



RAPPORT

Geoteknisk vurdering formålsbygg, Sande sentrum

OMRÅDESTABILITETSBEREGNINGER

DOK.NR. 20170711-02-R
REV.NR. 0 / 2017-12-20

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: Geoteknisk vurdering formålsbygg, Sande sentrum
Dokumenttittel: Områdestabilitetsberegninger
Dokumentnr.: 20170711-02-R
Dato: 2017-12-20
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: WSP Group AS
Kontaktperson: Runar Aa. Gausdal
Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse signert 14. september 2017

for NGI

Prosjektleder: Kristine H. H. Ekseth
Utarbeidet av: José Cepeda og Marius Mathisen Sjøvik
Kontrollert av: Ellen Katrine Wensaas Lied

Sammendrag

NGI har på oppdrag fra WSP Group AS utført beregninger av områdestabilitet for planlagte formålsbygg i Sande Sentrum, Sande kommune i Vestfold. Denne rapporten omfatter:

- Områdestabilitetsberegninger (soneavgrønsing og faregradsvurdering av kvikkleiresoner, stabilitetsberegning for dagens forhold og evt. sikringstiltak).
- Grov skissering av fundamenteringsløsninger og plassering av en eventuell midlertidig skolebygning (ca. 3600 m²)

Kartleggingen og stabilitetsberegningene er avgrenset til kvikkleire- og andre sprøbruddmaterialer som i forhold til områdestabilitet behandles på samme måte som kvikkleire, jfr. NVEs retningslinjer 7-2014.

Basert på grunnlagsmaterialet, grunnundersøkelser og metodikken foreslått på NVEs retningslinjer, er 3 potensielt skredfarlige områder lokalisert, og en sone er definert for hvert av disse områdene. Fra nord til sør er sonenavnene: Bøplassen Sør, Skolegata og Vingejordet. Alle soner har middels faregradsklasse.

Stabilitetsanalyser på 3 kritiske avsnitt viser lav sikkerhet iht. krav fra NVEs retningslinjer (tiltakskategori iht. områdestabilitetsvurdering er K4). Tilfredsstillende sikkerhet nås med følgende tiltak:

Kvikkleiresone	Sikringstiltak	Volumoverslag (m ³)
Bøplassen Sør	Avlastning i topp	89 000
	Fylling på fot	9 000
Skolegata	Avlastning i topp	59 500
Vingejordet	Avlastning i topp	45 000

Dersom det er ønskelig å beholde terrengnivå uendret kan avlastning også utføres med lettmasser.

Disse er innledende alternativer for fundamentering basert på foreliggende grunnlag:

- ☞ Kompensert fundamentering. Utgravde kjellere kompenserer for vekten av byggene.
- ☞ Dersom fundamenteringsløsningen krever at bløtere masser er bærende kan det være aktuelt med grunnforsterkning med kalk-sement-pæler.
- ☞ Friksjonspæler. Det finnes stivere leire under ca. -7 moh i gjennomsnitt som kan fungere som bærende lag. Mektighet av dette laget er ca. 35 m i gjennomsnitt.

Forslag for plassering av midlertidig skolebygg:

- ☞ Utenfor kvikkleiresoner, f.eks. mellom kvikkleiresoner Skolegata og Bøplassen Sør er areal ca. 4500 m².
- ☞ Innenfor sone Skolegata finnes det et område hvor det ikke er indikasjon av kvikkleire (areal ca. 1600 m²).

Supplerende grunnundersøkelser vil være nyttig for å redusere usikkerheten knyttet til grunnforholdene og nødvendig for detaljprosjekteringen av byggene i området.

Innhold

1	Innledning	6
2	Grunnlag	8
3	Terreng og grunnforhold	12
4	Soneavgrensing og klassifisering	17
5	Sikkerhetskrav for planlagte tiltak	19
6	Grunnlag for stabilitetsvurdering	21
6.1	Profil A-A	22
6.2	Profil B-B	23
6.3	Profil C-C	23
7	Stabilitetsvurderinger	25
8	Forslag	28
9	Referanser	29

Tegning

Tegning nr. 011	Profil A-A, dagens tilstand.
Tegning nr. 012	Profil A-A, etter tiltak (avlastning og fylling på foten).
Tegning nr. 013	Profil A-A, etter tiltak (avlastning med lette masser og fylling på foten).
Tegning nr. 014	Profil B-B, dagens tilstand.
Tegning nr. 015	Profil B-B, etter tiltak (avlastning).
Tegning nr. 016	Profil C-C, dagens tilstand.
Tegning nr. 017	Profil C-C, etter tiltak (avlastning).

Vedlegg

Vedlegg A	Bakgrunn for faregradsevaluering.
Vedlegg B	Tolkning av CPTU-sonderinger.
Vedlegg C	Tolkning av ødometer- og treaksialforsøk.

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

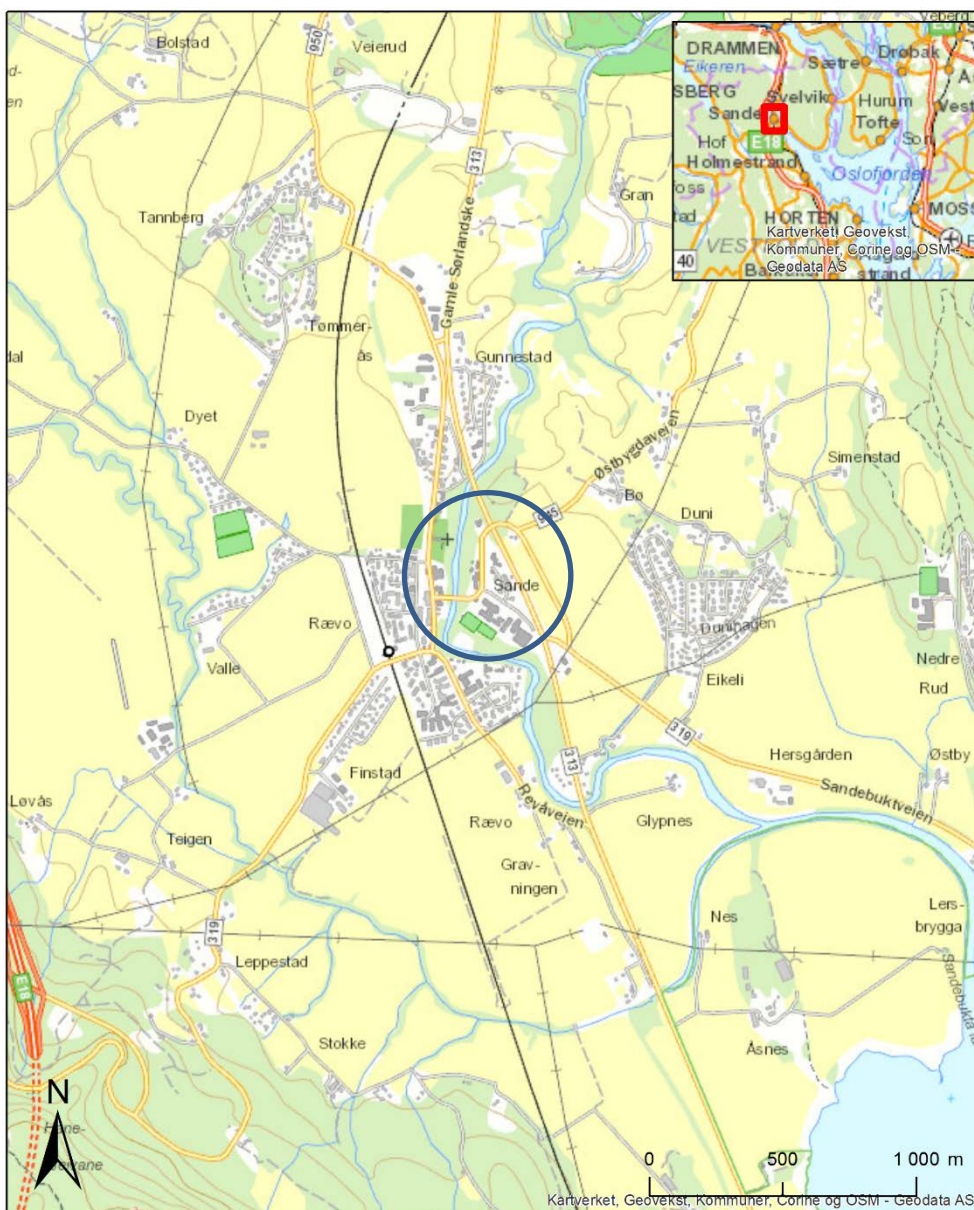
NGI har på oppdrag fra WSP Group AS utført beregninger av områdestabilitet for planlagte formålsbygg i Sande Sentrum, Sande kommune i Vestfold. Denne rapporten omfatter:

- Områdestabilitetsberegninger (soneavgrensning og faregradsvurdering av kvikkleiresoner, stabilitetsberegning for dagens forhold og evt. sikringstiltak)
- Grov skissering av fundamenteringsløsninger og plassering av en eventuell midlertidig skolebygning (ca. 3600 m²)

Kartleggingen og stabilitetsberegningene er avgrenset til kvikkleire- og andre sprøbruddmaterialer som i forhold til områdestabilitet behandles på samme måte som kvikkleire, jfr. NVEs retningslinjer 7-2014 (ref. /1/).

Kartleggingen har omfattet kartanalyser, grunnundersøkelser, samt utarbeidelse av faresonekart. Kvikkleirefaresonene er hensynssoner som skal tas hensyn til i offentlig og privat planarbeid. Kartlagt område som omfattes av denne rapporten vises på Figur 1. Området ligger på østsiden av Sandeelva. Det gjøres oppmerksom på at kun soner som får betydning for planarbeidet er tatt med i denne rapporten. Potensielt skredfarlige områder med så stor avstand til prosjektområdet at de ikke får betydning for prosjektet, er ikke kartlagt eller vurdert nærmere.

Iht. NVEs retningslinjer 7-2014 (ref. /1/) omfatter denne planen tiltakskategorien K4: "Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i 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."



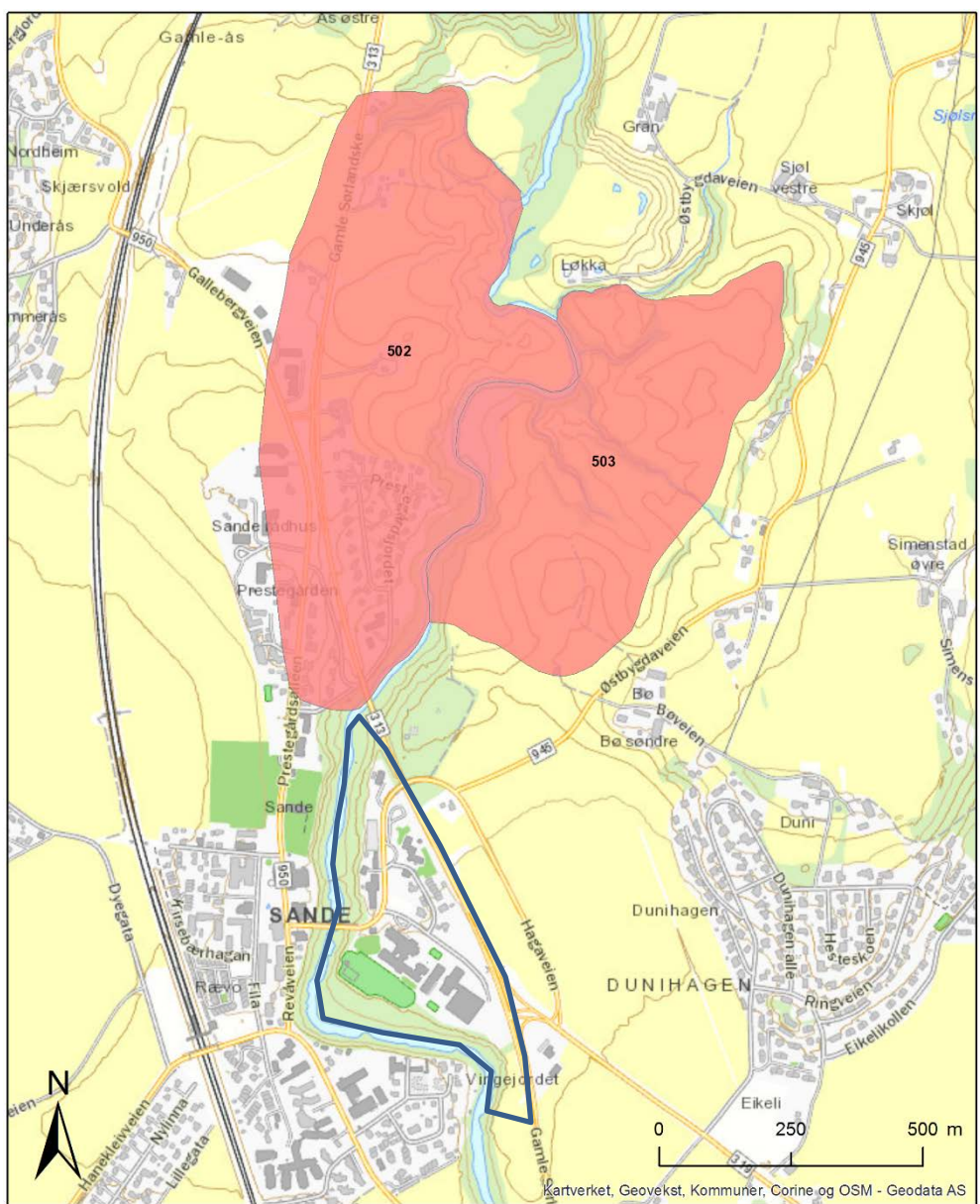
Figur 1. Oversiktskart. Den blå sirkelen viser prosjektområdet.

2 Grunnlag

Følgende dokumenter gir grunnlag for vurdering av kvikkleireskredfare (dvs. utstrekning av faresoner og faregrad av evt. kvikkleiresoner) og skråningsstabilitet tilknyttet prosjektet:

- a. NVE 2014. Veileder 7-2014. Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. Ref. /1/.
- b. NGI rapport 20170711-01-R: Formålsbygg Sande sentrum. Datarapport grunnundersøkelser. Datert 23. november 2017. Ref. /2/.
- c. NGI rapport 20110177-00-7-R: Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 502 Gunnestad i Sande kommune i Vestfold. Rev. 1. Datert 6. november 2012. Ref. /3/.
- d. NGI rapport 20140168-01-R: Grunnboring Sande kommune. Datarapport grunnundersøkelser. Datert 9. mai 2014. Ref. /4/.
- e. NGI rapport 920027-01. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Drammen 1814 III, M = 1:50 000. Datert desember 1996. Ref. /5/.
- f. NGI teknisk notat 20130950-02-TN. Sikring av Sandeelva, Sande kommune. Arbeidsbeskrivelse for grunnarbeider. Datert 27. oktober 2014. Ref. /6/.

Det befinner seg to eksisterende kvikkleiresoner i nærheten, som ligger i nord: på østsiden av Sandeelva ligger sone 503 Bø med middels faregradsklasse; på vestsiden av elva ligger sone 502 Gunnestad, også med middels faregradsklasse. Beliggenhet av disse sonene er vist på Figur 2. Sonene ble først kartlagt i 1996 (Ref. /5/), og faregraden ble revidert senest den 22. juli 2003 (<https://temakart.nve.no/link/?link=kvikkleire>).



Figur 2. Eksisterende kvikkleiresoner i nærheten av prosjektområdet (blå polygon).

Borplanen for grunnundersøkelser ble utarbeidet basert på kartanalyser og med hensyn til områdestabilitetsberegning. Det ble utført totalsonderinger, CPTU-sonderinger, prøvetaking og samt plassering av piezometre. Lokasjon og dybde for prøver ble bestemt på grunnlag av tolkning av resultatene fra totalsonderinger. Resultatene fra grunnundersøkelsene er rapportert i Ref. /2/. Tabell 1 og Tabell 2 gir oversikt over utførte grunnundersøkelser. Kart med utførte grunnundersøkelser vises på Figur 3.

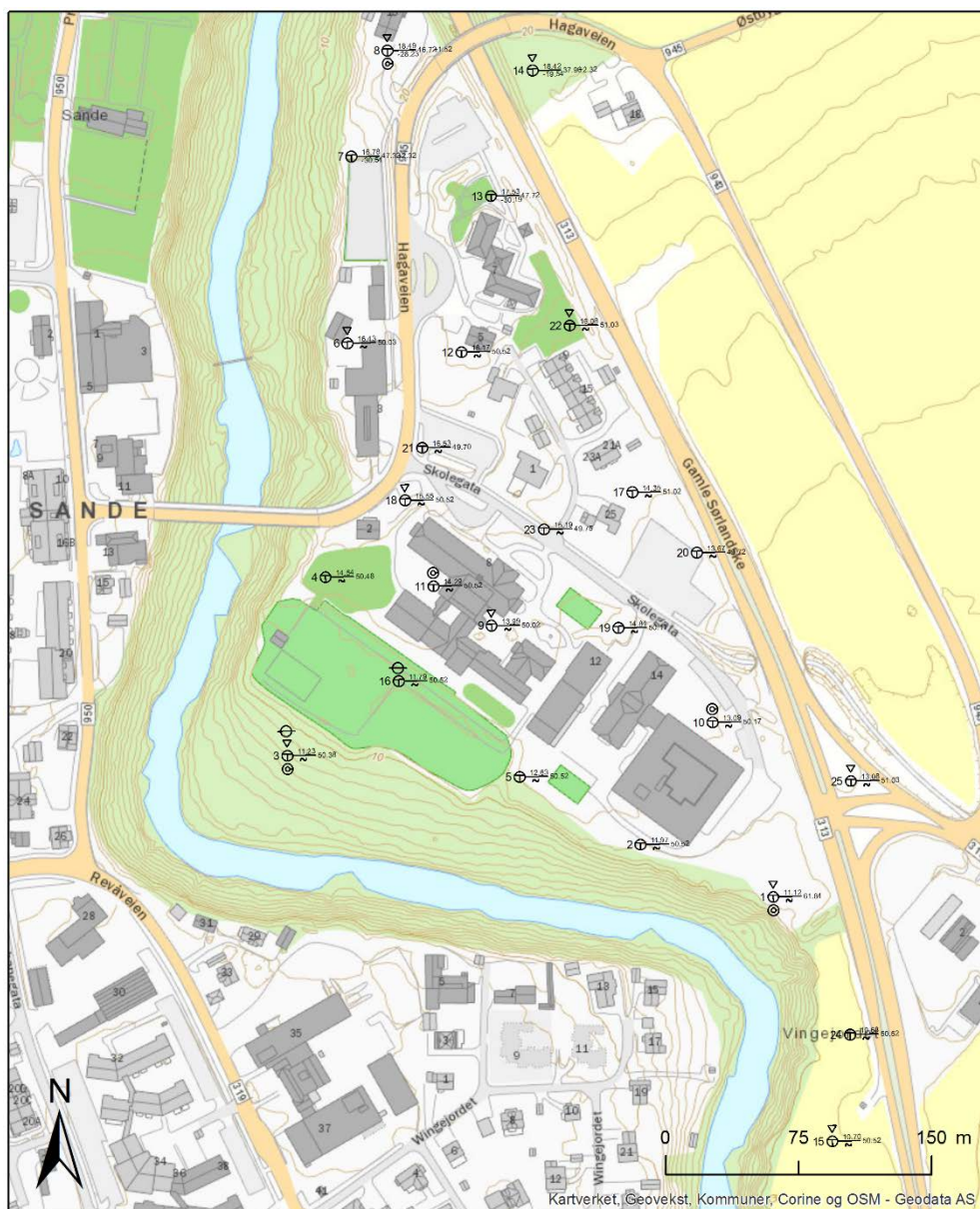
Tabell 1 Oversikt over utførte feltundersøkelser

Undersøkelse	Totalsonderinger	CPTU	Prøveserier	Poretrykksmålinger
Antall	25	10	19	4

Tabell 2 Oversikt over utførte laboratorieundersøkelser

Undersøkelse	Rutineundersøkelser	Treaksialforsøk	Ødometerforsøk
Antall	19	2	7

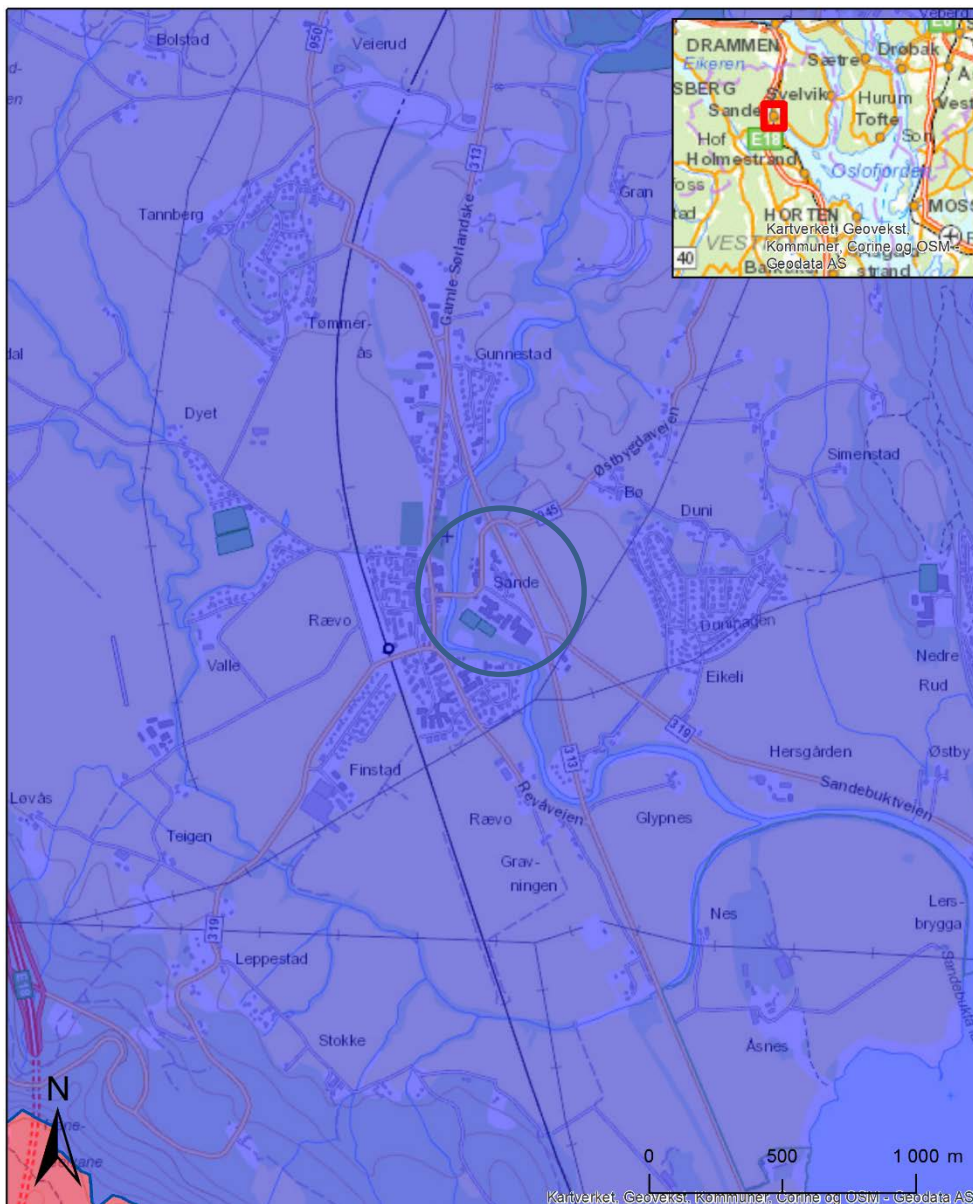
Erosjonsforhold på området har blitt vurdert i tidligere NGI prosjekter (Ref. /2/, /3/, /5/ og /6/). Det er stor vannføring på elva, men begrenset gradient (se elvedybde data på Figur 6) og noe leirfarget vann. Vurderingen ifm. faregradsklassifisering (Ref. /1/) er at erosjonen er liten. Tilsvarende vurdering er gitt for de eksisterende faresonene 502 Gunnestad og 503 Bø.



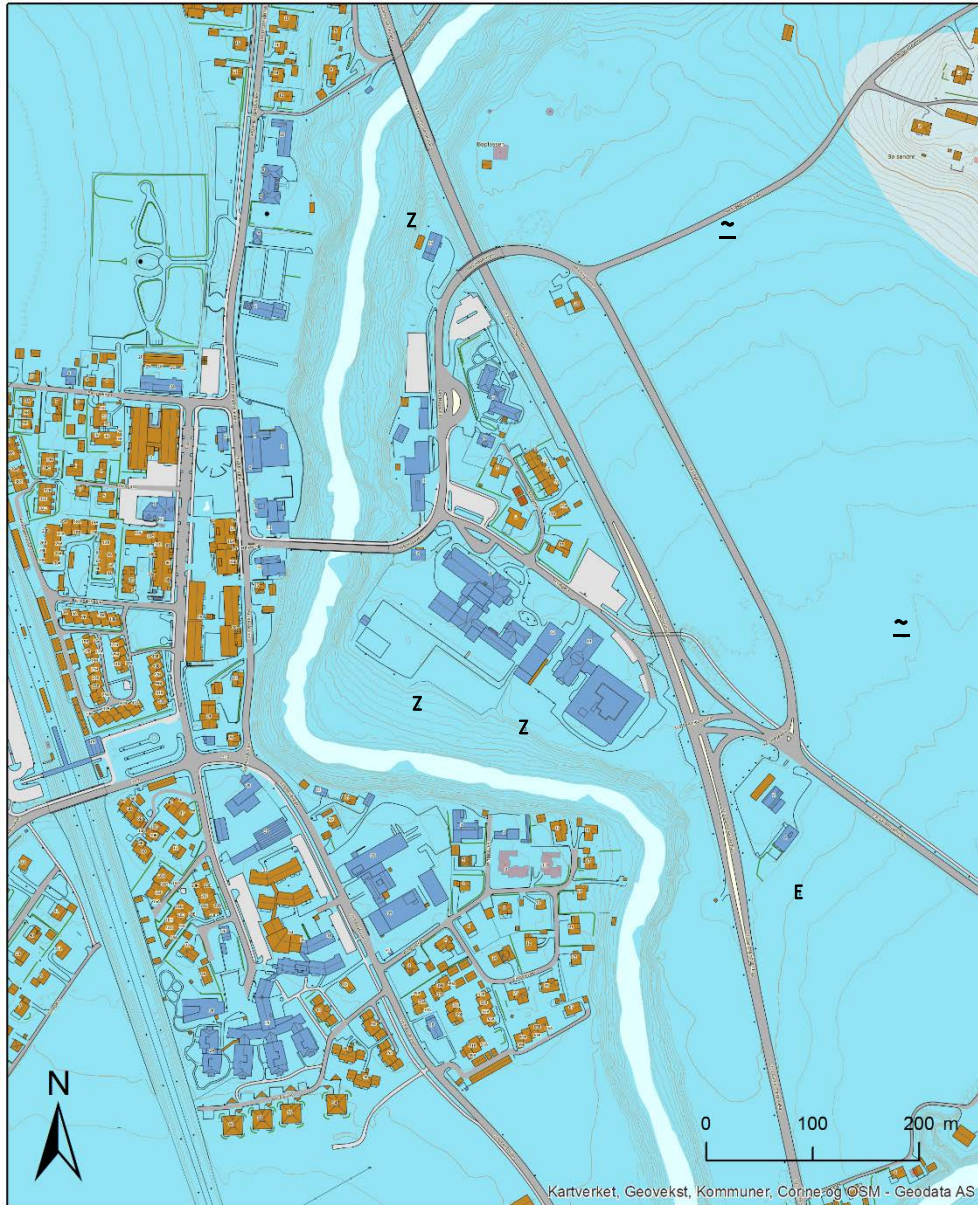
Figur 3. Utførte grunnundersøkelser.

3 Terreng og grunnforhold

Hele prosjektområdet ligger under marin grense (se Figur 4). Løsmassekartet viser et sammenhengende og tykt dekke av fjord- og havavsetninger (se Figur 5). Symboler på kvartærgeologiske kart viser fyllmasser (bokstav Z på kartet) ved elvekanten, elve- og bekkeavsetning (bokstav E) i sørøst, og leirig silt (symbol \simeq) i øst (se Figur 5).



Figur 4. Kart med marin grense. Bare et lite område i sørvest ligger over marin grense (rødt område). Hele prosjektområdet ligger under marin grense (lilla område).



Figur 5. Kvartærgeologisk kart.

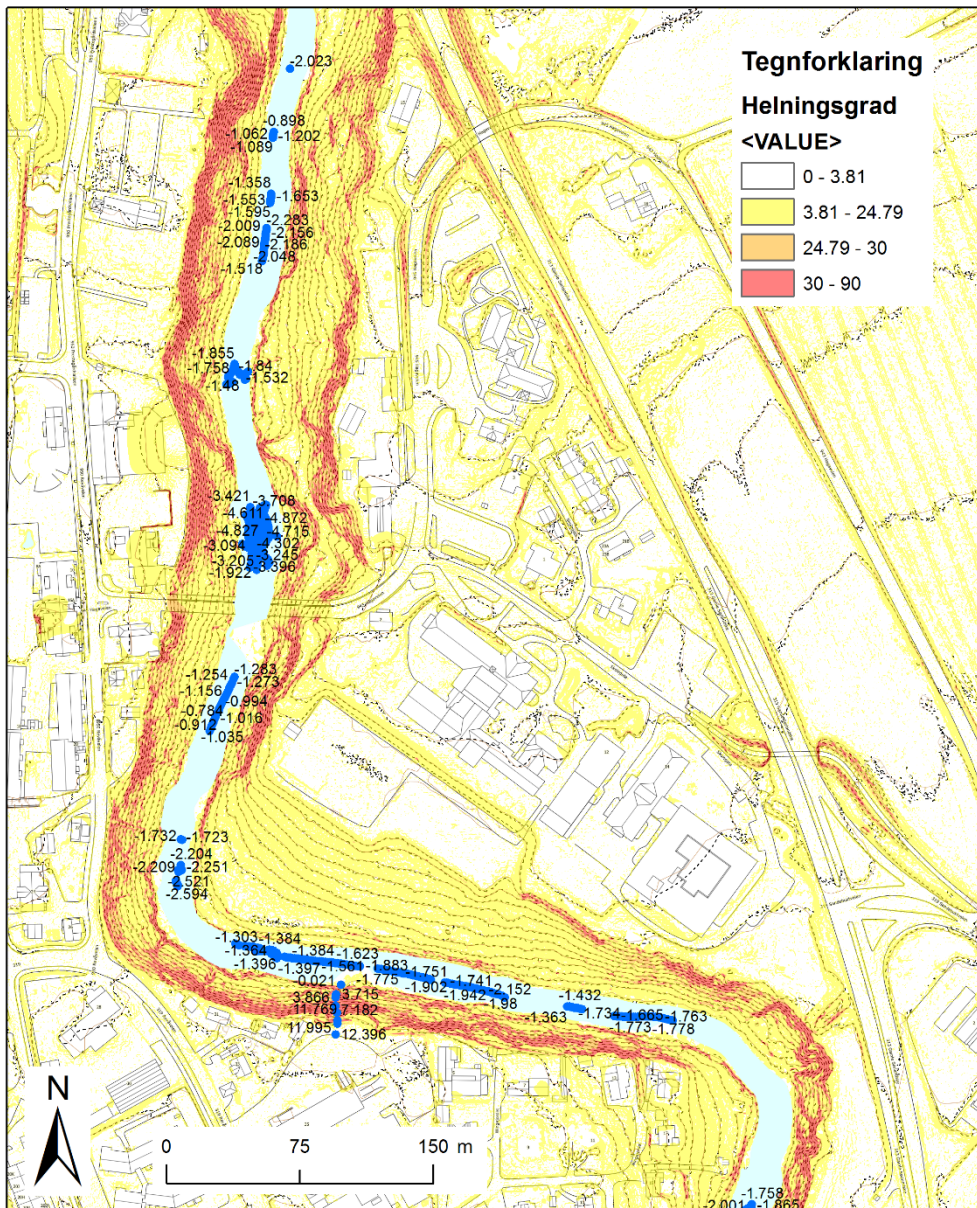
Helningskart med ekvidistanse 1 m vises på Figur 6. Maksimum høydeforskjell mellom elvebunnen og platå varierer mellom ca 12 m i sør og 20 m i nord. Terrenkote for utførte sonderinger varierer mellom kote +10,6 og +18,5 moh. Terrenget innenfor kartleggingsområdet varierer fra kote -4,8 moh (på elvebunnen) til kote +20 moh. Elvedybde-data er hentet fra Ref. /6/ og 1-m konturene er beregnet fra 2015-data hentet fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.

Det ble påvist sprøbruddmateriale i 4 av borepunktene. I ytterligere 15 borepunkter er det indikasjon på kvikkleire (dvs. dette er antatt fra totalsonderinger, men enda ikke bekreftet med laboratorieundersøkelser). Tabell 3 viser en oppsummering av hvordan grunnundersøkelsene er tolket, med mektighet og topp av antatt/påvist kvikkleirelag. Toppen av kvikkleira ligger mellom 1.9 m og 15 m under terreng (4,7 m i gjennomsnitt) på de 15 borepunktene hvor det er indikasjon av kvikkleire.

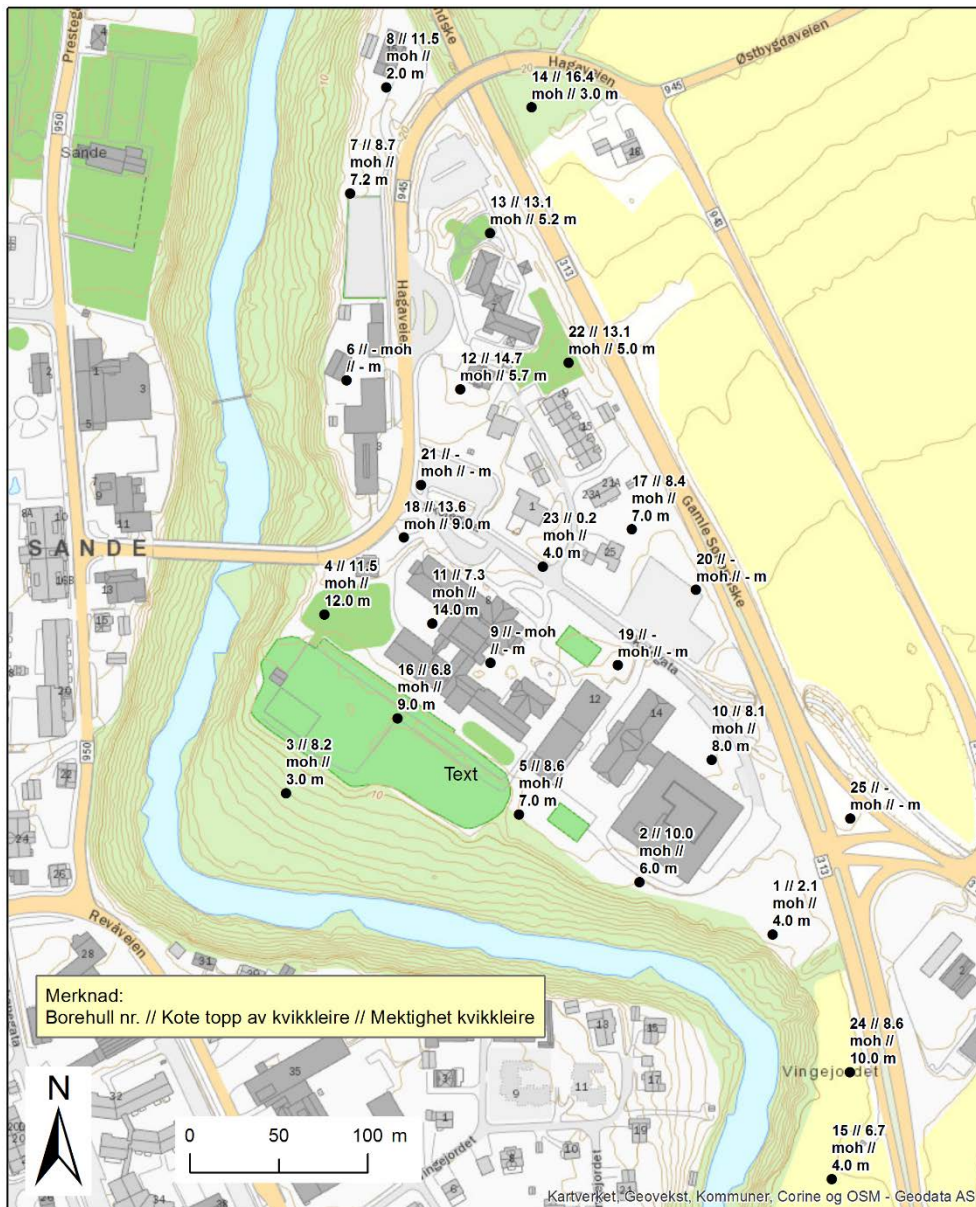
Tabell 3. Posisjon (kote) og mektighet av kvikkleirelag basert på tolkning av grunnundersøkelser.

Borepunkt	Kote sondering (moh)	Kote av toppen av kvikkleire (moh)	Mektighet kvikkleire (m)	Indikasjon eller påvist?
1	11,1	2,1	4,0	Påvist
2	12,0	10,0	6,0	Indikasjon
3	11,2	8,2	3,0	Påvist
4	14,5	11,5	12,0	Indikasjon
5	12,6	8,6	7,0	Indikasjon
6	16,4	-	-	-
7	16,8	8,7	7,2	Indikasjon
8	18,5	11,5	2,0	Indikasjon
9	14,0	-	-	-
10	13,1	8,1	8,0	Påvist
11	14,3	7,3	14,0	Påvist
12	18,2	14,7	5,7	Indikasjon
13	17,5	13,1	5,2	Indikasjon
14	18,4	16,4	3,0	Indikasjon
15	10,7	6,7	4,0	Indikasjon
16	11,8	6,8	9,0	Indikasjon
17	14,4	8,4	7,0	Indikasjon
18	15,5	13,6	9,0	Indikasjon
19	14,8	-	-	-
20	13,7	-	-	-
21	16,5	-	-	-
22	16,1	13,1	5,0	Indikasjon
23	15,2	0,2	4,0	Indikasjon
24	10,6	8,6	10,0	Indikasjon
25	13,1	-	-	-

Kote for toppen av kvikkleira og antatt mektighet er vist på borplanen i Figur 7. Kote for dagens terrengnivå innenfor prosjektområdet er ca. +11, +14 og +18 moh i hhv. søndre, midtre og nordre del av området.



Figur 6. Helningskart, 1 m ekvidistanse og elvedybde-data.



Figur 7. Kote av toppen av kvikkleira og mektighet basert på tolkning av grunnundersøkelser.

Poretrykksmålinger i borpunkt 16 viser poretrykksfordeling noe lavere enn hydrostatisk. Poretrykksøkningen mellom 5,1 m og 17,1 m dybde i borpunkt 16 er ca. 96 % av hydrostatisk poretrykksøkning. I borpunkt 3 er poretrykksfordeling lavere, ca. 77% av hydrostatisk poretrykksøkning mellom 6 m og 17 m dybde. Den laveste poretrykkstasjonen (både for prosjektområdet og naboområdet) ligger på kote +3,6 (Ref. /4/ og /6/). Der er poretrykksfordeling ca. 104% av hydrostatisk poretrykksøkning. Nøyaktig grunnvannsnivå er ikke kontrollert, men basert på CPTU-sondering antas grunnvannet å ligge i ca. 2.5-3 m dybde.

4 Soneavgrensing og klassifisering

Soner er generelt tegnet opp slik at de følger dypeste punkt på raviner og bekker. I bakkant av soner er avgrensningen enten definert av oppstikkende berg, eller bestemt ut fra avstandskriteriet som tilsier at maksimal størrelse av kvikkleiresoner tilsvarer 15 x skråningshøyden (for terrassert terreng), ref. /1/. Se røde linjer på Figur 8.

Faregrad på kartlagte kvikkleiresoner er klassifisert ut fra metodikk beskrevet i NGI-rapport 20001008-02-R (ref. /7/). Faregrad fastlegges 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. Tabell 4 viser evalueringsskjemaet for en sones faregradsklasse. Faregraden til en kvikkleiresone har betydning for sikkerhetskrav ved utbygging av sonen (gitt i NVEs veiledning, jfr. ref. /1/).

Tabell 4. 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%

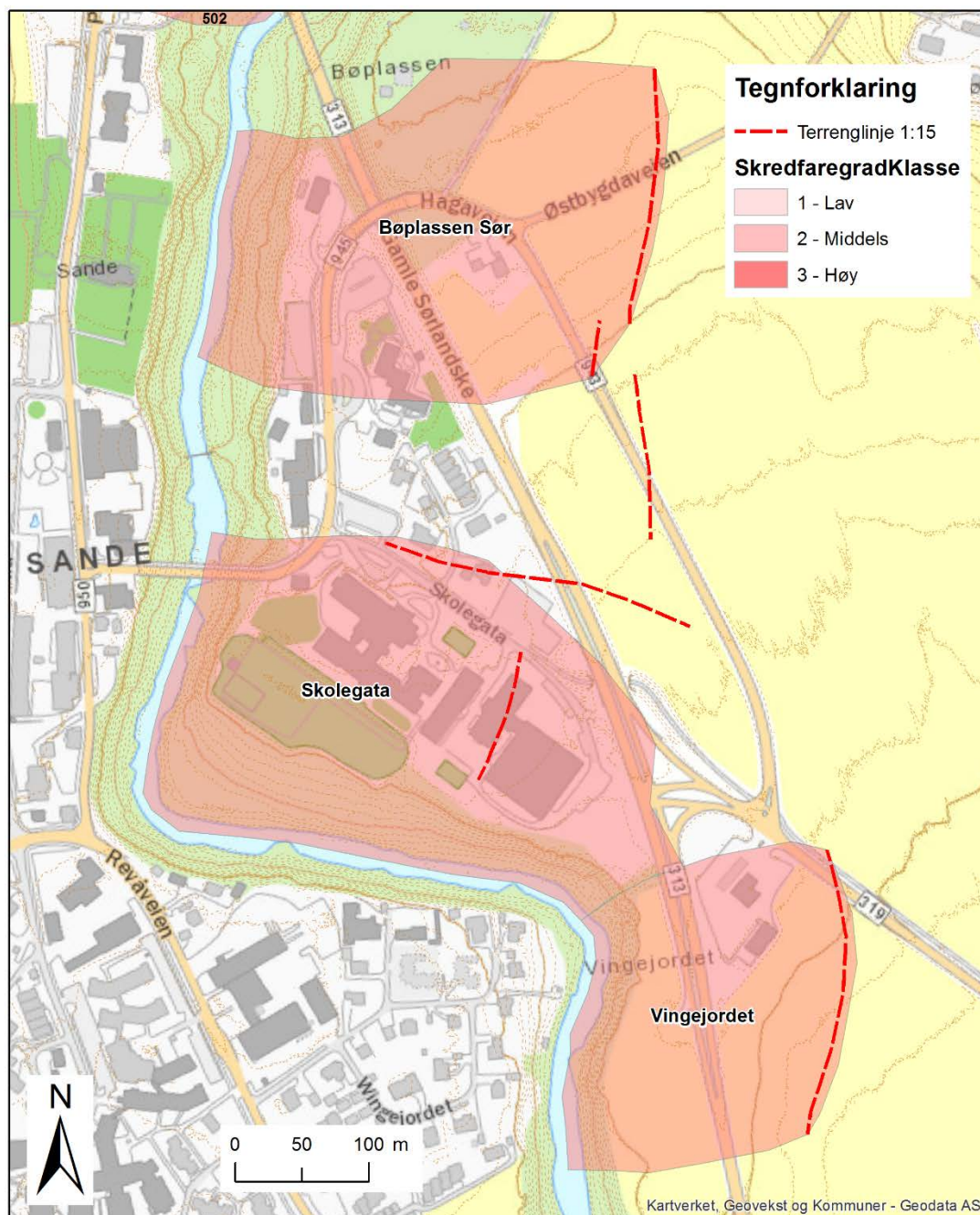
Basert på oppnådd poengsum plasseres sonen i én av tre klasser, se Tabell 5.

Tabell 5. Faregradsklasser

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

Basert på grunnlagsmaterialet (kapitel 2), grunnundersøkelser og metodikk beskrevet over, er 3 potensielt skredfarlige områder lokalisert, og en sone er definert for hvert av disse områdene. Kvikkleiresonene er beskrevet i vedlegg A, der det også er utført en

faregradsvurdering for alle sonene. I Figur 8 er kvikkleiresonene presentert. De tre nye sonene har middels faregradsklasse.



Figur 8. Nye kvikkleiresoner og 1:15 terrenklinje.

5 Sikkerhetskrav for planlagte tiltak

Tiltakskategoriene og sikkerhetskrav som er aktuelle for byggeprosjektet i Sande er vist i Tabell 6. Disse kravene er gitt i NVEs retningslinjer (ref. /1/) som ble utarbeidet i samarbeid med det geotekniske fagmiljøet i Norge til hjelp i arbeidet med plan- og byggesaker innenfor faresoner. Retningslinjene er i prinsippet basert på at det stilles krav til geotekniske utredninger avhengig av byggeprosjektets tiltakskategori og kvikkleiresonens faregrad. I praksis stilles det i teknisk veileder til Plan og Bygningsloven, TEK17 (ref. /8/) spesifikke krav til skråningsstabilitet, og NVEs retningslinjer om "Flaum og skredfare i arealplanar" med Vedlegg 1 ("Kvikkleireveilederen") angir hvordan disse krav kan oppfylles (ref. /9/).

Sonene Bøplassen Sør, Skolegata og Vingejordet kan alle potensielt bli utnyttet ved formålsbyggene som dette prosjektet omfatter. Tiltak som medfører skolebebyggelse i et kvikkleireområde skal plasseres i tiltakskategori K4. De tre sonene er alle vurdert til middels faregrad. Dermed er kravet til sikkerhetsfaktor større enn 1,4 eller prosentvis forbedring hvis sikkerhetsfaktoren er mindre enn 1,4 (Figur 5.1 i NVE veileder, ref. /1/).

Dersom det bestemmes at kvikkleiresonene skal bebygges med enten permanente, eller midlertidige skolebygg så må det dokumenteres at disse byggene er i tråd med ovennevnte krav.

Tabell 6. Krav til sikkerhet for tiltakskategorier K2, K3 og K4. Kilde: NVE veiledning nr. 7-2014 (ref. /1/).

Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulik faregrad		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p>K2: Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilflytting av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring **</p> <p>Kvalitetssikres av kollega.*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring hvis $F > 1,2$, <i>eller</i></p> <p>c) Forbedring hvis $F \leq 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K3: Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi (utover tiltak i K0-K2). Ved planlagt større tilflytting/ personopphold gjelder K4.</p> <p>Eksempler er bolighus og fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, mindre utendørs publikumsanlegg, mindre næringsbygg, større VA-anlegg.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring**</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Ikke forverring hvis $F \geq 1,2$, <i>eller</i></p> <p>c) Forbedring hvis $F < 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K4: Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.</p> <p>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.</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ <i>eller</i></p> <p>b) Vesentlig forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>

6 Grunnlag for stabilitetsvurdering

Det er valgt tre profiler i prosjektområdet, som anses som representative. Disse er valgt på grunnlag av skråningshelning og tolket lagdeling. Det er hovedsakelig boret 50 m uten å påtreffe berg i de fleste borpunkt, med noen unntak: dybde til berg varierer mellom 38 m og 47,5 m for borpunkt 7, 8, 13 og 14 nord i prosjektområdet. Hovedsakelig er løsmassene som følger:

Tørrskorpe/fylling i skråningstoppen langs Sandeelva har varierende tykkelse. Deretter indikeres det sprøbruddmateriale i varierende mektighet i alle tre snitt, etterfulgt av leire. Grunnlaget for tolkningen av lagdelingen har vært en kombinasjon av total- og trykksonderinger og laboratorieundersøkelser av opptatte prøver. Der sonderinger indikerer sprøbruddmateriale uten en komplimenterende og kontinuerlig prøveserie er det konservativt antatt kvikkleire.

Aktuelle skredmekanismer kan være retrogressivt, lokal-, eller rotasjonsskred. Lokalskred kan bli aktuelt ved overflateutglidning der det er spesielt bratt og med drenert materiale, som lett kan mettes opp ved kraftig nedbør og bli instabilt. Rotasjonsskred er skred med tilnærmet sirkulær skjærflate. Felles for området er at sprøbruddmateriale forekommer med varierende mektighet ved, eller like bakenfor, skråningstoppen. Ved overbelastning kan denne leira gå til brudd og et retrogressivt skred kan forekomme.

Tolket plassering av grunnvannstand er gjort med trykksondering (CPTu). For eksempel, så indikeres drenerte materiale i trykksondering i borpunkt 8 til om lag 6 m dybde, rundt kote 12-13 m. Denne informasjonen er tatt med i snitt A-A og skråningstoppen her. Vannet i Sandeelva er antatt å ligge rundt kote 0m, og grunnvannstanden deretter i alle profilene.

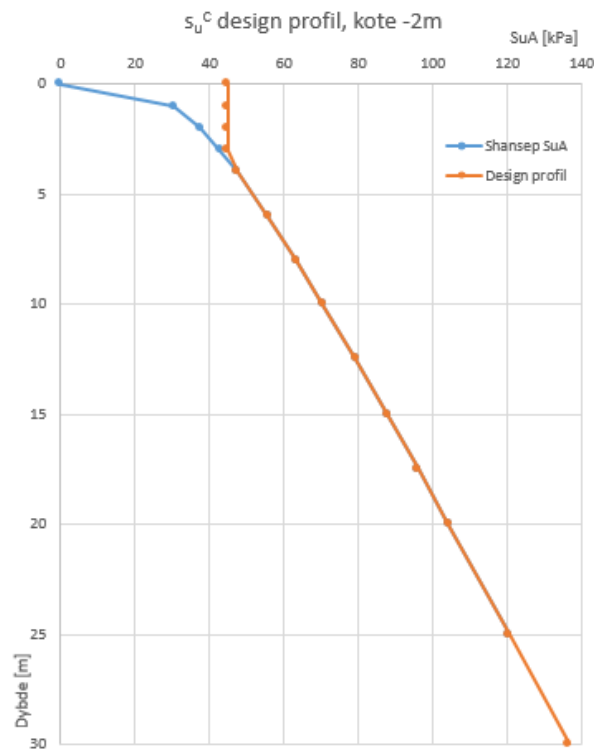
Materialparameterne som er valgt for de forskjellige profilene er valgt på grunnlag av utførte grunnundersøkelser.

Udrenert skjærfasthet er tolket fra CPTU-sonderinger i borpunkt 1, 6, 8, 14, 18 og 22 (vedlegg B), med metode iht. ref. /10/. Avleste poretrykk fra piezometre installert på to dybder i både borpunkt 3 og borpunkt 16, samt resultater fra laboratorieundersøkelse av opptatte prøver er benyttet ved tolkningen av CPTU-sonderingene. Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling over store deler av profilene, men med et poreovertrykk (105% av hydrostatisk) for poretrykksfordelingene nederst i skråningene mot Sandeelva.

Når en representativ udrenert skjærstyrke-profil velges er tidligere overlaging og dermed OCR viktig. Det er utført fem ødometerforsøk i forskjellige borpunkt i området, men kvaliteten på disse var ikke spesielt god. Derfor er det gjort en antagelse om at tidligere terrengnivå har ligget på kote 19 m. For alle aktive udrenerte skjærstyrkeprofiler er shansep-metoden brukt. Skjærstyrkeprofilene lenger ned i skråningene er valgt utelukkende på grunnlag av Shansep metode, mens det er brukt som

sammenligning der trykksonderinger og prøver er utført. Felles for alle beregningene er at ageing-, α - og m-faktorene er 1.2, 0.3 og 0.75 henholdsvis. Den aktive skjærstyrkeprofilen som er brukt nederst i skråningen for de tre profilene er fra kote -2m og vist i Figur 9.

Det er utført to treaksialforsøk; et i borpunkt 3 og et i borpunkt 8, begge med "Meget god, utmerket" prøve kvalitet iht. Statensvegvesen håndbok V220 (ref. /11/). 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 vedlegg C for tolkning av ødometer- og treksialforsøk.



Figur 9. Design profil.

På bakgrunn av erfaring er drenerte styrkeparametere konservativt satt til $\varphi' = 30^\circ$ og kohesjon $c' = 0$ kPa for tørrskorpen/fyllmassene.

Anisotropifaktorer for retnings-avhengighet av udrenert skjærfasthet i leire er 1, 0.7, 0.4 for hhv aktiv, direkte og passiv udrenert skjærfasthet. For kvikkleire eller sprøbruddsmateriale er faktorene satt til 0.85, 0.65 og 0.35 (ref. /10/). Valgte styrkeparametere (drenerte og udrenerte), tolket lagdeling og anisotropifaktorer fremgår av beregningsresultatene (Tegning 011-017).

6.1 Profil A-A

Øverst i skråningen er udrenerte styrkeparametere fra borpunkt 8 (cirka 60 m nord for profil A-A) vurdert representative. Se vedlegg B. Det er utført både total- og trykksonderinger, samt laboratorieundersøkelser. Målt romvekt av leira er i hovedsak mellom $18,5 \text{ kN/m}^3$ og 19 kN/m^3 , med gravimetrisk vanninnhold i hovedsak varierende fra 30 % til 35 %. Prøvene fra borpunkt 8 inneholdt ikke sprøbruddsmateriale, men det er likevel antatt en kvikkleiremektighet i snittet på cirka 7 m da totalsondering i borpunkt 7 indikerer dette.

På kote +4 moh er det plassert et borpunkt fra et tidligere prosjekt (ref. /3/).

6.2 Profil B-B

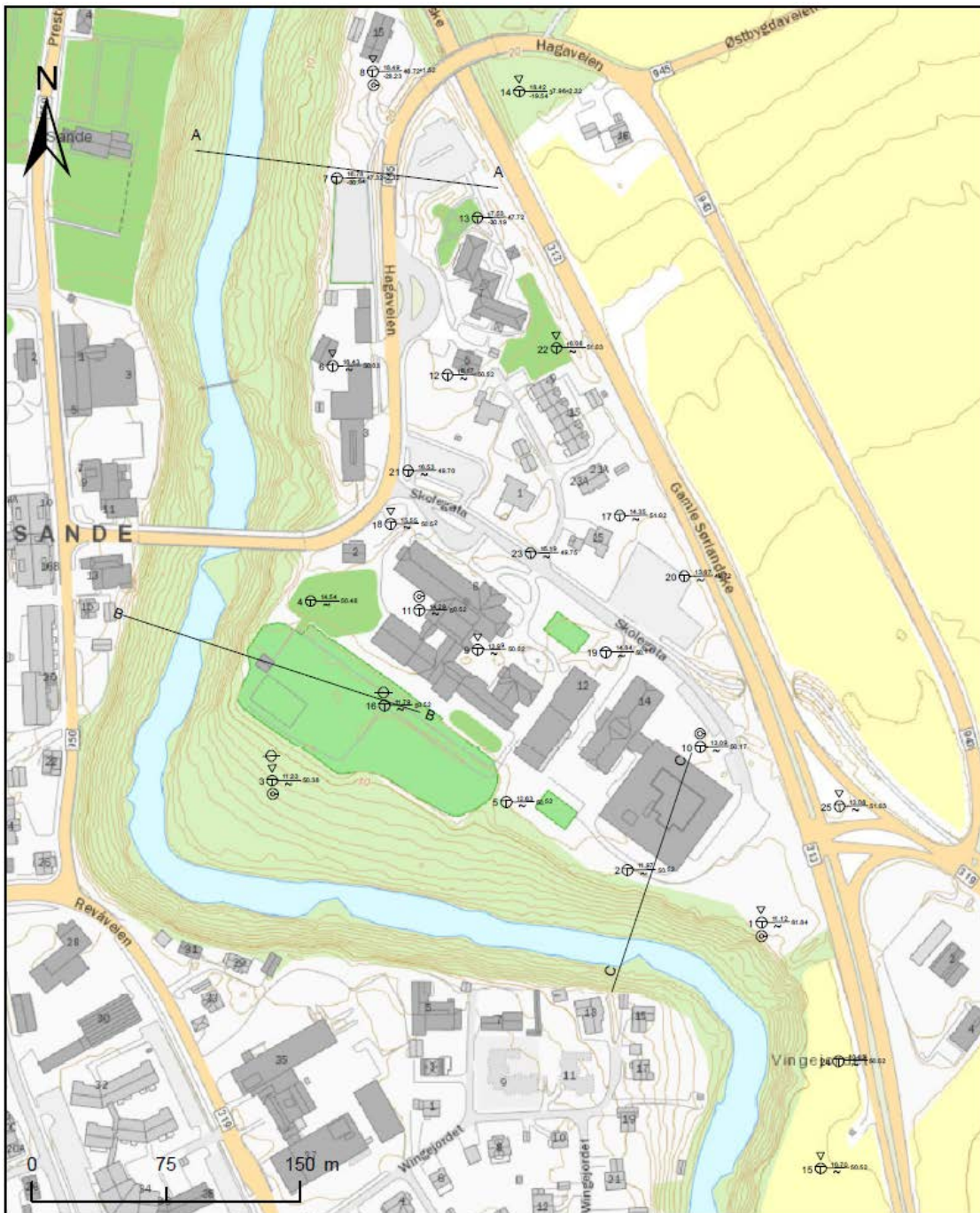
Grunnundersøkelsene fra borpunkt 3 i profil B-B omfatter både total- og trykksoneering, prøvetaking og piezometer.

Målt romvekt av leira er cirka 19 kN/m^3 , med gravimetrisk vanninnhold i hovedsak varierende fra 30 % til 35 %. Prøvene fra borpunkt 3 inneholdt en prøve med omrørt skjærstyrke på cirka 1 kPa og ellers ikke noe sprøbruddmateriale. Det er likevel antatt en kvikkleiremektighet mellom 3 og 10 m i profilet. Aktiv skjærstyrkeprofil for borpunkt 3 er vist i vedlegg B.

6.3 Profil C-C

Tørreskorpe/fyllingslaget ser ut til å være noe mindre enn for de to andre profilene, mens kvikkleiremektighet er ganske lik. Profilet er trukket i nærhet av borpunkt 2 og 10, mens i skråningstoppen er udrenerte styrkeparametere valgt på grunnlag av borpunkt 1 (om lag 70 m øst for profil C-C). Målt romvekt i borpunkt 1 av leira er cirka $18,5 \text{ kN/m}^3$, med gravimetrisk vanninnhold i hovedsak varierende fra 30 % til 37 %. Tolket udrenert skjærfasthet i borpunkt 1 er vist i vedlegg B.

Profilet er trukket ved borpunkt 2 og totalsoneringen her indikerer sprøbruddmateriale noe grunnere enn borpunkt 1 (hvor sprøbruddmateriale er påvist rundt kote + 2 moh).



Figur 10. Oversikt over de tre beregningsprofilene i området.

7 Stabilitetsvurderinger

Det er utført stabilitetsberegninger for skråningen fra prosjektområdet mot Sandeelva i vest for å vurdere lokalstabiliteten i tre profiler, vist i Figur 11. Det er vurdert at alle de tre faresonene (Bøplassen Sør, Skolegata og Vingejordet) har faregrad "middels" og tilhører tiltaksklasse K4. Det er dermed stilt krav om stabilitetsanalyser som dokumenterer enten en beregningsmessig sikkerhetsfaktor for områdestabilitet over 1.4, eller en prosentvis forbedring (mellom 0 og 15 %, ut fra dagens beregningsmessige sikkerhet) dersom sikkerhetsfaktor er under 1.4 iht. Figur 5.1 i NVE 7-2014.

Der skråningsstabilitet er beregningsmessig dårlig, er det generelt ønskelig med reell stabilitetsforbedring. Ved lav sikkerhet kan små endringer i ugunstig retning (naturlige eller menneskeskapte) få store konsekvenser. Ingen av de tre profilene har tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet iht. NVEs retningslinjer 7-2014 (ref. /1/), ved dagens forhold. De kritiske glidesirklene er i kontakt med tolket kvikkleire i alle snitt, basert på antatt utbredelse. Tiltak bør derfor iverksettes. En måte å oppnå tilfredsstillende sikkerhet er å oppnå "forbedring" iht. Figur 5.1 i NVE 7-2014, dvs. en prosentvis beregningsmessig forbedring av sikkerhetsfaktor etter tiltak. Hva som er tilfredsstillende forbedring avhenger da av beregningsmessig sikkerhetsfaktor ved dagens forhold, før tiltak. Vurderte tiltak er avlastning i topp av skråning (enten ved ren fjerning av masser, eller erstatning med lettmasser) og motfylling lenger ned i skråningen ved Sandeelva. Utførte stabilitetsberegninger er oppsummert i Tabell 7.

Følgende stabilitetsberegninger er utført:

- ↗ Snitt A-A:
 - Nåtilstand: Dagens situasjon
 - Tiltak 1: Avlastning i topp og motfylling nederst i skråning
 - Tiltak 2: Avlastning (med lettmasser) i topp og motfylling nederst i skråning

- ↗ Snitt B-B:
 - Nåtilstand: Dagens situasjon
 - Tiltak: Avlastning i toppen av skråning

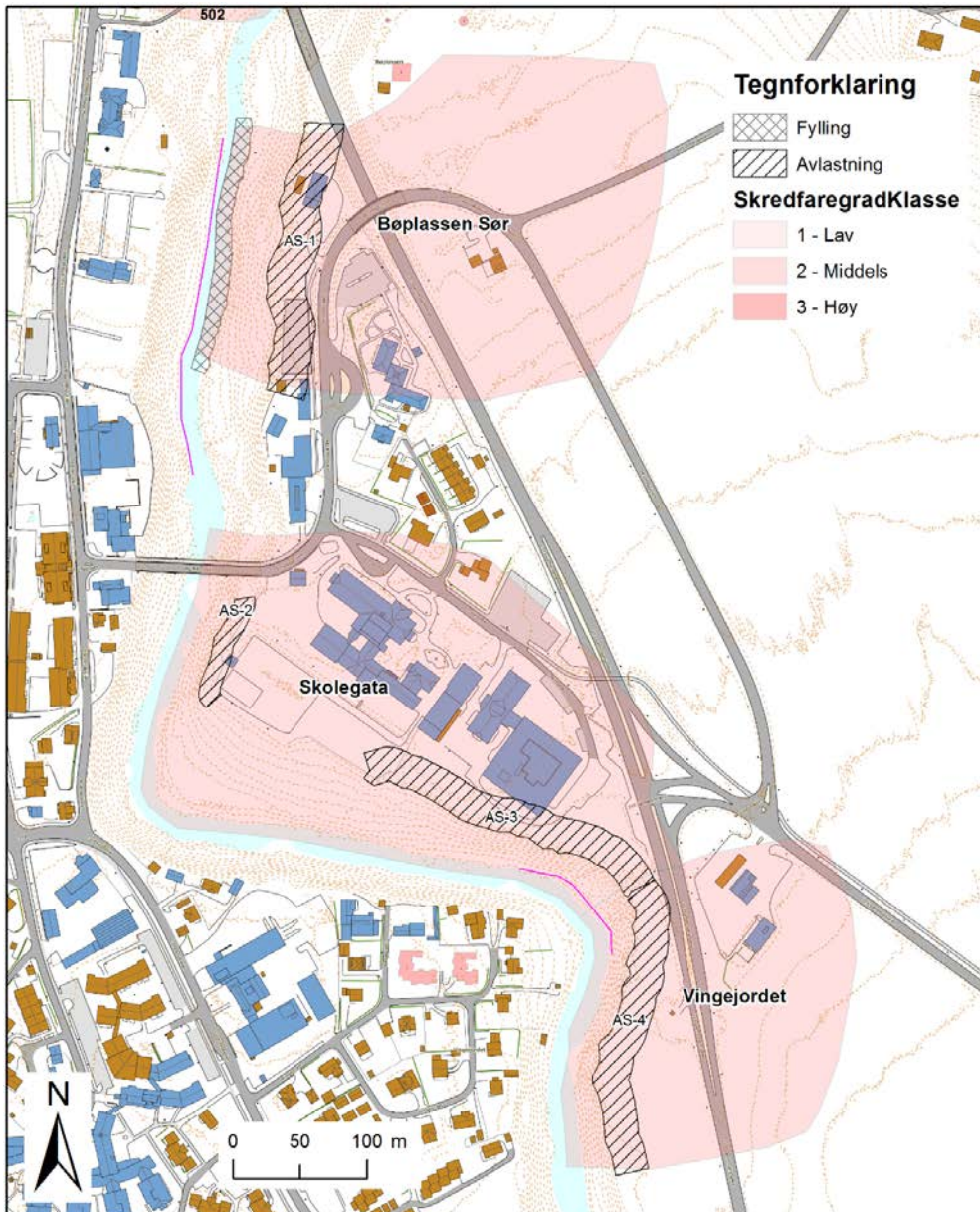
- ↗ Snitt C-C:
 - Nåtilstand: Dagens situasjon
 - Tiltak: Avlastning i toppen av skråning

Tabell 7. Oppsummering av resultater av stabilitetsberegninger

Analyse	Sikkerhetsfaktor γ_m	Kommentarer	Tegning
Snitt A-A Nåtilstand Drenert	1,13	Nødvendig med 6,5 % forbedring iht. NVE 7-2014, dvs. $\gamma_m=1.20$	011
Snitt A-A Nåtilstand Udrenert	1,05	Nødvendig med 8,5 % forbedring iht. NVE 7-2014,dvs. $\gamma_m=1.14$	
Snitt A-A Tiltak 1 Drenert	1,20	Tilstrekkelig forbedring iht. NVE 7-2014	012
Snitt A-A Tiltak 1 Udrenert	1,14		
Snitt A-A Tiltak 2 Drenert	1,20	Tilstrekkelig forbedring iht. NVE 7-2014	013
Snitt A-A Tiltak 2 Udrenert	1,15		
Snitt B-B Nåtilstand Drenert	1,30	Nødvendig med 2,5 % forbedring iht. NVE 7-2014, dvs. $\gamma_m=1.33$	014
Snitt B-B Nåtilstand Udrenert	1,04	Nødvendig med 8,8 % forbedring iht. NVE 7-2014, dvs. $\gamma_m=1.13$	
Snitt B-B Tiltak Drenert	1,46	Tilstrekkelig forbedring iht. NVE 7-2014	015
Snitt B-B Tiltak Udrenert	1,21		
Snitt C-C Nåtilstand Drenert	1,36	Nødvendig med 0,9 % forbedring iht. NVE 7-2014, dvs. $\gamma_m=1.37$	016
Snitt C-C Nåtilstand Udrenert	1,03	Nødvendig med 9,5 % forbedring iht. NVE 7-2014, dvs. $\gamma_m=1.13$	
Snitt C-C Tiltak Drenert	1,41	Tilstrekkelig forbedring iht. NVE 7-2014	017
Snitt C-C Tiltak Udrenert	1,18		

Merknad: avlastning via erstatning med lette masser (tegning 013) har blitt vurdert bare for profil A (liknende sikkerhet til kun avlastning), men resultater av det alternativet er antakeligvis liknende for profil B og C.

På bakgrunn av stabilitetsanalysene er det anbefalt å iverksette tiltak. Omfanget av disse tiltakene omhandler avlastning i toppen av skråningene. For å oppnå drenert beregningsmessig tilfredsstillende sikkerhet i nordre del av området, nærmere sagt kvikkleiresone Bøplassen Sør, ved profil A-A er det vurdert nødvendig med en fylling som delvis berører Sandeelva. De foreslåtte tiltakene er oppsummert i Tabell 9 og Figur 12.



Figur 11. Forslag til sikringstiltak basert på beregnede profiler. De lilla linjene er eksisterende erosjonssikringstiltak på NVE sin sikringstiltak WMS tjeneste.

Tabell 8. Volumoverslag av foreslåtte sikringstiltak

Kvikkleiresone	Sikringstiltak (se *)	Volumoverslag (m ³)
Bøplassen Sør	AS-1 Avlastning til kote +13 moh	89 000
Bøplassen Sør	Fylling fra elvebunnen til kote +1.5 moh	9 000
Skolegata	AS-2 Avlastning til kote +9 moh	14 000
Skolegata	AS-3 Avlastning til kote +10 moh	45 500
Vingejordet	AS-4 Avlastning til kote +9 moh	45 000

Merknad:

* Dersom det er ønskelig å beholde terrengnivå uendret kan avlastning også utføres med lettmasser.

8 Forslag

Generelle forslag:

- Usikkerhet i stabilitetsanalyser er veldig avhengig av grunnundersøkelser som gir grunnlag for tolkning av lagdeling og vurdering av jordparametere. På 15 borepunkter er det en indikasjon av kvikkleire basert på totalsonderinger (dvs. ikke påvist med prøver), se Tabell 3. Som nevnt før for disse borepunktene, ligger toppen av kvikkleira mellom 1.9 m og 15 m under terreng (4,7 m i gjennomsnitt). På de 4 borepunktene hvor det er påvist sprøbrudsmateriale (analysert som kvikkleire iht. ref. /1/), ligger toppen av dette mellom 3 og 9 m under terreng (6 m i gjennomsnitt). Supplerende prøvetaking og laboratorieanalyser kan hjelpe med å redusere usikkerhet i de utførte analysene. Dersom eventuelle supplerende grunnundersøkelser viser at kvikkleire kan utelukkes på en eller flere boringer, kan dette medføre til en reduksjon av omfang av sikringstiltak.
- I løpet av anleggsarbeidene bør det unngås senkning av grunnvannsnivå for å redusere risiko for setninger i eksisterende bygninger og for økning av laster på eventuelle pæler.
- Ved senere prosjektfaser bør grunntypen vurderes som S2 iht. Eurocode 8, da kvikkleira kan gå over i flytefase (liquefaction).

Selv om fundamenteringsløsninger ikke er en del av leveranse for vurderingen av områdestabilitet, har det blitt avtalt i dette prosjektet å gi noen grove alternativer for

fundamentering av de planlagte byggene. Siden det har ikke blitt fremstilt noen detaljert informasjon til NGI ang. disse byggene, bør følgende tolkes kun som innledende alternativer:

- ↗ Kompensert fundamentering. Utgravde kjellere kompenserer for vekten av byggene.
- ↗ Dersom fundamenteringsløsningen krever at bløtere masser er bærende kan det være aktuelt med grunnforsterkning med kalk-sement-pæler.
- ↗ Friksjonspæler. Basert på tolkning av totalsonderinger og CPTU, ser man at det finnes stivere leire under ca. -7 moh i gjennomsnitt som kan fungere som bærende lag (med store variasjoner i kote av topplaget over prosjektområdet). Mektighet av dette laget er ca. 35 m i gjennomsnitt.

Forslag for plassering av midlertidig skolebygg (areal ca. 3600 m²):

- ↗ Utenfor kvikkleiresoner, f.eks. mellom kvikkleiresoner Skolegata og Bøplassen Sør (se Figur 8). Areal ca. 4500 m².
- ↗ Innenfor sone Skolegata (trekant ved borepunkt 9, 19 og 20, areal ca. 1600 m²). Se Figur 7.

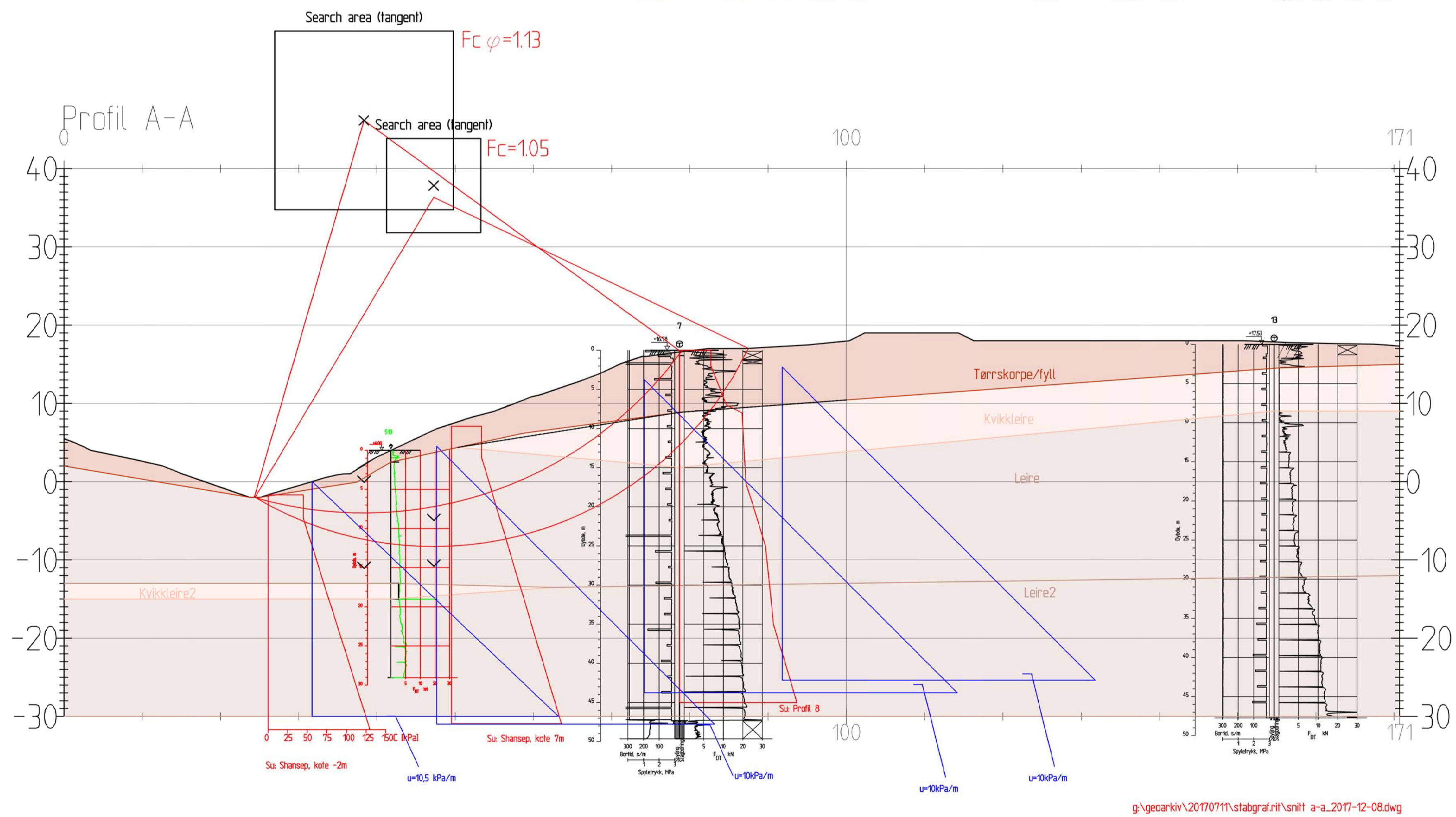
Supplerende grunnundersøkelser vil være nyttig for å redusere usikkerheten knyttet til grunnforholdene og nødvendig for detaljprosjekteringen av byggene i området.

9 Referanser

- /1/ 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/ NGI (2017). Formålsbygg Sande sentrum. Datarapport grunnundersøkelser. NGI rapport 20170711-01-R. Datert 23. november 2017.
- /3/ NGI (2012). Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 502 Gunnestad i Sande kommune i Vestfold. Rev. 1. NGI rapport 20110177-00-7-R. Datert 6. november 2012.
- /4/ NGI (2014). Grunnboring Sande kommune. Datarapport grunnundersøkelser. NGI rapport 20140168-01-R. Datert 9. mai 2014.

- /5/ NGI (1996). NGI prosjekt 920027. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred (kartbladet Drammen).
- /6/ NGI teknisk notat 20130950-02-TN. Sikring av Sandeelva, Sande kommune. Arbeidsbeskrivelse for grunnarbeider. Datert 27. oktober 2014.
- /7/ NGI (2001). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport nr. 20001008-2, datert 31. august 2001. Rev. 3, datert 2008.10.08.
- /8/ Direktoratet for byggkvalitet (2017). Byggteknisk forskrift Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK17). Datert 01.07.2017.
- /9/ NVE (2014). Retningslinjer nr. 2-2011. Flaum- og skredfare i arealplaner. Datert 22.05.2014.
- /10/ Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D.A., og Strandvik, S. (2005). CPTU correlations for clay. Proc. 16th ICSMGE Osaka. 2:693-703.
- /11/ Statens vegvesen (2014). Geoteknikk i vegbygging. Håndbok V220.

Drained:							Undrained:										
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe/fyll	9.00	9.00	32.0	0.0					Tørnskorpe/fyll	9.00	9.00	32.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0					Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire2	19.50	9.50	27.0	7.0					Leire2	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire2	19.00	9.00	27.0	7.0					Kvikkleire2	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire	19.50	9.50	27.0	7.0					Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40



Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

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

WSP Group AS
Formålsbygg, Sande sentrum

Nåtilstand
Profil A-A

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: 11.12.2017 Contract no: 20170711	Drawn by: MMS Drawing no: 011	Checked: JMC	Approved: JMC
---	---	----------------------------------	--------------	---------------

Forklaringer:

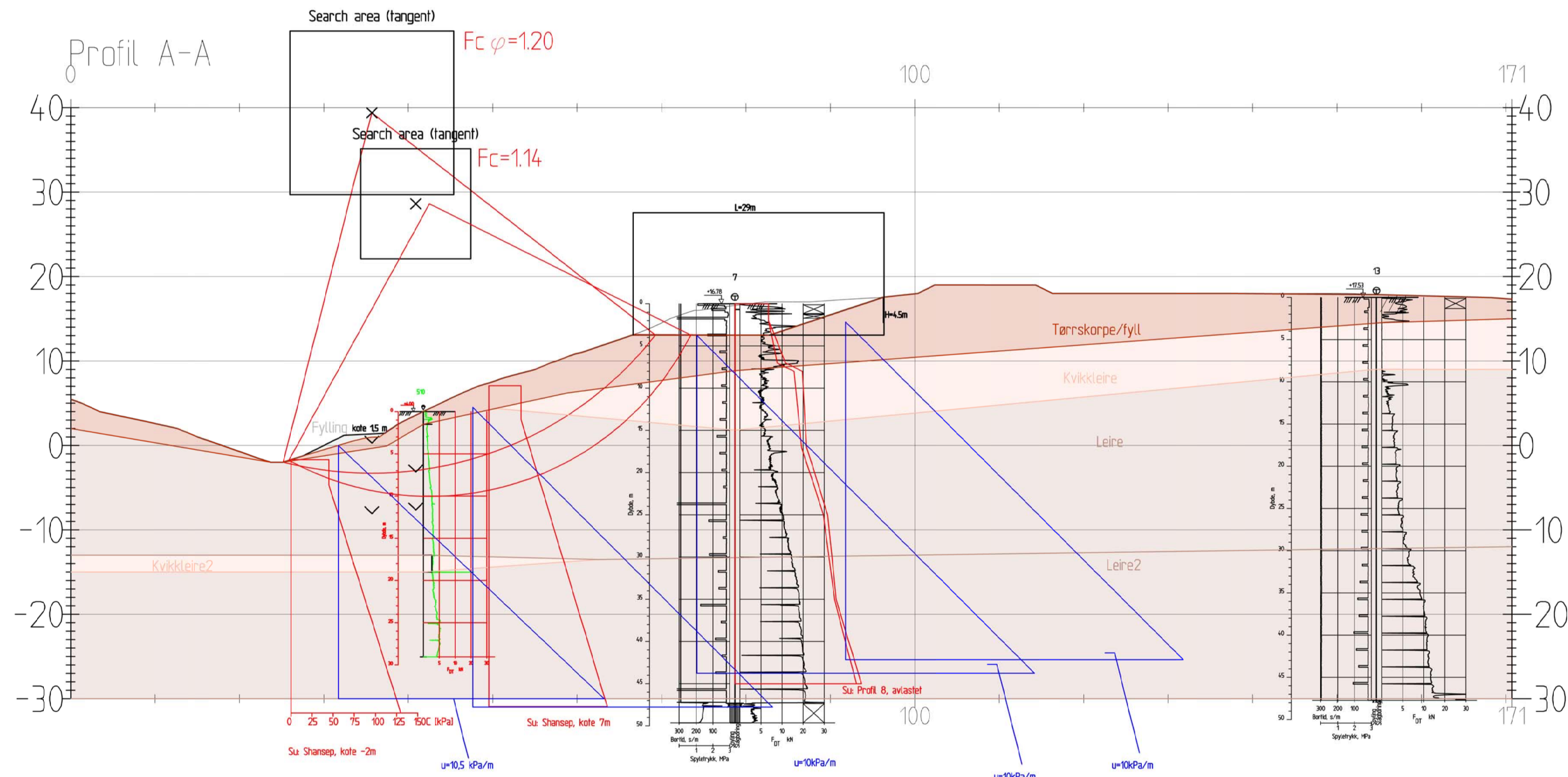
Tiltaket omfatter her både en avlastning i øvre del av skrånningen og en fylling i bunnen.
Su-profil ved avlastet område er redusert ved bruk av shansep

Drained:

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	32.0	0.0				
Tørnskorpe/tyll	19.00	9.00	32.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire2	19.50	9.50	27.0	7.0				
Kvikkleire2	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.50	9.50	27.0	7.0				

Undrained:

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fylling	19.00	9.00	32.0	0.0				
Tørnskorpe/tyll	19.00	9.00	32.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire2	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40
Kvikkleire2	19.00	9.00			C-prof	0.85	0.65	0.35
Leire	19.50	9.50			C-prof	1.00	0.70	0.40



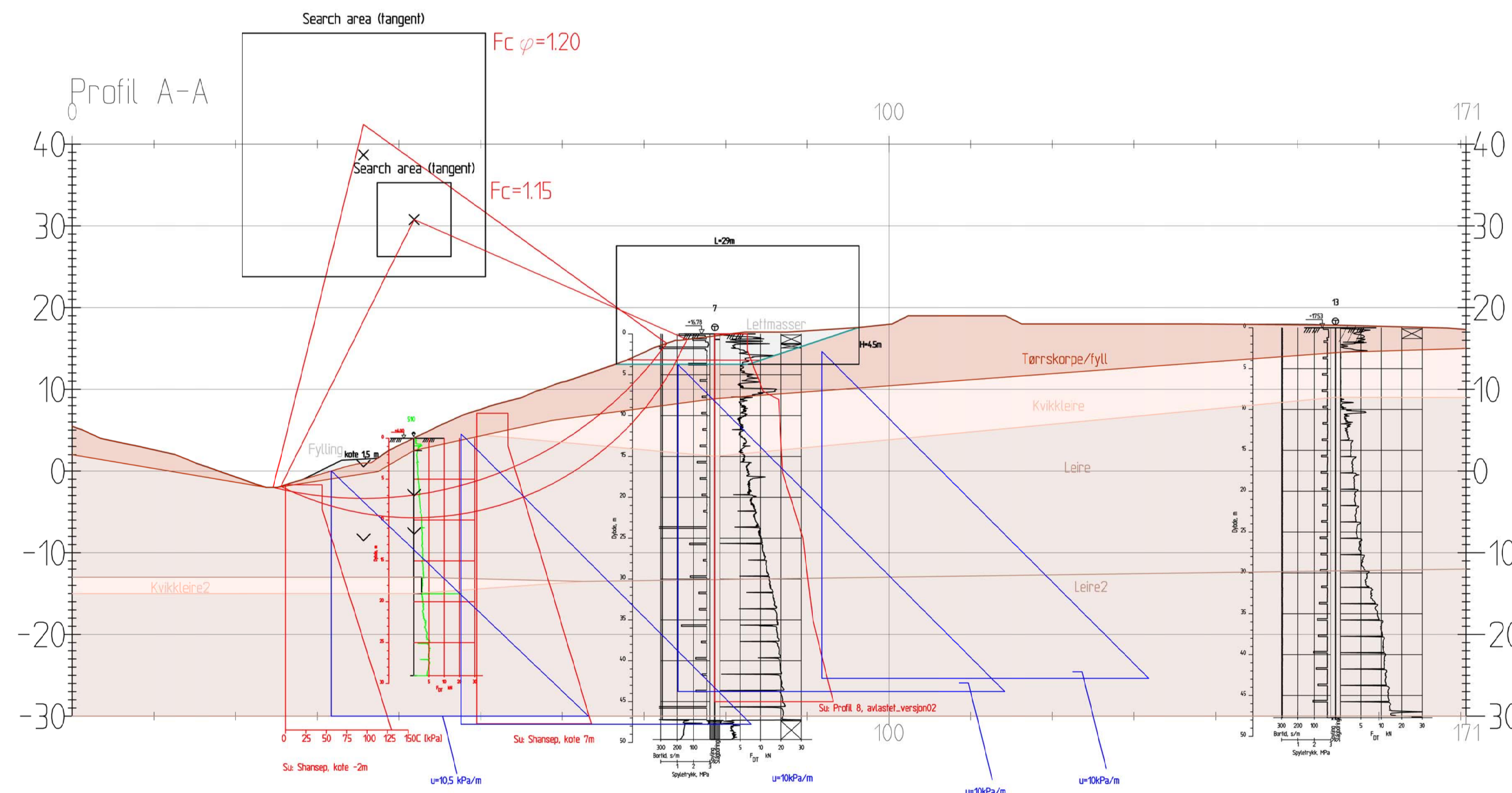
Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

WSP Group AS		Date	Drawn by	Checked	Approved
Formålsbygg, Sande sentrum		14.12.2017	MMS	JMC	JMC
Tiltak iht. NVE-7-2014		Contract no.	Drawing no.	Rev.	
Profil A-A		20170711	012	-	
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			

Forklaringer:

Tiltaket omfatter her både en avlastning i øvre del av skrånningen med lettmasser, og en fylling i bunnen. Su-profil ved avlastet område er redusert ved bruk av shanssep.

Drained:										Undrained:										
Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap		Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap		
Lettmasser	350	100	45.0	0.0						Lettmasser	350	100	45.0	0.0						
Fylling	19.00	9.00	32.0	0.0						Fylling	19.00	9.00	32.0	0.0						
Tørskorpe/fyll	19.00	9.00	32.0	0.0						Tørskorpe/fyll	19.00	9.00	32.0	0.0						
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0						Kvikkleire	19.00	9.00			0.85	0.65	0.35			
Leire2	19.50	9.50	27.0	7.0						Leire2	19.50	9.50			1.00	0.70	0.40			
Kvikkleire2	19.00	9.00	27.0	7.0						Kvikkleire2	19.00	9.00			0.85	0.65	0.35			
Leire	19.50	9.50	27.0	7.0						Leire	19.50	9.50			1.00	0.70	0.40			



g:\geoteknisk\20170711\stabgraf\rit\snitt a-a_forbedring2_2017-12-14.dwg

Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

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

WSP Group AS
Formålsbygg, Sande sentrum

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

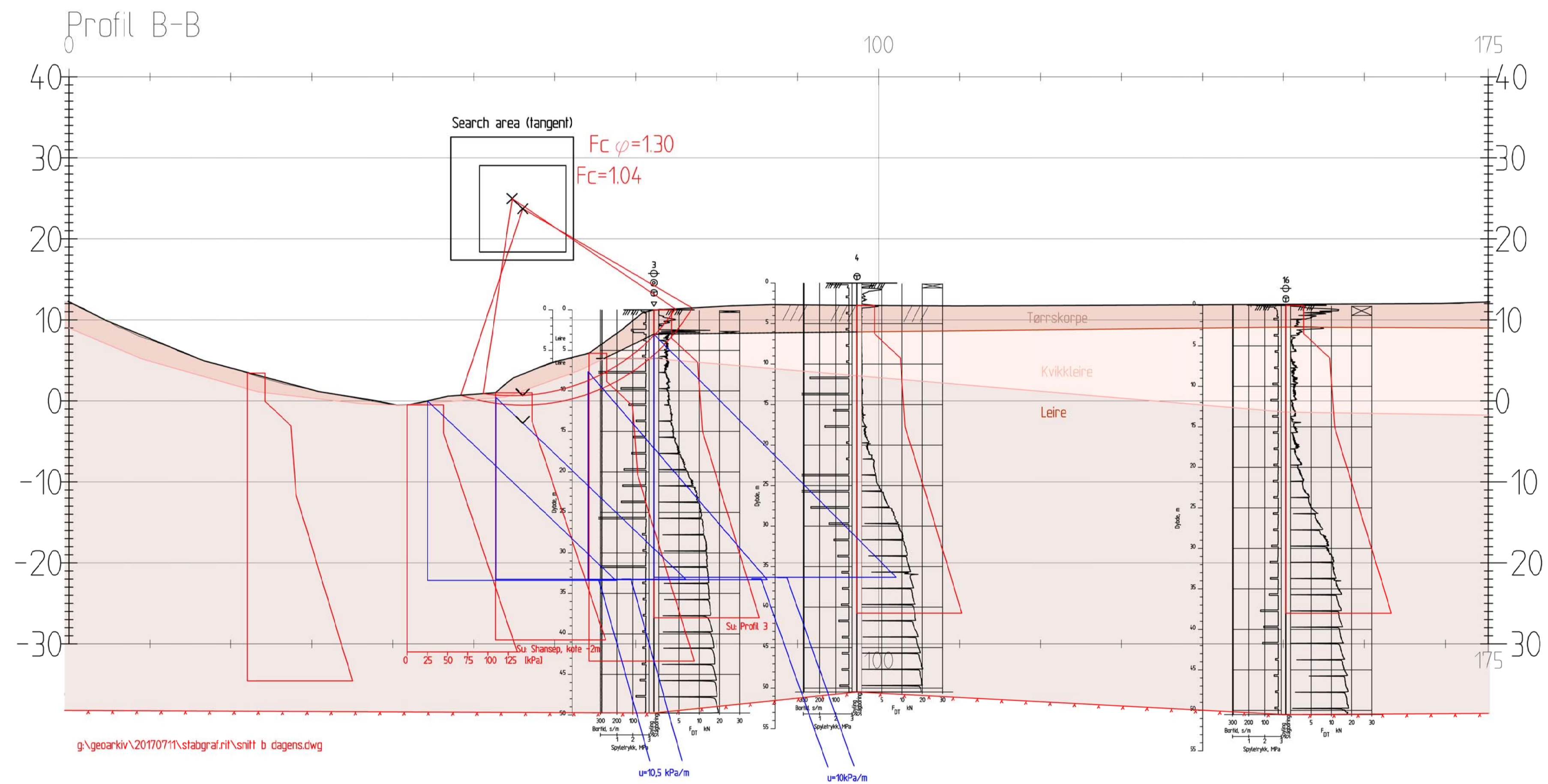
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Date 14.12.2017	Drawn by MMS	Checked JMC	Approved JMC
Contract no. 20170711	Drawing no. 013	Rev. -		

Undrained:

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

Drained:

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørnskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	7.0				
Leire	19.00	9.00	27.0	7.0				



Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

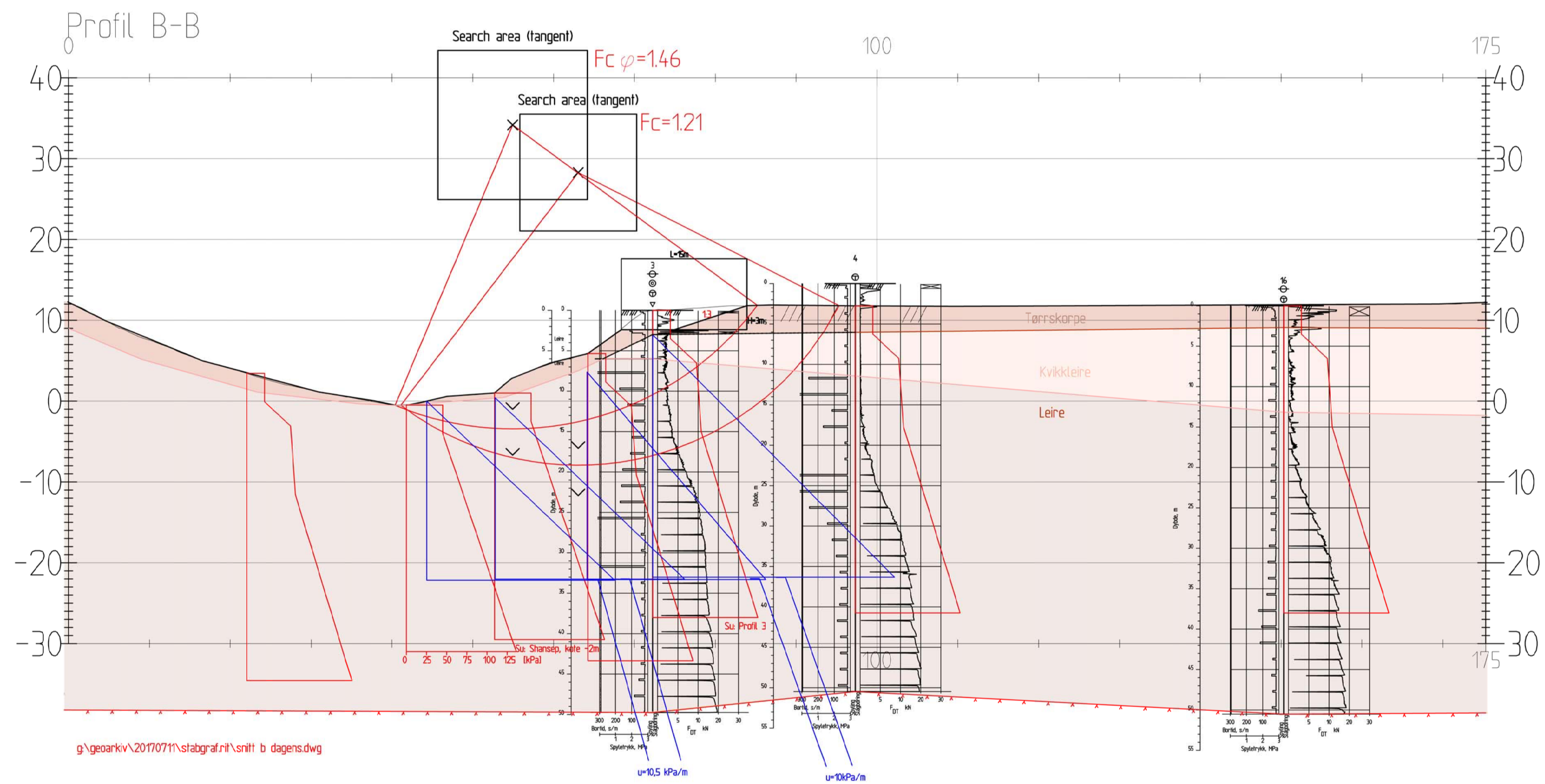
Rev.	Description	Date	Drawn	Checked	Approved
-	-	-	-	-	-

WSP Group AS Formålsbygg, Sande sentrum		Date 11.12.2017	Drawn by MMS	Checked JMC	Approved JMC
NÅTILSTAND Profil B-B		Drawing format A-1	Drawing name snitt b dagens.dwg	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		Contract no. 20170711	Drawing no. 014	Rev. 0	

Forklaringer:

Tiltaket omfatter her en avlastning i øvre del av skrånningen.

Undrained:						Drained:											
Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap	Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørreskorpe	19.50	9.50	30.0	0.0					Tørreskorpe	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
-	-	-	-	-	-

WSP Group AS
Formålsbygg, Sande sentrum

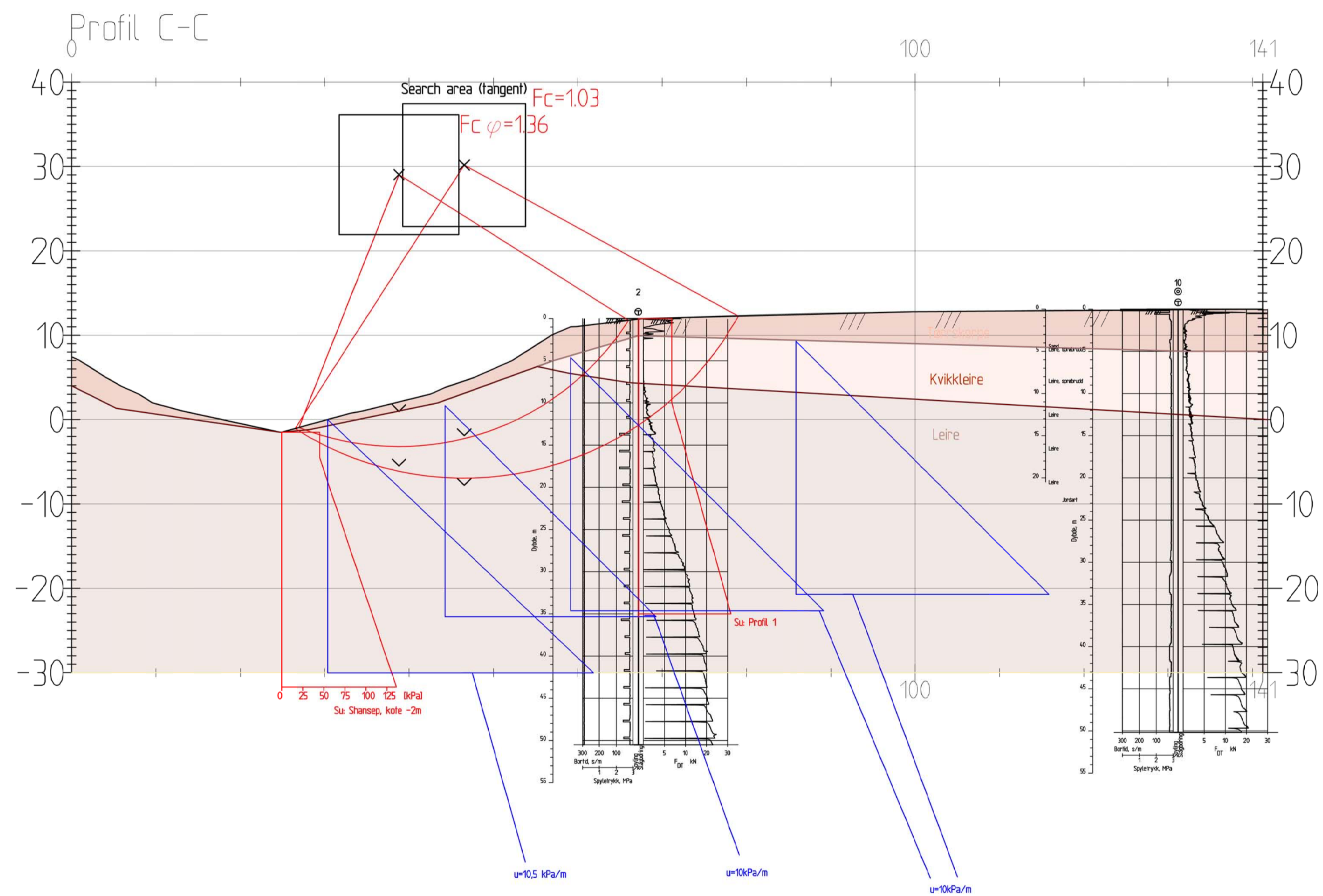
Tiltak iht. NVE-7-2014
Profil B-B

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. -		

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				



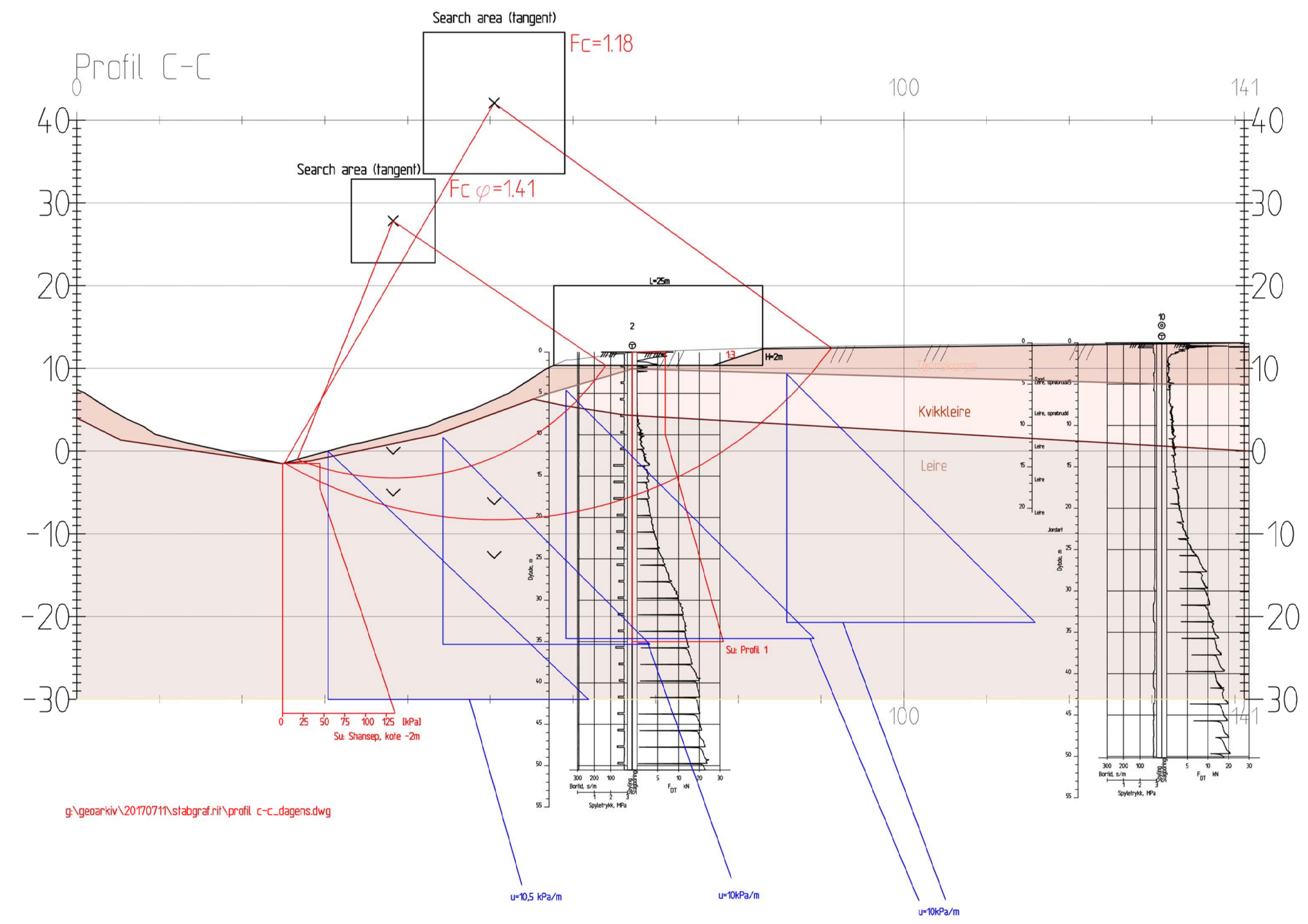
Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

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

WSP Group AS Formålsbygg, Sande sentrum		Scale 1400	Original format A-1 Drawing filename snitt c.dagens.dwg
Nåtilstand Profil C-C		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 11.12.2017	Drawn by MMS	Checked JMC	Approved JMC
Contract no. 20170711	Drawing no. 016	Rev. 0		

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				



Forklaringer:

Tiltaket omfatter her en avlasing i øvre del av skrånningen.

Drawing title	Drawing no.	Rev.
-	-	-

WSP Group AS		Date	Drawn by	Checked	Approved
Formålsbygg, Sande sentrum		14.12.2017	MMS	JMC	JMC
Tiltak iht. NVE-7-2014		Contract no.	Drawing no.	Rev.	
Profil C-C		20170711	017	-	
NGI		Sognsveien 72 - PO Box 3830 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no			

Vedlegg A

BAKGRUNN FOR FAREGRADSEVALUERING

Innhold

01 Vingejordet	2
02 Skolegata	3
03 Søndre Bøplassen	4

01 Vingejordet

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, topografiske kart, grunnundersøkelser (borehull 1, 15 og 24)

Noen overfladiske skred, spesielt ved elvesvingen. Maksimum skråningshøyde er ca. 13 m. Grunnen er antatt normalkonsolidert, basert på grunnundersøkelser i sone 02 Skolegata. Poretrykkfordeling er antatt hydrostatisk som målt i sone 02 Skolegata. Totalsonderingen i borhull 24 gir indikasjon av en kvikkleiremektighet opptil 10 m. Maksimum sensitivitet fra borhull 1 i sone 02 Skolegata er 26. Det er stor vannføring i elva men begrenset gradient.

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
	Vekttall				
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

18

02 Skolegata

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, topografiske kart, grunnundersøkelser (borhull 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 16, 19 og 23)

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 3 indikerer normalkonsolidert leire. Poretrykkfordelingen er målt hydrostatisk i borehull 16. Totalsondering nr. 11 gir indikasjon av en kvikkleiremektighet opptil 14 m. Maksimum sensitivitet i sonen er 27, målt ved borhull 11. Det er stor vannføring i elva, men begrenset gradient.

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
	Vekttall				
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

20

03 Søndre Bøplassen

Vurderingsgrunnlag: Kvartærgeologisk kart, topografiske kart, grunnundersøkelser (borhull 7, 8, 13 og 14)

Noen overfladiske skred. Maksimum skråningshøyde er ca. 21 m. Grunnen er antatt normalkonsolidert basert på grunnundersøkelser i sone 02 Skolegata. Poretrykkfordeling er antatt hydrostatisk som målt i sone 02 Skolegata. Totalsonderingen i borhull 7 gir indikasjon av kvikkleiremektighet opptil 7.2 m. Maksimum sensitivitet fra borhull 11 i sone 02 Skolegata er 27. Det er stor vannføring i elva, men begrenset gradient.

Faktorer	Vekt tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
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

20

Vedlegg B

TOLKNING AV CPTU-SONDERINGER

Innhold

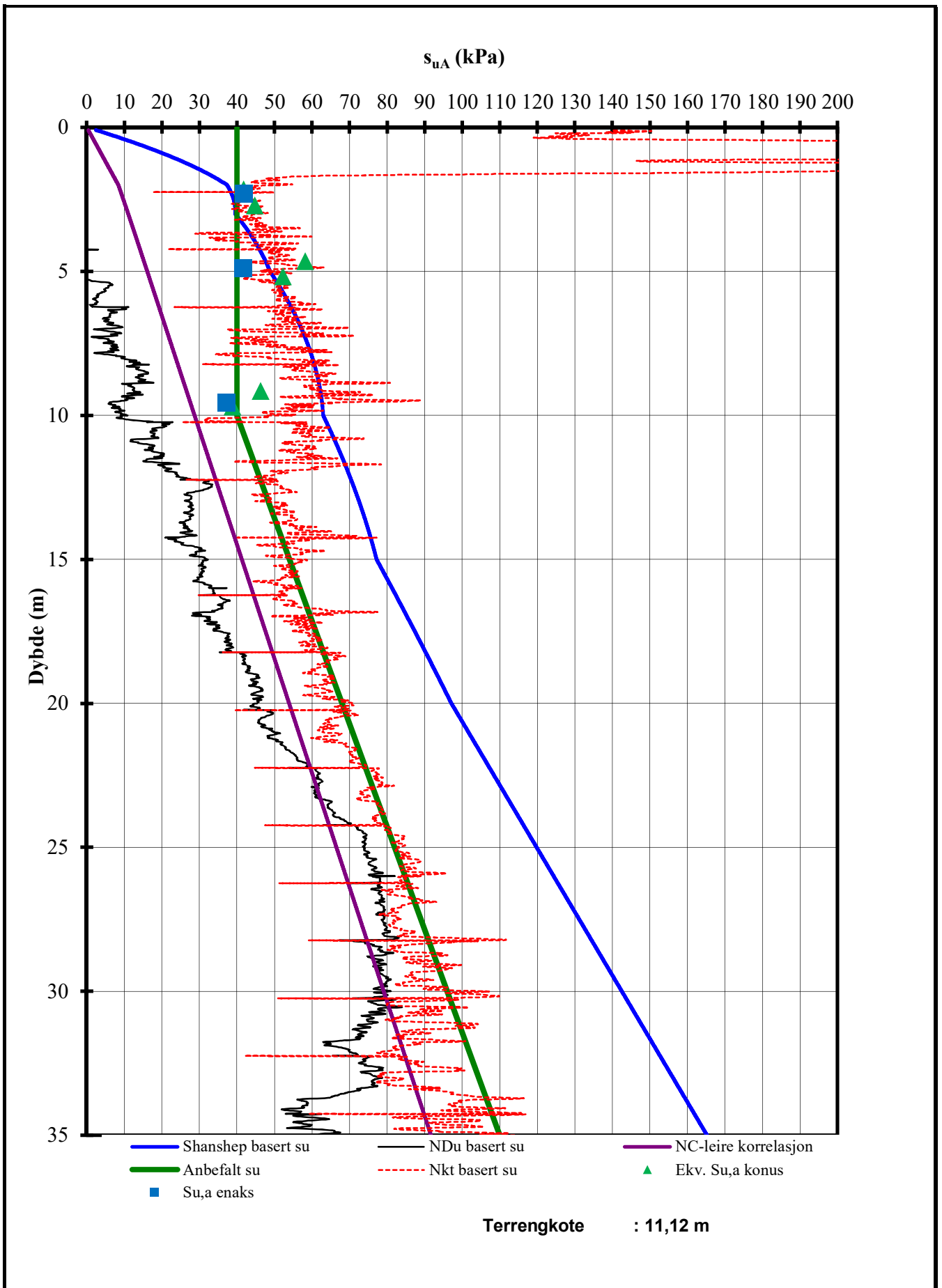
B1	Profiler for aktiv udrenert skjærstyrke	2
B2	Referanser	2


B1 Profiler for aktiv udrenert skjærstyrke

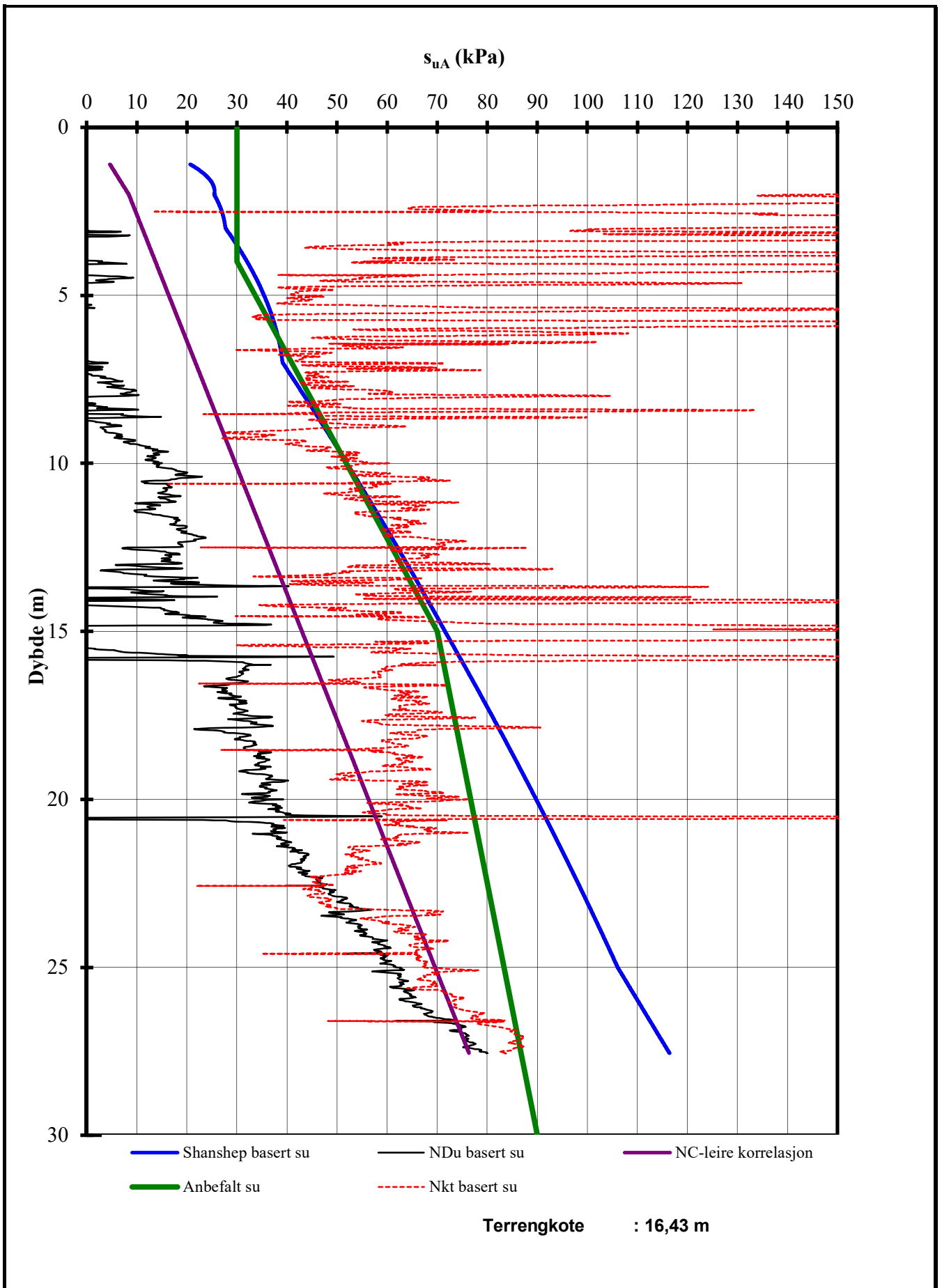
Det utført tolkning av skjærstyrkeprofiler ved trykksoneering iht. korrelasjoner i ref. /1/. Disse er sammenstilt med laboratorieundersøkelser der det er tilgjengelig, komplimentert av en NC-linje og tolkning basert på Shansep. Med grunnlag i ovennevnte metoder er det valgt en foreslått design-linje for aktiv udrenert skjærstyrke.


B2 Referanser

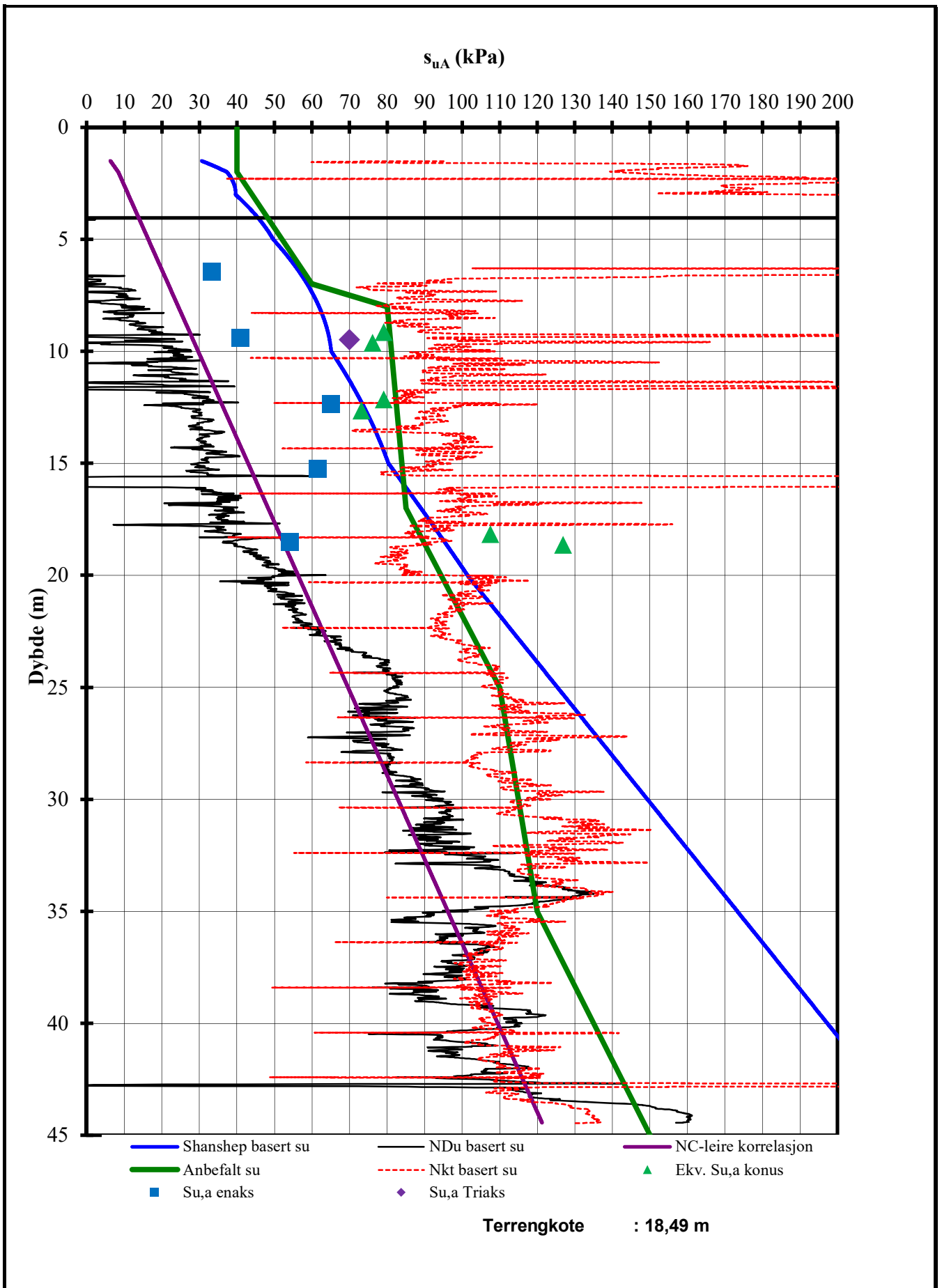
- /1/ Karlstad, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005)
CPTU correlations for clays. Proc. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.




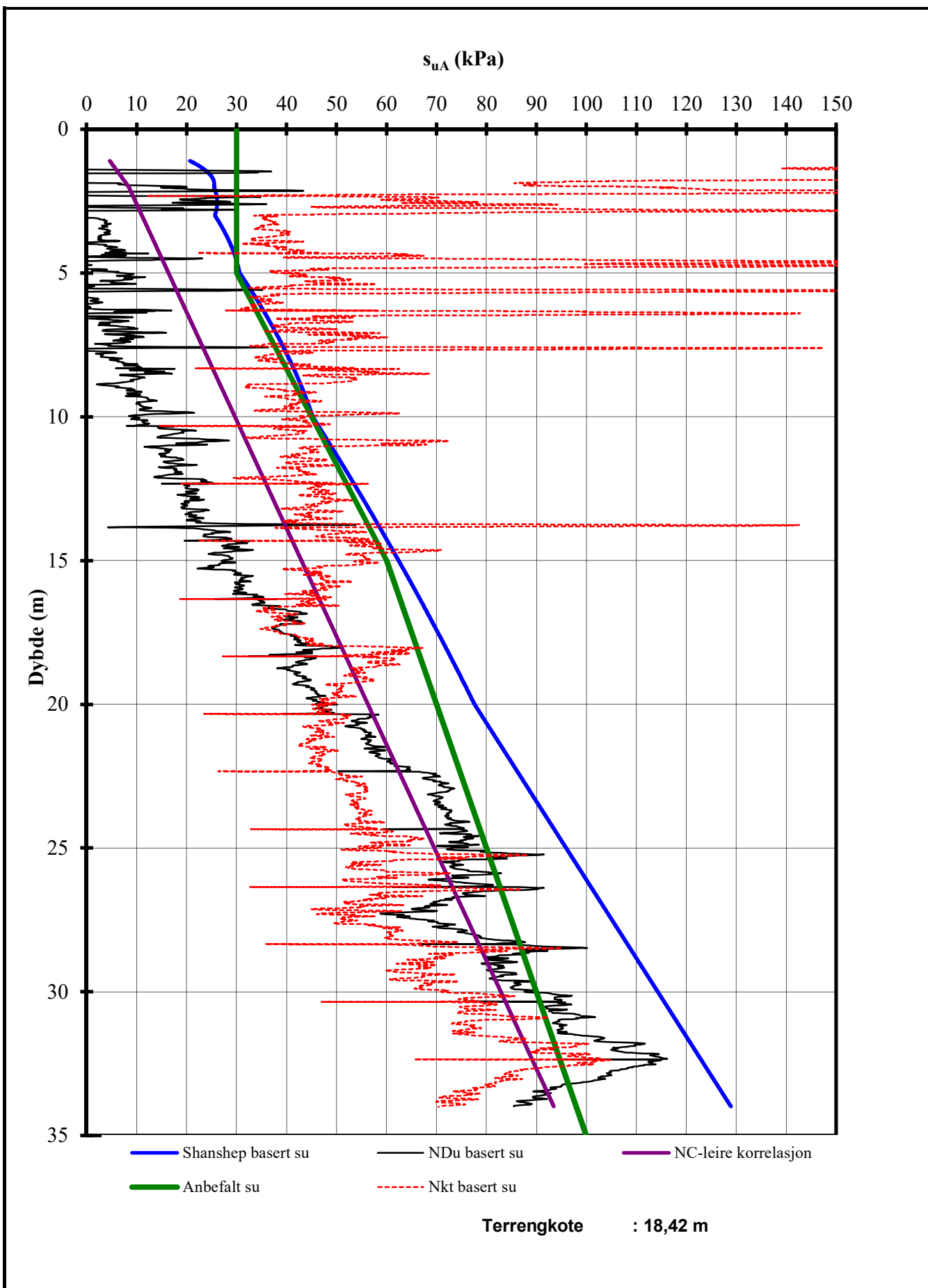
Sande Sentrum, Formålsbygg Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 1	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	B1
	Tegner	Dato
	MMS	12.12.2017
Kontrollert		
JMC		
Godkjent		
JMC		




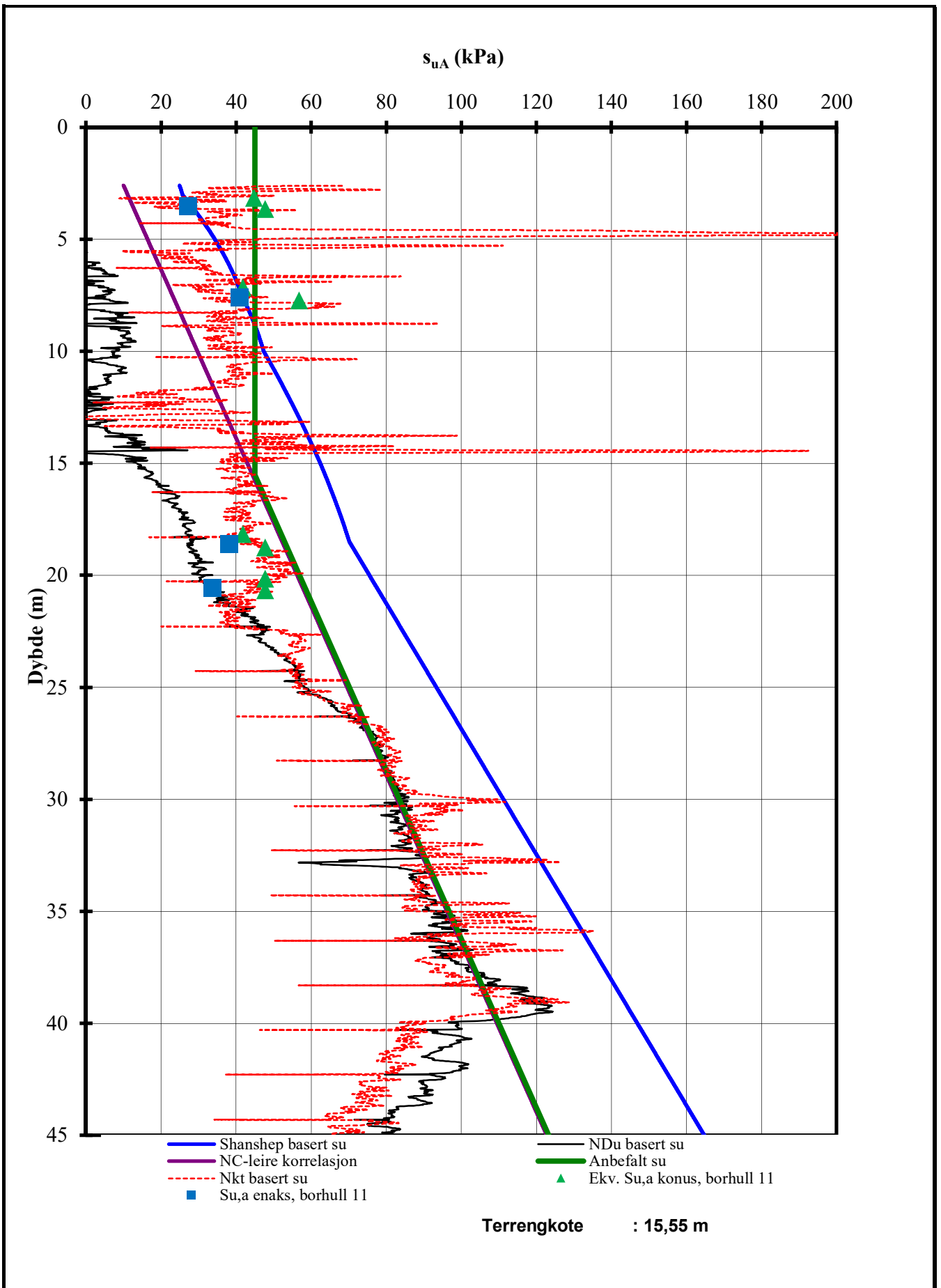
Sande Sentrum, Formålsbygg Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 6	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	B6
	Tegner	Dato
	MMS	14.12.2017
Kontrollert		
JMC		
Godkjent	JMC	




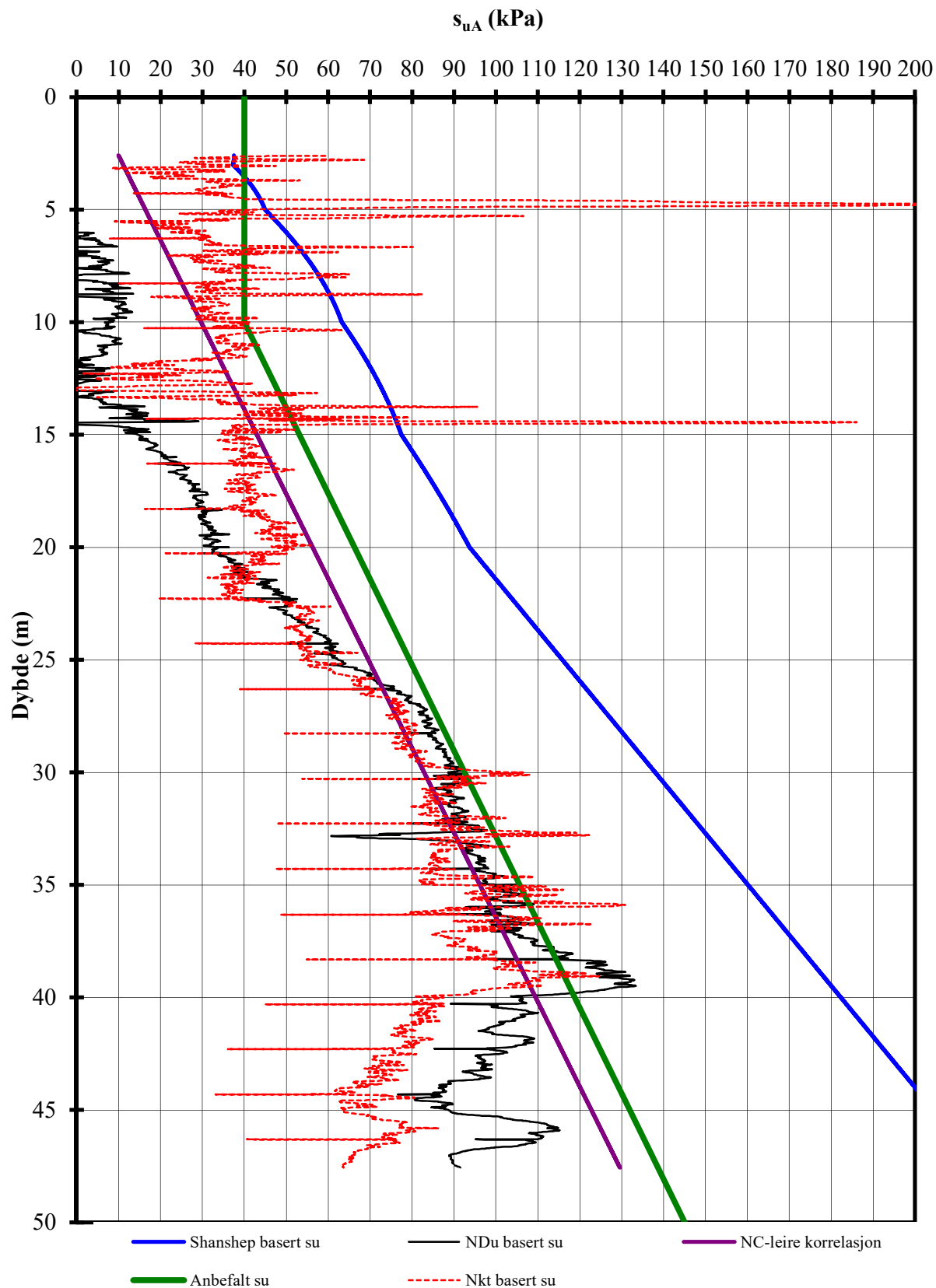
<p>Sande Sentrum, Formålsbygg</p> <p>Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.</p> <p>Borhull 8</p>	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	B8
	Tegner	Dato
	MMS	12.12.2017
Kontrollert		
JMC		
Godkjent		
JMC		




Sande Sentrum, Formålsbygg Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 14	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	B14
	Tegner	Dato
	MMS	14.12.2017
	Kontrollert	
JMC		
Godkjent	JMC	



Sande Sentrum, Formålsbygg Laboratoriedata er fra borhull 11. Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 18	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	B18
	Tegner	Dato
	MMS	14.12.2017
	Kontrollert	
JMC		
Godkjent	JMC	



Terrengkote : 16,08 m

Sande Sentrum, Formålsbygg Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 22	Rapport nr.	Figur nr.
	20170711	B22
	Tegner	Dato
	MMS	14.12.2017
Kontrollert		
JMC		
Godkjent		
JMC		

Vedlegg C

TOLKNING AV ØDOMETER- OG TREAKSIALFORSØK

Innhold

C1	Treaksialforsøk	2
C2	Ødometer	2
C3	Referanser	2

C1 Treaksialforsøk

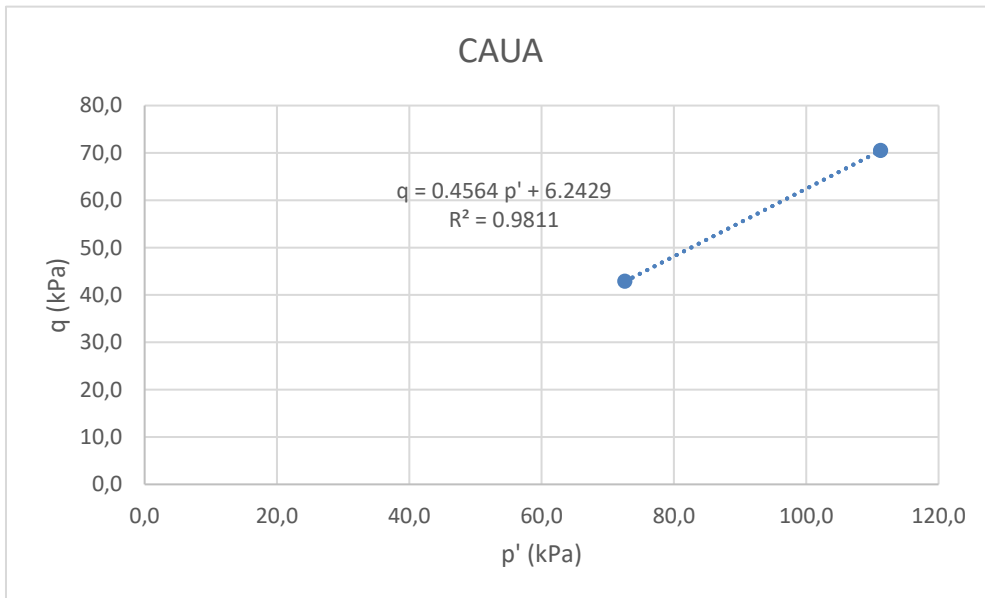
Det er utført to treaksial forsøk; et fra borpunkt 3 og et fra borpunkt 8. Spenningssti og resultater er plottet i NGI rapport 20170711-01-R.

C2 Ødometer

Det er utført syv ødometerforsøk, men avlesning av prekonsolideringsspenning var kun mulig å tyde på ødometerforsøket fra borpunkt 3. Spenningssti og resultater er plottet i NGI rapport 20170711-01-R.

C3 Referanser

- /1/ NGI (2017)
Datarapport, Formålsbygg Sande sentrum
Dokumentnr.: 20170711-01-R, datert den 23. november 2017.



Tolket fra excel:

a = 6,2429
mu = 0,4564

φ' = 27 degrees
c = 7 kPa

Formålsbygg Sande sentrum

Tolkede resultater av de to treaksialforsøkene, begge med "umerket" kvalitet iht. Statens Vegvesens Håndbok V220.

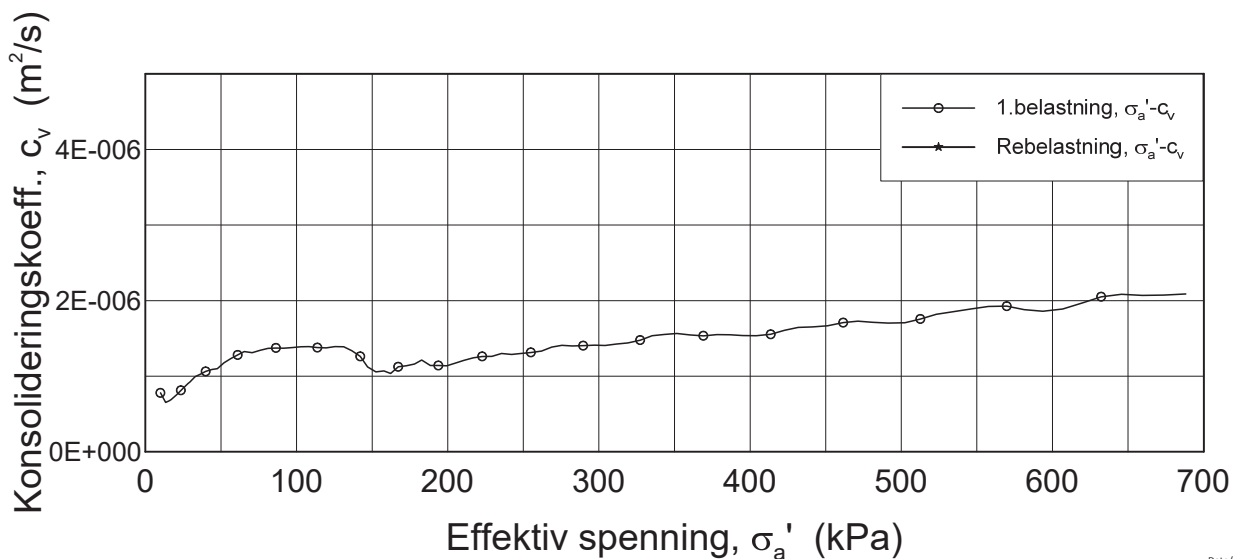
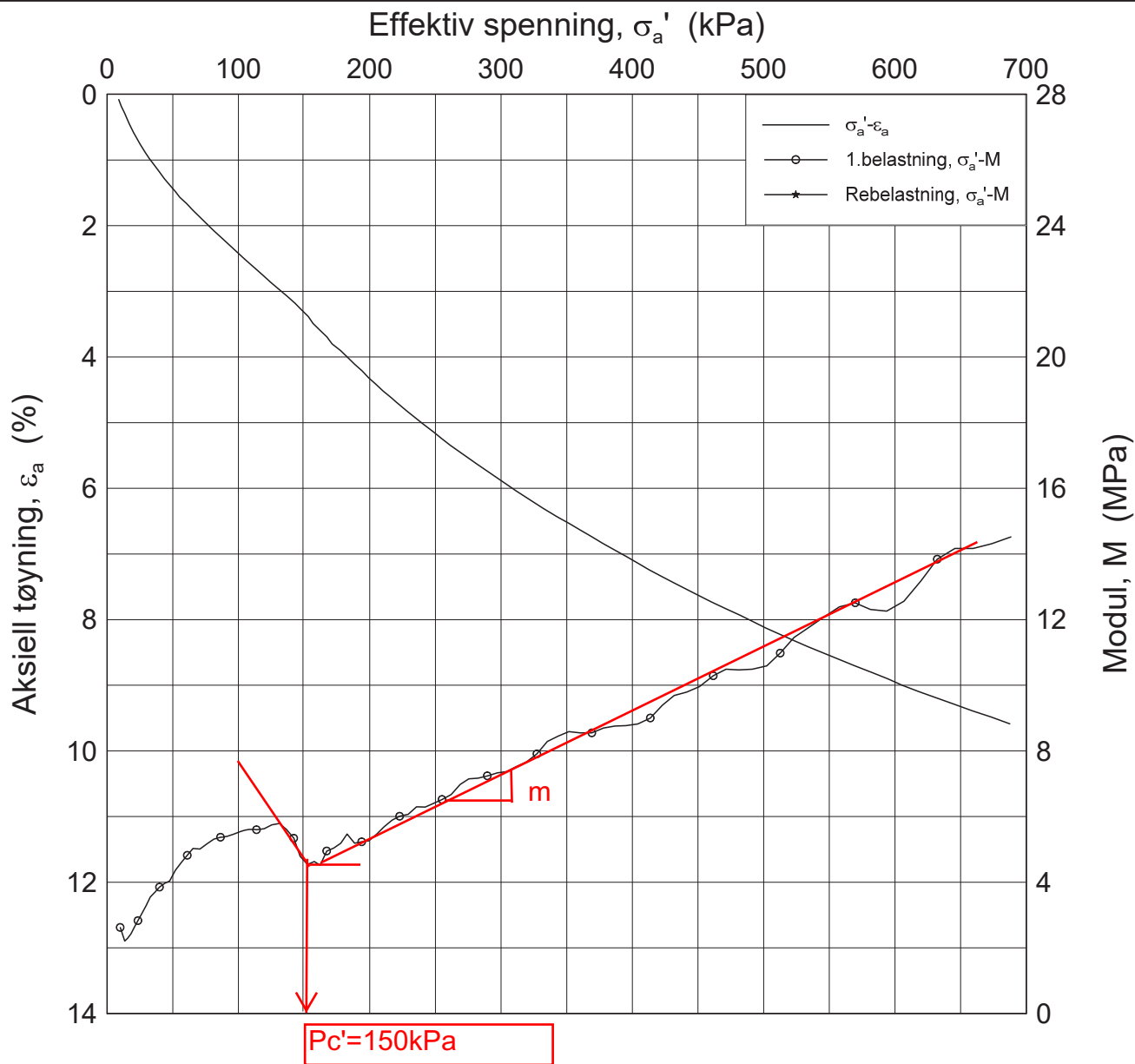
Dokumentnr.
20170711-02-R

Figurnr.
C1

Dato
19.12.2017

Tegnet av
MMS





Date/Rev.: 2016-06-08/6

Formålsbygg Sande sentrumj

Dokument nr.
20170711-02-R

Tolket ødometerforsøk (CRSC) i borpunkt 3

Figur nr.
C2

pc'=150kPa
OCR=150/65=2,3
m=19

Sylinder: 2
Del: A
Test: 2

Dybde = 6.5 m
p₀' = 65.0 kPa
w_i = 33.7 %
γ_i = 18.84 kN/m³

Dato
2017-12-19

Tegnet av / Kontr.
MMS



Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Områdestabilitetsberegninger		Dokumentnr./Document no. 20170711-02-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client WSP Group AS	Dato/Date 2017-12-20
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Områdestabilitet, kvikkleire, stabilitetsvurdering, faresone		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Vestfold	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Sande	Feltnavn/Field name
Sted/Location Sande	Sted/Location
Kartblad/Map Drammen 1814 III	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32N Øst: 568500 Nord: 6605900	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2017-12-20 José Cepeda	2017-12-20 Ellen Katrine Wensaas Lied	Velg kontrolldato Ditt navn her	Velg kontrolldato Ditt navn her

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 20. desember 2017	Prosjektleder/Project Manager Kristine H. H. Ekseth
--	---------------------------------------	---

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

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

