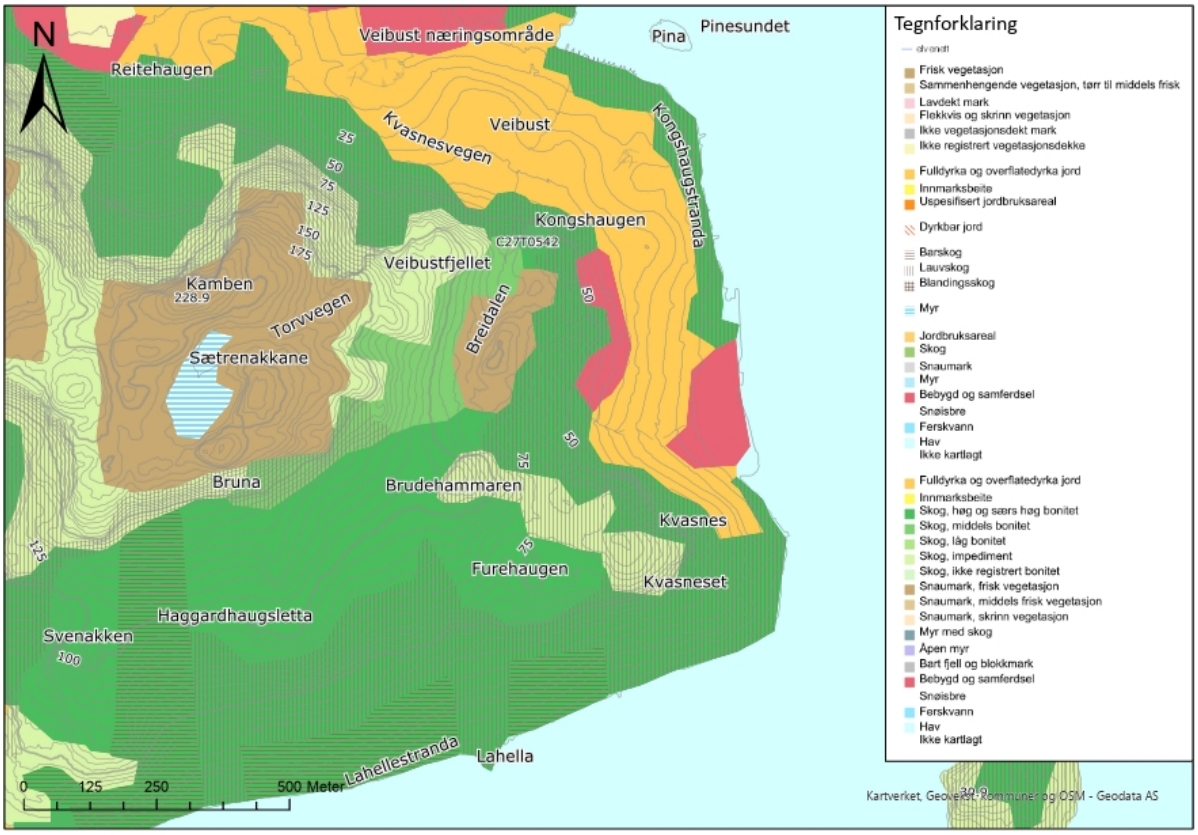
Topografisk kart viser tre elver/bekker i området rundt der nytt renseanlegg planlegges (se Figur 10)[27]. To av av elvene følger markerte søkk i terrenget, derav elven i Breidalen, med utløp mot nord og elven i V-Ø søkk nord for Brudehammaren, med utløp ved eksisterende fabrikkområde. Den siste elva er lokalisert vest for bebyggelsen lengst sørøst på Kvasneset.

Det er ikke gjort egne observervasjoner av elver eller bekker i området, men egen befaringsrute gikk utenfor områder med angitte elver forutenom i Breidalen. I Breidalen ble det ikke observert bekker eller sildrende vann, kun myrområder.

5.2.3. Arealtyper

Figur 20 viser et kartutsnitt for arealtypene i området. Forholdene i området kan oppsummeres som følger:

- Alt. 1: Område med impediment løvskog over skissert plassering av fjellhall, på toppen av kollen. Impediment betyr at produksjonsevnen er <0,1 m^3 pr. daa og år, dvs. at arealets evne til å produsere trevirke er svært lav. I skråningene til kollen er det skog med høy bonitet. Høy skogbonitet betyr høy evne til å produsere trevirke, med produksjonsevne på 0,5-0,1 m^3 pr. daa og år. Kun i deler av dagsonen er det fulldyrket og overflatedyrket jord, ellers ikke dyrkbar. Ortofoto viser skog på hele kollen ned til bebygd areal. Myrområde observert vest for kolle.
- Alt. 2: Område definert som åpen fastmark med frisk vegetasjon på toppen av kollen, ellers skog av middels til høg bonitet. Ortofoto viser spredt skog på kollen og myrområder langs Breidalen.
- Alt. 3: Område med impediment lauvskog over skissert plassering av fjellhall, på toppen av kollen. I skråningene på kollen skog med middels til høy bonitet. Breidalen med tilhørende myrområder øst for kollen. Topografisk kart viser også bekk/elv i Breidalen (Figur 10).



Figur 20: Arealtyper i området.

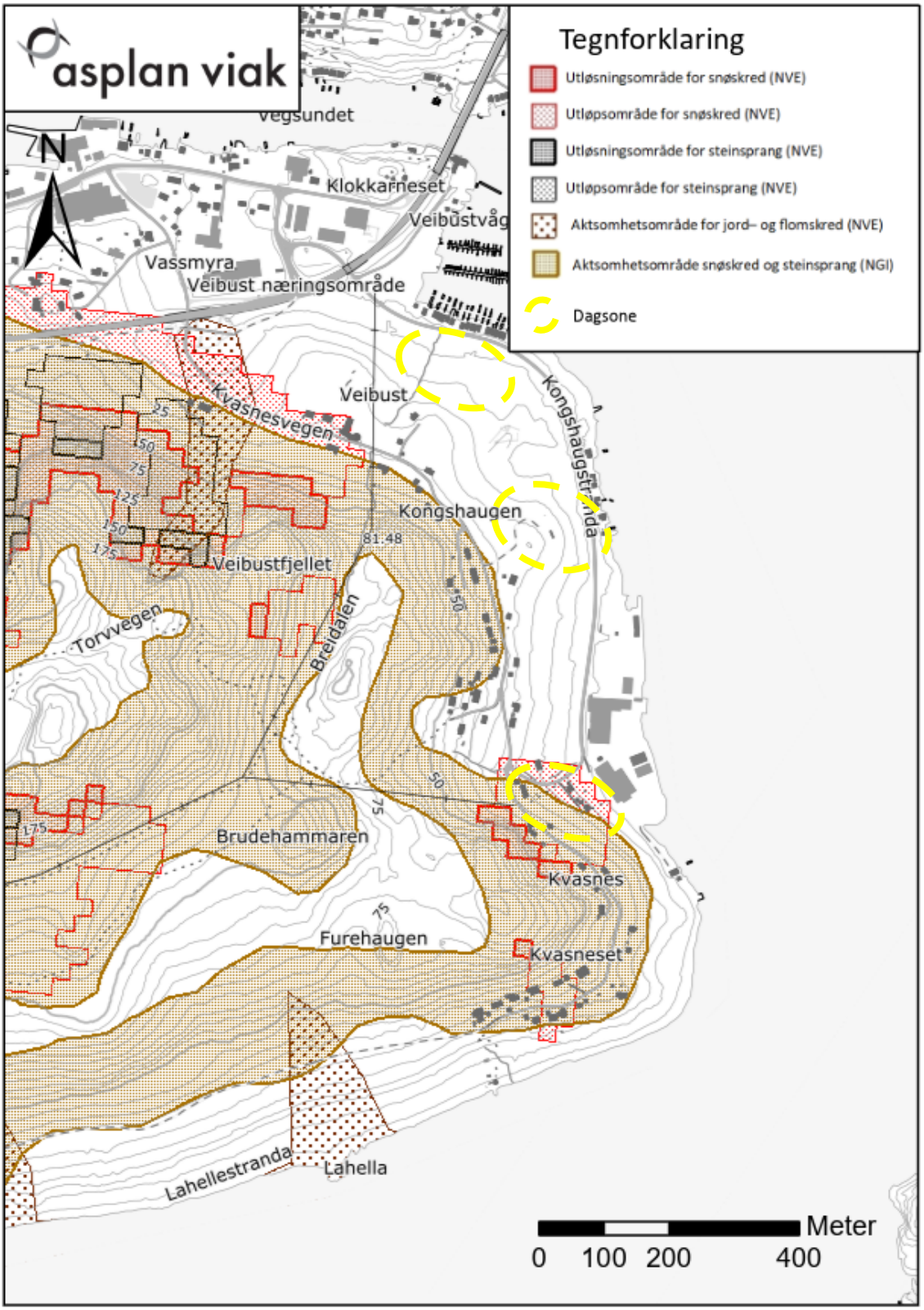
5.2.3.1. Myr

Det er utført egen kartlegging av myrdybde med stikksonderingsstang. I tillegg har Multiconsullt utført fire håndholdte, enkle sonderinger i området. Se hhv. avsnitt 4.2.2 og 4.2.3.

Fjellhaller ved alternativ plassering nr. 1, ved Kvasneset, kan potensielt drenere det observerte myrområdet (se Figur 10). Dette bør undersøkes i videre planfaser.

5.3. Aktsomhetsområder for skred

Aktsomhetsområder er hentet fra NVE sine aktsomhetskart, i tillegg til NGIs kombinerte aktsomhetskart for steinsprang og snøskred [7]. Figur 21 viser en oversiktsfigur over aktuelle aktsomhetsområder på Kvasneset. Det potensielle påhuggsområdet like sørvest for fabrikkområdet, alternativ 1, faller innenfor aktsomhetsområde for snøskred og kombinert aktsomhetsområde for snøskred og steinsprang.



Figur 21: Oversiktsfigur over aktsomhetsområder (NVE, NGI) på Kvasneset. Rød og sort skravur angir NVEs aktsomhetsområder (utløsningsområde og utløpsområde) for hhv. snøskred og steinsprang. Brun, prikkete skravur angir NVEs aktsomhetsområde for jord- og flomskred, mens brun, kontinuerlig skravur angir NGIs kombinerte aktsomhetskart for snøskred og steinsprang. Dagsoner for de ulike alternativene er skissert med gul, stiplet linje.

Resterende forslag til påhuggsområder (tegnet inn i kartutsnittet), er lokalisert utenfor aktsomhetsområdene.

Ved valg av alternativ med byggegrop og påhuggsområde innenfor aktsomhetsområde vil medføre behov for en detaljert skredfarevurdering av skred i bratt terreng i henhold til gjeldende standarder gitt av NVEs veileder for skred i bratt terreng. (2020).

TOLKNINGSDEL

I det følgende presenteres tolkninger basert på eksisterende informasjon fra grunnlagsmaterialet og utførte grunnundersøkelser og befaring.

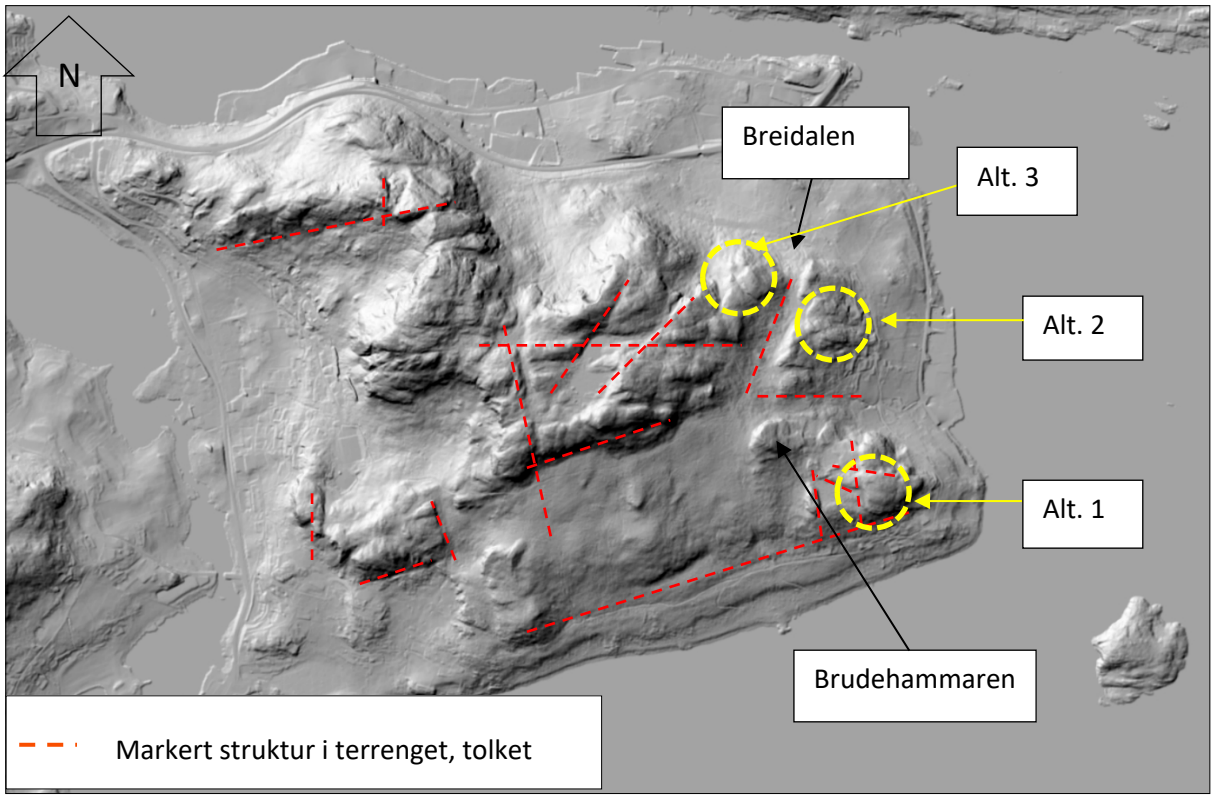
6. INGENIØRGEOLOGISKE VURDERINGER

6.1. Svakhetssoner

Det er benyttet skyggerelieffkart og ortofoto for å identifisere svakhetssoner i området rundt planlagt renseanlegg. Skyggerelieffet fremhever og synliggjør terrengformer, da vegetasjon er filtrert bort.

Figur 22 viser et utsnitt av skyggerelieffskart for området ved Kvasnes i Sula kommune, med inntegnede stiplede linjer som viser de mest markerte strukturene i terrenget.

Basert på skyggerelieffet er det tolket at Breidalen, som er orientert SSV-NNØ, trolig er en svakhetssone. Det V-Ø-gående søkket nord for Brudehammaren vurderes også til å være en potensiell svakhetssone basert på skyggerelieff. Sonene samsvarer godt med registrerte sprekkesett, hhv. S2 og S3 (se Figur 17). De registrerte sprekkesettene er nær vertikale. Derfor antas svakhetssonene å være steile.



Figur 22: DTM skyggerelieff med inntegnede mønster for strukturer i terrenget.

I tillegg er det markerte sprekker i berget som har orientering Ø-V som trolig er svakere bergpartier, sprekkesoner eller lignende, men som ikke er like markante som de nevnte.

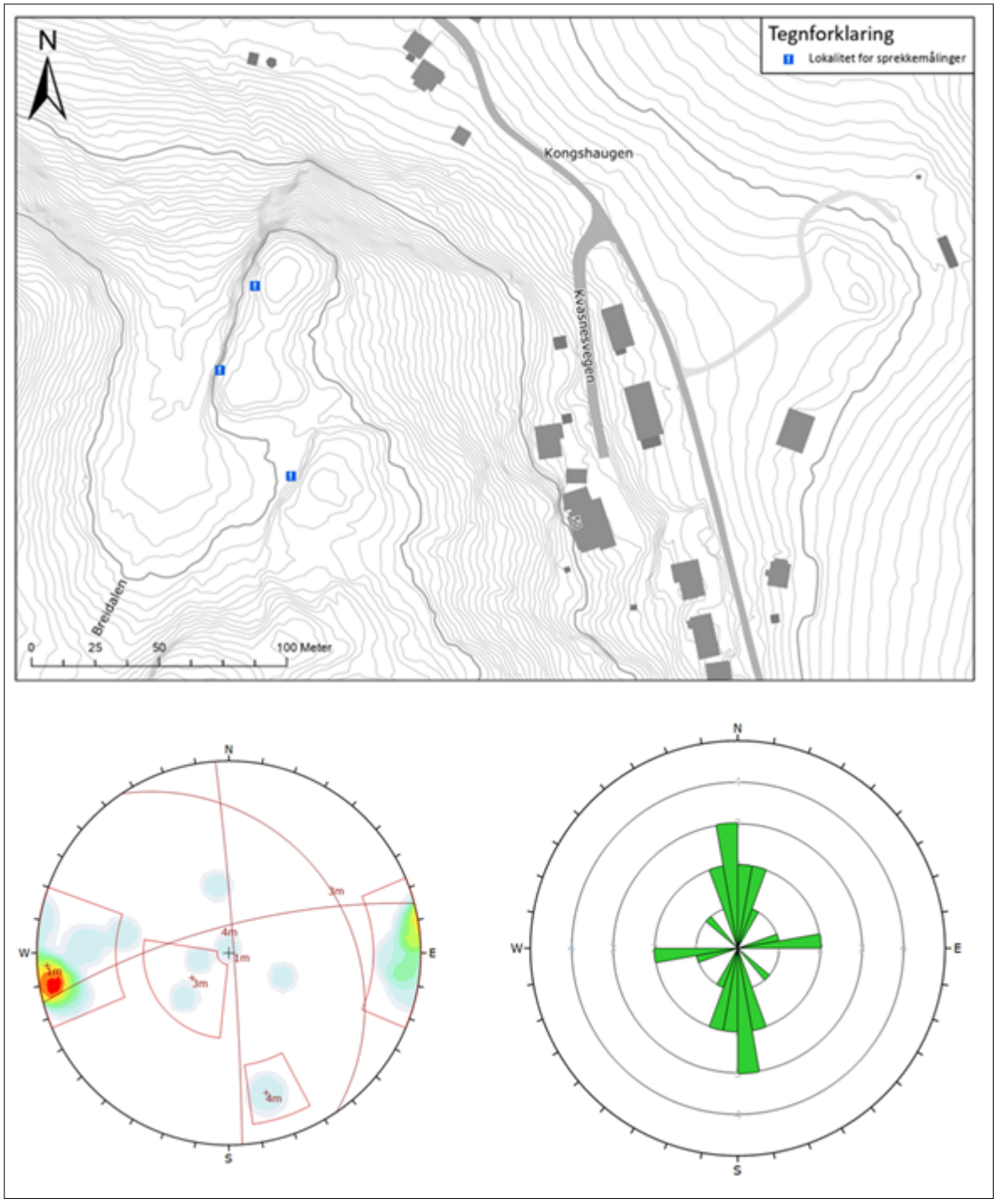
6.1.1. Breidalen

Det er ikke utført undersøkelser som gir gode data for sonen, foruten tre punkter for myrdybde utført med stikksonderingsstang. Myrdybden er målt til 160-300 cm.

Det er utført totalt 14 sprekkemålinger ved tre lokaliteter i bergskrenter tilnærmet parallelt med søkket som Breidalen representeres. Registrert hovedsprekkeretning stemmer godt overens med tolket søkk i skyggerelieff-kartet. Ved hjelp av interpolering og bruk av strøk og fall målinger, kan svakhetssoners forplanting i berggrunnen estimeres. Ut fra sprekkemålingene er det tolket at den antatte svakhetssonen i Breidalen er steil/ nær vertikal.

Basert på terrenget, topografisk kart og skyggerelieff antas en bredde på sonen på ca. 25-35 meter ved skissert passasje.

Figur 23: Nærbilde 1/3 for utførte myrdybdemålinger. Her er det myrområde B som er vist. Dette er lokalisert i Breidalen.



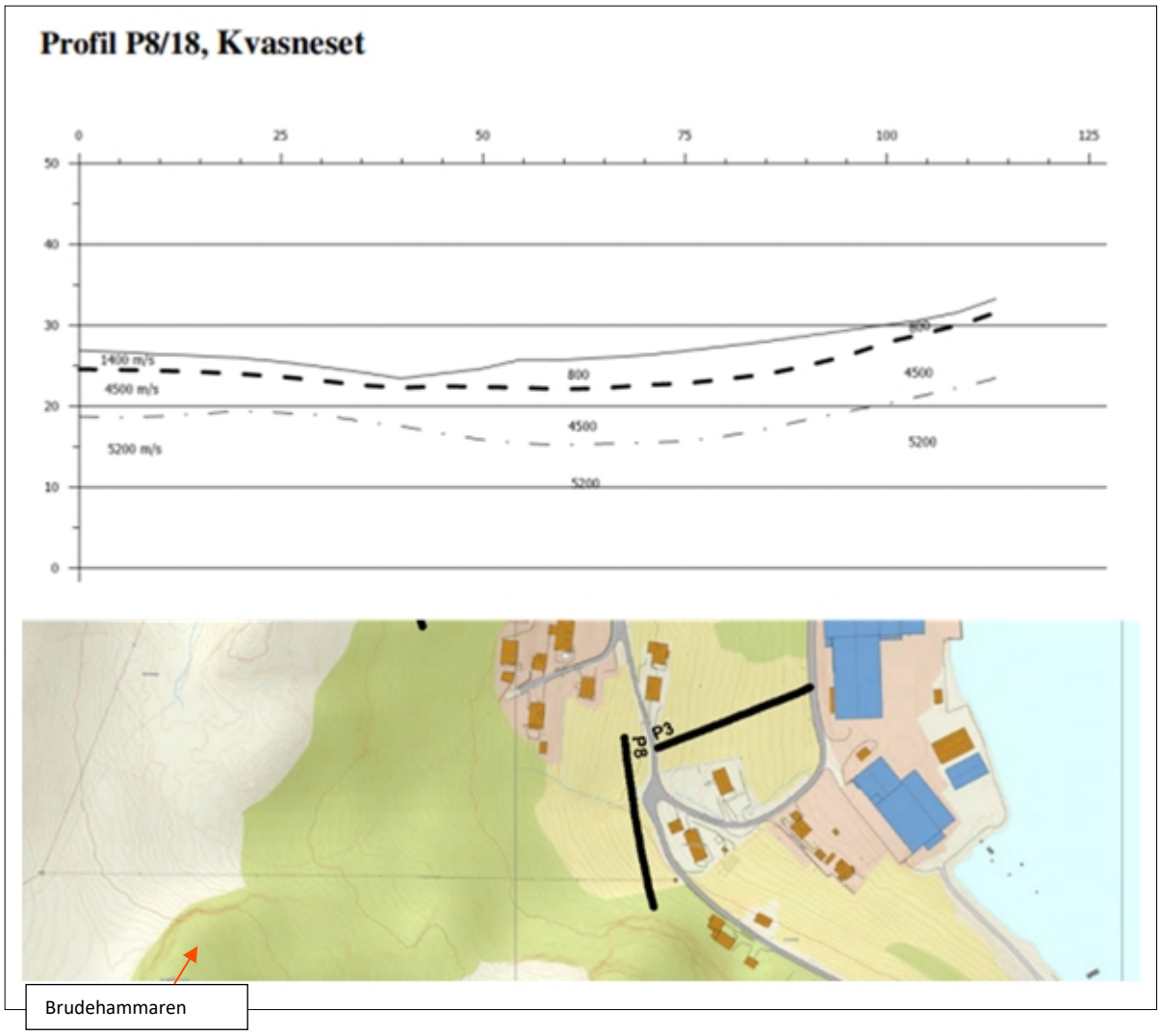
Figur 24: Sprekkemålinger ved Breidalen

6.1.2. Søkk nord for Brudehammaren

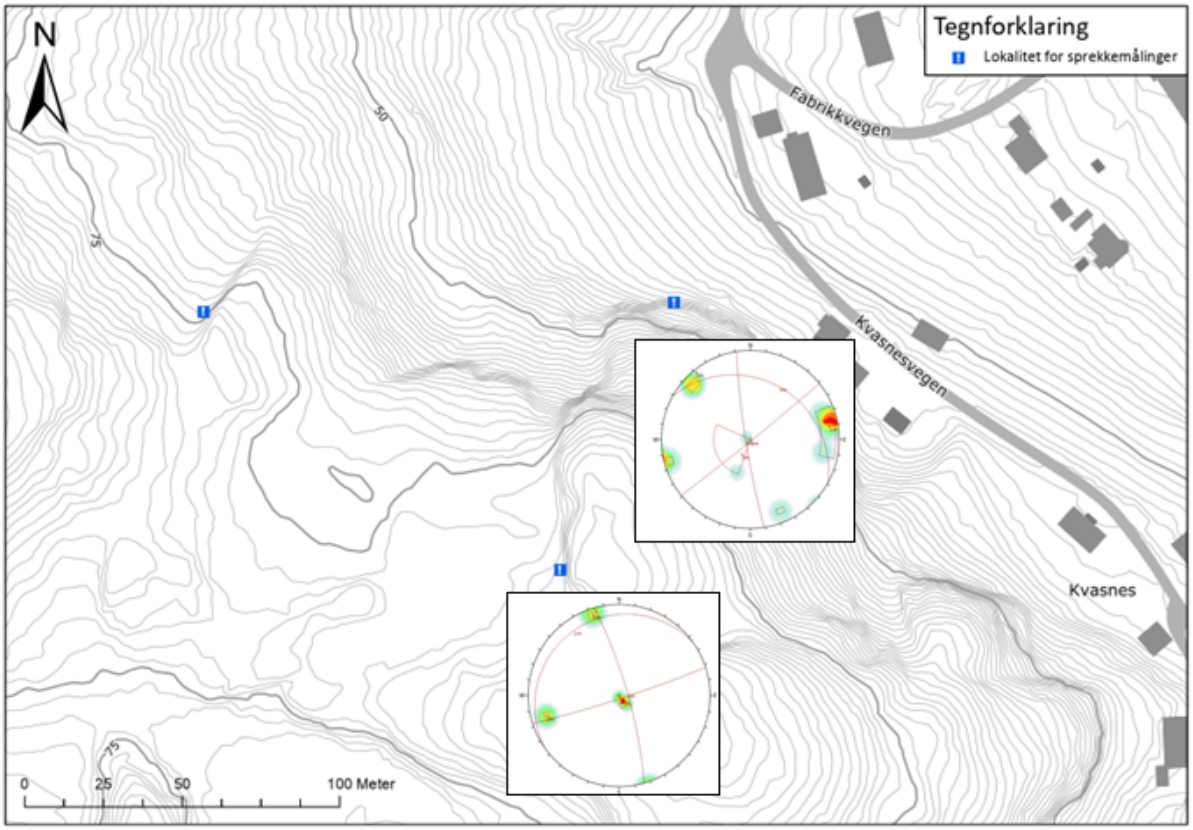
Søkket nord for Brudehammaren er, basert på skyggerelieff, vurdert å være en mulig svakhetssone i området mellom alternativ 1 og 2. Her er det i tidligere planfase utført refraksjonsseismiske undersøkelser. Det er langs profilet kartlagt løsmassemektighet på 2-4 meter og dagfjellsone på 4-8 meter, men ikke identifisert distinkte lavhastighetssoner/svakhetssoner.

Sprekkekartlegging i brattskrenter i området viser to nær vertikale sprekkesett i området, samt et eller to slakkere sprekkesett.

Søkket har en bredde på 60 meter på det smaleste, like nord for Brudehammaren. På bakgrunn av avstand fra skisserte fjellhallplasseringer og adkomst-/rømningstunneler, er det forventet at svakhetssonen ikke vil påtreffes ved etablering av avløpsrenseanlegg i fjell i området.



Figur 25: Utsnitt fra GeoPysix's rapport for utført refraksjonsseismikk. Profil P8 er lagt ut vinkelrett på svakhetssone anslått fra skyggerelieff.



Figur 26: Utførte sprekkeretninger nær tolket søkk.

6.2. Tolking av tidligere utførte geofysiske undersøkelser

Utført refraksjonsseismikk viser en hastighet i berg primært innenfor 5200-5400 m/s for planområdet. Målte verdier ligger innenfor norske erfaringsverdier for gneis [23]. Ved to lokaliteter er hastigheten målt til 3900 m/s, noe som er tolket av GeoPhysix AS å være registreringer av mulige bergartsskiller. De målte seismiske hastigheter indikerer generell god bergmassekvalitet.

Dagfjellsonen er registrert med en mektighet i størrelsesorden 4-12 meter og har registrerte hastigheter på 4300 – 4900 m/s. I lavereliggende områder, ved og på nivå med skisserte dagsoner, ligger registrerte hastigheter innenfor intervallet 4300 – 4900 m/s [22, 24]. Dagfjellsonen er området av berget som er påvirket av overflateprosesser. Denne sonen vil i hovedsak berøres av byggegropen for bygg ute og forskjæringer. Tunnelene og fjellhallene vil i liten grad påvirkes av denne grunnet tilstrekkelig bergoverdekning.

Ved de antatte bergartsskillene viser seismikkprofilene et fall fra 5500 til 3900 m/s. Det er ifølge Norconsult ikke mulig å avgjøre om det er en bergartsgrense eller om bergmassen har nedsatt kvalitet [24]. Basert på egne visuelle observasjoner i felt, vurderes det å ikke være forskjell på bergartene på hver av sidene ved antatt bergartsskille.

Norconsults notat anbefaler at hall legges utenom området ved antatt bergartsskille. Effekten av topografiske effekter på stedet, såkalte «site effects», er ikke vurdert i tidligere utarbeidet notat. Seismiske metoder har begrensninger på tvers av dype kløfter [16]. Seismiske bølger vil kunne påvirkes av rygger (forsterker bølgene) og forsenkinger (svekker bølgene) i terrenget. På Kvasneset sammenfaller spranget i seismisk hastighet med en bergskrent, se Figur 18. Bratte overflater kan avgrense nøyaktigheten til den seismiske refraksjonsmetoden. Spranget i seismisk hastighet vurderes basert på feltobservasjoner å skyldes sideeffekter grunnet sidebratt terreng.

6.3. Bergkvalitet, bergspenninger og nødvendig bergoverdekning

6.3.1. Bergmassekvalitet

Kvartsdiorittisk gneis oppfører seg ofte som en hard og sterk (kompetent) bergart. Generelt vil bergmassen ha både lav porøsitet og primær permeabilitet. Retninger med lavere styrke kan forekomme ved orientering og/eller båndingav mineraler, grunnet parallellorienteringen som oppstår under metamorfose av bergarten.

Det forventes god bergmassekvalitet for etablering av bergrom, fjellhaller og tunnel slik det er planlagt for renseanlegget. Dette gjelder spesielt for alternativ 2 og 3, forutenom eventuell kryssing av Breidalen. Utført refraksjonsseismikk viser hastigheter på 5200-5400 m/s under dagfjellsonen. Bergarten forventes også å tilfredsstille relativt høye kvalitetskrav med tanke på bruk av sprengsteinsmassene. I forskjæringer og områder med liten overdekning, i dagfjellsonen, ventes det noe dårligere bergmassekvalitet.

Ytterligere informasjon knyttet til klassifisering og anvendelse av bergmassen etter uttak er presentert i avsnitt 6.9.

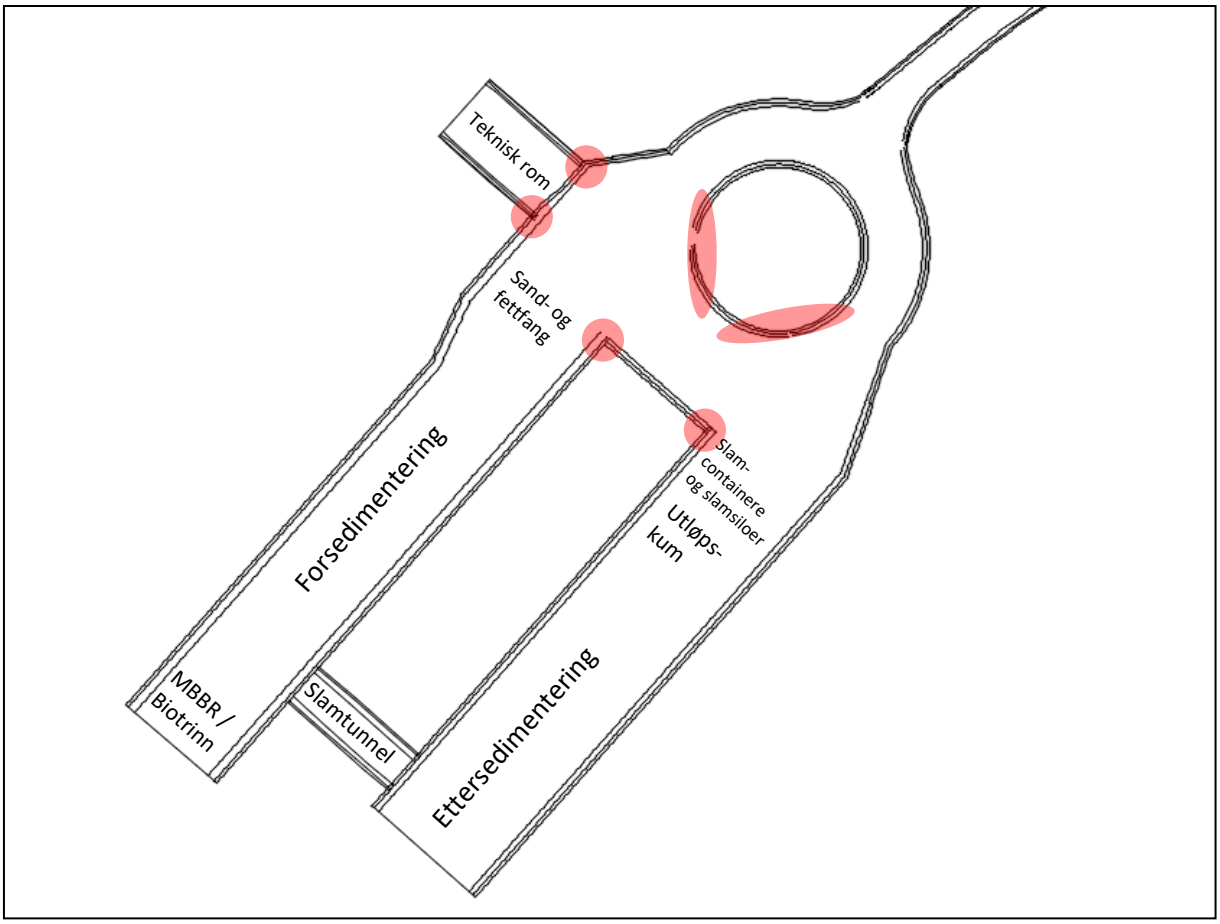
6.3.2. Bergspenninger

Det er ikke utført bergspenningsmålinger i forbindelse med prosjektet.

Spenningskonsentrasjoner i bergmasser kan inntreffe inn mot svakhetssoner. Dette skyldes at svakhetssonen ikke overfører spenningene like godt som omkringliggende bergart. Dette kan medføre lokale stabilitetsproblemer i overgangsområdene.

Problematikk knyttet til for høye spenninger i berg (bergslag, spenningsavlagring osv.) forventes ikke, da bergoverdekningen er lav til moderat. Man har heller ikke størkningsbergarter i området som kan ha residualspenninger. Det ventes ikke problematikk knyttet til for lav innspenning i bergmassen, gitt at krav om minimum bergoverdekning tilsvarende fjellhallenes spenn er oppfylt. Stabilitetsproblemer grunnet lav innspenning kan derimot opptre ved påhugg og områder der det er lite bergoverdekning.

I krysninger mellom åpninger og der geometrien til bergrommet endres, kan det oppstå spenningsavløsning og utilstrekkelig sidestøtte [17]. Det vil i tillegg være oppkonsentreringer av bergspenninger i områdene hvor de store spennviddene i hallene møtes. Dette er vist Figur 27.



Figur 27: Spenningskonsentrasjon grunnet store spennvidder må påregnes ved områder markert med rødt i figuren. Navn på prosesser er indikert med tekst. Plassering av teknisk rom kan speiles og orientering av tilkomsttunnel justeres etter valgt alternativ.

6.4. Orientering og utforming av anlegget

6.4.1. Utforming av bergskjæringer

Bergskjæringer er generelt planlagt med vinkel 10:1 (84 grader). Helling kan tilpasses gjennomsettende sprekkeplan i området (se Figur 17), eller legges slakkere en 10:1. Dette vurderes ut ifra observerte sprekkesett og eventuelle konstruksjoner i tilknytning til bergskjæringene.

Det er lokale variasjoner i området, men sprekkesett S1 og S2 i Figur 17, er generelt gjennomgående steile. For bergskjæringer som er orientert parallelt med disse sprekkesettene, vil det være mulig å tilpasse bergskjæringene til sprekkene, såfremt dette ikke gir overheng i skjæringstopp. I sistnevnte tilfelle vil 10:1 eller slakkere være mest gunstig. Det kan eksempelvis være aktuelt å legge påhuggsflater ved Kongshaugen langs sprekkesettet S2, orientert ca. SSØ-NNV.

6.4.2. Orientering av fjellhall

Det er gjennom sprekkemåling og analyse, identifisert 3 hovedsprekkeretninger i området. To steile sprekkesett orientert med strøk-retning på hhv. N-S og NØ-SV er mest fremtredende. Et tredje sprekkesett, registrert langs foliasjonsplanet.

Sprekkesettene i området påvirker fastsetting av orienteringen til fjellhallene.

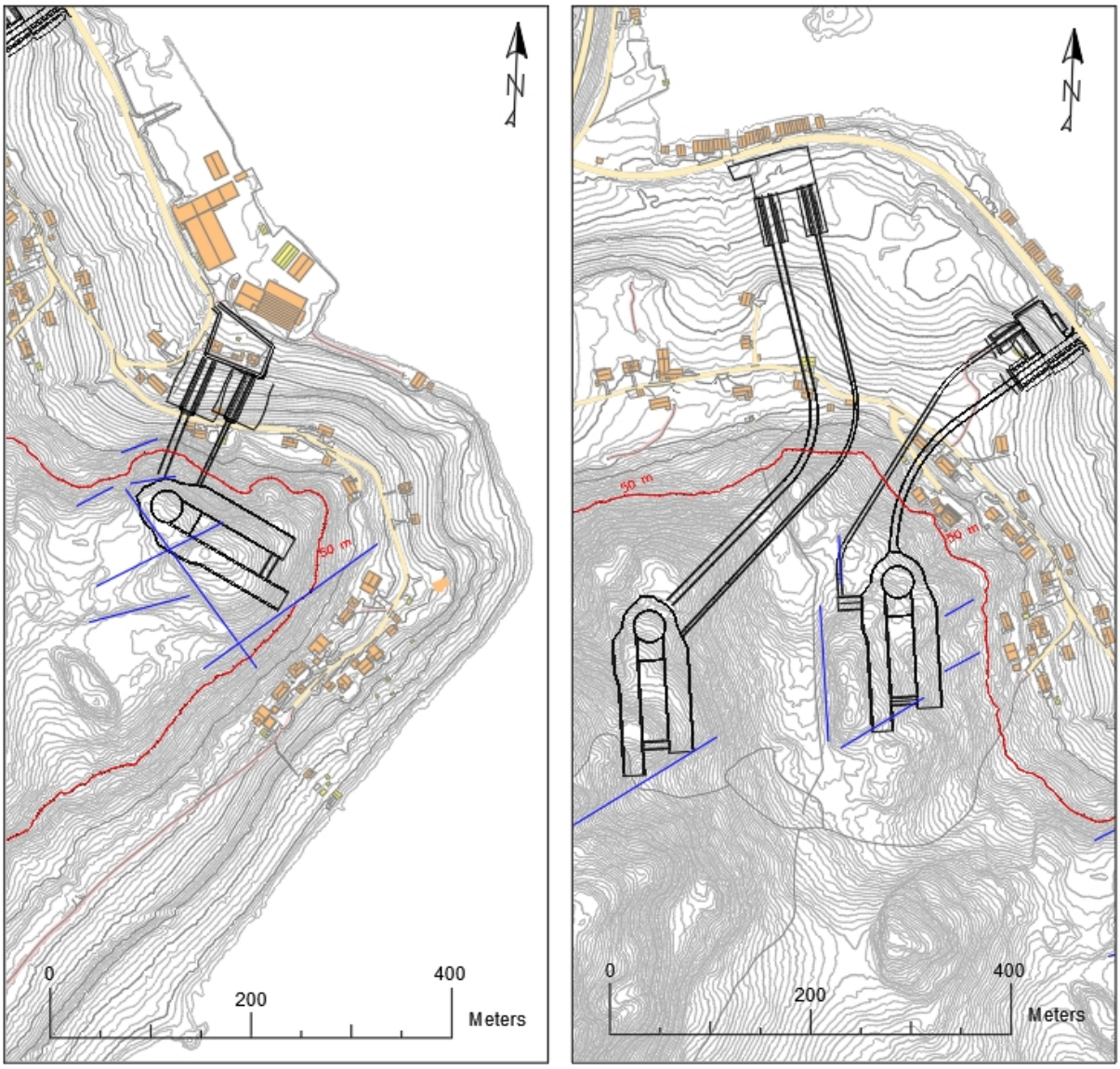
Følgende anbefalinger er lagt til grunn for skissert orientering av fjellhallene [13];

- Steile, glatte sprekker og slepper bør helst ligge med størst mulig vinkel til langveggene i bergrommene. Formålet med dette er å unngå overmasser og blokkutfall.

- Markerte svakhetssoner må hensyntas ved fastsetting av berghallers orientering og plassering. En orientering der berghallene ikke gjennomsettes av større svakhetssoner er absolutt å foretrekke.
- Det er ønskelig å unngå at berghallene og hovedsprekkeretninger krysses med spiss vinkel.
- Halveringslinjen til de to primære sprekkeretningene brukes ofte som grunnlag til å bestemme langsidens orientering. Det må da samtidig påses at en eventuell tredje sprekkeretning ikke sammenfaller med orienteringen til langsiden, da det kan oppstå stabilitetsproblemer om disse ligger parallelt.

Basert på anbefalingene over, vurderes det at en plassering med lengderetning ØNØ-VSV eller NNV-SSØ er egnede orienteringer for alternativ 1 ved Kvasneset. På bakgrunn av liten overdekning er orienteringen ØNØ-VSV lite egnet og derfor ikke skissert.

For alternativ 2 (i kollen øst for Breidalen) og alternativ 3 (i Veibustfjellet), vurderes det at en plassering med lengderetning SSV-NNØ trolig vil være bedre egnet.



Figur 28: Oppsprekking i området sett i sammenheng med 50 m høydekoten. T.v.: Alternativ 1 ved Kvasneset. T.h.: Alternativ 2 i kolle sørvest for Kongshaugen (t.h.) og alternativ 3 i Veibustfjellet (t.v.).

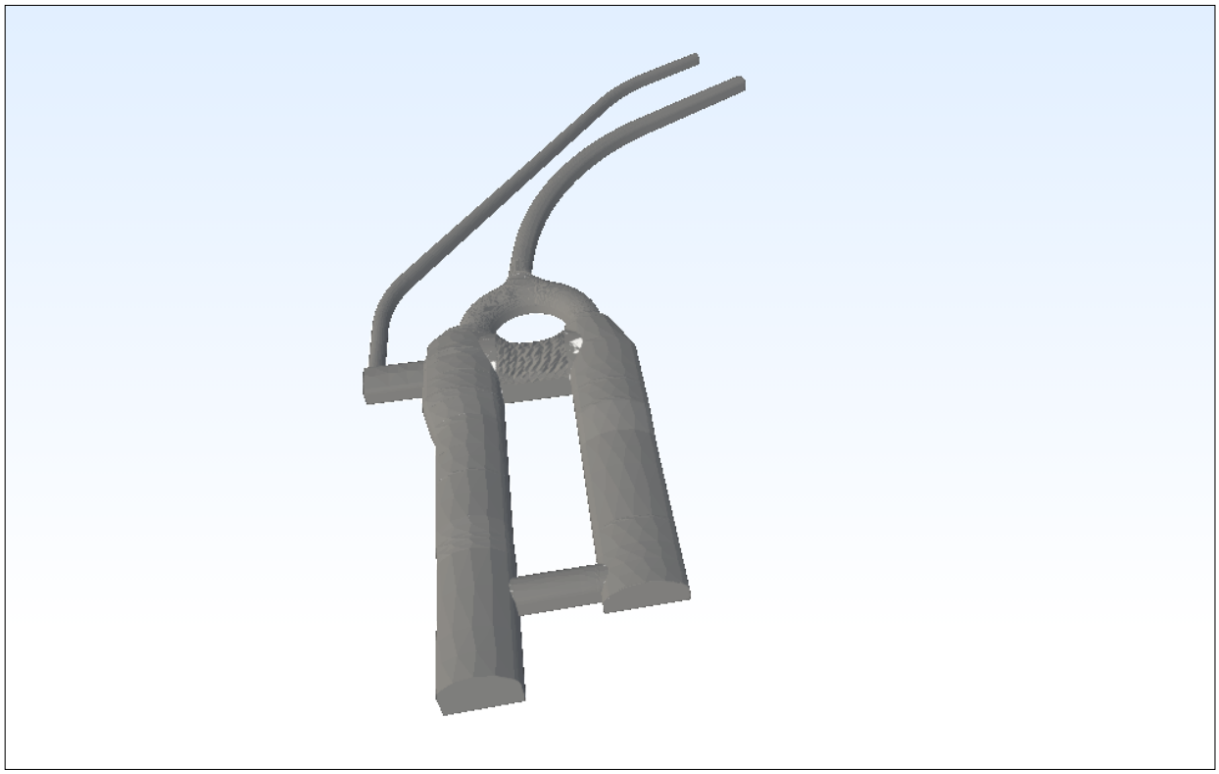
6.4.3. Avstand mellom fjellhaller

Hallene bør plasseres med en avstand omtrent tilsvarende bredden av hallene. I senere planfase kan det vurderes å eventuelt nedjustere denne etter at alle nødvendige grunnundersøkelser for valgt område er gjort.

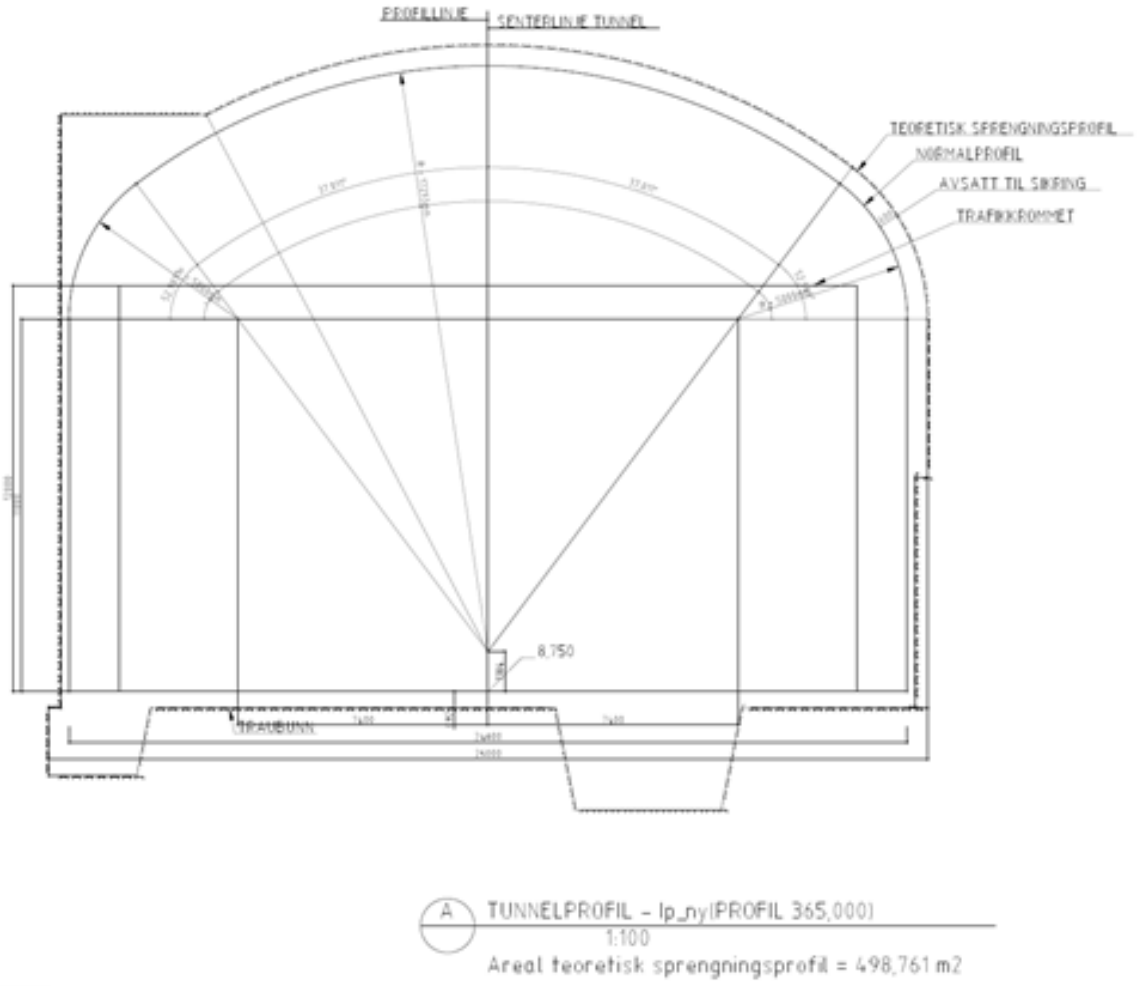
6.4.4. Utforming av fjellhallene

6.4.4.1. Geometri

En enkel form med buet heng er å foretrekke for å sørge for en jevn fordeling av kompressive spenninger i bergmassen rundt en fjellhall [17]. Vegger kan gjøres rette forutsatt at disse sikres suksessivt med berguttak.



Figur 29: Eksempel på tverrsnitt i modellen.

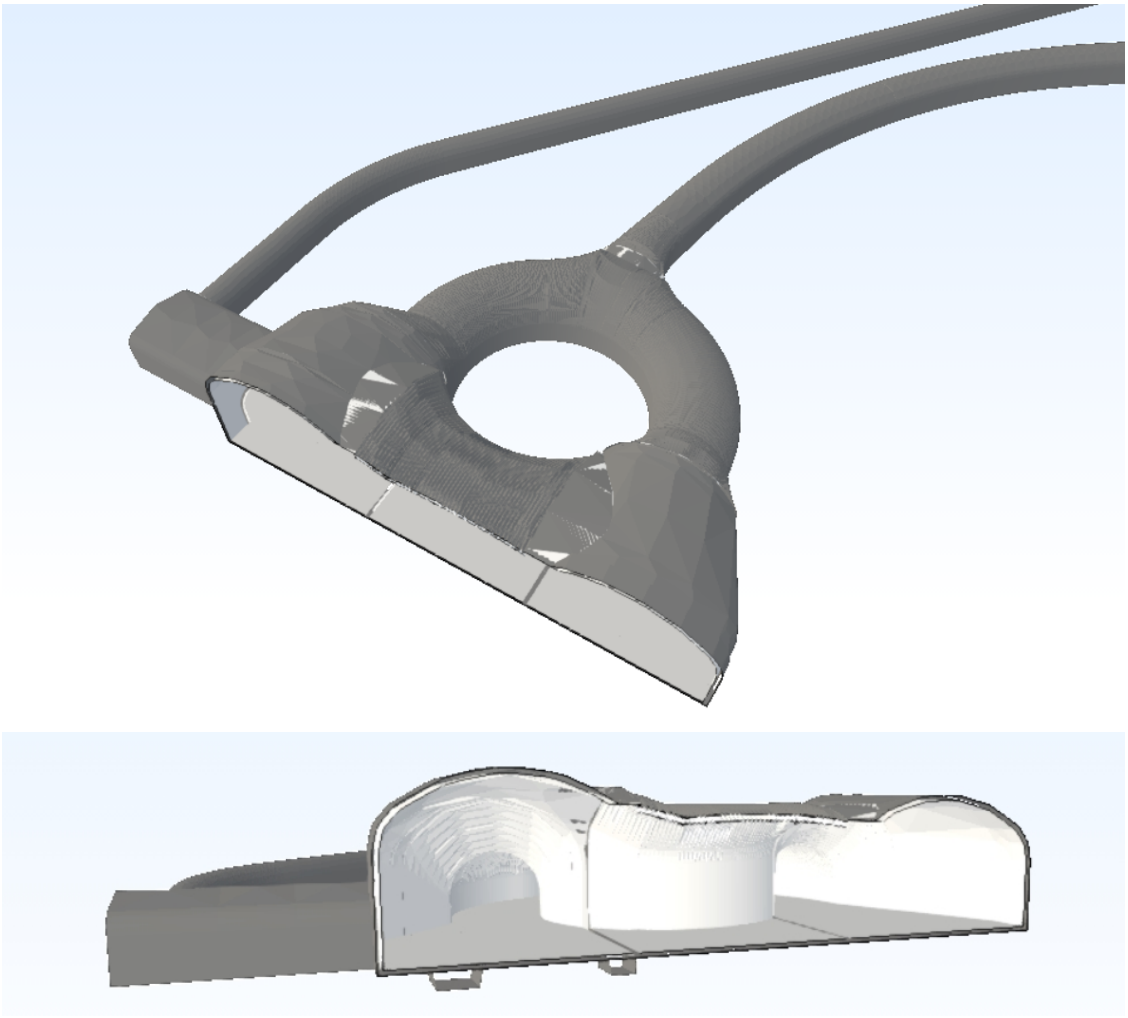


Figur 30: Eksempel på utforming av fjellhaller, her ved største tverrsnittareal.

6.4.4.2. Spennvidde og overdekning

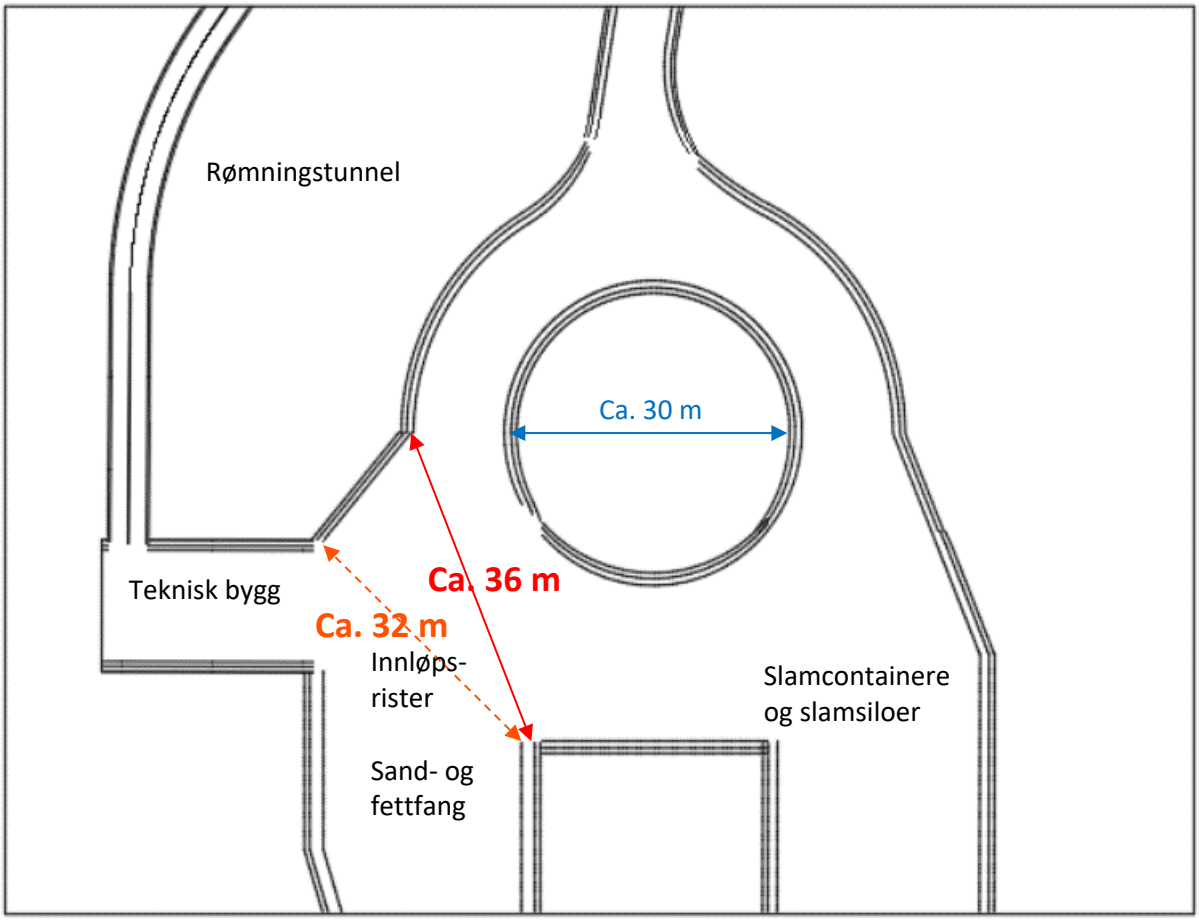
Kotehøyde for såle i anlegget er lagt til 8,75 meter, med høyde på haller mellom 10 til 18 meter og bredde om lag 25 meter. For å oppnå gunstige bergspenninger og bergmassekvalitet, bør bergoverdekningen være minimum hallens bredde. Dette betyr at bergrommet bør ligge innenfor minimum kote + 50.

Mindre bergoverdekning vil normalt medføre økt behov for bergsikring.

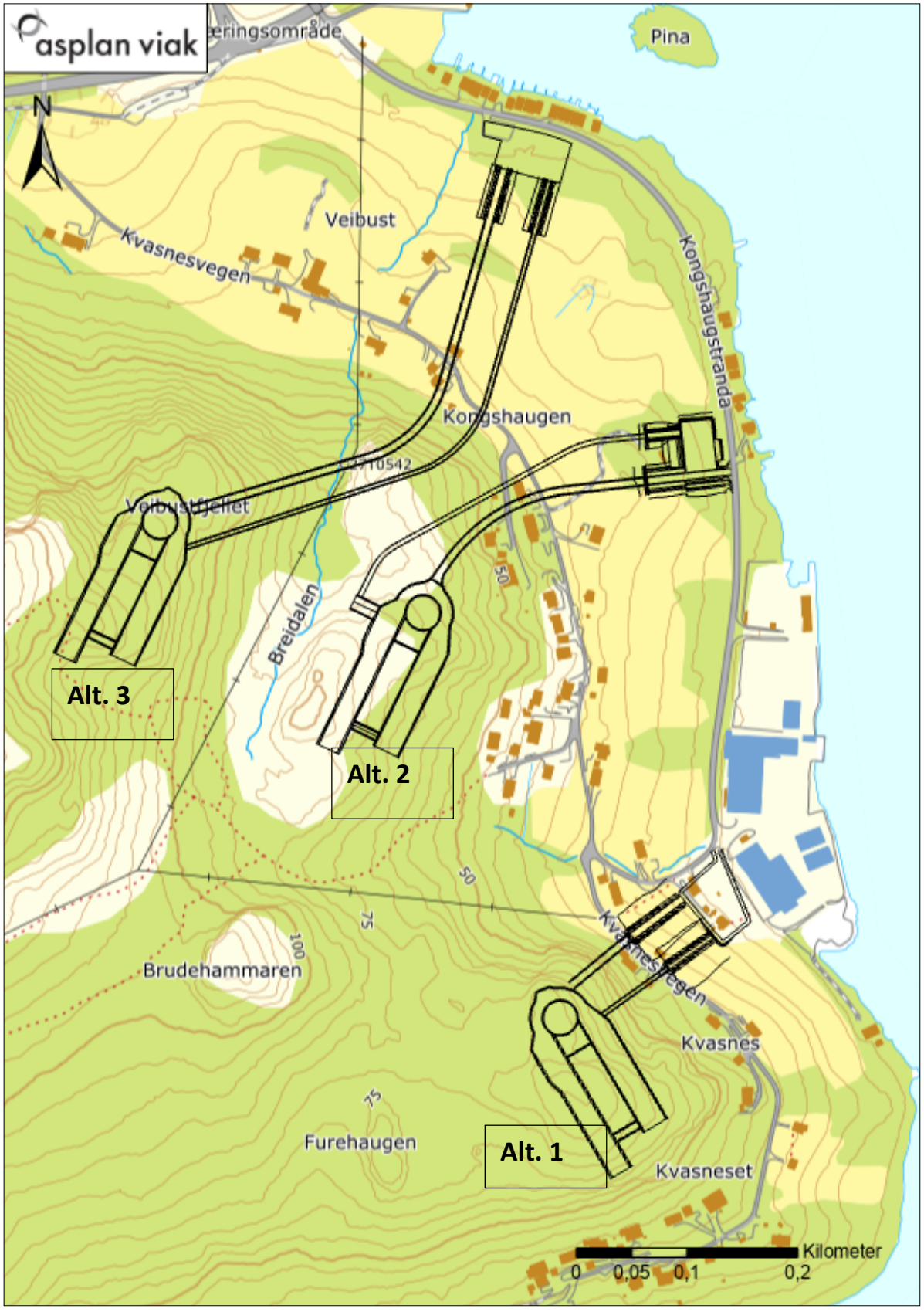


Figur 31: Utklipp fra modell som viser området der fjellhaller, kjøreareal, teknisk rom og adkomstunnel møtes. Merk at modellen vist over er for plassering i kollen vest for Kongshaugen, med adkomst fra Kongshaugen. Plassering av teknisk rom kan speiles og tunneler for adkomst-/rømningstunnel kan komme inn i fjellhallen med annen orientering.

Merk at i krysningspunktet mellom fjellhall, adkomsttunnel, kjøreareal og rømningstunnel (se Figur 32) vil spennvidden bli større enn for hver av fjellhallene.



Figur 32: Krysningspunkt med større spennvidder enn ellers i anlegget.



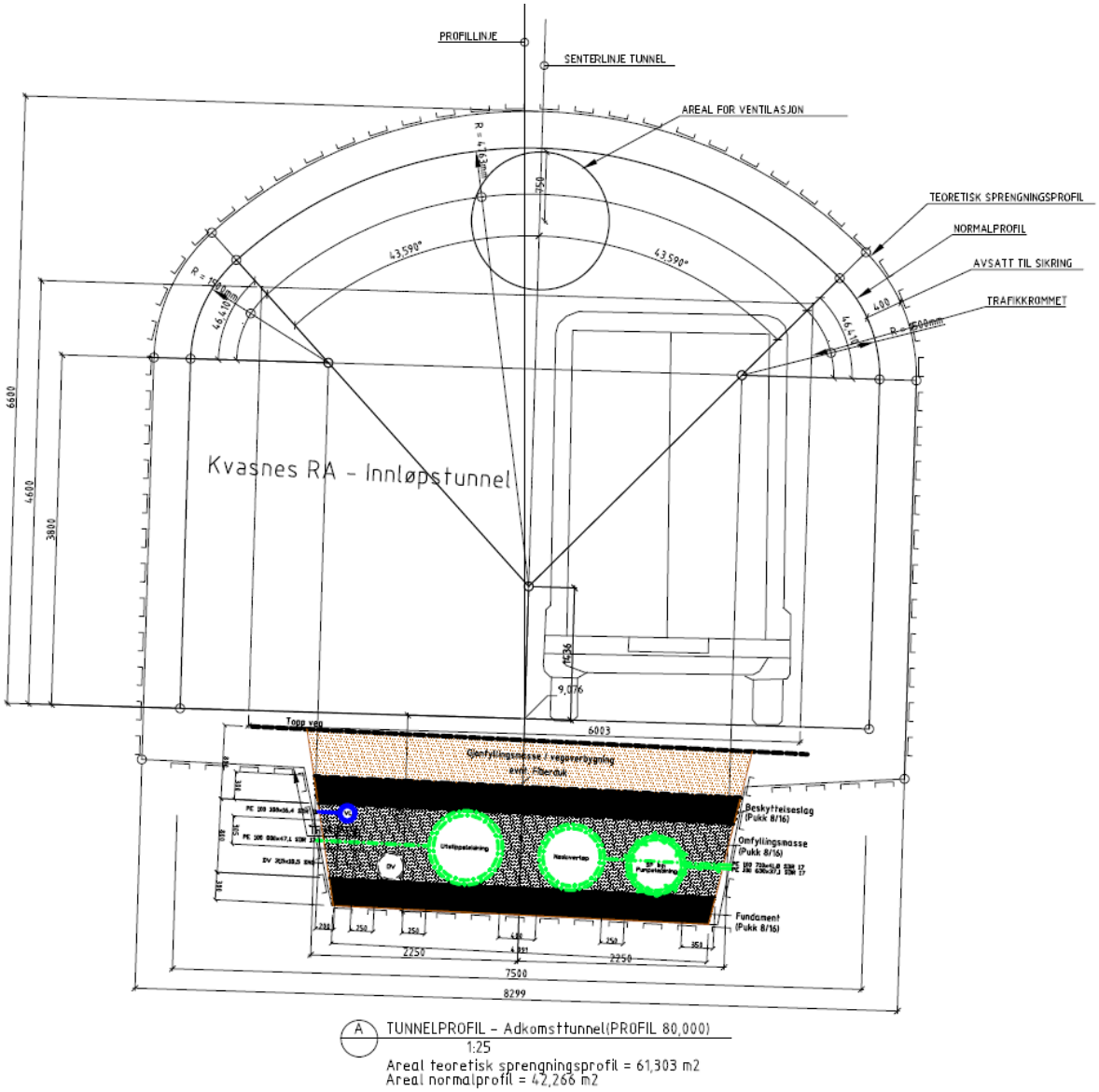
Figur 33:Skisse over alternative plasseringer av fjellhaller for renseanlegget. Alt. 1, 2 og 3 markert på kartet

6.4.5. Adkomsttunnel

Nødvendig lengde på adkomsttunnelen inn til fjellhall må detaljprosjektertes, mellom annet på bakgrunn av nødvendig overdekning. Tenkt adkomsttunnel skal være stor nok til å tillate transport inn og ut av fjellhall.

For etablering av adkomsttunnel legges det til grunn en veibredde på 7,5 meter, med en kjøreboks med høyde 4,6 meter og bredde 6,0 meter. Tverrsnittet er tilpasset med et krumt tak, der det er areal over kjøreboksen til å føre ventilasjonsrør/vifter. Adkomsttunnelen tilrettelegges også med grøft for ledningsføring, samt kabelkanaler og annet teknisk utstyr i grøft.
Vegbanen bygges opp med nødvendig overbygning og asfalteres. Planum tunnel blir tilrettelagt med ensidig fall på 3-5% mot en side og dermed ensidig grøft.

Tverrsnittsarealet inne i ferdig tunnel blir ca. 42m^2, mens nødvendig berguttak for tunnel, inkludert grøft, vil trolig ligge på i overkant av 61 m2.



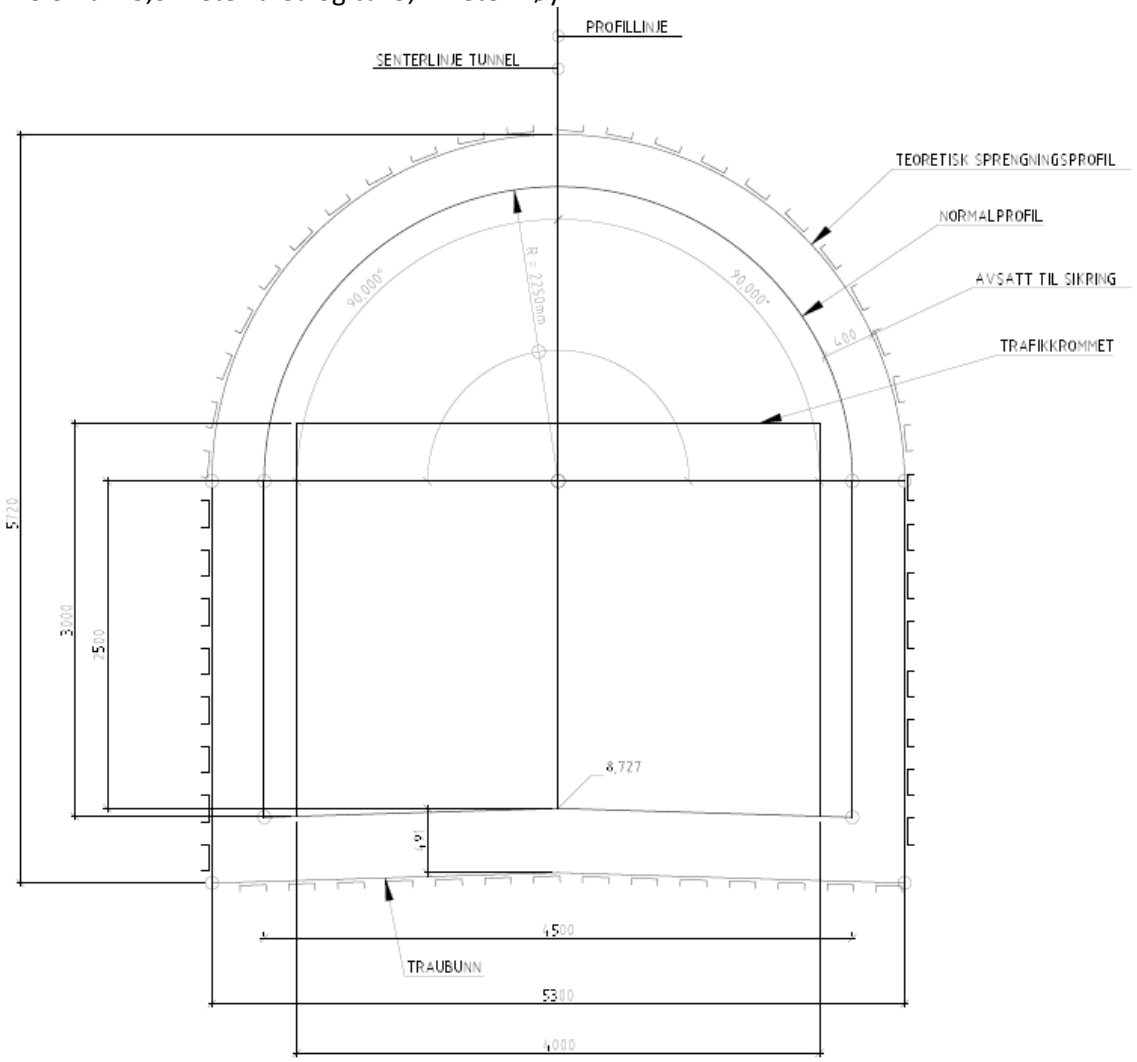
Figur 34: Forslag til sprengningsprofil adkomsttunnel.

6.4.6. Rømningstunnel

Det skal tilrettelegges for en egen rømningstunnel/gangtunnel for tilgang mellom renseanlegg inne i berget og driftsbygning ute i dagen. Rømmingstunnelen vil være en ca. parallell tunnel med adkomsttunnelen og ha ca. samme lengde. Den minimale anbefalte avstanden mellom disse er ca. 10 meter.

Det blir tilrettelagt med et rømningsareal på 3x3 meter. Det minste nødvendige berguttaket for å oppnå dette er trolig rundt 18 m^2. Adkomsttunnel og bergrommene i prosjektet vil ha tverrsnitt i størrelsesorden fra 40-50 m^2 og større og fjellhallene vil være klart over 250 m^2. Den store forskjellen i tverrsnitt gjør at det vil være behov for ulikt utstyr for å drive de ulike rommene. For adkomsttunnel og bergrom kan det trolig benyttes utstyr for boring og utlasting, men ved å benytte en rømningstunnel på mindre enn knapt 30 m^2 vil det være nødvendig å benytte annet utstyr.

Figur 35 viser en anbefalt minimumsløsning på tunneltverrsnitt dersom man skal kunne benytte mye av det samme utstyret i boring og utlasting i tunnelene. Nødvendig tverrsnitt er da ca. 27 m^2. En entreprenør vil da kunne måtte gjøre noen mindre justeringer for tverrsnitt for å tilpasse utstyr. Tunnelen blir 5,3 meter bred og ca. 5,7 meter høy.



Figur 35: Forslag anbefalt tverrsnitt rømningstunnel. Teoretisk sprengningsprofil er ca.27 m^2

6.4.7. Ventilasjonssjakt

Det skal etableres vertikale sjakter fra arealet mellom fjellhallene og opp til dagen. Hullene har diameter 2 meter og er opptil 60 meter lange. Disse forutsettes boret med diameter om lag 2,1 meter.

Etablering av sjakt kan utføres ved at det bores et pilothull fra terrengnivået og ned til bunnen av sjakten, dvs. i fjellhallen. Der monteres det et borehode for opprømming, som trekkes oppover mot terrengnivå. Borekakset faller ned til fjellhallnivå. Opprømmingsdiametere for raiseboring ligger typisk mellom 0,6 og 3,1 m. Utover dette kan utstrossing utføres.

Det skal etableres 2 sjakter. For å oppnå tilstrekkelig stabilitet på berget mellom hullene bør det være minimum 2 x diameter i avstand mellom hullene. I denne fasen settes avstanden hullvegg til hullvegg til 5 meter.

6.4.8. Kjøreareal og bergstabbe

Ca. 40 meter foran fjellhallene, går adkomstvegen ut i en rundkjøring. Gjenstående stabbe har en teoretisk bredde på ca. 30 meter, tilpasset svingeradiusen for lastebiler som skal benyttes til transport inn til renseanlegget. Bredden til kjørearealet rundt stabben er rundt 12 meter. Høyden på stabben vil være tilsvarende høyeste bergrom rundt den, ca. 18 meter.

6.5. Skredfare ved påhuggsalternativer

6.5.1. Aktsomhetsområder

Aktsomhetskartene viser områder der steinsprang og snøskred er mulig (potensiell skredfare), basert på en grov terrengmodell. Kartene gir ikke informasjon om sannsynlighet for skred, og tar ikke hensyn til lokale faktorer som kan påvirke utløsning og utløp. Lokale faktorer inkluderer klima, vegetasjon, avrenning, vegetasjon og terreng.

Det aktuelle området for renseanlegget ligger stedvis innenfor aktsomhetsområdene for snøskred og steinsprang (NVE, NGI) [7]. Det aktuelle området ligger utenfor aktsomhetsområdet for jord- og flomskred.

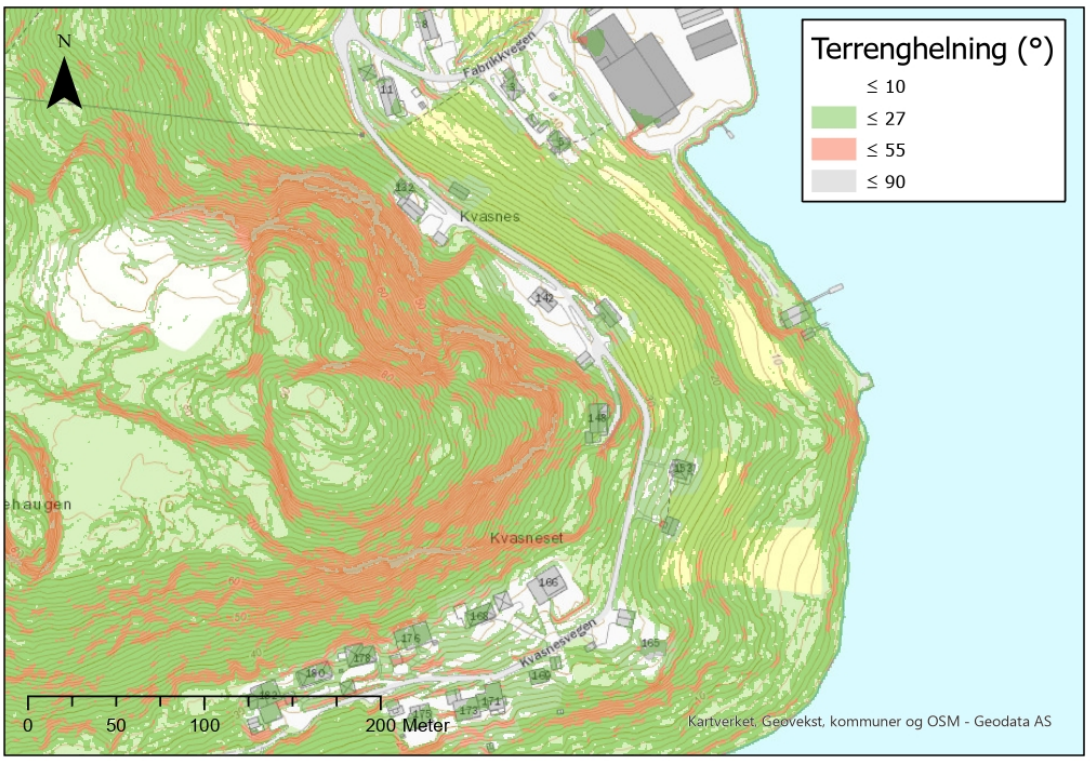
Det er ikke registrert tidligere skredhendelser i området (NVE, SVV).

6.5.2. Skredfare

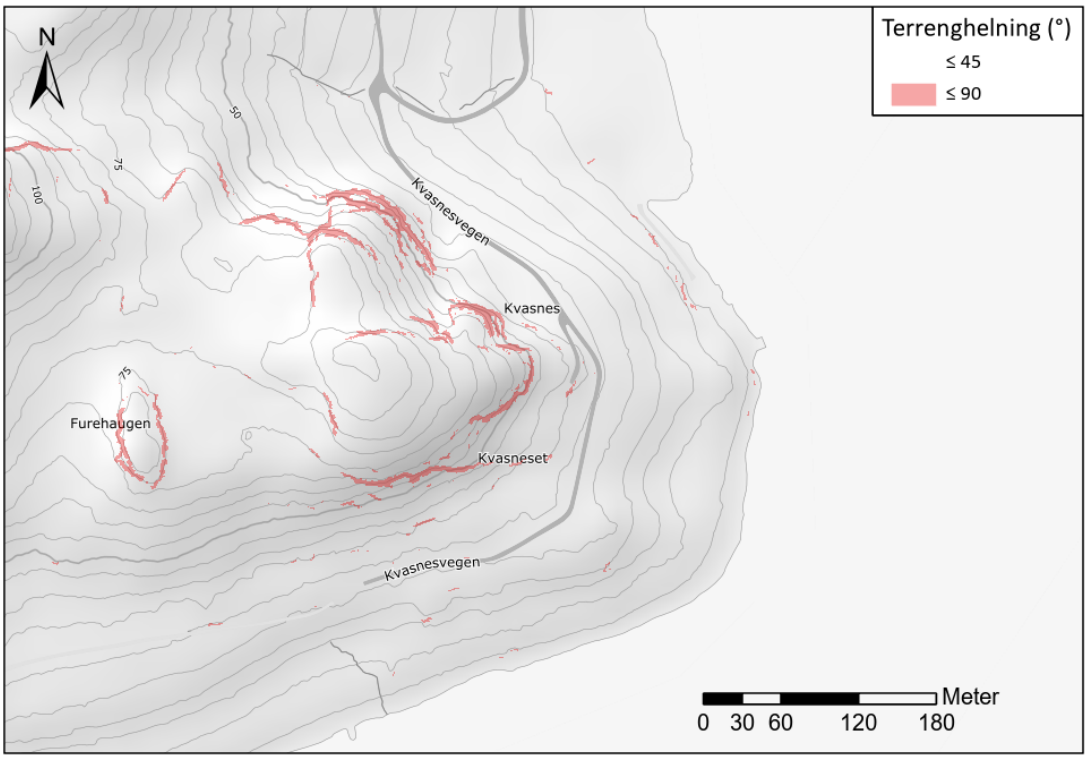
Det er ***ikke*** utført en detaljert skredfarevurdering av skred i bratt terreng i henhold til gjeldende standarder gitt av NVEs veileder (2020). En slik vurdering må gjøres dersom fjellanlegget plasseres slik at påhuggsområde/areal i dagen faller innenfor aktsomhetsområder for skred. Vurderinger presentert under er kun innledende.

Basert på en grov, overordnet vurdering kan følgende merkes ang. potensiell skredfare ved påhuggsalternativ for fjellhall ved Kvasnes (alt. 1): Ut ifra aktsomhetskart, terrenghelning og årlig maks snøhøyde (>0,2 m), er snøskred en aktuell skredtype for påhuggsalternativene. Terrenghelningskart (se Figur 36) viser at det er terreng med potensial til å samle snø på oversiden av Kvasnesvegen (30-50 grader). Klimadata viser at dominerende snøførende vindretning er fra nordvest. Dette medfører at det kun er avgrensende områder som ligger i le for vinden over aktuelle påhuggsplasseringer. Områder i le har generelt større potensial til å akkumulere snø enn områder som ikke ligger i le. Generelt vil snøførende vind komme inn fra siden, da åsryggen primært ligger parallelt med snøførende vindretning, og det vil ikke ligge til rette for at større mengder snø vil samle seg opp. Det er også en del skog i siden, noe som er gunstig mht. snøskredfaren blant annet pga. forankringseffekt på snødekket. Større skred som kan treffe området med ødeleggende kraft anses å være lav. Dette må bekreftes/avkreftes gjennom en grundigere skredfarevurdering.

Analyse av terrenghelning viser brattskrenter med mulighet for utfall av steinblokker (steinsprang) ved påhuggsalternativ for fjellhall ved Kvasnes (alt. 1). Terrenget under brattskrentene slakker relativt raskt ut til å bli slakkere enn 25 grader. Steinsprang bremses erfaringsmessig i terreng under 23 grader. Sannsynlighet for nedfall og plassering av påhugg i forhold til bergskrent vil avgjøre behov for sikringstiltak. Lenger portallengde og direkte sikring vurderes som mest aktuelle pga. avgrenset størrelse/utstrekning på bergskrentene.



Figur 36: Terreng med helning over 55 grader er generelt for bratt til å samle større mengder snø. Helning mellom 27-55 vil typisk kunne få oppsamling av større mengder snø.



Figur 37: Terreng med helning over 45 grader kan teoretisk sett fungere som løsneområde for steinsprang.

6.6. Vibrasjoner og bygningsbesiktigelse

Anlegget vil i de omtalte alternativene plasseres i nærhet til bebyggelse. Faktisk avstand til nærmeste bebyggelse vil avhenge av anleggets endelige utforming.

Besiktigelse av alle boliger/bygninger og andre konstruksjoner som kan påvirkes av grunnarbeidet skal i henhold til NS8141:2001 utføres før og etter sprengningsarbeider. Basert på fjellhallenes størrelser, samt bergets seismiske hastighet, bør en radius på ca. 200 meter besiktiges. Dette er målt fra nærmeste sprengningssted. Endelig omfang vurderes nærmere i senere planfaser, etter at plasseringen av anlegget er fastsatt.

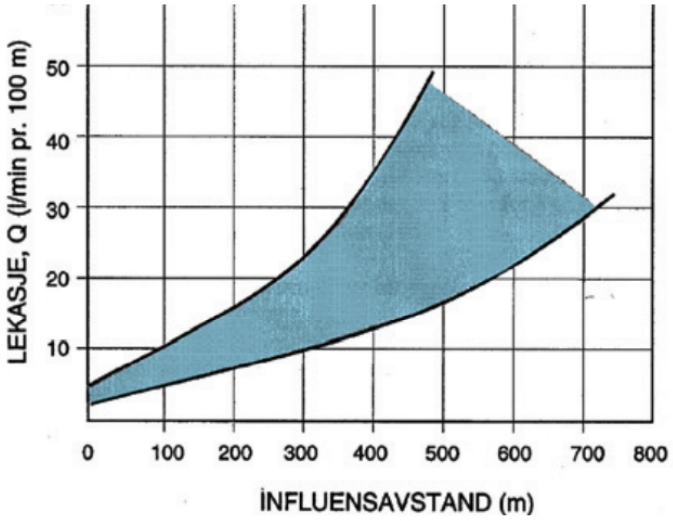
Vibrasjonsgrenser beregnes i henhold til NS8141:2001.

6.7. Hydrogeologi

6.7.1. Influensområde

Med fjellrommets influensområde, menes det området som kan påvirkes av endringer med hensyn til grunnvannsforhold og overflatevann som følge av innlekkasje i tunnelen. Topografi, type løsmasser, type bergarter og innlekkasjekrav er alle faktorer som vil påvirke influensområdet.

Erfaringstall for influensvastand i relasjon til lekkasjenivå, angir at en innlekkasje i tunnelen lik 15-25 l/min/100 meter ha et potensielt influensområde på ca. 250 til over 500 m [32], se Figur 38.



Figur 38: Influensavstand i forhold til innlekkasjenivå. Hentet fra håndbok "Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg", s. 80 [32].

Variasjonsbredden i influensavstand øker med økende innlekkasje. Studier viser at det sjelden observeres endringer i grunnvannsnivå i avstander mer enn 200-300 m fra tunnelanlegg [34].

6.7.2. Setningspotensiale

Begrensing av senkning av grunnvannsstand for å unngå skader på bygninger, natur og omgivelser er formålet med å fastsette innlekkasjekrav. Det må gjøres en vurdering om terrenget ovenfor tunneltraseen er sårbart for innlekkasje av vann til tunnelen. Vurderingen bør ta opp problemstillingen myrer som kan tappes ut eller særlig sårbar vegetasjon i området.

Sør for Kongshaugen antas det at samtlige bolighus på oversiden av Kvasnesvegen er fundamentert på berg. Her antas det ikke å være setningsproblematikk. Det er knyttet usikkerhet i om boliger på oversiden av Kvasnesvegen, nord for Kongshaugen er fundamentert på berg. Totalsondering mellom Kvasnesvegen 68 og 76 viser løsmassetykkelse på ca. 5,5 meter, mens totalsondering nær Kvasnesvegen 69-55 viser løsmassetykkelse på ca. 1,5 meter. Det er ingen grunnundersøkelser mellom disse. Løsmassedekket angir morenematerialer. Normalt er morene fast lagret og vannførende, generelt uten setningsproblemer. Endelig setningspotensiale må avklares med geotekniker.

6.7.3. Innlekkasjekrav og injeksjonsbehov

Det er lite vann og bekker i området. De vurderte alternativene for fjellhaller ligger stort sett under fjellrygger, med tynt løsmassedekke. Tilgangen til vann vurderes derfor som minimal, men overflatevann må påregnes kan dreneres til tunnelnivå. Vann må pumpes ut ifra grøfter og groper i fjellhallene.

Det er ingen antydninger til at det vil være store behov for vanntetting av tunnelene med injeksjon. Det er tynt løsmassedekke i området, og myrer antas på bakgrunn av undersøkelser til å være relativt grunne. Konsekvenser med senkning av grunnvannsstanden antas å være små, men må avklares med aktuelle fagfelt ved senere planfaser. Figur 39 viser et utsnitt av tabell med typiske innlekkasjekrav fra norske tunnelprosjekter.

Tabell 6 Eksempler på typiske innlekkasjekrav

	Strenge krav	Middels krav	Moderate krav
Tillatt innlekkasje	5 l/min/100meter	10 l/min/100meter	20 l/min/100meter
Funksjonskrav	Sensitive omgivelser	Moderat sensitiv	Anleggsavhengig

Figur 39: Utsnitt fra NFFs håndbok nr. 6 «Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg» som viser eksempler på typiske innlekkasjekrav for underjordsanlegg.

Innlekkasjekrav ved Kvasneset vil trolig ligge rundt 20l/min/100m, tilsvarende moderate krav (se Figur 39). Systematisk sonderboring antas å være tilstrekkelig for å vurdere injeksjonsomfanget under tunneldriving.

6.7.4. Vann- og frostsikring

Innlekkasje til tunnel dreneres ut via grøfter og bergrom sikres mot drypp med eksempelvis tunnelduk.

Dersom man velger tunnelduk i kjøreareal kan det enkelte steder være nødvendig med påkjøringshinder for å beskytte denne. Dette gjelder særlig i området rundt rundkjøringen inne i tunnelen, mellom adkomsttunnelen og fjellhallene. Ved valg av tunnelduk må også luktspredning vurderes. Som prinsipp kan enten tunnelduken trekkes helt ned til asfalt, eller den kan festes på en eventuell betongføringskant.

I fjellhallene sikres bare hengen og vann føres ned i takrenner. Ved behov føres duk lokalt ned til såle.

6.8. Drivemetodikk for tunneler og fjellhaller

Det forutsettes konvensjonell driving med boring og sprengning for hele anlegget. Adkomsttunneler og eventuelle rømningstunneler kan trolig sprenges ut som vanlige tunnelsalver. Fjellhallene vil både ha en høyde og en bredde som gjør at man må ta ut fullt tverrsnitt i minimum 2 omganger, ved bruk av pilottunnel og strossing. Det kan bli behov for pallsprengning av nedre del av fjellhaller, i tillegg kommer kummer og grøfter, samt enkelte lavere nivåer.

6.9. Klassifisering og bruk av bergmassen

Det må bemerkes at bergmassen kan fremstå annerledes ved tunnelnivå enn det som er observert i terrenget. Dagfjellet er gjerne mer oppsprukket enn lenger inn i fjellet, men lokale variasjoner kan forekomme, særlig i forbindelse med svakhetssoner. Bergmassebeskrivelser og Q-verdier fra feltkartlegging og borehull er derfor ofte beheftet med større usikkerhet.

Det er særlig begrensinger knyttet til Jw og SFR ved fastsetting på terrengnivå. Videre, er det også knyttet usikkerhet til Ja-verdien på grunn av at sprekkefyllinger ofte er vasket bort i bergblotninger ved overflaten.

6.9.1. Estimat Q-verdier

Tabell 8 oppsummerer estimerte Q-verdier for prosjektet på Kvasneset, vurdert ut ifra observasjoner og kartlegging av bergblotninger under befaring.

Generelt stiger terrenget bratt like på oversiden av Kvasnesvegen for alle alternativ og gir god overdekning i forhold til adkomst-/rømningtunnelenes spennvidde. Beregninger av Q-verdi tar derfor utgangspunkt i at overdekningen er liten i forhold til tunnelenes spennvidde på nedsiden av Kvasnesvegen, og god oversiden av Kvasnesvegen.

Tabell 8: Estimerte Q-verdier for Kvasneset basert på feltobservasjoner.

Parameter	Verdi	Kommentar
RQD	60-90	Noe varierende sprekkeavstand. Generelt inntrykk er at oppsprekkingsfaktoren er middels til utmerket.
J_n	9-12	Tre sprekkesett observert på befaring. Sporadiske sprekker i enkelte områder
J_r	3-1,5	Bergkontakt. Ru eller ujevn, plan.
J_a	0,75-1	Ikke observert sprekkefyll. Sammenvokste sprekker og uomvandlede sprekkeflater.
J_w	1	Antatt tørre bergrom eller mindre innsig. Som det går frem av handboken, er verdien vanskelig å forutsi fra feltkartlegging.
SRF	1(-2,5)	Antatt middels spenninger, gunstige spenningsforhold gjør at SRF settes lik 1. Nær overflaten settes SRF til 2,5 i henhold til håndboken.
Q-verdi, generelt	20-40	God
Q-verdi, påhugg	3-16	Middels

6.9.2. Bergmasseklasser langs traseen

Utført refraksjonsseismikk viser en hastighet i berg primært innenfor 5200-5400 m/s for planområdet. Dette er en høy seismisk hastighet som tyder på god fjellkvalitet. Svakhetssoner, som ofte har seismisk hastighet minder enn 3500-4000 m/s, fremtrer med lavere Q-verdi enn bergartsklasse C, og ventes primært ved eventuell passasje av Breidalen og ved nærføring av søkk i terrenget. Tabell 9 viser en antatt overordnet vurdering av bergmassefordeling, uavhengig av alternativ. Tabell 10 viser antatt bergmasseklassifisering langs de ulike skisserte traseene.

Tabell 9: Antatt bergmassefordeling langs traseen.

Konstruksjon	Strekning	Q-verdi / Bergmasseklasse	Kommentar
Adkomsttunnel og rømningstunnel, mindre overdekning	Fra påhugg forbi Kvasnesvegen	8-16 / Middels	I fra påhugget og første deler av adkomst- og rømningstunneler tas det utgangspunkt i en SRF verdi på 2,5 grunnet liten overdekning. Dette gir en Q-verdi på 8-16.
Tunnel / fjellhall	Svakhetssone	0,1 – 1 / Svært dårlig	Antatt for potensielle svakhetssoner. Passasje gjennom Breidalen for alternativ plassering i Veibustfjellet.
	Slepper	1 – 4 / Tett oppsprukket	Antatt for slepper. Områder der det er tolket ugunstige sprekkekombinasjoner, er markert i Figur 22.
Fjellhall og tunneler med god overdekning		20 – 40 / God	Generelt stiger terrenget bratt like på oversiden av Kvasnesvegen for alle alternativ og gir god overdekning i forhold til tunnelenes spennvidde. SRF herifra og inn settes til 1,0. Dette gir en Q-verdi på 20-40. Antatt god bergmassekvalitet ved fjellhallplassering.

Tabell 10: Grov bergmasseklassifisering for hvert av de skisserte alternativene.

		Alternativ 1, Kvasneset	Alternativ 2, Kongshaugen	Alternativ 3; Veibust
Q-verdi / Bergmasse / Bergmasseklasse	**Antatt plassering**	Ca. lengder [m]		
Tunnel (adkomsttunnel / rømningstunnel)				
20 – 40 / God / B	God overdekning	30/30	70/145	170/210
8-16 / Middels / B-C	Liten overdekning	40/40	150/155	185/190
1 – 4 / Tett oppsprukket/D	Slepper og overgangssoner			14/14
0,1 – 1 / Svært dårlig / E	Svakhetssoner	-	-	55/55
Totallengder tunnel		70/70	225/300	425/470
Rundkjøring og fjellhaller				
20 – 40 / God / B	Fjellhall	310	335	340
1 – 4 / Tett oppsprukket/D	Slepper	40	15	10

Totallengder fjellhall		350	350	350
Teknisk rom				
20 – 40 / God / B			25	25
1 – 4 / Tett oppsprukket/D	Nærhet krysningspunkt for sprekker	25		
Totallengder teknisk rom		25	25	25
Kjørehall				
20 – 40 / God / B		15	25	25
8-16 / Middels / B-C		5		
1 – 4 / Tett oppsprukket/D	Nærhet krysningspunkt for sprekker	5		
Totallengder kjørehall		25	25	25
Slamtunnel				
20 – 40 / God / B	Slamtunnel	25	25	25
Totallengder slamtunnel		25	25	25
Totallengder		**495/495**	**650/725**	**850/895**

6.9.3. Borbarhet, borslitasje og sprengbarhet

Bergmassens egenskaper er ikke undersøkt med tanke på borbarhet, sprengbarhet eller borslitasje i denne planfasen.

Gneis kjennetegnes generelt av høy trykkfasthet og middels til høy densitet [25]. Borbarheten er primært middels til lav, men er avhengig av sammensetningen av mineraler. Sprengbarheten er påvirket av glimmerinnholdet i gneisen.

Gneis har ofte en anisotrop karakter og en tydelig svakhetsretning, noe som er ugunstig for sprengbarheten. Erfaringstall fra norske bergarter oppgir middels sprengbarhet for gneis, der sprengbarheten ligger mellom god og dårlig [26]. Kvartsdioritt ligger innenfor samme område, men har erfaringsmessig noe bedre sprengbarhet [26]. Porøsitet og primær permeabilitet er generelt lav for gneis. Slitasjemotstanden til gneis er generelt lav til middels.

Tabell 11: Oppsummering av bergarters borbarhet og sprengbarhet. Kilde: NTNU. Anleggsdrift (1998) [20].

Bergart	DRI	Betegnelse	BWI	Betegnelse	Sprengbarhet
Gneis	37-54	Lav-middels	32-51	Middels-høy	Dårlig-god
Granittisk gneis	44-61	Middels-høy	30-42	Middels	Middels
Migmatitt	32-55	Lav-middels	33-56	Middels-høy	Dårlig-middels (*)

6.9.4. Anvendelse av sprengsteinmasser

Det foreligger ikke testresultater for mekaniske egenskaper til gneisbergarten innenfor planområdet.

6.9.4.1. Mekaniske egenskaper og egnethet til byggeformål

Gneisbergarter har generelt gode mekaniske egenskaper, med flere mulige bruksområder etter uttak. Det er ikke utført laboratorieundersøkelser av bergmaterialet fra eksisterende bergskjæringer. Det foreligger mekaniske testresultater for bergartsprøver fra lokale steinbrudd.

Faktorer som avgjør om en bergart er egnet til vegbyggingsformål er styrkeegenskaper, glimmerinnhold, kornfordeling og kornform. Statens vegvesens håndbok N200 angir gjeldende krav for tilslag til bruk i vegdekke, bærelag og forsterkningslag. Kravene er gitt med hensyn til fremskrevet årsdøgntrafikk (ÅDT). I kravene er det gitt maksimalverdier for flisighetsindeks, Los-Angeles verdi, Micro-Deval koeffisient og mølleverdi.

Gitt at bergegenskapene i eksisterende bergskjæringer tilsvarer prøveresultatene fra de lokale steinbruddene, vil sprengsteinmassene i henhold til kravene i N200 kunne brukes som bitumenstabilisert bærelag for alle veier med unntak av trafikkgruppe A, mekanisk stabiliserte bærelag og dekke for veger med ÅDT mindre eller lik 5000. Med samme forbehold om representative verdier, vil sprengsteinmassene i henhold til kravene i N200 kunne brukes som delmateriale i asfaltgrusbetong og asfaltbetong for veger med ÅDT mindre eller lik 1500.

Kornform (flisighet) og kornfordeling etter sikting avgjør om tilslagsmaterialet er egnet til betongformål eller ikke. Materialet bør være mest mulig kubisk. Med unntak av høyfastbetong, der det ønskes et sterkt steinmaterial, stilles det ikke særlige krav til mekanisk styrke for tilslaget [35]. Prøver fra lokale steinbrudd viser glimmerinnhold opp til 18%. Verdien ligger i grenseområdet av hva som generelt anses som ugunstig, grunnet for høyt innhold, med hensyn til bruk i betongprodukt [36]. Det er basert på bergartstypen ikke ventet problem med skadelige alkalireaksjoner i betongprodukter.

Testing for å fastsette faktisk bergmassekvalitet ved Kvasneset vil måtte utføres for å fastsette egnethet for tilslag i veg og betong.

6.9.4.2. Mengder masse

Det er anslått et bergmasseuttak på 130 – 160 000 fm^3 for anlegget, hvor rundt 115 000 fm^3 er fra fjellhallene. I tillegg er det mellom 10 – 60 000 fm^3 med løsmasser som må flyttes for forskjæringer og dagsone. Områder for potensiell bruk av stein nær anleggsområdet og potensielle mellomlagringsområder må avklares. Problemstillingen er nærmere beskrevet i eget notat [].

6.10. Bergsikring

Endelig og permanent sikringsbehov må vurderes og baseres på ingeniørgeologisk kartlegging etter at bergoverflate er rensket, underveis og etter at sprengningsarbeidene er utført. Arbeidssikring skal utføres kontinuerlig mens sprengningsarbeidet pågår. Bolter som inngår i permanentsikringen skal gyses. For bergrommene benyttes kombinasjonsbolter.

6.10.1. Bergsikring av undergrunnsanlegg

Q-systemet er en empirisk tilnærming til sikringsdesign. Sikringsanbefalinger vises på bakgrunn av valgt ESR-verdi, aktuelle spennvidder og beregnet Q-verdi.

Merk at dersom det påtreffes uheldige kombinasjoner av sprekker og/eller svakhetssoner vil sikringsbehovet øke mye i de aktuelle områdene.

Merk også at dette bare er estimat.

6.10.1.1. Fastsetting av inngangsparametere

ESR-verdien er satt til 1,0 for fjellhallene. Verdien skal i henhold til NGIs håndbok «Bruk av Q-systemet» (2015) [33] benyttes for blant annet lagringsrom, større veg- og togtunneler og vannbehandlingsanlegg.

ESR-verdien settes til 1,3 for adkomst- og rømningstunnel. ESR 1,3 benyttes generelt for mindre vei- og togtunneler, trykkammer, tilkomsttunneler, kloakktunneler osv.

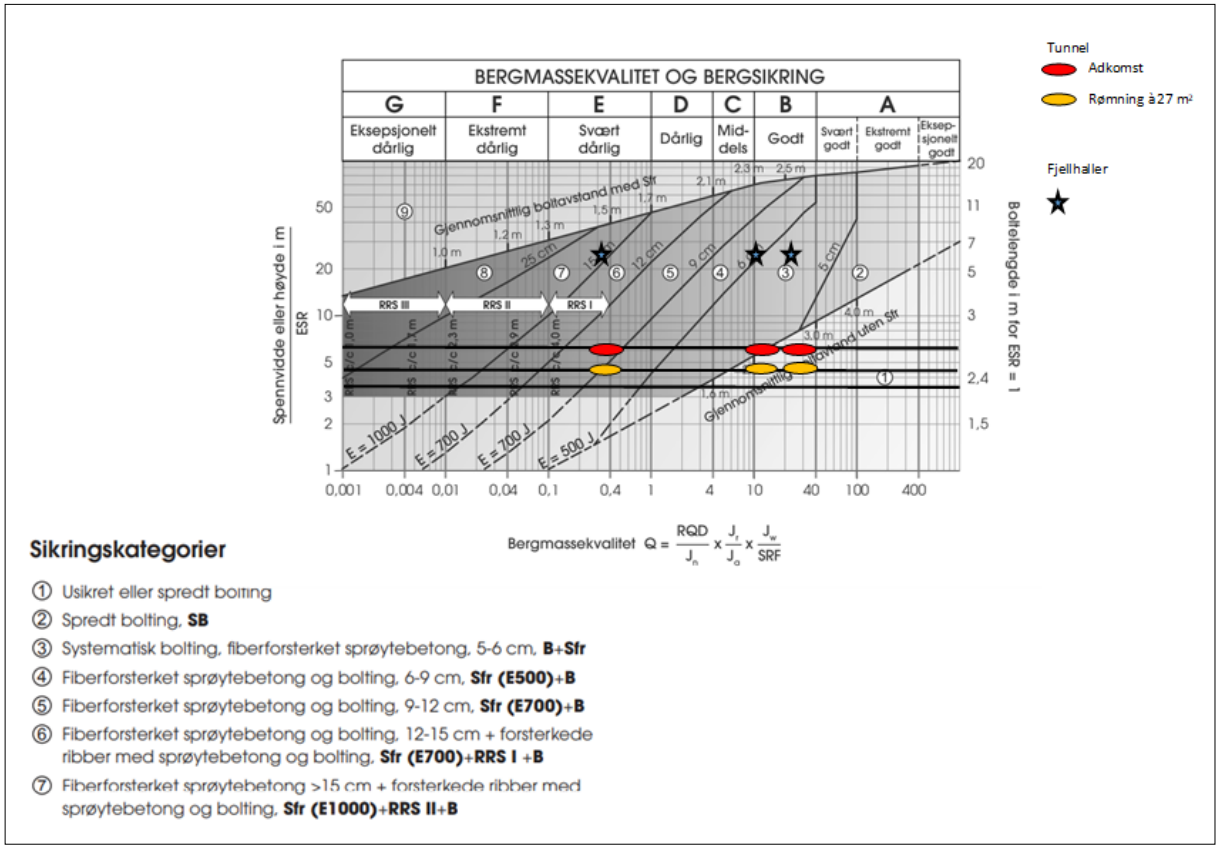
Det vises til avsnitt 0 for informasjon om antatte Q-verdier. Se særlig Tabell 8 og Tabell 9.

Tabell 12: Samletabell som viser verdier for "Største spennvidde/ESR" for de ulike rømningtunnelene og adkomsttunnelen. Inngangsparameter i Q-systemet. *Lavere verdier dersom svakhetssoner og slepper påtreffes

Tunnel	Største spennvidde (høyde eller bredde)	ESR	Største spennvidde / ESR	Q-verdier
Fjellhaller	25 (Bredde)	1	25	Q-verdier i intervallet 20-40.*
Adkomsttunnel	8 (Bredde)	1,3	6,2	I fra påhugget og forbi Kvasnesvegen tas det utgangspunkt i en SRF verdi på 2,5 grunnet liten overdekning. Dette gir en Q-verdi på 8-16.
Rømningstunnel	5,7 (Høyde)		4,5	Innenfor Kvasnesvegen, der hvor terrenget stiger raskt, tas det utgangspunkt i en SRF verdi på 1,0. Dette gir en Q-verdi på 20-40.*

6.10.1.2.Oversikt sikringsanbefalinger

Figur 7 i NGIs håndbok angir anbefaling for permanent sikring basert på Q-verdier og spennvidde/ESR. Denne er gjengitt i Figur 40, med inntegnet plassering for tunneler for prosjektet.



Figur 40: Estimert sikringsbehov for avløpsrenseanlegget i fjell for prosjektet.

6.10.1.3.Bergsikring av fjellhaller og tunneler

Et bergrom med 25 m spennvidde antas for anlegg i godt berg med middels spenningsnivå gjennomførbart med vanlige designmetoder som eksempelvis Q-metoden. Sikringsestimatene under tar utgangspunkt i en ESR-verdi på 1,0 og middels til god bergmassekvalitet (C/B). Sikringen kommer i tillegg til rensk. Tabell 13 oppsummerer sikringsbehov.

Tabell 13: Oppsummering av sikringsbehov

	Bergsikring			
	Sikringsmetode	**Boltelengde**	**Bolteavstand**	**Sprøytebetong**
Fjellhaller	Systematisk bolting og fiberforsterket sprøytebetong.	Minimum 5-8 meter lange bolter	c/c ca. 2,0-2,5 meter.	Minimum 8-10 cm tykt lag med fiberforsterket sprøytebetong
	Kommentar: I områder med større spenn og ved høye vegger, samt ved dårligere berg enn antatt, må det påberegnes mer bergsikring.			
Adkomsttunnel, liten overdekning, dårlig bergmassekvalitet	Systematisk bolting og fiberforsterket sprøytebetong (Sikringskategori 3).	Minimum 3 meter lange bolter	c/c ca. 1,5, til over 2,5 meter.	Minimum 6-9 cm tykt lag med fiberforsterket sprøytebetong
Adkomsttunnel, god overdekning, god bergmassekvalitet	Usikret eller med spredt bolting (Sikringskategori 1)	*Evt. minimum 2,4 til 3 meter lange bolter*	*Spredt bolting, eventuelt c/c 2,5 meter.*	*Se generell merknad*
Kommentar:	I adkomsttunnel må det påberegnes systematisk sikring med bolter og fiberforsterket sprøytebetong med 6 cm tykkelse ved lav overdekning. I eventuelle svakhetssoner vil det være behov for fiberarmert sprøytebetong (6-12 cm) og bolting. Kvalitet sprøytebetong: energiabsorpsjonklasse E700. E1000 kan benyttes ved dårlig bergmassekvaliteter. Nødvendig areal for bergsikring og vann- og frostsikring i tunnelen settes til min. 20 cm. Det må påberegnes at det kan bli behov for armerte sprøytebetongbuer dersom man møter spesielt dårlig bergmasse. Dette kan være aktuelt ved eventuell kryssing av Breidalen. Da må tverrsnitt utvides lokalt for å få plass til dette. Det kan bli behov for forbolting i områder med lav overdekning eller tettere oppsprekking.			
Rømningstunnel à 27 m2, liten overdekning, dårlig bergmassekvalitet	Usikret eller med spredt bolting (Sikringskategori 1). Evt. systematisk bolting og fiberforsterket sprøytebetong, antatt fra vederlag til vederlag.(Sikringskategori 3).	Minimum 2,4 til 3 meter lange bolter	*Spredt bolting, eventuelt c/c 1,5 - 2,5 meter.*	Minimum 6-9 cm tykt lag med fiberforsterket sprøytebetong
Rømningstunnel à 27 m2, god overdekning, god bergmassekvalitet	Usikret eller med spredt bolting (Sikringskategori 1)	*Evt. minimum 2,4 til 3 meter lange bolter*	*Spredt bolting*	*Se generell merknad*

Generell merknad: Ved sikring med sprøytebetong bør tykkelsen ikke være mindre enn 6 cm. I overgangen til rundkjøring og i rundkjøringen bør tykkelsen av benyttet sprøytebetong økes grunnet økt spennvidde. I alt utenom adkomst og rømningstunnel bør bolter i permanentsikring settes utenpå sprøytebetong i de områder det benyttes.

I områder med større spenn, eksempelvis i krysningspunktet mellom fjellhall, kjøreareal og rømningstunnel, må det påberegnes mer bergsikring. Dette gjelder også ved høye vegger. Dette kan være eksempelvis lengre bolter, tykkere boltediameter og/eller tykkere sprøytebetong er aktuelle tiltak. Forbolter og armerte sprøytebetongbuer kan være aktuelt dersom man påtreffer dårligere berg enn antatt.

6.10.2. Bergsikring av daganlegg

6.10.2.1.Påhugg

Ved påhuggene og ved svakhetssoner vil det være aktuelt å bruke forbolter (spiling) forbundet med bolter, fjellbåndog sprøytebetong. Dette benyttes typisk de første salvene av en tunnel, før man går over til å benytte bare sprøytebetong og bolter. Dette gjøres for å bevare konturen best mulig.

6.10.2.2.Forskjæringer og dagsoner

Forskjæringenes lengde tilpasses tilstrekkelig bergoverdekining for tunnelene. Typisk bergoverdekning er ca. 5 meter, evt. 50% av tunnelbredden/høyden. Bergoverdekningen ved påhugg kan reduseres noe for rømningstunnelen.

Før sikring av forskjæringene skal disse renskes, både maskinelt og med spett. Aktuelle sikringstiltak er bolter, sprøytebetong og nett. Det må påberegnes spredt boltesikring i bergskjæringer utformet med helning 10:1. Bergsikringen ventes å primært bestå av fullt innstøpte bolter/kombinasjonsbolter med lengder 2,4-4 meter.

Basert på sprekkeanalyser ventes det ikke systematiske ustabiliteter i bergskjæringene. To av sprekkesettene er tilnærmet vertikale og et har helningsgrad under 30°. Kileutglidninger og utvelting kan forekomme lokalt. Der det er mulig å legge bergskjæringer langs sprekkesett S1 og S2 i Figur 17, som generelt er steile, ventes det mindre sikringsbehov. Dette gjelder potensielt påhuggsflater ved Kongshaugen, langs S2.

I områder med tettere oppsprukket bergmasse kan det sikres med nett. Basert på foreliggende grunnlagsmateriale og feltobservasjoner, ventes det ikke bruk av nett for sikring av bergskjæringer. Dersom det er fare for isdannelse i bergskjæringene kan nett også benyttes som sikring mot nedfall av is.

Forskjæringene kan sikres med fiberarmert sprøytebetong og bolter i de områder hvor det skal etableres tunnelportal.

6.10.3. Sikring av spesielle områder

Det må påberegnes at det kan bli behov for armerte sprøytebetongbuer dersom man møter spesielt dårlig bergmasse. Dette kan være aktuelt ved eventuell kryssing av Breidalen.

7. VURDERING AV ALTERNATIVER

I det følgende vurderes de tre alternativene for etablering av fjellhall. Alternativ 2 omfatter fjellhaller i kollen vest for Kongshaugen og dagsone ved Kongshaugen. Alternativ 3 omfatter fjellhaller i Veibustfjellet med tilkomst fra Veibust.

Alternativ 2 og 3 kan kombineres, slik at dagsone på Veibust og Kongshaugen kan benyttes for begge alternativene for plassering av fjellhallene.

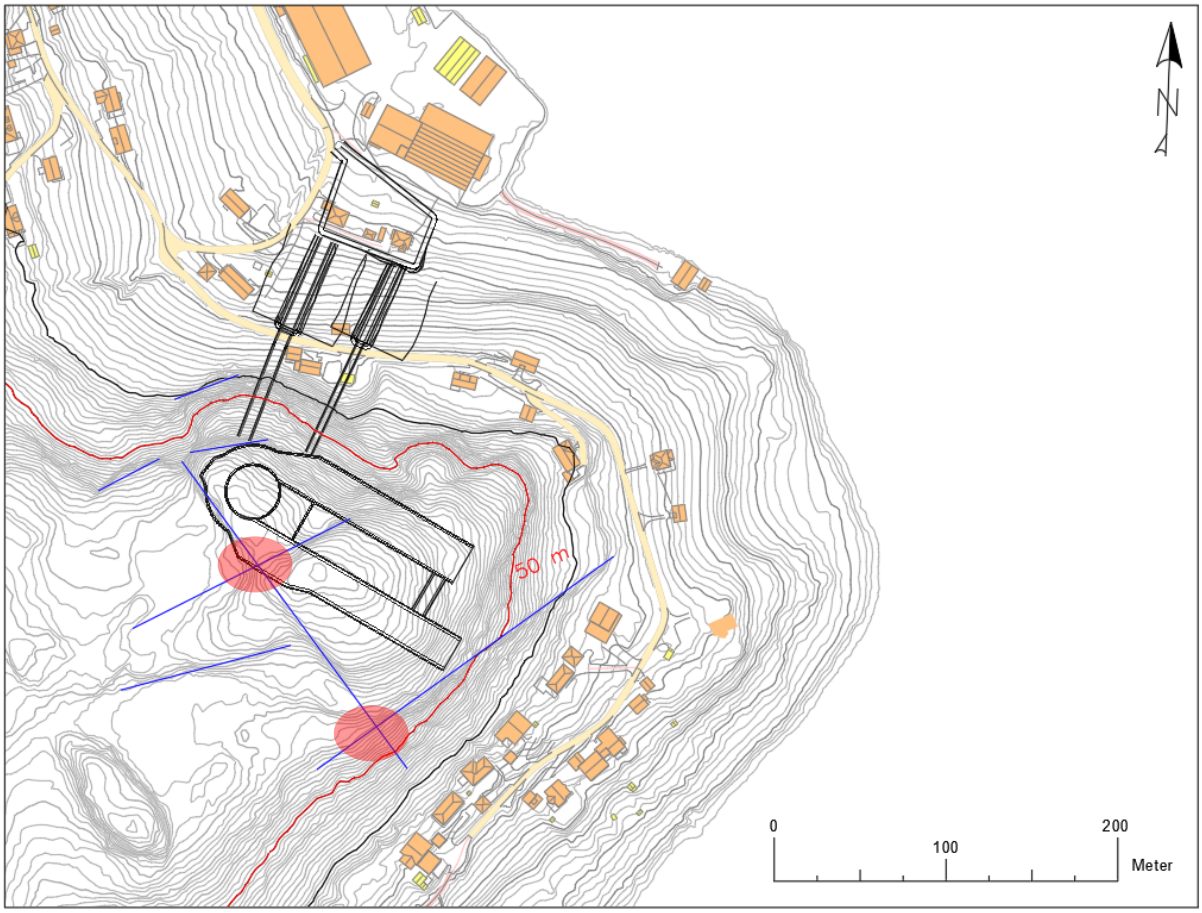
7.1.1. Alternativ 1 – Fjellhall i kollen vest for Kvasneset

Tabell 14 oppsummerer vurderinger for alternativ 1.

Tabell 14: Oppsummering av vurderinger knyttet til Alternativ 1: Fjellhall i kollen vest for Kvasneset.

Parameter	Status / Stikkord	Kommentar
Utførte undersøkelser	Enkelte grunnboringer utført. Enkle dybdemålinger av myr. Seismikk	Det er utført grunnboringer i påhuggsområdet, samt fire, enkle håndholdte sonderinger ved myrområde vest for skissert plassering. Det er også utført dybdemålinger med stikksonderingsstang ved myr på vestsiden av skissert plassering. Seismiske undersøkelser foreligger over kollen.
Løsmassedekke	Mye løsmasser ved dagsone. Stort inngrep.	I påhuggsalternativet ved fabrikkområdet (alternativ 1), er det mye løsmasser over berg. Dette medfører stort løsmasseuttak for dagsone og forskjæringer. Tunnelpåhugg antas å kunne oppnås ca. der Kvasnesvegen ligger i dag. Størst løsmasseuttak av de tre alternativene.
Påvirkning av eksisterende infrastruktur i drivefase	Omlegging av eksisterende veg i drivefasen Broløsning eller omlegging av veg nødvendig.	Grunnet stort løsmassedekke, vil man høyst trolig måtte passere Kvasnesvegen for å få tilstrekkelig bergoverdekning i påhuggsområdet til adkomsttunnelen og rømningstunnelen. Ved hallorientering VSV-ØNØ, vil dette medføre behov for omlegging av vegen i drivefasen. Det beslaglegges i dagsonen så mye areal at det ikke vil være gjennomførbart å legge veg med stigning fra fabrikkområdet og opp til vegen sør for påhuggsområdet. Tiltak må iverksettes for å kunne opprettholde vegforbindelse ut til Kvasneset.
Skredfare	Behov for detaljert skredfarevurdering	Området ligger innenfor aktsomhetsområde for skred i bratt terreng. Det må derfor gjøres en detaljert skredfarevurdering etter gjeldende standarder. Innledende, grov vurdering tyder på at det er liten reell skredfare i området, men dette må bekreftes/avkreftes gjennom en fullverdig vurdering.
Orientering haller	SV-NØ (ugunstig). NV-SØ.	To orienteringer er skissert, ca. VSV-ØNØ og NNV-SSØ. Tilpasset sprekkesettene i området for å unngå at hallene blir liggende parallelt med dominerende sprekkeretninger i området.

		Orienteringen VSV-ØNØ er ugunstig med hensyn til overdekning og derfor ikke skissert.
Overdekning	Trolig ikke tilstrekkelig for hallorientering VSV-ØNØ. Derfor lite aktuell. Knapt areal for plassering for orientering NNV-SSØ.	Bergoverdekning for tunneler stiger raskt etter kryssing av Kvasnesvegen. Visning av hallens dimensjoner i forhold til høydekurven 50 m, viser at det vil bli for knapt med areal med tilstrekkelig overdekning for haller orientert VSV-ØNØ. For haller orientert NNV-SSØ er det mer areal tilgjengelig for mulig plassering, men det er knapt. Fjellhallene ligger tett inntil strukturer i terrenget som kan være svakhetssoner i berget. Krysningspunkt mellom markerte sprekkesett bør unngås. Her må det påregnes tyngre bergsikring.
Uttak bergskjæring	Lave skjæringer i dagsone.	Trolig svært lave bergskjæringer i dagsone, som kan legges med vinkel 1:2 tilsvarende løsmasseskråning. Bergskjæringer langs portal mellom påhuggsflaten og bygg i dagen.
Portallengde	Lengde ca. 50 meter	
Rømning/adkomst	Lengde ca. 80 meter	Rømningstunnel ca. lik lengde som adkomsttunnel. Rømningstunnelen går parallelt med adkomsttunnel. Lengder på ca. 80 meter, dvs. kortere enn resterende alternativ.
Injeksjonsbehov	Antatt moderate innlekkasjekrav. Myr. Mulig injeksjonsbehov. Må vurderes mer omfattende i detaljprosjekt.	Myrdybdemåling viser at myren like NV for skissert plassering er av svært avgrenset mektighet (se Figur 12). Maksimal målte dybde er 100 cm. Myren like vest for skissert plassering er dypere, målt mellom 120 og 290 cm med stikksonderingsstang og 190-460 cm med totalsonderingsutstyr. Nærføring til myr gjør at det kan bli behov for injeksjon grunnet innlekkasje potensiale.
Vibrasjoner	Veg og bebyggelse Vibrasjonskrav og vibrasjonsplager for naboer.	Berguttaket skjer nært inntil eksisterende bebyggelse. Potensiale for utløsning av steinsprang grunnet sprengning må vurderes.



Figur 41: Oversiktsfigur for alternativ 1, hallorientering NV-SØ. Røde høydekote ved 50 meter. Røde sirkler viser kritisk punkt hvor det må påregnes mer bergsikring, da to markerte sprekkesett krysser hverandre.

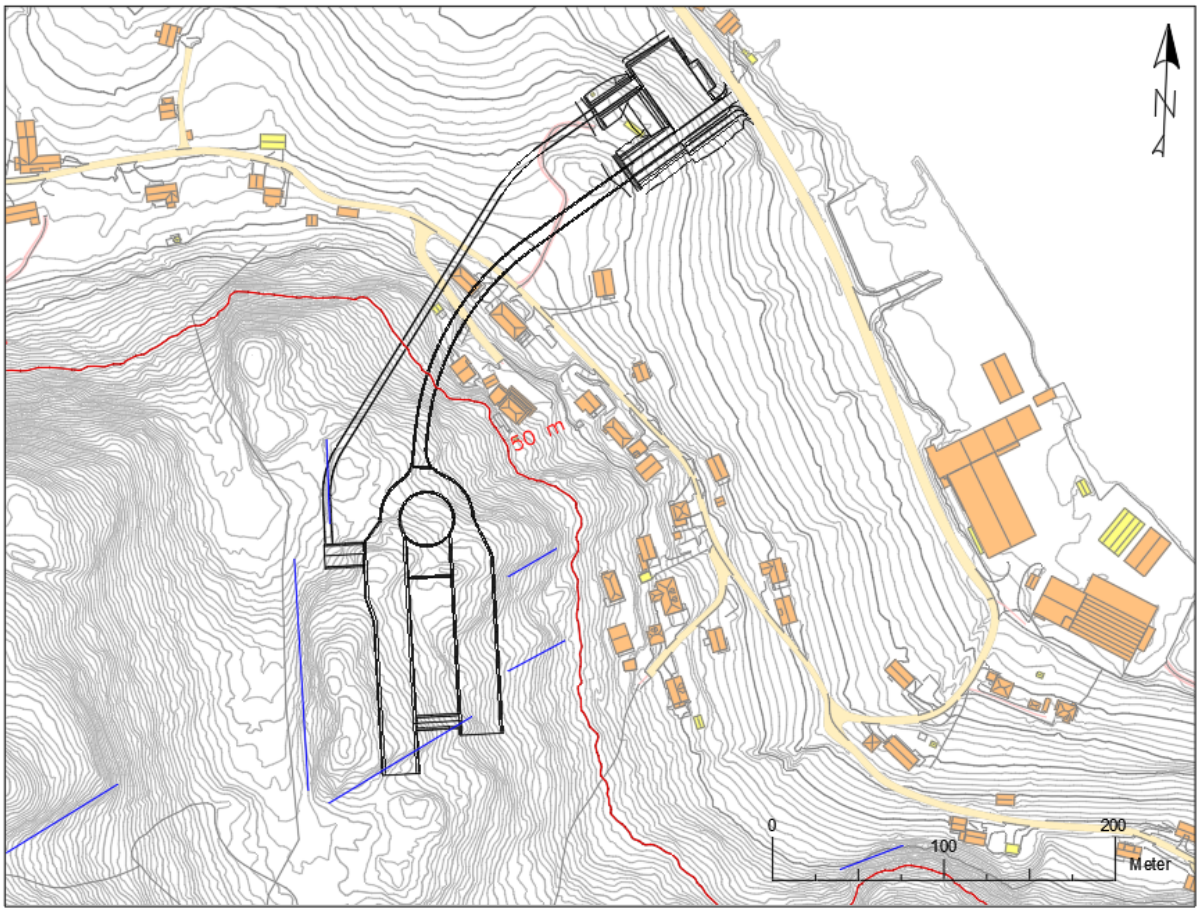
7.1.2. Alternativ 2 - Fjellhall i kollen sørvest for Kongshaugen

Tabell 15 oppsummerer vurderinger for alternativ 2.

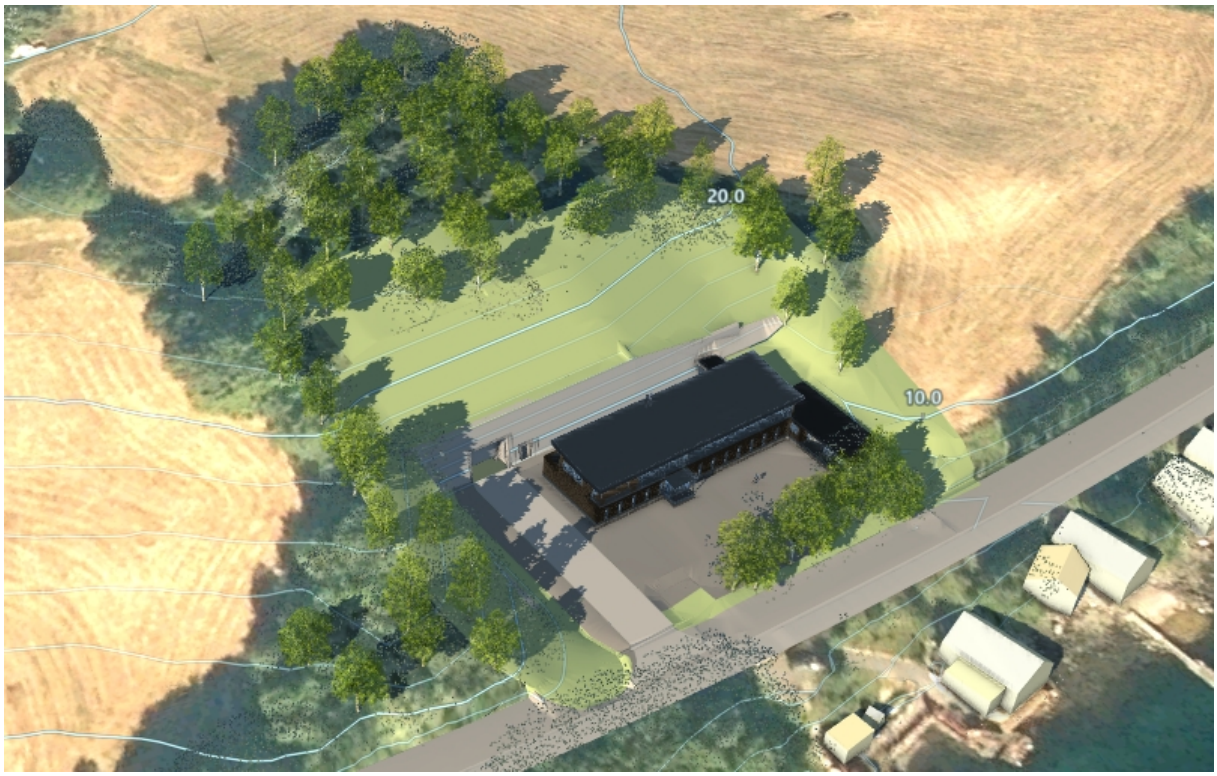
Tabell 15: Oppsummering av vurderinger for alternativ fjellhallplassering 2.Beskrivelsen tar utgangspunkt i dagsone ved Kongshaugen.

Parameter	Status / Stikkord	Kommentar
Utførte undersøkelser	Seismikk og grunnundersøkelser utført	Seismiske undersøkelser utført av GeoPhysix AS. Grunnundersøkelser utført av Norconsult og Multiconsult. Geotekniske undersøkelser utført av Norconsult. Seismiske undersøkelser foreligger over kollen og sør for dagsone.
Løsmasser	God kjennskap ved Kongshaugen pga. grunnundersøkelser. Relativt lite uttak i dagen.	Det er god kjennskap til løsmassemektighet pga. god dekning av grunnundersøkelser i påhuggsområdet ved Kongshaugen, inkludert grunnboringer langs skissert tunneltrase. Tynt løsmassedekke, 1-2 meter, mellom skissert påhugg og eksisterende bebyggelse. Berg i dagen (eksisterende bergskjæringer) langs Fabrikkvegen. Arealmessig mindre påvirkning enn ved alternativ 1 ved Kvasneset, grunnet tynnere løsmassedekke,

Påvirkning av eksisterende infrastruktur i drivefase		På bakgrunn av utførte grunnundersøkelser i området, vurderes det at tunnelene vil gå under Kvasnesvegen, med tilstrekkelig overdekning for tunneler. Ikke behov for omlegging i drivefase.
Skredfare	Ikke aktuelt	Utenfor aktsomhetsområder for skred i bratt terreng
Orientering haller		SSV-NNØ
Overdekning	God	Visning av hallens dimensjoner i forhold til høydekurven 50 m, viser at det vil være god overdekning i den skisserte plasseringen. Større areal tilgjengelig for plassering i sammenlignet med alternativet ved Kvasneset.
Uttak bergskjæring	Bergskjæringer over 10 meter ved portal og påhugg. Ellers under 10 meter.	Bergskjæringer med overliggende løsmasseskråninger i dagsonen. Bergskjæringer under 10 meter ved areal for bygg og tilhørende uteareal. Bergskjæringer over 10 meter ved portal.
Portallengde	Lengde ca. 35 meter	
Rømning/adkomst	Middels lang	Rømningstunnel antas å ha lengde ca. 300 meter og adkomsttunnel ca. 220 meter.
Injeksjonsbehov	Antatt moderate innlekkasjekrav	Nærføring til myr ved Breidalen gjør at det kan bli behov for noe injeksjon grunnet innlekkasje potensiale.
Vibrasjoner	Veg og bebyggelse Vibrasjonskrav og plager for naboer	Berguttaket skjer under Kvasnesvegen og eksisterende bebyggelse. Behov for vibrasjonskrav.
Bergmassekvalitet	Tilsynelatende god	Tidligere vurderinger angir at det ikke er indikasjon på nedsatt bergmassekvalitet under dagfjellsonen, ifra utførte refraksjonsseismikk [Norconsult, 2019]. Svakhetssone i Breidalen ikke kartlagt. Må påberegnes dårligere kvalitet i dagsonen. Eksisterende bergskjæringer langs eksisterende veg gir informasjon om sprekkesett.



Figur 42: Oversiktsfigur for alternativ 2. Rød linje viser høydekote ved 50 meter. Blå linjer viser markerte strukturer i terrenget (brattskrenter).



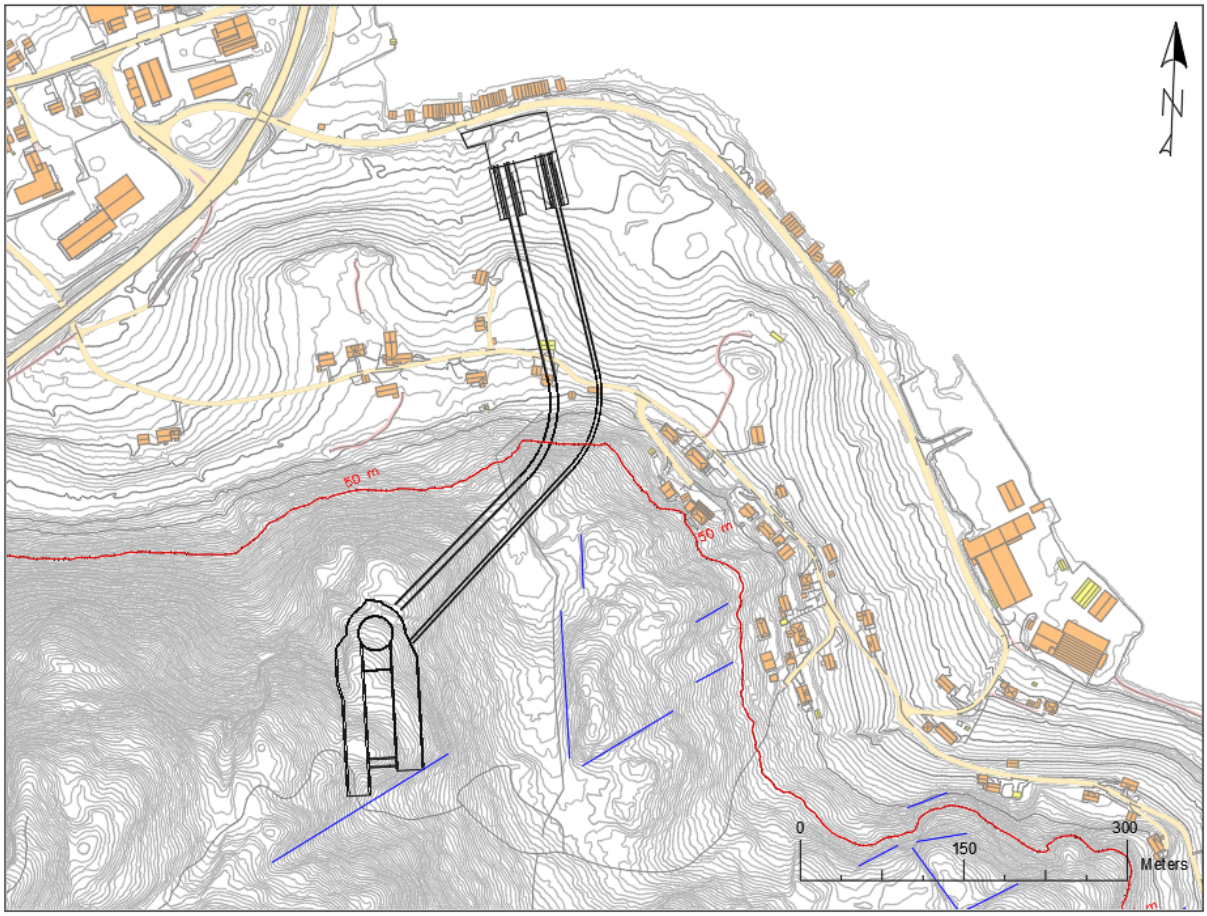
Figur 43: Utklipp modell for dagsone ved Kongshaugen.

7.1.3. Alternativ 3 – Fjellhall i Veibustfjellet

Tabell 16 oppsummerer vurderinger for alternativ 3.

Tabell 16: Oppsummering av vurderinger for alternativ fjellhallplassering 3.

Parameter	Status / Stikkord	Kommentar
Utførte undersøkelser		Grunnundersøkelser utført av Multiconsult. Geotekniske undersøkelser utført av Norconsult.
Løsmasser	Uavklart	Adkomst fra område mot Veibust. Usikkerhet knyttet til løsmassemektighet. Ingen kjennskap til løsmassemektighet i skissert påhuggsområde. Berre en grunnboring langs skissert tunneltrase. De arkeologiske funnene i området gjør at man ikke har fått utført supplerende grunnundersøkinger. Grunnundersøkelser ved Veibustkrysset indikerer ca. 1-2 meter løsmassemektighet nord for dagsone.
Påvirkning av eksisterende infrastruktur i drivefase		Bergmasseuttak under Kvasnesvegen og eksisterende bebyggelse. Antas at tunnelene vil gå under Kvasnesvegen, med tilstrekkelig overdekning for tunneler.
Skredfare	Ikke aktuelt	Utenfor aktsomhetsområder for skred i bratt terreng
Orientering		SSV-NNØ trolig
Overdekning, fjellhall	God	Visning av hallens dimensjoner i forhold til høydekurven 50 m, viser at det vil være god overdekning i den skisserte plasseringen. Usikkerhet knyttet til bergoverdekning ved kryssing av Breidalen.
Overdekning, tunnel		Usikker overdekning ved kryssing under Breidalen.
Dagsone	Lite grunn-undersøkelser pga. arkeologiske funn	Adkomst fra område mot Veibust: Uten informasjon om lausmassemektigheit i området er det ikke mulig å fastsette hvor langt inn i terrenget påhugget må plasseres for å ha tilstrekkelig overdekning for tunnelen.
Uttak bergskjæring	Noe usikkert. Slakt terreng ved forskjæringer/ påhugg.	Det er knyttet usikkerhet til fordeling bergskjæring/ løsmasseskråning i dagsone. Grunnet slakere terreng, blir forskjæringer lenger enn ved Kongshaugen og Kvasneset. Dette gir mer masseuttak, større arealinngrep og lengre tunnelportaler.
Portallengde	Lengde ca. 50 meter	
Injeksjonsbehov	Antatt moderate innlekkasjekrav	Nærføring til myr ved Breidalen og kryssing av Breidalen gjør at det kan bli behov for injeksjon grunnet innlekkasje potensiale.
Rømning/adkomst	Lange tunneler	Rømningstunneler antas å ha lik lengde som adkomsttunneler. Ca. 500 meter til fjellhaller i Veibustfjellet.
Vibrasjoner	Veg og bebyggelse Vibrasjonskrav Og vibrasjonsplager for naboer.	Berguttaket skjer under Kvasnesvegen og eksisterende bebyggelse. Behov for vibrasjonskrav.



Figur 44: Oversiktsfigur for alternativ 3. Rød linjer viser høydekote 50 meter. Blå linjer viser orientering av bergskrenter.

8. GJENNOMFØRBARHET

Basert på de ingeniørgeologiske hensyn presentert i denne rapporten, vurderes alle skisserte alternativer som teknisk gjennomførbare innenfor rimelighetens grenser. Valg av løsningen ved alternativ 1, særlig fjellhallorientering VSV-ØNØ, antas å ville medføre klart mer og tyngre bergsikring, grunnet mindre bergoverdekning og nærføring til svakhetssoner. Plassering ved alternativ 1, orientert NNV-SSØ, vurderes å noe mer areal tilgjengelig for plassering av anlegg. Det må likevel eventuelt plasseres nært et kritisk område hvor to markerte sprekkesett krysser hverandre. I tillegg, vil etablering av påhuggsområde ved alternativ 1 kunne bli omfattende med behov for større tiltak for trafikkavvikling for trafikk ut til Kvasneset. Adkomst og påhugg vil påvirke eksisterende bebyggelse i større grad enn de andre alternativene.

Hallplassering i kollen vest for Kongshaugen og i Veibustfjellet har bedre overdekning for fjellhaller, og mindre omfattende inngrep i dagsonen. Begge plasseringene vurderes å være gunstigere enn Kvasneset. Grunnen til dette er bedre overdekning og mindre omfang av antatte svakhetssoner. Lengden på adkomst/rømningstunneler er den største forskjell mellom alternativene i kollen vest for Kongshaugen og i Veibustfjellet.

Passering av Breidalen unngås om mulig, da det her ventes mer og tyngre sikring. Antatt svakhetssone bør i så fall undersøkes nærmere, eksempelvis ved resistivitetsmålinger eller seismiske undersøkelser. Problemstillingen er aktuell for plassering i Veibustfjellet med tilkomst fra Kongshaugen.

Basert på ovenfornevnte argument, rangeres alternativene basert på ingeniørgeologiske forhold som følger:

1. Kongshaugen (best egnet)
2. Veibust
3. Kvasneset (minst egnet)

Ingen av alternativene forkastes basert på en ingeniørgeologisk vurdering, da det er nødvendig å jobbe mer i detalj med alternativene

9. VIDERE ARBEIDER

9.1. Bemanning

For byggefasen skal det før anleggsstart sørges for at prosjektet har tilstrekkelig bemanning og nødvendige bergteknisk/ingeniørgeologisk kompetanse for å håndtere de forventede utfordringene. Det skal tilknyttes en person med minst 5 års ingeniørgeologisk erfaring og tidligere erfaring fra tunneldrift til prosjektet.

9.2. Sikkerhet, helse og arbeidsmiljø (SHA)

Risikoutsatte arbeidsoperasjoner skal identifiseres i byggeplanleggingen og inngå i konkurransegrunnlag og SHA-plan for prosjektet. Entreprenøren for de risikoutsatte arbeidsoperasjonene skal gjennomføre sikker jobb analyse (SJA) i henhold til byggherrens overordnede risikovurdering. For dette prosjektet påpekes følgende forhold (listen er ikke uttømmende):

- Store spennvidder i fjellhaller. Bergsikring må utføres fortløpende. Permanent bergsikring må tilpasses bergrommets spennvidde.
- Sprengningsarbeidet skal pågå i nærføring med eksisterende veg. Sprengningsopplegget må tilpasses trafikkavviklingen. Sikkerheten til trafikanter og myke trafikanter skal ivaretas.
- Det forutsettes at nødvendig sikring og rensk utføres under sprengningsarbeidet, slik at sikkerheten ivaretas. For å ivareta arbeidssikkerheten må sikringsbehovet vurderes etter hver salve.
- Bergsikringen skal tilpasses bygging av konstruksjoner tett inntil bergoverflate.

9.3. Inspeksjonsbehov

Det anbefales å legge opp til et inspeksjonsintervall for geologisk tilstandsvurdering av fjellhaller/tunneler og deres bergsikring. Det foreslås i første omgang en hyppighet på hvert 5 år. Intervall vurderes deretter etter hver inspeksjon.

9.4. Videre undersøkelser og vurderinger

- Nærmere undersøkelser rettet mot eventuell bergartsgrense identifisert ved refraksjonsseismikk dersom alternativ 1 velges.
- Dersom alternativet med plassering i Veibustfjellet velges for videre utredning bør det i en senere planfase utføres grunnundersøkelser for å kartlegge utbredelse av, og kvalitet av svakhetssonen i Breidalen.
- Vurdering av potensialet for større innlekkasjer og behov for injeksjon. (Evt. bruk av vanntapsmålinger). Innspill fra andre fag mtp. natursårbarhet o.l.
- HMS-vurdering knyttet til kvartsstøv / Analyse av arbeidsmiljø.
- Tidlig informasjon til naboer om fremtidige sprengningsarbeider. God kommunikasjon rundt prosjektet er viktig.
- Detaljprosjektering av påhugg for tunneler, samt plassering av fjellhaller.
- Vurdering av anleggets påvirkning på grunnvannstanden.
- Totalsonderinger rundt valgt påhugg og tunneltrase
- Evt. seismikk/resistivitetsmålinger av valgt plassering av fjellhaller
- Estimere sikringsomfang for anlegg i dagen og under jord. Eventuell sikring av løsmasser over bergskjæring
- Vurdere påhugg og portallengde
- Eventuell skredfarevurdering av valgt påhugg/alternativ

- Sette vibrasjonskrav bygninger/konstruksjoner
- Prøvetaking av steinmassene for evt. videresalg
- Deponi – løsmasser og bergmasser
- Valg av vann- og frostsikring
- Detaljering m/sprekkekartlegging rundt valgt plassering

10. KONKLUSJON

Kote +50 er tatt som utgangspunkt for å plassere renseanlegget innenfor i terrenget. Med terrengoverflate på minimum kote +50 kan sålen maksimalt plasseres på kote +10 for å oppfylle minimum 25 m bergoverdekning tilsvarende bredden til hallen, gitt at tunnelens høyde er 15 m. Selve fjellhallene er prosjektert med en bredde på om lag 25 meter og en lengde mellom 100 og 140 m.

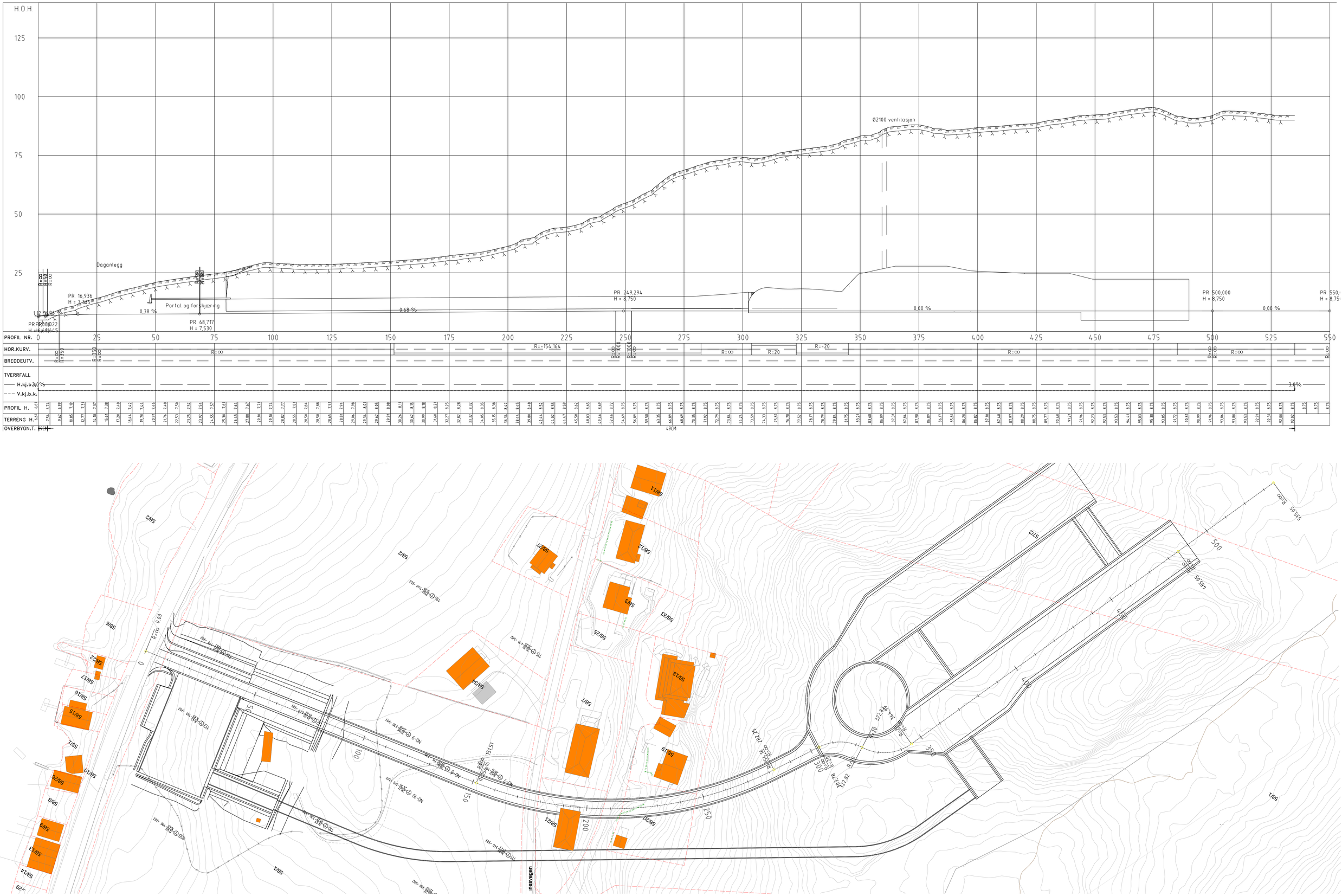
For alternativ 1, ved Kvasneset, vurderes fjellhallorientering VSV-ØNØ som mindre gunstig med hensyn til nødvendig overdekning. For orientering fjellhallorientering NNV-SSØ er det mer areal for plassering av hall med tilstrekkelig overdekning. Krysningspunktet mellom de mest markerte sprekkesettene bør uansett unngås. Dagsonen på Kvasneset vil i tillegg få et stort løsmasseuttak som gjør at Kvasnesvegen trolig må legges om midlertidig for å kunne etablere påhugg for tunnelene.

Plassering av fjellhaller i kollen vest for Kongshaugen og i Veibustfjellet vurderes å ha god bergoverdekning for fjellhaller. Begge plasseringene vurderes som gunstigere enn Kvasneset grunnet bedre overdekning og mindre omfang av antatte svakhetssoner. Ved etablering i Veibustfjellet ved kryssing Breidalen, vil dette trolig medføre behov for tyngre sikring. Hovedforskjellen på alternativet på Kongshaugen og Veibust er lengden på adkomst/rømningstunneler (290/500), samt at alternativet på Veibust vil få lengre forskjæringer og portaler.

Ut fra ingeniørgeologiske forhold, er alternativ 2 mest gunstig løsning.

11. VEDLEGG

1. Lengdesnitt gjennom anlegg


H O H
125
100
75
50
25
Ø2100 ventilasjon
Daganlegg
PR 16,936
H = 7,335
PR 68,717
H = 7,530
Portal og forskjæring
0,38 %
0,68 %
PR 249,294
H = 8,750
0,00 %
PR 500,000
H = 8,750
0,00 %
PROFIL NR.
HOR.KURV.
BREDDEUTV.
TVERRFALL
H.kj.b.k.
V.kj.b.k.
PROFIL H.
TERRENG H.
OVERBYGN.T.
3,0%
49(M

KILDER

1. NIBIO, Kilden (www.kilden.nibio.no)
2. Kartverket, Norgeskart (www.norgeskart.no)
3. Kartverket, Høydedata (www.hoydedata.no)
4. NGU, Berggrunnskart i målestokk 1:50 000 (http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/)
5. NGU, Kvartærgeologisk kart i målestokk 1:50 000 (http://geo.ngu.no/kart/losmasse/)
6. SVV, NIBIO og Statens kartverk, Flyfoto/ortofoto (https://www.norgeibilder.no/)
7. NVE, NVE Atlas (https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#)
8. NVE, NIBIO, Statens kartverk, Klimadata (http://www.senorge.no/aboutXgeo.html)
9. NGU, Granada (http://geo.ngu.no/kart/granada/)
10. NGU, Grus og pukk (http://geo.ngu.no/kart/grus_pukk/)
11. NGU, NADAG (https://geo.ngu.no/kart/nadag/)
12. Norconsult, 2019, Notat: Renseanlegg Kvasneset – Ingeniørgeologisk vurdering av resultater fra refraksjonsseismiske forundersøkelser
13. Hoek, 2007, Practical Rock Engineering, "When is a rock engineering design acceptable". s.4 (https://www.rocscience.com/assets/resources/learning/hoek/Practical-Rock-Engineering-Full-Text.pdf)
14. Nilsen, B. og Broch, E. (2009) Ingeniørgeologi berg grunnkurskompendium, Institutt for geologi og bergteknikk NTNU.
15. GeoStrøm AS (2019), Grunnundersøkelse for kvikkleirekartlegging i Sula kommune. NVE Saksnr. 201701928. (datert 29.05.2019)
16. Nilsen B. (2014) Ground investigations for Norwegian tunnelling, NFF Publ. No. 23, Norwegian Tunnelling Society, pp. 19-33
17. Engelstad, Øyvind () Planning, design and construction of large rock caverns, NFF Publ. No. 25, Norwegian Tunnelling Society, pp. 27-35
18. Norconsult, 2017, Geoteknisk datarapport: Grunnundersøkelser Avløpsrenseanlegg på Kvasneset (datert 28.07.2017).
19. Prestvik (2001) Petrologi og Geokjemi
20. NTNU-Anleggsdrift (1998): Prosjektrapport 13A-98 BORBARHET (gjengitt i NTNU (2016) Anleggsteknikk GK, Kompendium – del 1.)
21. NVE og Multiconsult (2019) Regional kvikkleirekartlegging. Risiko for kvikkleireskred i Sula kommune. (hentet fra: http://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2019/eksternrapport2019_65.pdf)
22. GeoPhysix (2019) Rapport 19062 Sula kommune, Kvasneset Refraksjonsseismiske undersøkelser.
23. NGU, Refraksjonsseismikk – metodebeskrivelse (hentet fra: https://www.ngu.no/upload/Norges%20geologi/Geofysikk/Bakkegeofysikk/Seismikk/Refraksjonsseismikk.pdf)
24. Norconsult (2019) Renseanlegg Kvasneset – Ingeniørgeologisk vurdering av resultater fra refraksjonsseismiske forundersøkelser
25. SINTEF, Materialdata for naturstein. Typiske verdier
26. NTNU Department of Civil and Transport Engineering (2008). Report 12B-08 ROCK QUARRYING Blast Design.
27. Asplan Viak kartet (hentet fra: http://kart2.asplanviak.no/)
28. Eurokode 7
29. NBG (2011) Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering
30. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
31. SVV (2018) N200 Vegbygging
32. NFF (2010) Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg. NFF Håndbok nr. 06, datert juli 2010.
33. NGI (2015) Håndbok. Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning.
34. SVV (2003) Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø

35. Krav til byggeråstoffer | Norges geologiske undersøkelse (ngu.no)
36. Lisbeth I. Alnæs (2019) «Produksjon og bruk av overskuddsmasser» (hentet fra: *https://www.sintef.no/globalassets/project/kortreist-stein/014-rapport-hovedfunn-h3-v2.0-endelig-med-vedlegg.pdf*)
37. Norconsult (2017) Forprosjekt - skisseprosjekt Felles avløpsrenseanlegg Kvasnes
38. Multiconsult (2020) 10219645-RIG-RAP-001 Kvasnes renseanlegg. Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser
39. Asplan Viak (2021) Vurderinger anleggsteknikk

asplan viak

Oppdragsgjevar:	Ålesund kommune
Oppdragsnamn:	Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund - Renseanlegg
Oppdragsnummer:	624969-03
Skriven av:	Tonje Mek Eidset
Oppdragsleiar:	Øystein Tranvåg
Tilgang:	Open

NOTAT Geologiske vurderingar knytt til tunnel for reinseanlegget på Kvasneset

1. INNLEIING 2

1.1. Avgrensingar 2

2. VURDERTE ALTERNATIV 3

3. VURDERING AV ALTERNATIV 4

3.1. Førstealternativet - Alternativ B2 1

3.1.1. Kort skildring av løysing (B2) 1

3.1.2. Forventa mengder og vurderingar (B2) 2

3.1.3. Fordelar og ulemper (B2) 2

3.1.4. Merknad om landbruksareal (B2) 2

3.2. Alternativ C 3

3.2.1. Alternativ C1 3

3.2.2. Alternativ C2 5

3.3. Alternativ B 7

3.3.1. Alternativ B1 7

3.4. Alternativ A1 9

3.4.1. Alternativ A1a: Hallorientering SV-NØ 9

3.4.2. Alternativ A1b: Hallorientering NV-SØ 11

3.4.3. Alternativ A2 13

3.4.4. Alternativ A3: Veg på fylling 15

4. OPPSUMMERING AV FORDELAR OG ULEMPER 17

5. OPPSUMMERING 17

01	08.03.21	Nytt dokument	TME	LEF, KT
VERSJON	**DATO**	**SKILDRING**	**SKRIVEN AV**	**KS**

SAMANDRAG

Notatet samanfattar dei alternative hallplasseringane som har vorte vurdert, med tilhøyrande adkomstalternativ, for nytt avløpsreinseanlegg for Sula og Ålesund på Kvasneset i Sula kommune. Fordelar og ulemper er presentert, saman med forventa mengder og vurderingar. Alle alternativa er samanlikna med førstealternativet B2, ved Kongshaugen.

1. INNLEIING

I samband med det innleiande skisseprosjektet for reinseanlegget på Kvasneset, er det vorte skissert tre ulike hallplasseringar. Føremålet med notatet er å dokumentere vurderingane og arbeidet som er gjort for alternativa, samt gi merksemd til fordelar og ulemper for dei ulike.

Dette notatet omhandlar dei alternative hallplasseringane som har vorte vurdert og tilhøyrande adkomstalternativ som er skissert for desse. Det er teikningar/skisser henta ut 08.03.2020 som ligg til grunn for ArcGIS-karta i notatet, mens Novapoint-modellen frå 12.01.2021 ligg til grunn for modellutsnitt og mengdeutrekningar. Ved større endringar i plassering og adkomstar, må notatet reviderast.

1.1. Avgrensingar

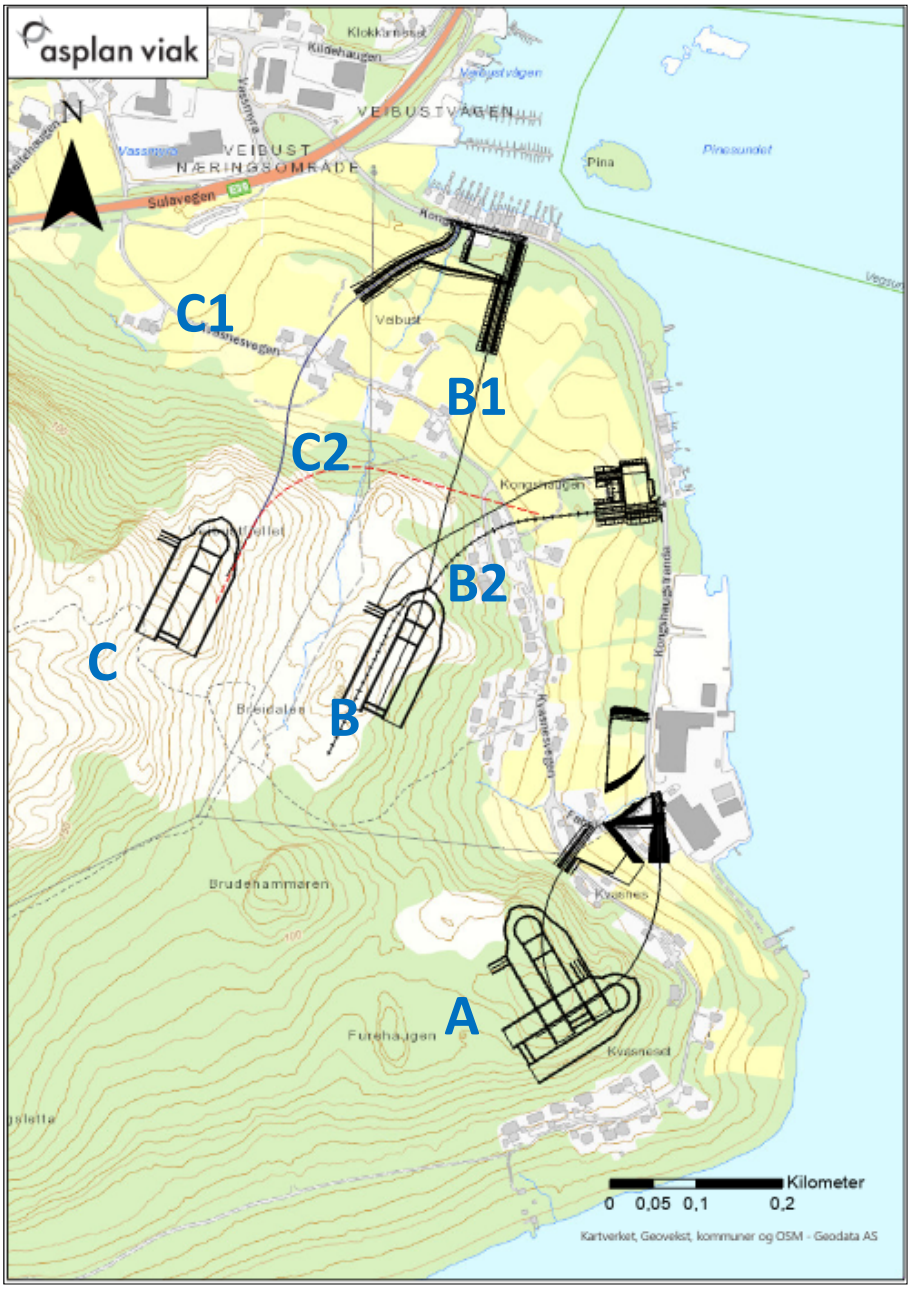
Mengdene gjeld skisserte løysingar i Novapoint-modellen frå 12.01.2021. Fordi finjustering av areal i dagen, adkomsttunnel og rømmingstunnel berre er påstarta for alternativ B2 er på gjeldande tidspunkt, er utrekna mengder berre innleiande for resterande alternativ. Dette går tydeleg fram av tabellar i notatet.

Merk at det i hovudsak berre er ingeniørgeologiske forhold og forhold knytt til veg som er omtala. I tillegg er areal for verna områder og landbruksareal omtala.

2. VURDERTE ALTERNATIV

Dei ulike hallplasseringsalternativa vert heretter omtala som alternativ A, B og C *(sjå Figur 1)*.

- *Alternativ A* er lokalisert i kollen ved Kvasneset. Alternativet har to skisserte orienteringar, begge med adkomstalternativ frå Fabrikkvegen. Orienteringa sørvest-nordaust har også eit skissert alternativ via. Sjøfylling (A3).
- *Alternativ B* er lokalisert i kollen mellom Breidalen og Kvasnesvegen. Alternativ B har to skisserte adkomstalternativ, B1 og B2. Førstnemnde (B1) har adkomst frå nord/nordaust, medan sistnemnde (B2) har adkomst frå Kongshaugen.
- *Alternativ C* er lokalisert lengst nordvest, i Veibustfjellet. Alternativ C har eit skissert adkomstalternativ (C1), frå nordaust og eit frå Kongshaugen (C2).



Figur 1: Skisserte alternativ for hallplasseringar og dagsonar.

3. VURDERING AV ALTERNATIV

Førstealternativet (alternativ B2) i notatet er alternativet som resterande alternativ samanliknast/vurderast opp i mot. Fordelar og ulemper vert vurdert.

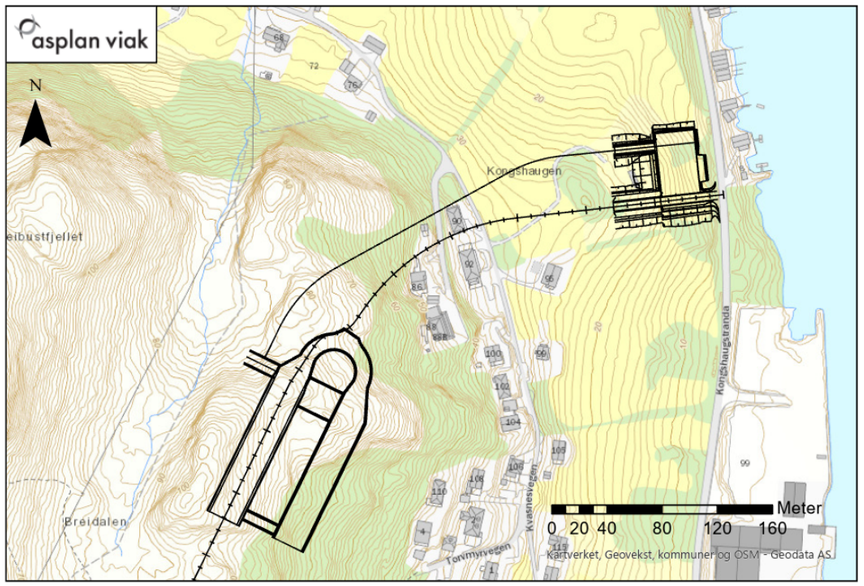
Rømmingsveg er anteke å ligge parallelt med adkomstveg, med avstand mellom tunnelane på minst 10 meter. Fyllingsvolum inkluderer ikkje masse som tilbakeførast rundt portal. Presentert lausmasse- og berguttak gjeld areal for bygg i dagen og adkomstveg fram til påhogg, der anna ikkje er spesifisert. Skilnad i berguttak for adkomsttunnel og rømningstunnel vil vere proporsjonal med tunnellengde, og avhengig av vald tverrsnitt.

Merk følgande ang. lengder:

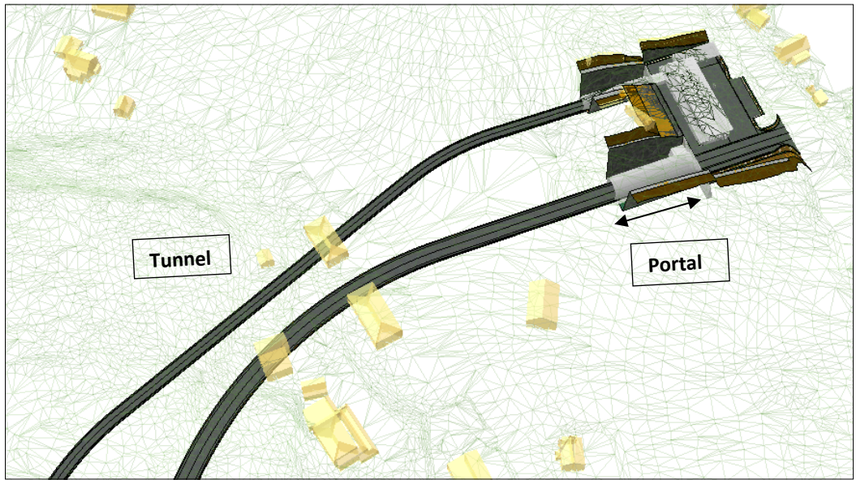
- Med adkomsttunnel meinast frå påhogg og inn til hallar
- Med adkomstveg meinast frå påkopling eksisterande veg til påhogg. (inkl. portallengde)
- Rømningstunnelar antakast å ha lik lengde som adkomsttunnelar. Dette gjeld alle vurderte alternativ.

3.1. Førstealternativet - Alternativ B2

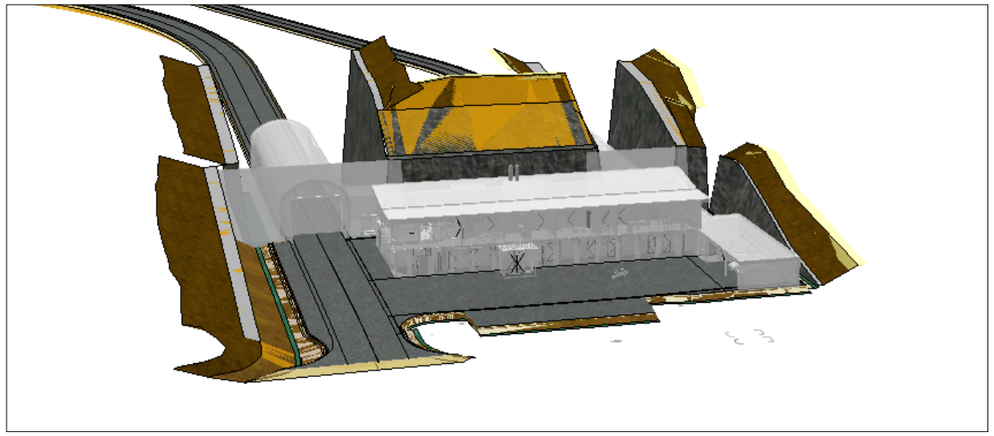
Alternativ hallplassering B er lokalisert i kollen mellom Breidalen og Kvasnesvegen. Skissert adkomstalternativ B2 har adkomst frå nordaust, ved Kongshaugen *(sjå Figur 2, Figur 3 og Figur 4)*.



Figur 2: Adkomstalternativ B2 for hallalternativ B.



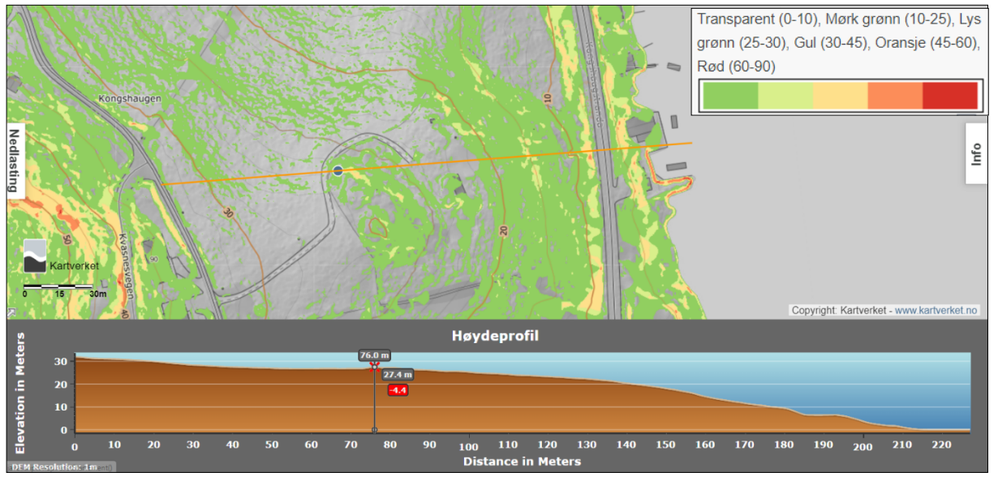
Figur 3: Skissert løsning for alternativ B2.



Figur 4: Alternativ B2 – ansett som hovudalternativ.

3.1.1. Kort skildring av løysing (B2)

- Areal for bygning i dagen nord for adkomstveg
- Portallengde ca. 35 meter
- Tunnellengde ca. 290 meter (ekskludert portal)
- Adkomstveg ca. 80 meter
- Eksisterande terreng stiger i vestleg retning frå eksisterande veg (ca. 6,5 moh.) opp til ca. 27 moh. der terrenget flatar heilt ut *(sjå Figur 5).*



Figur 5: Eksisterande terrengforhold i området. Utsnitt frå hoydedata.no/LaserInnsyn

3.1.2. Forventa mengder og vurderingar (B2)

Tabell 1 samanfattar forventa mengder og vurderingar for alternativ B2.

Tabell 1: Forventa mengder og vurderingar for alternativ B2 (hovudalternativ). *Sjå eige avsnitt for merknadar.

Parameter	Eining	Mengde	Skilnad samanlikna med førstealternativet (B2)
Prosjektert i Novapointtunnel. Totalmengder angitt. Hovudalternativ/førstealternativ.			
Lausmasseuttak	m^3	7921	*±0*
Berguttak	m^3	18460	*±0*
Fyllingsvolum	m^3	0	*±0*
Redusert landbruksareal (ca.)	m^2	0/*(4960) **	*±0/(±0)*
Verna areal (ca.)	m^2	0	*±0*
Portallengde	m	35	*±0*
Lengde adkomsttunnel	m	290	*±0*
Lengde adkomstveg	m	80	*±0*

** Se kap. 3.1.4.*

3.1.3. Fordelar og ulemper (B2)

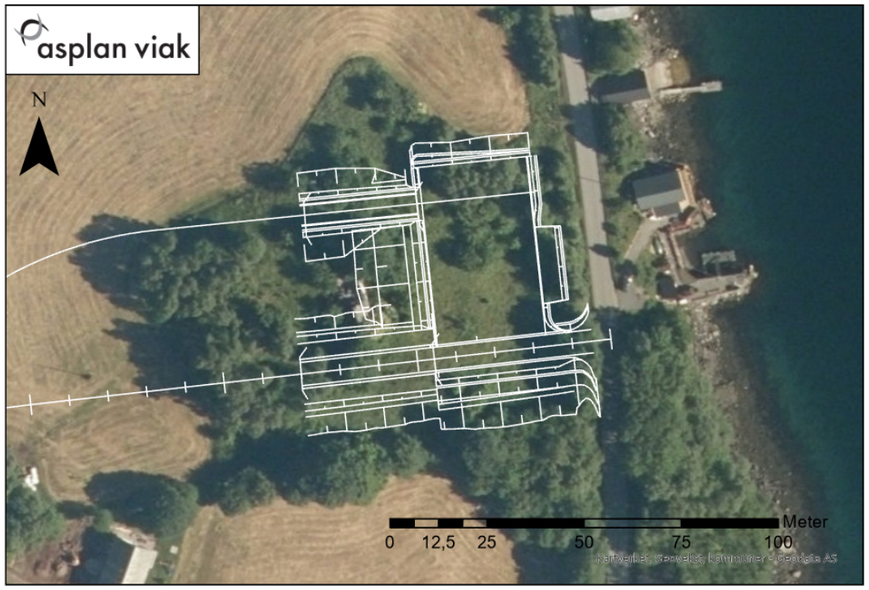
Tabell 2 samanfattar fordelar og ulemper for alternativ B2.

Tabell 2: Oppsummering av fordelar og ulemper for hallplassering B, adkomstalternativ B2. Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ.

Kategori	Kommentar
Verna områder	Areal til bygg i dagen og adkomstveg kjem ikkje i konflikt med arkeologiske verna områder.
Landbruksareal	0/4960 m^2 (Sjå merknad kap. 3.1.4)
Lausmassar	God kjennskap til lausmassemektigheit. Mange tidlegare grunnboringar langs skissert tunneltrase, som viser tynt lausmassedekke mellom skissert påhogg og eksisterande busetnad. Ventar på resultat frå supplerande grunnundersøkingar som dekker eit større areal enn tidlegare undersøkingar.
Lengde adkomsttunnel	Ca. 290 m.
Lengde adkomstveg	Ca. 80 m.
Tunneltrase under eksisterande busetnad	Vibrasjonskrav ved driving av tunnel (Gjeld alle vurderte alternativ)
Overdekning	God overdekning for fjellhall.
Aktsemdområder skred	Adkomstveg og areal for bygg og parkering ligg utanfor aktsemdskart for skred i bratt terreng.
Øvrige forhold (*felles for skisserte alternativ*)	Aktuelt område er lokalisert under marin grense. Inngår i område kartlagt av Multiconsult Norge AS på oppdrag frå NVE, rapportert i eksternrapport 2019_65 i forbindelse med regional kartlegging av kvikkleire for Vestlandet. Ikke angitt aktsemdområder for områdeskred.

3.1.4. Merknad om landbruksareal (B2)

Gul farge i bakgrunnskartet *Figur 2* viser jordbruksareal i området kring påhoggsområde og areal i dagen. Gul farge viser fulldyrka og overflatedyra jord. Ortofoto frå området viser at området er delvis skogdekka og gjengrodd. Området fungerer ikkje som fulldyrka jord per i dag, og har tilsynelatande (basert på studier av historiske kart) ikkje gjort dette i meir enn 14 år. På bakgrunn av dette vert både landbruksareal frå ortofoto (0 m^2) og landbruksareal frå kartgrunnlaget AR5 Jorbruksareal (4961 m^2) presentert i tabellar i notatet. *Figur 7* viser utsnitt frå NIBIOs nettressurs Kilden, med areal definert som dyrkbar jord endret etter 2008.



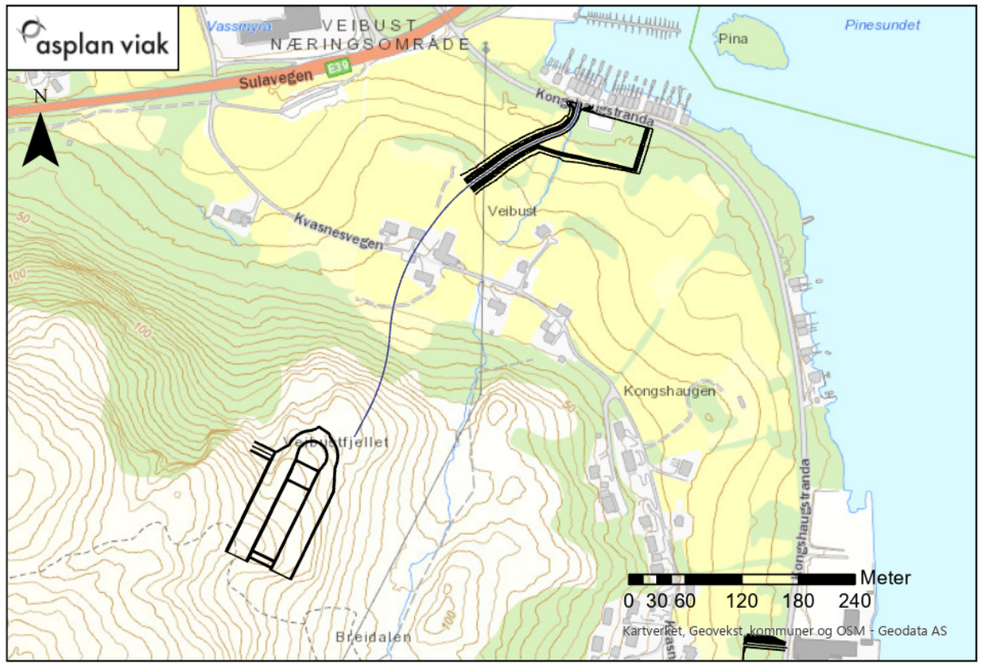
Figur 6: Ortofoto.

Figur 7: Dyrkbar jord, endret etter 2008 (raud markering). Ca. plassering av anlegg er markert med svart polygon.

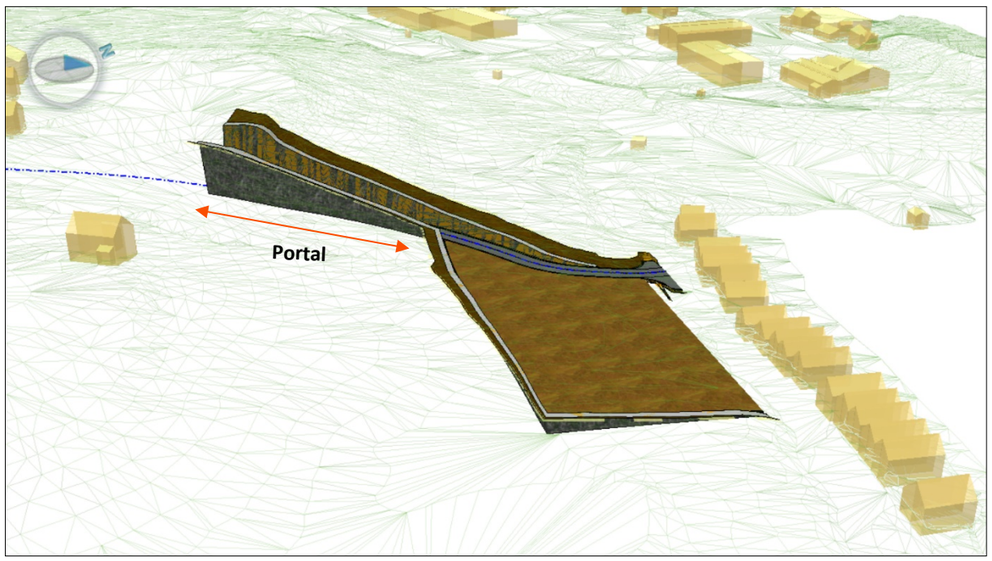
3.2. Alternativ C

3.2.1. Alternativ C1

Alternativ C er lokalisert i Veibustfjellet, og har eit skissert adkomstalternativ (C1) frå nordaust *(sjå Figur 8 og Figur 9).*



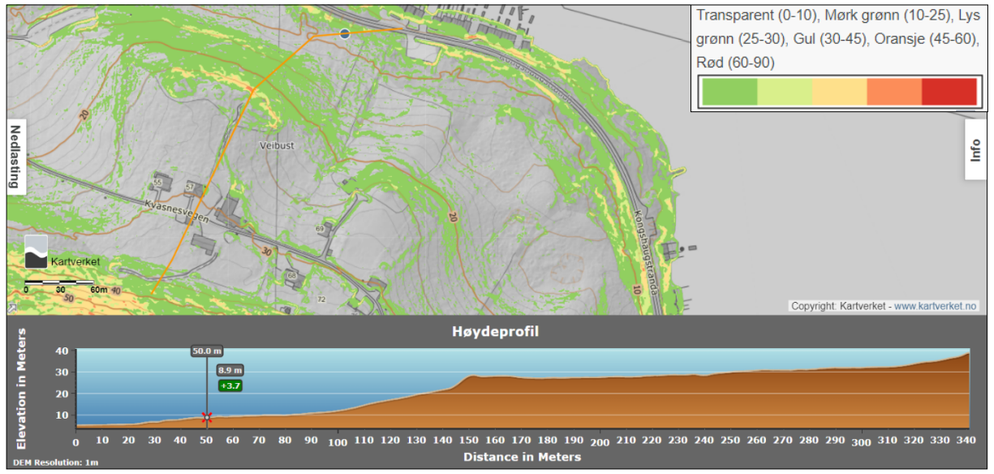
Figur 8: Adkomstalterativ C1 for hallalternativ C. Planløysing.



Figur 9: Prosjektert alternativ løsning A1.

3.2.1.1. Kort skildring av løysing

- Kortast avstand til E39
- Areal for bygning i dagen aust for adkomstveg
- Portallengde ca. 85 meter
- Avgrensa mot nordvest av areal regulert til E39
- Areal for bygg i dagen omfattar eksisterande parkeringsplass for naustrekka nord for Fabrikkvegen.
- Eksisterande terreng er svært slakt på oversida av eksisterande veg (0-10°) frå 6 moh. til ca. 12 moh (sjå *Figur 10*). Deretter aukar hellinga opp til kollen i området, der terrenget igjen er tilnærma flatt. På baksida av eksisterande busetnad stig terrenget raskt.
- Adkomst for etablering ved eksisterande parkeringsplass.



Figur 10: Eksisterande terrengforhold i området. Utsnitt frå hoydedata.no/LaserInnsyn

3.2.1.2. Forventa mengder og vurderingar (C1)

Tabell 3 samanfattar forventa mengder og vurderingar for alternativ C1.

Tabell 3: Forventa mengder og vurderingar for alternativ C1.

Parameter	Eining	Mengde	Skilnad samanlikna med førstealternativet (B2)
Lausmasseuttak	m^3	15 500 (7921)	+7579
Berguttak	m^3	23 850 (18460)	+5390
Redusert landbruksareal (ca.)	m^2	3965	+3965/*(-1390)*
Verna areal (ca.)	m^2	4200	+4200
Portallengde	m	85	+50
Lengde adkomsttunnel	m	290	±0
Lengde adkomstveg	m	150	+70
Rømmingstunnel er ikkje teikna inn i Novapoint modell. Mengder for adkomsttunnel tek difor utgangspunkt i same utforming og lengde som alternativ B2 (lausmasseuttak 1960 m^3, berguttak 4169 m^3.) Då alternativet C1 gjev lenger avstand til påhoggsområdet og lenger portal må det påreknast at mengdene også vert noko større. Terrenget er noko slakare.			

3.2.1.3. Fordelar og ulemper (C1)

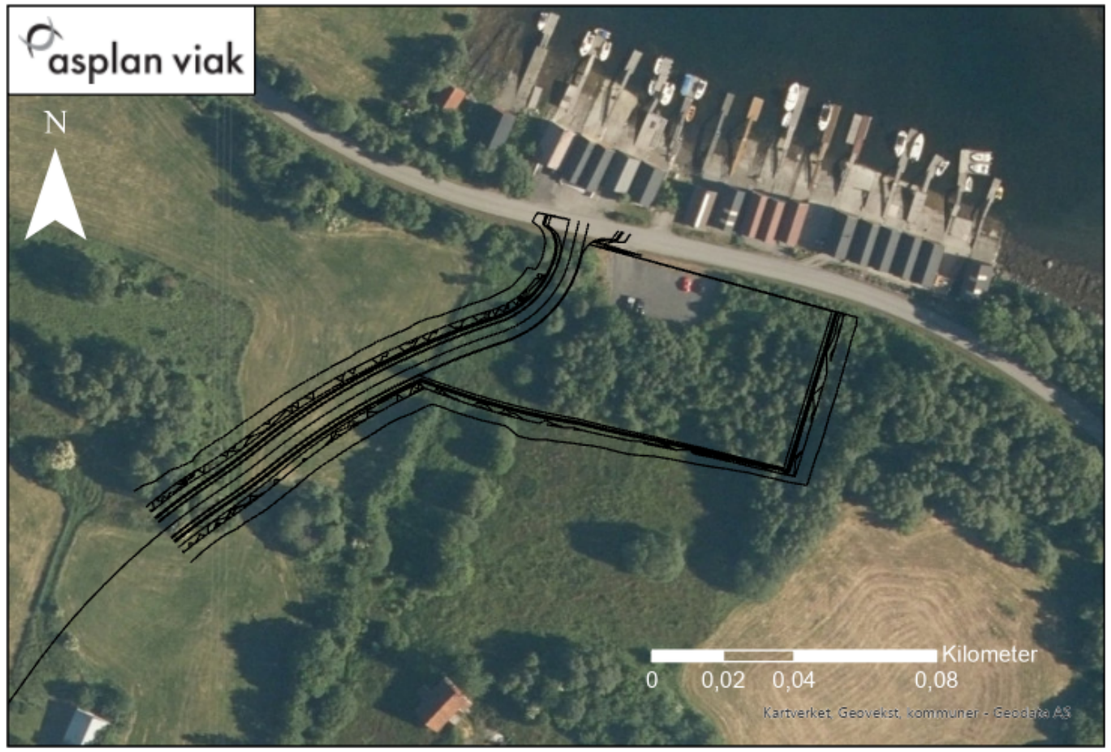
Tabell 4 samanfattar fordelar og ulemper knytt til alternativ C1.

Tabell 4: Oppsummering av fordelar og ulemper for alternativ C1. Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ.

Kategori	Kommentar
Verna områder	Areal til bygg i dagen og adkomstveg kjem i konflikt med arkeologiske verna områder. Det er også gjort arkeologiske funn over skissert tunneltrase.
Landbruksareal	3965 m^2.
Lausmassar	Usikkerheit knytt til lausmassemektigheit. Ingen kjennskap til lausmassemektigheit i skissert påhoggsområde. Berre ei grunnboring langs skissert tunneltrase. Dei arkeologiske funna gjer at ein ikkje har fått utført supplerande grunnundersøkingar. Utan informasjon om lausmassemektigheit i området er det ikkje mogleg å seie noko om kor langt inn i terrenget ein må ha påhogget for å ha tilstrekkeleg overdekning for tunnelen.
Lengde adkomsttunnel	Ca. 290 meter mellom påhogg og start fjellhall.
Lengde adkomstveg	Ca. 150 meter frå senter av eksisterande veg til påhogg.
Tunneltrase under eksisterande busetnad	Vibrasjonskrav ved driving av tunnel
Areal	Eit areal mellom skissert påhogg, Kongshaugstranda og E39 er avsett planar knytt til vegutforminga av E39. Avgrensar mogleg plassering av veg i dagen.
Eksisterande parkeringsplass	Areal for bygg i dagen er skissert over eksisterande parkeringsplass. Må takast omsyn til.
Overdekning fjellhall	God overdekning for fjellhall. Terrenget stig raskt bak eksisterande busetnad.
Aktsemdområder skred	Adkomstveg og areal for bygg og parkering ligg utanfor aktsemdskart for skred i bratt terreng.

3.2.1.4. Merknad om landbruksareal (C1)

Gul farge i bakgrunnskartet *Figur 8* viser jordbruksareal i området kring påhoggsområde og areal i dagen. Gul farge viser fulldyrka og overflatedyra jord. Det er i hovudsak samsvar med fordelinga av skog og jordbruk i ortofoto og kartgrunnlaget AR5 Jorbruksareal.



Figur 11:Ortofoto for området kring alternativ C1.

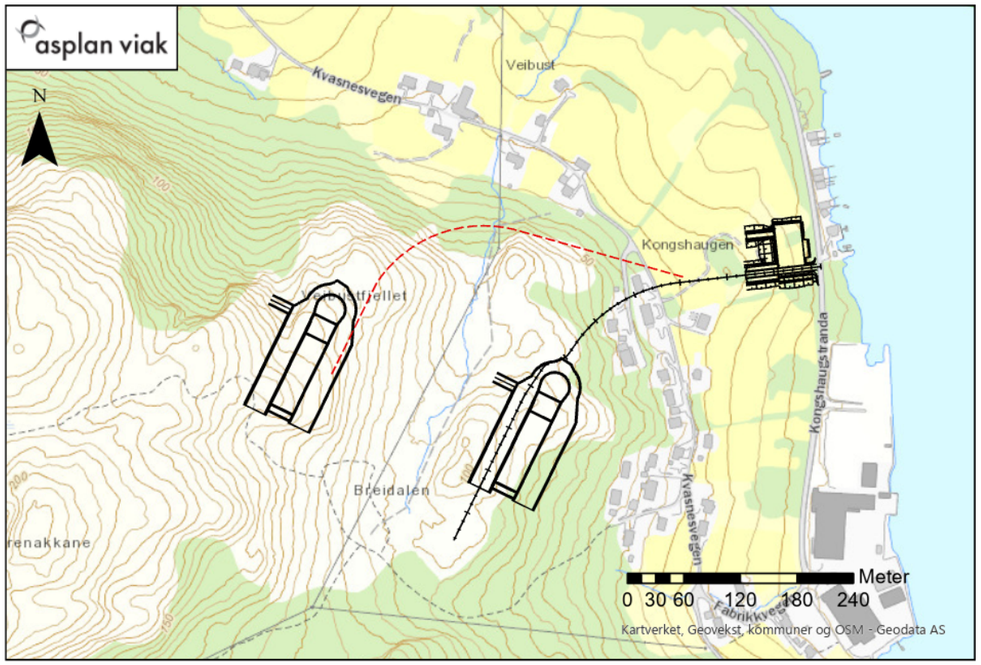
3.2.2. Alternativ C2

Alternativa C2 har hallplassering i Veibustfjellet, og tilkomst frå Kongshaugen (sjå Figur 12). Adkomsttunnelar må ved denne løysinga passere søkket orientert i sørvest-nordaustleg retning ved Breidalen *(sjå Figur 13).*

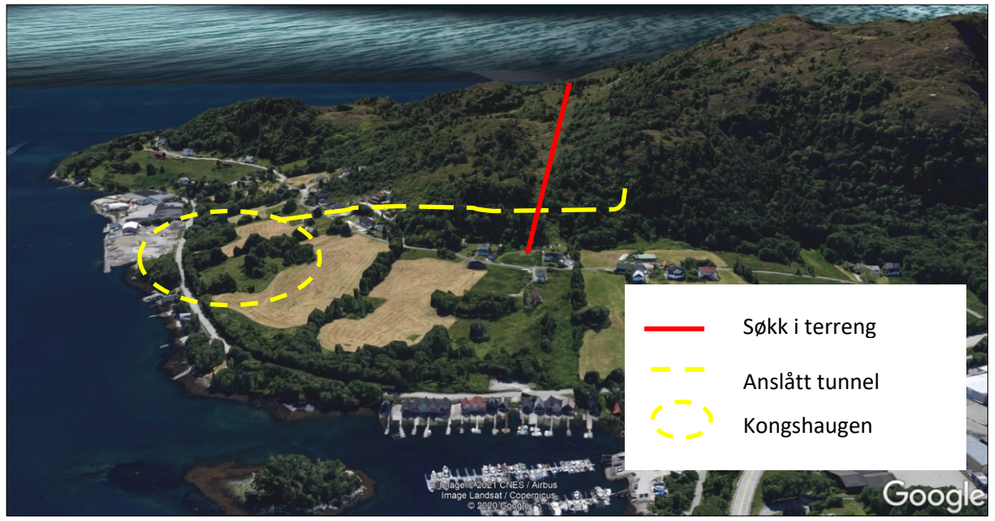
Adkomst til hallalternativ C frå Kongshaugen er ikkje teikna inn i NovaPoint. Dette skuldast at adkomst ved kryssing av Breidalen vurderast særleg utfordrande med omsyn til bergoverdekning for adkomsttunnelen.

Løysing i dagen er tilsvarande alternativ B2 *(sjå Figur 14).* Uttak av jord og fjell fram til tunnelpåhogget, samt portallengde og mengd verna areal vil med dette vere tilsvarande for dei to alternativa. Lengde tunnel vil vere ca. dobbel så lang samanlikna med alternativ B2.

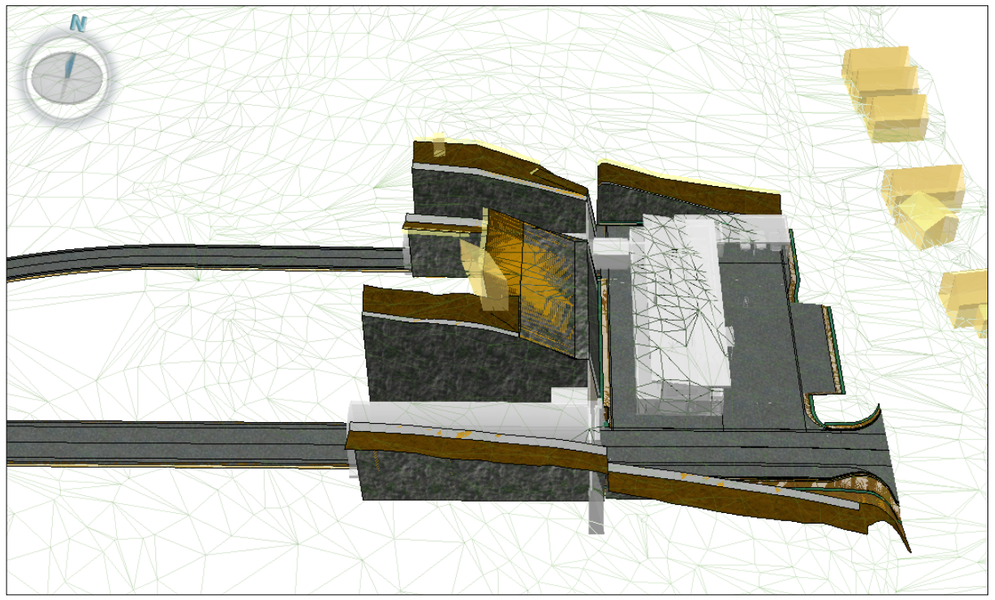
Det visast til *Figur 5* for eksisterande terrengforhold i påhoggsområdet.



Figur 12: Adkomstalternativ C2 for hallalternativ C (raud, stipla linje). Planløysing. Grovt skissert i ArcGIS Pro. Ingen kurvaturkontroll utført. Sort linje viser adkomstalternativ B2.



Figur 13: Skisse alternativ C2.



Figur 14: Prosjektert alternativ løsning C2. Løysing i dagen er lik alternativ B2. Hallplassering er ulik. Alternativ C2 har mykje større utfordringar for adkomsttunnel til haller. Rømmingstunnel antas å kunne ligge parallelt med adkomsttunnel.

3.2.2.1. Forventa mengder og vurderingar (C2)

Tabell 5 samanfattar forventa mengder knytt til alternativ C2.

*Tabell 5: Forventa mengder og vurderingar for alternativ C2. *Sjå eige avsnitt for merknadar om verna areal*

Parameter	Eining	Mengde	Skilnad samanlikna med førstealternativet (B2)
Prosjektert i Novapointtunnel. Totalmengder angitt. Hovudalternativ/førstealternativ.			
Lausmasseuttak	m^3	7921	*±0*
Berguttak	m^3	18460	*±0*
Fyllingsvolum	m^3	0	*±0*
Redusert landbruksareal (ca.)	m^2	0/*(4960) **	*±0/(±0)*
Verna areal (ca.)	m^2	0	*±0*
Portallengde	m	35	*±0*
Lengde adkomsttunnel	m	>340	*>±50*
Lengde adkomstveg	m	80	*±0*

3.2.2.2. Fordelar og ulemper (C2)

Tabell 6 samanfattar fordelar og ulemper knytt til alternativ C2.

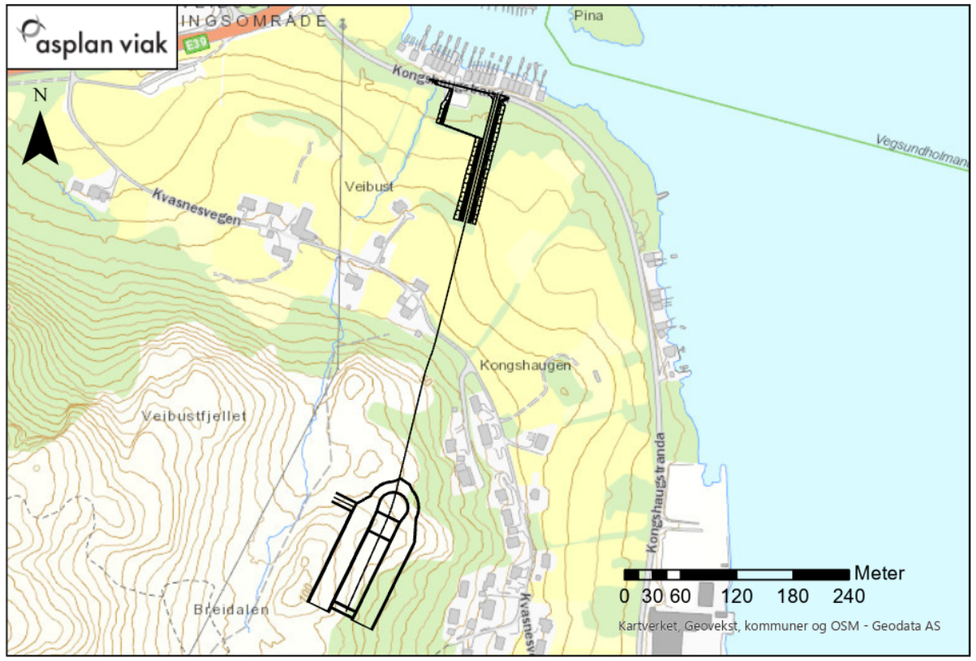
Tabell 6: Oppsummering av fordelar og ulemper for hallplassering C, adkomstalternativ C2. Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ.

Kategori	Kommentar
Verna områder	Areal til bygg i dagen og adkomstveg kjem ikkje i konflikt med arkeologiske verna områder.
Landbruksareal	0/4960 m^2. Sjå merknad ang. landbruksareal for alternativ B2.
Lausmassar	God kjennskap til lausmassemektigheit. Mange tidlegare grunnboringar langs skissert tunneltrase, som viser tynt lausmassedekke mellom skissert påhogg og eksisterande busetnad. Ventar på resultat frå supplerande grunnundersøkingar som dekker eit større areal enn tidlegare undersøkingar.
Lengde adkomsttunnel	Lengde tunnel meir enn 340 meter, faktisk lengde avhengig av utforming. Betydeleg lengre enn førstealternativet (B2).
Lengde adkomstveg	Tilsvarande alternativ B2. 80 m lang. Kortare ny veg i dagen og adkomsttunnel samanlikna med nordlegare alternativ.
Tunneltrase under eksisterande busetnad	Vibrasjonskrav ved driving av tunnel (Gjeld alle vurderte alternativ).
Overdekning	Problematikk knytt til overdekning for adkomsttunnel under Breidalen. Anteke mykje større sikringsomfang. God overdekning for fjellhall i Veibustfjellet.
Aktsemdområder skred	Adkomstveg og areal for bygg og parkering ligg utanfor aktsemdskart for skred i bratt terreng.

3.3. Alternativ B

3.3.1. Alternativ B1

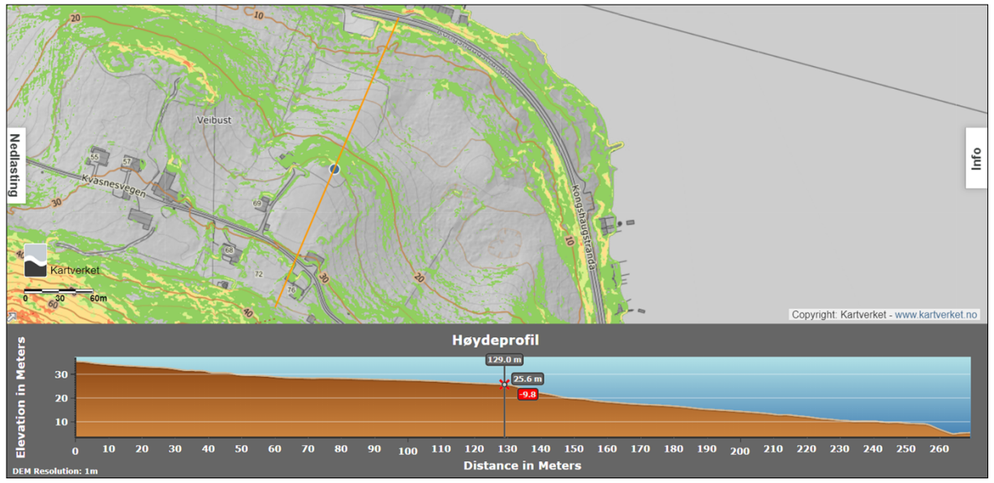
Alternativ hallplassering B er lokalisert i kollen mellom Breidalen og Kvasnesvegen. Skissert adkomstalternativ B1 har adkomst frå nord/nordaust *(sjå Figur 15).*



Figur 15: Adkomstalternativ B1 for hallalternativ B.

3.3.1.1. Kort skildring av løysing (B1)

- Areal for bygning i dagen vest for adkomstveg
- Kort avstand til E39
- Adkomsttunnel med tilnærma rett linje
- På skjeringstopp (9 moh.) for eksisterende veg til ca. 20 moh. stig terrenget slakt, med terrenghelling under 10°. Deretter stig terrenget med heling 25-30° opp til ca. 25,5 moh., før det igjen flatar ut og er tilnærma flatt forbi Kvasnesvegen. På oversida av eksisterande busetnad stig terrenget raskt.
- Terreng-/skråningsstabilitet: Geoteknikar må godkjenne løysinga før arbeid vert påbyrja



Figur 16: Eksisterande terrengforhold. Utsnitt fra hoydedata.no/LaserInnsyn.

3.3.1.2. Forventa mengder og vurderingar (B1)

Tabell 7 samanfattar forventa mengder knytt til alternativ B1.

Tabell 7: Forventa mengder og vurderingar for alternativ B1.

Parameter	Eining	Mengde	Skilnad samanlikna med førstealternativet (B2)
Lausmasseuttak	m^3	10796	+2875
Berguttak	m^3	16512	-1948
Fyllingsvolum	m^3	0	*±0*
Redusert landbruksareal (ca.)	m^2	1400	+1400 / *(-3560)*
Verna areal (ca.)	m^2	6600	+6600
Portal	m	Ca. 35	±0
Lengde adkomsttunnel	m	335	+45
Lengde adkomstveg	m	140	+60

3.3.1.3. Fordelar og ulemper (B1)

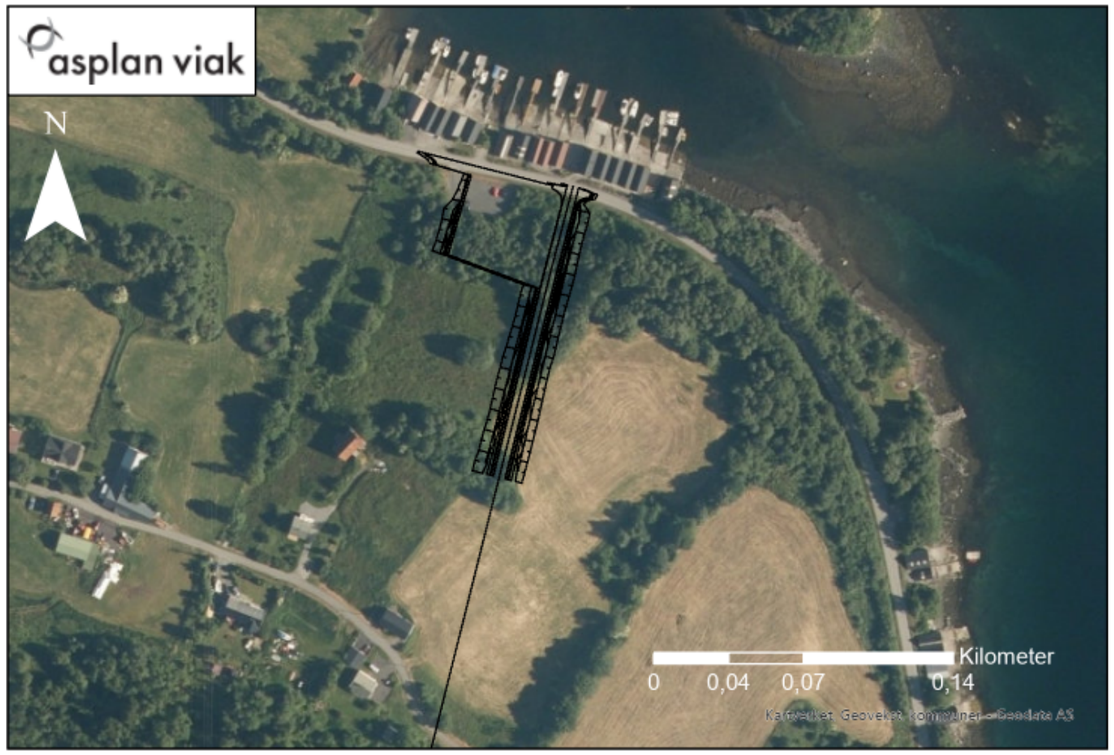
Tabell 7 samanfattar fordelar og ulemper for alternativ B1.

Tabell 8: Oppsummering av fordelar og ulemper for hallplassering B, adkomstalternativ B1. Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ.

Kategori	Kommentar
Verna områder	Areal til bygg i dagen og adkomstveg kjem i konflikt med arkeologiske verna områder. Skissert adkomstveg er lagt akkurat i overlappingsområdet til yttergrensene til to verna områder. Dersom vurderingar frå utførande av dei arkeologiske undersøkingane tilseier at yttergrensene kan reviderast, vil det vere mogleg å justere ned statusen til nøytral.
Landbruksareal	1400 m^2.
Lausmassar	Lite kjennskap til lausmassedekket i området. To boringar i området ved eksisterande busetnad. Ingen grunnboringar nord for eksisterande busetnad. Nokon avgrensingar knytt til gjennomføringar av supplerande grunnundersøkingar grunna verna område. Fordi dette området er lite, har det vore mogleg å justere plassering av planlagde grunnundersøkingar for å gi ei god dekning av området. Ventar på supplerande grunnundersøkingar frå området ved skissert alternativ.
Lengde adkomsttunnel	Ca. 335 meter mellom påhogg og start fjellhall. I høve dei andre alternative adkomsttunnelane, gir dette alternativet ein relativt lang tunnel.
Lengde adkomstveg	Ca. 140 meter frå senter av eksisterande veg til påhogg. Noko kortare adkomstveg
Tunneltrase under eksisterande busetnad	Vibrasjonskrav ved driving av tunnel. (Gjeld alle vurderte alternativ)
Eksisterande parkeringsplass	Areal for bygg i dagen er skissert over eksisterande parkeringsplass. Må takast omsyn til.
Overdekning	Tilstrekkeleg overdekning for fjellhall
Aktsemdområder skred	Adkomstveg og areal for bygg og parkering ligg utanfor aktsemdskart for skred i bratt terreng.

3.3.1.4. Merknad om landbruksareal (B1)

Gul farge i bakgrunnskartet *Figur 15* viser jordbruksareal i området kring påhoggsområde og areal i dagen. Gul farge viser fulldyrka og overflatedyra jord. Det er i stor grad samsvar med fordelinga av skog og jordbruk i ortofoto og kartgrunnlaget AR5 Jorbruksareal.

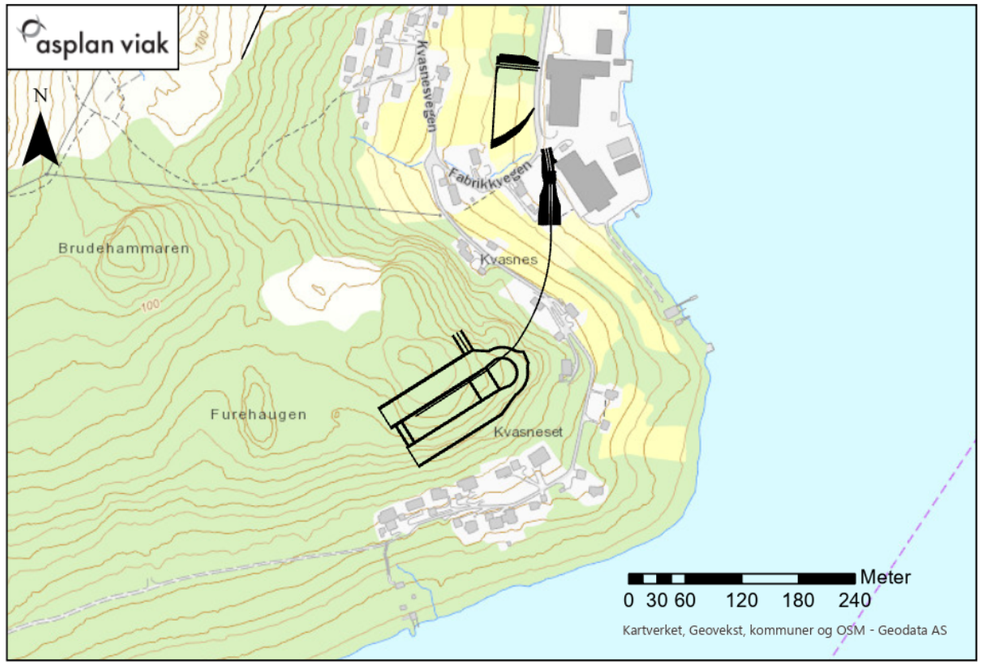


Figur 17: Landbruksareal i området kring alternativ C1 går frem av oversiktsfigur.

3.4. Alternativ A1

Alternativ A er lokalisert i kollen ved Kvasneset. Alternativet har to skisserte orienteringar, med to adkomstalternativ frå Fabrikkvegen (A1 og A2) og eit adkomstalternativ via sjøfylling.

Alternativ A1 nyttar areal nord for Fabrikkvegen til bygg i dagen.

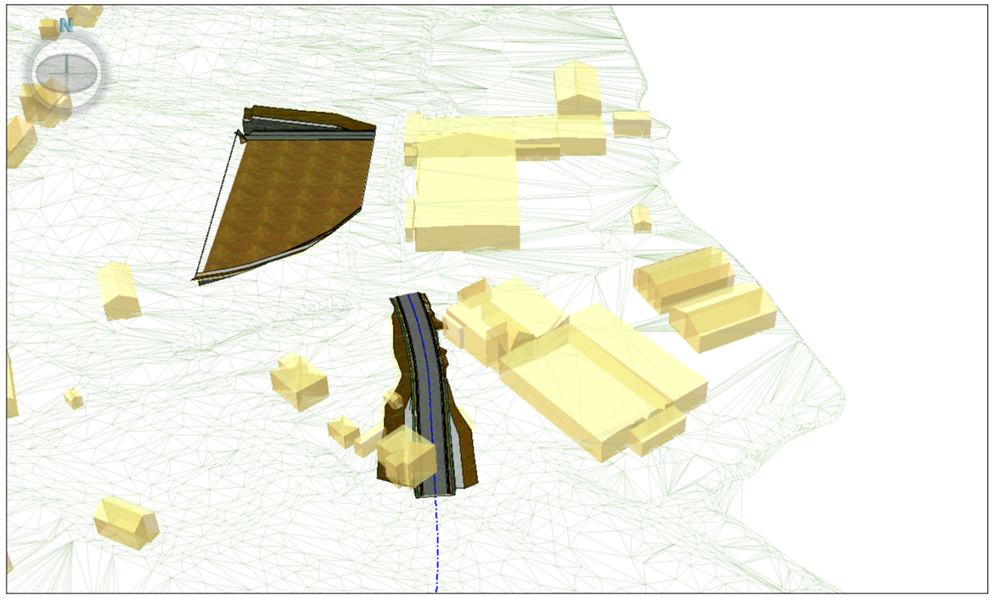


Figur 18: Alternativ A1a. Hallorientering SV-NØ. Merk at slutt på skravert areal ikkje angir påhoggsplassering.

3.4.1. Alternativ A1a: Hallorientering SV-NØ

3.4.1.1. Kort skildring av løysing (A1a)

- Adkomst frå Fabrikkvegen.
- Påhogg truleg på oversida av Kvasnesvegen. Eksisterande kommunalveg, Kvasnesvegen, må sannsynlegvis leggast om i drivefase. Meir problematisk for denne påhoggsplasseringa. Behov for bruer for midlertidig adkomst til bebyggelse ved Kvasneset.
- Kryssutbetring ved fabrikkområde mot Fabrikkvegen naudsynt. Inkluderer justering av eksisterande veglinje for Fabrikkvegen.
- Plassering av veg må tilpassast og leggast bort i frå kjellar tilhøyrande fabrikkområde.
- Terreng-/skråningsstabilitet: Geoteknikar må godkjenne løysinga før arbeid vert påbyrja.



Figur 19: Modell 2300a i Novapoint.

3.4.1.2. Forventa mengder og vurderingar (A1a)

Tabell 9 samanfattar forventa mengder knytt til alternativ A1a.

Tabell 9: Forventa mengder og vurderingar for alternativ A1a. Novapoint veglinje 2300a.

	Enhet	Mengde	Skilnad samanlikna med førstealternativet (B2)
Lausmasseuttak	m^3	7764*	*Sjå kommentar under
Fjell	m^3	6464*	*Sjå kommentar under
Fyllingsvolum	m^3	0	±0
Redusert landbruksareal (ca.)	m^2	3575	+3575/ *(-1385)*
Verna areal	m^2	5400	+5400
Portal	m	60	+25
Lengde adkomsttunnel	m	50-95	-195 til -240
Lengde adkomstveg	m	155-195	+75 til +115
*Berre det som er vist i figuren er medrekna. Dvs. ikkje berg-/lausmasseuttak fram til påhogg, men ved slutt areal i dagen. Mykje større lausmasseuttak og fjelluttak enn det som går fram av mengdene. Avhengig av kvar ein må plassere påhogget.			

3.4.1.3. Fordelar og ulemper (A1a)

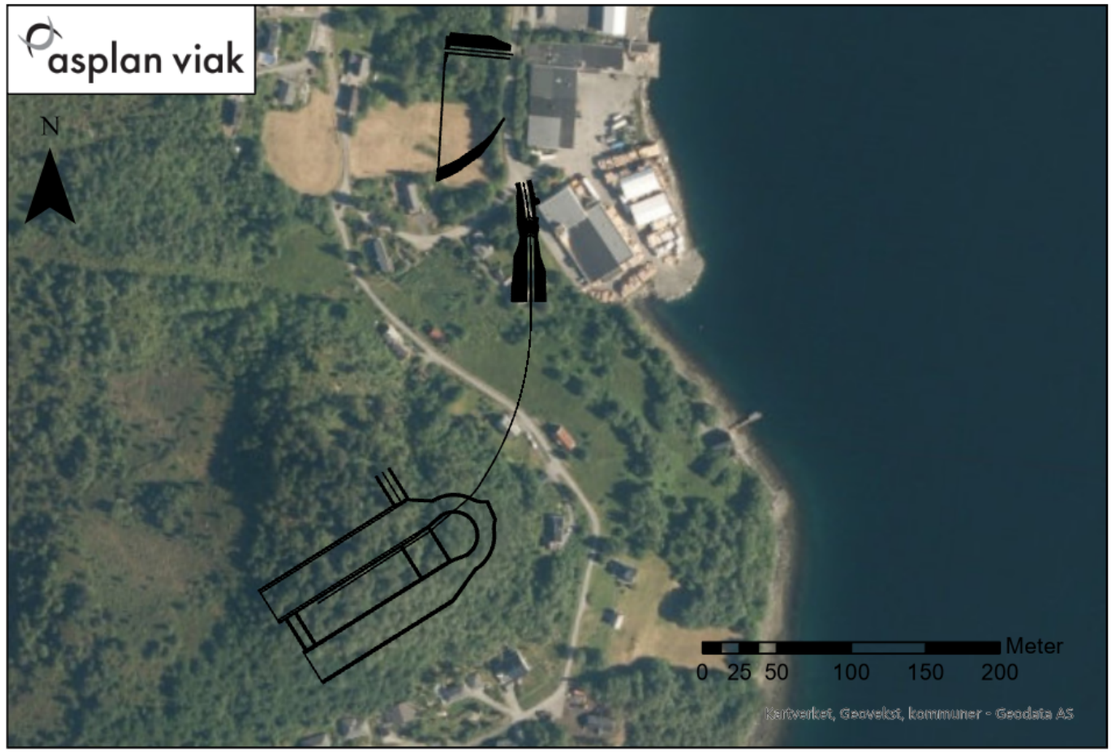
Tabell 11 samanfattar fordelar og ulemper for alternativ A1a.

Tabell 10: Oppsummering av fordelar og ulemper for hallplassering A1 med adkomst frå Fabrikkvegen. Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ.

Kategori	Kommentar
Verna områder	I konflikt med større areal med verna områder.
Landbruksareal	+3575 m^2
Lausmassar	Mykje lausmassar gjer at ein sannsynlegvis må ha påhogget på oversida av Kvasnesvegen. Ein vil derfor truleg måtte legge om Kvasnesvegen i anleggsfasa, for å sikre adkomst for fastbuande.
Lengde adkomstveg	A1a: Ca. 155-195 meter. Usikkerheit i lausmassedekke.
Lengde adkomsttunnel	A1a: 50-95 meter. Usikkerheit i lausmassedekke.
Tunneltrase under eksisterande busetnad	Vibrasjonskrav ved driving av tunnel. (Gjeld alle vurderte alternativ)
Eksisterande busetnad	Alternativet medfører behov for å kjøpe opp og rive eksisterande busetnad. Antal bygningar avhenger av eventuelt valgt adkomstalternativ.
Eksisterande veg	Fabrikkvegen: Behov for mindre omlegging av eksisterande sving på Fabrikkvegen for å sikre god trafikkavvikling for adkomstveg i permanentfase og hindre at adkomstveg leggast over kjellaren til eksisterande fabrikkbygning. Kvasnesvegen: Behov for omlegging i drivefase. Alternativ A1a mest utfordringa, fordi løysinga ikkje gir høve til å etablere veg på nedsida – behov for bruer.
Overdekning	Tilstrekkeleg overdekning for fjellhall med orientering NV-SØ. Knapp overdekning for fjellhall med orientering SV-NØ.
Aktsemdområder skred	Areal for bygg og parkering, samt adkomstveg er innanfor NVE sitt aktsemdområde for snøskred. Behov for skredfarevurdering etter gjeldande retningslinjer og standardar gitt av NVE (2020). Basert på innleiande vurdering, er det truleg lite reell skredfare i området, men dette må vurderast nærare.

3.4.1.4. Merknad om landbruksareal (A1a)

Gul farge i bakgrunnskartet *Figur 18* viser jordbruksareal i området kring påhoggsområde og areal i dagen. Gul farge viser fulldyrka og overflatedyra jord. Det er i samsvar med fordelinga av skog og jordbruk i ortofoto og kartgrunnlaget AR5 Jorbruksareal, men med større grad av tre og busker i ortofoto.

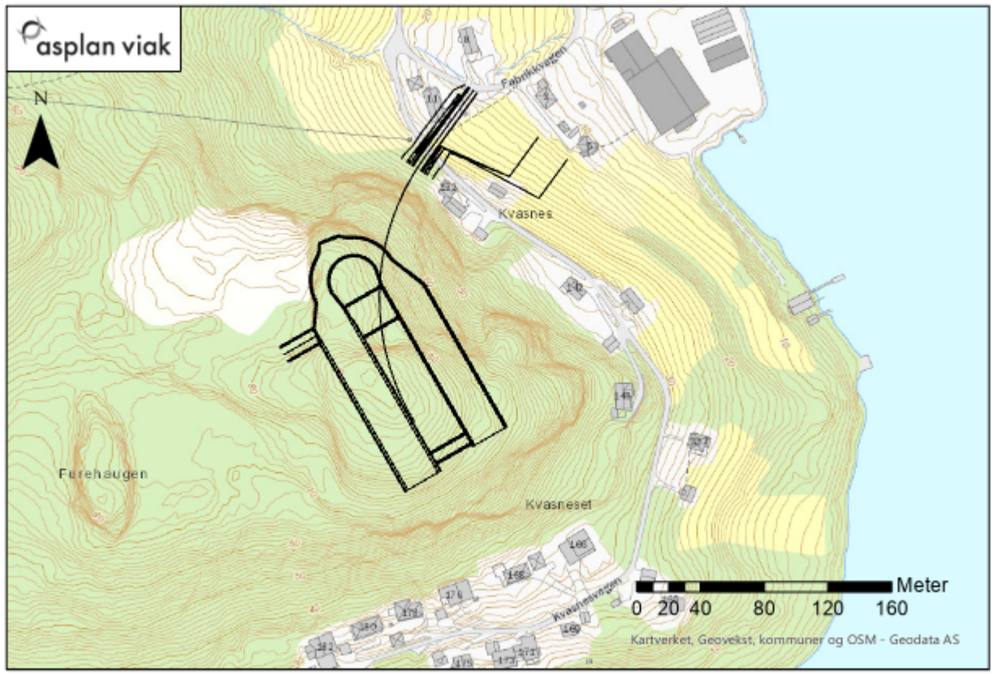


Figur 20: Ortofoto i område kring A1a.

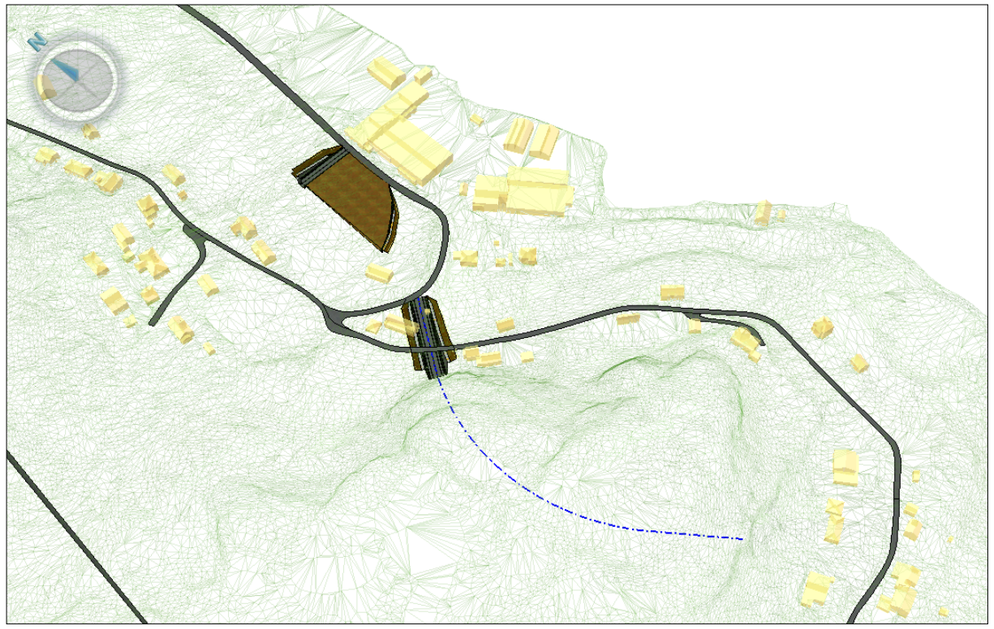
3.4.2. Alternativ A1b: Hallorientering NV-SØ

3.4.2.1. Kort skildring av løysing (A1b)

- Adkomst frå sving langs Fabrikkvegen
- Forventa påhogg etter kryssing av Kvasnesvegen. Kvasnesvegen må truleg leggast om i drivefase.
- Terreng-/skråningsstabilitet: Geoteknikar må godkjenne løysinga før arbeid vert påbyrja.
- Krev justering av eksisterande veglinje for Fabrikkvegen.



Figur 21: Oversiktskart.



3.4.2.2. Forventa mengder og vurderingar (A1b)

Tabell 11 samanfattar forventa mengder knytt til alternativ A1b.

Tabell 11: Mengder, alternativ A1b hallorientering NV-SØ.

	Enhet	Mengde	Skilnad samanlikna med førstealternativet (B2)
Lausmasseuttak	m^3	8800	+879
Berguttak	m^3	10518	-7942
Fyllingsvolum	m^3	0	*±0*
Redusert landbruksareal (ca.)	m^2	2682	+2682 / *(-2278)*
Verna areal (ca.)	m^2	3718	+3718
Portal	m	Ca. 40	+5
Lengde adkomsttunnel	m	135	-155
Lengde adkomstveg	m	Ca. 60	-20

3.4.2.3. Fordelar og ulemper (A1b)

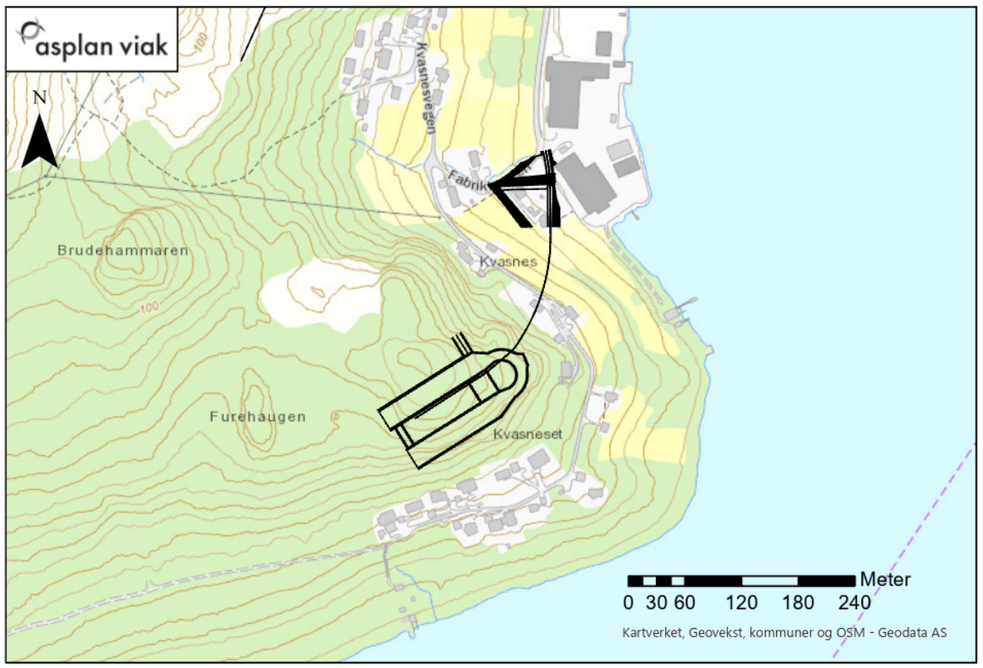
Tabell 12 samanfattar fordelar og ulemper med alternativ A1b.

Tabell 12: Oppsummering av fordelar og ulemper for hallplassering A1 med adkomst frå Fabrikkvegen. Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ.

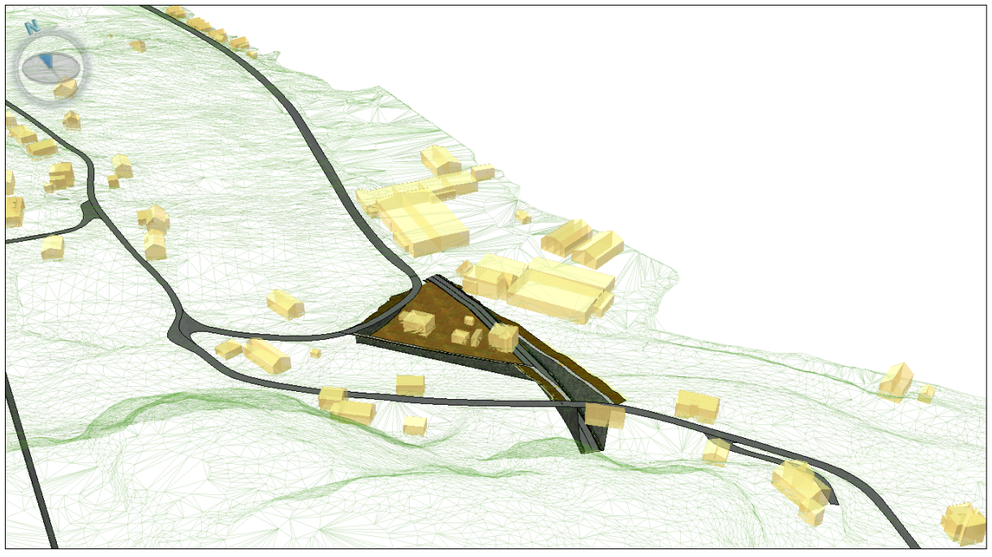
Kategori	Kommentar
Verna områder	I konflikt med større areal med verna områder.
Landbruksareal	2682 m^2 For merknad ang. jordbruksareal, sjå avsnitt 3.4.1.4
Lausmassar	Mykje lausmassar gjer at ein sannsynlegvis må ha påhogget på oversida av Kvasnesvegen. Ein vil derfor truleg måtte legge om Kvasnesvegen i anleggsfasa, for å sikre adkomst for fastbuande.
Lengde adkomstveg	A1b: Ca. 60 meter.
Lengde adkomsttunnel	A1b: Ca. 135 m.
Tunneltrase under eksisterande busetnad	Vibrasjonskrav ved driving av tunnel. (Gjeld alle vurderte alternativ)
Eksisterande busetnad	Alternativet medfører behov for å kjøpe opp og rive eksisterande busetnad. Antal bygningar avhenger av eventuelt valgt adkomstalternativ.
Eksisterande veg	Kvasnesvegen: Behov for omlegging i drivefase. Alternativ A1a mest utfordringa, fordi løysinga ikkje gir høve til å etablere veg på nedsida – behov for bruer.
Overdekning	Trangt område for plassering av fjellhall med tilstrekkelig overdekning.
Aktsemdområder skred	Areal for bygg og parkering, samt adkomstveg er innanfor NVE sitt aktsemdområde for snøskred. Behov for skredfarevurdering etter gjeldande retningslinjer og standardar gitt av NVE (2020). Basert på innleiande vurdering, er det truleg lite reell skredfare i området, men dette må vurderast nærare.

3.4.3. **Alternativ A2**

Alternativ A2 nyttar areal kring adkomstveg til bygg i dagen (sjå Figur 22 og Figur 23). Hallorientering SV-NØ



Figur 22: Alternativ A2a. Hallorientering SV-NØ.



Figur 23: Alternativ A2a. Modell 2300b i Novapoint.

3.4.3.1. Kort skildring av løysing (A2)

- Adkomst frå fabrikkområdet nedanfor Fabrikkvegen
- Påhogg ved Kvasnesvegen

3.4.3.2. Forventa mengder og vurderingar (A2)

Tabell 13 samanfattar forventa mengder knytt til alternativ A2.

Tabell 13: Mengder, alternativ A2a. Novapoint veglinje 23000b.

Parameter	Eining	Mengde	Skilnad samanlikna med førstealternativet (B2)
Lausmasseuttak*	m^3	9377 (7921)	+1456
Berguttak*	m^3	15168 (18460)	-3292
Redusert landbruksareal (ca.)	m^2	1770	+1770 / *(-3190)*
Verna areal (ca.)	m^2	1820	+1820
Portal	m	85	+50
Lengde adkomsttunnel	m	50-95	-194 til -240
Lengde adkomstveg	m	155-195	+75 til +115
*Rømningstunnel er ikkje teikna inn i Novapoint modell. Då alternativet A1 gir lenger portal må det påreknast at mengdene også vert noko større. Usikkerheit knytt til lausmassemektigheit. Truleg større andel lausmasser enn det som er angjeve i modellen.			

3.4.3.3. Fordelar og ulemper (A2)

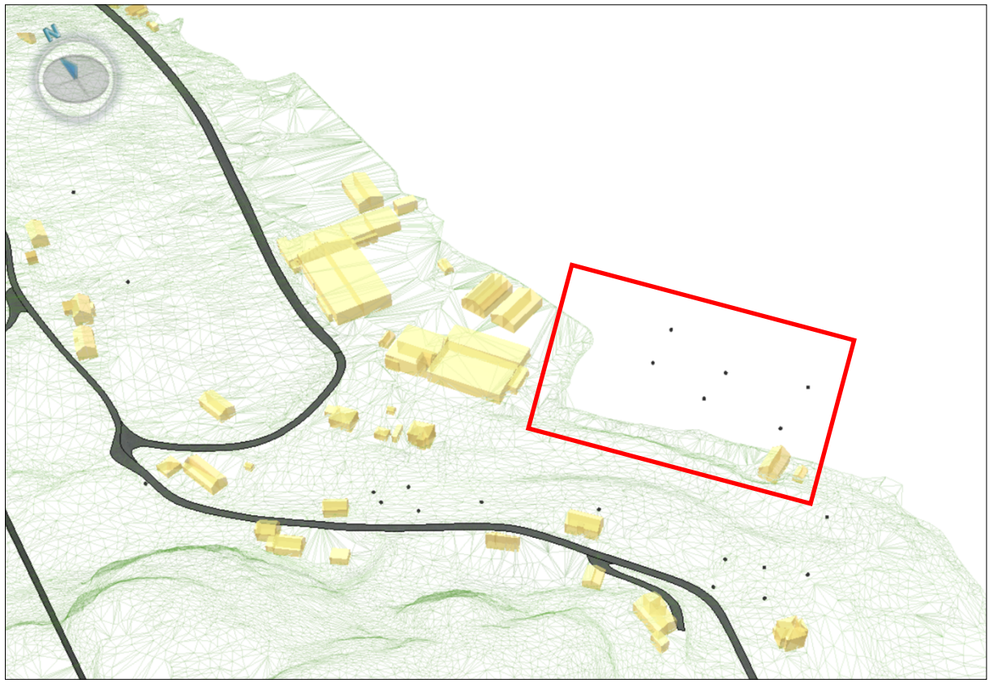
Tabell 12 samanfattar fordelar og ulemper for alternativ A2.

Tabell 14: Oppsummering av fordelar og ulemper for hallplassering A2 med adkomst frå Fabrikkvegen. Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ.

Kategori	Kommentar
Verna områder	I konflikt med større areal med verna områder.
Landbruksareal	1770 m^2 For merknad ang. jordbruksareal, sjå avsnitt 3.4.1.4
Lausmassar	Mykje lausmassar gjer at ein sannsynlegvis må ha påhogget på oversida av Kvasnesvegen. Ein vil derfor truleg måtte legge om Kvasnesvegen i anleggsfasa, for å sikre adkomst for fastbuande.
Lengde adkomstveg	Ca. 155-195 meter. Usikkerheit i lausmassedekke.
Lengde adkomsttunnel	50-95 meter. Usikkerheit i lausmassedekke.
Tunneltrase under eksisterande busetnad	Vibrasjonskrav ved driving av tunnel. (Gjeld alle vurderte alternativ)
Eksisterande busetnad	Alternativet medfører behov for å kjøpe opp og rive eksisterande busetnad. Antal bygningar avhenger av eventuelt valgt adkomstalternativ.
Eksisterande veg	Fabrikkvegen: Behov for mindre omlegging av eksisterande sving på Fabrikkvegen for å sikre god trafikkavvikling for adkomstveg i permanentfase og hindre at adkomstveg leggast over kjellaren til eksisterande fabrikkbygning. Kvasnesvegen: Behov for omlegging i drivefase. Alternativ A1a mest utfordringa, fordi løysinga ikkje gir høve til å etablere veg på nedsida – behov for bruer.
Overdekning	Trangt område for plassering av fjellhall med tilstrekkelig overdekning.
Aktsemdområder skred	Areal for bygg og parkering, samt adkomstveg er innanfor NVE sitt aktsemdområde for snøskred. Behov for skredfarevurdering etter gjeldande retningslinjer og standardar gitt av NVE (2020). Basert på innleiande vurdering, er det truleg lite reell skredfare i området, men dette må vurderast nærare.

3.4.4. Alternativ A3: Veg på fylling

Adkomst til hallalternativ A via veg på fylling ved eksisterande fabrikkområde er ikkje teikna inn i kart.



Figur 24: Fylling på veg angitt av raudt rektangel. Svarte punkt syner plassering av grunnundersøkingar.

3.4.4.1. Kort skildring av løysing (A3)

- Veg på fylling
- Adkomst frå fabrikkområdet nedanfor Fabrikkvegen
- Stabilitet fylling anteke ok i skissa. Må avklarast med geoteknikar.
- Bygg i dagen plassert på fylling.
- Geoteknikar må godkjenne løysinga før arbeid vert påbyrja. Vurderingar knytt til setningar i fylling, tillate hyllingshøgde og stabilitet må utførast.

3.4.4.2. Forventa mengder og vurderingar (A3)

Tabell 15 samanfattar forventa mengder for alternativ A3.

Tabell 15: Forventa mengder for alternativ A3.

	Enhet	Mengde	Skilnad samanlikna med førstealternativet (B2)
Lausmasseuttak	m^3		
Berguttak	m^3		
Fyllingsvolum	m^3	>46 000	>46 000 m^3
Redusert landbruksareal (ca.)	m^2	Ca. 850	+850/-4110
Portal	m	Ca. 85	Anslått +50
Lengde adkomsttunnel	m	75-110	-215 til -180
Lengde adkomstveg	m	440-475	+360 til +395
Stor del av veg på nedsida av eksisterande Fabrikkområde. Usikker påhoggsplassering pga. lausmassemektigheit. Fyllingsvolum: Molo 31 000 m^3, fylling innanfor molo 15 000 m^3, meir fyllingsvolum for veg.			

3.4.4.3. Forventa mengder og vurderingar (A3)

Tabell 16 samanfattar forventa mengder for alternativ A3.

Tabell 16: Oppsummering av fordelar og ulemper for hallplassering C med adkomst via eksisterande fabrikkområde og fylling på sjø. Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ.

Kategori	Kommentar
Verna områder	Areal til bygg i dagen og adkomstveg kjem i konflikt med arkeologiske verna områder. Det er også gjort arkeologiske funn ved påhuggsområdet. Fredet steinalderlokalitet.
Landbruksareal	850 m^2 For merknad ang. jordbruksareal, sjå avsnitt 3.4.1.4
Lausmassar	Usikkerheit knytt til lausmassemektigheit. Lite kjennskap til lausmassemektigheit i skissert påhoggsområde. Ei grunnboring like nedanfor eksisterande busetnad angir stor løsmassemektighet. Utan informasjon om lausmassemektigheit i området er det ikkje mogleg å seie noko om kor langt inn i terrenget ein må ha påhogget for å ha tilstrekkeleg overdekning for tunnelen*.
Lengde adkomsttunnel	Ca. 75-110 m. Stor løsmassemektighet i målt punkt i området, gjer påhoggplasseringa usikker. På sørvestsida av Kvasnesvegen gir kortast tunnel. - 135 til - 110 m i høve B2.
Lengde adkomstveg	Ca. 440-475 m. Over halve lengda vert på fylling. + 290 til + 325 m i høve B2.
Tunneltrase under eksisterande busetnad	Vibrasjonskrav ved driving av tunnel. (Gjeld alle vurderte alternativ)
Vegføring fram til påhogg	Naudsynt å etablere fylling i sjø, samt å legge vegen kring eksisterande fabrikkområde på ein god måte. *Til informasjon (ikkje vurdering): Det er utført undersøkingar av fjelloverflata under sjøen søraust for eksisterande utfylling i sjøen, ut til der sjøbotnsoverflata flatar ut. Evt. stabilitetsutrekningar må gjerast av geoteknikar. Ved bruk av sprengssteinmassar i utfylling må fylkesmannen kontaktast, og miljømessige forhold må utdjupast. Innverknad på val av sprengsstoff.* Ulempe. Ikkje tilstrekkeleg vurdert på gjeldande tidspunkt
Overdekning fjellhall	Terrenget stig raskt bak eksisterande busetnad, gunstig for adkomsttunnel. Trangt område for plassering av fjellhall med tilstrekkelig overdekning.
Påhogg	Påhogg vert truleg etter kryssing av Kvasnesvegen, som gjer at denne må leggast om i anleggstida
Aktsemdområder skred	Adkomstveg delvis innanfor aktsemdskart for skred i bratt terreng (NGI). Behov for skredfarevurdering etter gjeldande retningslinjer og standardar gitt av NVE (2020). Basert på innleiande vurdering, er det truleg lite reell skredfare i området men dette må vurderast nærare.

4. OPPSUMMERING AV FORDELAR OG ULEMPER

Tabell 17 oppsummerer fordeler og ulemper knytt til dei vurderte alternativa.

Tabell 17:Fargekoder – grøn for fordel, gul for nøytral og raud for ulempe. Oransje viser både fordelar og ulemper, mest negativ eller med stor usikkerheit.

Alternativ	Landbruksareal (m^2)	Verna områder	Lausmassar	Lengde adkomsttunnel (m)	Lenge adkomstveg (m)	Eksisterande busetnad	Overdekning	Påhogg	Aktsemdområder skred
A1A	2685	Konflikt	Fleire borepunkt. Ca. 8-13 m mektigheit.	50 - 90	155 - 195	Oppkjøp. Vibrasjons-krav.	Ok/knapp	Overside Kvasnes-vegen	Ikkje ok
A1b	185	Konflikt	Terreng stig raskt på oversida av Kvasnesvegen.	185	60	Oppkjøp. Vibrasjons-krav.	Ok/knapp	Overside Kvasnes-vegen	Ikkje ok
A2a	1770	Konflikt	Fleire borepunkt. Ca. 8-13 m mektigheit.	50 - 90	155 - 195	Oppkjøp. Vibrasjons-krav.	Ok/knapp	Overside Kvasnes-vegen	Ikkje ok
A3	850	Konflikt	Kun eit borepunkt. 11,5 meter lausmasse.	75 - 110	440-475	Vibrasjons-krav.	Ok	Truleg Overside Kvasnes-vegen	Ikkje ok
B1	1400	Konflikt. Avhenger av arkeologiske grenser.	Lite kjennskap. Avventar prøvesvar.	335	140	Vibrasjons-krav	Ok	Kolle	Ok
B2	Merknad	Ikkje konflikt med areal for bygg eller adkomsttunnel.	God kjennskap	290	80	Vibrasjons-krav	Ok	Kongs-haugen	Ok
C1	3965	Konflikt. Avgrensar grunn-undersøkingar.	Usikker.	290	150	Vibrasjons-krav	Ok	Kolle	Ok
C2	Merknad	Ikkje konflikt med areal for bygg eller adkomsttunnel.	God kjennskap*	>340	80	Vibrasjons-krav	*Usikker over-dekning under Breidalen. Anteke problematisk. Ok for fjellhall.	Kongs-haugen	Ok

5. OPPSUMMERING

Basert på vurderingane presentert ovanfor, kan ein oppsummering følgande:

- Hallplassering B og C gir god overdekning for fjellhallane. Frå eit ingeniørgeologisk perspektiv vurderast alle alternativa som teknisk gjennomførbare. Merk likevel at adkomsttunnel og rømmingsveg gjennom Breidalen antakast å medføre ekstra sikringsomfang og behov for vidare undersøking av overdekning. Usikkerheita knytt til dette alternativet sjåast dermed på som større. Det er truleg noko knapt for overdekninga for hallorientering SV-NØ ved hallplassering A (Kvasneset), ved denne plasseringa er orienteringa NV-SØ difor å føretrekke.
- Hallplassering A, ved Kvasneset, gir kortast adkomsttunnel til fjellhallane. Grunna stort lausmassedekke, vil ein truleg måtte forbi Kvasnesvegen for å få tilstrekkeleg overdekning i påhoggsområdet til adkomsttunnel. Dette vil medføre behov for omlegging av Kvasnesvegen i drivefase. Ei slik omlegging let seg gjere, men vil kunne medføre etablering av bruer for veg.
- Det er størst kjennskap til grunnforholda ved påhoggsområde B2 (og C2 ettersom dette er likt). Her er det også ein fordel i at etablering av areal i dagen ikkje eller berre i lita grad kjem i konflikt med verna områder.
- Samtlege adkomstalternativ for hallplassering A medfører at adkomsttunnel og delvis også areal i dagen kjem innanfor aktsemdsområde for skred i bratt terreng. Basert på grov, innleiande vurdering, er det truleg lite reell skredfare i området, men dette **må** vurderast nærare. Det er krav om skredfarevurdering etter gjeldande retningslinjer og standardar gitt av NVE (2020). Skredtypar som må vurderast er steinsprang, steinskred, jordskred, flomskred og snøskred.

KONKLUSJON

- Alle alternativa er teknisk gjennomførbare.
- Førstealternativet (B2) har flest fordelar for dei parameterane som er vurdert i dette notatet.
- Hallplassering A krev vidare vurderingar knytt til drivefase og skredfarevurdering.

asplan viak

Oppdragsgiver:	Ålesund kommune
Oppdragsnavn:	Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund - Renseanlegg
Oppdragsnummer:	624969-03
Utarbeidet av:	Leif Egil Friestad
Oppdragsleder:	Øystein Tranvåg
Tilgjengelighet:	Åpen

NOTAT Vurderinger anleggsteknikk

1. INNLEIING 1

2. LOKASJONAR 2

3. ANLEGGSGJENNOMFØRING 3

4. MASSEDEPONI OG RIGGOMRÅDER 3

5. UTFYLLING I SJØ OG LEKTERTRANSPORT 7

01	18.03.21	Nytt dokument	LEF	KT
VERSJON	**DATO**	**BESKRIVELSE**	**UTARBEIDET AV**	**KS**

1. INNLEIING

I samband med prosjektering av nytt avløpsrenseanlegg i fjell på Kvasneset i Sula kommune er 3 ulike lokasjonar vurderte. Alle lokasjonane har same størrelse og volum på fjellhaller. Det som varierer er lengder på adkomst- og rømningstunneler. Totalt berguttak for fjellhallane inkludert adkomsttunnelar og dagsone ligg mellom 100 – 150 000 fm^3.

Dette notatet tek føre seg vurderingar knytt til anleggsteknikk og potensielle riggområder samt områder der det potensielt kan nyttast stein lokalt nært anleggsområda. Det vert også vurdert potensielle område for mellomlagring.

2. LOKASJONAR

Det er 3 potensielle stadar for plassering av avløpsrenseanlegget. Det er heilt sør på Kvasneset, ved Kongshaugen, og ved Veibust, sjå Figur 1. Størst volum berguttak blir ved alternativet ved Veibust, mens alternativet ved Kvasneset vil ha minst berguttak. Det søndre alternativet på Kvasneset vil derimot ha det største lausmasseuttaket. Det er registrert lausmassemektigheter på opp mot 13 meter ved Kvasnes-alternativet. Dette gjer at det kan vera utfordrande å ikkje måtte stenga eller legga midlertidig om lokalvegar kring Kvasneset for dette alternativet.

Figur 1: Oversikt alternativer for plassering av renseanlegg ved Kvasneset. Figuren viser både anlegg i fjell med tilhørende tunneler og dagsone. Området merka med raudt er aktuelt for både plassering av anleggstelt, kontorrigg, mellomlager og lekter, samt utfylling i sjø.

Alle alternativa vert opparbeidde med ei flate for bygg på om lag 60 x 40 meter. I tillegg er det to forskjeringar som må opparbeidast på kvar si side av sida som er 60 meter lang.

3. ANLEGGSGJENNOMFØRING

Fjellanlegget er tenkt gjennomført med ein tunnelrigg som kan dekke alle typar tverrsnitt, frå snaut 30m^2, og opp til dei største tverrsnitta som må utførast som pilot og stross. For fjellhallane som får ei total høgde på over 15 meter, samt enkelte større groper, vil det vere naudsynt også med pallsprenging inne i hallane.

Utlasting av massar vert forutsett gjort av hjullastar/gravar og lasta direkte på lastebil, semi-lastebil eller anleggsmaskinar (tipptruck, dumper). Massane vert då transportert direkte til anten mellomlager eller til direkte til permanent plassering. Dersom massar skal transporterast sjøveien på lekter kan massar verte transportert direkte til dette.

Ved direkte transport av lastebil kan det tilretteleggast med spyleplass for bil før utkjøring på offentleg veg. Dette for å redusera støv på veg. Plass utanfor tunnelane kan også asfalterast midlertidig for å redusere dette. Anleggsvegar i dagen må støvbindast for å redusera omfanget at støv. Dette kan eksempelvis gjerast ved salting.

I tillegg til kontorrigg/lomperigg er det truleg naudsynt med 1 til 2 telt som nyttast som verkstad og lager for slurry (sprengstoff) og parkering for sprøytebetongrigg. Det kan være mogleg å erstatta eit telt med eit industribygg. Storleiken på desse telta er ofte kring 15x25 meter der det på eine sida i tillegg vert plassert ut 2- 4 kontainere på 6 meter lengde.

Søppelhåndtering, renseanlegg og redningskontainere må i tillegg plasseres ut. Reinseanlegg for tunnelvatn under driving er ofte min. 3 sedimentasjonskontainere a 6 meter lengde, pluss ein 3 meter lang kontainer som styrer nødvendig tilsetning av kjemikalier for å oppnå tilstrekkeleg reinleik på vatnet.

Det må søkast utsleppsløyve for tunnelvatn. Krav til dette vatnet må spesifiserast.

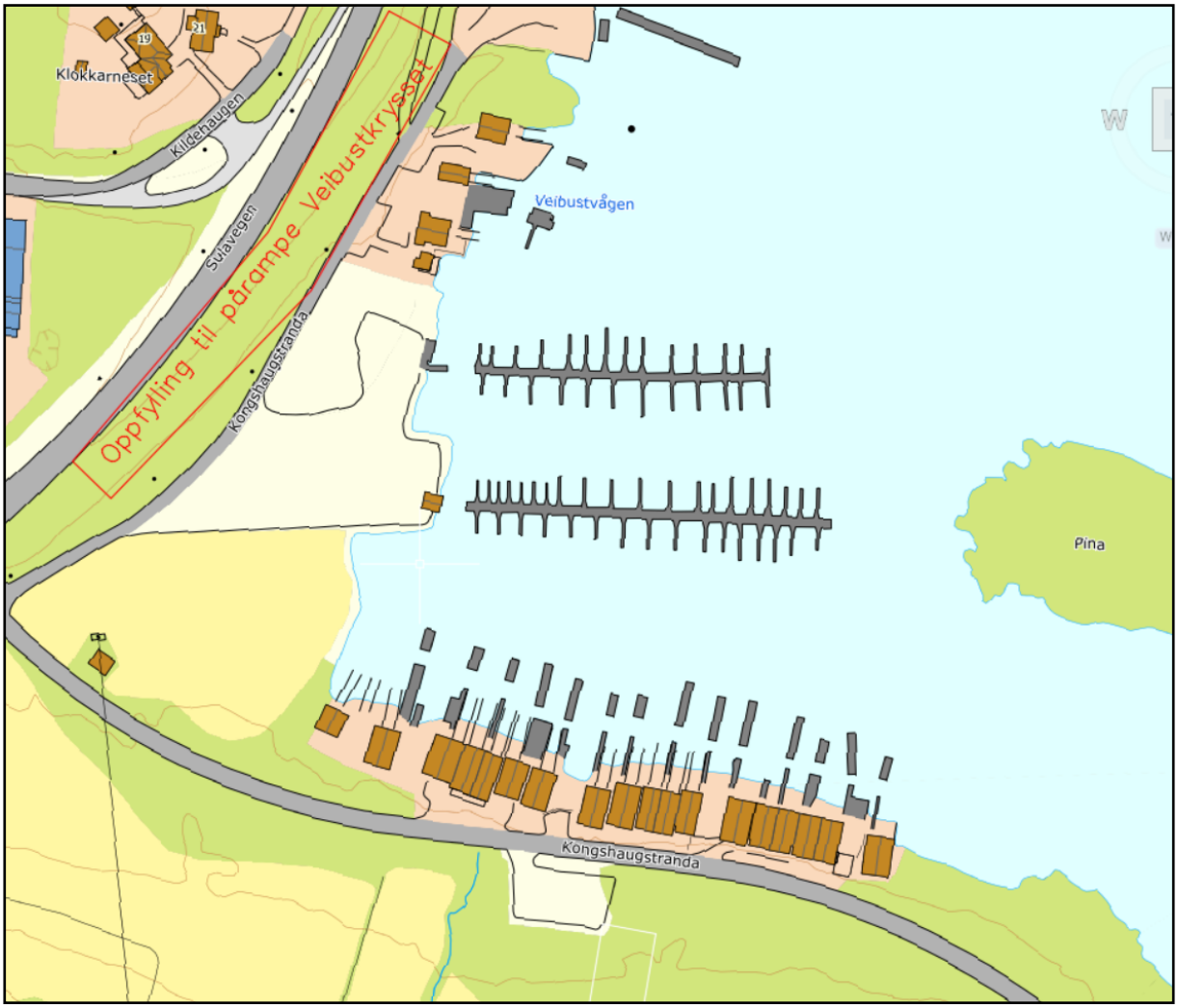
Grunna nærleik til tunnelpåhogga er det truleg berre reinseanlegg, redningskontainer og spyleplass det vil vera plass til i byggegropa. Det kan plasserast eit verkstadtelt nært inntil, men dette vil væra ganske trangt då ein treng plass for å kjøra tunnelrigg inn og ut av teltet. Eller det kan vera aktuelt å nytta staden for parkering av maskinar og utstyr.

Det utstyret som då må plasserast på annan stad enn i byggegropa er:

- 1-2 telt a 15x25 meter
- Søppelhandtering som plasserast nært verkstadtelt
- Kontorrigg/lomperigg ca. 15x6 meter
- Mellomlager evt. lekter for masser
- Eventuelt Sprengstofflager

4. MASSEDEPONI OG RIGGOMRÅDER

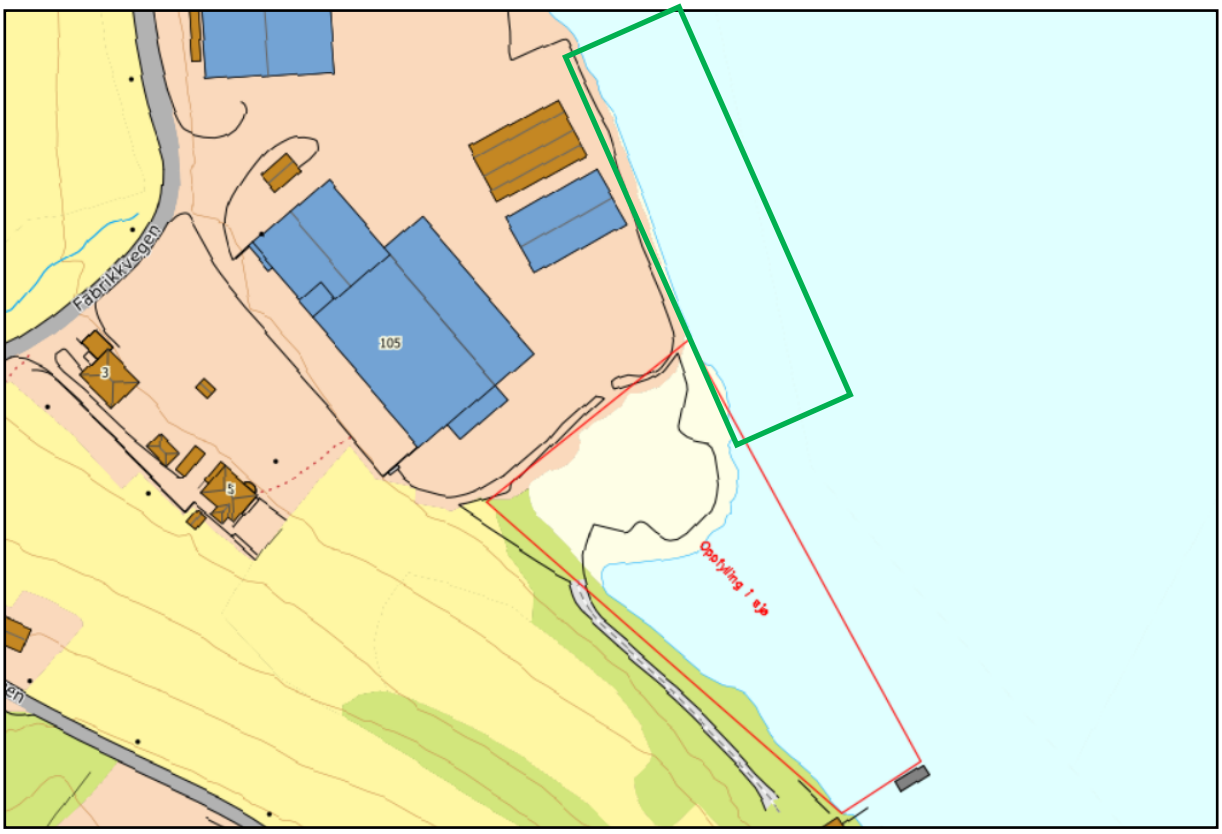
Veibustkrysset er regulert annleis enn det er i dag, og det er regulert inn ramper på dette krysset. Desse rampene er har behov for massar. Vegvesenet har også sett krav at dette krysset må byggast med minimum nordgåande rampe dersom man skal etablera eit avløpsrenseanlegg på Kvasneset, sjå Figur 2. Ein av fordelane med å nytta bergmassar frå prosjektet er at då kan ein få nytta krysset til utkjøring av bergmassar på bil å unngå lektertransport.



Figur 2: Eksempel på lokal plassering av massar ved Veibustkrysset.

Det er lite behov for masser i området. Utenfor industriområdet på Kvasneset er det regulert ei utfylling i sjø. Denne fyllinga er på om lag 45 000m^3, dette tilsvarar om lag 32 000 fm^3. Totalt skal prosjektet ta ut mellom 100 – 150 000 fm^3.

Elles kan det vere aktuelt å fylla ytterlegare massar ut i sjø for å få lettare tilgang til den regulerte utfyllinga. Dette er eit område som det ikkje er etablert fyllingsfront på, merka grøn i Figur 3. Ved å fylla ut her reduserer ein anleggstrafikken tett inntil og gjennom eksisterande industri.



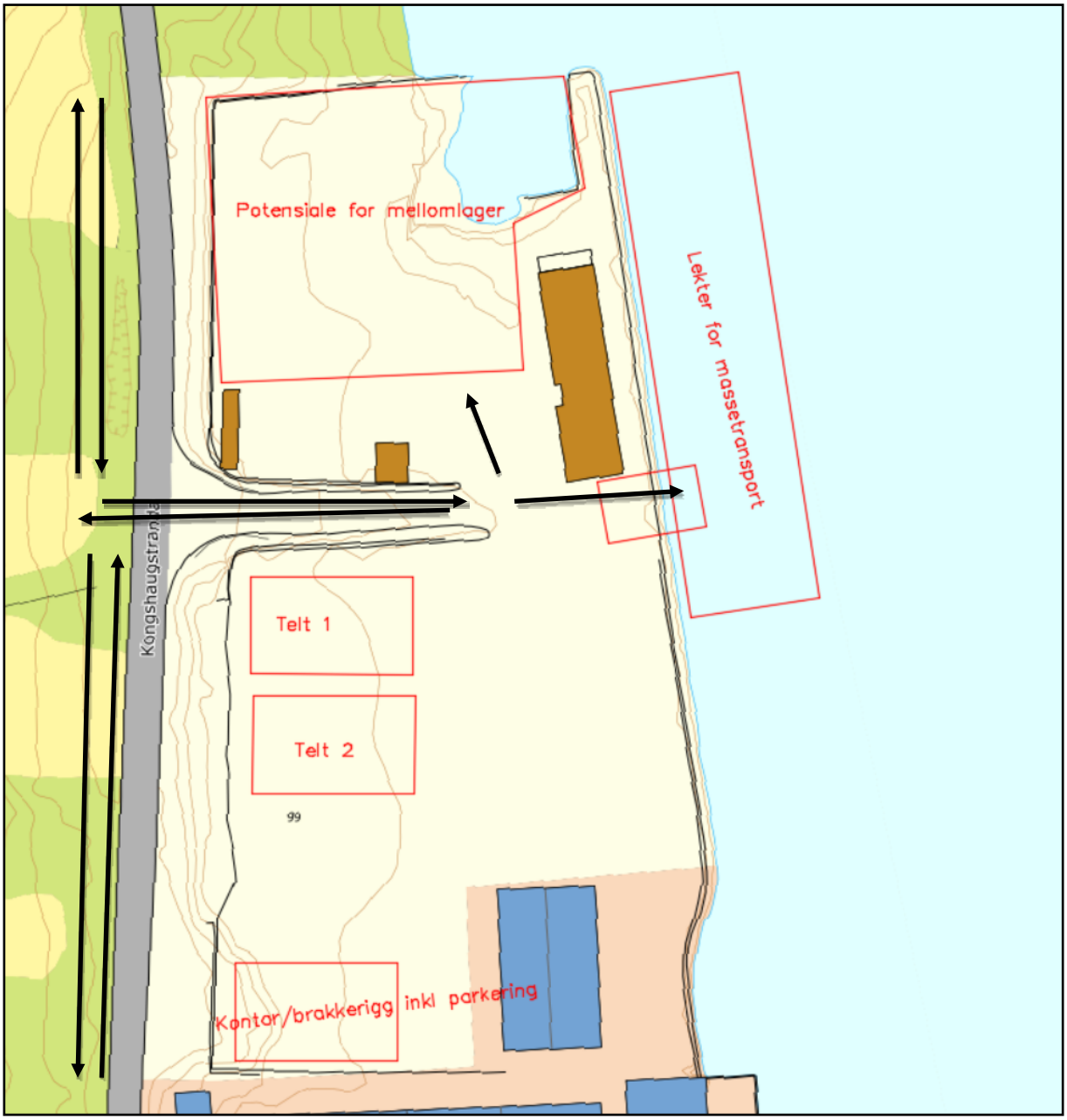
Figur 3: Utfylling i sjø aust for industriområdet på Kvasneset. Område merka med grøn er potensielt oppfyllingsområde.

For mellomlagring av massar er vestsida av industriområdet. Dette kan fyllast opp og moglegens utvidast noko. Arealet som er vist til potensielt mellomlager i Figur 4 er om lag 2300m^2. I tillegg er dette et aktuelt område for plassering av lekter. Ved mellomlagring av massar må det avklarast vedrørande krav til kontroll av avrenning. For å kontrollera avrenning må fyllinga etablerast på tett underlag med fall mot ein pumpesump som pumper vatnet til eit renseanlegg.

Vedrørande støv vert salva på stuff ofte spylt, slik at det ikkje vert mykje støv frå sjølve massane under uttransporten. Der det potensielt kan koma støv frå er mellomlagringa, når ein tek opp att massane. Det kan difor på tørre dagar være naudsynt med vatning av mellomlager.

All massetransport vil då gå eit lite stykke langs eksisterande veg. Dersom ein skal nytta større kjøretøy kan med fordel det byggast ein anleggsveg parallelt med dagens veg som vert nytta til anleggstransport. Det vil då verte ei kryssing av vegen Kongshaugstranda. I kryssingsområdet må det varslast både med lys og skilt at det er kryssande anleggstransport.

Alle områder som det skal fyllast massar må både område og fyllingshøyde vurderast av geoteknikkar.



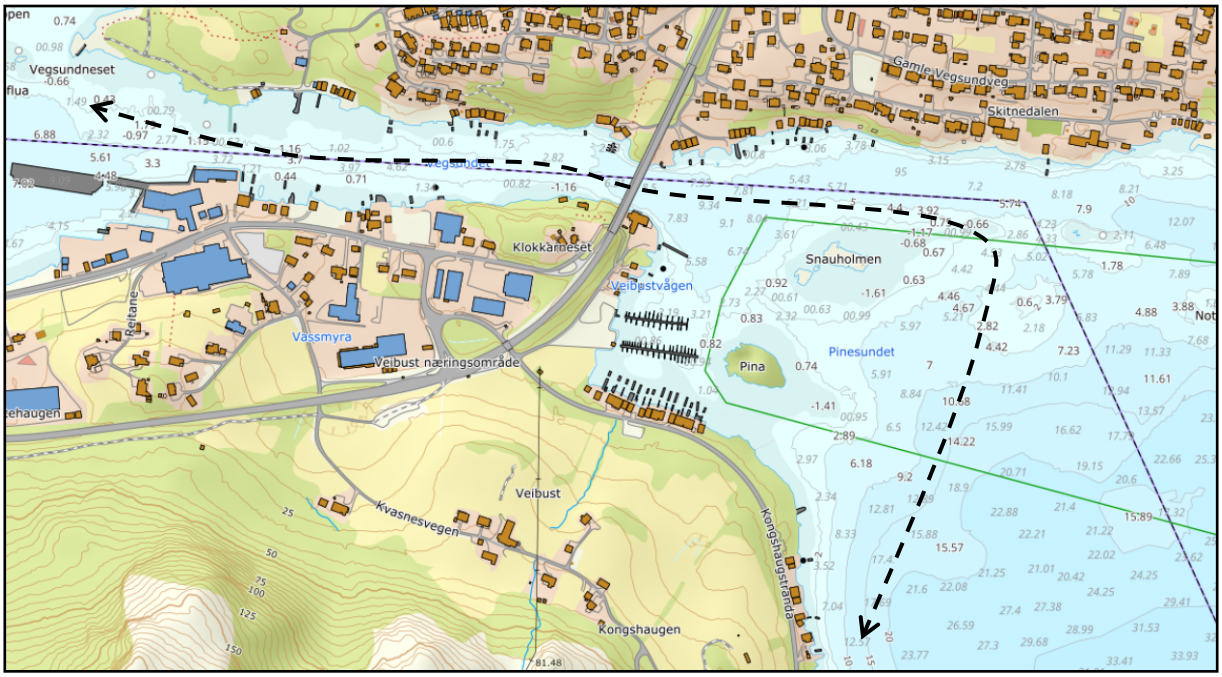
Figur 4: Skisse over mogleg plassering av anleggstelt og kontorbrakker. Storleik på desse er 15x25 meter. Det same er sett av for kontorrigg inkl. parkering.

Det er fleire områder som kan væra aktuelle for riggområde. Det mest aktuelle er industriområdet på Kvasneset. Her er det allereie planert områder med potensiale for å laga fleire midlertidige nedkøyringar dersom dette er aktuelt. Riggområdet har plass til brakkerigg, 2 telt, samt både parkering og lagring utomhus. Dersom det er naudsynt at massetransporten får sin eigen ut og innkøyring i området kan det etablerast ei rampe mellom telt 2 og kontorrigg.

Eventuelt sprengstofflager må truleg plasserast ein annan stad enn dette. Det kan også vera aktuelt med dagleg utlevering frå lokalt lager i Ålesund.

5. UTFYLLING I SJØ OG LEKTERTRANSPORT

Ved utfylling i sjø må det etablerast siltgardin som lukkar inne utfyllinga. Dette gjeld både mellomlager og utfyllinga aust for industriområdet. Ved utfylling med sprengstein er det ofte ei utfordring med at tennere flyt opp. Dette er for nonel-systemet. Dersom ein vel elektroniske tennarar så vil desse søkka med massane, og ikkje flyta opp. Elektroniske tennarar er dyrare i innkjøp. Dette gjer at kubikkprisen på sprenging vert dyrare. Det er observert ei auke på om lag 10%. Ved bruk av tunnelstein har det ofte vore utfordring med fiberarmeringa i sprøytebetongen som flyt. Dette gjeld ved bruk av plastfiber. Ved bruk av stålfiber vil fibrane søkka. Det bør difor være krav om bruk av stålfiber.



Figur 5: Oversikt av sjødjup ved Vegsundet. Mogleg transportveg for lekter gjennom Vegsundet er skissert med stipla linje.

For å kunna nytta lektertransport på ein god måte er transportvegen gjennom Vegsundet. Her er viser sjøkart 2,82 som grunnaste områder i leia. Det kan difor vera naudsynt å planlegga lektertransporten etter flo sjø. Det vil også setja restriksjonar på val av storleik på lekter.

asplan viak

Oppdragsgiver:	Ålesund kommune
Oppdragsnavn:	Nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund - Renseanlegg
Oppdragsnummer:	624969-03
Utarbeidet av:	Kristian Asdal
Oppdragsleder:	Øystein Tranvåg
Tilgjengelighet:	Åpen

NOTAT - NYTT AVLØPSRENSEANLEGG FOR SULA OG ÅLESUND.
Forslag til romprogram - driftsrom og personaldel

INNHOLD

1. INNLEDNING 1

2. ROMPROGRAM, UTKAST 1 2

3. EKSEMPLER 3

1. INNLEDNING

I tillegg til hovedanlegget inne i fjellet er det planlagt et daganlegg, med de funksjoner som har behov for dagslys – i hovedsak driftsrom og personalrom. Vi har derfor laget en enkel programskisse som indikerer hvilke rom og funksjoner et slikt bygg kan inneholde, og inkludert noen planutsnitt som eksempler fra sammenliknbare prosjekter.

Dette er å anse som et første utkast, og må bearbeides videre i samarbeid med oppdragsgiver og brukere.

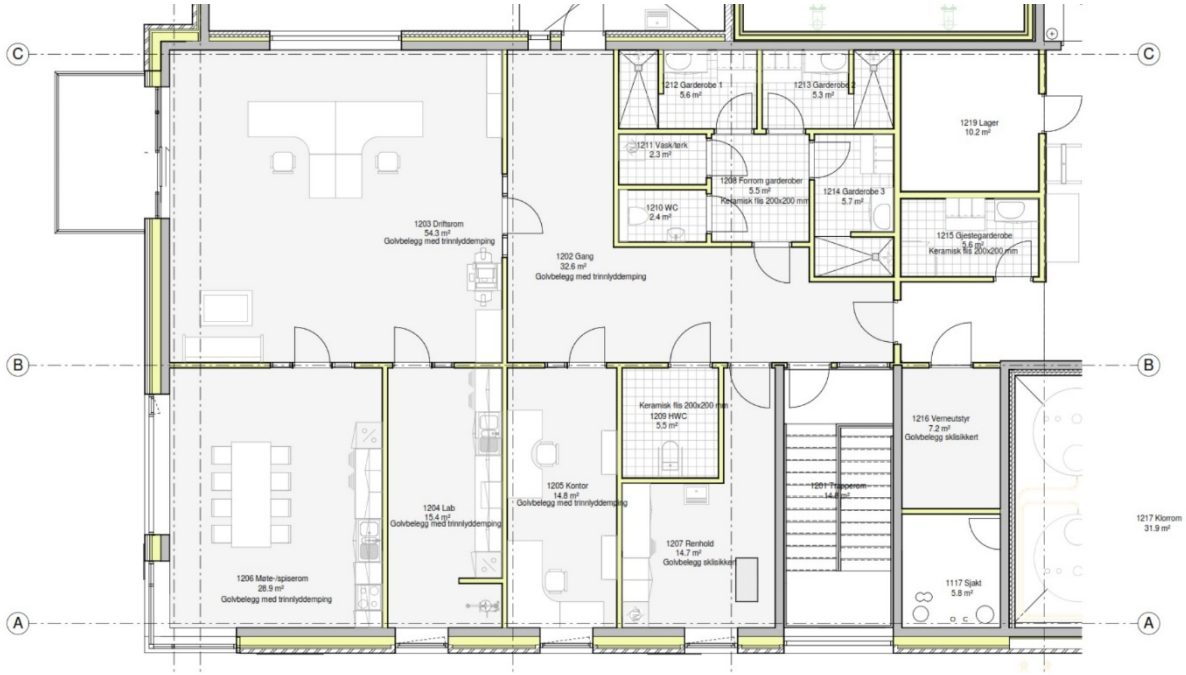
2. ROMPROGRAM, UTKAST 1

Funksjon	Antall	Nettoareal	Sum, m2
Driftsrom	1	40	40
Møte-/spiserom	1	30	30
Te-kjøkken	1	7	7
Individuelle garderober m/tilknyttede våtrom	5	7	35
RWC, gjester	1	6	6
Garderobe, gjester	1	8	8
Lager	1	7	7
Renholdssentral	1	6	6
Teknisk rom/tavlerom	1	10	10
Vindfang	1	4	4
Kontor	?		
Nettoareal, funksjoner			153
Gangareal/korridor, 20 % av nettoareal	1	32	32
Sum nettoareal, m2			**190**

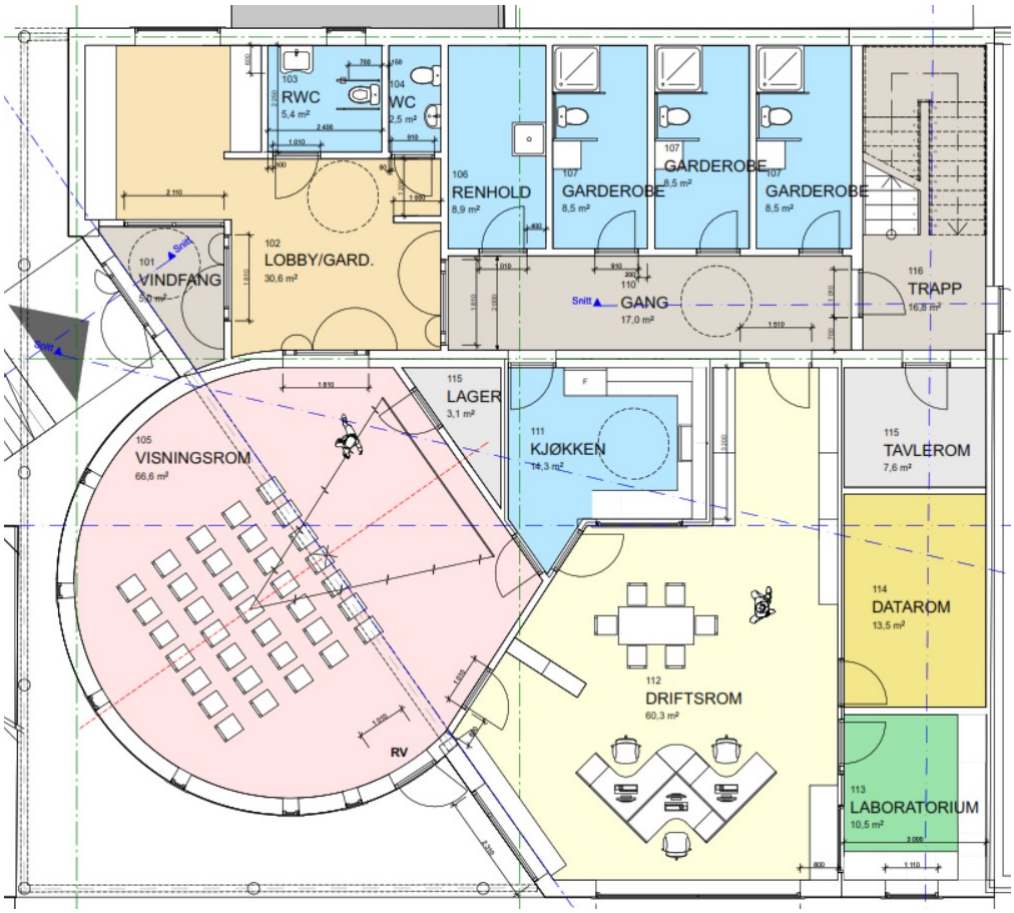
Det er tatt utgangspunkt i tilsvarende anlegg, men alle funksjoner og romstørrelser må defineres i forhold til planlagt bruk og til intern organisasjon av funksjonene.

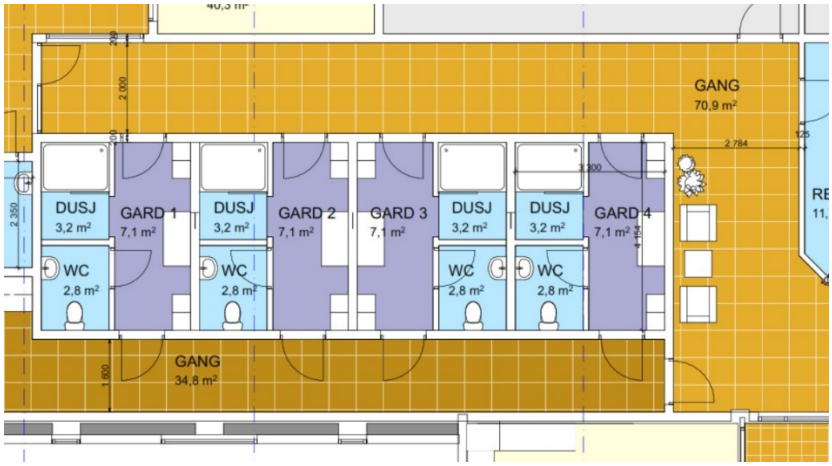
Vi legger til grunn at det skal utformes individuelle garderober for de ansatte, med en dedikert garderobe/dusj/wc per ansatt + en gjestegarderobe.

3. EKSEMPLER

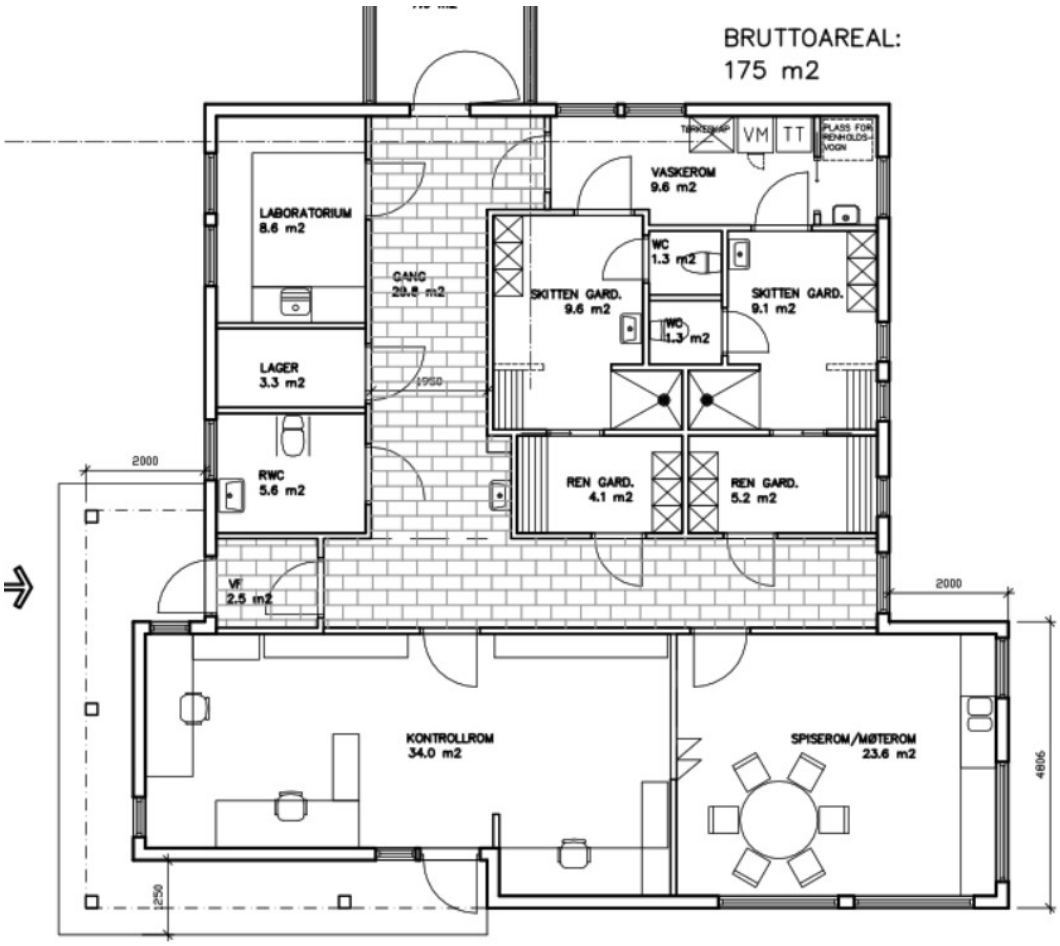


Over: Driftsavdeling Hurdalssjøen VBA. Under: Driftsavdeling HIAS VBA, Hamar
Begge prosjekter utformet av Asplan Viak.





Over: Personalgarderober med ren/uren side, Espeland VBA, Bergen. Under drifts- og personalrom, Førde RA. Begge prosjekter utformet av Asplan Viak.



01	21.02.20	Nytt dokument	KA	TP
VERSJON	**DATO**	**BESKRIVELSE**	**UTARBEIDET AV**	**KS**

Oppdragsgiver:	Sula og Ålesund kommune
Oppdrag:	Forprosjekt, nytt avløpsrenseanlegg for Sula og Ålesund kommune
Dato:	23.02 2021, **REVIDERT 21.04 2021**
Skrevet av:	Kristian Asdal
Kvalitetskontroll:	Tore Pettersen

NOTAT - MATERIALVURDERING DAGANLEGG

1. KLIMAMÅL

Sula og Ålesund kommune har ambisjon om å fungere som miljøpådrivere, for i størst mulig grad å påvirke at forhold og tiltak relatert til prosjekter medfører en så liten belastning som mulig på det ytre miljøet.

Kommunale strategier for energieffektivisering fokuserer på forbedret kostnadseffektivitet, redusert miljømessig belastning og forutsigbare energikostnader. Videre er det en utrykt målsetting å redusere CO2-utslipp og andre utslipp som skader miljøet.

Renseanlegget bør sees i lys av de retningslinjer som omfatter nye bygninger, blant annet rapport for Ålesund og Kristiansund kommune, '*Klimafottrykk og klimakrav*', 30. oktober 2020.

2. INNLEDNING

Generelt
I dagens byggeprosjekter er det et stort fokus på at byggeprodukter og materialer skal holde en gjennomgående høy miljøstandard - ikke bare i produksjonsfasen, men sett i forhold til produktets totale levetid.

Bakgrunnen for kravet om en høy miljøstandard er målsettingen om å redusere negativ miljøbelastning i byggeprosjekter – som på verdensbasis utgjør 40% av det totale energiforbruket, 40% av klimagassutslippene og 40% av avfallsvolumet. Ansvaret for å redusere mengden med klimagasser er en felles forpliktelse som deles av både det offentlige og det private næringsliv.

Generelle retningslinjer for å velge riktige produkter og materialer finnes i dag på mange ulike steder, blant annet gjennom offentlig sertifisering og/eller miljømerking av produkter - slik som en eller flere av følgende:

- *Svanemerket/EU-blomsten*
- *SINTEF Teknisk Godkjenning (datert etter 01.01.2010)*
- *ECOproduct (hvitt eller grønt under «Innhold av helse- og miljøfarlige stoffer)*
- *EPD iht. NS-EN 15804 med oppgitt stoffinnhold*
- *Sikkerhetsdatablad (kjemiske produkter)*
- *Dokumentasjon fra juridisk ansvarlig hos produsent*
- *ChemXchange*

TEK17

TEK17 krever at produktegenskaper som er av betydning for de grunnleggende kravene til byggverk skal være dokumentert før produktet omsettes og brukes. Dokumentasjonen utføres som regel i henhold til produktstandarder eller som tekniske godkjenninger. Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) stiller krav til hvilke egenskaper som skal deklareres for at et produkt skal kunne omsettes. DOK stiller krav til og gir regler for produkter som kan CE-merkes og krav til dokumentasjon for øvrige produkter. Slik dokumentasjon er oftest ikke tilstrekkelig for å kunne vurdere om produktet kan brukes i et byggverk.

Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK) krever i tillegg at produkter som bygges inn i byggverk har dokumentasjon på de egenskapene som er nødvendige for at det ferdige byggverket tilfredsstiller kravene i TEK.

Forurensningsloven

Forurensningsloven har bl.a. til hensikt å verne det ytre miljøet mot forurensning, redusere eksisterende forurensning, redusere mengden av avfall og fremme bedre behandling av avfall. Man skal ta hånd om avfall slik at det blir minst mulig til skade og ulempe og gjenvinnes der det er berettiget ut fra en avveining av miljøhensyn, ressurshensyn og økonomiske forhold. Den som er ansvarlig for forurensningen eller avfallet, skal dekke kostnadene ved å hindre eller begrense avfallsproblemer.

Produktkontroll-loven

Produktkontroll-loven har bl.a. til hensikt å forebygge at et produkt medfører miljøforstyrrelse i form av forstyrrelser i økosystemer, forurensning, avfall, støy e.l. Loven hjemler vedtak om:
– tilvirkning, innførsel, omsetning, merking, bruk og annen behandling av produkter
– retur- og panteordninger, gjenvinning og avfallsbehandling mv. av produkter
– innretting eller sammensetting av produkter, og maksimalgrenser for støy og utslipp av forurensende stoffer fra produkter

– maksimalgrenser for produkters energibruk, herunder metode for å beregne maksimalt tillatt energibruk, hvem som skal foreta beregningen og framgangsmåter for prøving.

EPD

Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner (også kalt EPD-Norge) ivaretar Norges EPD-ordning og er programoperatør for miljødeklarasjoner i Norge. Her deltar myndigheter, forskningsmiljøer og offentlige og private virksomheter. Som en konsekvens er de aller

fleste produkter som tilfredsstiller relevante miljøkrav tydelig dokumentert og markedsført med spesielt fokus på dette.

3. VURDERINGSKRITERIER OG BEDØMMELSE, MILJØ

Det utføres miljøvurderinger på mange ulike nivåer og med ulik målsetting.

I dette prosjektet er målsettingen å velge byggematerialer som belaster miljøet i minst mulig grad, og som samtidig innehar gode miljøkvaliteter sett i et livsløpsperspektiv. Materialene skal selvsagt også være tilpasset den spesifikke oppgaven som anlegget skal ivareta, samtidig som et estetisk element også vil være et vesentlig kriterium i en del sammenhenger. Et endelig materialvalg vil derfor bli gjort med utgangspunkt i en helhetlig vurdering.

Vi har så langt mulig valgt å bruke databaser fra ***ECOproduct*** og ***Grønn Materialguide*** og som grunnlag for våre vurderinger – denne informasjonen er samlet i et eget skjema i format A3.
I dag finnes ikke vurderinger av alle tilgjengelige produkter i markedet, så til en viss grad må man jobbe med produktgrupper, ikke nødvendigvis spesifikke merkenavn. Begge de to databasene vi har brukt er i en kontinuerlig utviklingsprosess.

ECOproduct
ECOproduct vurderer byggevarenes faktiske miljøegenskaper basert på en tredjepartsverifisert miljødeklarasjon (EPD), utviklet i 2003 i et i samarbeid mellom Byggtjeneste, Grønn Byggallianse, Statsbygg, Forsvarsbygg, SINTEF Byggforsk, Direktoratet for Byggkvalitet (DIBK), Miljødirektoratet, Husbanken, Byggemiljø, NCC, NAL I ECOBOX m.fl. Det benyttes anerkjente, internasjonale standarder og referanser som grunnlag for vurderingen, i tillegg til de til enhver tid gjeldene norske myndighetskrav.
Det gis en miljøvurdering av byggevaren innen miljøområdene inneklima, innhold av helse- og miljøskadelige stoffer, ressursbruk og drivhuseffekt. Desto lavere poengsum, desto bedre miljøprofil. I tillegg vises gjennomsnittsverdien i form av symbolene grønt, hvitt og rødt innen de ulike miljøområdene. På denne måten kan man på en enkel måte oppfatte om byggevaren er god, gjennomsnittlig eller dårlig sett i et miljøperspektiv.

Grønn Materialguide
'Grønn Materialguide – Veileder i miljøriktig materialvalg' (versjon 2, 2016) er utarbeidet med støtte fra Direktoratet for Byggkvalitet (DIBK), Husbanken, Grønn Byggallianse og Context AS, for å bistå arkitekter, rådgivere og utbyggere med en tidligfaseveileder som spenner over alle sentrale miljøtema.

De seks miljøområdene i tabellen under bedømt i de to databasene, og vår vurdering bygger på de samme verdiene som er gitt av ECOprodukt:

	ECOproduct	Grønn Materialguide
1	Inneklima, emisjon	Inneklima
2	Inneklima, lukt	
3	Helse- og miljøfarlige stoffer	Kjemikalieinnhold
4	Fornybare ressurser	Ressursgrunnlag
5	Energibehov	
6	Drivhuseffekt, GPW	Klimagassutslipp

Samlet poeng i alle kategorier gir produktene en av følgende tre karakterer:

GOD, **MIDDELS** eller **DÅRLIG**.

For de tilfeller hvor ECOproduct ikke har vurderinger, konverterer vi informasjon fra Grønn Materialguide - som ikke bruker poeng, men fargekoder for å angi egenskaper. For materialer som heller ikke finnes der, gir vi en stipulert karakter, merket med en stjerne.

For en del materialtyper har vi valgt å vurdere flere alternativer i den vedlagte oversikten.

I tillegg til oversiktstabellen vil vi supplere EPD (produktdeklarasjoner, miljø) for alle aktuelle produkter.

4. LIVSSYKLUSKOSTNAD (LCC)

LCC kommer av det engelske begrepet **Life Cycle Cost**, på norsk livssykluskostnad, og begrepet innbefatter alle kostnader i hele byggets antatte levetid.

NS 3454 er den norske standarden som beskriver livsløpskostnader. Videre er det i løpet av de siste 30 år skrevet mange avhandlinger og bøker om emnet, og det finnes også i dag en rekke beregningsprogrammer som håndterer ulike nivåer. DIFI (Direktorat for Forvaltning og IKT) har et program for tidlig prosjektstadium, men denne er svært overordnet og skjematisk. https://tidliglcc.difi.no/pagePres.aspx

Følgende forhold har størst påvirkning på årskostnadene:

- *Arealeffektivitet*
- *Fasadevalg*
- *Bygningsform*
- *Driftstid*
- *Energieffektivitet*
- *Fuktsikring og holdbarhet*
- *Kompleksitet av tekniske anlegg*
- *Renholdsvennlighet*

Alle disse faktorene kan påvirkes direkte ved valg som gjøres i den tidlige prosjekteringsfasen.

Årskostnad består av:

Kapitalkostnad: Alle byggeprosjekter medfører økonomiske investeringer, dette kalles investeringskostnader eller kapitalkostnader. For privat byggherre vil kapitalkostnader innebære årlige kostnader for tilbakebetaling av et lån i form av avdrag og renter. En offentlig byggherre tar som regel ikke opp lån for et byggeprosjekt. Dette går over bevilgningsbudsjetter. Man regner likevel kapitalkostnad som årlig reduksjon i verdien av bygget eller anlegget som skal bygges. Med andre ord kostnaden byggherren ville hatt dersom man skulle tatt opp et lån og betalt avdrag og renter på dette.

FDV-kostnad: Årskostnader til forvaltning, drift og vedlikehold, regnes som en fast sum per år.

Utviklingskostnad: I løpet av et bygg eller anleggs levetid vil man måtte gjøre utskiftninger og oppgraderinger, såkalt utvikling. Fastsetting av utviklingskostnader innebærer å beregne en nåverdi av utskiftningskostnadene som så settes inn som en fast årlig sum.

I tidligfase tas mange valg som får betydning for kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling av det ferdige bygget eller anlegget. Beregning av livssykluskostnader gjør det mulig for byggherren og beslutningstagere å foreta konsekvensvurderinger av ulike alternativer og dermed ta informerte beslutninger i tidligfase. De fleste byggherrer er bevisst at tidligfase utformer grunnlaget for å fastsette prosjektrammen, samt styrer forutsetningene for senere konkurransegrunnlag.

Det er mindre oppmerksomhet rundt at en i denne fasen også foretar mange valg som får konsekvenser for driftsfasen og kostnader til forvaltning, drift, vedlikehold og utvikling (FDVU) av det ferdige bygget eller anlegget. LCC-analyser er viktig for å vurdere konsekvenser av de ulike valgene man kan ta.

Det vil sjelden være mulig å beregne detaljerte livssykluskostnader i tidligfase. LCC-analysene blir grove, men gir likevel byggherre og beslutningstagere et anslag over mulige variasjoner i årskostnader i driftsfasen.

Nedenfor følger noen tema der LCC-analyser kan være aktuelle i tidlig prosjektfase:

Valg av tomt og plassering på tomten
LCC-analyser kan vise hvilke effekter valg av tomt og plassering på tomt får for årskostnader. Eksempelvis kan dette påvirke kostnader til FDVU av uteområder.

Bygningsutforming
En kompakt bygningsform vil ha en annen årskostnad enn en bygningsform med flere fløyer. Bygningsformen påvirker blant annet fasadearealet og dermed FDVU-kostnader til eksempelvis rengjøring, reparasjoner og utskiftninger av fasaden.

Miljøkvaliteter
Lavt energibehov er en miljøkvalitet mange ønsker i sine bygg eller anlegg. LCC-analyser vil eksempelvis kunne vise forskjeller i årskostnader for et konvensjonelt bygg, kontra et bygg med bedre energistandard.

Tekniske og bygningsmessige valg
Også i tidligfase tas valg som gir føringer for det ferdige bygget eller anlegget. Eksempelvis kan brukerne eller bruken av bygget ha behov for særskilte kvaliteter, i tillegg har byggherren ofte egne standardkrav i form av håndbøker, prosjekteringsanvisninger med mere, som gir rammer for bygningsmessige og tekniske valg. Det betyr at man allerede i tidligfase kan sette opp LCC-kalkyler og beregne konsekvenser for årskostnader. Kalkylene kan brukes til å identifisere elementer ved bygget eller anlegget der risikoen for høye årskostnader er til
stede.

5. VURDERINGSKRITERIER OG BEDØMMELSE, LCC

En komplett og utfyllende LCC-analyse er detaljert og arbeidskrevende, og normalt gjøres dette som en analyse av det komplette anlegget, og ikke isolert for enkelte bygningskomponenter.
Som nevnt i forrige kapitel er det mange faktorer som kan påvirke et byggs samlede årskostnad - inkludert arealeffektivitet, energieffektivitet, bygningsform og fasadeutforming.

Utformingen og planleggingen av prosjektet styres i stor grad av teknisk styrte valg relatert til prosessen som skal huses i bygget, og en har ikke den samme frihet til å forme og bearbeide bygningsmassen som en vil ha i mange andre typer prosjekter. På samme måte er det en del forhold som gir absolutte føringer for enkelte materialvalg, men selvsagt ikke alle.

Vi velger i denne forprosjektfasen å undersøke noen aktuelle fasadematerialer samt deres vedlikeholdsbehov, ettersom dette vil ha stor konsekvens for den totale FDV-kostnaden på bygget. Når det gjelder de andre to modulene i årskostnadsberegningene - kapitalkostnader og utviklingskostnader – anser vi ikke at disse skal inkluderes i vår forprosjektrapport, da de i utgangspunktet ikke påvirkes vesentlig av materialvalget.

5.1 Levetid, levetidsplanlegging

Isolert sett vil mange byggematerialers eller bygningskomponenters levetid kunne variere fra
10 til 150 år. Det har imidlertid vært normalt å regne et byggs funksjonelle levetid til 60 år, selv om de i de siste årene er utviklet andre metoder for levetidsberegninger, for eksempel en modell sammensatt av 20-års sykluser, hvor en da forutsetter en eller annen form for
periodisk fysisk transformasjon og bruksendring. Trolig vil dette bli mer vanlig i fremtiden, gitt et stadig akselererende endringsbehov.

Ellers er det viktig å ha fokus på følgende momenter i prosjekteringen:

- Enkelte bygningskomponenter kan ikke skiftes ut
- Enkelte bygningskomponenter er svært kostbare/kompliserte å skifte ut
- Enkelte bygningskomponenter vil ha behov for periodisk utskifting

5.2 Vedlikeholdskostnader, fasade

Utvendige fasader er en stor kostnadsbærer i prosjektet, og her finnes det mange alternative utførelser og materialvalg. Det er vesentlig at fasaden skal ha et lavt vedlikeholdsbehov, den skal være robust og værbestandig, den skal inneha estetiske kvaliteter og dessuten ivareta behovet for skallsikring. Enkelte felter i fasadene vil kunne ha spesifikke brannkrav.

Vi har beregnet netto fasadeareal på daganlegget til 450 m2, dette omfatter ikke utvendig vegg på rømningstunnelen.

Rent arkitektonisk vil det ikke være ønskelig å benytte kun en type fasademateriale for hele bygget, det vil være noe behov for variasjon. En kan tenke seg en kombinasjon av to ulike materialer - eller en kombinasjon av varianter/farger av samme materiale.

For å kunne sammenlikne vedlikeholdskostnader på en relativt enkel måte benytter vi i disse beregningene samme materiale for hele byggets fasadeareal.

I våre etterfølgende beregninger har vi i hovedsak benyttet erfaringstall hentet fra *Årskostnader Bok 1, Beregningsanvisninger for bygninger*, (Bjørberg, Eide og Stang), utgitt med støtte av NFR, Multiconsult, RIF, NBI og Statsbygg.

I tabellen under har vi kostnadsberegnet en forventet vedlikeholdskostnad per kvadratmeter per år av fire ulike typer fasademateriale.

Produkt/element	*Lav*	*Middels*	*Høy*
	Vedlikehold, kr/m2/år	*Vedlikehold, kr/m2/år*	*Vedl., kr/m2/år*
Teglforblending*	12		
Båndtekking**	16		
Trepanel***			50
Fasadeplate****	12		

*Normalformat, vanlig rød teglstein
**Båndtekking av forpatinert sink
***Trykkimpregnert virke, malebehandlet
****Sementbasert fasadeplate, ferdig overflatebehandlet

Tabellen under viser årskostnad for vedlikehold av byggenes samlede fasader (450 m2):

Produkt/element	*Lav*	*Middels*	*Høy*
	Kr, areal 450 m2	*Kr, areal 450 m2*	*Kr, areal 450*
Teglforblending	5 218		
Båndtekking	7 003		
Trepanel			22 453
Fasadeplate	5 278		

Basert på EPD'er og produktblad forutsetter vi at tre av de vurderte fasadematerialene – både tegl, trepanel og sementbasert fasadeplate - har en levetid på minimum 60 år, forutsatt nødvendig vedlikehold, reparasjoner og renhold. For trepanel regnes det med én utskifting i løpet av denne tidsperioden.
Reelt vedlikeholdsbehov styres av mange ulike faktorer – slik som lokale vær- og klimaforhold, så dette blir selvsagt indikative verdier.

Nedenfor følger en enkel oversikt som viser en akkumulert vedlikeholdskostnad for hele fasadearealet (alle bygg) gjennom den beregnede levetiden (nåverdi).
Estimert vedlikeholdskostnad for en periode på 60 år:

Produkt/element	*Akkumulert vedlikeholdskostnad, 60 år*	*Differanse mot tegl:*
	Areal 450 m2	
Teglforblending	313 137	0
Båndtekking, sink	420 206	107
Trepanel	1 347 000	1 033
Fasadeplate	316 706	3

Estimert byggekostnad:

Produkt/element	*Byggekostnad fasade, kr/m2*	*Byggekostnad fasader, sum*
Teglforblending	2 200	990 000
Båndtekking, sink	2 200	990 000
Trepanel	1 500	675 000
Fasadeplate	1 800	810 000

Sum byggekostnad + vedlikeholdskostnad i 60 år, for et fasadeareal på 450m2:

Produkt/element	*Byggekostnad, fasade*	*Vedlikeholdskostnad, fasade*	*Sum*
Teglforblending	990 000	2 018 000	8 398
Båndtekking, sink	990 000	2 708 000	9 088
Trepanel	675 000	8 682 000	13 322
Fasadeplate	810 000	2 041 000	7 261

Kostnadsbilde, fasade
Tallene over viser at bruk av teglstein, båndtekking eller fasadeplate vil representere relativt sammenliknbare summer når byggekostnad og vedlikeholdskostnad legges sammen, mens trekledning totalt sett vil bli betydelig dyrere. Vi minner imidlertid om at det i sammenstillingene over er nåverdier som benyttes, slik at den oppgitte verdien kun har sin verdi for en sammenlikning av de ulike materialene, ikke for beregning av reelle, fremtidige FDV-kostnader.

Når det endelige materialvalg skal gjøres må alle aspekter belyses. En må inkludere miljøvurderinger i tillegg til både praktiske og estetiske kriterier. Vi har samlet kortfattet nøkkelinformasjon i excel-arket som vedlegges dette notatet.

Vår anbefaling for materialvalg følger i etterfølgende kapitel, punkt 7.1 til 7.4.

6. ESTETISK VURDERING

Det planlagte renseanlegget er omfattet med stor interesse fra omgivelsene, både nære naboer og mer perifer bebyggelse på motsatt side av fjorden.

Daganlegget vil bli samlokalisert med et tunnelinnslag som utgjør hovedadkomst til prosessanlegget i fjell. Det er en uttrykt målsetting at det kombinerte inngrepet bestående av disse to elementene skal påvirke omgivelsene så lite som mulig.

I de fleste tomtealternativene foreligger det begrensninger på tilgjengelig areal - i form av fortidsminnesmerker, noe som har ført til at en to-etasjers bygning fremstår som hensiktsmessig. Dette har resultert i at garderobedel + tekniske funksjoner (tavlerom, ventilasjonsrom) er plassert på bakkeplan, og en ren kontoravdeling kombinert med spise- og møterom ligger i 2. etasje.

Bygget har fått en rektangulær hovedutforming, med lengderetningen på langs av det generelle terrengfallet ned mot sjøen. Proporsjonene gir en fornuftig organisasjon av rene/urene funksjoner i garderobedelen, og ivaretar samtidig at alle kontorene i 2. etasje får gode utsiktsforhold mot fjorden.

Vinkelrett på enden av hovedbygget ligger en garasjedel med plass for tre arbeidsbiler, og dette volumet er med på å ramme inn en imøtekommende forplass foran bygget og den markante hovedinngangen.

Topografien i det bakenforliggende området er klart dramatisk og vil føre til at det prosjekterte anlegget volummessig vil underordne seg naturens store linjer. Vi mener at en bør etterstrebe naturfarger med relativt mørke nyanser på fasadene slik at bygget visuelt ytterligere dempes.

Mellom bygget og veien (Kongshaugstranda) vil det bli opparbeidet et felt med vegetasjon som også vil bidra til at bygget blir nedtonet fra sjøsiden.

Selve terrenginngrepet vil bli behandlet på best mulig måte, med vekt på re-vegetasjon og bruk at naturstein på skjærflater og eventuelle forstøtningsmurer.

Vi viser til kombinert terreng- og bygningsmodell og illustrasjoner hentet fra denne modellen.

7. FORSLAG TIL MATERIALVALG, DAGANLEGG

Ut fra innhold og funksjoner kan daganlegget på Kvasnes defineres som et konvensjonelt kontorbygg.

7.1 Konstruksjoner

Bygningsmessige konstruksjoner omfatter i denne sammenhengen både etasjeskillere, takkonstruksjoner og vertikale bærende elementer i bygget. I begge etasjer er yttervegg tenkt som bærende, sammen med et langsgående bæresystem plassert i akse B. Den største spennvidden er ca. 5,2 m, noe som åpner for bruk av ulike konstruksjonssystemer.

I et to-etasjers yrkesbygg vil det være brannkrav til etasjeskiller og til byggets bærende system. Det mest tradisjonelle løsningen vil være prefabrikkerte betongelementer som dekke over første etasje, med et bæresystem av stålsøyler eller betongsøyler. For takkonstruksjonen vil et prefabrikkert lett-tak være nærliggende.

Tre

En mer utradisjonelt valg - som også vil kunne ivareta brannkravet - er å vurdere konstruktive elementer i massivtre, eventuelt kombinert med andre materialer. Dette vil trolig gi den mest bærekraftige konstruksjon.

Stål

Tre argumenter for å bygge med stål:

- *Resirkulerbart*

Stål er 100% resirkulerbart, noe som fører til lavere uttak av naturressurser og mindre påvirkninger på miljøet. Stålproduksjon basert på resirkulert stål reduserer utslipp
av CO2.

- *Lav transportbelastning*

Stål har en meget høy styrke i forhold til vekt, noe som gjør det til et lett materiale. Vektbesparelsen fører til mindre tungtransport og mindre belastning på miljøet.

- *Energieffektiv montering*

Byggeprosessen påvirker miljøet mindre fordi stålets lette vekt øker kranens rekkevidde. For samme spennvidde kan entreprenøren bruke mindre kraner og annet løfteutstyr.

Betong

Normalbetong tar opp igjen 15% av den CO2 som slippes ut ved sementproduksjonen, og betong tar opp CO2 også etter riving og knusing.

Det finnes i dag en ‘superbetong’ som gir betydelig redusert utslipp av CO2 ved at 80 prosent av sementen erstattes av det finmalte mineralet aplitt, som utvinnes i Trøndelag. Se lenke: https://www.tu.no/artikler/superbetong-mot-co2/323564
Det finnes også en lavkarbon-sement (Norcem), der en stor del av klinkeren er erstattet med andre hydrauliske materialer som flyveaske, og hvor det i produksjonen benyttes en høy andel bioenergi og annet klimanøytralt brensel. Dermed reduseres CO2-utslippet betydelig.

Videre selges det i markedet en importert miljø-sement (Cemex) der en stor del av klinkeren er erstattet av slagg. Lav klinkerandel og energieffektiv produksjon bidrar til redusert klimagassutslipp.

Som det fremgår av vedlagt produktinformasjon, har betong generelt akseptable miljømessige egenskaper og lavt innhold av helse- og miljøfarlige stoffer, selv om tilvirkingen er kraftkrevende og genererer høye utslipp av CO2. Miljømessig sett er prefabrikkerte konstruksjoner noe bedre klimamessig rangert enn *in-situ*.

Oppsummering konstruktivt system, materialbruk
Vår oppfatning er at dersom man velger betong som konstruktivt hovedmateriale, bør man primært velge lavkarbonbetong. og man bør også velge resirkulert armering for å optimalisere miljøpotensialet.

Vi anbefaler videre at man gjør en vurdering av massivtre som dekkekonstruksjon i detaljprosjekteringsfasen, for å tydeliggjøre fordeler og ulemper, samt kostnadskonsekvens mot mer tradisjonelle metoder. Det vil også være mulig å tenke massivtrekonstruksjon i taket.

7.2 Innvendige materialer, daganlegg

Daganlegget vil ha en tilnærmet tradisjonell kontorstandard i forhold til bruk, materialer og kvaliteter. Denne delen av bygget inneholder også publikumsfunksjoner, med dedikerte garderober og toaletter, i tillegg til møteromfunksjonen i 2. etasje.

Innvendige vegger
Innvendige vegger utføres normalt enten som plassbygde, isolerte vegger med bæresystem utført enten i massivt trevirke eller med stålprofiler, og normalt med gipsplater som kledning. Et aktuelt alternativ er ferdigbehandlede systemvegger, også disse med gipsplatekledning eller kledning av finert tre.

Gipsplater er fremstilt av naturmaterialer og derfor velegnet til innvendig bruk, og i tillegg har materialet gode egenskaper i forhold til brann. For enkelte rom hvor det skal monteres veggfast innredning (kjøkken, laboratorium) må det monteres nødvendige spikerslag og forsterkninger i veggene.
Generelt i kontoravdelingen mener vi en bør gå for en utstrakt bruk av glassvegger, for å oppnå god intern kontakt i arbeidsmiljøet.

I våtrom er det normalt å bruke glaserte fliser på vegg.

Innvendige vegger, overflatebehandling
Overflater på innvendige vegger bestemmes ut fra praktiske hensyn og behov knyttet til renhold og hygiene. Det forutsettes at all overflatebehandling for innvendige veggflater også utføres miljøvennlig, i hovedsak ved at det benyttes vannbaserte produkter.

Gulv
Tradisjonelt har det vært brukt en kombinasjon av keramisk flis og vinylbelegg i personal/driftsavdeling, avhengig av de enkelte rommenes bruks- og slitasjemønster.

For våtrom slik som garderober, dusjer og kjøkken anbefales en keramisk flis, som har velprøvde bruksegenskaper og akseptable klimaegenskaper.

Det er viktig at renholdsrutiner knyttet til de enkelte typer gulvmaterialer også utgjør en del av den totale miljøvurderingen.

Listverk
Gulvlister i tørre rom utføres i eik, men det i våtrom normalt benyttes en oppkant av samme materiale som legges på gulvet, f.eks. keramisk flis.

Ved bruk av systemhimlinger faller behovet for taklister bort.

Himlinger
Normalt benyttes systemhimlinger av presset mineralull eller nedlektede, malte gipsplater, og begge produkter er generelt uproblematisk i forhold til miljøegenskaper.
Himlingsplater av mineralull har gode dempende egenskaper, og kan også leveres med hygieneoverflate for bruk i kjøkken.

Dører og vinduer
I daganlegget vil det i all hovedsak kunne benyttes massive tredører, normalt med en laminatoverflate og kantlister av hardved, såfremt brannkrav tillater dette. Enkelte dører vil måtte være ståldører.

Miljømessig er trevinduer med utvendig aluminiumskledning det klart beste alternativet, sammenliknet med aluminiumsvinduer og PVC-vinduer.
I detaljprosjekteringsfasen blir det tatt endelig valg på vindustype, og i denne vurderingen blir skallsikringen en viktig komponent.

Innredning
Faste innredninger i rom som kjøkken skal ha en materialbruk og utforming som tilrettelegger for effektivt renhold og minimalt vedlikehold.

7.3 Utvendige materialer, daganlegg

Kriterier, fasadematerialer
Kvasnes er et sjønært område med høy luftfuktighet og kraftig vind, i praksis et krevende miljø for byggets utvendige kledning. Fasadematerialer bør derfor velges med omhu, og tekniske løsninger, gjennomføringer, detaljer etc. må være gjennomtenkte.

De alternativene som er vurdert i dette kapitlet er alle ansett som brukbare, men vi mener at robusthet, klimabestandighet og lavt vedlikeholdsbehov er nøkkelkriterier.

I daganleggets 2. etasje er det tenkt utstrakt stor vindusflate - særlig mot syd/øst (mot sjøen), og glass vil dermed bli hovedmaterialet i denne delen av bygget.

Om fasader
Utdrag, SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer, 542.022:

'Ved valg av fasadematerialer og fasadeutforming gjelder to hovedprinsipper. Fasaden utformes slik at den skal:

- *bli holdt tilfredsstillende ren av slagregn og nedsilende regnvann, først og fremst ved bruk av tette og glatte fasadematerialer*
- *tåle normal tilsmussing uten at dette blir skjemmende og estetisk uakseptabelt, først og fremst ved bruk av porøse fasadematerialer*

Porøse fasadematerialer som tegl, puss, kalksandstein og betong vil absorbere det meste av slagregnet inntil materialet er mettet med vann. Først ved vannmetning vil det eventuelt dannes en sammenhengende vannfilm som kan transportere vekk fasadesmusset. Ved bruk av porøse materialer bør fasaden utformes og detaljeres slik at tilsmussing kamufleres og kan aksepteres utseendemessig. Porøse fasadematerialer egner seg som regel best i strøk med små slagregnmengder og moderat forurensning.'

Vurdering, fasadematerialer

- **Teglstein**

Teglstein laget av brent leire er et naturprodukt med en teoretisk levetid på 150 år. I dag finnes det ikke lengre noen norsk produksjon av tegl, det norske markedet forsynes derfor i hovedsak av produsenter Danmark, Sverige, Finland og Nederland. Dette medfører derfor utvidet element av transport.

Teglen inneholder ingen helse- eller miljøskadelig stoffer og det benyttes heller ingen slike stoffer under fremstillingen. Teglstein har en høyere investeringskostnad enn mange andre materialer, men velges likevel ofte fordi levetidskostnaden er lav. Materialet krever minimalt med vedlikehold og har lang levetid, derfor er totalregnskapet gunstig – særlig for en byggherre som skal eie bygget i hele levetiden.

Fremstilling av tegl er relativt energikrevende, men for de teglverkene som nå leverer til det norske markedet gjør omfattende produksjonsvolum at prosessen blir optimalisert.
Se etterfølgende illustrasjon.

- **Bekledningstegl**

Sett i lys av det krevende klimaet på Kvasnes, kan man stille spørsmål om forblending med teglsten – som er et porøst materiale – er det riktige valget. Om man ønsker teglens karakter og bestandighet, men ikke den tradisjonelle teglstenens kapillære egenskaper, kan man vurdere bekledningstegl – et teglprodukt som monteres mekanisk på en luftet vegg, tilsvarende en taktegl. Den har en levetid på 70-80 år, og samtidig en betydelig lavere kostnad enn tradisjonell tegl.
Se etterfølgende illustrasjon.

- **Trekledning**

Ordinær malebehandlet trekledning ansees som uaktuell på grunn av stort vedlikeholdsbehov i et krevende klima. Alternativet kan være en fabrikkbehandlet kledning med stor stabilitet og holdbarhet – slik som Kebony eller Accoya, eventuelt kledning med en Royalimpregnering.

Overflatebehandling av trevirke utendørs gjøres for å:

- *Gi treet ønsket farge og utseende*
- *Beskytte mot vann-inntrengning slik at trevirket blir mer dimensjonsstabilt, samt mindre utsatt for angrep av råte og overflatesopper.*
- *Gi treet et slitesjikt ("offersjikt") som kan fornyes, slik at man slipper værslitasje på selve trevirket.*

Fra Treteknisk Informasjon (www.treteknisk.no) – miljøargumenter for nordisk trevirke:

> *'Det finnes ingen byggematerialer som i stort omfang kan erstatte tre, og som har tilsvarende økologiske grunnverdier som tre." Sitatet er lånt fra en rapport fra det sveitsiske materialtesting- og forskningsinstituttet FMPA. Det sammenfatter argumenter omkring skogbrukets produksjon av en fornybar naturressurs, treets mange anvendelsesområder og treets gode muligheter for å bearbeides industrielt med minimalt spill av råvare, lavt energiforbruk og lite bruk av forurensende prosesser.'*

Se etterfølgende illustrasjon.

- **Fasadeplater**

Fasadeplater finnes i med stor variasjon i materialer, farger, strukturer/overflater og formater. De er ofte ferdig overflatebehandlet og normalt svært resistente i forhold til ytre påkjenninger inkludert kjemikalier, kan vaskes med høytrykksspyler og leveres med 60 års garanti (STENI Colour).
Se etterfølgende illustrasjon.

- **Metallkledning**

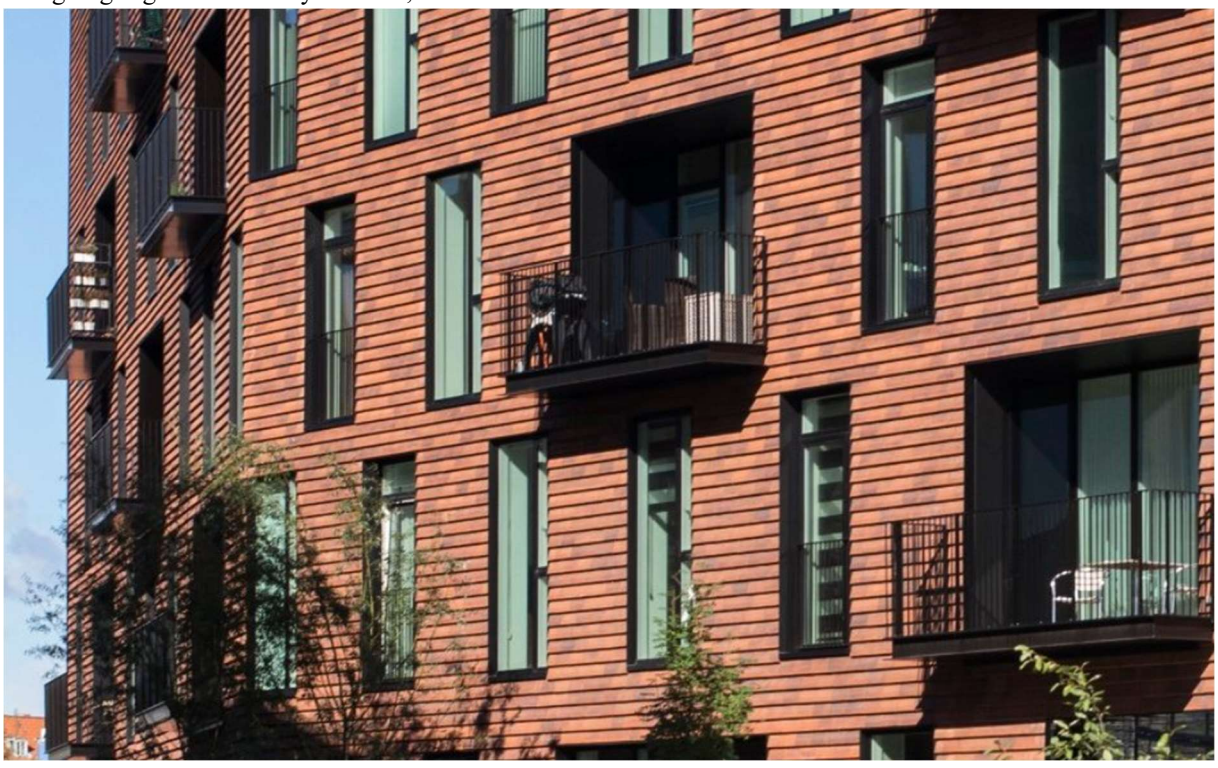
Et annet alternativ er ytterkledning av metall, som kan utføres med kassetter, profilerte plater eller som båndtekking, oftest utført av sink eller kobber. Slike fasader krever lite vedlikehold og eldes med liten forringelse i det estetiske uttrykket. Disse metallene vil normalt ha god bestandighet mot vær og vind.
Se etterfølgende illustrasjon.

Overflatebehandling, utvendige materialer
Av miljøhensyn bør det benyttes vannbaserte overflateprodukter for de materialer som har behov for periodisk vedlikehold av overflater.

Tak
Anlegget slik det fremstår i forprosjektet vil to takflater med ulikt fall. Den tilnærmede flate delen vil ha tilstrekkelig fall til nødvendig avrenning.
Som tekking vil det mest tradisjonelle være en membrantekking, men alternativt kan man velge et grønt tak, utført med sedum.

Teglstein W 170 Mink - Campus Lillebælt

Belegningstegl Urban - Krøyers Plass, København



Kebony trekledning – Øvre Forsland kraftverk, Mosjøen

Steni Colour fasadeplate – Henrik Larsen Biler

Båndtekking forpatinert sink – Kammerherreløkka, Porsgrunn

Båndtekking forpatinert sink – Gand VGS, Rogaland

	SULA OG ÅLESUND RA	MATERIALVURDERING, DAGANLEGG										DATO: 05.02 2021

DATO: 05.02 2021

	Element	Materiale/produkt	ISY Calcus	MILJØ	SCORE	INNEKLIMA	INNEKLIMA	HELSE/MILJØ	RESSURS	ENERGI	DRIVHUS/		Kriterier for materialvalg
			CO2-eq/enh	KARAKTER		LUKT	EMISJON	KJEMIKALIER	FORNYBAR	FORBRUK	CO2		
	KONSTRUKSJONER												
6.1	Betong, tørre bygningsdeler	Plasstøpt betong, B30	214,0	M	2,3	1	0	1	2	8	2	EPD	Ingen reelle alternativer til betongens konstruktive egenskaper
6.1	Etasjeskillere	Prefabrikkerte hulldekke-elementer HD 265, HD 500		M	2,5	1	1	1	2	8	2	EPD	Ingen reelle alternativer til betongens konstruktive egenskaper
6.1	Etasjeskillere	Prefabrikkerte hulldekke-elementer, lavkarbon B		M	2,8	1	1	1	3	8	3	EPD	Ingen reelle alternativer til betongens konstruktive egenskaper
6.1	Bærende konstruksjoner, søyler	Plasstøpte betongsøyler, B30 + B40	214,0	M	2,3	1	0	1	2	8	2		Ingen reelle alternativer til betongens konstruktive egenskaper
6.1	Bærende konstruksjoner	Stålsøyler, ståldragere		M	3,2	1	1	1	3	7	6	EPD	Om mulig benyttes resirkulert stål
6.1	Bærende konstruksjoner	Massivtre	103,0	G	1,2	1	1	1	1	2	1	EPD	
	INNVENDIGE MATERIALER												
6.3	Innvendige vegger	Stendervegg, tre	0,3	G	1,3	1	0	1	2	3	1	EPD	Beste miljøvalg
6.3	Innvendige vegger	Stendervegg, stålprofiler	1,3	D	3,8	1	1	1	6	7	7	EPD	Alternativ konstruksjon av innvendige vegger. Høy presisjon, uorganisk.
6.3	Innvendige vegger	Isolasjon for vegg, mineralull	2,8	G	2,7	1	2	1	3	6	3	EPD	Gode miljøegenskaper
6.3	Innvendige vegger	Platekledning, gips		G	2,7	0	2	3	2	7	2	EPD	Gode miljøegenskaper, ingen reelle alternativer
6.3	Innvendige dører	Kompaktdører tre med laminat overflate, 10x21M	47,7	M	2,8	2	2	1	4	6	2	EPD	Gode miljøegenskaper
6.3	Innvendige dører	Dører, aluminiumskonstruksjon	83,9	D	4,0	1	1	5	5	9	3	EPD	Resirkulert aluminium kan benyttes. Ingen reelle alternativer.
6.3	Innvendige dører	Massive tredører med trekarm	46,8	G									Gode miljøegenskaper
6.4	Ytterdører	Ståldører	60,1	M								EPD	Krav til brannklasse og mekanisk styrke, ingen reelle alternativer
6.3	Belistning, fotlist	Tre, hardved 15 x 70 mm	0,2	G								EPD	Gode miljøegenskaper
6.3	Gulv, personaldel	Parkett (industriparkett), møterom		G	1,3	0	0	3	2	2	1		Gode miljøegenskaper, estetiske kvaliteter
6.3	Gulv våtrom	Homogent vinylbelegg m/oppkant	4,1	D	3,8	2	2	3	6	6	4	EPD	Gode egenskaper på akustikk, renhold,
6.3	Himling	Nedhengt systemhimling	4,5	G									Gode miljøegenskaper
6.3	Overflatebehandling, gipsplatevegger	Sparkling + vannbasert maling på gips+vev	1,7	G									Vannbaserte materialer, gode miljøegenskaper
	UTVENDIGE MATERIALER												
6.4	Fasadekledning	Teglstein - verdier for fuget normalstein rød	47,0	M	3,0	1	0	1	3	7	6	EPD	Tegl er et naturprodukt med lang levetid og lavt vedlikeholdsbehov
6.4	Ytterdører	Aluminiumsdører med glassfelt, 10x21M	83,9	D	3,7	1	0	5	5	8	3	EPD	Resirkulert aluminium kan benyttes. Ingen reelle alternativer.
6.4	Ytterdører	Ståldører	60,1	D								EPD	Krav til brannklasse og mekanisk styrke, ingen reelle alternativer
6.4	Porter	Leddheisporter aluminium/stål	2970,0	D	3,8	1	0	6	1	10	5	EPD	Ingen reelle materialalternativer
6.4	Vinduer	Vinduer med aluminiumkarmer	57,9	D	3,7	1	0	6	4	6	5	EPD	Ingen reelle materialalternativer
6.4	Gesimsinnkledning, vindski, forkantbord	Impregnert trevirke 22 x 148mm, m2	4,0	G								EPD	Miljøvennlig impregnering
6.4	Utvendige beslag	Forpatinert sink	16,3	G			0		1			EPD	Gode miljøegenskaper, 100% resirkulerbart
6.4	Membran på tak	Bitumenbasert	12,9	M	3,0	1		3	5	6	3	EPD	Ingen reelle materialalternativer
6.4	Isolasjon takflate	EPS	2,5	M	3,0	1		1	6	6	4	EPD	Ingen reelle materialalternativer
6.4	Isolasjon takflate	Mineralull	4,2	G	2,2	1	0	1	2	7	2	EPD	Ingen reelle materialalternativer
6.4	Takrenner og nedløpsrør	Forpatinert sink	16,3	G			0		1			EPD	Gode miljøegenskaper, 100% resirkulerbart
6.4	Avdekning isolasjon over bakken	Fibersementplate 8mm	4,0	M	2,7	2	0	1	3	5	5	EPD	Ingen reelle materialalternativer

GOD	G	< 2,5
MIDDELS	M	2,6 - 3,6
DÅRLIG	D	> 3,7