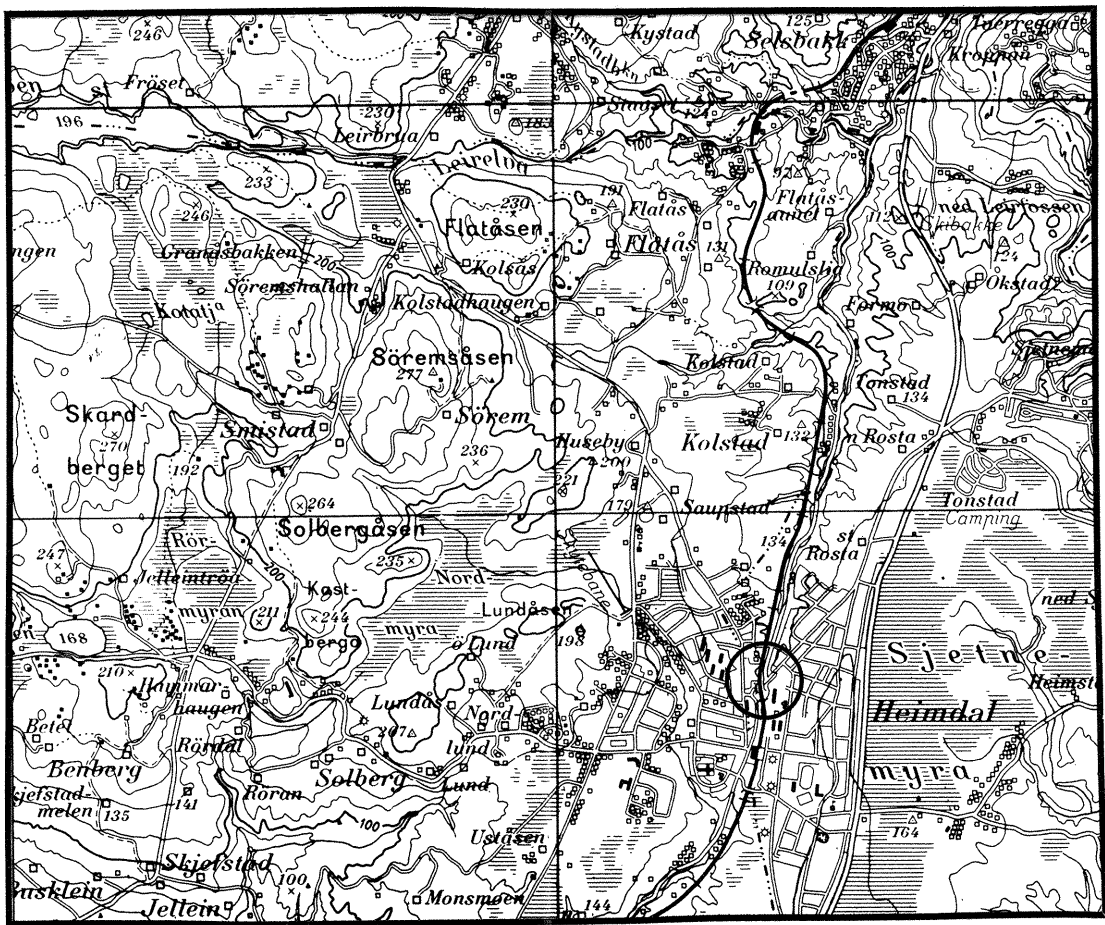


R. 775-3 OMLEGGING HEIMDALSVEGEN BRU FOR JERNBANEN

GRUNNUNDERSØKELSER
GEOTEKNISK VURDERING



03. 05. 91

GEOTEKNISK SEKSJON
PLANKONTORET TRONDHEIM KOMMUNE



TRONDHEIM KOMMUNE
TEKNISK AVDELING
GEOTEKNISK SEKSJON
HOLTERMANN SV. 1, 7004 TRONDHEIM

Oppdragsgiver: Kommunalteknisk seksjon		Oppdrag v/: Siv.ing. F.G. Mørch AS		
Oppdrag: R.775-3 OMLEGGING HEIMDALSVEGEN. BRU FOR JERNBANEN				
Sted, dato: Trondheim, 03.05.91				
UTM- referanse: NR 680260		Sted: Heimdal		
Emneord:	Grunn-undersøkelse	Funda-mentering	Bæreevne og stabilitet	Setninger
Feltarbeid utført: Februar/mars 1991		Antall tekstsider: 7		Antall bilag: 20
Sammendrag: <p>Den originale mineralske grunnen består hovedsaklig av lagdelt, fast siltig leire og silt.</p> <p>Fyllmassen i tidligere bekkedal består stort sett av leire med sand og gruskorn og humus. Det er registrert lag av (leirblandet) torv i fyllmassene. Eksisterende jernbane-fyllinger ser ut til å være bygd av siltig leire, trolig stedlige masser.</p> <p>Grunnvannstanden står ca. 4,2 meter under terreng i borpunkt 1 og 0,7 meter under terreng i borpunkt 3.</p> <p>Grunnforholdene er generelt gode, og brua kan fundamenteres direkte i ren original mineralsk grunn. Eventuelt oppbløtte eller humusholdige masser under fundamentene må utskiftes med gode stabile fyllmasser (pukk e.l.).</p> <p>Overslag viser at brua vil få relativt små setninger. Beregnet setning er 2,5 - 3 cm for søndre landkar og 1 - 2 cm for nordre landkar.</p>				
Seksjonsleder: Kåre Sand		Saksbehandler: Rolf H. Røsand		

INNHold

1. INNLEDNING
2. UTFØRTE UNDERSØKELSER
3. GRUNNFORHOLD
4. VURDERING

BILAG

1. Situasjonkart med borpunkt
- 2 - 3. Terrengprofil med boreresultat
- 4 - 6. Borprofil
- 7 - 10. Treaksialforsøk
11. Ødometerforsøk
- 12 - 14. Kornfordelingskurver
15. Stabilitet effektivspenningsanalyse
16. Stabilitet S_u -analyse
17. Prinsippskisse landkar
18. Prinsippskisse søylefundament
19. Prinsippskisse fundament for interimsbru
20. Lengdeprofil

VEDLEGG

- I Geotekniske beregninger

1. INNLEDNING

- Prosjekt** Trondheim kommune v/Teknisk avdeling planlegger utbedring/omlegging av Heimdalsvegen fra Ringvålvegen til Sivert Thonstads veg. Ubedring/omlegging av vegen inkluderer bygging av ny bru for jernbanen. Planleggingsarbeidet utføres av Sivilingeniør F.G. Mørch A/S.
- Oppdrag** Geoteknisk seksjon er bedt om å utføre geoteknisk prosjektering av brua. Vi har tidligere utført grunnundersøkelse for forprosjekt, og resultatet fra den undersøkelsen er gitt i vår datarapport R.775 datert 01.11.89.
- Rapport** Denne rapporten inneholder resultater fra de utførte grunnundersøkelsene samt enkelte resultat fra vår rapport R.775. Det er gitt en geoteknisk vurdering av bruarbeidene. Detaljert geotekniske beregninger er samlet i eget vedlegg til rapporten.

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

- Markarbeid** Markarbeidet ble utført av vårt borelag i februar/mars 1991.

Det er utført:

- Dreiesondering i 2 punkt.
- Prøvetaking i 3 punkt.
- Poretrykksmåling i 2 punkt.

Plassering av borpunktene er vist på situasjonskartet. Resultatet fra sonderingene og prøvetakingene er fremstilt på terrengprofilene.

Terrengprofilene er tegnet på grunnlag av kart i målestokk 1:1000. Høyden i borpunktene er nivellert med utgangspunkt i Trondheim kommune fastmerke 9530.

- Laboratoriet** Prøvene er rutineundersøkt i vårt laboratorium. Det er målt vanninnhold på samtlige prøver. Romvekt og udrenert skjærstyrke er målt på uforstyrrede prøver.

Leiras effektive styrkeparametre er undersøkt ved treaksialforsøk på 8 prøver.

Det er utført ødometerforsøk på 2 prøver fra jernbanefyllingen.

Kornfordeling er bestemt ved hydrometeranalyse på 11 prøver.

Resultatet fra undersøkelsene er fremstilt på bilagene bak i rapporten.

3. GRUNNFORHOLD

Terreng Området ligger i øverste del av Bjørndalen. Bekkedalen er noe oppfylt, og bekken er lagt i rør. Det er også lagt ut relativt store fyllinger for jernbanen (ca. 1920).

Løsmasser Prøvene viser at de originale mineralske løsmassene hovedsaklig består av fast siltig leire og silt. Massene er lagdelt med varierende lagtykkelse. Vanninnholdet varierer stort sett fra 15 til 20%.

Prøvetakingene er avsluttet 4 - 8 meter under terreng. I fyllmassen er de fleste prøvene tatt opp med 54 mm stempelprøvetaker. I original grunn var det på grunn av faste masser vanskelig/umulig å skjære uforstyrrede prøver. De fleste prøvene fra original grunn er derfor tatt opp med skrubar. Sonderinger ført dypere tyder på faste masser også i dybden.

Fyllmassen i den tidligere bekkedalen består hovedsaklig av leire med sand- og gruskorn og humus. Det er i borpunkt 6 (R.775) et lag med blanding av torv og leire i dybde fra ca. 2 til 3 meter under terreng.

Jernbanefyllingene er hovedsaklig bygd av siltig leire, trolig stedlige masser. I borpunkt 9 (R.775) er det mellom fylling og original grunn funnet et torvlag med tykkelse ca. 0,5 - 1 meter. Dette er trolig opprinnelig torv som ikke er fjernet før fyllingen ble lagt ut.

I borpunkt 1 er det påvist leirig og sandig

torv ned til 2 meters dybde, og et ca. 3 cm tykt lag med planterester i dybde 5,5 meter. Tre aksialforsøkene er tolket til attraksjon $a=10 \text{ kN/m}^2$ og friksjonsvinkel $\tan\phi=0,53$ i jernbanefyllingen, og $a=15 \text{ kN/m}^2$ og $\tan\phi=0,65$ i original grunn.

Ødometerforsøkene på prøver fra jernbanefyllingen tyder på at den mineralske fyllmassen ikke er spesielt kompressibel. Torvlag under fyllmassen vil imidlertid gi noe setninger ved økt belastning.

Grunnvann Poretrykksmålingene i borpunkt 1 og 3 viser et poretrykk tilsvarende en grunnvannstand h.h.v. 4,2 meter og 0,7 meter under terreng ved hydrostatisk poretrykksfordeling.

Grunnvannstand målt i prøvetakingshullene (R.775) viste at grunnvannet står ca. 0,8 og 1,2 meter under terreng i hull 4 og 6.

Fjell Det er ikke registrert fjell i noen av boringene.

For mer detaljerte opplysninger om grunnforholdene vises det til bilagene bak i rapporten.

4. VURDERING

Generelt Grunnforholdene i området er generelt gode, og brua kan fundamenteres direkte i ren original mineralsk grunn. Eventuelt oppbløtte eller humusholdig masser under fundamentene må masseutskiftes med gode stabile fyllmasser (pukk e.l.). Overgangen til mineralsk grunn kan variere noe, og vi vil anbefale inspeksjon av fundamentgropene etter utgraving.

Ny bru er planlagt med 2 spenn, opplagt på landkar på begge sider og på søyler mellom. Brua skal bygges ved siden av eksisterende spor, og "jekkes" på plass over landkar og søyler.

I byggeperioden for brua skal togtrafikken føres over anleggsområdet ved at det bygges interimsbru. Interimsbrua skal bygges med 3 spenn a 19 meter. Den skal fundamenteres på

fundament i eksisterende jernbanefylling på begge sider, og på søylefundament i mellomliggende opplegg.

Det er ved beregningene forutsatt redusert hastighet (maks. 30 km/t) for togtrafikken i hele byggeperioden. Mest kritisk tidspunkt for bæreevnen er før ledningsarbeider og vegoverbygning er fullført. Det er derfor viktig at det blir redusert toghastighet inntil hele anlegget (inkl. veg og ledninger) er fullført.

Graving

Utgraving av byggegrop for landkar er forutsatt utført med helning 1:1 (45°) mot fundament for interimsbru. Det er da forutsatt at landkarfundamentene støpes umiddelbart etter utgraving, og at det fylles tilbake masse rundt fundamentet. Forøvrig bør det ikke graves med skråningshelning brattere enn 1:1,5 for skråninger høyere enn 1,5 - 2 meter. Permanente skråninger må ikke graves brattere enn 1:2.

Fyllinger av leire/silt kan legges ut med helning 1:2,5 - 1:3. Fyllinger av sprengstein eller pukk kan legges ut med helning 1:1,5.

Graving av grøft for ledninger under søndre bruspen vil generelt redusere bæreevnen for fundamentene. Det er derfor viktig at graving og legging av rør utføres kontinuerlig på denne strekningen slik at grøfta kan fylles igjen så snart som mulig. Fundamentene er forøvrig dimensjonert for en situasjon med frigravde ledninger.

Ved graving i vannmettet silt har massen en tendens til å bli oppbløtt ved omrøring. Oppbløtte siltmasser kan skape problemer for graving og fundamentering. Under fundamentene må eventuelle oppbløtte siltmasser skiftes ut med gode, stabile friksjonsmasser.

Landkar

Landkarene utformes i henhold til prinsipp-skisse i bilag 17. Nødvendige dimensjoner på landkarfundament:

- Lengde av begge fundament i bruas tverretning er 6,0 meter.
- Søndre landkar må ha min. bredde 5,5 meter og uk fundament ca på kote 133,8.

- Nordre landkar må ha min. bredde 3,5 meter og uk fundament ca på kote 134,8.

Som tilbakefyllingsmasser i og bak landkarene skal det brukes steinmasser (pukk, sprengstein e.l.).

- Søylefundament** Ved dimensjonering av søylefundamentet har vi valgt å beregne nødvendig fundamentstørrelse for hver enkelt søyle, og bruke omhyllingskurven som fundamentdimensjon. Nødvendig fundamentstørrelse for hvert enkelt søylefundament er 4,0 X 4,0 m². Forslag til utforming er vist i bilag 18.
- Interimsbru** Fundament for interimsbru skal plasseres som vist på profil i bilag 19. Av hensyn til bæreevne og stabilitet for fundamentene er det viktig at det graves i henhold til profilet.
- Stabiliteten for fundamentene er kritisk ved utgraving for landkarene. Beregninger viser at sikkerheten ved effektivspenningsanalyse er lav, mens sikkerheten ved S_u-analyse er tilstrekkelig (jfr. bilag 15 og 16). Sikkerheten er tilfredsstillende for begge analysemetoder for skjærflater som går innunder fundamentene.
- Graving av selve fundamentgropa for landkarene skal, på grunn av lav langtidssikkerhet, ikke graves ut før alt er klart for støping av landkarfundamentene. Dette gjøres for at gropa skal stå åpen kortest mulig tid. Det må fylles tilbake masser rundt fundamentene så snart de er støpt (se skisse bilag 20).
- Setninger** Ved landkarene vil belastningen fra brua gi en netto tilleggsspenning på grunnen. For søylefundamentet vil det bli en netto avlastning når eksisterende jernbanefylling fjernes.
- Det er gjort et overslag over forventede setninger på grunnlag av erfaringsverdier for setningsparametre.
- Massene i grunnen består av lagdelt leire, med vanninnhold stort sett mindre enn 20%, og silt. Det valgt å benytte en plastisk regnemodell og et midlere modultall m=40.

Beregninger med de valgte verdier gir setninger i området 2,5 - 3 cm for søndre landkar og 1 - 2 cm for nordre landkar. Erfaringsmessig blir setningene vanligvis noe mindre enn beregnet.

Selv om det antas at søylefundamentet ikke vil få setninger mener vi at differansesetningene vil bli akseptable.

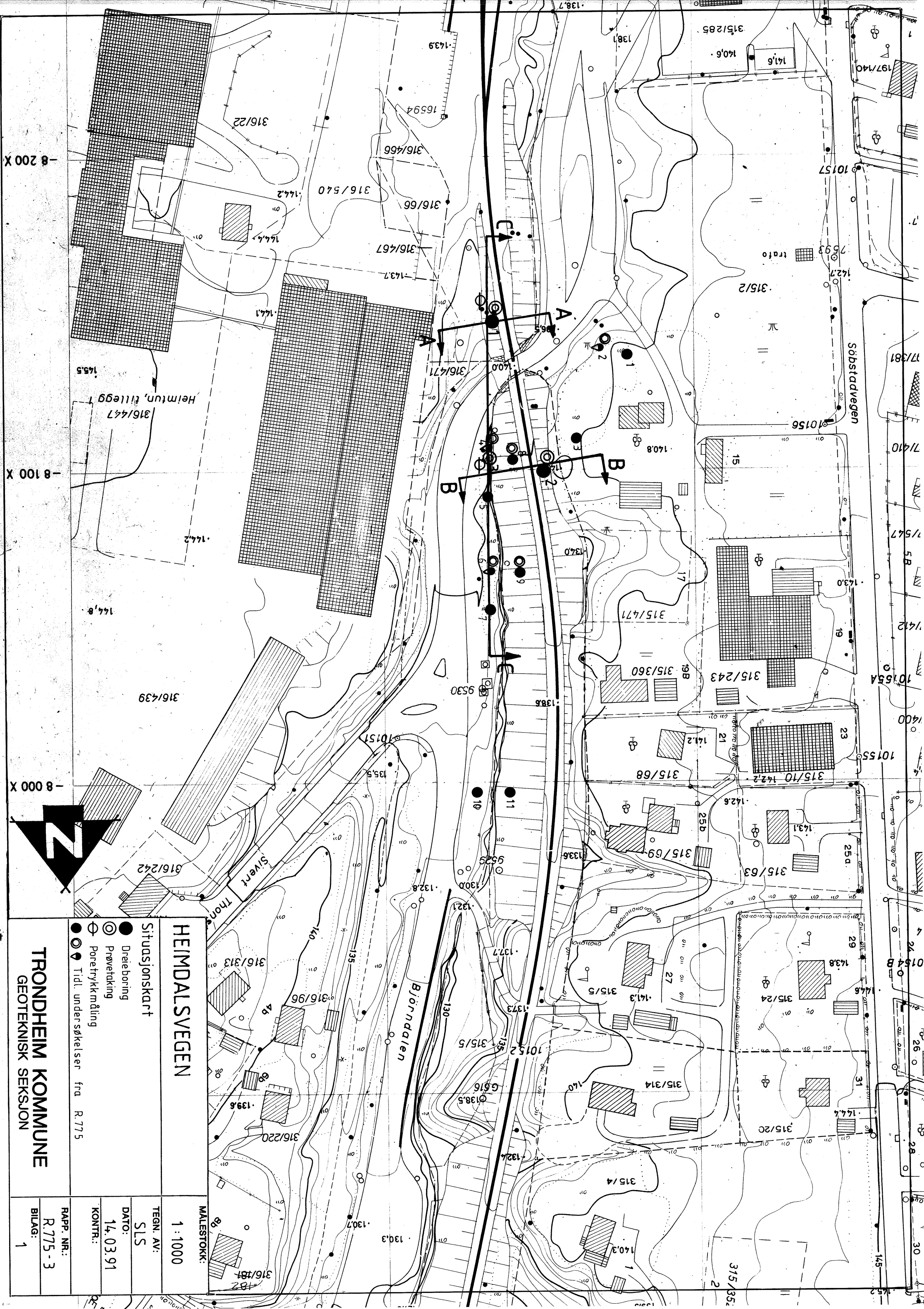
Slutt-
kommentar

Deler av arbeidet krever stor grad av nøyaktighet, og vi vil anbefale at det legges opp til god kontroll under anleggsarbeidet. Vi vil være behjelpelig med inspeksjon av fudamentgroper når de er ferdig utgravd.

PLANKONTORET
Geoteknisk seksjon


Kåre Sand


Rolf H. Røsand



HEIMDALSVEGEN

Situasjonskart

- Dreieboring
- Prøvetaking
- ⊕ Poretrykkmåling
- ⊙ Tidl. undersøkelser fra R.775

MALESTOKK:
1 : 1000

TEGN. AV:
SLS

DATO:
14.03.91

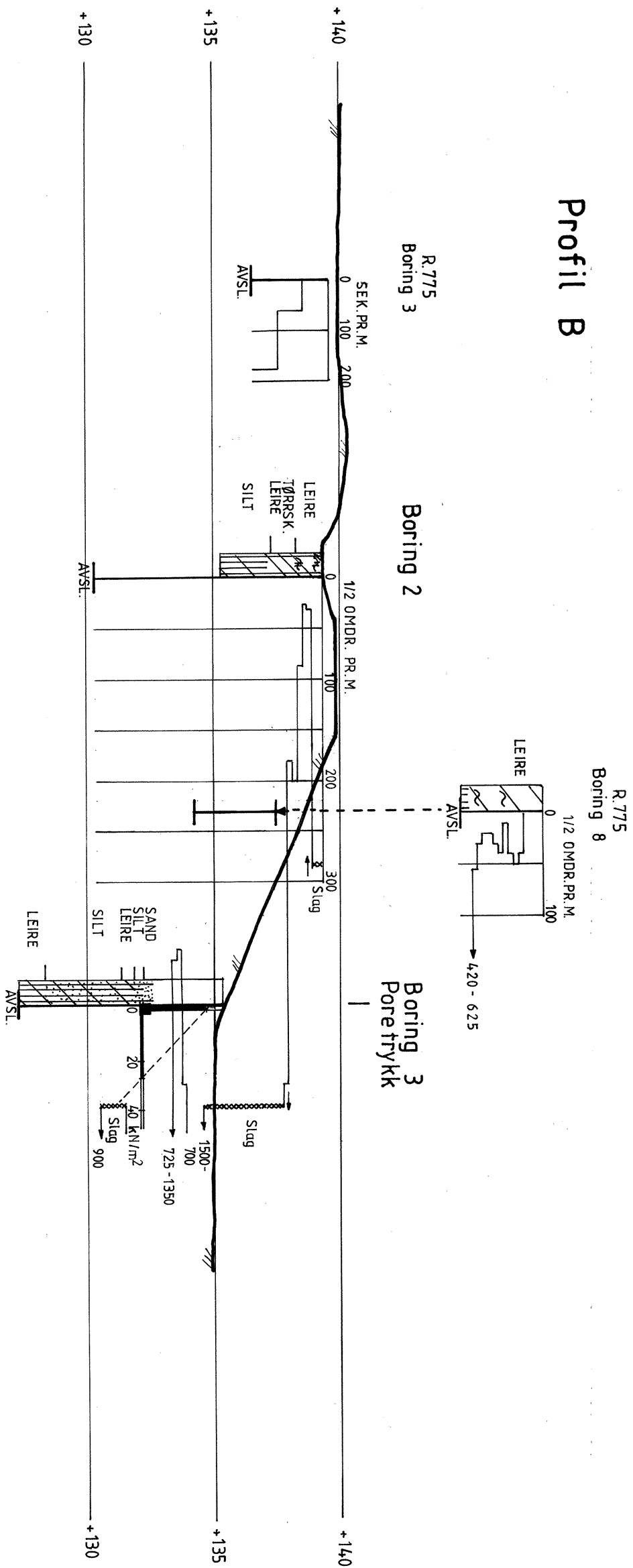
KONTR.:

RAPP. NR.:
R.775 - 3

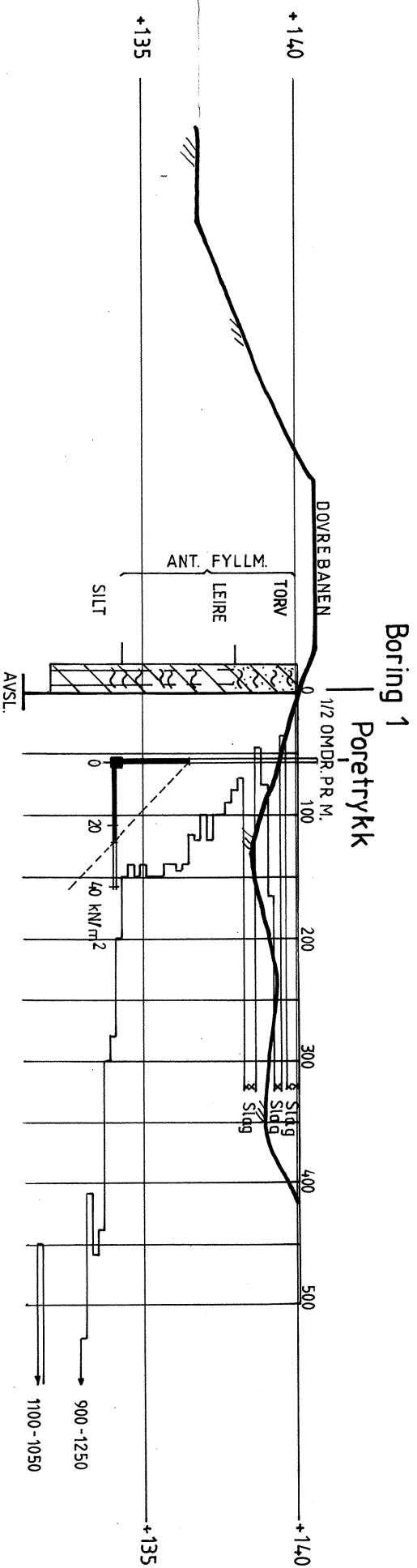
BILAG:
1

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

Profil B



Profil A



HEIMDALSVEGGEN

Profil med dreieboring-, poretrykk- og prøvetakingsresultat

Profil A og B

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

MALESTOKK:

1 : 200

TEGN. AV:

SLS

DATO:

20.03.91

KONTR.:

RAPP. NR.:

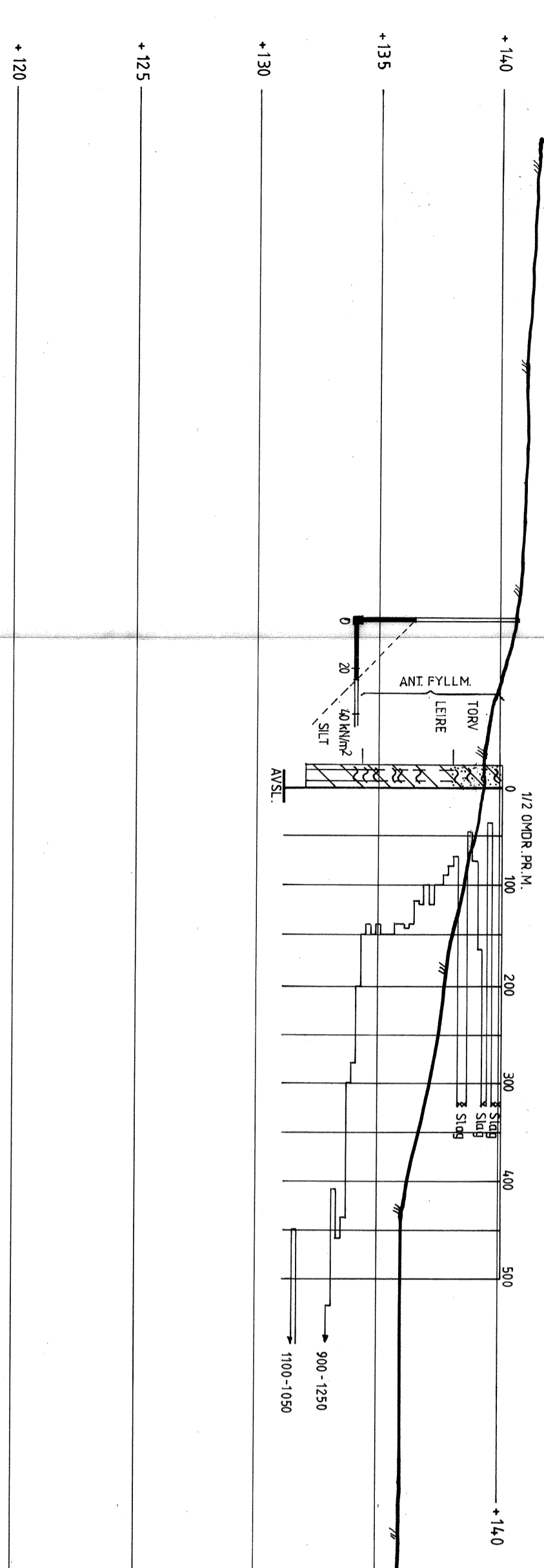
R.775-3

BILAG:

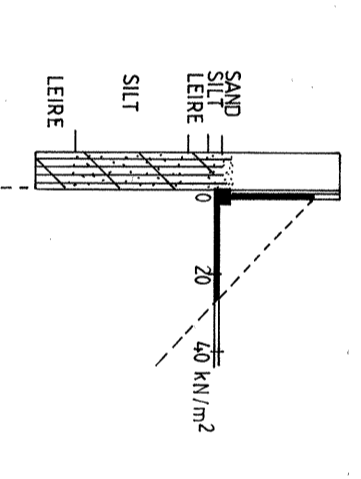
2

Profil C

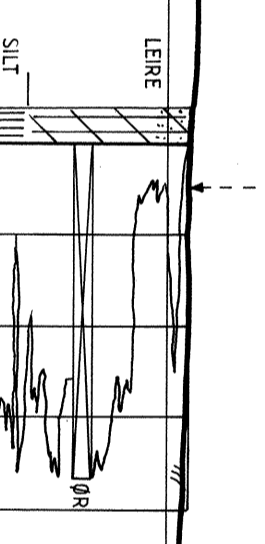
Boring 1
(trukket)



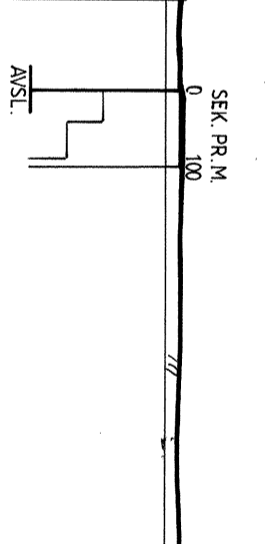
Boring 3



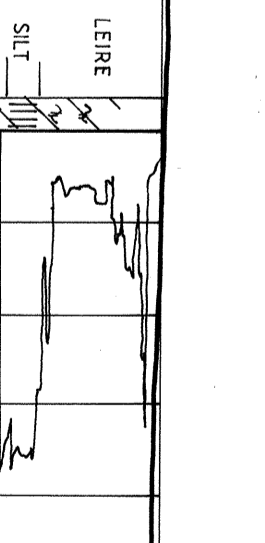
R.775
Boring 4



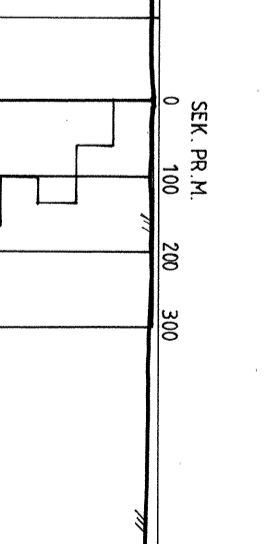
R.775
Boring 5



R.775
Boring 6



R.775
Boring 7



HEIMDALSVEGEN

Profil med bore- og prøvetakingsresultater

TEGN. AV: SLS

DATO: 19.04.91

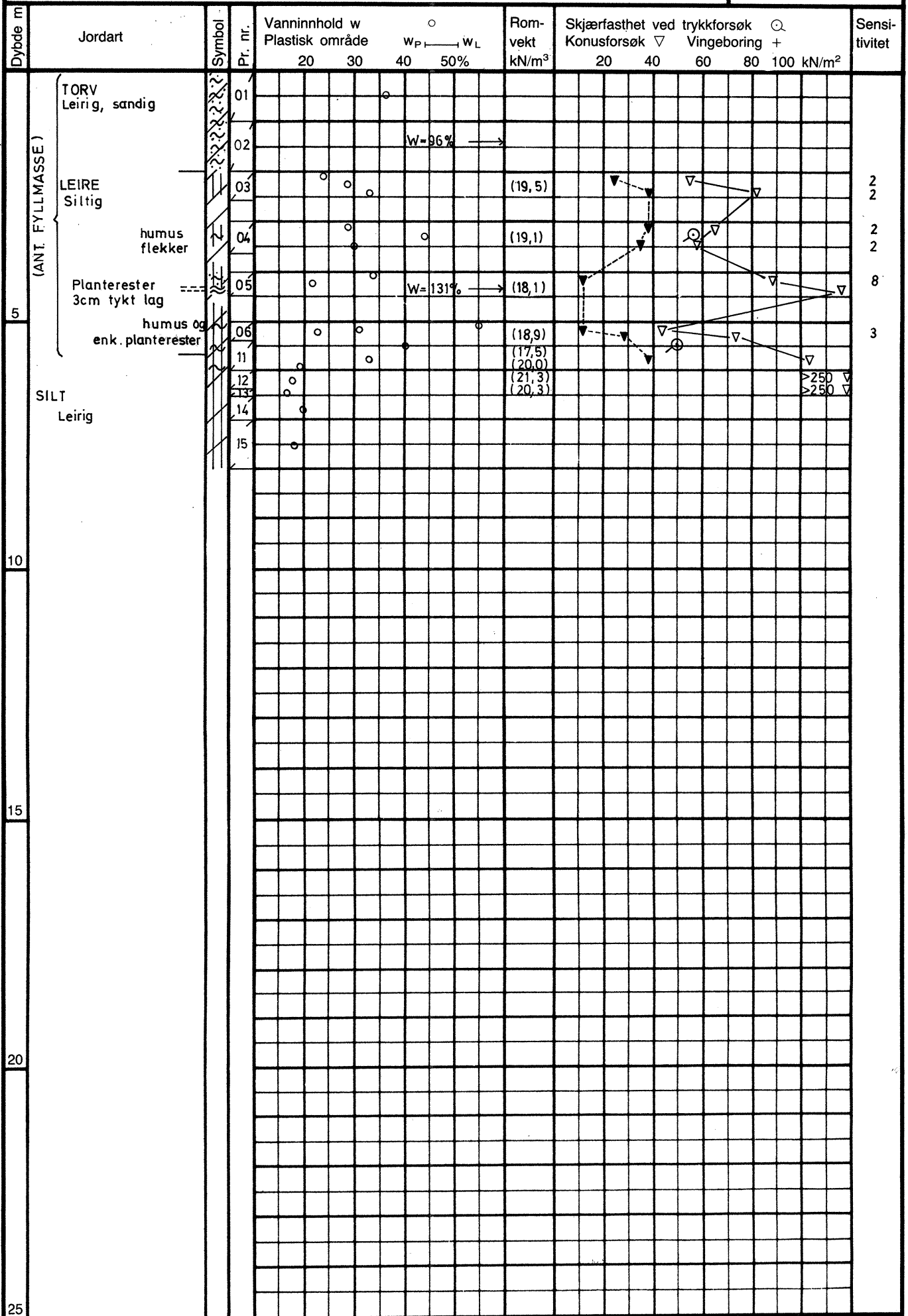
KONTR.:

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

MALESTOKK: 1:200

RAFP. NR.: R.775-3

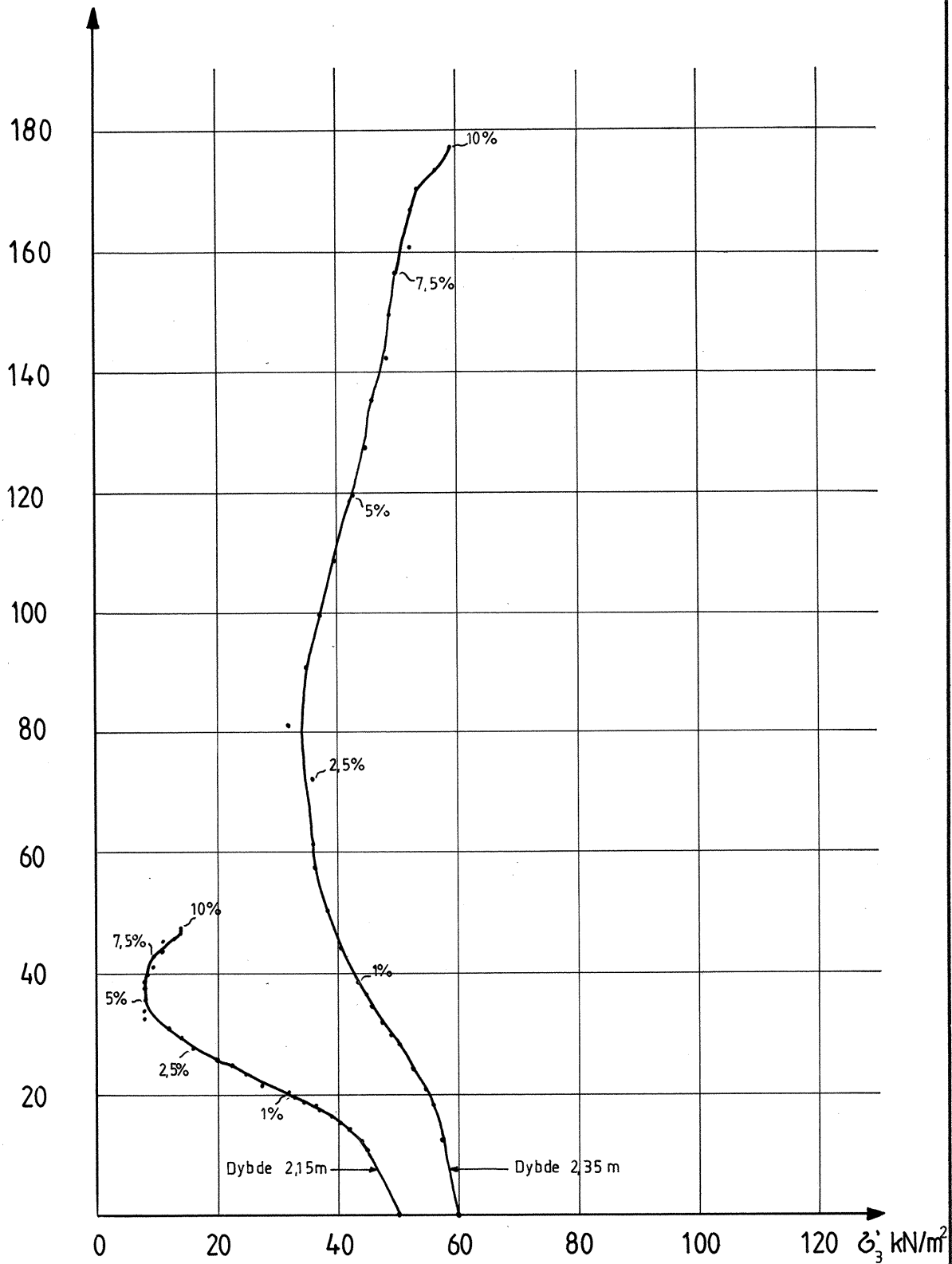
BILAG: 3



Dybde m	Jordart	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w				Romvekt kN/m ³	Skjærfasthet ved trykkforsøk					Sensitivitet
				Plastisk område		w _p — w _L			Konusforsøk ∇		Vingeboring +			
				20	30	40	50%	20	40	60	80	100	kN/m ²	
07	LEIRE siltig noe matjord	2												
08	TØRRSKORPELEIRE siltig	3												
09	SILT leirig	4												
10														
5														
10														
15														
20														
25														

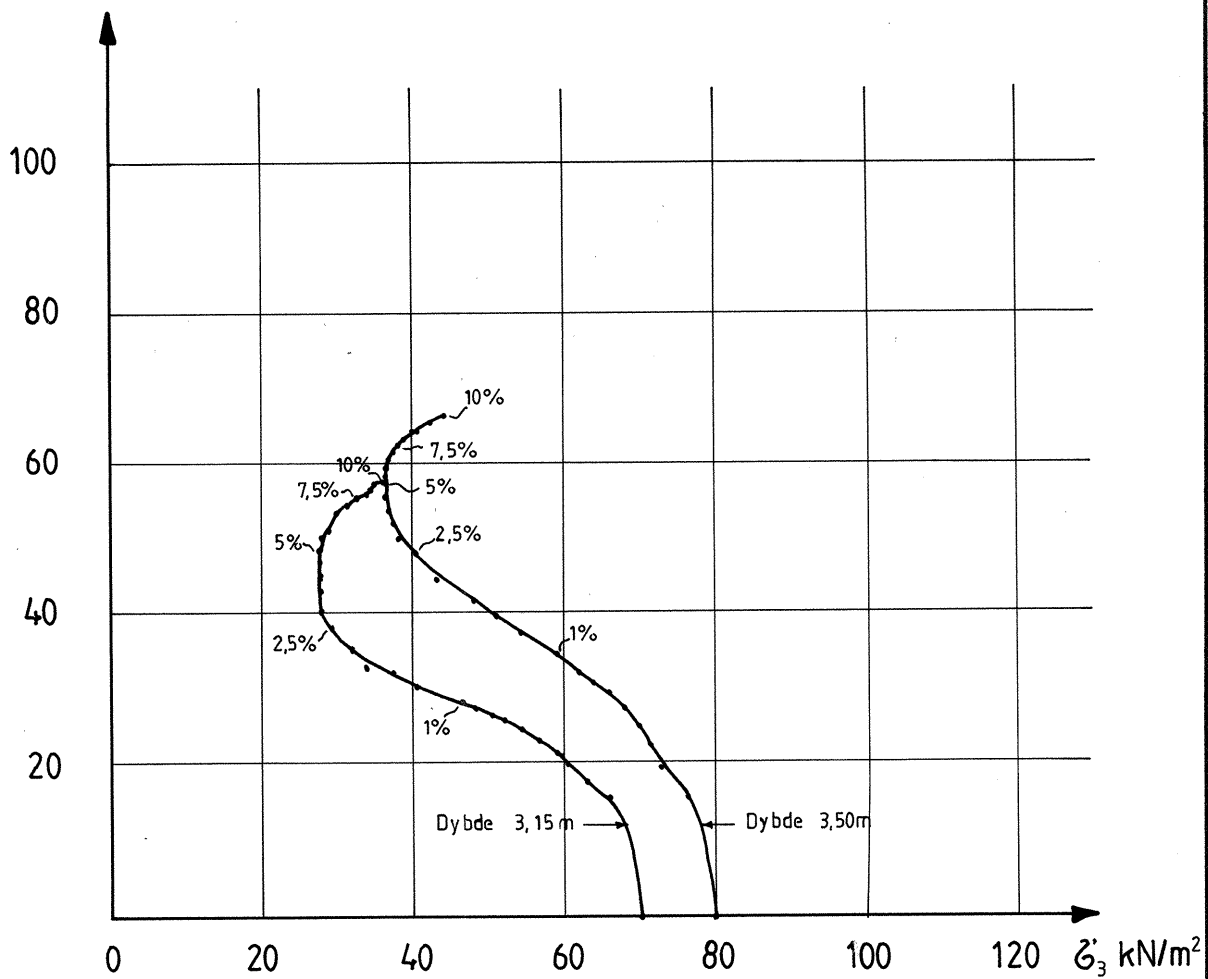
Dybde m	Jordart	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w				Romvekt kN/m ³	Skjærfasthet ved trykkforsøk				Sensitivitet	
				Plastisk område		W _p → W _L			Konusforsøk ∇		Vingeborring +			
				20	30	40	50%		20	40	60	80	100	kN/m ²
5	SAND fin/middels siltig		16											
	SILT, finsandig		17											
	LEIRE, siltig		18											
			19											
			20											
10	SILT finsandig / leirig		21											
	LEIRE siltig		22											
15														
20														
25														

$1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$
kN/m²



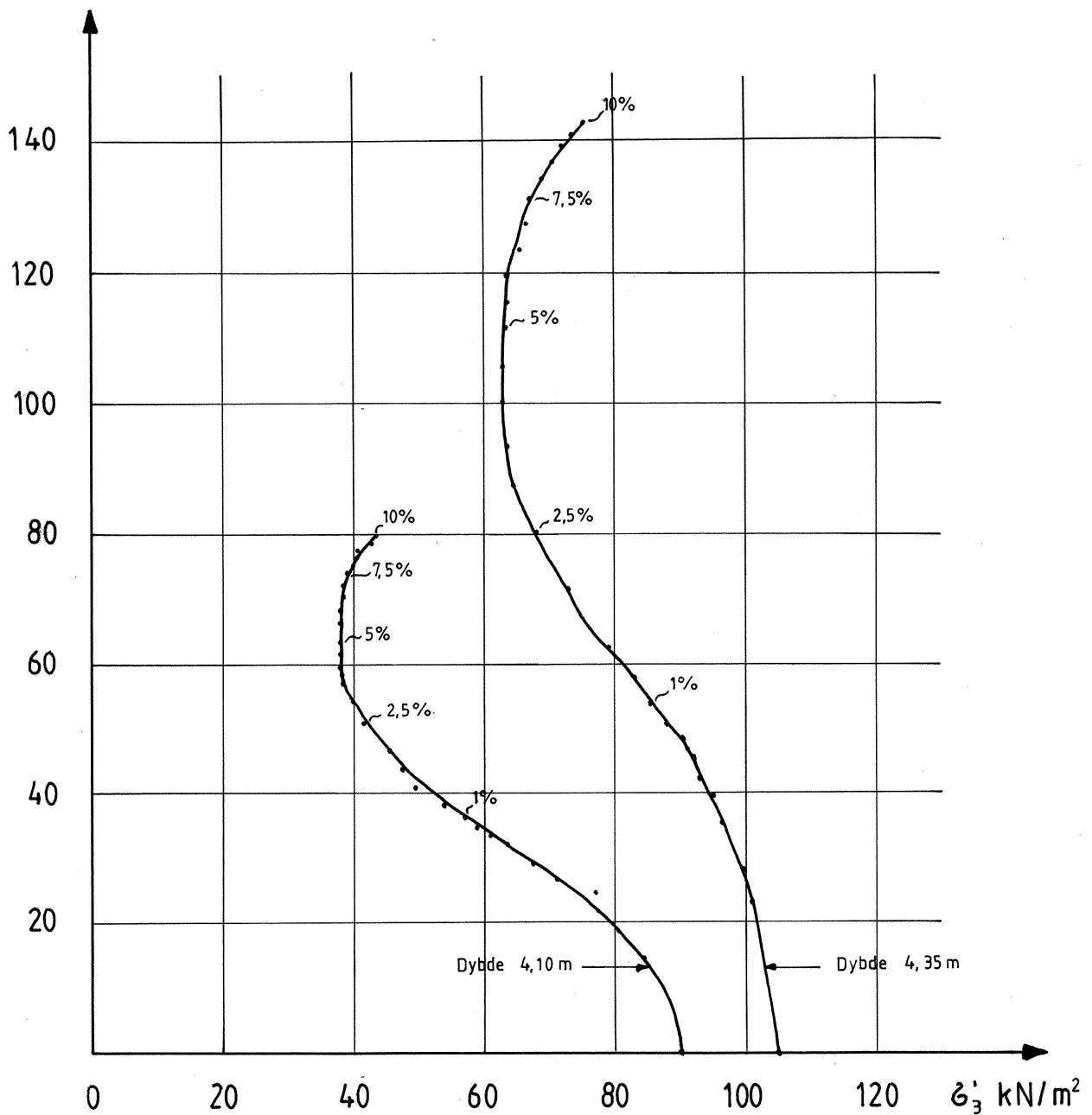
TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON	HEIMDALSVEGEN	MÅLESTOKK	
	Treaksialforsøk	TEGNET AV	RAPP NR.
	Boring 1, dybde 2,15 m og 2,35 m	SLS	R 775-3
		DATO	BILAG
		28.02.91	7

$1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$
kN/m²

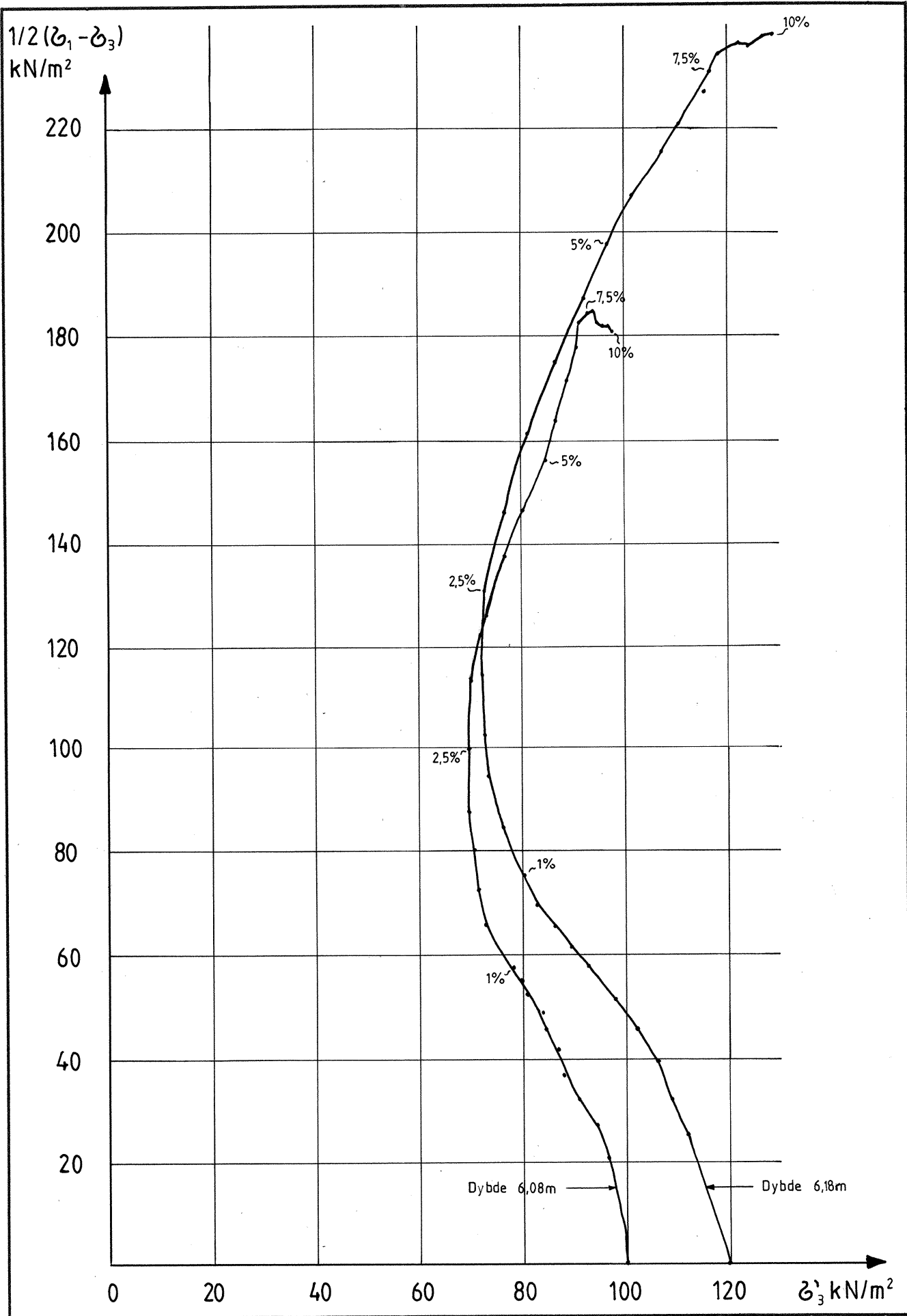


TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON	HEIMDALSVEGEN	MÅLESTOKK	
	Treaksialforsøk	TEGNET AV	RAPP NR.
	Boring 1, dybde 3,15m og 3,50m	KT, SLS	R.775-3
		DATO	BILAG
		28.02.91	8

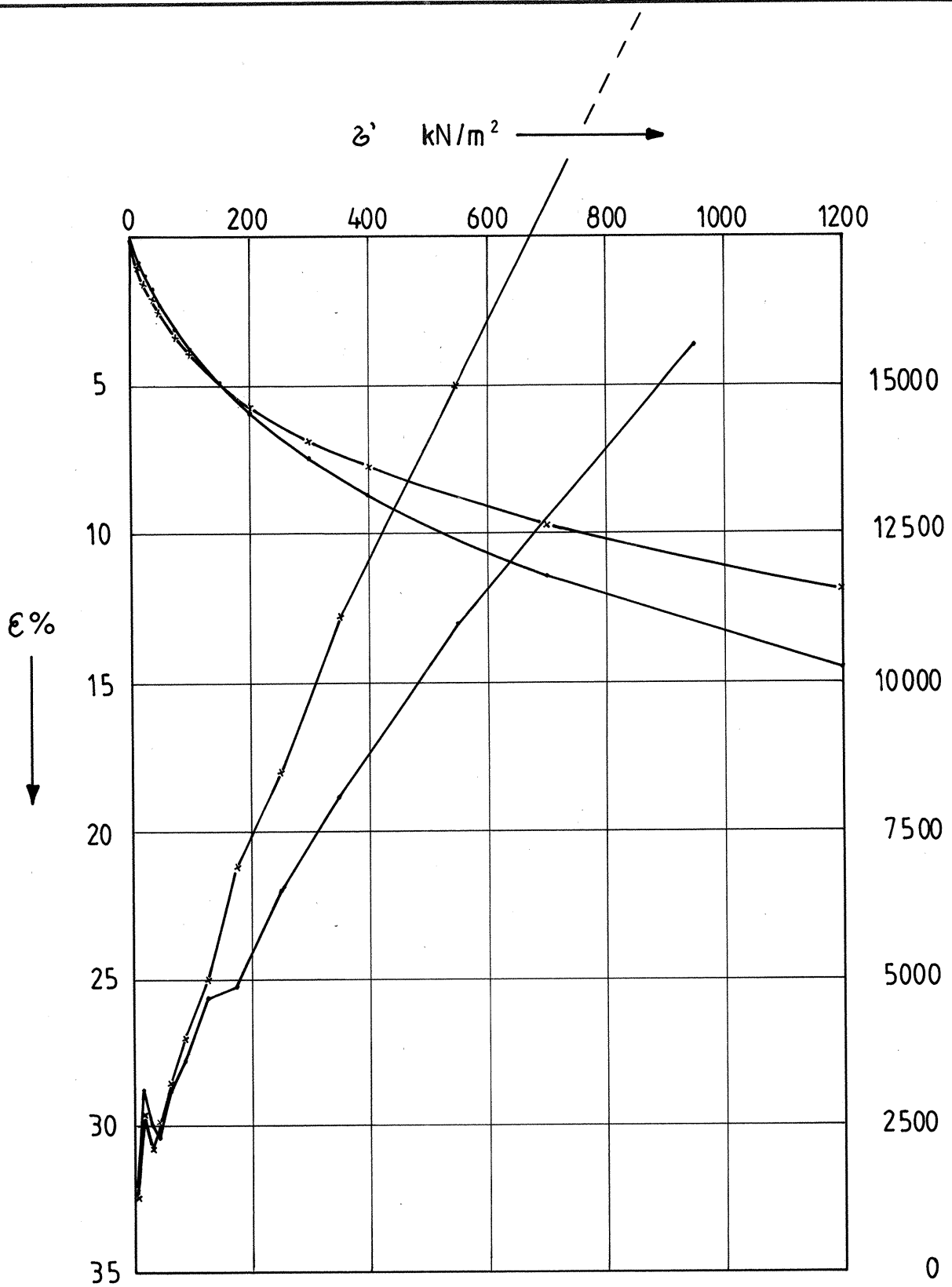
$1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$
kN/m²



TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON	HEIMDALSVEGEN	MÅLESTOKK	
	Treaksialforsøk	TEGNET AV	RAPP NR.
	Boring 1, dybde 4,10m og 4,35m	KT, SLS	R.775-3
		DATO	BILAG
		28.02.91	9



TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON	HEIMDALSVENEN	MÅLESTOKK	
	Treaksialforsøk	TEGNET AV	RAPP NR.
	Boring 1, dybde 6,08 m og 6,18 m.	SLS	R.775-3
		DATO	BILAG
		14.03.91	10



TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON	HEIMOALSVEGEN		MÅLESTOKK	
	Ødometer forsøk		TEGNET AV	RAPP NR.
	Boring 1, dybde 2,45 m og 3,25 m		SLS	R.775-3
		DATO	BILAG	
		04.03.91	11	



**GEOTEKNISK SEKSJON
TRONDHEIM KOMMUNE**

STED: HEIMDALSVEN
Boring 1

Oppdragsgiver:

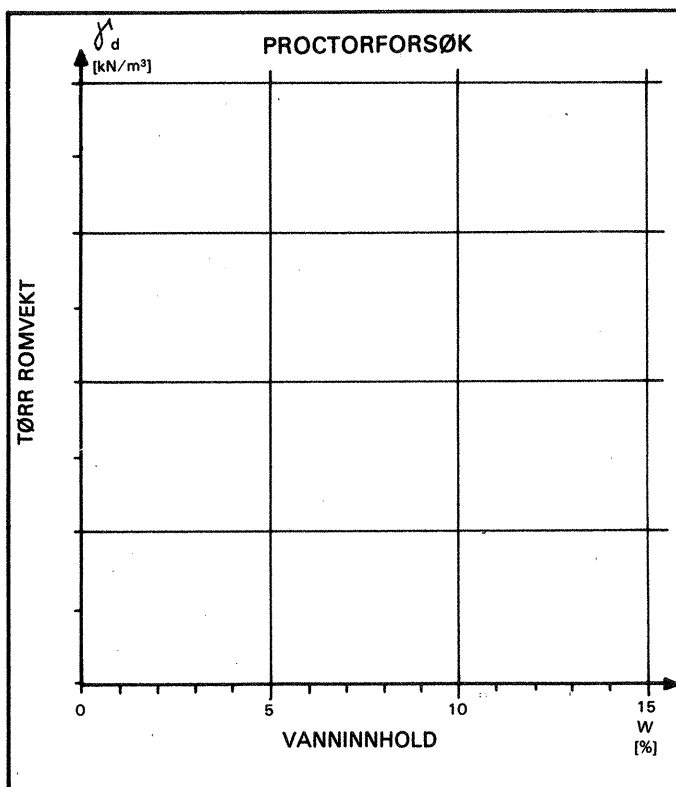
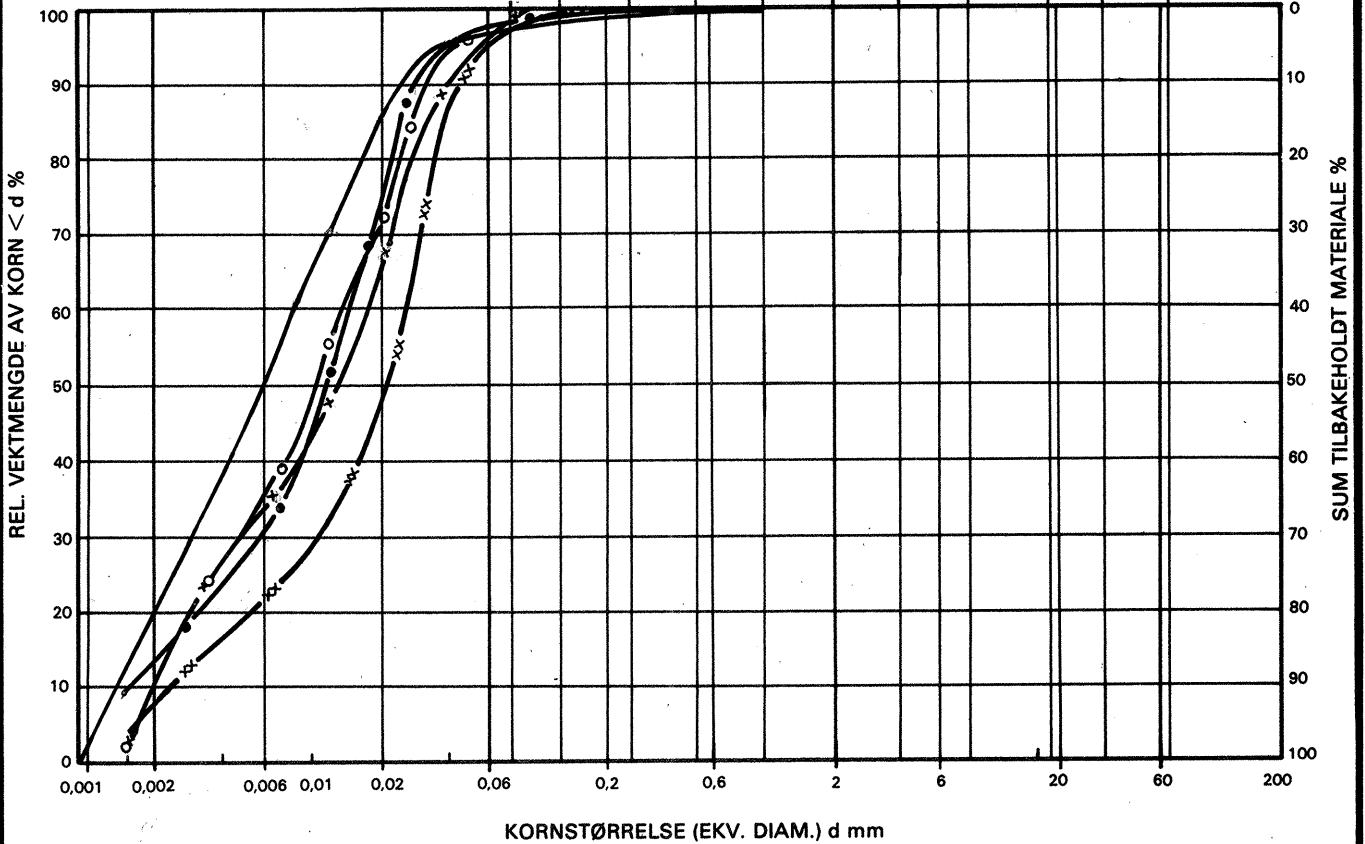
Dato: 08.03.91

Rapport nr.: R.775-3

Sign.: KT, SLS

Bilag: 12

LEIR			SILT			SAND			GRUS			STEIN				
	Fin	Middels	Grov		Fin	Middels	Grov		Fin	Middels	Grov					
				0,075	0,125	0,25	0,5		1,0	2,0	4,0	8,0	19	31,5	6,3	mm



SYMBOL	PRØVE	C _u
—	Boring 1 dybde 2,25m	
—●—●—	Boring 1 dybde 5,35m	
—○—○—	Boring 1 dybde 6,0-6,4m	
—x—x—	Boring 1 dybde 6,4-6,5m	
—xx—xx—	Boring 1 dybde 6,5-7,0m	

MERKNAD



**GEOTEKNISK SEKSJON
TRONDHEIM KOMMUNE**

STED: HEIMDALSVEGEN
Boring 2

Oppdragsgiver:

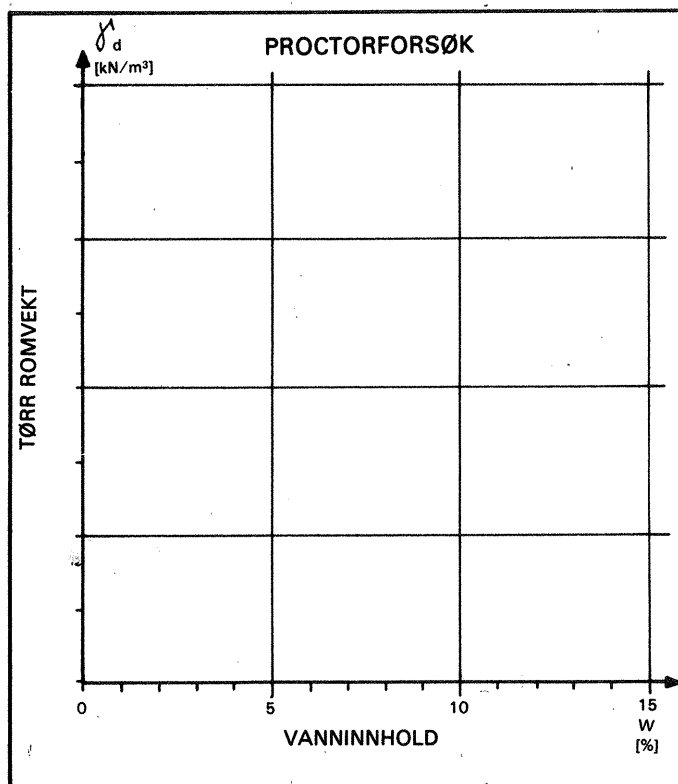
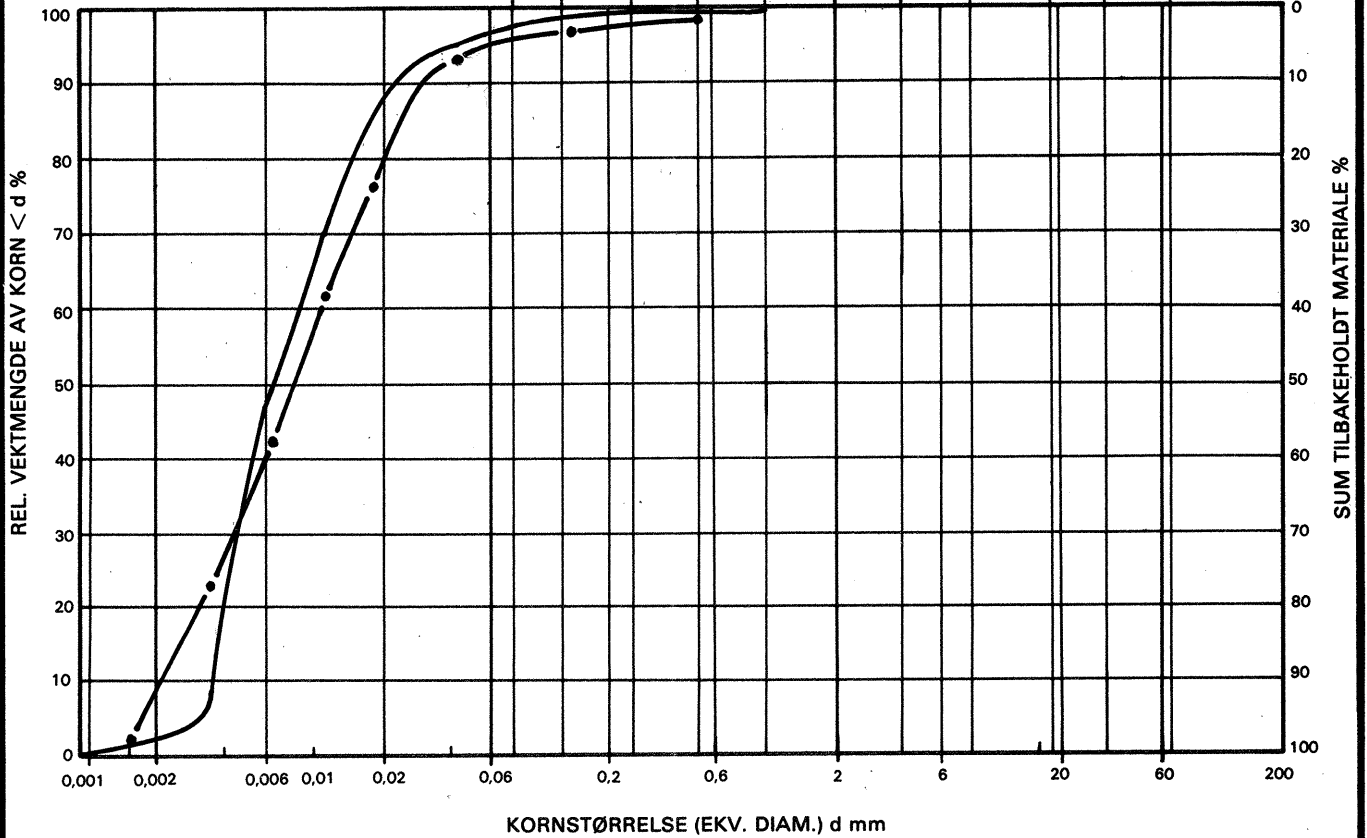
Dato: 08.03.91

Rapport nr.: R.775-3

Sign.: KT, SLS

Bilag: 13

LEIR			SILT			SAND			GRUS			STEIN					
Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov						
						0,075	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	19	31,5	6,3	mm



SYMBOL	PRØVE	C_u
—	dybde 2-3m	
-●-	dybde 3-4m	
-○-		
-x-		
BESKRIVELSE AV MATERIALET		
MERKNAD		



**GEOTEKNISK SEKSJON
TRONDHEIM KOMMUNE**

STED: HEIMDALSVENEN
Boring 3

Oppdragsgiver:

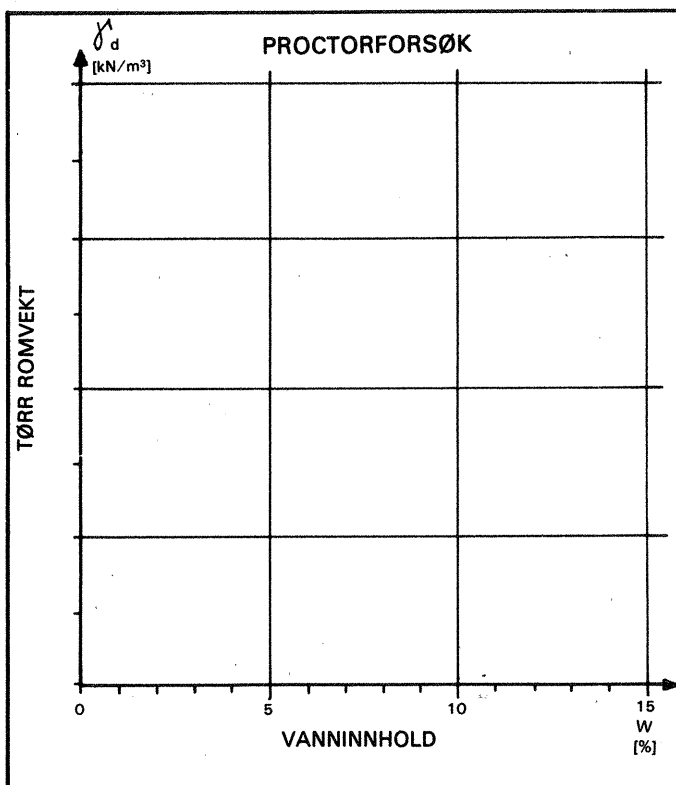
Dato: 18.03.91

Rapport nr.: R.775-3

Sign.: KT, SLS

Bilag: 14

LEIR			SILT			SAND			GRUS			STEIN					
Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov						
						0,075	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0	19	31,5	6,3	mm



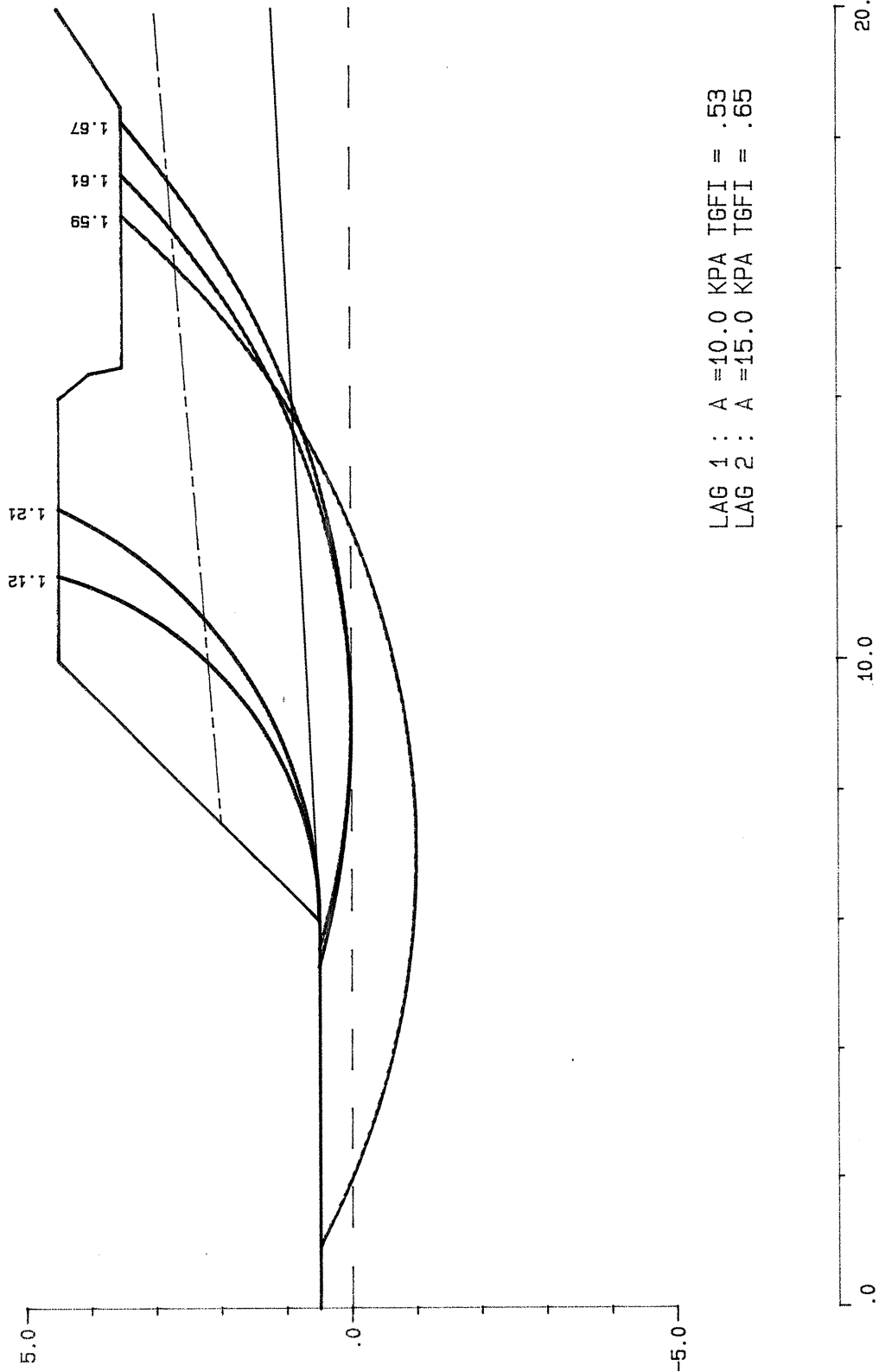
SYMBOL	PRØVE	C _u
—	Dybde 2,80-3,15m	
—●—●—	Dybde 3,50-4,0m	
—○—○—	Dybde 5,0-6,0m	
—x—x—	Dybde 7,0-8,0m	

BESKRIVELSE AV MATERIALET

MERKNAD

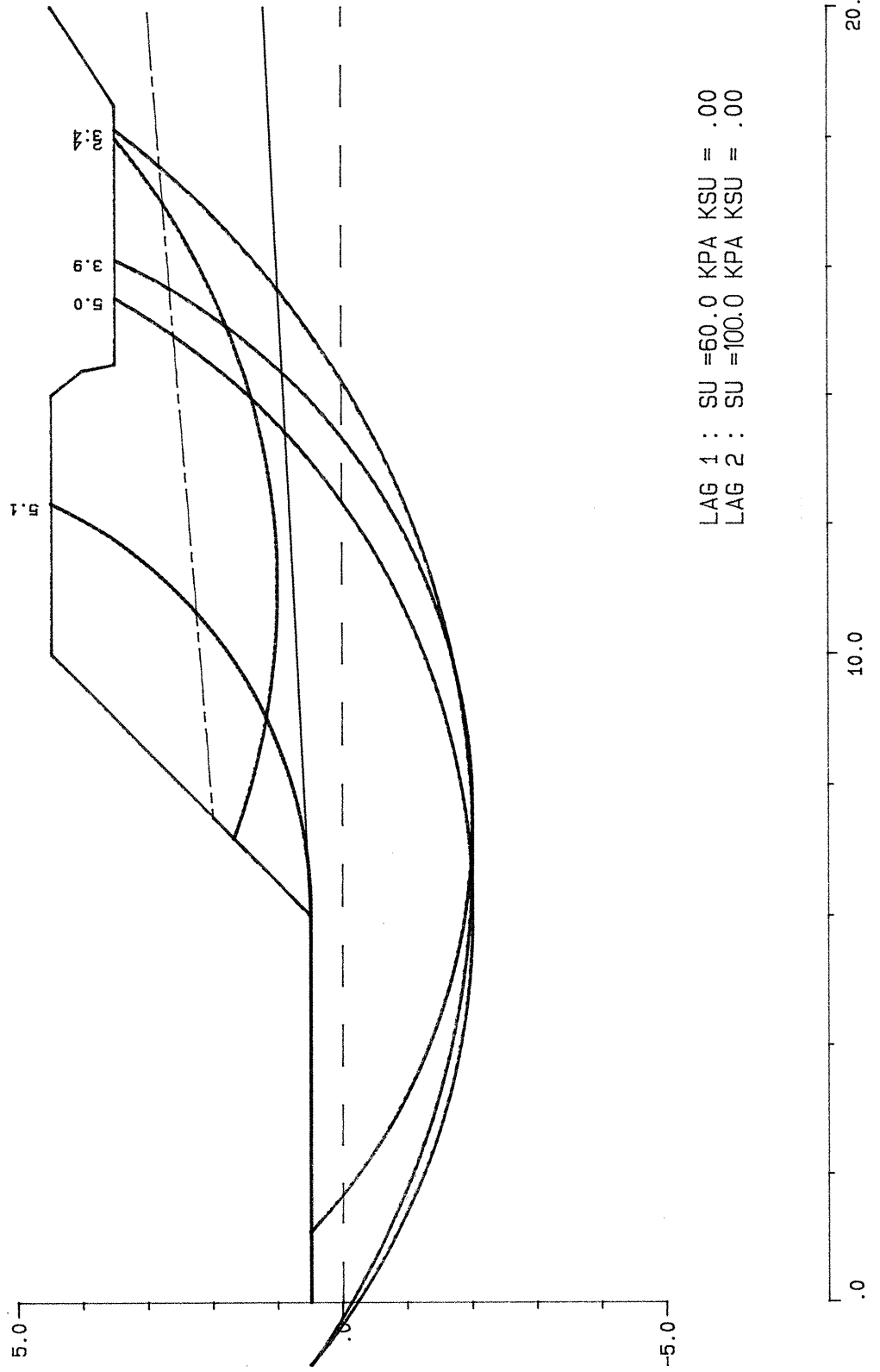
FUNDAMENT FOR INTERIMSBRU. A-FI ANALYSE
oppdragsnr.: R.775-3 profil : FUNDAMENT INTER målestokk : M=1: 100

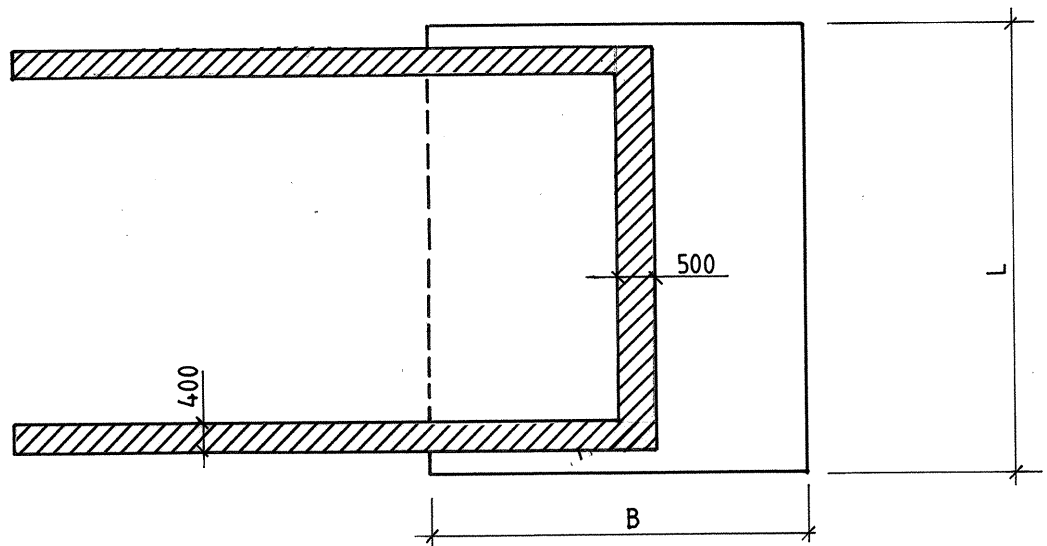
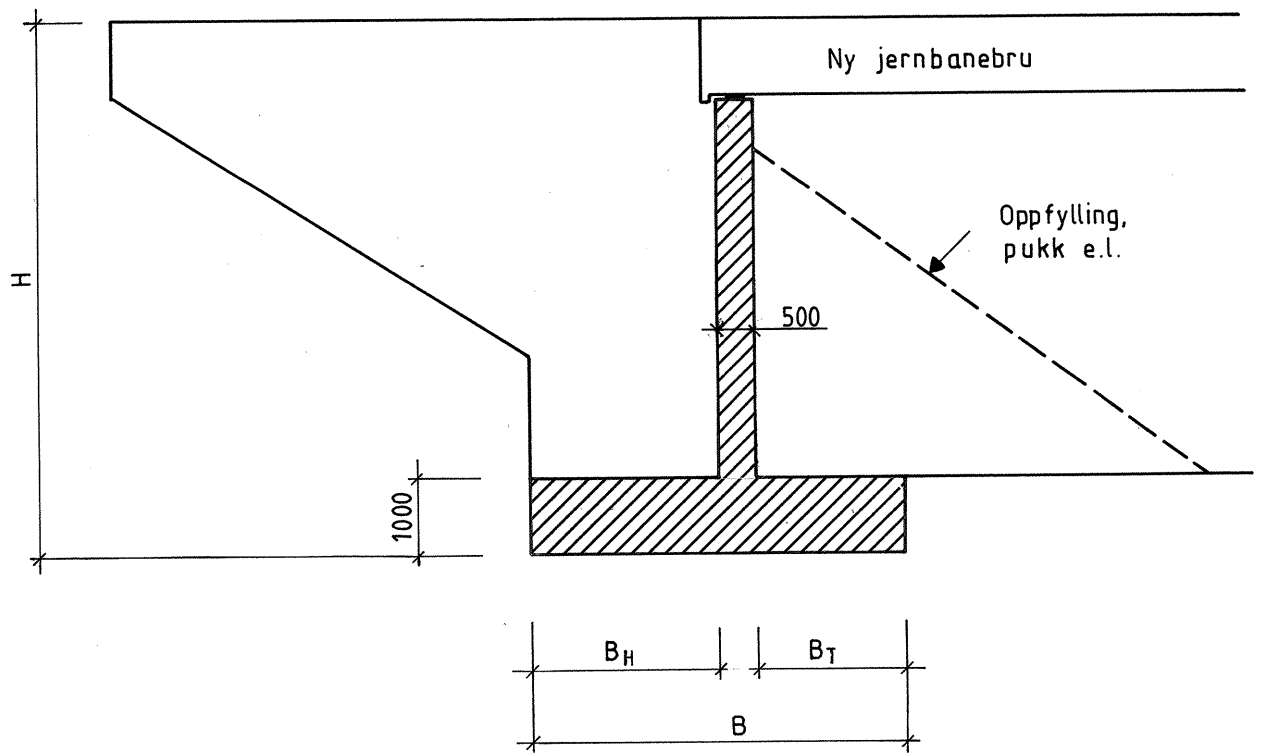
LAST : 143.0 KPA



FUNDAMENT FOR INTERIMBRU. Su-ANALYSE
oppdragsnr.: R.775-3 profil : FUNDAMENT INTER målestokk : M=1: 100

LAST : 143.0 KPA





Nødvendig dimensjon på landkar (m) :

	H	L	B	B _H	B _T
Søndre landkar	7,0	6,0	5,5	2,0	3,0
Nordre landkar	5,5	6,0	3,5	1,7	1,3

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

HEIMDALSVEGEN

Prinsippskisse landkar

MÅLESTOKK

1:100

TEGNET AV

RHR, SLS

RAPP NR.

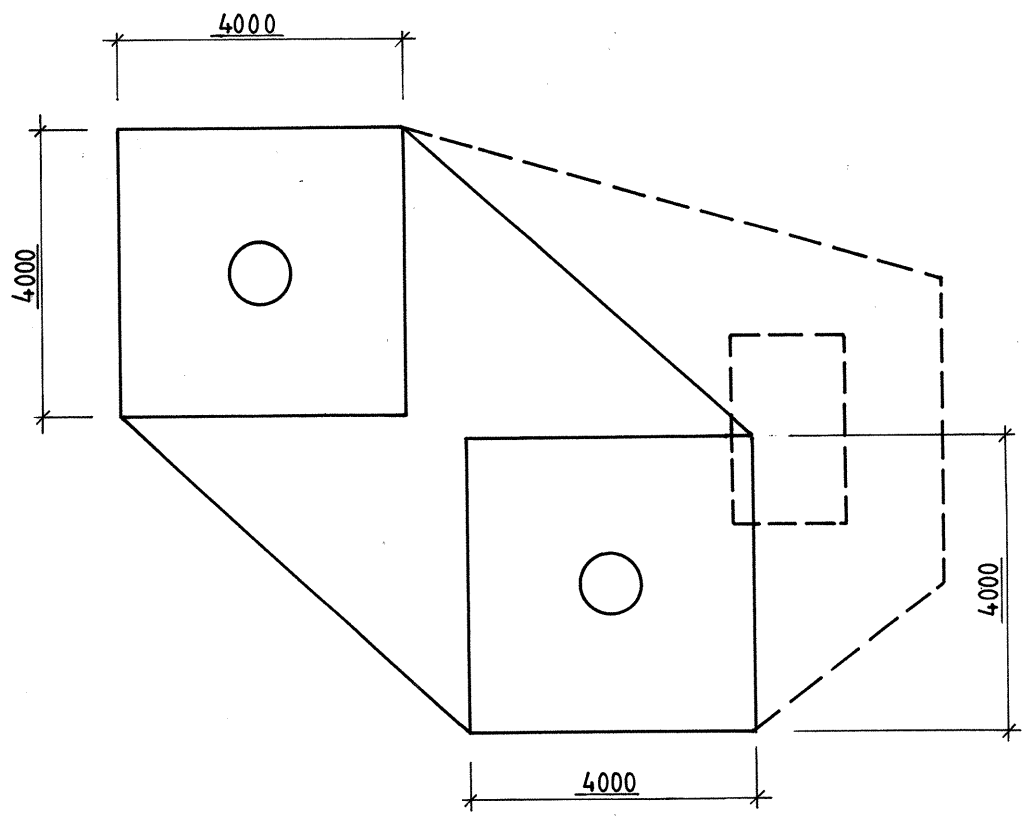
R.775-3

DATO

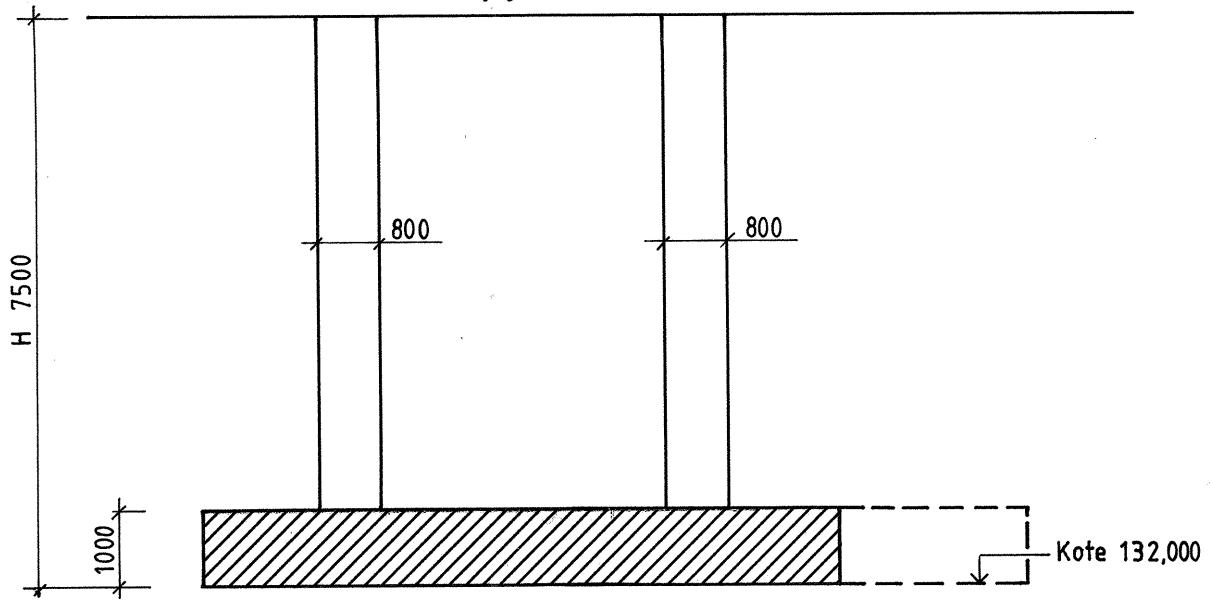
30.04.91

BILAG

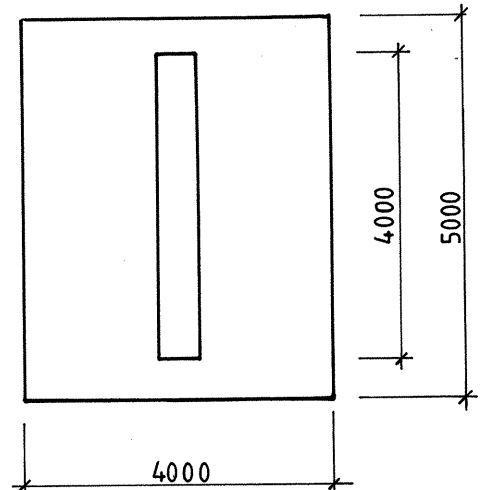
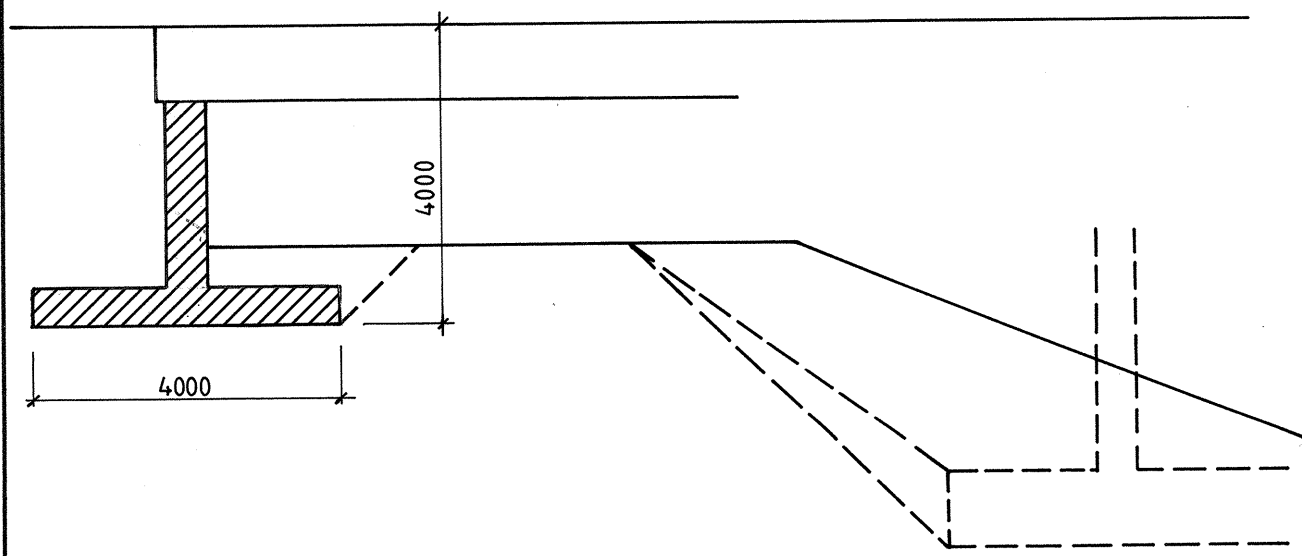
17



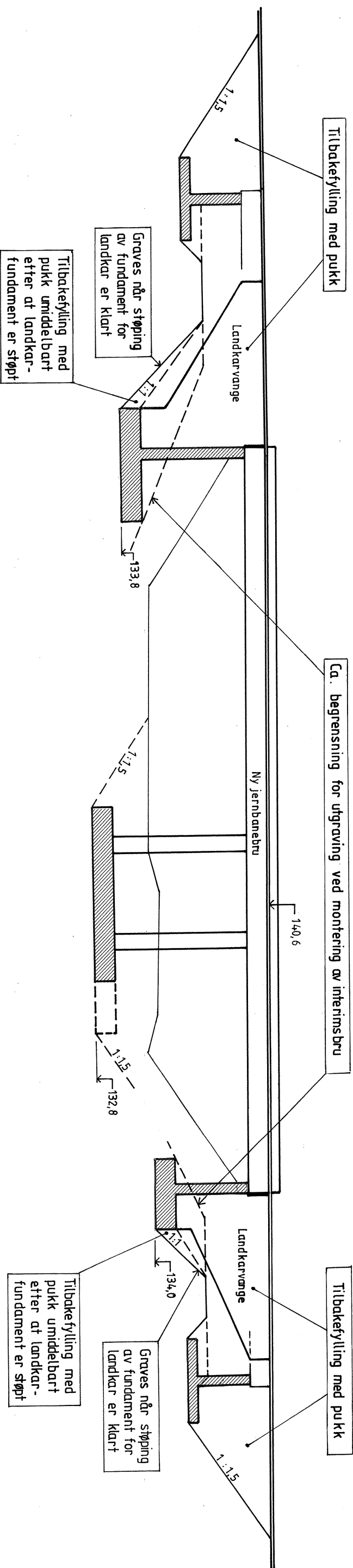
Ny jernbanebru



TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON	HEIMDALSVENEN	MÅLESTOKK 1 : 100	
	Prinsippskisse søylefundament	TEGNET AV RHR, SLS	RAPP NR. R.775-3
		DATO 02.05.91	BILAG 18



TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON	HEIMDALSVENEN	MÅLESTOKK 1:100	
	Prinsippskisse fundament - interimbru	TEGNET AV RHR, SLS	RAPP NR. R.775-3
		DATO 02.05.91	BILAG 19



HEIMDALSVEGEN
Lengdeprofil

MALESTOKK: 1 : 200
TEGN. AV: RHR, SLS
DATO: 02.05.91
KONTR.:

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

RAPP. NR.: R.775 - 3
BILAG: 20