

---

RAPPORT

# Reguleringsplan Borkamo

---

OPPDRAKSGIVER

Marine Harvest Norway AS

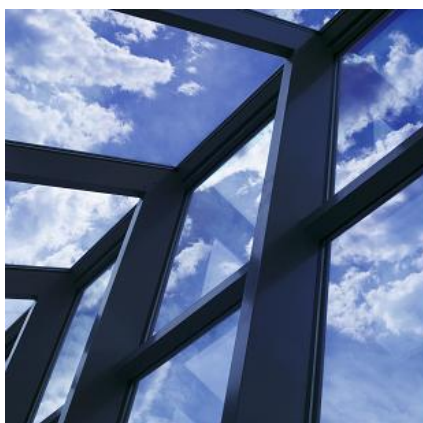
EMNE

Geotekniske vurderinger

DATO / REVISJON: 28. januar 2015 / 01

DOKUMENTKODE: 415026-RIG-RAP-002\_rev01

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAAG	<b>Reguleringsplan Borkamo</b>	DOKUMENTKODE	415026-RIG-RAP-002_rev01
EMNE	Geotekniske vurderinger	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	<b>Marine Harvest Norway AS</b>	OPPDRAAGSLEDER	Marit Isachsen
KONTAKTPERSON	Ketil Pettersen	UTARBEIDET AV	Marit Isachsen
KOORDINATER	SONE: 33N ØST: 4031 NORD: 72459	ANSVARLIG ENHET	3012 Midt Geoteknikk
GNR./BNR./SNR.			

## SAMMENDRAG

Marine Harvest Norway AS planlegger en utvidelse av eksisterende smoltanlegg på Borkamo i Brønnøy kommune. Utvidelsen er planlagt på fylling i sjø. Det planlagte utvidelsesområdet er relativt flatt, men et lite stykke utenfor faller marbakken bratt, stedvis med helning 1:1. Multiconsult er engasjert for å utføre geotekniske vurderinger i forbindelse med reguleringsplan. Foreliggende notat oppsummerer Multiconsults vurderinger.

Grunnundersøkelser i området indikerer at løsmassene hovedsakelig består av finsand over leire. Leiren er kvikk innerst på området.

Stabilitetsberegninger bekrefter at marbakken er labil, og det kan ikke utelukkes at det vil gå et flyteskred som følge av utleggingen av fyllingen dersom det ikke gjøres stabiliserende tiltak i marbakken. Det er derfor ikke forsvarlig å gjennomføre planlagte utfyllingsarbeider uten at det først utføres stabiliserende tiltak i marbakken.

Prosjektet er gjennomførbart dersom det utføres omfattende stabiliseringstiltak. Et aktuelt tiltak er mudring av øverste del av marbakken i kombinasjon med en motfylling ned mot berg. Alternativt kan det utføres en mer omfattende nedslaking av marbakken til helning ca. 1:3. I begge tilfeller bør det igangsettes tiltak for å redusere poretrykkoppbyggingen i marbakken, for eksempel ved å etablere vertikaldren mellom planlagt utfylling og marbakken, samt lagvis utlegging av fyllingen.

Tiltaket med fyllingsutvidelse og sikringstiltak må detaljprosjekteres. På grunn av store vanddybder, labil beregningsmessig stabilitet i dagens situasjon og relativt store volum på tiltakene, må sikringsarbeidene påregnes å bli meget krevende.

*I revisjon 01 er det tatt hensyn til kommentarer fra uavhengig kontrollør. Revidert tekst er skrevet i kursiv.*

01	28.01.2015	Revidert etter kommentarer fra uavhengig kontrollør	Marit Isachsen	Arne Vik <i>AV</i>	Arne Vik <i>AV</i>
00	27.11.2014	Geoteknisk vurderingsrapport	Marit Isachsen	Arne Vik	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
1.1	Utførte grunnundersøkelser .....	5
<b>2</b>	<b>Topografi og grunnforhold .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Prosjekteringsforutsetninger .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Geoteknisk vurdering.....</b>	<b>6</b>
4.1	Dagens situasjon .....	6
4.1.1	Lokalstabilitet.....	6
4.1.2	Områdestabilitet .....	6
4.1.3	Flyteskred.....	7
4.1.4	Behov for stabiliserende tiltak .....	7
4.2	Konklusjon .....	8
4.3	Sluttkommentar.....	8

## TEGNINGER

415026-RIG-TEG	-001	Plantegning
	-002	<i>Plantegning – antatt avgrensning kvikkleire</i>
	-003	<i>Plantegning – skisse berørt område (motfylling og avlastning)</i>
	-004	<i>Plantegning – skisse berørt område (avlastning helning 1:3)</i>
	-40.1	CPTU Bp.S-105B. Tolkning friksjonsvinkel
	-41.1	CPTU Bp.S-107 Tolkning friksjonsvinkel
	-42.6	CPTU Bp.112 Tolkning $S_{uE}$ korrelert mot $B_q$
	-42.7	CPTU Bp.112 Tolkning $S_{uE}$ korrelert mot $S_t$ , OCR og $I_p$
	-42.8	CPTU Bp.112 Tolkning prekonsolideringsspenning
	-42.9	CPTU Bp.112 Tolkning OCR
	-42.10	<i>CPTU Bp.112 SHANSEP</i>
	-075.3	Ødometer Bp.112 $d=7,4$ m, tolkning
	-300.1	Beregningsprofil A-A, ADP-analyse, dagens situasjon
	-300.2	Beregningsprofil A-A, $a\phi$ -analyse, dagens situasjon
	-300.3_rev01	<i>Beregningsprofil A-A, ADP-analyse, planlagt utfylling og stabiliserende tiltak</i>
	-303.1	<i>Beregningsprofil D-D, ADP-analyse, dagens situasjon</i>
	-303.2	<i>Beregningsprofil D-D, <math>a\phi</math>-analyse, planlagt utfylling og stabiliserende tiltak</i>
	-303.3	<i>Beregningsprofil D-D, ADP-analyse, planlagt utfylling og stabiliserende tiltak</i>

## VEDLEGG

Vedlegg A - Prosjekteringsforutsetninger

Vedlegg B – Tolkning av materialparametere og stabilitetsberegninger

## 1 Innledning

Marine Harvest Norway AS har lenge hatt planer om utvidelse av industriområdet rundt dagens smoltanlegg. Scandiaconsult AS utførte derfor grunnundersøkelser i fjæreamrådet i 2003 og vurderte stabiliteten i fronten av en eventuell utfylling til å ha tilfredsstillende sikkerhet i forhold til datidens regelverk.

Multiconsult ble engasjert for å vurdere stabiliteten av utfyllingen, og for å vurdere eventuelle tiltak for å oppnå tilfredsstillende stabilitet. Det er i løpet av våren og sommeren 2012 utført omradestabilisering av hele området ved Borkamoen i forbindelse med Statens vegvesens arbeider med Fv.76 Malvikhammertunnelen. På bakgrunn av dette, samt undersøkelser og vurderinger fra Scandiaconsult, konkluderte Multiconsult i notatet 415026-RIG-NOT-01 med at det kunne være mulig å regulere området i henhold til Marine Harvest Norway AS' utvidelsesplaner, forutsatt at det ble utført supplerende geotekniske grunnundersøkelser og geoteknisk prosjektering før eventuell oppstart av arbeidene.

Rambøll ble engasjert som 3. partskontrollør, og konkluderte i Notat 6130481 G-not-001 datert 9.4.2013 at utredningen for reguleringsplannivå var mangelfull. Det ble blant annet påpekt at det manglet beregninger som viser faren for et eventuelt skred i marbakken. Rambøll foreslo å benytte konservative materialparametere ettersom det foreløpig ikke var utført grunnundersøkelser i marbakken. Dersom beregningene ga tilfredsstillende sikkerhet, burde det suppleres med grunnundersøkelser.

Multiconsult utførte beregninger med antatt konservative materialparametere, oppsummert i notat 415026-RIG-NOT-002. Med gitte forutsetninger var det ikke mulig å dokumentere tilstrekkelig stabilitet i marbakken.

Marine Harvest Norway AS har engasjert Multiconsult til å utføre grunnundersøkelser i et slikt omfang at det er mulig trekke en endelig beslutning om utfyllingsplanene er gjennomførbare og vurdere hvilke stabiliserende tiltak som eventuelt må iverksettes for å oppnå tilstrekkelig stabilitet.

Foreliggende rapport presenterer beregninger og oppsummerer Multiconsults vurderinger angående planlagt utfylling.

### 1.1 Utførte grunnundersøkelser

Multiconsult, Scandiaconsult AS og Sweco AS har utført grunnundersøkelser i forbindelse med prosjektet. Grunnundersøkelsene er beskrevet i følgende rapporter:

- Multiconsults rapport 415026-RIG-RAP-001 «Reguleringsplan Borkamo. Datarapport», datert 27.11.2014.
- Scandiaconsults rapport 630415A Rapport nr. 1, «Fjord Seafood Norway AS. Tosbotn klekkeri og settfiskanlegg. Grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering», datert 26.11.2003.
- Swecos rapport nr. 479571-G-01, datert 18.8.2014.

I tillegg har Seløy Undervannservice AS foretatt en dykkerinspeksjon. Dette er dokumentert på film:

- Seløy Undervannservice AS: Dykkerinspeksjon Tosbotn

## 2 Topografi og grunnforhold

I følgende avsnitt er grunnforholdene kort oppsummert. For en mer detaljert oversikt henvises det til tekst og tegninger i datarapport 415026-RIG-RAP-001.

Ekisterende smoltanlegg ligger i foten av en bratt skråning innerst i en vik i Tosenfjorden i Brønnøy kommune. Selve planområdet er relativt flatt, med en helning på ca. 1:10. Noe utenfor planområdet faller marbakken med gjennomsnittlig helning på ca. 1:1,5, lokalt brattere.

Utførte grunnundersøkelser indikerer at grunnen består av siltig sand over leire. Leiren har liten styrkeøkning med dybden. Innerst i viken, under planlagt fylling, er det registrert et lag med sprøbruddsmateriale/kvikkleire. Dette laget har en noe usikker utstrekning, men det er ikke registrert sensitiv leire ut mot marbakken.

## 3 Prosjekteringsforutsetninger

En oppsummering av prosjekteringsforutsetningene som er vurdert for prosjektet er gitt i følgende avsnitt. For nærmere beskrivelse henvises det til vedlegg A.

Den planlagte utfyllingen er vurdert å tilfredsstillende kravene for:

- Geoteknisk kategori 3
- Konsekvensklasse og pålitelighetsklasse CC2/RC2
- Kontrollklasse N «Normal»
- Tiltakskategori K3

Våre tolkninger, vurderinger og beregninger må kvalitetssikres av et uavhengig firma.

## 4 Geoteknisk vurdering

For oppsummering av valgte materialparametere, samt beskrivelser og resultater fra beregningene utført i forbindelse med prosjektet henvises det til Vedlegg B.

### 4.1 Dagens situasjon

#### 4.1.1 Lokalstabilitet

Scandiaconsult har tidligere vurdert lokalstabiliteten av fyllingen til å være tilfredsstillende. Vurderingene er oppsummert i Scandiaconsults rapport 630415A Rapport nr. 1, datert 26.11.2003. Multiconsult støtter disse vurderingene. *Tilfredsstillende stabilitet er dokumentert på beregning 300.3 og 303.3.*

#### 4.1.2 Områdestabilitet

Det er i løpet av våren og sommeren 2012 utført områdestabilisering av hele området ved Borkamoen i forbindelse med Statens vegvesens arbeider med Fv.76 Målvikhammertunnelen. Områdestabiliteten ovenfor planområdet vurderes derfor akseptabel. Det er utført en ny vurdering av faregraden fra planområdet og ut i fjorden. Vurderingen er vist i Vedlegg A, og plasserer området i faregradsklasse «middels» under anleggsperioden.

*Antatt utbredelse av kvikkleire er vist på tegning –102. I henhold til kvikkleirelederen skal det utføres en vurdering av utløpsområde ved et eventuelt ras. I dette prosjektet vurderer vi dette irrelevant, da eventuelle rasmasser vil legge seg på sjøbunnen der det ikke vil være aktuelt med bebyggelse.*

Stabilitetsberegninger på dagens situasjon i marbakken utenfor planområdet viser at marbakken ligger med en beregningsmessig sikkerhet mot brudd på  $\gamma_M < 1,0$  for en udrenert situasjon (se tegning -300.1) og noe bedre for en drenert situasjon (se tegning -300.2). Dette tyder på at marbakken stabiliteten i marbakken er labil. En utfylling nær marbakken vil kunne føre til at det oppstår en udrenert situasjon med oppbygging av poretrykk i leirmassene i marbakken, og vil kunne utløse skred.

#### 4.1.3 Flyteskred

Flyteskred inntreffer i hovedsak i undersjøiske skråninger med sand og silt, og er oftest betydelig større enn tilsvarende skred på land. Skredene går ofte i områder der konvensjonelle stabilitetsberegninger tilsier at det skal være akseptabel stabilitet. Flyteskredene utløses ofte etter etablering av fylling relativt langt innenfor marbakken, og som medfører poretrykksoppbygging. Karakteristisk har et flyteskredmateriale midlere kornstørrelse  $0,05\text{ mm} < d_{50} < 0,2\text{ mm}$ , graderingstall  $d_{60}/d_{10} < 5$  og porøsitet  $n < 44\%$ .

Utførte kornfordelingsanalyser på prøver av sanden viser at sanden har egenskaper som ligger på grensen til å være et typisk flyteskredmateriale. I 1,9 m dybde viser kornfordelingsanalysen at sanden har  $d_{50} = 0,24$  og  $d_{60}/d_{10} \approx 3$ . Kornfordelingsanalysen i 3,3 m dybde gir  $d_{50} = 0,09$  og  $d_{60}/d_{10} \approx 8$ . Begge disse analysene er utført på prøver fra hull 112. Kornfordelingsanalysene utført av Sweco i S-105 B er ikke utført med hydrometer, og  $d_{10}$  er derfor ikke målt på disse prøvene, men  $d_{50}$  er henholdsvis ca. 0,18 mm og 0,19 mm for 8-13 m dybde og 6-8 m dybde. På bakgrunn av dette kan det ikke utelukkes at det vil kunne gå et flyteskred i marbakken. *For å eventuelt kunne utelukke at materialet kan være utsatt for flyteskred, må det tas opp ytterligere prøver for dette formålet i byggeplanfasen. Ettersom opptatte prøver indikerer at sanden er lagdelt med finsand/silt, vil det trolig likevel være vanskelig å dokumentere at det ikke eksisterer betydelige lag som kan være utsatt for flyteskred, selv om det skulle vise seg at sandmassene i opptatte prøver generelt faller like utenfor definisjonen av flyteskredmateriale.*

#### 4.1.4 Behov for stabiliserende tiltak

Stabilitetsberegninger og tidligere erfaringer med tilsvarende topografi- og grunnforhold tilsier at det ikke er forsvarlig å etablere fyllingen som planlagt uten at det utføres omfattende stabiliserende tiltak. Da det er potensielt flyteskredmateriale i marbakken og kvikkleire noe lenger inn, er det vanskelig å vurdere hvor et eventuelt skred i marbakken vil stoppe. Vår vurdering er derfor at en utvidelse av smoltanlegget ikke vil kunne forsvares selv om fyllingskanten trekkes bakover i forhold til planlagt, uten at det utføres tiltak. Det er flere mulige stabiliseringstiltak som vil sikre tilfredsstillende stabilitet. De to tiltakene vi vurderer som mest aktuelle er kort beskrevet i det følgende.

Et alternativ for å oppnå akseptabel stabilitet er mudring av øvre del av marbakken kombinert med etablering av en motfylling ned mot berg, se vedlagt beregning på tegning -300.3 og -303.3. Motfyllingen kan delvis bestå av massene fra marbakken, men må dekkes med et lag med sprengstein. Tiltaket vil tilfredsstillende kravene til prosentvis forbedring i henhold til NVEs kvikkleireveileder 7/2014 *med relativt god margin, og kan trolig strammes opp en del detaljprosjekteringen. Et konservativt anslag over omfanget av tiltaket er vist på tegning -003.* Den planlagte utfyllingen i fjæreområdet er forutsatt bygget opp av samfengt sprengstein. Det bør legges ut fiberduk mellom de naturlige massene og steinfyllingen. Fyllingen må legges ut lagvis og komprimeres etter gjeldende standarder. Neste lag kan legges ut når poretrykket har stabilisert seg.

Som et annet alternativ kan det også være aktuelt å utføre en mer omfattende mudring med nedslaking av marbakken til helning ca. 1:3. *Dette vil medføre et arealbruk omtrent som vist på tegning –004.*

For å sikre at det ikke blir poretrykksoppbygging i marbakken som følge av arbeidene i fjæreområdet, kan det være aktuelt å installere vertikaldren mellom planlagt fylling og marbakken. Dette gjelder for begge de skisserte stabiliseringstiltakene. Under prosjektering bør det utarbeides et program for oppfølging av poretrykk i anleggsperioden.

Det må sørges for at fyllingen ikke hindrer utløpet til Leiråa som renner øst på planområdet.

Det må foretas detaljprosjektering før arbeidene kan starte.

## 4.2 Konklusjon

Multiconsult vurderer at prosjektet er gjennomførbart, forutsatt at det utføres omfattende stabiliserende tiltak. Tilfredsstillende stabilitet kan for eksempel oppnås ved mudring av øvre del av marbakken i kombinasjon med en motfylling ned mot berg, eller ved mer omfattende mudring med nedslaking av marbakken. Det kan være aktuelt med tiltak for å redusere poretrykksoppbyggingen ut mot marbakken, for eksempel ved å etablere vertikaldren. Det må føres kontroll med poretrykket i anleggsperioden for å forhindre vesentlig poretrykksoppbygging i marbakken.

## 4.3 Sluttkommentar

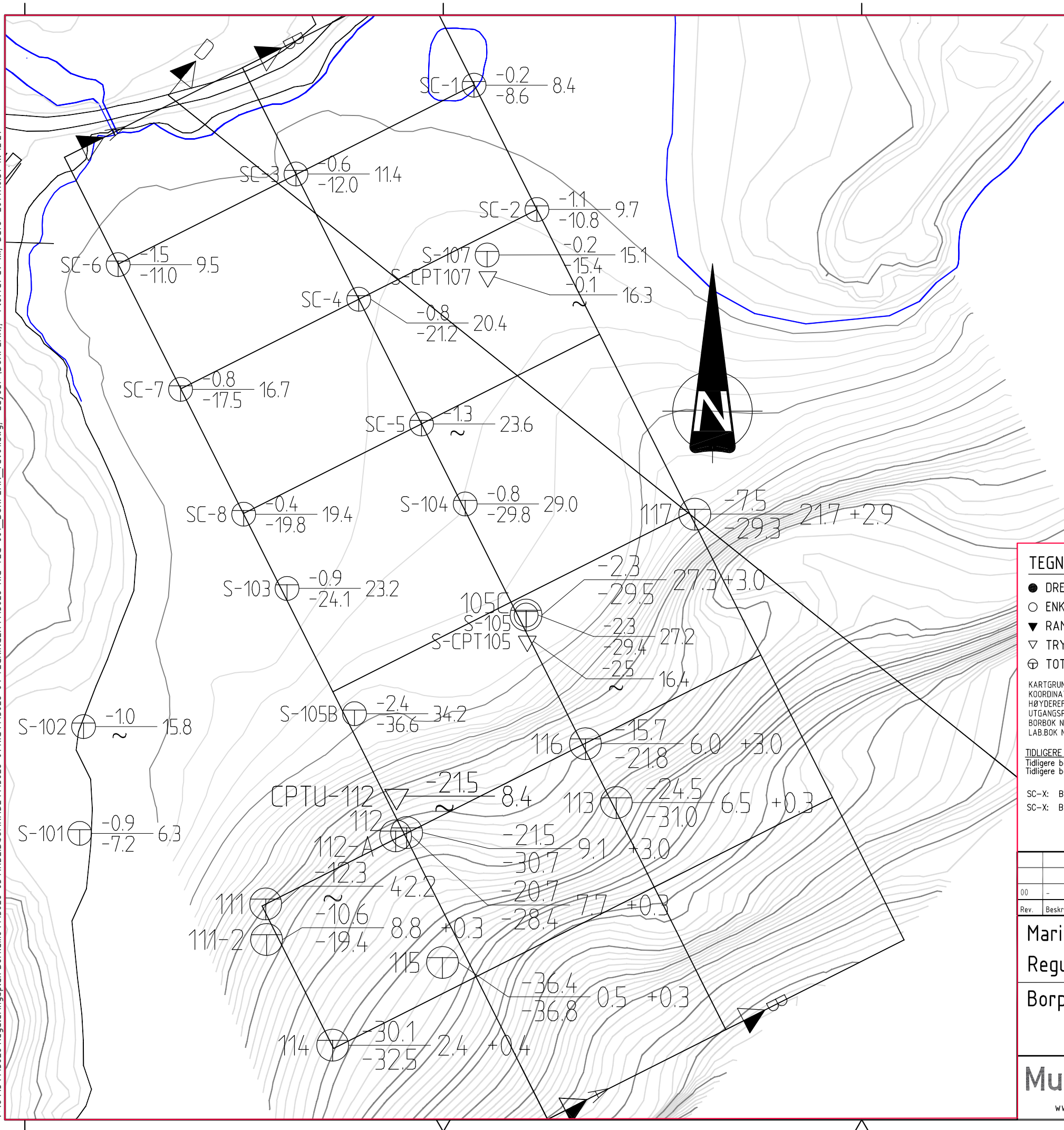
Våre vurderinger må kvalitetssikres av et uavhengig firma i henhold til kvikkleireveilederen.

Før oppstart av arbeidene må det utføres en geoteknisk detaljprosjektering.

På grunn av store vanddybder, labil beregningsmessig stabilitet i dagens situasjon og relativt store volum på tiltakene, må sikringsarbeidene påregnes å bli meget krevende.



V:\0415\415026 Reguleringsplan Borkamo\415026-03 ARBEIDSONMRÅDE\415026-01 RIG\415026-04 TEGNINGER\415026-RIG-TEG-001\_BORPLAN\_rev01.dwg, - Layout: (BORPLAN), - Plottet av: mi, Dato: 2014.10.31 kl 12:21



**TEGNFORKLARING:**

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPATEFORSØK
- +
- ⊕ PORETRYKKMÅLING
- ⊙ KJERNEBORING
- ★ FJELLKONTROLLBORING
- ⋈ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:  
 KOORDINATSYSTEM:  
 HØYDEREFERANSE:  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:  
 BORBOK NR:  
 LAB.BOK NR:

UTM  
 NN 1954

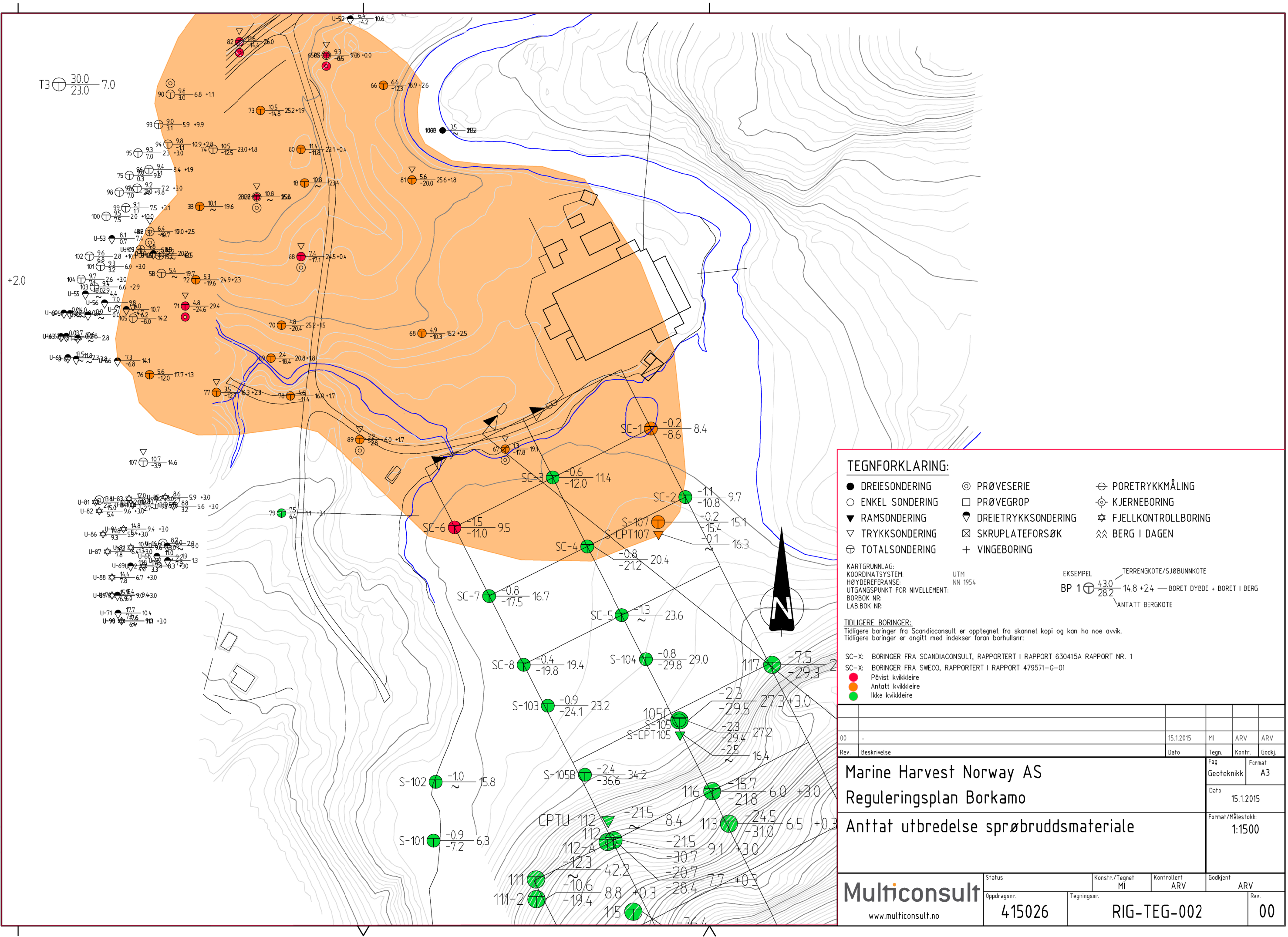
EKSEMPEL TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE  
 BP 1 ⊕  $\frac{430}{28.2}$  14.8 +2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG  
 ANTATT BERGKOTE

**TIDLIGERE BORINGER:**

Tidligere boringer fra Scandiaconsult er opptegnet fra skannet kopi og kan ha noe avvik.  
 Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhullsnr:  
 SC-X: BORINGER FRA SCANDIACONSULT, RAPPORTERT I RAPPORT 630415A RAPPORT NR. 1  
 SC-X: BORINGER FRA SWECO, RAPPORTERT I RAPPORT 479571-G-01

00	-	30.10.2014	MI	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Marine Harvest Norway AS			Fag	Format	
Reguleringsplan Borkamo			Geoteknikk	A3	
Borplan			Dato	30.10.2014	
			Format/Målestokk:	1:1000	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	MI	ARV	ARV
		415026	Tegningsnr.	RIG-TEG-001	Rev.
					00

V:\0415\415026\Reguleringsplan Borkamo\415026-01 RIG\415026-03 ARBEIDSONMRÅDE\415026-04 TEGNINGER\415026-RIG-TEG-002\_KVIKLEIRESONE.dwg, - Layout: (BORPLAN) - Plottet av: mi, Dato: 2015.01.15 kl 15:52



**TEGNFORKLARING:**

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPATEFORSØK
- ⊕ PORETRYKKMÅLING
- ⊙ KJERNEBORING
- ⊠ FJELLKONTROLLBORING
- ⊠ BERG I DAGEN
- + VINGEBORING

KARTGRUNNLAG: UTM  
 KOORDINATSYSTEM: NN 1954  
 HØYDEREFERANSE:  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:  
 BORBOK NR:  
 LAB.BOK NR:

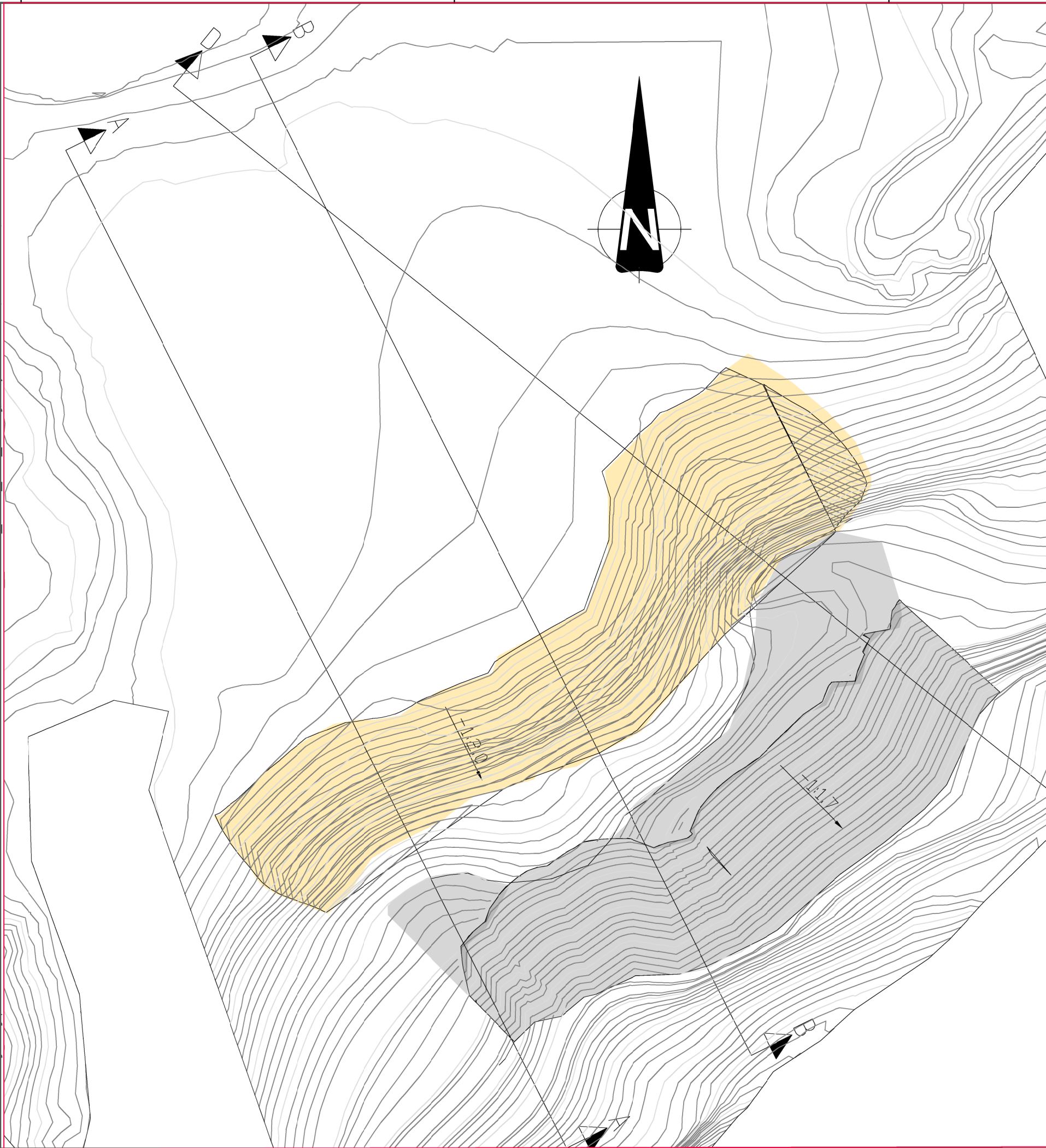
EKSEMPEL TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE  
 BP 1 ⊕ 430  
 28.2 14.8 +2.4 — BORET DYDE + BORET I BERG  
 ANTATT BERGKOTE

**TIDLIGERE BORINGER:**  
 Tidligere boringer fra Scandiaconsult er opptegnet fra skannet kopi og kan ha noe avvik.  
 Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhullsnr:

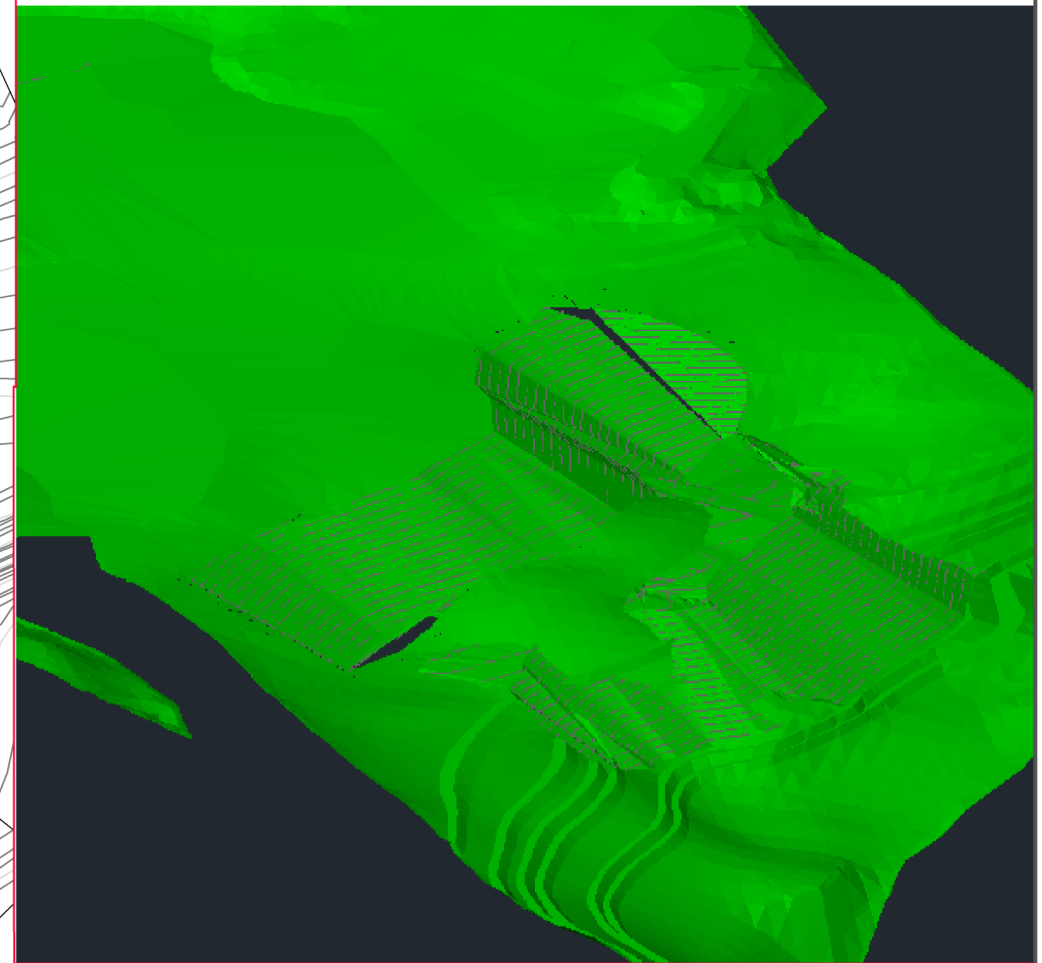
- SC-X: BORINGER FRA SCANDIACONSULT, RAPPORTERT I RAPPORT 630415A RAPPORT NR. 1
- SC-X: BORINGER FRA SWECO, RAPPORTERT I RAPPORT 479571-G-01
- Påvist kvikkleire
- Antatt kvikkleire
- Ikke kvikkleire

00 -	15.12.2015	MI	ARV	ARV
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
			Godkj.	
<b>Marine Harvest Norway AS</b>			Fag	Format
<b>Reguleringsplan Borkamo</b>			Geoteknikk	A3
<b>Antatt utbredelse sprøbruddsmateriale</b>			Dato	15.12.2015
<b>Multiconsult</b>			Format/Målestokk:	1:1500
www.multiconsult.no			Status	ARV
Oppdragsnr. <b>415026</b>		Tegningsnr. <b>RIG-TEG-002</b>	Konstr./Tegnet	Godkjent
MI		ARV	ARV	ARV
Rev. <b>00</b>				

V:\0415\415026\Reguleringssolan Borkamo\415026-03\ARBEIDSSOMRÅDE\415026-01\RIG\415026-04\TEGNINGER\415026-RIG-TEG-003\_TILTAK\_MUDR\_MOT.dwg - Layout: (BORRPLAN) - Plottet av: mi Dato: 2015.01.20 kl 9:56

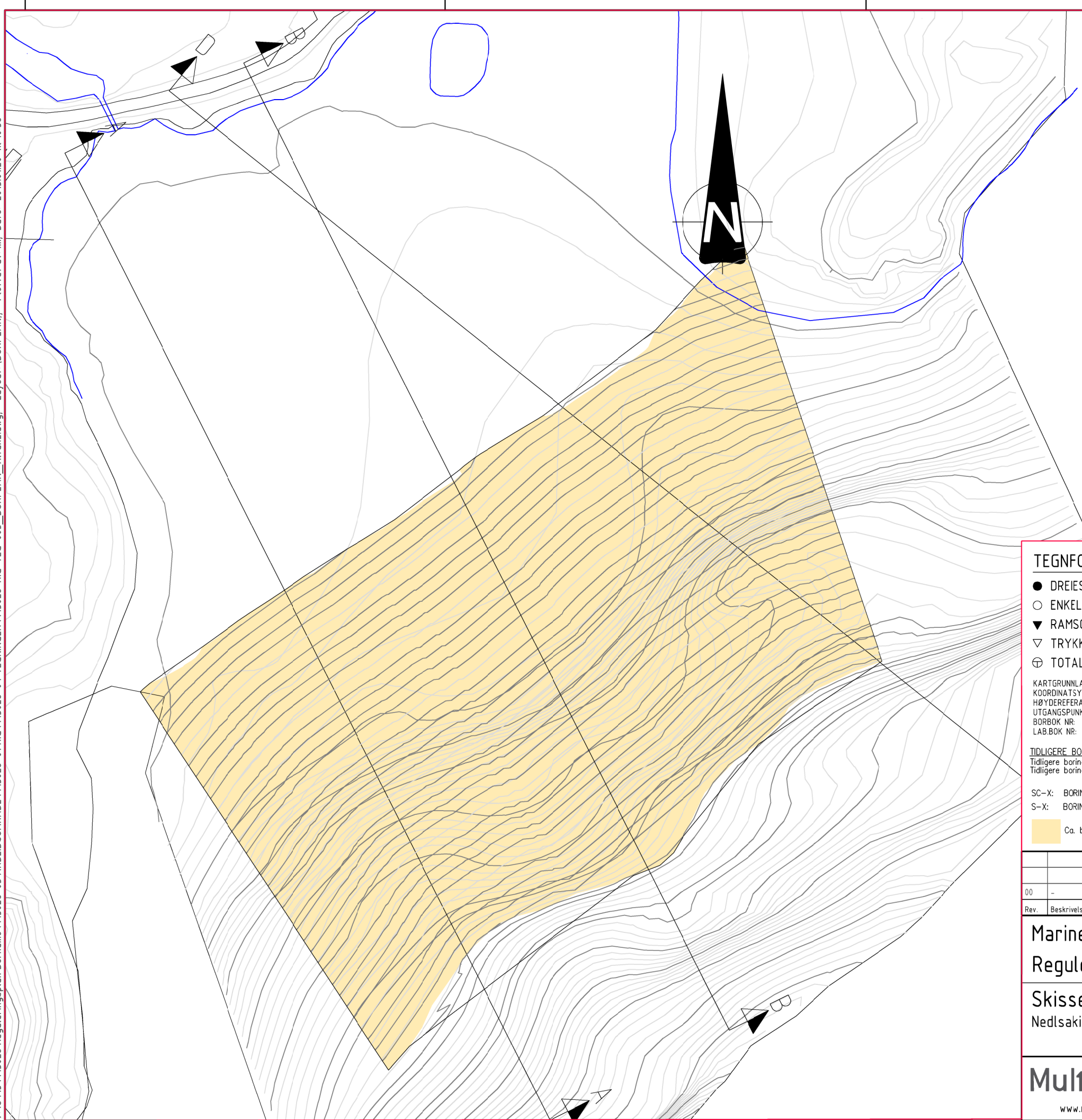


- Mudring/nedslaking
- Mofylling



00	-	20.01.2015	MI	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Marine Harvest Norway AS			Fag	Format	
Reguleringsplan Borkamo			Geoteknikk	A3	
			Dato	20.01.2015	
Plantegning			Format/Målestokk:		
Skisse berørt område (avlastning og mofylling)			1:1000		
<b>Multiconsult</b>		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	MI	ARV	ARV
		415026	RIG-TEG-003		00

V:\0415\415026\Reguleringsplan Borkamo\415026-03 ARBEIDSONDRÅDE\415026-01 RIG\415026-04 TEGNINGER\415026-RIG-TEG-005\_BORPLAN\_tiltak2.dwg - Layout: (BORPLAN); - Plottet av: mi, Dato: 2015.01.20 kl 10:56



**TEGNFORKLARING:**

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ◆ DREIETRYKKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKKMÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ★ FJELLKONTROLLBORING
- ⚓ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:  
 KOORDINATSYSTEM: UTM  
 HØYDEREFERANSE: NN 1954  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:  
 BORBOK NR:  
 LAB.BOK NR:

EKSEMPEL TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE  
 BP 1 ⊕  $\frac{430}{28.2}$  14.8 +2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG  
 ANTATT BERGKOTE

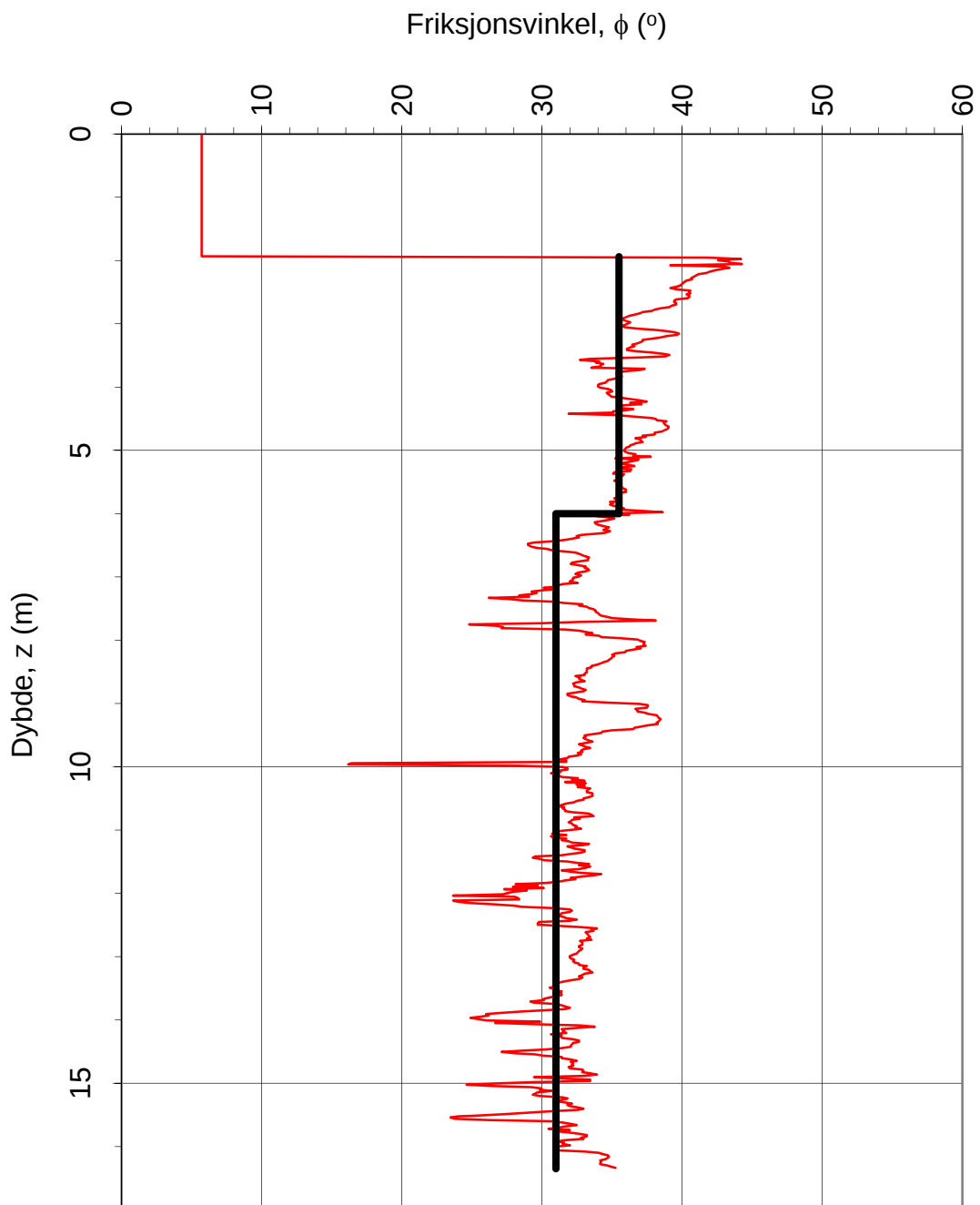
**TIDLIGERE BORINGER:**

Tidligere boringer fra Scandiaconsult er opptegnet fra skannet kopi og kan ha noe avvik.  
 Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhullsnr:

SC-X: BORINGER FRA SCANDIACONSULT, RAPPORTERT I RAPPORT 630415A RAPPORT NR. 1  
 S-X: BORINGER FRA SWECO, RAPPORTERT I RAPPORT 479571-G-01

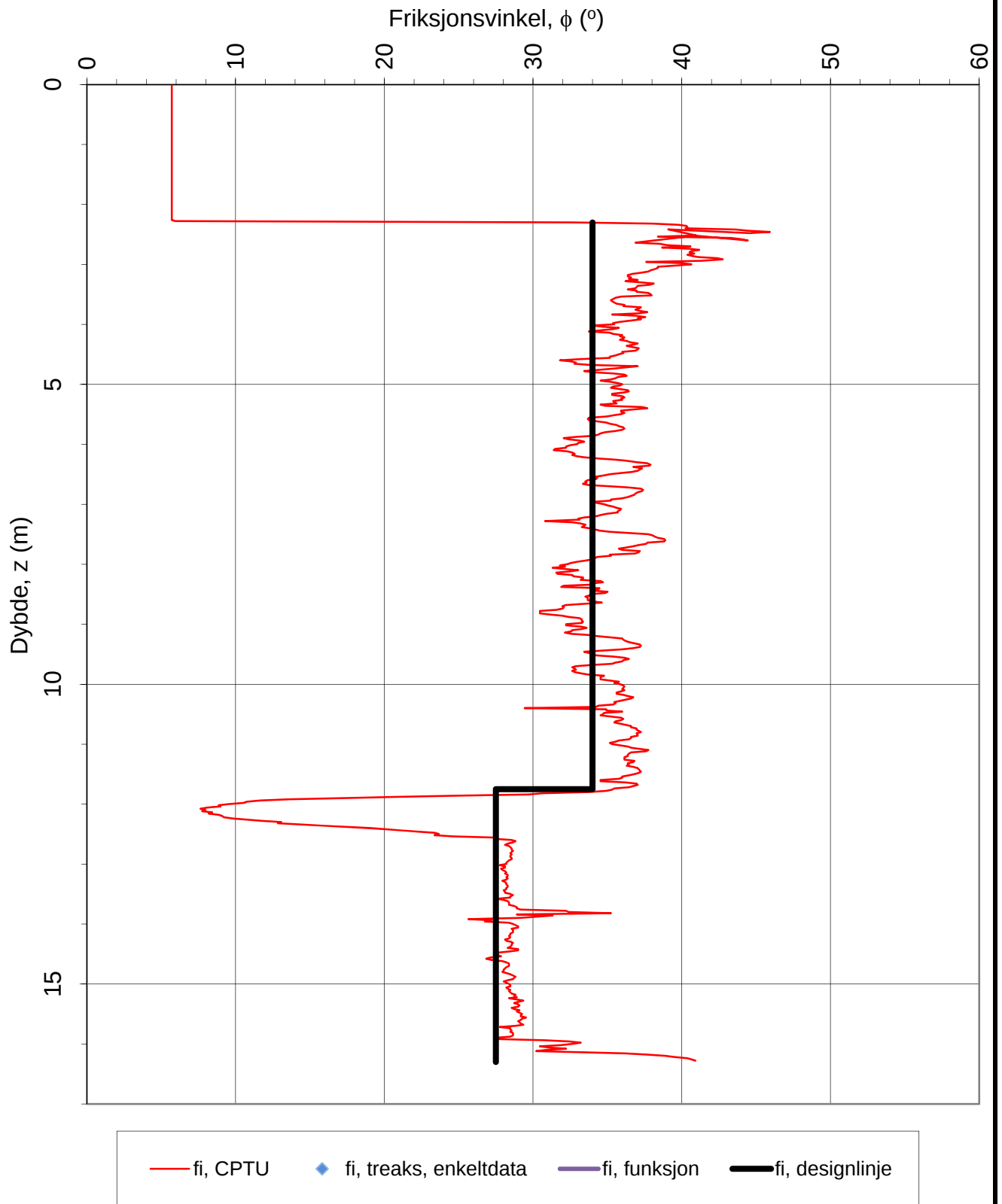
Ca. berørt område for sikringstiltak for nedslaking av marbakke til 1:3.

00 -	12.1.2015	MI	ARV	ARV	
Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
Marine Harvest Norway AS Reguleringsplan Borkamo			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3	
Skisse berørt område for sikringstiltak Nedslaking marbakke (1:3)			Dato	12.1.2015	
			Format/Målestokk:	1:1000	
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
	Oppdragsnr. 415026	MI	ARV	ARV	
	Tegningsnr. RIG-TEG-004			Rev.	00



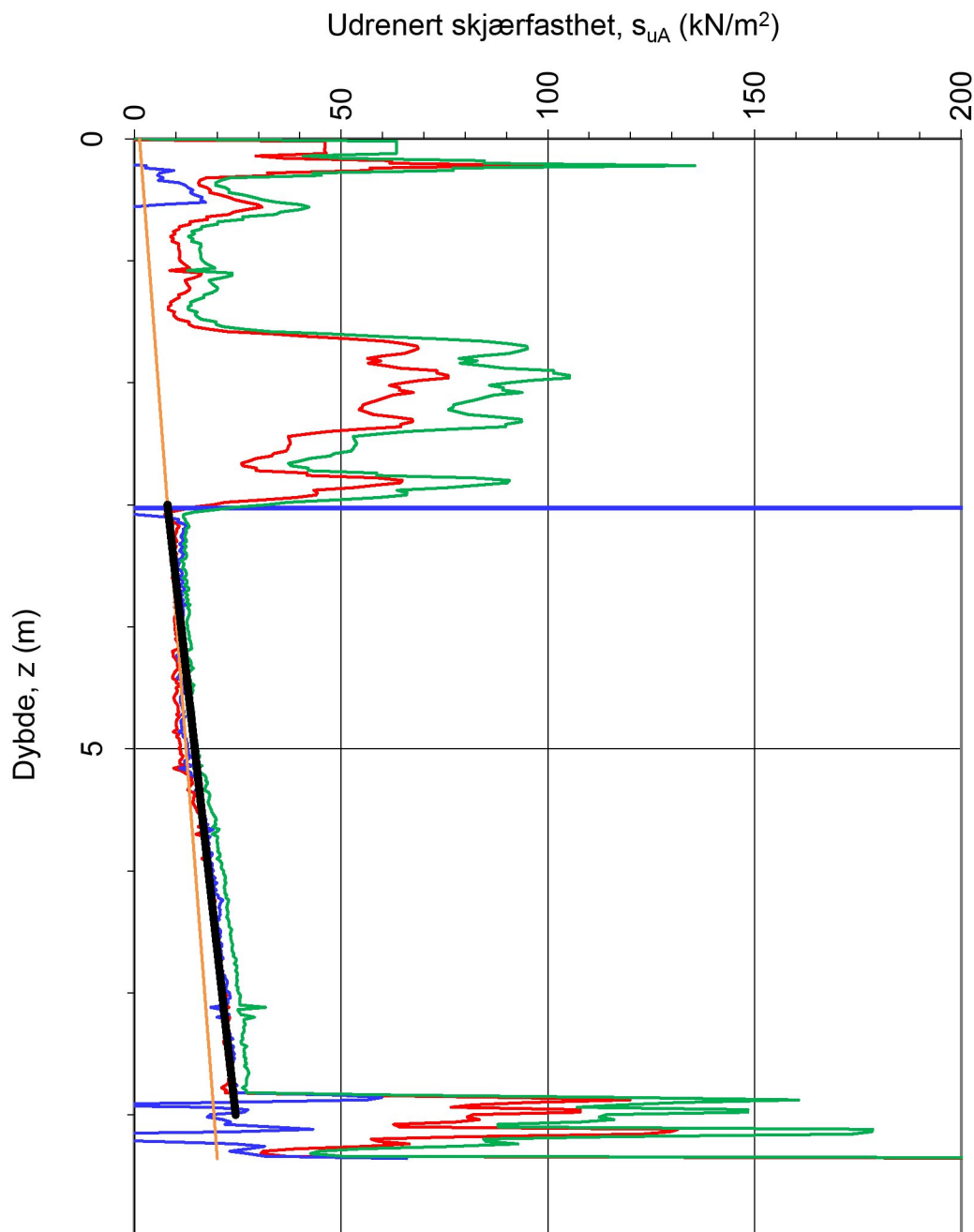
Referanse metode: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989), Sandven (1990)

Oppdragsgiver: <b>Marine Harvest AS</b>		Oppdrag: <b>Reguleringsplan Borkamo</b>		Tegningens filnavn: CPTU-105_v4
Friksjonsvinkel $\phi$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	S-105B	Sonde:	50957	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 30.10.2014	Tegnet: MI	Kontrollert: ARV	Godkjent: ARV
	Oppdrag nr.: 415026	Tegning nr.: 40.1	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0



Referanse metode: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989), Sandven (1990)

Oppdragsgiver: <b>Marine Harvest Norway AS</b>		Oppdrag: <b>Reguleringsplan Borkamo</b>		Tegningens filnavn: CPTU-107_v4
Friksjonsvinkel $\phi$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	S-107	Sonde:	50957	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 30.10.2014	Tegnet: MI	Kontrollert: ARV	Godkjent: ARV
	Oppdrag nr.: 415026	Tegning nr.: 41.1	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0



—  $s_{uA}$ ,  $N_{kt}=f(B_q)$    
 —  $s_{uA}$ ,  $N_{Du}=f(B_q)$    
 —  $s_{uA}$ ,  $N_{ke}=f(B_q)$   
—  $s_u$ ,  $N_C$ ,  $a(p_o'+a)$    
 —  $s_{uA}$ , designlinje

$$N_{kt} = (18,7 - 12,5 \cdot B_q)$$

$$N_{Du} = (1,8 + 7,25 \cdot B_q)$$

$$N_{ke} = (13,8 - 12,5 \cdot B_q)$$

$\alpha_c$  valgt: **0,25**

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver:

**Marine Harvest AS**

Oppdrag:

**Reguleringsplan Borkamo**

Tegningens filnavn:

CPTU\_112

Aktiv udrenert skjærfasthet  $s_{uA}$ , korrelert mot  $B_q$ .

**Multiconsult**

CPTU id.:

112

Sonde:

4357

**MULTICONSULT AS**

Dato:

30.10.2014

Tegnet:

MI

Kontrollert:

ARV

Godkjent:

ARV

Oppdrag nr.:

415026

Tegning nr.:

42.6

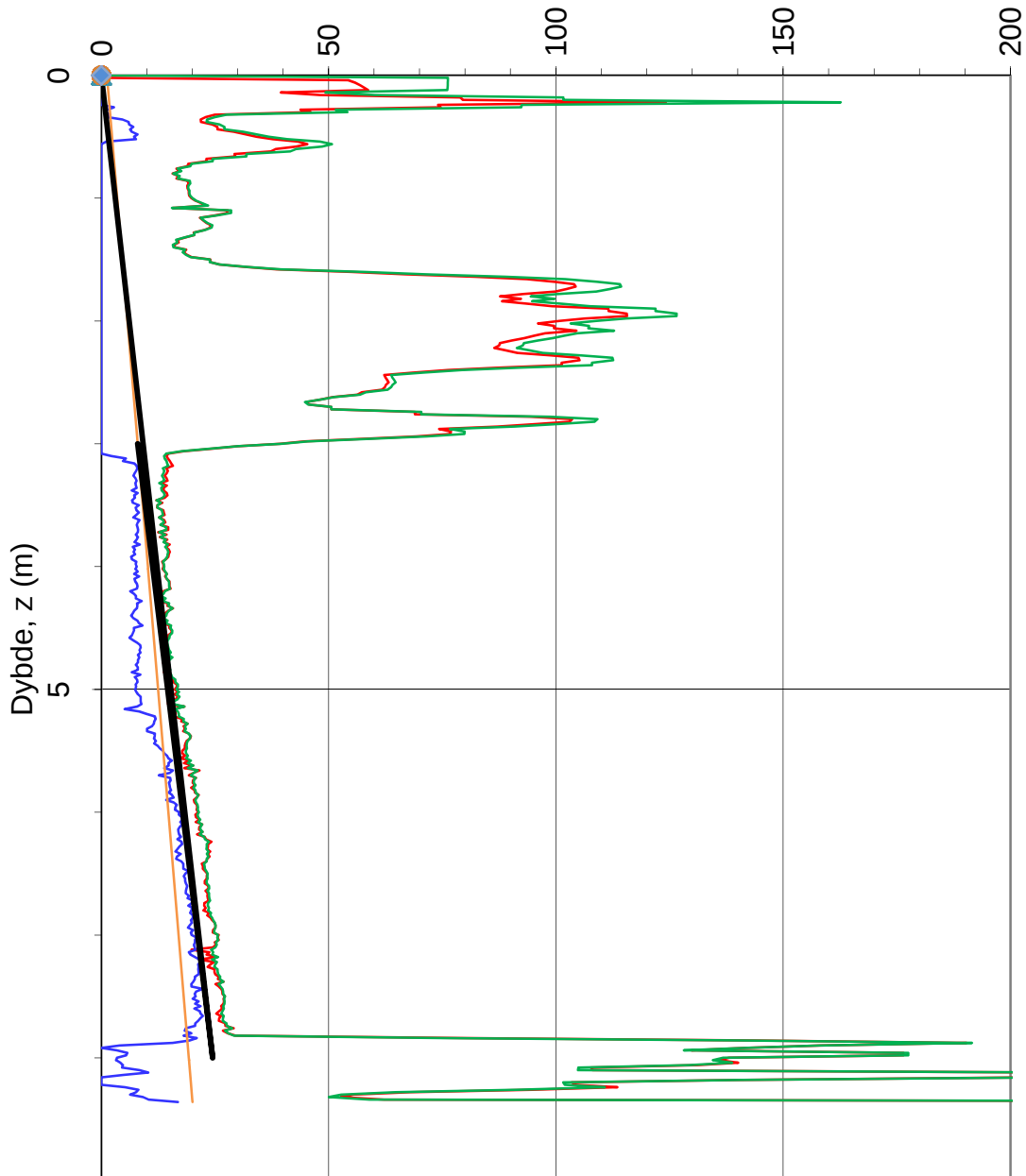
Versjon:

28.11.2013

Revisjon:

0

Udrenert skjærfasthet,  $s_{uA}$  (kN/m<sup>2</sup>)



- $s_{uA}$ ,  $N_{kt}=f(St,OCR,I_p)$
- $s_{uA}$ ,  $N_{ke}=f(St,OCR,I_p)$
- $s_{uA}$ ,  $N_{Du}=f(St,OCR,I_p)$
- $s_u$ ,  $N_C$ ,  $a(p_o'+a)$
- △  $s_{uk}$ , konus
- $s_{ue}$ , enaks
- ◆  $s_{utc}$ , treaks
- $s_{uA}$ , designlinje

Sensitivitetsvalg:

**St < 15**

$\alpha_c$  valgt:

**0,25**

$$N_{kt} = (7,8 + 2,5 \log OCR + 0,082 I_p)$$

$$N_{Du} = (6,9 - 4 \log OCR + 0,07 I_p)$$

$$N_{ke} = (11,5 - 9,05 B_q)$$

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

**Marine Harvest AS**

Oppdrag:

**Reguleringsplan Borkamo**

Tegningens filnavn:

CPTU\_112

Aktiv udrenert skjærfasthet  $s_{uA}$ , korrelert mot  $S_t$ , OCR og  $I_p$ .

**Multiconsult**

CPTU id.:

112

Sonde:

4357

**MULTICONSULT AS**

Dato:

30.10.2014

Tegnet:

MI

Kontrollert:

ARV

Godkjent:

ARV

Oppdrag nr.:

415026

Tegning nr.:

42.7

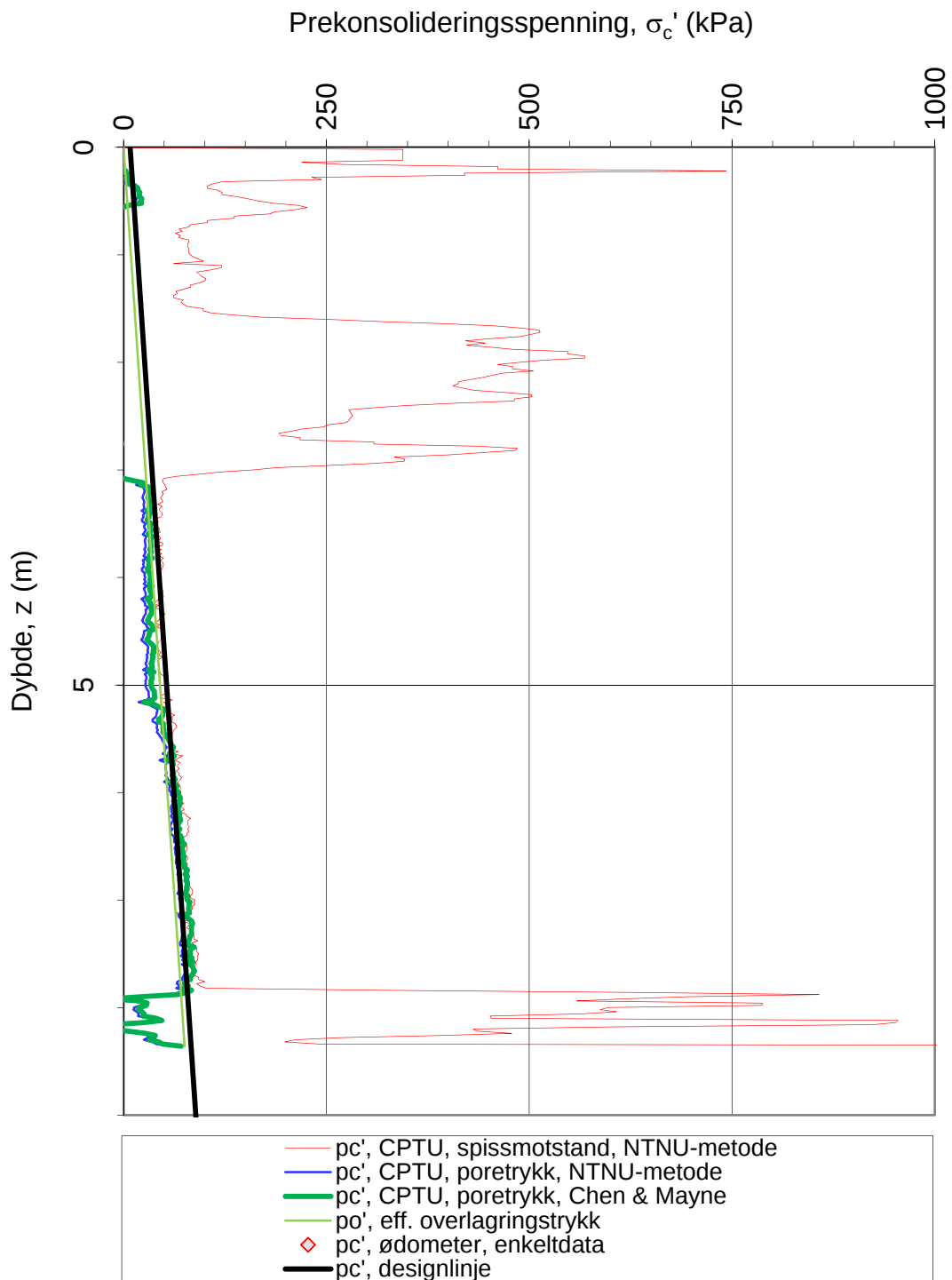
Versjon:

28.11.2013

Revisjon:

0

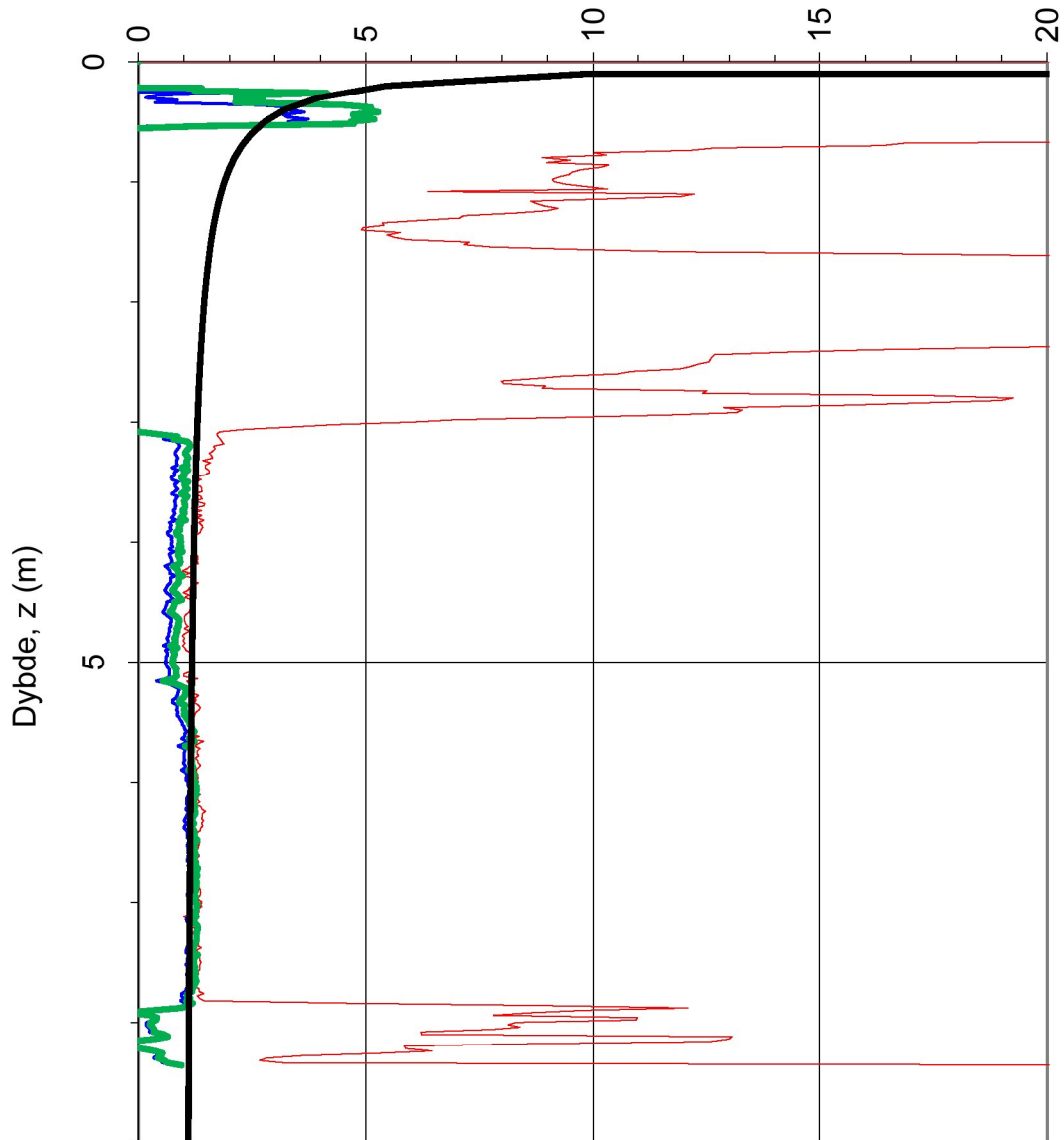




Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: <b>Marine Harvest AS</b>		Oppdrag: <b>Reguleringsplan Borkamo</b>		Tegningens filnavn: CPTU_112
Prekonsolideringsspenning $\sigma_c'$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	112	Sonde:	4357	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 30.10.2014	Tegnet: MI	Kontrollert: ARV	Godkjent: ARV
	Oppdrag nr.: 415026	Tegning nr.: 42.8	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0

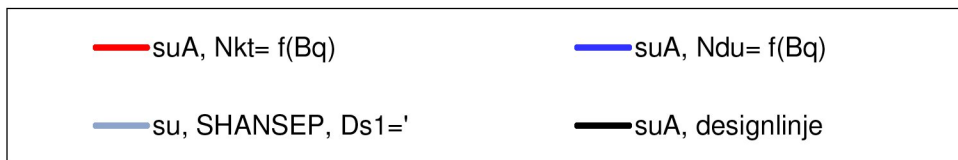
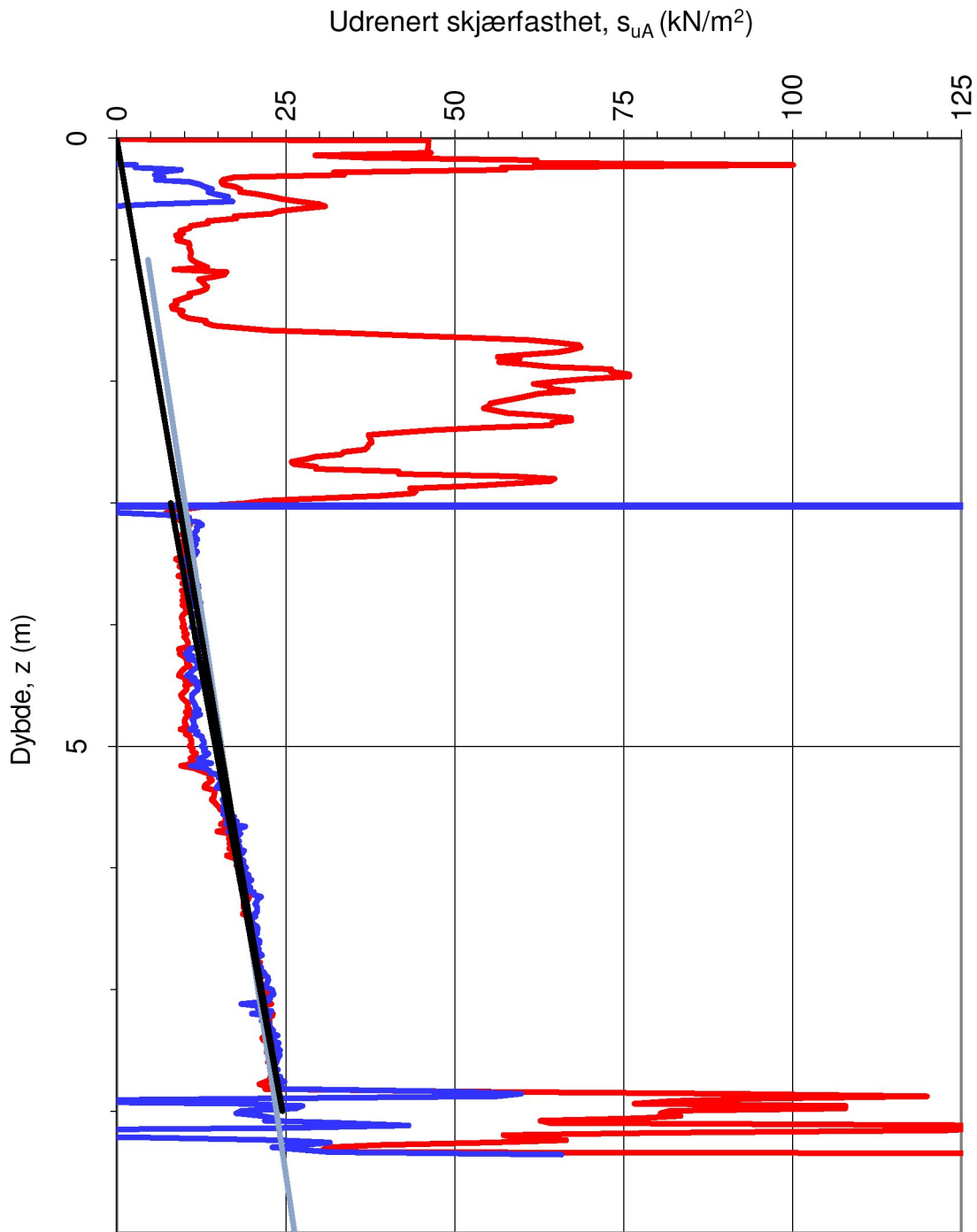
Prekonsolideringsforhold,  $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$  (-)



- OCR, CPTU, spissmotstand, NTNU-metode
- OCR, CPTU, poretrykk, NTNU-metode
- OCR, CPTU, poretrykk, Chen & Mayne
- ◊ OCR, ødometer, enkeltdata
- OCR, ødometer, funksjon
- OCR, designlinje

Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
 Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: <b>Marine Harvest AS</b>		Oppdrag: <b>Reguleringsplan Borkamo</b>		Tegningens filnavn: CPTU_112
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	112	Sonde:	4357	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 30.10.2014	Tegnet: MI	Kontrollert: ARV	Godkjent: ARV
	Oppdrag nr.: 415026	Tegning nr.: 42.9	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0



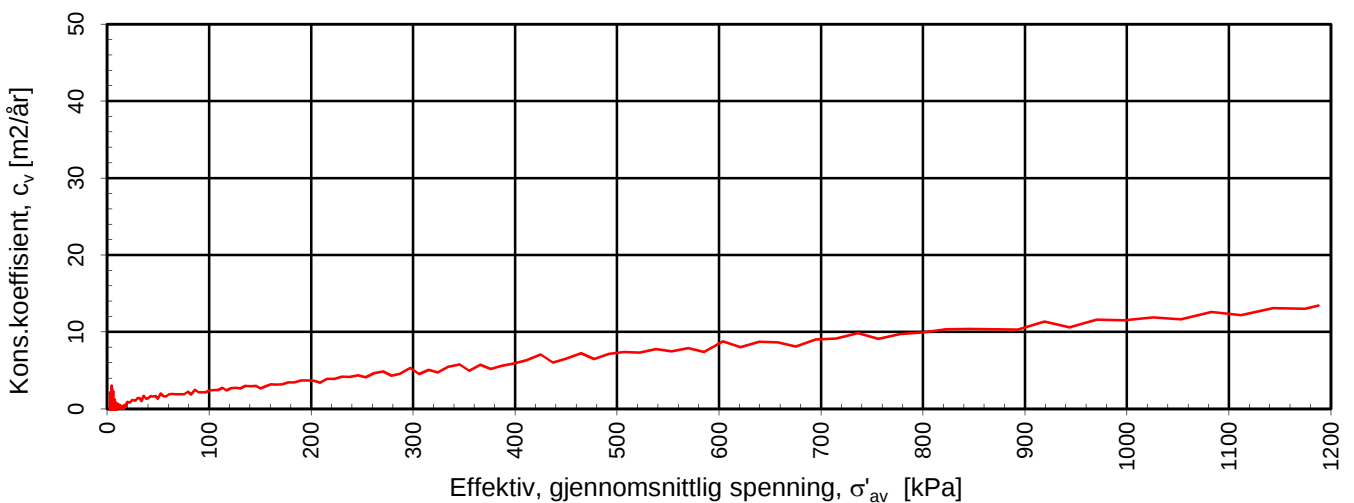
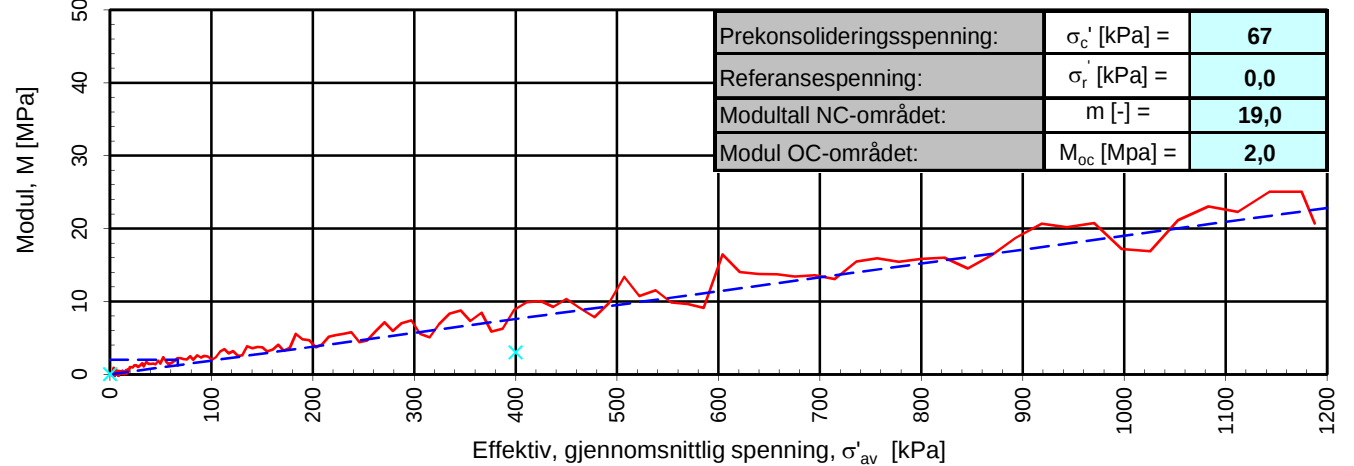
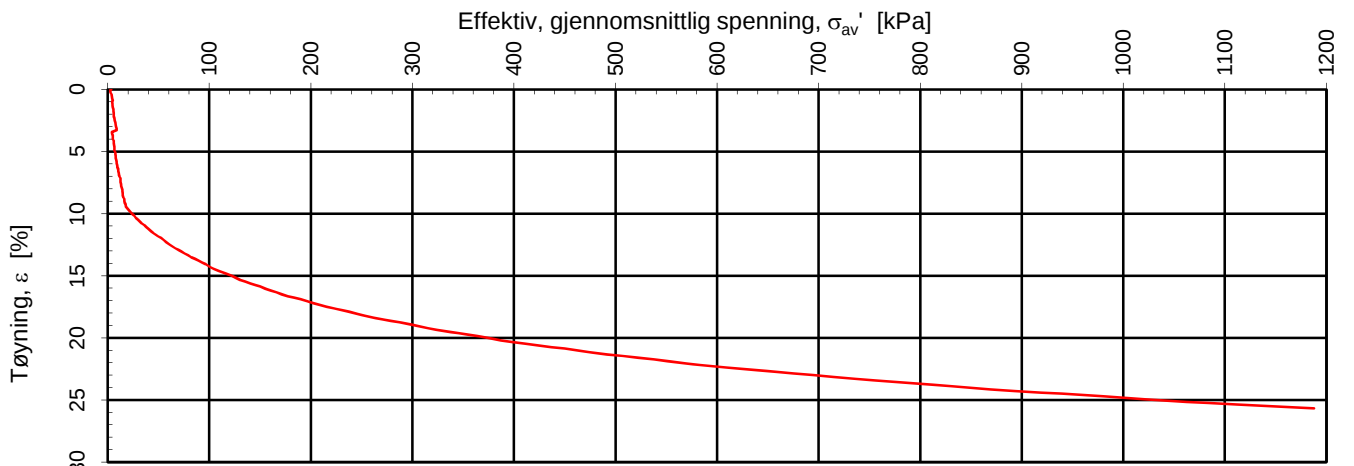
$N_{kt}$ : (18,7-12,5 $B_q$ )

$\alpha_c$  valgt: **0,3**

$N_{du}$ : (1,8+7,25 $B_q$ )

Referansemetode: Karlsrud et al. (1996)

Oppdragsgiver: <b>Marine Harvest AS</b>		Oppdrag: <b>Reguleringsplan Borkamo</b>		Tegningens filnavn: CPTU_112
Aktiv udrenert skjærfasthet $s_{uA}$ , verdier fra SHANSEP-analyse.				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	112	Sonde:	4357	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 30.10.2014	Tegnet: MI	Kontrollert: ARV	Godkjent: ARV
	Oppdrag nr.: 415026	Tegning nr.: 42.10	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 0



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>):  
Vanninnhold  $w$  (%):

**1,94**  
**33,66**

Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa):

**66,82**

**Marine Harvest AS**  
**Reguleringsplan Borkamo**

Tegningens filnavn:

415026-RIG-TEG-075\_h112\_7.4m.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\epsilon_a$ ,  $M$  og  $c_v$ .

**Multi**  
**consult**

**Multiconsult**  
Sluppenvegen 23,  
7486 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 10 62 00

Forsøksdato:  
08.08.2014

Dybde,  $z$  (m):  
7,40

Borpunkt nr.:  
112

Forsøknr.:  
1

Tegnet av:  
truk

Kontrollert:  
MI

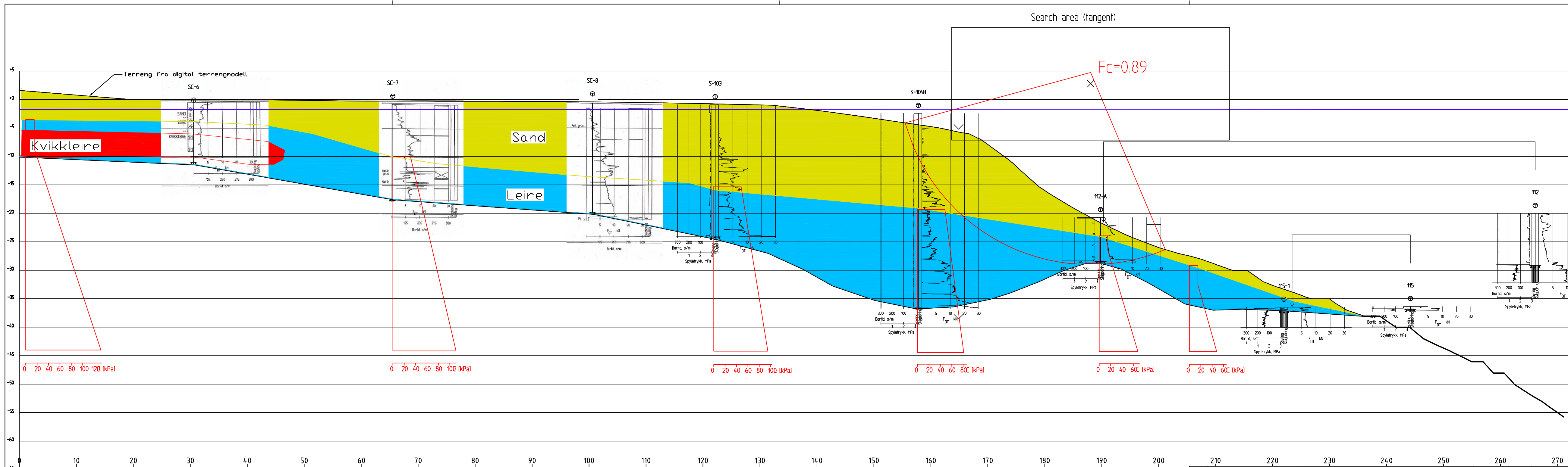
Godkjent:  
ARV

Oppdrag nr.:  
415026

Tegning nr.:  
RIG-TEG-075.3

Prosedyre:  
CRS

Programrevisjon:  
07.01.2014



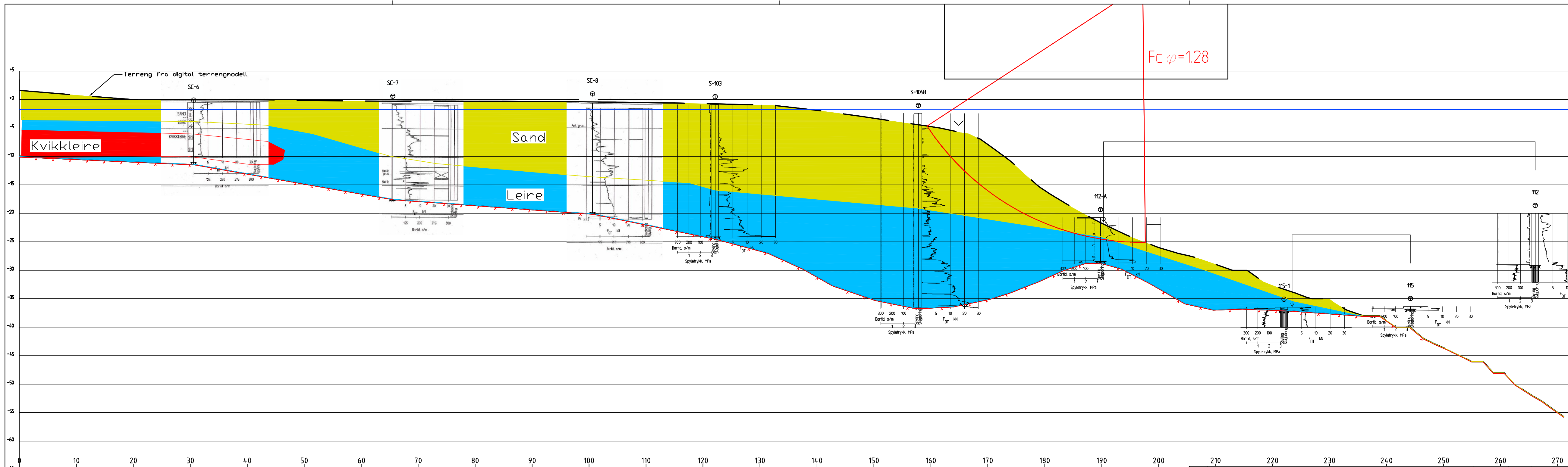
Profil A-A  
1:400

v:\0415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\pra-a\_suppl.dwg

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	18.00	8.00	36.0	0.0				
Sand/silt	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire	19.00	9.00		C-prof	1.00	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.00	9.00		C-prof	0.65	0.63	0.35	
Leire	19.00	9.00		C-prof	1.00	0.63	0.35	

$F_c = 0.89$   
ADP-analyse, dagens situasjon  
Result file : Z:\0415\415026 Reguleringsplan Borkamo\415026-03 ARBEIDSMRÅDE\415026-01 RIG\415026-04 TEGNINGER\GEOSUITE\STABGRAF.rit\PRA-A\_suppl.R1

00	-	30.10.2014	MI	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Marine Harvest Norway AS Reguleringsplan Borkamo					Fag Geoteknikk
					Format A3L
					Dato 30.10.2014
Beregningsprofil A-A ADP-analyse Dagens tilstand					Format/Målestokk 1:400
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet MI	Kontrollert ARV	Godkjent ARV
Oppdragsnr. 415026		Tegningsnr. RIG-TEG-300.1		Rev. 00	



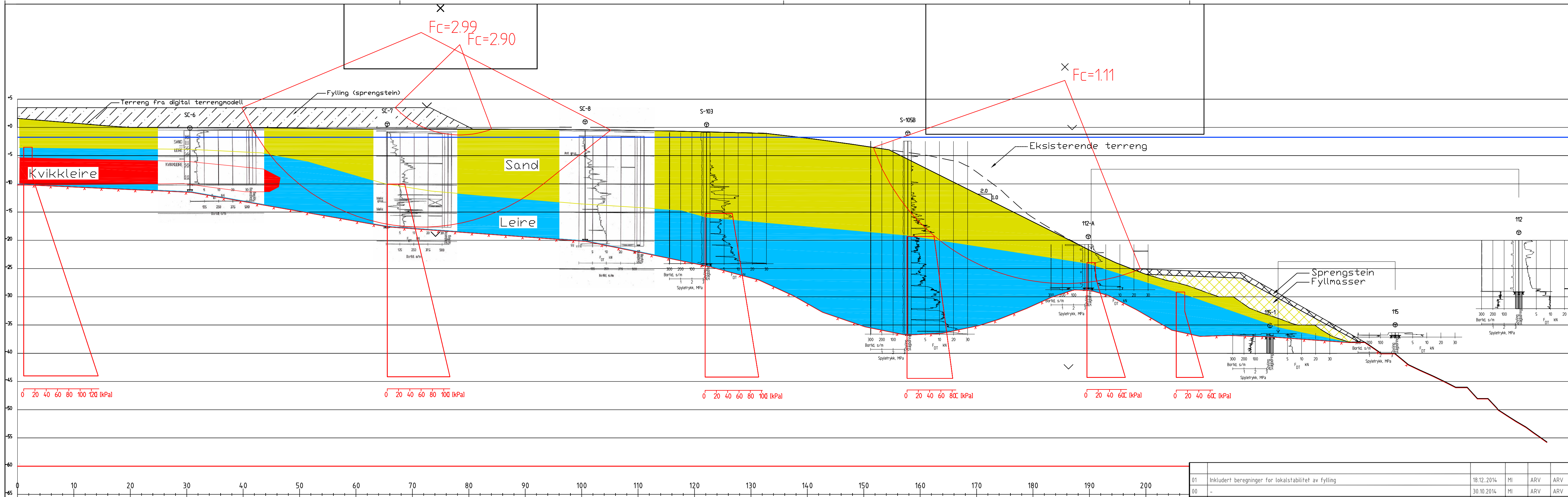
Profil A-A  
1:400

v:\0415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\pra-a\_suppl\_aphi.dwg

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/silt	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire	19.00	9.00	27.0	5.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	24.0	4.4				
Leire	19.00	9.00	27.0	5.0				

Fcfi=1,28  
a-phi analyse dagens tilstand  
Result file : Z:\0415\415026 Reguleringsplan Borkamo\415026-03 ARBEIDSMRÅDE\415026-01 RIG\415026-04 TEGNINGER\GEOSUITE\STABGRAF.RIT\PRA-A\_SUPPL\_aphi.R3

00	-	30.10.2014	MI	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Marine Harvest Norway AS Reguleringsplan Borkamo					Fag Geoteknikk
Beregningsprofil A-A a-phi-analyse Dagens tilstand					Format A3L
					Dato 30.10.2014
					Format/Målestokk 1:400
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet MI	Kontrollert ARV	Godkjent ARV
Oppdragsnr. 415026		Tegningsnr. RIG-TEG-300.2		Rev. 00	



v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\pra-a\_supplfyl3.dwg

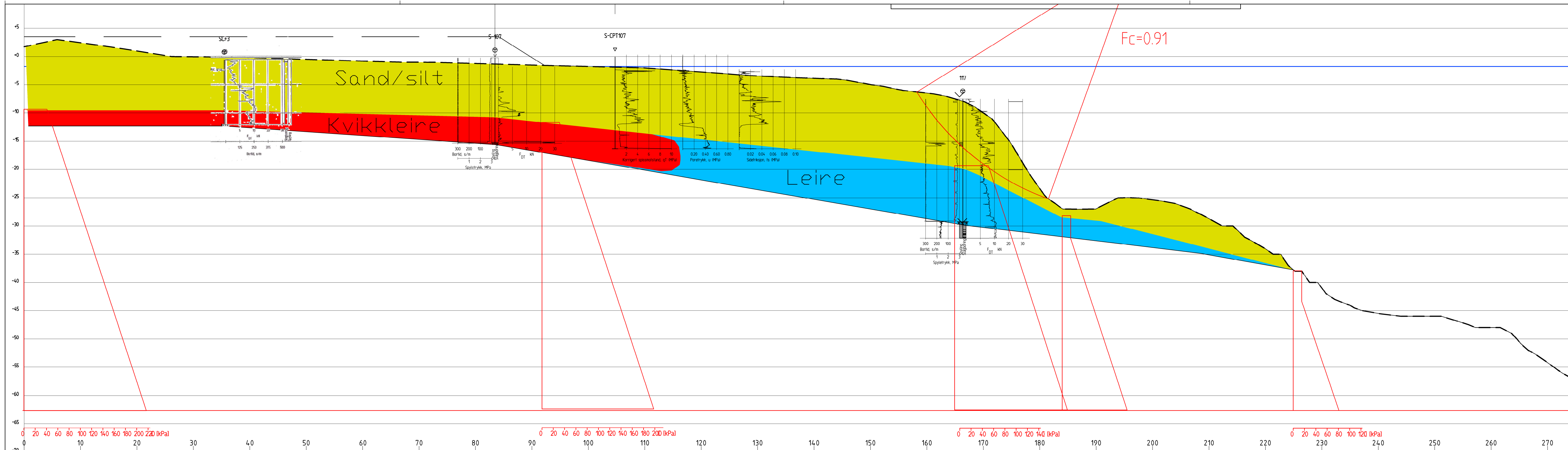
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	18.00	8.00	40.0	0.0				
Sand/silt	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof 0.65	0.63	0.35	
Leire	19.00	9.00			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Berg	20.00	20.00	60.0	0.0				

$F_c=1,11$   
ADP-analyse  
Result file : v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\pra-a\_supplfyl3.R5

$F_c=2,90$   
Lokalstabilitet fylling  
Result file : v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\pra-a\_supplfyl3.R6

$F_c=2,99$   
Lokalstabilitet fylling  
Result file : v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\pra-a\_supplfyl3.R7

01	Inkludert beregninger for lokalstabilitet av fylling	18.12.2014	MI	ARV	ARV
00	-	30.10.2014	MI	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Marine Harvest Norway AS			Fag	Format	
Reguleringsplan Borkamo			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.12.2014	
Beregningsprofil A-A			Format/Målestokk:	1:400	
ADP-analyse					
Med fylling og stabiliserende tiltak					
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		MI	ARV	ARV	ARV
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.			
415026	RIG-TEG-300.3	00			



Profil D-D  
1:400

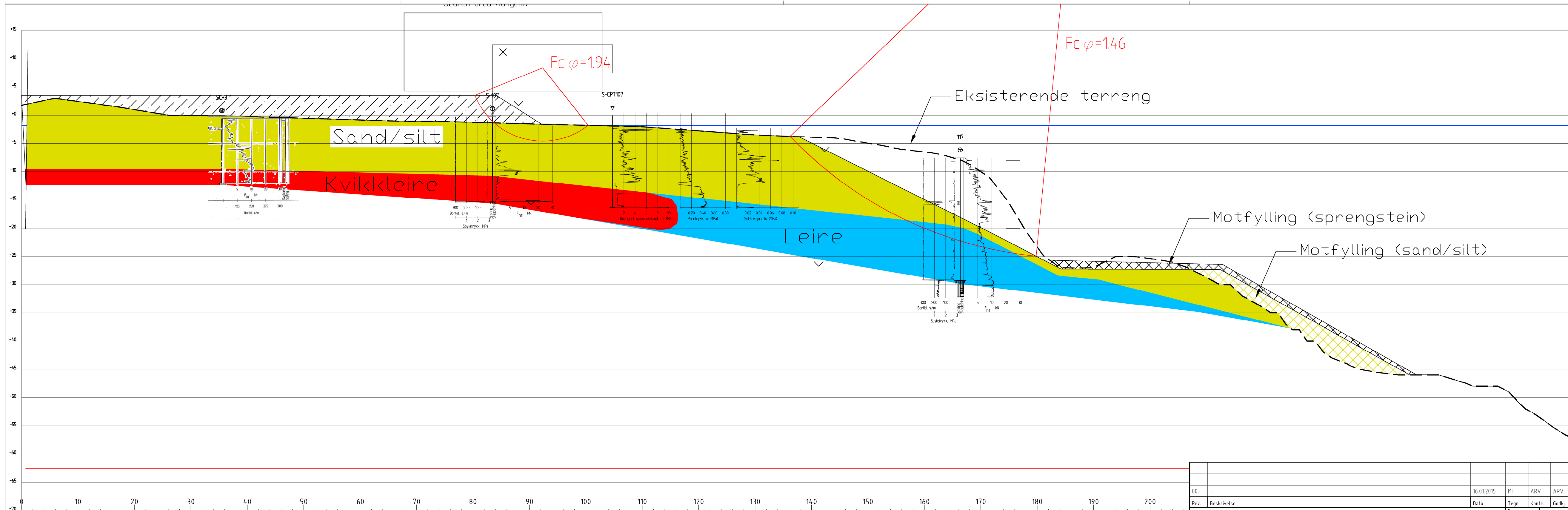
v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rvt\prd-d.dwg

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand/silt	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.65	0.63	0.35
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Berg	20.00	20.00	60.0	0.0				

Fc=0.91  
ADP-analyse dagens situasjon  
Result file : v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rvt\prd-d.d.R1

00	-	20.01.2015	MI	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontr.	Godkj.
<b>Marine Harvest Norway AS</b> <b>Reguleringsplan Borkamo</b>					Fag Geoteknikk Format A3L
					Date 20.01.2014
<b>Beregningsprofil D-D</b> ADP-analyse Dagens tilstand					Format/Målestokk: <b>1:400</b>
<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet MI	Kontrollert ARV	Godkjent ARV
Oppdragsnr. 415026		Tegningsnr. RIG-TEG-303.1		Rev. 00	





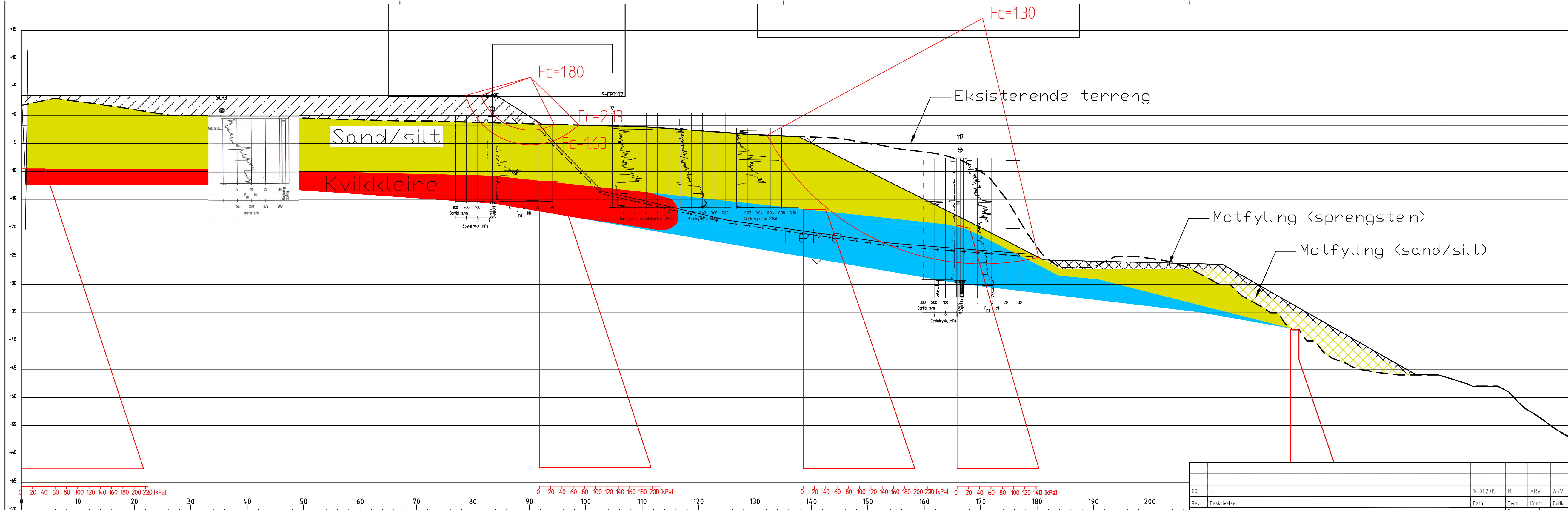
Profil D-D v:\0415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\prd-d\_motfyll\_aphi.dwg  
1:400

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	18.00	8.00	40.0	0.0				
Sand/silt	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire	19.00	9.00	27.0	5.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	24.0	4.4				
Leire	19.00	9.00	27.0	5.0				
Berg	20.00	20.00	60.0	0.0				

Fcφ=1,46  
a-phi analyse marbakke  
Result file : V:\0415\415026 Reguleringsplan Borkamo\415026-03 ARBEIDSSOMRÅDE\415026-01 RIG\415026-04 TEGNINGER\GeoSuite\STABGRAF.RIT\PRD-D\_MOTFYLL\_aphi.R1

Fcφ=1,94  
a-phi, lokal stabilitet  
Result file : v:\0415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\prd-d\_motfyll\_aphi.R2

00	-	16.01.2015	MI	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Marine Harvest Norway AS			Fag	Format	
Reguleringsplan Borkamo			Geoteknikk	A3L	
Beregningsprofil D-D			Date	16.01.2014	
a-phi-analyse			Format/Målestokk:	1:400	
Med fylling og stabiliserende tiltak					
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		MI	ARV	ARV	ARV
Oppdragsnr.	Tegningsnr.			Rev.	
415026	RIG-TEG-303.2			00	



Profil D-D v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\prd-d\_motfyll.dwg  
1:400

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	18.00	8.00	40.0	0.0				
Sand/silt	18.00	8.00	34.0	0.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.65	0.63	0.35
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Berg	20.00	20.00	60.0	0.0				

Fc=1,30  
ADP-analyse, marbakke  
Result file : v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\prd-d\_motfyll.R2

Fc=1,80  
ADP-analyse, lokalstabilitet fylling  
Result file : v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\prd-d\_motfyll.R3

Fc=2,13  
ADP-analyse, lokalstabilitet fylling  
Result file : v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\prd-d\_motfyll.R4

Fc=1,63  
ADP-analyse, plan skjærflate  
Result file : v:\o415\415026 reguleringsplan borkamo\415026-03 arbeidsområde\415026-01 rig\415026-04 tegninger\geosuite\stabgraf.rit\prd-d\_motfyll.R1

00	-	14.01.2015	MI	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Marine Harvest Norway AS			Fag	Format	
Reguleringsplan Borkamo			Geoteknikk	A3L	
Beregningsprofil D-D			Date	14.01.2014	
ADP-analyse			Format/Målestokk:	1:400	
Med fylling og stabiliserende tiltak			Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
Multiconsult			MI	ARV	ARV
www.multiconsult.no			Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
			415026	RIG-TEG-303.3	00

# VEDLEGG A – PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER

## INNHALDSFORTEGNELSE

A.1	Normativt grunnlag for geotekniske vurderinger .....	2
A.2	Geoteknisk kategori.....	2
A.3	Konsekvensklasse/Pålitelighetsklasse (CC/RS) .....	2
A.4	Kvalitetssystem.....	2
A.5	Tiltakskategori .....	2
A.6	Faregrad .....	3
A.7	Prosjekterings- og utførelseskontroll .....	3
A.8	Partialfaktorer og påvirkninger/lastvirkninger (A).....	4
A.9	Partialfaktorer grunnens egenskaper (M) & (R).....	4

## A.1 Normativt grunnlag for geotekniske vurderinger

Gjeldende regelverk legges til grund for prosjektering, og for geoteknisk prosjektering gjelder da:

- NS-EN 1990-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 0) *(Generelle regler)*
- NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7) *(Geoteknikk)*
- NS-EN 1998-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 8) *(Jordskjelv, allment)*
- NS-EN 1998-5:2004 + NA:2008 (Eurokode 8) *(Jordskjelv, fundamenter)*
- NVEs kvikkleireveilder «Sikkerhet mot kvikkleireskred» 7/2014

Eventuelle erfaringsparametere vil bli hentet fra Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging.

## A.2 Geoteknisk kategori

Eurokode 7 stiller krav til prosjektering ut ifra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 «Krav til prosjektering».

Vi vurderer at tiltaket bør plasseres på lik linje som i Statens vegvesens håndbok V220 som gjelder ved vegbygging, og som sier at ved bruk av prosentvis forbedring av stabiliteten skal alltid tiltaket plasseres i geoteknisk kategori 3. Tiltaket plasseres derfor i geoteknisk kategori 3.

## A.3 Konsekvensklasse/Pålitelighetsklasse (CC/RS)

Tabell NA.A1(901) i nasjonalt tillegg i Eurokode 0 gir veiledende eksempler på plassering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i pålitelighetsklasser.

Vi vurderer de geotekniske arbeidene til å tilfredsstille kravene til konsekvensklasse CC2 og tilhørende pålitelighetsklasse RC2, som blant annet omfatter grunn- og fundamenteringsarbeider ved relativt enkle og oversiktlige forhold. Pålitelighetsklassen beskriver ut ifra tabell B1 *Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser*.

## A.4 Kvalitetssystem

Eurokode 0 krever at det ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal være et kvalitetssystem tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstille NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Multiconsults systemer tilfredsstiller også sistnevnte krav.

## A.5 Tiltakskategori

I henhold til NVEs kvikkleireveileder skal tiltaket plasseres i tiltakskategori. I henhold til veilederens tabell 5.2 vurderes prosjektet å tilfredsstille kravene for tiltakskategori K3, som blant annet omfatter tiltak med begrenset personopphold, som større driftsbygninger i landbruket og mindre næringsbygg.

## A.6 Faregrad

Faregraden vurderes ut ifra Tabell 2 i NVEs rapport 20001008-2 «Program for økt sikkerhet mot leireskred», revidert 8.10.2008. Områdestabiliteten er tidligere vurdert og forbedret i forbindelse med Statens vegvesens utbygging av Målvikhammertunnelen. Det er likevel utført en evaluering av faregraden fra og med planområdet og ut i marbakken. Faregradsevalueringen er vist i tabellen under. Vi har vurdert sonen til å ha «lav» faregrad før og etter tiltak og «middels» faregrad i anleggsperioden.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Vi er ikke kjent med noen ras i området.
Skråningshøyde	2	3	6	Marbakken er dypere enn 30 m.
OCR	2	3	6	Ødometerforsøk og CPTU-sonderinger indikerer at leiren er tilnærmet normalkonsolidert.
Poretrykk	3/-3	0/1	0/3	Det er ikke utført poretrykksmålinger ut i sjøen. Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling. Det kan ikke utelukkes at det vil oppstå noe poreovertrykk under anleggsperioden.
Kvikkleiremektighet	2	1	2	Kvikkleiremektighet er størst inne på det slake området innenfor marbakken, og minker utover mot marbakken. Det er ikke registrert kvikkleire i selve marbakken. Mektighet av kvikkleirelaget er ca. 5 m på sitt største under fyllingen.
Sensitivitet	1	3	3	Den største målte sensitiviteten er $S_t = 120$ i punkt Sc-6.
Erosjon	3	0	0	Løsmassene er eroderbare, og det er utløp for 2 bekker i planområdet. Eventuell erosjon her vil ikke påvirke områdestabiliteten. I selve marbakken er det ikke tegn til erosjon (basert på dykkerundersøkelse).
Inngrep	3/-3	0	0	Prosjektet vil ikke medføre forverring av områdestabiliteten, under forutsetning av at våre anbefalinger følges.
<b>Poengverdi</b>			<b>17/20</b>	<b>Gir faregradsklasse "lav" før og etter tiltak og «middels» i anleggsperioden.</b>

- Faregradsklasse lav: Poengverdi fra 0-17
- Faregradsklasse middels: Poengverdi 18-25
- Faregradsklasse høy: Poengverdi 26-51

## A.7 Prosjekterings- og utførelseskontroll

Eurokode 0 gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse.

I samsvar med tabell NA.A1(902) og NA.A1(903) i Eurokode 0 blir prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeid satt til kontrollklasse «N» (normal).

For prosjektering gjelder da at det blir utført grunnleggende kontroll (egenkontroll) og kollegakontroll/sidemannskontroll. Dette gjennomføres etter vanlig praksis i Multiconsult. Det er ikke krav til uavhengig eller utvidet kontroll, men dette kan likevel bli utført som følge av andre bestemmelser og relasjoner i prosjektet.

For utføring innebærer kontrollklasse «N» at det fra foretaket som utfører arbeidet skal gjøre basiskontroll av alt av utført arbeid. I tillegg skal det utføres en intern systematisk kontroll som innebærer regelmessig kontroll med faste rutiner og dokumentasjon. Uavhengig kontroll kreves ikke.

I henhold til Tabell 5.2 i kvikkleireveilederen (2014) må tolkninger og vurderinger kvalitetssikres av uavhengig foretak.

## A.8 Partialfaktorer og påvirkninger/lastvirkninger (A)

I følge Eurokode 0 Tabell NA.A1.2(C) benyttes lastfaktor 1,0 på permanente laster og 1,3 for variable laster for geotekniske laster. For gunstige lastvirkninger, og for beregninger i ulykkestilstand, regnes det med partialfaktor 1,0 på lasten.

## A.9 Partialfaktorer grunnens egenskaper (M) & (R)

For dimensjoneringsmetode 3 oppgir Eurokode 7 punkt NA.A.3.2 følgende partialfaktorer for henholdsvis effektiv friksjon, kohesjon, udrenert skjærfasthet og tyngdetetthet:

$$\gamma_{\phi'}(M2) = 1,25 \quad / \quad \gamma_{c'}(M2) = 1,25 \quad / \quad \gamma_{cu}(M2) = 1,4 \quad / \quad \gamma_r(M2) = 1,0$$

I Eurokode 7 står det videre at det hvis den initiale områdestabiliteten er lavere enn gitte krav, må krav til partialfaktorene vurderes i forhold til skredfare og områdestabilitet. Det vil normalt forutsettes at det prosjekterte tiltak gjennomføres på en måte som gir uendret eller økt materialfaktor og slik at faktorer som kan utløse brudd eller skred unngås.

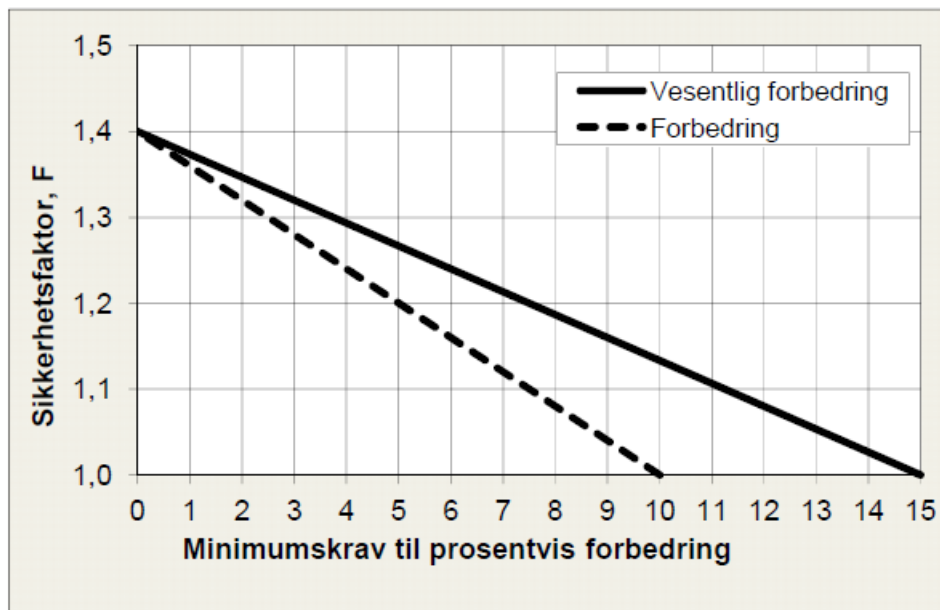
I henhold til Tabell 5.2 i Kvikkleireveilederen (2014) vil krav til sikkerhetsfaktor for områdestabiliteten for tiltaksklasse K3 og faregradsklasse «middels» før utbygging være:

$$F \geq 1,4 \text{ eller}$$

$$\text{Ikke forverring hvis } F \geq 1,2 \text{ eller}$$

Forbedring i henhold til kvikkleireveiledrens figur 5.1 (se under) hvis  $F < 1,2$ .

Prosentvis forbedring gjelder kun ved topografiske endringer. Ved andre stabiliseringstiltak som f.eks KS-peler vil kravet til absolutt sikkerhetsfaktor være  $F \geq 1,4$ .



Figur 5.1 Krav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser.

Figur 1: Krav til prosentvis forbedring (Kvikkleireveilederen, 2014)

# VEDLEGG B – TOLKNING AV MATERIALPARAMETERE OG STABILITETSBEREGNINGER

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>B.1 Tolkning av beregningsparametere</b> .....	<b>2</b>
B.1.1 Kvalitet av undersøkelser .....	2
B.1.2 Tyngdetetthet .....	2
B.1.3 Grunnvannsnivå .....	2
<b>B.2 Deformasjonegenskaper</b> .....	<b>2</b>
B.2.1 Ødometerforsøk .....	2
B.2.2 $\sigma_c'$ og OCR fra CPTU .....	2
<b>B.3 Udrenerte styrkeparametere</b> .....	<b>3</b>
B.3.1 $C_u$ fra enaks og konus .....	3
B.3.1 $C_{uA}$ fra CPTU-sonderinger .....	3
B.3.2 SHANSEP .....	4
B.3.3 Anisotropi .....	5
<b>B.4 Effektivspenningsparametere</b> .....	<b>5</b>
B.4.1 Friksjonsvinkel $\varphi_k$ .....	5
<b>B.5 Materialparametere</b> .....	<b>5</b>
<b>B.6 Stabilitetsberegninger</b> .....	<b>6</b>
B.6.1 Generelt .....	6
B.6.2 Beregningsverktøy .....	6
B.6.3 Beregningsresultater .....	6



## B.1 Tolkning av beregningsparametere

Tolkning av parametere er utført på basis av utførte CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm prøveserier. Alle tilgjengelige grunnundersøkelser i området er lagt til grunn i tolkningene.

### B.1.1 Kvalitet av undersøkelser

Prøvene viser varierende kvalitet. Prøver med dårligere kvalitet er tillagt mindre vekt.

### B.1.2 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag. Ved store variasjoner i målte verdier er gjennomsnittlige verdier benyttet. For materialer som det ikke er målt tyngdetetthet på, er det benyttet erfaringsverdier i henhold til Statens vegvesens håndbok V220.

### B.1.3 Grunnvannsnivå

Grunnvannsnivå er satt i nivå med lavvann med 100 års gjentaksintervall. Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling.

## B.2 Deformasjonsegenskaper

### B.2.1 Ødometerforsøk

Ødometerforsøk utført på opptatte prøver viser at grunnen. Forsøkene viser noe forstyrret prøveoppførsel. Tolkningene av prekonsolideringsspenning er derfor noe usikker.

Ødometerforsøk utført av Scandiaconsult på kvikkleiren viser middels kompressibel leire med modultall  $m=50$ . Ødometerforsøk utført av Multiconsult på leiren lenger ut i marbakken viser  $m=19$ .

### B.2.2 $\sigma'_c$ og OCR fra CPTU

Prekonsolideringsforhold og grunnens deformasjonsegenskaper er bestemt ut i fra ødometerforsøkene. Data fra CPTU er benyttet til å ekstrapolere dataene fra ødometerforsøk mot dybden. Det er benyttet tolkning fra CPTU både på spissmotstands- og poretrykksbasis.

For spissmotstand er følgende forhold benyttet i tolkingen:

$$OCR = \frac{\sigma_{cq'}}{\sigma_{v0'}}$$

$$\sigma'_{qc} = \frac{q_n}{\alpha \cdot N_{kt}} - a$$

Der  $\alpha$  = normalkonsolideringsforhold,  $\alpha=0,25$  er benyttet

$N_{kt}$  = spissmotstandsfaktor,  $N_{kt} = 10$  er benyttet

For poretrykk er følgende forhold benyttet i tolkingen:

$$OCR = \frac{\sigma_{cu'}}{\sigma_{v0'}}$$

$$\sigma'_{c0} = \frac{\Delta u}{\alpha \cdot N_{\Delta u}} - a$$

Der  $\alpha$  = normalkonsolideringsforhold,  $\alpha=0,25$  er benyttet

$N_{\Delta u}$  = spissmotstandsfaktor,  $N_{\Delta u} = 8$  er benyttet

Tolkning av prekonsolideringsspenning og OCR er vist på tegningene -042.8 og -042.9.

## B.3 Udrenerte styrkeparametere

### B.3.1 $C_u$ fra enaks og konus

Verdier for  $c_u$  fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er i våre vurderinger benyttet som verdier for direkte skjærfasthet,  $c_{uD}$ . Opptatte prøver har vært av varierende kvalitet. Forstyrrede prøver er tillagt liten vekt i tolkningen. I plot av  $c_{uA}$  tolket fra CPTU er  $c_{uD}$  omregnet til  $c_{uA}$ .

### B.3.1 $C_{uA}$ fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærfasthet er CPTU-sonderingene korrelert i henhold til empirisk baserte tolkningsfaktorer. For finkornige masser med relativt homogene forhold betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis som den mest egnede metoden.

Det er benyttet forskjellig korrelasjon på leire og kvikkleire/sprøbruddsmateriale.

Metode basert på poretrykk,  $\Delta u$

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

der,  $\Delta u = u_2 - u_0$ , registrert poreovertrykk i CPTU

$N_{\Delta u}$  = tolkningsfaktor på poretrykksbasis

Tolkning av CPTU er basert på  $N_{\Delta u}$  bestemt ut fra korrelasjoner mot  $B_q$  samt korrelasjoner mot OCR,  $S_t$  og  $I_p$  basert på erfaringsverdier korrelert mot aktive treaksialforsøk.

Følgende korrelasjoner er benyttet:

	Empirisk middelvariasjon i $B_q$	Empirisk middelvariasjon i OCR, $S_t$ og $I_p$
Leire ( $S_t < 15$ )	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 6,9 - 4,0 \cdot \log OCR + 0,070 \cdot I_p$
Kvikkleire/ sprøbruddmateriale ( $S_t > 15$ )	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$

$$B_q = \frac{\Delta u}{q_n}$$

Der  $q_n$  = netto spissmotstand

Metode basert på spissmotstand,  $q_t$

For sammenligning er det tatt med tolkning av CPTU på spissmotstandsbasis. På spissmotstandsbasis bestemmes  $s_{uA}$  som:

$$C_{uA} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} = \frac{q_n}{N_{kt}}$$

der,  $q_t$  = korrigert spissmotstand

$\sigma_{v0}$  = in situ vertikal overlagingstrykk

$N_{kt}$  = bæreevnefaktor/konfaktor

$N_{kt}$  er bestemt ut i fra følgende prosedyrer:

	Empirisk middelvariasjon i $B_q$	Empirisk middelvariasjon i $OCR$ , $S_t$ og $I_p$
Leire ( $S_t < 15$ )	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,082 \cdot I_p$
Kvikkleire/sprøbruddmateriale ( $S_t > 15$ )	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$

Tolkning av udrenert skjærfasthet på leiren er vist på tegning -042.6 og -042.7.

Det er valgt å ikke redusere "peak" verdien på  $c_{UE}$  for uttak av karakteristisk styrke. Designverdiene er i stedet redusert med 15 % i stabilitetsberegningene for kvikkleire/sprøbruddmateriale iht. NVEs retningslinjer. Reduksjonen er modellert ved at anisotropifaktorene er redusert med 15 %.

### B.3.2 SHANSEP

Udrenert skjærstyrke etter avlastning er modellert etter SHANSEP-prinsippet. Udrenert skjærfasthet er nært relatert til in-situ effektivspenninger. Udrenert skjærfasthet øker med økning i effektivspenning. Denne økningen er avhengig av overkonsolideringsgraden. Udrenert skjærfasthet avhengig av overkonsolideringsgraden kan modelleres etter SHANSEP-prinsippet:

$$S_{UA} = \alpha \cdot OCR^m \cdot \sigma_0'$$

Der  $\alpha$  = Normalisert styrke av helt ung leire ( $OCR=1$ )

$OCR$  = Overkonsolideringsgrad  $\sigma_c'/\sigma_0'$

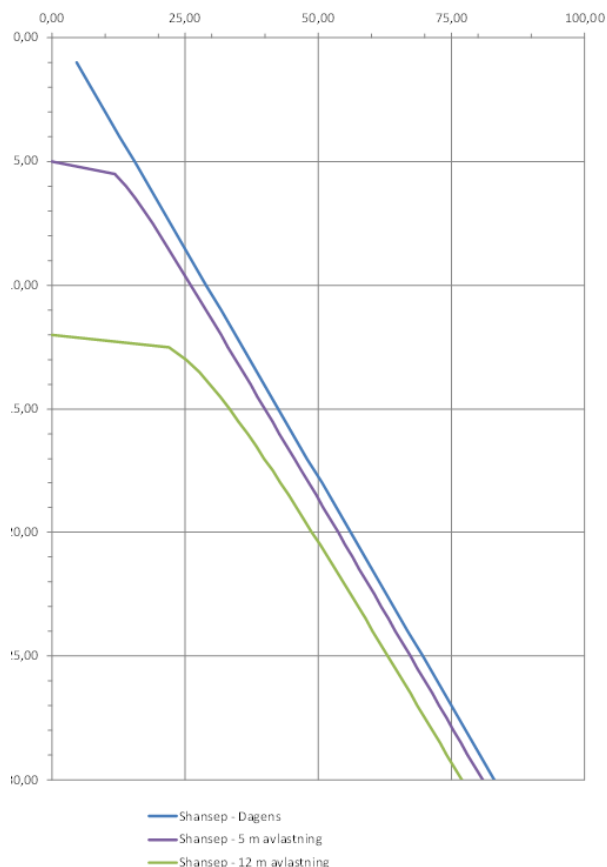
$m$  = Eksponent som for norske leirer typisk har vist seg å variere mellom ca. 0,6 og 0,9 avhengig av leiren og tørrskorpetype.

$\sigma_0'$  = In-situ vertikal effektivspenning

$\sigma_c'$  = Prekonsolideringsspenning

I beregningene er det valgt å bruke  $\alpha = 0,3$  og  $m=0,85$ .

Modellert udrenert skjærfasthet for henholdsvis 5 og 12 m avlastning er vist i Figur 1.



Figur 1: Esitmert  $c_{uE}$  ved 5 og 12 m avlastning

### B.3.3 Anisotropi

Det er ikke utført forsøk for bestemmelse av anisotropiforhold på leiren i området. Leiren er lite plastisk. I henhold til tabell 1 i «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering av norske leirer» er følgende anisotropiforhold benyttet i beregningene:

$$\frac{c_{uD}}{c_{uC}} = 0,63$$

$$\frac{c_{uE}}{c_{uC}} = 0,35$$

## B.4 Effektivspenningsparametere

### B.4.1 Friksjonsvinkel $\varphi_k$

På grunn av prøvforstyrrelse var det ikke mulig å kjøre treaksialforsøk på de opptatte prøveseriene. Friksjonsvinkelen er derfor basert på tolkning fra CPTU sonderingene.

## B.5 Materialparametere

Valgte styrkeparametere benyttet ved beregningene er gitt i tabellen nedenfor:

Tabell 1: Valgte materialparametere

Lag	Tyngdetetthet $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjonsvinkel $\varphi$ [°]	Attraksjon $a$ [kPa]	$c_{uE}$ [Kpa]
Fylling	18	40	0	

Sand/silt	18	34	0	-
Leire	19	27	10	$C_{UE} = \text{maks}\{3,33 \cdot d-2 ; 15\}$
Kvikkleire	19	24	10	$C_{UE} = 0,67 \cdot \text{maks}\{3,33 \cdot d-2 ; 15\}$

## B.6 Stabilitetsberegninger

### B.6.1 Generelt

I denne fasen er det utført beregninger for ett utvalgte profiler. Profilet er vurdert å være representativt i forhold til geometri og lagdeling.

### B.6.2 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 14.0.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevekt, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definere variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

Det er utført beregninger for dagens geometri og for planlagt utfylling. Beregningene er utført både på effektivspenningsbasis og som udrenerte ADP-analyser.

Plassering av profilene er vist på borplanen på tegning 415026-RIG-TEG-001.

Der beregningsmessig sikkerhet er for lav, er det vist tiltak som gir tilfredsstillende stabilitet.

### B.6.3 Beregningsresultater

Tegning nr.	Profil	Beregning	Type analyse	Sikkerhetsfaktor $\gamma_M$
-RIG-TEG-300.1	Profil A-A	Dagens situasjon	ADP	0,89
-RIG-TEG-300.2			$a\phi$	1,28
-RIG-TEG-300.3		Med planlagt fylling og stabiliseringstiltak	ADP	1,11
-RIG-TEG-303.1	Profil D-D	Dagens situasjon	ADP	0,91
-RIG-TEG-303.2			$a\phi$	1,46
-RIG-TEG-303.3		Med planlagt fylling og stabiliseringstiltak	ADP	1,30

*Beregningene viser videre at det ikke er problemer med lokalstabiliteten for fyllingen.*

Beregningene viser at for en drenert situasjon ligger marbakken med en beregningsmessig sikkerhet på  $\gamma_M \sim 1,3$ , hvilket er innenfor kravet i henhold til Eurokode 7 (1,25, se Vedlegg A). for en fullstendig udrenert situasjon vil marbakken ligge med en beregningsmessig sikkerhet på  $\gamma_M < 1,0$  for dagens geometri.

Eurokode 7 åpner for at kravet til sikkerhetsfaktor for områdestabiliteten kan reduseres dersom det ikke er mulig å oppnå absolutt sikkerhetsfaktor. En utslaking av marbakken til helning 1:2 kombinert

med en motfylling i foten av marbakken som vist på tegning -300.3, vil gi tilstrekkelig økning i beregnet sikkerhet i henhold til kvikkleireveilederen (se Vedlegg A).