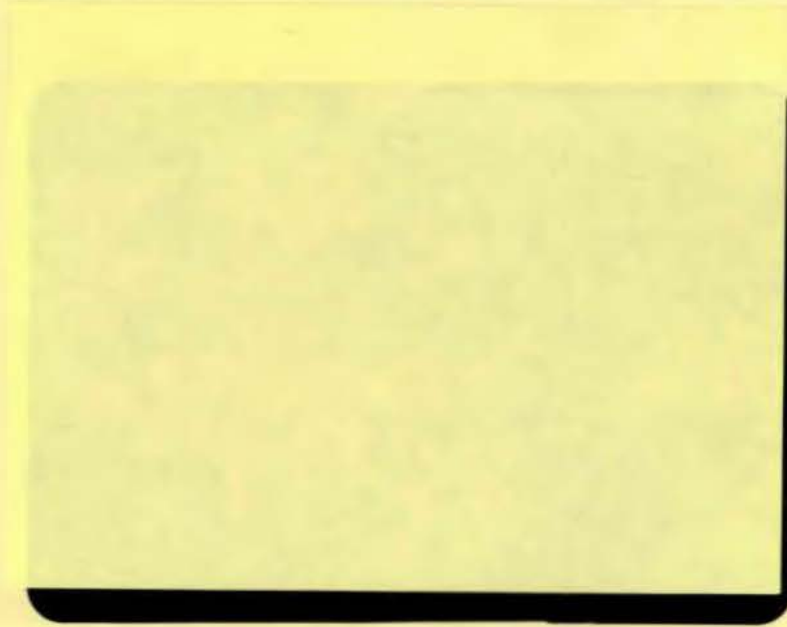


SO: K4, K5, K6, K7, K8, K9 arkiveres her *



OSLO KOMMUNE
GEOTEKNISK KONTOR



RAPPORT OVER

**HOVEDLEDNINGSSANLEGG ÅRVOLL-SKULLERUD
PARSELL UNNARENNET - SKULLERUD**

R-2214-02

30. mai 1986

Del 2: Geologiske undersøkelser

INNHALDSFORTEGNELSE:

Sammendrag

Innledning

Markarbeid

Geologi

a. Berggrunnsgeologi

b. Tektonikk

Ingeniørmessige forhold

a. Stabilitetssikring

b. Boring og sprengning, bergets mekaniske egenskaper

Bilag- og tegningsoversikt:

Bilag 0: Standardbeskrivelse av bormetoder og laboratorieundersøkelser

Tegn.nr.: 2214-3: Situasjons- og borplan, Skullerud

" -4: Profilene a-a & b-b, Skullerud

" -5: Geologisk oversiktskart for tunneltrasé B-C

" -6: Geologisk oversiktskart for tunneltrasé F-G og I-J

" -7: Geologiske profiler for tunnel B-C, F-G og I-J



OSLO KOMMUNE

Geoteknisk kontor

Kingos gt. 22,
0457 Oslo 4
Tlf.: (02) 35 59 60

2

SAMMENDRAG

Prosjektet omfatter tilsammen ca 1985 m tunnel fordelt på 3 enheter. Disse tunneler og i tillegg korte og lange grøftestrekninger skal føre hovedvannledningen mellom Unnarennet og Skullerud.

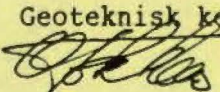
Nødvendig utdrevet tunneltverrsnitt er såkalt minimumstverrsnitt. I praksis vil dette bety i underkant av 10 m² ..

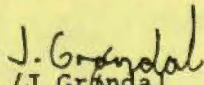
Bergartene i området er varierende grunnfjellsgneiser med båndete gneiser (åregneiser) i nord og slire-/øyegneiser i sør. Permiske eruptivganger kan forekomme.

Tunneltraséene vil krysse flere mindre svakhetssoner og disse kan medføre liten fjelloverdekning og stabilitetsproblemer, spesielt sone II og VII. Utstøpning kan være aktuell permanent sikring der traséen krysser minst tre av disse sonene, tilsammen anslagsvis 30-40 lm av tunnellen. Det forutsettes videre at sikring i form av sprøytebetong og spredt bolting stedvis må utføres. Det anbefales redusert drift der traséen krysser svakhetssonene.

Bergartenes oppsprekking og foliasjon har spesielt i nord en meget spiss vinkel til tunnelretningen. Dette kan medføre noe fastboring. Fjellet kan ventes å ha sprengbarhetsegenskaper som er normalt for gneisbergarter av denne type. Krysning av flere knusnings- og sprekksoner kan medføre endel vann i tunnelen.

Geoteknisk kontor


O. Tokheim
tekn.sjef


/J. Grøndal
avd.ing



INNLEDNING

Etter oppdrag fra Oslo vann- og avløpsverk i rekv.nr. 1545 av 14.02. 1986, har geoteknisk kontor gjennomført en orienterende geologisk undersøkelse for tunneltrasèer mellom Unnarenet og Skullerud. De geologiske forhold er beskrevet ut i fra befaringer og tidligere kjente data fra området. Det var under befaringene i området fortsatt en del snøoverdekning.

Fjelloverdekningen er undersøkt med enkeltsonderinger ved sone VII.

MARKARBEID

Det skulle vært utført fjellkontrollboringer der trasè I-J krysser fordypning (sone VII) ved turvei og bekk sør for Skullerud skole. Boringene er utført som sonderinger med Wacker. Det er utført 14 enkle sonderinger fordelt på to profiler. Se tegn.nr. 3 og 4.

Langs profil a-a over trasèen er det registrert dybder på opptil 6,20 meter til fjell. Dette vil si at fjelloverflaten ligger ned mot 130 m.o.h. nivå.

Langs profil b-b er det registrert dybder på opptil 5,0 meter til fjell.

Dette vil si at fjelloverflaten på det dypeste av profilet vil ligge ned mot 135 m.o.h. nivå.

GEOLOGI

A. Berggrunnsgeologi

Det er to hovedtyper av bergarter i trasèområdet.

1. Varierende båndete åregneiser.

Disse gneisene kan inneholde mange pegmatittdrag med varierende retninger og tykkelse. Gneisene og amfibolittene har varierende innhold av granat. Åregneisene er utbredt langs store deler av trasèen(B) mellom Unnarenet og fram mot Ulsrudvannet (C), bortsett fra de SV-lige deler. Dessuten vil nær hele trasèen F-G gå gjennom slike gneiser.

2. Grovkrystallinske øye- og sliregneiser

Disse opptrer hyppig med pegmatittdrag og enkelte amfibolittdrag med varierende retning og tykkelse. Gneisene kan ofte ha et høyt innhold av granat.

3. Permiske eruptivganger

Slike bergarter er ikke observert i området, men er vanlig forekommende i gneisene i Trosterud-Trasop tunnelen. De opptrer svært spredt og kan ha tykkelser på mellom 0,2 og 1,5 m. Diabasganger er den typen som opptrer hyppigst. Oppknust og sleppete fjell er ofte vanlig i overgangen til omliggende gneiser.



B. Tektonikk

Gneisenes foliasjon varierer noe langs trasèene. Mellom B og C er strøkretningen N 180⁹ og fallet er 60⁰-85⁰ mot Ø.

På Stallerudåsen er strøket vanligvis mellom N 160⁹ og 170⁹ og fallet er 40⁰-60⁰ mot NØ.

Vest for Skraperudvannet varierer strøkretningen mellom N 150⁹ og 180⁹, men opptrer vanligst omkring N 170⁹. Fallet varierer mellom 30⁰ og 75⁰ mot NØ.

Profil B-C

I området mellom B og C er svakhetssoner og detaljoppsprekning konsentrert om to hovedretninger:

1. Steile sprekker med retning N 180⁹ til 195⁹.

Disse kan være gjennomtrengende, utholdende og ofte åpne og kan opptre som mindre gjenfylte revner i terrenget. Flere slike vil følge trasèen i de nordlige deler og kan svekke stabiliteten noe her.

Vanligvis er sprekkeene mindre fremtredende enn dette. En mer markert svakhetssone (overdekket) vil gå parallell med trasèen noe øst for denne, men ventes ikke å berøre trasèen. En slik sone går også i bunnen av Unnarenet, men får ingen betydning for trasèen.

Diabasganger kan opptre på denne retning

2. Sprekker med retning N 50⁹ til 60⁹.

Disse kan helle steilt mot NV eller SØ og opptre med tetthet 1 til 2 pr. 3 meter. En mindre sprekkzone antas å ha tilknytning til dette systemet. Trasèen ventes å krysse en VNV-ØSØ-strykende antatt forskjifringssone (sone II) noe vest for Katteputten. Sonen antas å helle 40⁰-50⁰ mot nord. Det kan bli stabilitetsproblemer og liten fjelloverdekning ved krysning av denne.

Profil F-G

I området mellom F og G er det ikke observert markerte soner.

Det antas å opptre flere gjennomsettende, åpne sprekker med N 180⁹ til 190⁹ retning.

Sprekker med ca N 80⁹ retning og fall 60⁰ til 90⁰ mot N er vanlig opptredende. Sprekker med strøk N 95⁹ til 120⁹ og med strøk N 10⁹ til 20⁹ er observert omkring Rustadsagveien.

Trasèen kan krysse en mindre NV-SØ gående sone nær Oldtidsveien. Partiet er overdekket.

Det kan i innslagsområdet ved G ventes noe oppsprekking med retning NV-SØ p.g.a. påvirkning fra en antatt svakhetssone (sone VI) rett sør for her.

Profil I-J

I området for trasèen I-J, vest for Skraperudvannet i den nordlige delen, er nær N-S oppsprekking vanlig. Slike sprekker opptrer spesielt hyppig ut mot vannet og kan være gjennomsettende. Det ventes å gå en betydelig knusningssone under vannet.

Sprekker med strøk mellom N 50⁹ og 80⁹ er også vanlig opptredende.

En markert VNV-ØSØ strykende svakhetssone (sone VII) ventes å gå under overdekningen langs gangvei og bekke drag sør for Skullerud skole. Det ventes dårlig stabilitet der trasèen krysser sonen.

I de sørlige deler, omkring innslagsområdet J, er steile sprekker med N 110⁹ til 120⁹ retning dominerende og gjennomsettende. Disse kan stedvis opptre med mindre enn 1 meters mellomrom og kan svekke stabiliteten dersom også andre sprekksett opptre samtidig.



Oppsprekningsgraden i hele trasèområdet varierer en del. Utenom svakhetssonene og deres umiddelbare nærhet kan den betraktes som lav, d.v.s. at det er større avstand enn 1 m mellom hver sprekk.

INGENIØRMESSIGE VURDERINGER

A. Stabilitetssikring

Det er ventet at svakhetssonene og partier nærmest disse vil gi stabilitetsproblemer i tunnelen.

Mellom B og C vil trasèen gå nær parallell med foliasjonens strøkretning og deler av hovedoppsprekningen. Dette kan være ugunstig og føre til en del stabilitetsproblemer langs trasèen. Sone I (se tegn.nr-5) er en åpen sprekk nærmest innslaget i B og kan gi noe stabilitetsproblemer. Sone II kan gi stabilitetsproblemer over et parti på inntil 10 m langs trasèen. Det kan her bli behov for sikring i form av utstøpning. Det er her også tvil om fjelloverdekningen. Sonen er vanskelig tilgjengelig for boringer.

P.g.a. de usikkerheter som sone II representerer, bør det utvises stor forsiktighet når trasèen nærmer seg det aktuelle partiet. Og sonderinger på skrå opp mot sonen foran stuff må utføres.

Uten å gå detaljert inn på permanent sikringsbehov vil vi langs B-C antyde behov for utstøping til inntil 20 m, sprøytebetong av tykkelse 5-10 cm i ca 50 m's lengde og 50-100 stk. innstøpte 2,4 m lange bolter.

Trasèen F-G har middels til stor vinkel i forhold til foliasjonsretningen og de viktigste sprekkekretingene og ingen markerte svakhetssoner ventes å skjæres av trasèen. Dybden til fjell under veinivå der trasèen krysser under veien til Rustadsaga er ca 3 m. Da vil det være ca 5 m fjell over hengen. Dette ventes å være tilstrekkelig, men det bør for sikkerhets skyld foretas forsiktig sprengning der trasèen krysser under veien. Antatt sikringsbehov ventes å være inntil 50 m med sprøytebetong og inntil 50 stk. bolter mellom G og F.

For trasèen mellom I-J kan det ventes stabilitetsproblemer der den krysser sone VII (Se tegn.nr.-6). Det er utført boringer (se tegn.nr.-3 og -4). Boringene indikerer at det kan være inntil 6,5 meter fjell over hengen der sonen antas å være dypest. Selv om det skulle være noe dypere enn dette, antas det at den foreslåtte tunnelen kan drives gjennom sonen med forsiktig drift, og at det ikke vil være nødvendig å justere trasèen vertikalt eller horisontalt. Videre kan det ventes noe redusert stabilitet nærmest innslaget J, der trasèen ventes å gå med spiss vinkel til oppsprekningen. Trasèen vil i partier ha liten vinkel til foliasjonen og deler av oppsprekningen. Antatt sikringsbehov ventes å være inntil 15 m med utstøping, 40 m med sprøytebetong og 50 stk bolter.

B. Boring og sprengning, bergets mekaniske egenskaper

På grunn av mindre variasjoner i bergartene langs tunnelstrekningen, vil også bergets mekaniske egenskaper variere endel. Omkring 80% av bergartsmassene i området utgjøres av året/båndet gneis og øye/sliregneis. De resterende bergarter er amfibolitter og pegmatitter med hovedtyngde av amfibolitt. Borbarhetsegenskaper er tidligere målt på bergarter fra samme grunnfjellsmasser i området Klemetsrud og Ski og ut i fra disse målte verdier oppgis følgende verdier å være veileende for den aktuelle tunnelen:



OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Kingos gt. 22,
0457 Oslo 4
Tlf.: (02) 35 59 60

6

Bergart	Borsynkindeks DRI	Borslitasjeindeks BWI
Amfibolitt	60-65	25
Båndet/årets gneis	55-60	30

Tilstedeværelsen av permatitter, mer kvartsrrike bergarter og andre variasjoner, gjør at disse verdier kan variere utover det oppgitte.

Traséen vil mellom B og C danne en spiss vinkel med foliasjonsretningen og hovedoppsprekningen, og derfor kan det stedvis være en viss fare for fastboring. Fjellet ventes å ha normale sprengbarhetsegenskaper for gneisbergarter av denne type.

STANDARD BESKRIVELSER

BESKRIVELSE AV BORMETODER

- Enkel sondering betegner neddriving av stålstenger uten registrering av motstand, for eks. slagsondering med slegge eller slagbormaskin.
- Dreieboring utføres ved å måle synkninger under dreining når boret er lastet med 100 kg. Synker det for mindre last dreies ikke. Boret er forsynt med en pyramideformet spiss som er vridd en omdreining. Lengden av spissen er 20 cm og sidekanten er 3 cm. Under opptegning av resultatene angis antall omdreininger pr. m synkning på høyre side av hullet, og lasten på boret på venstre side.
- ☆ Fjellkontrollboringer utføres med trykkluftdrevet bergbor. Både topphammer og senkborhammer kan brukes. Fjellkontrollen består i å registrere når man har fått en langsom og relativt jevn synkning av boret idet dette er en sterk indikasjon på at boret er i fjell. Det bores vanligvis 3 m for å konstatere at det ikke er en stor stein.
- + Vingeboring brukes til å måle jordartens udrenerte skjærfasthet direkte i grunnen. Skjærfastheten beregnes utfra målt torsjonsmoment på et vingekorset som presses ned i ønsket dybde og dreies rundt inntil brudd oppstår. Grunnens fasthet bestemmes først i uforstyrret, og etter brudd i omrørt tilstand. Resultatene kan i sterk grad påvirkes av sand, grus og stein ved vingekorset. Det skal også bemerkes at resultatene av andre grunner i mange tilfelle må korrigeres før fasthetsverdiene brukes i stabilitetsberegninger.
- ◎ Prøvetaking kan utføres med forskjellig utstyr. Ønskes "uforstyrrede" prøver brukes en ϕ 54 mm sylindrerprøvetaker som er forsynt med et tette sluttende stempel. Prøven skjæres ved at sylindere skyves nedover i grunnen mens stemplet holdes tilbake. Sylindere med prøve blir trukket opp igjen, forseglede i begge ender, og bragt til laboratoriet. Ønskes bare såkalte "representative" prøver, brukes enklere utstyr som skovelbor og kannebor. Felles for disse er at massen skaves inn i en beholder som deretter tas opp. Tilsvarende prøver kan også tas ved å skru en stålskrue ned i grunnen og trekke den opp igjen.
- ⊖ Poretrykkmåling går ut på å måle trykket i de vannfylte porene i jordarten. Dette gjøres ved å føre ned til ønsket dybde et såkalt piezometer som består av et stålrør med et porøst filter i enden. Vann fra jordarten vil kunne trenge inn gjennom filteret mens jordpartiklene blir holdt tilbake. På innsiden av filteret kan man så enten ha en elektrisk trykkmåler som registrerer det vanntrykket som bygges opp og som balanserer med poretrykket utenfor, eller filteret er forbundet med en tynn slange inne i stålrøret. Stigehøyden av vannet i slangen er da porevannstrykket i filterets nivå. Ved fremstilling av resultatene angis som regel det nivå (m.o.h.) som vannet stiger til (poretrykksnivået).

BESKRIVELSE AV LABORATORIEUNDERSØKELSER

I laboratoriet blir prøvene først beskrevet på grunnlag av besiktigelse. Dernest blir følgende undersøkelser rutinemessig utført, (undersøkelser merket ^x) kan bare utføres på uforstyrrede prøver):

Romvekt ^x γ (t/m^3) av naturlig fuktig prøve.

Vanninnhold w (%) angir vekt av vann i prosent av vekt av fast stoff. Det blir utført flere bestemmelser av vanninnhold fordelt over prøvens lengde.

Flytegrensen w_L (%) og utrullingsgrensen w_p (%) angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk område av omrørt materiale. Plastisitetsindeksen I_p er differansen mellom flyte- og utrullingsgrensen. Disse konsistensgrensene er viktige ved bedømmelse av jordartens egenskaper. Konaistensgrensene blir vanligvis bestemt på annenhver prøve.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter plastisitet:

Lite plastisk leire	I_p	< 10
Middels plastisk leire	I_p	= 10-20
Meget plastisk leire	I_p	> 20

Skjærfastheten s (t/m^2) bestemmes ved enaksede trykkforsøk. Normalt blir det skåret ut et prøvestykke med tverrsnitt $3,6 \times 3,6$ cm og høyde 10 cm på midten av sylinderveiden. Unntaksvis blir fullt tverrsnitt (ϕ 54 mm) benyttet. Det tas hensyn til prøvens tverrsnittekkning under forsøket. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten.

Videre blir uforstyrret skjærfasthet s og omrørt skjærfasthet s' bestemt ved konusforsøk. Dette er en indirekte metode til bestemmelse av skjærfastheten, idet nedsynkningene av en konus med bestemt form og vekt måles og den tilsvarende skjærfasthetsverdi tas ut av en tabell. Både trykkforsøk og konusforsøk gir udrenert skjærfasthet.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter udrenert skjærfasthet:

Meget bløt leire	$s < 1,25 t/m^2$	\approx	12,5 kN/m ²
Bløt leire	$s = 1,25 - 2,5 t/m^2$	\approx	12,5 - 25 """"
Middels fast leire	$s = 2,5 - 5,0 t/m^2$	\approx	25 - 50 """"
Fast leire	$s = 5,0 - 10,0 t/m^2$	\approx	50 - 100 """"
Meget fast leire	$s > 10 t/m^2$	\approx	100 """"

Sensitiviteten $s'_t = \frac{s}{s}$, er forholdet mellom skjærfastheten i uforstyrret og omrørt tilstand.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter sensitivitet:

Lite sensitiv leire	$S_t < 8$
Middels sensitiv leire	$S_t = 8 - 30$
Meget sensitiv leire	$S_t > 30$

Følgende spesielle forsøk blir utført etter nærmere vurdering i hvert tilfelle:

Ødometerforsøk x) utføres for å finne en jordarts sammentrykkbarhet. Prinsippet ved ødometerforsøkene er at en skive av jordarten med diameter 5 cm og høyde 2 cm belastes vertikalt. Prøven er innesluttet i en sylinder og ligger mellom 2 porøse filtersteiner. Lasten påføres trinnsvis, og sammentrykkingen av prøven observeres som funksjon av tiden for hvert lasttrinn. Resultatene fremstilles ved å tegne opp den relative sammentrykking ϵ som funksjon av belastningen. Setningsutviklingen tegnes opp i tidsdiagram. Dette gir grunnlag for beregning både av setningenes størrelse og tidsforløp. Tidsforløpet er imidlertid særlig usikkert på grunn av mange ukjente faktorer som spiller inn.

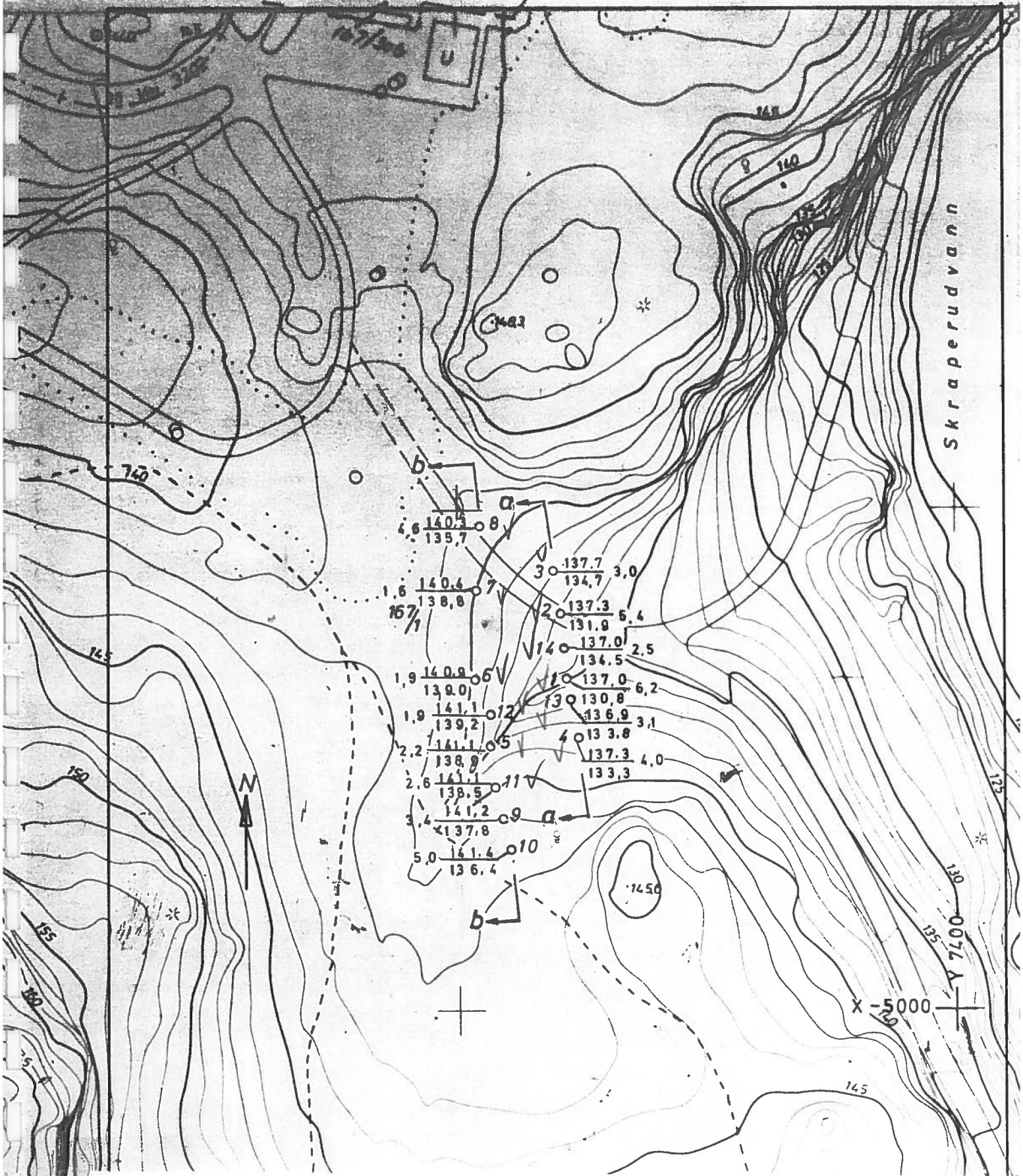
Kornfordelingsanalyser av friksjonsjordarter (grovere enn silt og leire) utføres ved sikting, som regel i helt tørt tilstand. Inneholder massen en del finere stoff blir den våtsiktet. For silt og leire benyttes hydrometeranalyse. En viss mengde tørt materiale oppslemmes i en bestemt mengde vann. Ved hjelp av hydrometer bestemmes synkehastigheten av de forskjellige kornfraksjoner og på grunnlag av Stoke's lov kan kornstørrelsen tilnærmet beregnes.


Fortorvningsgraden i organiske jordarter bestemmes ved besiktigelse og krystning av materiale mellom fingrene. Graderingen skjer i henhold til von Post's ti-delte skala H 1 - H 10. Torv kan deles i følgende grupper:

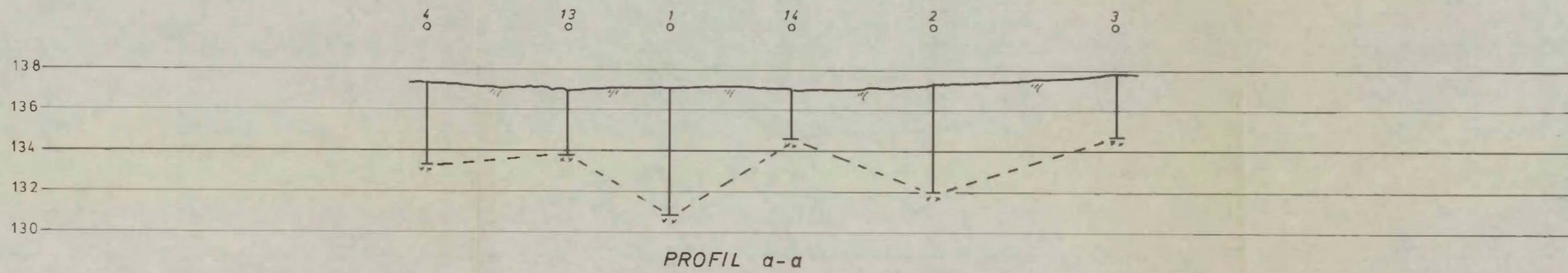
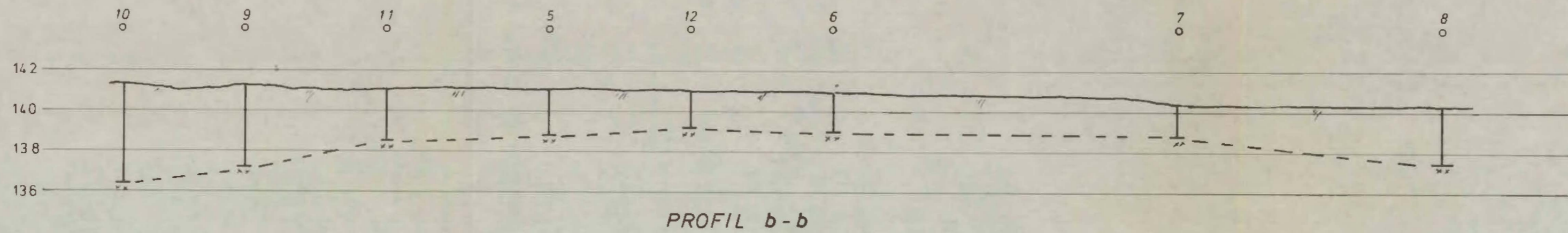
Fibertorv	H 1 - H 4, planterester lett synlig
Mellomtorv	H 5 - H 7, planterester svakt synlig
Svarttorv	H 8 - H 10, planterester ikke synlig.


Organisk innhold (humusinnhold) bestemmes vanligvis ved glødning av tørt materiale. Glødetapet (vekttapet) angis i prosent av tørt materiale.

Proctorforsøk brukes til å undersøke pakkingssegenskapene hos jordarter, spesielt hos velgraderte friksjonsmasser. Massen blir stampet lagvis inn i en stålsylinder av bestemt volum, og tørr romvekt beregnet etter tørking av prøven. Avhengig av pakkingsarbeidet skilles mellom standard Proctor og modifisert Proctor. Den siste innebærer størst pakkingsarbeid. Forsøkene utføres med varierende vanninnhold, og det vanninnhold som gir høyest tørr romvekt kalles optimalt. Den høyeste romvekt kalles 100% Proctor.



<i>Overført A-kart</i>							
Bokst	Forandring	Dato	Bokst	Forandring	Dato		
HOVEDVANNLEDNING SKULLERUD						Teqn i F	Date mai 1986
SITUASJONS - og BOREPLAN						Målestokk	Wpilot
						1:1000	SO: K9
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor							2214 - 3



Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
HOVEDVANNLEDNING SKULLERUD					
				Tegn. i F	Dato m a i 1986
				Målestokk	Kartref.
				1:200	SO:K 9
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor				Tegn. nr. 2214 - 4	



TEGNFORKLARING

- Bergartsfoliasjoner med angitt strøk og fall
- Markant oppsprekning med angitt strøk og fall
- Dominerende oppsprekning med angitt strøk
- Antatt svakhetszone
- (forskiftings-, knusnings- eller sprekkzone)
- Varierte åregneiser med amfibolittdrag
- Sliret gneis eller øyegneis dels med amfibolittdrag, ofte granatførende
- Granitt
- Løsmasseoverdekning
- Antatt bergartsgrense

Bokst	Forandring	Dato	Bokst	Forandring	Dato
HOVEDVL. SKULLERUD			Tegn. EML		
Geologisk oversiktskart for tunneltrase			Målestokk		
Profil B-C			1:5000		
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			Tegn nr		
			2214 - 5		
			Dato Maj 86		
			Kartref		
			S0:K4, K5		

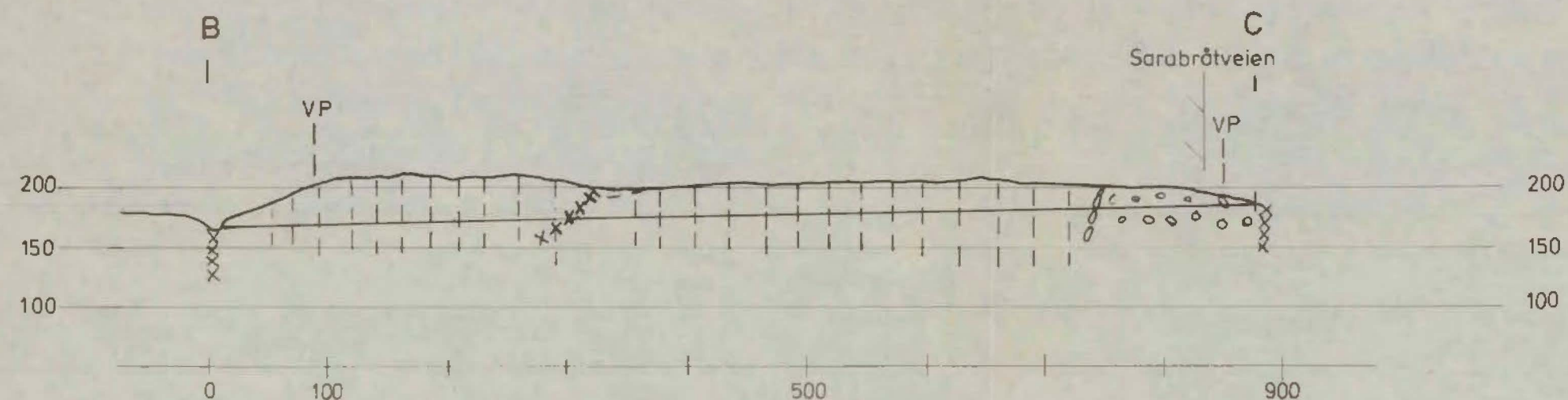


TEGNFORKLARING

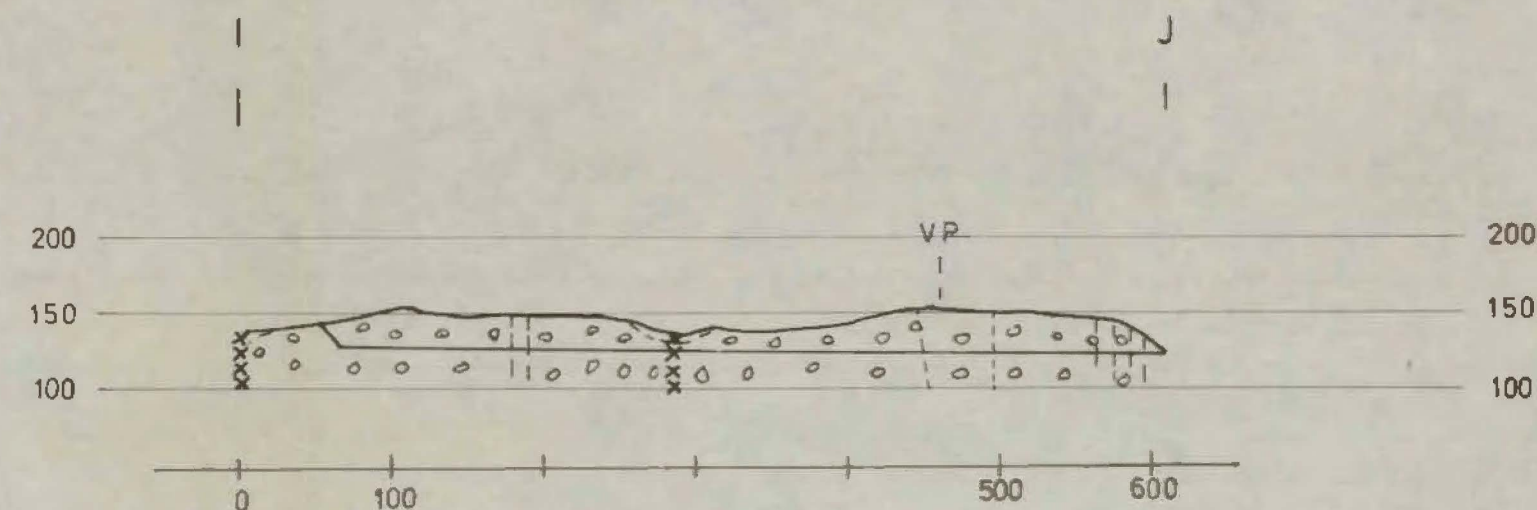
- Bergartsfoliasjoner med angitt strøk og fall
- Markant oppsprekning med angitt strøk og fall
- Dominerende oppsprekning med angitt strøk
- Antatt svakhetssone
- (forskiftings-, knusnings- eller sprekkzone)
- Varierte åregneiser med amfibolittdrag
- Sliret gneis eller øyegneis dels med amfibolittdrag ofte granatførende
- Granitt
- Løsmasseoverdekning
- Antatt bergartsgrense

Bokst	Forandring	Dato	Bokst	Forandring	Dato
HOVEDVL. SKULLERUD			Tegn EML Dato Mai 86		
Geologisk oversiktskart for tunneltrase			Målestokk Kartret 50: K7		
Profil F-G og I-J			1:5000 K8, K9		
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			Tegn nr 2214 - 6		

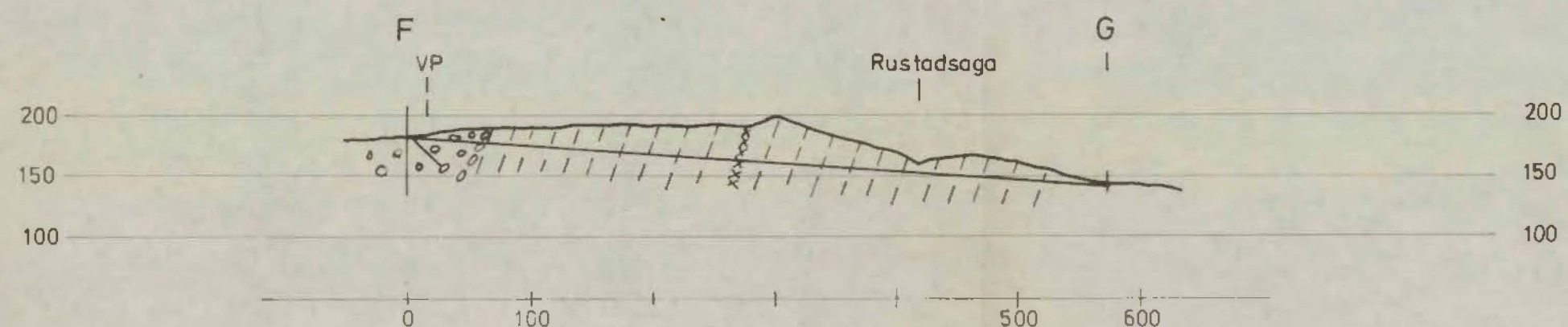
PROFIL B - C



PROFIL I - J



VERTIKALPROFIL F - G
TUNNEL



TEGNFORKLARING

- Øyegneis
- Åregneis
- Antatt svakhetssone
- Dominerende oppsprekning
- Antatt bergartsgrense

Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
HOVEDVL. SKULLERUD			Tegn.		Dato
Geologiske profiler for tunneler			Målestokk		Kartref.
			1 : 5000		
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			Tegn. nr.		2214 - 7