

NOTAT

OPPDRAG	Gang- og sykkelbru Bjørndalen	DOKUMENTKODE	415556-RIG-NOT-003
EMNE	Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Trondheim kommune	OPPDRAGSLEDER	Konstantinos Kalomoiris
KONTAKTPERSON	Anne Tora Elmenhorst	SAKSBEH	Konstantinos Kalomoiris
KOPI	Trondheim kommune v/Tone Furuberg	ANSVARLIG ENHET	3012 Midt Geoteknikk

SAMMENDRAG

Multiconsult ASA er engasjert av Trondheim kommune som geoteknisk rådgiver i forbindelse med regulering av gang- og sykkelbrua over Bjørndalen. I den forbindelse har Multiconsult gjennomført en revurdering av eksisterende prosjekteringsgrunnlag, tidligere utarbeidet av Sweco AS og tredjepartskontrollert av Multiconsult. Hensikten med studiet er å dokumentere at planområdet er skredsikkert og at foreliggende planer er gjennomførbare. Reguleringsplanen skal vedtas innen utgangen av 2017, og deretter skal brua detaljprosjekteres.

Foreliggende notat inneholder våre vurderinger av prosjekteringsgrunnlaget, der det er gjennomført nye tolkninger av eksisterende beregningsgrunnlag, nye stabilitetsanalyser med avklaring av formelle krav, vurderinger av lokal- og områdestabilitet, samt vurdering av generell gjennomførbarhet med tanke på anleggstekniske forhold.

Det er i tillegg utført en kontrollende totalsondering i landkarsområdet på østsiden av dalen for å kunne vurdere grunn- og fundamenteringsforhold her.

Gjennom en revurdering av eksisterende prosjekteringsgrunnlag, samt en mer utførlig analyse av stabilitetsforholdene med tilhørende regelverk, mener Multiconsult at det planlagte prosjektet i prinsippet er gjennomførbart med hensyn til krav til lokal- og områdestabilitet. Sammen med valg av hensiktsmessig peletype (HP-peler) og krav til kontroll av poretrykksoppbygging i anleggsfasen, vil prinsippet om ikke forverring av områdestabiliteten la seg realisere ved mulig avgraving av tilstrekkelig jordvolum på skråningstoppene og motfylling i dalbunnen. Dette vil imidlertid medføre midlertidig stengning og/eller omlegging av eksisterende vegger. Videre er det nødvendig med permanente stabiliserende tiltak i form av nedplanering og motfylling. Lukking av bekken er også nødvendig i forbindelse med de permanente tiltakene, dette gjelder en strekning på minst ca. 50 m. I senere planfase kan man ved å dokumentere at løsmassene kan ha dilatant bruddutvikling redusere omfanget av de stabiliserende tiltakene vesentlig. Fundamentering av landkarene foreslås gjennomført med direkte fundamentering i kombinasjon med masseutskiftning med lette fyllmasser i tilstrekkelig omfang.

Med hensyn til anleggstekniske utfordringer er anlegget generelt utfordrende å gjennomføre på grunn av brupilarenes plassering i bratte skråninger. Dette anses for å være løsbart ved en kombinasjon av midlertidige utfyllinger og omlegging av eksisterende vegnett, men vil kreve detaljprosjektering på et senere stadium. For brupilarfundamentene anses en spuntavstivet byggegrep som den mest realistiske løsningen på grunn av avstanden mellom fundament og jernbanelinje på vestre dalside, og avstanden mellom fundament og John Aaes vei på østre dalside.

På bakgrunn av dette danner notatet et grunnlag for en eventuell videre detaljprosjektering av gang- og sykkelbru.

Kommentarer fra Norconsults uavhengig kvalitetssikring av første utgave av rapporten er innarbeidet i denne revisjonen av rapporten (rev.01). Norconsults kontroll er oppsummert i kontrollnotat 5160544 RIG 01 (28.01.2016) og RIG 02 (17.03.2016). Multiconsults tilsvarende til tredjepartskontroll, 415556-RIG-NOT-004 og -005 er også lagt til grunn under revisjon av notatet.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	30.01.2017	Revidert etter uavhengig kvalitetssikring – foreløpig utsendelse	Konstantinos Kalomoiris	Roar Skulbørstad	Roar Skulbørstad
00	22.09.2015	Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet	Konstantinos Kalomoiris	Roar Skulbørstad	Rolf Sandven

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Grunnlag.....	5
3	Topografi og grunnforhold.....	6
4	Overordnede myndighetskrav i regulerings- og prosjekteringsfasen.....	6
5	Oppdragsforståelse.....	7
	5.1 Oppgaveforståelse.....	7
	5.2 Fase 1: Nytt vurderingsgrunnlag og svar på om prosjektet kan gjennomføres.....	7
	5.3 Fase 2: Utførelse av supplerende stabilitetsanalyser – ytterligere dokumentasjon av gjennomførbarhet.....	8
6	Tidligere geotekniske utredninger mht. områdestabilitet.....	8
7	Avklaring av krav iht. Statens vegvesen håndbok V220	8
8	Gjennomgang og vurdering av grunnundersøkelser og beregningsgrunnlaget.....	9
9	Områdestabilitet. Krav iht. regelverket	10
10	Fundamenteringsmessige vurderinger	11
11	Område- og lokalstabilitet.....	12
	11.1 Generelt	12
	11.2 Poretrykksoppbygging og redusert skjærfasthet under peleramming.....	12
	11.3 Stabilitetsberegninger og -vurderinger	13
	11.4 Fundamentering av landkarene.....	15
12	Lokalstabilitet ved pilarfundamentene.....	16
13	Anleggstekniske vurderinger	16
14	Konklusjoner og kritiske momenter.....	17
15	Referanser	18

Tegningsliste

415556-RIG-TEG	-000_rev00	Oversiktskart
415556-RIG-TEG	-001_rev00	Situasjonsplan
415556-RIG-TEG	-003_rev01	Situasjonsplan med stabiliserende tiltak
415556-RIG-TEG	-040.1_rev01	CPTU TK2-C1 aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} korrelert mot S_t , OCR og I_p
415556-RIG-TEG	-040.2_rev01	CPTU TK2-C1, aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} korrelert mot B_q , S_t , OCR og I_p og verdier fra Shanshep analyse
415556-RIG-TEG	-040.3_rev01	CPTU TK2-C1, overkonsolideringsforhold tolket fra trykksondering
415556-RIG-TEG	-040.4_rev00	CPTU TK2-C1, dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet
415556-RIG-TEG	-041.1_rev01	CPTU TK1-C4, aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} korrelert mot S_t , OCR og I_p

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

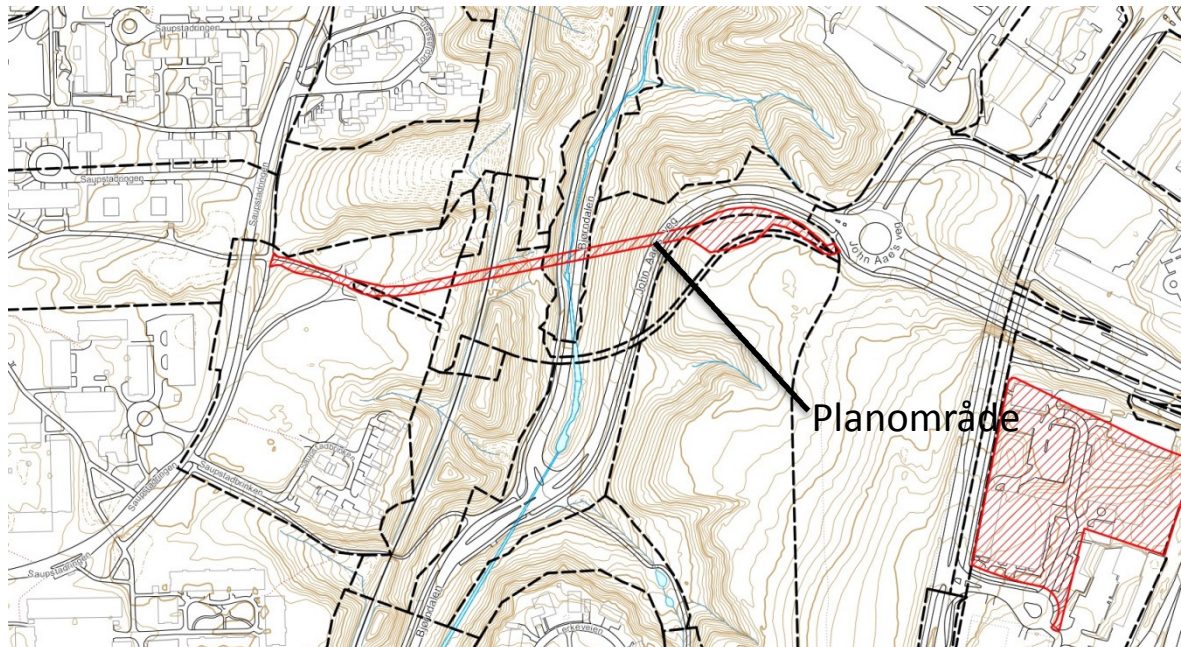
415556-RIG-TEG	-041.2_rev01	CPTU TK1-C4, aktiv udrenert skjærfasjet c_{uA} korrelert mot B_q S_t , OCR og I_p og verdier fra Shanshep analyse
415556-RIG-TEG	-041.3_rev01	CPTU TK1-C4, overkonsolideringsforhold tolket fra trykksondering
415556-RIG-TEG	-041.4_rev00	CPTU TK1-C4, dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet
415556-RIG-TEG	-042.1_rev01	CPTU TK1-C5, aktiv udrenert skjærfasjet c_{uA} korrelert mot S_t , OCR og I_p
415556-RIG-TEG	-042.2_rev01	CPTU TK1-C5, aktiv udrenert skjærfasjet c_{uA} korrelert mot B_q S_t , OCR og I_p og verdier fra Shanshep analyse
415556-RIG-TEG	-042.3_rev01	CPTU TK1-C5, overkonsolideringsforhold tolket fra trykksondering
415556-RIG-TEG	-042.4_rev00	CPTU TK1-C5, dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet
415556-RIG-TEG	-100_rev00	Profil A-A
415556-RIG-TEG	-101_rev00	Profil B-B
415556-RIG-TEG	-102_rev01	Profil C-C
415556-RIG-TEG	-103_rev01	Lengdeprofil (pel 140-400) med midlertidige stabiliserende tiltak
415556-RIG-TEG	-104_rev00	Lengdeprofil (pel 140-400) med permanente stabiliserende tiltak
415556-RIG-TEG	-300_rev01	Profil A – Vestre dalside. Stabilitetsberegninger for dagens tilstand. Totalspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-301_rev01	Profil A – Vestre dalside. Stabilitetsberegninger for dagens tilstand. Effektivspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-302_rev01	Profil A – Vestre dalside. Stabilitetsberegninger under peleramming. Totalspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-303_rev01	Profil A – Vestre dalside. Stabilitetsberegninger under peleramming. Effektivspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-304_rev01	Profil A – Vestre dalside. Stabilitetsberegninger under peleramming med tiltak. Totalspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-305_rev01	Profil A – Vestre dalside. Stabilitetsberegninger under peleramming med tiltak. Effektivspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-306_rev01	Profil A – Østre dalside. Stabilitetsberegninger for dagens tilstand. Totalspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-307_rev01	Profil A – Østre dalside. Stabilitetsberegninger for dagens tilstand. Effektivspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-308_rev01	Profil A – Østre dalside. Stabilitetsberegninger under peleramming. Totalspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-309_rev01	Profil A – Østre dalside. Stabilitetsberegninger under peleramming. Effektivspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-310_rev01	Profil A – Østre dalside. Stabilitetsberegninger under peleramming med tiltak. Totalspenningsanalyse

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

415556-RIG-TEG	-311_rev01	Profil A – Østre dalside. Stabilitetsberegninger under peleramming med tiltak. Effektivspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-312_rev00	Profil A – Vestre dalside. Stabilitetsberegninger for ferdig bygd bru. Totalspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-313_rev00	Profil A – Vestre dalside. Stabilitetsberegninger for ferdig bygd bru. Effektivspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-314_rev00	Profil A – Østre dalside. Stabilitetsberegninger for ferdig bygd bru. Totalspenningsanalyse
415556-RIG-TEG	-315_rev00	Profil A – Østre dalside. Stabilitetsberegninger for ferdig bygd bru. Effektivspenningsanalyse

1 Innledning

Multiconsult er engasjert av Trondheim kommune som geoteknisk rådgiver i forbindelse med regulering av gang- og sykkelbrua over Bjørndalen. I forbindelse med reguleringsplanen skal det dokumenteres at planområdet er skredsikkert og at planen er gjennomførbar geoteknisk og anleggsteknisk sett. Reguleringsplanen skal vedtas innen utgangen av 2017, deretter skal brua detaljprosjekteres.



Figur 1-1 Oversiktskart med inntegnet planområde (kilde: Trondheim kommunes karttjeneste)

2 Grunnlag

Ny gang- og sykkelbru over Bjørndalen skal knytte sammen Saupstad og Tiller, og brua skal kobles sammen med de eksisterende gang- og sykkelvegssystemene i dette området. Inkludert brukonstruksjonen vil anlegget få en lengde på ca. 550 meter.

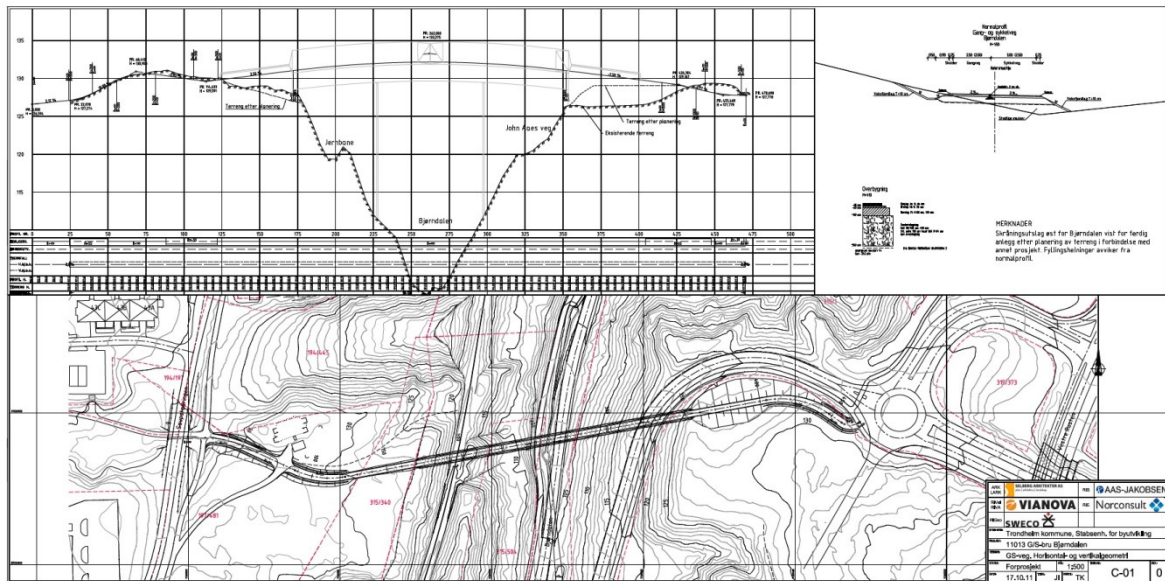
Bruløsningen som ble lagt til grunn i forprosjektet, ref. /1/, er en kassekonstruksjon i tre spenn $56+70+56=182$ m. På det høyeste ligger brubanen ca. 30 m over terreng. Under brua går to veier (John Aaes vei og Bjørndalsveien) og jernbanen (Dovrebanen).

Det er forutsatt ett allsidig bevegelig og ett sidestyrte lager i landkaraksene. I søyleleaksene er det forutsatt ett allsidig bevegelig lager og ett fastlager.

Underbygningen består av tradisjonelle landkar i akse 1 og 4 og skivesøyler med varierende bredde i akse 2 og 3.

I forprosjektet, ref. /1/, ble det foreslått fundamentering på betongpeler av typen P270MA i alle akser. Pelene er forutsatt utført som friksjonspeler. Det ble da antatt pelelengder på 30 m.

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet



Figur 2-1 Horisontal- og vertikalgeometri (forprosjekt-tegning C-01)

3 Topografi og grunnforhold

Bjørndalen er ca. 30 m dyp der brua krysser dalen. Dalbunnen ligger på ca. kote +101 og plataer over dalsidene på ca. kote +130. Dalsidene har gjennomsnittlig terrenghelning 1:3, men lokalt er skråninghelningen inntil 1:1,5.

Løsmassene består i hovedsak av leire med et tynt tørrskorpelag på toppen og med stedvis tykke lag av silt/finsand, fra ca. kote +121 til kote +99 oppe på plataet på vestsiden av dalen og fra ca. kote +122 til kote +109 oppe på plataet på østsiden av dalen. Under dalbunnen har silt/finsandlaget en tykkelse på ca. 2 m, fra ca. kote +91 til ca. kote +89.

Leira har sprøbruddegenskaper fra ca. 30 m dybde under terreng på plataet på vestsiden av dalen og fra ca. 38 m dybde under terreng på plataet på østsiden av dalen. Under dalbunnen har leira sprøbruddegenskaper fra ca. kote +80. Laget har en tykkelse på 15 m på vestsiden av dalen, 9 m på østsiden av dalen, og 6 m under dalbunnen.

Poretrykket er lavere enn hydrostatisk på toppen av skråningen, med en grunnvannstand som ligger ca. 4 m under terreng. Midt i skråningen ligger grunnvannstanden 3 m under terreng og poretrykket øker hydrostatisk med dybden. I dalbunnen er poretrykket høyere enn hydrostatisk med en grunnvannstand som ligger rett under terrengoverflaten.

4 Overordnede myndighetskrav i regulerings- og prosjekteringsfasen

Utarbeidelse av reguleringsplanen er underlagt følgende lover, forskrifter, og retningslinjer:

- Plan og bygningsloven (PBL), ref. /2/
- Byggteknisk forskrift (TEK 10), ref. /3/
- NVE retningslinje 2-2011 *Flaum- og skredfare i arealplanar*, ref. /4/, med tilhørende veileder 7-2014 *Sikkerhet mot kvikkleireskred (kvikkleireveilederen)*, ref. /5/

Plan og bygningsloven, §28-1, stiller krav til at «grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold». Videre stiller TEK 10, §7-3, krav til at «byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

område». Utredning av fare for kvikkleireskred og lokalskred er aktuelt i forbindelse med regulering av gang- og sykkelbrua.

Direktoratet for byggekvalitet har laget en veiledning til TEK 10 (kilde: www.dibk.no). I avsnitt §7-3 åpner veiledningen for at tilstrekkelig sikkerhet mot kvikkleireskred kan oppnås i alle faser av utbyggingen ved å følge metoder og prosedyrer som er gitt i NVE retningslinje 2-2011 med tilhørende veileder 7-2014 *Sikkerhet mot kvikkleireskred*.

I prosjekteringsfasen vil gang- og sykkelbrua underlegges følgende standarder og retningslinjer i tillegg til ovennevnte:

- **Eurokodesystemet (NS-EN)**
- **Statens vegvesen håndbok V220**

TEK 10 §10-2 (3) åpner for at krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 1990 *Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner* og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg. EC0, ref. /6/, EC7, ref. /7/ og EC8, ref. /8/-/9/. Disse omfatter grunnlag for prosjektering, generell geoteknisk prosjektering og prosjektering for seismisk påvirkning i forbindelse med dette prosjektet.

Da gang- og sykkelbrua krysser Fv 900, blir Statens vegvesens håndbok V220 *Geoteknikk i vegbygging*, ref. /10/ også lagt til grunn i forbindelse med prosjektering av tiltaket.

Gjennomførbarhet av reguleringsplanen må dokumenteres gjennom stabilitetsberegninger for lokalstabilitet i tillegg til områdestabilitet, dvs. at deler av ovennevnte standarder og retningslinjer også legges til grunn i forbindelse med vurdering av gjennomførbarhet av reguleringsplanen.

5 Oppdragsforståelse

5.1 Oppgaveforståelse

Multiconsult fikk i oppdrag av Trondheim kommune å dokumentere at planområdet er skredsikkert og at planen er gjennomførbar geoteknisk og anleggsteknisk. Videre ble oppdraget delt i to faser (fase 2 som opsjon). Hver fase består av flere aksjonspunkter. Faseinndelingen og aksjonspunktene ble sendt Trondheim kommune på e-post 14. april 2015 og ble godkjent med noen supplerende kommentarer samme dag. På møte med Trondheim kommune 03.06.2015 ble det imidlertid konkludert med at det er hensiktsmessig å slå resultater fra fase 1 og fase 2 sammen i ett notat. Foreliggende notat presenterer dermed resultater og vurderinger for de 2 fasene. Våre vurderinger er gått gjennom uavhengig kvalitetssikring, utført av Norconsult (kontrollnotat 5160544 RIG 01 og RIG 02). Hovedpunktene i vårt oppdrag er:

5.2 Fase 1: Nytt vurderingsgrunnlag og svar på om prosjektet kan gjennomføres

1. Tegning av ny oversiktsplan med oversikt over veglinje og utførte grunnboringer langs linjen. Kontroll av plassering og utført type boringer, samt påføring av informasjon i henhold til NGF melding nr. 2.
2. Avklaring av regelverk mot Statens vegvesen Vegdirektoratet, basert på de foreliggende planer og tidligere utførte stabilitetsanalyser.
3. Gjennomgang av beregningsgrunnlaget med hensyn på eventuelt reviderte designprofiler, samt kvalitet på utførte undersøkelser i henhold til NGFs meldinger. Videre er NIFS rapporter nr. 14/2014, ref. /21/, og 77/2014, ref. /22/, lagt til grunn ved valg av anisotropiforhold og karakteristisk c_{uA} profil i stabilitetsberegningene.

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

4. Kvalitativ vurdering av nødvendige stabiliseringstiltak i lys av ny informasjon om regelverk, med estimering av nødvendig avgravingsdybde og –volum på topp skråning for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet.
5. Anleggstekniske vurderinger av stabilitet i byggefase, inklusive valg av peler, installasjonsmetode og anleggsmessig tilkomst til området.
6. Utarbeidelse av kort oppsummeringsnotat fra Fase 1 som grunnlag for videre beslutninger i Trondheim kommune.

5.3 Fase 2: Utførelse av supplerende stabilitetsanalyser – ytterligere dokumentasjon av gjennomførbarhet

1. Forutsatt at utfallet av Fase 1 tilsier at prosjektet kan gjennomføres, utføres supplerende stabilitetsanalyser i hovedprofil og utvalgte sekundærprofiler for å dokumentere stabilitetsforholdene i området.
2. Nærmere vurdering av gjennomførbarhet av prosjektet, inklusive stabiliseringsløsninger, bruk av lette fyllmasser og valg av pelestrategi.
3. Utarbeidelse av sluttnotat/-rapport med konklusjoner og anbefalinger, resultater fra stabilitetsanalyser og føringer for gjennomføring av prosjektet.

6 Tidligere geotekniske utredninger mht. områdestabilitet

I forbindelse med forprosjektet ble Sweco Norge engasjert av Trondheim kommune for å utføre stabilitetsberegninger og –vurderinger med hensyn til områdestabilitet. Målet var å dokumentere tilfredsstillende skredssikkerhet i henhold til NVE retningslinjer 2-2011. Multiconsult var da engasjert som tredjepartskontrollør.

Etter to runder med tredjepartskontroll ble prosjektet avsluttet uten at tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred var dokumentert. Stabilitetsberegningene viste lav beregningsmessig sikkerhet på ADP-basis for en dyp glideflate som går gjennom kvikkleirelaget, ref. /11/.

I følge regelverk per 14.10.2013 var det krav om prosentvis forbedring av områdestabilitet ved hjelp av topografiske endringer (kvikkeiresonensens faregrad var foreslått oppklassifisert fra lav til middels). I tillegg var det påpekt (ref. /12/) at stabilitetsberegningene burde tilfredsstillende Statens vegvesens krav i håndbok V220, ref. /10/, da brua skal krysse Fv 900. Ref. /10/ stiller krav til absolutt partialfaktor i stabilitetsberegningene, men åpner samtidig for prosentvis forbedring av stabiliteten ved hjelp av topografiske endringer.

7 Avklaring av krav iht. Statens vegvesen håndbok V220

Multiconsult har vært i kontakt med Vegdirektoratet v/ Hermann Bruun for å få avklart hvilke krav som stilles i Statens vegvesens håndbok V220 for den dype glideflaten som går gjennom kvikkleirelaget. Vegdirektoratet var enig i vår tolkning av regelverket, der krav om absolutt partialfaktor iht. figur 0.3 gjelder for glideflatene som representerer lokalstabiliteten, mens for den dype glideflaten som representerer områdestabiliteten må NVEs veileder 7-2014 legges til grunn for å tilfredsstillende sikkerhetskravene. I praksis betyr dette at det er krav til stabilitetsanalyser som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ for den dype glideflaten, eller alternativt «ikke forverring» av områdestabiliteten (se også avsnitt 9).

Statens vegvesens håndbok V220 stiller videre krav om absolutt partialfaktor iht. figur 0.3 når det gjelder lokalstabilitet. For gang- og sykkelbrua legges konsekvensklasse CC2 Alvorlig til grunn. Når det gjelder bruddmekanismen for bruddflatene som ikke går ned i kvikkleira kan det argumenteres for at dilatant bruddmekanismen kan velges, men da det er nødvendig med bedre dokumentasjon

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

av dette, har vi i samsvar med tredjepartskontroller valgt å legge «nøytralt brudd» til grunn ved valg av partialfaktorer ved total- og effektivspenningsanalyse. For konsekvensklasse CC2 Alvorlig og nøytral bruddmekanisme må man dokumentere absolutt partialfaktor $\gamma_M \geq 1,4$ for lokalstabiliteten. I senere planfase kan man ved å dokumentere at løsmassene har dilatant bruddutvikling redusere sikkerhetskravet og følgelig omfanget av de stabiliserende tiltakene med en absolutt materialfaktor $\gamma_M \geq 1,3$ som krav.

8 Gjennomgang og vurdering av grunnundersøkelser og beregningsgrunnlaget

Utførte grunnundersøkelser som er benyttet i ref. /11/ er kontrollert og godkjent av Multiconsult i ref. /12/. I forbindelse med våre vurderinger er det utført en ny grunnundersøkelse på østre side av Bjørndalen for å få avklart om det kan være mulig sprøbruddmateriale på den siden av dalen, ref. /20/.

Benyttet tyngdetetthet i stabilitetsberegningene anses som riktig i grove trekk, basert på utførte laboratorieundersøkelser.

Beregningsparametere på effektivspenningsbasis anses som riktige, både de som er tolket fra treksialforsøk og de som er basert på erfaringsverdier.

Aktiv skjærfasthet tolket fra utførte CPTU-sonderinger er benyttet som designprofiler i stabilitetsberegningene, og synes å være tolket fra norske korrelasjoner. Tolkningen virker imidlertid ufullstendig. Vi har derfor valgt å tolke 3 utvalgte CPTU-sonderinger på nytt, da disse etter vår mening er viktige for stabilitetsberegningene. Dette gjelder sonderingene TK2-C1, TK1-C4 og TK1-C5. På denne måten kan vi vurdere designprofilene som er brukt i beregningene på et bedre grunnlag.

For bestemmelse av udrenert skjærfasthet er CPTU-sonderingene korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer etter Karlsrud m. fl., se ref. /15/ og /16/. For finkornige masser med relativt homogene forhold der B_q er høyere enn 0,5 betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis som den mest egnede metoden. Laboratorieundersøkelser utført på opptatte prøver i nabopunkter er også lagt til grunn ved tolkning av trykksonderingene. I plot av c_{uA} tolket fra CPTU er c_{uD} fra enaks- og konusforsøk omregnet til c_{uA} , men disse er ikke tillagt samme vekt ved bestemmelse av designprofil.

Utførte poretrykksmålinger på toppen og i bunnen av skråningen er lagt til grunn ved valg av poretrykksprofilene i forbindelse med tolking av CPTU-sonderingene. Poretrykksprofilene som er benyttet er beskrevet i tabellen under:

Tabell 8.1 Benyttede poretrykksprofiler ved tolking av CPTU-sonderingene

CPTU-sondering	Grunnvannstand (m under terreng)	Prosent ift. hydrostatisk poretrykksfordeling (%)
CPTU TK2-C1	4	40
CPTU TK1-C4	3	100
CPTU TK1-C5	0	120

Tolkede skjærfasthetsprofil er vist i tegning nr. 415556-RIG-TEG-040.1, -040.2, -041.1, -041.2, -042.1, og -042.2. Skjærfastheten i laget med sprøbruddmateriale er redusert med 15 % for aktiv skjærfasthet. Denne reduksjonen er gjort i beregningsprogrammet ved å legge en reduksjonsfaktor 0,85 på aktiv udrenert skjærfasthet i laget med sprøbruddmateriale. Tolket overkonsolideringsforhold OCR er vist i tegning nr. 415556-RIG-TEG-040.3, -041.3, og -042.3.

Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet for samtlige trykksonderinger er vist i tegning nr. 415556-RIG-TEG-040.4, -041.4, og -042.4. Sonderinger TK2-C1 og TK1-C5 tilsvarer

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

anvendelsesklasse 1 mens sondering TK1-C4 tilsvarer anvendelsesklasse 2 på spissmotstandsbasis. Nytolkede designprofiler gir noe høyere skjærfasthet sammenlignet med Swecos tidligere designprofiler.

NVE veileder 7-2014 anbefaler en reduksjon av den aktive skjærfastheten med 15 % i sprøbruddleirelaget. I tidligere beregninger utført av Sweco er imidlertid både den direkte og passive skjærfastheten redusert med 15 %. Beregningene kan derfor anses som noe konservative.

Ut i fra ovenforstående kommentarer mener vi at den reelle beregningsmessige sikkerheten for dagens tilstand er noe bedre enn den som Sweco har beregnet i ref. /11/. Det er både mulig og forsvarlig å benytte noe høyere sikkerhetsfaktorer, basert på bruk av nytolkede designprofiler og heving av anisotropiforholdene for den direkte og passive skjærfastheten i laget med sprøbruddmateriale.

9 Områdestabilitet. Krav iht. regelverket

På NVEs kartløsning (www.nveatlas.no) ligger planområdet i kvikkleiresone 213 «Heimdal». Kvikkleiresonen er klassifisert med

- ✓ Lav faregrad
- ✓ Meget alvorlig konsekvensklasse
- ✓ Risikoklasse 3

Beliggenhet og utbredelse av kvikkleiresonen er vist i figur 8-1. Mot nord grenser kvikkleiresone 213 «Heimdal» mot kvikkleiresone 212 «Saupstad».



Figur 8-1: Utsnitt av kvikkleirekart (faregrad) (kilde: Trondheim kommunes kartløsning).

I tillegg til at gang- og sykkelbrua ligger i en kartlagt kvikkleiresone er det påvist sprøbruddmateriale i skråningene der brua skal fundamenteres i, ref. /13/-/14/.

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

For all ny utbygging i områder med kjente eller potensielle forekomster av kvikk/sensitiv leire, skal faren for skred utredes/vurderes etter de krav som stilles i NVE retningslinje 2/2011, ref. /4/, med tilhørende veileder 7/2014, ref. /5/, og TEK 10, ref. /3/.

Krav til sikkerhet (ved dokumentasjon av områdestabilitet) er gitt i NVE veileder 7-2014, ref. /5/, i tabell 5.1 og 5.2, og avhenger av tiltakskategori og faregradsklasse.

Ny gang- og sykkelbru klassifiseres i tiltakskategori K2: "Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket". Selv om tiltaket er et trafikksikkerhetstiltak har det en slik størrelse at vi mener at tiltaket ikke kan plasseres i tiltakskategori K1, selv om brua kan bygges uten å forverre områdestabiliteten. Tiltakskategori K2 og lav faregrad medfører krav til stabilitetsanalyser som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$, eller «ikke forverring» av områdestabiliteten. Det presiseres videre at ved å dokumentere «ikke forverring» av områdestabiliteten vil det ikke være nødvendig med en fullstendig utredning av faresonen.

I ref. /11/ ble det foretatt en ny faregradsevaluering av kvikkleiresonen som førte til at sonen gikk fra lav faregrad til middels, hovedsakelig på grunn av poreovertrykk i skrånningen. Ny faregradsevaluering ble godkjent av Multiconsult, ref. /12/, men dette har i praksis ingen betydning i og med at NVE veileder 7-2014, ref. /5/ stiller samme sikkerhetskrav for lav og middels faregrad.

Dessuten er det krav om at aktiv erosjon, som kan virke som en utløsende årsak til kvikkleireskred som kan ramme planområdet, skal hindres.

Vurderingen skal iht. ref. /5/ kvalitetssikres av kollega. Trondheim kommune har imidlertid valgt å sende rapporten til tredjepartskontroll.

10 Fundamenteringsmessige vurderinger

22.06.2015 fikk vi oversendt lastene som var lagt til grunn i skisseprosjektet fra Aas Jacobsen (RIB). Vertikallastene i UK fundament for både pilarene og landkarene er vist i tabell 10.1.

Tabell 10.1 Mottatte vertikallaster fra Aas Jacobsen (RIB)

	Pilar	Landkar
Bruddgrensetilstand	12000 kN	4000 kN
Bruksgrensetilstand	9500 kN	3200 kN

Vi tilrår at landkarene blir fundamentert direkte, og at pilarene blir pelefundamentert både av hensyn til den store lasten, men også av terrengmessige grunner. Fundamenteringsdybde er antatt 2 m under terreng.

Direktefundamentene for landkarene foreslås bygget med dimensjoner 7*7 m. Under pilarene foreslås bruk av peler med liten massefortrengning som kan rammes gjennom faste masser, for eksempel HP-peler 400*140. En grov beregning viser at det er nødvendig med 8 peler til ca. 40 m dybde for å ta opp den angitte lasten i bruddgrensetilstand. For å få plass til pelene anslås det at fundamentet å bli 10*5 m. Fundamenteringsmåten forutsettes detaljprosjektert i forbindelse med byggefasen.

11 Område- og lokalstabilitet

11.1 Generelt

Fundamenteringsløsningen i forrige avsnitt legges til grunn for våre vurderinger.

Massefortrengning av løsmassene under peleinstallasjonen medfører poretrykksoppbygging i masser med lav permeabilitet (leire). Skjærfastheten reduseres videre som følge av poretrykksoppbyggingen over en viss andel av kritisk skjærflate. Dette medfører videre en stabilitetsforverring i skråningen. Det finnes både empiriske verdier, ref. /17/-/18/, og erfaringstall, ref. /19/, for poretrykksoppbygging ved peleinstallasjon som kan benyttes for å vurdere påvirkningen fra pelearbeidene på områdestabiliteten. Generelt bør det benyttes peletyper som medfører minst mulig massefortrengning ved ramming, for eksempel HP-peler eller åpne stålrørspeler, se også kap.13.

Det er valgt å utføre stabilitetsberegninger for å dokumentere tilstrekkelig område- og lokalstabilitet. Områdestabilitet må ikke forverres. For lokalstabiliteten må det dokumenteres partialfaktor $\gamma_M \geq 1,4$ eller høyere. Nytolkede skjærfasthetsprofiler og anisotropiforhold er lagt til grunn i beregningene, men beregningsgrunnlaget er for øvrig det samme som Sweco AS har brukt i sine vurderinger, ref. /11/. Under pelerammingen er skjærfastheten redusert for å ta høyde for poretrykksoppbygging.

I forbindelse med bygging av landkarene er det også krav om at områdestabiliteten ikke forverres.

11.2 Poretrykksoppbygging og redusert skjærfasthet under peleramming

Peleinstallasjonen medfører poretrykksoppbygging i leira. Videre reduseres skjærfastheten som følge av poretrykksøkningen over en viss andel av kritisk skjærflate. Hvor mye av skjærflaten som opplever en poretrykksøkning og fordelingen av dette poreovertrykket er vurdert ut fra måldata som er presentert i en hovedoppgave av Pål Berg-Knutsen (NTH, 1986) "*Poreovertrykk i leirige jordarter på grunn av peleramming*", ref. /17/.

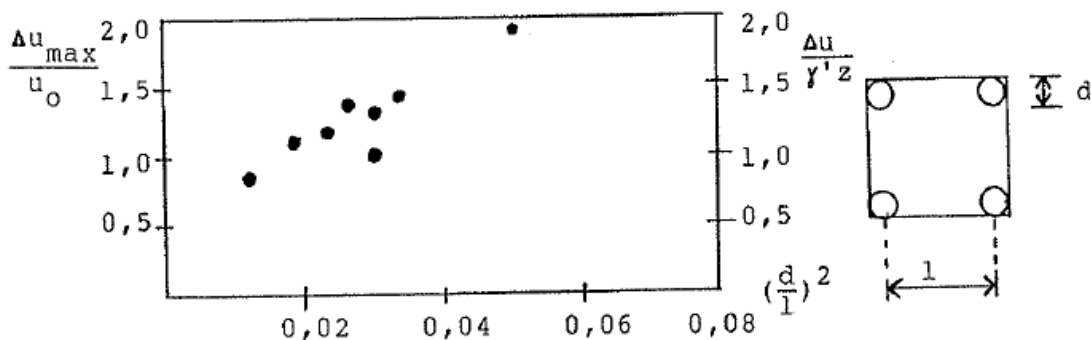
I denne hovedoppgaven sammenlignes flere eksisterende empiriske og teoretiske beregningsmetoder for å estimere poreovertrykk rundt enkeltpeler og pelegrupper, med sammenligning med feltobservasjoner.

Figurene i hovedoppgaven gjengir resultatet av en rekke målinger som Hoem presenterte i 1975, ref. /18/.

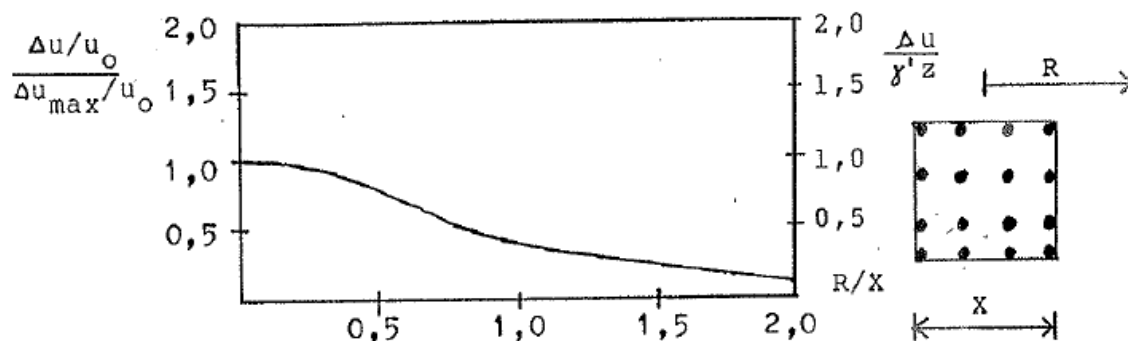
- Målingene viser at det maksimale poreovertrykket Δu_{max} som settes opp øker med økende massefortrengning, og dermed pelediameteren, d .
- Målingene viser også at poreovertrykket Δu avtar med økende avstand, R , fra pelegruppas senter fra en maksimal verdi, Δu_{max} , midt i gruppa.

I Hoems figurer er poreovertrykket normalisert med hensyn på initielt poretrykk, u_0 , mens avstanden fra pelegruppens senter er normalisert med hensyn på avstanden mellom de ytre pelene i gruppen, X . Pelediameteren er normalisert med hensyn på peleavstanden, l .

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet



Figur 11-1 Maksimalt poreovertrykk i pelegruppe som funksjon av massefortrengning



Figur 11-2 Poreovertrykk i og utenfor pelegruppe i forhold til maksimalt poreovertrykk

Poreovertrykket, Δu , fra pelerammingen reduserer vertikal effektivspenning fra $\sigma_{v0}' = \sigma_{v0} - u_0$ til $\sigma_1' = \sigma_{v0} - u_0 - \Delta u$ lokalt.

Når leira i utgangspunktet er overkonsolidert med et effektivt forkonsolideringsstrykk σ_c' og målt normalisert skjærfasthet $(c_{uc}/\sigma_{v0}')_{OC, målt}$ vil leira etter peleramming lokalt oppføre seg overkonsolidert i henhold til en større overkonsolideringsgrad:

$$OCR_1 = \sigma_c' / \sigma_1' = \sigma_c' / (\sigma_{v0}' - u_0 - \Delta u)$$

I dette tilfellet kan leiras normaliserte, udrenerte skjærfasthet beregnes ut fra formelen:

$$(c_{uc}/\sigma_{v0}')_{OC,1} = (c_{uc}/\sigma_{v0}')_{NC} \cdot OCR_1^m$$

$$(c_{uc})_{OC,1} = (c_{uc}/\sigma_{v0}')_{NC} \cdot OCR_1^m \cdot \sigma_1' = (c_{uc}/\sigma_{v0}')_{NC} \cdot OCR_1^m \cdot (\sigma_{v0}' - u_0 - \Delta u)$$

hvor: $(c_{uc}/\sigma_{v0}')_{NC} = (c_{uc}/\sigma_{v0}')_{OC, målt} / OCR_0^m = (c_{uc}/\sigma_{v0}')_{OC, målt} / (\sigma_c' / (\sigma_{v0}' - u_0))^m$

11.3 Stabilitetsberegninger og -vurderinger

Det er utført stabilitetsberegninger for både dagens tilstand og anleggsfasen under pelerammingen, både for østre og vestre dalside. Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 15.1.2 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.

Pelerammingen medfører en stabilitetsforverring for områdestabiliteten, noe som ikke kan aksepteres iht. kravene i NVE veileder 7-2014. Skjærfasthets- og poretrykksprofiler under pelerammingen er bestemt etter avsnitt 11.2. For å motvirke stabilitetsforverringen er det nødvendig med stabiliserende tiltak i form av topografiske endringer. Kravet om partialfaktor $\gamma_M \geq 1,4$ for lokalstabiliteten viser at det også er nødvendig med stabiliserende tiltak for lokalstabiliteten.

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

Når det gjelder effektivspenningsanalysen har bruddflatene som går gjennom sprøbruddleirelaget langt høyere sikkerhetsfaktor enn 1,4. De er derfor vurdert som ikke relevante for våre vurderinger, og ikke presentert i rapporten.

Anleggsfasen

I anleggsfasen er det på vestre dalside behov for ca. 2 til 4,5 m nedplanering på toppen av skråningen og motfylling opp til kote +105 i dalbunnen. På østre dalside er det nødvendig med ca. 4 m nedplanering på toppen av skråningen og ca. 5 m motfylling ned i dalen, opp til kote +108, for å oppnå tilstrekkelig område- og lokalstabilitet.

Permanent fase

Kravet om tilstrekkelig områdestabilitet i permanent fase er tilfredstilt da områdestabiliteten ikke er forverret. Kravet om partialfaktor γ_M lik eller høyere enn 1,4 for lokalstabiliteten vil også gjelde for ferdig bygd bru. Det medfører at det er behov for stabiliserende tiltak også i permanentfasen. På vestre dalside er lokalstabiliteten tilstrekkelig uten stabiliserende tiltak. På østre dalside er det imidlertid behov for stabiliserende tiltak både i form av nedplanering (4 m på toppen av skråningen) og motfylling (ca. 4 m i dalbunnen, opp til kote +106 til +107). Permanent motfylling i dalbunnen betyr at bekken må legges i rør på en strekning på ca. 50 m. Nedplanering kan kombineres med masseutskifting av stedlige med lette masser for å oppnå et høyere terrengnivå enn det som er vist på profiltegningene og/eller en redusert høyde på motfyllingen. Dette må detaljeres i byggefasen.

Resultater fra stabilitetsberegninger er vist i tegningene 300 til 315. For dagens tilstand er resultatene vist i tegning 300, 301, 306, og 307, for dagens geometri og peleramming i tegning 302, 303, 308, og 309, for peleramming inkl. stabiliserende tiltak i tegning 304, 305, 310, og 311, og for ferdig bygd bru med permanente stabiliserende tiltak i tegning 312, 313, 314, og 315. Resultater fra stabilitetsberegninger er videre oppsummert i tabellene under.

Tabell 11.1 Resultater fra stabilitetsberegninger - områdestabilitet

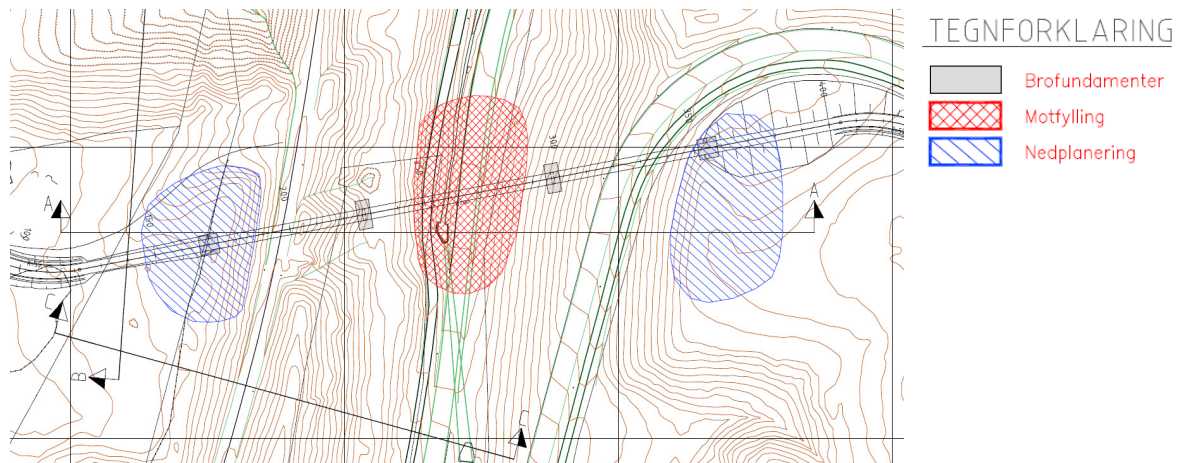
	Totalspenningsanalyse	
	Profil A – Vestre side	Profil A – Østre side
Dagens tilstand	1,14	1,04
Under peleramming	1,12	1,02
Under peleramming med tiltak	1,55	1,39

Tabell 11.2 Resultater fra stabilitetsberegninger - lokalstabilitet

	Totalspenningsanalyse		Effektivspenningsanalyse	
	Profil A – Vestre side	Profil A – Østre side	Profil A – Vestre side	Profil A – Østre side
Dagens tilstand	-	-	1,48	1,36
Under peleramming	-	-	1,33	1,17
Under peleramming med tiltak	1,41	1,39	1,48	1,56
Permanent fase	1,52	1,88	1,39	2,04

Et overslag på volum for terrengtiltakene viser at det må nedplaneres ca. 5500 m³ på toppen av vestskråningen, 6000 m³ på toppen av østskråningen, og at det blir behov for ca. 7000 m³ til

motfylling ned i Bjørndalen. Omfanget av nødvendige terrengtiltak er vist på situasjonsplan i tegning 003. Et utsnitt av tegning 003 er vist i figur 11-3.



Figur 11-3 Stabiliserende tiltak for å oppnå tilstrekkelig områdestabilitet i anleggsfasen (utsnitt av tegning 415556-RIG-TEG-003_rev01)

For tiltakene som er nødvendig i permanentfasen vises det til tegning 104.

Ved å utføre de stabiliserende tiltakene som er foreslått, oppnår man ikke forverring av områdestabiliteten på totalspenningsbasis og partialfaktor $\gamma_M \geq 1,4$ for lokalstabiliteten.

Motfyllingen som er foreslått for den permanente fasen vi medføre at vegen må justeres nedstrøms motfyllingen for å oppnå en jevn overgang fra ny til dagens veg. Dette har vi ikke sett nærmere på, men fyllingshøyden og følgelig overgangslengde kan reduseres betydelig ved å masseutskifte massene på toppen av skråningen med lette masser.

Det er dermed dokumentert tilstrekkelig område- og lokalstabilitet under pelerammingen og for permanent fase. Det gjøres oppmerksom at beregningene er noe konservative da de er utført for plan spenningstilstand, dvs. det er ikke tatt hensyn til 3D-effekter (poretrykkoppbyggingen er egentlig begrenset i bredden). I senere planfase kan man ved å dokumentere at løsmassene kan ha dilatant bruddutvikling redusere sikkerhetskravet og følgelig omfanget av de stabiliserende tiltakene.

11.4 Fundamentering av landkarene

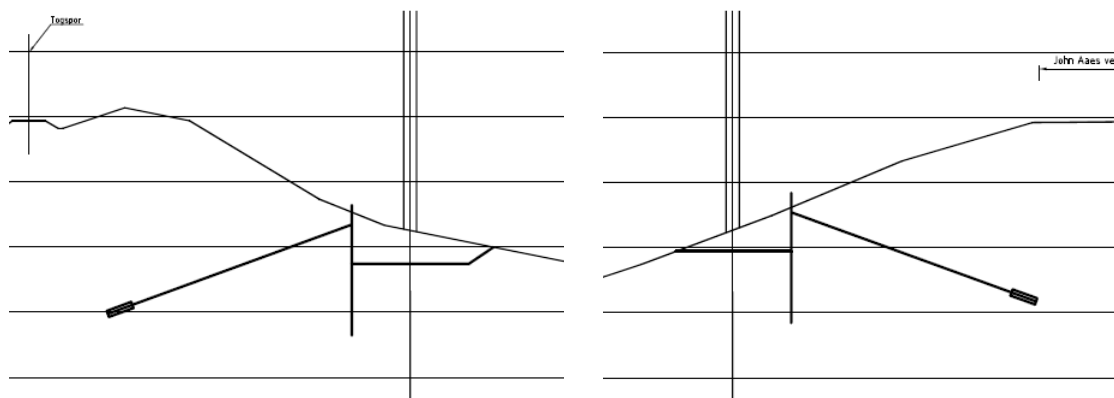
Bygging av landkarene medfører en tilleggslast på toppen av skråningene, det vil si en forverring av områdestabiliteten. For å motvirke dette foreslår vi at landkarene bygges kompensert vha masseutskifting under fundamentene med lette masser. Ved å legge et fundamentnivå på 2 m under terreng til grunn, er det nødvendig med masseutskifting med lette masser ned til ca. 4-5 m under fundamentet for et fundament med dimensjoner 7*7 m og en last på 3200 kN i bruksgrensetilstand.

Løsmasser på toppen av skråningene består av et bløtt leirelag ned til 4-5 m dybde under tørrskorpelaget. Foreslått tiltak er dermed fordelaktig fundamenteringsmessig, da landkarene foreslås fundamentert på et lag med kvalitetsmasser.

12 Lokalstabilitet ved pilarfundamentene

Lokalstabiliteten ved pilarfundamentene er tidligere beregnet av Sweco AS, ref. /11/, og kontrollert og godkjent av Multiconsult, ref. /12/.

Vurderingene tok imidlertid utgangspunkt i et noe begrenset terrenginngrep under pilarene. For et fundament med dimensjoner 10*5 m og frie graveskråninger med helning 1:1,5, er det nødvendig med 8-12 m høye skjæringer som må etableres tett mot både jernbanen og John Aaes veg. Antageligvis vil skjæringene kunne bli enda høyere/brattere hvis det er ønskelig å senke fundamentnivået. Vi mener derfor at en slik løsning er urealistisk, og at det kan bli nødvendig med en avstivning av byggegropene, sannsynligvis ved hjelp av avstivet spunt med løsmassestag. Foreslått løsning er skissert i tegning 103 som i tillegg viser de nødvendige terrengtiltakene. Det gjøres oppmerksom at spunt- og staglengder er vist kun for illustrasjon. Disse må detaljeres i senere fase. Et utsnitt av tegning 103 er vist i figur 12-1.



Figur 12-1 Avstivning av byggegropene for pilarfundamentene med stagavstivet spunt (utsnitt av tegning RIG-TEG-103_rev01)

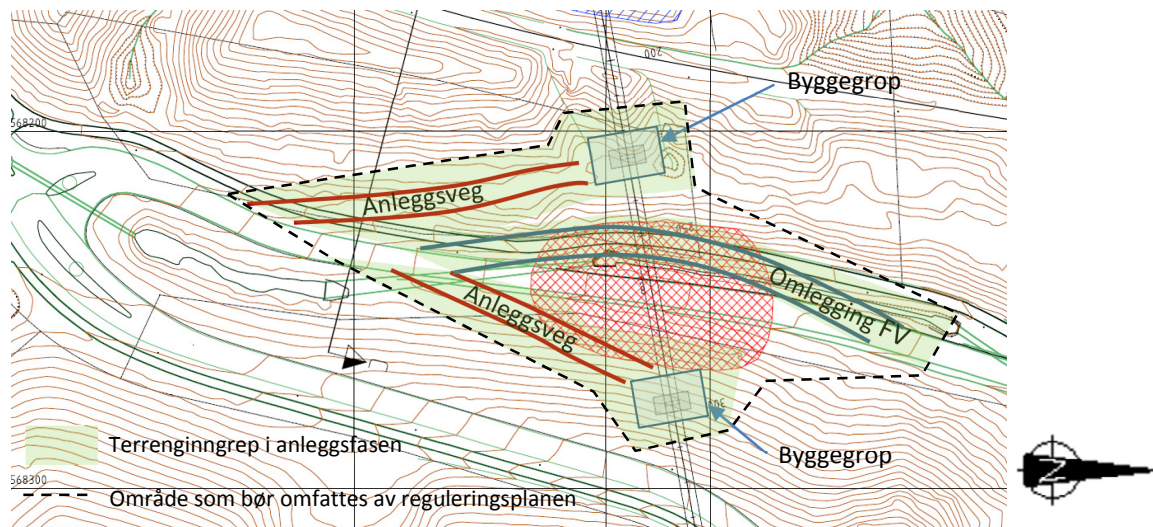
13 Anleggstekniske vurderinger

Det er en rekke anleggstekniske utfordringer knyttet til utbygging av pelefundamentene under pilarene. Dette skyldes i hovedsak at fundamentene er plassert midt i de bratte dalsidene med vanskelig tilkomst. Peleriggen kan imidlertid komme frem fra sør på både østre og vestre dalside. Av den grunn er det nødvendig å legge stedvis store vegfyllinger.

Midlertidig stabiliserende fylling i Bjørndalen må være ca. 5 m høy for å oppnå tilstrekkelig område- og lokalstabilitet, og kan ikke fjernes før poretrykket på grunn av pelerammingen har kommet ned til akseptabelt nivå.

Motfyllingen er i prinsippet nødvendig fra start av peleramming på østre pilar og frem til poretrykket har kommet ned til akseptabelt nivå. Dette anslås å ta fra 2 - 6 måneder. Av anleggstekniske årsaker (fremkommelighet i byggegrop, osv.) kan det imidlertid bli behov for å beholde fyllingen noe lenger, avhengig av bruas byggemetode. Hvis det imidlertid ikke er ønskelig å stenge vegen over lengre perioder kan dette løses ved en kombinasjon av midlertidig lukking av Søra og masseutfylling, slik at vegen kan legges om. Løsningen er skissert i figur 13-1. Dette vil imidlertid medføre større massebehov til utfylling nede i dalen. I figur 13-1 er områdene det kan bli behov for terrenginngrep i form av fylling/skjæring i anleggsfasen vist med grønn farge.

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet



Figur 13-1 Skisse med forslag til anleggsveger og omlegging av fylkesveg

Arealene der det skal utføres stabiliserende tiltak som er vist i figur 11-3 bør inngå i reguleringsplanen som skal omfatte gang- og sykkelbrua. Det samme gjelder arealene som er vist med grønn farge i figur 13-1. Disse arealene er sammenslått i et større område avgrenset med en stiplet linje i samme figur. Det gjøres oppmerksom at arealene som er nødvendig for overgangen mellom ny og eksisterende veg nedstrøms brua ikke er hensyntatt.

Peler med liten massefortregning som kan rammes gjennom faste masser (f.eks. HP-peler) vurderes som den mest aktuelle peletype og er lagt til grunn i våre vurderinger. Primært velges denne peletypen på grunn av lav poretrykksoppbygging under ramming, noe som blant annet er dokumentert i tidligere prosjekter under tilsvarende grunnforhold (E6 Harran). Valg av åpne stålrørspeler er også en mulighet, men disse kan være utsatt for plugging med jordmasser under rammingen, noe som vil medføre øket poretrykksoppbygging.

Bruk av lukkede peler vil medføre store poreovertrykk på grunn av massefortregning under rammingen, og dette kan ikke aksepteres i en kvikkeireskråning med marginal beregningsmessig sikkerhet. Det forutsettes videre at det utføres kontinuerlige poretryksmålinger i skråningene under pelerammingen for å ha kontroll over poretrykksoppbyggingen og områdestabiliteten. Poretrykket må monitoreres hyppig i kritiske faser og knyttes opp mot et akseptkriterium for poretrykkets maksimale akseptable størrelse. Overskrides dette må pelerammingen avbrytes umiddelbart.

Tilkomstveger for pelerigg som er vist i figur 13-1 må detaljprosjekteres i forbindelse med byggeplanene. På dette stadiet vil dette kunne medføre omlegging eller midlertidig stengning av eksisterende veger, men dette anses for å være løsbart.

For å hindre overflateutglidning må det legges vekt på god drenering og erosjonskontroll i skråningene. Tildekking med plastduk tilrås for å redusere nedtrengning av overflatevann, samtidig som erosjonssikring og drenering på utsatte steder ivaretas.

14 Konklusjoner og kritiske momenter

Gjennom en revurdering av eksisterende prosjekteringsgrunnlag, samt en mer utførlig analyse av stabilitetsforholdene med tilhørende regelverk, mener Multiconsult at det planlagte prosjektet i prinsippet er gjennomførbart med hensyn til krav til lokal- og områdestabilitet. Sammen med valg av hensiktsmessig peletype (HP-peler) og krav til kontroll av poretrykksoppbygging i anleggsfasen, vil prinsippet om ikke forverring av områdestabiliteten la seg realisere ved mulig avgraving av tilstrekkelig jordvolum på skråningstoppene og motfylling i dalbunnen. Dette vil imidlertid medføre midlertidig stengning og/eller omlegging av eksisterende veger. Videre er det nødvendig med

Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

permanente stabiliserende tiltak i form av nedplanering og motfylling. Lukking av bekken er også nødvendig i forbindelse med de permanente tiltakene, dette gjelder en strekning på ca. 50 m. I senere planfase kan man ved å dokumentere at løsmassene har dilatant bruddutvikling redusere sikkerhetskravet og følgelig omfanget av de stabiliserende tiltakene. Videre kan man ved å skifte ut massene på toppen av østskråningen med lette masser oppnå en vesentlig reduksjon av fyllingshøyden ned i dalen. Fundamentering av landkarene foreslås gjennomført med direkte fundamentering i kombinasjon med masseutskiftning med lette fyllmasser i tilstrekkelig omfang.

Med hensyn til anleggstekniske utfordringer er anlegget generelt utfordrende å gjennomføre på grunn av fundamentenes plassering i bratte skråninger. Dette anses for å være løsbart ved en kombinasjon av midlertidige utfyllinger og omlegging av eksisterende vegnett, men vil kreve detaljprosjektering på et senere stadium. For pilarfundamentene anses en spuntavstivet byggegrep som den mest realistiske løsningen på grunn av avstanden mellom fundament og jernbanelinje på vestre dalside og fundament og John Aaes vei på østre dalside.

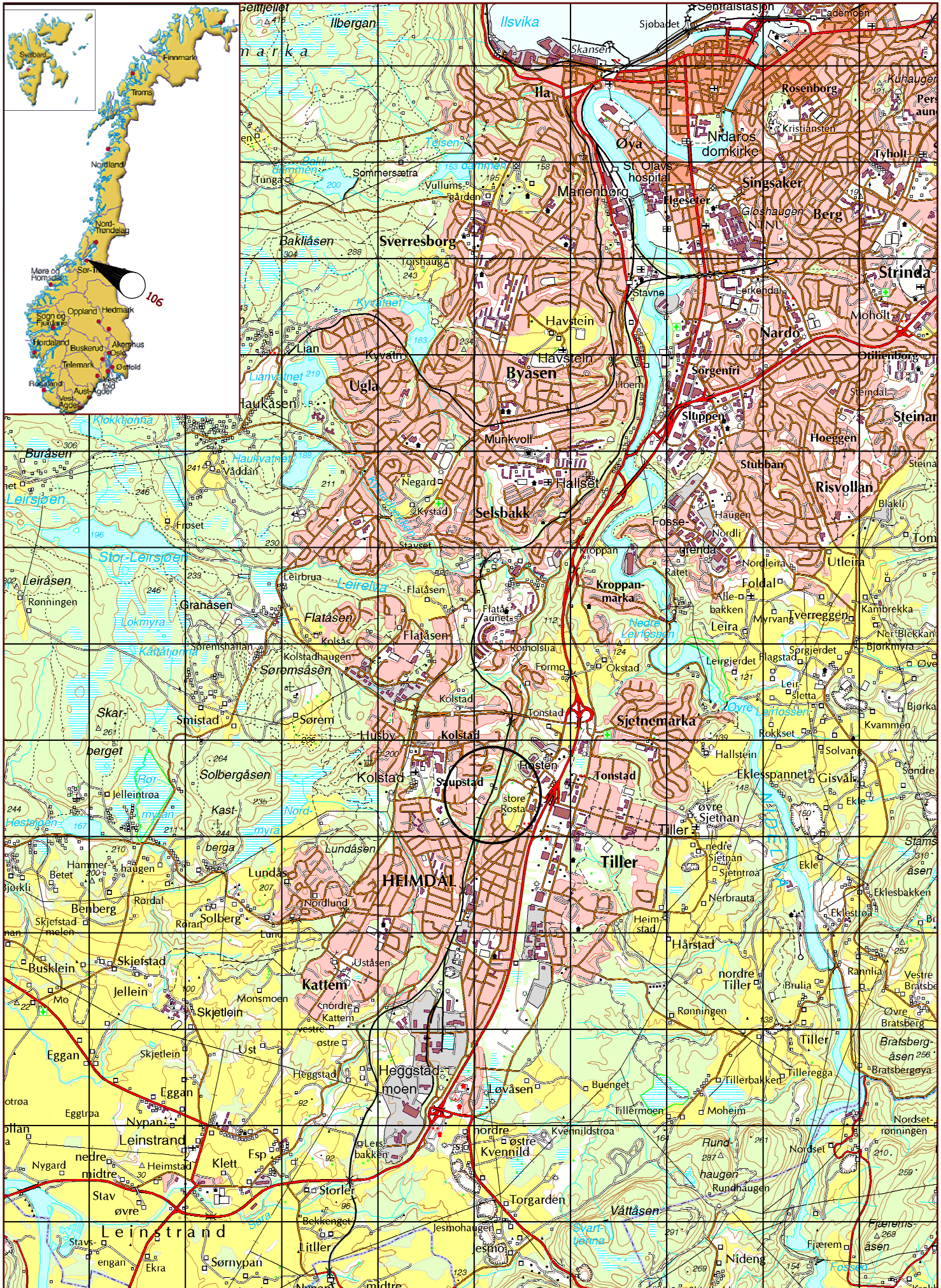
15 Referanser

- /1/ Notat 42136 A-01 rev A "Forprosjekt for G/S-bru over Bjørndalen. Forprosjekt med kostnadsoverslag". Datert 15.11.2011
- /2/ Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven), LOV-2008-06-27-71
- /3/ Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift), FOR-2010-03-26-489
- /4/ NVEs retningslinjer 2-2011, revidert mai 2014
- /5/ NVE veileder 7-2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred, mai 2014
- /6/ "Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner," Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1990:2002+NA:2008, Apr. 2002.
- /7/ "Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler," Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-1:2004+NA:2008, Nov. 2004.
- /8/ "Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.," Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014.
- /9/ "Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold," Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1998-5:2004+NA:2014.
- /10/ Statens vegvesen håndbok V220 "Geoteknikk i vegbygging" 6. utgave, juni 2010
- /11/ Sweco rapport 580502-01 rev.1 "G/S-veg Bjørndalen – Stabilitetsutredning". Datert 04.10.2013
- /12/ Multiconsult notat 415556-RIG-NOT-02 "G/S-veg Bjørndalen – 3.partskontroll – Stabilitetsutredning". Datert 19.12.2013
- /13/ Trondheim kommune rapport R.1507 "Bjørndalen. Ny gang- og sykkelveg. Grunnundersøkelser. Datarapport". Datert 24.10.2011
- /14/ Trondheim kommune rapport R.1507-2 "Bjørndalen. Ny gang- og sykkelveg. Grunnundersøkelser. Datarapport". Datert 06.02.2013
- /15/ Karlsrud, Kjell (2003) "Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger". Kurs 20.-22. mai 2003, Rica Hell Hotell
- /16/ Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D.A., Strandvik, S. (2005) "CPTU Correlations for Clays". NGI-rapport 20041198-1, datert 10. januar 2005
- /17/ Berg-Knutsen, P. (1986) "Poreovertrykk i leirige jordarter på grunn av peleramming". Hovedoppgave, NTH.

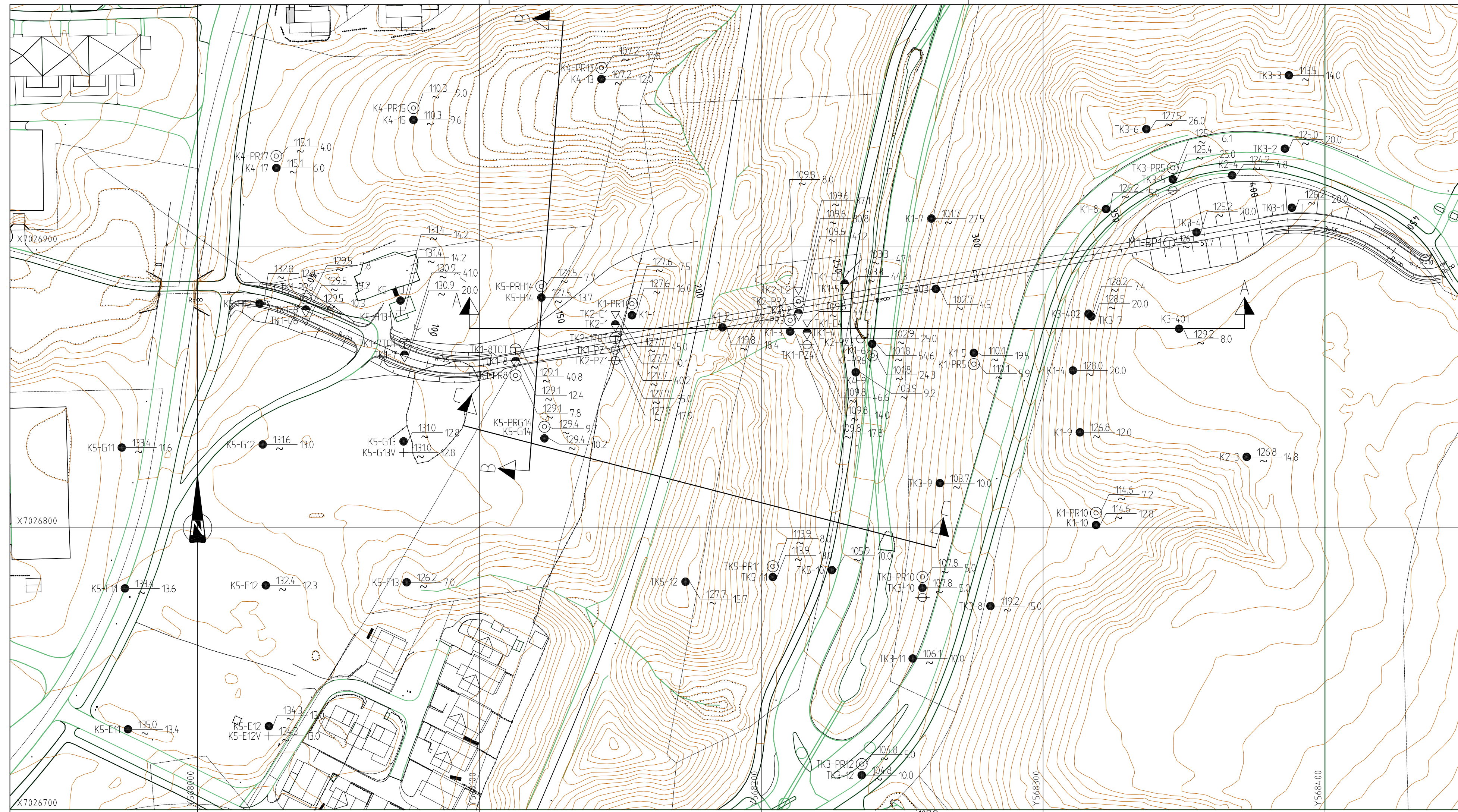
Vurdering av områdestabilitet og gjennomførbarhet

- /18/ Hoem, Olav I. (1975) "Endring i poretrykk og stabilitet ved ramming av peler i skråninger". Hovedoppgave, NTH
- /19/ Multiconsult oppdrag 414049 "E6-Harran", 2011
- /20/ Multiconsult rapport 415556 "Gang og sykkelbru Bjørndalen. Grunnundersøkelser, datarapport", 2015
- /21/ NIFS rapport nr. 14/2014 «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer», 2014
- /22/ NIFS rapport nr. 77/2014 «Valg av karakteristisk c_{uA} – profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser», 2014

Z:\041514\15556\4\15556-01 RIG\4\15556-04 TEGNINGER\4\15556-RIG-TEG-000 OVERSIKTSKART.dwg - Layout: Iny logoj - Plottet av: jkm. Dato: 2015.04.17 kl 13:01



 www.multiconsult.no	Oversiktskart Trondheim kommune Gang og sykkelbru Bjørndalen		Status	Fag	Original format	Dato	
			Konstr./Tegnet	Geoteknikk	A4	17.04.2015	
			Oppdragsnr	Kontrollert	Godkjent	Målestokk	
			415556	KONK	ROLS	1:50000	Rev.
			Tegningsnr.		00		
			RIG-TEG-000				



TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ⚡ DREIETRYKSONDERING
- ⊗ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYKTMÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊗ FJELLKONTROLLBORING
- ⚡ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra oppdragsgiver - NN 2000
 KOORDINATSYSTEM: UTM Sone 32V
 HØYDEREFERANSE: NN 2000
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS GLONAS CP05
 BORNBOK NR: xxx
 LAB.BOK NR: xxx

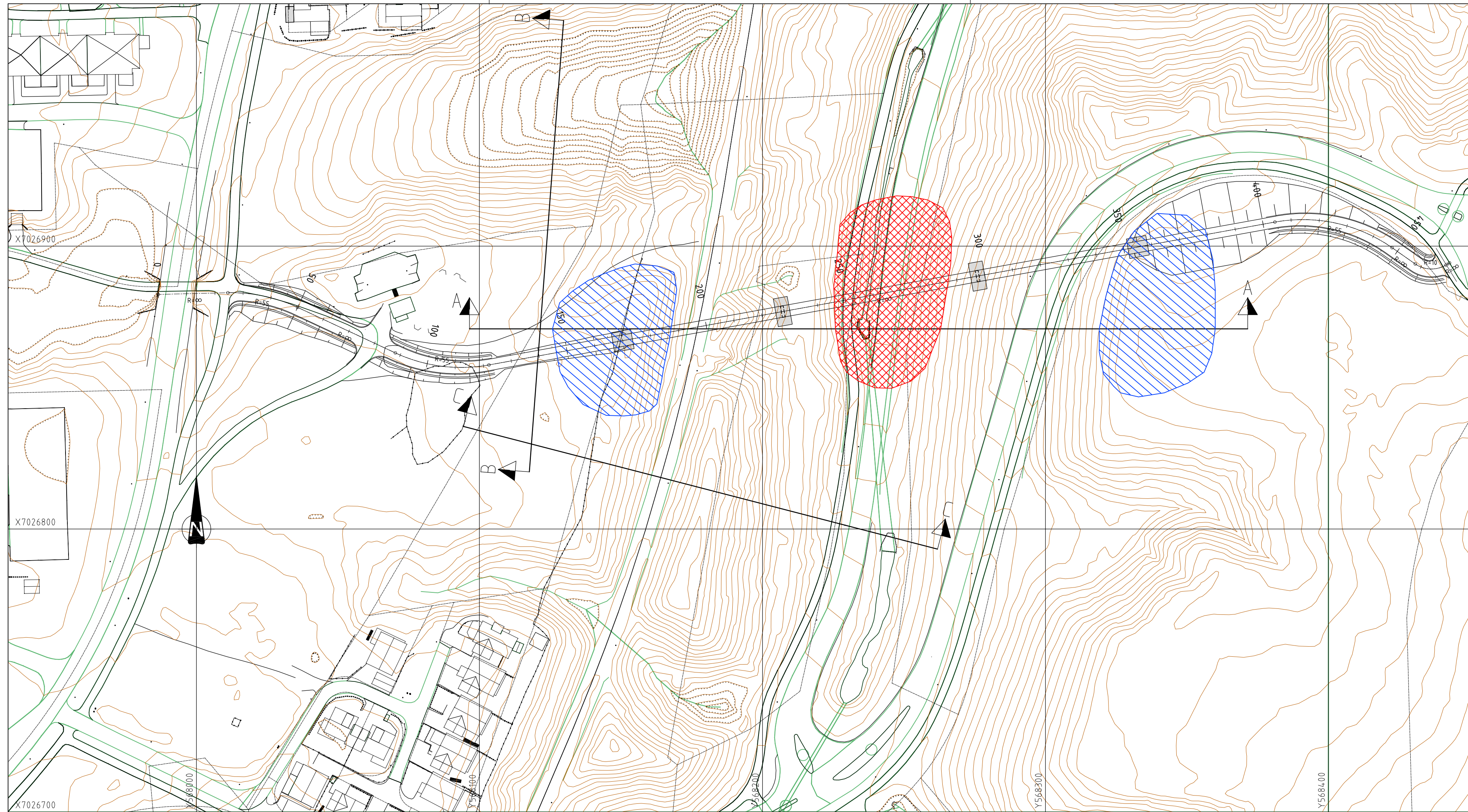
TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 EKSEMPEL
 BP 1 ⊕ $\frac{430}{28.2}$ 14.8 +2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

TIDLIGERE BORINGER:

Tidligere boringer er opptegnet fra tidligere rapporter og kan ha noe avvik. Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhullsnr.

Referanse	Rapport nr	Utførende	Oppdrag	År
K1-X	0.182	Kummeneje(Rambøll)	Gangbro Bjørndalen	1973 Omregnet fra Tr.lokal - NN 2000, faktor på - 76 cm
K2-X	0.363-3	Kummeneje(Rambøll)	Rosten-Tonstad	1990 Omregnet fra Tr.lokal - NN 2000, faktor på - 76 cm Rapport ikke tilgjengelig
K3-X	0.363-5	Kummeneje(Rambøll)	Heimdalsbyen	Omregnet fra Tr.lokal - NN 2000, faktor på - 76 cm Rapport ikke tilgjengelig
K4-X	0.893-3	Kummeneje(Rambøll)	Boligfelt Kolstad	1969 Omregnet fra Tr.lokal - NN 2000, faktor på - 76 cm
K5-X	0.893-5	Kummeneje(Rambøll)	Huseby-Flatåsen	Omregnet fra Tr.lokal - NN 2000, faktor på - 76 cm Rapport ikke tilgjengelig
TK1-X	R.1507-2	Trondheim kommune	Bjørndalen Ny gang og sykkelbru	2013 kof-fra Trondheim kommune NN 2000
TK2-X	R.1507	Trondheim kommune	Bjørndalen Ny gang og sykkelbru	2011 kof-fra Trondheim kommune NN 2000
TK3-X	R.643-2	Trondheim kommune	John Aaes vei-Forlengelse vestover ned til Bjørndalen	1990 Omregnet fra Tr.lokal - NN 2000, faktor på - 76 cm
TK4-X	R.741-9	Trondheim kommune	Bjørndalen	1999 Omregnet fra Tr.lokal - NN 2000, faktor på - 76 cm
TK5-X	R.741-4	Trondheim kommune	Bjørndalen	1992 Omregnet fra Tr.lokal - NN 2000, faktor på - 76 cm
M1-X	415556-001	Multiconsult	Ny gang- og sykkelbru Bjørndalen	2015 Innmålt av Multiconsult

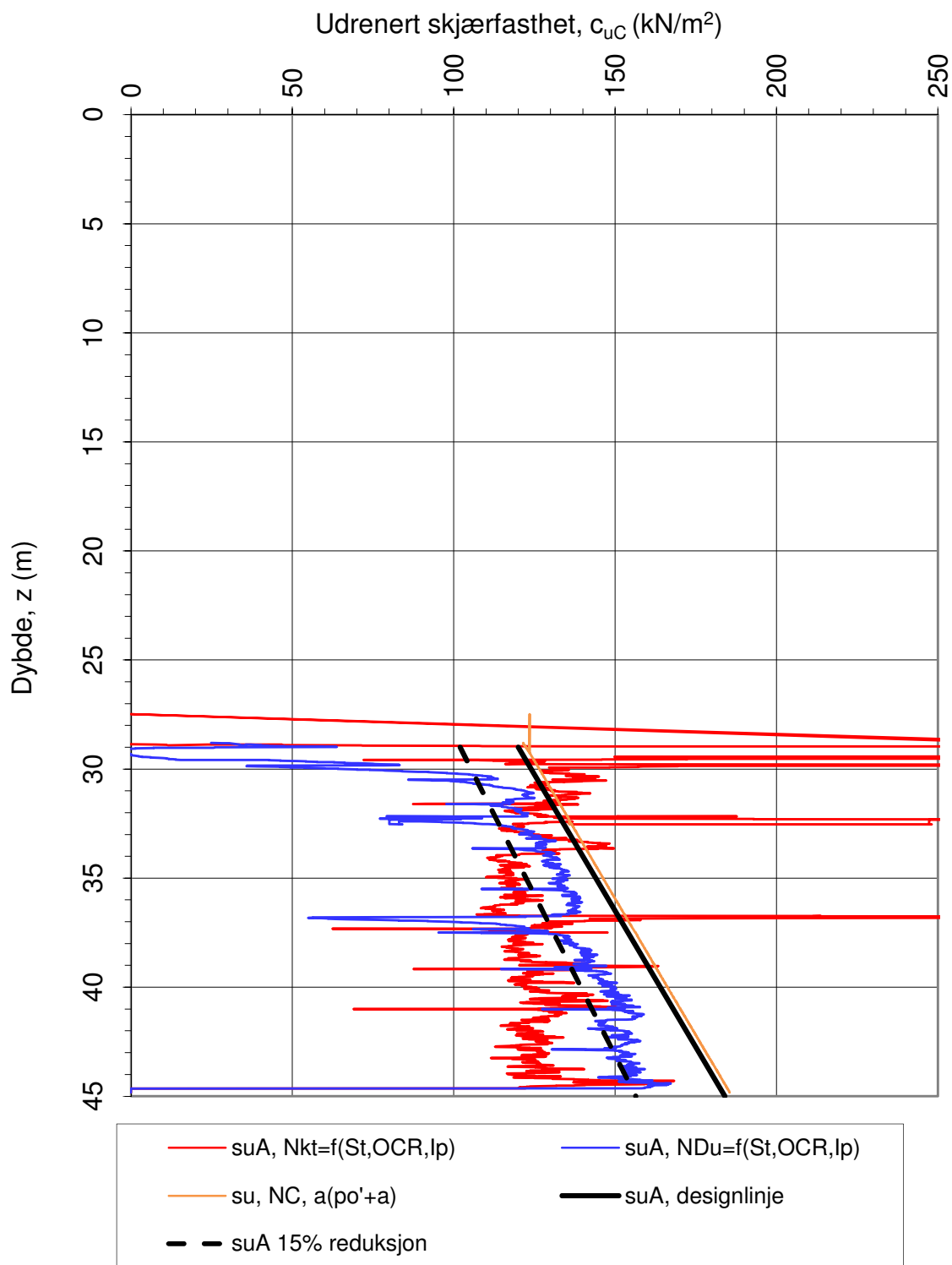
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
Trondheim kommune Gang og sykkelbru Bjørndalen				Dato	18.06.2015
Situasjonsplan				Format/Målestokk:	1:1000
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	JKM	KONK	ROLS
		Tegningsnr.	RIG-TEG-001		Rev.
		415556			00



TEGNFORKLARING

- Brofundamenter
- Motfylling
- Nedplanering

01	Mer omfattende stabiliserende tiltak	08.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
			Dato	14.09.2015	
			Format/Målestokk:		
			1:1000		
Multiconsult <small>www.multiconsult.no</small>		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		
		415556	RIG-TEG-003		ROLS
					01



Sensitivitetsvalg:

St > 15

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

$$N_{du} = (9,8 - 4,5 \log OCR)$$

α_c valgt:

0.25

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

Trondheim kommune

Oppdrag:

G/S-bru Bjørndalen

Tegningens filnavn:

R-001_TK2-C1_CPTU_EXT

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

Multiconsult

CPTU id.:

TK2-C1

Sonde:

4352

MULTICONSULT AS

Dato:

13.04.2016

Tegnet:

KONK

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

ROLS

Oppdrag nr.:

415556

Tegning nr.:

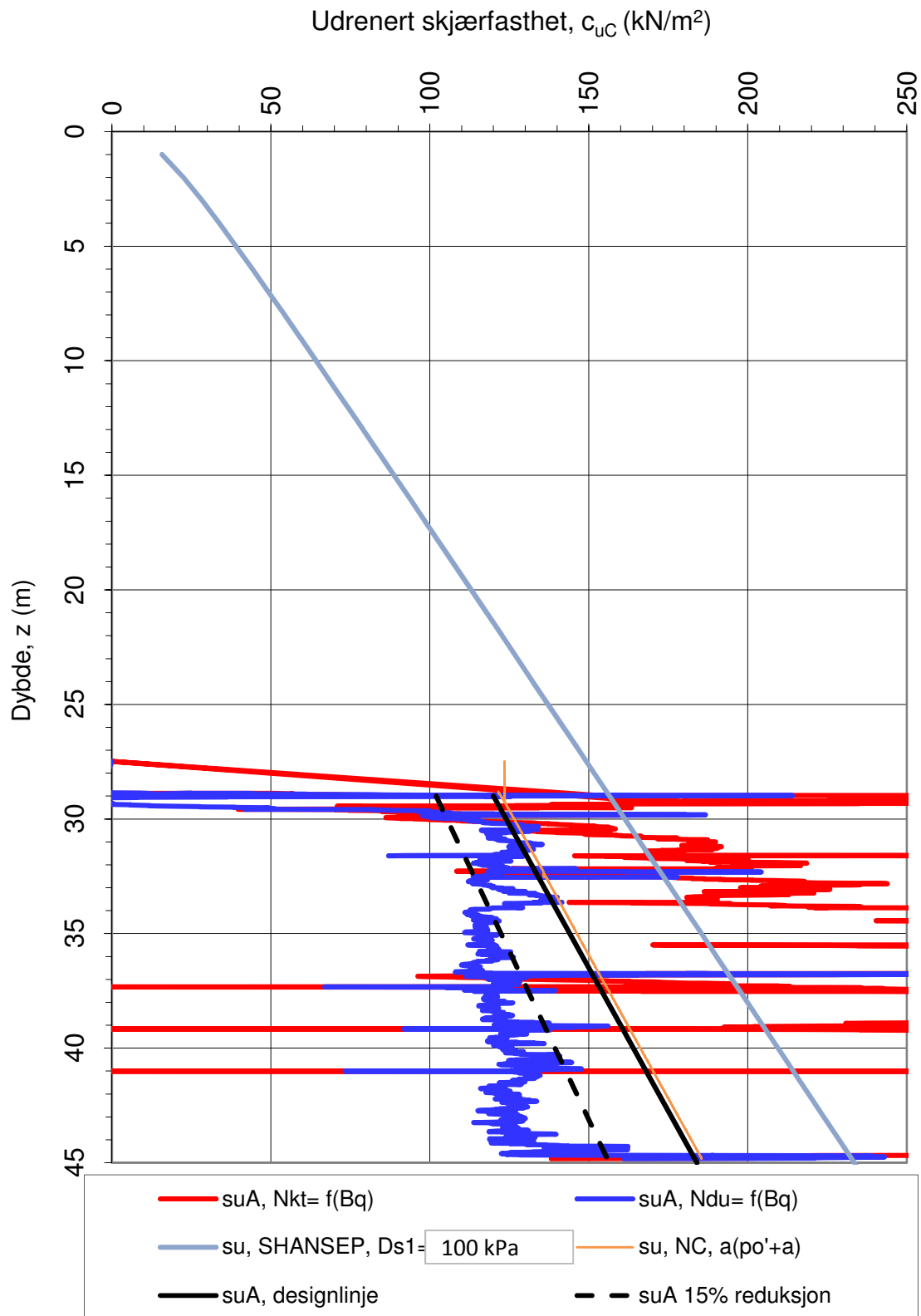
RIG-TEG-040.1

Versjon:

28.11.2013

Revisjon:

1



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

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

α_c valgt: 0.25

Referansemetode: Karlsrud et al. (1996)

Oppdragsgiver:

Trondheim kommune

Oppdrag:

G/S-bru Bjørndalen

Tegningens filnavn:

R-001_TK2-C1_CPTU_EXT

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uC} , verdier fra SHANSEP-analyse.

Multiconsult

CPTU id.:

TK2-C1

Sonde:

4352

MULTICONSULT AS

Dato:

13.04.2016

Tegnet:

KONK

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

ROLS

Oppdrag nr.:

415556

Tegning nr.:

RIG-TEG-040.2

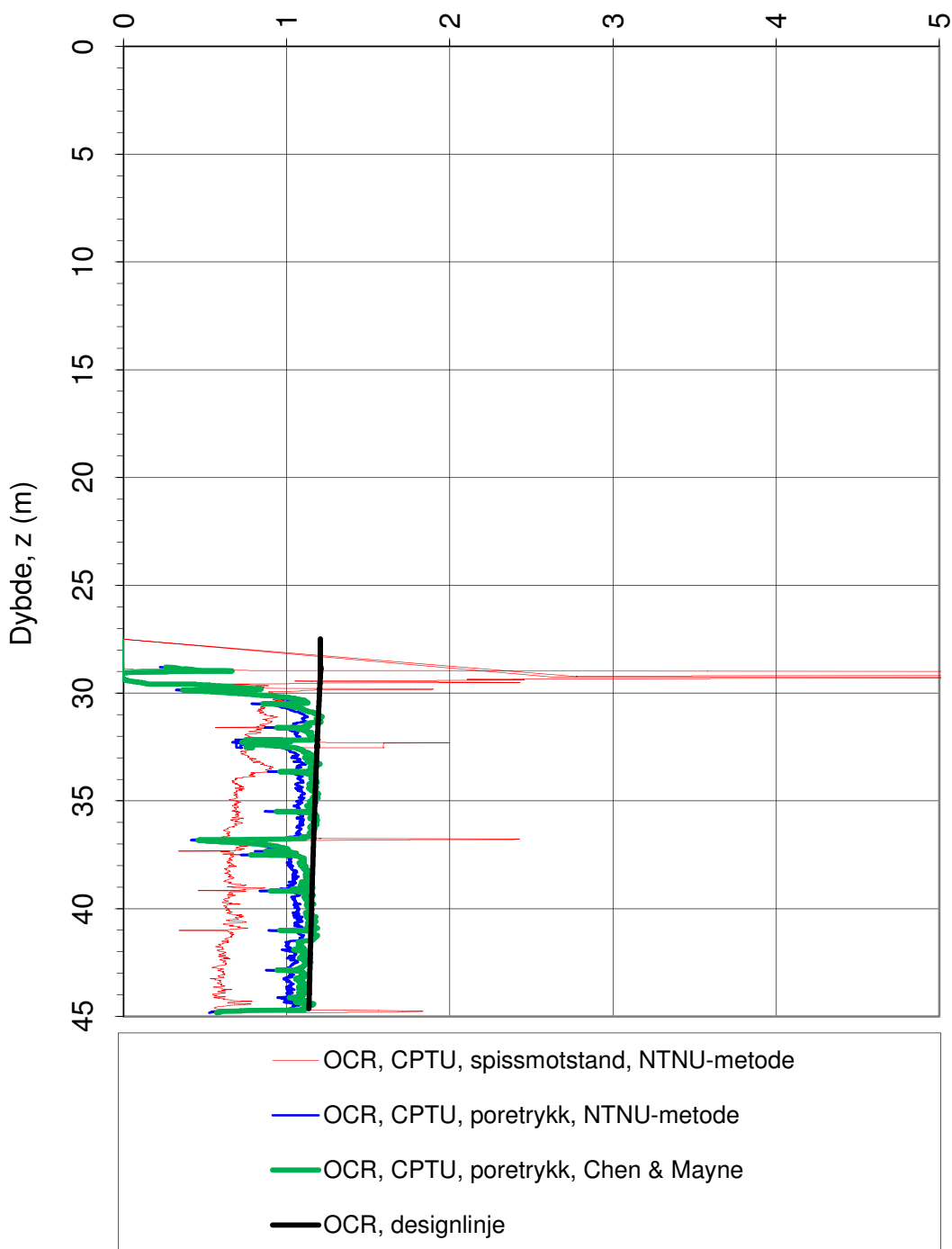
Versjon:

28.11.2013

Revisjon:

1


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

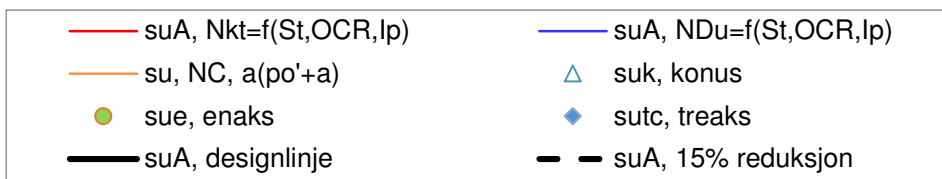
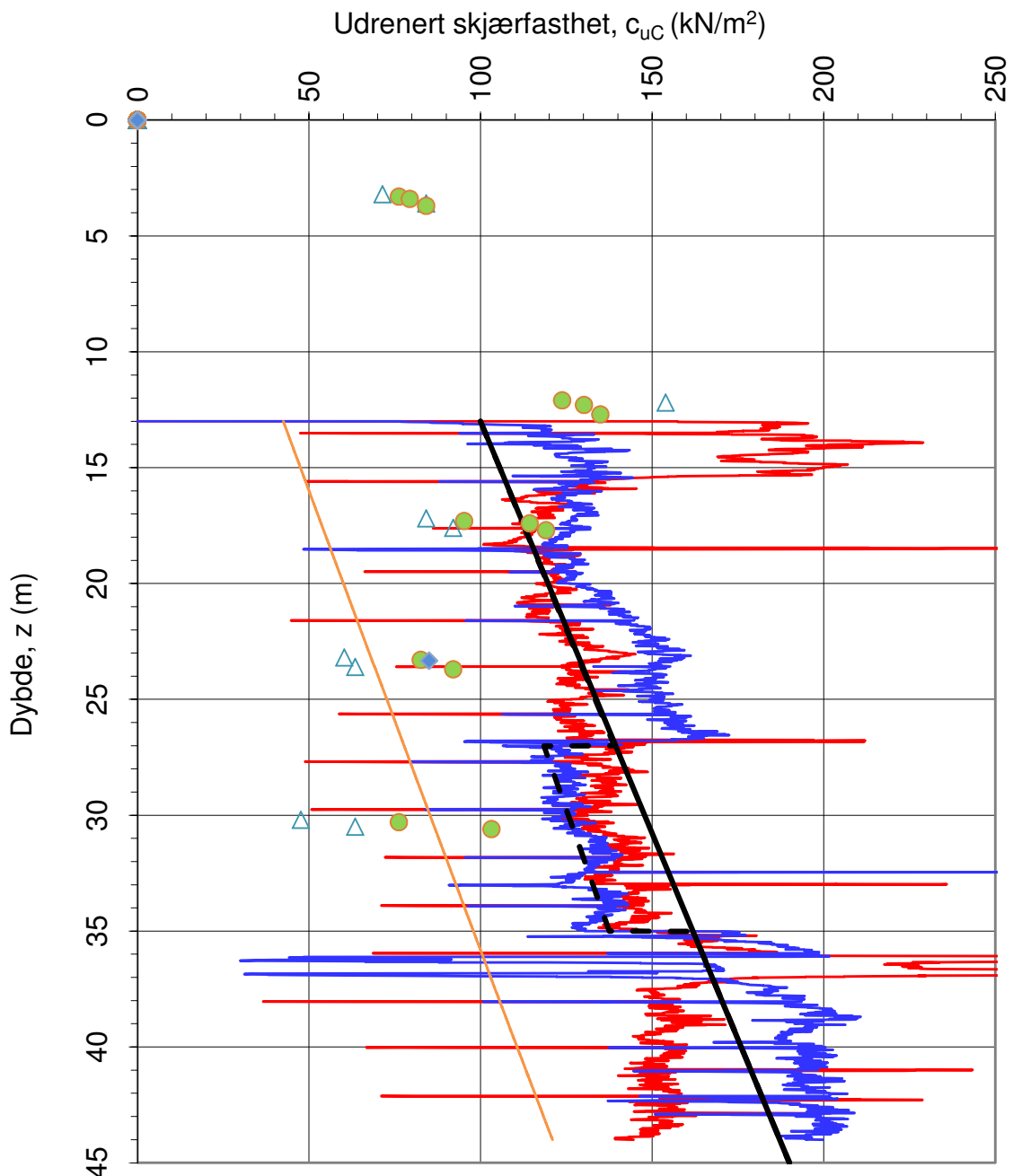


Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)
 Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: Trondheim kommune		Oppdrag: G/S-bru Bjørndalen		Tegningens filnavn: R-001_TK2-C1_CPTU_EXT
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$:				Multiconsult
CPTU id.:	TK2-C1	Sonde:	4352	
MULTICONSULT AS	Dato: 13.04.2016	Tegnet: KONK	Kontrollert: ROS	Godkjent: ROLS
	Oppdrag nr.: 415556	Tegning nr.: RIG-TEG-040.3	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 1

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4352	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,824	Arealforhold, b:	0,000
Kalibreringsdato:	15.11.2010	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0,5	2,0
Måleområde (MPa):	50,0	0,5	2,0
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,64	0,01	0,02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	47,96	0,90	1,50
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Per Arne Farstad	Assistent:	
Filtertype:		Mettemedium:	
Mettemetode:		Lufttemperatur (°C):	
Forankring:		Max. helning (°):	21,3
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	7,19	0,13	0,22
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):			
Etter sondering (DOS):			
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	0,0	0,0
Før sondering (Windows):	8,395	119,000	233,600
Etter sondering (Windows):	-0,017	0,000	0,800
Avvik (Windows) (kPa):	-17,2	0,0	0,8
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	25,03	0,14	1,04
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil			
ANVENDELSESKLASSE	1	1	1
Oppdragsgiver: Trondheim kommune Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: G/S-bru Bjørndalen		
CPTU id.:	TK2-C1	Sonde:	4352
MULTICONSULT AS	Dato: 22.05.2015	Tegnet: KONK	Kontrollert: ROS
	Oppdrag nr.: 415556	Tegning nr.: RIG-TEG-040.4	Versjon: 28.11.2013



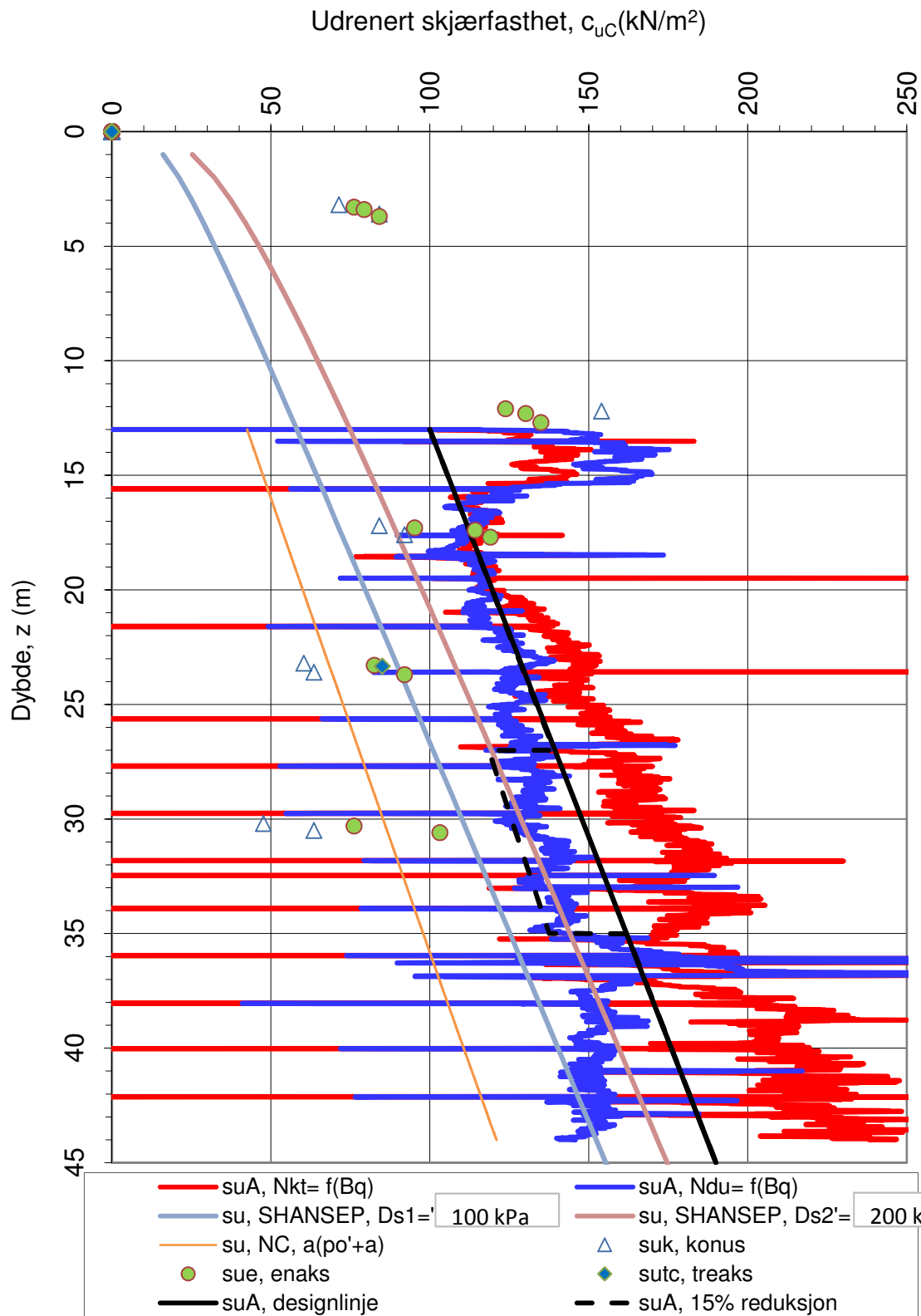
$St < 15$ $N_{kt} = (7,8+2,5\log OCR+0,082I_p)$
 $ND_u = (6,9-4\log OCR+0,07I_p)$

$St > 15$ $N_{kt} = (8,5+2,5\log OCR)$
 $ND_u = (9,8-4,5\log OCR)$

α_c valgt: **0.25**

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver: Trondheim kommune		Oppdrag: G/S-bru Bjørndalen		Tegningens filnavn: R-001_TK1-C4_CPTU_EXT
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uC} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .				Multiconsult
CPTU id.:	TK1-C4	Sonde:	4352	
MULTICONSULT AS	Dato: 13.04.2016	Tegnet: KONK	Kontrollert: ROS	Godkjent: ROLS
	Oppdrag nr.: 415556	Tegning nr.: RIG-TEG-041.1	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 1



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

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

α_c valgt: 0.25

Referansemetode: Karlsrud et al. (1996)

Oppdragsgiver:

Trondheim kommune

Oppdrag:

G/S-bru Bjørndalen

Tegningens filnavn:

R-001_TK1-C4_CPTU_EXT

Aktiv udrenert skjærfasthet C_{uC} , verdier fra SHANSEP-analyse.

Multiconsult

CPTU id.:

TK1-C4

Sonde:

4352

MULTICONSULT AS

Dato:

13.04.2016

Tegnet:

KONK

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

ROLS

Oppdrag nr.:

415556

Tegning nr.:

RIG-TEG-041.2

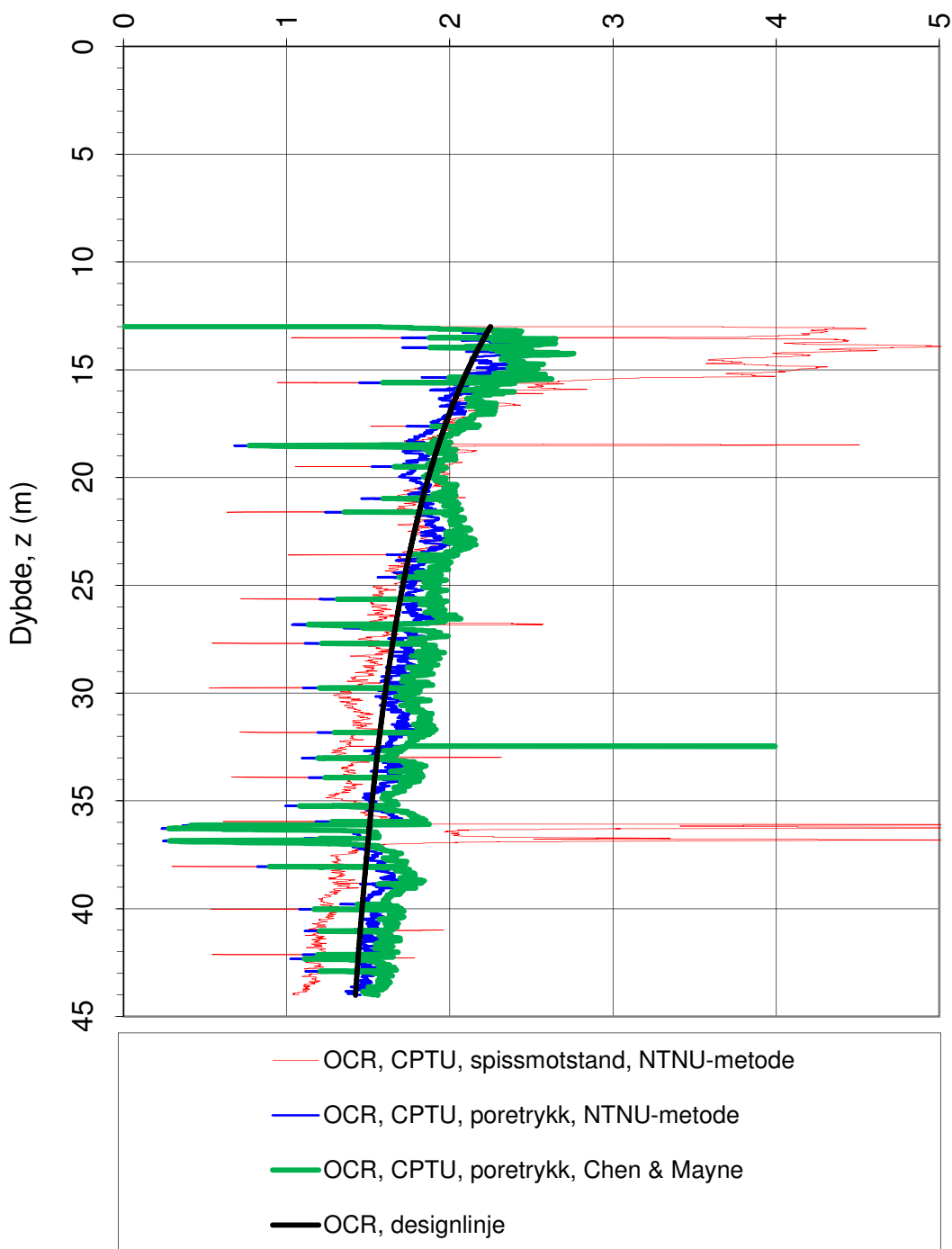
Versjon:

28.11.2013

Revisjon:

1


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

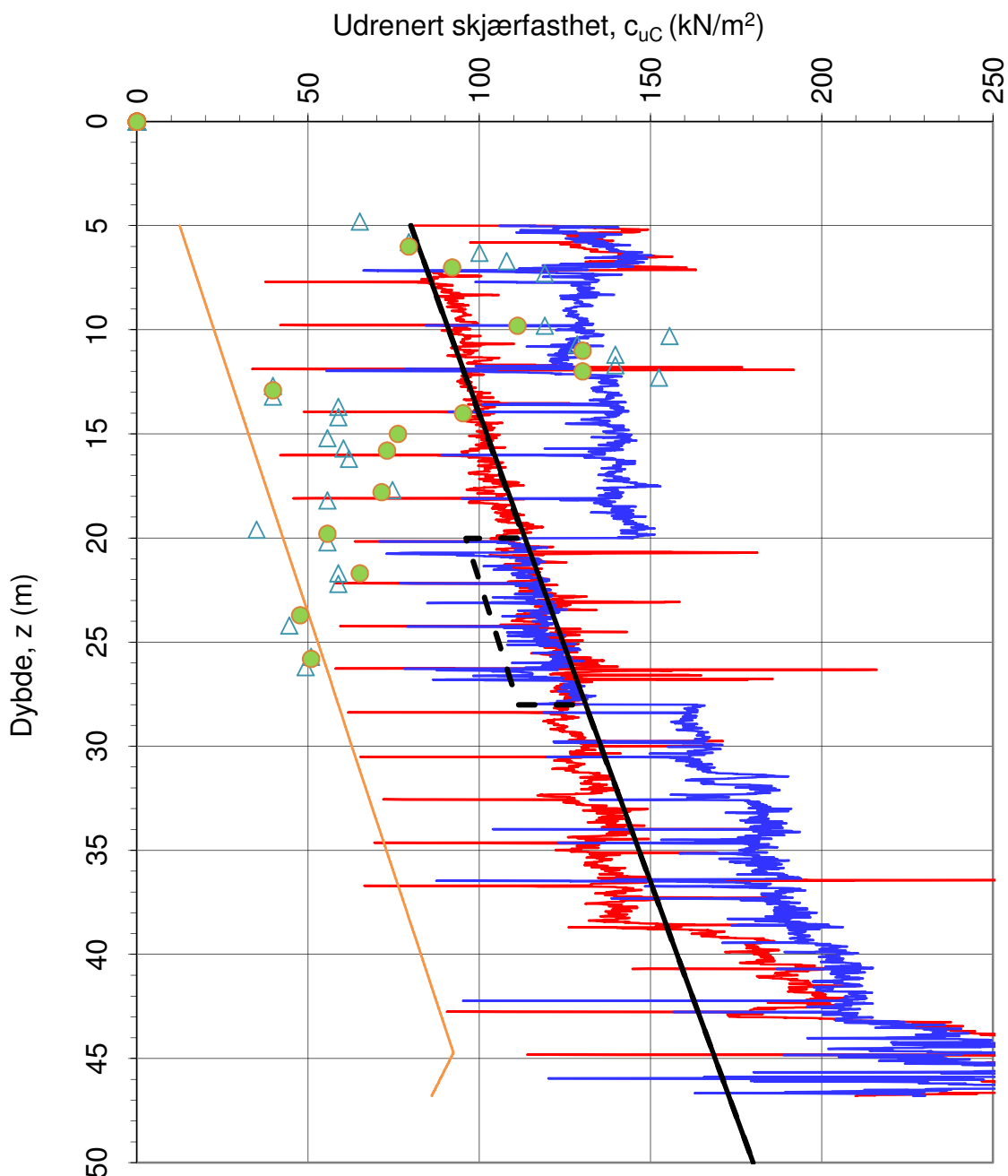


Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)
 Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: Trondheim kommune		Oppdrag: G/S-bru Bjørndalen		Tegningens filnavn: R-001_TK1-C4_CPTU_EXT
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$:				Multiconsult
CPTU id.:	TK1-C4	Sonde:	4352	
MULTICONSULT AS	Dato: 13.04.2016	Tegnet: KONK	Kontrollert: ROS	Godkjent: ROLS
	Oppdrag nr.: 415556	Tegning nr.: RIG-TEG-041.3	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 1

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4352	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,778	Arealforhold, b:	0,000
Kalibreringsdato:	17.01.2012	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0,5	2,0
Måleområde (MPa):	50,0	0,5	2,0
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,64	0,01	0,02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	44,28	0,86	1,32
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Hugo Rødsjø	Assistent:	
Filtertype:		Mettemedium:	
Mettemetode:		Lufttemperatur (°C):	
Forankring:		Max. helning (°):	4,7
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	6,64	0,13	0,20
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):			
Etter sondering (DOS):			
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	0,0	0,0
Før sondering (Windows):	7,814	122,400	229,800
Etter sondering (Windows):	0,037	0,100	0,400
Avvik (Windows) (kPa):	36,6	0,1	0,4
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	43,88	0,24	0,62
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil	1		
ANVENDELSESKLASSE	2	1	1
Oppdragsgiver:	Oppdrag:		
Trondheim kommune Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	G/S-bru Bjørndalen		
CPTU id.:	TK1-C4	Sonde:	4352
MULTICONSULT AS	Dato:	Tegnet:	Kontrollert:
	26.05.2015	KONK	ROS
	Oppdrag nr.:	Tegning nr.:	Versjon:
	415556	RIG-TEG-041.4	28.11.2013



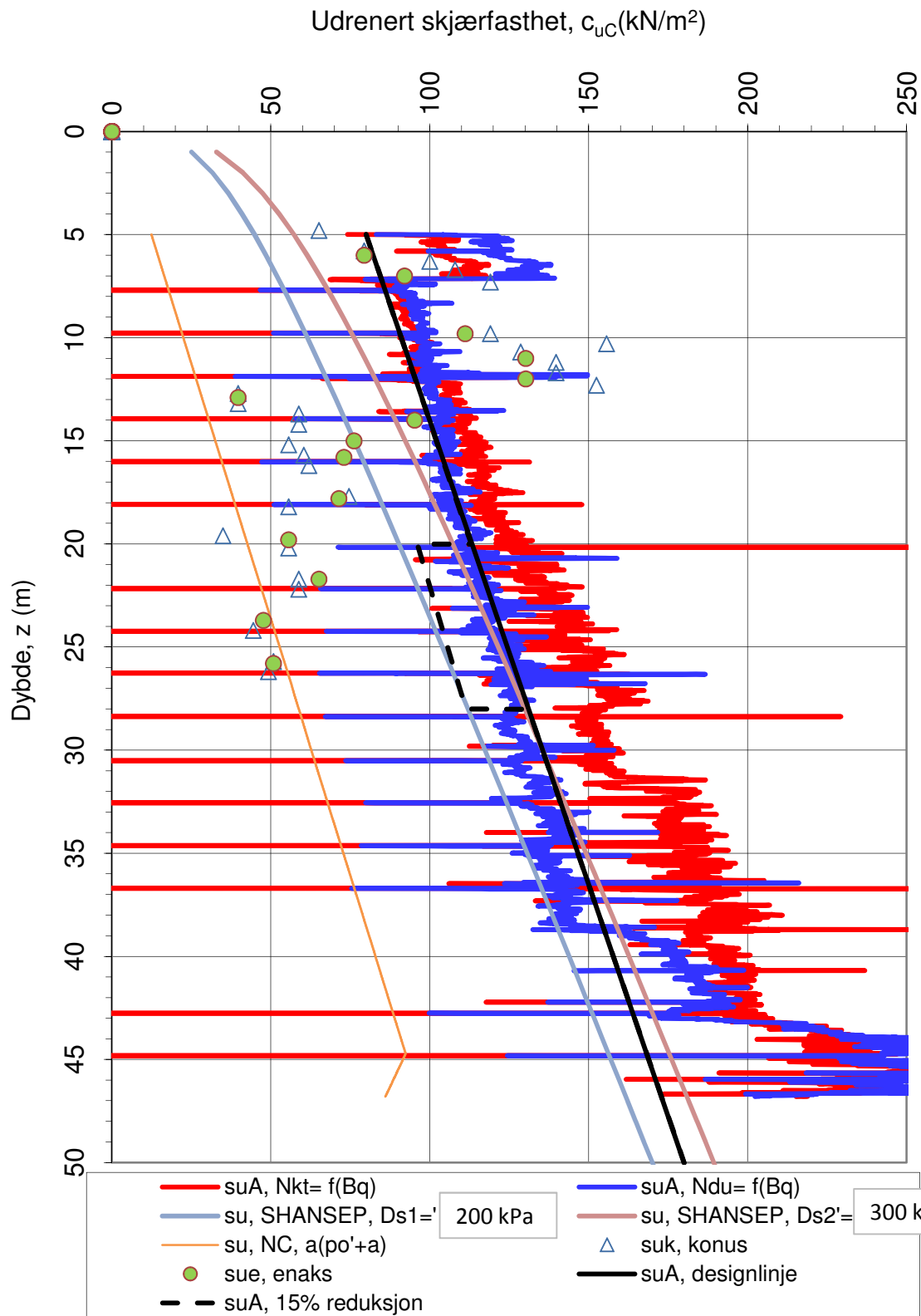
- suA, $N_{kt}=f(St, OCR, I_p)$
- suA, $N_{Du}=f(St, OCR, I_p)$
- su, NC, $a(po'+a)$
- △ suk, konus
- sue, enaks
- suA, designlinje
- - suA, 15% reduksjon

$St < 15$ $N_{kt} = (7,8 + 2,5 \log OCR + 0,082 I_p)$
 $N_{Du} = (6,9 - 4 \log OCR + 0,07 I_p)$
 $St > 15$ $N_{kt} = (8,5 + 2,5 \log OCR)$
 $N_{Du} = (9,8 - 4,5 \log OCR)$

α_c valgt: **0.25**

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver: Trondheim kommune		Oppdrag: G/Sbru Bjørndalen		Tegningens filnavn: R-001_TK1-C5_CPTU_EXT
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uC} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .				Multiconsult
CPTU id.:	TK1-C5	Sonde:	4352	
MULTICONSULT AS	Dato: 13.04.2016	Tegnet: KONK	Kontrollert: ROS	Godkjent: ROLS
	Oppdrag nr.: 415556	Tegning nr.: RIG-TEG-042.1	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 1



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

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

α_c valgt: 0.25

Referansemetode: Karlsrud et al. (1996)

Oppdragsgiver:

Trondheim kommune

Oppdrag:

G/Sbru Bjørndalen

Tegningens filnavn:

R-001_TK1-C5_CPTU_EXT

Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uC} , verdier fra SHANSEP-analyse.

Multiconsult

CPTU id.:

TK1-C5

Sonde:

4352

MULTICONSULT AS

Dato:

13.04.2016

Tegnet:

KONK

Kontrollert:

ROS

Godkjent:

ROLS

Oppdrag nr.:

415556

Tegning nr.:

RIG-TEG-042.2

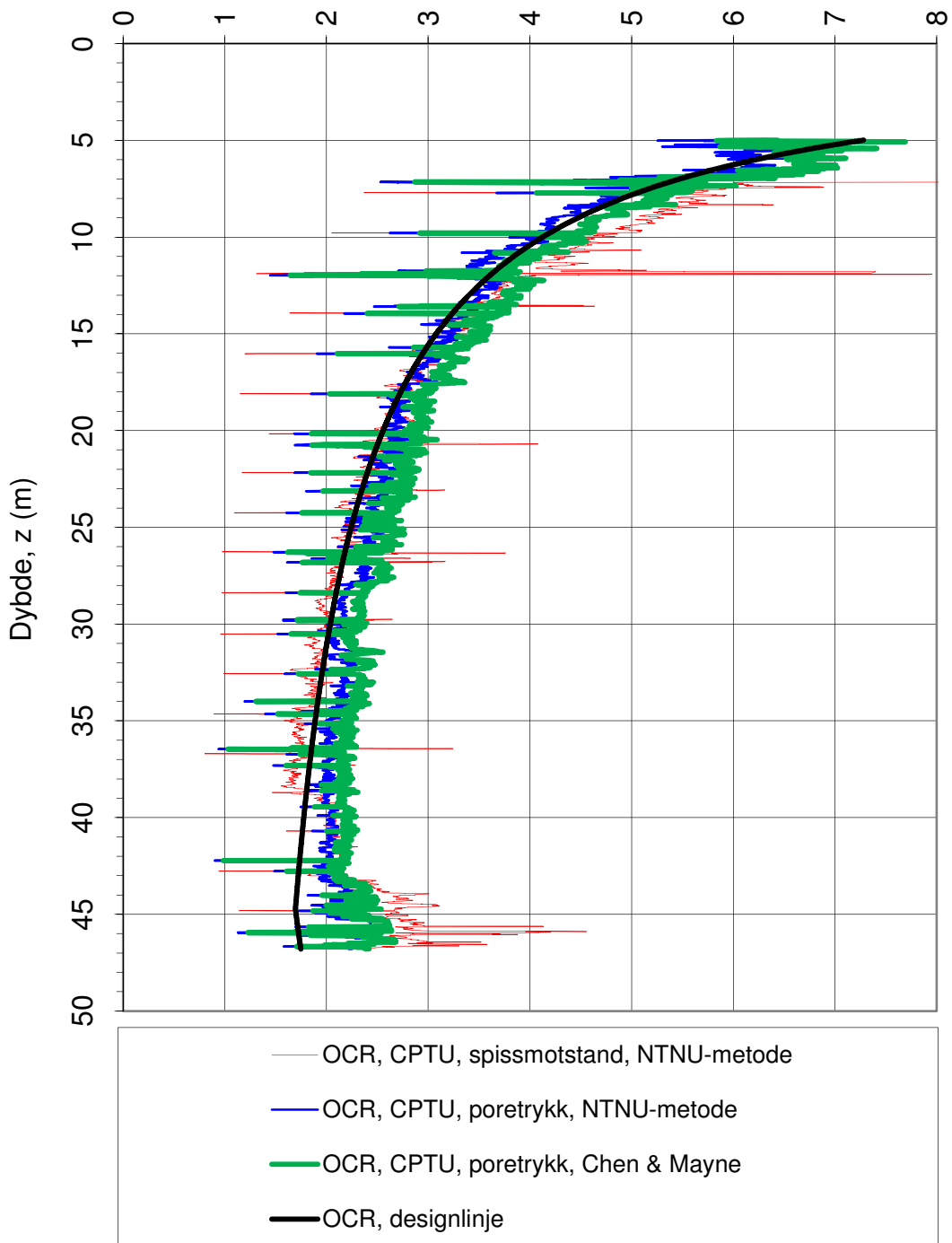
Versjon:

28.11.2013

Revisjon:

1


Prekonsolideringsforhold, OCR = σ_c'/σ_{vo}' (-)

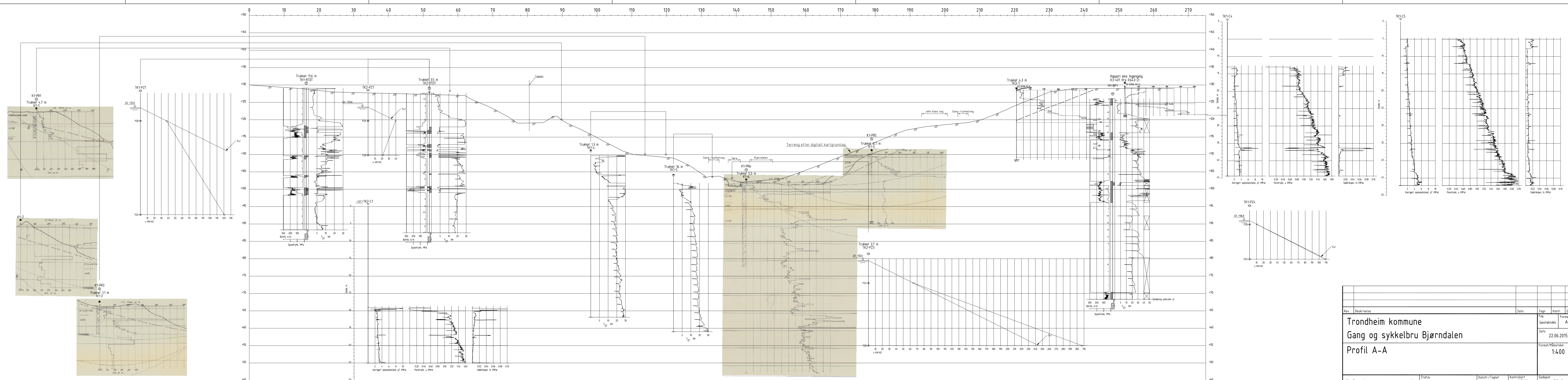


Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)
 Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: Trondheim kommune		Oppdrag: G/Sbru Bjørndalen		Tegningens filnavn: R-001_TK1-C5_CPTU_EXT
Overkonsolideringsforhold, OCR = σ_c'/σ_{vo}' :				Multiconsult
CPTU id.:	TK1-C5	Sonde:	4352	
MULTICONSULT AS	Dato: 13.04.2016	Tegnet: KONK	Kontrollert: ROS	Godkjent: ROLS
	Oppdrag nr.: 415556	Tegning nr.: RIG-TEG-042.3	Versjon: 28.11.2013	Revisjon: 1

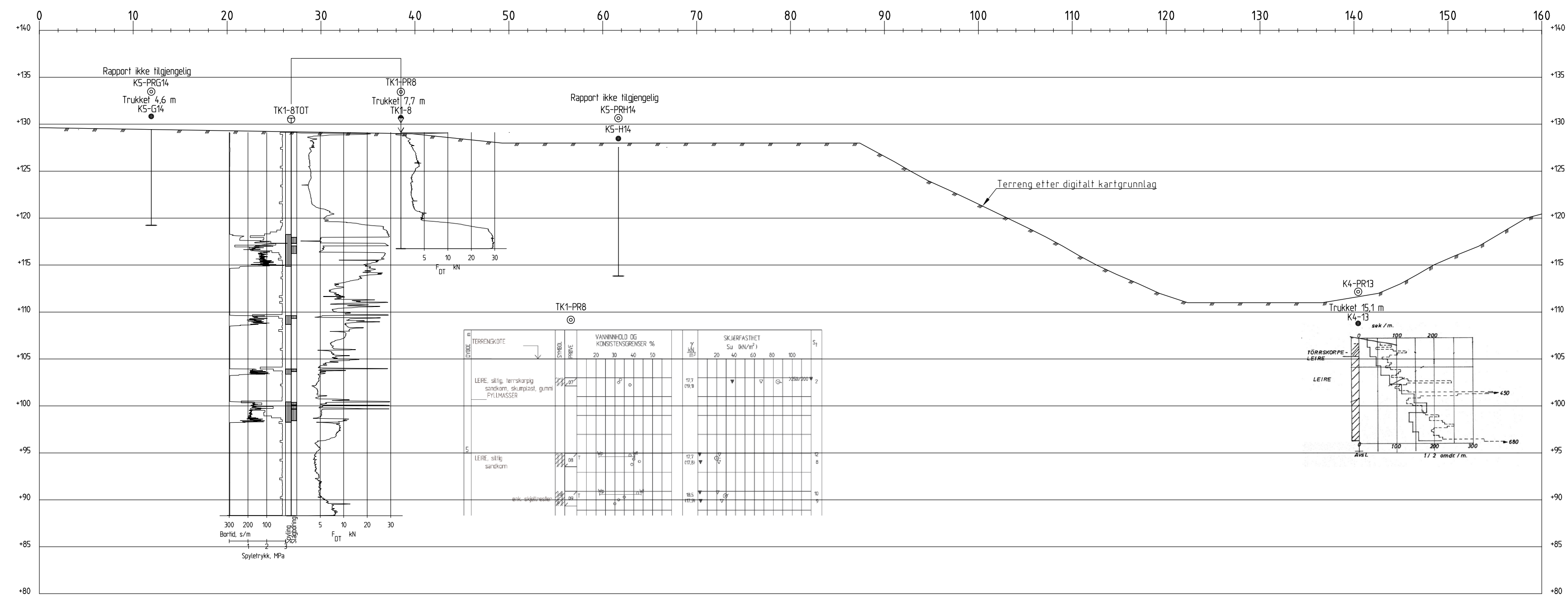
DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4352	Sondetype:	Nova
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,778	Arealforhold, b:	0,000
Kalibreringsdato:	17.01.2012	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning (MPa):	50,0	0,5	2,0
Måleområde (MPa):	50,0	0,5	2,0
Oppløsning, 2 ¹² bit (kPa):	0	0	0
Oppløsning, 2 ¹⁸ bit (kPa):	0,64	0,01	0,02
Max. temp. effekt, ubelastet (kPa):	44,28	0,86	1,32
Temperaturområde (°C):	0-40	0-40	0-40
Merknad 1:			
Merknad 2:			
UTFØRELSE			
Borleder:	Hugo Rødsjø	Assistent:	
Filtertype:		Mettemedium:	
Mettemetode:		Lufttemperatur (°C):	
Forankring:		Max. helning (°):	5,9
Merknad 1:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt (kPa):	6,64	0,13	0,20
NULLPUNKTKONTROLL			
Faktor	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering (DOS):			
Etter sondering (DOS):			
Avvik (DOS) (kPa):	0,0	0,0	0,0
Før sondering (Windows):	7,837	122,700	229,500
Etter sondering (Windows):	0,012	0,100	0,100
Avvik (Windows) (kPa):	11,5	0,1	0,1
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
Målestørrelse	Spissmotstand	Friksjon	Poretrykk
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} (kPa)	18,78	0,24	0,32
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k (kPa)	35,0	5,0	10,0
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k (kPa)	100,0	15,0	25,0
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k (kPa)	200,0	25,0	50,0
Vurdering profil			
ANVENDELSESKLASSE	1	1	1
Oppdragsgiver: Trondheim kommune Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet.	Oppdrag: G/Sbru Bjørndalen		
CPTU id.:	TK1-C5	Sonde:	4352
MULTICONSULT AS	Dato: 26.05.2015	Tegnet: KONK	Kontrollert: ROS
	Oppdrag nr.: 415556	Tegning nr.: RIG-TEG-042.4	Versjon: 28.11.2013



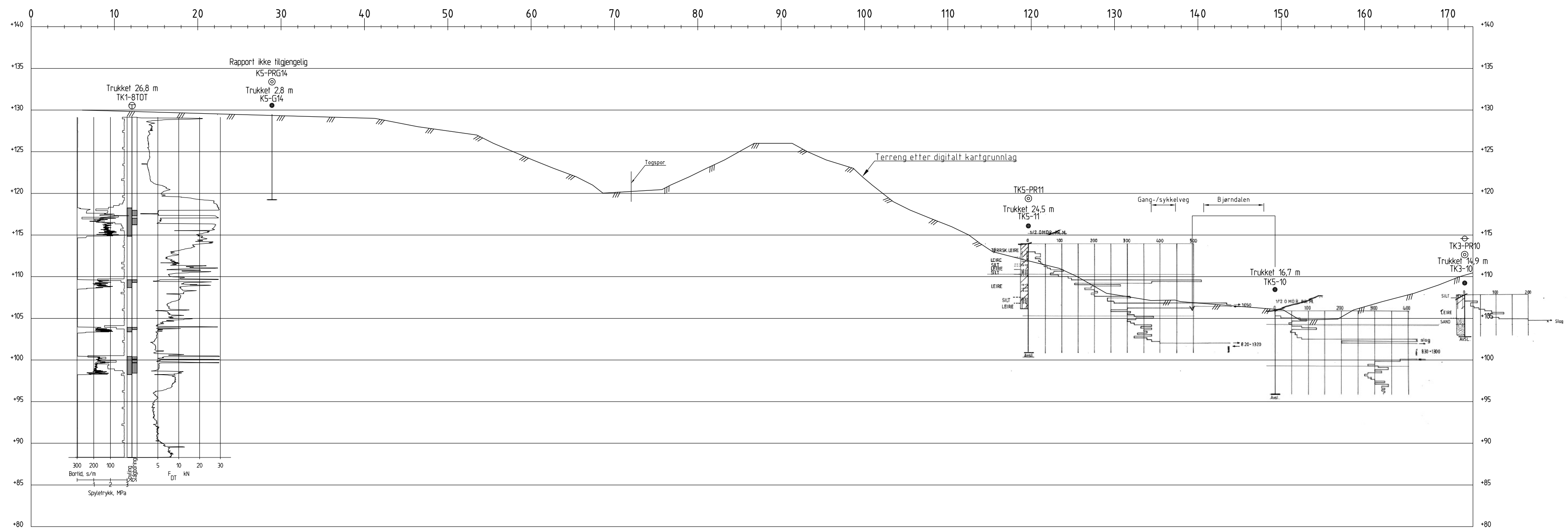
Profil A-A

Rev.	Beskrivelse	Date	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag	Kontr.	Godkj.
	Gang og sykkelbru Bjørndalen		Geoteknikk	KONK	A3L
	Profil A-A		Date		
			22.06.2015		
			Format/Målestokk		
			1:400		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		415556	RIG-TEG-100		00



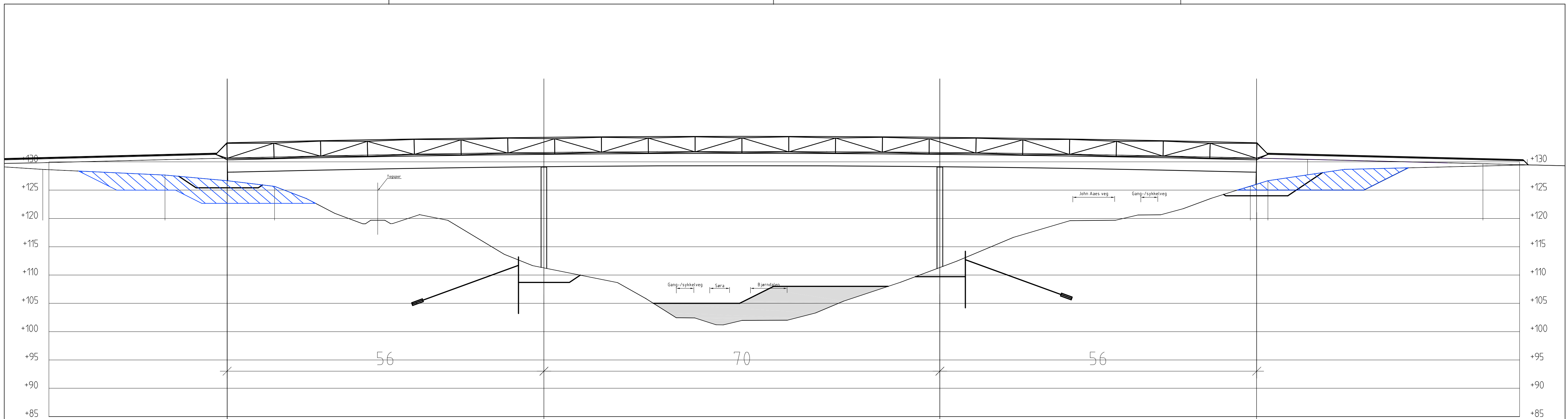
Profil B-B

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag	Format	
	Gang og sykkelbru Bjørndalen		Geoteknikk	A3L	
	Profil B-B	Dato	17.04.2015		
		Format/Målestokk:	1:400		
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	JKM	KONK	ROLS
		415556	Tegningsnr.	RIG-TEG-101	Rev.
					00



Profil C-C
1 : 200

01	Profilnavn	31.03.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Trondheim kommune Gang og sykkelbru Bjørndalen			Fag Geoteknikk	Format A3L	
Profil C-C			Dato	17.04.2015	
			Format/Målestokk:	1:400	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet JKM	Kontrollert KONK	Godkjent ROLS
		Oppdragsnr. 415556	Tegningsnr. RIG-TEG-102		Rev. 01

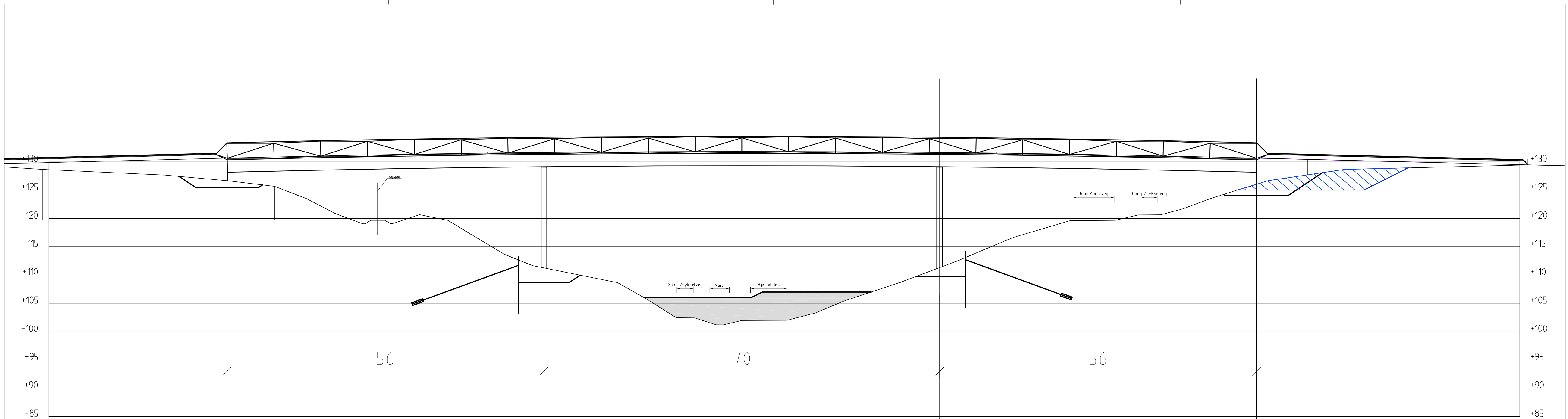


Lengdeprofil (pel 140-400)
1 : 400

TEGNFORKLARING

- Motfylling
- Nedplanering

01	Mer omfattende stabiliserende tiltak	08.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag	Format	
	Gang og sykkelbru Bjørndalen		Geoteknikk	A3L	
	Lengdeprofil (pel 140-400) med midlertidige stabiliserende tiltak		Dato	15.09.2015	
			Format/Målestokk:	1:400	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utsendt	KONK	ROS	ROLS
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		415556	RIG-TEG-103		01



Lengdeprofil (pel 140-400)
1 : 400

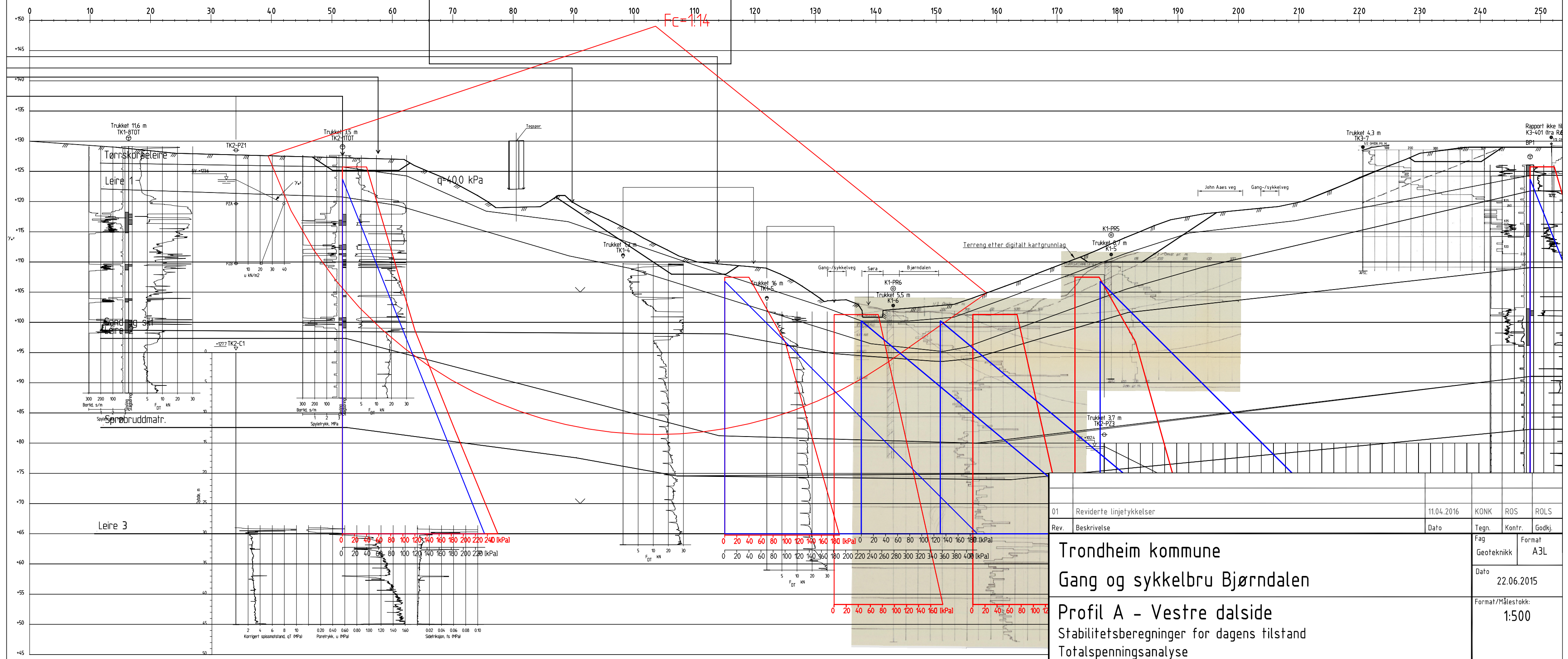
TEGNFORKLARING

- Motfylling
- Nedplanering. Ved behov i kombinasjon med lette masser

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag		Format
	Gang og sykkelbru Bjørndalen		Geoteknikk		A3L
	Lengdeprofil (pel 140-400) med permanente stabiliserende tiltak		Dato		
			12.04.2016		
			Format/Målestokk:		
			1:400		
			Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
			Utsendt	KONK	ROS
			Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
			415556	RIG-TEG-104	ROLS
					Rev.
					00

Multiconsult
www.multiconsult.no

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørskorpeleire	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00		C-prof	1.00	0.63	0.35	
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00		C-prof	1.00	0.63	0.35	
Sprøbruddmatr	20.00	10.00		C-prof	0.85	0.63	0.35	
Leire 3	20.00	10.00		C-prof	1.00	0.63	0.35	



Profil A-A

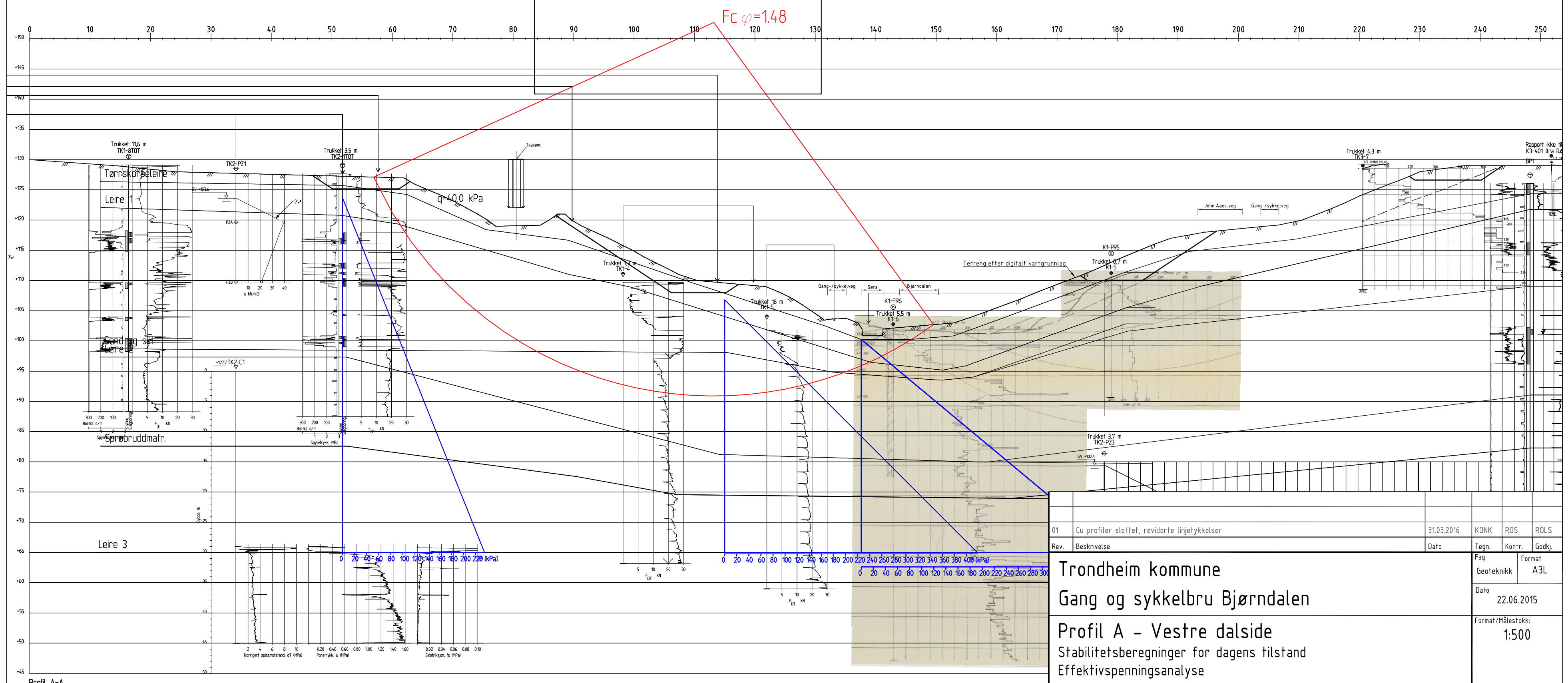
01	Reviderte linjetykkelser	11.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Trondheim kommune
 Gang og sykkelbru Bjørndalen
 Profil A - Vestre dalside
 Stabilitetsberegninger for dagens tilstand
 Totalspenningsanalyse

Fag	Format
Geoteknikk	A3L
Dato	22.06.2015
Format/Målestokk:	1:500

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
415556	RIG-TEG-300	01		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørskorpeleir	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	26.5	5.0				
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00	21.8	4.0				
Sprøbruddmatr	20.00	10.00	21.8	4.0				
Leire 3	20.00	10.00	21.8	4.0				



01	Cu profiler slettet, reviderte linjetykkelser	31.03.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

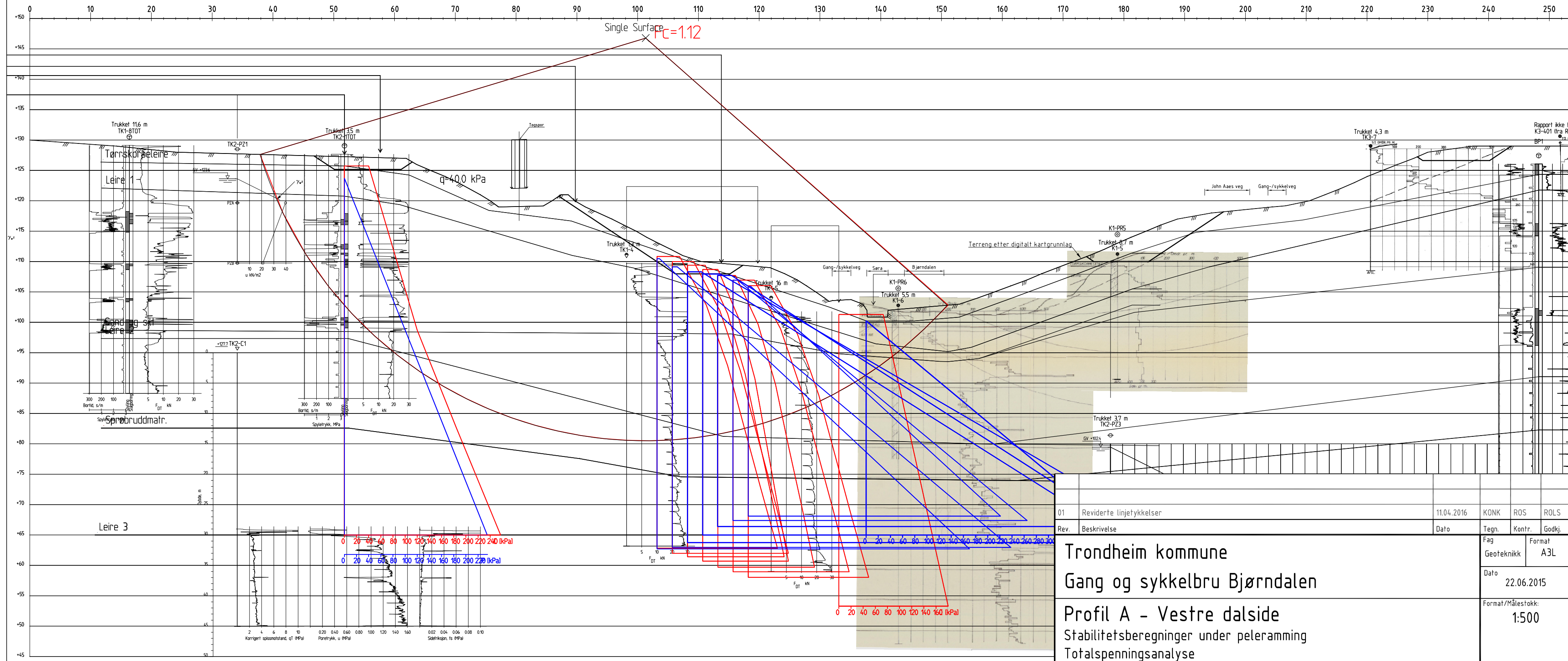
Trondheim kommune
Gang og sykkelbru Bjørndalen
Profil A - Vestre dalside
 Stabilitetsberegninger for dagens tilstand
 Effektivspenningsanalyse

Fag	Format
Geoteknikk	A3L
Dato	22.06.2015
Format/Målestokk:	1:500

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.			Rev.
415556	RIG-TEG-301			01

Profil A-A

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørskorpeleire	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmatr	20.00	10.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire 3	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35



Profil A-A

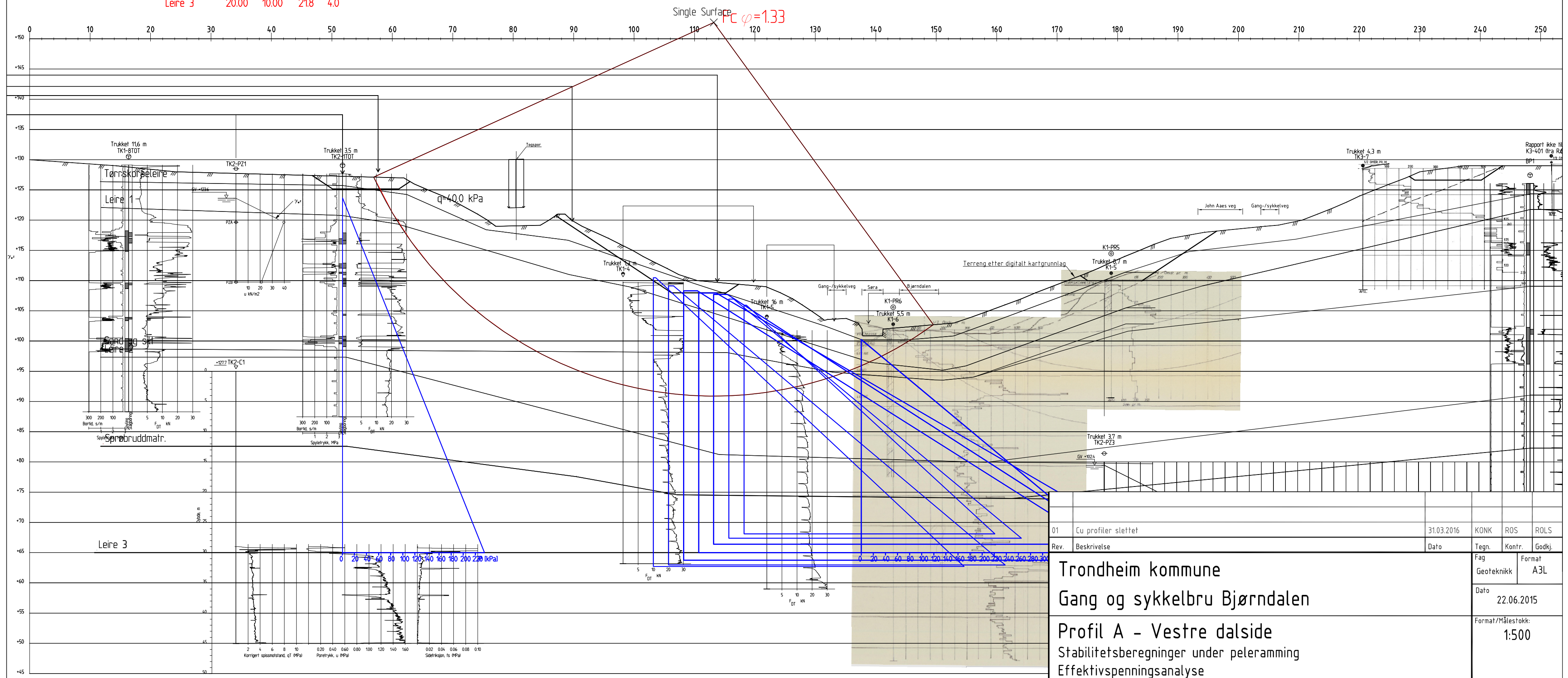
01	Reviderte linjetykkelser	11.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Trondheim kommune
 Gang og sykkelbru Bjørndalen
 Profil A - Vestre dalside
 Stabilitetsberegninger under peleramming
 Totalspenningsanalyse

Fag	Format
Geoteknikk	A3L
Dato	22.06.2015
Format/Målestokk:	1:500

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
415556	RIG-TEG-302	01		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	Aa	Ad	Ap
Tørskorpelire	20.00	10.00	30.0	0.0			
Leire 1	20.00	10.00	26.5	5.0			
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0			
Leire 2	20.00	10.00	21.8	4.0			
Sprøbruddmatr.	20.00	10.00	21.8	4.0			
Leire 3	20.00	10.00	21.8	4.0			



Profil A-A

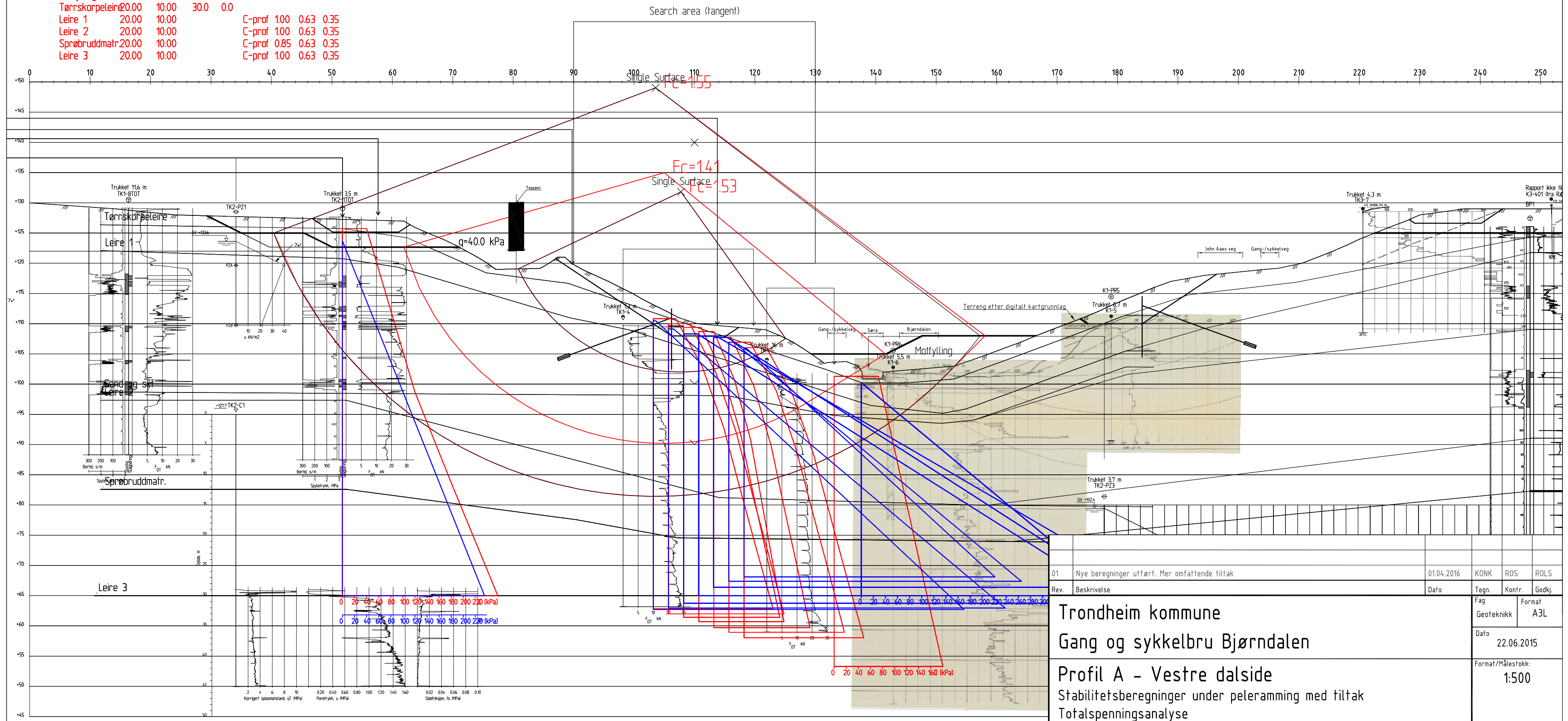
01	Cu profiler slettet	31.03.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Trondheim kommune
 Gang og sykkelbru Bjørndalen
 Profil A - Vestre dalside
 Stabilitetsberegninger under peleramming
 Effektivspenningsanalyse

Fag	Format
Geoteknikk	A3L
Dato	22.06.2015
Format/Målestokk:	1:500

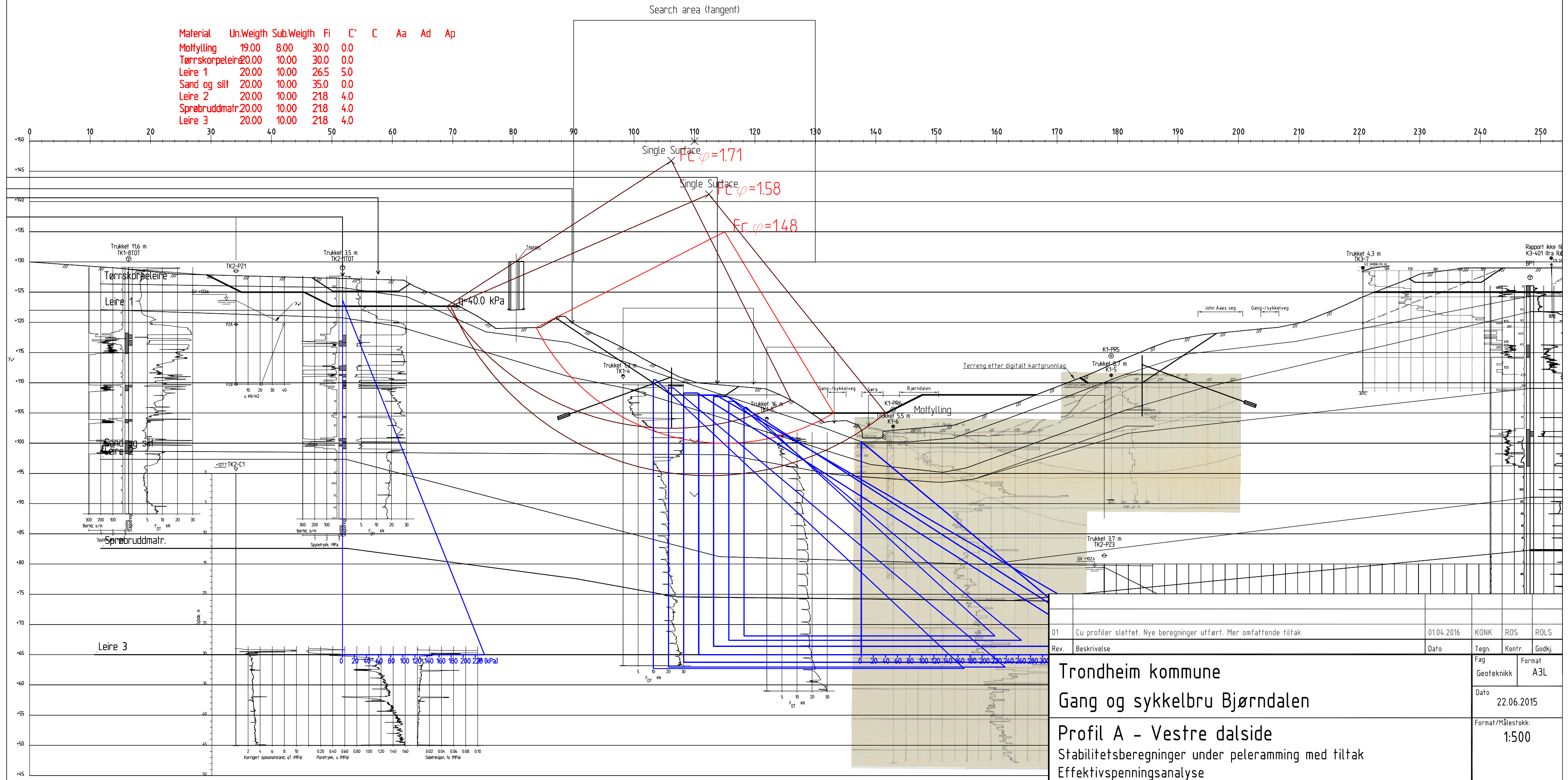
Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
415556	RIG-TEG-303	01		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	19.00	8.00	30.0	0.0				
Tørskorpeleire	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Leire 2	20.00	10.00			C-prof 1.00	0.63	0.35	
Sprøbruddmatr.	20.00	10.00			C-prof 0.85	0.63	0.35	
Leire 3	20.00	10.00			C-prof 1.00	0.63	0.35	



01	Nye beregninger utført. Mer omfattende tiltak	01.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Trondheim kommune Gang og sykkelbru Bjørndalen Profil A - Vestre dalside Stabilitetsberegninger under peleramming med tiltak Totalspenningsanalyse					Fag Geoteknikk Format A3L Dato 22.06.2015 Format/Målestokk: 1:500
Multiconsult www.multiconsult.no			Status Utsendt Oppdragsnr. 415556	Konstr./Tegnet KONK Tegningsnr. RIG-TEG-304	Kontrollert ROS Godkjent ROLS Rev. 01

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	19.00	8.00	30.0	0.0				
Tørreskorpeleire	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	26.5	5.0				
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00	21.8	4.0				
Sprøbruddmatr	20.00	10.00	21.8	4.0				
Leire 3	20.00	10.00	21.8	4.0				



01	Cu profiler slettet. Nye beregninger utført. Mer omfattende tiltak	01.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Trondheim kommune
 Gang og sykkelbru Bjørndalen
 Profil A - Vestre dalside
 Stabilitetsberegninger under peleramming med tiltak
 Effektivspenningsanalyse

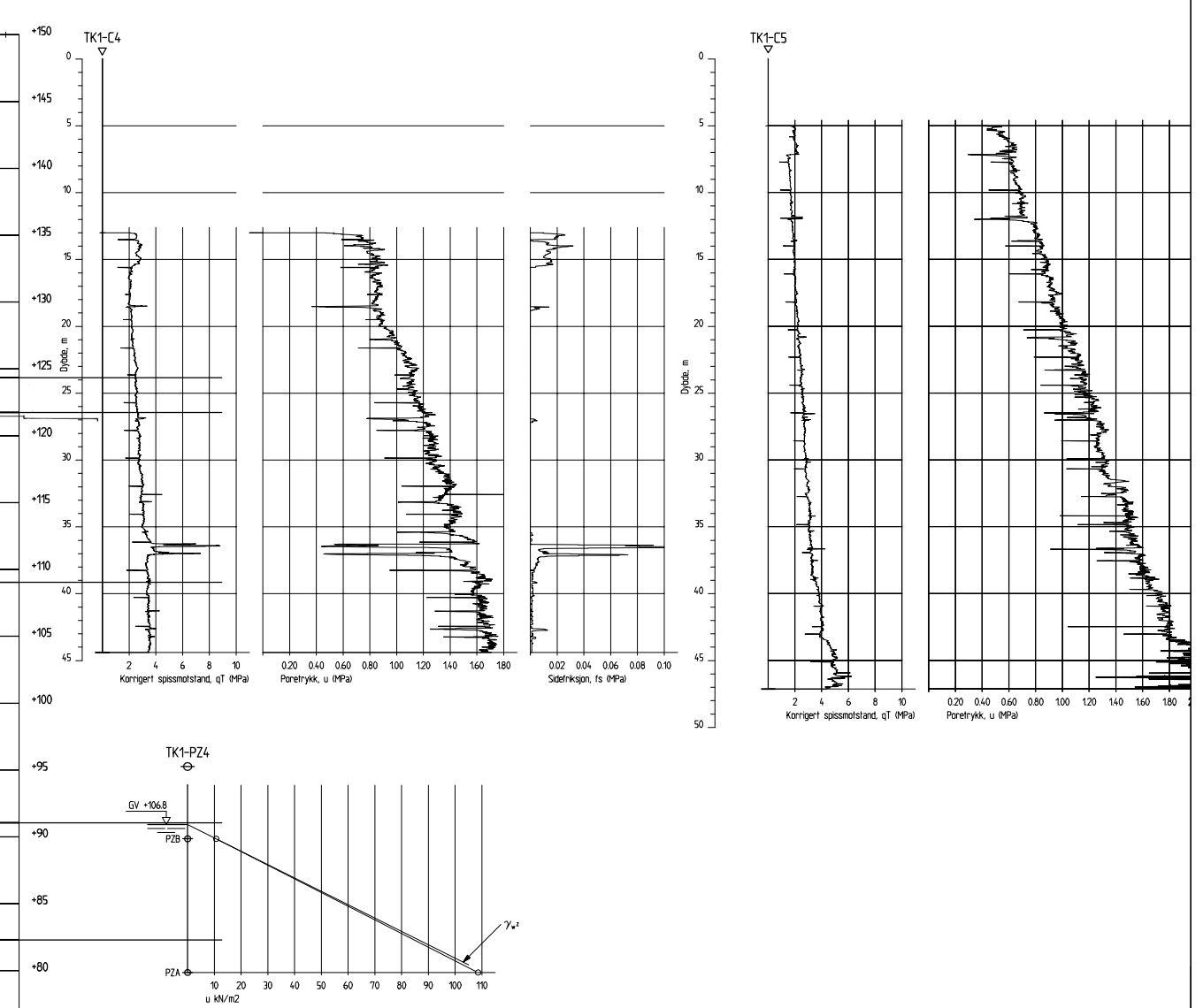
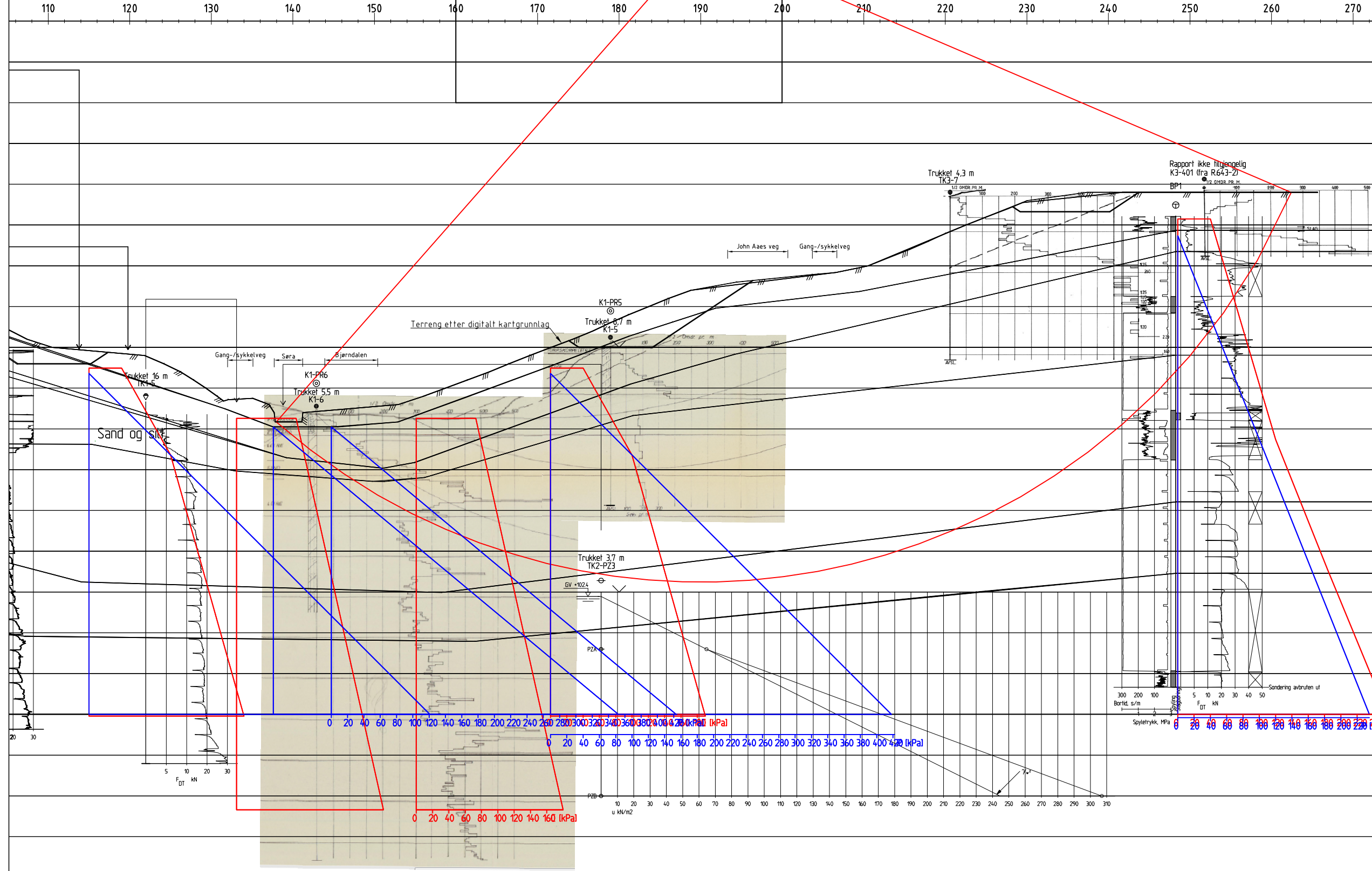
Fag	Format
Geoteknikk	A3L
Dato	22.06.2015
Format/Målestokk:	1:500

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Uttsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.			Rev.
415556	RIG-TEG-305			01

Profil A-A

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpeleir	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmatr	20.00	10.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire 3	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35

FC=1.04

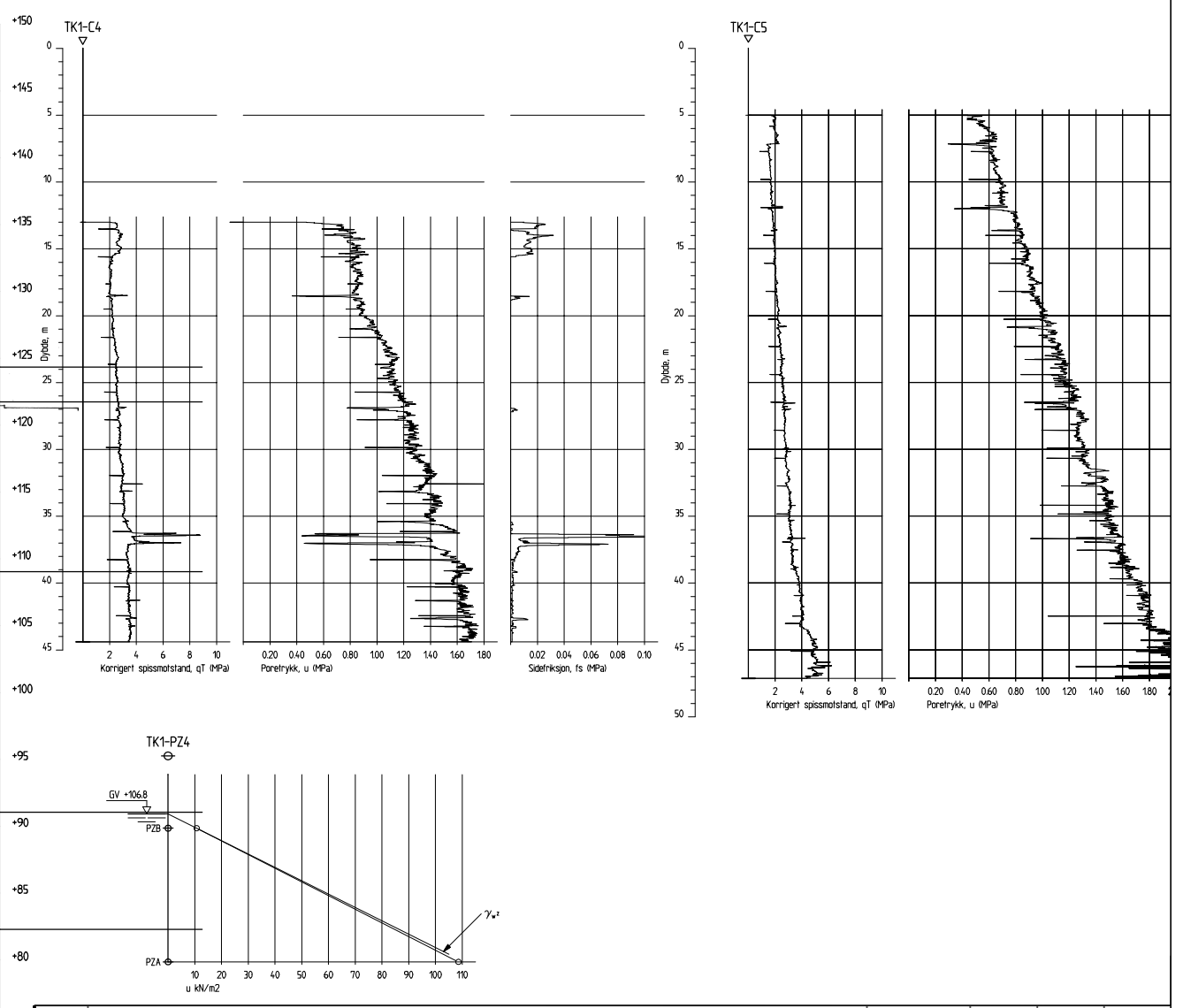
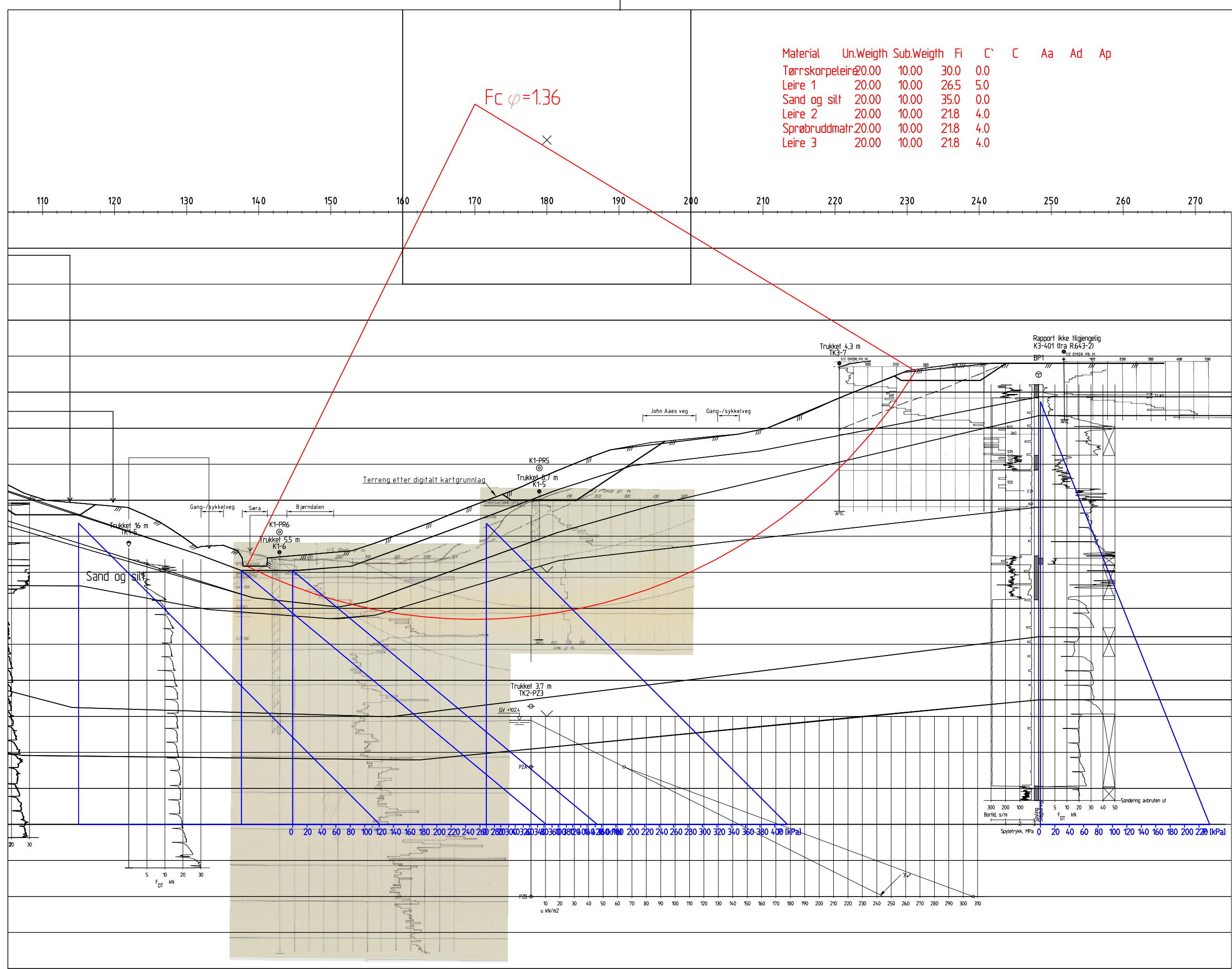


01	Reviderte linjetykkelser	11.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
		Dato	22.06.2015		
		Format/Målestokk:	1:500		
		Trondheim kommune			
		Gang og sykkelbru Bjørndalen			
		Profil A - Østre dalside			
		Stabilitetsberegninger for dagens tilstand			
		Totalspenningsanalyse			

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.			Rev.
415556	RIG-TEG-306			01

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleir	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	26.5	5.0				
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00	218	4.0				
Sprøbruddmatr	20.00	10.00	218	4.0				
Leire 3	20.00	10.00	218	4.0				

$F_c \varphi = 1.36$

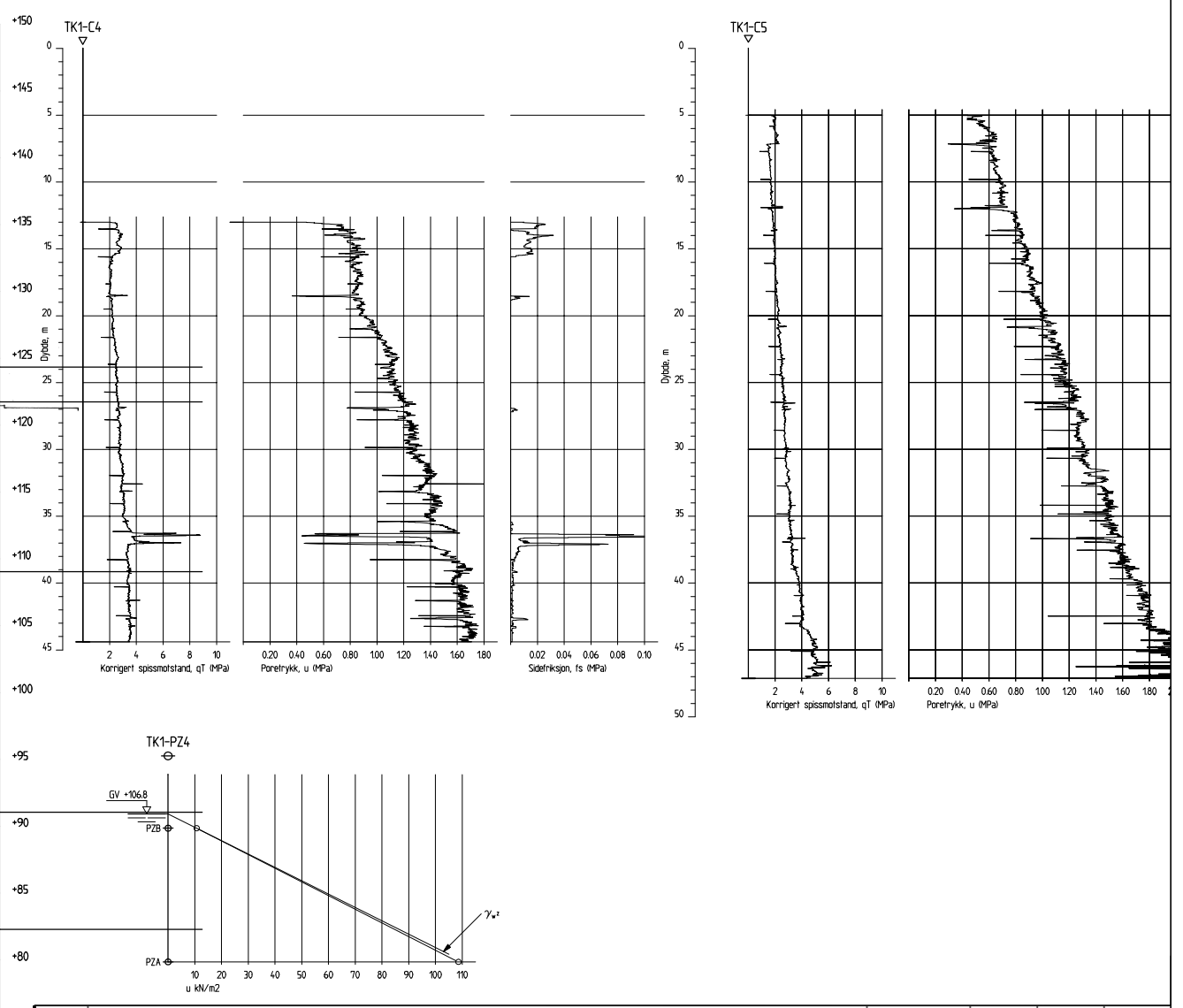
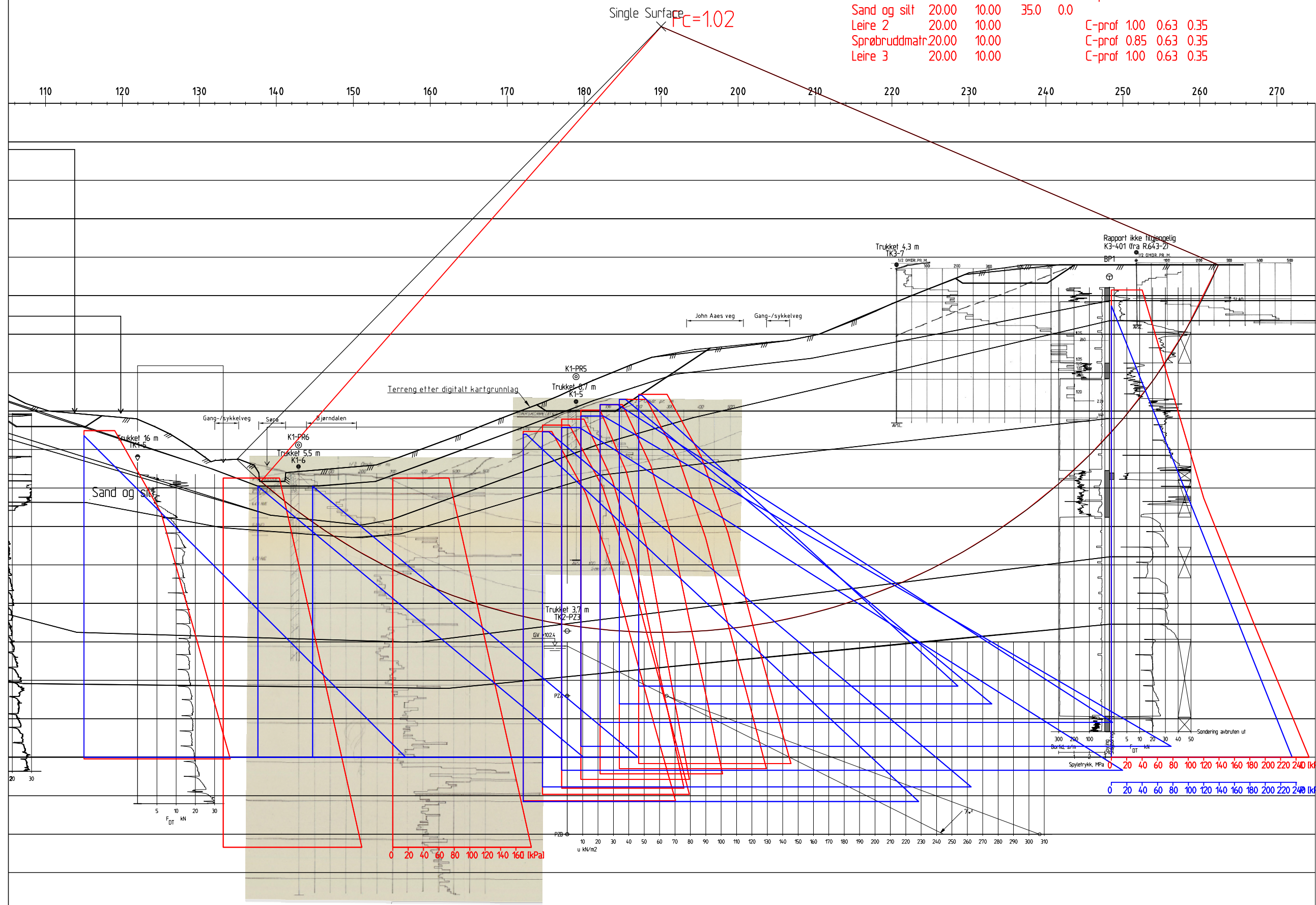


01	Cu profiler slettet	31.03.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
			Dato	22.06.2015	
			Format/Målestokk:	1:500	
			Stabilitetsberegninger for dagens tilstand		
			Effektivspenningsanalyse		

Multiconsult www.multiconsult.no

Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
415556	RIG-TEG-307	01	

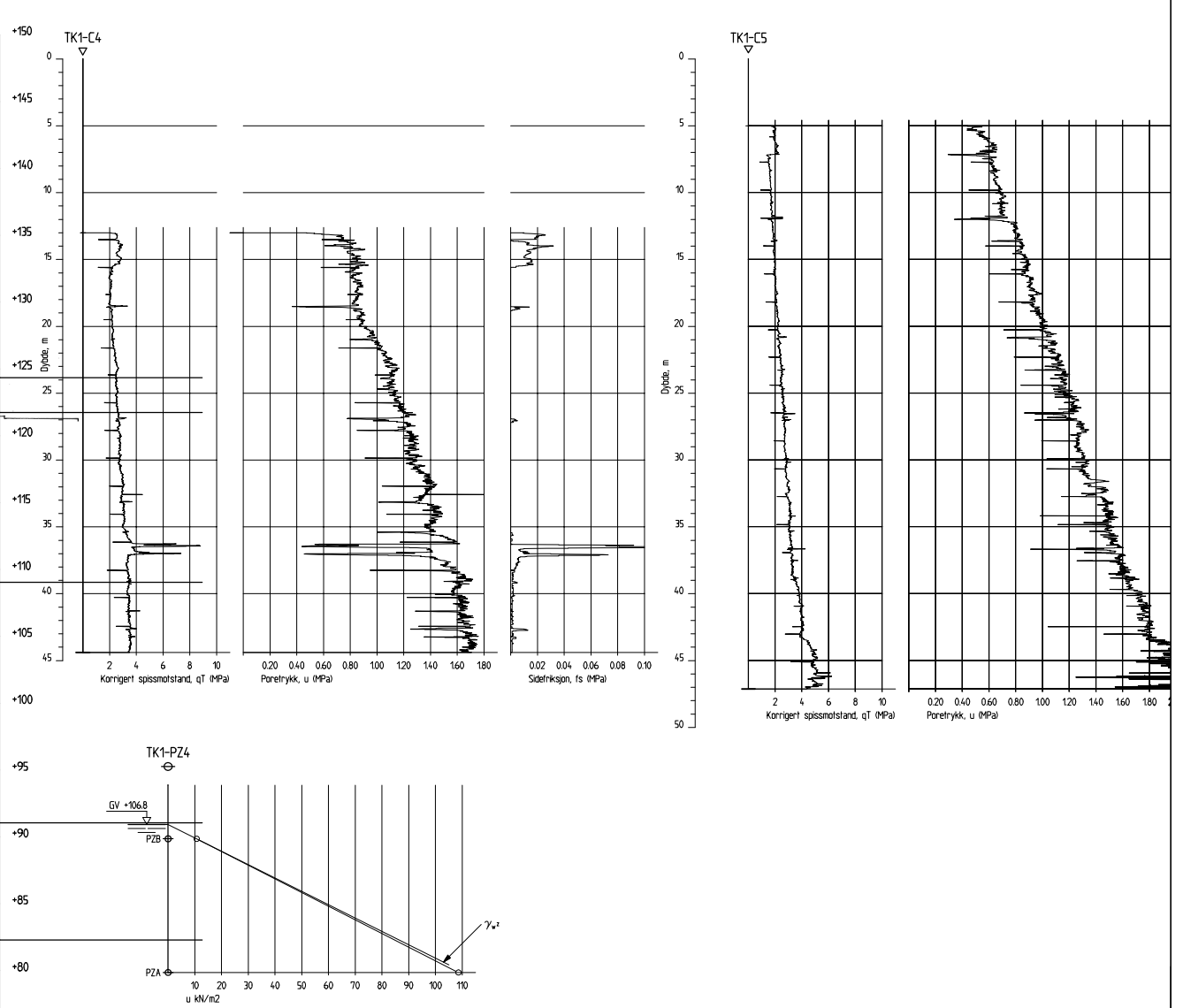
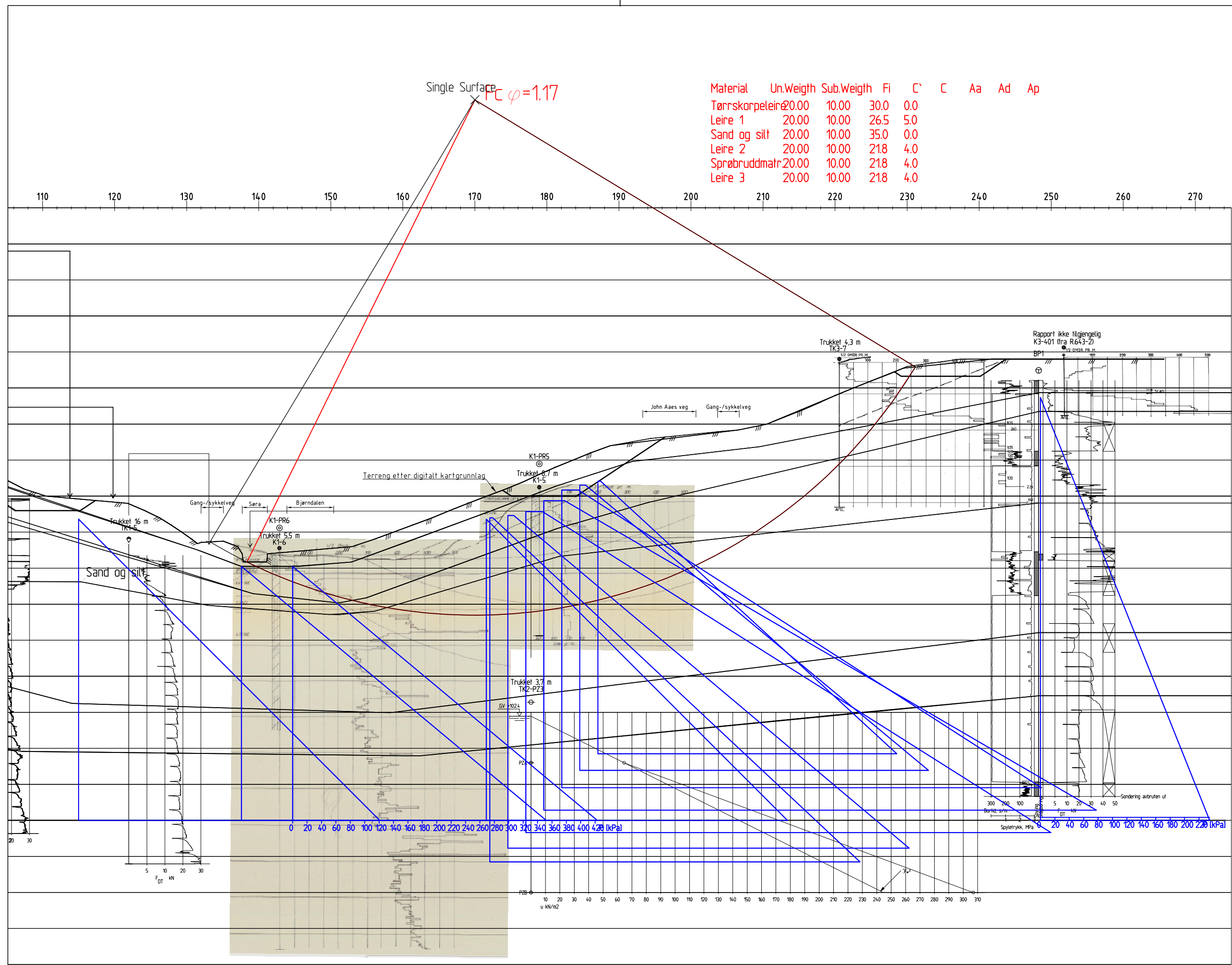
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpelr	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	100	0.63	0.35
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	100	0.63	0.35
Sprøbruddmatr	20.00	10.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire 3	20.00	10.00			C-prof	100	0.63	0.35



01	Reviderte linjetykkelser	11.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
			Dato	22.06.2015	
			Format/Målestokk:	1:500	
			Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
			Utsendt	KONK	ROS
			Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
			415556	RIG-TEG-308	ROLS
			www.multiconsult.no		Rev.
					01

Trondheim kommune
 Gang og sykkelbru Bjørndalen
 Profil A - Østre dalside
 Stabilitetsberegninger under peleramming
 Totalspenningsanalyse

Multiconsult
 www.multiconsult.no

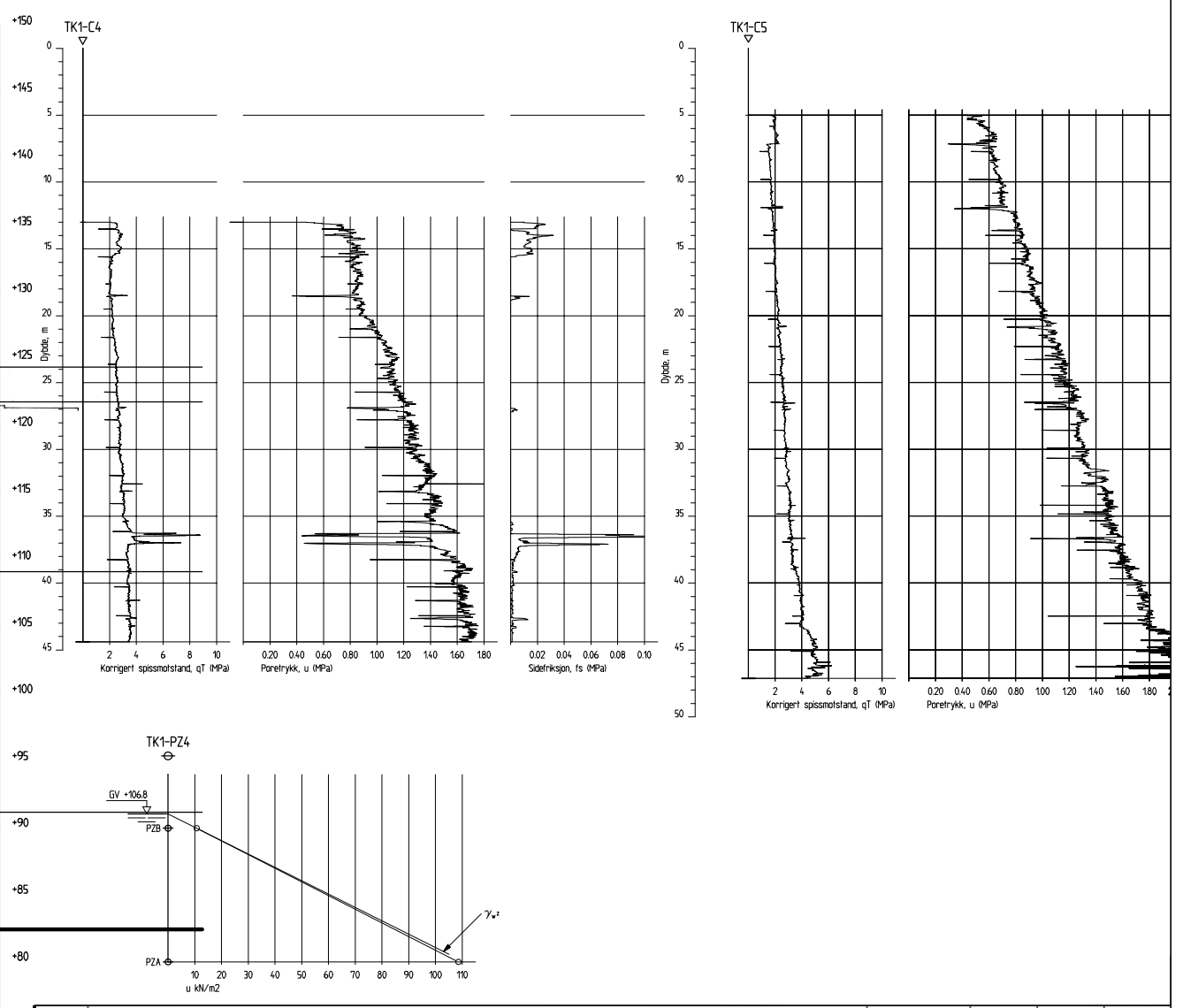
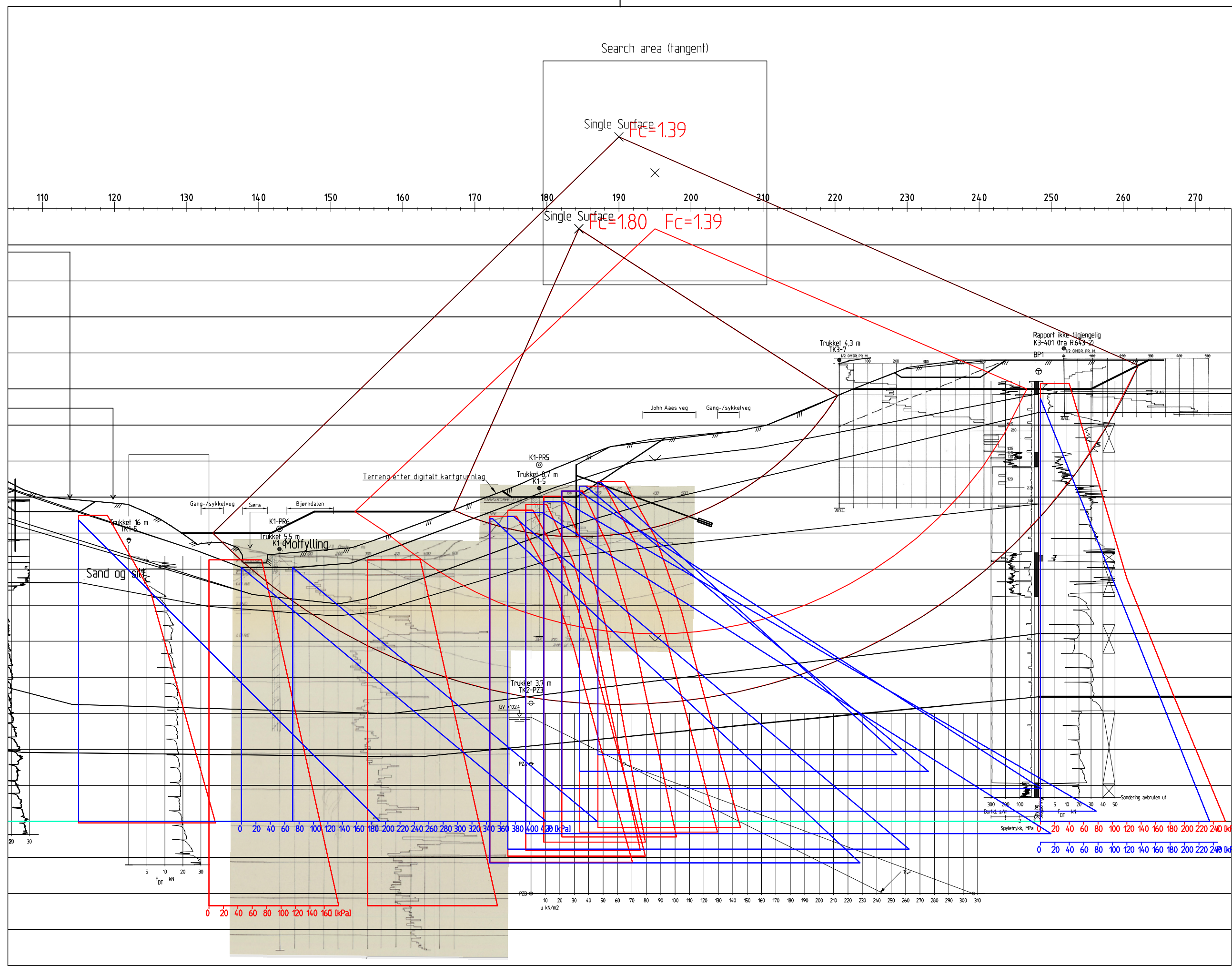


01	Cu profiler slettet	31.03.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
			Dato	22.06.2015	
			Format/Målestokk:	1:500	
			Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
			Utsendt	KONK	ROS
			Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
			415556	RIG-TEG-309	ROLS
					Rev.
					01

Multiconsult
www.multiconsult.no

Status Utsendt
Oppdragsnr. 415556
Konstr./Tegnet KONK
Tegningsnr. RIG-TEG-309
Kontrollert ROS
Godkjent ROLS
Rev. 01

Trondheim kommune
Gang og sykkelbru Bjørndalen
Profil A - Østre dalside
Stabilitetsberegninger under peleramming
Effektivspenningsanalyse



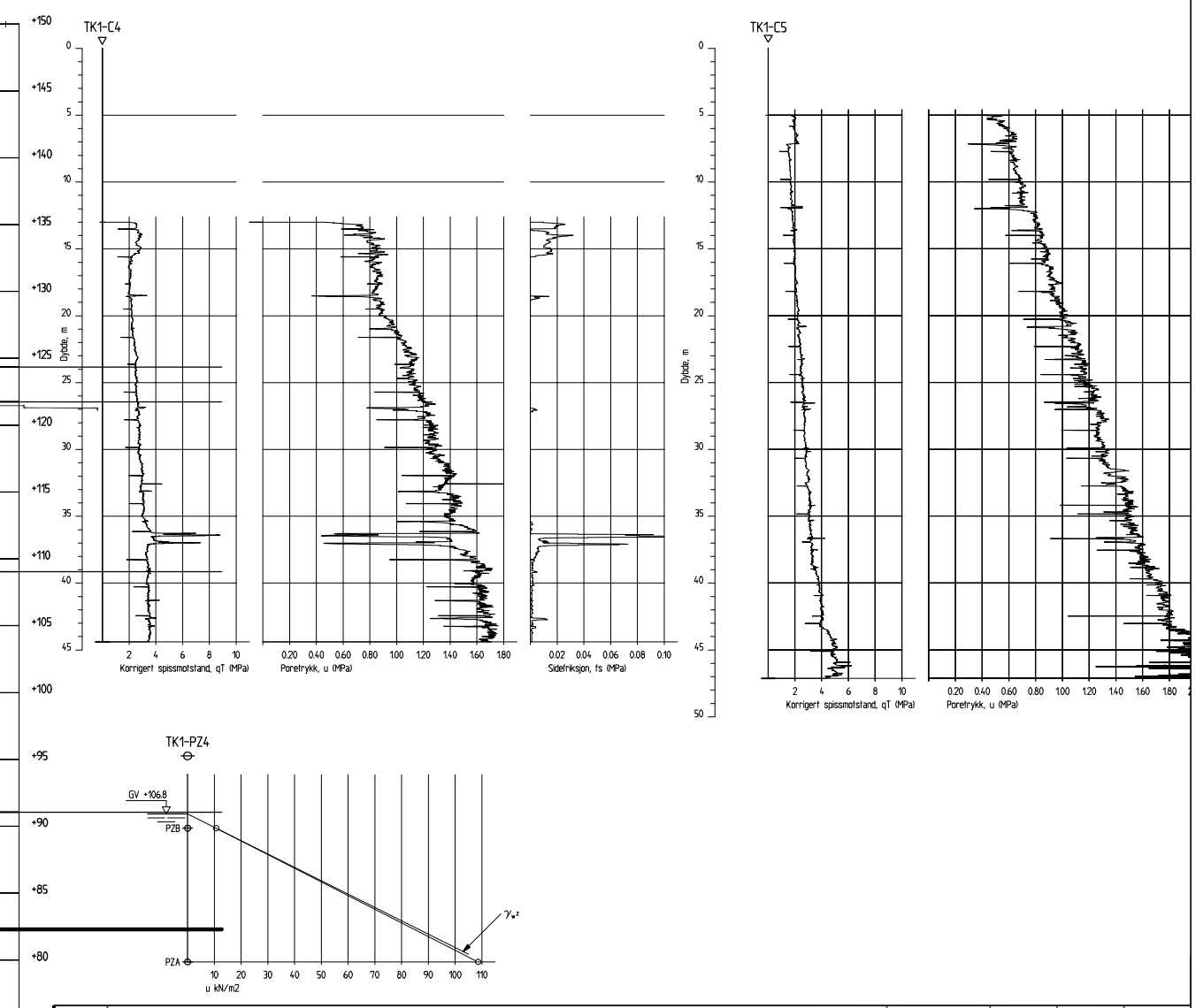
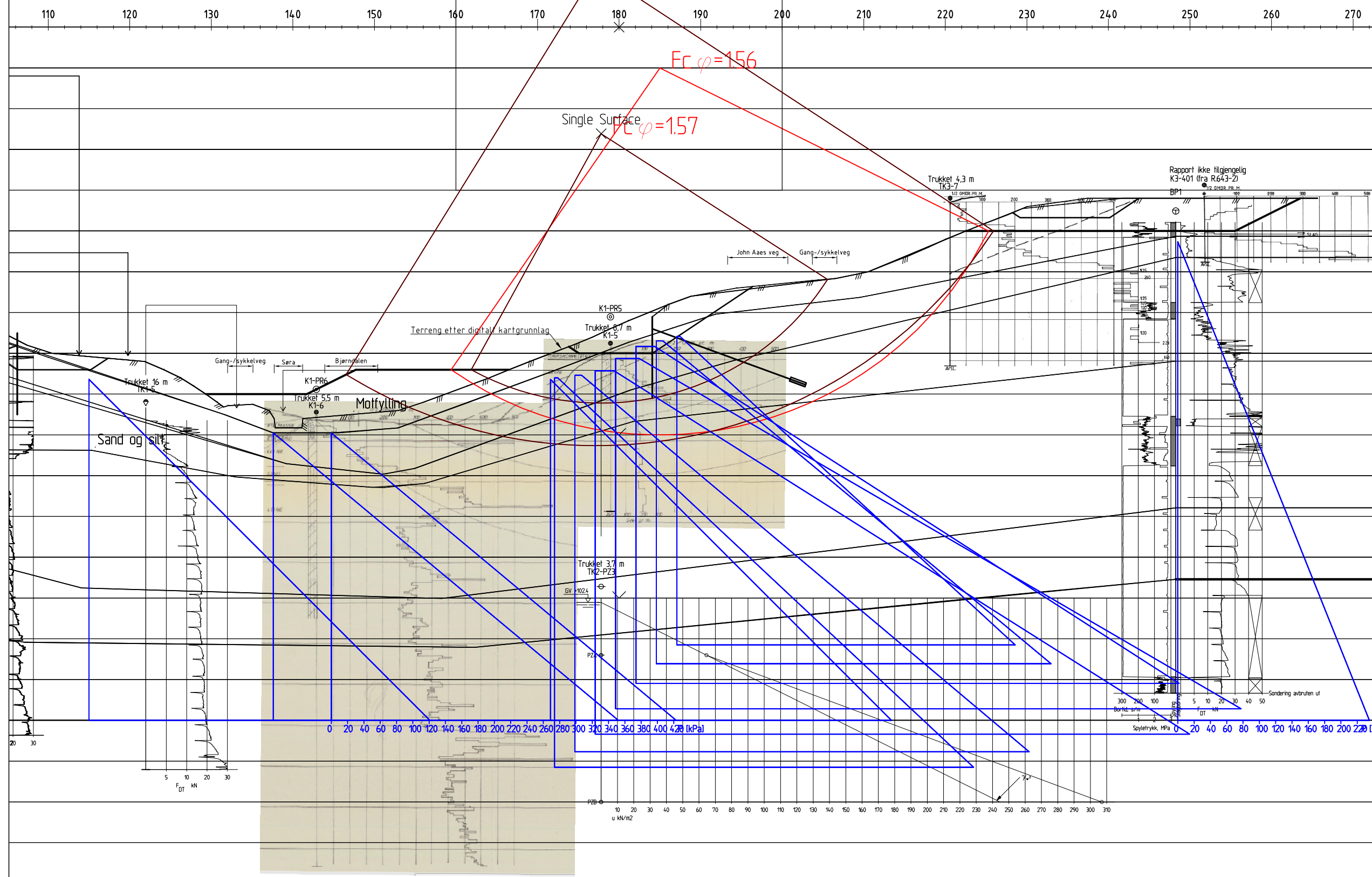
01	Nye beregninger utført. Mer omfattende tiltak	01.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
			Dato	22.06.2015	
			Format/Målestokk:	1:500	
			Profil A - Østre dalside		
			Stabilitetsberegninger under peleramming med tiltak		
			Totalspenningsanalyse		

Multiconsult
www.multiconsult.no

Status Utsendt	Konstr./Tegnet KONK	Kontrollert ROS	Godkjent ROLS
Oppdragsnr. 415556	Tegningsnr. RIG-TEG-310	Rev. 01	

Search area (tangent)

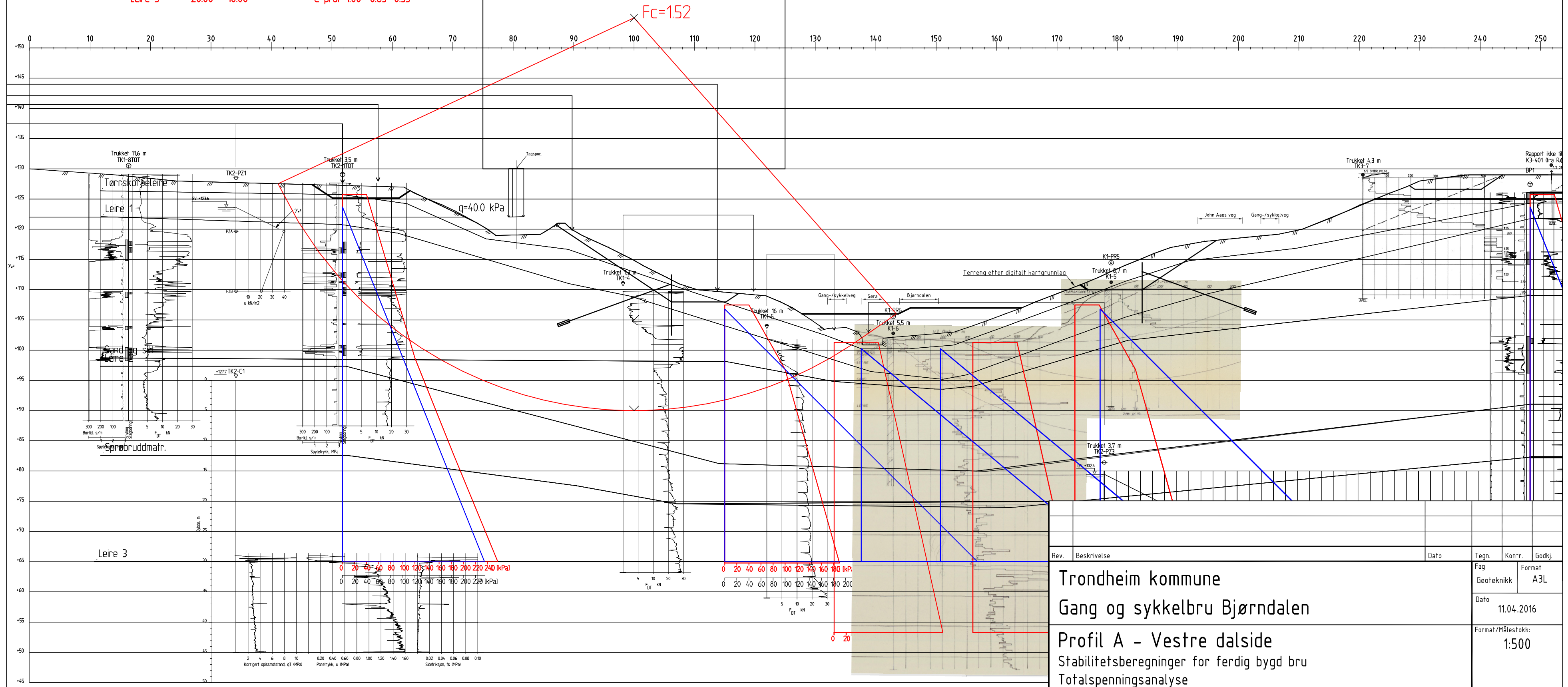
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Mottfylling	19.00	8.00	30.0	0.0				
Tørreskorpeleir	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	26.5	5.0				
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00	21.8	4.0				
Sprøbruddmatr	20.00	10.00	21.8	4.0				
Leire 3	20.00	10.00	21.8	4.0				



01	Cu profiler slettet. Nye beregninger utført. Mer omfattende tiltak	01.04.2016	KONK	ROS	ROLS
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
		Dato	22.06.2015		
		Format/Målestokk:	1:500		
	Trondheim kommune				
	Gang og sykkelbru Bjørndalen				
	Profil A - Østre dalside				
	Stabilitetsberegninger under peleramming med tiltak				
	Effektivspenningsanalyse				

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
415556	RIG-TEG-311	01		

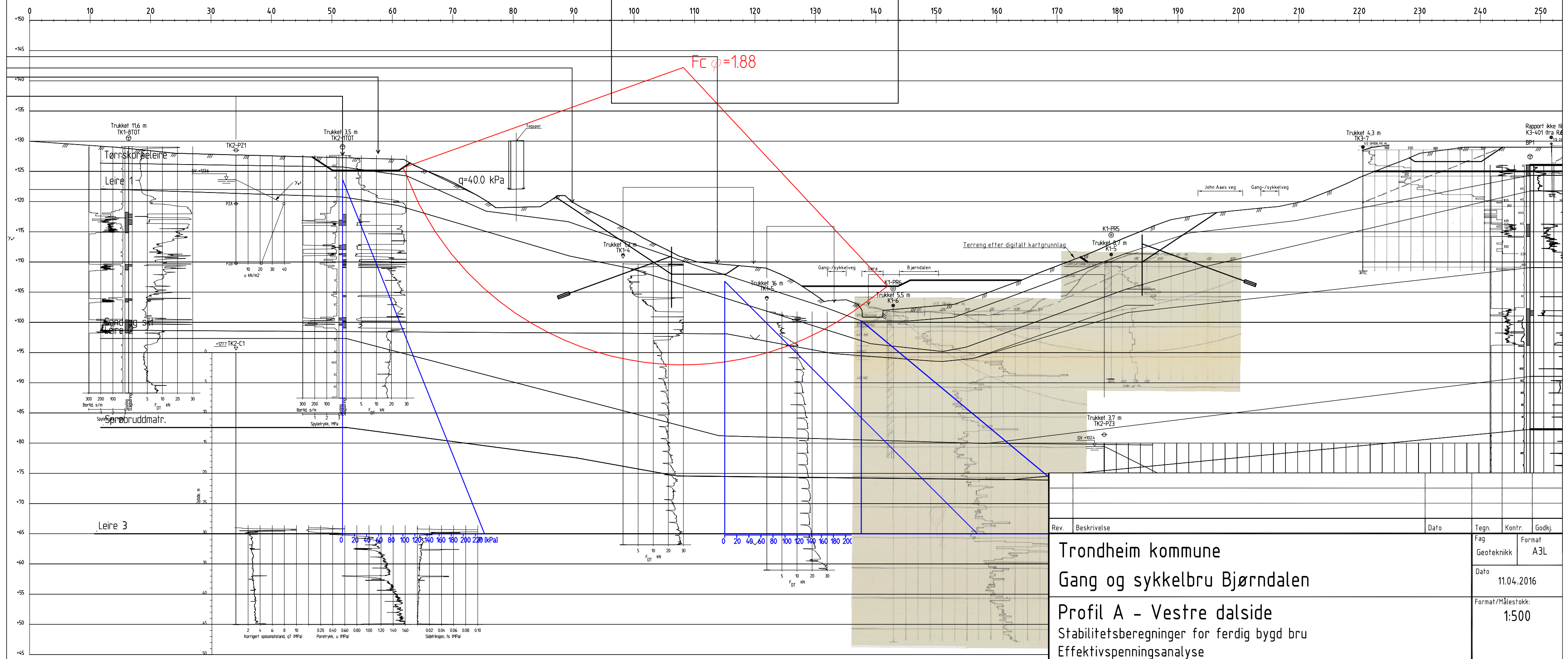
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Molfylling	19.00	8.00	30.0	0.0				
Tørrskorpelire	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmatr.	20.00	10.00			C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire 3	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35



Profil A-A

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
			Fag		Format	
			Geoteknikk		A3L	
		Dato				
		11.04.2016				
		Format/Målestokk:				
		1:500				
<p>Trondheim kommune Gang og sykkelbru Bjørndalen Profil A - Vestre dalside Stabilitetsberegninger for ferdig bygd bru Totalspenningsanalyse</p>			Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
<p>Multiconsult www.multiconsult.no</p>			Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.					Rev.
415556	RIG-TEG-312					00

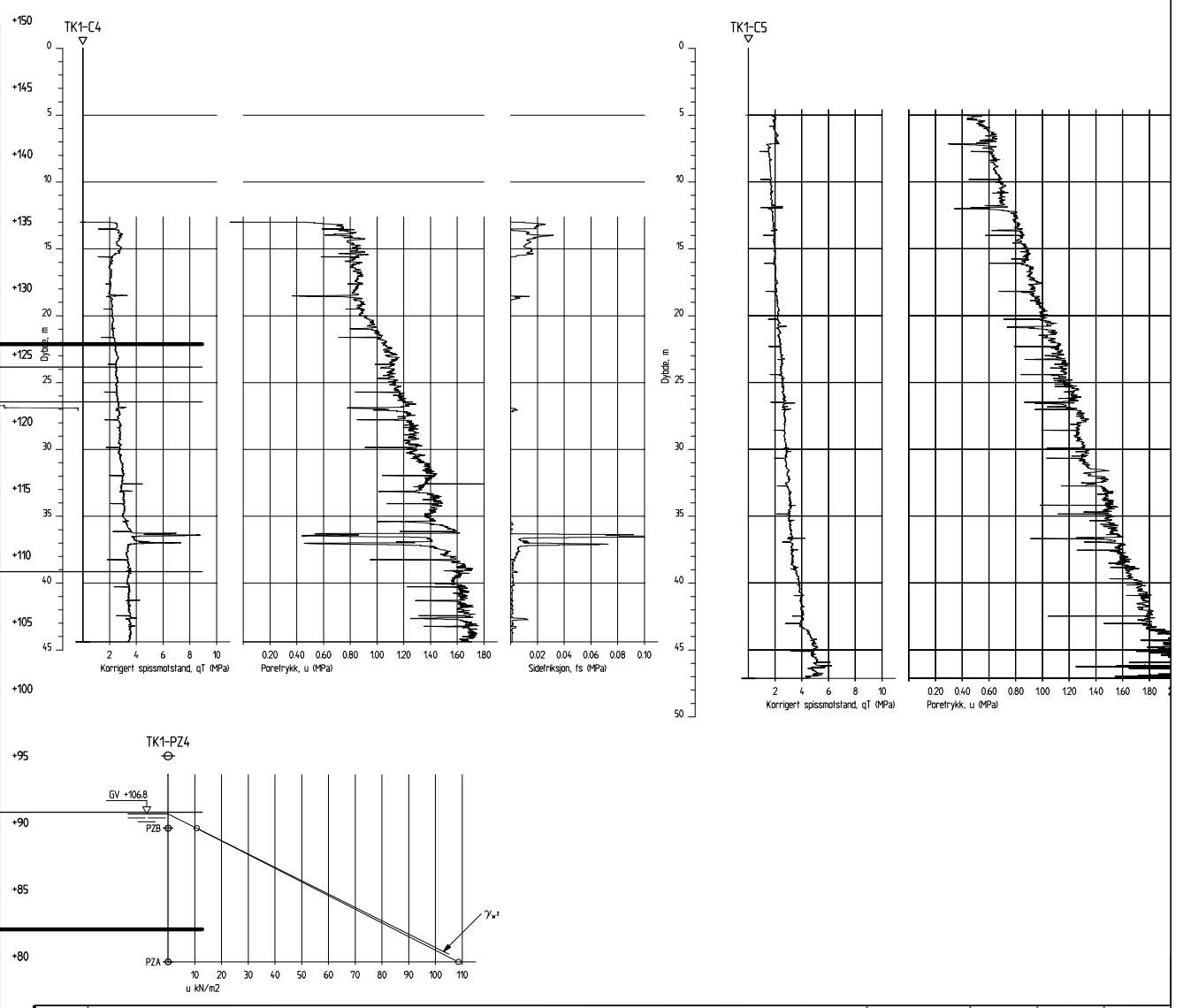
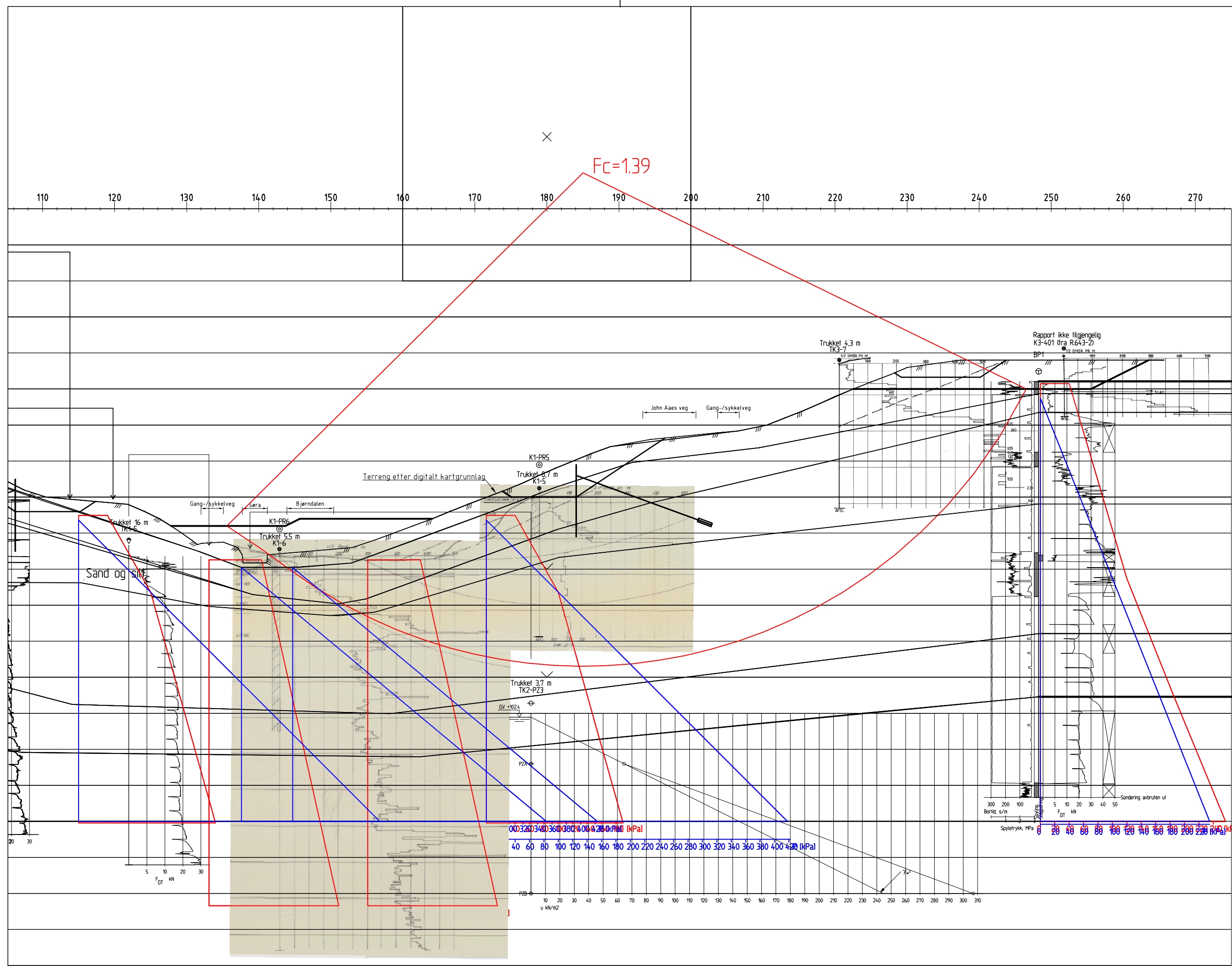
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørskorpeleir	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	26.5	5.0				
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00	21.8	4.0				
Sprøbruddmatr	20.00	10.00	21.8	4.0				
Leire 3	20.00	10.00	21.8	4.0				



Profil A-A

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Trondheim kommune		Fag	Format
Gang og sykkelbru Bjørndalen		Geoteknikk	A3L
Profil A - Vestre dalside		Dato	11.04.2016
Stabilitetsberegninger for ferdig bygd bru		Format/Målestokk:	1:500
Effektivspenningsanalyse		Status	Utsendt
Multiconsult		Konstr./Tegnet	KONK
www.multiconsult.no		Kontrollert	ROS
Oppdragsnr. 415556		Tegningsnr.	RIG-TEG-313
Godkjent		Godkjent	ROLS
Rev. 00			



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag		Format
	Gang og sykkelbru Bjørndalen		Geoteknikk		A3L
	Profil A - Østre dalside		Dato	11.04.2016	
	Stabilitetsberegninger for ferdig bygd bru		Format/Målestokk:	1:500	
	Totalspenningsanalyse				

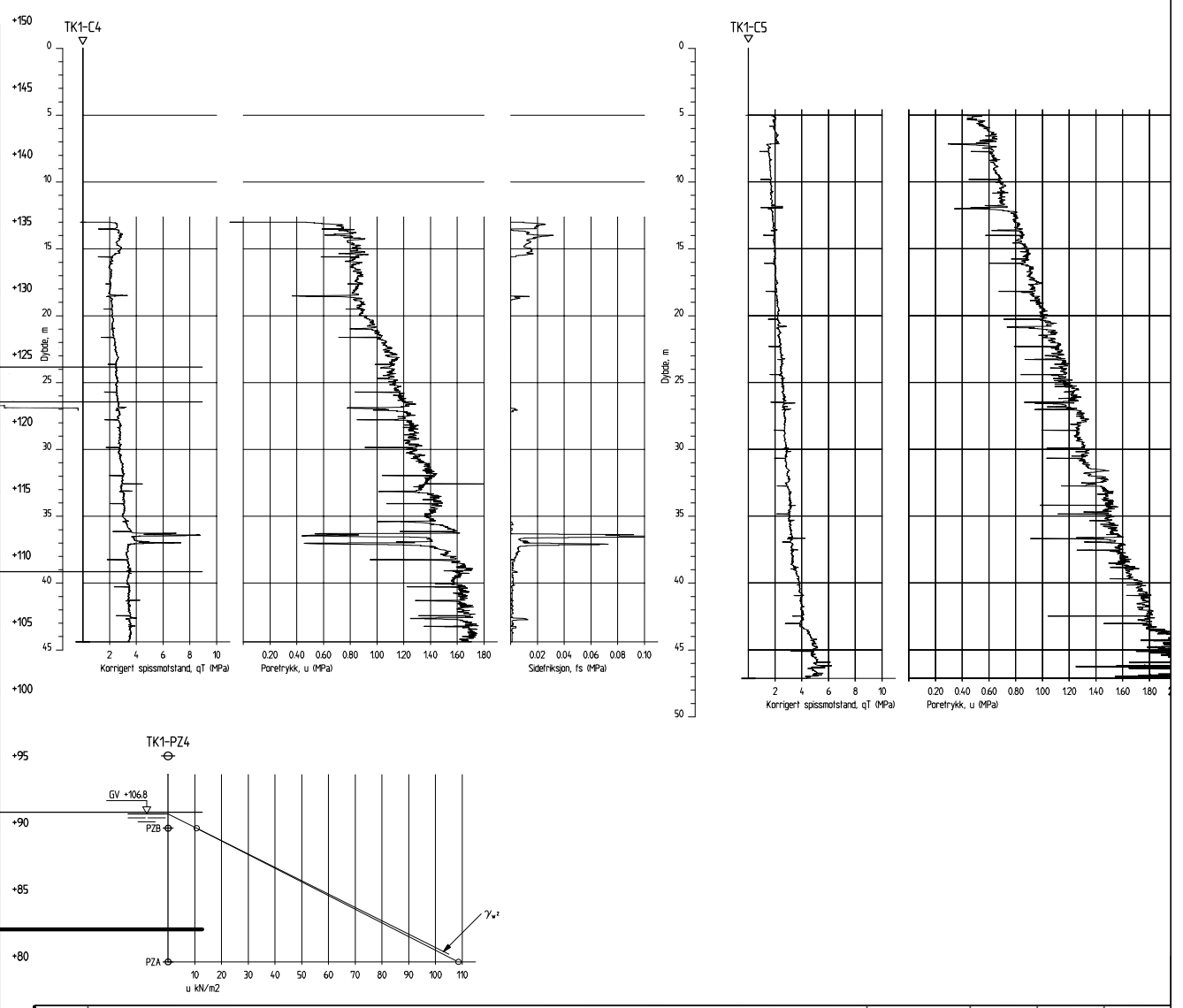
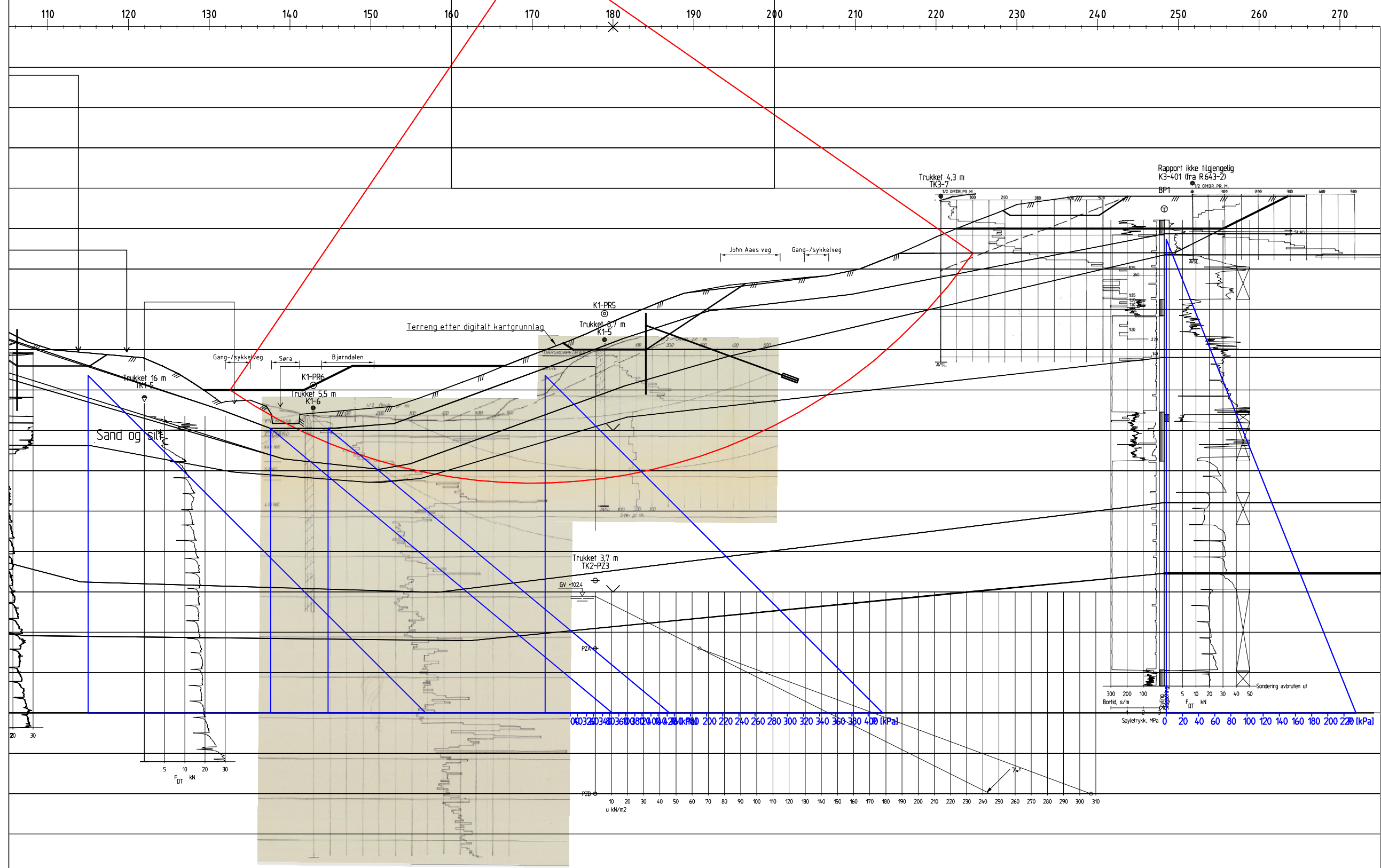
Multiconsult
www.multiconsult.no

Status Utsendt	Konstr./Tegnet KONK	Kontrollert ROS	Godkjent ROLS
Oppdragsnr. 415556	Tegningsnr. RIG-TEG-314	Rev. 00	

Search area (tangent)

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleir	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00	26.5	5.0				
Sand og silt	20.00	10.00	35.0	0.0				
Leire 2	20.00	10.00	218	4.0				
Sprøbruddmatr	20.00	10.00	218	4.0				
Leire 3	20.00	10.00	218	4.0				

$F_c \varphi = 2.04$



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag		Format
	Gang og sykkelbru Bjørndalen		Geoteknikk		A3L
	Profil A - Østre dalside	Dato			
	Stabilitetsberegninger for ferdig bygd bru	11.04.2016			
	Effektivspenningsanalyse	Format/Målestokk:			
		1:500			

Multiconsult www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Utsendt	KONK	ROS	ROLS
Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.		
415556	RIG-TEG-315			00