



RÅDGIVENDE INGENIØRER

- geoteknikk
- hydrogeologi
- prosjektledelse
- geofysikk
- landmåling
- ingeniørgeologi
- ressurskartlegging

Oppdragsgiver:

LUFTFARTSVERKET

Oppdrag:

INGENIØRGEOLOGISK FORUNDERSØKELSE
FOR ATCC I FJELL MUSERUDÅSEN, RØYKEN

Oppdragsnr./

Rapportnr.:

Sted, dato:

31640.01

Oslo 17. juni 1988

Fagområde:

Ingeniørgeologi

Emneord:

Fjell

Forunder-
søkelse

Fjellhall

Feltarbeid utført:

UKE 19 1988

Antall tekstsider:

12

Antall vedlegg:

2

Sammendrag:

A/S GEOTEAM har på oppdrag fra Luftfartsverket, utført forundersøkelse for ATCC-anlegg i fjell i Muserudåsen ved Røyken. Det er foretatt kartlegging av oppsprekning og svakhetssoner i felt, samt laboratorietesting av bergartene (DRI og BWI).

Resultatet av kartleggingen viser at man vil måtte krysse enkelte svakhetssoner med adkomsttunnelene. Hallens plassering og orientering er valgt ut ifra oppsprekningsretningene og svakhetssonenes forløp. Det kan forventes svelleleire på sonene, men det forventes ikke større vansker knyttet til høye spenninger i fjellet.

Laboratorieresultatene viser at man kan forvente en netto borsynk på 160 - 170 cm/min (AC Cop 1038) i Drammensgranitten.

Land/fylke:

Buskerud

Kommune:

Røyken

Sted:

Kartreferanse: Muserudåsen

Oppdragsansvarlig:

Walter Hoffmann

Saksbehandler:

Øyvind Arntsen

OSLO KONTROLLSENTRAL - RØYKEN

RAPPORT INGENIØRGEOLOGISKE FORUNDERSØKELSER

INNHold

1. INNLEDNING.	3
2. ERFARINGER FRA ANDRE ANLEGG I OMRÅDET	3
3. TOPOGRAFI	3
4. BERGARTER OG BERGARTSFORDELING.	4
5. BERGARTENES MEKANISKE EGENSKAPER.	4
6. FJELLMASSENS OPPSPREKNING	5
7. SVAKHETSSONENE.	6
8. BERGTRYKK	6
9. VANNFORHOLD	7
10. PLASSERING AV ANLEGGET	7
11. PAHUGG	8
12. SIKRINGSARBEIDER	8
13. VIDERE UNDERSØKELSER	11

TEGNINGER:

- 31640 - 1: SVAKHETSSONER OG OPPSPREKNING
- 2: SITUASJONSPLAN - PROFILER

1. INNLEDNING

På oppdrag fra Luftfartsverket i kontrakt av 30. mai 1988, har A/S GEOTEAM utført Ingeniørgeologisk forundersøkelse av område for fjellhall i Muserudåsen ved Røyken.

Hovedkonsulent for prosjektet er Ingeniør P. A. Bakkejord A.S.

Undersøkelsen har i hovedsak bestått av feltkartlegging. Flybildene over området var lite egnet til kartlegging, på grunn av vegetasjonen og bildemålestokken.

Undersøkelsene er gjort i uke 19, 1988.

2. ERFARINGER FRA ANDRE ANLEGG I OMRÅDET

Anleggsdrift i Drammensgranitten har ved enkelte tilfeller bydd på stabilitetsmessige vanskeligheter. Man har selv ved liten overdekning hatt sterkt sprakefjell, og svelleleire på svakhetssonene har skapt ytterligere vansker.

De høye spenningene skyldes det man kaller residualspenninger. Dette er spenninger som har sitt opphav i størkningsprosessen da bergarten ble dannet. Noe av spenningene avlastes gjennom at bergarten sprekker opp i ettertid, men erfarigene med dette fenomenet er at spenningene er sterkt varierende, både med hensyn til retning og størrelse.

3. TOPOGRAFI

Muserudåsen er et av flere nord-sørgående lave fjellparti i et område av heier og relativt mye dyrket mark. Man må regne med at grunnvannstanden i åsen vil ligge en del lavere enn terrenget, og at den varierer en del med nedbørsmengden. (Se kap. 9).

4. BERGARTER OG BERGARTSFORDELING

Hovedbergarten i området er Drammensgranitt, som er en eruptiv bergart med omtrentlig like mengder kvarts, plagioklas feltspat og kalifeltspat. Den inneholder ellers mindre mengder mørk glimmer (biotitt), og ofte spor av titanitt og apatitt.

Selve granitten er homogen og varierer lite innen området, men det er funnet et horisontalt lag av en intrusivbergart (gangbergart) på kote 135 i blotning på østsiden av åsen. Denne bergarten er mere finkornig enn selve granitten, men antas ellers å ha tilnærmet samme mineralsammensetning som hovedbergarten.

5. BERGARTENES MEKANISKE EGENSKAPER

Det ble avtalt å utføre laboratorietesting på Drammensgranitten fra Muserudåsen (ref. brev av 20. mai 1988). Deler av dette er utført av GEOTEAM, mens Sievers-J - test og testing av abrasivitet er utført av SINTEF's avdeling for Bergteknikk. Resultatene av dette er:

Sprøhet: 69.7 (3 prøver)

Sievers-J: 7.4 (4 boringer)

Abrasivitet: 45

Dette gir utregnede verdier for borsynkindeks og borslitasjeindeks på 68 (DRI) og 25 (BWI). Bruker man prognosemodeller fra Institutt for Anleggsdrift, NTH på disse tallene, kommer man fram til en antatt netto borsynk på 160 - 170 cm/min for AC - Cop 1038 bor-utstyr.

Det må imidlertid tas forbehold mht. bergartens sprøhet. Prøvene er hentet fra åsens østside, og fra den delen av fjellet som har vært

utsatt for forvitring. Det er derfor sannsynlig at verdien for sprøhet er noe høyere enn det den vil være inne i fjellet.

6. FJELLMASSENS OPPSPREKNING

Bergarten i Muserudåsen har utviklet tre sprekesett.

I: Hovedsprekkeretning.

Strøk 390 - 400°, fall 85 - 90° (mot vest). Dvs. tilnærmet nord - sørgående og nesten steiltstående. Blotninger av disse sprekkene finnes i skjæringer på åsens østside (og vestsider). Sprekkeavstanden er i blotning, Muserudåsen øst, registrert til 3 - 5 m. Sprekkene er meget utholdende, og danner to 100 meter lange skrenter på åsens østside. Det er ikke funnet belegg på disse sprekkene.

II: Slepperetning/Svakhetssoner.

Strøk 105 - 115°, fall 75 - 80° (mot sør). Dvs. tilnærmet øst - vestgående, og nesten steiltstående / svakt hellende mot sør. Utgående av disse sleppene kan sees på åsens øst - og vestsider, og de kan til en viss grad følges over selve åsen. Avstanden mellom sleppene varierer fra område til område. Enkelte steder (nord i Muserudåsen) er avstanden 8 - 10 m, mens området hvor fjellhallen er tenkt plassert, later til å være uten slike svakhetssoner. Se kap. 7 for utfyllende beskrivelse.

III: Horisontal oppsprekning.

I blotninger på åsens øst - og vestsider finner man et tredje sprekesett. Strøket er 15 - 20°, og fall 8 - 10° (mot øst - sørøst). Sprekkene er altså tilnærmet horisontale, og har en avstand i blotningen på 2 - 3 m. Det er ikke funnet belegg på disse sprekkene, men den tidligere nevnte intrusivbergarten følger disse.

7. SVAKHETSSONENE

Regionalt sett er de største svakhetssonene i området nord-sørgående. Muserudåsens begrensninger i øst og vest utgjøres av slike store svakhetssoner, men i området hvor hallen er tenkt plassert er det ikke funnet slike. Åsens østside har imidlertid trappeform, og skrentene representerer nord - sørgående slepper, som vil påtreffes ca 30 meter inn fra påhugg, adkomst-tunnel. Det forventes ikke større problemer knyttet til disse hvis de krysses tilnærmet normalt.

Det meste av svakhetssoner og slepper finnes helt nord i Muserudåsen. De sonene som har orientering øst - vest, har utgående på åsens østside og kan måles her. Mektigheten varierer fra 0.5 til 3 meter, og felles for alle er at de inneholder mye grovfragmentert materiale (blokkig). Det er vanskelig å si noe om innholdet av finknust materiale på disse sonene, siden det som eventuelt har vært der nå er vasket bort. Det er imidlertid funnet leirholdig materiale på en 0.5 meter mektig sone helt nord - øst i Muserudåsen (nordvest - sørøst-gående, se kart), og det er derfor grunn til å anta at også flere av svakhetssonene i området inneholder finstoff.

8. BERGTRYKK

Som nevnt innledningsvis, har man hatt problemer med høye spenninger i denne bergarten andre steder.

Et viktig moment ved vurderingen av spenningstilstanden i området, er hvor hyppig den horisontale oppsprekningen forekommer. Denne er et resultat av bergartens avspenning og/eller en følge av bevegelser i jordskorpa. I begge tilfeller vil hyppig og dyptgående horisontal benkning tyde på relativt sett gunstigere forhold.

En slik benkning er funnet i Muserudåsens østside, og avstanden mellom sprekkene (2-3 m.) virker lovende. Man kan allikevel ikke utelukke spenningsproblemene helt, siden man ikke vet hvor langt inn i åsen disse sprekkene går.

9. VANNFORHOLD

Det er antydnet innledningsvis at topografien i området betinger varierende grunnvannstand, og et vannspeil som ligger noe under terrenget. Det må allikevel antas at hele anlegget blir liggene under vannspeilet, men trykket på dette vannet blir neppe stort.

Drammensgranitten er en sprø bergart, og sprekkene er derfor ofte mange og utholdene. Dette gjør at vannet trenger lettere inn i og gjennom sprekkene. Man må derfor påregne en del innsig i anlegget, varierende med nedbørsmengden.

10. PLASSERING OG UTFORMING AV ANLEGGET

Tidlig i prosjektfasen var hallen tenkt plassert tilnærmet parallelt det som viste seg å være sprekkeretning II. Området hvor hallen var plassert, viste seg imidlertid å være det gunstigste ut ifra svakhetssonenes opptreden.

Det ble fra GEOTEAM's side anbefalt å dreie hallens lengste akse, slik at de to hovedsprekkeretningene ikke falt parallelt hallen. Den geologisk sett gunstigste løsningen ville ha vært å legge hallen i nord-østlig - sør-vestlig retning, men dette ville ha skapt problemer med adkomsttunnelene.

Resultatet ble at man valgte å legge hallen tilnærmet nord-vest - sør-øst. Dette ble ansett som den nest gunstigste løsningen

for selve hallen, og man antar også å unngå en del av svakhets-sonene for adkomsttunnelen til hallens vestre side.

Pilhøyden (største takhøyde minus veggghøyde) varierer ofte fra anlegg til anlegg, avhengig av innspenning og oppsprekning. Denne settes som en funksjon av hallbredden, og ligger ofte i området $0.15-0.25 \cdot b$.

Det anbefales at man bestemmer pilhøden for dette anlegget ut ifra de erfaringer driften av adkomsttunnelene gir.

11. PÅHUGG

Områdene som er valgt til påhuggssteder, er preget av sprekke-retning I. Som tidligere nevnt utgjør dette terasser i området hvor de to nordligste påhuggene er tenkt plassert.

Man må sørge for at fjellmassene stabiliseres tilstrekkelig med bolter, og at boltene plasseres slik at de tar opp strekk-krefter, ikke skjærkrefter. Dette betyr skrått oppover og med en skjæring på ca 30° med sleppene.

Videre er det viktig å utforme portalene slik at isdannelser hindres. Man kan anta at skrentene er belagt med issvuller på vinterstid.

12. SIKRINGSARBEIDER

I de følgende sikringsprognoser er det forutsatt at området hvor hallen er tenkt plassert ikke krysses av svakhetssoner.

Det er videre antatt at problemene med sprakefjell blir minimale, men at svakhetssonene kan inneholde aktiv leire.

TUNNELER:

I den delen av anlegget som ikke berøres av svakhetssoner/slep-
pesoner, antas bolting å være den beste sikringsmetoden. Hvis
stabiliteten på stoff tillater det, vil det være en fordel å
bruke innstøpte bolter. Hvorvidt dette arbeidet skal utføres på
stoff eller bak, må nødvendigvis vurderes under arbeidets gang.
Følgende bolteprogram anbefales:

ANLEGGSDDEL	SYSTEM	BOLTELENGDE	TETTHET
Tunnel 10 m ²	Tilfeldig bolting	3m	15 stk/10 lm
Tunnel 16 m ²	-----"-----	3m	10 --"--
	+ -----"-----	4m	8 --"--

I områder hvor fjellet er mere småfallent, anbefales bolteprogram-
met supplert med fjellbånd.

Nødvendigheten av sprøytebetong i disse områdene av tunnelene må
sees i sammenheng med arbeidssikkerhet, vannsikring, og utformin-
gen av den ferdige tunnelen (skal tunnelen bygges inn ?). I
utgangspunktet er ikke et tynt lag sprøytebetong noen god sikring
i slikt fjell. De løse blokkene øver punktbelastning på betong-
sjiktet, og sprøytebetongen som er ment å ha en "skall-effekt",
blir en falsk trygghet.

Dersom man velger sprøytebetong som sikring, foreslås dette gjort
ved at antallet bolter nedsettes noe, og at man legger på 5 cm
fiberarmert sprøytebetong.

Vannsikringen i tunnelene må sees i sammenheng med den endelige
utformingen/innbyggingen, og ikke minst hvordan forholdene viser
seg å være inne i fjellet. Dersom vanntrykket viser seg å være
lavt, og lekkasjene begrenser seg til punkter, kan injisering være
en grei måte å stoppe vannet på.

Ved passering av svakhetssonene, må man belage seg på å måtte støpe ut hele tverrsnittet. Det kan vise seg å være tilstrekkelig å sikre noen av sonene med armeringsnett og fiberarmert sprøytebetong. Også her må det vurderes fra gang til gang om dette må gjøres bak eller på stuff.

Se profiltegninger for angivelse av utstøpte lengder.

HALLEN:

Også for selve hallen antas bolting å være det beste sikringsgrunnlaget. Det anbefales brukt bolter med lengde 4 og 6 meter, og at disse plasseres i et tilnærmet fast boltemønster.

Med dette menes at man kan avvike fra mønsteret slik at de enkelte blokker blir sikret, men slik at man samtidig oppnår en kontinuerlig sikring av hallen som helhet.

Fordelingen av 4 og 6 m boltene over heng og vegg må vurderes underveis, slik at partier som er potensielt ustabile (pga sprekkenes retning) blir sikret med de lengste boltene. Dette kan føre til at de lengste boltene ikke nødvendigvis må plasseres i midten.

I tillegg bør hengen i hallen sikres med stålfiberarmert sprøytebetong, og vannsikringen vurderes i forhold til innbyggingen og i hvor stor grad vannet opptrer inne i hallen.

Følgende sikringsomfang foreslås som utgangspunkt:

HENG: 3 m²/bolt, 5 cm fiberarm. sprøytebetong over hele hengen.

VEGG: 6 m²/bolt 5 cm fiberarm. sprøytebetong øverste 3 m.

Det antas at all sikring utføres under drivingen av takskiva, og at boltingen kan utføres på stuff (avhengig av stabiliteten), men at sprøytingen foretas bak stuff og for ca 10 meter ad gangen.

KOMMENTARER TIL SIKRINGEN:

Ved kryssing av svakhetssonene er det spesielt viktig at man tar prøver av materialet på disse før sonene sprøytes inn/støpes igjen. Sonenes mektighet og retning må også måles.

Dette for at man skal vite akkurat hva det er man har sikret, og slik at man kan gå tilbake til laboratorieresultatene ved eventuelle senere vanskeligheter.

13. VIDERE UNDERSØKELSER

Kjerneboringer med uttak av prøver av sleppematerialet, ville ha gitt svar på om man kan forvente svelleaktivitet. Videre ville en slik boreserie ha slått fast om det finnes slepper/svakhetssoner i området hvor hallen er tenkt plassert. Det kan by på problemer å få tatt opp prøver av sleppematerialet, men ved bruk av trippelkjerne-rør bør dette kunne gå.

I forbindelse med kjerneboringene vil det også være mulig å måle hovedspenningene i bergarten. Det finnes ulike metoder for dette.

En annen mulighet er å bruke de erfaringer driften av adkomst-tunnelene gir, til å vurdere endelig sikringsomfang for hallen.



Dette vil imidlertid gi dårligere økonomisk oversikt, og vi foreslår derfor kjerneboringer som videre undersøkelser.

Oslo 4. juli 1988
for A/S GEOTEAM

Walter Hoffmann
Walter Hoffmann

Eyvind Arntsen
Eyvind Arntsen