



RAPPORT

# Sande områderegulering kvikkleire

VURDERING AV OMRÅDESTABILITET I  
FORBINDELSE MED OMRÅDEREGULERING  
SANDE

DOK.NR. 20200685-01-R  
REV.NR. 3 / 2021-04-16

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



## Prosjekt

Prosjekttittel: Sande områderegulering kvikkleire  
Dokumenttittel: Vurdering av områdestabilitet i forbindelse med områderegulering Sande  
Dokumentnr.: 20200685-01-R  
Dato: 2020-10-22  
Rev.nr. / Rev.dato: 3 / 2021-04-16

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Holmestrand kommune  
Kontaktperson: Martin Hagen  
Kontraktreferanse: Signert oppdragsbekreftelse datert 30. september 2020 og endringsordre signert den 19. mars 2021

## for NGI

Prosjektleder: Marius Mathisen Sjøvik  
Utarbeidet av: Amanda Johansen DiBiagio, Stine Grimsrud Olsen og Marius Mathisen Sjøvik  
Kontrollert av: Jean-Sébastien L'Heureux

## Sammendrag

NGI er engasjert av Holmestrand kommune for geoteknisk bistand i forbindelse med planlagt utbygging i Sande i Holmestrand kommune. Det planlegges etablert ny Meny-butikk i kvikkleiresone *Søndre Bøplassen*, nye boliger og ny skole i sone *Skolegata* og ny varmesentral ved overgangen mellom kvikkleiresonene *Skolegata* og *Vingejordet*.

NGI har tidligere vurdert områdestabiliteten i kvikkleiresonene i 2017. Etter at NGI ble engasjert til å utføre områdestabilitetsvurderinger i 2017 har flere aktører bistått kommune og utbyggere med geoteknisk kompetanse i området.

NVE og Fylkesmannen i Vestfold og Telemark har siden fremmet innsigelse til planforslaget med planlagt utbygging, bl.a. fordi "mulige skader og ulemper" i forbindelse med anbefalte vassdrags-tiltak ikke er vurdert. For å svare ut innsigelsene, har NGI fått føringer av oppdragsgiver på at det bør tilstrebtes å finne måter å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet uten tiltak i Sandeelva (ikke motfylling eller erosjonssikring). Dermed er fortrinnsvis avlastning av skråningstopp vurdert.

NGI er engasjert til å sammenstille vurderingene fra alle aktører, og lage én helhetlig rapport om områdestabiliteten som også svarer ut innsigelse fra NVE/FMVT.

### Konklusjon for områdestabilitet i sone *Skolegata*

Basert på gjennomgang av nye grunnundersøkelser fra 2021 og nye profiler med tolket kvikkleire-utbredelse, anbefaler NGI at sonegeometrien til *Skolegata* innskrenkes (mindre areal). Utløpsområdet for *Skolegata* er opptegnet. Det er planlagt utbygging av boliger, og skole (med tilhørende varmesentral) i kvikkleiresone *Skolegata*. Plassering av ny planlagt skole faller riktignok utenfor kvikkleiresonen med revidert kvikkleiresone-geometri i denne rapporten, men varmesentralen tilknyttet skolen er fremdeles i selve sonen. Tilstrekkelig lokal- og områdestabilitet for boligutbygging og varmesentral oppnås ved avlastning av skråningskant. Nødvendig avlastet volum er innledende beregnet til rundt 38 000 m<sup>3</sup>.

### Konklusjon for områdestabilitet i sone *Søndre Bøplassen*

Basert på gjennomgang av nye grunnundersøkelser fra 2021, anbefaler NGI at denne kvikkleiresonen faller bort. Det medfører at det ikke stilles krav til områdestabilitet ifm. etablering av nytt Meny-bygg. Det stilles som vanlig krav til lokalstabilitet, noe som må ivaretas og dokumenteres i detaljprosjekteringsfasen for Meny-bygget av ansvarlig geoteknisk prosjekterende.

### Kvikkleiresone *Vingejordet*

NGI har ikke mottatt informasjon om planlagt utbygging i kvikkleiresone *Vingejordet*. Det stilles dermed heller ikke krav som må tilfredsstilles mht. stabilitet i denne sonen. Sonegeometrien er imidlertid revidert, både mot sør og i bakkant (øst). Utløpsområdet for *Vingejordet* er tegnet.

### Erosjonssikring

Selv om man oppnår tilstrekkelig beregningsmessig skråningssikkerhet med sikring ved avlastning beskrevet i denne rapporten, så vil pågående erosjon over tid føre til en forverring av stabilitet og potensielt en fare for områdestabiliteten i fremtiden. Det anbefales dermed erosjonssikring av elven langs hele elvebredden (i kombinasjon med avlastning).

## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Grunnlag</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Terreng og grunnforhold</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Kvikkleiresonenes avgrensing og faregrad</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Sikkerhetskrav for utbygging</b>	<b>16</b>
5.1	Regelverk	16
5.2	Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av områdestabilitet	16
5.3	Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av lokalstabilitet	17
<b>6</b>	<b>Bakgrunn for stabilitetsvurderinger</b>	<b>18</b>
6.1	Poretrykksforhold	18
6.2	Beregningsparametere	18
6.3	Profiler brukt til stabilitetsberegninger i denne rapporten	19
6.4	Skredmekanismer	21
<b>7</b>	<b>Stabilitetsvurderinger – stabiliserende tiltak</b>	<b>22</b>
7.1	Føringer for stabiliserende tiltak	22
7.2	Kvikkleiresone Skolegata	22
7.3	Kvikkleiresone Søndre Bøplassen	24
7.4	Kvikkleiresone Vingejordet	24
7.5	Oppsummering stabilitetsberegninger	24
<b>8</b>	<b>Innledende mengdeberegninger for <i>avlasting</i></b>	<b>26</b>
<b>9</b>	<b>Kommentar knyttet til erosjonsutløste skred</b>	<b>27</b>
9.1	Befaring fra 2019 og erosjonsforhold	27
9.2	<i>Befaring fra 2021 og erosjonsforhold</i>	27
9.3	Utførte sikringstiltak	27
9.4	Kommentar til regelverk og mulig erosjonsutløste skred	28
<b>10</b>	<b><i>Rekkefølge for byggearbeider</i></b>	<b>30</b>
<b>11</b>	<b>Referanser</b>	<b>32</b>

## Tegning

Tegning nr. 001	Oversiktstegning (borpunkter, profiler og omriss av planlagt utbygging)
Tegning nr. 002	Oversikt med foreslåtte tiltak/terrenginngrep
Tegning nr. 003	Tolkning av kvikkleireforekomst i borpunkt

## Vedlegg

Vedlegg A	Tolkning av udrenert skjærfasthet
Vedlegg B	<i>Stabilitetsberegninger – Dagens situasjon</i>
Vedlegg C	Stabilitetsberegninger – Tiltak for tilfredsstillende stabilitet
Vedlegg D	<i>Stabilitetsberegninger – Beregninger fra tidligere rapporter</i>
Vedlegg E	<i>Faktaark for de tre kvikkleiresonene</i>
Vedlegg F	<i>Tilsvar uavhengig kontroll</i>

## Kontroll- og referanseside

# 1 Innledning

NGI er engasjert av Holmestrand kommune for geoteknisk bistand i forbindelse med planlagt utbygging i og ved tre kvikkleiresoner i Sande i Holmestrand kommune.

NGI har tidligere vurdert områdestabiliteten i området i 2017 [1]. Da ble det blant annet foreslått avlastning av skråningstopp i kombinasjon med motfylling ved Sandeelva for å oppnå tilfredsstillende områdestabilitet (uten bygg-påvirkning) iht. [2].

Etter at NGI ble engasjert til å utføre områdestabilitetsvurderinger i 2017 har flere aktører bistått kommune og utbyggere med geoteknisk kompetanse i forbindelse med de konkrete byggeprosjektene ved de tre sonene. I 2019/2020 har NGI vurdert utbygging av boliger i kvikkleiresonen *Skolegata*. Terraplan har i 2020 [3] gjort en innledende vurdering fundamenteringsløsning for Menybygget i sone *Søndre Bøplassen*, basert på NGIs beregninger fra 2017 [1]. Grunnteknikk har i 2020 gjort vurderinger av områdestabiliteten for skolebygget som ligger i nærheten av sone *Skolegata* [4]. NVE har i ettertid fremmet innsigelse [5] fordi "mulige skader og ulemper" i forbindelse med anbefalte vassdragstiltak ikke er vurdert. Fylkesmannen i Vestfold og Telemark (FMVT) har fremmet denne innsigelsen i sin helhet [6]. Fylkesmannen ved miljødirektøren har også fremmet en innsigelse til planforslaget da de mener det er manglende utredning av hul eik-forekomst, av hvorvidt erosjonssikring krever for mye areal til truet naturtype, samt manglende vurderinger av alternative metoder for stabilisering og erosjonssikring [7].

Det planlegges etablert ny Meny-butikk i kvikkleiresone *Søndre Bøplassen*, nye boliger og ny skole i og ved sone *Skolegata* og det skal etableres en ny varmesentral ved overgangen mellom kvikkleiresonene *Skolegata* og *Vingejordet*. NGI er engasjert til å sammenstille vurderingene fra alle aktører, og lage én helhetlig rapport om områdestabiliteten som også svarer ut innsigelse fra NVE/FMVT.



Figur 1: Oversiktskart. Den røde sirkelen viser prosjektområdet.

Revisjon 01 av denne rapporten inkluderer implementering av kommentarer mottatt fra uavhengig kontrollør, Grunnteknikk AS. Grunnteknikks kommentarer, samt våre tilsvarende til disse kan sees i vedlegg F. Endringer ifm. revisjon 1 er vist i *kursiv*.

Revisjon 02 av denne rapporten er utført etter at supplerende grunnundersøkelser er gjort i kvikkleiresone Søndre Bøplassen og Skolegata. Endringer ifm. revisjon 2 er vist i *kursiv*.

## 2 Grunnlag

Følgende dokumenter gir grunnlag for vurdering av kvikkleireskredfare (utstrekning av faresoner) og skråningsstabilitet for alle de aktuelle byggeprosjektene:

- ↗ Statens vegvesen rapport 134r1: Oppdragsrapport. Datert mars 1993 [8].
- ↗ NVE 2014. Veileder 7-2014. Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper [2].
- ↗ Elvedybde er hentet fra profiler
- ↗ NGI rapport 20110177-00-7-R: Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 502 Gunnestad i Sande. Datert 6.11.2012 [9]
- ↗ NGI rapport 20170711-01-R: Datarapport. Datert 23.11.2017 [10]
- ↗ NGI rapport 20170711-02-R: Områdestabilitet. Datert 20.12.2017 [1].
- ↗ NGI rapport 20170711-03-R: Erosjonsforhold-vurdering, datert 28.6.2019 [11]
- ↗ Grunnteknikk rapport 113911r1: Grunnundersøkelser. Datert 31.01.2019 [12]
- ↗ Grunnteknikk rapport 114544r1: Grunnundersøkelser. Datert 04.02.2020 [13].
- ↗ Terraplan rapport 20037-RIG-RAP-01: Geoteknisk datarapport. Datert 15.05.2020. Rapportens revisjon 1 er datert 12.02.2021 [14].
- ↗ Terraplan rapport 20037-RIG-NOT-01: Ny menybutikk Sande. Datert 20.05.2020. Rapportens revisjon 2 er datert 12.02.2021 [3].
- ↗ Grunnteknikk rapport 114776r1: Grunnundersøkelser. Datert 02.06.2020 [15]
- ↗ Innsigelse fra NVE. Datert 12.06.2020 [5].
- ↗ Samordning av statlige innsigelser fra Fylkesmannen i Vestfold og Telemark. Datert 18.06.2020 [6].
- ↗ Innsigelse fra Fylkesmannen i Vestfold og Telemark. Datert 08.07.2020 [7].
- ↗ Grunnteknikk rapport 114991n1: Holmestrand. Sande sentrumsskolene. Faresone justering sentrumsskolene. Datert 09.09.2020 [4].
- ↗ NGI notat 20200685-01-TN: Befaringsnotat, Sandeelva. Datert 14.01.2021 [16]
- ↗ *NGI rapport 20190677-01-TN: Vurdering av stabilitet mot elven samt innledende vurdering av fundamenteringsløsning. Revisjon 0 er datert 13.09.2019. Revisjon 2 er datert 22.01.2021 [17].*
- ↗ *Supplerende grunnundersøkelser ved Søndre Bøplassen mottatt per e-post den 26.01.2021 [18]. Supplerende undersøkelser er presentert i mottatt notat [3].*
- ↗ *Grunnteknikk rapport 115422r1: Holmestrand. Sande, Ny skole. Supplerende grunnundersøkelser mot Sandeelva. Datert 22.02.2021 [19]*

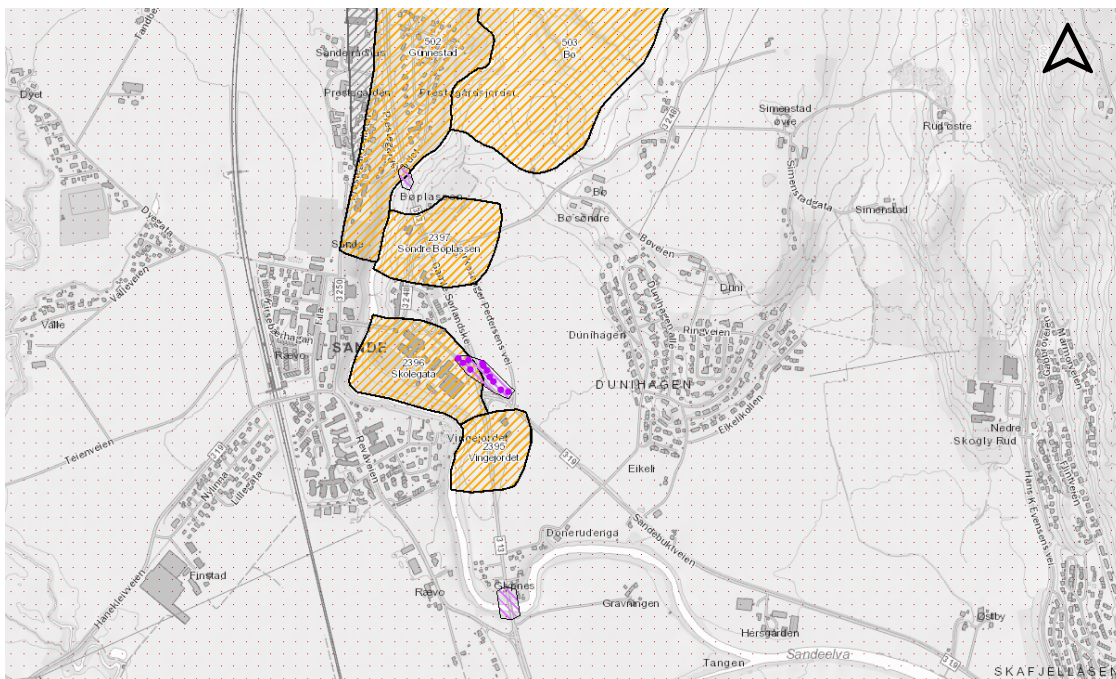


### 3 Terreng og grunnforhold

I området er det utført grunnundersøkelser av flere aktører, se oversikt på tegning 001. Undersøkelsene viser at grunnforholdene i området består av tørrskorpeleire over middels fast til fast leire/kvikkleire. I området er det boret 50 meter uten å treffe berg.

I rapporten er det brukt "kvikkleire" om leire som per definisjon [2] er kvikk ( $S_{u,r} < 0,5$  kPa) og sprøbruddmateriale. *Sprøbruddmateriale<sup>1</sup> er definert med  $S_{u,r} < 2$  kPa iht. NS8015 (ref. [20]) og  $S_{u,r} < 1,27$  kPa iht. ISO 17892-6:2017(ref. [21]) og  $S_t > 15$ .*

Kvikkleiresoner i området kan sees på Figur 2.



Figur 2: Oversikt over dagens kartlagte kvikkleiresoner i området (oransje, alle med Middels faregrad). De tre sørligste kvikkleiresonene er vurdert i denne rapporten. Lilla punkter/polygoner viser kvikkleireområde registrert av Statens Vegvesen. Kilde: NVE Atlas

<sup>1</sup> NGI-boringer fra 2017 (ref. [10]) har tegnet opp konus-forsøk iht. ref. [19], og dermed er sprøbrudd-kriterium  $S_{u,r} < 2$  kPa. Alle Geostrom-boringer har anvendt ref. [20] for optegning av konus-resultater, og dermed er sprøbrudd-kriterium  $S_{u,r} < 1,27$  kPa. De fleste borprofiler med påvist/ikke påvist sprøbruddmateriale kommer fra enten NGIs laboratorium eller Geostroms laboratorium, og litt forenklet kan man si at kravet til sprøbruddmateriale er 2 kPa for NGI-boringer og 1,27 kPa for Geostrom-boringer i dette prosjektet.

## 4 Kvikkleiresonenes avgrensning og faregrad

Kvikkleiresone *Søndre Bøplassen, Skolegata og Vingejordet* ble opprettet i 2017 av NGI [1]. Det er gjort en revurdering av de tre sonenes faregrad og utstrekning etter at det er utført supplerende grunnundersøkelser. *Noe av den følgende informasjonen er kopiert direkte fra NGI-rapport 20170711-02-R [1]. Det henvises til vedlegg E for faktaark til kvikkleiresonene.*

*I perioden mellom utgivelse av denne rapportens førsteutgave og revisjon 2, er NVEs kvikkleireveileder revidert. Etter at DIBK oppdaterte TEK17 §7.3<sup>2</sup> (2) i februar 2021, så har den reviderte veilederen NVE 1/2019 [22] trådt i kraft og formelt erstattet tidligere veileder 7/2014. Imidlertid var det NVE-veileder 7/2014 som var gjeldende regelverk da dette prosjektet ble startet opp og dermed er det valgt å ta utgangspunkt i denne veilederen i rapporten/prosjektet. Denne beslutningen er forankret i Teams-møte med NGIs kontaktperson(er) hos Holmestrand kommune, samt uavhengig kontrollør Grunnteknikk, den 15. mars 2021. En av hovedforskjellene mellom de to veilederne er retrogresjonskriteriet, der revidert NVE-veileder 1/2019 angir et annet (mindre strengt) kriterium<sup>3</sup> for retrogressiv skredoppførsel. Dersom den oppdaterte veileder (1/2019) ville blitt lagt til grunn for foreliggende rapport, så ville soneutstrekning og øvrige vurderinger vært rimelig like.*

Faregraden på de kartlagte kvikkleiresonene er klassifisert ut fra metodikk beskrevet i NGI-rapport 20001008-03-R [23]. Faregrad fastsettes ved en semikvantitativ metode, slik at den gjenspeiler graden av usikkerhet med hensyn til områdets stabilitet eller skredfare, der det er topografiske forhold, geologiske/geotekniske forhold og utførte terrengendringer (dvs. menneskelige inngrep) som gir en poengscore. Faregraden deles inn i tre klasser: lav, middels og høy.

---

<sup>2</sup> <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-3/>

<sup>3</sup> 1kPa i omrørt udrenert skjærfasthet i stedet for tidligere kriterium 2kPa (NVE-veileder 7/2014).

Tabell 1: Evalueringsskjema for faregradsevaluering for kvikkleiresoner.

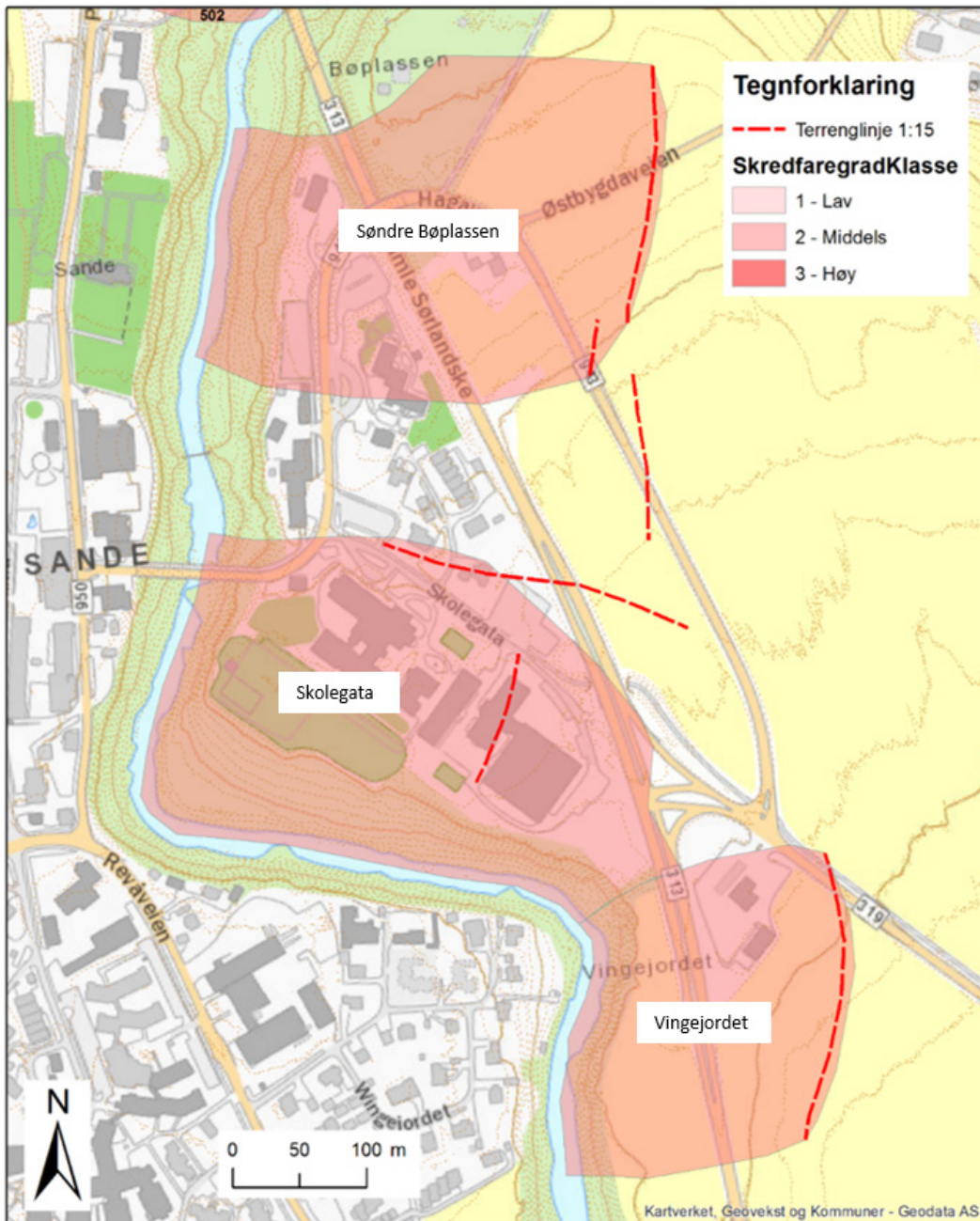
Faregrad Faktorer	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, H	2	> 30 m	20-30 m	15-20 m	< 15 m
Forkonsolidering (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0
Poreovertrykk i kritisk glideflate	3	>30 kPa	10-30 kPa	0-10 kPa	Hydrostatisk
Poreundertrykk i kritisk glideflate	-3	> -50  kPa	-(20-50) kPa	-(0-20) kPa	Ingen
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/4-H/2	<H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20
Erosjon	3	Aktiv	Noe	Lite	Ingen
Forverrende inngrep	3	Stort	Noe	Lite	Ingen
Forbedrende inngrep	-3	Stort	Noe	Lite	Ingen
Sum		51	34	16	0
% av maksimal poengsum		100%	67%	33%	0%

Basert på oppnådd poengsum plasseres sonen i en av tre klasser, se Tabell 2.

Tabell 2: Faregradsklasser.

Faregradsklasse	Lav	Middels	Høy
Sum av poengsum	0-17	18-25	26-51

Faregradscore beregnes etter [23] og en kvikkleiresone får faregrad enten Lav, Middels eller Høy, som Tabell 2 viser. Basert på supplerende sonderinger, resultater fra laboratorieforsøk og vurdering av en rekke parametere (f.eks. OCR, poretrykk, kvikkleiremektighet, sensitivitet og erosjon) er det ikke funnet grunn til å endre faregraden i de tre sonene. Alle de tre kvikkleiresonene har Middels faregrad.



Figur 3: Kvikkleiresoner først beskrevet i rapport 20170711-02-R [1]. Bildet er hentet fra [1] fra 2017/18. Sonegeometrien til (alle) sonene er endret nå i 2021, se tegning 001.

Tegning 001 viser alle grunnundersøkelser som er utført i området. Basert på utførte grunnundersøkelser og opptegnede profiler er det gjort en revurdering av kvikkleiras utbredelse i de tre kvikkleiresonene. Tegning 003 viser alle grunnundersøkelser utført i området med tolkning av kvikkleireforekomst. Det er nedenfor vist fem profiler (Figur 4, Figur 5, Figur 6, Figur 7 og Figur 8), som sammen med Figur 3, er bakgrunn for løseområdets geometri for sone Søndre Bøplassen, Skolegata og Vingejordet.

### **Søndre Bøplassen**

I kvikkleiresonen Søndre Bøplassen er det foretatt supplerende grunnundersøkelser i 2021; ref. [14] og [18]. Nærmeste punkt sett fra skråningen med påvist kvikkleire er ca. 50 m fra skråningskanten, og ca. 30 m sør for planlagt Menybygg (BP 2021-P4, se tegning 001). Et eventuelt initialscred vurderes ikke til å ville berøre dette kvikkleirelaget, og det er dermed lite trolig at et slikt skred skal kunne utvikle seg til et område-skred. Mellom det planlagte Menybygget og elven er det ikke påvist eller indikert kvikkleire fra grunnundersøkelser. Imidlertid er det påvist kvikkleire i punkt 2021\_P4, dog av mindre mektighet. For å illustrere den romlige variasjonen i grunnforhold er to ulike lagdelinger tegnet opp i samme terrengprofil: profil A-A og profil A-A.2, vist i hhv. Figur 4 og Figur 5. Profil A-A går gjennom planlagt Menybygg, og profil A-A.2 representerer grunnforholdene ved borpunktet med påvist kvikkleire, ca. 45 m syd for profil A-A. Skråningen ned mot Sandeelva har mye sensitiv leire, men mindre (per definisjon) sprø/kvikk leire. Det er påvist stedvis kvikk leire, men beliggenhet og omfang er begrenset. Faren for større kvikkleireskred vurderes som usannsynlig. Ettersom terrenget varierer lite på strekningen mellom profil A-A og profil A-A.2 er samme terrengprofil benyttet, fordi dette var mindre tidkrevende og var av liten praktisk betydning.

Med grunnlag i ny informasjon om grunnforholdene er det foreslått at Søndre Bøplassen kvikkleiresone fjernes i sin helhet.

### **Skolegata**

Det er foretatt supplerende grunnundersøkelser i sone Skolegata i 2021 [19]. De nye undersøkelsene påviser riktignok kvikkleire, men av en mektighet som er mindre enn tidligere antatt i kvikkleiresonen. Basert på kvikkleirens utbredelse i området er det anbefalt at kvikkleiresone Skolegatas utbredelse innskrenkes, se Figur 6, Figur 7 og Figur 8.

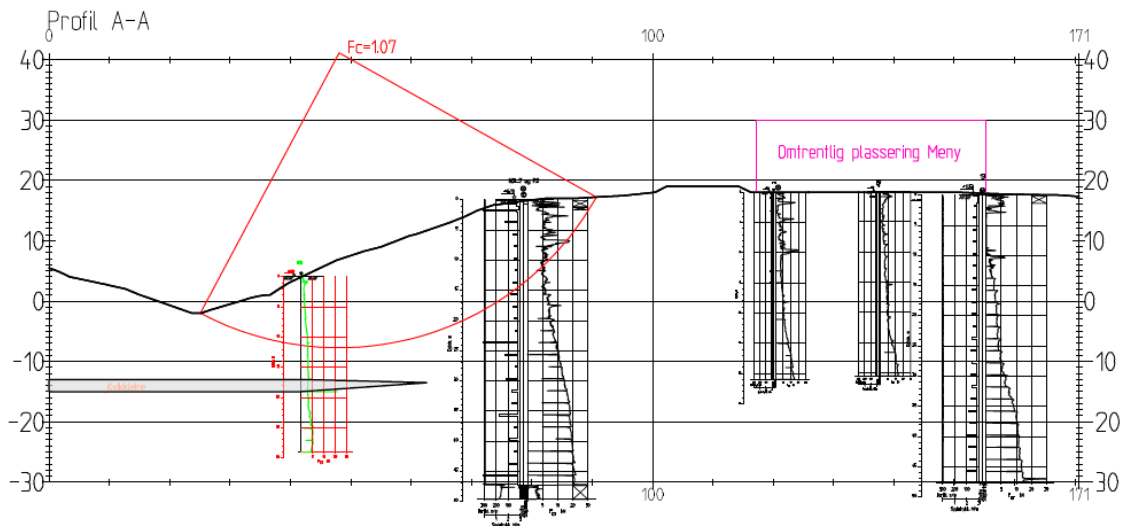
### **Vingejordet**

Det er ikke utført nye grunnundersøkelser i kvikkleiresone Vingejordet. Totalsonderingen fra punkt NGI\_24 kan være kvikk (oransje punkt, se tegning 003). Trykksonderingen fra punkt NGI\_15 lenger sør er tolket, og Bq-forholdet ligger mellom 0,3-0,5. Bq-forholdet i andre nærliggende punkt mot nord der kvikkleire er påvist ligger rundt 0,55-0,60. CPTen i punkt NGI\_15 ser ikke spesielt kvikk ut (gult punkt, tegning 003), men en avskrivning av kvikkleiremulighet basert på dette virker tynt, når forskjellen i Bq ikke er større. Kvikkleiresone Vingejordet avskrives dermed ikke. I det følgende er det gjort en revurdering av sonens geometri.

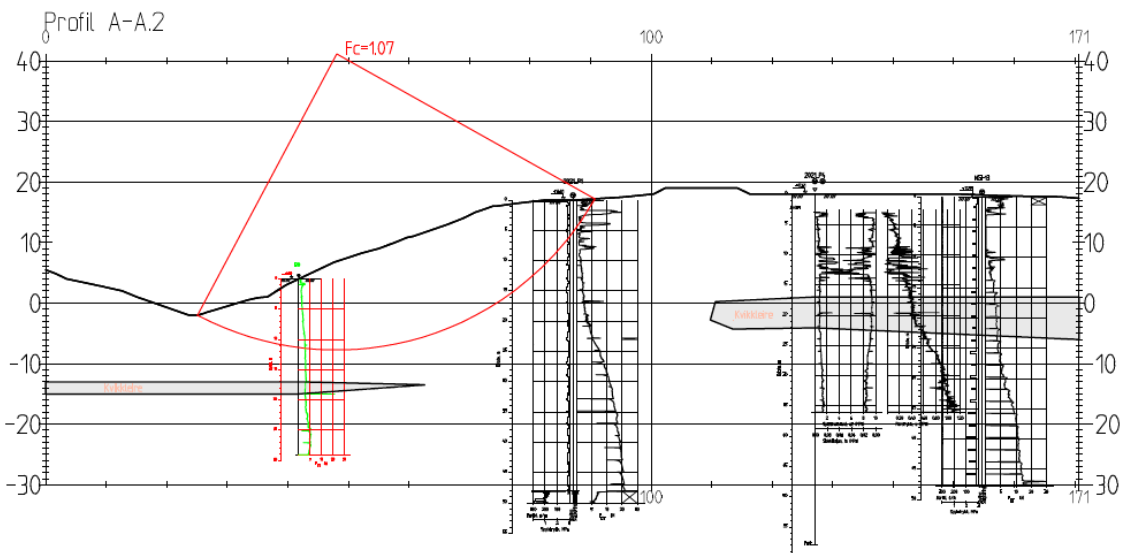
Lagdelingen og kvikkleiras beliggenhet er trolig lignende den som er vist i profil D-D, se Figur 8. Basert på dette anbefales det at utstrekningen i bakkant av sonen innskrenkes noe sammenlignet med 2017-geometrien (ref. [1]).

Avgrensningen i sør som ble gjort i 2017 kan antageligvis utvides noe. I nettbasert kartgrunnlag (norgeskart, f. eks.) er det registrert 1,4 moh ved elvenivå, mens skråningstoppene er rundt 10-11 moh rundt sonegrensen. Dette var antageligvis grunnlaget for soneavgrensningen i sør i 2017 [1], med en differanse mellom topp- og bunn mindre enn

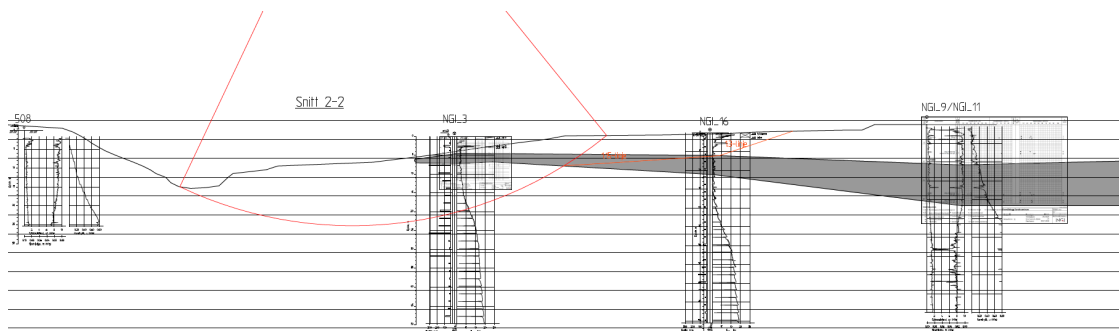
10 m da sonen ble tegnet i ArcGIS i 2017. Likevel så har elva en viss dybde, rundt -1 moh, og følgelig er reell skråningshøyde så vidt over 10 m rundt den konkrete søndre soneavgrensingen fra 2017. Dermed er det grunnlag for at sonen kan utvides litt mot sør ut fra rene skråningshøydekriterier, og dette er implementert i denne rapportens revisjon 2.



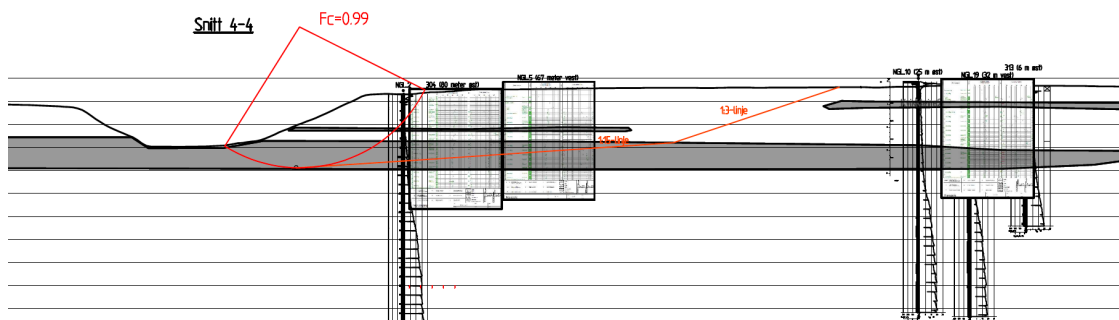
Figur 4 Profil A-A i sone Søndre Bøplassen er vist. Det grå laget er tolket kvikkleireutbredelse. Kritisk bruddmekanisme antas å være et rotasjonskred, og manglende kvikkleireutbredelse i grunnen medfører at retrogressjonskred er lite trolig.



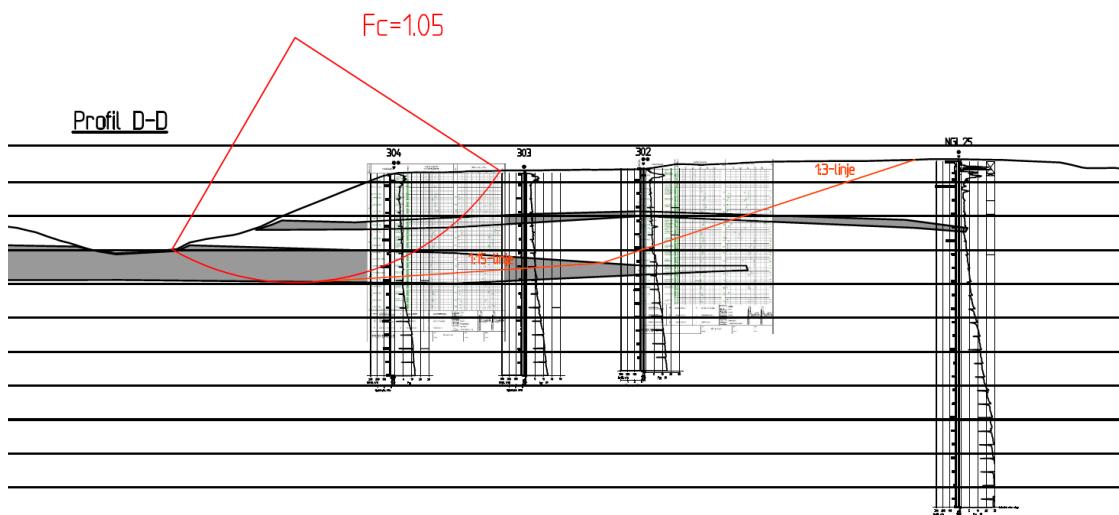
Figur 5 Profil A-A.2 (like sør for profil A-A, gjennom P1 og P4) i sone Søndre Bøplassen er vist. Det grå laget er tolket kvikkleireutbredelse. Kritisk bruddmekanisme antas å være et rotasjonskred, og da denne glideflaten ikke berører kvikkleirelag vurderes det som lite sannsynlig at det kan utvikle seg retrogressive kvikkleireskred her.



Figur 6 Snitt 2-2 i sone Skolegata. Det grå laget er tolket kvikkleireutbredelse. Det er tegnet inn en linje med helning 1:15 gjennom tolket kvikkleirelag og en linje med helning 1:3 gjennom det øverste laget. Disse linjene "kommer opp i terrenget" like bak borpunkt NGL\_16.



Figur 7 Snitt 4-4 i sone Skolegata. Det grå laget er tolket kvikkleireutbredelse. Det er tegnet inn en linje med helning 1:15 gjennom tolket kvikkleirelag og en linje med helning 1:3 gjennom det øverste laget. Disse linjene "kommer opp i terrenget" foran borpunkt NGL\_25.



Figur 8 viser profil D-D i sone Skolegata. Det grå laget er tolket kvikkleireutbredelse. Det er tegnet inn to linjer med helning 1:15 gjennom tolket kvikkleirelag og en linje med helning 1:3 gjennom det øverste laget. Disse linjene "kommer opp i terrenget" like foran borpunkt NGL\_25.

## 5 Sikkerhetskrav for utbygging

### 5.1 Regelverk

Gjeldende regelverk og veileder legges til grunn for geotekniske prosjektering:

- NVE veileder 7/2014 "Sikkerhet mot kvikkleireskred", ref. [24]
- NS-EN 1990:2002+A1:2005 + NA:2016 (Eurokode 0), ref. [25]
- NS-EN 1991-1-1:2002 + NA:2019 (Eurokode 1), ref. [26]
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7-1), ref. [27]
- NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 (Eurokode 7-2), ref. [28]
- Byggteknisk forskrift (TEK17) og veiledning til TEK17, ref. [29]
- SAK10, ref. [30]

### 5.2 Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av områdestabilitet

I praksis stilles det i teknisk veileder til Plan og Bygningsloven, TEK17 spesifikke krav til skråningsstabilitet, og NVEs retningslinjer om "Flaum og skredfare i arealplanar" med Vedlegg 1 ("Kvikkleireveilederen") angir hvordan disse krav kan oppfylles [31].

I henhold til NVEs retningslinjer 1 "Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag" [32] skal sikkerhetssone for bebyggelse på erosjonsutsatte elvestrekninger overholdes. Sikkerhetssonen måles fra topp elveskråning til bebyggelse, og skal være minst lik høyden på elveskråningen og minimum 20 meter.

Faregradsklasse for kvikkleiresonene er vurdert til "2 - *middels*". Før ev. utbygging innenfor sonene må området sikres iht. NVEs veileder [2] og planlagte tiltak i sonene må klassifiseres etter tiltakskategori. Tiltakskategoriene og sikkerhetskrav som er aktuelle for byggeprosjektet i Sande er oppsummert i det følgende.

Iht. veilederen [2] er tre av de fire utbyggingsprosjektene (Meny, boligutbygging og skole) i tiltakskategorien K4: *tiltak som medfører større tilflytning/ personopphold enn tiltak K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner. Eksempler er mer enn to eneboliger/fritidsboliger, rekkehus/boligblokk, bolig- og hyttefelt, skole og barnehage, sykehjem, større næringsbygg, kontorbygg, idretts- og industrianlegg, større utendørs publikumsanlegg, lokale beredskapsinstitusjoner*. Ved varmesentralen skal det kun være begrenset personopphold. Varmesentral-tiltaket havner derfor i tiltakskategori K2<sup>4</sup>.

NVEs veileder er lagt til grunn for vurdering av sikkerhetsnivå ved dimensjonering av stabiliserende tiltak, samt for metodikken ved selve stabilitetsberegningene. For å oppnå tilfredsstillende sikkerhet må stabilitetsanalysene dokumenteres enten:

---

<sup>4</sup> Det stilles krav til "ikke forverring" for tiltak i tiltakskategori K2, dvs varmesentralen. Siden varmesentralen allikevel ligger innenfor en kvikkleiresone der det planlegges tiltak i tiltakskategori K4 (boligutbygging) så medfører dermed "ikke forverring"-kravet ingen praktisk betydning. Man må forholde seg til strengeste tiltakskategori, altså K4, og prinsippet om ikke forverring kan ikke benyttes.



- a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet  $F \geq 1,4$  eller
- b) Forbedring hvis  $F < 1,4$

Det stilles krav til at områdestabilitetsvurderinger av tiltak i tiltakskategori K4 kvalitets-sikres av uavhengig foretak.

### 5.3 Krav til beregningsmessig sikkerhet ved vurdering av lokalstabilitet

For alle søknadspliktige tiltak stilles det følgende krav i Eurokode 0 og 7-1 (ref. [25] og [27]) til lokalstabilitet:

- a) Udrenert sikkerhetsfaktor  $F \geq 1,4$  og
- b) Drenert sikkerhetsfaktor  $F \geq 1,25$

## 6 Bakgrunn for stabilitetsvurderinger

### 6.1 Poretrykksforhold

Det er installert poretrykksmålere i fire borpunkt i området, hvorav det i to av disse punktene er installert målere i to ulike nivåer Basert på installerte målere er poretrykksfordelingen med dybden litt under hydrostatisk nærmere skråningen mot Sandeelva, mens poretrykksfordelingen er tilnærmet hydrostatisk lenger fra skråningskant inn på flata (øst). Tabell 3 gir en oversikt over i hvilke borpunkt og dybder spissene står i.

Tabell 3 Oversikt over installerte poretrykksmålere i prosjektområdet

Borpunkt	Kote terreng [moh]	Dybde spiss [m]	Resultater fra avlesning	Ref.
NGI_3	+11,8	6,0 /17,0	Poreundertrykk relativt til hydrostatisk (77%), grunnvannstand 0,8 m.u.t.	[10]
NGI_16	+11,2	5,1 / 17,1	Tilnærmet hydrostatisk, grunnvannstand 1,2 m.u.t	
3	+18,3	5,0	Antatt hydrostatisk, grunnvannstand 1,3 m.u.t	[12]
6	+11,3	6,0	Antatt hydrostatisk, grunnvannstand 0,9 m.u.t	

### 6.2 Beregningsparametere

Bakgrunn for valg av parametere fremkommer av [1]. I Tabell 4 oppsummeres parametrene som er anvendt i stabilitetsberegningene.

Tabell 4. Oppsummering av materialparametre anvendt i analysen.

Materiale	Tyngdetetthet [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjonsvinkel $\varphi$ [°]	Kohesjon C' [kPa]	Udrenert skjærfasthet $s_{uA}$ [kPa]	Anisotropifaktorer		
					A	D	P
Tørrskorpelleire	19*	30**	0	-	-	-	-
Leire	19***	27****	7****	Vedlegg A	1	0,7	0,4
Kvikkleire	19	27	7	Vedlegg A	0,85	0,65	0,35

\*18 kN/m<sup>3</sup> er anvendt for profil D-D basert på nærliggende borpunkt med romvekt-forsøk.  
 \*\* 32° er anvendt for profil A-A. Friksjonsvinkel i tørrskorpelaget er antatt basert på empiri, og evt. lavere friksjonsvinkel (30°) påvirker resultatene i liten grad.  
 \*\*\*19,5 kN/m<sup>3</sup> er anvendt for profil A-A basert på nærliggende borpunkt med romvekt-forsøk.  
 \*\*\*\* Det er utført to treksialforsøk; et i borpunkt NGI\_3 og et i borpunkt NGI\_8 [10], begge med "Meget god, utmerket" prøve kvalitet iht. Statensvegvesen håndbok V220. På bakgrunn av disse to er drenerte styrkeparametere tolket til en friksjonsvinkel på  $\varphi' = 27^\circ$  og kohesjon  $c' = 7$  kPa for leira/kvikkleira i området, se figur C1 i rapport 20170711-02-R [1].

### 6.2.1 Anisotropifaktorer

Anisotropifaktorer for udrenert skjærfasthet for leire er satt til 1, 0,7 og 0,4 for hhv. aktiv, direkte og passiv udrenert skjærfasthet, ref. [33] *med antagelse om at leira har plastisitet rundt 25%*.

Anisotropifaktor for aktiv udrenert skjærfasthet i kvikkleire er satt til 0.85, iht. anbefalinger i ref. [2]. Videre er anisotropifaktorer for direkte og passiv udrenert skjærfasthet til kvikkleire satt til hhv. 0.65 og 0.35 i forhold til aktiv udrenert skjærfasthet, med antagelse om at leiren er sensitiv og har lav plastisitet, ref. [33].

### 6.2.2 Beregningsparametere i skråningen mot Sandeelva

Det er ikke utført grunnundersøkelser i nedre/midtre del av skråningen(e) ned mot Sandeelva som gir grunnlag for tolkning av beregningsparametere. Det er dermed anvendt empiriske metoder. For å bestemme aktiv udrenert styrke midt i skråning og ned mot Sandeelva er det brukt SHANSEP-metoden:

$$s_{uA} = \alpha \cdot OCR^m \cdot \sigma'_{v0}$$

Det er brukt samme parametere som i [1], da disse gir godt samsvar med tolkninger der mer data foreligger, også for nye tolkninger (vedlegg A). Felles for alle beregningene er at ageing-,  $\alpha$ - og m-faktorene er 1.2, 0.3 og 0.75 henholdsvis. Det er gjort en antagelse om at tidligere terrengnivå har ligget på kote +19.

## 6.3 Profiler brukt til stabilitetsberegninger i denne rapporten

I det følgende oppsummeres de profiler som har vært brukt til stabilitetsberegninger i utarbeidelse av foreliggende rapport. *Snitt B-B og C-C fra rapport 20170711-02-R er ikke sett på i denne rapporten da det ikke er nye grunnundersøkelser i dette området som gjør at det er nødvendig å oppdatere disse profilene. NGI har også gjort nye beregninger i området i 2019/2020 [17] i forbindelse med boligutbyggingen (snitt 1-1 til 4-4), og dette er ansett som godt nok beregningsgrunnlag for dette området. Snitt 1-1 tom. snitt 3-3 fra NGI-notat 20190677-01-TN er ikke beregnet på nytt da det ikke har kommet ny informasjon siden beregningene ble utført i 2019/20. I rapporten er det undersøkt sirkulærsylindriske skjærflater (rotasjon) i alle profiler.*

### 6.3.1 Profil A-A

Profil A-A er i (tidligere) kvikkleiresone *Søndre Bøplassen* og profilets plassering kan sees på tegning 001. Profilet er videreført fra NGI-rapport 20170711-02-R [1]. *Stabilitetsberegningene gjort i 2017 er presentert i vedlegg D.* Bakgrunnen for (nye) beregninger i profil A-A er planlagt bygging av Meny-butikk i sonen.

*Det ble vurdert nødvendig å utføre nye stabilitetsberegninger i dette profilet, ettersom det ved førsteutgaven av foreliggende rapport (revisjon 0) var tolket en betydelig mengde kvikkleire i sone Søndre Bøplassen.*

*På nåværende tidspunkt (revisjon 2) foreligger mer informasjon om grunnforholdene nær det planlagte Menybygget. Med ny informasjon om grunnforhold, gir oppdatert tolkning av grunnundersøkelsene grunn til å fjerne mesteparten av kvikkleirelaget i skråningen. Selv om profilet, med såpass lite påvist kvikkleire i skråningen, ikke lenger er av interesse mht. områdestabilitet (kvikkleireskredfare), så presenteres resultatene av hensyn til lokalstabiliteten.*

Skjærstyrkeprofiler fra selve skråningen og skråningskant er videreført og benyttet igjen fra [1], se figur A12. I tillegg til disse profilene er det benyttet ett nytt profil, beliggende lengre inn på plataået (øst). Dette profilet baserer seg på tolkninger av trykksonderinger og laboratorieforsøk på opptatte prøveserier i borpunkt T-2 og T-4 (vedlegg A). CPTU-sonderingene i T-2<sup>5</sup> og T-4 går begge ned til ca. 20 m dybde. Under dette nivået er leiren antatt å være normalkonsolidert.

### 6.3.2 Profil D-D

Profil D-D er i kvikkleiresone *Skolegata* og plassering kan sees på tegning 001. Profilet er et nytt profil som går fra Sandeelva og mot planlagt varmesentral.

Grunnundersøkelsene langs profil D-D består av totalsonderinger, prøvetaking og trykksonderinger. Tolket lagdeling fremkommer av figur B2 i vedlegg B.

Målt romvekt av leira er ca. 19 kN/m<sup>3</sup>, med gravimetrisk vanninnhold i hovedsak varierende fra ca. 30 % til 35 %. Det er påvist kvikkleire i prøvene fra borpunkt 302 og 304. *Leira i skråningen er sensitiv.* I profilet er det påvist to adskilte lag med kvikkleire med hhv. 1,5 og 5 meter mektighet.

Udrenert skjærstyrke ved toppen av skråningen og innover på plataået er tolket fra CPTU-sonderinger og laboratorieforsøk utført på opptatte prøver i borpunkt 302, 304 og 306 (vedlegg A). Trykksondering i borpunkt NGI\_25 er også blitt tolket, men da dette borpunktet befinner seg relativt lang unna skråningskanten er dette skjærstyrkeprofilet ikke benyttet i stabilitetsberegningene. Informasjon fra dette borpunktet er derimot benyttet for å etablere lagdelingen i profilet.

### 6.3.3 Snitt 4-4

Snitt 4-4 er i kvikkleiresone *Skolegata* og plassering kan sees på tegning 001. Profilet er videreført fra NGIs tekniske notat 20190677-01-TN [17].

*Det ble vurdert nødvendig å utføre nye stabilitetsberegninger i dette snittet, ettersom det ved nåværende tidspunkt foreligger noe mer informasjon om grunnforholdene. Det ble i notatet [17] foretatt en vurdering av stabiliteten langs de mest kritiske glideflatene (drenerte og udrenerte beregninger).*

<sup>5</sup> I CPTuen utført i T-2 er det i ca. dybde 15 m registrert et kraftig poretrykksfall, noe som muligens skyldes at sonderingen har blitt ført gjennom nærliggende totalsonderings-hull.

Skjærstyrkeprofilene beliggende i foten og i toppen av skråningen benyttet i beregningene utført ifm. overnevnte notat er videreført til beregningene utført ifm. dette oppdraget, det vises til [17] for detaljer, *mens skjærstyrkeprofilene er gjengitt i figur A16 (nærme skråningskanten) og A18 (lengre inn på plataået)*. I tillegg til disse to profilene, ble det i overnevnte notat benyttet ett skjærstyrkeprofil beliggende lengre inn på plataået.

Lagdelingen i snitt 4-4 [17] er oppdatert med ny data fra 2021 og vist i Figur 7. Stabiliteten mot elva er beregningsmessig lav.

## 6.4 Skredmekanismer

I det følgende gis en vurdering av mest sannsynlige skredmekanismer i området.

### 6.4.1 Skolegata

#### 6.4.1.1 Erosjonsutløste skred

Det foreligger færre grunnundersøkelser lenger ned i skråningen i sone Skolegata. Tolket lagdeling i kvikkleiresone Skolegata, f. eks. *snitt 4-4* (Figur 7) og *profil D-D* (Figur 8), tilsier en viss mektighet rundt elvenivå. Det er mulig at pågående erosjon eller lokale drenerte skråningsbrudd mot elvekant potensielt kan omrøre kvikkleire lokalt i elvenivå, for så å forplante seg retrogressivt lenger opp i skråningen og videre mot sonen. Det er utfordrende å fange opp disse bruddmekanismene på en realistisk måte, uten å ha mer pålitelige parametere nede i skråningen. Slike lokale avskallinger kan imidlertid forebygges ved erosjonssikring.

#### 6.4.1.2 Flakskred

*Flakskred er skred som betegnes ved at større flak glir ut i en bevegelse. Slike skred kan typisk inntreffe ved større sammenhengende svake lag i en skråning (lavere skjærfasthet) eller sensitive lag (f. eks. kvikkleire). I prosjektområdet er det riktignok påtruffet en del sensitive masser, men flakskred virker ikke å være den mest kritiske skredmekanismen i området.*

#### 6.4.1.3 Rotasjonsskred

Basert på tolket beliggenhet av kvikkleira, virker det mest relevant å vurdere rotasjonsskred fordi største mektighet er tolket rundt elvenivå. Dermed vil evt. forplantinger bakover i sonen oppstå som følge av intitalskred lokalt ved elva (se avsnitt 6.4.1.1) eller som følge av et rotasjonsskred. *Det henvises til NIFS-rapport 14/2016 [34] kapittel 6.4, der det nevnes at større retrogressive skred ikke er trolig fordi mektigheten av kvikkleire generelt er under 40% ved kritiske glideflater.* Dermed er fokuset i beregningene lagt på sirkulærsylindriske glideflater (rotasjonsskred).

## 7 Stabilitetsvurderinger – stabiliserende tiltak

### 7.1 Føringer for stabiliserende tiltak

NGI har tidligere vurdert "dagens" områdestabilitet (dvs. sikkerhet mot kvikkleireskred for situasjon *uten* utbygging iht. NVEs kvikkleireveileder [24]) i år 2017/18 [1]. NGI anbefalte da blant annet vassdragstiltak (fylling ved Sandeelva) ved kvikkleiresone *Søndre Bøplassen*. NVE har i ettertid fremmet innsigelse fordi *mulige skader og ulempe* ifm. anbefalte vassdragstiltak ikke er blitt vurdert i den videre planprosessen. Fylkesmannen i Vestfold og Telemark har fremmet denne innsigelsen i sin helhet, der det blant annet begrunnes med manglende utredning av forekomster av den utvalgte naturtypen hul eik, samt en etterspørsel av utredning av eventuelle metoder for erosjonssikring av elva som i større grad sikrer at viktige naturkvaliteter kan ivaretas.

Motfylling og erosjonssikring er meget effektive sikringsstrategier for å øke robustheten mot kvikkleireskred. Til sammenligning, kreves det som regel et større avlastningsvolum sammenlignet med motfyllingsvolum for å oppnå samme kvantitative sikkerhetsnivå.

Fra NGIs oppdragsgiver i dette prosjektet, Holmestrand kommune, er det kommet føringer på at det bør tilstrebes å finne måter å oppnå tilfredsstillende skråningsstabilitet uten tiltak i Sandeelva (ikke motfylling eller erosjonssikring). Dermed er fortrinnsvis avlastning av skråningstopp vurdert som stabiliserende tiltak i det følgende.

### 7.2 Kvikkleiresone Skolegata

#### 7.2.1 Boligutbygging (sone Skolegata)

Det er utført beregninger i fire snitt i forbindelse med planlagt boligutbygging av NGI-notat 20190677-01-TN [17]. Planlagt boligutbygging ligger i kvikkleiresone *Skolegata*. Omriss av planlagt boligutbygging og snittenes plassering (snitt 1-1 t.o.m. snitt 4-4) og fremkommer av tegning 001. Beregninger er gjennomgått og vurdert på nytt i forbindelse med foreliggende rapport, og det er ikke vurdert nødvendig å endre anbefalingene som ble gitt i [17]. *Beregningene viser at sikkerheten er tilstrekkelig i snitt 2 og 3 (se vedlegg D). Snitt 1 og snitt 4 viser imidlertid ikke-tilstrekkelig sikkerhet i henhold til Eurokode 7, og det må derfor gjøres ytterligere tiltak for disse snittene. Stabilitetsberegningene for de fire snittene er presentert i vedlegg B og i Tabell 5. Konklusjon fra dette notatet gjengis i det følgende.*

Sikkerhet mot utglidning er tilstrekkelig under følgende forutsetninger:

- Bebyggelsen er plassert minst 20 m fra kanten av ny skråningstopp
- Ved snitt 1 må toppen av skråningen avlastes ved å planere ned til kote +10.
- Ved snitt 4 må toppen av skråningen avlastes ved å planere ned til kote +7,3

Dersom de ovenstående forutsetningene er ivaretatt vil tiltaket ha tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet i henhold til kravene for områdestabilitet og lokal stabilitet.

For snitt 4-4 der beregnet avlastning er størst er det imidlertid ikke redusert udrenert skjærfasthet som følge av lavere effektivspenninger etter avlastning i [17]. Det er gjort en reduksjon for skjærprofilen der dette er relevant ifm. foreliggende rapport i ny beregning, og redusert skjærfasthet forverrer beregnet stabilitet med om lag 2-3 %. Med andre ord, er det ikke dramatiske endringer som behøver videre revurderinger av foreslåtte sikringstiltak (avlastning) når byggeprosjektet er på dette stadiet (regulerings-/forprosjekt). Det anbefales imidlertid at dette tas til følge ved detaljprosjekteringsfase senere.

### 7.2.2 Skoleutbygging (sone Skolegata)

Planlagt skoleutbygging ligger *utenfor* kvikkleiresone *Skolegata*. Det er utført supplerende stabilitetsberegninger i *snitt* 4-4, som tidligere er vurdert i NGIs tekniske notat fra 2019/20 [17]. Lokalstabiliteten mot skolen er god for dagens situasjon, og det er dermed ikke behov for spesifikke tiltak for å bedre stabiliteten for skolebygget. Resultatene fra disse beregningene er ikke vedlagt foreliggende rapport ettersom dokumentasjon på lokalstabilitet ikke inngår som krav i reguleringsfasen av prosjektet, men derimot senere må dokumenteres av detaljprosjekterende foretak.

### 7.2.3 Varmesentral (sone Skolegata)

Planlagt varmesentral er vurdert i (nytt) profil D-D. Profilet ligger øst i kvikkleiresone *Skolegata*. Omriss av planlagt varmesentral er vist på tegning 001.

Det er nådd samme konklusjon som for nærliggende profiler 4-4 [17] og C-C [1], også for profil D-D, nemlig at det er behov for stabiliserende tiltak dersom det skal bygges i sonen (se figur B2 for dagens situasjon). Det er vurdert avlastning ved å planere ned til samme kote som for snitt 4-4 (se avsnitt 7.2.1), altså planering ned til +7,3 ved skråningskanten.

Mest effektive sikringsløsning (minste omfang av avlastning som samtidig tilfredsstillende sikkerhet mot utglidninger) er vurdert å være en to-trinn-avlastning, se figur C1.

### 7.2.4 Konklusjon for områdestabilitet i sone Skolegata

Tilstrekkelig lokal- og områdestabilitet oppnås ved avlastning. Omfang av avlastning er vist på tegning 002. *I vedlegg D vises det hvordan avlastningen kan utføres for profil 1-1 og 4-4.* I denne rapportens figur C1 er det vist avlastning helt øst i kvikkleiresone *Skolegata*.

Sikkerhet mot utglidning er tilstrekkelig under følgende forutsetninger:

- Bebyggelsen er plassert minst 20 m fra kanten av ny skråningstopp
- Ved snitt 1-1 må toppen av skråningen avlastes ved å planere ned til kote +10 *hele veien fra planlagt bygg og frem til skråningskant. Et alternativ kan være å flytte bebyggelsen enda lenger inn på terrenget.*

- Ved snitt 4-4 og profil D-D må toppen av skråningen avlastes ved å planere ned til kote +7,3 fra kjeller og ut i skråningen

For alle tiltak må det utføres geoteknisk detaljprosjektering. I tillegg til behov for å utføre de overnevnte sikringstiltakene for å ivareta stabiliteten i skråningen, stilles det krav til forebygging av erosjon, ref. kapittel 0.

### 7.3 Kvikkleiresone Søndre Bøplassen

Som beskrevet i kapittel 4 foreslår NGI at hele kvikkleiresonen Søndre Bøplassen fjernes. Det stilles dermed ikke krav til områdestabilitet iht. TEK17 [29] i forbindelse med etablering av nytt Menybygg. Det stilles derimot krav til lokalstabilitet iht. Eurokode 7 [27]. Generelt sett er disse kravene udrenert  $FS^6 > 1,4$  og drenert  $FS > 1,25$ . Innledende beregninger i profil A-A viser at dagens stabilitet i området der Menybutikken planlegges oppført ikke er tilstrekkelig. Det innebærer at selv om Menybutikken oppføres uten å påføre terrenget tilleggslaster, så er ikke dette nødvendigvis ensbetydende med tilfredsstillende lokalstabilitet. Lokal skråningsstabilitet må ivaretas og dokumenteres i detaljprosjekteringsfasen.

### 7.4 Kvikkleiresone Vingejordet

NGI har ikke mottatt informasjon om planlagt utbygging i kvikkleiresone Vingejordet. Det stilles dermed heller ikke krav som må tilfredsstilles mht. stabilitet i denne sonen.

### 7.5 Oppsummering stabilitetsberegninger

Resultater fra stabilitetsberegningene utført ifm. dette oppdraget, samt stabilitetsberegningene utført ifm NGI-prosjekt 20170711 og 20190677 er oppsummert i Tabell 5. Alle tidligere beregninger som ikke er beregnet på nytt i foreliggende rapport er gjengitt i vedlegg D.

---

<sup>6</sup> FS er forkortelse for "Factor of Safety", eller sikkerhetsfaktor på norsk. Materialfaktor er et annet ord om det samme.



Tabell 5 Oppsummering av resultater fra stabilitetsberegninger utført i hele planområdet.  
 Beregninger vist i kursiv er gamle beregninger, vist i vedlegg D.

Snitt	Situasjon	Dagens situasjon –	Med tiltak –	Tegning	Vedlegg D, figur
		sikkerhetsfaktor	sikkerhetsfaktor		
		$\gamma_m$	$\gamma_m$		
Snitt 1-1 Kritisk glideflate	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,05 1,00	1,15* 1,50	100a og 100b i NGI-notat 20190677-01- TN	D1, D2
Snitt 1-1 Mot bebyggelse (lokalstabilitet)	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,60 1,07	1,51 1,39**	100a og 100b i NGI-notat 20190677-01- TN	D1, D2
Snitt 2-2 Kritisk glideflate	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	3,54 1,54	- -	101 i NGI-notat 20190677-01- TN	D3
Snitt 3-3 Kritisk glideflate	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,56 1,39**	- -	102 i NGI-notat 20190677-01- TN	D4
Snitt 4-4 Mot bolig- utbygging (lokalstabilitet)	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,42 1,02	1,59 1,40	103a og 103b i NGI-notat 20190677-01- TN	D5, D6
Snitt A-A Kritisk glideflate	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,13 1,07	- -	B1 i vedlegg B	-
Snitt A-A Mot Meny- butikk (lokalstabilitet)	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,76 1,11 /1,28	- -	B1 vedlegg B	-
Snitt B-B Kritisk glideflate	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,30 1,04	1,46 1,21*	014 og 015 i NGI-rapport 20170711- 02-R	D7, D8
Snitt C-C Kritisk glideflate	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,36 1,03	1,41 1,18*	016 og 017 i NGI-rapport 20170711- 02-R	D9, D10
Snitt D-D Kritisk glideflate	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	1,22 1,05	2,21 1,71	B2 og C2 i hhv. vedlegg B og C	-
Snitt D-D Mot varme- sentral (lokalstabilitet)	Drenert; Fc, $\phi$ Udrenert, Fc	2,02 1,21	>2,21 1,40	B2 og C2 i hhv. vedlegg B og C	-

\*Krav om prosentvis forbedring eller sikkerhetsfaktor  $\geq 1,40$  iht. NVEs kvikkleireveilder 7/2014. Kravene om prosentvis forbedring er oppnådd.

\*\*Krav om sikkerhetsfaktor  $\geq 1,40$  iht. Eurokode 7. Forskjellen fra påkrevd sikkerhet er såpass liten at løsning detaljeres i senere fase. Skissert løsning er tilstrekkelig på regulerings/forprosjekt-nivå.

## 8 Innledende mengdeberegninger for *avlasting*

I det følgende er det utført innledende mengdeberegninger med et (usikkert) prisestimat for *avlasting av skråningstoppen i kvikkleiresone Skolegata*. Beregninger tilsier at avlastet materiale som er nødvendig for å tilfredsstille kravene til skredssikkerhet i regelverket i kvikkleiresone *Skolegata* til sammen utgjør ca. 38 000 m<sup>3</sup>.

Tabell 6 Innledende beregning av nødvendig volum for tilstrekkelig skråningsstabilitet

Plassering	Avlastet volum i 2D-profil [m <sup>3</sup> /m]	Ref.	Omtrentlig utbredelse (på tegning 002) [m]	Kommentar	Estimert volum [m <sup>3</sup> ]
Profil 1-1	50 m <sup>3</sup> /m	Tegning 100b, [17]: Figur D1	70 m	Anbefalt avlasting i de bratteste partier	3500 m <sup>3</sup>
Profil 4-4	250 m <sup>3</sup> /m	Tegning 103b, [17]: Figur D6	135 m	Mindre avlasting mot vest der terrenget er slakere. Redusert total volumberegning grunnet dette	25 000 m <sup>3</sup>
Profil D-D	120 m <sup>3</sup> /m	Figur C1	80 m	Avlasting en del mindre mot profil 4-4, antatt representativ utbredelse (bredde) er 80 m	9 500 m <sup>3</sup>

Det er antatt at avlastet masse koster rundt 150 kr/ m<sup>3</sup> for avgraving, transport og deponering (usikkert estimat) og kostnad for avlastet område estimeres til 5,7 MNOK.

## 9 Kommentar knyttet til erosjonsutløste skred

### 9.1 Befaring fra 2019 og erosjonsforhold

NGI befarte elvestrekningen i prosjektområdet den 18.06.2019. Informasjon i dette avsnittet er delvis gjengitt ordrett fra NGI-rapport 20170711-03-R [11]. Det ble observert noe erosjon på begge sider av elven langs hele den befarte strekningen. Strekningen ble befart langs østre bredd, men det var generelt god sikt til den vestre elvebredd. Det ble ikke observert aktiv erosjon/pågående utglidninger. Derimot ble det observert pågående sig i skråningen flere steder.

I utkanten av skoletomten er det en ravine og en skredgrop. Skredgropen kan være etter skredet som er rapportert i Skrednett [35] ved skolebyggene lenger nordvest.

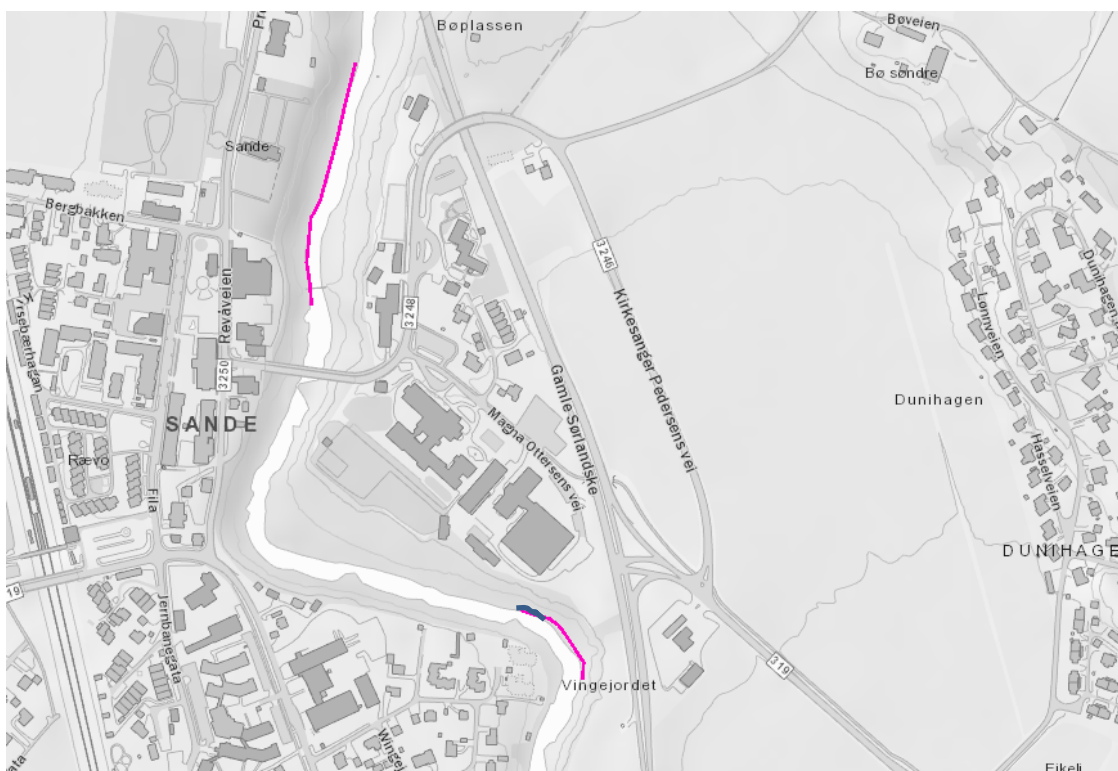
### 9.2 Befaring fra 2021 og erosjonsforhold

*NGI befarte elvestrekningen i prosjektområdet den 11.01.2021. Informasjon i dette avsnittet er delvis gjengitt ordrett fra NGI-notat 20200685-01-TN [16]. Fokuset for befaringen var å se etter tegn til nylig erosjon som kunne ha oppstått som følge av de store nedbørmengdene som falt over Østlandet høsten 2020. Terrenget var dekket av snø på befaringstidspunktet, og muligens var det endringer og egenskaper i terrenget som ikke ble registrert. Hovedfunn fra befaringen er observert erosjon i store deler av det aktuelle området den siste tiden. Det er tydelig at den våte høsten 2020 har ført til nye små utglidninger av vegetasjonsdekket ned mot elva grunnet undergraving av elvekanten.*

*Langs det befarte strekket av Sandeelva er det tydelig pågående erosjon, med tilhørende små utglidninger. Erosjonsforholdene ansees fortsatt å best betegnes med "noe" erosjon. Basert på funn gjort ved befaring opprettholdes anbefalingen om erosjonssikring beskrevet i [11] og [foreliggende rapport, 20200685-01-R].*

### 9.3 Utførte sikringstiltak

Sør og nord for (dagens) skoletomt er det utført erosjonssikring av elven, anleggsnr. 6678, tiltaksnr. 4981 [35]. Tiltaket ble utført i 1989 og består av steinsetting av elvebredden langs kirkegården på vestsiden og i yttersving rett sør for skolen (rosa linjer på Figur 9). På befaring ble det observert drenerør med utløp i elva sør for (dagens) skole. Tiltakets utstrekning på kart og utstrekning ved befaring i 2019 (østlig elvebredd) stemmer ikke helt over ens ved skoletomten – tiltaket starter lenger sør enn indikert på kart. Det er observert pågående erosjon i elvebredden nord for 1989-tiltaket (se blå linje på Figur 9).



Figur 9 Utstrekning av erosjonssikring (rosa) er hentet fra NVE Atlas. Den blå streken viser omtrentlig hvor mye av det registrerte erosjonssikringen (rosa), som ser ut til å faktisk ikke ha vært erosjonssikret tidligere til tross for registrering på NVE Atlas.

## 9.4 Kommentar til regelverk og mulig erosjonsutløste skred

I NVEs kvikkleireveileder 7/2014 [2] står følgende om tiltakskategori K1: "Erosjon som kan gi negativ påvirkning på stabiliteten i tiltaksområdet skal stoppes ved erosjonssikring" og mer generelt for øvrige tiltakskategorier "Hvis aktiv erosjon forekommer skal den hindres for kategori K1-K4." Disse reglene er inntatt i TEK17.

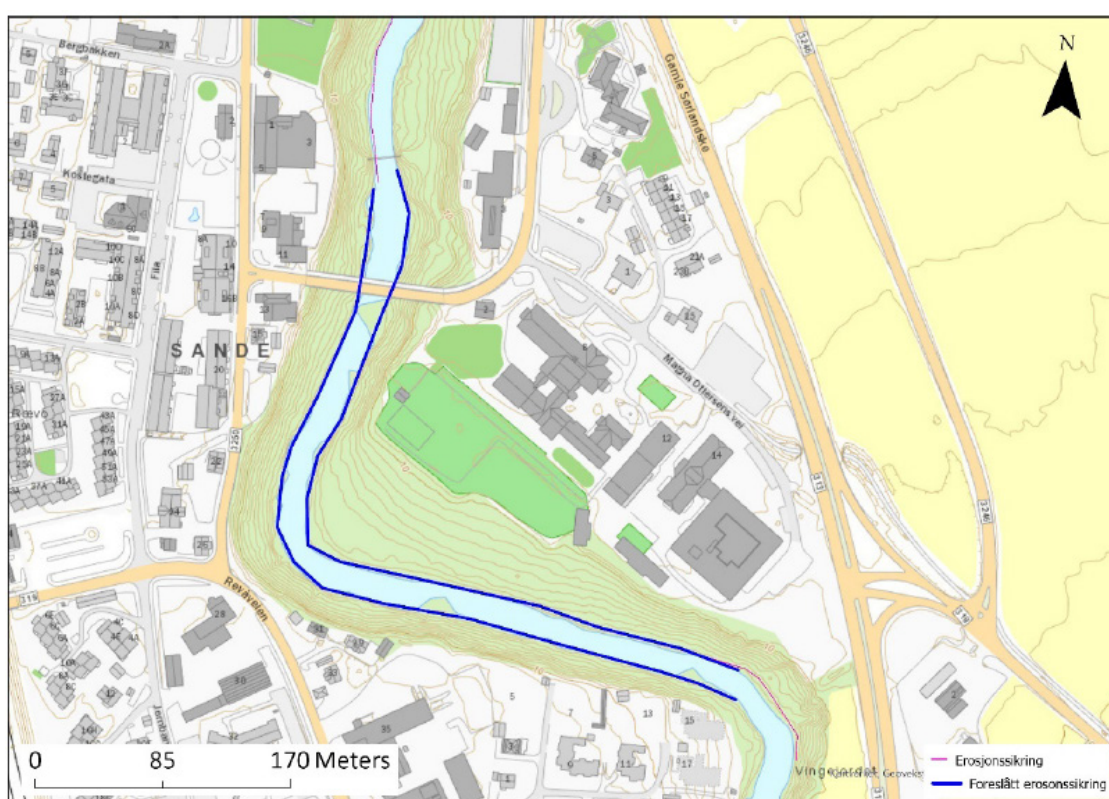
Kvikkleireveilederen er nylig revidert, og i (revidert) NVE-veileder 1/2019 gjelder følgende formulering mht. erosjonssikring for tiltak i tiltakskategori K3 og K4: "erosjon som kan påvirke tiltaksområde må forebygges ...". Planlagt byggeprosjekt med boligutbygging i kvikkleiresone 2396 Skolegata faller innunder tiltakskategori K4.

Med de stabiliserende tiltakene som er beskrevet i denne rapporten og på tegning 002 er tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet ivaretatt. Imidlertid er det, slik NGI tolker både NVE-veileder 7/2014 (som dette prosjektet/denne rapporten anvender) og NVE-veileder 1/2019, krav om erosjonssikring. Pågående erosjon vil over tid føre til en forverring av stabilitet og potensielt en fare for områdestabiliteten i fremtiden, se diskusjon i underavsnitt 6.4.1.1.

Basert på observasjoner fra befaring og vurderinger i tidligere rapporter, er det derfor krav om erosjonssikring av elven (i kombinasjon med avlasting). Det henvises til Figur

4 i rapport [11] for anbefalt omfang av erosjonssikring langs elva forbi sonen *Skolegata*. For det aktuelle byggeprosjektet er det erosjonssikring på østsiden av elva som er påkrevet. Strekingen hvor erosjonssikring må gjennomføres er beregnet til 563 m [11].

Det bemerkes at yttersving av elva er på vestsiden, og at erosjon trolig er mer aktiv her. I befaringsnotatet [16] anbefales en helhetlig tilnærming til erosjonssikringen av Sandeelva. Dette innebærer erosjonssikring av begge sider av elva. Det påpekes igjen at eventuell erosjonssikring på sør- og vestsiden av elva ikke påvirker utbygging på østsiden som foreliggende rapport tar for seg, men det anbefales altså erosjonssikring av begge elvebredder uansett.



Figur 10 Foreslått erosjonssikring iht. befaringsnotat [16].

Siden beregningsmessig sikkerhet for skråningen med foreslåtte stabiliserende tiltak tilfredsstillende de nominelle kravene i regelverket, er hensikten med erosjonssikringen å forhindre forverring av stabilitetsforholdene. Derfor behøver ikke erosjonssikringen å være et svært omfattende inngrep, men kan utføres som steinplastring. Det er med andre ord ikke behov for en større motfylling i elven som stabilitetsforbedrende tiltak. Stein-størrelse og tykkelse av plastringen, samt øvre nivå for plastringen, må vurderes ut fra bl.a. dimensjonerende vannhastighet og flomnivå. Eventuelt kan erosjonssikring utføres med blågrønne løsninger (naturbaserte løsninger, NBS), som også vil bidra positivt til stabiliteten, særlig i øvre del av løsmassene i skråningen i tillegg til å ivareta naturmangfold. Et annet tiltak som kan bedre stabiliteten, spesielt i øvre del av løsmassene, er utbedret avrenningssystem med flere grøfter og renner.

## 10 **Rekkefølge for byggearbeider**

*Holmestrand kommune ønsker at NGI uttaler seg om rekkefølge og krav for de forskjellige utbyggingene i området.*

*Spesielt er krav i NVEs kvikkleireveileder viktig mht. tilstrekkelig områdestabilitet. NGIs utredning av områdeskredfare konkluderer med behov for erosjonssikring og stabiliserende tiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred. NGI har mottatt følgende plan for tiltak i området per e-post den 28. mars 2021 av Holmestrand kommune, se Tabell 7.*

Tabell 7 Overordnet liste over planlagte tiltak i området

<b>Igangsetting</b>	<b>Prosjekt</b>
Sommer 2021	Sentrumsskolene i Sande
Sommer 2021	Nytt Meny-bygg
Sommer/høst 2021	Erosjonssikring i Sandeelva
Vinter/vår 2022	Varmesentral
Sommer/høst 2023	Rive dagens skolebygg
2025	Boligbygging

*Det må lages en plan for anleggsgjennomføring, og føringer for videre prosjektering og utførelseskontroll. Ved planlegging og utførelse av sikringstiltak er det viktig å ta hensyn til hvordan miljøet og landskapet påvirkes. Både naturtyper på stedet og geologisk- og biologisk mangfold må ivaretas. Det bør utarbeides en arealplan som inkluderer sikringstiltak og vurderer konsekvensen av disse. Tiltak som kan medføre konsekvenser for allmenne interesser i eller langs vassdrag, kan kreve tillatelse etter vannressursloven (Lov om vassdrag og grunnvann).*

*Det er registrert pågående erosjon i Sandeelva. Det er ingen rigide krav i regelverket mht. tidspunkt for erosjonssikringen, men dess tidligere elva erosjonssikres jo bedre. NGI anbefaler at erosjonssikring utføres så raskt som mulig, hvilket også er planen iht. Tabell 7.*

*Planlegging av anleggsdrift er særlig viktig ved gjennomføring av sikringstiltak i områder med kvikkleire/sprøbruddmateriale der det er dårlig stabilitet. Det må vies spesiell oppmerksomhet til, og utvises stor aktsomhet ved utførelse av f.eks. anleggsveier, riggområder, midlertidige massedeponier og kompensasjonsgraving ved erosjonssikring. Sikkerhet mot skred skal ivaretas i alle faser av anleggsarbeidet. I nærmeste fremtid utarbeides det et notat som beskriver erosjonssikring i større detalj, dokumentnummer 20200685-02-TN (p.d.d. ikke ferdigstilt).*

*Et grunnleggende prinsipp for å bevare områdestabiliteten, er at et hvert trinn i anleggsgjennomføring for de forskjellige byggeprosjektene skal forbedre stabiliteten. Som et klart minimumskrav kreves det samme sikkerhet (som før), og det skal ikke på noe*

*tidspunkt være forverring av stabiliteten, da spesielt hvis materialfaktor er under 1,40. Krav om absolutt sikkerhet for byggeprosjektene er gitt i Eurokode.*

*En av konklusjonene i denne rapporten er at sone Søndre Bøplassen utgår. Dermed utgår også krav til områdestabilitet for planlagt Meny-bygg. Som vanlig er det krav om detaljprosjektering.*

*Utbredelse av kvikkleiresone Skolegata er revidert ifm. foreliggende rapport. Planlagt skoleutbygging ligger utenfor revidert kvikkleiresone Skolegata. Så fremt at RIG (rådgivende ingeniør geoteknikk) for skoleprosjektet dokumenterer tilstrekkelig lokalstabilitet i detaljprosjekteringen, så stilles det ikke spesifikke krav om erosjons-sikring/avlastning av skråningskant for at skoleutbyggingen kan igangsettes.*

*Imidlertid er varmesentralen som er tilknyttet skoleutbyggingen fortsatt i kvikkleiresone Skolegata. Varmesentralen er i avsnitt 5.2 definert å tilhøre tiltakskategori K2. Krav til tiltak i kategori K2 innebærer "ingen forverring", når stabiliteten er under 1,40. Med "ingen forverring" menes det i denne sammenheng dokumentasjon på at selve varmesentralen ikke medfører dårligere stabilitet i/ved skråningen under anleggsperioden. Så fremt at RIG for varmesentralen dokumenterer tilstrekkelig lokalstabilitet<sup>7</sup> i detaljprosjekteringen for varmesentralen iht. Eurokode, så er kravet om "ingen forverring" allerede ivaretatt.*

*Utbredelse av kvikkleiresone Skolegata er som nevnt revidert ifm. foreliggende rapport. Planlagt boligutbygging er fortsatt innenfor kvikkleiresone Skolegata. Avlastning og erosjonssikring må være utført før man begynner med det konkrete boligutbyggingsarbeidet fordi stabiliteten i dag ikke er tilstrekkelig. Prinsippet om gradvis forbedring underveis i byggearbeidene må etterfølges. Boligutbyggingen er vurdert innledende i [17], men geoteknisk detaljprosjektering gjenstår.*

---

<sup>7</sup> Det henvises til beregningsmessig udrenert stabilitet 1,21 mot planlagt varmesentral i figur B2 (vedlegg B) med lavere lokalstabilitet enn kravet for dagens situasjon.

## 11 Referanser

- [1] NGI, «Geoteknisk vurdering formålsbygg, Sande sentrum. Rapport nr. 20170711-02-R, datert 20.12.2017,» 2017.
- [2] NVE, «NVE veileder 7/2014: Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved atevalplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.,» 2014.
- [3] Terraplan AS, «Ny menybutikk Klokkejordet i Sande. Geoteknisk bistand i forbindelse med fundamenteringsløsning mm. Dokumentkode 20037-RIG-NOT-01, datert 20.05.2020. Rapportens revisjon 2 er datert 12.02.2021.,» 2021.
- [4] Grunnteknikk AS, «Holmestrand. Sande sentrumsskolene. Faresone justering sentrumsskolene. Rapport nr. 114991n1, datert 09.09.2020.»
- [5] NVE, «NVE fremmer innsigelse - Offentlig ettersyn - Områderegeringsplan for Sande sentrum øst - PlanID 2014000 - Holmestrand kommune. Datert 12.06.2020.,» 2020.
- [6] Fylkesmannen i Vestfold og Telemark, «Samordning av statlige innsigelser - områderegeringsplan for Sande sentrum øst. Datert 18.06.2020.,» 2020.
- [7] Fylkesmannen i Vestfold og Telemark, «Innsigelse - reguleringsforslag - områderegering - Holmestrand - Sande sentrum - reguleringsplan - planID 2014 0002. Datert 08.07.2020.,» 2020.
- [8] Statens vegvesen, «E18/RV 319 Haga Sande. Gang - Sykkelveg bru/undergang - Krysning av E18,» 1993.
- [9] NGI, «Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 502 Gunnestad i Sande kommune i Vestfold. Dokumentnr. 20110177-00-7-R, datert 14.06.2012. Revisjon 1 datert 6.11.2012.»
- [10] NGI, «Geoteknisk vurdering Formøsbygg Sande sentrum - Datarapport grunnundersøkelser. Dokumentnr. 20170711-01-R., datert 23.11.2017».
- [11] NGI, «Geoteknisk vurdering Formålsbygg Sande sentrum - Vurdering av erosjonsforhold langs Sandeelva, Sande sentrum. Dokumentnr. 20170711-03-R datert 28.06.2019».
- [12] Grunnteknikk AS, «Geotekniske grunnundersøkelser. Rapport nr. 113911r1, datert 31.01.2019,» 2019.
- [13] Grunnteknikk AS, «Grunnundersøkelser. Rapport nr. 114544r1, datert 04.02.2020,» 2020.
- [14] Terraplan AS, «Geoteknisk datarapport. Rapport nr. 20037-RIG-RAP-01, datert 15.05.2020. Rapportens revisjon 1 er datert 12.02.2021.,» 2021.
- [15] Grunnteknikk AS, «Grunnundersøkelser. Rapport nr. 114776r1, datert 02.06.2020,» 2020.
- [16] NGI, «Befaringsnotat, Sandeelva. Dokumentnr. 20200685-01-TN, datert 14.01.2021».
- [17] NGI, «Vurdering av stabilitet mot elven samt innledende vurdering av fundamenteringsløsning. Dokumentkode 20190677-01-TN, datert 13.09.2019. Revisjon 02 er datert 22.01.2021».
- [18] Terraplan, «Mottatt e-post den 26.01.2021: Rådatafiler fra supplerende grunnundersøkelser (P1-P4) ved Søndre Bøplassen (det er ikke laget en egen datarapport p.d.d.)».
- [19] Grunnteknikk AS, «Geoteknisk datarapport. WK Entreprenør AS. Holmestrand, Sande, Ny skole. Supplerende grunnundersøkelser mot Sandeelva. Rapport nr. 115422r1, datert 22.02.2021,» 2021.



- [20] Standard Norge, «NS 8015:1988 Geoteknisk prøving - Laboriemetoder - Bestemmelser av udrenert skjærstyrke ved konusprøving,» 1988.
- [21] Standard Norge, «NS-EN ISO 17892-6:2017 Geotekniske felt- og laborieundersøkelser. Laborieprøving av jord. Del 6: Konusprøving,» 2017.
- [22] NVE, «Veiledning nr. 1/2019. Sikkerhet mot kvikkleirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.,» Desember 2020.
- [23] NGI, «Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresone, kvikkleire. Rapport 20001008-3 datert 21.08.2001, revisjon 3 datert 08.10.2008.,» 2008.
- [24] NVE, «Veiledning nr. 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.,» 2014.
- [25] NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, «Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner».
- [26] NS-EN 1991-1-1:2002 + NA:2019, «Eurokode 1: Laster på konstruksjoner – Del 1-1; Allmenne laster – Tetthet, egenvekt og nyttelaster i bygninger».
- [27] NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler».
- [28] NS-EN 1997-2:2007+NA:2008, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laborieprøver».
- [29] DIBK, «Byggeteknisk forskrift (TEK17). <https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/>,» 2017.
- [30] DIBK, «Saksforskriften (SAK10). <https://dibk.no/byggereglersak/3/9/9-4/>,» 2010.
- [31] NVE, «Retningslinjer nr. 2-2011. Flom og skredfare i arealplaner. Datert 22.05.2014.,» 2017.
- [32] NVE, «Retningslinjer 1-2008. Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.,» 2008.
- [33] NVE, Jernbaneverket, Statens Vegvesen, «Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. En omforent anbefaling for. NIFS-rapport 14/2014».
- [34] NVE, «NIFS-rapport 2016/14 Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred,» NVE, Oslo, 2016.
- [35] NVE, «NVE-Atlas,» NVE, 2018. [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/>. [Funnet 2017-2018].
- [36] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggeteknisk forskrift Veiledning om tekniske krav til byggverk, datert 01.07.2017,» 2017.
- [37] NGI, «Grunnboring Sande kommune - Datarapport grunnundersøkelser. Dokumentnr. 20140168-01-R, datert 09.05.2014».



**FORKLARINGER:**

- Dreiesonering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬮ Dreieltrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingeboering
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$  Boret dybde + (boret i fjell)

- Røde polygoner markerer kvikkleiresonene (fra nord til sør) Bøplassen Sør, Skolegata og Vingejordet.
- Blå polygoner markerer byggene i de ulike byggeprosjektene og området for boligbygging i Skolegata-sonen.
- Sorte polygoner markerer plangrensene for skoleutbyggingen og Meny-utbyggingen og omiss av boligutbygging.

- Snitt A-A, B-B og C-C. Omfattet i NGI-rapport 20170711-02-T. Områdestabilitet. Dateret 20.12.2017. Snitt A-A er vurdert på nytt i denne rapporten.
- Snitt 1-1, 2-2, 3-3 og 4-4. Omfattet i NGI-rapport 20190677-01-TN. Vurdering av stabilitet mot elven samt innledende vurdering av fundamenteringsløsning. Dateret 14.08.2020. Snitt 4-4 er vurdert på nytt i denne rapporten.
- Snitt D-D. nytt snitt i dette prosjektet.

- Kvikkleiresoner - løseområder (fra nord: Søndre Bøplassen, Skolegata, Vingejordet)
- Kvikkleiresoner - utløpsområder (fra nord: Søndre Bøplassen, Skolegata, Vingejordet)
- Planlagte byggeprosjekter

— Tidligere utstrekning av KL-soner

**HENVISNINGER:**

- Borpunkt 201-210. boret av Statens vegvesen i 1993
- Borpunkt 11-15. boret av Grunnteknikk i 2015
- Borpunkt NGL1-NGL25. boret av NGI i 2017
- Borpunkt 1-6. boret av Geostrøm for Grunnteknikk i 2018
- Borpunkt 301-306 og 310-312. boret av Geostrøm AS for Grunnteknikk i desember 2019/januar 2020
- Borpunkt T\_1-T\_4. boret av Terraplan i 2020
- Borpunkt 2021\_P1 - 2021\_P4. boret av Terraplan i 2021

Tegningsstille:	Tegningsnr.:	Rev.:
Borplan	001	02

02	Suppl. grus. utført 2021 lagt til, sonegeomietri samtligge soner endret	06.04.2021	AJD	JSL	MMS
01	Lagt til utløpsområder og endret løseområde for Søndre Bøplassen	09.12.2020	AJD	JSL	MMS

Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godk.
Sande områderegulering kvikkleire				

Borplan	12500	
---------	-------	--

NGI Sognsveien 72 - PO Box 9830 Lilleveiv Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato	Kartst./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	21.10.2020	SGO	JSL	MMS
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
	20200685	001		02



**FORKLARINGER:**

- Kvikkleiresoner - løsneområder (fra nord: Søndre Bøplassen, Skolegata, Vingejordet)
- Kvikkleiresoner - utløpsområder (fra nord: Søndre Bøplassen, Skolegata, Vingejordet)
- Planlagte byggeprosjekter
- Områder som må avlastes

Tegningstittel: Omriss av tiltak	Tegningsnr.: 002	Rev.: 02
-------------------------------------	---------------------	-------------

02 Suppl. grus. utført 2021 lagt til, sonegeometri/er samtlige soner endret	06.04.2021	AJD	JSL	MMS
01 Utløpsområder opptegnet, endret løsneområde for Søndre Bøplassen og KS	02.12.2020	AJD	JSL	MMS

Rev. Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
<b>Sande områderegulering kvikkleire</b>				
Status: Original format A1 Tegningens linenum: Tegning 002_rev02.dwg Helsestak				

Omriss av tiltak	12500	
------------------	-------	--

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillelvi Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 21.10.2020	Kontroll./Tegnet SGO	Kontrollert JSL	Godkjent MMS
Oppdragsnr.: 20200685	Tegningsnr.: 002	Rev.: 02		



**FORKLARINGER:**

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ⬇ Dreieltrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$  Boret dybde + (boret i fjell)

-Røde polygoner markerer kvikkleiresonene (fra nord til sør) Bøplassen Sør, Skolegata og Vingejordet.  
 -Blå polygoner markerer byggene i de ulike byggeprosjektene og området for boligbygging i Skolegata-sonen.  
 -Sorte polygoner markerer plangrensene for skoleutbyggingen og Meny-utbyggingen og omriss av boligutbygging.

- -Påvist ikke kvikkleire fra prøver
- -Sonderinger indikerer ikke kvikkleire
- -Sondering indikerer kvikkleire
- -Påvist kvikkleire fra prøver

- I punkter uten farge er det for lite grunnlag for å velge én farge. Dette gjelder for eksempel 504 og 507 der det er tatt få prøver (uten påvist kvikkleire), men sonderingene utelukker ikke kvikkleire.

**HENVISNINGER:**

- Borpunkt 201-210: boret av Statens vegvesen i 1993
- Borpunkt 11-15: boret av Grunnteknikk i 2015
- Borpunkt NGL\_1-NGL\_25: boret av NGI i 2017
- Borpunkt 1-6: boret av Geostrøm for Grunnteknikk i 2018
- Borpunkt 301-306 og 310-312: boret av Geostrøm AS for Grunnteknikk i desember 2019/januar 2020
- Borpunkt T\_1-T\_4: boret av Terraplan i 2020
- Borpunkt 2021\_P1 - 2021\_P4: boret av Terraplan i 2021

Tegningstittel:	Tegningsnr:	Rev:
Utbredelse av kvikkleire	003	01

01	Suppl. grunnundersøkelser utført 2021 lagt til og enkelte punkt tolket på nytt	06.04.2021	AJD	JSL	MMS
Rev:	Beskrivelse	Dato	Tegn:	Kontr:	Godkj:
Holmestrand kommune		Original format		Status	
Sande områderegulering kvikkleire		Tegningens tittel		Tegningens filnavn	
Utbredelse av kvikkleire		1:500		MMS	
NGI		NGI		NGI	
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevevl Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjert
20200685		01.12.2020	SGO	JSL	MMS
Oppdragsnr:		Tegningsnr:	Rev:		
003		01			01

# Vedlegg A

## TOLKNING AV UDRENERT SKJÆRSTYRKE

### Innhold

<b>A1</b>	<b>Profiler for aktiv udrenert skjærfasthet</b>	<b>2</b>
<b>A2</b>	<b>Kommentarer til tolkning av udrenert skjærstyrke</b>	<b>2</b>
	A2.1 Borpunkt 313	2
	A2.2 Borpunkt 302, 304 og 306	2
	A2.3 Borpunkt NGI_25	2
	A2.4 Borpunkt T-2 og T-4	3
<b>A3</b>	<b>Tolkninger fra andre rapporter</b>	<b>3</b>
<b>A4</b>	<b>Referanser</b>	<b>3</b>

## A1 Profiler for aktiv udrenert skjærfasthet

Det er utført tolkning av skjærstyrkeprofiler ved trykksondering (CPTU) iht. korrelasjoner i ref. /A1/ og /A2/. Disse er sammenstilt med laboratorieundersøkelser der det er tilgjengelig, supplert av en linje som viser normalkonsolidert skjærfasthet ("NC"-linje) og tolkning basert på "SHANSEP"-metoden som tar hensyn til tidligere historisk belastning, ref. /A3/. Med grunnlag i ovennevnte metoder er det valgt en foreslått designlinje for aktiv udrenert skjærstyrke.

## A2 Kommentarer til tolkning av udrenert skjærstyrke

### A2.1 Borpunkt 313

Tolkningen av udrenert skjærfasthet er basert på CPTu, shansep og rutineundersøkelser fra laboratoriet (ekv.  $S_{ua,konus}$  og  $S_{ua,enaks}$ ). Laboratoriedata stemmer relativt godt overens med tolkning basert på CPTu.

Designprofilet brukt i beregninger i profil 4-4 sammenfaller med su-profilet "best estimate" markert med rødt i figur A-1.

### A2.2 Borpunkt 302, 304 og 306

De tre borpunktene 302, 304 og 306 er i rimelig nærhet til hverandre. Det er gjort tre individuelle tolkninger, basert på CPTu, shansep og rutineundersøkelser fra laboratoriet (ekv.  $S_{ua,konus}$  og  $S_{ua,enaks}$ ). Laboratoriedata indikerer noe lavere skjærfasthet enn det tolkning basert på CPTu indikerer.

De tre tolkningene er satt sammen til ett designprofil benyttet i beregningene i profil D-D. Dette profilet kan sees i figur A-8 med navn "Su\_topp\_før avlasting". Det er også vist et profil kalt "Su\_etter avlasting" i figur A-8 som har tatt hensyn til en reduksjon i udrenert skjærfasthet som følge av ~5 m avlasting (lavere effektivspenninger i profil D-D, figur C2).

### A2.3 Borpunkt NGI\_25

Tolkningen av udrenert skjærfasthet er basert på CPTu og shansep. Tolkningen er ikke benyttet som grunnlag for designprofil til beregninger i profil D-D. Informasjon fra trykksonderingen er derimot benyttet til å tolke lagdelingen i profilet.

## A2.4 Borpunkt T-2 og T-4

De to borpunktene T-2 og T-4 er i rimelig nærhet til hverandre. Det er gjort to individuelle tolkninger, basert på CPTu, shansep og rutineundersøkelser fra laboratoriet (ekv.  $S_{ua,konus}$  og  $S_{ua,enaks}$ ). Laboratoriedata stemmer relativt godt overens med tolkning basert på CPTu.

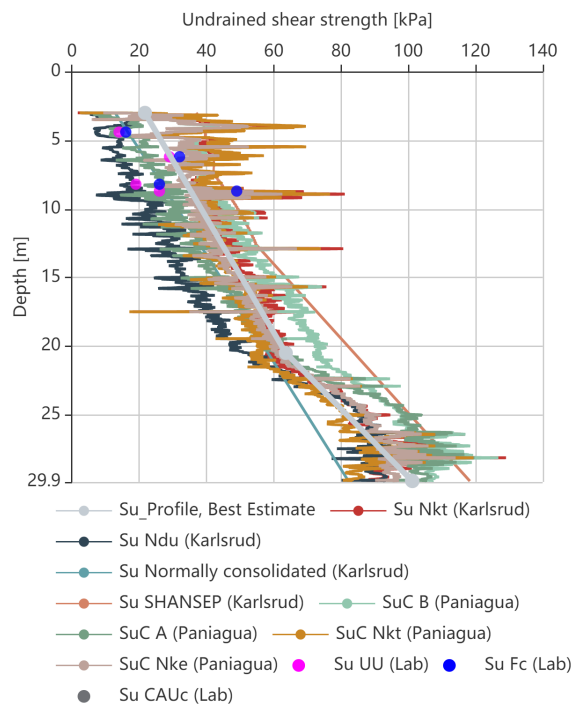
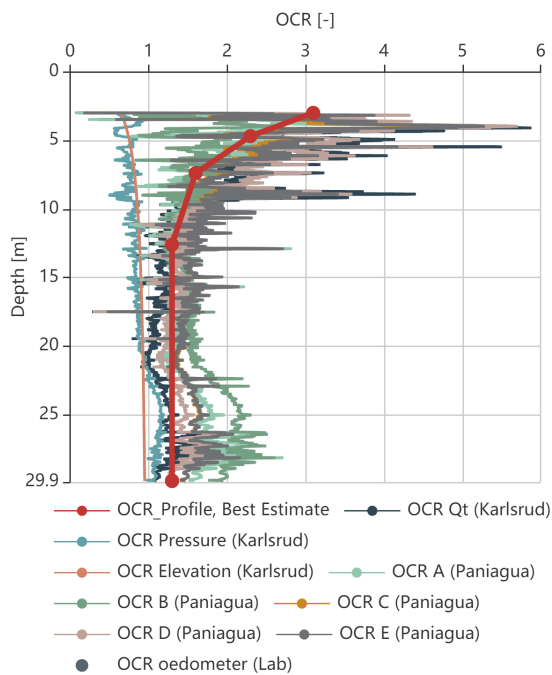
De to tolkningene er satt sammen til ett designprofil benyttet i beregningene i profil A-A. Dette profilet kan sees i figur A-9..

## A3 Tolkninger fra andre rapporter

Basert på kommentar fra Grunnteknikks uavhengige kontroll av 20200685-01-R, revisjon 0, har NGI inkludert Su-profiler fra tidligere rapporter. Figur A10-A15 er kopiert fra rapport 20170711-02-R. Figur A16-A19 er kopiert fra rapport 20190677-01-TN. Nummereringen av figurene er imidlertid endret for at figurene skal vises i kronologisk rekkefølge her i foreliggende rapport's revisjon 1.

## A4 Referanser

- /A1/ Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Proc. 16th ICSMGE (Osaka); Vo. 2, Millpress, Rotterdam, pp. 693-702.
- /A2/ Paniagua, P., D'Ignazio, M., L'Heureux, J.S., Lunne, T. and Karlsrud, K. (2019): CPTU correlations for Norwegian clays: an update. AIMS Geosciences, 5(2), pp. 82-103.
- /A3/ Ladd, C. C. and Foott, R. (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.



Project name: Sande områdereregulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength based on CPTU**

Figure nr:  
A-1

Borehole id: 313

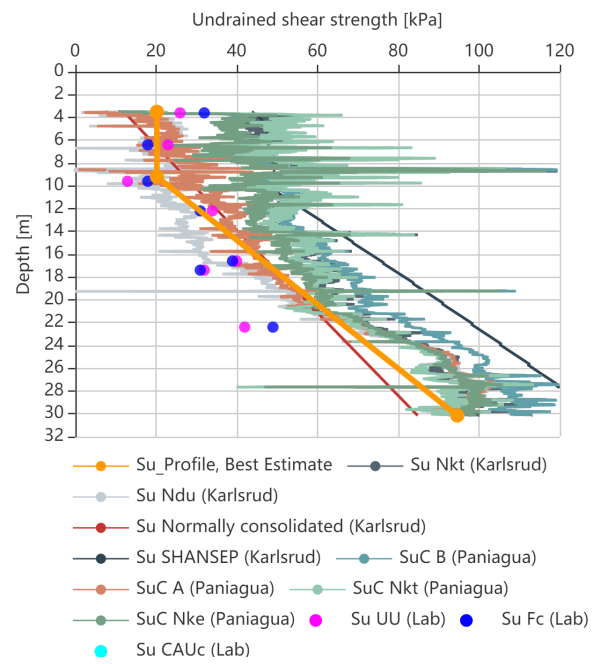
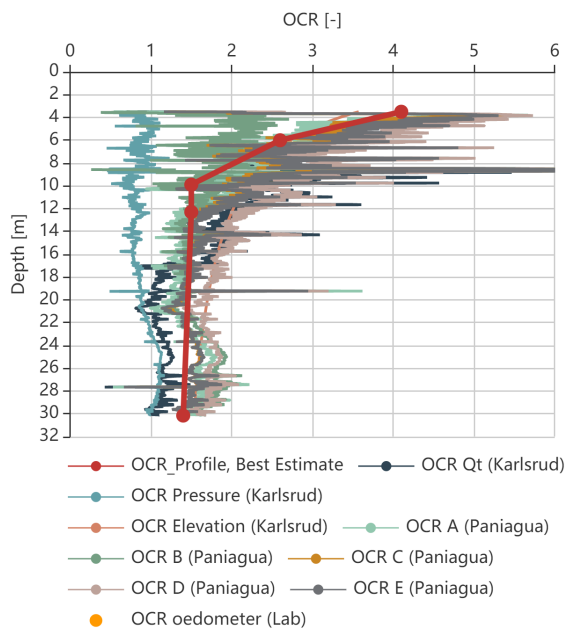
Terrain level: 13.6

Created: 2020-10-21 07:34

Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no







Project name: Sande områderegulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength based on CPTU**

Figure nr:  
A-2

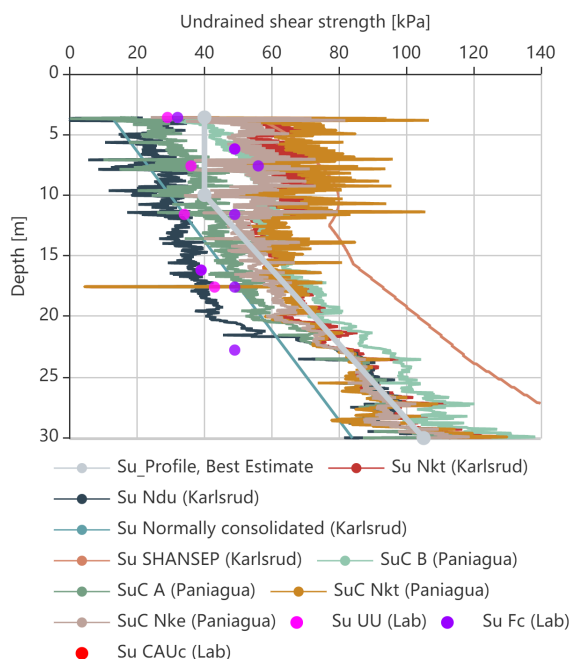
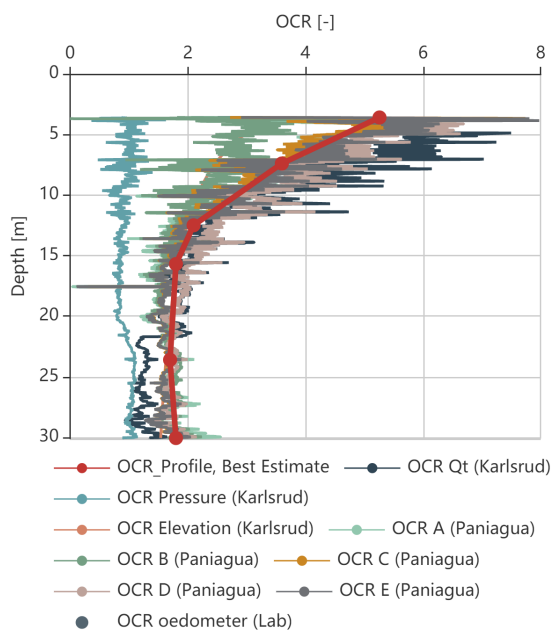
Borehole id: 302

Terrain level: 12.1

Created: 2020-10-21 07:36

Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no





Project name: Sande områderegulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength based on CPTU**

Figure nr:  
A-3

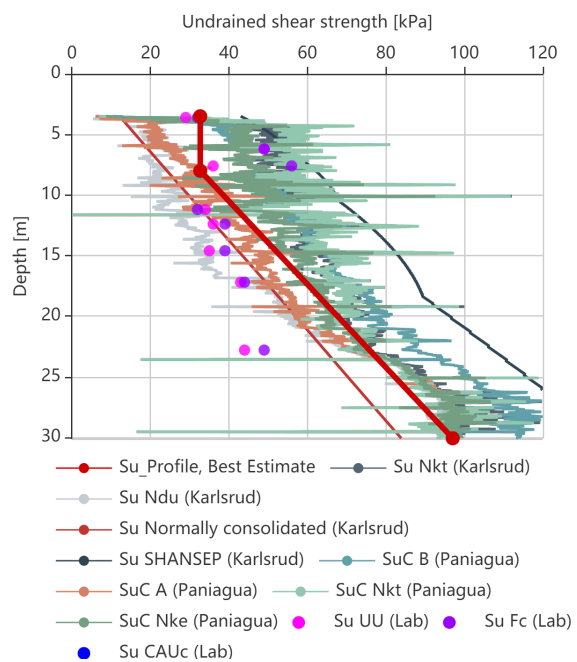
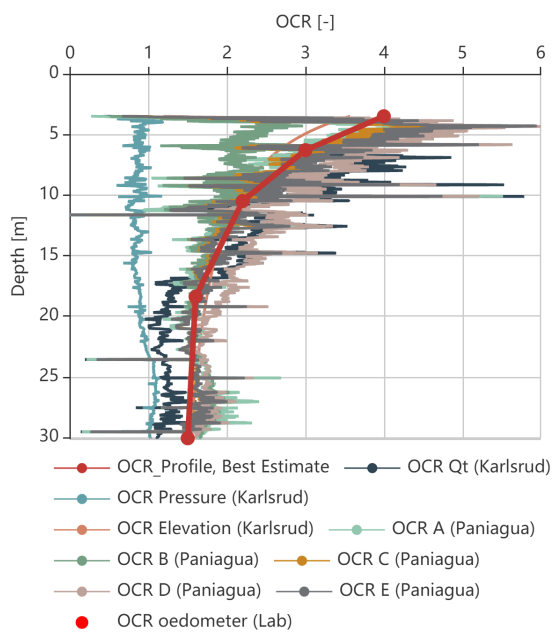
Borehole id: 304

Terrain level: 11.2

Created: 2020-10-21 07:38

Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no





Project name: Sande områderegulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength based on CPTU**

Borehole id: 306

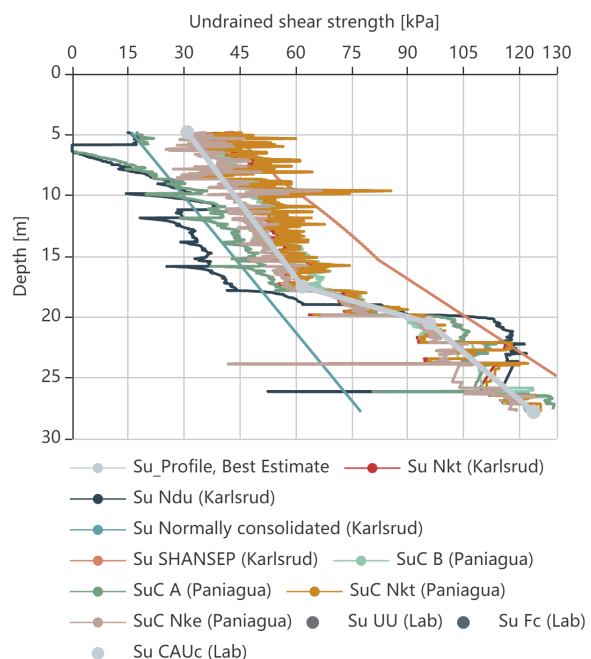
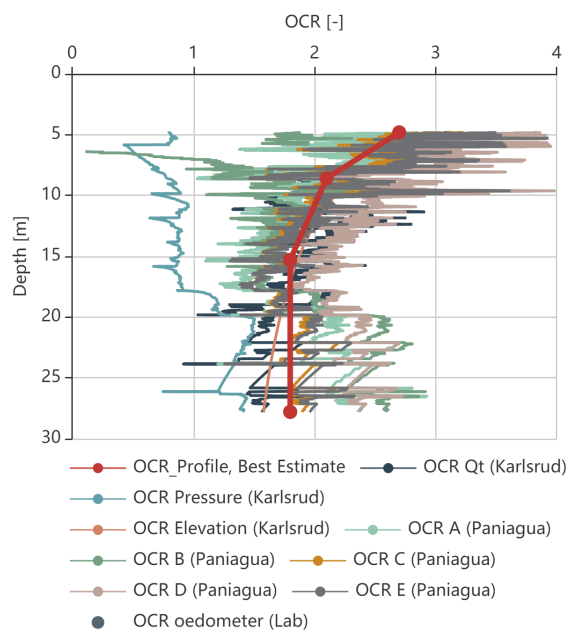
Terrain level: 11.9

Created: 2020-10-21 07:42

Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no

Figure nr:  
A-4





Project name: Sande områderegulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength based on CPTU**

Borehole id: NGI\_25

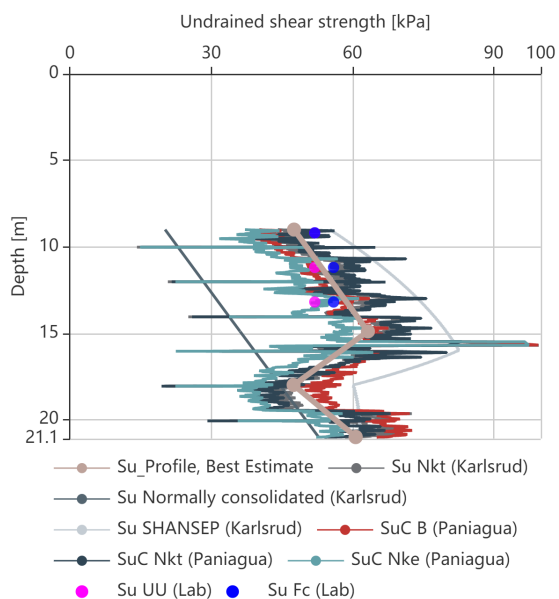
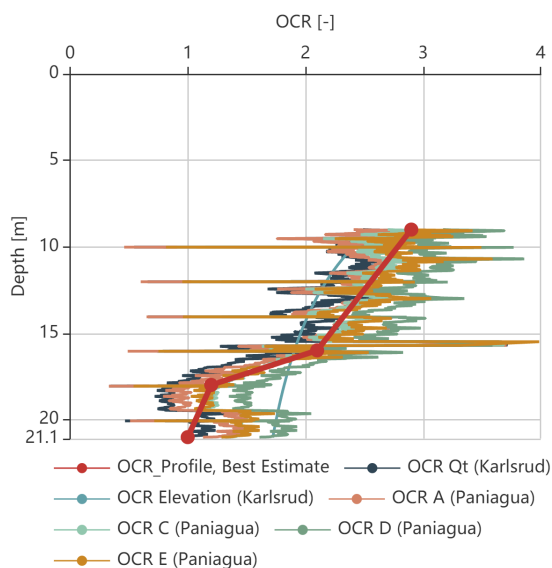
Terrain level: 13.082

Created: 2020-10-21 07:44

Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no

Figure nr:  
A-5





Project name: Sande områderegulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength based on CPTU**

Figure nr:  
A-6

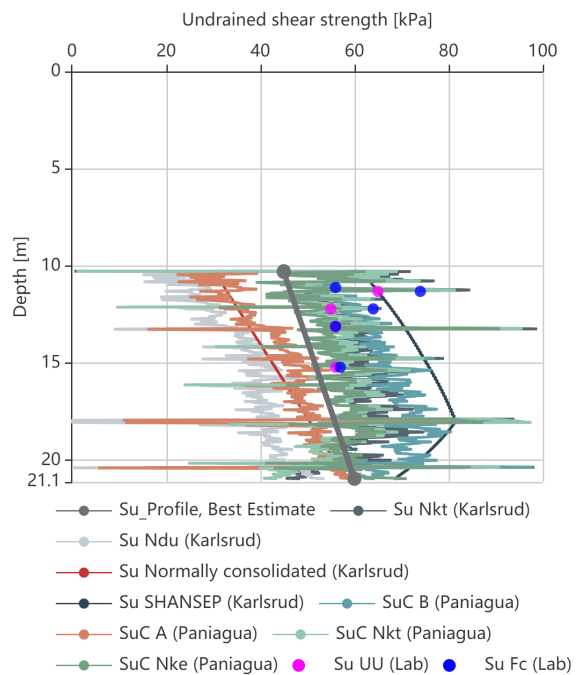
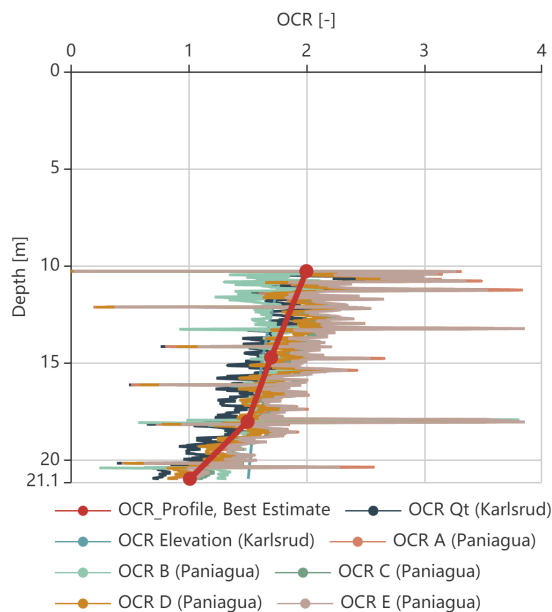
Borehole id: T-2

Terrain level: 17.8

Created: 2020-10-21 07:49

Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no





Project name: Sande områderegulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength based on CPTU**

Figure nr:  
A-7

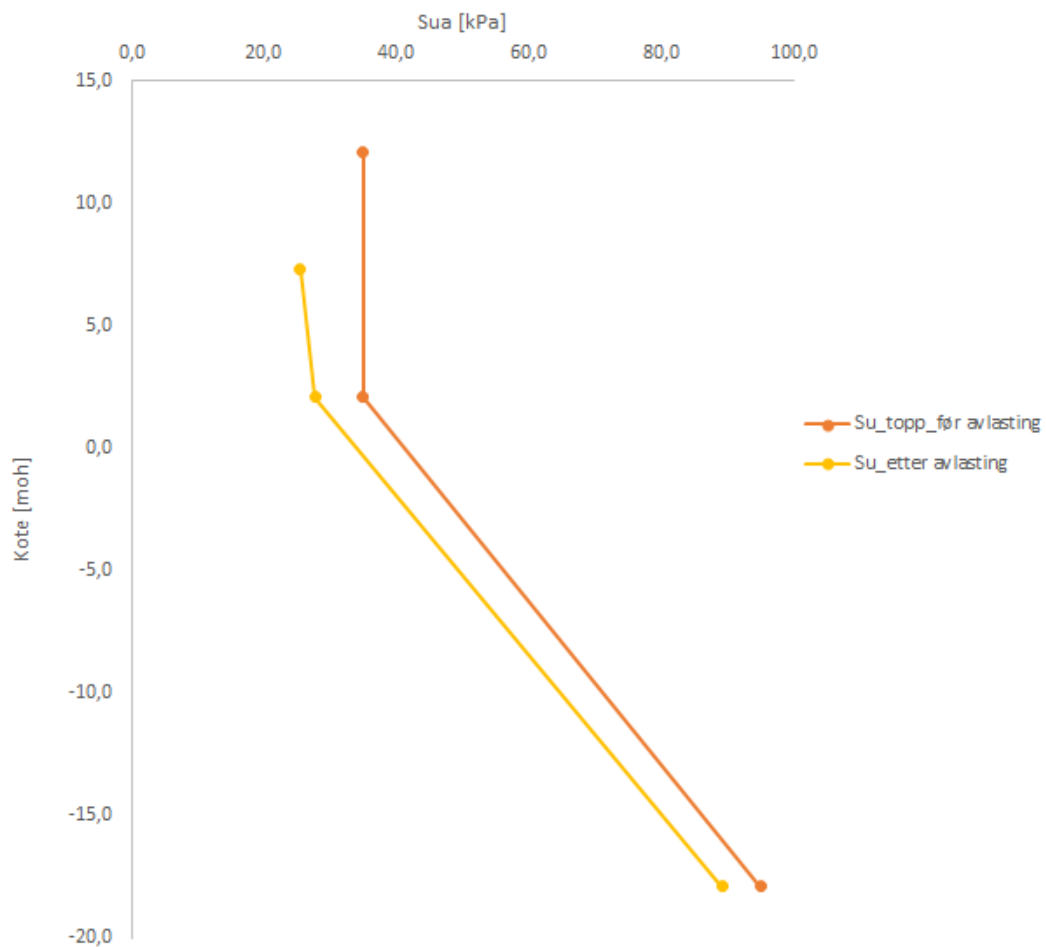
Borehole id: T-4

Terrain level: 17.8

Created: 2020-10-21 08:00

Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no





Project name: Sande områderegulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength design profile**

Borehole id: based on interpretation of 302, 304 and 306

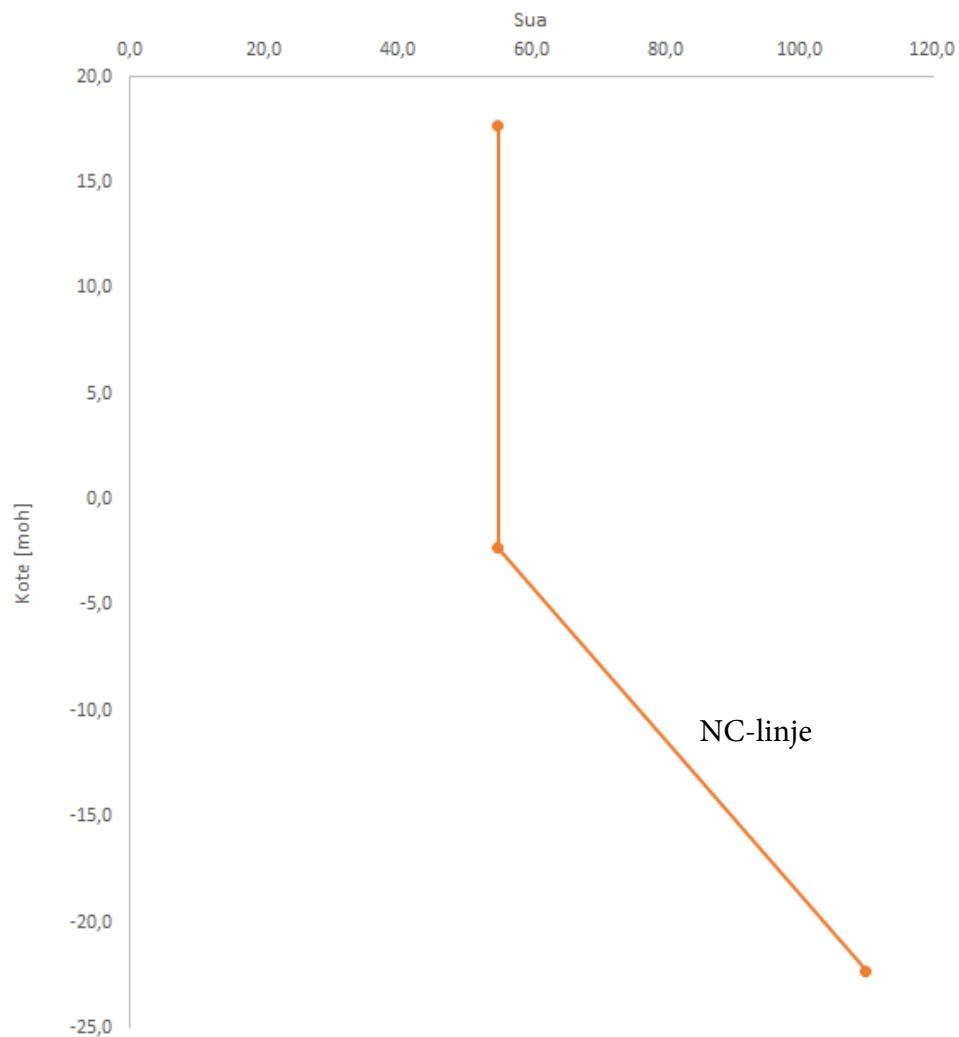
Terrain level: 11.2-12.1

Created: 2020-10-19 21:14

Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no

Figure nr:  
A-8





Project name: Sande områderegulering kvikkleire

Report nr:  
20200685-01-R

**Active shear strength design profile**

Borehole id: based on interpretation of T-2 and T-4  
Terrain level: 17.7

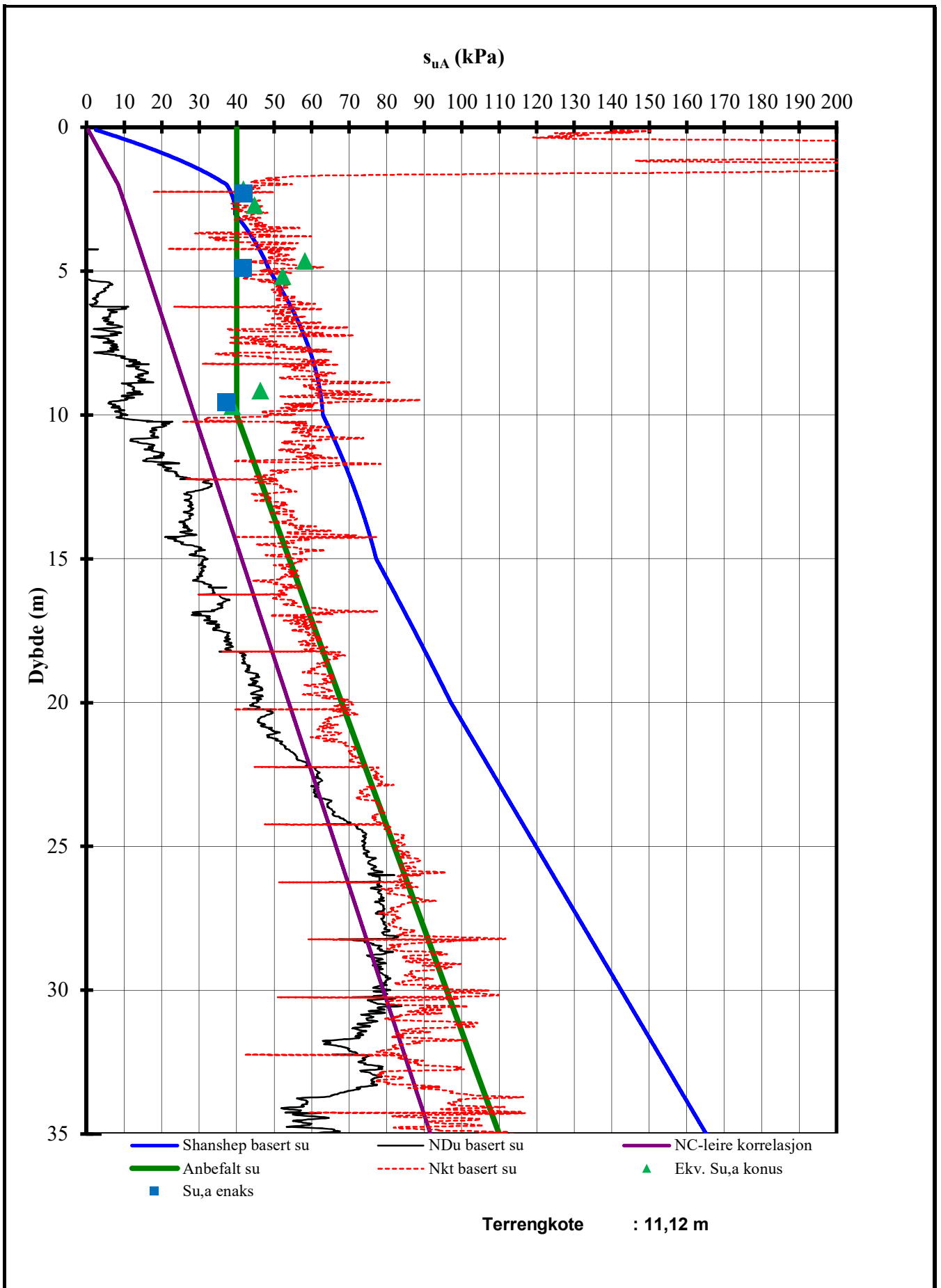
Figure nr:  
A-9


Created: 2020-10-19 21:14

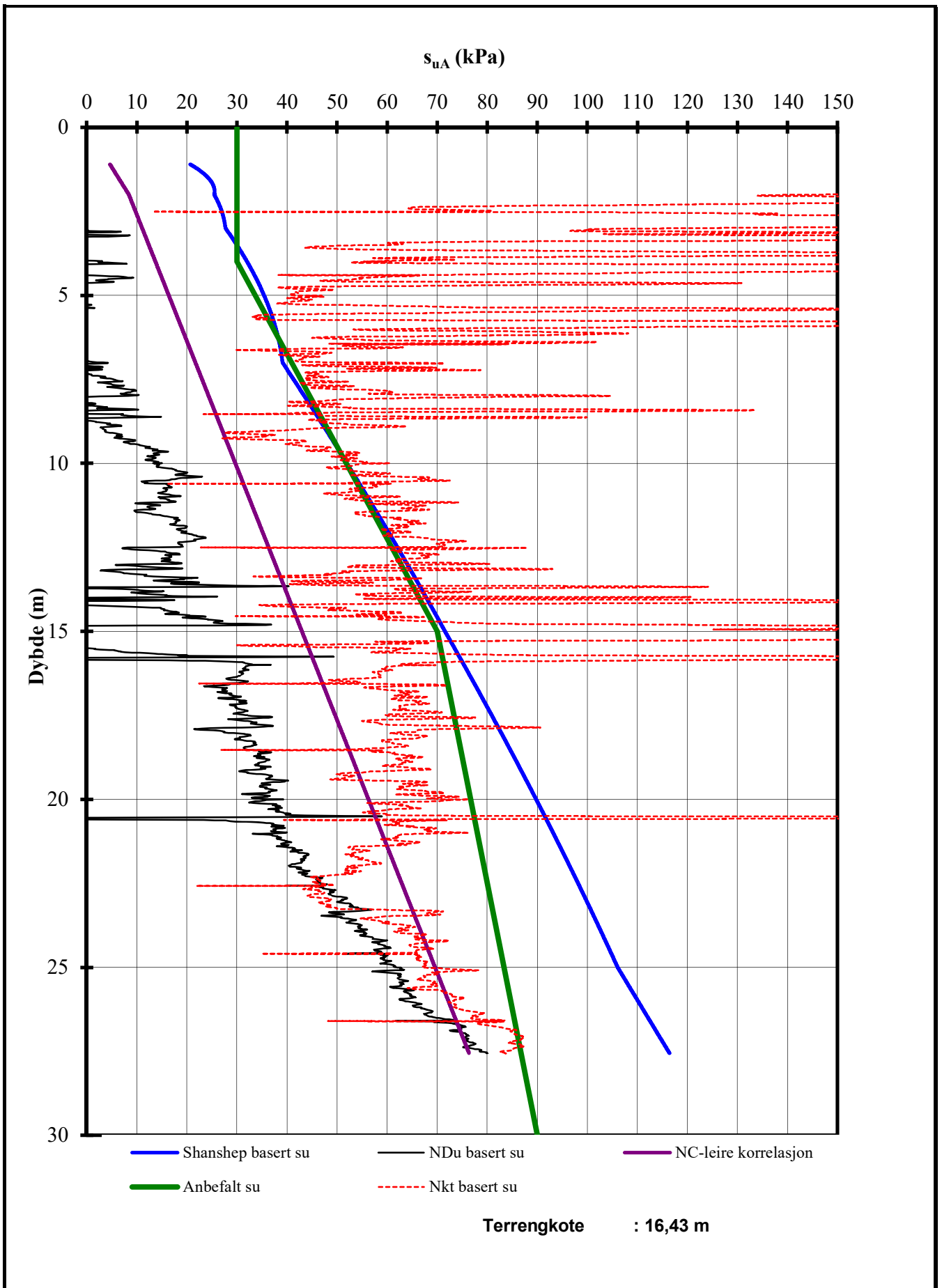
Exported by: amanda.johansen.dibiagio@ngi.no




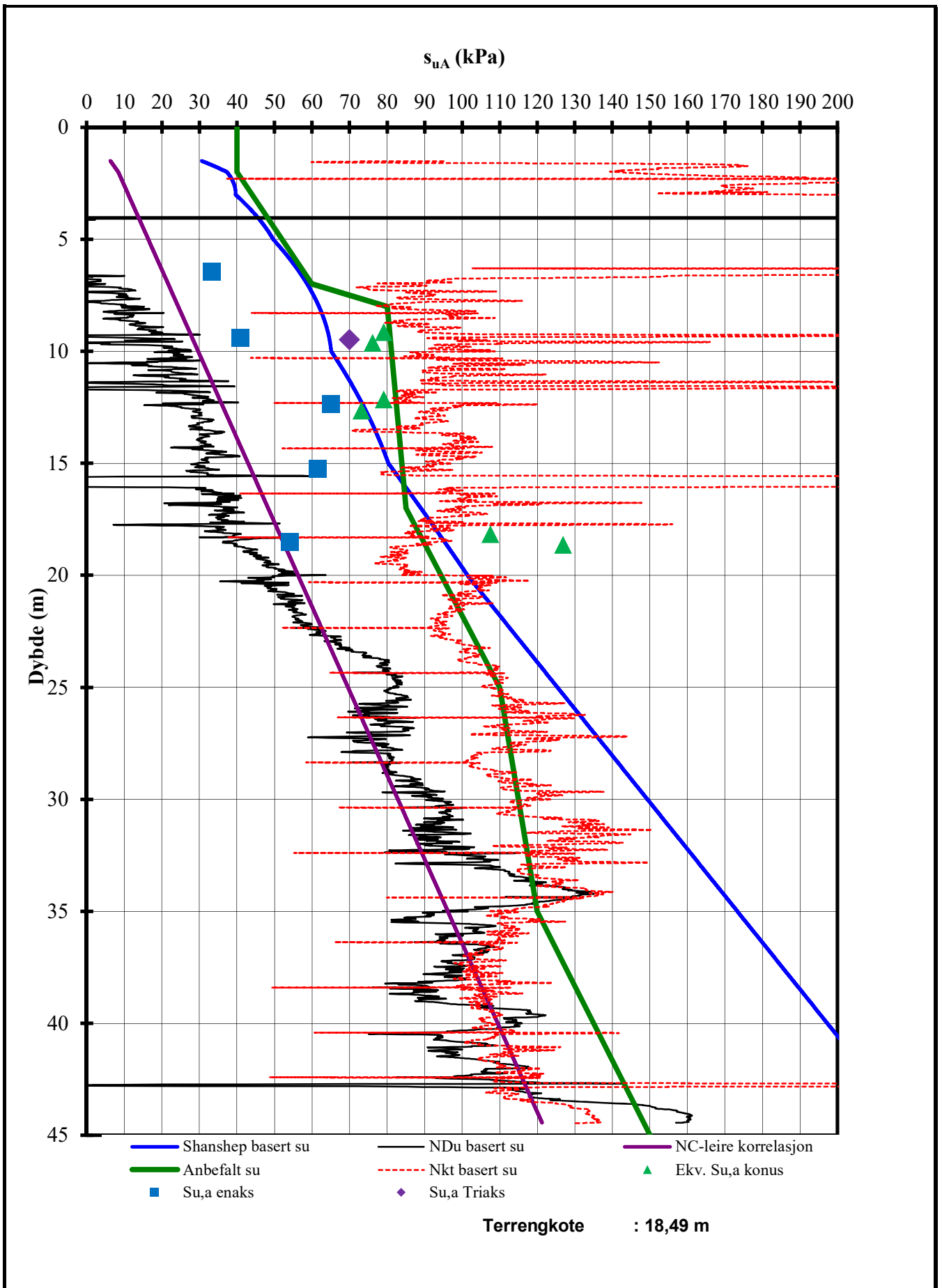





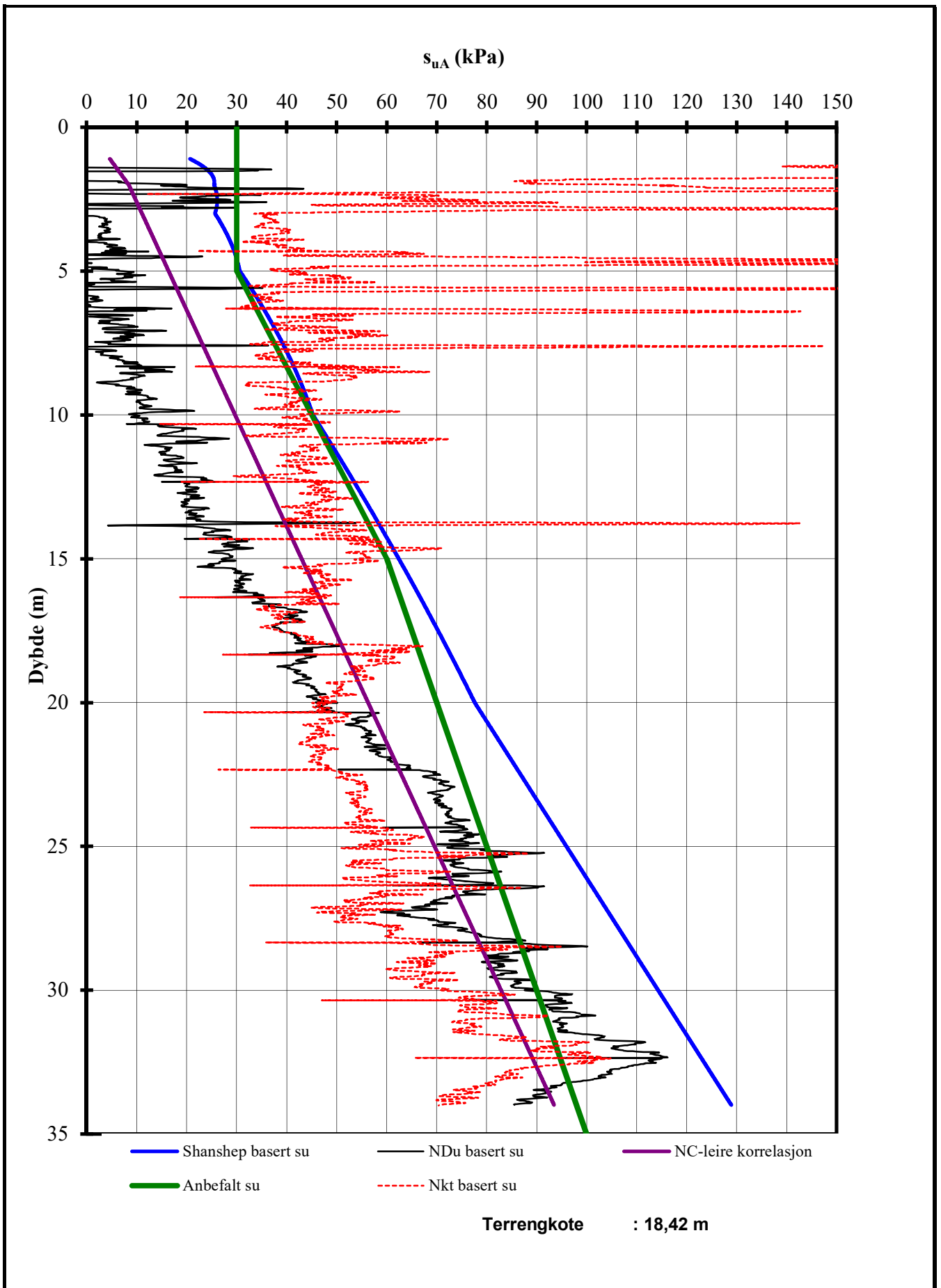
<p><b>Sande Sentrum, Formålsbygg</b></p> <p>Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.</p> <p>Borhull 1</p>	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	A10
	Tegner	Dato
	MMS	12.12.2017
	Kontrollert	
JMC		
Godkjent	JMC	




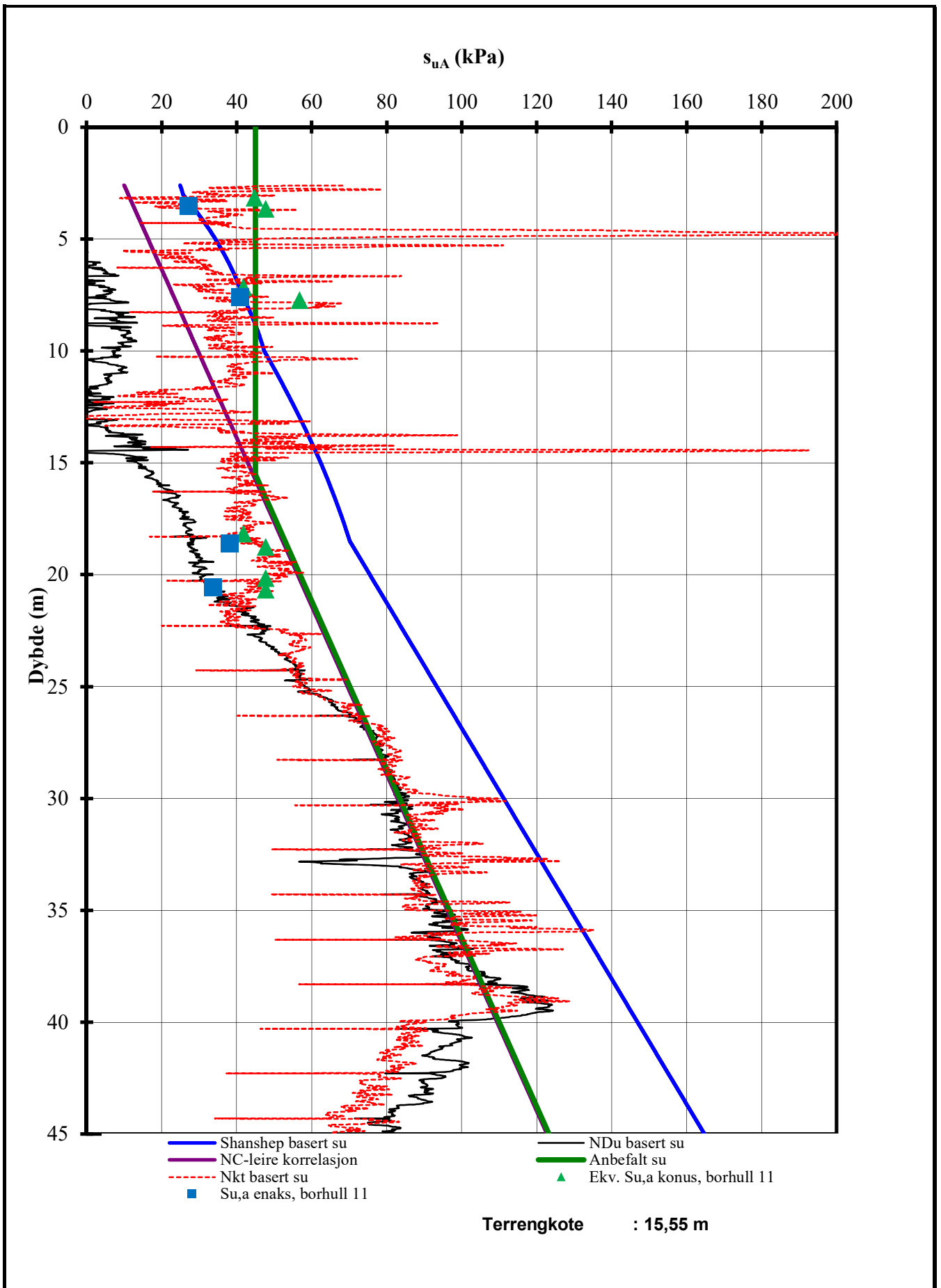
<b>Sande Sentrum, Formålsbygg</b>  Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.  Borhull 6	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	A11
	Tegner	Dato
	MMS	14.12.2017
Kontrollert		
JMC		
Godkjent	JMC	




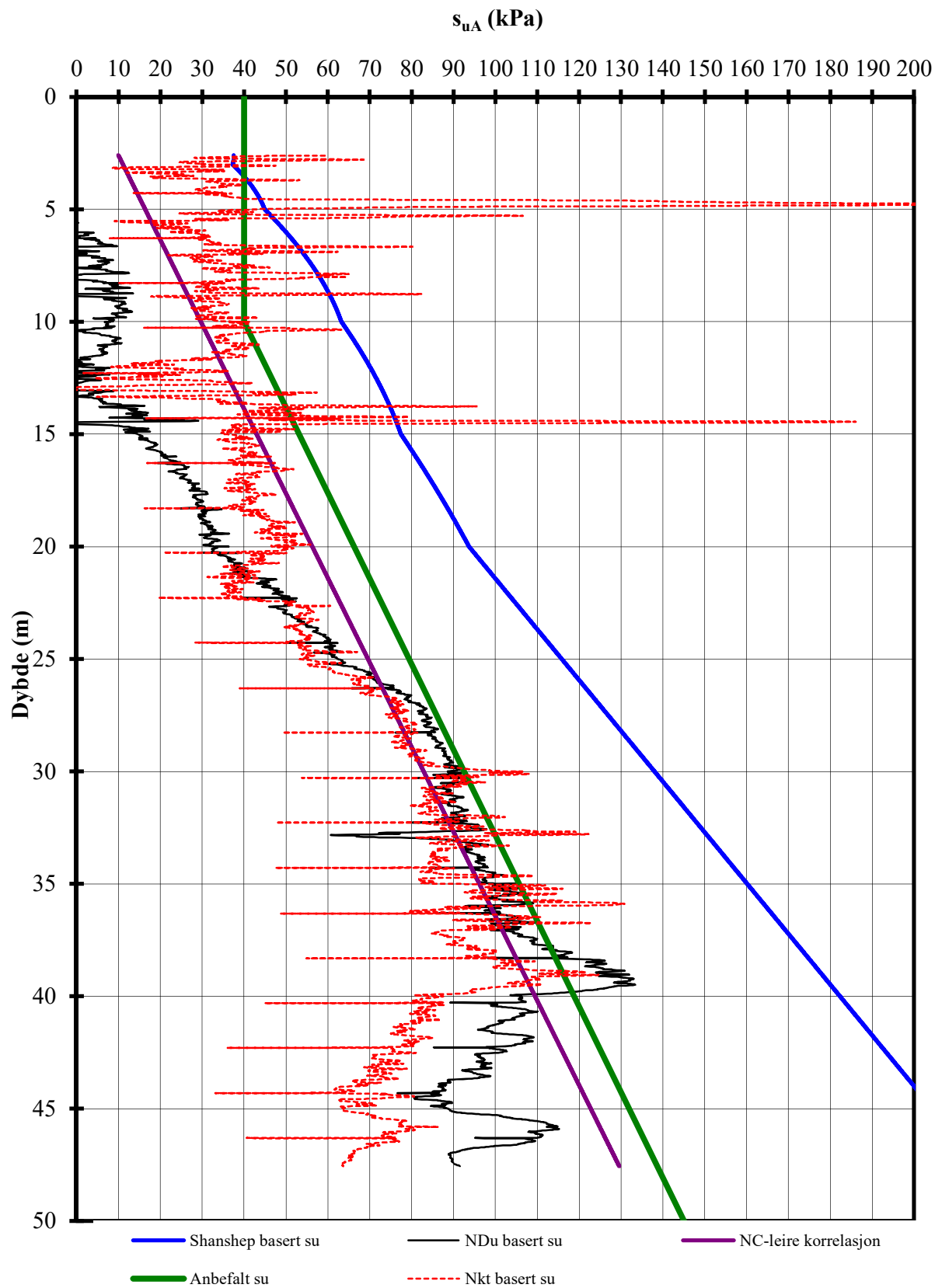
<b>Sande Sentrum, Formålsbygg</b>  Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.  Borhull 8	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	A12
	Tegner	Dato
	MMS	12.12.2017
	Kontrollert	
Godkjent		
	JMC	




<b>Sande Sentrum, Formålsbygg</b>  Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.  Borhull 14	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	A13
	Tegner	Dato
	MMS	14.12.2017
	Kontrollert	
JMC		
Godkjent	JMC	

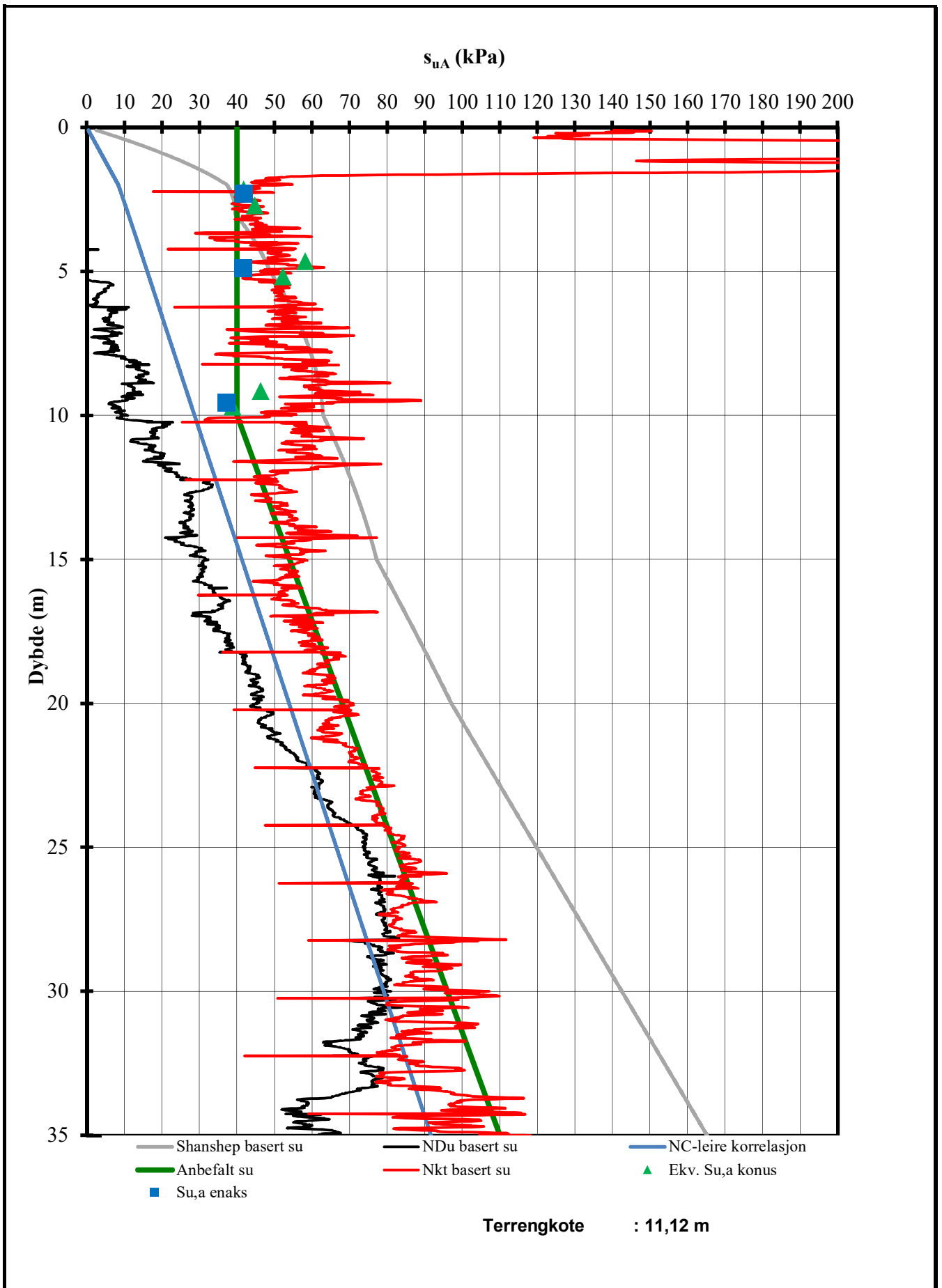



<b>Sande Sentrum, Formålsbygg</b> Laboratoriedata er fra borhull 11. Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 18	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	A14
	Tegner	Dato
	MMS	14.12.2017
Kontrollert		
JMC		
Godkjent	JMC	

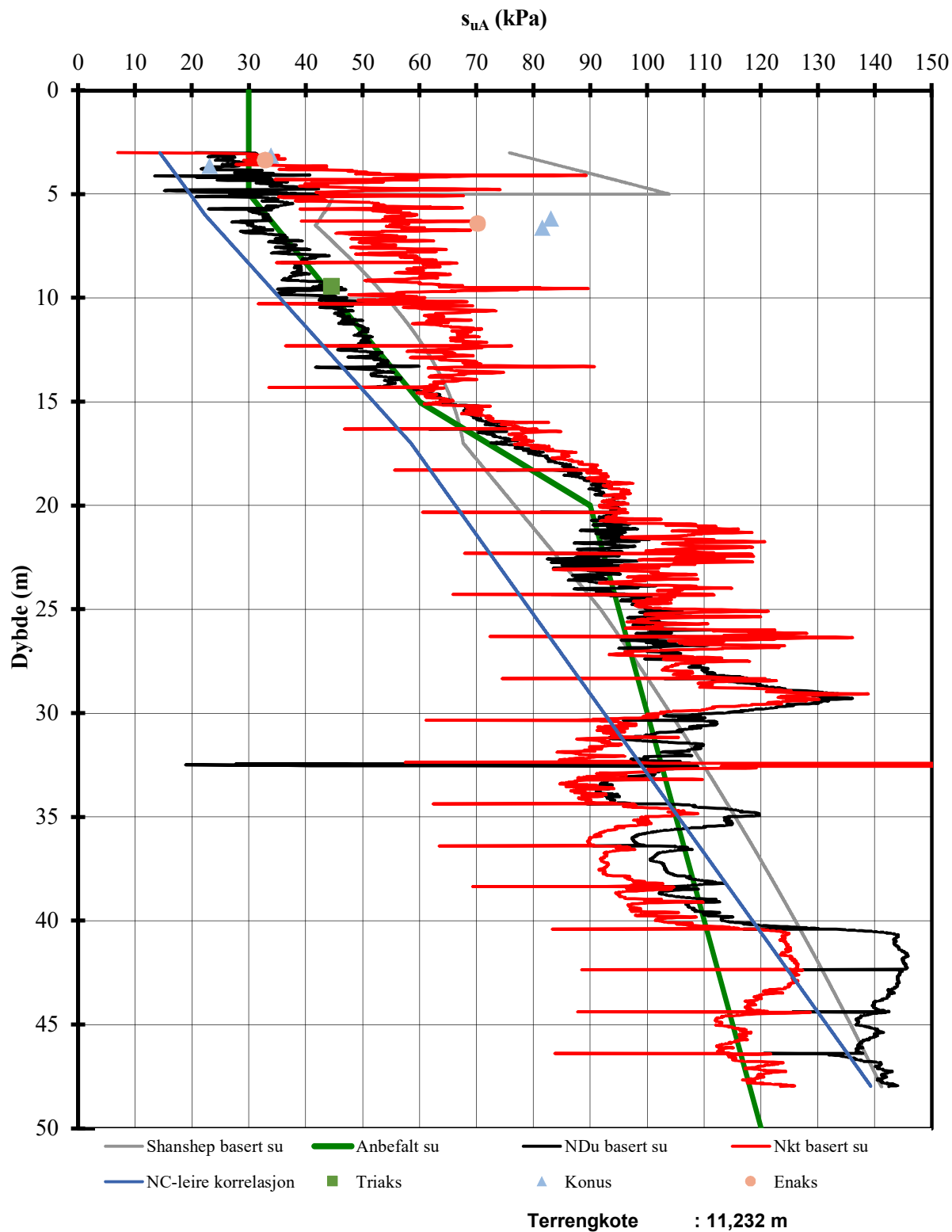


Terrengkote : 16,08 m

<b>Sande Sentrum, Formålsbygg</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	A15
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 22	Tegner	Dato
	MMS	14.12.2017
	Kontrollert	
JMC		
	Godkjent	
	JMC	



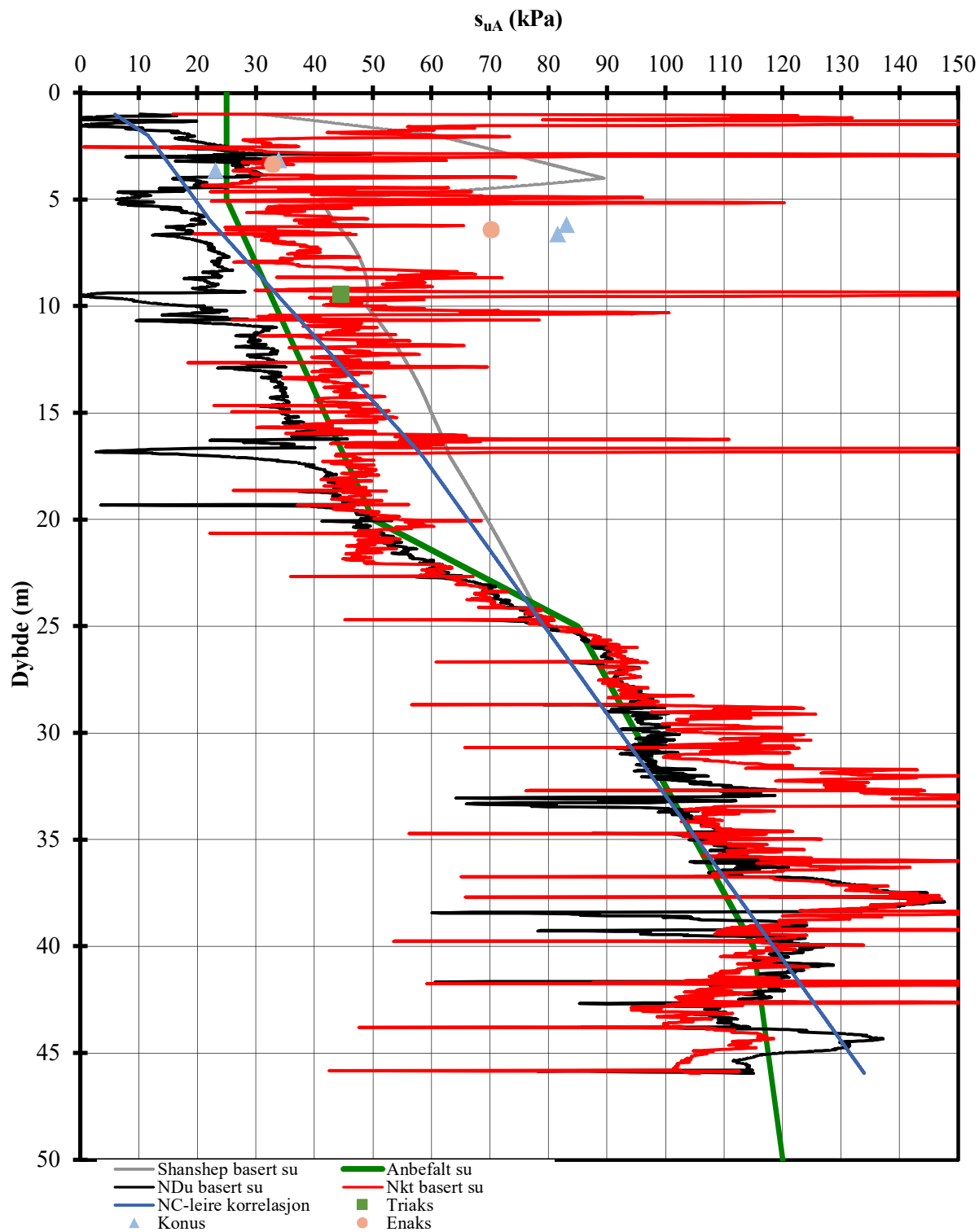
<b>Sande Sentrum, Formålsbygg</b>  Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.  Borhull 1	Rapport nr.	Figur nr.
	20190677-01-T	A16
	Tegner	Dato
	MLd	13.09.2019
Kontrollert		
SFe		
Godkjent		
SFe		



P:\2019\06\20190677\Calculations\01. CPT-tolk\Relevant CPTs\CPTU-tolk 3.xlsm\sua profil

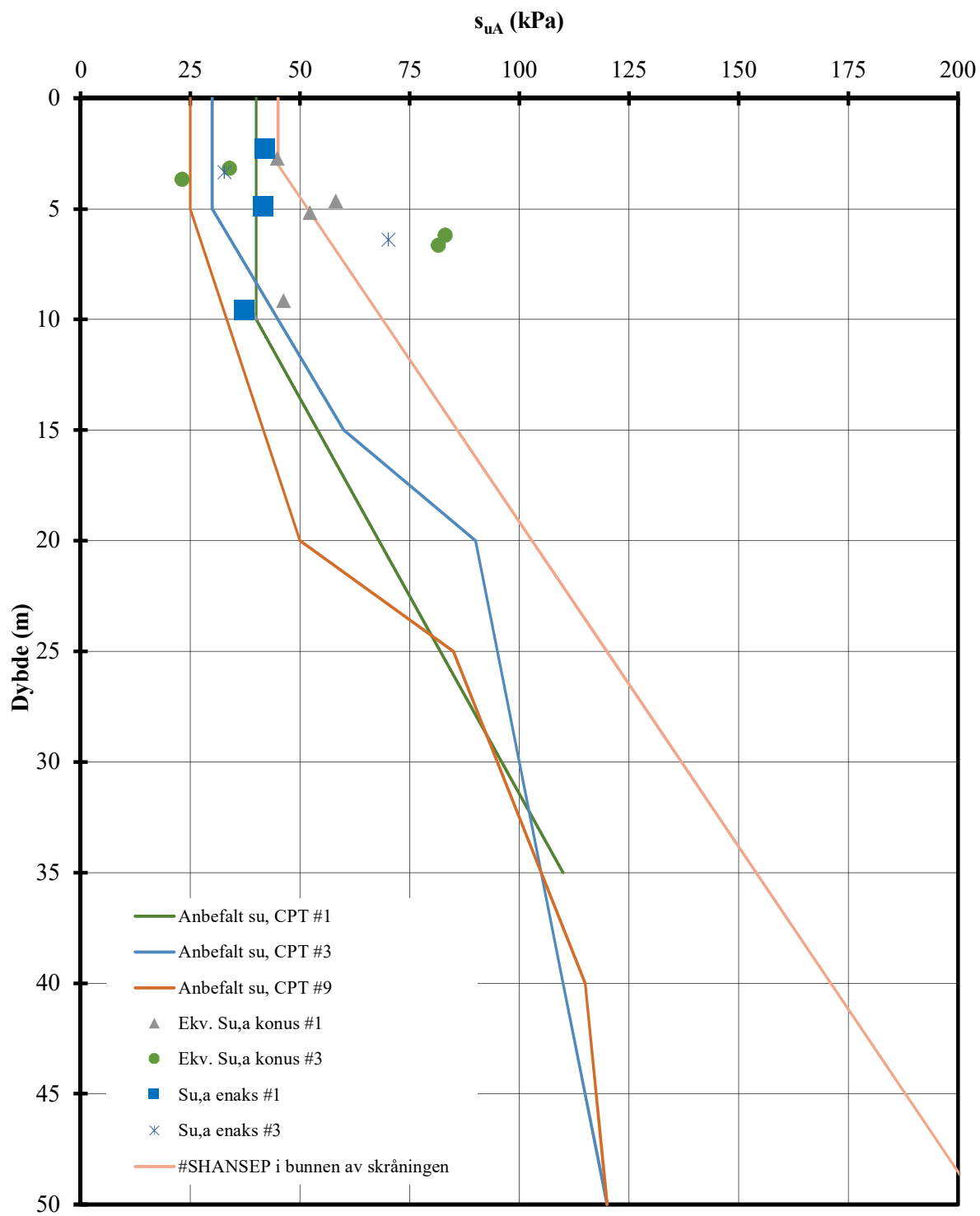
<b>Sande skole</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20190677	A17
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull3	Tegner	Dato
	MLd	27.08.2019
	Kontrollert	<b>NGI</b>
Godkjent		
	SFe	





P:\2019\06\20190677\Calculations\01. CPT-tolk\Relevant CPTs\CPTU-tolk 9.xlsm\sua profil

<b>Sande skole</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20190677	A18
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull9	Tegner	Dato
	MLd	27.08.2019
	Kontrollert	
Godkjent		
	SFe	



P:\2019\06\20190677\Calculations\01. CPT-tolk\Relevant CPTs\CPTU-tolk 3.xlsm\sua profil

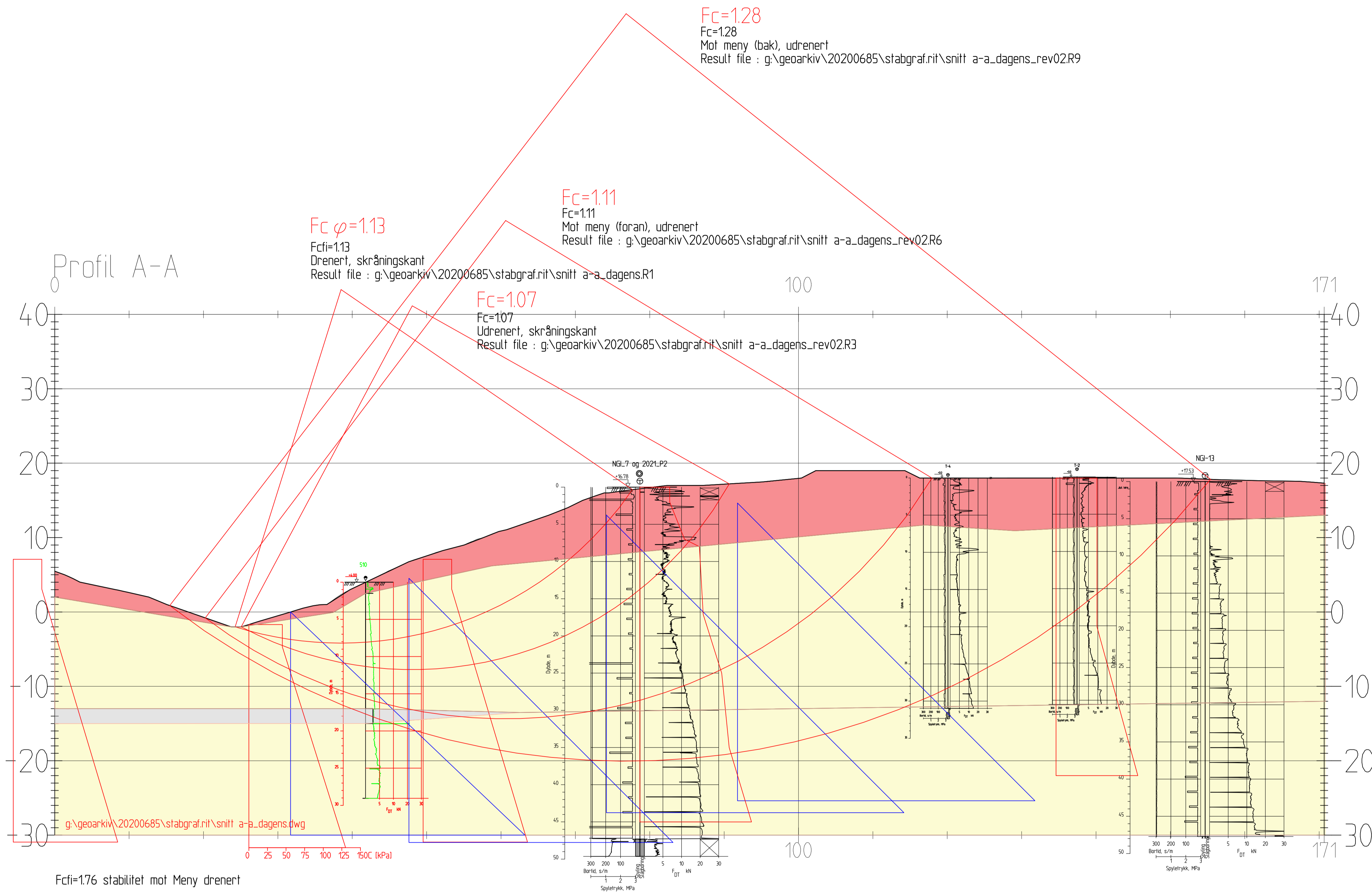
<b>Sande skole</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20190677	A19
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Tegner	Dato
	MLd	27.08.2019
	Kontrollert	NGI
	Godkjent	
	SFe	

# Vedlegg B

## STABILITETSBEREGNINGER – DAGENS SITUASJON

### Innhold

Vedlegg nr.	Tittel
B1	Snitt A-A Dagens situasjon
B2	Snitt D-D Dagens situasjon



Fcφ=1.76 stabilitet mot Meny drenert

Result file : g:\geoarkiv\20200685\stabgraf.rit\snitt a-a\_dagens\_mms revisjon 1R9

FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

-Profilen er videreført fra NGI-rapport 20170711-02-R, men oppdatert med nye borer og/eller prøver i 2020-P2, T-2 og T-4

-Drenert sikkerhet mot Meny-bygget er beregnet til  $F_c \phi = 1.76$ , men beregningen er ikke vist fordi det blir uoversiktlig.

Tegningstittel:	Tegningnr:	Rev:
Profil A-A Dagens situasjon	B1	02

02	Revidert lagdeling	23.03.2021	AJD	JSL	MMS
01	Revidert lagdeling	30.11.2020	MMS	JSL	MMS

Rev:	Beskrivelse	Dato	Tegn:	Kontroll:	Godkj:
	Holmestrand kommune Sande områderegulering, kvikkleire	21.10.2020	SGO/MMS	JSL	MMS
	Profil A-A Dagens situasjon	1300			

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 21.10.2020 Oppdragsnr 20200685	Konstr./Tegnet SGO/MMS Tegningnr B1	Kontrollert JSL	Godkjert MMS	Rev 02
---	--	--	--------------------	-----------------	-----------

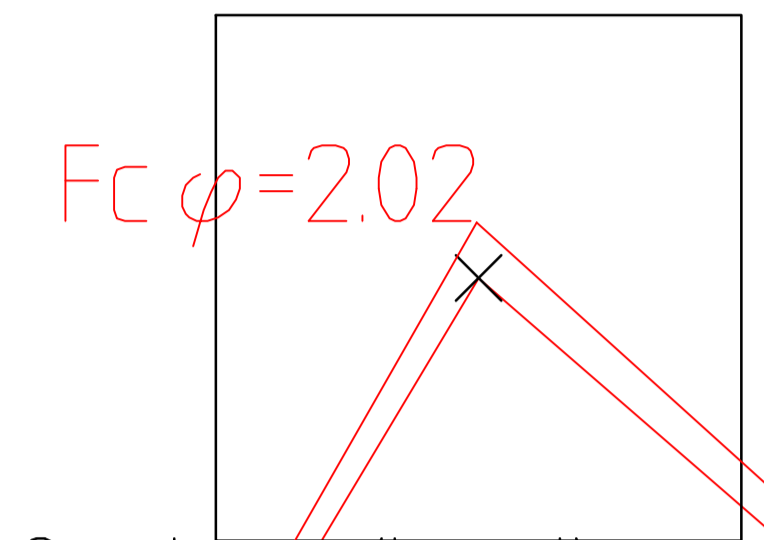


FORKLARINGER:

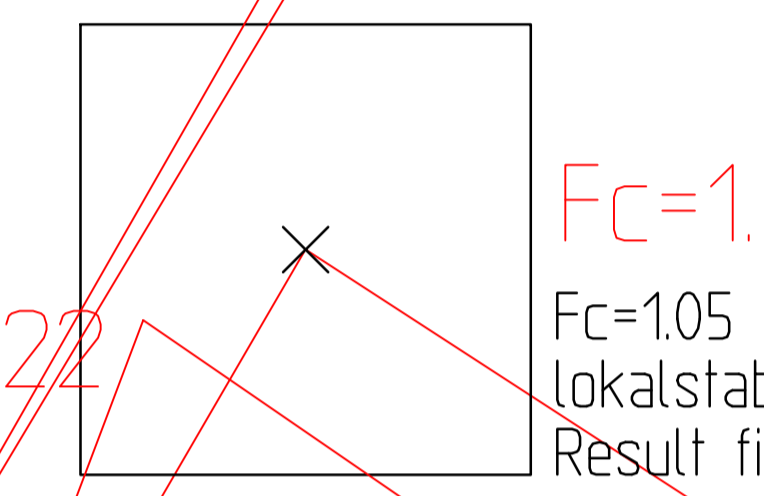
- Tørrskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.00	8.00	30.0	0.0				
Leire 2	19.00	9.00			C-prof	100	0.70	0.40
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire 1	19.00	9.00			C-prof	100	0.70	0.40

Search area (tangent)



Search area (tangent)



$F_c = 1.21$

$F_c = 1.21$

lokalstab Brudd lenger bak mot varmesentral

Result file : g:\geoarkiv\20200685\stabgraf.rit\profil d - lpi - dagens - til tegning.R2

$F_c = 1.05$

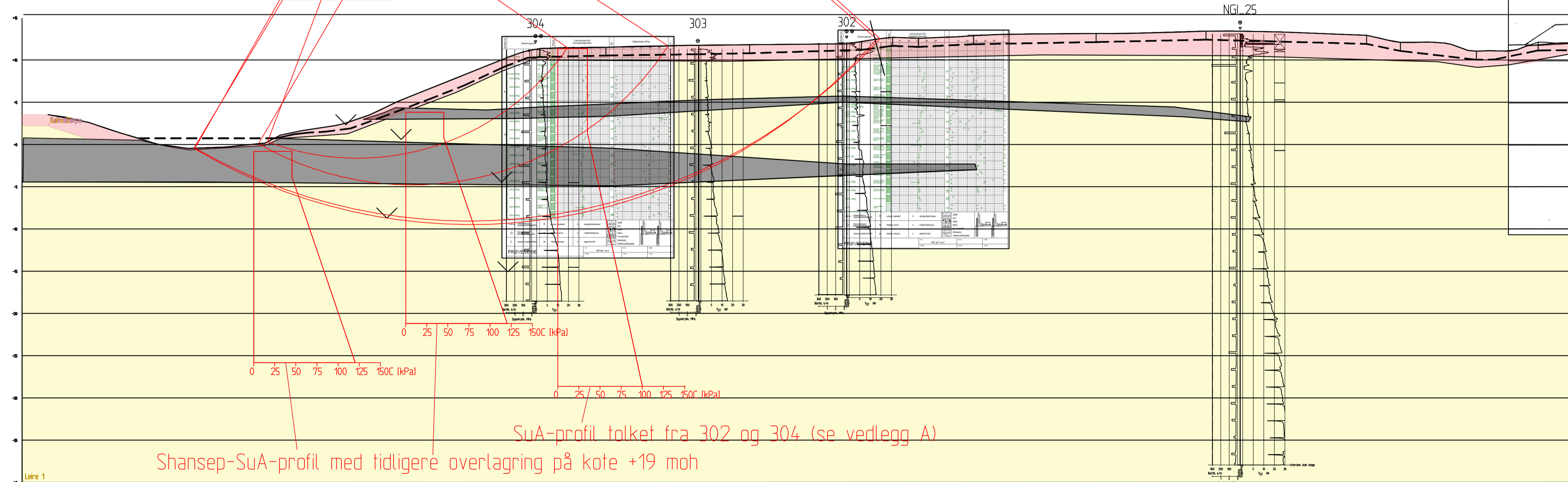
$F_c = 1.05$

lokalstab skraningsfront

Result file : g:\geoarkiv\20200685\stabgraf.rit\profil d - lpi - dagens - til tegning.R1

$F_c \varphi = 1.22$

Profil D-D



SuA-profil tolket fra 302 og 304 (se vedlegg A)  
Shansep-SuA-profil med tidligere overlaging på kote +19 moh

g:\geoarkiv\20200685\stabgraf.rit\profil d - lpi - dagens - til tegning.dwg

Tegningstittel:	Tegningnr:	Rev:
Profil D-D Dagens situasjon	B2	02

02	Oppdatert lagdeling	25.03.2021	AJD	JSL	MMS
01	Lagt til dreneret situasjon	02.12.2020	MMS	JSL	MMS

Rev:	Beskrivelse	Dato	Tegn:	Kontroll:	Godkj:
	Holmestrand kommune Sande områderegulering, kvikkleire				
	Profil D-D Dagens situasjon	1300			

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 19.10.2020 Oppdragsnr 20200685	Konstr./Tegnet SGO Tegningnr B2	Kontrollert SLJ	Godkjert MMS	Rev 02
---	--	--	--------------------	-----------------	-----------

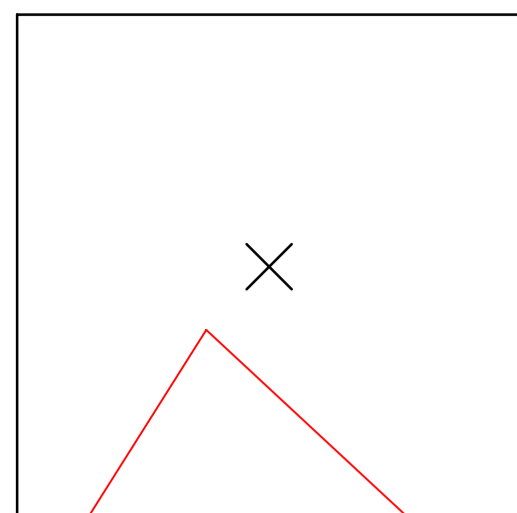
# Vedlegg C

## STABILITETSBEREGNINGER – TILTAK FOR TILFREDSSTILLELSE STABILITET

### Innhold

Vedlegg nr.	Tittel
C1	Snitt D-D Tiltak, avlastning

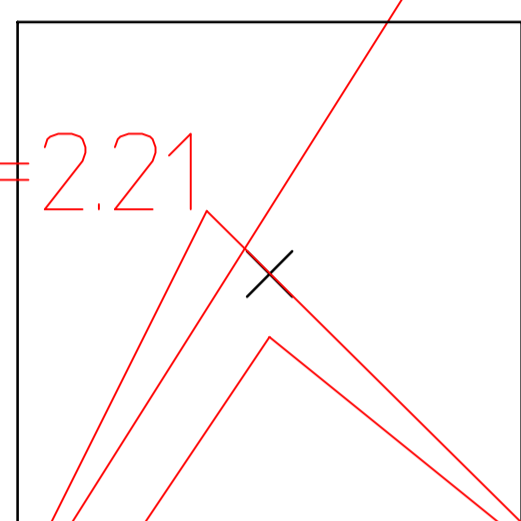
Search area (tangent)



$F_c=1.40$

$F_c=1.40$   
 global\_brudd mot varmesentral\_lokalstab bak  
 Result file : g:\geoarkiv\20200685\stabgraf.rit\profil d - lpi - tiltak\_mms og sgo.R3

Search area (tangent)

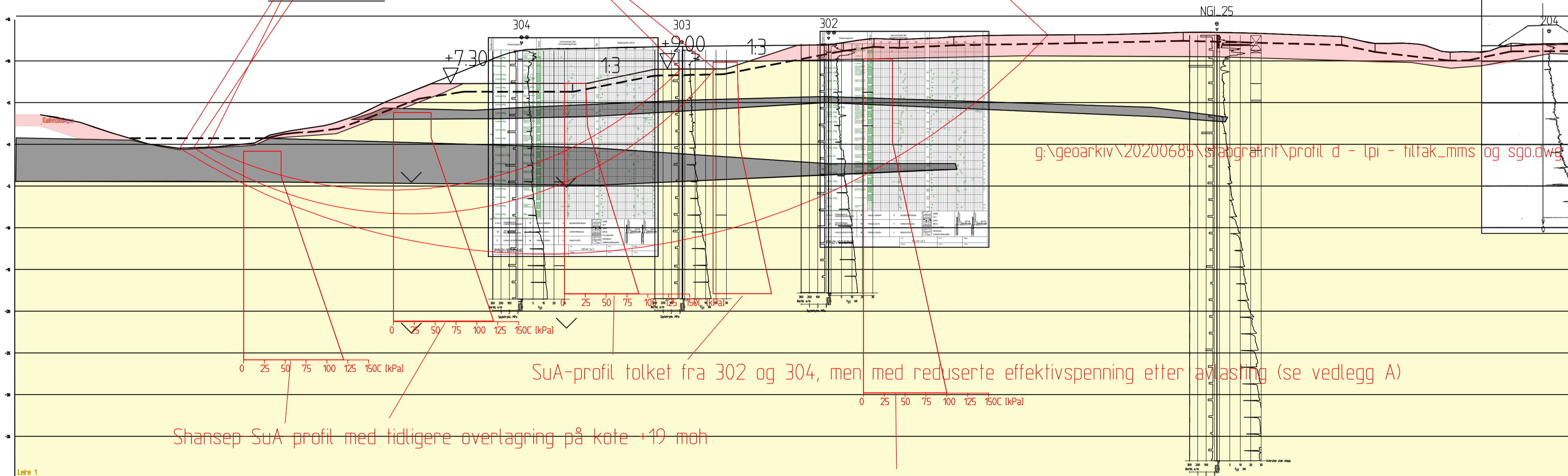


$F_c \varphi = 2.21$

$F_c=1.71$

$F_c=1.71$   
 lokal\_skraningskant\_foran  
 Result file : g:\geoarkiv\20200685\stabgraf.rit\profil d - lpi - tiltak\_mms og sgo.R4

Profil D-D



g:\geoarkiv\20200685\stabgraf.rit\profil d - lpi - tiltak\_mms og sgo.dwg

SuA-profil tolket fra 302 og 304, men med reduserte effektivspenning etter avlastning (se vedlegg A)

Shansep SuA profil med tidligere overlagering på kote +19 moh

SuA-profil tolket fra 302 og 304 (uten reduserte effektivspenning etter avlastning), se vedlegg A

FORKLARINGER:

- Tørrskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

Rev	Tegningstittel	Tegningsnr	Rev
02	Profil D-D Tiltak, avlastning	C2	02

02	Oppdatert lagdeling og tegningsnummer (tidl. C2)	25.03.2021	AJD	JSL	MMS
01	Drenert situasjon lagt til tegning	02.12.2020	MMS	JSL	MMS
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn	Kont	Godk
	Holmestrand kommune Sande områderegulering, kvikkleire				
	Profil D-D Tiltak, avlastning	1300			
	NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lilleveit Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 19.10.2020 Oppdragsnr 20200685	Konstr./Tegnet SGO Tegningsnr C1	Kontrollert JSL	Godkjert MMS
					02

# Vedlegg D

## STABILITETSBEREGNINGER FRA TIDLIGERE RAPPORTER

Resultater fra stabilitetsberegningene utført tidligere ifm NGI-prosjekt 20170711 og 20190677 er presentert under. Beregninger utført med tegningnummer 100 tom. 103 hører innunder prosjekt 20190677. Beregninger utført med tegningnummer 014 tom. 017 hører innunder prosjekt 20170711.

### Innhold

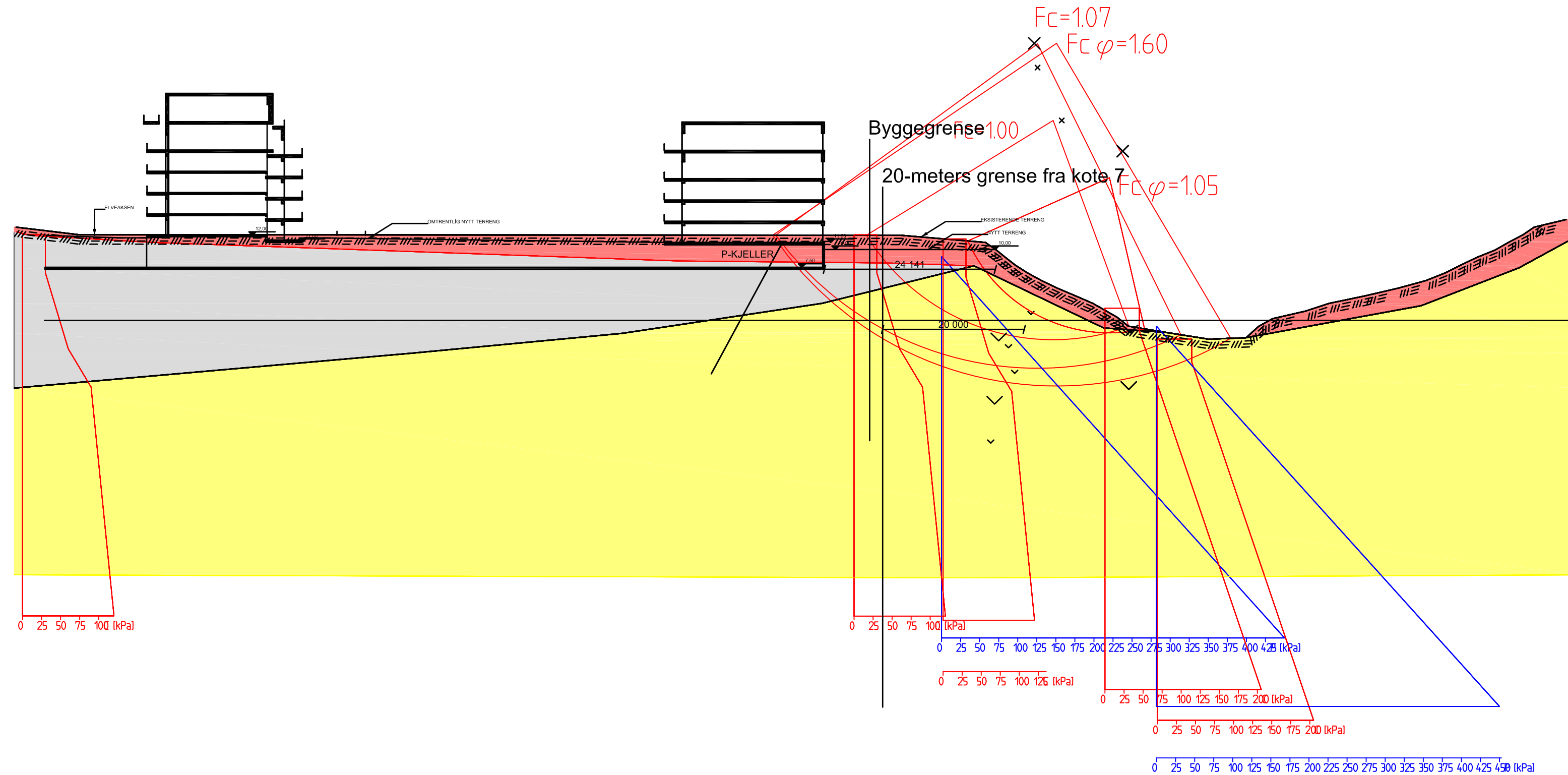
Vedlegg nr.	Tittel
D1	100a – Snitt 1, Udrenert og drenert analyse, Før tiltak (fra NGI-notat 20190677-01-TN)
D2	100b – Snitt 1, Udrenert og drenert analyse, Etter tiltak (fra NGI-notat 20190677-01-TN)
D3	101 – Snitt 2, Udrenert analyse, Etter tiltak (fra NGI-notat 20190677-01-TN)
D4	102 – Snitt 3, Udrenert og drenert analyse, Etter tiltak (fra NGI-notat 20190677-01-TN)
D5	103a – Snitt 4, Udrenert og drenert analyse, Før tiltak (fra NGI-notat 20190677-01-TN)
D6	103b – Snitt 4, Udrenert og drenert analyse, Etter tiltak (fra NGI-notat 20190677-01-TN)
D7	014 – Nåtilstand, Profil B-B (fra NGI-rapport 20170711-02-R)
D8	015 – Tiltak ihht: NVE-7-2014, Profil B-B (fra NGI-rapport 20170711-02-R)
D9	016 – Nåtilstand, Profil C-C (fra NGI-rapport 20170711-02-R)
D10	017 – Tiltak ihht: NVE-7-2014, Profil C-C (fra NGI-rapport 20170711-02-R)



Figur D1

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleire	9.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00		C-prof	0.85	0.65	0.35	
Leire	19.00	9.50		C-prof	1.00	0.70	0.40	

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpeleire	9.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.00	9.00	27.0	7.0				

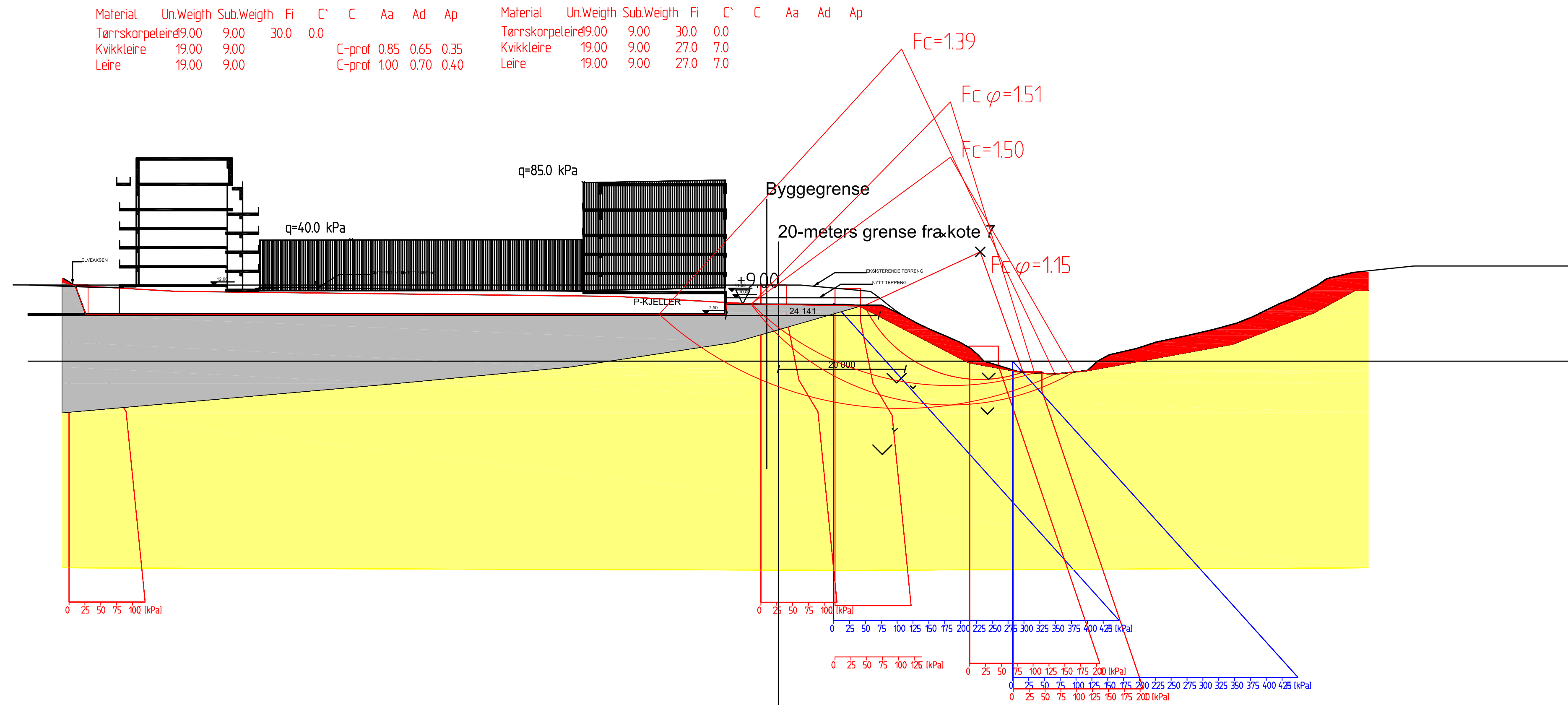


Forklaringer:

- Tørrskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

1	Oppdatert geometri	11.01.2021	MLd	SFe	SFe
0	Original	12.09.2019	MLd	ON	SFe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		Original format			
		A3			
		Tegningens filnavn			
Sande skole - Geoteknisk bistand		Målestokk			
Vurdering av stabilitet		1500			
Snitt 1					
Udrenert og drenert analyse					
Før tiltak					
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		11.01.2021	MLd	SFe	SFe
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20190677	100a		1
www.ngi.no					

Figur D2



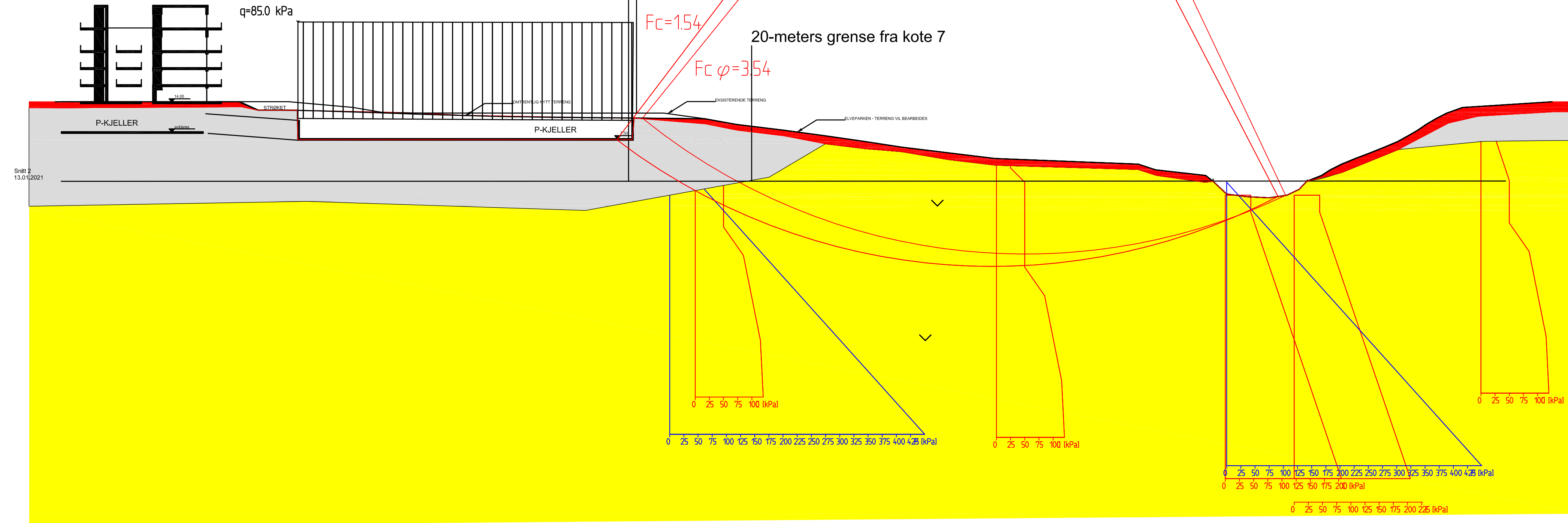
Forklaringer:

- Tørrskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

1	Oppdatert geometri	14.01.2021	MLd	SFe	SFe
0	Original	12.09.2019	MLd	ON	SFe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
		Status			
		Original format			
		A3			
		Tegningens filnavn			
		Målestokk			
		1:500			
		<b>NGI</b>			
		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
		14.01.2021	MLd	SFe	SFe
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
		20190677	100b	1	
		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			

Figur D3

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørskorpeleire	9.00	9.00	30.0	0.0					Tørskorpeleire	9.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35	Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.70	0.40	Leire	19.00	9.00	27.0	7.0				

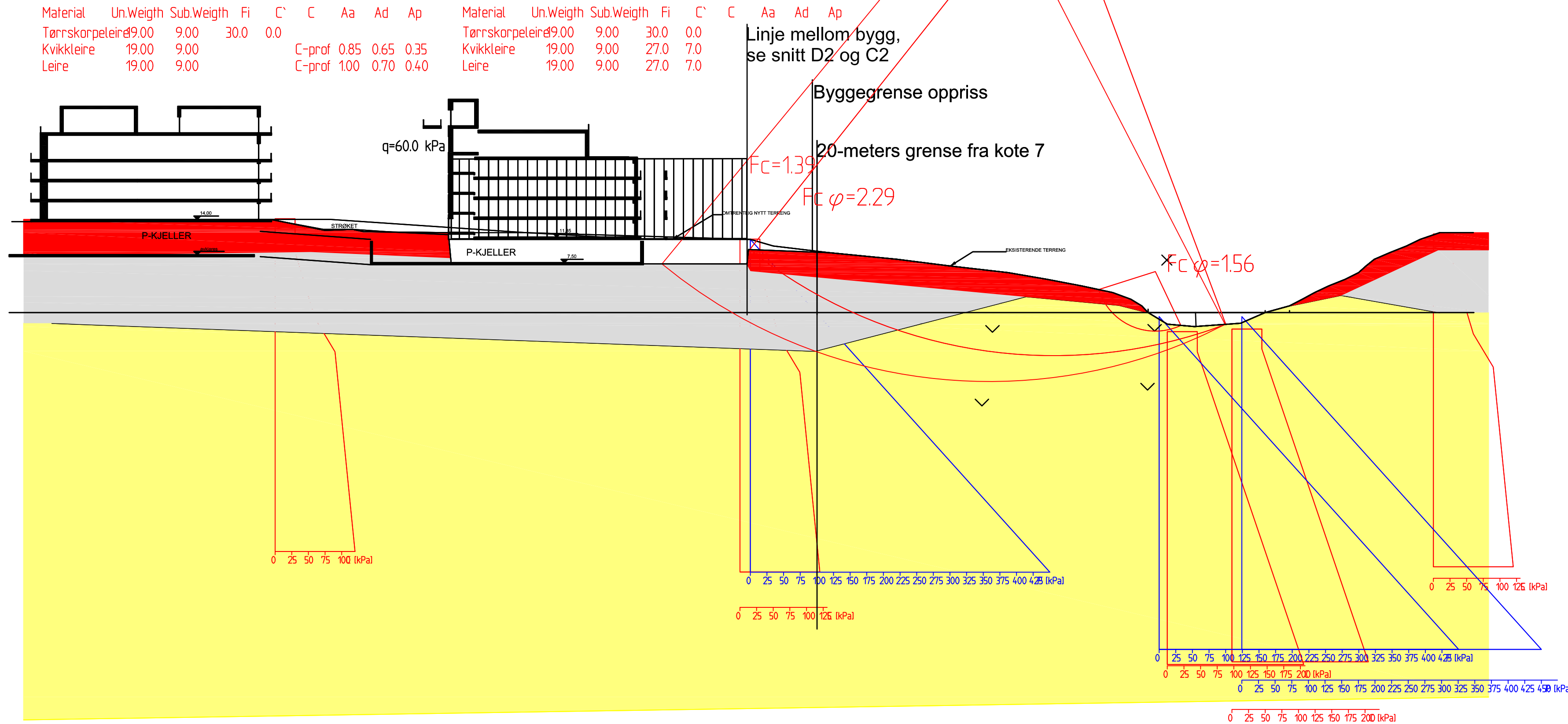


Forklaringer:

- Tørskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

1	Oppdatert geometri	14.01.2021	MLd	SFe	SFe
0	Original	12.09.2019	MLd	ON	SFe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Sande skole - Geoteknisk bistand		Status			
Vurdering av stabilitet		Original format			
		A3			
		Tegningens filnavn			
Snitt 2		Målestokk			
Udrenert og drenert analyse		1500			
Etter tiltak		NGI			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		14.01.2021	MLd	SFe	SFe
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20190677	101		1
www.ngi.no					

Figur D4



Snitt 3  
13.01.2021

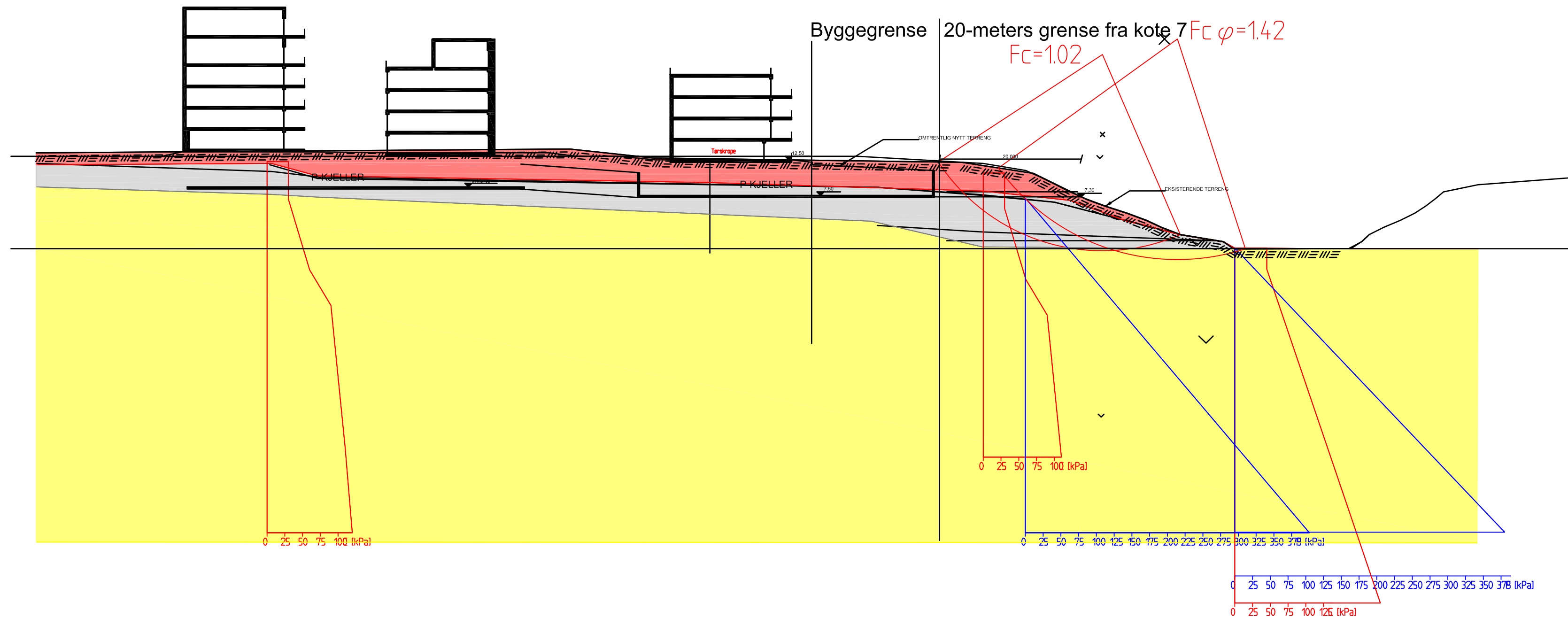
Forklaringer:

- Tørrskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

1	Oppdatert geometri	14.01.2021	MLd	SFe	SFe
0	Original	12.09.2019	MLd	ON	SFe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Sande skole - Geoteknisk bistand		Status		-	
Vurdering av stabilitet		Original format		A3	
Snitt 3		Målestokk		1500	
Udrenert og drenert analyse		NGI			
Etter tiltak		NGI			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Oppdragsnr.		14.01.2021	MLd	SFe	SFe
Tegningsnr.		20190677	102		1

Figur D5

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0					Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35	Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.70	0.40	Leire	19.00	9.00	27.0	7.0				



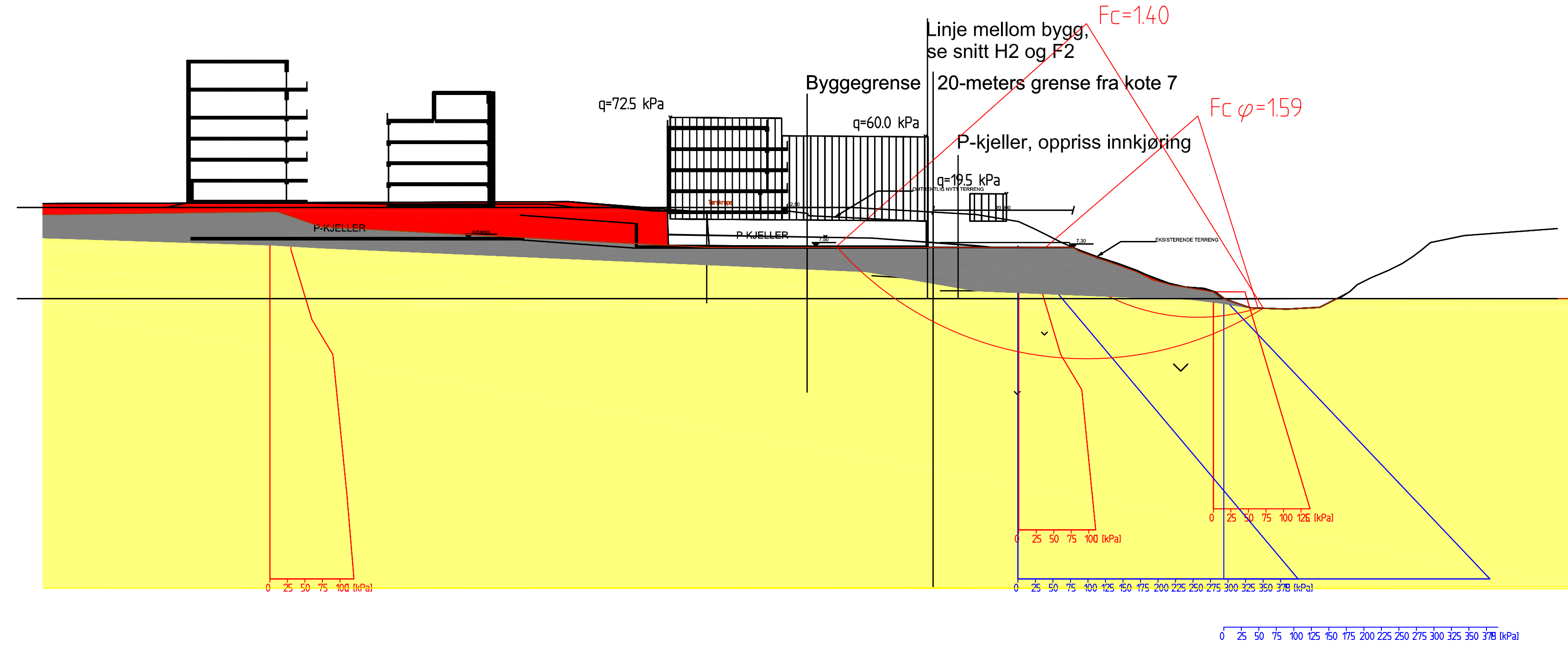
Forklaringer:

- Tørrskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

1	Oppdatert geometri	11.01.2021	MLd	SFe	SFe
0	Original	12.09.2019	MLd	ON	SFe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Sande skole - Geoteknisk bistand		Status		-	
Vurdering av stabilitet		Original format		A3	
Snitt 4		Målestokk		1500	
Udrenert og drenert analyse		NGI			
Før tiltak		NGI			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Oppdragsnr.		11.01.2021	MLd	SFe	SFe
Tegningsnr.		20190677	103a	Rev. 1	

Figur D6

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0					Tørrskorpe	19.00	9.00	30.0	0.0				
Kvikkleire2	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35	Kvikkleire2	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.70	0.40	Leire	19.00	9.00	27.0	7.0				



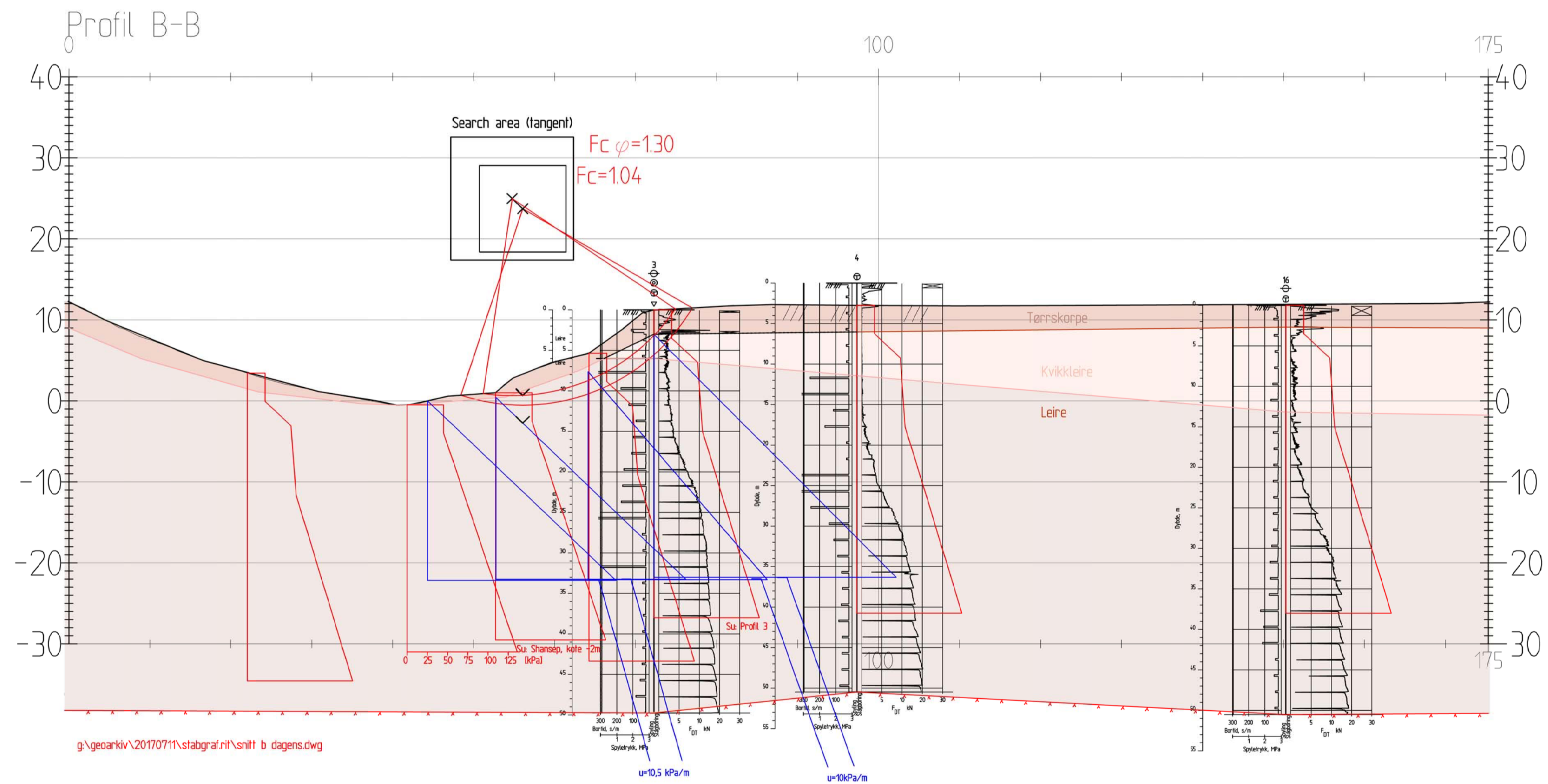
Forklaringer:

- Tørrskorpeleire
- Kvikkleire
- Leire

1	Oppdatert geometri	14.01.2021	MLd	SFe	SFe
0	Original	12.09.2019	MLd	ON	SFe
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
Sande skole - Geoteknisk bistand		Status		-	
Vurdering av stabilitet		Original format		A3	
Snitt 4		Målestokk		1500	
Udrenert og drenert analyse		NGI			
Etter tiltak		NGI			
NGI		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion		14.01.2021	MLd	SFe	SFe
NO-0806 Oslo, Norway		Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48		20190677	103b		1
www.ngi.no					

Figur D7

Undrained:							Drained:										
Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0					Tørnskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35	Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.70	0.40	Leire	19.00	9.00	27.0	7.0				



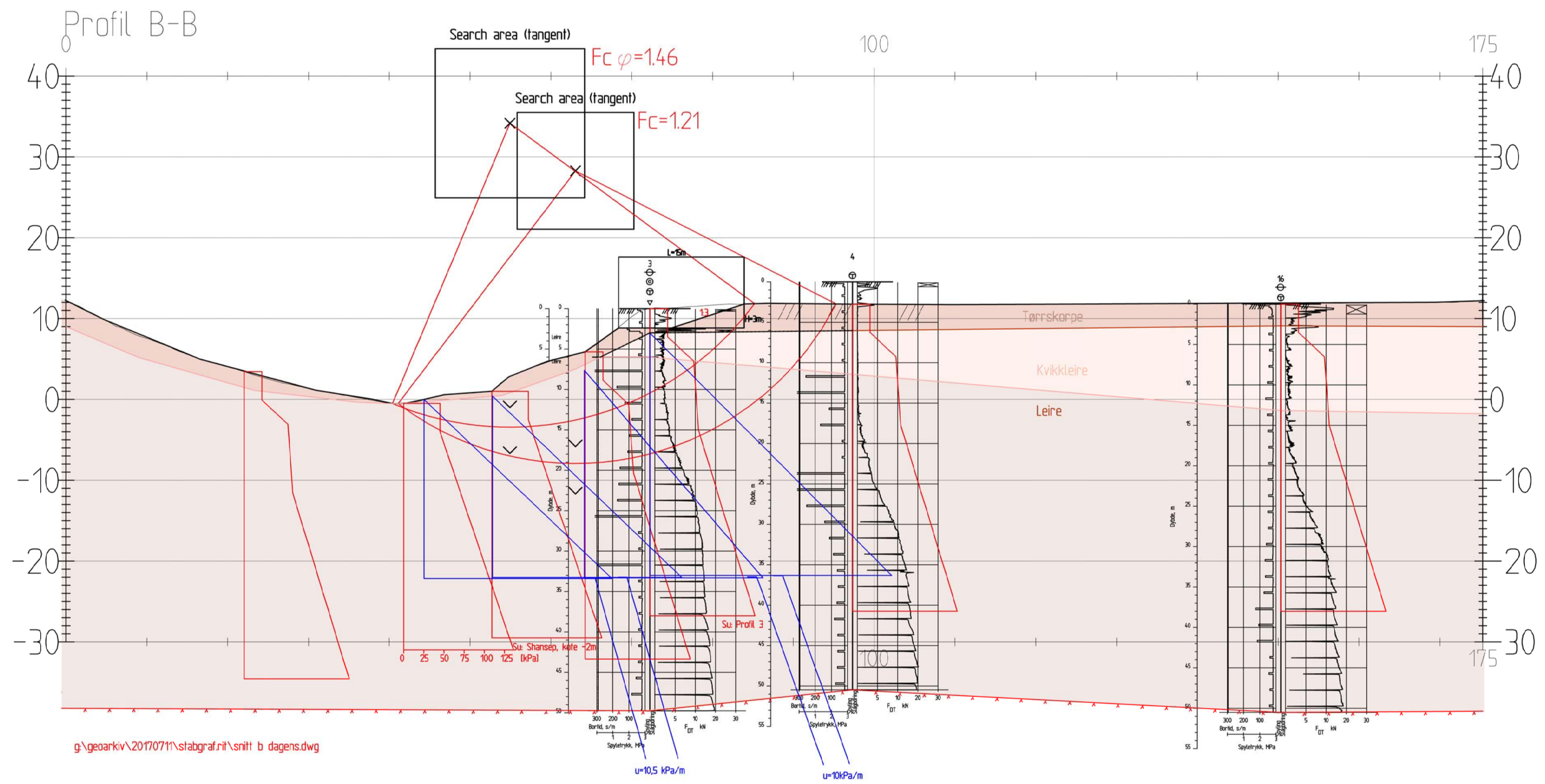
Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

Rev.	Description	Date	Drawn	Checked	Approved
-	-	-	-	-	-

<b>WSP Group AS</b> Formålsbygg, Sande sentrum		State Original format A-1 Drawing filename snitt b dagens.dwg Scale 1400			
Nåtilstand Profil B-B					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Date 11.12.2017 Contract no. 20170711	Drawn by MMS Drawing no. 014	Checked JMC Rev. 0	Approved JMC

Figur D8

Undrained:						Drained:											
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0					Tørnskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35	Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.70	0.40	Leire	19.00	9.00	27.0	7.0				



Forklaringer:

Tiltaket omfatter her en avlastning i øvre del av skrånningen.

Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

Rev.	Description	Date	Drawn	Checked	Approved
-	-	-	-	-	-

WSP Group AS  
Formålsbygg, Sande sentrum

Tiltak iht. NVE-7-2014  
Profil B-B

Scale: 1400

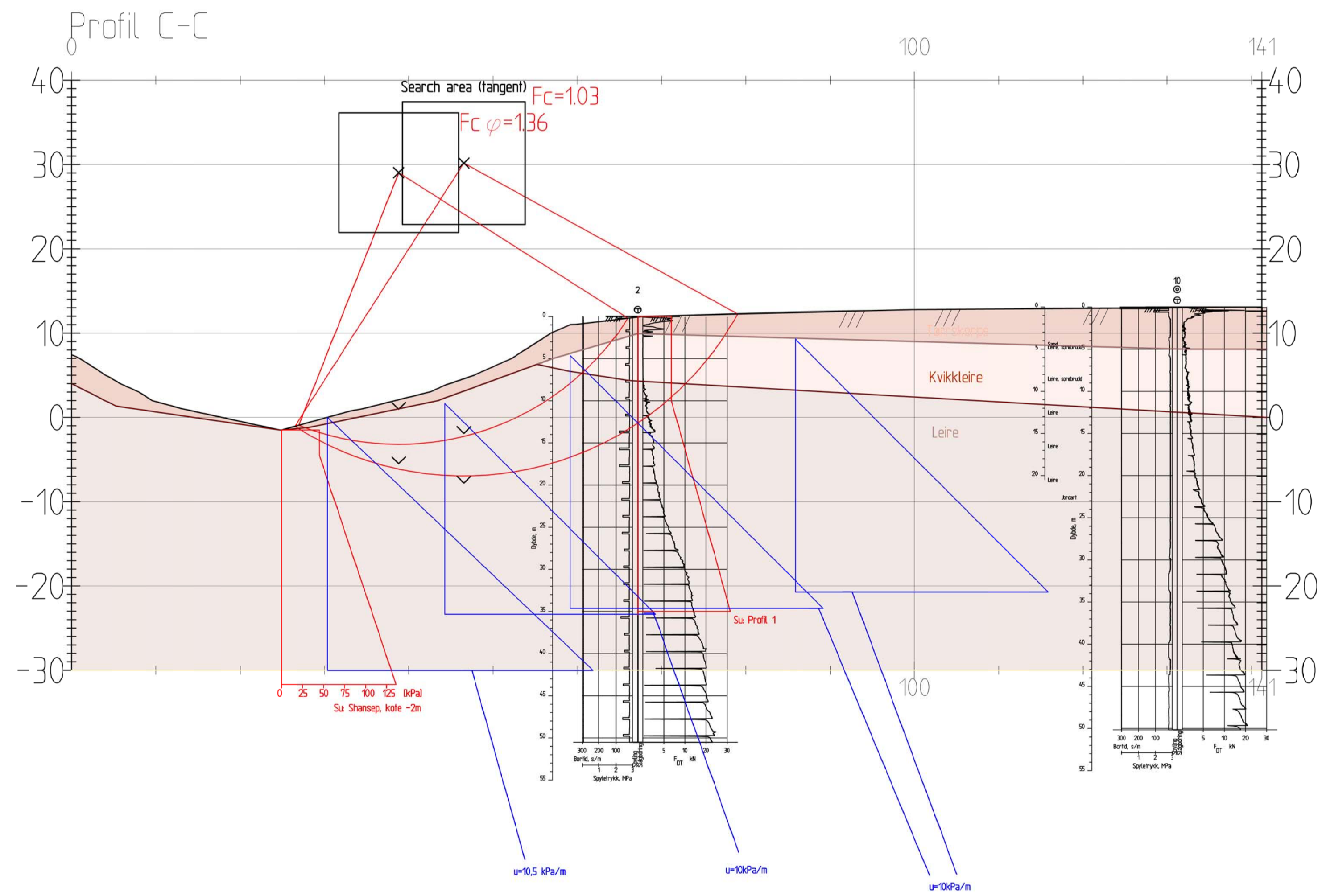
NGI

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Date 14.12.2017	Drawn by MMS	Checked JMC	Approved JMC
Contract no. 20170711	Drawing no. 015	Rev. -		



Figur D9

Undrained:							Drained:										
Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørnkorpe	19.50	9.50	30.0	0.0					Tørnkorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35	Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.00	9.00			C-prof	1.00	0.70	0.40	Leire	19.00	9.00	27.0	7.0				

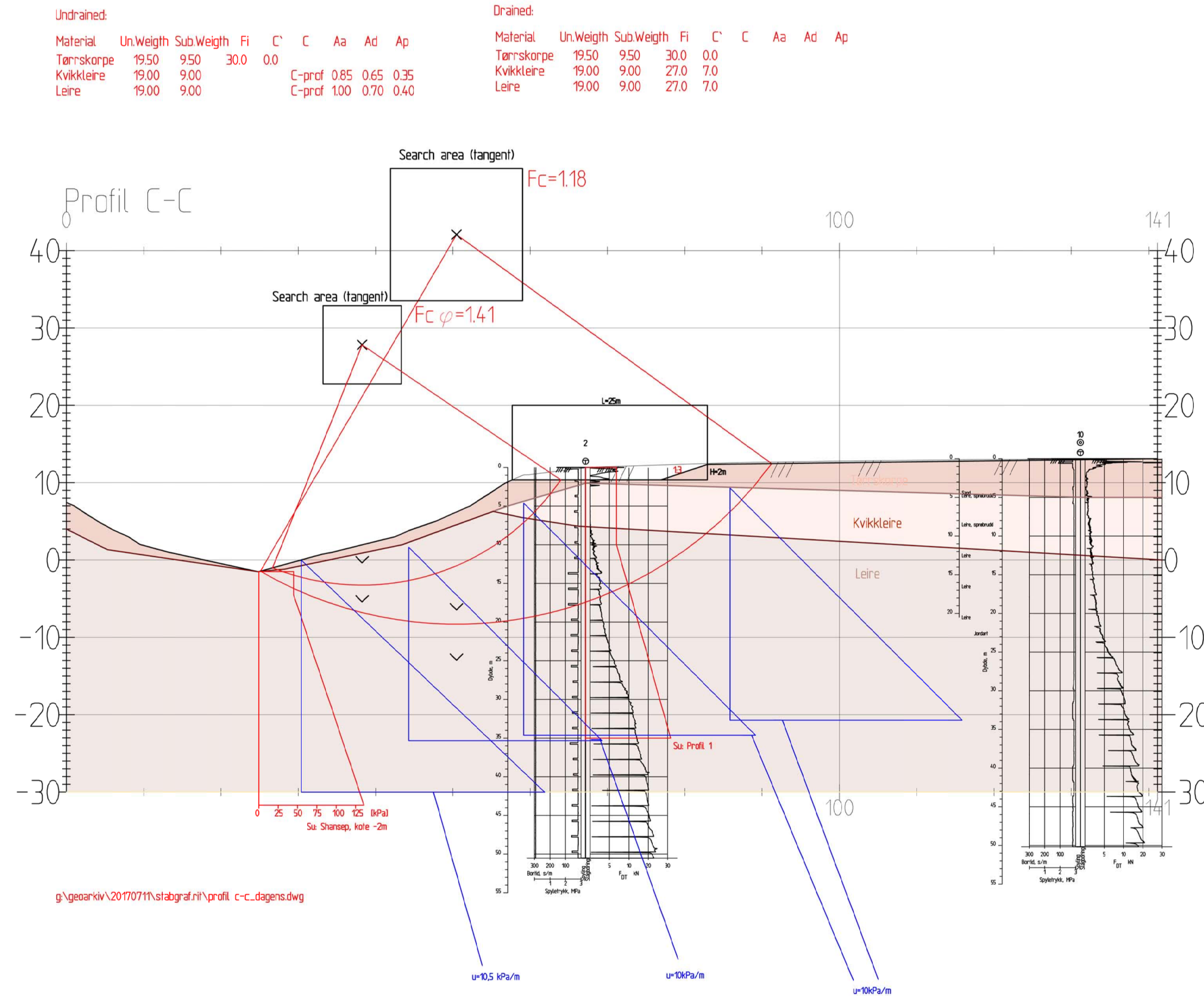


Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

Rev.	Description	Date	Drawn	Checked	Approved
-	-	-	-	-	-

<b>WSP Group AS</b> Formålsbygg, Sande sentrum		State Original format A-1 Drawing filename snitt c.dagens.dwg Scale 1400			
Nåtilstand Profil C-C					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Date 11.12.2017 Contract no. 20170711	Drawn by MMS Drawing no. 016	Checked JMC Rev. 0	Approved JMC

Figur D10



Forklaringer:

Tiltaket omfatter her en avlasing i øvre del av skrånningen.

Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

Rev.	Description	Date	Drawn	Checked	Approved
-	-	-	-	-	-

<b>WSP Group AS</b> Formålsbygg, Sande sentrum		Date: 14.12.2017 Contract no: 20170711		Drawing no: 017	
Tiltak iht. NVE-7-2014 Profil C-C		Scale: 1400			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Date: 14.12.2017 Contract no: 20170711		Drawn by: MMS Checked: JMC Approved: JMC	

# Vedlegg E

## BAKGRUNN FOR FAREGRADSEVALUERING

### Innhold

E1	Vingejordet	2
E2	Skolegata	3

## E1 Vingejordet

Vurderingsgrunnlag: kvartærgeologisk kart, topografiske kart, grunnundersøkelser (borehull NGI\_1, NGI-15 og NGI\_24).

Noen overfladiske skred, spesielt ved elvesvingen. Maksimum skråningshøyde er ca. 13 m. Grunnen er antatt normalkonsolidert, basert på grunnundersøkelser i sone E2 Skolegata. Poretrykkfordeling er antatt hydrostatisk som målt i sone E2 Skolegata. Totalsonderingen i borhull NGI\_24 gir indikasjon på en kvikkleiremektighet på opptil 10 m. Maksimum sensitivitet fra borhull NGI\_1 i sone E2 Skolegata er 26. Det er stor vannføring i elva men begrenset gradient.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
	<b>Vekttall</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Tidligere skredaktivitet	1		X		
Skråningshøyde, meter	2				X
OCR	2	X			
Poretrykk overtrykk	3				X
Poretrykk undertrykk	-3				
Kvikkleiremektighet	2	X			
Sensitivitet	1			X	
Erosjon	3		X		
Terrenginngrep: Forverring	3				X
Terrenginngrep: Forbedring	-3				
Sum poeng					

Faregrad: Middels

21

## E2 Skolegata

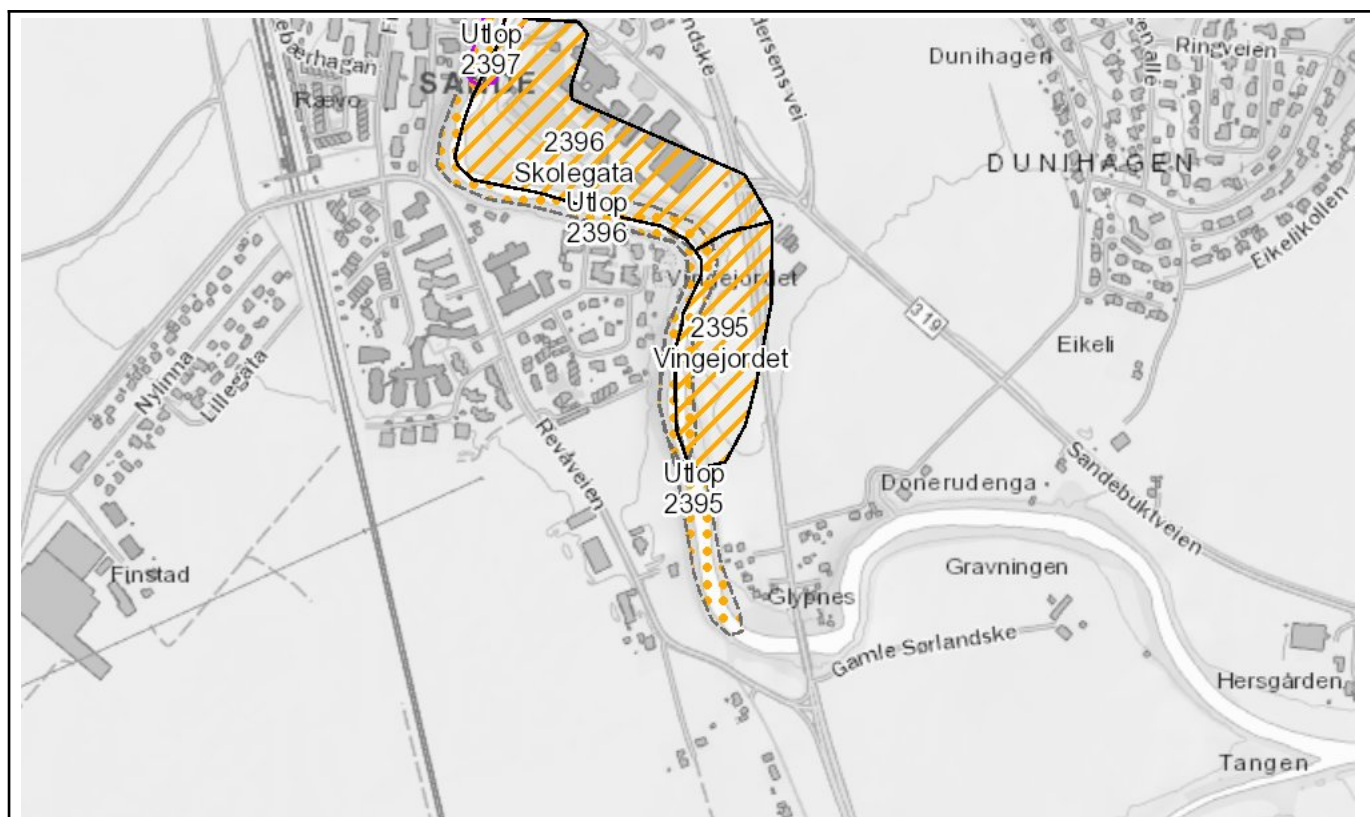
Vurderingsgrunnlag: Kwartærgeologiske kart, topografiske kart, grunnundersøkelser (borhull NGI\_1, NGI\_2, NGI\_3, NGI\_4, NGI\_5, NGI\_9, NGI\_10, NGI\_11, NGI\_16, NGI\_19, NGI\_23, 301, 302, 303, 304, 306, 311, 312 og 313)

Noen overfladiske skred, spesielt ved elvesvingen. Et løsmasseskred er registrert på skredhendelser-databasen mellom medio september og medio november 2000. Maksimum skråningshøyde er ca. 17 m. Ødometerforsøk fra borhull NGI\_3 indikerer normalkonsolidert leire. Poretrykkfordelingen er målt hydrostatisk i borehull NGI\_16. Det er stor vannføring i elva, men begrenset gradient.

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
	<b>Vekttall</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
Tidligere skredaktivitet	1		X		
Skråningshøyde, meter	2			X	
OCR	2	X			
Poretrykk overtrykk	3				X
Poretrykk undertrykk	-3				
Kvikkleiremektighet	2		X		
Sensitivitet	1			X	
Erosjon	3		X		
Terrenginngrep: Forverring	3				X
Terrenginngrep: Forbedring	-3				
Sum poeng					
Faregrad: Middels					21

# Kvikkleiresone 2395: Vingejordet - Kommune: Holmestrand

Faregradklasse	Middels
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	27.8.2019
Sist oppdatert	6.4.2021
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT OSLO



## Bemerkninger

NGI utførte i 2017 beregninger for områdestabilitet for planlagte formålsbygg i Sande sentrum. Det ble utført soneavgrensning og faregradsvurdering av kvikkleiresoner, stabilitetsberegning for dagens forhold og eventuelle sikringstiltak (NGI 20170711-02-R). Det ble i 2019 gjort en ytterligere vurdering av erosjonsforhold for sonene, der det ble konkludert med at sonene er utsatt for noe mer erosjon enn tidligere antatt (NGI 20170711-03-R). Det er ikke utført uavhengig kvalitetssikring av utredningen.

I 2020 har NGI utført områdestabilitetsvurdering ifm. planlagt utbygging i de to nabosonene,

## Bemerkninger

Søndre Bøplassen og Skolegata, i rapport 20200685-01-R. Det er imidlertid, per 2020, ikke planlagt utbygging i sone 2395 Vingejordet, og dermed er det ikke gjort supplerende beregninger i selve Vingejordet-sonen ifm. rapport 20200685-01-R. Imidlertid ansees nabosone 2396 - Skolegata- sitt profil D-D å være representativt også for sone Vingejordet. Dette profilet er utført like nord for sonen, og skråningsgeometri er rimelig lik som fro sone Vingejordet. Profil D-D har beregningsmessig udrenert sikkerhet tilsvarende FS=1,05.

Dersom man senere skulle vurdere utbygging i sonen, og ønsker å se på prosentvis forbedring i sonen (iht. NVEs kvikkleireveileder) henvises det til beregninger utført i rapport 20170711-02-R i profil C-C (like nordvest for Vingejordet, noe lengre fra sonen enn nevnte profil D-D) med avlasting/nedplanering av skråningskant til kote +9 moh.

NGI-rapport 20200685-01-R påpeker at pågående erosjon over tid føre til en forverring av stabilitet og potensielt en fare for områdestabiliteten i fremtiden. Det anbefales dermed erosjonssikring av elven langs hele elvebredden. Rapporten er kvalitetssikret av Grunnteknikk AS.

## Referanser

Norges Geotekniske Institutt 20170711-02-R Geoteknisk vurdering formålsbygg, Sande sentrum - Områdestabilitetsberegninger datert 20.12.2017

Norges Geotekniske Institutt 20170711-03-R Geoteknisk vurdering Formålsbygg Sande sentrum - Vurdering av erosjonsforhold langs Sandeelva, Sande sentrum datert 28.6.2019

Norges Geotekniske Institutt 20170711-01-R Formålsbygg Sande sentrum. Datarapport grunnundersøkelser datert 23.11.2017

Norges Geotekniske Institutt 20200685-01-R rev.1 Vurdering av områdestabilitet i forbindelse med områderegulering Sande datert 11.12.2020

Grunnteknikk AS Uavhengig kvalitetssikring av NGI-rapport 20200685-01-R rev.0 Vurdering av områdestabilitet ifm. områderegulering Sande datert 22.10.2020

## Fareberegning

Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Noen overfladiske skred, spesielt ved elvesvingen	Noe	2	1	2
Skråningshøyde i meter	Maksimum skråningshøyde ca. 13 m.	<15	0	2	0
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Antatt normalkonsolidert/ svakt overkonsolidert i toppen av skråningen, basert på grunnundersøkelser i nærliggende sone (Skolegata)	1,0-1,2	3	2	6
Poretrykk	Antatt hydrostatisk (som målt i Skolegata)	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	Trykksøndering i NGI_15, sett opp mot trykksønderinger og prøveserier i nord ved Skolegata (punkt 302, 304), gir	>H/2	3	2	6

Fareberegning					
	indikasjon av to lag med kvikkleiremektighet hhv. 2m og 5m. Totalt ansees kvikkleiremektigten i sonen å være representativ på 7m/13m, altså så vidt over H/2.				
Sensitivitet	Basert på resultater fra borhull i Skolegata	20-30	1	1	1
Erosjon	Noe erosjon, se rapport 20170711-03-R	Noe	2	3	6
Inngrep	Sør og nord for (dagens) skoletomt er det utført erosjonssikring av elven, anleggsnr. 6678, tiltaksnr. 4981. Tiltaket ble utført i 1989 og består av steinsetting i yttersving rett sør for (dagens) skole. Tiltakets utstrekning på kart og utstrekning ved befaring i 2019 (østlig elvebredd) stemmer ikke overens ved skoletomten – tiltaket starter lenger sør enn indikert på kart. Selv om det er steinsatt i litt av elva, ansees det likevel representativt med "ingen forbedring".	Ingen	0	3	0
Total poengsum					21
Prosent av maks					41.18
Sist oppdatert	27.8.2019				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligenheter	Ingen boligenheter	Ingen	0	4	0
Næringsbygg	Bensinstasjon, veikro	<10	1	3	3
Annen bebyggelse	Ingen	Ingen	0	1	0
Veier	Fylkesvei, ÅDT 11300	>5000	3	2	6
Toglinje	Ingen	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Lokal påvirkning	Lokal	0	1	0
Oppdemning	Masser kan gli ut i elva og føre til oppdemning som kan ha konsekvenser nedstrøms for sonen.	Middels	2	2	4
Total poengsum					13

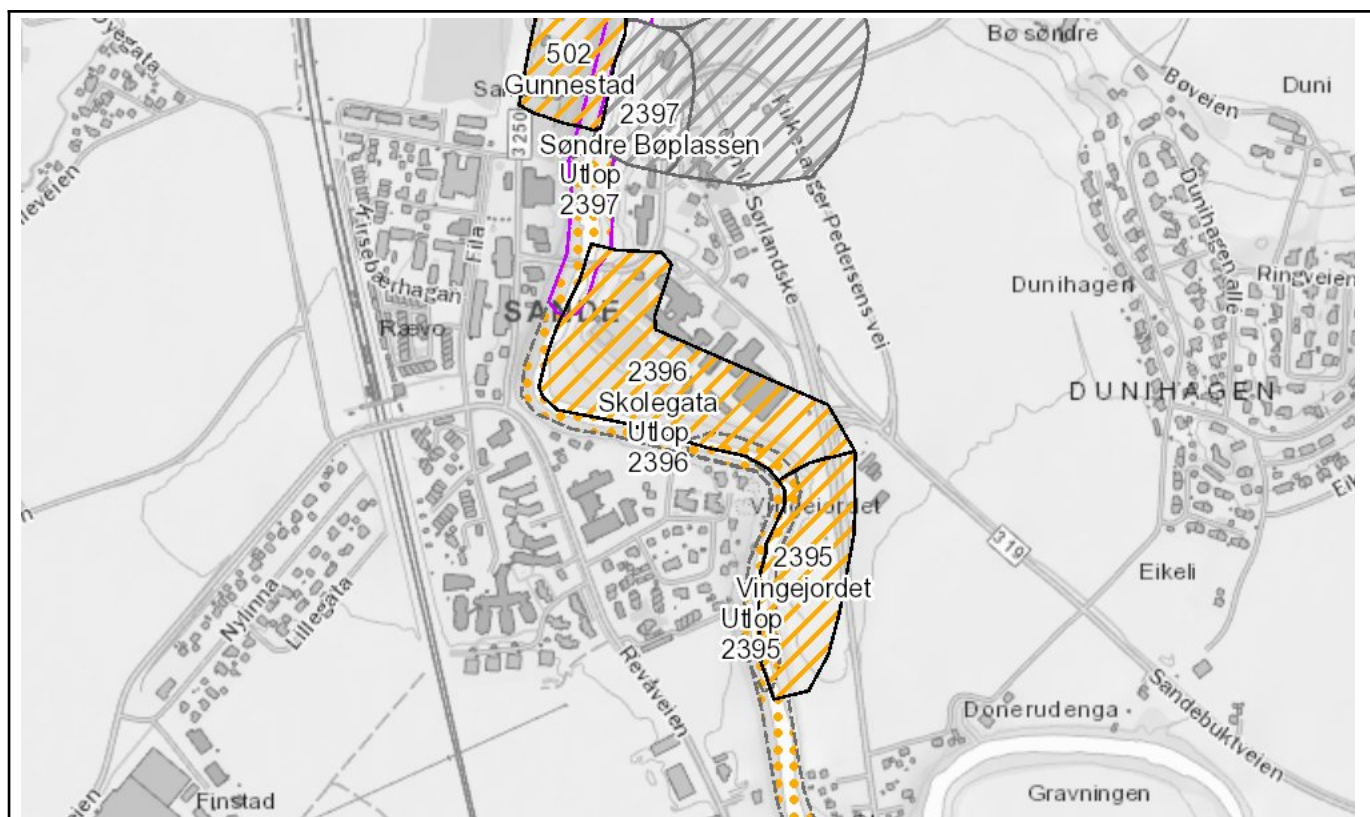


## Konsekvensberegning

Prosent av maks					28.89
Sist oppdatert	27.8.2019				

# Kvikkleiresone 2396: Skolegata - Kommune: Holmestrand

Faregradklasse	Middels
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	4
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	27.8.2019
Sist oppdatert	9.4.2021
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT OSLO



## Bemerkninger

NGI utførte i 2017 beregninger for områdestabilitet for planlagte formålsbygg i Sande sentrum. Det ble utført soneavgrensning og faregradsvurdering av kvikkleiresoner, stabilitetsberegning for dagens forhold og eventuelle sikringstiltak (NGI 20170711-02-R). Det ble i 2019 gjort en ytterligere vurdering av erosjonsforhold for sonene, der det ble konkludert med at sonene er utsatt for noe mer erosjon enn tidligere antatt (NGI 20170711-03-R).

I 2019 ble NGI engasjert til å vurdere stabilitet mot elven ifm. en innledende vurdering av fundamenteringsløsning for planlagt boligutbygging i kvikkleiresonen, se rapport 20190677-01-

## Bemerkninger

TN. Det ble da utført beregning av skråningsstabilitet i fire snitt, derav to av dem hadde noe lav sikkerhet. Det er funnet god skråningssikkerhet langs den sørvestre delen av sonen (skråningen er slakere her). Konkret nedplanering for tilstrekkelig lokal- og områdestabilitet ble vurdert i de fire snittene.

I 2020 har NGI utført områdestabilitetsvurdering ifm. planlagt utbygging i kvikkleiresone Søndre Bøplassen og Skolegata, i rapport 20200685-01-R. Det planlegges boligutbygging, samt en ny plassering for Sande skole med tilhørende varmesentral. Ny plassering av skolen ligger i bakkant/grensen av kvikkleiresonen, mens varmesentralen ligger sørøst i selve sonen. Det er blitt utført ytterligere beregninger i ett profil mot elva i sørøstlig del av sonen i profil D-D med beregningsmessig udrenert sikkerhet tilsvarende FS=1,05 (dagens situasjon). Nedplanering som ble vurdert ifm 20190677-01-TN virker rimelig også ved en gjennomgang i rapport 20200685-01-R, men planeringen er vurdert mer inngående i østlig del av sonen (se profil D-D). NGI-rapport 20200685-01-R påpeker at pågående erosjon over tid føre til en forverring av stabilitet og potensielt en fare for områdestabiliteten i fremtiden. Det anbefales dermed erosjonssikring av elven langs hele elvebredden i tillegg til foreslått nedplanering. Rapporten er kvalitetssikret av Grunnteknikk AS.

## Referanser

Norges Geotekniske Institutt 20170711-02-R Geoteknisk vurdering formålsbygg, Sande sentrum - Områdestabilitetsberegninger datert 20.12.2017

Norges Geotekniske Institutt 20170711-03-R Geoteknisk vurdering formålsbygg Sande sentrum - Vurdering av erosjonsforhold langs Sandeelva, Sande sentrum datert 27.6.2019

Norges Geotekniske Institutt 20170711-01-R Formålsbygg Sande sentrum. Datarapport grunnundersøkelser datert 23.11.2017

Norges Geotekniske Institutt 20190677-01-TN rev.1 Vurdering av stabilitet mot elven samt innledende vurdering av fundamenteringsløsning datert 14.8.2020

Norges Geotekniske Institutt 20200685-01-R rev.1 Vurdering av områdestabilitet ifm. områderegulering Sande datert 11.12.2020

Grunnteknikk AS Uavhengig kvalitetssikring av NGI-rapport 20200685-01-R rev.0 Vurdering av områdestabilitet ifm. områderegulering Sande datert 22.10.2020

## Fareberegning

Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Noen overfladiske skred, spesielt ved elvesvingen. Et løsmasseskred registrert i skredhendelser-databasen fra 2000.	Noe	2	1	2
Skråningshøyde i meter	Maksimum skråningshøyde ca 17 m.	15-20	1	2	2
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Ødometerforsøk er ikke av god kvalitet. Trykksondering(CPT), samt en vurdering av omkringliggende terreng indikerer normalkonsolidert/ svakt overkonsolidert leire.	1,0-1,2	3	2	6

Fareberegning					
Poretrykk	Målt tilnærmet hydrostatisk i punkt NGL_3 og NGL_16.	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	Rapport 20200685-01-R (rev. 2): Kvikkleiras utbredelse er tolket i fire profiler: Profil B-B, profil B-B2, profil D-D, snitt 2-2 og snitt 4-4. Største mektighet er tolket i snitt 4-4 og profil D-D, begge med to lag av kvikkleire på hhv. 1-2m og 5-6 m mektighet. Se figur 7 og 8 i rapport 20200685-02-R (rev. 2). Representativ kvikkleiremektighet antas å være 7 meter. Dette tilsvarer 7m/17m, altså mektighet "H/4-H/2".	H/4-H/2	2	2	4
Sensitivitet	Maksimum sensitivitet er 27.	20-30	1	1	1
Erosjon	Noe erosjon. Stor vannføring i elva, men begrenset gradient.  Sør og nord for (dagens) skoletomt er det utført erosjonssikring av elven, anleggsnr. 6678, tiltaksnr. 4981. Tiltaket ble utført i 1989 og består av steinsetting i yttersving rett sør for skolen. Tiltakets utstrekning på kart og utstrekning ved befaring i 2019 (østlig elvebredd) stemmer ikke over ens ved skoletomten, og er altså litt mindre enn registrert på NVE Atlas.	Noe	2	3	6
Inngrep	På historiske flybilder ser man at det har skjedd en god del utvikling fra 60 tallet og fram til i dag.  Hva som faktisk er utført vet man ikke i detalj. Deler av terrenget er trolig avlastet før utbygging. Likevel antas det at over tid har det blitt lagt ut en del fyllmasser for å bygge i området, og skråningene kan stedvis ha fått forverret stabilitet. Det antas representativt med "Liten	Liten forverring	1	3	3

Fareberegning					
	forverring" (per april 2021, altså før planlagt avlasting iht. 20200685-01-R er utført).				
Total poengsum					24
Prosent av maks					47.06
Sist oppdatert	9.4.2021				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	Noen få eneboliger	Spredt ≤ 5	1	4	4
Næringsbygg	Ingen	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Barneskole og ungdomsskole (dog planlagt flyttet, skal erstattes med boligutbygging), lekeplass.	Stor	3	1	3
Veier	Fylkesvei, ÅDT 19300	>5000	3	2	6
Toglinje	Ingen	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Antatt lokal påvirkning	Lokal	0	1	0
Oppdemning	Kan demme opp elv, og få konsekvenser, spesielt nedstrøms.	Alvorlig	3	2	6
Total poengsum					19
Prosent av maks					42.22
Sist oppdatert	27.8.2019				

# Vedlegg F

## TILSVAR UAVHENGIG KONTROLL

### Innhold

<b>F1</b>	<b>Innledning</b>	<b>3</b>
<b>F2</b>	<b>Kvalitetssikring og framstilling</b>	<b>3</b>
F2.1	L: Kvalitets- og styringssystem	3
F2.2	L: Sidemannskontroll vist ved underskrift	3
F2.3	M: Struktur på rapport	3
F2.4	M: Grunnlag fra tidligere rapporter	3
F2.5	M: Plankart	4
F2.6	M: Plankart	4
F2.7	M: Plankart	4
F2.8	M: Plankart grunnundersøkelser	5
F2.9	M: CPTU tolkningsprofiler	5
F2.10	M: Snitt stabilitetsberegning	6
F2.11	M: Farge lagdeling	6
<b>F3</b>	<b>Faresoner</b>	<b>6</b>
F3.1	Å: Faresone Vingejordet	6
F3.2	Å: Plannivå, tiltakskategori og klassifisering	6
F3.3	Å: Avgrensning av faresoner	7
F3.4	L: Krav om regelverk	10
<b>F4</b>	<b>Grunnundersøkelser</b>	<b>10</b>
F4.1	M: Omfang sonderinger	10
F4.2	M: Omfang dagens prøveserier	10
F4.3	Å: Planlagt nye prøveserier	11
F4.4	M: Mulig instrumentfeil totalsonderinger	11
F4.5	Å: Liste over totalsonderinger med mulig instrumentfeil	12
F4.6	Å: Mulig instrumentfeil illustrert punkt NGI_1 med NGI_17 og konsekvenser	13
<b>F5</b>	<b>Lagdeling og parametervalg</b>	<b>16</b>
F5.1	Å: Kvikkleiredefinisjon	16
F5.2	Å: Lagdeling A-A (tegn. B1) og borpunkter	16
F5.3	Å: Lagdeling A-A (tegn. B1)	17
F5.4	Å: Lagdeling D-D (tegn. B2) og borpunkter	17
F5.5	Å: Lagdeling D-D (tegn. B2) og nabosnitt	18

F5.6	Å: Profil 4-4	20
F5.4	Å: GV-nivå	20
F5.5	Å: Styrkeparametere. Drenerte	20
F5.6	Å: ADP-faktorer	21
F5.7	Å: SHANSEP overkonsolidering OCR	22
F5.8	Å: Su profiler tolkning, framstilling	22
<b>F6</b>	<b>Stabilitetsanalyser</b>	<b>22</b>
F6.1	Å: Skredmekanisme	22
F6.2	Å: Stabilitetsanalyser, sammensatt glideflate	23
F6.3	Å: Stabilitetsanalyser, metode for kritisk og "ikke" kritiske glidesirkler	24
F6.4	Stabilitetsanalyser, skille mellom lokal og global(område) glidesirkel	24
F6.5	Å: Stabilitet laster	25
F6.6	L: Stabilitets kontroll snitt A-A	25
F6.7	L: Stabilitets kontroll snitt D-D	25
F6.8	L: Kritiske profiler identifisering	25
F6.9	Å: Resultater stabilitetsberegninger	25
<b>F7</b>	<b>Tiltak</b>	<b>26</b>
F7.1	Å: Tiltak avrenning elveskråning	26
F7.2	Å: Erosjonstiltak Skolegata	26
F7.3	Å: Vassdragsforhold grense bebyggelse	27
F7.4	Å: Tiltak KC peler ved snitt A-A	27
F7.5	Å: Tiltak avlastning snitt D-D glidesirkler	28
F7.6	Å: Tiltak avlastning snitt D-D sammenliknet med nabo snitt C-C (2017)	29

## F1 Innledning

I dette vedlegget svarer NGI ut kommentarer fra Grunnteknikk sin tredjepartskontroll. Kapitteloverskriftene henviser til Grunnteknikks kontrollstatus (L-lukket, M-merknad, Å-åpen) og avsnittene henviser til ID i deres verifikasjonsrapport for utført uavhengig kvalitetssikring.

**GT:** Grunnteknikks kontrollpunkter

**NGI:** NGI svarer ut kommentarer fra GT

## F2 Kvalitetssikring og framstilling

F2.1 L: Kvalitets- og styringssystem

F2.2 L: Sidemannskontroll vist ved underskrift

F2.3 M: Struktur på rapport

GT: Det henvises til tidligere NGI rapporter 2012 og 2017 og 2019, men det mangler en selvstendig framstilling av områdestabiliteten i denne rapporten. Ettersom området er stort og uoversiktlig må dette framstilles tydelig i denne rapporten som er ment å være en samlet rapport med nye data.

Forhold omkring områdestabilitet som, vurdering eller stabilitetsforhold fra tidligere rapporter som brukes på nytt i denne rapporten må vises i tekst og som vedlegg. Det kan ikke forventes å måtte lese flere eldre rapporter for å forstå hva som legges til grunn, eller vurderes i denne rapporten da tidligere rapporter er uklare og forholder seg til tidligere planer.

NGI: Det er lagt til et vedlegg D med beregninger fra tidligere rapporter. Spesielt kapittel 4 er supplert ift. revisjon 0. Det er lagt til mer informasjon om beregninger fra tidligere rapporter. Hvilke beregninger som er gjort ikke er reberegnet fremkommer av tabellen i kapittel 7.5.

### F2.4 M: Grunnlag fra tidligere rapporter

GT: Relevante beregningssnitt fra tidligere som benyttes i rapporten burde legges ved som vedlegg. Og tidligere beregningssnitt bør kort kommenteres i forhold til om de avviker, eller samsvar med dagens snitt. Det bør også kommenteres om enkelte tidligere snitt utgår og begrunne dette.

NGI: Det er tatt hensyn til dette i revidert rapport, og det er delvis kopiert inn tidligere vurderinger der dette virker relevant. Det er lagt til hvilke snitt som ikke beregnes på nytt i revisjon 1 og hvorfor.

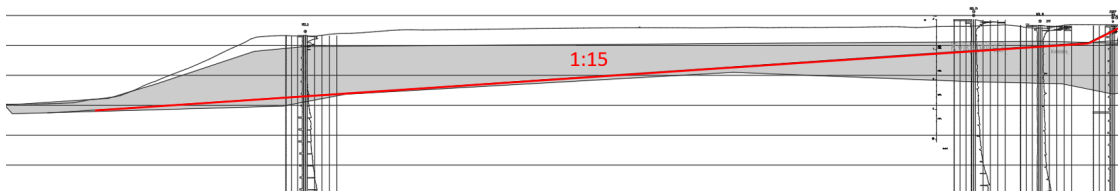


## F2.5 M: Plankart

GT: Faresonen ved skolebygget er ikke den samme som digital faresone lastet ned fra <https://nedlasting.nve.no/gis/>. Som viser skolebygget utenfor faresonen (notat 114991n1. GrunnTeknikk AS).

NGI: Digital faresone er hentet fra NVE Atlas (<https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>), og sammenfaller med geometri fra NGIs rapport 20170711-02-R.

Skolebygget er i foreliggende NGI-rapport ikke plassert utenfor faresonen som beskrevet i notat 114991n1. Grunnen til det er at det ble gjort en vurdering av NGI ved å tegne linjer med helning på 1:15 i kvikkleirelaget og i antatte ikke-sensitive materialer helning 1:2 (se utklipp nedenfor). Dette viser at sonen strekker seg lengre bakover enn det Grunnteknikk kom frem til i notat 114991n1 (ca. 160 meter innover, og kommer opp ved borpunkt 313).



*Figur viser snitt 4-4 i sone Skolegata. Det grå laget er tolket kvikkleireutbredelse. Det er tegnet inn en linje med helning 1:15 gjennom tolket kvikkleirelag og en linje med helning 1:2 gjennom det øverste laget. Disse linjene "kommer opp i terrenget" like bak borpunkt 313.*

## F2.6 M: Plankart

GT: Plankart viser ikke løsne- og utløpsområde

NGI: Tegninger er reviderte med løsne- og utløpsområder. Se også (nytt) vedlegg E.

## F2.7 M: Plankart

### Kommentar 1

GT: Det framkommer ikke tydelig i plankartet skille mellom nye og gamle profiler. Dette burde vært avmerket i selve plankartet sammen med hvilke profiler som danner grunnlaget for beregninger/tiltak og hvilke snitt som ikke vurderes (utgår).

NGI: Det er beskrevet under "Forklaringer" på tegning 001 hvilke profiler som er fra hvilke rapporter, og hvilke profiler som er nye i dette prosjektet eller vurdert på nytt. NGI mener at dette er tilstrekkelig.

## Kommentar 2

GT: Snitt rett ved A-A er ikke navngitt på tegning 001.

NGI: Dette er en strek som ikke skulle vært med på tegningen. Denne er nå fjernet ifm. rapportens revisjon 1.

## Kommentar 3

GT: Borplan har flere overlappende punkter som en ikke kan se tydelig nummer, eller dybder på (bl.a. punkt NGI\_1).

NGI: Dette er ordnet for punktene NGI\_1/304 og NGI 17/311.

## Kommentar 4

GT: Det ser ut som borplan mangler deler av grunnundersøkelsene som NGI samlet fram til 2012. Disse har bl.a. nummerering I-1 til I-5, samt C-3, og B61 i borplan fra 2012. Mange av disse er dreietrykkssondering (DT).

NGI: Plasseringen til borpunkt I-1 til I-5 og B-61 er lagt til manuelt i borplanen. NGI har ikke klart å finne disse sonderingene digitalt. Punktene er derfor lagt til uten dybder og z-koordinater, omtrentlig plassering er lagt til på revidert tegning 001.

C-3 Var tidligere lagt til på borplanen med navn 3. Dette er nå endret til C-3.

Grunnteknikk-Erik Skredsvig har sendt en e-post med rapport fra Veglaboratoriet 1960 "Oppdrag 467..13..". Denne rapporten er fra brua nord for Bøplassen sør (utenfor kvikkleiresonene), her var det påvist ikke-sprø leire, men rapporten påvirker ikke vurderinger i revisjon 0 og er ikke vedlagt.

## F2.8 M: Plankart grunnundersøkelser

GT: Egen tegning med farge på borpunkter burde vært vist der man mener det er sprøbruddmateriale (rødt) og der en det er utelukket (grønt) for alle faresonene, eventuelt (gult) for usikre punkter.

NGI: Se ny tegning 003.

## F2.9 M: CPTU tolkningsprofiler

GT: Figurer A-1..A-7. Y-aksen i CPTU tolkningen er svært komprimert og burde vært lengre. Det er mange grafer over hverandre. Laboratorieforsøkene er angitt i forklaringstekst, men vises ikke i alle grafene.

NGI: Programmet tolkningene er plottet med (COPIT, internt program) har en standard utskrift, slik det fremgår i rapportens revisjon 0. Alternativet er å tolke/plotte i annet program, noe som vil medføre en del tid. Fordi det ville vært urimelig å gjøre dette på nytt og bedt kommunen betale for det (når det ikke påvirker konklusjonene), har NGI derfor ikke revidert dette ifm. rapportens revisjon 1.

## F2.10 M: Snitt stabilitetsberegning

GT: Enkelte snitt mangler effektiv ( $F_{c\phi}$ ) stabilitet.  $F_{c\phi}$  glidesirkel bør vises der den er relevant, og ellers kommenteres om den ikke er det.

NGI: Drenert situasjon er lagt til på alle tegninger utført i revisjon 1.

## F2.11 M: Farge lagdeling

Stabilitetssnittene veksler mellom forskjellige farger for kvikkliere lagt (rødt, grått, etc) fra rapport og tegning. Dette kan virke forvirrende. Det bør benyttes samme fargesystem på topplag, kvikkleire og leirlag.

NGI: Kvikkleirelaget er grått og alle farger med nye beregninger ifm foreliggende rapport er likt både i revisjon 0 og revisjon 1.

Eldre stabilitetsberegninger er ikke revidert/re-beregnet fordi dette vil ta for mye tid. Dersom man skulle ønske å se på eldre beregninger henvises det til vedlegg D.

## F3 Faresoner

### F3.1 Å: Faresone Vingejordet

GT: Det er ikke vist noen kritiske profiler eller tiltak i sone Vingejordet.

Vurdering: Er denne sonen ferdig behandlet med tanke på områdestabilitet og eventuelle tiltak, eller gjenstår det forhold ved denne sonen som må utredes i fremtiden?

NGI: Ettersom det ikke er planlagt tiltak i kvikkleiresone Vingejordet som NGI har kjennskap til, er det heller ikke gjort videre vurderinger. Stabilitetssituasjonen er mest sannsynlig lignende den for profil D-D, på den andre siden av ravinen i nabosone Skolegata.

I rapportens revisjon 1 er det tegnet utløpsområdet for Vingejordet. Forutsatt at det ikke planlegges utført tiltak i sonen p.d.d. utløses det heller ikke krav om videre utredning nå. Hvorvidt det gjenstår forhold ved sonen må vurderes i fremtiden, avhenger av hvilke tiltak som eventuelt vurderes. Videre utredning er utenfor NGIs oppdrag slik det er definert nå.

### F3.2 Å: Plannivå, tiltakskategori og klassifisering

GT: Rapporten er utført på områderegerings plannivå. Tiltakskategori K4 er gitt for Søndre Bøplassen (Meny), og Skolegata (skoleutbygging). Varmesentralen har fått kategori K2. Sonene er beskrevet klassifisert til middels faregrad.

Vurdering: Rapporten mangler vedlagt skjema for hver av sonene for faregrads-evaluering med poengsystem.

NGI: Det er laget et vedlegg E med skjema for hver av de tre sonene som angir poeng for hver sone, med oppdatert beskrivelse fra NGI i NVEs innmeldingsløsning.

### F3.3 Å: Avgrensning av faresoner

GT: Kap. 4 i rapporten refererer kort til dagens faresoner men det framkommer ikke hvordan dagens faresoner er vurdert eller konstruert.

Vurdering: NVE veileder 7 kap. 4.5 Prosedyre for utredning av faresoner viser punkter som skal gjennomgås ved områdestabilitet. Dette er ikke tydelig framstilt i hverken denne rapporten eller tidligere NGI rapporter og må derfor i sin helhet gjennomgås i denne rapporten. Dette mangler. Det må gis en framstilling og begrunnelse av:

- Utbredelsen av kvikklierlaget/lagene i plan og profil (hvilke data ligger til grunn, er det detektert kvikkleire etc.)
- Avgrensning av løsne- og utløpsområde (topografi, grunnforhold, metode, geometrisk forhold som gir lengde/bredde på sonene etc.)

#### Kommentar 1

GT: Kap. 4 i rapporten refererer kort til dagens faresoner men det framkommer ikke hvordan dagens faresoner er vurdert eller konstruert.

NGI: Det ble i rapportens kapittel 4 henvist til tidligere NGI-rapport 20170711-02-R, der dette er beskrevet ytterligere i revisjon 0. NGI har imidlertid forståelse for at det kan være tidkrevende å gå igjennom rapporter det henvises til, og basert på GTs kommentar er dette nå oppsummert i revisjon 1 av foreliggende rapport, kapittel 4.

#### Kommentar 2

GT: Vurdering: NVE veileder 7 kap. 4.5 Prosedyre for utredning av aktsomhetsområder viser punkter som skal gjennomgås ved områdestabilitet. Dette er ikke tydelig framstilt i hverken denne rapporten eller tidligere NGI rapporter og må derfor i sin helhet gjennomgås i denne rapporten. Dette mangler.

NGI: Alle punkter er tidligere utført, men det var ikke fremstilt hvordan denne ti-punktlisten er vurdert eksplisitt på tabell- eller punktform (det er ei heller krav om det, så fremt det er utført). Det er i forbindelse med foreliggende rapport revisjon 1, til en liste, der det skrives eksplisitt hvordan dette er utført nedenfor.

Kapittel 4.5 i NVEs veileder beskriver fremgangsmåten for å utrede aktsomhetsområder og faresoner. Disse punktene vil bli gjennomgått i dette avsnittet:

**1. Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være**

Utredningen er tilpasset områderegulering og tiltakskategorier som krever at faresoner identifiseres, avgrenses og faregradsklassifiseres i tråd med prosedyren beskrevet i kapittel 4.5 i NVEs veileder [2].

**2. Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense**

Kart fra NVE Atlas viser at hele området ligger under marin grense [18].

**3. Avgrens områder med marine avsetninger**

Løsmassekart fra NGU viser at hele området er dekket av marine avsetninger.

**4. Undersøk om det finnes kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.**

Figur 2 viser at det er kartlagt flere faresoner i området.

**5. Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for område-skred.**

*Følgende terrengkriterier vil fange opp områder der det kan gå områdeskred:*

- *Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og total skråningshøyde > ca. 5 meter.*
- *I platåterreng: høydeforskjeller på 5 m og mer, inkl. dybde til elvebunn/fot marbakke.*
- *Maksimal bakovergripende skredutbredelse = 20 x skråningshøyde, målt fra for skråning/marbakke/bunn ravine.*

Terreng i skråningen ned mot elven er større enn 1:20, og maksimum skråningshøyde i er mellom 13-21 meter.

**6. Gjennomføring av befaring og grunnundersøkelser/vurdering av grunnlag**

*Befaring er nødvendig for å få oversikt over lokale forhold som har betydning for avgrensning av mulige løsneområder (oppstikkende fjell, terrenginngrep, erosjonsforhold og lignende), og for planlegging av grunnundersøkelser. I noen tilfeller vil geoteknisk fagkyndig ved befaring kunne avkrefte muligheter for områdeskred.*

Det er utført befaring og grunnundersøkelser i flere runder (se kapittel 3 Terreng og grunnforhold). Mulighet for områdeskred kan ikke avkreftes på bakgrunn av befaring og grunnundersøkelser.

**7. Avgrens løsneområder mer nøyaktig**

*Empiriske data tyder på at de aller fleste løsneområder for kvikkleireskred begrenser seg til en terrenghelning større enn 1:15 for jevnt hellende terreng og maksimal utstrekning lik 15 ganger skråningshøyde i ravinert terreng.*

I bakkant av sonene er avgrensningen definert av oppstikkende berg, eller bestemt ut ifra avstandskriteriet som tilsier at maksimal størrelse av kvikkleire-soner tilsvarer 15 x skråningshøyde (for terrassert terreng). Denne avstanden er markert med røde linjer på Figur 6. Det er også tegnet opp en rekke profiler som viser mulig retrogressiv skredutbredelse basert på kvikkleiras beliggenhet, se blant annet Figur 3, Figur 4 og Figur 5.

#### **8. Vurder og avgrens sannsynlige utløpsområder for skredmasser**

*Når skredfarlige løsneområder er identifisert og avgrenset i samsvar med pkt. 7, må en vurdere og avgrense sannsynlige utløpsområder for skredmasser som kan utgjøre fare. Også skredmasser fra mulige løsneområder som ligger utenfor planområdet vurderes.*

Ettersom det er påvist store mektigheter av sprøbruddmateriale/kvikkleire i flere profiler, er det antatt at initialscred kan føre til utløsning av retrogressive skred med potensielt store volumer omrørt leire. Elven vil virke som en kanal for skredmassene, og det er dermed vurdert iht. NIFS rapport 2016/14 [19] at et eventuelt skred fra hver av de ulike sonene kan ha utløpslengde 3x"lengden av løsneområdet".

#### **9. Avgrens og klassifiser faresoner**

*Sannsynlige løsne- og utløpsområder avgrenset i samsvar med punktene foran tegnes inn på kart som faresoner. Løsne- og utløpsområder gis hver sin skravur.*

Løsne- og utløpsområder er tegnet inn i på tegning 001 og 002.

#### **10. Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet**

*Dersom planen innebærer tiltak innenfor avgrensede faresoner, og tiltakene tilhører tiltakskategorier der det forutsettes utredning av og krav til områdestabilitet, gjennomføres stabilitetsanalyser i samsvar med kapittel 6 og 7.*

Valg av tiltakskategorier og krav for disse er beskrevet i kapittel 5.2, bakgrunn for stabilitetsvurderingene er beskrevet i kapittel 6 Bakgrunn for stabilitetsvurderinger og resultater og tiltak er beskrevet i kapittel 7 Stabilitetsvurderinger – stabiliserende tiltak.

### **Kommentar 3**

GT: Det må gis en fremstilling og begrunnelse av: - Utbredelsen av kvikklierelaget/lagene i plan og profil (hvilke data ligger til grunn, er det detektert kvikkleire etc.)

NGI: Bakgrunnen for (nye) profiler er gitt i rapportens kapittel 6. I kapittel 4 er det tegnet tre profiler med kvikkleireutbredelse og 1:15-linjer gjennom kvikkleira. Det er også vedlagt en ny tegning 003 som viser tolkning av kvikkleire og dens utbredelse i området.

## Kommentar 4

GT: Avgrensning av løsne- og utløpsområde (topografi, grunnforhold, metode, geometrisk forhold som gir lengde/bredde på sonene etc.)

NGI: Nærmere beskrevet i kap 4.

### F3.4 L: Krav om regelverk

## F4 Grunnundersøkelser

### F4.1 M: Omfang sonderinger

GT: Tegning 001 viser borplan med grunnundersøkelser fra forskjellige aktører. Grunnundersøkelsen dekker med sonderinger større deler av Sone Søndre Bøplassen og Skolegata.

Vurdering: Dagens sonderinger dekker sone Bøplassen sør og Skolegata.

Sone Vingejordet er dekket kun med 2 stk. totalsonderinger og en CPT. Flere av totalsonderingene ser ut til å ha instrumentfeil. Dette er drøftet i videre punkter.

NGI: Ok. Se for øvrig kommentar vedrørende mulig instrumentfeil.

### F4.2 M: Omfang dagens prøveserier

GT: NGI mener at dagens prøveserier med plassering og dybdeintervall ikke dekker faresonene langs elvekanten slik at påvisning, eller eliminering av kvikkleirelag kan sikres. Generelt har NGI derfor valgt en konservativ tilnærming med vektlegging av totalsonderinger (hvor flere kan ha instrumentfeil).

Nyere kontinuerlige prøveserier fra Terraplan (2020), og GrunnTeknikk (2019/2020) inne på plataet, viser enten ingen kvikkleire lag, eller begrenset mektighet av et kvikkleirelag i stor dybde. Vi forstår det slik at NGI har valgt å ikke vektlegge nyere prøveserier og opprettholder tidligere utbredelse av faresonene med grunnlag i sonderinger. Tidligere lagdeling blir også opprettholdt i profilene slik vi forstår det.

Vurdering GT: vi mener denne vurderingen er for konservativ og ber om begrunnelse, spesielt ift. hvorfor prøveserier ikke begrenser faresonene videre østover/bakenfor for prøveseriene.

NGI: NGI er enig i at man har lagt seg på en konservativ linje ved utredning av kvikkleiresone Søndre Bøplassen der det er påvist leire som per definisjon ikke er sprø. Leira er imidlertid tilgrensende sprø helt i toppen ved borpunkt T-4, men generelt er det påvist ikke-sprø leire, eller sand, ved planlagt Meny-bygg. NGI er enig i at det er grunnlag for å innskrenke sonen en del i bakkant. Dette er utført og tilhørende tegninger og stabilitetsprofil er revidert (tegning 001, 002, figur B1 og C1).

### F4.3 Å: Planlagt nye prøveserier

GT: Rapporten foreslår nye prøveserier for sone Søndre Bøplassen for å eventuelt eliminere eller begrense dagens faresone.

Vurdering: Vi er av den oppfatning at dette samme forhold vil kunne gjelde for både faresone Skolegata og Vingejordet da NGIs vurderinger konservativt er basert på sonderinger med liten motstand/stigning. I tillegg kan det være instrumentfeil ved flere av disse sonderingene som er lagt til grunn for faresonene. I utgangspunktet mener vi nylig opptatte prøveserier begrenser faresonene på flere steder ift. utbredelse av bakover gripende kvikkleireskred.

NGI: Det er vanlig praksis å tolke totalsonderinger med liten motstand/stigning til å være sprøbruddmateriale (dersom det ikke er flere undersøkelser som skulle tilsi noe annet), se NGF-melding 9. Vedrørende mulig instrumentfeil, se neste kommentar i punkt 3.4.

NGI er enig i at sone Søndre Bøplassen kan innskrenkes en del i bakkant basert på boring T-2 og T-4. Sonegeometri er revidert ifm revisjon 1.

For de øvrige to sonene, Skolegata og Vingejordet, mener NGI at det ikke foreligger grunnlag for videre innskrenking av sonene.

Supplerende grunnundersøkelser i faresone Skolegata og Vingejordet som eventuelt påviser ikke-sammenhengende kvikkleirelag eller mindre kvikkleireutbredelse kan naturlig nok føre til at faresonene kan innskrenkes ytterligere.

### F4.4 M: Mulig instrumentfeil totalsonderinger

GT: Ut fra en sammenlikning av nyere sonderinger i 2019 og 2020, er det nå mulig oppdaget instrumentfeil i flere sonderingspunkter fra NGI (NGI\_1 til NGI\_25). Flere av disse totalsonderingene (TOT) viser tilnærmet null motstand i øvre del av sonderingene. Dette er av betydning for rapporten da disse blir tolket som et høyereliggende kvikkleirelag av NGI i de fleste utredninger etter 2012.

Gjennomgående viser instrumentfeilen 2 – 3 kN for lite trykk i totalsonderingene (TOT). Dette kan være forårsaket av eks. feil med strekkklapper i bortårnet og mangel og kalibrering av trykkmotstand samt kontakt med logger på riggen. NGI\_CPT i samme punkter viser større trykkmotstand da disse er målinger i selve sonden og er ikke påvirket av feil i bortårnet som de er for totalsonderingene.

NGI: Kalibreringsark for lastcellen på riggen som ble brukt (GM 100 GTT) for både året før (2016) boringene ble utført, året de ble utført (2017) og året etter boringene ble utført (2018) viser veldig stabile verdier for matekraft ved forskjellig pålastning.



Så om det skal være en feil på dette, noe som ikke er umulig, så må det være en feil som kommer og går (intermittent error), for det er ikke gjennomgående på noen av totalsonderingene.

CPT og totalsonderinger viser ikke samme oppførsel og kan ikke direkte sammenlignes – det er vanlig at en kan ha betydelig utslag på CPT i steder der en har null matekraft på totalsonderinger. Imidlertid gir en sammenligning mot CPT og lab-resultater viktig input for å vurdere om såpass lave verdier som er målt i noen av totalsonderingene gir mening.

Kurveforløpet med dybden er viktigste output, og ikke nødvendigvis de eksakte verdiene for matekraft fra totalsondering. Eventuelle null-verdier i matekraft burde imidlertid sees på nøyer. Rådatafilene er sjekket for alle totalsonderingene, og det er ikke registrert null-målinger, men det er flere punktverdier som tenderer mot null (meget lav motstand).

NGI er enig i at enkelte av sonderingene tenderer til å vise et offset ned mot null. Spesielt totalsondering i punkt NGI\_5 virker merkelig med det faste topplaget/sandlaget som en gjerne skulle ha sett at gav noe friksjon videre ned. Det er imidlertid ikke utført flere undersøkelser i dette punktet, men det er gjort funn av sensitiv leire i samme dybder i punkt NGI\_10 et lite stykke unna.

Grunnteknikk virker i sin kommentar fast bestemt på at det *er* en (instrument)feil, men NGI er ikke enig i at dette nødvendigvis er tilfelle. En slik eventuell feil er vanskelig å plukke opp, og det som kan og bør undersøkes er allerede er undersøkt på nytt, og beskrevet i det ovenstående. NGI mener at det ikke kan konstateres at det *er* en feil med nåværende grunnlag. Spørsmålet da blir om instrumentfeil vil påvirke konklusjonene i en slik retning at det bør utføres nye grunnundersøkelser. Hvis man på senere tidspunkt skulle mene at resultater fra sonderinger kaster såpass tvil over mulig løsningsrom for tiltak i området, da er eneste løsning å utføre nye undersøkelser, men NGI ser ikke at dette skulle være nødvendig p.d.d.

## F4.5 Å: Liste over totalsonderinger med mulig instrumentfeil

GT: Nedenfor er et utvalg av punktene med det som mulig er instrumentfeil (som vises med tilnærmet null motstand i øvre del) listet opp med nærliggende punkter eller CPT i samme punkt som har betydelig høyere motstand, spesielt i øvre del, men også gjennomgående i dybden av sonderingen.

Liste over et utvalg av totalsonderingspunkter med antatt feil:

- NGI\_1TOT (Skolegata): Punkter tett på. NGI\_1CPT og 304TOT og 304CPT viser 2 – 3 kN høyere spissmotstand i dybden.
- NGI\_2TOT (Skolegata): 301TOT og 304TOT viser 2-3 kN høyere gjennomgående helt ned til 25 m dybde.
- NGI\_3TOT (Skolegata): 505DT og 506DT viser betydelig mer motstand i øvre del.
- NGI\_4TOT (Skolegata): 506DT viser betydelig mer motstand helt ned til avslutning på 10 m. C-3DT viser også betydelig høyere motstand.

- ↗ NGI\_5TOT (Skolegata): Totalsonderingen viser trolig instrumentfeil. Vi har ikke tilgang på I-3DT eller I-4DT
- ↗ NGI\_8TOT (Bøplassen): NGI8\_CPT, 503DT og T-1 viser mer motstand spesielt fra 7 – 11 m dybde.
- ↗ NGI\_10TOT (Skolegata): 207DT, 209DT, og 210DT viser høyere motstand i øvre del.
- ↗ NGI\_11TOT (Skolegata): 506DT og C-3DT viser betydelig høyere motstand.
- ↗ NGI\_13TOT (Bøplassen): T-3 viser 1,5 – 4 kN høyere motstand i dybden.
- ↗ NGI\_14TOT (Bøplassen): 14 viser ca, 3 kN høyere motstand i dybden.
- ↗ NGI\_17TOT (Skolegata): Punkter tett på. 311TOT og 311CP viser litt større motstand og er ellers forholdsvis like.

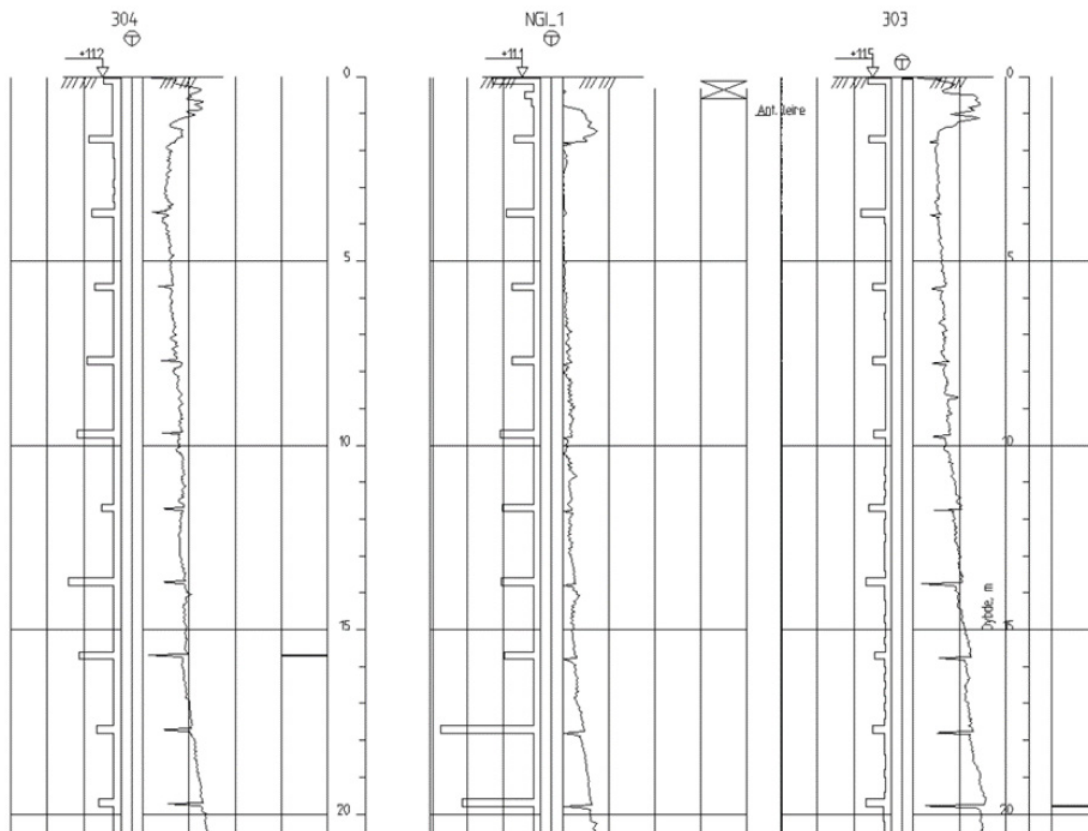
Vurdering: Det kan ikke utelukkes at alle totalsonderingspunkter merket NGI\_1 .. NGI\_25 inneholder instrumentfeil også i de punktene som ikke viser tilnærmet null motstand i øvre del. Dette er ikke nærmere undersøkt i denne kontrollen. Om det dreier seg om systematisk feil eller sporadisk feil relatert til individuelle borpunkt, grupper, eller område er heller ikke vurdert. Punkt NGI\_1 og NGI\_17 tyder på at det ikke er en systematisk feil.

Vurdering: Ber om en redegjørelse for de avvikende totalsonderingene og hvilke kontroller som gjøres for å bekrefte/avkrefte instrumentfeil/registreringsfeil/utførelsesfeil.

NGI: Se forrige punkt vedrørende kontroller en kan gjøre og hva som er gjort.

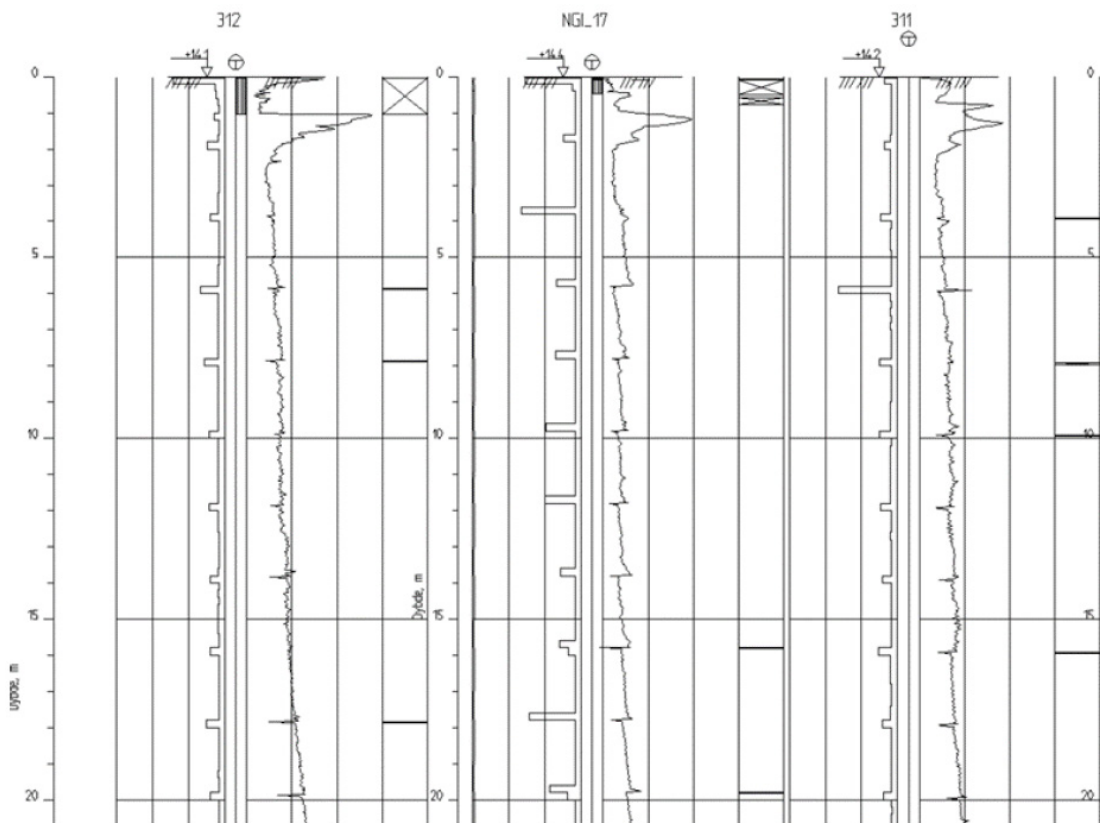
#### F4.6 Å: Mulig instrumentfeil illustrert punkt NGI\_1 med NGI\_17 og konsekvenser

GT: For sammenlikning er det vist punkt NGI\_1 og punkt NGI\_17 med nyere totalsonderinger som ligger i nærheten.



Figur 1. Viser totalsonderinger til 20 m dybde utklipp fra Geosuite. Fra venstre 304, NGL\_1, og 303.

NGI\_1 viser lite samsvar med totalsonderingene i nærheten, og har blitt tolket som kvikkleirelag i rapporten og viser tegn på instrumentfeil. Punkt NGL\_1 er typisk for hoveddelen av totalsonderingene listet opp under kontrollpunkt 3.5 over.



Figur 2. Viser totalsonderinger til 20 m dybde utklipp fra Geosuite. Fra venstre 312, NGL\_17, og 311.

Punkt NGL\_17 viser noe mer samsvar med totalsonderingen rundt, men har tendens til litt «juletre» ved hvert stangskifte (2m) som kan tyde på spenning/friksjon ved bunn av hvert stangskifte.

Vurdering: Ber om en redegjørelse konsekvenser av en eventuell instrumentfeil ved totalsonderingene i området ift. tolket mektighet av sprøbruddmateriale.

NGI: Som nevnt i to punkter ovenfor mener NGI at det ikke kan *konkluderes* med at det er en instrumentfeil. Når det gjelder de to konkrete borpunktene som nevnes ifm. denne åpne kommentaren (punkt 3.6) så mener ikke NGI at det grunnlag til å tolke sondering NGL\_1 annerledes sett i lys av 304 og 303. Motstanden er riktignok en del lavere, men trenden med dybden er likevel rimelig lik. Det samme gjelder for borpunkt NGL\_17.

Enda viktigere er det Grunnteknikk ber om redegjørelse av, nemlig konsekvens ved eventuell feiltolkning av kvikkleiremektighet som følge av instrumentfeil. Dersom man har tro på feiltolkning av kvikkleireutbredelse kan dette ha konsekvens for mulig skredmekanisme og ADP-faktorer (kun A-faktor med 15 %) for de udrenerte skråningsstabilitetsberegningene (leire i stedet for kvikkleire, eller vice versa?).

Sett i lys av skråningsgeometri (relativt bratt skråning og tilnærmet platåterreng i bakkant) og tolket udrenert skjærfasthet (økende  $S_u$  med dybden, uten tynnere og bløtere lag), så virker allerede-utførte stabilitetsberegninger med rotasjonsbrudd å gi et representativt bilde av skråningssikkerheten, selv om man skulle tolke lagdelingen med tykkere/tynnere kvikkleiremektighet. Dermed virker ikke annen tolkning av kvikkleiremektighet å påvirke skråningssikkerheten (sikkerhetsfaktor) stort ved eventuell feiltolkning grunnet mulig instrumentfeil.

Når det gjelder skredmekanisme, så vil eventuelt tynnere lag kvikkleire enn det som allerede er tolket kunne føre til at man bør vurdere flakskred fremfor retrogressivt skred som mest sannsynlige skredmekanisme dersom kvikkleira aktiveres.

Basert på det ovenstående, så mener NGI at eventuelle konsekvenser ved feiltolket kvikkleiremektighet (grunnet mulig instrumentfeil) er mindre. Det anbefales dermed ikke utført supplerende grunnundersøkelser kun basert på dette i noen av kvikkleiresonene. I forbindelse med videre vurderinger og detaljprosjekter (f.eks. ved planlagt boligutbygging i sone Skolegata) kan det bli behov for supplerende undersøkelser, men på nåværende reguleringsstadium virker ikke dette nødvendig.

## F5 Lagdeling og parametervalg

### F5.1 Å: Kvikkleiredefinisjon

GT: Sprøbruddmateriale er definert i kap. 3 med  $S_{ur} < 2$  kPa. Det står ingen ting om ny laboratoriestandard (ISO 17892-6:2017) og definisjon etter 2017 hvor  $S_{ur} < 1,27$  kPa er grensen for definisjon av sprøbruddmateriale.

Vurdering: Er det tatt hensyn til ny definisjon av sprøbruddmateriale fra de forskjellige periodene med grunnundersøkelser?

NGI: Definisjon av sprøbruddmateriale ( $S_{ur} < 2$  kPa og  $S_t > 15$ ) er beskrevet i NVEs veileder 7/2014, og det er denne vi har forholdt oss til (uendret i perioden, dog under revisjon nå).

I rapporten er det tatt hensyn til den eldre standarden, fordi det er denne standarden som er/var utgangspunktet for NVEs kvikkleireveileders (7/2014) sprøbrudd-definisjon.

### F5.2 Å: Lagdeling A-A (tegn. B1) og borpunkter

GT: Lagdelingen er vist for profil A-A og beskrevet i kap. 6.3.1.

Valgt lagdeling i A-A ser bort fra sonderingene og prøveserie i selve snittet (NGI\_7, T-2 og T-3), og velger NGI\_13 som ligger noe syd for dette snittet og som muligens inneholder instrumentfeil.

Vurdering: Dette er ikke begrunnet hvorfor en sondering (NGI\_13) vektet over de andre sonderingene/prøver som faktisk ligger i snittet. Både med tanke på antall sonderinger langs snittet, korrelasjons avstand og hva en mener om avsetningsforhold i området. Prøveserier i samme snitt avkrefter sprøbruddmateriale i tolket dybde, hvordan er dette vurdert?

NGI: Se kommentar under punkt F3.2 og F3.3.

### F5.3 Å: Lagdeling A-A (tegn. B1)

GT: Lagdelingen er vist for profil A-A er vist i figur 4. Her er kvikkleirelaget trukket helt ned til bunn av modellen. Det samme laget er avgrenset i tegning B1.

Vurdering: Hva er bakgrunnen for forskjellig lagdeling i figur 4 og tegning B1

NGI: Bakgrunnen var at dette kun skulle være innledende beregninger, og at det dermed ikke spilte stor rolle dersom KL-laget var trukket helt ned eller ikke (men gjorde beregningene raskere å gjennomføre). Det er nå utført nye stabilitetsberegninger (vist i fig. 6 i rev 01, tilsvarende fig. 4 i rev 00). I disse beregningene er lagdeling tilsvarende lagdelingen i B1 benyttet for å unngå misforståelser. De nye beregningene gir ikke endrede konklusjoner i rapporten.

### F5.4 Å: Lagdeling D-D (tegn. B2) og borpunkter

GT: Lagdeling i D-D er vist i profil D-D og beskrevet i kap. 6.3.2.

Langs snitt D-D ligger punktene NGI-1, 304, 303, 302, og NGI\_25. Det er prøveserier i punkt 304 og 30,3 hvor kun 304 viser et kvikkleirelag på med ca. 4 -5 m mektighet. Det er likevel lagt inn enn mektighet på ca. 9 m med kvikkleire i dette punktet. Prøveserie i punkt 302 viser ikke noe kvikkleirelag, kun mulig mindre sjikt, likevel er det lagt inn et kvikkleirelag. (se fig 4.)

Vurdering: Dette er ikke begrunnet hvorfor kvikkleirelaget i modellen er mye større en det som faktisk er registrert i prøveseriene (300 serien). Dette må begrunnes.

NGI: Se formulering i rapportens kapittel 3, revisjon 0, " I rapporten er det brukt "kvikkleire" om leire som per definisjon er kvikk ( $S_{u,r} < 0,5$  kPa) og sprøbruddmateriale ( $S_{u,r} < 2$  kPa og  $S_t > 15$ )."

Borpunkt 302: Sensitiv leire (sprøbruddmateriale) ved ca 6,5 meter, det samme ved ca. 10,2 meter. Så mer sammenhengende fra 12 meter til 15 meter (men her er omrørt konus noe høyere men fortsatt under 2 kPa unntatt ved ca. 14,9 meter. Her kan det være kvikt). Det som er "kvikkleire" i snittet er sprøbruddmateriale med sensitivitet  $>15$  og omrørt skjærstyrke  $<2$  kPa

Borpunkt 304: Det er en kontinuerlig prøveserie fra 1-23 m dybde (!) i borpunkt 304, som påviser sprøbruddmateriale mellom dybde  $\sim 11-16$  m. I denne prøveserien er det

også prøver med SuR rundt 2 kPa i dybde 3-8 m og 9-11 m. Det er et ikke-sensitivt lag i dybde 8-9 m, men ellers er avsetningen tilsynelatende enten sensitiv eller sprø leire. En streng tolkning basert på borpunkt 304 tilsier et sprøbrudd-lag (for enkelthets skyld kalt kvikkleire overalt i rapporten) på ~5 meter. Det er lagt til et større lag i profil D-D nær skråningskant (rundt 9 m, som påpekt av Grunnteknikk). Dette spiller liten/ingen rolle for beregningsmessig resultat (påvirker kun ADP-faktorer), og det er ikke revidert da det spiller mindre rolle for beregningsmessig skråningssikkerhet (og vil ta noen timer å revidere som kunden i prosjektet må betale for, som samtidig ikke får utslag på anbefalte sikringsløsninger).

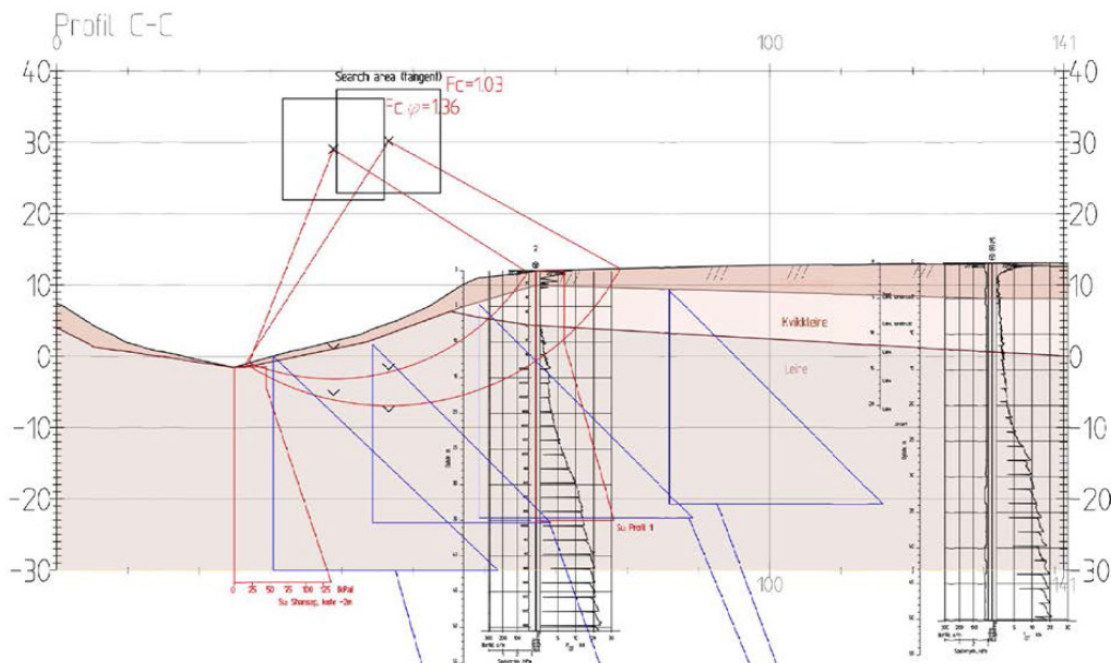
### F5.5 Å: Lagdeling D-D (tegn. B2) og nabosnitt

GT: Lagdeling i D-D ligger rett ved tidligere snitt C-C (NGI 2017).

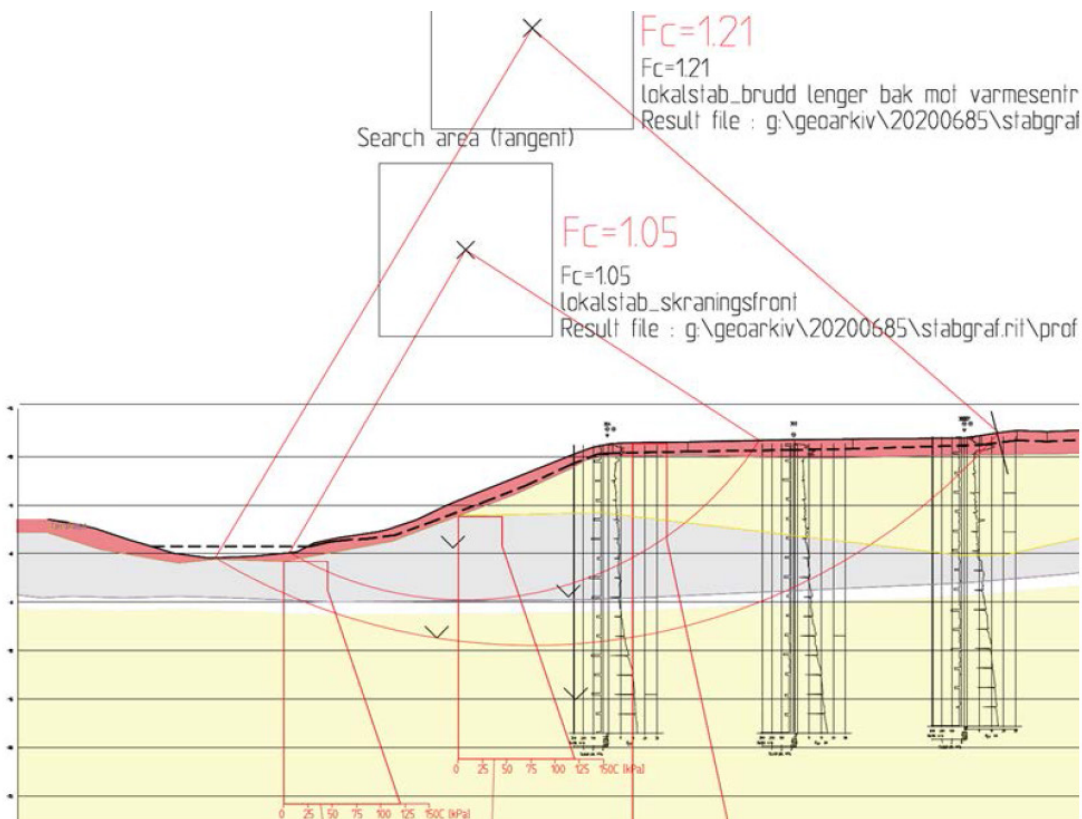
Lagdelingen i snitt D-D og C-C er totalt forskjellige. I C-C ligger kvikkleirelaget i toppen mens i D-D ligger det betydelig dypere og strekker seg ned under elvebunn. Valg av lagdelingen kan få konsekvenser for omfang av avlastingstiltak.

Vurdering: Avsetningsforholdene for et eventuelt kvikkleirelag kan ikke ha vært så forskjellige i to nærliggende profiler at lagene bytter plass i toppen. Hvordan er dette vurdert, og hva er bakgrunnen for dette. Hvilken lagdeling er den gjeldende for området?

Nedenfor er snittene vist for C-C og D-D (figur 3 og 4).



Figur 3 Snitt C-C (2017) (kvikkleire rosa, lag 2)



Figur 4 Snitt D-D denne rapporten (kvikkleire grått, lag 3)

NGI: Det er nok samme avsetning her (marin avsetning). Hvorvidt leira har blitt såpass utvasket til å bli kvikkleire avhenger av lokale grunnvannsforhold. Kvikkleire og sprøbrudmateriale er som nevnt ovenfor en definisjonssak som henger på sensitivitet og omrørt fasthet. Den samme avsetning kan ha varierende grad av utvasking og dermed sensitivitet.

I snitt C-C er ikke kvikkleirelaget tegnet ned til under elvebunnen, men det er det i snitt 4-4 som er like ved snitt C-C og som vi har fokusert på i denne rapporten. Snitt 4-4 og snitt D-D er mer like hverandre dersom man sammenlikner kvikkleirens utbredelse i nærheten av elven.

Det er dessuten en kontinuerlig prøveserie fra 1-23 m dybde (!) i borpunkt 304, som påviser sprøbrudmateriale mellom dybde ~11–16 m. I denne prøveserien er det også prøver med  $S_{UR}$  rundt 2 kPa i dybde 3-8 m og 9-11 m. Det er et ikke-sensitivt lag i dybde 8-9 m, men ellers er avsetningen tilsynelatende enten sensitiv eller sprø leire.

Leira i skråningen antas å være sensitiv ved i hele denne kvikkleiresonen. Det er tolket litt forskjellig mektighet, spesielt i profil C-C midt i mellom to profiler med kvikkleira dypere, som Grunnteknikk påpeker. Basert på dette kan det ikke utelukkes at det er mer sensitiv leire i nivåer som indikert av snitt C-C, men dersom man er ute etter ett representativt profil kan NGI si at profil D-D virker representativt.



Satt litt på spissen, spiller det for øvrig mindre rolle nøyaktig hvilken mektighet kvikkleira har her, så lenge det er av "en viss mektighet" (=kan gå kvikkleireskred). Så lenge det er grunn til å tro at det kan gå skred som kan bre seg lengre bak i sonen blir de beregningsmessige forutsetningene kun påvirket av ADP-faktorene og forskjellen mellom leire og kvikkleire (1, 0.7, 0.4) sammenlignet med (0.85, 0.65, 0.35), mao. ikke en vesensforskjell sett i lys av den relativt lave stabiliteten bortover hele denne skråningen ( $FS \approx 1,05$ ), frem til snitt 2-2 og 3-3 (der det ikke er anbefalt sikringstiltak ved avlastning). Konklusjonen forblir at det er behov for tiltak i resten av skråning(e) i sonen.

## F5.6 Å: Profil 4-4

GT: Profil 4-4 er beskrevet i forhold til tidligere beregninger i 2019. Det vises til nye beregninger.

Vurdering: Vi forstår ikke om denne profilen er vurdert og beregnet på nytt i denne rapporten. Og savner vedlagt stabilitetssnitt som viser dette.

NGI: NGI har forståelse for at dette ble formulert litt uklart i rapporten.

Det er utført nye stabilitetsberegninger for dette profilet, der en ny skjærstyrkeprofil ved borpunkt 313 (lengre bak på plataået) er inkludert. Stabilitetsberegningene for kritisk glideflate gir tilsvarende stabilitet som beregnet i tidligere notat, og er dermed ikke tatt med i foreliggende rapport. Beregninger fra tidligere notat kan sees i vedlegg D. Beregningene for lokalstabiliteten ved skolebygget viser også god stabilitet, men disse beregningene er ikke tatt med i foreliggende rapport da lokalstabiliteten skal vurderes i senere faser av prosjektet, og det ble dermed sett på som "mulig støy" å inkludere i rapportens revisjon 0. Beskrivelsene av bakgrunn for – og resultatene av beregningene i snitt 4-4 er noe oppdatert i rev 01 (kap. 6.3.3 og 7.2.2).

## F5.4 Å: GV-nivå

GT: GV-nivå i Sandeelva framkommer ikke i snitt A-A (tegn. B1)

NGI: GV-nivå i Sandeelva fremkommer ved poretrykk**profiler** i figur B1 (og C1).

## F5.5 Å: Styrkeparametere. Drenerte

GT: Tabell 2 i rapporten viser styrkeparametere

Vurdering: Referanse eller begrunnelse for valg av drenerte styrke parametere for leire/-kvikkleire mangler. Finner ikke referansen til punkt med treks.

NGI: Det lagt til referanse i denne tabellen i revidert versjon av rapport.

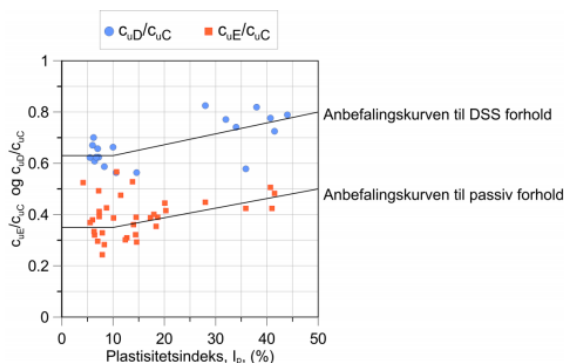
## F5.6 Å: ADP-faktorer

**GT:** Det er i tabell 2 vist en reduksjon av ADP faktorer for kvikklirelaget. Vanlig praksis er kun å redusere aktiv verdi. I tabellen er også direkte og passiv verdi redusert. Dette har betydning for stabilitetsberegningene.

**Vurdering:** Hva er bakgrunn for å redusere direkte og passive verdier i kvikklirelaget, og er det vurdert forhold beskrevet i NGI artikkel (ref. [11]) med korreksjons verdier på sikkerhetsfaktor og ikke materiale.

**NGI:** Det er anvendt ADP-faktorer basert på antagelse om plastisitet til leira/kvikkleira, se utklipp fra NIFS-rapport nedenfor. Det er antatt  $I_p$  over 10% for leira, og  $I_p \leq 10\%$  for kvikkleira.

Dette er beskrevet i rev 00, kap. 6.2.1: *Videre er anisotropifaktorer for direkte og passiv udrenert skjær-fasthet til kvikkleire satt til hhv. 0.65 og 0.35 i forhold til aktiv udrenert skjærfasthet, med antagelse om at leiren er sensitiv og har lav plastisitet, ref. [27].*



Figur 4: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP – faktorer).

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

Tabell 1: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP – faktorer).  
 OBS:  $I_p$  er i % i formlene.

Hvis det henvises til korreksjonsfaktorer for å ta hensyn til softening-effekter (sprøbruddoppførsel i kvikkleire), så er sprøbrudd-effekter tatt hensyn til ved å anvende anbefalingen som er gitt ved å redusere aktiv udrenert skjærfasthet med 15% iht. NVEs kvikkleireveileder 7/2014.

## F5.7 Å: SHANSEP overkonsolidering OCR

GT: Der er antatt tidligere terreng på kote +19 i kap. 6.2.2.

Vurdering: Begrunnelse og bakgrunn for antatt tidligere terreng på kote +19 framkommer ikke (er det fra OCR profil (CPT), eller fra ødometerforsøk i området?)

NGI: I rapport 20170711-02-R står det skrevet at ødometerforsøkene gjort i området ikke var av god kvalitet, og at det antas at tidligere terreng på kote +19.

Dette er basert på omkringliggende terrengoverflate (platå i området, rimelig flatt), samt tolkning basert på CPT og en sammenligning mot forskjellige shansep-profiler (med forskjellig overlagringshistorikk). Etter at denne sammenligningen var utført, viste det seg at kote +19 moh virket rimelig i hele området.

## F5.8 Å: Su profiler tolkning, framstilling

GT: Vedleggene A-1 til A-7 viser mange tolkede OCR og Su profiler for hver CPTU sondering ved snitt A-A, D-D, og 4-4.

Vurdering: Det er svært mange tolkninger av OCR og Su profiler med mye spredning. Hva er begrunnelsen/metoden for valgt «best estimate profile»? Enkelt Su profiler i beregningssnittene referer til andre rapporter. Disse CPT tolkningene og designlinjene bør finnes i vedlegg i rapporten.

NGI: Forsiktig middelsverdi iht. Eurokode "best estimate"-profilene for OCR og su er valgt basert laboratoriedata samt en gjennomsnittlig trend av de ulike tolkningsmetodene. Der enkelte tolkningsmetoder avviker betraktelig fra resten av tolkningene (f.eks. "OCR Pressure" i vedlegg A4), er disse sett bort fra.

Basert på Grunnteknikks kommentar så er Su-profiler fra rapport 20170711-02-R og 20190677-01-TN lagt til i vedlegg A (med nye nummerering, for at kronologien opprettholdes).

## F6 Stabilitetsanalyser

### F6.1 Å: Skredmekanisme

GT: Der er beskrevet i kap. 6.4 at en antar en skredmekanisme oppstår med initialscred, eller erosjon i elveskråningen som kan forplante seg bakover (retrogressivt). Vi forstår det da slik at et skred utløses ved elvekanten og ikke som et forroverrettet skred fra platået bak.

Vurdering: Vi er enig i at initialscred er den mest trolige utløsningsmekanismen for et retrogressivt skred langs Sandeelva. Vi er imidlertid usikre på hvor langt bak et slikt

skred virkelig ville forplantet seg basert på stedvis beskjedne mektighet sprøbrudd-masser. Vi forstår ikke hvilke kriterier som gjelder for de lange ikke-kritiske glideflatene, langt bak elveskråningen, da det er beskrevet en mekanisme som starter med et initialskred ved elvekanten. Er dette et foroverrettet skred med lang glidesirkel?

NGI: De ikke-kritiske glideflatene som er vist er beregnet stabilitet som inkluderer de ulike byggene (lokalstabilitet mot tiltak). Dette er gjort for å vise hvorvidt det er mulig å oppnå god nok lokalstabilitet for de planlagte tiltakene (med forslag til evt. stabiliserende tiltak), selv om løsning for dette må detaljprosjekteres før utførelse. F.eks. i B1, er glidesirkel der bakkant av sirkelen kommer opp bak planlagt menybygg vist. Hva de ulike glidesirklene representerer er også vist i vedleggene B1, B2, C1 og C2 med tekst.

Selv om kritisk stabilitet er nærmere skråningskant ( $FS \approx 1,05$  for de bratteste skråningene), er det altså vurdert stabilitet lenger bak mot planlagte tiltak fordi det ikke er tilstrekkelig å kun vurdere (og ev. forbedre) mest kritiske mekanisme; det er også behov for at lokalstabilitet for brudd mot selve tiltakene har tilstrekkelig sikkerhet (generelt er dette 1,25 for drenert og 1,40 for udrenert sikkerhetsfaktor hhv. iht. Eurokode 7).

Forbedring av skredsikkerhet for kritisk mekanisme (antatt rotasjonsskred mot elva) vil også forbedre øvrige mekanismer (f. eks. foroverrettet skred, som grunnteknikk har etterspurt).

## F6.2 Å: Stabilitetsanalyser, sammensatt glideflate

GT: Er sammensatt glideflate vurdert?

NGI: Vi har vurdert dette, men anser sirkulære flater å være representativt.

Det er ikke blitt beregnet konkret ifm. revisjon 0. Bakgrunnen for dette er at det ikke er funnet noen svakere lag som tilsier at man må optimalisere glideflatene som undersøkes (man må til en viss grad "lete" i geosuite stability). Det ville blitt "overkill" å inkludere en ny analyse i Plaxis (finder mest kritiske bruddmekanisme automatisk ved c-phi-reduksjon, men mer tidkrevende å sette opp en modell).

Det er heller ikke "komplisert" skråningsgeometri (f. eks. terrasserte terreng med flere plataer, som tilsier at man burde vurdere flere mekanismer). Rotasjonsbrudd med tilhørende sikkerhetsfaktorer antas representativt når input til analysen er såpass "enkel", dvs. styrken ("stabiliserende" krefter) og skråningsgeometri ("drivende" krefter).

I forbindelse med revisjon 1, ble det gjort en enkel beregning med sammensatt (ikke sirkulærsylindrisk) bruddmekanisme vurdert i profil D-D langs kvikkleirelaget (med lavere ADP-faktorer). Konklusjonen ble høyere udrenert sikkerhet ift. øvrige relasjonsbrudd som tidligere er vurdert. Selv om ADP-faktorene er noe lavere for kvikkleira, må det mobiliseres et langt større volum (større glideflate med mobilisert mostand) og ikke

et overkompenserende vekt fra dette volumet (drivende krefter). Dette var forventet, basert på ovenstående diskusjon.

### F6.3 Å: Stabilitetsanalyser, metode for kritisk og "ikke" kritiske glidesirkler

GT: Stabilitetsprogrammet finner kritisk glidesirkel som i dette tilfellet er den lokale (kritiske) glidesirkelen ned mot Sandeelva. I snittene (B1, B2, C1, C2) er det vist alternative glidesirkler noe lengre bak enn den kritiske glidesirkelen.

Vurdering: Hva er formålet med en glidesirkel som ikke er «kritisk» og hvilke metoder/-kriteria er brukt for å bestemme utbredelsen/geometrien av de «ikke kritiske» glidesirklene?

NGI: Se kommentar i F5.1.

### F6.4 Stabilitetsanalyser, skille mellom lokal og global(område) glidesirkel

GT: Regelverket skiller mellom lokal- og områdestabilitet og stiller forskjellige krav til disse. Normalt er kravet til lokalstabilitet strengere enn det er til områdestabilitet (da det er muligheter for %-vis forbedring der det er vanskelig å få til et hensiktsmessig tiltak.

Vurdering: Hvilke metoden/kriterier er brukt for å skille mellom lokal- og global (område) glidesirkler, og hvordan har man skilt mellom lokal og global glidesirkel i denne rapporten?

NGI: Først må det presiseres at alle tiltak må ha tilstrekkelig lokal stabilitet (generelt er dette 1,25 for drenert og 1,40 for udrenert sikkerhetsfaktor hhv.) for alle glideflater der selve tiltaket er involvert. Dette er krav som er gitt i Plan- og Bygningsloven gjennom Eurokode 7. Det er ikke tilstrekkelig å anvende prinsippet om %-vis forbedring dersom f. eks. udrenert glideflater som inkluderer selve tiltaket er under 1,40. Hvis dette skulle vært tilfelle, ville det da ofte vært gunstig å oppdage kvikkleire i et prosjekt, fordi man da kunne legge seg på et lavere sikkerhetsnivå (%vis forbedring). Det ville vært totalt ulogisk.

I denne rapporten har fokuset vært på områdestabilitet. Det er likevel utført innledende beregninger for lokalstabiliteten ved de ulike tiltakene for å vise at det er mulig å oppnå tilfredsstillende sikkerhet også for lokalstabilitet.

For profil A-A har anbefalt tiltak (utenom å gjøre flere grunnundersøkelser) vært å "fjerne" kvikkleiresonen ved å kalksement-stabilisere. Dette ville i så fall gjort at det ikke lengre er behov for å sikre områdestabiliteten, dvs. at sikkerhet langs kritisk glideflate (FS=1,05) ikke behøves å forbedres. I vedlegg C-1 er dermed stabiliteten for kritisk

glidesirkel ved elven ikke beregnet etter tiltak. Derimot er det utført stabilitetsberegninger for glidesirkel som inkluderer planlagt Meny-bygg for å vise at det er mulig å oppnå tilfredsstillende lokalstabilitet. Som nevnt i kommentar F5.1 må løsning for dette detaljprosjekteres før utførelse. For profil D-D er det utført stabilitetsberegninger både for kritisk glideflate, og for lokalstabilitet for varmesentralen. Dette er gjort både for dagens situasjon og for en situasjon med stabiliserende tiltak.

## F6.5 Å: Stabilitet laster

GT: Det er ikke benyttet terrenglaster, bygningslaster eller trafikklaster i stabilitetsberegningene. Hva er bakgrunnen for dette?

NGI: Det er trafikklaster i dag. Ved vurdering av avlasting og forbedring vil det uansett bli forbedring.

Det er ikke behov for å inkludere terrenglaster, bygningslaster eller trafikklaster i stabilitetsberegningene på reguleringsplannivå. Det som er vesentlig på dette nivå er å dokumentere tilstrekkelig stabilitet, eller % vis forbedring.

Terrenglastene skal inn i geoteknisk prosjektering i forbindelse med byggesaken.

## F6.6 L: Stabilitets kontroll snitt A-A

## F6.7 L: Stabilitets kontroll snitt D-D

## F6.8 L: Kritiske profiler identifisering

## F6.9 Å: Resultater stabilitetsberegninger

GT: Tabell 3 inneholder resultatene fra stabilitetsberegninger (vist i tegning 001) for alle snittene i området fra 2017 og fram til i dag. Enkelte resultater (2017 og 2019) er markert med (\*) for krav til evt. % forbedring.

Glidesirkelene i denne rapporten fra stabilitetsberegningene for skråning for snitt A-A og D-D er vist i tegning B1 og B2 og med tiltak i tegning C1 og C2.

Vurdering: Vi forstår ikke hvilke resultater som er for kritiske glidesirkel og hvilke som er fra «tvungen/låst» glidesirkel og hvilke som er områdestabilitet og lokalstabilitet.

NGI: Generelt er de fleste bruddmekanismene lenger bak på plataet "tvunget" hit (restrict shear surface i geosuite Stability).

Kritiske glideflater, og "låste" glideflater benyttet for å undersøke lokalstabiliteten er nå presisert i tabell 3.

## F7 Tiltak

### F7.1 Å: Tiltak avrenning elveskråning

GT: Elveskråningen vil kunne være utsatt for avrenning fra terreng og mulig dren og rør i skråning.

Vurdering: Er det behov for å kontrollere avrenning av overflatevann i skråningen evt. pågående erosjon?

NGI: På befarings, se rapport 20170711-03-R, ble det observert renner i skråningen, så det er allerede utført i et visst omfang. Dette er presisert i kapittel 9.2 i rapportens revisjon 1.

Bedre kontroll på avrenning er alltid gunstig. Avrenning og tiltak for "kontroll på vannet" er nevnt kjapt på slutten av kapittel 9.3 i denne rapportens revisjon 1.

### F7.2 Å: Erosjonstiltak Skolegata

GT: Det er beskrevet erosjonssikring i kap. 9.3 med henvisning til kap. 6.4.2.1. Utbredelse av erosjonstiltak er vist i figur 7 i rapporten. 6.4.2.1. beskriver at det for sone Skolegata snitt D-D er kvikkleire i en viss mektighet i elveskråningen som kan komme i kontakt med erosjon langs elvenivået. Erosjonssikring strekker seg fra sør og fram til grensen mot sone Bøplassen sør. Vi antar Bøplassen sør ikke har erosjonssikring fordi her er lag delingen antatt med et kvikkleirelag høyere enn elvenivået og er dermed vurdert unødvendig. Sone Skolegata har et elleie som i store deler ligger i en yttersving som trolig eroderer lite.

Vurdering: Om det er slik at erosjon som kommer i kontakt med kvikkleirelaget i elveskråningen skal erosjonssikres. Lagdelingen er svært usikker med tanke på kvikklierlagets omfang og plassering under terreng. Ved en gunstig plassering og mektighet av kvikkleirelaget i elveskråningen. Vil da hele, eller deler av erosjonssikringen bortfalle?

NGI: Det er riktig som Grunnteknikk har antatt mht. erosjonssikring mot Søndre Bøplassen. Foreslått sikring stopper mot Søndre Bøplassen basert på tolket kvikkleireutbredelse (ikke kvikkleire i nedre del).

Basert på kartstudie, er NGI enig i at det intuitivt kan virke som overflødig med erosjonssikring langs yttersving. Imidlertid er det i rapport 20170711-03-R anbefalt erosjonssikring også her, basert på observert erosjon. I foreliggende rapport 20200685-01-R, er det derfor fastholdt nødvendig med erosjonssikring her. En mer detaljert beskrivelse av erosjonssikring må gjøres i en annen fase. Med foreliggende rapport ønsker NGI primært å fremheve behovet for erosjonssikring av områdestabilitetshensyn.

### F7.3 Å: Vassdragsforhold grense bebyggelse

GT: Det er i kap. 5.2 nevnt at NVEs retningslinjer 1-2008 som sier at kravet til bebyggelse i faresoner langs vassdrag er 20 m horisontalt fra skråningsstopp, eller høyden på skråningen fra toppen.

Vurdering: Kravet er nevnt i teksten. Er dette avstandskravet ivaretatt langs alle faresonene? Kommer dette inn som en grense i planene?

NGI: Kravet er ivaretatt for all ny planlagt bebyggelse i alle de tre faresonene.

### F7.4 Å: Tiltak KC peler ved snitt A-A

GT: Det er beskrevet et tiltak med kc-peler ved snitt A-A sammen med avlastning av området bak. Kc-peler benyttes vanligvis i sensitive bløte masser og settes i ribber inntil 20 – 25 m under terreng der de skal virke stabiliserende. Rapporten beskriver et sikringskonsept bestående av kc-peler mellom skråning og Meny bygg og avlastning av grunn under Meny bygg.

Vurdering:

- Lengden på kc-pelene ser ut til å være over 40 m under terreng som er for dypt for vanlig innblandingsutstyr.
- Massene i dybden er middels sensitive (Terraplan prøveserier) og en kan få en redusert innblanding av kc-pelene og oppnår muligens dermed ikke full design styrke.
- Om de er glidesirkelene fra tegning C1 som skal tilfredsstillende et gitt sikkerhetsnivå forstår vi ikke hvorfor kc-pelene ikke kan plasseres tetter på Meny bygget hvor de får mer effekt i aktiv sone.
- Den lange glidesirkelen i C1 oppfatter vi som en global (område) glidesirkel og kravene til denne er ikke det samme som for lokalstabiliteten. Se NGI rapport (NGI 2017) med %-vis forbedring i nabosnitt A-A.
- Kan kc-pelene føre til senkning av GV nivå som kan påvirke fremtidig bebyggelse.

NGI: GTs spørsmål er punktvis besvart i det følgende:

- Det er riktig at med KS-rigger som finnes i Skandinavia med "vanlig" innblandingsutstyr ikke kommer så dypt som 40 m. Det bør imidlertid være mulig å stabilisere til ca. 23 m dybde. Basert på ovenstående er det utført nye beregninger i rev 01 av rapporten. I de nye beregningene er lagdelingen også oppdatert, da det i rev 00 ble benyttet en forenklet lagdeling (for å spare tid, og dette hadde mindre betydning for endelig sikringsstrategi) med kun kvikkleire, og ikke lagvis kvikkleire/ikke-sensitiv leire. Nye beregninger med oppdatert geometri viser at det er tilstrekkelig med KS-stabilisering fra underkant av topplaget til ca. 15 m dybde i en bredde fra skråningskanten og ca. 15 m innover plataet/mot øst (for å begrense stabilisering i kvikkleira).



- ↗ Det at leira ikke er definert som sprø/kvikk overalt betyr ikke at leira ikke får god effekt av kalksement-stabilisering. Leira/kvikkleira egner seg godt for stabilisering (vanninnhold rundt 30-35% og sensitiv leire).
- ↗ Det er mulig å stabilisere gjennom toppen (ikke for mektig eller hardt/fast topplag, se sandlag i NGI\_7 og NGI\_8, OK). Alternativt kan man grave av, dersom fatse topplag gjør arbeidene utfordrende.
- ↗ Styrke av KS-stabilisert leire må undersøkes og dokumenteres. Dette kan gjøres med enaks-forsøk med forskjellig innblandingsforhold i laboratoriet. Styrke på 100 kPa er kun en antagelse, basert på erfaring med lignende leire. Dette må vurderes nærmere i senere fase av prosjektet.
- ↗ Årsaken til at KS-pelene ikke er trukket lengre mot Menybutikken er at KS-pelene i hovedsak er benyttet for å avgrense kvikkleiresonen (som vist i fig. 7, rev 01). Ved å KS-stabilisere kvikkleirelaget vil kvikkleiresonen avgrenses i forkant av planlagt menybygg, altså vil menybygget ikke lengre ligge i kvikkleiresonen. Menybygget vil dermed kun være underlagt kravene til lokalstabilitet iht. eurokode, og dette kan f.eks. løses med masseutskiftning under bygget (som foreslått i rapporten). Løsning for å oppnå tilstrekkelig lokalstabilitet må detaljprosjekteres i en senere fase av prosjektet.
- ↗ Glideflaten presentert i vedlegg C1 representerer lokalstabilitet (brudd som omfatter bygget direkte) for Menybygget, og ikke områdestabilitet. Som nevnt i forrige avsnitt er det ikke behov for å forbedre områdestabiliteten ved etablering av Meny-bygget dersom det bygget befinner seg utenfor sonen. Kritiske glideflater (ifm områdestabilitetsvurdering) er dermed ikke vist i vedlegg C1.
- ↗ Foreslått KS-stabiliseringsomfang i rev01 er begrenset ift. omfanget presentert i rev 00. Tiltaket vurderes ikke til å kunne ha større innvirkning på grunnvannstanden. Dette må imidlertid vurderes nærmere i evt. detaljprosjekteringsfase. Instrumentering som poretrykksmålere og setningsmålere kan vurderes for å følge opp arbeidene, samt en tilstandsvurdering før påbegynte arbeider.

## F7.5 Å: Tiltak avlastning snitt D-D glidesirkler

**GT:** Det er beskrevet et tiltak med avlastning av terreng langs elvekanten med avtrapping i to plataer og ned til kote + 7,3 forkant. Glidesirkelen ved elvebredden viser i tegning C2 (etter avlastning) viser  $F_c = 1,71$ . Dette er langt over kravet til lokalstabilitet som er  $F_c = 1,4$ . En stor glidesirkel i bakkant viser  $F_c = 1,4$  i tegning C2. Dette oppfatter vi som en glidesirkel for områdestabilitet og kravet er dermed kun %-vis forbedring.

Vurdering: Hvordan skiller dere på lokal- og områdestabilitet i dette snittet og hvilke metoder er brukt for dette?

**NGI:** Dersom varmesentralen var lenger bak i området så ville vi vært enige i denne vurderingen. Imidlertid er bruddet med sikkerhetsfaktor 1,40 "tvunget" til plassering for planlagt varmesentral. Avlastet område er optimalisert for at planlagt varmesentral skal ha  $FS \geq 1,40$  for udrenerte brudd.

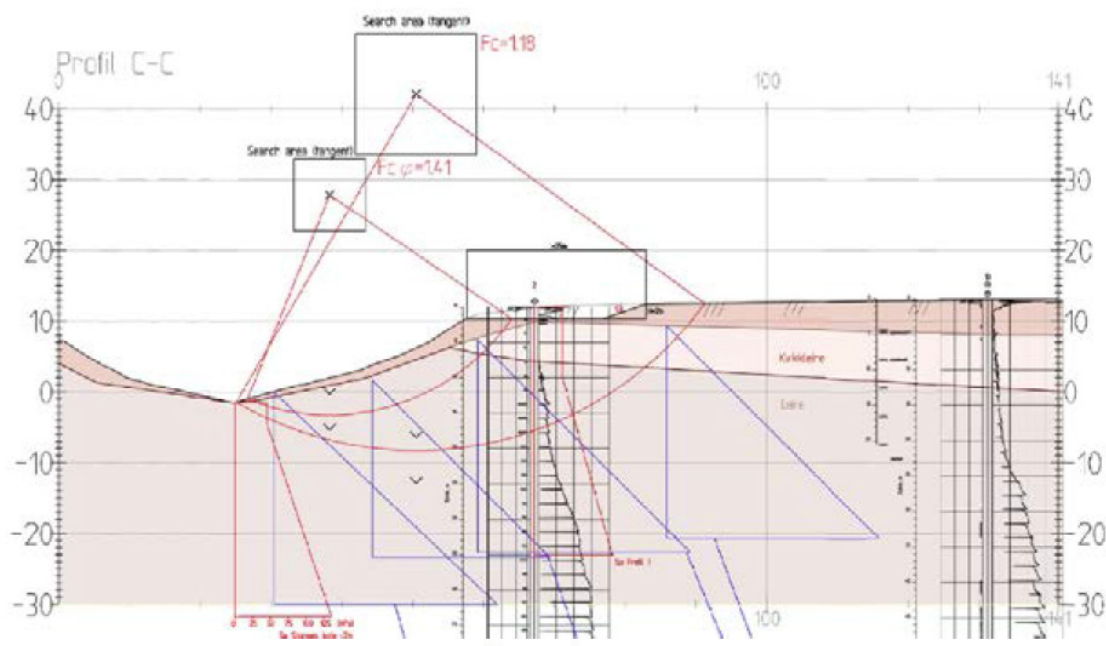
For alle søknadspliktige tiltak (deriblant varmesentralen) gjelder krav til lokalstabilitet for de respektive tiltak. For videre utbrodering av forskjellen mellom lokal- og områdestabilitet og hvordan dette vurderes mot krav i regelverket, se første avsnitt av NGIs tilsvar i punkt 5.4

## F7.6 Å: Tiltak avlastning snitt D-D sammenliknet med nabo snitt C-C (2017)

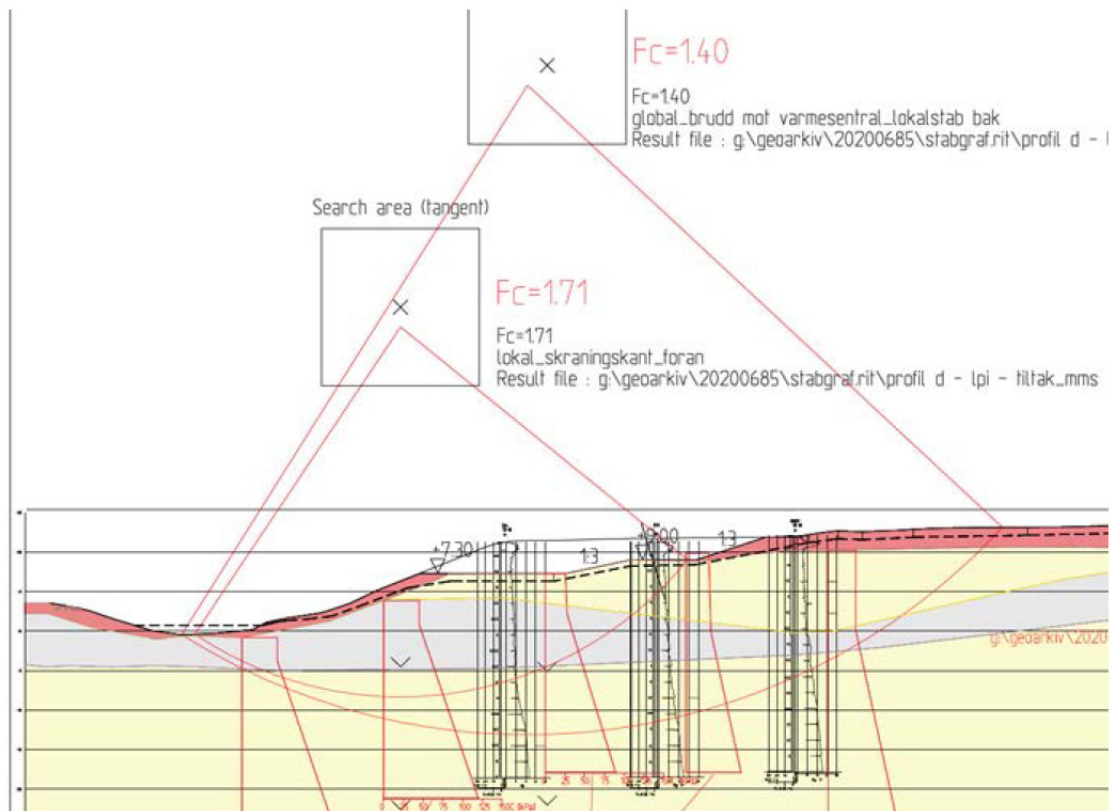
GT: Snitt C-C (NGI 2017) og snitt D-D tegning C2. Dette er nabosnitt som ligger i samme område med forholdsvis lik skråningsgeometri. Stabilitetssnittene er vist nedenfor (figur 5 og 6) med tiltak avlastning i toppen av skråningen.

Vurdering: Det er forskjellig lagdeling i nabosnittene (påpekt i kontroll punkt 4.5)

Snitt C-C anvender prinsippet med %-vis forbedring mens snitt D-D behandler begge glidesirklene som lokale glidesirkler med krav om  $F_c > 1,4$ . Hvorfor anvendes to forskjellige krav i tilnærmet identisk skråninger? Hvordan skiller NGI på lokal glide-sirkel og global glide-sirkle i dette snittet? Hvorfor blir resultatene av avlastingsnivået så forskjellig (eg. kote +10 for snitt C-C og kote +7,3 for snitt D-D)



Figur 5. Viser tiltak snitt C-C (2017) med avlastning til kote +10



Figur 6. Viser tiltak snitt D-D med avlasting til kote +7,3

NGI: Vedrørende lagdelingsbetraktninger, se tilsvar i punkt 4.5.

Da beregninger ble utført i snitt C-C ifm rapport 20170711-02-R var plassering av bygg og detaljer mindre klare sammenlignet med nå. Da beregningene for snitt C-C ble beregnet i 2017, var det uklart hvor bygget skulle stå, og dermed var det vanskelig å vite hvorvidt kravene til lokalstabilitet iht. Eurokode (generelt gjelder  $F_c\text{-}\phi \geq 1,25$  og  $F_c \geq 1,40$ ) kunne være styrende.

I forbindelse med rapport 20190677-01-TN var det større klarhet i bygg/boligplassering. Dermed er det blitt aktuelt å vurdere lokalstabilitetskrav konkret (og ikke bare %vis forbedring). Det samme gjelder foreliggende rapport 20200685-01-R, og dermed er det i snitt D-D vurdert krav om lokalstabilitet fordi plassering av tiltak (varmesentral) er bestemt.

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Vurdering av områdestabilitet i forbindelse med områderegulering Sande		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20200685-01-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Holmestrand kommune	<b>Dato/Date</b> 2020-10-22
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract</b> NGI		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 3 / 2021-04-16
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> Kvikkleire, områdestabilitet		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Vestfold og Telemark	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Holmestrand kommune	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Sande	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: Øst: Nord:	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2020-10-21 Marius M. Sjøvik	2020-10-22 Jean-Sebastien L'heureux		
1	Revisjon etter uavhengig kontroll	2020-12-02 Marius M. Sjøvik	2020-12-11 Jean-Sebastien L'heureux		
2	Revisjon etter supplerende grunnundersøkelser	2021-04-06 Marius M. Sjøvik	2021-04-12 Jean-Sebastien L'heureux		
3	Én setning vedr. snitt 4-4 er fjernet i kapittel 7.2.4	2021-04-16 Marius M. Sjøvik	2021-04-16 Jean-Sebastien L'heureux		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 16. april 2021	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Marius M. Sjøvik
--	------------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

