

# Rapport

Oppdrag: **Liabakken, Råel**

Emne: **Geoteknisk vurdering, Stabilitetsforhold**

Rapport: **Geoteknisk rapport**

Oppdragsgiver: **Tønsberg kommune**

Dato: **17. august 2010**

Oppdrag- / Rapportnr. **812112 / 2**

Tilgjengelighet **Begrenset**

Utarbeidet av:	<b>Sivert S Johansen</b>	Fag/Fagområde:	<b>Geoteknikk</b>
Kontrollert av:	<b>Anders Bye</b>	Ansvarlig enhet:	<b>1262</b>
Godkjent av:	<b>Anders Bye</b>	Emneord:	

## Sammendrag:

Multiconsult er engasjert av Tønsberg kommune ved Arne Johnsen for å vurdere stabilitetsforholdene i Liabakken på nedre Råel i Tønsberg samt utarbeide faregradskart over området for reguleringsplan arbeid.

Grunnen i området fra sjøen i syd og opp mot Arielsvei i nord består generelt av inntil 2 m med dels tørrskorpeleire/silt og dels sand, grus og stein. Videre i dybden er det bløt til meget bløt, siltig og sandig kvikkleire med varierende mektighet fra 9 -22,5 m. Dybden til antatt fjell varierer fra 11,8– 29,9 m i borpunktene. Boringene nord for Tellusvei indikerer imidlertid grunnforhold som ikke kan karakteriseres som kvikke, noe som også vises av grunnundersøkelsene i Arielsvei 2.

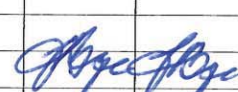
Da er registrert et ant. sammenhengende lag av bløt kvikkleire igjennom boligområdet er risikoen for skred utredet iht. NVEs Retningslinjer nr. 1/2008 "Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag".

Boligområdet er kategorisert med "lav" og "middels" faregrad, konsekvensklasse "Alvorlig og risikoklasse 2. Faregradssoner er vist på tegning nr. – 3 og – 4.

Stabilitetsforholdene i området er krevende og svært følsomme for terreng inngrep. Et generelt prinsipp for utbygging i områder med kvikkleire i grunnen er at stabilitetsforholdene ikke bør forverres gjennom inngrep. Utbygging som medfører endringer av stabiliteten i negativ retning frarådes.

Den mest utsatt del av området er den bratte og vestvendte skråningen langs Liabakken med helning ca 1:5, nærmere bestemt i området ved eiendom Liabakken 15 (Faregrad "middels"). Ut fra registrerte grunnforhold og utførte stabilitetsberegninger vil vi fraråde utbygging som medfører tiltakskategori K2 eller K3 iht. NVEs veiledning i de bratteste partiene av skråningen.

Videre viser våre beregninger at skråninger hvor terrenghelningen er slakere (faregrad "lav"), gir akseptabel/tilfredstillende sikkerhet mot utglidning for dagens situasjon. Vi anbefaler at alle fremtidige prosjekter i området med "lav" faregrad forelegges geoteknisk sakkyndig for kontroll. Det er av stabilitetshensyn viktig at evt. tiltak gjennomføres med god kontroll for å unngå forverring av stabilitetsforholdene i anleggsfasen og permanent situasjon. Små lokale grunnbrudd som følge av anleggsteknisk virksomhet kan initiere større ras.

	17.08.2010		44	SSJ		
<b>Utg.</b>	<b>Dato</b>	<b>Tekst</b>	<b>Ant.sider</b>	<b>Utarb.av</b>	<b>Kontr.av</b>	<b>Godkj.av</b>

## Innholdsfortegnelse

1.	Innledning .....	4
2.	Grunnlag .....	4
3.	Topografi og grunnforhold.....	4
4.	Faregrad-, skadekonsekvens og risikoevaluering.....	6
4.1	Faregradsevaluering.....	6
4.2	Skadekonsekvensevaluering.....	9
4.3	Bestemmelse av risikoindikator.....	10
4.4	Konklusjon.....	10
5.	Krav til sikkerhet.....	11
6.	Områdestabilitet .....	12
6.1	Profil B – B ved Liabakken 14/15 .....	12
6.1.1	Totalspenningsanalyse (ADP) .....	12
6.1.2	Effektivspenningsanalyse (a- $\phi$ ) .....	14
6.2	Profil D – D ved Liabakken 16.....	14
6.2.1	Totalspenningsanalyse (ADP) .....	14
6.3	Profil F – F lengst nord i området.....	15
6.3.1	Totalspenningsanalyse (ADP) .....	15
6.4	Stabilitet mot sjøen (profil E – E).....	16
6.5	Konklusjon vedr. områdestabilitet.....	17
7.	Skredtype og maksimal utbredelse av skred .....	18
7.1	Generelt .....	18
7.2	Skredtype.....	18
7.3	Utbredelse av skred .....	18
8.	Evaluering for eiendom 154/98.....	19
9.	Referanser .....	20

### Tegninger

812112 - 0	Oversiktskart 1: 50 000
- 3 og 4	Borplaner/Situasjonsplaner med inntegnet faresone(Ant. Kvikkleiresone på tegning – 1 og – 2 er ikke relevant)
- 10 og -11	Prøveserie Pr 1 og Pr 2
- 75 til -82	Treaksialforsøk
- 100 til - 102	Terrengprofil A – A til F – F
811449 - 10	Prøveserie Pr 1
- 75 til -78	Treaksialforsøk
BS prosjekt 4243 - tegn 1	Prøveserie 8

### Vedlegg

- Kart med loddede dybder i sjøen
- Utsnitt av kvartærgeologisk kart ([www.ngu.no](http://www.ngu.no))

## 1. Innledning

Tønsberg kommune ønsker en geoteknisk vurdering av stabilitetsforholdene i boligområdet Liabakken på nedre Råel.

Multiconsult er engasjert for å utrede stabilitetsforholdene da det ved tidligere grunnundersøkelser er påvist en ant. sammenhengende kvikkleiresone igjennom store deler av boligområdet.

Da det er påtruffet kvikkleire i området må faren for skred utredes iht. NVEs Retningslinjer nr. 1/2008 "Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag".

Utredning av skredfaren utføres stegvis iht. følgende punkter:

### 1. *Faregradsevaluering*

Faregradsevaluering omfatter å identifisere fareutsatt areal (utstrekning av faresone) samt å vurdere sannsynlighet for skred.

### 2. *Vurdering av bruddtype og maksimal utbredelse av skred*

Vurdering av skredtype og utløsende skredfaktor (for eksempel initialskred og retrogressivt skred eller flaskskred utløst ved progressiv bruddutvikling i sprøbruddmateriale). Utredninga omfatter videre vurdering av både løснеområder og utløpsområder for skredmasser.

### 3. *Stabilitetsanalyser*

Beregning av sikkerheten mot utglidning, både for dagens situasjon og for tiltak/utbygging.

Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området iht. NVEs retningslinjer.

Videre inneholder rapporten et sammendrag av resultater fra utførte stabilitetsberegninger for vurdering av områdestabiliteten, og vurdering av nødvendige tiltak for å oppnå tilfredsstillende stabilitet iht. NVEs retningslinjer.

## 2. Grunnlag

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i boligområdet. Tidligere geotekniske undersøkelser fremgår av følgende rapporter;

- Geoteknisk rapport for kvikkleirekartlegging i Liabakken, fra sjøen i syd til Arielsvei i nord. Grunnundersøkelsene er utført av Multiconsult AS og presentert i rapport 812112 – 1 av oktober 2009.
- Arielsvei 2, grunnundersøkelser utført av Multiconsult AS er presentert i rapport nr. 812044 – 1 av mai 2009.
- Liabakken 14 og 15, grunnundersøkelsene er presentert i Rapport nr 811449 – 1 av desember 2008 av Multiconsult AS og rapport nr 4243R1 av Bjørn Strøm AS.
- Liabakken 16, grunnundersøkelser utført av Multiconsult AS er presentert i rapport nr. 811624 - 1 av august 2008.

## 3. Topografi og grunnforhold

Utførte grunnundersøkelser i området er vist på borplan, tegning nr. 812112 – 3 og – 4.

Det undersøkte området ligger ned mot sjøen, øst for Tønsberg sentrum. Boringene er utført på dyrket mark syd for Husvikveien og i eksisterende boligfelt og skogsområder vest og nord for Liabakken. Av terrengformasjonen antas området å være ei løsmasserenne mellom to nord-sydgående fjellrygger. Fjellryggen i øst er mest karakteristisk med en tilnærmet vertikal fjellvegg og terrenget faller brattest på denne siden med helning ca 1:5 på det bratteste fra øst mot vest. Fra Nordysveien stiger terrenget svakt mot nordvest over en nord – syd gående rygg.

Langs Tellusvei er det slakere helning, ca 1:65 mot sjøen i syd. Kart med loddede vandyp for sjøen ved utmunningen av området viser små vandyp og meget langgrunt. Generell helning på sjøbunn er ca 1:140. (Kart med loddede dybder er vist i vedlegg)

Figur 3.1: Flyfoto, Liabakken (Kilde:www.finn.no)



Vedlegg 2 viser et utsnitt av kvartærgeologisk kart fra NGU. Løsmassene i området defineres som dels Hav- og fjordavsetning og dels som marin strandavsetning.

Utførte grunnundersøkelser i området fra sjøen i syd og opp mot Arielsvei i nord består generelt av inntil 2 m med dels tørrskorpeleire/silt og dels sand, grus og stein. Videre i dybden er det bløt til meget bløt, siltig og sandig kvikkleire med varierende mektighet fra 9 -22,5 m. Dybden til antatt fjell varierer fra 11,8– 29,9 m i borpunktene. Boringene nord for Tellusvei indikerer imidlertid grunnforhold som ikke kan karakteriseres som kvikke, noe som også vises av grunnundersøkelsene i Arielsvei 2.

Boringene i Arielsei 2 viser generelt et topplag av sand, tørrskorpeleire og grus over antatt leire/silt med variabelt innhold av sand og grus og stedvis stein. Tykkelsen på leire/siltmassene øker fra 1-2 m i nordøst til 11-12 m i sydvest av tomte. Det er stedvis registrert antatt morene før boringene stopper mot fast grunn/ fjell. Dybden til fast grunn/ant. fjell varierer fra 6,8 til 18 m i borpunktene med fall mot syd.

Utførte grunnundersøkelser for Liabakken 14 – 16 som ligger i den vestvendte skråningen i øst av området viser 2 til 4 m tykt tørrskorpeleire over bløt til meget bløt siltig og sandig kvikkleire. Dybden til antatt fjell varierer fra 13,1 m til 24,5 m i borpunktene. Grunnvannstanden er målt til 3-4 m under terreng i øvre del og 1-1,5 m i nedre del av skråningen. Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbør. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med nedbør og/eller snøsmelting.

Måling av udrenert skjærstyrke med konus og enaksiale trykkforsøk viser  $su = 5 - 17$  kPa i kvikkleira. Tolkning av de utførte treaksialforsøkene viser  $a=0$  og  $\tan\phi = 0,47 - 0,52$ .

Målinger viser romvekt  $\gamma = 17,1-21,1$  kN/m<sup>3</sup> og vanninnhold  $w = 20-50\%$  av tørr vekt. Man må regne med at leira er meget kompressibel.

## 4. Faregrad-, skadekonsekvens og risikoevaluering

### 4.1 Faregradsevaluering

Området er ikke angitt som fareområde for kvikkleireskred iht. NVEs karttjeneste ([http://arcus.nve.no/wms\\_kvikkleire](http://arcus.nve.no/wms_kvikkleire)), men på grunn av påvist kvikkleire kreves det i NVEs retningslinjer nr. 1/2008, vedlegg 1 (Teknisk veiledning) kapittel 3, at det bl.a. skal foretas faregradsevaluering.

Basert på utførte grunnundersøkelser, registrert fjell i dagen og topografiske forhold, er det gjort en vurdering av kvikkleiras utbredelse. Dette har resultert i et forslag om å etablere en kvikkleiresone, der det legges til grunn at sonen skal angi løsneområdet for ett potensielt skred. Forslaget til kvikkleireavgrensning er vist på tegning nr. -3 og -4. Følgende vurderinger ligger til grunn for grenselinjene:

- Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vurderinga.
- Sonen er trukket ut i fra de registrerte boringene med kvikkleire/sprøbruddegenskaper.
- Videre er sona avgrenset mot områder med oppstikkende fjell
- I vinge boring 1 ved totalsonering 14, lengst nord i området samt vinge boring 1 for prosjektet i Arielsvei 2 viser ikke kvikkleire eller materiale med utpreget sprøbrudd oppførsel. Det er derfor valgt å ikke å inkludere disse boringene i kvikkleire sonen. Avgrensningen mot vest er noe usikker, da det ikke er utført grunnundersøkelser vest for Nordlysveien.

Faregradsevalueringen er utført iht. retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 datert 08.10.2008 "Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire".

Tabell 4.1 Faregradsklassene er inndelt tre faresoner iht. /2/ og /4/.

Faregradsklasse	Lav	Middels	Høy
Faregradsindikator, $F_i$	0 - 17	18 - 25	26 - 51
Relativ sannsynlighet for skred	Lav	Middels	Høy
Erosjon	Ingen/lite	Noe	Aktiv
Terrengingrep	Ingen/forbedring	Noe stabilitetsforverring	Stabilitetsforverring

Evalueringen er utført iht. tabell 4.2 og 4.3 for den antatt mest ugunstige delen av sonen, som er i den vestvendte skråningen langs Liabakken.

Tabell 4.2 Grunnlag for evaluering av faregrad, hentet fra /2/ og /4/.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score				
		3	2	1	0	
Tidl. skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	
Skråningshøyde, meter	2	> 30	20 - 30	15 - 20	< 15	
Tidligere/ nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 – 1,2	1,2 – 1,5	1,5 – 2,0	> 2,0	
Poretrykk	Overtrykk, kPa	+3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
	Undertrykk, kPa	-3	> -50	- (20 – 50)	- (0 – 20)	
Kvikkleiremektighet	2	> H/2	H/2 – H/4	< H/4	Tynt lag	
Sensitivitet	1	> 100	30 - 100	20 - 30	< 20	
Erosjon	3	Aktiv/ glidning	Noe	Lite	Ingen	
Inngrep	Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
	Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
<b>Sum poeng</b>		<b>51</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>	



Tabell 4.3 Faregradsevaluering av antatt mest kritisk del av faresona, utført iht. /2/og /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Vi er ikke kjent med at det har vært skredaktivitet i Liabakken. Videre viser kvartærgeologisk kart og www.skrednett.no ingen skredgroper eller skredhendelser i nærheten.
Skråningshøyde	2	2	4	Høydeforskjellen i den vestvendte skråningen i Liabakken fra fjellveggen i øst til Tellusvei i vest er ca 20 m på det høyeste.
OCR	2	3	6	Vi antar at skråningen/området er normalkonsolidert.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger viser ikke poreovertrykk. Grunnvannstanden er målt til 1-1,5 m under terreng i bunn av den vestvendte skråningen og 3 – 4 m under terreng i toppen av skråningen, vest for Liabakken. Ref. grunnundersøkelser for Liabakken 15, rapport nr 811449 – 1.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Kvikkleiremektigheten varierer fra 9 – 22,5 m i borpunktene, ref. geoteknisk datarapport nr. 812112 – 1.
Sensitivitet	1	2	2	Sensitiviteten er for to enkeltprøver målt $S_r = 120$ og $190$ i kvikkleira. Det er imidlertid generelt målt $90 < S_r < 40$ i kvikkleira.
Erosjon	3	0	0	Det er langgrunt ut i sjøen i syd og det er forøvrig ingen tegn til erosjon i området.
Inngrep	3/-3	0	0	Det er i forbindelse med oppussing av boliger i Liabakken 12 og 14 utført avlastning mot fjellet i vest. Forbedringen er ikke dokumentert ved beregninger, men antas å ikke være vesentlig.
<b>Poengverdi (Faregradsindikator, F<sub>i</sub>)</b>			<b>18</b>	<b>Gir faregradsklasse "Middels"</b>

Faregradsevalueringen gir en poengverdi på 18 og medfører at sonen plasseres i faregradsklasse "Middels" som omfatter soner med poengverdi fra 18 til 25 poeng jfr. /2/. På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil dermed sonen, relativt sett, ha middels sannsynlighet for at skred skal inntreffe.



## 4.2 Skadekonsekvensevaluering

Tabell 4.4 Grunnlag for skadekonsekvens evaluering iht. /4/.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10 - 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	<100
Toglinje, baneprioritet	2	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentralt	Regionalt	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flo	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum poeng</b>		<b>45</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Tabell 4.5 Skadekonsekvensklassene er inndelt tre klasser iht. /4/.

Skadekonsekvensklasse	Mindre alvorlig	Alvorlig	Meget Alvorlig
Skadekonsekvensindikator, S <sub>i</sub>	0 - 6	7 - 22	23 - 45
Skade/tap av liv	Liten fare	Fare	Stor fare
Økonomiske tap	Moderat	Betydelig	Meget store

Tabell 4.6 Skadekonsekvensevaluering utført iht. /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	3	12	Liabakken er tett bebygd
Næringsbygg, personer	3	0	0	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen
Vei, ÅDT	2	2	4	Statens vegvesen, Nasjonal veidatabank viser at Husvikveien (Fv505) har trafikkmengde mellom 1000 - 2000
Toglinje	2	0	0	Ingen
Kraftnett	1	2	2	Antar distribusjon, mulig kun lokalt
Oppdemming	2	0	0	Ingen
<b>Poengverdi</b>			<b>18</b>	<b>Skadekonsekvensklasse "Alvorlig"</b>

Evalueringen gir en poengverdi på 18, noe som medfører at skadekonsekvensen av et evt. skred kategoriseres som "alvorlig". Kosekvensen av et evt. skred kan medføre tap av liv og betydelige økonomiske tap.

#### 4.3 Bestemmelse av risikoindikator

Risikoindikatoren  $R_i = \text{Skadekonsekvensindikator } S_i * \text{Faregradsindikator } F_i$ . Produktet rangeres i risikoklasse fra 1 – 5.

Tabell 4.7 Risikoklasse iht. /4/.

Risikoklasse	1	2	3	4	5
Risikoindikator, $R_i$	< 170	171- 630	631 - 1900	1901 – 3200	>3200
Videre aktiviteter	ingen	ingen	Vurdere grunnundersøkelse og stabilitet	Grunnundersøkelse, stabilitetsanalyser og evt. tiltak	Grunnundersøkelse, stabilitetsanalyser og tiltak

Videre aktiviteter for sikring av skredfarlig område vurderes iht. hvilke risikoklasse det vurderte området havner i. I Liabakken blir  $R_i = 18*18 = 324$ , noe som indikerer at området slik det fremstår i dag ikke trenger noen videre tiltak/sikring.

#### 4.4 Konklusjon

Evaluerer av den mest ugunstige delen av Liabakken, som er den vestvendte skråningen markert på tegning nr. -3 og 4 har:

Faregrad: Middels

Konsekvens: Alvorlig

Risiko: Klasse 2

Området forøvrig har lavere skråningshøyder og slakere fall, noe som medfører en endring av faregrad til ”lav”.

## 5. Krav til sikkerhet

Krav til sikkerhetsnivå, vurderinger, beregninger og kontroll er avhengig av tiltak/planlagt prosjekt (tiltakskategori K1 til K3) sett i forhold til faregradsklasse ”middels”.

Tabell 5.1: Krav til sikkerhetsnivå i områder med fare for skred i sprøbruddmateriale /1/

Tiltakskategori	Faregradsklasse før utbygging		
	Lav	Middels	Høy
<b>K1. Små tiltak uten tilflytting av personer.</b> <b>Ingen negativ påvirkning på stabilitetsforholdene:</b> Garasjer, mindre tilbygg, mindre terrenginngrep o.l.	<b>Krav framgår av Veiledning, ref. /11/</b>	<b>Krav framgår av Veiledning, ref. /11/</b>	<b>Faregradevaluering Stabilitetsanalyse:</b> a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) ikke forverring <b>Vanlig kontroll</b> (Prosjektklasse 2, NS 3480)
<b>K2. Tiltak av begrenset omfang uten tilflytting av personer.</b> <b>Negativ påvirkning på stabilitetsforholdene:</b> Private og kommunale veier, grøfter, planeringer, oppfyllinger o.l.	<b>Faregradevaluering Stabilitetsanalyse:</b> a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) ikke forverring <b>Vanlig kontroll</b> (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller <b>Skjerpet kontroll</b> (Prosjektklasse 3, NS 3480)	<b>Faregradevaluering Stabilitetsanalyse:</b> a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring <b>Vanlig kontroll</b> (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller <b>Skjerpet kontroll</b> (Prosjektklasse 3, NS 3480)	<b>Faregradevaluering Stabilitetsanalyse:</b> a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring <b>Vanlig kontroll</b> (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller <b>Skjerpet kontroll</b> (Prosjektklasse 3, NS 3480)
<b>K3. Tiltak som innebærer tilflytting av mennesker og tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner:</b> Boliger, institusjoner, skoler, næringsbygg, VAR-anlegg, sentralt kraftnett o.l.	<b>Faregradevaluering Stabilitetsanalyse:</b> a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring <b>Skjerpet kontroll</b> (Prosjektklasse 3, NS 3480)	<b>Faregradevaluering Stabilitetsanalyse:</b> a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) vesentlig forbedring <b>Skjerpet kontroll</b> (Prosjektklasse 3, NS 3480)	<b>Faregradevaluering Stabilitetsanalyse:</b> a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) vesentlig forbedring <b>Skjerpet kontroll</b> (Prosjektklasse 3, NS 3480)

Grunnundersøkelsene utført i Liabakken har påvist en sammenhengende kvikkleireforekomst. Området skal derfor vurderes iht. NVEs ”Retningslinjer for utbygging i fareområder langs vassdrag” med vedlegg 1.

Evt. ny bebyggelse i området må tilfredsstille tiltakskategori K3, da dette medfører tilflytting av mennesker og kvikkleiresona er klassifisert med stedvis ”lav” og stedvis ”middels” faregrad.

For eksisterende bebyggelse er mest aktuell tiltakskategori K1, men ved tvilstilfeller vedr. stabilitetsforholdene må K2 eller K3 tilfredsstilles. Valg av tiltakskategori avhenger av hvert enkelt prosjekt, og må vurderes spesielt av geoteknisk sakkyndig.

## 6. Områdestabilitet

Det er utført stabilitetsberegninger i tre utvalgte profiler i området, B – B, D – D og F – F. Plasseringen av opptegnede profiler i området er vist på vedlagt situasjonsplan/borplan 812112 – 3 og 4. Profilene er vist på tegning nr. -100 til -102.

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet "GeoSuite Stability" versjon 5.0.2 med beregningsmetode "Beast 2003". Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

Det er utført totalspenningsanalyse med ADP-parametere og effektivspenningsanalyse med a-φ parametere tolket fra utførte treaksialforsøk på opptatte prøveserier i de utvalgte profilene.

### 6.1 Profil B – B ved Liabakken 14/15

Eiendommen Liabakken 15 er et tidligere gårdsbruk og gartneri som ligger i skråningen på nedsiden og inntil Liabakken på Nedre Råel. Liabakken 12 og 14 ligger på oversiden av Liabakken, hvor terrenget stiger opp mot en tilnærmet vertikal fjellvegg i øst. Terrenget i skråningen faller med gjennomsnittlig helning 1:5 fra kote +23 ved fjellveggen i øst ned til det tidligere gartneriet på nedsiden av Liabakken. Deretter slaker skråningen ut med helning 1:13 ned til Tellusvei på ca kote +6.

Grunnen består av et topplag av tørrskorpeleire og sandig/siltig leire over kvikkleire stil stor dybde. Bjørn Strøm AS har tidligere tatt opp prøver i den øvre delen av skråningen (Liabakken 14). Udrenert skjærstyrke i den bløte kvikkleira viser  $s_{ud} = 12-19$  kPa. Supplerende prøveserie PR.1 i nedre del av skråningen viser  $s_{ud} < 10$  kPa i leira. Prøveseriene er vist i vedlegg.

Det ble installert 8 stk poretrykksmåler i skråningen, og foreliggende målinger per d.d. viser at grunnvannstanden ligger ca 4 m under terreng øverst i skråningen og 1,5 m under terreng i bunn.

#### 6.1.1 Totalspenningsanalyse (ADP)

Valgte materialparametere for det 2 – 4 m tykke topplaget av tørrskorpeleire og sandig/siltig leire er:

$$\tan\phi=0,6 \text{ og } a=3$$

Ved tolkning av treaksialforsøkene i underliggende kvikkleire er det valgt aktive skjærstyrkeparametere ved 0,5 % tøyning. (Dette samsvarer imidlertid med peakverdien for forsøket fra 6,35 m dybde.) Treaksialforsøkene er vist på tegning nr. 811449 – 75 til – 78.

Vi antar at skråningen er tilnærmet normalkonsolidert og en normalisering ved spenningsnivået forsøkene er konsolidert til viser:

$$Z = 6.35 \text{ m: } s_{ua}/\sigma_{ac}' = 29/80.5 = 0.36$$

$$Z = 11.45 \text{ m: } s_{ua}/\sigma_{ac}' = 50/148.6 = 0.336$$

Prøvene er konsolidert til  $K_o'=0.6$ , da prøvene er tatt opp i foten/ nedre del av skråningen, i passiv sone.

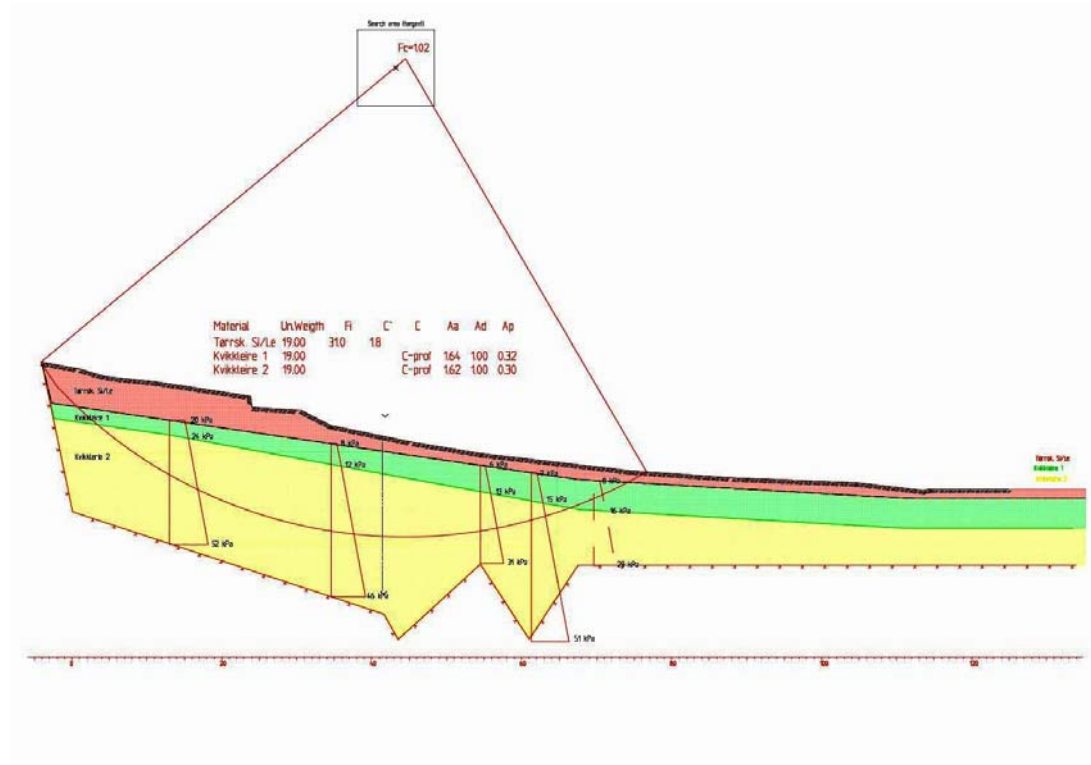
Det er valgt  $s_{ua}=0.36*p_o'$  ned til ca 6 m dybde under terreng gjennom profilen og videre i dybden  $s_{ua}=0.33*p_o'$ .

Figur 3 i tekniske prosedyrer /5/ tilsier at det ikke er nødvendig med reduksjon av styrken for tidseffekt ( $I_p < 29$ ). Figur 5 iht /5/ gir anisotropiforhold for udrenert skjærstyrke basert på erfaringstall fra tidligere firmaets tidligere erfaringer og litteratur.

Prøveserien viser plastisitetsindeks  $I_p = 5 - 8$ , noe som gir:

$s_{ua}=0.36*p_o'$ ,  $s_{ud}=0.22*p_o'$  og  $s_{up}=0.07*p_o'$   
 $s_{ua}=0.336*p_o'$ ,  $s_{ud}=0.207*p_o'$  og  $s_{up}=0.062*p_o'$   
Mest kritisk glideflate er vist i figur 6.1.

Figur 6.1 Kritisk glideflate i profil B - B, ADP analyse



Beregninger for en normaltilstand viser meget lav sikkerhet med  $\gamma_m = 1,02$  for mest kritisk glidesirkel (labil situasjon). Det er da ikke redusert styrke i grunnen som følge av evt. vannfylte sprekker eller høy grunnvannstand.

Videre er det vurdert effekt fra mulige stabilitetsforbedrende tiltak i skråningen, hvor mulige tiltak kan være avlastning av terrenget i øvre del i sammen med motfylling i nedre del og/eller grunnforsterking ved kalk/semment.

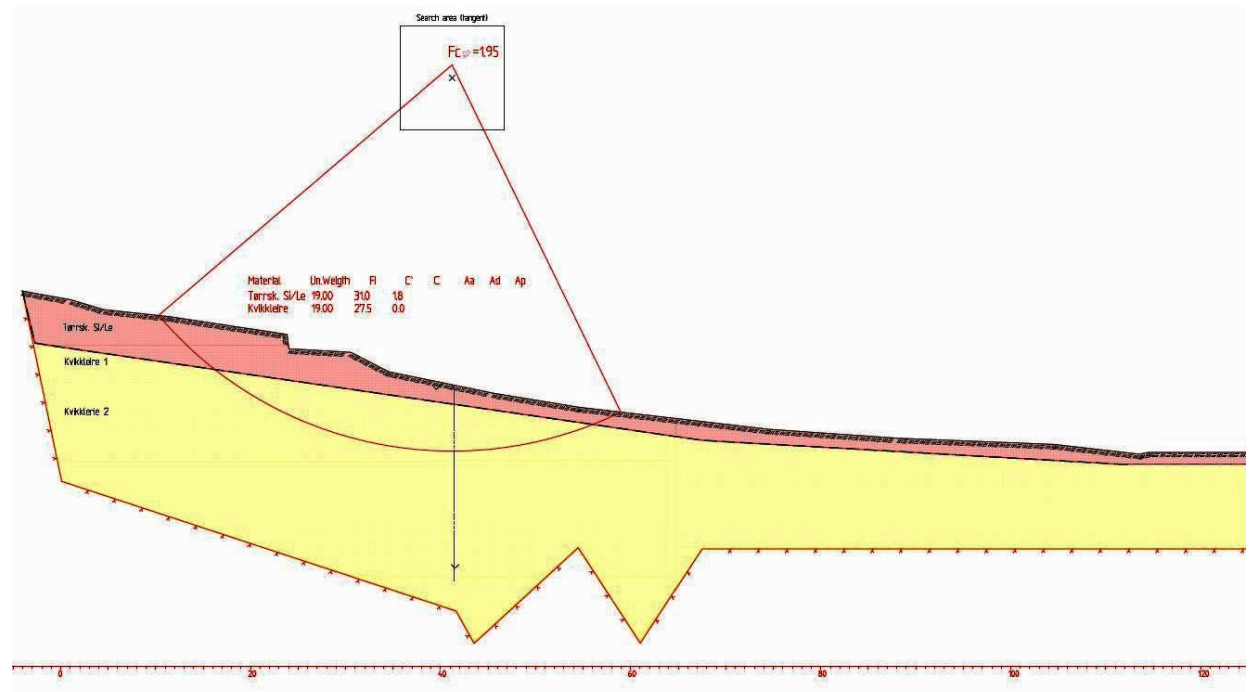
Beregningene viser at man ved å avlaste terrenget ca 4 m i øvre del samt legge ut en ca 2 m høy motfylling i foten av skråningen, kan oppnås en beregningsmessig forbedring av stabiliteten på 10 – 12 %. Imidlertid vil en så omfattende avlastning og motfylling få konsekvenser for eksisterende bebyggelse, og lokalstabilitet må vurderes spesielt.

Tilsvarende beregning av grunnforsterking med kalk/semment vil gi tilfredsstillende sikkerhet i permanent tilstand dersom hele skråningen stabiliseres ned til foten av skråningen. Løsningen vil imidlertid redusere sikkerhetsnivået midlertidig ved omrøring av sensitiv leire og oppsetting av poretrykk i grunnen, noe som er meget ugunstig da sikkerheten i skråningen er labil.

### 6.1.2 Effektivspenningsanalyse (a- $\phi$ )

Stabilitetsberegninger på effektivspenningsbasis (a- $\phi$ ) for dagens terreng og målt grunnvannstand, viser tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet med  $\gamma_m = 1,95$ .

Figur 6.2 Kritisk glideflate snitt B - B, effektivspenningsanalyse



I perioder med meget høy grunnvannstand som følge av vedvarende og mye nedbør, vil beregningsmessig sikkerhet reduseres. Grunnvannstand i terreng nedenfor Liabakken (veien) og ca 2 m under terreng ovenfor veien gir  $\gamma_m = 1,4$ .

## 6.2 Profil D – D ved Liabakken 16

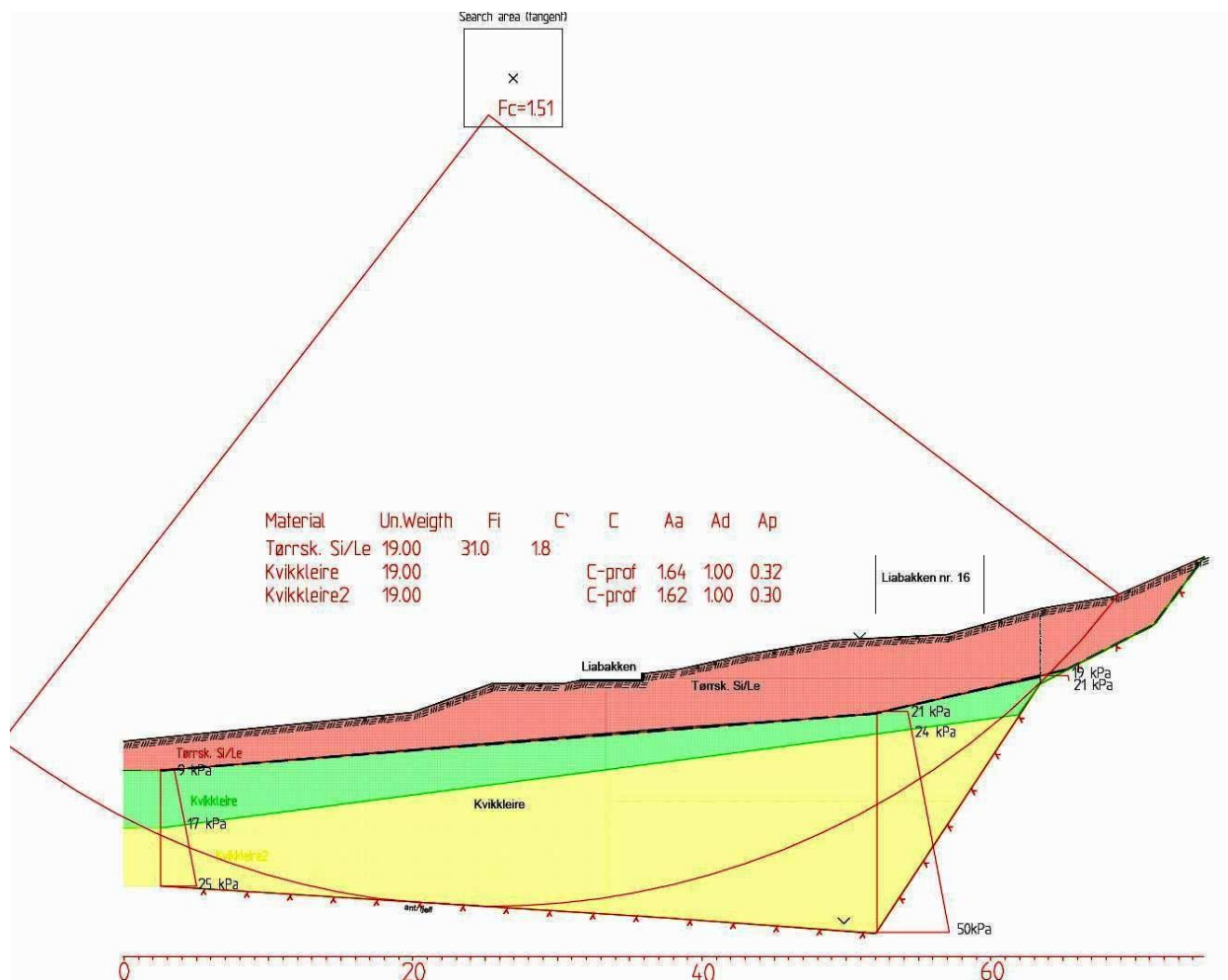
Terrenget har generelt fall fra en tilnærmet vertikal fjellvegg i øst og ned mot Tellusvei og Husvikveien i vest/sydvest. Terrenget varierer fra ca kote +17 / +18 i øst og faller med gjennomsnittlig helning 1:6,5 til kote + 12 ved Liabakken og videre til ca +6,0 / +6,5 mot Tellusvei.

Lagdelingen er basert på utførte totalsonderinger i profilen. Grunnvannstand og parametervalg forøvrig er basert på undersøkelsene utført i profil B – B.

### 6.2.1 Totalspenninganalyse (ADP)

Stabilitetsberegningene viser at områdestabiliteten har tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning for ant. normalt tilstand med dagens terreng. Sikkerheten mot brudd for lange og dype, potensielle glideflater i skråningen viser beregnet sikkerhet  $\gamma_m = 1,51$ . Figuren nedenfor viser mest kritiske glideflate.

Figur 6.3 Kritisk glideflate snitt D – D, ADP analyse



### 6.3 Profil F – F lengst nord i området

Terrenget i nord av området har generelt fall 1:11,5. Skråningen er ca 200 m lang.

Grunnen består av et ca 2 m tykt lag av tørrskorpeleire over bløt og siltig leire og kvikkleire til fast grunn/ant. fjell. Kvikkleira er ei ant. lomme som vist på tegning nr. – 102.

#### 6.3.1 Totalspenningsanalyse (ADP)

Valgte materialparametere for topplaget av tørrskorpeleire er:

$$\tan\phi=0,6 \text{ og } a=3$$

Ved tolkning av treksialforsøkene i underliggende kvikkleire er det valgt aktive skjærstyrkeparametere ved 0,5 % tøyning. Treksialforsøkene er vist på tegning nr. – 75 til – 78.

Vi antar at skråningen er tilnærmet normalkonsolidert og en normalisering ved spenningsnivået forsøkene er konsolidert til viser:

$$Z = 5,5 \text{ m: } s_{ua}/\sigma_{ac}' = 15/46,2 = 0.32$$

$$Z = 8,4 \text{ m: } s_{ua}/\sigma_{ac}' = 23/73,7 = 0.312$$

Prøvene er konsolidert til  $Ko'=0.66$ , da prøvene er tatt opp i foten/ nedre del av skråningen, i passiv sone.



Det er valgt  $s_{ua}=0.31 \cdot p_o'$  for kvikkleira. Videre i dybden  $s_{ua}=0.36 \cdot p_o'$  i underliggende bløt og siltig leire.

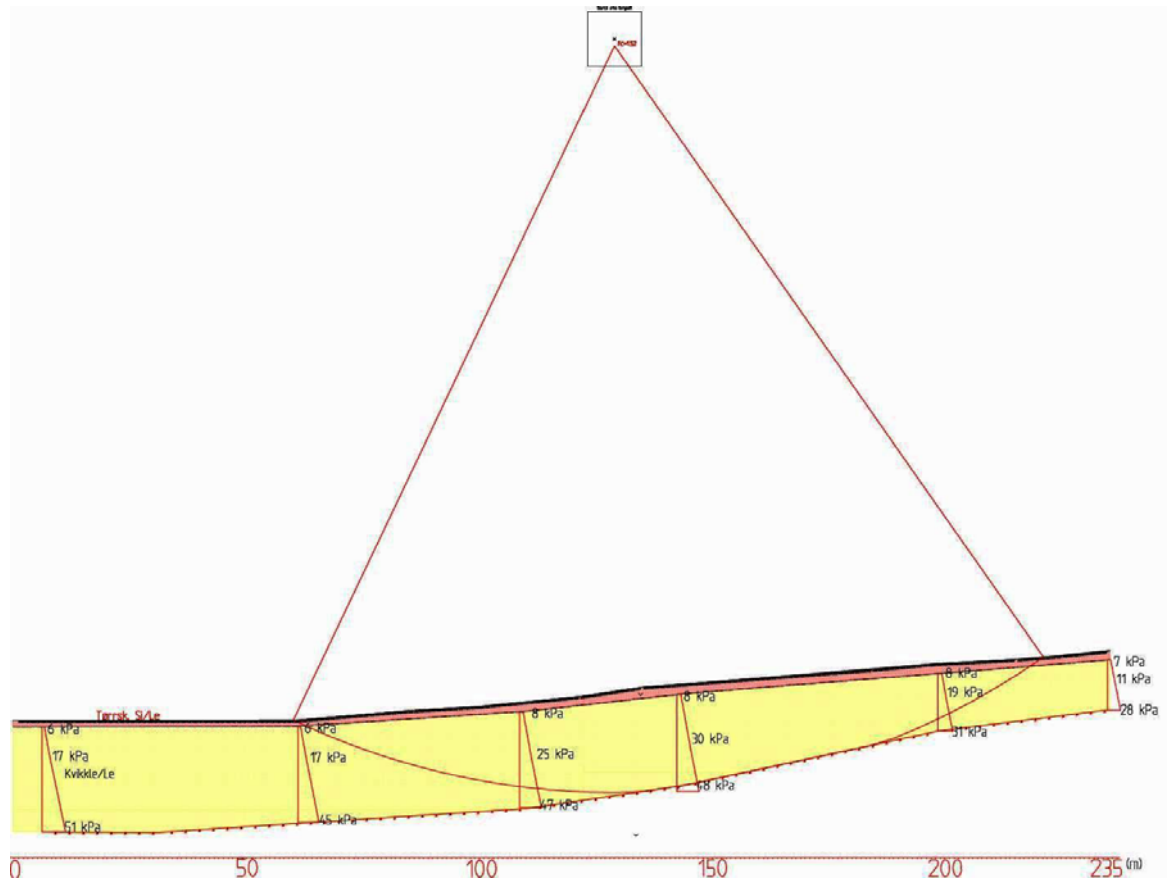
Prøveserien viser plastisitetsindeks  $I_p=5-8$ , noe som gir:

$s_{ua}=0.312 \cdot p_o'$ ,  $s_{ud}=0.195 \cdot p_o'$  og  $s_{up}=0.059 \cdot p_o'$

$s_{ua}=0.36 \cdot p_o'$ ,  $s_{ud}=0.22 \cdot p_o'$  og  $s_{up}=0.07 \cdot p_o'$

Mest kritisk glideflate er vist i figur 6,4.

Figur 6.4 Kritisk glideflate profil F- F, ADP analyse



Stabilitetsberegningene viser at områdestabiliteten har tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning for dagens situasjon. Sikkerheten mot brudd for lange og dype, potensielle glideflater i skråningen viser beregnet sikkerhet  $\gamma_m = 1,52$ .

#### 6.4 Stabilitet mot sjøen (profil E – E)

Vi har ikke utført stabilitetsberegninger i området ut mot sjøen. Terrengnet nord – syd gjennom den lavere liggende delen av liabakken har helning ca 1:65 ut mot sjøen. Videre er det langgrunt ut i sjøen med helning ca 1:140 på sjøbunn. Profil E – E på tegning nr. -102 visere nedre del av området mot sjøen. Av erfaring fra beregninger i området forøvrig er områdestabiliteten tilfredsstillende for dagens situasjon.

Det er imidlertid påvist meget bløt kvikkleire med stor mektighet fra 3 m under terreng. Kvikkleirlaget er antatt sammenhengende igjennom hele området som vist på vedlagte situasjonsplaner/borplaner, tegning nr. -3 og -4.

## 6.5 Konklusjon vedr. områdestabilitet

Stabilitetsforholdene i området er krevende og svært følsomme for terreng inngrep. Det er påvist et ant. sammenhengende lag av bløt kvikkleire med stor mektighet som strekker seg fra sjøen i syd og opp mot Arielsvei i nord. Ant. utbredelse av kvikkleiresonen er skissert på vedlagte situasjonsplaner, tegning nr. – 3 og – 4. (Tidligere skissert utbredelse av sonen på tegning – 1 og – 2 er ikke relevant.)

Et generelt prinsipp for utbygging i områder med kvikkleire i grunnen er at stabilitetsforholdene ikke bør forverres gjennom inngrep. Utbygging som medfører endringer av stabiliteten i negativ retning frarådes. Spesielt må gravedybder, fyllingsnivåer og metoder, mellomlagring av masser og skråningshelninger i anleggsfasen ha stor fokus i områder med kvikkleire.

Mest utsatt del av området er den bratteste delen av den vestvendte skråningen langs Liabakken, nærmere bestemt i området ved eiendom Liabakken 15. Vurderinger av normalsituasjon og dagens terreng viser at beregningsmessig sikkerhet mot brudd i skråningen er tilfredsstillende i en drenert langtidssituasjon, men for lav og stedvis labil ( $\gamma_m \leq 1,0$ ) ved udrenert belastning. Udrenert belastning kan eksempelvis være naturlaster eller inngrep.

Konsekvensene av et evt. brudd i kvikkleire kan bli meget store med suksessive og bakovergripende ras. Glidninger i skråningen vil kunne få konsekvenser for eksisterende boligbebyggelse i ras området og utløpsområdet. Utløpsområdet er der hvor skredmassene ender opp.

De stabiliserende tiltak vi har vurdert i form av topografiske endringer, dvs. terrengavlastning og motfylling, gir etter vårt skjønn ikke tilstrekkelig forbedring av sikkerheten.

Evt. tiltak som grunnforsterking med kalk/semment gir tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet i permanent situasjon. Men en slik grunnforsterking, selv i kombinasjon med vertikaldren, vil imidlertid kunne øke poretrykket og omrøre den sensitive kvikkleira. Dette vil da i en periode reduserer skråningsstabiliteten. Der skråningen i dag er beregningsmessig labil, vil vi fraråde en slik løsning.

Ut fra registrerte grunnforhold og utførte stabilitetsberegninger vil vi fraråde utbygging som medfører tiltakskategori K2 eller K3 iht. NVEs ”Retningslinjer for utbygging i fareområder langs vassdrag” i den vestvendte skråningen langs Liabakken.

Videre viser våre beregninger at øvrige deler av området hvor terrenghelningen er slakere gir akseptabel sikkerhet mot utglidning for dagens situasjon  $\gamma_m \geq 1,5$ . Vi anbefaler at alle fremtidige prosjekter forelegges geoteknisk sakkyndig for kontroll. Det er av stabilitetshensyn viktig at evt. tiltak gjennomføres med god kontroll for å unngå forverring av stabilitetsforholdene i anleggsfasen og permanent situasjon. Små lokale grunnbrudd som følge av anleggsteknisk virksomhet kan initiere større ras.

## 7. Skredtype og maksimal utbredelse av skred

### 7.1 Generelt

Formålet med å vurdere skredtype og utbredelse av skred er å belyse hvilken utstrekning et eventuelt skred utløst i sonen kan få, og hvilke følgerisiko for skader på bebyggelse nedstrøms sonen et skred kan medføre.

### 7.2 Skredtype

Basert på topografi og grunnforhold finner vi at mest sannsynlig skredtype i Liabakken er et retrogressivt skred. Et retrogressivt skred karakteriseres ved serie av hurtig bakovergrepene skred. Det vil si at raset forplanter seg bakover gradvis med påfølgende delras. Retrogressive skred blir ofte utløst ved et monolistisk initialskred (rotasjonsskred). Skred blir enten forårsaket av byggetekniske inngrep eller utløst av naturkrefter.

### 7.3 Utbredelse av skred

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utbredelse av skred. I NGI publikasjon nr. 158, ref. /3/, er det gitt en sammenstilling av skredvolum, skråningshøyde og utbredelse av skred. Figuren er gjengitt i figur 7.1. Vi har benyttet disse erfaringsdataene for å estimere utbredelse av eventuelt skred i Liabakken:

#### · **Skredvolum**

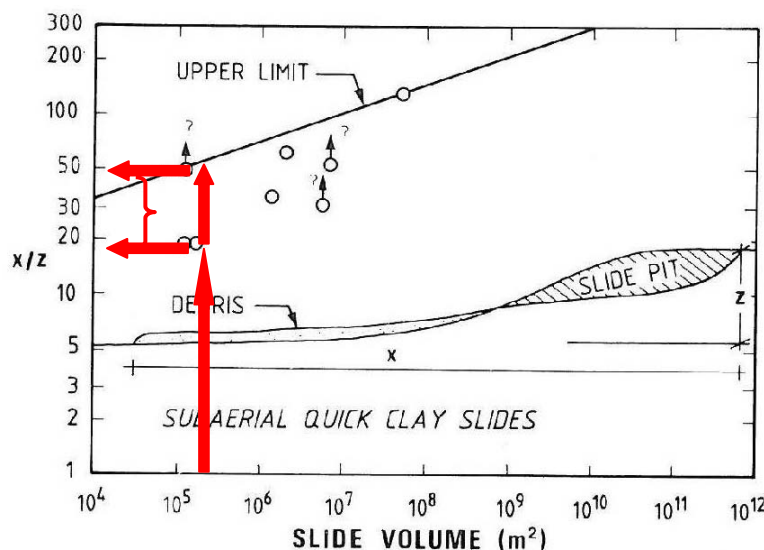
Maksimalt skredvolum er estimert til  $140\,000\text{ m}^3$ . Det stipulerte volumet er basert på et gjennomsnittlig 70 m bredt og 240 m langt skred på det bratteste partiet i Liabakken raser ut. Glideflaten er estimert til 15 m dyp. Dette omfanget vurderes som "verste tilfelle".

#### · **Skråningshøyde**

Total høydeforskjell fra øverst i sonen, mot fjell i øst på ca kote +23 og ned mot Tellusvei på kote ca +7 er ca 16 m.

Skredvolum på ca.  $140\,000\text{ m}^3$  ( $0,14 \cdot 10^6$ ) og skråningshøyde,  $z$ , på 16 m gir et forholdstall på utbredelse av skred ( $x$ ) på skråningshøyde ( $z$ ) på ca. 18 - 48, se figur 7.1. Det vil si at utløpsstrekninga av et skred er i størrelsesorden 300 – 750 m regnet fra bakre skredkant.

Figur 7.1 Normalisert utløpsdistanse fra norske kvikkleireskred i forhold til total skredvolum (fra NGI publikasjon nr. 158, 1985)



I utgangspunktet kan utløsning av kvikkleireskred tenkes å ha hoved utløp av skredmasser mot sørvest og sjøen. Hoveddelen av et skred vil trolig støte ned mot Husvikveien samt at noe av skredmassene vil gå mot Nordlysveien.

Vurderingene viser at det ved et eventuelt skred er risiko for at bebyggelse blir oversvømt av skredmasser.

Det er knyttet stor usikkerhet til anslaget av utløpsdistanse og skredvolumet er beregnet konservativt. Evt. avskjermende terrengformasjoner og bygg i skredbanen vil også bidra til å redusere utløpsdistansen.

Det understrekes at vurderingene gitt i dette kapittelet er basert på ”verste tilfelle” og viser *potensiell* skredfare.

## 8. Evaluering for eiendom 154/98

Eiendommen ligger i syd av det undersøkte ”Liabakkenområdet”, i krysset Husvikviene/Tellusvei. Tomta ligger på mellom kote +4 og +5. Terrenget har generelt slakt fall ca 1:65 mot sjøen i syd/sydvest.

Utførte grunnundersøkelser viser at eiendommen ligger innenfor den antatte kvikkleiresonen.

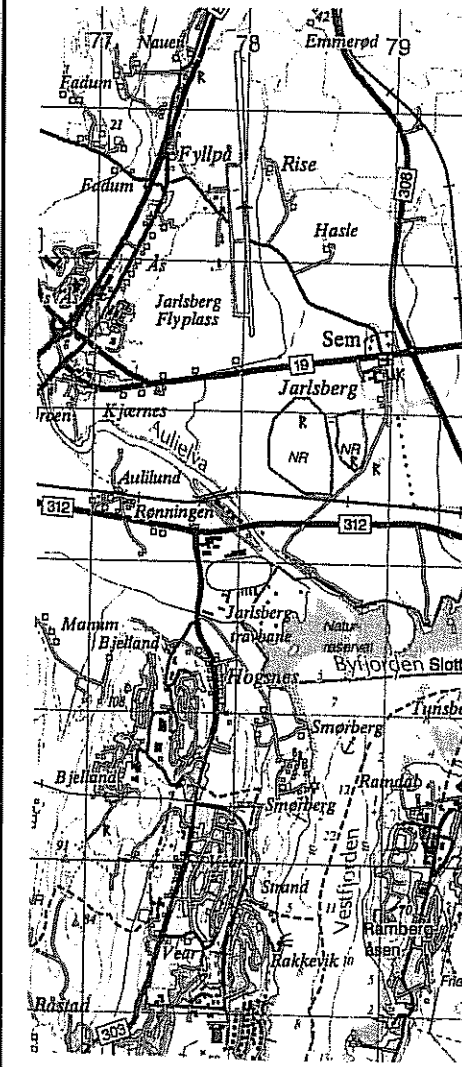
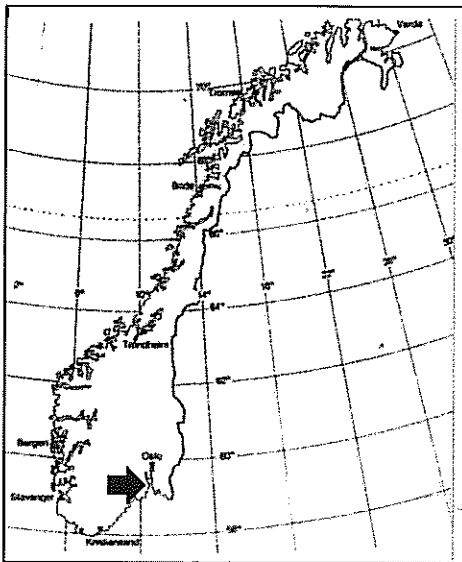
Eiendom 154/98 og det lavereliggende området omkring ligger i faregradsklasse ”lav” da skråningshelningen er beskjeden, men tomta ligger i nærheten av områder med ”middels” faregrad. Evt. tiltak på eiendommen må tilfredsstillende kravene gitt i veilederen og i tabell 5.1.

Det er i praksis umulig å angi sannsynligheten for kvikkleireskred, men da vi ikke kan se noen tegn til tidligere utglidninger i området er den nominelle årlige sannsynligheten for skred og sammenbrudd antatt mindre enn en gang per 1000 år.

Våre beregninger av områdestabilitet viser tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning for dagens situasjon i denne delen av området. Beregningsmessig er den bratteste delen av Liabakken labil, og et evt. ras vil være mest sannsynlig skje i dette området. Et ras i den bratteste delen medfører at eiendom 154/98 ligger i utløpssonen for skredet. Fremtidige prosjekter på eiendommen anbefales iht. NVE veileder /1/ å begrenses til tiltakskategori K1 eller K2.

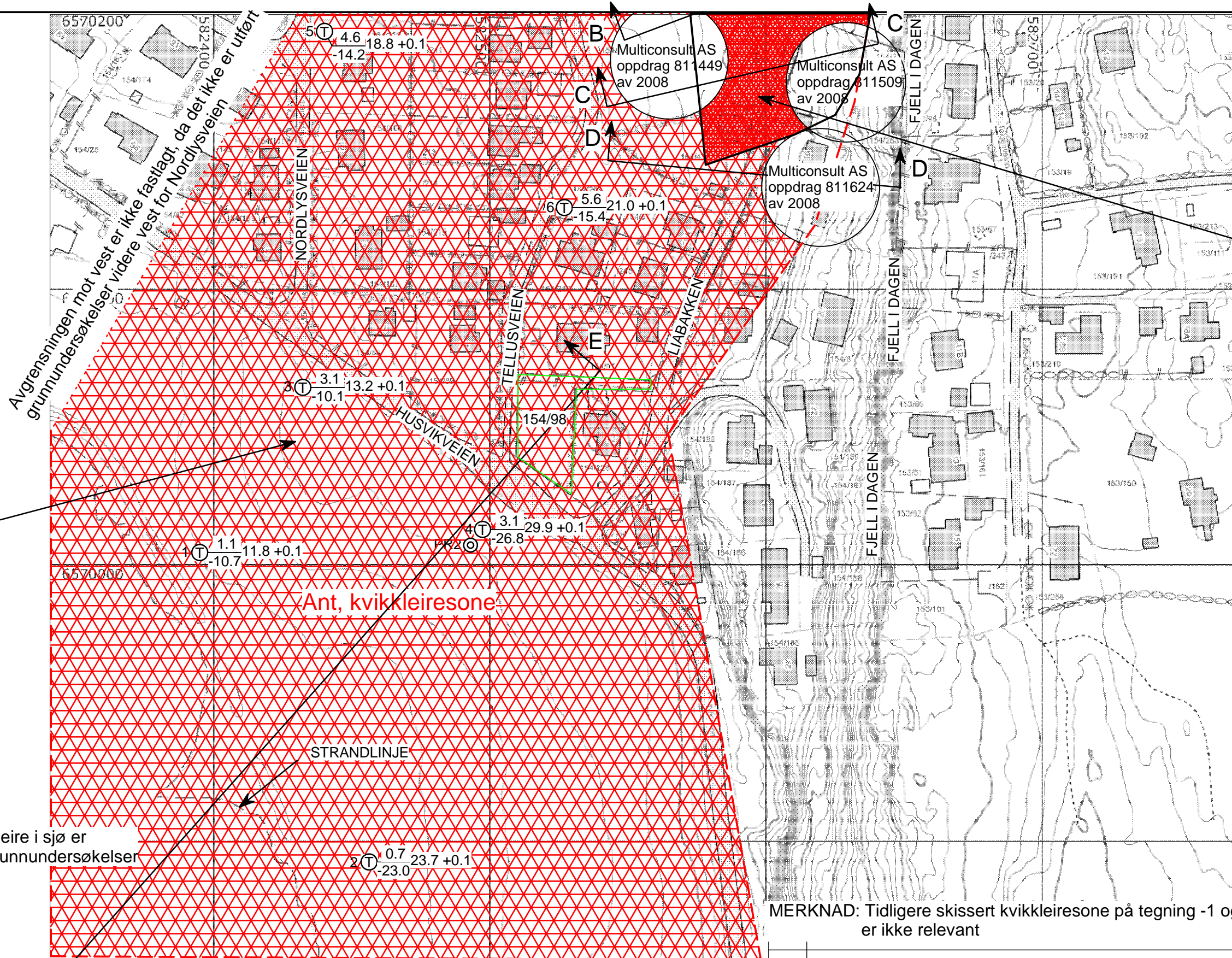
## 9. Referanser

/1/	NVE (2009). <i>Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.</i>
/2/	NGI-rapport 20001008-2 Rev. 3 (2008). <i>Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire.</i>
/3/	Karlsrud, K. Aas, G. and Gregersen, O. (1984). <i>Can we predict landslides hazards in soft sensitive clays? Summary of Norwegian Practice and Experiences.</i> Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides, Toronto, Vol I, p. 107-130. Også publisert i NGI publikasjon nr. 158.
/4/	Gregersen, Odd (Geoteknisk fagdag NGI 18.03.2009) <i>Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire</i>
/5/	Håndbok 24731-21, Tekniske Prosedyrer nr 2.2, NOTEBY AS <i>Tolkning av laboratorieundersøkelser, p. 14</i>



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>OVERSIKTSKART</b>		Originalformat	A4	Fag	Geoteknikk
<b>TØNSBERG KOMMUNE</b>		Tegningens filnavn			
<b>LIABAKKEN, RÆL</b>		Målestokk			
<b>MULTICONSULT AS</b>		Dato	Konstr./tegn	Kontrollert	Godkjent
Kilengaten 2, Pb. 1287, 3105 Tønsberg Tel.: 33744020 - Fax.: 33744029		15.10.2009	SSJ	637	637
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		812112	0		





FAREGRAD "MIDDELS"

FAREGRAD "LAV"

Avgrensningen mot vest er ikke fastlagt, da det ikke er utført grunnundersøkelser videre vest for Nordlysveien

Ant, kvikkleiresone

STRANDLINJE

Omfanget av kvikkleire i sjø er ikke kartlagt ved grunnundersøkelser

MERKNAD: Tidligere skissert kvikkleiresone på tegning -1 og -2 er ikke relevant

E

- DREISONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ☆ FJELLKONTROLLBORING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ TRYKKDREISONDERING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊕ TOTALSONDERING
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ⊖ GRUNNVANNSMÅLING

BORHULL NR. TERRENG (BUNN) KOTE BORET DYBDE + (BORET I FJELL)  
 ANTATT FJELLKOTE

BORBOK NR. 21386 & 21380 LAB.BOK NR. 1920

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra Tønsberg kommunes sine nettsider

UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: pp1296 og pp1804

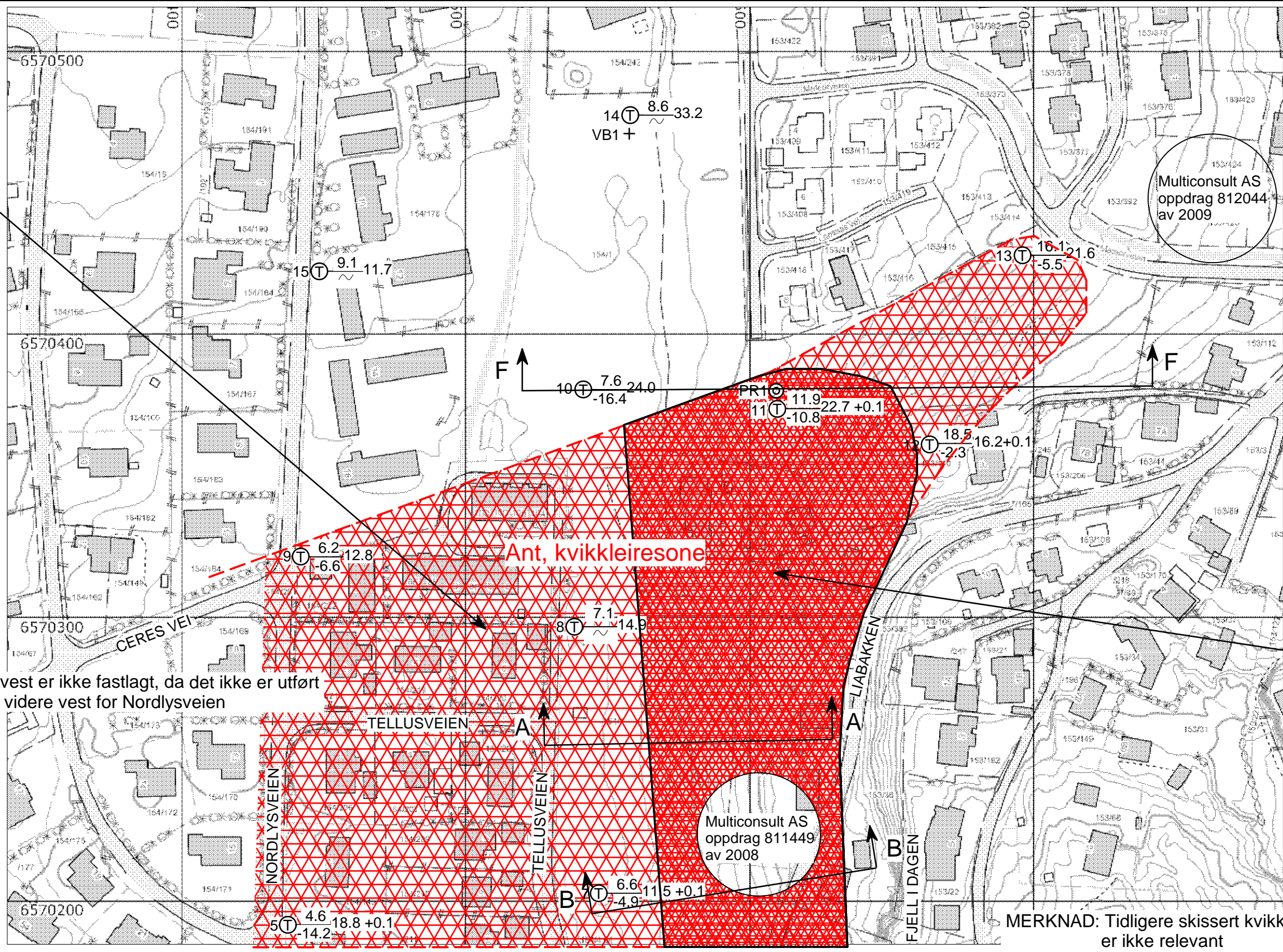
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>SITUASJONSPLAN/BORPLAN</b>		Originalformat	A3	Fag	GEOTEKNIKK
		Tegningens filnavn			
<b>TØNSBERG KOMMUNE LIABAKKEN, RÅEL</b>		Målestokk	<b>1:1500</b>		
<b>MULTICONSULT AS</b> Kilengaten 2, Pb. 1287, 3105 Tønsberg Tel.: 33744030 - Fax.: 33744029		Dato	18.08.2010	Konstr./tegn SSJ	Kontrollert abye
		Oppdragsnr.	<b>812112</b>	Tegningsnr.	<b>3</b>
				Godkjent	Rev.







FAREGRAD "LAV"



Multiconsult AS  
oppdrag 812044  
av 2009

Multiconsult AS  
oppdrag 811449  
av 2008

Avgrensningen mot vest er ikke fastlagt, da det ikke er utført grunnundersøkelser videre vest for Nordlysveien

FAREGRAD "MIDDELS"

MERKNAD: Tidligere skissert kvikkleiresone på tegning -1 og -2 er ikke relevant

- DREISONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ☆ FJELLKONTROLLBORING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ TRYKKDREISONDERING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊕ TOTALSONDERING
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ⊖ GRUNNVANNSMÅLING

BORHULL NR. TERRENG (BUNN) KOTE BORET DYBDE + (BORET I FJELL)  
 ANTATT FJELLKOTE  
 BORBOK NR. 21386, 21387 & 21380 LAB.BOK NR.  
 KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra Tønsberg kommunes nettsider  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: pp1296 og pp1804

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<h2 style="margin: 0;">SITUASJONSPLAN/BORPLAN</h2> <p style="margin: 0;">TØNSBERG KOMMUNE</p> <p style="margin: 0;">LIABAKKEN, RÅEL</p>		Originalformat	A3	Fag	GEOTEKNIKK
		Tegningens filnavn			
		Målestokk			
<h3 style="margin: 0;">MULTICONSULT AS</h3> <p style="margin: 0; font-size: small;">Kilengaten 2, Pb. 1287, 3105 Tønsberg Tel.: 33744030 - Fax.: 33744029</p>		Dato	18.08.2010	Konstr./tegn	SSJ
		Oppdragsnr.	812112	Tegningsnr.	4
		Kontrollert	abye		Godkjent
		Rev.			

TERRENGKOTE BUNNKOTE	11.9 DYBDE m PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER				n %	O <sub>Na</sub> %	γ kN/m <sup>3</sup>	UDRENERT SKJÆRSTYRKE S <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )					S <sub>t</sub>	
		20	30	40	50				10	20	30	40	5011		
LEIRE, SANDIG Grusig, bløt				10	0	45	Spor	19.0*		▽	○				16
KVIKKLEIRE, SANDIG Grusig					0	44	○	19.1*		○	▽				43
KVIKKLEIRE, SILTIG Noe sand og grus	5				0	54	Spor	17.5*		○	▽				190
KVIKKLEIRE Noe sand og grus	T				0	54	○	17.5*		▽	○				89
KVIKKLEIRE, SILTIG Noe sand og grus					0	46	○	18.9*		▽	○				72
Noe sand og grus					0	41	○	19.6*		▽	○				120
Noe sand og grus	T				0	43	○	19.3*		▽	○				78
Noe sand og grus					0	37	○	20.3*		▽	○				57
Noe sand og grus	10				0	36	○	20.5*		▽					60
	15														
	20														

PR= φ 54 mm

SK=SKOVLBORING

PG=PRØVEGROP

LAB.BOK 1920

BORBOK 21387

○ VANNINNHold

— W<sub>L</sub> FLYTEGRENSE

— W<sub>P</sub> PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET

O<sub>Na</sub> = HUMUSINNHold

O<sub>gl</sub> = GLØDETAP

γ = TYNGDETETTHET

▽ KONUSFORSØK

○ TRYKKFORSØK

15-○-5 % DEFORMASJON VED BRUDD

○ OMRØRT SKJÆRSTYRKE

S<sub>t</sub> SENSITIVITET

Ø-ØDOMETERFORSØK P=PERMEABILITET K=KORNGRADERING T=TREAKSIALFORSØK

## PRØVESERIE

Borpunkt nr.

PR.1

Tegnet

LS

Side

1 av 1

TØNSBERG KOMMUNE  
LIABAKKEN, RÆL

Borplan nr.

-1

Kontr.

653

Boret dato

06.08.2009

Dato

13.10.09



**MULTICONSULT AS**

Nedre Skøyen vei 2 - Pb. 265 Skøyen - 0213 OSLO  
Tlf. 21 58 50 00 - Fax: 21 58 50 01

Oppdrag nr.

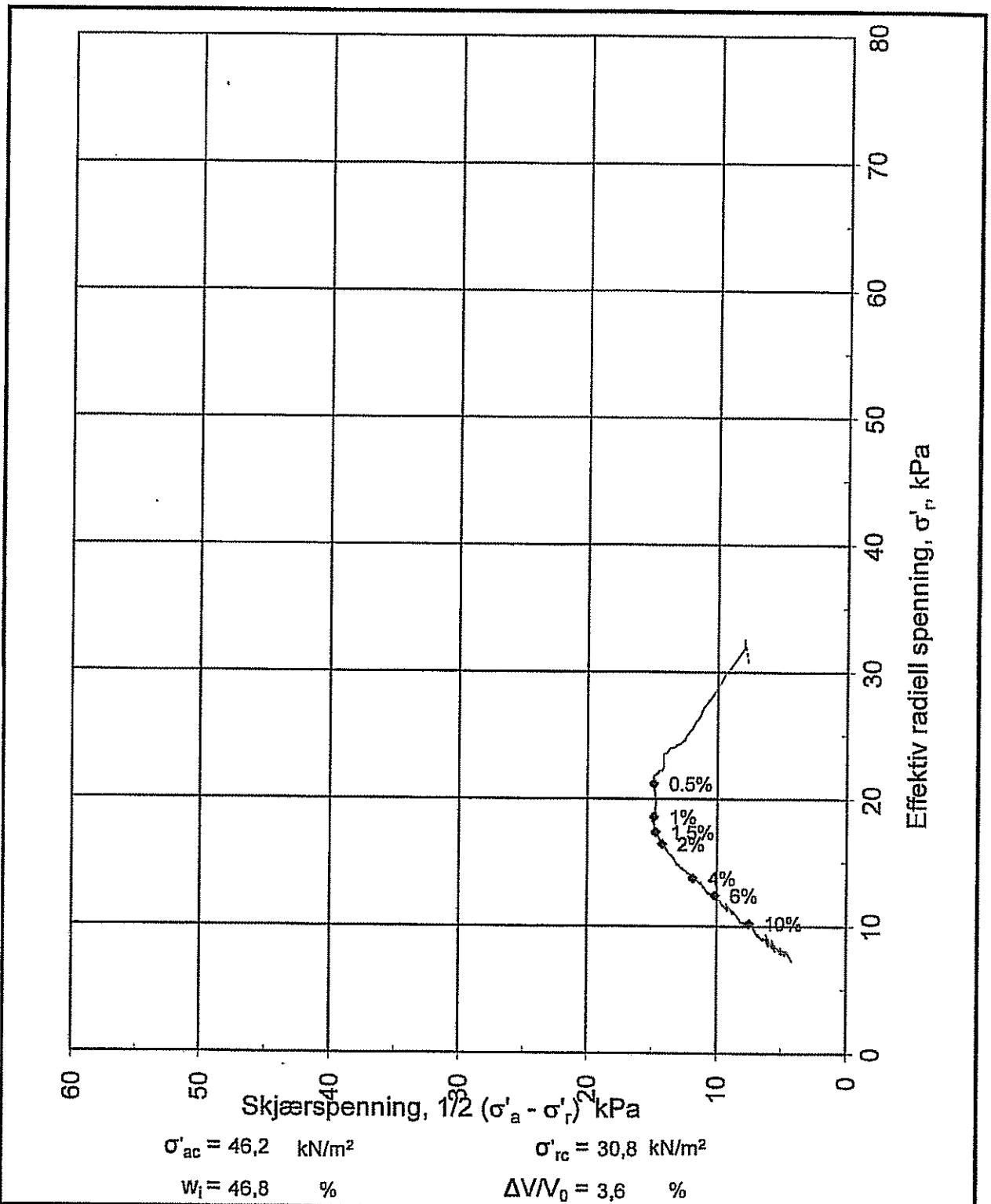
**812112**

Tegning nr.

**10**

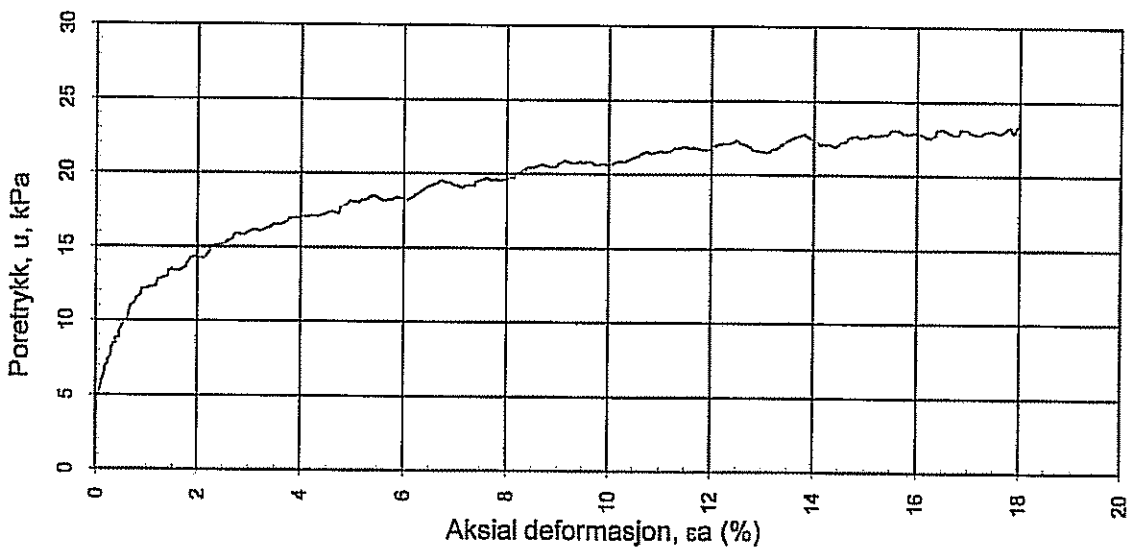
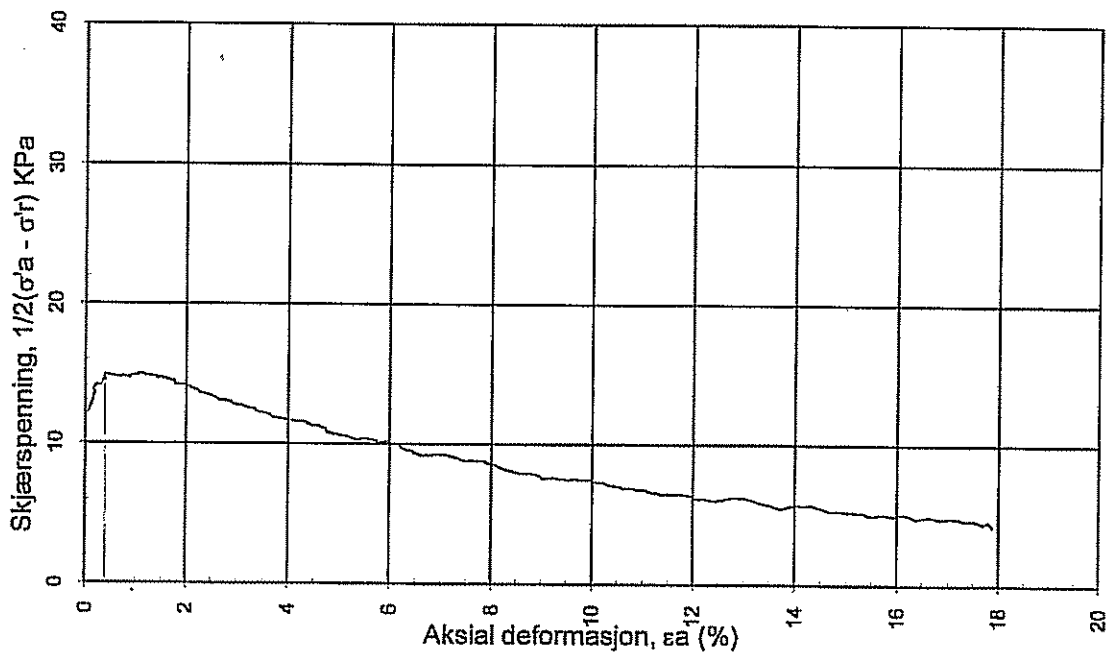
Rev.





TREAKSIALFORSØK Aktiv, hovedspenningsvektor				Tegningens filnavn: PR1A	
MULTICONSULT AS Nedre Skøyen vei 2 Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo Tlf. 21 58 50 00 - Fax: 21 58 50 01	Serie PR.1	Dybde 5,55	Testnr.		
Date: 14.08.2009	Kontrollert: <i>lotz</i>	Godkjent: <i>6/27</i>			
Oppdrag nr.: 812112	Tegning nr.: 75	Tegnet: SK	Rev.:		





$\sigma'_{ac} = 46,2 \text{ kN/m}^2$   
 $\Delta V/V_0 = 3,6 \text{ \%}$

$\sigma'_{rc} = 30,8 \text{ kN/m}^2$   
 $w_l = 46,8 \text{ \%}$

Tegningens filnavn:  
PR1A

TREAKSIALFORSØK Aktiv, arbeidskurve, poretrykk

MULTICONSULT AS

Nedre Skoyen vei 2-  
Pb. 285 Skoyen - 0213 Oslo

Tlf. 21 5850 00 - Fax: 21 58 50 01

Serie

PR.1

Dybde

5,55

Testnr.

Dato:

14.08.2009

Kontrollert:

*653*

Godkjent:

*653*

Oppdrag nr.:

812112

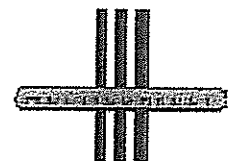
Teorien nr.:

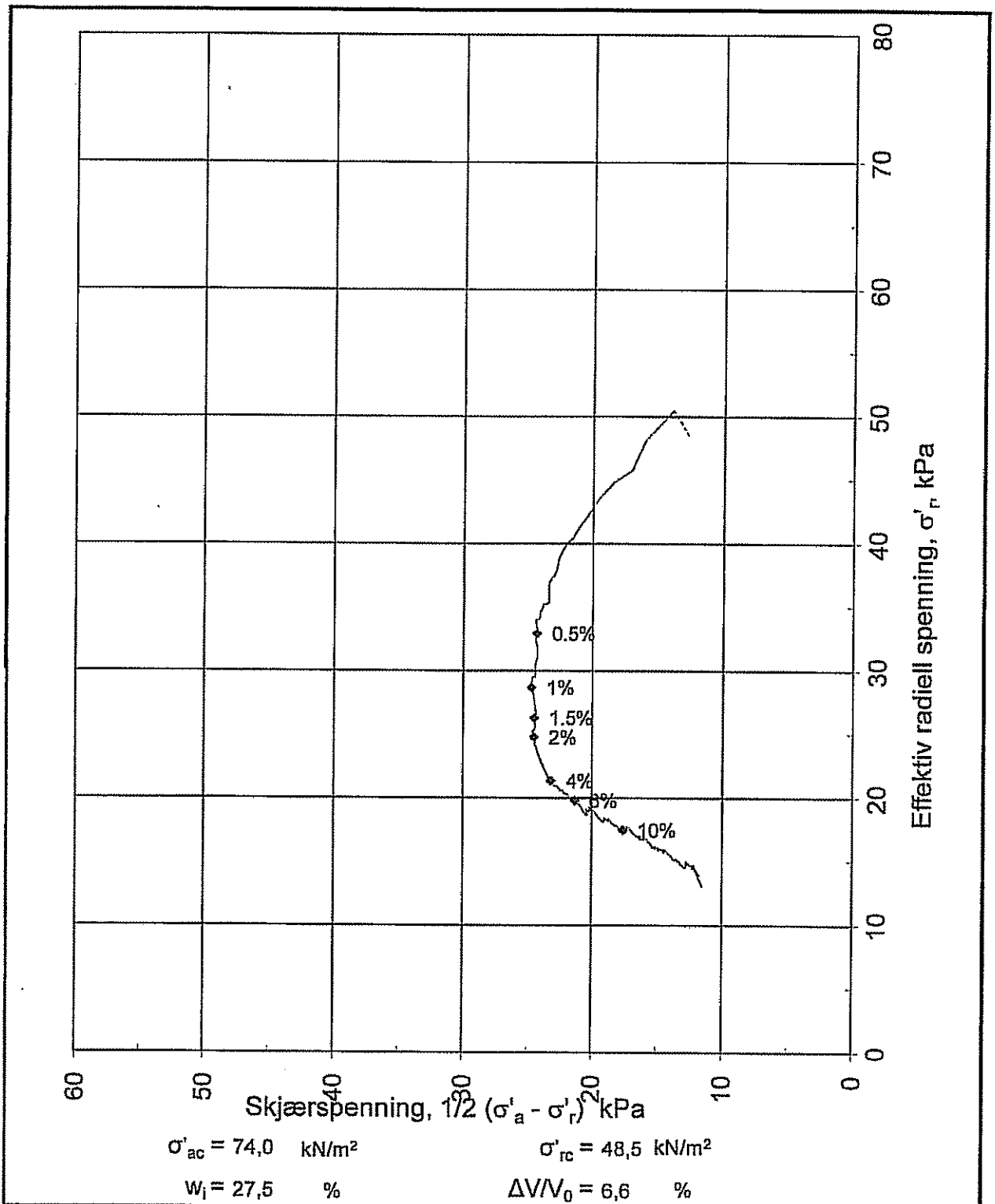
76

Teonet:

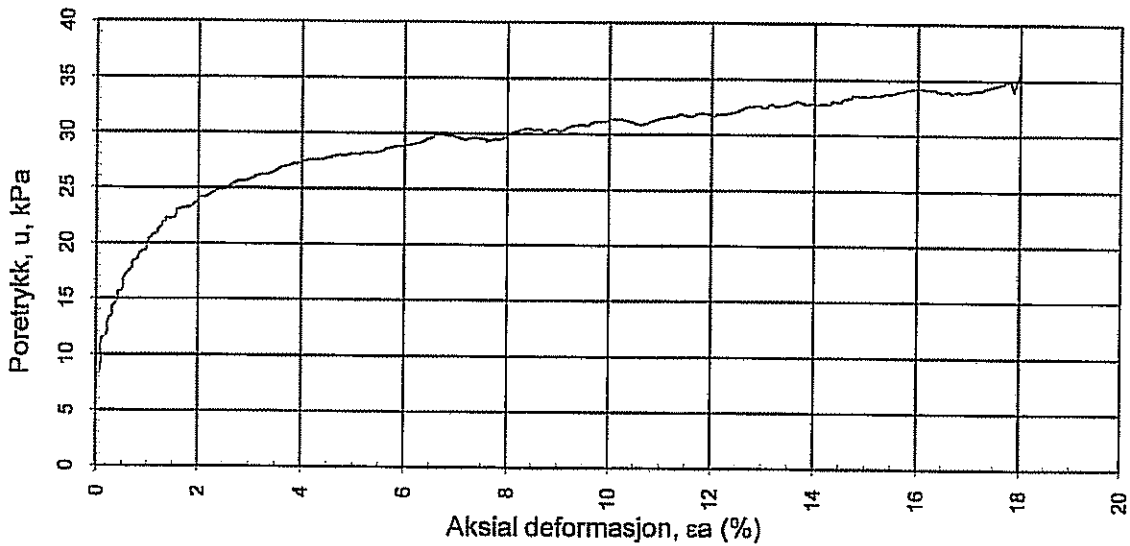
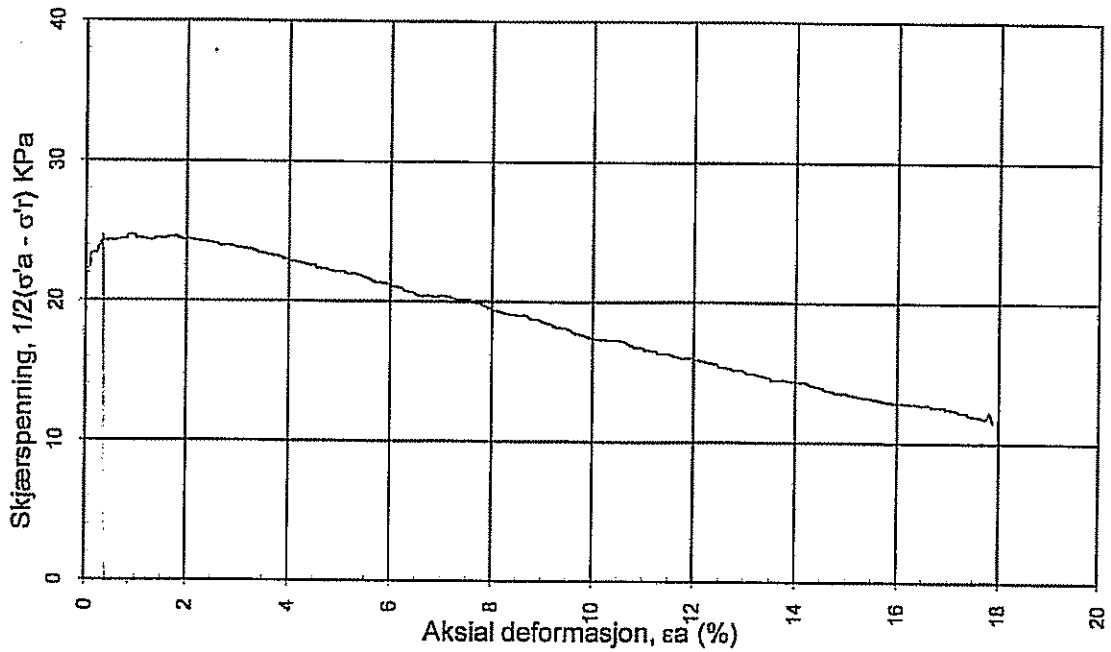
SK

Rev.:





<b>TREKSIALFORSØK Aktiv, hovedspenningsvektor</b>				Tegningens fornavn: PR1B	
<b>MULTICONSULT AS</b> Nedre Skøyen vei 2 Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo Tlf. 21 58 50 00 - Fax: 21 58 50 01	Serie	Dybde	Testnr.		
	Date:	Kontrollert:	Godkjent:		
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Tegnet:		
	PR.1	8,6			
	14.08.2009	GES	GES		
	812112	77	SK		



$\sigma'_{ac} = 74,0 \text{ kN/m}^2$   
 $\Delta V/V_0 = 6,6 \%$

$\sigma'_{rc} = 48,5 \text{ kN/m}^2$   
 $w_l = 27,5 \%$

Tegningens filnavn:  
PR1B

TREAKSIALFORSØK Aktiv, arbeidskurve, poretrykk

MULTICONSULT AS

Nedre Skøyen vei 2-  
Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo  
TIL 21 5850 00 - Fax: 21 58 50 01

Serie  
PR.1

Dybde  
8,6

Testnr.

Date:  
14.08.2009

Kontrollert:  
*683*

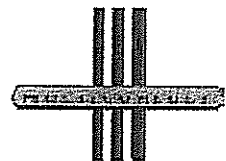
Godkjent:  
*683*

Oppdrag nr.:  
812112

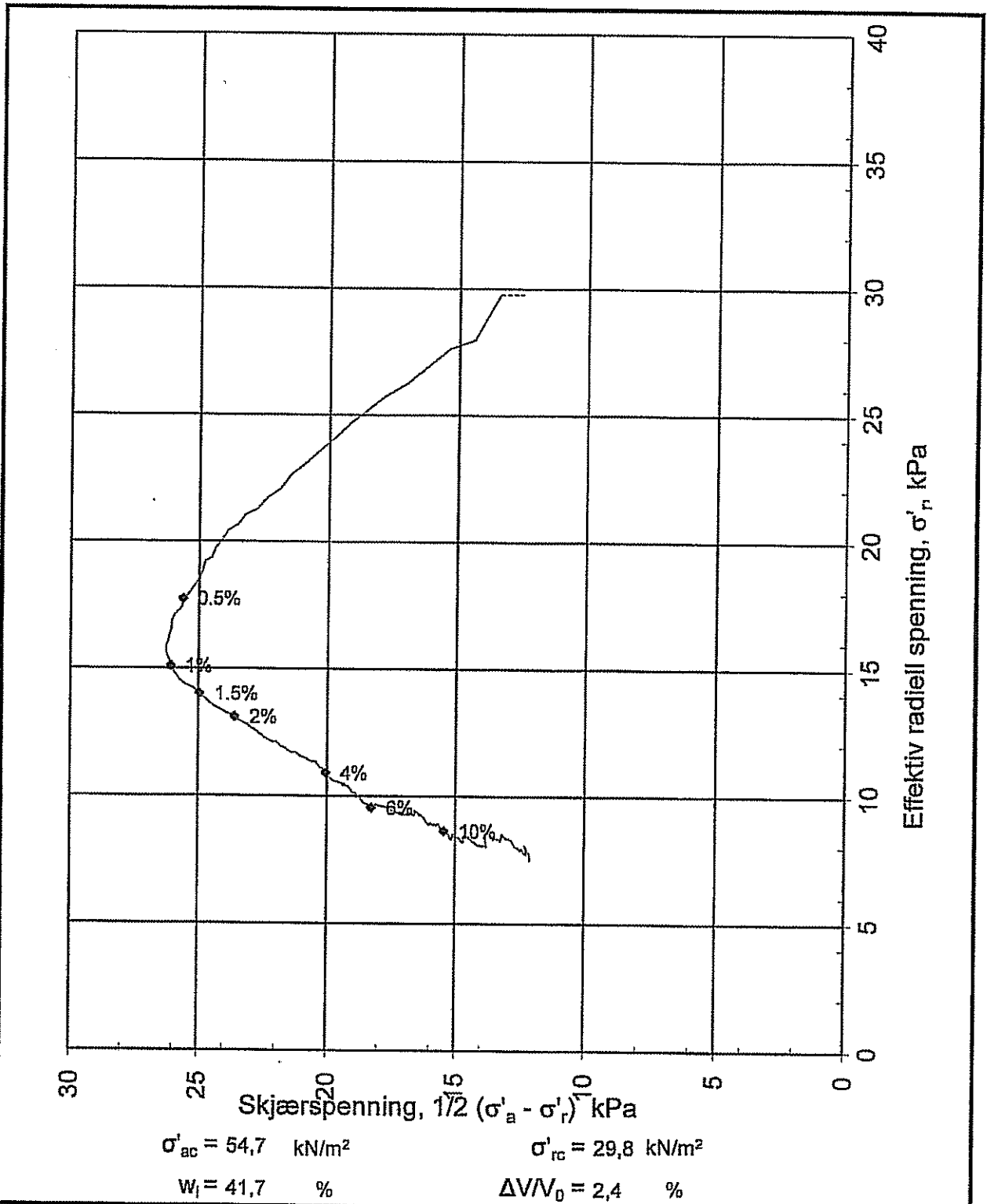
Testnr. nr.:  
78

Teamet:  
SK

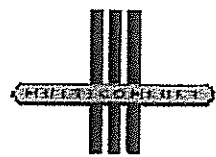
Rev.:

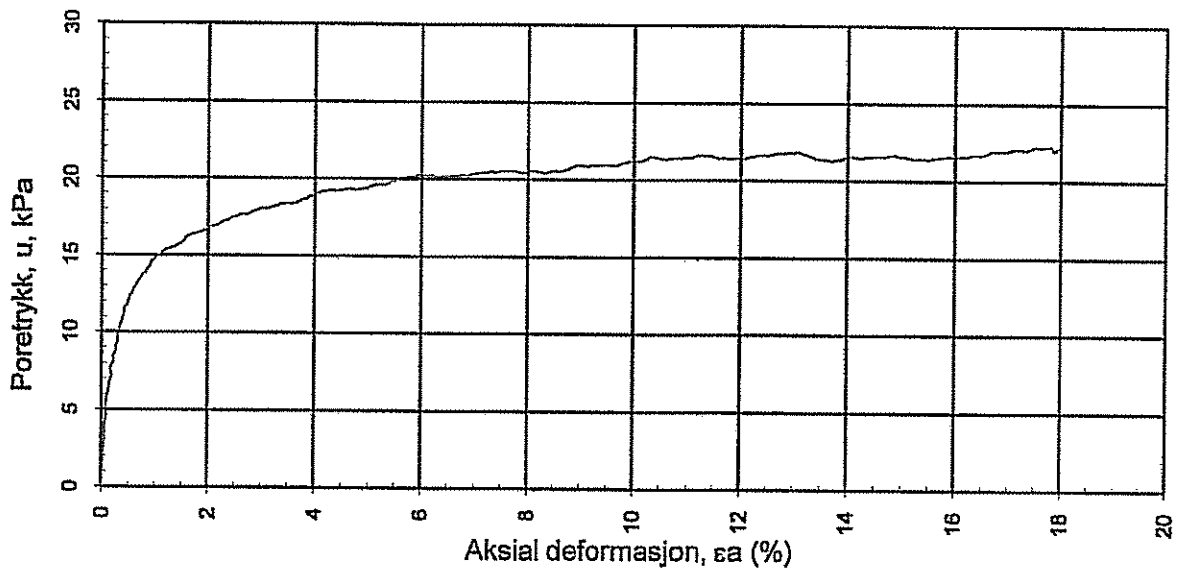
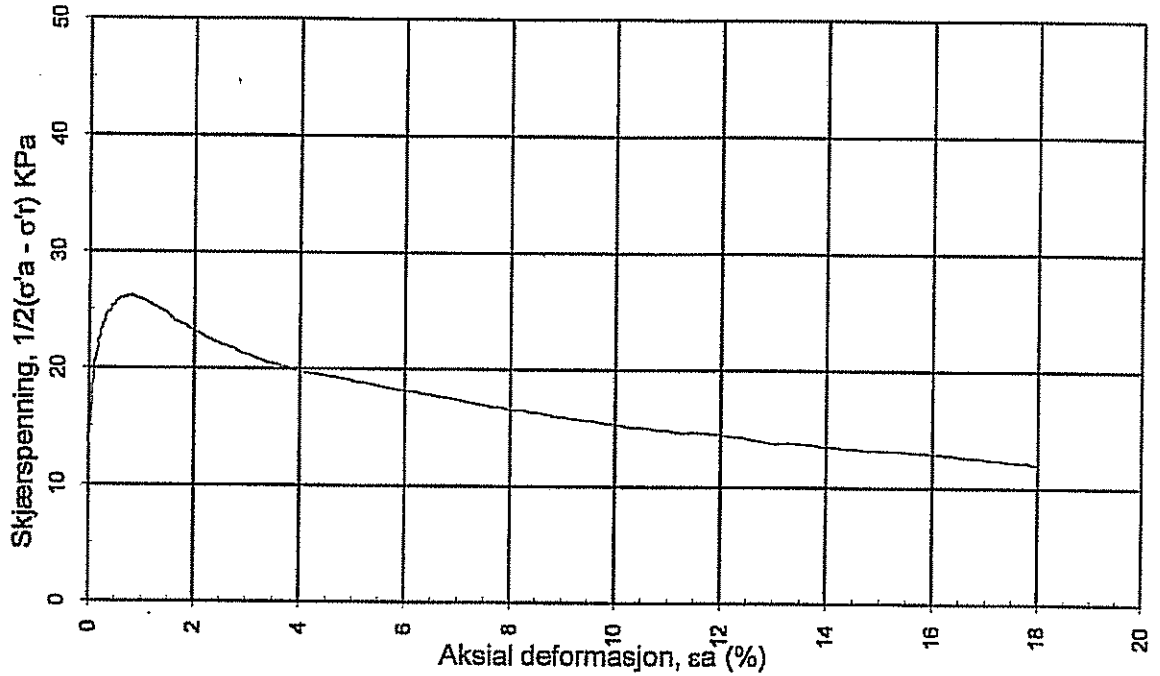






<b>TØNSBERG KOMMUNE</b>				Tegningens tittel:
<b>LIABAKKEN, RÆL</b>				
<b>TREKSIALFORSØK Aktiv, hovedspenningsvektor</b>				
<b>MULTICONSULT AS</b> Nedre Skøyen vei 2 Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo Tlf. 21 58 50 00 - Fax: 21 58 50 01	Serie	Dybde	Tegner:	
	PR.2	5,4		
	Dato:	Kontrollert:	Godkjent:	
	07.10.2009	657	657	
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Tegnet:	
	812112	79	SK	
				Rev.:





$\sigma'_{ac} = 54,7 \text{ kN/m}^2$   
 $\Delta V/V_0 = 2,4 \%$

$\sigma'_{rc} = 29,8 \text{ kN/m}^2$   
 $W_i = 41,7 \%$

**TØNSBERG KOMMUNE**  
**LIABAKKEN, RÅEL**

Tegningens filnavn:  
**PR1A**

**TREAKSIALFORSØK Aktiv, arbeidskurve, poretrykk**

**MULTICONSULT AS**

Nedra Skøyen vei 2,  
 Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo  
 Tlf. 21 5950 00 - Fax: 21 58 50 01

Serie

**PR.2**

Dybde

**5,4**

Testnr.

Dato:

**07.10.2009**

Kontrollert:

*GS*

Godkjent:

*GS*

Oppdrag nr.:

**812112**

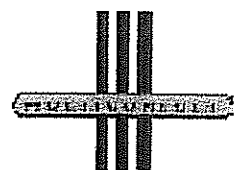
Tegning nr.:

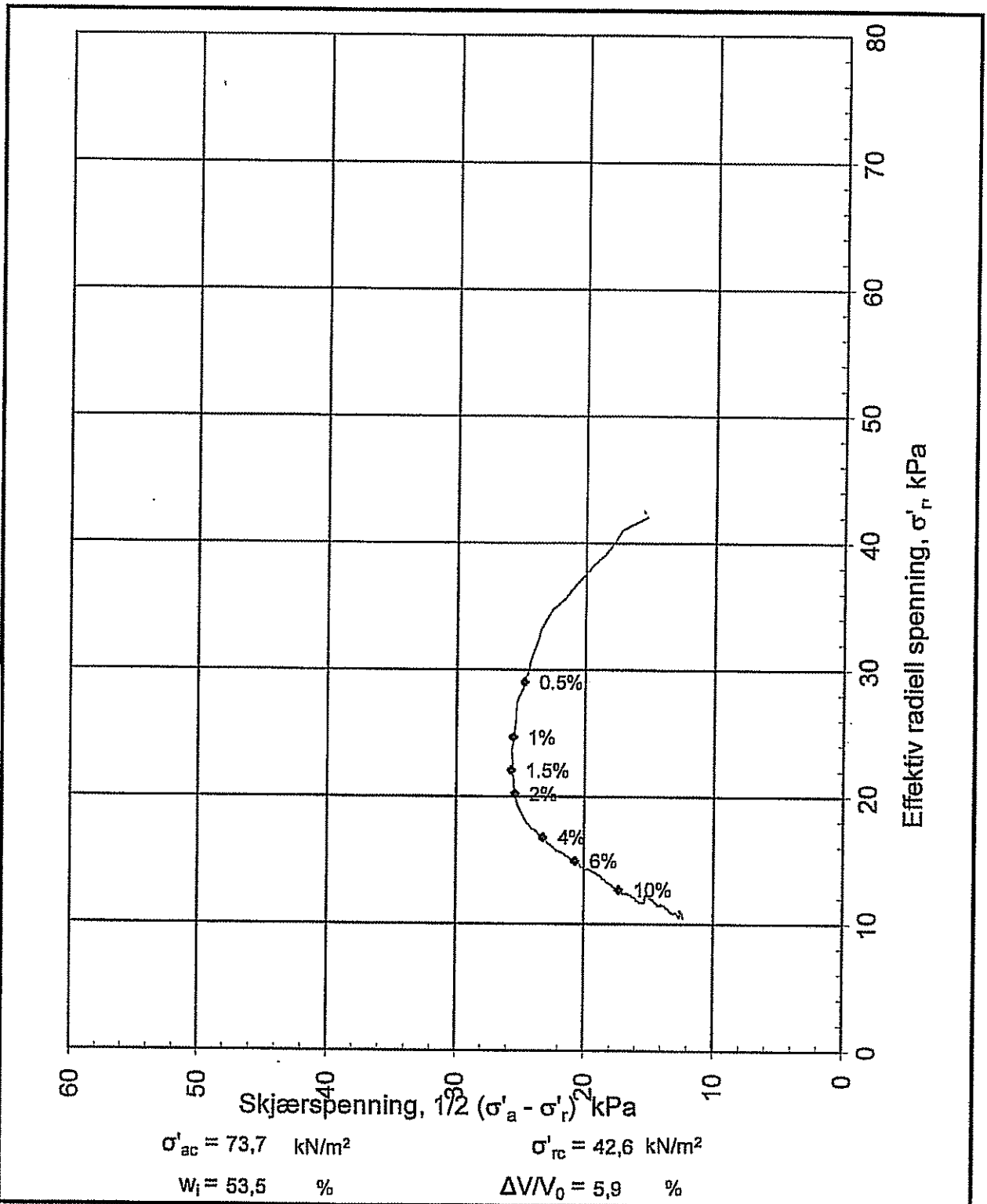
**80**


Tegnet:

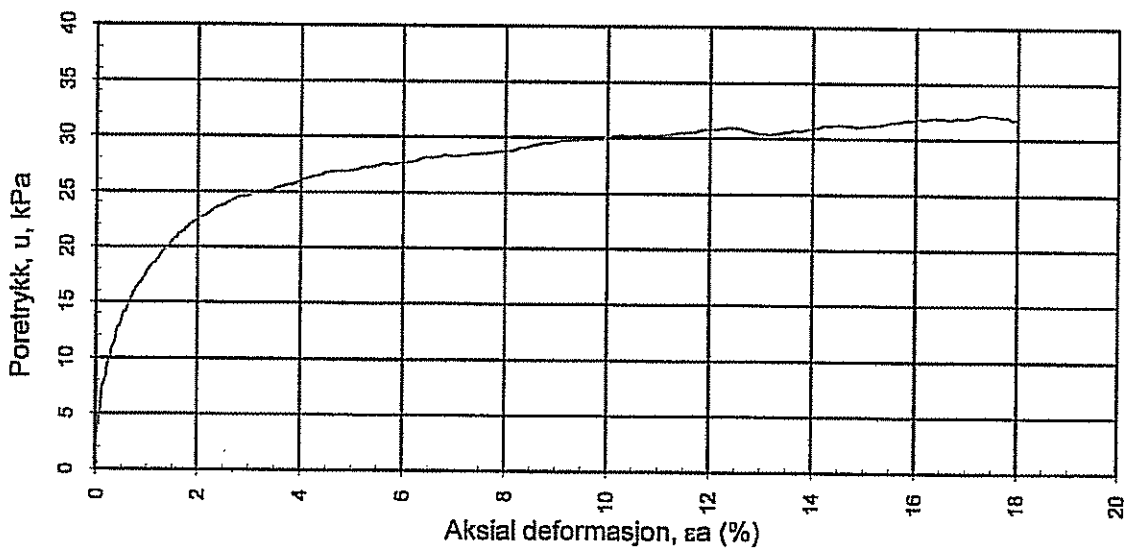
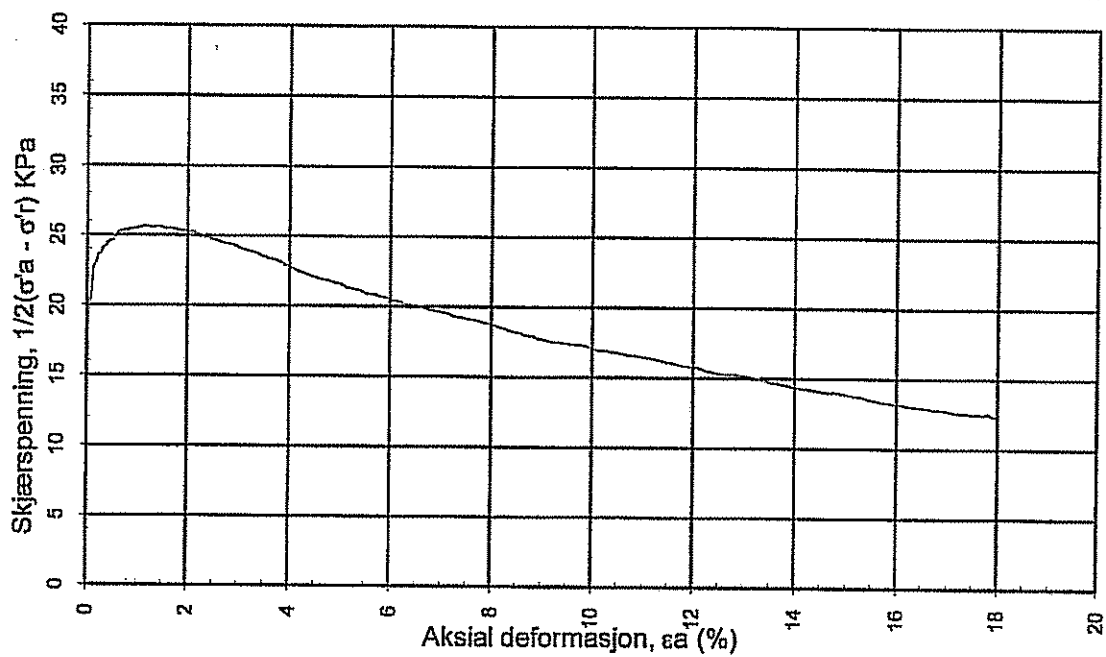
**SK**

Rev.:





<b>TØNSBERG KOMMUNE</b>			Tegningens tittel:
<b>LIABAKKEN, RÆL</b>			
<b>TREKSIALFORSØK Aktiv, hovedspenningsvektor</b>			
<b>MULTICONSULT AS</b> Nedre Skøyen vei 2 Pb. 255 Skøyen - 0213 Oslo Tlf 21 50 50 00 - Fax: 21 58 50 01	Serie	Dybde	Testnr.
	PR.2	8,4	
	Dato:	Kontrollert:	Godkjent:
	06.10.2009	GES	GES
Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Tegnet:	Rev.:
812112	81	SK	



$\sigma'_{ac} = 73,7 \text{ kN/m}^2$   
 $\Delta V/V_0 = 5,9 \%$

$\sigma'_{rc} = 42,6 \text{ kN/m}^2$   
 $w_l = 53,5 \%$

**TØNSBERG KOMMUNEN**  
**LIABAKKEN, RÅEL**

Tegningens tittel:  
**PR1A**

**TREAKSIALFORSØK Aktiv, arbeidskurve, poretrykk**

**MULTICONSULT AS**

Nedre Skøyen vei 2  
 Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo

Tlf. 21 5850 00 - Fax: 21 50 50 01

Serie

**PR.2**

Dybde

**8,4**

Testnr.

Dato:

**06.10.2009**

Kontrollert:

*bes*

Godkjent:

*bes*

Oppdrag nr.:

**812112**

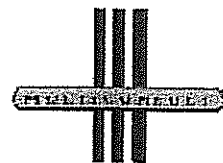
Tegning nr.:

**82**

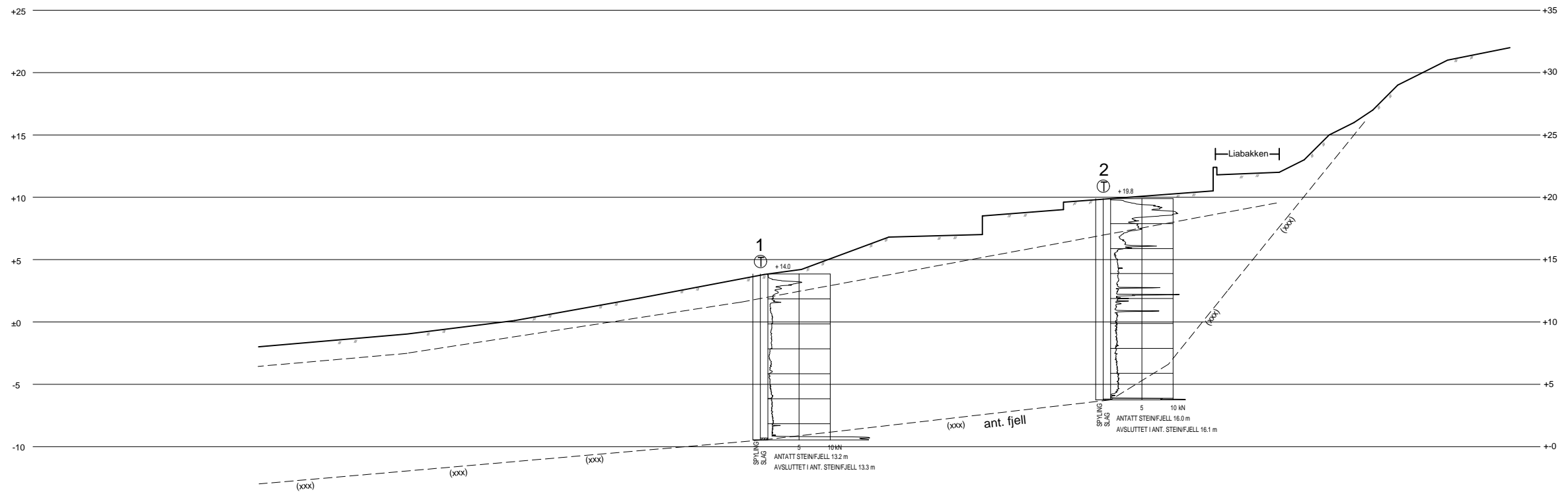
Tegnet:

**SK**

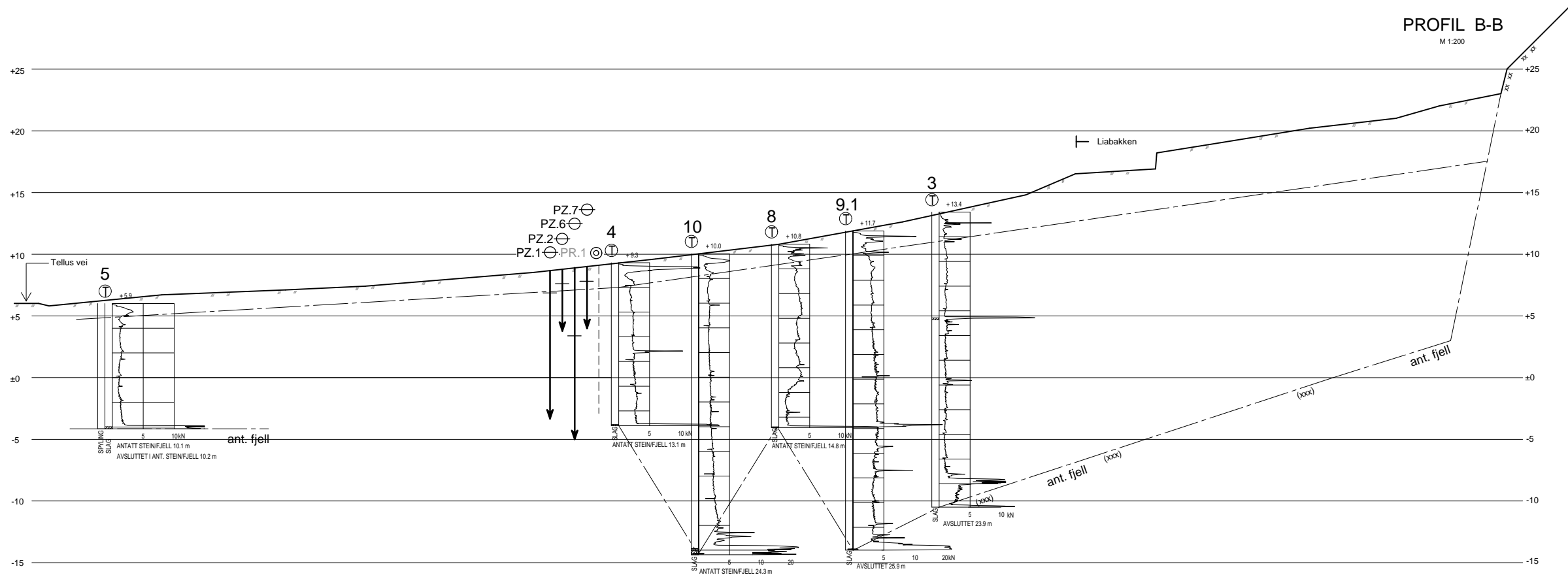
Rev.:



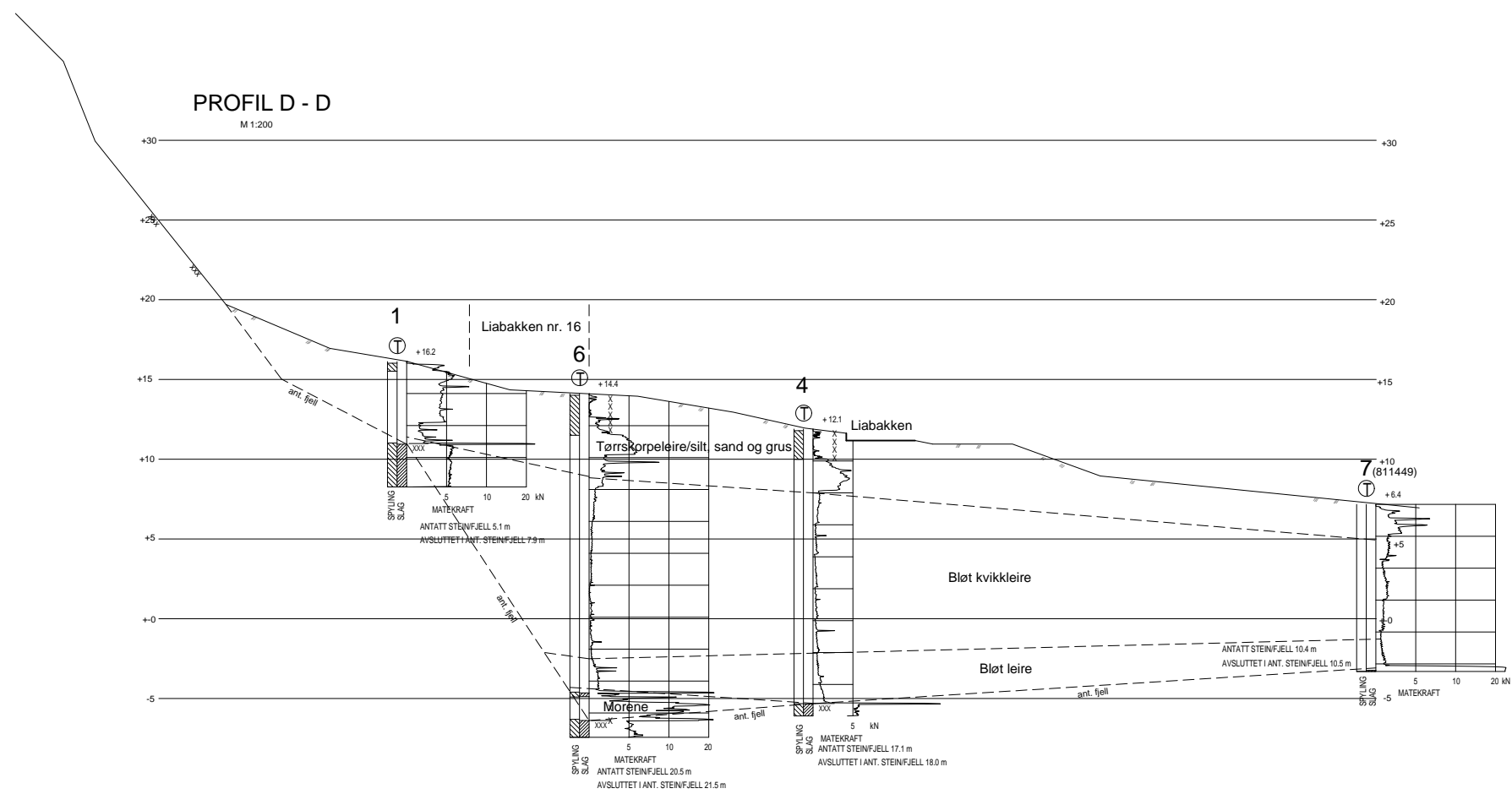
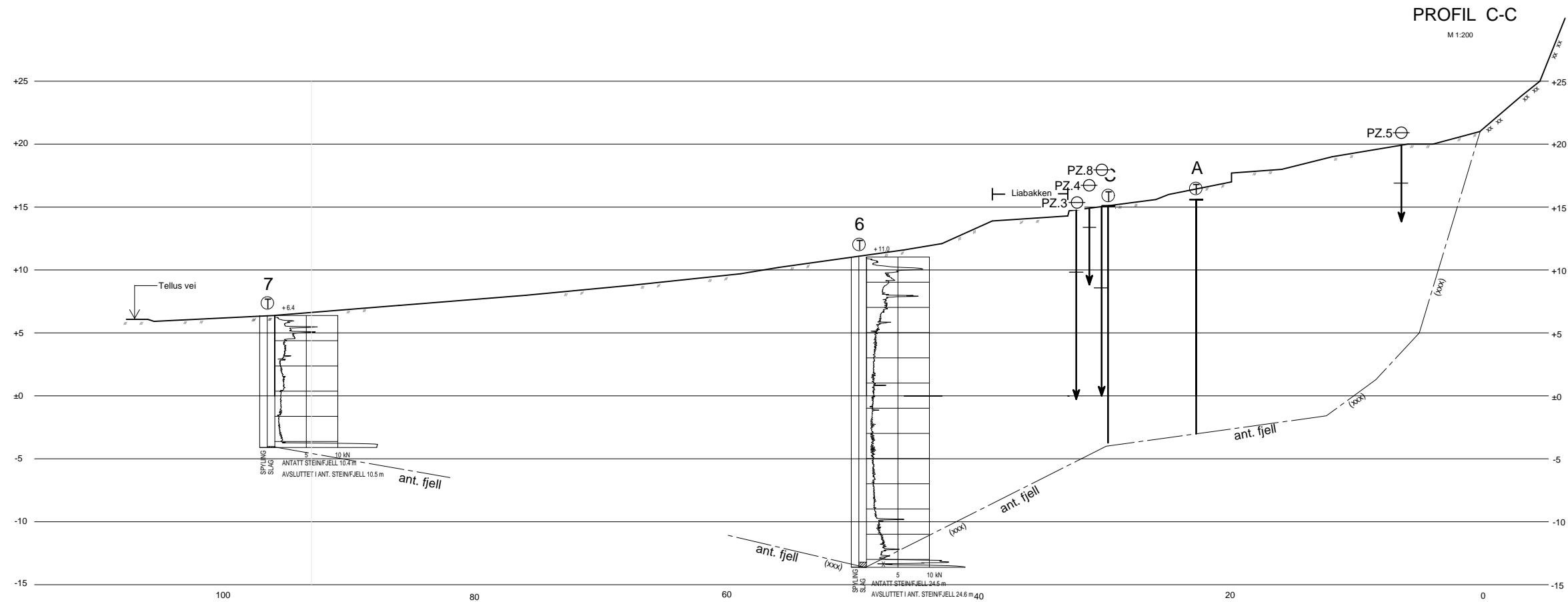
PROFIL A - A



PROFIL B-B  
M 1:200

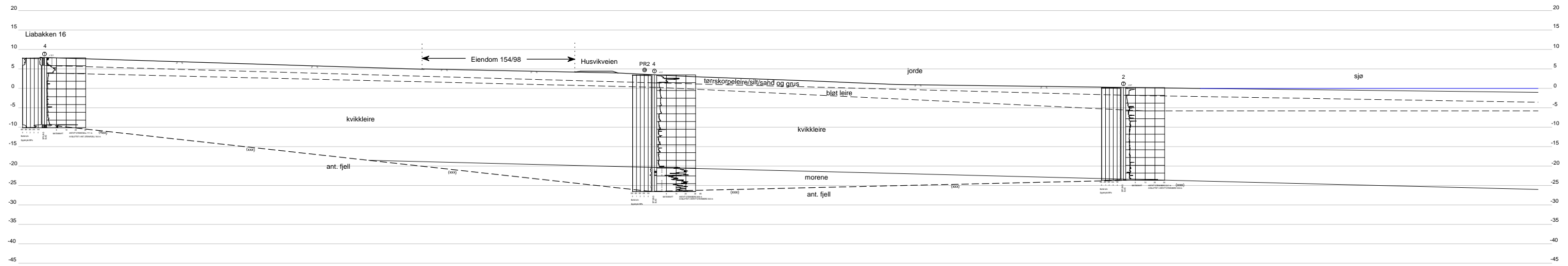


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
PROFIL A - A og B - B		Originalformat	A1		
		Tegningens filnavn			
TØNSBERG KOMMUNE LIABAKKEN, RÅEL		Målestokk	1 : 200		
MULTICONSULT AS Kilørgaten 1, Pb. 1287, 3105 Tønsberg Tel.: 33744020 - Fax.: 33744029		Dato	Konstr. tegnet	Kontrollert	Godkjert
	Oppdragsnr.	16.06.2010	SSJ		
	Tegningnr.	812112			
					100

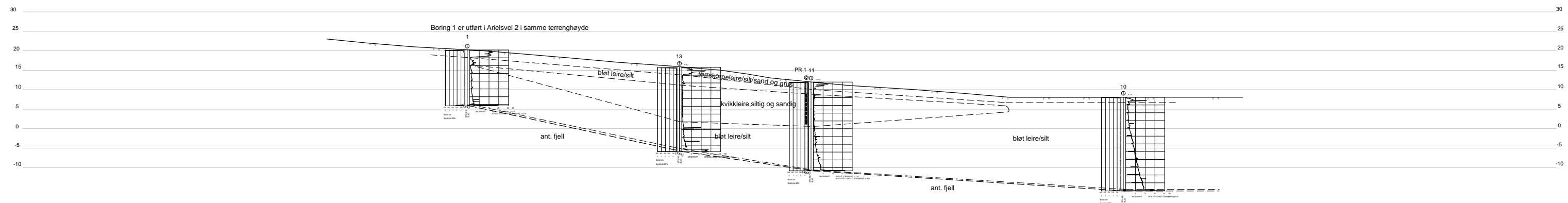


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>PROFIL C - C og D - D</b>		Originalformat	A1		
		Tegningens filnavn			
		Målestokk	1 : 200		
<b>TØNSBERG KOMMUNE</b> <b>LIABAKKEN, RÆL</b>		Konstr. tegnet	SSJ	Kontrollert	Godkjert
<b>MULTICONSULT AS</b> Kilvingen 1, Pb. 1287, 3105 Tønsberg Tel. 33744020 - Fax: 33744029		Dato	16.06.2010	Oppdragsnr.	812112
		Tegningnr.		101	Rev.

Profil E - E, søndre delen av "kvikkleiresonen", ned mot sjøen



Profil F - F, nordre delen av "kvikkleiresonen", vestvendt skråning



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Originalformat	A1	Fag	
<b>PROFIL E - E og F - F</b> TØNSBERG KOMMUNE LIABAKKEN, RÅEL		Målestokk	1 : 500		
<b>MULTICONSULT AS</b> Kjøllergaten 1, Pb. 1287, 3105 Tønsberg Tel.: 33744020 - Fax.: 33744029		Dato	16.06.2010	Konstr. tegnet	SSJ
		Oppdragsnr.	812112	Tegningnr.	102
		Kontrollert		Godkjert	
		Rev.			



TERRENGKOTE BUNNKOTE	9.3	DYBDE m PRØVE	VANNINNHold OG KONSISTENSGRENSER				n %	O <sub>Na</sub> %	γ kN m <sup>3</sup>	UDRENERT SKJÆRSTYRKE S <sub>u</sub> (kN/m <sup>2</sup> )				S <sub>t</sub>
			20	30	40	50				10	20	30	40	
MATJORD, SAND,GRUS														
murbiter														
LEIRE, SANDIG														
Gruskorn, Trerester						44		19.0						6
Grusig						36		20.4						10
Grusig						46		18.7						40
Noe grusig						52		17.7						27
KVIKKLEIRE, SANDIG		5				39		19.9						87
Noe grusig						50		18.2						84
Noe grusig TK						47	O	18.7						87
Noe grusig						42		19.4						50
Noe grusig						41		19.6						33
Noe grusig		10				34		20.7						30
Noe grusig TK						36	O	20.4						
						39	O	19.9						
		15												
		20												

PR= Ø 54 mm

SK=SKOVLBORING

PG=PRØVEGROP

LAB.BOK 1853

BORBOK 21268

○ VANNINNHold

— W<sub>L</sub> FLYTEGRENSE

— W<sub>P</sub> PLASTISITETSGRENSE

n = PORØSITET

O<sub>Na</sub> = HUMUSINNHold

O<sub>gl</sub> = GLØDETAP

γ = TYNGDETTET

▽ KONUSFORSØK

○ TRYKKFORSØK

15-○-5 % DEFORMASJON VED BRUDD

○ OMRØRT SKJÆRSTYRKE

S<sub>t</sub> SENSITIVITET

Ø-ØDOMETERFORSØK P=PERMEABILITET K=KORNGRADERING T=TREAKSIALFORSØK

## PRØVESERIE

Borpunkt nr.

PR.1

Tegnet

SK

Side

1 av 1

EVENTYRHUS AS

LIABAKKEN 15, TØNSBERG

Borplan nr.

-1

Kontr.

6/9

Boret dato

15.02.2008

Dato

19.04.08



MULTICONSULT AS

Nedre Skøyen vei 2 - Pb. 265 Skøyen - 0213 OSLO

Tlf. 21 58 50 00 - Fax: 21 58 50 01

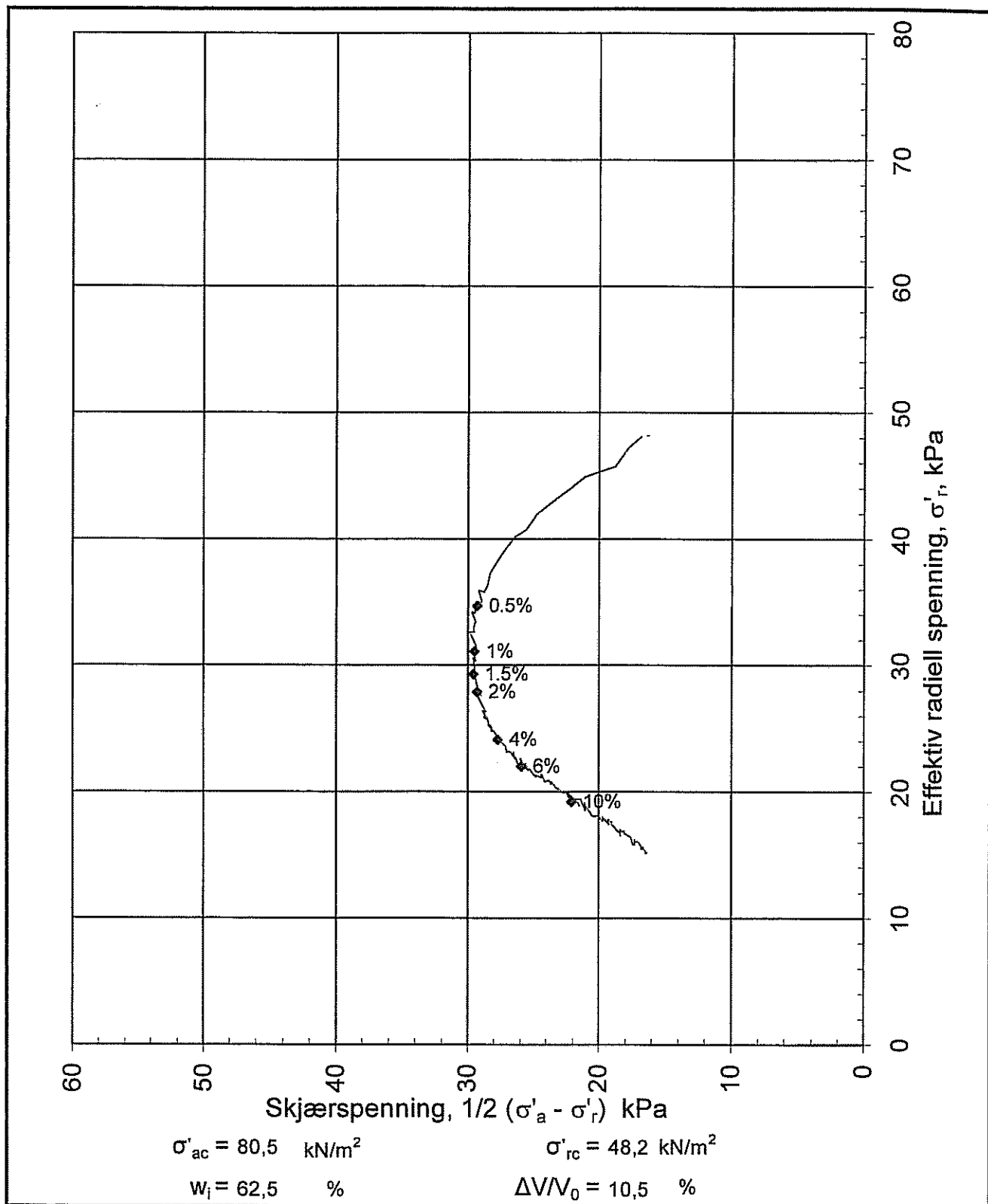
Oppdrag nr.

811449

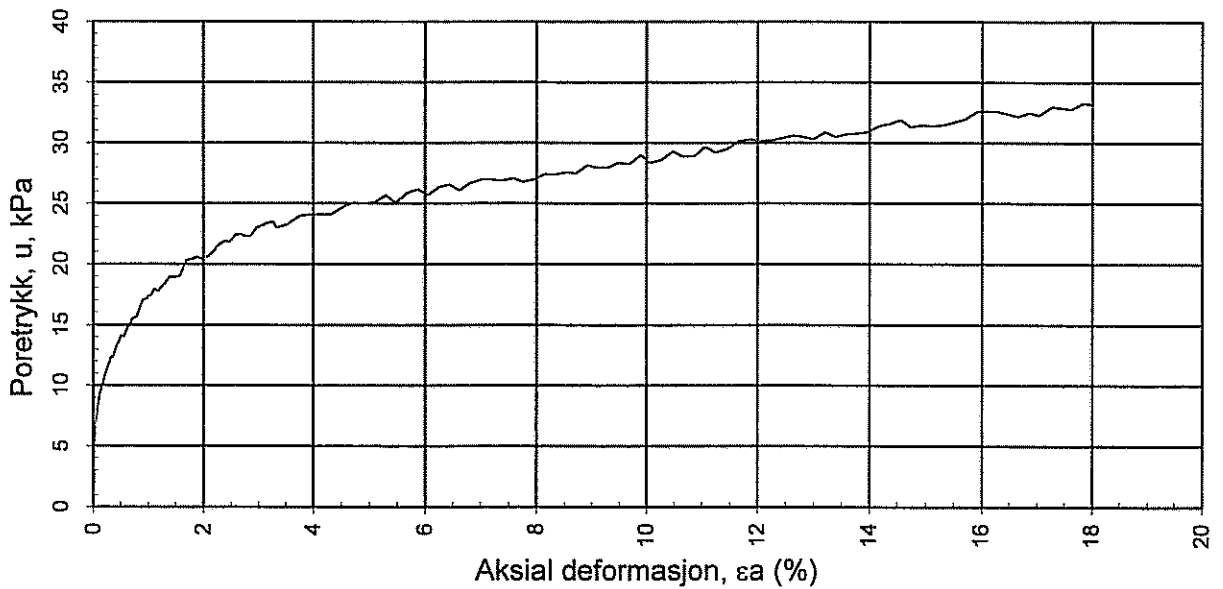
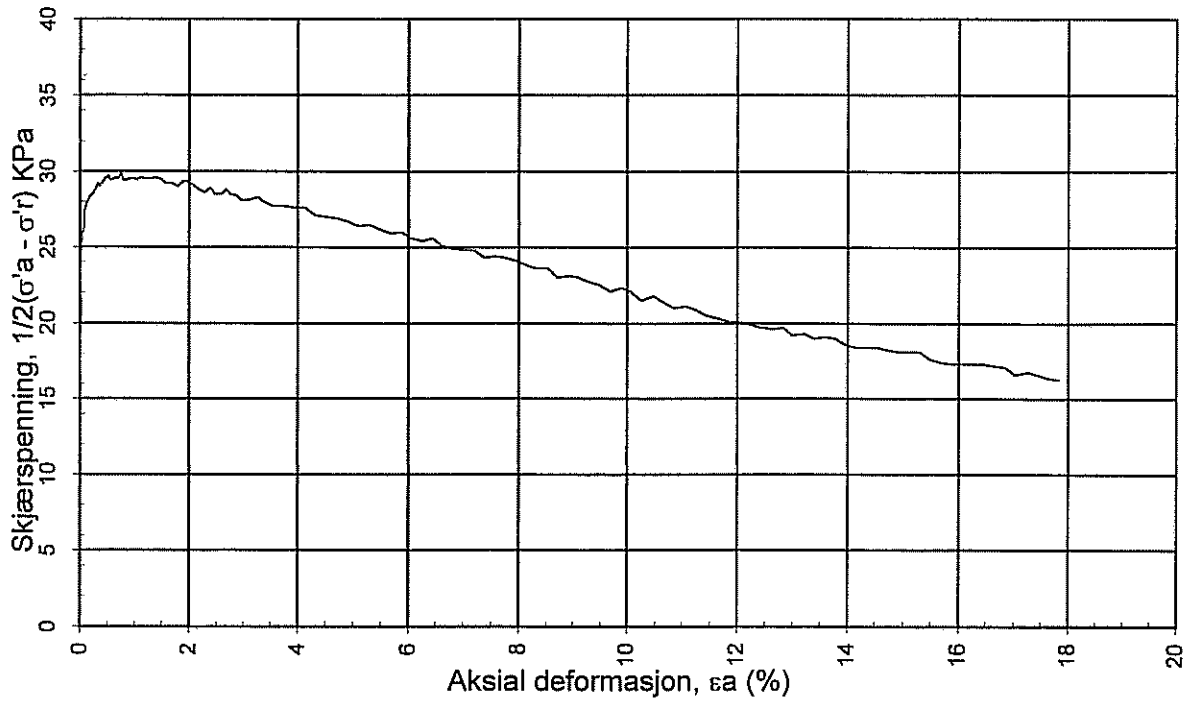
Tegning nr.

10

Rev.



<b>LIABAKKEN</b>			Tegningens filnavn: PR1A
LIABAKKEN 15, TØNSBERG			
TREAKSIALFORSØK Aktiv, hovedspenningsvektor			
<b>MULTICONSULT AS</b> Nedre Skøyen vei 2 Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo Tlf. 21 58 50 00 - Fax: 21 58 50 01	Serie PR.1	Dybde 6,35	Testnr.
	Dato: 03.04.2008	Kontrollert: <i>637</i>	Godkjent: <i>637</i>
	Oppdrag nr.: 811449	Tegning nr.: 75	Tegnet: SK



$\sigma'_{ac} = 80,5 \text{ kN/m}^2$   
 $\Delta V/V_0 = 10,5 \text{ \%}$

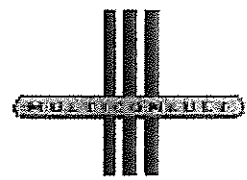
$\sigma'_{rc} = 48,2 \text{ kN/m}^2$   
 $W_i = 62,5 \text{ \%}$

**LIABAKKEN**  
**LIABAKKEN 15, TØNSBERG**

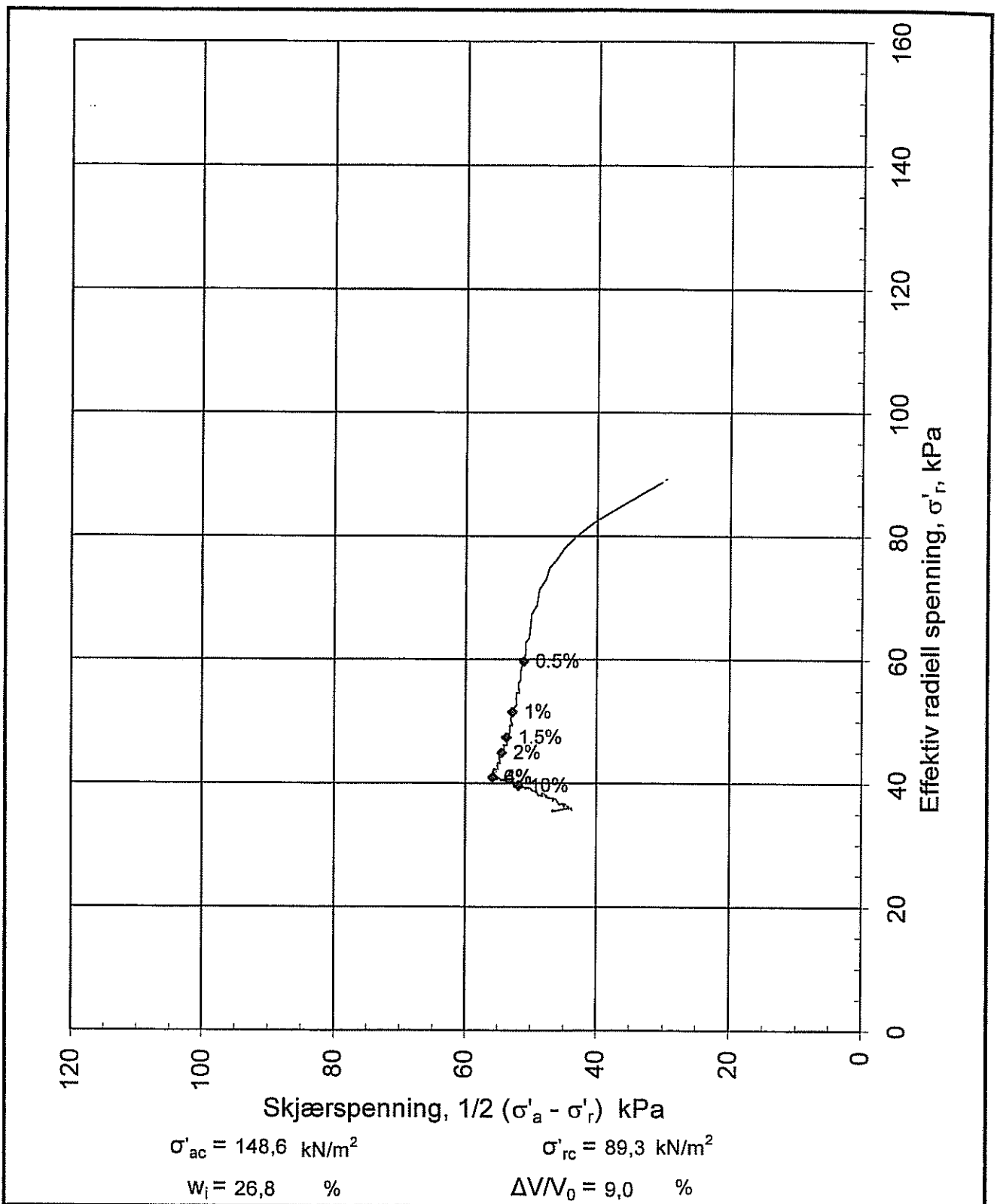
Testningens filnavn:  
**PR1A**

**TREAKSIALFORSØK Aktiv, arbeidskurve, poretrykk**

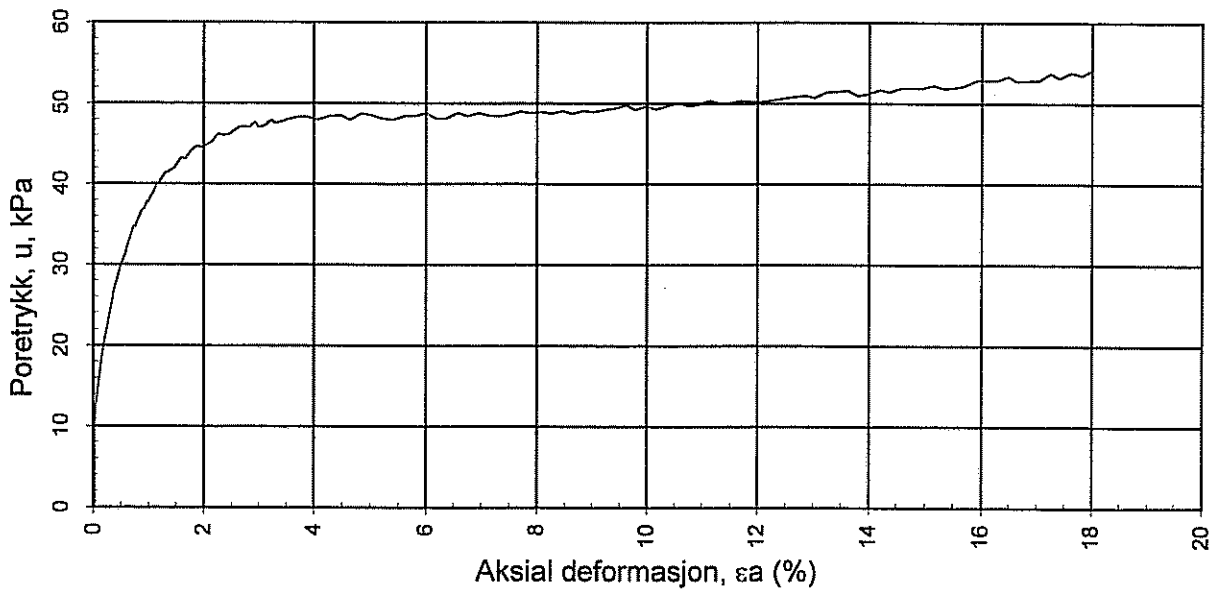
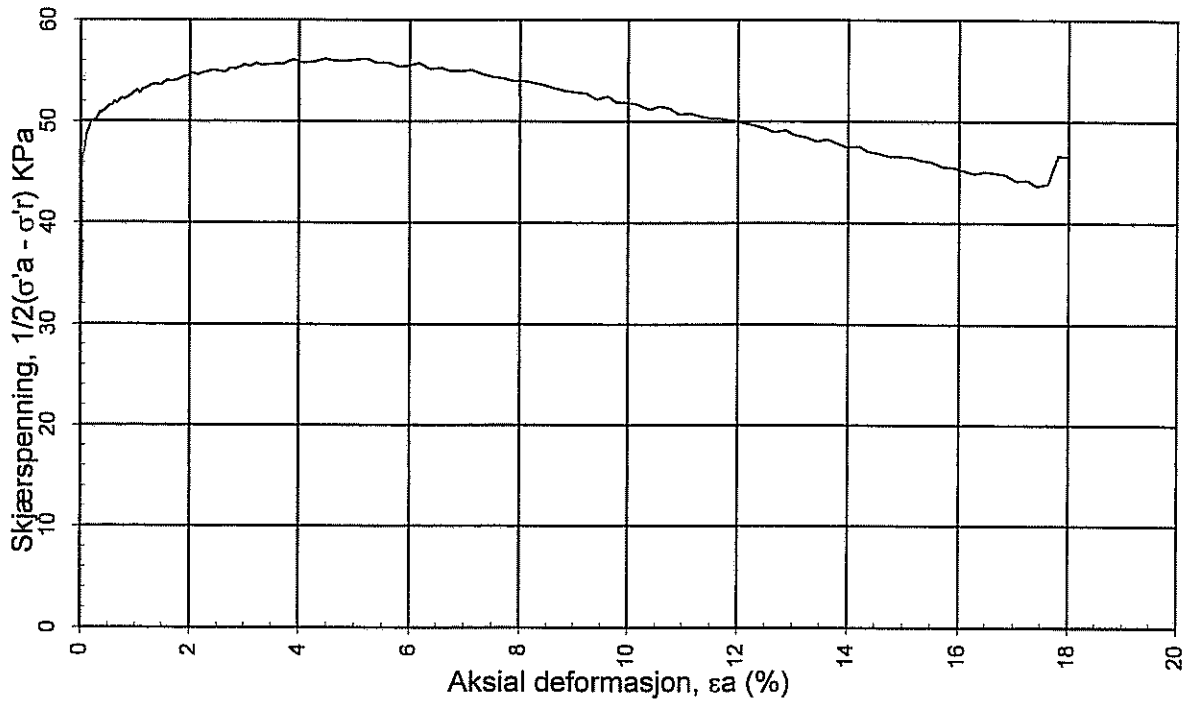
<b>MULTICONSULT AS</b> Nedre Skøyen vei 2- Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo Tlf. 21 5850 00 - Fax: 21 58 50 01	Serie <b>PR.1</b>	Dybde <b>6,35</b>	Testnr.
	Dato: <b>03.04.2008</b>	Kontrollert: <i>be3</i>	Godkjent: <i>be3</i>
	Oppdrag nr.: <b>811449</b>	Testning nr.: <b>76</b>	Testnet: <b>SK</b>



Rev.:



<b>EVENTYRHUS AS</b>				Tegningens filnavn: PR1B		
LIABAKKEN 15, TØNSBERG						
TREAKSIALFORSØK Aktiv, hovedspenningsvektor						
<b>MULTICONSULT AS</b> Nedre Skøyen vei 2 Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo Tlf. 21 58 50 00 - Fax: 21 58 50 01	Serie	Dybde	Testnr.			
	Dato:	Kontrollert:	Godkjent:			
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Tegnet:			
	PR.1	11,45		811449	77	SK
	03.04.2008	<i>CS</i>	<i>CS</i>			



$\sigma'_{ac} = 148,6 \text{ kN/m}^2$   
 $\Delta V/V_0 = 9,0 \text{ \%}$

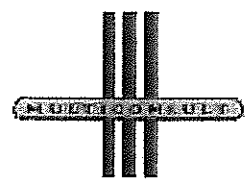
$\sigma'_{rc} = 89,3 \text{ kN/m}^2$   
 $w_l = 26,8 \text{ \%}$

**EVENTYRHUS AS**  
 LIABAKKEN 15, TØNSBERG

Teanningsfilnavn:  
 PR1B

TREAKSIALFORSØK Aktiv, arbeidskurve, poretrykk

<b>MULTICONSULT AS</b> Nedre Skøyen vei 2- Pb. 265 Skøyen - 0213 Oslo Tlf. 21 5850 00 - Fax: 21 58 50 01	Serie PR.1	Dybde 11,45	Testnr.
	Dato: 03.04.2008	Kontrollert: <i>627</i>	Godkjent: <i>627</i>
	Oppdrag nr.: 811449	Teanna nr.: 78	Teannet: SK



Rev.:

PROSJEKT : 4243

Liabakken 14, Tønsberg

# PRØVESERIE 8

FIGUR 1

DATO 8.11.07

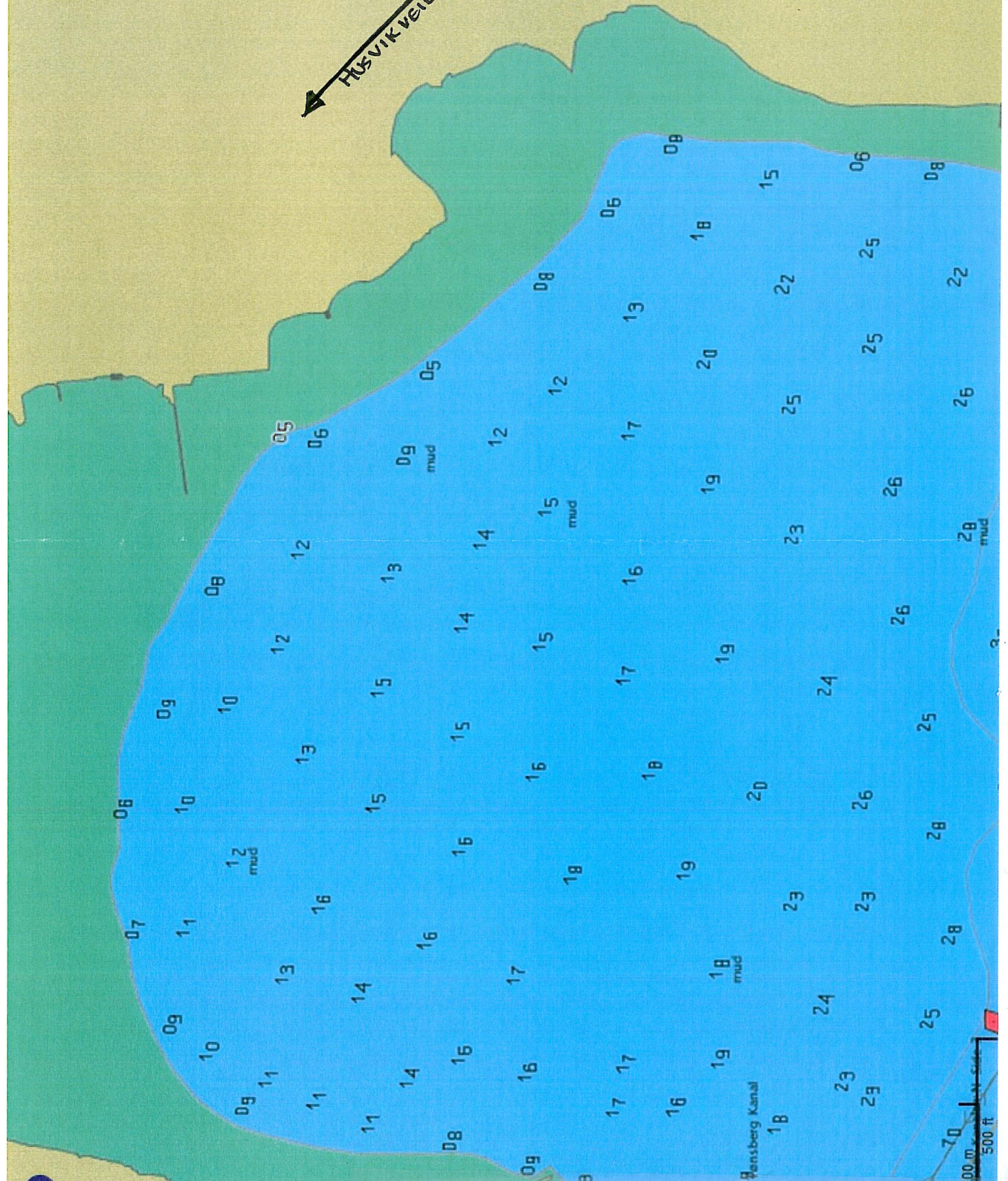
DYBDE	PRØVE	BESKRIVELSE, LL, PL, etc.	VANN INN % av tørr vekt	VÅT ROM- VEKT t/m <sup>3</sup>	TØRR ROM- VEKT t/m <sup>3</sup>	ENKELT		KONUS		TILSVARENDE	
						TRYKKFORSØK		uOMR kN/m <sup>2</sup>	OMR. kN/m <sup>2</sup>	LAB. VINGEBOR	SONDERING
						Qu kN/m <sup>2</sup>	deform %				
1											
2	89		16 20	2,22	1,92	222	6				
3		Tørskorpeleire, siltig, sandig	19	2,07	1,74	250	7				
4	107	Leire, siltig, litt sand og grus, gråbrun øverst	26 34	1,95	1,46	100	6	50	3		
5			29 30	2,0	1,55	67	6				
6	87		31 24	2,08	1,67	70	7	37	7		
7		Leire, siltig, sandig, grusig	29 23	2,05	1,59	62	7	36	6		
8	76	Kvikkleire, litt sandig og grusig øverst	31 29	2,01	1,55	27	5	23	0		
9			41 30	1,89	1,34	25	4	24	0		
10	2	Kvikkleire, litt sandig og grusig	28 31	2,06	1,57	20	5	18 18	0 0		
11			25 23	2,06	1,65	25	5	12	0		
12	93	Kvikkleire, mye sand og grus	22 24	2,11	1,71	15	5	12	0		
13			23 26	2,09	1,69	15	4				
14	39	Kvikkleire, litt sandig og grusig	25 30	1,97	1,52	17	4	17	0		
15			34 30	1,94	1,45	20	5	19	0		
16	91	Kvikkleire, siltig, sandig	31 26	2,03	1,62	22	5				
17			22 28	2,14	1,76	22	5				
18	38	Prøven delvis forstyrret	26 22 25								
19		Leire, siltig og sandig, kvikk (sensitiv)	22	2,10	1,72	17	5	12	0		


uomr/omr refererer til uomrørt og omrørt skjærfasthet i kN/m<sup>2</sup>





LIARAKKEN  
 HUSVIKVEIEN



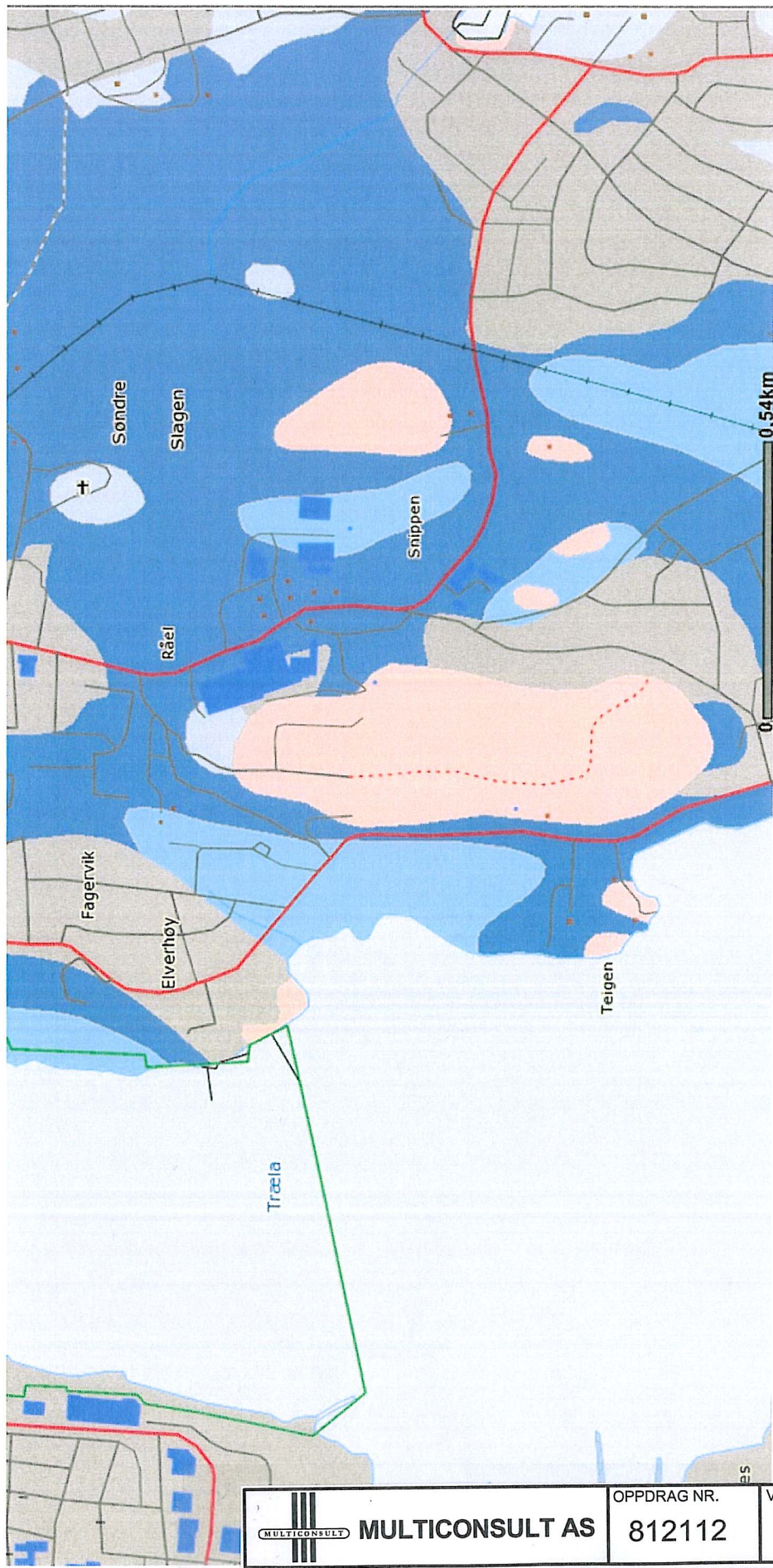
	<b>MULTICONSULT AS</b>		
	OPPDAG NR. 812112	VEDL. NR. 1	SIDE 1/1




Hensberg Kanal



- Lesmasse flate - beste
- Tynn morene
- Tykk morene
- Randmorene
- Breelavsetning
- Bresjø-/innsjøavsetning
- Hav- og fjordavsetning, strandavsetning, tynt dekke
- Hav- og fjordavsetning, tykt dekke
- Marin strandavsetning
- Elveavsetning
- Vindavsetning
- Forvittringsmateriale
- Skredmateriale
- Steinbreavsetning
- Torv og myr
- Tynt humus-/torvdekke
- Fyllmasse
- Bart fjell, stedvis tynt løsmassedekke



 <b>MULTICONSULT AS</b>	OPPDRAG NR.	VEDL. NR.	SIDE
	812112	2	1/1