
GEOTEKNISK RAPPORT

Skjetten, Lillestrøm Områdestabilitetsvurdering



Kunde: Lillestrøm kommune

Prosjekt: Bekkeåpning Skjetten totalentreprise

Prosjektnummer: 10235757

Dokumentnummer: RIG-R01

Rev.: 05

Sammendrag:

Sweco Norge AS er engasjert som geoteknisk rådgiver (RIG) av Lillestrøm kommune ifm. en områdestabilitetsvurdering av en ravine som ble fylt opp på 1970-tallet på Skjetten i Lillestrøm kommune. Lillestrøm kommune ønsker å åpne en bekk som ble lagt i rør, men som ikke takler dagens eller fremtidens nedbørsmengder. Det stilles derfor krav til en geoteknisk vurdering av grunnforholdene og områdestabiliteten i området.

Denne rapporten er utført etter NVEs oppdaterte kvikkleireveileder 1/2019 [1].

Konklusjonen av vurderingen er at:

- Det aktuelle området ikke står i fare for å utløse et kvikkleireskred i dagens situasjon. Området står ikke i fare for å bli påvirket av skredmasser fra nærliggende områder.
- Hvis det skulle oppstå flom i området i dagens situasjon er ikke dette gunstig for stabiliteten. Erosjon kan skade skråningsfoten ned igjennom ravinen, som potensielt kan utløse skred.
- Stabiliteten i området etter bekkeåpningen er ikke god nok uten å iverksette tiltak.

Det er foreslått endringer i geometrien for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet. Andre tiltak kan være spunt eller kalk/ement-stabilisering. Prosjektering av tiltak må gjøres i en senere fase av prosjektet.

Denne rapporten må kvalitetssikres av et uavhengig foretak.

Rapporteringsstatus:

- ☒ Endelig
☐ Oversendelse for kommentar
☐ Utkast

Utarbeidet av: Heidi Schjøll Brede og Simen Bjerkemyr Magnussen	Sign.:
Kontrollert av: Omar Berbar	Sign.: 
Prosjektleder: Bahzad Salim	Prosjekteier: Tore Leland-Try

Revisjonshistorikk:

05	11.11.2024	Lagt ved utelatt Vedlegg 1-3	N01E7K	NOOMAB
04	24.10.2024	Endelig etter uavhengig kontroll	N01E7K	NOOMAB
03	09.09.2024	Revidert etter møte med uavhengig kontrollør	N01E7K	NOOMAB
02	18.01.2024	Revidert etter tilbakemelding fra Lillestrøm kommune	NOSMIM	NOOMAB
01	27.11.2023	Første utgave	NOSMIM	NOOMAB
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av

Sweco
Drammensveien 260

N0-0212 Oslo, Norge
Telefon +47 67 12 80 00

www.sweco.no

Sweco Norge AS
Organisasjonsnr. 967032271
Hovedkontor: Oslo

Simen Bjerkemyr Magnussen
Geotekniker

Mobil +47 92 41 93 97

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	3
1.1	Bakgrunn på bekkeåpningen	3
2	Regelverk og krav.....	4
3	Grunnlag og grunnforhold	5
3.1	Topografi.....	5
3.2	Kvartærgeologisk kart	6
3.3	Flom	6
3.4	Grunnundersøkelser.....	7
3.4.1	Tidligere og nye utførte grunnundersøkelser	7
3.5	Grunnforhold	8
3.5.1	Tolket grunnforhold	8
4	Utredning av områdeskredfare.....	10
5	Skredmekanisme, løsne- og utløpsområder.....	11
5.1	Registrerte faresoner i området.....	11
5.2	Områder med mulig marin leire.....	12
5.3	Områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	13
5.4	Tiltakskategori	13
5.5	Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde	13
5.6	Befaring.....	15
5.7	Gjennomfør grunnundersøkelser.....	16
5.8	Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av løsne- og utløpsområder	16
5.8.1	Skredmekanisme	16
5.8.2	Løsneområder.....	16
5.8.3	Utløpsområder	17
5.9	Klassifisering av faresone	18
5.9.1	Dokumentering av tilfredsstillende sikkerhet	18
5.9.2	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser	19
6	Stabilitetsberegninger.....	20
6.1	Beregningsprogram	20
6.1.1	3D-effekter	20
6.2	Lagdeling og jordparametere.....	20
6.2.1	Jordparametere.....	20
6.2.2	Grunnvann.....	21
6.2.3	ADP-faktorer (totalspenningsanalyse)	21
6.3	Laster	21
6.4	Beregninger.....	21

6.5	Kravet til sikkerhetsfaktor.....	21
6.6	Resultater	22
7	Konklusjon	24
7.1	Videre vurderinger.....	25
8	Referanser.....	26

Vedlegg

Vedlegg nr.	Tittel
1	Oversiktskart med beregningssnitt
2	Stabilitetsberegninger
3	Soneutredning
4	CPTU-ark

Tegningsliste

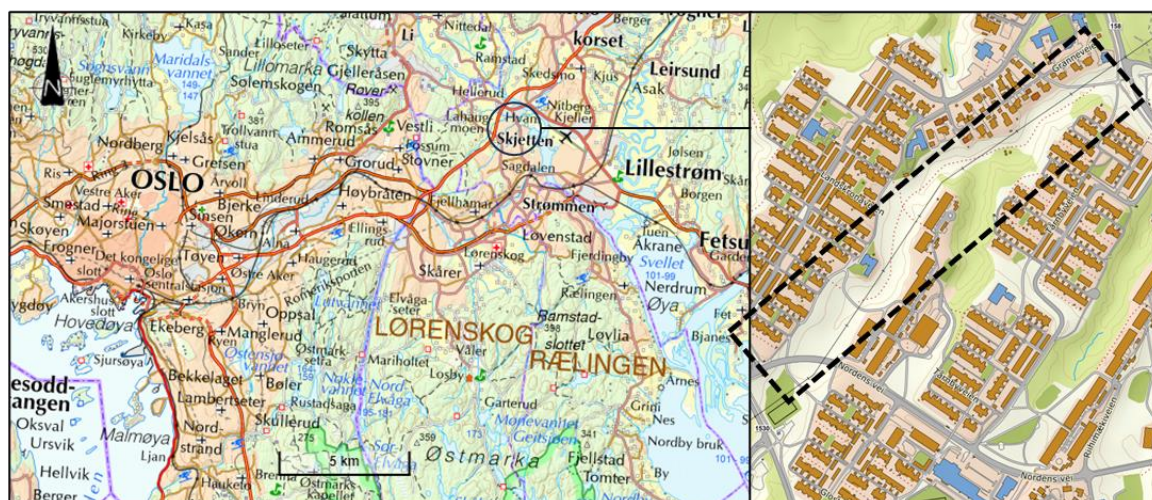
Tegning nr.	Tittel	Målestokk	Format
V100	Oversiktskart med beregningssnitt	1:3000	A3
V101	Plassering av beregningssnitt – del 1	1:1500	A3
V102	Plassering av beregningssnitt – del 2	1:1500	A3
V110	Stabilitetsberegning – Snitt A-A – Dagens situasjon	1:250	A3
V111	Stabilitetsberegning – Snitt A-A – Etter tiltak	1:250	A3
V112	Stabilitetsberegning – Snitt B-B – Dagens situasjon	1:500	A3
V113	Stabilitetsberegning – Snitt C-C – Dagens situasjon	1:500	A3
V114	Stabilitetsberegning – Snitt C-C – Etter tiltak	1:500	A3
V115	Stabilitetsberegning – Snitt D-D – Dagens situasjon	1:500	A3
V116	Stabilitetsberegning – Snitt D-D – Etter tiltak	1:500	A3
V117	Stabilitetsberegning – Snitt E-E – Dagens situasjon	1:500	A3
V118	Stabilitetsberegning – Snitt E-E – Etter tiltak	1:500	A3
V119	Stabilitetsberegning – Snitt F-F – Dagens situasjon	1:500	A3
V120	Stabilitetsberegning – Snitt G-G – Dagens situasjon	1:500	A3
V121	Stabilitetsberegning – Snitt H-H – Dagens situasjon	1:500	A3
V122	Stabilitetsberegning – Snitt H-H – Etter tiltak	1:500	A3
V123	Stabilitetsberegning – Snitt I-I – Dagens situasjon	1:500	A3
V124	Stabilitetsberegning – Snitt I-I – Etter tiltak	1:500	A3
V125	Stabilitetsberegning – Snitt J-J – Dagens situasjon	1:500	A3
V126	Stabilitetsberegning – Snitt J-J – Etter tiltak	1:500	A3
V127	Stabilitetsberegning – Snitt K-K – Dagens situasjon	1:500	A3
V128	Stabilitetsberegning – Snitt K-K – Etter tiltak	1:500	A3
V129	Stabilitetsberegning – Snitt L-L – Dagens situasjon	1:500	A3
V130	Stabilitetsberegning – Snitt L-L – Etter tiltak	1:500	A3
V131	Stabilitetsberegning – Snitt M-M – Dagens situasjon	1:500	A3
V132	Stabilitetsberegning – Snitt N-N – Dagens situasjon	1:500	A3
V133	Stabilitetsberegning – Snitt N-N – Etter tiltak	1:500	A3
V134	Stabilitetsberegning – Snitt O-O – Dagens situasjon	1:500	A3
V135	Stabilitetsberegning – Snitt O-O – Etter tiltak	1:500	A3

1 Innledning

Sweco Norge AS er engasjert av Lillestrøm kommune for å gjøre en områdestabilitetsvurdering av en oppfylt ravine på Skjetten i Lillestrøm. Bakgrunnen for vurderingen er åpning av en ny bekk igjennom området. I dagens situasjon er bekken lagt i rør under oppfyllingen. Dagens rør er etter kravene underdimensjonert og det er fare for at flom kan oppstå ved store nedbørsmengder. Tiltaket med å åpne en bekk på terreng sammen med den eksisterende ledningen vil sørge for at en flom og erosjon langs skråningsfoten igjennom ravinen vil unngås.

Det aktuelle området avgrenses grovt av Bråteveien i sørvest, Landskronaveien i nordvest, Alingsåsveien i sørøst og Nordbyveien i nordøst. Områdene rundt ravinen er bebygd av rekkehus, eneboliger og boligblokker. Ravineområdet brukes i dag som et park- og friluftsområde. Områdestabilitetsvurderingen er utført i henhold til Veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) [1].

Grunnforholdene i området fører til at alle steg i prosedyren i Veileder nr. 1/2019 har blitt vurdert.



Figur 1 Oversiktskart

1.1 Bakgrunn på bekkeåpningen

Kapasitet eksisterende bekkelukking er 2-3000 l/s (avhengig av fall). Beregninger viser et framtidig behov med kapasitet som er ca. 1800 l/s høyere enn kapasiteten i dag. Dette er i forhold til klimaendringer og økning i forventet nedbørintensitet. Dette planlegges løst med et bekkeløp som etableres over eksisterende bekkelukking. Bekkeløpet dimensjoneres for 2000 l/s. Samlet kapasitet blir da 4-5000 l/s. Det åpne bekkeløpet får et «veiledende» gjennomsnittstverrsnitt med dybde på 0,8 m, bunnbredde 1,5 meter og toppbredde 3,5 meter (så vil dette væreiere noe med fall, osv.).

Innløpskonstruksjonen i dette første tiltaket etableres som en «oppstuvingskum» slik at vann løftes opp til overflaten ved at vannlinjen stiger opp i åpent bekkeløp. Ved en gitt vannmengde (som kan justeres) går vann ned i lukket bekkeløp når vannføringen blir større enn dimensjonert for i åpen løsning. Evt. flomvann fra oppstrømsområde som kommer på overflaten ledes rett inn i åpent bekketverrsnitt.

Nederst er dagens bekk åpen. Der ledes vann ned i denne, og det erosjonssikres et stykke nedover.

2 Regelverk og krav

Sweco har vurdert områdestabiliteten etter Veileder nr. 1/2019 fra NVE [1] som utdyper byggeteknisk forskrift TEK17 §7-3 [2]. Prosedyren beskriver stegvis hvordan området bør undersøkes for å avdekke om tiltaket kan stå i fare for å bli berørt av områdeskred. Den beskriver også hvordan aktsomhetsområder kan bli kartlagt og hvilke krav til bygging i slike områder som gjelder. Følges denne prosedyren skal sikkerheten mot områdeskred i kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper være ivarettatt.

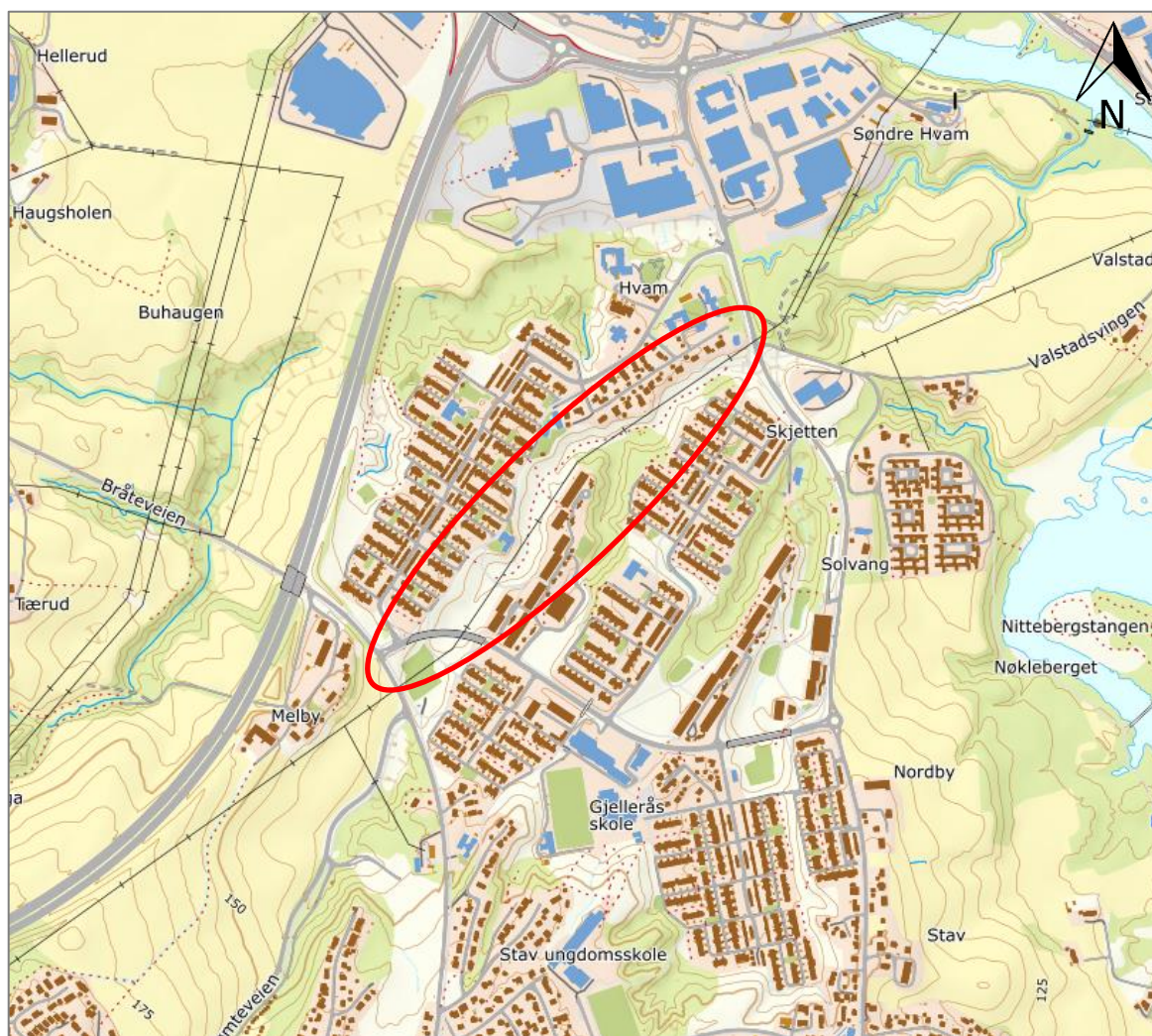
Vurderingene i denne rapporten skal i henhold til veileder nr. 1/2019 kvalitetssikres av et uavhengig foretak ettersom prosjektet (terrengendring i bunn av skråning med høyt personopphold i området) er plassert i tiltakskategori K4.

Sikkerhet mot andre naturpåkjenninger som skred i bratt terreng eller flom er ikke vurdert i denne rapporten. Dette må hensyntas i en senere fase av prosjektet.

3 Grunnlag og grunnforhold

3.1 Topografi

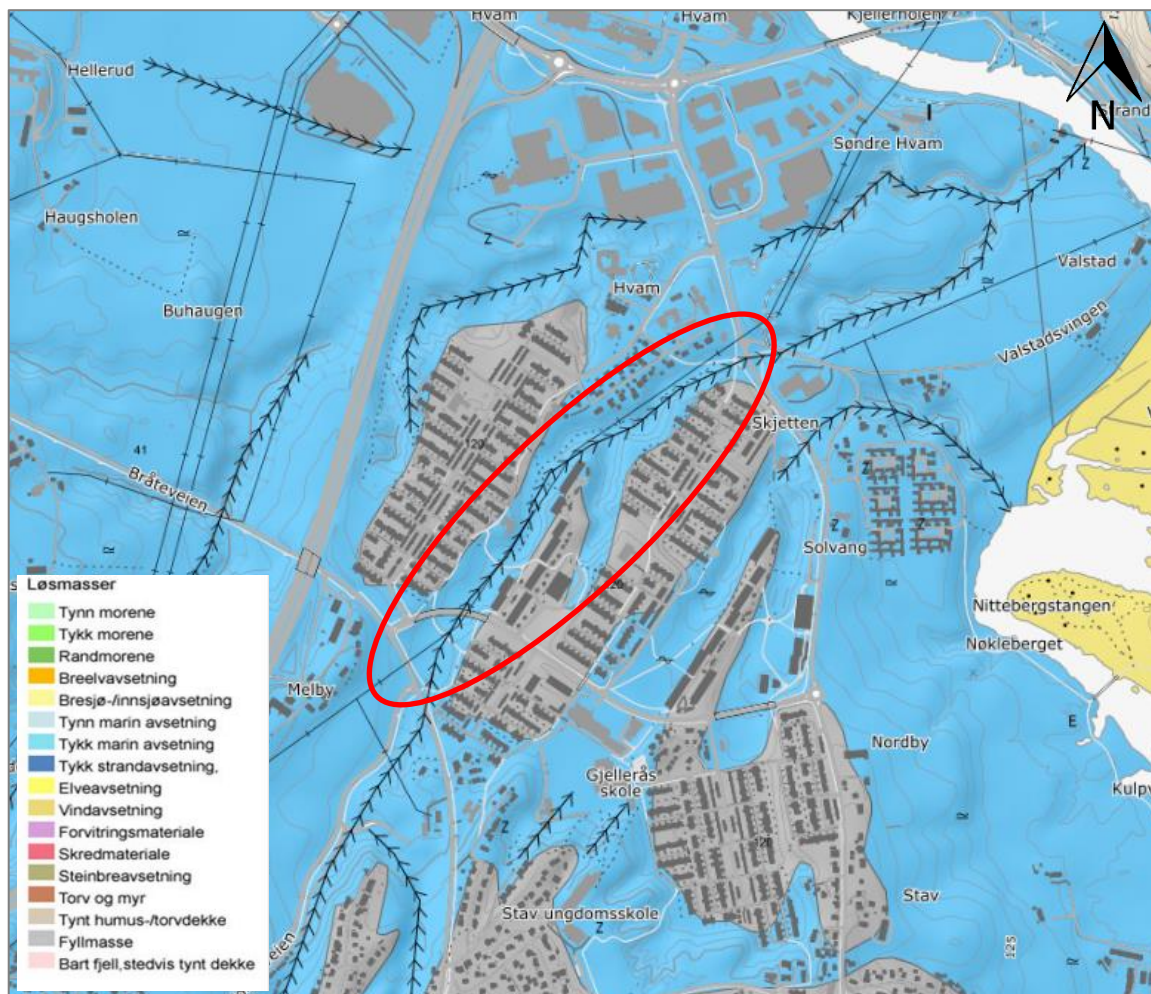
Terrenget langs Bråteveien i sør ligger på ca. kote +128. Videre mot nord ender terrenget i bunnen av ravinen på ca. kote +109 i området hvor tiltaksområdet ender. Det tilsvarer en gjennomsnittlig skråningshelning på ca. 1:50. Terrenget stiger stedvis nokså bratt opp langs ravineskråningene mot boligområdene. I noen utvalgte snitt er skråningshelningen nede i 1:3,4. Tomteområdet består av løvtrær og er et typisk ravineområde. Tiltaksområdet er grovt skissert i figur 2.



Figur 2 Lokalisering av tomten markert med rødt rektangel. Utklippet er hentet fra Norgeskart [2].

3.2 Kvartærgeologisk kart

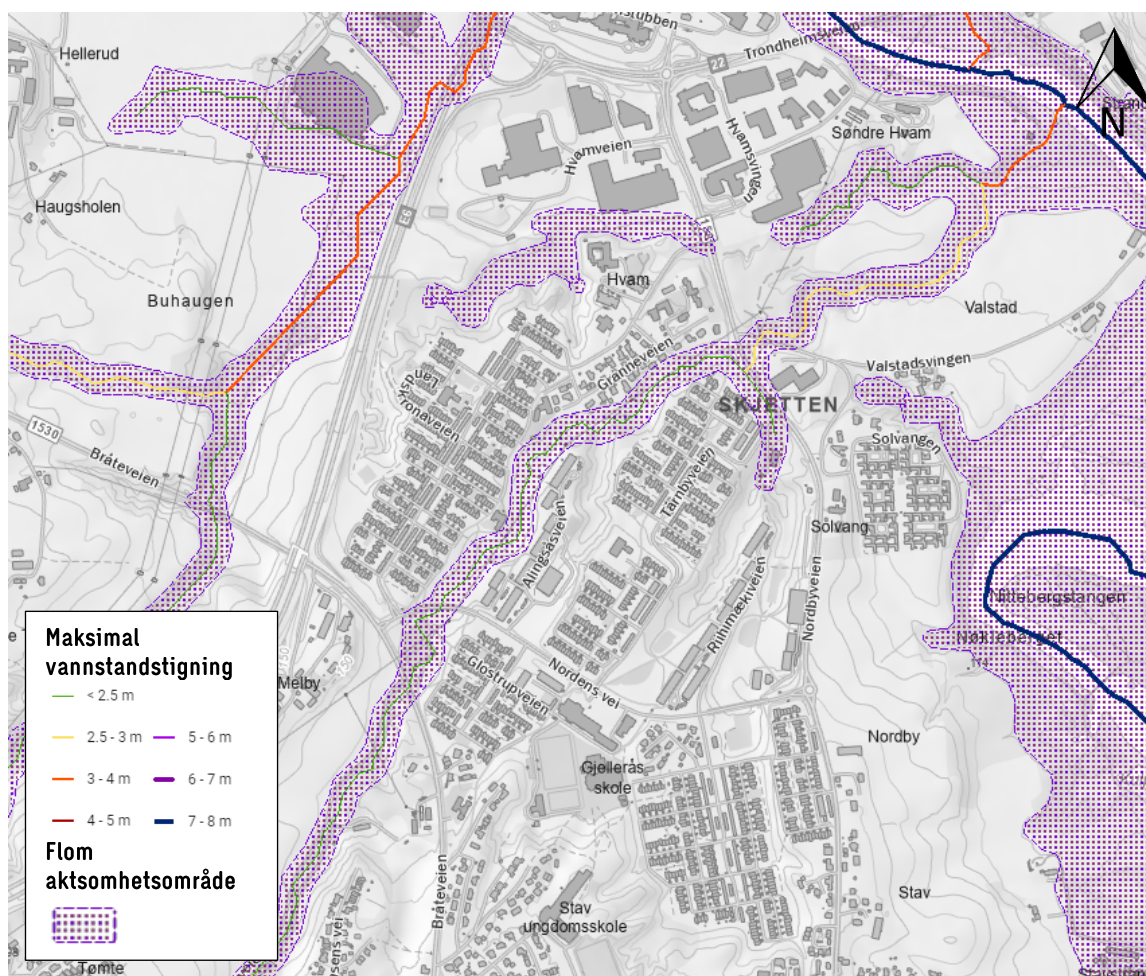
Kvartærgeologisk kart over området [3], se 3, indikerer at løsmassene i ravinen (før oppfylling) består av hav- og fjordavsetning (blå farge). Dette er sammenhengende, finkornige, marine avsetninger med mektighet fra 0,5 m til flere ti-talls meter.



Figur 3 Kvartærgeologisk kart over området [3].

3.3 Flom

Flomkart over området og omegn [5] er vist i Figur 4. Kartet indikerer at ravinen ligger innenfor et aktsomhetsområde for flom med en maksimal vannstandstigning på mindre enn 2,5 m. Maksimal vannstandstigning øker nedstrøms mot Nitelva.



Figur 4 Flomkart over området [5]

3.4 Grunnundersøkelser

Det er gjennomført grunnundersøkelser i området rett sør for tiltaksområdet på andre siden av Bråteveien. Dette området er en del av den samme opprinnelige ravinen. Grunnundersøkelsesrapportene er vist i tabell 1 og danner grunnlag for vurderingene som er utført med hensyn til områdestabiliteten.

3.4.1 Tidligere og nye utførte grunnundersøkelser

Sweco Norge AS fikk utført grunnundersøkelser i 2010 og 2016. Mesta AS var ansvarlig for feltarbeidet. Totalt ble det boret 17 stk. totalsonderinger, 11 stk. CPTu-sonderinger, 2 stk. prøveserier med 54 mm sylinderprøver samt 1 stk. vingeboing.

Romerike Grunnboring AS utførte grunnundersøkelser i oktober 2015 på vegne av Statens Vegvesen. Totalt ble det utført 9 stk. totalsonderinger, 2 stk. vingeboringer, 2 stk. prøveserier med 54 mm sylinderprøver og prøvetaking/poseprøver i 3 stk. punkter.

Multiconsult Norge AS utførte grunnundersøkelser i januar og februar 2020. Totalt ble det boret 17 stk. totalsonderinger, 2 stk. CPTu, tatt opp 5 stk. prøveserier og installert doble piezometere i to ulike punkter.

Sweco feltenhet utførte supplerende grunnundersøkelser i juni 2023. Totalt ble det boret 25 stk. totalsonderinger, 7 stk. CPTu, tatt opp 9 stk. prøveserier og installert doble piezometere i to ulike punkter.

Tabell 1: Tidligere grunnundersøkelser.

Beskrivelse	Dokumentnr.	Dato	Utarbeidet av	Område
Datarapport, grunnundersøkelser juni 2010 [4]	1	29.06.2010	Sweco Norge AS	Skjetten, Bråtedalen
Datarapport, grunnundersøkelser januar 2016 [5]	1	Januar 2016	Sweco Norge AS	Skjetten, Bråtedalen
Gang- og sykkelveg langs Fv 380 Bråteveien, Skedsmo kommune [6]	10003-GEOT-1	06.04.2016	Statens Vegvesen	Bråteveien
Bekkeåpning på Skjetten – Datarapport-geotekniske grunnundersøkelser [7]	10213304-02-RIG-RAP-001	30.04.2020	Multiconsult AS	Skjetten
Datarapport-Grunnundersøkelser [8]	10237458 RIG_R01_A02	16.10.2023	Sweco Norge AS	Skjetten

3.5 Grunnforhold

Datarapportene utarbeidet av Sweco i 2010 [4] og 2016 [5] beskriver at bergdybde varierer fra 2 m - 35 m. Prøveseriene viser et øvre lag med tørrskorpeleire etterfulgt av sandig leire og bløt til middels fast leire i ca. 5 - 9,5 m dybde. Det registreres kvikkleire i 7,5 m dybde i 3 prøveserier. Leiren er kartlagt som lite til middels sensitiv, og lite til meget plastisk.

Boringene utført av Statens Vegvesen i 2016 [6] indikerer i hovedsak et øvre lag med tørrskorpeleire og siltig/fast/middels fast leire.

Datarapporten utarbeidet av Multiconsult i 2020 [7] beskriver generelt at det aktuelle området består av fast siltig leire i topp, med stedvis kvikk og sprø oppførsel i dybden i dalbunnen. Leiren i toppen av skråningene er generelt fast og lite sensitiv, men mister mye av styrken i dybden. Det er registrert leire med sprøbruddegenskaper i flere punkter ca. 5-7 m under terreng i dalbunnen. I ett borpunkt er det påvist kvikkleire i 7 m dybde. Grunnvannet er registrert ca. 3 m under terreng med en hydrostatisk poretryksfordeling i skråningstopp, og i terrenghøyde i dalbunnen. Dybden til berg varierer veldig i området.

Boringene utført av Sweco i 2023 [8] beskriver generelt at prøvematerialet som er tatt opp består av leire med noe ulike egenskaper. Det ble påvist kvikkleire i en prøveserie.

For en nærmere beskrivelse av undersøkelsene henvises det til datarapportene.

3.5.1 Tolket grunnforhold

Grunnforholdene er tolket basert på de utførte undersøkelsene, og kan beskrives på følgende måte:

- I de øverste 3,5 m består løsmassene i hovedsak av tørrskorpeleire, før det går over i middels fast leire med noe siltinnslag.

- I bunnen av ravinen er det registrert sprøbruddmateriale/kvikkleire i 7-10 m dybde. Kvikkleiren er stort sett begrenset til bunnen av ravinen og brer seg ikke langt inn under skråningene.
- Dybden til berg varierer mellom kote +94,6 - +122,6 i de punktene hvor berg er registrert. Øvre borer er utført ned til 15 m dybde i bunnen av ravinen, og ned til 25 m dybde på toppen av skråningene uten å påtreffe berg.
- Grunnvannsnivået er funnet til å ligge ca. 3 m under terreng på skråningstoppene, og i terreng i ravinebunnen gjennom området.

Det henvises til utarbeidet datarapport for nærmere informasjon [8].

4 Utredning av områdeskredfare

Kapittel 3.2 i NVE-veileder nr. 1/2019 beskriver en prosedyre for vurderinger og avgrensning av aktsomhetsområdet for skredfare. Prosedyren inneholder totalt 11 punkter. De 3 første punktene gjelder mulig avgrensning av aktsomhetsområder. De resterende 8 punktene gjelder utredning av faresoner med tilhørende dokumentasjon.

Antall punkter i prosedyren som må behandles er avhengig av planfase og krav til nøyaktighet av utredningene. Dersom det under gjennomgang av prosedyren kan konkluderes med at det ikke er fare for områdeskred, er det ikke nødvendig å gå videre i prosedyren. Utredningen kan dermed avsluttes. I dette prosjektet har alle punkter blitt behandlet.

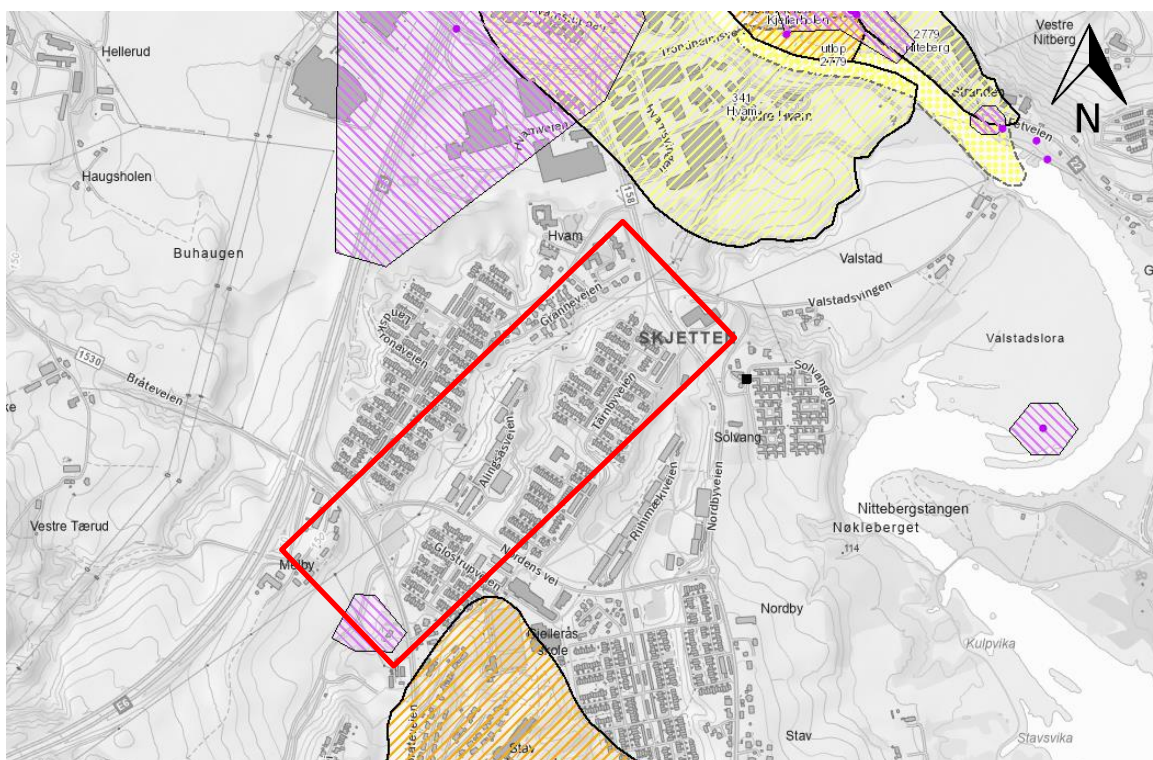
Tabell 2 Oppsummering av de ulike stegene i kvikkleireveileder 1/2019.

	Steg i prosedyren	Kommentar
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området.	Det er registrert 4 kvikkleiresoner i nærheten av prosjektområdet, se kap. 5.1.
2	Avgrens områder med mulig marin leire.	Området med marin grense er avgrenset i NGUs kart «mulighet for marin leire», se kap. 5.2.
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.	En vurdering basert på kravet «jevnt hellende terreng brattere enn 1:20».
4	Bestem tiltakskategori	Boligene er plassert i tiltakskategori K4 da tiltaksområdet innehar større personopphold.
5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løseområde.	Avgrenset til sentrale deler av området, se kap. 5.5.
6	Befaring	Befaring er utført sammen med andre fag og representanter fra kommunen i april 2023.
7	Gjennomfør Grunnundersøkelser	Grunnundersøkelser er utført i flere omganger og omfanget vurderes som tilstrekkelig.
8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løse- og utløpsområder	Relevant skredmekanisme antas å være rotasjonsskred i alle snitt. Se kap. 5.8.1.
9	Klassifiser faresoner	Sonen er klassifisert, se kap. 5.9 og vedlegg 3.
10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet	Dagens sikkerhet er noe lav i flere av snittene. Etter tiltak er det kun tilfredsstillende sikkerhet i 3/15 snitt. Se kap. 5.9.1
11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser	Faresonen vil bli meldt inn etter utført kvalitetssikring av uavhengig foretak.

5 Skredmekanisme, løsne- og utløpsområder

5.1 Registrerte faresoner i området

I henhold til NVE-Atlas faresonekart [9] er det registrert 4 kvikkleiresoner i dette området vist i figur 5. Den gule sonen mot nordvest (nr. 341 – Hvam, lav faregrad, konsekvens meget alvorlig) viser et utløsningsområde ned mot Nitelva. Den oransje sonen sør for tiltaket (nr. 343 – Skjetten, middels faregrad, konsekvens meget alvorlig) viser et utløpsområde ned mot tiltaksområdet. Lilla soner markerer kvikkleiresoner påvist av Statens vegvesen.



Figur 5 Registrerte faresoner for kvikkleireskred [9].

5.2 Områder med mulig marin leire

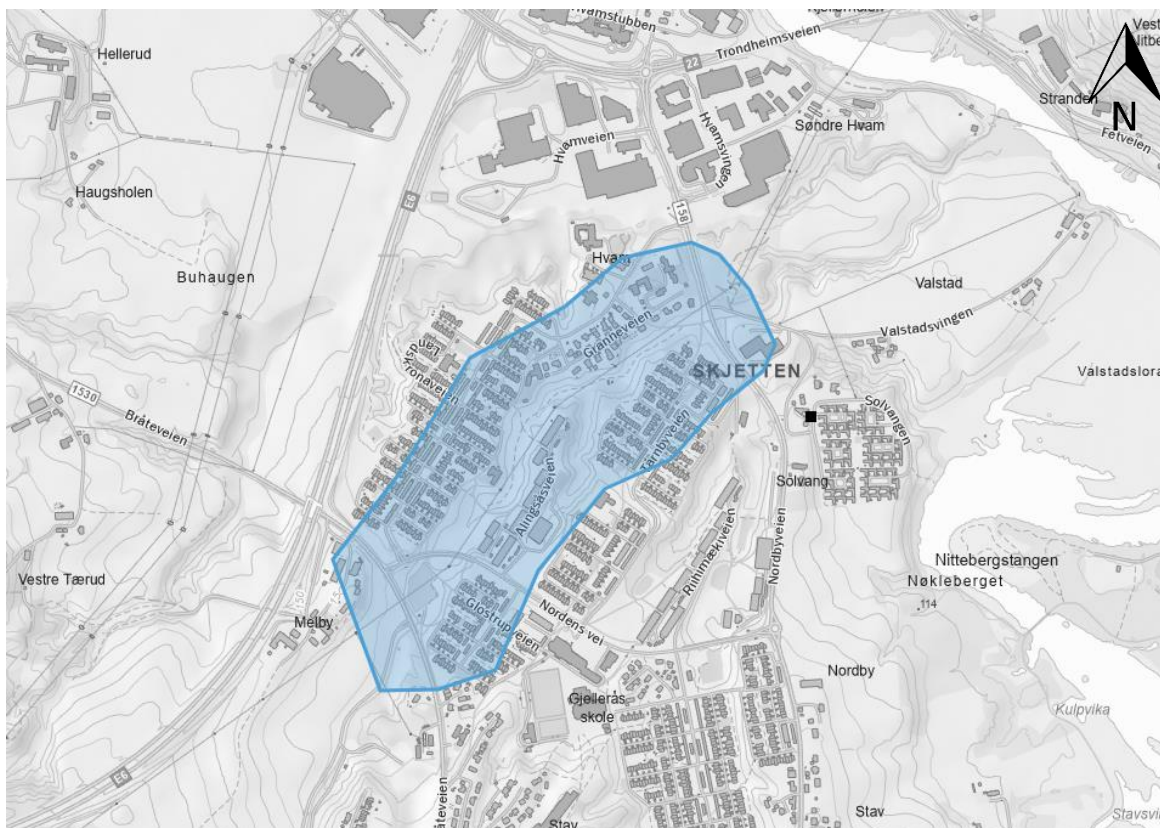
Utsnitt fra NVE-Atlas hvor marin grense vises med blå skravur er vist i figur 6. Det aktuelle området befinner seg i et område med svært stor mulighet for marin leire. Spesielt i det gamle ravineområdet antas det å være stor mulighet for marin leire.



Figur 6 Utsnitt som viser marin grense og mulighet for marin leire [9].

5.3 Områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

Området med terreng som kan være utsatt for områdeskred er grovt avgrenset ved å se på et jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 eller 20 x skråningshøyde hvis skråningshøyden er over 5 m, bakover fra ravinebunnen der skråningene begynner. Området er presentert i figur 7.



Figur 7 Området som tilsier mulig fare for områdeskred med bakgrunn i topografien og krav om 20 x H eller 1:20. Utklipp er hentet fra NVE Atlas [9].

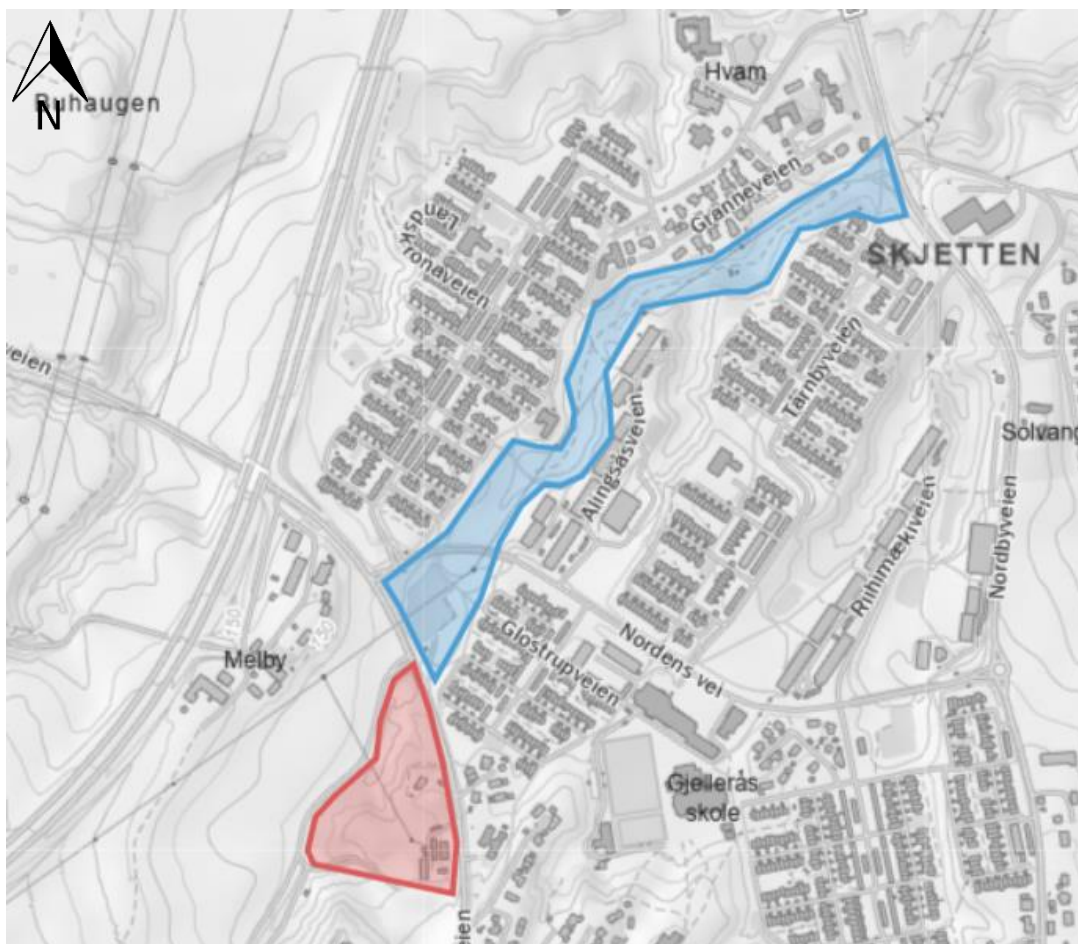
5.4 Tiltakskategori

Tiltaket omfatter graving i bunnen av oppfylt ravinelandskap, med et høyt personopphold tett på skråningene i området langs ravinen. Skulle det gå et skred i dette området i forbindelse med anleggsarbeidene vil dette kunne få store konsekvenser for de som bor i området. **Tiltakskategorien for dette prosjektet settes dermed til K4** for å hensynta befolkningen i området.

5.5 Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde

Faresoner for kvikkleireskred er betegnelsen på utredede områder som har grunn- og topografiske forhold som kan innebære risiko for områdeskred.

I denne rapporten deles området i 2, «Område nord» og «Område sør». Område sør er det området som ligger på sørsiden av Bråteveien hvor bekkeåpningen starter i dette prosjektet. Område sør avgrenses av Tømteveien i vest, Bråteveien mot nordøst-øst og det oppfylte området av ravin i Bråtedalen i sør grunnet liten dybde til berg. Område nord avgrenses av Alingsåsveien og Tårnbyveien i øst, Landskronaveien i vest, Nordbyveien i nord og Bråteveien i sør. I figur 8 er Område sør vist med rød farge, og Område nord med blå farge.



Figur 8 Områdeinndelingen i denne rapporten. Område nord vist med blå farge, og område sør vist med rød farge.

I denne fasen er det kun gjort undersøkelser i Område nord. Det er tidligere utført grunnundersøkelser i Område sør av Sweco i 2010 [4] og 2016 [5].

Bråteveien danner fyllingsgrense mot øst og Ivar Aasens vei er begrensningen mot vest. Ved utløpet av ravinen mot Tømteveien ligger berget grunt («terskel») som gir støtte i foten av hovedfyllingen sør på tomten.

Område sør er tidligere vurdert av Sweco i forbindelse med et boligprosjekt. Denne vurderingen konkluderte med at stabiliteten er under dagens krav i henhold til NVE's kvikkleireveileder, og at det må gjøres tiltak langs skråningsfoten hvis det skal graves i dette området. Det ble påvist kvikkleire i bunnen langs skråningene i dette området [4], [5].

Mulig løснеområde er avgrenset med en 1:15 linje trukket fra foten av skråningene med skråningshøyde over 5 m langs Tømteveien. Mulig løśnieområde i område sør er skissert med blå farge i figur 9.



Figur 9 Mulig løseområde i område sør skissert inn med blå farge. Det er tatt utgangspunkt i skråningene ned mot Tømteveien. Utklipp er hentet fra NVE Atlas [9].

Starten av bekkeåpning-prosjektet er tenkt i dette området på nedsiden av skråningene langs Tømteveien. I og med at disse skråningene er vurdert ved en annen anledning avsluttes vurderingen av Område sør her i denne rapporten. Skal det åpnes bekk her må skråningene sikres før arbeidene starter. Det anbefales at de to ulike prosjektene som er planlagt i dette området koordinerer videre slik at en løsning i akkurat dette området kan ta hensyn til de ulike interessene. Områdestabilitetsvurderingen i dette området heter RIG-R07 Geoteknisk rapport - Bråtedalen, Skjetten-Områdestabilitetsvurdering, datert 16.12.2022 [10].

I Område nord er det relativt bratte skråninger i kombinasjon med mange boliger på toppen av skråningene. Bekken som skal åpnes skal gå på nedsiden av disse skråningene gjennom ravinen. Den videre vurderingen i denne rapporten vil derfor undersøke om dette er mulig å utføre med en tilstrekkelig sikkerhet mot skred uten å gjøre stabiliserende tiltak. Det er satt opp 15 stk. beregningsnitt gjennom ravinen for å undersøke dagens sikkerhet mot skred, i tillegg til at sikkerheten er sjekket etter tiltak er ferdigstilt. Det er ikke beregnet spesielle situasjoner som f.eks. flom. Snittene er valgt ut ifra skråningshelning og løsmasseegenskaper/lagdeling. Snittenes plassering er vist i Vedlegg 1.

5.6 Befaring

Det er utført befaringer i området. Den siste befaringen stilte Sweco med flere fag inkludert geoteknikk, samtidig som representanter fra kommunen deltok. Under befaringen den 25.04.2023 det gått igjennom langs ravinebunnen, og overflaterosjon kartlagt.

5.7 Gjennomfør grunnundersøkelser

Grunnundersøkelser er utført i flere omganger og er vurdert som tilstrekkelig for denne vurderingen. Relevante datarapporter er angitt i Tabell 1. Det er ble utført supplerende grunnundersøkelser i forbindelse med denne vurderingen.

5.8 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av løsne- og utløpsområder

5.8.1 Skredmekanisme

Vurdering av skredmekanisme er gjort etter metode presentert i flytskjema i Veileder nr. 1/2019.



Figur 4.3 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme

Figur 10 Flytskjema for utredning av aktuell skredmekanisme [1].

Metoden vurderer muligheten for et rotasjonsskred, flakskred eller retrogressivt skred for den aktuelle kvikkleireforekomsten.

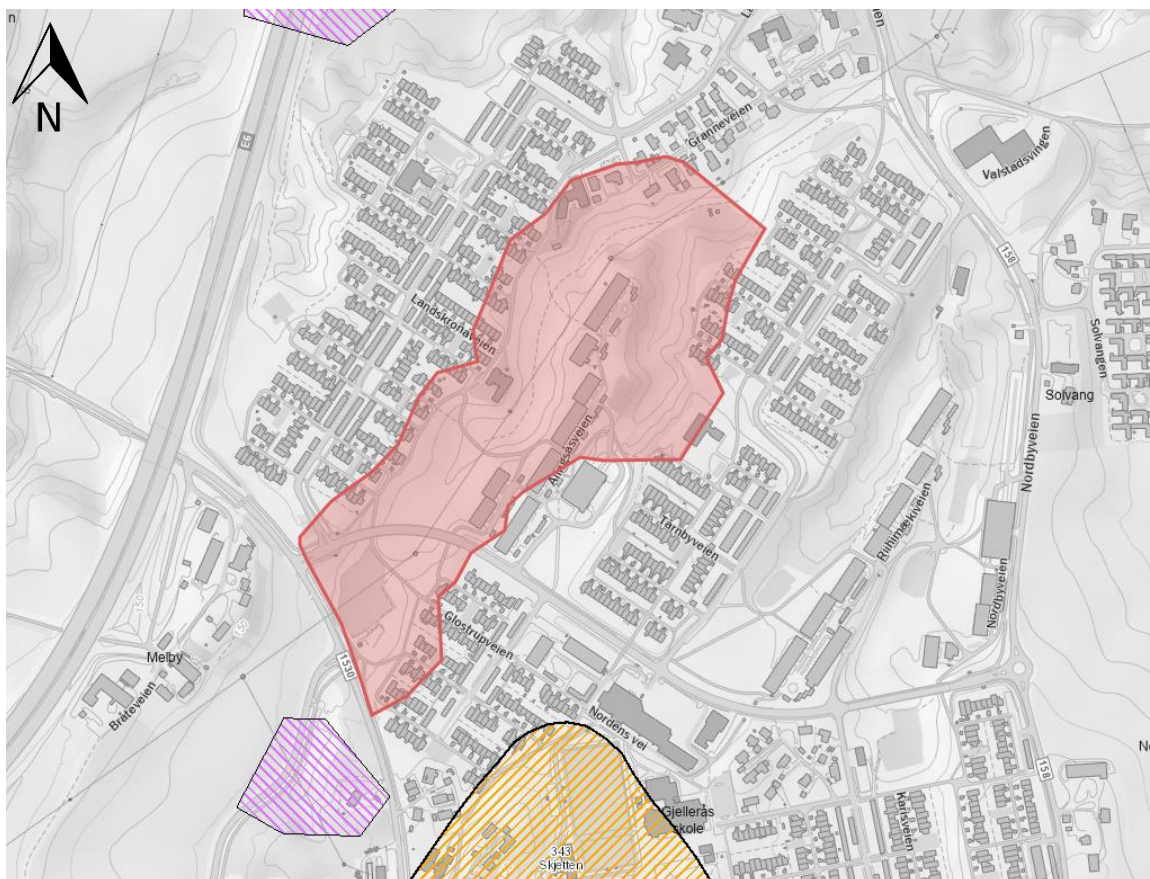
Lagdelingen i Område nord er konservativt antatt med bakgrunn i totalsonderinger og trykksonderinger (CPTu). Slik lagdelingen er lagt inn i beregningene vil skredmekanismen arte seg som et rotasjonsskred.

Ved å se på lagdelingen kan det slås fast at største andel sprøbruddmateriale over 1:15-linjen under skråningsfoten er under 40 %. Derfor vurderes den aktuelle skredmekanismen til å være *rotasjonsskred eller flakskred*. Lengden til et rotasjonsskreds løseområde bestemmes konservativt til 5 x skråningshøyden fra skråningsfoten, som i dette tilfellet blir ca. 60 m.

5.8.2 Løsneområder

Et løseområde er betegnelsen på det terrenget som kan bli tatt av og inkludert i et områdeskred. Størrelsen på løseområdet blir bestemt ut fra antatt sannsynlig skredmekanisme basert på erfaringsdata fra tidligere skred for samme skredtype.

Løseområdet for skråningene langs ravinen er skissert opp i Figur 11 etter kriteriet i kvikkleireveilederen, hvor rotasjonsskredets utbredelse er satt til 5 x skråningshøyde. Det ble trukket en linje langs skråningsfoten. Løseområdets utbredelse ble trukket 60 m fra skråningsfoten langs hele ravinen. I den nordlige enden ned mot Nordbyveien er det ikke påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale, slik at sonen ble avgrenset ca. 230 m fra denne. I den sørlige enden ble sonen avgrenset til langs vegfyllingen under Bråteveien, da det er lite sannsynlig at et eventuelt skred vil starte i dette området.



Figur 11 Potensielt løснеområde tegnet opp med rød farge basert på 5 x skråningshøyde fra skråningsfot.

5.8.3 Utløpsområder

Utløpsområdet er betegnelsen på arealet hvor skredmassene kan avsettes nedstrøms løснеområdet. Størrelsen på utløpsområdet bestemmes av empiriske relasjoner funnet i studier av historiske kvikkleireskred. For et rotasjonsskred er utløpsområdet 0,5 x løснеområdets lengde.

Ettersom terrenget på nedsiden (nordsiden) av løснеområdet flater ut med en gjennomsnittlig helning på ca. 1:70 ned mot den ca. 4 m høyde veifyllingen under Nordbyveien, antas det at et eventuelt skred stopper opp i nærheten av denne veifyllingen. Lengst nord i området er det en gangvei som går i kulvert under Nordbyveien. Det er naturlig at noe av skredmassene vil bevege seg gjennom kulverten og ut på andre siden før det stopper opp. Det potensielle utløpsområdet er vist i figur 12 med blå farge sammen med løснеområdet i rød farge.



Figur 12 Løsneområde markert med striper og antatt utløpsområde markert med firkanter.

5.9 Klassifisering av faresone

Klassifisering av faresonen kalt «Alingsås/Tårnby» er utført etter NVEs ekstern rapport nr. 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred – Metodebeskrivelse, revisjon 4 datert 27.11.2020 [11].

Klassifisering av «Alingsås/Tårnby»-faresone i område nord er utført. Dette har gitt en faresone med følgende resultat:

- Middels faregrad
- Meget alvorlig skadekonsekvens
- Risikoklasse 4

Hele vurderingen er presentert i vedlegg 3.

5.9.1 Dokumentering av tilfredsstillende sikkerhet

Dagens situasjon på tomten er beregningsmessig ikke tilfredsstillende etter kvikkleireveilederen. Beregningene for planlagt tiltak er kun tilfredsstillende i 3 av 15 snitt. Resultatene viser at det ikke er fare for at det skal gå et skred hvis skråningene får stå i fred. Hvis det skulle oppstå flom i dette området som følge av underdimensjonert bekkeløp vil skråningsfoten gjennom ravinen kunne bli utsatt for erosjon. Da kan stabiliteten bli dårligere. Ved å gjennomføre en bekkeåpning gjennom dette området vil det øke sikkerheten mot flom, erosjon og skred.

Ettersom et eventuelt skred som starter ved skråningsfot vil kunne bre seg til boligene i området, er beregningene ikke tilfredsstillende med den løsningen som foreligger pr nå. Det vil være nødvendig å endre på geometrien i dette området slik at de drivende kreftene blir redusert og de stabiliserende kreftene øker.

Beregnete sikkerhetsfaktorer er stort sett ikke langt under kravet, så mindre justeringer i geometrien antas å være tilstrekkelig. Stedvis vil det være behov for noe større endringer. Dette må verifiseres med nye beregninger. De utførte beregningene i forbindelse med denne vurderingen er nærmere presentert i kap. 6.

5.9.2 Meld inn faresoner og grunnundersøkelser

Faresonen i område nord vil bli meldt inn etter utført kvalitetssikring av uavhengig foretak.

6 Stabilitetsberegninger

Kapittelet oppsummerer stabilitetsberegninger som er utført i Geosuite Stability.

6.1 Beregningsprogram

Beregningene er utført i Geosuite Stability, som er et 2D stabilitetsberegningsprogram basert på programmet BEAST, med mulighet for ivaretagelser av 3D-effekter. Beregningsmetoden er basert på en lamellemetode som tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt.

6.1.1 3D-effekter

Det er gjort mange studier og finnes mye teori som omhandler stabilitetsberegninger og forskjellene i beregnet sikkerhetsfaktor ved 2-dimensjonale og 3-dimensjonale analyser. Masteroppgaven til Solli, V.A. [12] inneholder en omfattende litteraturstudie som blant annet viser til arbeidet til Jostad & Lacasse [13] og Griffiths & Marquez [14]. Disse studiene ser på sammenhengen mellom bredde/høyde-forholdet til en skråning og 3D-effekten. Med 3D-effekt menes her forskjellen i beregnet sikkerhetsfaktor ved bruk av 2-dimensjonal versus 3-dimensjonal analyse. Begge studiene konkluderer med at 3D-effekten er positiv i alle gyldige tilfeller, men effekten er avtagende med økende bredde/høyde-forhold. Ved høyt bredde/høyde-forhold er effekten nærmest 0.

Bredde/høyde-forholdet i det aktuelle området langs bekkeleiet i Skjetten er svært høyt, i hvert fall om en ser på hele løpet som én skråning. Det kan argumenteres for at dette er konservativt, men alternativet er å dele skråningen inn i mer eller mindre tilfeldige segmenter av ulik lengde. Resultatet kan da bli økt beregnet sikkerhetsfaktor i deler av bekkeløpet, men det vil ikke nødvendigvis gjenspeile den virkelige situasjonen spesielt godt. Det er funnet kvikkleire i punkter langs hele løpet, og tilsynelatende økt stabilitet i ett segment vil kunne påvirkes av et lag av kvikkleire som henger sammen med et mindre stabilt segment et annet sted.

Konklusjonen etter å ha vurdert 3D-effekter er at det vil bli spekulativt og upålitelig å skulle innføre en økning av beregnet 2-dimensjonal sikkerhetsfaktor på bakgrunn av geometrien til bekkeleiet. I NVE sin veileder [1] står det at det «generelt bør [...] utvises forsiktighet ved bruk av geometrieffekter». På bakgrunn av dette har Sweco valgt å se bort ifra 3D-effekter i beregningene.

6.2 Lagdeling og jordparametere

Lagdelingen er basert på grunnforholdene beskrevet i kap. 3.4. Tørrskorpelaget er ansett som drenert, mens de resterende leirlagene er beregnet som udrenert.

Det gjøres oppmerksom på at grunnundersøkelsene kun avdekker lokale forhold i de respektive utførte borpunktene. Dette benyttes videre til å gi en generell beskrivelse av grunnforholdene i området. Grunnforholdene mellom borpunktene kan variere mer enn det som eventuelt kan interpoleres fra utførte grunnundersøkelser. Overgangen mellom leire og kvikkleire er da noe usikker. Det antas at skillet mellom leirene har en noe lik utforming i resterende deler av beregningssnittene. Kvikkleirelaget er plassert i omtrent samme dybde under terreng i alle snitt.

Grunnvannstanden er målt med piezometer, og er plassert ut i underkant av tørrskorpeleiren på toppen av skråningene og i terrengnivå i ravinebunnen.

Skjærfasthetsprofilene er tolket ut ifra tilgjengelige CPTu-sonderinger vist i Vedlegg 4.

6.2.1 Jordparametere

Jordparametere benyttet i beregningene er presentert i tabell 3. Det ble benyttet erfaringsparametere for tørrskorpen i henhold til veileder nr. 1/2019. Leirlagene ble modellert etter registrerte egenskaper i felt og laboratorium, og sett opp mot erfaringsparametere fra Statens vegvesens håndbok V220 [12].

Tabell 3 Parametere benyttet i stabilitetsberegninger.

Lag	Farge på lag i beregning	ρ [kN/m ³]	ρ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]
Tørsskorpeleire		19,0	9,0	30,0	0,0	-
Leire (øvre)		19,0	9,0	27,0	2,0	c-profil
Kvikkleire		19,0	9,0	25,0	0,0	c-profil
Leire (nedre)		19,0	9,0	30,0	0,0	c-profil

Udrenert skjærstyrke (c_u) er tolket basert på CPTu-sonderinger. c_u -profilen kan defineres nærmere ved bruk av ødometerforsøk, noe som kan redusere usikkerheten. Det anbefales derfor at dette gjøres i senere faser av prosjektet ved at det utføres videre prøvetaking rundt skråningene med lav beregnet sikkerhetsfaktor. Det er da viktig at ødometerforsøkene blitt utført i prøver hentet fra lag som er representative for mesteparten av leiren i skråningen (unngå tørsskorpeleire og svært forstyrrede prøver).

6.2.2 Grunnvann

Flere piezometere er satt over de bløte leirelagene, og ett punkt (punkt 15, Multiconsult) viser et overtrykk på minst 1 m over bakken (røret var kuttet her, så det er uvisst nøyaktig hvor høy vannsøylen ville vært om røret var høyere). Poreovertrykk kan påvirke skjærstyrken i løsmassene, så endring i poretrykket vil kunne påvirke resultatene noe. Det anbefales at det tas flere målinger i eksisterende piezometere over en lengre periode, og at det settes 2 nye piezometere i ravinen som er plassert i dypere leirelag.

6.2.3 ADP-faktorer (totalspenningsanalyse)

ADP-faktorer er valgt i henhold til NIFS rapport 14/2014 [13]. Gjennomsnittlig målt I_p fra tidligere undersøkelser ble benyttet i bestemmelsen av faktorene, og med en $I_p > 10$ % er verdiene konservativt satt til $A_a = 1,00$, $A_d = 0,65$, og $A_p = 0,37$ for øvre og nedre leirlag, og $A_a = 1,00$, $A_d = 0,63$ og $A_p = 0,35$ for kvikkleiren.

6.3 Laster

Det er benyttet laster i beregningene som ca. tilsvarer vekten av en enebolig med to etasjer. Lasten antas å være i størrelsesorden 10 kPa pr etasje. Boligblokkene antas å være fundamentert kompensert, dvs. at nederste etasje er gravd ned før oppføring. En etasje trekkes dermed fra, og det antas at blokkene har en last i størrelsesorden 30 kPa.

6.4 Beregninger

Det er utført stabilitetsberegninger for 15 ulike snitt, A-A – 0-0. Hvert snitt er beregnet drenert og udrenert for sirkulære glideflater. Plasseringen av beregningssnittene er vist i Vedlegg 1. Tørsskorpeleiren blir regnet drenert i alle tilfeller.

For skjærstyrkeprofiler er det benyttet tolkede skjærfasthetsprofiler fra tilgjengelig grunnlag samt supplerende grunnundersøkelser.

6.5 Kravet til sikkerhetsfaktor

Kravet til sikkerhetsfaktor for tiltakskategori K4 er $F_{c\varphi}$ (udrenert) $\geq 1,4 \cdot f_s$, hvor f_s er sprøhetsforholdet på 1,15 som korrigerer for sprøbruddseffekt i de beregningene hvis tiltaket forverrer stabiliteten med sprøbrudmaterialer. Kravet til sikkerhetsfaktor hvis tiltaket ikke forverrer sikkerhetsfaktoren er $F \geq 1,40$. For

de drenerte beregningene er kravet til sikkerhetsfaktor lik $F_c(\text{drenert}) \geq 1,25$. Dette gjelder hvis tiltaket forverrer stabiliteten, som det gjør i dette tilfellet i flere av snittene [1].

6.6 Resultater

Beregningene er gjort for sirkulære glideflater. Noen snitt er tegnet tvers over ravinen slik at skråningene på begge sider kom med i samme beregning. I tabell 4 leses resultatene for disse snittene:

«sikkerhet venstre side/sikkerhet høyre side».

Det vises til Vedlegg 2 for illustrering av beregninger med tilhørende resultater. Snittene er alltid sett mot nord.

Det er ikke utført beregning etter tiltak i alle snitt, da sikkerheten i dagens situasjon anses for å være veldig høy. Beregningene resulterte i følgende sikkerhetsfaktorer, presentert i tabell 4.

Med beregning etter tiltak menes det situasjonen etter bekk er utgravd direkte i dagens terreng. Det er ikke beregnet med motfylling eller andre stabiliserende tiltak.

Tabell 4 Resultater fra beregningene.

Beregning	Sikkerhetsfaktor (udrenert)	Sikkerhetsfaktor (drenert)
Snitt A-A dagens situasjon	1,40	2,54
Snitt A-A etter tiltak	1,41	2,46
Snitt B-B dagens situasjon	2,49/2,52	1,93/2,03
Snitt C-C dagens situasjon	1,55/1,61	1,19/1,29
Snitt C-C etter tiltak	1,49/1,59	1,19/1,29
Snitt D-D dagens situasjon	1,27/1,41	1,21/1,20
Snitt D-D etter tiltak	1,26/1,55	1,19/1,19
Snitt E-E dagens situasjon	1,29/1,09	1,38/1,49
Snitt E-E etter tiltak	1,24/1,02	1,37/1,50
Snitt F-F dagens situasjon	2,27	1,99
Snitt G-G dagens situasjon	1,18	1,42
Snitt H-H dagens situasjon	1,84	1,16
Snitt H-H etter tiltak	1,88	1,13
Snitt I-I dagens situasjon	1,43	1,43
Snitt I-I etter tiltak	1,37	1,48
Snitt J-J dagens situasjon	1,43/1,52	1,37/1,46
Snitt J-J etter tiltak	1,34/1,49	1,34/1,44
Snitt K-K dagens situasjon	1,45	1,54
Snitt K-K etter tiltak	1,46	1,54
Snitt L-L dagens situasjon	1,25	1,51
Snitt L-L etter tiltak	1,23	1,51
Snitt M-M dagens situasjon	1,65	2,15
Snitt N-N dagens situasjon	1,47	1,49

Snitt N-N etter tiltak	1,47	1,48
Snitt O-O dagens situasjon	1,30	1,72
Snitt O-O etter tiltak	1,28	1,71

Beregningene tilsier at stabiliteten i dagens situasjon er noe lav i enkelte steder. I tabell 5 er alle snittende listet opp sammen med kommentarer og krav.

Tabell 5 Kommentarer og gjeldene krav til beregningene.

Snitt	Kommentar	Krav
A-A	Liten forverring	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – OK
B-B	Høy sikkerhet, ikke regnet videre	OK
C-C	Liten forverring/lav sikkerhet	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – Ikke OK
D-D	Liten forverring/lav sikkerhet	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – Ikke OK
E-E	Liten forverring/lav sikkerhet	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – Ikke OK
F-F	Høy sikkerhet, ikke regnet videre	OK
G-G	Tiltaket ligger utenfor snittet og det vurderes at dette ikke vil påvirke skråningen. Skråningen har lav stabilitet.	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,40$ – Ikke OK
H-H	Liten forverring/lav sikkerhet	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – Ikke OK
I-I	Liten forverring/moderat sikkerhet	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – Ikke OK
J-J	Liten forverring/moderat sikkerhet	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – Ikke OK
K-K	Ingen forverring	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,40$ – OK
L-L	Liten forverring/akkurat under krav	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – Ikke OK
M-M	Høy sikkerhet, ikke regnet videre	OK
N-N	Liten forverring/moderat sikkerhet	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – Ikke OK
O-O	Liten forverring/god sikkerhet	$F_{c\phi} \geq 1,25$ og $F_c \geq 1,61$ – OK

Ettersom stabiliteten forverres i flere snitt gjelder kravet om absolutt sikkerhetsfaktor nevnt over. $F(\text{udrenert}) \geq 1,4 \cdot f_s$ hvor f_s er 1,15, som gir et krav til absolutt sikkerhetsfaktor $F(\text{udrenert})$ på 1,61.

Det vurderes at dette kan la seg løse hvis man gjør ytterligere terrengendringer enn det Sweco er forespeilet. Ved å legge ut en motfylling på hver side av bekken vil beregningene antagelig gi en høyere beregningsmessig sikkerhet som tilfredsstiller kravene i veilederen. Et annet alternativ er å heve hele terrenget langs ravnebunnen og legge bekken i de oppfylte massene. Se kapital 7.

Dersom endringer i geometrien ikke er nok for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet, vil en annen mulighet vil være å stabilisere kvikkleiren i skråningsbunn med kalk/semmentpeler. Dette vil bidra til å øke skjærfastheten langs kritisk glidesirkel og dermed øke stabiliteten. En annet alternativ vil være en støttekonstruksjon av spunt langs kritiske deler av traséen.

Beregningene er vist i vedlegg 2 «Stabilitetsberegninger».

7 Konklusjon

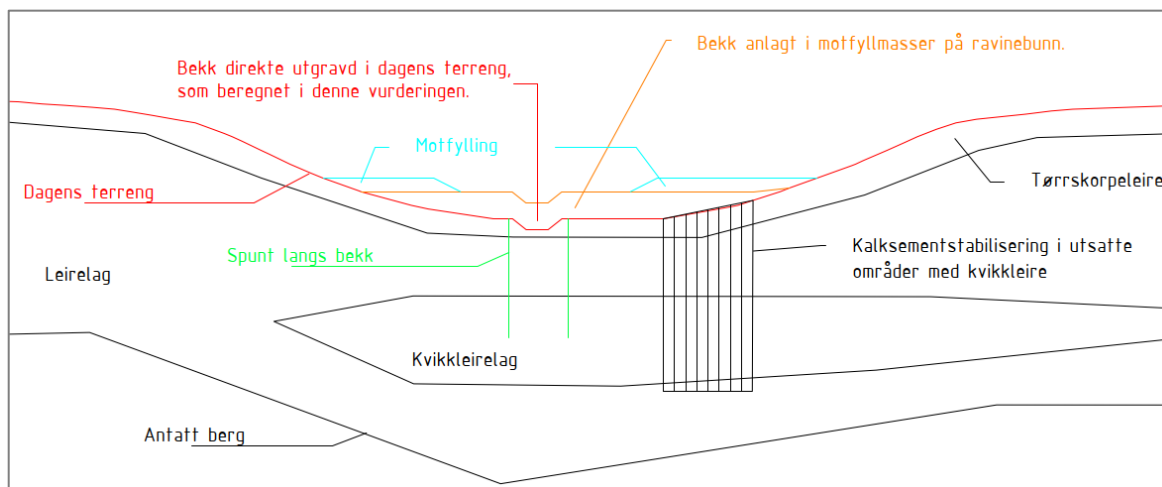
Etter vurderingen kan kravene i NVEs veileder 1/2019 [1] listes opp på følgende måte:

- Det vurderes at det aktuelle området ikke står i fare for å utløse et kvikkleireskred i dagens situasjon basert på kvikkleireproblemstillingen.
- Det vurderes at det aktuelle området ikke vil bli involvert i skred som starter utenfor undersøkelsesområdet, og at området ikke vil bli påvirket av skredmasser fra eventuelt skred i nærliggende kvikkleiresoner.
- Hvis det skulle oppstå flom i området i dagens situasjon er ikke dette gunstig for stabiliteten. Erosjon kan skade skråningsfoten ned igjennom ravinen, som potensielt kan utløse skred. Bekkeløpet er underdimensjonert og må utbedres.
- Det er planlagt etablering av en åpen bekk igjennom området for å avlaste ledningsnettets. Stabiliteten i området etter åpning av ny bekk er ikke god nok uten å iverksette tiltak i forbindelse med bekkeåpningen.

Konklusjonen av områdestabilitetsvurderingen er at stabiliteten i ravineområdet på Skjetten ikke er tilstrekkelig dersom bekkeåpning gjennomføres uten å iverksette stabiliserende tiltak. Sweco ønsker å understreke at dette ikke betyr at dagens situasjon er ustabil. Gjennom vurderinger gjort i henhold til NVEs veileder 1/2019 «Kvikkleireveilederen», er det ikke funnet at området står i fare for å utløse et kvikkleireskred dersom dagens forhold forblir uforandret. Det er trygt å bo og oppholde seg i området, og fortsette med aktivitet som normalt. Kommunen bør likevel være klar over at dette kan endre seg dersom ravinen utsettes for kraftig flom eller annen aktivitet som over tid fører til erosjon og skade på skråningsfoten.

I forbindelse med åpning av bekkeløpet vil det være nødvendig å se nærmere på ytterligere terrengendringer og/eller stabiliserende tiltak for å sikre at stabiliteten blir ivaretatt etter kravene i veileder 1/2019 [1] i den nordre delen av området.

Forslag til stabiliserende tiltak som kan vurderes er (1) å endre/optimalisere geometrien (motfyllinger på bunnen av skråninger), (2) kalk/sementstabilisering av kvikkleirelaget som ligger i skråningsbunn for å øke skjærfastheten i det svakeste laget, eller (3) etablere en støttekonstruksjon langs de mest kritiske områdene (spunt). En kombinasjon av variantene over er også en mulighet. Prosjektering av tiltak må inkludere en vurdering på eksisterende infrastruktur (bru, trafomaster o.l.). Dette er ikke gjort i forbindelse med denne vurderingen da det anses at dette hører inn under detaljprosjektering eller i senere fase av prosjektet. I figur 13 er det vist en enkel skisse med ulike forslag til løsninger som er foreslått for å forbedre stabiliteten. Dette må verifiseres med nye beregninger.



Figur 13 Enkel prinsippskisse som viser ulike foreslåtte tiltak

7.1 Videre vurderinger

I forbindelse med videre vurderinger og mulige tiltak anbefaler Sweco å utføre ytterligere grunnundersøkelser. Grunnundersøkelsene bør fokusere på å avgrense områder med kvikkleire/sprøbruddmateriale, da opphold i kvikkleirelag vil kunne senke risikoen i området. Borpunktene bør plasseres i områder der det er uklart om det forekommer kvikkleire/sprøbruddmateriale eller ikke, som i strekningen mellom borpunktene 15 (Multiconsult) og SW15.

Det bør utføres et tilstrekkelig antall CPTu-sonderinger og prøveserier for å kunne påvise eller avvise forekomst av kvikkleire i grunnen. Laboratorieundersøkelsene bør inkludere minst 3 ødometerforsøk fordelt best mulig i ravinen. Sweco anbefaler også å sette 2 nye grunnvannsmålere, som plasseres i dype, bløte leirelag. Elektronisk piezometer med minne er å foretrekke for best uttelling. Nye og eksisterende piezometer bør deretter leses av jevnlig over en lengre periode.

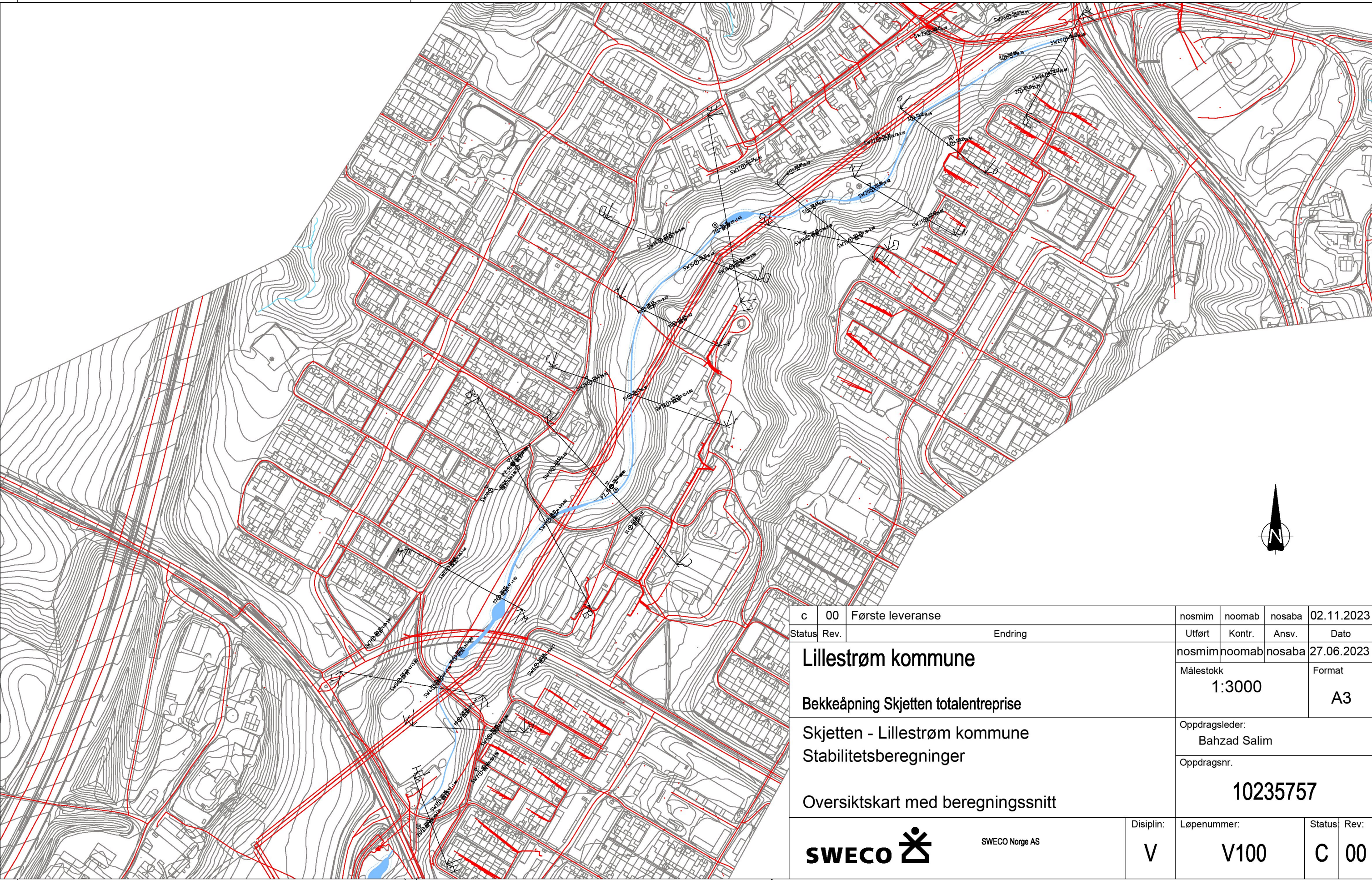
Endelig utforming av videre grunnundersøkelser må vurderes i detalj basert på tidligere resultater, og faller ikke inn under arbeidet med denne rapporten.

Det poengteres at denne rapporten må kvalitetssikres av uavhengig foretak på grunn av at prosjektet ligger i tiltakskategori K4.

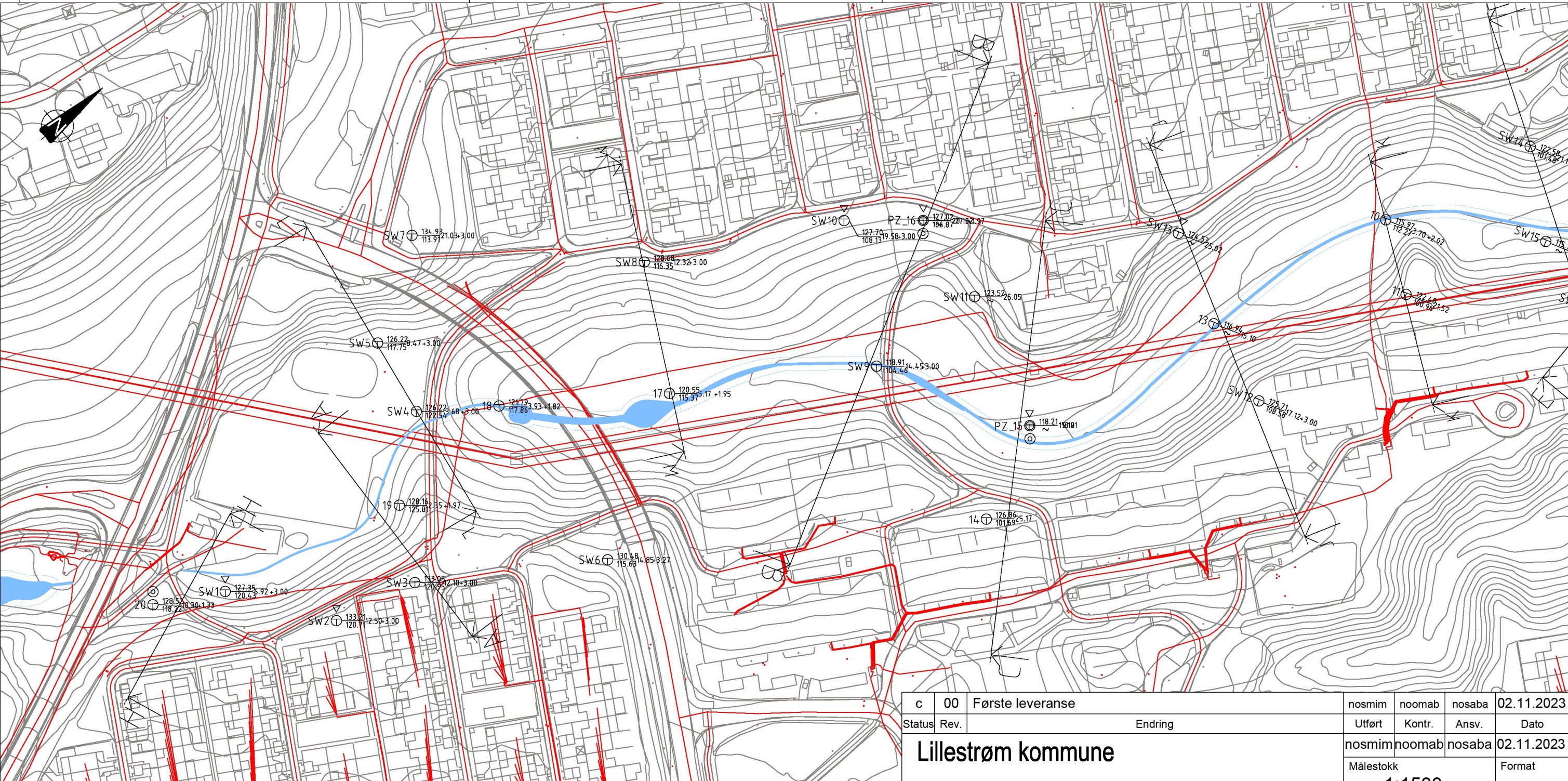
8 Referanser

- [1] Norges Vassdrags- og Energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred, 1/2019,» 2020.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, *Byggeteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. §7-3*, 2017.
- [3] Kartverket, «<http://norgeskart.no>,» 2022.
- [4] Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), *Løsmasser - Nasjonale løsmassedatabase.*, 2022.
- [5] Norges Vassdrags- og Energidirektorat, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>. [Funnet 2022].
- [6] Sweco Norge AS, «Skjetten, Bråtedalen - Grunnundersøkelser - Datarapport juni 2010,» 2010.
- [7] Sweco Norge AS, «Skjetten, Bråtedalen - Grunnundersøkelser - Datarapport januar 2016,» 2016.
- [8] Statens Vegvesen, «Geoteknisk rapport nr. 10003-GEOT-1 - Gang- og sykkelveg langs Fv 380 Bråteveien, Skedsmo kommune,» 2016.
- [9] Multiconsult Norge AS, «10213304-02-RIG-RAP-001 Bekkeåpning Skjetten - datarapport-geotekniske grunnundersøkelser,» 2020.
- [10] Sweco Norge AS, «10237458 RIG_R01_A02 Datarapport-Grunnundersøkelser,» 2023.
- [11] Sweco Norge AS, «RIG-R07 Geoteknisk rapport - Bråtedalen, Skjetten-Områdestabilitetsvurdering,» 2022.
- [12] Norges Vassdrags- og Energidirektorat, «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred - Metodebeskrivelse,» 2020.
- [13] V. A. Solli, *3D-effects in Slope Stability Analysis - Sensitivity of Geometry in 2D and 3D Stability Programs*, Master's Thesis, NTNU, 2020.
- [14] S. Lacasse, H. Jostad, J. S. L'Heureux, Ø. Torgersrud og R. B. Sandven, «GeoSuite - a modular system for geotechnical design,» i *17th Nordic geotechnical meeting*, Reykjavik, 2016.
- [15] D. Griffiths og R. M. Marquez, «Three-dimensional slope stability analysis by elasto-plastic finite elements,» *Géotechnique*, vol. 57, nr. 6, pp. 537-546, 2007.
- [16] Statens Vegvesen, «Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging,» 2018.
- [17] NIFS, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.

Vedlegg 1 – Oversiktskart med beregningsnitt



c	00	Første leveranse	nosmim		noomab	nosaba	02.11.2023	
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato		
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	27.06.2023		
			Målestokk 1:3000			Format A3		
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise								
Skjetten - Lillestrøm kommune Stabilitetsberegninger			Oppdragsleder: Bahzad Salim					
			Oppdragsnr. 10235757					
Oversiktskart med beregningssnitt								
SWECO  SWECO Norge AS			Disiplin: V	Løpnummer: V100			Status C	Rev: 00



TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering

○ Enkel sondering

▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring

◆ Dreietrykksondering

⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie

□ Prøvegrop

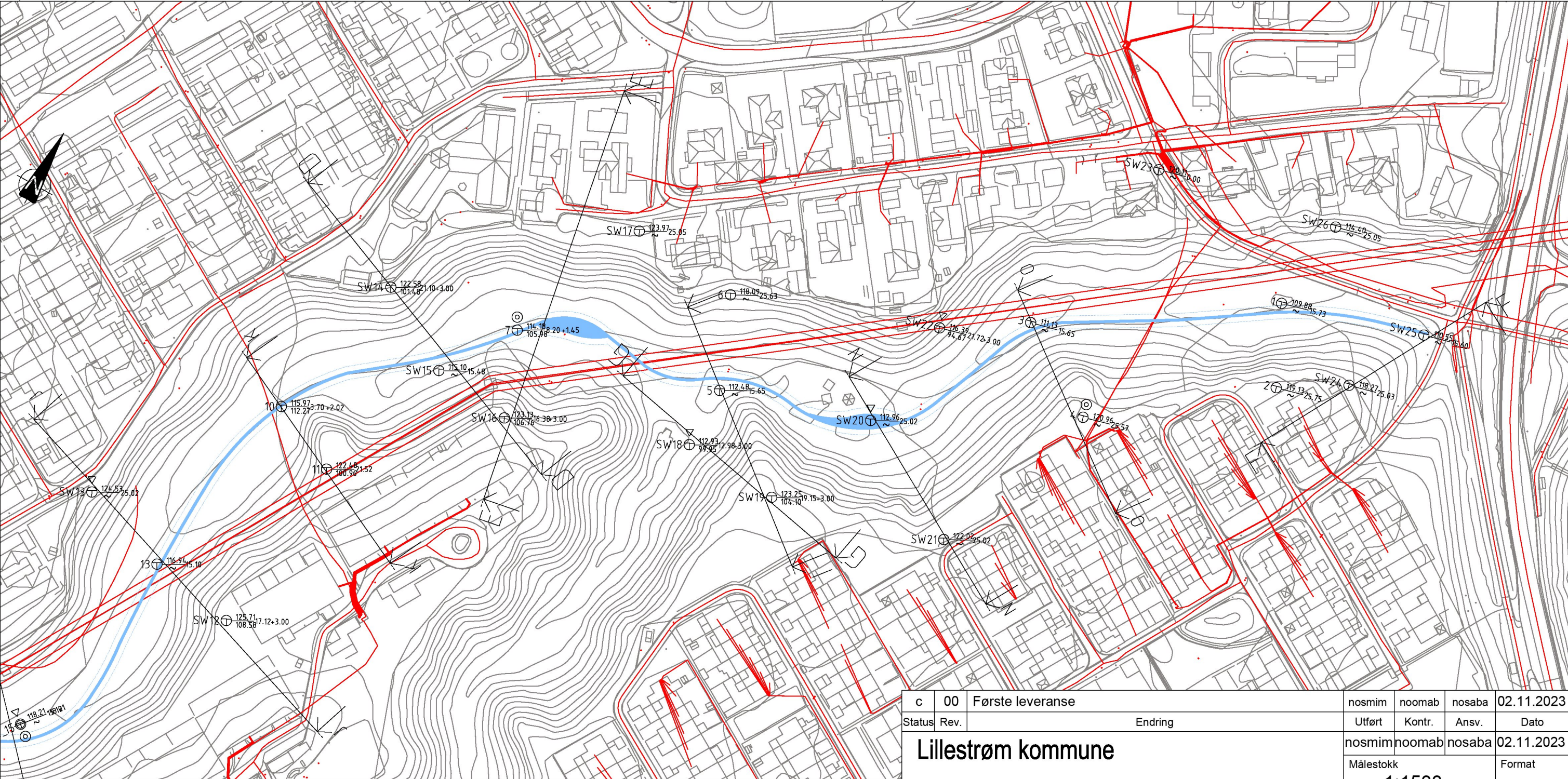
+ Vinge-boring
- ⊖ Poretrykksmåling

⚓ Berg i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (sjøbunns) kote}}{\text{Antatt bergkote}}$ Boret i løsmasser + (boret i berg)

Kartgrunnlag : EUREF89 NTM-11
Utgangspunkt for nivellement : NN2000

c	00	Første leveranse	nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
			Målestokk 1:1500			Format A3	
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise							
Skjetten - Lillestrøm kommune Stabilitetsberegninger			Oppdragsleder: Bahzad Salim				
			Oppdragsnr. 10235757				
Plassering av beregningssnitt - del 1							
SWECO  SWECO Norge AS			Disiplin:	Løpenummer:		Status	Rev:
			V	V101		C	00



TEGNFORKLARING :

- Dreiesondering

○ Enkel sondering

▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring

◆ Dreietrykksondering

⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie

□ Prøvegrop

+ Vinge-boring
- ⊖ Poretrykksmåling

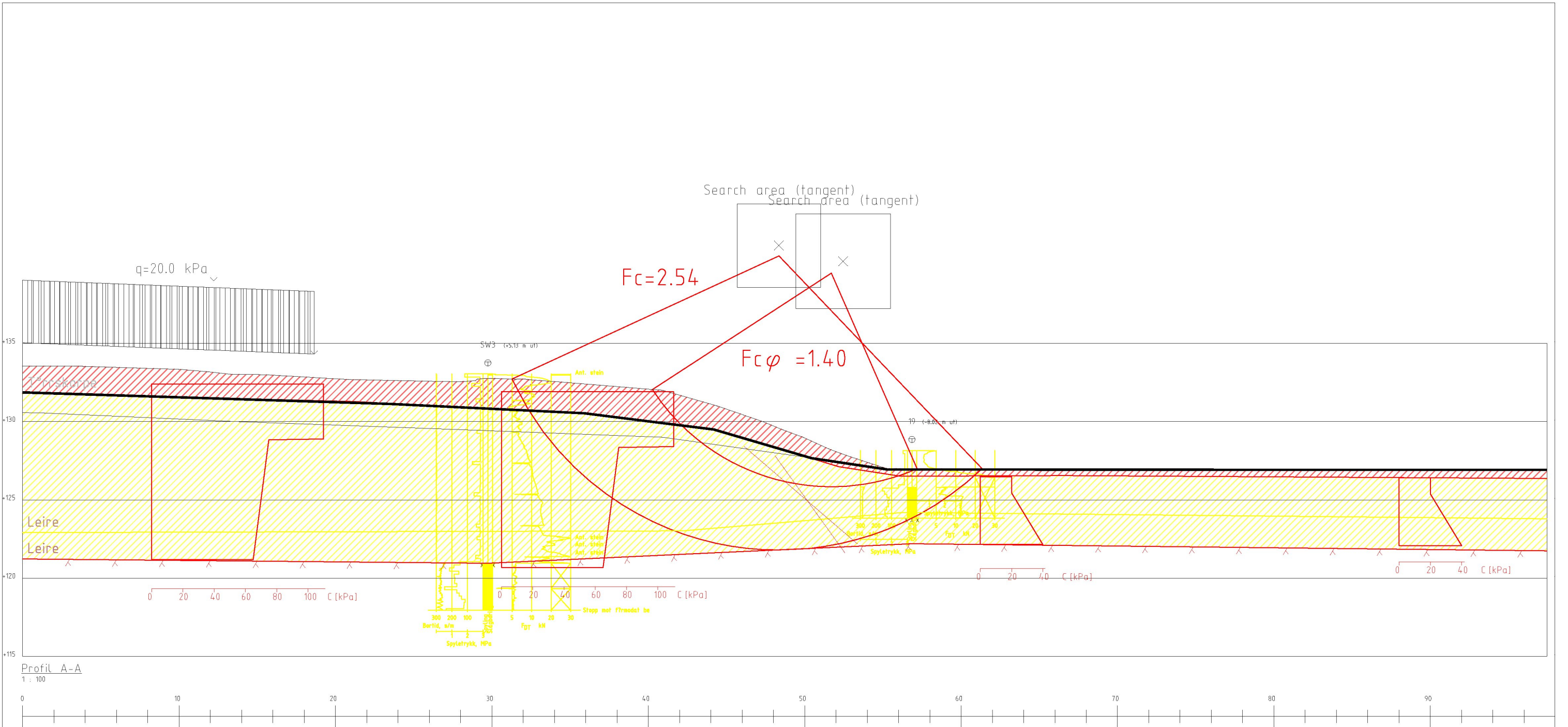
⌘ Berg i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terreng (sjøbunns) kote}}{\text{Antatt bergkote}}$ Boret i løsmasser + (boret i berg)

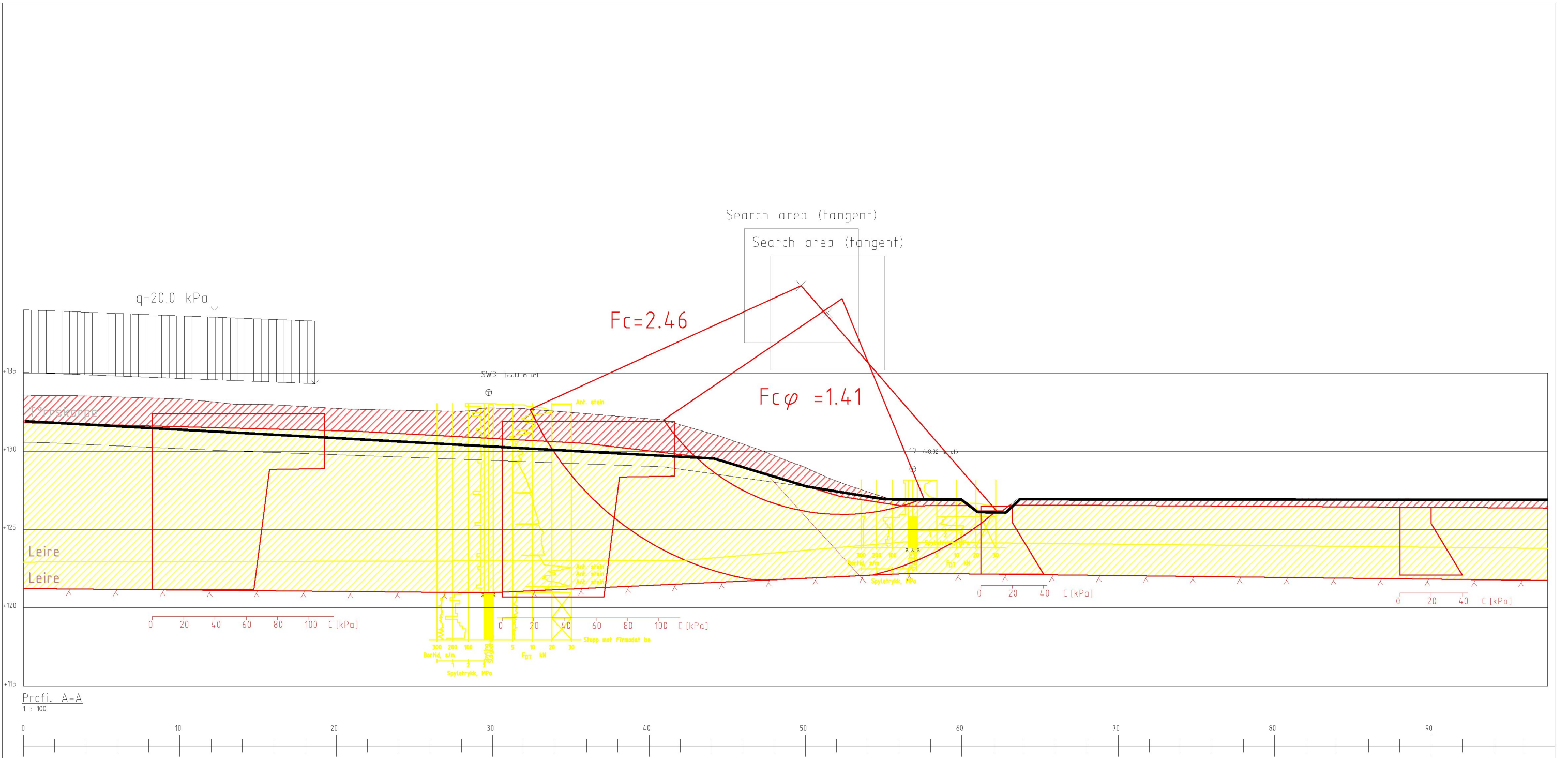
Kartgrunnlag : EUREF89 NTM-11
Utgangspunkt for nivellement : NN2000

c	00	Første leveranse			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
Status	Rev.	Endring			Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
Lillestrøm kommune					nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
					Målestokk 1:1500			Format A3	
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise									
Skjetten - Lillestrøm kommune Stabilitetsberegninger					Oppdragsleder: Bahzad Salim				
					Oppdragsnr. 10235757				
Plassering av beregningssnitt - del 2									
SWECO  SWECO Norge AS				Disiplin:	Løpenummer:			Status	Rev:
				V	V102			C	00

Vedlegg 2 – Stabilitetsberegninger

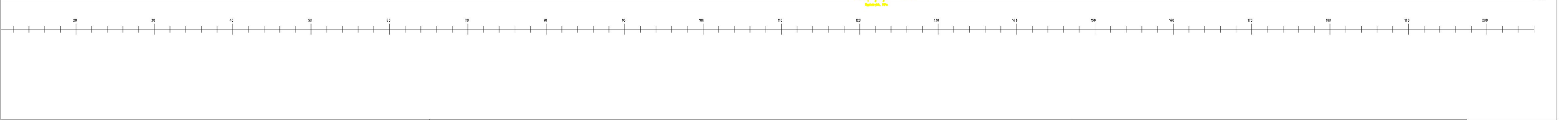
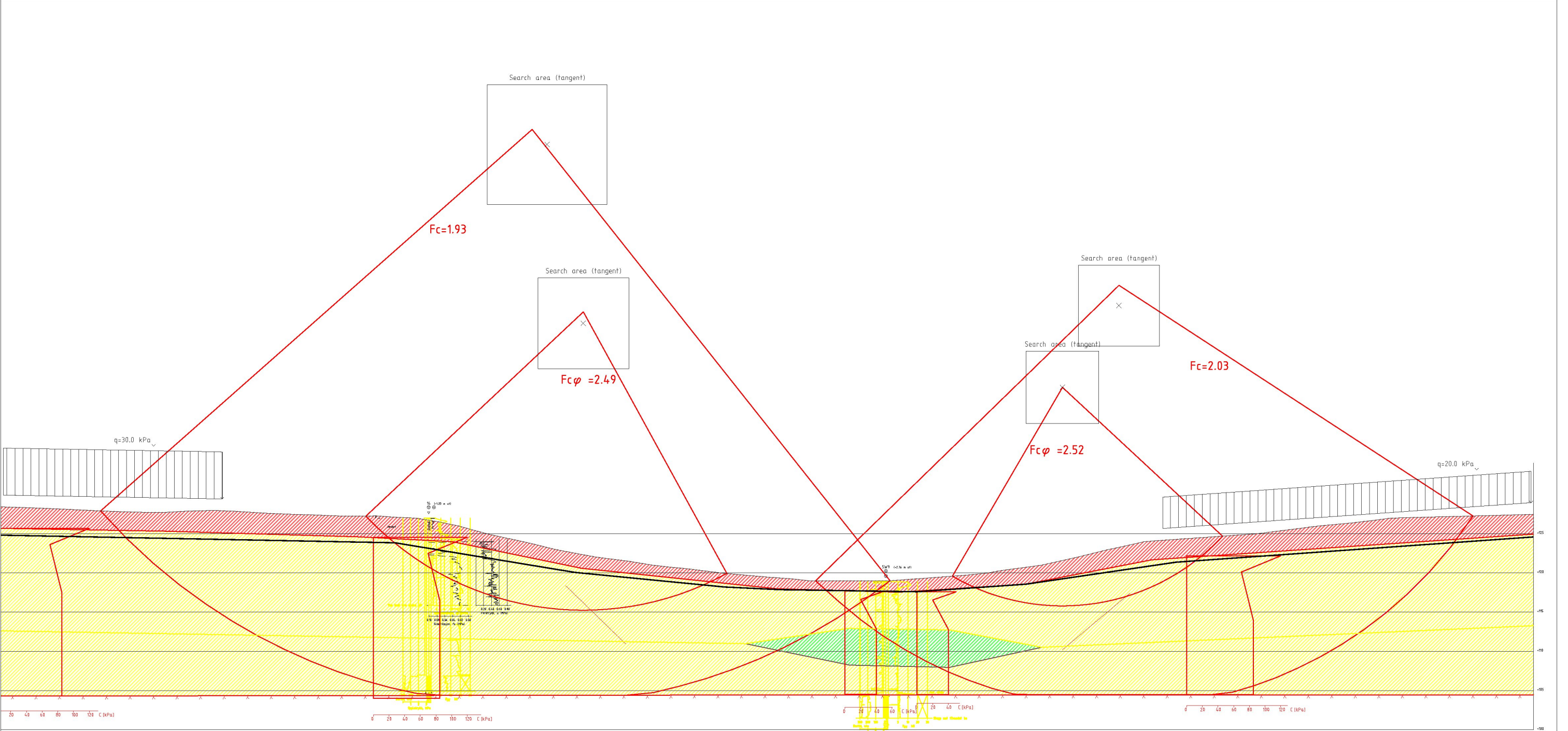


Status	Rev.	Endring		Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-		-	-	-	-	
C	00	Første versjon		NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune				nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
				Målestokk		Format		
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise				1:250		A3		
Stabilitetsberegning - Snitt A-A				Oppdragsleder:				
				Bahzad Salim				
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning				Oppdragsnr.				
				10235757				
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 260, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40				Disiplin:	Løpenummer:		Status:	Rev:
				V	V110		c	00



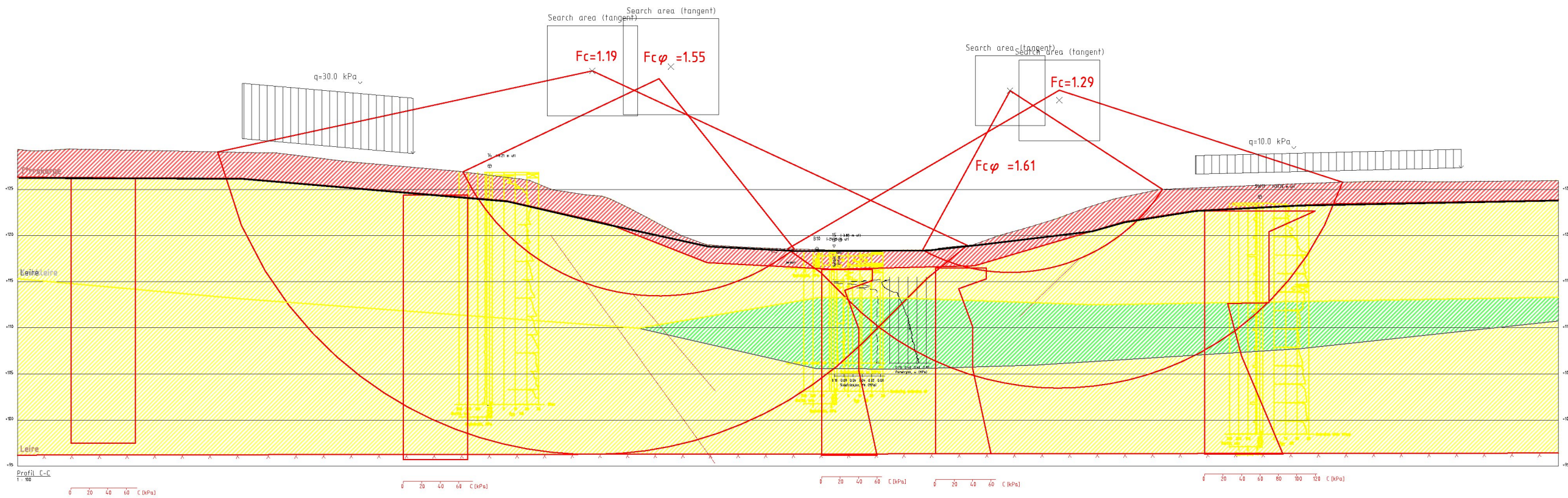
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Målestokk 1:250		Format A3	
Stabilitetsberegning - Snitt A-A			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning			Oppdragsnr.: 10235757			
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V111		Status: Rev: c 00

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
 Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
 Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
 Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
 Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		



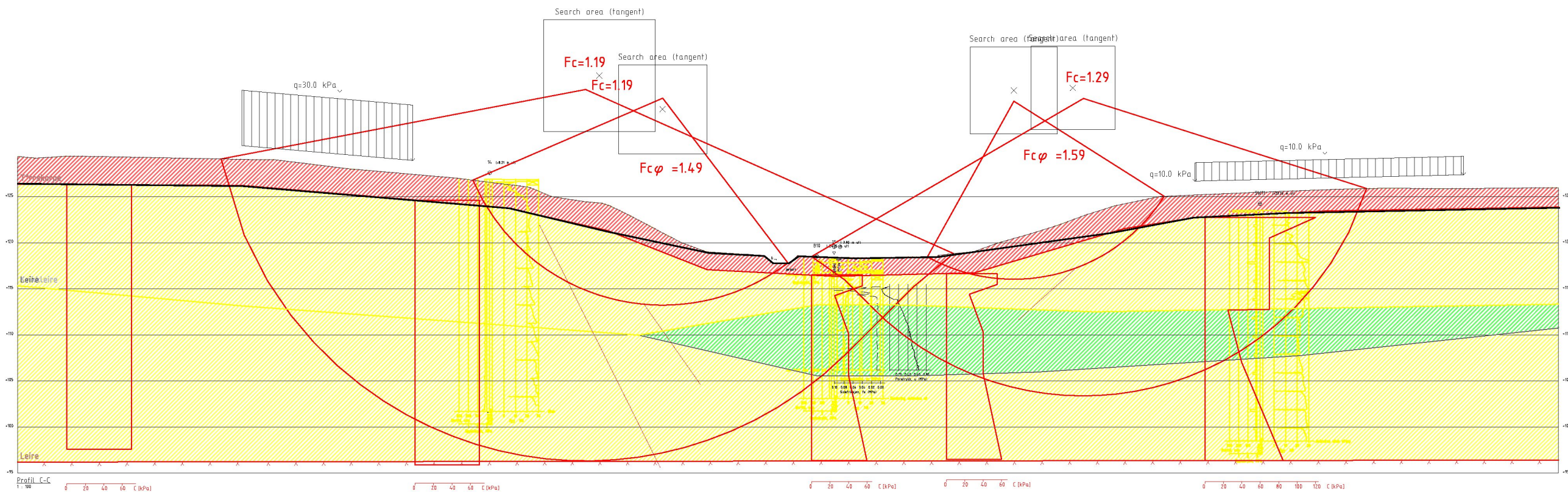
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Målestokk 1:500		Format A3	
Stabilitetsberegning - Snitt B-B			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning			Oppdragsnr. 10235757			
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V112		Status: Rev: c 00



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring		Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-		-	-	-	-
C	00	Første versjon		NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune				nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
				Målestokk 1:500		Format A3	
Stabilitetsberegning - Snitt C-C				Oppdragsleder: Bahzad Salim			
				Oppdragsnr.: 10235757			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning							
SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40				Disiplin: V	Løpenummer: V113		Status: Rev: c 00



Material



Tørrskorpeleire

Un.Weight Sub.Weight

19.00 9.00

Fi

30.0

C'

0

C

0

Aa

1.00

Ad

1.00

Ap

0.37

$F_c\phi$ =Drenert

F_c =Udrenert



Siltig leire

19.00 9.00

27.0

2

C-profil

1.00

0.65

0.37



Kvikkleire

19.00 9.00

25.0

0

1.00

0.63

0.35



Siltig leire

19.00 9.00

30.0

0

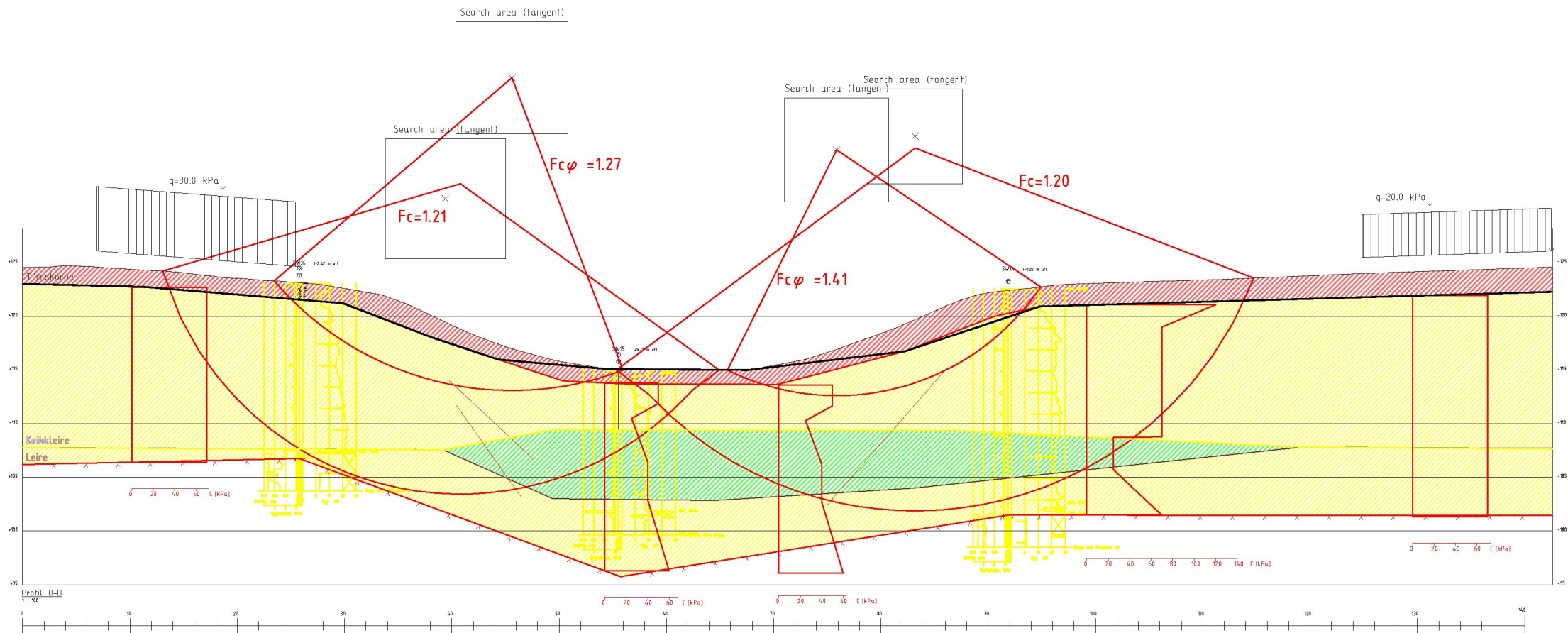
C-profil

1.00

0.65

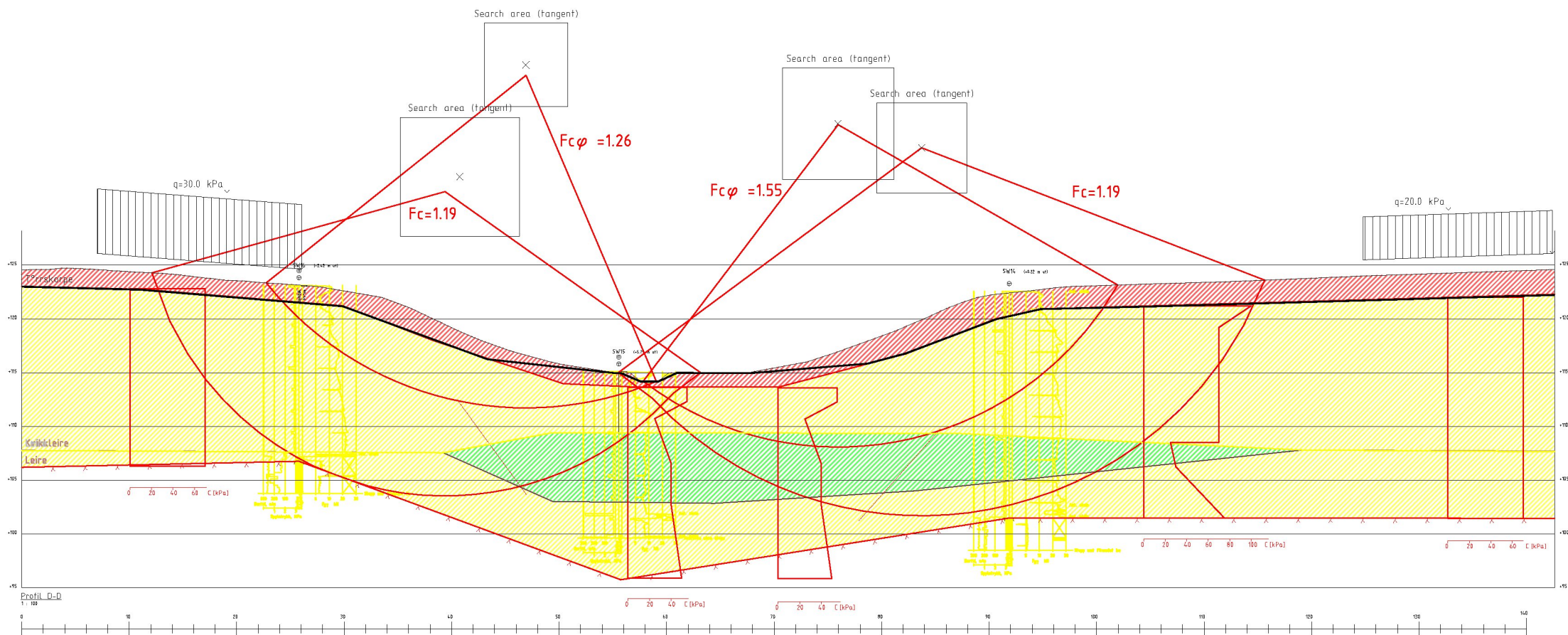
0.37

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Målestokk	1:500	Format	A3
Stabilitetsberegning - Snitt C-C			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning			Oppdragsnr.: 10235757			
SWECO 			Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev:
			V	V114	c	00



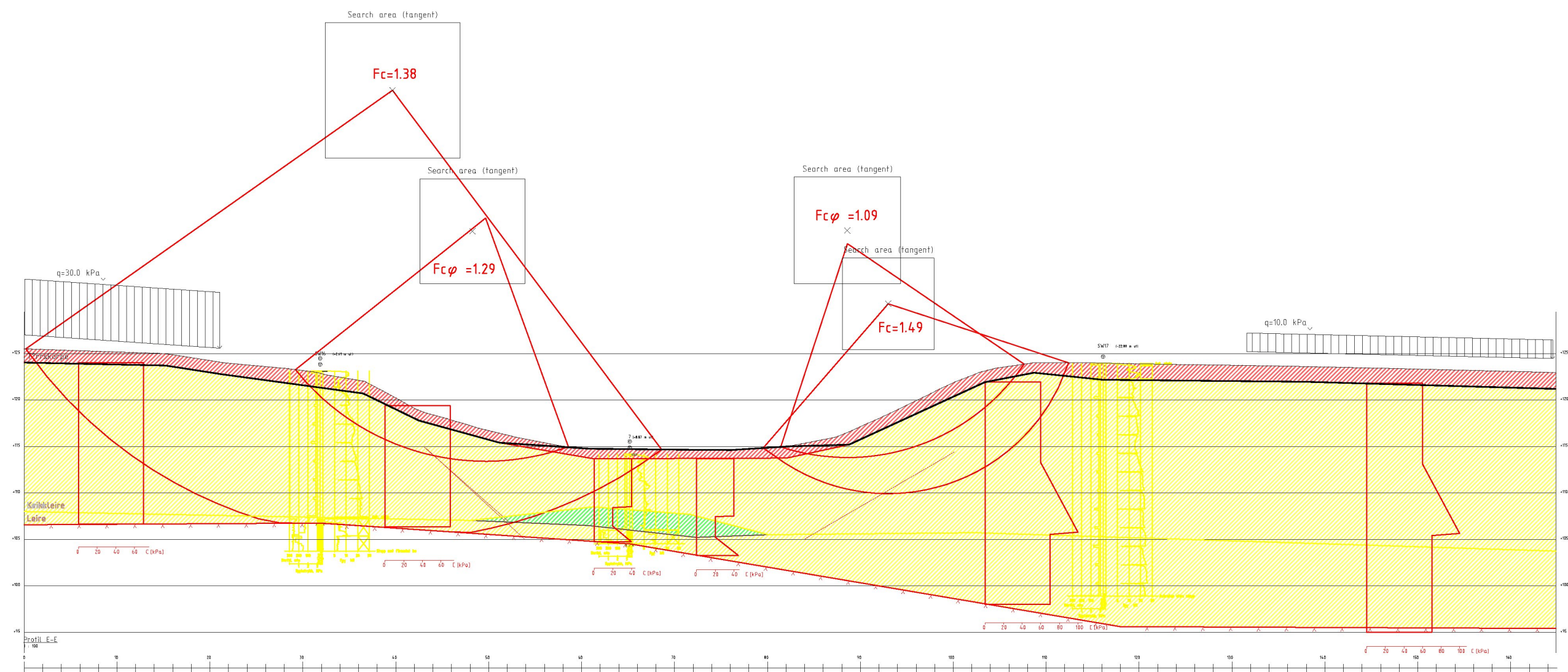
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Målestokk 1:500		Format A3	
Stabilitetsberegning - Snitt D-D			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning			Oppdragsnr.: 10235757			
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V115		Status/Rev: c 00



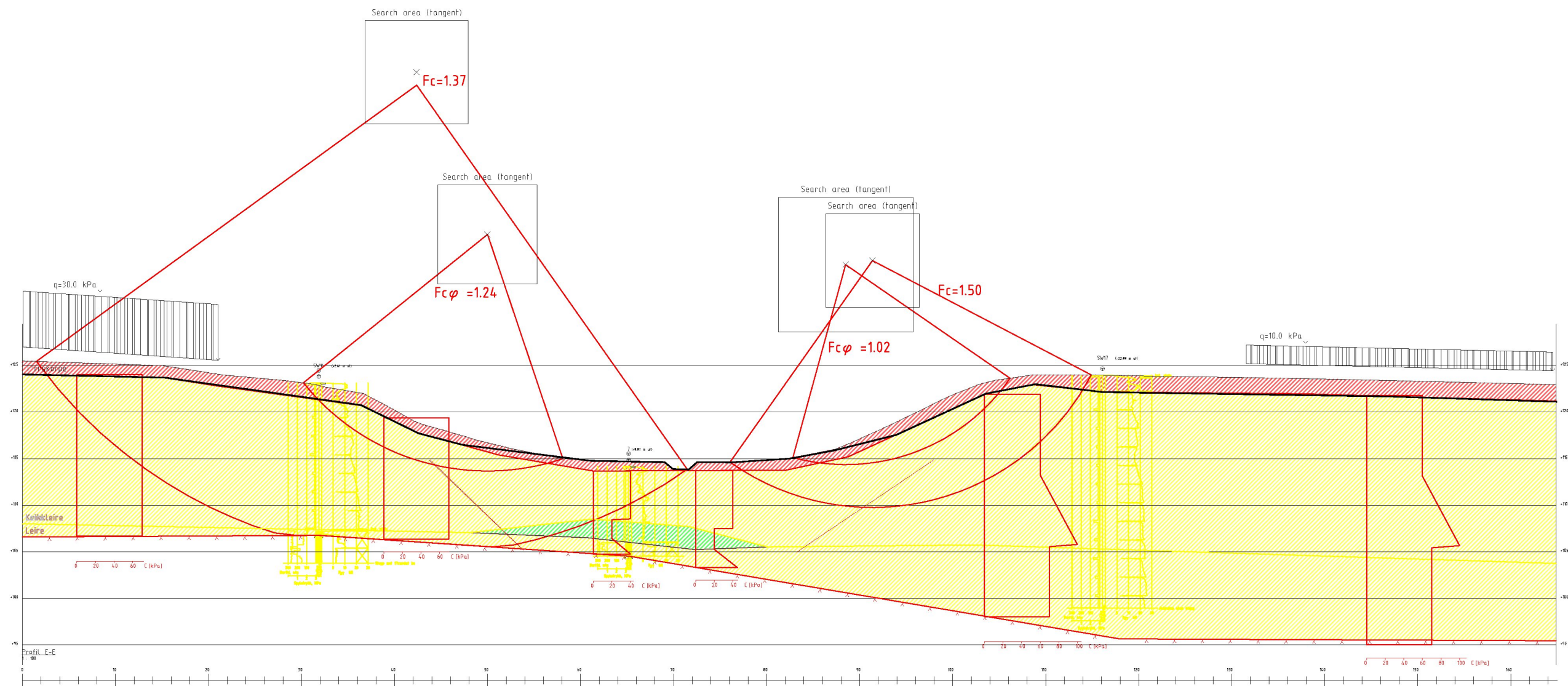
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Målestokk 1:500		Format A3	
Stabilitetsberegning - Snitt D-D			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning			Oppdragsnr. 10235757			
SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V116		Status/Rev: c 00

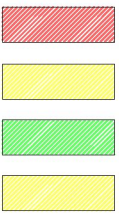


Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Målestokk 1:500		Format A3	
Stabilitetsberegning - Snitt E-E			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning			Oppdragsnr. 10235757			
 SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V117		Status: c Rev: 00



Material



Tørrskorpeleire
Siltig leire
Kvikkleire
Siltig leire

Un.Weight Sub.Weight

19.00
19.00
19.00
19.00

9.00
9.00
9.00
9.00

Fi

30.0
27.0
25.0
30.0

C'

0
2
0
0

C

C-profil
C-profil
C-profil
C-profil

Aa

1.00
1.00
1.00
1.00

Ad

1.00
0.65
0.63
0.65

Ap

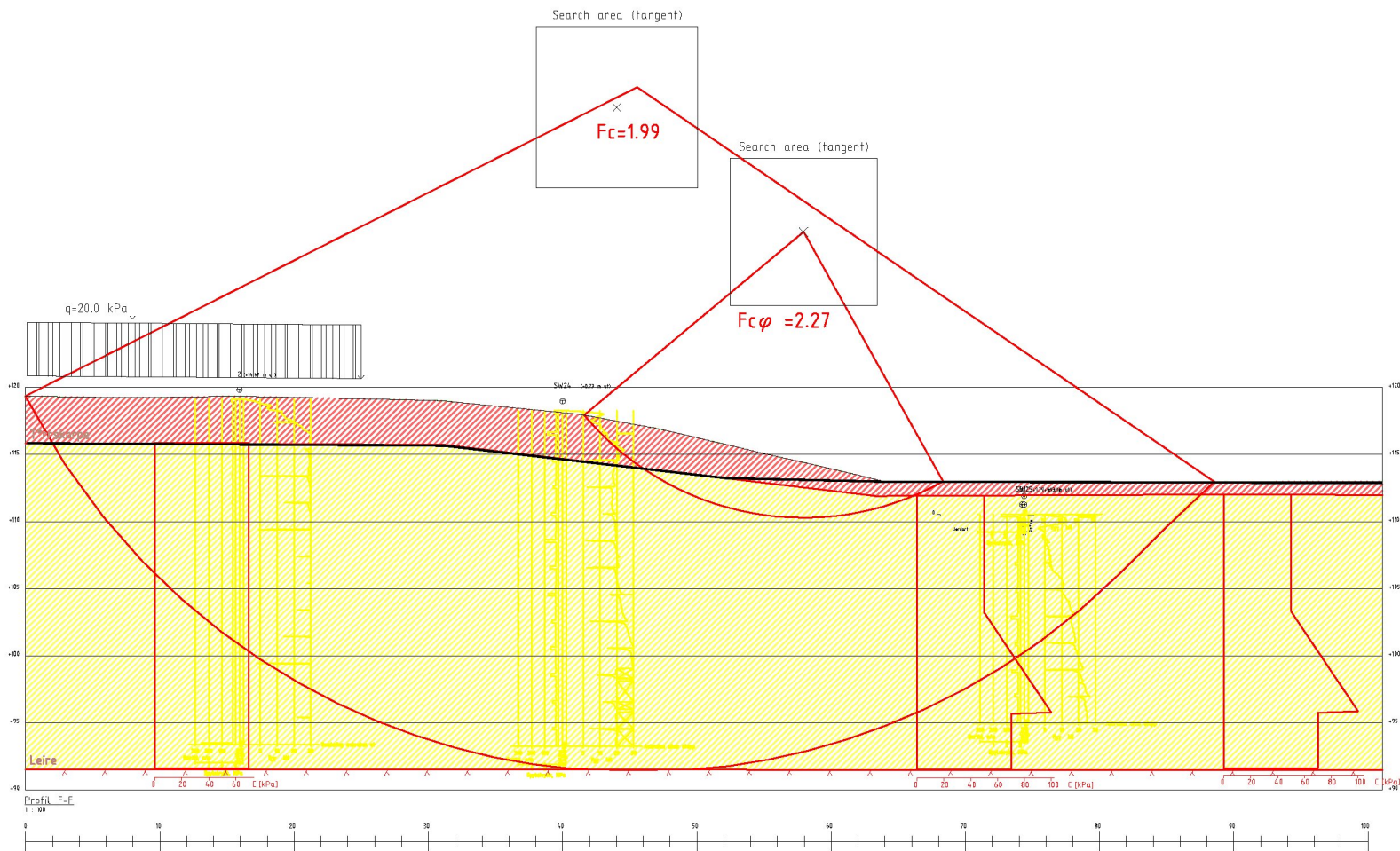
1.00
0.37
0.35
0.37

Fcφ=Drenert

Fc=Udrenert

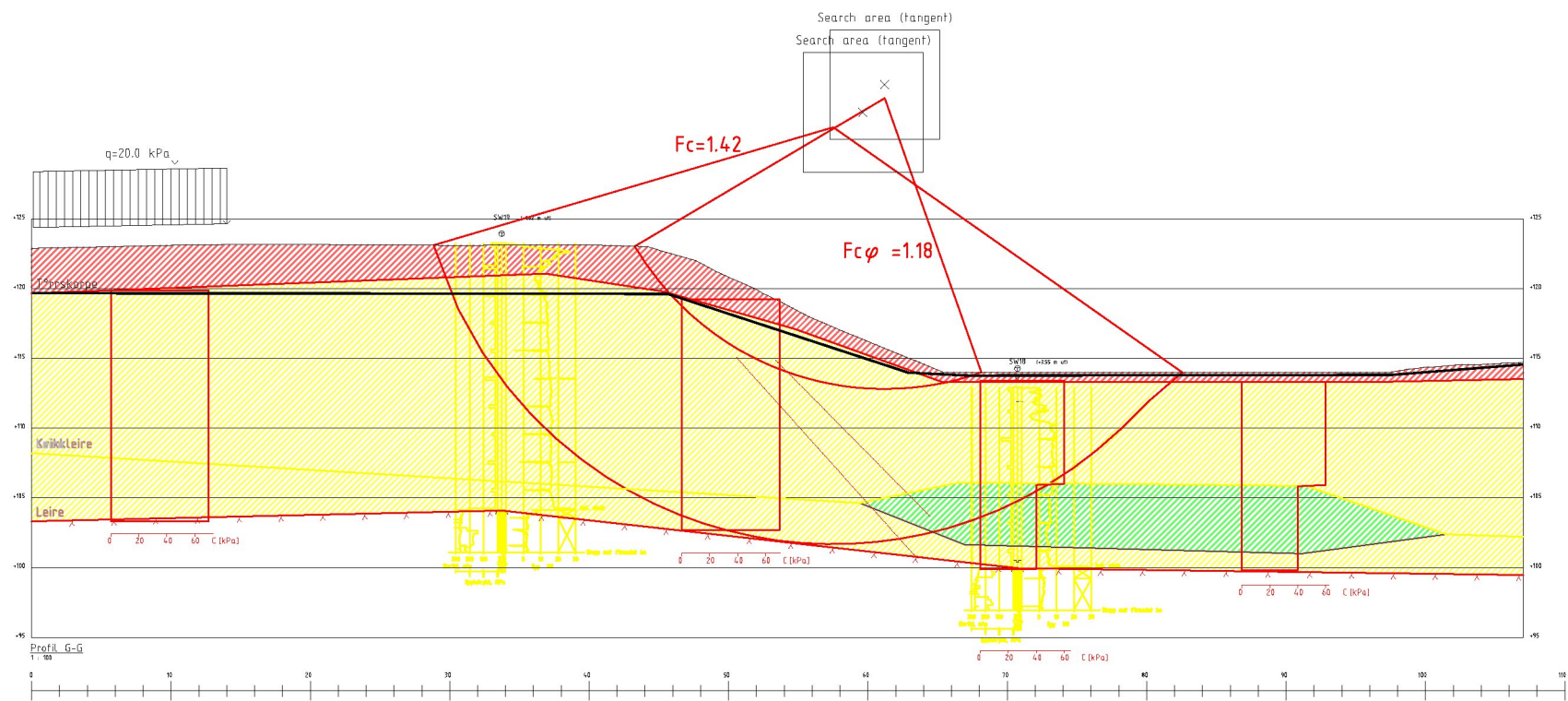
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-	-	-	-	-	
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
			Målestokk 1:500		Format A3		
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Oppdragsleder: Bahzad Salim				
			Oppdragsnr.: 10235757				
Stabilitetsberegning - Snitt E-E							
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning							
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 260, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin:	Løpenummer:		Status:	Rev:
			V	V118		c	00

SWECO Norge AS
Drammensveien 280, 0277 OSLO
TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
			Målestokk 1:500			Format A3
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise						
Stabilitetsberegning - Snitt F-F			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
			Oppdragsnr.: 10235757			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning						
SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V119		Status: Rev: c 00



Material



Tørrskorpeleire

Un.Weight Sub.Weight

19.00

9.00

Fi

30.0

C'

0

C

1.00

Aa

1.00

Ad

1.00

Ap

0.37

$F_c \phi = \text{Drenert}$

$F_c = \text{Udrenert}$



Siltig leire

19.00

9.00

27.0

2

C-profil

1.00

0.65

0.37



Kvikkleire

19.00

9.00

25.0

0

1.00

0.63

0.35



Siltig leire

19.00

9.00

30.0

0

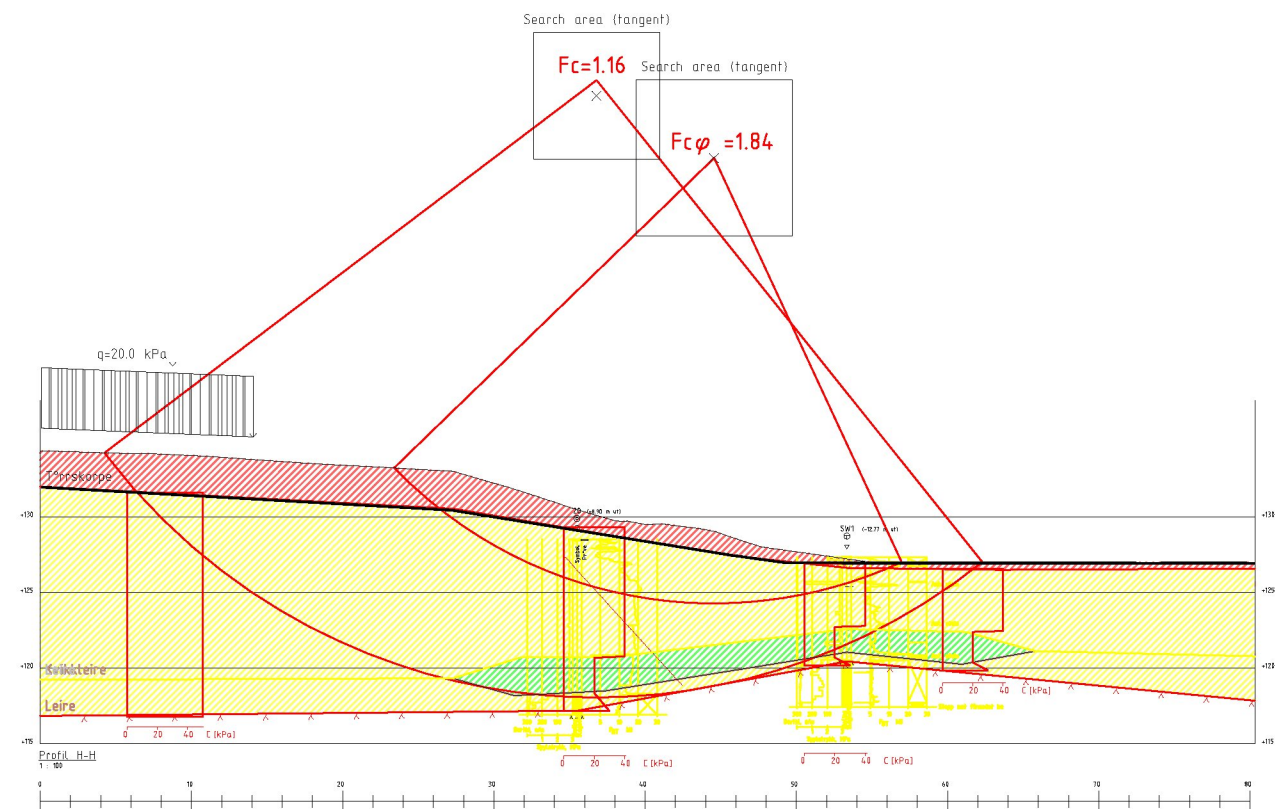
C-profil

1.00

0.65

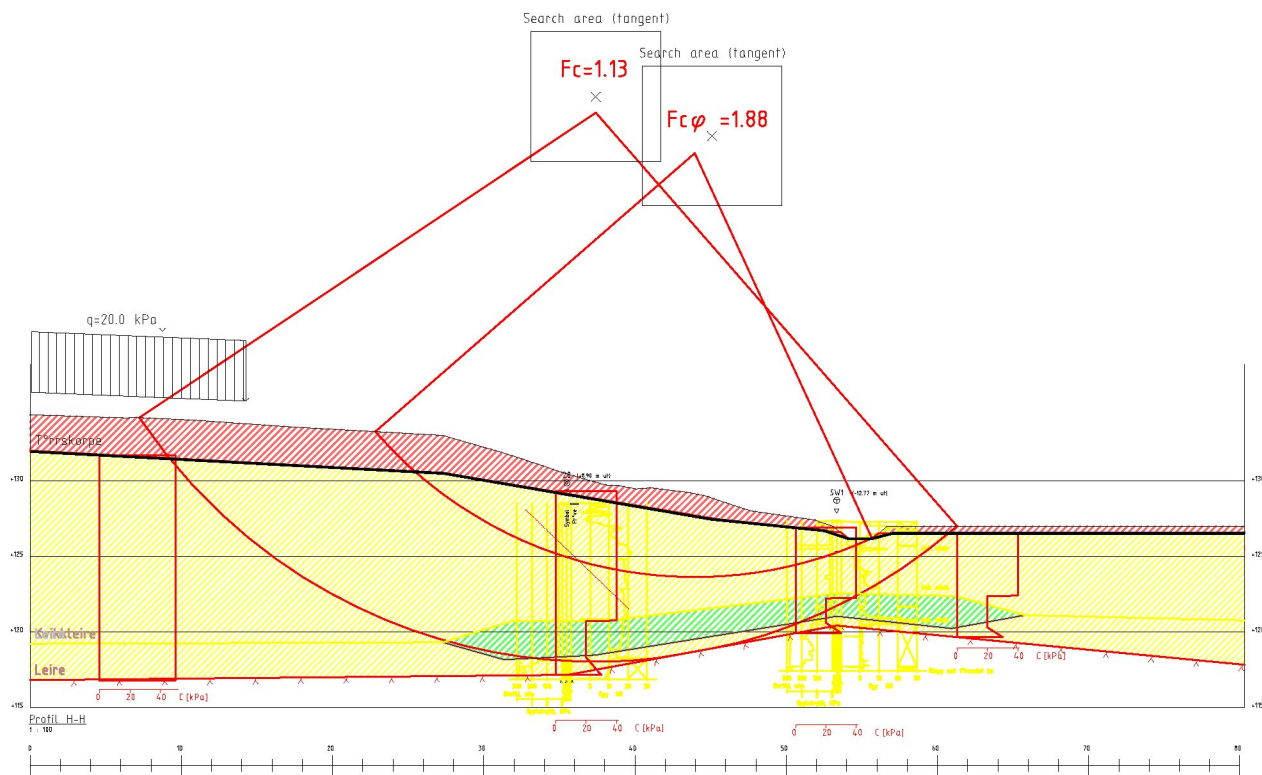
0.37

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
			Målestokk 1:500		Format A3	
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise						
Stabilitetsberegning - Snitt G-G			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
			Oppdragsnr.: 10235757			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning						
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V120		Status: Rev: c 00



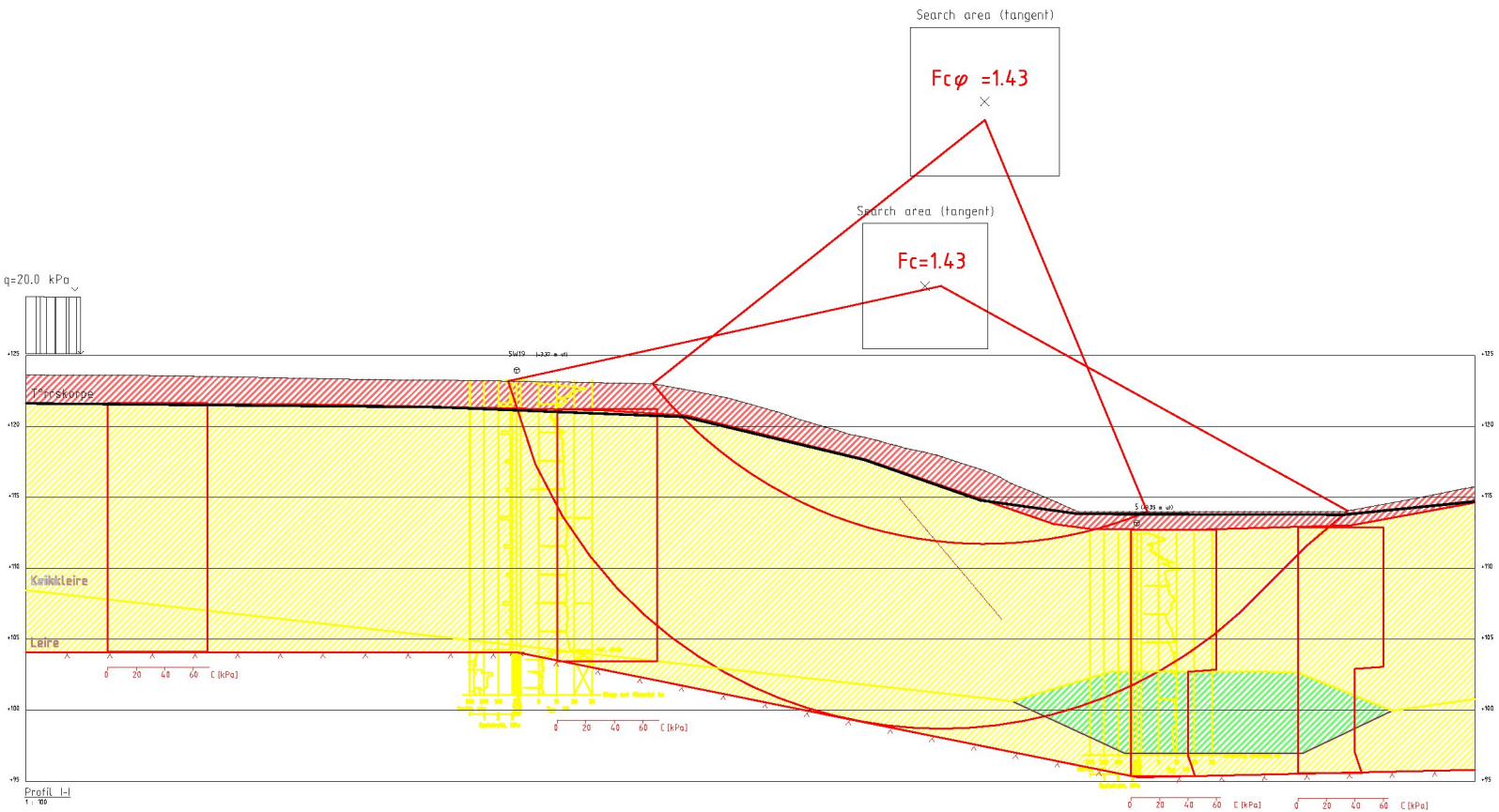
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	φ	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørreskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
			Målestokk 1:500			Format A3
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise						
Stabilitetsberegning - Snitt H-H			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning			Oppdragsnr. 10235757			
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V121		Status: Rev: c 00



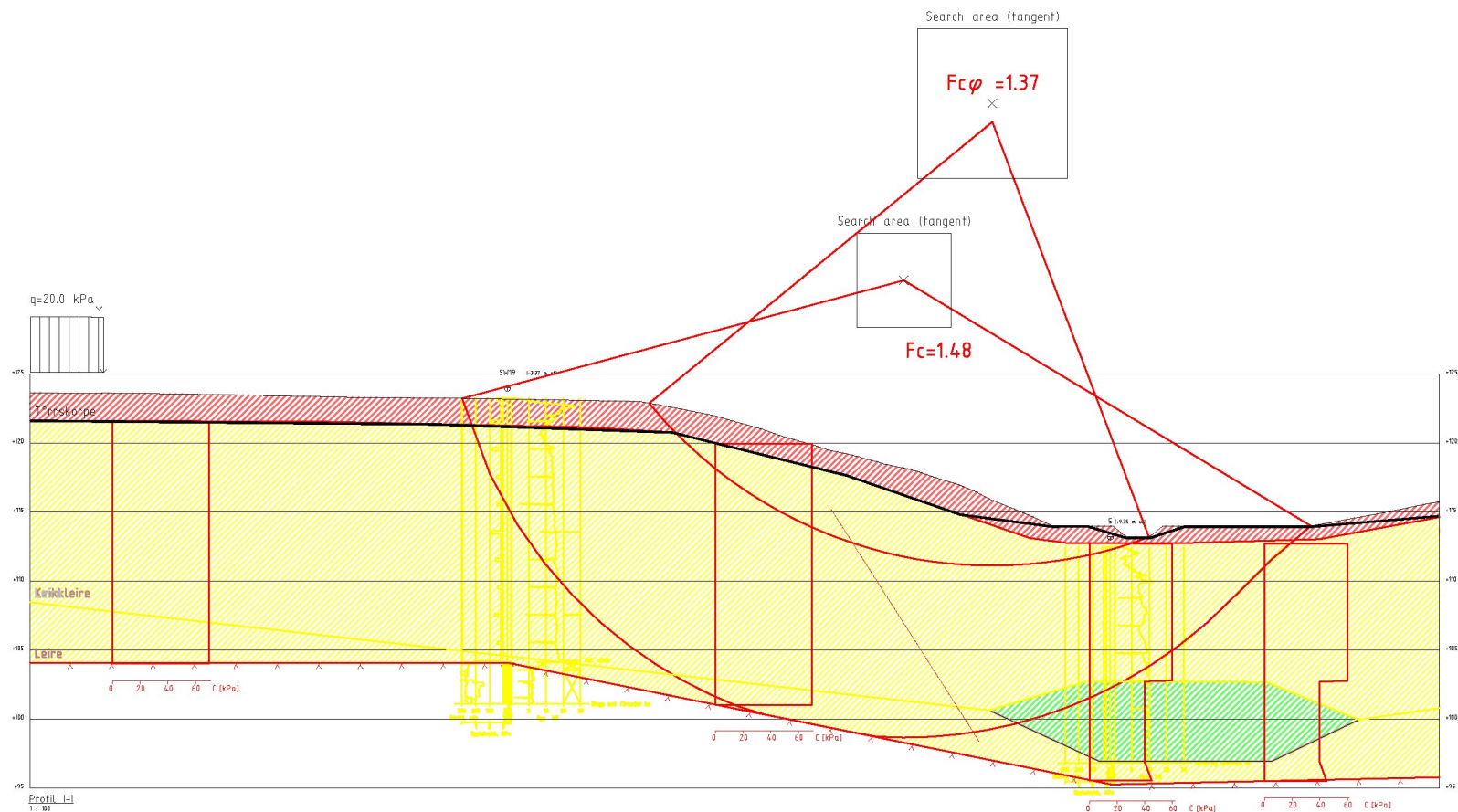
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-	-	-	-	-	
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
			Målestokk 1:500		Format A3		
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise							
Stabilitetsberegning - Snitt H-H			Oppdragsleder: Bahzad Salim				
			Oppdragsnr.: 10235757				
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning							
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin:	Løpnummer:		Status:	Rev:
			V	V122		c	00



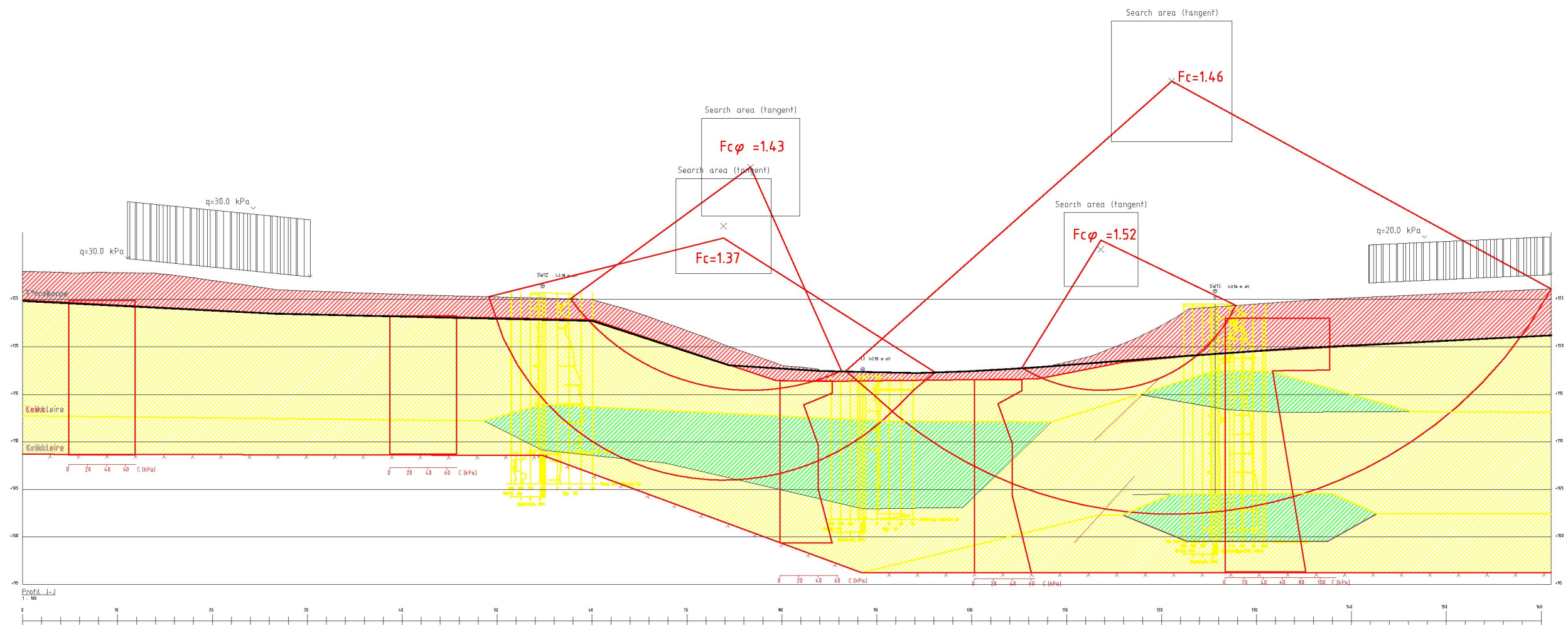
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørreskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-	-	-	-	-	
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
			Målestokk 1:500			Format A3	
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise							
Stabilitetsberegning - Snitt I-I			Oppdragsleder: Bahzad Salim				
			Oppdragsnr.: 10235757				
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning							
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 260, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin:	Løpenummer:		Status	Rev:
			V	V123		c	00



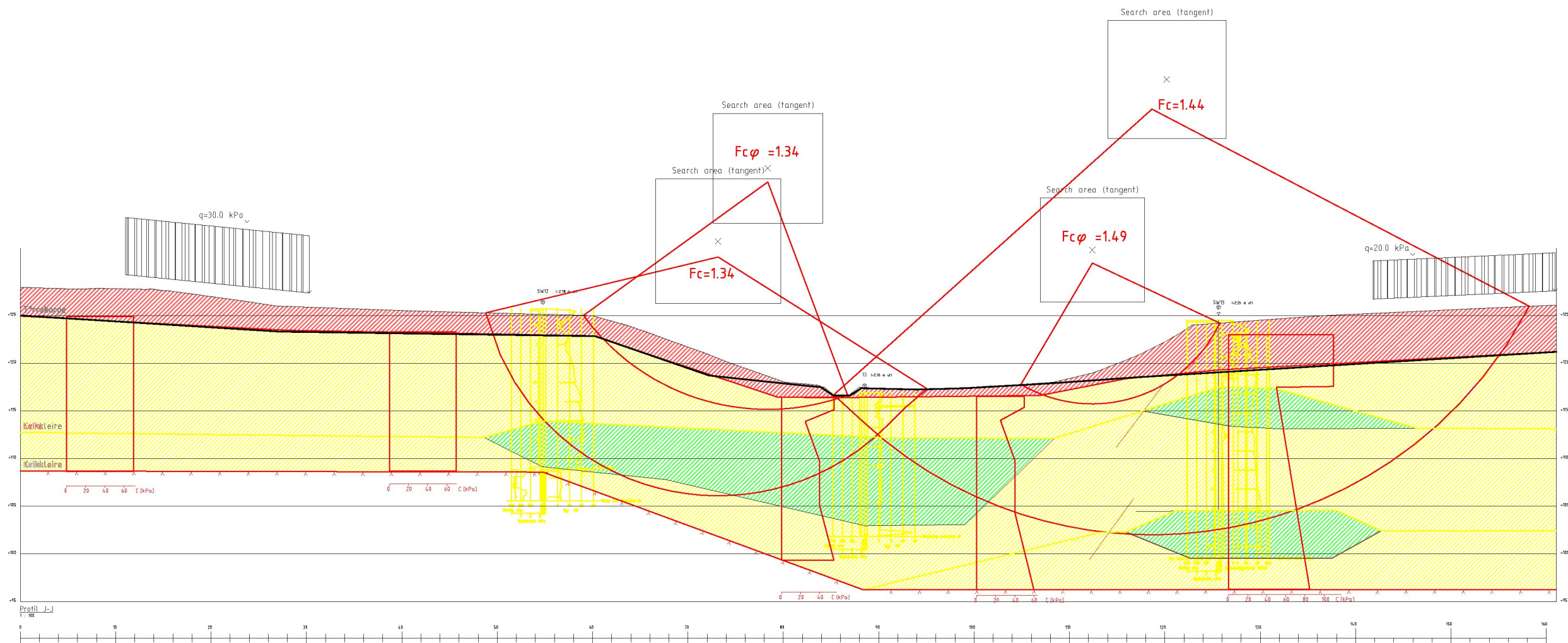
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørreskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-	-	-	-	-	
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
			Målestokk 1:500		Format A3		
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise							
Stabilitetsberegning - Snitt I-I			Oppdragsleder: Bahzad Salim				
			Oppdragsnr.: 10235757				
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning							
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin:	Løpenummer:		Status:	Rev:
			V	V124		c	00



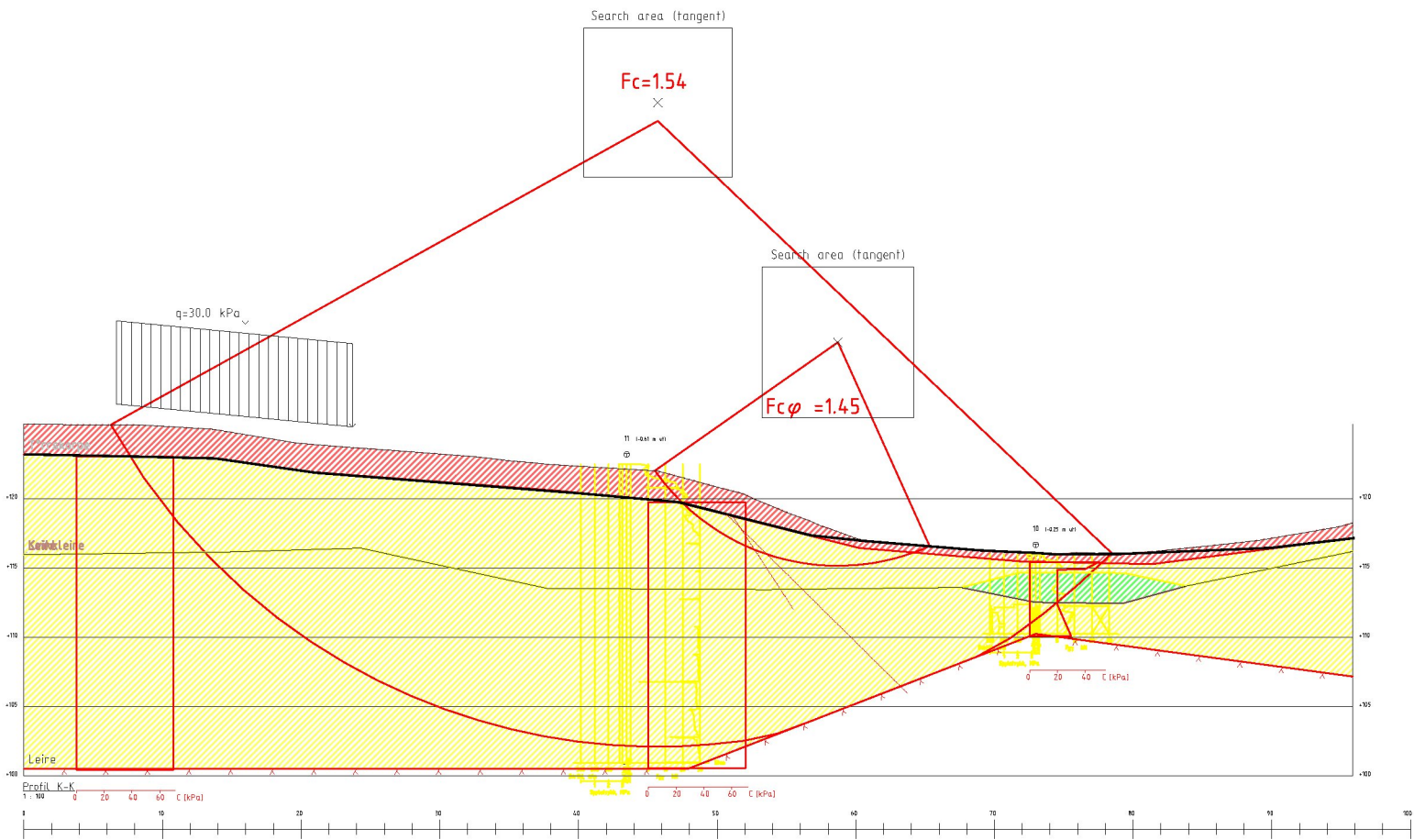
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
			Målestokk 1:500		Format A3	
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise						
Stabilitetsberegning - Snitt J-J			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
			Oppdragsnr. 10235757			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning						
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V125		Status: Rev: c 00



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
			Målestokk 1:500		Format A3	
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
			Oppdragsnr.: 10235757			
Stabilitetsberegning - Snitt J-J						
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning						
SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V126	Status: Rev: c 00	



Material



Tørrskorpeleire

Un.Weight

Sub.Weight

Fi

C'

C

Aa

Ad

Ap

Fcφ=Drenert

Fc=Udrenert



Siltig leire

19.00

9.00

27.0

2

C-profil

1.00

0.65

0.37



Kvikkleire

19.00

9.00

25.0

0

1.00

0.63

0.35



Siltig leire

19.00

9.00

30.0

0

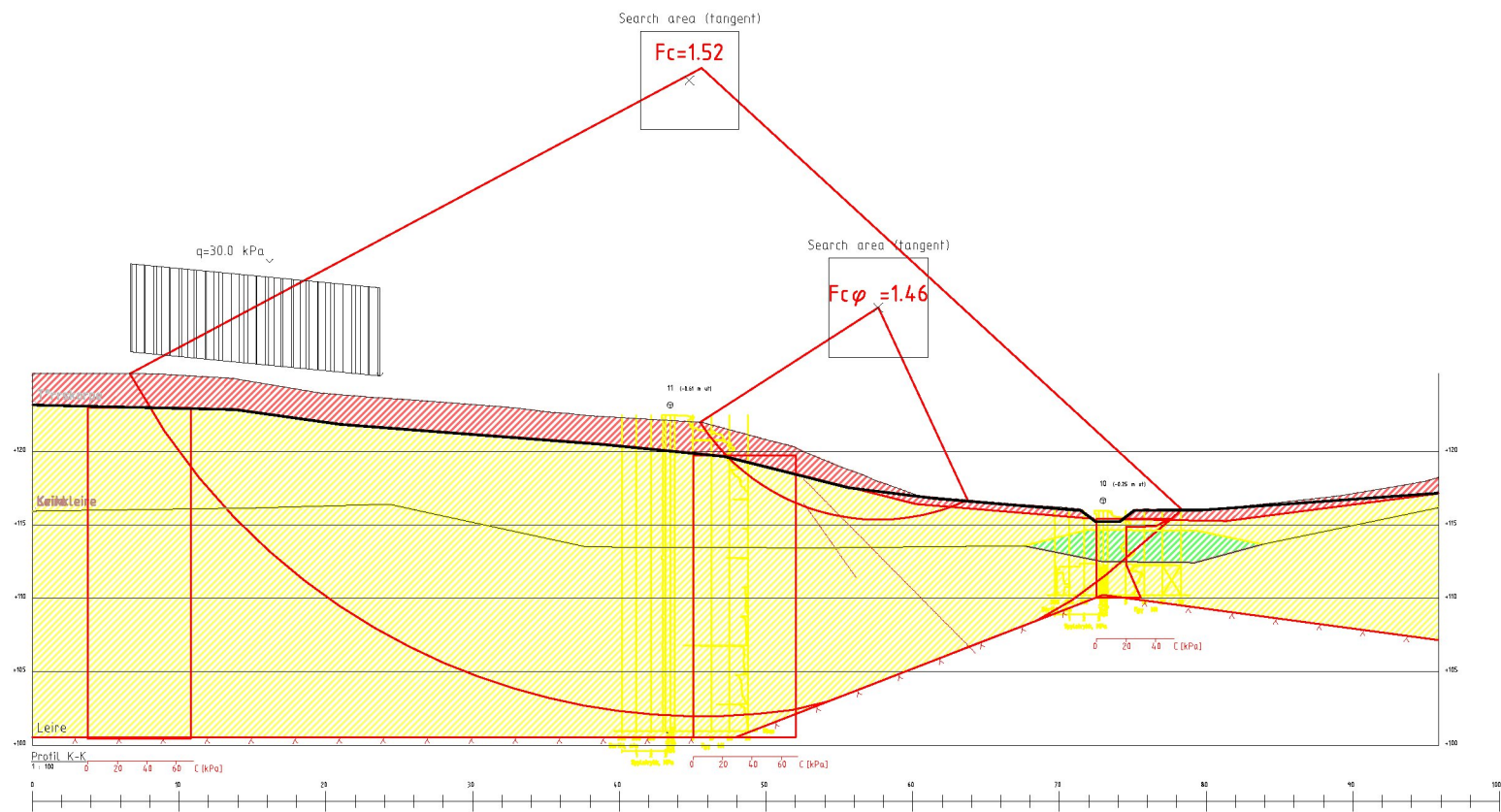
C-profil

1.00

0.65

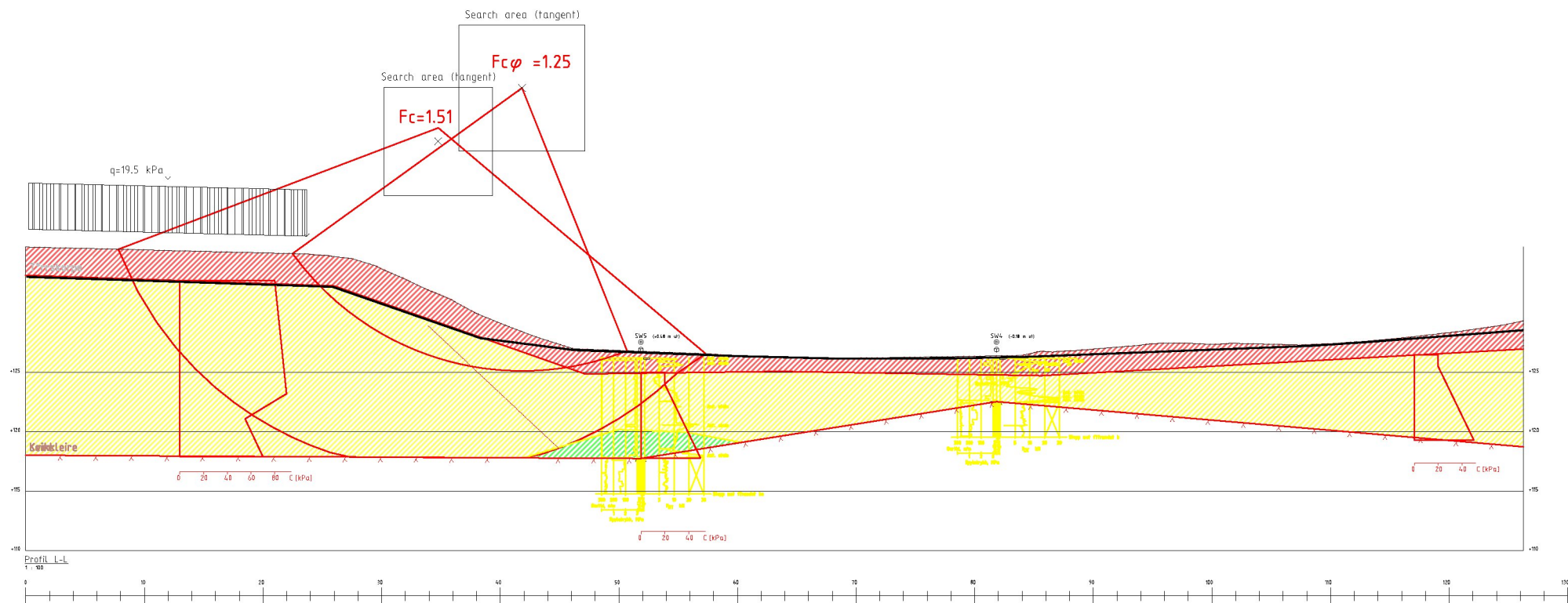
0.37

Status	Rev.	Endring		Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-		-	-	-	-	
C	00	Første versjon		NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune				nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
				Målestokk 1:500		Format A3		
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise				Oppdragsleder: Bahzad Salim				
Stabilitetsberegning - Snitt K-K								
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning								
				Oppdragsnr.		10235757		
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 260, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40				Disiplin:	Løpenummer:		Status	Rev:
				V	V127		c	00



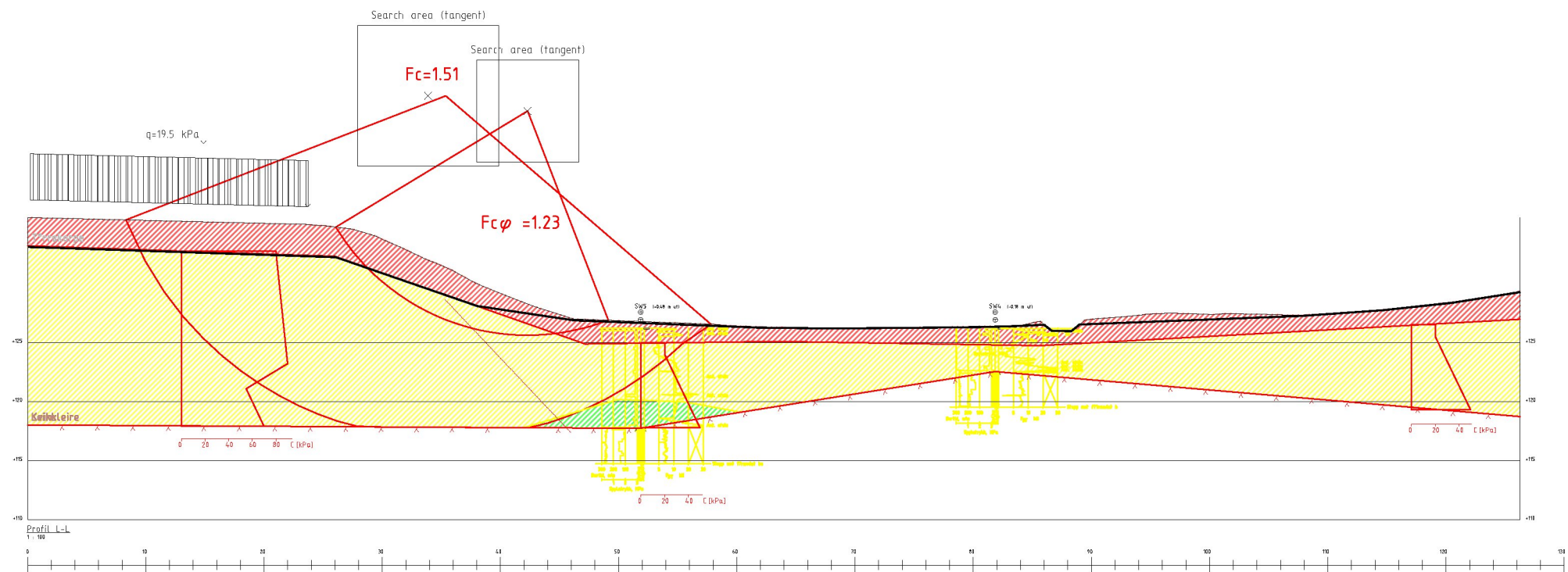
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-	-	-	-	-	
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
			Målestokk 1:500		Format A3		
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise							
Stabilitetsberegning - Snitt K-K			Oppdragsleder: Bahzad Salim				
			Oppdragsnr.: 10235757				
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning							
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin:	Løpenummer:		Status:	Rev:
			V	V128		c	00



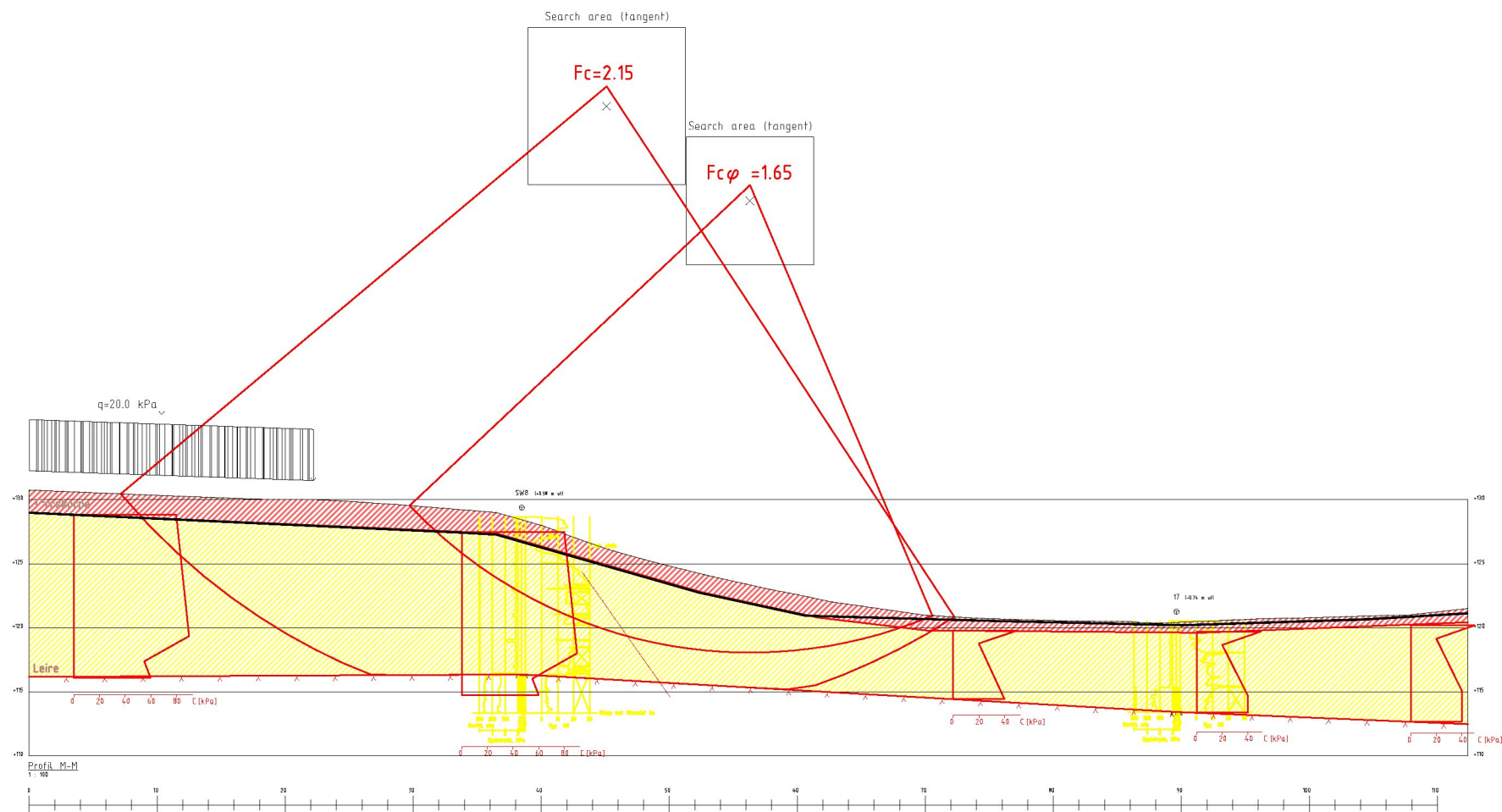
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00	
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37	
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35	
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37	

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
			Målestokk 1:500		Format A3	
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise						
Stabilitetsberegning - Snitt L-L			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
			Oppdragsnr.: 10235757			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning						
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V129		Status: Rev: c 00



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-	-	-	-	-	
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
			Målestokk 1:500		Format A3		
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise							
Stabilitetsberegning - Snitt L-L			Oppdragsleder: Bahzad Salim				
			Oppdragsnr.: 10235757				
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning							
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin:	Løpenummer:		Status:	Rev:
			V	V130		c	00



Material



Tørrskorpeleire

Un.Weight Sub.Weight

19.00

9.00

Fi

30.0

C'

0

C

1.00

Aa

1.00

Ad

1.00

Ap

0.37

Fcφ=Drenert

Fc=Udrenert



Siltig leire

19.00

9.00

27.0

2

C-profil

1.00

0.65

0.37



Kvikkleire

19.00

9.00

25.0

0

1.00

0.63

0.35



Siltig leire

19.00

9.00

30.0

0

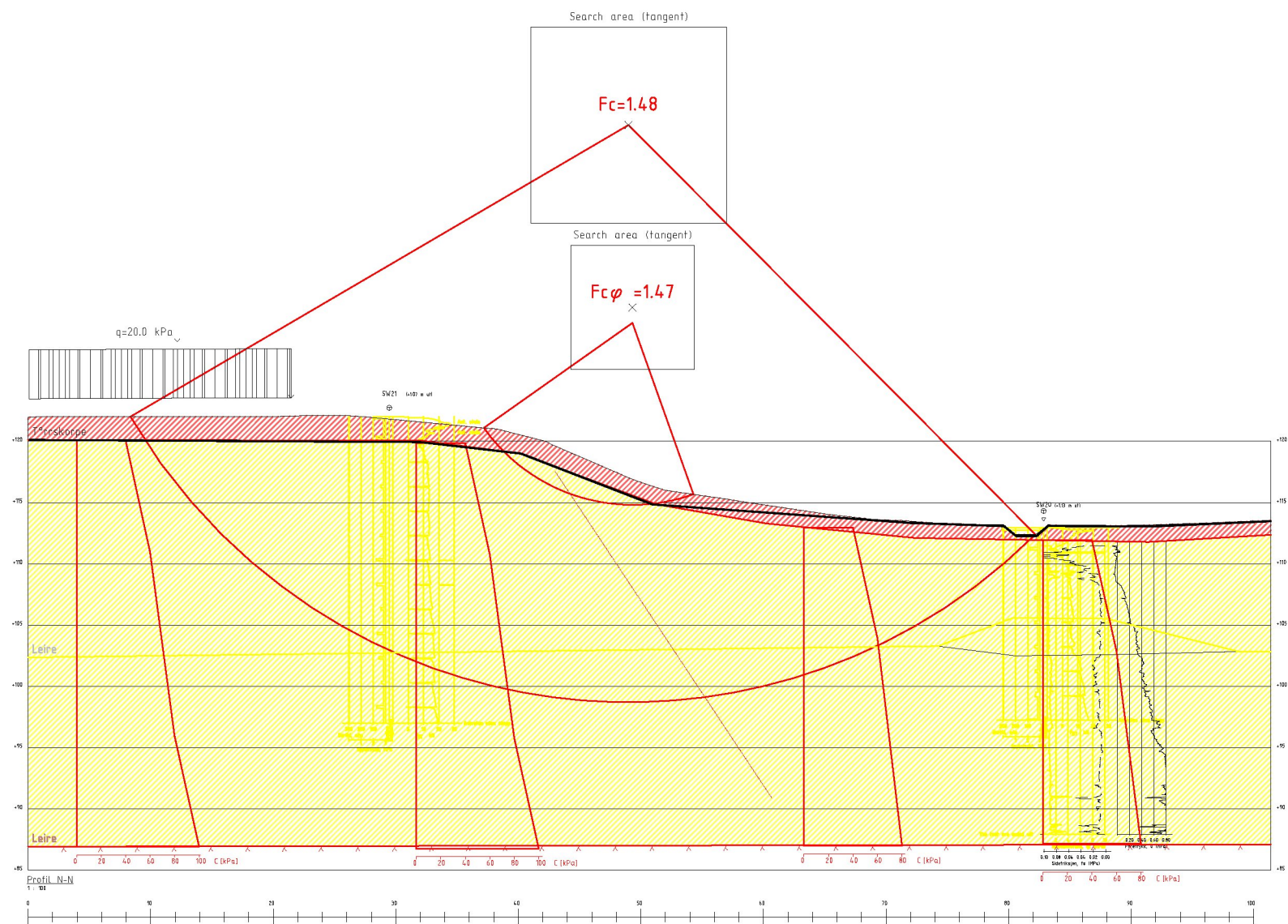
C-profil

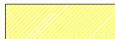
1.00

0.65

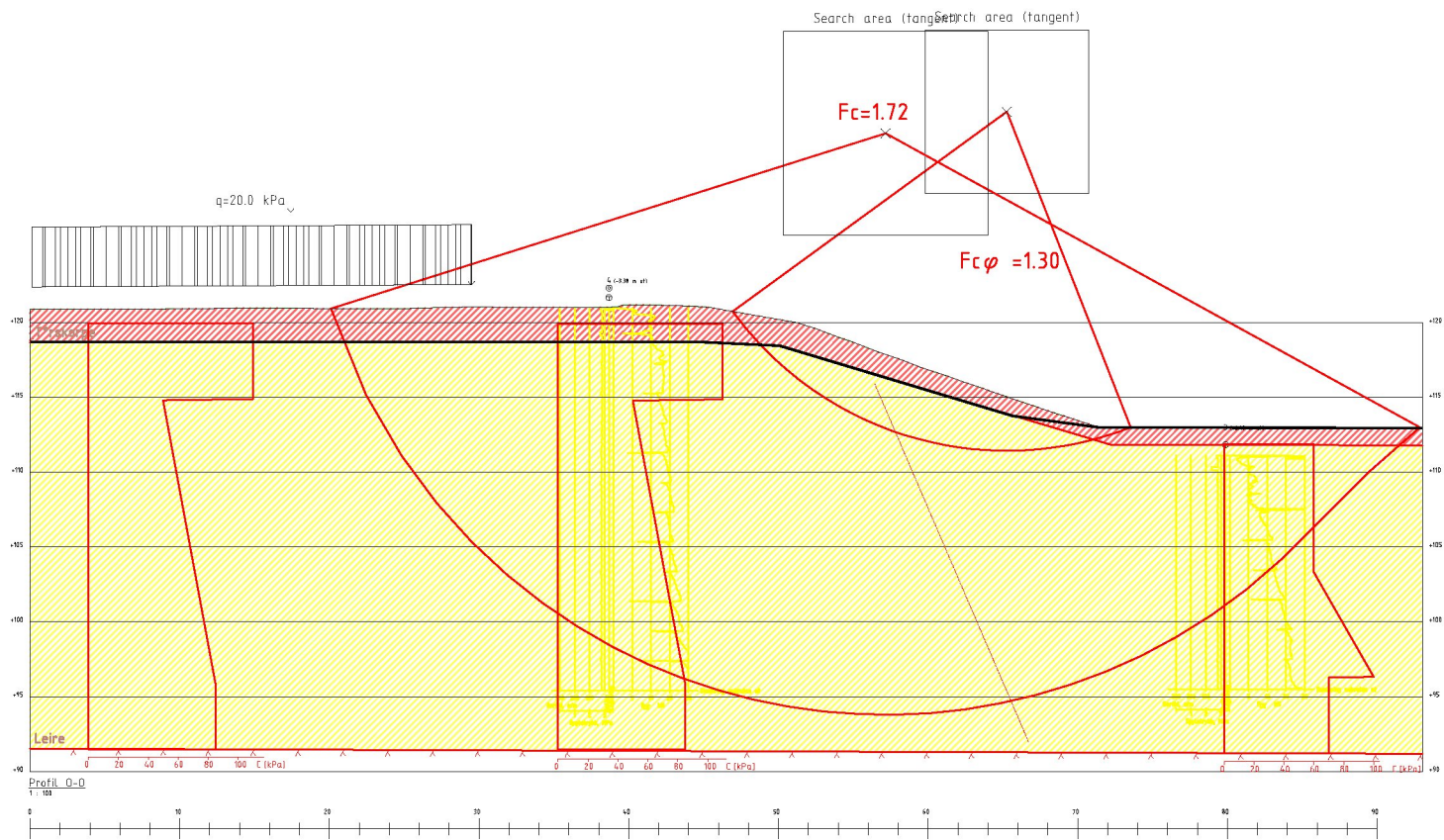
0.37

Status	Rev.	Endring		Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-		-	-	-	-
C	00	Første versjon		NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune				nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise				Målestokk 1:500		Format A3	
Stabilitetsberegning - Snitt M-M				Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning				Oppdragsnr.: 10235757			
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40				Disiplin: V	Løpenummer: V131		Status: Rev: c 00



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Fcφ=Drenert	Fc=Udrenert
 Tørrskorpeleire	19.00	9.00	30.0	0		1.00	1.00	1.00		
 Siltig leire	19.00	9.00	27.0	2	C-profil	1.00	0.65	0.37		
 Kvikkleire	19.00	9.00	25.0	0		1.00	0.63	0.35		
 Siltig leire	19.00	9.00	30.0	0	C-profil	1.00	0.65	0.37		

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
			Målestokk 1:500			Format A3
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise						
Stabilitetsberegning - Snitt N-N			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
			Oppdragsnr. 10235757			
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning						
 SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin: V	Løpenummer: V133		Status: Rev: c 00



Material



Tørreskorpeleire

Un.Weight

Sub.Weight

Fi

C'

C

Aa

Ad

Ap

Fcφ=Drenert

Fc=Udrenert



Siltig leire

19.00

9.00

27.0

2

C-profil

1.00

0.65

0.37



Kvikkleire

19.00

9.00

25.0

0

1.00

0.63

0.35



Siltig leire

19.00

9.00

30.0

0

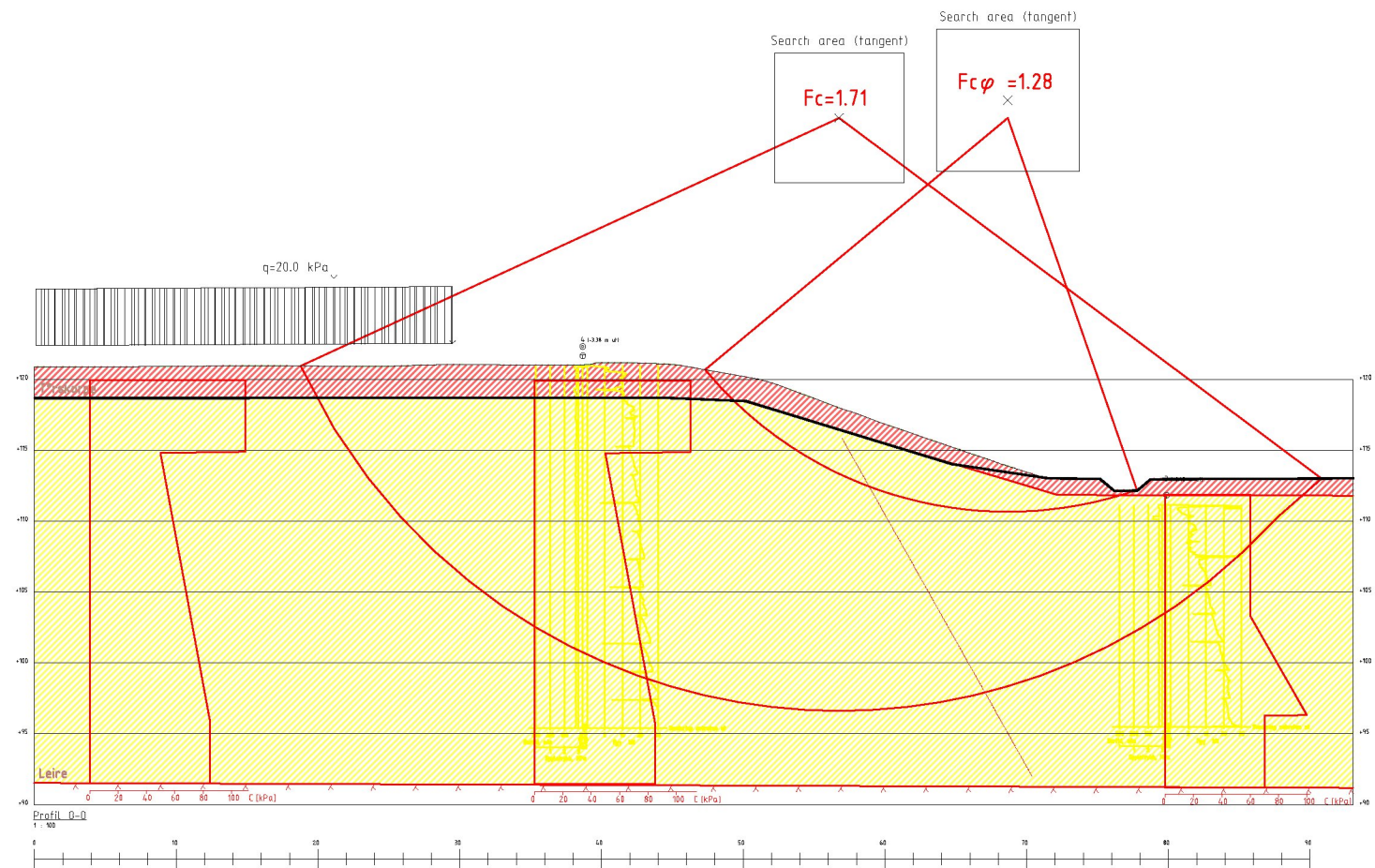
C-profil

1.00

0.65

0.37

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato	
	-	-	-	-	-	-	
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023	
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023	
			Målestokk 1:500			Format A3	
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise							
Stabilitetsberegning - Snitt O-O			Oppdragsleder: Bahzad Salim				
			Oppdragsnr.: 10235757				
Dagens situasjon - Drenert og udrenert beregning							
SWECO  SWECO Norge AS Drammensveien 280, 0277 OSLO TLF.: 67 12 80 00 FAX.: 67 12 58 40			Disiplin:	Løpenummer:		Status:	Rev:
			V	V134		c	00



Material



Tørrskorpeleire

Un.Weight

Sub.Weight

Fi

C'

C

Aa

Ad

Ap

$F_c\phi$ =Drenert

F_c =Udrenert



Siltig leire

19.00

9.00

27.0

2

C-profil

1.00

0.65

0.37



Kvikkleire

19.00

9.00

25.0

0

1.00

0.63

0.35



Siltig leire

19.00

9.00

30.0

0

C-profil

1.00

0.65

0.37

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
	-	-	-	-	-	-
C	00	Første versjon	NOSMIM	NOOMAB	NOSABA	02.11.2023
Lillestrøm kommune			nosmim	noomab	nosaba	02.11.2023
Bekkeåpning Skjetten totalentreprise			Målestokk	1:500	Format	A3
Stabilitetsberegning - Snitt O-O			Oppdragsleder: Bahzad Salim			
Etter tiltak - Drenert og udrenert beregning			Oppdragsnr.: 10235757			
SWECO 			Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev:
			V	V135	c	00

Vedlegg 3 – Soneutredning

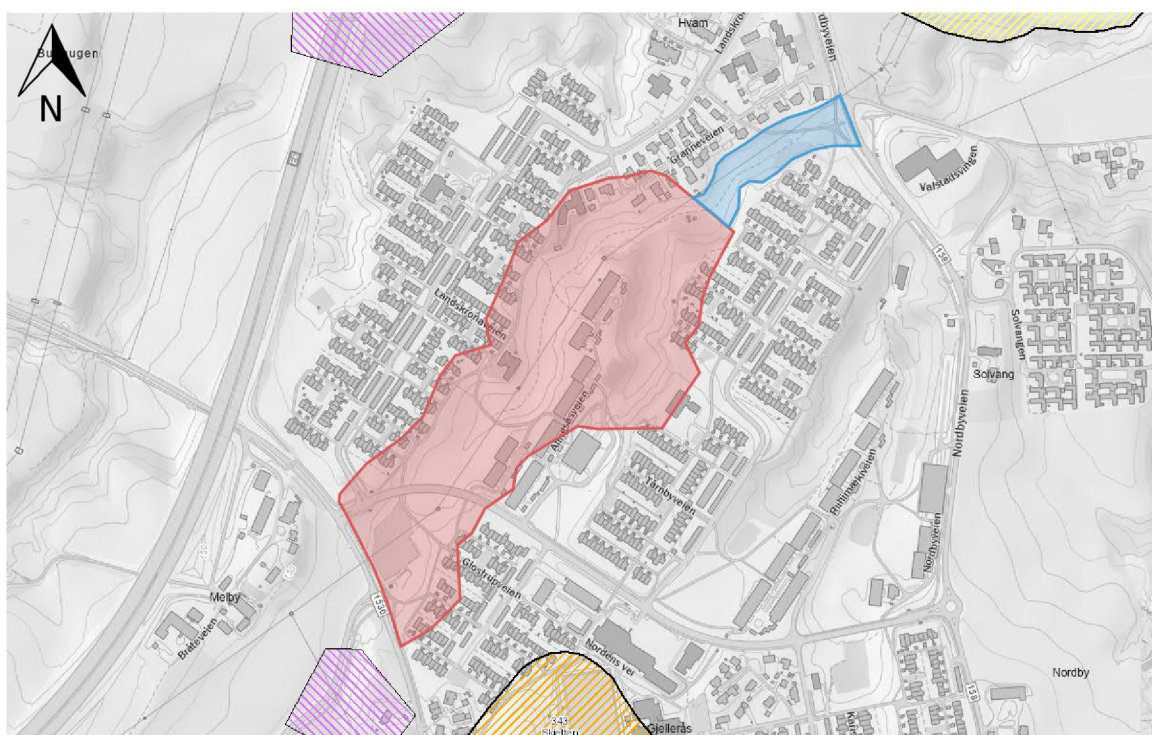
VEDLEGG 3

Risiko- og faregradsvurdering

1 Innledning

Faregradsevalueringene, skadekonsekvensevalueringene og vurdering av risikoklasse er utført i henhold til NVEs Ekstern rapport nr. 9/ 2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred – Metodebeskrivelse», revisjon 4 datert 27.11.2020 [1].

Et utklipp av den vurderte sonen er presentert i Figur 1.



Figur 1 "Alingsås/Tårnby" kvikkleiresone, tegnet opp etter kriterier i NVEs kvikkleireveileder nr. 1/2019 [2].

2 Faregradsklasse

Vurderingene er utført i henhold til Tabell 1 i [1]. Resultatet er presentert i Tabell 2 under:

Tabell 1 Kriterier for faregradsevaluering etter tabell 1 [1].

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere 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	Kraftig	Noe	Litt	Ingen
Inngrep: Forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		51	34	17	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %
Faresonene fordeles i faregradsklasser etter samlet poengsum: Lav faregrad = 0 - 17 poeng Middels faregrad = 18 - 25 poeng Høy faregrad = 26 - 51 poeng					

Tabell 2 Faregradsvurdering av kvikkleiresonen " Alingsås/Tårnby".

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Vurdering
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Befaring er utført uten å finne tegn til tidligere skred. Det er heller ikke registrert noen tidligere hendelser i NVE Atlas.
Skråningshøyde, meter	2	1	2	Dagens høyeste skråninger har en høyde på ca. 15 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	Gr konservativ score grunnet noe tynt grunnlag.
Poretrykk (10 – putte på 2)	3/-3	2	6	Poreovertrykk på 10 kPa i bunnen av ravinen i en av målemer
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Kvikkleiren ligger i bunn av skråning.
Sensitivitet	1	3	3	Målt sensitivitet i borpunkt SW9 er 223 på det høyeste.
Erosjon	3	0	0	Erosjon ikke påvist.
Inngrep:	3/-3	2	6	Inngrepet plasseres i noe forverring etter resultat fra beregninger.
Sum			25	Faregrad Middels

Den undersøkte sonen «Alingsås/Tårnby» ender med en poengsum på 30 og blir da klassifisert som Faregrad Middels.

3 Skadekonsekvensklasse

Vurderingene er utført i henhold til Tabell 2 i [1]. Resultatet er presentert i Tabell 4 under:

Tabell 3 Kriterier for skadekonsekvens etter Tabell 2 i [1].

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, bruk	2	Persontrafikk	Godstrafikk	Normalt ingen trafikk	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 %
Faresonene fordeles i faregradsklasser etter samlet poengsum: Mindre alvorlig = 0 - 6 poeng alvorlig = 7 – 22 poeng Måget alvorlig = 23 – 45 poeng					

Tabell 4 Skadekonsekvensevaluering for kvikkleiresonen "Alingsås/Tårnby".

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Vurdering
Boligheter, antall	4	3	12	Tett med boliger rundt ravinen.
Næringsbygg, personer	3	2	6	En barnehage ligger i området.
Annen bebyggelse, verdi	1	1	1	Fotballbane/ hockeybane/ frisbeegolfbane i området
Vei, ÅDT	2	3	6	Bråteveien (Fv 1530) med ÅDT = 8420 og Nordbyveien (FV 158) med ÅDT = 14375 ligger i umiddelbar nærhet av løse- og utløpsområdet
Toglinje, bruk	2	0	0	
Kraftnett	1	2	2	Regionalnettet går igjennom ravinen i området.
Oppdemning/flom	2	0	0	
Sum			27	Skadekonsekvens Meget alvorlig

Sonen «Alingsås/Tårnby» klassifiseres med mindre alvorlig skadekonsekvens. Klassifiseringen gjelder for sonen med dagens situasjon.

4 Risikoklasse

Tallverdien for risiko beregnes for kvikkleiresonen «Alingsås/Tårnby» ved å multiplisere %-tallet for skadekonsekvens med %-tallet for faregrad. Risiko er inndelt i 5 klasser, presentert i Tabell 5.

Tabell 5 Risikoklasser med tilhørende tallverdier etter [1].

Risikoklasse	Tallverdi
Risikoklasse 1	0 – 170
Risikoklasse 2	171 – 630
Risikoklasse 3	631 – 1900
Risikoklasse 4	1901 – 3200
Risikoklasse 5	3201 – 10000

Ved utregning av %-tallene får man følgende verdier:

- Faregrad = 49 %
- Skadekonsekvens = 60 %

%-tallet blir da 2940 og sonen «Alingsås/Tårnby» havner i risikoklasse 4.

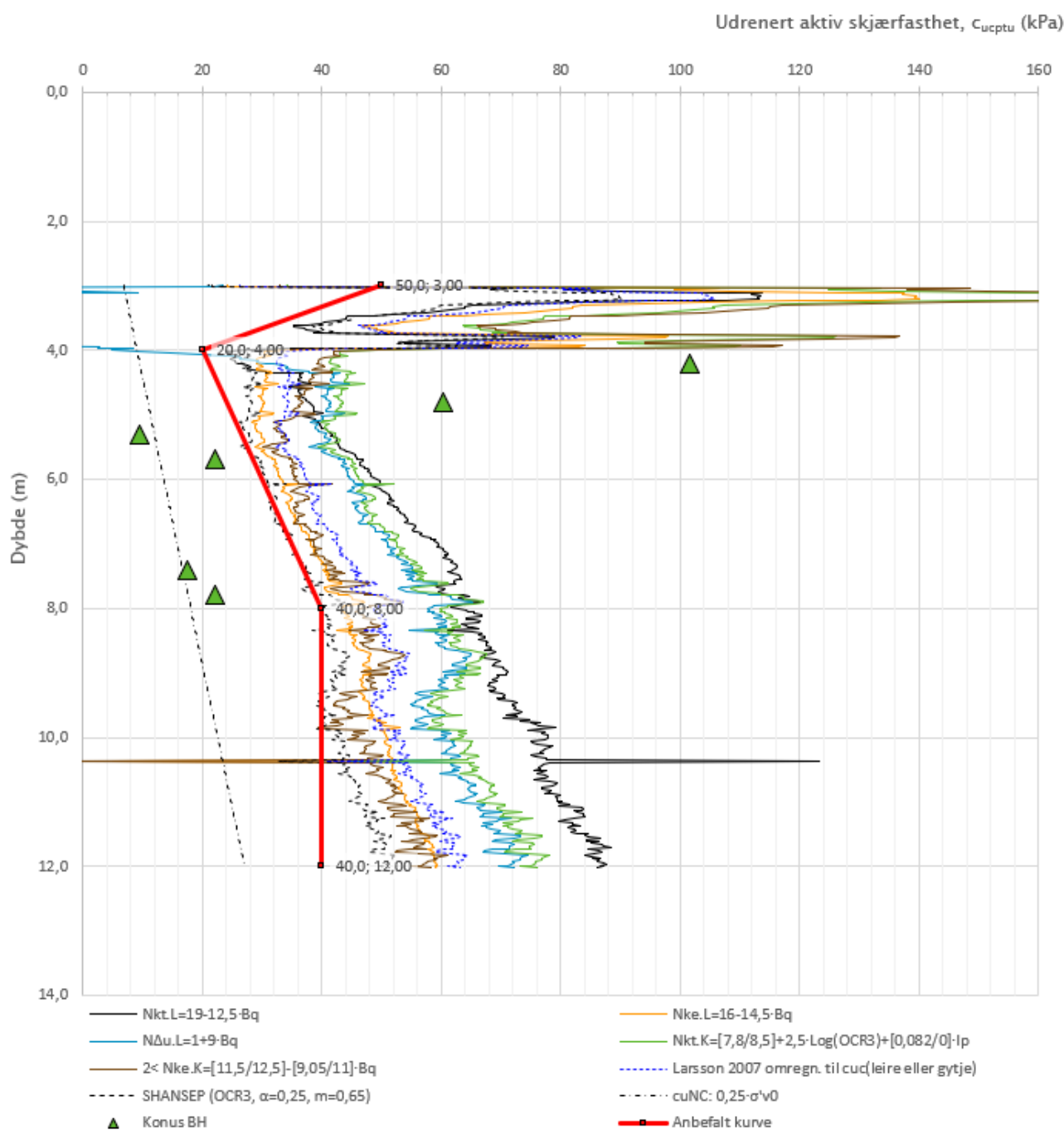
5 Referanser

- [1] Norges Vassdrags- og Energidirektorat, «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred - Metodebeskrivelse,» 2020.
- [2] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred Nr. 1/2019,» 2020.

Vedlegg 4 – CPTU-ark

Anisotropiforhold i figur:

Konus BH : $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$



Prosjekt

Bekkeåpning Skjetten

Borhull

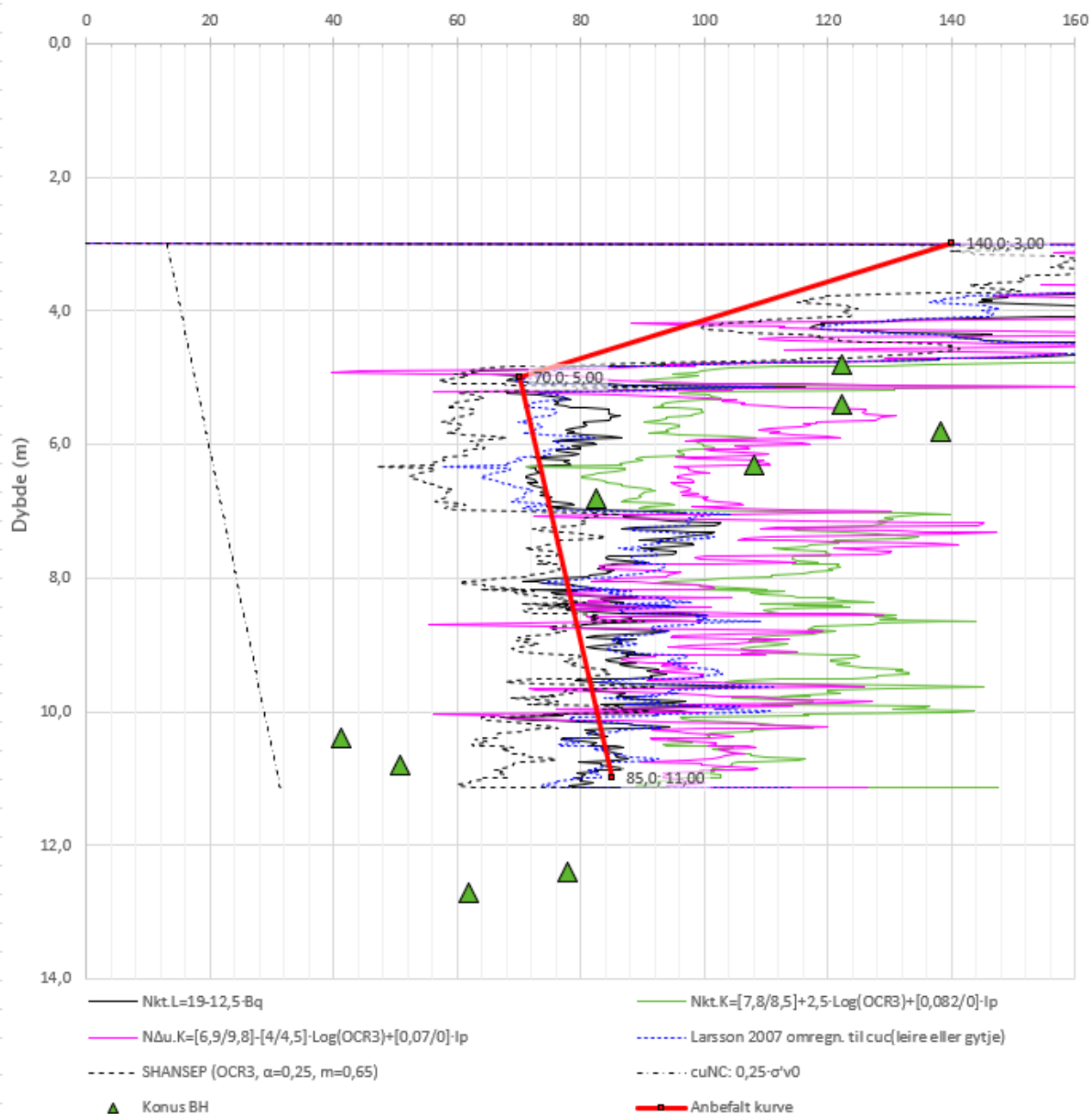
15

RAPPORT

Anisotropiforhold i figur:

Konus BH : $c_{ucf}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



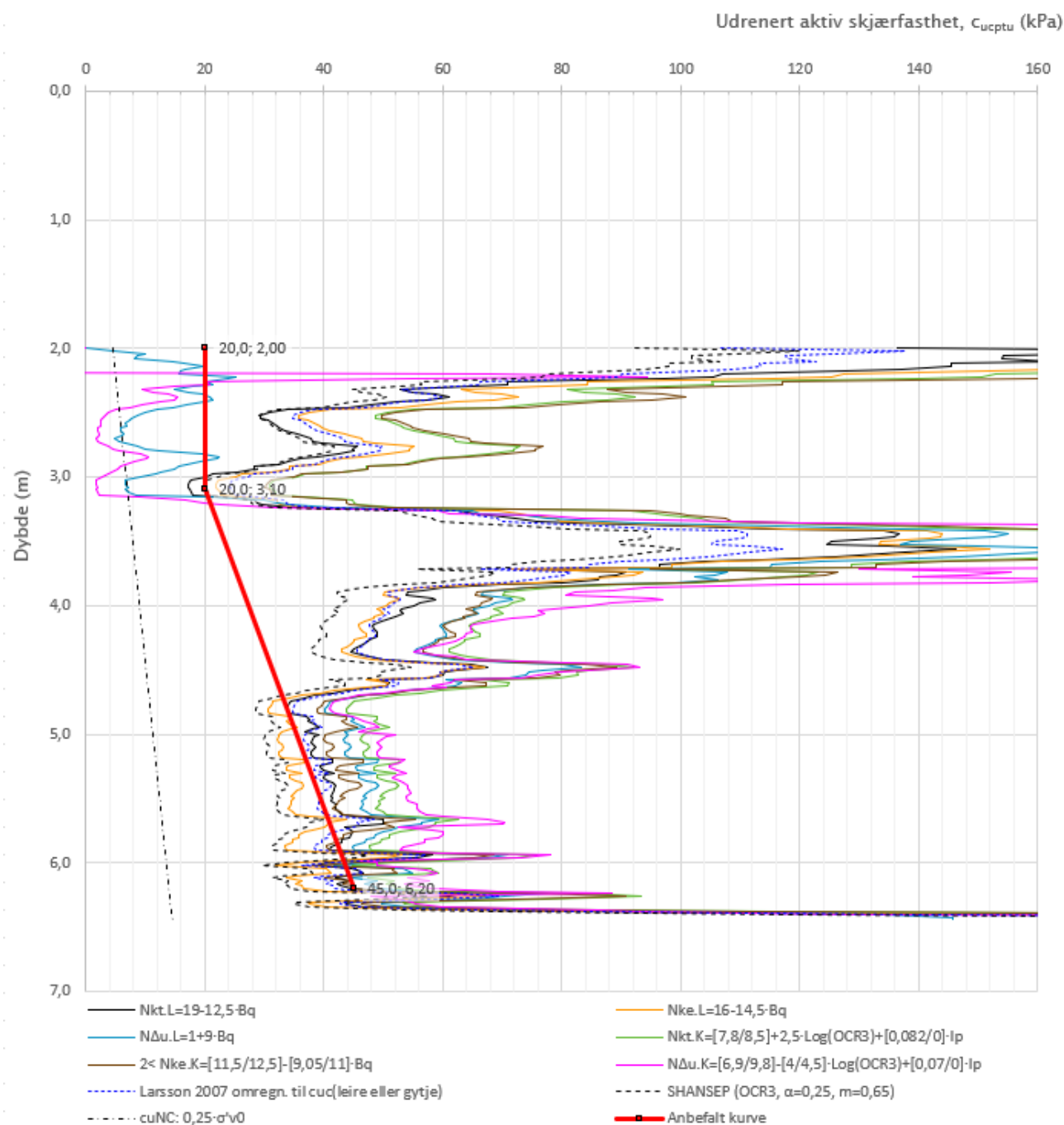
Prosjekt

Bekkeåpning Skjetten

Borhull

16

RAPPORT



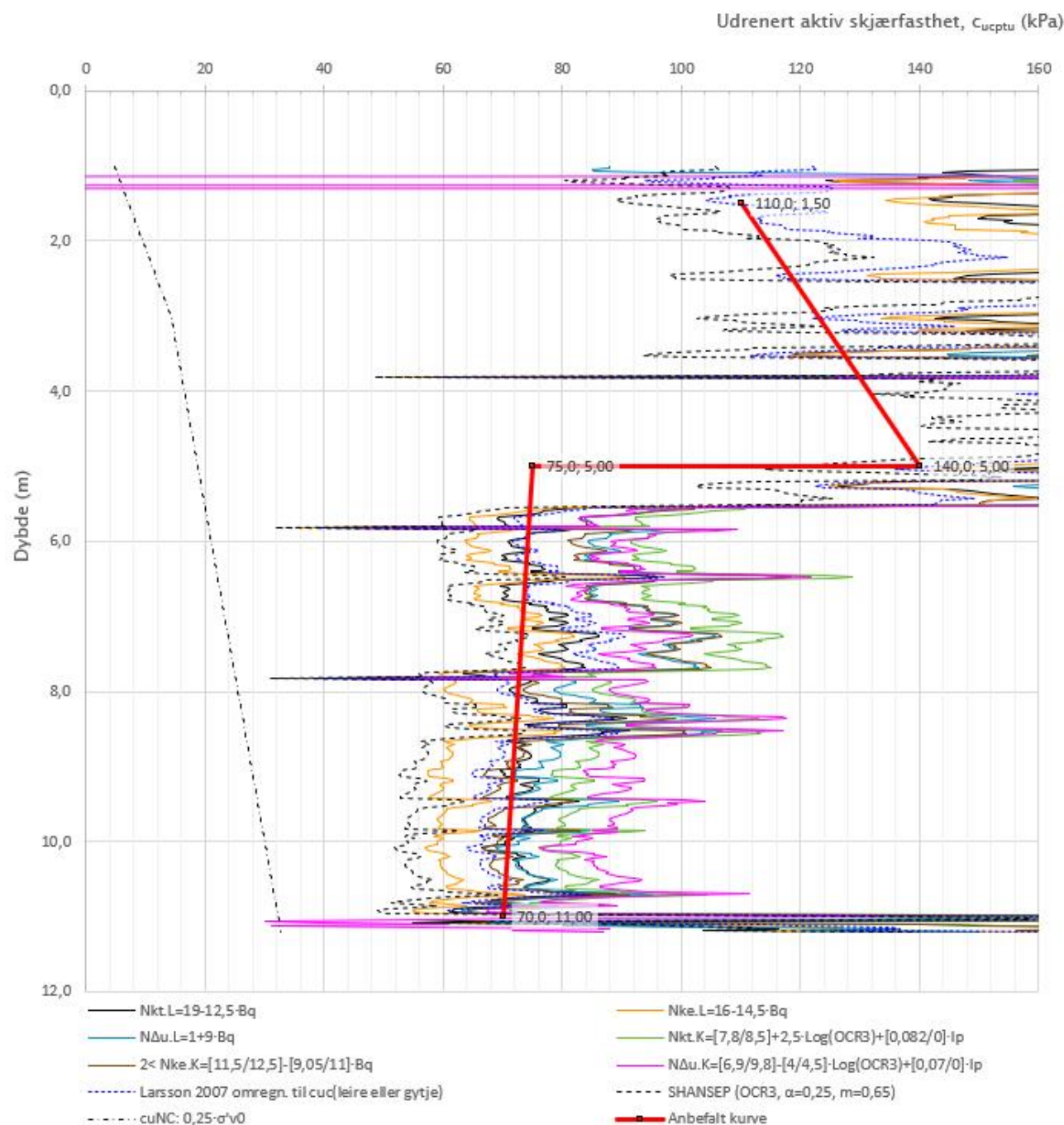
Prosjekt

Bekkeåpning Skjetten

Borhull

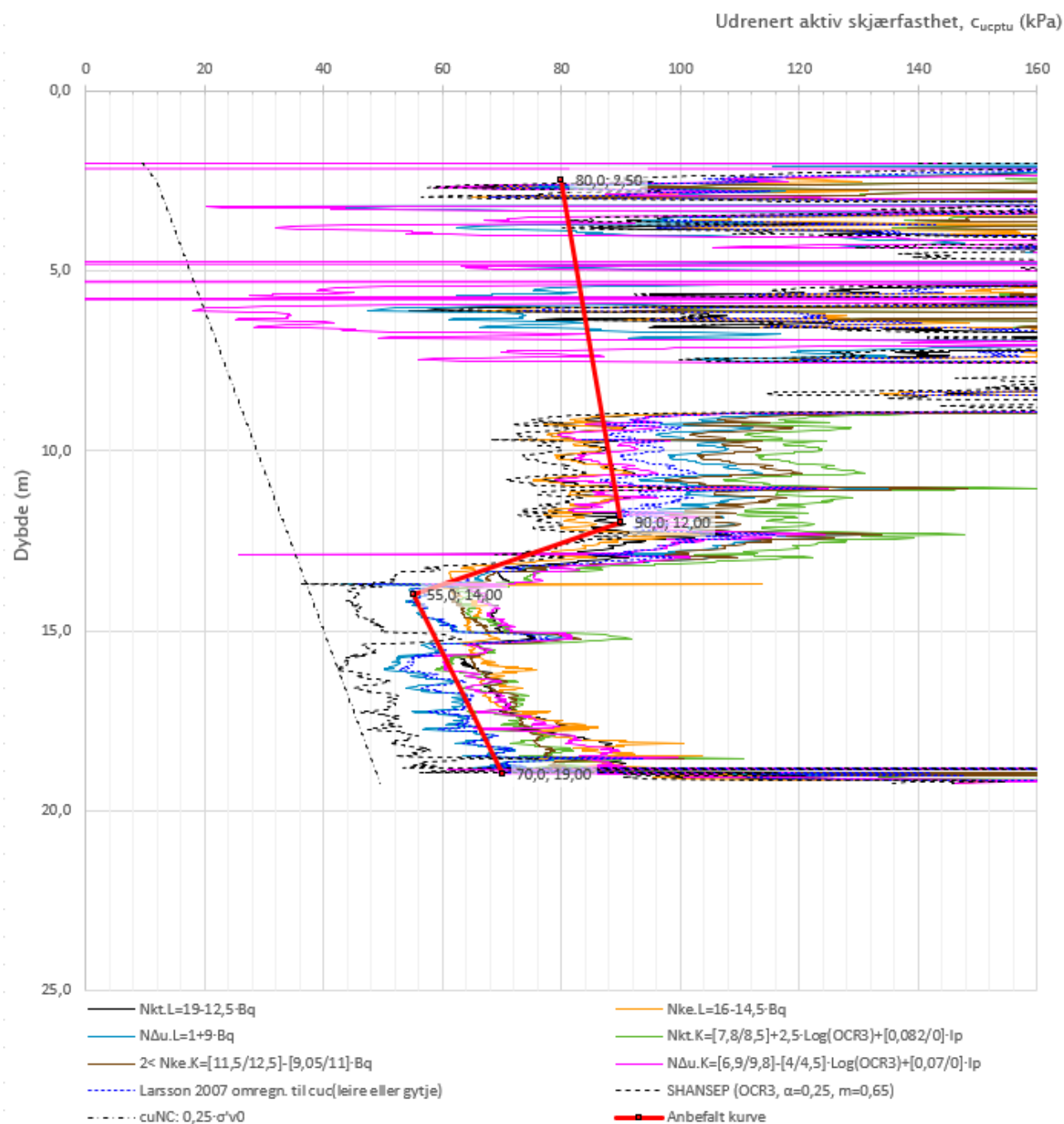
SW1

RAPPORT



Prosjekt
Bekkeåpning Skjetten

Borhull
SW2



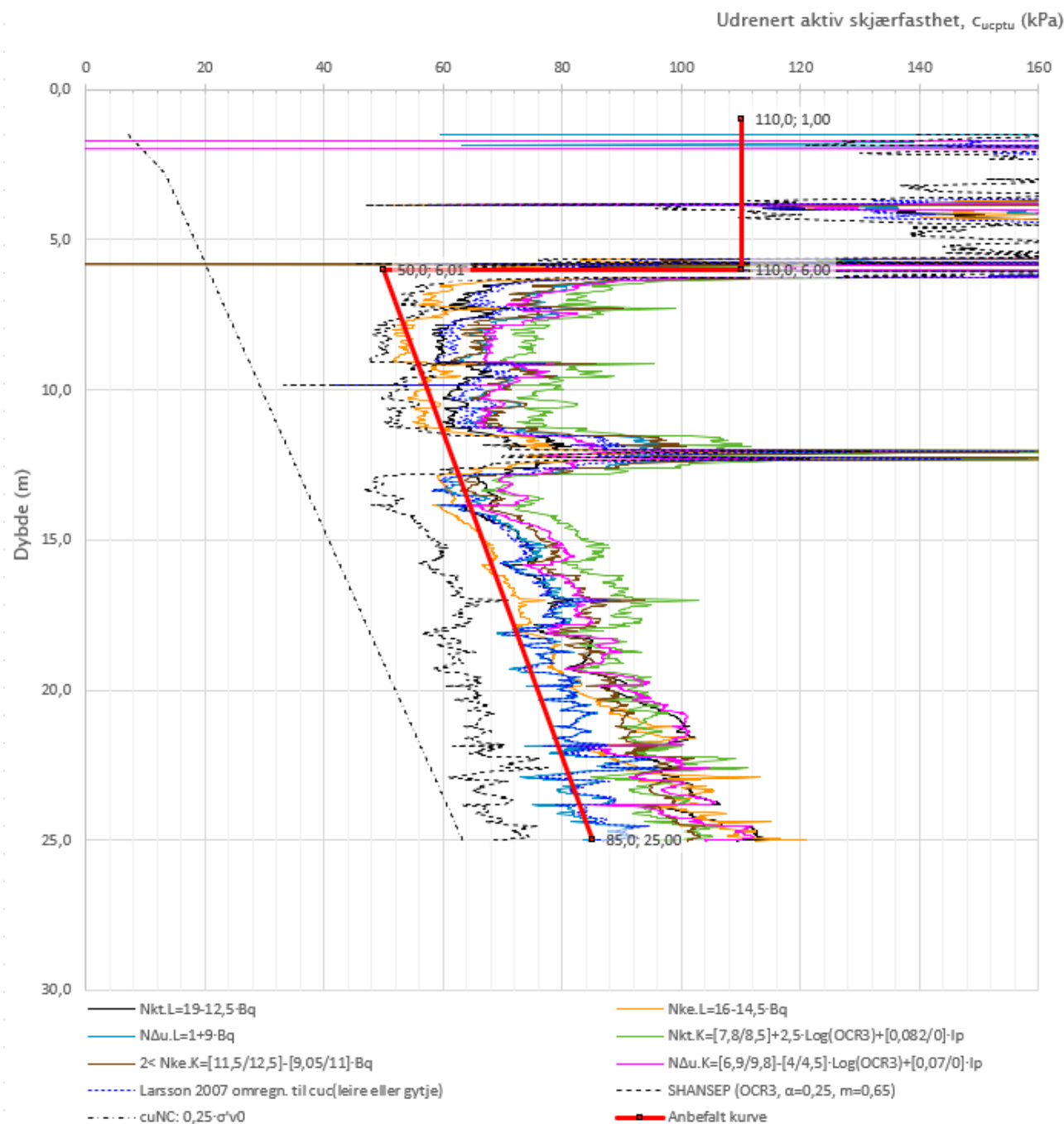
Prosjekt

Bekkeåpning Skjetten

Borhull

SW10

RAPPORT



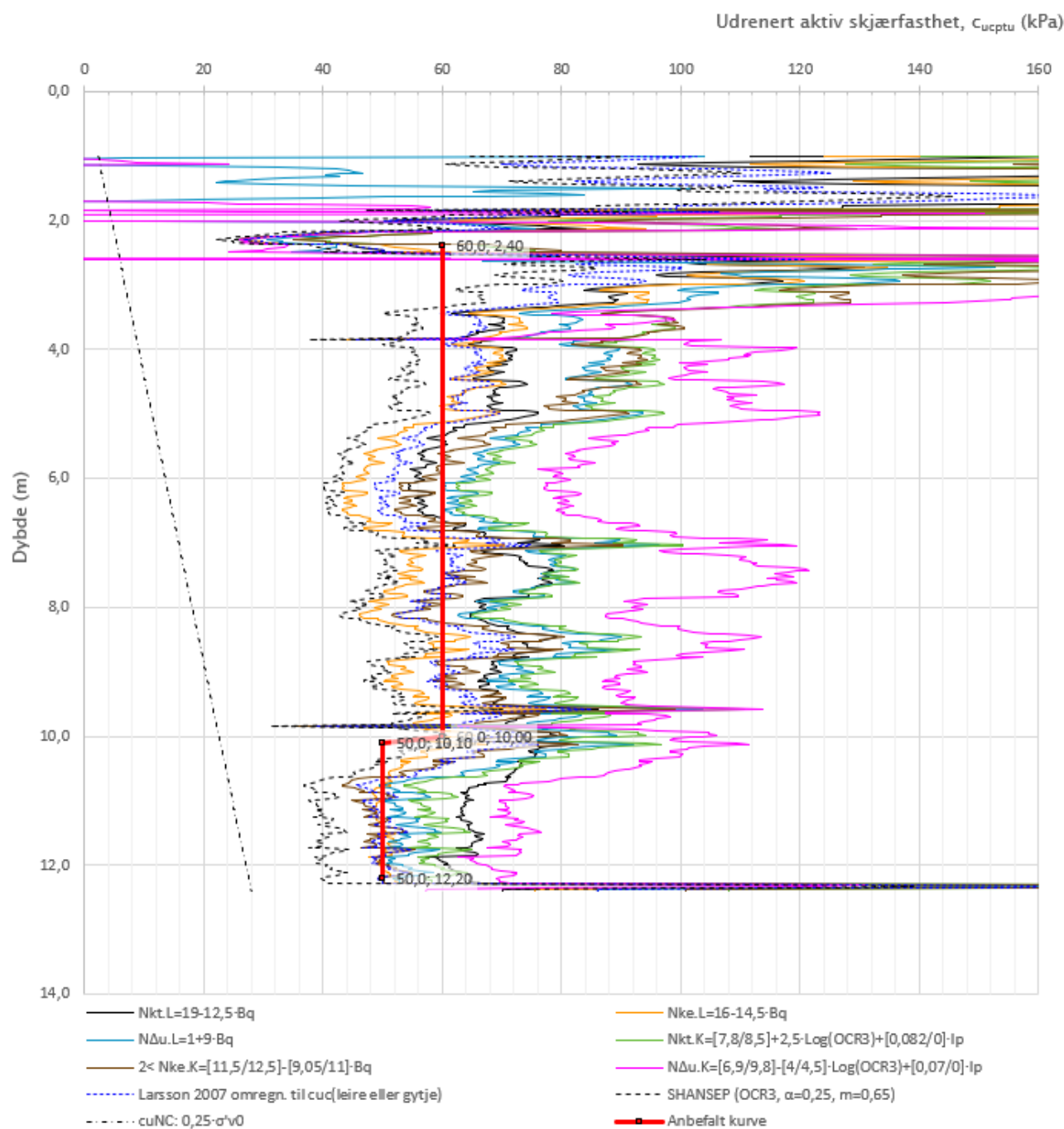
Prosjekt

Bekkeåpning Skjetten

Borhull

SW13

RAPPORT



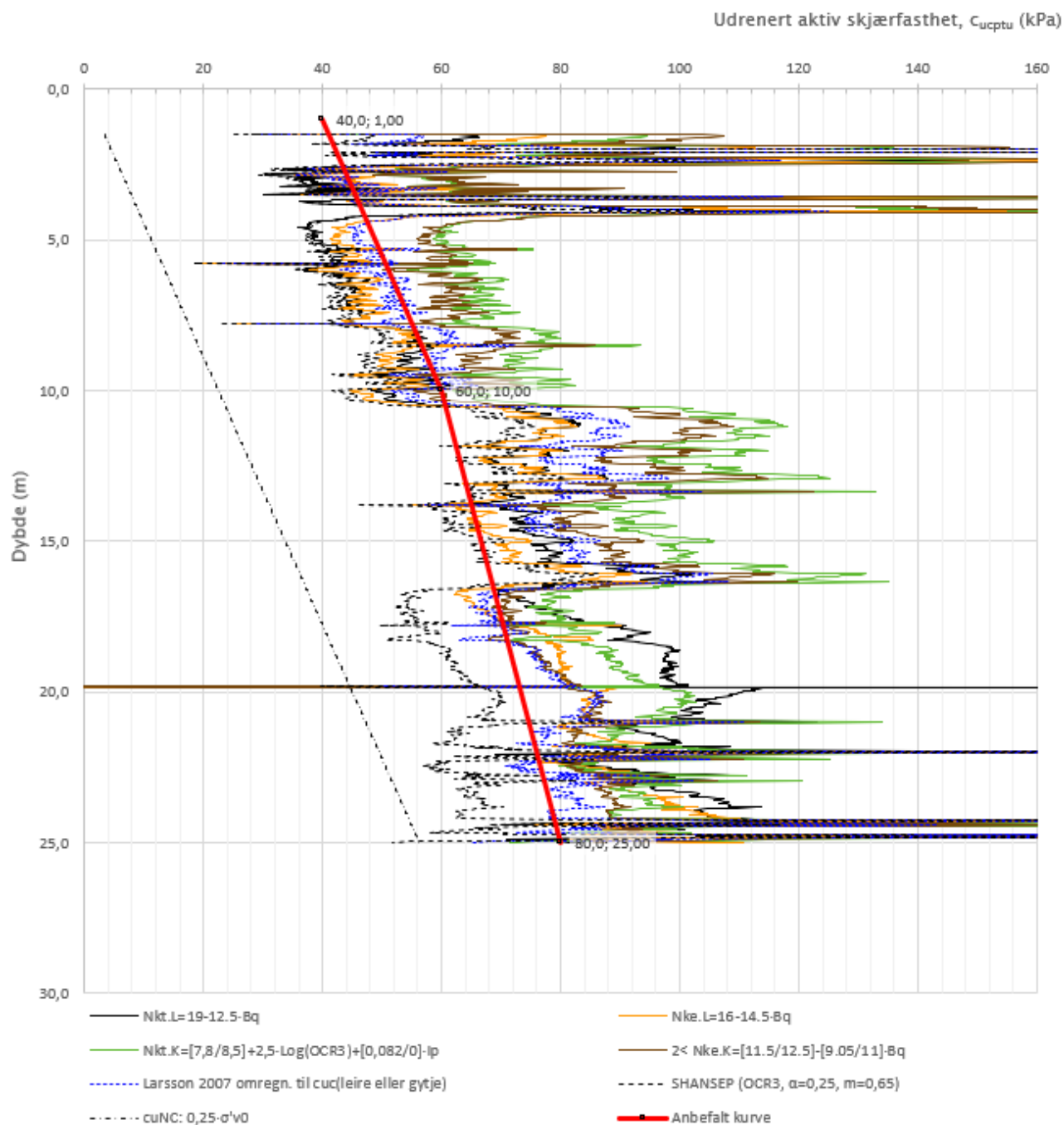
Prosjekt

Bekkeåpning Skjetten

Borhull

SW18

RAPPORT



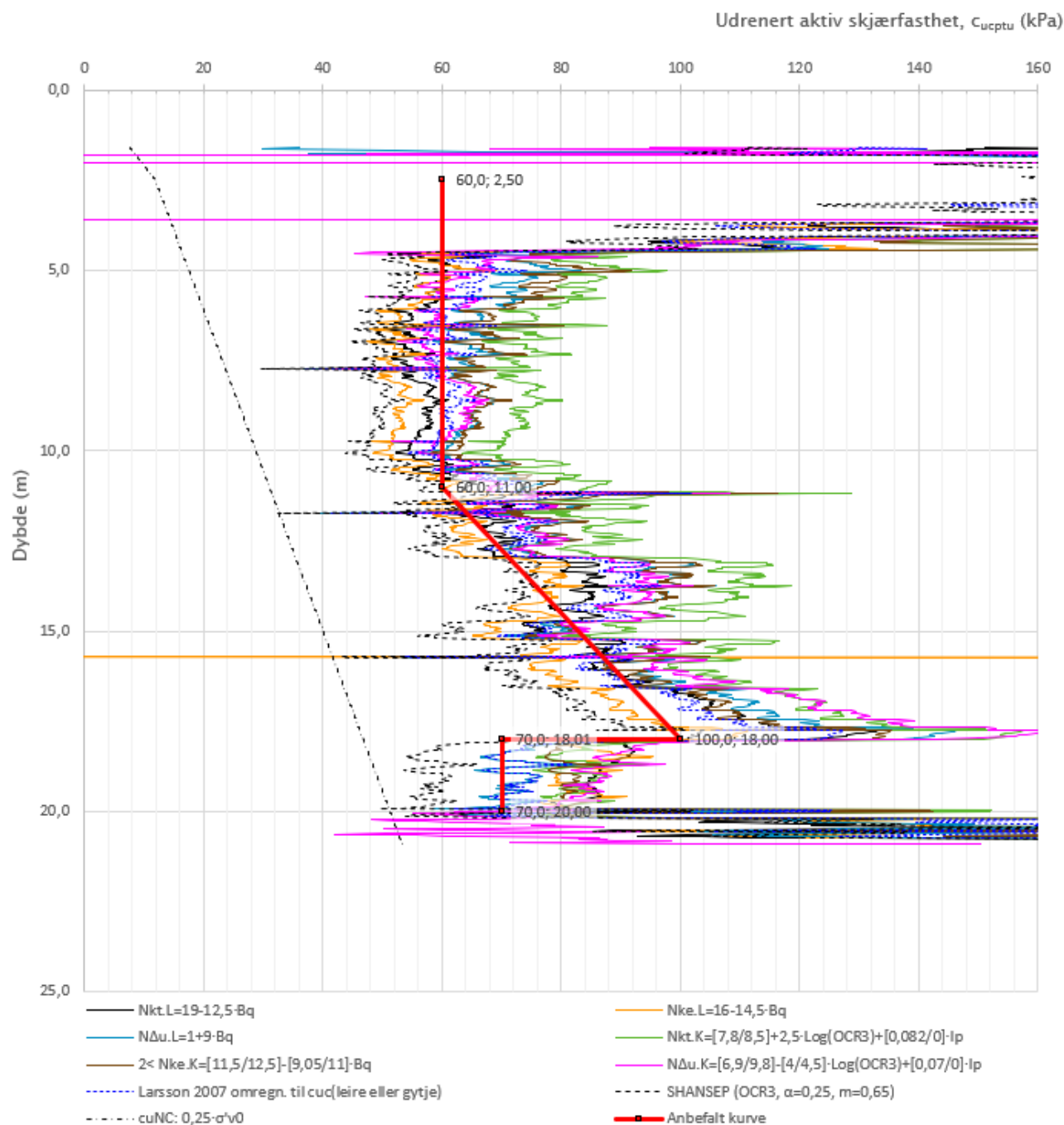
Prosjekt

Bekkeåpning Skjetten

Borhull

SW20

RAPPORT



Prosjekt

Bekkeåpning Skjetten

Borhull

SW22

RAPPORT