

NOTAT

| | | | |
|----------------|--|-----------------|--------------------------------|
| OPPDRAAG | Elverhøy, Porsgrunn | DOKUMENTKODE | 10204965-RIG-NOT-002 |
| EMNE | Faresonekartlegging, stabilitetsberegninger og vurderinger | TILGJENGELIGHET | Åpen |
| OPPDRAAGSGIVER | Elverhøy Park AS | OPPDRAAGSLEDER | René Minarski |
| KONTAKTPERSON | Jan Erik Slaatta | SAKSBEHANDLER | René Minarski |
| KOPI | | ANSVARLIG ENHET | 10232011 Seksjon Geoteknikk |

SAMMENDRAG

I forbindelse med planlagt bebyggelse i et område mellom Leirkupgata og Grenlandsgata i Porsgrunn kommune, er Multiconsult engasjert av Elverhøy Park AS til blant annet å foreta en faresonekartlegging av området mht. områdestabiliteten, jfr. retningslinjer utarbeidet av NVE. Dette innebærer en vurdering av utstrekningen av sonen av masser med sprøbruddsoppførsel, samt kartlegging av denne mht. skadekonsekvens, faregrad og tilhørende risiko. Denne faresonen består av to områder, hhv. "løsneområde" (dvs. området som glir ut når et skred inntreffer) og "utløpsområde" (dvs. området der skredmassene avsettes nedenfor skredgropa).

Stabilitetsberegningene utført for dagens situasjon viser at stabiliteten ikke er tilfredsstillende med tanke på videre utbygging i faresonen da beregningsfaktor F er lavere enn minimumskravet på 1,4, men at det er mulig å stabilisere skråningen tilstrekkelig vha. fylling med lette masser eventuelt i kombinasjon med avgraving av terreng eller forflytning av planlagte fundamenter.

Den planlagte utbyggingen vurderes dermed for å være gjennomførbar iht. gjeldende regler og forskrifter hva angår sikkerhet mht. skred i kvikkleiremasser/masser med sprøbruddsegenskaper. Det påpekes imidlertid at planlegging og gjennomføring av ny bebyggelse innenfor faresonen må utføres i samråd med geoteknisk sakkyndig i forbindelse med detaljprosjekteringen for å sikre at stabiliteten også er tilfredsstillende i bygge- og permanentfasen.

| REV. | DATO | BESKRIVELSE | UTARBEIDET AV | KONTROLLERT AV | GODKJENT AV |
|------|------------|-----------------------------------|---------------|----------------|-------------|
| 01 | 15.09.2021 | Revisjon etter uavhengig kontroll | renm | JAA | renm |
| 00 | 13.08.2020 | Utarbeidet | RENM | JAA | |

1 Innledning

I forbindelse med planlagt bebyggelse i et område mellom Leirkupgata og Grenlandsgata i Porsgrunn kommune har Multiconsult i 2019 utført geotekniske grunnundersøkelser. Resultatene av disse er presentert i Multiconsults datarapport nr. 10204965-RIG-RAP-001_rev01 datert 29.07.2019 (ref. /1/). I forbindelse med reguleringsplanarbeidet for den planlagte utviklingen er Multiconsult Norge AS videre engasjert til å blant annet utføre en faresonekartlegging av området mht. områdestabiliteten.

Området ligger under marine grense som medfører at sannsynligheten for kvikkleire/sprøbruddmateriale i større deler av området er til stede.

Grunnundersøkelser (ref. /1/) har påvist masser med sprøbruddoppførsel i området, og dette medfører derfor at det må foretas en faresonekartlegging av området mht. områdestabiliteten, jfr. retningslinjer utarbeidet av NVE (/2/). Hensikten er å kartlegge potensielt skredfarlige kvikkleireområder og med dette identifisere områder der det kreves geotekniske beregninger/vurderinger og evt. stabiliserende tiltak.

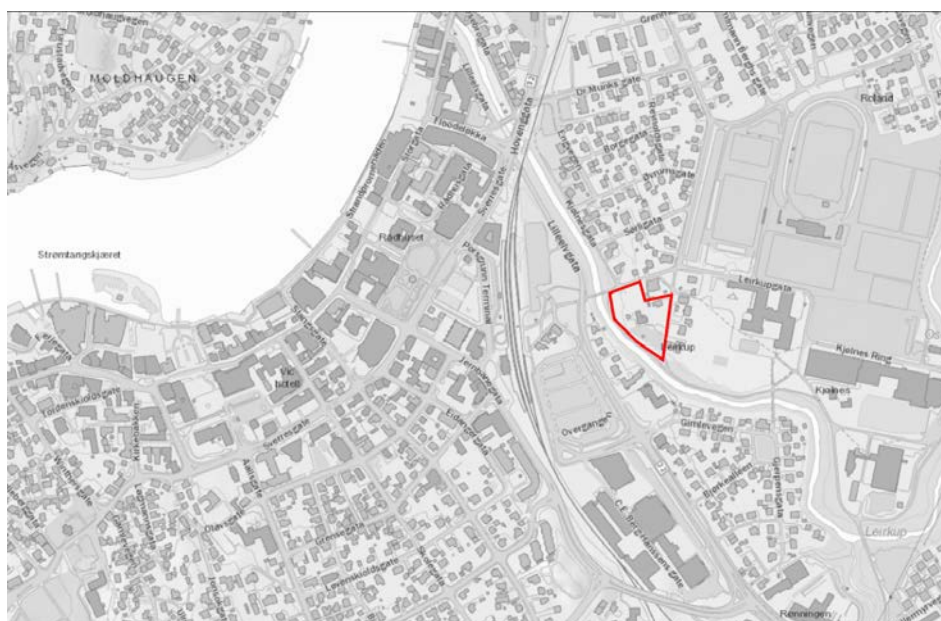
Foreliggende notat inneholder resultatene av faresonekartleggingen samt geotekniske beregninger og vurderinger mht. skredfare/stabilitet. Notatet er utarbeidet i samsvar med NVE sine retningslinjer vedr. "Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag" (ref. /2/) og tilhørende vedlegg 1 "Teknisk veiledning for vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire". I NVE-veiledningen kreves bl.a. at det foretas faregradsevaluering av området, og denne evalueringen er også inkludert i notatet.

2 Situasjonsbeskrivelse, topografi og grunnforhold

Det undersøkte området består i dag av en enebolig med tilhørende hage, en barnehage med tilhørende uteområder og en tomt der tidligere bebyggelse er revet.

Området begrenses i nord av Leirkupgata, i øst av Grenlandsgata, i syd og vest av bekken Leirkup og i nord-øst av eksisterende boliger. Terrenghvædet varierer mellom ca. kote +5,5 i øst og -1,9 i bunnen av elva. Terrenghvædet heller nedover mot bekken i vest og syd.

Plasseringen av området er vist med rødt omriss på Figur 2-1. Figur 2-2 viser videre flyfoto over aktuelt område.



Figur 2-1: Kartutsnitt over området, omtrentlig planområde er markert med rødt omriss.



Figur 2-2 Flyfoto over området, omtrentlig planområde er markert med rødt omriss [finn.no].

Grunnundersøkelsene indikerer at løsmassene i området generelt består av leirig silt foruten enkelte innslag av sand og et lag av tørrskorpesilt i de øverste 1,0 til 2,5 m. Laboratorieresultat fra prøvetaking i 9-9,5 m dybde under terreng i borpunkt 3 viser omrørt skjærfasthet av $1,7 \text{ kN/m}^2$ og sensitivitet lik 15 hvilket er på grensen til sprøbruddmateriale iht. kvikkleireveiledere (ref. /2/). Det er imidlertid ikke foretatt kontinuerlig prøvetaking, slik at det ikke kan utelukkes at det i grunnere/større dybde er masser med større grad av sprøbruddoppførsel.

Det vises for øvrig til datarapport nr. 10204965-RIG-RAP-001_rev01 (ref. /1/) for ytterligere detaljer vedrørende grunnforholdene, samt borplanen på vedlagte tegning nr. 10204965-001 for nærmere detaljer mht. topografien i området. Utsnitt av borplanen fremgår av Figur 2-3 nedenfor.

Det er ikke registrert berg i området, verken som berg dagen eller i sonderingene.



Figur 2-3 Tegning nr. 10204965-001 "Borplan" - Utsnitt

3 Faresonekartlegging, områdestabilitet og lokalstabilitet

3.1 Geotekniske vurderinger

Det er foretatt en kartlegging av faresonen iht. /2/, og resultatene fremgår av kap. 3.2. Videre er det foretatt geotekniske beregninger og vurderinger mht. stabiliteten av området. Her er beliggenheten av kritisk snitt identifisert og deretter er det foretatt både udrenert (s_u) og drenert analyse ($a\phi$) av stabiliteten. Resultatene av beregningene og vurderingene er presentert i kap. 3.3.

3.2 Vurdering av faresonen

Utstrekning av faresonen er vurdert iht. NVE-veileder kap. 4.5 «Soneutredning».

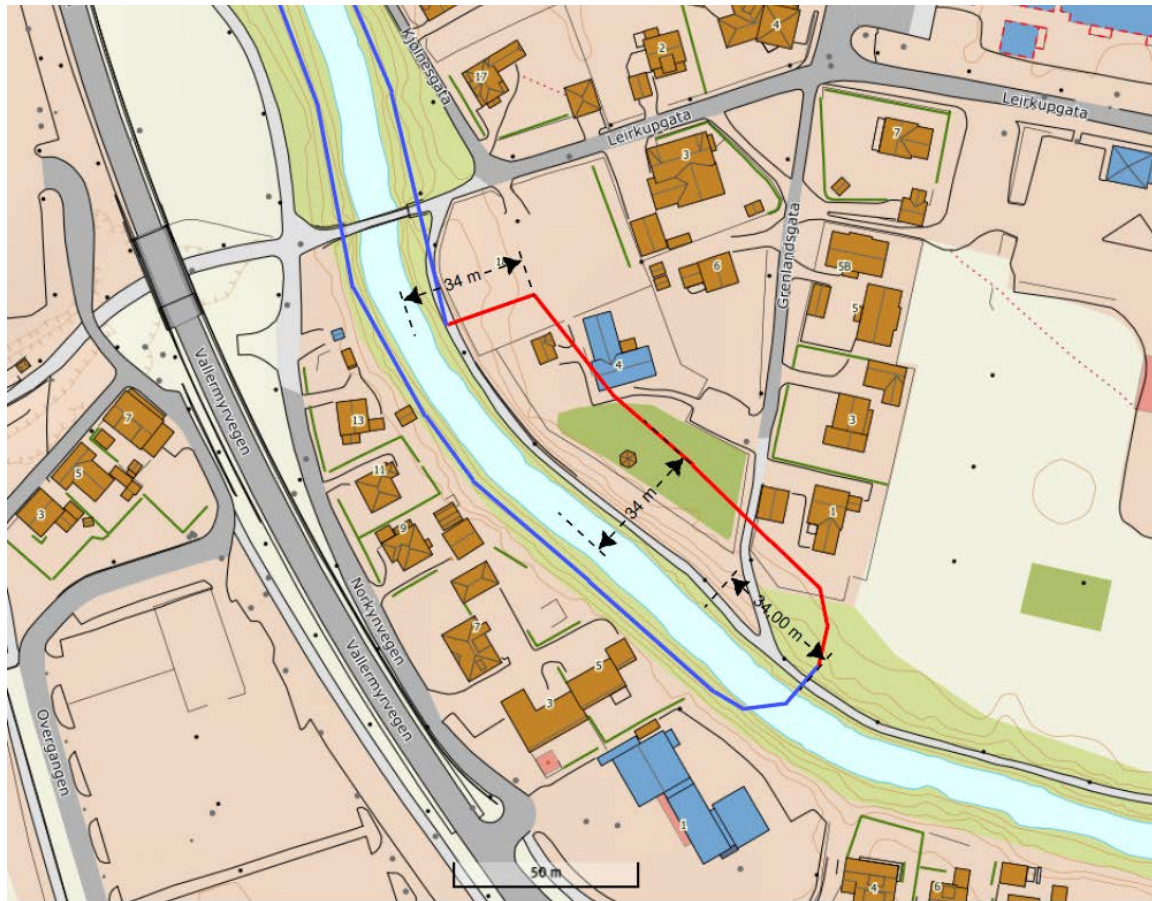
Utførte laboratorieundersøkelser viser at omrørt skjærfasthet på analyserte prøver er 1,7 kPa eller høyere (iht. NS8015). Dette tilsier at aktuell skredmekanisme enten er «rotasjonsskred» eller «flakskred» iht. veilederens Figur 4.3 «Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme». Det aktuelle området karakteriseres med et horisontalt terrengplatå der det relativt tynne laget av sprøbruddmateriale ligger forholdsvis dypt under terreng. Dette utelukker dermed «flakskred», og det vurderes dermed at «rotasjonsskred» er den reelle skredmekanismen i dette tilfellet. Jfr. veilederens kap. 4.5.3 kan det erfaringsmessig benyttes et L/H-forhold lik 5 for å vurdere utstrekningen av løснеområdet. Med en høydeforskjell lik 6,8 m tilsier dette at løснеområdet vil ha en utstrekning lik ca. 34 m fra foten av glideflaten.

I Figur 3-4 nedenfor er det vist en vurdering av utstrekningen av faresonen. Denne faresonen består av to områder, hhv. "løснеområde" (dvs. området som glir ut når et skred inntreffer - merket med **rød** linje) og "utløpsområde" (dvs. området der skredmassene avsettes nedenfor skredgropa – merket med **blå** linje).

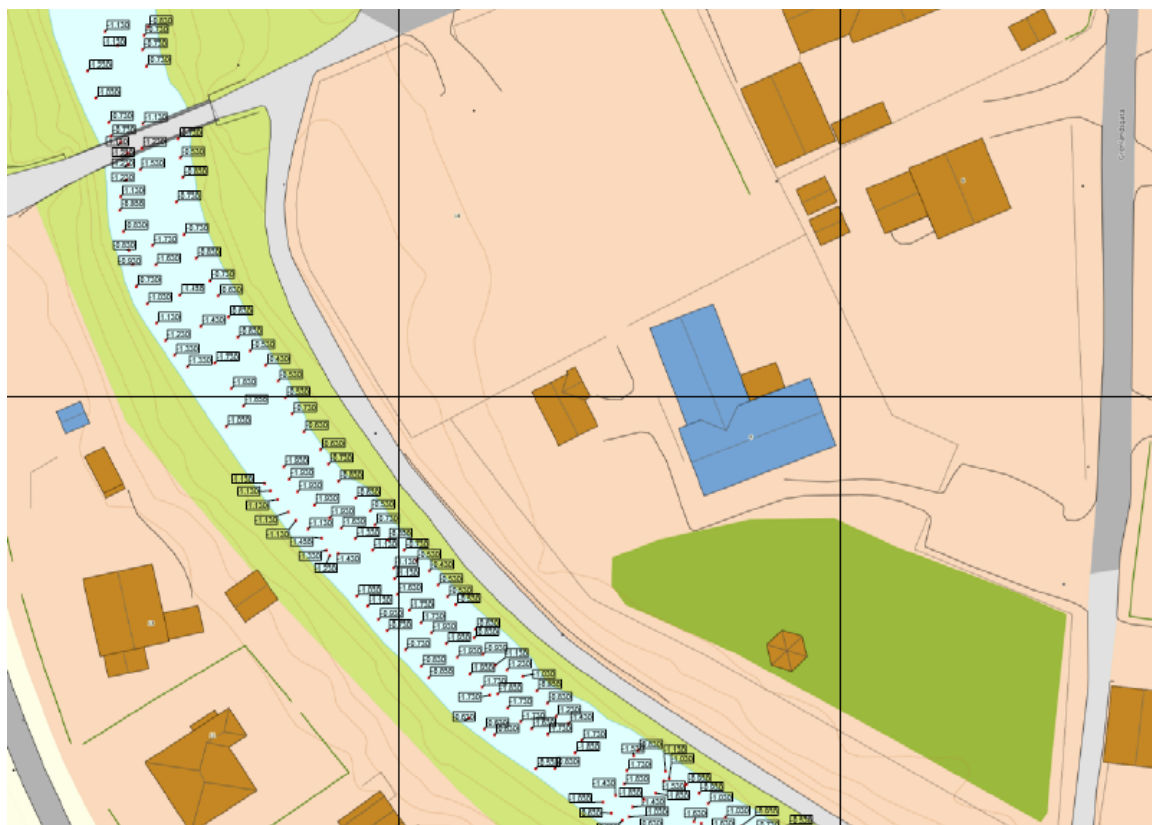
Vurderingen av utstrekningen av løснеområde er basert på antagelsen at løснеområder begrenser seg til en maksimal utstrekning lik 5 ganger skråningshøyde (= 34 m, som bestemt ut ifra NVE-veileder kap. 4.5.3.). Videre kan det legges til grunn at terreng ligger utenfor løснеområde når én av følgende kriterier fra NVE-veileder 1/2019 (ref./2/) er møtt:

- Det forekommer ikke kvikkleire/sprøbruddmateriale i grunnen
- Total høydeforskjell er 5 m eller mindre (platåterreng)
- Terregnhelning er mindre enn 1:20 og total høydeforskjell er 5 m eller mindre

For den nordlige avgrensningen av løснеområdet er det vurdert at den gjennomsnittlige totale høydeforskjellen ikke er større enn 5 m for områder lengre nord (se innmålinger av elvebunn i Figur 3-5 og Vedlegg C) og at løśnieområdet kan dermed avgrensnes der. Den nord-østlige delen av avgrensningen følger avstanden av 34 m fra elva. I den sør-østlige delen kan det ikke utelukkes at det forekommer kvikkleire og at faresonen dermed kan strekke seg videre sør-østover. Det er imidlertid vurdert at elvekanten i dette området vil ikke påvirkes av planlagte tiltaket, og at den aktuelle faresonen kan avgrensnes ca. 34 m fra grensen av planområdet.



Figur 3-1 Utstrekning av faresone



Figur 3-2 Innmålinger av elvebunn

3.2.1 Skadekonsekvens

Evalueringen er utført iht. Tabell 3-3 og Tabell 3-4 under, som er hentet fra NGI rapport 20001008-2 (ref. /5/).

Tabell 3-1 Skadekonsekvens

| Faktorer | Vekt-tall | Konsekvens, 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 % |

Faresoner er inndelt i tre skadekonsekvensklasser iht. /6/.

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

En evaluering av faresonen mht. skadekonsekvens gir følgende resultat (Tabell 3-4):

Tabell 3-2 Skadekonsekvens, kartlagte verdier

| Faktorer | Vekttall | Score | Produkt | Merknad/vurdering |
|-------------------------|----------|-------|---------|--|
| Boligheter, antall | 4 | 2 | 8 | Noen leiligheter øst for planområdet, ellers kun lager/butikker. |
| Næringsbygg, personer | 3 | 0 | 0 | |
| Annen bebyggelse, verdi | 1 | 0 | 0 | Utenfor fredet bebyggelse. |
| Vei, ÅDT | 2 | 0 | 0 | ÅDT <100 |
| Toglinje, baneprioritet | 2 | 0 | 0 | Porsgrunn stasjon ca. 100m utenfor faresonen, på andre side av bekken. |
| Kraftnett | 1 | 0 | 0 | Ingen høyspentlinjer innenfor faresonen |
| Oppdemning/flom | 2 | 2 | 4 | Antas middels konsekvens |
| Poengverdi | | | 12 | Gir skadekonsekvensklasse "alvorlig" |

Skadekonsekvensevalueringen for dagens situasjon gir en poengverdi på 12 og medfører at sonen plasseres i skadekonsekvensklasse "alvorlig", og som omfatter soner med poengverdi fra 7 til 22 poeng (jfr. /5/). På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil dermed sonen ha risiko for skade på

Faresonekartlegging, stabilitetsberegninger og -vurderinger

mennesker/tap av menneskeliv eller betydelige økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser. Den beregnede poengverdien er 26,7 % av maksimal poengverdi.

3.2.2 Faregrad

Evalueringen er utført iht. Tabell 3-5 og Tabell 3-6 under:

Tabell 3-3 Faregrad

| Faktorer | Vekt-tall | Faregrad, score | | | |
|--|-----------|-----------------|------------|-----------|--------------|
| | | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Tidl. skredaktivitet | 1 | Høy | Noe | Lav | Ingen |
| Skråningshøyde, meter | 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 |
| Undertrykk, kPa | -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 |
| Sum poeng | | 51 | 34 | 16 | 0 |
| % av maksimal poengsum | | 100 % | 67 % | 33 % | 0 % |

Faresoner er inndelt i tre faregradsklasser iht. /5/.

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

En evaluering av faresonen mht. faregrad gir følgende resultat (Tabell 3-6):

Tabell 3-4 Faregrad, kartlagte verdier

| Faktorer | Vekttall | Score | Produkt | Merknad/vurdering |
|-----------------------|----------|----------------|----------------|---|
| Tidl. skredaktivitet | 1 | 0 | 0 | |
| Skråningshøyde, meter | 2 | 0 | 0 | Total høydeforskjell er mindre enn 15 m |
| OCR | 2 | 3 | 6 | Ødometerforsøk indikerer at materialet er normalkonsolidert |
| Poretrykk | 3/-3 | 0 | 0 | Det antas hydrostatisk fordeling i dybden |
| Kvikkleiremektighet | 2 | 3 | 6 | Det er påvist sprøbruddmateriale i bare en prøve. Da utspredning av sprøbruddmateriale ikke er bestemt kan stor mektighet ikke utelukkes. |
| Sensitivitet | 1 | 0 | 0 | Sensitiviteten er lavere enn 20 |
| Erosjon | 3 | 2 | 6 | Mangler opplysninger om erosjon men det kan antas at noe erosjon skjer. |
| Inngrep Forverring | 3 | 0 ¹ | 0 ¹ | Det er ikke prosjektert bebyggelse enda, dermed gjelder kartleggingen for dagens situasjon |
| Poengverdi | | | 18 | Gir faregradsklasse "Middels" |

Faregradsevalueringen for dagens situasjon gir en poengverdi på 18 og medfører at sonen plasseres i faregradsklasse "Middels", som omfatter soner med poengverdi fra 18 til 25 poeng (jfr. /6/). På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil dermed sonen, relativt sett, ha middels sannsynlighet for at skred skal inntreffe.

Den beregnede poengverdien er 35,3 % av maksimal poengverdi.

3.2.3 Risikoklasse

Risiko er iht. /5/ definert som skadekonsekvens x faregrad. For å få en enhetlig basis for beregningene er poengverdiene for skadekonsekvens og faregrad omgjort til "% av maksimal poengverdi". Tallverdien for risiko fremkommer således ved å multiplisere %-tallet for skadekonsekvens med %-tallet for faregrad.

Risiko er inndelt i fem klasser (mens skadekonsekvens og faregrad er inndelt i tre klasse). Dette er gjort for å skille ut soner med aller lavest risiko og aller høyest risiko. Også for risiko er det en viktig målsetting for klassifiseringen å oppnå en god spredning av sonene mellom de fem klassene.

Dette gir følgende inndeling for de fem risikoklassene:

- 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

Faresonekartlegging, stabilitetsberegninger og -vurderinger

- 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

Faresonen iht. dagens situasjon:

- Skadekonsekvens lik 26,7 % av maksimal poengverdi
- Faregrad lik 35,3 % av maksimal poengverdi

Dette gir risiko med tallverdi lik 943 og dermed Risikoklasse 3.

3.3 Stabilitetsberegninger og -vurderinger

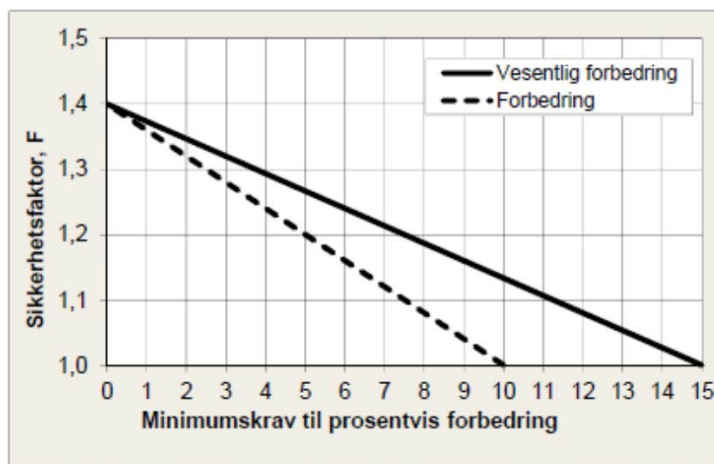
Det er foretatt geotekniske beregninger og vurderinger mht. stabiliteten av den kartlagte faresonen ("områdestabilitet") for å vurdere dagens situasjon og evt. konsekvenser for planlagt utbygging. Det er videre foretatt stabilitetsberegninger for å kontrollere lokalstabiliteten i umiddelbar nærhet til den planlagte bebyggelsen.

3.3.1 Tiltakskategori og sikkerhetsfaktor - Områdestabilitet

Sikkerhetsnivå mot utglidning representeres ved sikkerhetsfaktor F. Krav til sikkerhetsnivå mht. områdestabilitet avhenger av tiltakskategori og faregradsklasse slik det fremgår av NVE sine retningslinjer "Flaum- og skredfare i arealplaner" med tilhørende tekniske veileder (/2/) samt TEK10 (/6/).

I området planlegges bebyggelse med eneboliger eller mindre leilighetsbygg. Dette medfører tilflytning av personer med mer enn 2 boenheter, og det legges derfor til grunn tiltakskategori K4 (jfr. ref. /2/). Kombinert med en "Middels" faregrad (kap. 3.2.2) medfører dette for masser av kvikkleire/sprøbruddmateriale et krav om en sikkerhetsfaktor F minimum lik 1,4.

Hvis det ikke kan dokumenteres tilstrekkelig sikkerhet kreves det iht. /2/ en %-vis forbedring av stabiliteten, og da vil sikkerhetsfaktoren for dagens områdestabilitet, kombinert med "Middels" faregrad og tiltakskategori K4 avgjøre hvor mye stabiliteten må forbedres (inntil 10 %), slik det fremgår av Figur 3-5 (kurveplott - "Forbedring"). Det bemerkes at forbedring av stabiliteten iht. /2/ kun kan utføres ved å foreta topografiske endringer (for eksempel ved å avlaste toppen skråning og/eller foreta stabiliserende motfylling i foten) eller ved å masseutskifte med lette masser i toppen av skråningen.



Figur 3-3 Krav til %-vis forbedring ved topografiske endringer eller bruk av lette masser.

Mht. lokalstabilitet legges det til grunn et absolutt krav på minimum 1,4 med bakgrunn i Eurokode 7.

3.3.2 Kritisk snitt

Beliggenheten av kritiske snitt fremgår av Figur 3-4, og Beregningsprofiler A-A og B-B er valgt med bakgrunn i topografi (skråningshøyde- og helning) for å kontrollere lokalstabiliteten.

Beregningsprofil C-C er valgt med bakgrunn i å kontrollere områdestabiliteten da dette snittet synes å være representativt for terrenget både nedstrøms og oppstrøms tomta som skal bygges ut.



Figur 3-4 Beliggenhet av kritisk snitt

3.3.3 Laster

Da det ikke foreligger detaljerte laster fra planlagt bebyggelse er det i forbindelse med kontroll av lokalstabiliteten inkludert en karakteristisk terrengbelastning $p_{k,terreng}$ av 20 kPa, som antas å tilsvare vanlig belastning fra trehusbebyggelse i 2 etasjer.

Det er ikke tatt med trafikkbelastning $p_{k,trafikk}$ i beregningene, jfr. NVE sine retningslinjer (/2/).

3.3.4 Jordparametere

Tolkning av parametere for grunnen i beregningsprofilen er utført på basis av opptatte 54 mm prøveserier, ødometerforsøk, trykksondering og erfaringsdata basert på resultatene av tidligere grunnundersøkelser beskrevet i rapport 10204965-RIG-RAP-001 /1/. For vurdering av beliggenheten av laggrensene er i tillegg resultatene utførte totalsonderinger hensyntatt.

Grunnvannstand

Grunnvannstand er målt til 1,9 m under terreng i borepunkt 3 (ref./1/). Den antas videre å ligge ca. ved underkant av tørrskorpeleira og antas videre å falle i retning mot Leirkup. Det antas å være hydrostatisk trykkfordeling med dybden.

Rutinedata

Vanninnholdet varierer generelt mellom ca. 18 og 30 % for leira/kvikkleira.

For tyngdetettheten i beregningene er det valgt å benytte en gjennomsnittlig verdi på 19 kN/m³ i leira/kvikkleira og 18 i tørrskorpeleira.

Skjærfasthet

På de opptatte prøvene er det ved konus- og enaksialt trykkforsøk målt en udrenert direkte skjærfasthet mellom ca. 22 og 34 kN/m². Leira karakteriserer dermed til å være bløt til middels fast. Videre er den aktive skjærfastheten med dybde bestemt vha. trykksondering.

I beregningene er det valgt å benytte skjærfasthetsprofiler (aktiv styrke) med konstant $s_{uA} = 26$ kPa ned til ca. kote -3 og derunder økende med 4 kPa per meter.

Konsolideringsforhold

Prekonsolideringsforhold og grunnens deformasjonsegenskaper er bestemt ut fra ødometerforsøk på prøve fra prøvetaking. Resultatene tilsier at massene er tilnærmet normalkonsolidert.

Styrkeparametre benyttet i beregninger - Anisotropi

Beregninger er utført som kombinert analyse, dvs. leire og sprøbruddmateriale er definert på totalspenningsbasis (s_u -analyse med anisotropifaktorer - ADP-analyse) mens topplaget av tørrskorpeleire er definert på effektivspenningsbasis ($a\phi$ -analyse).

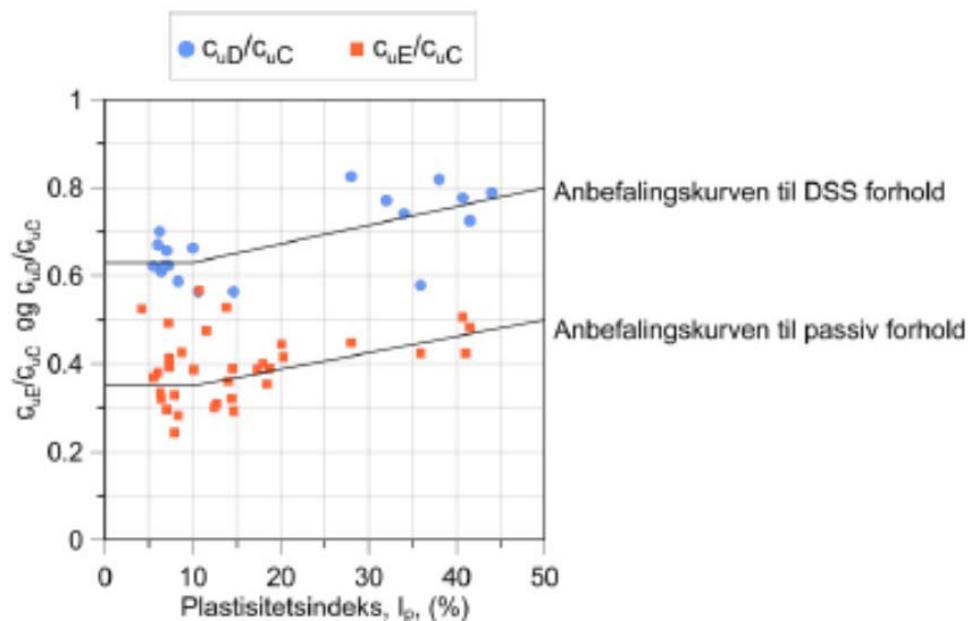
Mht. karakteristisk friksjonsvinkel (ϕ_k) i toppmassene er det benyttet erfaringsverdier.

For leire er det benyttet udrenert aktiv skjærfasthet som beskrevet over. For bestemmelse av direkte og passiv skjærfasthet er det valgt å benytte erfaringsbaserte forhold mellom plastisitetsindeks (I_p) og skjærfastheten fra aktive, direkte og passive treaksialforsøk (s_{uA} , s_{uD} og s_{uP}), jfr. NIFS rapport 2014 utarbeidet av NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen (/7/).

Plastisitetsindeks er ikke bestemt i dette tilfellet, men antas å være lavere enn 10 % siden massene er relativt siltige og har et relativt lavt vanninnhold.. Det er dermed benyttet følgende forholdstall mellom direkte og aktiv skjærfasthet, og mellom passiv og aktiv skjærfasthet, jfr. Figur 3-7:

$$s_{uD} / s_{uA} = 0,63 \Rightarrow s_{uD} = s_{uA} * 0,63$$

$$s_{uP} / s_{uA} = 0,35 \Rightarrow s_{uP} = s_{uA} * 0,35$$



Figur 3-5 Anisotropifaktorer (/8/)

Videre er den aktive skjærstyrken for laget med sprøbruddmateriale redusert med 15 % (/2/).

Det er benyttet jordparametere slik det fremgår av Tabell 3-7 under. Det er tatt utgangspunkt i karakteristiske jordparametere i alle beregningene for å deretter oppnå en sikkerhetsfaktor på minimum 1,4.

Tabell 3-5 Jordparametere

| Lag | Friksjonsvinkel, ϕ | Udrenert skjærfasthet, s_u |
|-----------------|-------------------------|------------------------------|
| Tørrskorpeleire | 30° | - |
| Leire | - | s_u profil |

3.3.5 Beregningsresultater og -konklusjoner

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stability (ref. /8/). Programmet er basert på grenselikevektsmetode, og anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet kan selv søke etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate ("SG") for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også mulig å definere egne glideflater ("EG") i programmet. Stabilitetsberegningene resulterer dermed i en sikkerhetsfaktor F , der minstekravet i utgangspunktet er $F \geq 1,4$. Resultatene av beregningene fremgår av Tabell 3-8, og er også vist i vedlegg A. I nevnte tabell er beregningsfaktorer mindre enn 1,4 markert med rødt, og med grønt dersom beregningsfaktoren er 1,4 eller høyere.

Tabell 3-6 Stabilitetsberegninger og -resultater

| Beregning | Snitt | Kommentar | Sikkerhetsfaktor, F |
|-----------|-----------|--|---------------------|
| 1 | Snitt A-A | Dagens situasjon | 1,14 |
| 2 | Snitt B-B | Dagens situasjon | 1,01 |
| 3 | Snitt A-A | Masseutskiftet med skumglass til kote +3,0 | 1,35 |
| 4 | Snitt A-A | Masseutskiftet med skumglass til kote +3,0 og bygg fundamentert 24m fra elvekant, dvs. flyttet ca. 4 m fra elva. | 1,45 |
| 5 | Snitt A-A | Masseutskiftet med skumglass til kote +2,5 og bygg fundamentert ca. 20 m fra elva. | 1,46 |
| 6 | Snitt B-B | Masseutskiftet med skumglass til kote +2,5 og avslaking av skråning | 1,44 |
| 7 | Snitt C-C | Dagens situasjon | 1,45 |
| 8 | Snitt C-C | Masseutskiftet med skumglass til kote +3,5 | 1,43 |

Som det fremgår av tabellen viser analysene at stabiliteten for dagens situasjon ikke er tilfredsstillende med tanke på videre utbygging i faresonen da beregningsfaktor F er lavere enn minimumskravet på 1,4. Det er dermed ved utbygging behov for stabiliserende tiltak.

Beregningene 5 og 6 viser at det er mulig å etablere den nye bebyggelsen ved først å stabilisere skråningen/området tilstrekkelig vha. utgraving av stedlige masser ned til ca. kote +2,5 og tilbakefylling med lette masser av for eksempel skumglass. Dette ville samtidig kreve noe avslaking av skråningen i snitt B-B (se beregning 6) der skråningen i utgangspunktet har noe dårligere stabilitet sammenlignet med Profil A-A .

Et annet alternativ kan være å erstatte stedlige masser med lette masser ned til kote +3,0, men dette vil samtidig kreve at planlagt bebyggelse må flyttes noe vekk (anslagsvis ca. 4 m) fra elva siden terrenget må være ubelastet i en sone med ca. 24 m bredde fra elvebredden (se beregning 4).

Masseutskiftingen må foretas både under den planlagte bebyggelsen samt i grøntområdene i retning mot elva.

Det kan vurderes å etablere den planlagte bebyggelsen med kjeller for å sjekke om dette vil medføre en forbedring av stabilitetsforholdene (og dermed ikke være behov for masseutskifting under bebyggelsen), men det må uansett foretas stabilitetsforbedrende tiltak (for eksempel masseutskifting med lette masser som beskrevet over) i sonen mellom den planlagte bebyggelsen og elva.

3.3.6 Vurdering av områdestabilitet

Vurdering av områdestabilitet innebærer vurdering av en utglidning som begynner utenfor (dvs. oppstrøms eller nedstrøms) det aktuelle området som skal bebygges, (se Figur 3-4) men som kan forplante/spre seg inn i bebygd område og dermed påvirke konstruksjonene. Det er krav til påvisning av beregningsfaktorer $> 1,4$ eller prosentvis forbedring som beskrevet i kap. 3.3.1.

Det er med hensyn til dette utført beregning 7 i snitt C-C, som viser beregningsfaktorer $> 1,4$ for dagens situasjon. Vurdering av terrengnivåer, skråningshelning og vanddybde i elva både oppstrøms og nedstrøms området/tomta som skal bebygges viser at beregningsprofil C- C er representativt her, og dermed at dagens stabilitetsforhold i disse områdene er tilfredsstillende siden beregningsfaktorer for glideflaten er større enn 1,4.

4 Vurdering av oppdrift av lette masser i flomsituasjon

Det må sørges for at evt. lette masser sikres mot oppdrift, og det er derfor utført en beregning av oppdrift for skumglass iht. SVV håndbok V221 kap. 2.4.2.7(ref. /4/).

Beregningen er utført for en fylling med skumglass ned til kote +2,5 dekket av et lag med steinmasser med 0,5 m tykkelse mellom kote +4,7 og +5,2. Deretter er det hensyntatt en vannstand med nivå på kote +4.0 tilsvarende 200 års flom. Resultat viser tilstrekkelig sikkerhet mot oppdrift for denne fyllingen, og det er dermed vurdert at dette er gjennomførbart.

En utskrift av beregningen er vist i Vedlegg B.

5 Konklusjon

Som nevnt over viser beregningene at det er mulig å oppnå tilstrekkelig stabilitet etter bebyggelse vha. stabiliserende tiltak. Den planlagte utbyggingen innenfor planområdet vurderes dermed for å være gjennomførbar iht. gjeldende regler og forskrifter hva angår sikkerhet mht. skred i kvikkleiremasser/masser med sprøbruddsegenskaper.

Det påpekes at videre planlegging og gjennomføring av utbyggingen må utføres i nært samråd med geoteknisk sakkyndig i forbindelse med detaljprosjekteringen for å sikre at de lokale, samt anleggsmessige, stabilitetsforholdene er ivaretatt iht. gjeldende regelverk (PBL/Eurokoder).

Vedlegg

- A Resultat av stabilitetsberegninger
- B Resultat fra beregningen for oppdrift for lette masser
- C Innmalinger av elvebunn; GeolIngeniørene AS; datert 04.05.2020

Referanser

- /1/ Multiconsult Norge AS; Rapport nr. 10204965-RIG-RAP-001_rev01" Elverhøy, Porsgrunn. Geotekniske grunnundersøkelser." datert 29.07.2019.
- /2/ NVE; Retningslinjer 2/2011 - "Flaum- og skredfare i arealplaner" og tilhørende tekniske veileder "Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddsegenskaper" (NVE-veileder 1/2019)
- /3/ NVE/Jernbaneverket/Statens vegvesen; NIFS rapport 14-2016 datert 2016
- /4/ Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Grunnforstærkning fyllinger og skråninger (Håndbok V221)», 2014
- /5/ NGI; Rapport nr. 20001008-2 revisjon 3 datert 08.10.08 vedr. "Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire"
- /6/ Kommunal- og moderniseringsdepartementet; Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggeteknisk forskrift - TEK10)
- /7/ NVE/Jernbaneverket/Statens vegvesen; NIFS rapport 14-2014 datert 30.01.14
- /8/ GS Stability, versjon 5.0.7. Novapoint GeoSuite Toolbox. Versjon 15.4.4, Installasjon 2.0.30

VEDLEGG A

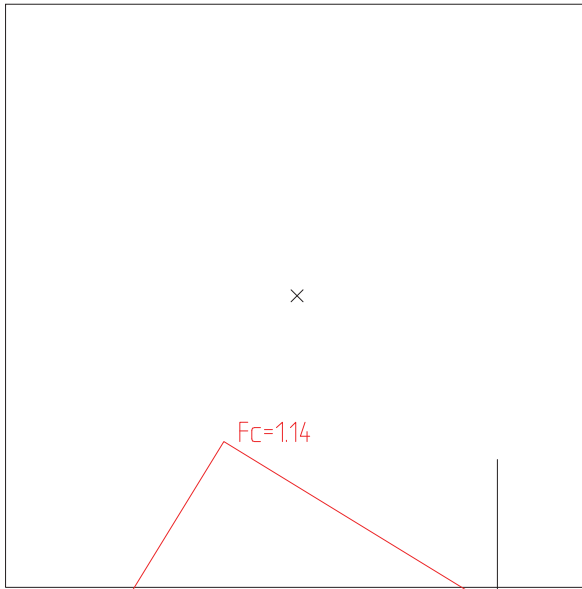
Resultat fra stabilitetsberegninger

(9 sider)

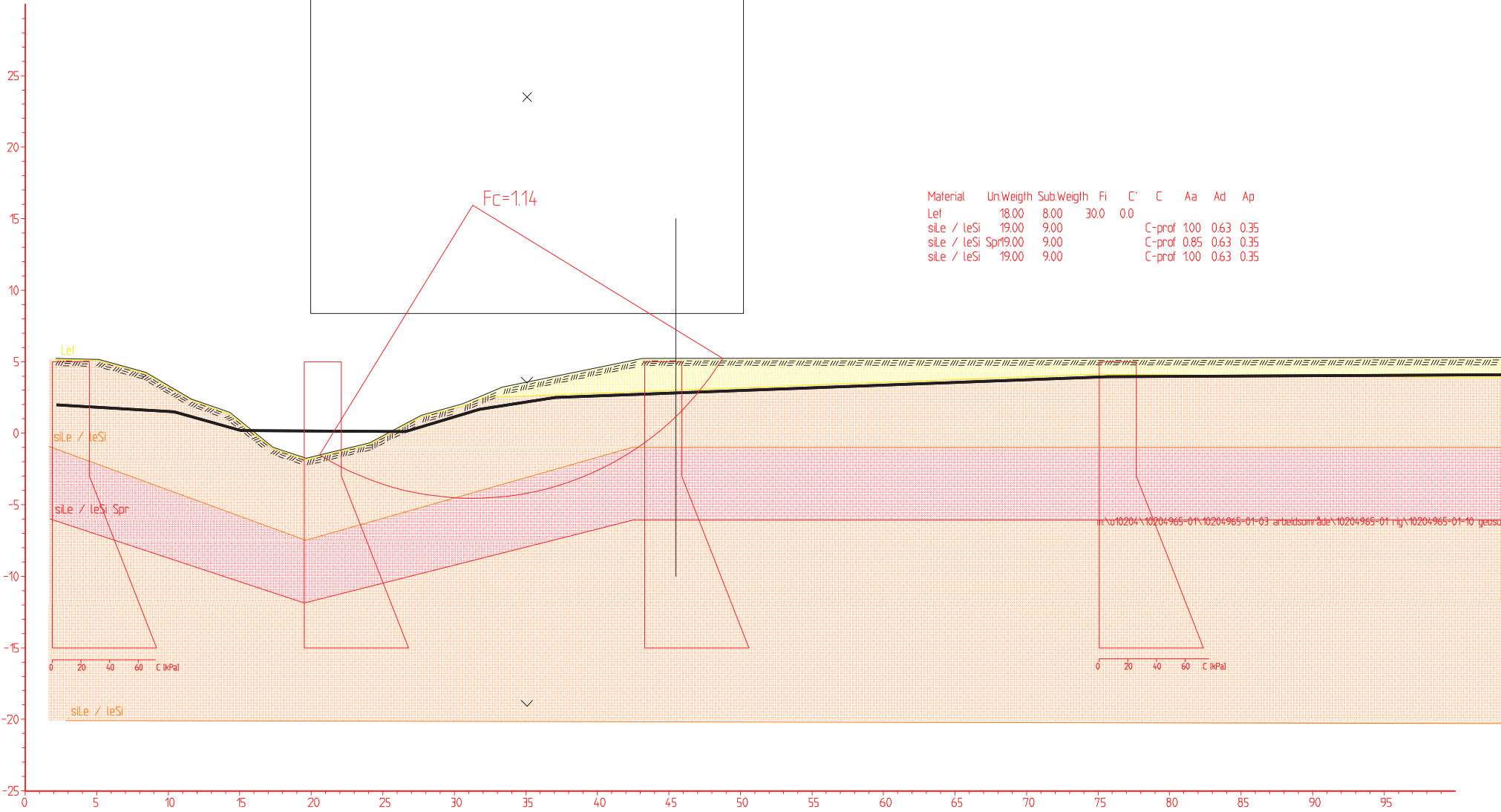
Beregning 1

Snitt A-A

Search area (tangent)



| Material | UnWeigth | SubWeigth | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap |
|-----------------|----------|-----------|------|-----|--------|------|------|------|
| Lel | 18.00 | 8.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| sile / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 100 | 0.63 | 0.35 |
| sile / leSi Spr | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 0.85 | 0.63 | 0.35 |
| sile / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 100 | 0.63 | 0.35 |



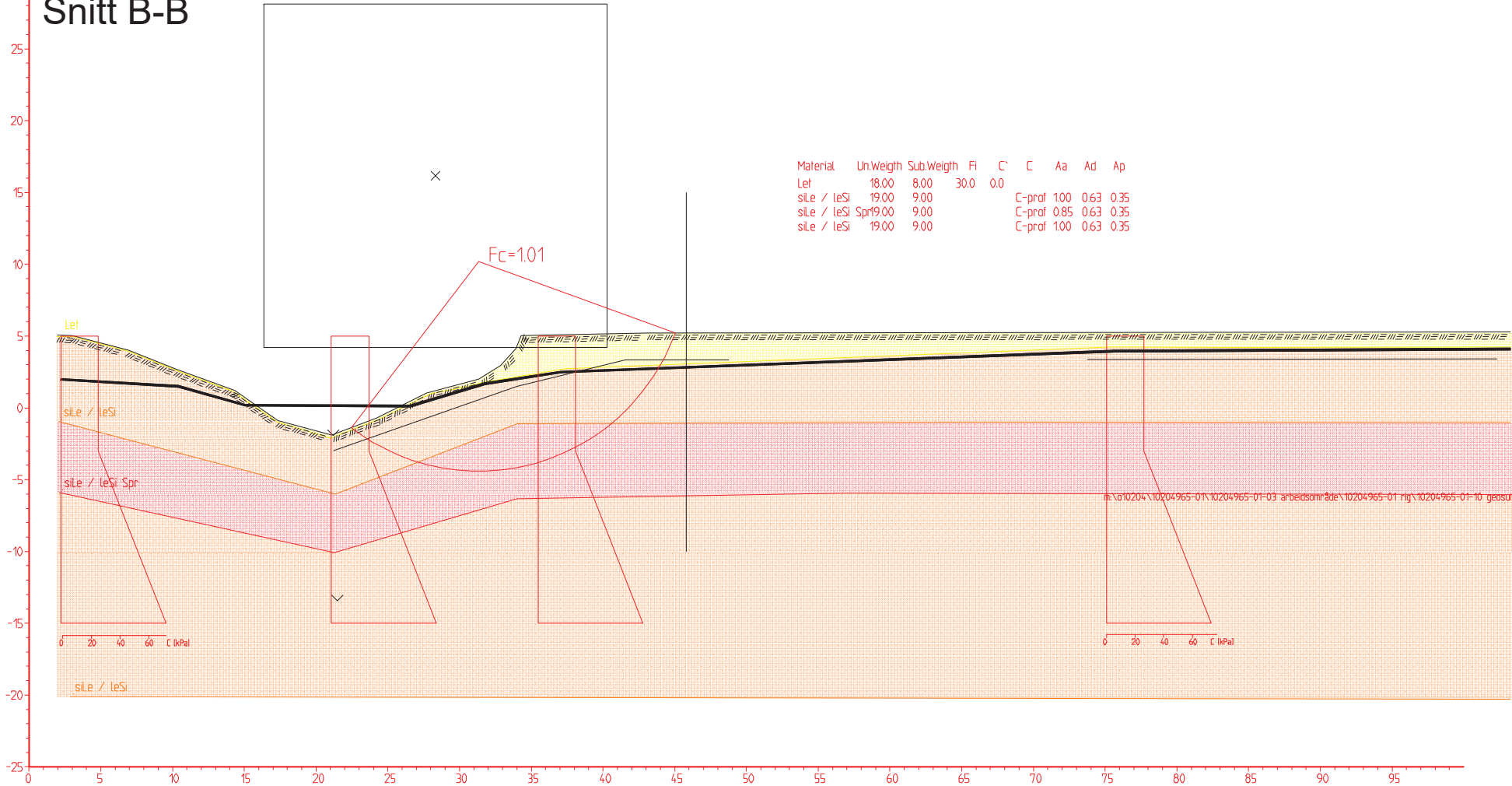
h:\10204\10204965-01\10204965-01-03\arbeidsområde\10204965-01\10204965-01-10\geosuite\stabgraf\1_1_snitt 1 ulen tiltak.dwg

Beregning 2 Snitt B-B

Search area (rangent)

| Material | Un.Weigh | Sub.Weigh | Fi | C | C | Aa | Ad | Ap |
|-----------------|----------|-----------|------|-----|--------|------|------|------|
| Let | 18.00 | 8.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| siLe / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 0.63 | 0.35 |
| siLe / leSi Spr | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 0.85 | 0.63 | 0.35 |
| siLe / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 0.63 | 0.35 |

Fc=1.01



m:\0204\10204965-01\10204965-01-03 arbeidsområde\10204965-01 rig\10204965-01-10 geosute\stabgraf\ri\2.snitt 2 uten lillak.dwg

0 20 40 60 c (kPa)

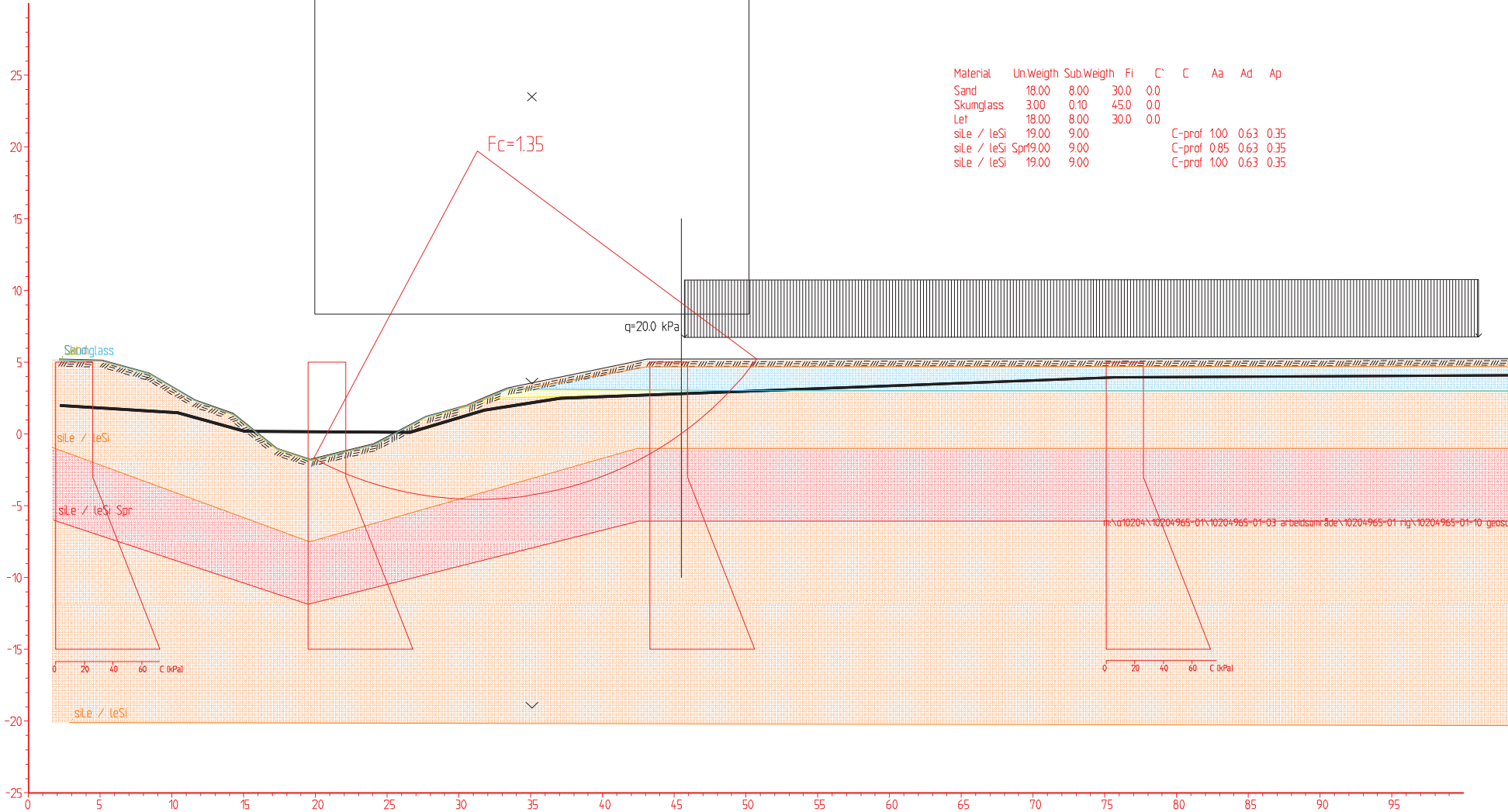
0 20 40 60 c (kPa)

siLe / leSi

Beregning 3 Snitt A-A

Search area (tangent)

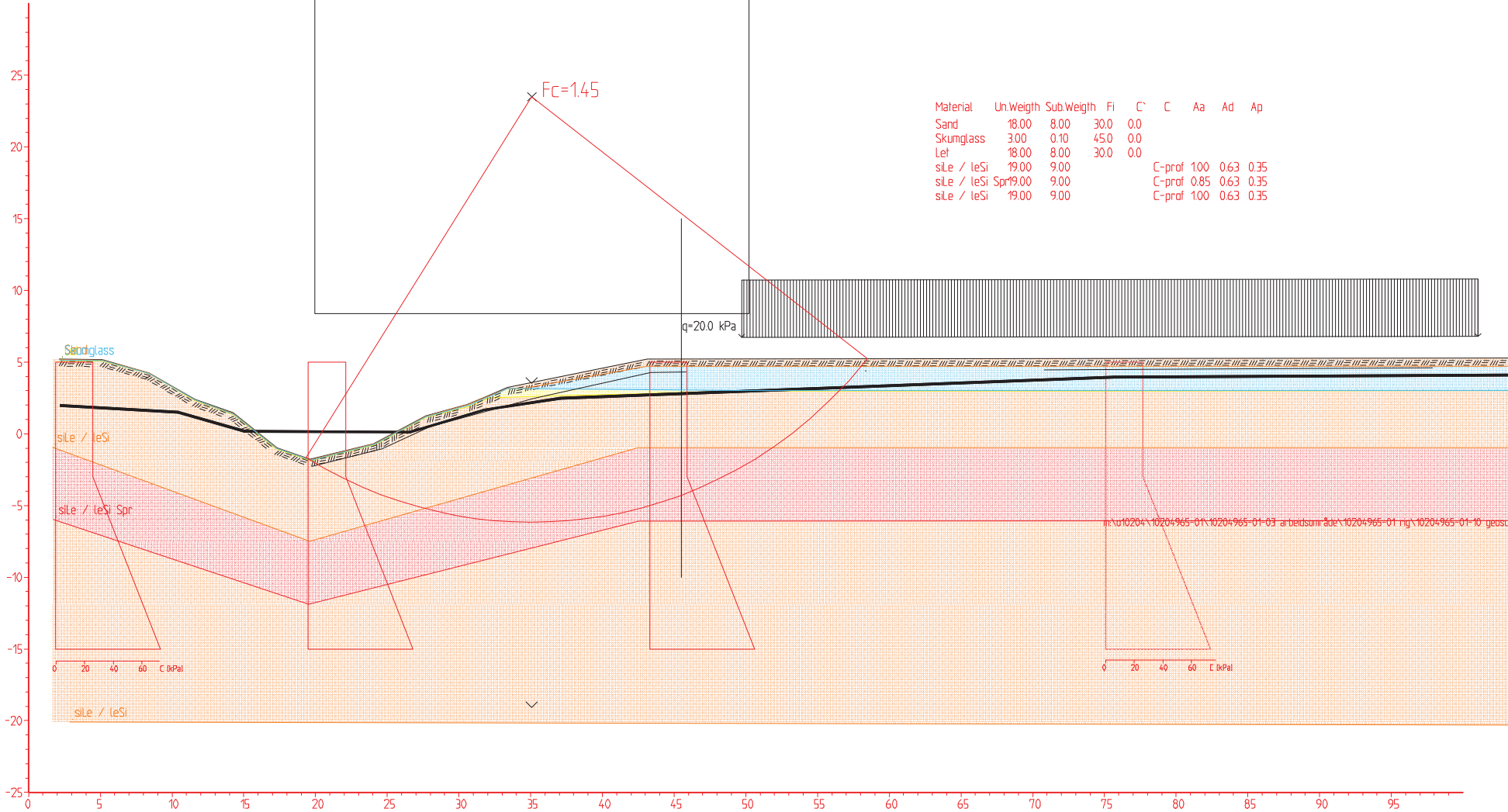
| Material | UnWeigth | SubWeigth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|-----------------|----------|-----------|------|-----|--------|------|------|------|
| Sand | 18.00 | 8.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| Skumglass | 3.00 | 0.10 | 45.0 | 0.0 | | | | |
| Let | 18.00 | 8.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| siLe / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 0.63 | 0.35 |
| siLe / leSi Spr | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 0.85 | 0.63 | 0.35 |
| siLe / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 0.63 | 0.35 |



m:\10204\10204965-01\10204965-01-03-arbetsrade\10204965-01.rtg\10204965-01-10-geosofte\stabgrafit\3_snitt_1 med tiltak.dwg

Beregning 4 Snitt A-A

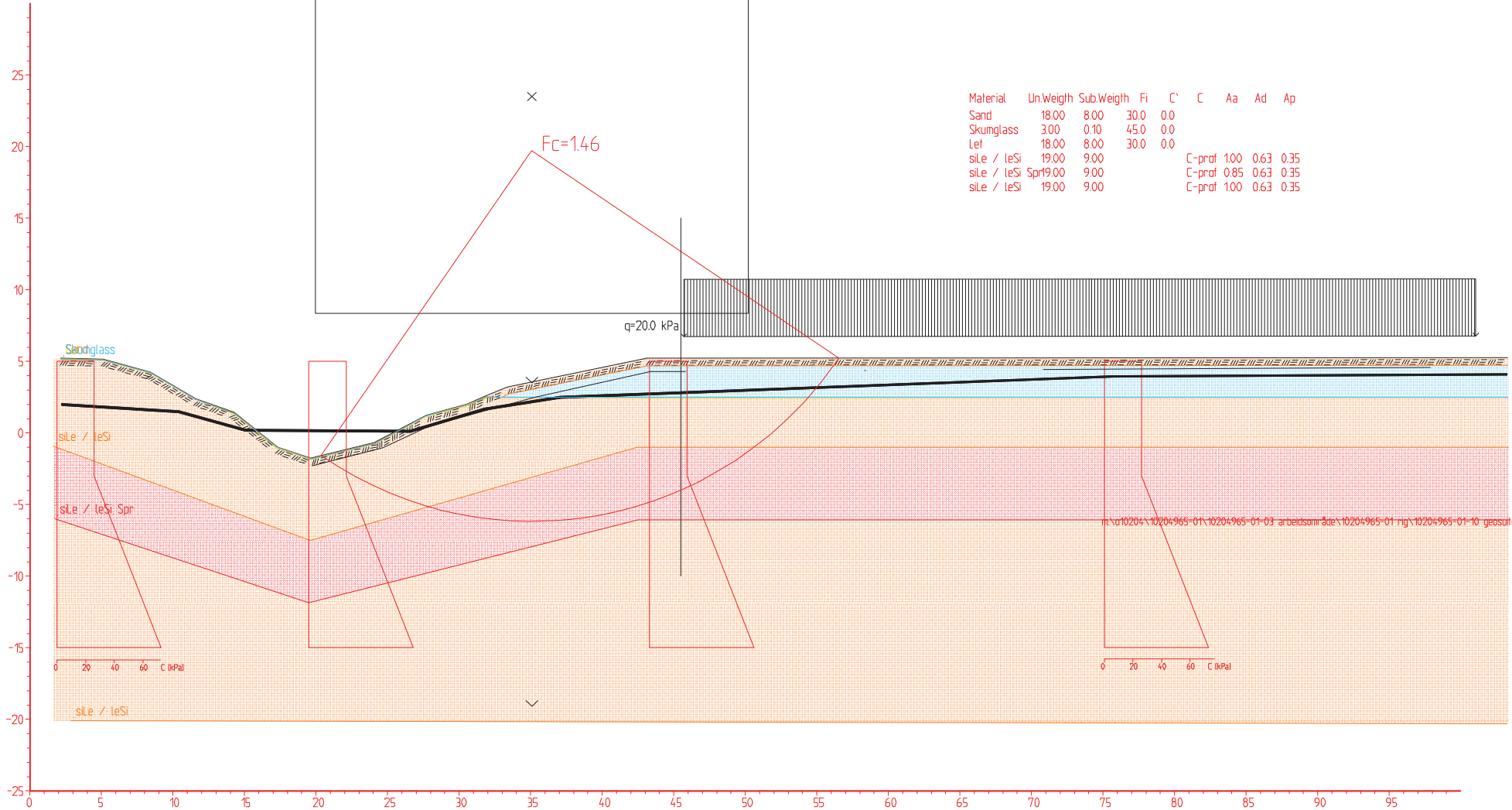
Search area (tangent)



\\10204\10204965-01\10204965-01-03\arbeidsområde\10204965-01\ng\10204965-01-10\geosatte\stabgrafnit\4_snitt 1 med tiltak.dwg

Beregning 5 Snitt A-A

Search area (tangent)

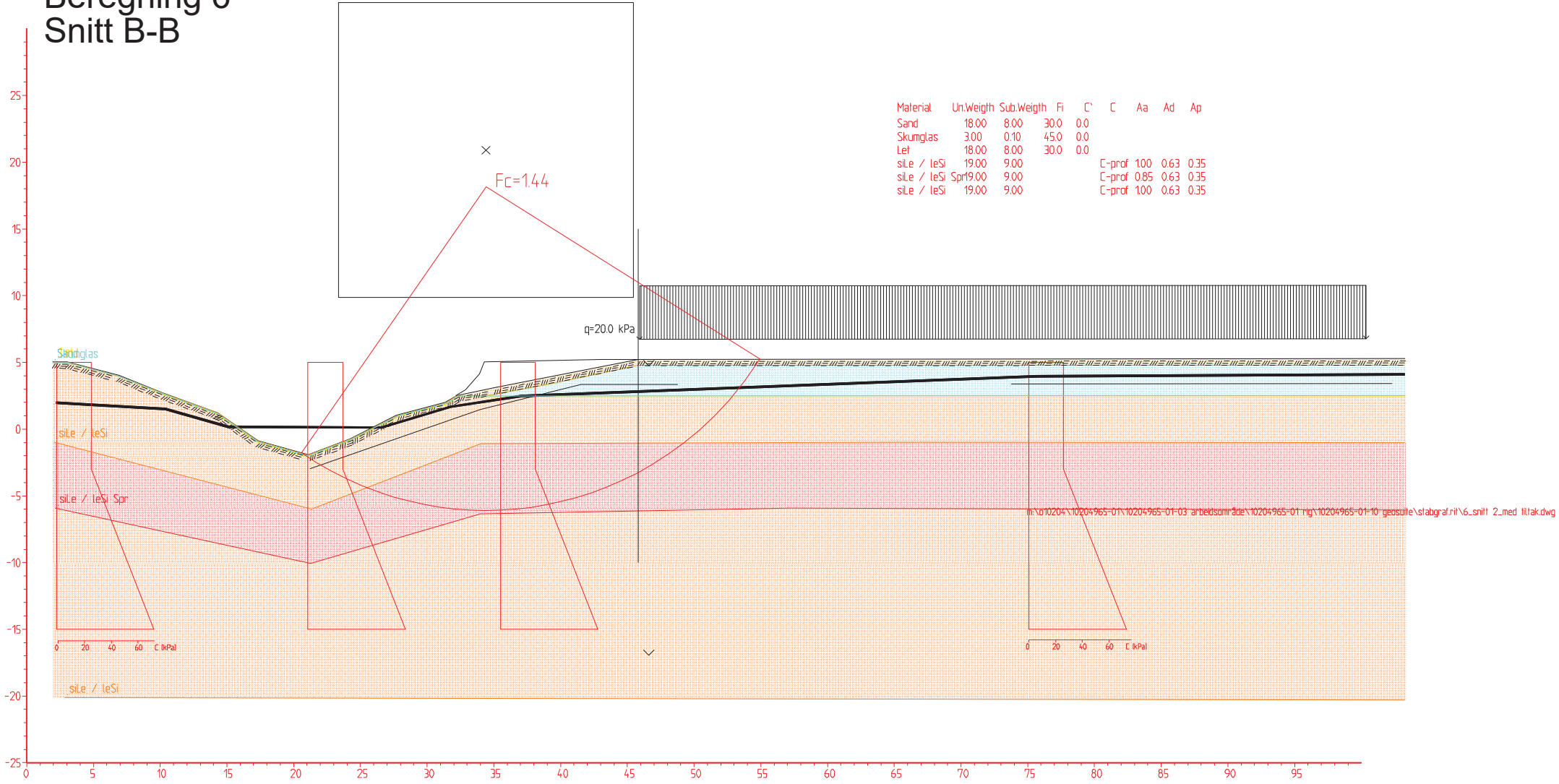


m:\0204\0204965-01\0204965-01-03 arbeidsområde\0204965-01.rig\0204965-01-10 geosofte\stabgrafnit\5_snitt 1 med tiltak.dwg

Beregning 6 Snitt B-B

Search area (fangent)

| Material | Un.Weighth | Sub.Weighth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|------------------|------------|-------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Sand | 18.00 | 8.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| Skumglas | 3.00 | 0.10 | 45.0 | 0.0 | | | | |
| Let | 18.00 | 8.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| sil.e / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 100 | 0.63 | 0.35 |
| sil.e / leSi Spr | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 0.85 | 0.63 | 0.35 |
| sil.e / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 100 | 0.63 | 0.35 |

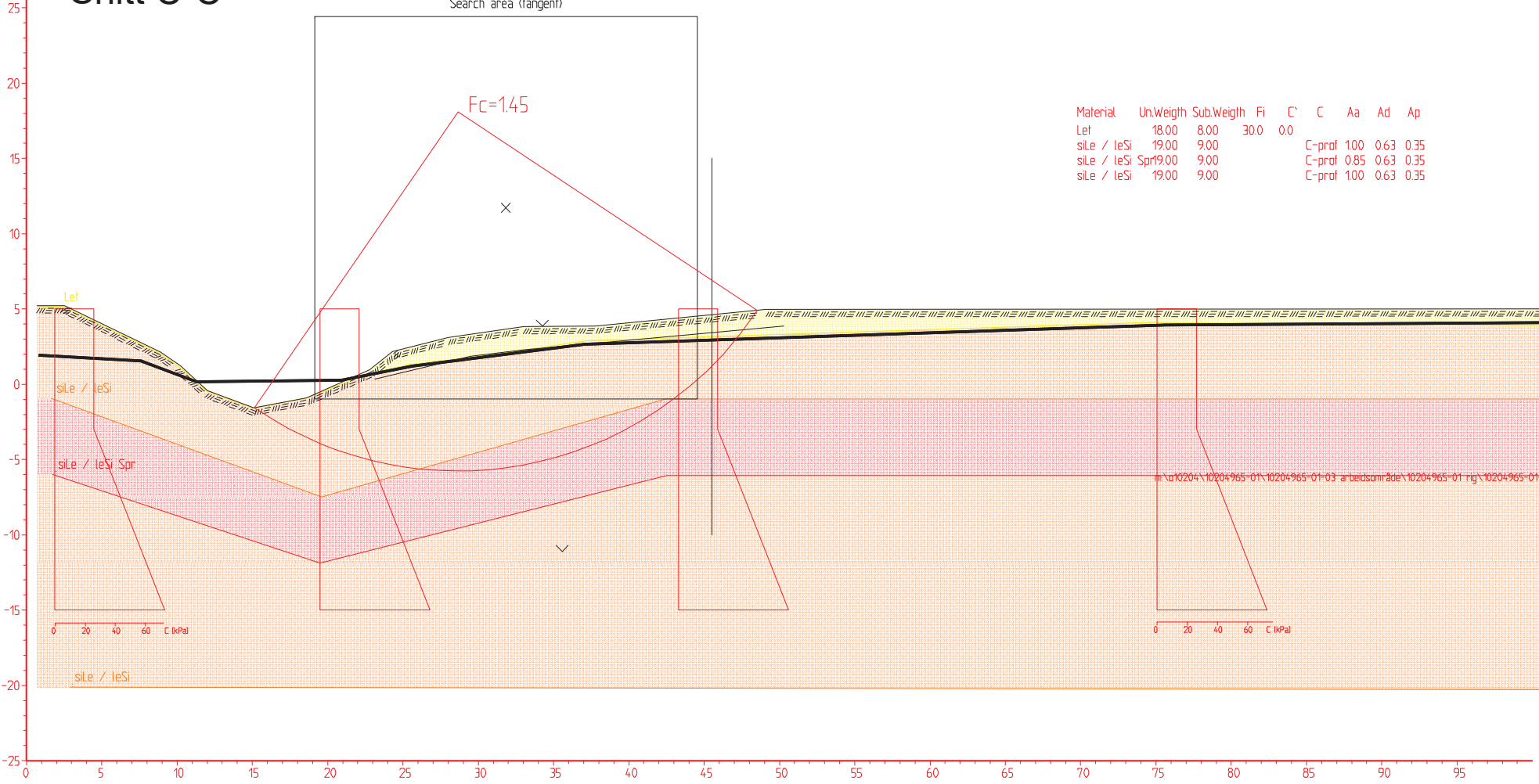


Beregning 7 Snitt C-C

Search area (tangent)

$F_c=1.45$

| Material | Un.Weighth | Sub.Weighth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|-----------------|------------|-------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Lef | 18.00 | 8.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| siLe / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 0.63 | 0.35 |
| siLe / leSi Spr | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 0.85 | 0.63 | 0.35 |
| siLe / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 1.00 | 0.63 | 0.35 |



m:\10204\10204965-01\10204965-01-03 arbeidsmappe\10204965-01.rvt\10204965-01-10 geosurfe\stabgrafnit\7_snitt 3 uten tiltak.dwg

Beregning 8 Snitt C-C

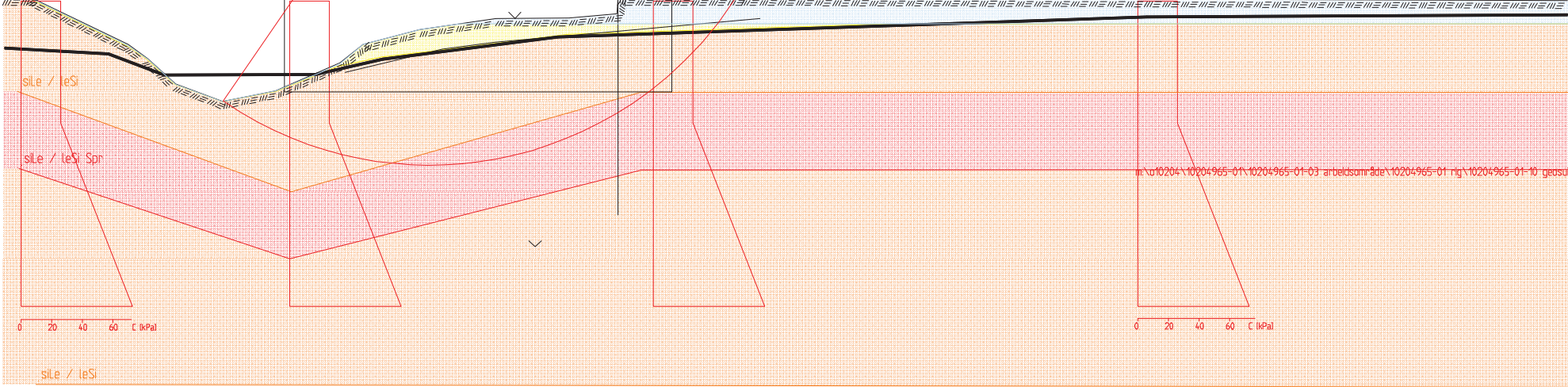
Search area (tangent)

| Material | Un.Weighth | Sub.Weighth | Fi | C' | C | Aa | Ad | Ap |
|-----------------|------------|-------------|------|-----|--------|------|------|------|
| Skumglas | 3.00 | 0.10 | 45.0 | 0.0 | | | | |
| Let | 18.00 | 8.00 | 30.0 | 0.0 | | | | |
| sile / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 100 | 0.63 | 0.35 |
| sile / leSi Spr | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 0.85 | 0.63 | 0.35 |
| sile / leSi | 19.00 | 9.00 | | | C-prof | 100 | 0.63 | 0.35 |

$F_c = 1.43$

$q = 20.0 \text{ kPa}$

Skumglas



0 20 40 60 c (kPa)

0 20 40 60 c (kPa)

sile / leSi

m:\u0204\u0204965-01\u0204965-01-03 arbeidsomr\u00e5de\u0204965-01.rig\u0204965-01-10 geosuite\stabgraf\ri\8_snitt 3 med tiltak.dwg

VEDLEGG B

Resultat fra oppdriftsberegning

(2 sider)

Beregning av oppdrift for skumglass ihht. SVV håndbok V221 kap. 2.4.2.7.

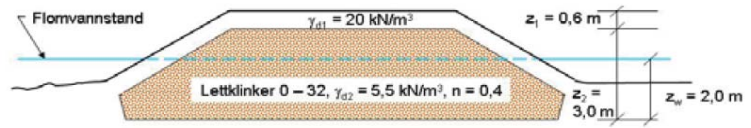
γ_w 10 kN/m³
 γ_{d1} 18 kN/m³
 γ_{d2} 2,2 kN/m³
 n 0,5

z_1 0,5 m
 z_2 2,2 m
 z_w 1,5 m

E_{OP} 5 kN/m³
 σ_{vd} 13,84 kN/m²
 $U_{dst,d}$ 7,5 kN/m²

$\gamma_{G,stab}$ 0,9
 $\gamma_{G,dst}$ 1,1

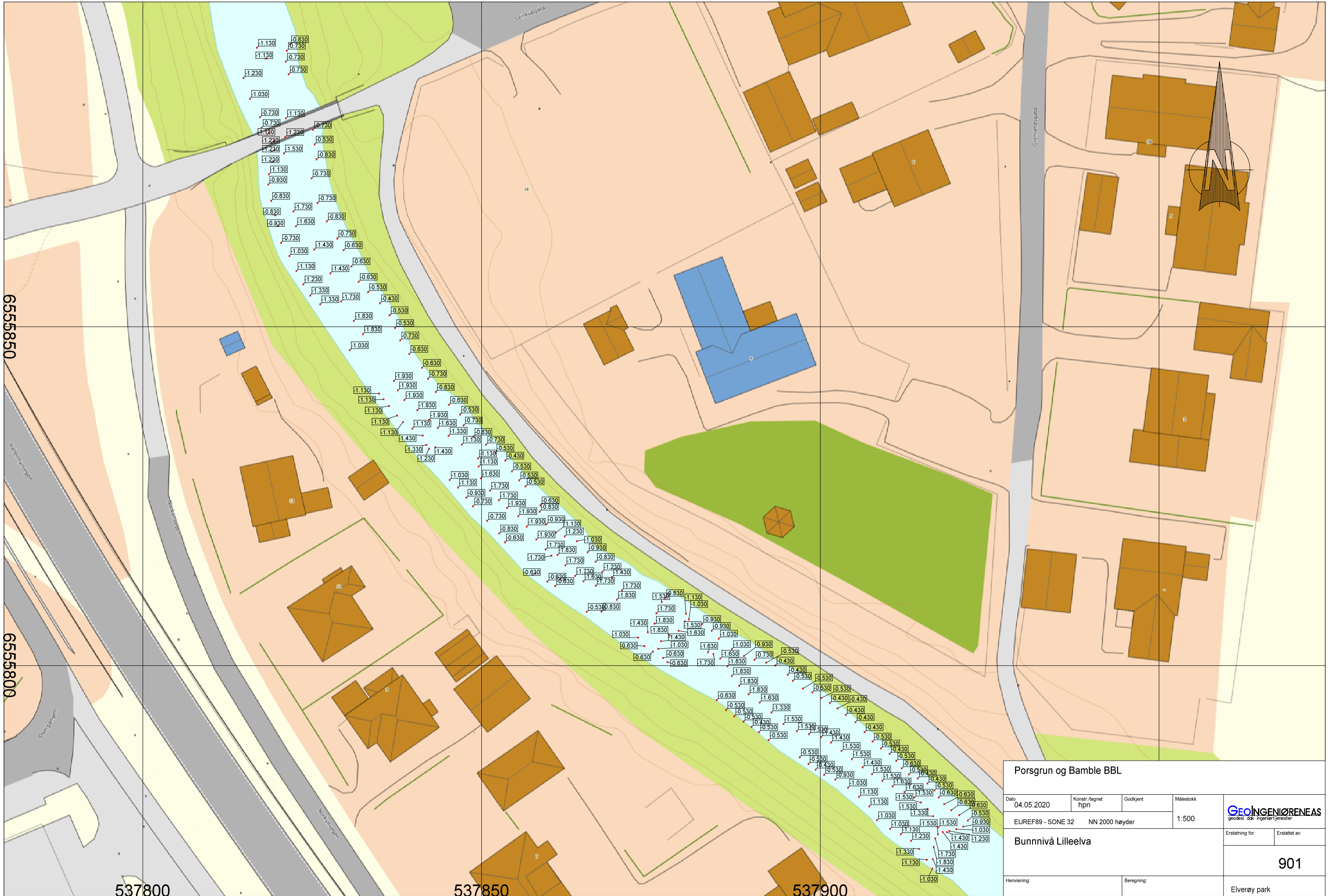
γ_{OP} 1,51 > 1,3 OK




VEDLEGG C

**Innmalinger av elvebunn
Geolingeniørene AS
datert 04.05.2020**

(2 sider)



| | | | |
|-------------------------------|----------------|----------------|---|
| Porsgrun og Bamble BBL | | | |
| Dato | Konstr. tegnet | Godkjent | Målestokk |
| 04.05.2020 | hpn | | 1:500 |
| EUREF89 - SONE 32 | | NN 2000 høyder | |
| Bunnivå Lilleelva | | |  |
| Erstatning for: | | Erstattet av: | |
| | | | 901 |
| Henviing: | | Beregning: | Elverøy park |