

---

RAPPORT

# Nidarvoll skole

---

OPPDRAKSGIVER

Trondheim kommune

EMNE

Geoteknisk vurdering detaljregulering

DATO / REVISJON: 9. februar 2018 / 00

DOKUMENTKODE: 10200379-RIG-RAP-002

---



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Nidarvoll skole</b>	DOKUMENTKODE	10200379-RIG-RAP-002
EMNE	Geoteknisk vurdering detaljregulering	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Trondheim kommune</b>	OPPDRAGSLEDER	Kristin Aflekt Thomessen
KONTAKTPERSON	Randi Lile	UTARBEIDET AV	Ida Elise Overgård
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 570215 NORD: 7030850	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	/ / / Trondheim		

## SAMMENDRAG

Multiconsult Norge AS er engasjert av Trondheim kommune som geoteknisk rådgiver i forbindelse med regulering av Nidarvoll skole og helsehus. I forbindelse med detaljreguleringen har Multiconsult fått i oppdrag fra Trondheim kommune å lage en rapport med en geoteknisk vurdering av planen på overordnet nivå.

Foreliggende rapport er tilpasset reguleringsplanen og geoteknisk detaljprosjektering forutsettes ved utbygging. Geotekniske problemstillinger for planlagt utbygging er hovedsakelig relatert til:

- Flom- og skredrisiko
- Byggbarhet i hht. Reguleringsplan

Multiconsult har vurdert planen for ny skole og helsehus bebyggbar og skredsikker iht. aktuelle lover og forskrifter.

Fundamentering av nye bygg samt etablering av byggegrop der dette er relevant må detaljprosjekteres.

Alternativer for etablering av VA-anlegg må vurderes videre i forhold til kostnader og bruk av arealer.

00	09.02.2018	Geoteknisk vurdering detaljregulering	Ida Elise Overgård	Håvard Narjord	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Grunnlag.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Myndighetskrav.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Grunnforhold.....</b>	<b>7</b>
4.1	Terrengforhold.....	7
4.2	Løsmasser .....	7
4.3	Grunnvannstand .....	8
<b>5</b>	<b>Planlagt utbygging .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Skredrisiko.....</b>	<b>10</b>
6.1	Kvikkleireforekomst og områdestabilitet.....	10
<b>7</b>	<b>Orienterende geotekniske vurderinger .....</b>	<b>12</b>
7.1	Skolebygg.....	12
7.2	Helsehus .....	12
7.3	VA-ledninger .....	13
7.4	Åpen graving .....	13
<b>8</b>	<b>Forslag til reguleringsbestemmelse .....</b>	<b>14</b>
<b>9</b>	<b>Konklusjon/Videre arbeider .....</b>	<b>14</b>
<b>10</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>14</b>

## VEDLEGG

Vedlegg A: Nidarvoll skole – Teknisk beregningsrapport.

## 1 Innledning

Multiconsult Norge AS er engasjert av Trondheim kommune som geoteknisk rådgiver i forbindelse med regulering av Nidarvoll skole og helsehus. I forbindelse med detaljreguleringen har Multiconsult fått i oppdrag fra Trondheim kommune å lage en rapport med en geoteknisk vurdering av planen på overordnet nivå. Følgende geotekniske forhold må derfor avklares:

- Flom- og skredrisiko (i hht. PBL, TEK17 og NVEs veileder)
- Byggbarhet i hht. Reguleringsplan

## 2 Grunnlag

Det har tidligere i flere omganger blitt utført grunnundersøkelser i området. Tidligere relevante datarapporter listes opp i Tabell 2-1.

I forbindelse med vurdering av grunnforhold ved Nidarvoll skole og helsehus ble det utført supplerende grunnundersøkelser i uke 48/49 i 2017. Resultatene fra grunnundersøkelsene er presentert i rapport 10200379-RIG-RAP-001 [1].

Tabell 2-1: Relevante tidligere grunnundersøkelser

Rapportnummer	Utført av	År	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn/rapportnavn
R.0590	Trondheim kommune	1982	Planavdeling	Nidarvoll Syke- og Aldersheim
R.0629	Trondheim kommune	1983	Planavdeling	Rundkj. Bratsbergv. – Klæbuv.
R.1001	Trondheim kommune	1997	Utbyggingskontoret	Fredlybekken avløpssone
R.1536	Trondheim kommune	2012	Intern	Fredlybekken
R. 1690	Trondheim kommune	2017	VAR	Sluppenvegen

I tillegg til geotekniske grunnundersøkelsesrapporter er tegninger/dokumenter vist i Tabell 2-2 også benyttet som grunnlag

Tabell 2-2: Grunnlagsdokumenter

Utførende	Tegning nr./ Dokument nr	Tittel/ Kommentar	Datert
Multiconsult	10200379-RIGm-TEG-003	Nidarvoll skole. Miljøgeologisk undersøkelse. Avgrensning deponi	17.01.2018
Rambøll	6090893-02_rev02	TK Eiendom og GH Eiendom. Kvikkleireson 194 Hoeggen. Geoteknisk utredning ihht. NVEs retningslinjer 1/2008	27.08.2010
Rambøll	1350002249-02	Detaljprosjektering Nidarvoll kvikkleiresone. Utredning av kvikkleiresone 228 Nidarvoll iht. NVE 7/2014	09.10.2014

### 3 Myndighetskrav

Gjennomførbarhet av reguleringsplanen må dokumenteres gjennom vurderinger som viser at planen kan gjennomføres på en måte som tilfredsstillende dagens regelverk.

Reguleringsplanen er underlagt følgende lover, forskrifter og retningslinjer:

- Plan- og bygningsloven (PBL), [2]
- Byggeteknisk forskrift (TEK17), [3]
- NVE retningslinjer 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar, [4], med tilhørende veileder nr. 7/2014 Sikkerhet mot kvikkleireskred (kvikkleireveilederen), [5]

Plan og bygningsloven, §28-1, stiller krav til at «grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold».

Direktoratet for byggekvalitet har laget en veiledning til TEK 17 [3]. I avsnitt §7-3 åpner veiledningen for at tilstrekkelig sikkerhet mot kvikkleireskred kan oppnås i alle faser av utbyggingen og for ferdig bygg ved å følge metoder og prosedyrer som er gitt i NVE retningslinjer nr. 2/2011 med tilhørende veileder nr. 7/2014 *Sikkerhet mot kvikkleireskred*.

Planområdet ligger under marin grense, og det kan dermed forekomme løsmasser med sprøbruddegenskaper. Planlagt utbygging plasseres i tiltakskategori K4, «Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold», for eksempel skole og barnehage, sykehjem og større næringsbygg.

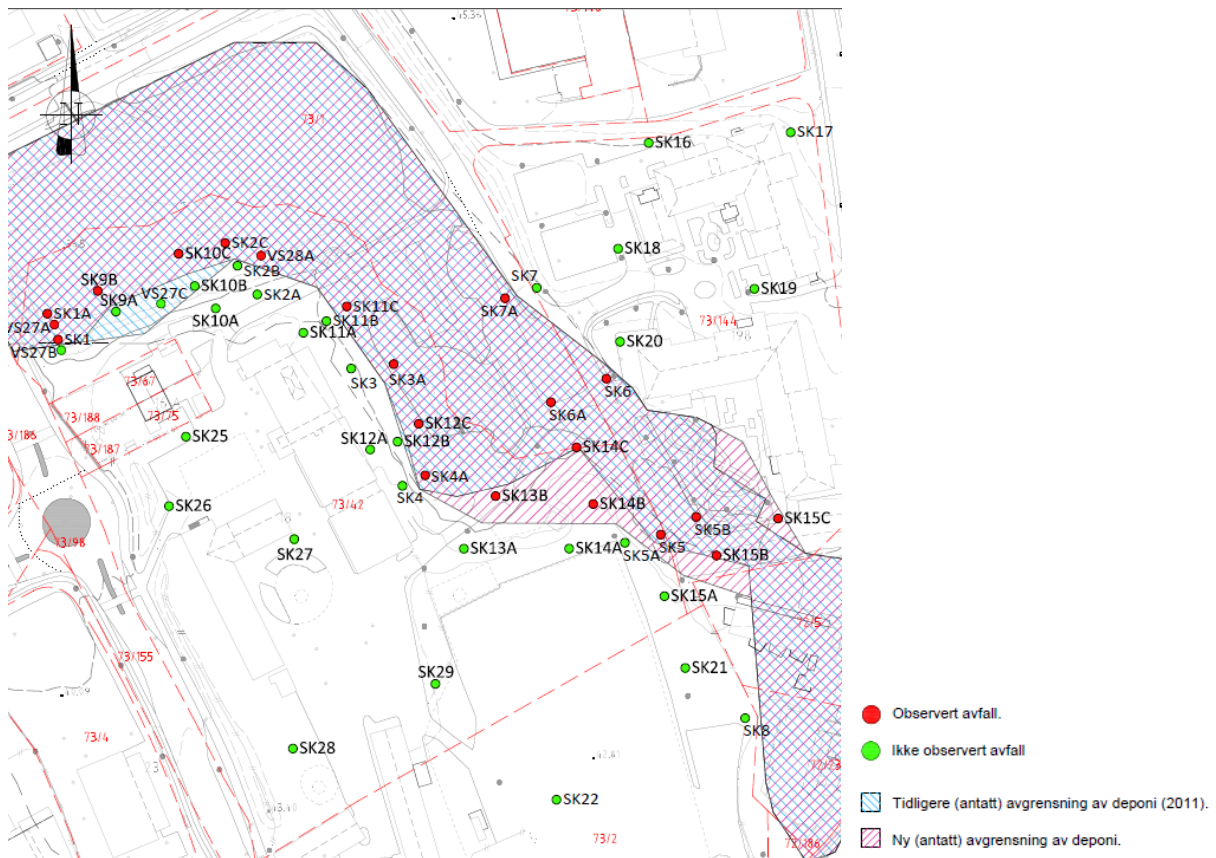
For all ny utbygging i områder med kjente eller potensielle forekomster av løsmasser med sprøbruddegenskaper, skal faren for skred utredes/vurderes etter de krav som stilles i NVE retningslinjer nr. 2/2011 [4], med tilhørende veileder nr. 7/2014 [5], og TEK 17 [3]. Der planlagte byggeområder ligger innenfor aktsomhetsområder og omfatter byggverk i tiltakskategorier der en må utrede områdestabilitet, må faresoner identifiseres, avgrenses og faregradsklassifiseres i tråd med prosedyren beskrevet i NVE veileder nr. 7/2014. Vurdering av kvikkleireforekomst og områdestabilitet er nærmere beskrevet i kapittel 6.1.

## 4 Grunnforhold

### 4.1 Terrengforhold

Generelt er dagens terreng ved Nidarvoll skole relativt flatt. Et tidligere dalsystem som omfattet Fredlydalen gikk fra Nidelva i vest til Klæbuveien i øst og ble brukt som kommunalt avfallsdeponi fra 1950-tallet til 1970. Deler av denne gjenfylte dalen går nordvest for planlagt skolebygg, se Figur 4-1.

Ved helsehuset heller terrenget svakt ned mot Nidarvoll skole med en gjennomsnittlig helning på ca. 1:10.



Figur 4-1: Avgrensing deponi (utsnitt fra tegning nr. 10200379-RIGm-TEG-003)

### 4.2 Løsmasser

NGUs kvartærgeologiske løsmassekart, se Figur 4-2, viser at planområdet ligger i hovedsak i et område med tykk havavsetning og fyllmasse.

Det bemerkes at kvartærgeologisk kart er basert på grunne prøver av løsmassene. Følgelig kan løsmassene i dybden bestå av andre masser. Det vil si at under fyllmassene som er vist på kartet kan det forekomme havavsetninger.



Figur 4-2: Kvartærgeologisk kart, hentet fra ngu.no. Området for Nidarvoll skole og helsehus er innenfor Rød sirkel.

Utførte grunnundersøkelser i forbindelse med detaljreguleringen viser at løsmassene består av et topplag med mektighet mellom 2,5 – 4,5 m. I de mer bearbejdede områdene består topplaget av fyllmasser mens de i mindre bearbejdede områdene består av tørrskorpeleire. Under topplaget består grunnen av leire ned til stor dybde. I grunnen ved dagens helsehus indikere CPTU-sonderingen sensitivt materiale fra 8 – 20 m dybde under terreng. Tidligere undersøkelser har påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale her i dybde 7 – 20 m. I grunnen ved Nidarvoll skole består løsmassene under topplaget i hovedsak av middels fast til fast leire med enkelte siltlag. Det er ikke påvist sprøbruddmateriale i dette området.

### 4.3 Grunnvannstand

I forbindelse med supplerende grunnundersøkelser ble det satt ned en elektrisk poretrykksmåler ved Nidarvoll skole (Bp. 1(A)) og en elektrisk poretrykksmåler ved Nidarvoll helsehus (BP. 5(E)) [6]. Begge ved 10 m dybde under terreng. Siste avlesning ble gjort i uke 2 i 2018. Avlest poretrykk indikerer at grunnvannsstanden følger sjiktet mellom topplaget og den underliggende leira. Avleste verdier er vist i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Avleste verdier fra poretrykksmålinger

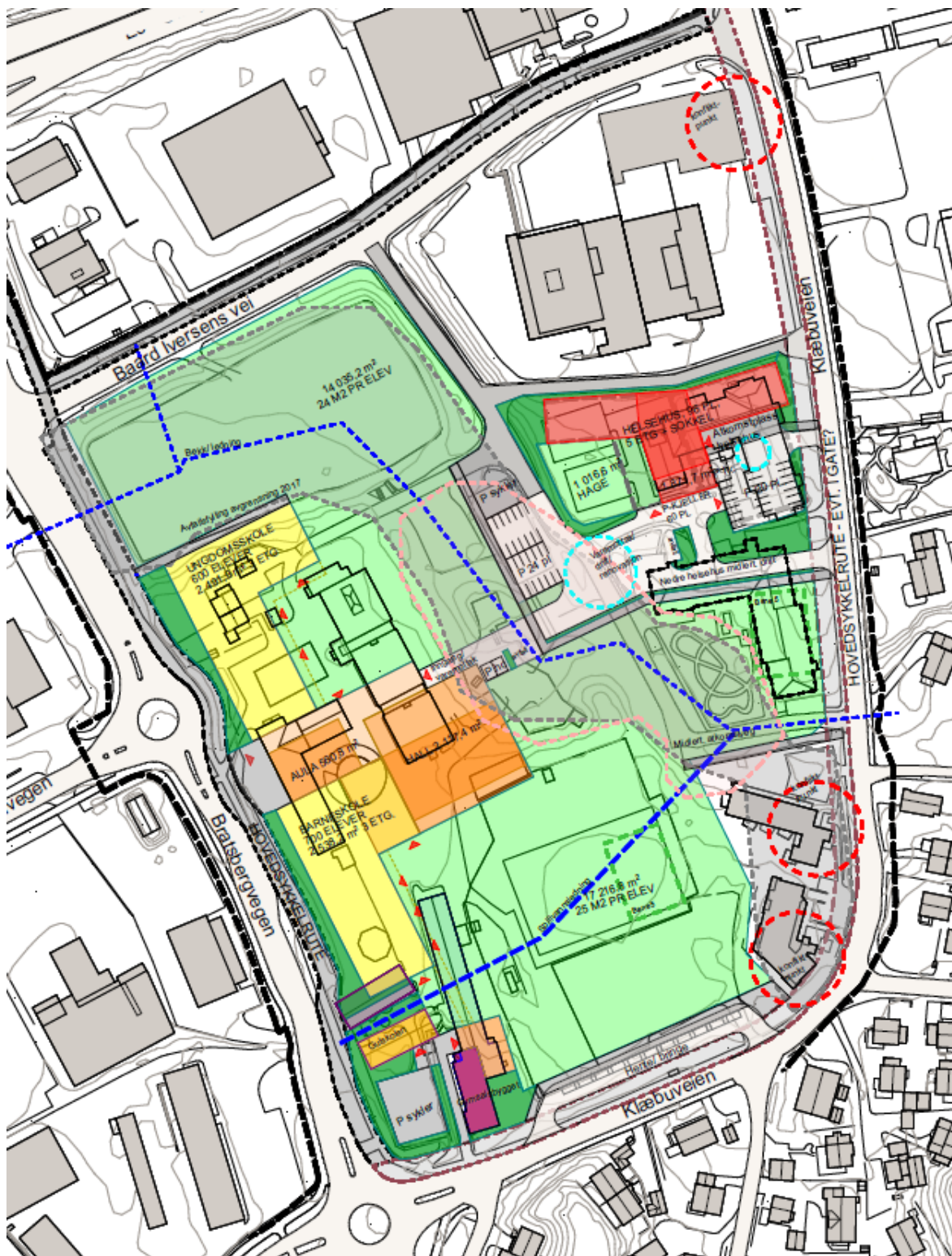
BP.	Kote terreng	Kote piezometer	Dybde pz-spiss [m]	Løsmasse ved pz-spiss	Avlest poretrykk uke 2 [kPa]	Grunnvannsnivå fra poretrykk [kote]*
1(A)	+40,5	+30,5	10	Leire	73,5	+37,9
5(E)	+43,4	+33,4	10	Leire	56,5	+39,0

\*Forutsatt hydrostatisk poretrykksfordeling

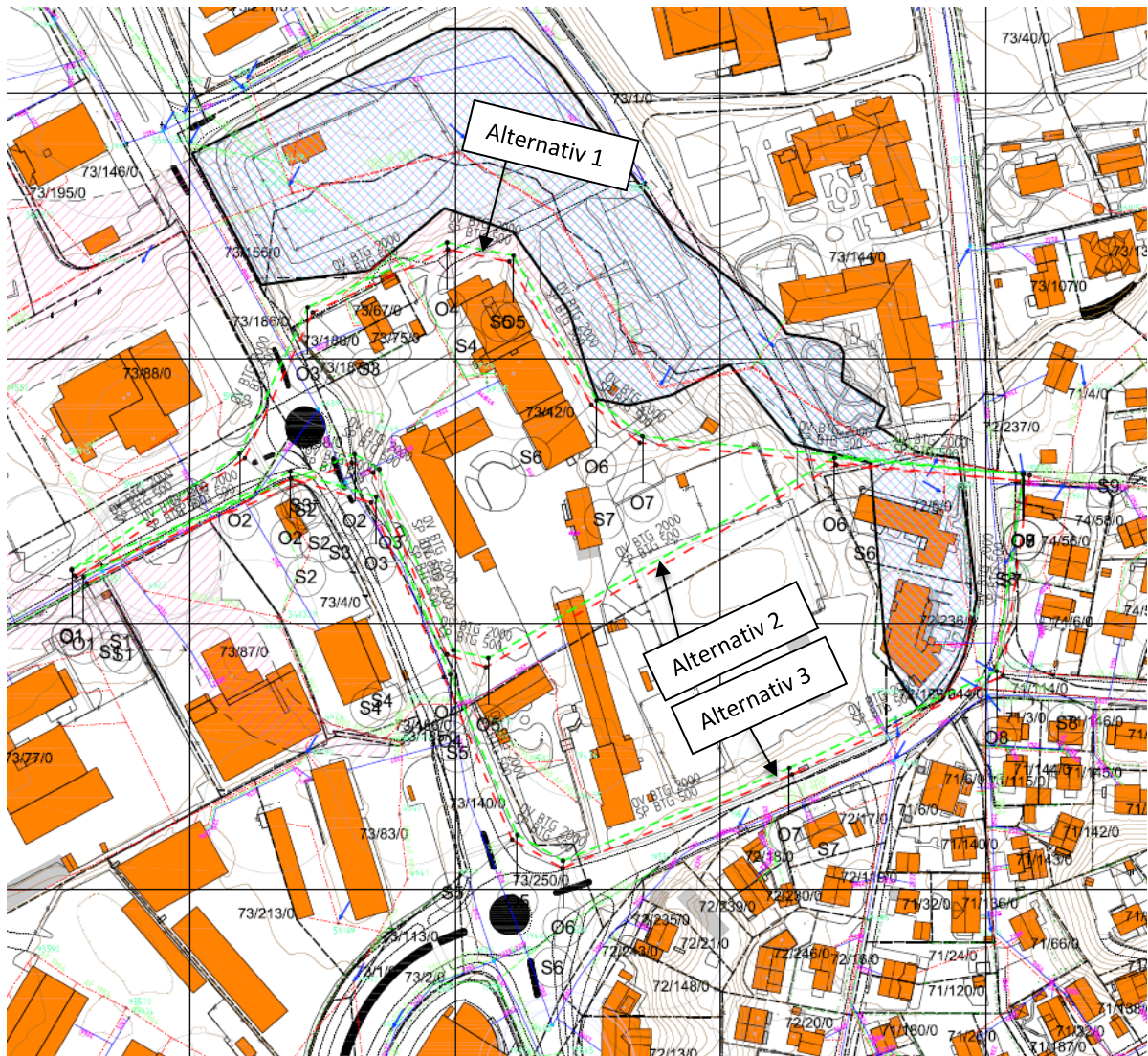


## 5 Planlagt utbygging

Planlagt utbygging er som vist i Figur 5-1 og omfatter ny barne- og ungdomsskole med en flerbrukshall og nytt helsehus. I forbindelse med utbyggingen må det også utarbeides en ny ledningsplan for VA-ledninger. Figur 5-2 viser en oversikt over alternativer for plassering av nye VA-ledninger.



Figur 5-1: Tegning A01-05 Planpremisser 2. Prinsippskisse, datert 01.02.2018.



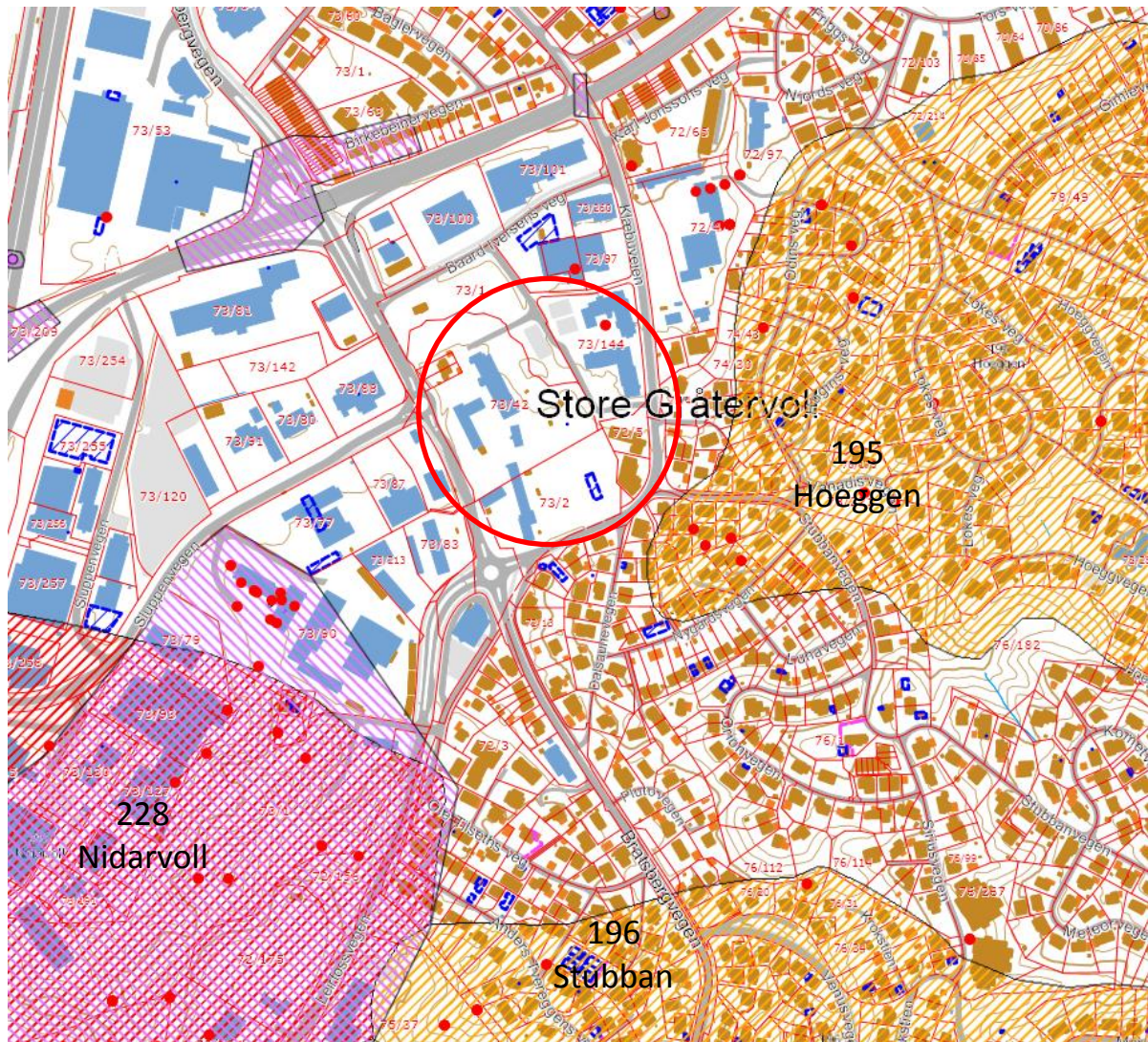
Figur 5-2: Alternativ plassering av nye VA-ledninger. Alternativ 1 nord for planlagt skolebygg, Alternativ 2 sør for planlagt skolebygg og Alternativ 3 langs klæbuvegen ned til rundkjøring ved Bratsbergvegen. (skisse mottatt fra VA 14.12.17)

## 6 Skredrisiko

### 6.1 Kvikkleireforekomst og områdestabilitet

Figur 6-1 viser en oversikt fra Trondheims kommune kartvisning med kjente kvikkleiresoner og punkter hvor kvikkleire er påvist. Områder hvor Statens vegvesen har påtruffet kvikkleire/sprøbruddmateriale i tidligere geotekniske undersøkelser er vist som skraverte lilla områder. Som vi ser av Figur 6-1 ligger området for Nidarvoll skole og helsehus ikke innenfor en kartlagt kvikkleiresoner, men det er påvist forekomst av kvikkleire innenfor det aktuelle planområdet.

Dette utløser krav fra NVE til å utrede faren for områdeskred iht. NVEs veileder 7/2014 [5]. Det må derfor vurderes om utbyggingen kan forårsake områdeskred eller ligger i et løseområde, eller om utbyggingen kan bli rammet av kvikkleireskred fra høyere terreng og da ligge i et utløpsområde.



Figur 6-1: Oversikt over kartlagte kvikkleiresoner. Røde punkter er punkter hvor det er påvist forekomst av kvikkleire. Skraverte lilla områder er Statens vegvesen kvikkleireområder (kilde: Trondheim kommune kartvisning). Området for Nidarvoll skole og helsehus er innenfor Rød sirkel.

Kvikkleiresone nr. 195 Hoeggen er klassifisert med middels faregrad, konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 3.

Kvikkleiresone nr. 196 Stubban er klassifisert med middels faregrad, konsekvensklasse meget alvorlig og risikoklasse 4.

Kvikkleiresone nr. 228 Nidarvoll er klassifisert med høy faregrad, konsekvensklasse meget alvorlig og risikoklasse 4.

Nidarvoll skole og helsehus ligger like nedenfor kvikkleiresone 195 Hoeggen. I 2008 utførte Rambøll en geoteknisk utredning av kvikkleiresonen med tilhørende grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger. Denne utredningen er presentert i Rambøll rapport nr. 6090893-02\_rev02.

Konklusjonen fra disse vurderingene er at det for alle beregningsprofilene unntatt ett ble oppnådd beregningsmessig sikkerhet som tilfredstiller kravene i NVEs retningslinjer. Profilet hvor dette ikke ble oppnådd ligger ikke i nærheten av planlagt utbygging. Beskrevet tiltak (nedplanering av skråning) er utført. Det vurderes derfor at det ikke er fare for kvikkleireskred fra høyere terreng.

Videre må det for alle faser av planlagt utbygging vurderes om utbyggingen kan forårsake områdeskred. Disse vurderingene er presentert i en egen beregningsrapport 10200379-RIG-BER-001 (Vedlegg A). Konklusjonen fra disse stabilitetsvurderingene er at planlagt utbygging har en beregningsmessig sikkerhet som tilfredsstillende kravene i NVE veileder 7/2017 [5] så lenge lokalstabiliteten ivaretas. I foreliggende rapport er det derfor gitt bestemmelser for graveskråninger ved åpen graving og for grøftegraving i forbindelse med VA-ledninger som ivaretar lokalstabiliteten. Dette er nærmere omtalt i kapittel 7.4.

## 7 Orienterende geotekniske vurderinger

### 7.1 Skolebygg

Utførte grunnundersøkelser ved planlagt skolebygg viser relativt like grunnforhold. Løsmassene består i hovedsak av et topplag av fyllmasser over middels fast til fast leire med enkelte siltlag ned til stor dybde. Topplaget har en mektighet på omtrent 2 m.

Det vurderes derfor gjennomførbart å bygge ut området. Bygninger kan trolig fundamenteres direkte på grunnen, men det må utføres setningsberegninger ved detaljprosjektering. Det må påregnes masseutskifting av fyllmasser for fundamentering av bygg.

Der hvor nybygg plasseres nær Bratsbergvegen, kan det kunne bli behov for oppstøtting i en byggefase. Plassering av nybygg må også vurderes opp mot plassering av nye VA-ledninger og mulighet for framtidige graveskråninger eller spuntoppstøtting for vedlikehold av ledninger. Dersom skolebygget etableres med kjeller vil dette kunne redusere fare for setninger ved eventuelle framtidige gravinger for VA-ledninger. Samtidig vil kjeller kunne medføre ekstra oppstøttingstiltak mot Bratsbergvegen i byggefasen.

### 7.2 Helsehus

Utførte og tidligere grunnundersøkelser ved planlagt helsehus viser relativt like grunnforhold på tomta. Løsmassene består hovedsakelig av tørrskorpeleire over middels fast til fast leire med enkelt siltlag. Tørrskorpeleira har en mektighet på omtrent 3m.

Det er påvist kvikkleire ved ca. 8 m dybde i et punkt like under planlagt helsehus. Dette tilsvarer at overgangen til leire med sprøbruddegenskaper under helsehuset er fra ca. kote +37. Foreløpige skisser viser antatt kjellernivå ca kote 42, og det vil derfor være god overdekning til kvikkleira.

Basert på utførte beregninger vurderes stabiliteten i området som god, både for dagens terreng, under utbygging og ved etablert nybygg. Stabilitetsvurderingene er presentert i vedlegg A.

Det vurderes gjennomførbart å bygge ut området. Nytt helsehus kan trolig fundamenteres direkte på grunnen, men det må utføres setningsberegninger ved detaljprosjektering. Store konsentrerte laster og forskjellig avlastning av terrenget kan medføre fare for differansesetninger. Aktuelle tiltak for å redusere differansesetninger kan være masseutskifting med lette masser, men dette må eventuelt vurderes nærmere ved detaljprosjektering. Det må påregnes at telefarlige masser må masseutskiftes for fundamentering av bygg.

Der hvor nybygg plasseres mot eksisterende bebyggelse i nord og nær Klæbuvegen kan det kunne bli behov for oppstøtting eller midlertidig stenging av vei i en byggefase. Der hvor parkeringskjeller planlegges avsluttet mot eksisterende helsehus kan det bli behov for spuntoppstøtting i byggefasen.

### 7.3 VA-ledninger

For etablering av VA-ledninger i forbindelse med ny skole og helsehus er det skissert 3 alternativ. Alle alternativene omfatter spillvannsledning med dimensjon  $\varnothing 500$  og overvannsledning med dimensjon  $\varnothing 2000$  dersom det blir bestemt av overvannet skal gå i lukket system. Dersom det blir bestemt at overvannet skal gå i åpen bekk vil det ikke være behov for  $\varnothing 2000$  og gravedybden vil dermed bli redusert.

Alternativ 1 går på nordsiden av planlagt skolebygg og kommer ned på planlagt ledningsnett for Sluppenveien. Ledningene vil ligge i dybde inntil 7 m under terreng ved lukket bekk. Åpen grøftegraving her vil være arealkrevende, og deler av området består av deponerte avfallsmasser. Det er utført miljøundersøkelser for nærmere vurdering av masser og videre tiltak for å benytte området. Generelt vil oppgraving, håndtering og deponering av avfallsmasser være kostnadsdrivende og tidkrevende.

Alternativ 2 går på sørsiden av planlagt skolebygg. Ledningen vil ligge i dybde inntil 9,5 m under terreng forbi ny skole og eksisterende bebyggelse ved lukket bekk. Dette vil medføre behov for spunting av grøft med et innvendig avstivningssystem for å redusere berørt areal mot eksisterende og ny bebyggelse. I henhold til mottatt samordningsprofil må det spunt med grøftebredde lik 8 m for legging av nye VA-ledninger. Dette medfører at spunt må settes med senteravstand på ca 8,5 m. Det er utført innledende beregninger av spunt for å vurdere nødvendig avstand fra eksisterende bebyggelse til spuntgrop, basert på vurdering av potensielle setninger. Beregningene viser at en avstand på 4 m mellom bygg og spunt medfører setninger på bygg i størrelsesorden 1-2 cm, noe som kan vurderes som akseptable setninger. Spunting vil kreve mindre arealer, men er samtidig kostnadsdrivende. For framtidig vedlikehold av VA-ledninger må det også vurderes om spunt må etableres som en permanent konstruksjon. Dersom dette er aktuelt må spunt dimensjoneres i henhold til dette, blant annet med tanke på korrosjon.

Alternativ 3 følger Klæbuveien ned til rundkjøring ved Bratsbergvegen. Ledningen vil her ligge i dybde inntil 13 m under terreng. Vegen ligger i enden av kvikkleiresone 195 «Hoeggen». Fra vegen stiger terrenget mot Stubban og en utgraving i bunn av skråningen vil være svært ugunstig for områdestabiliteten.

Pga. dyptliggende VA-ledninger bør også tunnelering og styrt boring vurderes som et alternativ til åpen graving/spunting.

### 7.4 Åpen graving

I henhold til Trondheim kommune normtegnning nr TK-H 02 «Grøftegraving», er tillatt helning ved utgraving i tørrskorpeleire med grøftedybde inntil 2,0 m satt til 1:0,75. Ved åpen graving i tørrskorpeleire med dybde større enn 3 m må det ikke graves brattere enn 1:1,5. Ved eventuell åpen graving ned til 2 m dybde i bakkant av spunt må det ikke graves brattere enn 1:1.

Ved åpen graving i leire med dybde større enn 3 m må det ikke graves brattere enn 1:2. Ved gravedybde inntil 6 m kan det tillates å grave med en helning 1:1,5 dersom gravingen utføres seksjonsvis og i nær dialog med geotekniker. Det kan også vurderes en kombinasjon av åpen graving og grøftekasser for å redusere berørte arealer og totalt gravevolum.

Ved åpen graving i leire med dybde større enn 6 m må det ikke graves brattere enn 1:3. Ved gravedybde inntil 10 m kan det tillates å grave med en helning 1:2 dersom gravingen utføres seksjonsvis og i nær dialog med geotekniker. Det kan også vurderes en kombinasjon av åpen graving og grøftekasser for å redusere berørte arealer og totalt gravevolum.

## 8 Forslag til reguleringsbestemmelse

Det foreslås at en reguleringsbestemmelse knyttet til geoteknikk tas med i reguleringsforslaget:

«Rapport fra grunnundersøkelser og geoteknisk prosjektering for utbyggingen skal være ferdig før igangsettingstillatelse kan gis. Av rapporten skal det framgå om det er behov for geoteknisk oppfølging av spesielle arbeider i byggeperioden.»

## 9 Konklusjon/Videre arbeider

Multiconsult har vurdert planen for ny skole og helsehus bebyggbar og skredssikker iht. aktuelle lover og forskrifter.

Fundamentering av nye bygg samt etablering av byggegrop der dette er relevant må detaljprosjekteres.

For VA-ledninger vurderes alternativ 3 som lite gjennomførbar. Alternativ 1 og 2 må vurderes videre i forhold til kostnader og bruk av arealer.

## 10 Referanser

- [1] Multiconsult, «10200379-RIG-RAP-001. Nidarvoll skole. Datarapport grunnundersøkelser,» 2018.
- [2] M. (Miljøverndepartementet), LOV 2008-06-27 nr 71 - Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven / PBL), 2008.
- [3] D. f. byggekvalitet, Veiledning om tekniske krav til byggverk (Veiledning til TEK17), 2017.
- [4] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Flaum og skredfare i arealplanar,» NVE, Oslo, Retningslinjer 2/2011, 22. mai 2014.
- [5] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred,» NVE, Oslo, Veileder 7-2014, 07.2014.
- [6] Multiconsult Norge AS, «10200379-RIG-RAP-001. Nidarvoll skole og helsehus. Datarapport grunnundersøkelser,» 01.02.2018.

Vedlegg A

## **Teknisk beregningsrapport**

**(11+12 sider)**

---

RAPPORT

# Nidarvoll skole

---

OPPDRAUGSGIVER

Trondheim kommune

EMNE

Teknisk beregningsrapport

DATO / REVISJON: 9. februar 2018 / 00

DOKUMENTKODE: 10200379-RIG-BER-001

---



Multiconsult



Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAG	<b>Nidarvoll skole</b>	DOKUMENTKODE	10200379-RIG-BER-001
EMNE	Teknisk beregningsrapport	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	<b>Trondheim kommune</b>	OPPDRAGSLEDER	Kristin Aflekt Thomessen
KONTAKTPERSON	Randi Lile	UTARBEIDET AV	Ida Elise Overgård
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 570215 NORD: 7030850	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	/ / / Trondheim		

## SAMMENDRAG

Multiconsult Norge AS er engasjert av Trondheim kommune som geoteknisk rådgiver i forbindelse med regulering av Nidarvoll skole og helsehus. I forbindelse med detaljreguleringen har Multiconsult fått i oppdrag fra Trondheim kommune å utføre en geoteknisk vurdering av planen på overordnet nivå.

I forbindelse med denne vurderingen har det blitt utført stabilitetsberegninger for planlagt utbygging av nytt helsehus og for legging av nye VA-ledninger for skolebygg. Foreliggende rapport er en teknisk beregningsrapport for utførte stabilitetsvurderinger.

			<i>Jeo</i>	<i>ALT</i>	<i>JAN</i>
00	09.02.2018	Teknisk beregningsrapport	Ida Elise Overgård	Alberto Montafia	Håvard Narjord
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Grunnlag.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Sikkerhetsnivå .....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Materialparametere .....</b>	<b>6</b>
4.1	Tolkning av beregningsparametere .....	6
4.2	Udrenerte styrkeparametere.....	7
4.3	Effektivspenningsparametere.....	9
4.4	Valg av materialparametre .....	9
<b>5</b>	<b>Stabilitetsberegninger .....</b>	<b>10</b>
5.1	Stabilitetsberegninger helsehus.....	10
5.2	Stabilitetsberegninger for VA-grøfter .....	11
<b>6</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>11</b>

### Tegning

10200379-RIG-TEG	-002	Situasjonsplan
	-400.3	Kontinuerlig ødometerforsøk, BP 1(A), d=6,3. Tolkning
	-401.3	Kontinuerlig ødometerforsøk, BP 1(A), d=9,5. Tolkning
	-402.3	Kontinuerlig ødometerforsøk, BP 3(C), d=8,55. Tolkning
	-450.6	Treaksialforsøk, BP 1(A), d=6,4. Tolkning NTNU-plott
	-451.6	Treaksialforsøk, BP 3(C), d=8,3. Tolkning NTNU-plott
	-500.5	CPTU BP. 5(E), udrenert skjærfasthet, $c_{uA}$ , korrelert mot $B_q$
	-500.6	CPTU BP. 5(E), udrenert skjærfasthet, $c_{uA}$ , korrelert mot $S_t$ , OCR og $I_p$
	-500.7	CPTU BP. 5(E), prekonsolideringsspenning $\sigma'_{c'd}$
	-700	Profil A-A. Tolket lagdeling
	-800	Profil A-A. Stabilitetsberegning, utgravningsfasen, $\alpha\phi$ - og ADP-analyse
	-801	Profil A-A. Stabilitetsberegning, etter utbygging, ADP-analyse

## 1 Innledning

Multiconsult Norge AS er engasjert av Trondheim kommune som geoteknisk rådgiver i forbindelse med regulering av Nidarvoll skole og helsehus. I forbindelse med detaljreguleringen har Multiconsult fått i oppdrag fra Trondheim kommune å utføre en geoteknisk vurdering av planen på overordnet nivå.

I forbindelse med denne vurderingen har det blitt utført stabilitetsberegninger for planlagt utbygging av nytt helsehus og for legging av nye VA-ledninger for skolebygg. Foreliggende rapport er en teknisk beregningsrapport for utførte stabilitetsvurderinger.

## 2 Grunnlag

Grunnlag for denne beregningsrapporten er utførte grunnundersøkelser presentert i datarapport nr. 10200379-RIG-RAP-001.

Trondheim kommune har også utført grunnundersøkelser i området. Tidligere relevante datarapporter listes opp i Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Relevante tidligere grunnundersøkelser

Rapportnummer	Utført av	År	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn/rapportnavn
R.0590	Trondheim kommune	1982	Planavdeling	Nidarvoll Syke- og Aldersheim
R.0629	Trondheim kommune	1983	Planavdeling	Rundkj. Bratsbergv. – Klæbuv.
R.1001	Trondheim kommune	1997	Utbyggingskontoret	Fredlybekken avløpssone
R.1536	Trondheim kommune	2012	Intern	Fredlybekken
R. 1690	Trondheim kommune	2017	VAR	Sluppenvegen

## 3 Sikkerhetsnivå

Planlagt utbygging plasseres i tiltakskategori K4, «Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold», for eksempel skole og barnehage, sykehjem og større næringsbygg.

Planlagt helsehus ligger like ved kvikkleiresone 195 Hoeggen som er klassifisert med middels faregrad, konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 3.

Ved tiltakskategori K4 og middels faregrad før utbygging stilles det krav til en stabilitetsanalyse som dokumenterer at sikkerhetsfaktor for områdestabilitet er  $F \geq 1,4$  eller forbedring hvis  $F < 1,4$  i henhold til NVE veileder 2014 [1].

For vurdering av grøftheilning for dype utgravinger for VA-ledninger er det benyttet partialfaktor  $\gamma_M=1,25$  for effektivspenningsanalyser og  $\gamma_M=1,4$  for totalspenningsanalyser i henhold til anbefalinger gitt i SVV Håndbok V220 [2].

## 4 Materialparametere

### 4.1 Tolkning av beregningsparametere

Tolkning av parametere og lagdeling er utført på basis av utføre dreietrykksoneringer, CPTU-soneringer og opptatte 54 mm prøveserie.

#### Kvalitet av undersøkelser

Utførte CPTU-soneringer klassifiseres i anvendelsesklasser (1-4) for spissmotstand, sidefriksjon og poretrykk. CPTU-sonering utført av Multiconsult er i anvendelsesklasse 1 for alle parametere.

Vurdering av treaksialforsøkernes prøve kvalitet er basert på målt volumtøyning og poretallsendring i konsolideringsfasen. Basert på vurdering av prøve kvalitet ut fra overkonsolideringsgrad og poretallsendring iht. NGF-Melding 11, tabell 6, vurderes prøve kvaliteten til forsøkene som henholdsvis «god til brukbar» og «dårlig». Basert på utpresset porevann vurderes prøvene å falle inn under betegnelsen «akseptabelt forsøk» iht. SVV håndbok V220 [4].

Resultater fra rutineundersøkelser viser at tøyning på uforstyrret prøve ligger mellom 12-16 %, noe som indikerer dårlig prøve kvalitet (>5%).

#### Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver er benyttet som grunnlag. Ved variasjoner i målte verdier er gjennomsnittlige verdier benyttet. For materialet som det ikke er målt tyngdetetthet av, er det benyttet erfaringsverdier iht. Figur 2.39 i Håndbok V220 [2].

Se tegning nr. 10200379-RIG-TEG-200 og -201 i rapport nr. 10200379-RIG-RAP-001 for geotekniske data.

#### Grunnvannsnivå og poretrykkfordeling med dybden

Det er installert to elektriske piezometer med minne. Målerne ble sist avlest i uke 2 i 2018. Tabell 4-1 viser målte poretrykk og tilsvarende grunnvannsnivå.

Tabell 4-1 – Høyeste målte poretrykk

BP.	Kote terreng	Kote piezometer	Løsmasse ved piezometerspiss	Avlest poretrykk uke 2 [kPa]	Grunnvannstand fra poretrykk [kote]*
1(A)	+40,5	+30,5	Leire	73,5	+37,9
5(E)	+43,4	+33,4	Leire	56,5	+39,0

\*Forutsatt hydrostatisk poretrykkfordeling

**Tidligere overlagring****Ved skolebygg:**

Det er utført tre kontinuerlig ødometerforsøk (CRS) i området ved Nidarvoll skole. Forsøkene er utført på prøver fra borpunkt 1(A) og 3(C). Forsøkene er tolket og presentert i tegning nr. 10200379-RIG-TEG-400.3 til -402.3. Resultatene viser at leira i området er normalkonsolidert.

BP.	Dybde [m]	$\sigma_{v0}'$ [kPa]	Tolket fra ødometerforsøk			
			$\sigma_c'$ [kPa]	OCR	$M_{OC}$ [MPa]	$m_{NC}$ [-]
1(A)	6,3	89	120	1,3	4	20
1(A)	9,5	125	220	1,8	5	20
3(C)	8,55	116	150	1,3	5	21

**Ved helsehus:**

Tidligere utførte ødometerforsøk ved helsehus er presentert i Trondheim kommune rapport R.0590. Resultater fra CPTU i borpunkt 5(E) indikerer at leira er svakt overkonsolidert. Tolkning av prekonsolideringsspenning basert på CPTU og tidligere utført ødometerforsøk er vist på tegning nr. 10200379-RIG-TEG-500.7. Tolket prekonsolideringsspenning på 90 kPa indikerer at tidligere terreng har vært omtrent 5 m høyere enn dagens terreng.

**4.2 Udrenerte styrkeparametere** **$C_u$  fra enaks og konus**

Verdier for  $c_u$  fra rutineundersøkelser på opptatte prøver (enaks og konus) er i våre vurderinger betraktet som verdier for direkte skjærfasthet,  $c_{uD}$ . Rutineundersøkelser viser noe variasjon i målt udrenert skjærfasthet og indikerer varierende prøve kvalitet. I plott av  $c_{uA}$  tolket fra CPTU er  $c_{uD}$  omregnet til  $c_{uA}$

 **$C_{uA}$  fra treaksialforsøk**

Karakteristiske verdier ( $c_{uA}$ ) er tatt ut ved brudd (1,0-4,0 %). Det er utført to treaksialforsøk. Forsøkene er tolket og presentert i tegning nr. 10200379-RIG-TEG-450.6 og -451.6

 **$C_{uA}$  fra CPTU-sonderinger**

Tegning nr. 10200379-RIG-TEG-500.5 og -500.6 viser de tolkede skjærfasthetsprofilene med valgt karakteristisk designverdi.

Det er valgt å ikke redusere «peak» verdien på  $c_{uA}$  for uttak av karakteristisk styrke. Designverdiene er i stedet redusert med 15 % i stabilitetsberegningene for kvikkleire/sprøbruddmateriale iht. NVE retningslinjer. Reduksjonen er modellert ved at anisotropifaktoren redusert med 15% (innarbeidet i ADP-forhold under beregning i GeoSuite).

Metode basert på poretrykk,  $\Delta u$ 

$$c_{uA} = \frac{\Delta u}{N_{\Delta u}}$$

der,  $\Delta u$  =  $u_2 - u_0$ , registrert poreovertrykk i CPTU  
 $N_{\Delta u}$  = tolkningsfaktor på poretrykksbasis

Tolkning av CPTU er basert på  $N_{\Delta u}$  bestemt ut fra korrelasjoner mot  $B_q$  samt korrelasjoner mot  $OCR$ ,  $S_t$  og  $I_p$  basert på erfaringsverdier korrelert mot aktive treaksialforsøk.

Følgende korrelasjoner er benyttet:

	Empirisk middelvariasjon i $B_q$	Empirisk middelvariasjon i $OCR$ , $S_t$ og $I_p$
Leire ( $S_t < 15$ )	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 6,9 - 4,0 \cdot \log OCR + 0,070 \cdot I_p$
Kvikkleire/ sprøbruddmateriale ( $S_t > 15$ )	$N_{\Delta u} = 1,8 + 7,25 \cdot B_q$	$N_{\Delta u} = 9,8 - 4,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$

$$B_q = \frac{\Delta u}{q_n}$$

der,  $q_n$  = netto spissmotstand

Metode basert på spissmotstand,  $q_t$ 

For sammenligning er det tatt med tolkning av CPTU på spissmotstandsbasis. På spissmotstandsbasis bestemmes  $c_{uA}$  som:

$$c_{uA} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}} = \frac{q_n}{N_{kt}}$$

der,  $q_t$  = korrigert spissmotstand  
 $\sigma_{v0}$  = in situ vertikal overlagringstrykk  
 $N_{kt}$  = bæreevnefaktor/konfaktor

$N_{kt}$  er bestemt ut i fra følgende prosedyrer:

	Empirisk middelvariasjon i $B_q$	Empirisk middelvariasjon i $OCR$ , $S_t$ og $I_p$
Leire ( $S_t < 15$ )	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{kt} = 7,8 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,082 \cdot I_p$
Kvikkleire/sprøbruddmateriale ( $S_t > 15$ )	$N_{kt} = 18,7 - 12,5 \cdot B_q$	$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \cdot \log OCR + 0,0 \cdot I_p$

Anisotropi

Det ikke er utført laboratorieundersøkelser for å fastlegge forholdet mellom aktiv, passiv og direkte udrenert skjærfasthet. Anisotropiforholdet er derfor bestemt iht. NIFS rapport nr. 14/2014 [3] og settes til:

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

I dybder hvor hvor  $I_p$  ikke er målt er det valgt å benytte følgende faktorer:

$$\frac{c_{uD}}{c_{uA}} = 0,63$$

$$\frac{c_{uP}}{c_{uA}} = 0,35$$

**4.3 Effektivspenningsparametere**

Effektivspenningsparametere for leire og kvikkleire er basert på prøveserier og treaksialforsøk fra området ved Nidarvoll skole samt vurdert opp mot erfaringsverdier iht. Statens Vegvesen Håndbok V220. Valg av parametere benyttet ved beregningene er angitt i Tabell 4-2 og Tabell 4-3.

**4.4 Valg av materialparametre**

Valgte styrkeparametere benyttet ved beregningene ved helsehus er angitt i Tabell 4-2. Valgte styrkeparametere benyttet for VA-grøfter ved Nidarvoll skole er angitt i Tabell 4-3.

Tabell 4-2 – Materialparametere brukt til stabilitetsberegninger ved helsehus

Material	Tyngdetetthet, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjon, $\tan\phi_k$ ( $\phi_k$ ) [-]	Attraksjon, $a$ [kPa]	Skjærfasthet, $c_{uA}$ [kPa]
Tørrskorpeleire	20	0,58 (30°)	0	-
Leire	19	0,56 (29,5°)	5	z = 3 - 7 : $c_{uA} = 70$ z = 7 - 25: $c_{uA} = 70 + 3z^*$
Kvikkleire	19	0,56 (29,5°)	5	z = 3 - 7 : $c_{uA} = 60$ z = 7 - 25: $c_{uA} = 60 + 2.55z^*$
Leire under kvikkleire	20	0,56 (29,5°)	5	$c_{uA} = 70 + 3z^*$

\*z tilsvarer dybde under terreng



Tabell 4-3 – Materialparametere brukt til stabilitetsberegninger for VA-grøfter ved Nidarvoll skole

Material	Tyngdetetthet, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Friksjon, $\tan\varphi_k$ ( $\varphi_k$ ) [-]	Attraksjon, $a$ [kPa]	Skjærfasthet, $c_{uA}$ [kPa]
Topplag	20	33	5	-
Leire	20	0,56 (29,5°)	5	$c_{uA} = 35 + 2.5z^*$

\*z tilsvarer dybde under terreng

## 5 Stabilitetsberegninger

Det er utført stabilitetsberegninger for et profil gjennom planlagt utbygging av nytt helsehus. Plasseringen av profilet er vist på situasjonsplan, tegning nr. 10200379-RIG-TEG-002. Det er utført beregninger for utgraving i anleggsfase og for last på terreng ved ferdig etablert helsehus ( $q=80$  kPa). Det ble også utført stabilitetsberegninger i forbindelse med vurdering av utgraving for VA-anlegg. Stabilitetsberegningene er utført ved udrenert totalspenningsanalyse (ADP-analyse) og drenert effektivspenningsanalyse ( $a\varphi$ -analyse).

### 5.1 Stabilitetsberegninger helsehus

Tolket lagdeling for Profil A-A er vist på tegning nr. 10200379-RIG-TEG-700. Tolket lagdeling er basert på utførte sonderinger i BP 5(E) og tidligere opptatte prøver (Trondheim kommune rapport R.0590). Udrenert skjærfasthet er basert på tolkning av CPTU.

Tabell 5-1 viser en oversikt over beregningsmessig sikkerhet for alle situasjoner.

Tabell 5-1 – Resultater fra stabilitetsberegninger Nidarvoll helsehus

Tegning nr.	Beregning	Analyse	Sikkerhetsfaktor F for kritisk skjærflate
10200379-RIG-TEG			
-800	Profil A-A, under utgraving	$a\varphi$	1,96
-800	Profil A-A, under utgraving	ADP	2,33
-801	Profil A-A, etter utbygging	ADP	2,42

Basert på utførte beregninger vurderes stabiliteten i området som god, både for dagens terreng, under utbygging og ved etablert nybygg.

Under utgraving er det forsøkt å finne dypere glideflater som går gjennom sprøbuddmaterialet, men beregninger viser veldig god stabilitet her ( $F>2,5$  for  $a\varphi$  og  $F>3,0$  for ADP).

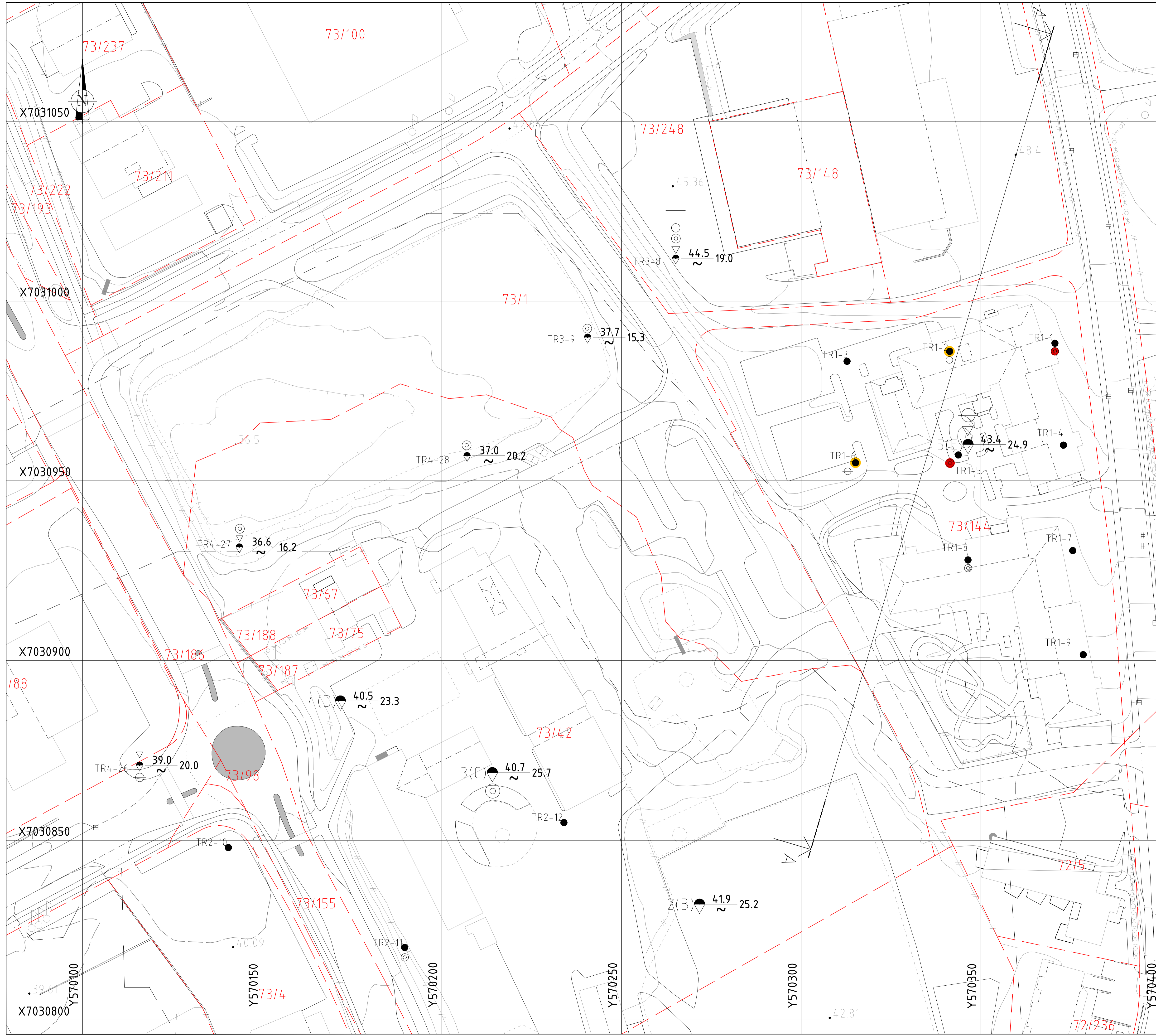
## 5.2 Stabilitetsberegninger for VA-grøfter

Det har blitt utført innledende stabilitetsberegninger for VA-grøfter basert på utførte grunnundersøkelser ved Nidarvoll skole. Utførte beregninger gir følgende krav til helning på graveskråning:

- Ved åpen graving i leire med dybde større enn 3 m må det ikke graves brattere enn 1:2. Ved gravedybde inntil 6 m kan det tillates å grave med en helning 1:1,5 dersom gravingen utføres seksjonsvis og i nær dialog med geotekniker. Det kan også vurderes en kombinasjon av åpen graving og grøftkasser for å redusere berørte arealer og totalt gravevolum.
- Ved åpen graving i leire med dybde større enn 6 m må det ikke graves brattere enn 1:3. Ved gravedybde inntil 10 m kan det tillates å grave med en helning 1:2 dersom gravingen utføres seksjonsvis og i nær dialog med geotekniker. Det kan også vurderes en kombinasjon av åpen graving og grøftkasser for å redusere berørte arealer og totalt gravevolum.

## 6 Referanser

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred: vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» NVE, Oslo, Veileder 7-2014, apr. 2014.
- [2] Statens Vegvesen, «Håndbok V220: Geoteknikk i veibygging,» Vegdirektoratet, 2014.
- [3] Naturfare, infrastruktur, flom og skred, NIFS, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer. NIFS-rapport nr. 14/2014,» 2014.
- [4] Statens Vegvesen, «Håndbok V221: Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger,» Vegdirektoratet, 2014.



**FORKLARING:**

**TEGNFORKLARING:**

- DRIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- ▼ RAMSONDERING
- ▽ TRYKSONDERING
- ⊕ TOTALSONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- ⊕ DREIETRYKSONDERING
- ⊠ SKRUPLATEFORSØK
- + VINGEBORING
- ⊕ PORETRYKTMÅLING
- ⊕ KJERNEBORING
- ⊕ FJELLKONTROLLBORING
- ⊕ BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG:  
 KOORDINATSYSTEM: Digitalt kart  
 UTM Sone 32V  
 HØYDEREFERANSE: NN 2000  
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS GLONAS CPDS  
 BORRØK NR: Digital  
 LABBOK NR: Digital

EKSEMPEL  
 BP 1  $\begin{matrix} 4.3 \\ 28.2 \end{matrix}$  TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE  
 14.8+2.4 — BØRET DYBDE + BØRET I BERG  
 ANTATT BERGKOTE

**KLASSIFISERING AV BORPUNKT:**

- PÅVIST KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE
- MULIG KVIKKLEIRE/SPRØBRUDDMATERIALE

**HENVISNINGER:**

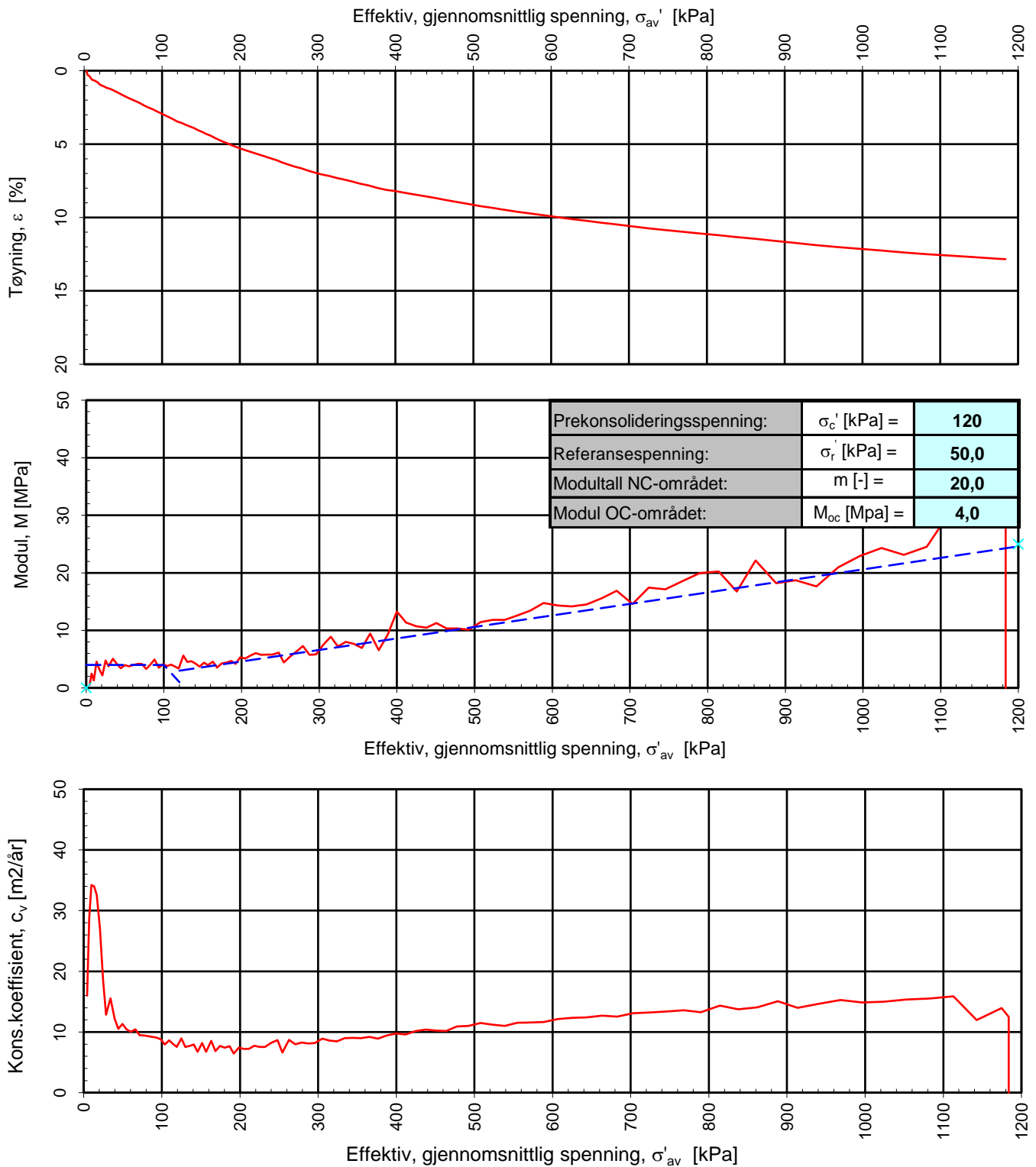
**TIDLIGERE BORINGER:**  
 Tidligere boringer er opprullet fra scannet kopi og kan ha noe avvik.  
 Tidligere boringer er angitt med indekser foran borhullsnr.

TR1-X BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE RAPPORT NR. R.0590 (1982) - NIDARVOLL SYKE- OG ALDERSHEIM  
 TR2-X BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE RAPPORT NR. R.1001 (1997) - FREDLYBEKKEN AVLØPSSONE  
 TR3-X BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE RAPPORT NR. R.1536 (2012) - FREDLYBEKKEN  
 TR4-X BORINGER FRA TRONDHEIM KOMMUNE RAPPORT NR. R.1690 (2011) - SLUPPENVEGEN

TITTEL 1	TEGNINGSNR.	REV.
----------	-------------	------

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag		Format
	Nidarvoll skole		Geoteknikk		A1
	Situasjonsplan	Dato			
		31.01.2018			
			Format/Blestokk		
			1:500		

<b>Multiconsult</b> www.multiconsult.no	Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	Utsendt	SIVMH	IEO	HAN
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
	10200379	RIG-TEG-002		00



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>): **2,06**  
 Vanninnhold  $w$  (%): **25,70**

Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa): **89,26**

**Trondheim kommune**  
**Nidarvoll skole**

Tegningens filnavn:  
 10200379-RIG-TEG-400-h1(A),d6,30

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\varepsilon_a$ , M og  $c_v$ .

**Multi**  
**consult**

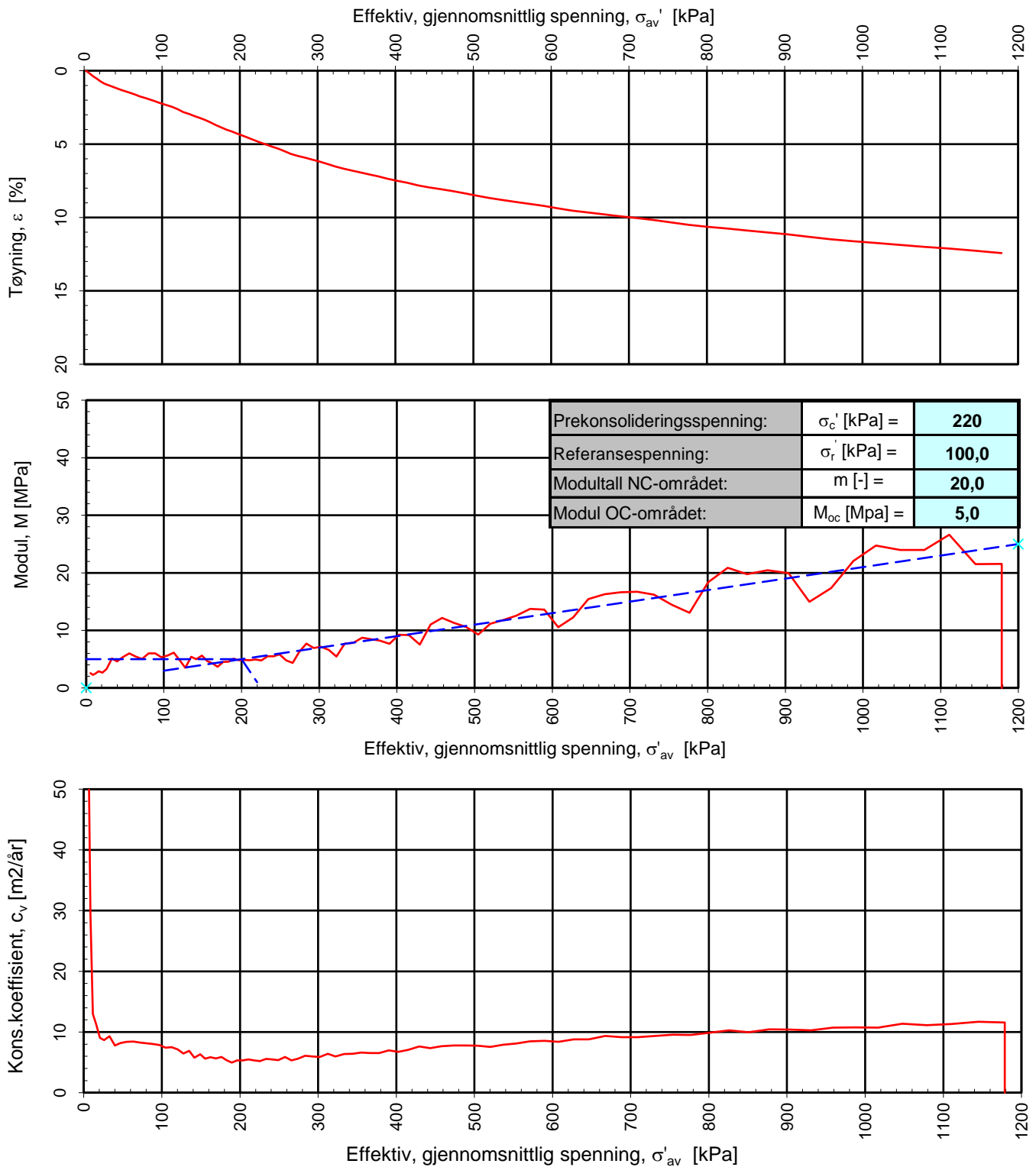
Godkjent:  
 HAN

Programrevisjon:  
 24.06.2016

**MULTICONSULT AS**

Sluppenveien 15  
 7037 Trondheim  
 Tlf.: 73 10 62 00  
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 05.01.2018	Dybde, z (m): 6,30	Borpunkt nr.: 1(A)
Forsøksnr.: 1	Tegnet av: kjt / vt	Kontrollert: IEO
Oppdrag nr.: 10200379	Tegning nr.: RIG-TEG-400.3	Prosedyre: CRS



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>): **2,10**  
 Vanninnhold  $w$  (%): **25,90**

Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa): **125,70**

**Trondheim kommune**  
**Nidarvoll skole**

Tegningens filnavn:  
 10200379-RIG-TEG-401-h1(A), d9,50m

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\epsilon_a$ ,  $M$  og  $c_v$ .



**MULTICONSULT AS**  
 Sluppenveien 15  
 7037 Trondheim  
 Tlf.: 73 10 62 00  
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:  
 09.01.2018

Dybde,  $z$  (m):  
 9,50

Borpunkt nr.:  
 1(A)

Forsøksnr.:  
 2

Tegnet av:  
 vt/mash

Kontrollert:  
 IEO

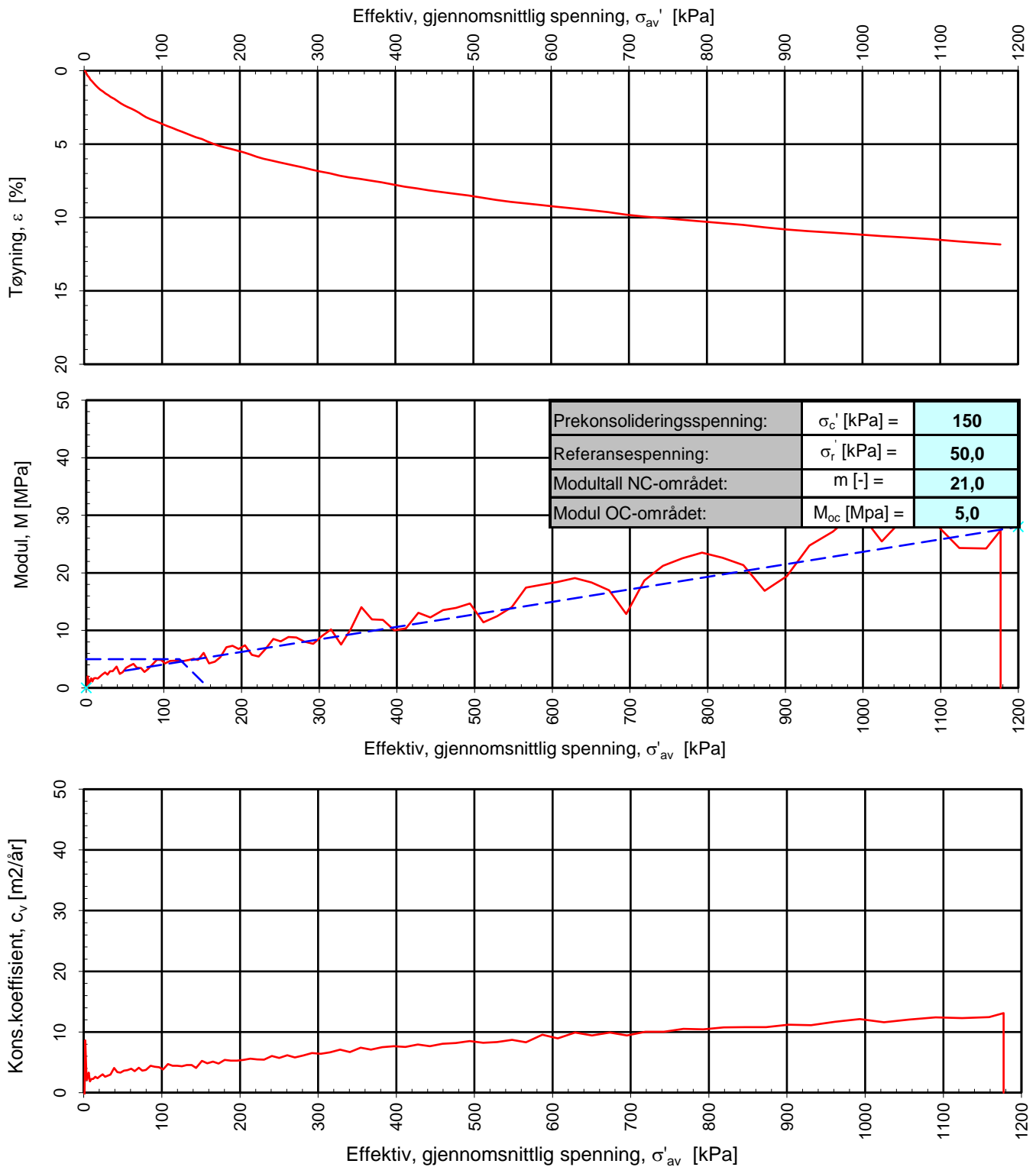
Godkjent:  
 HAN

Oppdrag nr.:  
 10200379

Tegning nr.:  
 RIG-TEG-401.3

Prosedyre:  
 CRS

Programrevisjon:  
 24.06.2016



Densitet  $\rho$  (g/cm<sup>3</sup>): **2,11**  
 Vanninnhold w (%): **22,60**

Effektivt overlagingstrykk,  $\sigma'_{vo}$  (kPa): **116,49**

**Trondheim kommune**  
**Nidarvoll skole**

Tegningens filnavn:  
 10200379-RIG-TEG-402-h3( C ), d8,55m

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Tolkning:  $\sigma'_{av}$  -  $\epsilon_a$ , M og  $c_v$ .

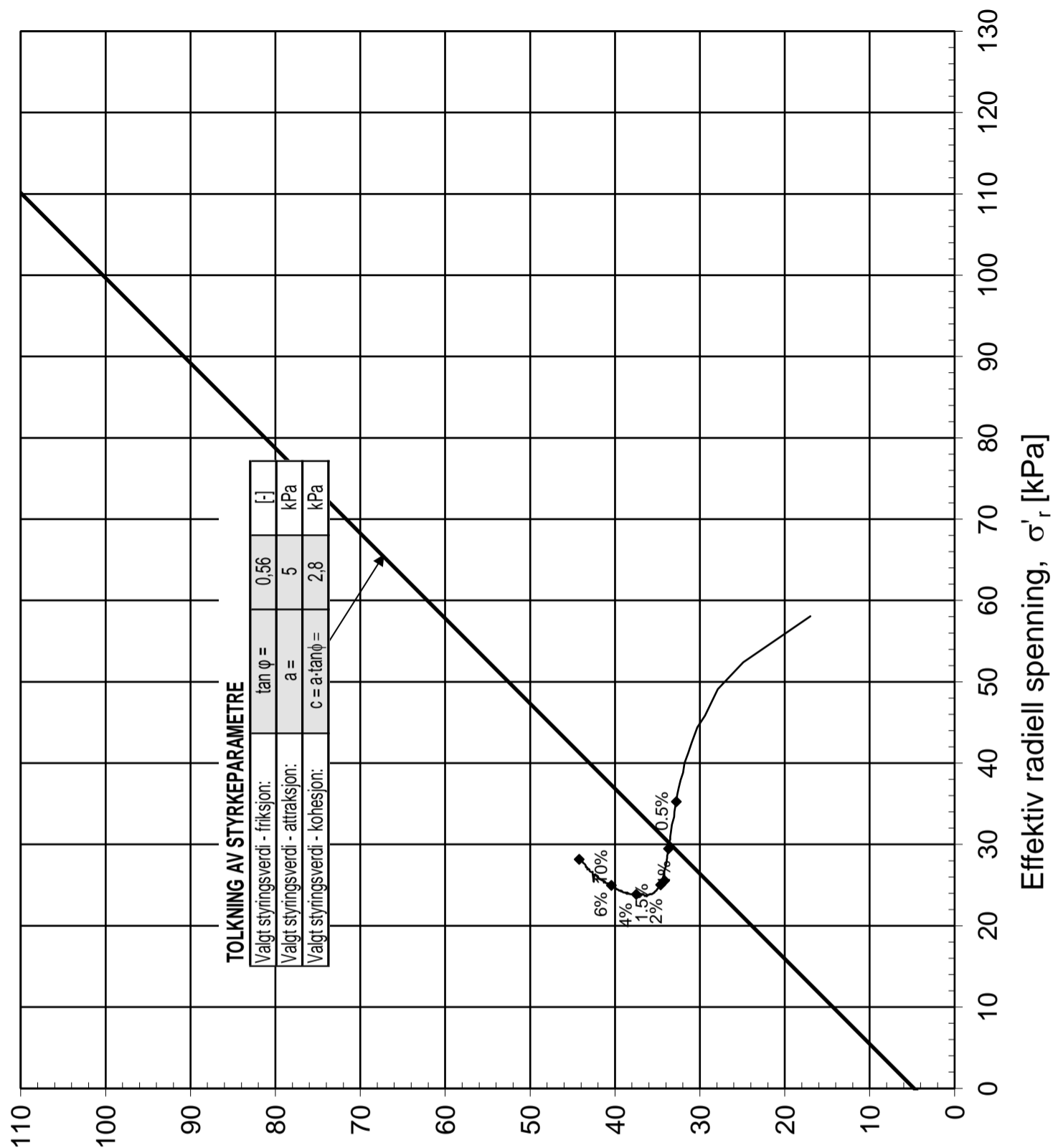
**MULTICONSULT AS**  
 Sluppenveien 15  
 7037 Trondheim  
 Tlf.: 73 10 62 00  
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 05.01.2018	Dybde, z (m): 8,55	Borpunkt nr.: 3( C )
Forsøksnr.: 3	Tegnet av: vt/kjt	Kontrollert: IEO
Oppdrag nr.: 10200379	Tegning nr.: RIG-TEG-402.3	Prosedyre: CRS

**Multi**  
consult

Godkjent:  
HAN

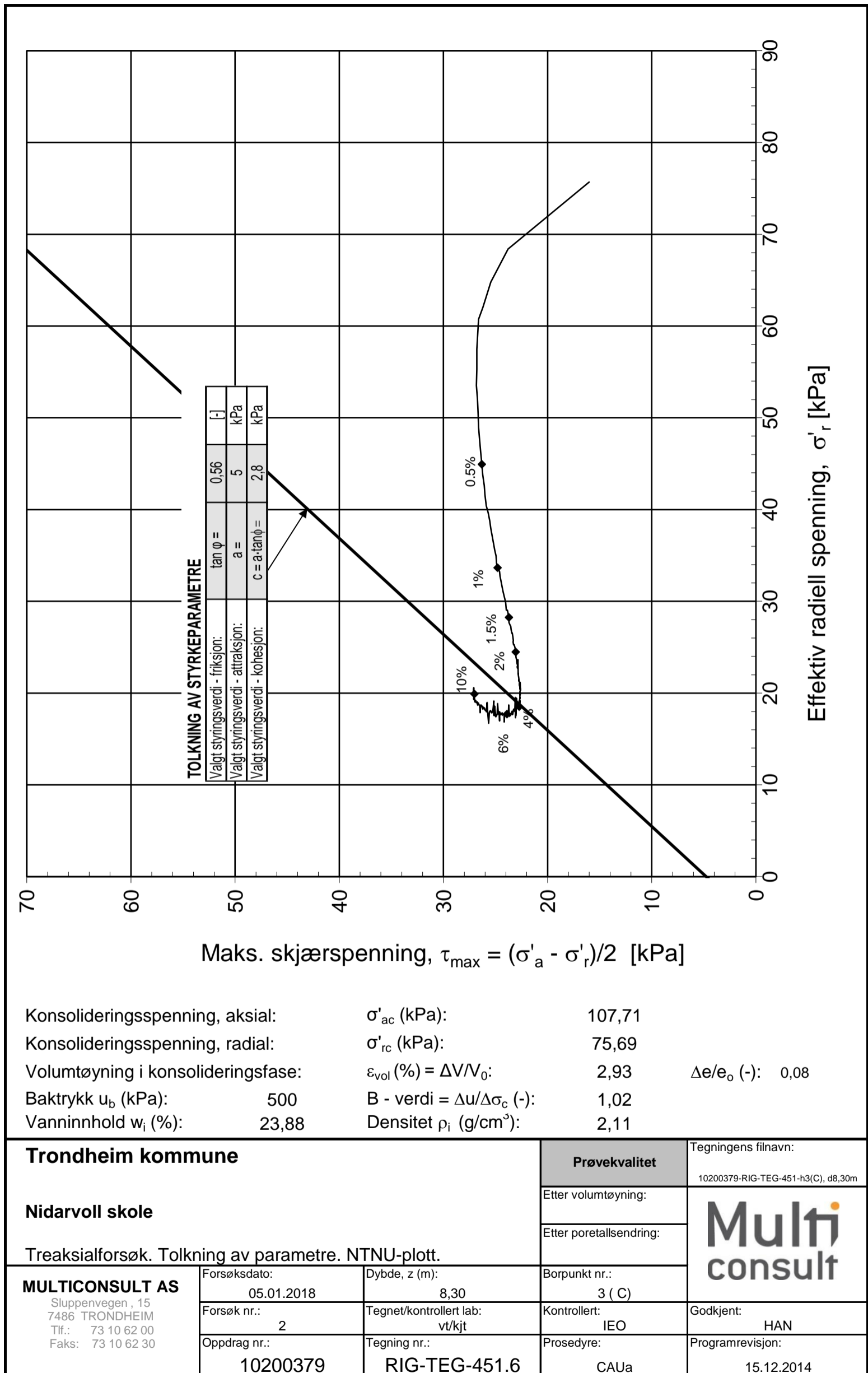
Programrevisjon:  
24.06.2016



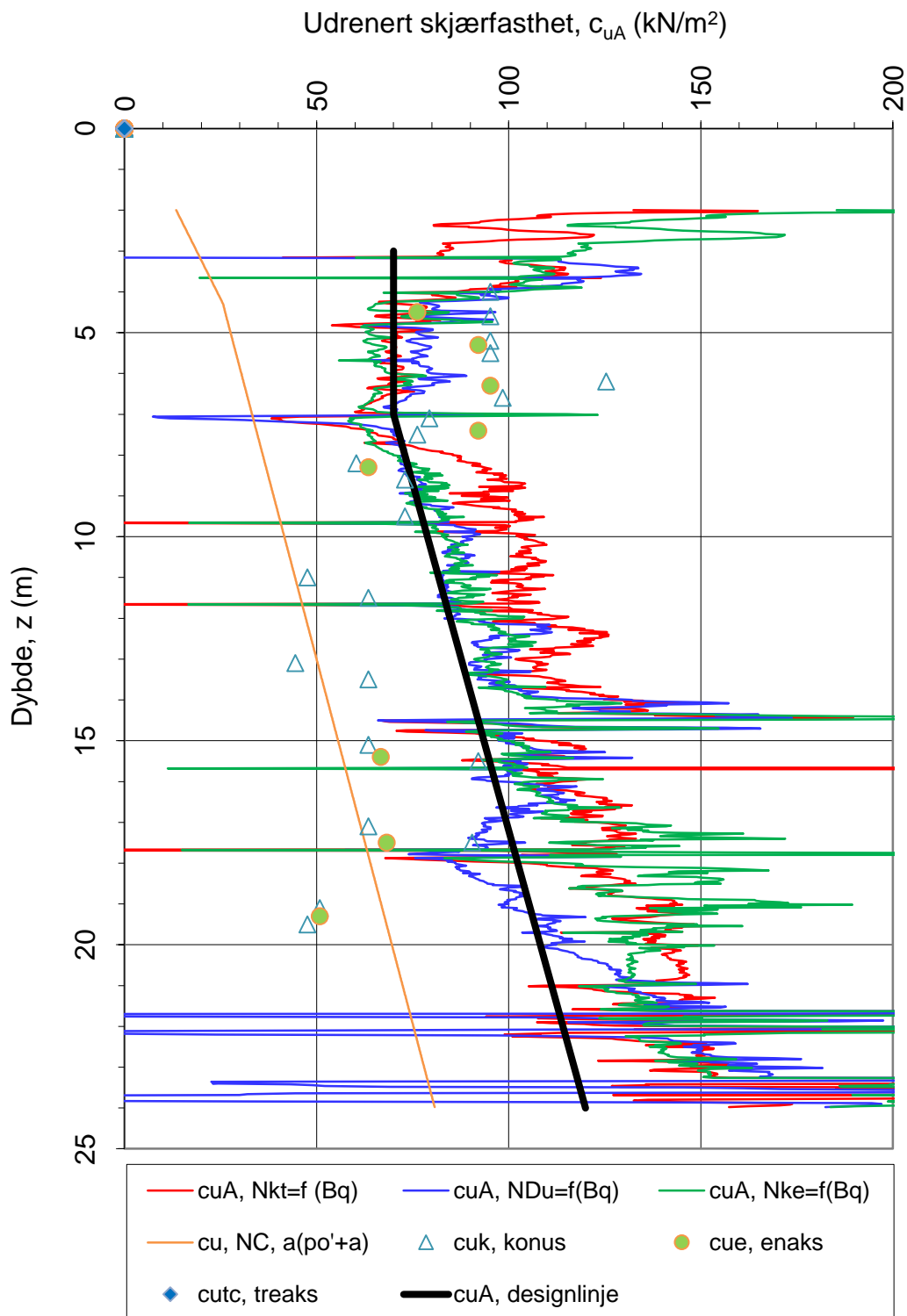
Maks. skjærspenning,  $\tau_{\max} = (\sigma'_a - \sigma'_r)/2$  [kPa]

Konsolideringsspenning, aksial:	$\sigma'_{ac}$ (kPa):	92,03	
Konsolideringsspenning, radial:	$\sigma'_{rc}$ (kPa):	58,06	
Volumtøyning i konsolideringsfase:	$\varepsilon_{vol}$ (%) = $\Delta V/V_0$ :	2,19	$\Delta e/e_0$ (-): 0,06
Baktrykk $u_b$ (kPa):	500	B - verdi = $\Delta u/\Delta \sigma_c$ (-):	0,94
Vanninnhold $w_i$ (%):	26,30	Densitet $\rho_i$ (g/cm <sup>3</sup> ):	2,06

<b>Trondheim kommune</b>		<b>Prøvekvalitet</b>	Tegningens filnavn:	
<b>Nidarvoll skole</b>		Etter volumtøyning:	10200379-RIG-TEG-450-h1(A),d6,40	
Treaksialforsøk. Tolkning av parametre. NTNU-plott.		Etter poreallsending:	<b>Multiconsult</b>	
<b>MULTICONSULT AS</b> Sluppenvegen, 15 7486 TRONDHEIM Tlf.: 73 10 62 00 Faks: 73 10 62 30	Forsøksdato: 05.01.2018	Dybde, z (m): 6,40		Borpunkt nr.: 1(A)
	Forsøk nr.: 1	Tegnet/kontrollert lab: kjt / vt		Kontrollert: IEO
	Oppdrag nr.: 10200379	Tegning nr.: RIG-TEG-450.6	Prosedyre: CAUa	
			Godkjent: HAN	
			Programrevisjon: 15.12.2014	







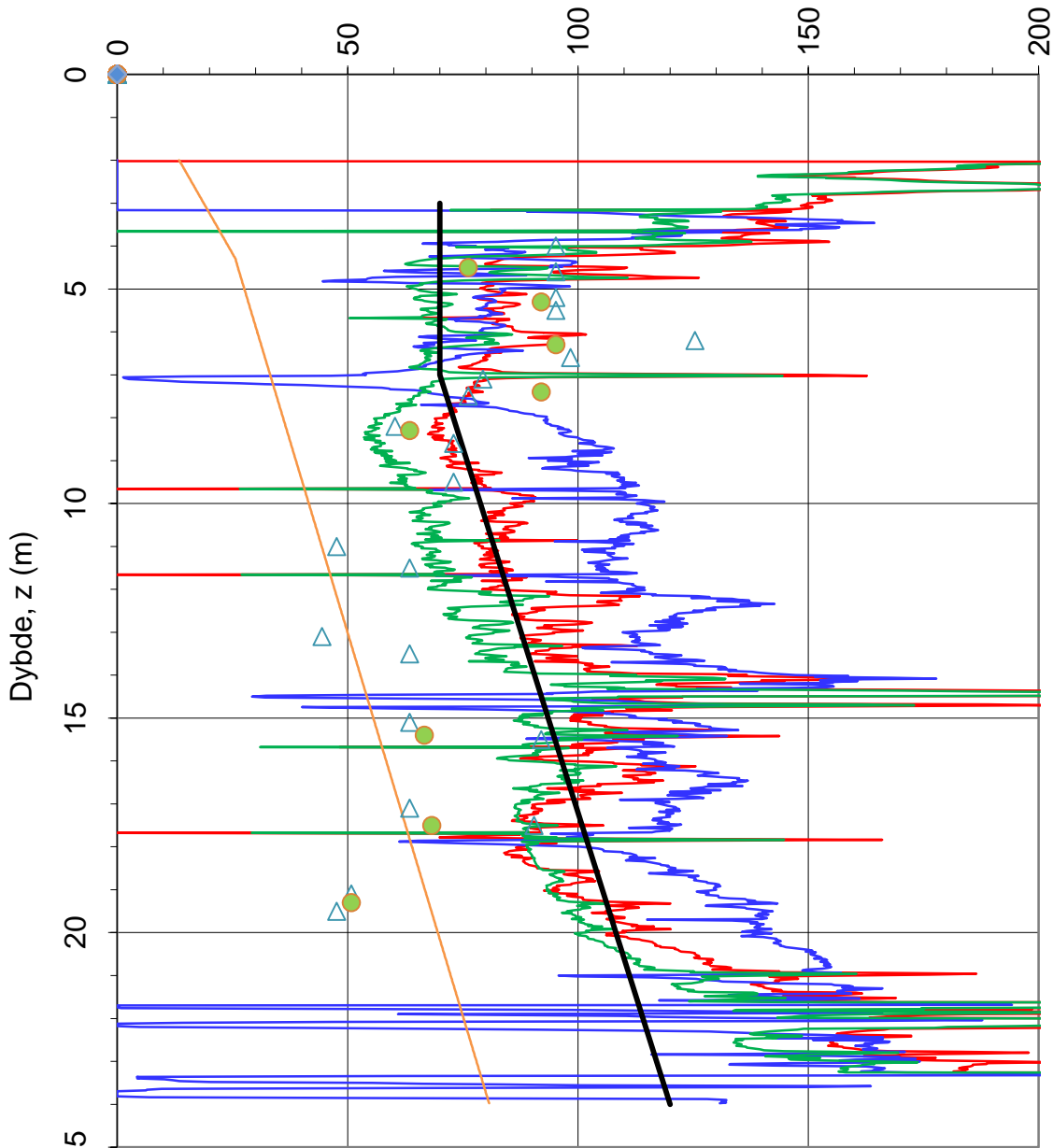
Nkt = (18,7-12,5·Bq)  
 Ndu = (1,8+7,25·Bq)  
 Nke = (13,8-12,5·Bq)

$\alpha_c$  valgt: **0,28**

Referansemetode: Karlsrud et al (1996)

Oppdragsgiver: <b>Trondheim kommune</b>		Oppdrag: <b>Nidarvoll skole</b>		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0
Aktiv udrenert skjærfasthet $c_{uA}$ , korrelert mot $B_q$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	5(E)	Sonde:	4354	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 05.12.2017	Tegnet: IEO	Kontrollert: ALM	Godkjent: HAN
	Oppdrag nr.: 10200379	Tegning nr.: 500.5	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0

Udrenert skjærfasthet,  $c_{uA}$  (kN/m<sup>2</sup>)



- $c_{uA}$ ,  $N_{kt}=f(St, OCR, I_p)$
- $c_{uA}$ ,  $N_{ke}=f(St, OCR, I_p)$
- $c_{uA}$ ,  $N_{Du}=f(St, OCR, I_p)$
- $c_u$ ,  $N_C$ ,  $a(p_o'+a)$
- △  $c_{uk}$ , konus
- $c_{ue}$ , enaks
- ◆  $c_{utc}$ , treaks
- $c_{uA}$ , designlinje

Sensitivitetsvalg:

**St > 15**

$$N_{kt} = 8,5 + 2,5 \log OCR + 0,0 I_p$$

$$N_{Du} = 9,8 - 4,5 \log OCR + 0,0 I_p$$

$\alpha_c$  valgt: **0,28**

Referansem metode: Karlsrud et al (2005)

Oppdragsgiver:

**Trondheim kommune**

Oppdrag:

**Nidarvoll skole**

Tegningens filnavn:

CPTU\_EXTRA\_v5.0

Aktiv udrenert skjærfasthet  $c_{uA}$ , korrelert mot  $S_t$ , OCR og  $I_p$ .

**Multiconsult**

CPTU id.:

5(E)

Sonde:

4354

**MULTICONSULT AS**

Dato:

05.12.2017

Tegnet:

IEO

Kontrollert:

ALM

Godkjent:

HAN

Oppdrag nr.:

10200379

Tegning nr.:

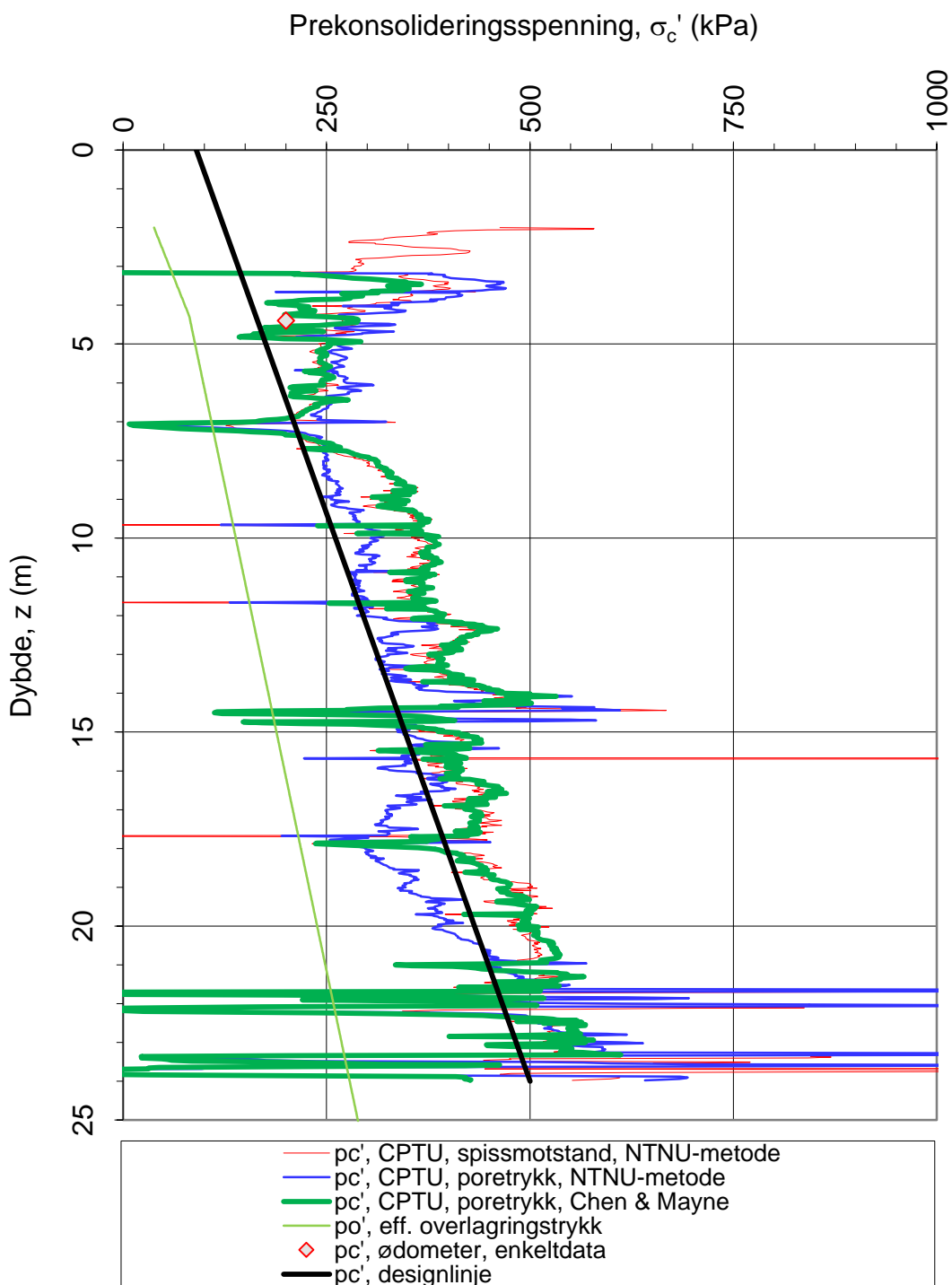
500.6

Versjon:

09.03.2016

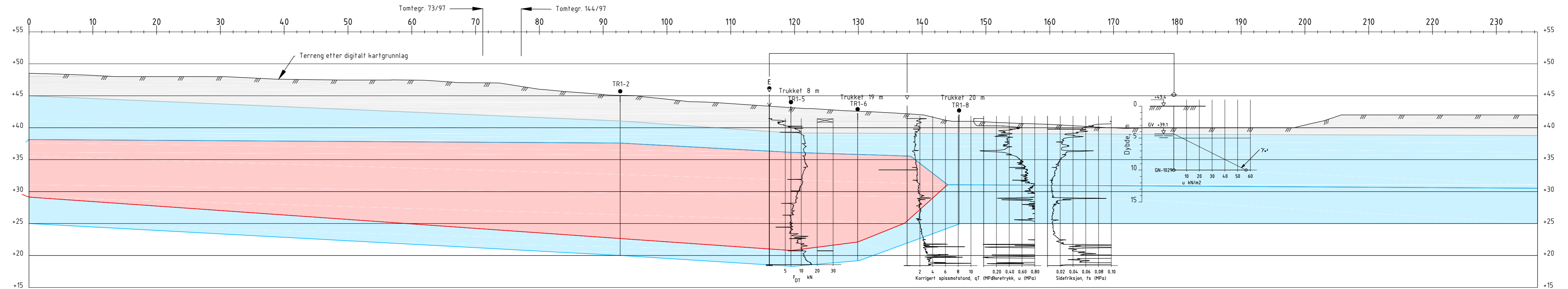
Revisjon:

0



Referansemetoder 1 og 2: NTNU Senneset, Sandven & Janbu (1989)  
Referansemetode 3: Chen & Mayne (1996)

Oppdragsgiver: <b>Trondheim kommune</b>		Oppdrag: <b>Nidarvoll skole</b>		Tegningens filnavn: CPTU_EXTRA_v5.0
Prekonsolideringsspenning $\sigma_c'$ .				<b>Multiconsult</b>
CPTU id.:	5(E)	Sonde:	4354	
<b>MULTICONSULT AS</b>	Dato: 05.12.2017	Tegnet: IEO	Kontrollert: ALM	Godkjent: HAN
	Oppdrag nr.: 10200379	Tegning nr.: 500.7	Versjon: 09.03.2016	Revisjon: 0



**Profil A-A**

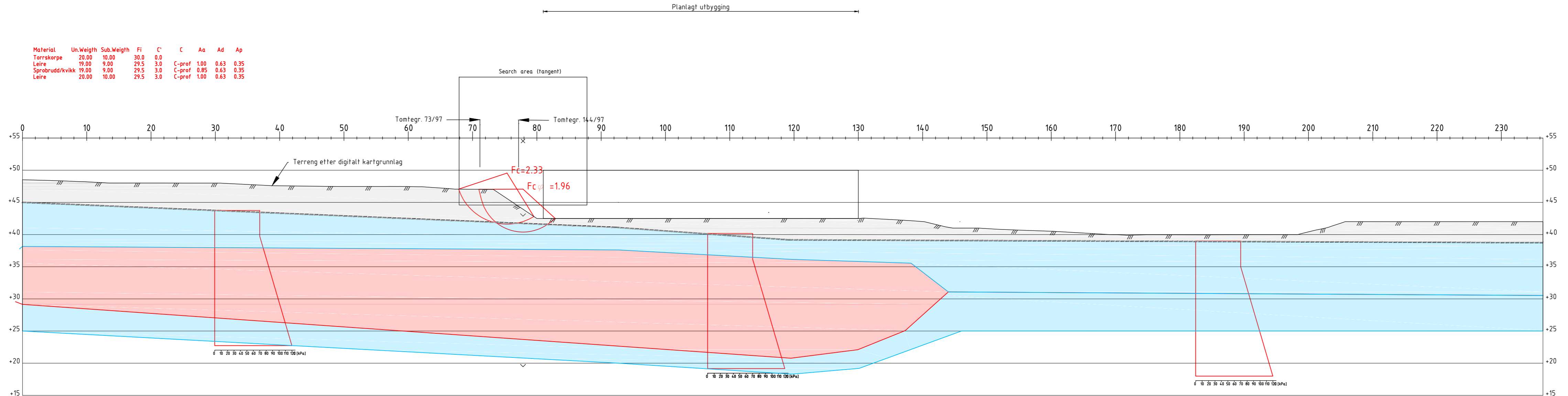
Tegnforklaring:

- Tørrskorpe
- Leire
- Kvikkleiresprøddmatr.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag		Format
	Nidarvoll skole		Geoteknikk		A3L
	Nytt helsehus, alternativ 1		Dato		15.01.2018
	Profil A-A		Format/Målestokk:		1:400
	Tolket lagdeling		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
			Utsendt	SIVMH	IEO
			Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
			10200379	RIG-TEG-700	HAN
					Rev.
					00

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Torrskorpe	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire	19.00	9.00	29.5	3.0	C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbrudd/kvikk	19.00	9.00	29.5	3.0	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	20.00	10.00	29.5	3.0	C-prof	1.00	0.63	0.35

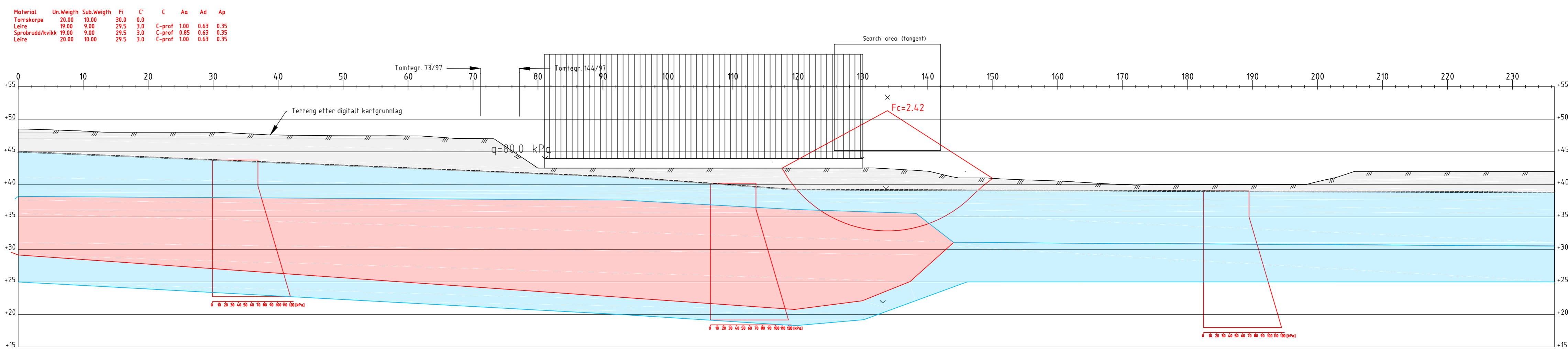


Tegnforklaring:

- Torrskorpe
- Leire
- Kvikkleire/sprøbruddmatr.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag		Format
	Nidarvoll skole		Geoteknikk		A3L
	Nytt helsehus alternativ 1		Dato		15.01.2018
	Profil A-A - Utgravningsfasen, stabilitetsberegning		Format/Målestokk:		1:400
	ADP og aφ-analyse		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
			Utsendt	SIVMH	IEO
			Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
			10200379	RIG-TEG-800	HAN
					Rev.
					00

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	20.00	10.00	30.0	0.0				
Leire	19.00	9.00	29.5	3.0	C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbrudd/kvikk	19.00	9.00	29.5	3.0	C-prof	0.85	0.63	0.35
Leire	20.00	10.00	29.5	3.0	C-prof	1.00	0.63	0.35

Tegnforklaring:

	Tørrskorpe
	Leire
	Kvikkeleire/sprøbruddmatr.

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	Trondheim kommune		Fag		Format
	Nidarvoll skole		Geoteknikk		A3L
	Nytt helsehus alternativ 1		Dato		15.01.2018
	Profil A-A - endelig geometri med bygg, stabilitetsberegning		Format/Målestokk:		1:400
	ADP-analyse		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert
			Utsendt	SIVMH	IEO
			Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Godkjent
			10200379	RIG-TEG-801	HAN
					Rev.
					00

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no