
RAPPORT

Boligfelt Ler

OPPDRAKSGIVER
Skifer Eiendom AS

EMNE
Geoteknisk vurderingsrapport

DATO / REVISJON: 1. september 2020 / 03

DOKUMENTKODE: 418413-RIG-RAP-002



Multiconsult

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

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

RAPPORT

OPPDRAG	Boligfelt Ler	DOKUMENTKODE	418413-RIG-RAP-002
EMNE	Geoteknisk vurderingsrapport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Skifer Eiendom AS	OPPDRAGSLEDER	Arne Vik
KONTAKTPERSON	Bjørn Welde	UTARBEIDET AV	Anne Mestvedt Olaussen
KOORDINATER	SONE: UTM 32 ØST: 5665 NORD: 70084	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	137 / 1 / /		

SAMMENDRAG

Skifer Eiendom AS planlegger å etablere et nytt boligfelt med tilhørende infrastruktur nordøst for Ler sentrum. Planlagt adkomstveg går fra Lykkjvegen og mot nordøst. Terrenget stiger mot øst fra ca. kote +55 ved Lykkjvegen og til ca. kote +95 ved sørøstre ende av øvre atkomstveg. Etablering av atkomstveg og boliger innebærer terrenginngrep i form av nedplanering av to terrengplatåer samt vegfyllinger og -skjæringer. I tillegg er det planlagt terrengarronderinger i skråningene mellom øvre og nedre atkomstveger, og i skråningene nordøst for planområdet.

Løsmassene består i hovedsak av leire med tynne siltlag. Løsmassemektighet i borpunktene varierer mellom 1,1 m og 44,1 m. Løsmassemektigheten avtar østover i skråningene mot Våttåsen, hvor det er flere områder med berg i dagen. Det er påvist kvikkleire i nordre og vestre del av planområdet, men ikke i østre del av området oppover mot Våttåsen.

Poretrykksmålingene indikerer grunnvannstand ca. 5-10 m under terrengnivå i foten og toppen av platået i sørvestre del av området, og lavere poretrykk i dybden enn hydrostatisk poretrykk. Utførte undersøkelser indikerer også drenerende grove lag i ca. 12-15 m dybde under terreng. I terrengryggen i nordøstre del av området er grunnvannstanden ca. 2-3 m under terreng, med noe avtakende trykkstigning i dybden i forhold til hydrostatisk trykk.

Utbyggingsområdet ligger i kvikkleiresone 450 Bortn, som er klassifisert i risikoklasse 4 og med middels faregrad. Den planlagte utbyggingen vil falle inn under tiltakskategori K4.

Planlagt utbygging består av en felles atkomstveg, internveger og en stikkveg. Foreløpig bebyggelsesplan viser 98 boenheter fordelt på rekkehus, eneboliger, en 4-mannsbolig og en lavblokk.

Planlagte utbyggingsområde ligger ikke i utløpsområdet for nærliggende kvikkleiresoner 451 Flå kirke og 452 Engan. Befaring langs elva Bortna utført høsten 2019 viste at det punktvis er litt erosjon/mindre overflateglidninger ved et par svinger i elva, men det vurderes at et eventuelt kvikkleireskred utløst fra elva Bortna vil stoppe før det når planområdet. Områdestabilitet i nordvestre del av sone Bortn er tilfredsstillende.

Forutsatt at stabiliserende tiltak utføres som beskrevet i kapittel 7.2, vil tiltaket forbedre stabiliteten i området i forhold til eksisterende situasjon slik at gjeldende regelverk er tilfredsstillt med tanke på skredfare. Det vurderes dermed ikke sannsynlig at utbyggingen vil utløse skred som rammer eksisterende bebyggelse nedstrøms, forutsatt at normale forsiktighetsregler for anleggsarbeid i kvikkleireområder følges.

Det må utføres stabiliserende tiltak ved nedplanering av skråninger sørøst og nordøst for utbyggingsområdet. Det kan bli behov for kalksementstabilisering i et begrenset område i forbindelse med etablering av veg.

			Amo	ROS	arv
03	01.09.2020	Revidert etter kommentarer fra uavhengig kvalitetssikring	Anne M. Olaussen	Roar Skulbørstad	Arne Vik
02	26.02.2020	Rettet tegning 802.2	Anne M. Olaussen	Roar Skulbørstad	Arne Vik
01	18.02.2020	Revidert etter kommentarer fra uavhengig kvalitetssikring	Anne M. Olaussen	Roar Skulbørstad	Arne Vik
00	27.05.2019	Geoteknisk vurderingsrapport	Anne M. Olaussen	Arne Vik	Arne Vik
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
2	Grunnlag.....	7
2.1	Grunnundersøkelser	7
2.1.1	Tidligere grunnundersøkelser	7
2.1.2	Supplerende undersøkelser 2016	7
2.2	Øvrig grunnlag	8
3	Topografi og grunnforhold	9
3.1	Topografi.....	9
3.2	Kvartærgeologi	9
3.3	Grunnforhold	10
3.4	Grunnvann og poretrykk.....	11
4	Planlagt utbygging	13
5	Kvikkleire/sprøbruddmateriale.....	15
5.1	Generelt.....	15
5.2	Utbredelse av kvikkleire/sprøbruddmateriale	15
5.3	Risikoklasseevaluering	16
5.3.1	Skadekonsekvensklasse	16
5.3.2	Faregrad	16
5.3.3	Risikoklasse	16
6	Sikkerhetsprinsipper	17
6.1	Geotekniske problemstillinger	17
6.2	Klassifisering av prosjektet	17
7	Stabilitetsberegninger	18
7.1	Materialparametere	18
7.2	Beregningssnitt og resultater.....	18
8	Geotekniske vurderinger	19
8.1	Områdestabilitet.....	19
8.2	Skredmekanismer	20
8.3	Veg og terrenginngrep.....	21
8.3.1	Snitt A-A.....	21
8.3.2	Snitt B-B	21
8.3.3	Snitt C-C	21
8.3.4	Snitt D-D.....	22
8.3.5	Snitt E-E.....	22
8.3.6	Fylling i ravnedal	23
8.4	Rekkefølgebestemmelser	23
8.4.1	Utbyggingstrinn 1-3	23
8.4.2	Utbyggingstrinn 4.....	23
8.4.3	Utbyggingstrinn 5.....	24
9	Forslag til reguleringsbestemmelse	25
10	Oppsummering og videre arbeider.....	26
11	Referanser	27

Tegninger

418413-RIG-TEG	-002	Borplan – Bygninger og atkomstveger
	-003	Borplan – Koter planlagt terreng
	-040.5	CPTU BP. 4, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot B_q
	-040.6	CPTU BP. 4, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
	-040.7	CPTU BP. 4, Spenningshistorie, OCR
	-041.5	CPTU BP. 5, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot B_q
	-041.6	CPTU BP. 5, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
	-041.7	CPTU BP. 5, Spenningshistorie, OCR
	-042.5	CPTU BP. 7, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot B_q
	-042.6	CPTU BP. 7, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
	-042.7	CPTU BP. 7, Spenningshistorie, OCR
	-043.5	CPTU BP. 9, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot B_q
	-043.6	CPTU BP. 9, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
	-043.7	CPTU BP. 9, Spenningshistorie, OCR
	-044.5	CPTU BP. 12, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot B_q
	-044.6	CPTU BP. 12, udrenert skjærfasthet, S_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p
	-044.7	CPTU BP. 12, Spenningshistorie, OCR
	-090.4	Treaksialforsøk BP.12, $d=8,50m$. Tolkning av parametere. NTNU-plott.
	-800.1	Profil A-A, stabilitetsberegning, eksisterende terreng, ADP-analyse
	-800.2	Profil A-A, stabilitetsberegning, planlagt fylling, ADP-analyse
	-800.3	Profil A-A, stabilitetsberegning, eksisterende terreng, $\alpha\phi$ -analyse
	-800.4	Profil A-A, stabilitetsberegning, planlagt fylling, $\alpha\phi$ -analyse
	-801.1	Profil B-B, stabilitetsberegning, eksisterende terreng, ADP –analyse
	-801.2	Profil B-B, stabilitetsberegning, eksisterende terreng, $\alpha\phi$ –analyse
	-801.3	Profil B-B, stabilitetsberegning, planlagt terreng, ADP –analyse
	-801.4	Profil B-B, stabilitetsberegning, planlagt terreng med stabiliserende tiltak, ADP –analyse
	-801.5	Profil B-B, stabilitetsberegning, planlagt terreng med stabiliserende tiltak, $\alpha\phi$ –analyse
	-802.1	Profil C-C, stabilitetsberegning, eksisterende terreng, ADP –analyse
	-802.2	Profil C-C, stabilitetsberegning, eksisterende terreng, $\alpha\phi$ –analyse
	-802.3	Profil C-C, stabilitetsberegning, anleggsfase, utbyggingstrinn 1, ADP –analyse
	-802.4	Profil C-C, stabilitetsberegning, anleggsfase, utbyggingstrinn 1, $\alpha\phi$ –analyse
	-802.5	Profil C-C, stabilitetsberegning, planlagt terreng, ADP –analyse
	-802.6	Profil C-C, stabilitetsberegning, planlagt terreng, $\alpha\phi$ –analyse
	-803.1	Profil D-D, stabilitetsberegning, anleggsfase, ADP –analyse
	-803.2	Profil D-D, stabilitetsberegning, anleggsfase, $\alpha\phi$ –analyse
	-803.3	Profil D-D, stabilitetsberegning, planlagt terreng, ADP –analyse
	-803.4	Profil D-D, stabilitetsberegning, planlagt terreng, $\alpha\phi$ –analyse
	-804.1	Profil E-E, stabilitetsberegning, eksisterende terreng, ADP –analyse
	-804.2	Profil E-E, stabilitetsberegning, eksisterende terreng, $\alpha\phi$ –analyse
	-804.3	Profil E-E, stabilitetsberegning, planlagt terreng, ADP –analyse
	-804.4	Profil E-E, stabilitetsberegning, planlagt terreng, $\alpha\phi$ –analyse
	-805	Profil F-F, G-G og H-H, områdestabilitet Bortna

Vedlegg

Vedlegg A – Sikkerhetsprinsipper
Vedlegg B – Materialparametere
Vedlegg C – Stabilitetsberegninger
Vedlegg D – Befaring av Bortna
Vedlegg E – Risikoklasseevaluering

1 Innledning

Skifer Eiendom AS planlegger å etablere et nytt boligfelt med tilhørende infrastruktur nordøst for Ler sentrum. Planlagt adkomstveg går fra Lykkjvegen og mot nordøst. Terrenget stiger mot øst fra ca. kote +55 ved Lykkjvegen og til ca. kote +95 ved sørøstre ende av øvre atkomstveg. Etablering av atkomstveg og boliger innebærer terrenginngrep i form av nedplanering av to terrengplatåer samt vegfyllinger og -skjæringer. I tillegg er det planlagt terrengarronderinger i skråningene mellom øvre og nedre atkomstveger, og i skråningene nordøst for planområdet.

Store deler av det planlagte utbyggingsområdet ligger innenfor kvikkleiresone 450 Bortn, som er klassifisert i risikoklasse 4 og med middels faregrad. I henhold til NVEs retningslinjer 2/2011 er det krav om at reell skredfare, områdestabilitet, skal utredes i forbindelse med reguleringsplan. Her må det vurderes om selve tiltaket kan medføre økt skredfare og om tiltaket ligger i utløpssonen for eventuelt kvikkleireskred.

Foreliggende rapport inneholder vurderinger av gjennomførbarhet og skredfare for reguleringsplan, samt grunnlag og resultater av stabilitetsberegninger.



Figur 1-1: 3d-illustrasjon fra planbeskrivelsen utarbeidet av Selberg arkitekter, datert 16.02.2018.

Rev01: Rapport er revidert etter kommentarer fra uavhengig kvalitetssikring utført av Rambøll. Det vises til kontrollnotat G-not-001 1350034417, datert 27.06.2019 [14]. Revidert tekst i rapporten er merket med revisjonsstrek i rapportmargen.

Rev02: Tegning RIG-TEG-802.2 er oppdatert slik at den viser korrekt beregning, $a\phi$ -analyse av eksisterende terreng.

Rev03: Rapport er revidert etter kommentarer fra uavhengig kvalitetssikring utført av Rambøll. Det vises til kontrollnotat G-not-001 1350034417_rev01, datert 18.05.2020.

2 Grunnlag

2.1 Grunnundersøkelser

2.1.1 Tidligere grunnundersøkelser

Det er utført spredte grunnundersøkelser i området tidligere. Resultatene fra tidligere undersøkelser er i høydesystemet NN1954 og fremgår i hovedsak i Tabell 2-1. Plassering av tidligere og nye grunnundersøkelser fremgår fra situasjonsplan, tegning nr. 418413-RIG-TEG-002.

Tidligere grunnundersøkelser er sammenstilt og vurdert i Multiconsults notat 417991-RIG-NOT-001 «Områdevurdering Ler sentrum, Melhus kommune» [1], datert 06.07.2016.

Tabell 2-1: Oversikt over tidligere grunnundersøkelser

Referanse	Utførende	År	Rapport nr	Oppdragsnavn
KUM1-X	Kummeneje (Rambøll)	1980	o.2120	Ler boligfelt, felt C
KUM2-X	Kummeneje (Rambøll)	1981	o.3563	Boligområde Våttåsen
KUM3-X	Kummeneje (Rambøll)	-	o.7789	Rapport ikke tilgjengelig.
L-X	Scandiaconsult	2004	630353A-01	Kommunedelplan Ler og Kvål.
MC1-X	Multiconsult AS	2006	411760-1	Kvikkleirekartlegging Melhus
R1-X	Rambøll	2015	G-rap-001-1350009657	Flå barneskole – Tilbygg
R19-X	Rambøll	2009	6090686-1	Utbygging Flå barnehage
R20-X	Rambøll	2008	6080109-1	Supplerende grunnundersøkelse sone 450 Bortn
SCC1-X	Scandiaconsult	2000	600167	Boligfelt Ler II
1-14	Multiconsult Norge AS	2020	418413-RIG-RAP-001	Boligfelt Ler. Datarapport grunnundersøkelser.

2.1.2 Supplerende undersøkelser 2016

Feltundersøkelsene utført av Multiconsult i uke 50 i 2016 omfattet:

- 14 dreietrykksonderinger
- 5 trykksonderinger (CPTU)
- Sylinderprøver og skovlprøver i 6 borpunkt
- Hydrauliske piezometere i to nivåer i 2 borpunkter
- Rutineundersøkelser av alle prøver og treksialforsøk på 1 prøve.

Resultater fra undersøkelsene er presentert i datarapport 418413-RIG-RAP-001, datert 14. juni 2018.

2.2 Øvrig grunnlag

I tillegg til geotekniske rapporter er tegninger/dokumenter tilsendt fra Selberg Arkitekter og ÅF Norge listet opp i Tabell 2-2 benyttet som grunnlag.

Tabell 2-2: Øvrig grunnlag

Nr.	Tegning/dokument	Oversendt fra	Tittel/kommentar	Dato
1	Utenomhusplan LARK.dwg	Selberg Arkitekter	Kotering planlagte terrenginngrep.	21.12.2018
2	Kartgrunnlag 3D-NTM, sone 10	Selberg Arkitekter	Digitalt kartgrunnlag.	Oversendt 2016
3	T_Geom_001.dwg	ÅF Norge	3D trådmodell av atkomst- og internveger.	15.03.2019
4	C01, D01-03, F01-02	ÅF Norge	Plantegning, lengdeprofiler og normalprofiler for atkomst- og internveger.	15.03.2019
5	Tegning GH100-GH101	Selberg Arkitekter	Ler Boligfelt. Generell plantegning VA. Vedlegg til reguleringsplan	16.02.2018
6	16023 Notat	Selberg Arkitekter	Boligfelt Ler. Notat vedlegg til reguleringsplan (VA)	16.02.2018

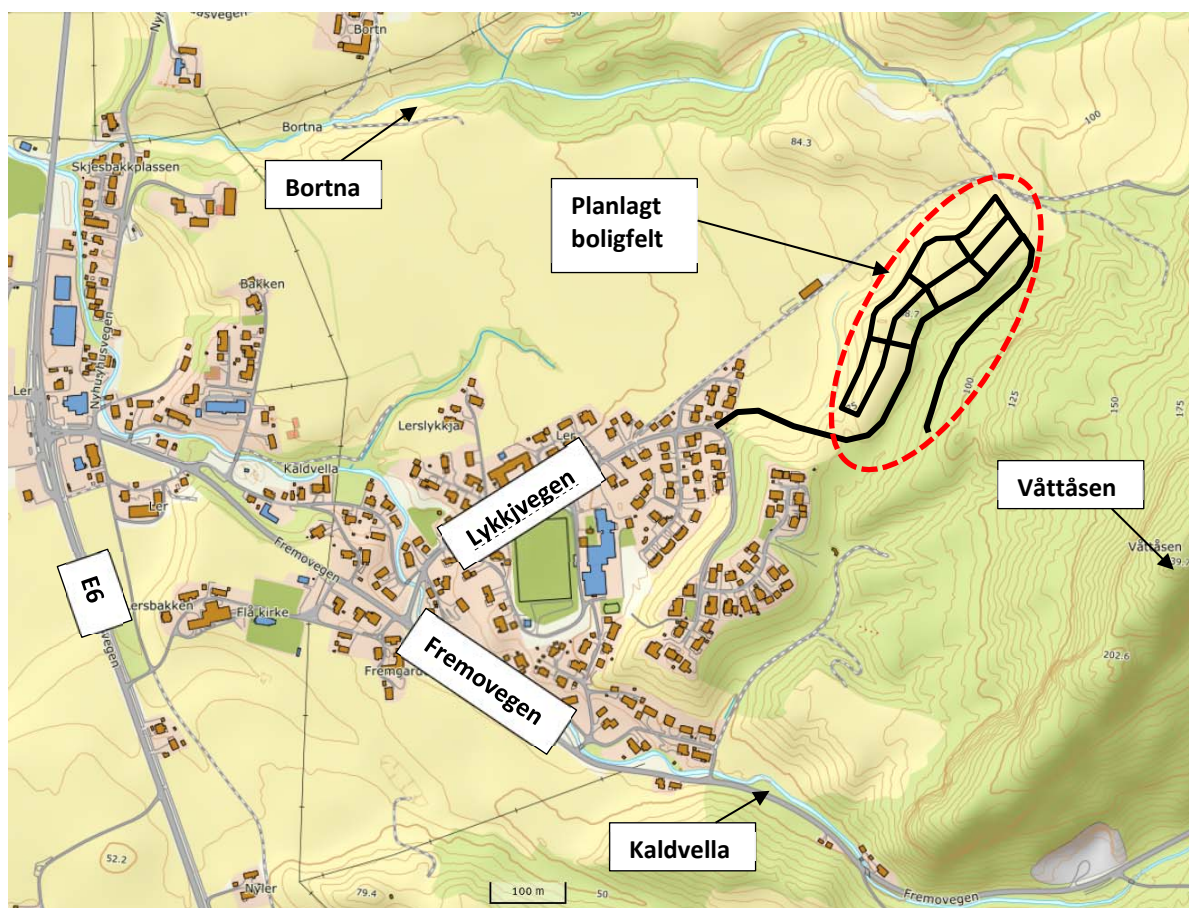
3 Topografi og grunnforhold

3.1 Topografi

Det berørte området ligger på nordsiden av Fremovegen, nordøst for Ler sentrum i Melhus kommune. Terrenget stiger mot øst fra ca. kote +55 ved Lykkjvegen og til ca. kote +95 ved sørøstre ende av øvre atkomstveg.

I nedre del av området er det to terrengplatåer på hhv. kote +85 og kote +89-95. Nedre skråning fra platåene er ca. 15-20 m høy med helning ca. 1:2,2. Mellom platåene og den øvre skråningen er det en ravine-/bekkedal. Den øvre skråningen har helning inntil ca. 1:1,5. I deler av skråningene opp mot Våttåsen er det registrert berg i dagen. I nedkant av terrengplatåene har terrenget en helning på ca. 1:15 vestover i retning E6 og Ler sentrum.

I 2010 ble søndre del av terrengryggen i planområdet nedplanert fra ca. kote +90 til +85 i forbindelse med utbygging av Flå barnehage, og overskuddsmassene ble deponert ved foten av vestre skråning som motfylling med helning 1:7.

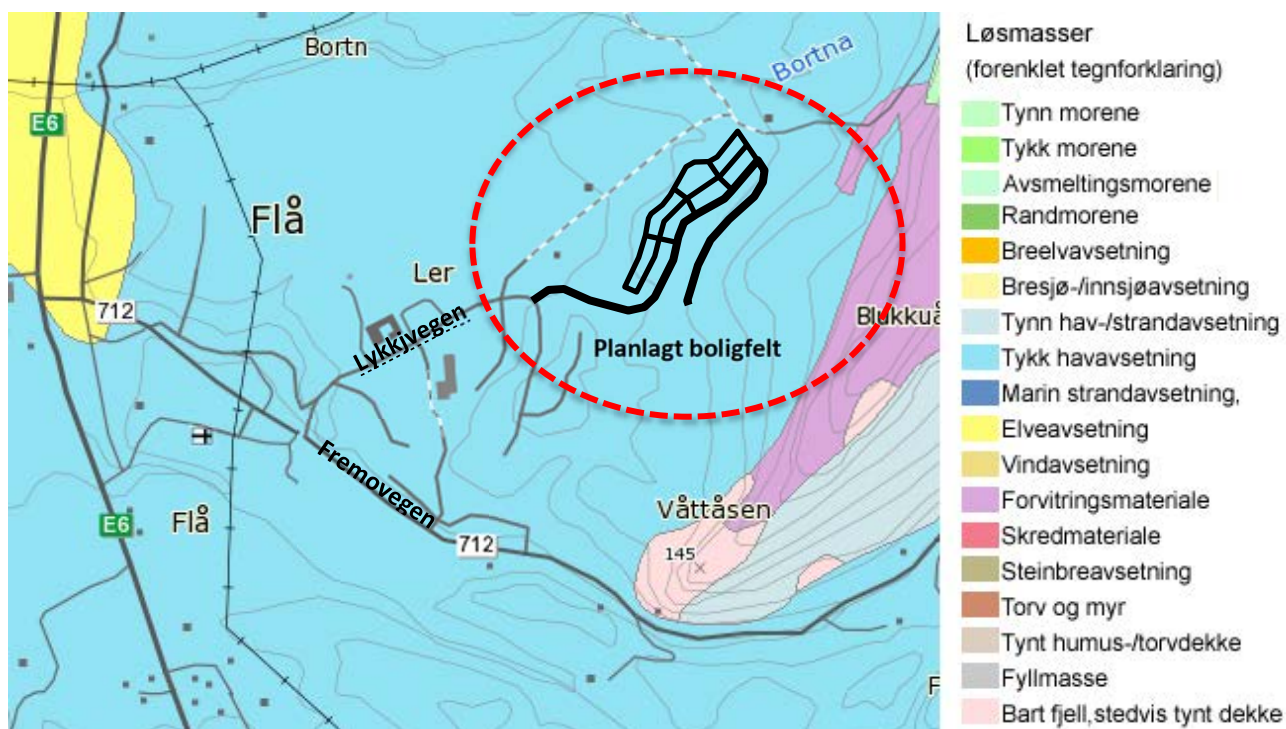


Figur 3-1: Kart over området (kilde: norgeskart.no). Planlagte atkomstveger er skissert inn på figuren.

3.2 Kvartærgeologi

NGUs kvartærgeologiske løsmassekart viser at området består i hovedsak av tykk havavsetning.

Marine avsetninger er løsmasser som opprinnelig er avsatt i saltvann, og som på grunn av landheving etter istiden finnes nær eller over havnivå.



Figur 3-2: Utsnitt av kvartærgeologisk kart [6]. Området er merket med rødt.

Avgrensningen i de kvartærgeologiske kartene er noe usikker og det kan være lokale variasjoner. Det bemerkes at kvartærgeologisk kart er basert på grunne prøver av løsmassene. Følgelig kan løsmassene i dybden bestå av andre masser.

3.3 Grunnforhold

Løsmassene består i hovedsak av leire med tynne siltlag. Boret dybde i løsmasser varierer mellom 1,1 m og 44,1 m. Løsmassemektheten avtar østover i skråningene mot Våttåsen, hvor det er flere områder med antatt berg i dagen. Det er påvist kvikkleire i nordre og vestre del av planområdet, men ikke i østre del av området oppover mot Våttåsen.

I toppen av den ca. 20 m høye terrasseskråningen på ca. kote +85 er det fra ca. 10 m dybde påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale med ca. 15-20 m mektighet. Leira er lagdelt med enkelte grovere lag, over leirmasser med sterkt tiltagende fasthet. Undersøkelsene langs foten av terrassen viser antatt kvikkleire fra ca. 6 m under terreng, med ca. 10-25 m mektighet.

Laget med kvikkleire ser ut til å være gjennomgående i planområdet, men avgrenses i øst mot høyereliggende områder hvor løsmassemekthet over berg er liten og det er funnet løsmasser med lav sensitivitet.

Kvikkleiras utstrekning og mektighet nord for planområdet er usikker. Uten supplerende undersøkelser, må kvikkleira antas å fortsette nordover mot elva Bortna. En sondering i toppen av terrasseskråningen nord for planområdet antyder kvikkleire mellom ca. 6 og 16 m under terreng, og videre antatt ikke sensitiv leire ned til grove masser ved ca. 40 m dybde.

Tidligere undersøkelser langs vestre del av elva Bortna indikerer kvikkleire fra ca. 6 til 20 m under terreng i de nordre elveskråningene [2]. Det er ikke utført undersøkelser langs søndre elveskråning, og utstrekning av kvikkleire i elvesletta vest for planområdet er dermed ukjent.

Den sydlige del av sone Bortn er utbygd for boligformål etter nedplanering av terrassehauger, og har i dagens situasjon tilfredsstillende stabilitet. Tidligere undersøkelser har påvist kvikk og sensitiv leire i mektighet varierende mellom ca. 5 m og 15 m, fra ca. 5-10 m under terreng [2].

3.4 Grunnvann og poretrykk



Figur 3-3: Omtrentlig plassering av poretrykksmålere. Figur er hentet fra illustrasjonsplan fra Selberg arkitekter, datert 16.02.2018.

Tabell 3-1 viser høyeste målte poretrykk og tilsvarende grunnvannsnivå, forutsatt hydrostatisk poretrykksfordeling.

Tabell 3-1: Høyeste avleste poretrykk.

BP. + dybde måler	Avlest dato	Kote terreng [m.o.h]	Kote piezometer [m.o.h]	Høyeste avleste poretrykk [kPa]	Antatt grunnvannsnivå*	
					Kote [m.o.h]	Dybde under terreng [m]
4-PZA-10m	16.01.2017	+62,3	+52,3	46	+56,9	5,4 m
4-PZB-25m	16.01.2017	+62,3	+37,3	132	+50,5	11,8 m
12-PZA-7m	16.01.2017	+111,0	+104,0	46	+108,6	2,4 m
12-PZB-15m	16.01.2017	+111,0	+96,0	87	+104,7	6,3 m
R19-PZP1-17m	13.11.2009	+87,9	+70,9	48	+75,8pl	12,1 m
R19-PZP1-26m	13.11.2009	+87,9	+61,9	46	+66,6	21,3 m

*Antatt hydrostatisk poretrykksfordeling

Poretrykksmålingene indikerer grunnvannstand ca. 5-10 m under terrengnivå i foten og toppen av platået i sørvestre del av området, og avtakende trykkstigning med dybden i forhold til hydrostatisk trykk. Disse undersøkelsene indikerer også drenerende grove lag i ca. 12-15 m dybde under terreng.

I terrenngryggen i nordøstre del av området er grunnvannstanden ca. 2-3 m under terreng, med noe avtakende trykkstigning i dybden i forhold til hydrostatisk trykk. Snderingen antyder enkelte drenerende lag mellom ca. 10-15 m under terreng.

Grunnvannstanden varierer normalt med årstider og nedbør. Erfaringsmessig kan grunnvannsnivået stå vesentlig høyere i perioder med nedbør og/eller snøsmelting.

I stabilitetsanalysene er det regnet med hydrostatisk økende poretrykk med dybden. Dette vurderes som konservativt, ettersom det ved alle tre borpunkter med måling av poretrykk er påvist noe «undertrykk» i forhold til hydrostatisk poretrykksøkning med dybden.

4 Planlagt utbygging

Planlagt utbygging består av en atkomstveg samt internveger på nedre terrasse, og en øvre atkomstveg med 15 eneboliger. Foreløpig bebyggelsesplan viser 98 boenheter fordelt på rekkehus, eneboliger, en 4-mannsbolig og en lavblokk.



Figur 4-1: Planlagt utbygging (kilde: tegning L-01 fra Selberg Arkitekter, datert 10.05.2019)



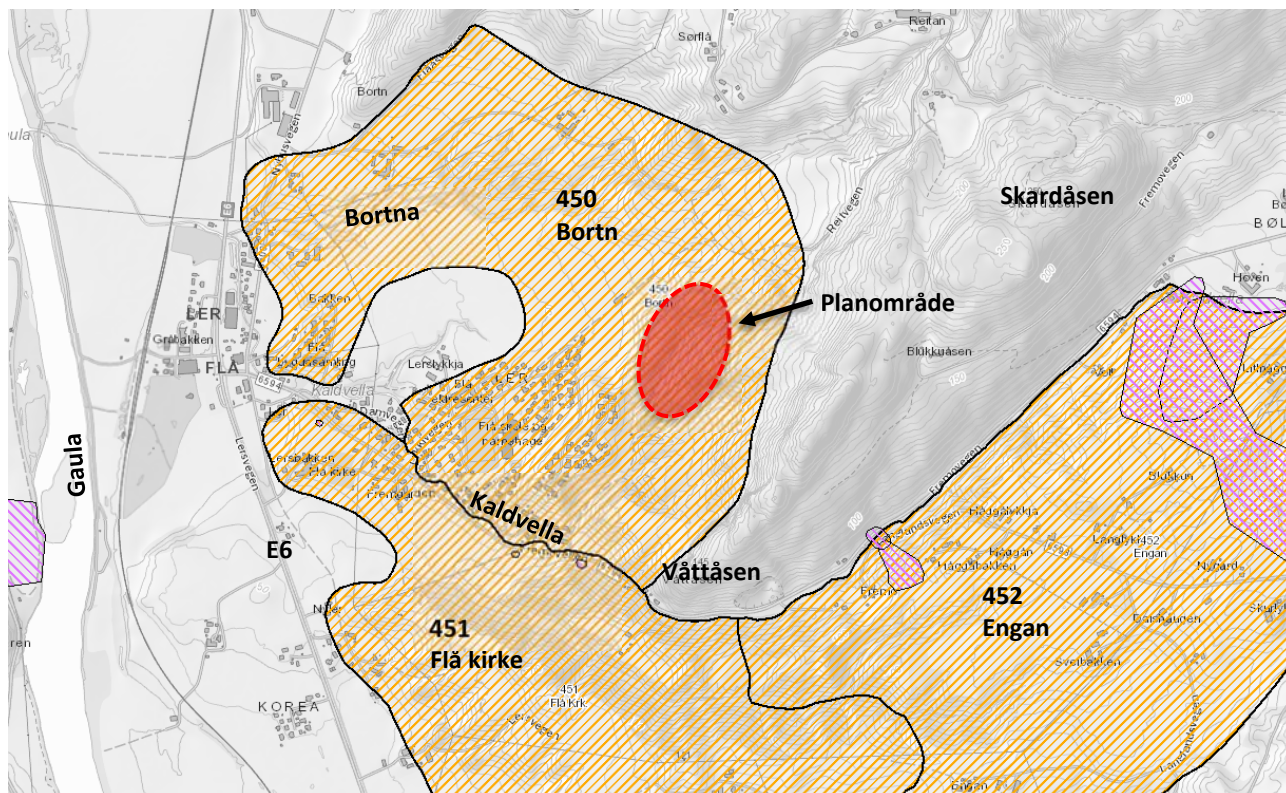
Figur 4-2: Utsnitt 3d-modell atkomstveger per 21.03.2019.

5 Kvikkleire/sprøbruddmateriale

5.1 Generelt

Iht. NVEs karttjeneste Atlas ligger planområdet i kvikkleiresone nr. 450 Bortn, se Figur 5-1. Videre er det to kvikkleiresoner sør/sørøst for planområdet.

Iht. NVEs retningslinjer nr. 2/2011 «Flom- og skredfare i arealplaner» [5] har utredning på reguleringsplannivå som mål å avklare reell kvikkleireskredfare hvor det planlegges utbygging. Ved utredning av reell skredfare skal fareområdene avgrens, beskrives og vurderes i forhold til gitte sikkerhetskrav avhengig av sonens faregrad og tiltakskategori.



Figur 5-1 Oversikt over kartlagte kvikkleiersoner på <https://atlas.nve.no/>

Tabell 5-1: Nærliggende kvikkleiresoner

Sone nr.	Sonenavn	Kommune	Faregrad	Risikoklasse
450	Bortn	Melhus	Middels	4
451	Flå kirke	Melhus	Middels	4
452	Engan	Melhus	Middels	3

5.2 Utbredelse av kvikkleire/sprøbruddmateriale

Basert på utførte grunnundersøkelser og topografiske forhold, er det gjort en vurdering av utbredelse av kvikkleire i det planlagte utbyggingsområdet. Klassifisering av borpunkter mht. kvikkleire/sprøbruddmateriale fremgår av tegning nr. -002. Borpunkter fra alle tilgjengelige grunnundersøkelser i området er markert med farger som angir om det er påvist, antatt eller ikke funnet kvikkleire i punktet.

Det er valgt å ikke tegne opp ny avgrensning av kvikkleiresone Borten da justering av sone vil ikke ha noen betydning for vurderinger og konklusjoner knyttet til planlagt utbygging.

5.3 Risikoklasseevaluering

Det er utført evaluering av sonens skadekonsekvensklasse og faregrad for den antatt mest ugunstige delen av sonene både før og etter gjennomføring av planlagt utbygging, presentert i Vedlegg E.

Evalueringen er utført iht. NGI-rapport nr. 20001008-2, rev.3 [9].

5.3.1 Skadekonsekvensklasse

For dagens situasjon klassifiseres kvikkleiresonen med poengsum 40 og havner i skadekonsekvensklasse «Meget alvorlig». Klassifiseringen gjelder for både dagens situasjon og etter utbygging.

5.3.2 Faregrad

«Bortn» klassifiseres med middels faregrad for dagens situasjon. Etter utbygging reduseres faregraden til lav.

5.3.3 Risikoklasse

Risikoklasse for kvikkleiresone «Bortn»:

- For dagens situasjon klassifiseres sonen i Risikoklasse 5 (tallverdi 3316).
- Etter utbygging klassifiseres sonen i Risikoklasse 4 (tallverdi 2792).

6 Sikkerhetsprinsipper

6.1 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger for utbygginga er hovedsakelig relatert til:

- Områdestabilitet i kvikkleiresonen, både i anleggsfase og permanent fase
- Lokalstabilitet av planlagte terrenginngrep, bygninger og veger
- Fundamenteringsløsninger og setninger
- Avlastning og terrengarronderinger
- Kalk-sement-stabilisering i forbindelse med vegskjæring

6.2 Klassifisering av prosjektet

Foreløpig foreløpige klassifisering av tiltaket er valgt:

- Geoteknisk kategori 2
- Konsekvensklasse/pålitelighetsklasse (CC/RC) 2
- Tiltaksklasse 2 iht. Plan- og bygningsloven (PBL)
- Prosjekterings- og utførelseskontrollklasse PKK/UKK 2
- Tiltakskategori K4 iht. NVEs veileder nr. 7/2014
- Seismisk grunntype S₂

Tiltakskategori K4 i en kvikkleiresone med middels faregrad utløser krav til kontroll av geotekniske vurderinger av et uavhengig foretak, iht. NVE 7/2014 Tabell 5.2.

Eneboliger og rekkehus plasseres i seismisk klasse I, «Småhus, rekkehus, bygg i én etasje, mindre lagerhus osv.» (ref. Eurokode 8 Tabell NS.4(902)). Det kreves normalt ikke seismisk dimensjonering for konstruksjoner i seismisk klasse I.

Lavblokken plasseres foreløpig i seismisk klasse II, «Kontorer, forretningsbygg og boligbygg». For grunntype S₂ må prosjekterende RIG og RIB må ta stilling til responspektrum og om det er behov for seismisk dimensjonering av bygget.

7 Stabilitetsberegninger



Figur 7-1: Illustrasjonsplan. Omtrentlig plassering av beregningsnitt er vist med røde linjer.

7.1 Materialparametere

Grunnlag for valgt av materialparametere er presentert i Vedlegg B – Materialparametere. Tolkete styrkeprofiler fra CPTU er vist i tegning -040.5 og -040.6 t.o.m. -044.5 og -044.6. Styrkeprofiler og materialparametere benyttet i beregninger er vist i beregningsprofiler i tegning -800.1 t.o.m. -804.

7.2 Beregningsnitt og resultater

Det er utført stabilitetsberegninger i fire profiler, se Figur 7-1. Plassering av beregningsprofilene er vist i tegning 418413-RIG-TEG -002 og -003.

Beregningsforutsetninger og resultater er nærmere beskrevet i Vedlegg C – Stabilitetsberegninger.

8 Geotekniske vurderinger

8.1 Områdestabilitet

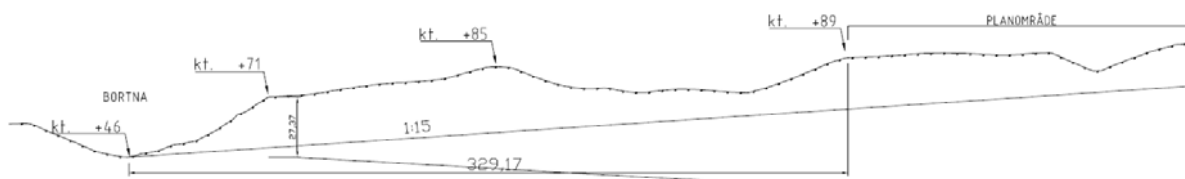
Multiconsults notat 417991-RIG-NOT-001 «Områdevurdering Ler sentrum, Melhus kommune» [1], datert 06.07.2016 konkluderte med at stabiliteten er akseptabel i dagens situasjon, men dette er basert på et fåtall borpunkter og tar ikke hensyn til nye terrenginngrep.

Utbygging med tiltakskategori K4 i en kvikkleiresone med middels faregrad krever iht. NVEs retningslinjer nr. 7/2014 vurdering av reell skredfare knyttet til tiltaket.

Planlagte utbyggingsområde ligger ikke i utløpsområdet for nærliggende kvikkleiresoner 451 Flå kirke og 452 Engan.

Områdestabilitet i søndre del av sonen er tidligere vurdert som tilstrekkelig [2], forutsatt at erosjonssikring som er utført langs elva Kaldvella vedlikeholdes.

Erfaringsmessig begrenser kvikkleireskred seg til en terrenghelning større enn 1:15 fra initialscred. På bakgrunn av dette kriteriet kan det ikke utelukkes at et initialscred i skråningene langs Bortna vil strekke seg bakover til nordre del av planområdet i profil F-F og H-H, se Figur 8-1 og tegning -805. På grunnlag av stor avstand og åser i terrenget mellom Bortna og planområdet, vurderes det likevel at et eventuelt kvikkleirescred utløst fra Bortna vil stoppe før det når planområdet. I profil G-G når ikke et eventuelt initialscred frem til planområdet.



Figur 8-1: Vurdering av retrogressiv utbredelse av initialscred fra Bortna. Snitt F-F.

Tidligere vurderinger av områdestabilitet i sone Bortna har tilrådd erosjonssikring langs nedre del av elva Bortna for å ivareta den tilfredsstillende områdestabiliteten [2]. Ifølge Melhus kommunes nettsider per januar 2019 er planlagt erosjonssikring langs Bortna «på vent». Høsten 2019 ble det utført befaring langs Bortna for å kartlegge nåværende status på erosjonsforhold. Befaringa viser at det punktvis er litt erosjon/mindre overflateglidninger ved tre svinger i elva. Videre ble det registrert at Bortna renner på berg i østre del av kvikkleiresona. Observasjoner ved befaringa er oppsummert i vedlegg D. Det er ikke observert erosjon av betydning i forbindelse med profil F-F og H-H, og det vurderes derfor at det ikke er behov for erosjonssikring av Bortna i forbindelse med planlagt utbygging. Supplerende grunnundersøkelser i forbindelse med detaljprosjektering kan avgrense utstrekning av kvikkleire mellom planområdet og Bortna.

Forutsatt at stabiliserende tiltak utføres som beskrevet i kapittel 8.3, vil tiltaket forbedre stabiliteten i området i forhold til eksisterende situasjon. Det vurderes dermed ikke sannsynlig at utbyggingen vil utløse skred som rammer eksisterende bebyggelse nedstrøms. Normale forsiktighetsregler for anleggsarbeid i kvikkleireområder må overholdes.

8.2 Skredmekanismer

For å vurdere aktuell skredtype for kvikkleiresone «450 Bortn» er det generelt benyttet forhold som beliggenhet og mektighet av kvikkleire/sprøbruddmateriale.

Foreliggende vurderinger benytter terminologi fra NVEs veileder nr. 7/2014 [4]. NVEs veileder definerer følgende skredtyper som er benyttet i denne utredningen:

- initialskred med retrogressiv bruddutvikling
- initialskred med bakoverrettet flaskred
- rotasjonsskred/lokalskred

For mer detaljert beskrivelse av skredtypene henvises det til NVEs veileder nr. 7/2014 [4].

På bakgrunn av mektigheten av sprøbruddmaterialet vurderes det at mest sannsynlig skredtype for kvikkleiresone nr. «450 Bortn» er et initialskred (rotasjonsskred eller overflateutglidning) et eller annet sted i sonen som kan forplante seg retrogressivt eller utløse et bakoverrettet flaskred. Erosjon i bekkefar og elver utgjør den største faren for å initiere skred, i tillegg til at menneskelig aktivitet også er en aktuell faktor.

8.3 Veg og terrenginngrep

8.3.1 Snitt A-A

Beregnet stabilitet er tilfredsstillende i både øvre og nedre del av snitt A-A. Det er planlagt fylling med høyde inntil 4 m i en skålformet skråning i nedre del av området. Planlagt fylling i nedre del av området vil bedre stabiliteten i forhold til eksisterende situasjon for øvre skråning. Fyllinga må prosjekteres i senere utbyggingsfase, og det må utføres supplerende grunnundersøkelser. Fyllinga er ikke nødvendig av hensyn til områdestabilitet, men kan tillates for å bli kvitt overskuddsmasser fra prosjektet.

8.3.2 Snitt B-B

Øvre skråning

Stabilitetsberegninger i snitt B-B viser at dagens stabilitet av skråninga mellom øvre og nedre veg i nordre del av utbyggingsområdet er for lav. Beregnet sikkerhetsfaktor med konservativt parametervalg gir $\gamma_M \leq 1,0$. Bergnivå og udrenert styrke i øvre del av skråninga er justert opp til beregnet sikkerhet for eksisterende skråning er $\gamma_M = 1,0$.

Det kreves stabiliserende tiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet for utbygging. Beregninger viser at ca. 6 m nedplanering av terreng i skråningstopp og utslaking av skråning i snitt B-B vil gi tilstrekkelig forbedring av sikkerhet for eksisterende terreng.

Nedplanering av terrengrygger som i utgangspunktet har for lav sikkerhet, vil gi tilstrekkelig forbedring av sikkerhetsnivået til at utbygging kan tillates. Det kan i tillegg tillates gjenfylling av omkringliggende ravedaler for å skape et landskapsarkitektonisk tilfredsstillende areal.

Det er satt av areal til geotekniske sikringstiltak i planforslaget. Detaljprosjektering av omfang og utførelse av sikringstiltak og terrengarrangeringer gjøres i forbindelse med byggesak. Supplerende grunnundersøkelser kan gi grunnlag for å redusere omfang av sikringstiltak.

En eventuell senere utbygging i øvre del av skråning er ikke vurdert i dette planforslaget. Dersom dette senere blir aktuelt, må stabilitetsberegninger for sikringstiltak oppdateres med bygningslaster i øvre del av skråning. Dersom øvre del av skråning bebygges, vil det være krav til sikkerhetsfaktor 1,4/1,25 for lokalstabilitet for hhv. udrenert og drenert analyse.

Nedre skråning

Nedre skråning har tilfredsstillende sikkerhet både for eksisterende og planlagt situasjon.

8.3.3 Snitt C-C

Nedre skråning

Beregninger viser tilstrekkelig sikkerhet for nedre skråning i dagens situasjon. Planlagt tiltak reduserer skråningshøyden med ca. 7 m. Tiltaket vil dermed bedre sikkerheten for nedre skråning.

Øvre skråning

Øvre skråning har for dårlig sikkerhet i eksisterende situasjon. Det er påvist kvikkleire i nedre skråning og på plataået, men i øvre skråning er det tørrskorpeleire og fast leire. Dybde til berg er minst 10 m langs øvre stikkveg, men det er antatt berg i dagen ca. 20-40 m øst for stikkvegen.

Planlagt tiltak medfører ca. 2,5 m skjæring i foten av skråninga. Ca. 5 m planering av terrenghauger i øvre del av skråning og etablering av fylling med ca. 6 m mektighet i ravedal reduserer skråningshøyden fra ca. 35 m til ca. 20 m.

Tiltaket kan etableres som planlagt forutsatt at veggroft langs østre side av nedre atkomstveg etableres lukket. Se for øvrig rekkefølgebestemmelser gitt i kapittel 6.3.

Tiltaket gir tilstrekkelig forbedring av sikkerhet i forhold til eksisterende situasjon.

8.3.4 Snitt D-D

I beregningsprofil D-D ligger planlagt atkomstveg på ca. kote +67, som medfører en ca. 12 m høy skjæring inn mot eksisterende boligbebyggelse i Fautgardsvegen. I tillegg kommer nødvendig uttrauing i anleggsfasen for etablering av veg. Sonderinger viser mulig kvikkleire fra ca. kote +70, men dette er ikke bekreftet ved prøvetaking.

Foreløpige beregninger viser at stabiliteten mot den planlagte utbygginga nord for vegen er tilfredsstillende. I søndre skjæring mot bebyggelse i Fautgardsvegen har ikke tilstrekkelig sikkerhet i permanent tilstand og i anleggsfasen dersom glideflaten går gjennom kvikkleire. Det må utføres supplerende grunnundersøkelser for å påvise beliggenheten av kvikkleirelaget under planlagt veg. Dette kan gi grunnlag for mindre konservative materialparametere og lagdeling.

Ved profil D-D må det påregnes kalksementstabilisering skjæringene og vegplanum for å unngå omrøring i traubunn for veg og sikre tilstrekkelig stabilitet for midlertidige og permanente skjæringer. Supplerende prøvetaking kan gi grunnlag for å redusere omfang av stabiliserende tiltak. Se for øvrig rekkefølgebestemmelser i kapittel 8.4.

Etablering av veg medfører permanent senking av grunnvannstand i skråninga mot bebyggelse i Fautgardsvegen. Dette kan medføre setningsskader på bebyggelse. Det må utføres bygningsbesiktigelse og setningsmålinger av bebyggelse som kan bli påvirket av grunnvannssenking. Det tilrås at det utføres poretrykksmåling i skråningstopp for å kartlegge eksisterende grunnvannsnivå og overvåke utvikling i anleggsfasen.

8.3.5 Snitt E-E

Nedre skråning

Terrengplatåene i nedre del av området skal nedplaneres med inntil ca. 1-5 m. Antatt øvre grense av kvikkleirelaget er ca. 12 m under terreng i søndre platå, og ca. 10 m i nordre platå. Nedplanering kommer dermed ikke i ned i kvikkleirelaget.

Mellom de to platåene fylles det inntil ca. 5 m for å lage en kontinuerlig bebyggbar flate. Fyllingsmektheten avtar vestover mot kanten av platået, og tiltaket medfører ca. 1-2 m nedplanering i skråningstopp.

Øvre skråning

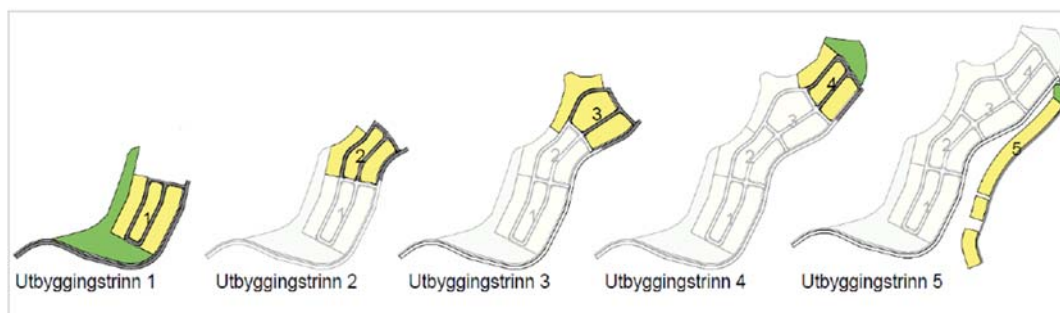
Etablering av nedre atkomstveg og boliger medfører ca. 4 m heving av terrengnivå. Tiltaket medfører forbedring i forhold til eksisterende situasjon.

8.3.6 Fylling i ravedalen

Ravedalen mellom øvre skråning og de nedre platåene skal fylles igjen, med fyllingshøyde inntil 7,5 m. Det skal etableres bygninger og atkomstveg på fyllinga. I prosjekteringsfasen må kvalitet av fyllingsmasser, komprimering og liggetid prosjekteres for å unngå skadelige setninger på bebyggelse og veger. Fylling må etableres av kvalitetsmasser med lagvis komprimering, og bør etableres så tidlig som mulig i byggeperioden for å sikre at setningene i størst mulig grad påløper i byggefasen.

Overslagsberegning av liggetid for fylling antyder at nødvendig liggetid før etablering av veg og boliger på fylling er 5-8 måneder. Det tilrås å starte utbygging av de to vestre radene med boliger på nedre platå i utbyggingstrinn 1-4, mens østre boligrekke og leilighetsbygget bør etableres på grunnlag av setningsmålinger. Det tilrås utført setningsmålinger på minst 2-3 punkter i fyllinga for å overvåke setningsforløpet og gi beslutningsgrunnlag for å tillate bygging. Det tilrås også at det tas opp prøver og utføres ødometerforsøk nede i ravedalen for å gi grunnlag for nøyaktigere beregning av setninger.

8.4 Rekkefølgebestemmelser



Figur 8-2: Planlagte utbyggingstrinn. Hentet fra planbeskrivelse utarbeidet av Selberg arkitekter, datert 16.02.2018.

Fylling nordvest for området utføres ved valgfritt tidspunkt i utbyggingsprosessen. For øvrige tiltak gjelder rekkefølgebestemmelser som beskrevet i etterfølgende avsnitt.

8.4.1 Utbyggingstrinn 1-3

Det må utføres kalksementstabilisering i forbindelse med etablering av veg, mellom ca. profil 100-200. Prøvetaking i forbindelse med detaljprosjektering kan gi grunnlag for å avgrense kvikkleirelaget slik at stabiliserende tiltak ikke er nødvendig. Deler av skjæringsdybden kan utføres før stabilisering for å etablere anleggsveg til øvrige deler av området.

Nedplanering i hvert utbyggingstrinn må gjøres før bygging av boliger og infrastruktur påbegynnes i det aktuelle utbyggingstrinnet.

Atkomstveg langs utbyggingstrinn 1-2 etableres fortløpende for hvert utbyggingstrinn. Fylling i ravine-/bekkedalen må etableres før utgraving av veggrøfta mot østre skråning påbegynnes. Veggrøft lukkes før boligene i hvert utbyggingstrinn tas i bruk. Det forutsettes at rensk av vegetasjon, legging av bekk i rør og etablering av anleggsveg og permanent fylling utføres tidlig i byggefasen.

8.4.2 Utbyggingstrinn 4

Nedplanering og motfylling i øvre skråning i profil B-B kan utsettes til utbyggingstrinn 5. Dette forutsetter at det i utbyggingstrinn 1-4 ikke gjøres noen tiltak ved skråningsfot som kan forverre nåværende stabilitet av øvre skråning i profil B-B.

Fylling i ravinedal langs utbyggingstrinn 3 og 4 kan med hensyn til stabilitet av øvre skråning utsettes til utbyggingstrinn 5, men bør utføres tidligst mulig av hensyn til å fremskynde setningsforløpet i fyllinga.

8.4.3 Utbyggingstrinn 5

Nedplanering og sikring av øvre skråninger i profil B-B må utføres før etablering av atkomstveg for utbyggingstrinn 5 påbegynnes.

Nedplanering av terrenghauger mellom nedre og øvre atkomstveg utføres i forbindelse med utbyggingstrinn 5. Nedplanering i skråningstopp langs søndre del av atkomstvegen i utbyggingstrinn 5 skal være ferdig utført før bygging av boligene i søndre del av utbyggingstrinnet igangsettes.

9 Forslag til reguleringsbestemmelse

Det foreslås at følgende reguleringsbestemmelse knyttet til geoteknikk tas med i reguleringsforslaget:

«Rapport fra grunnundersøkelser og geoteknisk prosjektering for utbyggingen skal være ferdig før igangsettingstillatelse kan gis. Rapporten skal beskrive omfang og rekkefølgebestemmelser for sikringstiltak og det skal fremgå om det er behov for geoteknisk oppfølging av spesielle arbeider i byggeperioden.»

10 Oppsummering og videre arbeider

Vi vurderer at planområdet ikke vil bli berørt av et potensielt kvikkleireskred utløst i nordre eller søndre deler av faresone «450 Bortn» eller omkringliggende kvikkleiresoner. Forutsatt at skisserte stabiliserende tiltak utføres i forbindelse med utbygging og normale forsiktighetsregler for anleggsarbeid i kvikkleireområder følges, vurderes det ikke sannsynlig at utbyggingen vil utløse skred som rammer eksisterende bebyggelse nedstrøms. Befaring langs Bortna utført høsten 2019 viser at det punktvis er litt erosjon/mindre overflateglidninger ved et par svinger i elva, men det vurderes at et eventuelt initialskred fra elva Bortna ikke vil gripe inn i tiltaksområdet.

På bakgrunn av forutsetninger og argumenter i foreliggende rapport vurderer vi at utbygging av nytt boligfelt på Ler er gjennomførbar, forutsatt at følgende sikringstiltak utføres i forbindelse med utbygging:

- Område ved profil A-A: Utbygging kan utføres uten særlige stabiliserende tiltak.
- Område ved profil B-B: Nedplanering ca. 6 m i skråningstopp og utslaking av skråning øst for utbyggingstrinn 4.
- Område ved profil C-C: Nedplanering av skråningstopp med ca. 4 m og etablering av lukket veggroft langs nedre atkomstveg.
- Område ved profil D-D: Supplerende undersøkelser og eventuelt kalksementstabilisering.
- Området ved profil E-E: Utbygging kan utføres uten særlige stabiliserende tiltak.

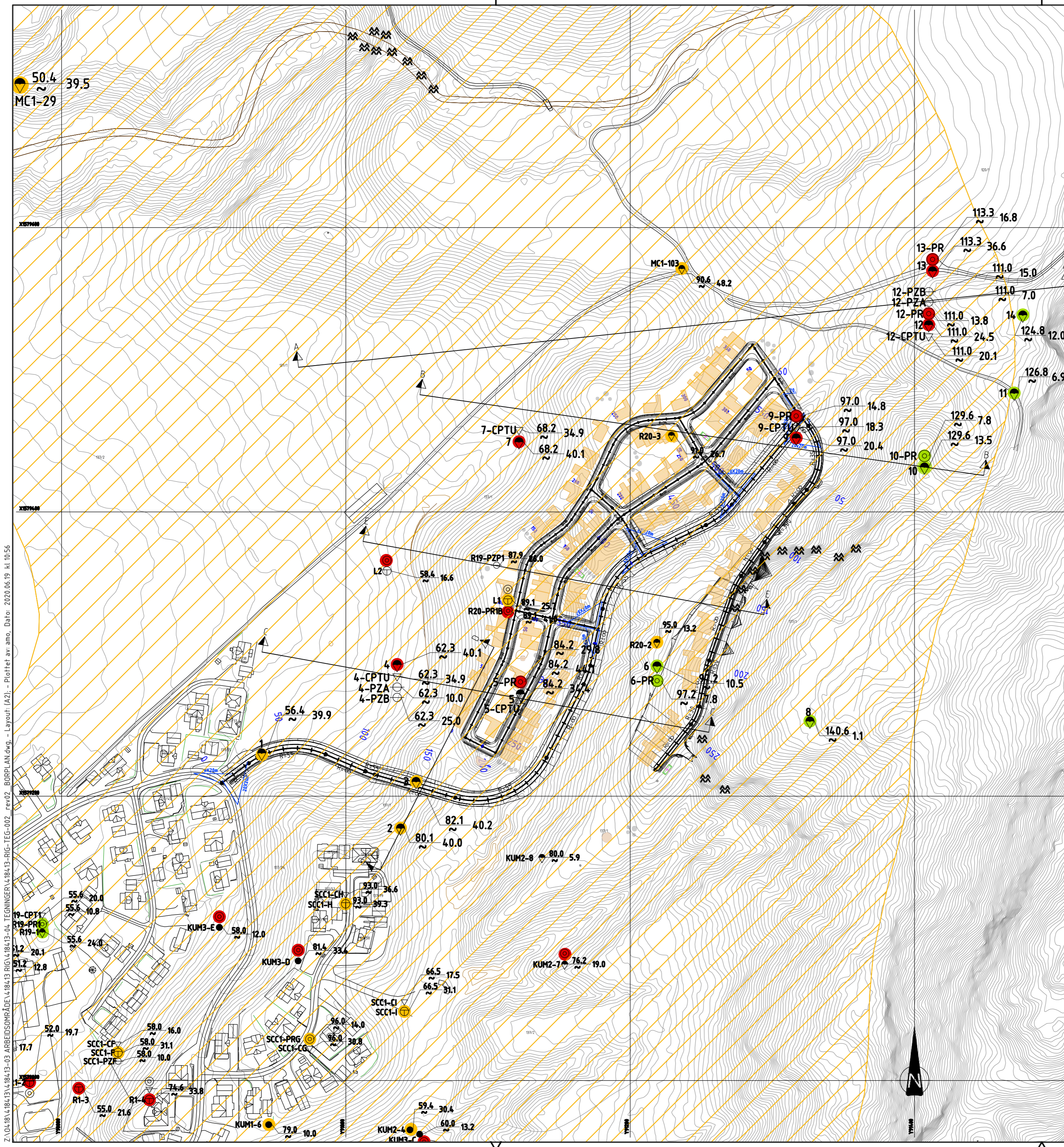
Utbyggingen må utføres i henhold til rekkefølgebestemmelser gitt i kapittel 8.4. I tillegg må alle tiltak i kvikkleiresoner utføres med stor aktsomhet for å unngå stabilitetsvekkelse. Dette gjelder både i utførelsesfase og permanent tilstand. I detaljprosjekteringsfasen må det gjøres geoteknisk prosjektering av stabiliserende tiltak og endelig geometri av veg, infrastruktur og bebyggelse.

Det vil være behov for supplerende undersøkelser i forbindelse med detaljprosjekteringen, deriblant prøvetaking og poretrykkmålinger. Dette for å gi grunnlag for detaljprosjektering av sikringstiltak, og for å gi grunnlag for å benytte mindre konservativ lagdeling, grunnvannstand og materialparametere i stabilitetsberegninger. Dette gjelder særskilt for planlagt adkomstveg inn til boligfeltet.

Ved en eventuell senere utvidelse av boligfeltet mot øst og nord for nåværende planområde, må det utføres supplerende undersøkelser for å avdekke grensen mellom løsmasser og berg i østre del av området, og eventuelt for å avgrense laget av kvikkleire nordover mot elva Bortna.

11 Referanser

- [1] Multiconsult ASA, «Områderegulering Ler sentrum, Melhus kommune, Skredfarevurdering», Rapport nr. 417991-RIG-RAP-001, jun. 2016.
- [2] NGI og Rambøll, «Program for økt sikkerhet mot leirskred. Risiko for kvikkleireskred, Melhus kommune. Sone: Bortn, Flå kirke, Engan, Høyeggen», Rapport nr. 20051784–2, mar. 2007.
- [3] KR D (kommunal- og regionaldepartementet), *FOR 2017-07-07 nr 1164 - Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggeteknisk forskrift/TEK17)*. 2017.
- [4] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Sikkerhet mot kvikkleireskred : Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper (V:7-2014)», NVE, Oslo, Veileder 7–2014, apr. 2014.
- [5] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Flaum- og skredfare i arealplanar (2-2011)», NVE, Oslo, NVE retningslinjer Retningslinjer nr. 2-2011, Revidert 22. mai 2014.
- [6] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Sikkerhet mot skred i bratt terreng: Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak», NVE, Oslo, Veileder 8–2014, Mai 2014.
- [7] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «NVE Atlas», atlas.nve.no.
- [8] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 1: Allmenne regler (NS-EN 1997-1:2016)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-1:2004+NA:2016, nov. 2004.
- [9] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire». Rapport nr. 20001008-2 Rev. 3 (2008).
- [10] Rambøll, «Kommunedelplan Ler. Supplerende grunnundersøkelse Sone 450 Bortn. Datarapport fra grunnundersøkelse». Rapport nr. 6080109-R01, datert 16.06.2008.
- [11] Rambøll, «Kårbolig Ler. Datarapport fra grunnundersøkelse». Rapport nr. 1350002699 G-rap-001, datert 28.04.2014.
- [12] Rambøll, «Utbygging Flå barnehage. Geoteknisk kontroll under utførelse». Notat nr. 6090686 G-not-003, datert 14.12.2009.
- [13] Rambøll, «Flå barneskole - Tilbygg. Geoteknisk vurdering for tiltak i kvikkleireområde». Rapport nr. 1350009657 G-rap-002 rev 01, datert 04.11.2015.
- [14] Rambøll, «NVE-kontroll Boligområde Ler». Notat nr. G-not-001 1350034417, datert 27.06.2019.
- [15] Karlsrud K. Lunne T. & Brattlien K. (1996) «Improved CPTU correlations based on block samples».
- [16] Karlsrud, K. et al. (2005). «CPTU correlations for clays». Proceedings, ICSMGE, Osaka s 693 -702.



Z:\04\184\18413\18413-03 ARBEIDSDOKUMENTER\18413-04 TEGNINGER\18413-RIG-TEG-002_rev02_BORPLAN.dwg - Layout: (A2) - Plottet av: amo, Date: 2020.06.19 kl 10:56

TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊗ PRØVESERIE
- PRØVEGRØP
- ◆ DREIETRYKKSONDERING
- ⊗ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊗ PORETRYKKMÅLING
- ⊗ KJERNEBORING
- ⊗ FJELLKONTROLLBORING
- ⊗ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra Sosi-Fil NN 2000
 KOORDINATSYSTEM: NTM Sone 10
 HØYDEREFERANSE: NN 2000
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS GLONAS CP05
 BORBOK NR: Digital
 LAB.BOK NR: Digital

EKSEMPEL
 BP 1 ⊕ $\frac{43.0}{28.2}$ 14.8 + 2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

KLASSIFISERING AV BORPUNKT:

- PÅVIST KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- MULIG KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- IKKE PÅVIST KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

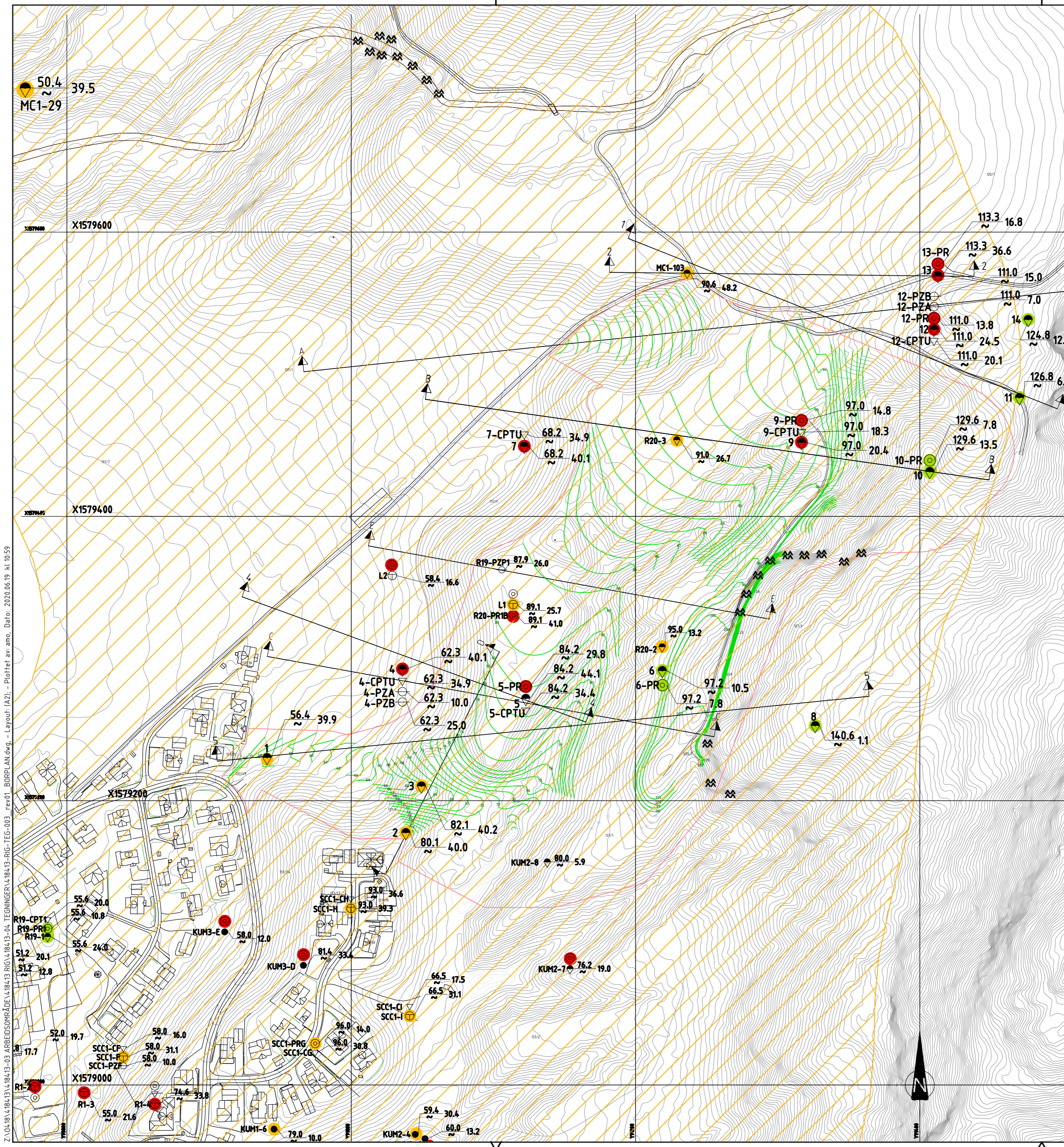
NVE kvikkleiresone "Bortn", middels faregrad

TIDLIGERE BORINGER:

Tidligere boringer er oppfegnet fra scannet kopi og kan ha noe avvik. Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhulsnr.

Referanse	Rapport nr.	Utførende	Oppdrag	År
KUM1-X	o.2120	Kummeneje (Rambøll)	Ler boligfelt, felt C	1980
KUM2-X	o.3563	Kummeneje (Rambøll)	Boligområde Våttåsen	1981
KUM3-X	o.7789	Kummeneje (Rambøll)	Rapport er ikke tilgjengelig	
L-X	630353A-01	Scandiaconsult	Kommunedelplan Ler og Kvål	2004
MC1-X	411760-1	Multiconsult	Kvikkleirekartlegging Melhus	2006
R1-X	G-rap-001-1350009657	Rambøll	Flå barneskole - Tilbygg	2015
R19-X	6090686-1	Rambøll	Utbygging Flå barnehage	2009
R20-X	6080109-1	Rambøll	Supplerende grunnundersøkelse sone 450 Bortn	2008
SCC1-X	600167-1	Scandiaconsult	Boligfelt Ler II	2000

02	Revidert etter tredjepartskontroll	19.06.2020	AMO	ROS	ROS
01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom AS			Fag	Kontr.	Format
Boligfelt Ler, Melhus kommune			Geoteknikk		A2
			Dato	19.06.2020	
Borplan			Format/Målestokk:	1:2000	
Bygninger og atkomstveger					
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	AMO	ROS	ROS
		Tegningsnr.	418413	RIG-TEG-002	02



Z:\01\184\18413\03\ARBEIDSONDR\DEL\18413\04\TEGNINGER\18413-RIG-TEG-003_rev01_BORPLAN.dwg - Layout: (A2) - Plottet av: amo, Dato: 2020.06.19 kl. 10:59

TEGNFORKLARING:

- DRIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGRØP
- ◆ DREI TRYKSONDERING
- ⊗ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊖ PORETRYK MÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊗ FJELLKONTROLLBORING
- ⚡ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra Sosi-fil NN 2000
 HØYDEREFERANSE: NTM Sone 10 NN 2000
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS GILNAS CPOS Digital
 BORBOX NR: Digital
 LAB.BOX NR: Digital

EKSEMPEL: TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 BP 1 ⊕ $\frac{43.0}{28.2}$ 14.8 + 2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 ANTATT BERGKOTE

KLASSIFISERING AV BORPUNKT:

- PÅVIST KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- MULIG KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- IKKE PÅVIST KVIKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

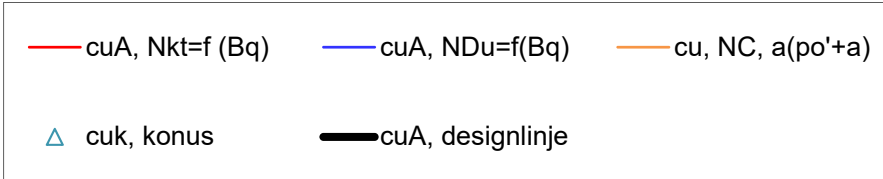
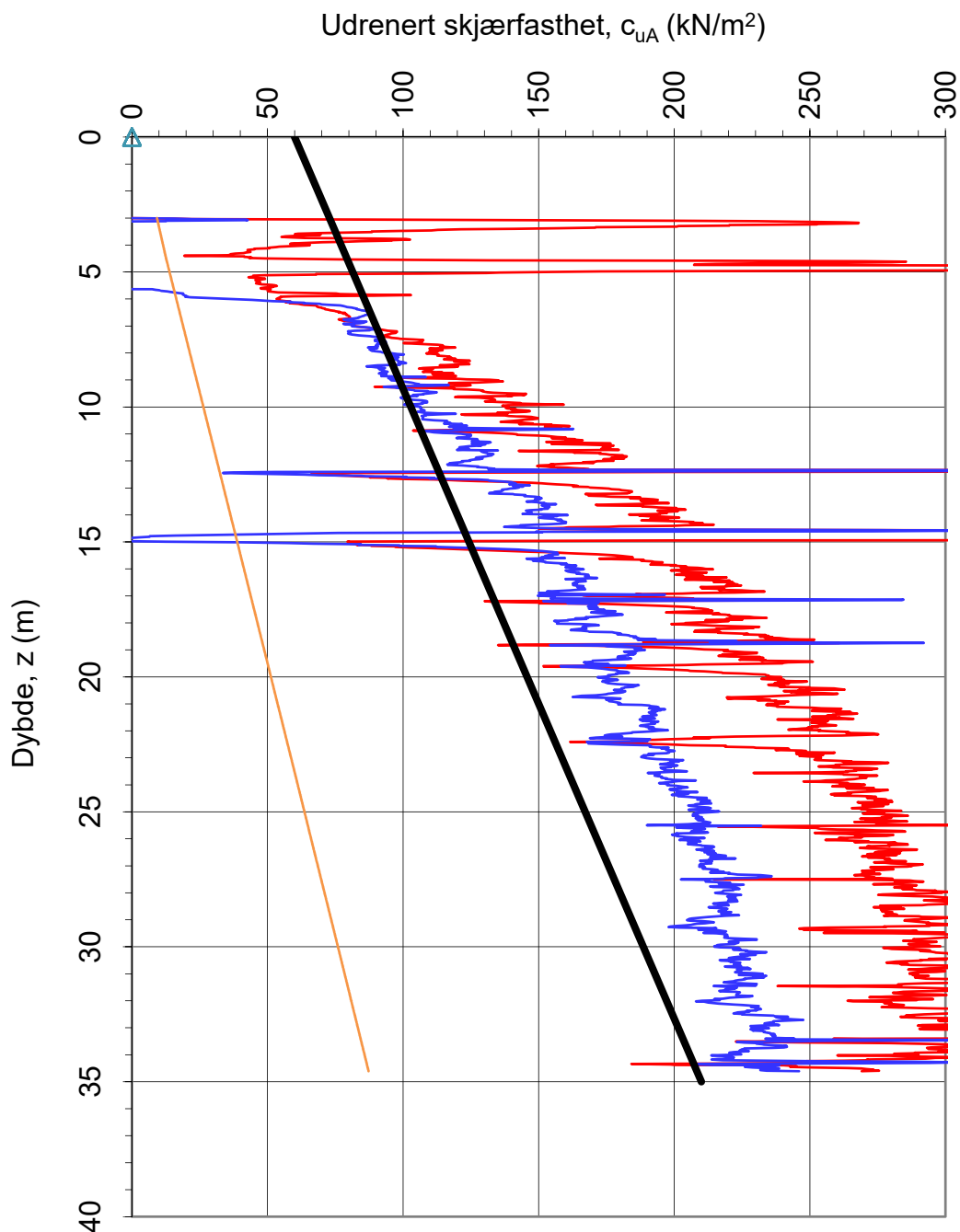
- NVE kvikkleiresone "Bortn", middels faregrad
- Eksisterende terreng - 1 m koter
- Planlagt terreng - 1 m koter

TIDLIGERE BORINGER:

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

Referanse	Rapport nr.	Utførende	Oppdrag	År
KUM1-X	o.2120	Kummeneje (Rambøll)	Ler boligfelt, felt C	1980
KUM2-X	o.3563	Kummeneje (Rambøll)	Boligområde Våtåsen	1981
KUM3-X	o.7789	Kummeneje (Rambøll)	Rapport er ikke tilgjengelig	
L-X	630353A-01	Scandiaconsult	Kommunedelplan Ler og Kvål	2004
MC1-X	411760-1	Multiconsult	Kvikkleirekartlegging Melhus	2006
R1-X	G-rap-001-1350009657	Rambøll	Flå barneeskole - Tilbygg	2015
R19-X	6090686-1	Rambøll	Utbygging Flå barnehage	2009
R20-X	6080109-1	Rambøll	Supplerende grunnundersøkelse sone 450 Bortn	2008
SCC1-X	600167-1	Scandiaconsult	Boligfelt Ler II	2000

01	Oppdatert klassifisering av borpunkter	11.06.2020	AMO	ROS	ROS
00	Ekstra tegning etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Skifer Eiendom AS			Fag	Format
	Boligfelt Ler, Melhus kommune			Geoteknikk	A2
				Dato	11.06.2020
	Borplan			Format/Målestokk:	1:2000
	Koter planlagt terreng				
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		418413	AMO	ROS	ROS
		Tegningsnr.	RIG-TEG-003		Rev.
					01

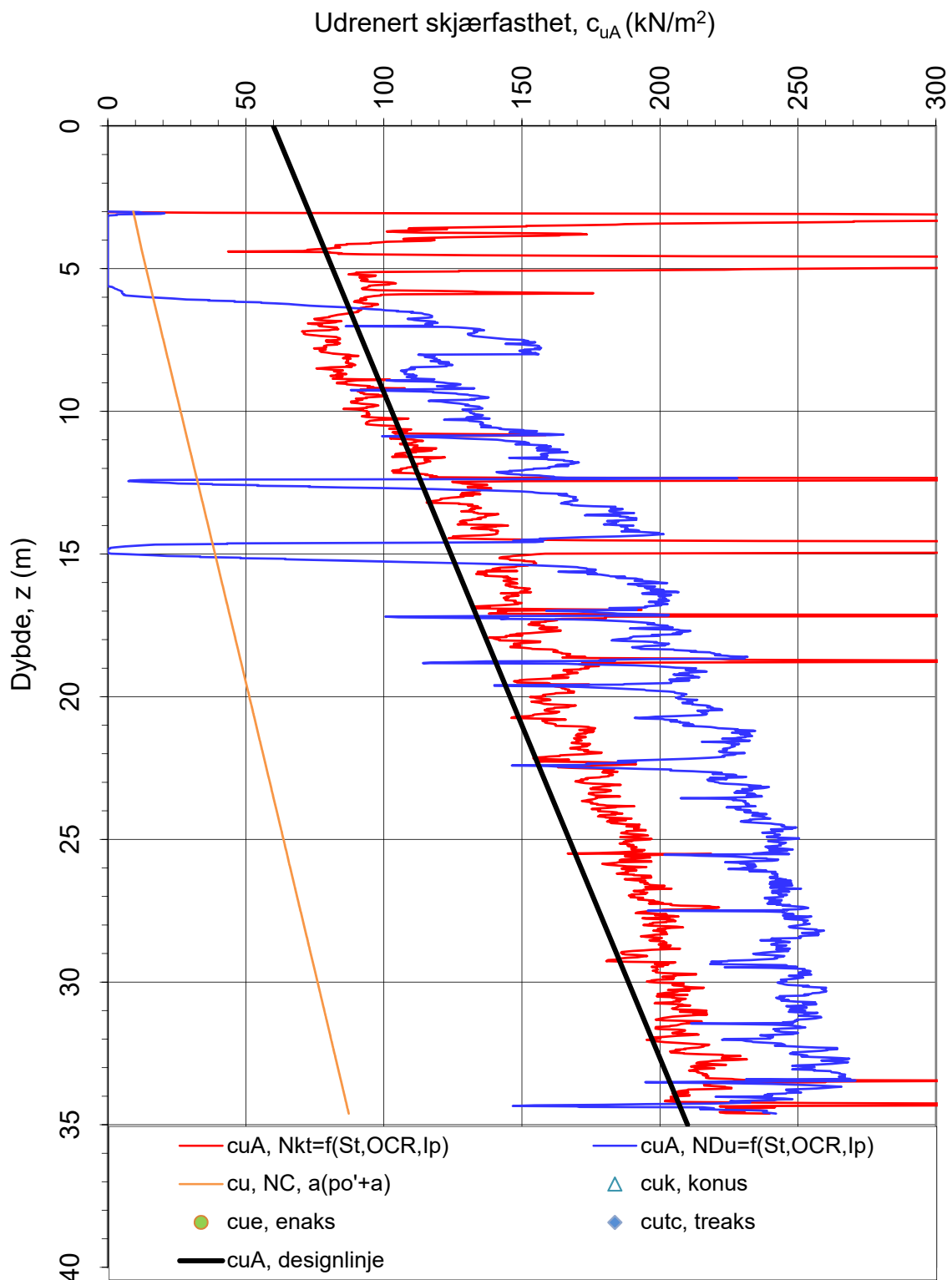


$N_{kt} = (18,7 - 12,5 \cdot B_q)$
 $N_{Du} = (1,8 + 7,25 \cdot B_q)$

α_c valgt: **0,25**

Referansemetode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver: Skifer Eiendom AS		Oppdrag: Boligfelt Ler		Tegningens filnavn: 418413-CPTU-4.xlsx	
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot B_q .				Multiconsult	
CPTU id.:	CPTU-4	Sonde:	4672		
MULTICONSULT AS	Dato: 01.05.2019	Tegnet: amo	Kontrollert: arv	Godkjent: arv	
	Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-040.5	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0	



Sensitivitetsvalg:

St > 15 fra 7 m dybde

α_c valgt:

0,25

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

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

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

Skifer Eiendom AS

Oppdrag:

Boligfelt Ler

Tegningens filnavn:

418413-CPTU-4.xlsx

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

Multiconsult

CPTU id.:

CPTU-4

Sonde:

4672

MULTICONSULT AS

Dato:

01.05.2019

Tegnet:

amo

Kontrollert:

arv

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

418413

Tegning nr.:

RIG-TEG-040.6

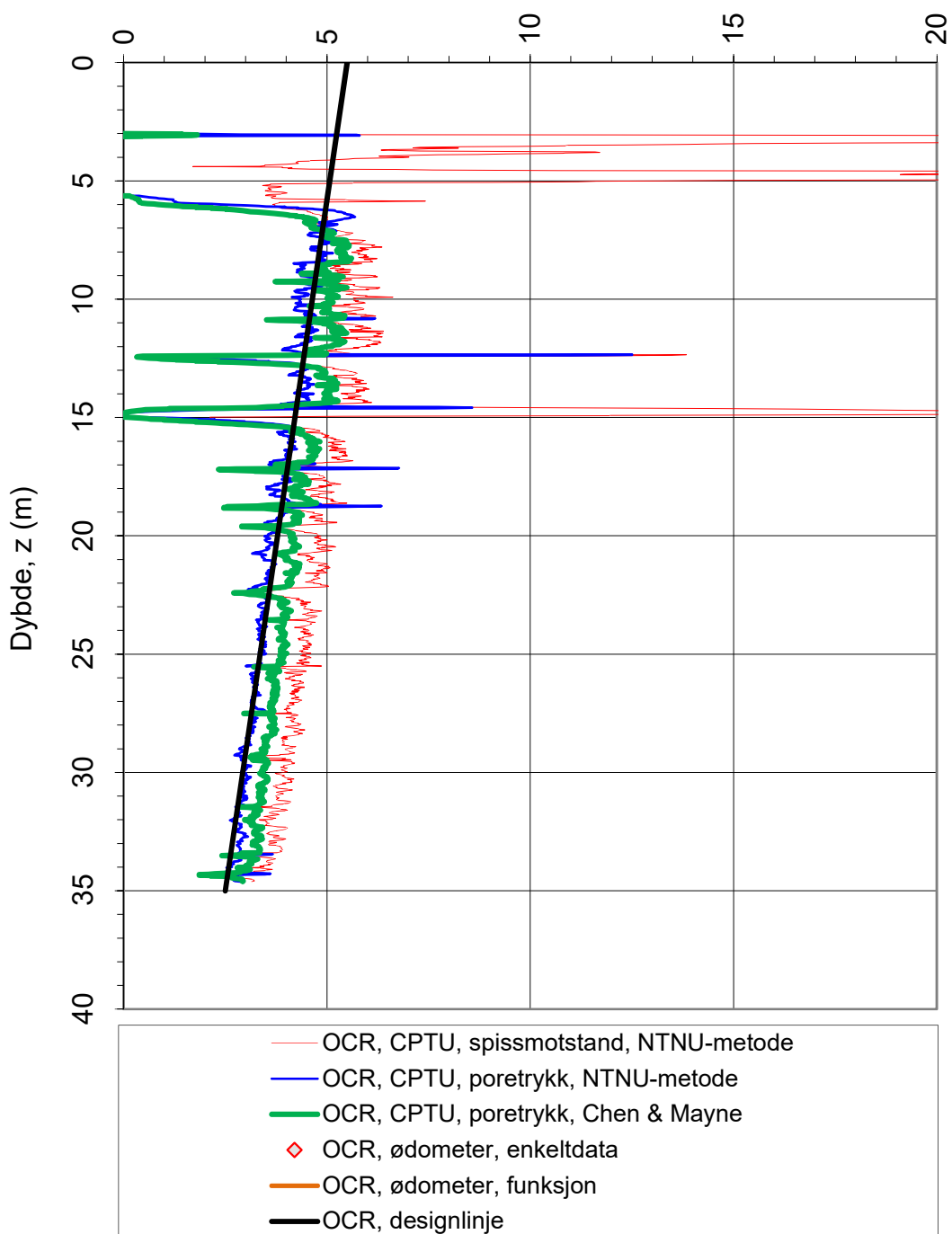
Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

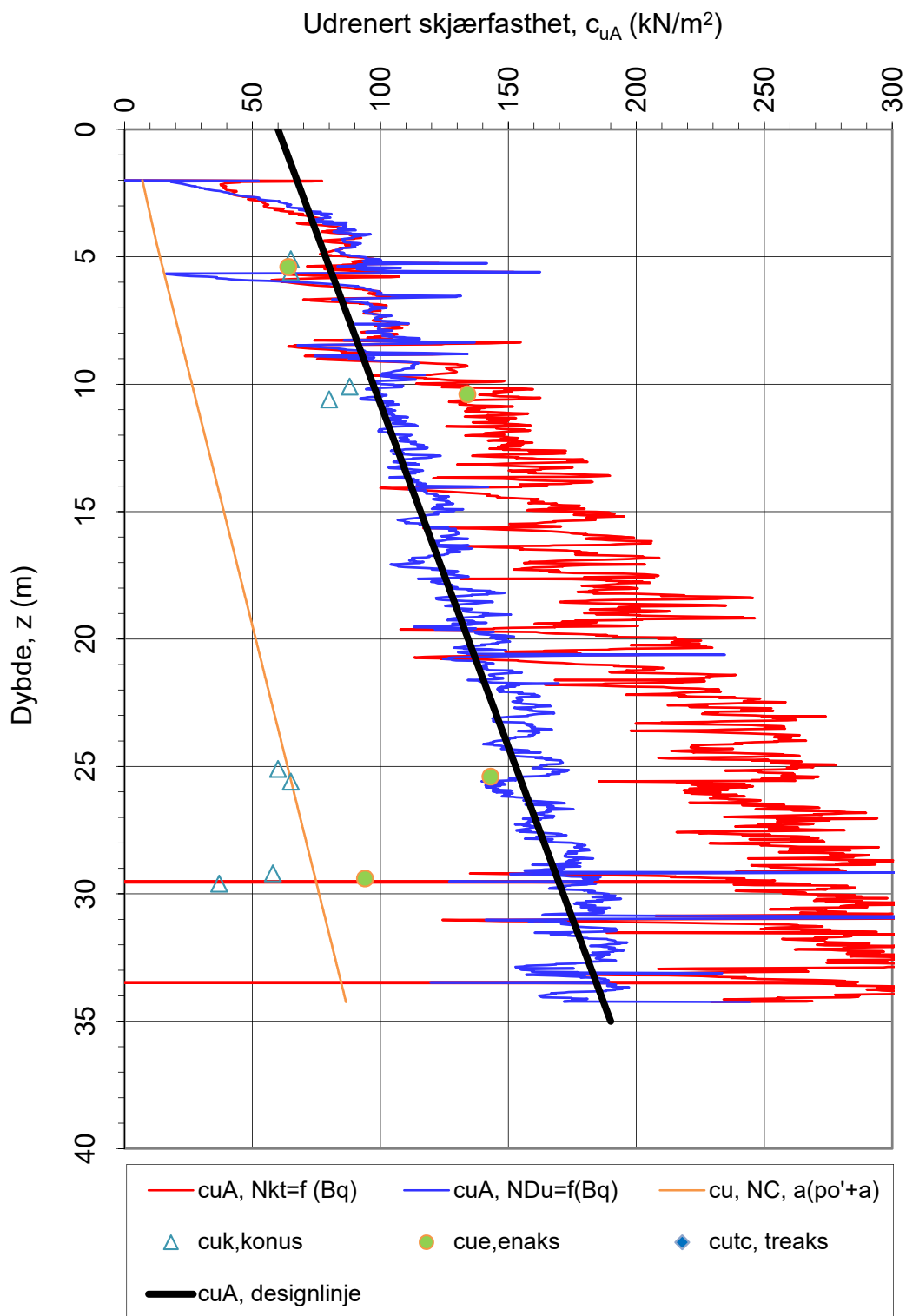
0

Prekonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$ (-)



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

Oppdragsgiver: Skifer Eiendom AS		Oppdrag: Boligfelt Ler		Tegningens filnavn: 418413-CPTU-4.xlsx
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$.				Multiconsult
CPTU id.:	CPTU-4	Sonde:	4672	
MULTICONSULT AS	Dato: 03.01.2017	Tegnet: amo	Kontrollert: arv	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-040.7	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0



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

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

α_c valgt: **0,25**

Referansemetode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver:

Skifer Eiendom AS

Oppdrag:

Boligfelt Ler

Tegningens filnavn:

418413-CPTU-5.xlsx

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

Multiconsult

CPTU id.:

CPTU-5

Sonde:

4672

MULTICONSULT AS

Dato:

01.05.2019

Tegnet:

amo

Kontrollert:

arv

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

418413

Tegning nr.:

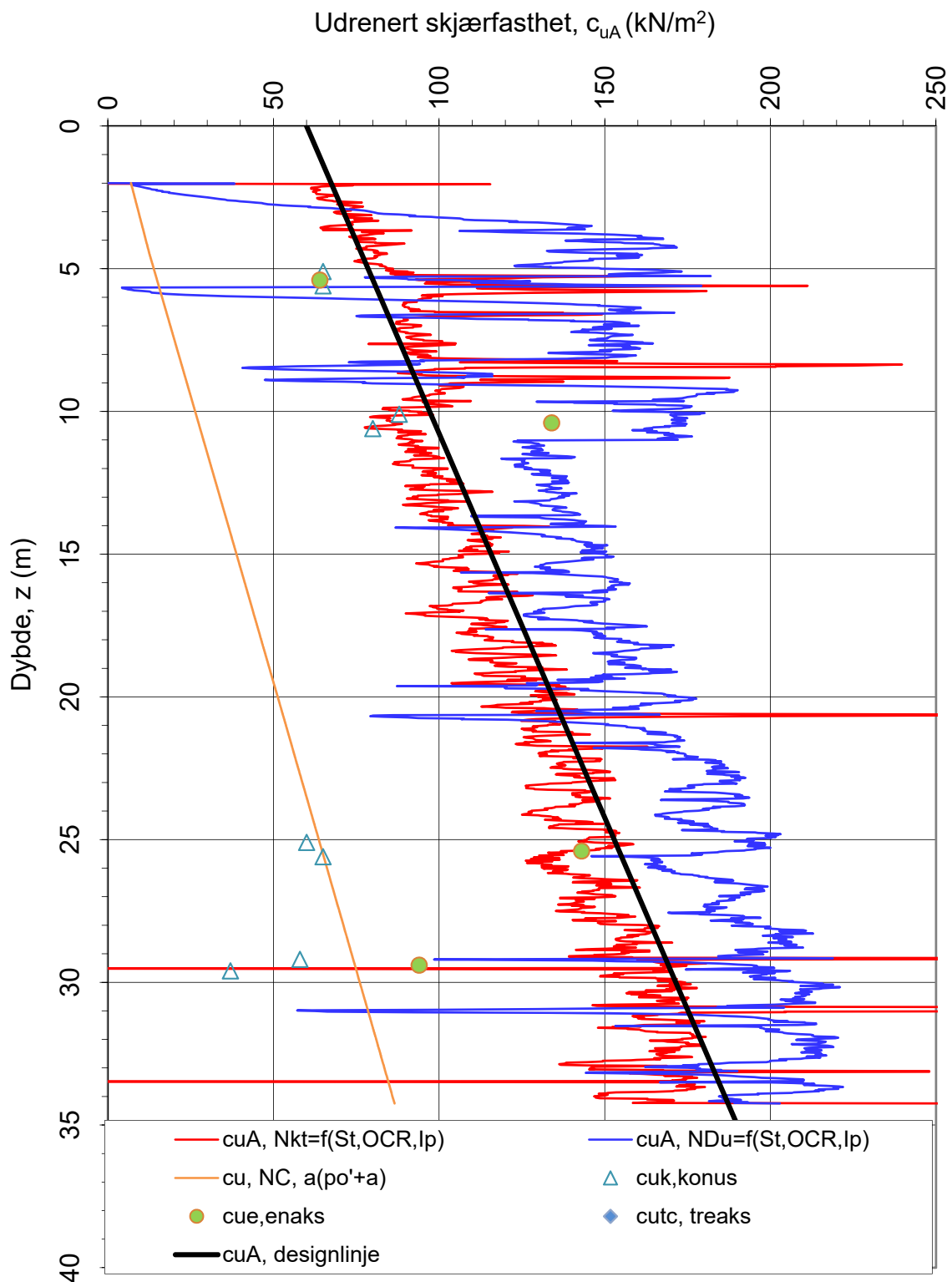
RIG-TEG-041.5

Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

0



Sensitivitetsvalg:

St > 15 fra d=10m

α_c valgt: **0,25**

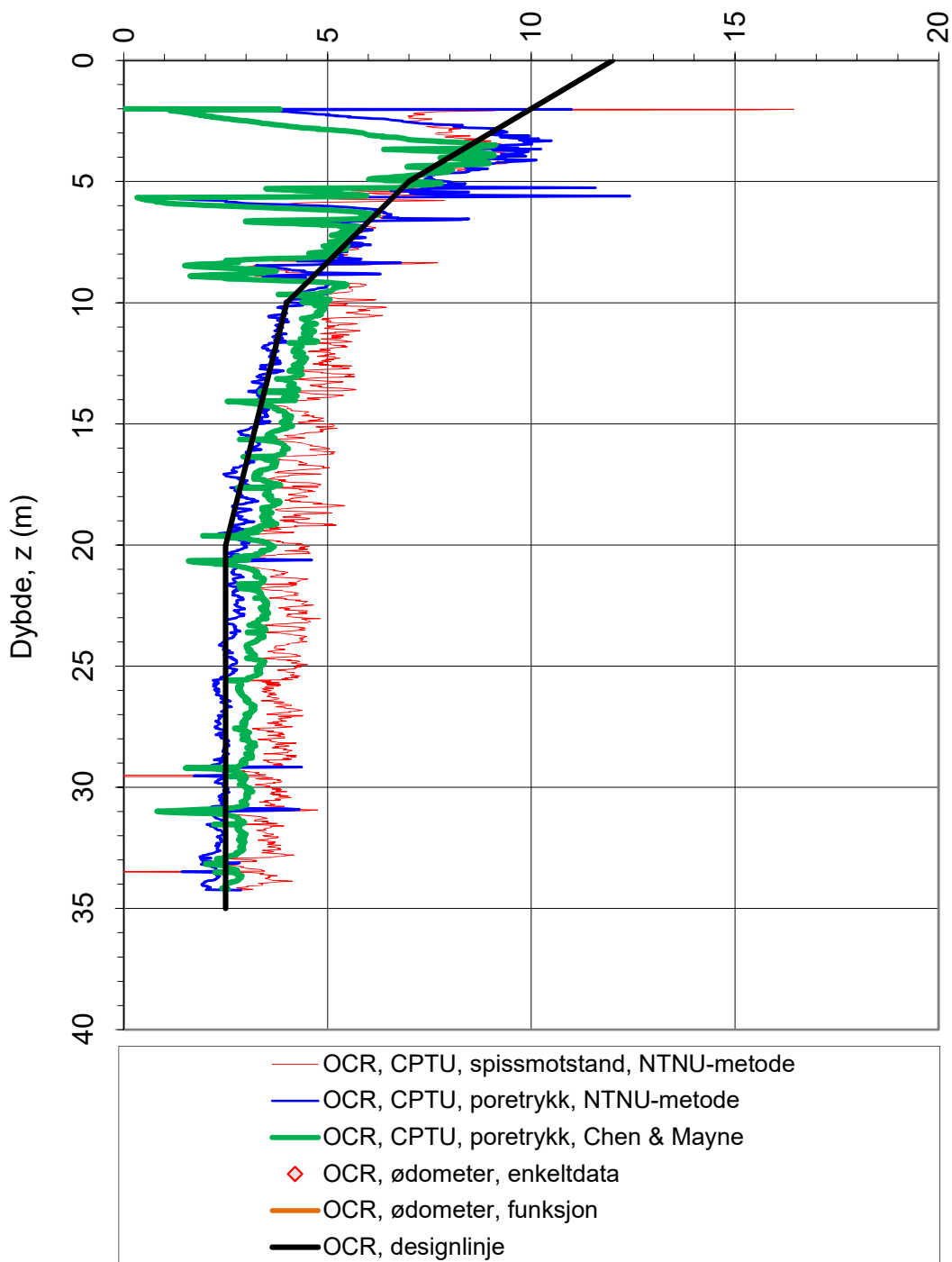
$$N_{kt} = (7,8 + 2,5 \log OCR + 0,082 I_p)$$

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

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

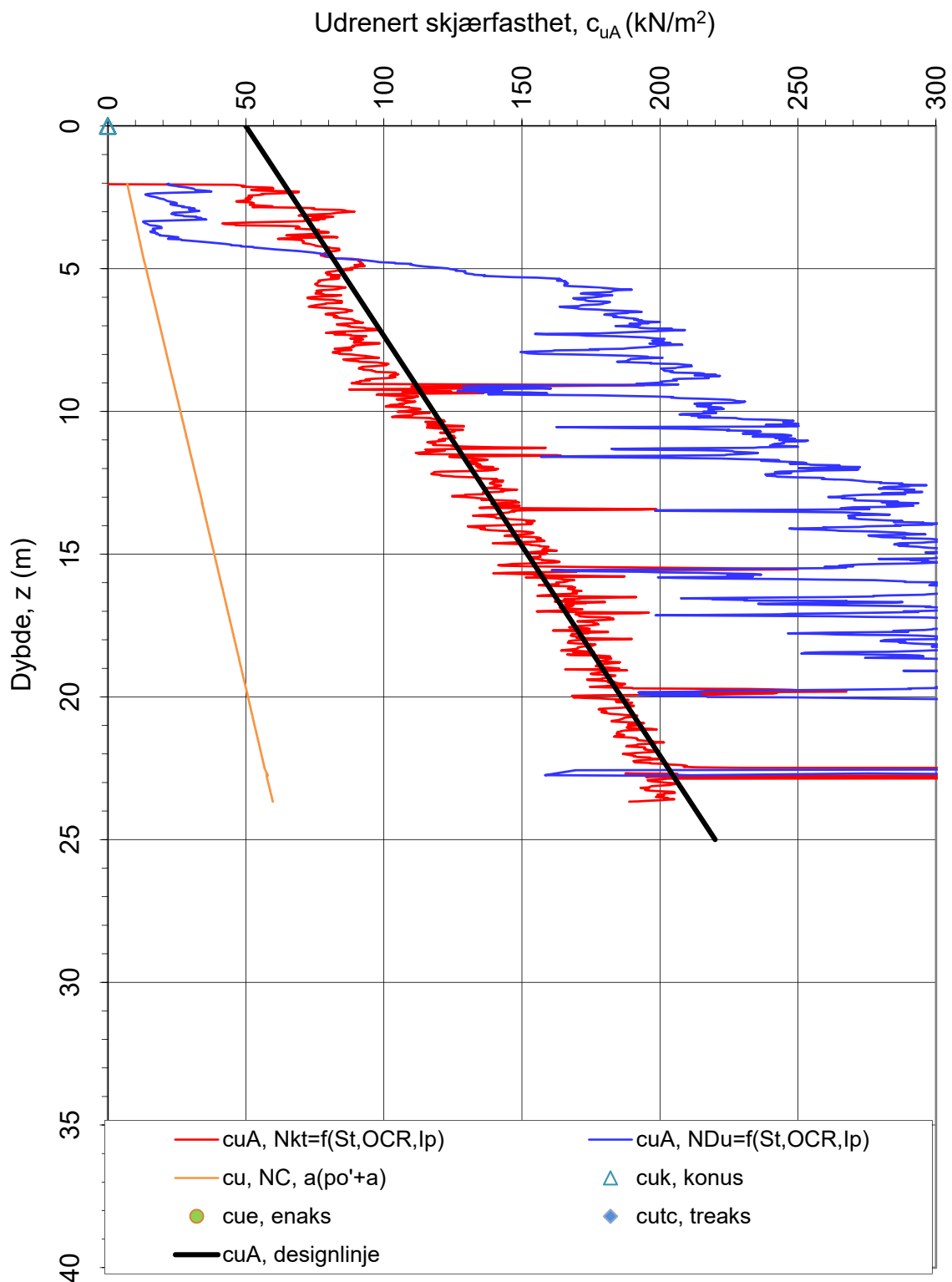
Oppdragsgiver: Skifer Eiendom AS		Oppdrag: Boligfelt Ler		Tegningens filnavn: 418413-CPTU-5.xlsx
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot S_t , OCR og I_p .				Multiconsult
CPTU id.:	CPTU-5	Sonde:	4672	
MULTICONSULT AS	Dato: 01.05.2019	Tegnet: amo	Kontrollert: arv	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-041.6	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0

Prekonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}' (-)$



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

Oppdragsgiver: Skifer Eiendom AS		Oppdrag: Boligfelt Ler		Tegningens filnavn: 418413-CPTU-5.xlsx
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$.				Multiconsult
CPTU id.:	CPTU-5	Sonde:	4672	
MULTICONSULT AS	Dato: 03.01.2017	Tegnet: amo	Kontrollert: arv	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-041.7	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0



Sensitivitetsvalg:

St > 15 fra 6 m dybde

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

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

α_c valgt:

0,25

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

Skifer Eiendom AS

Oppdrag:

Boligfelt Ler

Tegningens filnavn:

418413-CPTU-7.xlsx

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

Multiconsult

CPTU id.:

CPTU-7

Sonde:

4672

MULTICONSULT AS

Dato:

01.05.2019

Tegnet:

amo

Kontrollert:

arv

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

418413

amo

RIG-TEG-042.6

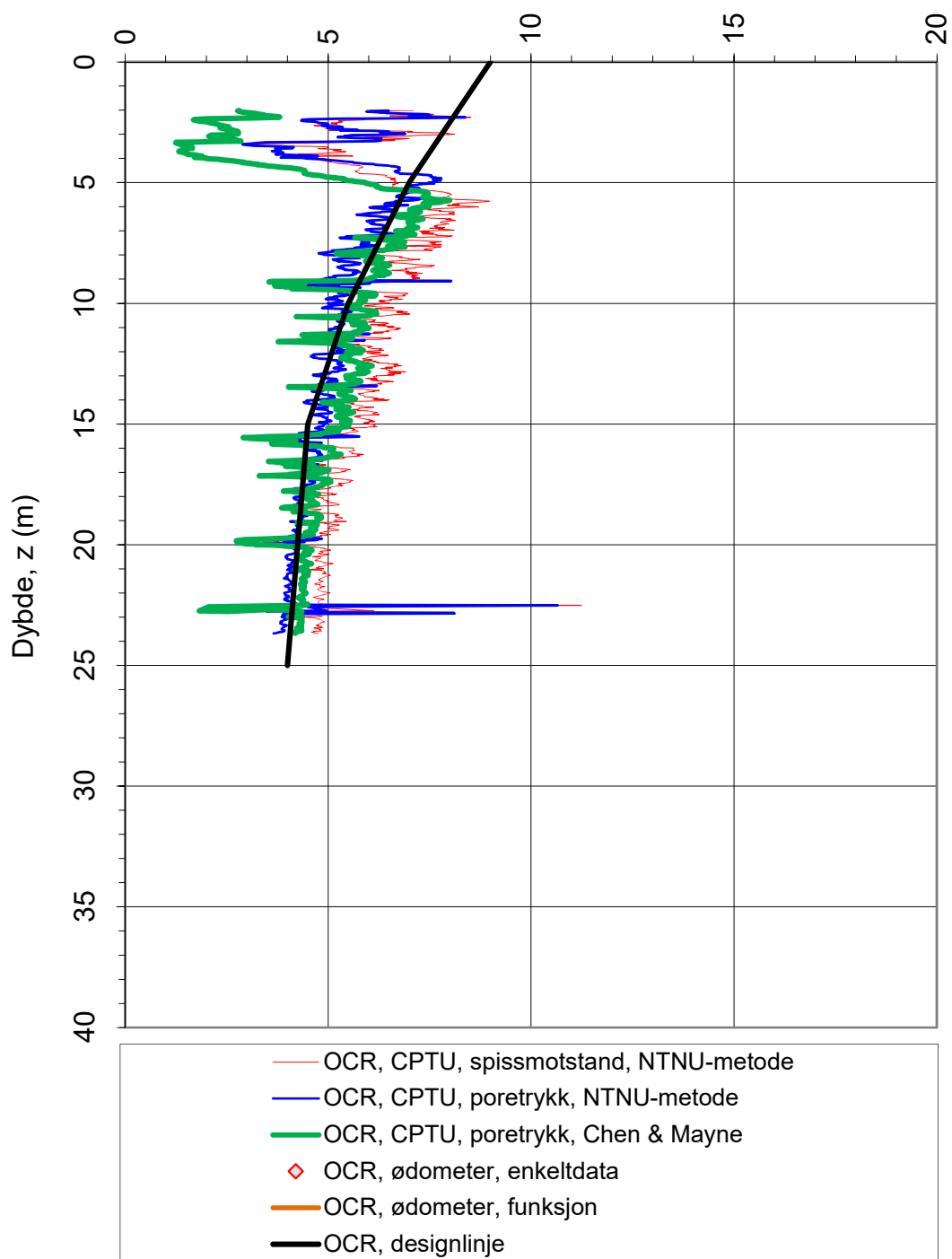
Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

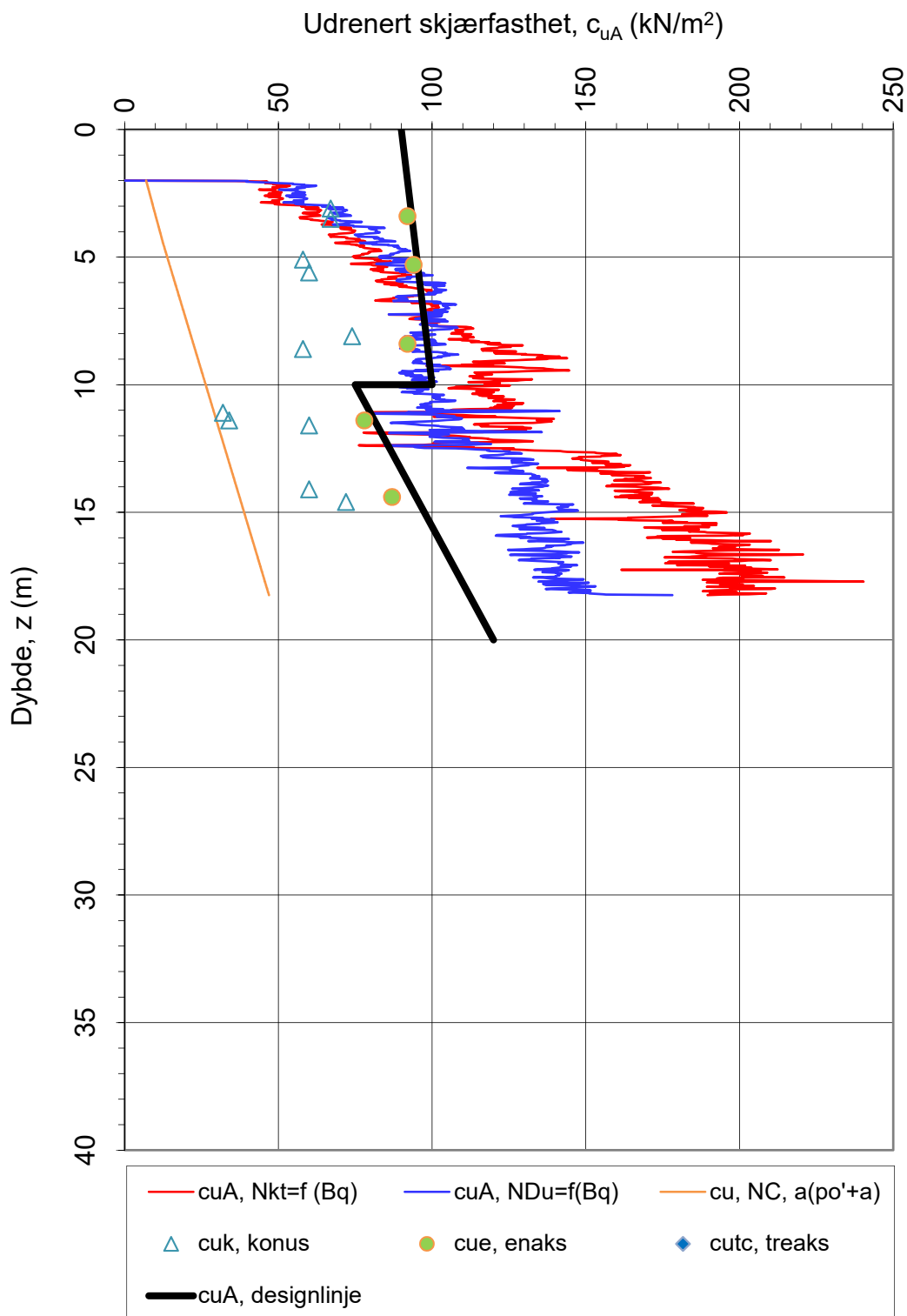
0

Prekonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}' (-)$



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

Oppdragsgiver: Skifer Eiendom AS		Oppdrag: Boligfelt Ler		Tegningens filnavn: 418413-CPTU-7.xlsx
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$.				Multiconsult
CPTU id.:	CPTU-7	Sonde:	4672	
MULTICONSULT AS	Dato: 04.01.2017	Tegnet: amo	Kontrollert: arv	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-042.7	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0



$$Nkt = (18,7 - 12,5 \cdot Bq)$$

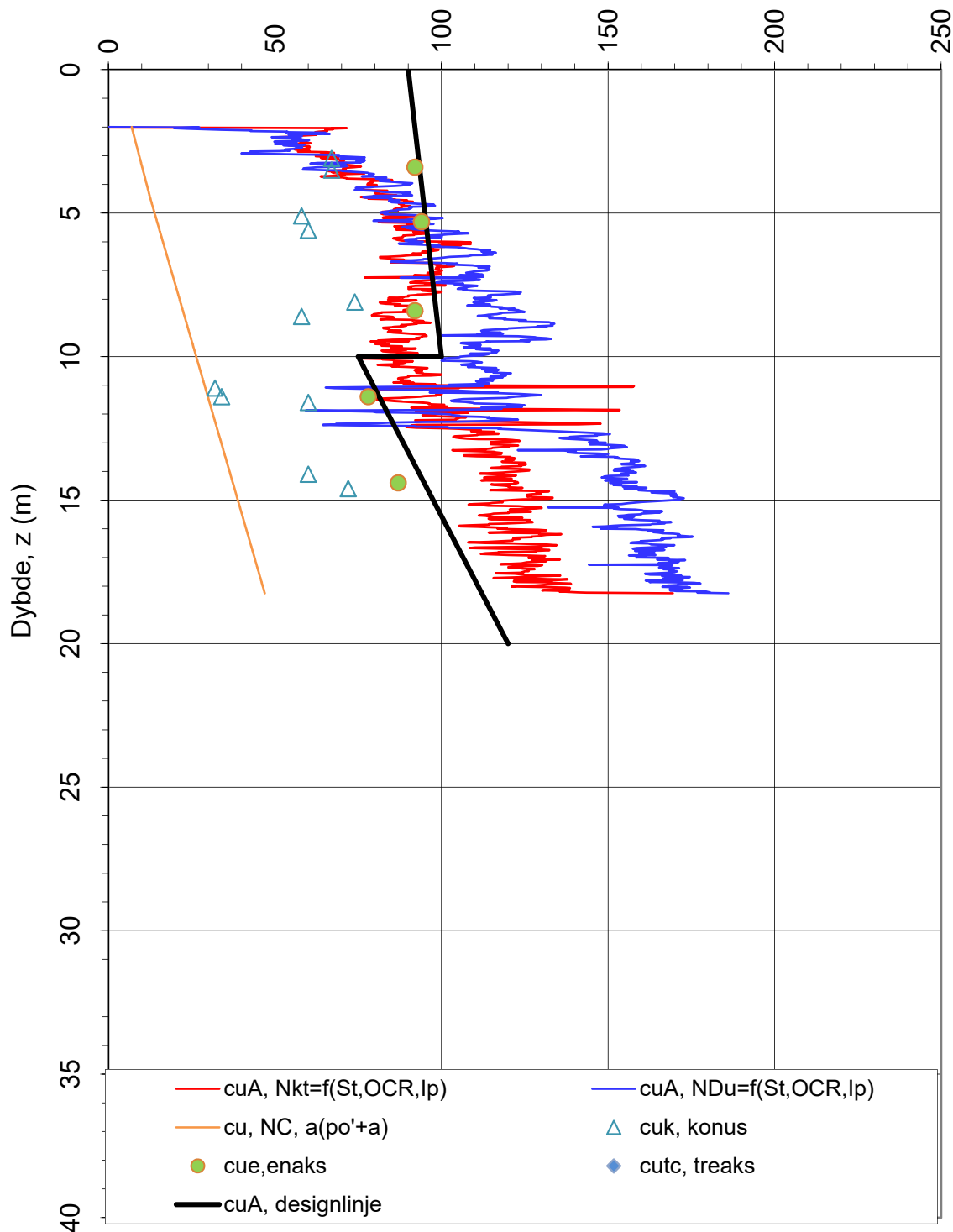
$$NDu = (1,8 + 7,25 \cdot Bq)$$

α_c valgt: **0,25**

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver: Skifer Eindom AS		Oppdrag: Boligfelt Ler		Tegningens filnavn: 418413-CPTU-9.xlsx
Aktiv udrenert skjærfasthet c_{uA} , korrelert mot B_q .				Multiconsult
CPTU id.:	CPTU-9	Sonde:	4672	
MULTICONSULT AS	Dato: 01.05.2019	Tegnet: amo	Kontrollert: arv	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-043.5	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0

Udrenert skjærfasthet, c_{uA} (kN/m²)



Sensitivitetsvalg:

St < 15

$$Nkt = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0Ip)$$

$$NDu = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0Ip)$$

α_c valgt:

0,25

Referansem metode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

Skifer Eendom AS

Oppdrag:

Boligfelt Ler

Tegningens filnavn:

418413-CPTU-9.xlsx

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

Multiconsult

CPTU id.:

CPTU-9

Sonde:

4672

MULTICONSULT AS

Dato:

01.05.2019

Tegnet:

amo

Kontrollert:

arv

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

418413

Tegning nr.:

RIG-TEG-043.6

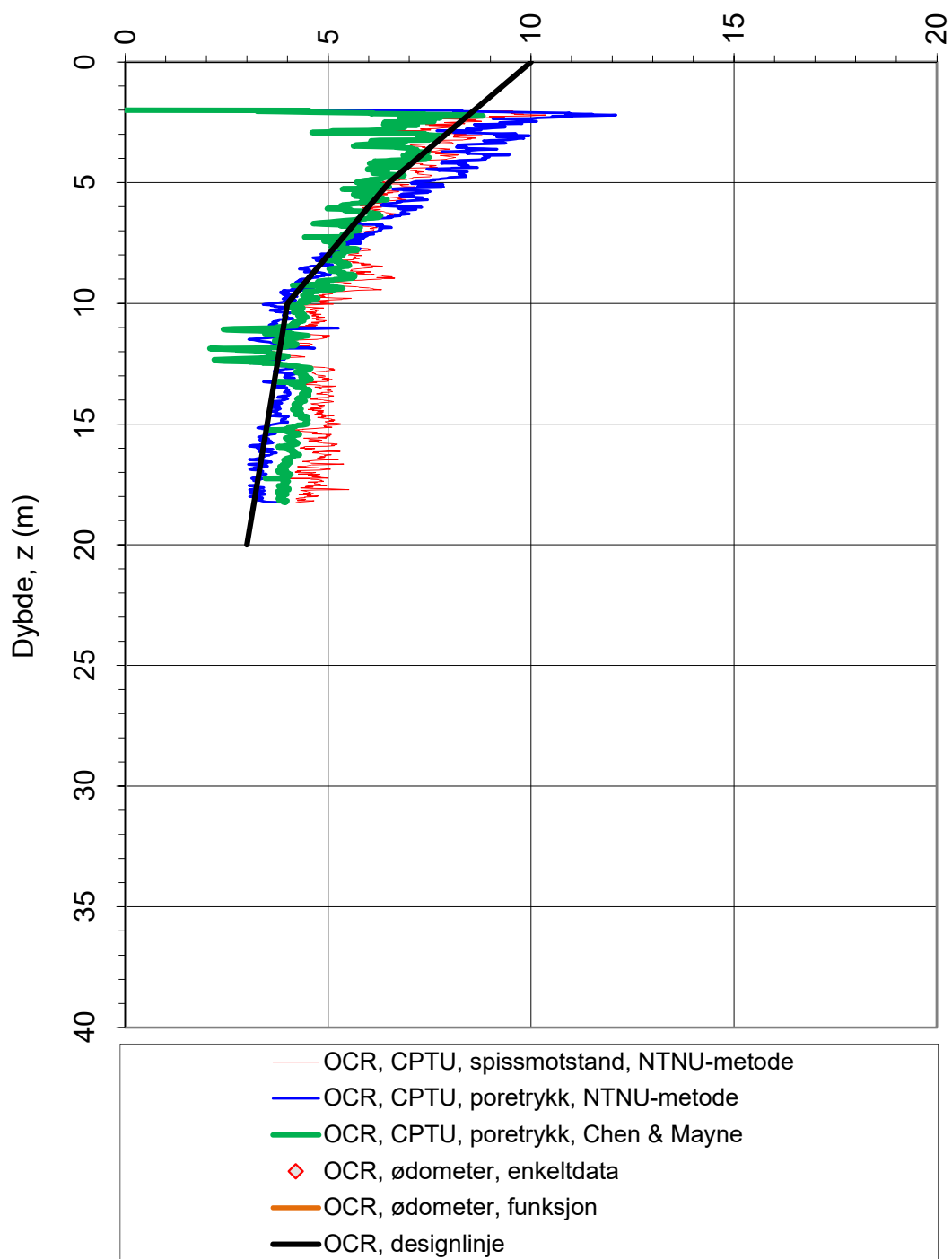
Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

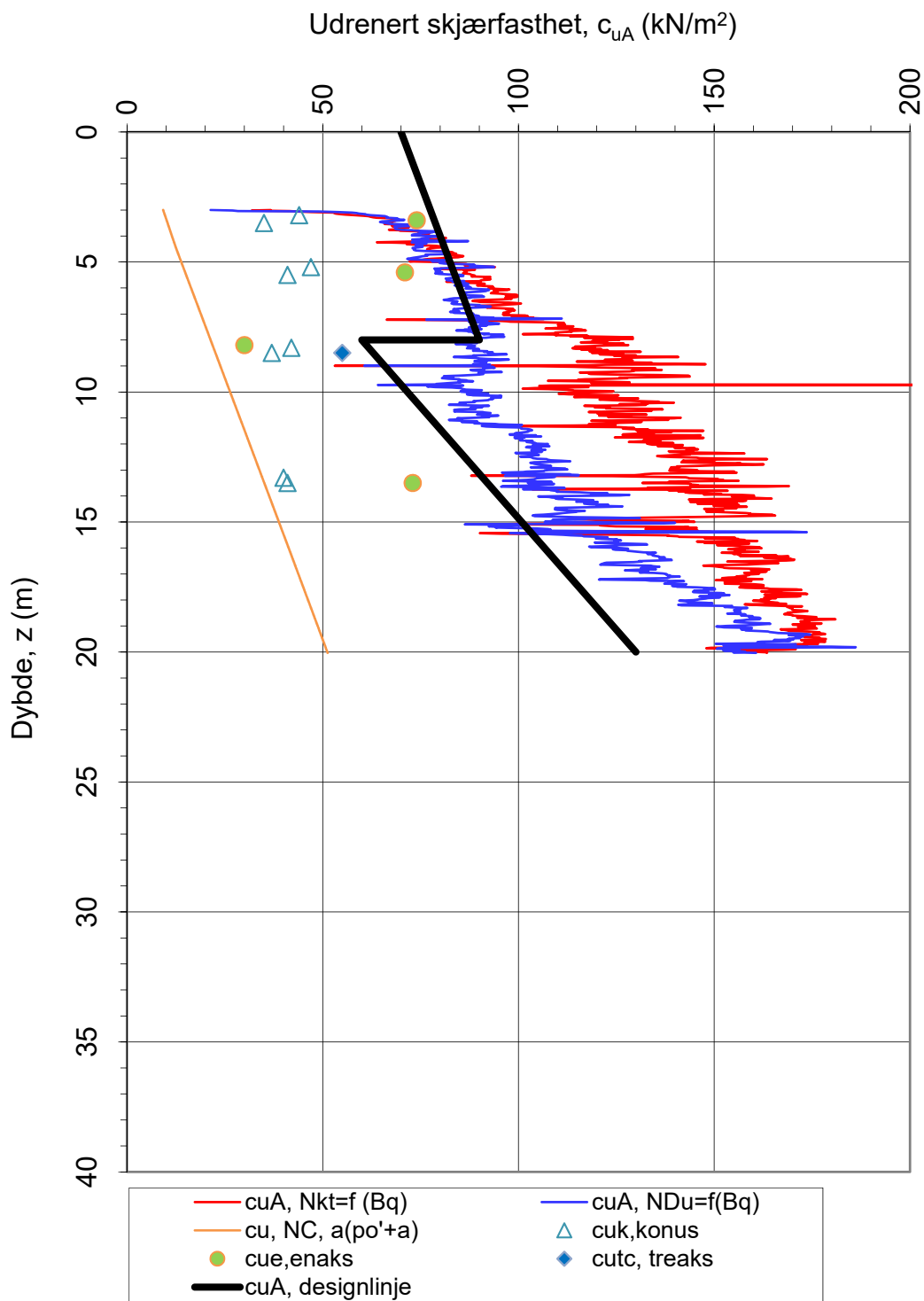
0

Prekonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$ (-)



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

Oppdragsgiver: Skifer Eindom AS		Oppdrag: Boligfelt Ler		Tegningens filnavn: 418413-CPTU-9.xlsx
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$.				Multiconsult
CPTU id.:	CPTU-9	Sonde:	4672	
MULTICONSULT AS	Dato: 06.01.2017	Tegnet: amo	Kontrollert: arv	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-043.7	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0



Nkt = (18,7-12,5·B_q)
 N_{Du} = (1,8+7,25·B_q)

α_c valgt: **0,25**

Referansem metode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver:

Skifer Eiendom AS

Oppdrag:

Boligfelt Ler

Tegningens filnavn:

418413-CPTU-12.xlsx

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

CPTU id.:

CPTU-12

Sonde:

4672

Multiconsult

MULTICONSULT AS

Dato:

01.05.2019

Tegnet:

amo

Kontrollert:

arv

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

418413

Tegning nr.:

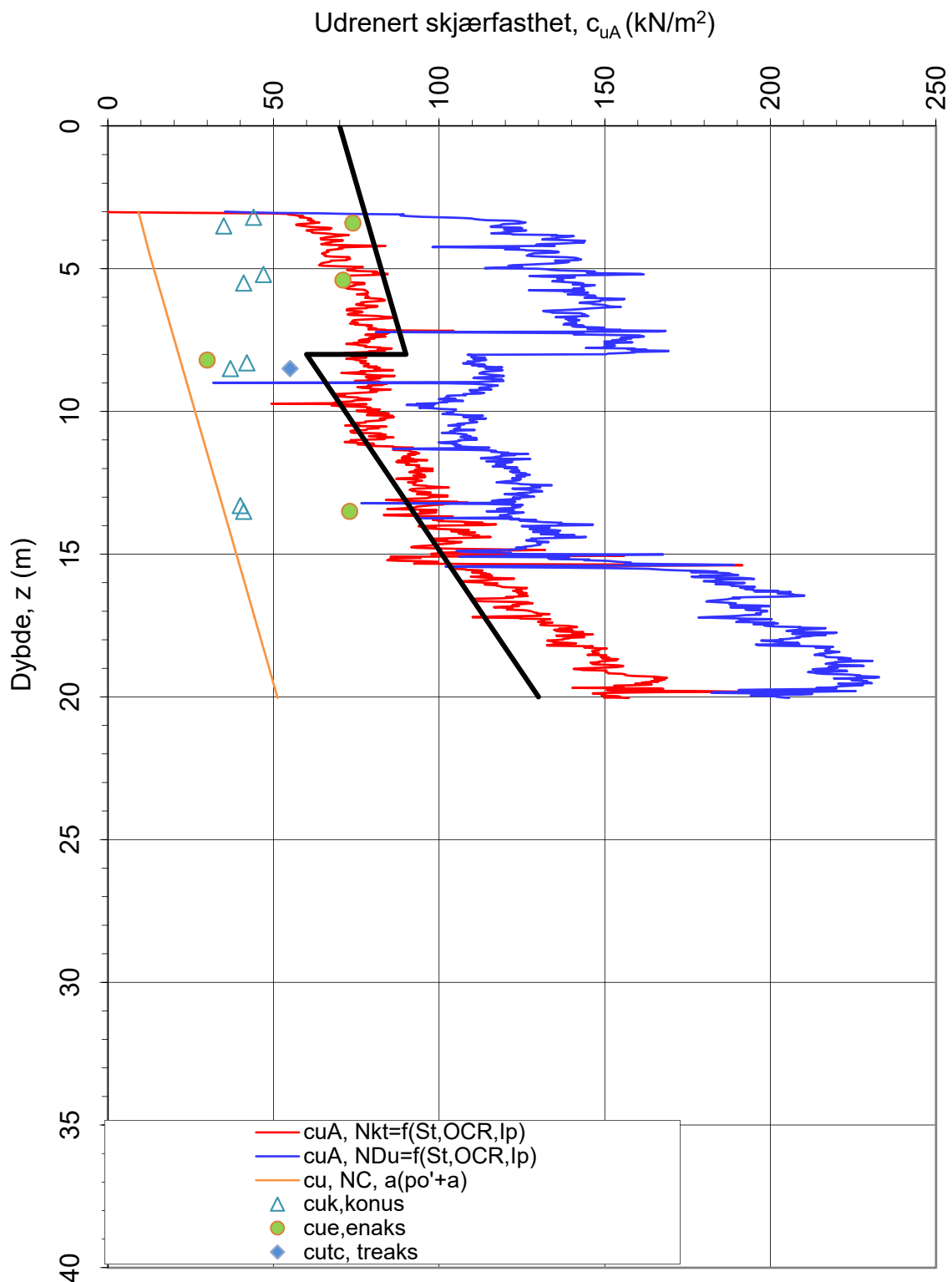
RIG-TEG-044.5

Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

0



Sensitivitetsvalg:

St > 15 mellom d=8-15 m

$$Nkt = (8,5 + 2,5 \log OCR + 0I_p)$$

$$NDu = (9,8 - 4,5 \log OCR + 0I_p)$$

α_c valgt:

0,25

Referansemetode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

Skifer Eiendom AS

Oppdrag:

Boligfelt Ler

Tegningens filnavn:

418413-CPTU-12.xlsx

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

Multiconsult

CPTU id.:

CPTU-12

Sonde:

4672

MULTICONSULT AS

Dato:

01.05.2019

Tegnet:

amo

Kontrollert:

arv

Godkjent:

arv

Oppdrag nr.:

418413

Tegning nr.:

RIG-TEG-044.6

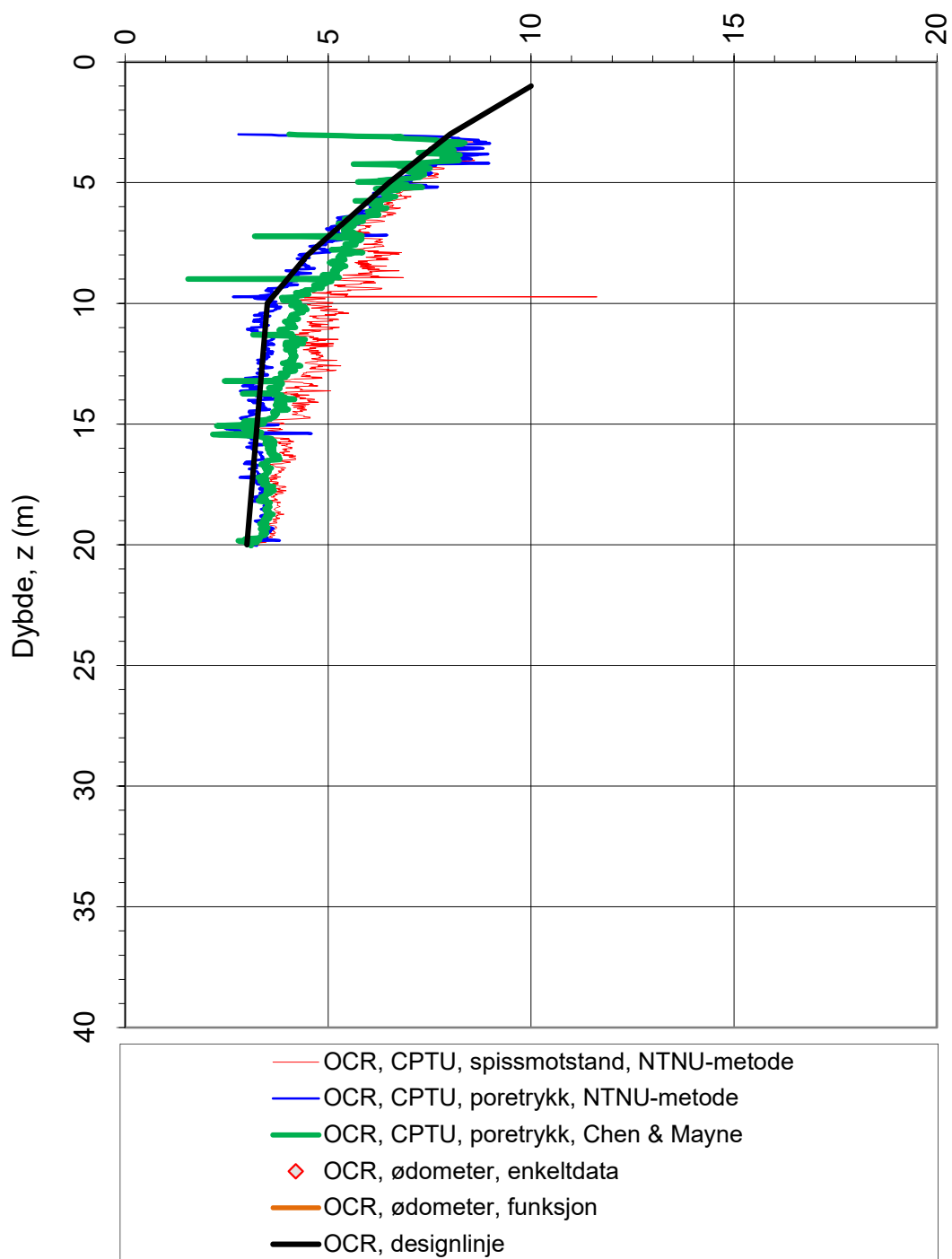
Versjon:

09.03.2016

Revisjon:

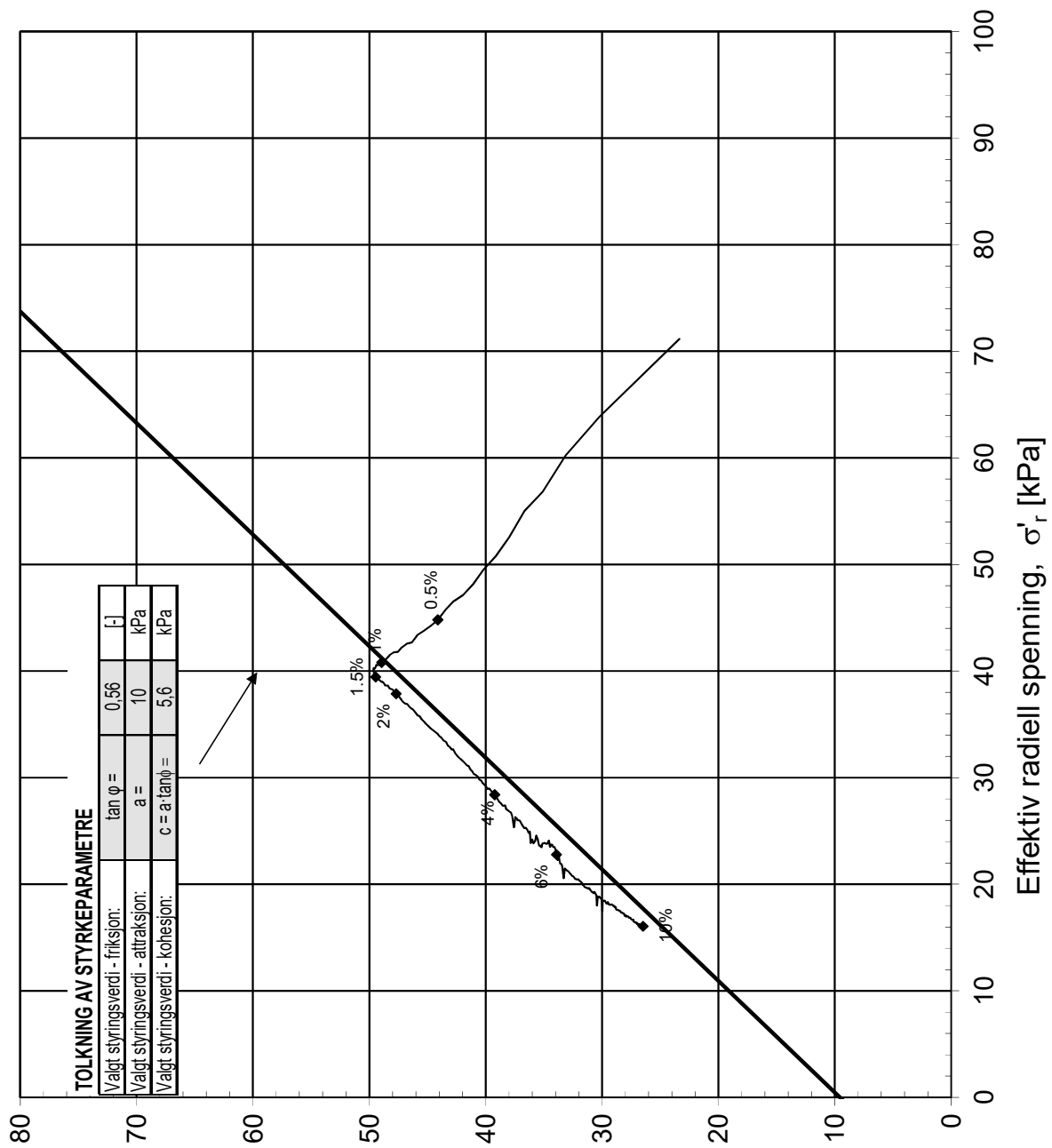
0

Prekonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}' (-)$



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

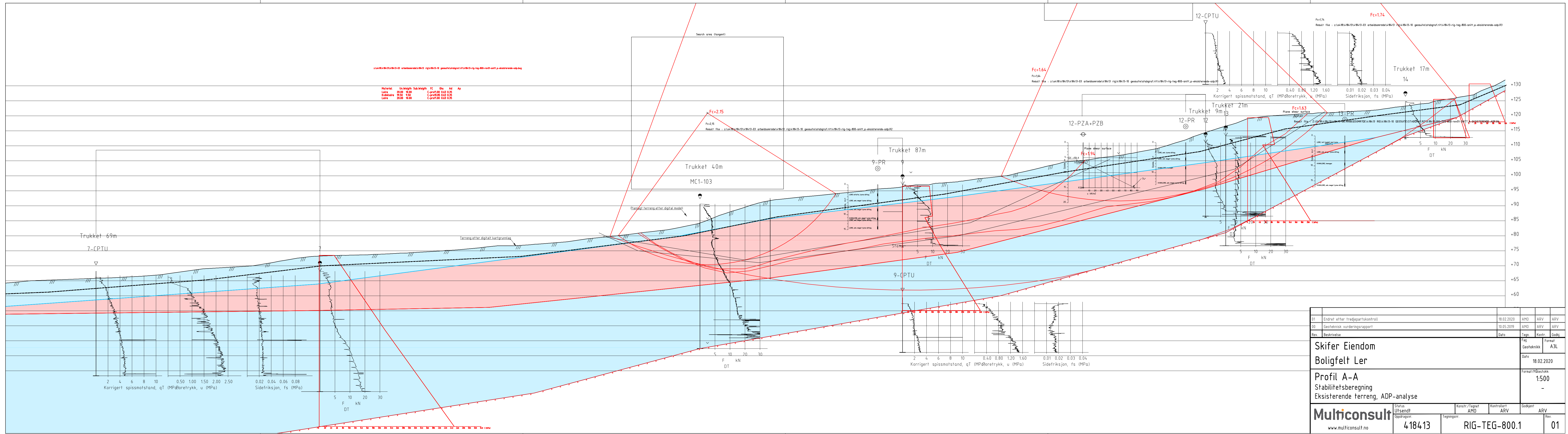
Oppdragsgiver: Skifer Eiendom AS		Oppdrag: Boligfelt Ler		Tegningens filnavn: 418413-CPTU-12.xlsx
Overkonsolideringsforhold, $OCR = \sigma_c' / \sigma_{vo}'$.				Multiconsult
CPTU id.:	CPTU-12	Sonde:	4672	
MULTICONSULT AS	Dato: 10.01.2017	Tegnet: amo	Kontrollert: arv	Godkjent: arv
	Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-044.7	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0



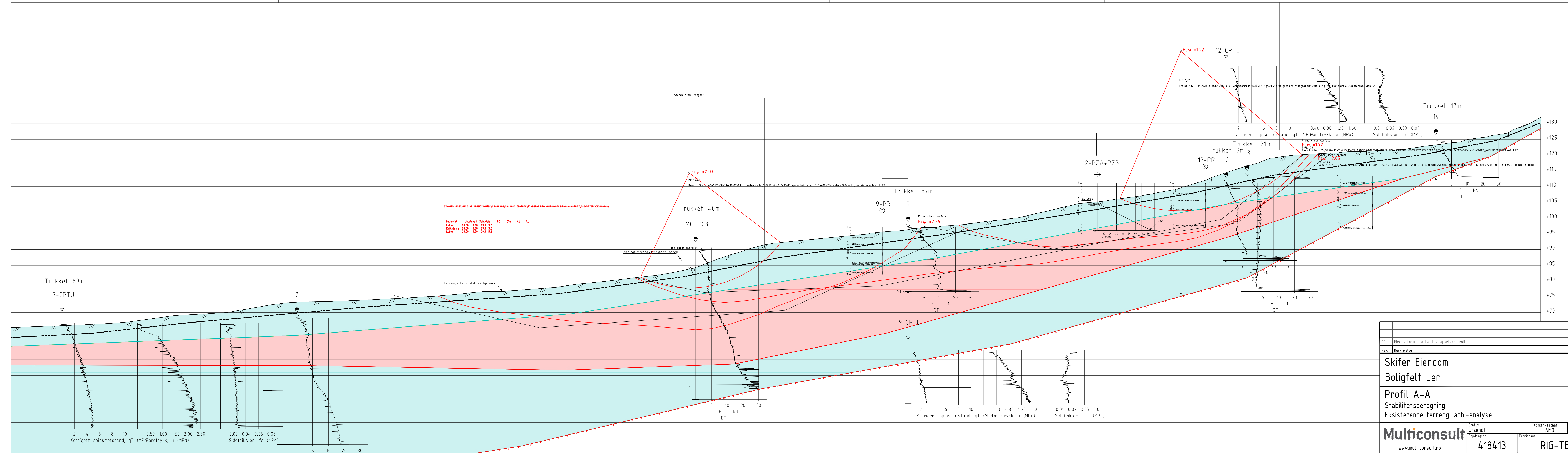
Maks. skjærspenning, $\tau_{\max} = (\sigma'_a - \sigma'_r)/2$ [kPa]

Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	117,86	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	71,16	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ε_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	3,46	$\Delta e/e_o$ (-): 0,07
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,97
Vanninnhold w_i (%):	36,96	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,90

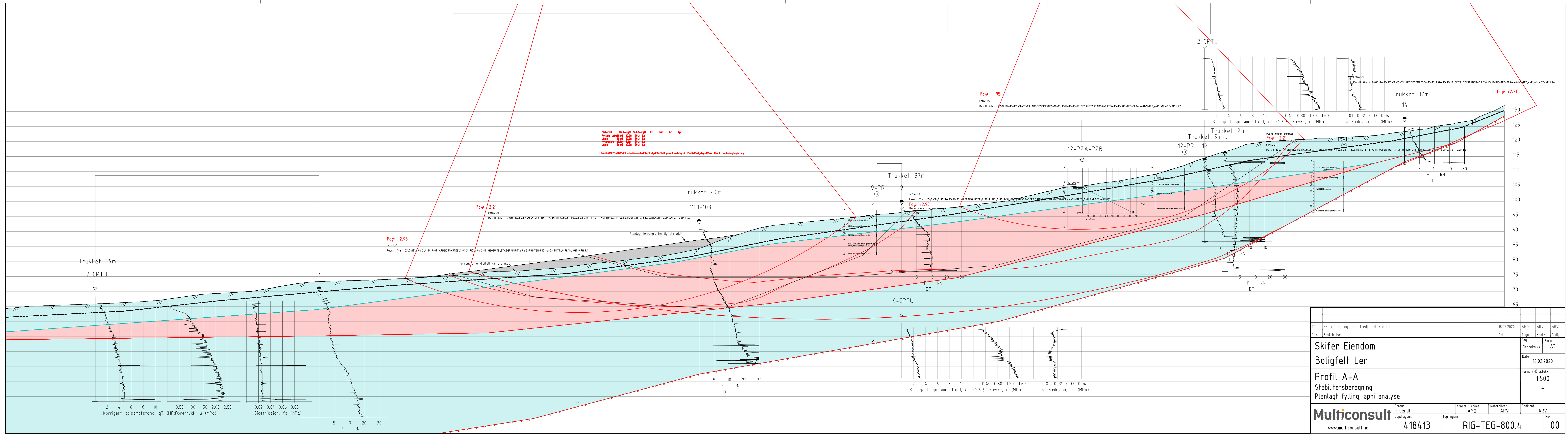
Skifer Eiendom AS		Prøvekvalitet	Tegningens filnavn: 418413-RIG-TEG-090_h12_8,5m.xlsx
Boligfelt Ler, Melhus kommune		Etter volumtøyning:	Multi consult
Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.		Etter poreallsending:	
MULTICONSULT AS Sluppenvegen, 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30		Brukbar	
Forsøksdato: 18.01.2017	Dybde, z (m): 8,50	Borpunkt nr.: 12	Godkjent: ARV
Forsøk nr.: 1	Tegnet/kontrollert lab: truk/vt	Kontrollert: AMO	Programrevisjon: 15.12.2014
Oppdrag nr.: 418413	Tegning nr.: RIG-TEG-090.4	Prosedyre: CAUa	



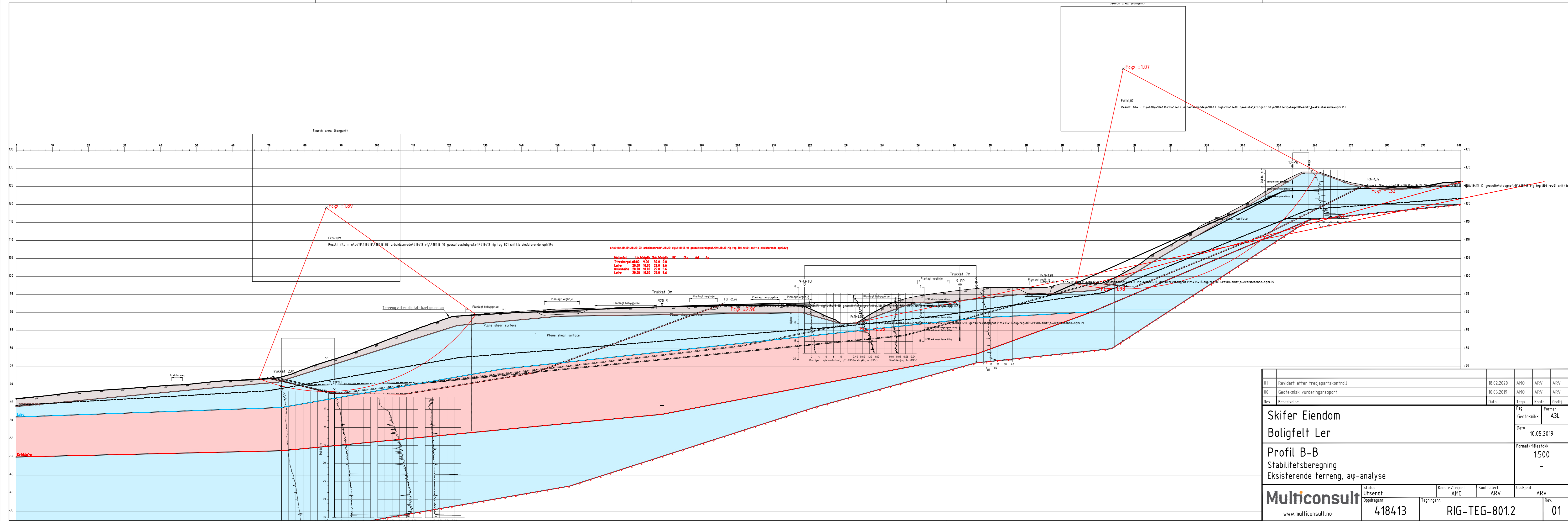
01	Endret etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknikk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
			Fag	Kontr.	Formal
			Geoteknikk		A3L
			Dato	18.02.2020	
			Format/Målestokk	1:500	
			-		
			Eksisterende terreng, ADP-analyse		
Multiconsult www.multiconsult.no			Status Utstedt	Konstr./Tegnet AMO	Kontr./Tegnet ARV
			Oppdragsnr. 418413	Tegningsnr. RIG-TEG-800.1	Godkjent ARV
					Rev. 01



00	Ekstra tegning etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr.	Godkj.
	Skifer Eiendom		Geoteknikk		A3L
	Boligfelt Ler	Dato			18.02.2020
	Profil A-A	Format/MSIestokk			1:500
	Stabilitetsberegning				-
	Eksisterende terreng, aphi-analyse				
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	AMO	ARV	ARV
		Tegningsnr.	RIG-TEG-800.3		Rev.
					01

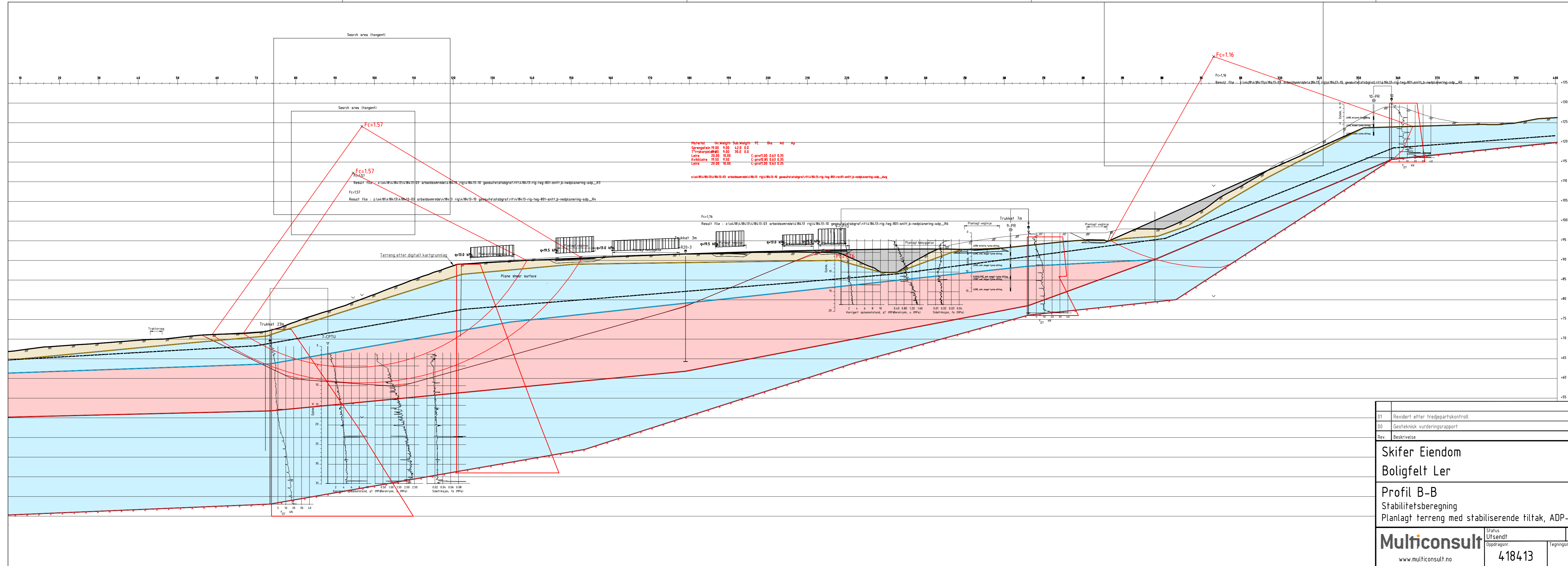


00	Ekstra tegning etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom Boligfelt Ler			Fag	Kontr.	Format
			Geoteknikk		A3L
Profil A-A Stabilitetsberegning Planlagt fylling, aphi-analyse			Dato	18.02.2020	
			Format/MSIstokk	1:500	
				-	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Oppdragsnr.	Konstr./Tegnet AMO	Kontrollert ARV	Godkjent ARV
		418413	Tegningsnr.	RIG-TEG-800.4	Rev. 00

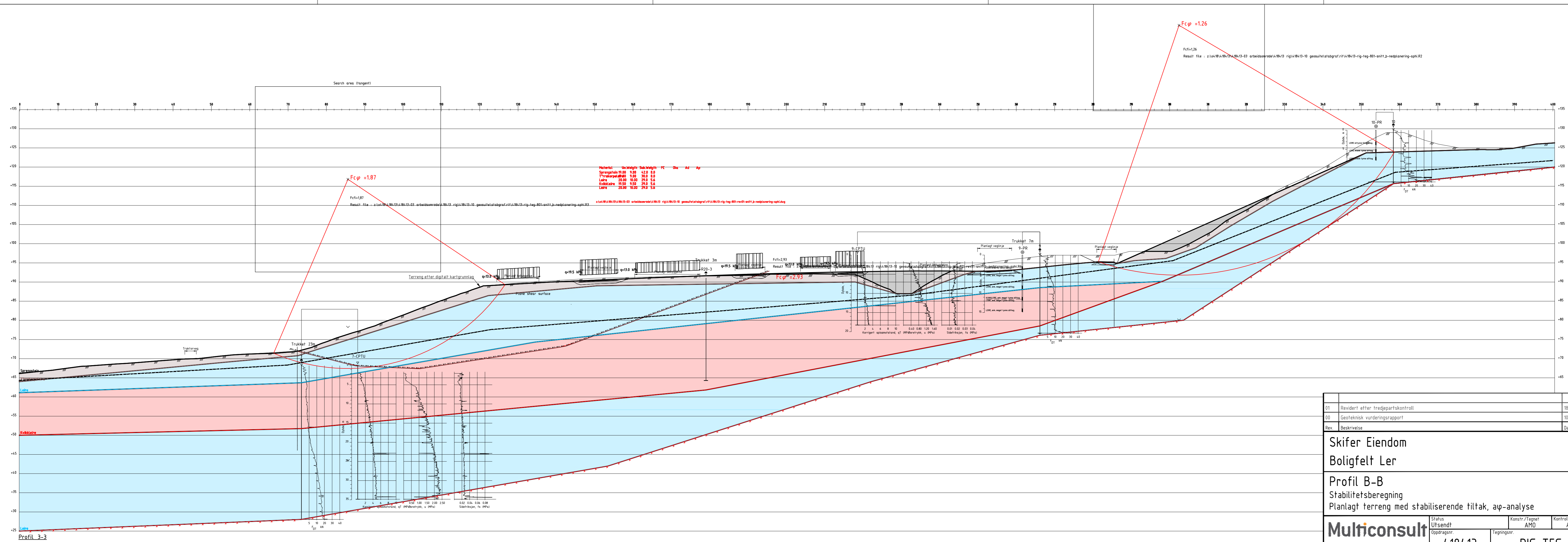


01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
Profil B-B			Dato	10.05.2019	
Stabilitetsberegning			Format/Målestokk	1:500	
Eksisterende terreng, aφ-analyse			-		
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Utsendt		AMO	ARV	ARV	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
418413		RIG-TEG-801.2	01		

Multiconsult
www.multiconsult.no

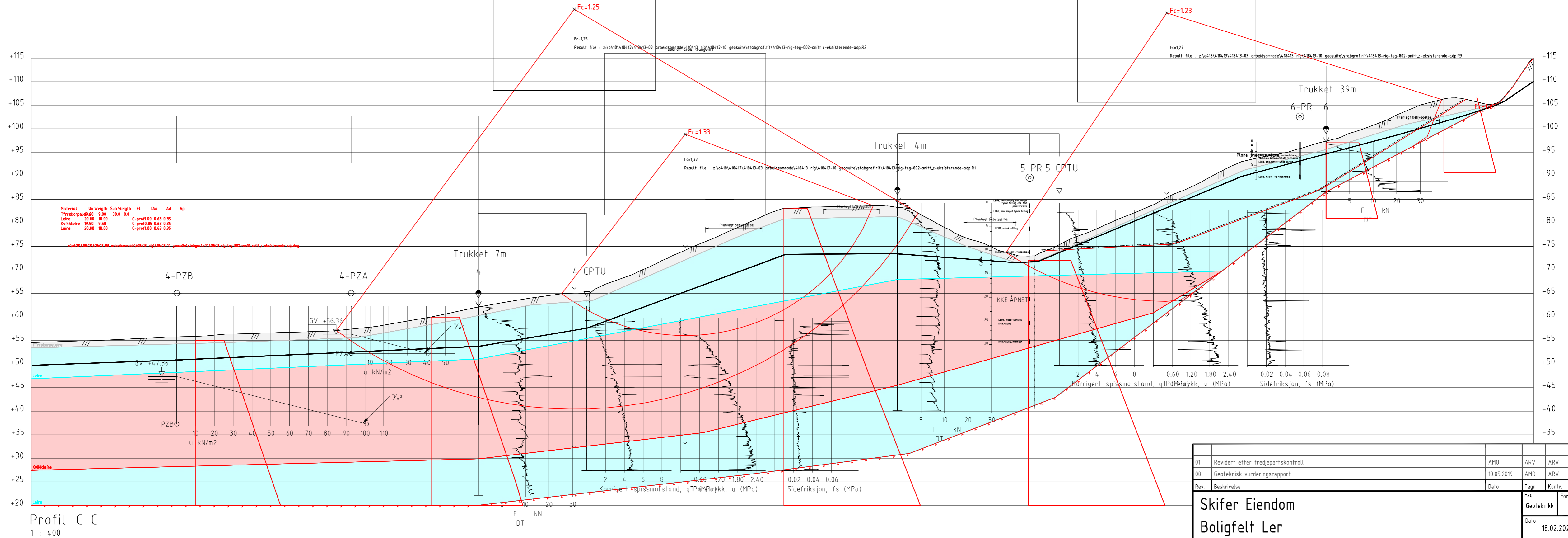


01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom Boligfelt Ler			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.02.2020	
Profil B-B Stabilitetsberegning Planlagt terreng med stabiliserende tiltak, ADP-analyse			Format/Målestokk:		
			1:500		
			-		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Utsendt		AMO	ARV	ARV	ARV
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
418413		RIG-TEG-801.4		01	



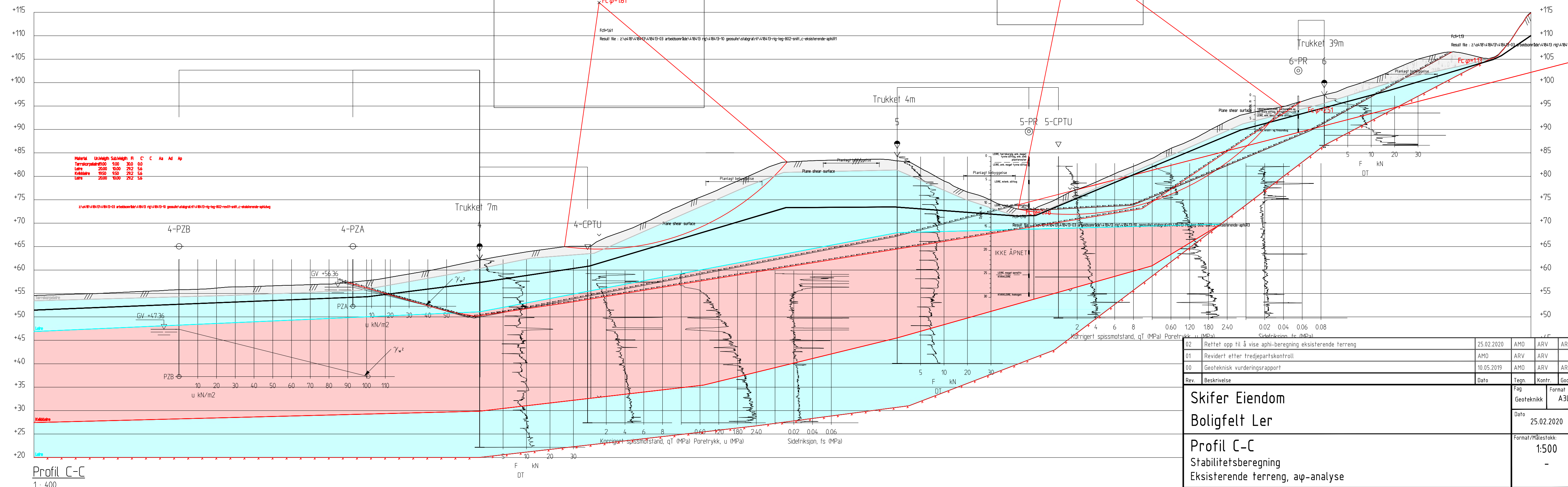
01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
Profil B-B			Dato	18.02.2020	
Stabilitetsberegning			Format/Målestokk	1:500	
Planlagt terreng med stabiliserende tiltak, $\alpha\phi$ -analyse					
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Utsendt		AMO	ARV	ARV	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
418413		RIG-TEG-801.5	01		

Multiconsult
www.multiconsult.no



Profil C-C
1 : 400

01	Revidert etter tredjepartskontroll	AMO	ARV	ARV	
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.02.2020	
Profil C-C			Format/Målestokk:	1:500	
Stabilitetsberegning					
Eksisterende terreng, ADP-analyse					
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Utsendt		AMO	ARV	ARV	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
418413		RIG-TEG-802.1	01		
www.multiconsult.no					



Profil C-C
1 : 400

Skifer Eiendom
Boligfelt Ler

Profil C-C
Stabilitetsberegning
Eksisterende terreng, aφ-analyse

Multiconsult
www.multiconsult.no

Status: Utsendt
Oppdragsnr.: 418413

Konstr./Tegnet: AMO
Tegningsnr.: RIG-TEG-802.2

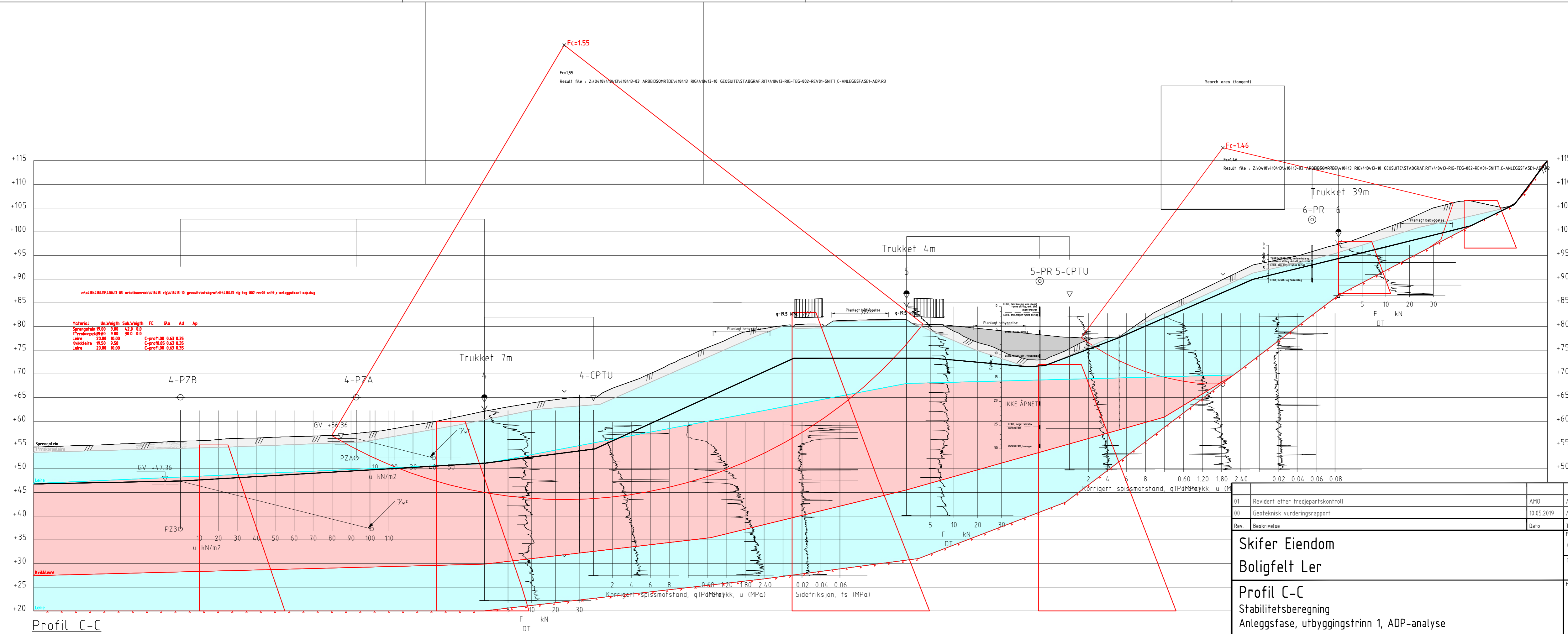
Kontrollert: ARV
Godkjent: ARV

Dato: 25.02.2020
Format/Målestokk: 1:500

Rev.: 02

Fc=1.55
 Result file : Z:\04\184\18413\18413-03\ARBEIDSMRDE\18413_RIG\18413-10\GEOSUITE\STABGRAF.RIT\18413-RIG-TEG-802-REV01-SNITT_C-ANLEGGFASE1-ADP.R3

Search area (tangent)
 Fc=1.46
 Result file : Z:\04\184\18413\18413-03\ARBEIDSMRDE\18413_RIG\18413-10\GEOSUITE\STABGRAF.RIT\18413-RIG-TEG-802-REV01-SNITT_C-ANLEGGFASE1-ADP.R3

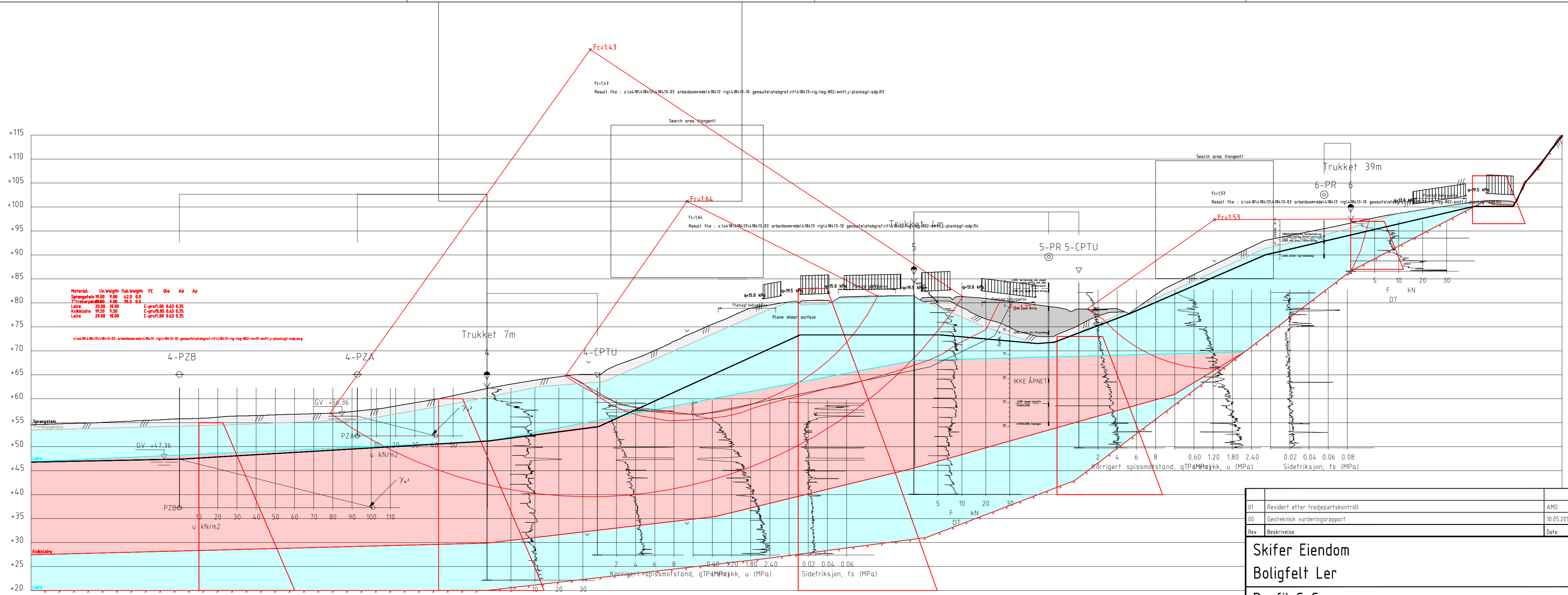


z:\04\184\18413\18413-03\arbeidsmrd\18413_rig\18413-10\geosuite\stabgraf\18413-rig-teg-802-rev01-snitt_c-anleggfase1-adp.dwg

Material	Un.Weight	Sub.Weight	FC	Ok	Ad	Ap
Sprengstein	9.00	9.00	42.0	0.0		
Traktorleire	9.00	30.0	0.0			
Leire	20.00	10.00	C-profil.00	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.50	9.50	C-profil.05	0.63	0.35	
Leire	20.00	10.00	C-profil.00	0.63	0.35	

Profil C-C
 1 : 400

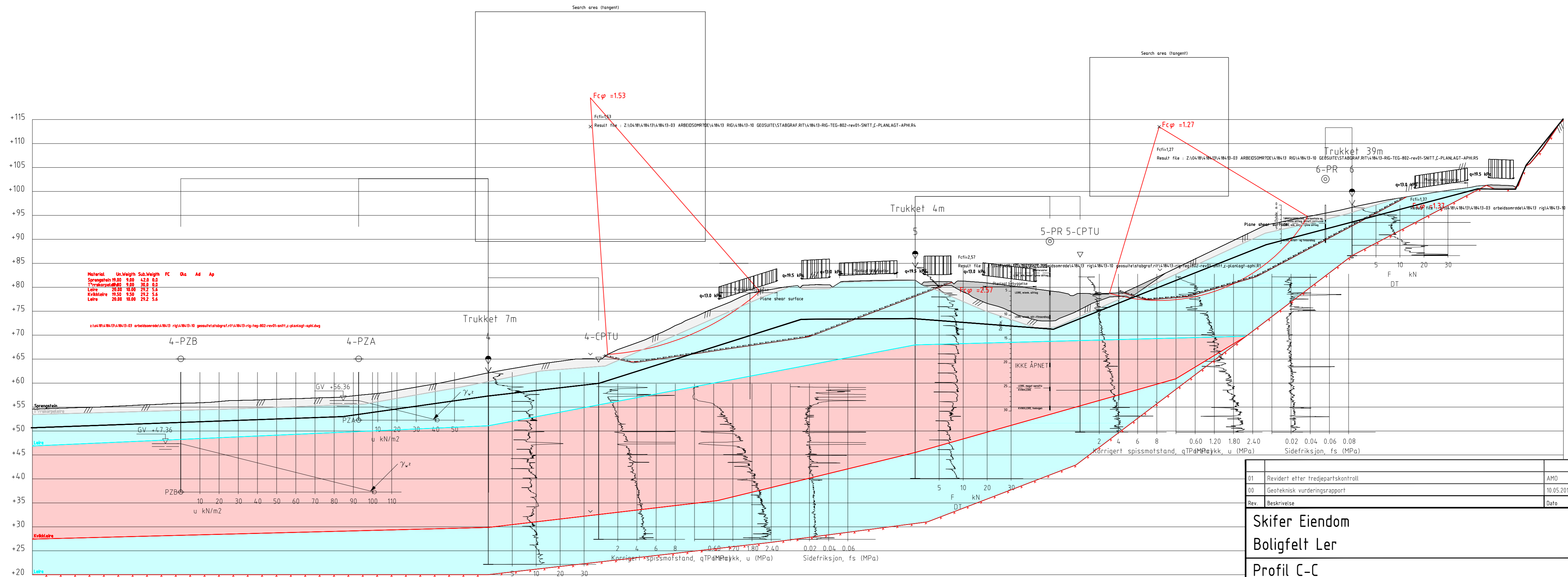
01	Revidert etter tredjepartskontroll	AMO	ARV	ARV	
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.02.2020	
Profil C-C			Format/Målestokk:		
Stabilitetsberegning			1:500		
Anleggsfase, utbyggingstrinn 1, ADP-analyse			-		
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Utsendt		AMO	ARV	ARV	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
418413		RIG-TEG-802.3	01		
www.multiconsult.no					



Material	Un. Weigh	Sub. Weigh	FC	Ok	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	9.00	42.0	0.0		
Leire	20.00	10.00	C-profil	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.50	9.50	C-profil	0.63	0.35	
Leire	20.00	10.00	C-profil	0.63	0.35	

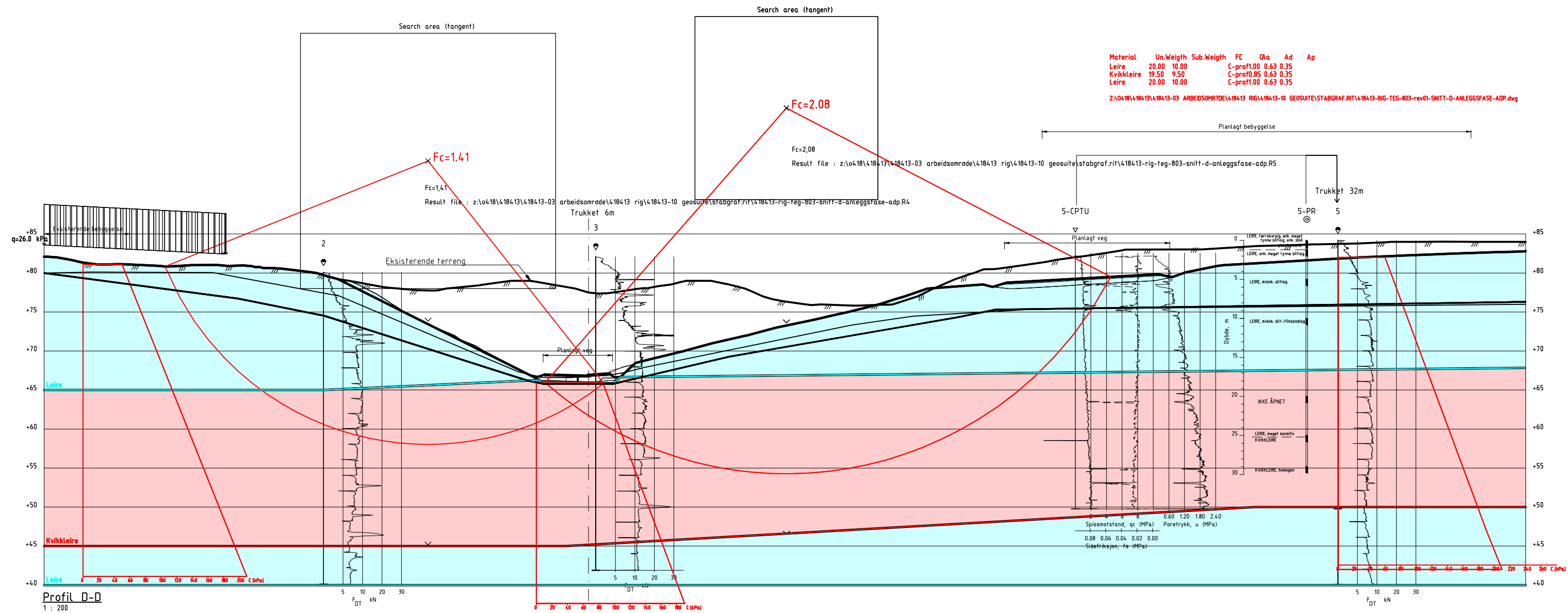
Profil C-C
1 : 400

01	Revidert etter tredjepartskontroll	AMO	ARV	ARV	
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.02.2020	
Profil C-C			Format/Målestokk:		
Stabilitetsberegning			1:500		
Planlagt terreng, ADP-analyse			-		
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Utsendt		AMO	ARV	ARV	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
418413		RIG-TEG-802.5	01		
www.multiconsult.no					

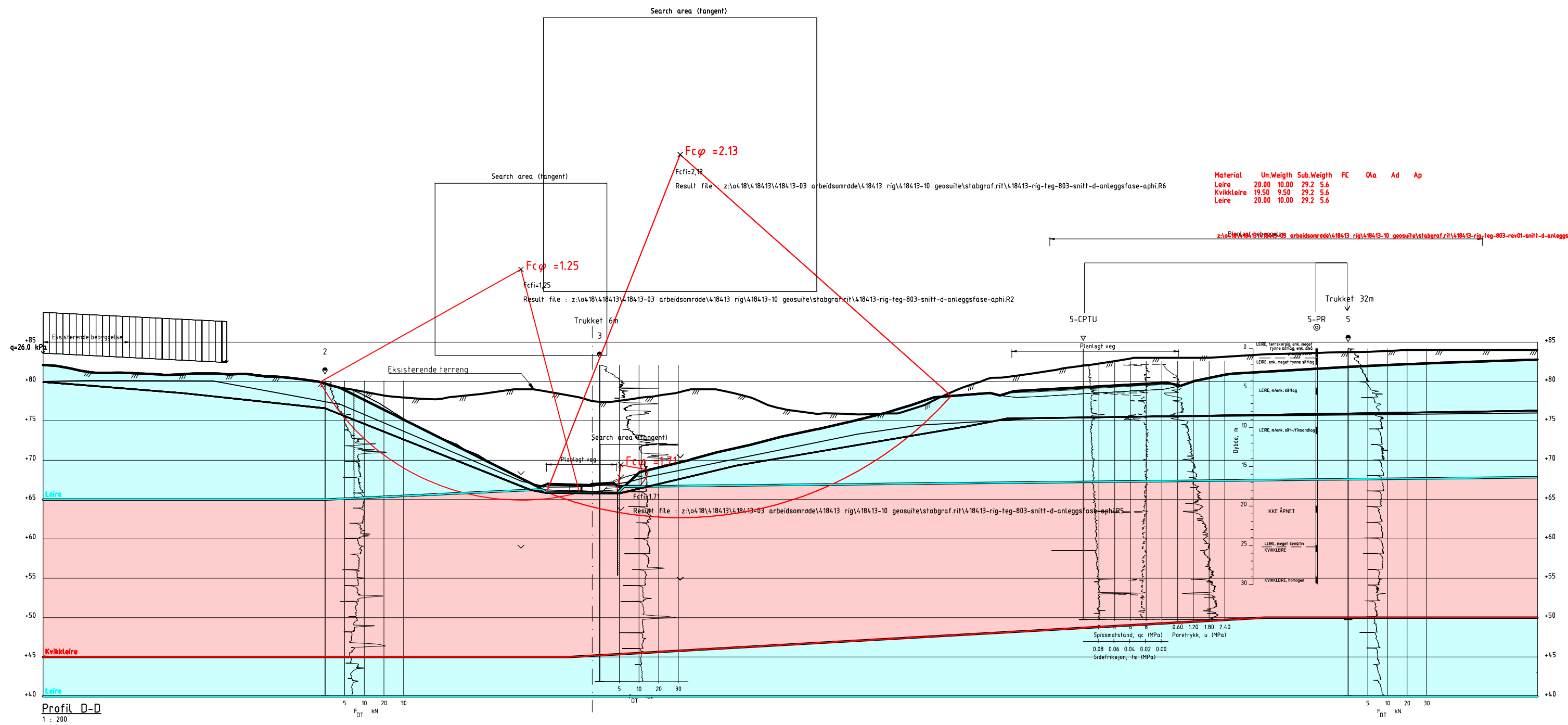


Profil C-C
1 : 400

01	Revidert etter tredjepartskontroll	AMO	ARV	ARV	
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom Boligfelt Ler			Fag	Format	
			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.02.2020	
Profil C-C Stabilitetsberegning Planlagt terreng, aφ-analyse			Format/Målestokk:	1:500	
				-	
Multiconsult www.multiconsult.no		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Utsendt		AMO	ARV	ARV	ARV
Oppdragsnr.	Tegningsnr.			Rev.	
418413	RIG-TEG-802.6			01	

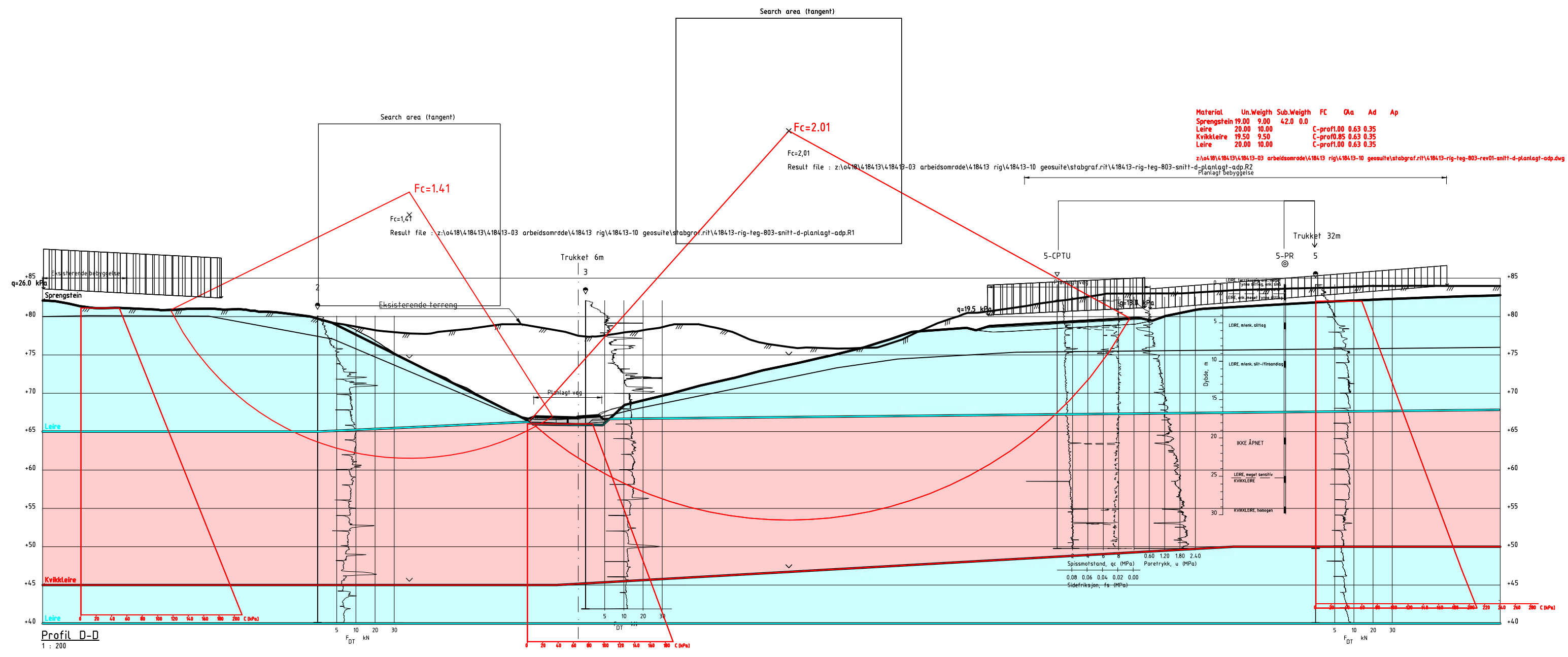


01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom Boligfelt Ler			Fag Geoteknikk	Format A3L	
Profil D-D Stabilitetsberegning Anleggsfase, ADP-analyse			Dato 18.02.2020		
			Format/Målestokk: 1:500		
Multiconsult www.multiconsult.no			Status Utsendt Oppdragsnr. 4 184 13	Konstr./Tegnet AMO	Kontrollert ARV
			Godkjent ARV		Rev. 01
			Tegningsnr. RIG-TEG-803.1		



Profil D-D
1 : 200

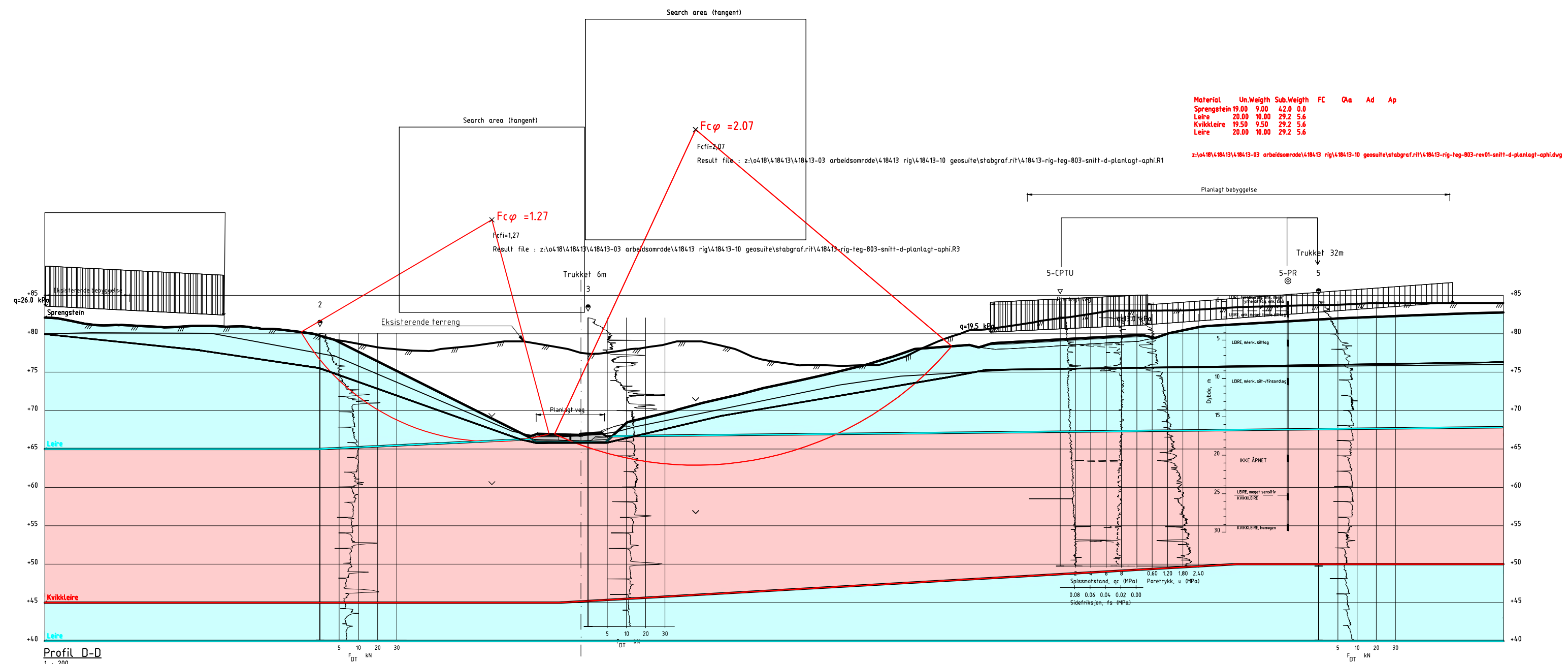
01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom Boligfelt Ler			Fag Geoteknikk	Format A3L	
			Dato 18.02.2020		
Profil D-D Stabilitetsberegning Anleggsfase, $\alpha\phi$ -analyse			Format/Målestokk: 1:500		
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Utsendt Oppdragsnr. 4 184 13	Konstr./Tegnet AMO	Kontrollert ARV	Godkjent ARV
		Tegningsnr. RIG-TEG-803.2	Rev. 01		



Profil D-D
1 : 200

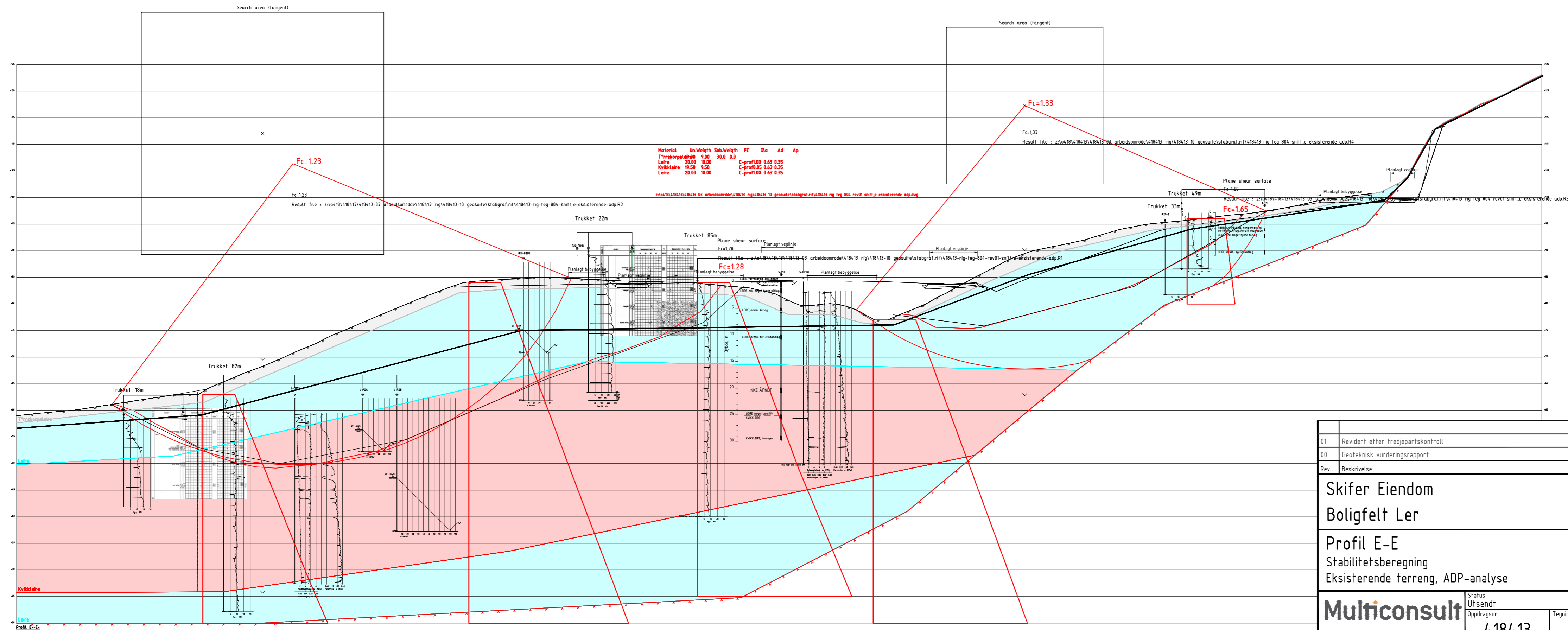
Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	FC	Qa	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	9.00	42.0	0.0		
Leire	20.00	10.00		C-profil.00	0.63	0.35
Kvikkleire	19.50	9.50		C-profil.05	0.63	0.35
Leire	20.00	10.00		C-profil.00	0.63	0.35

01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.02.2020	
Profil D-D			Format/Målestokk:	1:500	
Stabilitetsberegning			-		
Planlagt terreng, ADP-analyse					
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utsendt	AMO	ARV	ARV
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
418413		RIG-TEG-803.3		01	

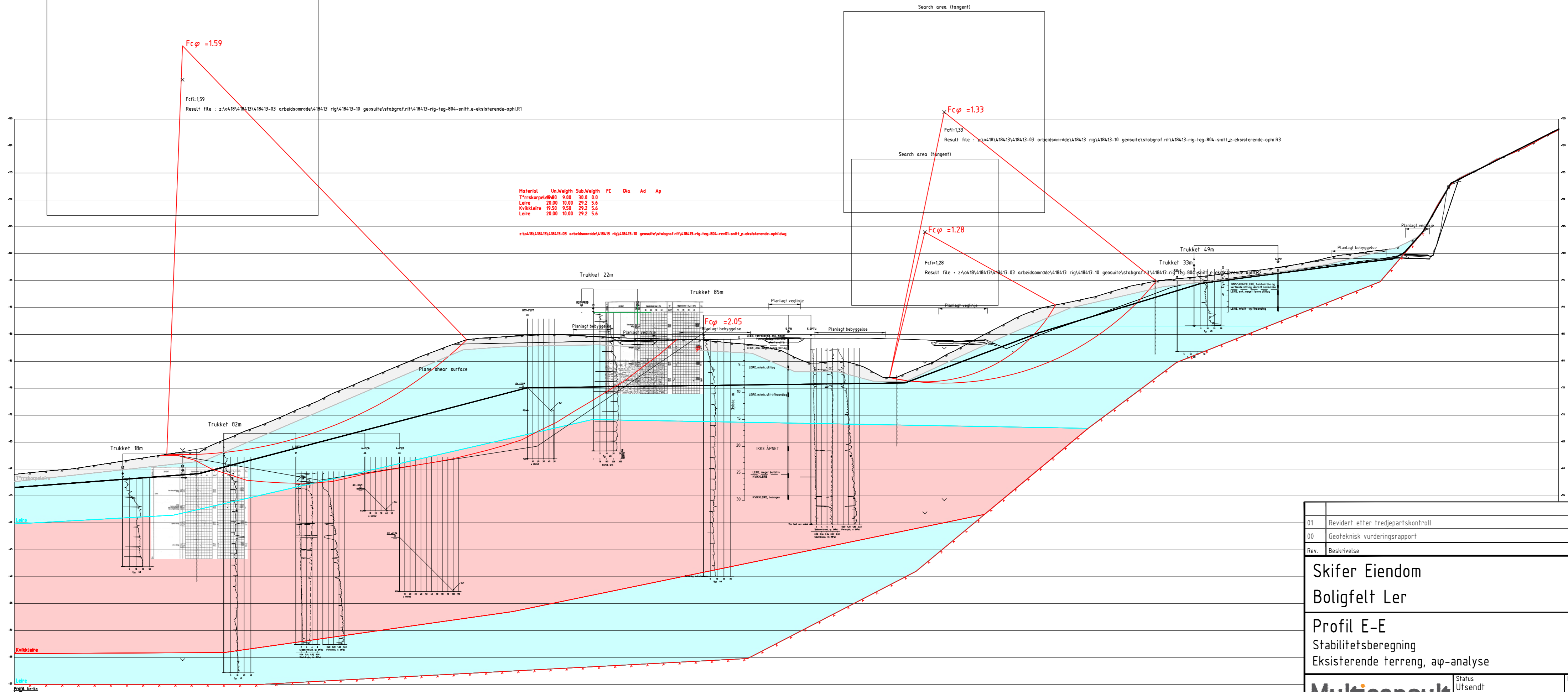


Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	FC	Qa	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	9.00	42.0	0.0		
Leire	20.00	10.00	29.2	5.6		
Kvikkleire	19.50	9.50	29.2	5.6		
Leire	20.00	10.00	29.2	5.6		

01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
Profil D-D			Dato	18.02.2020	
Stabilitetsberegning			Format/Målestokk:	1:500	
Planlagt terreng, $a\phi$ -analyse				-	
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utsendt	AMO	ARV	ARV
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
418413		RIG-TEG-803.4	01		

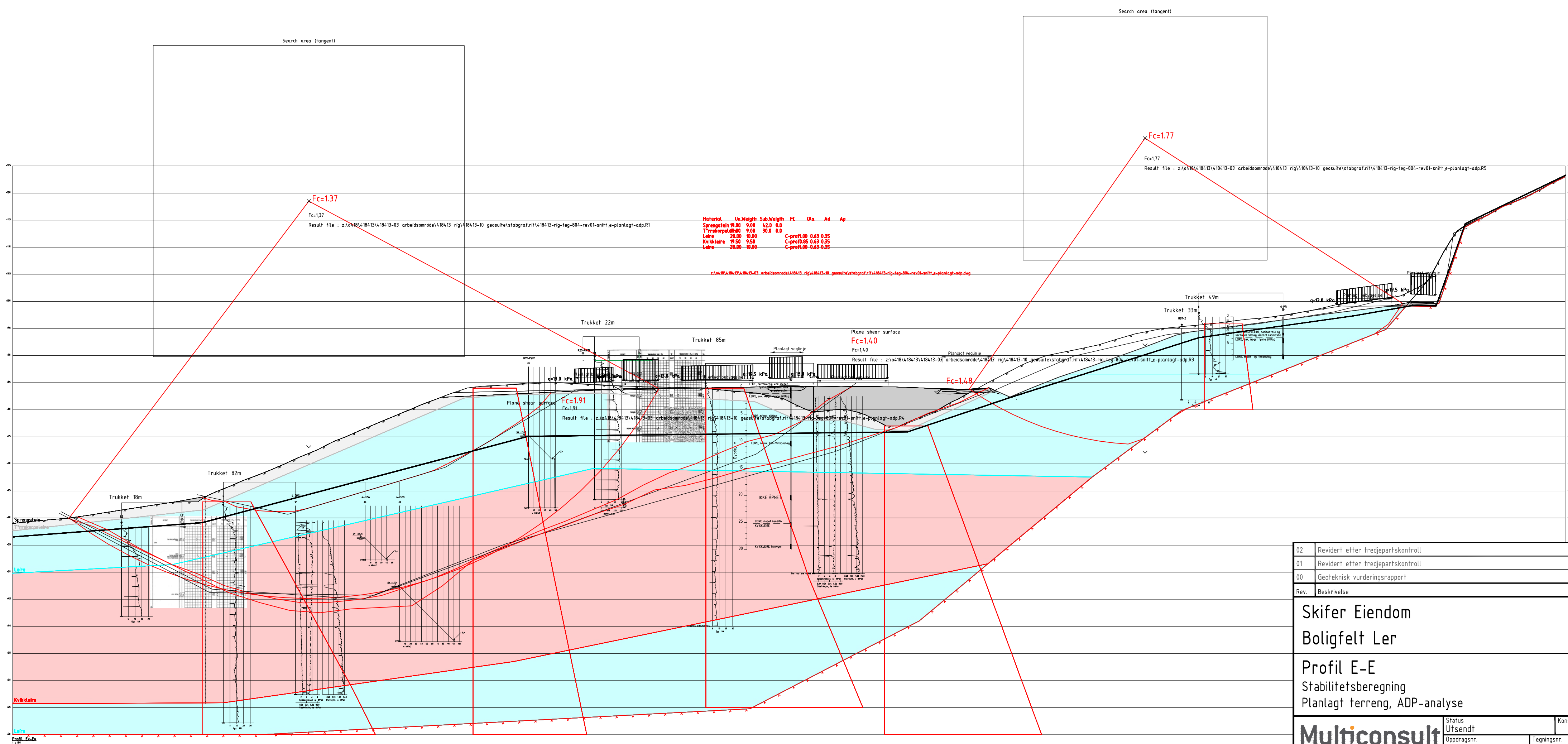


01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.02.2020	
Profil E-E			Format/Målestokk:	1:500	
Stabilitetsberegning			-		
Eksisterende terreng, ADP-analyse					
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utsendt	AMO	ARV	ARV
Oppdragsnr. 418413		Tegningsnr. RIG-TEG-804.1	Rev. 01		



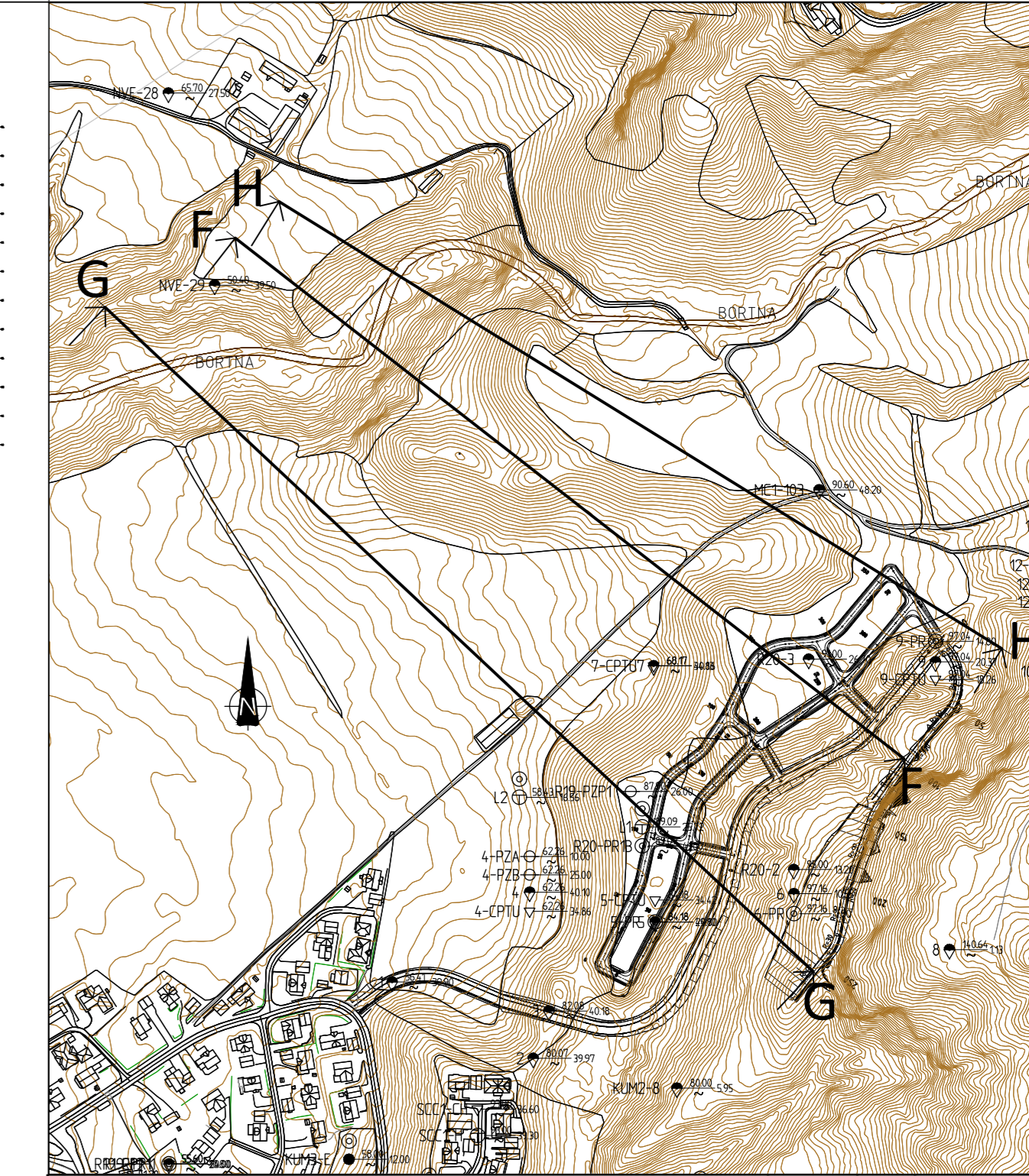
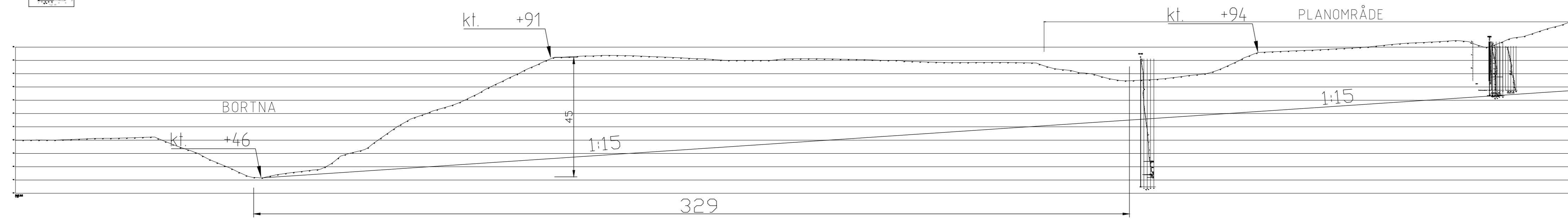
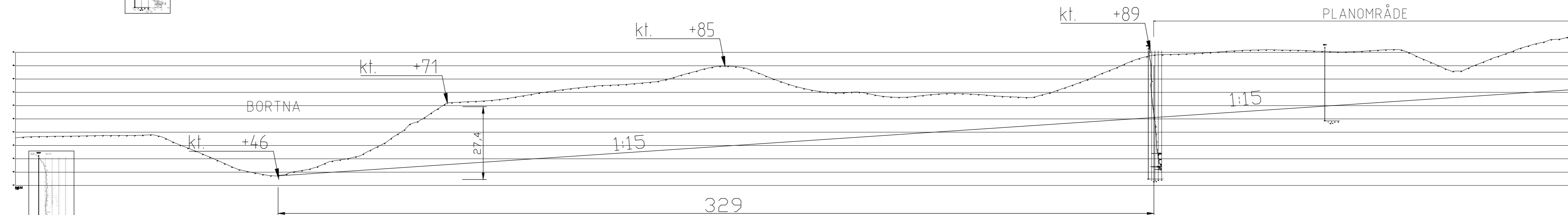
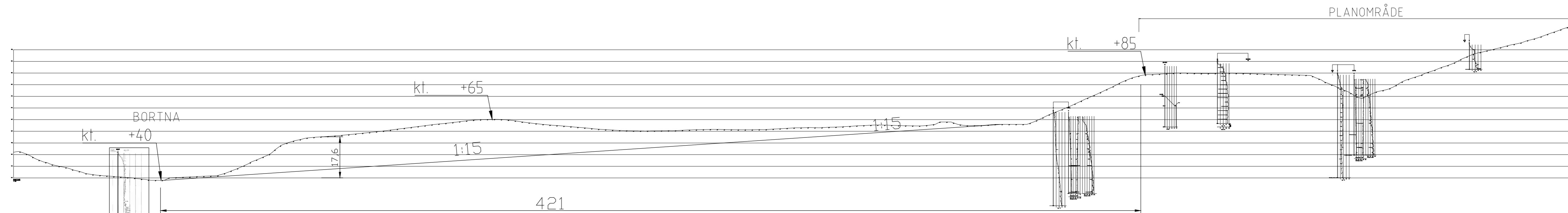
Material	Un	Weigh	Sub	Weigh	FC	Qa	Ad	Ap
Trakkorpset	9.00	39.0	0.0					
Leire	20.00	10.00	29.2	5.6				
Kvikkleire	19.50	9.50	29.2	5.6				
Leire	20.00	10.00	29.2	5.6				

01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
			Dato	18.02.2020	
Profil E-E			Format/Målestokk:		
Stabilitetsberegning			1:500		
Eksisterende terreng, $\alpha\phi$ -analyse			-		
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utsendt	AMO	ARV	ARV
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.	
418413		RIG-TEG-804.2		01	



Material	Un. Weight	Sub. Weight	FC	Ca	Ad	Ap
Springstein	19.00	9.00	42.0	0.0		
Trakkorpeleire	19.00	9.00	30.0	0.0		
Leire	20.00	10.00	C=profi.00	0.63	0.35	
Kvikkleire	19.50	9.50	C=profi.05	0.63	0.35	
Leire	20.00	10.00	C=profi.00	0.63	0.35	

02	Revidert etter tredjepartskontroll	19.06.2020	AMO	ROS	ROS
01	Revidert etter tredjepartskontroll	18.02.2020	AMO	ARV	ARV
00	Geoteknisk vurderingsrapport	10.05.2019	AMO	ARV	ARV
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom			Fag	Format	
Boligfelt Ler			Geoteknikk	A3L	
Profil E-E			Dato	19.06.2020	
Stabilitetsberegning			Format/Målestokk:	1:500	
Planlagt terreng, ADP-analyse			-		
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utsendt	AMO	ROS	ROS
Oppdragsnr. 418413		Tegningsnr. RIG-TEG-804.3		Rev. 02	



00	-	-	-	-	
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Skifer Eiendom AS Boligfelt Ler				Fag	Format
				Geoteknikk	A3L
				Dato	01.05.2019
Profiler områdestabilitet Skredutbredelse 1:15 fra Bortna				Format/Målestokk	Profil 1:1000 Plan 1:4000
Multiconsult www.multiconsult.no		Status Utsendt	Konstr./Tegnet AMO	Kontrollert ARV	Godkjent ARV
Oppdragsnr. 418413		Tegningsnr. RIG-TEG-805		Rev. 00	

Vedlegg A - Sikkerhetsprinsipper

Innhold

1	Sikkerhetsprinsipper	1
1.1	Generelt	1
1.2	Geotekniske problemstillinger	2
1.3	Sikkerhet mot skred og flom	2
1.3.1	Kvikkleireskred	2
	Kartlagte kvikkleiresoner	2
	Krav til sikkerhetsnivå og kontroll	3
1.3.2	Skred i bratt terreng	3
1.3.3	Flom	4
1.4	TEK 10 § 10, Konstruksjonssikkerhet	4
1.5	Geoteknisk kategori	4
1.6	Konsekvensklasse / pålitelighetsklasse (CC / RC)	5
1.7	Tiltaksklasse iht. PBL	5
1.8	Bruddmekanisme	5
1.9	Seismisk grunntype	5
1.10	Kvalitetssystem	5
1.11	Kontrollklasse og utførelseskontroll	6
1.12	Bruddgrensetilstander	6
1.13	Dimensjoneringsmetode (STR og GEO)	6
1.14	Partialfaktorer påvirkninger/lastvirkninger(A)	6
1.15	Partialfaktorer grunnens egenskaper (M) & (R)	6

1 Sikkerhetsprinsipper

1.1 Generelt

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjekteringen, og for geoteknisk prosjektering gjelder:

- NS-EN 1990:2002 + NA:2016 (Eurokode 0)
- NS-EN 1997-1:2004 + NA:2016 (Eurokode 7, del 1)
- NS-EN 1997-2:2007 + NA:2008 (Eurokode 7, del 2)
- NS-EN 1998-1:2004 + NA:2014 (Eurokode 8, del 1)
- NS-EN 1998-5:2004 + NA:2014 (Eurokode 8, del 5)
- Direktorat for byggkvalitet (2016) Veiledning om byggesak. Publikasjonsnr. HO-1/2011

I tillegg, og i den grad de er relevante, anbefales følgende veiledninger benyttet:

- Statens vegvesen (SVV), Håndbok N200 Vegbygging, juli 2018
- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, desember 2018
- Statens vegvesen (SVV), Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, juni 2014
- Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), NVEs veileder nr. 7/2014, Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper
- Forskrift om utførelse av arbeid, forskrift nr 1357, 6.12.2011

1.2 Geotekniske problemstillinger

Geotekniske problemstillinger for utbygginga er hovedsakelig relatert til:

- Områdestabilitet i kvikkleiresonen, både i anleggsfase og permanent fase
- Lokalstabilitet av planlagte terrenginngrep, bygninger og veger
- Fundamenteringsløsninger og setninger
- Avlastning og terrengarronderinger
- Kalk-sement-stabilisering i forbindelse med vegskjæring

1.3 Sikkerhet mot skred og flom

I henhold til TEK 17 § 7.2 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

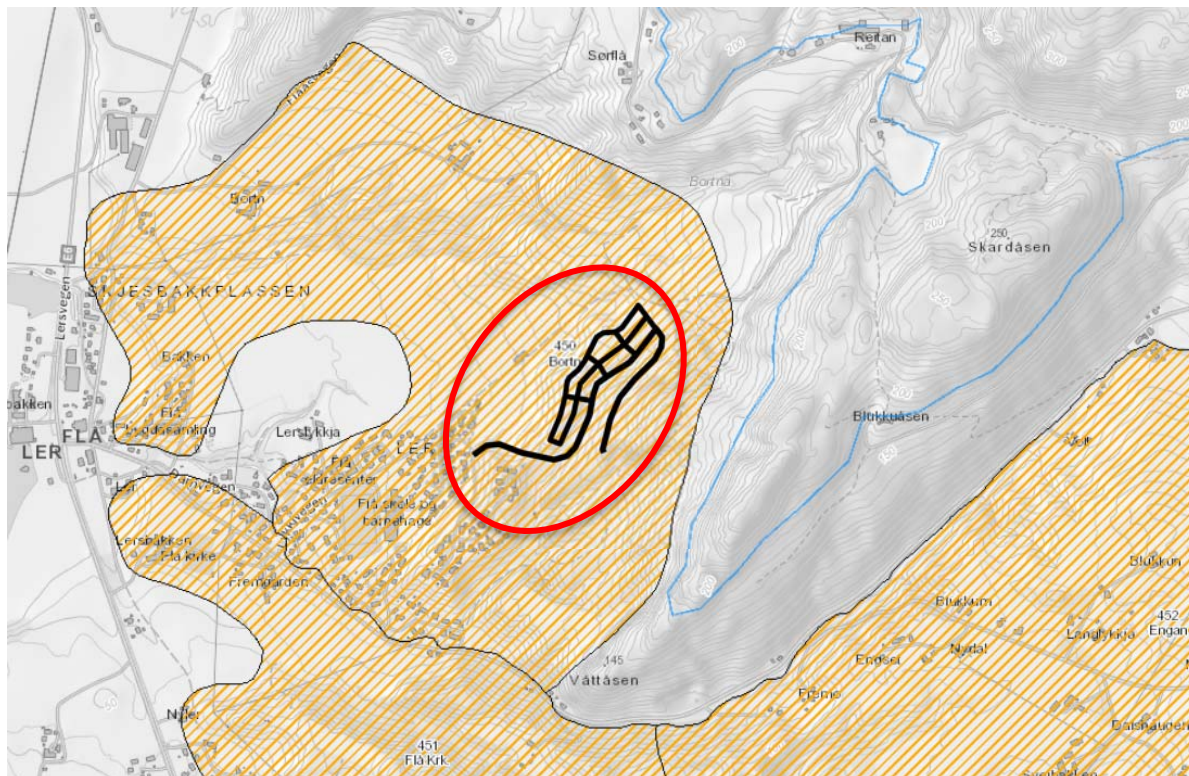
1.3.1 Kvikkleireskred

Kartlagte kvikkleiresoner

Det er flere kartlagte kvikkleiresoner ved planområdet, se Figur 3-4. Utbyggingsområdet ligger i kvikkleiresone 450 Bortn, som er klassifisert i risikoklasse 4 og med middels faregrad.

Den planlagte utbyggingen vil falle inn under tiltakskategori K4 «Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold...», iht. NVEs retningslinjer nr. 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred». For tiltak i tiltakskategori K4 i kvikkleiresoner med faregrad «middels» innebærer dette krav om utredning av skredfare i området.

Dersom det blir påvist for lav sikkerhet i forhold til kravene, vil det være krav om å utføre tiltak som forbedrer stabiliteten før det tillates utbygging. I en slik utredning skal det både vurderes om det er skredfare i utbyggingsområdet, og om området ligger innenfor utløpsområdet for et eventuelt skred.



Figur 1-1: Kvikkleiresoner ved Ler (kilde: atlas.nve.no)

De supplerende grunnundersøkelsene utført i forbindelse med denne rapporten gir grunnlag for å innsnevre østre grense av sone Bortn i planområdet. Forslag til revidert sonegrense er vist i tegning 418413-RIG-TEG-002.

Krav til sikkerhetsnivå og kontroll

I hht. NVE veileder nr. 7/2014 kreves en minimum sikkerhetsfaktor $F \geq 1,4$ for eksisterende terreng, både for lokal stabilitet og områdestabilitet for å kunne tillate boligutbygging. Alternativt kan kravene tilfredsstilles ved at tiltaket gir en prosentvis økning av sikkerhetsfaktor i forhold til eksisterende situasjon dersom sikkerheten er lavere enn $F = 1,4$.

Vurdering av områdestabilitet skal dokumenteres ved beregning, og skal kontrolleres av et uavhengig foretak.

1.3.2 Skred i bratt terreng

Kart fra skrednett.no viser at planlagt utbygging ligger innenfor aktsomhetsområder for snøskred og jord- og flomskred.

På reguleringsplannivå kreves det dermed iht. NVEs Retningslinjer nr. 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» utredning av den reelle flom- og skredfaren av skredkyndig person. Nærmere beskrivelse av slik utredning er gitt i NVEs Veileder nr. 8/2014.



Figur 1-2: Aktsomhetssoner for snøskred og jord- og flomskred [7].

1.3.3 Flom

Kart fra skrednett.no viser at planlagt utbygging ikke ligger innenfor flomsoner eller aktsomhetsområder for flom.

1.4 TEK 10 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 17 § 10.2 angir følgende:

Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, 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.

I veiledningen til TEK 17 står det:

Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.

Ved å benytte standarder (Eurokoder) som angitt i pkt. A.1, vil TEK 17 § 10 dermed være ivaretatt.

1.5 Geoteknisk kategori

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

Overordnede krav til prosjektering velges i henhold til **Geoteknisk kategori 2**, som omfatter konvensjonelle typer konstruksjoner og fundamenter uten unormale risikoer eller vanskelige grunn- og belastningsforhold.

1.6 Konsekvensklasse / pålitelighetsklasse (CC / RC)

Konsekvensklasser er behandlet i tillegg B i Eurokode 0. Tabell NA.A1 (901) i nasjonalt tillegg av Eurokoden gir rettleidende eksempler på plassering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler i Pålitelighetsklasser (CC/RC) 1-4.

Tiltaket plasseres i Konsekvens- og Pålitelighetsklasse **CC/RC 2**. Det vil si i samme kategori som «Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller» og «Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg, osv.» iht. tabell NA.A1 (901). Konsekvensklasse CC 2 blir i tabell B1 beskrevet som «Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser».

1.7 Tiltaksklasse iht. PBL

Iht. tabell 2 «Kriterier for tiltaksklasseplassering for prosjektering» i Veiledning om byggesak, utarbeidet av Direktoratet for byggkvalitet, vurderer vi at utbyggingen i kan plasseres Tiltaksklasse 2.

1.8 Bruddmekanisme

Det er påvist kvikkleire i store deler av tiltaksområdet. Bruddmekanisme for områdestabilitet antas å være sprø.

1.9 Seismisk grunntype

Etter NS-EN 1998-1:2004+NA:2008, Eurokode 8: *Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning* plasseres området i *Grunntype S₂*, som omfatter områder av kvikkleire.

Småhusbebyggelse plasseres i seismisk klasse I, «Småhus, rekkehus, bygg i én etasje, mindre lagerhus osv.» (ref. Eurokode 8 Tabell NS.4(902)). Det kreves normalt ikke seismisk dimensjonering for konstruksjoner i seismisk klasse I.

Lavblokken plasseres foreløpig i seismisk klasse II, «Kontorer, forretningsbygg og boligbygg». For grunntype S₂ må prosjekterende RIG og RIB må ta stilling til responsspektrum og behov for seismisk dimensjonering av bygget.

1.10 Kvalitetssystem

Eurokode 0 krever at det ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal være et kvalitetssystem tilgjengelig. Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet er bygget opp med prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2015.

1.11 Kontrollklasse og utførelseskontroll

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

I samsvar med tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) i Eurokode 0 blir prosjekteringskontroll og utførelseskontroll av geotekniske arbeid satt til kontrollklasse **PKK2 og UKK2**.

For prosjektering innebærer kontrollklasse «**PKK2**» at det blir utført grunnleggende kontroll (egenkontroll), intern systematisk kontroll og utvidet kontroll. Byggherren eller et uavhengig foretak skal kontrollere at egenkontroll og internkontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende foretaket.

For utførelse innebærer kontrollklasse «**UKK2**» at det blir utført grunnleggende kontroll (egenkontroll), intern systematisk kontroll og utvidet kontroll.

1.12 Bruddgrensetilstander

Følgende bruddgrensetilstander er aktuelle for geoteknisk design i prosjektet:

- STR: *Intern svikt eller for stor deformasjon i konstruksjon eller bærende deler, medregnet f.eks fundamenter, peler eller kjellervegger, der konstruksjonsmaterialenes fasthet gir et betydelig bidrag til motstanden.* $Ed \leq Rd$.
- GEO: *Svikt eller for stor deformasjon i grunnen, der fastheten av jord eller berg gir et betydelig bidrag til motstanden.* $Ed \leq Rd$.

1.13 Dimensjoneringsmetode (STR og GEO)

Dimensjoneringsmetode 3 blir benyttet for all annen geoteknisk prosjektering enn peler. Følgende sett av partialfaktorer blir benyttet for denne dimensjoneringsmetoden:

Påvirkninger / lastvirkninger:	A1 (konstruksjonslaster) & A2 (geotekniske laster)
Grunnens egenskaper:	M2
Motstand:	R3

1.14 Partialfaktorer påvirkninger/lastvirkninger(A)

I følge Eurokode 0 Tabell NA.A1.2(C) benyttes lastfaktor 1,0 på permanente laster og 1,3 for variable laster for geotekniske laster.

For gunstige lastvirkninger, og for beregninger i ulykkestilstand, regnes det med partialfaktor 1,0 på lasten.

1.15 Partialfaktorer grunnens egenskaper (M) & (R)

For dimensjoneringsmetode 3 oppgir Eurokode 0 punkt NA.A.3.2 følgende partialfaktorer for henholdsvis effektiv friksjon, kohesjon, udrenert skjærfasthet og tyngdetetthet:

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

Vedlegg B – Materialparametere

Innholdsfortegnelse

B	Tolkning av beregningsparametere	1
1.1	Tyngdetetthet.....	1
1.2	Udrenerte styrkeparametere.....	1
1.3	Effektivspenningsparametere.....	3
1.4	Materialparametere	3

B Tolkning av beregningsparametere

Tolkning av parametere er utført på basis av utførte CPTU-sonderinger og opptatte 54 mm prøveserier fra Multiconsult Norge AS, utført i 2016. Det er også benyttet erfaringsverdier iht. Statens vegvesens Håndbok V220.

Valgte parametere er oppsummert i Tabell B.3.

1.1 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag for å bestemme representativ tyngdetetthet. Ved variasjoner i målte verdier er gjennomsnittlige verdier benyttet. Se tegning nr. 418413-RIG-TEG-010 t.o.m. -015 i rapport nr. 418413-RIG-RAP-001 for geotekniske data. I tillegg er prøvedata og materialparametere fra tidligere grunnundersøkelser benyttet:

- Scandiaconsult (2004) Kommunedelplan Ler og Kvål, Grunnundersøkelse, rapport 630353A-01.
- NGI og Rambøll (2007) Risiko for kvikkleireskred, Melhus kommune. Sone: Bortn, Flå kirke, Engan, Høyeggen, rapport 20051784-2.

For materialer hvor det ikke finnes målte verdier av tyngdetetthet er det benyttet erfaringsverdier iht. Håndbok V220.

1.2 Udrenerte styrkeparametere

1.2.1 c_u fra enaks og konus

Verdier for c_u fra rutineundersøkelser på opptatte prøver forventes å ligge lavere enn verdier for aktiv skjærstyrke fra treaksialforsøk.

1.2.2 c_{uA} fra treaksialforsøk

Karakteristiske verdier c_{uA} er tatt ut ved 1 % tøyning for forsøket i BP. 12. Tolkning av styrkeparametere er presentert i tegning nr. 418414-RIG-TEG-090.4.

1.2.3 c_{uA} fra CPTU-sonderinger

For bestemmelse av udrenert skjærfasthet er CPTU-sonderinger korrelert iht. empirisk baserte tolkningsfaktorer etter [15] og [16]. For bløte, finkornige masser med relativt homogene forhold betraktes tolkning av CPTU på poretrykksbasis normalt som den mest egnede metoden.

Metode basert på poretrykksbasis, Δu :

På poretrykksbasis bestemmes c_{uA} som:

$$c_{uA} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}} = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}}$$

der,

Δu	= poreovertrykk
u_2	= målt poretrykk i CPTU
u_0	= in situ poretrykk
$N_{\Delta u}$	= bæreevnefaktor

Verdier for faktoren $N_{\Delta u}$ kan etableres både empirisk og teoretisk. Teoretisk er det vist at faktoren $N_{\Delta u}$, vil variere mellom 2-20. Vanligvis bestemmes imidlertid c_{uA} ved hjelp av empiriske baserte verdier for $N_{\Delta u}$ der resultater fra anisotrope konsoliderte treaksialforsøk på blokkprøver med høy kvalitet er benyttet som referanser.

c_{uA} på poretrykksbasis er tolket med korrelasjoner til poretrykksforholdet B_q .

Metode basert på spissmotstand, q_t :

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

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

der,

q_t	= korrigert spissmotstand
σ_{v0}	= in situ vertikal overlagringstrykk
N_{kt}	= bæreevnefaktor/konfaktor

Tegning nr. -040.5 og -040.6 t.o.m. 044.5 og -044.6 viser de tolkede skjærfasthetsprofilene med valgt karakteristisk designverdi. Verdier av B_q brukt i tolkning av CPTU på poretrykksbasis er vist i tegning 418413-RIG-TEG-040.3 t.o.m. -044.3 i rapport nr. 418413-RIG-RAP-001.

1.2.4 Anisotropi

Det er ikke utført parallelle aktive og passive treaksialforsøk for vurdering av anisotropiforhold. Anisotropiforholdet er derfor vurdert ut fra publiserte «omforent anbefaling» i NIFS-rapport nr. 14/2014.

Tabell B.1. Anisotropifaktorer iht. NIFS-rapport nr. 14/2014.

I_p	c_{uD}/c_{uC}	c_{uE}/c_{uC}
$I_p \leq 10 \%$	0,63	0,35
$I_p \geq 10 \%$	$0,63 + 0,00425 \cdot (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 \cdot (I_p - 10)$

Følgende anisotropiforhold er benyttet for leire og sprøbruddmateriale i beregningene:

Tabell B.2. Valgte ADP-faktorer.

I_p [%]	c_{uD}/c_{uC}	c_{uE}/c_{uC}
< 10	0,63	0,35

1.2.5 Reduksjon av beregningsmessig styrke i sprøbruddmateriale

Det er valgt å ikke redusere «peak» verdien på c_{uA} for uttak av karakteristisk styrke. Designverdiene for aktiv styrke er i stedet redusert med 15 % i stabilitetsberegningene for iht. NVE veileder nr.7/2014 [4]. Dette er implementert ved bruk av ADP-forholdet ved udrenerte analyser i GeoSuite.

1.3 Effektivspenningsparametere

1.3.1 Effektivspenningsparametere, friksjonsvinkel, φ_k

Valgte effektivspenningsparametere i leire og sprøbruddmateriale er basert på treaksialforsøk og rutineforsøk samt vurdert opp mot erfaringsverdier iht. Statens vegvesen Håndbok V220.

Bruddstyrke er tatt ut ved 1 % tøyning. Ut fra treaksialforsøket vurderes karakteristisk friksjonsvinkel til å være $\varphi_k = 29,2^\circ$ ($\tan\varphi_k = 0,56$) og attraksjon $a = 10$ kPa. Tolket styrke fra treaksialforsøket er vist på tegning nr. 418563-RIG-TEG-090.4.

1.4 Materialparametere

Materialparametere benyttet ved beregning er angitt i tabell B.3. Aktiv udrenert skjærstyrke benyttet i udrenerte stabilitetsberegninger er vist som c_u -profiler i stabilitetstegningene, se tegninger -800.1 t.o.m. -805.4.

Tabell B.3. Valgte materialparametere

Material	Tyngetetthet, γ [kN/m ³]	Friksjon, $\tan \varphi_k$ [-]	Attraksjon, a [kPa]
Sprengstein	19,0	0,90 ($\varphi_k=42,0^\circ$)	0
Tørrskorpeleire	19,0	0,58 ($\varphi_k=30,0^\circ$)	0
Leire	20,0	0,56 ($\varphi_k=29,2^\circ$)	10
Kvikkleire	19,5	0,56 ($\varphi_k=29,2^\circ$)	10

Vedlegg C - Stabilitetsberegninger

1 Stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger i fire profiler. Plassering av beregningsprofilene er vist i tegning 418413-RIG-TEG-002.

Det er utført beregninger på både totalspenningsbasis (ADP-analyse) og effektivspenningsbasis ($\alpha\phi$ -analyse).

1.1 Beregningsforutsetninger

Stabilitetsberegningene er gjennomført med beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 16.1.1.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetoden, og anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet kan selv søke etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum eller gjøre beregninger på brukerdefinerte glideflater.

Grunnlag for valg av materialparametere er presentert i Vedlegg B – Materialparametere. Aktuelle materialparametere er oppsummert i Tabell 1-1.

Tabell 1-1: Materialparametre

Materiale	Tyngdetetthet γ [kN/m ³]	Friksjon, $\tan\phi$ [-]	Attraksjon, a [kPa]
Fylling (sprengstein)	19	0,90 ($\phi = 42,0^\circ$)	0
Tørrskorpeleire	19	0,58 ($\phi = 30,0^\circ$)	0
Kvikkleire	19,5	0,56 ($\phi = 29,2^\circ$)	10
Leire	20	0,56 ($\phi = 29,2^\circ$)	10

Udrenert skjærstyrke er tolket på grunnlag av CPTU-sonderinger og utførte rutine- og spesialforsøk. Udrenert styrke benyttet i beregning er vist i beregningsresultatene der udrenert analyse er benyttet.

For beregninger på totalspenningsbasis er det benyttet anisotropisk jordmodell med følgende anisotropifaktorer:

$$\frac{S_{uD}}{S_{uA}} = 0,63$$

$$\frac{S_{uP}}{S_{uA}} = 0,35$$

Det er lagt inn en 15 % reduksjon av aktiv udrenert styrke i lag av kvikkleire.

1.2 Krav til sikkerhetsnivå

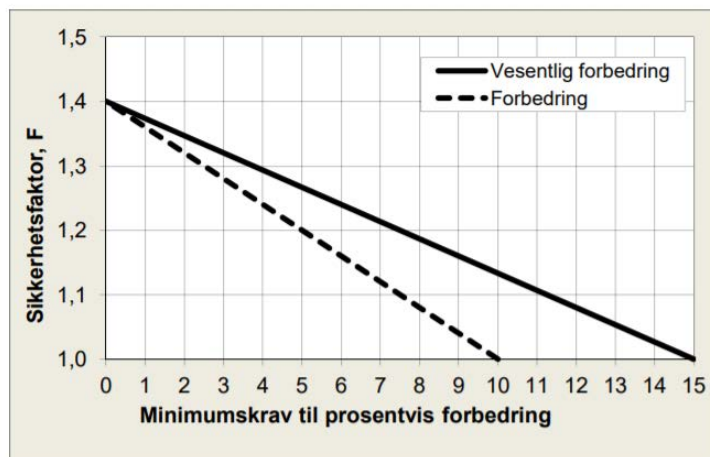
1.2.1 Områdestabilitet

Områdestabiliteten følger kravene til sikkerhetsnivå i NVEs veileder nr. 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [1]. Veilederen stiller krav om en beregningsmessig partialkoeffisient $\gamma_M \geq 1,4$ for både effektivspenningsanalyser og totalspenningsanalyser.

Det kan aksepteres prosentvis forbedring av den beregningsmessige partialkoeffisienten γ_M for eksisterende terreng hvis $\gamma_M < 1,4$. Krav til prosentvis forbedring er avhengig av sikkerhetsnivået i utgangspunktet og må følge figur 5.1 i veileder nr. 7/2014.

Tiltak i tiltakskategori K4 i kvikkleiresoner med middels faregrad må oppfylle et av følgende krav:

- $\gamma_M \geq 1,4$
- Forbedring iht. figur 5.1 i NVEs Veileder nr. 7/2014.



Figur 1-1: Krav til prosentvis forbedring iht. NVE 7/2014.

1.2.2 Lokalstabilitet

For lokal stabilitet for konkrete utbygginger i kvikkleireområder følger kravene til sikkerhetsnivå i Eurokode dersom kravene i Eurokode er strengere enn kravene i NVEs retningslinjer. Eurokode 7 [2] stiller krav om en beregningsmessig partalkoeffisient $\gamma_M \geq 1,25$ for effektivspenningsanalyser og $\gamma_M \geq 1,4$ for totalspenningsanalyser.

1.2.3 Prosentvis forbedring, snitt B-B

I profil B-B er det benyttet prosentvis forbedring for glidesirkel som ikke går gjennom kvikkleirelag. Beregningsmessig stabilitet for eksisterende skråning er ca. $\gamma_M = 1,0$ med gjeldende antakelser om lagdeling og materialparametere. Det er ikke planlagt utbygging i toppen av skråninga, og planlagt nedplanering er derfor stabiliserende tiltak for å sikre tilstrekkelig sikkerhet for boliger og veg ved skråningsfot. Vi vurderer at det vil gi urimelig store krav til nedplanering og sikring dersom krav til absolutt sikkerhetsfaktor iht. Eurokode 7 skal oppfylles. Supplerende grunnundersøkelser i forbindelse med prosjektering kan gi grunnlag for mindre konservative antakelser.

1.3 Laster

Trafikklast $q=15$ kPa med lastfaktor 1,3 er tatt med for atkomstveger der de virker drivende i beregninger for planlagt terreng. Der trafikklast vil være stabiliserende er den utelatt.

I hovedsak er det planlagt lett trebebyggelse der fundamentlaster fra bygninger kan forverre stabiliteten. Laster på 10 kPa inkludert lastfaktor 1,3 for planlagt lett trebebyggelse uten kjeller er inkludert der de virker drivende. Det er antatt at lavblokk med parkeringskjeller blir kompensert fundamentert. Nøyaktige laster fra bygninger må tas med i senere beregninger i prosjekteringsfasen.

Eksisterende bebyggelse i skråningstopp er tatt med i snitt D-D. I øvrige beregningsnitt er det ingen eksisterende bebyggelse.

1.4 Resultater

1.4.1 Snitt A-A

Stabilitetsberegningene er vist på tegning nr. -800.1 t.o.m. -800.4.

Tabell 1-2: Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate, snitt A-A

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Glideflate	γ_M	Tilstrekkelig sikkerhet?
418413-RIG-TEG-800.1	Snitt A-A, eksisterende terreng	ADP	Områdestabilitet øvre del	1,63	Ja
			Områdestabilitet nedre del	1,94	Ja
418413-RIG-TEG-800.2	Snitt A-A, planlagt fylling	ADP	Områdestabilitet øvre del	1,66	Ja
			Områdestabilitet nedre del	2,54	Ja
418413-RIG-TEG-800.3	Snitt A-A, eksisterende terreng	aφ	Områdestabilitet øvre del	1,92	Ja
			Områdestabilitet nedre del	2,03	Ja
418413-RIG-TEG-800.4	Snitt A-A, planlagt fylling	aφ	Områdestabilitet øvre del	1,95	Ja
			Områdestabilitet nedre del	2,21	Ja

Beregning av planlagt tiltak viser at områdestabiliteten er tilstrekkelig for både udrenert og drenert situasjon. Lokalstabilitet av fyllinga er god pga. slakt terreng og slak fyllingsfront.

Tidligere var det planlagt atkomstveg med betydelig fylling og skjæring i øvre del av snitt A-A. Denne vegen utgår i nåværende planforslag. Beregningsnitt A-A er likevel beholdt, for å vise stabilitet for det planlagte massedeponiet i nedre del av profilet.

1.4.2 Snitt B-B

Stabilitetsberegningene er vist på tegning 418413-RIG-TEG-801.1 t.o.m. -801.5.

Tabell 1-3: Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate, snitt B-B

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Glideflate	γ_M	Tilstrekkelig sikkerhet?
418413-RIG-TEG-801.1	Snitt B-B, eksisterende terreng	ADP	Nedre skråning	1,59	Ja
			Øvre skråning	1,00	Nei
418413-RIG-TEG-801.2	Snitt B-B, eksisterende terreng	aφ	Nedre skråning	1,89	Ja
			Øvre skråning	1,07	Nei
418413- RIG-TEG-801.3	Snitt B-B, planlagt terreng	ADP	Nedre skråning	1,57	Ja
			Øvre skråning	1,00	Nei
418413- RIG-TEG-801.4	Snitt B-B, stabiliserende tiltak	ADP	Øvre skråning	1,16	Krav: 10% Oppnådd: 16 %
			Nedre skråning	1,57	Ja
418413- RIG-TEG-801.5	Snitt B-B, stabiliserende tiltak	aφ	Øvre skråning	1,26	Ja
			Nedre skråning	1,87	Ja

Øvre skråning

Antatt bergnivå og udrenert styrke i øvre skråning er justert slik at beregnet sikkerhetsfaktor $\gamma_M \geq 1,0$ for eksisterende situasjon i øvre skråning.

For drenert situasjon er grunnvannstand kritisk for beregnet sikkerhet i øvre skråning. I toppen av øvre skråning er grunnvannstand lagt ca. 8 m under opprinnelig terreng, på grunn av at terrenget på begge sider av beregningssnittet ligger ca. 10 m lavere enn den smale terrengryggen i beregningssnittet.

Det er behov for stabiliserende tiltak for å oppnå tilstrekkelig forbedring av sikkerhet i øvre skråning. Utslaking av skråning til ca. 1:1,25 og 5 m nedplanering i skråningstopp gir tilstrekkelig sikkerhet i både udrenert og drenert situasjon. I tiltakskategori K4 i kvikkleiresone med middels faregrad er kravet forbedring av stabilitet iht. Figur 5.1 i NVE nr. 7/2014. Det er ikke planlagt boliger i toppen av øvre skråning.

Supplerende grunnundersøkelser for å kartlegge bergforløp og grunnvannstand i skråninga kan gi grunnlag for å redusere omfanget av stabiliserende tiltak. Dersom det i senere fase av prosjektet blir aktuelt med boligutbygging i øvre del av snitt B-B, må omfang av stabiliserende tiltak revurderes for å oppfylle sikkerhetskrav lokalstabilitet for boliger i skråningstopp, hhv. 1,25 og 1,40 for drenert og udrenert beregning.

For udrenert beregning er plane skjærflater vurdert som ikke relevante.

Nedre skråning

Nedre skråning har tilstrekkelig sikkerhet både i eksisterende situasjon og etter planlagt tiltak.

1.4.3 Snitt C-C

Stabilitetsberegningene er vist på tegning 418413-RIG-TEG-802.1 t.o.m. -802.6.

Tabell 1-4: Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate, snitt C-C

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Glideflate	γ_M	Tilstrekkelig sikkerhet?
418413-RIG-TEG-802.1	Snitt C-C, eksisterende terreng	ADP	Nedre skråning	1,25	Nei
			Øvre skråning	1,23	Nei
418413-RIG-TEG-802.2	Snitt C-C, eksisterende terreng	a ϕ	Nedre skråning	1,61	Ja
			Øvre skråning	1,04	Nei
418413- RIG-TEG-802.3	Snitt C-C, anleggsfase utbyggingstrinn 1	ADP	Øvre skråning	1,46	Ja*
418413- RIG-TEG-802.4	Snitt C-C, anleggsfase utbyggingstrinn 1	a ϕ	Øvre skråning	1,26	Ja*
418413- RIG-TEG-802.5	Snitt C-C, planlagt terreng	ADP	Nedre skråning	1,43	Ja
			Øvre skråning	1,53	Ja
418413- RIG-TEG-802.6	Snitt C-C, planlagt terreng, med lukket grøft	a ϕ	Nedre skråning	1,53	Ja
			Øvre skråning	1,27	Ja

* Forutsatt seksjonsvis utgraving av veggrøft og grunnvannstand i skråningstopp 3 m under terreng.

Øvre skråning

Eksisterende situasjon

Stabilitet for øvre skråning er for lav i eksisterende situasjon. Antatt grunnvannstand 3 m under terreng i skråningstopp gir en sikkerhetsfaktor på 1,04 for drenert analyse.

Anleggsfase – utbyggingstrinn 1

I anleggsfasen forutsettes det at arbeid med etablering av veggrøft utføres seksjonsvis, og etter at ravinedalen er fylt ut til bunn av vegplanum. Avvik i utførelse og variasjon i grunnvannstand er kritisk i denne fasen. Ved behov må det innføres tiltak for å sørge for overflatestabiliteten i skråninga i anleggsfasen og i perioden inntil avlastning i skråningstopp er etablert.

Det bør gjøres supplerende undersøkelser for å kartlegge faktisk dybde til berg og grunnvannstand i øvre del av skråninga. I beregningen er det forutsatt grunnvannstand 3 m under terreng i skråningstopp. Etablering av grøft må utføres seksjonsvis. Det forutsettes at stabiliserende fylling i ravinedalen er etablert opp til vegplanum før det gjøres inngrep i skråninga.

Permanent situasjon

Forutsatt at veggrøft etableres som lukket grøft i det kritiske partiet, er stabiliteten god i permanent tilstand.

Nedre skråning

Nedre skråning har tilstrekkelig sikkerhet både i eksisterende situasjon og etter planlagt tiltak.

1.4.4 Snitt D-D

Stabilitetsberegningene er vist på tegning 418413-RIG-TEG-803.1 t.o.m. -803.4.

Tabell 1-5: Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate, snitt D-D

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Glideflate	γ_M	Tilstrekkelig sikkerhet?
418413- RIG-TEG-803.1	Snitt D-D, anleggsfase	ADP	Søndre skråning	1,41	Ja
			Nordre skråning	2,08	Ja
418413- RIG-TEG-803.2	Snitt D-D, anleggsfase	a ϕ	Søndre skråning	1,25*	Nei
			Nordre skråning	1,71	Ja
418413- RIG-TEG-803.3	Snitt D-D, planlagt skjæring	ADP	Søndre skråning	1,41	Ja
			Nordre skråning	2,01	Ja
418413- RIG-TEG-803.4	Snitt D-D, planlagt skjæring	a ϕ	Søndre skråning	1,27*	Ja
			Nordre skråning	2,07	Ja

* Forutsatt grunnvannstand i søndre skråningstopp 4 m under terreng.

Søndre skjæring

Udrenert styrkeprofil i søndre skråning er valgt med utgangspunkt i grunnlag og stabilitetsberegning fra NGI rapport 20051784-2 [3]. Grunnvannstand i skråninga er kritisk for stabiliteten i anleggsfase og permanent fase. For å gi tilstrekkelig sikkerhet for udrenert beregning må grunnvannstand ligge minst 4 m under skråningstopp. Det bør utføres supplerende grunnundersøkelser i prosjekteringsfasen for å påvise faktisk dybde på kvikkleirelaget under traubunn samt grunnvannstand i søndre skråning.

Avhengig av resultater fra supplerende undersøkelser, kan det bli aktuelt med midlertidig senking av grunnvannstand i anleggsfasen ved drenering i skråninga. Det må utføres bygningsbesiktigelse av hus i Fautgardsvegen som kan påvirkes av midlertidig og permanent grunnvannssenkning. Dersom traubunn kommer ned i kvikkleire/sprøbruddmateriale er det aktuelt med innvisping av kalk/sement i traubunn for å unngå omrøring og grunnbrudd i anleggsfasen.

Glideflata i søndre skråning går gjennom kvikkleirelag, og krav til sikkerhet for drenert beregning er dermed $\gamma_M = 1,4$. Dersom supplerende prøvetaking ikke gir grunnlag for å benytte mindre konservativ lagdeling og materialparametere, må det utføres kalksementstabilisering i søndre skråning for å bedre stabiliteten.

Det er inkludert en last på 20 kPa for eksisterende hus i skråningstopp, med lastfaktor 1,3. Veglast på planlagt veg vil virke stabiliserende, og er derfor ikke inkludert.

Nordre skjæring

Nordre skråning har tilstrekkelig sikkerhet både i anleggsfasen og etter planlagt tiltak. Det er inkludert trafikklast 15 kPa med lastfaktor 1,3 for internveger for permanent fase, men ikke laster fra bygninger.

1.4.5 Snitt E-E

Stabilitetsberegningene er vist på tegning 418413-RIG-TEG-804.1 t.o.m. -804.4.

Tabell 1-6: Sikkerhetsfaktor for kritisk skjærflate, snitt E-E

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Glideflate	γ_M	Tilstrekkelig sikkerhet?
418413-RIG-TEG-804.1	Snitt E-E, eksisterende terreng	ADP	Nedre skråning	1,23	Nei
			Øvre skråning	1,33	Nei
418413- RIG-TEG-804.2	Snitt E-E, eksisterende terreng	a ϕ	Nedre skråning	1,59	Ja
			Øvre skråning	1,28	Ja
418413- RIG-TEG-804.3	Snitt E-E, planlagt terreng	ADP	Nedre skråning	1,37	Ja
			Øvre skråning	1,77	Ja
418413- RIG-TEG-804.4	Snitt E-E, planlagt terreng	a ϕ	Nedre skråning	1,40	Ja
			Øvre skråning	1,38	Ja

Øvre skråning

Beregnet stabilitet er tilstrekkelig både før og etter tiltaket, men er sensitiv for variasjon i grunnvannstand. Grunnvannstand er antatt 1,5 m under terreng i skråningstopp.

Nedre skråning

Nedre skråning har noe lav sikkerhet for udrenert beregning i eksisterende situasjon, men tilstrekkelig stabilitet etter terrengplanering i skråningstopp i forbindelse med planlagt utbygging.

Grunnvannstand er basert på målinger i topp og bunn av skråninga.

1.4.6 Snitt F, G og H

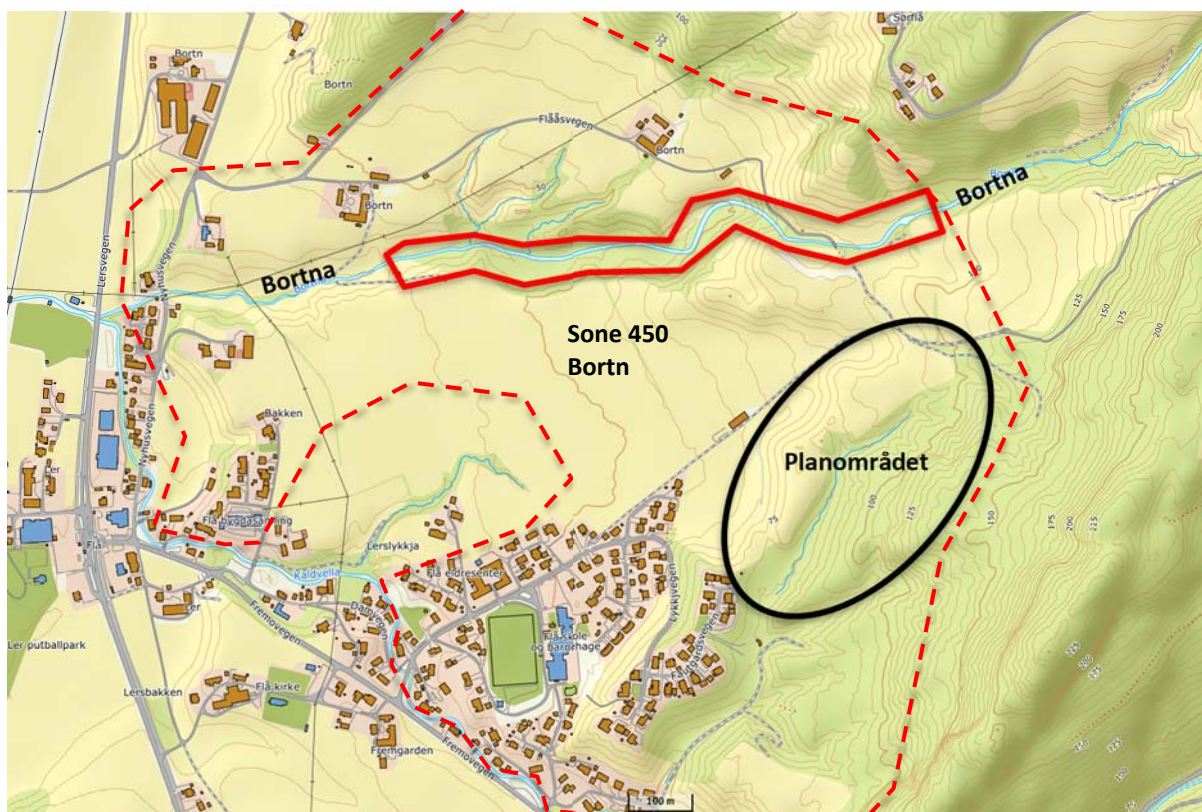
Det er ikke utført stabilitetsberegninger i disse snittene. Det er tegnet inn 1:15-linje for å vise retrogressiv skredutbredelse av eventuelle initialskred langs elva Bortna.

Vedlegg D – Befaring av Bortna

1 Formål

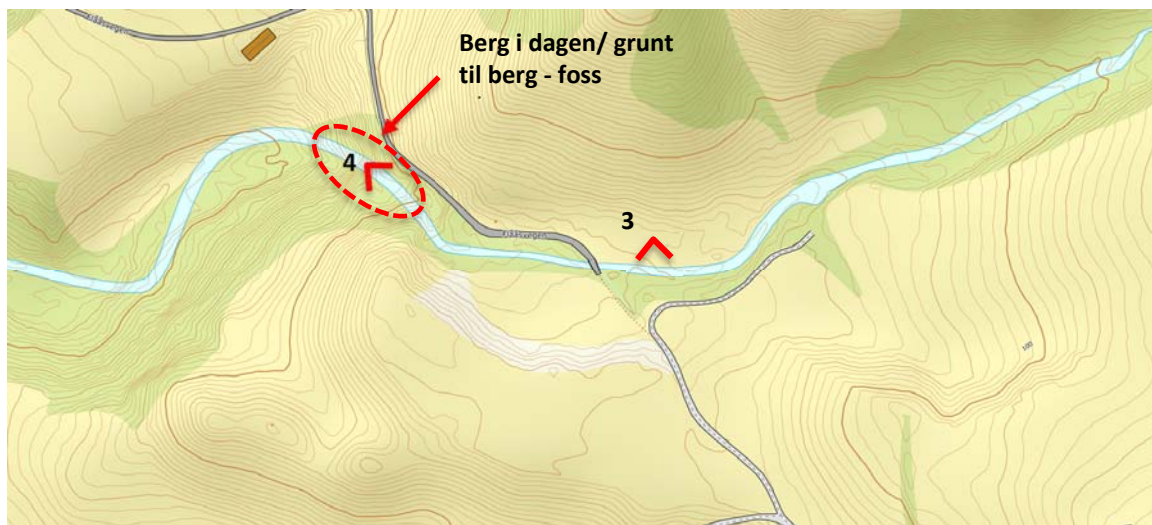
Det ble utført befaring av Bortna i oktober 2019 for å kartlegge erosjonsforhold og avklare behov for erosjonssikring i forkant av utbyggingen. I hovedsak var det søndre elveskråning som ble undersøkt, ettersom skred nord for elva ikke vil påvirke planområdet. Det var i hovedsak lite eller ingen erosjon langs søndre bredde, og noe mer erosjon langs skråningene nord for elva.

Observasjoner av berg i dagen er lagt inn i borplan, 418413-RIG-TEG-003. Ifølge løsmassekart består hele området langs Bortna av tykke havavsetninger, og ligger under marin grense.



Figur 1: Kartutsnitt over planområdet og elva Bortna (norgeskart.no). Befart strekning langs Bortna er vist i rødt. Omtrentlig omriss av kvikkleiresone 450 Bortn er vist med stiplet rød linje.

1.1 Østre del – grunt til berg



Figur 2: Kartutsnitt øvre del. Bildevinkel og figurnummer markert med tall og rød vinkel.

I strekningen over fossen var det slakt terreng rundt elva, med maks 1-1,5 m høy skogkledd kant mot omkringliggende jorde. Elvebunnen og breddene besto av mye stein og lite finkornige masser. Ved toppen av fossen og nedover fossen var det synlig berg i dagen i og langs elveløpet.



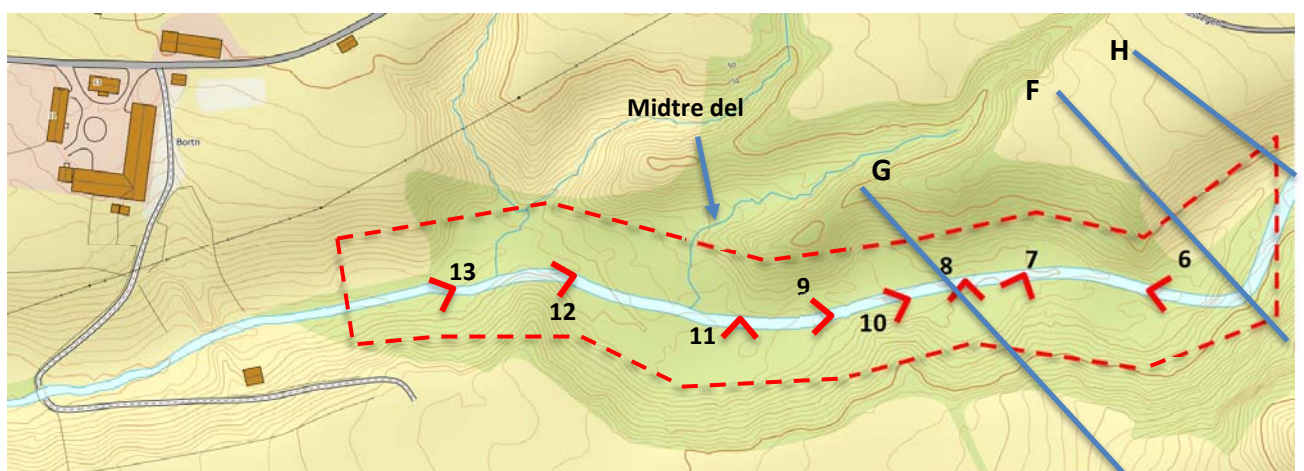
Figur 3: Slakt terreng og mye grove masser i elveløp. Oppstrøms foss.



Figur 4: Foss mellom øvre og nedre område, elva renner på berg og det er grunt til berg i skråning.

1.2 Midtre del

I skråningene på nordre side av bekken var det stedvis tegn til aktiv erosjon. I søndre skråning er det funnet ingen eller lite erosjon i Figur 6-11, og noe mer erosjon i Figur 12. Erosjonsaktiviteten på søndre side av midtre del av bekken har begrenset utstrekning i høyde og bredde, og begrenser seg til lokale punkter i innersving av elva. I etterfølgende bilder og tekst er det kun vist bilder fra søndre side av bekken.



Figur 5: Kartutsnitt midtre del. Bildevinkel og figurnummer er markert med tall og rød vinkel. Omtrentlig plassering av profil F til H er vist med blå strek, se tegning -805 for nøyaktig plassering.

Bekken var fortsatt godt steinsatt i øvre del av det midtre området, og det ble ikke observert utglidninger i skråning eller erosjon i skråningsfot. Det ble ikke registrert berg i dagen i elveskråninga,

og skjæring for en sti i øvre del av skråning antyder minst 0,5 m jord/leire. Kroking av enkelte trestammer er tegn på noe sig i skråninga.



Figur 6: Slakt terreng og mye grove masser i elveløp.

Det var avsatt mye stein i elveløpet, men bunnen besto av finkornede løsmasser.



Figur 7: Små trær i elvekant veltet pga. erosjon/undergraving i innersving. Ca. 0,5 m erosjonskant.

Unntatt i noen korte strekninger lå elveløpet i hovedsak minst 5-10 m unna skråningsbunn med et flatt område langs elva, og skråningene var godt vegetert uten tegn til utglidninger. Det var inntil ca. 0,5 m høy kant langs elva.

I innersving av elva ble det 3 steder observert oppbløtt jord/leire med tegn på noe erosjon i bunn av skråninger på søndre side av bekken, se Figur 7, 10 og 12. Erosjonskant var ca. 0,5 m høy i 1 m bredde i Figur 7, og skråningshøyde ca. 18 m. I Figur 10 var erosjonskant ca. 1 m høy i 1 m bredde, og skråningshøyde ca. 3-4 m. Det var stedvis trær langs elvebredden som hadde falt pga. undergraving av rotsystemet, se Figur 10.



Figur 8: Flat elveslette langs elv og bratt skråning opp til omkringliggende terreng.



Figur 9: Slakt terreng/elvlette på begge sider av elveløp.

Det var noe erosjon i innersving ved en ca. 3-4 m høy terrenghaug, se Figur 10.



Figur 10: Erosjon og veltede trær ved sving i elv, ca. 1 m erosjonskant i innersving.



Figur 11: Slakt terreng/elveslette og grove masser i elveløp.

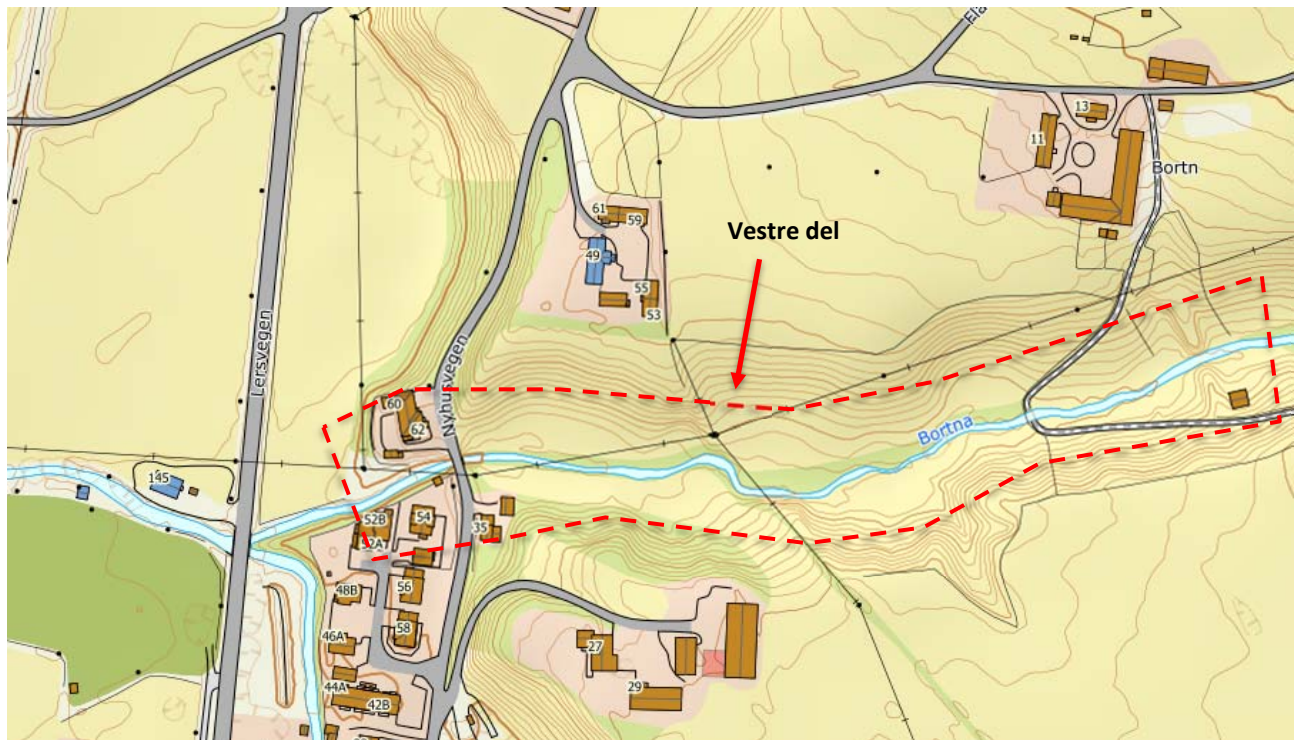


Figur 12: Trær i elveskråning viser tegn til sig, og det er ca. 1-1,5 m erosjonskant i innersving.



Figur 13: Slakt terreng og mye grove masser i elveløp, nedre del av midtre område. Noe tegn til undergraving av trær langs elvebredden.

1.3 Vestre del



Figur 14: Kartutsnitt vestre del.

Vestre del av Bortna mot E6 ble ikke befart, ettersom det vurderes at skred som utløses her ikke vil strekke seg forbi de flate åkrene mellom elva og planområdet. Avstand fra topp av elveskråning til planområdets grense er minst 600 m, og skråningene er ca. 10-15 m høye.

Vedlegg E

Risikoklassevurdering

Innholdsfortegnelse

E.1 Skadekonsekvensklasse	1
E.2 Faregradsevaluering av «Bortn»	2
E.3 Risikoklasse	4

E.1 Skadekonsekvensklasse

Skadekonsekvensvurderingen av kvikkleiresone 450 «Bortn» er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 08.10.2008 «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire» [9]. Evalueringene er utført iht. Tabell E.1 under.

Tabell E.1: Klassifisering av skadekonsekvens

Faktorer	Vekttall	Skadekonsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10-50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	> 5000	1001-5000	100-1000	< 100
Toglinje, baneprioritet	2	1-2	3-4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %

Skadekonsekvensklassene er inndelt inn i tre klasser:

- Skadekonsekvensklasse mindre alvorlig: Poengverdi 0-6
- Skadekonsekvensklasse alvorlig: Poengverdi 7-22
- Skadekonsekvensklasse meget alvorlig: Poengverdi 23-45

Tabell E.2: Skadekonsekvensevaluering for kvikkleiresone «Bortn»

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligheter, antall	4	3	12	Både spredt og tett bebyggelse
Næringsbygg, personer	3	3	9	Barneskole, bo- og servicesenter, barnehage, butikker, næringsbygg
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen annen bebyggelse i løsne- eller utløpsområde
Vei, ÅDT	2	3	6	Større veger: E6 og fv. 6594 Fremovegen. ÅDT for E6 på denne strekningen > 5000 (kilde: www.vegvesen.no)
Toglinje, baneprioritet	2	3	6	Dovrebanen ligger i utløpsområdet til sona. Baneprioritet 2.
Kraftnett	1	1	1	Distribusjonsnett.
Oppdemning/flom	2	3	6	Stor fare skader ved oppdemming pga. E6, fylkesveg og boligbebyggelse.
Sum poeng			40	Skadekonsekvens MEGET ALVORLIG
% av maksimal poengsum			88,9 %	

«Bortn» klassifiseres med meget alvorlig skadekonsekvens. Klassifiseringen gjelder for både dagens situasjon og etter utbygging.

E.2 Faregradsevaluering av «Bortn»

Etter tolkning av sonderinger og prøveserier er det gjort en vurdering av omfanget av sprøbruddmateriale. Tolkning av undersøkelser er vist på tegning nr. 418413-RIG-TEG-002. Det er valgt å ikke tegne opp ny soneavgrensning.

Faregradsevalueringen for «Bortn» er gjort for den antatt mest ugunstige delen av sonen.

Faregradsevalueringene er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 08.10.2008 «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire» [9].

Evalueringene er utført iht. Tabell E.3. Resultat er vist i Tabell E.4.

Tabell E.3: Kriterier for faregradsevaluering iht. NGIs rapport 20001008-2, rev 3 [9].

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

Faregradsklassene er inndelt i tre faresoner:

- Faregradsklasse LAV: Poengverdi 0-17
- Faregradsklasse MIDDELS: Poengverdi 18-25
- Faregradsklasse HØY: Poengverdi 26-51

Tabell E.4: Faregradsevaluering av kvikkleiresone «Bortn»

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	2	2	Iht. atlas.nve.no har det vært skred i området. Satt til «Noe»
Skråningshøyde, m	2	3	6	Drivende høydeforskjell for dagens situasjon er ca. 75 m
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1	2	Basert på ødometerforsøk og topografi er tidligere terrengnivå stipulert til å ligge mellom kote +120 og +145, se rapport nr. 20051784-2 [2], 6080109-R01 /10/ og 1350002699 G-rap-001 [11]. Løsmassene vurderes noe overkonsolidert 1,5-2,0.
Poretrykk	+3/-3	1	-3	Poretrykksmålingene indikerer grunnvannstand ca. 5-10 m under terrengnivå i foten og toppen av platået i sørvestre del av området, og lavere poretrykk med dybden enn hydrostatisk poretrykk. Utførte undersøkelser indikerer også drenerende grove lag i ca. 12-15 m dybde under terreng. I terrengryggen i nordøstre del av området er grunnvannstanden ca. 2-3 m under terreng, med noe avtakende trykkstigning i dybden i forhold til hydrostatisk trykk.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Utførte grunnundersøkelser har påvist kvikkleire med varierende mektighet mellom 5 og 30 m, fra ca. 5 til 10 m under terreng. Mektighet av sprøbruddmateriale settes til >H/2.
Sensitivitet	1	3	3	Målt sensitivitet er over 300
Erosjon	3	2	6	Vurdert til noe erosjon, se vedlegg D.
Inngrep Før utbygging Etter utbygging	+3/-3	1 2	-3 -6	Elva Kaldvella sikret, videre er det utført bakkeplanering og bekkelukking (se 6090686 G-not-003 [12] og 1350009657 G-rap-002 [13]). Med foreslåtte stabiliserende tiltak vil det etter utbygging bli utført terrengtiltak i deler av sona. Før utbygging vurderes inngrep til liten forbedring og etter utbygging til noe forbedring.
Sum poeng Før utbygging Etter utbygging			19 16	Før utbygging: FAREGRAD MIDDELS Etter utbygging: FAREGRAD LAV
% av total Før utbygging Etter utbygging			37,3 % 31,4 %	

«Bortn» klassifiseres med middels faregrad for dagens situasjon. Etter utbygging reduseres faregraden til lav.

E.3 Risikoklasse

Vurdering av risikoklasse av kvikkleiresone «Bortn» er utført iht. NGI-rapport 20001008-2, rev.3, datert 08.10.2008 «Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire» [9].

Tallverdien for risiko beregnes ved å multiplisere %-tallet for skadekonsekvens med %-tallet for faregrad. Risiko er inndelt i fem klasser:

- Risikoklasse 1 omfatter alle soner med tallverdi fra 0 til 170
- Risikoklasse 2 omfatter alle soner med tallverdi fra 171 til 630
- Risikoklasse 3 omfatter alle soner med tallverdi fra 631 til 1 900
- Risikoklasse 4 omfatter alle soner med tallverdi fra 1 901 til 3 200
- Risikoklasse 5 omfatter alle soner med tallverdi fra 3 201 til 10 000

Risikoklasse for kvikkleiresone «Bortn»:

- For dagens situasjon klassifiseres sonen i **Risikoklasse 5** (tallverdi 3316).
- Etter utbygging klassifiseres sonen i **Risikoklasse 4** (tallverdi 2792).