

Bergen kommune, KTU, VA-seksjonen
Sentrum nord/Eidsvåg
hovedavløpsanlegg

Anbudsrapport del III
Ingeniørgeologi/Geoteknikk

51499 - 2

30. juli 1996

Oppdragsgiver:

Kontaktperson:

Sverre Ottesen

For Noteby:

Oppdragsansvarlig:

for Frøde Arnesen
Frøde Arnesen
Geir Bertelsen
Geir Bertelsen
Rannveig Nordhagen

Saksbehandler:

Sammendrag

Bergen kommune, KTU, VA-seksjonen skal bygge ut Sentrum nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg. Asplan Viak er engasjert som hovedkonsulent for detalprosjektering av anlegget. NOTEBY er engasjert som underkonsulent med ansvar for ingeniørgeologisk/geoteknisk prosjektering.

Foreliggende rapport beskriver grunnforhold i utbyggingsområdet og gir spesifikasjoner for utførelse av sprengningsarbeider og sikringsarbeider.

Berggrunnen utgjøres hovedsakelig av prekambriske gneiser tilhørende Ulriken gneiskompleks. For store deler av anlegget forventes moderat oppsprekking og gunstige stabilitetsforhold. En del svakhetssoner må krysses. I den forbindelse vil det bli behov for systematisk sikring.

Sprengningsarbeidene skal i all hovedsak foregå under tett bebygde områder. Det settes krav til maksimalt tillatte vibrasjoner påført bebyggelsen. Entreprenøren pålegges å sprengte på en slik måte at kravene overholdes.

I områder der bebyggelsen antas å være fundamentert på løsmasser skal det gjennomføres systematisk sonderboring og forinjeksjon.

Innhold:	Side
1. INNLEDNING.....	5
2. UTFØRTE UNDERSØKELSER	5
3. BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLD	5
3.1 Løsmasseforhold	5
3.2 Bergrunnsgeologi	6
3.3 Oppsprekking	6
3.4 Svakhetssoner	7
4. VURDERING AV BERGTEKNISKE FORHOLD, STABILITET OG SIKRING.....	7
4.1 Tunnel Sverresborg - Breiviken	7
4.2 Tunnel Eidsvåg - Breiviken.....	8
4.3 Renseanlegg med tilhørende tunneler og bergrom.....	9
4.4 Boring for ledninger	9
5. VURDERING AV LEKKASJEFORHOLD	10
6. UTFØRELSE AV SPRENGNINGS- OG SIKRINGSARBEIDER	10
6.1 Sprengningsarbeider.....	10
6.2 Vibrasjoner fra sprengning.....	12
6.3 Stabilitetssikring.....	15
6.4 Vannsikring	19

Tegninger:

51499 -0		Oversiktskart
51499 -151	GE-1-T3-0.100	Plan geologi. Tunnel Sverresborg - Breiviken, pel 0 - 1600
51499 -152	GE-1-T3-0.101	Plan geologi. Tunnel Sverresborg - Breiviken, pel 1500 - 3000
51499 -153	GE-1-R0-0.102	Plan geologi. Renseanlegg Breiviken
51499 -154	GE-1-T5-0.103	Plan geologi. Tunnel Eidsvåg - Breiviken
51499 -161	GE-1-T3-0.500	Snitt geologi. Tunnel Sverresborg - Breiviken, pel 0 - 1600
51499 -162	GE-1-T3-0.501	Snitt geologi. Tunnel Sverresborg - Breiviken, pel 1500 - 3000
51499 -163	GE-1-R0-0.502	Snitt geologi. Renseanlegg Briviken
51499 -164	GE-1-T5-0.503	Snitt geologi. Tunnel Eidsvåg - Breiviken
51499 -1	GE-1-T3-0.110	Bergkontrollboringer Bakkegaten
51499 -2	GE-1-T3-0.111	Bergkontrollboringer Sandvikens kirke
51499 -3	GE-1-T3-0.112	Bergkontrollboringer Aad Gjelles gate/Ekrenbakken
51499 -4	GE-1-T3-0.113	Bergkontrollboringer Tverrslag Sandviken
51499 -5	GE-1-T3-0.114	Bergkontrollboringer Amalie Skrams vei 29

Vedlegg:

- 1: Prinsippskisse kontursprengning
- 2: Prinsippskisse forinjeksjon
- 3: Prinsippskisse for sikring ved påhugg
- 4: Prinsippskisse forbolting
- 5: Kurve for avstandskorreksjon av grenseverdier for vibrasjon
- 6: Orienterende beregning av enhetsladninger
- 7: Akustisk profilering Breiviken
- 8: Borbarhetsindekser på bergartsprøver fra Fløyfjellstunnelen

1. Innledning

På oppdrag fra Bergen kommune, KTU, VA-seksjonen har NOTEBY utført ingeniørgeologiske og geotekniske undersøkelser og vurderinger for tunneler og bergrom ved Sentrum nord / Eidsvåg hovedavløpsanlegg.

Rapporten inngår som en del av anbuds materialet og beskriver ingeniørgeologiske og geotekniske forhold for de valgte tunneltraséene, og for den valgte plasseringen av renseanlegg i fjell ved Breiviken. Den gir også spesifikasjoner for utførelse av sprengningsarbeider og sikringsarbeider.

2. Utførte undersøkelser

Rapporten bygger på undersøkelser og vurderinger fra forprosjektet. Disse er videreført med detaljert ingeniørgeologisk kartlegging, bergkontrollboringer og tolking av innsamlede data.

Ved den detaljerte ingeniørgeologiske kartleggingen har vi registrert bergartsfordeling, oppsprekkingsmønster og svakhetssoner som gir seg til kjenne i overflaten. Dette er gjort ved feltbefaringer i flere omganger i perioden oktober 95 - juni 96.

Der løsmasseforholdene har vært usikre, og har hatt betydning for trasévalg og tekniske løsninger, er det utført bergkontrollboringer. Disse er også utført i flere omganger, og i samme tidsperiode.

Geomap a/s har på oppdrag fra NOTEBY utført kartlegging av vanndybder og løsmassemektheter ved Breiviken i forbindelse med prosjektering av utslippsledning. Undersøkelsene ble utført 23. februar 1996.

3. Beskrivelse av grunnforhold

3.1 Løsmasseforhold

Det er registrert løsmassemektheter på 5 - 10 m i områder ved Skuteviken og Sandviken. Løsmassene består i hovedsak av fyllmasser, sandige/grusige avsetninger og morene. Slike løsmasser er generelt lite setningsømfintlige. Det er lite sannsynlig at det kan oppstå setningsskader på bebyggelse som følge av grunnvannssenking. Det skal likevel, på enkelte strekninger, legges opp til systematisk sonderboring/injeksjon for ytterligere å redusere risikoen for slike skader.

Fra området ved tverrslag Sandviken og nordover mot renseanlegget i Breiviken er det i stor grad fjell i dagen, og bare lokale løsmasseforekomster. Slike lokale løsmasseforekomster er uten betydning når det gjelder overdekningsforhold og trasévalg for hovedtilløp.

Data fra utførte bergkontrollboringer er vist på vedlagte tegninger GE-1-T3-0.110 til 0.114. Løsmassemektheter er også antydnet på vedlagte snitt langs tunneltraséene.

Når det gjelder bunntopografi og løsmassemektheter i området for utboring og legging av utslippsledning vises til rapport fra Geomap a/s i vedlegg 7. Det er registrert noe løsmasser i

en forsenkning. Basert på en antatt løsmassehastighet tilsvarende morene beregnes maksimal løsmassemektighet til ca 8 m. Utenom det angitte området er det ikke klare indikasjoner på løsmasser. Det er så bratt i deler av det undersøkte området at registreringene kan være noe forstyrret av siderefleksjon. De utførte undersøkelserne vil bli supplert med dykkerinspeksjon.

3.2 Bergrunnsgeologi

Berggrunnen ved Sverresborg tilhører Nordåsvatn-komplekset av kambrosilurisk alder. Bergarten er en grønnstein/grønnskifer.

Geologisk tilhører resten av planområdet det prekambriske Ulriken gneiskompleks. Her dominerer gneis med granittisk mineralsammensetning. Bergarten har stort sett en markert parallellorientering av mineralkornene (foliasjon). Det kan og finnes innslag av bergarter som pegmatitt, amfibolitt og kvartsitt.

Gneisen i området søndre Sandviken og Eidsvågsfjellet har for en stor del en migmatittisk struktur. Det er en struktur der flere bergarter er sammenblandet ved tektonikk/delvis oppsmelting og danner typiske mønstre.

I området fra nordre Sandviken til Breiviken finnes en mer homogen middelskornig granittisk bergart, med mindre utpreget gneisstruktur.

I en linseformet formasjon ved Rothaugen, og i en sone fra Langevatnet til Tømmervågen, finnes kvartsrike bergarter, til dels med skifrig karakter.

3.3 Oppsprekking

Nedenfor er de mest framtreddende sprekkesystemene satt opp:

1. Strøk SØ-NV, fall 40-70° NØ (sammenfallende med bergartens foliasjon)
2. Strøk SØ-NV, fall 60-80° SV (parallelt foliasjonen, men med motsatt fall)
3. Strøk SV- NØ, fall 80° SØ til 80° NV
4. Varierende strøk, fall 0 - 30°

Det er betydelige lokale variasjoner i oppsprekkingsmønsteret. Sprekkesystem 1 er det dominerende i hele utbyggingsområdet. De øvrige systemene kan være markerte i enkelte lokale områder og praktisk talt fraværende i andre.

Bergartene i Nordåsvatn-komplekset varierer generelt fra forholdsvis moderat oppsprukket grønnstein, gabbro eller amfibolitt, til skifre med markert tett oppsprekking. I fjellryggen ved Sverresborg virker oppsprekkingen moderat, med sprekeavstand 0,5 - 1 m, men skifrige partier med tettere oppsprekking forventes mot grensen til Ulriken gneiskompleks.

I Ulriken gneiskompleks er bergmassen utenom svakhetssonene moderat oppsprukket. Avstanden mellom markerte, utholdende sprekker er i hovedsak større enn 1 m. I nærheten

av svakhetssonene kan bergarten ha en markert benket karakter, med sprekkeavstand i cm-skala.

3.4 Svakhetssoner

To svakhetssoner i planområdet betegnes som større regionale bruddsoner.

Det gjelder for det første skyvesonen og grensen 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. Den ventes å bestå av sterkt forskifret berg med en del klorittisk leirmateriale.

Utgående av den andre større bruddsonen kan følges fra 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 til oppimot 50 m.

Det finnes også andre markerte svakhetssoner i området. De gir seg til kjenne som søkk og mindre dalfører, men kan ikke følges over lengre strekninger. Slike soner forventes å ha mektigheter mindre enn 10 m.

Ved detaljkartleggingen har vi også registrert en del mindre svakhetssoner og slepper. Disse gir seg til kjenne i terrenget som mindre depresjoner, og lar seg vanskelig identifisere på flyfoto. Denne typen soner antas å ha mektigheter i området 0,2 - 1 m.

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

Sonene som gir seg til kjenne i overflaten er angitt på vedlagte geologiske plan- og snitt tegninger.

4. Vurdering av bergtekniske forhold, stabilitet og sikring

Generelt må det forventes en del bore- og ladevansker ved passering av slepper og svakhetssoner.

Sprengstein fra anlegget vil være anvendelig til de fleste veg-/utfyllingsformål. Den homogene granittiske bergarten i området nordre Sandviken - Breiviken ventes å ha spesielt god kvalitet med tanke på nedknusing, sortering og utnytting til høykvalitets vegformål. For eventuell nærmere klassifisering må det tas ut representative prøver for laboratorietesting.

4.1 Tunnel Sverresborg - Breiviken

Gjennom fjellryggen ved Sverresborg går tunnelen i kambrosilurisk 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). Nord for denne finnes gneiser med noe varierende struktur og mineralsammensetning. Mot nordre Sandviken og Breiviken vil man få en gradvis overgang til mer homogen granittisk gneis.

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, i området Ladegården - Mulen. Noen mindre svakhetssoner finnes i området Stormøllen - Nyhavn.

Tunnelen kan også komme til å krysse noen mindre svakhetssoner som ikke gir seg til kjenne i overflaten p.g.a løsmasseoverdekning og bebyggelse.

For middels store og store svakhetssoner må det kalkuleres med en del tyngre sikring i form av utstøping eller flere lags sprøytebetong kombinert med bolter. For mindre soner vil som regel bolter, evt. kombinert med ett lag sprøytebetong, være tilstrekkelig.

Tunnelen har en relativt ugunstig retning i forhold til bergartens foliasjon og det mest markerte sprekkesystemet. På strekninger med markerte gjennomsettende sprekker / slepper med denne retningen, kan det bli nødvendig med omfattende driftsrensk og bolting.

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

Bergartsegenskapene vil variere en del. Grønnstein/grønnskifer har gunstig borbarhet, men kan være noe tungsprengt.

Den kvartsrike gneisen (Rothaugkvartsitten) ventes å gi stor borslitasje og lav borsynk. Sprengbarheten ventes å være god.

Gneisene med granittisk mineralsammensetning kan også gi noe dårligere borbarhet enn normalt, men ventes å ha god sprengbarhet.

4.2 Tunnel Eidsvåg - Breiviken

Avløpsvann fra Eidsvåg skal samles i en pumpestasjon og føres i tunnel til renseanlegget i Breiviken. Tunnelpåhugget i Eidsvåg er planlagt like nord for utgående av den store regionale bruddsonen Eidsvåg - Munkebotsdalen. Tunnelen ser ikke ut til å krysse denne, men bergmassekvaliteten i området ser ut til å være tektonisk påvirket. Vi antar til dels tett oppsprukket, forvitret berg i påhugget og de første 50 - 100 meterne inn i fjellmassivet. Det kalkuleres med relativt omfattende boltesikring og noe sikring med sprøytebetong.

Tunnelen videre gjennom Eidsvågsfjellet vil følge nær samme trasé som vegtunnelene, og vil krysse under disse. Erfaringene herfra tyder på gunstige forhold med små stabilitetsproblemer. Tunnelen har en gunstig retning i forhold til foliasjonen og det mest markerte sprekkesystemet.

Noen svakhetssoner er angitt. Disse antas å kreve sikring tilsvarende det som er beskrevet for soner av samme kategori i tunnelen Sverresborg - Breiviken.

Borbarhets- og sprengbarhetsegenskapene vil være omtrent som for gneisene i tunnelen Sverresborg - Breiviken.

4.3 Renseanlegg med tilhørende tunneler og bergrom

Renseanlegget er prosjektert i fjellmassivet under NHH, med 30 - 35 meters fjelloverdekning og med en orientering av fjellhallenes lengdeakser på ca N 64° Ø. Det er den antatt gunstigste retningen i forhold til bergmassivets oppsprekking.

Bergmassivet er moderat oppsprukket, men detaljkartleggingen har avslørt noen mindre svakhetssoner/slepper i området, se tegningene GE-1-R0-0.102/502. Det forventes ikke store stabilitetsproblemer ved utsprenging av hallene, men det må p.g.a store spennvidder og mange retningsforandringer i anlegget kalkuleres med relativt omfattende rensk, boltesikring og noe sprøytebetongsikring under drivingen.

Som permanent sikring antar vi at det i hallene for en stor del må boltes i et systematisk mønster, og at hele hengarealet og deler av veggene må påføres 5 - 10 cm sprøytebetong. Det har sammenheng med kombinasjonen av store spennvidder og strenge sikkerhetskrav mot nedfall.

Utslippsledning og ventilasjonsluft skal føres gjennom eksisterende adkomsttunnel til Breiviken kaggetømmingsstasjon. Bygningen ved enden av tunnelen skal rives. Tunnelen skal strosses ut i ene siden og i bunnen. I den forbindelse vil det også bli behov for noe sikring med bolter og sprøytebetong. Etter at sprengningsarbeidene er utført skal det utføres sluttrensk og permanent sikring i hele tunnelen.

Borbarhets- og sprengbarhetsegenskapene vil være som beskrevet ovenfor for gneisbergartene.

4.4 Boring for ledninger

Det skal bores 5 hull (B0 - B4) for tilknytning av avløpsledninger til hovedledning i tunnel Sverresborg - Breiviken. Det skal dessuten bores 4 hull i selve renseanlegget.

Det er ikke utført detaljundersøkelser for hvert enkelt av borhullene med tanke på oppsprekking, borhullsavvik, borslitasje, borsynk etc. Det foreligger imidlertid en del publisert erfaringsmateriale fra forundersøkelser og oppfølging ved Fløyfjellstunnelene. I vedlegg 8 er en del data fra laboratorietesting av relevante bergartsprøver gjengitt.

Borhull B0 går i grønnstein, grønskifer og amfibolitt med antatt lavt kvartsinnhold, og forholdsvis liten borslitasje.

Borhull B1 går i kvartsskifer/kvartsittisk gneis med høyt kvartsinnhold og antatt stor borslitasje.

De øvrige borhullene skal bores i gneis med granittisk mineralsammensetning. Kvartsinnholdet vil variere i området 20 - 30%.

Det forventes stort sett moderat oppsprekking og gode stabilitetsforhold i borhullene. Det gjelder imidlertid generelt at slepper og ugunstige sprekkekombinasjoner kan gi utfall. Det kan også forekomme åpne sprekker som gir tap av borvann. Entreprenøren skal ha utstyr umiddelbart tilgjengelig for å utføre sikring i av borhull ved injeksjon. Slike arbeider skal utføres i samråd med byggherren og i henhold til poster i massebeskrivelsen.

5. Vurdering av lekkasjeforhold

Man må regne med en del innlekkasje av vann i fjellanleggene. Det vil i hovedsak ytre seg som spredte sig-/drypplekkasjer. Men man kan også kommet til å krysse noen mer permeable sprekker/svakhetssoner.

For tunneler under havnivå kan det teoretisk forekomme innlekking av sjøvann. Med en beskjedne gradienten, og en relativt god avstanden til strandlinjen, er det imidlertid lite trolig av dette vil representere noe problem. Det forventes at det aller meste av lekkasjevannet vil være ferskvann.

Det er erfaringsmessig ikke grunn til å forvente store lekkasjemengder. Entreprenøren skal imidlertid ha beredskap og rutiner som kan håndtere eventuelle sterkt vannførende soner.

Med den prosjekterte fjelloverdekkingen skal entreprenøren under tunneldrivingen kunne ha full kontroll med lekkasjene. Eventuelle større lekkasjer injiseres. Restlekkasjer ledes til drengrofter i sidene ved montering av PVC-duk, WG-Tunnelduk eller tilsvarende.

På tunnelstrekningene under bebygget område i Skuteviken/Sandviken, der en stor del av bebyggelsen antas å være fundamentert på løsmasser, skal det gjennomføres systematisk sonderboring/forinjeksjon. Detaljer i dette opplegget bestemmes etter at en del av tunnelen fra tverrslag i Sandviken er drevet. Da vil man ha noe erfaring med lekkasjeforholdene i bergmassivet og bygningsbesiktigeles vil gi mer nøyaktige opplysninger om fundamenteringsforhold. Arbeidene avregnes etter enhetspriser i anbudet.

Den eksisterende adkomsttunnelen til Breiviken kaggetømmingsstasjonen skal strosses ut i bunnen til under havnivå, med forholdsvis kort avstand til sjø i begge ender. Her kan det være aktuelt å gjennomføre injeksjon for å begrense lekkasje gjennom sprekker i gjenstående fjellstabber. Det forutsettes at slik injeksjon kan utføres etter kontraktens enhetspriser.

6. Utførelse av sprengnings- og sikringsarbeider

6.1 Sprengningsarbeider

Generelt

Sprengningsarbeidet omfatter all sprengning i dagen og under jord. Heri innbefattes sprengning i forskjæringer, tunneler, sjakter og bergrom, også sprengning med krav til kontur. Sprengningen skal overalt utføres forsiktig, med tilstrekkelig hensyn til fjellets varierende beskaffenhet.

Der annet ikke er angitt gjelder prisgrunnlag og tekniske bestemmelser i NS3420.

Alt sprengningsarbeid skal utføres etter sprengningstegninger som byggherren leverer. Entreprenøren kan ikke gjøre endringer i disse uten byggherrens skriftlige samtykke. Dette gjelder også nisjer etc., og endringer av hensyn til stabilitetsforhold i fjellet. Eventuelle endringer for å tilpasse sprengningen til varierende fjellforhold skal inngå i enhetsprisen for sprengning.

Før sprengningsarbeidene starter skal entreprenøren legge fram detaljerte bore- og ladeplaner til kommentar. Disse skal inneholde alle nødvendige opplysninger for vurdering av salvenes virkning:

- Bormønster, hulldiameter og salvelengde
- Sprengstofftyper og fordeling
- Tennerfordeling

Ved forskjæringer og påhugg må det utvises forsiktighet og utføres tilstrekkelig dekking slik at ikke sprut eller luftstøt forårsaker skade. Ved alle påhugg kan de første 10-12 tunnelmeter forlanges sprengt med reduserte salvelengder og oppdelt profil. For å redusere faren for skader ved luftstøt skal tunnelåpningen ved adkomsttunnel (evt. utslippstunnel) ved renseanlegget, og ved tverrslag i Sandviken, dekkes med tunge skytematter til tunnelstuffen er 150 m inne. Disse tiltakene skal innkalkuleres i enhetsprisene for sprengning.

Ved sprengning i dagen skal utførelsesklasse 2 i henhold til NS3420 legges til grunn.

All sprengning må utføres slik at det ikke oppstår fare for menneskenes liv og helse.

Offentlige lover og regler for lagring og bruk av sprengstoff skal følges.

Kontursprengning i tunneler, sjakter og bergrom

All sprengning i tunneler og bergrom skal utføres som sprengning med krav til kontur. Konturhullavstand samt toleransegrenser for ansett og retningsavvik er oppgitt i beskrivende tekst til masselistene. Konturhullene lades med reduserte ladninger. Forsettingen velges slik at konturen skytes med lette tak. Det er aktuelt å benytte følgende to typer konturladning i tunneler og fjellrom:

1. Orange rørladning 17 x 500 mm, eller tilsvarende ladningsmengde
2. Gul rørladning 22 x 1000 mm, eller tilsvarende ladningsmengde

På strekninger med dårlig bergkvalitet (dagfjellsforvitret berg svakhetssoner etc.) benyttes konturladning type 1. Her benyttes en konturhullavstand på 50 cm. Avstanden mellom konturen og nærmeste strosserast settes også til 50 cm. Ladningen i denne rasten reduseres med ca 50% i forhold til øvrige strossehull.

På strekninger med god til middels god bergkvalitet kan konturladning type 2 benyttes. Her forutsettes en konturhullsavstand på 75 cm, og en avstand til nærmeste strosserast på 60 - 75 cm. Ladningen i denne strosserasten reduseres med ca 40% i forhold til øvrige strossehull.

Entreprenøren skal varsle byggherren når konturladning endres.

Følgende toleransekrav gjelder for boring av kontur:

- 1 Tillatt ansettavvik er 0,15 m
- 2 For stufdrift med normale salvelengder er tillatt retningsavvik vinkelrett vegg og takplan 7%, og i vegg og takplan, 5% i forhold til prosjektert kontur.

Kutten skal ligge midt i tunnelprofilen, med like stor avstand til veggene på begge sider, dersom annet ikke er avtalt. Maksimale tillatt salvelengde er 4 m.

Det vises til vedlagte prinsippskisse for kontursprengning.

Dersom toleransekravene ikke overholdes, skal salvelengden på de 4 påfølgende salvene reduseres i forhold til registrerte avvik fra kravene. Salvene reduseres med minimum 1 m og maksimum 3 m.

Dersom ras eller utfall skjer til tross for sikringsarbeider byggherren har godkjent, eller p.g.a forhold entreprenøren ikke er herre over, betales for opplasting og transport i henhold til NS 3420, post G37. Derimot betales ikke for overmasser som skyldes feilboring og uforsiktig sprengning.

6.2 Vibrasjoner fra sprengning

Store deler av tunnelene skal sprenges med kort avstand til bebyggelse. Det defineres grenseverdier for sprengningsinduserte vibrasjoner i byggverk i henhold til NS 8141. Dette skal entreprenøren ta hensyn til ved utarbeiding av bore-/ladeplaner. Alle sprengningsmessige tiltak som er nødvendig for å tilfredsstille kravene til maksimale vibrasjoner skal innkalkuleres i enhetsprisene for sprengning. Det gjelder tiltak utover det som er beskrevet i kapittel 6.1.

Byggherren vil under sprengningsarbeidene foreta registrering av vibrasjoner ved måling av svingehastighet. Målere monteres på utsatte bygningskonstruksjoner nær tunnelstuffedene og flyttes i takt med framdriften. Målerne plasseres så nær som mulig der vibrasjonsbølgen kommer inn i bygningskonstruksjonen. Den festes til fundament eller bærende konstruksjon nær fundament. Måleopplegget baseres på manuell avlesing.

Byggherren tar ukentlig utskrift av målerne. Entreprenøren skal utarbeide en prosedyre for egen avlesing av målere og sprengningsmessige tiltak for å overholde grenseverdiene. Prosedyren skal godkjennes av byggherren. Overskrides vibrasjonsgrensene, dokumentert ved målinger, kan det bli nødvendig å forandre ladeplaner som allerede er godkjent.

Grenseverdier for sprengningsinduserte vibrasjoner i byggverk bestemmes etter retningslinjer i NS 8141. Grenseverdiene er avhengig av følgende faktorer.

1. Grunnforhold

2. Bygningstype / konstruksjonstype
3. Avstand til sprengningsstedet
4. Sprengningsarbeidenes varighet

De to førstnevnte faktorene er ikke kjent i detalj. Sprengningsarbeidene skal imidlertid planlegges med utgangspunkt i de kombinasjonene av grunnforhold og bygningstyper som er satt opp i tabellen nedenfor.

Kategori	Bygningstype / grunnforhold	V0	Fk	V1
1	Vanlige boliger			
a	Løs morene/grus	20	1	20
b	Fast morene e.l.	35	1	35
c	Fjell	70	1	70
2	Industri/kontorbygg			
a	Løs morene/grus	20	1,2	24
b	Fast morene e.l.	35	1,2	42
c	Fjell	70	1,2	84
3	Spesielt følsomme bygninger			
a	Løs morene/grus	20	0,65	13
b	Fast morene e.l.	35	0,65	22
c	Fjell	70	0,65	45

V0 = svingehastighet for grunnforhold

Fk = korreksjonsfaktor for bygningstype

V1 = svingehastighet etter korreksjon

Hovedtyngden av bygningsmassen langs tunneltraséene består av vanlige boliger. Det må kalkuleres med at en del boliger i området mellom Sverresborg og Rothaugen, og en del boliger i området Aad Gjellesgate / Ekrenbakken er fundamentert på grusige løsmasser og tilhører kategori 1a. Forøvrig kan man gå ut fra at bygningene er fundamentert på faste morenemasser, komprimerte fyllmasser/avrettingsmasser eller fjell (kategori 1b eller 1c).

Industri-/kontorbygg langs tunneltraséene vil stort sett ha mindre strenge grenseverdier enn omkringliggende boligbebyggelse, og vil derfor normalt ikke være bestemmende ved planlegging av sprengningsarbeidene.

I utgangspunktet regnes følgende å tilhøre kategorien spesielt følsomme bygninger:

1. Ladegården Sykehjem
2. Sandvikens Kirke
3. Sandviken Sykehus

Alle tre bygningene antas å være fundamentert på faste morenemasser eller komprimerte avrettingsmasser og tilhøre kategori 3b. Det er foreløpig ikke identifisert bygninger tilhørende kategori 3a.

Grenseverdien for bygningsmassen ved NHH vil være bestemmende ved planlegging av utsprenningen for renseanlegget i Breiviken. Bygningene defineres som kontorbygg fundamentert på fjell og tilhører således kategori 2c.

De angitte svingehastighetene V1 i tabellen ovenfor skal i henhold til NS 8141 korrigeres for avstand til sprengningsstedet og for sprengningsarbeidens varighet.

Avstandskorrekksjonen framgår av kurve i vedlegg 5.

Når det gjelder korreksjon for sprengningsarbeidens varighet skilles det mellom sprengningsarbeider av midlertidig karakter og sprengningsarbeider av permanent karakter. Sprengningsarbeid i tunnelene defineres som midlertidige, idet de ulike bygningene blir påkjent i relativt korte perioder. Her beholdes V1 uten korreksjon. Ved renseanlegget i Breiviken skal det foregå sprengning over et lengre tidsrom, og arbeidene får en mer permanent karakter. Her skal V1 etter standarden reduseres med en faktor på 0,75.

For bygningsmassen ved NHH kommer en etter disse korreksjonene fram til en grenseverdi $v = 55$ mm/sek for bygningsmassen. Det er imidlertid besluttet å redusere denne til 40 mm/sek for å ta hensyn til installasjoner og diverse andre forhold. Dette samsvarer også med grenseverdi som er benyttet ved tidligere sprengningsarbeid nær NHH. For NHH benyttes altså en grenseverdi for vibrasjoner på $v = 40$ mm/sek.

Ovenfor nevnte grenseverdier gjelder inntil annet er angitt. De tiltak som er nødvendig for å overholde disse grenseverdiene skal inngå i enhetsprisene for sprengning. Ved planlegging og prissetting av sprengningsarbeidene med hensyn til vibrasjonsgrensene kan følgende formel benyttes:

$$L = (v \times d/k)^2$$

(L er enhetsladning i kg, v er svingehastighet i mm/sek, k er faktor for grunnforhold)

I vedlegg 6 er det gjort noen orienterende beregninger av hvilke enhetsladninger som kan benyttes for ulike grenseverdier og ulike typer grunnforhold. Det presiseres at beregningene kun er orienterende. Faktoren k er usikker og det forventes betydelige lokale variasjoner.

Bergen kommune skal gjennomføre besiktigelse av bygninger som ligger nær sprengningsstedet. Dersom det i den forbindelse, eller i andre forbindelser, avdekkes spesielle forhold, kan det være aktuelt med skjerpede grenseverdier. Dersom slike skjerpede grenseverdier fører til at man må sprengre med korte salvelengder godtgjøres dette etter egne enhetspriser i anbudet. Det samme gjelder dersom sprengningen gir vesentlig større vibrasjoner enn forventet utfra ovenstående, til tross for lading og sprengning i henhold til godkjente planer.

Det forutsettes at man ved alle sprengningsarbeider nær bebyggelse benytter NONEL tenningsystem slik at man kan foreta tilstrekkelig oppdeling av salven. Om nødvendig deles salven opp slik at alle strossehull sprenges med ulike intervaller.

6.3 Stabilitetssikring

Arbeidssikring (Sikring ved stuff)

Alle fjellarbeider skal utføres slik at det ikke oppstår fare for mannskapenes liv og helse. All arbeidssikring som etter dette blir nødvendig, er entreprenørens fulle ansvar. Med arbeidssikring menes all sikring som skal til for å ivareta sikkerheten til mannskap, utstyr, og anleggets funksjon i hele anleggsperioden.

Arbeidssikring med rensk, bolter, bånd, nett og sprøytebetong skal inngå i enhetsprisene for sprengning. Her skal også inkluderes arbeid og omkostninger p.g.a heft, eller andre ulemper for tunneldriften som følger av sikringsarbeidene.

Om nødvendig må arbeidssikring utføres uten opphold for å forebygge ras o.l. For at arbeidet skal kunne utføres uten tidstap, skal nødvendige materialer være lagret på anlegget eller umiddelbart tilgjengelig. Det gjelder også forskalingsform tilpasset aktuelle tunneltverrsnitt, og rigg for sprøytebetong.

Nødvendig transport- og støpeutstyr skal være stasjonert i anleggsområdet, eller være umiddelbart tilgjengelig. I tilbudet skal entreprenøren spesifisere det utstyr, maskiner og materialer han vil stasjonere på anlegget. Disponibelt utstyr plassert andre steder skal også spesifiseres.

Permanent sikring (Sikring bak stuff)

Etter at sprengningsarbeidene for en tunnelseksjon er avsluttet skal entreprenøren utføre permanente sikringsarbeider.

Det skal utføres manuell sluttrensk av alle eksponerte fjellflater. Permanente sikringstiltak utover dette (bolter, bånd, sprøytebetong, utstøping) skal utføres etter bestilling fra byggherren. Disse arbeidene avregnes etter enhetspriser i anbudet, eller etter egen avtale dersom slike enhetspriser ikke finnes. Omfanget av sikringsarbeidene er usikkert. Mengdene i massebeskrivelsen angir et sannsynlig omfang. Prisene gis under denne forutsetning.

6.3.1 Rensk og spyling

All driftsrensk, ukerensk eller annen periodisk rensk (uten tidsbegrensning) skal være innkalkulert i enhetsprisene for sprengning. Det kan være hensiktsmessig å utføre en del av denne rensken som maskinrensk, spesielt i hallene for renseanlegget og i forbindelse med slepper/svakhetssoner i tunnelene. All maskinrensk skal kontrolleres med manuell rensk. Hensiktsmessighet og eventuelt omfang vurderes nærmere av entreprenøren utfra fjellforhold, bemanning og framdrift. Eventuell maskinrensk skal også inngå i enhetsprisene for sprengning.

Før sluttrensk skal fjellet rengjøres ved spyling. Det benyttes samme framgangsmåte som for rengjøring før påføring av sprøytebetong, se kapittel 6.3.3.

Sluttrensk skal utføres som manuell spettrensk. Alt løst fjell skal renskes ned. Større bomparti og sprekkeavgrensede blokker som ikke lar seg renske ned skal merkes.

På grunnlag erfaringene fra sluttrensen, og på grunnlag av observasjoner ved oppfølging av sprengningsarbeidene, skal byggherren beskrive og bestille kompletterende permanent sikring.

6.3.2 Bolter, fjellbånd og nett

Arbeidssikring (sikring ved stuff):

Arbeidssikring med bolter skal inngå i enhetsprisen for sprengning. Her skal også inkluderes klargjøring, arbeid og omkostninger p.g.a heft, eller andre ulemper for tunneldrivingen som følger av sikringsarbeidene.

Arbeidssikring med bolter, som etter byggherrens godkjenning, kan inngå i den permanente sikringen, avregnes etter kontraktens enhetspriser for permanent sikring. Det forutsettes at boltene tilfredstiller de spesifikasjonene for permanent sikring som er angitt nedenfor.

Visse typer kombinasjonsbolter (CT-bolt eller tilsvarende) kan godkjennes som permanent sikring. Slike bolter monteres med ekspansjonshylse ved stuff, og ettergyses bak stuff. Dersom slike bolter velges som utgangspunkt for prissetting i anbudet forutsettes følgende:

Merkostnader med kombinasjonsbolt i forhold til konvensjonelt innstøpt bolt innkalkuleres i enhetsprisene for sprengning. Det gjelder merkostnader både til materialer og arbeid, også merkostnader som følger av bolting ved stuff. Den risikoen entreprenøren må bære i forbindelse med at noen kombinasjonsbolter eventuelt ikke godkjennes som permanente sikringsbolter innkalkuleres også i enhetsprisene for sprengning. Øvrige kostnader forutsettes medtatt i enhetsprisene for permanente sikringsbolter.

Ved spesielt vanskelige stabilitetsforhold, der det er nødvendig med omfattende (systematisk) boltesikring ved stuff, varsles byggherren. Sikringsrutiner som tilfredsstiller kravene til permanent sikring kan avtales.

Permanent sikring (sikring bak stuff):

Permanent boltesikring skal utføres etter byggherrens anvisning

Bolter som skal inngå i den permanente sikringen skal være innstøpt i hele hullets lengde. Det nyttes kamstålbolter med stålqualität K500TE og med diameter 20 mm. Boltene skal ha gjenget endeparti og monteres med mutter, halvkule og sfærisk skive. Bolter med tilbehør skal være i varmforzinket og pulverlakkert utførelse.

Ved montering av innstøpte bolter benyttes følgende framgangsmåte:

1. Boring for bolter utføres med 45 mm borkrone. Boltene settes normalt fjellflaten, eller med den retningen byggherren angir. Borhullet bores minst like langt som bolt med gjengeparti.
2. Mørtelslangen føres helt inn i bunnen av hullet. Slangen trekkes langsomt ut etter hvert som mørtelen fyller opp hullet.
3. Boltene presses langsomt inn i hullet. Mørtelens konsistens skal være slik at den ikke siger/renner ut av oppadrettede hull. Dersom boltene siger etter innsetting låses de med kile eller tilsvarende. Boltene skal ikke bøyes eller knekkes.

4. Mutter for montering av skive strammes til etter at boltemørtelen har herdet.

Ved ettergysing av kombinasjonsbolter (CT-bolt eller tilsvarende), som er godkjent som permanent sikring, følges prosedyre gitt av leverandøren.

Spesiell bolting i form av forbolting ved stuff kan forlanges av byggherren for stabilisering av fjell rundt neste salve. Slike bolter settes fra stuff, og på skrå over neste salve. Boltene skal være fullt innstøpt. Slik bolting godtgjøres pr. stk. etter egne poster i anbudet. Enhetsprisene skal inkludere tilrigging, alt arbeid, materialer, og dessuten materialer og heft forbundet med slik bolting. Forbolting skal kunne utføres med inntil 6 m lange bolter. Det vises til vedlagte prinsippskisse for forbolting.

6.3.3 Sprøytebetong

Arbeidssikring (sikring ved stuff)

Arbeidssikring med sprøytebetong skal inngå i enhetsprisen for sprengning. Her skal også inkluderes klargjøring, arbeid og omkostninger p.g.a heft, eller andre ulemper for tunneldrivingen som følger av sikringsarbeidene.

Arbeidssikring med sprøytebetong, som etter byggherrens godkjenning, kan inngå i den permanente sikringen, avregnes etter kontraktens enhetspriser for permanent sikring. Det forutsettes at sprøytebetongen tilfredstiller de spesifikasjonene for permanent sikring som er angitt nedenfor. Det forutsettes videre at den utførte arbeidssikringen er hensiktsmessig utfra en vurdering av fjellforhold/stabilitetsforhold.

Ved all arbeidssikring med sprøytebetong skal byggherren varsles.

Permanent sikring (sikring bak stuff)

Utførelsen av sprøytebetongarbeidene skal følge retningslinjer gitt i Norsk Betongforenings publikasjon nr. 7 - «Sprøytebetong til fjellsikring».

Før sprøyting skal fjellet eller tidligere sprøytede flater rengjøres. Spyling skal utføres med vann og trykkluft. Det benyttes et vanntrykk på min. 4 atm. og 12 mm munnstykke. Om nødvendig benyttes avfettingsmiddel for rengjøring av flater som er forurenset med olje.

Massene doseres etter vekt. Som sement nyttes Standard Portland sement eller Rapidsement. Tilslaget skal være god støpesand med velgradert siktekurve. Prisen på sprøytebetong skal inkludere evt. tilsetning av silika med opptil 10% av sementvekten. Kvalitetskontroll av delmaterialer og av betongens trykkfasthet skal foretas i henhold til NS 3473 og NS 427 del 2.

Betongkvalitet for sprøytebetong skal minst tilfredstille fasthetskravene til C35 på utborede prøver.

Heftfastheten mellom sprøytebetong og uforvitrede fjellflater skal være minimum 0,5 Mpa. For glatte, plane sprekkeflater og leirinfisert berg spesifiseres ikke krav til heftfasthet.

Ved armering for sprøytebetong med nett, fjellbånd, eller armeringsbuer skal det påføres et utjevningsslag. Armeringen tilpasses og festes til utjevningsslaget i henhold til massebeskrivelse og etter nærmere anvisning på stedet. Der det beskrives samvirke mellom

bolter og sprøytebetong skal mutter, halvkule og sfærisk skive monteres utenpå sprøytebetongen.

Permanent sikring skal i hovedsak utføres med fiberforsterket sprøytebetong. Ved fiberforsterking nyttes 25 mm EE-stålfiber, og 50 kg fiber pr. m³ betong. Andre fibertyper kan eventuelt godkjennes av byggherren. Tilsatt mengde justeres i så fall etter retningslinjer gitt i Norsk Betongforenings, publikasjon nr. 7.

Enhetspriser for permanent sikring med sprøytebetong skal inkludere masser, arbeid, og alle omkostninger forbundet med arbeidet, herunder også ettervanning/påføring av membranherder.

Sprøytebetong avregnes etter areal i henhold til bestilling fra byggherren. Her legges til grunn teoretisk tunneltverrsnitt. Forbruk for å dekke prellatap og normale ujevnheter i fjelloverflaten innkalkuleres i enhetsprisene for sprøytebetong. Også spyling før påføring av sprøytebetong avregnes etter areal basert på teoretisk tunneltverrsnitt.

Posten «Rigg for sprøytebetong bak stuff» skal dekke alle forberedende arbeider, alt etterarbeid, rengjøring av utstyr, samt evt. andre arbeider/materiell som ikke omfattes av de andre postene under «Sprøytebetong bak stuff».

Det regnes en tilrigging pr. dag i de periodene permanent sikring med sprøytebetong pågår.

6.3.4 Utstøping

Sikring av fjell ved utstøping utføres ved- eller bak stuff, avhengig av stabilitetsforholdene.

Ved utstøping i skjæringsvegger eller veggstøp i tunnel skal betongkonstruksjonen forankres i innstøpte bolter, etter nærmere anvisning fra byggherren.

Ved full utstøping i tunnel støpes hvelv som fundamenteres på fjell i sålen. Utstøpingen skal ikke noe sted ha tykkelse mindre enn 30 cm. Utstøpingens skal ikke ligge innenfor teoretisk tunnelprofil.

Kvaliteten på sikringsstøp skal tilfredsstillende fasthetskravene til C 35 på utborede prøver

Sikringsstøp som ikke skyldes feilsprengning avregnes etter forskallet flate og medgåtte mengder betong.

Utsøping ved stuff

I forbindelse med større knusningssoner, eller spesielt ugunstig oppsprekking, kan det bli nødvendig å utføre arbeidssikring med støp som skal inngå i den permanente sikringen. Det er derfor i massebeskrivelsen tatt med poster for støp ved stuff.

Støp ved stuff skal ikke utføres uten byggherrens godkjenning. Hvor det er så dårlig fjell at støp ved stuff er nødvendig må siste salvestrekning være sikret ved ukeslutt, før ferier, eller andre avbrudd i driften.

Entreprenøren må ha forskalingsutstyr disponibelt slik at forskaling og støping hindrer sprengningsarbeid og tunneldrift i kortest mulig tid.

For utstøping ved stuff er det i anbudet tatt med poster for «Rigg» og «Heft». Riggposten forutsettes å skulle dekke forberedende og avsluttende arbeider, og ellers alle arbeidsoperasjoner forbundet med støpearbeidene som ikke er innkalkulert i de øvrige postene. Det regnes en tilrigging pr. støpeseksjon som forutsettes å være 4 m dersom annet ikke er avtalt.

Heftposten forutsettes å skulle dekke alle utgifter forbundet med stopp i tunneldrivingen som ikke er medtatt i andre enhetspriser. Det gjelder f.eks. utgifter til maskiner og mannskap som helt eller delvis er ubeskjeftiget som følge av støpearbeidene. Det gis pris på heft pr. løpemeter støp.

Utsøping bak stuff

Utsøping bak stuff forutsettes å foregå på et tidspunkt som entreprenøren selv kan velge, fortrinnsvis etter avsluttet tunneldriving. For slik utsøping beregnes ikke heft.

Dersom støpearbeidene må utføres før tunneldrivingen er avsluttet skal entreprenøren velge tilrigging, forskalingsmetode og tidspunkt for arbeidene slik at tunneldrivingen kan pågå mest mulig uhindret av støpearbeidene.

For betongutsøping bak stuff, hvor tidspunktet er bestemt av byggherren, og medfører stans i tunneldriften, skal prisen være som for betongutsøping ved stuff. Dersom tunneldriften kan fortsette, men med reduserte inndrifter, skal prisen for slik sikringsstøp være lik den midlere pris for utsøping på- og bak stuff.

6.4 Vannsikring

Det skal etableres rutiner for sonderboring og injeksjon slik at man hele tiden har kontroll med innlekkende vann.

Ved tunneldriving under bebygget område der bebyggelsen antas å være fundamentert på løsmasser skal systematisk sonderboring/injeksjon gjennomføres. Dette gjelder tilløpstunnelen Sverresborg - Breiviken, i områder ved Skuteviken og Sandviken. Tunnelstrekningene vil bli nærmere definert basert på bygningsbesiktigelse og erfaring med lekkasjeforhold på første del av tunnelstrekningen fra tverrslag Sandviken.

Ved tunneldriving i godt berg, og under bebyggelse som er fundamentert på fjell, antas det i utgangspunktet ikke å være behov for systematisk sonderboring/injeksjon. Dersom spesielle lekkasjesituasjoner oppstår, eller dersom spesielle forhold ved terrengoverflaten avdekkes, kan imidlertid byggherren kreve slike rutiner gjennomført.

Entreprenøren skal hele tiden ha utstyr og mannskap for sonderboring/injeksjon umiddelbart tilgjengelig. Dersom større lekkasjer påtreffes ved salveboring skal byggherren varsles og injeksjon vurderes.

All injeksjon skal fortrinnsvis utføres som forinjeksjon (injeksjon ved stuff). Dersom det etter avsluttet tunneldriving er større restlekkasjer kan imidlertid byggherren beskrive etterinjeksjon (injeksjon bak stuff).

Det er aktuelt å montere tetningssjikt med PVC-duk for å lede lekkasjer ut til sidene og ned i drengrofter. Dette gjøres etter nærmere anvisning etter avsluttet tunneldriving der

drypp/rennende vann er uønsket med tanke på den driften av anlegget. Det benyttes WG-Tunnelduk eller tilsvarende. Monteringsanvisning fra leverandør følges.

6.4.1 Sonderboring

På nærmere definerte tunnelstrekninger under Sandviken og Skuteviken, og ellers der byggherren finner det nødvendig, skal det gjennomføres systematisk sonderboring foran stuff. Sonderboringen gjennomføres ved at det bores 1 - 3 langhull fra stuff, på skrå over og til side for de neste salvene. Sonderborhullene bores minimum 8 m og maksimum 20 m lange. Det skal være en salves overlapp mellom sonderboringomgangene.

På grunnlag av observasjoner ved sonderboring skal det avgjøres om forinjeksjon skal gjennomføres. Lekkasjemengder ut av sonderborhullene skal måles. Svakhetssoner/slepper som krysses ved sonderboringen skal observeres.

Ved registrert lekkasje ut av et sonderborhull større enn 5 l/min skal forinjeksjon gjennomføres. Dette kriteriet er kan endres av byggherren.

6.4.2 Boring av injeksjonshull

Ved forinjeksjon skal det bores en skjerm fra stuff, foran de neste salvene. Det benyttes samme borlengde som sonderborhullene. Det forutsettes at borede sonderborhull inngår i injeksjonsskjermen. Det skal bores med en borekrone som er tilpasset de pakningene som benyttes, f.eks 51 mm borekrone til 48 mm pakninger. Det skal benyttes et borskjær og en materkraft som gir mest mulig sirkulære borehull.

Bormønster tilpasses på stedet etter oppsprekkingsmønster og lekkasjenes karakter. Det vises til vedlagte prinsippskisse for boring av injeksjonsskjerm.

6.4.3 Spyling av borehull

Det skal benyttes vannspyling under boringen, dersom annet ikke er avtalt.

Etter at hullet er ferdig boret skal det spyles grundig rent med vann eller en kombinasjon med vann og luft. En stiv plastslange eller et stålrør føres inn i borehullet. Spylingen utføres ved å føre slangen/røret ut og inn av hullet til spylevannet er rent.

Trykket som brukes skal være så høyt som det er praktisk mulig å benytte uten at slangen kommer ut av borehullet av seg selv.

For spesielt vanskelige hull, hvor det er viktig å få spylt ut leirmateriale og lignende, kan det være aktuelt å beskrive utvidet spyling. Her benyttes et spylehode med radielle dyser. Det må kunne påføres et vanntrykk under spylingen på opptil 20 kp/cm².

6.4.4 Vanntapsmåling

Det kan i spesielle tilfeller være aktuelt å foreskrive vanntapsmåling. Vanntapsmåling skal normalt foregå med pakningsplassering ca 1 m inn i borehullet, og under et vanntrykk

(totaltrykk) på maksimum 10 kp/cm². Konstant trykk skal holdes og vanninngang måles over to intervaller av 5 minutters varighet.

Ved store lekkasjer kan det være aktuelt med pakningsplasseringer dypere enn 1 m.

Detaljer vedrørende trykk og pakningsplassering beskrives av byggherren på grunnlag av stedlige forhold.

6.4.5 Injeksjon

Sementinjeksjon skal normalt utføres med en blanding av fersk Portlandsement RP38, vann og bentonitt. Andre tilsetningsstoffer kan eventuelt benyttes dersom dette er hensiktsmessig for å modifisere suspensjon egenskaper. Spesialmørtler som Rescon Cemsil, Rescon Mauring, Microsement Spinor eller tilsvarende, kan benyttes dersom det vurderes hensiktsmessig utfra oppsprekking og lekkasjeforhold. Spesialmørtler benyttes bare i samråd med byggherren..

Blandingsforhold vann/sement/tilsetningsstoffer vurderes på stedet, og vil i stor grad overlates til entreprenørens erfaring og innsikt. Generelt benyttes en tynn blanding til å begynne med (vann/sement ca 2.0) og en tykkere blanding mot slutten av injeksjonen (vann/sement ned mot 0,5)

Det skal utføres injeksjon med pakningsplassering 1 m inn i borehullet dersom annet ikke er angitt. Det kan i spesielle tilfeller være aktuelt å benytte flere og dypere pakningsplasseringer i hvert hull.

Injeksjonstrykket defineres som det trykk utover atmosfæretrykket som avleses på et manometer koplet til injeksjonsrøret utenfor borehullet. Ved forinjeksjon i tunnelsystemet settes maksimalt injeksjonstrykk til 50 kp/cm². Ved injeksjon i områder med liten overdekning reduseres injeksjonstrykket slik at det ikke oppstår hydraulisk splitting og åpning av sprekker i bergmassen.

Flere hull i en skjerm kan i visse tilfeller injiseres samtidig. Antall hull som parallellkobles må stå i forhold til injeksjonsutstyrets kapasitet. Opplegget må godkjennes av byggherren.

Ved etterinjeksjon i tunnelsystemet settes maksimalt tillatt injeksjonstrykk til 10 kp/m².

Injeksjon i et hull forutsettes avsluttet når det oppgitte maksimaltrykket har vært holdt i 15 minutter med minimal inngang av injeksjonsmasse. Ved store innganger vil det imidlertid være aktuelt å avslutte injeksjonen før dette kriteriet er oppfylt. Detaljer bestemmes på stedet.

Entreprenøren skal føre dagbok for injeksjonsarbeidene. Her skal tidspunkt for de ulike arbeidsoperasjonene nedtegnes. Injeksjonsmasse, blandingsforhold, trykkoppbygging og masseinnganger i hvert hull skal noteres. Dette skal danne grunnlag for bergtekniske vurderinger, og eventuelle justeringer i injeksjonsopplegget.

6.4.6 Måleregler for injeksjon

Omfanget av injeksjonsarbeidene er ikke kjent. De angitte massene er ment som en orientering om den sannsynlige størrelsesorden på arbeidene, men medgåtte masser kan avvike i betydelig grad. Prisen gis under denne forutsetning.

For sonderboring og boring for injeksjon er det i massebeskrivelsen tatt med poster både for borhull avregnet pr. stk. og for borhull avregnet pr. løpemeter boret lengde. Posten for borhull pr. stk. forutsettes å skulle dekke utgifter forbundet med ansett og flytting, samt andre utgifter som ikke er knyttet til selve boringen. Denne posten forutsettes også å inkludere utgifter forbundet med entreprenørens registreringer og vurderinger ved boringen. Her inngår måling av innlekkende vann fra borhullene.

For sonderborhull som senere benyttes til injeksjon betales kun i henhold til anbudets priser for sonderboring.

Det er ikke tatt med egne poster for «heft» når det gjelder sonderboring og boring for injeksjon ved stuff. Slike kostnader skal være innkalkulert i enhetsprisene.

Posten «Rigg for sonderboring» forutsettes å skulle dekke alle utgifter til forberedende og avsluttende arbeider forbundet med boringen, og ellers til andre arbeidsoperasjoner som ikke er innkalkulert i de øvrige postene for Sonderboring/Boring for injeksjon. Det regnes en rigg pr stuff det utføres boring fra, uansett om det bores ett eller flere hull fra samme stuff.

Arbeidene med sementbasert injeksjon avregnes pr. pakkerplassering. Denne prisen forutsettes å skulle dekke det arbeidet som medgår til injeksjonen og opprettholdelse av injeksjonstrykket.

Forbruk av injeksjonsmasse avregnes etter kg medgått tørrmasse.

Posten «Heft ved injisering ved stuff» forutsettes å skulle dekke alle utgifter i forbindelse med stopp i drivingen knyttet til selve injeksjonen, eksklusiv boring for injeksjon. Heften avregnes etter medgåtte skifttimer (ikke manntimer, eller maskintimer) fra selve injiseringen starter til avsluttet herdetid, det vil si til boring av salve eller boring av kontrollhull kan starte.

Arkivreferanser:

Fagområde: Ingeniøregeologi/Geoteknikk

Stikkord: Tunneler, Fjellhaller, Sprngning, Sikring, Injeksjon

Land/Fylke: Hordaland

Kartblad: 1115 I

Kommune: Bergen

UTM koordinater, Sone: 32V

Sted: Sandviken - Eidsvåg

Øst: 2955

Nord: 67045

Distribusjon:



Begrenset

(Spesifisert av oppdragsgiver)



Intern



Fri

Dokumentkontroll:

		Dokument		Revisjon 1		Revisjon 2		Revisjon 3	
		Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign	Dato	Sign
Forutsetninger	Utarbeidet	30/7.96	GB						
	Kontrollert	31/7.96	H.S.						
Grunnlagsdata	Utarbeidet	30/7.96	GB						
	Kontrollert	31/7.96	H.S.						
Teknisk Innhold	Utarbeidet	30/7.96	GB						
	Kontrollert	31/7.96	H.S.						
Format	Utarbeidet	30/7.96	GB						
	Kontrollert	31/7.96	H.S.						

Anmerkninger:

Dokumentet er kontrollert av
Frøde S. Arnesen, men signert av
Harald Dystad (H.S.) i FSA's fravær.

H.S.

Godkjent for utsendelse

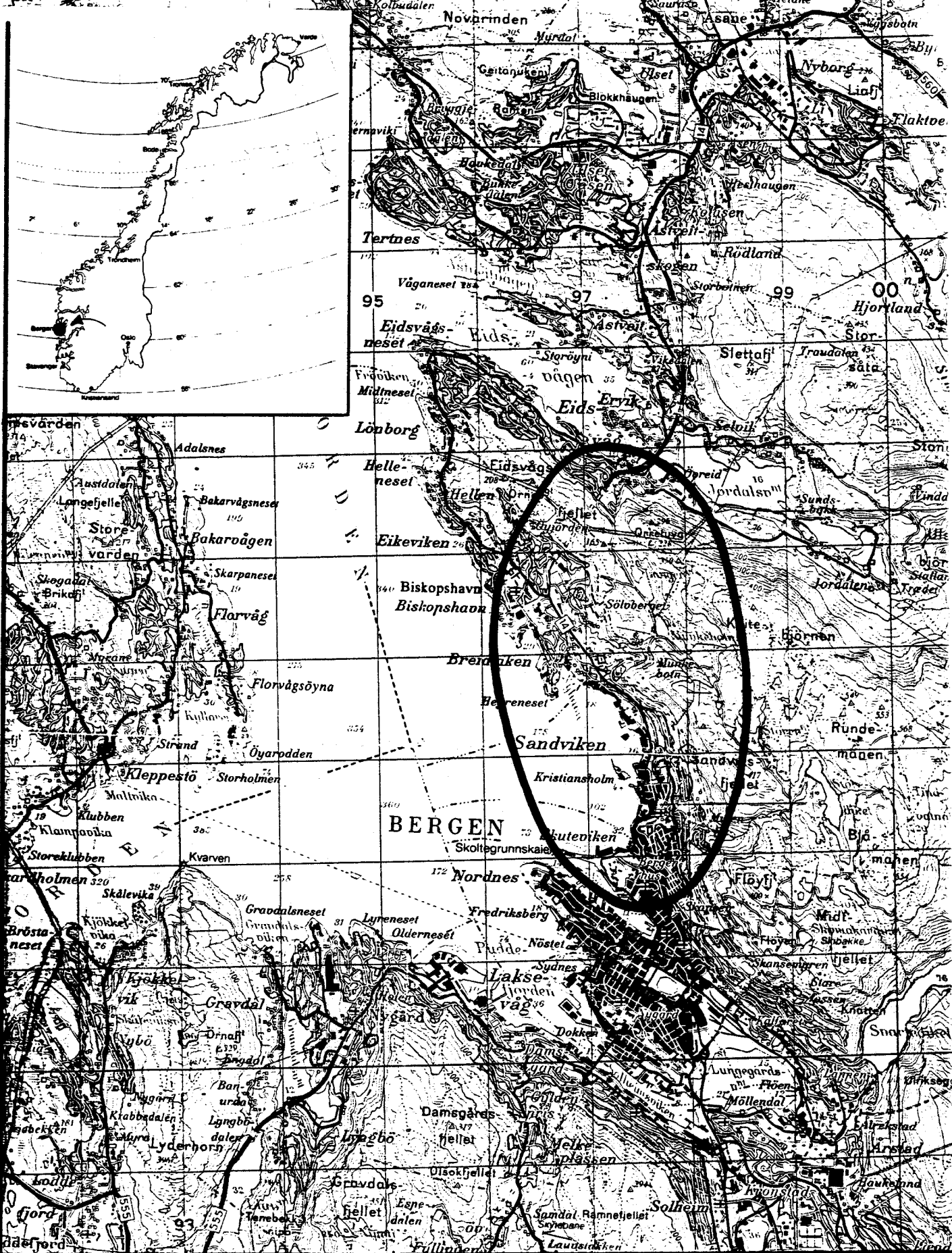
(Seksjonsleder/Avdelingsleder)

Dato

31.07.96

Sign

H.S.



OVERSIKTSKART

BERGEN KOMMUNE, KTU, VA-SEKSJONEN
SENTRUM NORD/EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANL.

MÅLESTOKK

1:50 000

TEGNET

TEGNET

KONTROLT

DATO

30/7 96

REV.

SIGN.

DATO

SIDE

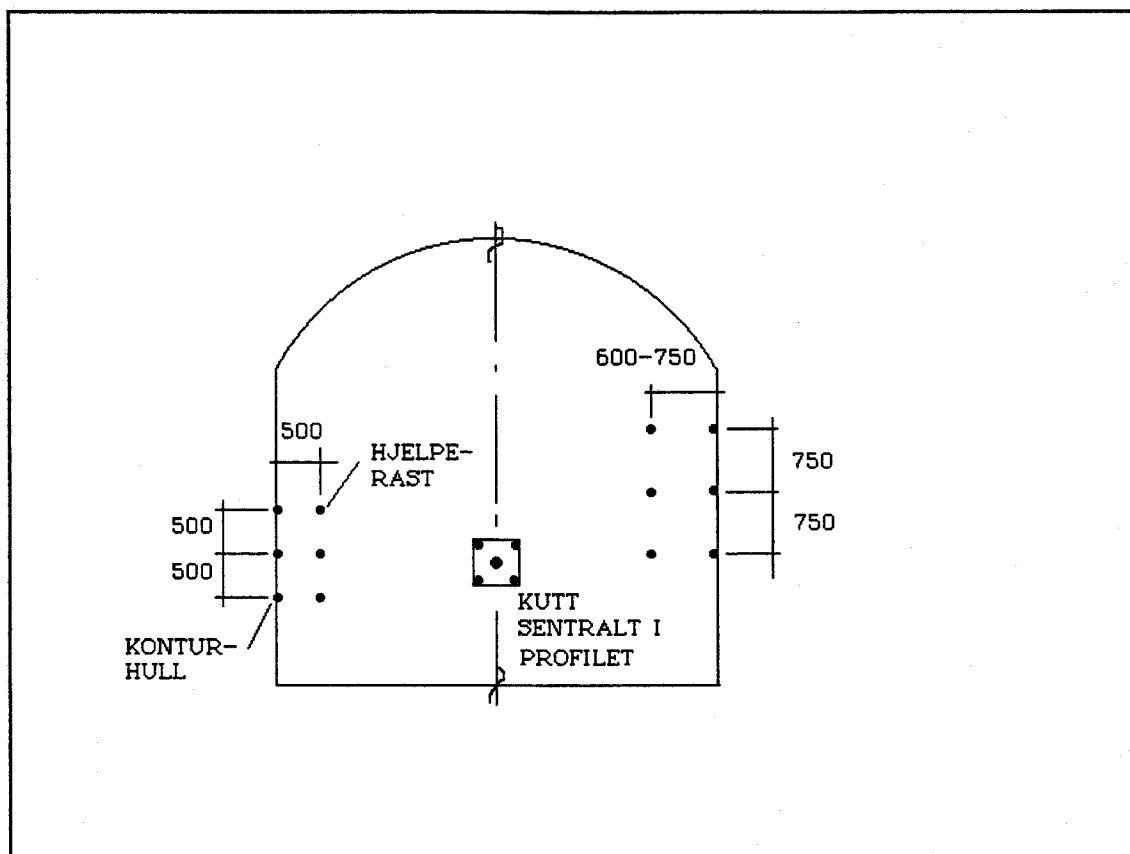
OPPDRAK NR.

51499

TEGN. NR.

0

REV.

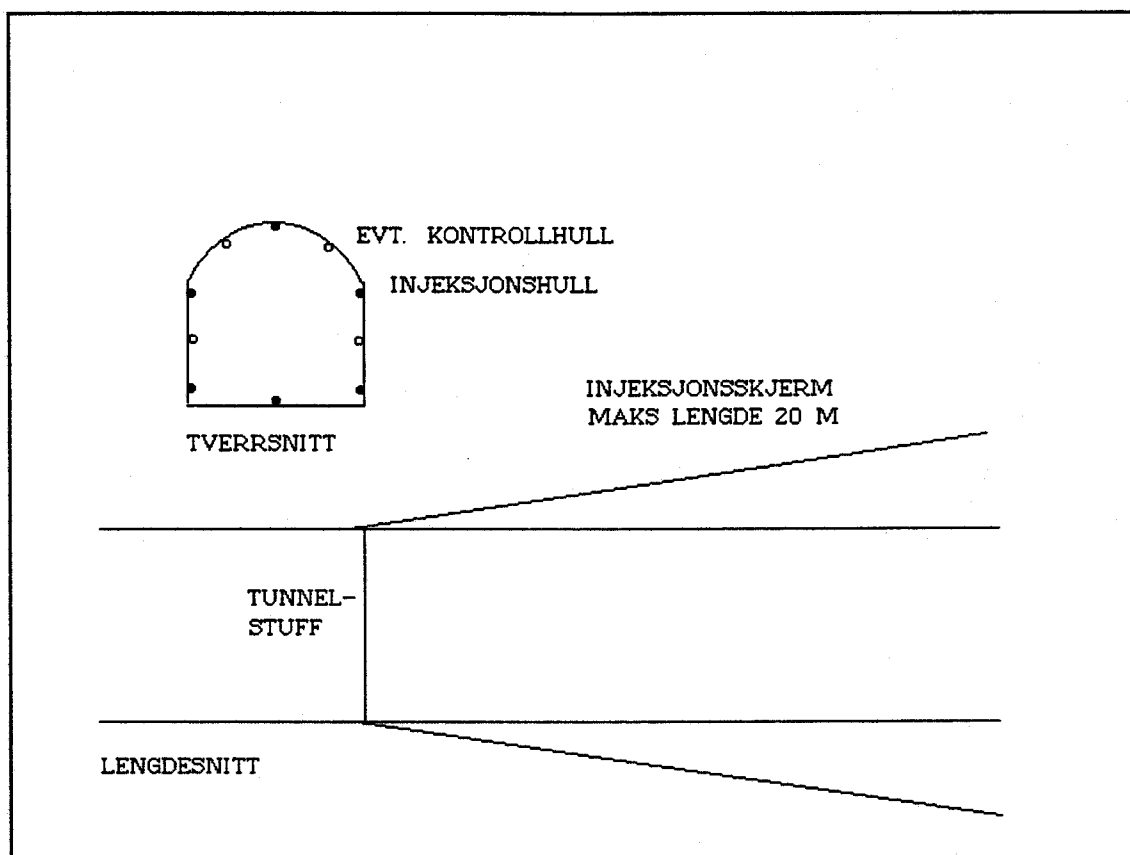


SENTRUM NORD/EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG PRINSIPPSKISSE KONTURSPRENGNING

Kutten skal ligge midt i tunnelprofilet, med like stor avstand til sidene. Dette gjelder generelt dersom annet ikke er avtalt.

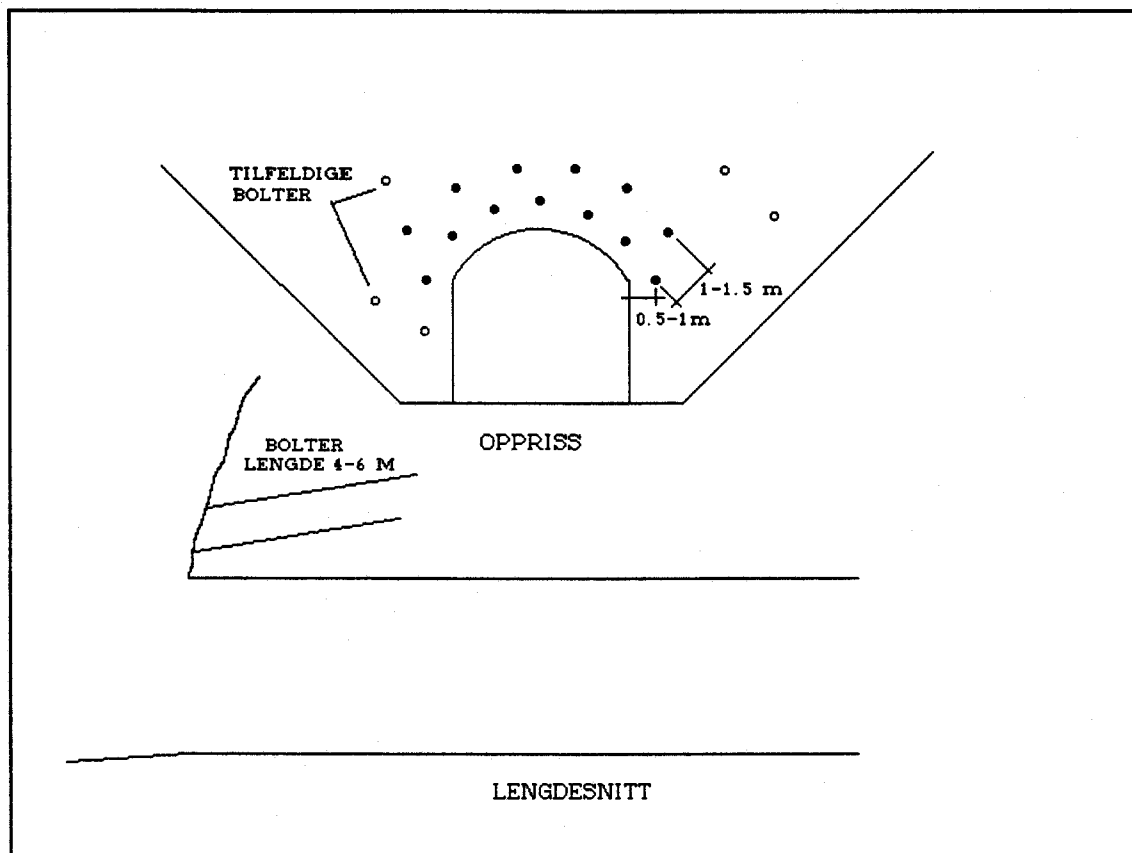
Ved bruk av orange rør, 17 x 500 mm (eller tilsvarende) skal hullavstanden i konturen være 50 cm. Avstanden til nærmeste strosserast skal også være 50 cm. Ladningen i denne rasten skal reduseres med ca 40 % i forhold til strossehull i resten av salven (se venstre del av figuren).

Ved bruk av gule rør, 22 x 1000 mm (eller tilsvarende) kan hullavstanden i konturen økes til 75 cm, og avstanden til nærmeste strosserast kan økes til 60 - 75 cm.



EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG PRINSIPPSKISSE FOR INJEKSJON

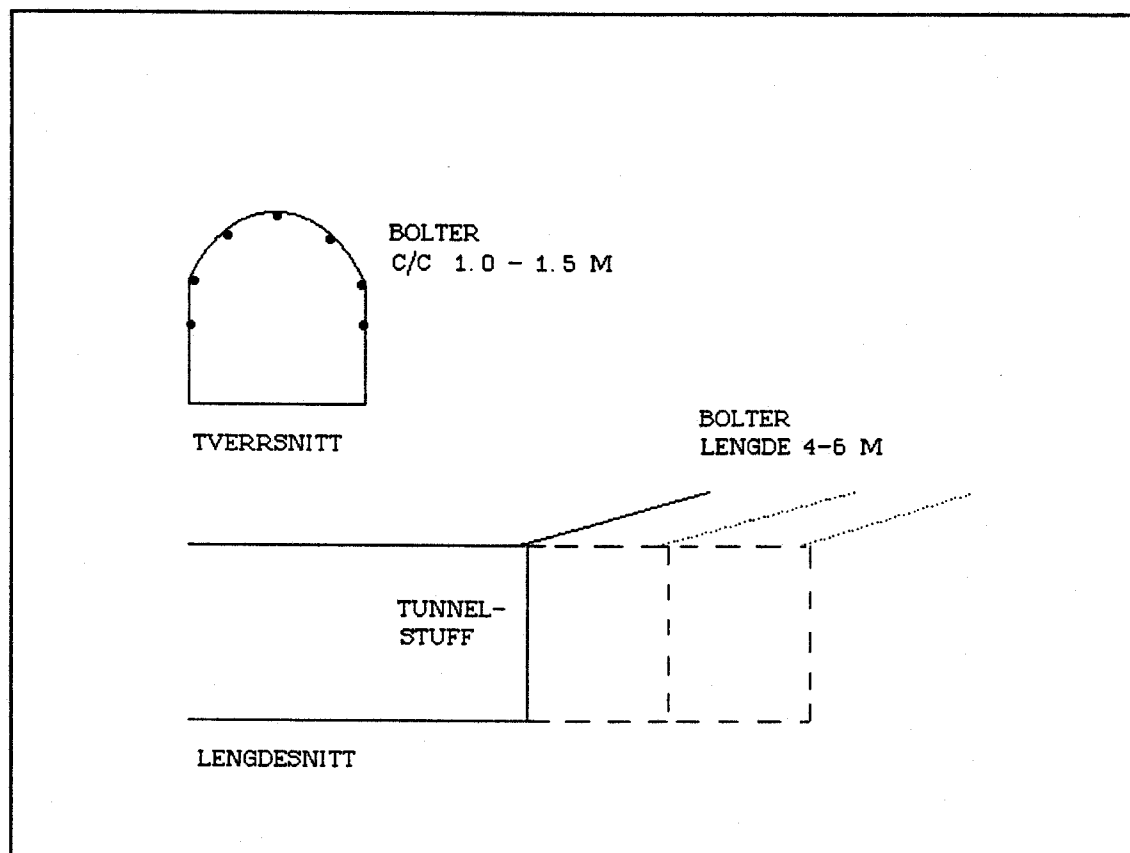
Det bores en skjerm foran stuff med lengde inntil 20 m. Borhullene viftes slik at borhullsendene kommer 2,5 - 3,5 m utenfor teoretisk tunnelprofil. Detaljer vedrørende ansett, skjerm lengde og borhullsvinkler etc. kan justeres på stedet for å tilpasse injeksjonsopplegget til bergmassens oppsprekking og lekkasjeforhold.



SENTRUM NORD/EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG PRINSIPPSKISSE FOR SIKRING VED PÅHUGG

Over alle påhugg skal det utføres boltesikring. Prinsippene for slik sikring er vist på skissen ovenfor.

Detaljer vedrørende sikringen bestemmes på stedet.



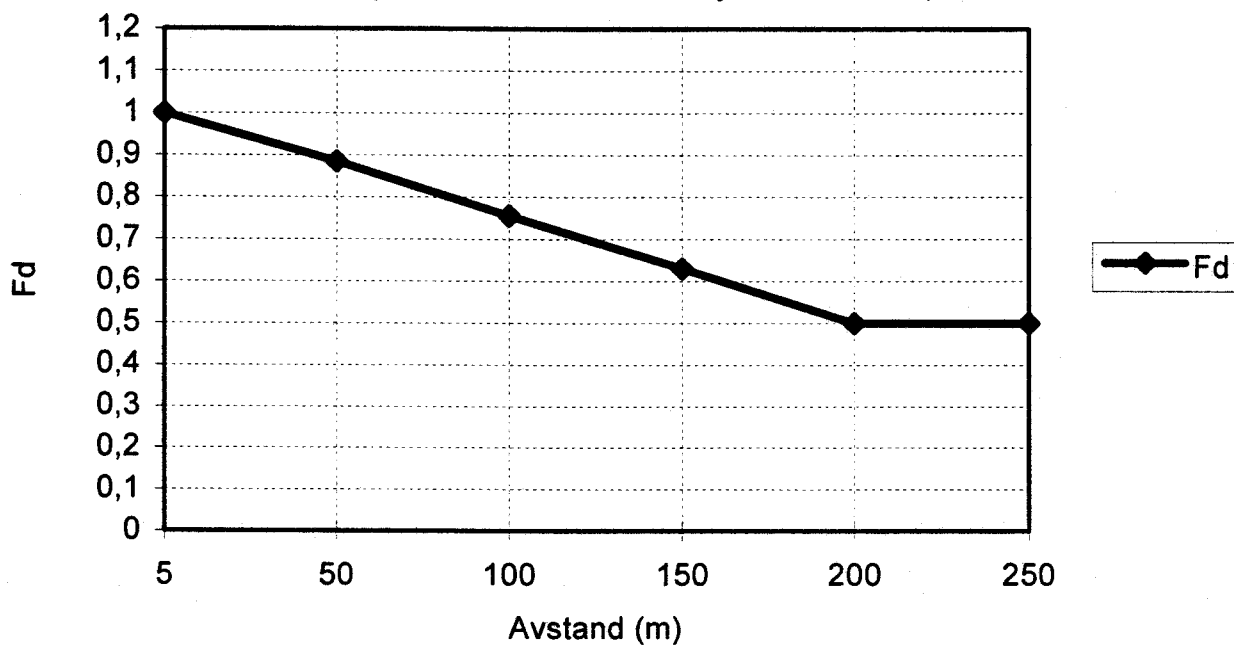
SENTRUM NORD/EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG PRINSIPPSKISSE FORBOLTING

Der det forventes vanskelige stabilitetsforhold foran stuff vil det være aktuelt å utføre forbolting som vist i prinsipp på skissen ovenfor.

Detaljer vedrørende slik forbolting bestemmes på stedet.

SENTRUM NORD/EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG

Diagram for avstandskorreksjon av vibrasjoner.
(korreksjonsfaktor F_d som funksjon av avstand)



Avstandskorreksjon for sprengningsinduserte vibrasjoner i byggverk (avstandsfaktor F_d)

Ved økende avstand fra sprengningsstedet blir vibrasjonsbølgene mer lavfrekvente. Ved lave frekvenser øker risikoen for at bygningsdeler kan ha egenfrekvenser i nærheten av vibrasjonsbølgenes frekvens. Derfor beskriver NS8141 en reduksjon av grenseverdiene for svingehastighet med økende avstand fra sprengningsstedet.

Avstandsfaktoren F_d er en funksjon av korteste avstand mellom sprengningsstedet og de berørte byggverkene. F_d er en lineær funksjon i området mellom 5 og 200 m som vist i diagrammet ovenfor. På avstander over 200 m er avstandsfaktoren 0,5. Ved avstander kortere enn 5 m er det ingen direkte sammenheng mellom vibrasjoners svingehastighet og faren for skade på byggverk. I slike tilfeller er det skademekanismer som forskyvning og løft som er utslagsgivende.

Normalt er slik at nærmeste bygning til sprengningen vil være bestemmende ved beregning av enhetsladninger. Dersom man overholder grenseverdien for den nærmeste bygningen, vil grenseverdiene på bygninger lenger unna automatisk overholdes. Vibrasjonsbølgens svingehastighet dempes under vanlige forhold mer enn reduksjonen i grenseverdiene.

Sentrum nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg

Orienterende beregning av enhetsladning

Dato :

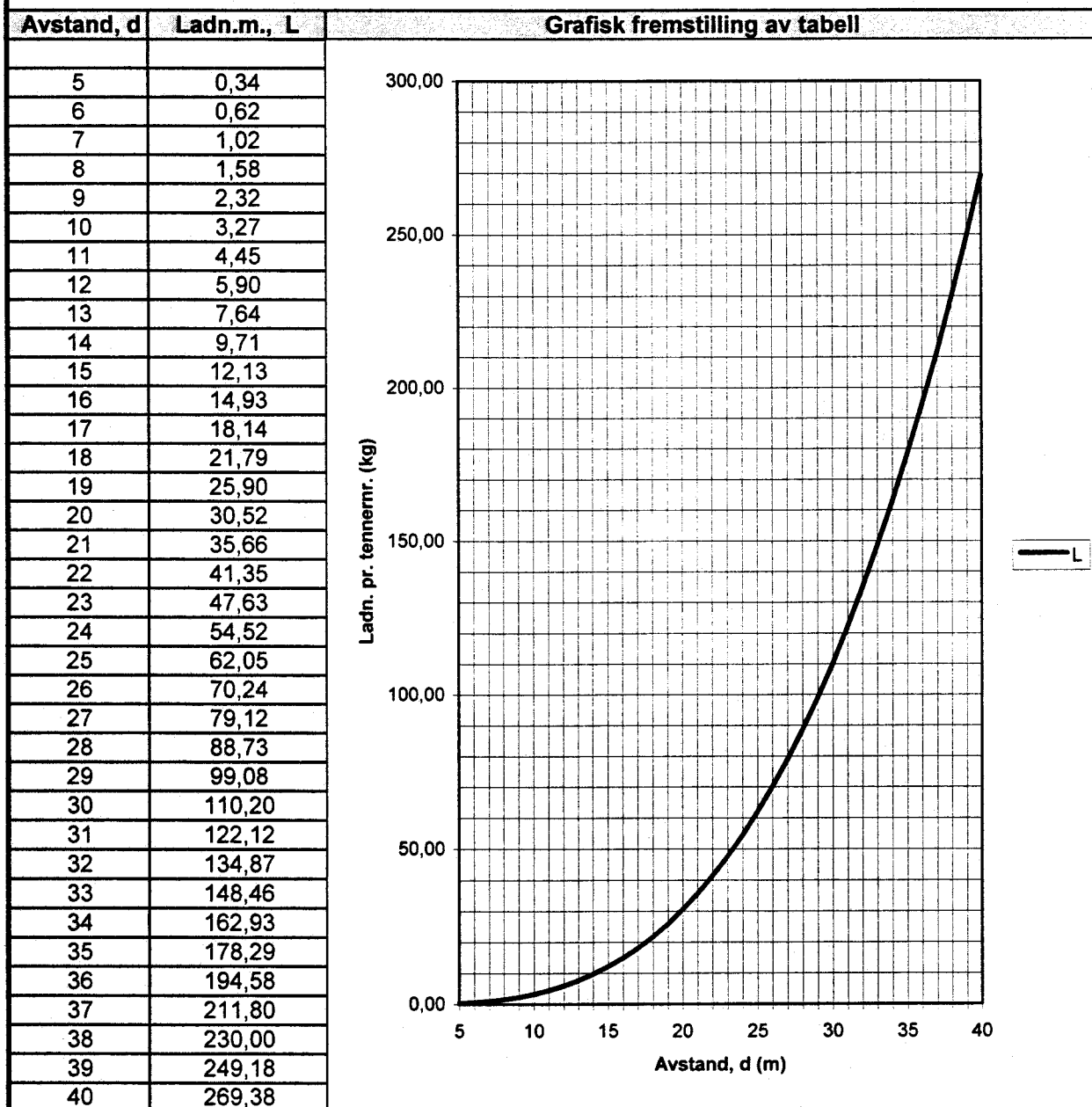
Sign. :

Sannsynlige gjennomsnittsverdier for vanlige boliger på fjell

Beregningsformel : $L = (v \times d / k)^2$ der L = Ladning pr. tennernr. (kg)
 v = svingehastighet (mm/s)
 d = avstand til målested (m)
 k = fjellkonstanten

Gi inn parametrene (d=5m): $v = 70$ mm/s (Fastsettes ihht. NS 8141)
 $k = 600$ (200 - 900 for norm. bergarter)

Dette gir ladningsmengde pr. tennernr. :



Sentrum nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg

Orienterende beregning av enhetsladning

Dato :

Sign. :

Sannsynlige gjennomsnittsverdier for vanlige boliger på fast morene e.l.

Beregningsformel : $L = (v \times d / k)^2$ der
 L = Ladning pr. tennernr. (kg)
 v = svingehastighet (mm/s)
 d = avstand til målested (m)
 k = fjellkonstanten

Gi inn parametrene (d=5m):

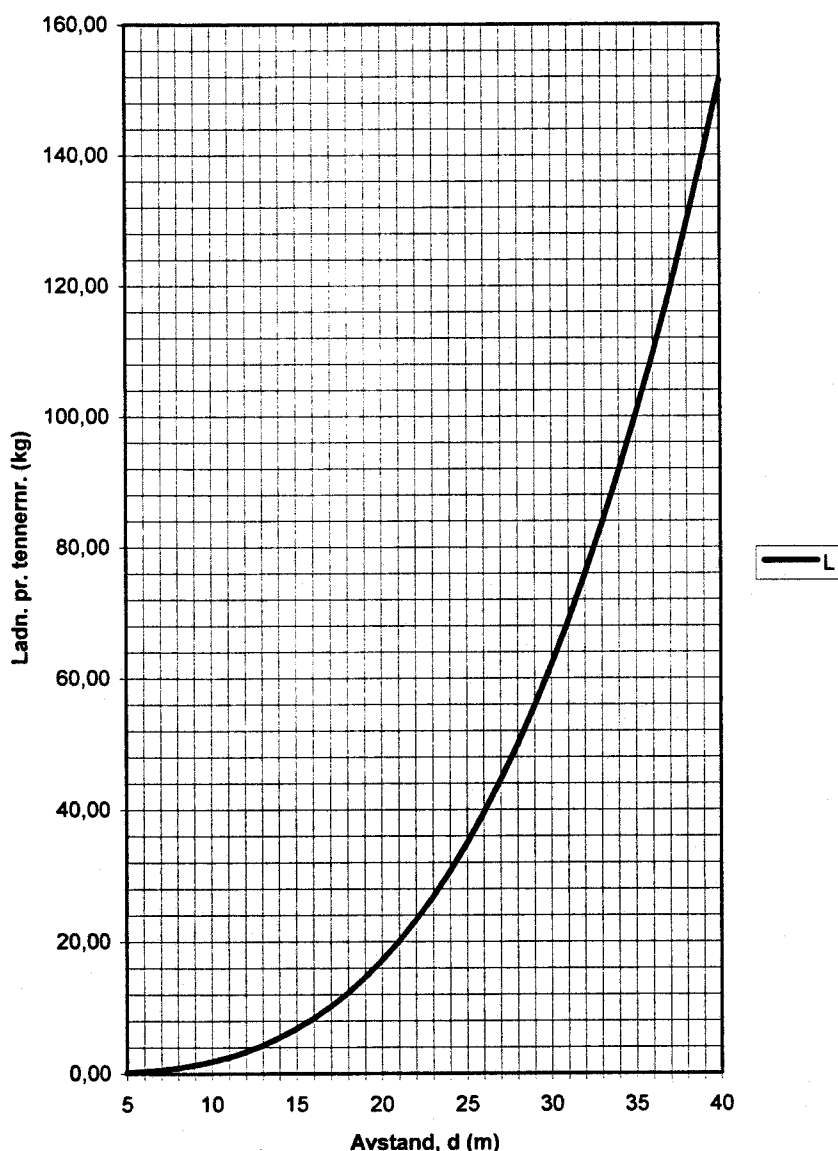
$v = 35$ mm/s
 $k = 400$

(Fastsettes ihht. NS 8141)
 (200 - 900 for norm. bergarter)

Dette gir ladningsmengde pr. tennernr. :

Avstand d m	Ladning L kg
5	0,19
6	0,35
7	0,58
8	0,89
9	1,30
10	1,84
11	2,50
12	3,32
13	4,30
14	5,46
15	6,82
16	8,40
17	10,20
18	12,25
19	14,57
20	17,17
21	20,06
22	23,26
23	26,79
24	30,67
25	34,90
26	39,51
27	44,51
28	49,91
29	55,73
30	61,99
31	68,69
32	75,86
33	83,51
34	91,65
35	100,29
36	109,45
37	119,14
38	129,37
39	140,16
40	151,52

Grafisk fremstilling av tabell



Sentrum nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg

Orienterende beregning av enhetsladning

Dato :

Sign. :

Sannsynlige gjennomsnittsverdier for vanlige boliger på grusige løsmasser

Beregningsformel : $L = (v \times d / k)^2$ der
 L = Ladning pr. tennernr. (kg)
 v = svingehastighet (mm/s)
 d = avstand til målested (m)
 k = fjellkonstanten

Gi inn parametrene ($d=5m$):

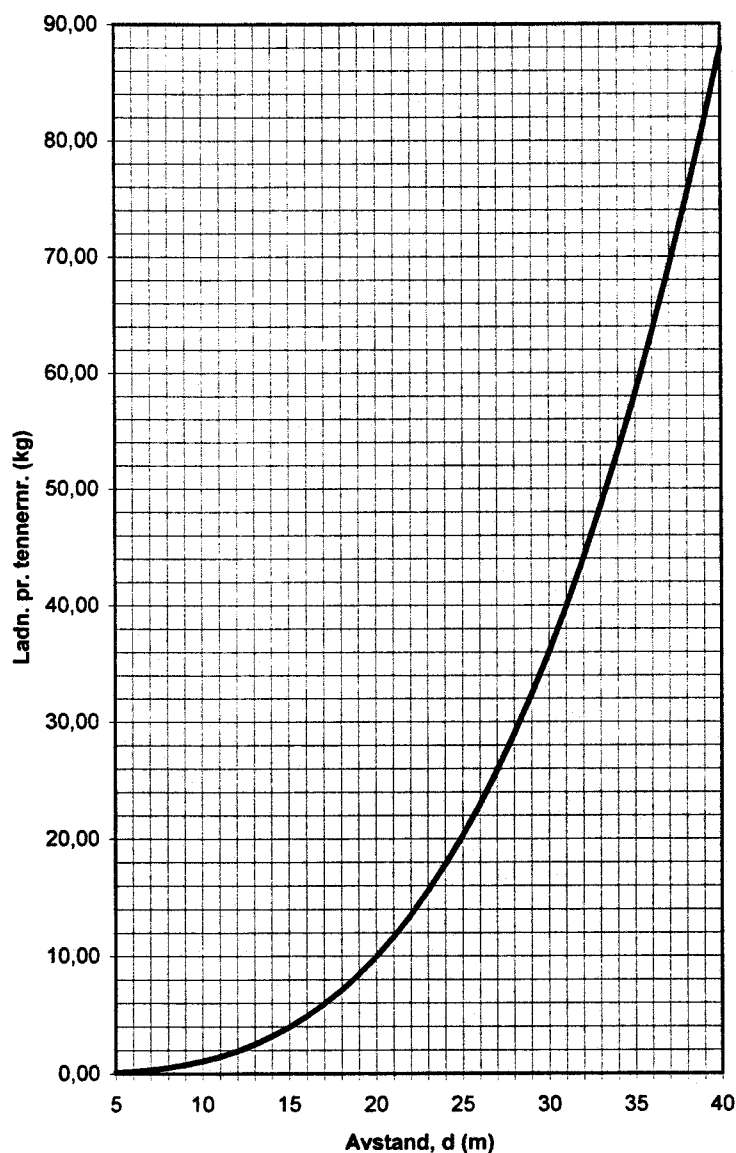
$v = 20$ mm/s
 $k = 300$

(Fastsettes ihht. NS 8141)
 (200 - 900 for norm. bergarter)

Dette gir ladningsmengde pr. tennernr. :

Avstand d	Ladning L
m	kg
5	0,11
6	0,20
7	0,33
8	0,52
9	0,76
10	1,07
11	1,45
12	1,93
13	2,50
14	3,17
15	3,96
16	4,87
17	5,92
18	7,11
19	8,46
20	9,97
21	11,64
22	13,50
23	15,55
24	17,80
25	20,26
26	22,93
27	25,84
28	28,97
29	32,35
30	35,98
31	39,88
32	44,04
33	48,48
34	53,20
35	58,22
36	63,54
37	69,16
38	75,10
39	81,37
40	87,96

Grafisk fremstilling av tabell



Sentrum nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg

Orienterende beregning av enhetsladning

Dato :

Sign. :

Sannsynlige gjennomsnittsverdier for spesielt følsomme bygninger på fast morene e.l.

Beregningsformel : $L = (v \times d / k)^2$ der
 L = Ladning pr. tennernr. (kg)
 v = svingehastighet (mm/s)
 d = avstand til målested (m)
 k = fjellkonstanten

Gi inn parametrene (d=5m):

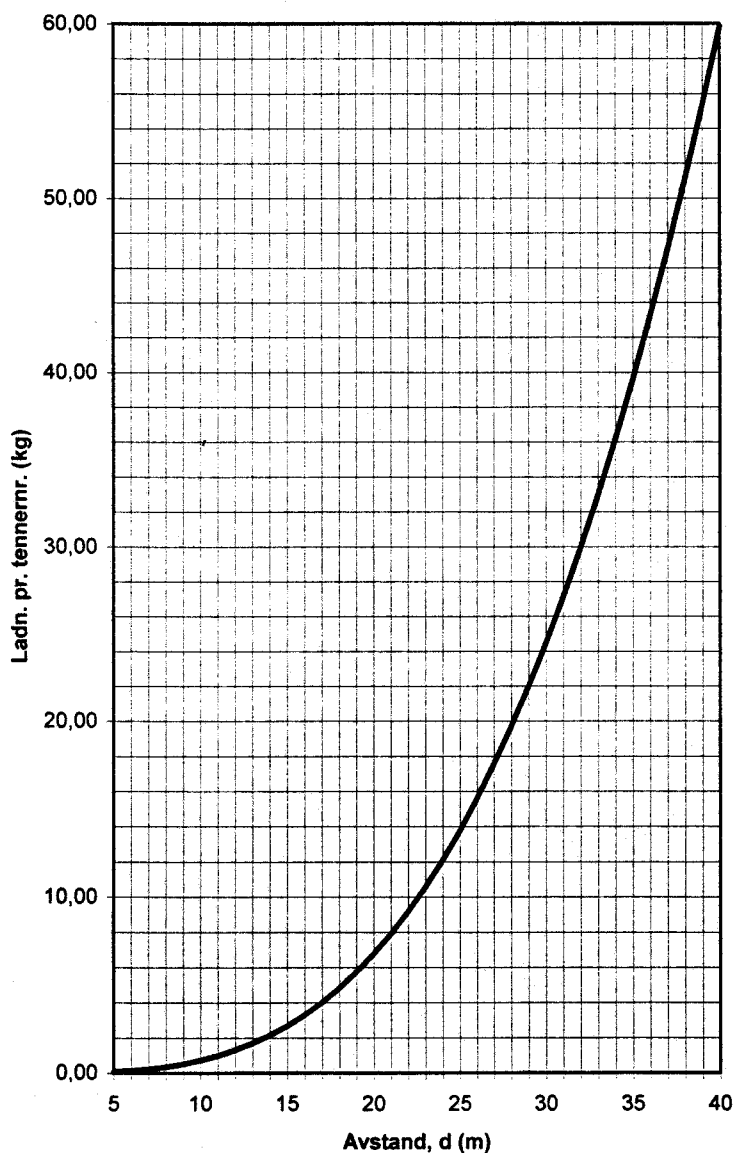
$v = 22$ mm/s
 $k = 400$

(Fastsettes ihht. NS 8141)
 (200 - 900 for norm. bergarter)

Dette gir ladningsmengde pr. tennernr. :

Avstand d m	Ladning L kg
5	0,08
6	0,14
7	0,23
8	0,35
9	0,52
10	0,73
11	0,99
12	1,31
13	1,70
14	2,16
15	2,70
16	3,32
17	4,03
18	4,84
19	5,76
20	6,78
21	7,93
22	9,19
23	10,59
24	12,12
25	13,79
26	15,61
27	17,58
28	19,72
29	22,02
30	24,49
31	27,14
32	29,97
33	33,00
34	36,21
35	39,62
36	43,24
37	47,07
38	51,12
39	55,38
40	59,87

Grafisk fremstilling av tabell



Sentrum nord/Eidsvåg hovedavløpsanlegg

Orienterende beregning av enhetsladning

Dato :

Sign. :

Sannsynlige gjennomsnittsverdier for bygninger ved NHH

Beregningsformel : $L = (v \times d / k)^2$ der
 L = Ladning pr. tennernr. (kg)
 v = svingehastighet (mm/s)
 d = avstand til målested (m)
 k = fjellkonstanten

Gi inn parametrene (d=5m):

$v = 55$ mm/s

(Fastsettes ihht. NS 8141)

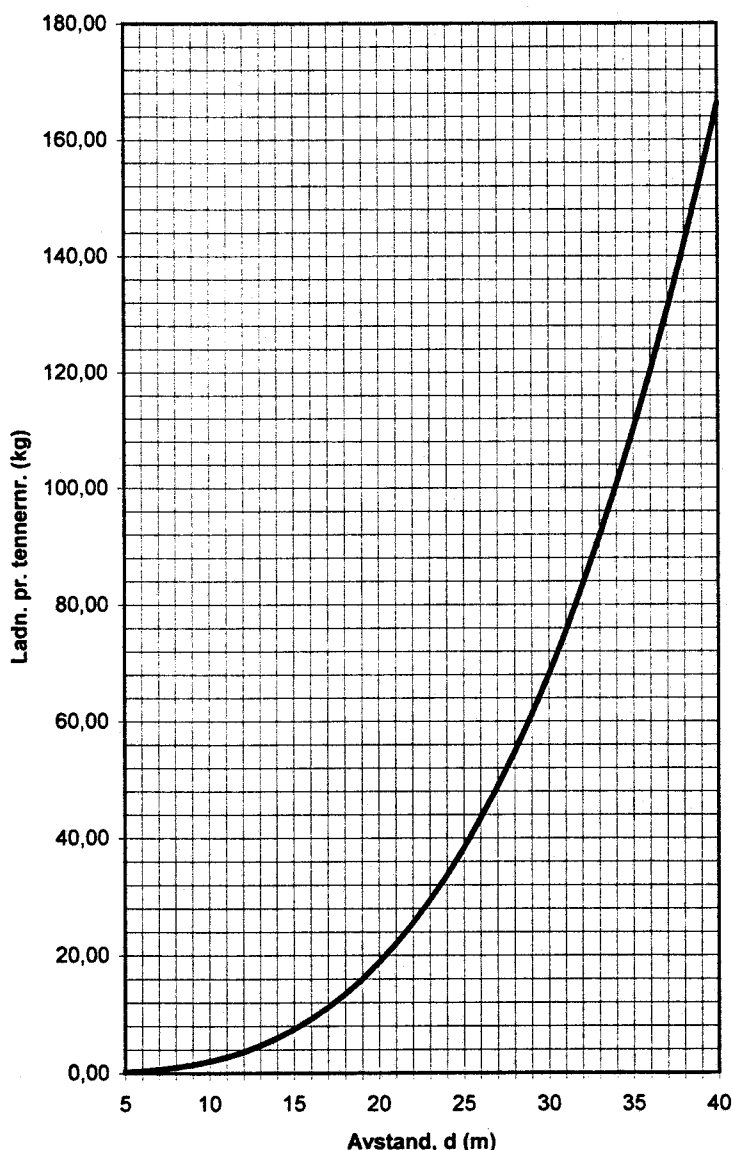
$k = 600$

(200 - 900 for norm. bergarter)

Dette gir ladningsmengde pr. tennernr. :

Avstand d	Ladning L
m	kg
5	0,21
6	0,38
7	0,63
8	0,98
9	1,43
10	2,02
11	2,75
12	3,64
13	4,72
14	5,99
15	7,49
16	9,22
17	11,20
18	13,45
19	15,99
20	18,84
21	22,01
22	25,53
23	29,40
24	33,66
25	38,30
26	43,36
27	48,85
28	54,78
29	61,17
30	68,03
31	75,39
32	83,26
33	91,65
34	100,58
35	110,07
36	120,12
37	130,76
38	141,99
39	153,83
40	166,30

Grafisk fremstilling av tabell



GEOFYSISK KARTLEGGING OG RÅDGIVNING

Stikkord:

Ekkolodding
Akustisk profilering, boomer

Oppdragsnr.: 96809

Rapportnr.: 1

Oppdrags-
giver: **NOTEBY**Oppdrag/
rapport: **SENTRUM NORD
EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG****EKKOLODDING OG AKUSTISK PROFILERING**

Dato: 19. april 1996

Rapport-utdrag:

GEOMAP as. har på oppdrag fra Noteby utført kartlegging av vanndybder og løsmassetykkelser ved Breidviken i Byfjorden utenfor Bergen.

Hensikten med målingen var å fremskaffe informasjon om bunntopografi og løsmassemektighet i forbindelse med planleggingen av en avløpstunnel.

Det ble kartlagt i et ca. 500 meter * ca. 300 meter stort område.

Undersøkelsen er utført med ekkolodding og refleksjonsseismisk profilering med boomer (akustisk profilering).

Resultatene er vist som bunnkotekart i målestokk 1:1000 og løsmassefordelingen er vist på kart i målestokk 1:2000.

Boomer-registreringene er tolket og det er ikke klare indikasjoner på løsmasser utenom et mindre område hvor løsmassetykkelsen varierer fra 0 til ca. 8 meter. Det er imidlertid så bratt i det kartlagte området at registreringene er noe forstyrret av siderefleksjon. Det kan derfor finnes mindre lokale områder med løsmasser uten at dette kommer frem på registreringene.

For eventuell detaljplanlegging vil vi anbefale at det utføres visuell inspeksjon med dykker eller annen egnet metode.

Land/Fylke

Hordaland

Kommune:

Bergen

Sted:

Breidviken

INNHold : SIDE

1. INNLEDNING.....	3
2. UTFØRTE UNDERSØKELSER.....	3
3. RESULTATER.....	3

VEDLEGG :

VEDLEGG 1 :	Teknisk sammendrag
VEDLEGG 2 :	Beskrivelse av akustisk profilering

TEGNINGER:

96809-1	:	Bunnkoter og løsmassefordeling 1:1000/1:2000
---------	---	--

1. INNLEDNING

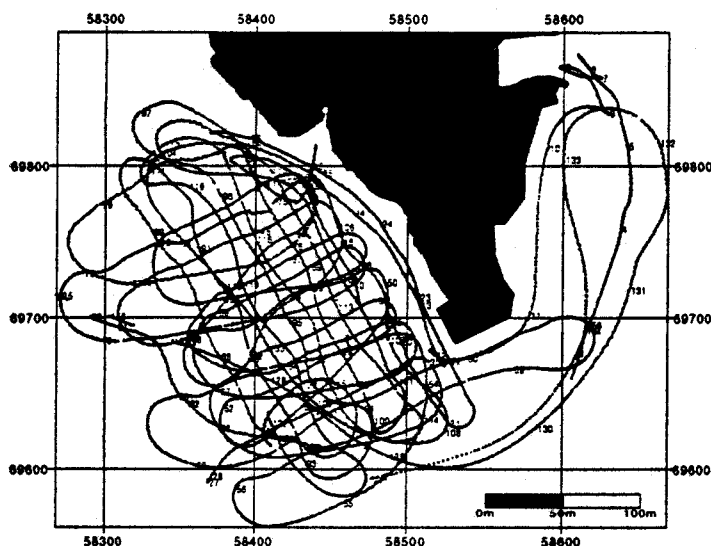
GEOMAP as. har på oppdrag fra Noteby utført kartlegging av vanndybder og løsmassetykkelser ved Breidviken i Byfjorden utenfor Bergen.

Hensikten med målingen var å fremskaffe informasjon om bunntopografi og løsmassemekthet i forbindelse med planleggingen av en avløpstunnel.

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

Undersøkelsene ble utført med M/S FRØY den 23. februar 1996.

Det ble kartlagt i et ca. 500 meter * ca. 300 meter stort område beliggende som vist på oversiktskartet nedenfor. Det ble målt i linjer med tilnærmet 12.5 meters innbyrdes avstand i retning til og fra land. Det viste seg vanskelig å få tilfredsstillende dekning og det ble derfor også kjørt linjer med tilsvarende innbyrdes avstand parallelt med land.



Undersøkelsen er utført med ekkolodding og refleksjonsseismisk profilering med boomer (akustisk profilering).

Det var gode værforhold under feltarbeidet.

Informasjon om tekniske detaljer vedrørende datainnsamlingsutstyr, posisjonering etc. er gitt i vedlegg 1, "Teknisk sammendrag".

I vedlegg 2 er det gitt en generell beskrivelse av akustisk profilering.

3. RESULTATER

Alle vanndybder er korrigert for ekkolodd-svingerens dybde under vannflaten, tidevann og lydshastighet i vann.

De korrigerte dybdetall er deretter bearbeidet i en digital terrengmodell (DTM).

Resultatene er vist som bunnkotekart i målestokk 1:1000 på tegning 96809-1. Alle dybder refererer seg til NGO 0 (NN54). Som kartgrunnlag for inntegning av strandlinjen er det benyttet Avløpsledningskart Blad LM23.24, Bergen kommune

Boomer-registreringene er tolket og det er ikke klare indikasjoner på løsmasser utenom det området som er avmerket på tegning 96809-1. Løsmassetykkelsene i dette området varierer fra 0 til ca. 8 meter. Det er imidlertid så bratt i det kartlagte området at registreringene er noe forstyrret av siderefleksjon. Det kan derfor finnes mindre lokale områder med løsmasser uten at dette kommer frem på registreringene.

For eventuell detaljplanlegging vil vi anbefale at det utføres visuell inspeksjon med dykker eller annen egnet metode.

GEOMAP a.s


Ole Chr. Pedersen


Egil Ingebretsen

TEKNISK SAMMENDRAG

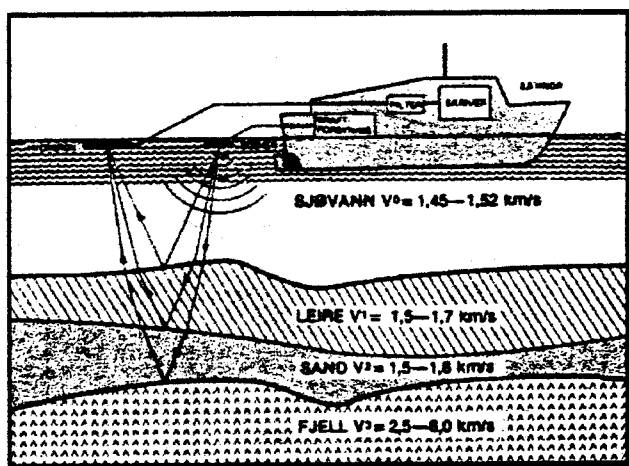
PROSJEKTDATA		
	OPPDRA GSGIVER	NOTE BY
		Bergen
	KONTAKTPERSON	Geir Bertelsen
FELTARBEID		
	FELTPERSONELL	E. Ingebretsen
	FARTØY	M/S ERØY
	MÅLEPERIODE	23 februar 1995
	LINJEAVSTAND	ca. 12.5 meter
POSISJONERINGSYSTEM		
	INSTRUMENT	ASHTech Z-12 DGPS
	DATUM	WGS-84
	TRANSFORMASJONSVERDIER	WGS 84 til NGO 1948
	DX	+ 89.5 meter
	DY	+ 93.5 meter
	DZ	+ 123.1 meter
	TX	0.0 sekunder
	TY	0.0 sekunder
	TZ	0.156 sekunder
	K	-1.249 ppm
	PROJEKSJON	NGO Akse 1
	REFERANSE PUNKT	TP 124
		LAT = 60° 25' 01.4616"
		LON = 05° 18' 17.1574"
		Høyde = 25.872m
		(Ellipsoide)
BUNNTOPOGRAFI		
	INSTRUMENT	ATLAS DESO 20
	SVINGER	Raytheon
	FREKVENS	210 kHz
	ÅPNINGSVINKEL	2.7°
	DATUM	NGO 0
	TIDEVANN	Observerte verdier
	LYDHASTIGHET	Observerte 1476.9 m/s
LØSMASSEKARTLEGGING		
	INSTRUMENT	ORE/EGG
	ENERGI	455 joule
	SKUDDTAKT	500 ms
	SWEEP	250 ms
	FREKVENS	800 - 1200 Hz
	LYDHASTIGHET	1700 m/s
	SLEP (LAYBACK)	13.5 meter
KARTFREMSTILLING		
	TYPE	NAVILINE og SURFER
	RUTENETTSTØRRELSE	1 meter
	DATUM	NGO 1948
	PROJEKSJON	NGO Akse 1

BESKRIVELSE AV AKUSTISK PROFILERING

Akustisk profilering er en fellesbetegnelse på undersøkelser med utstyr som fungerer etter ekkoloddprinsippet. Metoden er basert på refleksjon av utsendte lydimpulser i et lavere frekvensområdet enn ekkolodd noe som fører til at lydbølgene trenger gjennom bunnlagene og ned til laggrenser under sjøbunnen. Metoden gir informasjon om mektighet og utbredelse av eventuelle løsmasser.

Utstyret består av en sender og en mottaker (hydrofon) som slepes etter en båt som går med sakte fart (2-5 knop). Med jevne mellomrom sendes det ut en lydimpuls (signal) fra senderen. Disse lydsignalene reflekteres fra sjøbunnen, laggrenser i sedimentene og fjelloverflaten og mottas av hydrofonen hvor de omformes til elektriske signaler. Signalene sendes deretter gjennom en forsterker og et filter før de blir anskueliggjort på papir i et todimensjonalt snitt (ekkgrogram) av en grafisk skriver.

På skriveren går papiret (litt) fremover etterhvert som lydimpulser sendes ut og et belte med en nål skriver over papiret og avtegner de mottatte signaler i en tidsakse



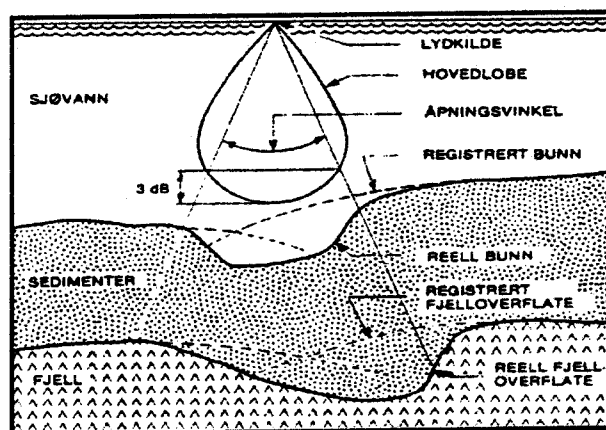
I tillegg får en ofte signaler som er uønsket og kan forstyrre tolkningen av ekkogrammene. De vanligste av disse er såkalte multipler som fremkommer av at signalet reflekteres en eller flere ganger mellom vannoverflaten og bunnen før de treffer hydrofonen. Når vanddypet er lite eller tykkelsen av løsmassene er større enn vanddypet kan multiplene maskere de interessante signalene.

Metoden stiller således visse krav til vanddybder og variasjon i vanddybder. Ved små vanddybder (mindre enn ca. 5m) eller ved store variasjoner i vanddybdene, blir tolkningen vanskeliggjort og nøyaktigheten i målingene redusert.

Ved akustisk profilering benyttes forskjellige typer lydkilder avhengig av undersøkelsens formål. Forskjellen i de utstyrtypene som benyttes, ligger geofysisk sett i styrken og frekvensen på de utsendte signaler. Dette fører til forskjellig nedtrengningsevne (penetrasjon) i bunnlagene.

Spesielt vil masser med organisk innhold og meget hard morene kunne hindre penetrasjon i underliggende lag. Likså kan det oppstå problemer i områder med ikke naturlige avsetninger (fylling) eller andre "forstyrrede" bunnforhold (mudring).

De forskjellige lydkildene gir også forskjellig form på den utsendte lydimpulsen. Tilsvarende har også de forskjellige hydrofoner sitt eget "strålingsdiagram". Den praktiske konsekvensen av dette er at man får refleksjon fra reflektorer tilside for lodmlinjen under sender/ mottaker. Dette medfører at ekkogrammene viser en utjevning av den reelle formen de forskjellige reflektorer har. Forholdet er skjematisk vist på figuren

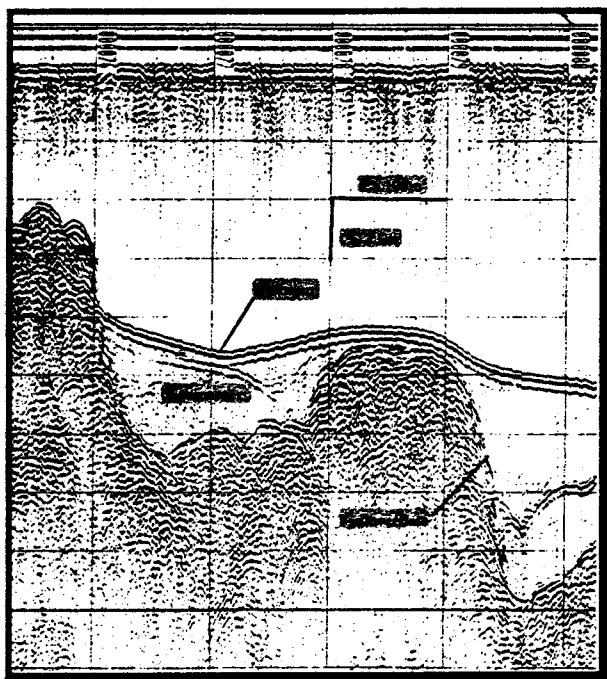


Med akustisk profileringsutstyr tenker man vanligvis i første rekke på penetrasjonsekkolodd (pinger), boomer og sparker.

Penetrasjonsekkoloddet benytter et frekvensområde på 3-10 khz. Nedtrengningsevnen er vanligvis begrenset (5-25m) og oppløsningen ca. 0.5m. Sender og mottakerenheten er montert sammen og kan enten sitte i båtens skrog eller sidemonteres på båten.

Boomeren består av en metallplate som blir frastøtt av en kobbercoil ved stadige utladninger fra et kondensatorbatteri. Boomeren slepes på en katamaran på vannoverflaten. Signalene blir filtrert slik at man benytter frekvensområdet 0.5-2 khz. Nedtrengningsevnen er vanligvis mindre enn 200m og oppløsningen 1-2m.

BESKRIVELSE AV AKUSTISK PROFILERING



Eksempel på boomerekkogram.

Sparkeren består av en metallramme hvor det er påmontert elektroder. Ved utladninger fra et kondensatorbatteri skapes en gnist mellom elektroden og metallrammen som forårsaker en lydimpuls i vannet. Sparkeren slepes etter båten, like

under vannflaten. Signalene blir filtrert slik at man benytter frekvensområdet 0.05-1 khz. Nedtrengningsevnen er vanligvis mindre enn 800m og oppløsningen 5-10m. Sparkeren kan bare benyttes i saltvann.

De tall som er angitt for nedtrengningsevne gjelder for marine sedimenter av type leire, silt og sand. Nedenfor er det vist et eksempel på et boomerekkogram.

Ved tolkning av ekkogrammene tas det hensyn til de fysiske og geometriske forhold. Skal tykkelser av løsmasser beregnes, må lyd hastigheten i disse være kjent, eller antas på bakgrunn av generell geologisk kjennskap til undersøkelsesområdet. Under bearbeidingen av ekkogrammene benyttes et digitaliseringsbord med en elektronisk "penn" slik at tolkningen kan overføres til tallform og leses inn i en datamaskin. I maskinen kan de valgte lyd hastigheter i løsmassene legges inn slik at tykkelseskoter, fjellkoter, profilsnitt o.l. kan tegnes ut.

Akustisk profilering gjør det mulig å kartlegge store Områder på kort tid. Under feltmålingene kan det måles 20-50 profil-kilometer pr. dag avhengig av værforholdene og operasjonelle begrensninger i undersøkelsesområdet. **Metoden bør suppleres med refraksjonseismikk og/eller boringer.**



Eksempel på resultatpresentasjon fra en kartlegging med akustisk profilering. Forskjellige løsmassetykkelser er vist med fargekoder. Sjøbunnstopografien er også lagt inn som isolinjer (koter).

SENTRUM NORD/EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG RELEVANTE BORBARHETSINDEKSER FRA FLØYFJELLSTUNNELNE

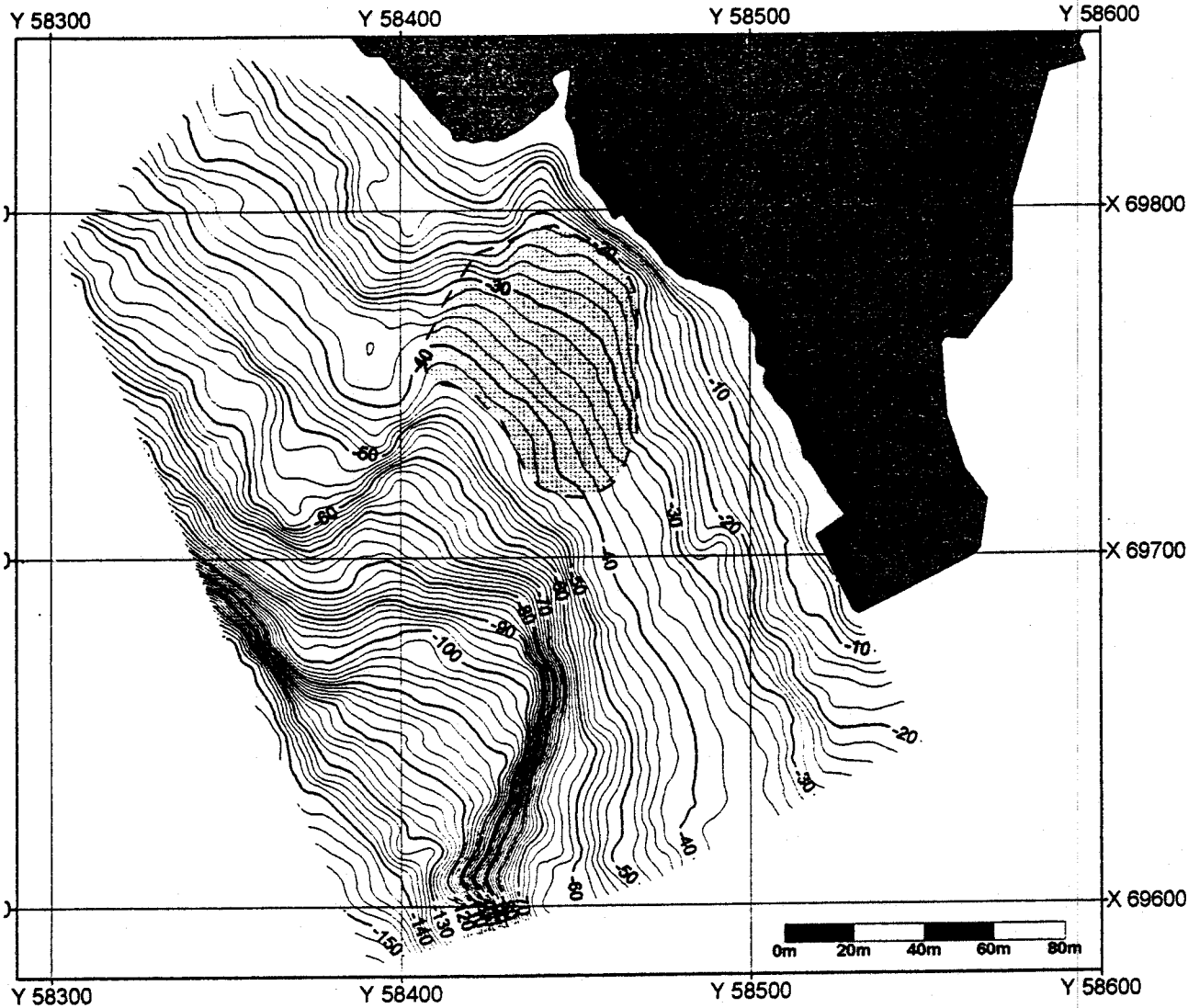
Nr. Bergart	Prøvested	S20	SJ	AV	Q	DRI	BWI
1127 Granittisk gneis	Bergen Fløyfjellstunnelen Tube 1, pel 2642	51	12,0	15	19	52	33
1143 Granittisk gneis	Bergen Fløyfjellstunnelen Tube 1, pel 2100	44	3	42	28	39	52
1144 Granittisk gneis	Bergen Fløyfjellstunnelen Tube 1, pel 3162	52	3,6	29	28	47	42
1222 Granittisk gneis	Bergen Fløyfjellstunnelene Tube 2, pel 2979	47	3	37	30	42	50
1228 Granittisk gneis	Bergen Fløyfjellstunnelene Tube 2, pel 2694	48	3,8	37	27	45	47
* Kvartsitt	Bergen Fløyfjellstunnelen				70 - 78	ca 40	
• Hornblendeskifer	Bergen Fløyfjellstunnelen				0 - 5	40 - 50	

S20 Speøhetstall
SJ Sivers J - verdi
AV Slitasjeverdi
Q Kvartsinnhold i %
DRI Borbarhetsindeks
BWI Borslitasjeindeks

For de nummererte prøvene er data hentet fra Prosjektrapport 13-90, «Borbarhet, Katalog over borbarhetsindekser», Universitetet i Trondheim, NTH, Institutt for anleggsdrift.

For bergarter merket * er data hentet fra NIF-kurs 27.-29. mai 1991 «Fullprofilboring av tunneler og sjakter. Fløyfjellet, Bergen (Vegtunnel)»

For nærmere beskrivelse av testmetoder og de ulike verdiene vises til Prosjektrapport 13-90, «Borbarhet, Katalog over borbarhetsindekser», Universitetet i Trondheim, NTH, Institutt for anleggsdrift.



TEGNFORKLARING



ORIENTERENDE BEGRENSNING AV OMRÅDE HVOR DET ER REGISTRERT LØSMASSE TYKKELSER 0 TIL CA. 8 METER.

-20

BUNNKOTER (2 meter økvidistans)



STRANDLINJE FRA AVLØPSLEDNINGSKART BERGEN KOMMUNE (Blad 1m23.24)

POSISJONERINGEN ER UTFØRT MED DGPS I WGS84 DATUM. POSISJONENE ER TRANSFORMERT TIL NGO AKSE I OG DERETTER TIL LOKALE KOORDINATER I BERGEN SYSTEMET.

TRANSFORMASJONEN MELLOM NGO AKSE I OG BERGEN SYSTEMET ER UTFØRT MED FASTE TILLEGG I X OG Y SOM FØLGER:

Xbergen = Xngo - 200000m
Ybergen = Yngo + 100000m

MÅLINGENE ER UTFØRT MED EKKOLODD OG BOOMER. VED BEREGNING AV LØSMASSETYKKELSER ER DET BENYTTET EN LYDHASTIGHET PÅ 1700 m/s.

BUNNKOTER OG LØSMASSEFORDELING

MÅLESTOKK 1 : 1000
1 : 2000

NOTE BY
SENTRUM NORD/EIDSVÅG HOVEDAVLØPSANLEGG
EKKOLODDING OG AKUSTISK PROFILERING

DATO 19 April 1996

KONSTRUERT EI



OPPDRAG NR.
96809

TEGNING NR.
1