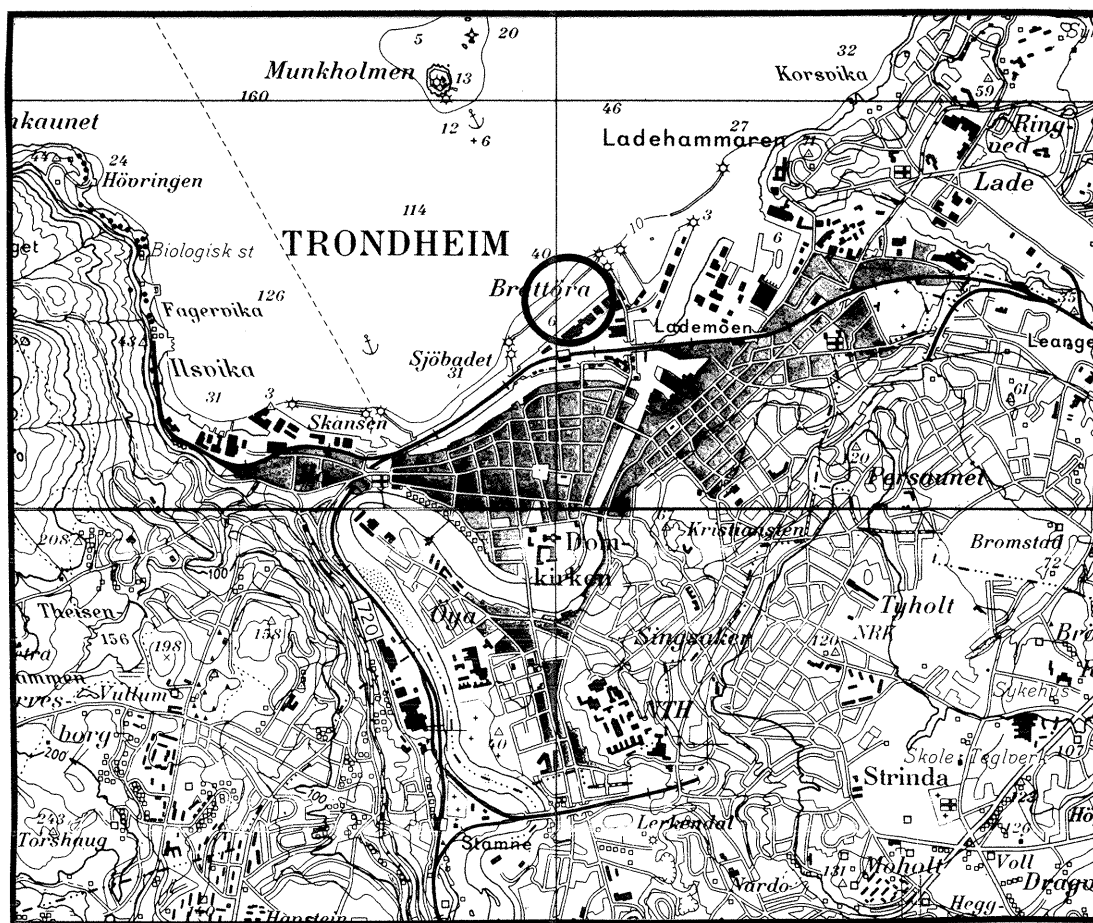


R. 778 TRONDHEIM HAVN

GRUNNUNDERSØKELSER GEOTEKNISK VURDERING



11. 12. 89

GEOTEKNISK SEKSJON
PLANKONTORET TRONDHEIM KOMMUNE



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

Oppdragsgiver: Trondheim Havnevesen		Oppdrag v/: Havneing. Moen	
Oppdrag: R.778 TRONDHEIM HAVN BRATTØRMOLOEN			
Sted, dato: Trondheim, 11.12.89.			
UTM- referanse: NR 697 355		Sted: Brattøra	
Emneord:	Stabilitet	Flyteskred	
Feltarbeid utført: Oktober -89	Antall tekstsider: 4	Antall bilag: 17	
Sammendrag: Trondheim Havnevesen planlegger utfylling utenfor Brattørmoloen. Sjøbunnen ligger her på ca. kote -5 ut til ca. 30-50 meter utenfor moloen, hvorefter marbakken faller bratt ned til ca. kote -20. Grunnen består stort sett av ensgraderte og løst lagrede sandmasser. Stabiliteten er ikke god. Forslag til utfyllingsplan er vist i bilag 17.			
Seksjonsleder: Kåre Sand		Saksbehandler: Kåre Sand	

1. INNLEDNING

Etter anmodning av havneing. Moen, Trondheim Havnevesen, har Geoteknisk Seksjon utført grunnundersøkelser for vurdering av mulig utfylling utenfor Brattørmoloen. Aktuelt område framgår av situasjonskartet i bilag 1.

For å øke interessen for etablering i/ved havnebassenget ønsker havnevesenet å fylle ut 30-40 meter utenfor Brattørmoloen i 100 meter lengde langs oppfylt basseng, og ca. 300 meter vestover.

Seksjonen har tidligere vurdert planen i brev av 12.01.79 (S.128) og 10.06.85 (S.358). Begge brev tilrår utført supplerende undersøkelser, hvilket nå er utført. Dertil støtter vi oss til undersøkelse utført av Noteby A/S (P.3779) og Kummeneje A/S (O.6395).

2. UTFØRTE UNDERSØKELSER

Feltundersøkelsen ble utført i oktober -89. Det ble dreiesondert i 6 punkt til 20-28 meter under sjøbunnen, eller til nivå godt under foten av marbakken. I tre av punktene ble det tatt opp prøveserier. Plasseringen av borpunktene er vist på situasjonskartet i bilag 1.

Profilene er tegnet på grunnlag av bunnkotecart utarbeidet av Fjellanger Widerøe A/S. Sonderingsresultatene er vist på profilene i bilag 2-5. En sondering fra Noteby A/S er i tillegg gjengitt i bilag 16.

Laboratorieundersøkelsene på opptatte prøver omfattet beskrivelse og klassifisering og rutineundersøkelse av romvekt og vanninnhold. Dessuten er det utført kornfordelingsanalyse på 11 prøver, og spesifikk vekt er bestemt på 3 prøver.

Det er også kjørt 3 treaksialforsøk. Dessverre lot det seg ikke gjøre å få kjørt forsøk på de løsest lagret og mest ensgraderte prøvene. Forsøksresultatene i bilag 14 og 15 representerer derfor den "beste" massen i jordartsprofilen.

Forsøksresultatene er forøvrig sammenstilt i borprofilene i bilag 6-9 og kornfordelingsanalysene i bilag 10-13.

3. GRUNNFORHOLD

Terrenget utenfor moloen karakteriseres av et 30-50 meter bredt platå på ca. kote -4-6, hvorfra sjøbunnen faller ca. 1:2 - 1:3 ned til kote -20. Derfra flater sjøbunnen ut med helning ca. 1:10 utover (merk at terrengprofilene i bilag 2-5 har fortrukket målestokk).

Grunnen består av sand. Massene er løst lagrede, ensgraderte elvedesedimenter. Det er påtruffet humusinnhold (trerester, flis o.l.) til 12-15 meters dybde. Løsmassene er stort sett ensartede til kote -20-25.

Fjellet antas å ligge meget dypt.

4. STABILITETSPROBLEMER I TRONDHEIMSFJORDEN

En kjenner til en rekke skred som har skjedd under havnivå i Trondheimsfjorden de siste ca. 100 år. De nærmest beliggende til det aktuelle utfyllingsstedet er utglidningen på Brattøra i 1888. Senere har det gått ras bl.a. i Iilsvika i 1950 og i Heggdalen i 1979. Karakteristisk for alle disse er at massene som gled ut var løst lagrede, ensgraderte friksjonsjordarter, av grovt sett samme type som de en finner i det aktuelle utfyllingsområdet utenfor Brattørmoloen, og at skredet ikke skyldes noe stort inngrep i området, altså ikke noe direkte provosert skred.

Skredene er alle av typen flyteskred (flow slides) som er kjent fra flere steder (Midt Norge, Missisippideltaet osv.). Karakteristiske likhetspunkter er at friksjonsmassene har porøsitet over 45%, er ensgraderte ($Cu \approx 3$) og har midlene kornstørrelse i finsandfraksjonen.

Utenfor Brattørmoloen er porøsiteten i det meste av løsmassene funnet å være 50-55%. 6 av 9 kornfordelingsanalyser har bestemt korngraderingen til $Cu \leq 4$, mens 4 av disse prøvene er ensgraderte i finsandfraksjoner.

Flyteskred kan utvikle seg ikke ulikt kvikkleireskred, idet en liten initialglidning kan starte en progressiv skredutvikling. Det er derfor grunn til spesiell varsomhet når en har med slike masser å gjøre.

5. STABILITET

Stabiliteten av marbakkeskråningen mellom kote -5 og -20 er anstrengt. Med de aktuelle grunnforhold vil vi frarå at skråningsstabiliteten svekkes. En utfylling bør derfor ikke føres ut over marbakkekanten.

Utfyllingen er planlagt utført med mer eller mindre tilfeldige masser, tildekket mot sjøen med stein. "Dårlige" masser vil ikke bli liggende med steilere skråning enn 1:2. De kan godt, dersom de blir liggende ubeskyttet, bli slaket ut til 1:3 - 1:5. Utfyllingen med slike masser må derfor avsluttes i god avstand fra marbakken.

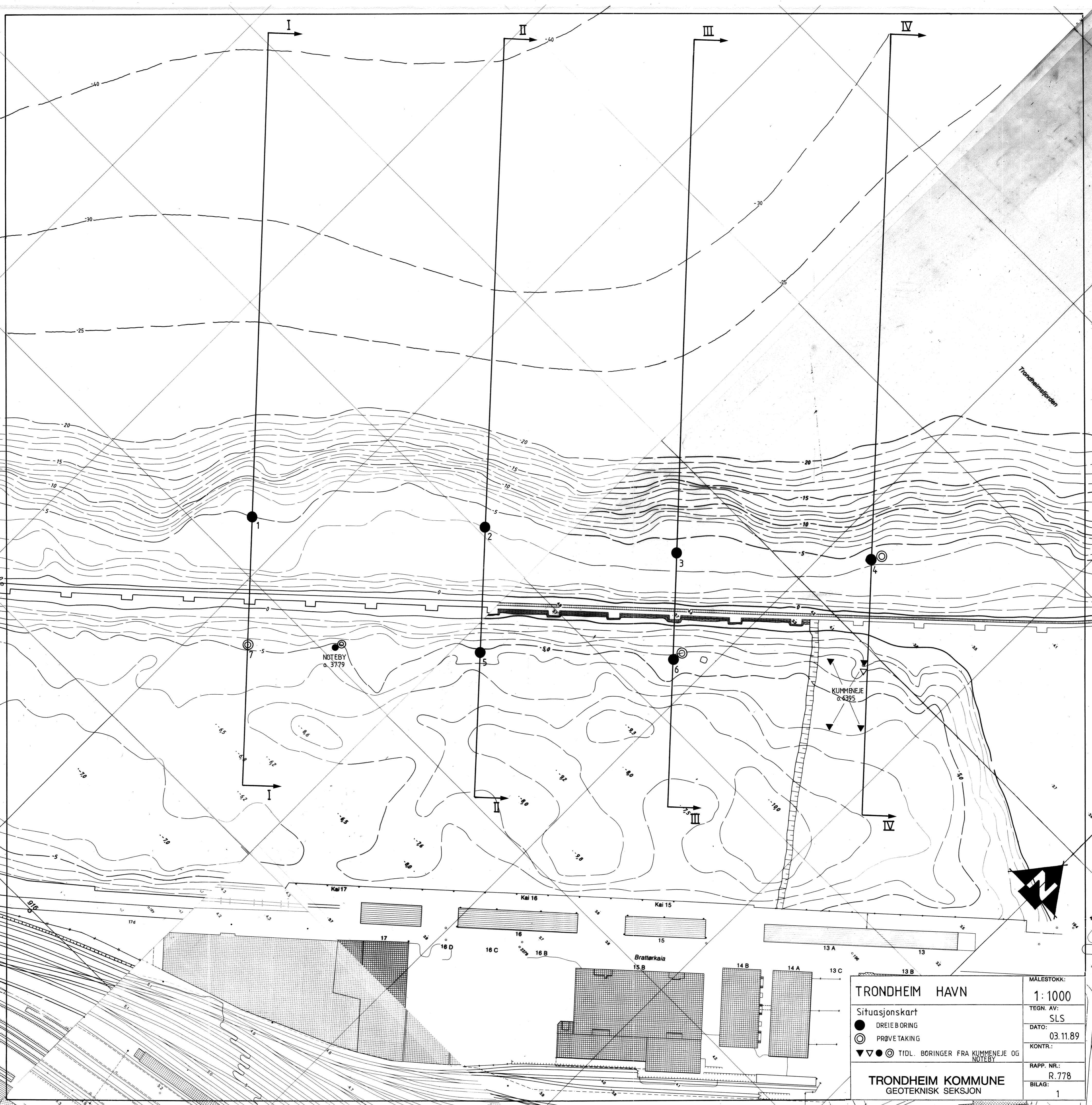
Mot sjøsiden må en ha steinplastring med tilstrekkelig steinstørrelse for forventet bølgeerosjon. Steinen vil kunne ligge med skråningshelning 1:1,25 - 1:1,5.

Med disse grensebetingelser for en stabil utfylling har Geoteknisk seksjon utarbeidet en plan for utfylling. Denne er vist i bilag 17. Foruten planen er det også vist en prinsippskisse. Vi forutsetter at skråningshelningen for de "dårlige" massene kontrolleres, og at de erosjonssikres med stein av tilstrekkelig størrelse innen rimelig tid (uker)!

Plankontoret
Geoteknisk Seksjon



Kåre Sand
Seksjonsleder



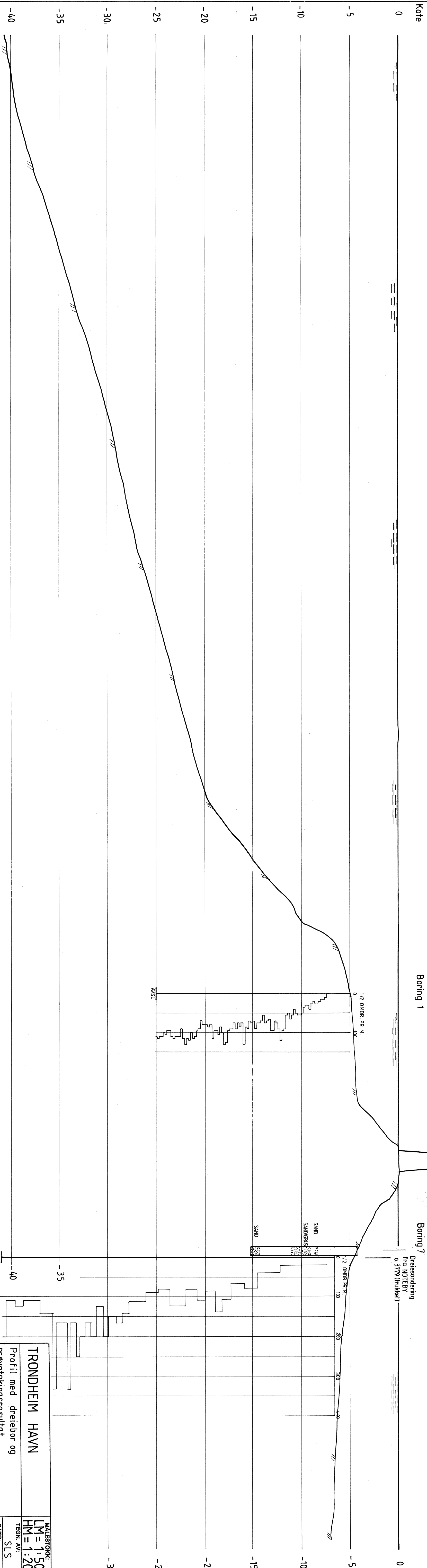
Trondhemsfjorden

NOTEBY
o. 3779

KUMMEJE
o. 6395

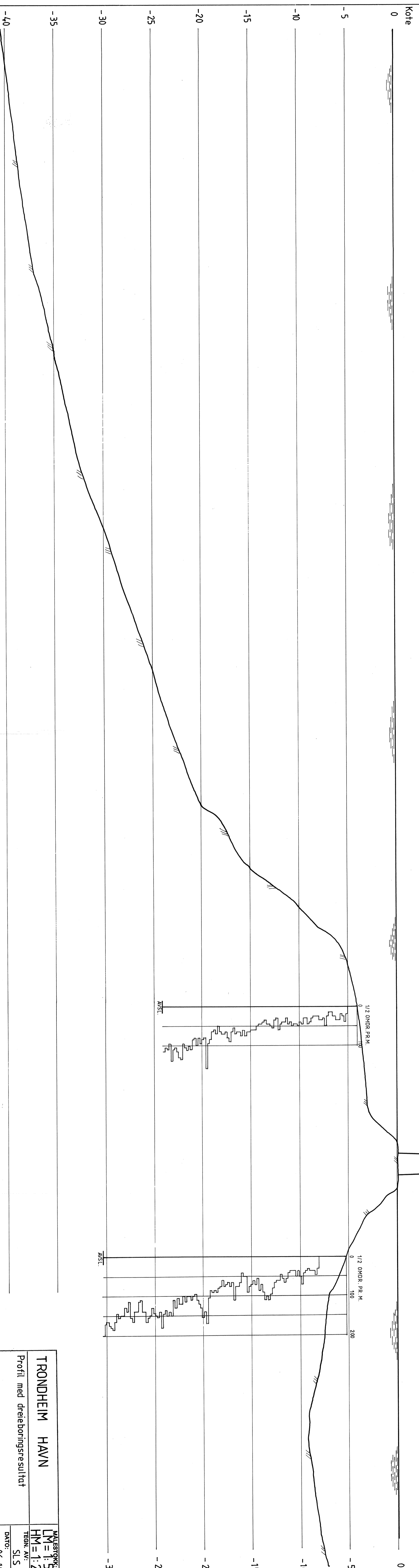
TRONDHEIM HAVN		MALESTOKK: 1 : 1000
Situasjonskart		TEGN. AV: SLS
●	DREIEBORING	DATO: 03.11.89
⊙	PRØVETAKING	KONTR.:
▼●⊙	TIDL. BORINGER FRA KUMMEJE OG NOTEBY	RAPP. NR.: R.778
TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON		BILAG: 1

PROFIL I



TRONDHEIM HAVN		MÅLSTOKK:
Profil med dreiebor og prøvetakingsresultat		LM = 1:500
		HM = 1:200
TRONDHEIM KOMMUNE		TEGN. AV:
GEOTEKNISK SEKSJON		SLS
PROFIL I		DATO:
		03.11.89
		KONTR.:
		RAPP. NR.:
		R.778
		BILAG:
		2

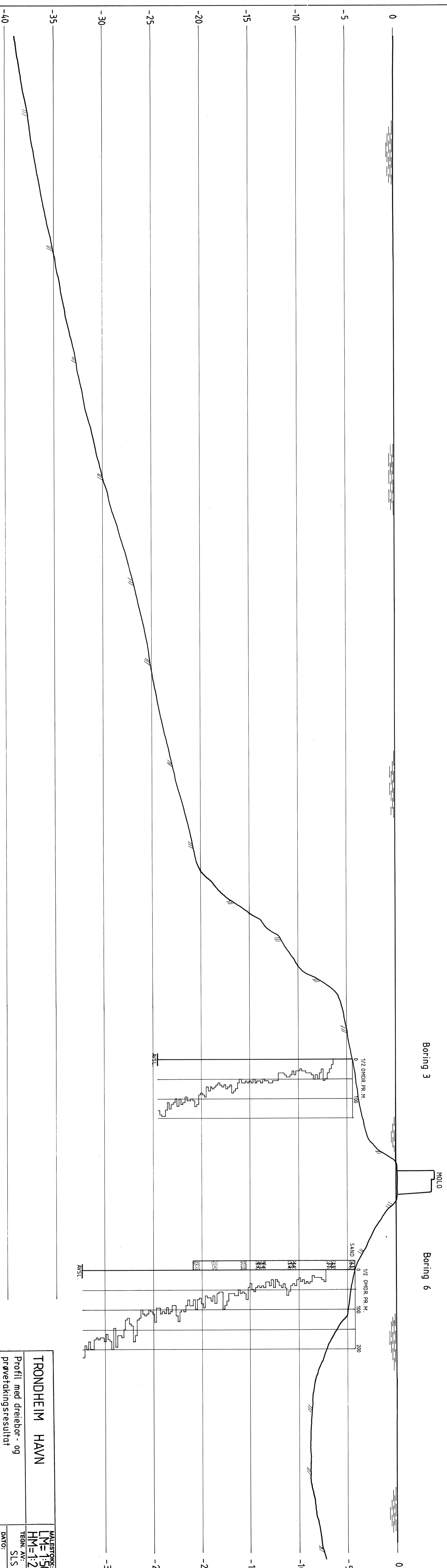
PROFIL II



TRONDHEIM HAVN	MÅLESTOKK:
LM = 1:500	
HM = 1:200	
TEGN. AV:	SLS
DATO:	06.11.89
KONTR.:	
PROFIL II	
TRONDHEIM KOMMUNE	RAFF. NR.:
GEOTEKNISK SEKSJON	R.778
	BILAG:
	3

TRONDHEIM HAVN	MÅLESTOKK:
LM = 1:500	
HM = 1:200	
TEGN. AV:	SLS
DATO:	06.11.89
KONTR.:	
PROFIL II	
TRONDHEIM KOMMUNE	RAFF. NR.:
GEOTEKNISK SEKSJON	R.778
	BILAG:
	3

PROFIL III



TRONDHEIM HAVN	MALSTOKK:
Profil med dreiebor - og prøvetakingsresultat	LM=1:500
	HM=1:200
	TEGN. AV: SLS
	DATO: 06.11.89
	KONTR.:
PROFIL III	RAPP. NR.:
TRONDHEIM KOMMUNE	R. 778
GEOTEKNISK SEKSJON	BILAG: 4

PROFIL IV



TRONDHEIM HAVN Profil med boreresultater		MALESTOKK: LM=1:500 HM=1:200
PROFIL IV		TEGN. AV: SLS
TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON		DATO: 07.11.89
RAFF. NR.: R. 778		KONTR.:
BILAG: 5		

Dybde m	Jordart	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w				Romvekt kN/m ³	Skjærfasthet ved trykkforsøk				Sensitivitet
				Plastisk område		WP → WL			Konusforsøk ∇		Vingebooring +		
				20	30	40	50%	20	40	60	80	100	kN/m ²
	SAND fin	[Symbol]	01										
			02										
5													
10													
15													
20													
25													

Dybde m	Jordart	Symbol	Pr. nr.	Vanninnhold w					Romvekt kN/m ³	Skjærfasthet ved trykkforsøk					Sensitivitet
				Plastisk område						Konusforsøk ∇	Vingeborring +				
				20	30	40	50%	WL			20	40	60	80	
5	SAND, fin siltig enk. skjellrester	01						(19,0)							
		02						17,5 (18,1)							
	enk. trerester	03						19,0 (17,8)							
10	trerester skjellrest planterest	04						17,8							
	SAND fin - middels enk. skjellrester	05													
15		06													
	SAND, fin siltig	07													
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		Vingebooring				
				20	30	40	50%		20	40	60	80	100	kN/m ²	
5	SAND middels grov grusig	○	02					18,1							
	SAND/GRUS	○	03												
		○	04					20,5							
10	SAND middels grusig	○	05					20,3							
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 ∇		Vingebooring +			
				20	30	40	50%		20	40	60	80	100 kN/m ²	
	SILT, uren		01					17,5						
	SAND, middels-grov enk. gruskorn planterester		02					22,5						
			03					17,7						
			04					19,5						
5	siltig		05					19,6						
			06					19,5						
			07					21,1						
	noe grusig		08					22,8						
			09					20,8						
10	siltig		10					19,7						
	SAND		11					17,5						
			12					20,5						
15														
20														
25														



GEOTEKNISK SEKSJON
TRONDHEIM KOMMUNE

STED: TRONDHEIM HAVN
 Boring 4

Oppdragsgiver:

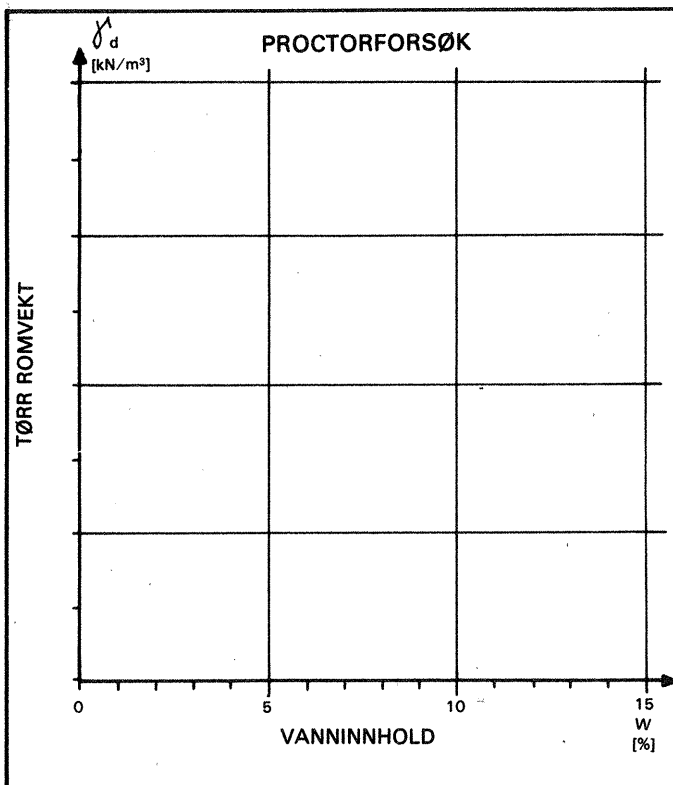
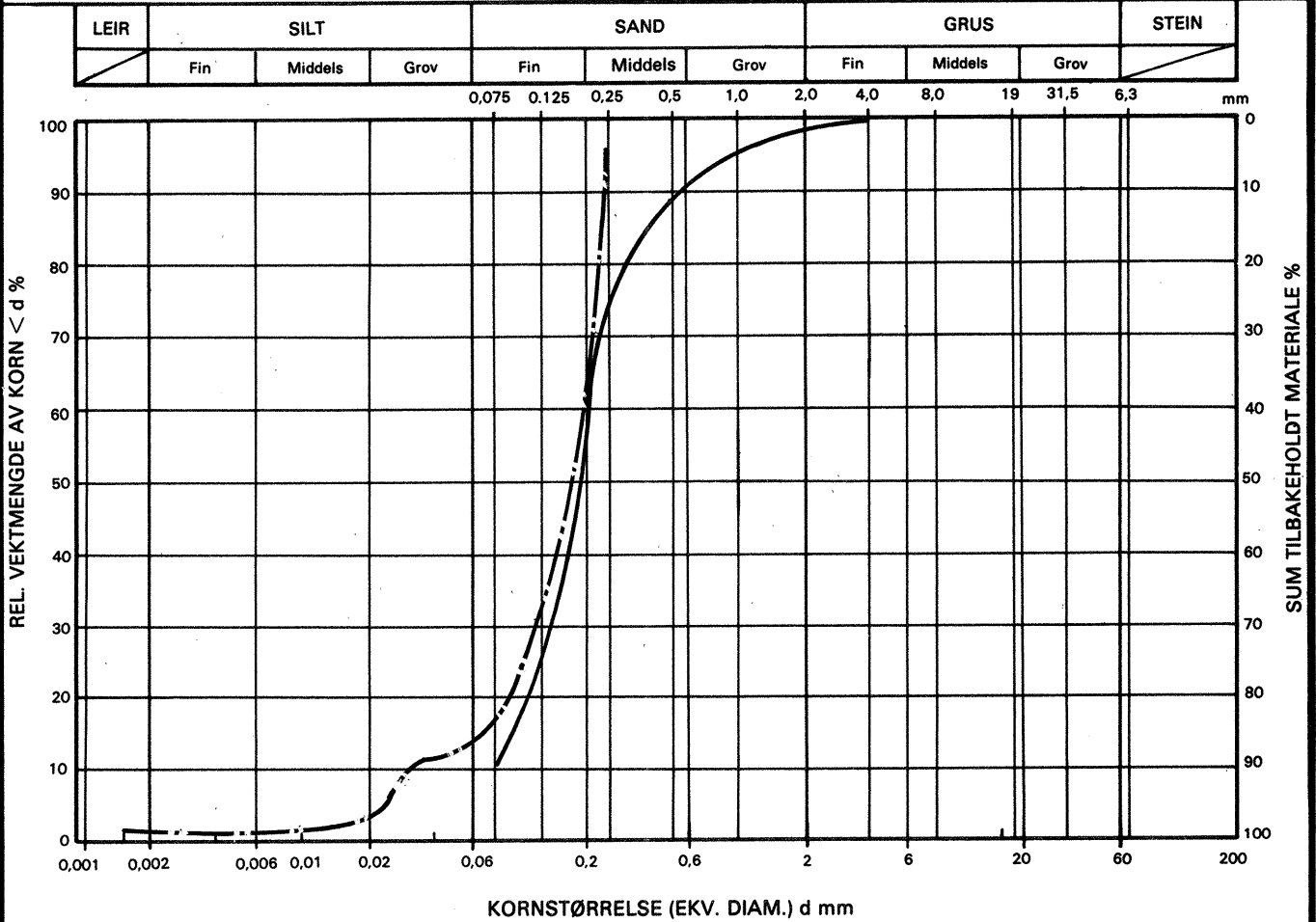
Trondheim Havnevesen

Dato: 08.11.89

Rapport nr.: R.778

Sign.: KT, SLS

Bilag: 10



SYMBOL	PRØVE	C _u
—	Boring 4 Dybde 1,5 - 2m	
-●-	Boring 4 Dybde 3,5 - 4m	
-○-		
-x-		
BESKRIVELSE AV MATERIALET		
MERKNAD		



GEOTEKNISK SEKSJON
TRONDHEIM KOMMUNE

STED: TRONDHEIM HAVN
 Boring 6

Oppdragsgiver:

Trondheim Havnevesen

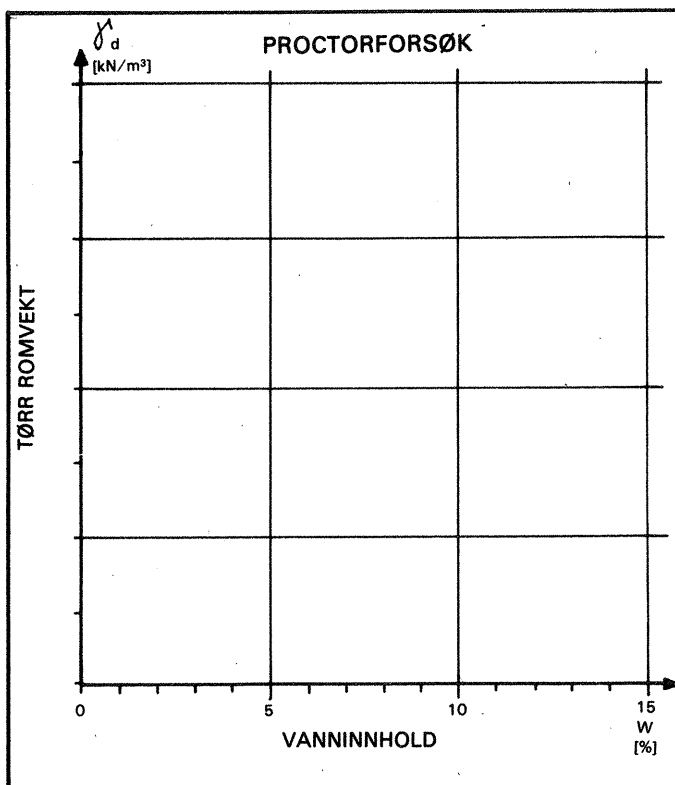
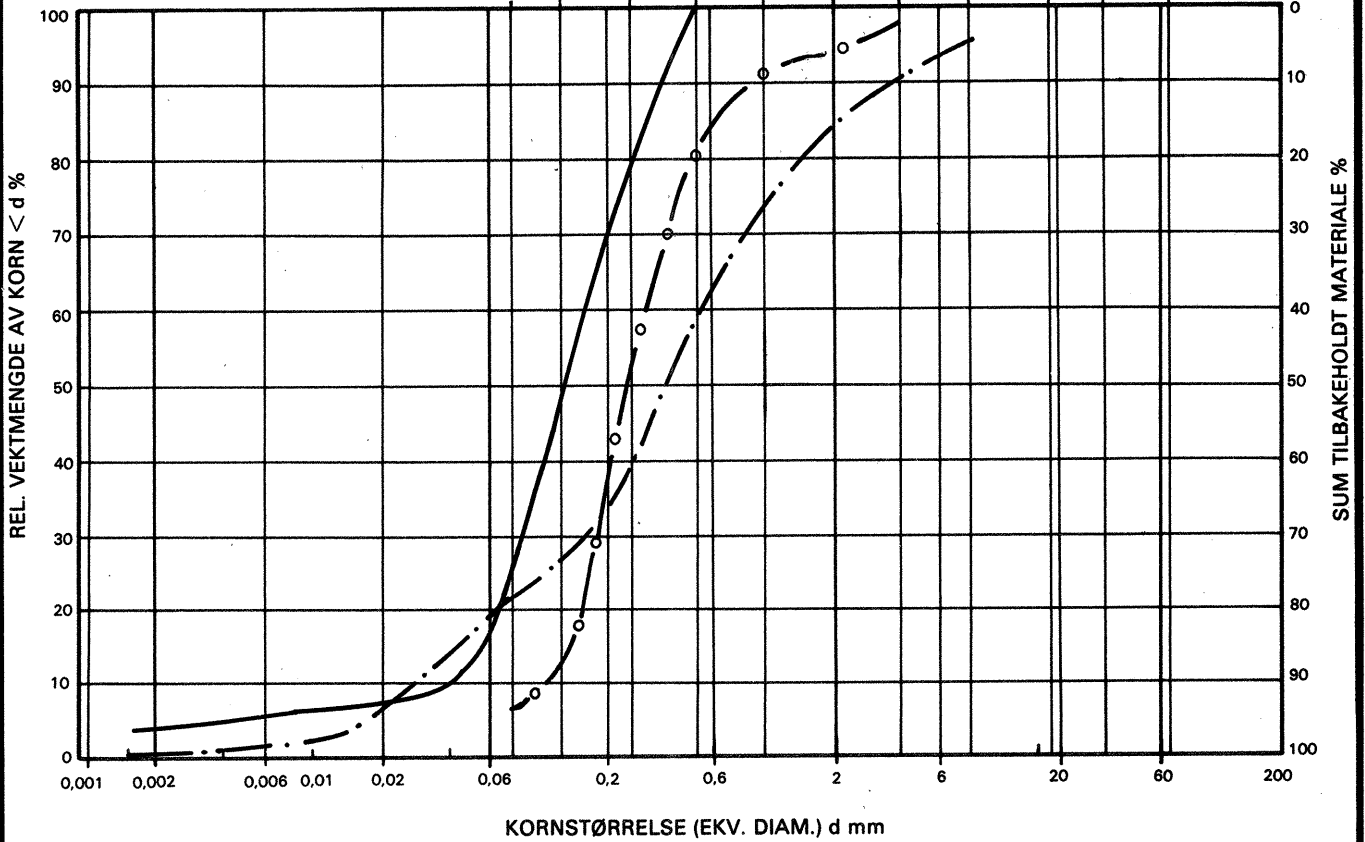
Dato: 08.11.89

Rapport nr.: R.778

Sign.: KT, SLS

Bilag: 11

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



SYMBOL	PRØVE	C _u
—	Boring 6 Dybde 6-6,8 m	
—●—●—	Boring 6 Dybde 9-9,8m	
—○—○—	Boring 6 Dybde 12-12,5m	
—x—x—		

BESKRIVELSE AV MATERIALET

MERKNAD



**GEOTEKNISK SEKSJON
TRONDHEIM KOMMUNE**

STED: TRONDHEIM HAVN
Boring 6

Oppdragsgiver:

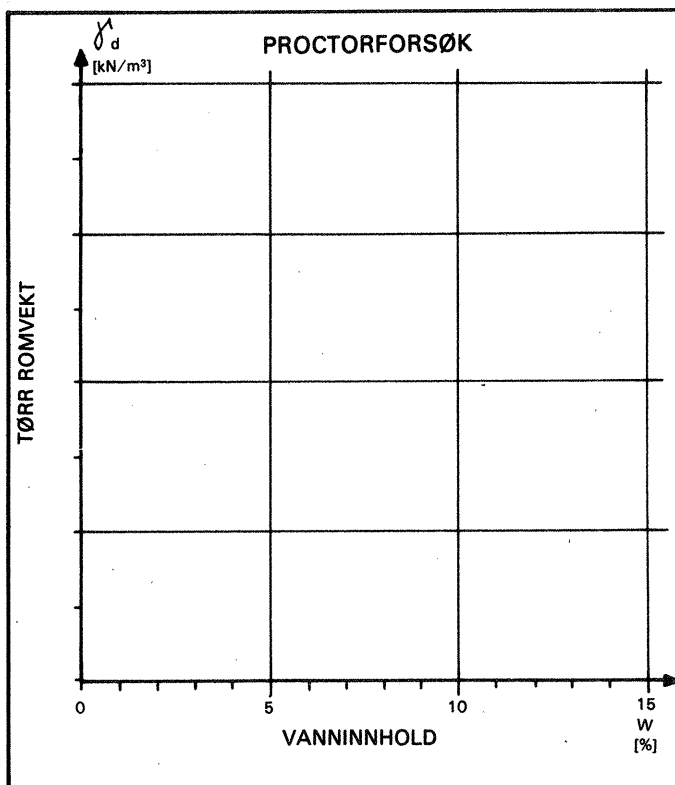
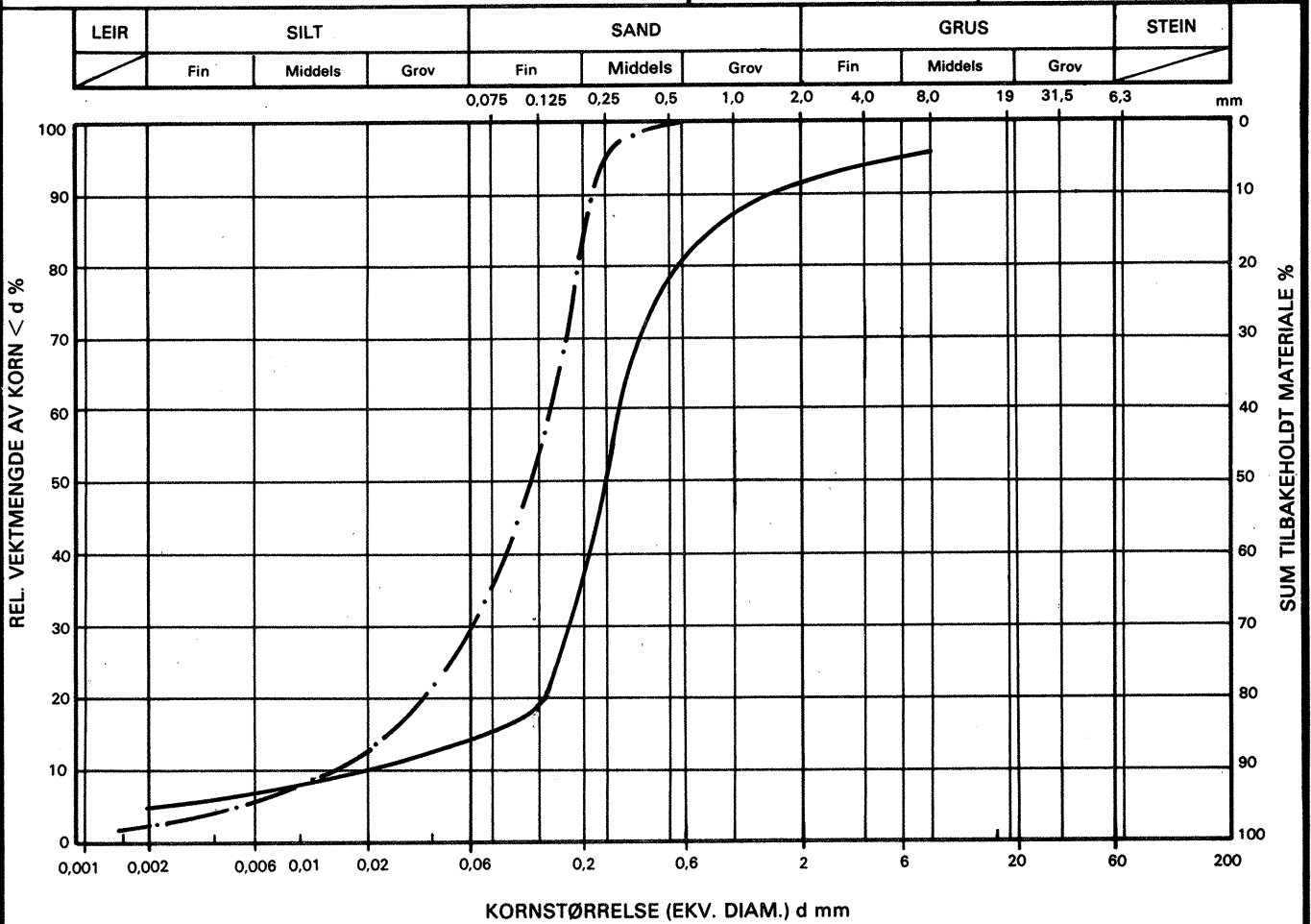
Trondheim Havnevesen

Dato: 08.11.89

Rapport nr.: R.778

Sign.: KT, SLS

Bilag: 12



SYMBOL	PRØVE	C _u
—	Boring 6 Dybde 14 - 14,5m	
-●-	Boring 6 Dybde 15,25-15,75m	
-○-		
-x-		
BESKRIVELSE AV MATERIALET		
MERKNAD		



GEOTEKNISK SEKSJON
TRONDHEIM KOMMUNE

STED: TRONDHEIM HAVN
 Boring 7

Oppdragsgiver:

Trondheim Havnevesen

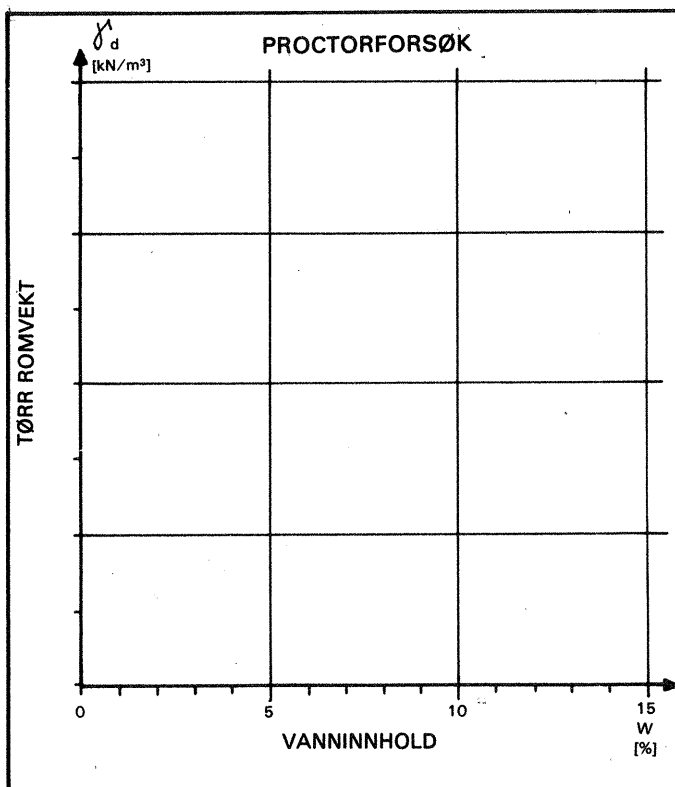
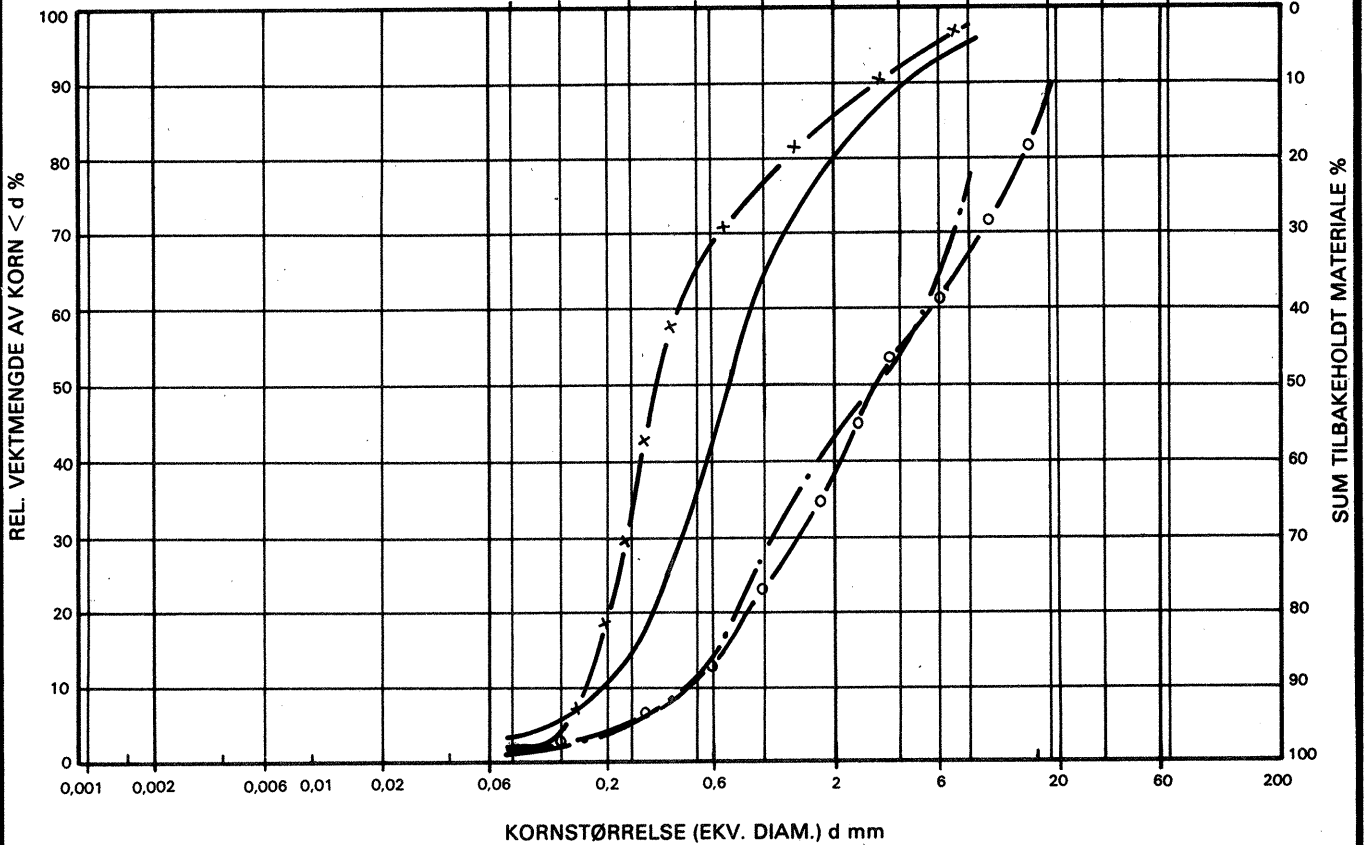
Dato: 09.11.89

Rapport nr.: R.778

Sign.: KT, SLS

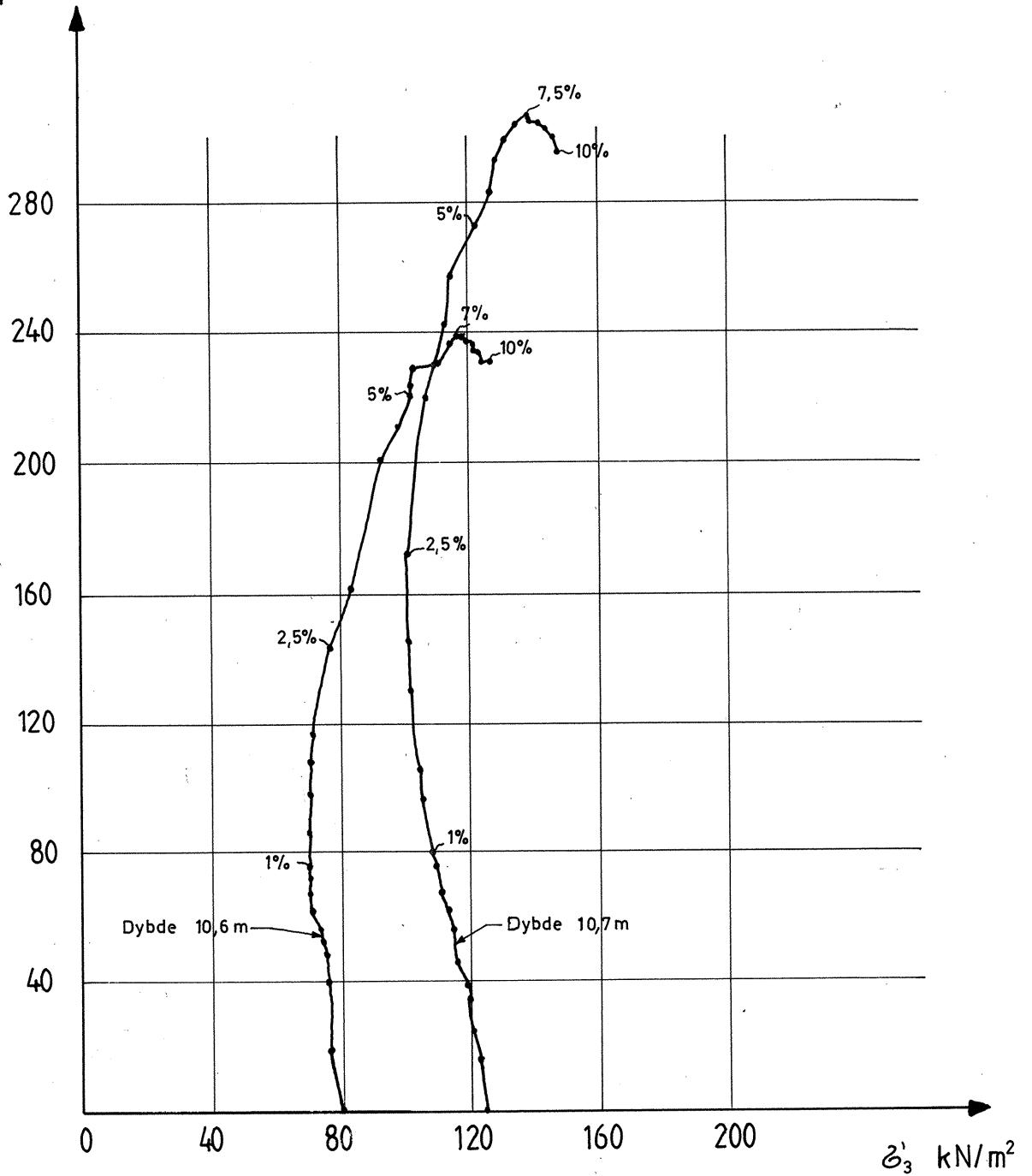
Bilag: 13

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 7 Dybde 4 - 4,8 m	
-●-	Boring 7 Dybde 5 - 5,8 m	
-○-	Boring 7 Dybde 6,2 - 7 m	
-x-	Boring 7 Dybde 10 - 10,8 m	
BESKRIVELSE AV MATERIALET		
MERKNAD		

$1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$
kN/m²



TRONDHEIM KOMMUNE
GEOTEKNISK SEKSJON

TRONDHEIM HAVN

Triaksialforsøk
Boring 7, dybde 10,6 m og
10,7 m

MALESTOKK

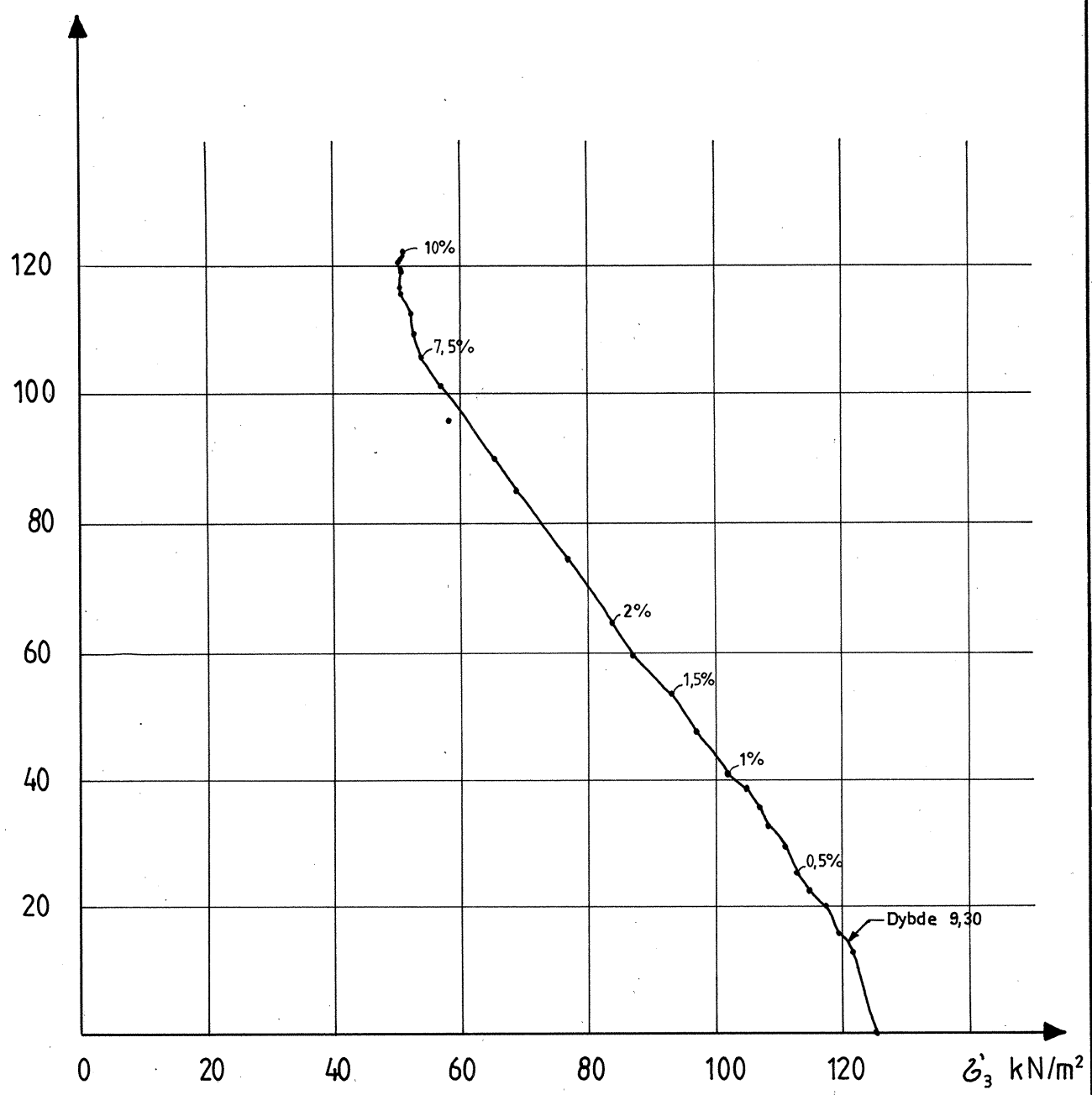
TEGNET AV
SLS

RAPP NR.
R.778

DATO
09.11.89

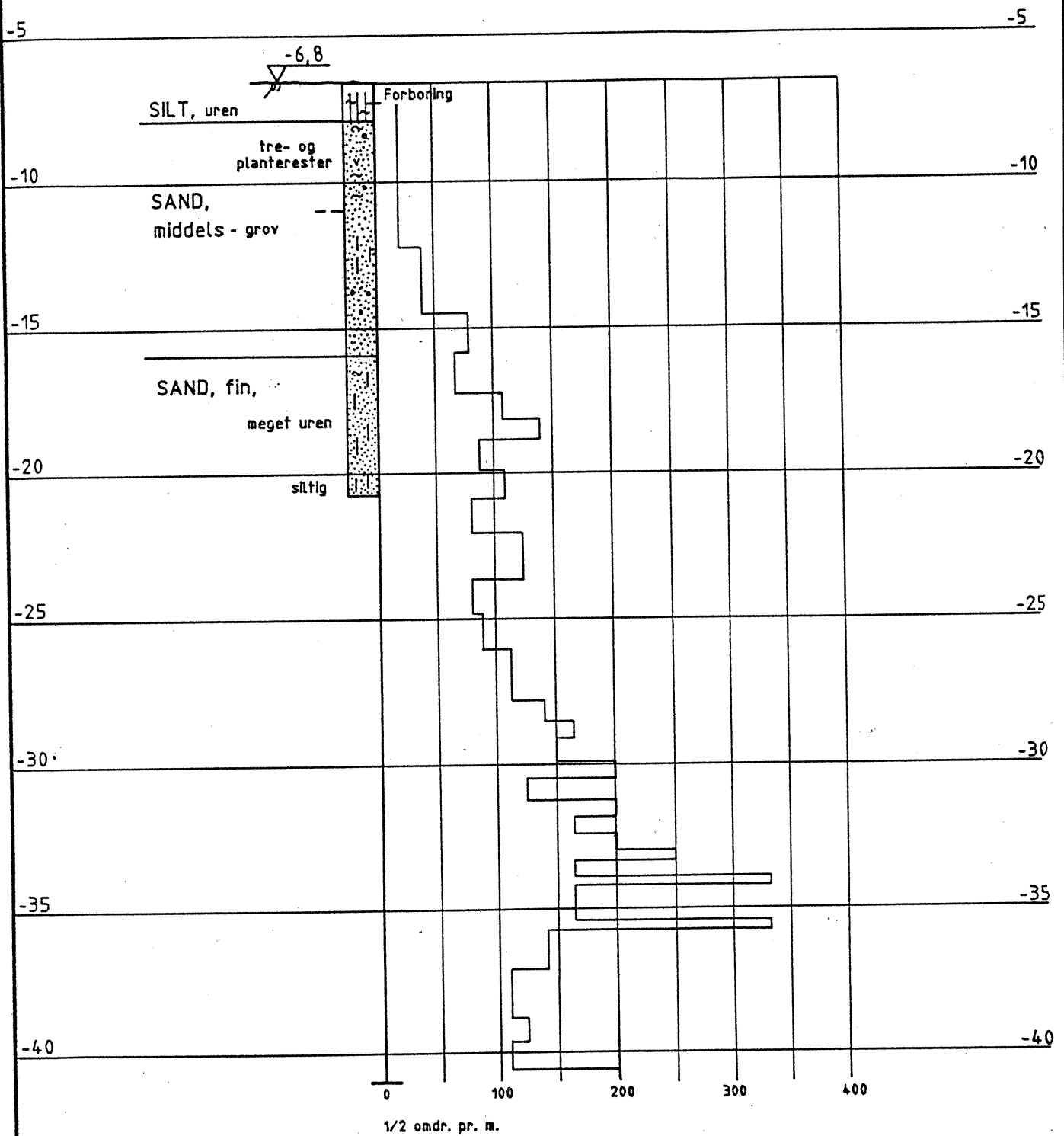
BILAG
14

$1/2(\sigma_1 - \sigma_3)$
kN/m²



TRONDHEIM KOMMUNE GEOTEKNISK SEKSJON	TRONDHEIM HAVN	MÅLESTOKK	
	Triaksial forsøk	TEGNET AV SLS	RAPP NR. R.778
	Boring 6, dybde 9,30 m	DATO 11.12.89	BILAG 15

Boring 14 - 1955



1/2 ondr. pr. m.

-45

TRONDHEIM HAVN

Boring nr. 14 fra NOTEBY
 rapport nr. 3779

TRONDHEIM KOMMUNE
 GEOTEKNISK SEKSJON

MÅLESTOKK:

1:200

TEGN. AV:

SLS

DATO:

08.11.89

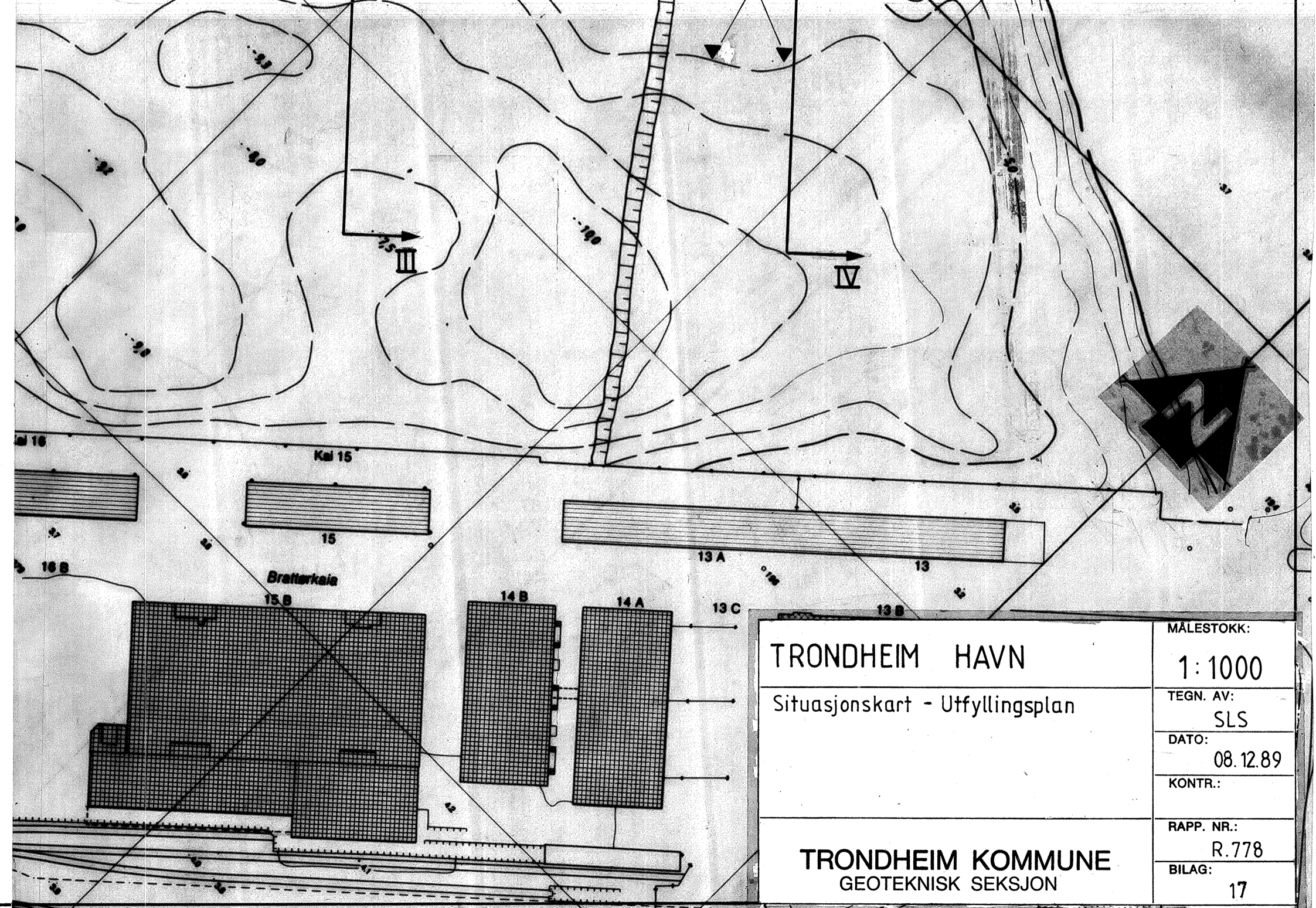
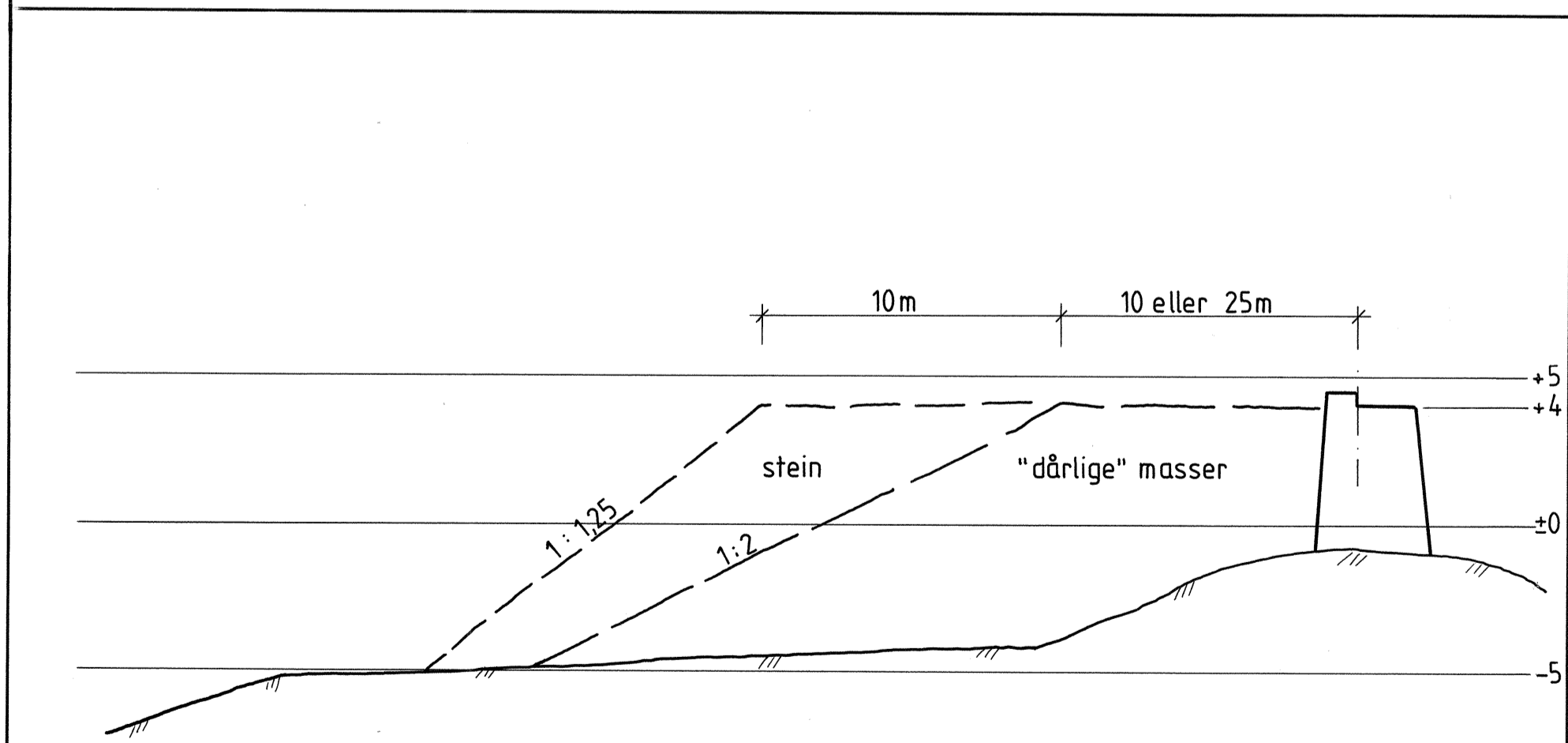
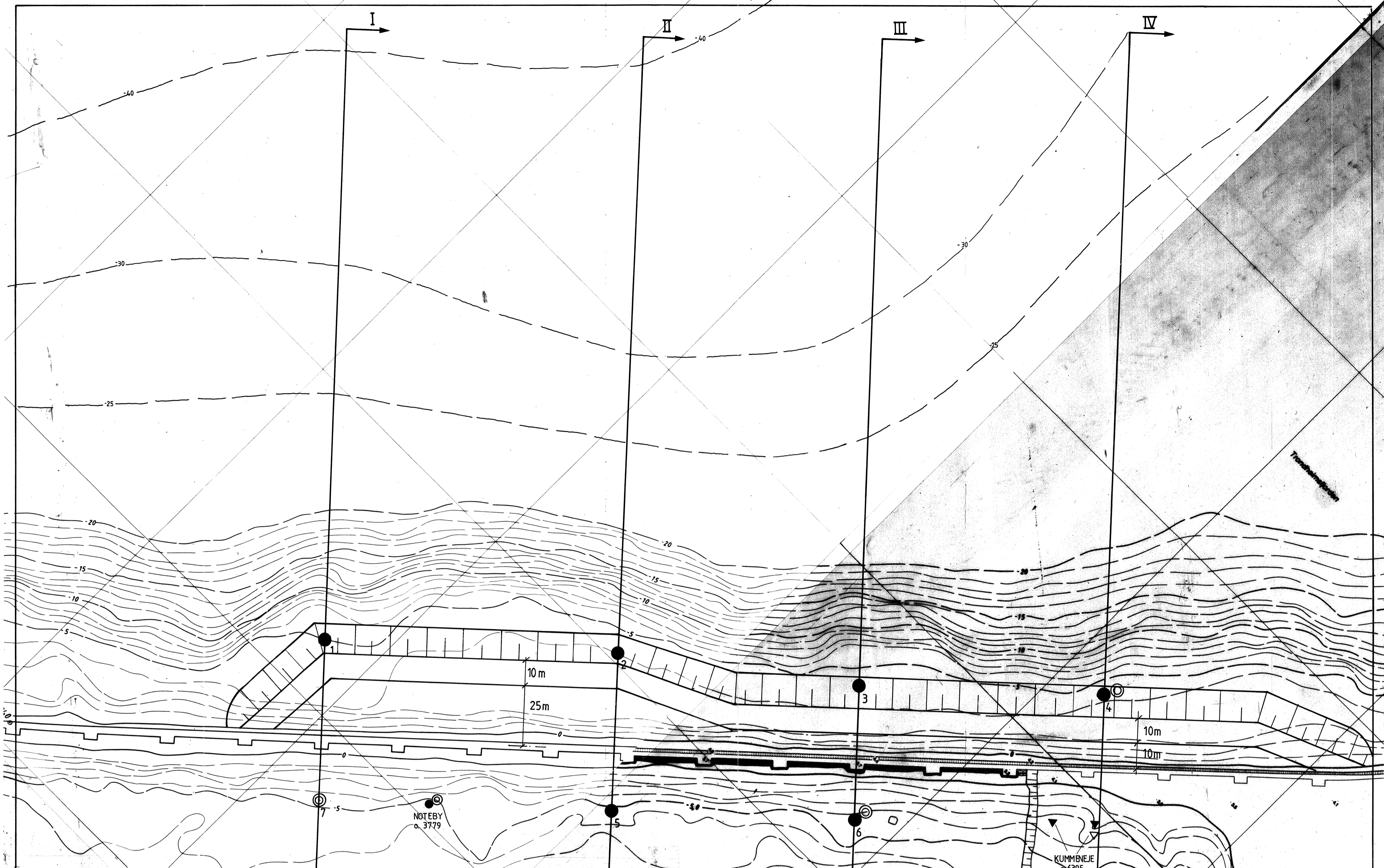
KONTR.:

RAPP. NR.:

R. 778

BILAG:

16



TRONDHEIM HAVN	MÅLSTOKK:
	1:1000
Situasjonskart - Utfyllingsplan	TEGN. AV:
	SLS
	DATO:
	08.12.89
	KONTR.:
TRONDHEIM KOMMUNE	RAPP. NR.:
	R.778
GEOTEKNISK SEKSJON	BILAG:
	17