

**FAGRAPPORTE GEOFAG
GEOTEKNIKK – BERGTEKNIKK – HYDROGEOLOGI - MILJØGEOLOGI**

OSC-20-H003-G-RA-00001

B4



1107304 OCEAN SPACE CENTRE

Prosjekt	Ocean Space Centre
Kontrakt	K201
Byggherre	Statsbygg
Utgiver	Multiconsult Norge AS
Utskriftsdato	13.12.2021
Sist endret	13.12.2021
Henvendelser kan rettes til	Statsbygg Postboks 232 Sentrum, 0103 Oslo Telefon: 22 95 40 00 Epost: postmottak@statsbygg.no Internett: http://www.statsbygg.no

RAPPORT

Ocean Space Centre

OPPDRAKSGIVER

Statsbygg

EMNE

Entreprise K201 – Del B4

Fagrapport geofag –

Geoteknikk – Bergteknikk - Hydrogeologi -
Miljøgeologi

DATO / REVISJON: 13. desember 2021 / 01

DOKUMENTKODE:

(MULTICONSULT): 10216159-TVF-GEO-RAP-001



Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Ocean Space Centre	DOKUMENTKODE	10216159-TVF-GEO-RAP-001
EMNE	Entreprise K202. Del B4 - Fagrapport, geofag Geoteknikk, Bergteknikk, Hydrogeologi, Miljøgeologi	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Statsbygg	OPPDRAAGSLEDER	Svein Nielsen
KONTAKTPERSON	Kjersti Skjelle Paulsen	UTARBEIDET AV	Håvard Narjord
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 571560 NORD: 7033571	ANSVARLIG ENHET	10234020 Bygg og Eiendom Midt - Felles
GNR./BNR./SNR.	- / - / - / Trondheim		

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler geofaglige vurderinger/prosjektering gjort i utviklingsfasen/forprosjektet for byggegrup Fløy A for Ocean Space Centre på Tyholt i Trondheim.

Som grunnlag for prosjekteringen er det utført nye geotekniske grunnundersøkelser i 2020, I tillegg foreligger undersøkelser fra tidligere utbygging av området i 1969-1972..

Det er i tillegg utført kjerneboringer i berg og hydrogeologiske undersøkelser i løsmasse/bergbrønner for fløy B, samt miljøgeologiske undersøkelser. Disse er presentert i egne rapporter.

Grunnen på tomta består under topplag av stort sett tilførte fyllmasser i tidligere utbyggingsfaser og vegetasjonsdekke over berg. Tomta har generelt liten løsmassmektighet, stort sett mindre enn 2 m.

I forbindelse med detaljprosjektering må det utføres miljøgeologiske undersøkelser på byggetomta, og utarbeides tiltaksplan om det finnes forurensete masser. Statsbygg skal utføre supplerende geotekniske og miljøgeologiske undersøkelser på tomta i januar 2022

Grunnvannstanden er ikke målt på tomta, men på grunnlag av tidligere utbygging, observasjoner i kjellere etc, forventes grunnvannsnivå å være under byggegrupas planum.

Byggegrupa for A-fløya er prosjektert som kombinert åpen skjæring og noen mindre oppstøttingsmurer i løsmasser og utsprengning av berg.

Sprengningsarbeider må utføres med stor forsiktighet ved nærhet til eksisterende bebyggelse. Det forventes utstrakt bruk av forbolting og bolting/nett for sikring av bergskjæring

Dreneringsnivå vil i byggefasen være i uk byggegrup og det forutsettes utpumping av overflatevann i byggefasen.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	13.12.2021	Innarbeidet KS	Håvard Narjord, Audun Andersen, Svein Ragnar Lysen, Anne Britt Sollihaug	Erling K. Ytterås , Ine Gressetvold, Andreas Berger, Silje Marie Vasstein	Håvard Narjord
00	12.11.2021	Rapport utarbeidet for KS	Håvard Narjord, Audun Andersen, Svein Ragnar Lysen, Anne Britt Sollihaug	Erling K. Ytterås , Ine Gressetvold, Andreas Berger, Silje Marie Vasstein	Håvard Narjord

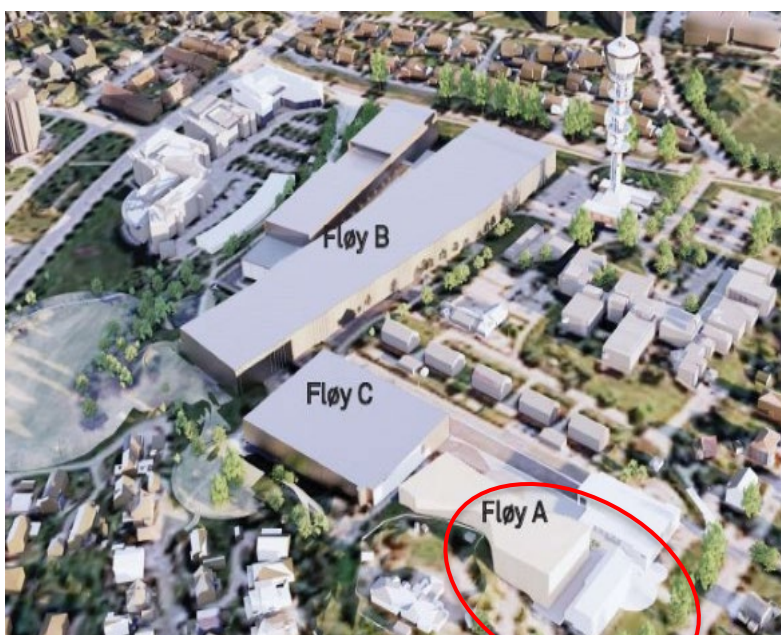
INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Topografi	6
3	Grunnforhold	6
3.1	Løsmasser	6
3.1.1	Tidligere geotekniske grunnundersøkelser	6
3.1.2	Nye geotekniske grunnundersøkelser	6
3.1.3	Løsmasser/Bergoverflate	6
3.1.4	Bergmodell	6
3.2	Berg	7
3.3	Grunnvann/Hydrogeologi	8
3.4	Miljøgeologi	11
4	Byggegrupp	12
4.1	Generelt	12
5	Bergarbeider knyttet til byggegrupp	13
5.1	Bergforhold	13
5.2	Vurderinger	18
5.2.1	Bergforhold	18
5.2.2	Berguttak	19
5.2.3	Utforming av bergskjæringer	20
5.2.4	Bergsikring	20
5.2.5	Trafoform i eksisterende bygg	21
5.2.6	Vibrasjoner og hensyn til omkringliggende bygg og infrastruktur	23
5.2.7	Anvendbarhet av steinmateriale	23
5.2.8	Mengder og materiell	23
6	Drenering/vannhåndtering	24
7	Forurensede masser	24
8	Tilfylling	25
9	Orienterende mengder	25
10	Referanser	26

1 Innledning

Multiconsult utarbeider sammen med Statsbygg grunnlag for totalentreprise for bygging av fløy A for planlagt nytt Ocean Space Centre på Tyholt i Trondheim. Denne rapporten omfatter en oppsummering av geoteknisk prosjektering gjennom forprosjekt levert desember 2020, og gjennom optimaliseringsfase i 2021. Geoteknisk prosjektering i denne rapporten omfatter fagene geoteknikk, bergteknikk, hydrogeologi og miljøgeologi (forurenset grunn)

Fløy A omfatter ombygging eksisterende bygg og et nybygg i 4 etasjer med delvis kjeller. Tomta for fløy A er vist i Figur 1-1



Figur 1-1 Oversiktsplan Tyholt - Fra arkitektens beskrivelse

Figur 1-2 viser planlagt bygg.



Figur 1-2 Fløy A med nybygget markert.

2 Topografi

Tomteområdet er relativt flatt og ligger på ca. kote 115, mot en forhøyning/kolle opp mot barnehage som ligger på ca. kote 120 i øst.

3 Grunnforhold

3.1 Løsmasser

3.1.1 Tidligere geotekniske grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med den tidligere utbyggingen. Følgende rapporter har vi hatt tilgjengelig:

Rapport	Dato	Tittel	Kommentar
O.905	2.7.1969	Skipsteknisk senter, Tyholt	Fjellbestemmelser med lett håndholdt utstyr. (Ca. 120 punkter)

3.1.2 Nye geotekniske grunnundersøkelser

Multiconsult utførte nye grunnundersøkelser på tomteområdet for både fløy A og B i november/desember 2019 som omfattet:

- 52 stk. totalsonderinger til antatt berg og kontrollboring i berg.
- 2 stk. prøveserier med poseprøver og Ø54 mm sylindprøver
- 1 stk. poretrykkmåler

Undersøkelsen er presentert i rapport 10215547-RIG-RAP-001 [1].

På fløy B ble det utført supplerende proetrykkmålinger i 2020, kfr. kapittel 3.3.

Videre planlegger Statsbygg å utføre supplerende undersøkelser på tomten i januar 2022.

Det må videre for detaljprosjekteringen vurderes ytterligere grunnundersøkelser for å redusere risiko for mengdefordeling mellom løsmasser og berg.

3.1.3 Løsmasser/Bergoverflate

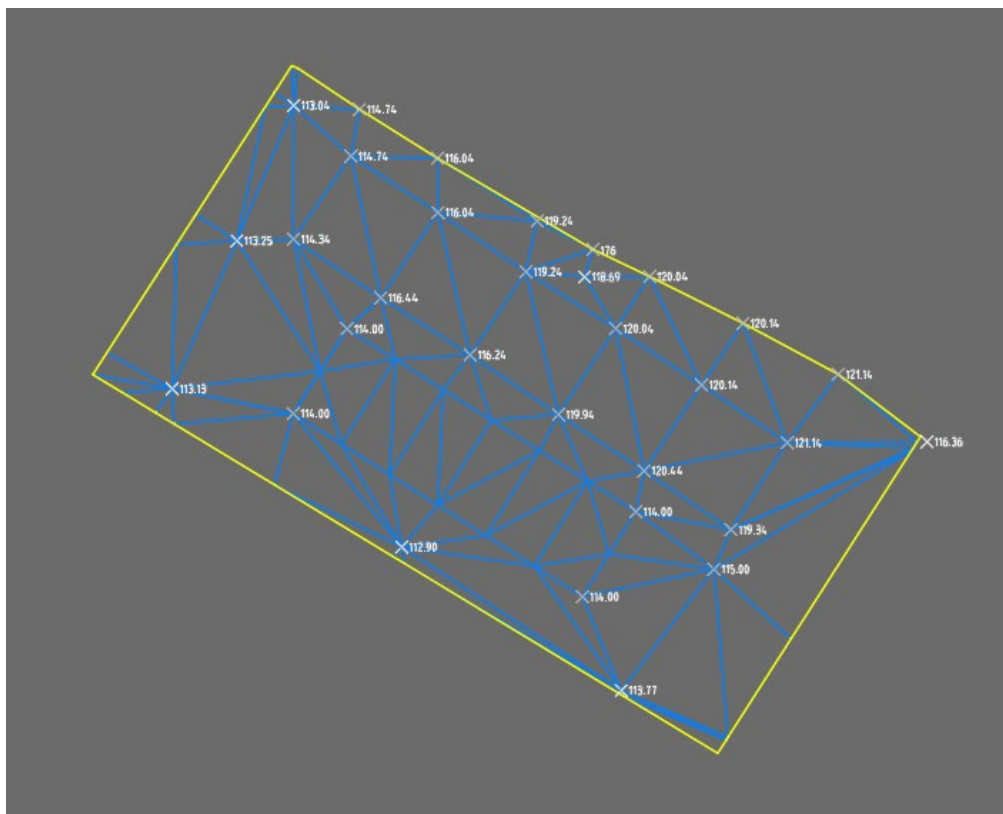
Løsmassemektigheten i borpunktene på tomten er opptil ca. 2 meter. Løsmassene antas å være tilfylte masser/jordmasser som er underlag for grasdekker og asfalterte dekker.

3.1.4 Bergmodell

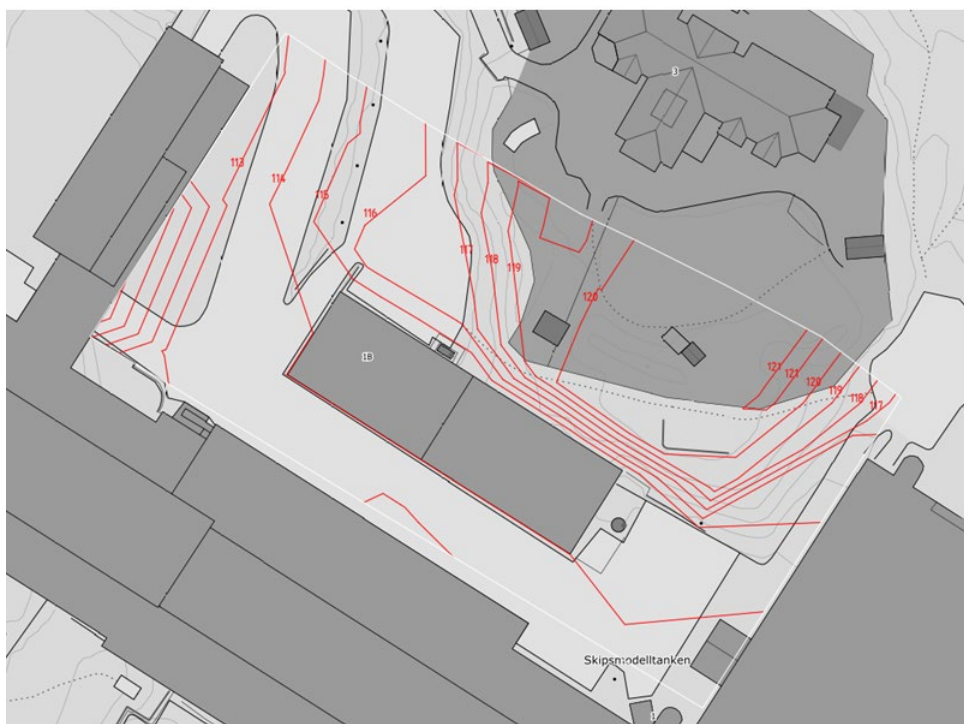
På grunnlag av nye og tidligere grunnundersøkelser er det utarbeidet en bergmodell som er benyttet videre i modellering og prosjektering av byggegrøp. På områder som i dag er bebygde er modellen basert på antagelse om at berg er tatt ut 1 m under laveste gulv i byggene på tomten.

I Figur 3-1 er trianguleringsmodellen for generering av bergoverflaten vist, og i Figur 3-2 er bergkotekartet vist.

Det er for øvrig usikkert hvor mye berg som er tatt ut til siden av byggene og under byggene. For større sikkerhet på dette før riving og graving kan det utføres supplerende boringer.



Figur 3-1 Trianguleringsmodell for bergoverflatemodellen.



Figur 3-2 Bergkotekart generert fra trianguleringsmodell - Fig 3-1

3.2 Berg

For beskrivelse av bergforhold vises til kapittel 5.

3.3 Grunnvann/Hydrogeologi

I tillegg til seks poretrykksmålere [2], er det etablert to brønner like øst for Tyholt-tårnet; én bergbrønn til planlagt dybde i byggegrop for Fløy B og én løsmassebrønn med filternivå i grove masser mellom bergoverflata og overliggende leire. Detaljert beskrivelse av brønnene, observasjoner av grunnvannsnivå og vurdering av hydrogeologiske forhold foreligger i 10216159-RIGh-RAP-002 [5].

I NGUs kartdatabase GRANADA er det i tillegg til de to nevnte brønnene for Fløy B, oppgitt ytterligere seks brønner i nærheten av OSC på Tyholt. Samtlige er vist i figur 5, registrerte brønnspesifikasjoner er fremstilt i tabell 1. Registreringene i GRANADA kan ikke anses som eksakte da det i hovedsak er observasjoner gjort under eller like etter at brønnen er etablert samt uten bruk av eksakte metoder. Eksempelvis vil det ved lav permeabilitet i berget ikke være vann i brønnen like etter at den er spylt ren, og en for tidlig grunnvannspeiling vil dermed indikere et for lavt grunnvannsnivå. Det er heller ikke krav til presisjon eller standard for beskrivelse av bergkvalitet under driving av brønnen. Det er med bakgrunn i dette ikke aktuelt å bruke informasjonen til annet enn indikasjoner på lokal grunnvannssituasjon.

Registreringene gjengitt i tabell 1 indikerer imidlertid at to energibrønner sørvest for eksisterende skipsmodelltank (60341 og 60342) har lav vannføring. Dette gjelder også for energibrønn 102041, som er enda lenger mot vest. Dette sammenfaller med målinger fra de to brønnene som ble etablert i forbindelse med undersøkelser for Fløy B, som viser innlekkasje/vannføring på 2 – 2,8 l/time [5]. To brønner nord-nordøst for OSC (33798 og 38826) indikerer høyere vannføring (500 – 1000 l/time), men uten beskrivelse av nøyaktig dyp fra hvor vannføringen begynner, ei heller grunnvannsnivå.

Tabell 1 Brønnsesifikasjoner registrert i NGUs kartdatabase GRANADA for brønner i nærhet til OSC på Tyholt.

Brønn-ID	Koordinater	Total dybde av brønn	Dybde til berg	Vannføring [l/time]	Vannstand
60341 – Energi	ØV: 571377 NS: 7033619	200 m	10 m	0	Tørt
60342 – Energi	ØV: 571377 NS: 7033625	200 m	11 m	0	Tørt
119772 – Undersøkelser, Multiconsult 2020	ØV: 571536 NS: 7033454	29,5 m	12,5 m	2,8	Ca. kote 106
119773 - Undersøkelser, Multiconsult 2020	ØV: 571539 NS: 7033460	12,08 m	12,08 m		Ca. kote 106
102041 - Energi	ØV: 571209 NS: 7033735	210 m	2 m	0	Tørt
33798 - Vannforsyning	ØV: 571635 NS: 7033923	100 m	1,5 m	500 – 1000	Ikke oppgitt
38826 – Energi	ØV: 571635 NS: 7033949	100 m	1,5 m	500 – 1000	Ikke oppgitt
43558 – Energi	ØV: 571858 NS: 7033820	150 m	8 m	Ikke oppgitt	Ikke oppgitt

De nevnte brønnene som ble etablert i forbindelse med hydrogeologiske undersøkelser for Fløy B (id 119772 og 119773), ligger ca. 200 m sør for planlagt Fløy A. Hele området for OSC virker å ligge høyt i sitt nedbørsfelt, hvor de to høyeste lokalitetene er ca. 150 m sørvest for Fløy B (Blussuvoll) og like nord for planlagt Fløy A (Tyholtunet barnehage). Begge disse er lokale voller med toppnivå på ca. kote +120. Fra disse vollene heller terrenget i alle retninger. De to undersøkelsesbrønnene sør for planlagt Fløy B ligger på ca. kote +110, og har et stabilt grunnvannsnivå rundt ca. kote 106 [5]. I området for planlagt byggegrop til Fløy B heller terrenget i hovedsak mot sør, øst og nordøst, med antatt grunnvannsstrømning fordelt i disse retningene. Utførte undersøkelser indikerer lave permeable egenskaper i stedlig berg og løsmasser, med et antatt lukket grunnvannssystem hvor poretrykket i løsmassene styres av et grunnvannstrykk i berget som overstiger kartlagt nivå for bergoverflata. Som følge av at området i sin helhet ligger høyt i sitt nedbørsfelt forventes det lav grunnvannsfornyelse, hvorpå innlekkasje til byggegrop dermed antas å være initielle for deretter å avta etter hvert som akviferen dreneres [5].

Ved Fløy B er gjennomsnittlig terrengnivå ca. kote +115, med det nevnte høydedraget på ca. kote +120 like nord. Basert på at terrenget faller både mot øst og vest, samt noe mot sør, antas naturlig grunnvannsstrømningen fra dette området i hovedsak å fordeles mot vest og øst, med antatt hovedretning mot øst-nordøst. Det forventes imidlertid at eksisterende skipsmodelltank sør for planlagt Fløy A, som er sprengt ut til ca. 10 m dypere enn planlagt bunnivå for Fløy A, er styrende for stedlig grunnvannsnivå. Basert på at det antas relativt like hydrogeologiske egenskaper i berget ved Fløy A som ved Fløy B, med lav permeabilitet, samt drenerende effekt fra nærliggende byggegrop for eksisterende skipstankmodell, forventes det at vannhåndtering fra byggegrop for Fløy A i hovedsak vil omfatte innsig av overvann og kun i liten grad grunnvann.

3.4 Miljøgeologi

I forbindelse med reguleringsplanarbeid for Ocean Space Centre på Tyholt, utførte Multiconsult en innledende miljøgeologisk undersøkelse på planområdet i 2019. Det vises til Multiconsults rapport 10215547-RIGm-RAP-001, Miljøgeologisk rapport, datert 14. januar 2020, for beskrivelser av utført undersøkelse og resultater [3].

Området for utbygging av «Fløy A» ble ikke kartlagt i 2019. Arealet av dette området er ca. 6000 m², hvorav ca. 750 m² av dette er bygning som skal rives. Forut for gravearbeider må det utføres en miljøgeologisk undersøkelse for å kartlegge forurensningssituasjonen. Geotekniske undersøkelser i dette området viser at er det grunt til berg.

Statsbygg planlegger å utføres miljøgeologiske undersøkelser på tomte i januar 2022.

Dersom det påtreffes forurenset grunn innenfor tiltaksområdet for «Fløy A», vil det iht.

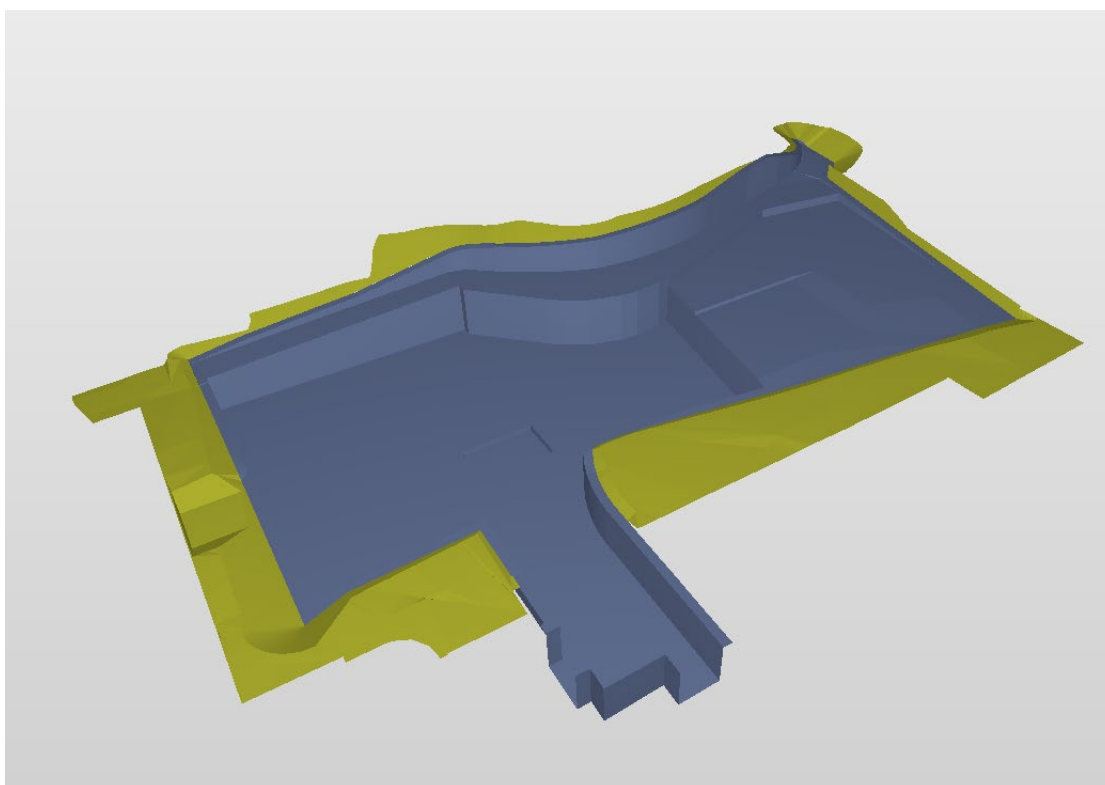
Forurensningsforskriftens kap. 2 være krav om utarbeidelse av tiltaksplan for graving i og håndtering av forurenset grunn. Tiltaksplan skal være godkjent av forurensningsmyndigheten, Miljøenheten i Trondheim kommune, før gravearbeider kan starte.

4 Byggegropp

4.1 Generelt

Byggegroppen vil komme delvis i løsmasser og delvis i berg. Åpne skjæringer i løsmassene i byggegroppa er forutsatt med helning 1:2 for å ivareta overflatestabilitet i anleggsperiode. For grøfter og ledningstraseer, kan graving i løsmasser forutsettes med helning 1:1. I berg gjelder beskrivelser gitt i kapittel 5.

I kjellerdelen vil planum være i berg, mens det på kjellerløs del vil være noe løsmasse på deler av planum. Da løsmassemekktigheten på dette området er liten, forutsettes at all løsmasse renskes til berg.



Figur 4 Modell byggegropp

Figur 4 viser BIM-modell av byggegroppa.

Byggegroppa er generelt prosjektert med utgraving/utspregning av planum til 25 cm under uk bunnplate, og avretting med 25 cm pukk. Samme avrettingstykkelse er forutsatt på områder med løsmasser.

Mot eksisterende havbasseng skal adkomstveg opprettholdes i byggeperioden og løsmassene må her støttes opp. I forprosjektet er det foreslått en støpt støttemur forankret i berg 1 m fra byggegropp.

5 Bergarbeider knyttet til byggegrop

Fordi det er få bergblotninger i området, og fordi berggrunnskart fra NGU viser samme bergarter for fløy A som for fløy B, henvises det til bergteknisk rapport for fløy B [4] for en mer omfattende beskrivelse av bergforhold. Den rapporten bygger på kjerneboringer langs prosjektert byggegrop for fløy B, samt foto av byggegrop da bygging av eksisterende bølgebasseng pågikk i 1979 (se Figur 5 og Figur 6).

Dette innebærer blant annet at alle sprekkeregistreringer som legges til grunn for vurdering av bergforholdene ved fløy A, stammer fra kjerneboring som er utført ca. 300 m unna. Det er derfor større usikkerhet knyttet til bergforholdene ved fløy A enn ved fløy B.

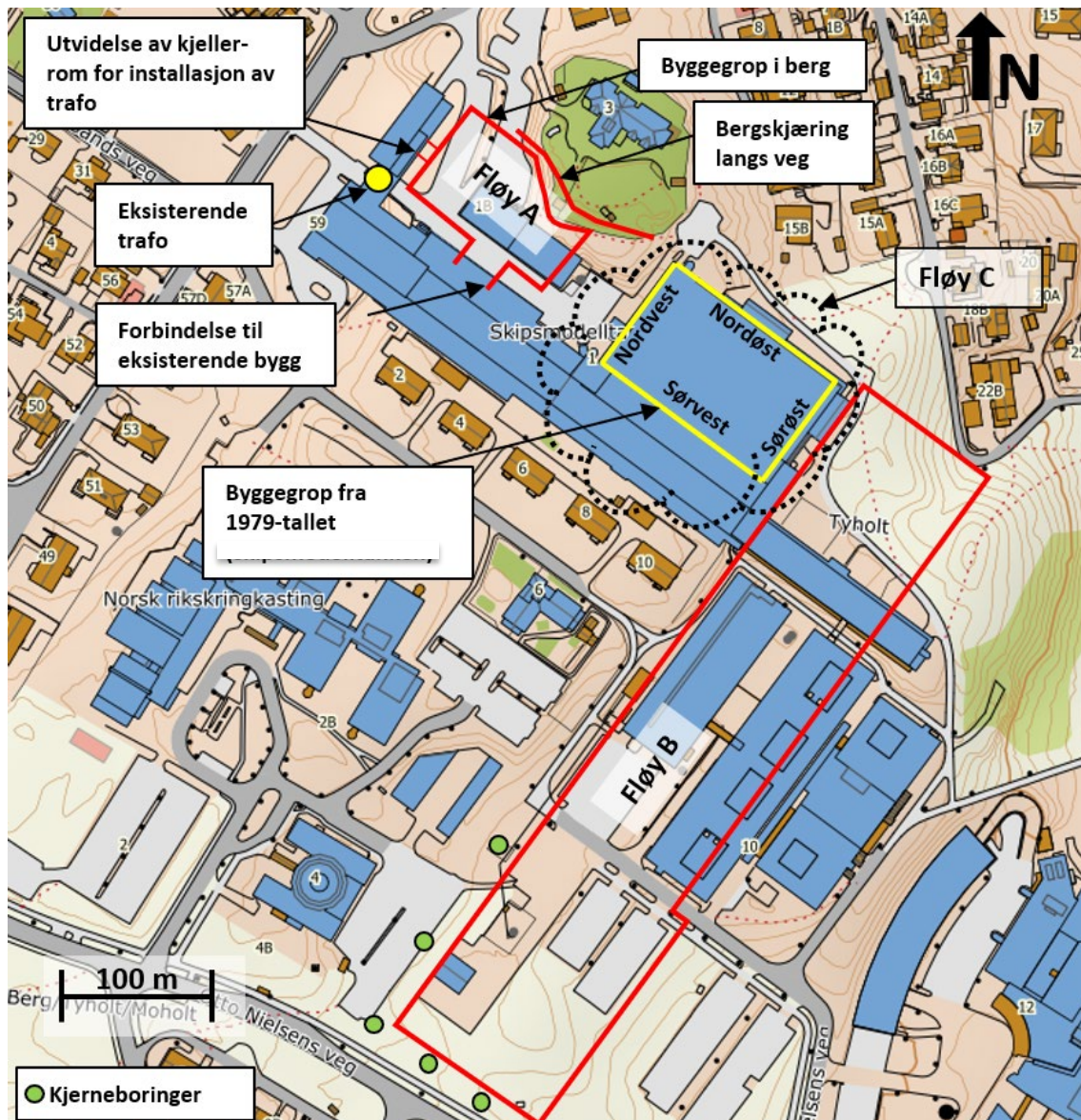
5.1 Bergforhold

Berggrunnskart

Figur 5 viser berggrunnskart fra NGU, med angitt omriss for byggegroper for fløy A og B, samt omtrentlig omriss av byggegrop for den eksisterende skipsmodelltanken.

Ifølge NGU består berggrunnen i hele området for OSC av «grønnstein (metabasalt) og grønskifer udifferensiert. Hovedsakelig deformert putelava med enkelte lag av sur lava, kiselstein, tuffitt, gjennomvannet av diabasganger, særlig i den vestre delen».

Grønnstein og grønskifer er bergarter som erfaringsmessig kan være forvitret nær overflaten. I tillegg kan de, også der berget er friskt, være noe mekanisk svake og lett knuses ned. Tett oppsprekking kan forekomme. Eventuelle lag av tuffitt må ventes å være svakere enn berget ellers, og kan derfor danne glideplan.



Figur 5. Ifølge berggrunnskart fra www.ngu.no er bergarten i området grønnstein og grønnskifer. Røde linjer angir omtrentlig prosjertede byggegroper og bergskjæring langs veg for fløy A og B. Stiplet sort linje angir omtrentlig plassering av fløy C. Gult rektangel angir omtrentlig omriss av byggegropa for skipsmodelltanken, vist i foto i Figur 8 og Figur 9.

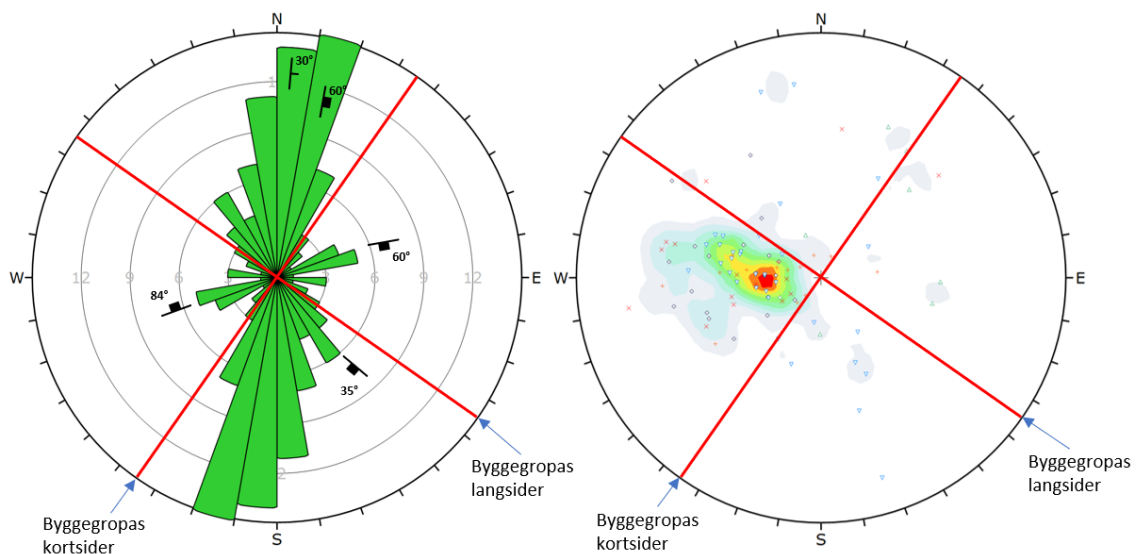
Observasjoner og kjerneboringer

De få bergblotningene som finnes i nærheten av fløy A, samt eksponert berg i kjelleren i bygget nordvest for prosjertert byggegrop for fløy A (se Figur 8), viser en grønnstein med varierende grad av skiffrighet. Samme bergforhold antas for fløy A som ved fløy B.

Bergartene observert i de utborede kjerneprøvene avviker noe fra NGUs berggrunnskart. Sprekkeantall og orientering av sprekker påvist ved televiwer-logging av borhullene ved fløy B er vist i Figur 9. For nærmere omtale av sprekker og påtrufne bergartstyper og bergforhold henvises det til bergteknisk rapport for fløy B [4].



Figur 6. Foto fra kjelleren i bygget rett nordvest for planlagt byggegrop for fløy A, se Figur 5, viser en grønnstein. Bildet til venstre er tatt mot sørvest og viser sprekker med steilt fall mot sørøst. Bildet til høyre er tatt mot nordøst og viser sprekker med fall på omkring 60° mot nordvest.

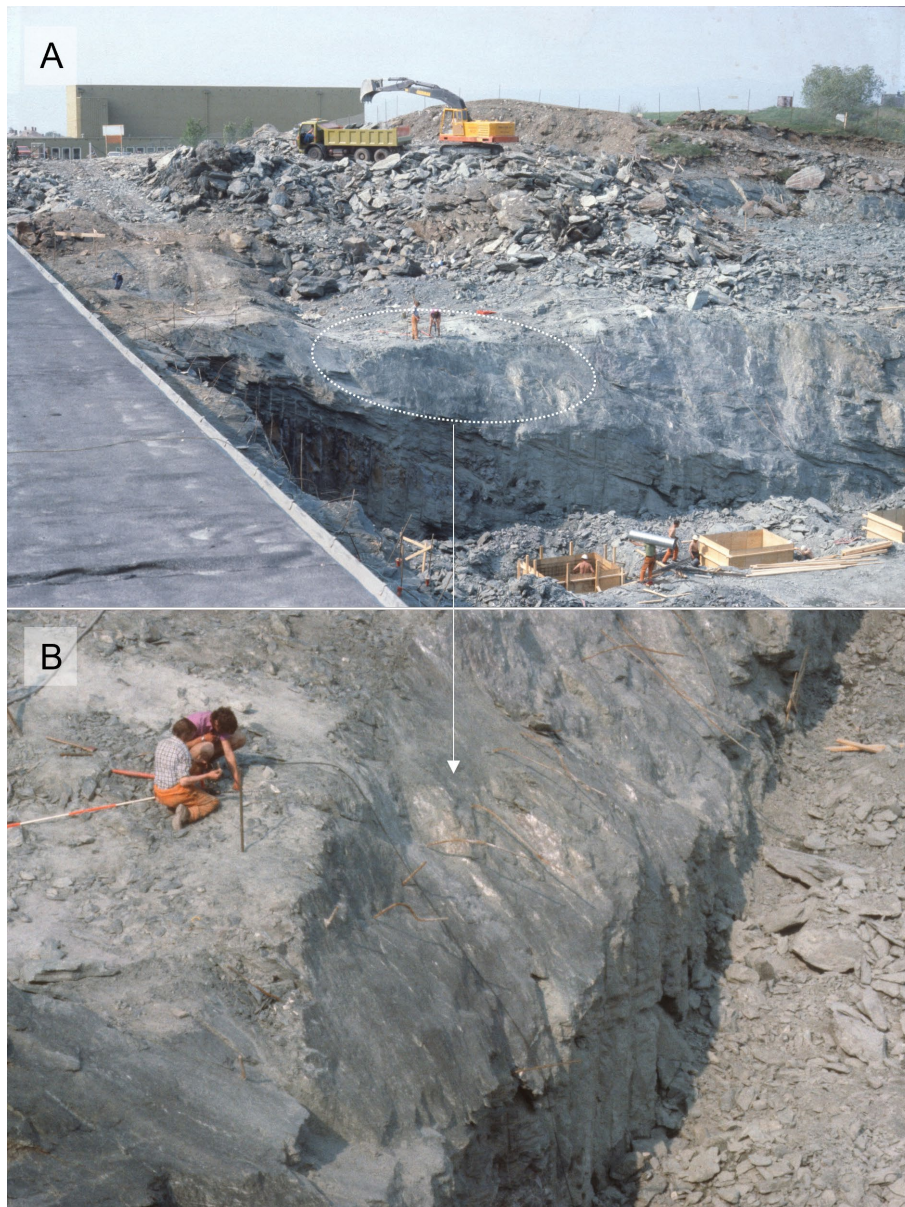


Figur 7. Rosediagram (venstre) og polplott (høyre) for sprekker registrert ved logging med televiewer. Røde linjer indikerer omtrentlig orientering av byggegropas lang- og kortsider (fløy A). Rosediagram (venstre): Grønn skravur viser registrerte sprekkeplans orientering i forhold til nord. Polplott (høyre): Hver prikk representerer en sprekke, jo nærmere prikken er sentrum av figuren, dess slakere er fallet. Fargesjatteringene viser hvor det er tettest med sprekker.

Erfaringer fra tidligere bergarbeider

På slutten av 1970-tallet og starten av 1980-tallet pågikk grunnarbeid for bygging av skipsmodelltanken.

Foto herfra viser det som tilsynelatende er grønnstein, med varierende grad av skifrihet, se Figur 8 og Figur 9.

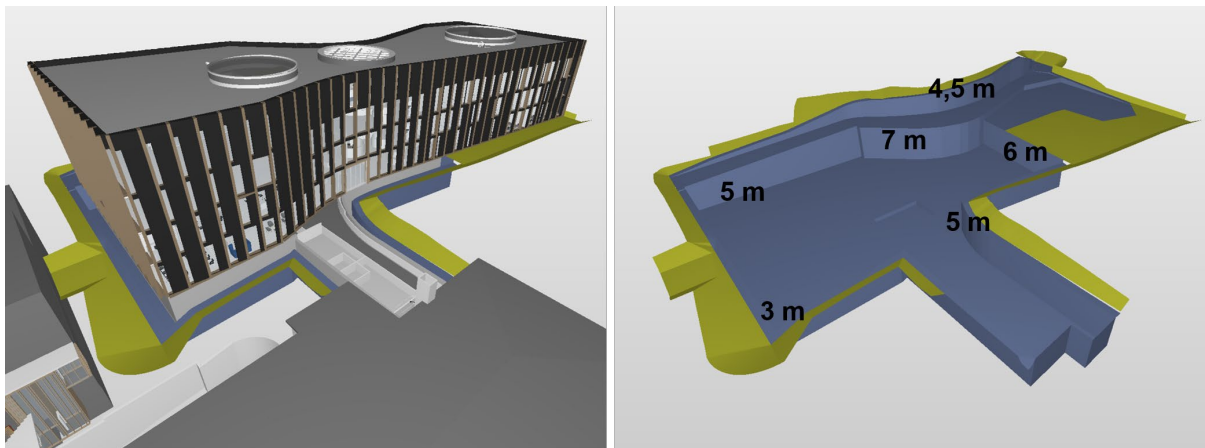


Figur 8. Bilder fra bygging av skipsmodelltank, datert 1979. Bildene viser spor etter en stor utglidning langs glatt sprekk, trolig foliasjonsplan, med fall på omkring 50-60°, i bergveggen i nordvest. Bilde B viser nærbilde av glideplanet markert med stiplet ellipse i bilde A. Sprekken som definerer glideplanet ligner på sprekker med klorittbelegg observert i utborede kjerner [4]. Se Figur 5 for plassering i forhold til prosjektert byggegrop.



Figur 9. Bilder fra bygging av skipsmodelltank, datert 1979. A: Bergvegg i nordøst og sørøst. B: Bergvegg i sørøst. Bergveggene i nordøst og sørøst er tilsynelatende stabile uten tung bergsikring. Se Figur 5 for plassering i forhold til prosjektert byggegrop.

5.2 Vurderinger



Figur 10. Venstre: Prosjektet fløy A. Høyre: Byggegropp for fløy A. Tall angir omtrentlige bergskjæringshøyder. Merk at skjæringsutformingen følger byggets fotavtrykk, og ikke er optimalisert med tanke på for eksempel stabilitet. Dette forutsettes ivaretatt ved videre prosjektering.

5.2.1 Bergforhold

Basert på utførte kjerneboringer synes berget å være moderat til lite oppsprukket, og antallet sprekkesett som opptrer regelmessig er begrenset. I flere partier av borhullene og kjernene observeres kun ett sprekkesett i tillegg til tilfeldig forekommende sprekker [4].

Dominerende sprekkeretning følger foliasjonen. Denne varierer en del, men er i overveiende grad orientert med liten vinkel i forhold til kortsiden på planlagt byggegrop, og fall mellom ca. 30 og 50 grader mot øst og sørøst. I tillegg er det registrert sprekkesett med samme retning, men med steilere fall (50-80°) mot øst og sørøst.

Begge disse sprekkesystemene er ugunstige med tanke på stabilitet av byggegropas nordvestre side, og til dels også byggegropas sørvestre side. Foto fra 1979, tatt av byggegropa for skipsmodelltanken, er vist i Figur 8 og Figur 9. Her kan man se at det har vært store utglidninger i bergskjæringen nordvest i byggegropa, mens det tilsynelatende gode bergforhold i nordøst og sørøst.

I tillegg kan plane utglidninger, kileutglidninger og utvelting forekomme i alle byggegropas vegger og hjørner, både som følge av registrerte sprekkesett og av tilfeldige sprekker. Dette underbygges av observasjoner i kjelleren på eksisterende bygg, vist i Figur 8, der det er glatte sprekker med fall både mot nordvest og mot sørøst. Svakhetssoner må derfor vurderes spesielt underveis i etableringen av byggegropa. I forbindelse med kjerneboringen ved fløy B ble det observert noe leire langs enkelte svakhetssoner. Dette medfører økt sannsynlighet for utglidninger i skjæringsvegger.

Resultatene fra kjerneboringen [4] viser sprekkeretninger som samsvarer med utglidningene som er observert i foto fra bygging av skipsmodelltanken (Figur 8 og Figur 9).

5.2.2 Berguttak



Figur 11. Øverst: Kjelleren under slepetanken skal forbindes med kjeller under fløy A. Nederst: Eksempel på uttak av berg inntil og under eksisterende bygg. Merk at eksempelet viser en passasje som er langt mindre enn den som er planlagt ved OSC.

Sprengning

Uttak av berg vil i hovedsak gjøres ved sprengning.

Boravvik øker med økt borlengde. På grunn av dette bør det ingen steder sprenges med pallhøyde større enn 10 m. Både tydelig foliasjon og steile sprekker, slik som observert i de utborede kjernene, øker sannsynligheten for boravvik, og ytterligere begrensninger på pallhøyde kan bli aktuelt.

Særskilte krav til bevaring av kontur, bakbryting, vibrasjoner, etc. må settes basert på detaljprosjektering og erfaringer og observasjoner underveis i byggefase. Blant tiltakene som vil være

aktuelle er små salver, lave pallhøyder, fortløpende tilpasning av sprengningsopplegg, sømboring, etc.

Dersom det skal oppnås jevn kontur må det påregnes utstrakt bruk av sømboring.

Spesielle hensyn

Forbindelse mellom kjeller i fløy A og eksisterende kjeller i slepetanken medfører utvendige hjørner i byggegropa. Her må stabilitet vurderes spesielt når berguttaket skal prosjekteres, se Figur 12 og Figur 13.

I tillegg må det tas spesielle hensyn når det skal tas ut berg for å forbinde planlagt byggegrop med eksisterende kjeller i slepetank, se Figur 13. Det må forventes behov for utstrakt grad av bergsikring og forsterkning av eksisterende bygg før berguttak starter. Videre må berguttak gjøres med forsiktighet, for eksempel ved wiresaging, sømboring, pigging, eller andre skånsomme metoder. Detaljert prosjektering og kartlegging av eksisterende bygg vil kreves før metode kan velges.

Ved wiresaging, sømboring og pigging gjelder de samme betraktningene som for sprengning med tanke på risiko for utglidninger og bevaring av kontur.

Se også kapittel 5.2.5.

5.2.3 Utforming av bergskjæringer

Der observasjoner på stedet eller erfaringer underveis ikke tilsier annet, anbefales bergskjæringene utformet med vertikale vegger.

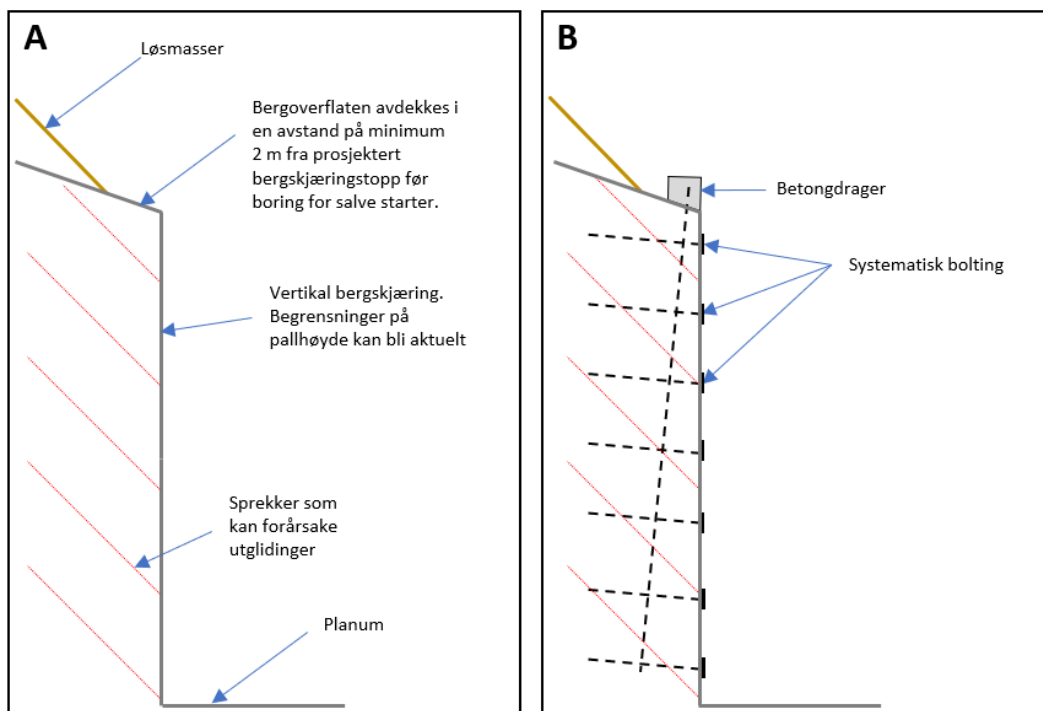
I Figur 5 og Figur 12 er det vist byggegrop og bergskjæring med konveks form i horisontalplanet. Denne utformingen er medfører redusert innspenning av berget og er ugunstig for stabiliteten. I kommende prosjektering bør bergskjæringer planlegges med rette linjer.

5.2.4 Bergsikring

Før berguttak

Nærhet til eksisterende bygg, planlagt berghylle for veg langs nordøstsiden av byggegropa og utvendig hjørner ved kjellerforbindelse til slepetank gjør at utglidninger av berg langs skjæringskanter må unngås. For å unngå utglidninger forventes utstrakt behov for systematisk forbolting, og det er sannsynlig at forboltene må forankres i en betongdrager. Forbolter og betongdrager må installeres før sprengning. Se Figur 14.

Bildene i Figur 8 viser plan utglidning, til tross for at det tilsynelatende ble installer forbolter før sprengning. Sannsynligheten for slike utglidninger vil reduseres ved installering av forbolter forankret i betongdrager før sprengning, i kombinasjon med redusert pallhøyde og fortløpende systematisk bolting.



Figur 12. Prinsippskisse for utforming og boltesikring i bergskjæring. Forbolter plasseres i utgangpunktet ca. 0,5 m innenfor kontur, med fall omkring 80 grader inn i bergveggen. Systematisk bolting utføres så snart en pall er sprengt ut, og før sprengning av pallen nedenfor. Figuren viser ikke sprøytebetong eller nett, men dette vil også bli nødvendig i store deler av byggegropa.

Under og etter berguttak

Som følge av registrert sprekeorientering, kombinert med til dels glatte sprekker, må det forventes større behov for bergsikring med hensyn på plane utglidninger i byggegropas nordvestre vegg enn i de øvrige veggene, og med hensyn på kileutglidninger i vestre vegg. Enkle kinematiske analyser ved bruk av programvaren Dips fra Rocscience underbygger dette. Se også Figur 8 og Figur 9, som viser eksempler på bergforhold under byggingen av eksisterende skipsmodelltank.

Sikring forutsettes ivaretatt ved systematisk bolting, og behov for bergsikring må vurderes fortløpende. Det kan også bli behov for reduserte salvehøyder og lengder, slik at bergveggene kan sikres før eventuelle utglidninger kan forekomme.

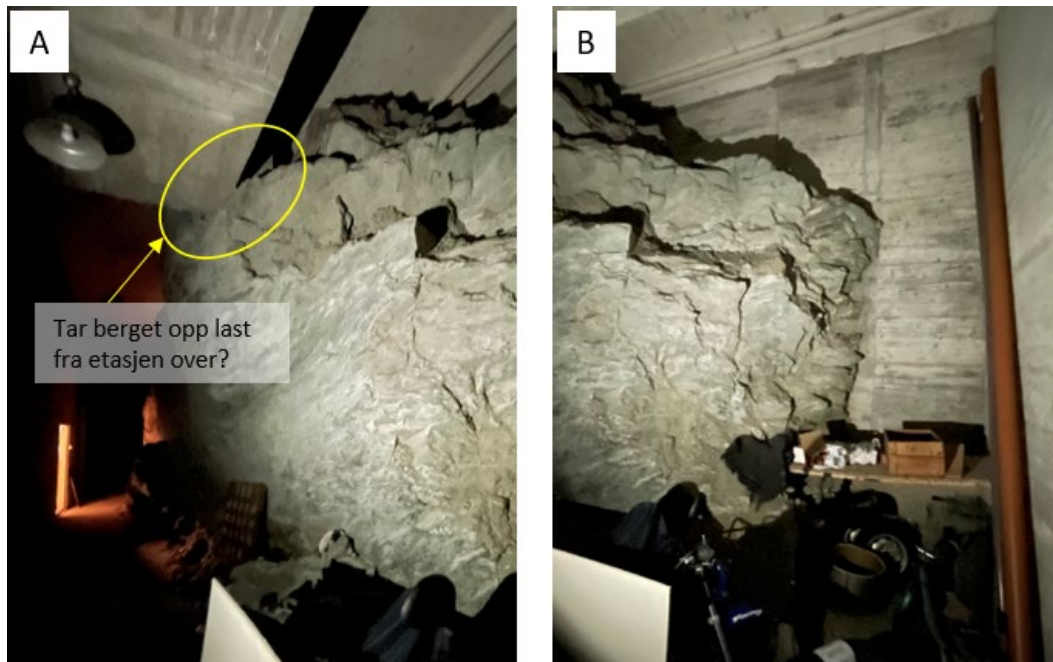
5.2.5 Traforom i eksisterende bygg

Multiconsult er bedt om å vurdere gjennomførbarheten av å utvide en del av kjelleren i eksisterende bygg nordvest for planlagt fløy A, slik at det kan plasseres to 2 stk. transformatorstasjoner her. Plasseringen er vist i Figur 5.

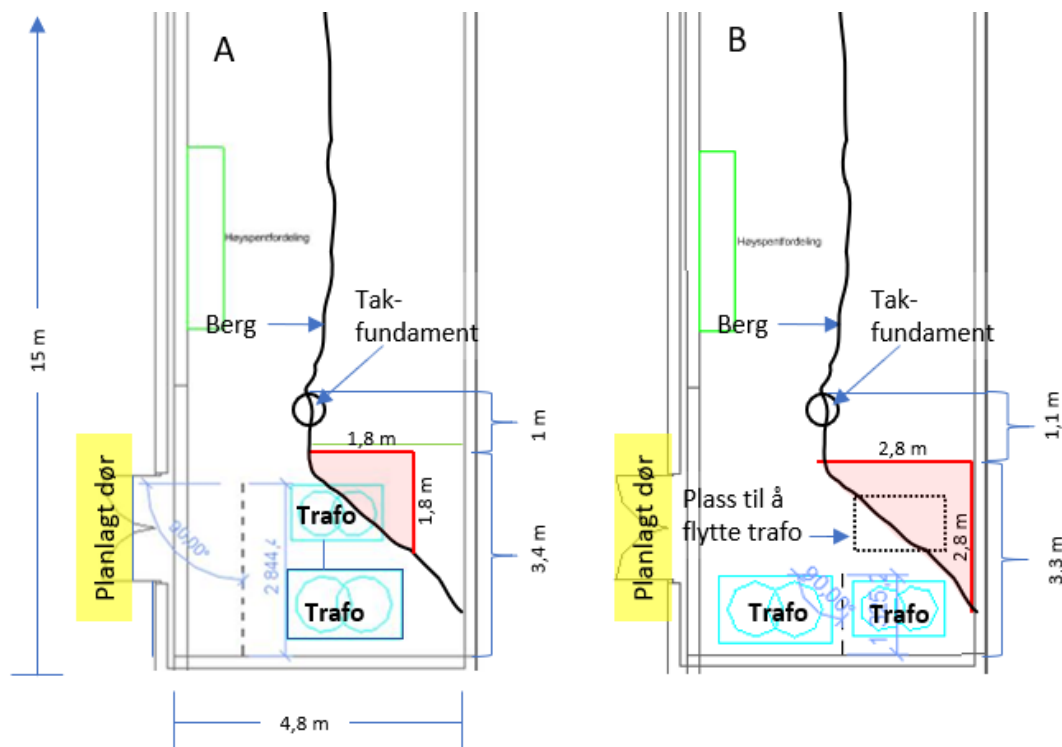
I den anledning er det gjennomført befarings av det aktuelle rommet, se Figur 15 og Figur 16.

I skissen i Figur 16 er det lagt til grunn at det kreves en klaring på 0,5 m mellom trafoer og bergvegger. Det er også lagt til grunn at det kreves 0,5 m på hver side for å flytte på den bakerste trafoen (Figur 16 B). Dersom denne avstanden kan reduseres, og dersom trafoene kan monteres tettere på hverandre, reduseres behov for berguttak i kjelleren.

Det er ikke avklart om takkonstruksjonen markert i Figur 15 A er hviler på berget, eller om den er selvbærende. I videre vurderinger i denne rapporten er det lagt til grunn at taket er en selvbærende konstruksjon. Dersom den viser seg ikke å være selvbærende, må den støttes opp av pilar.



Figur 13. Berg i kjeller. Bildene er tatt fra hjørnet nede til venstre i Figur 16. Betongveggen bak berget i bildet til høyre er yttervegg mot sørøst.



Figur 14. Figuren viser enkle skisser over kjellerrommet. Rommet er omtrent 4,8 m bredt og 15 m langt. Høyre vegg er yttervegg mot sørøst. Rød farge er berg som må tas ut for å få plass til trafostasjoner. Merk at plassering av berg kun er omtrentlig. Avvik vil forekomme. A: Alternativ der trafoene er plassert ved siden av hverandre. B: Alternativ der de er plassert bak hverandre. Det må være tilstrekkelig plass til at den bakerste trafoen kan tas ut for vedlikehold.

Multiconsult vurderer uttak av berg i kjelleren som gjennomførbart. Avhengig av plassbehov og plassering av trafoer, anslås behov for uttak av mellom 2 og 6 m³ berg.

Det vil trolig være gunstig å unngå inngrep i berg tett inn mot ytterveggen mot sørøst (Figur 15 B). Videre bør plassering optimaliseres slik at berguttaket begrenses til et minimum.

Berguttak gjøres uten sprengning. Mulige metoder er boring og pigging, eventuelt wiresaging.

Bergsikring kan trolig ivaretas ved bruk av 1 til 2 m lange bergsikringsbolter. Boltene må monteres både før uttak av berg starter, underveis mens berget tas ut og etter at berguttaket er fullført. Behov for bergsikring må vurderes fortløpende av geolog. I tillegg til området hvor det skal gjøres uttak av berg, må det forventes behov for spredt bolting langs hele bergblotningen i kjelleren.

I taket i rommet til venstre for rommet i Figur 16, er det en luke på omtrent 4x2 m, og ovenfor dette er det en traverskran. Dette, samt størrelsen på døra som sages ut i veggen (se Figur 16), setter grensene for størrelsen på utstyret som kan benyttes til berguttak og bergsikring.

5.2.6 Vibrasjoner og hensyn til omkringliggende bygg og infrastruktur

Særskilte krav til bevaring av kontur, bakbryting, vibrasjoner, etc. må settes basert på detaljprosjektering og erfaringer og observasjoner underveis i byggefase. Blant tiltakene som vil være aktuelle er små salver, fortløpende tilpasning av sprengningsopplegg, sømboring, etc.

Blant forholdene som må vies spesiell oppmerksomhet er nærhet til eksisterende bygg, trafostasjonen som skal være i drift i byggefase (vist på kart i Figur 5), og sprengning av forbindelse mellom kjeller i fløy A og eksisterende kjeller i slepetanken.

Det vil kreves tilstandsregistrering av eksisterende bygg og et omfattende opplegg for vibrasjonsovervåkning så lenge grunnarbeid pågår. Vibrasjonsgrenser må fastsettes i prosjekteringsfasen. Særlig strenge vibrasjonskrav må forventes for installasjoner i eksisterende kavitatslaboratoriet og slepetank, Tyholtårnet, NRK sine lokaler, etc.

Ifølge NS 8141 [5] anbefales vibrasjonsovervåkning og besiktigelse av bygninger og infrastruktur innenfor en radius på 100 m fra vibrasjonskilden ved fundamentering på løsmasser. Ved fundamentering på berg anbefales en radius på 50 m.

Vibrasjoner som følge av sprengning er nærmere omtalt i eget notat [6].

5.2.7 Anvendbarhet av steinmateriale

For betraktninger knyttet til anvendbarhet i vegbygging og fyllinger og som tilslag i betong henvises det til bergteknisk rapport for fløy B [4].

5.2.8 Mengder og materiell

Mengdeanslagene for bergsikring forutsetter systematisk sikring, og er basert på en forventning om ulike sikringsbehov i de fire sidene av byggegropa. Videre er det lagt til grunn at det skal tilbakefylles mellom bergvegg og bygg.

Det forventes utstrakt behov for systematisk bolting og forbolting. I tillegg forventes behov for sprøytebetong og nett. Nett benyttes som arbeidssikring der sprøytebetong ikke er nødvendig som permanent sikring.

Bergsikringsmidlene som er inkludert i Multiconsults mengdeanslag for bergarbeider er:

- Forbolter – Lengde og dimensjon vil variere
- Betongdrager for forankring av forbolter
- Manuell rensk av løst materiale i utsprengte bergskjæringer

- Bergbolter - Fullt innstøpte, lengde og dimensjon vil variere
- Sprøytebetong – Tykkelse vil variere, men 15 cm er lagt til grunn for volumanslaget
- Nett – For arbeidssikring der sprøytebetong ikke er nødvendig

Dette representerer kun hovedmengdene, og er ikke en komplett liste over alle typer materiell og arbeidsoperasjoner som kreves for stabilitetssikring av berg.

Mengder for spesielle tilfeller, slik som sprengning og sikringa av berg for forbindelse mellom kjeller i fløy A og slepetanken, og utvidelse av kjellerrom for plassering av trafo, er ikke inkludert.

Materiell og utførelse skal følge kravene i Statens vegvesens håndbok R761 [7].

For berguttak er følgende inkludert:

- Prosjekterte faste m³ berg som skal sprenges ut, inkludert opplasting og transport
- Antall m sømboring

Dette representerer kun hovedmengdene, og er ikke en komplett liste over alle arbeidsoperasjoner som kreves for berguttak.

6 Drenering/vannhåndtering

Basert på det som beskrives i kap. 3 og bilder fra tidligere byggeproper i kap. 5, forventes det lite innlekkasje av grunnvann til byggegropa, slik at vannhåndtering i hovedsak vil omfatte nedbør. Drensvann må pumpes opp fra kjellernivå til avrenningsnivå i eksisterende overvannsystemer.

Før påslipp av lensevann fra byggegropen skal det foreligge en godkjenning om dette fra Trondheim kommune. Denne godkjenningen vil beskrive krav til vannkvalitet før påslipp. Det kan derfor bli behov for rensning av lensevann. Basert på erfaringer fra tilsvarende arbeider vil utfordringer med vannkvalitet i lensevann fra byggegrop i hovedsak være suspendert stoff, nitrogen og pH. Parametere som olje og PAH vil i større grad være knyttet til enkelthendelser og spill, men kan også være nødvendig å håndtere.

I detaljprosjekteringen må det vurderes behov for overvåking av grunnvannsnivå/poretrykk i influensområdet.

7 Forurensede masser

Ved graving i evt. forurenset grunn skal det foreligge en massehåndteringsplan for gravearbeidene. Massehåndteringsplanen er en koordinatfestet tegning som utarbeides på bakgrunn av utførte miljøundersøkelser.

Området skal benyttes til offentlig bebyggelse, og for slik arealbruk tillates normalt opp til tilstandsklasse 3 i både toppjord og dypereliggende jord. For tilbakefylling kan evt. masser i tilstandsklasse 3 eller lavere gjenbrukes.

I grøftetraseer tillater Trondheim kommune masser i tilstandsklasse 2 eller lavere.

All overskuddsmasse som er forurenset må leveres til godkjent mottak.

Tilførte masser skal være dokumentert rene.

8 Tilfylling

All tilfylling inntil kjellervegger skal utføres med drenerende masser av pukk eller tilsvarende. Fyllingsnivå er generelt satt til 75 cm under ferdig uteareal (LARK)

9 Orienterende mengder

Basert på BIM-modell av byggerop og vurderinger foran er følgende orienterende mengder beregnet (entreprenør må selv vurdere og beregne totalmengder):

Tabell 9-1 Oppsett orienterende mengder

Tekst	Enhet	Mengde
Løsmasseuttak	Tfm ³	7700
Berguttak	Tfm ³	15300
Sikringsarbeider berg. <i>Forbolter</i>	stk.	210
Sikringsarbeider berg. <i>Betongdrager for forankring av forbolter</i>	M	90
Sikringsarbeider berg. <i>Bolting</i>	stk.	300
Sikringsarbeider berg. <i>Sprøytebetong</i>	m ³	115
Sikringsarbeider berg. <i>Nett</i>	m ²	320
Sikringsarbeider berg. <i>Rensk</i>	m ²	1 600
Sikringsarbeider berg. <i>Sømboring</i>	m	7 800

10 Referanser

- [1] Multiconsult Norge AS, «10215547-RIG-RAP-001 Ocean Space Centre - Geotekniske grunnundersøkelser,» Multiconsult, Trondheim, Januar 2020.
- [2] Multiconsult Norge AS, «10216159-RIG-RAP-001 Ocean Space Centre Datarapport poretrykkmålinger,» Multiconsult, Trondheim, Desember 2020.
- [3] «10215547-RIGm-RAP-001 - Ocean Space Centre- Miljøgeologisk rapport,» Multiconsult Norge AS, 2020.
- [4] Multiconsult Norge AS, «10216159-RIGberg-RAP-001 Ocean Space Centre Resultater fra kjerneboring, vurdering av bergforhold, berguttak og bergsikring,» Multiconsult , Trondheim, November 2020.
- [5] Standard Norge, «NS 8141:2001 - Vibrasjoner og støt. Måling av svingehastigheter og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk.,» Standard Norge, 2001.
- [6] Multiconsult Norge AS, «10216159-RIGberg-NOT-005 - Vibrasjonsgrenser ved sprengning,» Multiconsult, Trondheim, 2021.
- [7] Statens vegvesen, «Håndbok R761. Prosesskode 1- Standard beskrivelse for vegkontrakter.,» Vegdirektoratet, Oslo, 2018.
- [8] Standard Norge, ««NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 - Eurokode 7. Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler,» Standard Norge, 2020.
- [9] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1+NA:2016, Eurokode 0,» Standard Norge, Oslo, 2016.
- [10] Multiconsult Norge AS, «10216159-RIGberg-RAP-002 Fagrapport,» Multiconsult, Trondheim, 2020.
- [11] Multiconsult Norge AS, «10216159-RIGh-RAP-002 Ocean Space Centre - Hydrogeologiske undersøkelser,» Multiconsult, Trondheim, November 2020.
- [12] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, «Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven),» 2008.
- [13] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK17),» 2017.