

## FAGRAPPOR - BERGTEKNIKK

OSC-30-H003-G-RA-00002

# B5



## 1107304 OCEAN SPACE CENTRE

Prosjekt	Ocean Space Centre
Kontrakt	K202
Byggherre	Statsbygg
Utgiver	Multiconsult Norge AS
Utskriftsdato	07.12.2021
Sist endret	07.12.2021
Henvendelser kan rettes til	Statsbygg Postboks 232 Sentrum, 0103 Oslo Telefon: 22 95 40 00 Epost: <a href="mailto:postmottak@statsbygg.no">postmottak@statsbygg.no</a> Internett: <a href="http://www.statsbygg.no">http://www.statsbygg.no</a>

---

RAPPORT

# Ocean Space Centre - H003 - Grunn og Betong

---

OPPDRAGSGIVER

Statsbygg

EMNE: FAGRAPPORT – BERGTEKNIKK, ENTREPRISE  
K202

DATO / REVISJON: 7. desember 2021 / 00

DOKUMENTKODE: 10216159-RIGberg-RAP-002

---



Multiconsult

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

OPPDRAG	<b>Ocean Space Centre - H003 - Grunn og Betong</b>	DOKUMENTKODE	10216159-RIGberg-RAP-002
EMNE	Fagrapport, bergteknikk – Entreprise K202	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Statsbygg</b>	OPPDRAGSLEDER	Svein Nielsen
KONTAKTPERSON	Kjersti Skjelle Paulsen	UTARBEIDET AV	Audun Andersen
KOORDINATER	SONE: UTM32 ØST: 571600 NORD: 7033500	ANSVARLIG ENHET	10234020 Bygg og Eiendom Midt - Felles
GNR./BNR./SNR.	57 / 295 / 0 / Trondheim		

## SAMMENDRAG

På oppdrag fra Statsbygg utarbeider Multiconsult grunnlag for totalentreprise på grunnarbeider for fløy B av planlagt nytt Ocean Space Centre på Tyholt i Trondheim.

Grunnarbeidene innebærer etablering av byggegrop i berg og løsmasse. Bergdelen av byggegropa blir omtrent 300 m lang, opptil ca. 75 m bred og opptil 17 m dyp. Totalt volum av berg som skal tas ut er anslått til omkring 180 000 faste m<sup>3</sup> og totalt bergskjæringsareal til 8 700 m<sup>2</sup>. Langs store deler av kanten av byggegropa skal det settes opp en spuntvegg som skal forankres i berg.

Foreliggende rapport presenterer overordnede vurderinger knyttet til berguttak og bergsikring. Vurderingene i rapportene er på forprosjektnivå.

Det er utført grunnundersøkelser i form av kjerneboringer. Resultatene herfra indikerer at bergmassen i hovedsak består av sterk til meget sterk grønnstein, med en del glatte sprekker med fall inn mot byggegropa fra nordvest og sørvest. Dette innebærer at må det forventes større behov for bergsikring med hensyn på plane utglidninger og kileutglidninger i disse bergskjæringsveggene enn i de øvrige veggene.

Stabilitetssikring av berget forutsettes ivaretatt ved subvertikal forbolting før sprengning, systematisk bolting i bergvegger og utstrakt bruk av sprøytebetong.

Videre forventes behov for sømboring langs alle skjæringsvegger, samt begrensninger i pallhøyde og salvelengde. Vibrasjonsgrenser må fastsettes, og sprengning må utføres slik at disse ikke overskrides.

Erfaringsmessig er grønnstein en bergart som kan benyttes i vegbygging. For å bekrefte egnethet må det utføres testing av mekaniske egenskaper. Dette krever større prøvemengder enn det som et tatt ut gjennom kjerneboringen. Som fyllmasse vurderes bergarten å være godt egnet.

Videre vurderes det som sannsynlig at grønnsteinen i området kan benyttes som tilslag i betong. Dette må imidlertid bekreftes gjennom analyser og testing, blant annet med tanke på sulfidinnhold.

00	7.12.2021		Audun Andersen	Ine Gressetvold	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
1.1	Utførte undersøkelser.....	5
1.2	Forbehold.....	5
<b>2</b>	<b>Bergforhold .....</b>	<b>5</b>
2.1	Resultater fra kjerneboring.....	6
2.1.1	Bergart og bergartsegenskaper.....	7
2.1.2	Oppsprekking.....	7
2.1.3	Svakhetssoner.....	9
2.1.4	Sulfider.....	9
2.2	Erfaringer fra tidligere bergarbeider i området.....	9
<b>3</b>	<b>Vurderinger .....</b>	<b>12</b>
3.1	Generelt.....	12
3.2	Berguttak og bergsikring.....	13
3.2.1	Sprengning.....	13
3.2.2	Wiresaging.....	13
3.2.3	Utforming av bergskjæringer.....	14
3.2.4	Bergsikring.....	14
3.3	Vibrasjoner og nabohensyn.....	15
3.4	Adkomstveger.....	15
3.5	Anvendbarhet av steinmaterialet.....	15
3.5.1	Vegbygging og fyllinger.....	15
3.5.2	Tilslag i betong.....	15
<b>4</b>	<b>Mengder og materiell .....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>Oppsummering .....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>18</b>

## 1 Innledning

På oppdrag fra Statsbygg utarbeider Multiconsult grunnlag for totalentreprise på grunnarbeider for fløy B av planlagt nytt Ocean Space Centre på Tyholt i Trondheim.

Grunnarbeidene innebærer etablering av byggegrop i berg og løsmasse. Bergdelen av byggegropa blir omtrent 300 m lang, opptil ca. 75 m bred og opptil 17 m dyp. Totalt volum av berg som skal tas ut er anslått til omkring 180 000 faste m<sup>3</sup> og totalt bergskjæringsareal til omkring 8 700 m<sup>2</sup>, ikke inkludert adkomstveier i og ned til byggegropa. Langs kanten av store deler av byggegropa skal det settes opp en spuntvegg som skal forankres i berg.

Foreliggende rapport presenterer overordnede vurderinger knyttet til berguttak og bergsikring. Vurderingene i rapportene er på forprosjektnivå. For vurderinger knyttet til løsmasser, inkludert forankring av spuntvegg, henvises det til geoteknisk rapport 10216159-RIG-RAP-003 [1]. For vurderinger knyttet til hydrogeologi henvises det 10216159-RIGh-RAP-002 [2].

### 1.1 Utførte undersøkelser

For å redusere usikkerheten knyttet bergforholdene i byggegropa er det utført kjerneboring. Det ble boret 5 hull og tatt ut til sammen ca. 90 m kjerneprøve av berg. Geolog har utført enkel logging av de utborede kjernene. Loggingen omfattet vurdering av bergartstype, oppsprekking og bergartsstyrke, samt en enkel visuell vurdering av sulfidinnhold. I tillegg ble borhullene logget ved bruk av akustisk og optisk televiewer. Resultater og foto fra logging av kjerner og borhull er presentert i rapporten 1026159-RIGberg-RAP-001 [3].

### 1.2 Forbehold

Kjerneboringene ble kun utført langs en liten del av prosjektert byggegrop, og avstanden mellom borhullene er stor. Boringene gir derfor kun en indikasjon på hvilke bergforhold som kan forventes. Det kan ikke utelukkes at det finnes forhold med betydning for stabilitet, skjæringsutforming, og anvendbarhet av steinmaterialet, som ikke kan identifiseres i de fem borhullene.

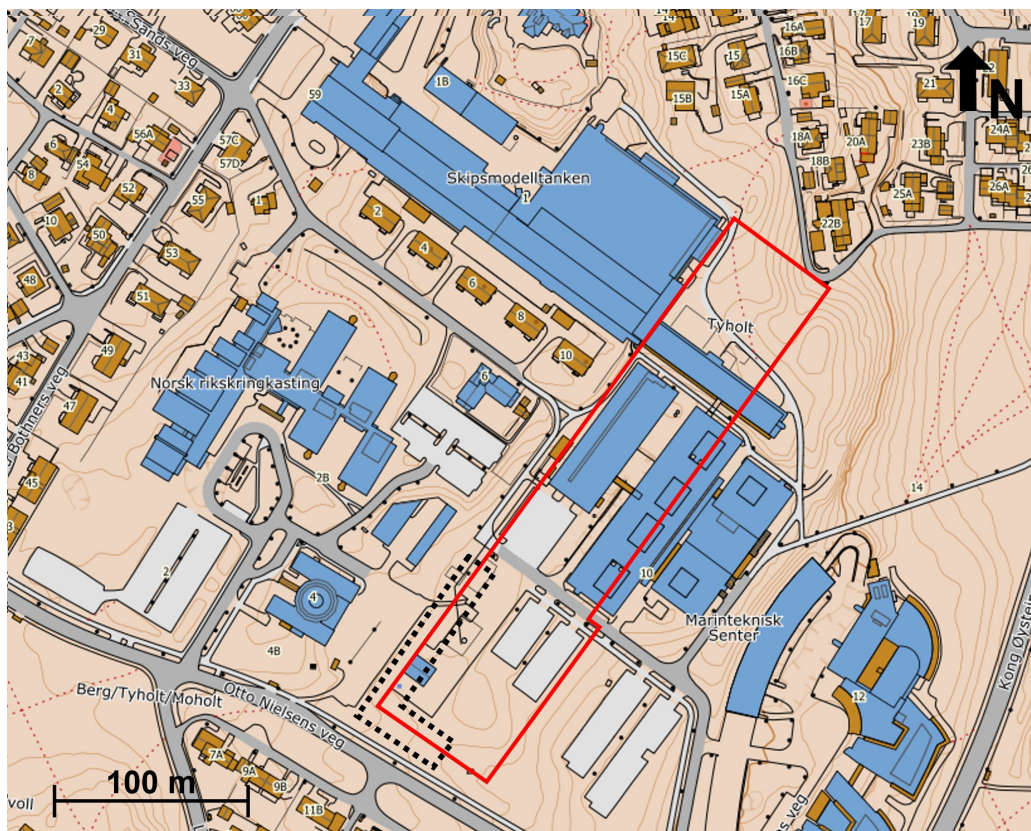
Det er tidligere utarbeidet en rapport, 1026159-RIGberg-RAP-001 [3], som i større detalj beskriver gjennomføringen av og resultatene fra kjerneboring. I tilfeller hvor det er motstrid mellom den rapporten og foreliggende rapport, er det foreliggende rapport som gjelder.

## 2 Bergforhold

Ifølge geologisk kart fra NGU (Figur 1) består berggrunnen i området av: «Grønnstein (metabasalt) og grønskifer udifferensiert. Hovedsakelig deformert putelava med enkelte lag av sur lava, kiselstein, tuffitt, gjennomsett 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.

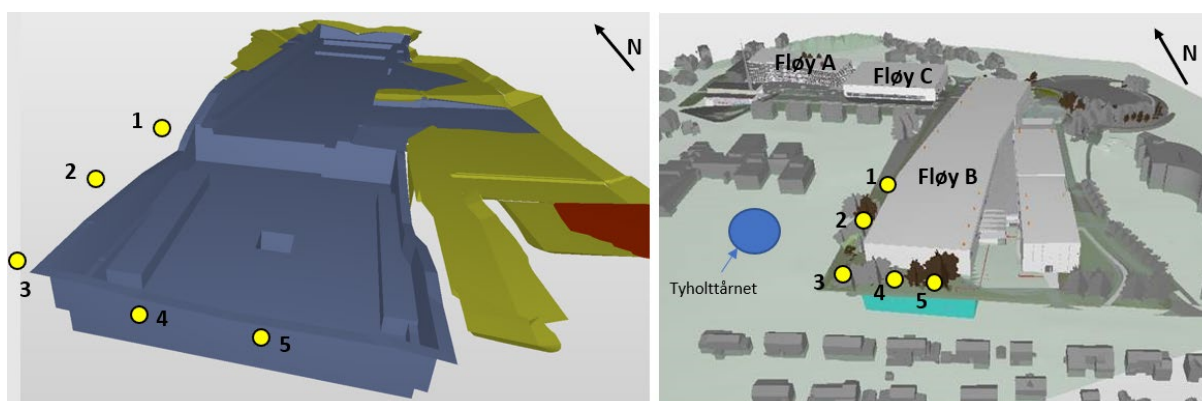
Bergartene observert i de utborede kjerneprøvene avviker noe fra NGUs berggrunnskart. Dette er nærmere omtalt i kapittel 2.1.1



Figur 1. Ifølge berggrunnskart fra [www.ngu.no](http://www.ngu.no) er bergarten i området grønnstein og grønnskifer. Rødt rektangel angir omtrentlig omriss av byggegroppa for fløy B. Stiplet sort linje angir området hvor det er utført kjerneboringer.

## 2.1 Resultater fra kjerneboring

Det ble boret i alt 5 hull, K1, K2, K3, K4 og K5. Hullene ble plassert langs sørsiden og langs sørligste deler av vestsiden av prosjektert byggegropp. Omtrentlig plassering er vist i Figur 2. Hull K1, K2 og K5 ble boret vertikalt, mens K3 og K4 ble bestilt med stikning 75 grader ut fra byggegroppa.



Figur 2. Omtrentlig plassering av kjerneborhullene langs sørvest- og nordvestsiden av fløy B.

Hullene er boret til omtrent nivå for tidligere prosjektert planum av planlagt byggegropp. Prosjektert nivå for planum er hevet etter at kjerneboringene ble utført. Terreng høyde i området er omkring 110 moh., og løsmassetykkelsen i borpunktene varierer fra ca. 8 til ca. 15 m. Boret lengde i berg varierer fra ca. 16 til ca. 28 m.

De utborede kjernene er ikke orienterte. Dette innebærer at det kun er sprekkens fallvinkel i forhold til kjernen som kan fastslås ved logging av utborede kjerner, mens fallretningen er ukjent.

Se rapport 10216159-RIGberg-RAP-001 [3] for foto av kjernene, sammenstilt med RQD og sprekkeantall per meter fra både kjerne logging og televiertolkning.

### 2.1.1 Bergart og bergartsegenskaper

Bergarten som kunne observeres i kjerneprøvene er i hovedsak en tydelig foliert grønnstein (metabasalt). Overgangen mellom tydelig foliert grønnstein og grønnskifer er vanskelig å identifisere. Grønnsteinen som er observert i borhullene vurderes ikke som skifrig, men den tydelige foliasjonen indikerer at grønnskifer kan forekomme ved andre deler av den planlagte byggegrøpa. Generelt bruser grønnsteinen svakt ved tilsetning av saltsyre, noe som indikerer et visst kalkinnhold. Basert på enkle tester med hammer, ble grønnsteinen vurdert å være sterk til meget sterk. Tabell 1 beskriver metoden benyttet for vurdering av styrke.

I borhull K4 og K5 forekommer også en kvartsrik bergart, trolig kvartskeratofyr eller felsitt. Denne opptrer som lag på inntil 2 m mektighet mot bunnen av disse hullene. Bergarten er meget sterk, men mer sprø enn grønnstein.

Tabell 1. Enkel felttestimering av trykkfasthet (Nilsen and Palmstrøm, 2000)

Term	Feltbestemmelse	Ca. $\sigma_c$ (MPa)
Ekstremt svak bergart	Kan lage fordypning med tommelnegl	0,25-1
Meget svak bergart	Smuldrer ved kontant slag med spiss ende av geologihammer. Kan «skrelles» med lommekniv.	1,5
Svak bergart	Kan, med vansker, «skrelles» med lommekniv. Grunn fordypning ved kontant slag med spiss ende av geologihammer.	5-25
Middels sterk bergart	Kan ikke skrapes eller «skrelles» med lommekniv. Et håndstykke sprekker etter ett kontant slag med geologihammer.	25-50
Sterk bergart	Det kreves mer enn ett slag med geologihammer for at et håndstykke skal sprekke.	50-100
Meget sterk bergart	Det kreves mange slag med geologihammer for at et håndstykke skal sprekke.	100-250
Ekstremt sterk bergart	Det lar seg kun gjøre å få løs fliser ved bruk av geologihammer	>250

### 2.1.2 Oppsprekking

#### RQD - Oppsprekkingsfaktor

Oppsprekkingsfaktor er klassifisert etter RQD (Rock Quality Designation). RQD er et enkelt klassifiseringssystem for bergmasser basert på kjerneprøver, og er definert som følger [4]:

«Summen av lengdene av alle kjernebiter med lengde over 10 cm i prosent av hele kjerne lengden. Ved utregning av RQD skal bare naturlige sprekker tas med.»

RQD oppgis i prosent, og inndelingen er som beskrevet i Tabell 2.

Tabell 2. Tabellen viser hvordan RQD-verdier karakteriseres med beskrivende tekst.

RQD (oppsprekkingsfaktor)	
0-25 %	Svært dårlig
25-50 %	Dårlig
51-75 %	Middels
75-90 %	God
90-100 %	Utmerket



Visuell logging av de utborede kjernene viser en lite til moderat oppsprukket bergart. Den klassifiserer i hovedsak som god til utmerket (RQD 75-90), med unntak av enkelte soner, som havner i kategorien middels til dårlig (RQD 25-50).

Logging av kjerneborhullene med televiwer indikerer en lite oppsprukket bergart, og alle deler av kjernene klassifiserer som utmerket (RQD 80-100).

Avviket i oppsprekking mellom manuell logging av utborede kjerner og televiwer-logging av borhull er nærmere diskutert i rapporten for kjerneboringen [3]. Der televiwer rapporterer om svakhetssoner uten at det kan observeres i kjerner, eller omvendt, er det kjernene som er vektlagt.

### Sprekkesett og orientering

Det er observert inntil 3 ulike sprekkereetninger på én kjernebit (lengde 1 m), men i hovedsak er det liten variasjon i sprekkorienteringen.

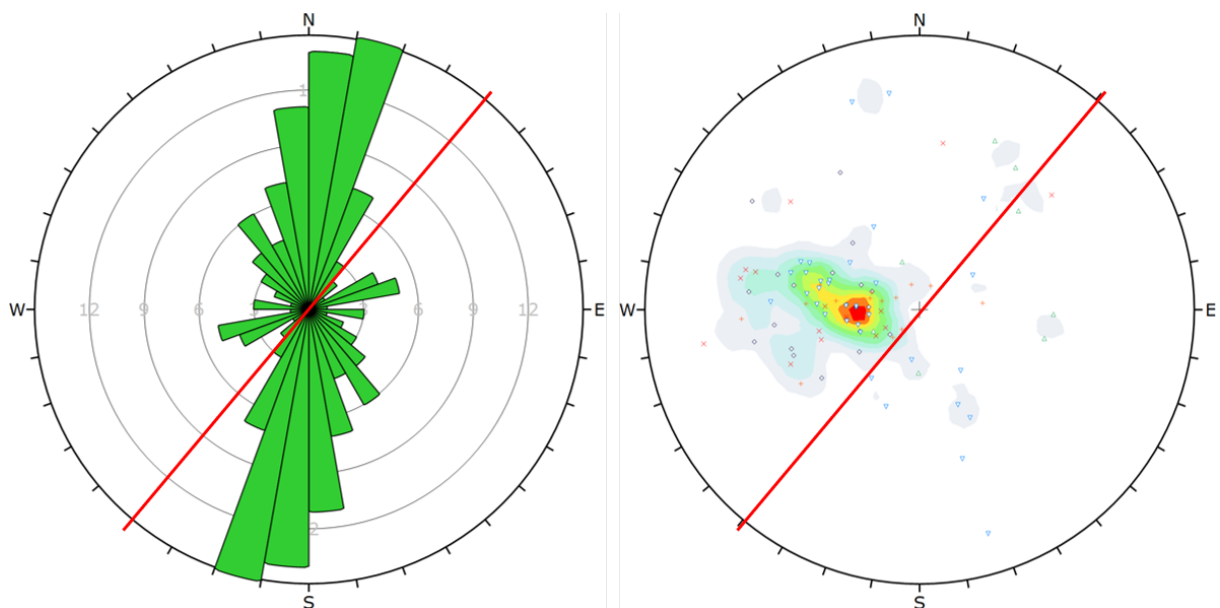
Fordi variasjonen i sprekkretning og fall er liten, og fordi orienteringen på bergartens foliasjon varierer, blir identifisering av ulike sprekkesett usikker. Sprekkene har i overveiende grad fall mot øst og sørøst og fallvinkel på 30-60°, som vist i Figur 3. Unntak finnes, og enkeltsprekker har fallvinkel på inntil ca. 80°.

Tabell 3 presenterer en mulig gruppering av sprekkene tolket fra televiwer i ulike sett.

Tabell 3. Gruppering av sprekker i sett. Fallvinkler og retninger utgjør et gjennomsnitt av orienteringen til grupperte sprekker. Foliasjonen er eneste struktur som opptrer i samtlige borhull.

Struktur	Fallvinkel	Fallretning	# sprekker	Opptreden
Foliasjon	30°	095°	41	K1,K2,K3,K4,K5
Sprekkesett 1	60°	100°	10	K1,K2,K4,K5
Sprekkesett 2	60°	220°	5	K2,K3,K5
Sprekkesett 3	35°	340°	4	K1,K2,K4,K5
Sprekkesett 4	84°	170°	5	K2,K5

I K1 og K2 er det flere soner med tettere oppsprekking, mens det i K5 generelt er høyere forekomst av sprekker enn i de øvrige hullene. I K3 og K4 er det generelt lite sprekker.



Figur 3. Rosediagram (venstre) og polplott (høyre) for sprekker registrert ved logging med televiwer. Rød linje indikerer omtrentlig orientering av byggegropas lengdeakse. Rosediagram (venstre): Grønn skravur viser registrerte sprekkplans orientering i forhold til nord. Polplott (høyre): Hver prikk representerer en sprekk, jo

nærmere prikken er sentrum av figuren, dess slakere er fallet. Fargesjatteringene viser hvor det er tettest med sprekker.

### **Sprekkeegenskaper**

Sprekkeflatene varierer fra glatte og plane til ru og irregulære. Flertallet av sprekke har belegg av mineralet kloritt eller annet mineral med lignende egenskaper, som gjør at sprekke blir glatte.

Den største andelen av oppsprekkingen opptrer langs foliasjonen. Ved logging av utborede kjerner er det uklart i hvor stor grad dette er naturlig oppsprekking, eller om det skyldes håndtering av kjernene. Resultatene fra televiewer-undersøkelsene indikerer at graden av oppsprekking er mindre enn det kjernene viser.

### **2.1.3 Svakhetssoner**

I utborede kjerner er det observert svakhetssoner i hull K1, K2 og K5, se Tabell 4. Disse ser ut til å være assosiert med sprekker med steilere fall enn foliasjonen. Det forekommer noe leire i disse sonene. I borhull K5, på dybde ca. 17-17,5 m måtte det under kjerneboringen støpes ut og bores på nytt. Dette indikerer en svakhetszone, og ved 17 m er det observert leire og til dels knust berg.

*Tabell 4. Svakhetssoner tolket fra televiewer sammenstilt med svakhetssoner observert i utborede kjerner. Orienteringen er basert på data fra televiewer. Orientering merket \* vurderes å følge bergartens foliasjon.*

Borhull	Dybde (m)		Orientering på sone (fall/fallretning)
	Televiewer	Kjerne	
K1	22,5	22-24	65/110
	26	26	35/120*
K2	24	-	67/100
	-	26-28	-
	29	30	67/100
K3	-	-	-
K4	-	-	-
K5	16-18	16-18	40/105*

### **2.1.4 Sulfider**

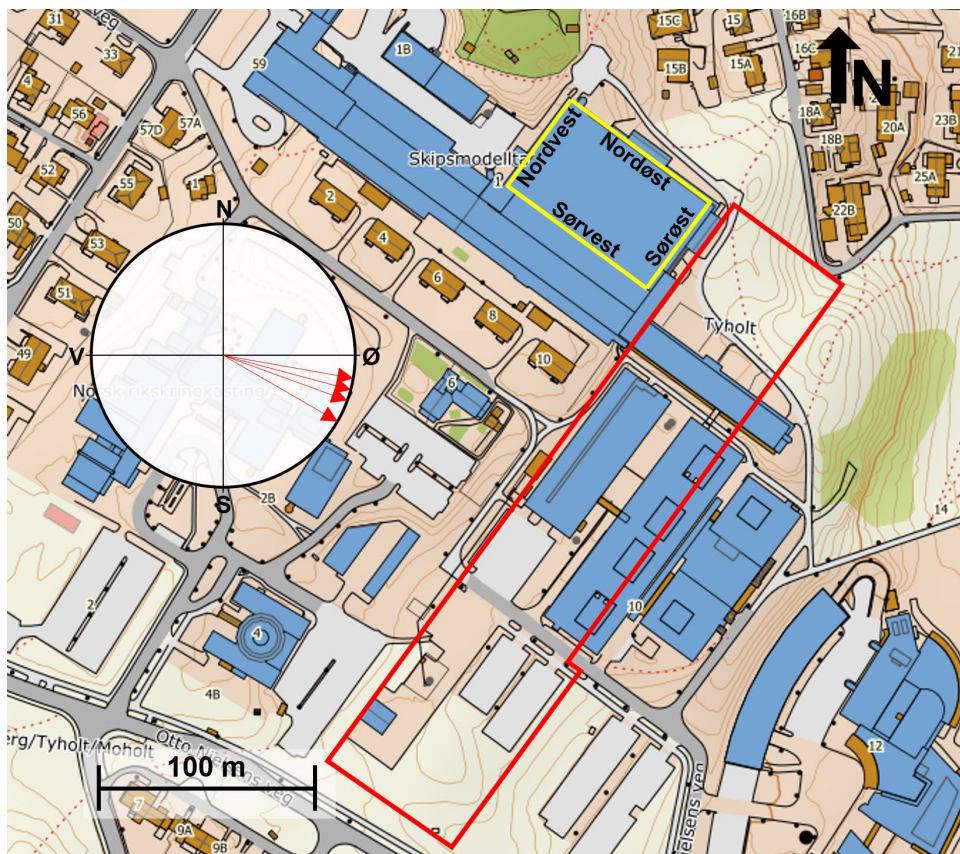
Det er kun observert spredte og små forekomster av sulfid, trolig pyritt, men finfordelte sulfider kan være vanskelig å identifisere visuelt.

## **2.2 Erfaringer fra tidligere bergarbeider i området**

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

Foto herfra viser utglidninger i bergskjæringen nordvest i byggegropa og tilsynelatende gode bergforhold i nordøst og sørøst, se Figur 4, Figur 5 og Figur 6.

Utglidningen synlig i Figur 5 sammenfaller med orienteringen til svakhetssonene identifisert ved kjerneboring, se Figur 4 og Tabell 4.



Figur 4. Gult rektangel viser omtrentlig omriss av byggegropa for skipsmodelltanken, der grunnarbeider pågikk i 1979. Pilene inni sirkelen i figuren viser fallretningen på svakhetssonene avdekket gjennom kjerneboring. Se også Figur 5 og Figur 6, som viser foto av skjæringsvegg i nordvest, nordøst og sørøst.



Figur 5. Bilder fra bygging av skipsmodelltank, datert 1979. Bildene viser spor etter 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. Se Figur 4 for plassering i forhold til prosjektert byggegrøp.



Figur 6. 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 4 for plassering i forhold til prosjektert byggegrop.

### 3 Vurderinger

#### 3.1 Generelt

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.

Dominerende sprekkeretning følger foliasjonen. Denne varierer en del, men er i overveiende grad orientert med liten vinkel i forhold til lengdeaksen 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.

Det understrekes imidlertid at plane utglidninger, kileutglidninger og utvelting kan forekomme i alle byggegropas vegger, både som følge av registrerte sprekkesett og av tilfeldige sprekker. Svakhetssoner må vurderes spesielt underveis i etableringen av byggegrop. I flere av disse er det observert noe leire, noe som medfører økt sannsynlighet for utglidninger i skjæringsvegg

I borhull K5 er graden av oppsprekking høyere enn i de øvrige hullene. Dette kan være tilfeldig, men kan også indikere at bergkvaliteten langs deler av byggegropa er dårligere enn det resultatene fra de øvrige borhullene indikerer.

Resultatene fra kjerneboringen samsvarer med utglidningene som er observert i foto fra bygging av skipsmodelltanken (Figur 5 og Figur 6).

## 3.2 Berguttak og bergsikring

Basert på resultater fra kjerneboring, samt foto tatt i byggegrop i 1979 (Figur 5 og Figur 6) under bygging av eksisterende bølgebasseng, må det forventes større utfordringer knyttet til utglidninger langs byggegropas nordvestre bergvegg, og i noen grad også sørvestre bergvegg. Slike utfordringer kan forekomme også langs de øvrige bergveggene, men forventes i langt mindre grad.

### 3.2.1 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, fortløpende tilpasning av sprengningsopplegg, sømboring, etc.

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

Nordvestveggen av den planlagte byggegropa går parallelt parkeringsplassen på nedsiden av Tyholtårnet, mens sørvestveggen er parallell Otto Nielsens veg (se Figur 1). På grunn av muligheten for utglidninger kan det bli behov for å begrense pallhøyde til 5 m i enkelte partier av disse veggene. Dette må tilpasses fortløpende, og beslutning med tanke på dette tas på bakgrunn av ingeniørgeologiske vurderinger og erfaringer underveis i byggefase.

### 3.2.2 Wiresaging

Der nærhet til eksisterende konstruksjoner eller andre hensyn gjør at bevaring av kontur er absolutt nødvendig, bakbryting ikke kan aksepteres, vibrasjoner må holdes svært lave, etc., kan wiresaging være aktuelt alternativ til sprengning.

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

### 3.2.3 Utforming av bergskjæringer

Der observasjoner på stedet eller erfaringer underveis ikke tilsier annet, anbefales bergskjæringene utformet med vertikale vegger. Se Figur 7.

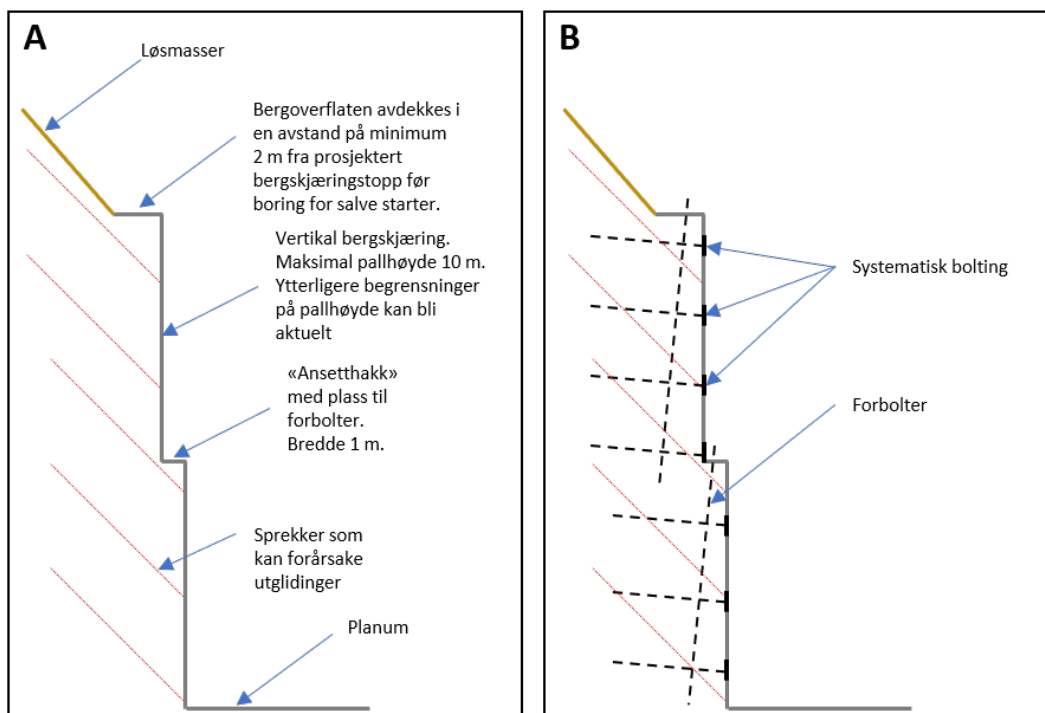
### 3.2.4 Bergsikring

#### Før berguttak

For å unngå utglidninger forventes utstrakt behov for systematisk forbolting langs bergskjæringer nordvest og sørvest i byggegropa. Langs skjæringstopp er det her sannsynlig at forboltene må forankres i en betongdrager. Forbolter og betongdrager må installeres før sprengning. Bildene i Figur 5 viser plan utglidning. Sannsynligheten for slike utglidninger vil reduseres ved installering av forbolter forankret i betongdrager før sprengning, i kombinasjon med redusert pallhøyde og fortløpende systematisk bolting.

Lokalt forventes behov for noe forbolting også langs øvrige bergvegger.

I overgangen mellom to paller, der det uansett blir et ansetthakk, må det settes av tilstrekkelig plass til at forbolter kan monteres omtrent 0,5 m innenfor prosjektert kontur, som illustrert i Figur 7 B. I praksis innebærer det at det må settes av ca. 1,0 m ved hver pall.



Figur 7. A: Prinsippskisse for utforming og boltesikring i bergskjæring. Der forbolter ikke er nødvendig kan ansetthakket lages så smalt som praktisk mulig (ca. 0,7 m). B: Forbolter plasseres i utgangpunktet ca. 0,5 m innenfor kontur, med fall omkring 80 grader inn i bergveggen. 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. Merk at figuren ikke viser spuntene som skal monteres langs skjæringstopp og forankres til berg.

#### Under og etter berguttak

Som følge av registrert sprekkeorientering, 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 5 og Figur 6, 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.

### 3.3 Vibrasjoner og nabohensyn

Ifølge NS8141 [5] anbefales besiktigelse av bygg i en avstand på 50 m ved fundamentering på berg og 100 m ved fundamentering på løsmasse. Basert på dette fastsettes grenseverdier for vibrasjoner og behov for vibrasjonsovervåkning bestemmes.

Prosjektert byggegrop ligger i et område med mye bebyggelse og infrastruktur. Både Tyholtårnet og NRK ligger i kort avstand fra områdene hvor det vil bli sprengning og annet vibrasjonsskapende arbeid. Det samme gjør en rekke boliger. Oppmerksomheten knyttet til vibrasjoner, støy, støv og andre ulemper forårsaket av byggearbeidene vil være betydelig. Dette er nærmere omtalt i eget notat [6].

### 3.4 Adkomstveger

Detaljer knyttet til utforming og plassering av adkomstveier til byggegropa er ikke vurdert. Adkomst ned til byggegropa betinger bergskjæringer. Et grovt estimat for disse antyder behov for berguttak på til sammen ca. 5 400 faste m<sup>3</sup>. Samlet skjæringsareal for adkomstveier anslås til 860 m<sup>2</sup>, og samlet lengde til 192 m.

Der adkomstveier skjærer gjennom vegger i byggegropa, må disse trolig støpes igjen senere.

### 3.5 Anvendbarhet av steinmaterialet

Det er ikke gjort tester med tanke på anvendbarhet av steinmaterialet.

#### 3.5.1 Vegbygging og fyllinger

Bergarten påtruffet under kjerneboringen er i all hovedsak grønnstein. Erfaringsmessig er grønnstein en bergart som kan benyttes i vegbygging. Trafikkmengde er et viktig kriterium, da det kravene til steinmaterialets mekaniske egenskaper øker med økt trafikkmengde. For å bekrefte egnethet må det utføres testing av mekaniske egenskaper. Dette krever større prøvemengder enn det som er tatt ut gjennom kjerneboringen.

Som fyllmasse vurderes bergarten å være godt egnet.

Grønnskifer knuses erfaringsmessig lett ned. Dersom deler av bergmassen består av dette vil andelen av steinmaterialet som kan benyttes i vegbygging reduseres. Det er derfor positivt at kjerneboringen viser grønnstein, og ikke grønnskifer.

#### 3.5.2 Tilslag i betong

Det er observert noe sulfider i bergarten, trolig pyritt (svovelkis). Sulfider er en gruppe svovelholdige mineraler, og mengden svovel som kan aksepteres før steinmaterialet blir uegnet som tilslag i betong avhenger av type sulfid. Ved forekomst av magnetkis reduseres toleransen betydelig.

I grønnstein i trondheimsregionen forekommer normalt ikke sulfider i slike mengder og varianter at dette representerer noe problem i forbindelse med tilslag. Det er heller ikke observert sulfidmengder av betydning i de utborede kjernene.

Sulfidtyper må bekreftes og svovelinnhold bestemmes ved våtkjemisk analyse.



Det er observert en del kloritt langs foliasjon og sprekker. Et for høyt klorittinnhold vil påvirke egenskapene som tilslagsmateriale i betong i negativ retning.

I sum vurderes det sannsynlig at grønnsteinen i området kan benyttes som tilslag i betong. Dette må imidlertid bekreftes gjennom analyser og testing.

## 4 Mengder og materiell

Mengdeanslagene for bergsikring forutsetter systematisk sikring, og er basert på en forventning om ulike sikringsbehov i de fire sidene av byggegropa, se Figur 8. Videre er det lagt til grunn at det ikke skal tilbakefylles mellom bergvegg og bygg.

Det forventes utstrakt behov for systematisk bolting og forbolting, i tillegg til 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 og stag – Fullt innstøpte, lengde og dimensjon vil variere
- Sprøytebetong – Tykkelse vil variere, men 15 cm er lagt til grunn for volumenslaget
- 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.

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

For berguttak er følgende inkludert:

- Prosjekterte faste m<sup>3</sup> berg som skal sprenges ut, inkludert opplasting og transport
- Antall m sømboring

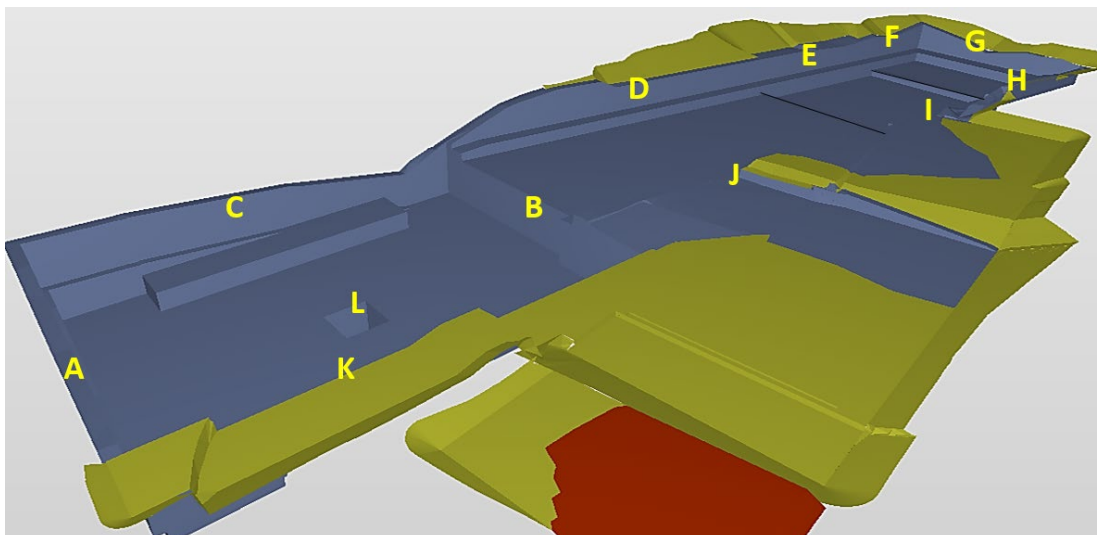
Dette representerer kun hovedmengdene, og er ikke en komplett liste over alle arbeidsoperasjoner som kreves for berguttak.

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

### 4.1 Om mengdeanslagene

Som det går fram av Figur 8 er det mange avsatser og nivåforskjeller i planlagt byggegrop for fløy B. Å oppnå slike skarpe skiller i berget ved sprengning av byggegrop er ikke realistisk, og faktisk utforming vil avvike fra det figuren viser.

Videre er det ikke tatt hensyn til avsatser og nivåendringer ved estimering av sikringsmengder. For hver av skjæringsveggene vist i Figur 8 er det lagt til grunn én vertikal bergskjæring. Unntakene er ved stor skjæringshøyde, hvor det er inkludert forbolting også i pall nr. 2.



Figur 8. Figuren viser inndeling av byggegropa i ulike skjæringsvegger. Inndelingen danner grunnlag for det overordnede mengdeanslaget.

## 4.2 Orienterende mengder

Tabell 5. Orienterende mengder. Inkluderer ikke adkomstvei til byggegrop.

Type	Enhet	Mengde
Forbolter	stk.	800
Betongdrager for forankring av forbolter	m	290
Bergsikringsbolter*	stk.	1 550
Sprøytebetong	m <sup>3</sup>	1 250
Nett	m <sup>2</sup>	2 000
Sømboring	m	43 000
Rensk	m <sup>2</sup>	8 700
*Inkluderer alle boltelengder, stag, etc.		

## 5 Oppsummering

Basert på oppsprekingsfaktoren og antall sprekkesett som er observert å forekomme samtidig, vurderes bergforholdene som egnet for etablering av byggegrop.

Som følge av glatte sprekker med fall inn mot byggegropa, må det forventes større behov for bergsikring med hensyn på plane utglidninger og kileutglidninger i byggegropas nordvestre vegg og sørvestre vegg, enn i de øvrige veggene. Her forventes i større grad enn øvrige deler av byggegropa, behov for systematisk forbolting, og at forboltene må forankres i betongdrager parallelt skjæringstopp. I tillegg må det forventes behov for både tettere bolting og lengere bolter her. Det kan også bli behov for reduserte salvehøyder og -lengder, slik at bergveggene kan sikres før eventuelle utglidninger inntreffer.

Steiltstående svakhetssoner kan medføre utfordringer og behov for tyngre sikring. Svakhetssoner må vurderes spesielt underveis i etableringen av byggegrop. I flere av disse er det observert noe leire, som kan medføre økt sannsynlighet for utglidninger i skjæringsvegg.

Videre forventes behov for sømboring langs alle skjæringsvegger, samt begrensninger i pallhøyde og salvelengde. Vibrasjonsgrenser må fastsettes, og sprengning må utføres slik at disse ikke overskrides.

Det er ikke avdekket geologiske strukturer som gir føringer for skjæringshelning, og bergskjæringene anbefales etablert med vertikale vegger.

Det er så langt ikke avdekket forhold som gir grunn til å anta at bergforholdene totalt sett er mer krevende enn det som tidligere er lagt til grunn, men det er sannsynliggjort at sikringsbehovet i byggegropas vestre bergvegg blir større enn i de øvrige veggene.

Erfaringsmessig er grønnstein en bergart som kan benyttes i vegbygging. For å bekrefte egnethet må det utføres testing av mekaniske egenskaper. Dette krever større prøvemengder enn det som et tatt ut gjennom kjerneboringen. Som fyllmasse vurderes bergarten å være godt egnet.

Videre vurderes det sannsynlig at grønnsteinen i området kan benyttes som tilslag i betong. Dette må imidlertid bekrefte gjennom analyser og testing, blant annet med tanke på sulfidinnhold.

## 6 Referanser

- [1] Multiconsult Norge AS, «10216159-RIG-RAP-003 - Fagrappport, geoteknikk - Entreprise K202,» Multiconsult, Trondheim, 2021.
- [2] Multiconsult Norge AS, «10216159-RIGh-RAP-002 - Fagrappport, hydrogeologi - Entreprise K202,» Multiconsult, Trondheim, 2021.
- [3] Multiconsult Norge AS, «10216159-RIGberg-RAP-001,» Multiconsult, Trondheim, 2020.
- [4] NGI, «Håndbok- Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning,» NGI, 2015.
- [5] Standard Norge, «NS8141:2001,» 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.