

Oppdragsgiver
Statsbygg

Dokumenttype
Geoteknisk notat

Dato
25.01.2022

NTNU CAMPUSSAMLING

GEOTEKNISK VURDERING FOR

DETALJREGULERING AV TOMT F.4.1



NTNU CAMPUSSAMLING DELOMRÅDE 4 – TOMT F.4.1

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjonen gjelder
00	10.12.2021	
01	25.01.2022	Etter kommentar fra uavhengig kontroll v/SINTEF

NOTAT

Oppdragsnavn **NTNU programmering og prosjektering**
Prosjekt nr. **1350041580**
Kunde **Statsbygg**
Notat nr. **09**
Versjon **01**
Dokumentkode **NCS-H001-G-NO-00007**
Til **Statsbygg v/Merete Ihler**
Fra **Rambøll v/Even Øiseth**
Kopi
Utført av **Synnøve Bergslid**
Kontrollert av **Aleksander Worren**
Godkjent av **Even Øiseth**

NTNU CAMPUSSAMLING GEOTEKNISK VURDERING FOR DETALJREGULERING AV TOMT F.4.1

Dato 25.01.2022

SAMMENDRAG

NTNU Campussamling (NCS) ønsker å utnytte tomtearealet på tomt F.4.1 for campusaktivitet. Rambøll er en del av prosjekteringsgruppa engasjert av Statsbygg, og har ansvar for geoteknisk prosjektering av utbyggingsområdene som inngår i NCS.

Rambøll
Kobbegate 2
PB 9420 Torgarden
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00
<https://no.ramboll.com>

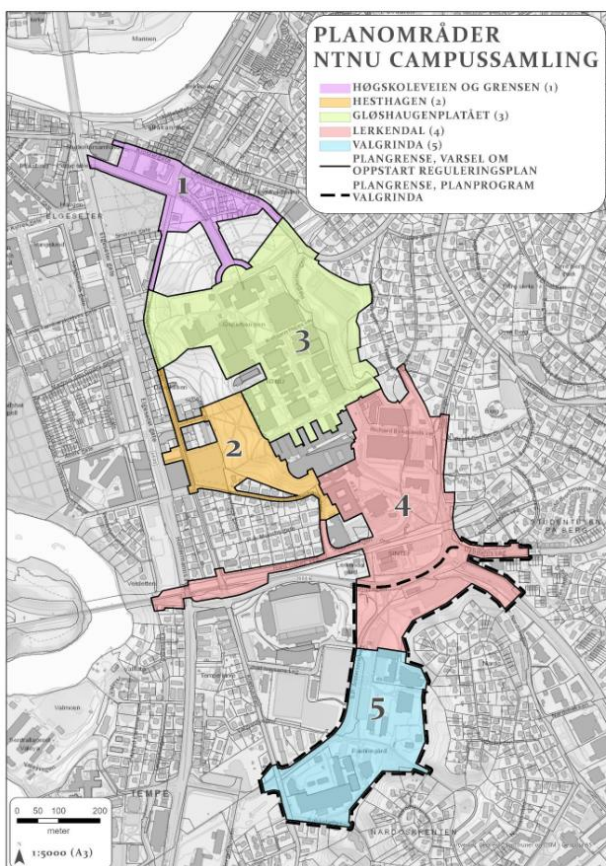
Foreliggende notat inneholder geoteknisk vurdering som underlag for detaljregulering av tomt F.4.1. Det er lagt vekt på skråningsstabilitet for vurdering av byggbarhet, samt anbefalinger av fundamenteringsmetode med bakgrunn i alternativene for byggets volum og utforming. Tiltak på nedenforliggende tomt, tomt 7.C.1a, er også inkludert i stabilitetsberegningene med hensyn til utgraving for kjeller.

Tomt F.4.1 ligger innenfor kvikkleiresone 188 *Berg Studentby*. Det er også registrert kvikkleire/sprøbruddmateriale på tomteområdet. Stabilitetsberegninger viser tilstrekkelig stabilitet for ønsket tiltak på tomt F.4.1 iht. NVEs veileder 1/2019. Med bakgrunn i byggets utforming og høyde anbefales det pelefundamentering til berg. Videre anbefales det en avtrappet løsning for kjelleretasje for å redusere nødvendig oppstøttingshøyde av byggegrop. Stabilitetsberegninger viser at utgraving for kjeller til kote +36 på 7.C.1a kan utføres med tilstrekkelig sikkerhet iht. NVEs veileder 1/2019.

Multiconsult Norge AS er engasjert av NTNU og organisasjonen ved NTNU Campusutvikling (NCU) for utredning av områdestabilitet av øvrige utbyggingsområder på delområde 4. Det medfører at områdestabiliteten for øvrig, dvs. ovenforliggende og parallelle kritiske snitt for tomt F.4.1, ivaretas av områdestabilitetsutredningen i rapport 10215021-RIG-RAP-001.

1. BAKGRUNN

NTNU Campussamling (NCS) innebærer at man fram mot 2029 skal samle NTNUs fagmiljøer i Trondheim i en bynær campus i området rundt Gløshaugen. Rambøll er en del av prosjekteringsgruppa engasjert av Statsbygg, og har ansvar for geoteknisk prosjektering av utbyggingsområdene som inngår i NCS. Områdene er delt inn i totalt 5 ulike delområder som vist i Figur 1.



Figur 1: Kart som viser delområdene 1-5 som inngår i NTNU Campussamling.

Dette notatet inneholder geoteknisk vurdering for detaljregulering av tomt F.4.1 med bakgrunn i planlagte tiltak som inngår i delområde 4 (Lerkendal). Tiltak på F.4.1 blir også berørt av planlagt tiltak på nedenforliggende tomt 7.C.1a. Utgraving for kjeller som følge av planlagt tiltak på 7.C.1a er dermed hensyntatt i foreliggende vurderinger.

Dette er revisjon 01 av notatet, og notatet er revidert etter kommentarer og tilbakemeldinger fra uavhengig kontrollør ved SINTEF Community. Endringer er markert i kursiv.

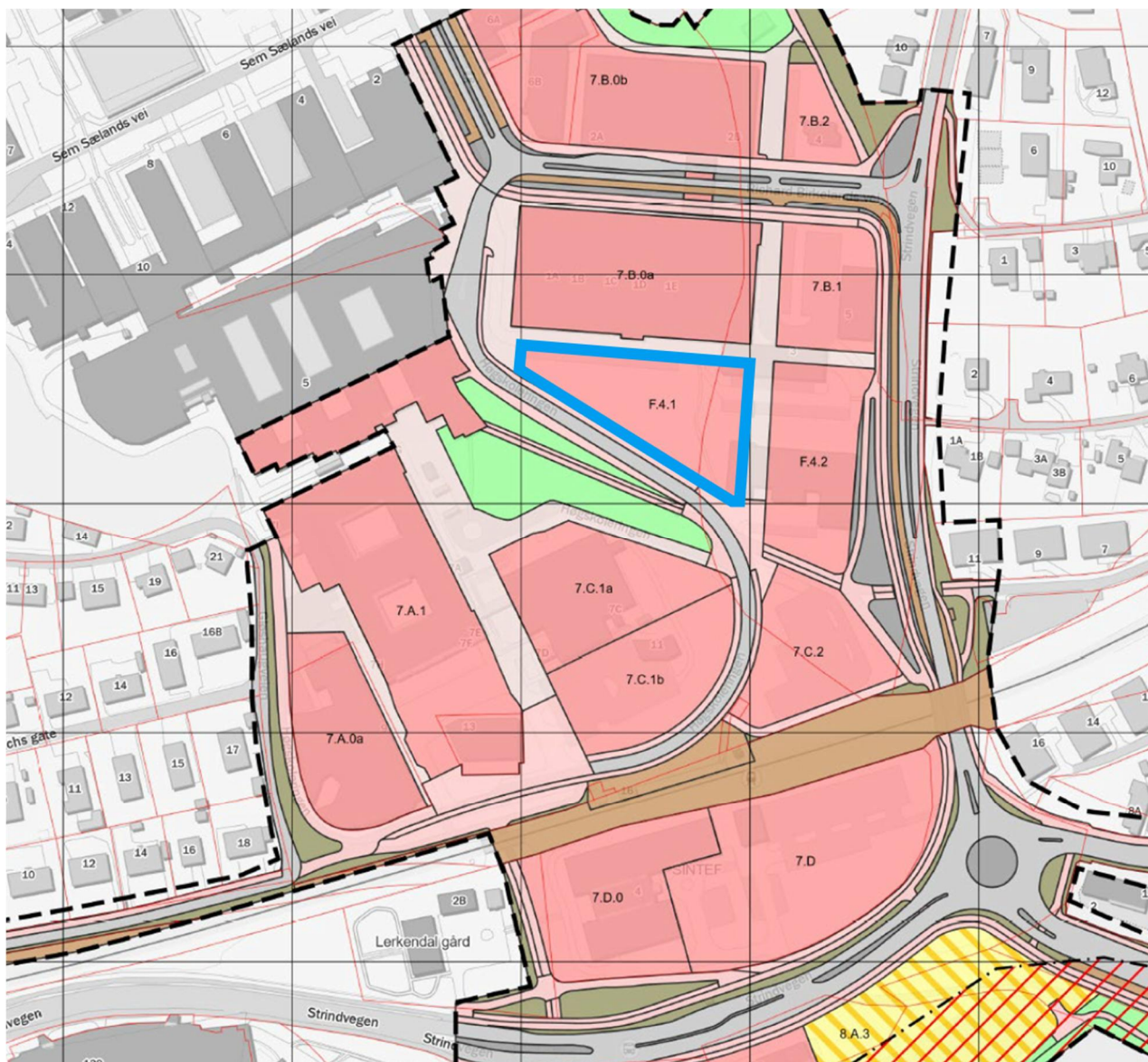
2. GRUNNLAG

2.1 Planer

Delområde 4 avgrenses av Strindvegen i sør og øst, og omfatter til og med Verkstedtekniske laboratorier i nord og Lerkendalsbygget (Institutt for bygg- og miljøteknikk) i vest. Det er en rekke utbyggingsområder og tomter som inngår i delområde 4, deriblant tomt F.4.1, se Figur 2. Tomt F.4.1

avgrenses av Materialteknisk institutt i nord og Høgskoleringen i sør. Området er i dag ubebygget og benyttes som park/grøntareal.

Iht. foreliggende planer pr 01.11.2021 er det gjort mulighetsstudier som presenterer ulike bygningsvolum på F.4.1. Alternativet med maks volum viser et 6-etasjes bygg med uk kjeller til cirka kote +45. Det betyr en utgraving på opptil 7 m under dagens terreng for øvre del av tomteområdet, mens uk kjeller vil være omtrent i nivå med dagens terreng for nedre del av tomte, dvs. helt sør på tomte.



Figur 2: Oversikt over utbyggingsområdene på delområde 4. På delområde 4 er det tomt F.4.1 (markert med blått) som inngår i NCS.

Etter samtale med Eggen Arkitekter pr 15.11.2021 foreligger det ingen endelige planer for kjellernivå for tiltak på 7.C.1a, men det ble sett på muligheter for en sokkeletasje.

2.2 Kartgrunnlag

Digitalt kartgrunnlag er lastet ned fra prosjekthotell, Interaxo. Det er benyttet høydesystem N2000. Merk at eldre boringer kan være utført i høydesystem Trondheim Lokal, dette er tilpasset i terrengprofil.

2.3 Grunnundersøkelser

Det er utført en rekke grunnundersøkelser på og ved delområde 2. En oppsummering av tilgjengelige tidligere grunnundersøkelser vises i Tabell 1. Disse er benyttet som grunnlag for vurderinger av grunnforhold videre i rapporten.

Tabell 1: Oppsummering av grunnundersøkelser utført på og ved delområde 4.

Rapportnr.	Eier/utførende	Årstall	Oppdragsnavn
1350046011 G-rap-002	Rambøll	2021	NTNU Campussamling
00669-3	Rambøll	1969	NTH bygningsingeniøravd omlegging av kloakkledning
10495	Rambøll	1994	NTH - Real FAGbygg
593	Rambøll	1967	Nybygg ved Materialteknisk institutt - Supplerende grunnundersøkelser og fundamentering
669	Rambøll	1968	NTH Nybygg
00669-5	Rambøll	1971	NTH Nybygg bygningsingeniøravd suppl. Gru
11238	Rambøll	1996	NTNU PFI Nybygg
11238-2	Rambøll	1996	NTNU PFI Nybygg suppl gru
o.90	Rambøll	1961	Varmetekniske laboratorier
155	Rambøll	1962	Verkstedtekniske Laboratorier NTH
R.01677	Trondheim kommune	2016	Høgskoleringen - Strindvegen
414034-1	Multiconsult	2010	Solbygget
413798-1	Multiconsult	2010	Ombygging kjemihallen
571118	Multiconsult	1995/1996	Real FAGbygget
413642	Multiconsult	2010	Prestegårdsjordet
415913	Multiconsult	2014	Gløshaugen-Bakklandet kvikkleireområde
10215021	Multiconsult	2020	NTNU, vurdering av byggbarhet
10200316-03	Multiconsult	2019	Prosjektering av fylling i Nidelva
418722	Multiconsult	2018	ZEB Flexible Lab
208	NGI	1955	NTH Gløshaugen
00208-2	NGI	1955	NTH, Grunnundersøkelser syd for nybygg kjemi
o.378	NGI	1956	Gløshaugplatået fra Høyskolebrua til Lerkendalsveien
o.487	NGI	1957	Nytt sentralbygg

Høsten 2021 utførte Rambøll andre runde med supplerende grunnundersøkelser i forbindelse med NTNU Campussamling. Grunnundersøkelsene ble gjennomført på delområde 4 og 5 samt deler av delområde 3. Hensikten med grunnundersøkelsene var å få en mer detaljert oversikt over utbredelse og mektighet av sprøbruddmateriale (kvikk- og sensitiv leire), dybde til berg, grunnvannstand og poretrykksforhold, samt fasthetsparametere for stabilitetsberegninger. Resultatene fra disse undersøkelsene er presentert i Rambølls rapport 1350046011 G-rap-002. Første runde med supplerende grunnundersøkelser ble utført på delområde 1 og 2 samt deler av delområde 3, og presenteres i rapport 1350046011 G-rap-001.

Samtlige tilgjengelige utførte grunnundersøkelser som er relevant for vurderinger av tomt F.4.1, både nye og tidligere, er presentert på situasjonsplan i tegning 201.

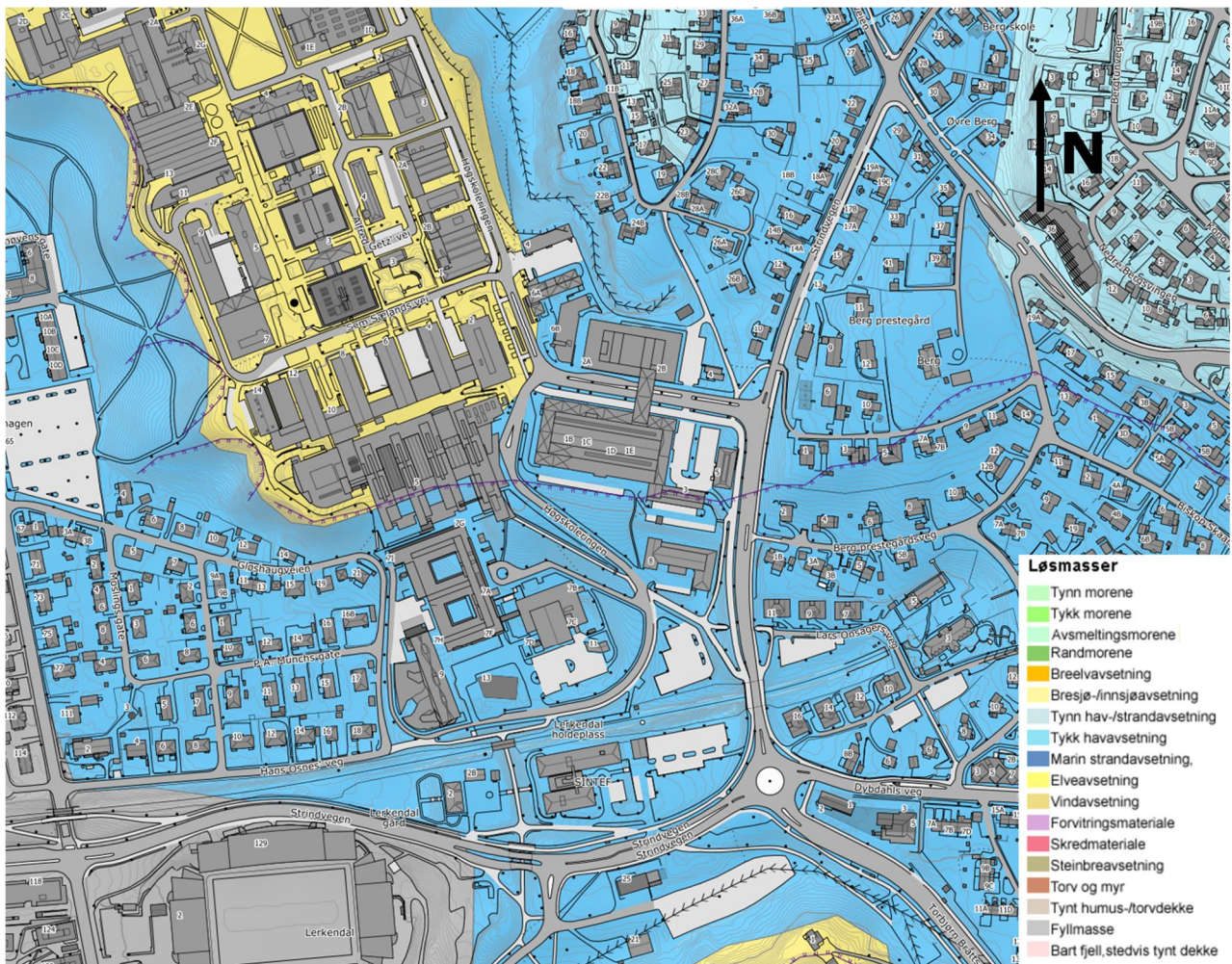
3. TOPOGRAFI OG GRUNNFORHOLD

3.1 Topografi

Terrenget ved tomt F.4.1 stiger jevnt fra kote +45 i sør til kote +52 i nord. Området benyttes i dag som park og grøntareal. Terrenget heller videre nedover mot Byggteknisk som ligger på kote +40. Tidligere grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger viser at det tidligere er utført en del terrenginngrep for å stabilisere området på grunn av anstrengt stabilitet. Blant annet ble terrenget ved dagens tomt for Materialteknisk institutt senket cirka 2-3 m i forbindelse med utbygging av campusområdet. Samtidig ble skråninga mellom Høgskoleringen og Byggteknisk slakket ut ved utlegging av fylling langs skråninga. Byggingen av Realfagsbygget i vest medførte også større terrenginngrep som følge av etablering av flere kjelleretasjer.

3.2 Kvartærgeologisk kart og marin grense

Kvartærgeologisk kart i Figur 3 viser at løsmassene på området består av havavsetninger med tykk mektighet. Merk at kvartærgeologisk kart kun beskriver øvre løsmasselag, og løsmassene i dybden kan derfor ikke entydig vurderes ut ifra kartet. Hele delområde 4 ligger under marin grense.



Figur 3: Kvartærgeologisk kart som viser øvre løsmasselag i området (kart fra ngu.no).

3.3 Grunnforhold

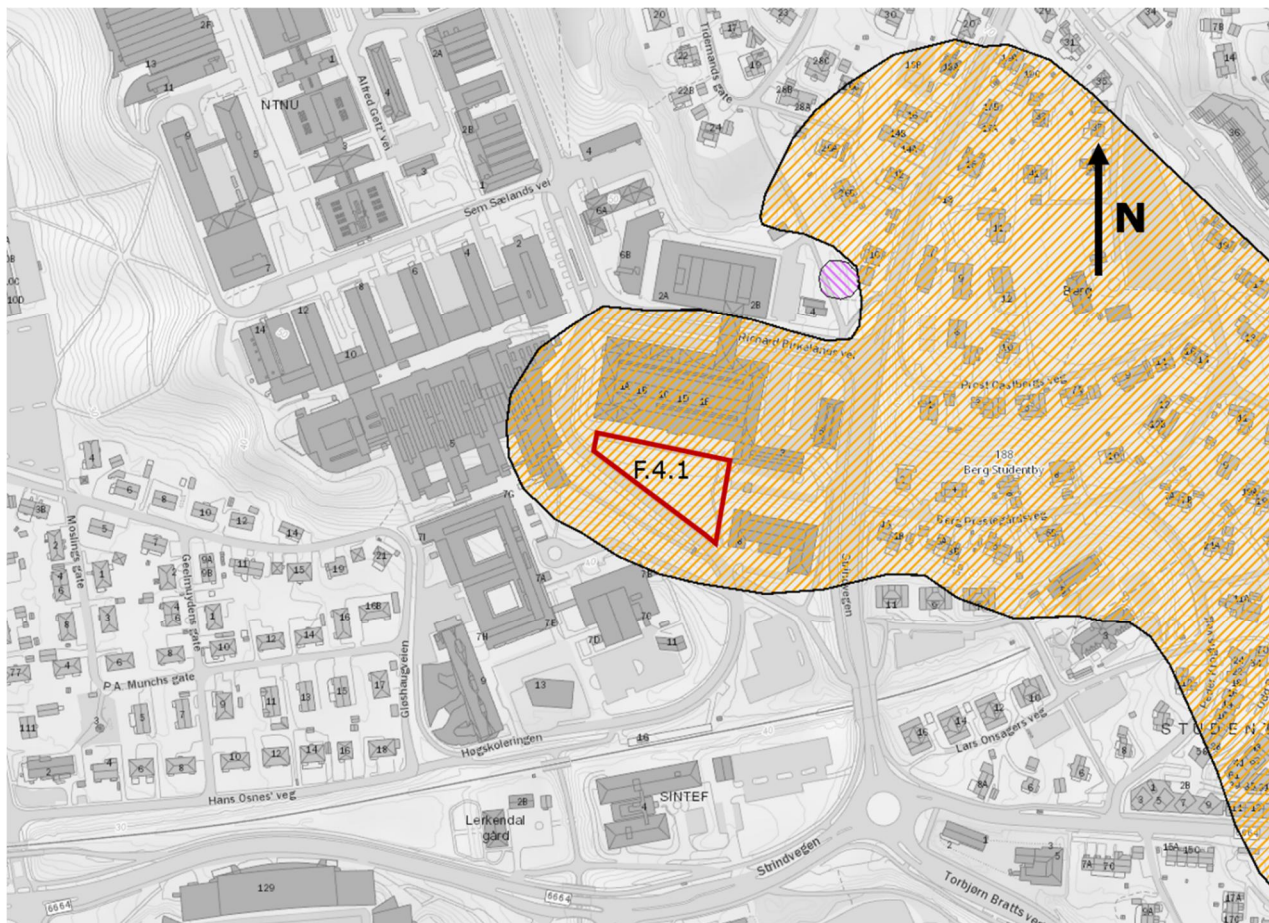
Øvre løsmasselag på tomt F.4.1 er hovedsakelig fyllmasser bestående av sand, grus og silt samt tørrskorpeleire. Mektigheten av fyllmasselaget øker fra cirka 1 m i øvre del av skråninga til cirka 4 m i nedre del. Under fyllmasselaget er det et 5-6 m tykt lag av leire før det påtreffes sprøbruddmateriale og kvikkleire ned til fjell. Mektigheten av sprøbruddmateriale varierer fra cirka 6 til 10 m. Laget med sprøbruddmateriale antas å kile ut i skråningsbunn. Nedre del av delområde 4, dvs. mot Byggteknisk, antas hovedsakelig å bestå av leire samt rekonsolidert leire fra rester av rasmasser.

Berget ligger forholdsvis flatt på tomta mellom kote +35 og +32, dvs. cirka 10-20 m under terreng. Dybden til berg øker betraktelig mot sør. Boring fra område 7.C.1 (tomtas plassering framkommer av Figur 1) påtreffer berg på 41 m dybde.

Installerte piezometere registrerte grunnvannstand cirka 8,4 m under terreng på toppen av skråninga, like nord for tomt F.4.1. Dypere poretrykksregistreringer viser en poretrykksfordeling med dybden som er lavere enn hydrostatisk, men i stabilitetsberegningene er det konservativt antatt hydrostatisk fordeling med dybden. Piezometere i nedre del av delområde 4 registrerte grunnvannstand cirka 1,5 m under terreng.

3.4 Naturfare og kvikkleire

Det er som nevnt registrert kvikkleire på og ved tomt F.4.1. Tomt F.4.1 ligger også innenfor eksisterende kvikkleiresone 188 *Berg Studentby*, som vist i Figur 4.



Figur 4: Kvikkleiresone 188 *Berg Studentby*, middels faregrad, med omtrentlig plassering av tomt F.4.1 (kart fra atlas.nve.no).

I henhold til NVEs karttjeneste NVE Atlas ligger ikke planområdet innenfor registrert flomsone eller innenfor aktsomhetsområdet for flom. Planområdet ligger heller ikke innenfor registrert faresone for stein-, snø-, sørpe- eller løsmasseskred eller innenfor aktsomhetsområde for snøskred, steinsprang eller jord- og flomskred.

4. REGELVERK OG KRAV

Alle tiltak underlagt plan- og bygningsloven (PBL) skal tilfredsstillende krav til sikkerhet iht. PBL §28-1 som omhandler dokumentasjon av sikker byggegrunn ref. /1/. TEK17 \2\ §7-3 *Sikkerhet mot skred* ref. /2/ henviser til Norges vassdrags- og energidirektorats (NVE) veileder nr. 1/2019 ref. /3/ som beskriver metodikken for geotekniske utredninger og dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred. Områdeskred kjennetegnes av at en relativt liten hendelse, som for eksempel en liten utglidning, kan utvikle seg til et skred som omfatter et stort område. Det betyr at ved funn av kvikkleire eller annet sprøbruddmateriale skal områdestabiliteten utredes.

4.1 Tiltakskategori og krav til sikkerhet iht NVEs retningslinjer

Samling av NTNU campus innebærer større tilflytting av personer samt personopphold. Tiltaket på tomt F.4.1 havner derfor innenfor **tiltakskategori K4** iht. NVEs veileder nr. 1/2019 ref. /3/. Det betyr at områdestabilitet på de aktuelle tomtene må utredes.

Krav til beregningsmessige sikkerhetsfaktorer for tiltak i område med fare for områdeskredfare avhenger av hvordan selve tiltaket påvirker stabiliteten. For tiltak som *ikke forverrer* stabiliteten, for eksempel ved hjelp av kompensert fundamentering, er kravet til sikkerhet

- $F_{cu} \geq 1,40$ for udrenerte stabilitetsanalyser
- $F_{c\phi} \geq 1,25$ for drenerte stabilitetsanalyser.

For tiltak som *forverrer* stabilitetssituasjonen i skråninga skal det tas hensyn til effekt av sprøbrudd. Det medfører at kravet til sikkerhet er

- $F_{cu} \geq 1,61$ for udrenerte stabilitetsanalyser
- $F_{c\phi} \geq 1,25$ for drenerte stabilitetsanalyser.

Ved lavere sikkerhet enn angitte krav må F_{cu} og $F_{c\phi}$ økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVEs veileder nr. 1/2019 ref. /3/. Krav til prosentvis forbedring gjelder kun for tiltak som ikke forverrer stabiliteten, og avhenger av faregrad samt beregnet sikkerhetsfaktor F før tiltak.

Kravene til sikkerhet differensieres avhengig av hvor tiltaket ligger i faresonen. En skråning vurderes som upåvirket av tiltaket så lenge det ikke bygges i eller nært skråningen – i så fall ligger skråningen utenfor *influensområdet* til tiltaket. Skråningen defineres som utenfor influensområdet til tiltaket så lenge

- tiltaket ligger i avstand større enn $2H$ bak fra skråningstopp
- eller
- tiltaket ligger foran foten (i utløpsområdet) av skråningen, gitt at stabiliteten ikke forverres pga. graving, peleramming etc.

For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet gjelder krav til sikkerhet $F_{c\phi} \geq 1,25$ for drenerte stabilitetsanalyser, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1,2$ for udrenerte stabilitetsanalyser.

For K4-tiltak skal uavhengig foretak gjennomføre kvalitetssikring av utførte vurderinger og beregninger.

4.2 Krav til sikkerhet iht. Eurokode 7

Krav til lokalstabilitet for nye konstruksjoner følger regelverket iht. Eurocode 7 (NS-EN 1997-1+A1:2013+NA:2020) ref. /4/. Det er i EC7 gitt krav om følgende materialfaktorer:

- $F_{cu} \geq 1,40$ for udrenerte stabilitetsanalyser
- $F_{c\phi} \geq 1,25$ for drenerte stabilitetsanalyser.

5. GRUNNLAG FOR STABILITETSVURDERING

5.1 Kritisk snitt for stabilitetsberegning og skredmekanisme

Det er utført stabilitetsberegninger i ett snitt, profil 4E, som vurderes som kritisk for stabilitetsanalyse med hensyn til tiltak på tomt F.4.1. Se tegning 201 for plassering av profil 4E i planet. Profil 4E strekker seg fra Høgskoleringen nord for Materialteknisk, forbi tomt F.4.1 og videre sørover mot eksisterende østre del av Byggteknisk, også omtalt som tomt 7.C.1a.

Det er påvist sprøbruddmateriale på store deler av delområde 4. Store deler av delområde 4 inngår også i eksisterende kvikkleiresone 188 *Berg studentby*. Multiconsult Norge AS er engasjert av NTNU og organisasjonen ved NTNU Campusutvikling (NCU) for utredning av områdestabilitet av øvrige utbyggingsområder på delområde 4. Det medfører at områdestabiliteten for øvrig, dvs. ovenforliggende og parallelle kritiske snitt for tomt F.4.1, ivaretas av Multiconsult. Resultater fra Multiconsults utredning framkommer av rapport 10215021-RIG-RAP-001, ref. /10/.

Foreliggende notat tar for seg sprøbruddrelaterte problemstillinger og nødvendige utredninger som følge av planlagt tiltak på tomt F.4.1 samt tiltak på tomt 7.C.1a.

Ettersom området for planlagt tiltak inngår i en eksisterende kvikkleiresone, må det gjøres en soneutredning og dermed en vurdering av aktuell skredmekanisme. Aktuelle skredmekanismer er blant annet avhengig av terrengforhold, sprøbruddmaterialets mektighet og utbredelse, og leiras omrørte fasthet. Med bakgrunn i terreng- og grunnforhold og prosedyren i NVEs veileder 1/2019, vurderes det at det ikke er fare for retrogressivt skred for kritisk skråning. Øvrige kritiske skråninger og aktuelle løснеområder som kan påvirke tiltaket på F.4.1 vurderes og utredes av Multiconsult, ref. /10/.

5.2 Analysemetoder

Stabilitetsberegningene er utført med dataprogrammet GeoSuite Stability som er en del av GeoSuite-pakken versjon 16.1.5.0 med beregningsmetode Beast 2003. GeoSuite Stability baserer seg på en likevektsbetraktning av potensielle bruddflater.

Stabilitetssituasjonen er vurdert ut ifra utførte totalspennings- og effektivspenningsanalyser. Totalspenningsanalysen tar hensyn til en potensiell situasjon med udrenerte spenningsendringer i grunnen, mens effektivspenningsanalysen er representativ for en langtidssituasjon. Beregningene er utført for dagens situasjon og situasjonen med kritiske faser av planlagte tiltak. Det er beregnet sirkulære og sammensatte glideflater i alle profil. Beregningsprofilene er vist i tegning 903-906.

5.3 Laster

For vurdering av kompensering og beregninger med konstruksjonslaster fra eksisterende bygg er det tatt utgangspunkt i en dimensjonerende last på 15 kPa per etasje. For trafikkklaster skal det ved stabilitetsberegninger benyttes en jevnt fordelt karakteristisk last på 15 kPa. For gang- og sykkelveger skal det benyttes en jevnt fordelt last på 10 kPa, ref. /6/. Iht. Eurokode 7 benyttes det en partialfaktor $\gamma_Q = 1,3$ for trafikkklaster, eller 0 hvis lasten har gunstig virkning, ref. /4/. Det varierer derfor om trafikklastene inkluderes i beregningene.

5.4 Lagdeling og materialparametere

Lagdeling er tolket fra både gamle og nye sonderinger og prøvetakinger fra området. Sprøbruddmateriale er framhevet i profilene med rød skravur. Antatt lagdeling er vist i tegning 902 samt på stabilitetsberegninger i tegning 903-906.

Løsmassenes romvekt er i stabilitetsberegningene hovedsakelig vurdert ut ifra utførte laboratorieundersøkelser samt erfaringsverdier. Benyttet romvekt er vist på tegning 903-906.

Grunnvannstand og poretrycksforhold

Det er installert poretryksmåler til to dybder ved skråningstopp, like ved Materialteknisk institutt. Registrerte målinger indikerer en grunnvannstand cirka 8,4 m under terreng. Tidligere undersøkelser antyder at grunnvannstanden i nedre del av beregningsnittet følger overgangen mellom laget av friksjonsmateriale og underliggende leire.

Overkonsolideringsgrad

Overkonsolideringsgrad (OCR) er tolket fra utførte ødometerforsøk. Prøvetakinger fra tomt F.4.1 viser at overkonsolideringsgraden varierer på området, se Tabell 2. Øvre del av skråninga er noe overkonsolidert, mens ødometerforsøk fra nedre del av skråninga viser overkonsolidert leire med registrert svært høy OCR. Vurdering av nærliggende prøvetakinger med ødometerforsøk fra området viser samme tendens.

Tabell 2: Tolkning av ødometerforsøk.

Punkt	Kote [moh]	Dybde prøve [m]	Kote prøve [moh]	p'0 [kPa]	p'c [kPa]	OCR [-]	Kommentar
410	40,7	5,4	35,3	64	610	9,6	Noe dårlig kvalitet
412	52,2	6,5	45,7	124	345	2,8	

Udrenert skjærfasthet

Udrenert skjærfasthetsprofil (C-profil) er valgt på grunnlag av utførte CPTU-sonderinger og laboratorieundersøkelser. Tolkede CPTU er vist i tolkningsdiagram, se bilag 1. Benyttede skjærfasthetsprofil i stabilitetsberegningene er vist i beregningene for udrenert analyse, se tegning 903-906. For vurdering av skjærfasthetsprofil er det lagt vekt på resultater fra treaksialforsøk med hensyn til oppnådd prøve kvalitet (se 6.3 for vurdering av prøve kvalitet), SHANSEP og CPTU-korrelasjoner etablert på grunnlag av høykvalitetsprøver, ref. /12/. Revisjon 01 av tolkninger av udrenert skjærfasthetsprofil inneholder også oppdaterte anbefalte CPTU-korrelasjoner iht. ref. /13/.

Valgte C-profiler er sett i sammenheng med tolkninger av C-profiler benyttet i forbindelse med områdestabilitetsvurdering for delområde 4, se rapport 10215021-06-RIG-RAP-001, ref. /10/.

Stabilitetsberegningene for udrenert analyse tar hensyn til leiras spenningsanisotropi, dvs. det er utført en ADP-analyse med utgangspunkt i tolkede verdier for udrenert aktiv skjærfasthet, c_{uA} , for leire og siltig leire. Direkte, c_{uD} , og passiv, c_{uP} , skjærfasthet er beregnet ut ifra anisotropiforholdet basert på anbefaling for prosjektering av norske, lavplastiske leirer i NIFS-rapport 14/2014, ref. /7/, og har følgende sammenheng:

$$c_{uD} = 0,63 * c_{uA}$$

$$c_{uP} = 0,35 * c_{uA}$$

NVEs veileder 1/2019 introduserer en oppdatert metode for å hensynta sprøbruddoppførselen i sprøbruddmaterialer/kvikkleire ved at det ikke skal foretas noen reduksjon av aktiv skjærfasthet for å ta høyde for sprøbruddeffekt. I stedet skal det gjøres en reduksjon av resulterende sikkerhetsfaktor for hele glideflaten, selv om kun deler av glideflaten passerer eller tangerer sprøbruddmateriale. Denne korreksjonen skal ikke foretas dersom stabilitetssituasjonen forbedres eller forblir uendret etter planlagt tiltak, se kapittel 4 for regelverk og krav.

Effektiv skjærfasthet

For effektivspenningsparameterne er det benyttet tolkede verdier fra utførte treaksialforsøk. Ved tolkning av treaksialforsøk er effektivspenningsparameterne ansått ved bruddtaket vist i spenningsplottet. Tolkede treaksialforsøk er vist i bilag 2, og benyttede verdier er vist i Tabell 4 samt i beregningsprofilene for drenerte analyser, se tegning 904-906.

Øvrige effektivspenningsparametere er basert på erfaringsparametere fra Statens Vegvesens håndbok V220, ref. /5/.

5.5 Kvalitet av grunnundersøkelser

54 mm stålsylindere av sensitiv/kvikk leire vurderes generelt å ligge i kvalitetsklasse 1-2 iht. NGFs veileder for prøvetaking, ref. /9/.

Prøvekvalitet av treaksialforsøk kan måles ut ifra endring i prøvens volum ved rekonsolidering til in-situ-spenninger under konsolideringsfasen. Tabell 3 viser klassifiseringen av prøvekvalitet basert på anbefalinger i Statens vegvesens håndbok V220, ref. /5/.

Utpresset porevann cm ³	Utpresset porevann volum % *	Klassifisering
0 – 5	0– 2	Godt forsøk
5 – 10	2 – 4	Akseptabelt forsøk
>10	>4	Dårlig forsøk

Figur 5: Utklipp av prøvekvalitetsklassifisering mht. utpresset porevann, tabell hentet fra ref. /5/.

*Tallene gjelder 54 mm prøver med ca. 10 cm høyde.

En annen metode for vurdering av prøvekvalitet er å se på endring i poretall ved rekonsolideringen under et treaksialforsøk, ref. /8/. Tabellen er et utklipp fra Statens vegvesens håndbok V220.

Klassifisering	OCR	$\Delta e / e_0$	Prøvekvalitet ¹
1	1 - 2 2 - 4	< 0,04 < 0,03	Meget god
2	1 - 2 2 - 4	0,04 - 0,07 0,03 - 0,05	God til bra
3	1 - 2 2 - 4	0,07 - 0,14 0,05 - 0,10	Dårlig
4	1 - 2 2 - 4	> 0,14 > 0,10	Meget dårlig

Figur 6: Utklipp av prøvekvalitetsklassifisering mht. endring i poretall basert på Lunne et.al ref. /8/, tabell hentet fra håndbok V220 ref. /5/.

Tabell 3: Vurdering av prøvekvalitet av treaksialforsøkene.

Punkt	Dybde [m]	Treaksialforsøk	dV [%]	de/e ₀	OCR [-]	Kvalitet	
						Iht. Lunne et.al ref. /8/	Iht. V220 ref. /5/
410	5,5	CAUA	1,2	0,026	9,6	-	Godt forsøk
412	6,6	CAUA	2,1	0,041	2,8	God til bra	Akseptabelt
412	10,4	CAUA	3,4	0,079	1,8	Dårlig	Akseptabelt

Prøvekvaliteten for treaksialforsøkene er til dels varierende.

Kvalitet av utførte trykksonderinger (CPTU) tilfredsstillende anvendelsesklasse 1, dokumentasjon for måledata er gitt i bilag 4.

5.6 Oppsummering av benyttede materialparametere

Tabell 4 viser en oppsummering av benyttede materialparametere for stabilitetsberegninger.

Tabell 4: Materialparametere for beregninger i profil 4E.

Materiale	γ [kN/m ³]	Φ [°]	c' [kPa]	c_{uA} [kPa]	A-verdi	D-verdi	P-verdi
Fyllmasser/tørrskorpe	18,0	33	0	-	-	-	-
Leire	19,0	29	8,3	C-profil	1,00	0,63	0,35
Sprøbruddmateriale	19,0	28	5,3	C-profil	1,00	0,63	0,35

6. STABILITETSVURDERING

6.1 Kritiske situasjoner for skråningsstabilitet

Med bakgrunn i planlagte tiltak på tomt F.4.1 og 7.C.1a er det vurdert at situasjonene med utgraving for planlagte bygg er kritiske for stabilitetsvurderingene. Det er derfor utført stabilitetsberegninger for to scenarier; utgraving for F.4.1 og utgraving for 7.C.1a hvor det er antatt at de to tiltakene utføres uavhengige av hverandre.

6.2 Resultat fra stabilitetsberegning

Resultater fra stabilitetsberegningene er presentert i Tabell 5.

Tabell 5: Oppsummering av resultatene fra stabilitetsberegningene.

	Tegning	Krav γ_M	Beregnet γ_M
Profil 4E, dagens situasjon, udrenert	903	1,4	1,92
Profil 4E, dagens situasjon, drenert	904	1,25	1,65
Profil 4E, situasjon med tiltak på F.4.1, udrenert	905	1,61*/1,4**	1,65
Profil 4E, situasjon med tiltak på F.4.1, drenert		1,25	1,76
Profil 4E, situasjon med tiltak på 7.C.1a, udrenert	906	1,61	1,78
Profil 4E, situasjon med tiltak på 7.C.1a, drenert		1,25	1,53

*ved forverring

**ved ikke forverring

6.3 Vurdering av resultat

Krav til sikkerhetsfaktor for skråningen avhenger av hvordan tiltaket påvirker skråningsstabiliteten, som beskrevet i kapittel 4.

Tiltak på F.4.1

Utgraving for planlagt tiltak på F.4.1 vil medføre en forbedring av skråningsstabiliteten for nedenforliggende skråning. Ettersom skråningsstabiliteten for dagens situasjon viser tilstrekkelig sikkerhetsfaktor er det dermed lokalstabiliteten inn mot Materialteknisk som vil være den mest kritiske situasjonen for stabilitetsvurderingene. Det er sett på et scenario som anses som alternativet med maksimal utgraving med kjeller på ett plan til kote +45.

Beregninger viser tilstrekkelig stabilitet mellom Materialteknisk institutt og byggegrop for F.4.1 med sikkerhetsfaktor $F_c > 1,61$ og $F_{c\phi} > 1,25$ iht. NVEs veileder 1/2019, se tegning 905. Det er i beregningene antatt en oppstøtting av byggegrop på F.4.1. For enkelhetsskyld er det betraktet en vertikal utgraving i stabilitetsberegningene hvor glideflatene begrenses til å gå under Materialteknisk institutt.

Tiltak på 7.C.1a

Planlagt tiltak på 7.C.1a fører til en utgraving i skråningsbunn og dermed en forverring av skråningsstabiliteten. Med bakgrunn i antatt utgravingsnivå til kote +36 og graveskråninger med antatt helning 1:2, viser beregningene på tegning 906 tilstrekkelig sikkerhetsfaktor $F_c > 1,61$ og $F_{c\phi} > 1,25$ iht. krav i NVEs veileder 1/2019 *dersom maks utgravingsnivå trekkes cirka 12 m unna foten av eksisterende skråning i nord.*

Stabilitetsberegninger for profil 4E viser at kritisk glideflate brytes av og følger bergoverflaten, noe som slår positivt ut for oppnådd sikkerhetsfaktor. Grunnundersøkelser viser at bergdybden er noe økende mot øst i forhold til profil 4E. Stabilitetsberegninger med økt dybde til berg, hvor bergoverflaten er modellert noe dypere enn på profil 4E, viser at kjellernivået for bygg på 7.C.1a ikke bør legges dypere enn til kote +36. *Med ønske om dypere kjellernivå må denne etableres i sørlig del av bygget.*

7. VURDERING AV PLANLAGT TILTAK

7.1 Utgraving og oppstøtting av byggegrop

Plasseringen av bygget i en skråning gjør at man får et tilnærmet ensidig jordtrykk. Dette kompliserer utgravningen og endelig situasjon noe med tanke på hvordan man tar opp jordtrykket. Utgravningen av byggegropen må utføres ved bruk av spuntvegg, da det ikke er plass til åpne graveskråninger mot Materialteknisk institutt. Behov for avstivning av støttekonstruksjonen avhenger av kjellerdybden, der generelt alt dypere enn ca. 3 meter må antas å kreve avstivning. Spuntveggen kan enten avstives innvendig med skrånstivere, eller stag til berg. Innvendig avstivning kompliserer utførelsene ved at man trenger spunt rundt hele gropa, stiverne tar plass inne i gropa og man får flere steg i utførelsen. Samtidig slipper man boring av stag til berg, som har en vesentlig risiko for setningsutvikling for overliggende konstruksjoner grunnet kvikkleire over berg. Hvis boring benyttes er det viktig å velge en utførelse og utstyr som er mest mulig skånsom, samt at utførende entreprenør har gode rutiner og settes godt inn i problemstillingen.

For å redusere utfordringene med ensidig jordtrykk kan man også lage bygget med avtrappende kjeller. Man mister da noe areal av kjelleren, men det vil være en fordel i endelig situasjon med tanke på opptak av horisontalkrefter.

Valg av endelig løsning bør gjøres basert på en totalvurdering av kostnader, risiko og nytte. Det henvises generelt til Begrens Skade-rapporten for grunnarbeider, der disse utfordringene er belyst og det er gitt et forslag for risikoevaluering av slike arbeider, ref. /11/. Det anbefales ellers at detaljering og valg av endelig løsning, samt risikoevaluering utføres i skisseprosjektet.

7.2 Fundamentering

To fundamenteringsalternativer er vurdert som aktuelle for tiltak på F.4.1; pelefundament til berg og direktefundament.

Pelefundamentering til berg

På bakgrunn av grunnforhold, bergdybde og skrånende terreng anbefales det pelefundamentering til berg. Berget ligger relativt flatt cirka på kote +35 - +32, dvs. 10-20 m under dagens terreng. Pelefundamentering til berg er fundamenteringsalternativet som vil gi størst robusthet med tanke på fleksibilitet av byggehøyde og eventuell setningsproblematikk. Med bakgrunn i foreliggende alternativer av bygg på F.4.1 vurderes dette fundamenteringsalternativet som mest egnede løsning.

Valg av peletype og utførelsesmetode er vesentlig med tanke på risiko for setninger på nærliggende bygninger. Området har generelt gunstig lav grunnvannstand, og tilsynelatende gunstig flatt bergforløp. Man unngår da å sette peler fra under grunnvannsnivå, samt man har flere mulige valg med tanke på peletyper. Samtidig er det kvikkleire over berg og valg av pel og eventuelt boremetode må hensynta det. Enten må man benytte rammede stålpeler til berg, borede stålrør eller stålkjernepeler til berg. For rammede stålpeler er det viktig at man velger profiler med begrenset massefortrening, og at bergforholdene er tilstrekkelig gunstige da de håndterer skrått berg dårlig. For borede peler er det viktig at boremetoden detaljeres, da det er en risiko for omrøring av kvikkleira ved utførelsen. Endelig løsning bør detaljeres i skisseprosjektet og det vises også her til Begrens Skade-rapporten, ref. /11/, der det er gitt en rekke anbefalinger med tanke på boremetoder.

Direktefundamentering

Direktefundamentering på stedlige masser er også et alternativ for fundamentering av bygg på F.4.1. Beste løsning for direktefundamentering vil være avtrappet kjeller som tilpasses for å få et jevnt utgravingsnivå langs skråningen. Dette vil også hjelpe med tanke på differansesetninger. Samtidig bør bygget fundamenteres kompensert, og planlagt byggehøyde og gravedybde må dermed tilpasses.

8. KONKLUSJON

Stabilitetsberegninger viser tilstrekkelig sikkerhet for tiltak på F.4.1 og 7.C.1a iht. NVEs veileder 1/2019. Utgraving for kjeller-/sokkeletasje på 7.C.1a bør begrenses til kote +36 og trekkes minst 12 m unna foten av eksisterende skråning i nord.

På F.4.1 anbefales det en avtrappet løsning for kjellernivå for å redusere oppstøttingshøyden. Videre anbefales bygg på F.4.1 pel fundamentert til berg da dette gir størst robusthet mtp. ønsket byggehøyde og byggets utforming. Dersom bygget ønskes direktefundamentert bør det fundamenteres kompensert, og byggehøyde og gravedybde må dermed tilpasses.

Multiconsult Norge AS er engasjert av NTNU og organisasjonen ved NTNU Campusutvikling (NCU) for utredning av områdestabilitet av øvrige utbyggingsområder på delområde 4. Det medfører at områdestabiliteten for øvrig, dvs. ovenforliggende og parallelle kritiske snitt for tomt F.4.1, ivaretas av områdestabilitetsutredningen i rapport 10215021-RIG-RAP-001, ref. /10/.

REFERANSER

- ref. /1/ *Plan- og bygningsloven (PBL)*. Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 27.06.2008, sist endret 01.07.2021.
- ref. /2/ Direktoratet for byggkvalitet (DIBK), *Byggteknisk forskrift (TEK17)*, Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2017
- ref. /3/ Norges vassdrags- og energidirektorat: *Sikkerhet mot kvikkleireskred*. Veileder 1/2019, desember 2020.
- ref. /4/ Eurokode 7: *Geoteknisk prosjektering Del 1: Allmenne regler*, NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016
- ref. /5/ Statens vegvesen: *Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging*, 2018.
- ref. /6/ Statens vegvesen: *Vegnormal N200 Vegbygging*, 2021.
- ref. /7/ NIFS-rapport 14/2014: *En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer*. ISBN: 978-82-410-0962-4, 30.01.2014.

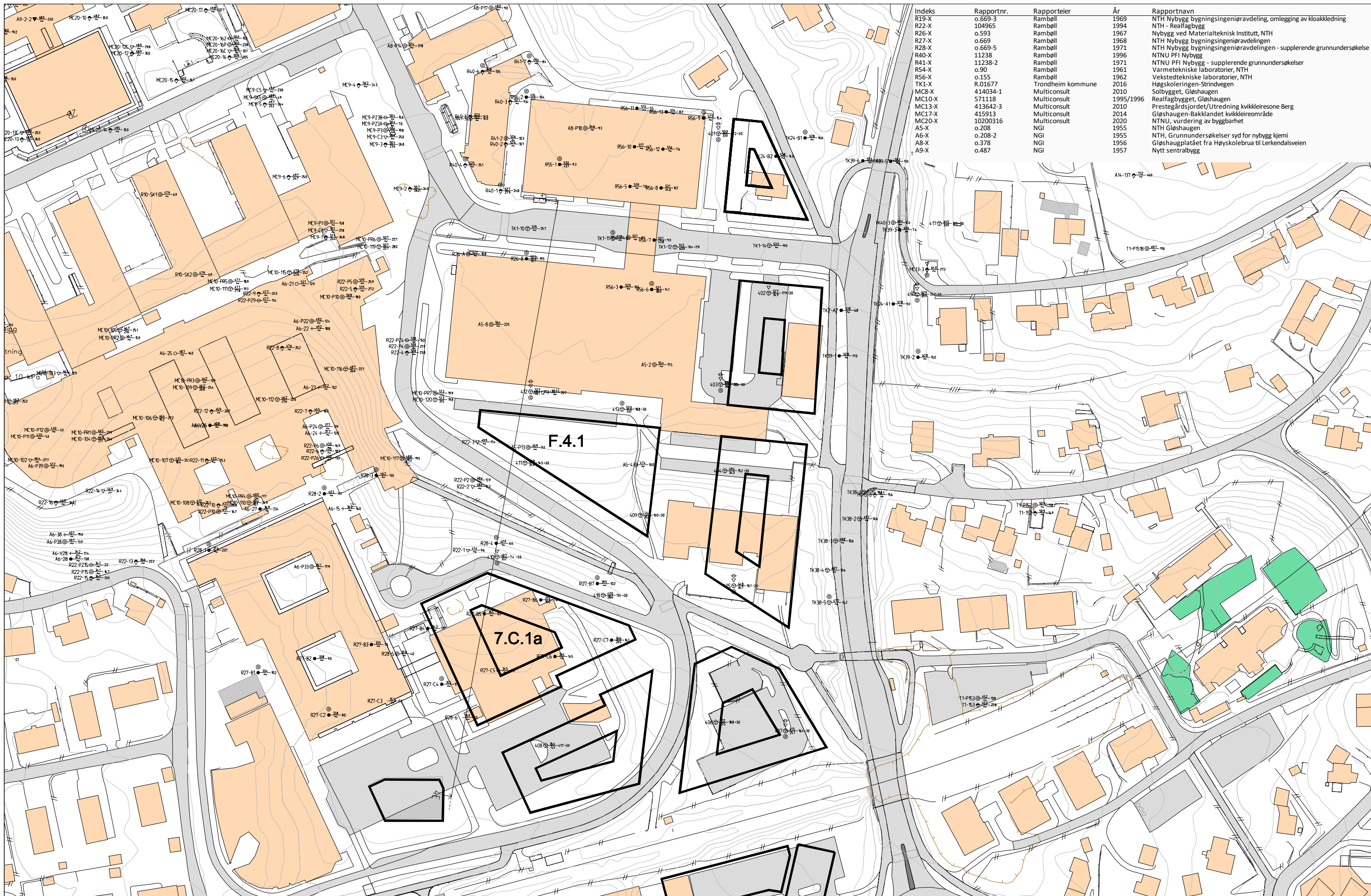
- ref. /8/ Lunne, T., Berre, T. & Strandvik, S., *Sample disturbance effects in soft low plasticity Norwegian clay, Recent Developments in Soil and Pavement Mechanics, Almeida (ed.), 1997, Balkema: Rotterdam.*
- ref. /9/ Norsk Geoteknisk Forening: *Veiledning for prøvetaking*. Melding nr. 11, utgitt 1997, revidert 2013.
- ref. /10/ Multiconsult: *NTNU Campusmaling – Områdeplaner Områdestabilitetsvurdering iht. NVE 1/2019, delområde 4. 10215021-06-RIG-RAP-001, 10.12.2021.*
- ref. /11/ Begrens Skade, *Begrensning av skade som følge av grunnarbeider, Sluttrapport, Rev. 0 2016*
- ref. /12/ Karlsrud, K., Lunne, T., Kort, D.A. & Strandvik, S., *CPTTU correlations for clays, The Norwegian Geotechnical Institute, 2005, Norway.*
- ref. /13/ Paniagua, Priscilla & D'Ignazio, Marco & L'Heureux, Jean-Sebastien & Lunne, Tom & Karlsrud, Kjell. (2019). *CPTU correlations for Norwegian clays: an update*. AIMS Geosciences. 5. 82-103. 10.3934/geosci.2019.2.82.

TEGNINGER

Tegning nr.	Rev.	Tittel
901		Situasjonsplan
902		Lagdeling profil 4E
903	01	Stabilitetsberegning 4E dagens situasjon, udrenert
904		Stabilitetsberegning 4E dagens situasjon, drenert
905	01	Stabilitetsberegning 4E med tiltak på F.4.1
906	01	Stabilitetsberegning 4E med tiltak på 7.C.1

BILAG

Bilag nr.	Rev.	Tittel
1	01	Tolkning av CPTU og udrenert skjærfasthetsprofil
2		Tolkning av treaksialforsøk
3		Tolkning av ødometerforsøk
4		Kvalitetsskjema CPTU



Indeks	Rapportnr.	Rapporteier	År	Rapportnavn
R19-X	0.669-3	Rambøll	1969	NTH Nybygg bygningsingeniøravdeling, omlegging av kloakkledning
R22-X	104965	Rambøll	1994	NTH - Realfabbygg
R26-X	0.593	Rambøll	1967	Nybygg ved Materialteknisk Institutt, NTH
R27-X	0.669	Rambøll	1968	NTH Nybygg bygningsingeniøravdelingen
R28-X	0.669-5	Rambøll	1971	NTH Nybygg bygningsingeniøravdelingen - supplerende grunnundersøkelse
R40-X	11238	Rambøll	1996	NTNU PFI Nybygg
R41-X	11238-2	Rambøll	1971	NTNU PFI Nybygg - supplerende grunnundersøkelser
R54-X	0.90	Rambøll	1961	Varmetekniske laboratorier, NTH
R56-X	0.155	Rambøll	1962	Vekstedtekniske laboratorier, NTH
TK1-X	R.01677	Trondheim kommune	2016	Høgskoleingen - Strindvegen
MC8-X	414034-1	Multiconsult	2010	Solbygget, Gløshaugen
MC10-X	571118	Multiconsult	1995/1996	Realfabbygg, Gløshaugen
MC13-X	413642-3	Multiconsult	2010	Prestegårdsjordet/Utredning kvikkleiresone Berg
MC17-X	415913	Multiconsult	2014	Gløshaugen-Baklandet kvikkleirområde
MC20-X	10200316	Multiconsult	2020	NTNU, vurdering av byggbarhet
A5-X	0.208	NGI	1955	NTH Gløshaugen
A6-X	0.208-2	NGI	1955	NTH, Grunnundersøkelser syd for nybygg kjemi
A8-X	0.378	NGI	1956	Gløshaugplatset fra Høgskolebrua til Lerkendalsveien
A9-X	0.487	NGI	1957	Nytt sentralbygg

00	09.12.2021				
REV.	DATO	ENDRING	SYBE	ALWO	EOH
			TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

RAMBOLL
 Rambøll Norge AS
 P.b. 9420 Torgarden
 7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00
 www.ramboll.no

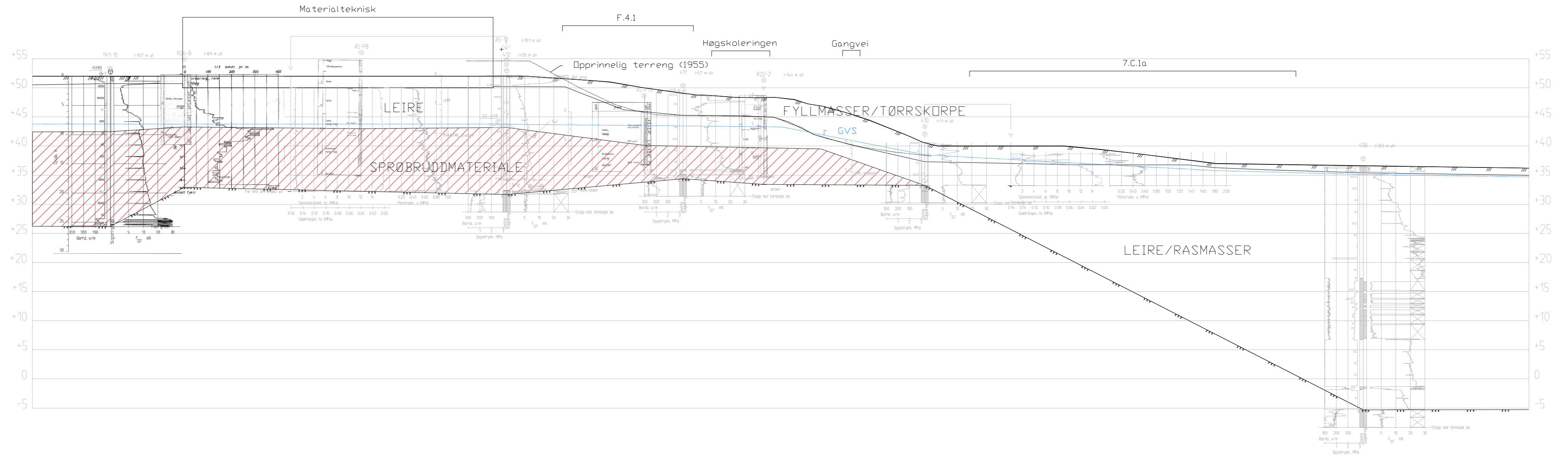
OPPDRAG
NTNU Campussamling

OPPDRAGSGIVER
Statsbygg

INNHOOLD
SITUASJONSPLAN

Delområde 4
 Aktuelle utbyggingsområder er markert (ikke endelig versjon)

OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
1350041580	1:1500	01	01
TEGNING NR.		REV.	
901		00	



00	09.12.2021		SYBE	ALWO	EOH
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

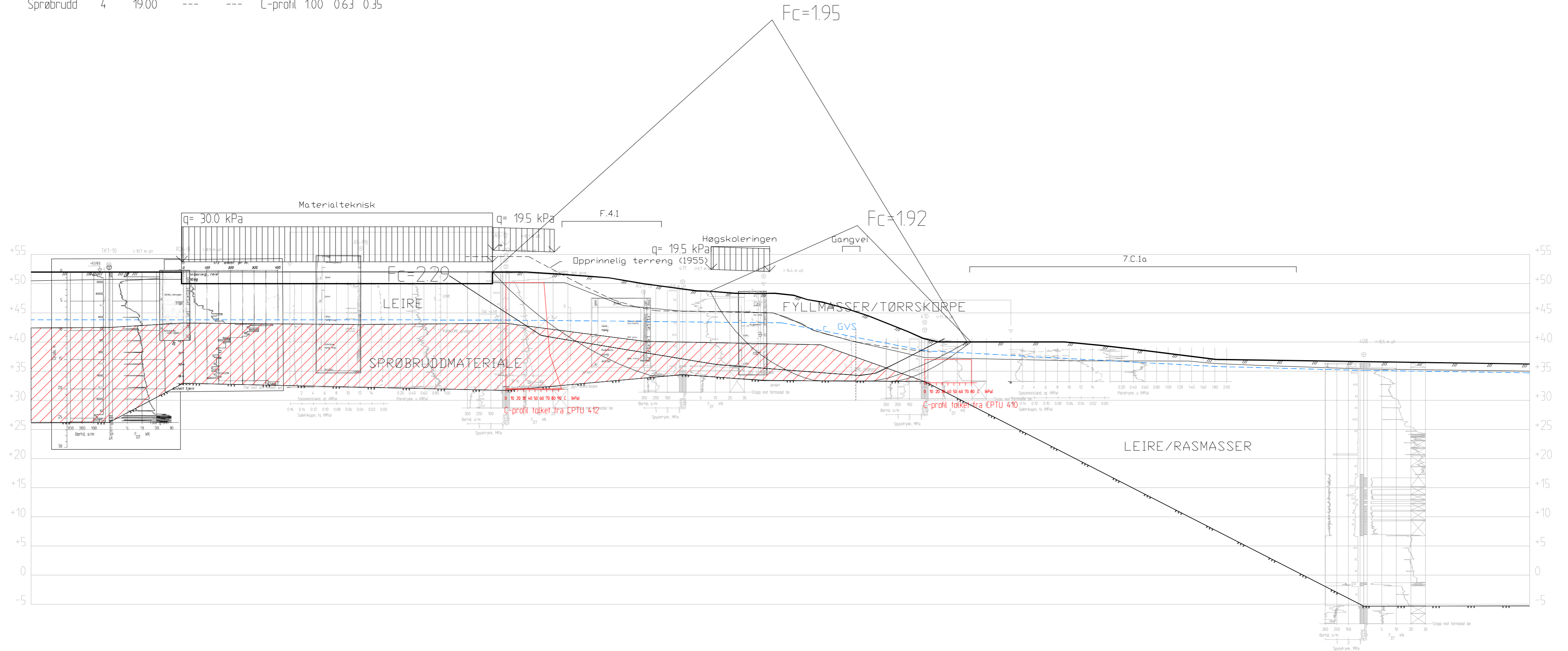
RAMBOLL
 Ramboll Norge AS
 P.b. 9420 Torgarden
 7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00
 www.ramboll.no

OPPDRAG
NTNU Campussamling
 OPPDRAGSGIVER
Statsbygg

INNHOOLD
Lagdelling
Profil 4E

OPPDRAG NR. 1350041580	MÅLESTOKK 1:500	BLAD NR. 01	AV 01
TEGNING NR. 902			REV. 00

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	1	18.00	33.0	0.0				
Leire	3	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35
Sprøbrudd	4	19.00	---	---	C-profil	100	0.63	0.35



01	14.01.2022	Etter uavhengig kontroll	SYBE	ALWO	EOH
00	09.12.2021		SYBE	ALWO	EOH
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					



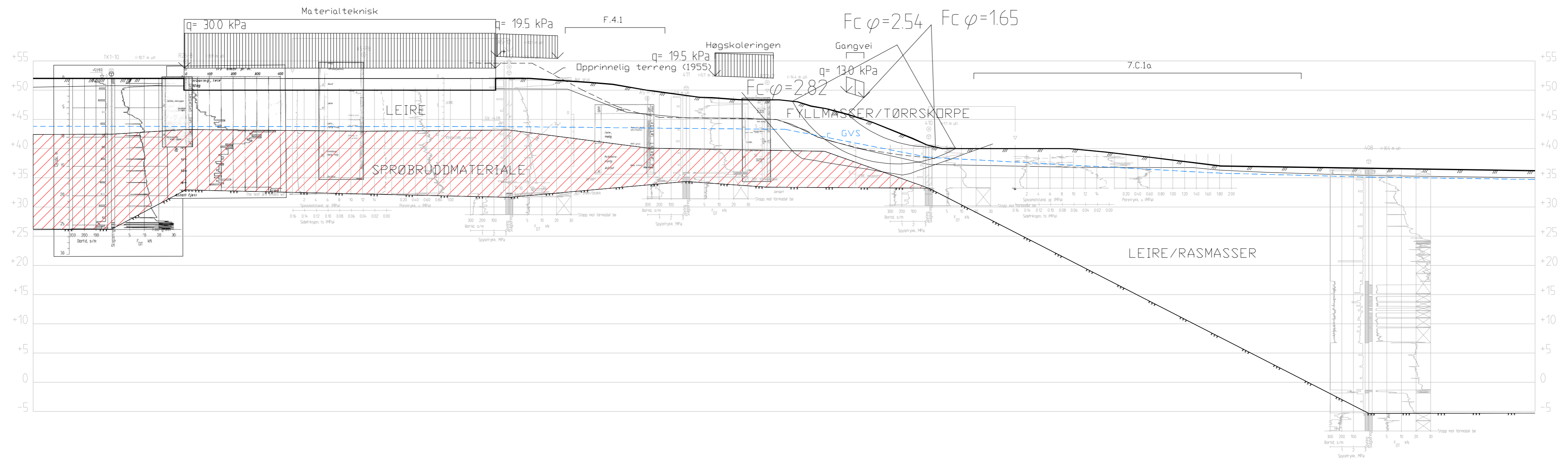
Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAG
NTNU Campussamling
OPPDRAGSGIVER
Statsbygg

INNHOOLD
Stabilitetsberegning
Profil 4E
Udrenert analyse
Dagens situasjon

OPPDRAG NR. 1350041580	MÅLESTOKK 1:500	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 903	REV. 01

Material	no	Un.Weighth	Fi	C'
Fyllmasse	1	18.00	330	0.0
Leire	3	19.00	290	8.3
Sprøbrudd	4	19.00	280	5.3



00	09.12.2021		SYBE	ALWO	EOH
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

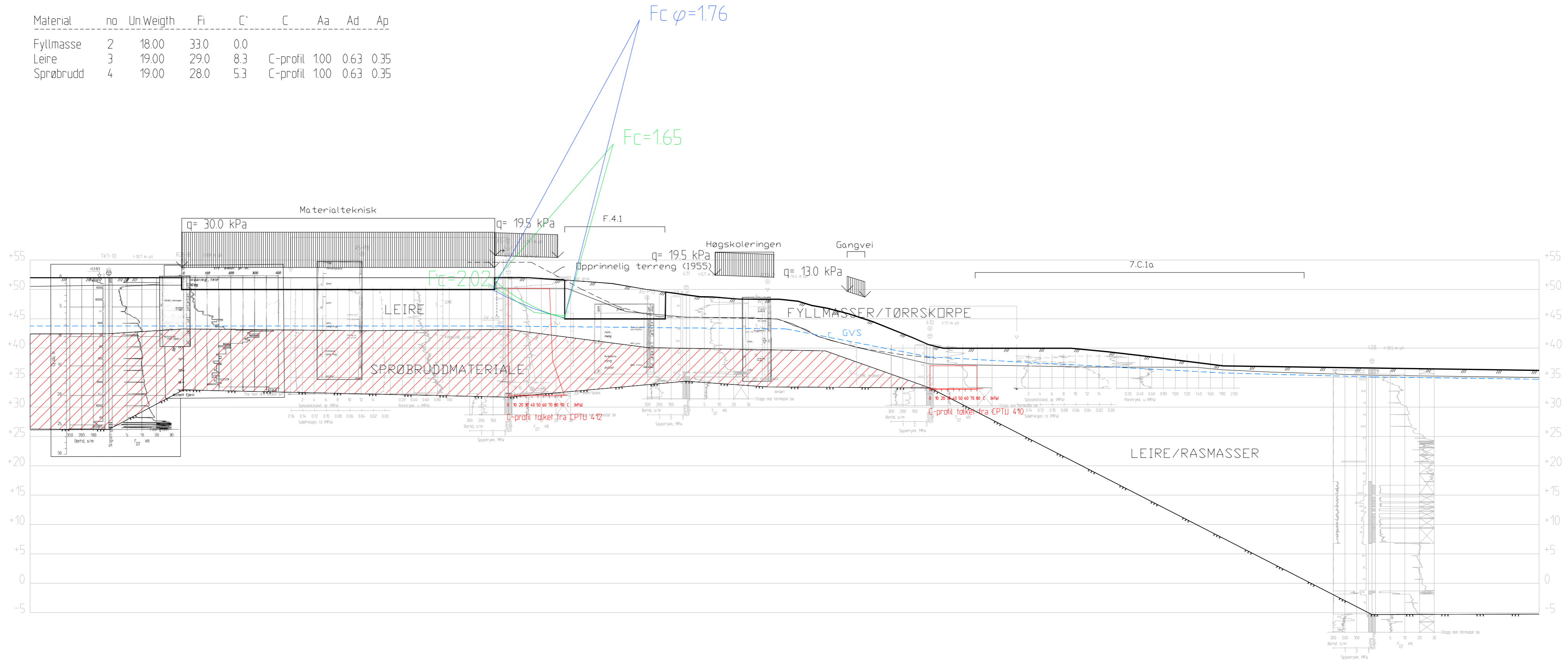
RAMBOLL
 Ramboll Norge AS
 P.b. 9420 Torgarden
 7493 Trondheim
 TLF: 73 84 10 00
 www.ramboll.no

OPPDRAG
NTNU Campussamling
 OPPDRAGSGIVER
Statsbygg

INNHOOLD
Stabilitetsberegning
 Snitt 4E
 Drenert analyse
 Dagens situasjon

OPPDRAG NR. 1350041580	MÅLESTOKK 1:500	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 904	REV. 00

Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	2	18.00	33.0	0.0				
Leire	3	19.00	29.0	8.3	C-profil	1.00	0.63	0.35
Sprøbrudd	4	19.00	28.0	5.3	C-profil	1.00	0.63	0.35



01	14.01.2022	Etter uavhengig kontroll	SYBE	ALWO	EOH
00	09.12.2021		SYBE	ALWO	EOH
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ
TEGNINGSSTATUS					

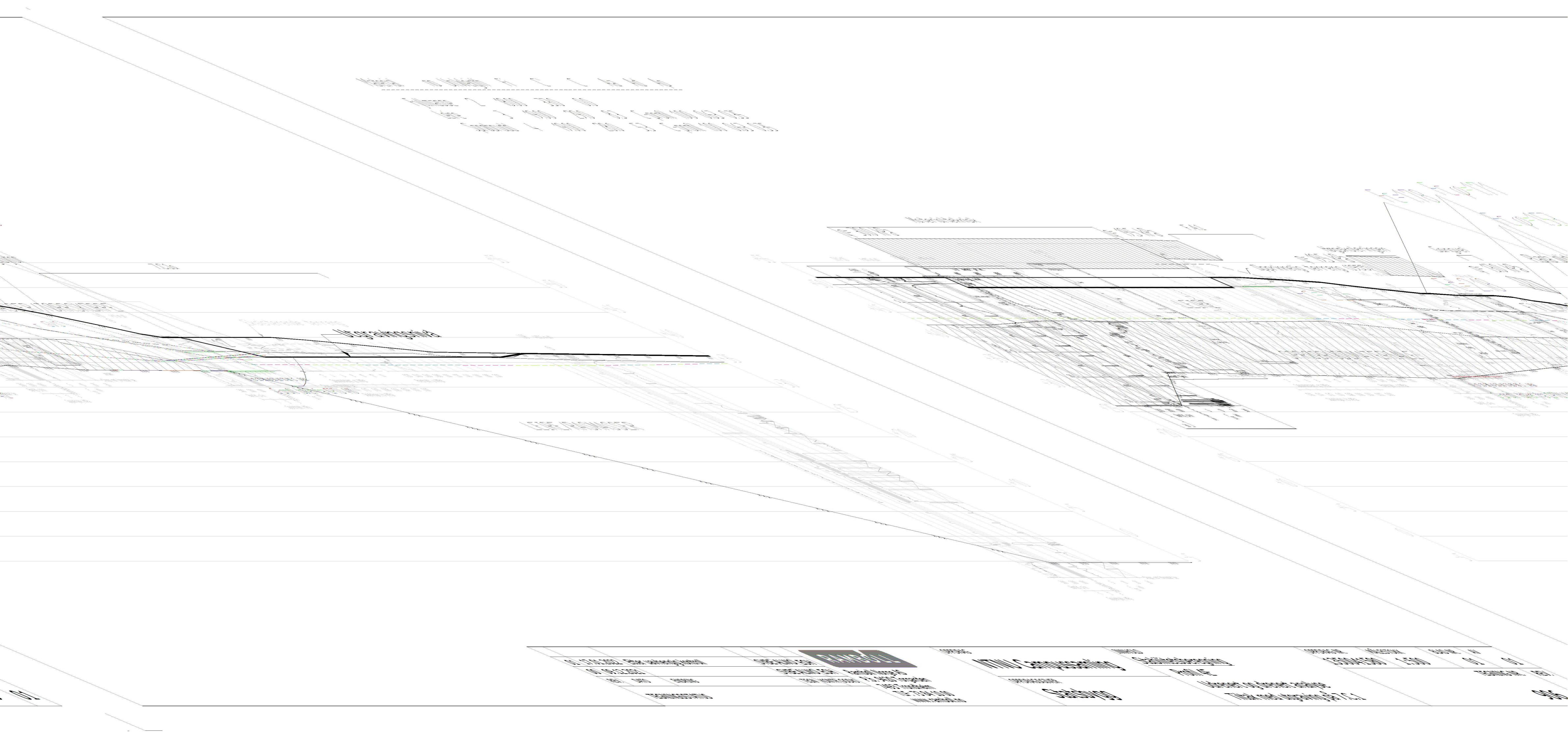


Ramboll Norge AS
P.b. 9420 Torgarden
7493 Trondheim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no

OPPDRAG
NTNU Campussamling
OPPDRAGSGIVER
Statsbygg

INNHold
Stabilitetsberegning
Profil 4E
Udrenert og drenert analyse
Tiltak med utgraving på F.4.1

OPPDRAG NR. 1350041580	MÅLESTOKK 1:500	BLAD NR. 01	AV 01
		TEGNING NR. 905	REV. 01



Annotations and text at the top center of the drawing, including a dashed horizontal line.

Annotations and text in the upper right quadrant, featuring a diagonal hatching pattern.

Annotations and text in the middle left area, including a small rectangular box.

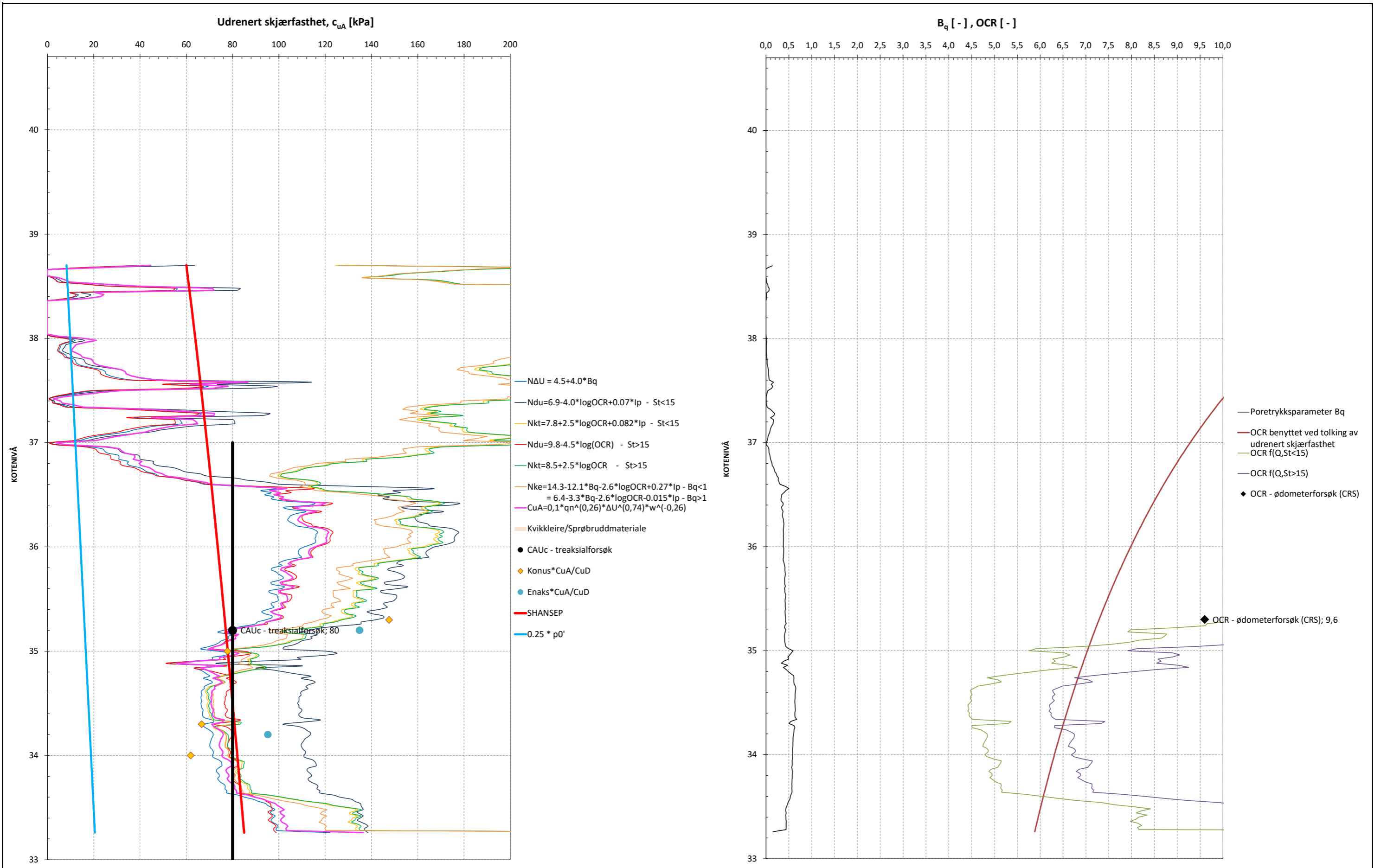
Annotations and text in the middle left area, below the middle box.

Annotations and text at the bottom center, including a logo and several lines of text.

Annotations and text at the bottom right, including a diagonal hatching pattern.

Annotations and text at the bottom right, below the hatched area.

Annotations and text at the bottom right corner.



Tolkningsgrunnlag

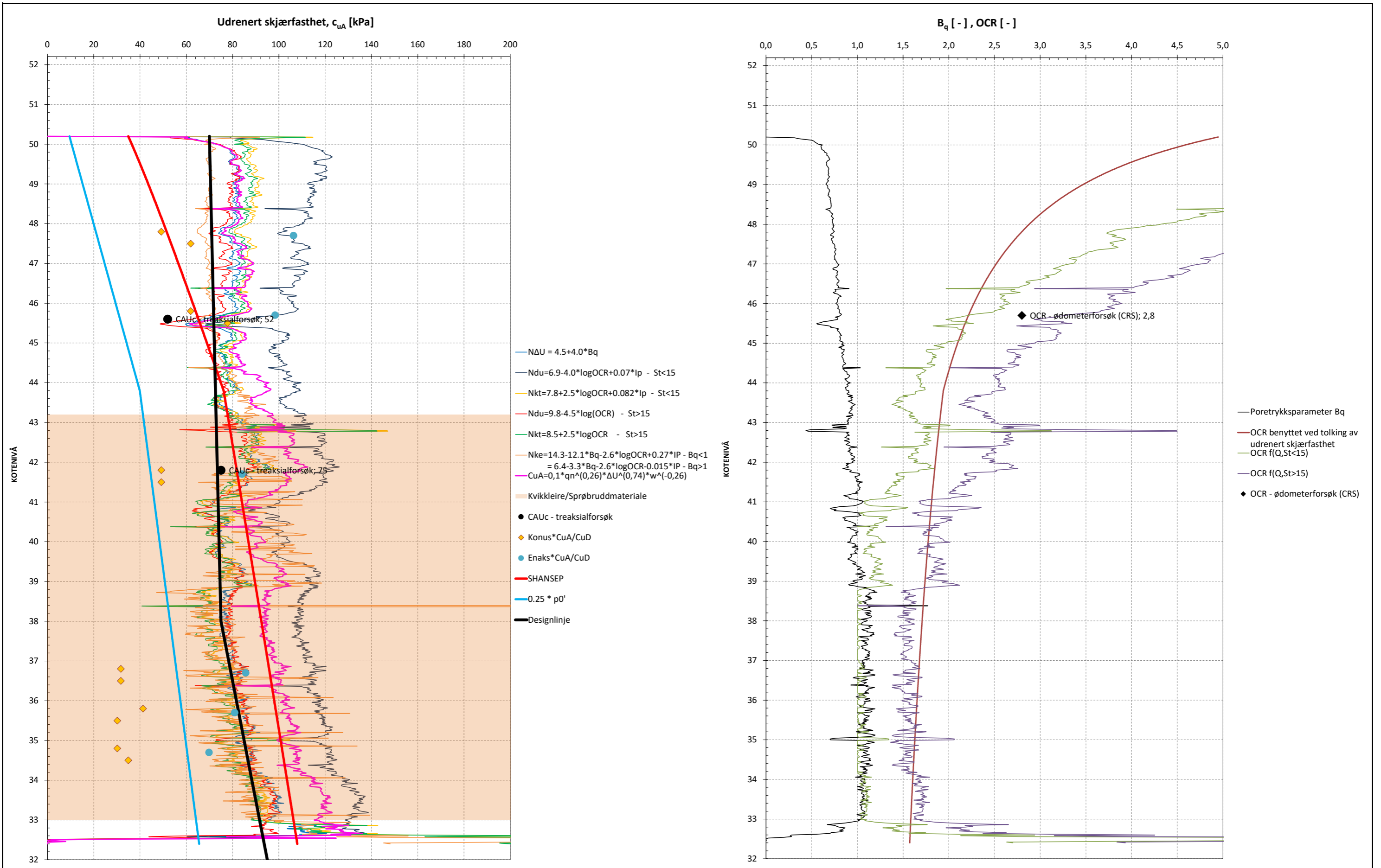
In-situ poretrykk:	Hydrostatisk	Romvekt:	Konstant, 19 kN/m ³
Grunnvannstand [Z]:	1,5 m	SHANSEP-normalisering:	$\alpha = 0,3 \quad \beta = 0,7$
Overkonsolidering:	$\Delta p' = 400$ kPa		Verdier for enaks/konus anses representative for direkte skjærfasthet og er derfor korrigert med anisotropiforholdet $CuD/CuA = 0.63$
Plastisitetsindeks, I_p:	Konstant, $I_p = 10$		

Designlinje, c_{uA}	Kote	c_{uA}
	37,0	80,0
	33,0	80,0



Statsbygg

NTNU Campussamling		Tegn./kontr. SYBE/ALWO	Oppdrag 1350041580
Borpunkt: 410	Terrengkote: 40,7		Bilag 1
Tolking/presentasjon av CPTU Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato 17.01.2022	Tegn. Nr. I



Tolkningsgrunnlag

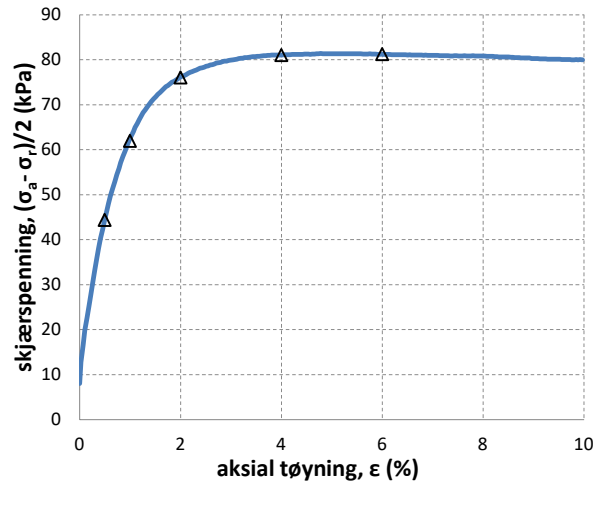
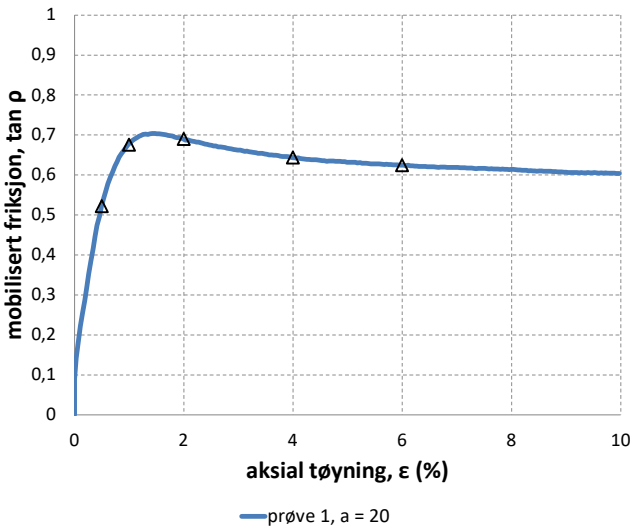
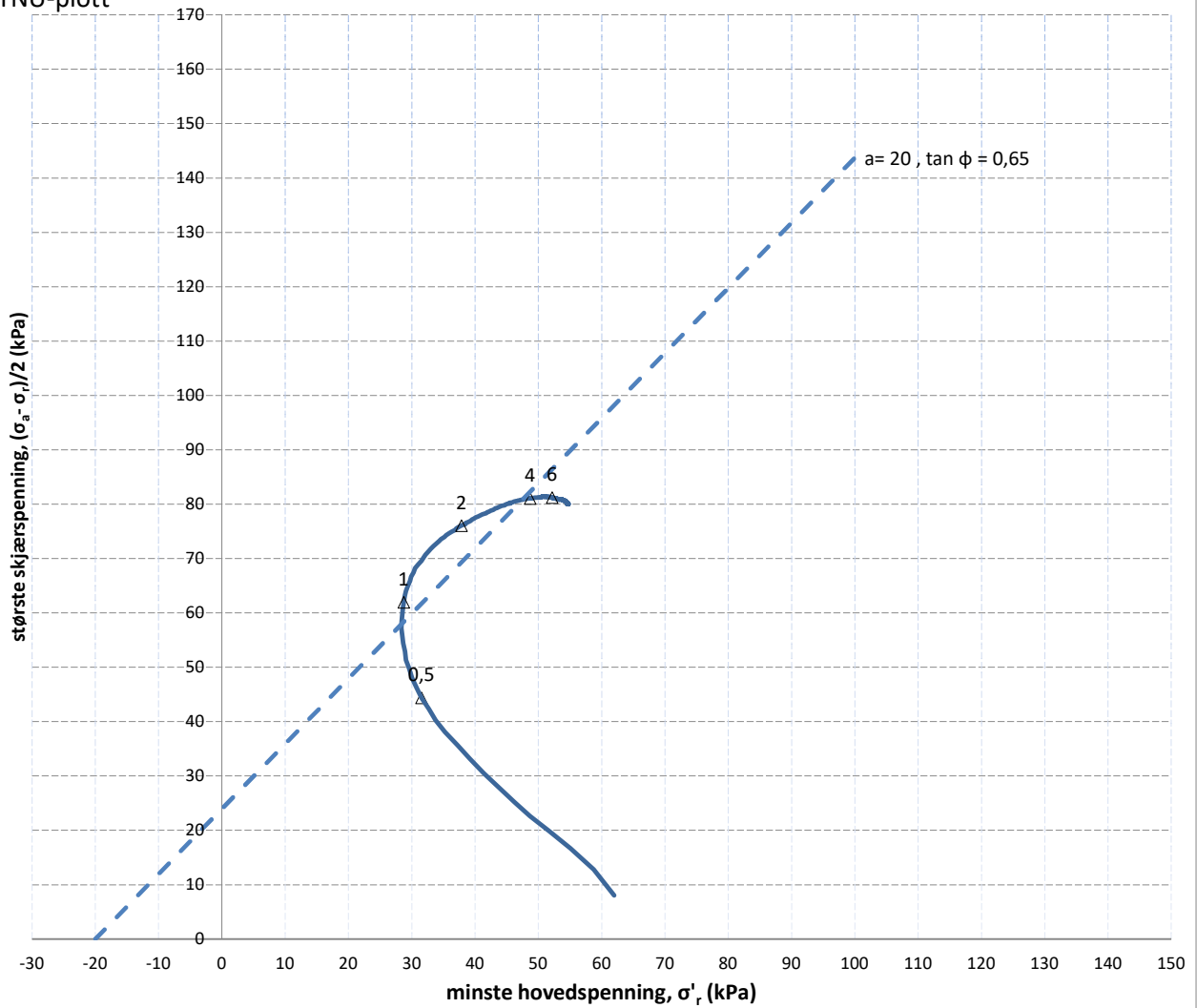
In-situ poretrykk:	Hydrostatisk	Romvekt:	Konstant, 19 kN/m ³
Grunnvannstand [Z]:	8,4 m	SHANSEP-normalisering:	$\alpha = 0,3$ $\beta = 0,7$
Overkonsolidering:	$\Delta p' = 150$ kPa		Verdier for enaks/konus anses representative for direkte skjærfasthet og er derfor korrigert med anisotropiforholdet $CuD/CuA = 0,63$
Plastisitetsindeks, I_p:	Konstant, $I_p = 5$		

Designlinje, c_{uA}	
Kote	c_{uA}
50,2	70,0
38,0	75,0
32,0	95,0



Statsbygg		Oppdrag
NTNU Campussamling		1350041580
Borpunkt: 412	Terrengkote: 52,2	Tegn./kontr.
Tolking/presentasjon av CPTU		SYBE/ALWO
Udrenert skjærfasthet og OCR		Dato
		17.01.2022
		Bilag
		1
		Tegn. Nr.
		II

NTNU-plott



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e ₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p ₀ ' (kPa)	p _a ' (kPa)	p _r ' (kPa)	
1	Δ	410	91	5,50m	CAUA	29,7	1,2	0,026	65	78	62	Leire



NTNU Campus

TREAKSIALFORSØK

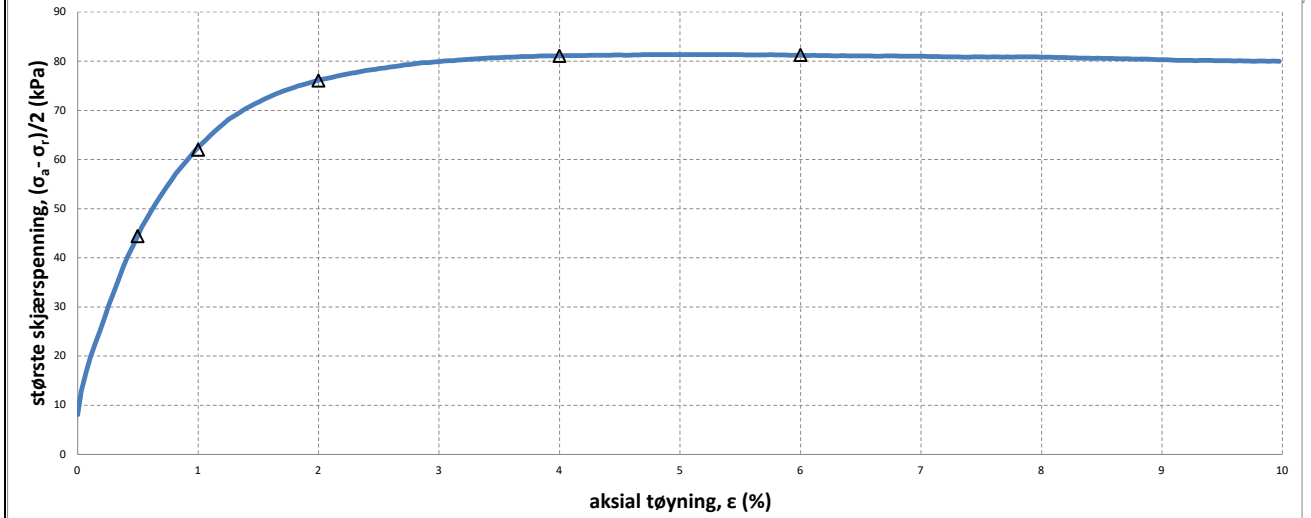
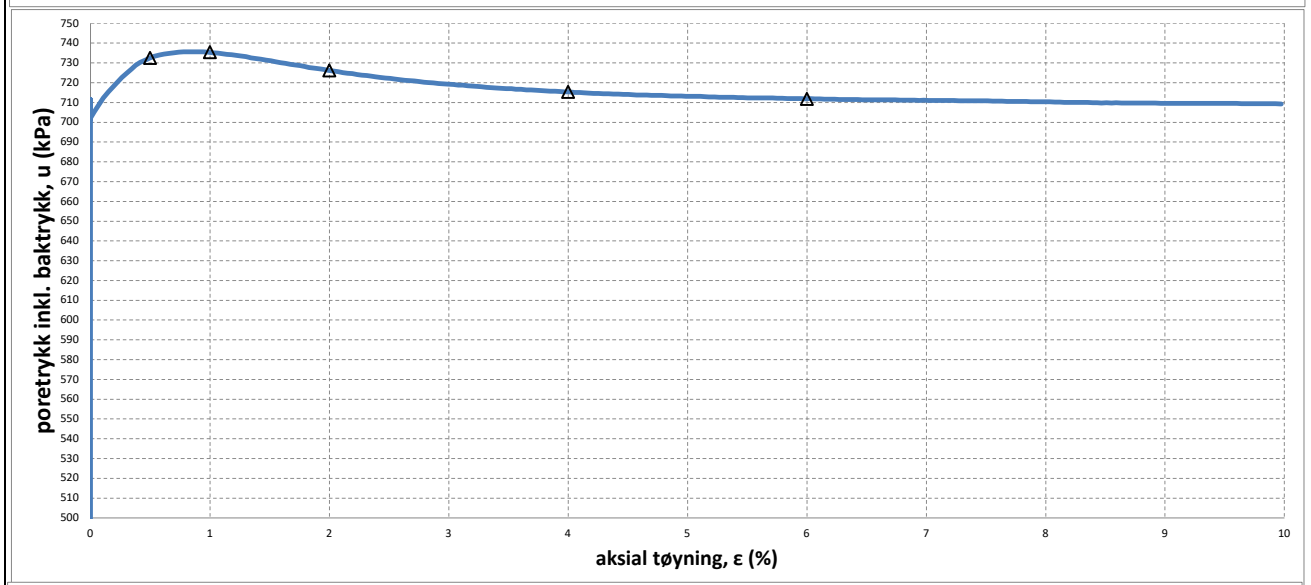
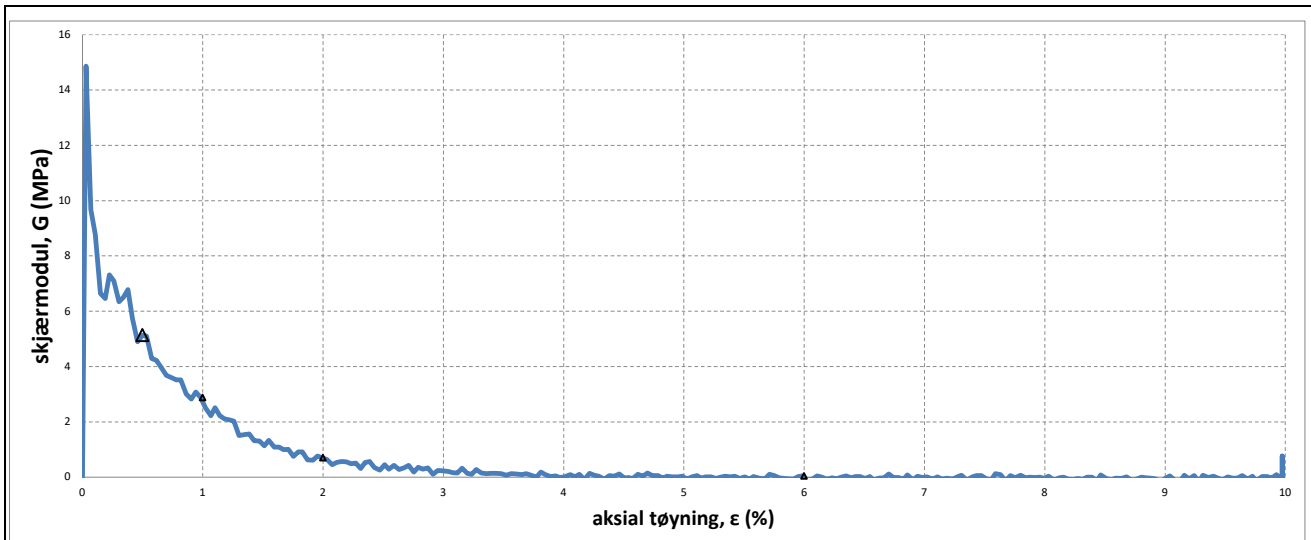
Tegn./kontr.
SYBE/ALWO

Dato
18.10.2021


Oppdrag
1350041580

Bilag
2

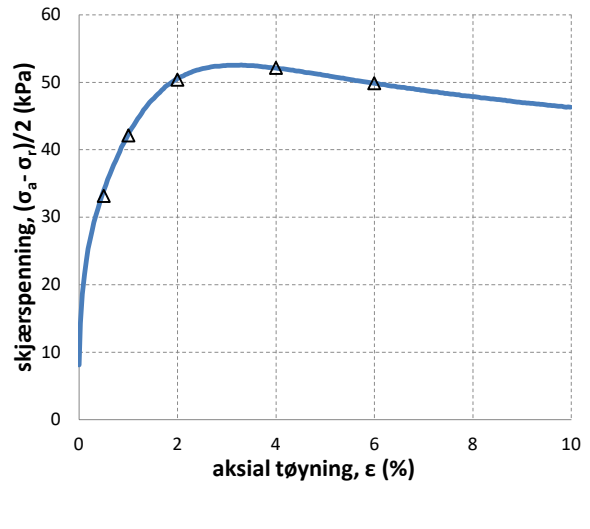
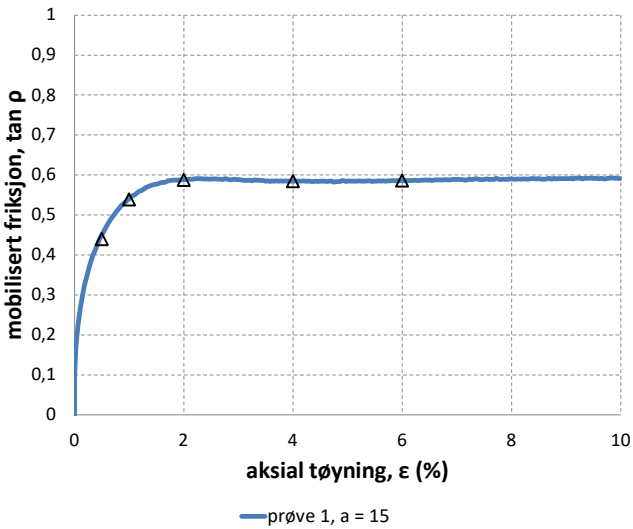
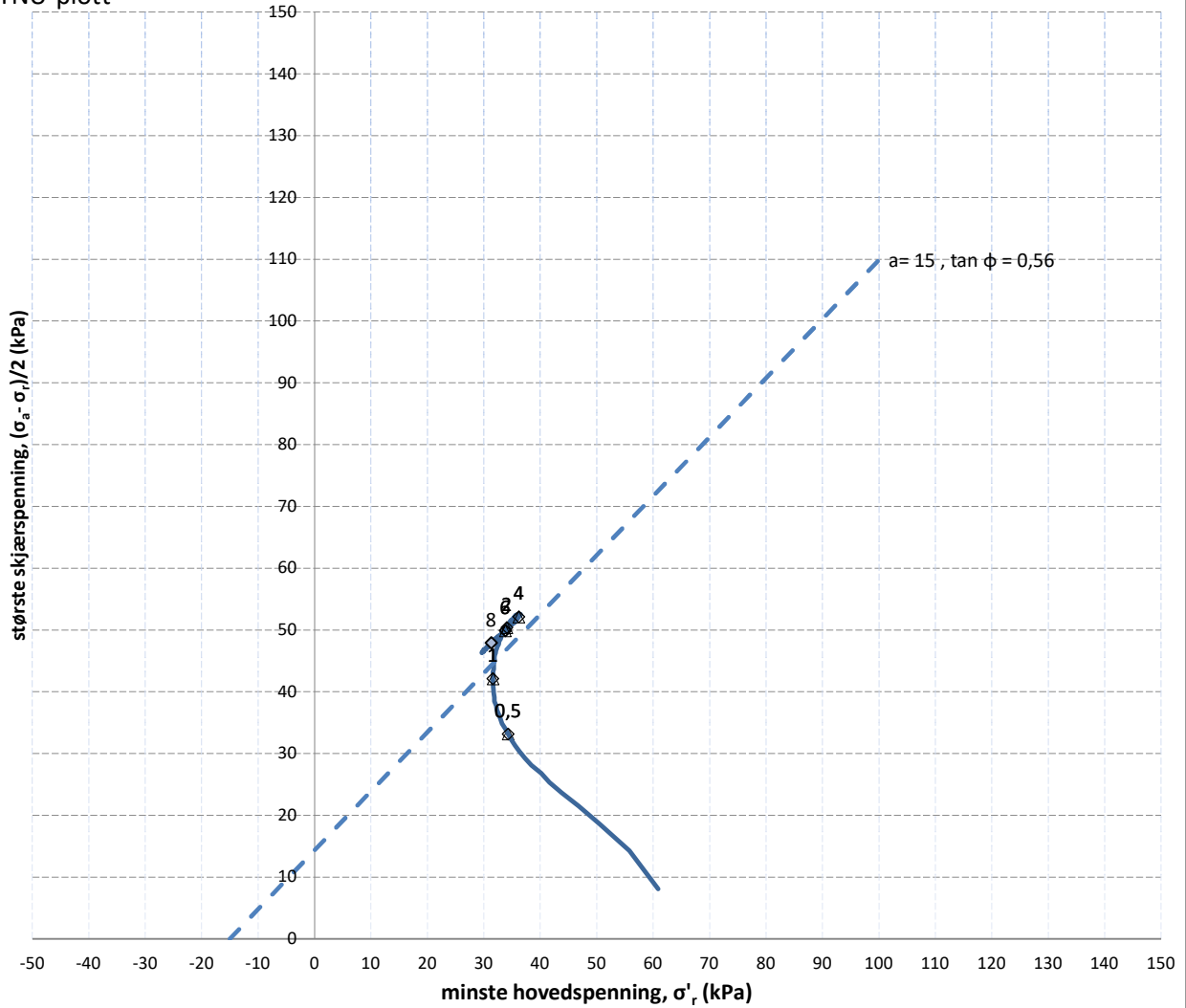
Tegn. Nr.
1



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p₀' (kPa)	pₐ' (kPa)	pᵣ' (kPa)	
1	Δ	410	91	5,50m	CAUA	29,7	1,2	0,026	65	78	62	Leire

	NTNU Campus		Oppdrag 1350041580
	TREKSIALFORSØK		Tegn./kontr. SYBE/ALWO
			Dato 18.10.2021
			Bilag 2
			Tegn. Nr. II

NTNU-plott



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e ₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p ₀ ' (kPa)	p _a ' (kPa)	p _r ' (kPa)	
1	Δ	412	94	6,60m	CAUA	34,0	2,1	0,041	125	77	61	Leire



NTNU Campus

TREAKSIALFORSØK

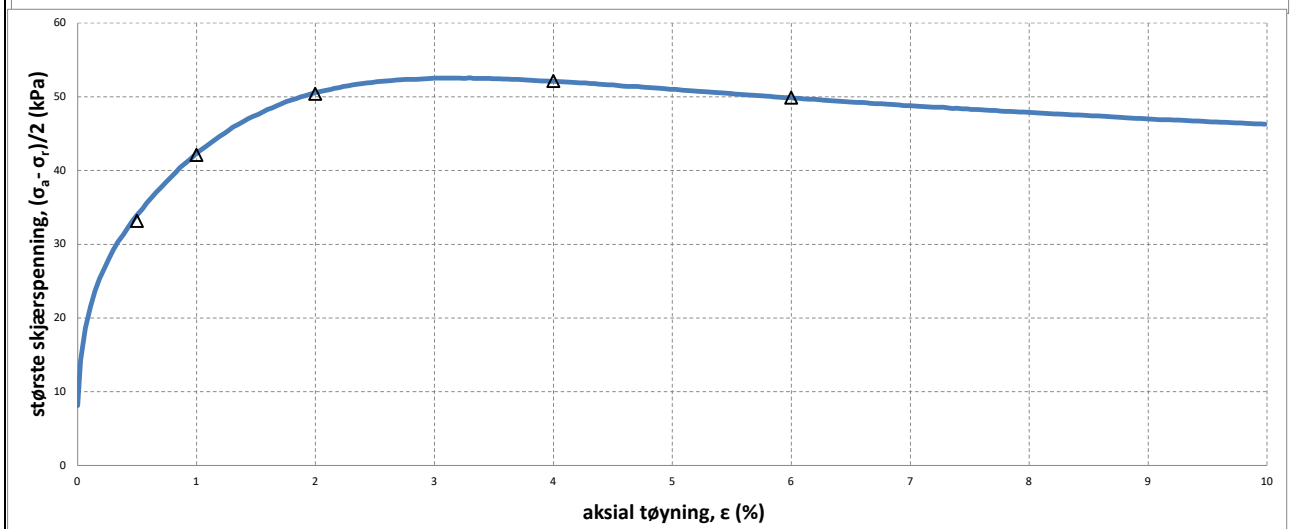
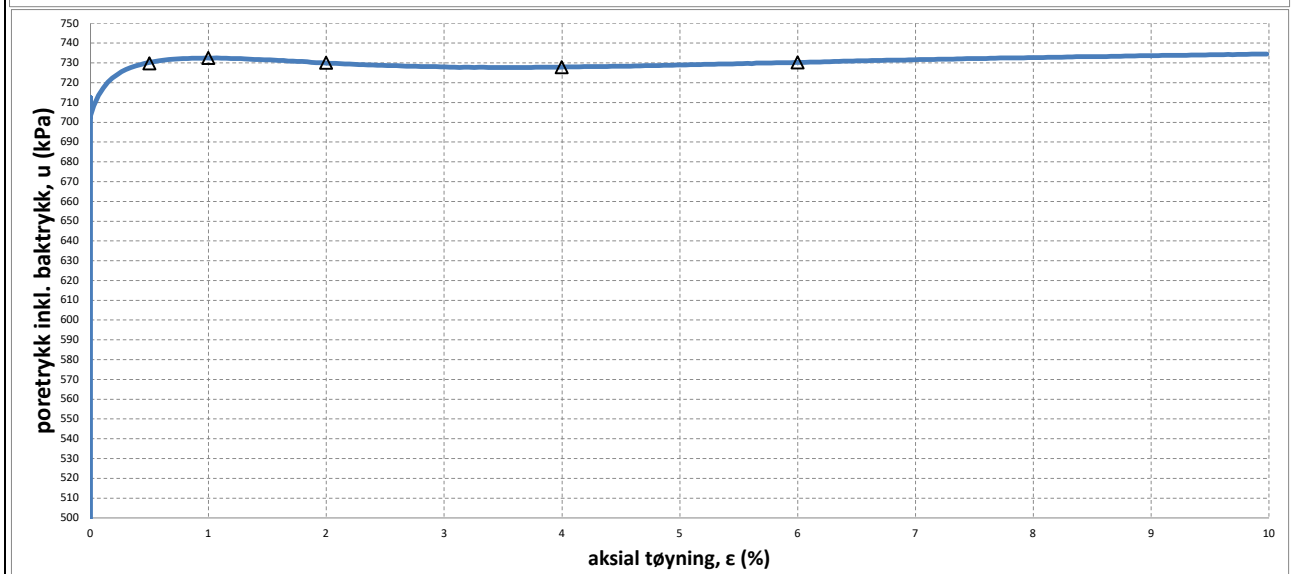
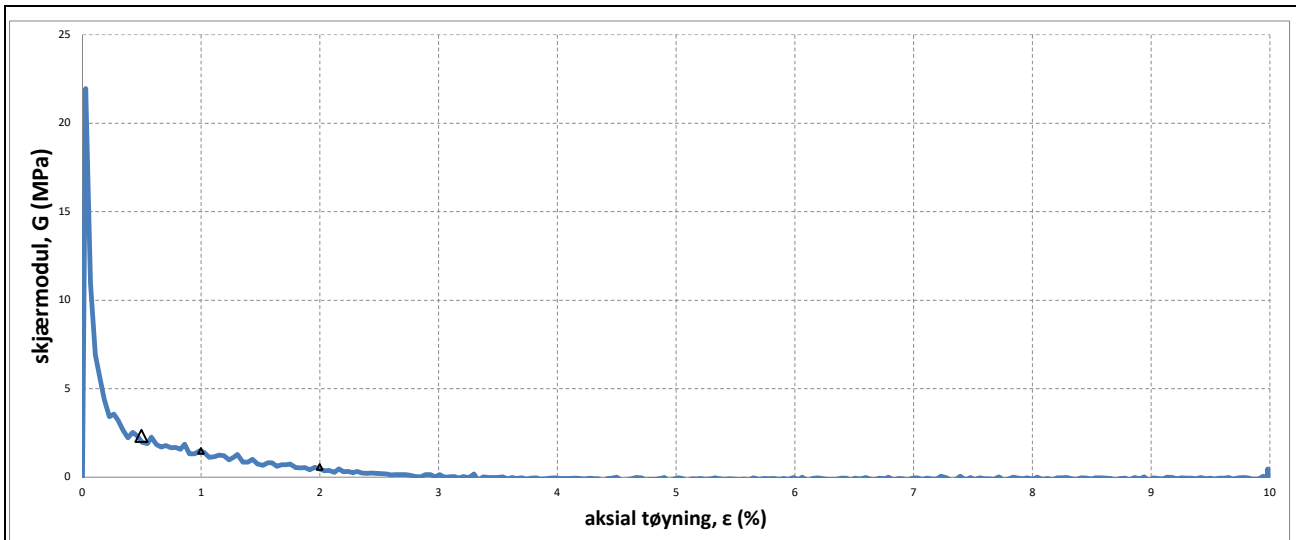
Tegn./kontr.
SYBE/ALWO

Dato
19.10.2021

Oppdrag
1350046011

Bilag
2

Tegn. Nr.
III



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p₀' (kPa)	pₐ' (kPa)	pᵣ' (kPa)	
1	Δ	412	94	6,60m	CAUA	34,0	2,1	0,041	125	77	61	Leire



NTNU Campus

TREKSIALFORSØK

Tegn./kontr.
SYBE/ALWO

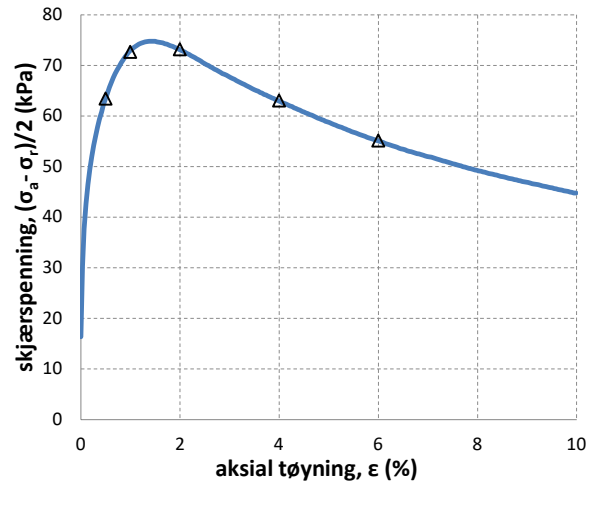
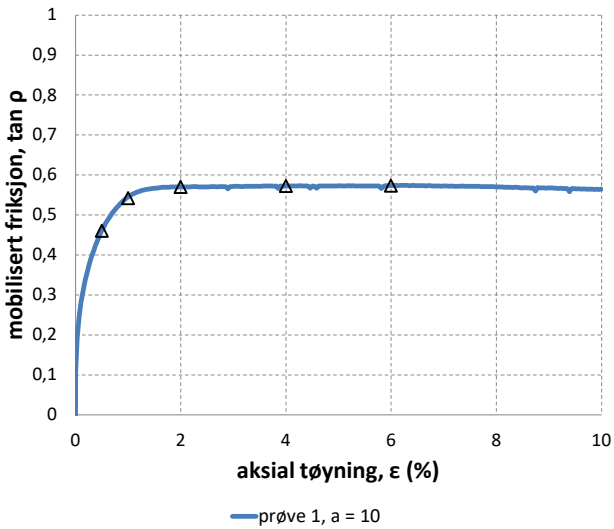
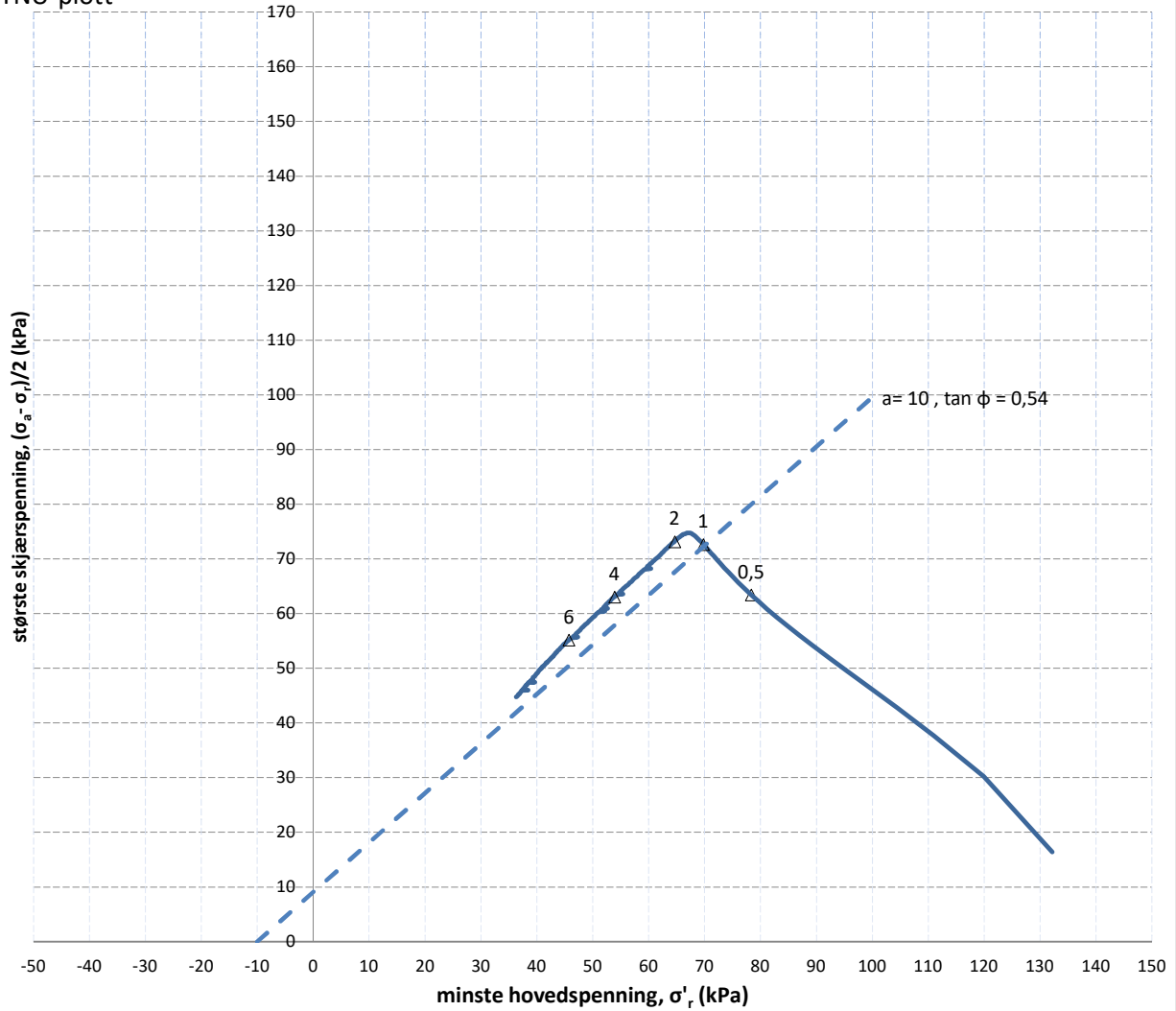
Dato
19.10.2021

Oppdrag
1350046011

Bilag
2

Tegn. Nr.
IV

NTNU-plott



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e ₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p ₀ ' (kPa)	p _a ' (kPa)	p _r ' (kPa)	
1	Δ	412	95	10,40m	CAUA	26,4	3,4	0,079	178	164	132	Kvikkleire



NTNU Campus

TREAKSIALFORSØK

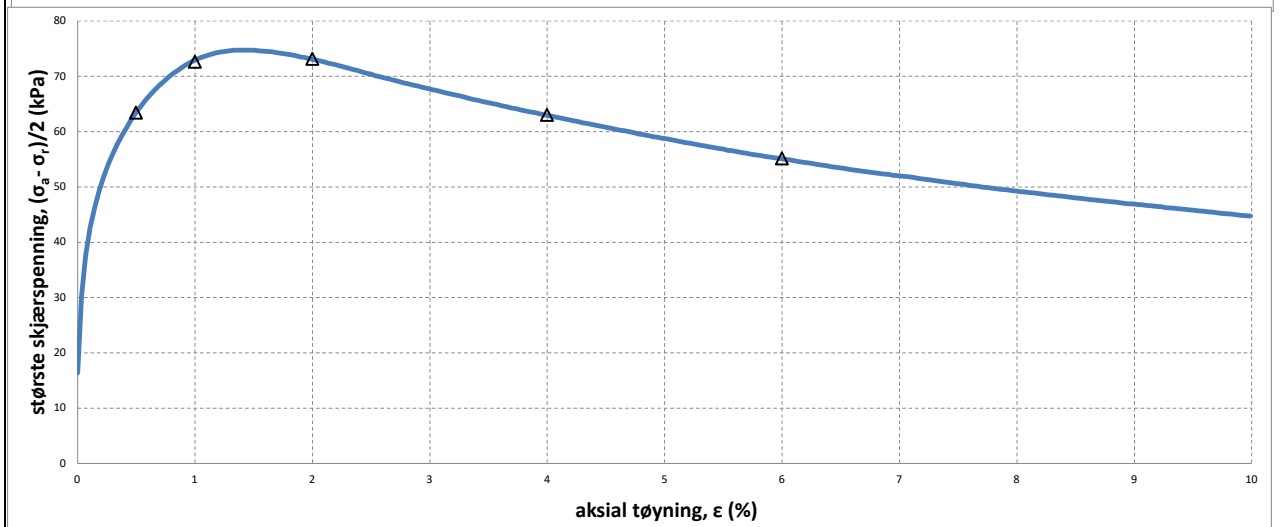
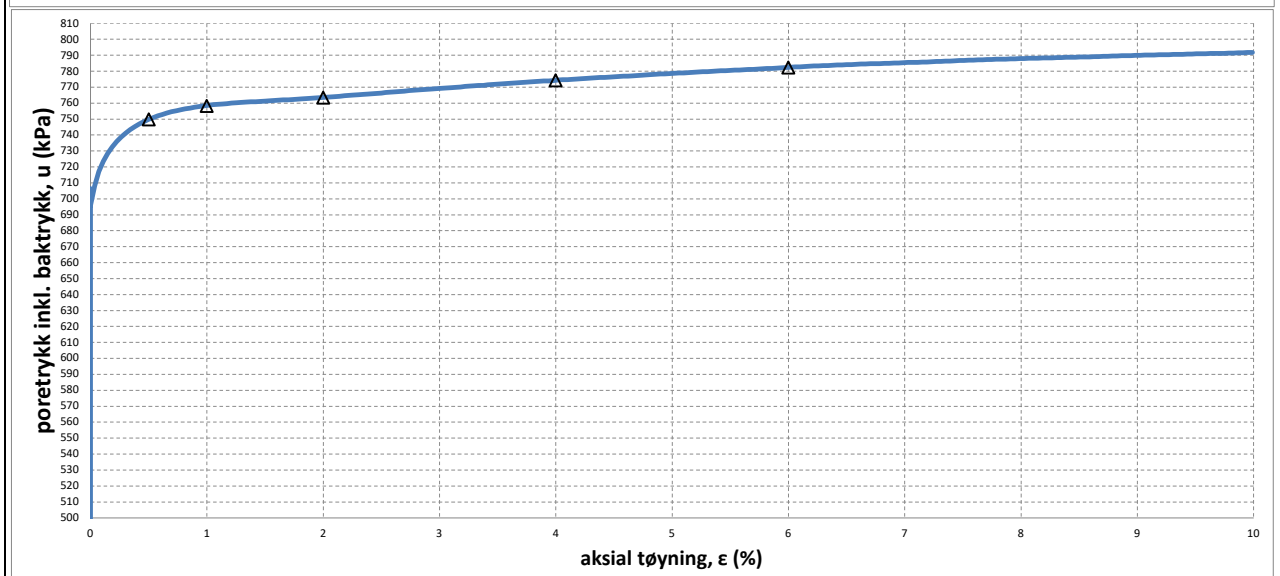
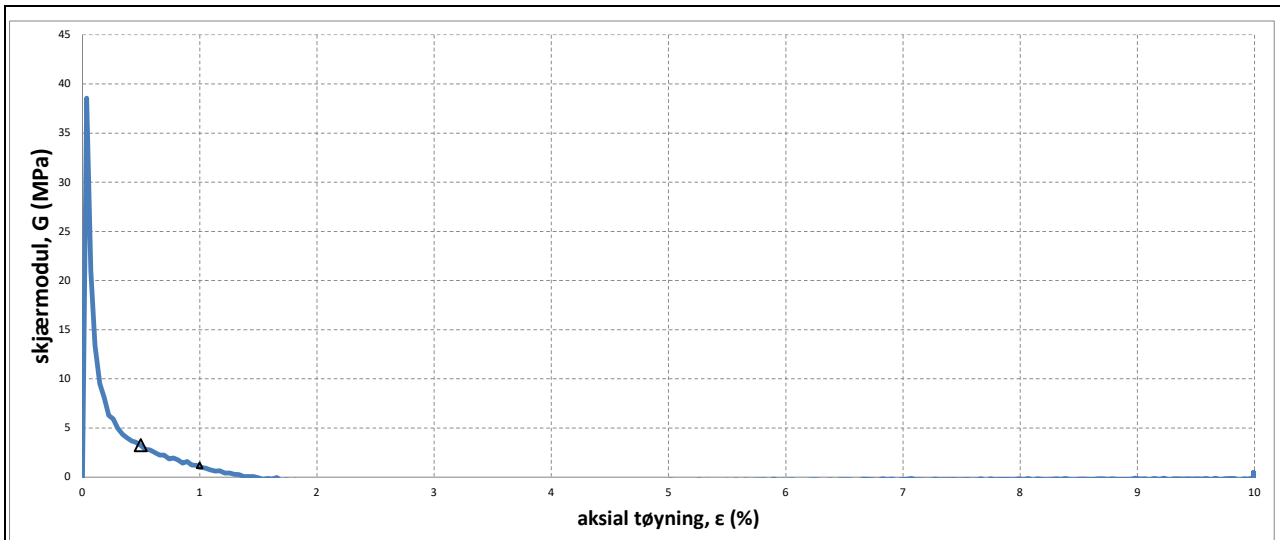
Tegn./kontr.
SYBE/ALWO

Dato
20.10.2021

Oppdrag
1350046011

Bilag
2

Tegn. Nr.
V



PRØVE	SYMBOL	PUNKT	LAB	DYBDE	TYPE	w(vekt%)	dV (%)	de/e ₀	Konsolideringsspenninger			KOMMENTAR
									p ₀ ' (kPa)	p _a ' (kPa)	p _r ' (kPa)	
1	Δ	412	95	10,40m	CAUA	26,4	3,4	0,079	178	164	132	Kvikkleire



NTNU Campus

TREAKSIALFORSØK

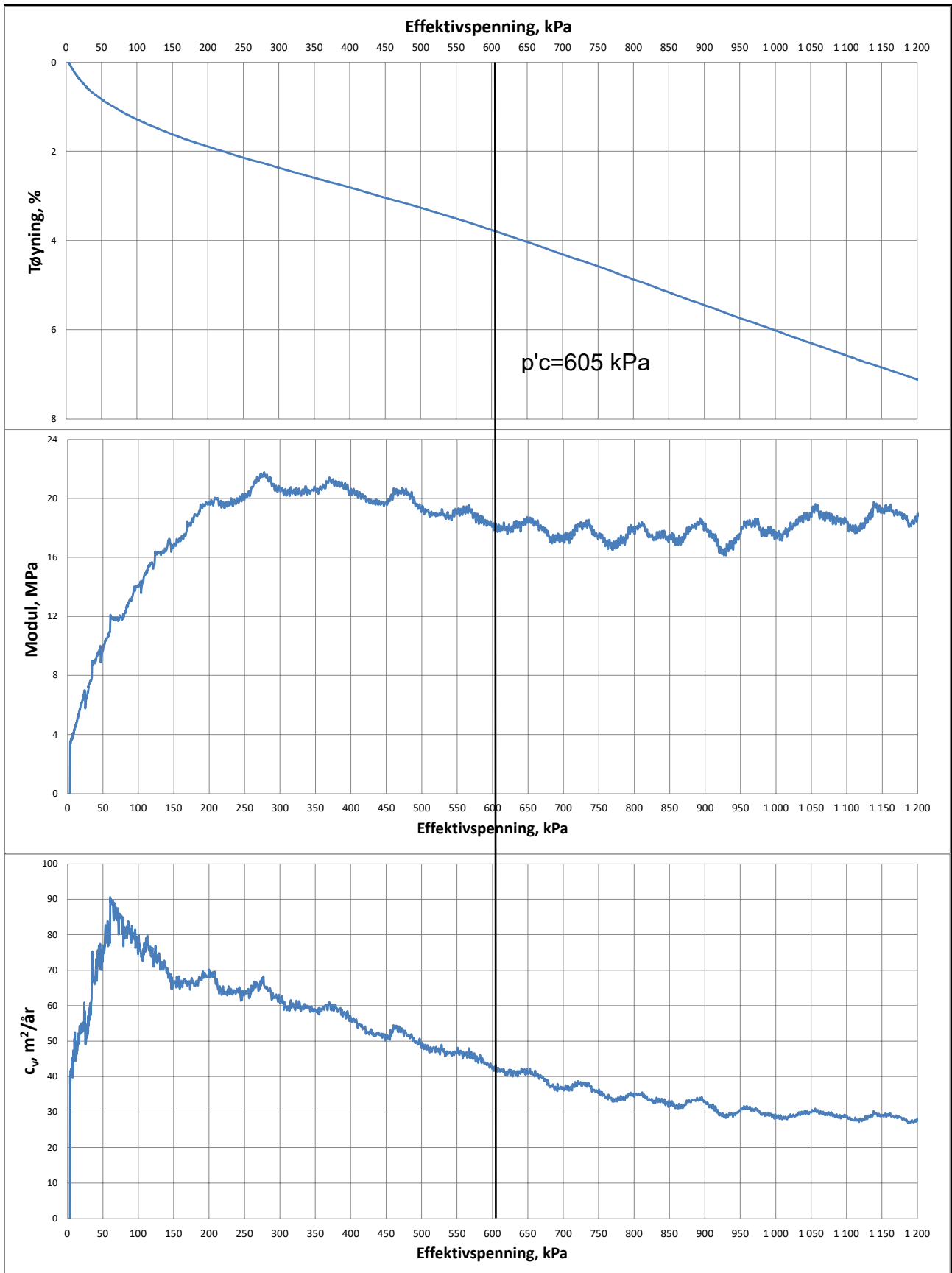
Tegn./kontr.
SYBE/ALWO

Dato
20.10.2021

Oppdrag
1350046011

Bilag
2

Tegn. Nr.
VI



pkt 410 lab 91 dybde 5,40m Leire



NTNU Campussamling

Statsbygg

ØDOMETERFORSØK

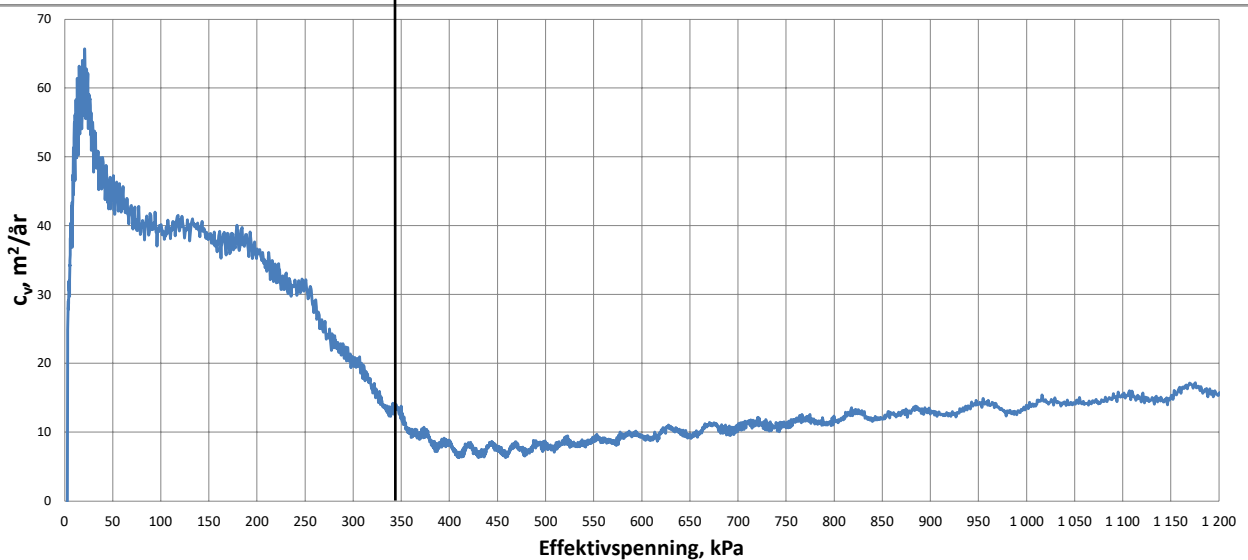
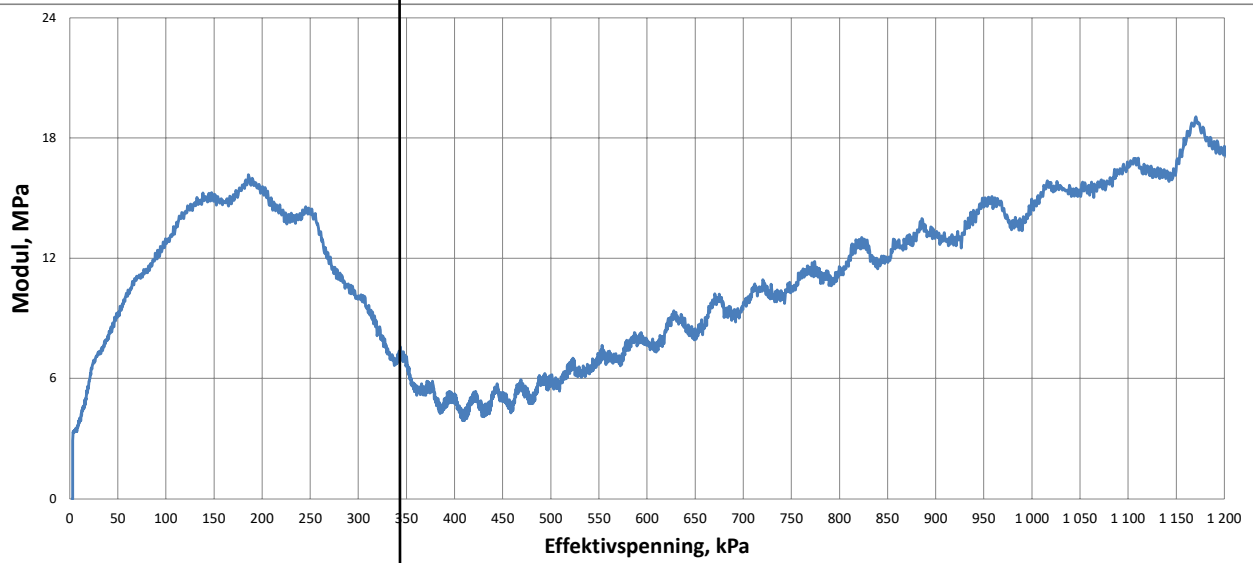
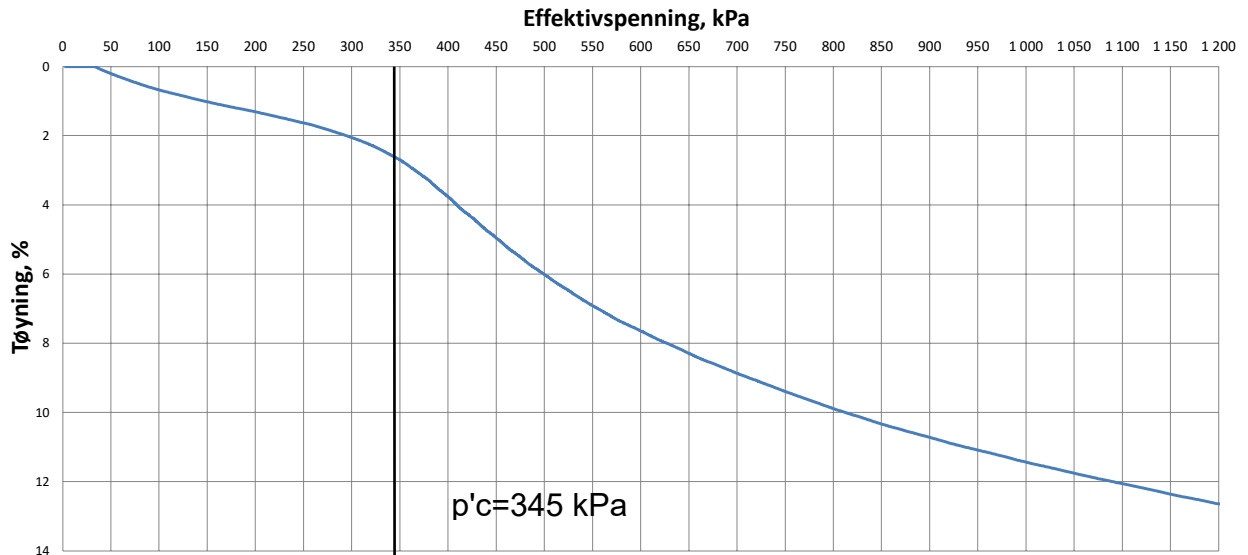
Oppdrag
1350046011

Tegn./kontr.
KBH/AKM

Dato
20.10.2021

Bilag
3

Tegn. Nr.
I



pkt 412 lab 94 dybde 6,50m Leire



NTNU Campussamling

Statsbygg

ØDOMETERFORSØK

Oppdrag
1350046011


Tegn./kontr.
KBH/AKM

Dato
20.10.2021


Bilag
3

Tegn. Nr.
II

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4224	Oppløsning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,864	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	11.08.2021	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning [MPa]	50	0,5	2
Måleområde [MPa]:	50	0,5	2
Oppløsning 12-bit [kPa]:	-	-	-
Oppløsning 18-bit [kPa]:	0,5438	0,0102	0,0212
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	11,956	0,376	0,466
Temperaturområde [°C]:	5-40	5-40	5-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	410	Dato:	12.10.2021
Borleder:	Svegård, Olav	Assistent:	Innleid
Filtertype:	Ferdigmettet porøsfiler	Metningsmedium:	Frostvæske
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	8,3
Forboring [m]:	2	Sondetemperatur slutt [°C]:	10,6
Sum boring [m]:	7,44	Kontroll skriver [m]:	7,44
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	2,8
Er det kontrollert at riktige/siste kalibreringsdata for sonden er lagt inn i programvaren?			Ja
Merknad nullpunktskontroll:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	0,6875	0,0216	0,0268
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	-0,0109	0,1	0
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} [kPa]:	12,1313	0,1318	0,0480
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: Statsbygg Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: NTNU campus		
Borpunkt nr.:	410	Sonde:	4224
	Dato: 12.10.2021	Tegnet: Svegård, Olav	Kontrollert: BKN
	Oppdragsnr.: 1350046011	Bilag nr.: 4	

DOKUMENTASJON MÅLEDATA - GEOTECH SONDER

Sonde nr.:	4224	Oppløsning:	18-bit
SONDEDATA			
Arealforhold, a:	0,864	Arealforhold, b:	0
Kalibreringsdato:	11.08.2021	Utførende:	Geotech AB
EGENSKAP (fra kalibreringsark)	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimum spenning [MPa]	50	0,5	2
Måleområde [MPa]:	50	0,5	2
Oppløsning 12-bit [kPa]:	-	-	-
Oppløsning 18-bit [kPa]:	0,5438	0,0102	0,0212
Max. temp. effekt, ubelastet [kPa]:	11,956	0,376	0,466
Temperaturområde [°C]:	5-40	5-40	5-40
Merknad:			
UTFØRELSE			
Borpunkt nr.:	412	Dato:	06.10.2021
Borleder:	Svegård, Olav	Assistent:	Innleid
Filtertype:	Ferdigmettet porøsfiler	Metningsmedium:	Frostvæske
Forankring:	Nei	Sondetemperatur start [°C]:	12
Forboring [m]:	2	Sondetemperatur slutt [°C]:	10,3
Sum boring [m]:	19,812	Kontroll skriver [m]:	12,8
Avstand mellom målinger [mm]:	20	Max. helning [°]:	8,4
Er det kontrollert at riktige/siste kalibreringsdata for sonden er lagt inn i programvaren?			Ja
Merknad nullpunktskontroll:			
MÅLEVARIALE			
EGENSKAP	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Maksimal temperatureffekt [kPa]:	0,5081	0,0160	0,0198
NULLPUNKTKONTROLL			
FAKTOR	NA (q)	NB (f)	NC (u)
Før sondering:			
Etter sondering:			
Avvik [MPa/kPa/kPa]:	0,013	-0,1	-0,2
NØYAKTIGHETSVURDERING GEOTECH - VURDERING AV ANVENDELSESKLASSE			
MÅLESTØRRELSE	SPISSMOTSTAND	SIDEFRIKSJON	PORETRYKK
Samlet nøyaktighet, Δ_{TOT} [kPa]:	14,0519	0,1262	0,2410
Tillatt nøyaktighet A1, Δ_k [kPa]:	35	5	10
Tillatt nøyaktighet A2, Δ_k [kPa]:	100	15	25
Tillatt nøyaktighet A3, Δ_k [kPa]:	200	25	50
ANVENDELSESKLASSE:	1	1	1
Vurdering profil:			
Oppdragsgiver: Statsbygg Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet	Oppdrag: NTNU campus		
Borpunkt nr.:	412	Sonde:	4224
	Dato: 06.10.2021	Tegnet: Svegård, Olav	Kontrollert: BKN
	Oppdragsnr.: 1350046011	Bilag nr.: 4	