

STATSBYGG



**10103 NYBYGG
HANDELSHØYSKOLEN I BERGEN -
SKISSEPROSJEKT**

RAPPORT

| | | |
|---|--------------------------|---------------------|
| Rapport nr.: 1 | Oppdrag nr.: 96000012 | Dato: 27.04.2009 |
| Kunde: Statsbygg | | |
| GEOTEKNISK RAPPORT, NYBYGG HANDELSHØYSKOLEN I BERGEN, SKISSEPROSJEKT | | |
| <p>Sammendrag:</p> <p>Det planlegges nybygg ved NHH, sør for eksisterende bygninger. Planene omfatter et betydelig terrenginngrep med utsprengring av tomt.</p> <p>Det skal utarbeides et skisseprosjekt. SWECO Norge AS har på oppdrag fra Statsbygg gjennomført en undersøkelse av geologiske / geotekniske forhold i den forbindelse.</p> <p>Det er generelt lite løsmasser på tomten og bergarten i området er granittisk gneis.</p> <p>Sprengningsarbeidene skal foregå nær eksisterende bebyggelse. Det gjelder bolibbygg og eksisterende bygg ved NHH og anlegg i berget under. Konsekvenser i forbindelse med uønskede hendelser kan bli store. Det må derfor tas spesielle hensyn til dette under grunnarbeidene.</p> | | |
| Rev. | Dato | Revisjonen gjelder |
| Utarbeidet av: Jane Blegen | Sign.: | <i>Jane Blegen</i> |
| Kontrollert av: Geir Bertelsen | Sign.: | |
| Oppdragsansvarlig / avd.: | Oppdragsleder / avd.: | |
| Kjell Einar Knutsen / 512 | Jane Blegen / 512 | |

INNHold:

| | |
|--|-----------|
| STATSBYGG | 1 |
| 1 INNLEDNING..... | 2 |
| 2 GRUNNLAG | 2 |
| 3 BELIGGENHET | 2 |
| 4 TEKNISKE INSTALLASJONER I GRUNNEN | 3 |
| 5 UTFØRTE UNDERSØKELSER | 4 |
| 6 GRUNNFORHOLD | 5 |
| 6.1 TOPOGRAFI..... | 5 |
| 6.2 LØSMASSE | 5 |
| 6.3 BERGGRUNNEN..... | 6 |
| 6.3.1 Bergarter | 6 |
| 6.3.2 Oppsprekking/Svakhetssoner..... | 6 |
| 6.4 BERGMASSENS FYSISKE EGENSKAPER | 7 |
| 6.4.1 Borbarhet/Sprengbarhet..... | 7 |
| 6.4.2 Vibrasjoner | 8 |
| 6.4.3 Radon | 9 |
| 6.5 HYDROGEOLOGI | 10 |
| 7 SKREDFARE..... | 12 |
| 8 GRUNNARBEIDER/TEKNISKE LØSNINGER | 12 |
| 8.1 Anleggstekniske forhold | 12 |
| 8.2 SIKRING..... | 13 |
| 8.2.1 Løssamsser | 13 |
| 8.2.2 Sprengte skjæringer | 13 |
| 8.3 BRUK AV SPRENGSTEIN..... | 14 |
| 8.4 FUNDAMENTERING | 14 |
| 9 HENSYN TIL OMGIVELSENE | 14 |
| 9.1 STØY/STØV | 14 |
| 9.2 VIBRASJONER..... | 15 |
| 9.3 ARBEIDSTID | 15 |
| 10 GEOTEKNISK PROSJEKTKLASSE | 15 |
| 11 VIDERE PROSJEKTERING OG OPPFØLGING | 15 |

1 INNLEDNING

Det planlegges nybygg ved NHH, sør for eksisterende bygninger. Planene omfatter et betydelig terrenginngrep med utsprenkning av tomt.

Det skal utarbeides et skisseprosjekt. SWECO Norge AS har på oppdrag fra Statsbygg gjennomført en undersøkelse av geologiske / geotekniske forhold i den forbindelse.

2 GRUNNLAG

Vi har benyttet følgende grunnlagsmateriale for våre vurderinger:

- Arealis kart www.ngu.no
- www.bergenskart.no
- Radonkartlegging i skoler/barnehager og borebrønner i Midthordaland. Bergen kommune.
- NGU Rapport 2006 – 043. Potensielt skredfarlige områder i Bergen kommune. Delrapport 1.
- Norconsult AS. Notatnr P 7.4: Bergen kommune – Oppgradering av avløpsrenseanlegg Prosjektnotat 7.4 – Geologisk utredning fjellanlegg Ytre Sandviken avløpsrenseanlegg.
- Noteby. Bergen kommune – Tekniske Utbygging VA-seksjonen. Sentrum Nord/Eidsvåg Hovedavløpsanlegg. Ingeniørgeologisk forprosjektering. Oppdragsnr. 51390. Rapportnr 1.

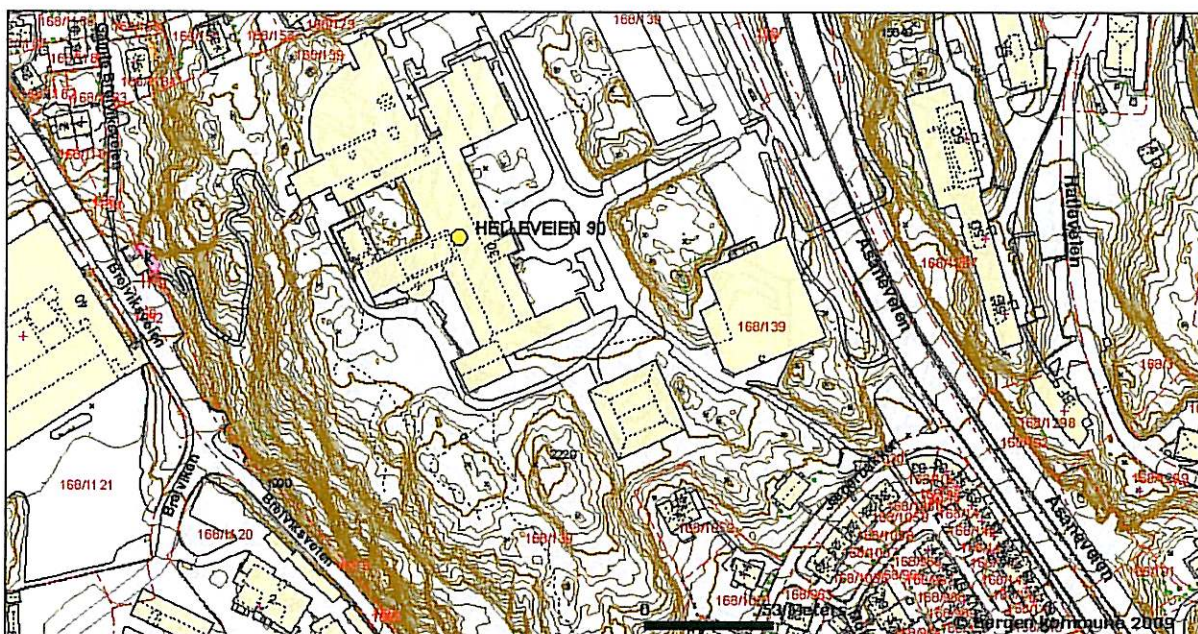
3 BELIGGENHET

Norges Handelshøyskole ligger i Bergen kommune med adresse Helleveien 30. Tomten har gårds- og bruksnummer 168/139 og ligger i Bergenhus bydel.

Tomten ligger på en kolle mellom Åsaneveien og Breiviksveien Se figur 1.

Den planlagte utbygningen vil være på tomtens sørlige del, knyttet opp mot eksisterende bygg. Sør for hovedbygget ligger "Paviljongen". Denne er planlagt revet i forbindelse med utbyggingen. I tillegg ligger Lehmkulbygget i sørøst. Denne skal stå slik den er i dag.

I området rundt NHH er det private boliger.

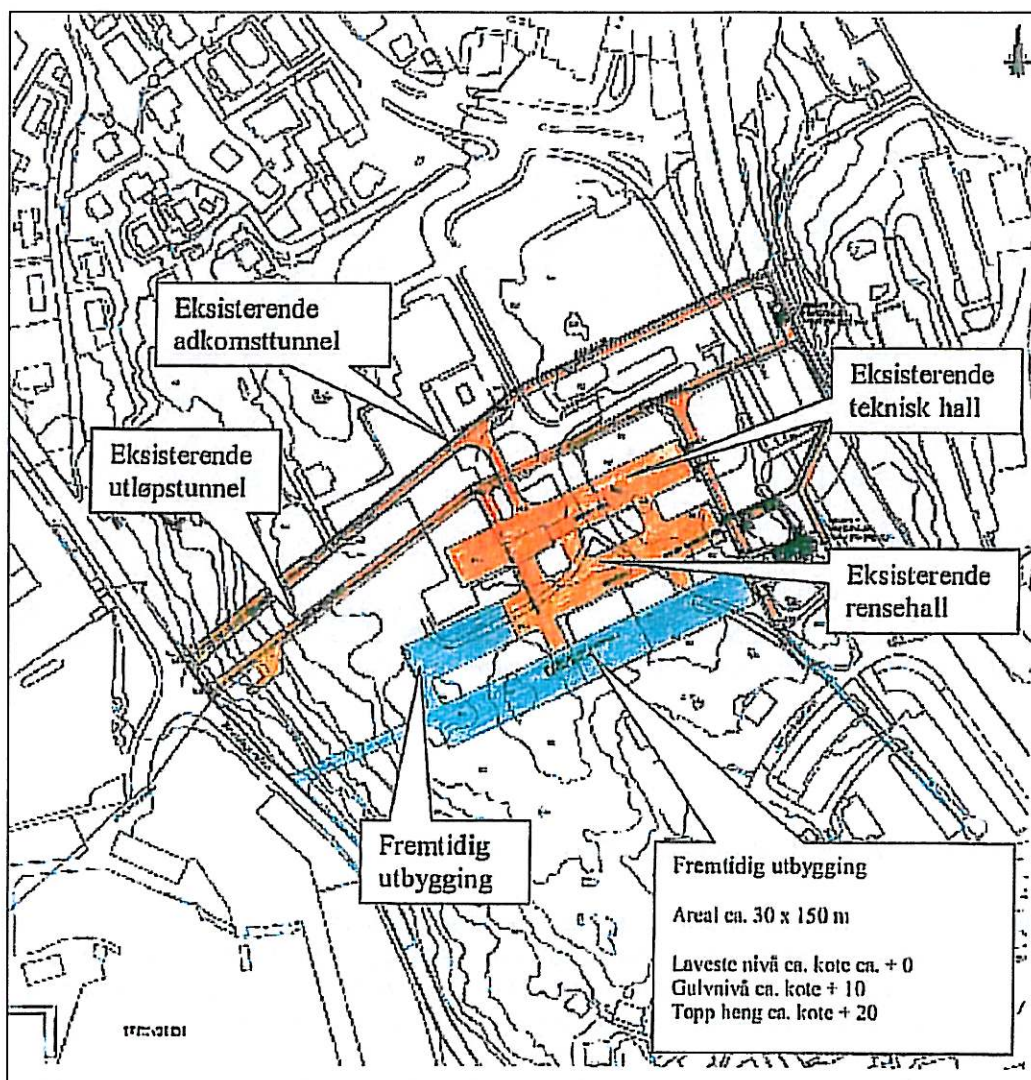


Figur 1; Teknisk kart over området. Helleveien 30 er markert. www.bergenskart.no

4 TEKNISKE INSTALLASJONER I GRUNNEN

I det aktuelle området er det høyspentkabler, lavspentkabler, lavspentlinjer og nettstasjoner. Trasekart fra BKK over dette ligger som vedlegg 1. Vedlagt ligger også et kart fra VA-etaten i Bergen kommune som viser deres registrerte installasjoner i grunnen, se vedlegg 2. I tillegg er det kabler fra Telenor og Canal Digital i grunnen. Se vedlegg 3.

Under NHH er Ytre Sandviken kloakkrenseanlegg etablert i berghaller med adkomst- og utløpstunnel, og med tunnelinngang fra Breiviken. Taket i berghallene ligger ca. på kote 20. Det planlegges å utvide anlegget mot sør. Oversikt over eksisterende anlegg og planlagt utbygging vises i figur 2.



Figur 2: Oversiktskart over Ytre Sandviken renseanlegg. Det eksisterende anlegget er markert i rødt og planlagt utbygging er markert i grønt. (Fra Bergen kommune, Vann- og avløpsetaten.)

5 UTFØRTE UNDERSØKELSER

Det er gjennomført flere befaringer i mars og april d.å på tomten. Det er gjennomført prøvegraving og prøvetaking av jord for å gjennomføre en fase 1 miljøteknisk kartlegging av berørte områder.

6 GRUNNFORHOLD

6.1 TOPOGRAFI

NHH ligger på en kolle i Breiviken. Terrenget i området er generelt sett småkupert. I den nordlige delen ligger terrengoverflaten på ca kote 53, og på ca kote 55 i den sørlige delen hvor det er planlagt utbygging.

Sør for eksisterende bygg ligger det to koller med terrengoverflate på ca kote 62 og ca kote 65. Videre sørover på tomten går terrenget ned mot Jægerbakken 14 a som ligger på ca kote 50. Terrenget skråner videre ned mot Jægerbakken som ligger på ca kote 45.

Vestover skråer terrenget ned i en naturlig bratt skråning ned mot Breiviksveien som ligger på ca kote 10. Se for øvrig oversiktskart i figur 1.

6.2 LØSMASSER

Det er generelt sett et relativt tynt løsmassedekke over tomten, med berg i dagen flere steder. Løsmassedekket består hovedsakelig av forvittrings- og humusjord, samt fyllmasser rundt eksisterende bygg.

I terrenget rundt på tomten antas løsmassemektheten å være opp til ca 0,3m. Det kan forekomme større mektighet av løsmasser i lokale søkk i området.

Prøvegraving i forbindelse med uttak av jordprøver til miljøteknisk analyse viste at det rundt Paviljongen er ca 1,5m med løsmasser i form av silt, sand, grus og stein, med noe humus i topplaget. Disse massene er antagelig en blanding av stedege masser og tilførte fyllmasser.

Ellers rundt bygningene var det ca 0,5m med jord og humus over et avrettingslag, trolig av sprengstein. Da vi nådde avrettingslaget under gravingen stoppet vi der da det er svært liten sannsynlig å finne eventuelle forurensninger i disse massene. Tykkelsen på sprengsteinlaget antas å være beskjedent.

6.3 BERGGRUNNEN

6.3.1 Bergarter

Helleveien 90 ligger i et området som er den del av Ulriken gneiskompleks som består av diorittisk til granittisk og migmatittisk gneis.

Gneis er en bergart som er karakterisert ved flakformede eller tavleformede mineraler som er mer eller mindre parallellstilt. Gneis er gjerne finstripet eller båndet og med vekslende lyse og mørke bånd.

I dette området ser det ut til at bergarten er en homogen middelskornig granittisk gneis.

6.3.2 Oppsprekking/Svakhetssoner

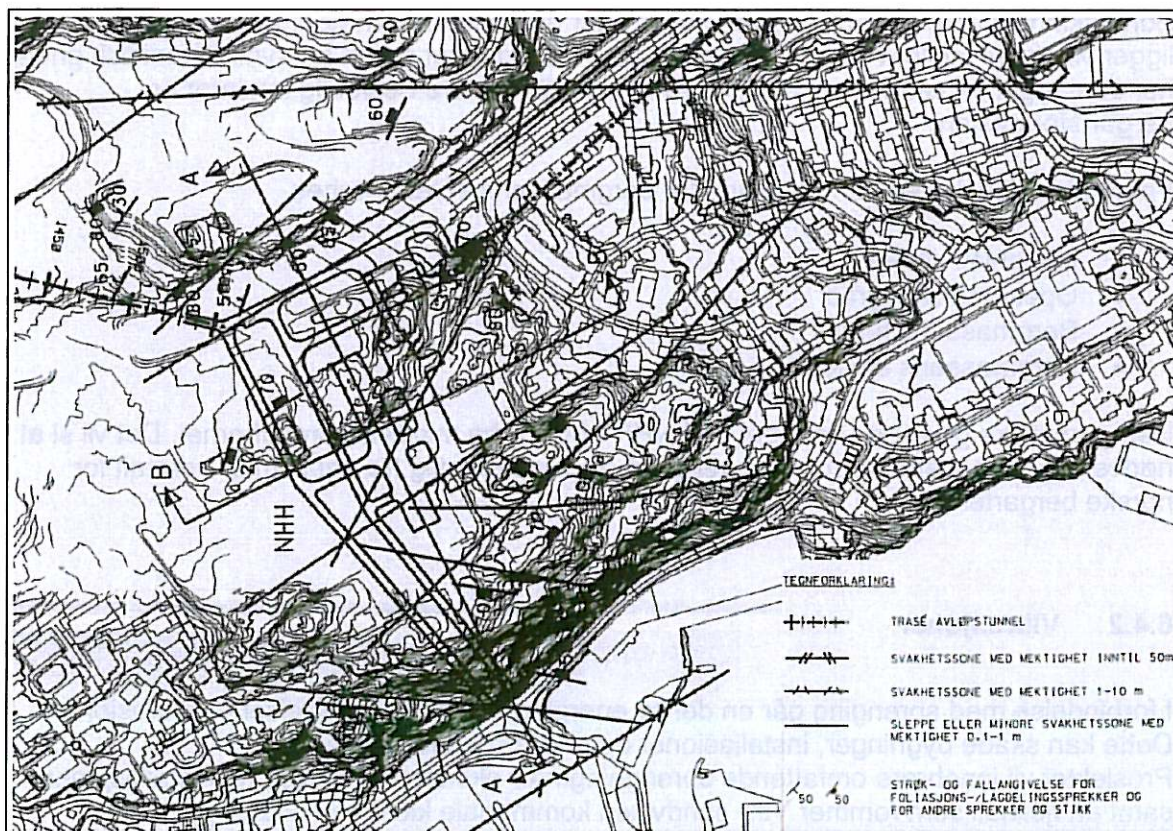
Vi har ikke gjennomført noen detaljert sprekkekartlegging for dette prosjektet, men det er målt sprekker i berget i terrenget rundt eksisterende bygg på NHH.

Disse målingene viser fire klare sprekkesystem i området.

1. Sprekkesystem 1 har strøk ca SV-NØ og NV fall ca 70°
2. Sprekkesystem 2 har strøk ca NV-SØ og NØ fall ca 70°
3. Sprekkesystem 3 har strøk ca Ø-V og Sørlig fall ca 60°
- 4 Sprekkesystem 4 har strøk ca SØ-NV og SV fall ca 0°-30°.

I tillegg til disse sprekkesystemene er det kortere sprekker og stikk som ikke tilhører noen av disse systemene, men som kan skape lokalt ustabile situasjoner.

I forbindelse med den geologiske kartleggingen gjennomført i forbindelse med byggingen av Ytre Sandviken renseanlegg ble det ikke registrert større svakhetssoner i området. Det ble imidlertid registrert noen mindre svakhetssoner/slepper med mektighet 0,1 – 1m. Dette er vist i figur 3.



Figur 3. Utklipp fra kart i rapport fra Noteby 51499-153/GE-1-R0-0. (Norconsult 5004955. Notatnr P 7.4)

Under utsprenging av berghallene viste imidlertid noen av sonene seg å være leirførende og mektigere enn antatt. Det ble nødvendig med omfattende sikring med bolter og sprøytebetong.

6.4 BERGMASSENS FYSISKE EGENSKAPER

Det skilles generelt mellom bergartsmateriale og bergmasse.

Bergartsmateriale er betegnelse på et rent geologisk materiale, uten sprekker og diskontinuiteter.

Bergmasse betegner det materiale som utgjør berggrunnen, med alle de sprekker og diskontinuiteter som ulike geologiske prosesser har forårsaket.

6.4.1 Borbarhet/Sprengbarhet

Med bergmassens borbarhet mener vi netto borsynk og borslitasje. Borbarheten avhenger av bergart og oppsprekking. Borslitasje avhenger i stor grad av bergartens kvartsinnhold.

Borsynkindeksen DRI (Drilling rate indeks) sier noe om borbarheten. Borsynkindeksen ligger vanligvis mellom 30 og 70, der høyeste tall indikerer størst borsynk. Granittisk gneis har som regel en verdi rundt 50. DRI kan imidlertid variere betydelig innenfor en bergartsformasjon.

Følgende egenskaper har betydning for bergmassens sprengbarhet:

- Mekanisk styrke
- Oppsprekkingsgrad
- Bergmassens tetthet
- Bergmassens anisotropi

Den granittiske gneisen i området ved NHH antas å ha middels sprengbarhet. Det vil si at nødvendig sprengstofforbruk ikke ventes å avvike vesentlig fra det som er normalt for norske bergarter.

6.4.2 Vibrasjoner

I forbindelse med sprenging går en del av energien til å sette omgivelsene i vibrasjoner. Dette kan skade bygninger, installasjoner og andre konstruksjoner. Prosjektet vil innebære omfattende sprengning nær eksisterende bygg og installasjoner samt en fjellhall som rommer Ytre sandviken kommunale kloakkrenseanlegg. Sprengningsarbeidene som skal utføres må planlegges på en slik måte at definerte vibrasjonsgrenser overholdes.

I Norsk Standard NS 8141 er det gitt rettleidende grenseverdier for sprengningsinduserte vibrasjoner. Disse grenseverdiene er uttrykt som toppverdier av den vertikale svingefarten.

Følgende forenklet empirisk formel kan brukes i forbindelse med salveplanlegging:

$$v = kv \cdot (L^{0,5}/d)$$

v = svingningshastighet i konstruksjonen som følge av sprengning i mm/s.

kv = fjellkonstanten

L = ekvivalent ladning i kg sprengstoff (ladning pr. tennerintervall).

D = avstanden mellom sprengningsstedet og konstruksjonen i m.

Fjellkonstanten k gjenspeiler bergmassens bølgeforplantende egenskaper. Typiske verdier ligger i området 200-500.

I forbindelse med videre planlegging anbefaler vi å ta utgangspunkt i $k = 300$.

Når det gjelder krav til sprengningsinduserte vibrasjoner og måleopplegg tas dette opp i kapittel 8.

6.4.3 Radon

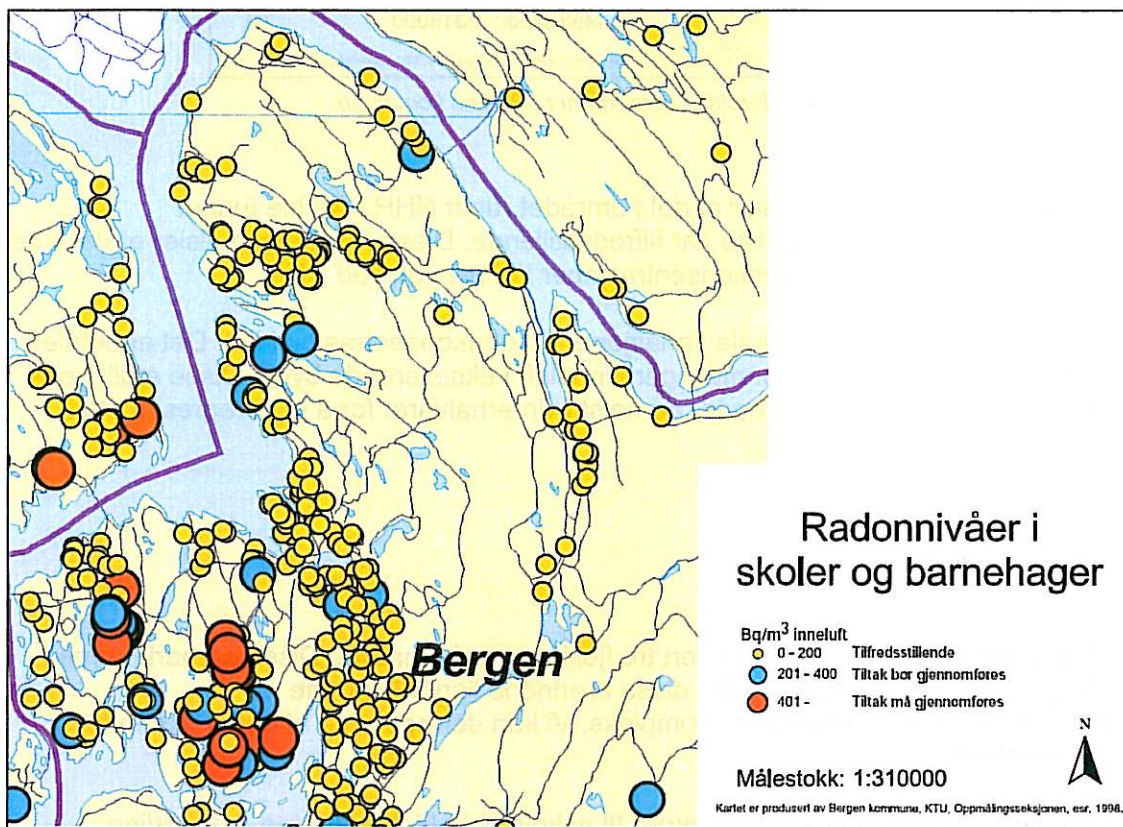
Radon er en radioaktiv edelgass som er et fisjonsprodukt av uran. Radon er usynlig og luktfri. Radon finnes i de fleste bergarter, men har en høyere konsentrasjon i enkelte bergarter som for eksempel granitt som er en uranrik bergart.

Ved spontan nedbrytning av radon dannes det radondøtre som avgir stråling. Radondøtre kan feste seg til lungevev og kan øke risikoen for lungekreft.

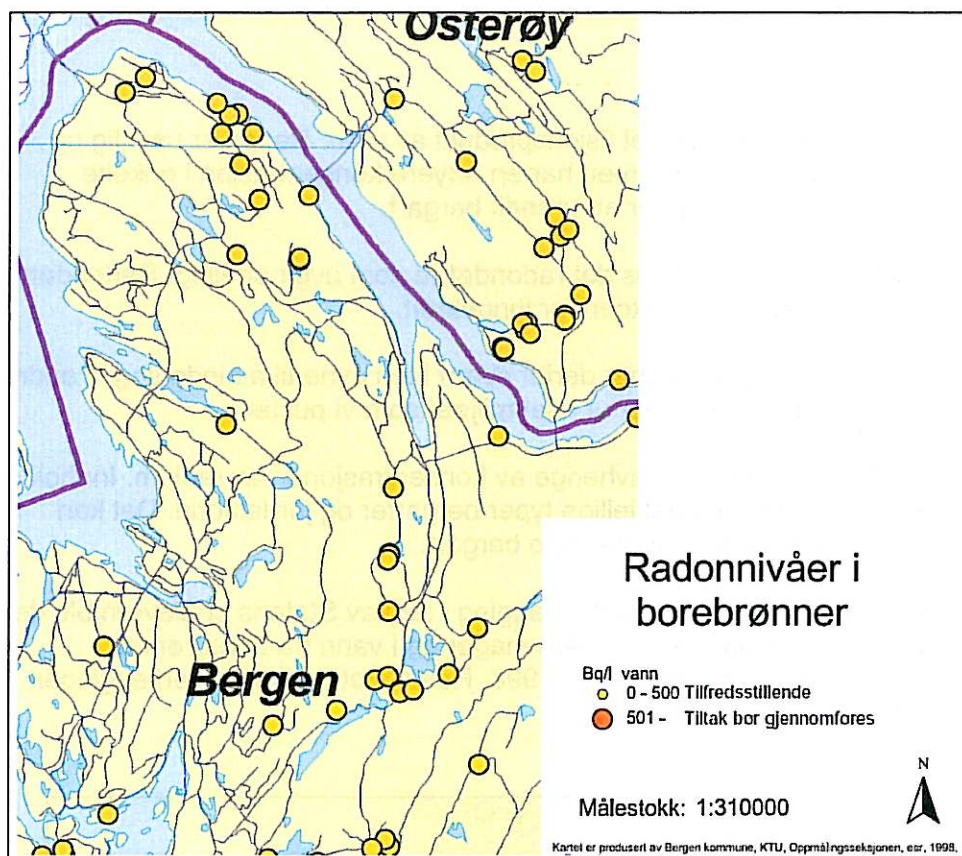
Edelgassen Radon er kjemisk inaktiv og har derfor svært liten evne til å binde seg til andre stoffer. Dette fører til at Radon lett kommer ut i det miljøet som vi puster i.

Konsentrasjonen av Radon i grunnen vil avhenge av konsentrasjonen av radium. Innholdet av radium kan variere svært mellom forskjellige typer bergarter og jordsmonn. Det kan også være store variasjoner innenfor samme type bergart.

I forbindelse med en landsomfattende radonkartlegging i regi av Statens strålevern ble det i Bergen kartlagt radonnivå i inneluft i skoler/barnehager og i vann fra borebrønner i Bergen kommune. Dette arbeidet ble avsluttet i 1998. Resultatet av denne kartleggingen kan sees i figur 4 og 5.



Figur 4: Oversikt over gjennomførte Radonundersøkelser i skoler og barnehager i Bergen kommune.



Figur 5: Oversikt over Radonmålinger foretatt i borebrønner i Bergen kommune.

Resultatene fra kartleggingen viser at det i området rundt NHH ikke ble funnet konsentrasjoner av radon som ikke var tilfredsstillende. Disse resultatene tilsier at det ikke vil være fare for forhøyede radonkonsentrasjoner i et nybygg ved NHH.

Det kan imidlertid være store lokale variasjoner i radonkonsentrasjon i luft. Det anbefales derfor at det gjennomføres radonmålinger i inneluft i eksisterende bygg. Disse målingene bør foregå over minimum to måneder og helst i vinterhalvåret for å gi et representativt resultat.

6.5 HYDROGEOLOGI

I NGU sin kartdatabase er det registrert tre fjellbrønner i området. Disse er markert med blå sirkelsektorer og tall i figur 6. Alle disse brønnene ligger i samme berggrunnsformasjon, Ulriken gneiskompleks. Vi kan dermed anta at det er liknende forhold ved NHH.

De to nordlige brønnene er energibrønner til enkelthusholdninger, men den sørlige brønnens bruk er ukjent. Brønnenes dybde og vannføring er sammenstilt i tabell 1.

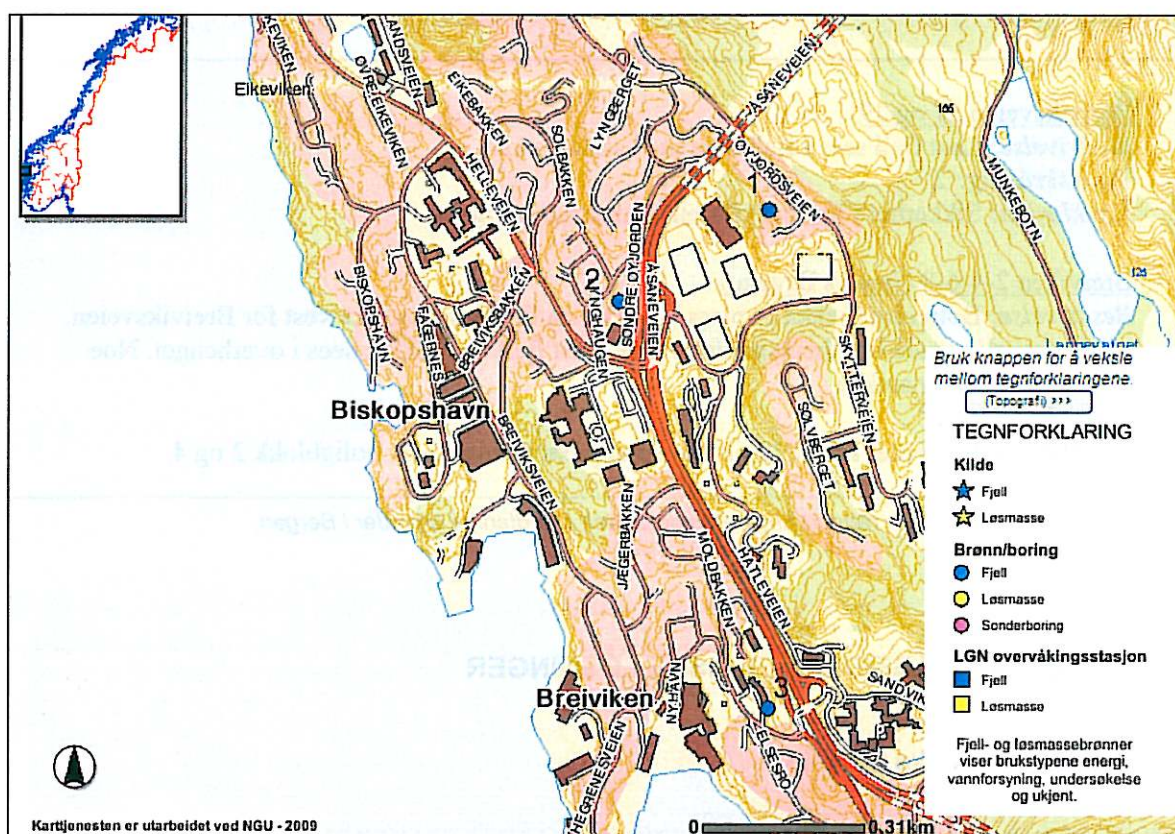
Tabell 1

| Brønn | Dybde (m) | Vannføring (l/time) |
|---------|-----------|---------------------|
| Brønn 1 | 160 | 600 |
| Brønn 2 | 100 | 300 |
| Brønn 3 | 26 | 50 |

Brønn 1 hadde vann fra 70 meters dybde. Brønn to hadde vekslende forhold med tørre partier og jevnlig vanninnslag med første vanninnslag på ca 55m dyp. På brønn 3 er det ikke gitt slike opplysninger.

Vannføring i fjell avhenger blant annet av oppsprekingsgrad. Harde og sprø bergarter som for eksempel gneis som er i dette området kan ha åpne sprekker som kan føre vann.

Middelverdien på kapasiteten til fjellbrønner i Norge ligger på ca 0,15 l/s. Det vil si at disse brønnene har middels til under middels kapasitet.



Den aktuelle lokaliteten ligger relativt høyt i terrenget. Grunnvannspeilet ligger trolig et godt stykke under den eksisterende terrengoverflaten. Det er lite trolig at det vil oppstå store problemer med grunnvann i berget som skal sprenge ut.

Det vil imidlertid kunne samle seg overflatevannvann som dreneres ned i byggegroppen. Det kan heller ikke utelukkes at det kan være lokalt oppsamlet vann i sprekker i berget. Det må derfor ved videre prosjektering tas hensyn til at det må dreneres vann ut av byggegroppen.

7 SKREDFARE

Vest for området som planlegges å bygges ut skrår terrenget bratt ned mot Breiviksveien. Dette området er registrert i NGU sin rapport "Potensielt skredfarlige områder i Bergen kommune. Delrapport 1", som ble utarbeidet i 2006, se figur 7. Det er også sendt inn bekymringsmelding til Bergen kommune fra beboere i Sameiet Jægers Brygge. Det må gjennomføres en detaljert skredfarevurdering og eventuell sikring av dette området før grunnarbeider settes i gang. Vibrasjoner fra sprengning kan løse ut partier som i dagens situasjon er labile.

Statsbygg må avklare hvem som har ansvar for stabilitet og sikring av denne skråningen.

Breiviksveien 27 og 29.

Beskrivelse: Løst fjell sees i fjellhamrene bak husrekke.

Type skråning: 2

Konklusjon: Sikkerhet i forhold til steinsprang bør vurderes.

Breiviken 2-4-6-8 (Jægers Brygge).

Beskrivelse: Boligblokkrekka er plassert under en fjellskjæring like vest for Breiviksveien, med et overliggende brattheng øst for veien. Løst fjell og blokker sees i overhengen. Noe steinsprang bak husrekke.

Type skråning: 1

Konklusjon: Sikkerhet i forhold til steinsprang bør vurderes for boligblokk 2 og 4.

Figur 7: Utdrag fra NGU sin rapport angående potensielt skredfarlige områder i Bergen.

8 GRUNNARBEIDER/TEKNISKE LØSNINGER

8.1 Anleggstekniske forhold

Før sprengning må løsmasser graves av og bergkonturen renskes.

Det må i sprengningsarbeidet legges stor vekt på å oppnå sprengte konturer så nært som mulig teoretiske konturer. Kontursprengning må utføres for alle endelige skjæringsflater med høyde høyere enn ca 3m. Konturhull bores med avstand 0,5-0,7m og lades med rørladning. Rasten nærmest konturen bores med redusert hulleavstand/forsetting i forhold til resten av salven.

Sømboring må vurderes der avstanden fra teoretisk kontur til bygningskonstruksjoner er mindre enn 3-5m. Sømhull bores så tett som praktisk mulig (c/c avstand ca 15 cm). Sømhullene lades ikke. Det utføres kontursprengning med konturhullrast ca 0,3 m utenfor sømmen. Wiresaging kan være et alternativ til sømboring.

Sprengningsarbeidene skal foregå nær eksisterende bebyggelse. Det gjelder bolibbygg og eksisterende bygg ved NHH og anlegg i berget under. Konsekvenser i forbindelse med uønskede hendelser kan bli store. Steinsprut, høye vibrasjoner og ukontrollerbare nedfall er eksempler på hendelser som kan inntreffe og som kan utrette skade. Det må derfor kreves at entreprenøren legger fram detaljerte sprengningsplaner og bore- og ladeplaner. Sprengningsplanene må vise hvordan sprengningsarbeidene skal åpnes og deles inn i salver. Utslagsretninger og pallhøyder må fremgå. Overordnede planer for dekking, varslings og podting må også fremgå.

Bore- og ladeplaner må være mer detaljerte enn sprengningsplaner. Her skal det blant annet framgå følgende:

- Borehulldimensjoner og bormønster
- Type sprengstoff og sprengstoffordeling i borehullene.
- Tennertype og inndeling i tennerintervall
- Enhetsladning (mengde sprengstoff per tennerintervall).

Sprengningsplaner og bore- og ladeplaner må utarbeides og overleveres byggherren i god tid, slik at byggherren får anledning til å kommentere planene.

8.2 SIKRING

8.2.1 Løsamsser

Løsmasser langs kanten av byggegropen må sikres med støttekonstruksjoner. Det kan være med spuntvegger eller ulike typer støttemurer.

8.2.2 Sprengte skjæringer

Sprekker kan avgrense større og mindre kiler og blokker i skjæringen. Det kan være aktuelt å utføre boltesikring før sprenging av kontur for å hindre uønsket nedfall langs skjæringskanten. Etter at konturen er utsprengt må visse prosedyrer følges slik at stabile forhold oppnås og sikkerheten ivaretas.

Det må utføres rensk i skjæringen som er sprengt ut. I prinsippet skal alt løst materiale renskes ned. I første omgang kan det være hensiktsmessig å utføre maskinell rensk, men det bør alltid avsluttes med en manuell spettrensk.

Etter at det er utført rensk i skjæringen må behovet for ytterlige tiltak for sikring vurderes. Partier som er sprekkeavgrenset, men som ikke kan tas ned må sikres med bolter. Dersom bergmassen er tett oppsprukket, slik at det ikke er praktisk mulig å rense ned alt løst, bør det vurderes å sikre med nett eller sprøytebetong.

8.3 BRUK AV SPRENGSTEIN

Sprengsteinen fra utsprengning ved grunnarbeider vil kunne være godt egnet til utfylling og fundamentering

8.4 FUNDAMENTERING

Fundamenttrykket som settes er avhengig av bergets fasthet. Fastheten er avhengig av blant annet oppsprekking i overflaten, slepper og knusningssoner.

Granittisk gneis regnes som en relativt sterk bergart. Ved direkte fundamentering på fjell kan fundamenttrykket foreløpig settes til 2000 kN/m^2 . Ved direkte fundamentering på fjell må det imidlertid gjennomføres en kontroll av bergart og oppsprekking før man endelig fastsetter tillatt fundamenttrykk.

Ved direkte fundamentering på sprengstein kan fundamenttrykket foreløpig settes til 500 kN/m^2 .

9 HENSYN TIL OMGIVELSENE

9.1 STØY/STØV

Det må i forbindelse med arbeid settes krav til ekvivalent lydtrykknivå for utsatte bygninger.

Det må benyttes støyskjermer mellom annleggsaktivitetene og byggene på området, samt mot boliger. Støyskjermene må plasseres og ha egenskaper som gir tilstrekkelig støydemping.

Arbeidsmiljølovens akseptkriterier for støvmengder i uteluft må overholdes. Tiltak for støvdemping må gjennomføres i nødvendig grad.

9.2 VIBRASJONER

Det må legges opp til prosedyrer og restriksjoner på sprengningen slik at grenseverdier for vibrasjoner overholdes. Foreløpig antydes vibrasjonsgrenser for bygningskonstruksjoner i området $v=30-50$ mm/s. Sannsynligvis vil det også finnes noen mer vibrasjonsømfintlige konstruksjoner og installasjoner der vibrasjonsgrensen bør settes lavere, for eksempel $v=10-20$ mm/s. Disse forholdene må kartlegges og vurderes nærmere ved videre prosjektering.

På grunn av nærhet til eksisterende bebyggelse vil det også bli nødvendig med omfattende og kostnadskrevenne sikkerhetstiltak ved sprengning. Disse tiltakene vil omfatte tilstandsundersøkelse av bebyggelse og måleopplegg for vibrasjoner, i tillegg til prosedyrer for dekking av salver, varsling og postering etc.

9.3 ARBEIDSTID

Kommunale vedtekter for arbeidstid må overholdes. Eventuelt må man definere skjerpede krav. Det må i samråd med NHH legges opp rutiner for sprengning til faste tidspunkt.

10 GEOTEKNISK PROSJEKTKLASSE

Vi vurderer ut i fra skadekonsekvenser og vanskelighetsgrad at de geotekniske arbeidene i dette prosjektet vil ligge innenfor prosjektklasse 2.

11 VIDERE PROSJEKTERING OG OPPFØLGING

Ved videre prosjektering bør følgende inngå:

- Detaljert ingeniørgeologisk overflatekartlegging
- Befaring / Inspeksjon i Ytre Sandviken Renseanlegg
- Vurdering av stabilitet og sikringsbehov i skjæringer
- Fastsetting av vibrasjonsgrenser
- Vurdering av skredfare / sikringsbehov ved naboeiendommer
- Det bør vurderes å laboratorieteste bergartsmateriale for mekaniske egenskaper i forbindelse med fundamentering.

Detaljert kartlegging på overflaten og erfaringer fra driving av anlegg i berget under NHH vil gi en god oversikt over de ingeniørgeologiske forholdene. Derfor vil det etter vår vurdering ikke være behov for kjerneboring eller andre former for omfattende grunnundersøkelser.

Under utførelse av grunnarbeidene vil det være behov for regelmessig geoteknisk / ingeniørgeologisk oppfølging. Her må stabilitetsforhold og sikringsbehov vurderes fortløpende. Nødvendige justeringer og tilpasninger til varierende lokale forhold må gjøres.



Norges Handelshøyskole 168/139

Målestokk:

1:2 000

Utskrift fra:

GeoNIS

Dato:

10.03.2009

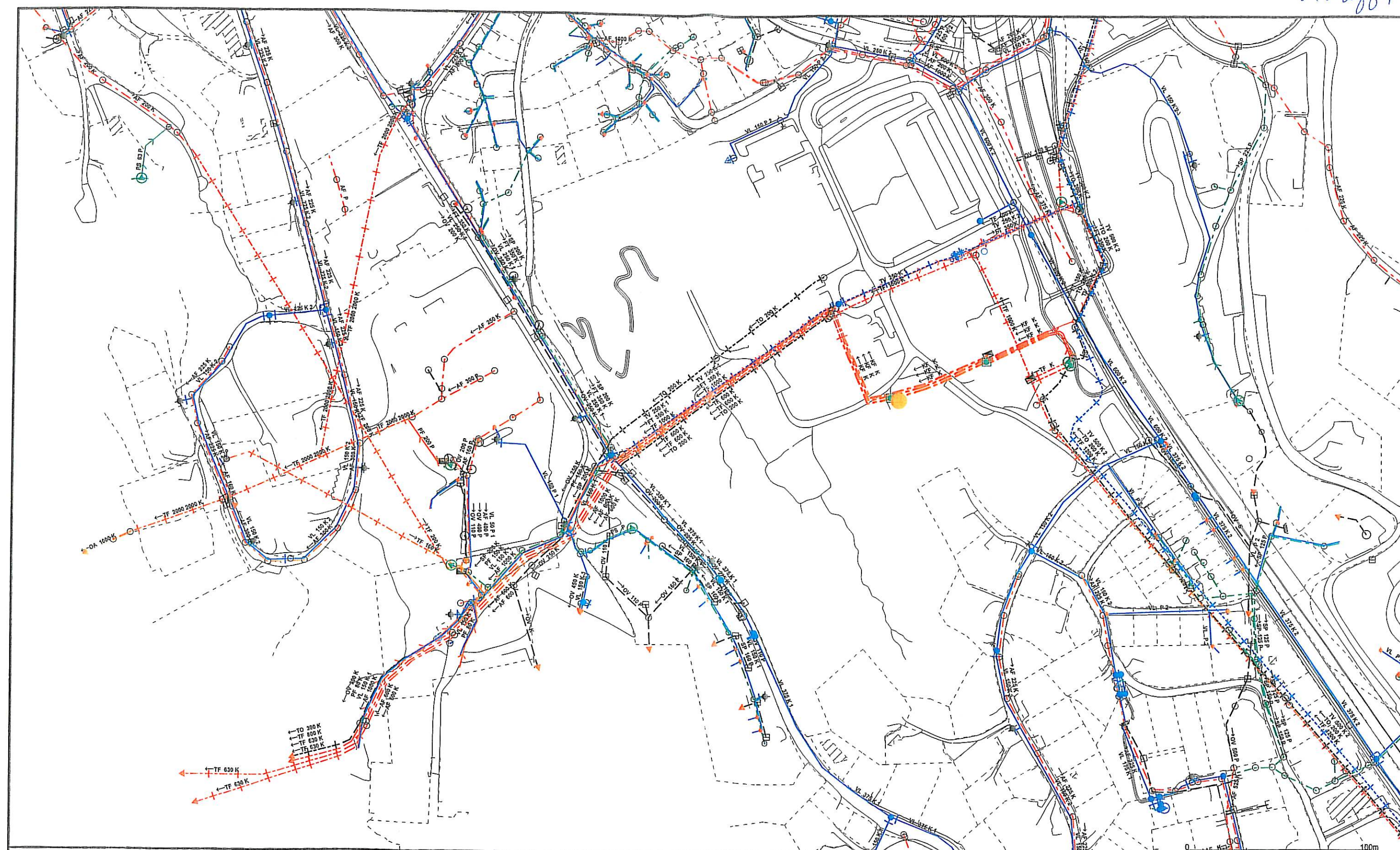


HBI
Nettkartet skal ikke brukes til å grave eller
kontakt gravingstjeneste, Tlf 55128217 for kart

BKK Nett AS, Kokstadveien 37, Pb. 7050, 5020 Bergen, Tlf. 55127000




Nedlegg 1




| | | | | | | | | |
|-----------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|--------------------------|---------------------|-----------------|
| - Avlop felles | - Kanal spillvann | - Spillvann | - varerør, avlop felles | ○ Brønn | ⌋ Bekkeinntak | ○ Minikum | Ⓢ Pumpestasjon vann | ⊠ Stamavskille |
| - Drensledning | - Kanal vann | - Spillvann trykk | - Vannledning | ○ Borehull | ⌋ Bekkeinntak m. rist | ○ Stakekum | Ⓢ Reduksjon (v) | ⊠ Gatesluk |
| - Andre | - Overvann | - Tunell felles | - Varerør, overvann | • Diversepunkt | ⌋ Inntak | ⊗ Steinfangskum | Ⓢ Renseanlegg sp | ⊠ Sluk med sar |
| - Fellesledning trykk | - Pumpeledning, avlop felles | - Tunell overvann | - Varerør, spillvann | ○ Grenpunkt | • Kran | Ⓢ Overløp | Ⓢ Renseanlegg vann | ⊠ Sluk |
| - Kanal felles | - Pumpeledning spillvann | - Tunell spillvann | - varerør, vann | Ⓢ Hydrofor | ○ Kum | Ⓢ Pumpestasjon (ov) | ○ Sandfangskum | Ⓢ Sprinklerank |
| - Kanal overvann | - Pumpeledning vann | - Tunell vann | ○ Basseng | Ⓢ Hydrant | ○ Kabelkum | Ⓢ Pumpestasjon spillvann | Ⓢ Septiktank | Ⓢ Utslippspunkt |

Beliggenhet og høyder må oppfattes som orienterende. K=Kommunal, P=Privat



Bergen kommune
Klima, miljø og byutvikling
VA-etaten

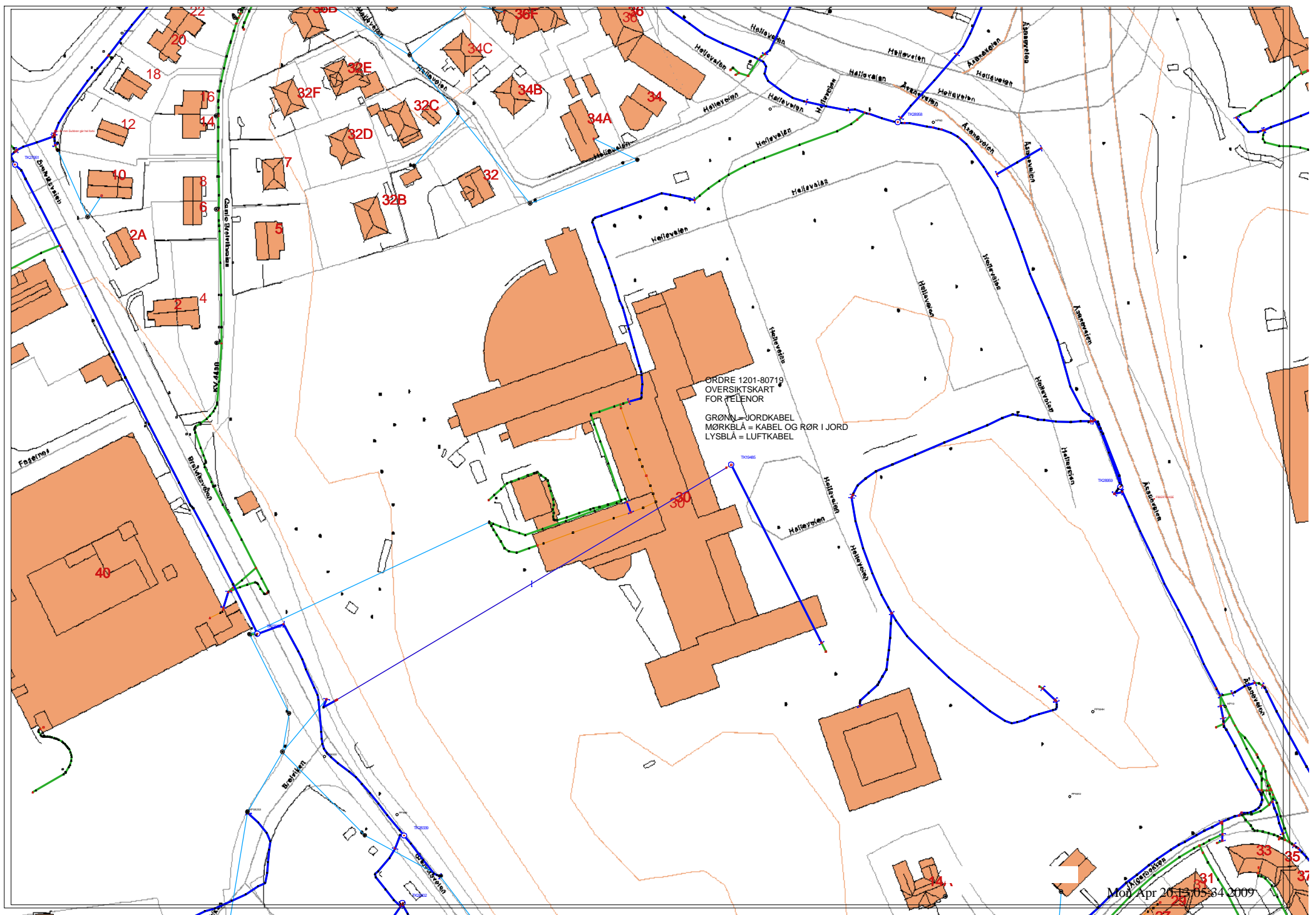
N

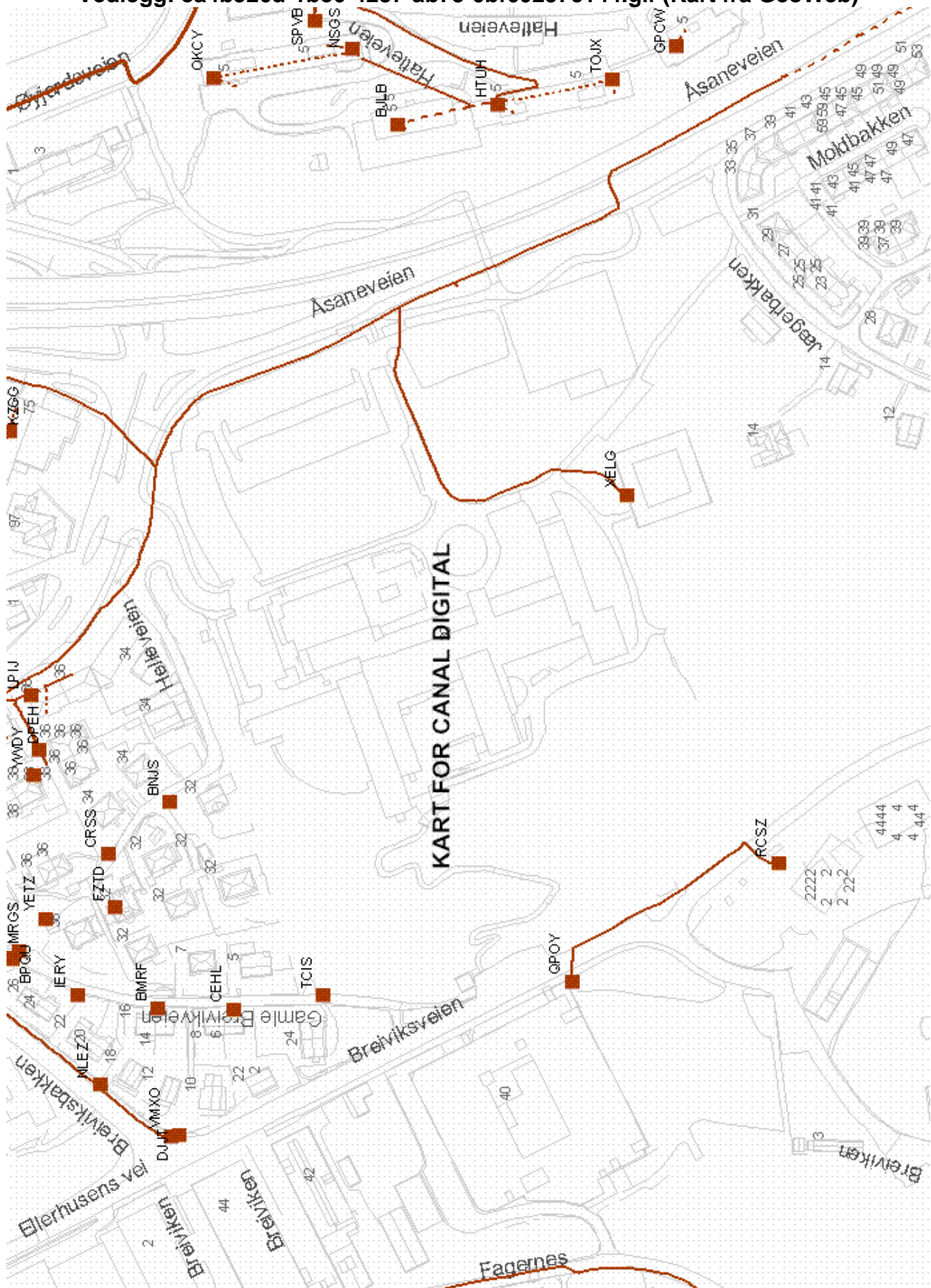


Målestokk
1:2000

Dato: 2009.03.09

Sign: SH





Til: **Bergen kommune, Vann og avløpsetaten**

Fra: **Norconsult AS**

Dato: 3. oktober 2008

Endelig utgave

BERGEN KOMMUNE - OPPGRADERING AV AVLØPSRENSSEANLEGG PROSJEKTNOTAT 7.4 - GEOLOGISK UTREDNING FJELLANLEGG YTRE SANDVIKEN AVLØPSRENSSEANLEGG

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|-----|--|----|
| 1. | Innledning..... | 2 |
| 2. | Grunnlagsdata..... | 2 |
| 3. | Geologisk utredning Ytre Sandviken RA..... | 3 |
| 3.1 | Gjennomgang av grunnlagsmaterialet: | 4 |
| 4. | Tverrprofiler | 6 |
| 5. | Annet | 9 |
| 5.1 | Tilstand på bergsikring i eksisterende anlegg | 9 |
| 5.2 | Tettekrav | 9 |
| 5.3 | Bergmekaniske forhold | 9 |
| 5.4 | Rystelser..... | 9 |
| 5.5 | Støv | 9 |
| 5.6 | Ingeniørgeologisk rapport..... | 9 |
| 5.7 | Adkomsttunnel..... | 9 |
| 5.8 | Stabilitet i nærliggende fjellsider/-skjæringer..... | 9 |
| 6. | Oppsummering/konklusjon | 10 |

1. INNLEDNING

Dette notatet, “Prosjektnotat 7.4 – Geologisk utredning fjellanlegg Ytre Sandviken RA”, er et av fire notat som utreder geologiske forhold i forbindelse med utvidelse av fjellanleggene ved Flesland, Holen, Kvernevik og Ytre Sandviken. Disse fire notatene inngår igjen i en større serie prosjektnotater hvor Norconsult utreder et beslutningsgrunnlag for Bergen Kommune, i deres arbeid med oppgradering av avløpsanleggene.

Ytre Sandviken renseanlegg skal utvides, og anlegget ligger i fjell. Denne utredningen søker å avklare behovet for nye feltundersøkelser. Utredningen baseres på en vurdering av planene for det nye byggetrinnet, som er utvidelse mot sør, samt en gjennomgang av foreliggende vurderinger/undersøkelser utført ved tidligere byggetrinn på anlegget. Det er ikke knyttet befaringer til utredningen.

Kommunen ønsker også en vurdering av hvilke konsekvenser det har dersom fremtidige utvidelser blir større en skissert.

2. GRUNNLAGSDATA.

Oversikt over grunnlagsdata fremskaffet av Bergen kommune.

- Noteby 51499-2, Rev B, 22. august 1996:
 - Bergen kommune, KTU/VA-seksjonen. Sentrum Nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg. Anbudsrapport del III, Ingeniørgeologi/Geoteknikk
- Asplan Viak og Garmann Prosjektsamarbeid, revidert pr. 08.05.95:
 - Sentrum Nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg. Sammendrag av konklusjoner i forprosjektet.
- Noteby , 21. april 1995.
 - Sentrum nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg, Ingeniørgeologisk forprosjektering,.
- Asplan Viak og Garmann Prosjektsamarbeid, 04.04.95:
 - Sentrum Nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg. Sluttrapport, Geologiske forhold
- Multiconsult 610950-14, 23. september 2008.
 - Kontroll av fjellanlegg. Sentrum nord avløpsanlegg. Rensk og tilleggsikring Ytre Sandviken renseanlegg.

Før utbyggingen startet i 1997 var de geologiske forhold utredet gjennom først en ingeniørgeologisk vurdering av alternative traséer, utført av Noteby (“Ingeniørgeologisk forprosjektering datert 21. april 1995).

Ingeniørgeologiske data er også kort omtalt i “ Sluttrapport, Geologiske forhold, Hovedvurdering, Renseanlegg. Sentrum nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg”, datert 04.04.95. Asplan Viak og Garmann Prosjektsamarbeid.

Detaljert ingeniørgeologisk beskrivelse gjøres videre i rapporten “Anbudsrapport del III, Ingeniørgeologi/Geoteknikk. Sentrum nord/Eidsvåg, Bergen kommune, KTU, VA-seksjonen. Rapport 51499-2, revisjon B, 22. august 1996”. Rapporten er utarbeidet av Noteby.

I prosjekteringsfasen er ingeniørgeologiske forhold med andre ord mye vurdert og utredet.

Bergen Kommune er ikke i besittelse av rapporter som beskriver hvilke erfaringer (bergkvalitet, sikringsmetoder og -omfang, vannforhold og rystelser) som ble gjort ved driving av hallene i dette byggetrinn 1.

3. GEOLOGISK UTREDNING YTRE SANDVIKEN RA

Ytre Sandviken renseanlegg ligger på nordsiden av Byfjorden, i foten av Sølvberget. Det ligger under NHH, rett inn for Breiviken. Trinn 1 ble utbygget i 1997-1999 (renseanlegg og tunneler).



Fig. 1 Oversiktskart. Utsnitt fra Bergen kommunes kart over avløpsrenseanlegg og avløpsrensesoner (mørk grønn: Byfjorden, gul: Raunefjorden).

Våre vurderinger er gjort med utgangspunkt i anleggets plassering slik det er gitt i Norconsults notat AN 7.1 "Lokalisering av renseanlegg", datert 12. mars 2008. Utvidelsen av eksisterende anlegg er per i dag tenkt videre mot sør. Renseanleggets utvidelse vil i høyde ligge tilsvarende eksisterende anlegg, mellom kote 0 og kote +20. Terrenget over ligger hovedsakelig mellom kote +55 og kote +60.

Det ligger mye bebyggelse over og nær inntil området som tenkes bygget ut, noen så nær som 30-40 meter fra skissert fjellanlegg.

Det er skissert en egen adkomst for driving av de nye hallene. Plassering av påhugg er ikke vurdert.

3.1 Gjennomgang av grunnlagsmaterialet:

Slik vi i dag kjenner utvidelsen av trinn 2, går anleggsområdet ikke utenfor det tidligere kartlagte området. Geologisk feltkartlegging for byggetrinn 1 dekker også området tenkt for byggetrinn 2. Eksisterende anlegg og ny stipulert utbygging er vist i fig.2.

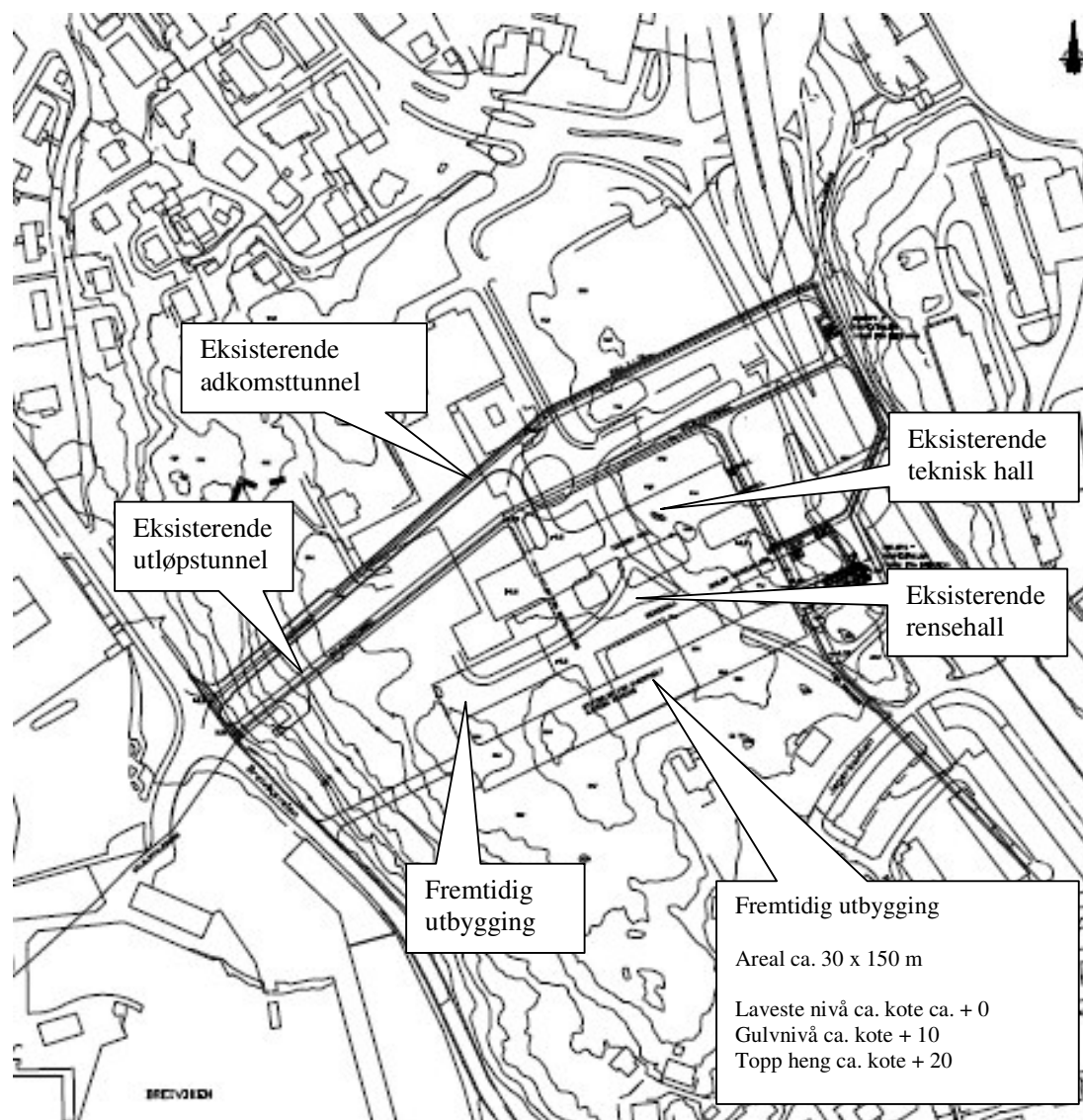


Fig. 2 Ytre Sandviken renseanlegg. Oversiktskart - eksisterende anlegg og stipulert utbygging (grønt).

I følge anbudsrapporten er berget “i området fra nordre Sandviken til Breiviken . . . en mer homogen middelskornig granittisk bergart, med mindre utpreget gneisstruktur”

Anbefaling av traséer for tunneler og plassering av renseanlegget gjøres i rapporten “Sammendrag av konklusjoner i forprosjektet”. Hovedkonklusjonen er:

- “..fjellforholdene er godt kjente og dokumenterte i forbindelse med andre fjellanlegg, særlig Fløyfjellstunnelene og Eidsvågtunnelene”
- “Fjellet er stabilt og kan tåle relativt store spennvidder for fjellhallene.”
- “Sprekkesystemene i området er godt dokumenterte. Noteby har gitt anvisning med hensyn til hallretning...”

- “Det er intet som tyder på at en skal støte på store vansker ved fremføring av tunneler eller bygging av renseanlegg i fjell.”

Det er i følge tidligere geologisk kartlegging (Noteby) ikke registrert større svakhetssoner i området som skal bygges ut, eller i nærområdet videre sørover. Det er registrert en svakhetssone med anslått mektighet 1-10 meter vel 100 meter øst for eksisterende anlegg, med god avstand fra forestående utbygging.

Det er på ingeniørgeologisk kart registrert 6 strukturer som angis som “sleppe eller mindre svakhetssone med mektighet 0,1-1 m.” Disse 6 sleppene/sonene går også igjennom hallområdene i byggetrinn 1. I mangel av rapporter fra driving av hallene kjenner vi ikke beskaffenheten av disse sleppene/sonene.



Fig. 3 Utklipp fra tegning “Plan geologi. Renseanlegg med hovedtilløpstunneler, adkomsttunneler og utslippstunnel”, 51499-153 /GE-1-RO-0.102, Noteby 30/7-96.

4. TVERRPROFILER

Til hjelp i vurderingen har vi laget fem tverrsnitt basert på det stipulerte planområdet, se stiptet rød firkant i fig. 4.

Renseanleggets stipulerte utvidelse vil i høyde ligge mellom kote 0 og kote +20. Terrenget over ligger hovedsakelig mellom kote +55 og kote +60, noe som gir en overdekning på komfortable 35-40 meter.

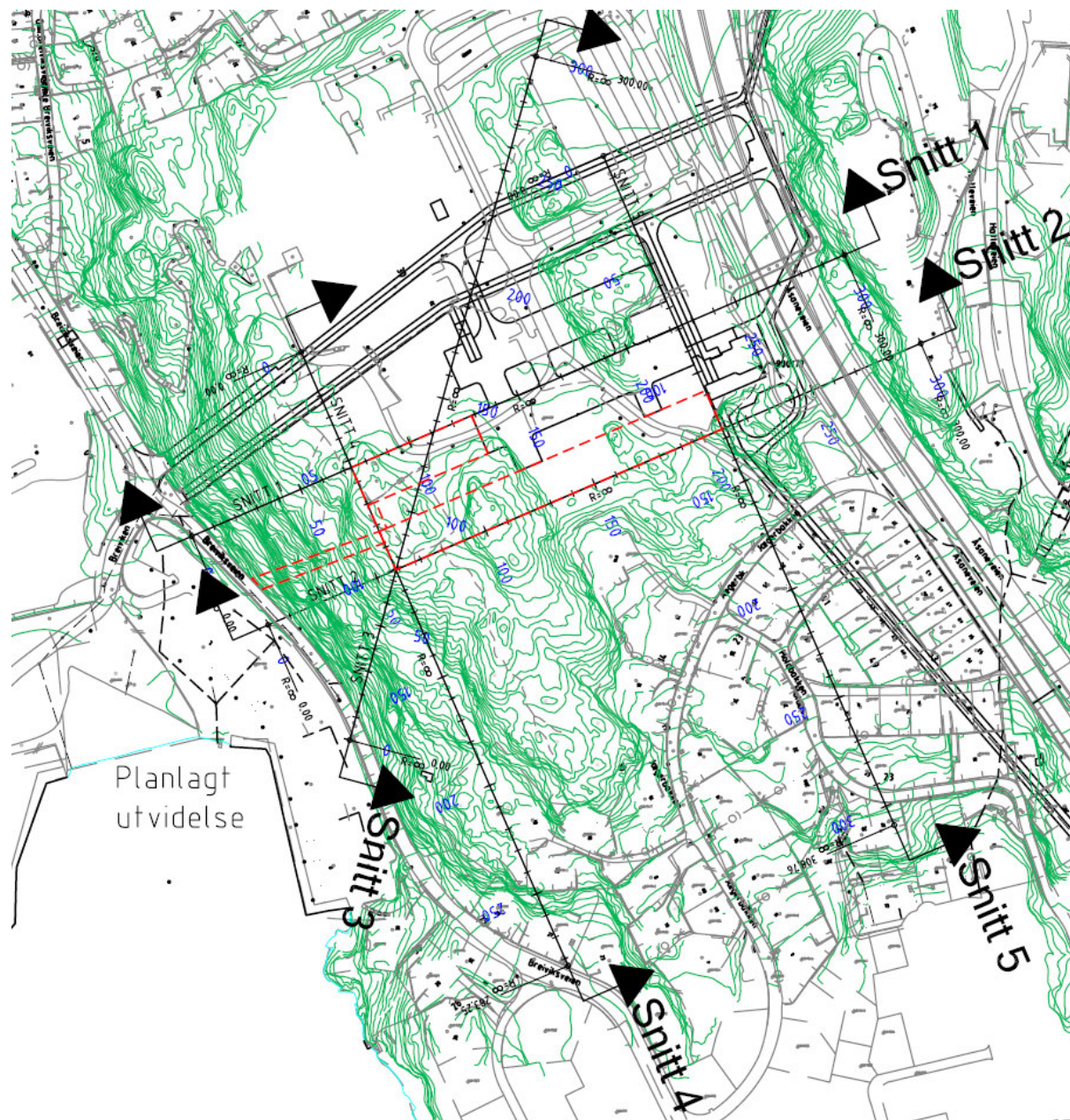
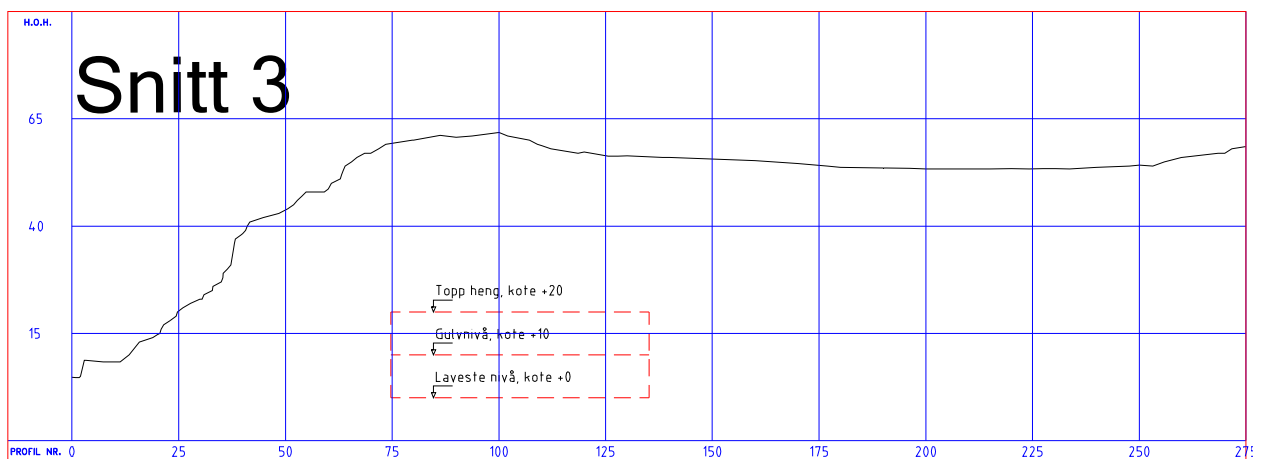
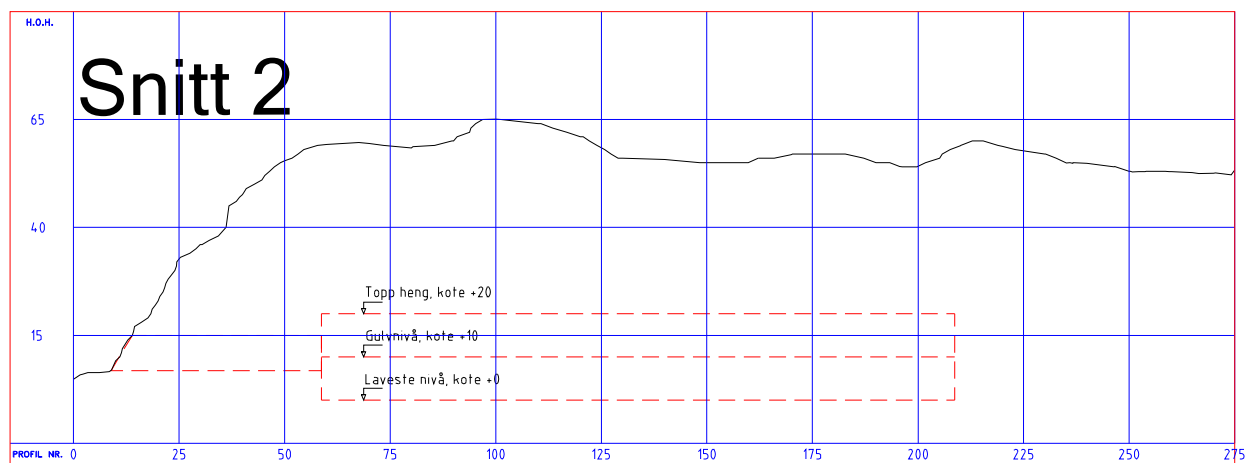
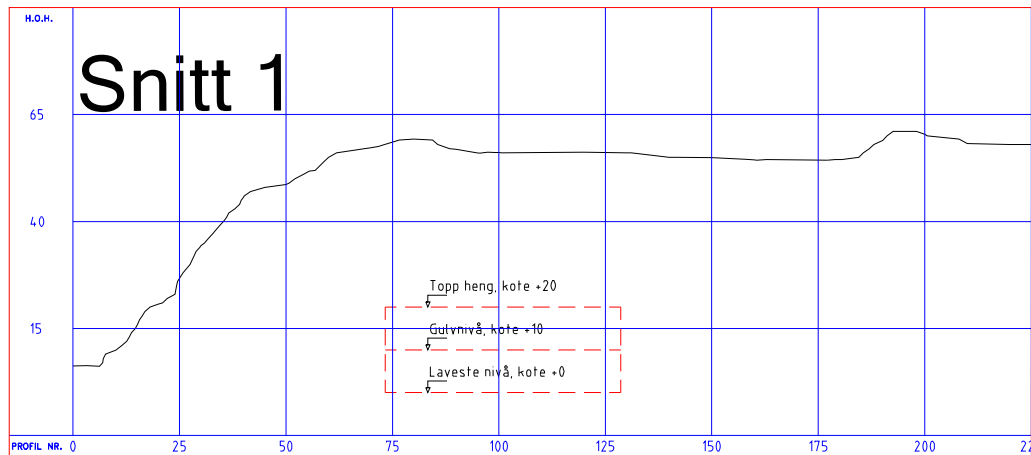


Fig. 4 Oversiktskart med linjer for tverrprofiler 1 - 5. Stiplet (rød) ramme viser anslått omfang på utvidet anlegg, planer pr mars 2008.

Tverrprofiler vises i det følgende for hvert snitt.



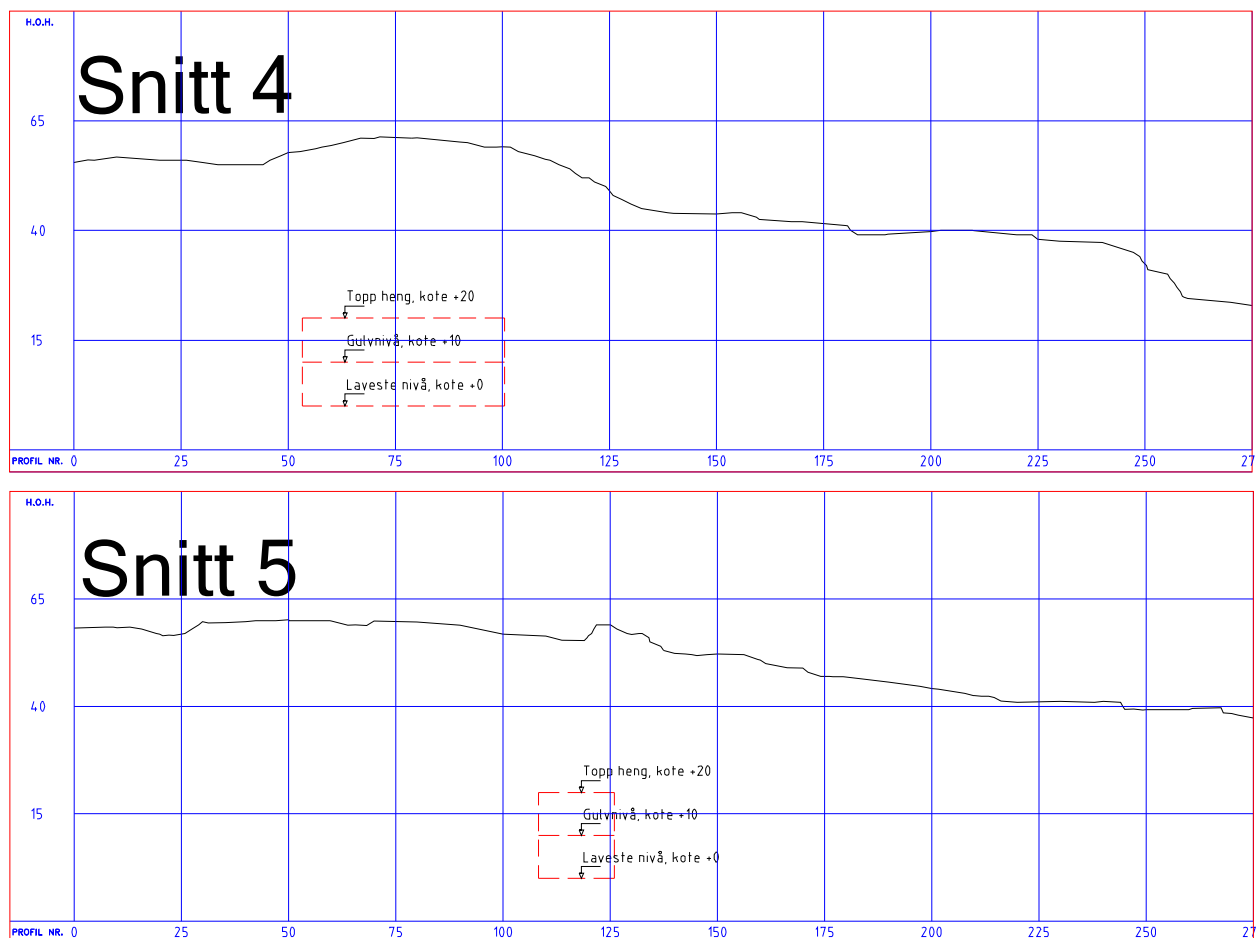


Fig. 5 Tverrprofiler, snitt 1- 5. Stiplet (rød) ramme viser anslått omfang på utbygget anlegg, planer pr mars 2008. Snitt 1 og 2 går langs hallenes lengderetning. Snitt 4 og 5 går på tvers av hallenes lengderetning. Snitt 3 skjærer skrått i gjennom området. Se plantegning i fig. 4.

I våre vurderinger legger vi til grunn at Noteby ved byggetrinn 1 anbefalte en overdekning på minimum 30-35 meter. For å akseptere særlig lavere overdekning må det gjøres detaljstudier, eksempelvis spenningsmålinger og sonderboring samt sjekk av bergkvalitet med kjerneboring.

Fra denne stipulerte utvidelsen og videre vestover faller det overliggende terrenget umiddelbart bratt ned mot fjorden, se tverrsnitt 1 og 2.. Det kan være muligheter for å gjøre mindre justeringer av den foreliggende plan, men det er senere ikke plass for ny hall vest for denne stipulerte utvidelsen.

Fra det stipulerte området for utbygging og sørover faller terrenget fra kote +55 til kote +40 i løpet av de første 25 meter, se tverrsnitt 4 og 5. Terrenget ligger rundt kote +40 nær 150 meter videre sørover. Dette området kan være aktuelt for videre utbygging, men forutsatt dagens utforming er overdekning redusert til 20 meter. Mulighet for utbygging må grunnet liten overdekning avklares med detaljstudier av grunnforholdene.

5. ANNET

5.1 Tilstand på bergsikring i eksisterende anlegg

Det forventes at bergsikringen, så kort tid etter monteringen (ca 10 år), er i god stand og ikke behøver rehabilitering. Dette bør imidlertid verifiseres ved en kontroll i eksisterende anlegg.

5.2 Tettekrav

Fukttilstand i eksisterende anlegg bør vurderes, og ut fra dette bør det for utbyggingens trinn 2 vurderes typen vannskjerming samt behov for tetting med injeksjon. Krav til injeksjonstrykk må tilpasses nærhet til eksisterende anlegg og det bør tas høyde for at inspeksjon og kontroll av eventuelle utganger av injeksjonsmasse i eksisterende bergrom kan bli omfattende.

5.3 Bergmekaniske forhold

Om nytt anlegg plasseres slik at vegger/tak/gulv mot eksisterende anlegg svekkes kan det være påkrevd å supplere fjellsikringen i eksisterende anlegg. Dette må tas med i vurderingen når nye haller og tunneler plasseres.

5.4 Rystelser

En ny vurdering av rystelseskrav må gjøres ut fra hvilke hus og konstruksjoner som i dag ligger innenfor aktuelt område i dagen, samt for installasjoner inne i det eksisterende anlegget. Før sprengning av nytt anlegg kan det være påkrevd å supplere fjellsikringen i eksisterende anlegg.

5.5 Støv

Eksisterende anlegg bør i den grad det er nødvendig beskyttes mot støv, sprenggasser og skitt fra anleggsdriften dersom eksisterende anlegg fortsatt skal være i drift under utvidelsesarbeidene.

5.6 Ingeniørgeologisk rapport

Det anbefales å få utarbeidet en ny ingeniørgeologisk rapport, basert på nye befaringer og det foreliggende geologiske bakgrunns materialet, for anbud i trinn 2.

5.7 Adkomsttunnel

Det er skissert en egen adkomst for det nye anlegget, men påhuggsområdet er ikke vurdert i denne rapporten.

5.8 Stabilitet i nærliggende fjellsider/skjæringer

Det må vurderes i hvilken grad anleggsarbeidet/sprengningsarbeid i anlegget ansees å kunne påvirke stabiliteten i fjellsidene ved anlegget. Stabilitet i fjellsidene bør kartlegges og vurderes.

6. OPPSUMMERING/KONKLUSJON

Utvidelsen av eksisterende anlegg er pr i dag tenkt videre mot vest og sør.

Mottatte rapporter innehar informasjon bare fra de tekniske vurderinger som er gjort forut for bygging av trinn 1. Geologiske forhold påtruffet under drivingen er ikke kjent da slik dokumentasjon ikke foreligger.

Det er ikke registrert større svakhetssoner i området som skal bygges ut, eller i nærområdet videre sørover.

Det anbefales å få utarbeidet en ny ingeniørgeologisk rapport, som også vurderer stabilitet i fjellsidene nær anlegget.

Påhugg for ny adkomsttunnel må vurderes/plasseres. Herværende behov for grunnundersøkelser lokalt må avklares.

Det er ellers ikke funnet forhold som tilsier behov for supplerende grunnundersøkelser for utbyggingen i det stipulert området. Det er imidlertid fordelaktig å få mer informasjon om bergforholdene som ble påtruffet under drivingen av byggetrinn 1.

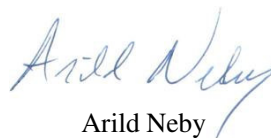
Ytterligere muligheter for utvidelser er noe begrenset. Mot vest faller terrenget fort og gir ikke rom for utvidelser ut over dagens planer. Mot sør avtar fort overdekningen til 20 meter, men holder seg jevnt på det nivå i 150 meter sørover. Det er generelt sett godt mulig å fremdeles kunne bygge nye haller her, men det krever en forutgående detaljkartlegging og undersøkelser av bergets kvaliteter og bergspenninger.

Se også kapittel 5.1-5.5.

Norconsult, 3. oktober 2008



Ingvar Tyssekvam



Arild Neby

SLUTTRAPPORT

| | | |
|-------------------|---|--------------------|
| Oppdragsgiver | : | Bergen Kommune |
| Rapporten gjelder | : | KTR 2.2.7. |
| Hovedaktivitet | : | Renseanlegg |
| Aktivitet | : | Hovedvurdering |
| Oppgave | : | Geologiske forhold |
| Fagansvarlig | : | J.J. Garmann |

SAMMENDRAG OG KONKLUSJON:

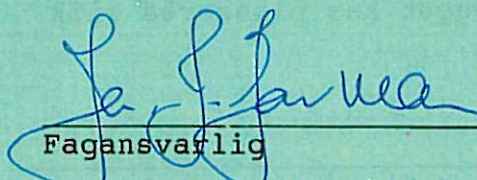
Fjellforholdene i området er generelt sett gode. Bergarten er hovedsakelig granittisk gneis med lav til middels borbarhet, middels sprengbarhet, men med gode stabilitetsegenskaper.

Dersom en unngår de mest markerte sprekksystemer, og krysser øvrige i hht. geologenes anvisninger, ventes ikke at en skal støte på særlige problemer.

Det anbefales overdekning 30-35 m, men mindre overdekning kan aksepteres etter detalj-studier.

Forholdene ved de valgte alternativer er så vidt like at en geologisk sett ikke kan peke på at et anlegg blir billigere med hensyn til utsprenging enn de øvrige.

For alternativ III, Eidsvågneset har en imidlertid den beste fjelloverdekningen, og her vil trolig rystelsene skape minst problemer.


Fagansvarlig

KTR NR. 2.2.7

Dato: 04.04.95

Ik/ok.

| |
|---|
| KTR 2.2.7. GEOLOGISKE FORHOLD |
|---|

I. INNLEDNING.

Det vises til rapport fra Noteby, som detaljert går inn på de geologiske forhold for de ulike alternativer.

Generelt er forholdene tilfredsstillende, selv om fjellet har middels til dårlig borbarehet og middels sprengbarhet.

Fjellet ved de aktuelle plasseringer består av grannittisk gneis, som er den vanligste bergarten i Bergens-området.

Området har markerte sprekksystemer, som ventes å gi små problemer, dersom disse krysses innenfor de anbefalte retninger.

Fjellforholdene er godt kjent og dokumentert i forbindelse med andre anlegg som har vært drevet i området, særlig Fløyfjellstunnelene, Eidsvågstunnelene m.v.

En venter ingen spesielle problemer eller overraskelser.

Generelt i området anbefales en fjelloverdekning på 30-35 m, dersom dette kan oppnåes.

Mindre overdekning enn dette kan også aksepteres, etter mer detaljerte vurderinger av forholdene.

Alternativ I, Rothaugen.

En ser ingen spesielle problemer med anleggets plassering eller med adkomsttunnelene, slik disse er vist.

De angitte hallbredder og pilarbredder vil ikke skape problemer.

Ved kryssing av mindre svakhetssoner må en påregne bolting.

Som generell sikring anbefales sprøytebetong på tak og vegger.

Alternativ II, Breiviken.

Anlegget blir liggende i fjellknausen under Handelshøyskolen.

Fjellforholdene er normalt gode, anlegget kan plasseres slik det er vist på tegningene.

Enkelte sprekksoner i området er markerte, og vil kunne medføre ekstra sikringsarbeider om disse krysses. Slik anlegget er lagt, har en trukket seg unna sonene.

Med den overdekning en har regner en med at rystelsene under sprengingsarbeidene vil være akseptable.

Alternativ III, Eidsvågneset.

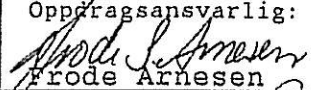
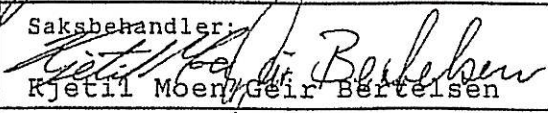
Den valgte plassering og hallretning er god i forhold til fremherskende sprekkssystemer i området.

Anlegget er plassert for å unngå de største sprekkssystemene, mindre sprekkssystemer krysses tilnærmet perpendikulært.

I forbindelse med kryssing av Eidsvågvegen må en påregne sikring og kan hende utstøping, pga. liten fjelloverdekning mellom adkomsttunnel og veg i dagen.

For dette alternativet blir bunn pumpestasjon liggende på ca. kt. -12. Med den valgte plassering, og de fjellforhold en har, anser en inntregning av sjøvann som lite sannsynlig.

Generelt har en ut fra geologiske vurderinger ingen motforestillinger mot plasseringen.

| | | | |
|---|--|--|---------------------------------------|
| Fagområde: | | Ingeniørgeologi/Geoteknikk | |
| Stikkord: | | Arkivundersøkelse Avløpsanlegg Sikring | Tunneler Renseanlegg Sprengning |
| <p>Oppdragsnr.: 5 1 3 9 0</p> <p>Rapportnr.: 1</p> <p>Oppdrags- giver: BERGEN KOMMUNE TEKNISK UTBYGGING VA-SEKSJONEN</p> <p>Oppdrag/ rapport: SENTRUM NORD/EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG ----- INGENIØRGEOLOGISK FORPROSJEKTERING</p> <p>Dato: 21. april 1995</p> | | | |
| <p>Rapport-utdrag:</p> <p>Bergen kommune planlegger et nytt hovedavløpsanlegg i området Sentrum - Eidsvåg.</p> <p>NOTEBY har utført arkivundersøkelser for å samle data om grunnforhold i planområdet. Det er gjort ingeniørgeologiske vurderinger for tre alternative plasseringer av renseanlegg i fjell. De tre alternativene er 1) Rothaugen, 2) Breiviken, og 3) Eidsvågsneset. Ingeniørgeologiske forhold for aktuelle tunneltraséer er også vurdert.</p> <p>Fra et bergteknisk synspunkt er det bare små forskjeller mellom de tre alternative plasseringene for renseanlegg.</p> <p>Sprengte tunneler under bebygget område bør legges slik at verdekningen i hovedsak blir større enn 25 m. For en eventuell TBM-tunnel bør fjelloverdekningen være større enn 10 m.</p> | | | |
| Land/fylke: Hordaland | | Oppdragsansvarlig: | |
| Kommune: Bergen | |  Frode Arnesen | |
| Sted: Sentrum-nord | | Saksbehandler:  Kjetil Moen/Geir Bertelsen | |
| Kartblad: 1115 I | | UTM-koordinater: 32V 2985 67032 127I | |

INNHold:

| | Side |
|--|------|
| 1 INNLEDNING | 3 |
| 2 GENERELLE REGISTRERINGER | 3 |
| 2.1 Utførte undersøkelser | 3 |
| 2.2 Ingeniørgeologiske forhold | 3 |
| 2.2.1 Bergarter | 3 |
| 2.2.2 Svakhetssoner | 4 |
| 2.2.3 Oppsprekking | 4 |
| 2.3 Geotekniske forhold | 5 |
| 2.3.1 Arkivundersøkelser | 5 |
| 2.3.2 Løsmassebeskrivelse | 5 |
| 3 INGENIØRGEOLOGISKE FORHOLD VED RENSEANLEGG | 5 |
| 3.1 Alternativ Rothaugen | 6 |
| 3.2 Alternativ Breiviken | 6 |
| 3.3 Alternativ Eidsvågneset | 6 |
| 4 FORSLAG TIL TUNNELTRASÉER | 7 |
| 4.1 Fullprofilboret tunnel | 7 |
| 4.2 Sprengt tunnel | 8 |
| 5 INGENIØRGEOLOGISKE FORHOLD LANGS TUNNELTRASÉER | 8 |
| 5.1 Sverresborg - Breiviken | 9 |
| 5.2 Breiviken - Eidsvågneset | 9 |
| 5.3 Eidsvåg - Eidsvågneset | 10 |
| 5.4 Koppervika - Breiviken | 10 |
| 6 DRIVEMETODER OG KOSTNADER | 10 |
| 6.1 Fullprofilboret tunnel | 11 |
| 6.2 Sprengt tunnel | 12 |
| 7 BORHULL SOM TVERRINNTAK | 13 |
| 8 VIDERE UNDERSØKELSER | 13 |

TEGNINGER:

| | | |
|-------|------|--|
| 4000 | -3b | Ingeniørgeologisk bilag |
| 51390 | -0 | Oversiktskart |
| 51390 | -150 | Oversiktskart - Ingeniørgeologi Vågen - Eidsvågen |
| 51390 | -151 | Ytterste plassering av sprengt/TBM-boret tunnel Dreggen - Breiviken |
| 51390 | -152 | Lengdesnitt tunnel Dreggen - Breiviken |

1 INNLEDNING

I forbindelse med forprosjektering av Sentrum Nord/Eidsvåg Hovedavløpssystem er NOTEBY engasjert som geofaglig rådgiver.

Oppdragsgiver er Bergen kommune, KTU, VA-seksjonen. Asplan Viak og Garmann Prosjektsamarbeid er engasjert som hovedkonsulent. Våre arbeidsoppgaver er definert i brev av 14.12.94.

Rapporten sammenfatter de utredningsarbeidene som er utført i prosjekteringsperioden.

2 GENERELLE REGISTRERINGER

2.1 Utførte undersøkelser

Undersøkelser av berggrunnen omfatter flyfotostudier og studie av geologisk/bergteknisk litteratur. Egne og innhentede erfaringsdata er gjennomgått. Det er foretatt enkle befaringer i felten.

Opplysninger om geotekniske forhold er tatt fra NOTEBYs arkiv.

2.2 Ingeniørgeologiske forhold

Basert på flyfotostudier og enkle befaringer er vedlagte tegning 51390-150 utarbeidet. Tegningen viser bergartsformasjoner, og svakhetssoner som gir seg til kjenne i overflaten.

2.2.1 Bergarter

Berggrunnen under Sverresborg tilhører Nordåsvatn-komplekset av kambrosilurisk alder, og bergarten er en grønnstein/grønnskiifer.

Geologisk tilhører resten av planområdet det prekambriske Ulriken gneiskompleks. Her dominerer gneis med granittisk mineralsammensetning. I en linseformet formasjon ved Rothaugen, og i en sone fra Langevatnet til Tømmervågen, finnes kvartsrrike bergarter, tildels med skifrig karakter.

2.2.2 Svakhetssoner

To svakhetssoner i planområdet betegnes som større regionale bruddsoner.

Det gjelder for det første skyvesonen mellom de to nevnte bergartsformasjonene. Utgående av denne sonen kan følges fra Skuteviken mot Skansen og Skansemyren. Sonen antas å være sammensatt, med en total mektighet på oppimot 50 m. Sonen antas å bestå av sterkt forskifret berg med en del klorittisk leirmateriale.

Utgående av den andre større bruddsonen kan følges fra Tømmervågen i Eidsvåg, forbi Langevatnet og Munkebotsdalen. Sonen består av en kvartsskifer. Sentrale deler av sonen antas å ha en sterkt skifrig karakter. Her kan bergmassen tildels være omvandlet og leirførende. Total mektighet anslås også her til oppimot 50 m.

Forøvrig finnes en del mindre svakhetssoner. De gir seg til kjenne som søkk og mindre dalfører. Se tegning 51390-150. Slike soner vil stort sett ha mektigheter på 10 m eller mindre.

Svakhetssonene følger tre hovedretninger. Ett sett svakhetssoner følger den regionale foliasjonen som har strøk NV-SØ. Fallet er østlig $40 - 70^\circ$. Det andre settet har også strøk NV-SØ, men med et tilnærmet vertikalt fall. Det tredje settet har grovt sett strøk normalt på foran nevnte (NØ-SV). Fallet er varierende steilt.

2.2.3 Oppsprekking

De tre dominerende sprekkesystemene faller sammen med hovedretningene for svakhetssonene. Det kan imidlertid være en del lokale variasjoner.

Bergartene i Nordåsvatn-komplekset varierer generelt fra forholdsvis moderat oppsprukket grønnstein/gabbro/amfibolitt, til skifre med tettere oppsprekking.

I fjellryggen ved Sverresborg virker oppsprekkingen moderat (sprekkeavstand 0,5 - 1 m), men skifrige partier med tettere oppsprekking kan forekomme.

I Ulriken gneiskompleks er bergmassen utenom svakhetssonene moderat oppsprukket. Avstanden mellom markerte utholdende sprekker er i hovedsak større enn 1 m. I nærheten av svakhetssonen kan bergarten ha en benket karakter med sprekkavstand ned mot 10 cm.

2.3 Geotekniske forhold

2.3.1 Arkivundersøkelser

Arkivundersøkelsen av geotekniske data er konsentrert til områdene Skuteviken og Sandviken. Løsmassemektheter er angitt på tegning 51390-151.

2.3.2 Løsmassebeskrivelse

Det er registrert løsmassemektheter på omkring 5 m over tunneltraséen i områdene ved Skuteviken og Sandviken. Ved strandsonen i Skuteviken er det registrert mektigheter på over 10 m. Løsmassene består i hovedsak av fyllmasser, sandige-/grusige avsetninger og morene. Slike løsmasser er generelt lite setningsømfintlige.

Fra området innenfor Måseskjæret og nordover mot Eidsvågsneset er det i stor grad fjell i dagen, og bare lokale løsmasseforekomster uten betydning for overdekningsforhold og valg av tunneltrasé.

Faren for grunnvannssenkning og setningsskader for hus fundamentert på løsmasser er ikke vurdert. Slike vurderinger må gjøres i det videre prosjekteringsarbeidet.

3 INGENIØRGEOLOGISKE FORHOLD VED RENSEANLEGG

Generelt anbefales en fjelloverdekning på 30 - 35 m for hallene i renseanlegget. Det vil normalt gi god avstand til dagfjell, og gode innspenningsforhold.

Alle de tre alternativene ligger under bebygget område. Med den anbefalte overdekningen vil sprengningsarbeidene kunne gjennomføres på uten å overskride normale vibrasjonsgrenser.

Det vil uansett bergkvalitet være en viss risiko for blokkfall fra blottlagt fjell i fjellrom. I et anlegg av denne kategorien anbefales generelt sikring av tak og vegger med bolter og sprøytebetong.

Generelt må man også kalkulere med noe innlekkasje av vann i anleggene. Det vil normalt ytre seg som spredte sig-/drypplekkasjer. Det er svært liten sannsynlighet for innlekking av sjøvann i noe problematisk omfang. Lekkasjer kan ledes til sidene ved montering av himlingsplater eller duk.

3.1 Alternativ Rothaugen

Et renseanlegg her vil ligge i den såkalte Rothaugkvartsitten, som er en kvartsittisk gneis, tildels med skifrig karakter. Bergarten har et kvartsinnhold på over 60%.

Renseanlegget kan plasseres i inntakt, men tildels markert oppsprukket berg, mellom markerte svakhetssoner på hver side av Rothaugen. Fløyfjellstunnelen danner en østre begrensning for renseanlegget.

Det høye kvartsinnholdet i bergarten vil gi dårlig borsynk og stor borslitasje ved utsprenkning av anlegget. Den markerte oppsprekningen kan gjøre behovet for rensk og arbeidssikring noe mer omfattende enn for de to andre alternativene.

Den permanente sikringen blir i prinsippet den samme som for de to andre alternativene, men muligens med noe tettere bolting og noe mer sprøytebetong.

Det konkluderes med at alternativet er gjennomførbart, men bergteknisk noe mer ugunstig enn alternativene Breiviken og Eidsvågneset.

3.2 Alternativ Breiviken

Bergarten her er en massiv granittisk gneis. Bergtekniske forhold vurderes som gunstige, selv om noen slepper kan forekomme. De vil evt. skjære anlegget under en gunstig vinkel. De ventes ikke å skape større stabilitetsproblemer.

Anlegget kan plasseres med tilstrekkelig overdekning i området under NHH. Orientering av hallene er vist på tegning 51390-151 ut fra en orienterende sprekkekartlegging.

Dette alternativet synes også fra et VA-teknisk synspunkt det mest aktuelle.

3.3 Alternativ Eidsvågneset

En alternativ plassering av renseanlegg på Eidsvågneset er vurdert. Bergarten er også her en granittisk gneis. Det vil være fullt mulig å plassere et renseanlegg med tilstrekkelig fjelloverdekning, uten å komme i berøring med svakhetssoner som er registrert i overflaten.

Sprekkemønsteret er i hovedsak som beskrevet i kapittel 2.2.3. Anlegget kan plasseres med en gunstig orientering i forhold sprekkeretningene.

Adkomsten til renseanlegget er noe lenger, og noe mer komplisert enn for de andre to alternativene. Det kan bli nødvendig med noe tyngre sikring i ytre del av adkomsttunnelen ved kryssing under Eidsvågvegen.

4 FORSLAG TIL TUNNELTRASÉER

Ledningsanlegg i tunnel har vært vurdert på følgende strekninger:

- Sverresborg - Breiviken (3050 m)
- Breiviken - Eidsvågneset
- Eidsvåg - Eidsvågneset
- Koppervika - Breiviken (1690 m)

Nedenfor er noen bergtekniske kriterier for linjeføring satt opp:

- I utgangspunktet skal korteste strekning mellom endepunktene velges.
- For å redusere omfanget av sikringsarbeidene bør skjæringsvinkel mellom tunnelakse og sprekker/svakhetssoner være så nær 90° som mulig.
- Fjelloverdekningen må være tilstrekkelig slik at stabilitetsproblemer, og i verste fall gjennombrudd til dagen, ikke forekommer. For liten overdekning kan også gi vannlekkasjeproblemer.
- Ved tunnelarbeider under bebygget område må en ta hensyn til vibrasjoner fra sprengning og støy fra boring.

Anbefalte ytre grenser for tunneltraséer på strekningen Sverresborg - Breiviken er lagt inn på tegning 51390-151. Lengdesnitt er vist på tegning 51390-152. Disse er basert på alternativ med lav tunnel. Ved halvhøy eller høy tunnel må traséene justeres tilsvarende.

4.1 Fullprofilboret tunnel

På strekningen Sverresborg - Breiviken går tunnelen under bymessig bebyggelse. Fullprofilboring har bl.a. den fordel at man unngår vibrasjoner fra sprengning. Tunneltraséen kan derfor planlegges med mindre fjelloverdekning enn det sprengte alternativet.

Stabilitet og lekkasjeforhold blir bestemmende for nødvendig fjelloverdekningen. Vi har tatt utgangspunkt i at fjelloverdekningen bør være større enn 10 m. Da vil man unngå den ytterste dagfjellsforvitrede sonen. Man har under normale forhold tilstrekkelig fjell til å tette mot lekkasjer.

Støynivået som påføres beboere ved dette trasévalget er ikke vurdert inngående. På dette området bør det innhentes mer erfaringsmateriale dersom fullprofilalternativet skal utredes nærmere.

For de andre tunnelstrekningene har fjelloverdekningen mindre betydning for valg av tunneltrasé. Fullprofilalternativet er også mindre aktuelt.

4.2 Sprengt tunnel

For sprengt tunnel har vi lagt til grunn at avstanden til bebyggelse bør være 25 m eller mer. Ved kortere avstander viser erfaring, bl.a. fra Sentrum Syd Hovedavløpsanlegg, at spesielle tiltak kan bli nødvendig for å oppfylle krav til maksimale vibrasjoner etter NS 8141. Det mest kostnadskrevende tiltaket i så måte vil være sprengning med reduserte salvelengder.

På tegning 51390-152 er traséen ytre begrensning for sprengt tunnel på strekningen Sverresborg - Breiviken lagt inn.

For de øvrige tunnelstrekningene er overdekningsforholdene bedre. Traséene vil i første rekke bli bestemt av hensyn til tilknytningspunkter og kortest mulig tunnellengde.

Ved detaljert trasébestemmelse og linjeføring bør man søke å krysse svakhetssoner så gunstig som mulig.

5 INGENIØRGEOLOGISKE FORHOLD LANGS TUNNELTRASÉER

Man må generelt regne med en del innlekkasje av vann i tunnelene. Det vil i hovedsak ytre seg som spredte sig-/drypplekkasjer. Men man kan også komme til å krysse sprekker og svakhetssoner med større lekkasjer. For tunneler under havnivå kan det teoretisk forekomme innlekking av sjøvann.

Det er erfaringsmessig ikke grunn til å forvente store lekkasjeproblemer. Lekkasjevannet vil i all hovedsak være ferskvann.

Med de valgte kriteriene for overdekking vil man under tunneldrivingen kunne ha full kontroll med lekkasjene. Større lekkasjer kan injiseres. Restlekkasjer kan ledes til drengrofter i sidene ved montering av duk eller himlingsplater.

5.1 Sverresborg - Breiviken

Tunnelen gjennom fjellryggen ved Sverresborg går i kambro-silurisk grønnstein eller grønnskifer.

Forsenkningen ved Skuteviken representerer en skyvesone som også danner bergartsgrense mellom denne bergarten og de gneisbergartene som dominerer resten av planområdet.

Under Rothaugen vil tunnelen gå i en kvartsrik, tildels skifrig gneis (Rothaugkvartsitten). Videre mot Breiviken vil man få en overgang til mer massive gneiser med varierende struktur. Mineralsammensetningen vil i hovedsak være granittisk.

Den nevnte skyvesonen og bergartsgrensen ved Skuteviken representerer en kompleks, og opptil 50 m mektig svakhetssone.

To markerte, men antatt mindre mektige svakhetssoner, gir seg til kjenne i forsenkningen nordøst for Rothaugen. Noen mindre svakhetssoner finnes i området Stormøllen - Nyhavn.

For de nevnte svakhetssonene må det kalkuleres med en del tyngre sikring. Det kan også forekomme noen mindre svakhetssoner som ikke gir seg til kjenne i overflaten p.g.a løsmasse-overdekning og bebyggelse.

Forøvrig antar vi at tunnelen kan drives med normal rensk og sporadisk sikring.

Bergartenes egenskaper vil variere en del. Grønnstein/grønnskifer har gunstig borbarhet, men kan være noe tungsprengt. Den kvartsrike gneisen kan gi stor borslitasje og lav borsynk. Sprengbarheten ventes å være god. Gneisene med granittisk mineralsammensetning kan også gi noe dårligere borbarhet enn normalt, men god sprengbarhet.

5.2 Breiviken - Eidsvågneset

Ved plassering av renseanlegg på Eidsvågneset er det aktuelt med tunnel her.

Hele strekningen går i granittiske gneiser. En del mindre svakhetssoner er identifisert i området. Strøkretningen på de fleste av disse er NV - SØ. Dette er også retningen på de dominerende sprekkesystemene.

Store deler av tunnelen vil nødvendigvis få en ugunstig spiss vinkel til slike diskontinuiteter.

Det må kalkuleres med noe tyngre sikring ved passering av svakhetssonene. Også utenom svakhetssonene kan sikringsomfanget bli noe større enn normalt p.g.a ugunstig tunnelretning.

I detaljplanfasen bør det legges vekt på å få til en optimal linjeføring med tanke på stabilitet og sikring.

5.3 Eidsvåg - Eidsvågneset

Tunnel har vært vurdert på denne strekningen. Den anbefalte VA-tekniske løsningen omfatter imidlertid ledninger i grøft og borhull.

En eventuell tunnel her vil gå i de samme gneisbergartene som nevnt foran. Tunnelretningen vil også her få en ugunstig vinkel til hovedsprekkeretningene.

De ingeniørgeologiske forholdene i området Tømmervågen - Koppervika er uoversiktlige. Her bør videre prosjektering av fjellanlegg baseres på en mer detaljert ingeniørgeologisk kartlegging.

Videre mot Eidsvågneset er bare noen få mindre svakhetssoner registrert.

5.4 Koppervika - Breiviken

Ved lokalisering av renseanlegg i Breiviken er det aktuelt med en overføringstunnel direkte fra Eidsvåg. En slik tunnel vil gå gjennom de samme formasjonene som veitunnelene gjennom Eidsvågffjellet.

Det har vært diskutert om det ved utvidelse av veitunnelene også kan legges avløpsledning. Dette avklares evt. med Statens Vegvesen.

Ved anlegging av ny tunnel forventes noe dårlig bergkvalitet de første 100 - 200 m på Eidsvågsiden. Videre gjennom Eidsvågffjellet og fram til renseanlegget ser forholdene ut til å være gunstigere.

6 DRIVEMETODER OG KOSTNADER

Aktuelle drivemetoder er fullprofilboring med tunnelboremaskin (TBM) eller konvensjonell drift med boring og sprengning.

6.1 Fullprofilboret tunnel

Noen karakteristiske egenskaper ved TBM i sammenligning med konvensjonell drift er listet opp nedenfor.

Fordeler:

- TBM gir ikke vibrasjoner som kan skade bebyggelse.
- Det kan oppnås ukeinndrifter på i størrelsesorden det dobbelte av konvensjonell drift. Det kan i gitte tilfeller bety innsparing i form av færre angrepspunkt enn for en konvensjonelt boret og sprengt tunnel.
- En fullprofilboret tunnel krever under normale forhold minimal sikring.

Ulemper:

- Lyd fra boringen vil forplante seg gjennom grunnen til bebyggelse i nærheten. Dette kan erfaringsmessig oppleves sjenerende på avstander opp til 100 m. Det er derfor usikkert om boring kan foregå døgnekstremt for dette prosjektet.
- Linjeføringen for en TBM-tunnel er bundet til kurveradius større enn 200 m og stigning mindre enn 1:100.
- En TBM-tunnel er kostnadmessig og tidsmessig vesentlig mer følsom for variasjoner i tverrsnitt og bergtekniske forhold enn det som er tilfelle for en konvensjonell boret og sprengt tunnel.
- Evt. sikringsoperasjoner foran borhodet er komplisert og tidskrevende.
- Leveringstid på TBM-maskin kan være et problem i forhold til framdriftsplan.
- Massene fra fullprofilboring er telefarlig, og har begrenset anvendelighet.

TBM-tunnel er først og fremst aktuell på strekningen Sverresborg - Breiviken der man har bymessig bebyggelse og liten overdekning. Et vesentlig argument er å skåne beboere og næringsdrivende for rystelser fra sprengning.

Stabilitetsforhold, lekkasjeforhold og støyforhold er faktorer som bestemmer nødvendig fjelloverdekning for en TBM-tunnel. Vi har som nevnt foran vurdert denne overdekningen til minimum 10 m.

Valg av tverrsnitt har stor betydning for kostnadene ved fullprofilboring. Et vesentlig spørsmål for sammenligningen mellom de alternative drivemetodene er om avløpsvannet skal legges i rør eller renne fritt i tunnelsålen.

Det er gjort en kostnadsvurdering av to aktuelle diametere for TBM.

- Tunnel uten rør med diameter 3,5 m.
- Tunnel med rør i siden og kjørebane. Diameter 6,25 m.

Basert på erfaringsdata fra Fløyfjellstunnelene har vi for en Ø 3,5 m tunnel kommet fram til en kostnad på kr 8 000,- til 10.000,- pr. lm.

For en Ø 6,25 m tunnel vil kostnaden være i størrelsesorden 15.000,- til 17.000,- pr. lm.

Her må vi presisere at kostnadsoverslagene er forbundet med betydelig usikkerhet. Kostnadene vil være svært følsomme for varierende fjellforhold. Spesielt spiller oppsprekkingsgraden i bergartsformasjonene en stor rolle.

Dersom man utfra dette ønsker å vurdere fullprofilboring nærmere, bør det baseres på et mer detaljert bergteknisk datagrunnlag.

6.2 Sprengt tunnel

Bergen kommune har omfattende erfaring med sammenlignbare tunnelsprengningsprosjekter. Usikkerhetene ved dette alternativet er derfor relativt beskjedne.

Med dagens tunnelsprengningsteknikk kan man tilfredsstille normale vibrasjonskrav etter NS 8141 med overdekning ned mot 10 m. Over kortere strekninger, og med iverksetting av spesielle sprengnings- og sikringsteknikker, kan også sprengning med mindre overdekning la seg gjennomføre.

Erfaring viser at ved overdekning på 25 m kan sprengning under bebygget område stort sett gjennomføres til normal løpemeterpris. Trasévalget på strekningen Sverresborg - Breiviken er basert på dette.

Det økte kravet til overdekning i forhold til fullprofilboret tunnel utgjør bare en beskjeden økning i tunnellengde (ca 5%) for den samme strekningen.

En sprengt tunnel uten rør vil få et tverrsnitt $b \times h = 4 \times 5$ m. En sprengt tunnel med rør og vegbane vil få et tverrsnitt $b \times h = 4,7 \times 5$ m.

Sprengnings- og sikringskostnadene for sistnevnte tverrsnitt anslås til kr 10.000,- pr lm. Kostnadsreduksjonen for det mindre tverrsnittet uten rør vil være beskjedent, anslagsvis kr 500,- pr. lm.

7 BORHULL SOM TVERRINNTAK

Forskjellige teknikker for boring av tverrinntak kan være aktuelle. Boring kan utføres fra dagen eller fra tunnelen, alt etter hva som er mest hensiktsmessig.

Kostnad pr. meter borhull er i stor grad avhengig av borhulls-diameter, borhullslengde, avvikstoleranser og grunnforhold.

Som en grov orientering antydes kostnaden for et borhull i fjell med diameter 430 mm til kr 3.000,- pr lm. I tillegg kommer riggkostnader i størrelsesorden kr 100.000,-. Det forutsettes en normal avvikstoleranse på ca 1% av boret lengde.

For boring med fortløpende posisjonsbestemmelse og retnings-korrigerings må man regne med noe større kostnader. Det har skjedd en betydelig utvikling på dette området den siste tiden. Kostnader og tekniske løsninger må evt. vurderes nærmere.

8 VIDERE UNDERSØKELSER

Ved detaljprosjektering er følgende ingeniørgeologiske og geotekniske undersøkelser aktuelle:

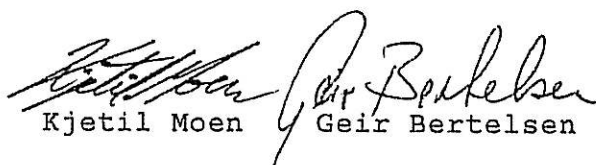
- Detaljkartlegging for endelig plassering av tunneltraséer, utforming av renseanlegg og valg av driveteknikker.
- Geotekniske undersøkelser ved tunnelpåhugg og påboringspunkt.
- Geotekniske/geofysiske undersøkelser i forbindelse med grøfting, utfylling i sjø, ledningsanlegg i sjø, utslag mot sjø.

- Innhenting av parametre vedrørende bergartsegenskaper i forbindelse med utarbeidelse av anbudsmateriale.
- Ingeniørgeologisk/geotekniske undersøkelser og vurderinger vedrørende evt. grunnvannssenking/setningsskader.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A/S



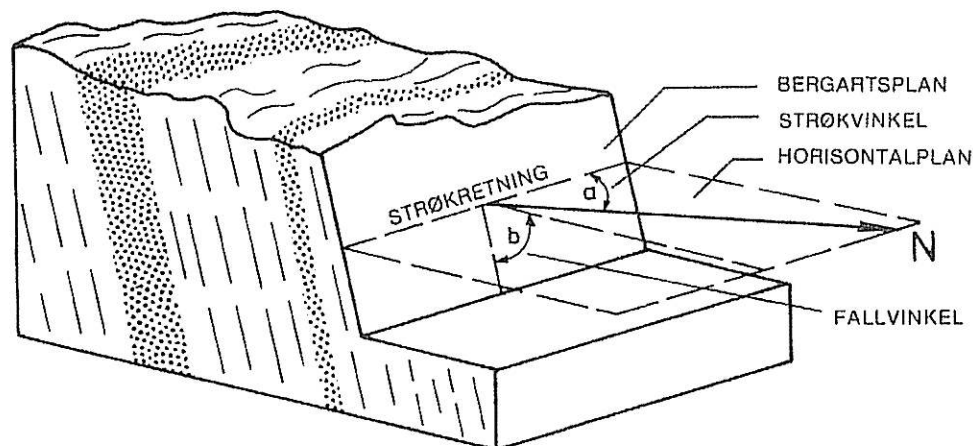
Frode S. Arnesen



Kjetil Moen Geir Bertelsen

STRØK OG FALL

Strøk (også kalt strøkretning og strøkvinkel) er retningen av skjæringslinjen mellom et strukturplan og horisontalplanet målt i forhold til nord.



Fall eller fallvinkel er et bergartsplans vinkel med horisontalplanet, målt fra horisontalplanet og ned. Denne vinkelen måles vinkelrett på strøket. Det er ikke entydig hvilken vei planet heller ved bare å oppgi fallvinkelen. Derfor angis også hvilken himmelretning planet heller mot (f.eks. NØ på figuren). En fullstendig angivelse av strøk og fall for eksemplet på figuren vil, hvis vinkelen $a = 60^\circ$ og $b = 50^\circ$ være: strøk 120° eller 300° , fall 50° NØ, alt. angis strøkretningen som N 60° V. Strøk og fall kan også angis i nygrader.

På geologiske kart angis strøk og fall med et tegn, f.eks. $\swarrow 50$.

Tallet på tegnet angir fallvinkelen, og tegnet er orientert i strøkretningen. Strøket angis vanligvis ikke med tall på kartet.

Hvis planet står vertikalt (fall 90°) er karttegnet:



Hvis planet ligger horisontalt (fall 0°), er karttegnet: (udefinert strøk).

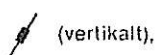


Angivelse av strøk og fall benyttes for å angi stillingen i rommet av et bergartsplan, så som lagdeling, skiffrighet, foliasjon og bånding. Skiffrighet er oftest, men ikke alltid, uttrykk for lagdeling.

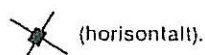
Homogene bergarter så som typiske granitter og gabbroer har ingen planparallel struktur, og følgelig kan strøk og fall ikke måles.

Sprekker, stikk, forkastninger og knusningssoner er ofte plane strukturer som angis med strøk og fall.

På geologiske kart brukes følgende strøk- og falltegn for sprekker og stikk:



(vertikalt),



(horisontalt).

INGENIØRGEOLOGISK BILAG

FREMSTILLING AV STRØK- OG FALLOBSERVASJONER



OPPDRAG NR.

4000

TEGN. NR.

3

TEGNET

REV.

b

KONTR.

KONTR.

PeBo

DATO

DATO

1.8.85

REV.

SIDE

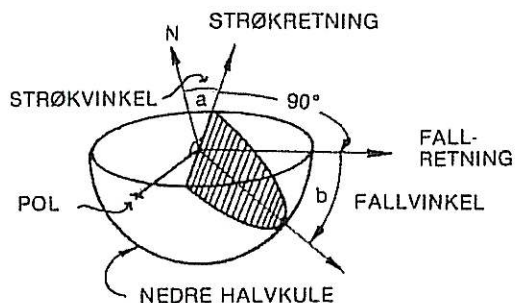
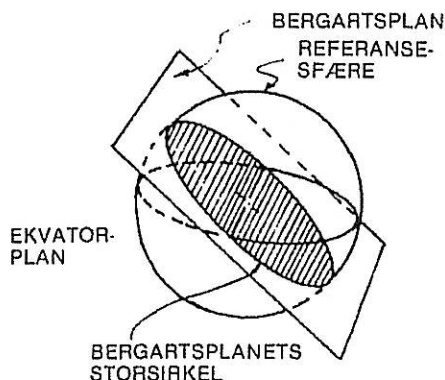
b

1 av 2

STEREONETT

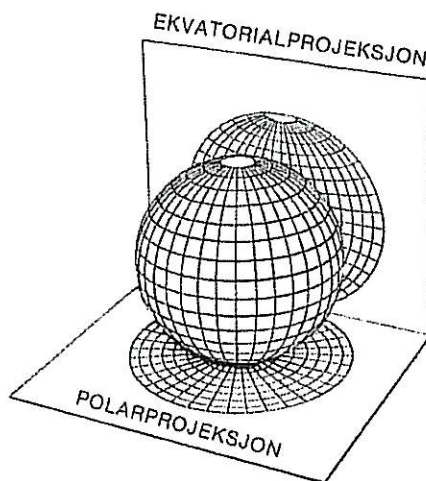
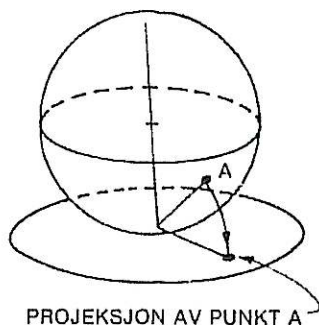
På et geologisk kart er det ikke mulig å tegne inn alle målinger av strøk og fall på lagdeling og sprekker. For en samlet presentasjon av slike data foretas plotting i form av punkter (poler) i et stereonett.

Stereonettet er basert på den sfæriske projeksjon, som gir et tredimensjonalt bilde av orienteringen til bergartsplan. Metoden tar utgangspunkt i den såkalte referansesfæren, som har storsirkelflate («ekvatorplan») i horisontalplanet og fast nord-syd akse. Det aktuelle bergartsplanet med kjent strøkretning og fallvinkel tenkes lagt gjennom sfærens sentrum som skissert under.



Bergartsplanets storsirkel defineres som skjæringen mellom planet og kuleflaten. Planets pol defineres som skjæringspunktet mellom kuleflaten og planets normal gjennom kulas sentrum. Nedre og øvre halvkule gir i prinsippet samme informasjon, slik at i praksis anvendes bare den ene halvdel av kuleflaten. Innenfor ingeniørgeologi brukes nedre halvkule.

For å oppnå en plan fremstilling av storsirkel og pol benyttes Lambert flate-tro projeksjon, se tegn. under til venstre. Polar- og ekvatorialprojeksjon av referansesfæren med lengde- og breddesirkler er vist på tegn. under til høyre.



INGENIØRGEOLOGISK BILAG

FREMSTILLING AV STRØK- OG FALLOBSERVASJONER



OPPDRAK NR.

4000

TEGN. NR.

3

TEGNET

REV.

b

KONTR.

KONTR.

PeBo

DATO

DATO

1.8.85

REV.

b

SIDE

2 av 2

