

NOTAT

OPPDRAK	Oppfylling, Sundevja og Strandengevja	DOKUMENTKODE	10201533-RIG-NOT-003
EMNE	Prosjektering av støttefylling, Strandengevja	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAKSGIVER	Fet kommune	OPPDRAGSLEDER	Jeremy R. King
KONTAKTPERSON	Torgeir Alvestad	SAKSBEHANDLER	Sigurd Solberg Jakobsen
KOPI	Tormod Drangeland	ANSVARLIG ENHET	10101080 Oslo Geoteknikk Samferdsel

SAMMENDRAG

Fet kommune har gitt Multiconsult i oppdrag å detaljprosjekttere tiltak for å forbedre skråningsstabiliteten i Sundevja og Strandengevja, ravnedaler hhv. øst og vest for Kirkeveien, syd for Fetveien på østsiden av Glomma.

På bakgrunn av utført stabilitetsanalyse for drenert og udrenert tilstand presenterer foreliggende notat en fyllingsgeometri som gir tilfredsstillende lokal- og områdestabilitet mot Strandengevja for det tilbygget som er oppført for Østersund ungdomsskole. Med hensyn til områdestabilitet utgjør dette siste steg i utredningen, som for øvrig er presentert i notat 10201533-RIG-NOT-002, etter NVEs retningslinjer.

Vi har ikke utredet stabilitet fra ungdomsskolen mot Glomma.

Etableringen av fyllingen må utføres i henhold til tegning 10201533-RIG-TEG-002.2.

Rev. 01 av notatet omfatter endringer i etterkant av uavhengig kontroll. Dette omfatter blant annet revisjon av tegninger samt vedlegg A.

Rev. 02 av notatet inkluderer vurderinger ifm. planlagt økt fyllingsnivå enn tidligere forutsatt. **Rød tekst** i notatet angir endringer fra tidligere versjon.

Ny planlagt høyere oppfylling er kontrollert og gir tilfredsstillende lokalstabilitet for tilbygget samt ytterligere økt områdestabilitet.

Tegninger og vedlegg er ikke oppdatert iht. nye forutsetninger i Rev. 02.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
02	2018-10-12	Nytt fyllingsnivå i Strandengevja.	Jeremy R. King	Andreas Berger	Jeremy R. King
01	2018-08-29	Revisjon etter uavhengig kontroll	Sigurd S. Jakobsen	Jeremy R. King	Jeremy R. King
00	2018-03-23	Utarbeidet	Sigurd S. Jakobsen	Andreas Berger	Annette Jahr

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	3
2	Grunnlag	3
3	Prosjektering av motfylling ved stabilitetsanalyse	4
4	Viktige og kritiske forhold ved utførelsen	4
5	Henvisninger	5

TEGNINGER

10201533-RIG-TEG	-002.1	Beregningsprofiler
	-002.2	Arbeidsrekkefølge for etablering av motfylling
	-040.6 og -040.7	Parametertolkning fra trykksondering UCPTU8
	-300.1	Udrenert analyse, dagens situasjon, profil D-D
	-300.2	Drenert analyse, dagens situasjon, profil D-D
	-300.3	Urenert analyse, motfylling, profil D-D
	-300.4	Drenert analyse, motfylling, profil D-D
	-300.5	Urenert analyse, dagens situasjon, profil E-E
	-300.6	Drenert analyse, dagens situasjon, profil E-E
	-300.7	Udrenert analyse, motfylling, profil E-E
	-300.8	Drenert analyse, motfylling, profil E-E

VEDLEGG

Vedlegg A – Teknisk beregning

Vedlegg B – Tolkning av direkte udrenert skjærfasthet fra trykksondering NCPT403

1 Innledning

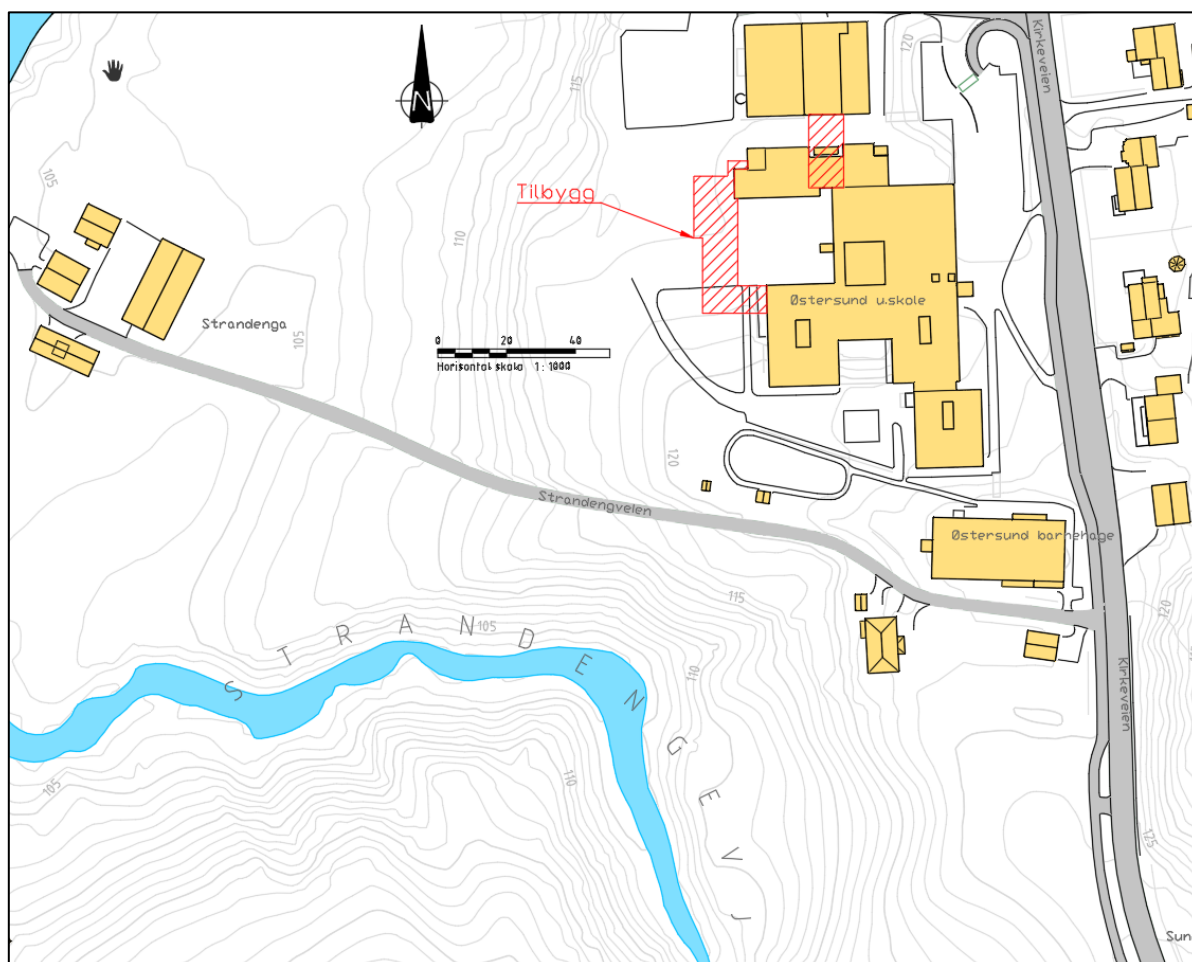
Fet kommune har gitt Multiconsult i oppdrag å detaljprosjekttere tiltak for å forbedre skråningsstabiliteten i Sundeveja og Strandengevja, ravinedaler hhv. øst og vest for Kirkeveien, syd for Fetveien på østsiden av Glomma.

Det foreliggende notat presenterer stabilitetsanalyser som dokumenterer tilfredsstillende lokal- og områdestabilitet på total- og effektivspenningsbasis for tilbygget til Østersund ungdomsskole ved evjas nordre skråningstopp ved etablering av en støttefylling i dalbunnen.

2 Grunnlag

Ref. /1/ oppsummerer kartlagte grunnforhold, ref. /2/ presenterer forutsetningene for den geotekniske prosjekteringen og ref. /3/ presenterer en gjennomgang av prosedyre for utredning av områdestabilitet mot Strandengevja ifm. en utvidelse av Østersund ungdomsskole etter retningslinjene i ref. /12/.

Figur 1-1 viser omrisset av den aktuelle utvidelsen.



Figur 1-1: Plassering av Østersund ungdomsskoles tilbygg over to plan

3 Prosjektering av motfylling ved stabilitetsanalyse

Tegning 10201533-RIG-TEG-002.2 viser den motfyllingen som er prosjektert for å gi tilfredsstillende stabilitet i Strandengevja. Denne er dels basert på krav til absoluttverdi for lokalstabilitet for Østersund ungdomsskoles tilbygg, og dels på krav til vesentlig prosentvis forbedring av områdestabilitet etter ref. /12/.

Det ble opprinnelig gitt som forutsetning av fyllingen maksimalt skulle være 3 m høy målt fra dagens terreng. Denne begrensningen har senere utgått, men er like fullt utgangspunktet for den fyllingsutformingen som stabilitetsanalysen i Vedlegg A utføres for og som vises på vedlagte tegninger. Det vil i praksis kunne fylles høyere enn dette, som i så fall vurderes som gunstig for stabiliteten. Fyllingen presentert i Vedlegg A og på vedlagte tegninger kan dermed ansees som en minimumsoppfylling for å oppnå tilfredsstillende stabilitet.

Ny planlagt høyere oppfylling er også kontrollert å gi tilfredsstillende lokalstabilitet for tilbygget samt ytterligere økt områdestabilitet.

4 Viktige og kritiske forhold ved utførelsen

Den rekkefølgen for etablering av motfylling i Strandengevja som er angitt på tegning 10201533-RIG-TEG-002.2 er kritisk for å ivareta tilfredsstillende beregningsmessig stabilitet i anleggsfasen. Det forutsettes at utførelse av både rekkefølge, lastbegrensninger og skråningshelning følges opp tett, da konsekvens av ras kan være fatal for arbeidere og andre i og ved dalen.

5 Henvisninger

5.1 Rapporter og notater

- /1/ Dokumentnr. 10201533-RIG-RAP-001 *Geoteknisk datarapport* (2018), Multiconsult Norge AS
- /2/ Dokumentnr. 10201533-RIG-NOT-001 *Geotekniske prosjekteringsforutsetninger* (2018), Multiconsult Norge AS
- /3/ Dokumentnr. 10201533-RIG-NOT-002 *Gjennomgang av prosedyre for utredning av områdestabilitet mot Strandengevja ifm. utvidelse av Østersund ungdomsskole* (2018), Multiconsult Norge AS
- /4/ Oppdrag: 122807 Fet kommune, barnehage Østersund. Geoteknisk bistand.; Dokumentnr. 122807-RIG-NOT-001: *Innledende stabilitetsvurdering av området* (2012), Multiconsult AS
- /5/ Oppdrag: *Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk kommuner, Akershus*; Dokumentnr. 20100119-00-7-R rev. 02 *Stabilitetsvurderinger sonene 32 Lystad, "Lystad sør" og 709 Sundhagen* (2016), Norges Geotekniske Institutt
- /6/ Oppdrag: *Utvidelse Østersund ungdomsskole, geoteknisk bistand*; Dokumentnr. 129358-RIG-NOT-001 *Forstudie og innledende vurdering av områdestabilitet* (2016), Multiconsult ASA
- /7/ Oppdrag: Østersund skole, 38/43 Fet kommune; Dokumentnr. 040.17p/mw *Geotekniske vurderinger av planlagt tiltak, lokal- og områdestabilitet*

5.2 Offentlige grunnforholdsdata-baser

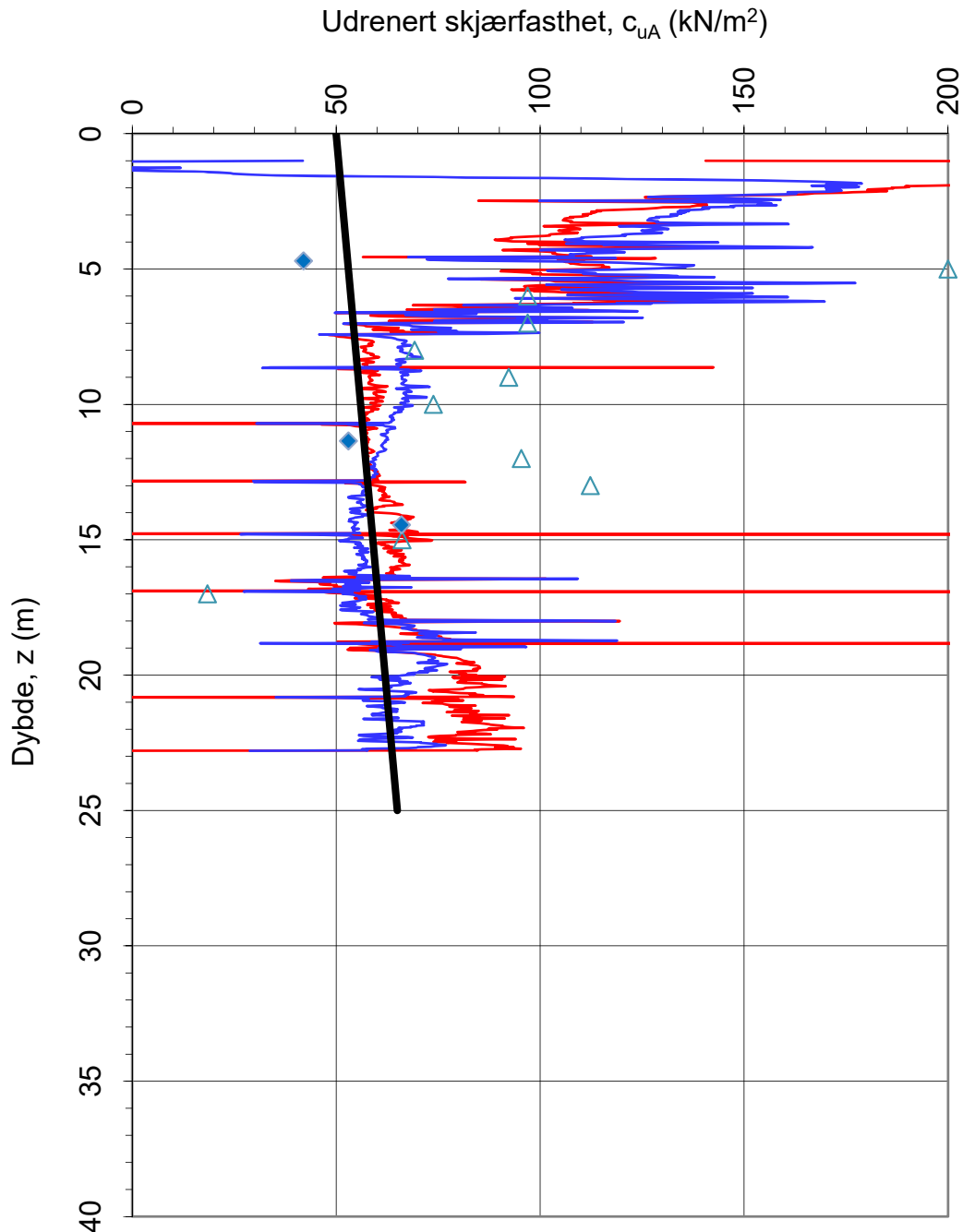
- /8/ *Nasjonal løsmassedatabase* (2017), Norges geologiske undersøkelse
- /9/ *NVE Atlas* (2017), Norges vassdrags- og energidirektorat

5.3 Standarder og retningslinjer

- /10/ Håndbok V220 *Geoteknikk i vegbygging* (2017), Statens vegvesen
- /11/ Rapport nr. 14/2014 *En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer* (2014), Norges vassdrags- og energidirektorat
- /12/ Veileder nr. 7/2014 *Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper* (2014), Norges vassdrags- og energidirektorat

5.4 Programvare

- /13/ GeoSuite Stability, v. 15.4.0.0 (2017), Trimble Inc.



$$Nkt = (20.5 - 12.1 \cdot Bq)$$

$$NDu = (2.2 + 7.7 \cdot Bq)$$

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver:

FET KOMMUNE

Oppdrag:

Oppfylling, Sundevja og S

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_v5.0

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot B_q .

CPTU id.:

UCPTU8

Sonde:

4417

Multiconsult

MULTICONSULT ASA

Dato:

10.01.2018

Tegnet:

SSJ

Kontrollert:

-

Godkjent:

-

Oppdrag nr.:

10201533

Tegning nr.:

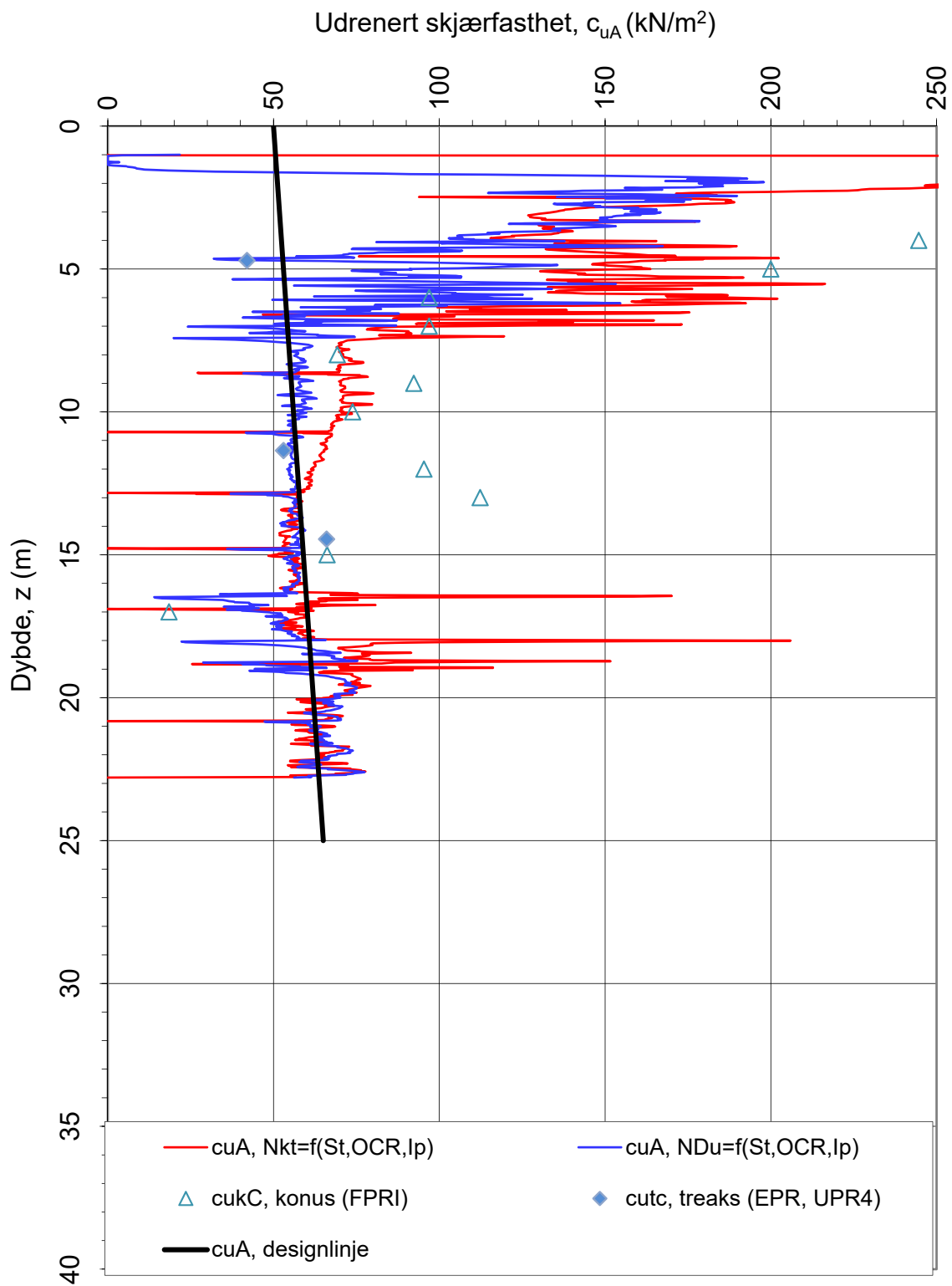
40.6

Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

0



$$N_{kt} = (8.5 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p)$$

$$N_{Du} = (9.8 - 4.5 \log OCR + 0.07 I_p)$$

Referansem metode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

FET KOMMUNE

Oppdrag:

Oppfylling, Sundevja og S

Tegningens filnavn:

CPTU_EXTRA_v5.0

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

Multiconsult

CPTU id.:

UCPTU8

Sonde:

4417

MULTICONSULT ASA

Dato:

10.01.2018

Tegnet:

SSJ

Kontrollert:

-

Godkjent:

-

Oppdrag nr.:

10201533

Tegning nr.:

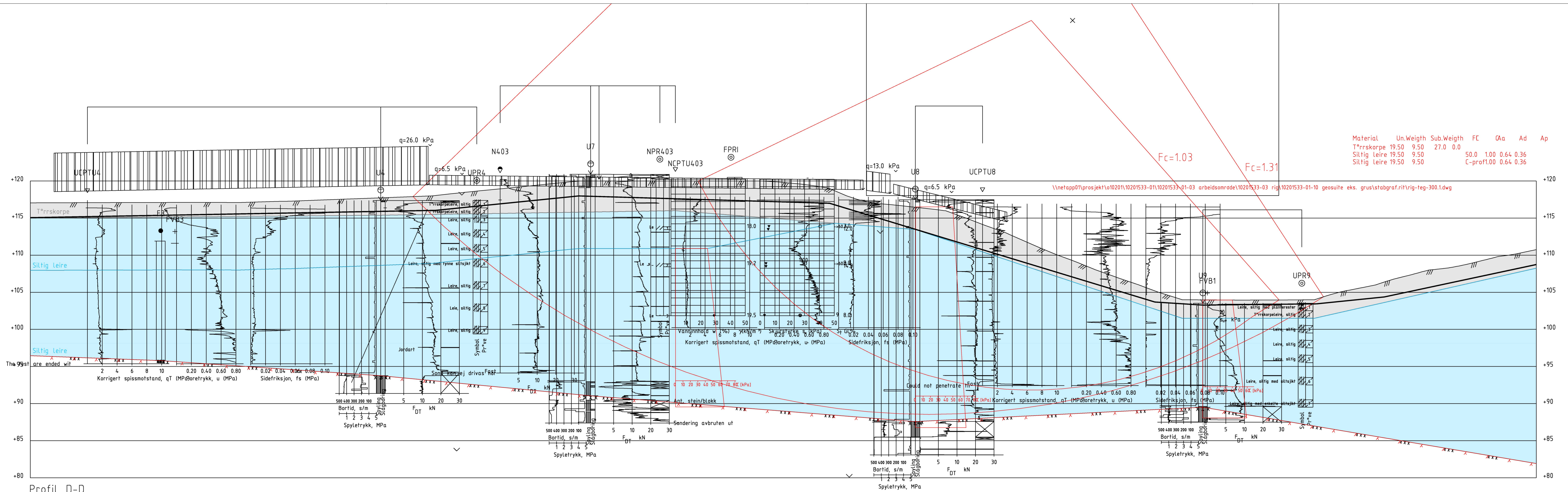
40.7

Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

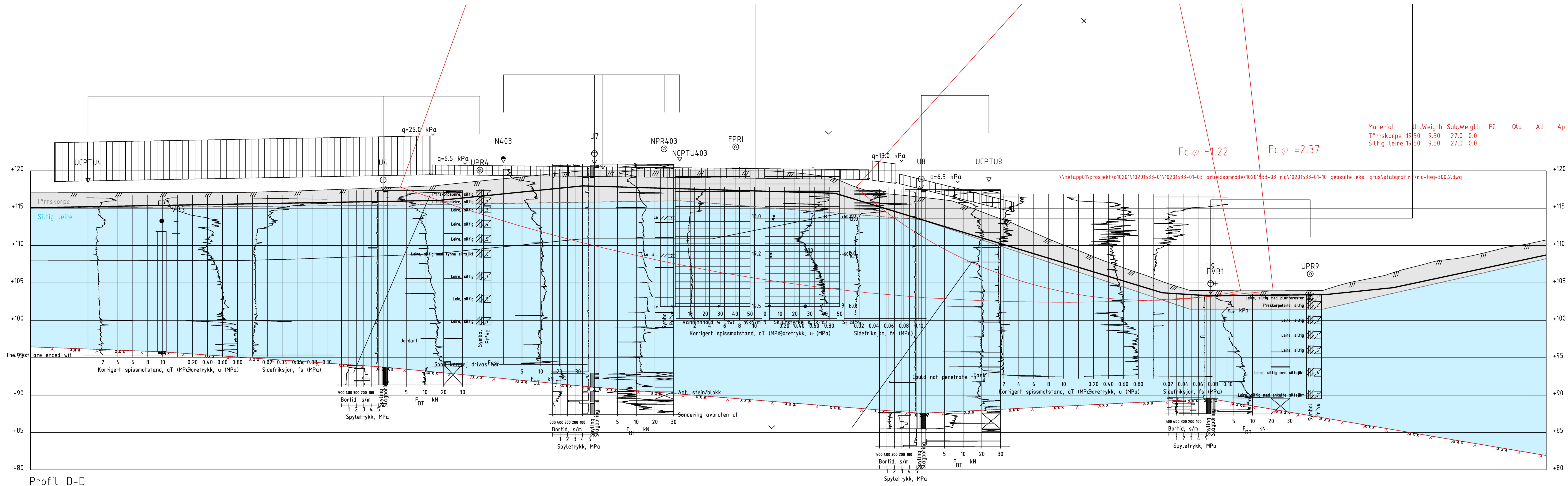
0



Material	Un.Weighth	Sub.Weighth	FC	Ga	Ad	Ap
T'rnskorpe	19.50	9.50	27.0	0.0		
Siltig leire	19.50	9.50	50.0	1.00	0.64	0.36
Siltig leire	19.50	9.50			C-profil.00	0.64 0.36

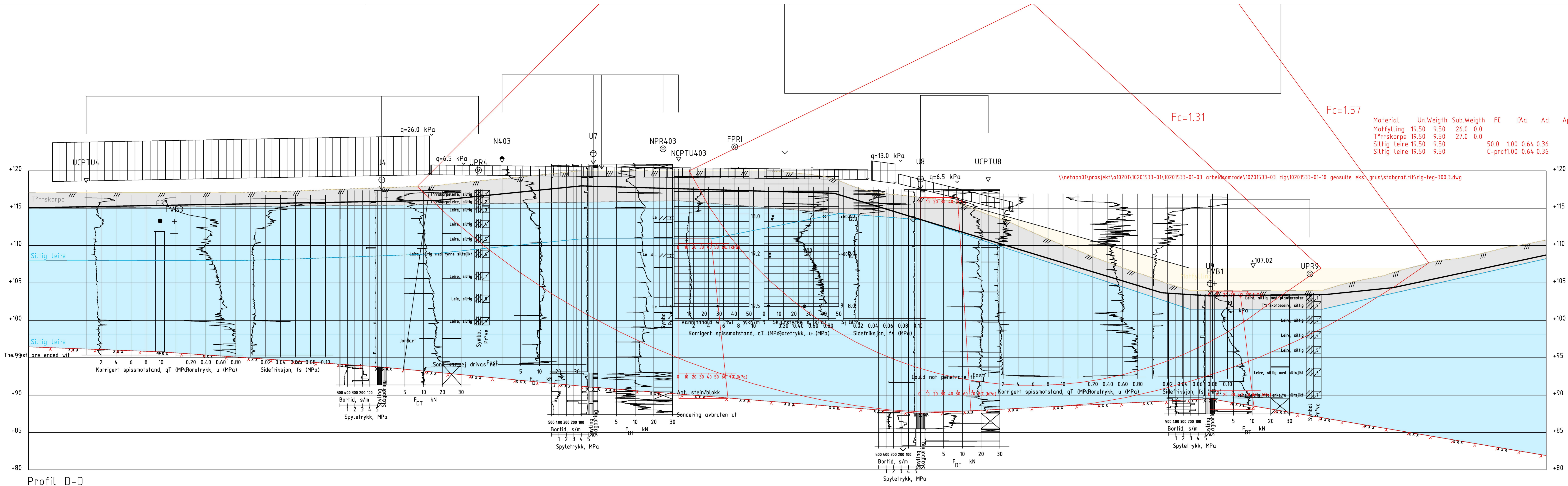
Profil D-D

01	Revidert etter uavhengig kontroll	24.08.2018	SSJ	JRK	JRK
00	Utarbeidet	02.03.2018	SSJ	MI	ANEJ
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
FET KOMMUNE Oppfylling, Sundevja og Strandengevja					Fag Geoteknikk Format A3L
Beregningsprofil D-D Udreneret analyse, dagens tilstand (med 3D-effekter)					Dato 24.08.2018
Multiconsult www.multiconsult.no					Status Til notat Oppdragsnr. 10201533
Konstr./Tegnet SSJ			Kontrollert JRK		Godkjent JRK
Tegningsnr. RIG-TEG-300.1			Rev. 01		



Profil D-D

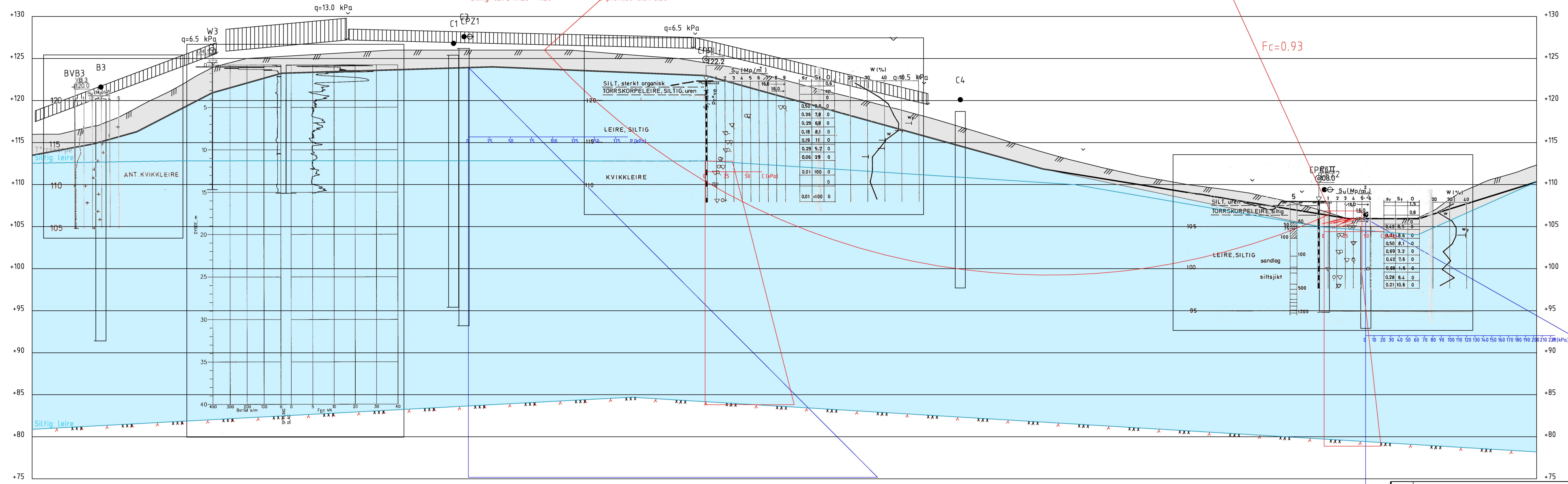
01	Revidert etter uavhengig kontroll	24.08.2018	SSJ	JRK	JRK
00	Utarbeidet	02.03.2018	SSJ	MI	ANEJ
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
FET KOMMUNE Oppfylling, Sundevja og Strandengevja					Fag Geoteknikk Format A3L
Beregningsprofil D-D Drenert analyse, dagens tilstand (med 3D-effekter)					Dato 24.08.2018 Format/Målestokk: 1:300
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Til notat Oppdragsnr. 10201533	Konstr./Tegnet SSJ Tegningsnr. RIG-TEG-300.2	Kontrollert JRK	Godkjent JRK Rev. 01



Profil D-D

01	Revidert etter uavhengig kontroll	24.08.2018	SSJ	JRK	JRK
00	Utarbeidet	02.03.2018	SSJ	MI	ANEJ
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
FET KOMMUNE Oppfylling, Sundevja og Strandengevja					Fag: Geoteknikk Format: A3L Dato: 24.08.2018
Beregningsprofil D-D Udreneret analyse, motfylling (med 3D-effekter)					Format/Målestokk: 1:300
Multiconsult www.multiconsult.no		Status: Til notat Oppdragsnr.: 10201533	Konstr./Tegnet: SSJ Tegningsnr.: RIG-TEG-300.3	Kontrollert: JRK	Godkjent: JRK Rev.: 01

Material Un.Weigh Sub.Weigh FE α_a Ad Ap
 T*rrskorpe 19.50 9.50 27.0 0.0
 Siltig leire 19.50 9.50 35.0 1.00 0.64 0.36
 Siltig leire 19.50 9.50 C-prof1.00 0.64 0.36



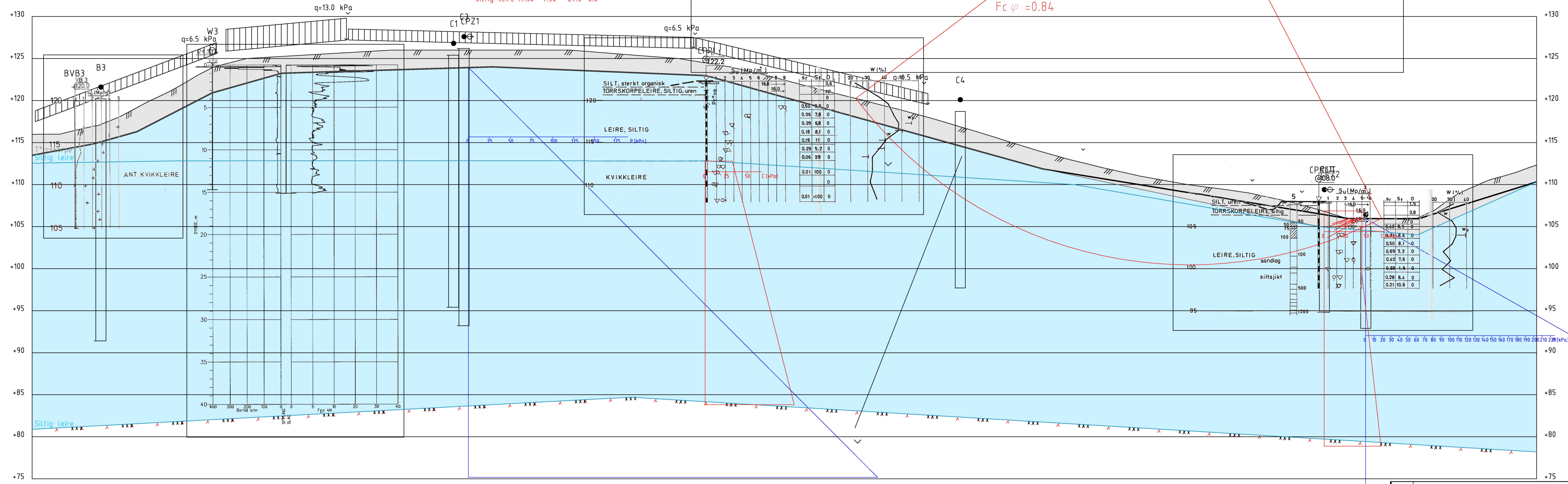
Profil E-E

01	Revidert etter uavhengig kontroll	24.08.2018	SSJ	JRK	JRK
00	Utarbeidet	02.03.2018	SSJ	MI	ANEJ
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
FET KOMMUNE Oppfylling, Sundevja og Strandengevja					Fag Geoteknikk Format A3L
Beregningsprofil E-E Udreneret analyse, dagens tilstand (med 3D-effekter)					Dato 24.08.2018 Format/Målestokk: 1:300
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Til notat Oppdragsnr. 10201533	Konstr./Tegnet SSJ Tegningsnr. RIG-TEG-300.5	Kontrollert JRK	Godkjent JRK Rev. 01

\\netapp01\prosjekt\10201533-01\10201533-01-03 arbeidsomrade\10201533-03 rig\10201533-01-10 geosuite eks. grus\stabgraf.rif\rig-teg-300.6.dwg

Material	Un.Weighth	Sub.Weighth	FC	Ca	Ad	Ap
Tørreskorpe	19.50	9.50	27.0	0.0		
Siltig leire	19.50	9.50	27.0	0.0		
Siltig leire	19.50	9.50	27.0	0.0		

$F_c \varphi = 0.84$

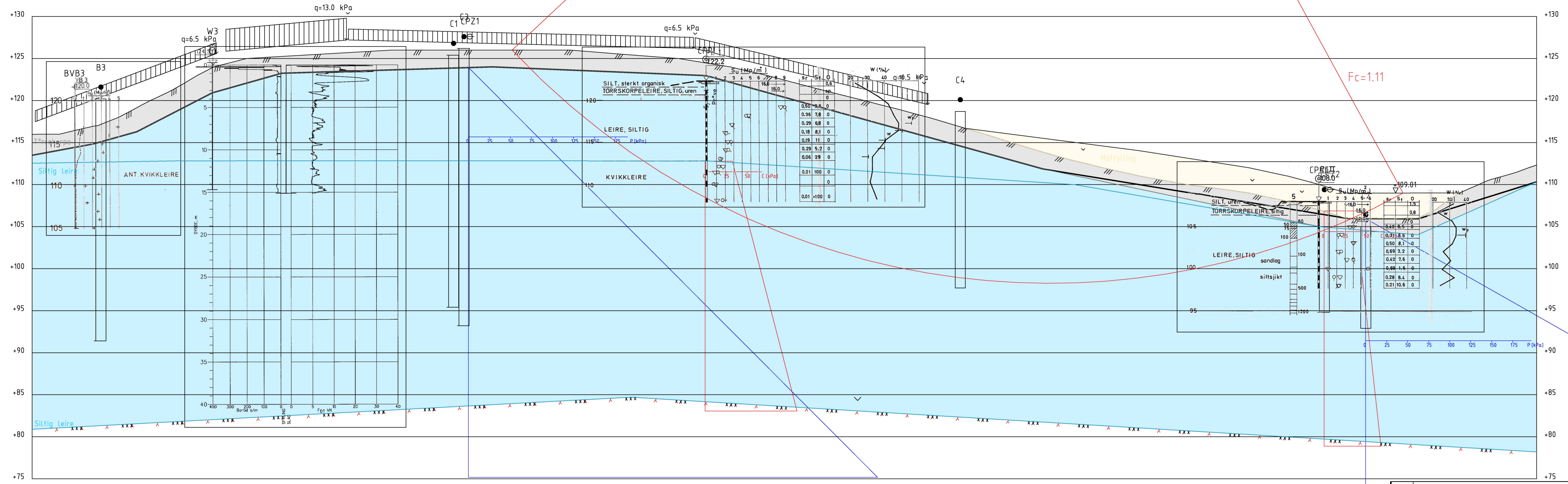


Profil E-E

01	Revidert etter uavhengig kontroll	24.08.2018	SSJ	JRK	JRK
00	Utarbeidet	02.03.2018	SSJ	MI	ANEJ
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
FET KOMMUNE Oppfylling, Sundevja og Strandengevja					Fag: Geoteknikk Format: A3L Dato: 24.08.2018
Beregningsprofil E-E Drenert analyse, dagens tilstand (med 3D-effekter)					Format/Målestokk: 1:300
Multiconsult www.multiconsult.no		Status: Til notat Oppdragsnr.: 10201533	Konstr./Tegnet: SSJ Tegningsnr.: RIG-TEG-300.6	Kontrollert: JRK	Godkjent: JRK Rev.: 01

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	FC	Ca	Ad	Ap
Motfylling	19.50	9.50	26.0	0.0		
Tørreskorpe	19.50	9.50	27.0	0.0		
Siltig leire	19.50	9.50	35.0	1.00	0.64	0.36
Siltig leire	19.50	9.50		C-prof1.00	0.64	0.36

\\netapp01\prosjekt\10201\10201533-01\10201533-01-03 arbeidsområde\10201533-03 rig\10201533-01-10 geosuite eks. grus\stabgraf.rvt\rig-teg-300.7.dwg

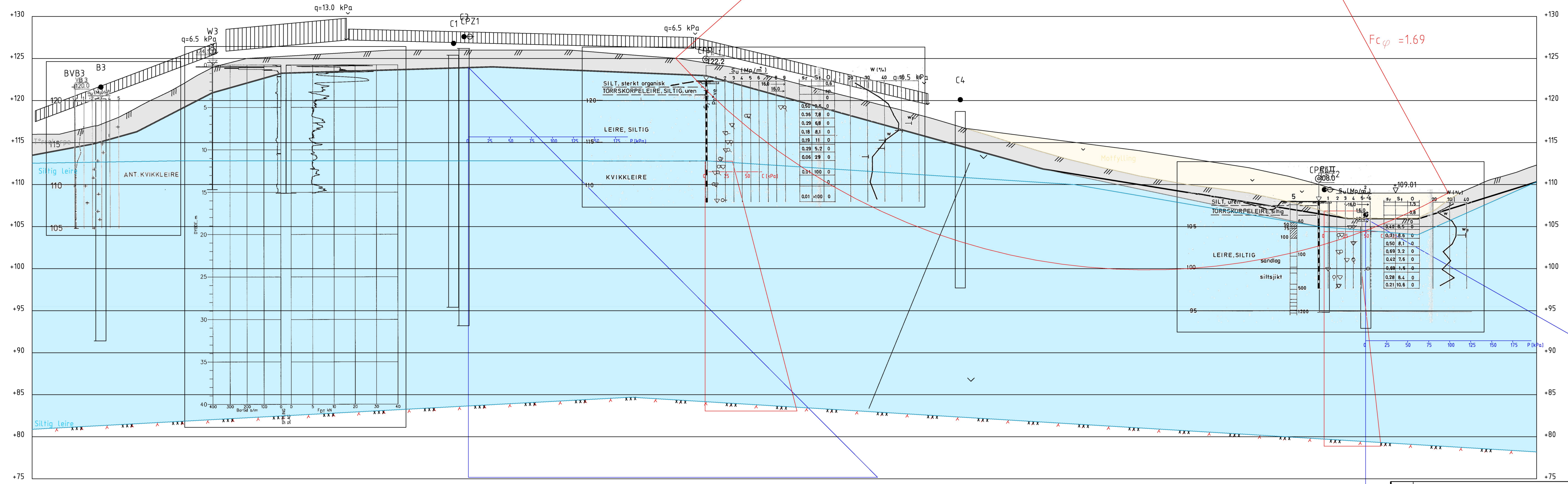


Profil E-E

01	Revidert etter uavhengig kontroll	24.08.2018	SSJ	JRK	JRK
00	Utarbeidet	02.03.2018	SSJ	MI	ANEJ
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
FET KOMMUNE Oppfylling, Sundevja og Strandengevja					Fag Geoteknikk Format A3L
Beregningsprofil E-E Udrenert analyse, motfylling (med 3D-effekter)					Dato 24.08.2018 Format/Målestokk: 1:300
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Til notat Oppdragsnr. 10201533	Konstr./Tegnet SSJ Tegningsnr. RIG-TEG-300.7	Kontrollert JRK	Godkjent JRK Rev. 01

Material	Un.Weight	Sub.Weight	FC	CAa	Ad	Ap
Moffylling	19.50	9.50	26.0	0.0		
Tørreskorpe	19.50	9.50	27.0	0.0		
Siltig leire	19.50	9.50	27.0	0.0		
Siltig leire	19.50	9.50	27.0	0.0		

\\netapp01\prosjekt\10201533-01\10201533-01-03 arbeidsområde\10201533-03 rig\10201533-01-10 geosuite eks. grus\stabgraf.rif\rig-teg-300.8.dwg



Profil E-E

01	Revidert etter uavhengig kontroll	24.08.2018	SSJ	JRK	JRK
00	Utarbeidet	02.03.2018	SSJ	MI	ANEJ
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
FET KOMMUNE Oppfylling, Sundevja og Strandengevja					Fag Geoteknikk Format A3L
Beregningsprofil E-E Drenert analyse, moffylling (med 3D-effekter)					Dato 24.08.2018
Multiconsult www.multiconsult.no					Status Til notat Oppdragsnr. 10201533
Konstr./Tegnet SSJ Tegningsnr. RIG-TEG-300.8			Kontrollert JRK	Godkjent JRK	Rev. 01

Vedlegg A – Teknisk beregning

INNHOLDSFORTEGNELSE

INNHOLDSFORTEGNELSE	1
1 Forutsetninger	2
1.1 Støttefylling.....	2
1.2 Krav til sikkerhet	2
1.2.1 Lokalstabilitet.....	2
1.2.2 Områdestabilitet	2
1.3 Kritiske profiler	2
1.4 Program	3
1.5 3D-effekt	3
1.6 Belastning	4
1.7 Jordparametere	4
1.7.1 Generelt	4
1.7.2 Totalspenningsparametere: udrenert skjærfasthet.....	5
1.7.3 Effektivspenningsparametere: friksjonsvinkel	9
2 Resultat	10

REVISJONSHISTORIKK

Rev. 01 av notatet omfatter endringer i kapittel 1.7 i etterkant av uavhengig kontroll.

1 Forutsetninger

1.1 Støttefylling

På grunn av en beregningsmessig utilstrekkelig stabilitet av Strandengevjas dalsider er det planlagt etablert en støttefylling i dalbunnen. Fyllingen er forventet å bestå av overskuddsmasser fra et nærliggende vegprosjekt. Dette forventes å være leirmasser, med betydelig innslag av grovere tørrskorpe.

Det ble opprinnelig gitt som forutsetning av fyllingen maksimalt skulle være 3 m høy målt fra dagens terreng. Denne begrensningen har senere utgått, men foreliggende stabilitetsanalyse gjøres like fullt for en fyllingsutforming som tar utgangspunkt i denne tidligere begrensningen. Det vil i praksis kunne fylles høyere enn dette, som i så fall vurderes som gunstig for stabiliteten. Dermed gjøres foreliggende analyse for det som kan ansees som en minimumsoppfylling for å oppnå tilfredsstillende stabilitet.

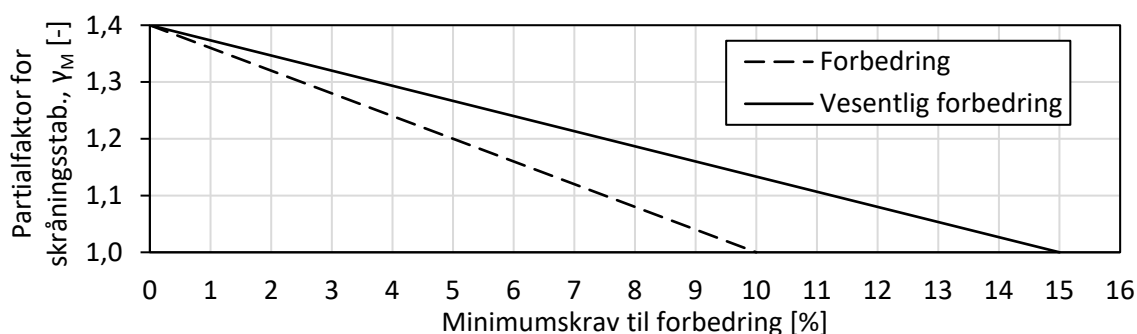
1.2 Krav til sikkerhet

1.2.1 Lokalstabilitet

Som angitt i notat 10201533-RIG-NOT-001 kreves det med utgangspunkt i Eurokode 0 og del 1 av Eurokode 7 en partialfaktor for lokalstabilitet, γ_M , lik 1,4 og 1,25 for hhv. total- og effektivspenningsanalyser.

1.2.2 Områdestabilitet

Norges vassdrags- og energidirektorats (NVE) veileder nr. 7/2014 «Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper» stiller krav til γ_M for områdestabilitet. Som angitt i notat 10201533-RIG-NOT-002 er tilbygget til Østersund ungdomsskole vurdert å falle inn under tiltakskategori K4, i en faresone med høy faregrad. Følgelig skal det i det aktuelle fareområdet dokumenteres γ_M som enten er minimum 1,4 eller – dersom $\gamma_M < 1,4$ – gis *vesentlig forbedring* ved terrengendring (avlasting/motfylling) eller bruk av lette masser, som definert i Figur 1-1.



Figur 1-1: Figur 5.1 i NVEs veileder nr. 7/2014, som angir krav til %-vis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser

1.3 Kritiske profiler

Tegning 127747-RIG-TEG-002.2 viser de to profiler som med utgangspunkt i topografi, kartlagte jordegenskaper og vurdert fareområde ansees for kritiske:

D-D: Fra Østersund ungdomsskole til bunnen av Strandengevja, mht. lokal- og områdestabilitet

E-E: Fra Kirkeveien til bunnen av Strandengevja, mht. områdestabilitet

Det er disse profilene stabilitetsanalysen utføres for.

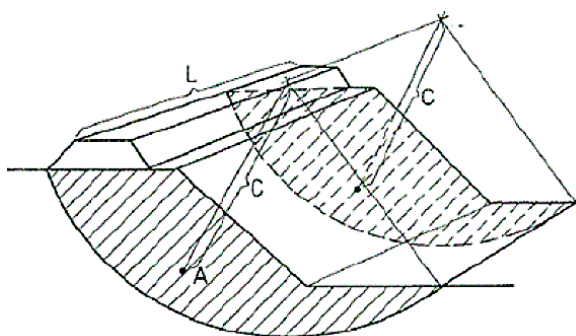
1.4 Program

Analysene er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 14.0.5. Beregningsmetoden, Beast 2003, er basert på en lamellmetode som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for å definere variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet. Analysene er utført både på udrenert totalspenningsbasis (ADP-analyse) og drenert effektivspenningsbasis ($\alpha\phi$ -analyse).

Det er utført beregninger for dagens geometri og for minimumsoppfylling for tilfredsstillende stabilitet, som omtalt i avsnitt 1.1.

1.5 3D-effekt

GeoSuite Stability beregner i utgangspunktet global stabilitet med en antakelse om at skråningsgeometrien fortsetter uendelig langt inn i planet. I realiteten vil sideskjærkrefter virke som en stabiliserende 3D-effekt ved at et mulig utglidningsområde har en begrenset lengde.



Figur 1-2: Illustrasjon av 3D-effekt, fra beregningsprogrammets brukermanual

Beregningene hensyntar 3D-effekter med følgende verdi:

$$\llcorner 3D \llcorner = 2n/L = \underline{0,029} \quad (1)$$

hvor:

n = Utnyttelsesgrad av sideskjær = 50 % (maksimal utnyttelse etter norsk praksis)

L = Vurdert bredde av en mulig utglidning \approx 35 m, kfr. tegning 10201533-RIG-TEG-002.2

1.6 Belastning

Uttrykk 2, 3 og 4 angir antatt dimensjonerende belastning fra hhv. Østersund ungdomsskole (eksisterende bygg og tilbygg), trafikk og for generell usikkerhet (topografisk variasjon, snø), hvor γ er partialfaktor for ugunstig variabel lastvirkning, lik 1,3 som beskrevet i notat 10201533-RIG-NOT-001. Lasten fra skolen vil i realiteten være permanent, men grunnet usikkerhet knyttet til intensiteten brukes nevnte partialfaktor. Karakteristisk trafikklaster er valgt etter Statens vegvesens håndbok V220, med forutsetning om at det ikke brukes tunge anleggsmaskiner på skråningstopp. Verdi for generell terrenglast er også basert på Statens vegvesens håndbok.

$$q_{\text{bygg}} = \gamma \cdot 20 \text{ kPa} = \underline{26 \text{ kPa}} \quad (2)$$

$$q_{\text{trafikk}} = \gamma \cdot 10 \text{ kPa} = \underline{13 \text{ kPa}} \quad (3)$$

$$q_{\text{terreng}} = \gamma \cdot 5 \text{ kPa} = \underline{6,5 \text{ kPa}} \quad (4)$$

Til tross for at skolens tilbygg, som er årsaken til foreliggende analyser, allerede er oppført, vurderes det at lasten fra tilbygget teoretisk ikke burde inngå i utgangspunktsituasjonen for prosentvis forbedring. At lasten fra tilbygget likevel virker i samtlige beregningssituasjoner har uansett ingen virkning på resultatet ettersom skjærflater for områdestabilitet viser seg å gå nærmere ravedalen enn tilbygget.

1.7 Jordparametere

Tilgjengelige grunnundersøkelser i området, som presentert i rapport 10201533-RIG-RAP-001, er lagt til grunn for tolkningene av parametere. Dette omfatter analyse av trykk-, total- og dreietrykksonderinger, samt prøveserier og vingeboringer.

Analyserte prøver viser varierende kvalitet. Prøver med dårligere kvalitet er tillagt liten/mindre vekt.

1.7.1 Generelt

Tyngdetetthet

Tyngdetettheter, γ , er valgt på bakgrunn av utførte laboratorieforsøk samt erfaringsverdier fra håndbok V220.

Tabell 1-1: Vurdert representative γ

Tørrskorpe (drenert)	19,5 kN/m ³
Siltig, stedvis kvikk leire ved skråningstopp	19,5 kN/m ³
Siltig leire i evjebunn	19,5 kN/m ³
Motfylling (drenert)	19,5 kN/m ³

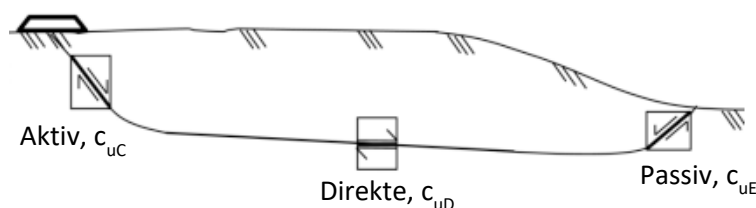
Grunnvannstand og poretrykksfordeling

Basert på avlesninger av poretrykk i måler FPZ1, CPZ1, CPZ2 og NPZ403 legges til grunn grunnvannstand ca. 2 m under terreng på skråningstopp og nærmest i opprinnelig terreng i dalbunnen.

Det antas generelt en hydrostatisk poretrykksfordeling, med unntak av i dalbunnen i profil E-E, hvor det legges til grunn et poreovertrykk: Tidligere avlesning av poretrykksmåler CPZ2, som befinner seg noe lenger inn i Strandengevja, viser ca. 1 m poreovertrykk, tilsvarende poretrykk, u , lik ca. 72 kPa i spissdybden, kt + 102,5. Dalbunnen ved CPZ2 er i ca. kt + 108, mens dalbunnen i profil E-E ligger 2 m lavere, i ca. kt + 106. Poretrykksfordelingen kan enten antas å følge terrenget (slik at u i en dybde under ved CPZ2 vil være lik u i samme dybde under dalbunn i profil E-E), eller antas å følge koten (slik at u i kt + 102,5 i profil E-E også antas å være lik 72 kPa). Sistnevnte er brukt i den aktuelle beregningen, og dette gir et høyere poreovertrykk og regnes derfor for å være konservativt.

1.7.2 Totalspenningsparametere: udrenert skjærfasthet

Her redegjøres for den inndata som benyttes i GeoSuite Stability for udrenert leire i totalspenningsanalysen, også omtalt som ADP-analyse.



Figur 1-3: Mobilisering av anisotrop skjærfasthet langs en skjærflate, hvor c_{uD} = udrenert skjærfasthet fra direkte skjærforsøk, c_{uC} = udrenert skjærfasthet fra aktivt treksialforsøk (compression test) = c_{uA} = aktiv udrenert skjærfasthet og c_{uE} = udrenert skjærfasthet fra passivt treksialforsøk (extension test)

Med henvisning til Figur 1-3 tar programmet utgangspunkt i profiler for c_{uC} , samt anisotropiforholdene c_{uD}/c_{uC} og c_{uE}/c_{uC} for utregning av c_{uD} og c_{uE} . Mellom de angitte profilene interpoleres verdiene.

Valgte profiler for aktiv udrenert skjærfasthet

I uttrykkene for c_{uC} -profiler under angir z dybde fra terrenget.

I profil D-D gis følgende c_{uC} -profiler (Trykksondering UCPTU4 og ECPT2 ikke vektlagt da disse anses som mindre relevant for glideflaten.):

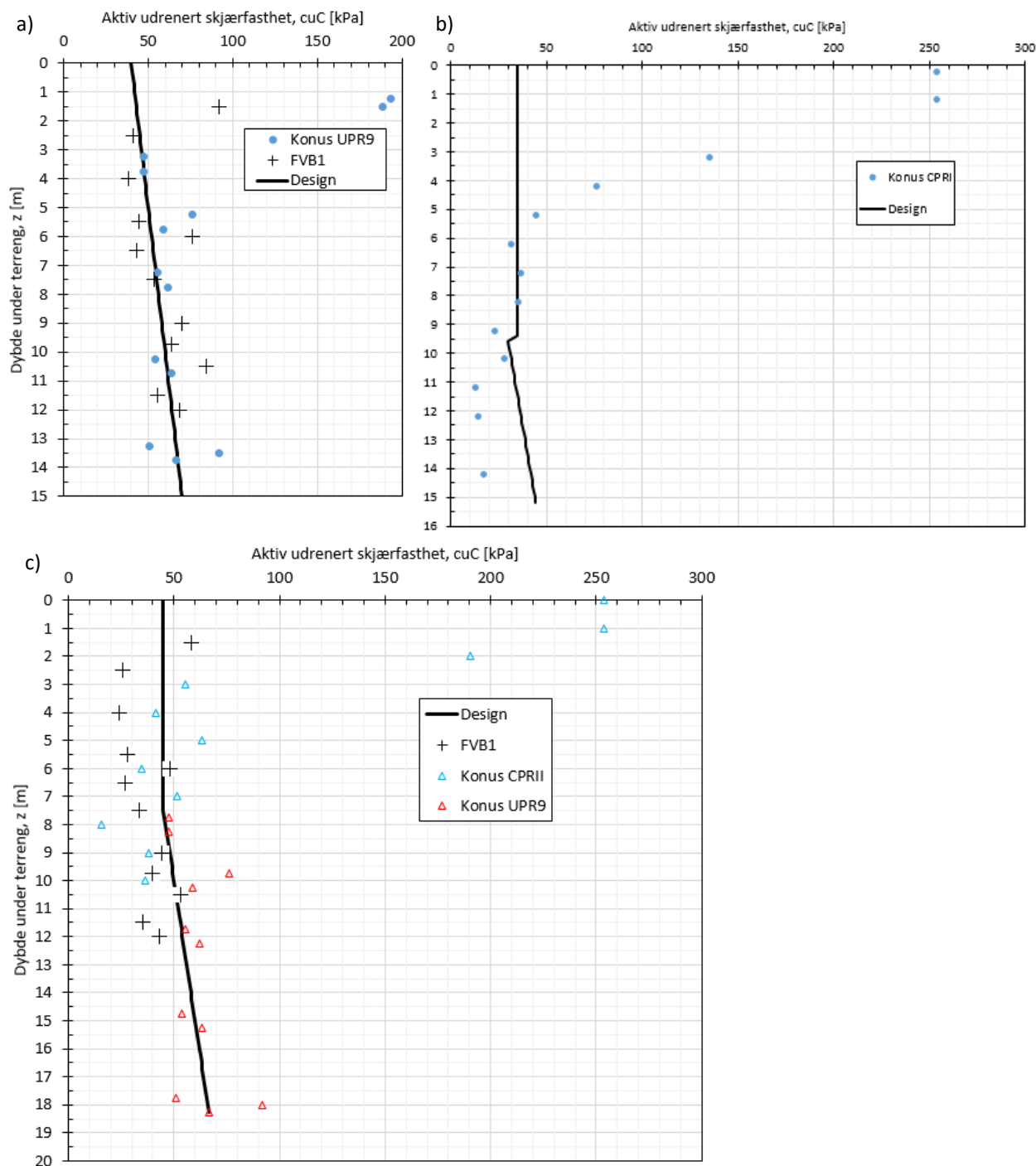
- **Siltig, stedvis kvikk leire nord for skråningstopp: 50 kPa + 0,6z (Se -RIG-TEG-040.6 og -040.7)**
 - Grunnlag: Trykksondering UCPTU8, aktive treksialforsøk på prøveserie UPR4 (dybde 4,7 m) og EPR (dybde 11,35 m og 14,45 m). De to sistnevnte forsøk er tillagt mindre vekt ettersom registrert volumtøyning i konsolideringsfasen tilsier at disse er av dårlig kvalitet. Det er ikke gjort 15 % reduksjon av designprofilen ettersom trykksonderingstolkningen er tilpasset treksialforsøk.
- **Siltig, stedvis kvikk leire ved skråningstopp: $z > 9$ m: 50 kPa; $z < 9$ m: 42 kPa + 2,9z (Se Vedlegg B)**
 - Grunnlag: Trykksondering NCPT403, enaksial- og konusforsøk på prøveserie NPR401, hentet fra NGIs rapport 20100119-00-7-R Stabilitetsvurderinger sonene 32 Lystad, «Lystad sør» og 709 Sundhagen, rev02 datert 23.09.2016. Her kan det være brukt ulike tolkningsparametere. Det er gjort 15 % reduksjon av designprofilen ettersom dette er basert på trykksondering.
- **Siltig leire i evjebunn: 40 kPa + 2z (Kfr. Figur 1 4 a))**
 - Grunnlag: Vingeboring FVB1, konusforsøk på prøveserie UPR9. Det passive traksialforsøket som er utført i UPR9 er tillagt liten vekt ettersom registrert poreallsforhold, $\Delta e/e_0$, er lik 0,04, som vurdert mot OCR utregnet nedenfor (gitt at terrenget var i nivå med omkringliggende områder før evja ble forårsaket av erosjon) – indikerer dårlig forsøkskvalitet etter Tabell 1-3.

$$OCR_{z=3,6m} = \frac{POP}{p_0'} = \frac{\bar{\gamma}(H_{ejve} + z) - \gamma_w((H_{ejve} + z) - 2m)}{\bar{\gamma}'z} \approx 6$$

hvor $z = 3,6$ m, $H_{ejve} \approx 120 - 103,5 = 16,5$ m, $\bar{\gamma} = 19,5$ kN/m³ og $\bar{\gamma}' = 9,5$ kN/m³

I profil E-E gis to c_{uC} -profiler:

1. **Siltig, stedvis kvikk leire ved skråningstopp: $z < 9,5$: 35 kPa ; $z > 9$ m: 31 kPa + 2,56z (Se Figur 1 4 b))**
 - o Grunnlag: Konusforsøk på prøveserie CPRI, med klassifisert kvikkleire fra ca. 9,5 m dyp. Det legges til grunn empiriske minimumsverdier for fasthet basert på forholdet med effektivt overlagringstrykk, p_0' , hvor $c_{uC}/p_0' = 0,27$ etter Figur 4.10 i Håndbok V220.
2. **Siltig leire i evjebunn: maks.{45 kPa; 30 kPa + 2z} (Se Figur 1 4 c))**
 - o Grunnlag: Vingeboring FVB1, konusforsøk på prøveserie CPRII og UPR9



Figur 1-4: Valg av dimensjonerende c_{uC} -profil i a) evjebunn profil D-D, b) skråningstopp profil E-E og c) evjebunn profil E-E

Valgt anisotropi

Etter empiriske uttrykk gitt i Tabell 1-3 velges følgende anisotropiforhold basert på $I_p = 12\%$, som samlet sett velges basert på analyserte prøveserier:

$$c_{uD}/c_{UC} = 0,63 + 0,00425(I_p - 10) = \underline{0,64}$$

$$c_{uE}/c_{UC} = 0,35 + 0,00375(I_p - 10) = \underline{0,36}$$

Tabell 1-2: Tabell 1 i Norges vassdrags og energidirektorats rapport nr. 14/2014 «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering av norske leirer», som angir anbefalte anisotropiforhold. Her gis I_p i %.

Plastisitetsindeks, I_p [%]	Forhold mellom direkte og aktiv udrenert skjærfasthet, c_{uD}/c_{UC} [-]	Forhold mellom passiv og aktiv udrenert skjærfasthet, c_{uE}/c_{UC} [-]
$\leq 10\%$	0,63	0,35
$> 10\%$	$0,63 + 0,00425(I_p - 10)$ [-]	$0,35 + 0,00375(I_p - 10)$

Metode for tolkning av aktivt treaksialforsøk

Aktive treaksialforsøk benyttes til bestemmelse av aktiv udrenert skjærfasthet, ved 2 % aksialtøyning.

Forsøkskvaliteten vurderes med utgangspunkt i porettall, etter Tabell 1-3. Forsøk av dårligere kvalitet tillegges mindre vekt.

Tabell 1-3: Tabell 6 i Norsk geoteknisk forenings Melding 11 Veiledning for prøvetaking, som angir veiledende kriterier for kvalitetsevaluering av treaksial- og ødometerforsøk basert på endring i porettall

		Poretallsforhold, $\Delta e/e_0$ [-]			
		Veldig god til utmerket	God til brukbar	Dårlig	Veldig dårlig
Overkonsolideringsgrad, OCR [-]	1 – 2	$< 0,04$	$0,04 - 0,07$	$0,07 - 0,14$	$> 0,14$
	2 – 4	$< 0,03$	$0,03 - 0,05$	$0,05 - 0,10$	$> 0,10$
	4 – 6	$< 0,02$	$0,02 - 0,035$	$0,035 - 0,07$	$> 0,07$

Tabell 1-4: Figur 2.20 i Statens vegvesens håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, som angir veiledende kriterier for kvalitetsevaluering av treaksialforsøk basert på utpresset porevann under konsolidering, hvor det tas utgangspunkt i prøver med diameter og høyde på hhv. 54 og 100 mm

Utpresset porevann [cm^3]	Volum av utpresset porevann [%]	Klassifisering
0 – 5	0 – 2	God
5 – 10	2 – 4	Akseptabel
> 10	> 4	Dårlig

Metode for tolkning av trykksondering med registrering av poretrykk

Aktiv udrenert skjærfasthet tolkes etter uttrykk 5 eller 3, basert på trykksonderingens registrering av hhv. poretrykk og spissmotstand. For finkornige masser med relativt homogene forhold ansees tolkning på poretrykksbasis som best egnet.

Tegning -040.6 og -040.7 viser tolkning av leirens aktive udrenerte skjærfasthet. Her anvendes formelverket vist i Tabell 1-5, som er basert på anerkjente korrelasjoner mellom trykksonderinger og laboratorieforsøk på blokkprøver og i dette tilfelle er tilpasset mot treaksialforsøk utført på prøveseriene EPR og UPR4.

$$c_{uc} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}} \quad (5)$$

hvor:

$N_{\Delta u}$ = tolkningsfaktor på poretrykksbasis, bestemt etter Tabell 1-5

$\Delta u = u_2 - u_0$, poreovertrykk registrert av trykksonderingen

$$c_{uc} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} = \frac{q_n}{N_{kt}} \quad (6)$$

hvor:

N_{kt} = bæreevne-/konfaktor, bestemt etter Tabell 1-5

$q_n = q_t - \sigma_{v0}$

q_t = korrigert spissmotstand

σ_{v0} = overlagingstrykk *in situ*

Tabell 1-5: Anvendte korrelasjoner for tolkningsfaktorer $N_{\Delta u}$ og N_{kt} , hvor OCR = overkonsolideringsgrad, S_t = sensitivitet, I_p = plastisitetsindeks, $B_q = \Delta u/q_n$ og q_n = netto spissmotstand

	Tolkning på spissmotstandsbasis, N_{kt} [-]	Tolkningsfaktor på poretrykksbasis, $N_{\Delta u}$ [-]
Empirisk middelvariasjon i B_q	$20,5 - 12,1B_q$	$2,2 + 7,7B_q$
Empirisk middelvariasjon i OCR, S_t og I_p	$8,5 + 2,5\log OCR + 0,082I_p$	$9,8 - 4,5\log OCR + 0,07I_p$

Metode for tolkning av enaksial- og konusforsøk

I våre vurderinger er udrenert skjærfasthet fra enaksial- og konusforsøk benyttet lagt til grunn som direkte udrenert skjærfasthet, c_{ud} . c_{ud} beregnes om til c_{uc} ved bestemmelse av dimensjonerende c_{uc} -profil etter angitte anisotropifaktorer.

Opptatte prøver har vært av varierende kvalitet. Forstyrrede prøver er tillagt liten vekt i tolkningen.

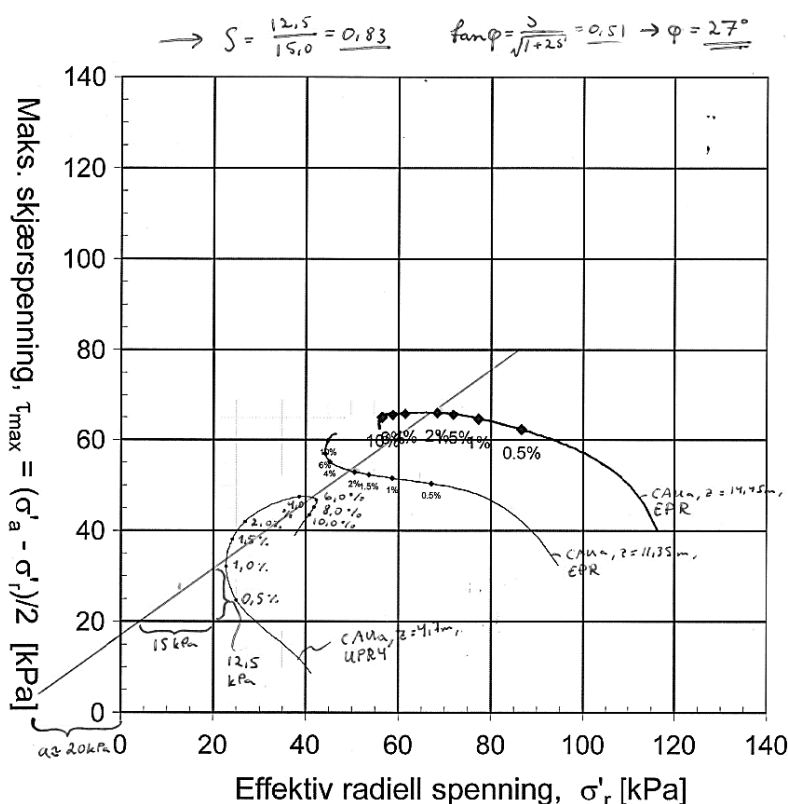
1.7.3 Effektivspenningsparametere: friksjonsvinkel

Tabell 1-6 gjengir de karakteristiske friksjonsvinklene, ϕ_k , som vurderes som er brukt i effektivspenningsanalysen - også omtalt som drenert $\alpha\phi$ -analyse.

For den stedlige leiren er ϕ_k valgt for ca. 2 % tøyning i utførte aktive treaksialforsøk på prøveserie UPR4 og EPR, kfr. Figur 1-5, mens det for motfyllingen er valgt erfaringsverdi etter Statens vegvesens håndbok V220 «Geoteknikk i vegbygging».

Tabell 1-6: Vurdert representativ ϕ_k

Stedlig leire	27°
Motfylling	26°



Figur 1-5: Tolkning av den stedlige leirens ϕ_k fra aktive treaksialforsøk på prøveserier UPR4 og EPR

2 Resultat

Tabell 2-1 gjengir beregningsresultatet og henviser til hver profiltegning for hver analyse- og stabilitetsform i profil D-D og E-E. Dette omfatter analyser for en tilstand hhv. med og uten motfylling. Tabellen viser til info også resultater uten bruk av 3D-effekt.

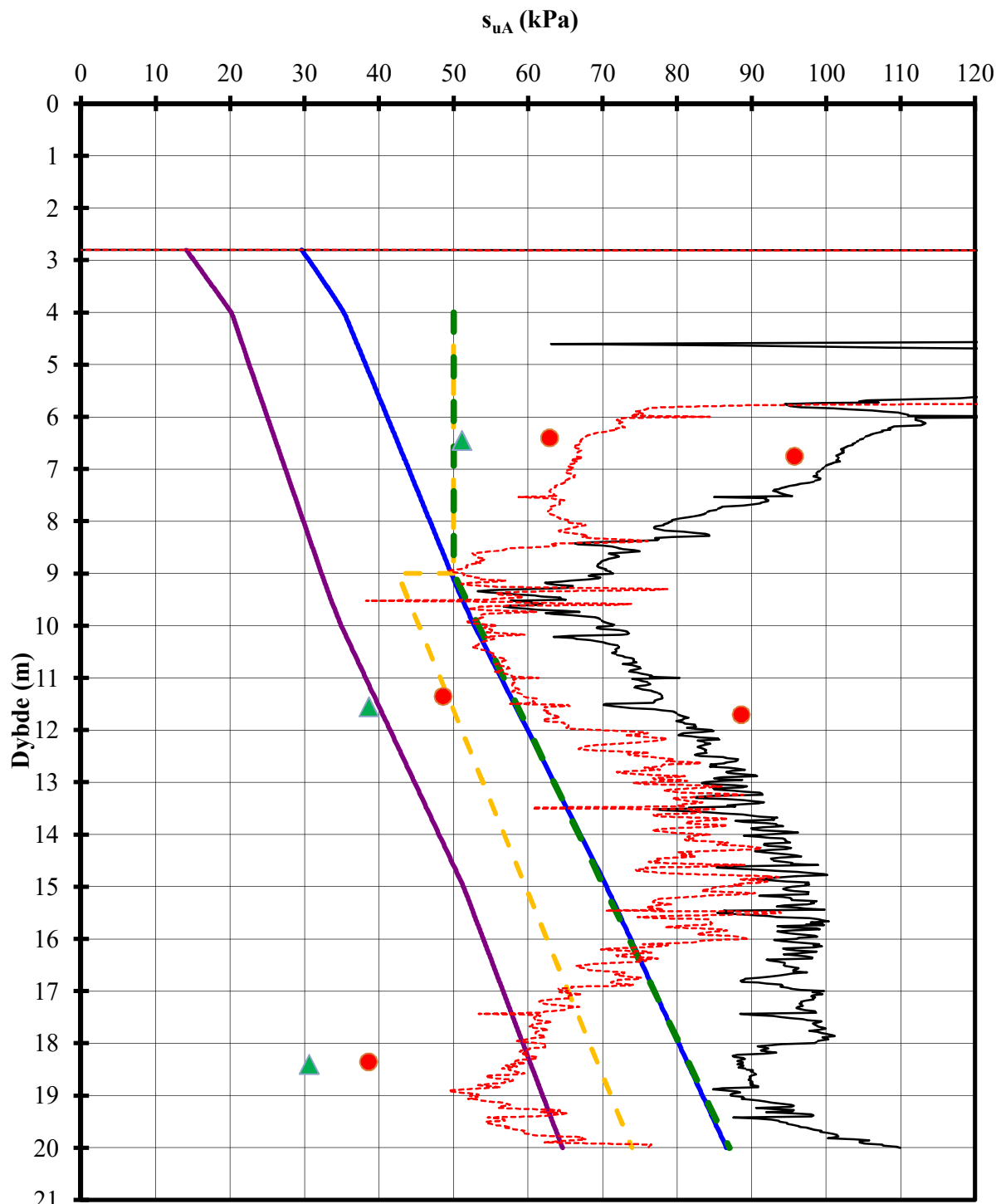
Vi har beregnet områdestabilitetssikkerhet for dagens situasjon å være $\leq 1,0$, som iht. Kapittel 1.2.2 og Figur 1-1 gir krav om vesentlig forbedring på minst 15. Det er valgt ikke å oppjustere udrenert skjærfasthet eller friksjonsvinkel for å oppnå sikkerhet lik 1,0. Dette er ansett som konservativt.

Tabell 2-1: Beregningsresultat kontrollert mot krav til lokal- og områdestabilitet

Tegn. 10201533-	Pr.	Situasjon	Analyseform	Stab.form	Partialfaktor, γ_M [-]	Forbedring [%]
RIG-TEG-300.1	D-D	Dagens	Udrenert	Lokal	1,31 (< 1,4; ikke ok)	
				Område	1,03	
RIG-TEG-300.2			Drenert	Lokal	2,37 ($\geq 1,25$; ok)	
				Område	1,22	
RIG-TEG-300.3		M/ motfylling	Udrenert	Lokal	1,57 ($\geq 1,4$; ok)	
				Område	1,31	27 (≥ 15 ; ok)
RIG-TEG-300.4			Drenert	Lokal	3.14 ($\geq 1,25$; ok)	
				Område	1.86	52 (≥ 15 ; ok)
RIG-TEG-300.5	E-E	Dagens	Udrenert	Område	0,93	
RIG-TEG-300.6					Drenert	0,84
RIG-TEG-300.7		M/ motfylling	Udrenert		1,11	19 (≥ 15 ; ok)
RIG-TEG-300.8			Drenert		1,69	101 (≥ 15 ; ok)

Resultatet tilsier at den motfyllingen som er vist i tegning 10201533-RIG-TEG-002.3 gir tilfredsstillende lokal- og områdestabilitet for utvidelsen av Østersund ungdomsskole mot Strandengevja.

VEDLEGG B



- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- Anbefalt su
- ▲ Prøve 401 enaks
- NDU basert su
- - - suA i sprøbruddmat.(CPTU-korrelasjon)
- - - Nkt basert su
- Prøve 401 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 120.23 m

Tidligere terrengnivå : 132,2 m

P:\2010\01\20100119\Beregninger\CPTU-tolkning\CPTU-tolk2006_403.xls]sua profil

Kvikkleiresoner i Fet (Sørum), Skedsmo og Enebakk komm, Akershus Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 403	Rapport nr.	Figur nr.
	20100119-00-7-R	A6
	Tegner	Dato
	Kontrollert	14.03.2011
	Godkjent	