

Fylke	Kommune	Sted	UTM - referanse
Sør-Trøndelag	Malvik	Malvikbukta	NR 829 358
Byggherre	Malvik kommune		
Oppdragsgiver	Malvik kommune		
Oppdrag formidlet av	Sør-Trøndelag fylkeskommune		
Oppdragsreferanse	Vårt brev av 03.11.82, og telefonisk bekreftelse 20.09.83.		
Antall sider	Antall bilag	Tegn. nr.	Antall tillegg
7	10	0 - 10	3

Prosjekt - tittel Småbåthavn i Malvikbukta

Rapport - tittel Grunnundersøkelser.
Stabilitetsvurdering.

Oppdrag nr. o.4013 Rapport nr. 1 28.des. 1983

MALVIK KOMMUNE
TEK. 1983
19 DES 1983
522
3640

Sammendrag

Grunnen langs sørvestsiden av Malvikbukta består i alt vesentlig av leire, og det er påvist bløt kvikkleire ved prøvetakingen.

Stabilitetsforholdene tillater ikke mudring for småbåthavn helt inn til fylling for opplagsplass eller molo. Det er mulig at et endret prosjekt med minst 20 - 25 meter avstand fra fyllingskant og molo til mudret område kan finnes forsvarlig.

Mudringsmassene kan ikke ventes å egne seg som fyllmasse.

Selv om vi ikke vil utelukke at det kan finnes løsninger som muliggjør anlegg av småbåthavn i Malvikbukta, er forholdene så vidt ugunstige at vi ikke tilrår planene videreført før andre alternativer er vurdert.

Overingeniør

Jarle Th. Nestvold.

Saksbehandler

Harald R. Jensen.

INNHOOLD

1. INNLEDNING	side 3
2. UTFØRTE BORINGER	" 3
3. LABORATORIEUNDERSØKELSER	" 4
4. TERRENG- OG GRUNNFORHOLD	" 4
5. PROSJEKT	" 5
6. STABILITETSVURDERING	" 5
7. VURDERING AV PROSJEKTET.	" 6

BILAG

1. Situasjonsplan
2. Profil A
3. Profil B
4. Profil C
5. Profil D
6. Profil E
7. Borprofil hull 3
8. Ødometerforsøk
9. Treaksialforsøk (tolkning for $a = 0$)
10. Treaksialforsøk (tolkning for $a = 10 \text{ kN/m}^2$)

TILLEGG

- I Markundersøkelser
- II Laboratorieundersøkelser
- III Spesielle undersøkelser.

1. INNLEDNING.

I anledning foreliggende prinsipplan for bygging av småbåthavn i Malvikbukta har vi utført enkle grunnundersøkelser for vurdering av stabilitetsforholdene.

NSB har i 1964 utført grunnundersøkelser for jernbanefyllingen i dette området. Aktuelle resultater er tatt med i denne rapporten (ref. NSB Gk 3373).

Undersøkelsene i denne omgang er utført spesielt med tanke på stabiliteten av området samt for jernbanefyllingen, ved mudring for båthavn og oppfylling for opplagsplass, som foreslått i vårt brev av 03.11.82.

2. UTFØRTE BORINGER.

Det er utført dreiesonderinger i 5 punkter til stopp mot antatt fjell eller i relativt fast masse i dybder 7 - 22 meter. Videre er utført prøvetaking til dybde 9 meter i ett av punktene. Tilsammen er tatt opp 6 uforstyrrede Ø 54 mm sylindrerprøver. Boringene er utført ved lavvann uten bruk av boreflåte.

Borpunktene beliggenhet fremgår av bilag 1. Sonderingsresultatene samt en forenklet jordartsbeskrivelse er gitt i profilene i bilagene 2 - 6. Profilene er oppmålt av Malvik kommune i samarbeid med Hommelvik båtforening.

Boremetodene og metodene for presentasjon av resultater er beskrevet i tillegg I.

3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

Resultatene av rutineundersøkelsene fremgår av borprofilet i bilag 7.

Det er videre for eventuell setningsberegning utført belastningsforsøk i ødometer på en prøve, med resultat som vist i bilag 8.

Leiras effektive styrkeparametre er undersøkt ved treaksialt belastningsforsøk utført på to prøvestykker. Resultater og tolkning er gitt i bilagene 9 og 10.

Undersøkelsesmetodene er generelt beskrevet i tilleggene II og III.

4. TERRENG- OG GRUNNFORHOLD.

Terrengnivå avtar fra ca. kote 4 til 5 inne ved jernbanefyllingen til ca. kote -1 til -2 på ytre del av planlagt båthavn vel 200 meter utenfor. På midtre del av området er det en liten forsenkning til kote -1,3 nærmest land, med terreng utenfor opp til kote 1. Overkant jernbanefylling ligger på ca. kote 8.

Sonderingene indikerer relativt bløt grunn, spesielt i øvre lag (stort sett ned til 5 - 6 meter under terreng). I 4 av de viste 8 sonderinger er antatt fjell registrert i dybder 7 - 12 meter. De øvrige sonderinger er avsluttet i løsmasser, den dypeste 21,6 meter under terreng.

Prøvetakingen, i borhull 3 sentralt på området, viser at grunnen her består av middels fast leire til dybde vel 2,5 meter og derunder av lagdelt bløt kvikkleire til 7 meter

under terreng. Den dypeste prøven, dybde 8 - 9 meter, består av meget fast siltig leire.

Kvikkleira er ifølge ødometerforsøket normalkonsolidert og må betegnes relativt setningsgivende.

Effektive styrkeparametre, attraksjon a og friksjon $\text{tg } \phi$, kan oppgies til:

$$a = 10 \text{ kN/m}^2, \text{tg } \phi = 0,36, \text{ eventuelt}$$
$$a = 0 \quad \text{tg } \phi = 0,5.$$

Det er i NSB's resultater vist til artesisk trykk med materialoppkomme i borpunktet ved km 15,21, dvs. ca. 250 meter øst for profil A. En kan således regne med at grunnvannstanden står tilnærmet i terrengnivå nedenfor jernbanefyllingen.

5. PROSJEKT.

Det er i prinsiplanen foreslått mudring for småbåthavn utenfor strandlinjen samt oppfylling for opplagsplass for båter på arealet videre inn mot jernbanefyllingen. Det er videre tatt sikte på å bygge en molo for avskjermning mot nord og vest.

Som utgangspunkt for vurderingen har vi satt planeringsnivå på opplagsområdet til kote +3,0 og mudringsnivå til kote -3,5, dvs. vanndybde ca. 2,0 meter ved spring lavvann.

6. STABILITETSFORHOLD.

Ved direkte overgang med helning 1:2 fra opplagsområdet til utmudret småbåthavn er det beregningsmessig ikke tilfredsstillende stabilitet.

Sikkerhetsfaktoren i denne tilstand er beregnet til ca. 1,3 ved effektivspenningsanalyse uten poreovertrykk, og under 1,0 ved totalspenningsanalyse basert på den udrenerte skjærstyrke som bestemt i laboratoriet. I betraktning av grunnforholdene (kvikkleire) og mulig skadekonsekvens anser vi derfor ikke en slik løsning forsvarlig.

En tilstrekkelig bedring av den lokale stabiliteten antas å kunne oppnås ved å trekke toppen av mudringsskråningen minst 20 - 25 meter ut fra foten av fyllingen, med et mellomliggende repos av urørt sjøbunn som antydnet på bilag 4. Dette forutsetter imidlertid at overgangen til kvikkleire faller av utover slik at mudringen ikke kommer ned i kvikkleira. Dersom den lokale stabilitet kan sikres på denne måte, kan også stabiliteten av jernbanefyllingen anses tilfredsstillende.

Også langs moloen må en regne med et slikt avtrappet profil med mudringen holdt i en viss avstand fra moloen, i hvert fall på partiet nærmest land.

Forholdene er ikke undersøkt ved den alternative molo, lenger nordvest. Det antas imidlertid at det stort sett er liten dybde til fjell på land på dette partiet, slik at risikoen for at eventuelle lokale brudd kan berøre jernbanen er liten.

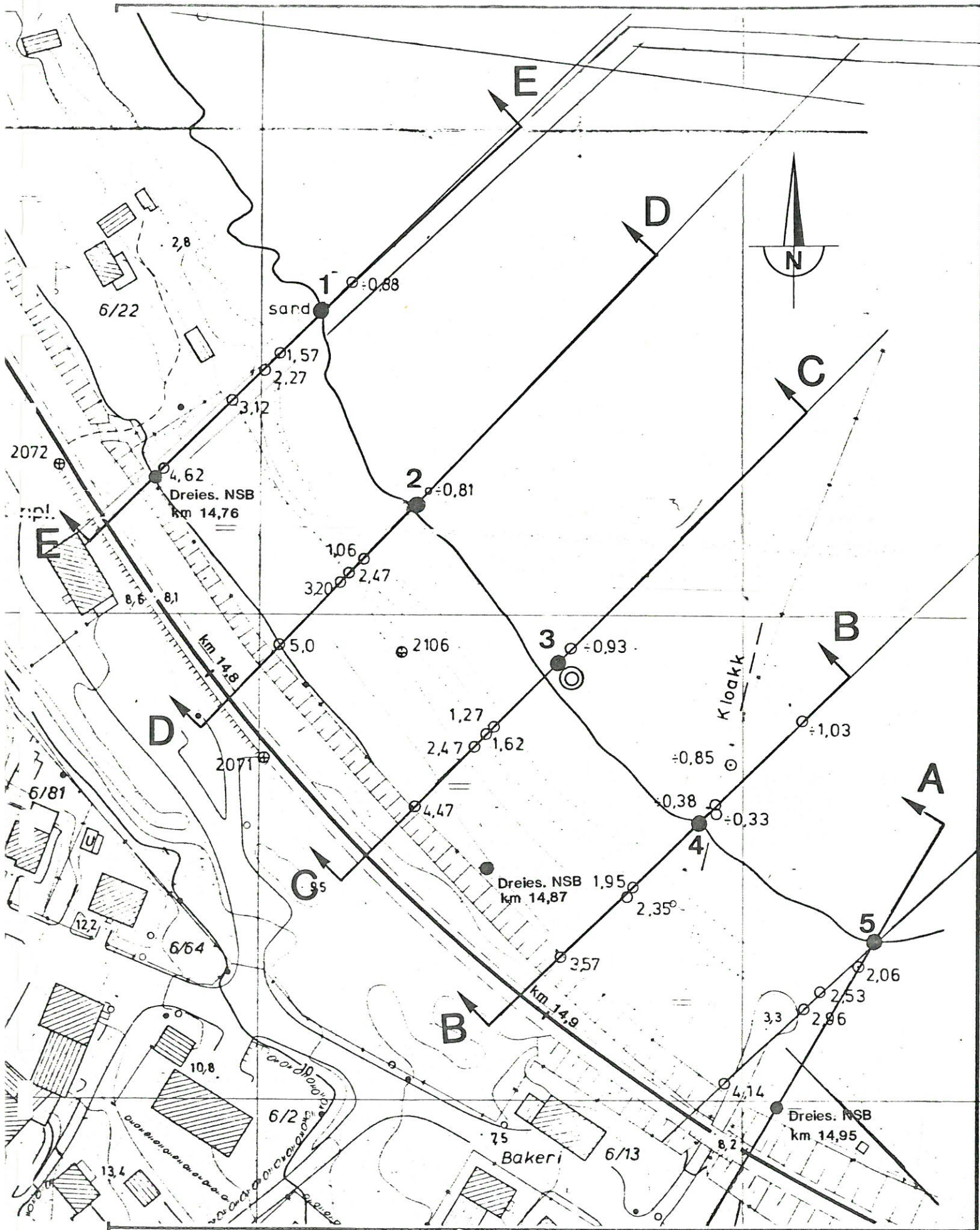
7. VURDERING AV PROSJEKTET.




På grunn av stabilitetsforholdene kan prosjektet ikke realiseres i sin enkleste og trolig mest hensiktsmessige form, med mudring helt inn til fyllingskanten. Som nevnt er det mulig at et endret prosjekt med tilstrekkelig avstand fra fyllingskant og molo til mudringen kan finnes forsvarlig, men dette vil da medføre en del "dødt areal".

Selv om det i denne omgang bare er boret i strandsonen, er det overveiende sannsynlig at grunnen i alt vesentlig består av leire også utover bukta. Mudringsmassen vil da ikke egne seg som fyllmasse, men må trolig dumpes i fjorden. Fyllmasse til opplagsplassen må påregnes tilkjørt fra land.

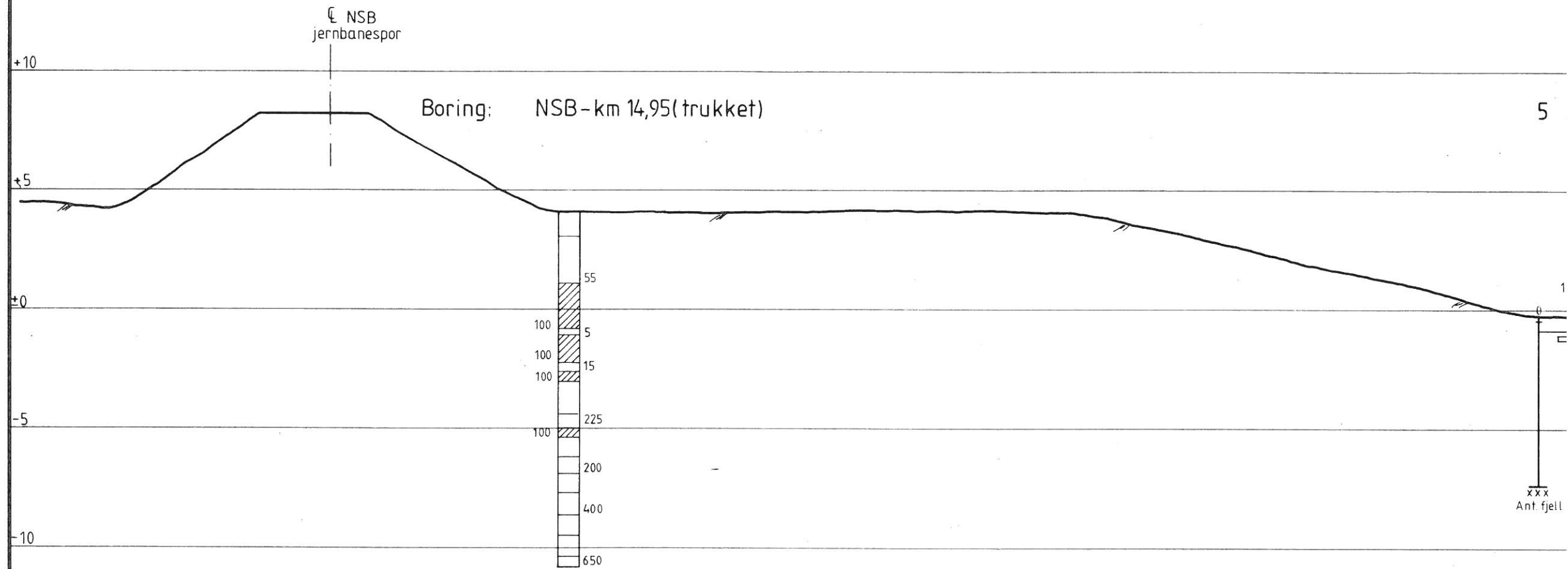
Forholdene kan derfor ikke anses som godt egnet for anlegg av småbåthavn etter de skisserte planer.

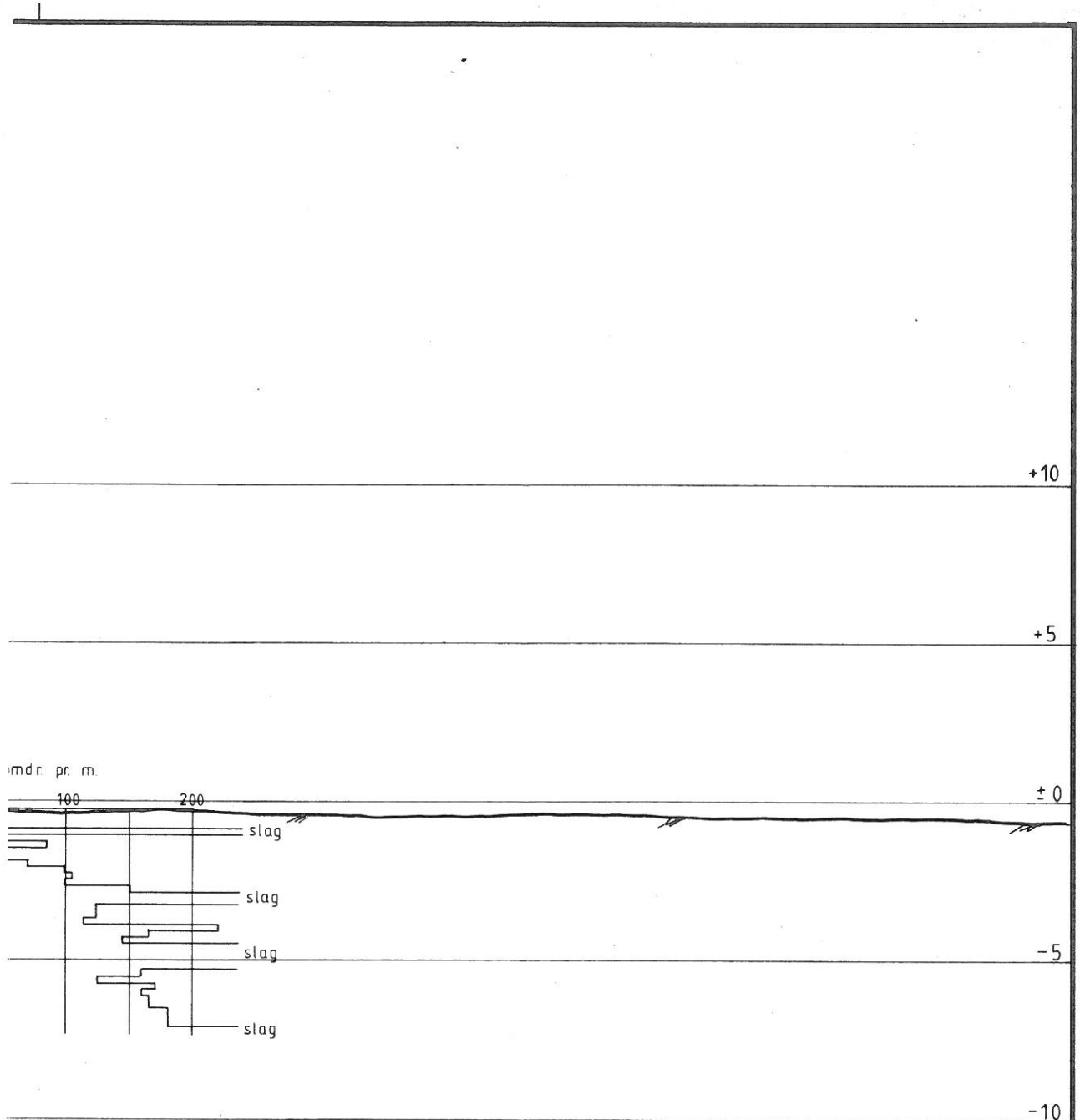
En begrenset oppfylling for opplagsplass uten mudring utenfor vil ha stabiliserende virkning med hensyn til jernbanen. Dersom vanndybder og grunnforhold tillater "alternativ molo" lagt ut lenger nordvest, og de naturlige vanndybder innenfor denne er tilstrekkelige, kan denne muligheten være verd å vurdere.



 <p>Kummeneje Sivilingeniør Ottar Kummeneje</p>  <p>TRONDHEIM</p> <p>GJØVIK BODØ TROMSØ</p> 	MALVIK KOMMUNE SMÅBÅTHAVN MALVIKBUKTA		MÅLESTOKK ca 1:1000	OPPDRAG 4013
	SITUASJONSPLAN		TEGNET AV AG	BILAG 1
	● Dreiesondering ◎ Prøveserie		DATO 02.12.83	TEGN NR 01

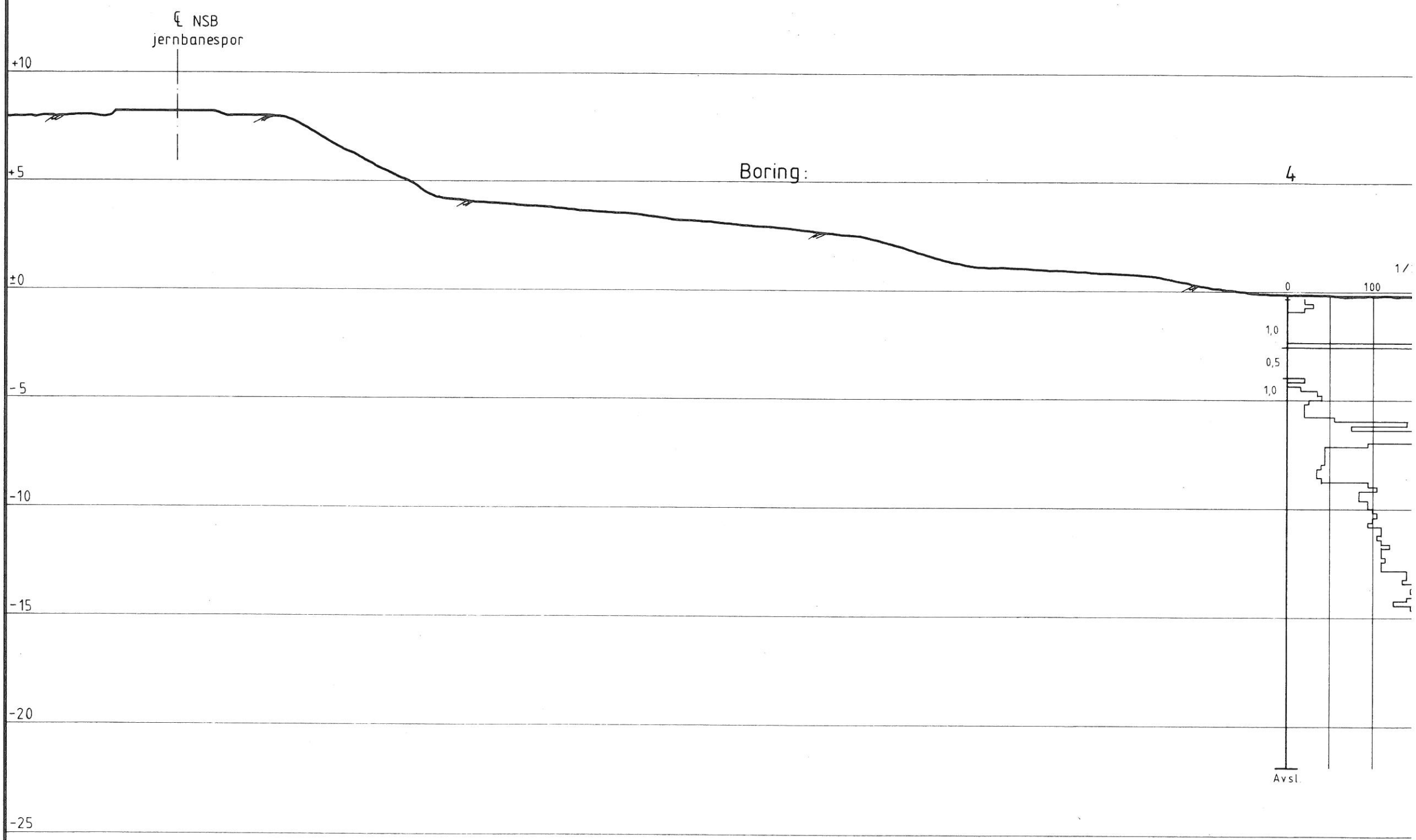
PROFIL A

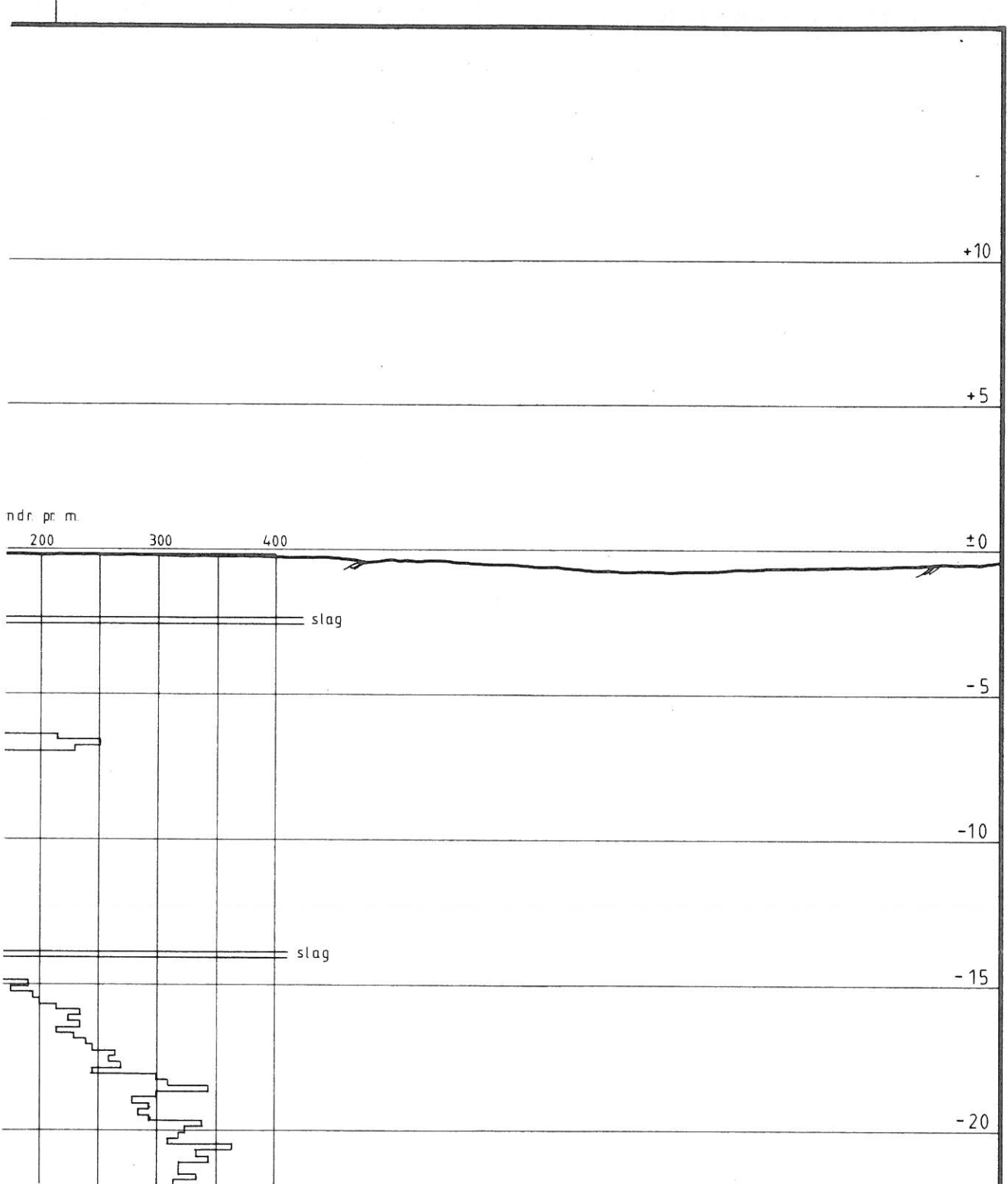




KORR	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
MALVIK KOMMUNE		MÅLESTOKK	
SMÅBÅTHAVN MALVIKBUKTA		1:200	
PROFIL A		TEGNET AV	
Boreresultater		00	
		DATO	
		19.10.83	
		OPPDRAG	
		4013	
		BILAG	
		2	
		TEGN. NR.	
		02	

PROFIL B





- 25

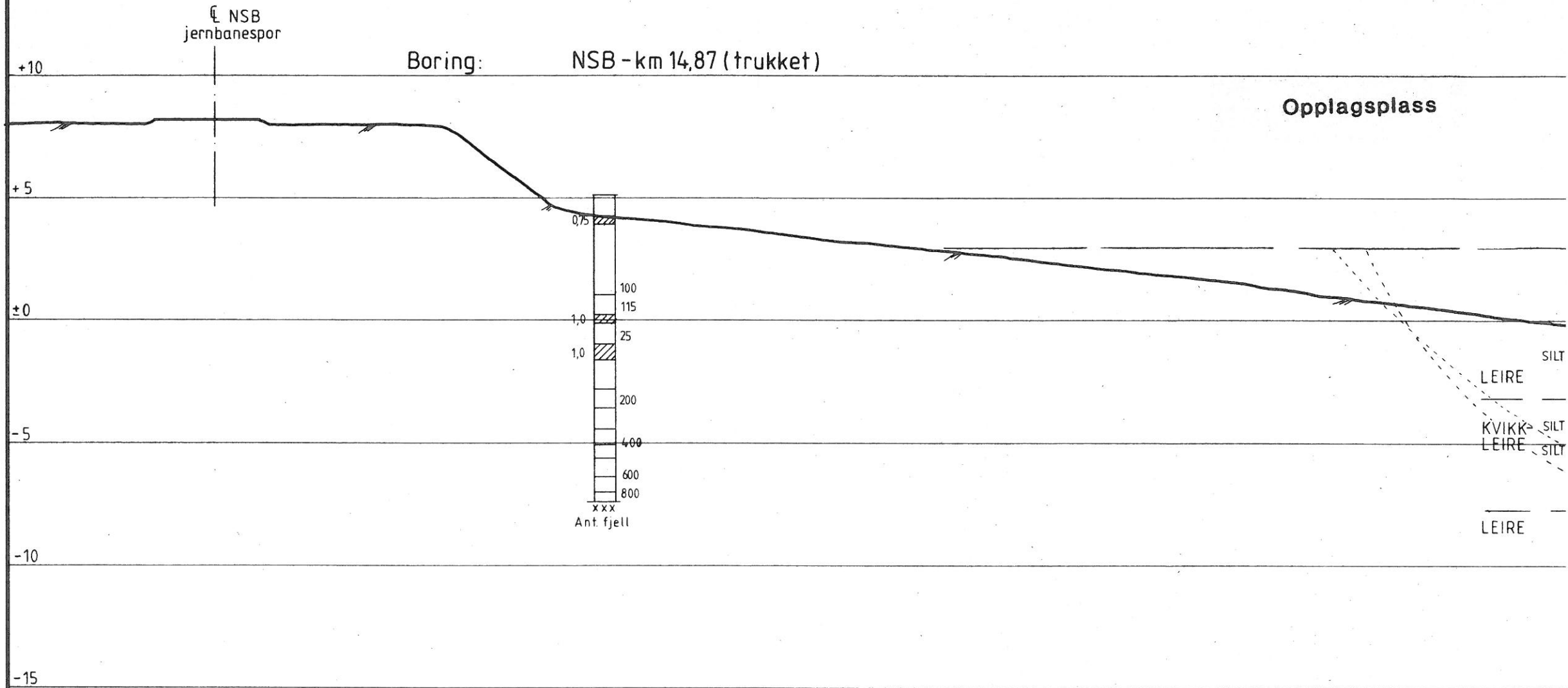
KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
MALVIK KOMMUNE		MÅLESTOKK	
SMÅBÅTHAVN MALVIKBUKTA		1:200	
PROFIL B		TEGNET AV	
Boreresultater		00	
		DATO	
		20.10.83	
		OPPDRAG	
		4013	
		BILAG	
		3	
		TEGN. NR.	
		03	

Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ

A. S. TØRRKOPI

PROFIL C



3

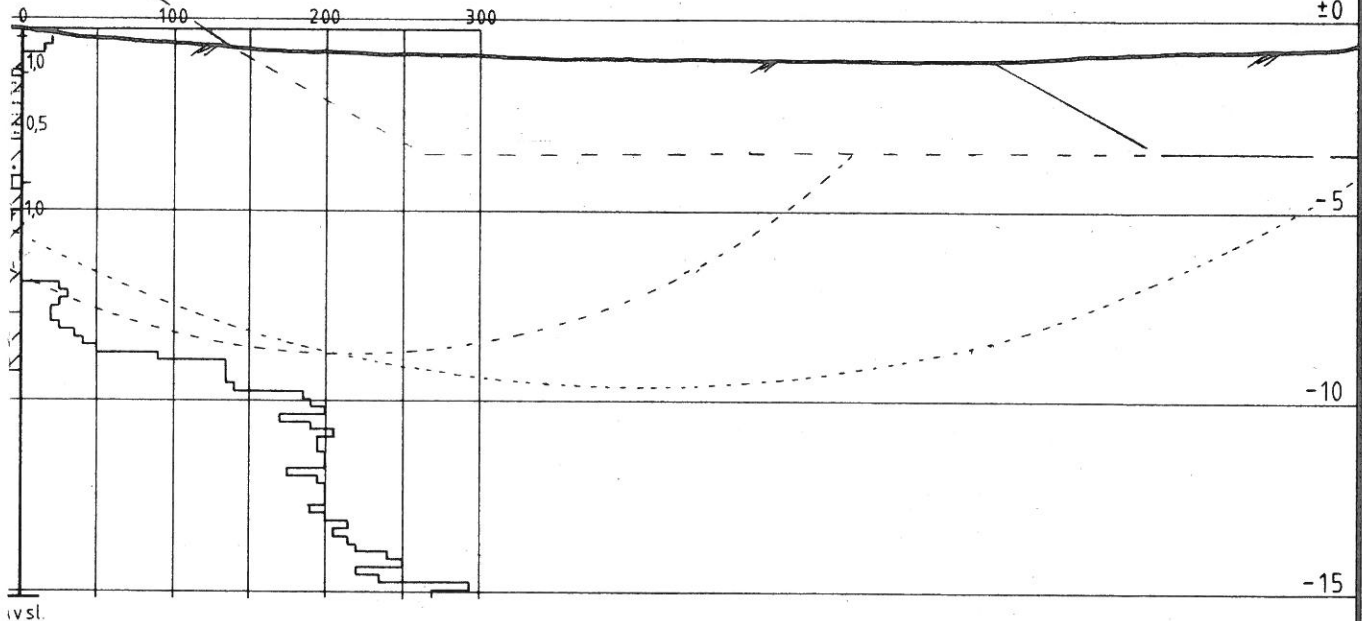
+10

min. 20 - 25 m

Småbåthavn

+5

1/2 omdr. pr. m.



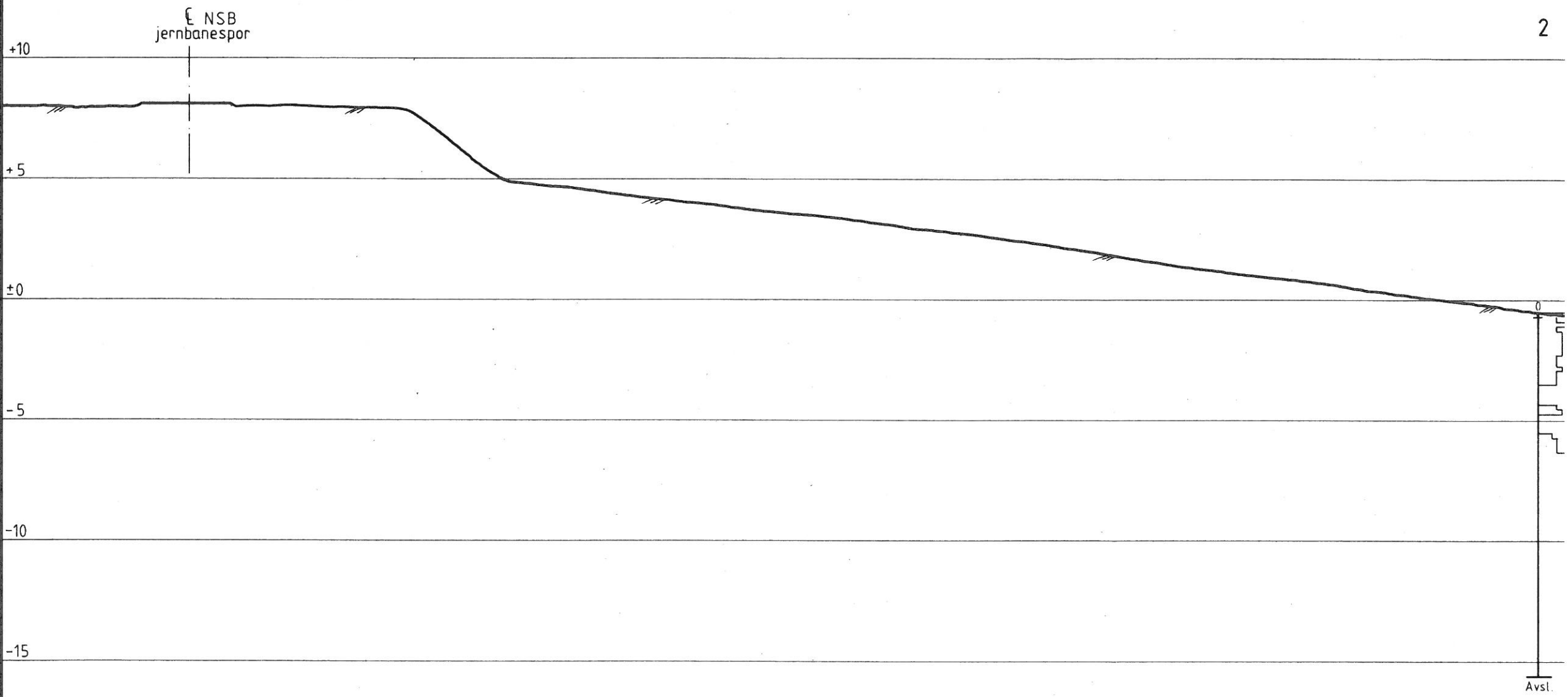
iv sl.

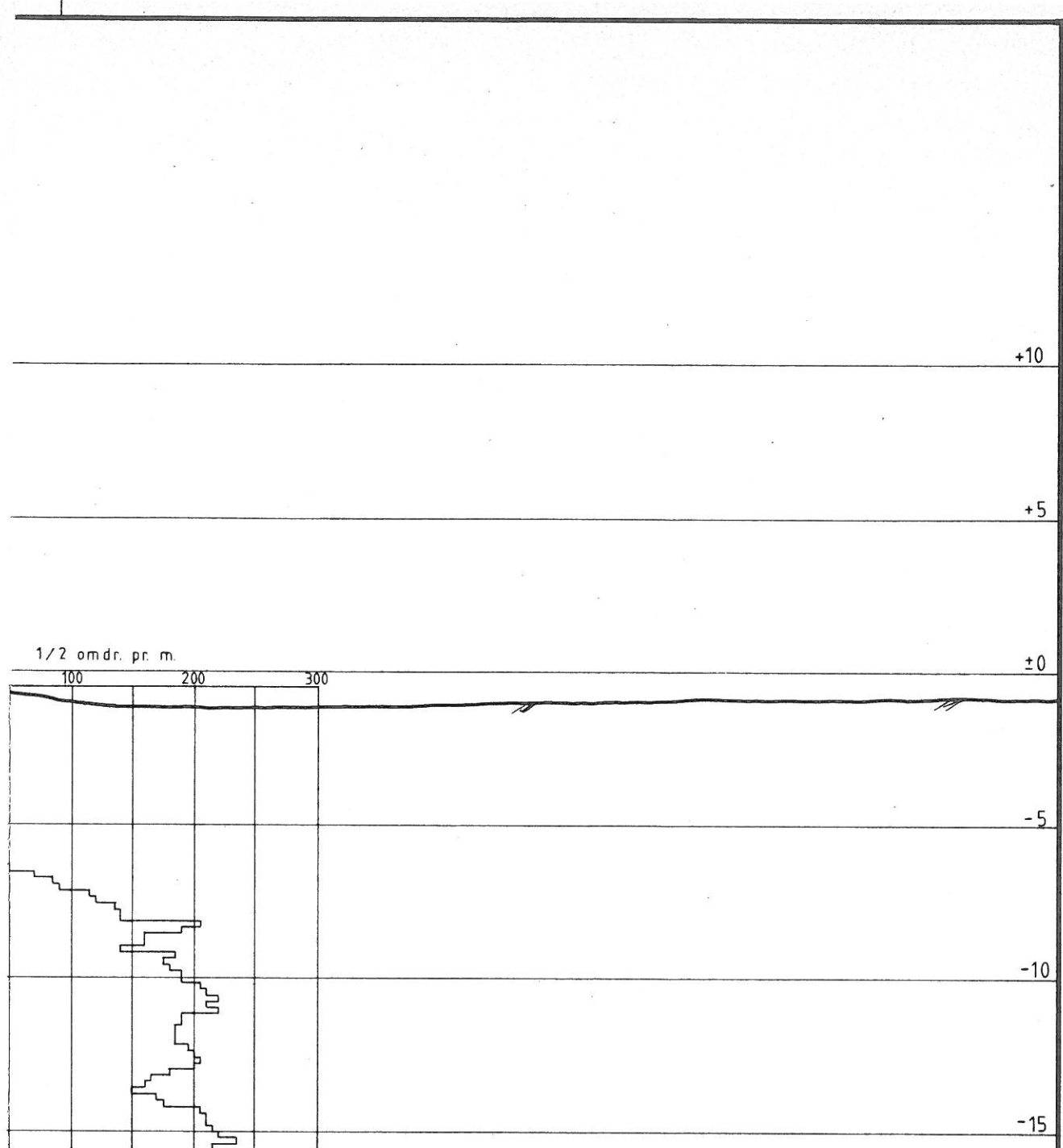
KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
MALVIK KOMMUNE		MÅLESTOKK	
SMÅBÅTHAVN MALVIKBUKTA		1 : 200	
<u>PROFIL C</u>		TEGNET AV	
Boreresultater		00	
		DATO	
		20.10.83	
		OPPDRAG	
		4013	
		BILAG	
		4	
		TEGN. NR.	
		04	

Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ

PROFIL D



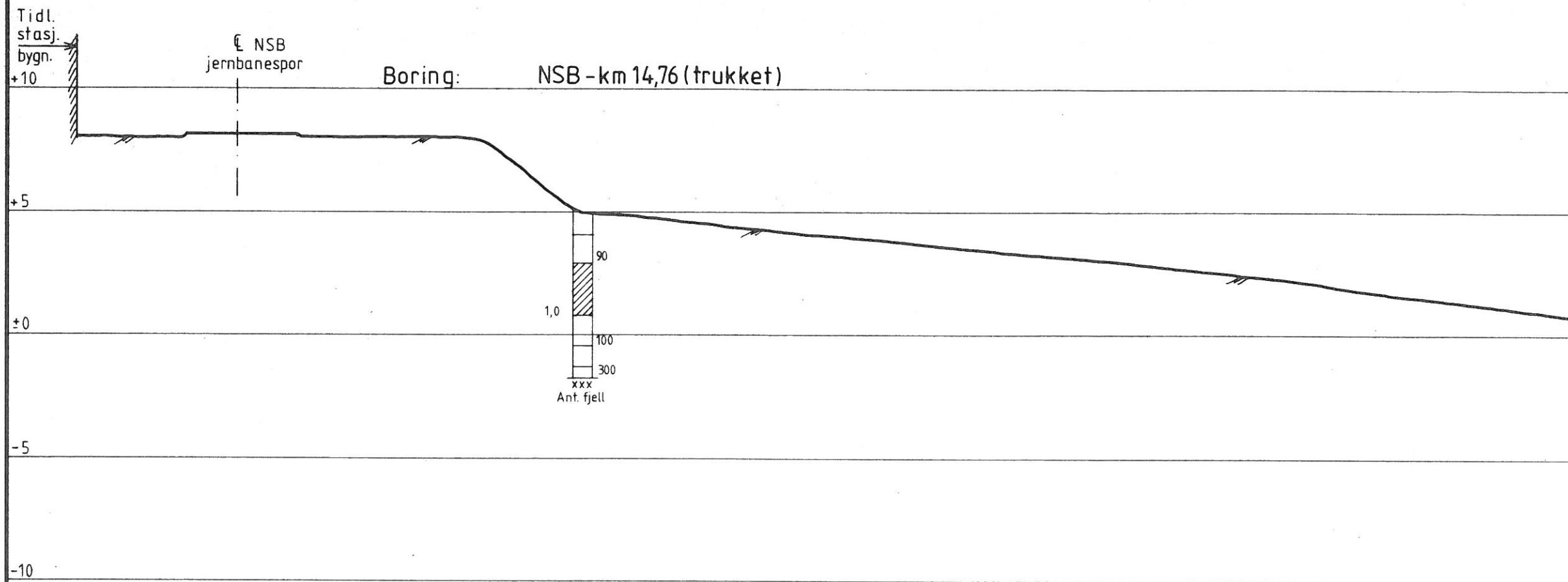


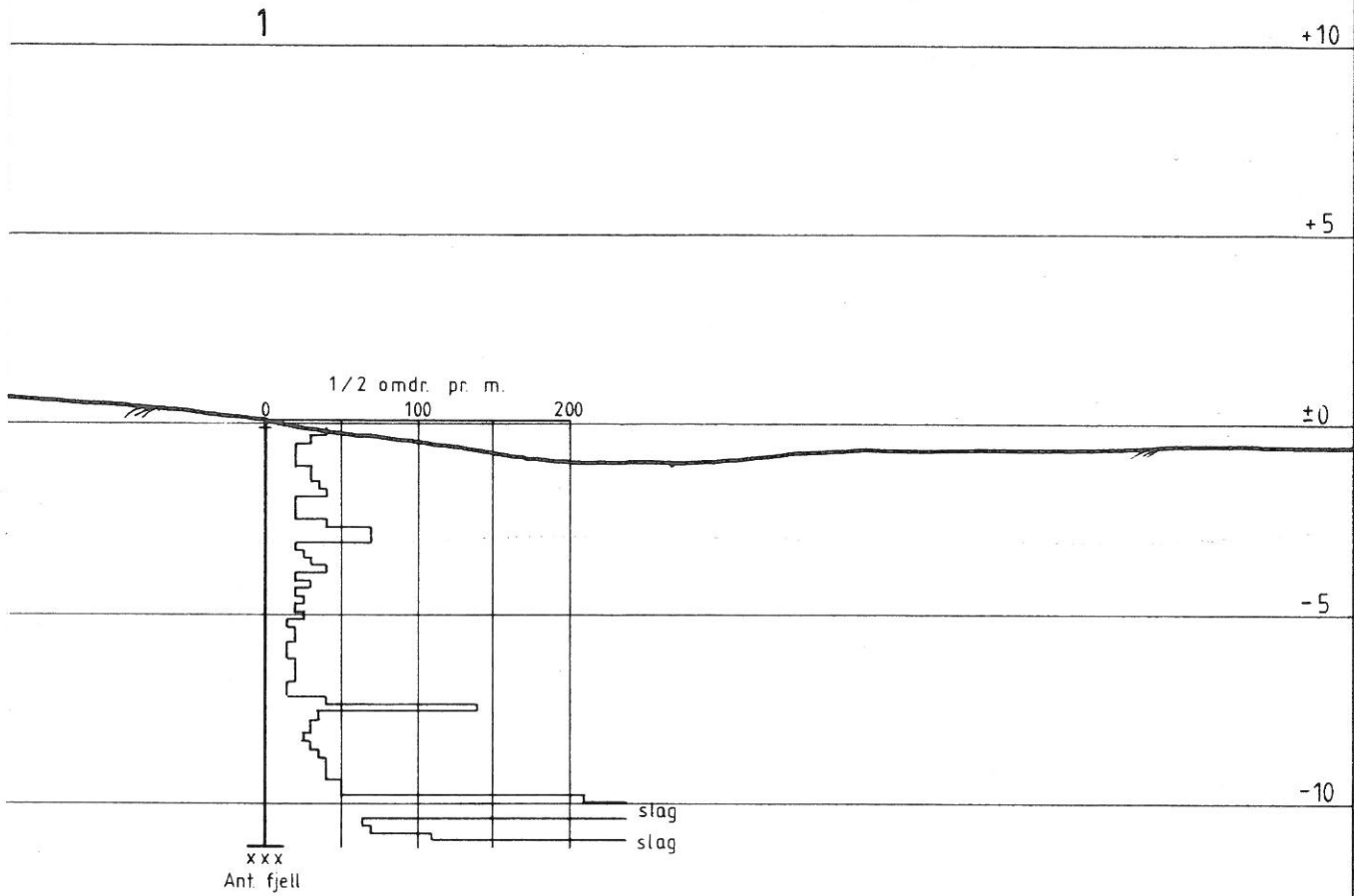
KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
	MALVIK KOMMUNE SMÅBÅTHAVN MALVIKBUKTA		MÅLESTOKK 1:200
	PROFIL D Boreresultater	00	TEGNET AV 00
			DATO 20.10.83
			OPPDRAG 4013
			BILAG 5
			TEGN. NR. 05

Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ

PROFIL E





KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
MALVIK KOMMUNE		MÅLESTOKK	
SMÅBÅTHAVN MALVIKBUKTA		1: 200	
PROFIL E		TEGNET AV	
Boreresultater		00	
		DATO	
		20.10.83	
		OPPDRAG	
		4013	
		BILAG	
		6	
		TEGN. NR.	
		06	

Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

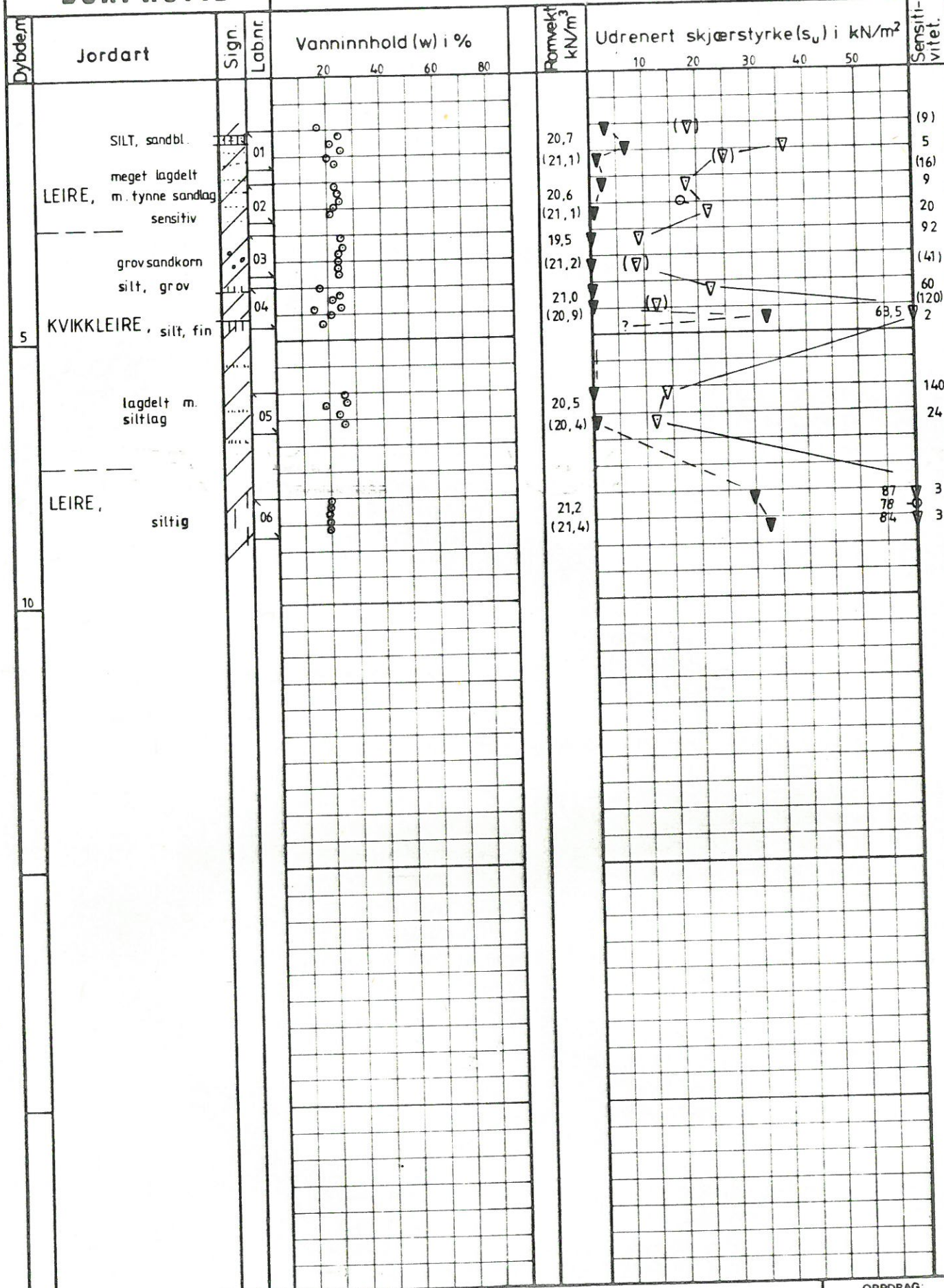
TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ

BORPROFIL

HULL: 3

TERR.NIVÅ: _____

PRÖVE Ø: 54 mm



Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ



Sted: MALVIK

Mnd/år: 10 /83

OPPDRAG: 4013

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% w/brudd)

Konustforsøk - Omrørt Uforstyrret:

Penetrometerforsøk:

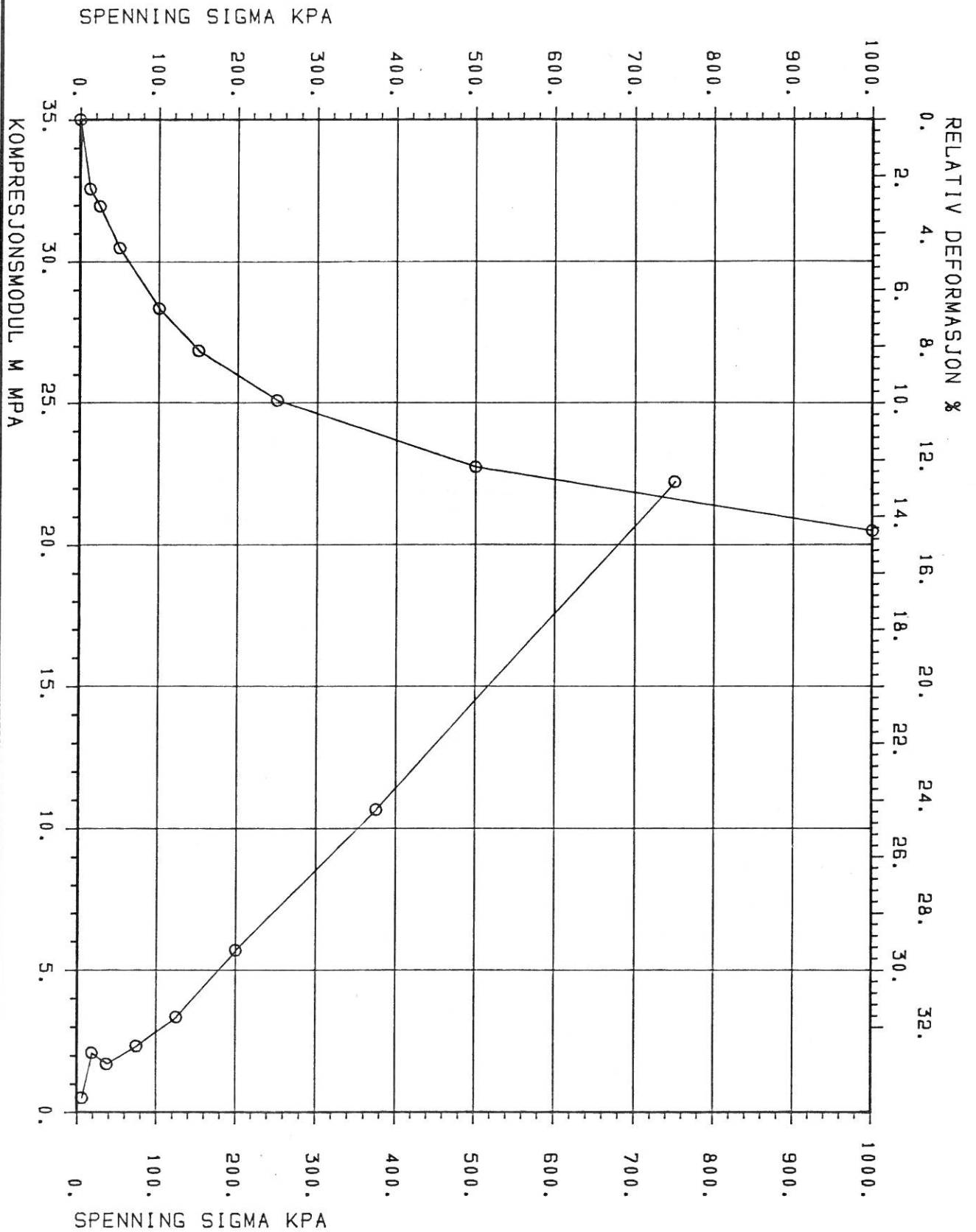
Konsistensgrenser: w_p w_L

BILAG:

7

TEGN.NR.:

07



○ LAB 05 HULL 3 DYBDE 6.25 KVIKKLEIRE

Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

RIF TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ

MALVIK

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

OPPDRAG

4013

TEGNET AV

BILAG

DEFDAT

8

DATO

TEGN NR

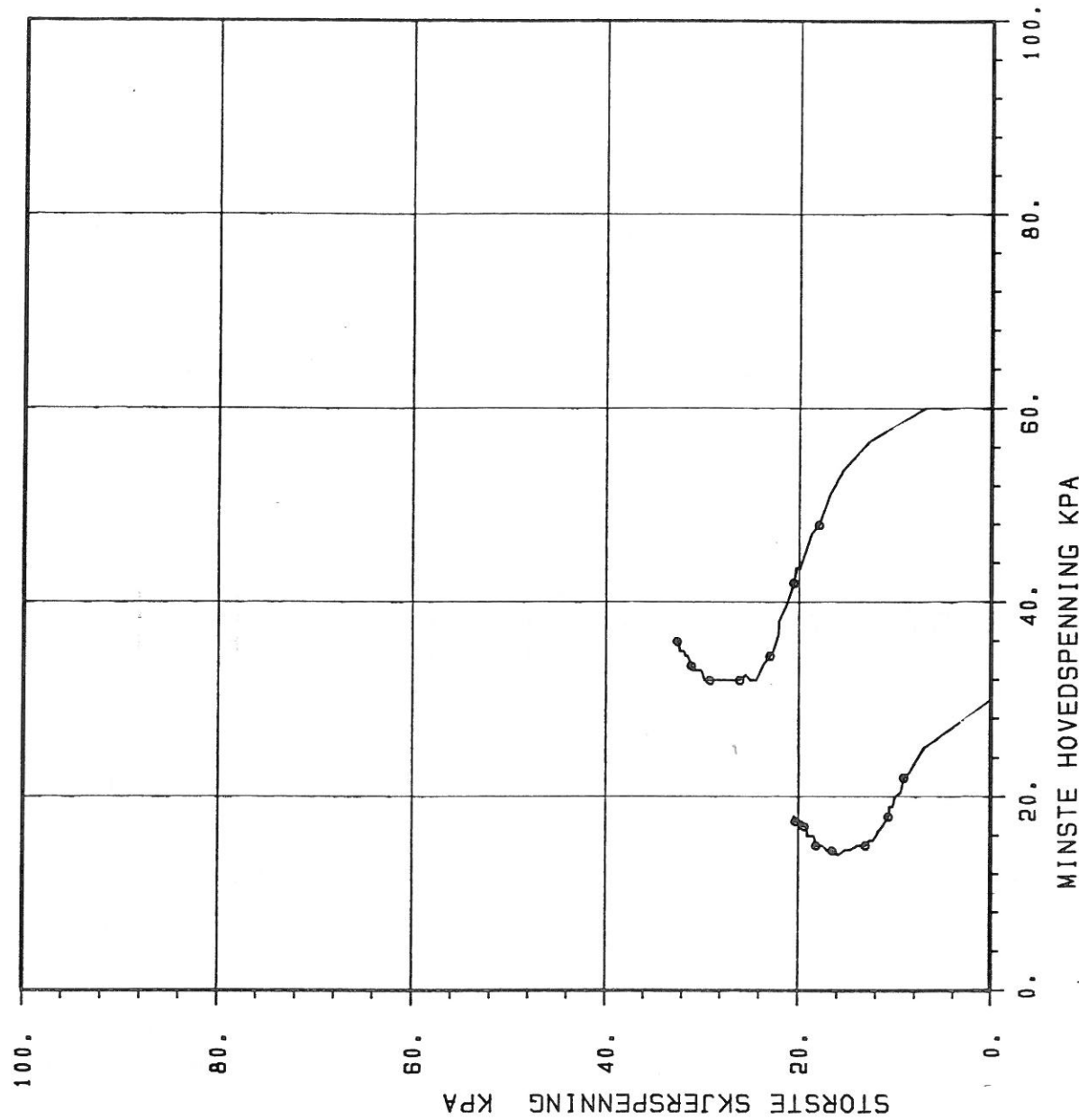
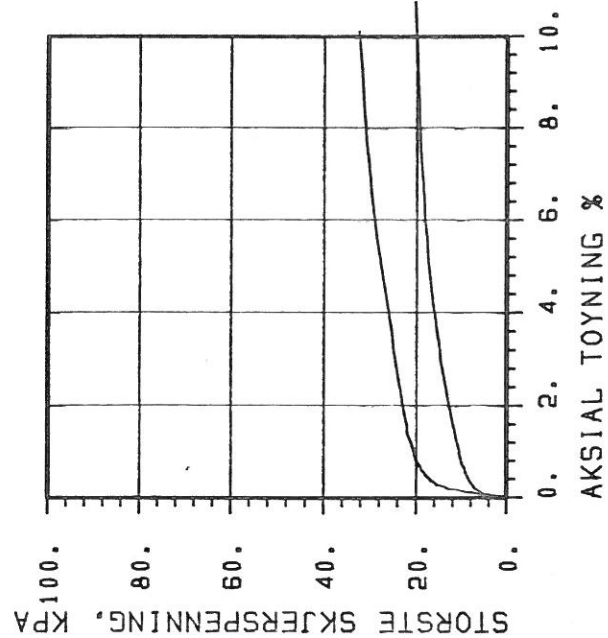
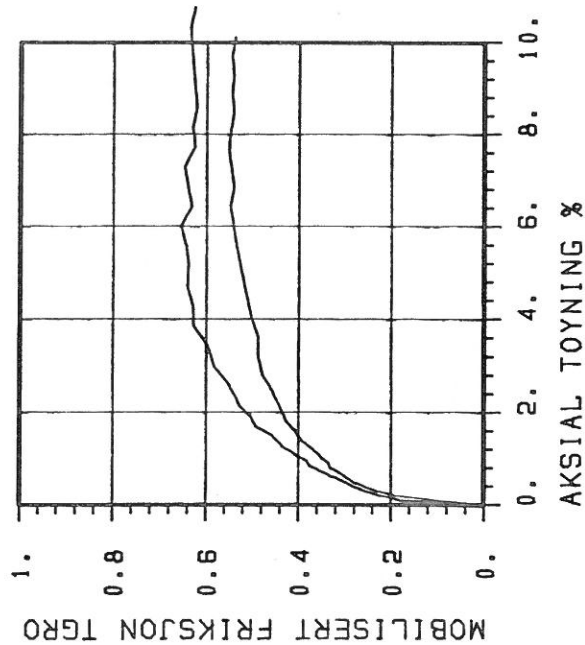
11.83

08

HULL 3 LAB 03-01 D=3.50M KVIKKLEIRE, EN GOD DEL

HULL 3 LAB 03-02 D=3.60M GROVSANDKORN. ENK. TRERESTER

ATTRAKSJON : 0.00 KPA



Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ



MALVIK

TREAKSIALFORSØK

MÅLESTOKK

OPPDRAG

4013

TEGNET AV

BILAG

MALVIK

9

11.83

11.83

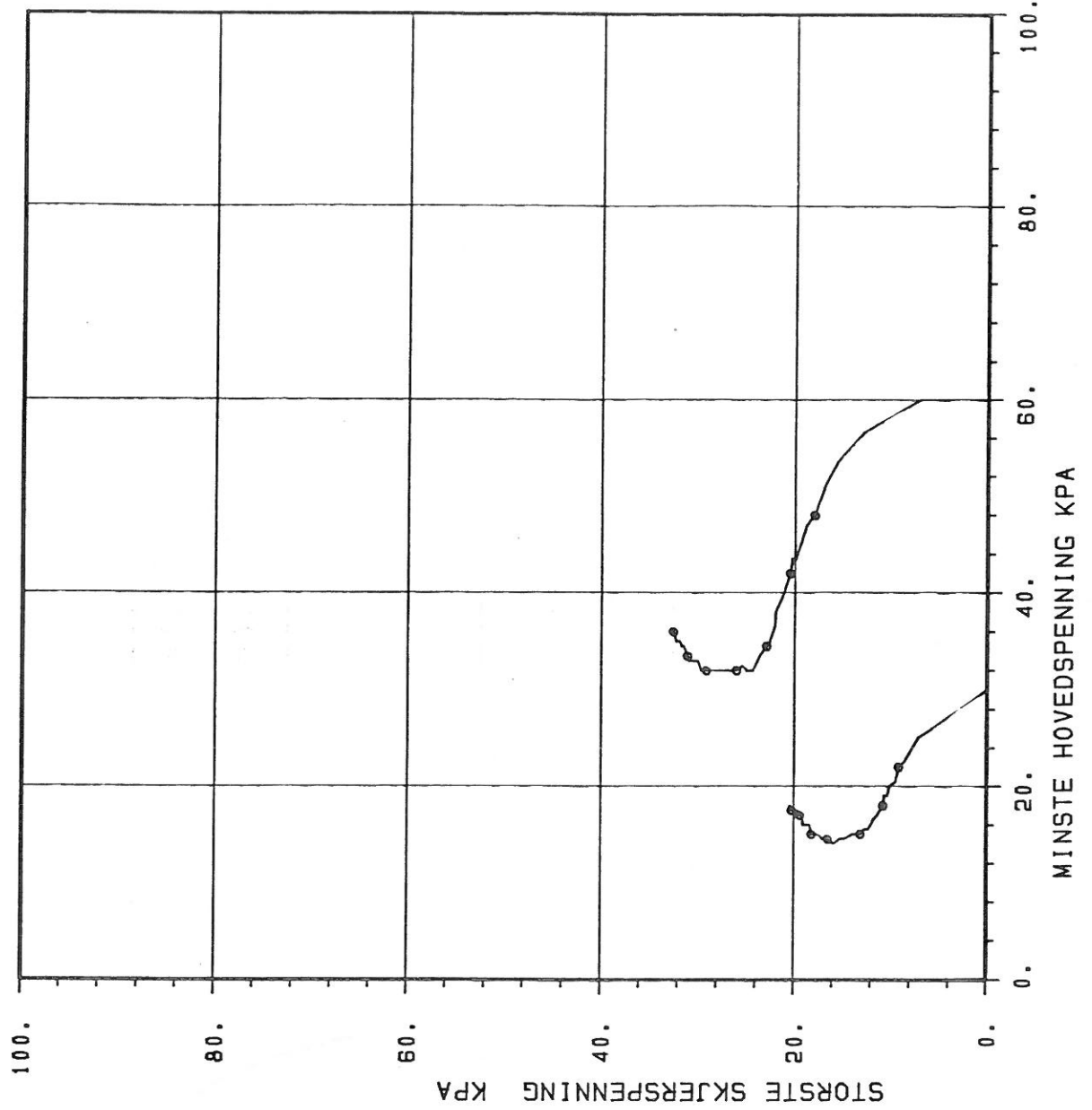
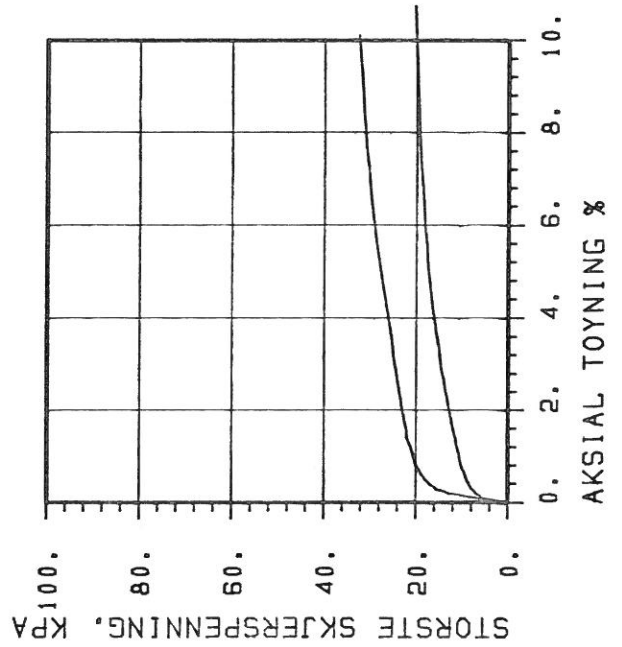
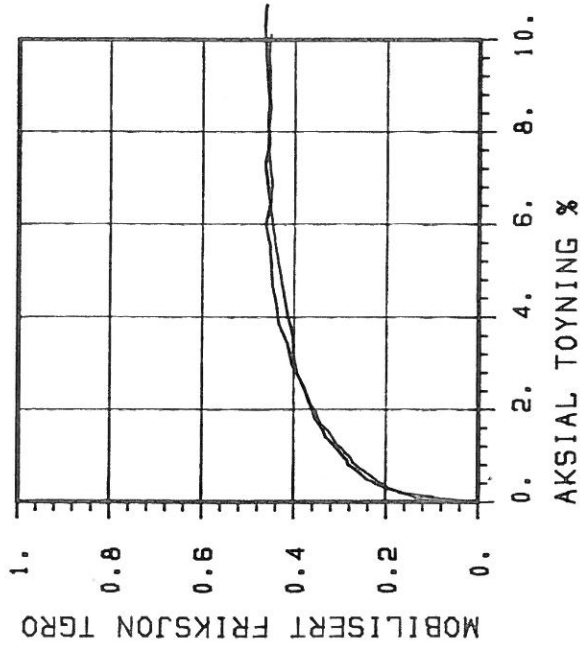
TEGN NR

09

HULL 3 LAB 03-01 D=3.50M KVIKKLEIRE, EN GOD DEL

HULL 3 LAB 03-02 D=3.60M GROVSANDKORN, ENK. TRERESTE

ATTRAKSJON : 10.00 KPA



Kummeneje
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM
GJØVIK BODØ TROMSØ



MALVIK

TREAKSIALFORSØK

MALESTOKK

OPPDRAG

4013

TEGNET AV

BILAG

MALVIK

10

DATO

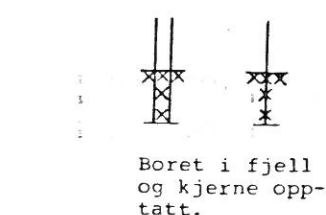
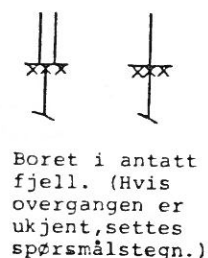
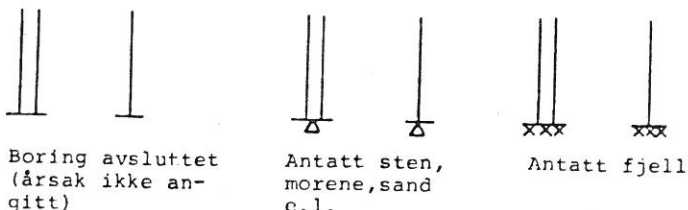
TEGN NR

11.83

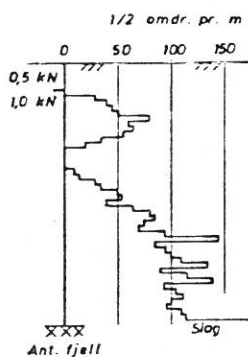
10

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).

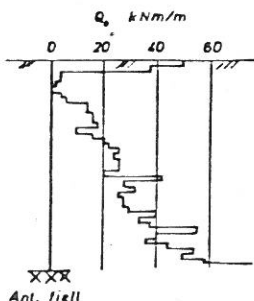


● **Dreiesondering**
utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreininger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

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

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.

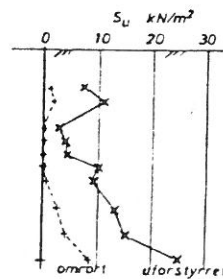
⊙ **Prøvetaking**

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 uttørking 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 tilfredsstillende formålet.

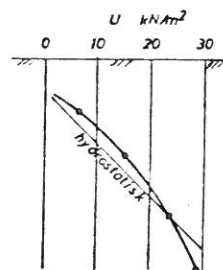
+ **Vingeboring**

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**

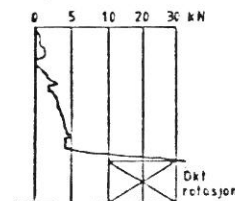
i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter ved ønsket dybde ved hjelp av rør. Vann-trykket ved filteret registreres enten hy-draulisk som stige-høyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terrenget) eller elektro-nisk ved hjelp av en direkte 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 norm-ert nedtrengningshastighet. Når motstanden øker slik at normert nedtrengningshastig-het ikke kan opprettholdes, økes rotasjons-hastigheten. Dette anføres i diagrammet.



LABORATORIEUNDERSEKELSE.

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

Udrenert skjærstyrke

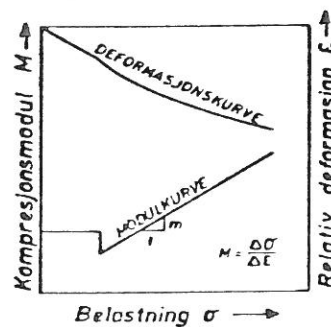
(s_u i kN/m²) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm² (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med 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 sammenstrykningen 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 natronlutopløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vekt tapet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørr 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		Trerester
	Stein		Fyllmasse		Skjell
	Grus		Matjord		Moreneleire
	Sand		Gytje, dy		Grusig morene

Anmerkning

- T = tørrskorpe
- Leire: F = 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 = aurlulle

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 skrues 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.

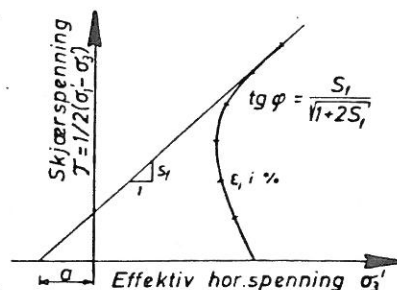
I grov og samfengt masse (grov grus, finsprengt stein o.lign.) gir sandvolummeter og vannvolummetermetoden utilfredsstillende nøyaktighet, og komprimeringen av slikt materiale undersøkes ved å bestemme oppfyllingens elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

En sirkulær plate med $\varnothing = 30$ cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnsvis 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 $c = a \cdot \text{tg } \varphi$) 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 tettete lagring av mineralpartiklene, 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 vanninnholdet 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 flyplassoverbygning, 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 bevegelsehastighet = 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 bekrefte ut fra forsøk på 2 prøver.