



rapport report

AVE

Verkeg. Nr. 200000462-1

Rapporten må ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det rapporten omhandler.

Den må ikke leveres til tredjemann uten oppdragsgivers samtykke.

Rapporten må ikke reproduseres.

This report shall not be used in parts, nor for other purposes than the report deals with.

The report shall not be given to a third party without proprietor's (client's) consent.

This report shall not be copied, in parts or in whole.

Herrevassdraget, Bamble kommune

Grunnundersøkelser og stabilitetsvurdering

990082-1

10 januar 2000.

Oppdragsgiver: Bamble kommune

Kontaktperson: Tore Gabrielsen
Kontraktreferanse: Tilbud datert 15. juli 1999

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder: 
Steinar Hermann

Rapport utarbeidet av: 
Ørjan Nerland

Kontrollert av: 
Kjell Karlsrud
Steinar Hermann



Sammendrag

Rapporten presenterer resultater og konklusjoner fra grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger langs Herrevassdraget i Bamble kommune med den hensikt å vurdere rasfare og fremtidig arealbruk for området.

Grunnforholdene varierer relativt mye innen området. Grunnen består i hovedsak av et topplag med tørrskorpe eller fyllmasser med underliggende leirig silt eller siltig leire som gradvis blir mer leirig med dybden. Over fjell ligger et morenelag. Lokalt påtreffes sandlag.

Leiras fasthet og sensitivitet varierer avhengig av hvilket område man ser på. Det er funnet meget sensitiv kvikkleire med varierende mektighet på begge sidene av Herreelva.

I de områdene nærmest Herreelva hvor terrenget er brattest viste poretrykksmålingene undertrykk i forhold til hydrostatisk poretrykksfordeling fra og med grunnvannstanden (GV) i dybde 1,5-3,7 m under terrengnivå.

Stabilitetsberegningene viser at sikkerheten med hensyn på utglidning er lavest på sørsida av Herreelva. Sikkerheten er utilfredsstillende lav fra rasområdet i 1996 til brua ved småbåthavna Munken, altså fra og med Hellestvedtveien 22 til og med Hellestvedtveien 36. Det er likevel lite sannsynlig at eventuelle utglidninger på denne siden av elva vil medføre skade på bebyggelse som ligger sør for Hellestvedtveien.

På nordsida av Herreelva er sikkerheten tilfredsstillende bortsett fra i området rundt Nedre Herrejordet 1. Ved eventuelle utglidninger i dette området vil det være fare for at bolighuset med adresse Nedre Herrejordet 1, og muligens også Nedre Herrejordet 3, vil bli skadet. Det er mindre sannsynlig at andre hus i dette området vil bli skadet ved eventuelle utglidninger.

NGI anbefaler at det ikke igangsettes noen form for byggeaktivitet, fra og med brua ved småbåthavna Munken til og med brua ved Samvirkelaget, uten at det foretas geotekniske vurderinger.

Generelt for området oppstrøms brua ved småbåthavna Munken er at stabiliteten er god på grunn av små dybder til fjell.

For området nedstrøms brua ved Samvirkelaget er stabilitet god på grunn av liten helning på terrenget og små høydeforskjeller.

De mest aktuelle tiltakene for å forbedre stabiliteten i de mest kritiske områdene er avlastning av masser fra skråning og skråningstopp eller utlegging av motfylling/erosjonsbeskyttelse i foten av skråningene. Det kan også være aktuelt å kombinere disse to metodene.



NGI anbefaler at det på nordsida av Herrelva utføres tiltak for å forbedre stabiliteten fra og med tomt 3/221 (Gnr/Bnr) til og med tomt 3/35. På sørsida av Herreelva anbefales det å utføre tiltak fra og med brua ved småbåthavna Munken til og med tomt 4/88.



INNHold

1	INNLEDNING	5
2	FELTUNDERSØKELSER	5
3	LABORATORIEUNDERSØKELSER	7
4	GRUNNFORHOLD	8
4.1	Generelt	8
4.2	Profil A-A	8
4.3	Profil B-B	9
4.4	Profil C-C	9
4.5	Profil D-D	10
4.6	Profil E-E	10
4.7	Profil F-F	11
4.8	Profil G-G	12
4.9	Profil H-H	12
5	STABILITET	12
5.1	Jordartsparemetre	12
5.2	Stabilitetsberegninger	14
5.3	Vurdering av resultater	15
5.4	Stabiliserende tiltak	16
6	REFERANSER	18

Figurer

Figur 1	Oversiktskart	M = 1:50 000
Figur 2	Borplan	M = 1:1000

Vedlegg

Vedlegg A	Profiler
Vedlegg B	CPTU-sonderinger
Vedlegg C	CPTU-tolkninger
Vedlegg D	Borprofiler
Vedlegg E	Kornfordelingskurver
Vedlegg F	Ødometerforsøk
Vedlegg G	Treaksialforsøk
Vedlegg H	Poretrykksmålinger

Kontroll- og referanseside



1 INNLEDNING

Norges Geotekniske Institutt (NGI) har utført grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger langs Herrevassdraget i Bamble kommune med den hensikten å vurdere rasfare og fremtidig arealbruk for området. Undersøkellesområdet er vist på oversiktskart, figur 1.

Den 10. oktober 1999 gikk det et leirras like ved tidligere Herre bensinstasjon. Undersøkelser i etterkant av raset utført av Noteby A/S viste at grunnen i rasområdet bestod av mektige avsetninger med meget bløt og kvikk leire. Det er på bakgrunn av disse opplysningene Bamble kommune har gitt NGI i oppdrag å utføre grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger på de steder langs Herrevassdraget som virker mest kritiske med hensyn på utglidning.

I forbindelse med leirraset i 1996 utførte Noteby grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering i og rundt rasstedet /7,8/.

Det også utført grunnundersøkelser i forbindelse med bygging og ombygging av samtlige tre bruer på Herre /4, 5, 6/.

Sammen med Tore Gabrielsen i Bamble kommune utført NGI befaring på stedet den 15. september 1999. Med bakgrunn i befaringen ble det utarbeidet et program for felt- og laboratorieundersøkelser. For at grunnundersøkelsene og de geotekniske vurderingene skulle være mest mulig representativ for hele området var det nødvendig å se på til sammen 8 tverrprofiler.

For valg av profiler er Notebys forslag til borplan datert 17. januar 1997 lagt til grunn.

Opptegning av profilene er utført på grunnlag av digitalt kart levert av Bamble kommune.

2 FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsene ble utført i periodene 18. til 22. oktober og 22. til 26. november 1999.

Til utførelse av boringene ble det benyttet en beltegående borerigg, type Geonor GM 100.

Det er utført boringer i totalt 28 punkter. Tabell 1 viser oversikt over borpunkter, koordinater, hvilke typer undersøkelser som er utført i de ulike punktene og langs hvilket profil borpunktene ligger.



Samtlige borpunkt er koordinatbestemt (x,y,h) ved innmåling bortsett fra borpunkt 128. Dette borpunktet er koordinatbestemt fra innmåling på kart. Det er også utført profilering i Herreelva.

Tabell 1: Oversikt over feltundersøkelser.

Borpunkt nr	Koordinater			Utførte undersøkelser				Profiler
	X	Y	H	DT	CPTU	PR	PT	
101	123512.067	- 66286.836	4.155	x				A-A
102	123472.468	- 66265.966	2.048	x				A-A
103	123427.607	- 66241.596	4.565	x	x			A-A
104	123451.645	- 66386.151	6.938	x				B-B
105	123418.309	- 66367.669	3.875	x				B-B
106	123370.378	- 66342.197	5.886	x				B-B
107	123337.161	- 66325.160	8.355	x				B-B
108	123402.621	- 66443.727	7.812	x				C-C
109	123366.623	- 66421.730	2.008	x	x			C-C
110	123370.285	- 66487.798	7.233	x				D-D
111	123340.038	- 66469.091	3.380	x	x	x	x	D-D
112	123289.745	- 66458.478	7.112	x	x	x	x	D-D
113	123278.580	- 66454.029	7.287	x	x		x	D-D
114	123252.937	- 66446.229	9.004	x				D-D
115	123367.699	- 66534.510	8.452	x	x			E-E
116	123339.914	- 66523.540	6.192	x	x		x	E-E
117	123266.355	- 66528.053	10.098	x	x			E-E
118	123247.227	- 66528.912	10.162	x				E-E
119	123326.308	- 66591.086	1.212	x				F-F
120	123260.122	- 66572.120	9.188	x	x	x	x	F-F
121	123253.403	- 66571.234	9.064	x	x			F-F
122	123236.897	- 66563.419	10.117	x	x			F-F
123	123277.669	- 66685.400	3.445	x				G-G
124	123236.604	- 66720.737	3.261	x				G-G
125	123204.543	- 66782.604	11.614	x				G-G
126	123134.161	- 67134.539	19.848	x				H-H
127	123095.802	- 67117.030	15.922	x				H-H
128	123297.290	- 66388.690	7.500		x			C-C

DT	-	DreieTrykksondering
CPTU	-	Trykksondering med poretrykksmåling
PR	-	Prøvetaking
PT	-	PoreTrykksmåling



Plassering av borpunktene er vist på borplan, figur 2. For beskrivelse av bormetode, symboler og opptegning, henvises til /1/.

Resultatene fra dreietrykksonderingene er vist på profiler i vedlegg A, figur A1 til A8.

Alle dreietrykksonderingene er utført til stopp mot antatt fjell bortsett fra borpunkt 103 hvor dreietrykksonderingen er avsluttet i 20,4 meters dybde.

CPTU-sonderingen er utført med Memocone (50 kN). Ved sondering måles spissmotstand (q_c), sidefriksjon (f_s) og poretrykk (u). Resultatene er vist i vedlegg B sammen med følgende beregnede parametre:

$$\begin{aligned} \text{Korrigert spissmotstand:} \quad q_T &= q_c + (1 - a) \cdot u \\ \text{Friksjonsforholdet:} \quad R_f &= (f_s/q_c) \cdot 100 \\ \text{Poretrykksfaktor:} \quad B_q &= (u - u_0)/(q_T - \gamma \cdot z) \end{aligned}$$

I formlene inngår følgende parametre:

- a = arealfaktor, utstyrskonstant som er 0,7 for denne sonden.
 u_0 = in situ poretrykk
 γ = total romvekt

Det er utført 3 Ø54 mm prøveserier i henholdsvis borpunkt 111, 112 og 120.

Det er installert totalt 9 hydrauliske poretrykksmålere i 5 ulike borpunkter. Det er satt ned to poretrykksmålere i hvert borpunkt bortsett fra i punkt 113 hvor det kun er satt ned en måler. Resultatene er vist både på profiler i vedlegg A og som enkeltboringer i vedlegg F.

3 LABORATORIEUNDERSØKELSER

Opptatte prøver, til sammen 15 uforstyrrede Ø54 mm sylinderprøver, er undersøkt i NGIs laboratorium.

Rutineundersøkelse av uforstyrrede Ø54 mm sylinderprøver omfatter prøveåpning, materialbeskrivelse, bestemmelse av naturlig vanninnhold (w), bestemmelse av romvekt (γ) og skjærstyrke (s_u) ved konus- og enaksial trykkforsøk.

Resultatene fra rutineundersøkelsene er vist på borprofiler i vedlegg D.



Foruten rutineundersøkelsene er det utført 9 plastisitetanalyser og 12 kornfordelingsanalyser. Resultatene fra plastisitetanalysene, med bestemmelse av flyte- (ω_f) og utrullingsgrense (ω_p), er vist på borprofilene, vedlegg D. Kornfordelingsanalysene er utført ved hjelp av "falling drop" metoden. Resultatene er vist i form av kornfordelingskurver i vedlegg E.

Det er også utført ett ødometerforsøk (CRS) og ett aktivt treaksialforsøk (CAUA) fra borpunkt 111. Forsøkene er utført i henhold til NGIs standard prosedyrer /2, 3/. Treaksialprøven er konsolidert anisotrop til in situ spenninger, $\sigma'_{ac} = p'_0$ og $\sigma'_{rc} = K'_0 \cdot p'_0$. Her representerer p'_0 , effektiv in situ vertikalspenning, mens K'_0 representerer hviletrykkskoeffisienten. Tabell F1 (vedlegg F) viser oversikt over utført ødometerforsøk, mens tabell G1 (vedlegg G) viser oversikt over utført treaksialforsøk. Komplette resultater fra ødometerforsøket og treaksialforsøket er vist i vedlegg F og G.

4 GRUNNFORHOLD

4.1 Generelt

Grunnforholdene varierer relativt mye innen området. Grunnen består i hovedsak av et topplag med tørrskorpe eller fyllmasser med underliggende leirig silt eller siltig leire som gradvis blir mer leirig med dybden. Over fjell ligger et morenelag. Lokalt påtreffes sandlag.

Leiras fasthet og sensitivitet varierer avhengig av hvilket profil man ser på.

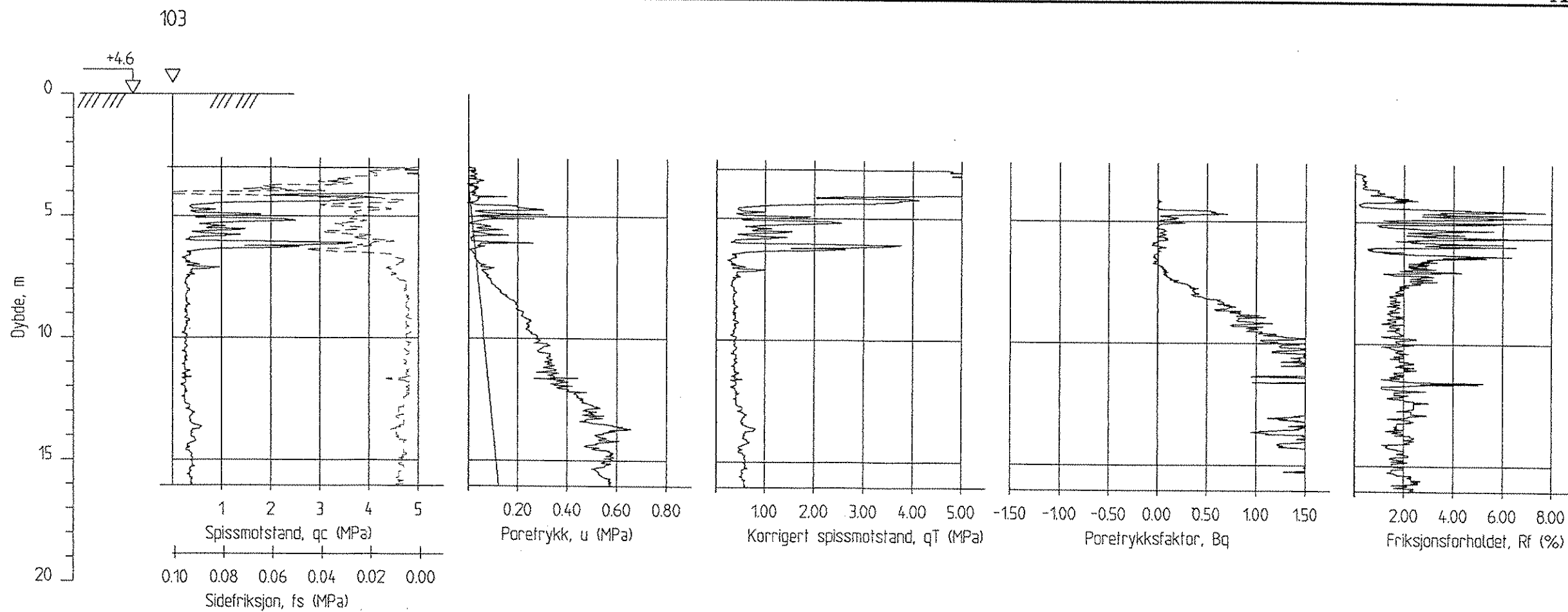
Det er funnet meget sensitiv kvikkleire med varierende mektighet på begge sidene av Herrelva.


Profilene med antatt lagdeling og jordartsbetegnelse er vist i vedlegg A. Antatte laggrensener og fjellforløp er interpolert lineært mellom borpunktene. Lokale variasjoner kan forekomme.

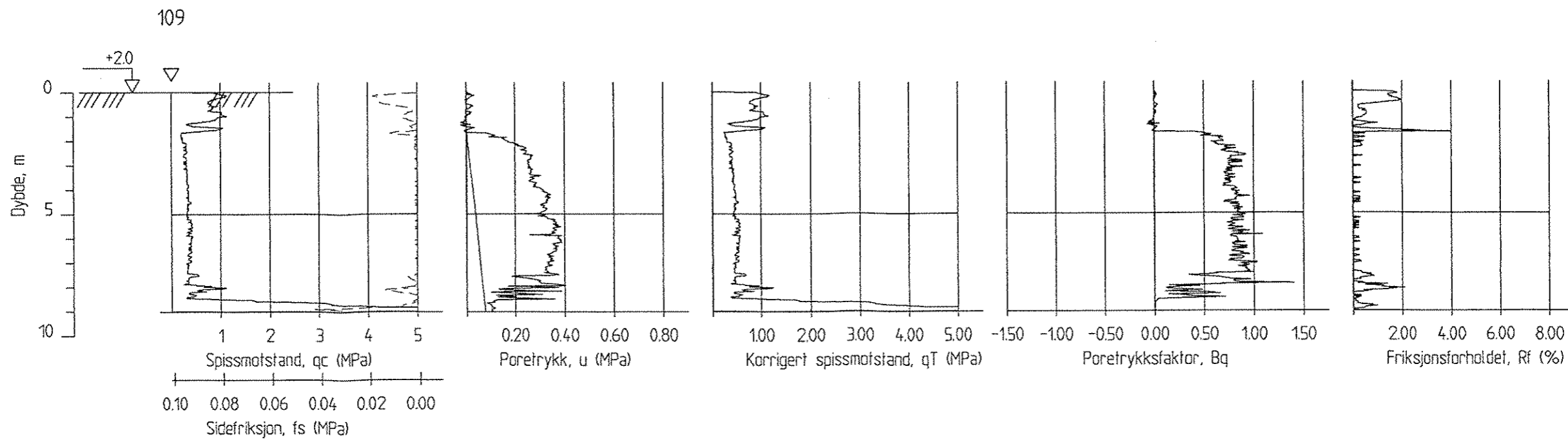
4.2 Profil A-A


Nordsida av Herrelva

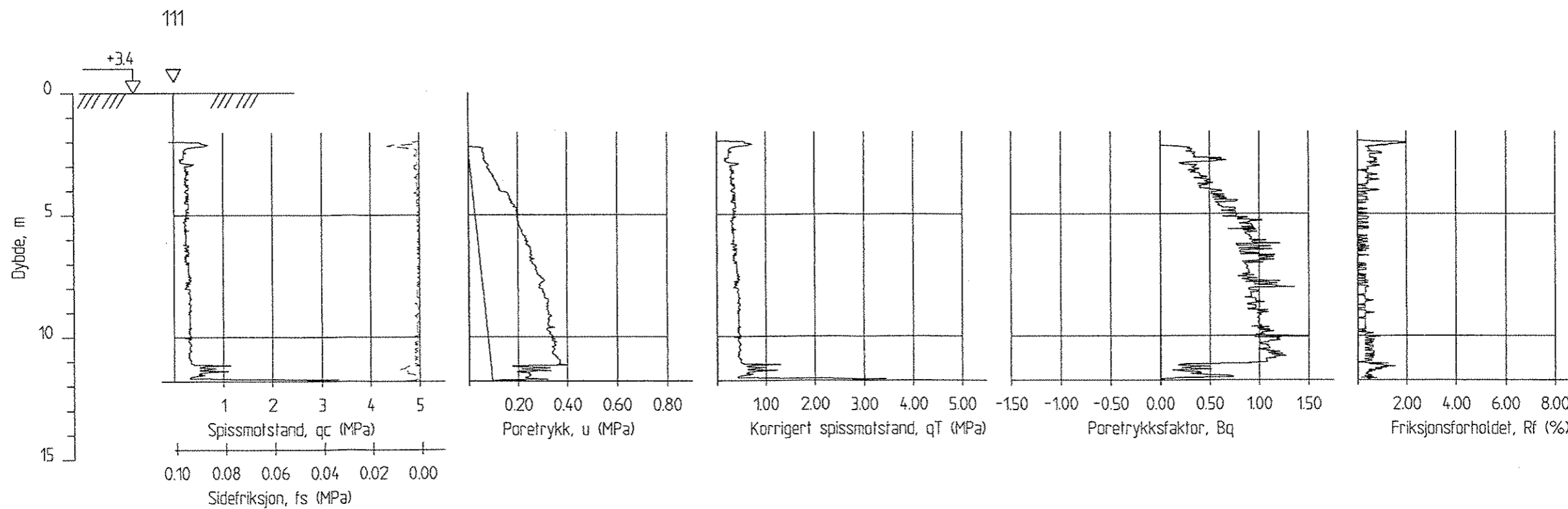
Dreietrykksonderingene utført i borpunkt 101 og 102 viser et ca 2 m tykt topplag av tørrskorpe og fyllmasser (forvitringssone). Under topplaget påtreffes leirig silt som gradvis går over til siltig leire med dybden. Total mektighet for lagene er 8-10 m. Like over fjell påtreffes et 1-3 m morenelag av sand og grus. Dybder til fjell varierer fra 11-16 m med minst dybde nærmest Herrelva (borpunkt 102).




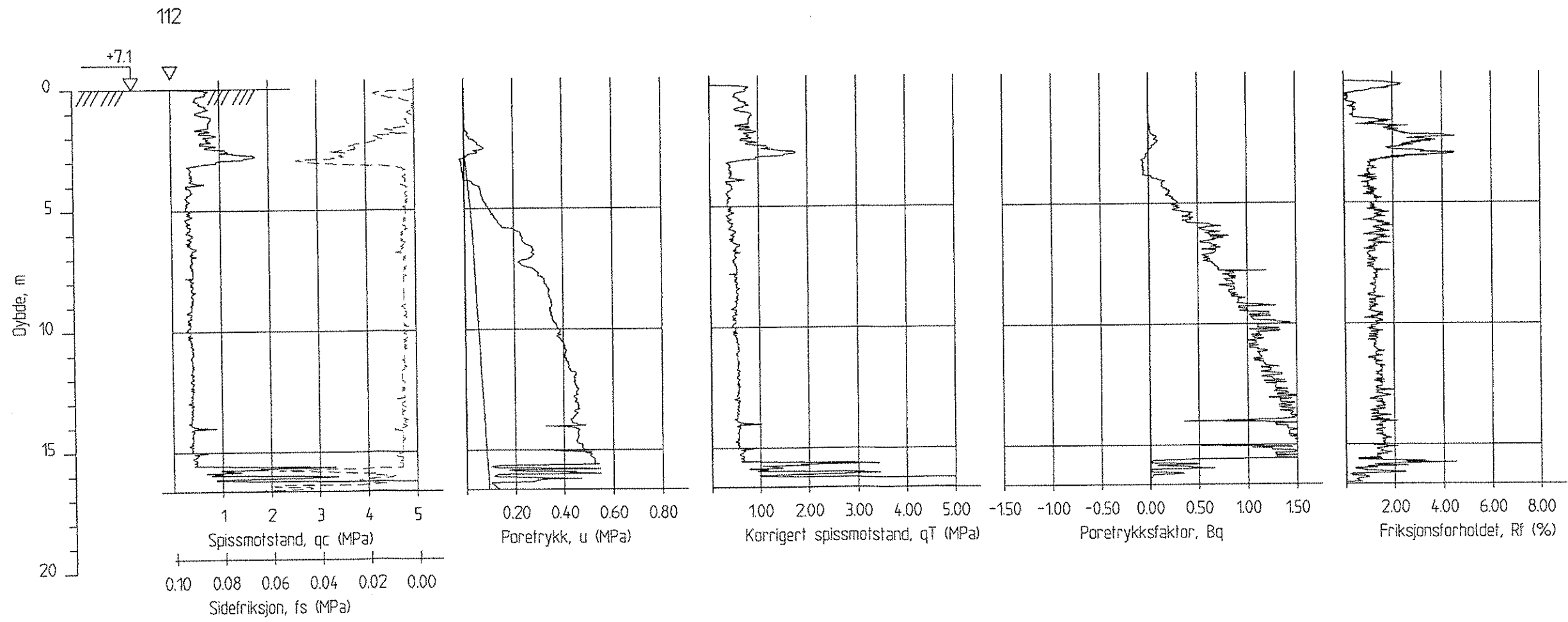
Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B1
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert SD	
	Godkjent SD	
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 103		Dato boret :19991021




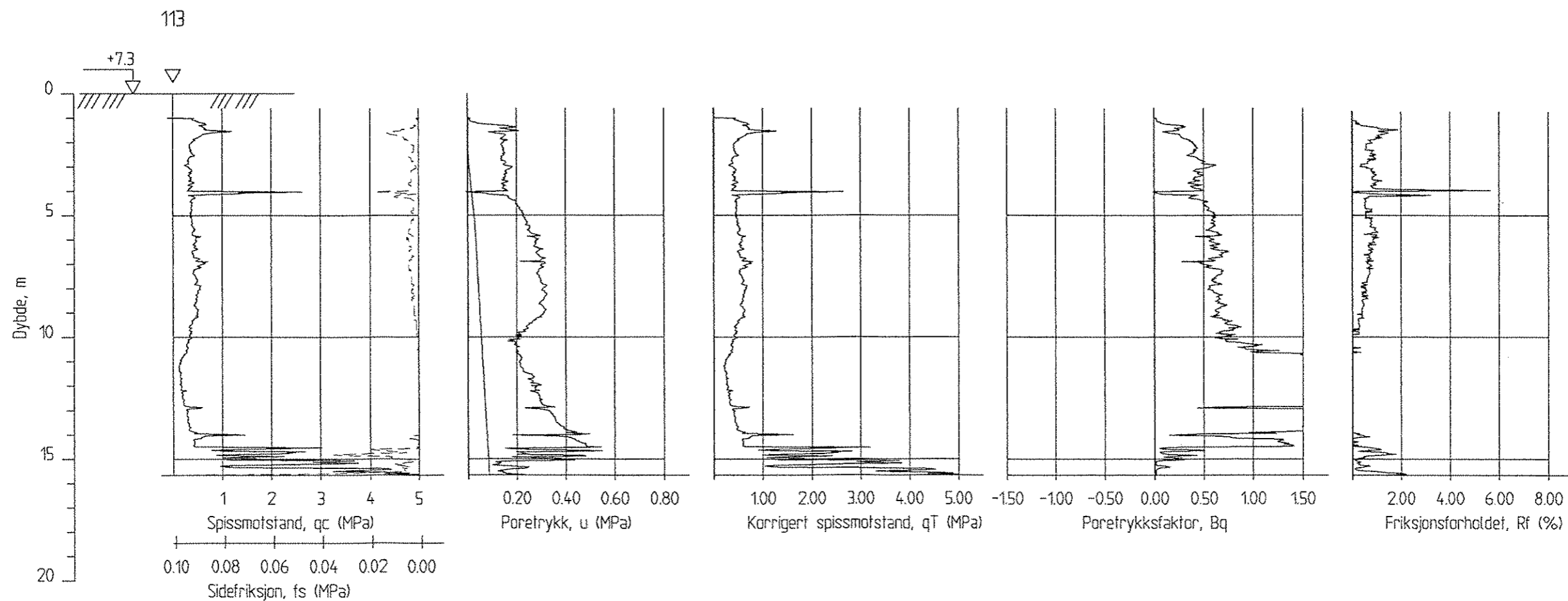
Herrevassdraget, Bamble kommune CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 109	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B2
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert SD	
	Godkjent SD	
Dato boret :19991021		




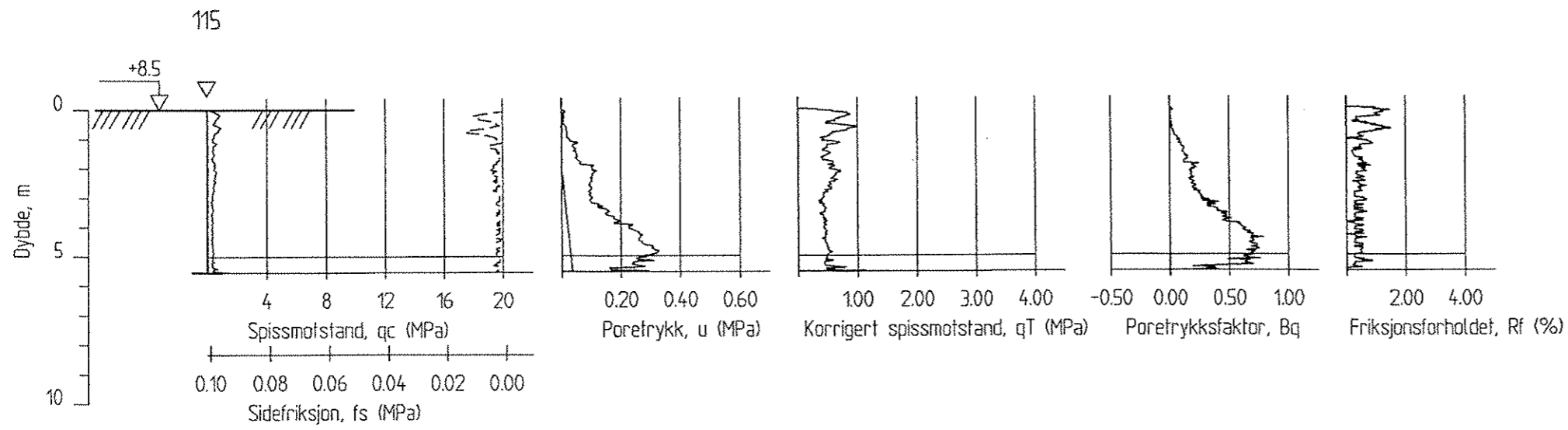
Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B3
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert STH	
	Godkjent STH	
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 111		Dato boret :19991021




Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B4
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert Stf	
	Godkjent Stf	
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 112		Dato boret :19991021



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B5
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert Stf	
	Godkjent Stf	
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 113		Dato boret :19991021



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B6
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert SH	
	Godkjent SH	
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 115		Dato boret :19991020



Sørsida av Herrelva

Dreietrykk- og CPTU-sondering i borpunkt 103 viser et ca 6 m tykt topplag av sand. Derunder påtreffes, som på motsatt side av elva, leirig silt som gradvis går over til siltig leire med dybden. Dreietrykksonderingen ble avsluttet i 20,4 m dybde uten å treffe på fjell.

Jordartsbestemmelser for dette profilet er understøttet av prøveserier, sonderinger og vingeboringer utført av Statens vegvesen i 1961 i forbindelse med ombygging av brua ved Samvirkelaget /4/.

4.3 Profil B-B

Nordsida av Herreelva

Dreietrykksonderingene utført i borpunkt 104 viser et ca 3 m tykt lag av tørrskorpe og fyllmasser over fjell. Dreietrykksondering i borpunkt 105, som ligger nærmere elva, viser et ca 1,5 m tykt topplag av tørrskorpe eller fyllmasser med underliggende lag av antatt middels sensitiv siltig leire med mektighet ca 7 m. Videre følger et ca 4 m tykt morenelag over fjell. Dybde til fjell i borpunkt 105 er 13 m.

Sørsida av Herreelva

Dreietrykksondering i borpunkt 106 og 107 (ved Samvirkelaget) viser et ca 1 m tykt topplag av tørrskorpe og fyllmasser med et underliggende lag av mulig sensitiv siltig leire med mektighet 3-4 m. Over fjell ligger et ca 0,5 m tykt gruslag. Dybde til fjell er 4,7 m i begge borpunktene.

4.4 Profil C-C

Nordsida av Herreelva

Dreietrykksondering utført i borpunkt 108 og dreietrykk- og CPTU-sondering i borpunkt 109 viser et ca 1,5 m tykt topplag av tørrskorpe og fyllmasser. Under topplaget påtreffes et lag av bløt leire med mektighet ca 10 m i borpunkt 108. I borpunkt 109 påtreffes et lag av meget sensitiv bløt leire (kvikkleire) med mektighet ca 7 m. Videre følger et ca 1 m tykt morenelag over fjell. Dybder til fjell er 12,3 og 9,3 m i henholdsvis borpunkt 108 og 109.

Sørsida av Herrelva

CPTU-sondering i borpunkt 128 (ved rasstedet fra 1996) viser et ca 1,5 m tykt topplag av fyllmasser med underliggende lag av leirig silt med mektighet 4 m. Videre følger et ca 2 m lag av siltig leire før man treffer på et ca 10 m tykt lag av meget sensitiv bløt siltig leire (kvikkleire). Under kvikkleira følger et ca 2 m



tykt lag av siltig leire før man treffer på morene. CPTU-sonderingen ble avsluttet i 21,3 m dybde.

Jordartsbestemmelser for dette profilet er primært utført på bakgrunn av prøveserie utført av Noteby i 1996 i forbindelse med leirras ved tidligere Herre bensinstasjon /7/.

4.5 Profil D-D

Nordsida av Herrelva

Dreietrykksondering utført i borpunkt 110 og dreietrykk- og CPTU-sondering, samt prøveserie utført i borpunkt 111 viser et 1-2 m tykt topplag av tørrskorpe. Under topplaget påtreffes et lag av meget sensitiv bløt leire (kvikkleire) med mektighet 6-9 m. Videre følger et ca 0,5 m tykt morenelag over fjell. Dybder til fjell er 7,2 og 11,4 m i henholdsvis borpunkt 110 og 111.

I borpunkt 111 viser poretrykkmålinger at grunnvannstanden (GV) ligger 2,3 m under terrengnivå, og at poretrykksfordelingen er tilnærmet hydrostatisk med dybden.

Sørsida av Herrelva

Dreietrykk- og CPTU-sondering utført i borpunkt 112 og 113, samt prøveserie utført i borpunkt 112 viser et 1-3 m tykt topplag av tørrskorpe og fyllmasser. Under topplaget påtreffes leirig silt med mektighet ca 4 m. Videre følger et lag av middels sensitiv siltig leire med mektighet ca 8,5 m. Over fjell ligger et ca 1 m tykt lag av morene. Dybder til fjell er 16,8 og 15,8 m i henholdsvis borpunkt 112 og 113. Dreietrykksondering i borpunkt 114 viser et ca 1 m tykt topplag av tørrskorpe med et underliggende lag av middels sensitiv siltig leire med mektighet ca 5 m. Over fjell ligger et ca. 0,5 m tykt lag av morene. Dybde til fjell i borpunkt 114 er 5,8 m.

I borpunkt 112 og 113 viser poretrykkmålinger at GV ligger henholdsvis 2,5 og 2,0 m under terrengnivå. Borpunkt 112 viser et undertrykk med dybden i forhold til hydrostatisk poretrykksfordeling.

4.6 Profil E-E

Nordsida av Herrelva

Dreietrykk- og CPTU-sondering utført i borpunkt 115 og 116 viser et ca 2 m tykt topplag av tørrskorpe. Under topplaget påtreffes et lag av mulig sensitiv bløt leire (kvikkleire?) med mektighet 4-7 m. Videre følger et ca 0,5 m tykt morenelag over fjell. Dybder til fjell er 5,5 og 10,1 m i henholdsvis borpunkt 115 og 116.



I borpunkt 116 viser poretrykksmålinger at GV ligger 3,2 m under terrengnivå. Borpunktet viser et undertrykk med dybden i forhold til hydrostatisk poretrykkfordeling.

Sørsida av Herrelva

Dreietrykk- og CPTU-sondering utført i borpunkt 117, samt dreietrykk-sondering utført i borpunkt 118 viser et ca 2 m tykt topplag av tørrskorpe og fyllmasser. Under topplaget påtreffes leirig silt med mektighet 3-4 m. Videre følger et lag av siltig leire med mektighet ca 6 m. Over fjell ligger et ca 2 m tykt lag av morene. Dybder til fjell er 14,3 og 13,0 m i henholdvis borpunkt 117 og 118.

4.7 Profil F-F

Nordsida av Herrelva

Dreietrykksondering utført i borpunkt 119 viser et ca 1 m tykt topplag av fyllmasser. Under topplaget påtreffes et lag av siltig leire med mektighet ca 2 m. Videre følger et ca 3 m tykt gruslag over fjell. Dybde til fjell er 6,2 m i borpunkt 119.

Sørsida av Herrelva

Dreietrykk- og CPTU-sondering utført i borpunkt 120 og 121, samt prøveserie utført i borpunkt 120 viser et ca 3 m tykt topplag av tørrskorpe og fyllmasser. Under topplaget påtreffes leirig silt med mektighet ca 4 m. Videre går jorda over til siltig leire med mektighet 4-7 m. Over fjell ligger et ca 1 m tykt lag av grus. Dybder til fjell er 14,2 og 11,5 m i henholdvis borpunkt 120 og 121. Dreietrykk- og CPTU-sondering i borpunkt 122 viser et ca 2 m tykt topplag av tørrskorpe med et ca 3 m tykt underliggende lag av leirig silt som går over til siltig leire med mektighet ca 2 m. Over fjell ligger et ca 1 m tykt lag av morene. Dybde til fjell i borpunkt 122 er 7,8 m.

I borpunkt 120 viser poretrykksmålinger at GV ligger 3,3 m under terrengnivå. Også dette borpunktet viser et undertrykk med dybden i forhold til hydrostatisk poretrykkfordeling.

Under befaring på stedet kunne det observeres at elva hadde erodert seg inn i skråningsfoten på sørsida av Herreelva ved profil F-F. Dette er en meget uheldig utvikling med tanke området lave sikkerhet mot utglidning (se neste kapittel).



4.8 Profil G-G

Nordsida av Herrelva

Dreietrykksondering utført i borpunkt 123 viser et ca 2,5 m tykt topplag av tørrskorpe og fyllmasser. Under topplaget påtreffes et ca 4 m tykt lag av leire. Like over fjell ligger et ca 1,5 m tykt morenelag av sand og grus. Dybde til fjell er 8,2 m i borpunkt 123.

Sørsida av Herrelva

Dreietrykksondering utført i borpunkt 124 og 125 viser et ca 1 m tykt topplag av fyllmasser. Under topplaget påtreffes siltig leire med mektighet 1-4 m. Over fjell ligger et ca 1 m tykt morenelag av sand og grus. Dybder til fjell er 3,0 og 6,6 m i henholdsvis borpunkt 124 og 125.

4.9 Profil H-H

Dreietrykksondering utført i borpunkt 126 viser et ca 2 m tykt lag av fyllmasser over fjell, mens dreietrykksondering utført i borpunkt 127 viser et ca 3 m tykt topplag av stein med et underliggende leirlag med mektighet ca 3 m direkte over fjell. Dybde til fjell i borpunkt 127 er 6,0 m.

5 STABILITET

5.1 Jordartsparmetre

Rutineundersøkelser utført på prøveseriene viser romvekt varierende fra 16,3 til 19,7 kN/m³. Som inngangsparameter i stabilitetsberegningene er det benyttet gjennomsnittelig romvekt på 18,5 kN/m³ for leira/silten og 18,0 kN/m³ for forvitringssonen i toppen og morenelaget i bunnen av avsetningene, se for øvrig tabell 2.

Herrelva ligger i en naturlig forkastningssone, noe som borede dybder til fjell understøtter. Topografien i området tilsier at opprinnelig sjøbunn (erosjonsplata) har ligget på ca. kote +7,5. Med bakgrunn i et slik tidligere antatt erosjonsplata får vi en beregnet OCR lik 1.11 i 7,4 m dybde i borpunkt 111. Tolkning av ødometerforsøk utført i samme dybde og samme borpunkt gir en OCR lik 1.10. Dette indikerer at våre antagelser om opprinnelig erosjonsplata er riktige. Med et slikt utgangspunkt kan aktive skjærstyrker for området beregnes ved hjelp av sammenhengen gitt nedenfor /10/.

$$s_{uA} = \alpha \cdot p_0' \cdot OCR^m$$

hvor

α = s_u/p_0' , forholdstall mellom skjærstyrke og effektiv overlagringstrykk



- p_0' = effektiv overlagingstrykk
OCR = p_c'/p_0' , forholdstall mellom forkonsolideringsspenning og effektivt overlagingstrykk
m = tall < 1 , forteller at skjærstyrken etter erosjon er redusert i forhold til opprinnelig skjærstyrke

Ut fra treaksialforsøk utført av både NGI og Noteby (1996) er det valgt α -verdi lik 0,35 for hele området. Videre er det ut fra erfaringstall valgt en m lik 0,8.

Med sammenhengen ovenfor og de overnevnte valgte parametrene er det altså beregnet teoretiske skjærstyrkeprofiler. I tillegg til disse teoretiske skjærstyrkeprofilene er det også beregnet skjærstyrkeprofiler på bakgrunn av tolkning av CPTU-sonderingene. CPTU-tolkningene viser, se vedlegg C, aktive skjærstyrkeprofiler med dybden. Skjærstyrken er plottet mot empirisk valgte verdier av henholdsvis korrigert spissfaktor (N_{KT}) og poretrykksfaktor ($N_{\Delta u}$). Definisjon av N_{KT} og $N_{\Delta u}$ er:

$$N_{KT} = \frac{q_T - \sigma_{V0}}{s_{uA}}$$

hvor q_T er definert tidligere, mens

σ_{V0} = total vertikal overlagingstrykk
 s_{uA} = aktiv skjærstyrke

og

$$N_{\Delta u} = \frac{\Delta u}{s_{uA}}$$

hvor

Δu = differanse mellom in situ poretrykk og målt poretrykk ved CPTU-sondering

Valgt verdier for N_{KT} er 10. For $N_{\Delta u}$ er valgt verdi 8,5. Disse verdiene er valgt på bakgrunn av beregninger fra treaksialforsøkene kontrollert opp mot erfaringstall /11/.

I vedlegg C er teoretiske skjærstyrkeprofiler tegnet inn i samme kurve som beregnede skjærstyrkeprofiler fra CPTU-sonderingene.

Leiras anisotropiforhold basert på empirikk antas å være $s_{uP} = 0.35 \cdot s_{uA}$ og $s_{Du} = 0.7 \cdot s_{uA}$. Disse relasjonene er benyttet i stabilitetsberegningene.

Ved beregning av skjærstyrker er det viktig å finne jordas in situ spenning. Ettersom poretrykk er en avgjørende parameter i bestrebelsene etter å finne



jordas in situ spenning valgt NGI å installere totalt 9 poretrykksmålere i til sammen 5 borpunkter.

Borpunkt 111 i profil D-D på nordsida av Herreelva viste et tilnærmet hydrostatisk poretrykk med dybden, mens borpunkt 112 i profil D-D og borpunkt 120 i profil F-F på sørsida, samt borpunkt 116 i profil E-E på nordsida av elva viste poreundertrykk med dybden i forhold til hydrostatisk tilstand. Dette innebærer at skjærstyrken i de borpunktene hvor det er undertrykk har skjærstyrkeprofiler med høyere verdier enn tilfellet ville vært dersom poretrykksfordeling var hydrostatisk.

Årsaken til at det oppstår poreundertrykk i forhold til hydrostatisk tilstand er at det foregår mating av vann mot nivåer med mindre potensiale. Altså vanntransport gjennom permeable masser fra områder med høyt potensiale til Herreelva med lavt potensiale. Permeable masser kan være innskutte sandlag eller morenelag som ligger over fjell.

5.2 Stabilitetsberegninger

Valgte aktive skjærstyrkeprofiler i leira er vist i vedlegg C. Skjærstyrkeprofiler som er benyttet i stabilitetsberegningene er valgt på bakgrunn av overnevnte sammenheng ($s_{uA} = \alpha \cdot p_0' \cdot OCR^m$), bortsett fra i toppen av leira hvor det er tatt hensyn til skjærstyrkeøkning som følge av forvitningsprosesser. I borpunkt 112, 113 og 128 er det også tatt hensyn til at tolkningen av CPTU-sonderingene viser skjærstyrkereduksjon i dypere lag.

Det er foretatt stabilitetsberegninger for hvert enkelt profil både når det gjelder total- og effektivspenningsanalyse. Dimensjoneringsparametrene som er benyttet i beregningene er vist i tabell 2 nedenfor.

Tabell 2: Dimensjoneringsparametre som er benyttet i stabilitetsberegningene utført i PostoGRAF.

Jordart	Totalspennings-Analyse	Effektivspennings-Analyse
Tørrskorpe, fyllmasser	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 33^\circ$, $a = 0$
Leire, silt	Valgt skjærstyrkeprofil ut fra sammenhengen $s_{uA} = \alpha \cdot p_0' \cdot OCR^m$, se vedlegg C.	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 35^\circ$, $a = 0$
Morene	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 33^\circ$, $a = 0$

Beregningene er utført ved hjelp av stabilitetsprogrammet PostoGRAF /12/. De ugunstigste glidesirklene fra programmet er vist på profiler i vedlegg A.



Tabell 3: Beregnede sikkerhetsfaktorer for henholdsvis total- og effektivspenningsanalyse.

Profil	Utglidning sør for Herreelva		Utglidning nord for Herreelva	
	Totalsp.analyse	Effekt.sp.analyse	Totalsp.analyse	Effekt.sp.analyse
A-A	1.42	1.48		
B-B	1.27	1.33	1.57	1.98
C-C	1.24 (før raset i -96)	1.46 (før raset i -96)	1.52	2.66
D-D	1.09	1.20	1.34	
E-E	1.19	1.40	1.15	1.51
F-F	1.08	1.20		

5.3 Vurdering av resultater

Som vi ser av sammenstillingen i tabell 3 ovenfor er sikkerheten lavest på sørsida av Herreelva. Altså, sikkerheten er lavest på den siden av elva hvor leirraset gikk i 1996.

På sørsida av Herreelva er den beregningsmessige sikkerheten tilfredsstillende lav fra og med Hellestvedtveien 22 til og med Hellestvedtveien 36. Ønsket sikkerhetsfaktor er 1.30 eller høyere.

For profil C-C er modellering av terrenget på sørsida av Herreelva basert på et opprinnelig terrengprofil før leirraset i 1996. De beregnede sikkerhetsfaktorene på total- og effektivspenningsbasis er derfor sikkerhetene før leirraset i 1996. Området er nå planert ut og det er brukt lette masser i Hellestvedtveien slik at dagens sikkerhet er tilfredsstillende.

På nordsida av Herreelva er sikkerheten tilfredsstillende bortsett fra i profil E-E. Den beregnede sikkerhetsfaktoren i dette profilet er 1.15, noe som er lavere enn ønskelig.

Som nevnt tidligere i rapporten ble det under befaringsobservert erosjon i skråningsfoten på sørsida av Herreelva i profil F-F. En slik stadig utviklende erosjonsprosessen vil medføre gradvis forverring av skråningens stabilitet. Når dagens beregningsmessige sikkerheten for denne skråningen er så lav som 1.08, vil NGI anbefale at det relativt raskt utføres tiltak for å forbedre skråningens stabilitet.

Det er lite sannsynlig at eventuell utglidning på sørsida av Herreelva vil medføre skade på bebyggelse som ligger på sør for Hellestvedtveien. Utglidninger på denne siden av elva vil sannsynligvis ikke initiere noe større ras innover mot bebyggelsen ettersom det ikke er funnet kvikkleire i massene nærmest Herreelva. Unntaket er området rundt det tidligere rasområdet fra

1996 hvor det er funnet relativt store mektigheter med kvikkleire. I dette området er terrenget derimot planert ut slik at sikkerheten i dag er tilfredsstillende.

I området rundt profil E-E på nordsida av Herreelva er det sannsynlig at bebyggelse vil bli berørt ved eventuell utglidning. Leira i dette området er mulig kvikk. Ras vil derfor kunne initiere flere ras innover mot bebyggelsen. Mektigheten av løsmasseavsetningene avtar derimot relativt raskt fra Herreelva og nordover slik at skade på bebyggelse langs Herrejordet er lite sannsynlig. Mest utsatt er bolighuset med adresse Nedre Herrejordet 1. Ved eventuell utglidning i dette området vil det være sannsynlig at dette huset vil ta skade. Det er også mulig at bolighuset med adresse Nedre Herrejordet 3 kan komme til skade ved eventuelle utglidninger.

NGI anbefaler at det ikke igangsettes noen form for byggeaktivitet langs Herreelva, i området fra og med brua ved småbåthavna Munken til og med brua ved Samvirkelaget, uten at det foretas geotekniske vurderinger.

Generelt for området oppstrøms brua ved småbåthavna Munken er at stabiliteten er god på grunn av små dybder til fjell.

Generelt for området nedstrøms brua ved Samvirkelaget er at stabilitet er god på grunn av liten helning av terrenget og små høydeforskjeller.

5.4 Stabiliserende tiltak

De mest aktuelle tiltakene som vil kunne forbedre skråningsstabiliteten er terengavlastning, samt kombinert motfylling og erosjonsbeskyttelse.

Terrengavlastning

Denne metode ble benyttet i forbindelse med leirraset i 1996 for å sikre området rundt rasstedet mot flere utglidninger. Metoden går ut på å avlaste terrenget ved å fjerne masser. Masse fjernes fra toppen av skråninger eventuelt kombinert med utslaking av hele skråningen. Alternativt kan terrenget reetableres ved bruk av lette masser.

Motfylling/erosjonsbeskyttelse

Denne metode går ut på å sikre skråninger ved å legge fyllinger/plastringslag med sprengstein i foten av skråninger. Både stabiliteten og motstanden mot erosjon forbedres.

Det kan også være aktuelt å kombinere disse to metodene.

NGI anbefaler at det på nordsida av Herreelva utføres tiltak for å forbedre stabiliteten fra og med tomt 3/221 (Gnr/Bnr) til og med tomt 3/35. På sørsida



av Herreelva anbefales det å utføre tiltak fra og med brua ved småbåthavna
Munken til og med tomt 4/88.





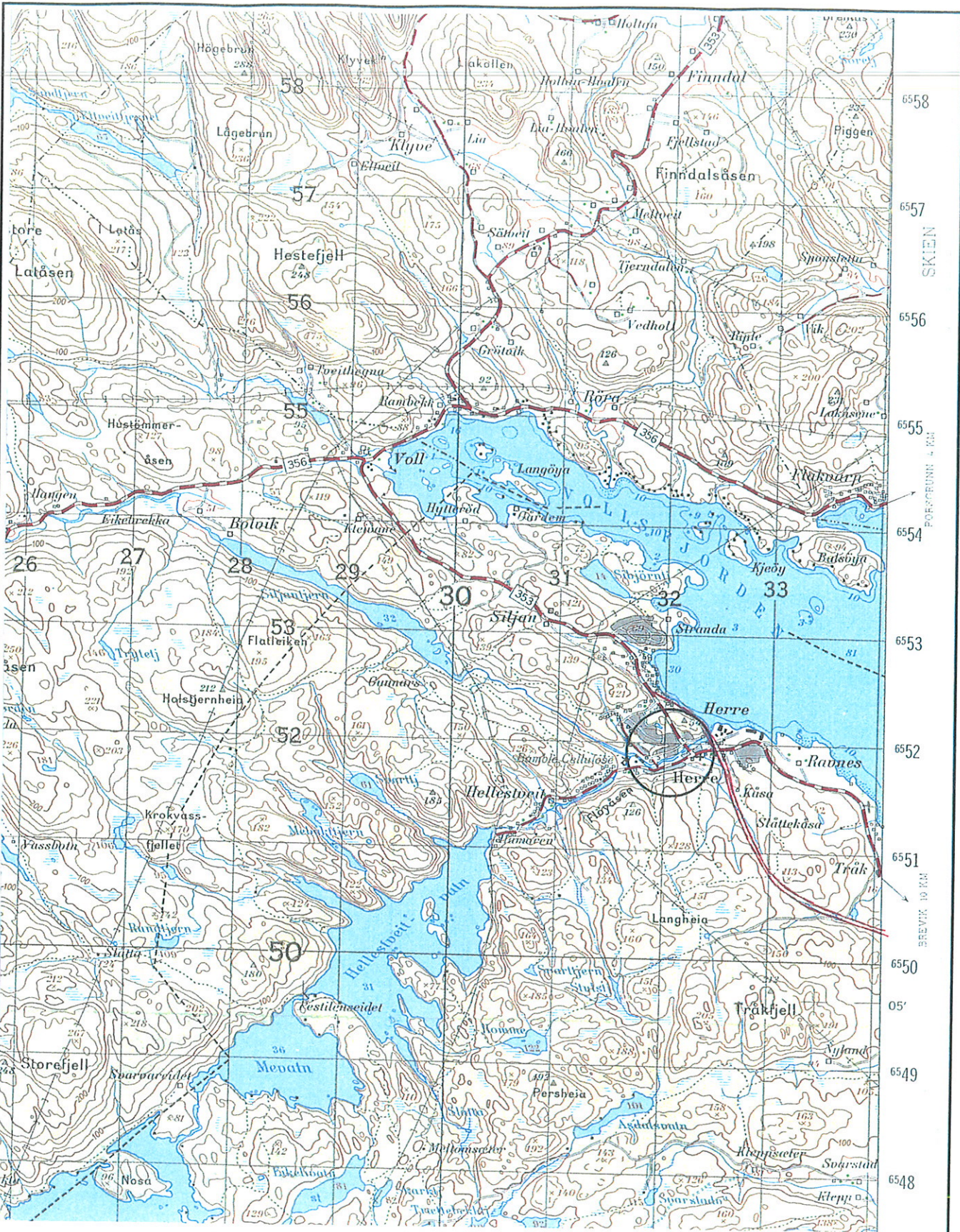
6 REFERANSER

- /1/ Veiledning for "Symboler og definisjoner i geoteknikk. Presentasjon av geotekniske undersøkelser". Norsk Geoteknisk Forening, Melding nr. 2, utgitt 1982.
- /2/ G. Sandbækken, T. Berre og S. Lacasse (1986)
Oedometer testing at the Norwegian Geotechnical Institute.
Consolidation of Soils: Testing and Evaluation; Symposium. Fort Lauderdale, Fla, 1985. American Society for Testing and Materials. STP 892, pp. 329-353. Also publ. in: Norwegian Geotechnical Institute, Publication 168.
- /3/ T. Berre (1981)
Triaxial testing at the Norwegian Geotechnical Institute. Norwegian Geotechnical Institute. Publication, 134, pp. 7-23. Also publ. in: Geotechnical Testing Journal, Vol. 5, 1982, No. ½, pp. 3-17.
- /4/ Statens vegvesen. Vegdirektoratet.
Redegjørelse for grunnundersøkelser ved Herre bru - Rv 335. Telemark fylke. Oppdrag H-30, rapport nr. 1, datert 15. mai 1965.
- /5/ Norges geotekniske institutt
Omlegging av Rv. 353 ved Rafnes. Grunnundersøkelser for Herre bru. NGI-rapport 74041-3, datert 4. juli 1975.
- /6/ Statens vegvesen. Vegsjefen i Telemark fylke
Grunnundersøkelser for ny bru. Gamle Herre bru. Hd - 338 A. Fv. H-205 kryss kommunal veg, datert 4. september 1979.
- /7/ Noteby AS
Profil Bygg A/S. Ras ved Herre bensinstasjon.
Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering. Noteby-rapport 33688-1, datert 9. juli 1996.
- /8/ Noteby AS
Ras ved Herre bensinstasjon. Sikring av elvebredden.
Supplerende grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering.
Noteby-rapport 33688-2, datert 22. april 1997.
- /9/ Noteby AS
Bamble kommune. Herre Eldresenter. Tilbygg.
Fundamentering. Grunnundersøkelser, geoteknisk rådgivning.
Noteby-rapport 700020-1, datert 26. mai 1999.
- /10/ Ladd, C.C., R. Foott, K. Ishihara, F. Schlosser and H.G. Poulos (1977)



Stress-deformation and strength characteristics. Inst. Conf. On Soil Mechanics and Foundation Engineering, 9. Tokyo 1977. Proc., (2), 421-494.

- /10/ Lunne, T., Robertson, P.K. and Powell, J.J.M (1997)
Cone Penetration Testing in geotechnical practice. E & FN spon.
- /11/ PostoGRAF - Stabilitet 2.0, Manualltillegg.
Beast, A Computer Program for Limit Equilibrium Analysis by the Method of Slices. Consulting Civil Engineer Carl J. Frimann Clausen.
Revisjon 2, datert 15. oktober 1993.



Kartreferanse: Kartblad (711) 1713 III, Kilebygd UTM-referanse: NL 320 519

HERREVASSDRAGET, BAMBLE KOMMUNE

Oversiktskart
M = 1:50 000

Rapport nr.
990082-1

Figur nr.
1

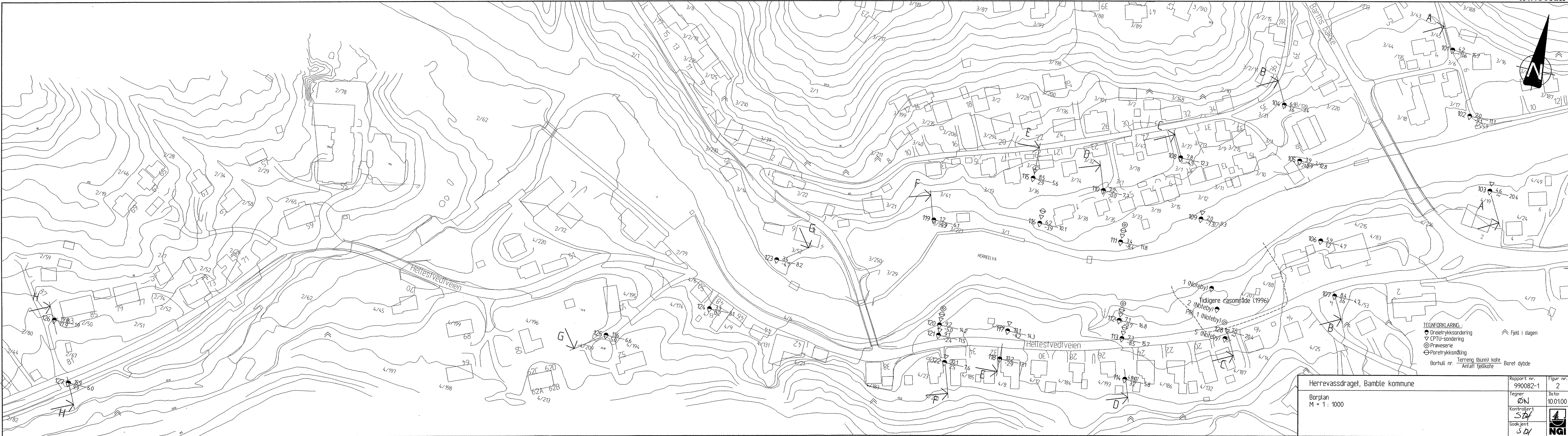
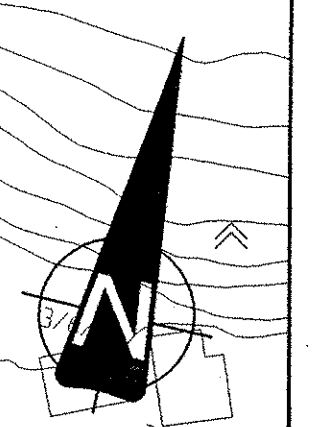
Tegner
DN

Dato
99-12-20

Kontrollert
SH


Godkjent
SH





TEGNFORKLARING:
 ● Dreieitrykksondring
 ∇ CPTU-sondering
 ⊙ Praveserie
 ⊗ Poretrykksmåling
 ≡ Fjell i dagen

Borhull nr. Terrang (bunn) kote Boret dybde
 Antall fjellkote

Herrevassdraget, Bamble kommune		Rapport nr. 990082-1	Figur nr. 2
Borplan M = 1 : 1000		Tegner DN	Dato: 10.01.00
		Kontrollert SD	
		Godkjent SD	

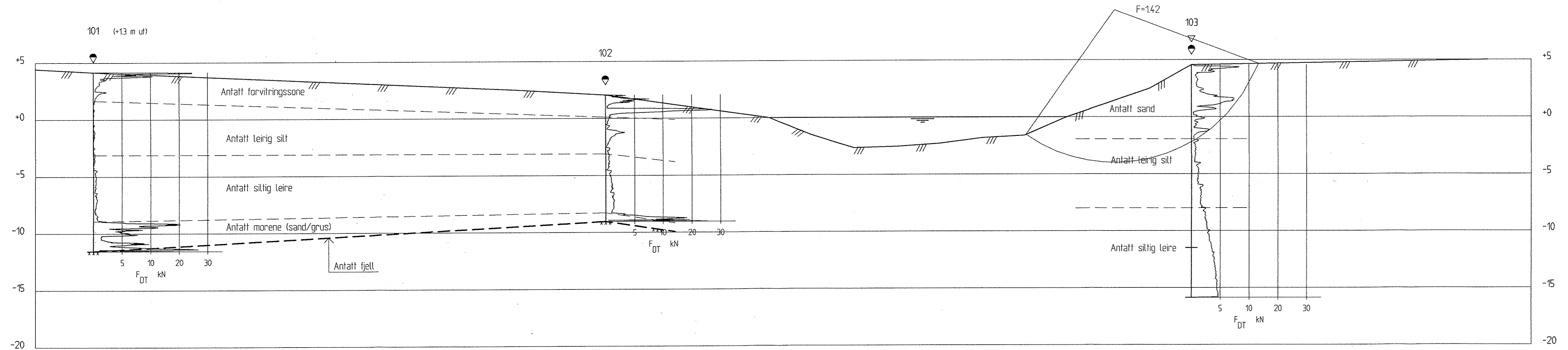


Vedlegg A - Profiler

INNHold

Figur A1-A8


Profiler

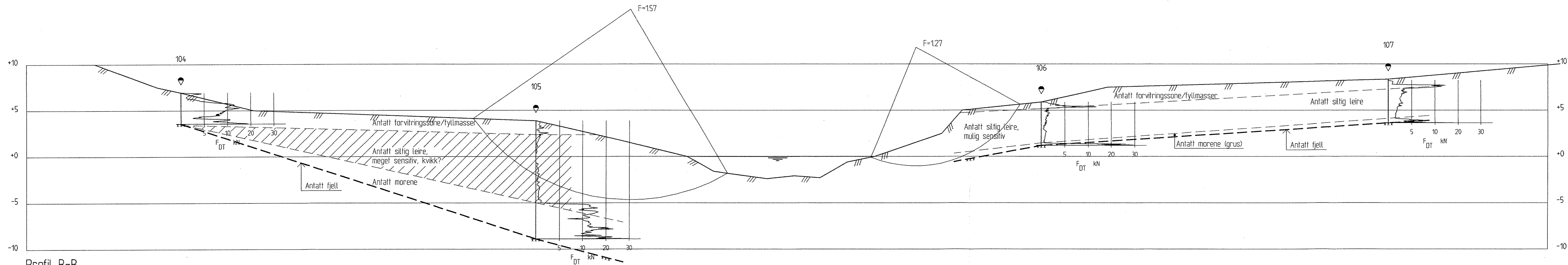


Profil A-A
1 : 200

MERKNAD :
 Antatte laggrenser og fjellforløp er interpolert lineært mellom borpunkter. Lokale variasjoner kan forekomme.

TEGNFORKLARING :
 ⊙ Prøveserie
 ◆ Drejetrykksondring
 ▼ CPT-sondering
 ⊖ Poretrykksmåling


Herrevassdraget, Bamble kommune		Rapport nr. 990082-1	Figur nr. A1
Profil A-A M = 1 : 200		Tegner ØN	Dato 10.01.00
		Kontrollert SDI	
		Godkjent SDI	

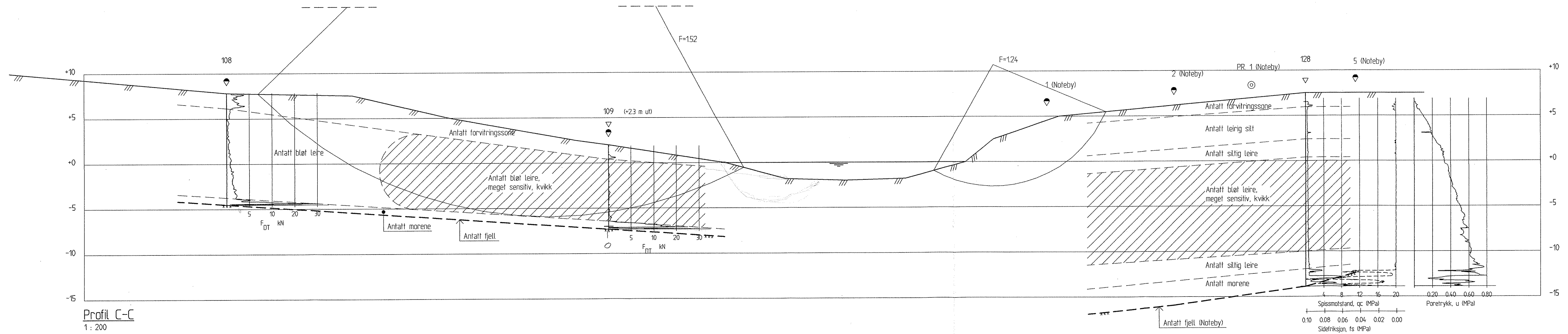


Profil B-B
1 : 200

MERKNAD :
 Antatte laggrenser og fjellforløp er interpolert lineært mellom borpunkter. Lokale variasjoner kan forekomme.

TEGNFORKLARING :
 ⊙ Prøveserie
 ◆ Dreiestrykksondring
 ▽ CPT-sondering
 ⊖ Poretrykksmåling

Herrevassdraget, Bamble kommune		Rapport nr. 990082-1	Figur nr. A2
Profil B-B M = 1 : 200		Tegner ØN	Dato 10.01.00
		Kontrollert SA	
		Godkjent SD	




Profil C-C
1:200

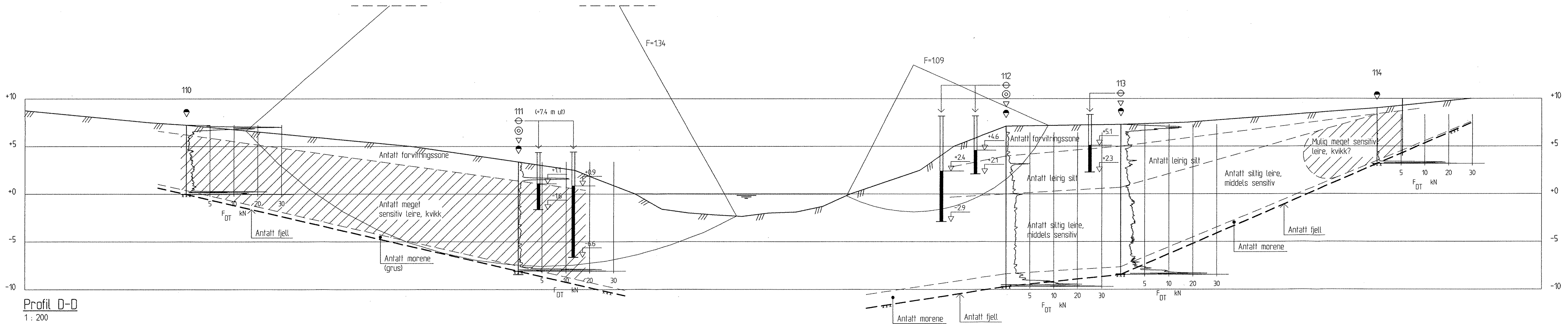
MERKNAD:

Antatte taggrenser og fjellforløp er interpolert lineært mellom boringpunkter. Lokale variasjoner kan forekomme.

TEGNFORKLARING:

- ⊙ Prøveserie
- ◆ Dreietrykksondring
- ▽ CPT-sondering
- ⊖ Poretrykksmåling

Herrevassdraget, Bamble kommune		Rapport nr. 990082-1	Figur nr. A3
Profil C-C M = 1:200		Tegner ØN	Dato: 10.01.00
		Kontrollert SØF	
		Godkjent SØF	

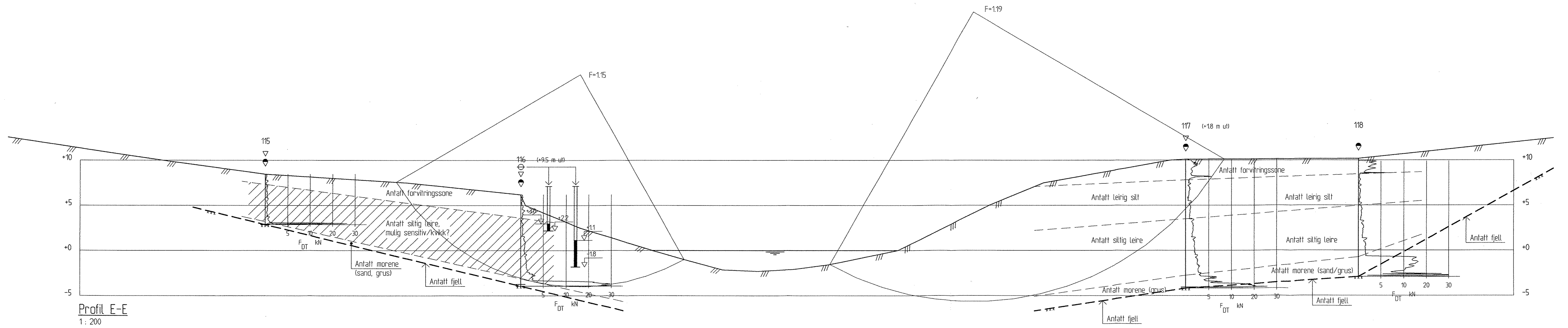


MERKNAD :
 Antatte laggrenser og fjellforløp er interpolert lineært mellom borpunkter. Lokale variasjoner kan forekomme.

TEGNFORKLARING :

- ⊙ Prøveserie
- ◊ Dreietrykksøndering
- ▽ CPT-søndering
- ⊖ Poretrykksmåling

Herrevassdraget, Bamble kommune		Report nr. 990082-1	Figur nr. A4
Profil D-D M = 1 : 200		Tegner ØN	Dato: 10.01.00
		Kontrollert Sbj	NGI
		Godkjent Sbj	




Profil E-E
1 : 200

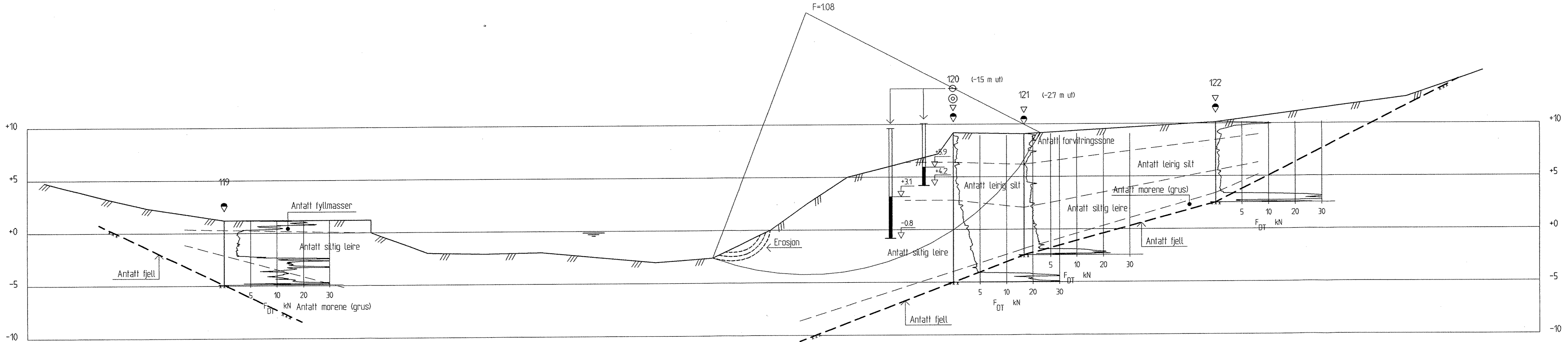
MERKNAD :

Antatte laggrenser og fjellforløp er interpolert lineært mellom borpunkter. Lokale variasjoner kan forekomme.

TEGNFORKLARING :

- ⊙ Prøveserie
- ◆ Dreietrykksondring
- ▽ CPT-sondering
- ⊖ Poretrykksmåling


Herrevassdraget, Bamble kommune		Rapport nr. 990082-1	Figur nr. A5
Profil E-E M = 1 : 200		Tegner ØN	Dato 10.01.00
		Kontrollert SB	
		Godkjent SB	

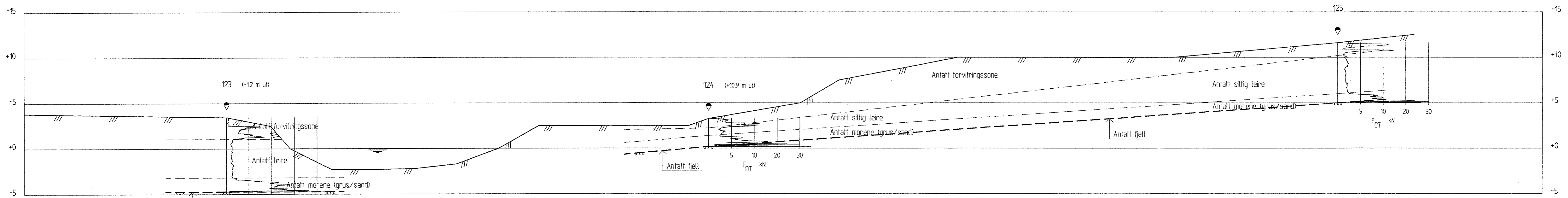


Profil F-F
1 : 200

MERKNAD :
 Antatte laggrenser og fjellfortøp er interpolert lineært mellom boringpunkter. Lokale variasjoner kan forekomme.

TEGNFORKLARING :
 ⊙ Prøveserie
 ● Dreietrykksondring
 ▼ CPT-sondering
 ⊖ Poretrykksmåling


Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. A6
Profil F-F M = 1 : 200	Tegner ØN	Dato: 10.01.00
	Kontrollert Sbj	
	Godkjent	

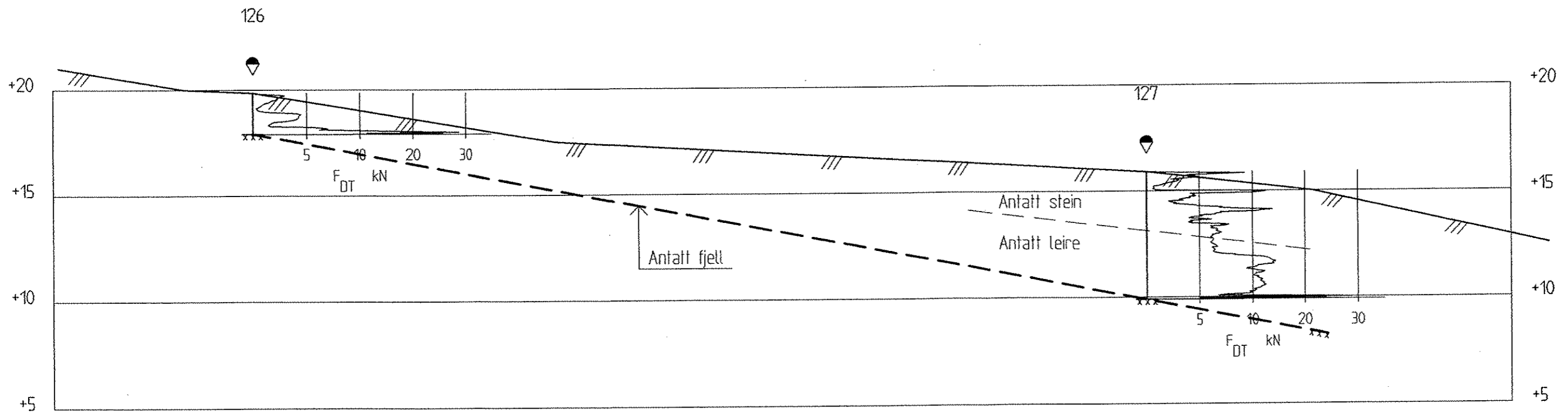


Profil G-G
1:200

MERKNAD:
 Antatte laggrenser og fjellforløp er interpolert lineært mellom borpunkter. Lokale variasjoner kan forekomme.

TEGNFORKLARING:
 ⊙ Prøveserie
 ◆ Dreietrykkssondering
 ▽ CPT-sondering


Herrevassdraget, Bamble kommune		Rapport nr. 990082-1	Figur nr. A7
Profil G-G M = 1 : 200		Tegner ØN	Dato 10.01.00
		Kontrollert SB	
		Godkjent SB	



Profil H-H
1 : 200

MERKNAD :
Antatte laggrenser og fjellforløp er interpolert lineært mellom boringpunkter. Lokale variasjoner kan forekomme.

TEGNFORKLARING :
 ⊙ Prøveserie
 ◆ Dreietrykkssondering
 ▼ CPT-sondering

Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. A8
	Tegner ØN	Dato: 10.01.00
Profil H-H M = 1 : 200	Kontrollert Stj	 NGI
	Godkjent Stj	



Vedlegg B - CPTU-sonderinger

INNHold

Figur B1-B12 CPTU-sonderinger

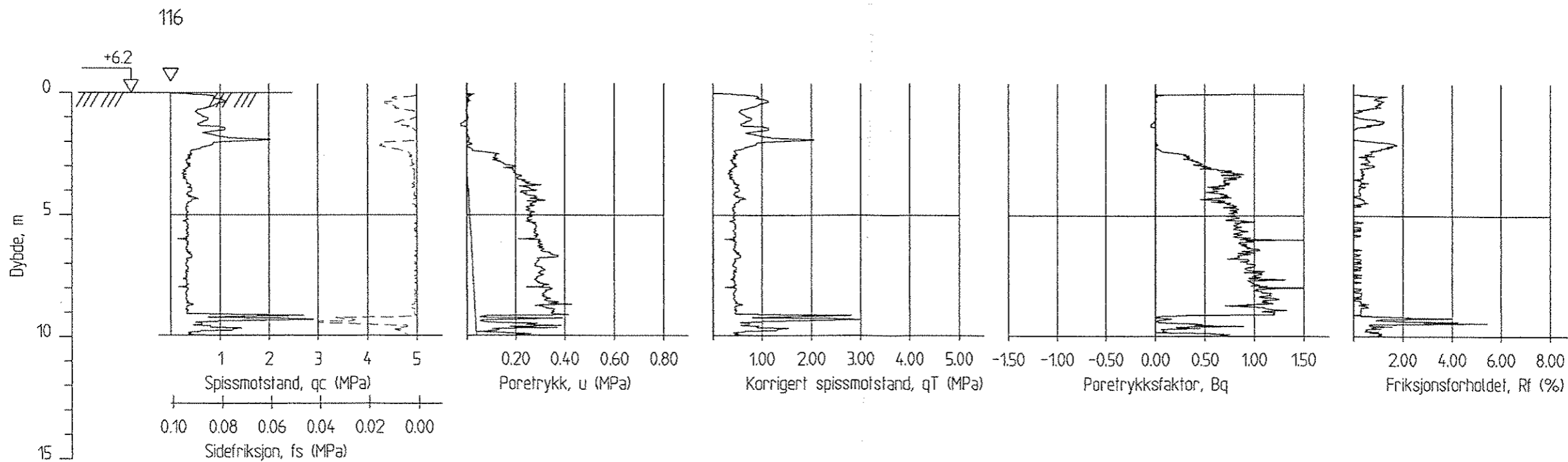



Vedlegg C - CPTU-tolkninger

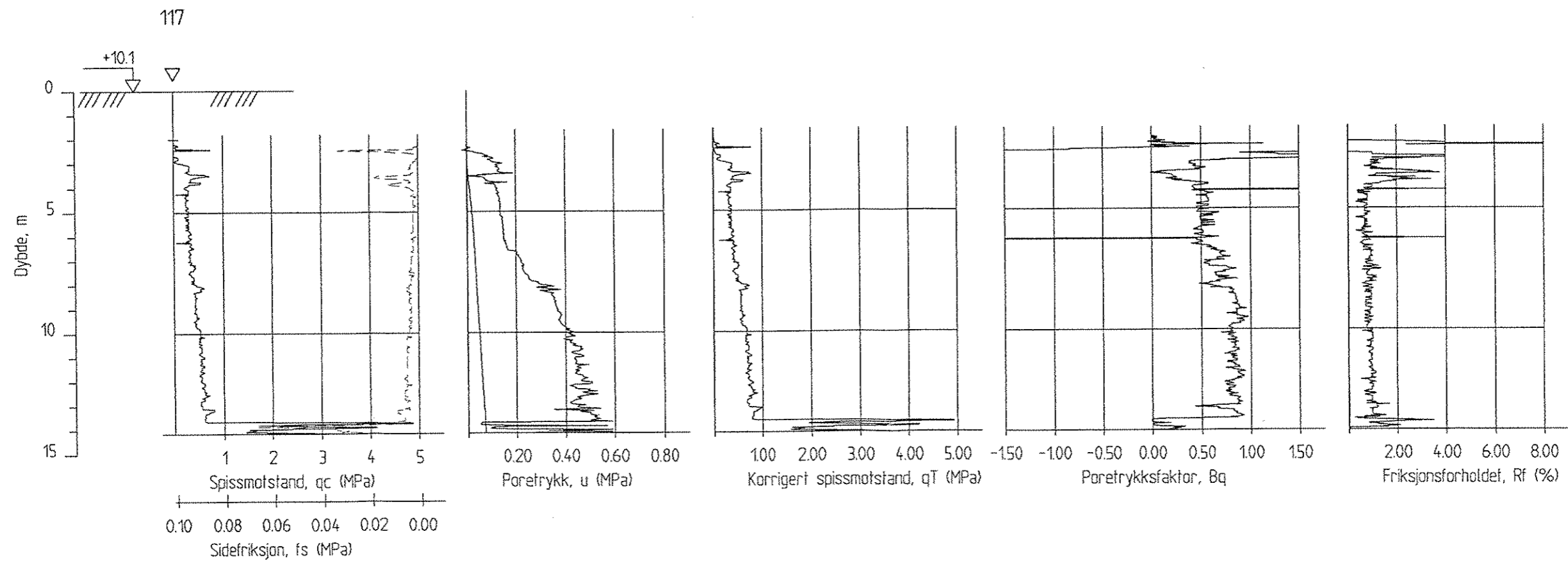
INNHOOLD


Figur C1-C12

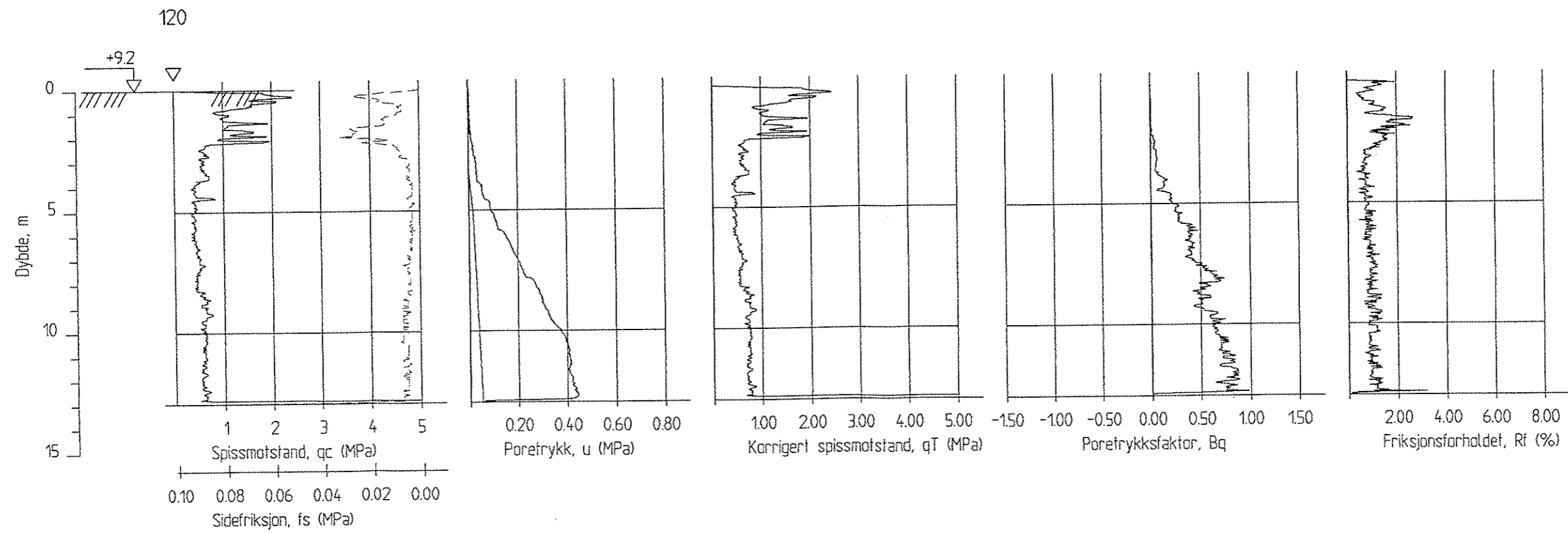
CPTU-tolkninger




Herrevassdraget, Bamble kommune CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 116	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B7
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert SB	
	Godkjent SB	
Dato boret :19991021		

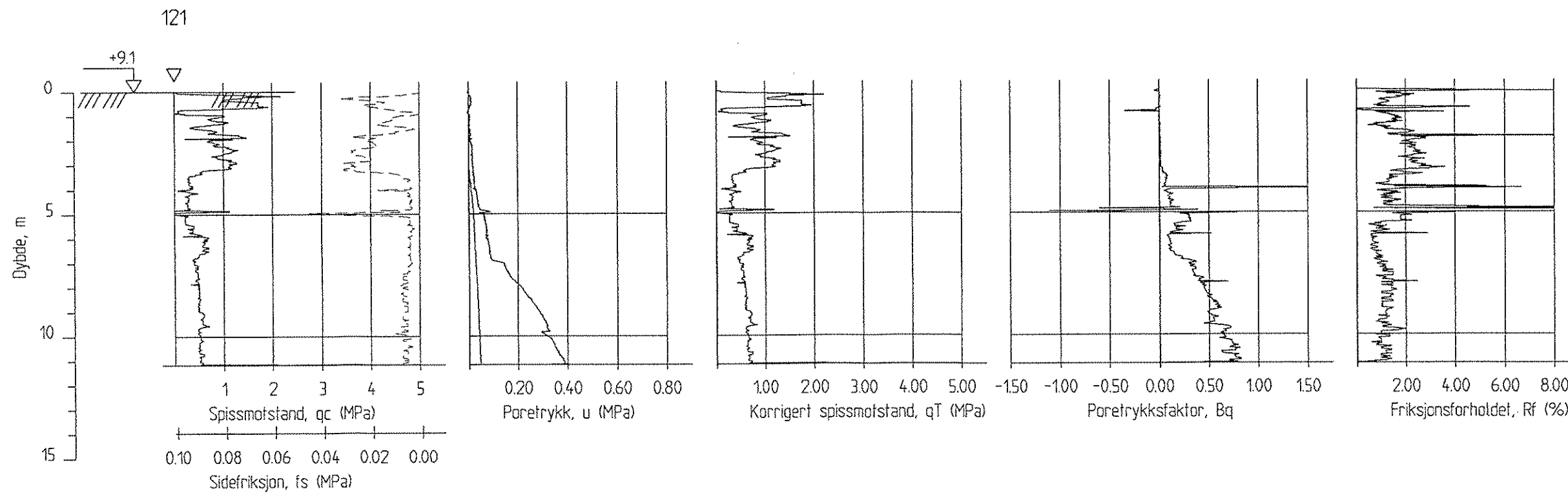



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B8
	Tegner ON	Dato: 20.12.99
	Kontrollert Stj	
	Godkjent Stj	
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 117		Dato boret :19991021

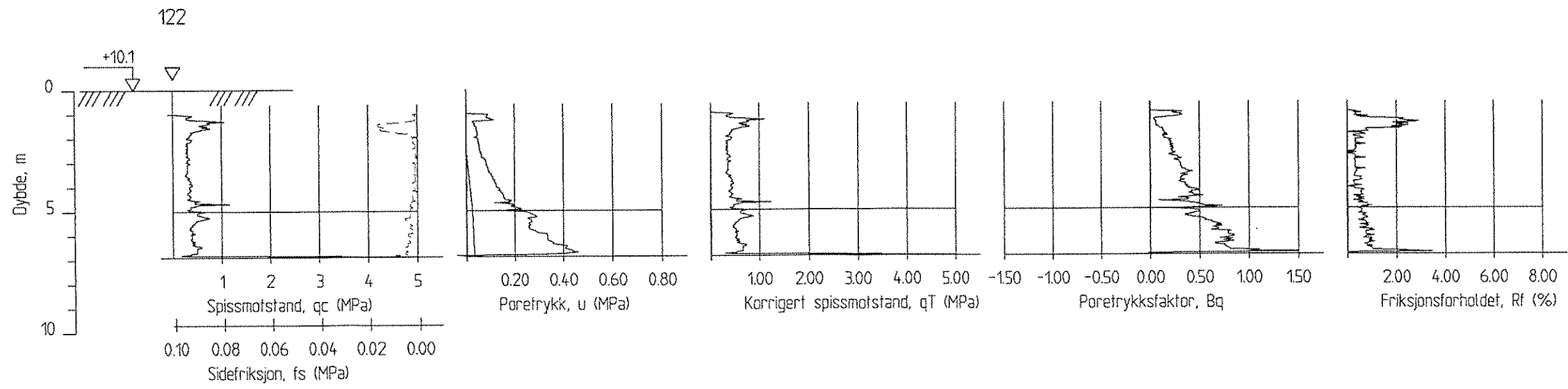



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B9
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert SH	
	Godkjent SH	

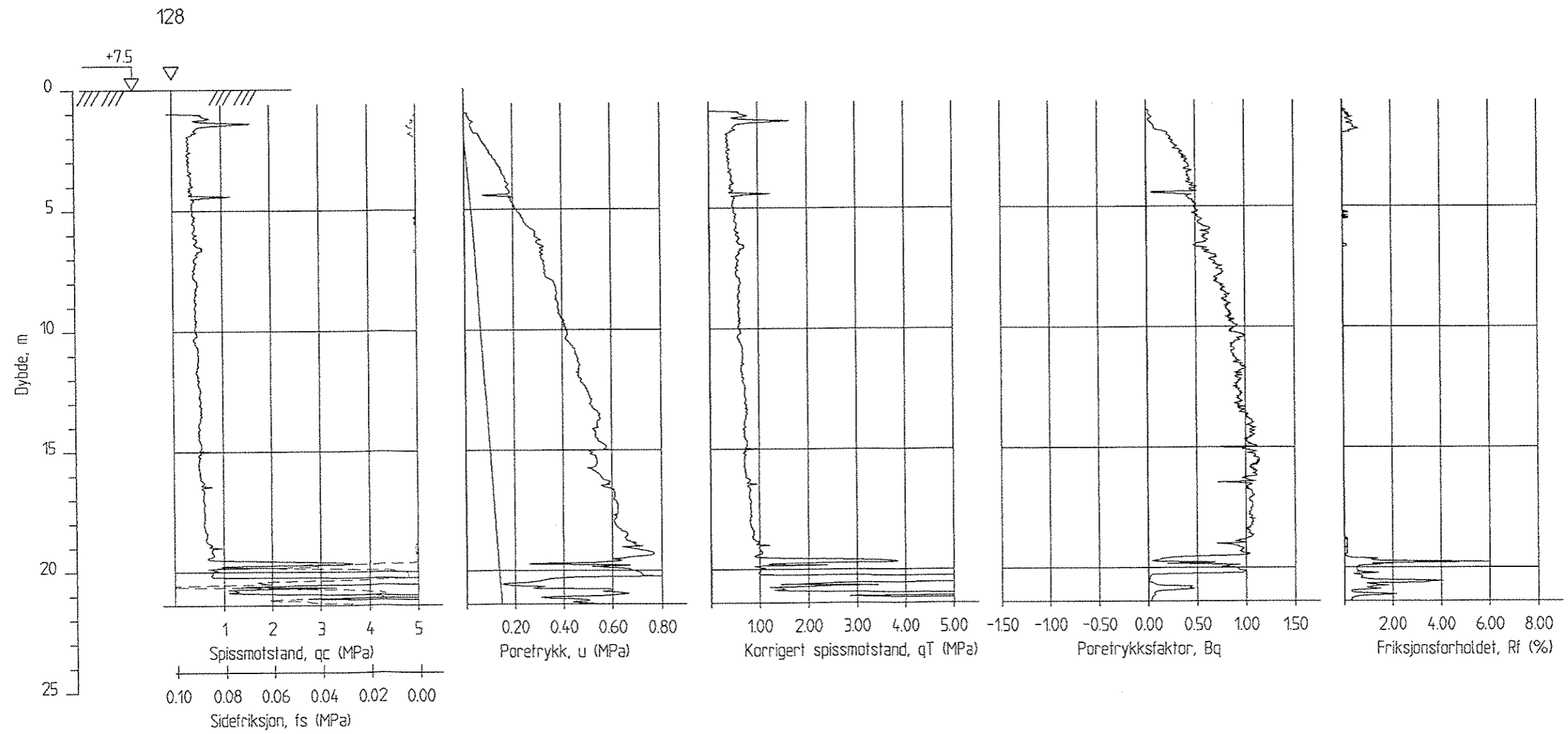
Data boret :19991021




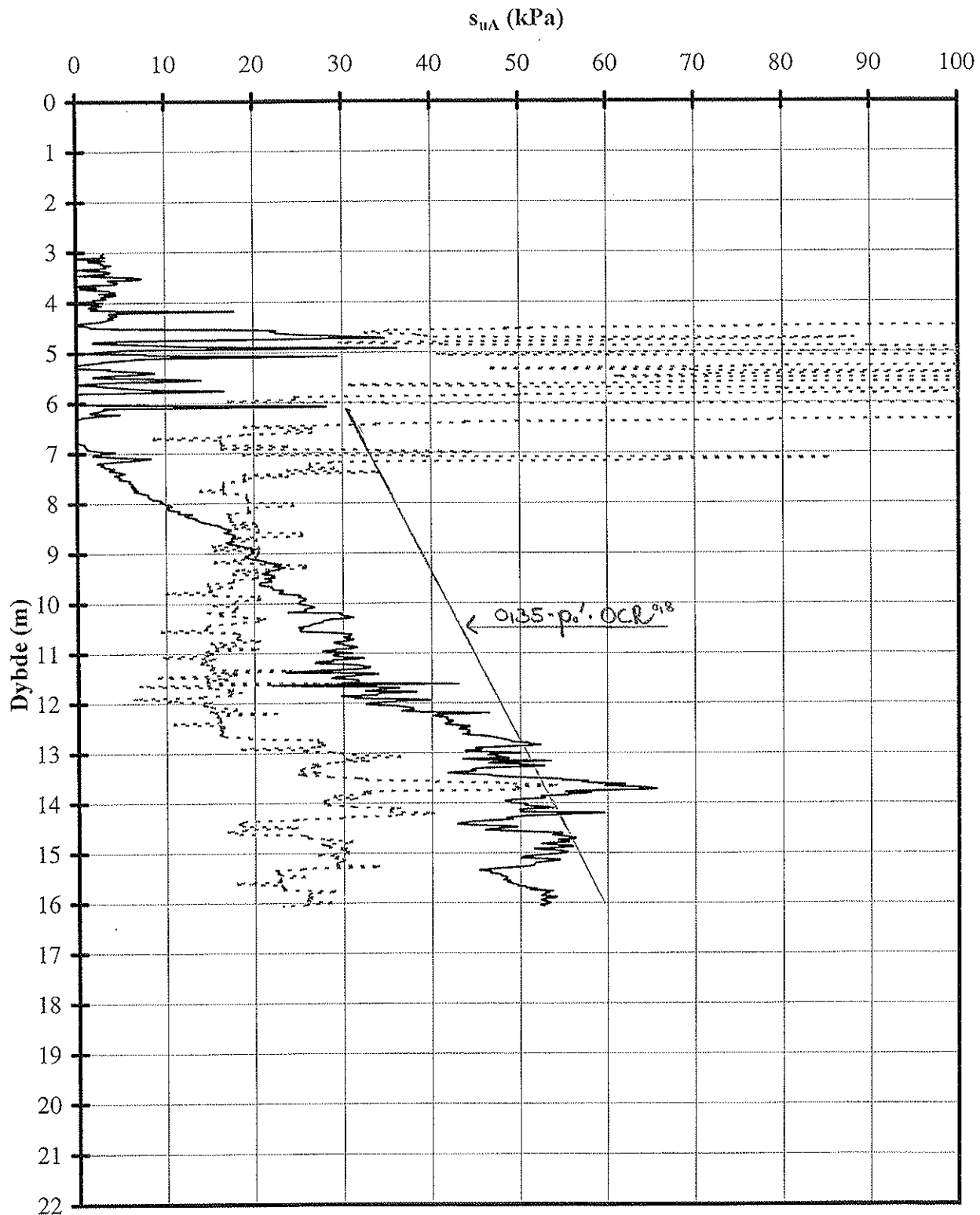
Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B10
	Tegner ON	Dato: 20.12.99
	Kontrollert SD	
	Godkjent SD	
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 121		Dato boret :19991021



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B11
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
	Kontrollert Stj	
	Godkjent Stj	
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 122		Dato boret :19991021



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. B12
	Tegner ØN	Dato: 20.12.99
CPTU-sondering M = 1 : 200 Borhull 128	Kontrollert Stj	
	Godkjent Stj	
Dato boret :19991021		



----- Basert på Nkt — Basert på NDU


N_{kt} = 10 Terrengekote : 4.57 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 3.7 m under terreng

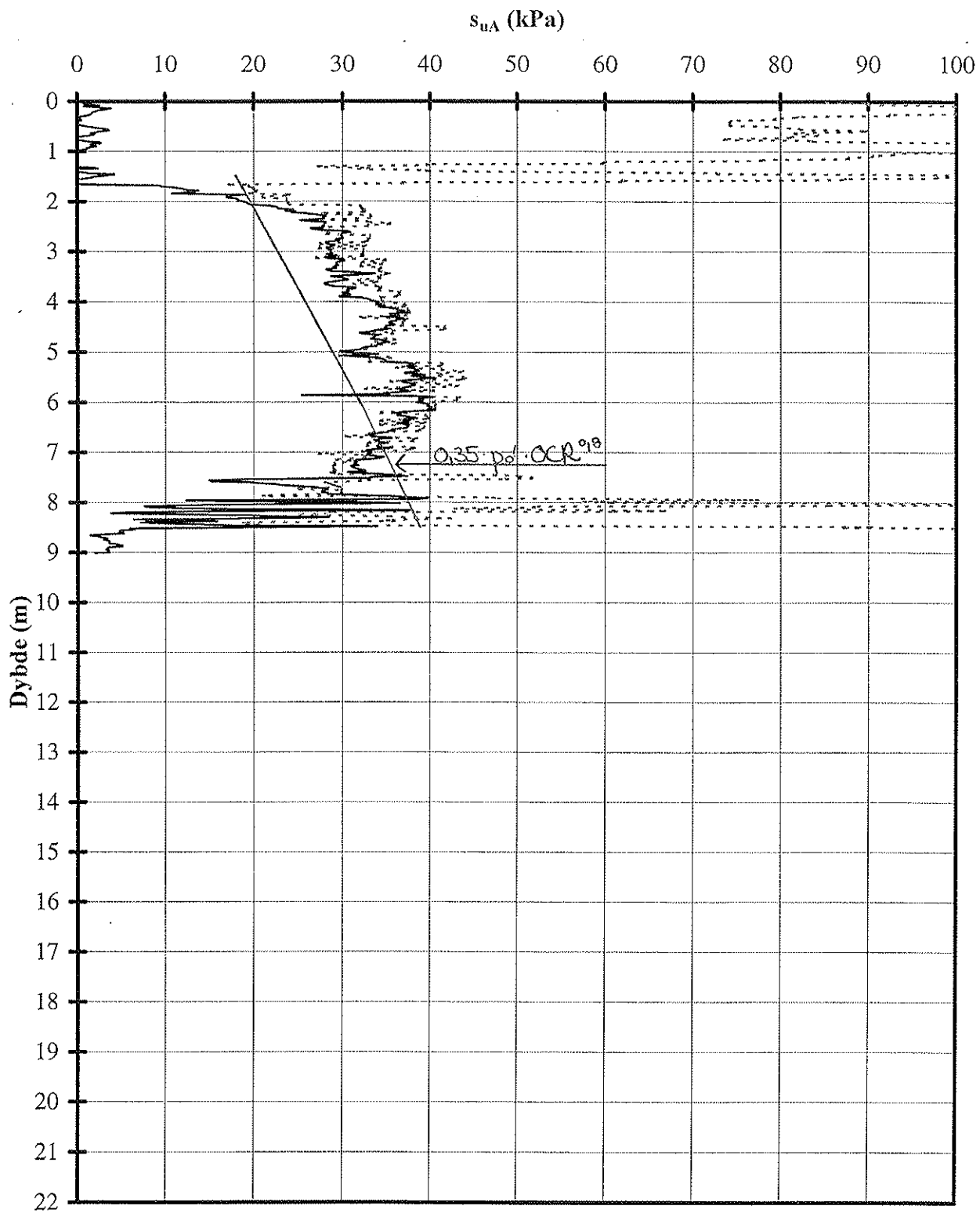
F:\P\99\00\990082\DIV\cputu-103.xls\Figur

Herrevassdraget, Bamble kommune

Resultater fra CPT 103

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Report nr. 990082-1	Figur nr. C1
Tegner ØN	Dato 10.01.00
Kontrollert SM	
Godkjent SM	



----- Basert på Nkt — Basert på NDU


N_{kt} = 10 Terrengekote : 2.01 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 1.5 m under terreng

F:\PI\99100\990082\DIV[cptu-109.xls]Figur

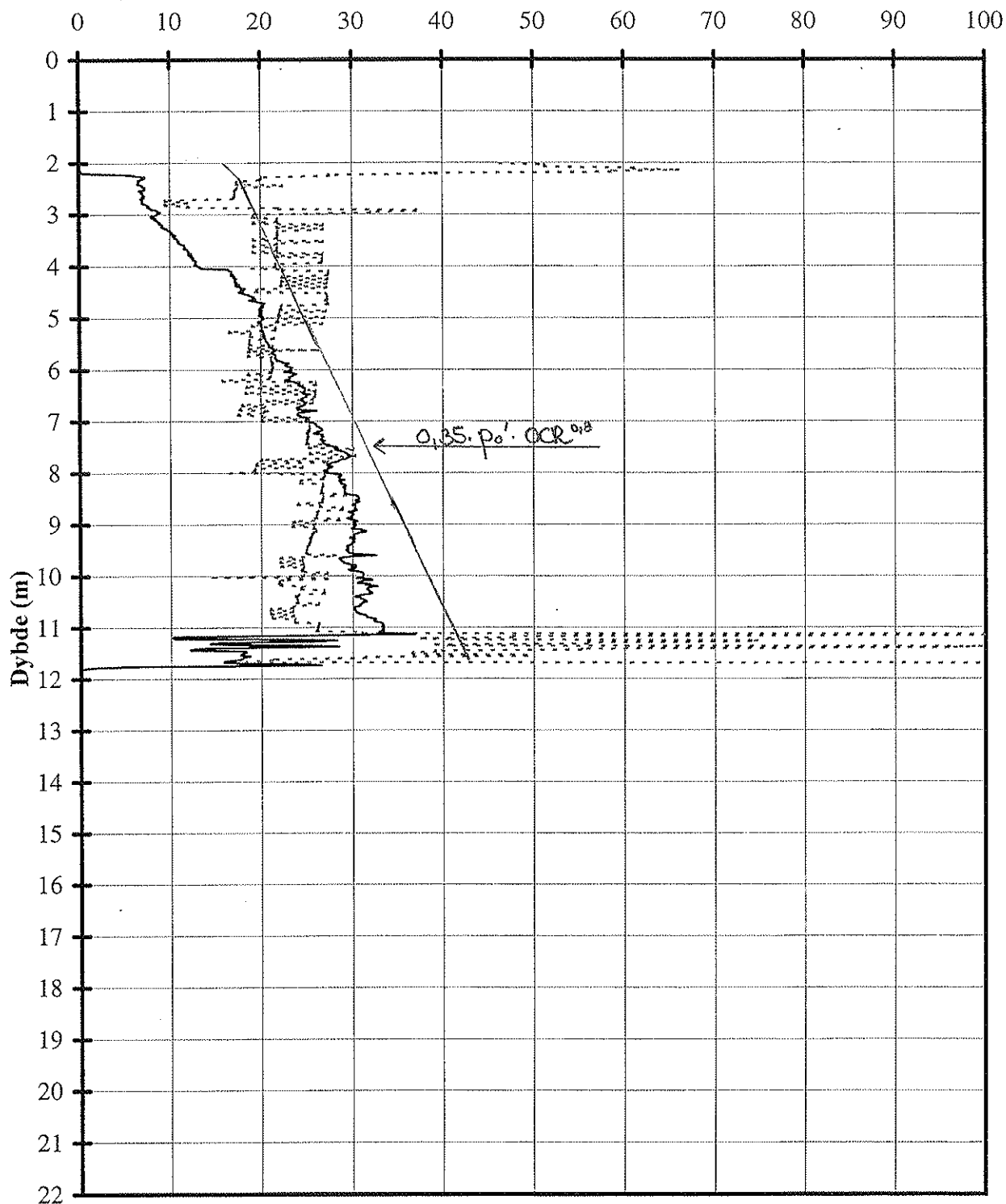
Herrevassdraget, Bamble kommune

Resultater fra CPT 109

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr. 990082-1	Figur nr. C2
Tegner ØN	Dato 10.01.00
Kontrollert SD	
Godkjent SD	


s_{uA} (kPa)



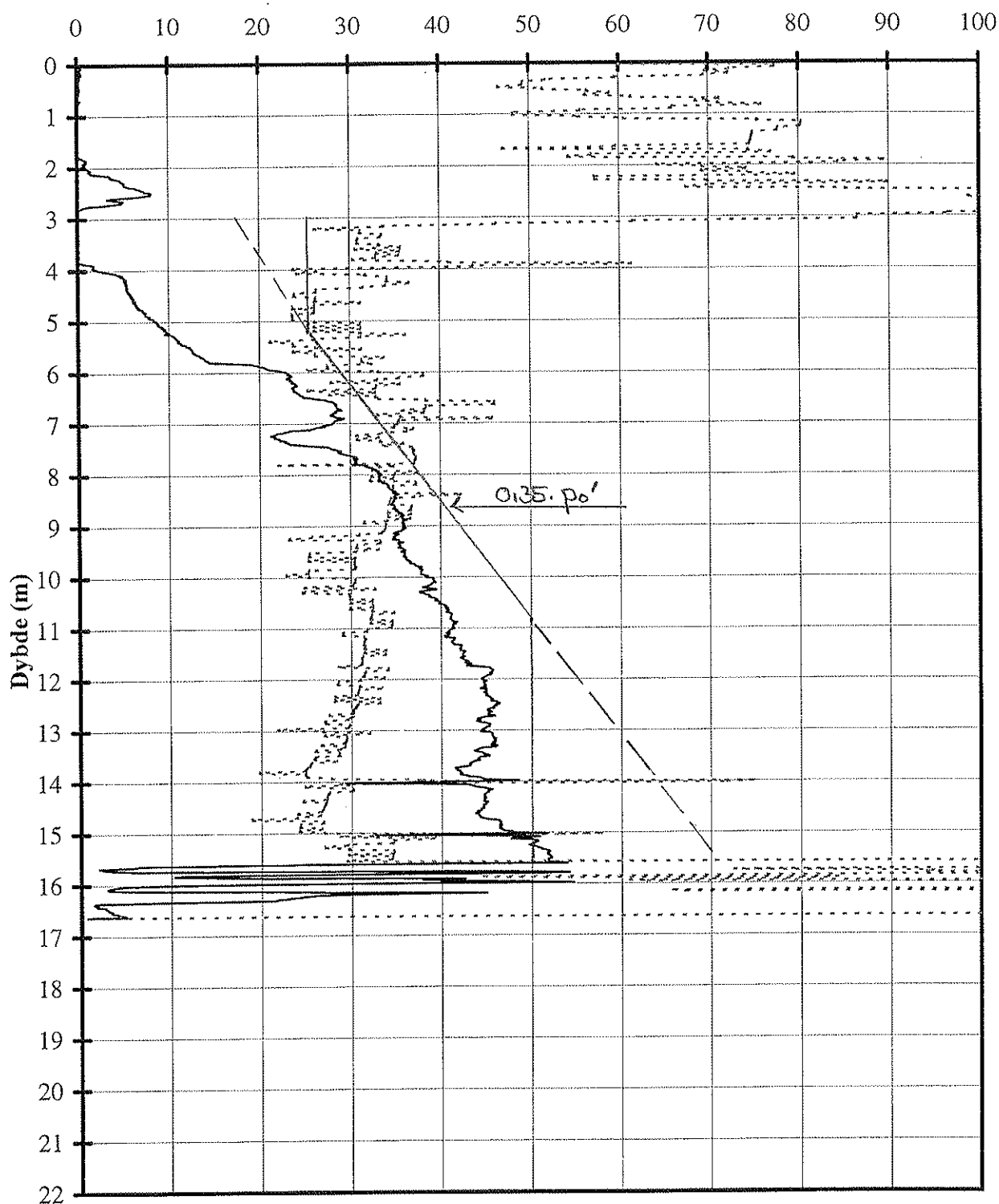
----- Basert på Nkt — Basert på Ndu

N_{kt} = 10 Terrengekote : 3.38 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 2.3 m under terreng

F:\PI\99\00\990082\DIV\cptu-103.xls\Figur

Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	990082-1	C3
	Tegner	Dato
	ØN	10.01.00
Resultater fra CPT 111	Kontrollert	
	Sb/	
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Godkjent	
	Sb/	

s_{uA} (kPa)



----- Basert på Nkt — Basert på NDU

N_{kt} = 10
 N_{Du} = 8.5


Terrengkote : 7.11 m
Grunnvannstand : 2.5 m under terreng

F:\PI\99\00\990082\DIV\cputu-103.xls\Figur

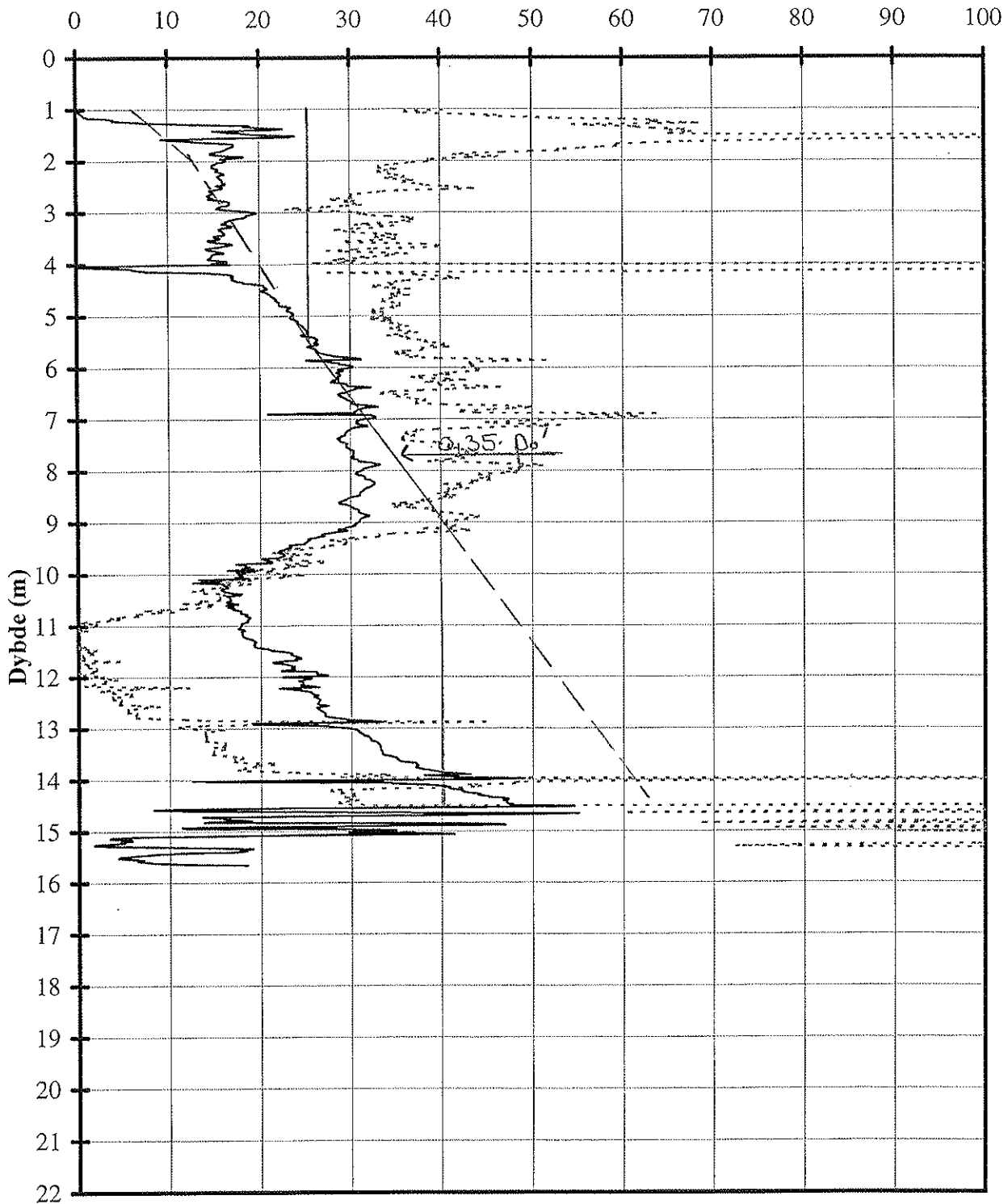
Herrevassdraget, Bamble kommune

Resultater fra CPT 112

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr. 990082-1	Figur nr. C4
Tegner ØN	Dato 10.01.00
Kontrollert SAH	
Godkjent SAH	


s_{uA} (kPa)

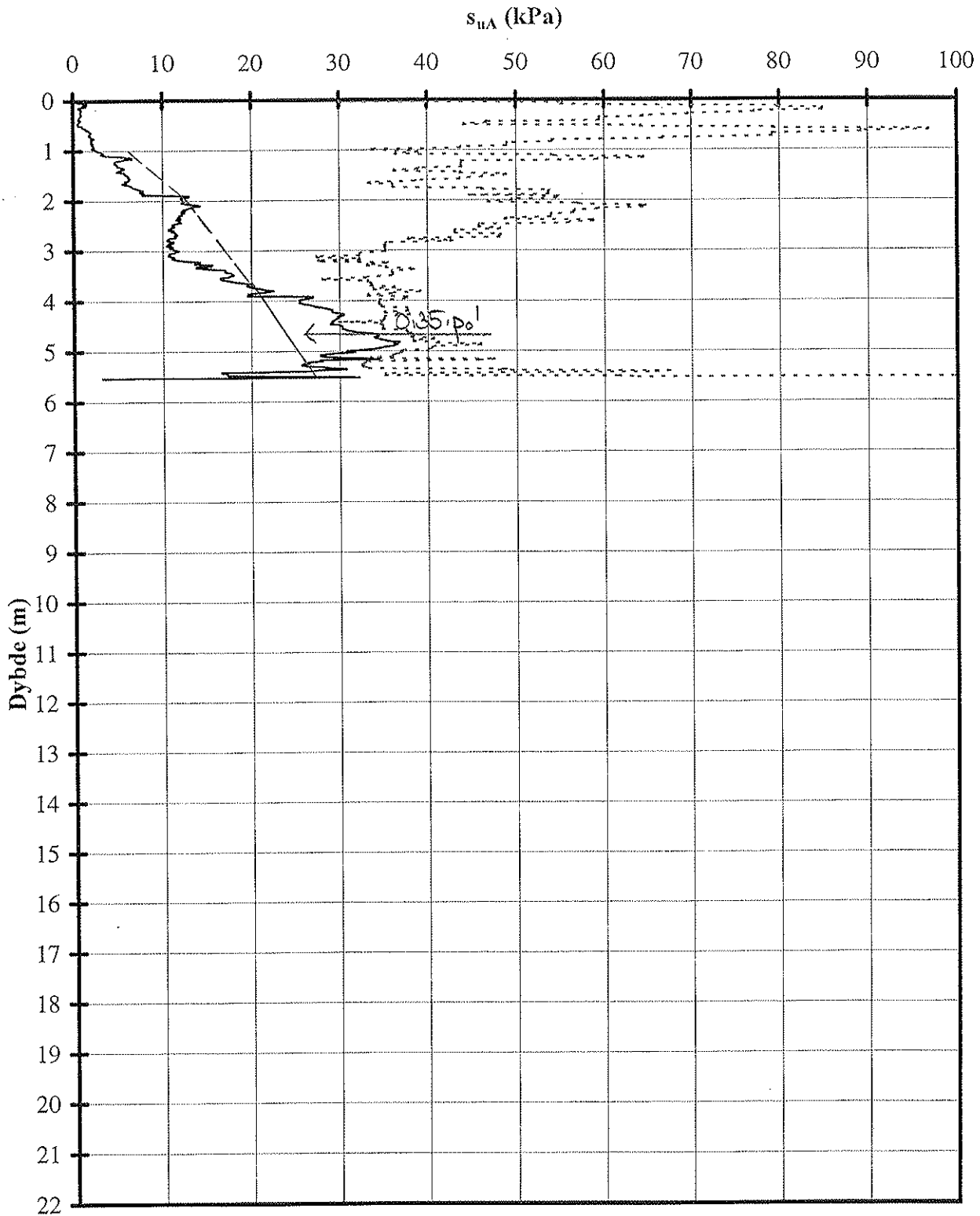


..... Basert på Nkt — Basert på NDU

N_{kt} = 10 Terrengekote : 7.3 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 2 m under terreng

F:\PI99\00\990082\DIV\cputu-103.xls\Figur


Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	990082-1	C5
	Tegner	Dato
	ØN	10.01.00
Resultater fra CPT 113	Kontrollert	
	Godkjent	
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Stj	



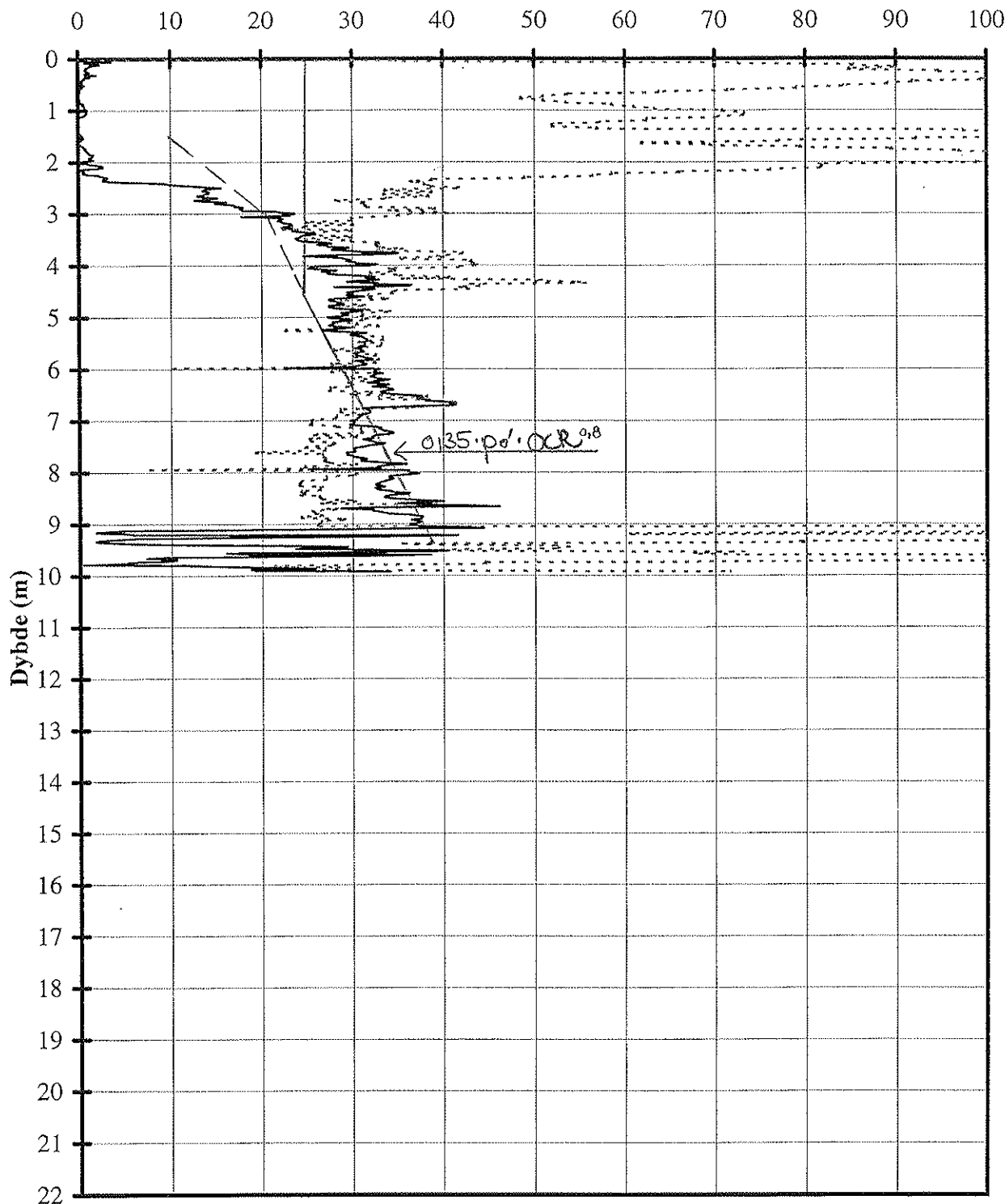
..... Basert på Nkt — Basert på Ndu

N_{kt} = 10 Terrengekote : 8.45 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 2 m under terreng

F:\PI\99\00\990082\DIV\cptu-103.xls\Figur

Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr.	990082-1	Figur nr.	C6
	Tegner	ØN	Dato	10.01.00
	Kontrollert	SØJ		
	Godkjent	SØJ		
Resultater fra CPT 115				
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons				

s_{uA} (kPa)

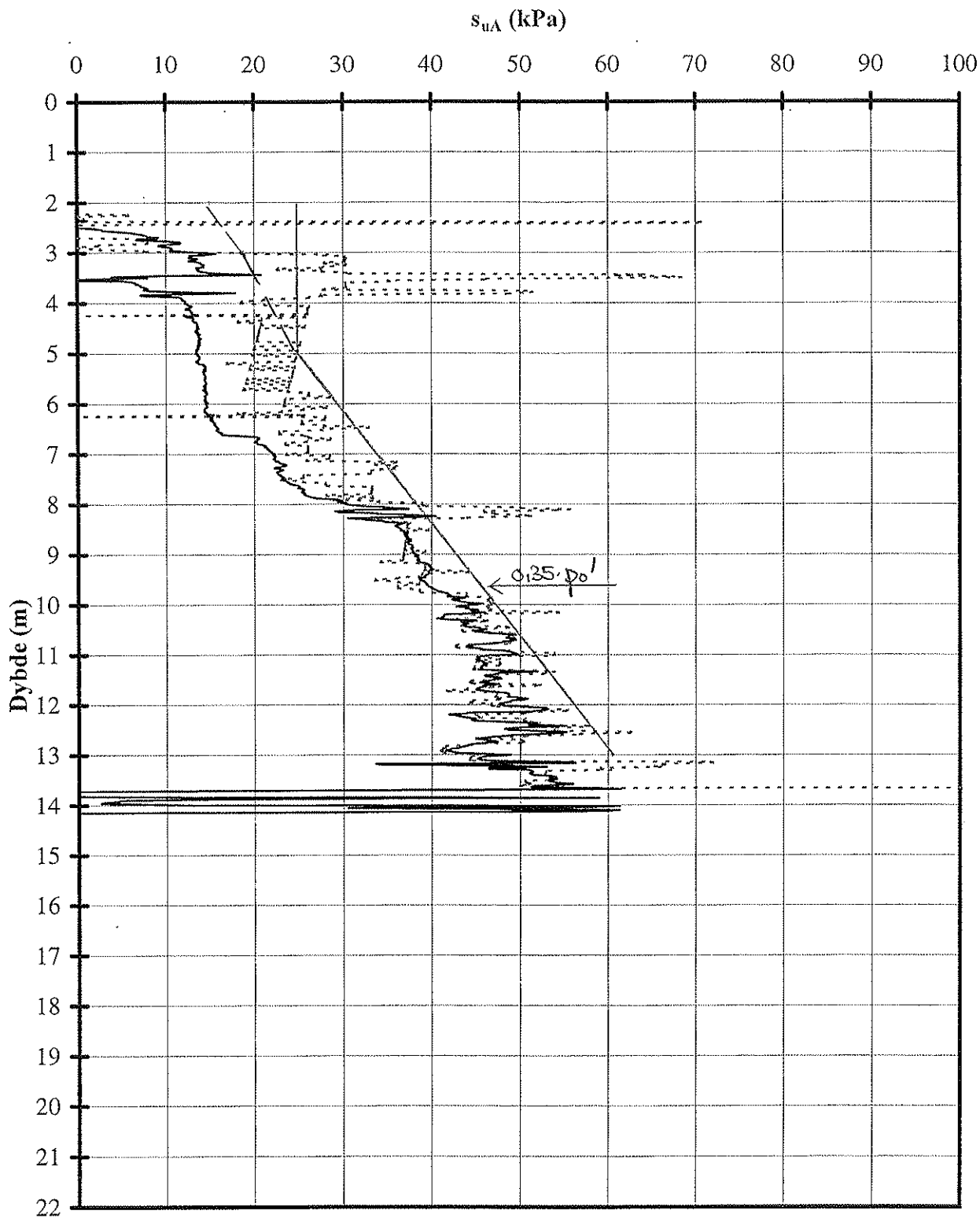


..... Basert på Nkt — Basert på NDU

N_{kt} = 10 Terrengekote : 6.19 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 3.2 m under terreng

F:\PI\991001\990082\DIV[cptu-116.xls]Figur


Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	990082-1	C7
	Tegner	Dato
	ØN	10.01.00
Resultater fra CPT 116	Kontrollert	
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons	Sbf	
	Godkjent	
	Sbf	



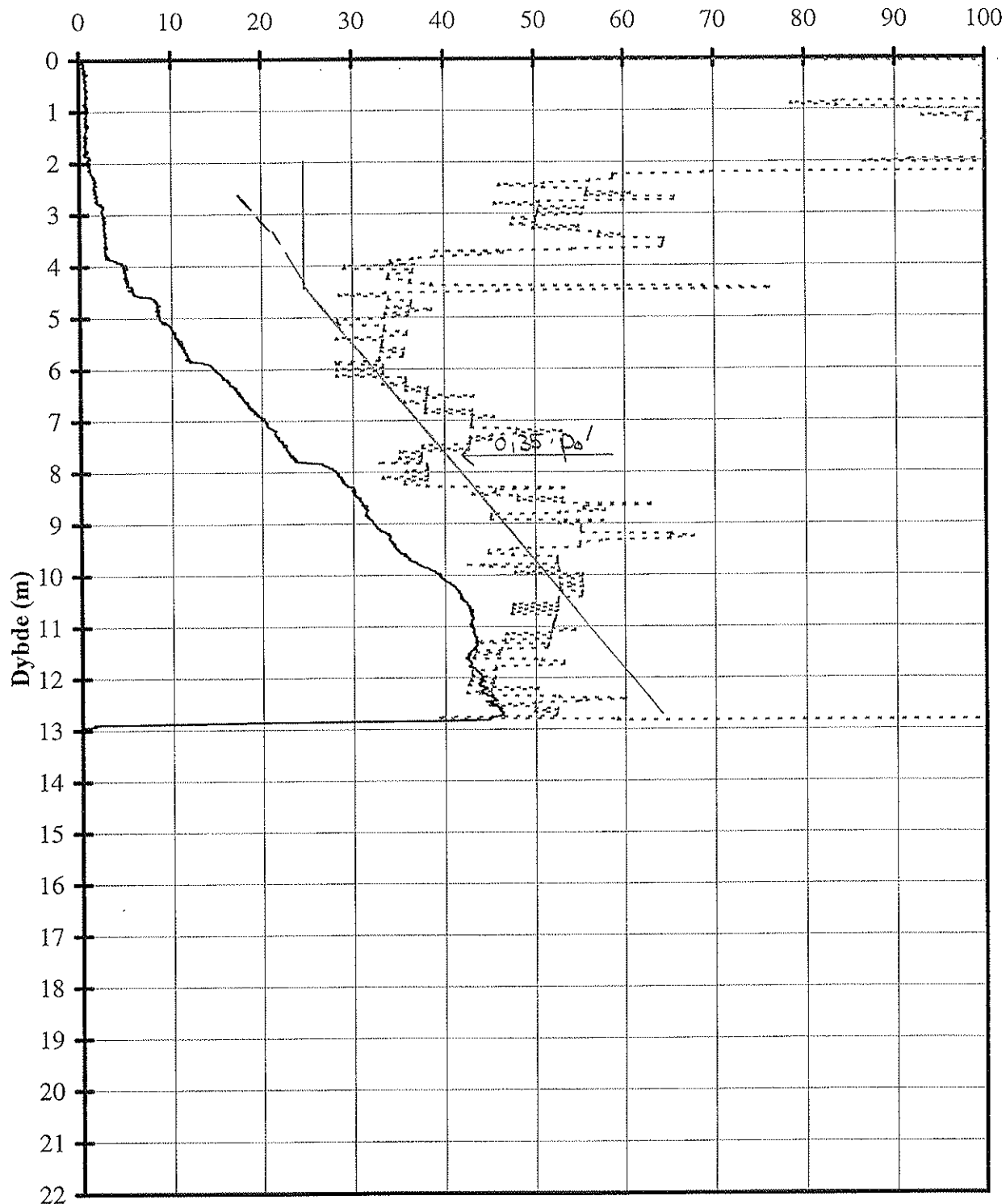
..... Basert på Nkt — Basert på N Du

N_{kt} = 10 Terrengekote : 10.1 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 3 m under terreng

F:\PI\99\100\990082\DIV\cptu-117.xls\Figur

Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. C8
	Tegner ØN	Dato 10.01.00
Resultater fra CPT 117 Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespos	Kontrollert Sbf	
	Godkjent Sbf	


s_{uA} (kPa)



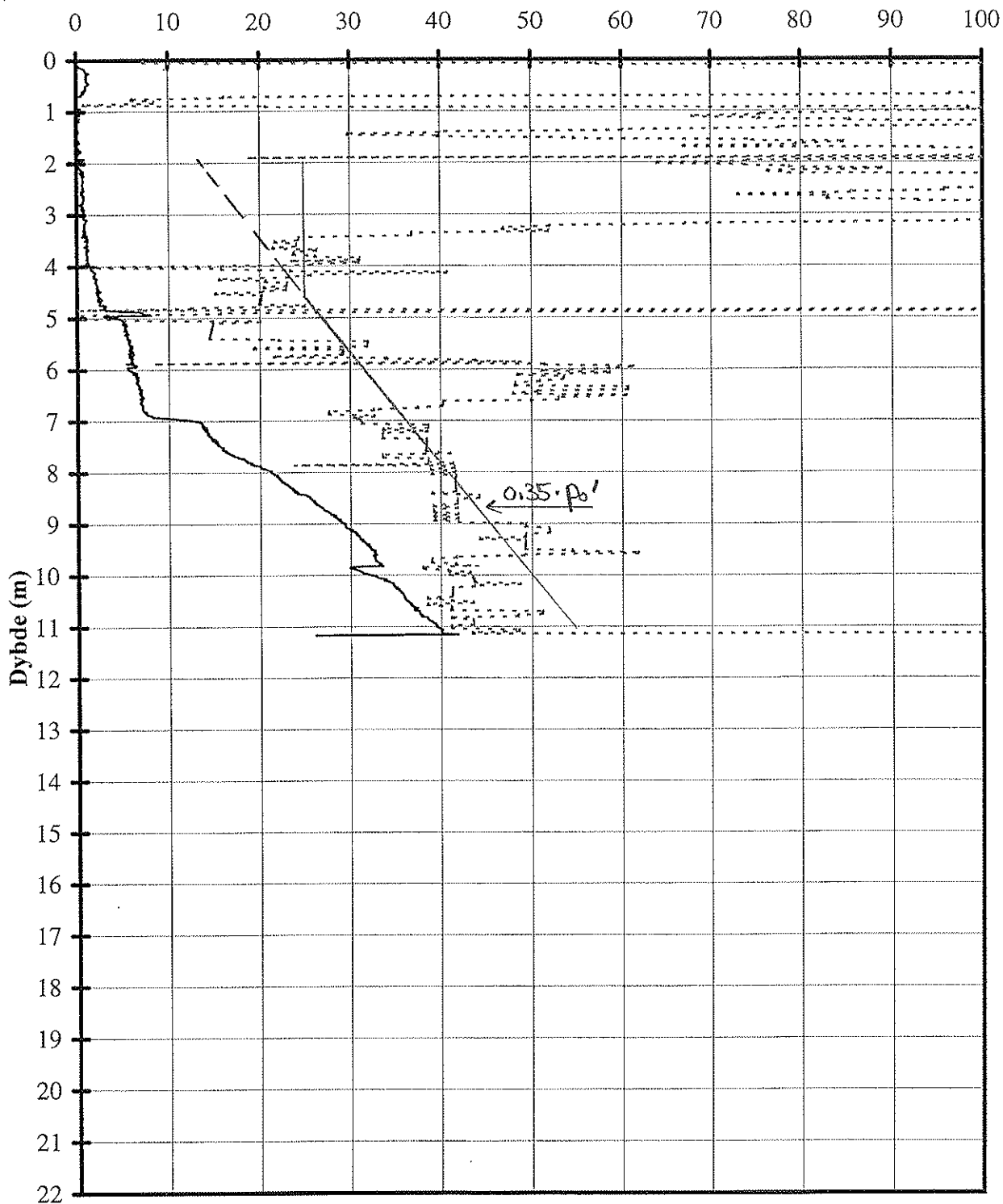
..... Basert på N_{kt} — Basert på N_{Du}

N_{kt} = 10 Terrengekote : 9.19 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 3.3 m under terreng

F:\PI\991001\990082\DIV[cptu-120.xls]Figur

Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr.	990082-1	Figur nr.	C9
	Tegner	ØN	Dato	10.01.00
	Kontrollert	SD/		
	Godkjent	Stj/		
Resultater fra CPT 120				
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons				

s_{uA} (kPa)



----- Basert på Nkt — Basert på NDU


N_{kt} = 10 Terrengekote : 9.06 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 3 m under terreng

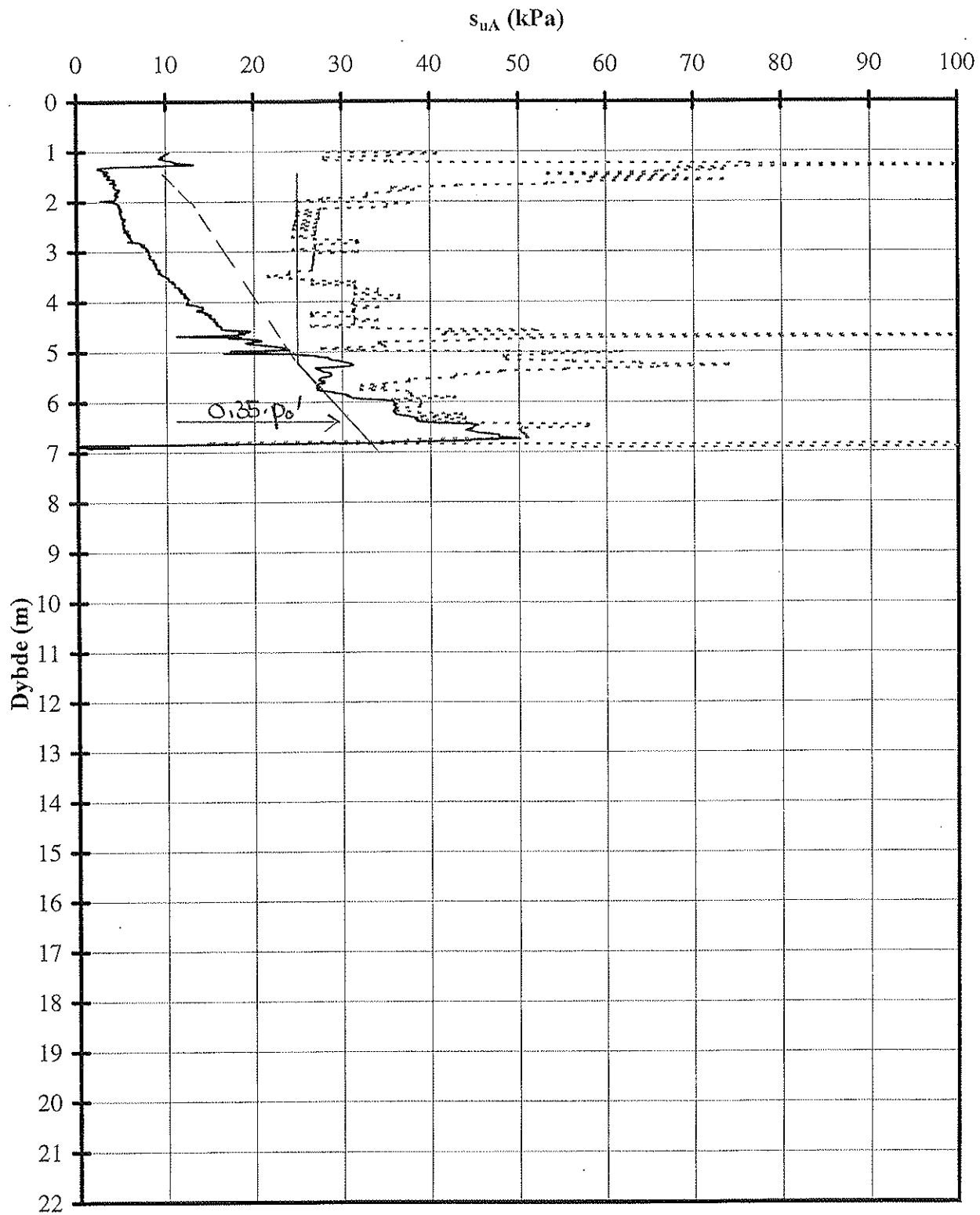
F:\P\99\00\990082\DIV\optu-121.xls\Figur

Herrevassdraget, Bamble kommune

Resultater fra CPT 121

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons


Rapport nr. 990082-1	Figur nr. C10
Tegner ØN	Dato 10.01.00
Kontrollert SDH	
Godkjent SDH	



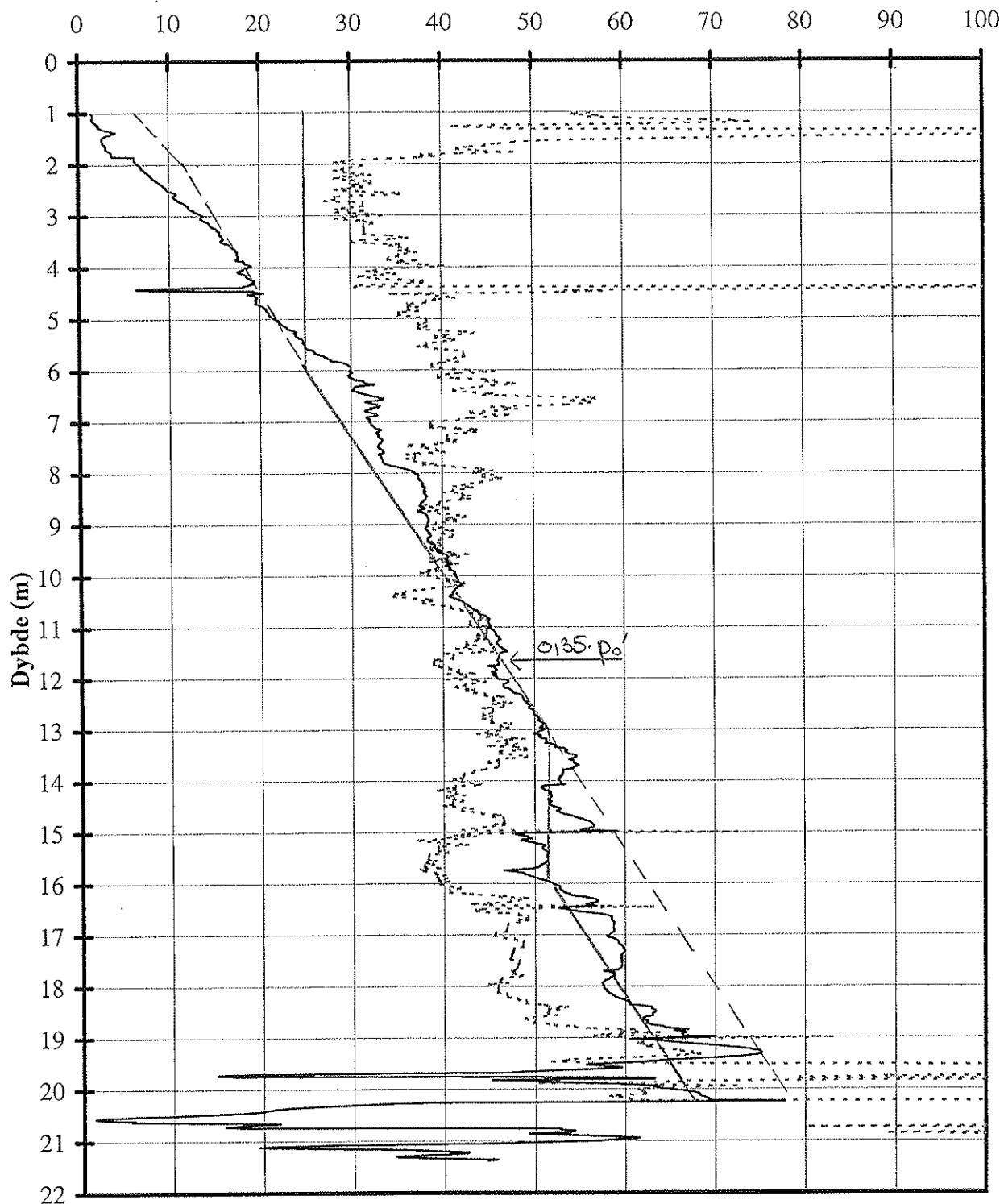
..... Basert på Nkt — Basert på Ndu

N_{kt} = 10 Terrengekote : 10.12 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand 2.5 m under terreng

F:\P\99\001990082\DIV\cptu-122.xls\Figur

Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	990082-1	C11
	Tegner	Dato
	ØN	10.01.00
Resultater fra CPT 122	Kontrollert	
	Godkjent	
	Stol	
Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespos		

s_{uA} (kPa)



----- Basert på Nkt — Basert på NDU


N_{kt} = 10 Terrengekote : 7.5 m
 N_{Du} = 8.5 Grunnvannstand : 2 m under terreng

F:\P\99\00\990082\DIV\cplu-103.xls\Figur

Herrevassdraget, Bamble kommune

Resultater fra CPT 128

Skjærstyrke tolket fra spissmotstand og poretrykksrespons

Rapport nr. 990082-1	Figur nr. C12
Tegner ØN	Dato 20.12.99
Kontrollert SØ	
Godkjent SØ	

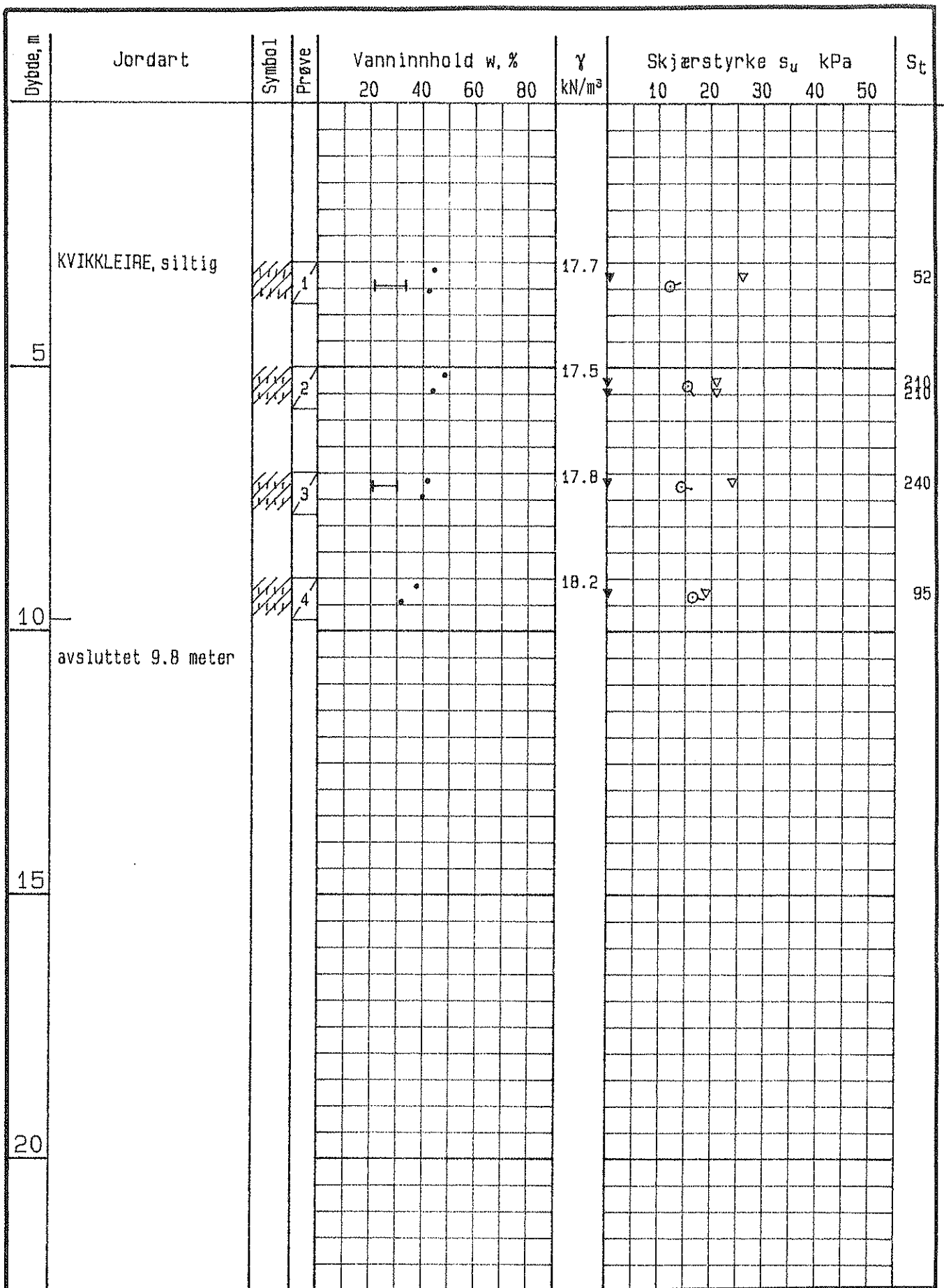


Vedlegg D - Borprofiler

INNHold

Figur D1-D3

Borprofiler



Herrevassdraget, Bamble kommune

Rapport nr.
990082-1

Figur nr.
D1

BORPROFIL

Hull: 111
Terr.kote: 3.4 m
Prøvetype: 54mm

Tegner

Dato
99-12-13

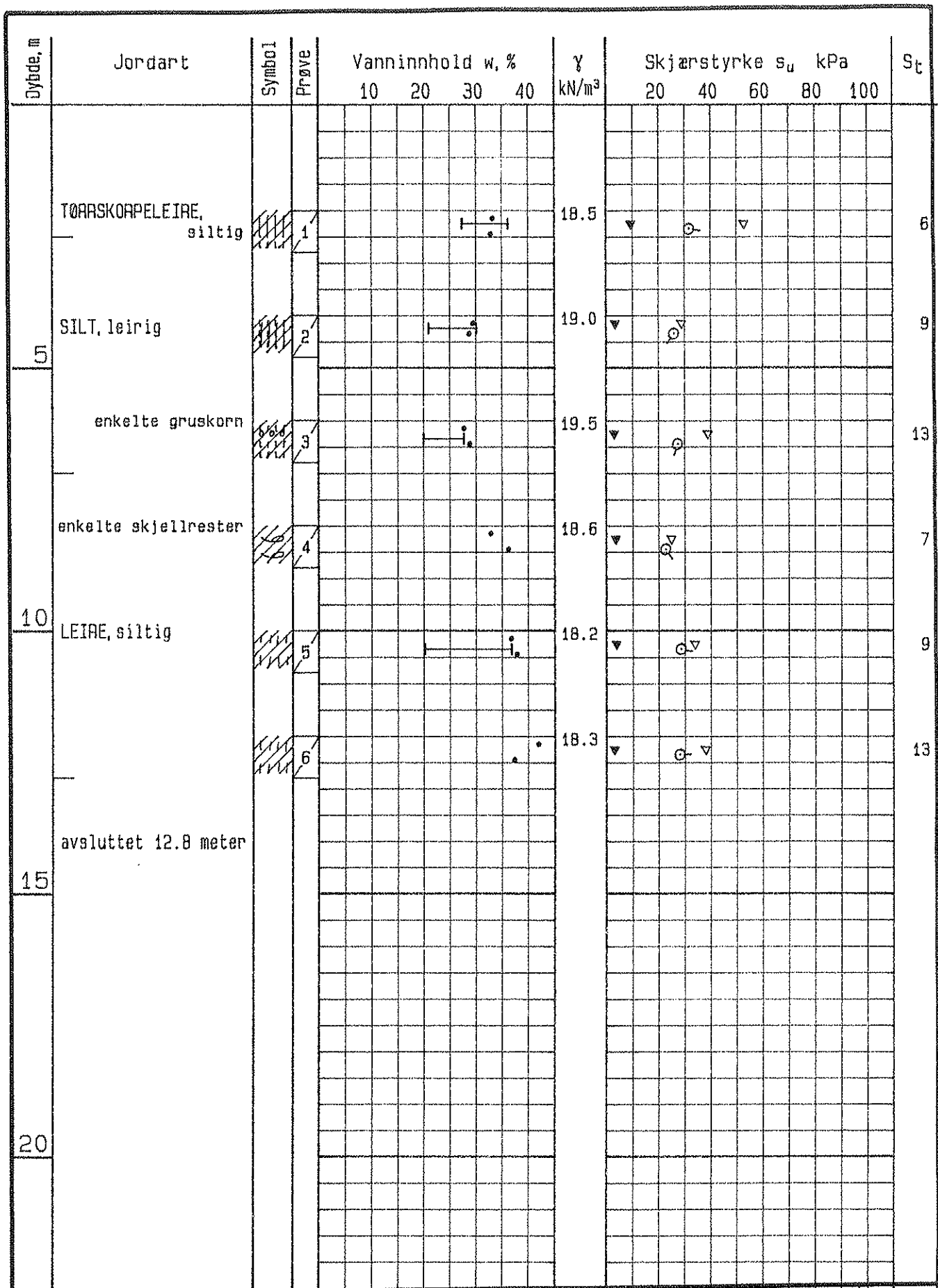
Kontrollert

Godkjent

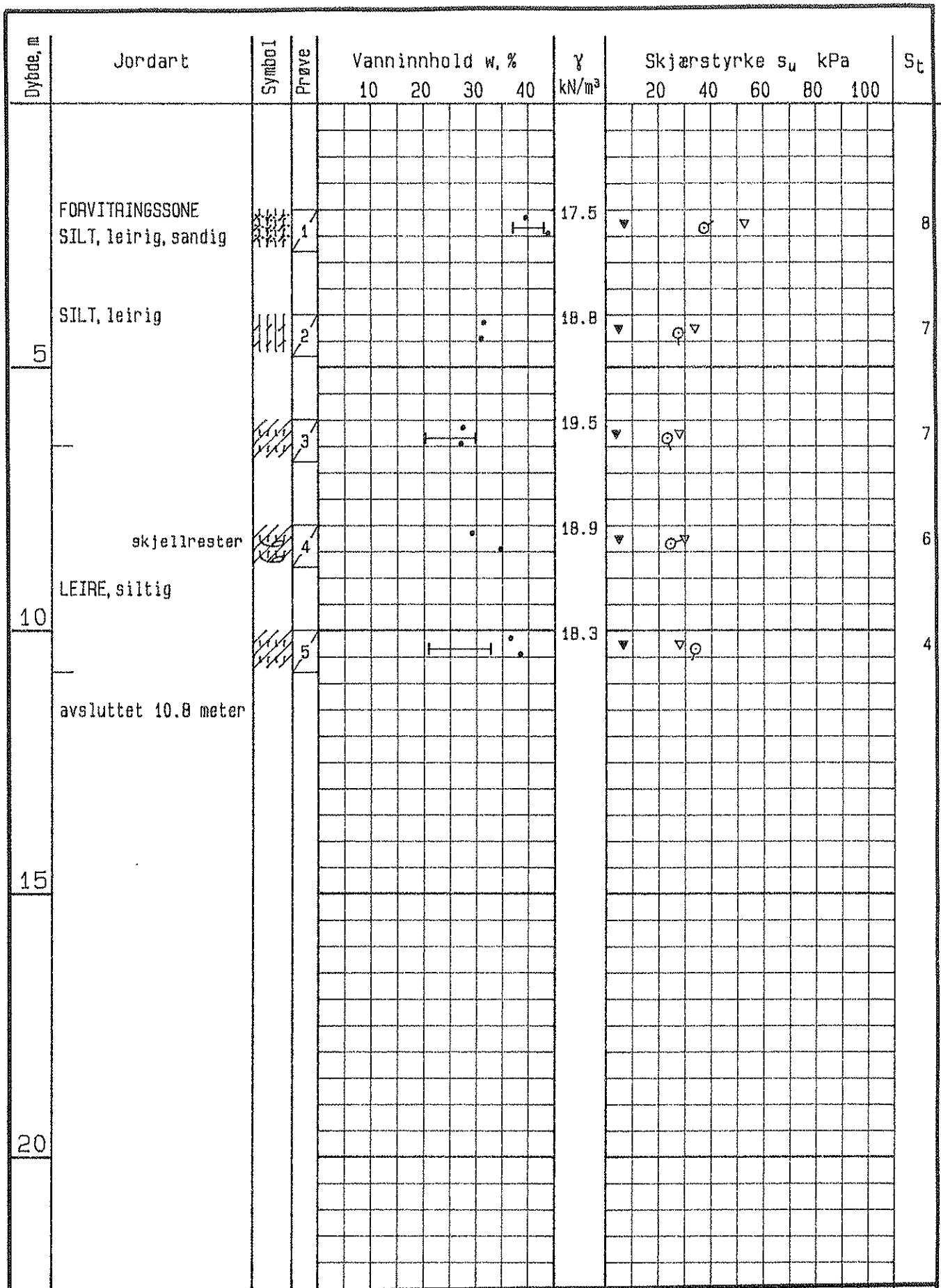


• vanninnhold
▼ konus omrørt

— — utrullings- og flytegrense
▼ konus uomrørt ⊙ trykkforsøk



Herrevassdraget, Bamble kommune		Rapport nr. 990082-1	Figur nr. D2
BORPROFIL	Hull: 112	Tegner	Dato 99-12-13
	Terr.kote: 7.1 m	Kontrollert ØN	
Prøvetype: 54mm	Godkjent S/H		
• vanninnhold	— — utrullings- og flytegrense		
▼ konus omrørt	▼ konus uomrørt	○ trykkforsøk	



Herrevassdraget, Bamble kommune

Rapport nr.
990082-1

Figur nr.
D3

BORPROFIL

Hull: 120
Terr.kote: 9.2 m
Prøvetype: 54mm

Tegner

Dato
99-12-13

Kontrollert
ØN

Godkjent
SH

• vanninnhold
▼ konus omrørt

— — utrullings- og flytegrense
▼ konus uomrørt ○ trykkforsøk



NGI

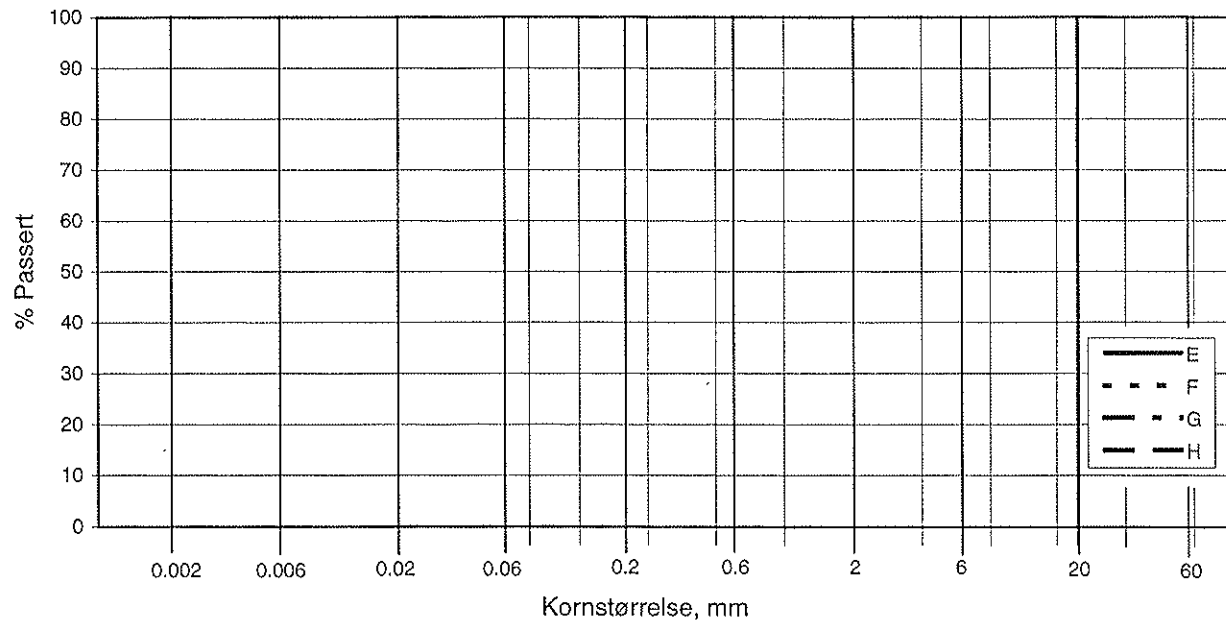
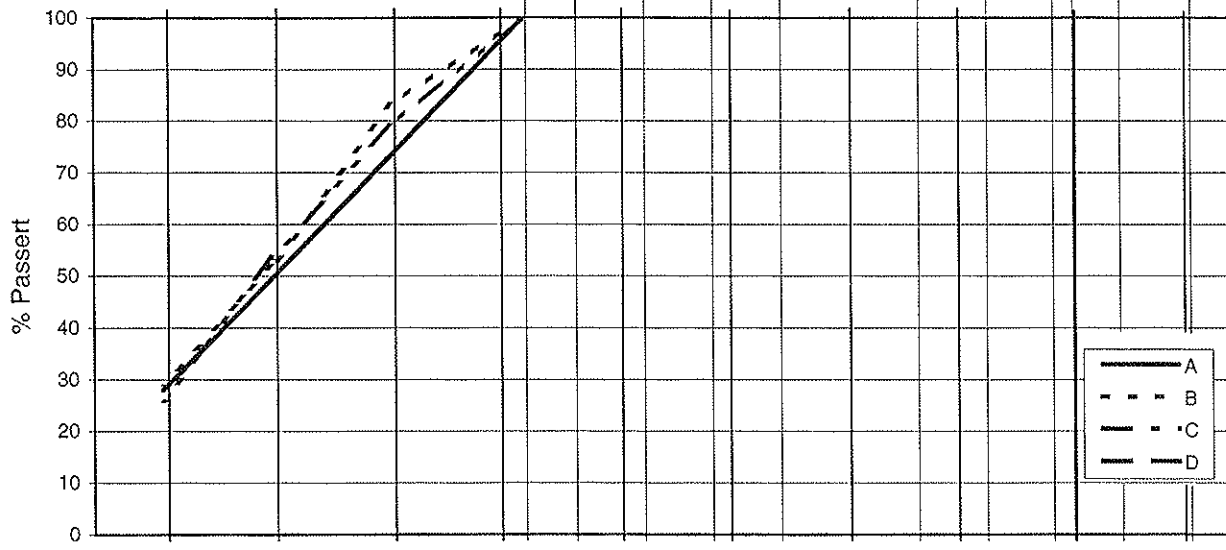


Vedlegg E - Kornfordelingskurver

INNHold

Figur E1-E3 Kornfordelingskurver


L E I R	SILT			SAND			GRUS						
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov				
	US Standard Sikt			200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"
ISO Standard Sikt			.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



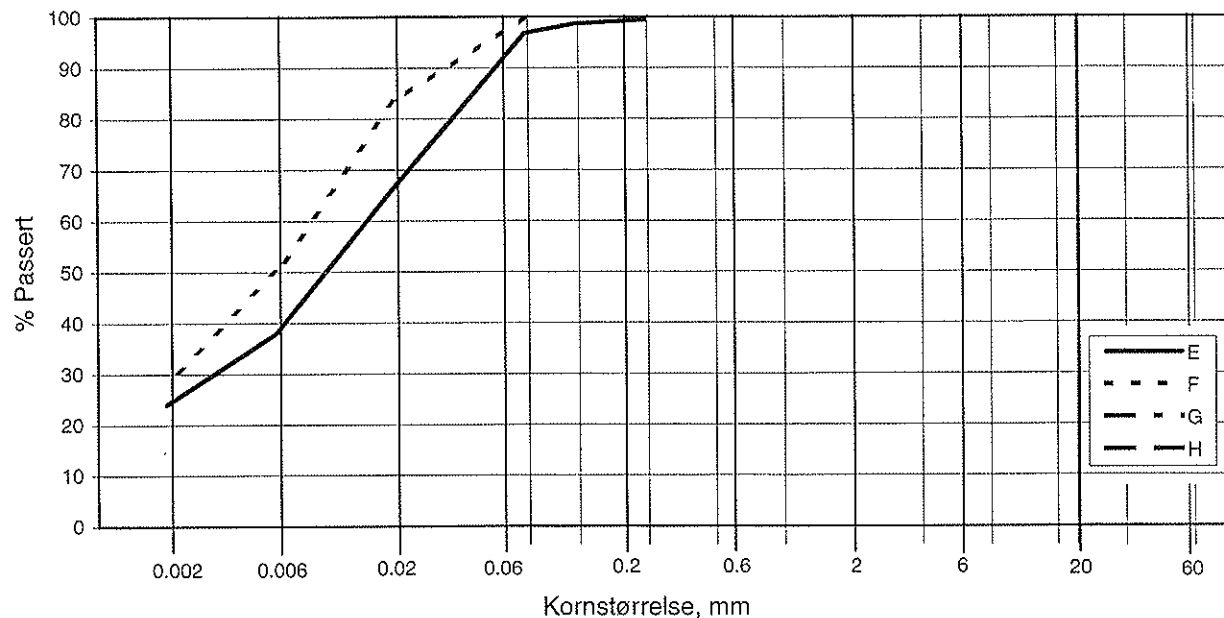
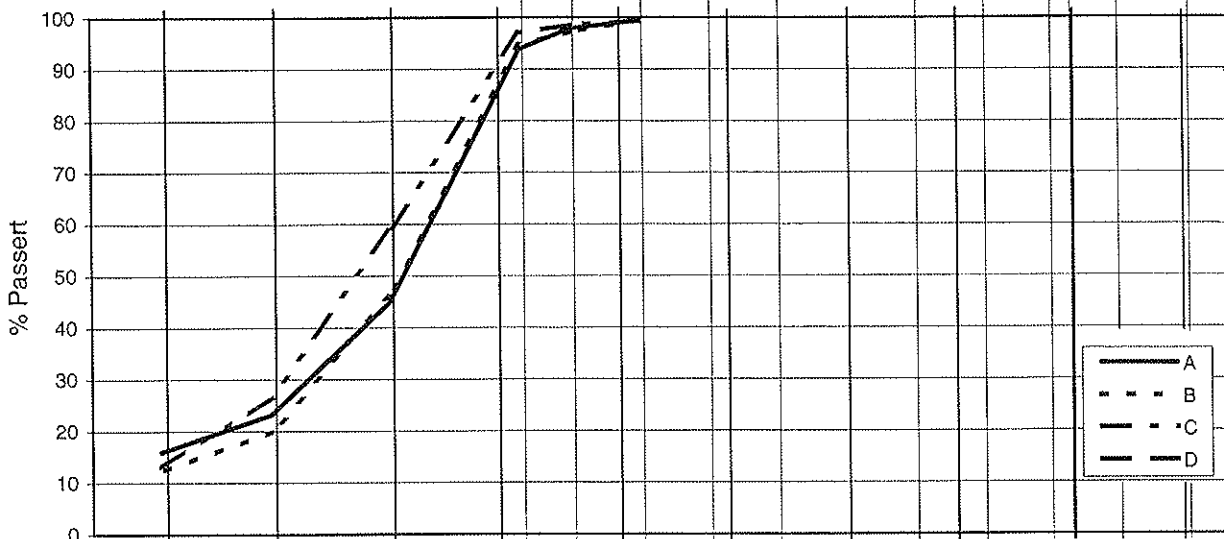
Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C_u (d_{60} / d_{10})	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse
A	111	1	3,45		T4	27,9	LEIRE, siltig
B	111	3	7,3		T4	29,2	LEIRE, siltig
C	111	4	9,4		T4	26,0	LEIRE, siltig
D							
E							
F							
G							
H							

Rev. NT-2 / Dato 02.07.99 / Sign. KB

H:\LABDATA\IP990082\Rutine\fall1.xls\Plott

Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	990082-1	E1
	Tegnet av <i>[Signature]</i>	Dato 10.12.99
Kornfordelingskurver	Kontrollert <i>[Signature]</i>	
	Godkjent <i>[Signature]</i>	


L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
	US Standard Sikt			200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
ISO Standard Sikt			.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	19	31.5	63



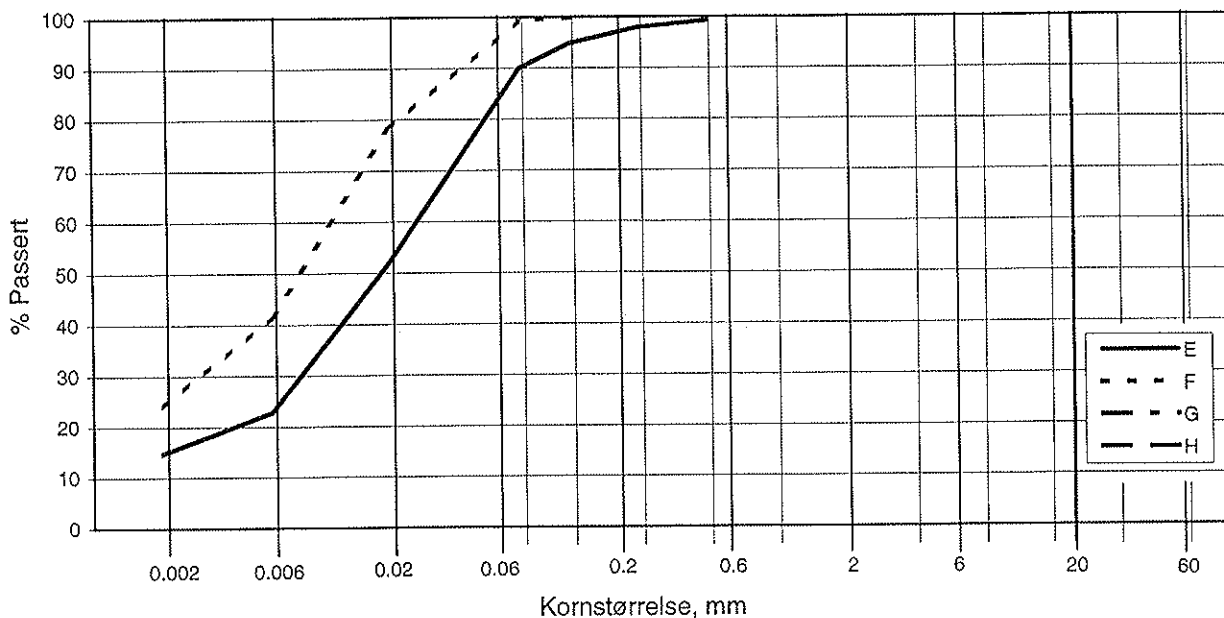
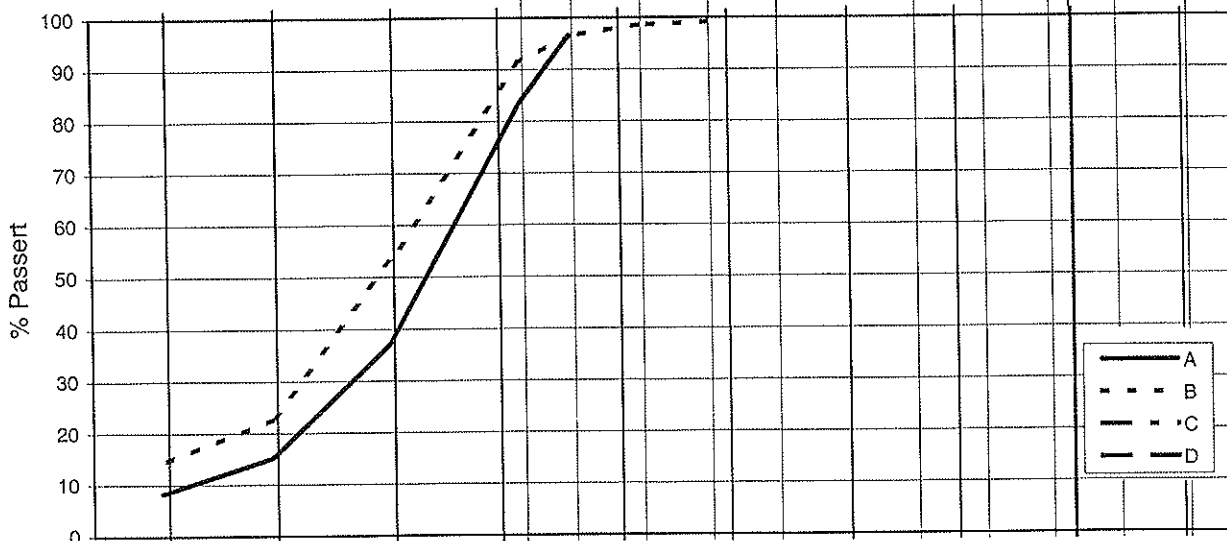
Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C _u (d ₆₀ / d ₁₀)	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse
A	112	1	2,35		T4	15,9	LEIRE, siltig
B	112	2	4,35		T4	12,3	SILT, leirig
C	112	3	6,4		T4	13,2	SILT, leirig
D							
E	112	5	10,4		T4	24,0	LEIRE, siltig
F	112	6	12,35		T4	28,5	LEIRE, siltig
G							
H							

Rev. NT-2 / Dato 02.07.99 / Sign. KB

H:\LABDATA\990082\Rutine\fall2.xls\Plott

Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr.	Figur nr.
	990082-1	E2
	Tegnet av	Dato
	<i>[Signature]</i>	10.12.99
Kornfordelingskurver	Kontrollert	
	Godkjent	
	<i>[Signature]</i>	

L E I R	SILT			SAND			GRUS							
	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov	Fin	Middels	Grov					
	US Standard Sikt			200	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1.5"	3"
	ISO Standard Sikt			.075	.125	.25	.5	1	2	4	8	16	31.5	63



Kurve	Hull nr.	Prøve nr.	Dybde m	C_u (d_{60} / d_{10})	Tele gr.	Leir innh. %	Jordartsbetegnelse
A	120	1	2,35	14,5	T4	8,2	SILT, leirig, sandig
B	120	2	4,35		T4	14,2	SILT, leirig
C							
D							
E	120	3	6,35		T4	14,8	SILT, leirig
F	120	5	10,35		T4	24,0	LEIRE, siltig
G							
H							

Rev. NT-2 / Dato 02.07.99 / Sign. KB

H:\LABDATA\IP990082\Rutine\fall3.xls\Plott

Herrevassdraget, Bamble kommune

Kornfordelingskurver

Rapport nr.
990082-1

Figur nr.
E3

Tegnet av
[Signature]

Dato
10.12.99

Kontrollert
[Signature]

Godkjent
[Signature]





Vedlegg F - Ødometerforsøk

INNHOLD

Tabell F1	Oversikt over ødometerforsøk
Figur F1-F3	Ødometerforsøk

TABELL F1 OVERSIKT OVER ØDOMETERFORSØK

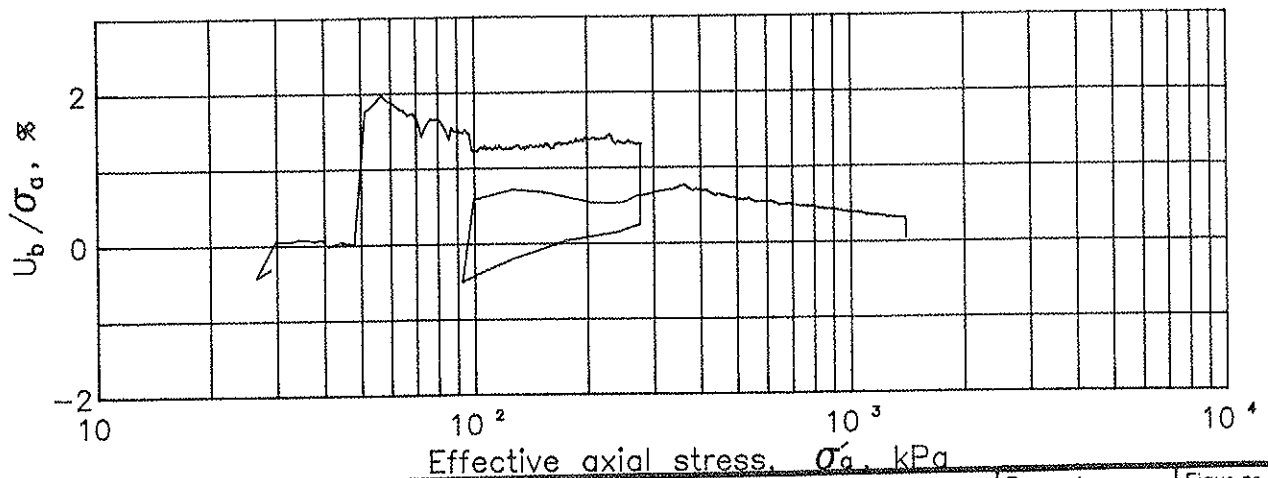
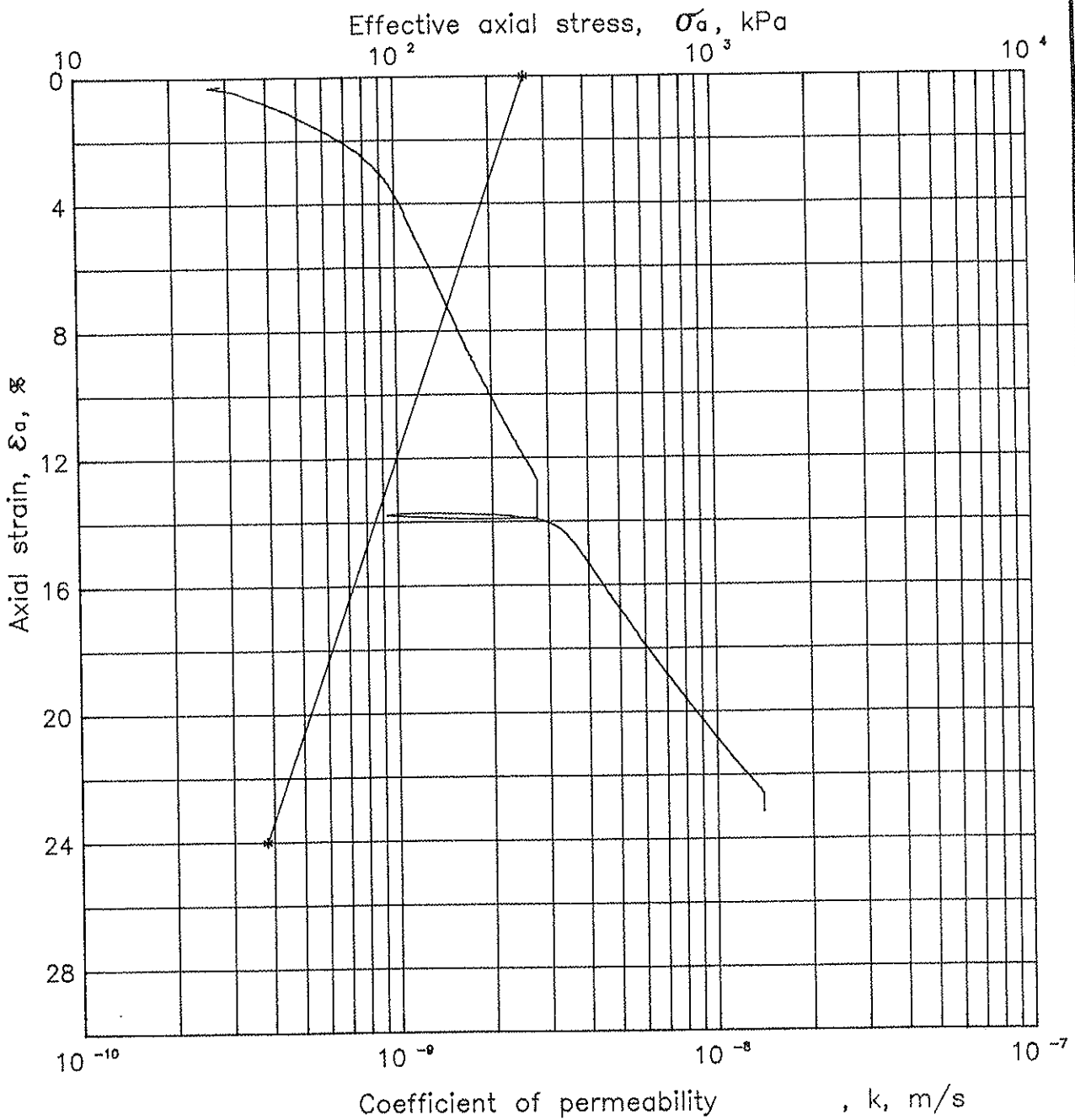
PRØVE IDENTIFISERING			INDEKSDATA						TOLKEDE PARAMETRE							dV/V ved p ₀ '	Figur ref.
Hull nr.	Forsøk nr.	Dybde	w _i	w _p	w _L	l _p	γ _T	Leir innhold	p ₀ '	p _c '	m	p _r '	M _{oc}	C _{voc}	C _{vnc}		
		<i>m</i>	%	%	%	%	<i>kN/m³</i>	%	<i>kPa</i>	<i>kPa</i>		<i>kPa</i>	<i>Mpa</i>	<i>m²/år</i>	<i>m²/år</i>	%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
111	3-C-1	7.4	41.7	20.8	30.3	9.5	17.8	29.2	81.5	90.0	19.3	55.0	6.5	53.3	6.3	2.6	D1-D3

Tegnforklaring

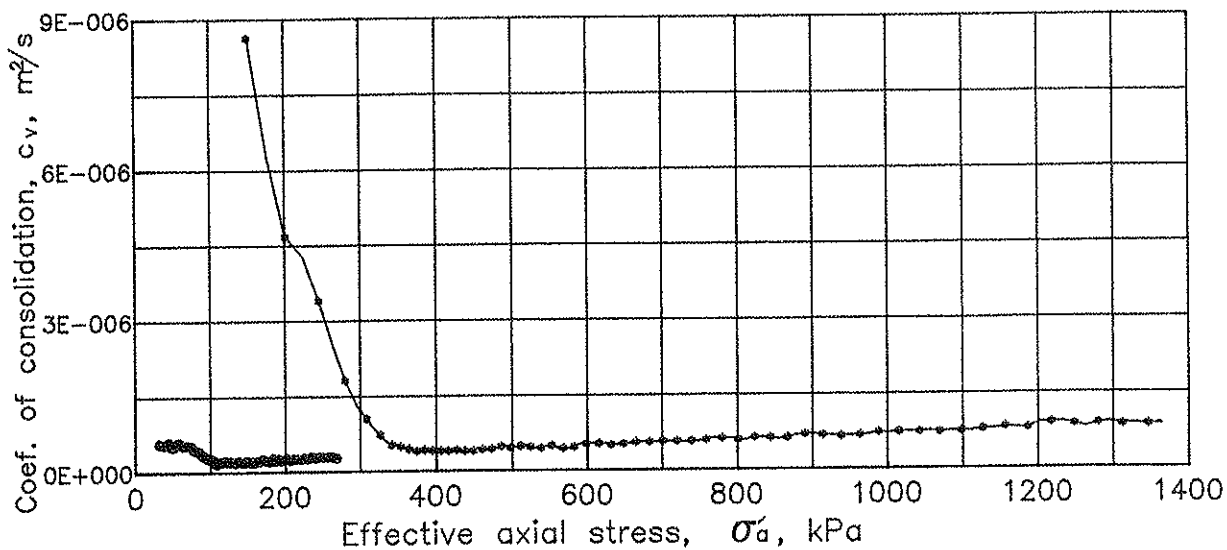
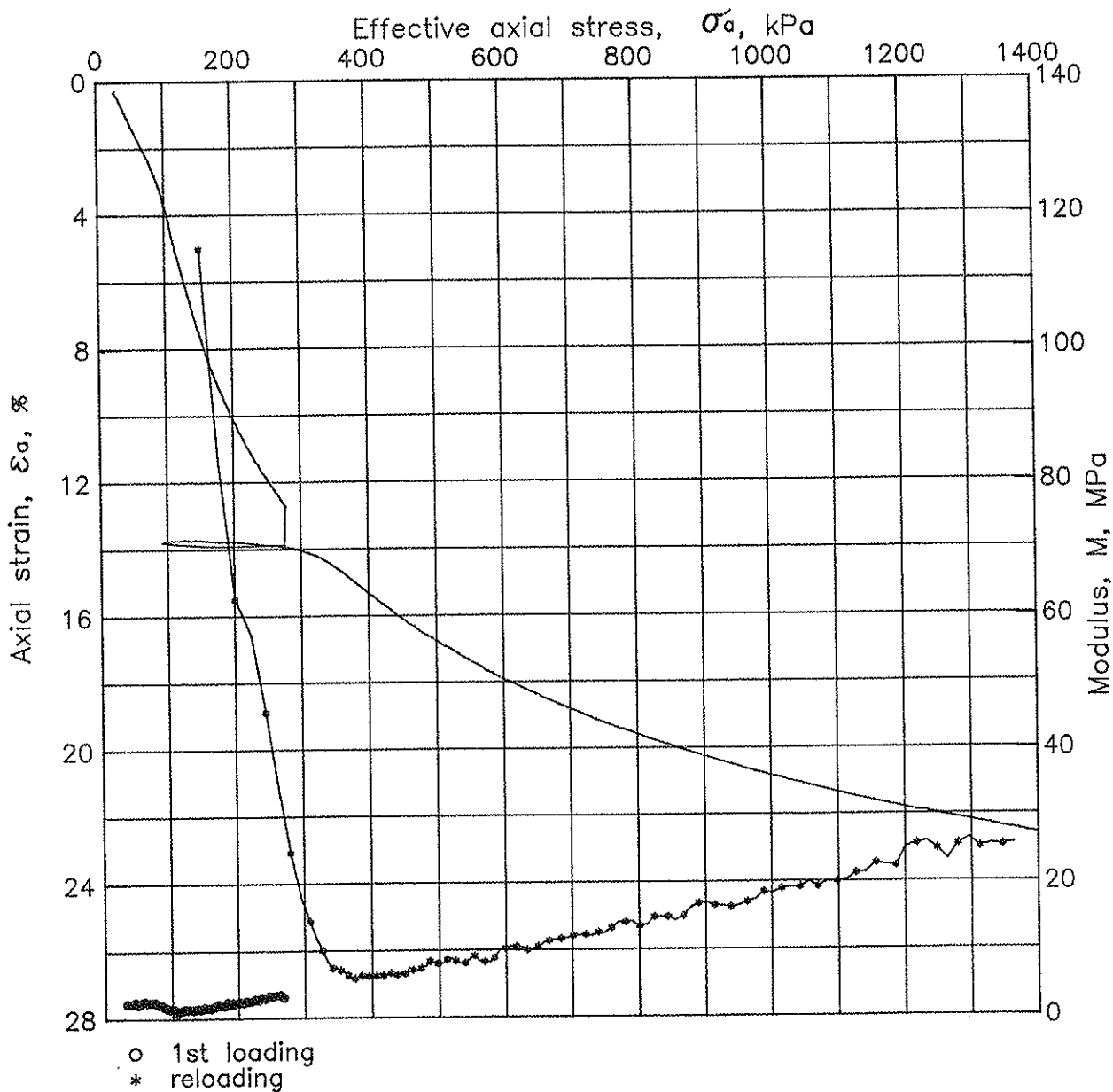
p₀' Effektivt overlagingstrykk
 p_c' Forkonsolideringstrykk tolket fra ødometerforsøk
 m Modultall
 p_r' Referansespenning
 M_{oc} Modul for spenninger opp til p_c'
 C_{voc} Konsolideringskoeffisient for spenninger mindre enn p_c'
 C_{vnc} Konsolideringskoeffisient for spenninger større enn p_c'

OPPDRAGSGIVER: Bamble kommune
 PROSJEKT: Herrevassdraget
 PROSJEKT NR: 990082





Herrevassdraget, Bamble kommune			Rapport nr. 990082-1	Figur nr. F1
Oedometer test (CRS)		Depth = 7.37 m	Tegner <i>[Signature]</i>	Dato 13.12.99
Boring: 111	Tube: 3	Po' = 81.5 kPa	Kontrollert ØN	
Part: C	Test: 1	W _i = 41.73 %	Godkjent S-ht	



Herrevassdraget, Bamble kommune

Rapport nr.
990082-1

Figur nr.
F2

Oedometer test (CRS)

Depth = 7.37 m

Tegnet
[Signature]

Dato
13.12.99

Boring: 111

Tube: 3

$P_{o'}$ = 81.5 kPa

Kontrollert
ØN

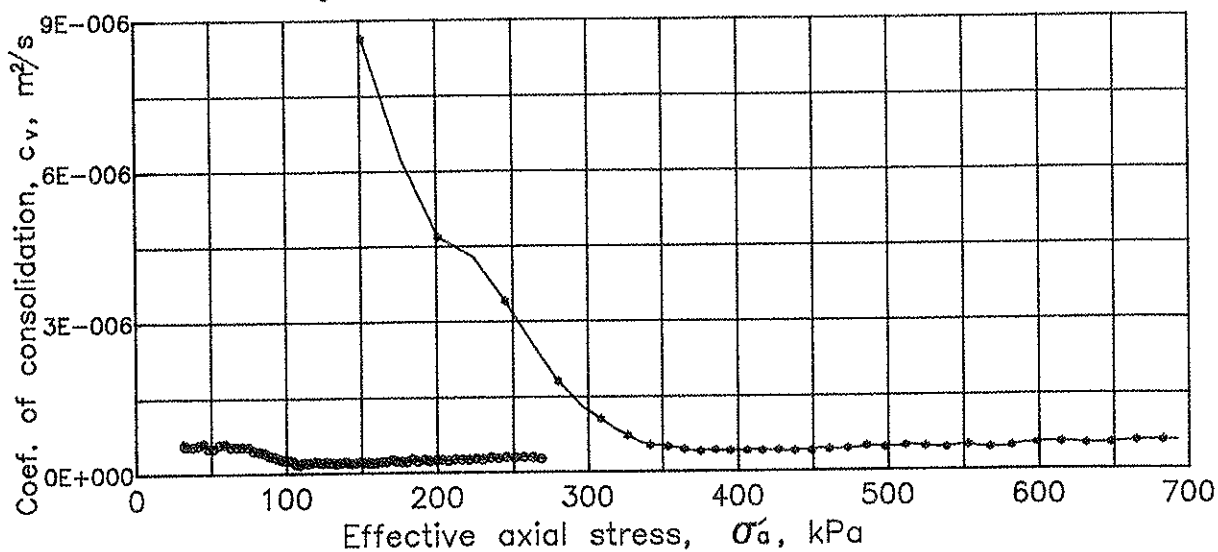
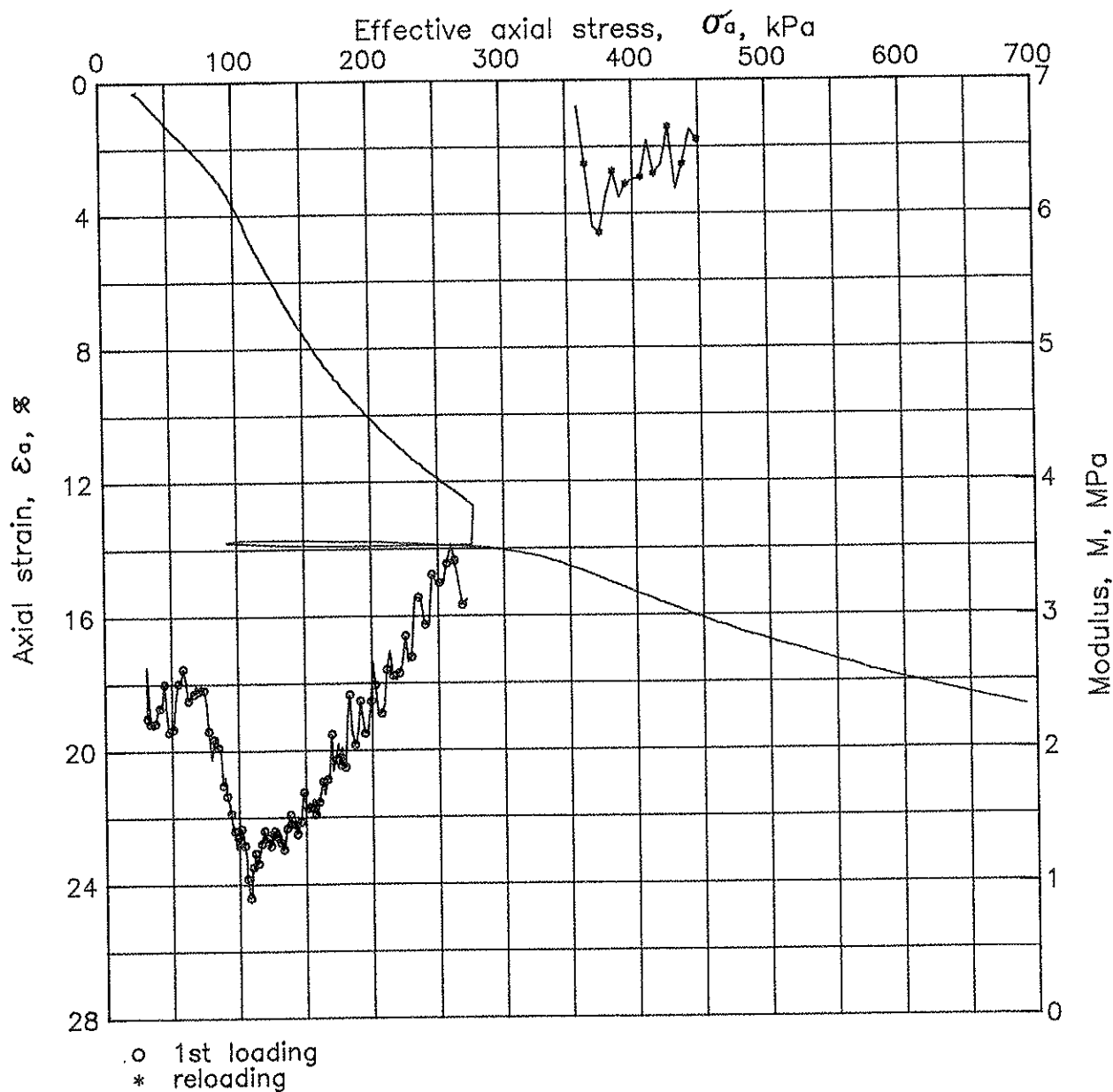
Part: C

Test: 1

W_i = 41.73 %

Godkjent
[Signature]





Herrevassdraget, Bamble kommune

Rapport nr.
990082-1

Figur nr.
F3

Oedometer test (CRS)

Depth = 7.37 m
 Po' = 81.5 kPa

Tegner
[Signature]

Dato
13.12.99

Boring: 111

Tube: 3

Kontrollert
ØN

Part: C

Test: 1

W_i = 41.73 %

Godkjent
SBH



NGI



Vedlegg G - Treaksialforsøk

INNHold

Tabell G1
Figur G1-G3

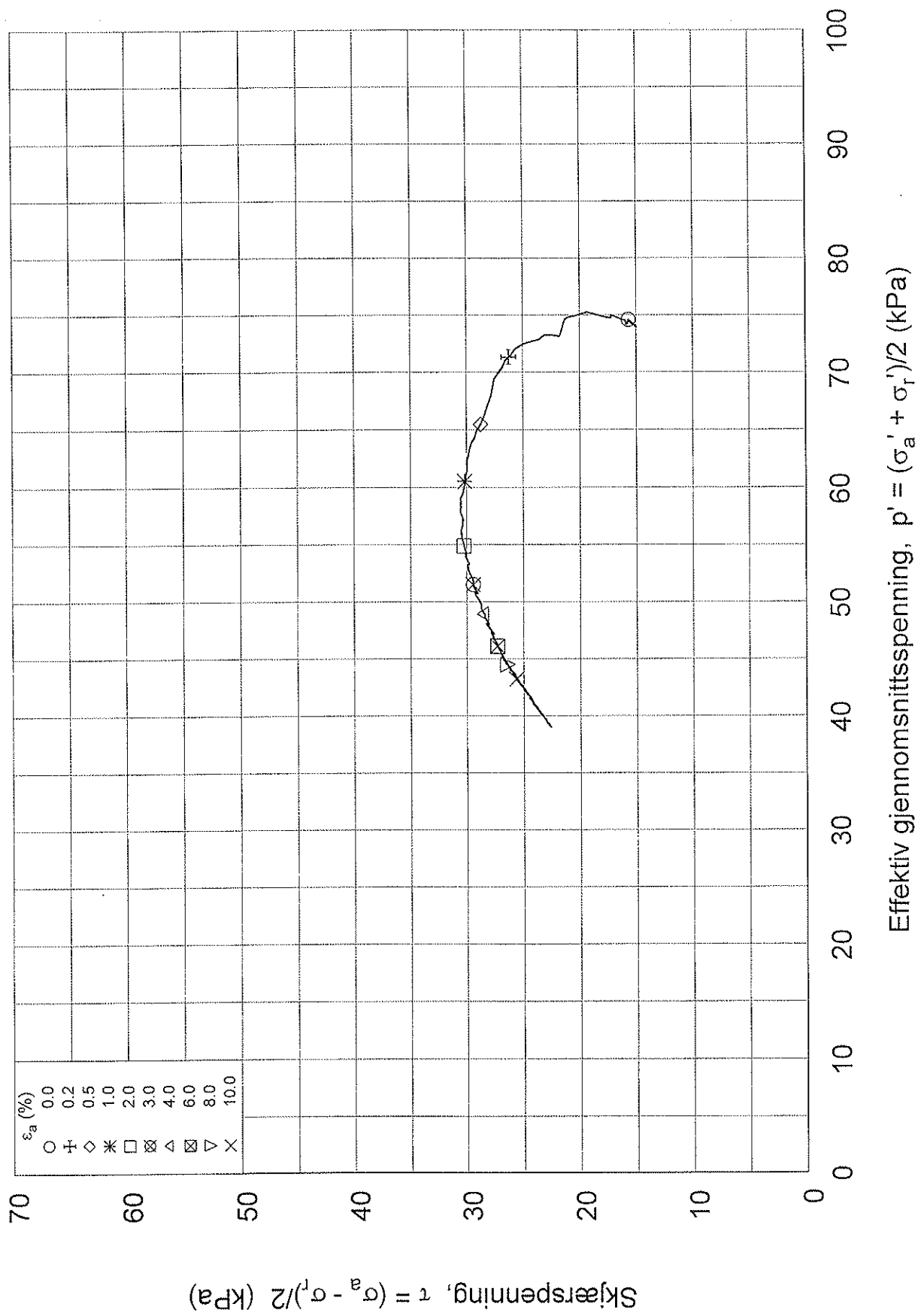
Oversikt over treaksialforsøk
Treaksialforsøk

TABELL G1 : SAMMENSTILLING AV TREAKSIALFORSØK

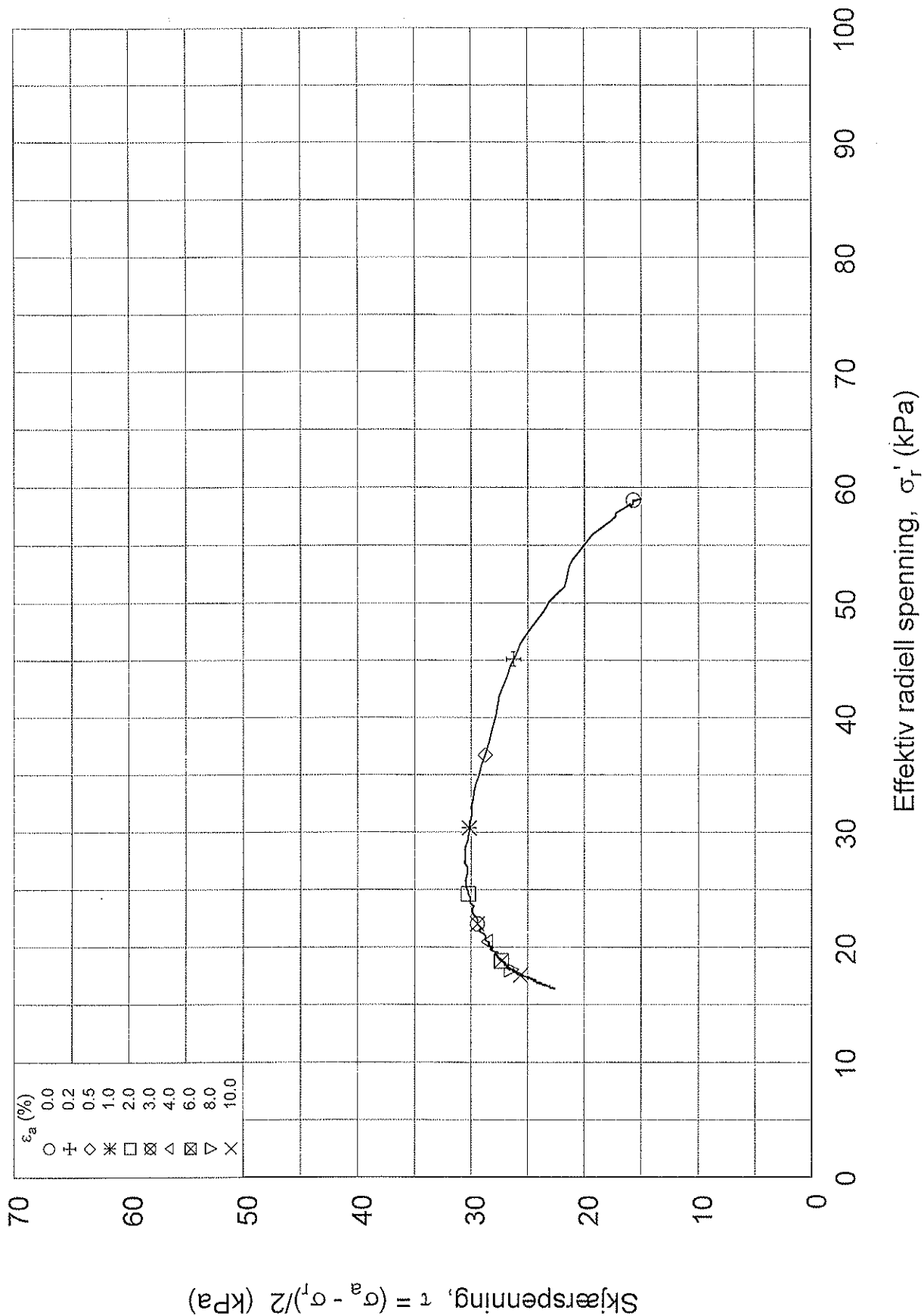
PRØVE IDENTIFISERING				INDEKSEGENSKAPER							KONSOLIDERING								UDRENERT SKJÆRING					FRIKSJV	MODULER		
Hull nr.	Sylinder Del	Dybde	Jordart	w _i	w _l	w _p	I _p	Materiale < 0.002 mm	γ _{tot}	Type forsøk	p' _{ov}	OCR	σ' _{zc}	σ' _{rc}	K ₀ '	Evol	Eac	B	τ _f	u _f	E _f	τ _f /p' _{ov}	τ _f /σ' _{zc}	FI ⁽¹⁾	E ₅₀	E ₅₀ /τ _f	E ₅₀ /σ' _{zc}
		m		%	%	%	%	%	kN/m ³		kPa		kPa	kPa		%	%	%	kPa	kPa	%			grader	MPa		
111	3-D-1	7.5	Kvikkleire	40.9	30.3	20.8	9.5	29.2	17.8	CAUA	82.1	1.10	89.9	59.0	0.66	4.4	1.3	95.7	30.5	30.0	1.3	0.37	0.34	36.3		0.00	0.00

(1) Friksjonsvinkel tatt ut ved store tøyninger og forutsatt a = 0


w _i	In-situ vanninnhold
w _l	Flytegrense
w _p	Utrullingsgrense
I _p	Plastisitetssindeks, I _p = w _l - w _p
p' _{ov}	In-situ vertikal effektivspenning
OCR	Overkonsolideringsgrad
σ' _{zc}	Vertikal konsolideringsspenning
σ' _{rc}	Horizontal konsolideringsspenning
Evol	Volumetrisk tøyning ved konsolidering
Eac	Vertikal tøyning ved konsolidering
B	Skemptions poretrykksfaktor, Δu/σ _m
τ _f	Skjærspenning ved brudd
u _f	Poretrykk i prøven ved brudd
E _f	Vertikal tøyning ved brudd
E ₅₀	Elastisitetmodul (Youngs) ved brudd



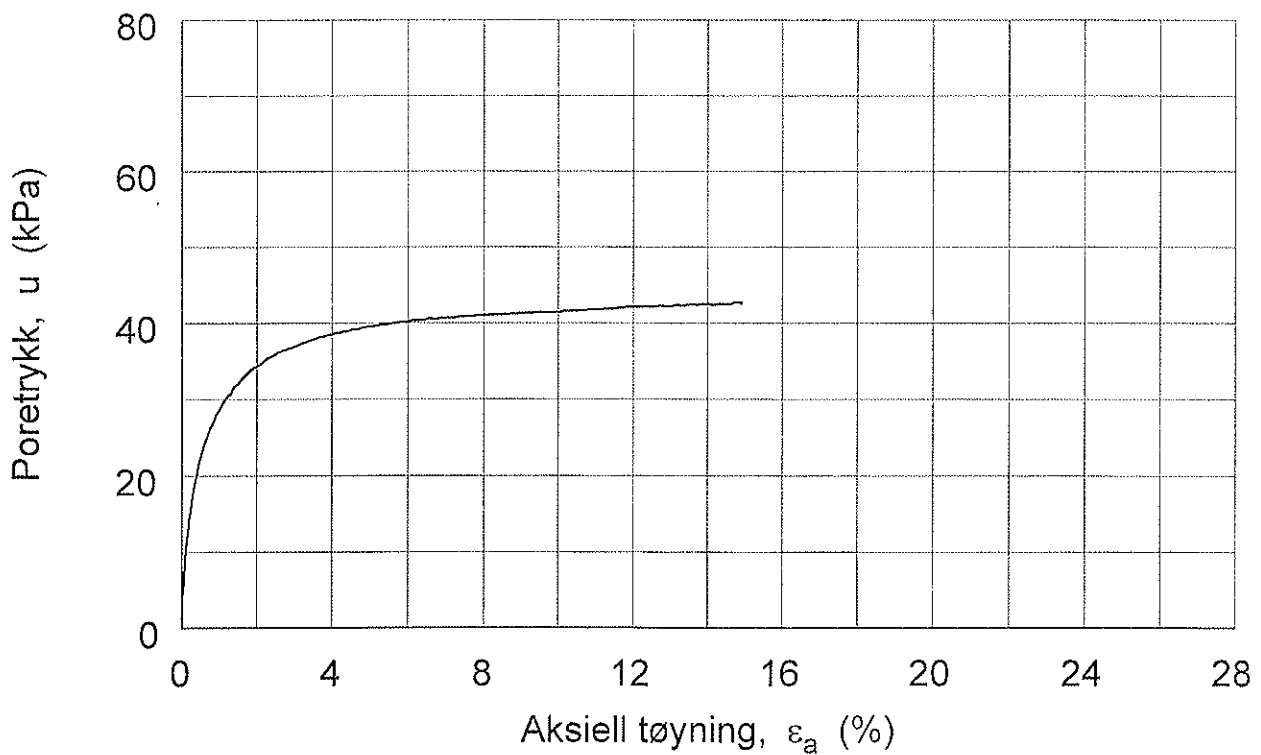
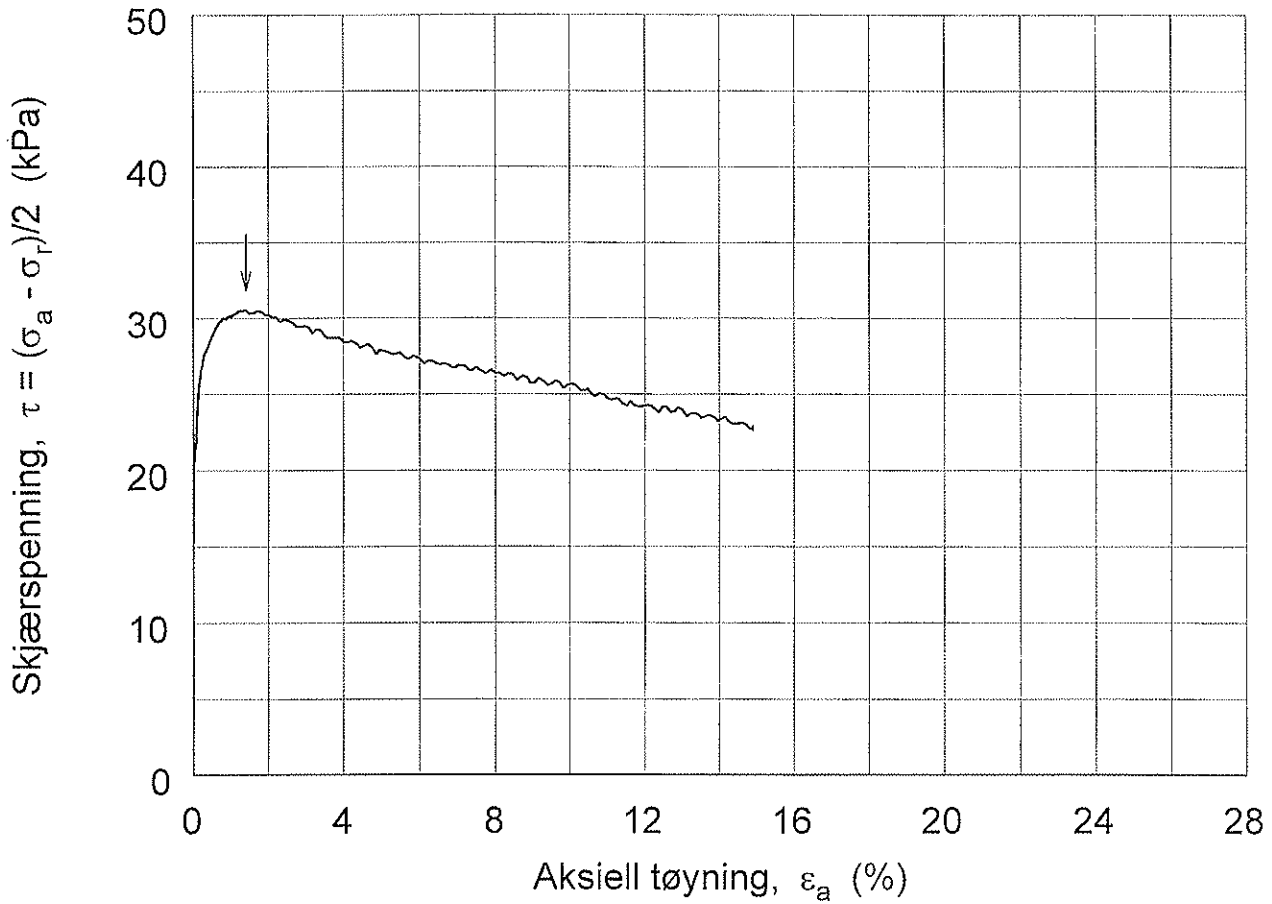
HERREVASSDRAGET, BAMBLE KOMMUNE			Rapport nr. 990082-1	Figur nr. G1
CAUa	Dybde = 7.45 m	Tegner G.S.	Dato Dec. 15, 1999	
Boring: 111	Syl.: 3	$\sigma_{ac}' = 89.9$ kPa	Kontrollert ØN	
Del: D	Test: 1	$\sigma_{rc}' = 59$ kPa	Godkjent S.H.	
Dato-Rev. nr. 25.2.99-0	$W_i = 40.86$ %		NGI	



HERREVASSDRAGET, BAMBLE KOMMUNE

Report nr. 990082-1	Figur nr. G2
Tegner G.S	Dato Dec. 15, 1999
Kontrollert ØN	
Godkjent S.H	

CAUa Dybde = 7.45 m
 Boring: 111 Syl.: 3 $\sigma_{ac}' = 89.9$ kPa
 Del: D Test: 1 $\sigma_{rc}' = 59$ kPa
 $W_i = 40.86$ %



HERREVASSDRAGET, BAMBLE KOMMUNE

Rapport nr.
990082-1

Figur nr.
G3

CAUa

Boring: 111

Del: D

Syl.: 3

Test: 1

Dybde = 7.45 m

$\sigma_{ac}' = 89.9$ kPa

$\sigma_{rc}' = 59$ kPa

$W_i = 40.86$ %

Tegner

G.S

Kontrollert

ØN

Godkjent

S. hf

Dato

Dec. 15, 1999

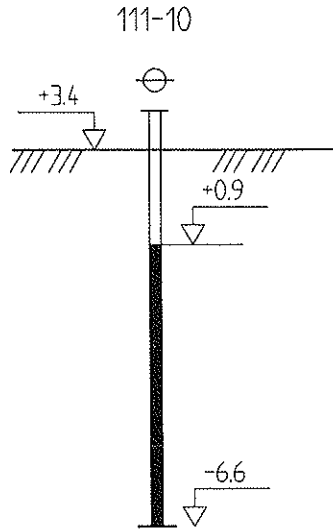
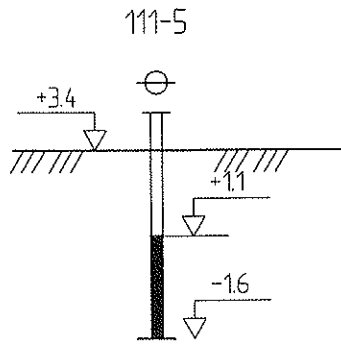





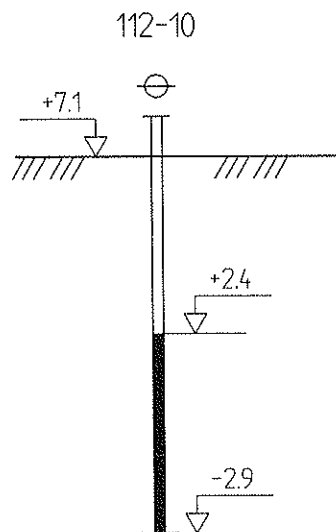
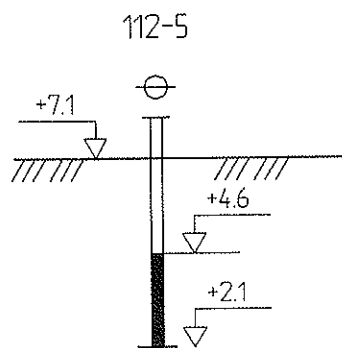
Vedlegg H - Poretrykksmålinger


INNHold

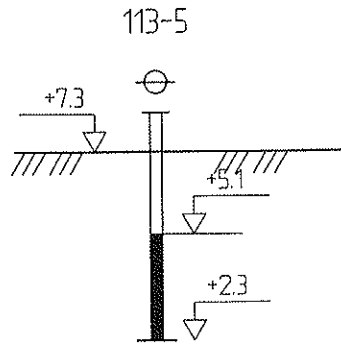
Figur H1-H5	Poretrykksmålinger
Figur H6-H10	Oversikt poretrykksmålinger over tid




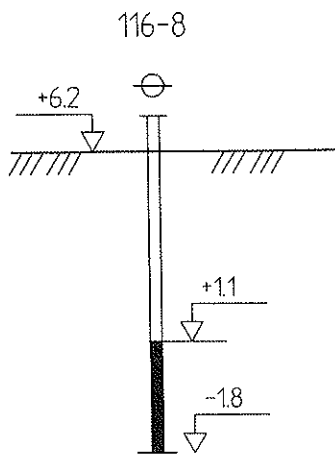
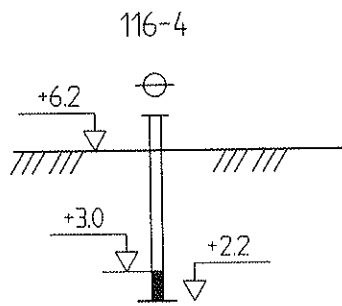
Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. H1
Poretrykksmåling M = 1 : 200 Borhull 111 Dato målt : 10.12.99	Tegner ØN	Dato 10.01.00
	Kontrollert <i>SAJ</i>	
	Godkjent <i>SAJ</i>	



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. H2
Poretrykksmåling M = 1 : 200 Borhull 112 Dato målt : 10.12.99	Tegner ØN	Dato 10.01.00
	Kontrollert Sbf	
	Godekjent Sbf	



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. H3
Poretrykksmåling M = 1 : 200 Borhull 113 Dato målt :10.12.99	Tegner ØN	Dato: 10.01.00
	Kontrollert Sbf	
	Godkjent Sbf	



Herrevassdraget, Bamble kommune

Rapport nr.
990082-1

Figur nr.
H4

Poretrykksmåling
M = 1 : 200
Borhull 116

Tegner
ØN

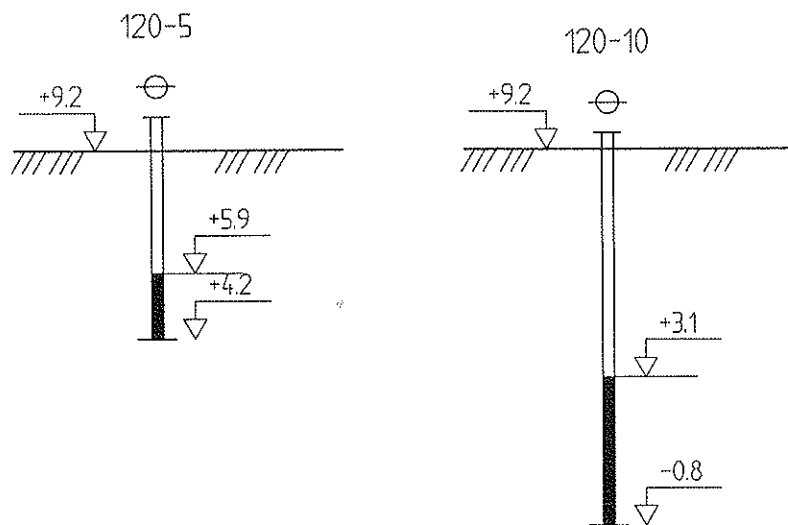
Dato:
10.01.00


Kontrollert
SØF

Godkjent
SØF



Dato målt : 10.12.99



Herrevassdraget, Bamble kommune	Rapport nr. 990082-1	Figur nr. H5
Poretrykksmåling M = 1 : 200 Borhull 120	Tegner	Dato: 10.01.00
Dato målt : 10.12.99	Kontrollert <i>SBJ</i>	
	Godkjent <i>SBJ</i>	

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client Bamble kommune	Dokument nr/Document No. 990082-1
Kontraksreferanse/ Tilbud datert 15. juli 1999. Contract reference	Dato/Date 10 januar 2000
Dokumenttittel/Document title Herrevassdraget, Bamble kommune Grunnundersøkelser og stabilitetsvurdering Prosjektleder/Project Manager Steinar Hermann Utarbeidet av/Prepared by Ørjan Nerland	Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Emneord/Keywords Feltundersøkelser, laboratorieundersøkelser, leirig silt, siltig leire, kvikkleire, lav sikkerhet.	
Land, fylke/Country, County Norge Kommune/Municipality Bamble Sted/Location Herrevassdraget Kartblad/Map 1713 II, Kilebygd UTM-koordinater/UTM-coordinates NL 320 519	Havområde/Offshore area Feltnavn/Field name Sted/Location Felt, blokknr./Field, Block No.

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon- trollert av/ Reviewed By	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
StH	Helhetsvurdering/ General Evaluation *	25/1-00	StH				
	Språk/Style						
KK	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary	25.1.00	KK				
StH	Utforming/Layout	25/1-00	StH				
StH	Slutt/Final	25/1-00	StH				
JGS	Kopiering/Copy quality	25/1-00	JGS				

* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/
On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 25/1-00	Sign. Steinar Hermann
--	-------------------	-----------------------

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

er en privat stiftelse etablert i 1953. NGI er et nasjonalt og internasjonalt senter for forskning og rådgivning innen geofagene. NGI har følgende kompetanseområder:

- Fundamenter og undergrunnsanlegg
- Marine konstruksjoner
- Bergrom og tunneler
- Dammer
- Sikring mot skred
- Miljøvern og miljøgeoteknologi
- Petroleumsreservoarmekanikk og borhullsteknologi
- Grunnundersøkelser og laboratorieundersøkelser
- Modell- og feltforsøk
- Måleteknisk instrumentering og tilstandskontroll

NORWEGIAN GEOTECHNICAL INSTITUTE

is an independent foundation established in 1953. NGI is a national and international center for research and consulting in the geosciences. NGI has the following areas of expertise:

- *Foundations and underground structures*
- *Offshore and nearshore structures*
- *Rock engineering and tunnelling*
- *Dam engineering*
- *Avalanches, landslides and safety measures*
- *Environmental geotechnical engineering*
- *Petroleum reservoir mechanics and borehole technology*
- *Site investigations and laboratory testing*
- *Model and field testing*
- *Field instrumentation and performance evaluation*



Norges Geotekniske Institutt
Norwegian Geotechnical Institute

Sognsveien 72, Postboks 3930 Ullevål Hageby, N-0806 Oslo, Norway
Tlf.: (+47) 22 23 03 88, Telex: 19 787 ngi n, Fax: (+47) 22 23 04 48