
RAPPORT

Holtheflata, Ler

OPPDRAKSGIVER
Aune Utvikling AS

EMNE
Vurdering av sikkerhet mot kvikkleireskred

DATO / REVISJON: 21. september 2018 / 00
DOKUMENTKODE: 10205840-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. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. 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	Holtheflata, Ler	DOKUMENTKODE	10205840-RIG-RAP-002
EMNE	Vurdering av sikkerhet mot kvikkleireskred	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Aune Utvikling AS	OPPDRAGSLEDER	Håvard Narjord
KONTAKTPERSON	Trond Rønningen	UTARBEIDET AV	Sivert Eidsmo Jonas G. Bjørklimark
KOORDINATER	SONE: 32V ØST: 5660 NORD: 700833	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	135 / 4 / - / Melhus		

SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av Aune Utvikling AS til å utføre geoteknisk vurdering av sikkerhet mot kvikkleireskred i forbindelse med utbygging av boliger på Holtheflata på Ler i Melhus kommune.

Utførte grunnundersøkelser i felt og undersøkelser i vårt geotekniske laboratorium i Trondheim har påvist kvikkleire på tomteområdet. Resultater fra grunnundersøkelser er presentert i egen datarapport.

Undersøkelsesområdet ligger på et jorde i utkanten av et boligområde i Ler sentrum. Terrenget har en helning på ca. 1:20 mot sør-vest. Nord-vest for området ligger en bekkedal som ved grunnundersøkelsene hadde tilnærmet ingen vannføring. Sør for tomta ligger elva Kaldvella.

Det er tykke leiravsetninger i området. Utførte grunnundersøkelser viser at løsmassene består av ett topplag av tørrskorpeleire med innslag av humus over siltig leire. Leira er lagdelt med tynne silt- og finsandlag. Leira er middels fast til fast, og har sprøbruddegenskaper fra ca. 4 m dybde. Videre er det påvist kvikkleire mellom 5 og 6 m dybde i borpunkt 1, og i et tynt lag ved 4,6 m dybde i borpunkt 5.

Naturlig vanninnhold i leira varierer fra 20 til 40 %.

Det er to registrerte kvikkleiresoner i nærheten av tomteområdet; nr. 450 Bortn og nr. 451 Flå krk. Tidligere skredfarevurdering av de nevnte kvikkleiresoner konkluderer med at tomteområdet ikke ligger i utløpssonen for noen av sonene.

Det er utført stabilitetsberegninger av det antatt mest stabilitetskritiske profilet. Beregningene viser at det må påregnes enkle sikringstiltak for å oppnå påkrevd sikkerhet; fylling i bekkedalen. Beregninger viser at en fylling på ca. 0,7-0,8 meter i bunnen av bekkedalen er tilstrekkelig for å ha god nok sikkerhet.

			JONASBJ	KOUK	HAAJ
00	21.09.2018	Vurdering av sikkerhet mot kvikkleireskred	Jonas G. Bjørklimark	Konstantinos Kalomoiris	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Formål.....	5
1.3	Myndighetskrav	5
2	Grunnlag.....	6
2.1	Utførte grunnundersøkelser	6
2.2	Grunnlagsdokumenter	6
3	Grunnforhold.....	7
3.1	Topografi.....	7
3.2	Løsmasser	7
3.3	Poretrykksforhold	Error! Bookmark not defined.
3.4	Kvikkleire – behov for utredning.....	7
4	Stabilitetsvurdering	9
4.1	Krav til sikkerhet	9
4.1.1	Bestemmelse av tiltakskategori	9
4.1.2	Faregradsvurdering.....	9
4.1.3	Krav til sikkerhetsnivå	9
4.2	Stabilitetskritiske profiler.....	9
4.3	Beregningsverktøy og –metode.....	9
4.4	Geometrieffekter.....	9
4.5	Stabilitetsberegninger.....	9
4.5.1	Grunnlag for stabilitetsberegninger.....	9
4.5.2	Beregningsresultater.....	9
4.5.3	Vurdering av resultater og behov for tiltak.....	10
5	Fundamentering av bygg.....	11
6	Referanser	12

VEDLEGG

10205840-RIG-NOT-001 Holtheplata, Ler. Skråningsstabilitet. Beregningshefte.

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Aune Utvikling AS planlegger å bygge leiligheter på Holtheflata på Ler i Melhus kommune. Eiendommen har gnr/bnr 135/4. Prosjektet omfatter 7 leilighetsbygg med to etasjer, med til sammen 36 leiligheter.

Multiconsult er engasjert av Aune utvikling AS til å utføre geotekniske grunnundersøkelser og geoteknisk rådgiving og prosjektering av fundamentering iht. gjeldende regelverk. Det er gjennomført grunnundersøkelser og utarbeidet tilhørende datarapport, se rapport nr. 10205840-RIG-RAP-001 [1].

1.2 Formål

Formålet med rapporten er å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet mot kvikkleireskred. Det omfatter også beskrivelse av sikringstiltak for å oppnå den påkrevde sikkerhet fra gjeldende lovverk.

1.3 Myndighetskrav

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 [2].

Oppdraget er også gjennomført i henhold til NVE's kvikkleireveileder nr. 7/2014 [3].

Vurderingen skal iht. NVEs veileder nr. 7/2014 kvalitetssikres av et uavhengig foretak. Eventuelle stabiliserende tiltak vil i tillegg til NVEs veileder nr. 7/2014 bli underlagt Plan- og bygningsloven (PBL) med byggteknisk forskrift (TEK17) og byggesaksforskriften (SAK10).

2 Grunnlag

2.1 Utførte grunnundersøkelser

I juni 2018 ble det utført grunnundersøkelser på tomta. Resultatene fra disse undersøkelsene er presentert i datarapport nr. 10205840-RIG-RAP-001 [1].

Det ble påvist kvikkleire i en av de opptatte 54 mm sylindrerprøver. På grunn av dette ble det derfor gjennomført ytterligere en prøvetaking i borpunkt 1, samt nedsetting av to hydrauliske piezometer. Disse grunnundersøkelsene ble gjort i august 2018.

Supplerende laboratoriearbeid besto av rutineundersøkelser og treaksialforsøk.

2.2 Grunnlagsdokumenter

I tillegg til utførte grunnundersøkelser er tegninger/dokumenter vist i Tabell 2-1 benyttet som grunnlag ved geotekniske vurderinger. Utsnitt fra situasjonskart er vist i Figur 2-1.

Tabell 2-1 Grunnlagsdokumenter

Nr.	Tegning/dokument	Tittel/kommentar	Datert
1	111 Situasjonskart SKISSE	Skisse/forslag til planlegging av plassering av leilighetsbygg	30.04.2018



Figur 2-1 Utsnitt av situasjonskart (skisse)

3 Grunnforhold

3.1 Topografi

Området som er undersøkt ligger på et jorde i utkanten av et boligområde i Ler sentrum. Terrenget har en helning på ca. 1:20 mot sør-vest. Nord-vest for området ligger en bekkedal som ved grunnundersøkelsene hadde tilnærmet ingen vannføring. Multiconsult har i ettertid fått opplyst at bekken er lagt i rør. Bekkedalen skråner opp mot tomta med en helning som varierer mellom 1:2 og 1:3. Sør for tomta ligger elva Kaldvella.

Byggetomta har tidligere vært benyttet til jordbruksformål, og ligger om lag 200 meter nordvest for Flå skole og barnehage.

3.2 Løsmasser

Utførte grunnundersøkelser viser at løsmassene består av ett topplag av tørrskorpeleire med innslag av humus over siltig/finsandig leire. Leira er lagdelt med tynne silt- og finsandlag.

Enaksial- og konusforsøk viser udrenert skjærfasthet fra 45-140 kPa. Leira kan dermed i hovedsak karakteriseres som middels fast til fast. Leira har sprøbruddegenskaper fra ca. 4 m dybde da konusforsøk på omrørte prøver viser at flere prøver under den dybden har omrørt skjærfasthet under 2 kPa og sensitivitet over 15. Videre er det påvist kvikkleire mellom 5 og 6 m dybde i borpunkt 1, og i et tynt lag ved 4,6 m dybde i borpunkt 5.

Treaksialforsøk viser at materialet har dilatant oppførsel. Effektivspenningsparametere tolket ut fra disse forsøkene er som følger; friksjonsvinkel 30° og attraksjon 15 kPa.

Basert på resultatene fra borhull 1 og 5 har leira et naturlig vanninnhold i intervallet 20-40 %.

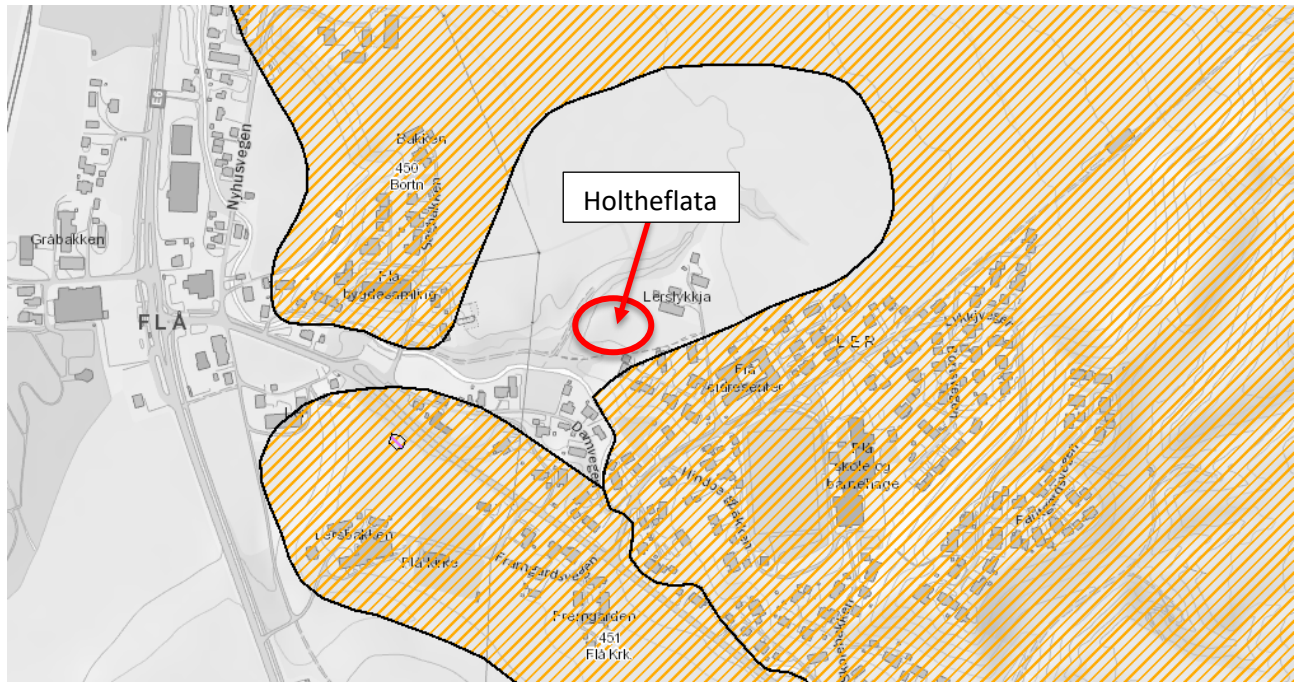
3.3 Poretrykk og grunnvann

Det ble i forbindelse med supplerende grunnundersøkelser satt ned to hydrauliske piezometer i nærheten av borpunkt 1. Avlesninger av poretrykk er vist i den reviderte datarapporten, rapport nr. 10205840-RIG-RAP-001_rev01 [1].

3.4 Kvikkleire – behov for utredning

Det ble under laboratorieundersøkelser av prøvesylindrer fra borpunkt 1 påvist kvikkleire. Dette borpunktet ligger i skråningen mot en tidligere bekkedal, hvor bekken nå er lagt i rør.

I følge NVE Atlas ligger tomta like i nærheten av to kvikkleiresoner, se kart i Figur 3-1. Tomta det ønskes å bygge på er markert med rødt. Det må vurderes hvorvidt bygging av planlagt boligfelt vil påvirke områdestabiliteten og om tomta ligger i utløpssone for nevnte kvikkleiresoner ved et eventuelt kvikkleireskred.



Figur 3-1 Kvikkleiresoner (kilde: NVE Atlas)

Kvikkleiresonene er presentert i Tabell 3-2 ved navn, faregrad, konsekvens og risikoklasse. Informasjon er hentet fra NVE Atlas.

Tabell 3-1 Kvikkleiresoner i nærliggende område

Nr.	Navn	Faregrad	Konsekvens	Risikoklasse
450	Bortn	Middels	Meget alvorlig	4
451	Flå krk.	Middels	Meget alvorlig	4

Multiconsult har ved en tidligere anledning gjennomført en sammenstilling av skredfarevurderinger basert på utredninger av kvikkleiresonene Bort og Flå krk. i forbindelse med områderegulering av Ler sentrum, se rapport nr. 417991-RIG-RAP-001 [4]. Rapporten konkluderer med at tomteområdet ikke ligger i utløpssonen for de nevnte kvikkleiresonene.

Der det er påvist kvikkleire på tomteområdet vurderer vi det nødvendig å utføre en stabilitetsvurdering for en lokal sone med løsnemråde fra bekkedalen i nord.

4 Stabilitetsvurdering

4.1 Krav til sikkerhet

4.1.1 Bestemmelse av tiltakskategori

Planlagt utbygging plasseres i tiltakskategori K4 (tiltak som medfører større personopphold samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner) i henhold til tabell 5.2 i NVEs veileder [3].

4.1.2 Faregradsvurdering

De tilstøtende faresoner, Bortn og Flå krk., som er store, omfattende soner er begge klassifisert med faregrad middels. Vi velger derfor å klassifisere en sone på tomteområdet i samme faregrad. Vi vurderer dette til å være en konservativ antagelse da tomteområdet er relativt flatt og høydeforskjellen ned mot lavereliggende terreng er liten. Maksimal skråningshelning nedenfor tomte er 1:1,5.

4.1.3 Krav til sikkerhetsnivå

NVEs veileder 7/2014 stiller krav om en absolutt sikkerhet $F \geq 1,4$ for både effektivspenningsanalyser og totalspenningsanalyser, eller prosentvis forbedring av den sikkerheten. Metoden med prosentvis forbedring kan bare benyttes ved å gjøre topografiske endringer og ved bruk av lette masser.

4.2 Stabilitetskritiske profiler

Basert på topografi og grunnforhold har profil E blitt vurdert som det mest stabilitetskritiske profil med tanke på skråningsstabilitet. I denne vurderingen er det tatt høyde for skåningshøyde og –helning.

4.3 Beregningsverktøy og –metode

Stabilitetsberegningene er utført med programmet «GeoSuite Stability» versjon 15.4.0.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellmetoden som tilfredsstillende både kraft og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater i programmet.

4.4 Geometrieffekter

Alle beregningene er utført for plan spenningstilstand. Det betyr at profilets bredde antas å være uendelig. Dette er en konservativ antakelse.

4.5 Stabilitetsberegninger

4.5.1 Grunnlag for stabilitetsberegninger

Det er utarbeidet et eget beregningshefte for stabilitetsvurderingene, se notat 10205840-RIG-NOT-001. Beregningsheftet dokumenter valg av parametere og resultater fra beregningene.

4.5.2 Beregningsresultater

Stabilitetsberegninger gjennomført i GeoSuite viser at skråningen, uten utført sikring, ned mot bekkedalen har en sikkerhetsfaktor som er lavere enn det som er påkrevd i mest kritiske profil; $F=1,37$ for drenerte analyser, og for en situasjon med grunnvannsnivå 2 m under terreng. Dette er ca 1,5 m høyere enn grunnvannsregistrering i poretrykkmålinger i august/september 2018.

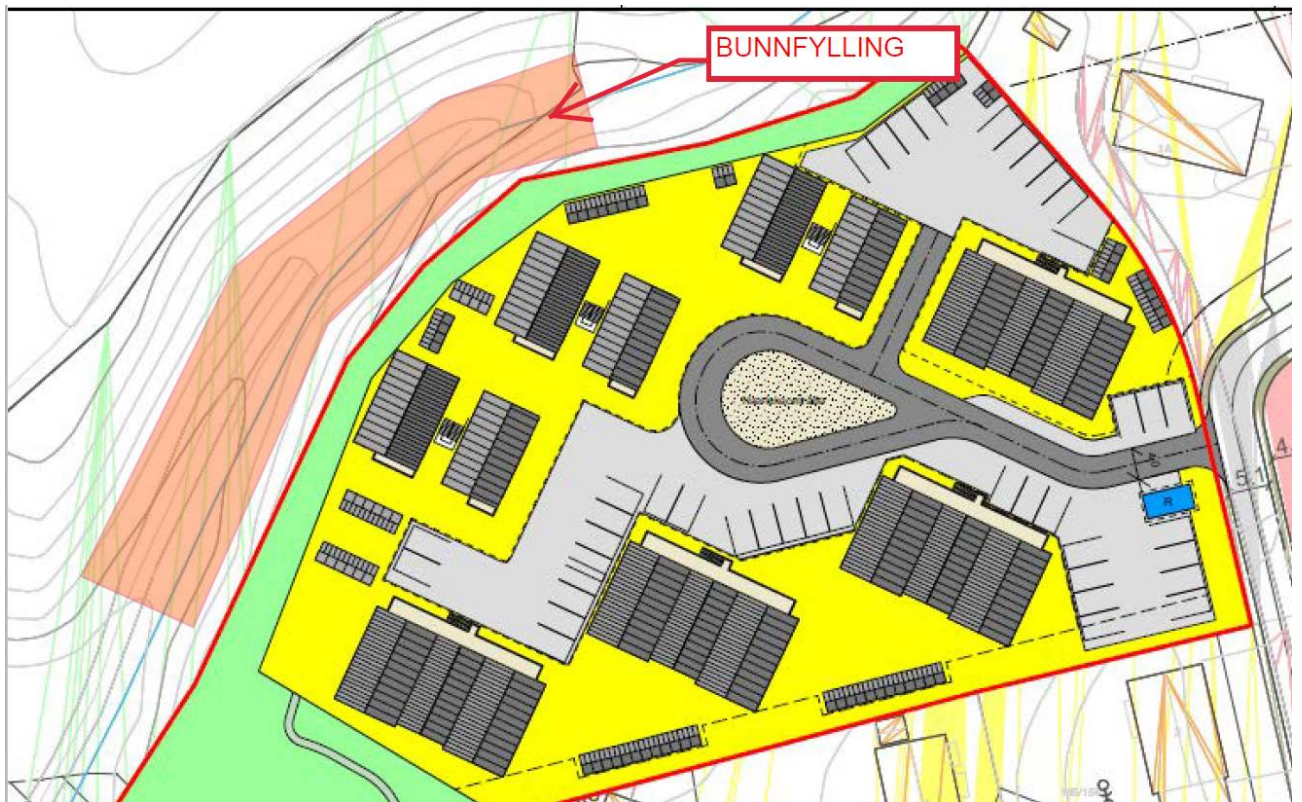
Vi velger derfor å tilfredsstillere stabilitetskrav med sikkerhetsnivå $F \geq 1,4$, også for en heving av grunnvannsnivået, og stabilitetsberegninger for dette sikringstiltaket har dermed fokusert på å finne ut hvor stor en eventuell fylling i bunnen av skråningen må være for å oppnå en tilstrekkelig sikkerhetsfaktor for skråningsstabiliteten.

4.5.3 Vurdering av resultater og behov for tiltak

Utbygger har et overskudd av masser de ønsker å benytte for å fylle opp i bekkedalen nedenfor skråningen. Disse overskuddsmassene kommer blant annet fra planering og utgraving til fundamentnivå av planlagte leilighetsbygg.

Stabilitetsberegninger for profil E (mest kritisk mht. stabilitet) viser at ved å plassere en fylling på minimum 0,8 meter i bunnen, vil sikkerheten mot brudd være tilfredsstillende. Da er det også tatt hensyn til endring i grunnvannsstand; opptil 2 meter under terreng.

Bunnfyllingen må legges ut på hele strekningen der byggene planlegges ut mot skråningskanten, som skissert i figur .



Figur 4-1 Bunnfylling i bekkedal

Det tilrås å legge duk under fyllingen i bekkedalen. For å sikre drenering vil det være nødvendig å legge dreneringsrør i bunn for å sikre at vannet fraktes vekk. Fyllingen må også utformes slik at det ikke medfører senere erosjon. Ved behov for større fyllingshøyde, må drenering og overflateerosjon ivaretas.

5 Fundamentering av bygg

Samtlige leilighetsbyggene er planlagt direkte fundamentert med plate på mark.

Det er planlagt 2 etasjes bygg som dermed vil medføre små laster på grunnen, og det ligger til rette for direkte fundamentering på ren, mineralsk grunn.

Det er planlagt fundamentering på plate på mark og, følgende forhold vil da være viktige:

Matjord og humusholdige masser må masseutskiftes med gode grusmasser eller knuste steinmasser. Vi tilrår generelt pukkmasser under gulv/fundamenter.

Massene på tomta er telefarlige og dette må hensyntas ved utførelse og bygging.

Også for vegger og plasser forutsettes at matjord/humusholdige masser masseutskiftes med egnete gode friksjonsmasser.

Før bygging igangsettes forutsettes at det utføres en geoteknisk detaljprosjektering tilpasset endelig plassering av bygg og lastoppgaver for fundamenter.

6 Referanser

- [1] Multiconsult Norge AS, «10205840-RIG-RAP-001_rev01,» GEO, Trondheim, 2018.
- [2] Standard Norge, «Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2015),» Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN ISO 9001:2015.
- [3] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred,» NVE, Oslo, Veileder 7-2014, des. 2014.
- [4] Multiconsult Norge AS, «417911-RIG-RAP-001 Områderegulering Ler sentrum, Melhus kommune. Skredfarevurdering.,» Trondheim, 2016.
- [5] Standard Norge, «Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering, Del 1 - Allmenne regler,» NS-EN 1997:2004+NA:2008.

NOTAT

OPPDRAAG	Holtheflata Ler	DOKUMENTKODE	10205840-RIG-NOT-001
EMNE	Skråningsstabilitet	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Aune Utvikling AS	OPPDRAAGSLEDER	Håvard Narjord
KONTAKTPERSON	Trond Rønningen	SAKSBEHANDLER	Sivert Eidsmo Jonas G. Bjørklimark
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt

SAMMENDRAG

Foreliggende notat oppsummerer resultater fra utførte stabilitetsberegninger, samt beskriver vurderinger og antakelser som ligger til grunn for utførte stabilitetsberegninger.

Parameterne som er benyttet er valgt med grunnlag i verdier fra utførte laboratorieundersøkelser, deriblant skjærforsøk (enaksial og treaksial) og konus.

Beregningene er i hovedsak brukt for å finne sikkerhetsfaktor for kritisk profil i både drenert og udrenert tilstand, og som innledende vurdering for eventuelle terrengendringer.

Innhold

1	Innledning	3
2	Prosjekt og problemforutsetninger	3
2.1	Grunnforhold	3
3	Valg av parametere til stabilitetsberegninger	4
3.1	Tyngdetetthet	4
3.2	Effektivspenningsparametere.....	4
3.3	Udrenerte styrkeparametere	4
3.4	Valg av skjærfasthetsprofil	4
3.5	Valg av poretrykksfordeling.....	4
3.6	Geotekniske dimensjoneringsparametere	5
3.7	Laster	5
4	Beregningsresultater	6
4.1	Beregningsprofil.....	6
4.2	Beregningsmodell	6
4.3	Resultater fra stabilitetsberegninger.....	6

00	21.09.2018	Beregningshefte for stabilitetsvurderinger	JONASBJ	Konstantinos Kalomoiris	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Tegninger

10205840-RIG-TEG	-002	Borplan med profiler
	-450.6	Tolkning treaksialforsøk (NTNU-plott), PR1, d=3,17 m
	-451.6	Tolkning treaksialforsøk (NTNU-plott), PR1, d=5,21 m
	-800	Profil E, før tiltak
	-801	Profil E, etter tiltak
	-802	Profil E, etter tiltak (GV 2 meter)

1 Innledning

Multiconsult er engasjert av Aune utvikling AS til å utføre undersøkelser og geoteknisk prosjektering av fundamentering av til sammen 7 leilighetsbygg på Holtheflata på Ler i Melhus kommune.

Innledende grunnundersøkelser påviste kvikkleire i det undersøkte området.

2 Prosjekt og problemforutsetninger

2.1 Grunnforhold

Utførte grunnundersøkelser viser at løsmassene består av ett topplag av tørrskorpeleire med innslag av humus over siltig/finsandig leire. Leira er lagdelt med tynne silt- og finsandlag.

Enaksial- og konusforsøk viser udrenert skjærfasthet fra 45-140 kPa. Leira kan dermed i hovedsak karakteriseres som middels fast til fast. Leira har sprøbruddegenskaper fra ca. 4 m dybde da konusforsøk på omrørte prøver viser at flere prøver under den dybden har omrørt skjærfasthet under 2 kPa og sensitivitet over 15. Videre er det påvist kvikkleire mellom 5 og 6 m dybde i borpunkt 1, og i et tynt lag ved 4,6 m dybde i borpunkt 5.

Treksialforsøk viser at materialet har dilatant oppførsel. Effektivspenningsparametere tolket ut fra disse forsøkene er som følger; friksjonsvinkel 30° og attraksjon 15 kPa.

Basert på resultatene fra borhull 1 og 5 har leira et naturlig vanninnhold i intervallet 20-40 %.

Laboratorieundersøkelsene viser at løsmassene har en tyngdetetthet i intervallet 19-21 kN/m³.

Tolkning av lagdeling er gjort på grunnlag av utførte grunnundersøkelser og resultater presentert i den tilhørende datarapporten, se rapport nr. 10205840-RIG-RAP-001_rev01.

3 Valg av parametere til stabilitetsberegninger

3.1 Tyngdetetthet

Tyngdetetthet er målt i forbindelse med laboratorieundersøkelser og er for stabilitetsberegninger vurdert til å være 21 kN/m³.

3.2 Effektivspenningsparametere

Valg av effektivspenningsparametere for leirmaterialet er gjort på grunnlag av utførte treaksiale skjærforsøk. Det er valgt å være konservativ ved tolkning.

Treksialforsøk viser at materialet har dilatant oppførsel. Effektivspenningsparametere tolket ut fra disse forsøkene er som følger; friksjonsvinkel 30° og attraksjon 15 kPa. Tolking av treksialforsøk er vist i tegning nr. 10205840-RIG-TEG-450.6 og -451.6.

For tørrskorpeleiren er det valgt å sette kohesjonen lik 0 kPa, da det antas at sprekker hindrer at materialet har strekkrefter. Valgt friksjonsvinkel for tørrskorpeleire er satt lik friksjonsvinkelen for leire; 30°. Valgte parametere er innenfor erfaringsverdier fra Statens vegvesen håndbok V220.

3.3 Udrenerte styrkeparametere

Aktiv styrke tolket fra treksialforsøk er som følger:

Leire:

$$c_{uA} = 65 \text{ kPa}$$

Kvikkleire:

$$c_{uA} = 58 \text{ kPa}$$

Aktive styrker er hentet fra NTNU-plott ved 1,5% deformasjon.

Det er i tillegg valgt å utføre udrenert ADP-analyse av skråningen. For å bestemme anisotropifaktorer for udrenert skjærstyrke er det benyttet NVE's rapport 14/2014.

Anisotropifaktorer velges i NVE's rapport ut fra plastisitetindeks (I_p), denne materialparameteren har ikke blitt undersøkt i utførte laboratorieundersøkelser. Det er derfor gjort en konservativ antagelse med plastisitetindeks $\leq 10\%$, hvilket fører til følgende anisotropifaktorer:

$$\text{Direkte styrke: } \frac{C_u D}{C_u C} = 0,63$$

$$\text{Passiv styrke: } \frac{C_u P}{C_u C} = 0,35$$

3.4 Valg av skjærfasthetsprofil

Skjærfastheten er satt som konstant for både leira og kvikkleira i utførte stabilitetsberegninger.

3.5 Valg av poretrykksfordeling

I beregningene er poretrykket valgt til å være hydrostatisk, med grunnvannstand på 3,5 meters dyp ved skråningstopp (borpunkt 1). I dalbunnen er grunnvannsstanden like under terreng. Det er i dette tilfellet konservativt å velge hydrostatisk poretrykksfordeling, ettersom at avlesninger av poretrykk viser at opptredende poretrykksfordeling er lavere enn hydrostatisk. Det vises til datarapport for grunnundersøkelser, se rapport nr. 10205840-RIG-RAP-001.

Skråningsstabilitet

Det er i tillegg utført beregninger med grunnvannstand på 2 meters dybde for å kontrollere sikkerhetsfaktorens sensitivitet for endring i grunnvannstand.

3.6 Geotekniske dimensjoneringsparametere

Geotekniske dimensjoneringsparametere er vist i Tabell 3-1.

Tabell 3-1 Geotekniske parametere for stabilitetsberegning

Material/ jordart	Dybde [m]	Tyngdetetthet, γ [kN/m ³]	Attraksjon, a [kPa]	Friksjonsvinkel, ϕ [°]	Kohesjon, c [kPa]	C_u [kPa]	C_{UA} [kPa]
Tørrskorpe	0-2	21	0	30	0	-	-
Leire	2-4 m	21	15	30	8,7	70	65
Kvikkleire	4- m	21	15	30	8,7	50	58

3.7 Laster

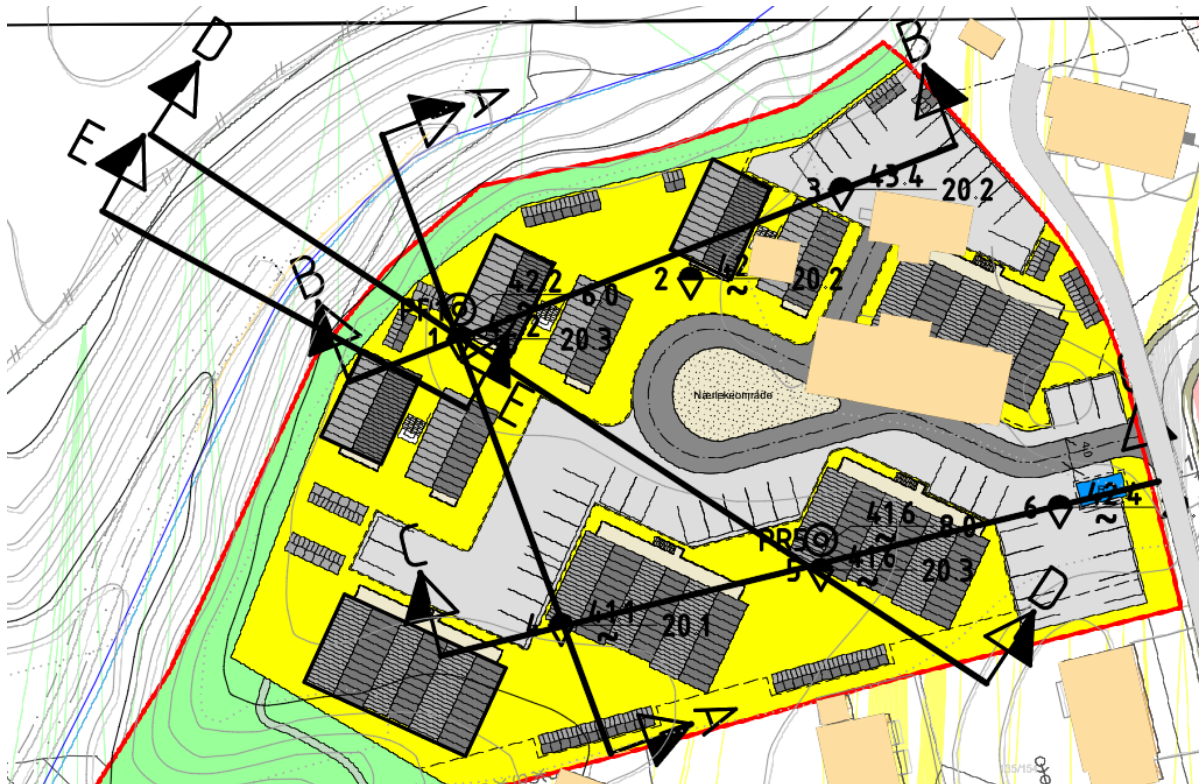
Det er benyttet 20kPa i last på toppen av skråninga. Lasten er plassert i profilene der boligene er plassert i situasjonsplan mottatt 13.06.2018.

4 Beregningsresultater

4.1 Beregningsprofil

Stabilitetsberegninger for Holtheflata er beregnet i det profilet som er ansett som mest stabilitetskritisk. I denne vurderingen er det tatt hensyn til skråningshøyde (og –helning), avstand til plasserte laster (fra situasjonsplan skisse) og resultater fra utførte grunnundersøkelser.

Profil E (se Figur 4-1) antas derfor å være det profilet som er mest kritisk med tanke på lokal stabilitet. Høydeforskjellen mellom skråningstopp og bunn i bekkedal er 6,6 meter; skråningshelningen er omtrent 1:1,5.



Figur 4-1 Profiler for stabilitetsvurdering. Profil E antatt som mest stabilitetskritisk

4.2 Beregningsmodell

Stabilitetsberegninger er utført i GeoSuite Stability versjon 15.4.0.0. Det er utført stabilitetsberegninger i profil E.

4.3 Resultater fra stabilitetsberegninger

Innledende stabilitetsberegninger av skråningen ga resultater som var noe lavere enn påkrevd sikkerhet. Det ble dermed vurdert ulike sikringstiltak for å øke sikkerheten mot brudd, både fylling i bekkedalen og avlastning av skråningstopp/slakere skråning.

Det ble valgt å utføre videre stabilitetsberegninger med fylling i bunn av bekkedalen, ettersom utbygger vil ha overskudd av masser fra planering og utgraving i forbindelse med fundamentering av planlagte leilighetsbygg.

Resultater fra utførte stabilitetsberegninger av profil E med grunnvannsstand 3,5 meter under terreng er vist i Tabell 4-1. Tabellen presenterer også resultater fra ADP-analyse.

Skråningsstabilitet

Tabell 4-1 Sikkerhetsfaktor fra stabilitetsberegninger

Profil	Sikkerhetsfaktor F		Merknad
	Drenert	ADP	
E (innmålt terreng)	1,41	1,46	Profil E beregnet med opprinnelig (innmålt terreng). Ingen fylling i bekkedalen.
E (etter tiltak)	1,45	1,55	Profil E beregnet med 0,7 meter fylling i bekkedalen (etter tiltak)

Profil E er også kontrollert for sensitivitet i forbindelse med endringer i grunnvannsstand. Det er dermed valgt å beregne stabilitet for en situasjon hvor grunnvannsstanden er 2 meter under terreng. Resultater vises i Tabell 4-2. Det er viktig å bemerke seg at denne beregningen forutsetter ca. 0,7 meter fylling i bunn av bekkedalen. Fyllingen er nærmere beskrevet i vurderingsrapporten, se rapport nr. 10205840-RIG-RAP-002.

Tabell 4-2 Sikkerhetsfaktorer ved heving av grunnvannsstand

Profil	Sikkerhetsfaktor F (drenert)	Kommentar
E (Før tiltak)	1,37	Grunnvannsstand 2 meter u. terreng. drenert
E (etter tiltak)	1,40	Grunnvannsstand 2 meter u. terreng. Terrengendring*, drenert

*terrengendring innebærer 0,8 meter fylling i bekkedalen

Stabilitetsberegninger er vist i tegning nr. 10205840-RIG-TEG-800 til -802.



Parkering

o_T2

TEGNFORKLARING:

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

KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra xx
 KORDINATSYSTEM: UTM_Sone 32V
 HØYDEREFERANSE: NM 2000
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS_GLONAS_CP05
 BOBBOK NR: Digital
 LAB.BOK NR: XXX

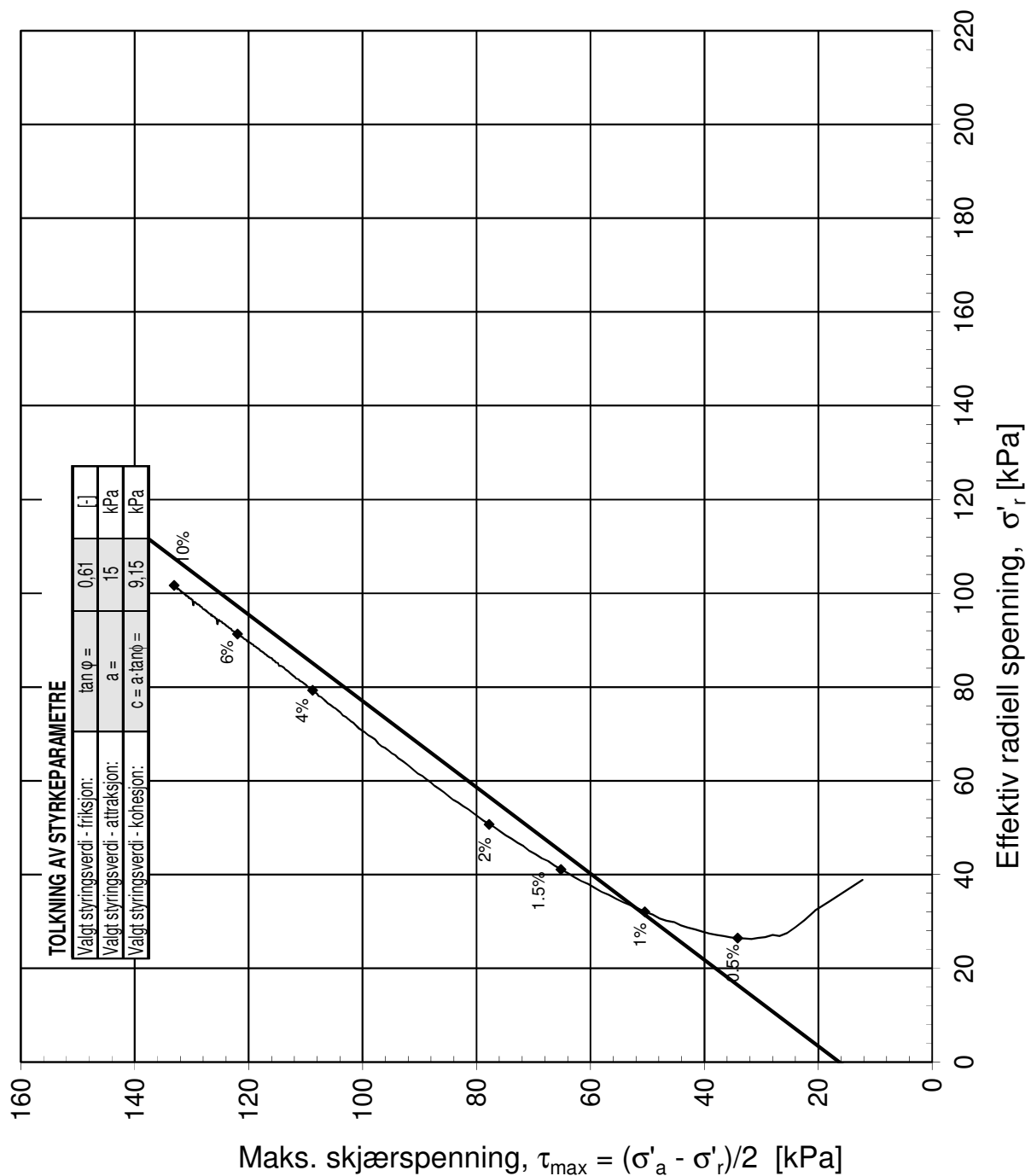
EKSEMPEL TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
 BP 1 ⊕ 6.30 — 14.8+2.4 — BORET DYBDE + BORET I BERG
 28.2 VANTATT BERGKOTE

Aune Utvikling AS
Holtheflata Ler

Borplan
 Profiler til stabilitetsberegninger

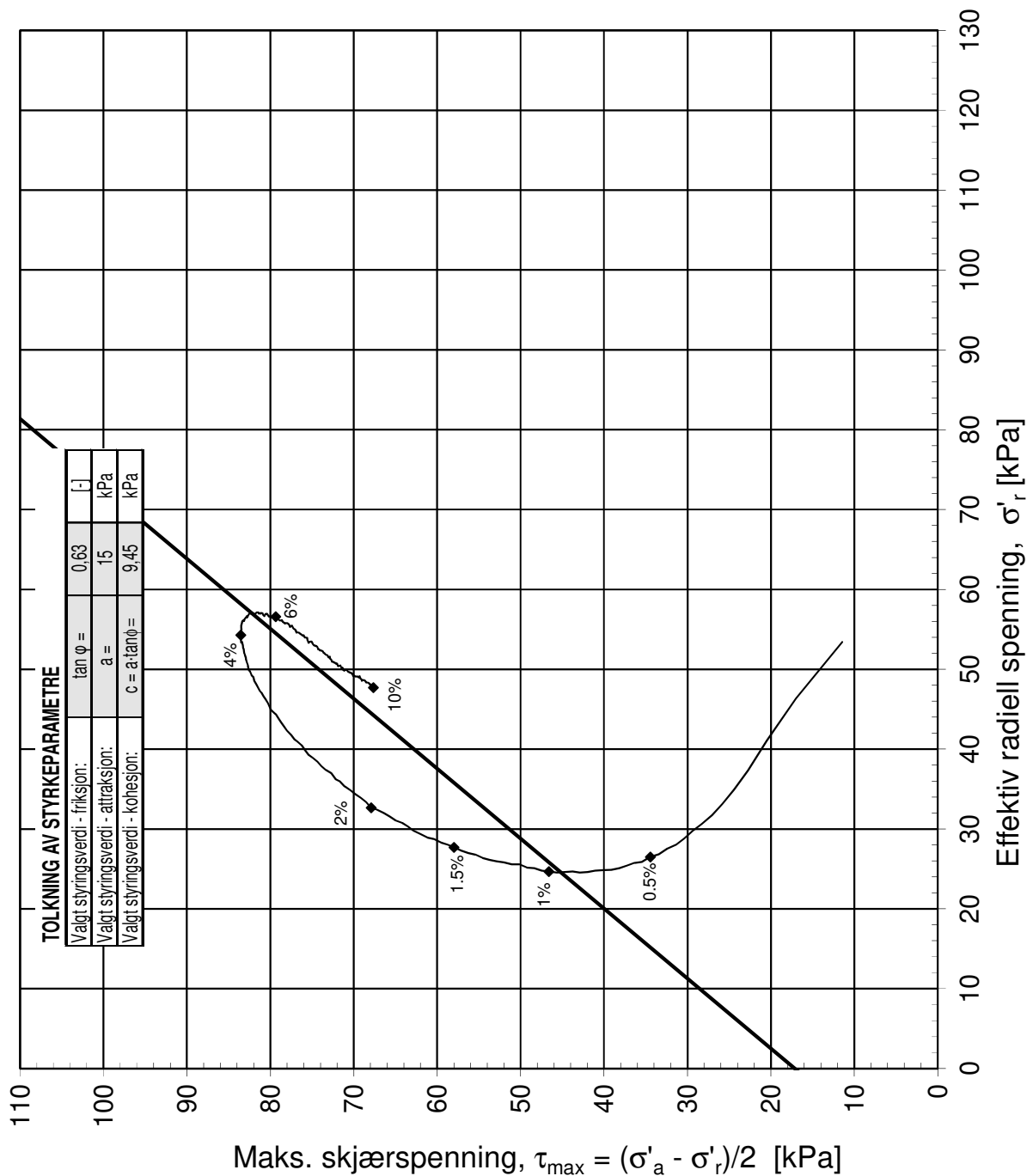
00	Borplan med profiler til stabilitetsberegning	13.09.2018	JONASB KONK	OAA
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn. Kontr.	Godkj.
			Fag	Format
			Geoteknikk	A3
		Dato	13.09.2018	
		Format/Målestokk:	1:1000	
		Status	Konstr./Tegnet	Godkjent
		Utsendt	SIE	KONK
		Oppragsnr.	Tegningsnr.	
		10205840	RIG-TEG-002	
				Rev.
				00

Multiconsult
 www.multiconsult.no



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	63,31	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	38,85	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	2,02	$\Delta e/e_0$ (-): 0,06
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	1,02
Vanninnhold w_i (%):	24,07	Densitet ρ_i (g/cm ³):	2,07

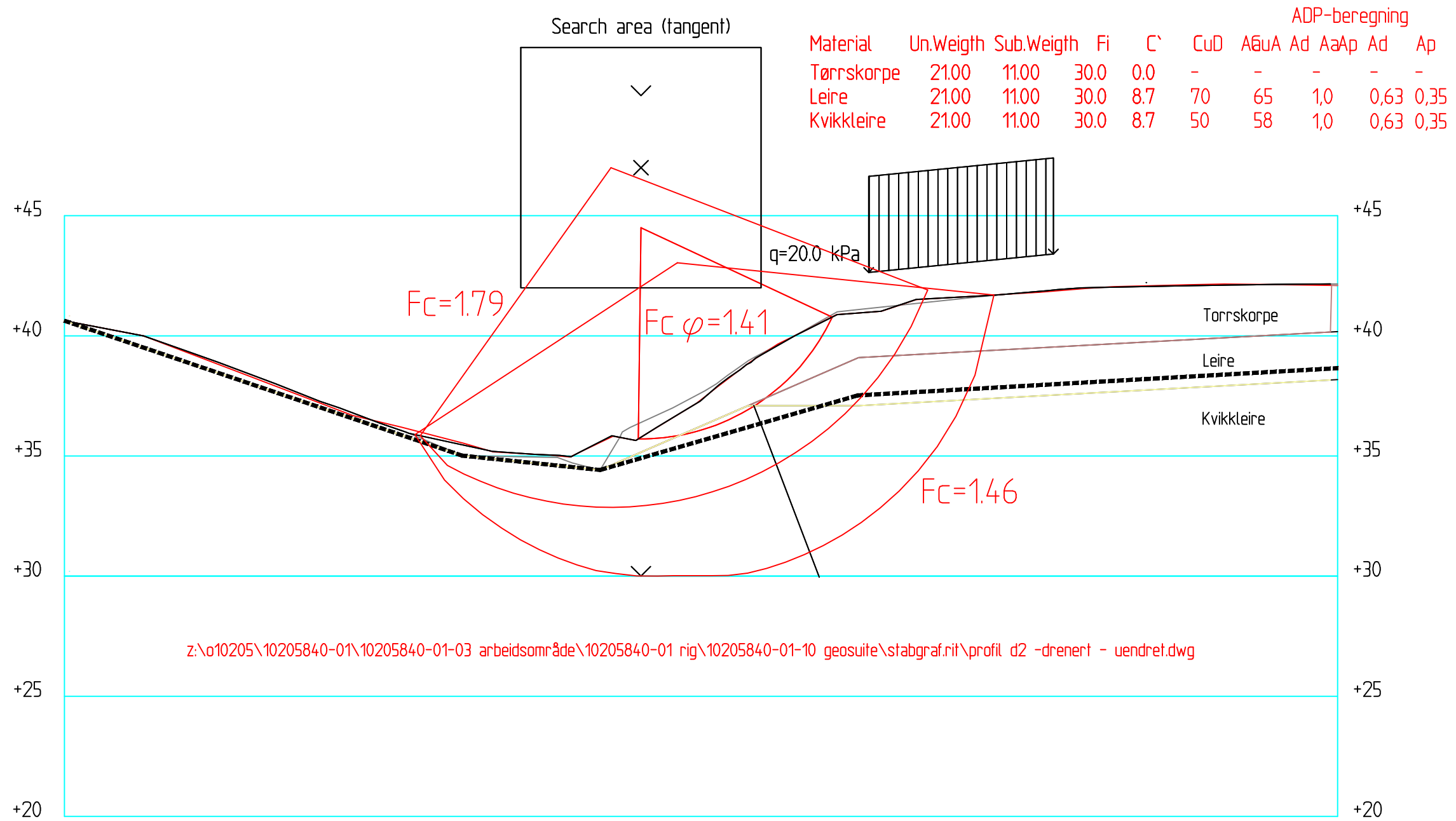
Aune Utvikling AS		Prøvekvalitet	Tegningens filnavn: 10205840-RIG-TEG-450_hX1, d3,17
Holtheplata, Ler		Etter volumtøyning:	Multi consult
Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.		Etter poreallsending:	
MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen, 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 27.08.2018	Dybde, z (m): 3,17	Borpunkt nr.: 1
	Forsøk nr.: 1	Tegnet/kontrollert lab: mash	Kontrollert: vt
	Oppdrag nr.: 10205840	Tegning nr.: RIG-TEG-450.6	Prosedyre: CAUa



Konsolideringsspenning, aksial:	σ'_{ac} (kPa):	76,32	
Konsolideringsspenning, radial:	σ'_{rc} (kPa):	53,41	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	ϵ_{vol} (%) = $\Delta V/V_0$:	1,33	$\Delta e/e_0$ (-): 0,03
Baktrykk u_b (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,88
Vanninnhold w_i (%):	30,83	Densitet ρ_i (g/cm ³):	1,97

Aune Utvikling AS		Prøvekvalitet	Tegningens filnavn: 10205840-RIG-TEG-451_h1, d5,21m
Holtheflata, Ler		Etter volumtøyning:	Multi consult
Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.		Etter poreallsending:	
MULTICONSULT NORGE AS Sluppenvegen, 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 27.08.2018	Dybde, z (m): 5,21	Borpunkt nr.: 1
	Forsøk nr.: 2	Tegnet/kontrollert lab: mash	Kontrollert: vt
	Oppdrag nr.: 10205840	Tegning nr.: RIG-TEG-451.6	Prosedyre: CAUa

C:\Users\jonasbj\Desktop\10205840\10205840-RIG-TEG-800 Eksisterende terreng.dwg, - Layout: (A3), - Plottet av: jonasbj, Dato: 2018.09.21 kl 13:23

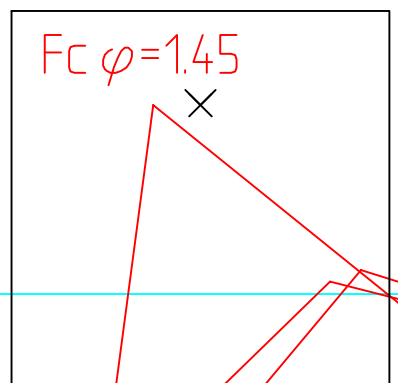


Profil E-E

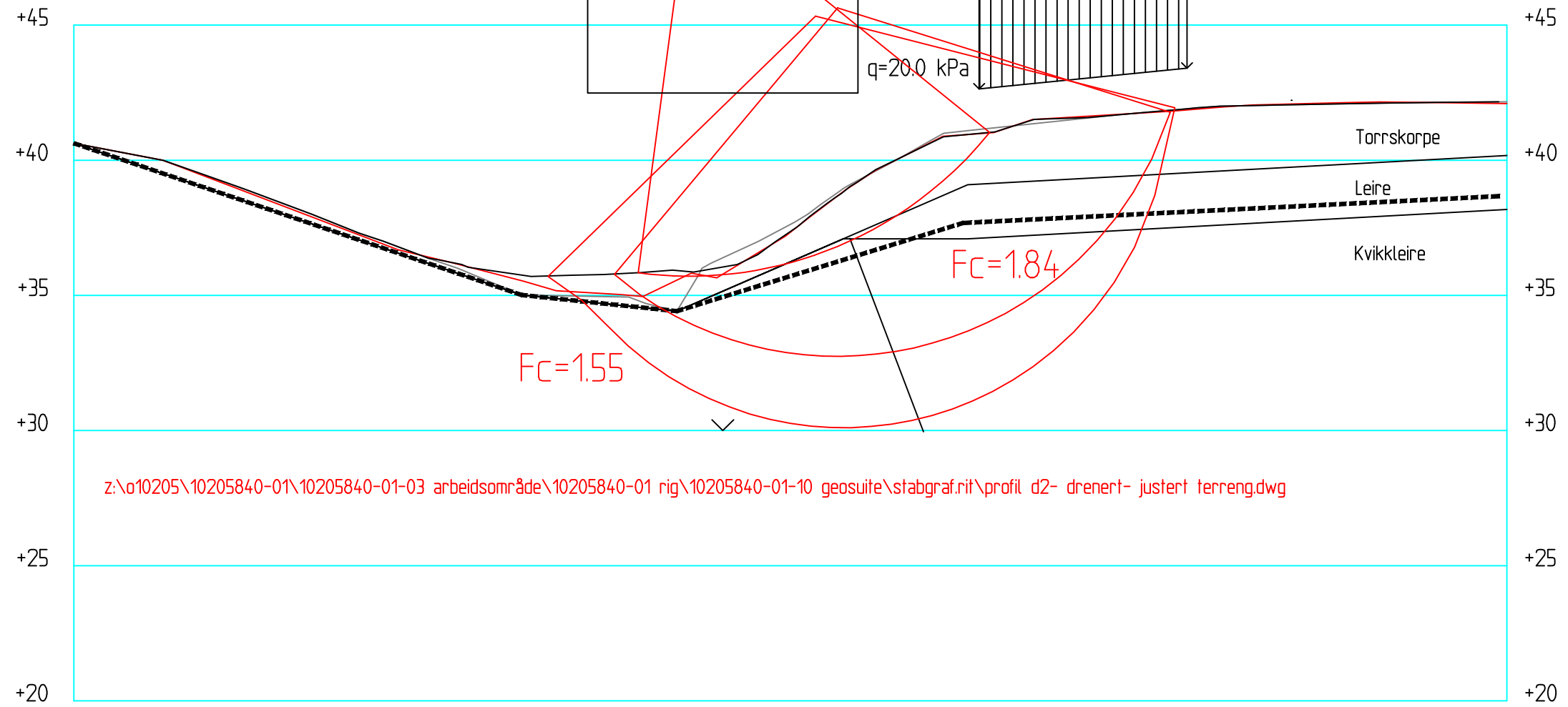
1 : 200

00 Stabilitetsberegning profil E						20.09.2018	JONASB	KONK	HAN	
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	Fag		Format		
						Geoteknikk		A3		
Aune Utvikling AS						Dato		20.09.2018		
Holtheplata, Ler						Format/Målestokk:				
Stabilitetsberegning						1:200				
Profil E, innmålt terreng						Status		Godkjent		
Beregninger før tiltak						Utsendt		HAN		
Multiconsult			Konstr./Tegnet		Kontrollert		Oppdragsnr.		Tegningsnr.	
			JONASBJ		KONK		10205840		RIG-TEG-800	
							Rev.		00	

Search area (tangent)



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	CuD	A _{bu} A	Ad	AaAp	Ad	Ap
Tørrskorpe	21.00	11.00	30.0	0.0	-	-	-	-	-	-
Leire	21.00	11.00	30.0	8.7	70	65	1.0	0,63	0,35	
Kvikkleire	21.00	11.00	30.0	8.7	50	58	1.0	0,63	0,35	



z:\o10205\10205840-01\10205840-01-03 arbeidsområde\10205840-01 rig\10205840-01-10 geosuite\stabgraf.rit\profil d2- drenert- justert terreng.dwg

Profil E-E
1 : 200

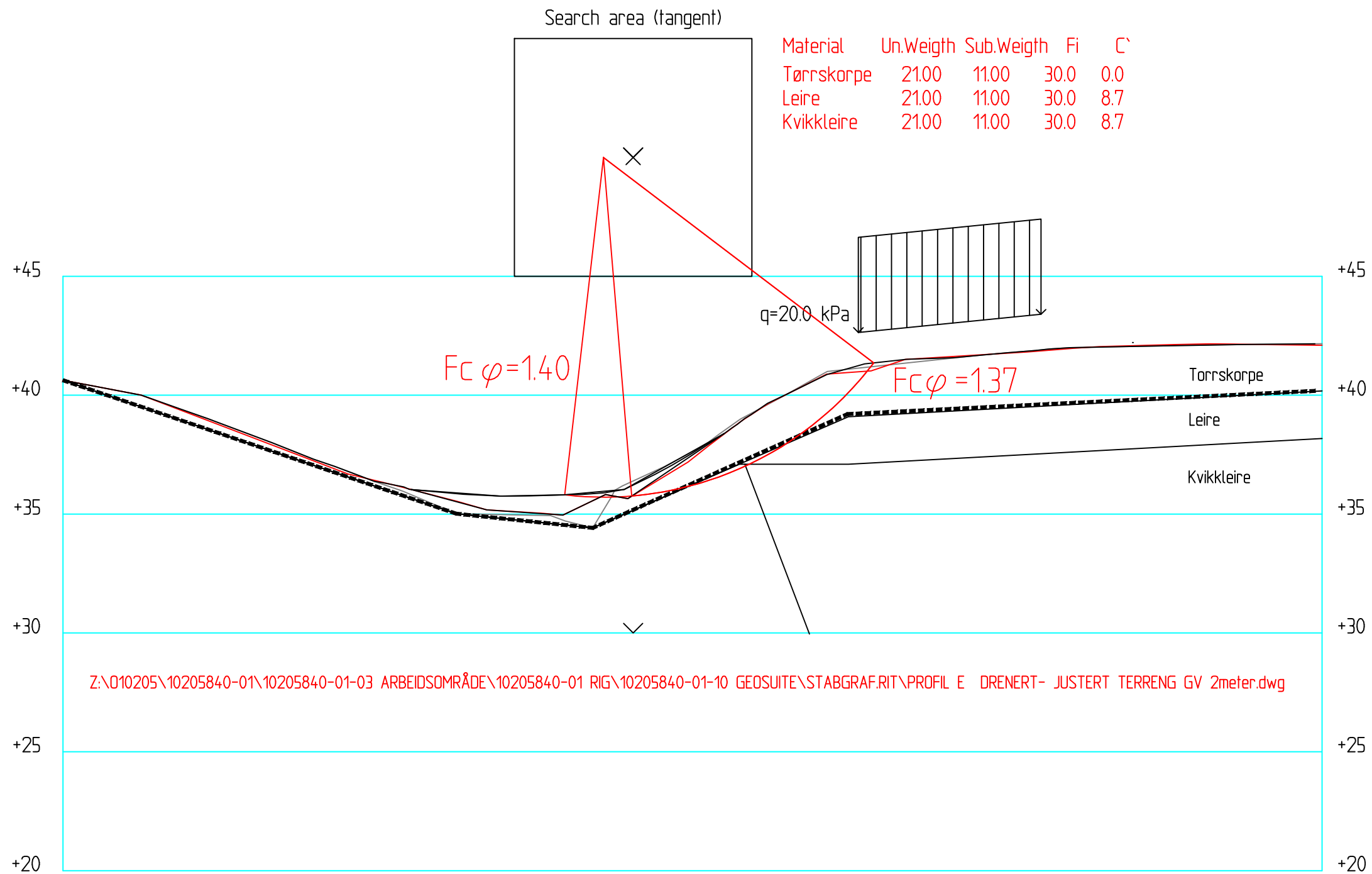
F_{ci}=1,41
21 kN/m³
Result file : z:\o10205\10205840-01\10205840-01-03 arbeidsområde\10205840-01 rig\10205840-01-10 geosuite\

00 Stabilitetsberegning profil E						20.09.2018	JONASB	KONK	HAN
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	Fag		Format	
	Aune Utvikling AS					Geoteknikk		A3	
	Holtheplata, Ler					Dato		20.09.2018	
	Stabilitetsberegning					Format/Målestokk:		1:200	
	Profil E, fylling i bunn					Godkjent		HAN	
	Beregninger etter tiltak					Status		Oppdragsnr.	
						Utsendt		10205840	
						Konstr./Tegnet		Tegningsnr.	
						JONASBJ		RIG-TEG-801	
						Kontrollert		Rev.	
						KONK		00	



C:\Users\jonasbj\Desktop\10205840\10205840-RIG-TEG-801 Etter tiltak.dwg. - Layout: (A3). - Plottet av: jonasbj. Dato: 2018.09.21 kl 13:24

Z:\010205\10205840-01\10205840-01-03 ARBEIDSSOMRÅDE\10205840-01-10 GEOSUITE\STABGRAF.RIT\PROFIL E DRENERT- JUSTERT TERRENG GV 2meter.dwg, - Layout: (A3); - Plottet av: jonasbj, Dato: 2018.09.21 kl 13:33



Profil E-E

1 : 200

00						Stabilitetsberegning profil E						20.09.2018		JONASB		KONK		HAN	
Rev.						Beskrivelse						Dato		Tegn.		Kontr.		Godkj.	
Aune Utvikling AS												Fag		Format					
Holtheplata, Ler												Geoteknikk		A3					
												Dato		20.09.2018					
Stabilitetsberegning												Format/Målestokk:		1:200					
Profil E, fylling i bunn																			
Beregninger etter tiltak (GV 2 meter)																			
Multiconsult						Status		Konstr./Tegnet		Kontrollert		Godkjent							
						Utsendt		JONASBJ		KONK		HAN							
						Oppdragsnr.		Tegningsnr.				Rev.							
						10205840		RIG-TEG-802				00							