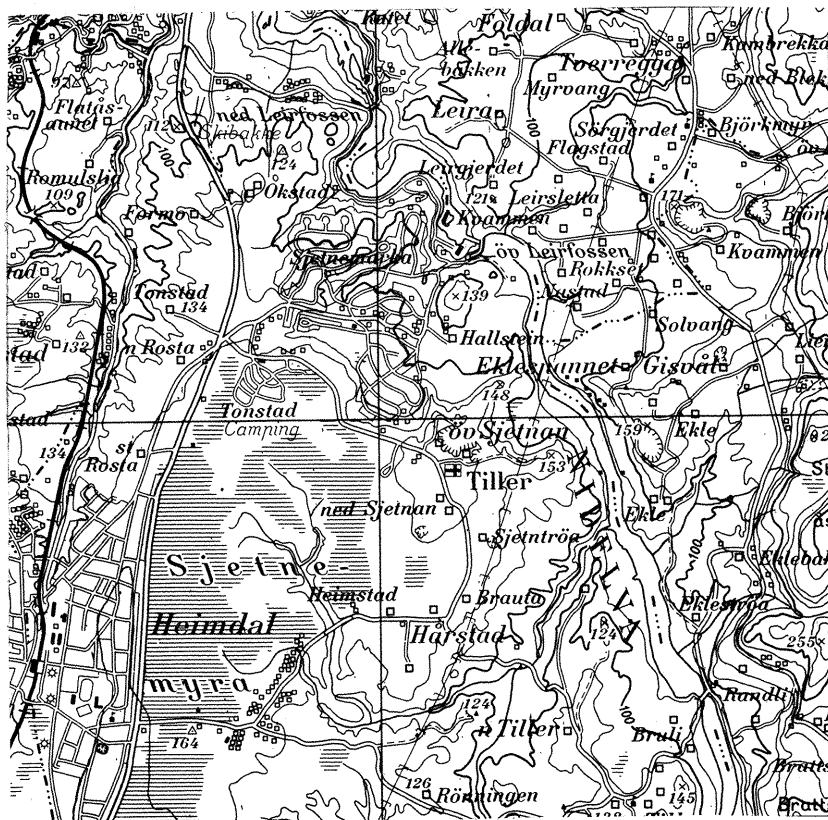


R.540 UTBYGGINGSOMRÅDE KVETABEKKEN- TILLER BRU

GRUNNUNDERSØKELSER
GEOTEKNISK VURDERING



9. 10.. 80
GEOTEKNISK SEKSJON
PLANKONTORET, TRONDHEIM KOMMUNE

R 540 UTBYGGINGSOMRÅDE KVETABEKKEN-TILLER BRU

1. INNLEDNING

Etter oppdrag fra Plankontoret v/plankoordinator Kvamme har vi utført grunnundersøkelser på et område på vestsida av Nidelva ved Tiller bru, regulert fæl planlagt rørforskningsprosjekt for to-fase strømning av olje og gass.

Våre undersøkelser er konsentrert langsto profiler i den midtre del av det ca 650 m lange utbyggingsområdet.

Det tas i denne rapporten sikte på å klarlegge grunnforholdene samt gi en vurdering av stabilitetsforholdene for den framstikkende terrengryggen i dette området (kfr. situasjonskart i bilag 1).

Resten av det planlagte industriområdet er undersøkt og vurdert av rådg.ing. Kummeneje, og resultatet av denne undersøkelse er gitt i hans rapport O.3298.

2. SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Grunnen i den fremspringende terrengrygg som her er undersøkt, består øverst av et sandlag som ved toppen er opptil ca 15 m tykt, og med avtakende mektighet nedover skråningen. Nede på selve utbyggingsområdet er grunnen noe uregelmessig men består stort sett av sand øverst. I dybden består grunnen av marin leire under hele området. Under toppen av ryggen indikerer boringene et 8 - 10 m tykt kvikkleirelag ca 15 - 20 m under terreng. Dette laget gjenfinnes ikke under utbyggingsområdet ved elva, og må antas å forsvinne lenger oppe i skråningen. Tidligere boringer tyder på større forekomster av kvikkleire under hele høydedraget fra Tillerekra sørover til den tidligere skredgropa ved Tiller.

Prosjektet opplyses å medføre et sammenhengende platå på ca kote 80 og med bredde ca 25 m, som vil skjære seg noe inn i den undersøkte terrengrygg. Våre stabilitetsundersøkelser viser at et visst terrenginngrep i skråningen er forsvarlig, men må ikke overskride de inngrep som er forutsatt ved våre stabilitetsberegninger, bilag 2. Det må forutsettes at prosjektet gis en utforming som medfører minst mulig inngrep i skråningen på dette parti, som stabilitetsmessig er det mest utsatte på området.

Vi forutsetter å bli forelagt til kontroll den ønskede plassering før denne blir endelig fastlagt.

3. UTFØRTE GRUNNUNDERSØKELSER

Markarbeidet er utført i tiden 21.3 - 8.5.80 under ledelse av våre boretformenn Jacob Vårum og Per Dyrdal. Det er utført sonderboringer med dreieborspiss til dybder 20 - 30 m i 9 punkter merket 1 - 9 på situasjonsplanen i bilag 1.

I profil I er det tidligere sonderboret i 2 punkter, merket 1B og 7 (0.2279) på situasjonsplanen. I sisnevnte punkt er også tidligere tatt opp uforstyrrede prøver. I hull 1B, 2, 6 og 7 er det for denne

undersøkelsen tatt opp uforstyrrede prøver med NGI 54mm stempelprøvetaker til dybder hhv. 10, 24, 18 og 21 m, i alt 48 prøver. Vi har delvis hatt bistand fra rådg.ing. Kummeneje til dette, da det viste seg vanskelig å komme gjennom de øvre lag av friksjonsmasser med vårt manuelle utstyr.

I hull 1B og 6 er det satt ned piezometre for å bestemme grunnvannstanden.

Samtlige borpunkter er stukket ut i marken av oss, og terrengprofilene er tatt opp på grunnlag av kart.

Laboratoriearbeidet er utført under ledelse av laborant F. Frantzen. Førut åpning og klassifisering av prøvene er det gjort rutinebestemmelser av romvekt og vanninnhold. Den udrenerte skjærfasthet, S_u , er bestemt med konus og enkle trykkforsøk, og sensitiviteten er regnet ut på grunnlag av konusverdiene for uforstyrret og omrørt materiale. På prøver fra hull 2 og 7 er det kjørt udrenerte treaksialforsøk for bestemmelse av de effektive styrkeparametre a og $tg\phi$. På en del av prøvene er det utført kornfordelingsanalyse for å kunne gi en sikrere klassifisering.

4. TERRENG- OG GRUNNFORHOLD

Det undersøkte området utgjør et høydedrag som strekker seg fram mot Nidelva. Såvel nord som sør for denne ryggen tyder terrengformasjonene på at det tidligere har foregått rasvirksomhet. På sørsida vet en at dette har skjedd i nyere tid (Tillerraset tidlig på 1800-tallet). I høydedraget Tiller - Tillerekra og områdene lenger vest vet en at det fremdeles finnes store avsetninger med kvikkleire.

Grunnforholdene i terrengryggen er i hovedsak framstilt i terrengprofilene I og II i bilag 2. Området kan kort karakteriseres som avsetninger av elvetransporterte friksjonsmaterialer over marint avsatt leire.

De øvre lag av friksjonsmasser har sterkt variabel tykkelse og sammensetning, og mangler stedvis helt, som f.eks. ved hull 7 i profil II. På toppen av høydedraget, ved borpunktene 4 og 9 antas avsetninger av sand og grus å ha ca 15 m mektighet, ved sistnevnte borpunkt er det også tatt ut masser til nær 8 m dybde.

I skråningen ned mot det flatere partiet ved Nidelva viser prøvetakingene at mektigheten og graderingen av friksjonsmassene varierer sterkt, og lagdelingen i dette området er relativt uregelmessig og vanskelig å angi på grunnlag av de utførte undersøkelser. Et lag av tørrskorpe i sandavsetningen i hull 1B og et blandet og omrørt lag av finsand, silt og leire i hull 6 tyder på at det her tidligere er avsatt rasmasser som senere er overlagret av elvetransporterte sandmaterialer.

Poretrykkmålere som er satt ned i hull 1B og 6 til 5 m dybde viser poretrykk tilsvarende hydrostatisk trykk fra grunnvannstands nivå hhv. 3,2 og 4,7 m under terreng, altså i de antatte rasmassene.

Den marine leira i dybden har sterk variasjon i fasthet. Som det framgår av bilag 2 er det på grunnlag av sonderboringene 3, 4, 8 og 9 antatt kvikkleire under toppen av høydedraget. Kvikkleira har

god overdekning og ligger overalt mer enn 12 m under terrengnivå. Våre undersøkelser tyder på at kvikkleira "kiler ut" og forsvinner under det flatere terrengområdet innenfor boringene 2 og 7.

Leirmaterialet i undergrunnen er nærmere undersøkt i nedre del av profilene i hull 2, 6 og 7. Prøvene viser her middels fast til fast leire med S_u -verdier stort sett større enn 40 KN/m^2 . I hull 7 er påvist et ca 3 m tykt lag av sensitiv leire omkring dybde 10 m.

Når det gjelder detaljdata vedrørende de opptatte prøvene i hull 1B, 2, 6 og 7 vises til borprofilene i bilag 3 - 6 samt kornfordelingskurver for friksjonsmaterialene i bilag 7 - 10. Treaksialforsøk på leirprøver fra hull 2, 6 og 7 er framstilt og tolket i bilag 11 - 13.

4. STABILITET

a. Problemstilling

Det er ikke framlagt eksakte planer for utbyggingen av området, men det er opplyst at det må etableres et ca 25 m bredt "plata" i hele områdets lengde. Det er antydnet et planeringsnivå på ca kote +80. Dette vil i antydnet beliggenhet medføre en vertikal skjæringsdybde på opptil 4 - 5 m ved indre kant av plataet, og et betydelig skjæringsutslag oppover i skråningen. Det avgjørende spørsmål er om et slikt inngrep kan tenkes å sette opp så store spenninger i skråningen at det kan oppstå fare for utglidning. Dette spørsmål må sees i lys av det faktum at store mengder kvikkleire er påvist under høydedråget innenfor.

Stabilitetsspørsmålet vurderes på 2 måter, nemlig:

- Den lokale stabilitet, og
- områdets stabilitet (totalstabilitet).

Hvis den lokale stabilitet finnes å være betenkelig, må faren for at et mindre ras lokalt ved inngrepet kan forplante seg bakover og true hele området vurderes nøye.

Hvis den lokale stabilitet finnes betryggende vil det være tilstrekkelig med overslagsmessig vurdering av områdestabiliteten.

b. Stabilitetsberegninger

Stabilitetsberegningene er utført ved hjelp av de inntegnede glideflater i profil I og II i bilag 2. For lokalstabiliteten er beregnet sikkerhetsfaktor F mot utglidning langs sirkulær-sylindriske glideflater (1, 2 og 3).

For områdestabiliteten er det overslagsmessig beregnet nødvendig skjærstyrke for likevekt langs sammensatte glideflater (4 og 5). Beregningene er utført både for nåværende tilstand og med prosjektert terrenginngrep.

Beregningsforutsetninger:

$$\text{-Romvekt } \gamma = 20 \text{ KN/m}^3$$

- Poretrykk hydrostatisk fra inntegnet 0-linje
- Skjærfasthetsparametre

Leire:	$a = 20 \text{ KN/m}^2$,	$\text{tg } \varphi = 0,46$	$(24,7^\circ)$
Silt :	$a = 0$	$\text{tg } \varphi = 0,55$	$(28,8^\circ)$
Sand:	$a = 0$	$\text{tg } \varphi = 0,65$	$(33,0^\circ)$
- Skjæringshelning: $g: 1:3$.

Beregningsresultatene er vist i tabell, bilag 2.

Som det framgår av denne, senkes sikkerheten mot lokal utglidning fra 1,7 for nåværende situasjon til ca 1,5 med prosjektert inn-grep, dvs. en reduksjon på 10 - 12 %.

Når det gjelder områdestabiliteten, er det beregnet nødvendig udrenert skjærfasthet for likevekt på 58 KN/m^2 og nødvendig $\text{tg } \varphi = 0,35$ ($19,3^\circ$) for attraksjon $a = 0$.

c. Vudering av stabiliteten

Den beregnede sikkerhetsfaktor på ca 1,5 lokalt ved den prosjekterte skjæring kan ikke sies å være betenkelig lav, men bør heller ikke senkes ytterligere.

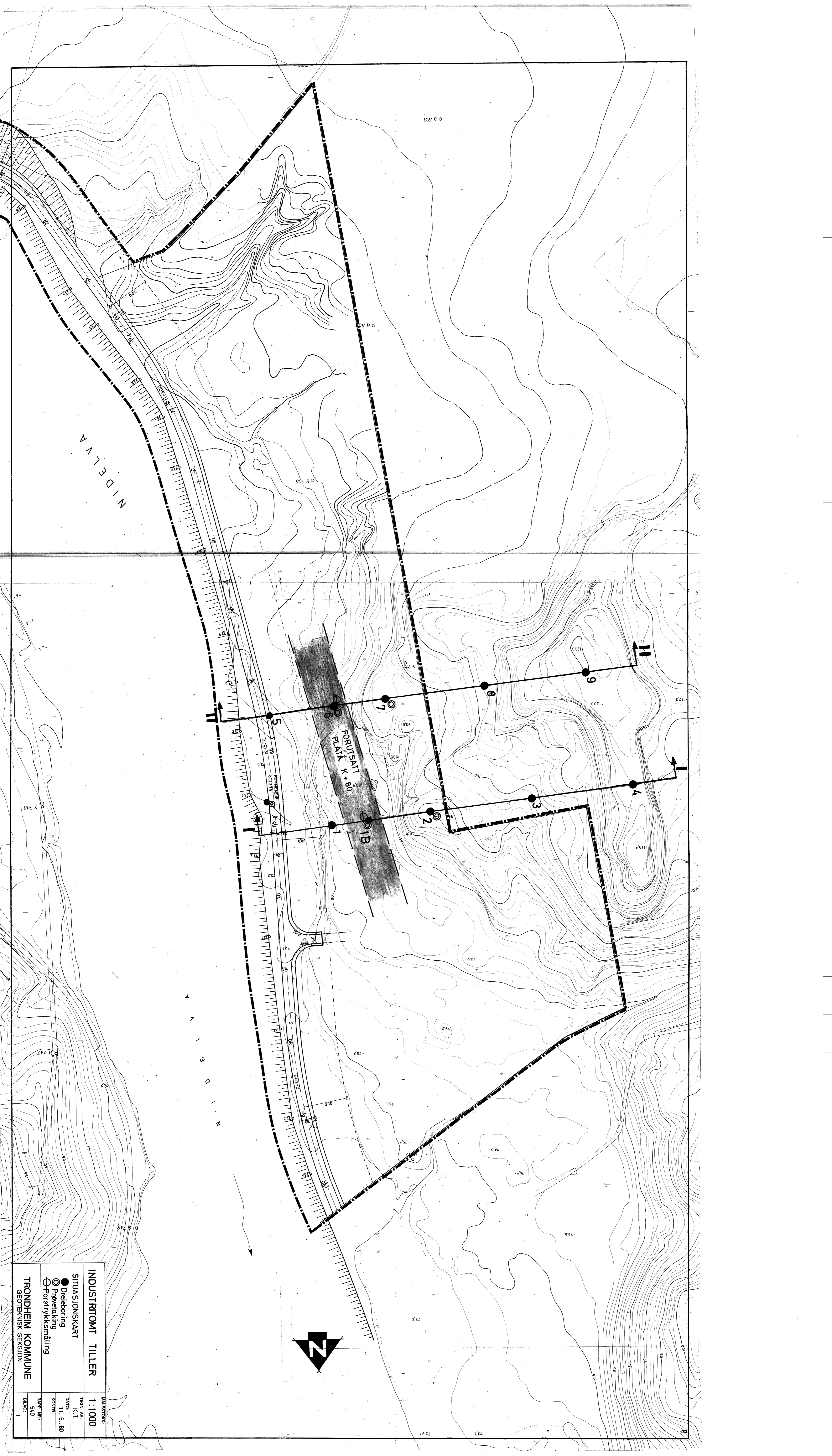
Overslagsberegningene for områdestabiliteten gir heller ikke alarmerende resultater. Da dessuten den prosjekterte skjæring ikke kommer i nærheten av den innenforliggende kvikkleire, finner vi stabilitetsforholdene akseptable for det terrenginngrep som er vist i profilene i bilag 2.

Dette er imidlertid å betrakte som maksimumsinngrep i de 2 profilene, og en reduksjon av skjæringen ved heving eller trekking utover vil naturligvis øke sikkerheten ytterligere. Ved planlegging av området bør en derfor tilstrebe en utførelse som gir minst mulig terrenginngrep ved dette stabilitetsmessig mest utsatte parti.

Plankontoret
Geoteknisk seksjon


Øystein Røe


Odd M. Solheim



NIDELVA

FORUSAITI
PLATA K+80

NIDELVA

INDUSTRIOMT TILLER

MALESTOKK:
1:1000

SITUASJONSKART

- Dreiering
- Plovekking
- ⊖ Poretrykksmåling

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

TEGN. A.V.	11. 6. 80	FAK. NR.:	540
DATE:	11. 6. 80	BILAG:	1
KONTR.:			

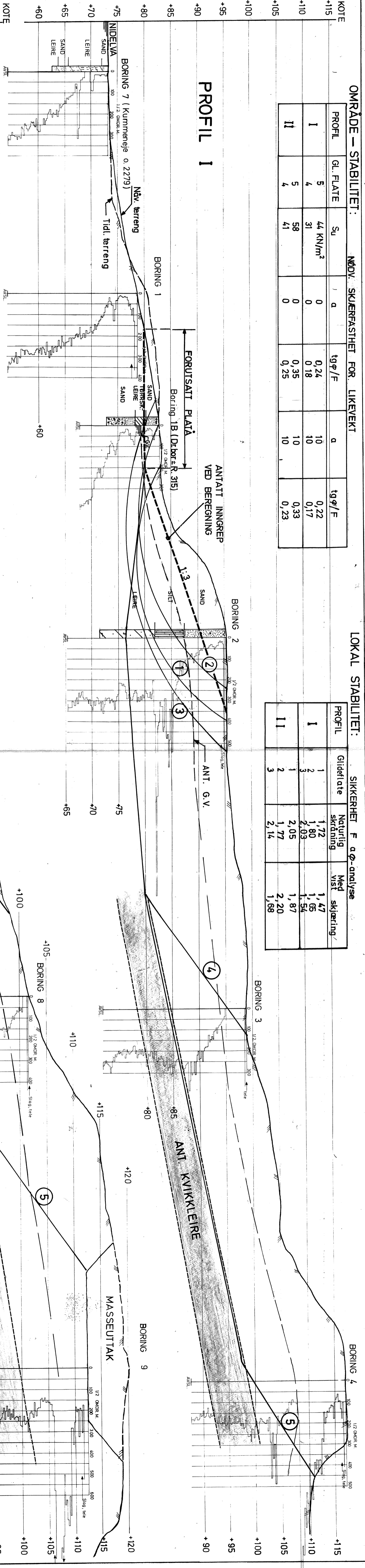
OMRÅDE - STABILITET: NØDV. SKJERFASTHET FOR LIKEVEKT

PROFIL	GL. FLATE	Su	q	tgφ/F	q	tgφ/F
I	5	44 KN/m ²	0	0,24	10	0,22
	4	31	0	0,18	10	0,17
II	5	58	0	0,35	10	0,33
	4	41	0	0,25	10	0,23

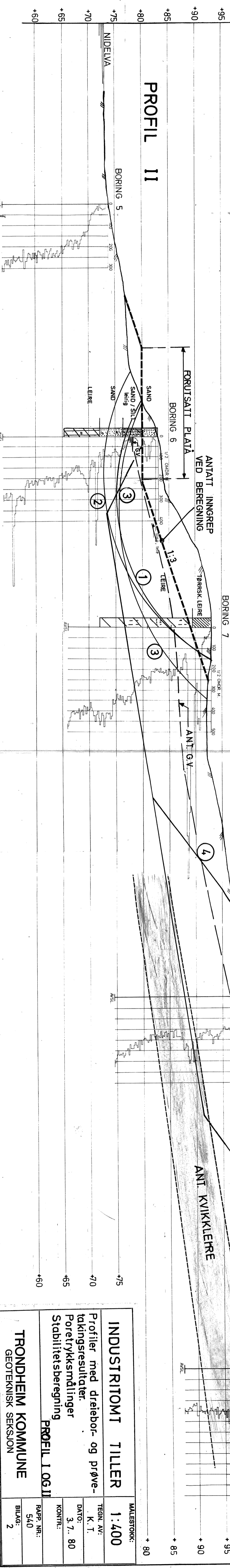
LOKAL STABILITET: SIKKERHET F aφ-analyse

PROFIL	Gliderflate	Naturlig skråning	Med vist skjæring
I	1	1,72	1,47
	2	1,80	1,65
	3	2,03	1,54
II	1	2,05	1,87
	2	1,77	2,20
	3	2,14	1,68

PROFIL I



PROFIL II



INDUSTRITOMT TILLER 1:400

MALESTOKK: 1:400

TEGN. AV: K. T.

DATO: 3.7.80

KONTR.: []

RAPP. NR.: 540

BILAG: 2

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

PROFIL I OG II

Profiler med dreiebor- og prøve-
takingsresultater
Poretrykksmålinger
Stabilitetsberegning

TRONDHEIM KOMMUNE
BORPROFIL

Hull : 1B
Nivå : _____
Prøveφ: 54 mm

Bilag : 3
Oppdrag: 540
Dato : 23.5. 80

Sted: TILLER

Dybde m	Jordart	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w		Plastisk område	w _p — w _L	Romvekt t/m ³	Skjærfasthet ved trykkforsøk				Sensitivitet
				20	30				40	50%	Konusforsøk ▽	Vingeborring	
1	humus silt							(1,72)					
2	SAND middels							(1,75)					
3								(1,72)					
4	TØRRSKORPELEIRE lagdelt m/finsandlag noe finsandbl.							(1,98)					
5								(1,99)					▽=15t/m ²
6	SAND middels							(1,89)					
7	SAND							(2,04)					
8	grov/grusig							(2,14)					
9								(2,13)					
10													
15													
20													
25													

TRONDHEIM KOMMUNE
BORPROFIL

Hull : 2

Bilag : 4

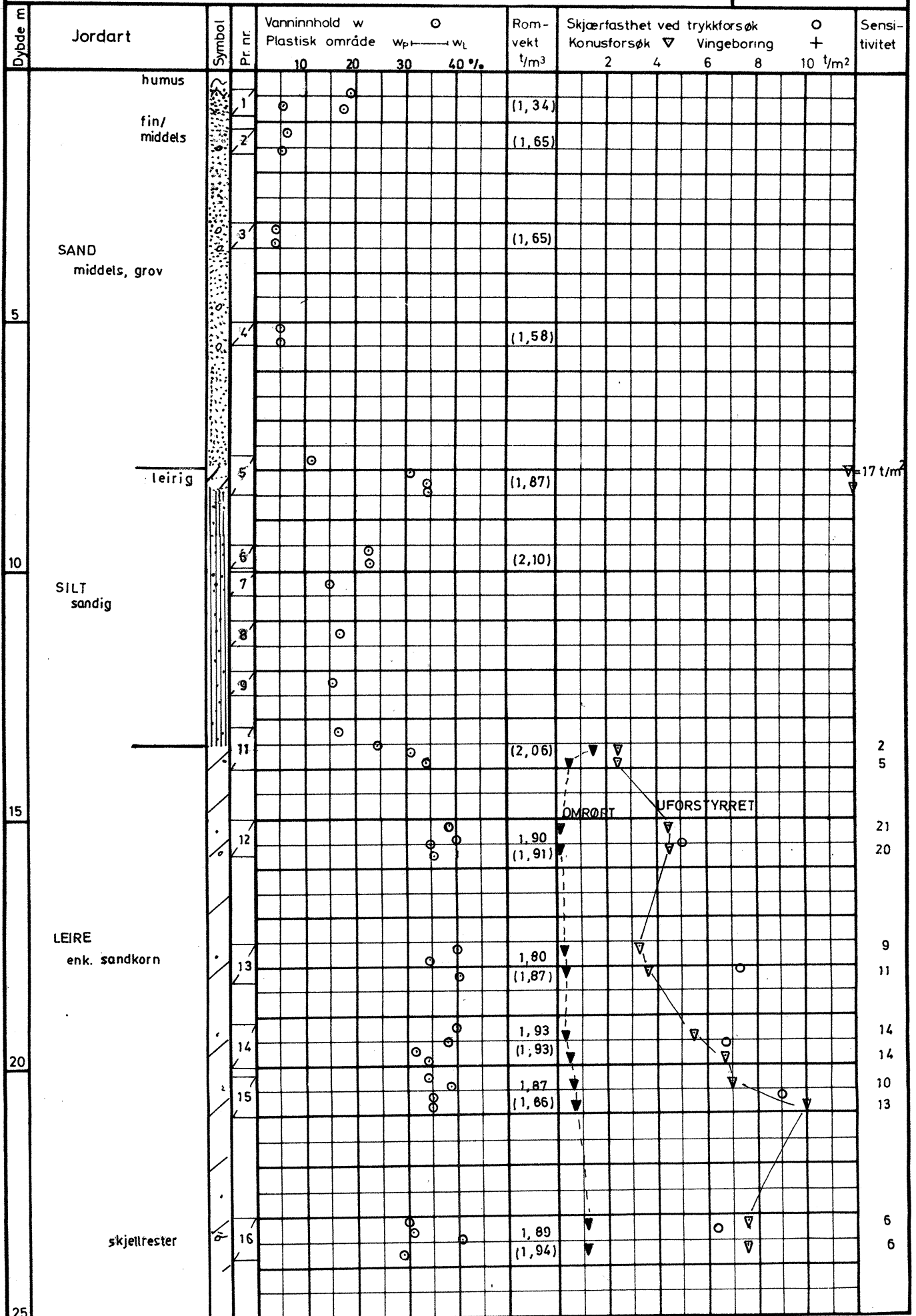
Nivå : _____

Oppdrag : 540

Sted : TILLER

Prøveφ : 54 mm/ skruprøver

Dato : 6.6..80



TRONDHEIM KOMMUNE
BORPROFIL

Hull : 6

Bilag : 5

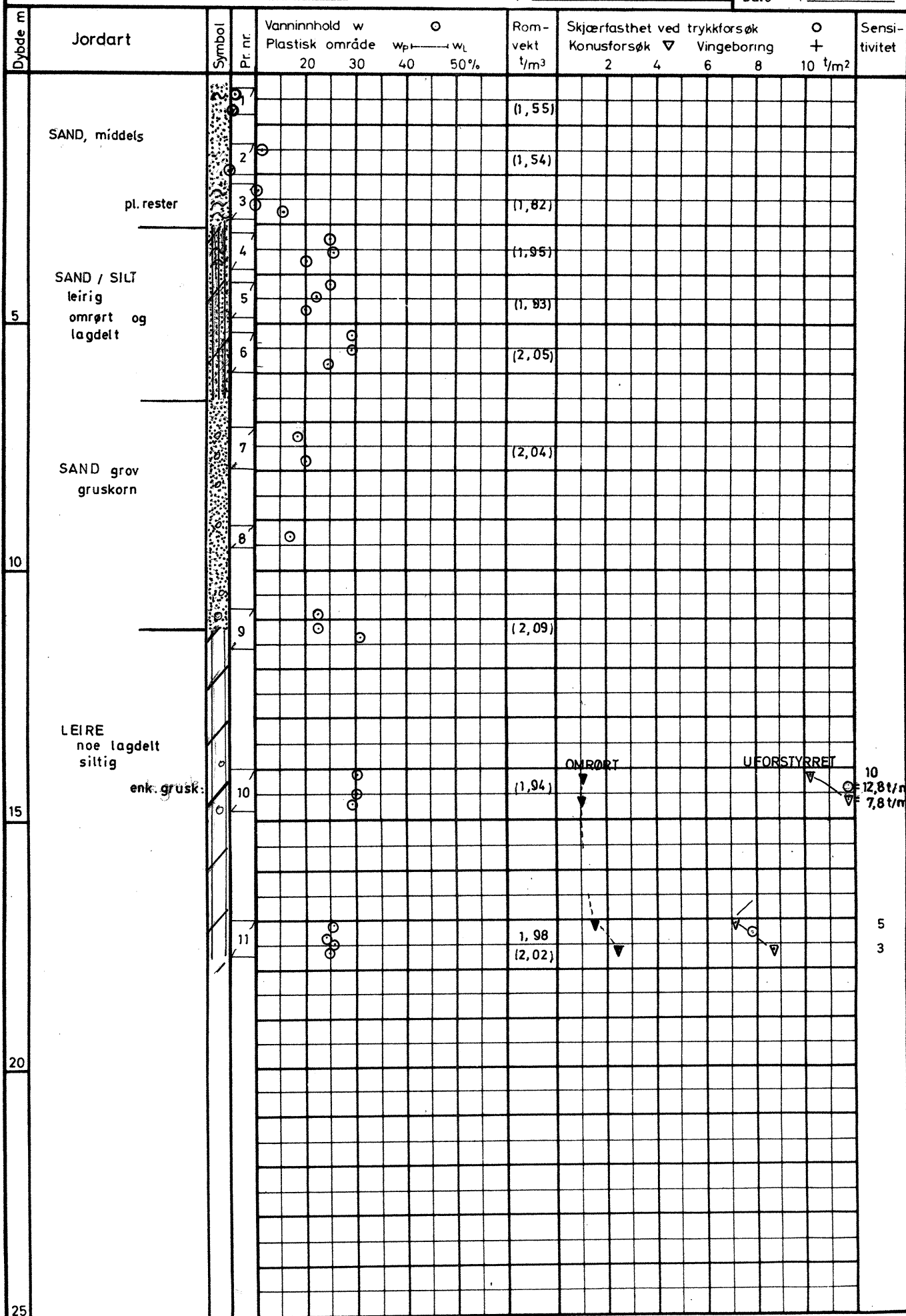
Nivå : _____

Oppdrag : 540

Sted : TILLER

Prøveφ : 54 mm

Dato : 9. 6. 80



TRONDHEIM KOMMUNE
BORPROFIL

Hull : 7

Bilag : 6

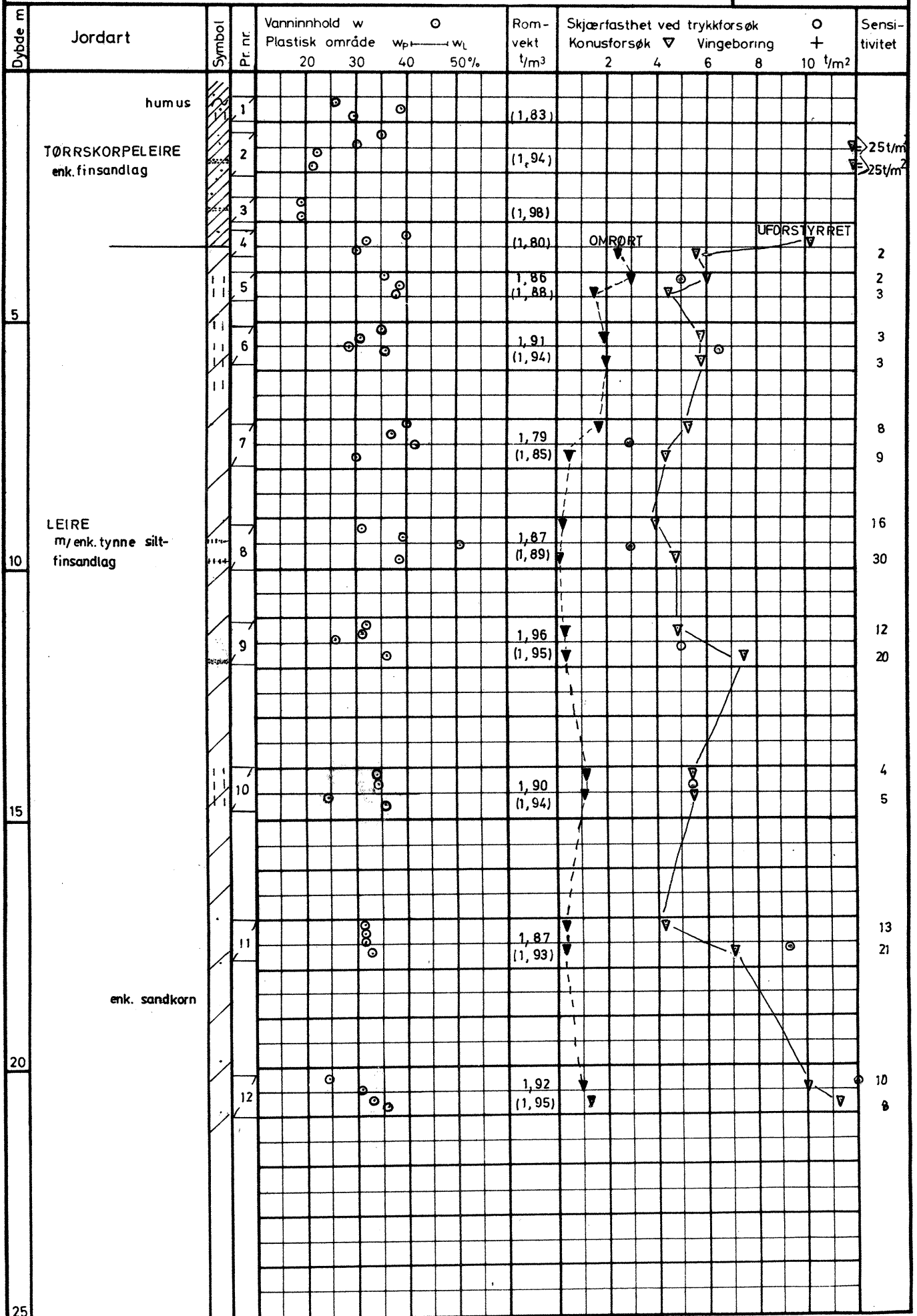
Nivå : _____

Oppdrag : 540

Sted : TILLER

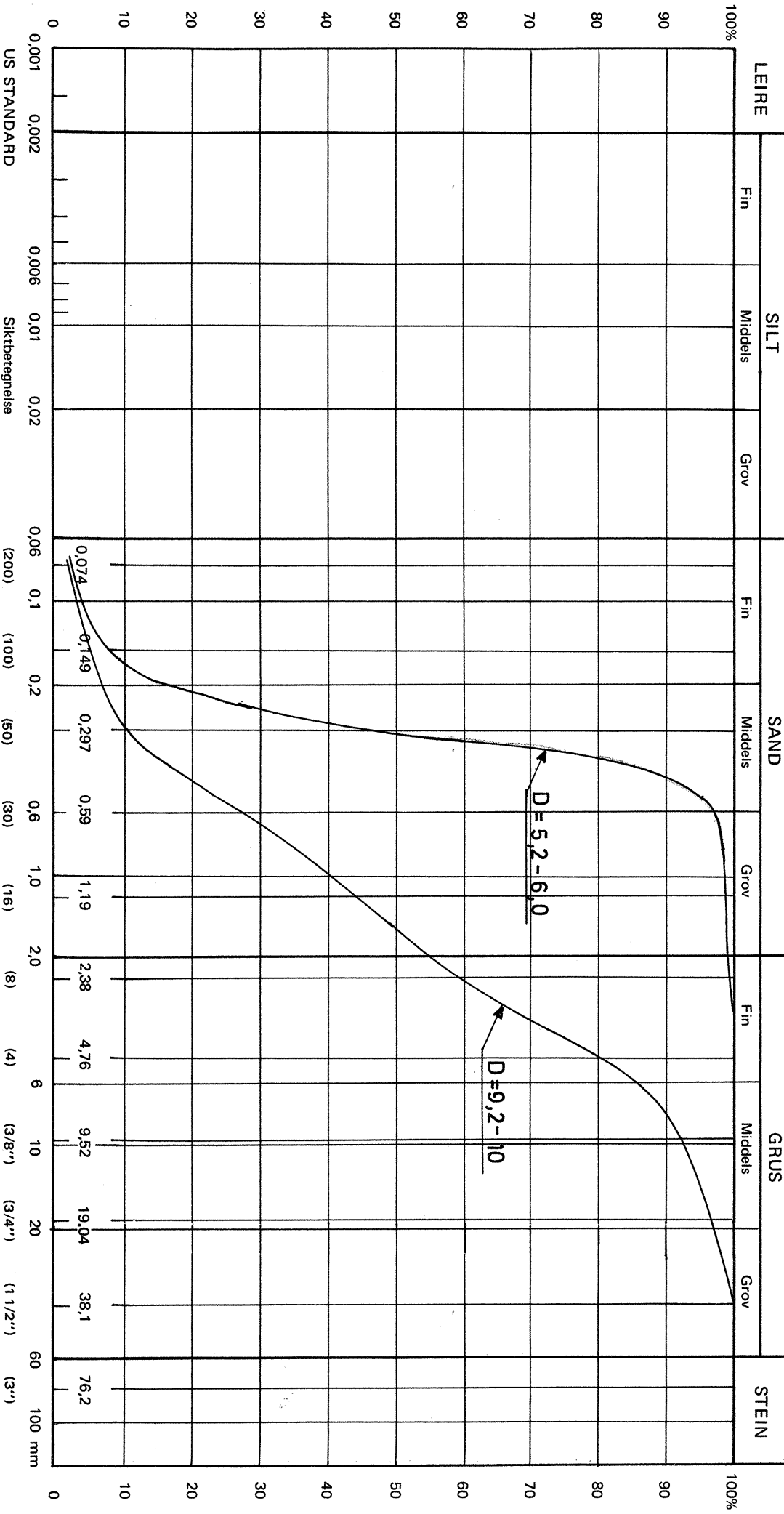
Prøveφ : 54 mm

Dato : 22.5..80



REL. VEKTMENGE N AV KORN d
Gjennomgang i vektprosent

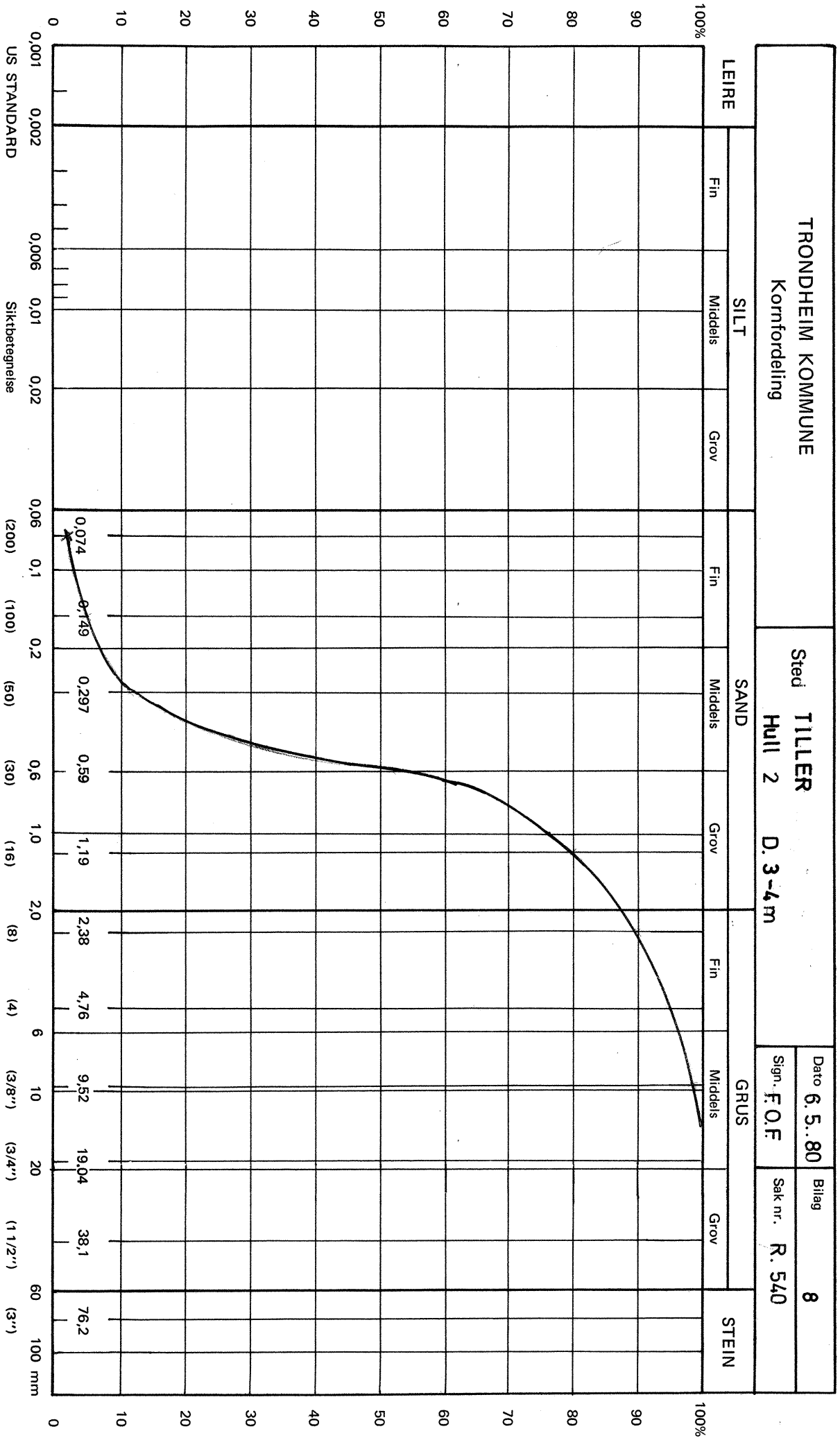
TRONDHEIM KOMMUNE		Sted		TILLER	
Kornfordeling		BORING		1B	
		Dato		22. 5. 80	
		Sign.		E.P. KI	
		Sak nr.		R. 540	
		Bilag		7	



Skjema 33- -1-70 Bjærum

KORNSTØRRELSE (EKV. DIAM.) d

REL. VEKTMENGE N AV KORN d
Gjennomgang i vektprosent



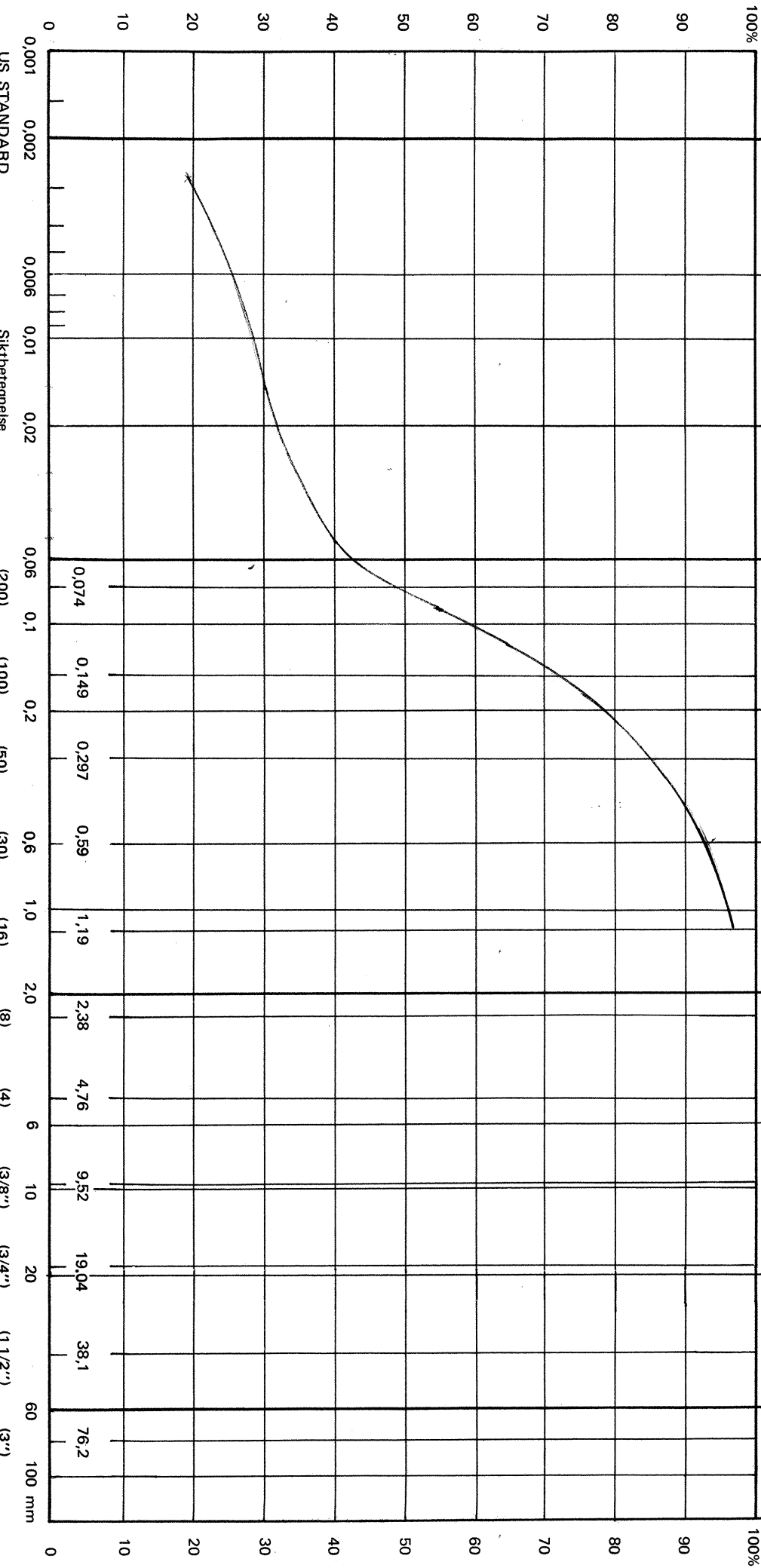
TRONDHEIM KOMMUNE
Kornfordeling

Sted **TILLER**
Hull **2** D. **3-4 m**

Dato **6.5.80**
Sign. **F.O.F**

Bilag **8**
Sak nr. **R. 540**

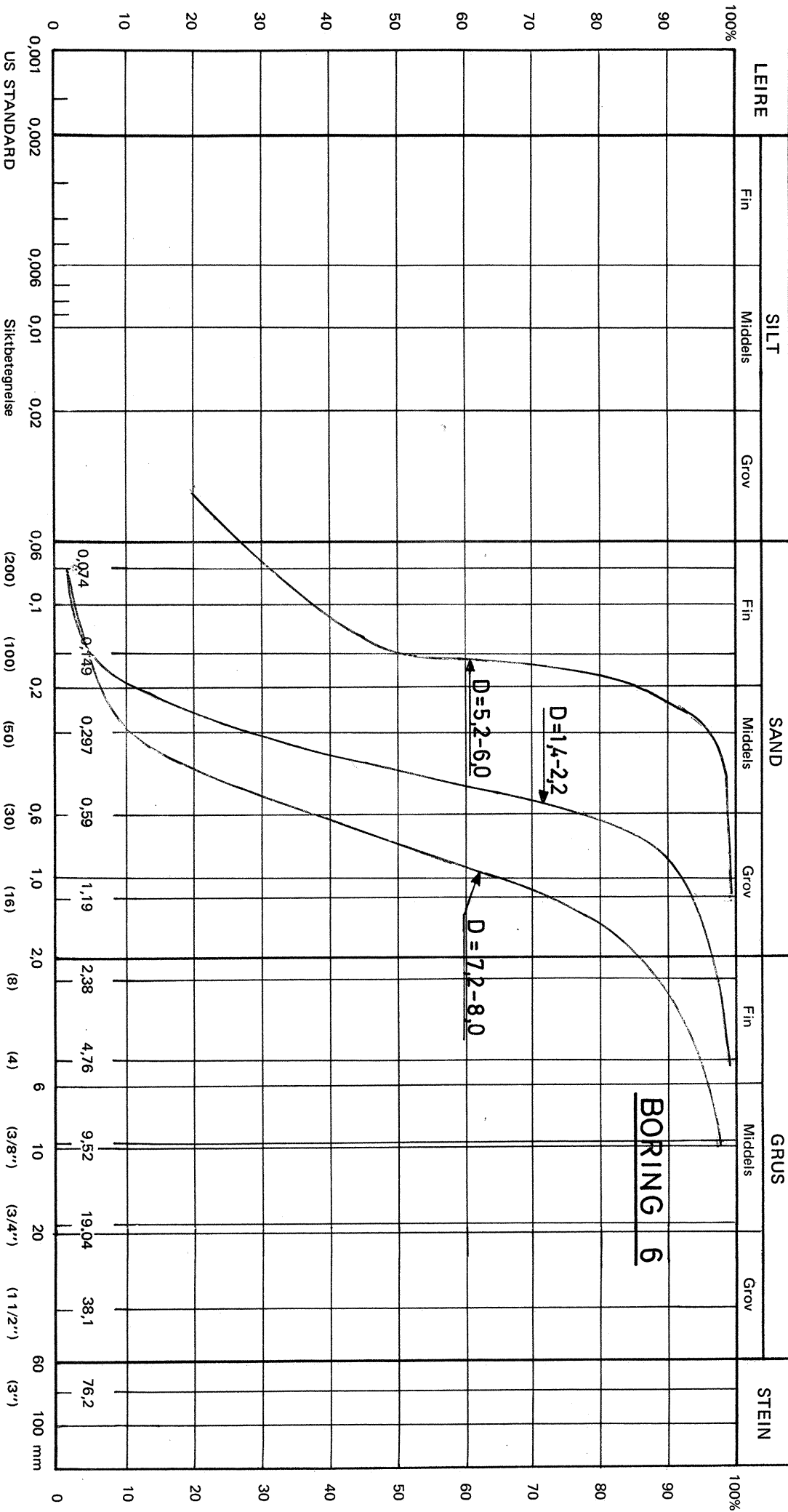
REL. VEKTMENGD E N AV KORN d
Gjennomgang i vektprosent

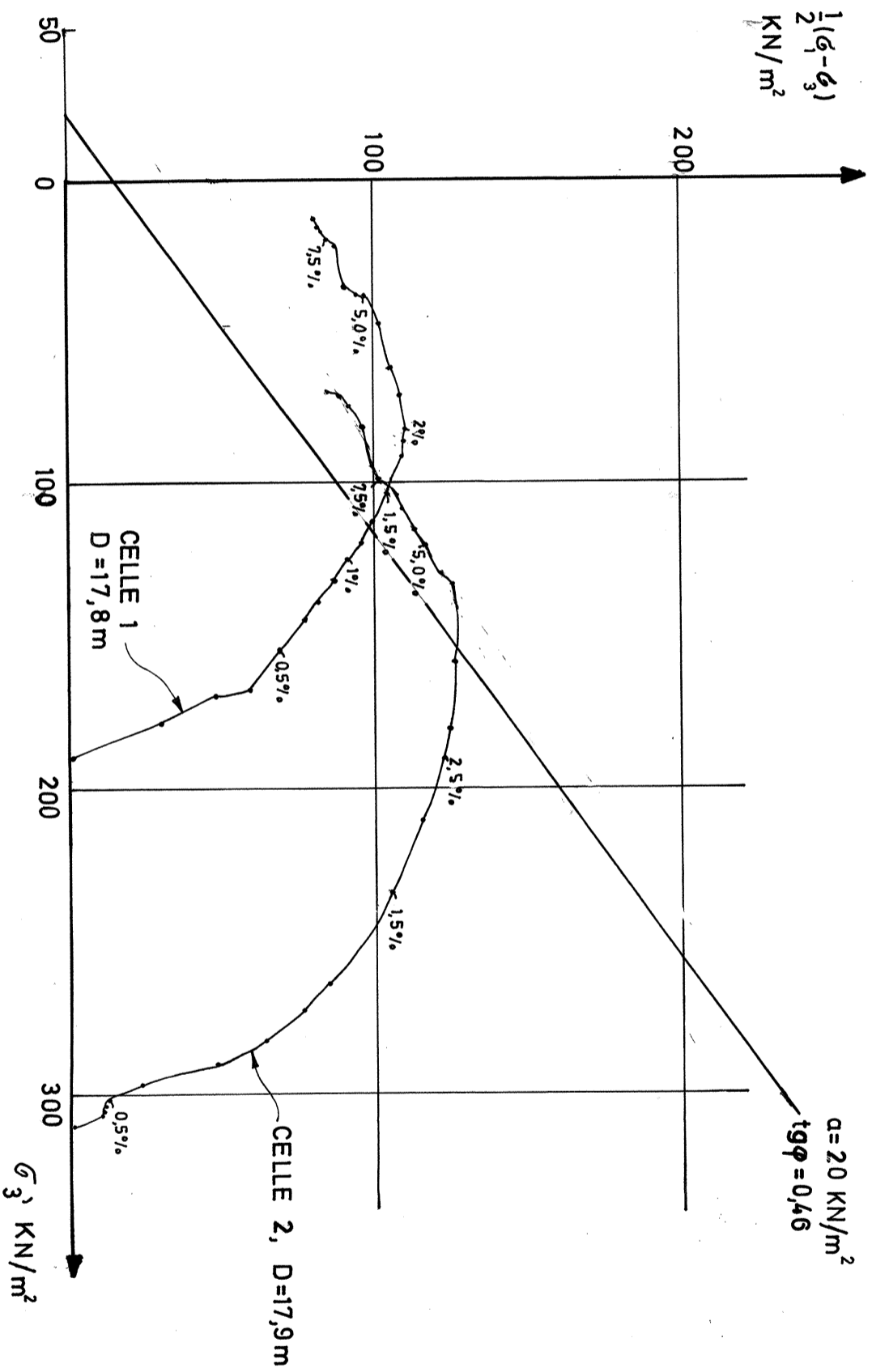


TRONDHEIM KOMMUNE		Sted		TILLER	
Kornfordeling		BORING 2, D=10-10,5m		Sak nr. R.540	
		Dato		16/6-80	
		Sign.		F.O.F./KT	
		Bilag		9	

REL. VEKTMENGD E N AV KORN D
Gjennomgang i vektprosent

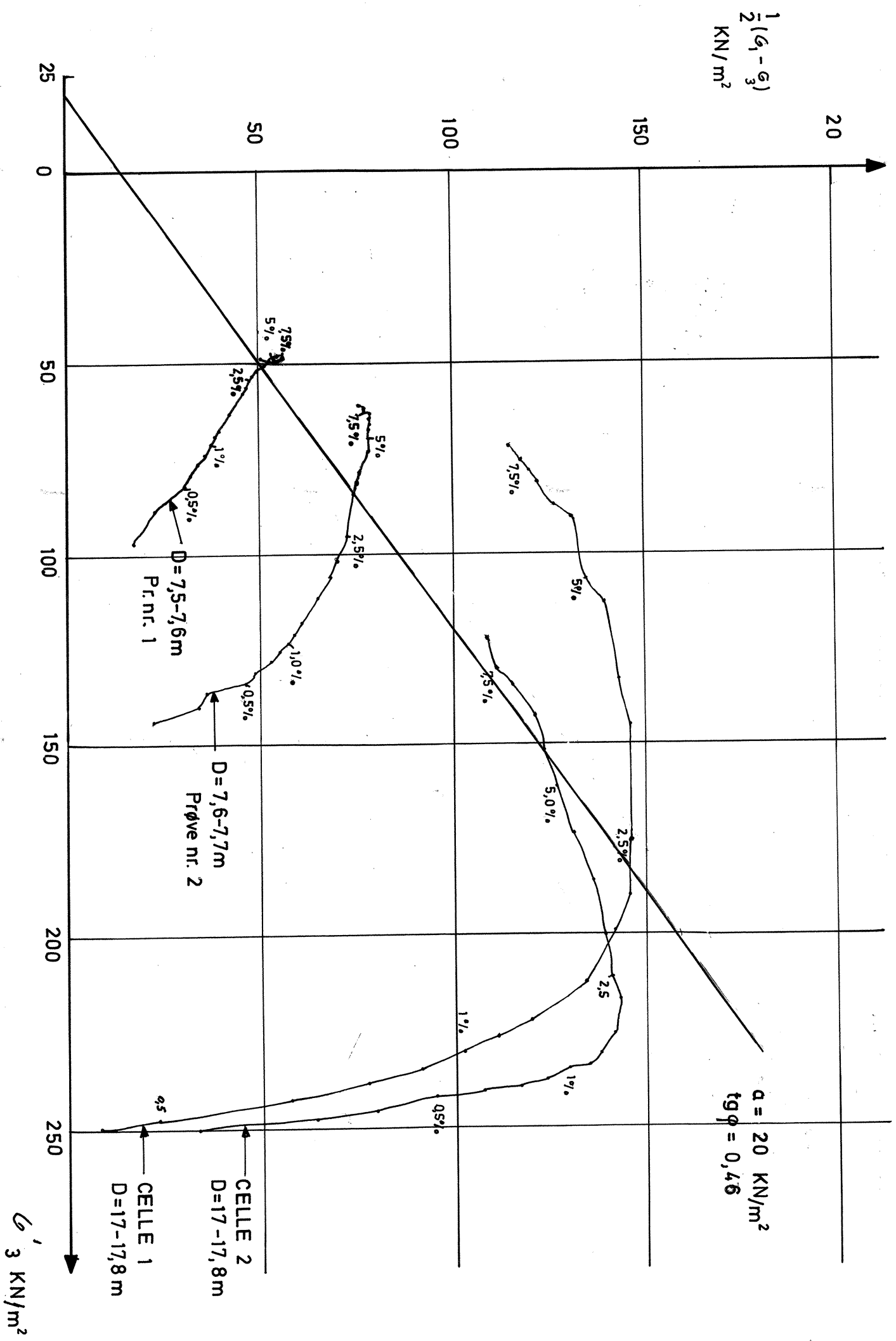
TRONDHEIM KOMMUNE		Sted		TILLER	
Kornfordeling		Dato		3.6.80	
		Sign.		K.T.	
		Sak nr.		R. 540	
		Bilag		10	





INDUSTRIOMRÅDE TILLER		MALESTOKK:
TREAKSIALFORSØK		TEGN. AV: K. T.
HULL 2		DATO: 3.6.80
		KONTR.:
		RAPP. NR.: 540
		BILAG: 11

TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON



INDUSTRIOMRÅDE TILLER

TREAKSIALFORSDØK

HULL 7

MALESTOKK:

TEGN. AV:

K. T.

DATO:

4. 6. 80

KONTR.:

RAPP. NR.:

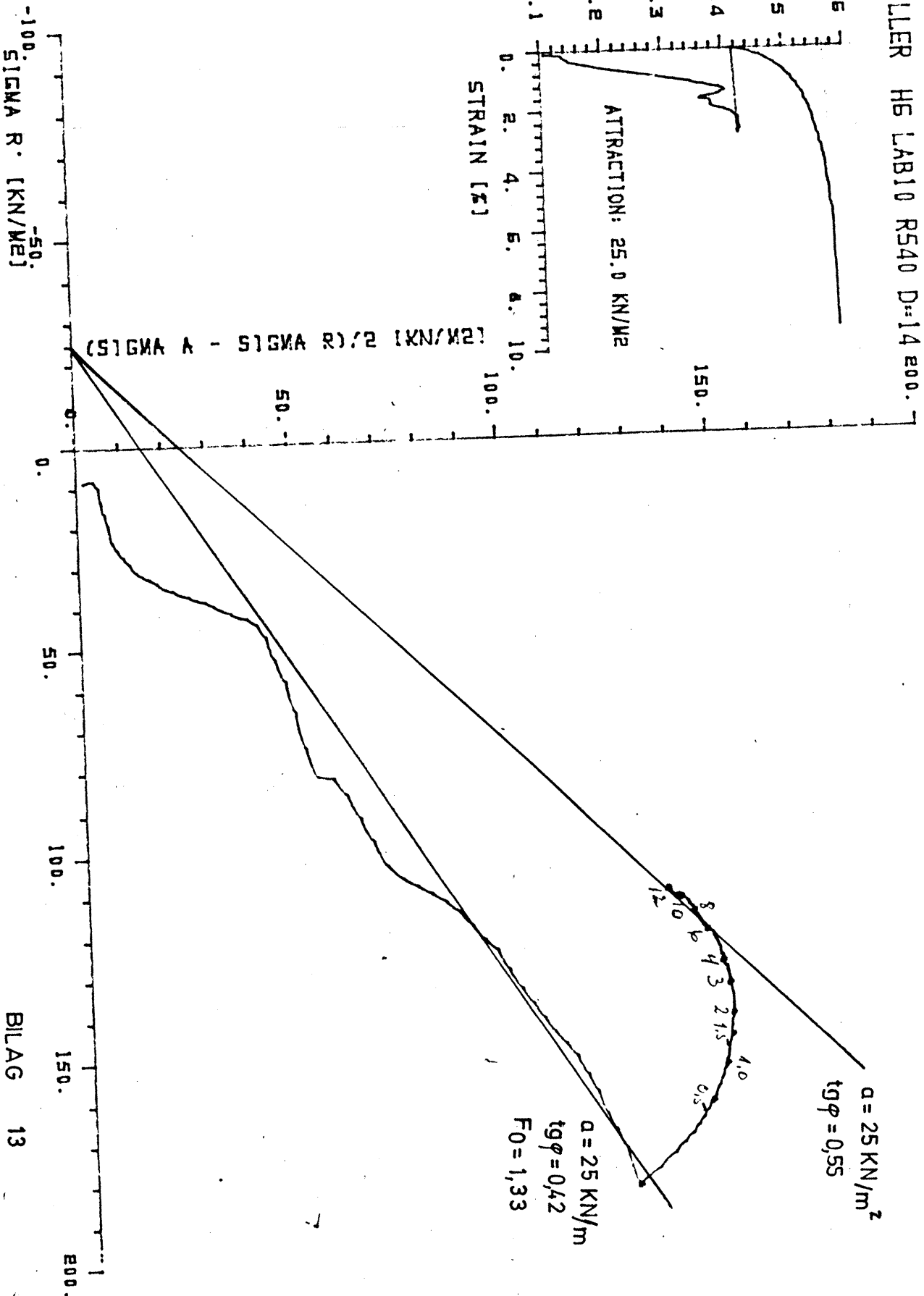
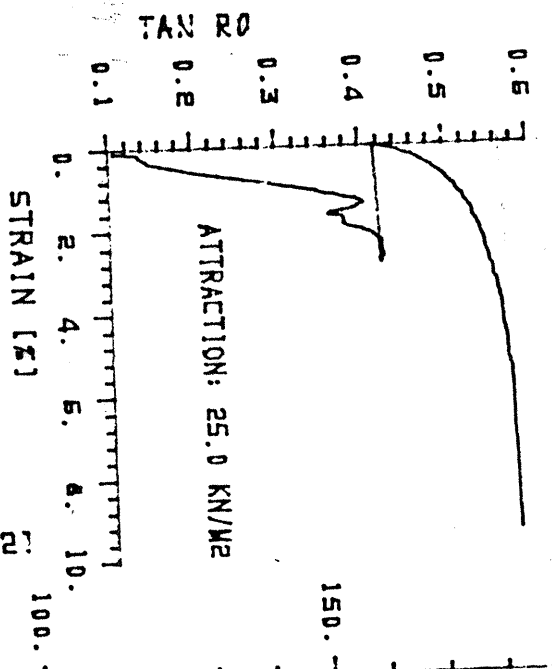
540

BILAG:

12

TRONDHEIM KOMMUNE
 GEOTEKNISK SEKSJON

TILLER HB LAB10 R540 D=14 200.



-100. SIGMA R [KN/M2]