

Fylke Nordland	Kommune Rana	Sted Gruben	UTM VP 658 561
Bygggherre			
Oppdragsgiver NSB, Banediv. Region Nord			
Oppdrag formidlet av O.ing. Ø.Brustad			
Oppdragsreferanse Befaring 01. - 02.02.92, brev 04.02.92, telefonsamtaler			
Antall sider 14	Antall bilag 15	Tegn.nr. 101 - 115	Antall tillegg 3

Prosjekt-tittel

NSB, Region Nord

Ras ved Gruben, km. 503,9, 01.02.92.

Rapport-tittel

Grunnundersøkelse og vurdering

Dok.nr. UB.101692-000 Rev:.....

Oppdrag nr.

0.8730 Rapport nr. 1

08.07.1992

Overingeniør JARLE TH. NESTVOLD	Saksbehandler <i>Jarle Th. Nestvold</i>
Sammendrag Ved rasstedet består grunnen av middels fast leire under øvre sandlag og bærelag av grus, og det er beskjedne dybder til fjell. Videre vestover er det betydelig større dybder til fjell, men det er stort sett nokså faste friksjonsmasser til mer enn 20 meter under platået. Skråningen har i naturlig tilstand relativt lav sikkerhet mot lokale glidninger, og kan på partier ha anstrengt stabilitet under ugunstige forhold. Raset ble utløst ved at mildvær med kraftig regn og snøsmelting forverret grunnvannsforholdene og poretrykket ut mot skråningen. På selve rasstedet har opparbeidelsen og utformingen av området innenfor, og manglende drenering i bærelaget og avskjæring av overvann, forsterket denne effekten, og må vurderes som en viktig årsaksfaktor. Begrensede tiltak for stabilitetsbedring og sikring tilrås satt i verk både ved rasstedet og videre vestover, som beskrevet i avsnitt 7. Tiltakene vil berøre tomteeiere på området, og kontakt med disse og med Rana kommune bør opprettes og opprettholdes.	

INNHold

1.	ORIENTERING	side 3
2.	RAS	" 3
3.	UNDERSØKELSER	" 4
3.1	Tidligere undersøkelser	" 4
3.2	Feltundersøkelser	" 4
3.3	Lab.undersøkelser	" 5
4.	GRUNNFORHOLD	" 5
5.	STABILITET	" 8
6.	RASÅRSÅK	" 10
7.	KONSEKVENSER, TILTAK	" 11

BILAG

Tegn.nr.

1.	Oversiktskart M = 1:50.000	101
2.	Situasjonsplan M = 1:2.000	102
3.	Skisse over rassted	103
4 - 6.	Profiler ved rasstedet, med resultater	104 - 106
7 - 8.	Borprofiler	107 - 108
9.	Treaksialforsøk	109
10 - 13.	Boringer og profiler ved skråningen vest for rasstedet	110 - 113
14.	Stabilitetsberegninger, rasstedet	114
15.	" skråningen vestover	115

TILLEGG

I	Markundersøkelser
II	Laboratorieundersøkelser
III	Spesielle undersøkelser

1. ORIENTERING

Nordlandsbanen ble rammet av et ras ved ca. km. 503,9 ved Gruben, Rana, 01.02.92.

Raset ble utløst i en høy og steil løsmasse-skråning sør for linjen, og gikk ned på sporet. Det forårsaket avsporing og betydelige materielle skader.

Befaring ved bl.a. overing. Brustad og baneing. Andersen fra NSB og rådg.ing. Nestvold fra KUMMENEJE ble foretatt samme dag, og diverse øyeblikkelige tiltak iverksatt. Grunnundersøkelser ble så igangsatt påfølgende uke, for å klarlegge grunnforhold, årsaksforhold og risiko for ytterligere utrasninger.

Resultater og konklusjoner er formidlet i hovedtrekk etter hvert.

I denne rapporten fremlegges samlede resultater og konklusjoner.

2. RAS

Raset gikk 01.02.92 mellom ca. kl. 0500 og 0700.

Raset kom fra toppen av skråningen, og førte med seg rasmasser og skog over sporet og ut på ytter-siden av dette. Tog 455 på veg nordover kjørte inn i rasmassene, og lokomotivet og de 2 - 3 første (tomme) personvognene sporet av.

Raset berørte en bredde på ca. 40 meter (langs linjen), med en høydeforskjell på vel 30 meter.

Rasgropa er skissert på tegning 103, hvor også borpunkter og en del andre registreringer er anført.

3. UNDERSØKELSER

3.1 Tidligere undersøkelser

Det forelå ingen tidligere grunnundersøkelser på eller nær inntil rasstedet. KUMMENEJE har imidlertid utført flere grunnundersøkelser lenger sør på Gruben. Videre har Nordland Vegkontor utført borer i Aspdalen, vest for Gruben Vegstasjon. Resultater fra disse undersøkelsene supplerer bildet av grunnforholdene i området.

3.2 Feltundersøkelser

Boringene ble utført 7. - 11.februar, med en Geotech 504 D hydraulisk borerigg.

Borpunktene plassering er vist på tegning 8730 -102.

Ved selve rasstedet er det utført:

- Dreiesondering i 7 punkter, ført ned til stopp mot antatt fjell.
- Prøvetaking i 2 punkter, med opptak av 11 uforstyrrede Ø 54 mm prøver.
- Poretrykksmåling med piezometer i ett punkt.

Dessuten ble det utført 4 sonderinger langs toppen av skråningen på den tilgrensende strekningen vest for raset. Disse ble ført ned til større dybder, 30 - 35 meter under terreng, og avsluttet i faste masser uten sikker fjellkontakt.

Resultater av sonderingene er vist grafisk i profiler i bilagene, tegning 104 - 106 og 110 - 113. For boringpunktene ved rasstedet er innbyrdes høyder bestemt ved nivellement, for øvrig er profilene konstruert på grunnlag av kartet.

3.3 Laboratorieundersøkelser

Prøvene er åpnet og undersøkt i vårt laboratorium, med beskrivelse og klassifisering, og rutinemessige bestemmelser av vanninnhold, densitet og udrenert skjærstyrke. Videre er det utført treaksialforsøk for bestemmelse av effektive skjærstyrkeparametre. Resultatene er sammenstilt på tegning 107 - 109.

Metodebeskrivelser og regler for fremstilling av resultater ved geotekniske undersøkelser gis i tillegg 1 - 3.

4. GRUNNFORHOLD

Terreng Skråningen fra det relativt flate Gruben-platået på kote +40 - +45 ned til Nordlandsbanen, som går på kote +8 - +10 langs elva, er meget steil. Gjennomsnittlig helning er 1:1,7 - 1:2, men med brattere lokale partier. Høydeforskjellen fra skråningstoppen ned til sporet er altså 30 - 35 meter.

Skråningen har disse hovedtrekkene over nesten 1 kilometers lengde langs sporet, men gjennomskjæres av en del raviner og bekkedaler. Da sporet har stivere kurvatur enn skråningen, er det også partier med noe slakere skråning nærmest ned mot jernbanen.

Skråningens høyde er til dels redusert litt i forhold til naturlig tilstand, bl.a. gjennom at det har foregått uttak av grus på platået innenfor. Videre er terrengforholdene på platået endret en del i forbindelse med den utbyggingen som har funnet sted. Blant annet kan planeringen ha påvirket avrenningsforholdene for overvann og grunnvann.

Rasstedet Påviste grunnforhold på rasstedet fremgår av profilene på tegn. 104 - 106.

Området bak toppen av skråningen er planert og opparbeidet for industriformål. Nåværende terreng er sannsynligvis litt lavere enn det opprinnelige, naturlige terreng. Det er lagt ut et bærelag av grov grus, med tykkelse ca. 0,5 meter (delvis noe mer langs skråningstoppen), og skilt fra undergrunnen med fiberduk.

- Under bærelaget er det et sandlag, og derunder leire.

Boringene ved rasstedet menes å ha nådd fjell i forholdsvis små dybder, fra 5,6 meter til 8,8 meter. Dybden øker mot nord og øst, ut mot raskanten.

- Boringene er utført med vanlig geoteknisk sonderingsutstyr, som ikke kan bore ned i fjell for absolutt sikker kontroll på fjellbestemmelsene.

Fjell er også synlig flere steder nede i skråningen ved rasstedet, - til dels naturlige fjellblotninger, til dels blottlagt ved selve raset, - se skissen på tegn. 103.

Leira er middels fast, udrenert skjærstyrke s_u stort sett 30 - 50 kPa, og er stort sett lite sensitiv.

Treaksialforsøket gir effektive skjærstyrkeparametre i bruddtilstand

$$a = 20 \text{ kPa og } \tan \phi = 0,55.$$

Ras-dagen var grusen i bærelaget fullstendig vannmettet, til dels med fritt vann på overflaten. Måling med piezometer i punkt 2 en uke senere viste imidlertid 0 poretrykk i det naturlige sandlaget, og grunnvannstand først i vel 4 meters dybde, dvs. i øvre del av leirlaget.

Skråningen
vestover

På strekningen vest for raset viste boringene vesentlig større løsmassemektheter, - over 30 meter under plataet i alle punktene. Sonderingene nådde ned i meget fast grunn, men ved de store dybdene var det ikke mulig å fastslå med rimelig sikkerhet om dette var fjell.

I alle punktene ble det påvist faste, sandige og/eller grusige masser fra toppen og ned til minst 20 meter. Videre ned mot boringsavslutningen er sonderingsmotstanden lavere og jevnere. Dette indikerer vanligvis mer finkornige materialer som kan være finsand/silt, eller eventuelt leire.

Vegvesenet har påvist leire ved prøvetaking i Aspdalen innenfor Gruben Vegstasjon, kfr. tegning 115.

Det vises til grafisk fremstilling i bilagene for oversikt og detaljer.

5. STABILITET

For belysning av stabilitetssituasjonen er det utført enkle beregninger i ett profil ved rasstedet og i ett profil lenger vest.

Kort kan konklusjonene summeres slik:

Rasstedet Se tegning 114.

Den undersøkte glideflaten er lagt slik rasgropas form indikerer at det første bruddet mest sannsynlig har skjedd. I følge kartet har skråningen her hatt et særlig bratt parti. Det er ukjent om dette er naturlig eller skyldes utfylling.

Beregnet sikkerhet mot brudd finnes å ha vært $F = 1,0$ (labil tilstand) ved en poretrykkssituasjon som tilsvarer hydrostatisk trykk fra en grunnvannstand ca. 3 meter under platået.

Ved høyere poretrykk blir sikkerheten F mindre enn 1,0, dvs. beregningsmessig ustabil tilstand.

Ved beregningene er det benyttet skjærstyrkeparametre som tilsvarer bruddtilstand i treaksialforsøket (attraksjon $a = 20$ kpa, friksjon $\tan \phi = 0,56$). Noen gunstig virkende effekter, bl.a. stabiliserende sidekrefter som følge av begrenset skredbredde, blir vanligvis neglisjert ved slike beregninger. Det kan videre være naturlig at poretrykket har en svakere stigning med dybden enn hydrostatisk, ut mot en skråning, - noe også den senere piezometermålingen tyder på. Beregningene demonstrerer imidlertid at øvre del av skråningen har hatt lav sikkerhet i normal tilstand, og at høy grunnvannstand og økte poretrykk fører til ustabil tilstand.

Skråningen
vestover

Skråningen ved boring 9 er valgt som beregnings-eksempel, - se tegning 115. Her er hverken jordartsprofil, skjærstyrkeparametre eller grunnvannsforhold nøyaktig påvist, men er basert på antagelser som angitt på tegningen, etter tolkning av sonderingene.

Så lenge grunnvannstanden står så dypt som vist, har skråningen tilfredsstillende totalstabilitet.

Dersom grunnvannstanden tenkes å stige opp mot terreng, vil det også her bli beregningsmessig ustabil tilstand, og grunne glideflater i bratte partier særlig ved skråningstoppen vil nå brudd først.

Tiltak eller inngrep som fører til forsterket tilførsel av vann ut mot skråningen, øker risikoen for utrasninger. Det samme gjelder oppfylling eller store nyttelaster ut på skråningskanten. Det er mest sannsynlig at eventuelle utglidninger blir av nokså lokal karakter, med begrenset volum. Særlig hvis et brudd skjer på snødekt og/eller meget oppbløtt mark kan imidlertid utløpsdistansen og den dynamiske kraften bli stor, - noe som også har vist seg ved ras som har skjedd.

Stabilitetsforholdene ved skråningstoppen må således sies å berøre NSB's interesser, og sikkerheten på banen.

6. RASÅRSAK

En naturlig skråning som er dannet ved erosjon, vil vanligvis ikke ha særlig høy sikkerhet mot glidninger. Skråningen ved Gruben viser da også tegn til at det har skjedd flere glidninger tidligere, - en del av dem i den senere tiden.

Raset 01.02.92 har hatt sin umiddelbart utløsende årsak i grunnvannsforholdene. I den forutgående perioden var det - bortsett fra de siste dagene - kommet store nedbørsmengder som regn, forsterket ved snøsmelting. Det var tilnærmet telefri grunn. Regn og smeltevann har derfor trengt ned i bakken i høyere grad enn normalt, og ført til heving av grunnvannstanden og økning i poretrykket.

Bærelaget av grov grus på området innenfor raset var av størrelsesorden 50 - 70 cm tykt, og det lå øyensynlig ikke drenering i laget. Selv om også undergrunnen har relativt permeable jordarter (sand) i de øvre lag, har det tydeligvis vært tettere sjikt som har ført til at grunnvannet ble magasinert i gruslaget. Laget var fullstendig vannmettet, til dels med fritt vann i overflaten. Nivellementet viser at laget lå med svakt fall fram mot skråningen.

Både på rasstedet og flere steder ellers var det tippet snø fra snøbrøyting ut over kanten av skråningen. Snøtippene belaster de steile partiene øverst i skråningen, som har mest anstrengt stabilitet, og belastningen øker ved mildvær. I tillegg kan dette ha virket som tetning, og hindret eller hemmet naturlig drenering av områdene innenfor. Særlig i kombinasjon med tett leire i dybden og manglende drenering av de sterkt vann-

førende øvre lag kan dette føre til hevet grunnvannstand og økte poretrykk.

Opparbeidelsen og bruken av området har således sannsynligvis ført til forsterket tilførsel av vann frem mot skråningen.

Bortsett fra snøtipp var det ikke spesiell belastning på rasstedet, selv om en mindre utvidelse ut mot skråningen kan ha skjedd ved planering og opparbeidelse av området.

Selve baneanlegget og trafikken på banen anses ikke å ha hatt noen årsakseffekt.

Med det gitte utgangspunkt at den høye og steile skråningen hadde lav sikkerhetsmargin i naturlig tilstand, og i forbindelse med de ugunstige klimatiske forhold med mye nedbør og høy temperatur, må således opparbeidelsen og bruken av området uten tilstrekkelig drenering og kontrollert bortledning av vann vurderes som en vesentlig årsaksfaktor.

7. KONSEKVENSER, TILTAK

For eksisterende banestrekninger kan det være praktiske begrensninger på hvilke sikringstiltak som kan settes i verk i form av terrengbehandling o.l.. En del forholdsvis enkle tiltak anses imidlertid aktuelle. Selv om effekten på skråningens beregningsmessige stabilitet totalt sett er begrenset, anser vi det viktig å redusere risikoen for initialbrudd. Enhver forbedring i forhold til en eksisterende situasjon er også verdifull fordi den representerer en reell sikkerhetsmargin.

Ved rasstedet ble det umiddelbart gravd en avskjærende grøft, hvorfra vannet ble pumpet til kontrollert avløp. Videre ble de bratteste deler av raskanten planert ned.

Avskjæring og kontrollert avløp for vanntilførselen ut mot skråningen vurderes som det mest vesentlige tiltak også for fremtidig permanent situasjon.

Evt. lokale "brattheng" rundt rasgropa bør heller planeres ned kontrollert enn å gis anledning til å gli ut ukontrollert. - Det synes ikke nødvendig med noen omfattende videre nedplanering av bakre raskant, som vil redusere arealet innenfor. Det må imidlertid ikke foretas fylling ut i gropa for å utvide arealet (uten eventuelt i forbindelse med støttemur på fjell nede i gropa, som antas å bli nokså kostbart).

Det bør vurderes å legge drengrofter, evt. kombinert med filterlag, også nede i rasgropa dersom det utvikler seg grunnvannserosjon. Etablering av nytt vegetasjonsdekke vil bidra til å binde overflaten. Spesielle syntetiske erosjonsnett kan hjelpe til å beskytte overflaten i etableringsfasen. - Linjegrøft og stikkrenner må holdes ved like.

Snøtipping ut i gropa bør forhindres.

Boligbrakkas som sto på provisoriske fundament like ut mot skråningen, tilrås flyttet lenger bort fra raskanten.

For resten av skråningen videre vestover langs industriområdet er situasjonen i prinsipp og hovedtrekk den samme:

- Unngå overflateavrenning og vanntilslag ut mot skråningen. Planerte områder, spesielt områder med fast dekke, bør ha en avslutning mot skråningen med kantstein, fall innover til drenering, eller annen forsvarlig utforming tilpasset de lokale forhold. Store takflater må ha avløp til lukket drens- eller avløpssystem, ikke ut i grunnen.
- Oppfylling langs kanten eller ut over skråningstoppen må unngås. Tung lagring eller store laster bør begrenses.
- Et par lokale partier i øvre del av skråningen har tydelig anstrengt stabilitet. Dette gjelder særlig utenfor Vegstasjonen. Mulighetene for lokal nedplanering bør vurderes.
- Alle inngrep i skråningen, for grøfter/ledninger eller andre formål, må underlegges restriksjoner og forsvarlig forhåndsvurdering.
- Det bør komme til en løsning på "snøryddingsproblemet".

Vi tilrår NSB å opprette kontakt med de aktuelle tomte-eiere og rettighetshavere, - i første omgang for informasjon, men også for koordinering av forebyggende tiltak og forholdsregler. Vi ser det naturlig at også Rana kommune, ved teknisk etat og reguleringsvesen, inngår i samarbeidet.

Videre forutsettes NSB å vise spesiell aktsomhet under ugunstige forhold, ved visitasjoner og oppsyn.

KUMMENEJE står gjerne til tjeneste ved videre arbeid med saken.



Kummeneje



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NSB, REGION NORD, RANA
RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN

OVERSIKTSKART

Kartblad : STORFORSHEI 2027 IV
MO I RANA 1927 I
UTM-ref. : VP 658 561

MALESTOKK

1:50000

TEGNET/KONTR.

00/ *N*

DATO

09.07.92

OPPDRAK

8730

BILAG

1

TEGN NR

101

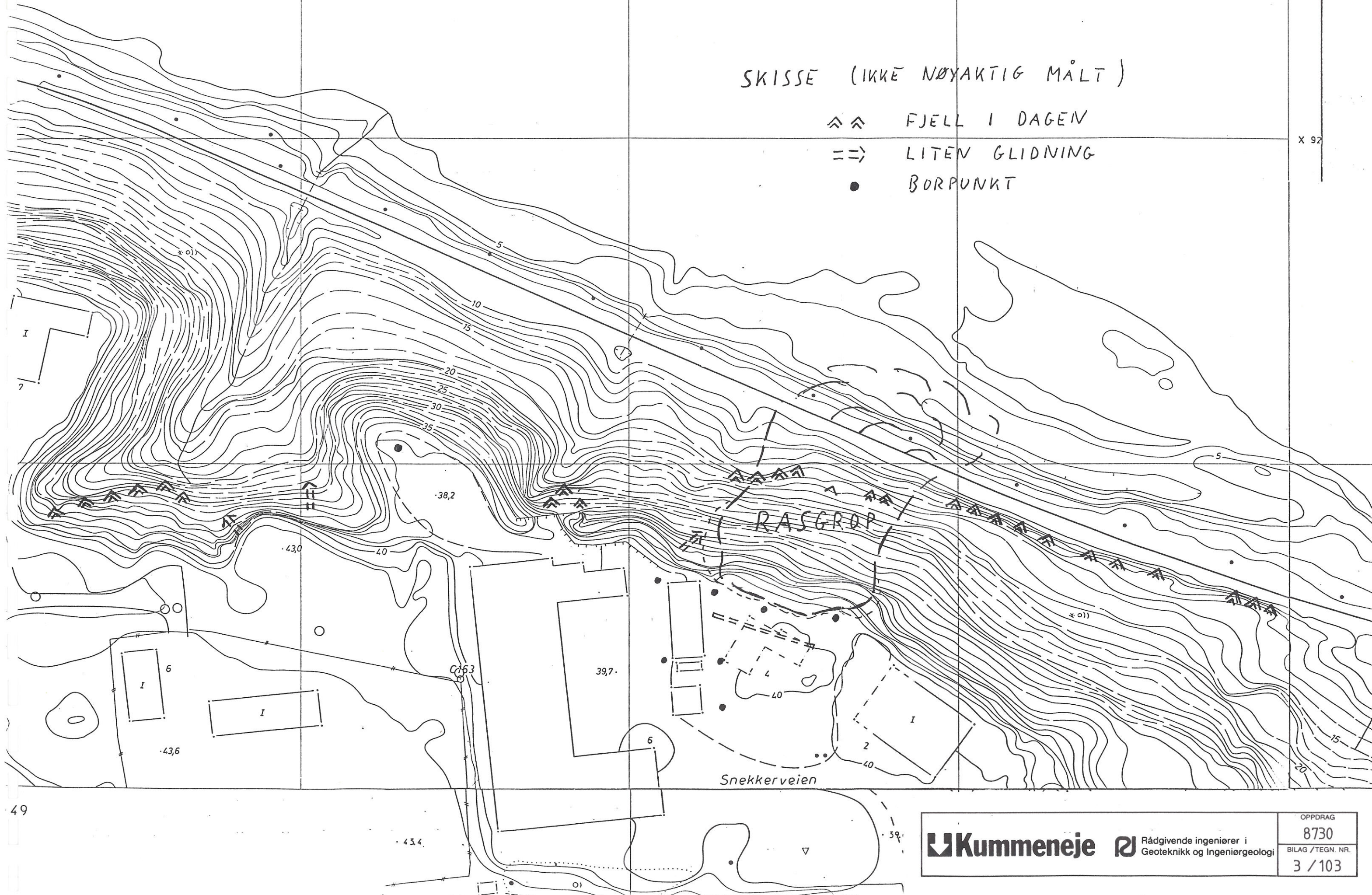


KORR	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN	DATO
NSB, REGION NORD, RANA RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN		MÅLESTOKK ~1:2000	
SITUASJONSPLAN		TEGNET AV J.N./00	
● Dreiesondering		KONTR	
○ Prøveserie		DATO	
⊖ Poretrykksmåling		19.02.92	
		OPPDRAK	
		8730	
		BILAG	
		2	
		TEGN NR	
		102	

SKISSE (IKKE NØYAKTIG MÅLT)

▲▲ FJELL I DAGEN
 ==> LITEN GLIDNING
 ● BORPUNKT

X 92



49

Kummeneje

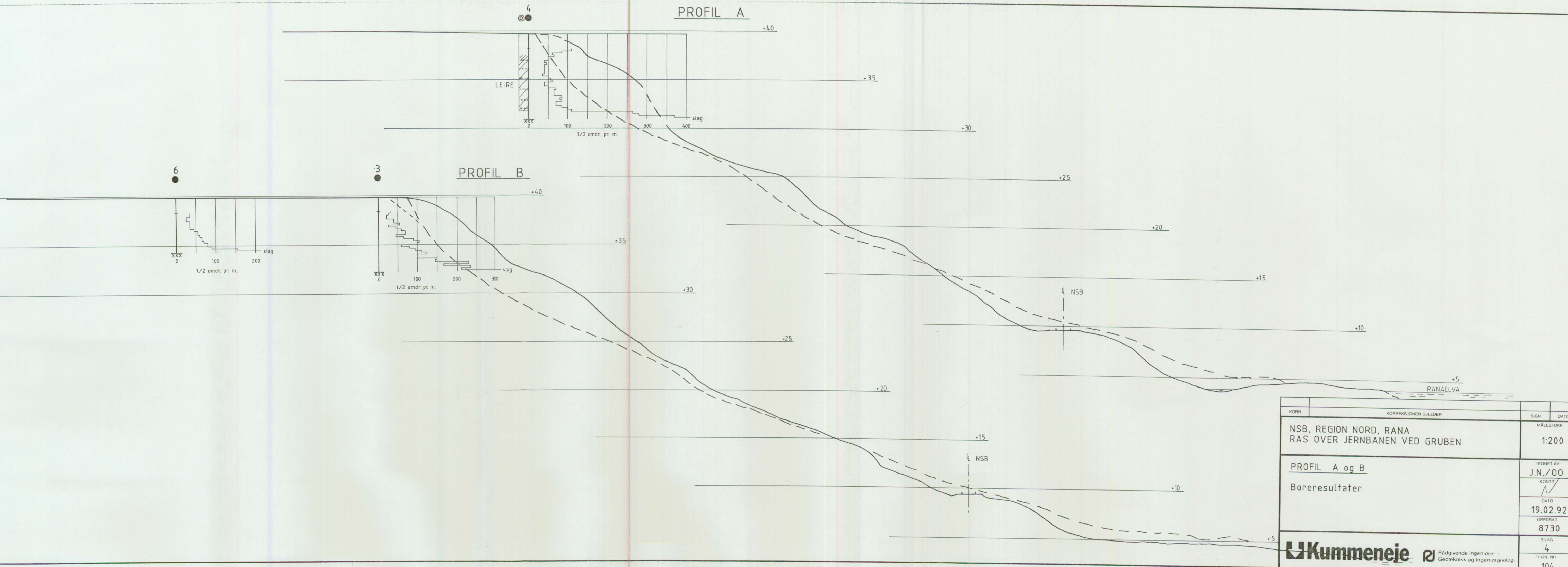
Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

OPPDRA

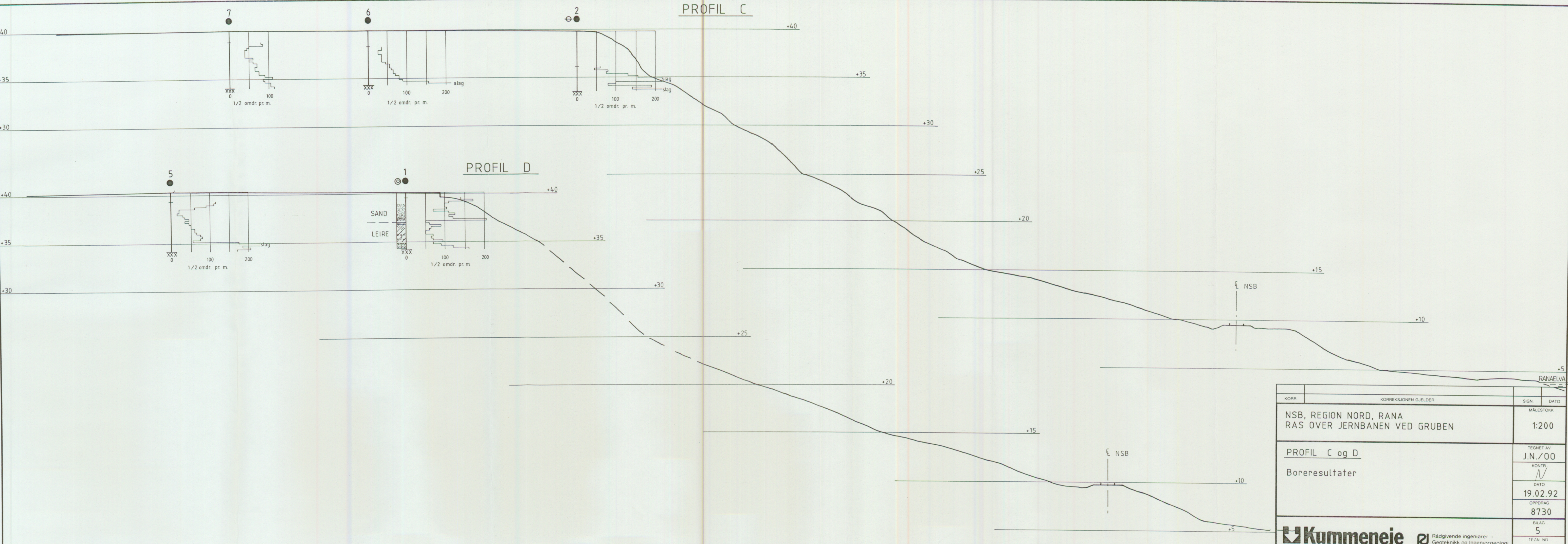
8730

BILAG / TEGN. NR.

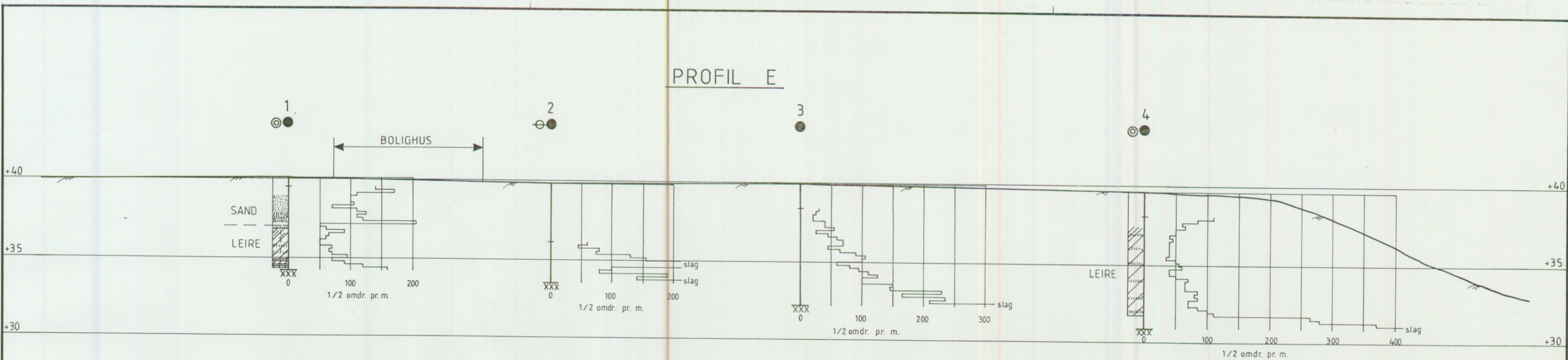
3 / 103



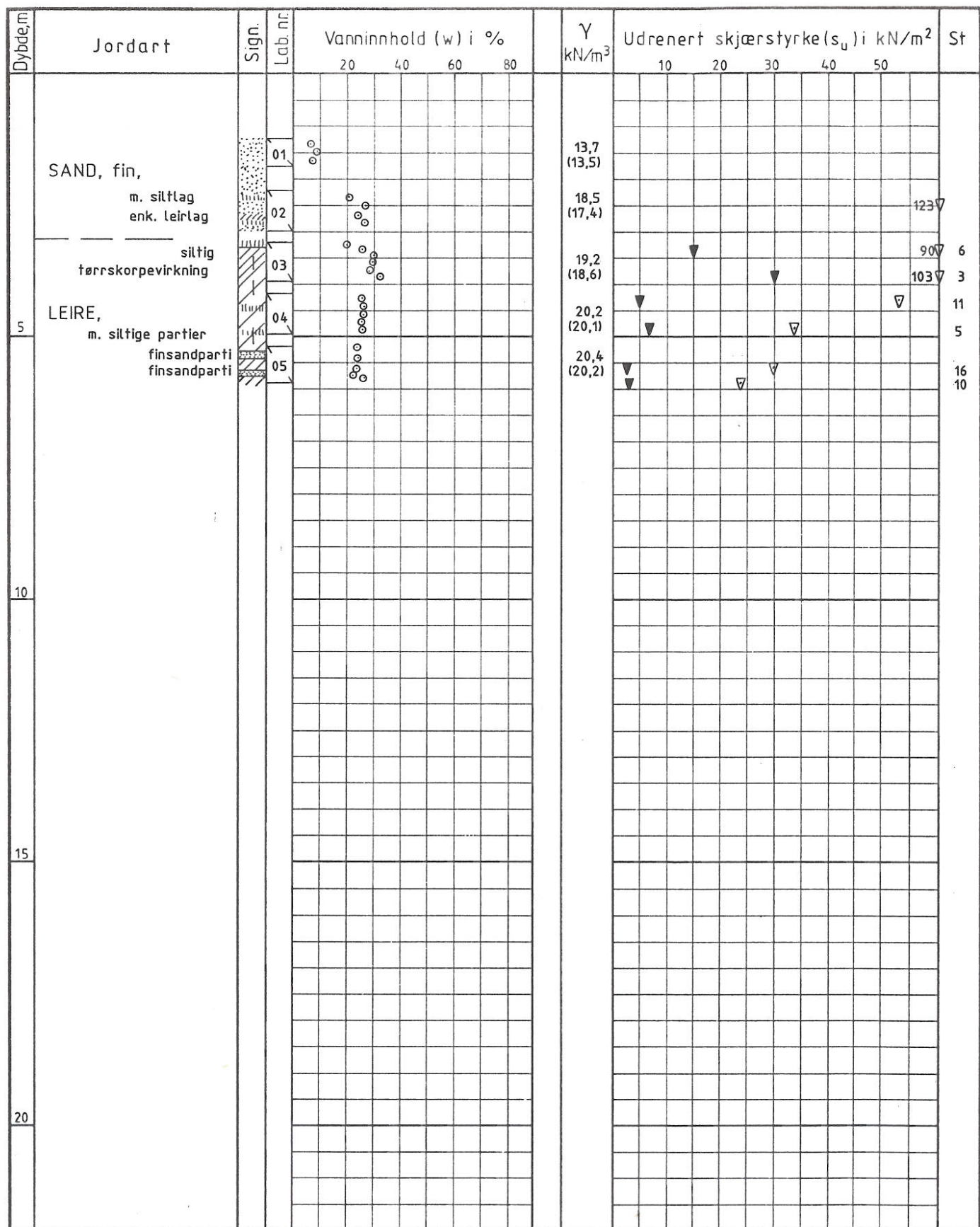
KORR	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN	DATO
NSB, REGION NORD, RANA RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN		MÅLESTOKK 1:200	
PROFIL A og B		TEGNET AV J.N./00	
Boreresultater		KONTR 19.02.92	
		DATO 8730	
		OPDRAG 4	
		BILAG 104	



KORR	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN	DATO
NSB, REGION NORD, RANA RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN		MÅLESTOKK	1:200
PROFIL C og D		TEGNET AV	J.N./00
Boreresultater		KONTR.	
		DATO	19.02.92
		OPPDRAK	8730
		BILAG	5
 Rådgivende ingeniører i Geoteknikk og Ingeniørgeologi		TEGN. NR.	105



KORR	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN	DATO
NSB, REGION NORD, RANA RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN		MALESTOKK	1:200
PROFIL E		TEGNET AV	J.N./00
Borerresultater		KONTR	
		DATO	19.02.92
		OPDRAG	8730
		BILAG	6
		TEGN NR	106



Enkelt trykkforsøk: $\sigma_1 - \sigma_3$ (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret: ▼/▽
 Penetrometerforsøk: □ Konsistensgrenser: $W_p \rightarrow W_L$ Andre forsøk:
 T = Treaksialforsøk Ø = Ødometerforsøk K = Kornfordeling

Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NSB, REGION NORD, RANA
RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN

BORPROFIL HULL: 1

Terr.høyde: _____ Prøve ø: 54mm

DATO
02/92

TEGNET AV
K.St./00

KONT

OPPDAG
8730

BILAG
7

TEGN. NR.
107

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m ²					St
				20	40	60	80		10	20	30	40	50	
5	LEIRE, m. siltige partier også rene siltlag		06					19,2					74	12
			07					19,3 (19,5)						6
			08					19,8 (19,4)						6
			09					19,7 (19,6)						8
			10					20,1 (19,9)						9
			11					20,5 (20,4)						8
10														7
15														5
20														6
														18

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret: /

Penetrometerforsøk: Konsistensgrenser: W_p ——— W_L Andre forsøk:

T = Treksialforsøk $\emptyset$ = $\emptyset$ dometer forsøk K = Kornfordeling

Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NSB, REGION NORD, RANA
RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN

BORPROFIL HULL: 4

Terr.høyde: _____ Prøve $\emptyset$: 54mm

DATO
02/92

TEGNET AV
K.St./00

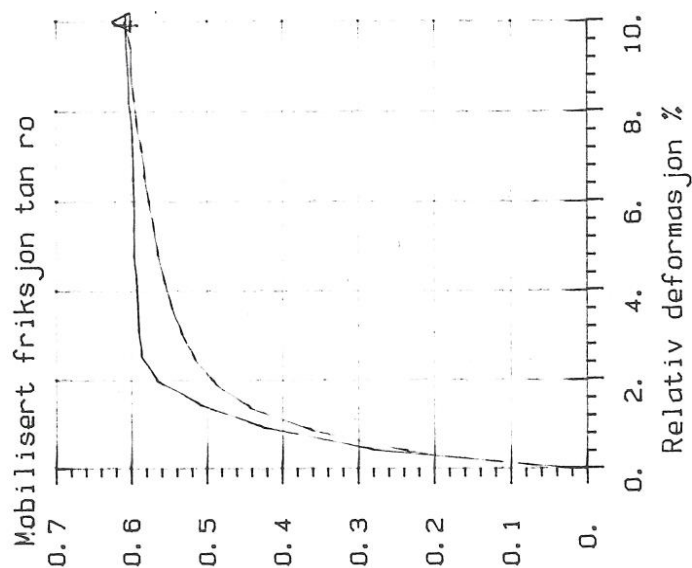
KONTR

OPDRAG
8730

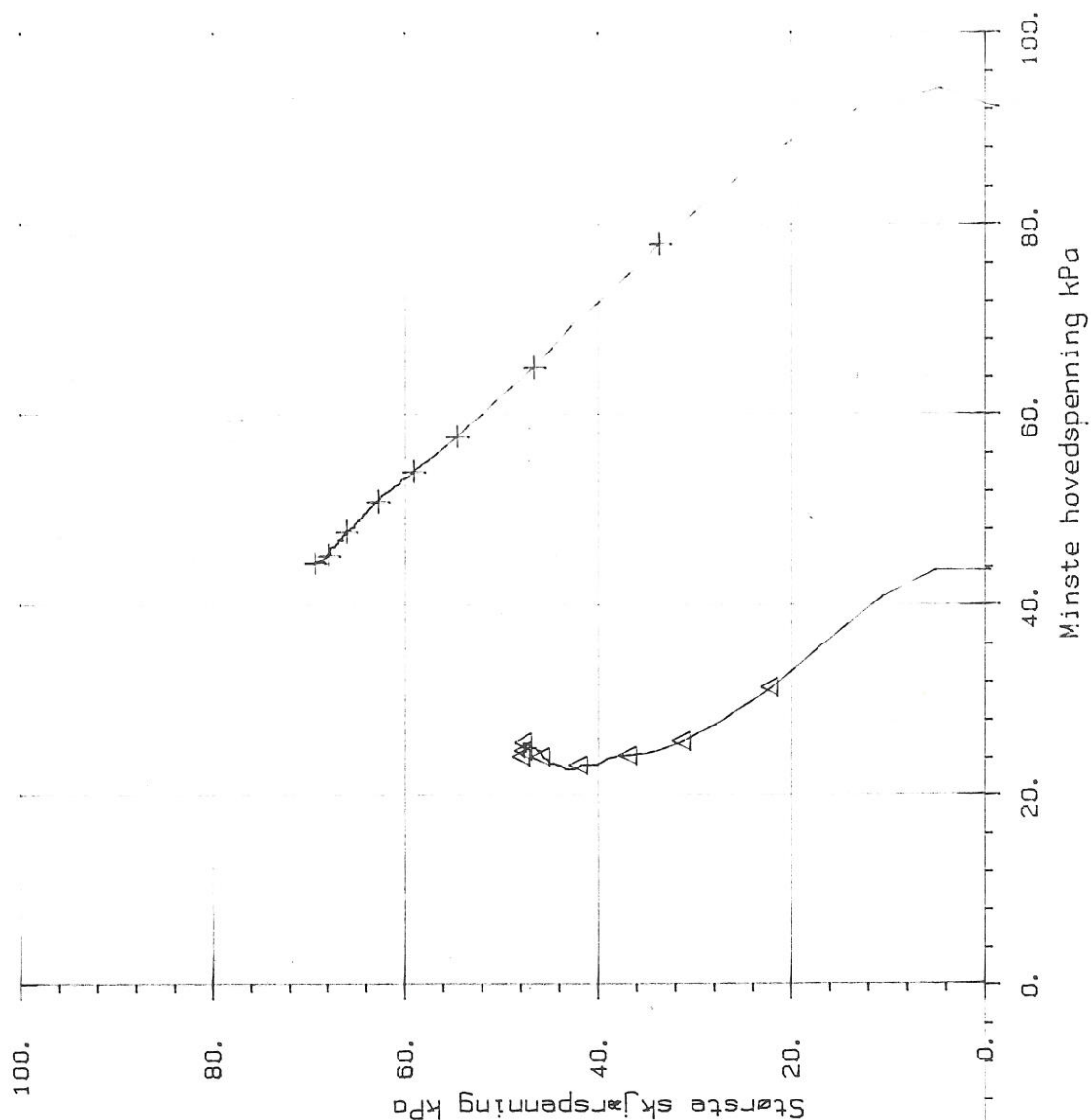
BILAG
8

TEGN. NR.
108

SYMB	Boringnr.	Dybde, m	Labnr.	Forsøksnr.	Jordart
+	4	3.60	07	CIU	LEIRE
Δ	4	3.50	07	CIU	LEIRE



+ $\sigma = 20.0$ kPa
 Δ $\sigma = 20.0$ kPa



Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
 Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NSB, REGION NORD, RANA
 RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN

TREAKSIALFORSØK

14 FEB.. 1992

MÅLESTOKK

—

TEGNET AV

—

DATO

02/92

OPPDRAG

8730

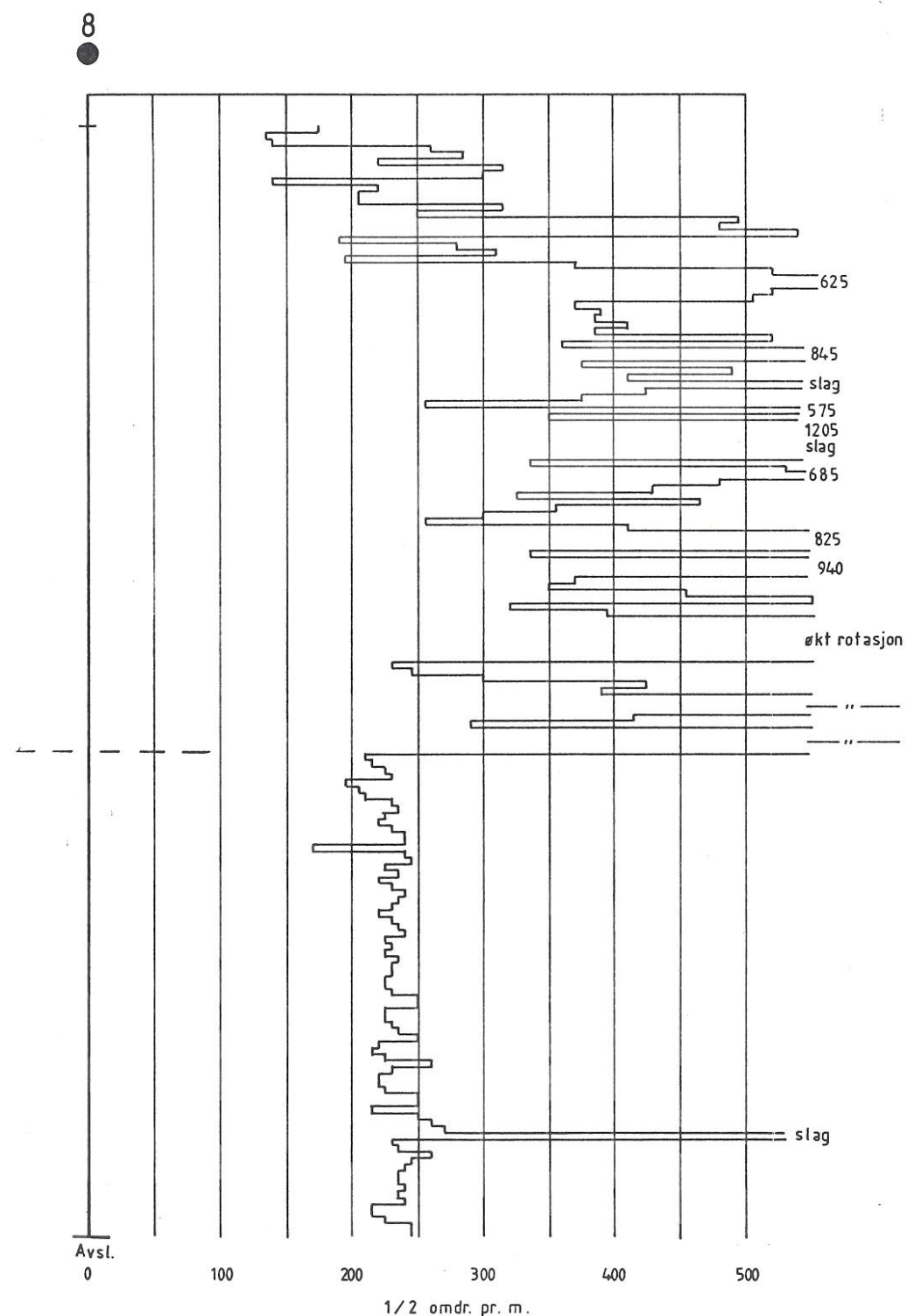
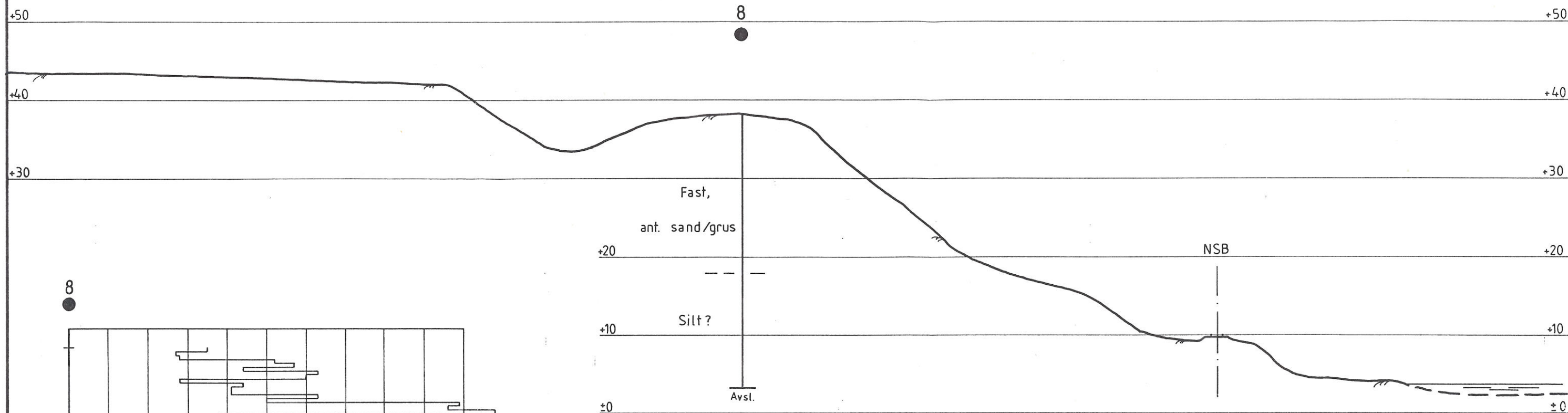
BILAG

9

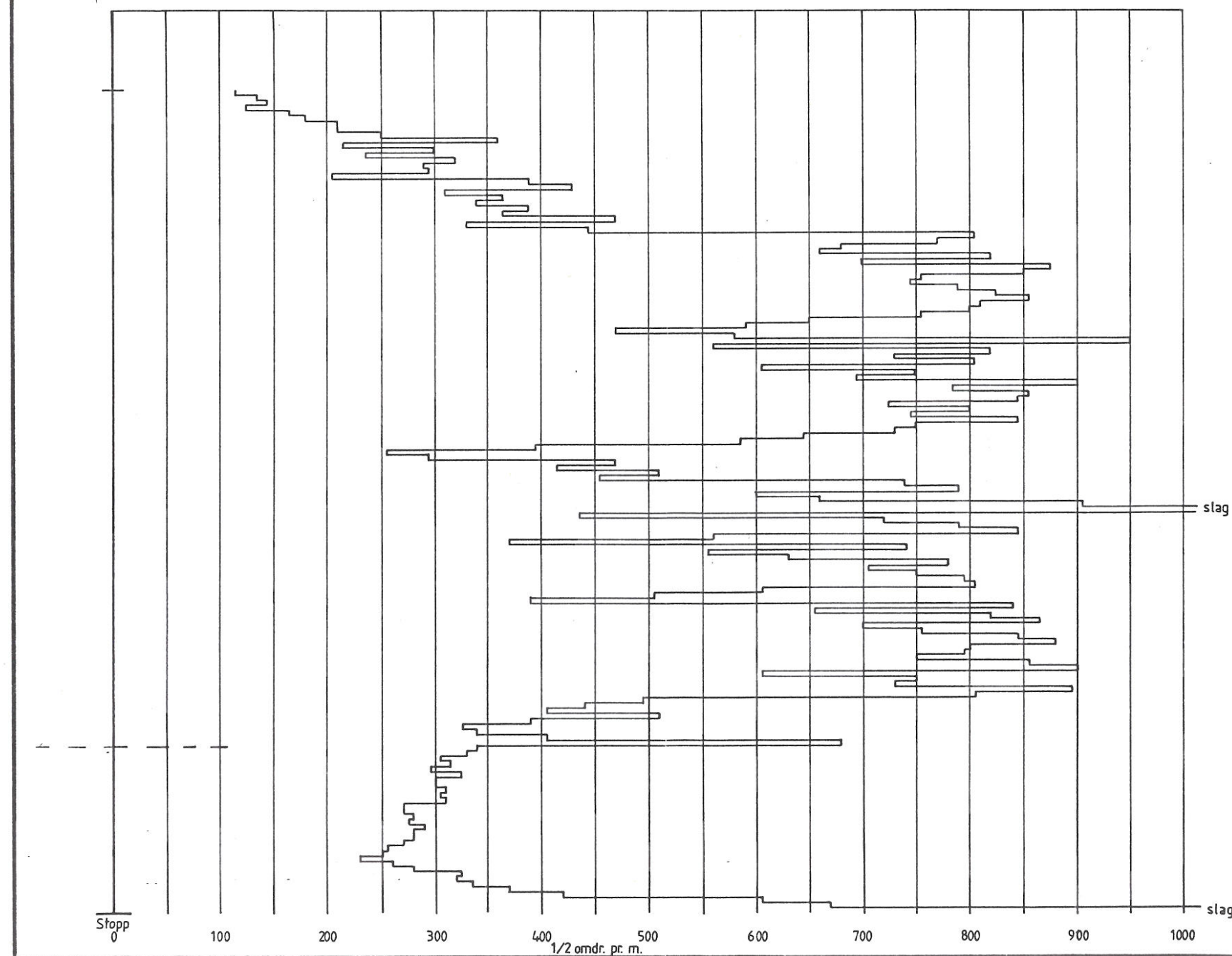
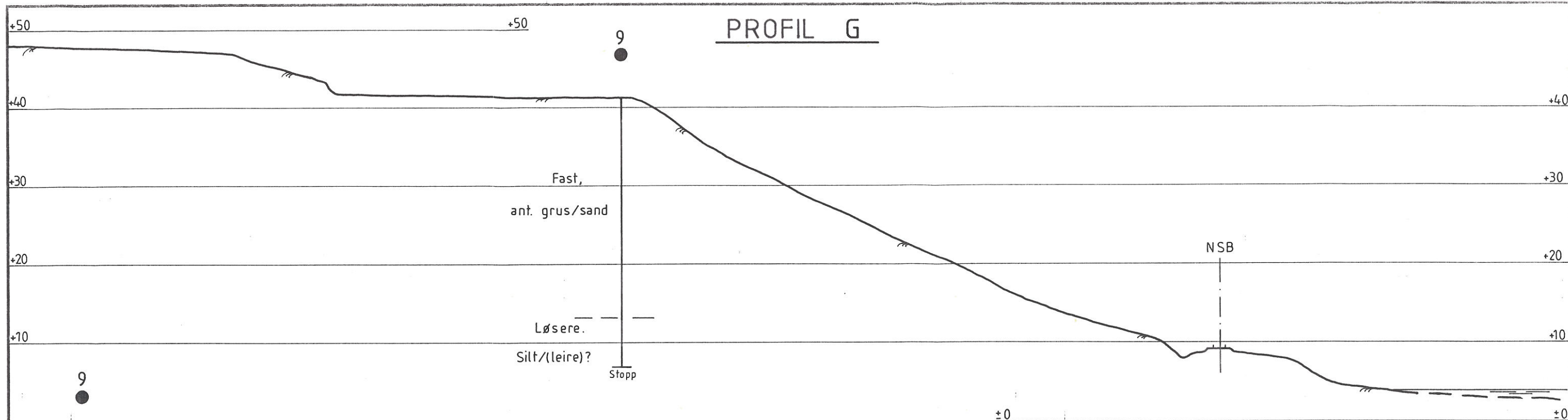
TEGN. NR

109

PROFIL F



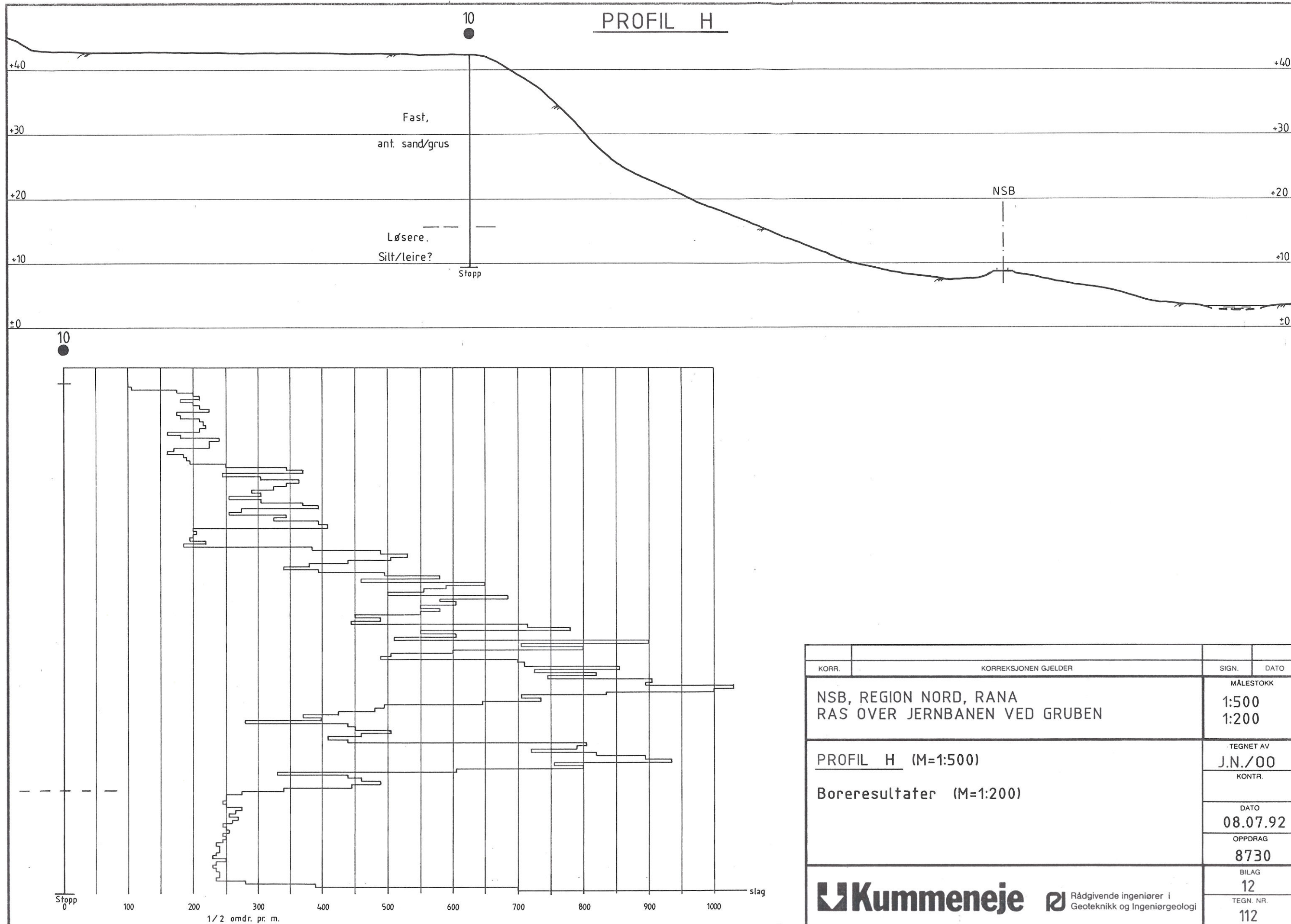
KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
NSB, REGION NORD, RANA RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN		MÅLESTOKK 1:500 1:200	
PROFIL F (M=1:500)		TEGNET AV J.N./00	
Boreresultater (M=1:200)		KONTR.	
		DATO 08.07.92	
		OPPDRAK 8730	
		BILAG 10	
		TEGN. NR. 110	

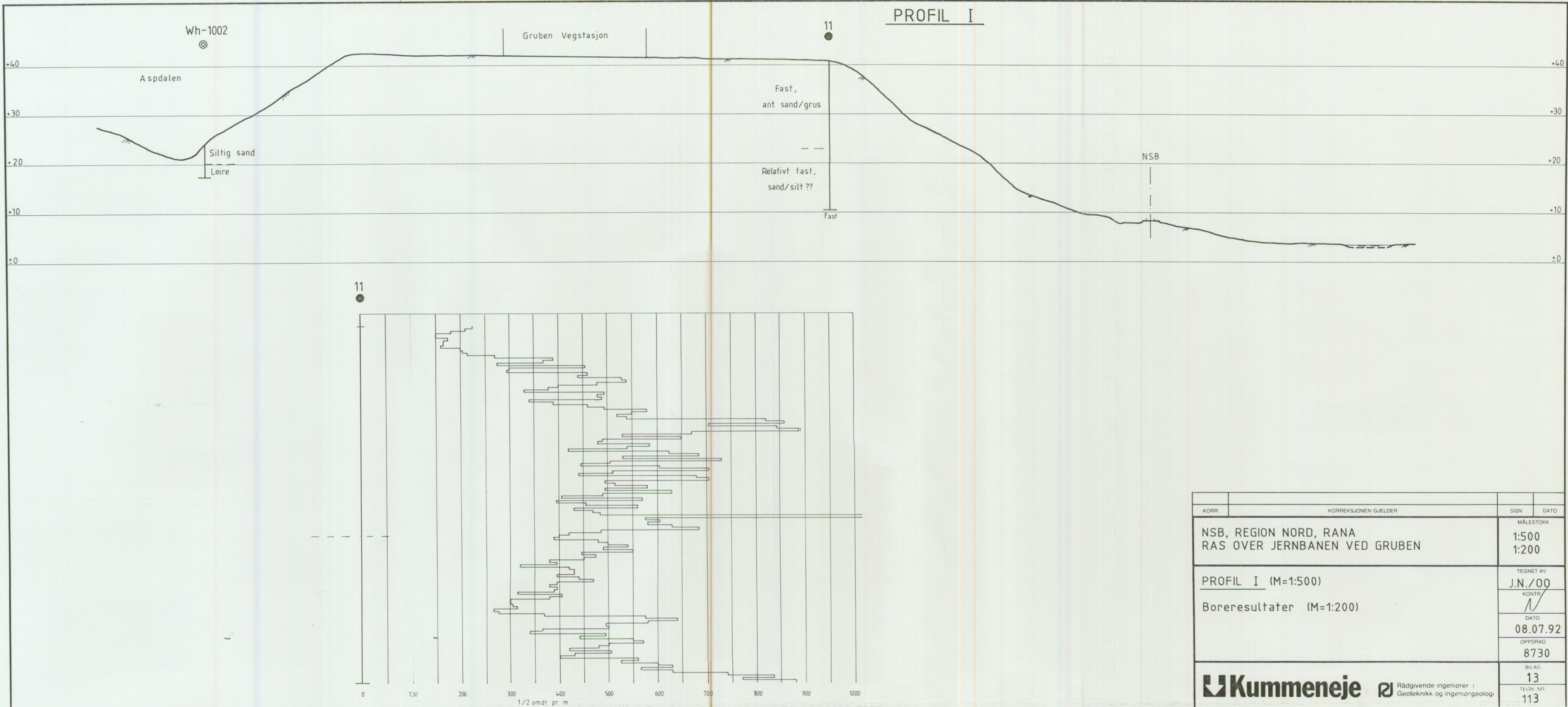


KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
NSB, REGION NORD, RANA RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN		MÅLESTOKK	1:500 1:200
PROFIL G (M=1:500)		TEGNET AV	J.N./00
Boreresultater (M=1:200)		KONTR.	
		DATO	08.07.92
		OPPDAG	8730
		BILAG	11
		TEGN. NR.	111

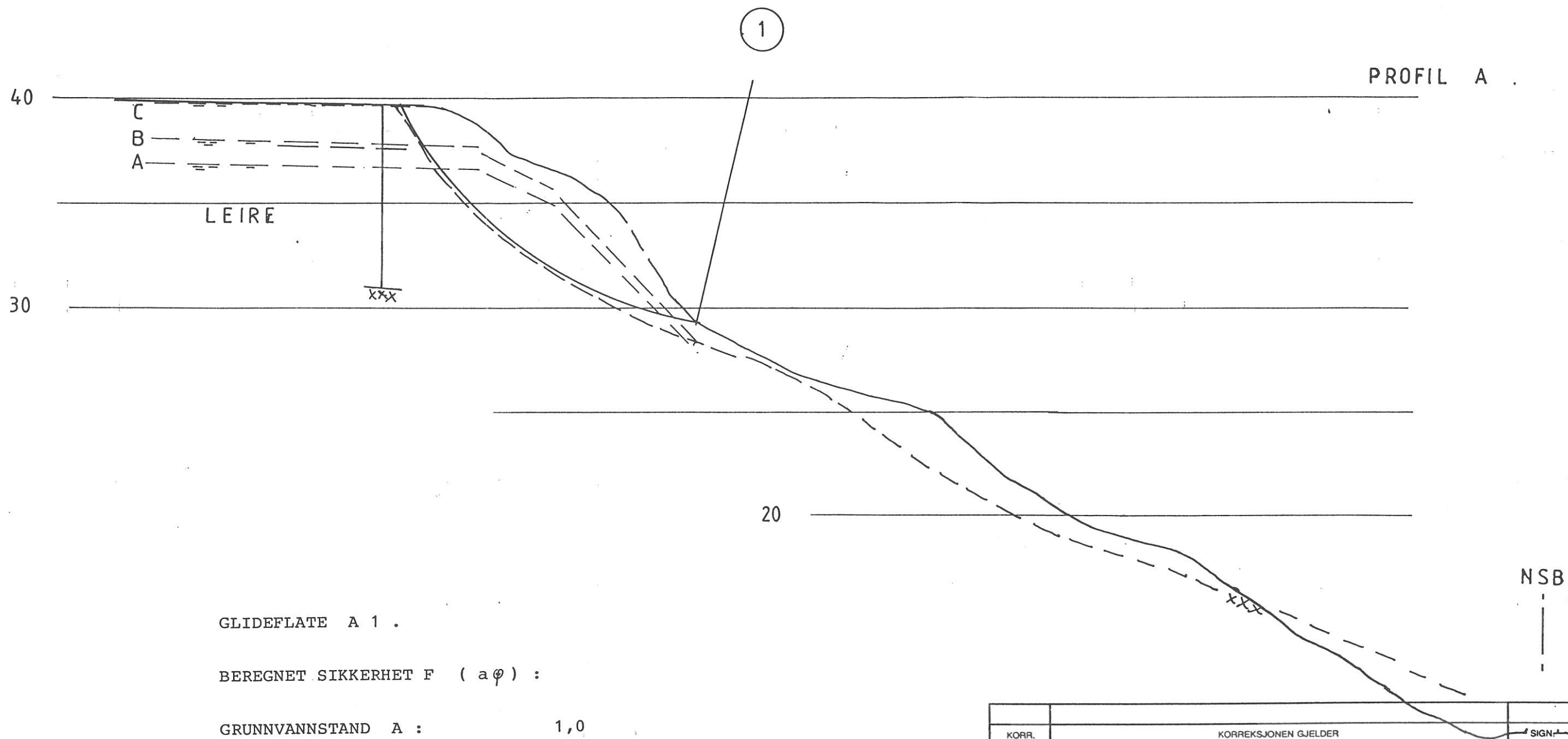
Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi





KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN	DATO
NSB, REGION NORD, RANA RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN		MÅLESTOKK	1:500 1:200
PROFIL I (M=1:500)		TEGNET AV	J.N./00
Boreresultater (M=1:200)		KONTR.	N
		DATO	08.07.92
		OPPDAG	8730
Kummeneje		BILAG	13
Rådgivende ingeniører i Geoteknikk og Ingeniørgeologi		TEGN. NR.	113



GLIDEFLATE A 1 .

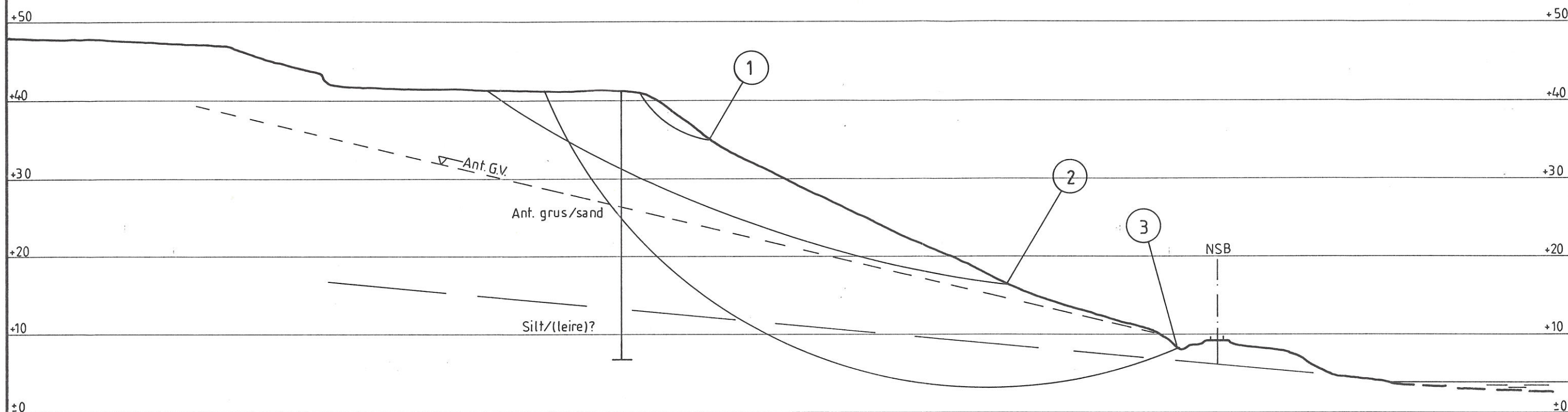
BEREGNET SIKKERHET F ($a\phi$) :

GRUNNVANNSTAND A : 1,0
 GRUNNVANNSTAND B : 0,8
 GRUNNVANNSTAND C : 0,65
 (i terreng)

(HYDROSTATISK PORETRYKK FRA FORUTSATT
 GRUNNVANNSTAND)

KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
	NSB , REGION NORD. RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN .		MÅLESTOKK 1 : 200.
	STABILITETSBEREGNINGER VED RASSTED.	TEGNET AV ✓ KONTR.	DATO 07/92 OPPDRAK 8730
	Kummeneje Rådgivende ingeniører i Geoteknikk og Ingeniørgeologi	BILAG 14 TEGN. NR. 114	

PROFIL G



BEREGNET SIKKERHET F (a φ) :

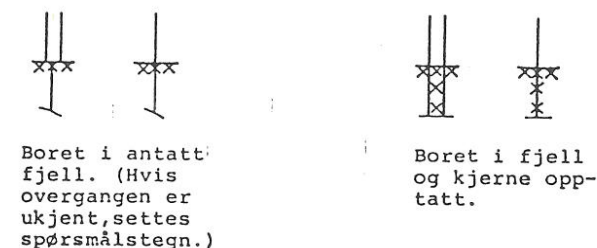
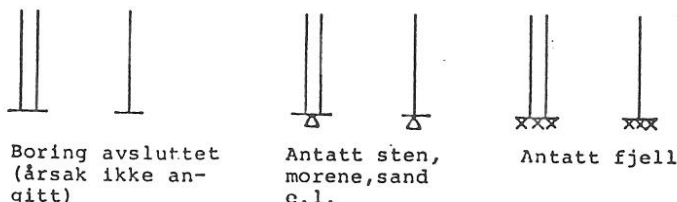
GLIDEFLATE : MED GRUNNVANNSTAND SOM MED GRUNNVANNSTAND
VIST I PROFILET : I TERRENG :

G 1	1,3	0,5
G 2	2,0	0,9
G 3	1,4	1,0

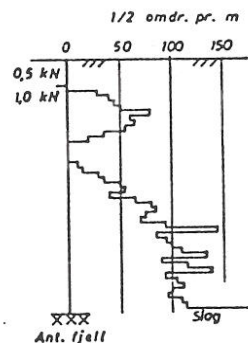
KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
	NSB, REGION NORD, RANA RAS OVER JERNBANEN VED GRUBEN		MÅLESTOKK 1:500
	STABILITETSBEREGNINGER VED RASSTED.		TEGNET AV J.N./00
			KONTR. N
			DATO 09.07.92
			OPPDRAK 8730
			BILAG 15
			TEGN. NR. 115

Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

AVSLUTNING AV BORING (GJELDER ALLE SONDERINGSTYPER).

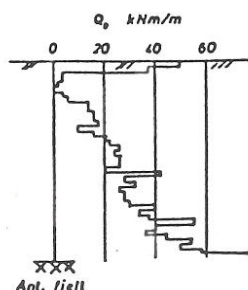


● **Dreiesondering**
utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreining pr. 20 cm synkning noteres. Ved opp-tegninger vises antall halve omdreining pr. meter synkning grafisk med dybden i borhullet og belastningen angis til venstre for borhullet.



○ **Enkel sondering**
består av slagboring med lett fjellboremaskin eller spyleboring til fast grunn eller fjell. Ved slagboring med en spesiell spiss kan ned-synkningshastigheten registreres som funksjon av dybden som uttrykk for boremotstanden. Myrddybden bestemmes ved hjelp av en lett myr-dybdeprøvetaker som presses ned til antatt myrbunn hvor prøve tas for kontroll.

▼ **Ramsondering**
utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss. Boret rammes ned i grunnen av et fall-lodd med vekt 0,635 kN og konstant fall-høyde 0,6 m. Mot-standen mot ned-ramming regis-treres ved antall slag pr. 20 cm synkning.



Rammemotstanden

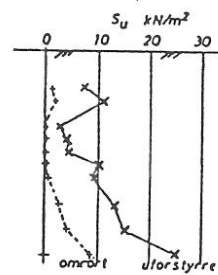
$Q_0 = \frac{\text{Loddvekt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}}$ (kNm/m) angis i diagram som funksjon av dybden.

★ **Fjellkontrollboring**
utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkrone nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker på-visning.

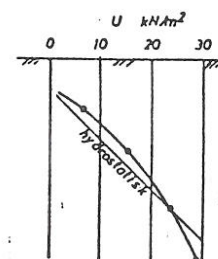
◎ **Prøvetaking**
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper. Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stem-pelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveg-gede stålsylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørring før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av opp-spylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylindrer-prøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

+ **Vinge-boring**
bestemmer udrenert skjærstyrke (s_u) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at et vingekor, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastig-het til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras u-drenerte skjærstyrke, som også måles i om-rørt tilstand etter brudd.

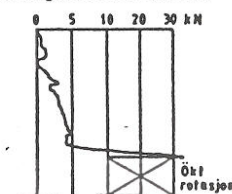


⊖ **Porevanntrykket**
i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintret bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vann-trykket ved filteret registreres enten hy-draulisk som stighøyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller elektro-nisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filtret.



⊖ **Grunnvannstanden** observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

⊖ **Dreietrykksondering**
utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsatt en normert spiss. Borstangen trykkes ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant rotasjon 25 omdr./min. Sonderingsmotstanden registreres som den til en hver tid nødvendige nedpres-ningskraft for å holde nor-mert nedtrengningshastighet. Når motstanden øker slik at normert nedtrengningshastig-het ikke kan opprettholdes, økes rotasjons-hastigheten. Dette anføres i diagrammet.



LABORATORIEUNDERSKØKELSER.

Ved åpning av prøven beskrives og klassifiseres jordarten. Videre kan bestemmes:

Romvekt
(γ i kN/m³) for hel sylinder og utskåret del.

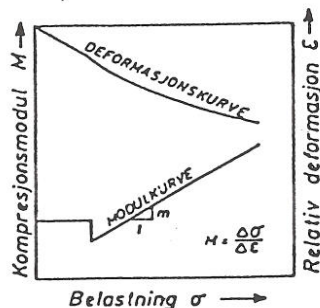
Vanninnhold
(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110 °C.

Flytegrense
(w_L i %) og utvullingsgrense (w_p i %) som angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk (formbart) område av leirmateriale. Differansen $w_L - w_p$ benevnes plastisitetssindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

Udrenert skjærstyrke
(s_u i kN/m²) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm² (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt registreres og skjærstyrken tas ut av en kalibreringstabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på innsynkning, brukes særlig på fast leire.

Sensitiviteten (S)
er forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet. Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, omrørt skjærstyrke < 0,5 kN/m².

Kompressibilitet
av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm² og høyde 2 cm belastes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykken for hvert trinn som funksjon av tiden. Resultatet tegnes opp i en deformasjons- og modulkurve og gir grunnlag for setningsberegning.



Humusinnhold
(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlut-oppløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksydasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vekttapet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

Saltinnhold
(g/l eller o/oo) i porevannet ved titrering med sølvnitrat-oppløsning og kaliumkromat som indikator.

Kornfordeling
ved sikting av fraksjonene større enn 0,06 mm. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materialer slemmes opp i vann og romvekten av suspensjonen måles i en bestemt dybde som funksjon av tiden. Kornfordelingen kan så beregnes ut fra Stoke's lov om kulers sedimentasjons-hastighet.

Fraksjonsbetegnelse	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse mm	<0,002	0,002-0,06	0,06-2	2-60	60-600	>600

Jordarten
benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den dominerende, og adjektiv for medvirkende fraksjon. Jordarten angis som leire når leirinnholdet er over 15%. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

Organiske jordarter
klassifiseres etter opprinnelse og omdanningsgrad (torv, gytje, dy, matjord).

	Fjell		Silt		Torv
	Blokk		Leire		Planterester
	Stein		Fyllmasse		Skjell
	Grus		Matjord		Moreneleire
	Sand		Gytje, dy		Grusig morene

Anmerking

- T = tørrskorpe
- Leire: R = resedimenterte nasser
- K = kvikkleire
- Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.
- Morene vises med skyggelegging.
- For konkresjoner kan bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen:
 - Ca = kalkkonkresjoner
 - Fe = jernkonkresjoner
 - AH = aurhelle

SPESIELLE UNDERSØKELSER.

SPESIELLE MARKUNDERSØKELSER.

Feltkompressometer

benyttes for undersøkelse av grunnens kompressibilitet direkte i marken. I prinsippet består utstyret av en skrueplate med diameter 16 cm som kan skrus ned til ønsket dybde.

For hver valgt dybde utføres et belastningsforsøk ved hjelp av en jekk og sammenhengen mellom belastning og setning registreres.

Resultatene fremstilles som deformasjonskurver og derav kan beregnes modultall (m) som uttrykk for grunnens kompressibilitet og benyttes ved setningsberegning.

Permeabilitetsmåling

in situ utføres ved infiltrasjonsforsøk eller prøvepumping. Infiltrasjonsforsøk kan for eksempel utføres ved hjelp av et piezometer som fylles opp med vann og synkehastigheten måles. Ved prøvepumping må vannstanden observeres i flere punkter i forskjellig avstand.

Korrosjonssondering

utføres med en sonde av stål med isolert magnesiumspiss (NGI's type). Strømstyrke og motstand måles i forskjellige dybder i grunnen og derav kan beregnes en relativ depolarisasjonsgrad samt grunnens spesifikke motstand. Ut fra dette kan korrosjonshastigheten for stål vurderes.

Feltkontroll av komprimeringsgrad.

Komprimeringsgraden for oppfylt materiale er forholdet mellom oppnådde tørr-romvekt γ_d ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt $\gamma_d \text{ max.}$ bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

- Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

I felten bestemmes γ_d ved å måle volumet av en utgravd prøve og å veie det utgravde materiale i fuktig og tørr tilstand. Volumet av prøven bestemmes ved å fylle det utgravde hull med en tørr sand med kjent romvekt, eller ved å forsegle hullet og fylle det opp med vann. Ut fra kjente data kan således vanninnhold og tørr-romvekt av det utgravde materialet bestemmes. Denne metode kan benyttes i relativt finkornig og ensgradert materiale.

- Platebelastningsforsøk.

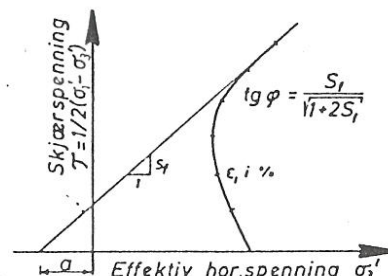
I grov og samfengt masse (grov grus, finsprengt stein o.lign.) gir sandvolummeter og vannvolummetermetoden utilfredsstillende nøyaktighet, og komprimeringen av slikt materiale undersøkes ved å bestemme oppfyllingens elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

En sirkulær plate med $\varnothing = 30$ cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning avsettes i diagram og elastisitetsmodulen E beregnes. Den målte elastisitetsmodul sammenholdes med oppsatte krav til elastisitetsmodul ut fra aktuelle belastningsforhold, og forholdet mellom disse verdier betegnes komprimeringsgrad.

SPESIELLE LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Skjærstyrkeparametrene.

friksjonsvinkel (φ) og attraksjon (a i KN/m^2 , evt. kohesjon $c = a \cdot \tan \varphi$) bestemmes ved triaksialforsøk på små prøver i laboratoriet. En sylindrisk prøve konsolideres for et allsidig trykk og vertikalbelastningen økes deretter til brudd. Under forsøket måles poretrykk, slik at effektive spenninger kan beregnes (totaltrykk minus poretrykk).



Forsøket fremstilles oftest som en vektor i et hovedspenningsdiagram.

Permeabilitetskoeffisienten

(k i cm/s) er strømningshastigheten for vann gjennom materialet ved en hydraulisk gradient lik 1,0. I laboratoriet måles permeabiliteten ved direkte vanngjennomgangsforsøk på små prøver for konstant eller fallende potensial. Dette kan gjøres i triaksialapparat for finkornige prøver eller i større apparatur for mer grovkornige prøver.

Maksimal tørr-romvekt og optimalt vanninnhold etter Proctor-metoden.

Ved komprimering av jordartsmateriale oppnåes tetteste lagring av mineral-kornene, dvs. høyest tørr-romvekt, når vanninnholdet i materialet har en bestemt verdi under komprimeringsarbeidet. Materialets egenskaper som stabilitet øker, og kompressibiliteten avtar med økende lagringstetthet.

I laboratoriet bestemmes det optimale vanninnhold ved å komprimere prøver av materialet med varierende vanninnhold etter en standardisert forskrift, Proctormetoden. De samhørende verdier for prøvenes vanninnhold og tørr-romvekt beregnes og plottes i et diagram med tørr-romvekt som funksjon av vanninnholdet. Den høyest oppnådde tørr-romvekt betegnes som $\gamma_d \text{ max.}$ og det tilhørende vanninnhold w_{opt} .

CBR-forsøk.

For materialer som inngår i veg- og eller flarsoverbygning, eller trafikkbelastet grunn forøvrig, kan dimensjonerende bæreevne semiempirisk bestemmes ut fra belastningsforsøk etter CBR-metoden (California Bearing Ratio).

Materialet som skal undersøkes komprimeres lagvis ved optimalt vanninnhold i en sylinder med volum ca. 2,3 l. Komprimeringsarbeidet tilsvarende Modifisert Proctor. Deretter settes sylindren med prøve i vannbad i 96 timer for fullstendig vannmetning. Etter vannmetning påføres prøven belastning ved at et stempel med areal 3 inch^2 med konstant bevegelseshastighet $= 0,05$ inch pr. min. presses ned i denne. Rundt stempelet på prøvens overflate er prøven belastet med blyringer med vekt som tilsvarende vekten av evt. overbygning. Stempelkraften ved 0,1" og 0,2" inntrykking av stempelet registreres og sammenlignes med verdier for tilsvarende inntrykking på et referansemateriale. Forholdet mellom den avleste kraft og referansekraften beregnes i prosent og betegnes CBR-verdi. Dersom CBR-verdien ved 0,2" er høyere enn ved 0,1" stempelinntrykking kan denne verdien rapporteres som materialets CBR-verdi hvis dette forhold bekreftes ut fra forsøk på 2 prøver.