
RAPPORT

NTNU Campusutvikling – Områdeplaner

OPPDRAKSGIVER

COWI

EMNE

Områdestabilitetsvurdering iht. NVE 1/2019,
Delområde 3

DATO / REVISJON: 25. februar 2022 / 00

DOKUMENTKODE: 10215021-06-RIG-RAP-003



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	NTNU Campusutvikling – Områdeplaner	DOKUMENTKODE	10215021-06-RIG-RAP-003
EMNE	Områdestabilitetsvurdering iht. NVE 1/2019, Delområde 3, tomt A.0, A.1 og C.2	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	COWI	OPPDRAGSLEDER	Anders Gylland
KONTAKTPERSON	Einar Kristoffersen Skei Kopi til NTNU v/ Bjørn Letnes	UTARBEIDET AV	Fredrik Aune
KOORDINATER	SONE: 32N ØST: 569880 NORD: 7032970	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	405 / 177 / - / m.fl. Trondheim		

SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert for å utføre en vurdering av områdestabiliteten for en planlagt utvidelse av NTNU campus på Gløshaugen. Foreliggende vurdering gjelder tomtene A.0, A.1 og C.2 i delområde 3. Gjeldende plannivå er detaljregulering. I tillegg til områdestabiliteten, tar utredningen også høyde på å avdekke sentrale problemstillinger som kan være avgjørende for videre utforming av prosjektet.

Planlagt utbygging på aktuelle tomter (A.0, A.1 og C.2) ligger ikke innenfor noen kjente kvikkleiresoner. Tomtene ligger heller ikke i direkte utløpsområde for et potensielt områdeskred i de nærmeste kvikkleiresonene.

Basert på tidligere og nye supplerende grunnundersøkelser ved A.0 og A.1, samt tidligere relevante vurderinger i området, er det konservativt antatt at det kiler ut en lomme med sprøbruddmateriale/kvikkleire fra øst mot vest under tomt A.1. Det vurderes at muligheten for områdeskred, og dermed tilhørende nødvendig sikkerhetskrav etter NVE 1/2019 ikke er relevant, da det er ingen eller svært lite sprøbruddmateriale involvert i kritisk glideflate. Det er dermed vurdert at det ikke vil forekomme en retrogressiv skredutvikling, og det er ikke fare for områdeskred. Krav til sikkerhet for skråningen fra tomtene A.0 og A.1 ned mot Klæbuveien anses å være tilfredsstillt ved å oppfylle krav gitt i Eurokode 7.

Utførte stabilitetsberegninger for tomt A.0 viser at skråningsstabiliteten, for en lastsituasjon tilsvarende 50 kPa belastning på eksisterende terreng, er tilfredsstillende iht. krav i Eurokode 7.

Stabilitetsberegningene for tomt A.1 viser at skråningsstabiliteten er tilfredsstillende for en lastsituasjon tilsvarende 80 kPa for planlagt utbygging på tomt A.1 iht. krav i Eurokode 7.

Stabilitetsberegninger viser at en potensiell utbygging på tomt C.2 ikke vil være gjennomførbar uten å utføre stabiliserende tiltak i forkant. Stabiliserende tiltak kan være å etablere en motfylling i bunn av skråningen ned mot Dødens dal. For å bevare området som en fotballbane, må hele området heves til ca. kote +37. Dette tilsvarer en terrengheving på ca. 2 m. Stabiliserende tiltak for C.3 og C.4 må også være gjennomført før C.2 kan bebygges.

For A.0, A.1 og C.2 kan direktefundamentering eller en pelet løsning velges, avhengig av størrelse på bygg og aktuelt lastbilde. Det kan være mulig å etablere nybygg med én eller to kjelleretasjer, avhengig av nærhet til nabobygg og valg for utforming av byggegrop (åpen utgraving/spunt). Det må gjøres en vurdering av bæreevne og setninger for eksisterende og nye fundamenter når tiltaket er mer detaljert. Det må spesielt vies oppmerksomhet til potensielle differansesetninger mellom nytt og eksisterende bygg for utbygging på tomt A.0 og A.1.

Gjennomførbarheten av tomt X.0, A.4, B-rekka, C.3 og C.4 vurderes av Rambøll i deres rapport 1350041580 G-rap-003.

Løsningene som her er skissert som mulige løsninger for utbyggingen, må vurderes og detaljeres i en senere detaljprosjekteringsfase. Det kan her også anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser, med målsetning om å kunne optimalisere de nødvendige tiltakene og øke bærekraften i prosjektet.

00	25.02.2022	Vurdering av områdestabilitet iht. NVE	Fredrik Aune	Petter Boge Kjønås	Anders Gylland
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
1.1	Bakgrunn for prosjektet	6
1.2	Tiltakskategorier og relevante steg	9
2	Regelverk og krav	10
2.1	Relevant regelverk	10
2.2	Sikkerhetskrav	10
2.2.1	Spesielle forhold knyttet til tomtene A.0 og A.1	10
2.3	Uavhengig kvalitetssikring	11
3	Grunnlag	12
3.1	Topografi	12
3.2	Kvartærgeologisk kart og marin grense	13
3.3	Registrerte kvikkleiresoner	14
3.4	Grunnundersøkelser	15
3.4.1	Tidligere utførte grunnundersøkelser	15
3.4.2	Supplerende grunnundersøkelser	17
3.5	Grunnforhold	18
3.6	Tidligere utredning av eksisterende faresoner	18
3.7	Utbyggingsplaner	19
3.7.1	A.0	19
3.7.2	A.1	19
3.7.3	C.2	20
4	Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde	21
4.1	Grunnlag for valg av profiler	22
4.1.1	Profil J1	22
4.1.2	Profil M	22
4.1.3	Profil N	22
4.1.4	Profil O	23
4.1.5	Profil P	23
5	Vurdering av områdestabilitet i Delområde 3	24
5.1	Profil J1 – Tomt C.2	24
5.2	Profil M – Tomt C.2 (C.1)	24
5.3	Profil O – Tomt A.1	25
5.4	Profil P – Tomt A.0	25
6	Utløpsproblematikk	26
6.1	Kvikkleiresone 188 Berg Studentby	26
6.2	Kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker	28
7	Gjennomførbarhet – Delområde 3	30
7.1	Tomt C.2	30
7.2	Tomt A.0	30
7.3	Tomt A.1	30
7.4	Tomt C.1	30
7.5	Tomt X.0 – Hovedbygningen	31
7.6	Tomt A.4	31
7.7	B-rekka	31
7.8	Tomt C.3 og C.4	31
8	Konklusjon	32
8.1	Videre arbeid	32
9	Referanser	33

Tegninger

10215021-06-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001.3	Borplan/Situasjonsplan med profiler
	-780	Profil J1-J1 – Lagdeling
	-781	Profil M-M – Lagdeling
	-782	Profil N-N – Lagdeling
	-783	Profil O-O – Lagdeling
	-784	Profil P-P – Lagdeling
	-880.1	Profil J1-J1 – Stabilitetsberegninger – Mulig utbygging
	-880.2	Profil J1-J1 – Stabilitetsberegninger – Mulig utbygging med motfylling
	-881.1	Profil M-M – Stabilitetsberegninger – Influensområde mulig utbygging
	-881.2	Profil M-M – Stabilitetsberegninger – Influensområde med motfylling
	-883.1	Profil O-O – Stabilitetsberegninger – Mulig utbygging
	-884.1	Profil P-P – Stabilitetsberegninger – Mulig utbygging

Vedlegg

- A – Stabilitetsberegninger
- B – Tolkning av laboratorieforsøk og CPTU
- C – Tidligere utførte grunnundersøkelser

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for prosjektet

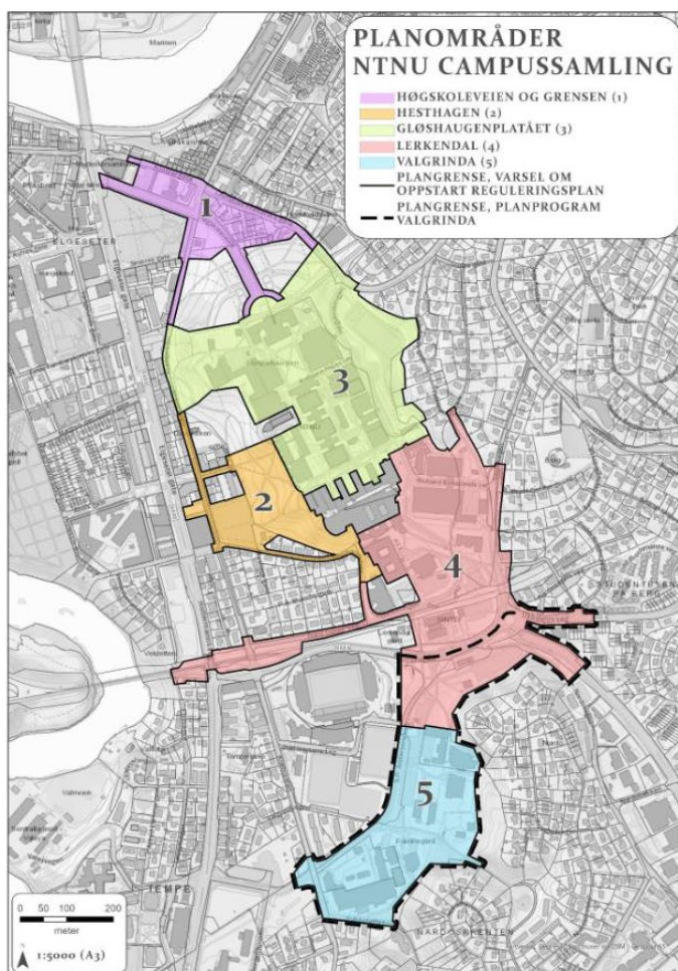
NTNU planlegger en langsiktig utvikling av campus Gløshaugen. Utviklingen innebærer blant annet etablering av en rekke universitetsbygg innenfor flere delområder. Denne rapporten omhandler prosjekter innenfor delområde 3, DO3. Figur 1-1 viser det aktuelle delområdet.

Delområde 3 er avgrenset av Høgskoleveien mot nord, Tidemands gate og Christian Frederiks og Eidsvolls gate mot øst, Klæbuveien mot vest og Sem Sælands vei mot sør.

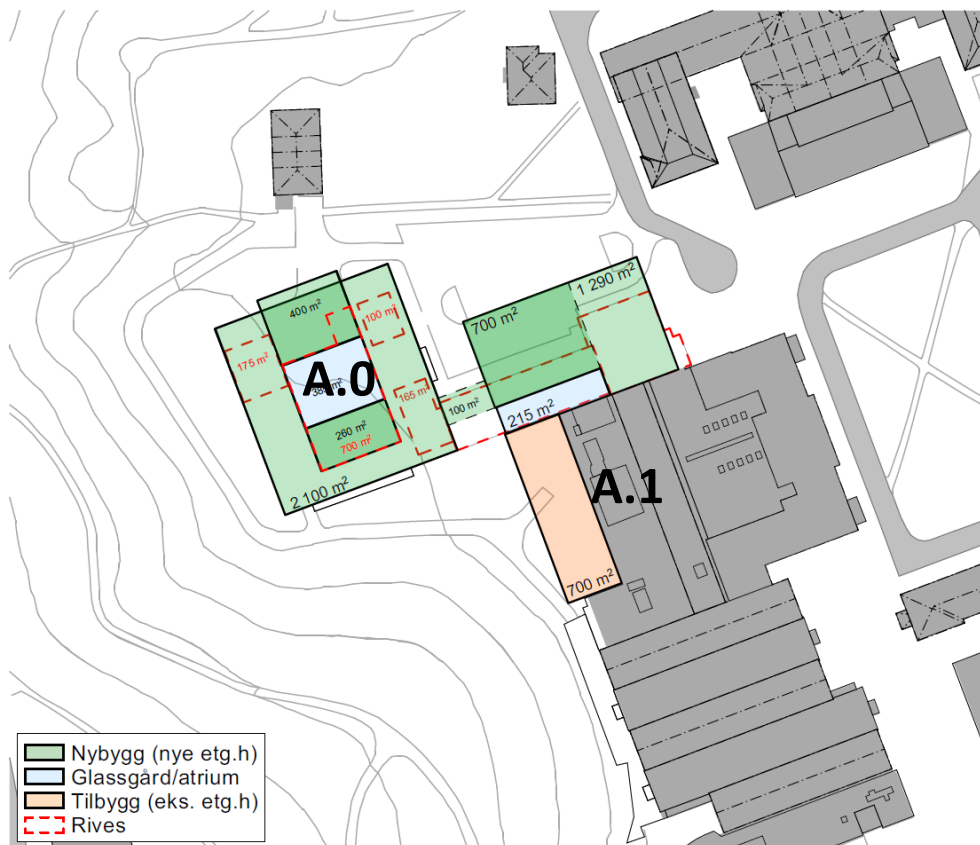
Multiconsult er engasjert for å utføre en vurdering av områdestabiliteten i forbindelse med den planlagte utviklingen, samt vurdere utfordringer knyttet til gjennomførbarhet ved utbygging på tomtene A.0, A.1 og C.2.

Foreliggende rapport omfatter vurderinger av områdestabilitet etter NVEs veileder nr. 1/2019 [1] for tomtene A.0, A.1 og C.2. Vurderingene har et detaljeringsnivå tilsvarende detaljregulering. Figur 1-2 til figur 1-4 viser en oversikt med navn på de ulike tomtene i DO3.

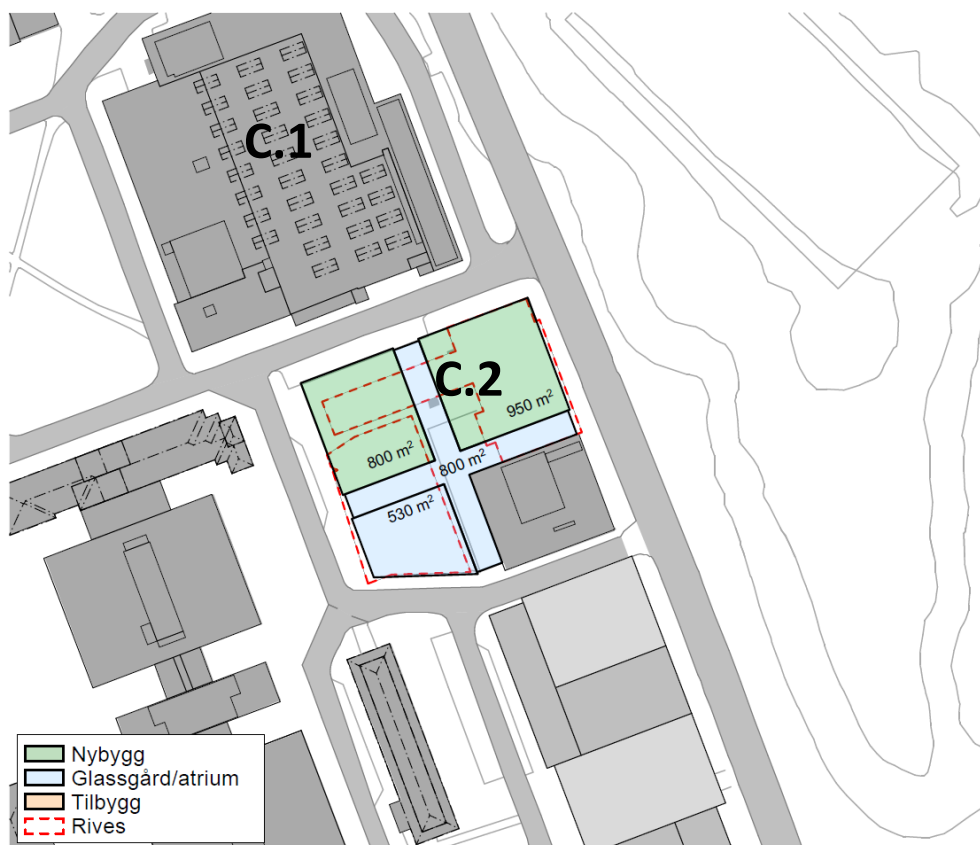
Rambøll utfører vurdering for tomtene X.0 (Hovedbygningen), B-rekka med sentralblokkene, og C.3 og C.4, som vist i figur 1-4. Vurderingen er presentert i Rambøll sin rapport nr. 1350041580-G-rap-003 [2].



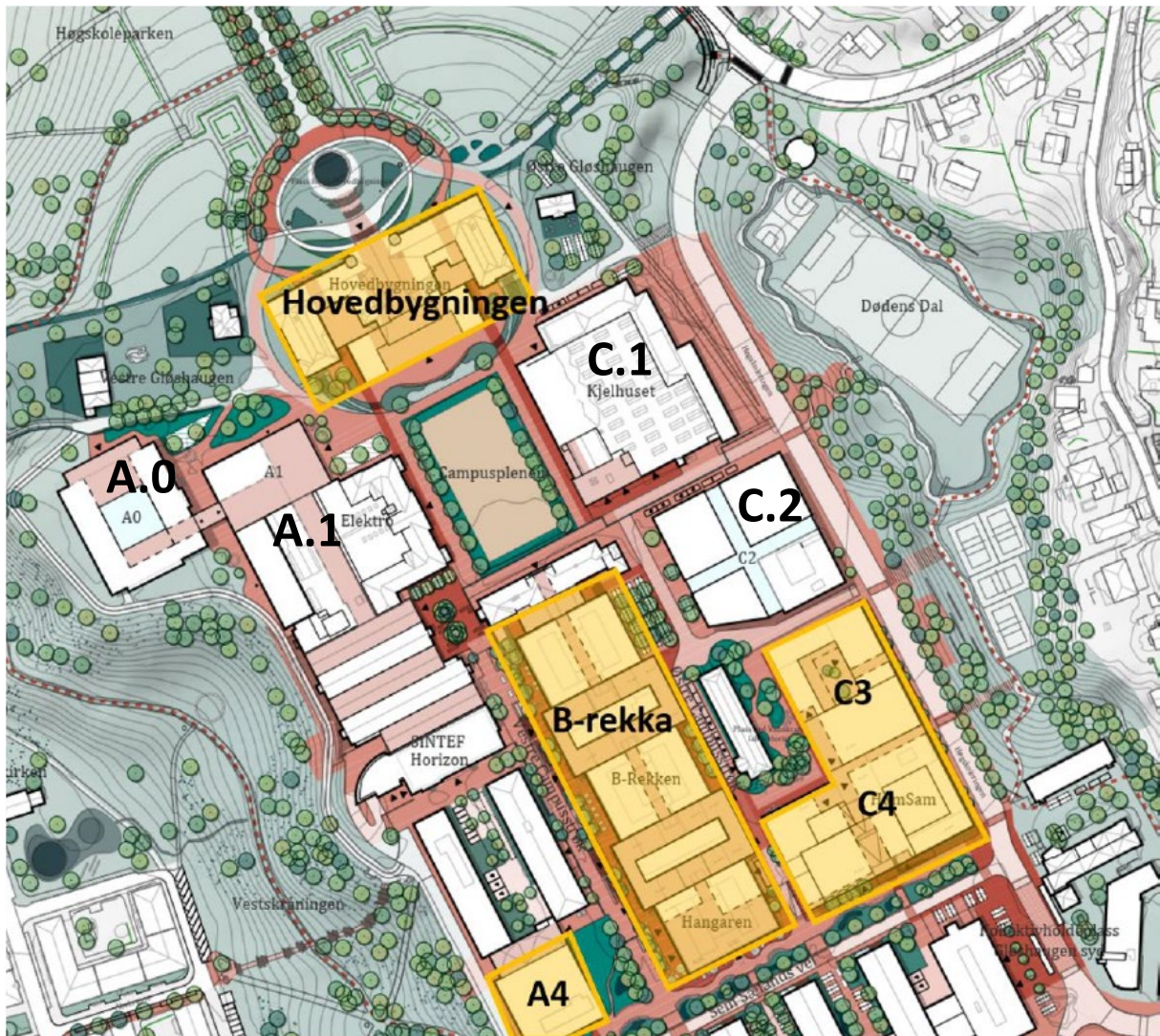
Figur 1-1: Kart som viser delområdene 1-5 som inngår i NTNU Campussamling/Campusutvikling. Hentet fra Rambølls rapport 1350041580-G-rap-003 [2].



Figur 1-2: Plankart med skissert mulige tiltak på A0/A1-tomtene. Hentet fra mulighetsstudie utarbeidet av Lusparken Arkitekter. Datert 02.02.2022.



Figur 1-3: Plankart med skissert mulig tiltak på C2-tomtten. Hentet fra mulighetsstudie utarbeidet av Lusparken Arkitekter. Datert 15.10.2021.



Figur 1-4: Plankart med oversikt over tomter vurdert av Rambøll. Hentet fra Rambølls rapport 1350041580-G-
rap-003 [2].

1.2 Tiltakskategorier og relevante steg

Utviklingen omfatter en rekke universitetsbygg, og utredningen plasseres i tiltakskategori K4 i henhold til NVEs veileder nr. 1/2019 [1].

Gjeldende plannivå er detaljregulering. Arbeidet vil undersøke muligheter og begrensninger i plassering av ønskede bygningsvolumer sett ut fra problemstillinger knyttet til områdestabilitet. Arbeidet tar for seg stegene beskrevet i tabell 3.1 i NVEs veileder nr. 1/2019 [1], se figur 1-5. Punkt 10 vil utredes på et overordnet nivå og må dokumenteres på nytt i en detaljprosjektering for de aktuelle byggene.

	Steg i prosedyren	Anbefalt detaljeringsnivå for arealplaner	Kommuneplan	Områderegulering	Detaljregulering
AKTSOMHETS-OMRÅDER	1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	X	X	X
	2	Avgrens områder med mulig marin leire	X	X	X
	3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	(x)	X	X
UTREDNING AV FARESONER	4	Bestem tiltakskategori	(x)	X	X
	5	Gjennomgang av grunnlag	(x)	(x)	X
	6	Befaring		(x)	X
	7	Gjennomfør grunnundersøkelser		(x)	X
	8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder		(x)	X
	9	Klassifiser faresoner		(x)	X
	10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet		(x)	X
	11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser		(x)	X

Figur 1-5: Prosedyre for utredning av områdeskredfare iht. tabell 3.1 i NVEs veileder nr. 1/2019 [1].

2 Regelverk og krav

2.1 Relevant regelverk

Den planlagte utbyggingen av området må tilfredsstillende følgende regelverk med hensyn til skredfare:

- TEK17 § 7-3 Sikkerhet mot skred
- TEK17 § 10-2 Konstruksjonssikkerhet

Kravene stilt i gjeldende regelverk med tanke på skredfare kan anses som tilfredsstillende der områdestabilitetsvurderinger er utført i henhold til NVEs retningslinjer nr. 2/2011 [3] med tilhørende veileder nr. 1/2019 [1].

I prinsippet skal lokalstabilitet av byggegrupp/fundamentering etter Eurokode 7 [4] dokumenteres i byggesak, men det vil omtales her for enkelte tomter etter ønske fra oppdragsgiver og der det er spesielt relevant knyttet til gjennomføring av utbygging i plangrunnlaget.

2.2 Sikkerhetskrav

Vurderingen omfatter utbygging av universitetsbygninger og er plassert i tiltakskategori K4. Sikkerhetskrav som listet opp under gjelder både for midlertidige og permanente faser.

For tiltak plassert i tiltakskategori K4, og som forverrer stabiliteten, stilles det krav til en absolutt sikkerhetsfaktor på $F_{CU} \geq 1,4 \cdot f_s$ i udrenert tilstand og $F_{C\phi} \geq 1,25$ i drenert tilstand. Her er $f_s = 1,15$ og representerer sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekten i udrenerte beregninger, der det er sprøbruddmateriale/kvikkleire.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten stilles det krav til sikkerhet på $F_{CU} \geq 1,4$ i udrenert tilstand og $F_{C\phi} \geq 1,25$ i drenert tilstand. Disse kravene sammenfaller med krav til lokalstabilitet etter Eurokode 7 [4].

Dersom beregnet sikkerhet er lavere enn kravene kreves det økning av sikkerhetsfaktoren, fortrinnsvis til det gjeldende absolutte sikkerhetsnivå. Prosentvis økning basert på faregrad og beregnet sikkerhet kan også benyttes i enkelte tilfeller.

Der skråninger i faresonen ligger utenfor tiltakets influensområde, stilles det krav til langtidsstabilitet og robusthet på henholdsvis $F_{C\phi} \geq 1,25$ og $F_{CU} \geq 1,2$. Dersom beregnet sikkerhet er lavere enn krav til langtidsstabilitet og robusthet kreves det prosentvis økning basert på faregrad og beregnet sikkerhet.

Erosjon i området må forebygges dersom dette kan utløse skred som igjen kan ramme tiltaket. Det skal her gjøres en vurdering av alle relevante løsnings- og utløpsområder for skråninger hvor erosjon kan utløse skred.

2.2.1 Spesielle forhold knyttet til tomtene A.0 og A.1

Basert på tidligere antagelser om utbredelse av sprøbruddmateriale på Gløshaugplatået presentert i rapport 415913 [5], Norconsults tolkning av sprøbruddmateriale like sør for tomt A.0 og A.1 i forbindelse med vurderingsarbeid for SINTEF Horizon [6], samt supplerende grunnundersøkelser utført av Multiconsult i forbindelse med dette prosjektet, er det konservativt antatt at det kiler ut en lomme med sprøbruddmateriale/kvikkleire fra øst mot vest under tomt A.1. Laget med sprøbruddmateriale kiles ut da det fra grunnundersøkelser ikke er påvist kvikkleire fra opptatte prøver i borpunkt MC14-43.

Det vurderes at muligheten for områdeskred, og dermed tilhørende nødvendig sikkerhetskrav etter NVE 1/2019 ikke er relevant, da det er ingen eller svært lite sprøbruddmateriale involvert i kritisk glideflate. Det er dermed vurdert at det ikke vil forekomme en retrogressiv skredutvikling, og det er ikke fare for områdeskred etter definisjonen i NVE 1/2019

Krav til sikkerhet for skråningen fra tomtene A.0 og A.1 ned mot Klæbuveien anses å være tilfredsstillt ved å oppfylle krav gitt i Eurokoden, $F_{cu} \geq 1,4$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$.

2.3 Uavhengig kvalitetssikring

I tiltakskategori K4 stilles det krav til uavhengig kvalitetssikring av vurderingene etter NVEs veileder nr. 1/2019. I prinsippet gjelder det kun tomt C.2 i dette vurderingsarbeidet, da det i avsnitt 2.2.1 er argumentert for at NVE 1/2019 ikke gjelder for tomt A.0 og A.1. Det anbefales likevel at denne tolkningen av regelverket underlegges samme uavhengig kvalitetssikring.

3 Grunnlag

3.1 Topografi

Delområde 3 strekker seg fra Høgskoleveien i nord til Sem Sælunds vei i sør, og er i tillegg omkranset av Klæbuveien mot vest, Tidemands gate og Christian Frederiks og Eidsvolls gate mot øst.

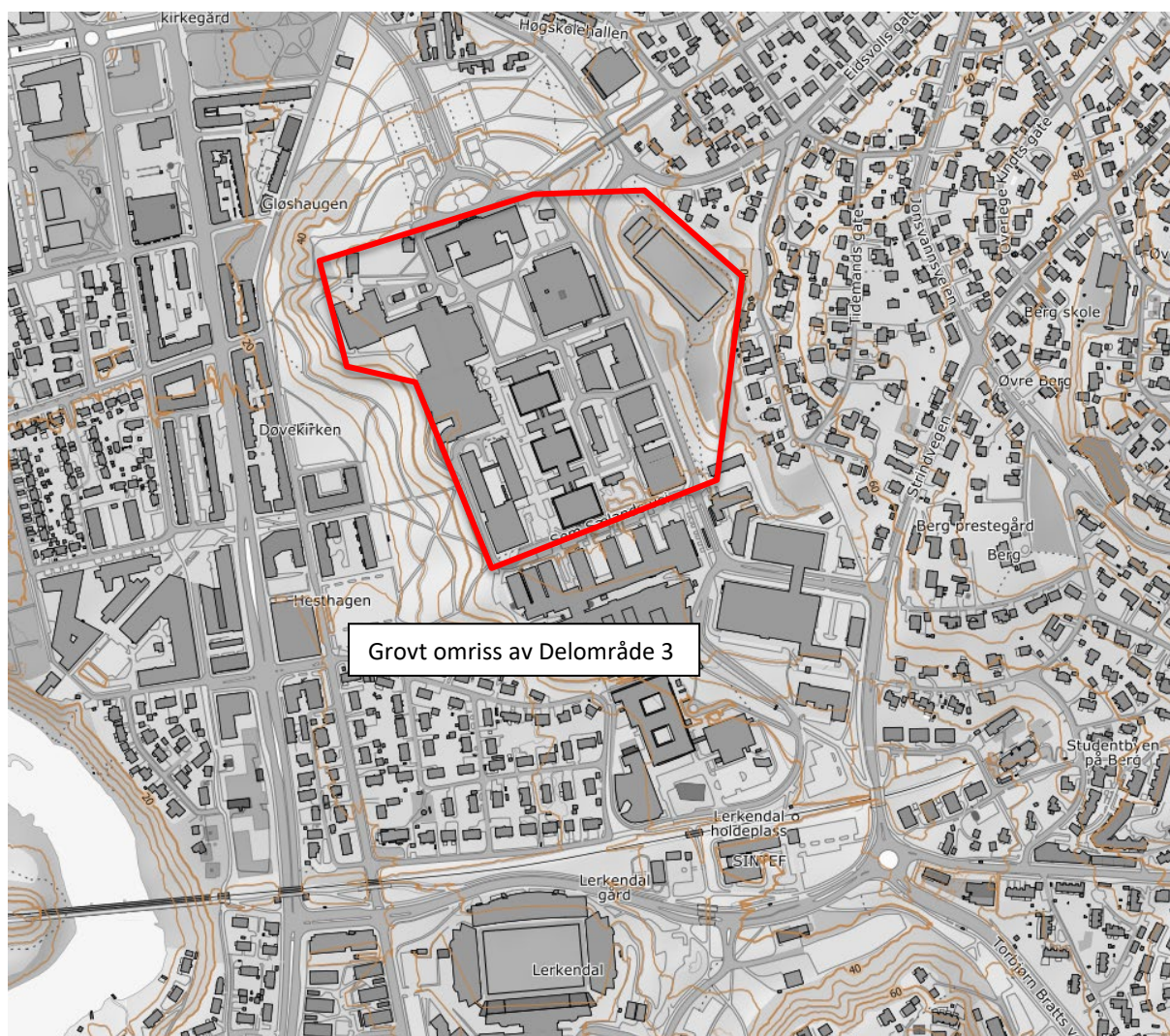
Delområdet ligger på toppen av et platå (Gløshaugen) med fallende terreng mot sidene, henholdsvis mot nord, vest og øst. Platået ligger ca. på kote +45-48.

Generelt faller terrenget mot nord fra ca. kote +45 til ca. kote +22, med en helning på ca. 1:8.

Mot øst, ned mot Dødens Dal, faller terrenget med en helning på ca. 1:5 fra ca. kote +46 til ca. kote +35.

Mot vest, ned mot Klæbuveien, faller terrenget med en helning på ca. 1:4,4 fra ca. kote +46 til ca. kote +21.

Mot sør, på andre siden av Sem Sælunds vei, ligger delområde 4. For en beskrivelse av dette området vises det til rapport 10215021-06-RIG-RAP-001 [7].



Figur 3-1: Oversiktsbilde over området, hentet fra Høydedata.no [8]. Omtrentlig avgrensning av planområdet er markert med rødt.

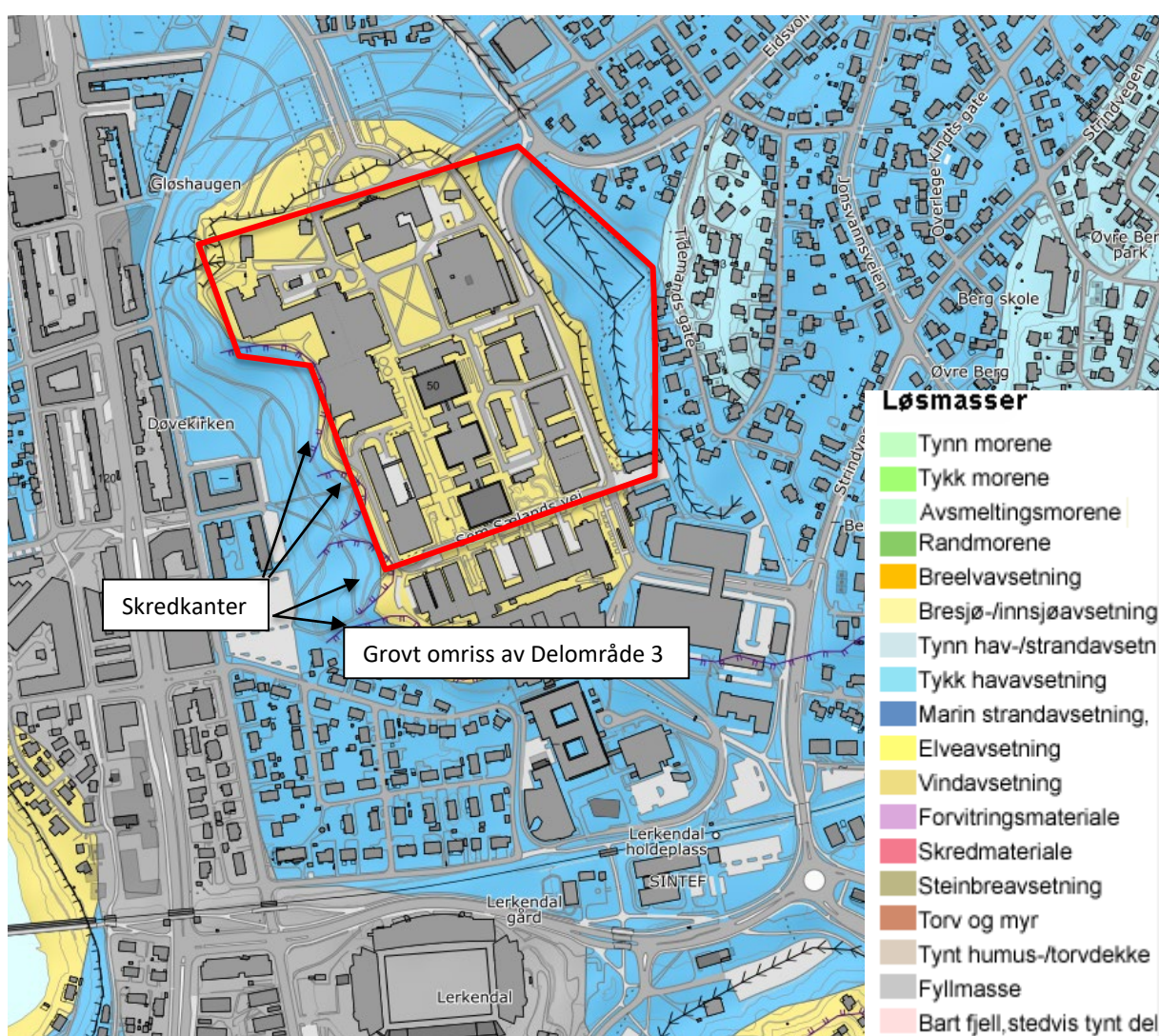
3.2 Kvartærgeologisk kart og marin grense

Det kvartærgeologiske kartet over området, se figur 3-2, viser at massene i området hovedsakelig består av elveavsetninger over marine avsetninger. I områder hvor det er markert marine avsetninger kan det forventes å finne finkornige masser som silt og leire, mens det i områder markert med elveavsetninger kan forventes å finne grovere masser som sand og grus.

Det bes merke at det kvartærgeologiske kartet i liten grad er basert på utførte grunnundersøkelser og derfor ikke inneholder informasjon om løsmassenes art i dybden.

Delområdet for den planlagte utbyggingen ligger under marin grense. Kvikkleire og sprøbruddmateriale kan forekomme i marine avsetninger under marin grense.

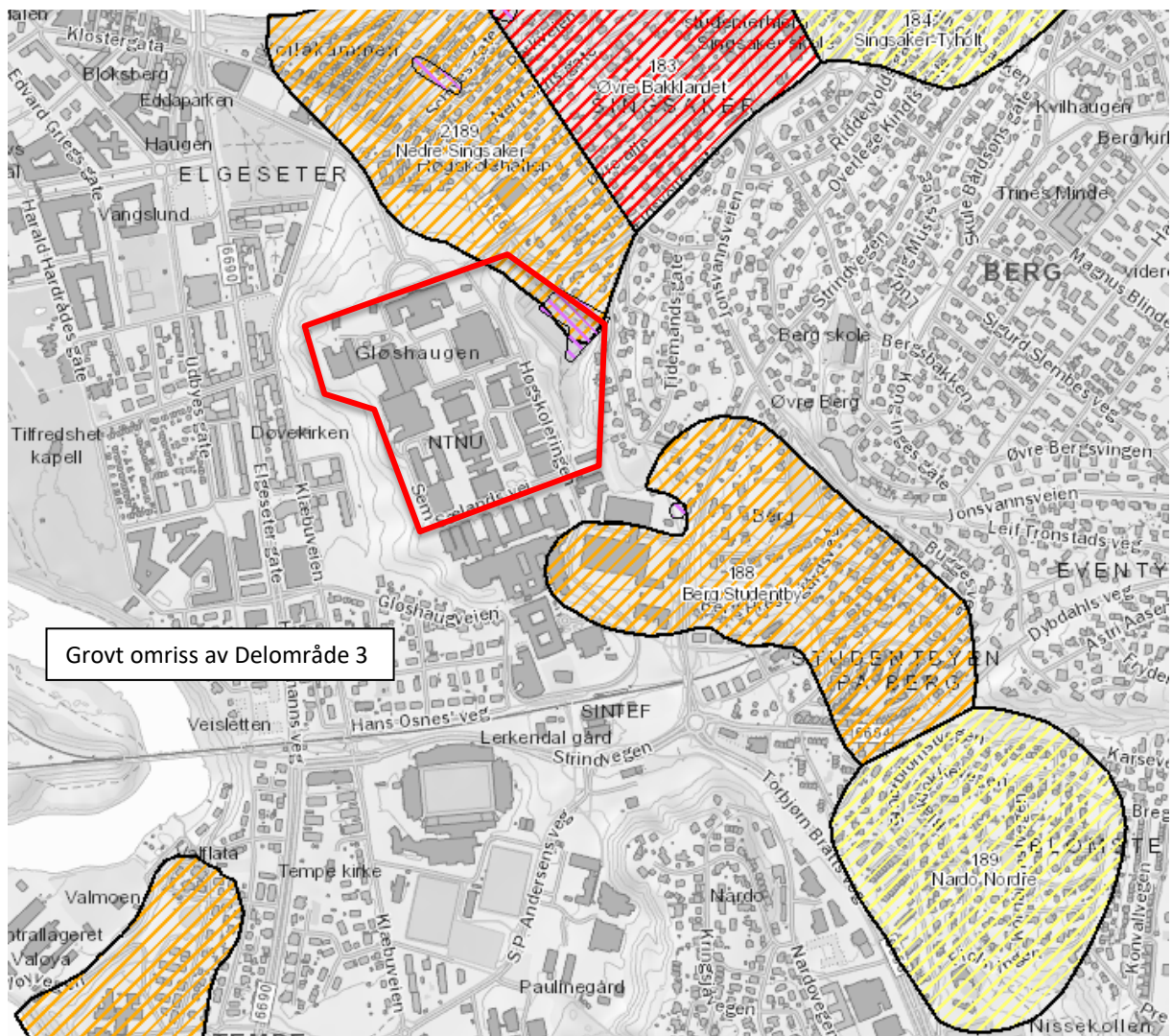
Figur 3-2 viser antatt tidligere skredaktivitet i området på vestsiden av Gløshaugplatået, markert med skredkanter i løsmassekartet.



Figur 3-2: Kvartærgeologisk kart over området, hentet fra NGUs løsmassekart [9]. Omtrentlig plassering av delområdet er markert med rødt.

3.3 Registrerte kvikkleiresoner

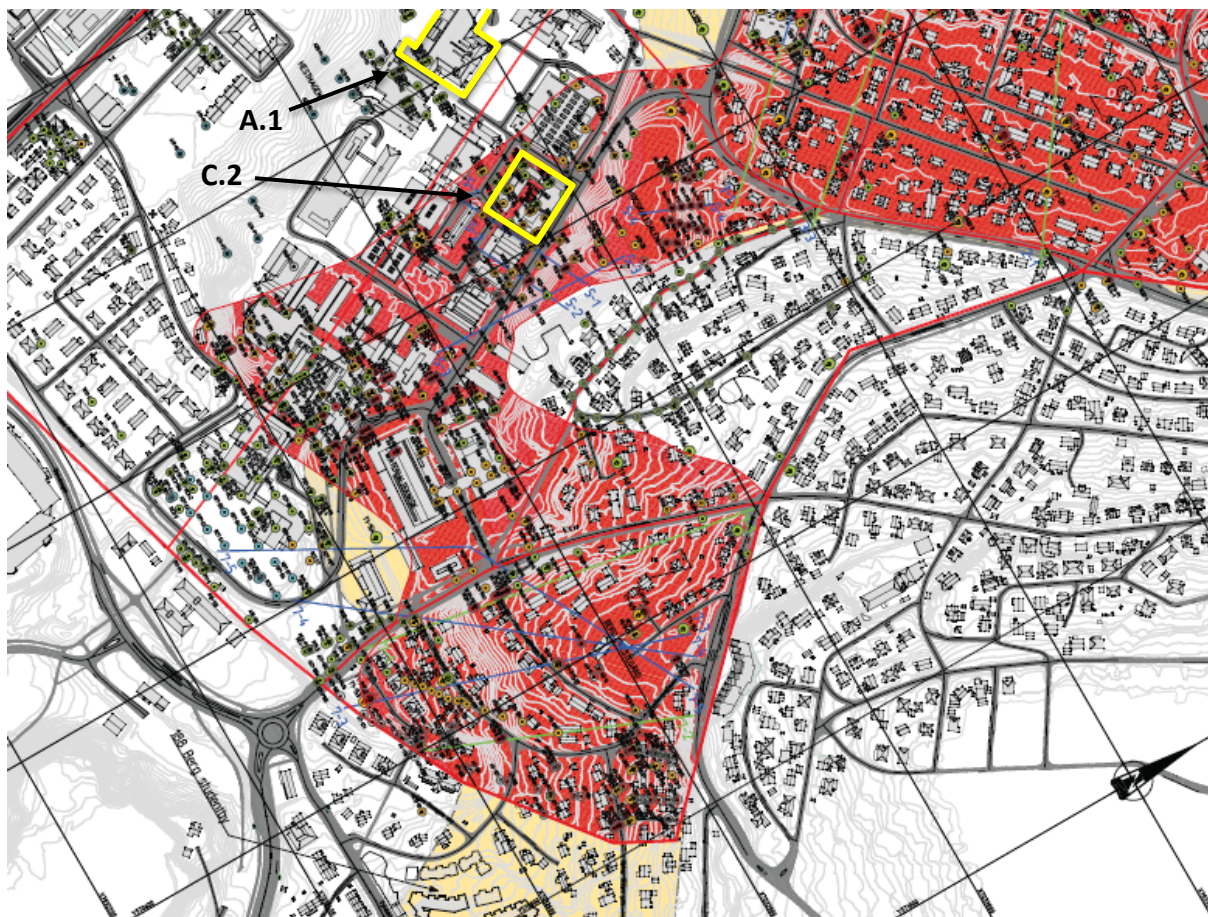
Ifølge NVE Temakart, som figur 3-3 viser, ligger delområde 3 like nordvest for kvikkleiresone 188 Berg Studentby, og akkurat innenfor den sørlige delen av kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker. Faresone 188 Berg Studentby er klassifisert med faregrad «middels» og konsekvens «meget alvorlig» og plassert i risikoklasse 4, mens faresone 2189 Nedre Singsaker er klassifisert med faregrad «middels» og konsekvens «meget alvorlig» og plassert i risikoklasse 5.



Figur 3-3: Kartlagte faresoner for kvikkleireskred, registrerte kvikkleirepunkter og tidligere skredhendelser, hentet fra NVE Temakart [10]. Omtrentlig plassering av delområdet er markert med rødt.

Multiconsult utførte i 2014 en vurdering av kvikkleireområdet Gløshaugen-Bakklandet på oppdrag for Trondheim kommune, Studentsamskipnaden i Trondheim og NTNU. Vurderingen innebar en utredning av områdestabiliteten i området, og det ble i den sammenheng utført en detaljert utredning av forekomsten av kvikkleire ut fra alt tilgjengelig grunnlag. Resultatene fra denne utredningen er presentert i Multiconsult rapport nr. 415913-RIG-RAP-002 [5], og et utsnitt fra tegning nr. 415913-RIG-TEG-005 som viser tolket utstrekning av kvikkleire i området er vist i figur 3-4.

En oppdatert vurdering av kvikkleiresonen ble utført av Multiconsult i 2017/2018 og er presentert i notat 10200316-RIG-NOT-002 [11].



Figur 3-4: Utsnitt fra tegning nr. 415913-RIG-TEG-005 som viser tolket utstrekning av kvikkleire. Omtrentlig plassering av aktuelle tomter markert med gult.

3.4 Grunnundersøkelser

3.4.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser

Tidligere relevante utførte grunnundersøkelser i området er listet opp i tabell 3-1. For flere detaljer rundt kjente utførte grunnundersøkelser i delområdet vises det til tegning nr. 10215021-06-RIG-TEG-001.3.

Tabell 3-1: Tidligere relevante utførte grunnundersøkelser i delområde 3.

Firma	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn	Oppdragsnummer	Dato	Ref.
NGI	Plankomiteen for Elektro og Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt – NTH	Grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger for skråningen på vestsiden av Gløshaugplatået i Trondheim	O.268	12.01.1956	[12]
NGI	Byggkomite Kjemi	Supplerende undersøkelse på vestsiden av Gløshaugplatået vest for kjemiblokkene	O.268.2	05.05.1956	[13]
Norconsult	SINTEF Energi	SINTEF Energi – Geoteknisk datarapport	5175072-RIG03	04.07.2019	[14]

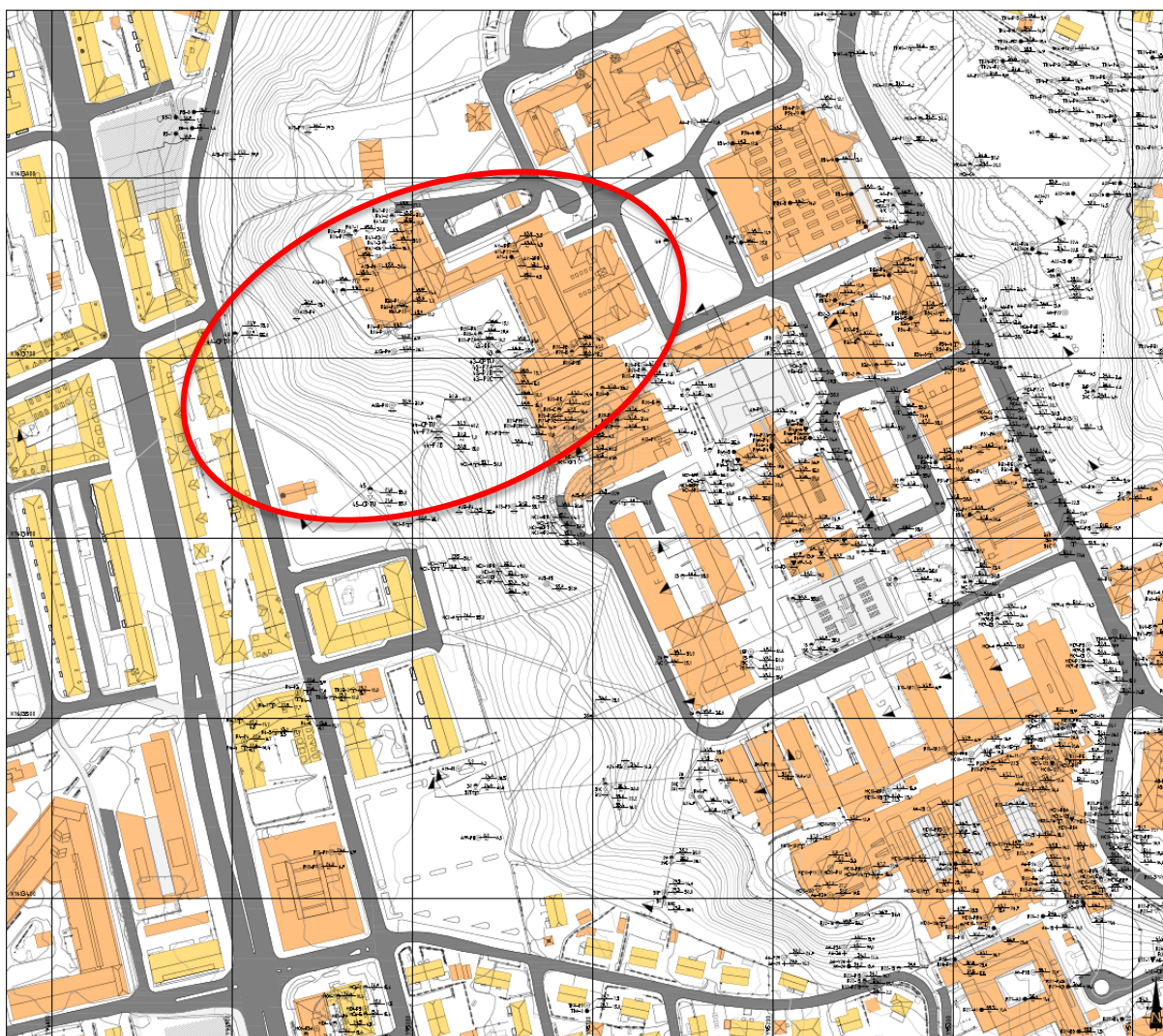
Norconsult	SINTEF Energi	SINTEF Energi Gløshaugen – Geoteknisk datarapport – Grunnundersøkelser i skråning mot vest	5175072-RIG13	10.06.2020	[15]
Rambøll/ Kummeneje	Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat	NTH – Elektroteknisk avdeling og Elektrisitetsforsyningens Forskningsinstitutt – Grunnundersøkelser for tilbygg	o.3493	01.04.1981	[16]
Rambøll/ Kummeneje	Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat	NTH – Elektroteknisk avdeling. Nybygg/tilbygg. Supplerende grunnundersøkelser med stabilitetsvurdering	o.5027	30.10.1984	[17]
Rambøll/ Kummeneje	Harboe og Leganger	NTH – Elektroblokk D og påbygg av Akustisk laboratorium – Grunnundersøkelse og fundamentering	O.644-2	20.10.1967	[18]
Rambøll	SINTEF Eiendom	SINTEF, Elektro H – Grunnundersøkelser – Datarapport	690090	22.06.2009	[19]
Rambøll/ Kummeneje	NTNU	NTNU – Institutt for Produktdesign – Grunnundersøkelser – Geoteknisk vurdering	11291	13.03.1996	[20]
Rambøll/ Kummeneje	NTNU, Teknisk avdeling	NTNU – Bygg P15 – Grunnundersøkelser – Geoteknisk vurdering	600271	07.09.2020	[21]
Rambøll/ Kummeneje	Stensrud og Danielsen A/S	Kjelhuset, NTH – Ombygging – Grunnundersøkelse. Geoteknisk vurdering	10665	06.03.1995	[22]
Multiconsult	COWI	NTNU, vurdering av byggbarhet – Datarapport – Geotekniske grunnundersøkelser	10215021-RIG-RAP-001_rev01	19.02.2020	[23]
Multiconsult	SINTEF/NTNU	Solbygget, Gløshaugen – Datarapport grunnundersøkelser. Beskrivelse av grunnforhold.	414034-1	29.09.2010	[24]

3.4.2 Supplerende grunnundersøkelser

Multiconsult utførte supplerende grunnundersøkelser i uke 1-4/2022 for tomtene A.0 og A.1. Hovedfokuset ved de supplerende undersøkelsene har vært å avdekke kvikkleireforekomster og andre forhold som kan påvirke den planlagte utbyggingen. Resultatene av de utførte supplerende grunnundersøkelsene er vist i Multiconsults reviderte rapport nr. 10215021-01-RIG-RAP-001, rev02 [25].

Borplan

Plassering av de supplerende grunnundersøkelsene er vist i figur 3-5, innenfor det rødmarkerte området. De supplerende grunnundersøkelsene er markert med navn BP43 – BP48 i den seneste revisjonen av 10215021-01-RIG-RAP-001_rev02 [25].



Figur 3-5: Borplan med utførte grunnundersøkelser i delområde 3. Hentet fra tegning 10215021-01-RIG-TEG-001_rev02.

Utførte grunnundersøkelser

Det er utført dreietrykksonderinger helt ned til 55 – 75 m dybde under terreng, uten å treffe berg. Videre er det utført CPTU-sonderinger og prøveserier, samt at det er satt ned hydrauliske piezometere. For en grundigere beskrivelse av de utførte undersøkelsene, samt en oversikt over hvilke undersøkelser som er utført hvor, vises det til Multiconsult sin reviderte datarapport nr. 10215021-01-RIG-RAP-001, rev02 [25].

Kvalitet av utførte grunnundersøkelser

For en vurdering av kvaliteten på de utførte undersøkelsene vises det til Multiconsult sin reviderte datarapport 10215021-01-RIG-RAP-001, rev02 [25].

3.5 Grunnforhold

Det er tidligere utført en rekke grunnundersøkelser. Grunnundersøkelser utført av Multiconsult i 2020 og 2022 er presentert og beskrevet i rapport 10215021-01-RIG-RAP-001_rev02 [25].

Østsiden av Gløshaugplatået ved tomt C.2, borpunkt 37-42

Grunnundersøkelsene viser at løsmassene i hovedsak består av lagdelinger av leire med innslag av silt. I topplaget indikerer prøveseriene og totalsonderingene at det er fyllmasse. Det er ved prøvetaking påvist kvikkleire i borpunkt 39.

Vestsiden av Gløshaugplatået ved tomt A.0/A.1, borpunkt 43-48

Basert på utførte dreietrykksonderinger, i kombinasjon med resultater fra opptatte prøver i BP43, antas løsmassene i området generelt å bestå av lagdelte masser av sand, silt og leire ned til ca. 15 – 30 m dybde i de ulike borpunktene. Under de lagdelte massene består løsmassene antageligvis av mer homogen leire ned til avsluttede sonderinger mellom 55 – 75 m under terreng.

3.6 Tidligere utredning av eksisterende faresoner

Kvikkleiresone 188 Berg Studentby ble utredet med tanke på kvikkleireproblematikk og områdestabilitet etter NVEs daværende retningslinjer. Utredningen er utført av Rambøll for østre del av sonen i deres rapport nr. 6070721 [26] i 2008, og kvalitetssikret av Multiconsult i oppdrag nr. 413408 [27]. Se Rambøll sin rapport for detaljer rundt denne utredningen. Vestre del av sonen er utredet av Multiconsult i rapport nr. 413642-2 revisjon nr. 2 [28] og Multiconsult rapport nr. 10200155-RIG-RAP-002 revisjon nr. 1 [29].

I forbindelse med prosjektet NTNU Campusutvikling – Områdeplaner har Multiconsult på nytt vurdert områdestabilitetsproblematikk for potensielle utbygginger av NTNU innenfor, og i tilknytning til, kvikkleiresone 188 Berg studentby. De nye vurderingene er sammenfattet i rapport 10215021-06-RIG-RAP-001_rev01 [7].

Kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker er vurdert av Multiconsult i 2011 [30], 2014 [5] og 2018 [11] i forbindelse med ulike prosjekter. Rapportene fra 2011 og 2014 er utført i forbindelse med et samarbeidsprosjekt mellom Trondheim kommune, SiT og NTNU hvor det er sett nærmere på områdestabiliteten for Gløshaugen-Bakklandet, mens rapporten fra 2018 er utført i forbindelse med SiTs utbyggingsplaner på fengselstomta og tilhørende ønske om ny vurdering av den gamle kvikkleiresonen 183 Øvre Bakklandet – Nedre Singsaker. Rapporten fra 2018 er kvalitetssikret av Watn Consult AS [31].

3.7 Utbyggingsplaner

Foreløpige planer for utbygging per 02.02.2022 er presentert nedenfor, og er utgangspunktet for videre vurdering av områdestabilitet.

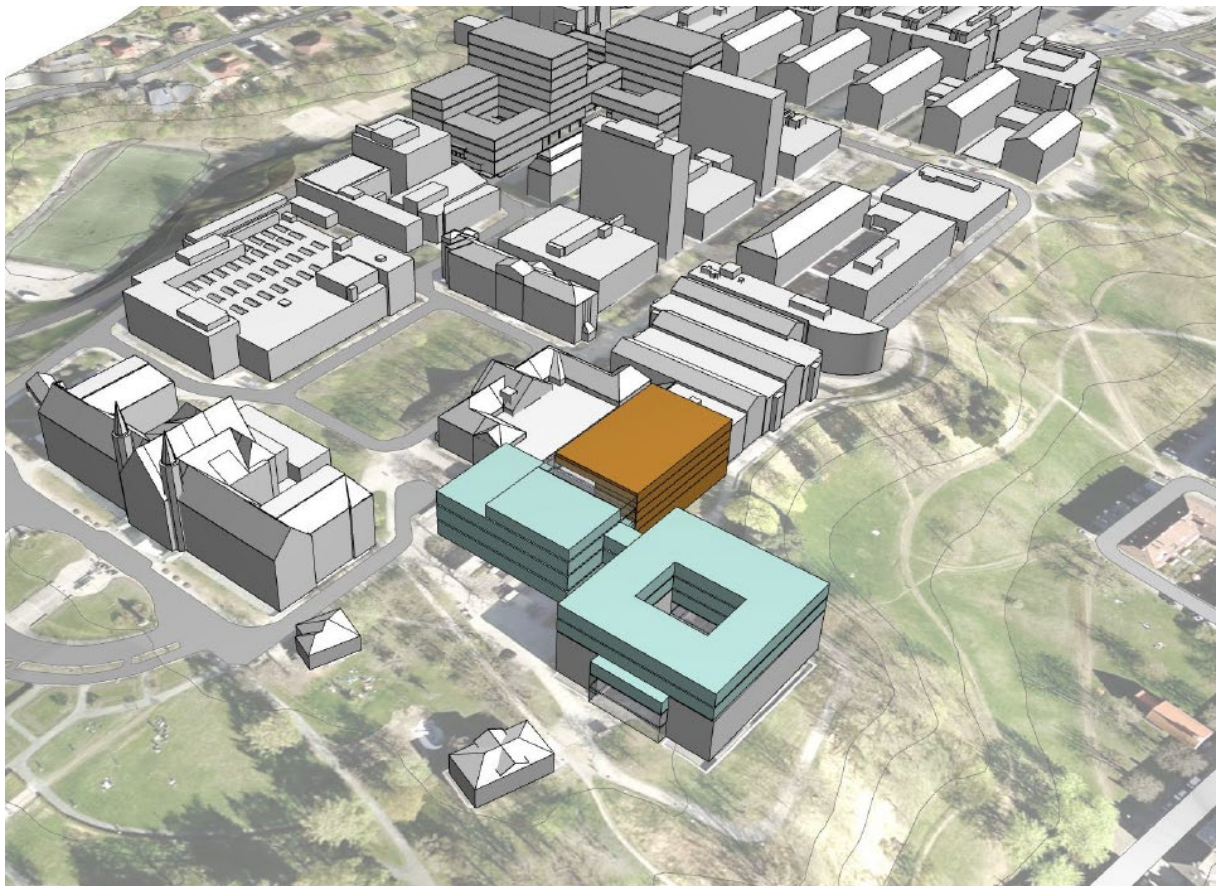
3.7.1 A.0

For A.0 planlegges det påbygg på eksisterende bygg (Elektro D+B2 og Elektro C). Volum skissert i oversendt tegning med presentasjon av mulighetsstudie, utarbeidet av Lusparken Arkitekter, viser påbygg i opptil to etasjer over eksisterende bygg.

3.7.2 A.1

For A.1 er det skissert delvis nybygg og delvis påbygg på eksisterende bygninger. Planlagt utbygging, markert med brun/oransje i figur 3-6, viser maksimalt volum fem etasjer på nybygget og to etasjer påbygg over eksisterende bygg.

Potensiell planlagt utbygging på tomt A.0 og A.1 er skissert i figur 3-6.



Figur 3-6: Utsnitt fra mulighetsstudie for tomt A.0 og A.1, alternativ E. Tegning utarbeidet av Lusparken Arkitekter, datert 02.02.2022.

3.7.3 C.2

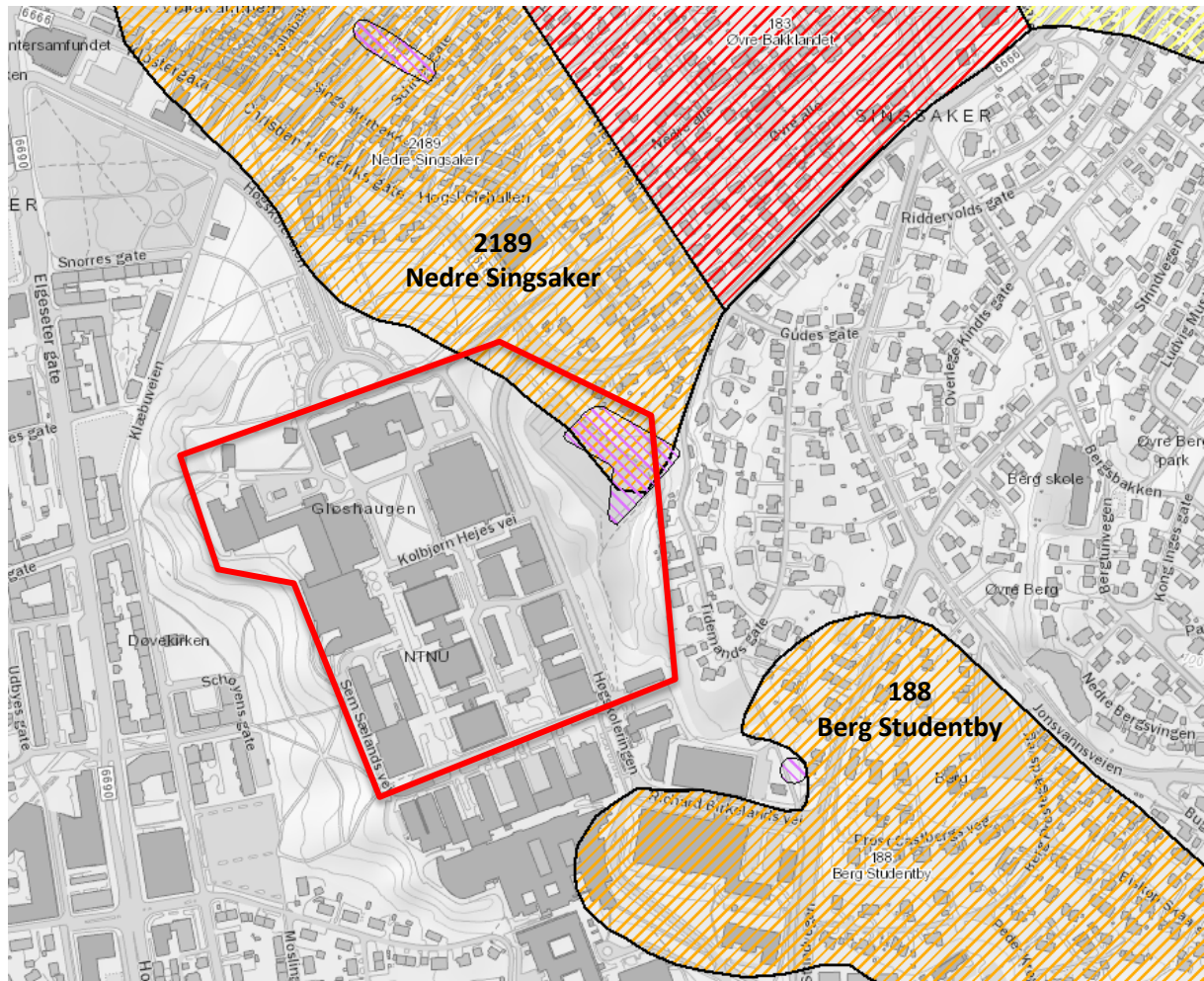
Potensiell planlagt utbygging på tomt C.2 er skissert i figur 3-7. Her er det sett på muligheten for et nybygg med inntil 7 etasjer.



Figur 3-7: Utsnitt fra mulighetsstudie for tomt C.2, alternativ C. Tegning utarbeidet av Lusparken Arkitekter, datert 15.10.2021.

4 Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde

I henhold til kapittel 4.2 i NVEs veileder nr. 1/2019 skal det innledningsvis forutsettes at retrogressive skred kan forekomme [1]. Potensielt størst mulig løснеområde skal avgrenses basert på en maksimal lengde av løснеområdet tilsvarende 15 ganger skråningshøyden. Nærområdet er tidligere utredet med tanke på områdeskred, og opprettede faresoner, vist i figur 4-1, tas med videre i utredningen.



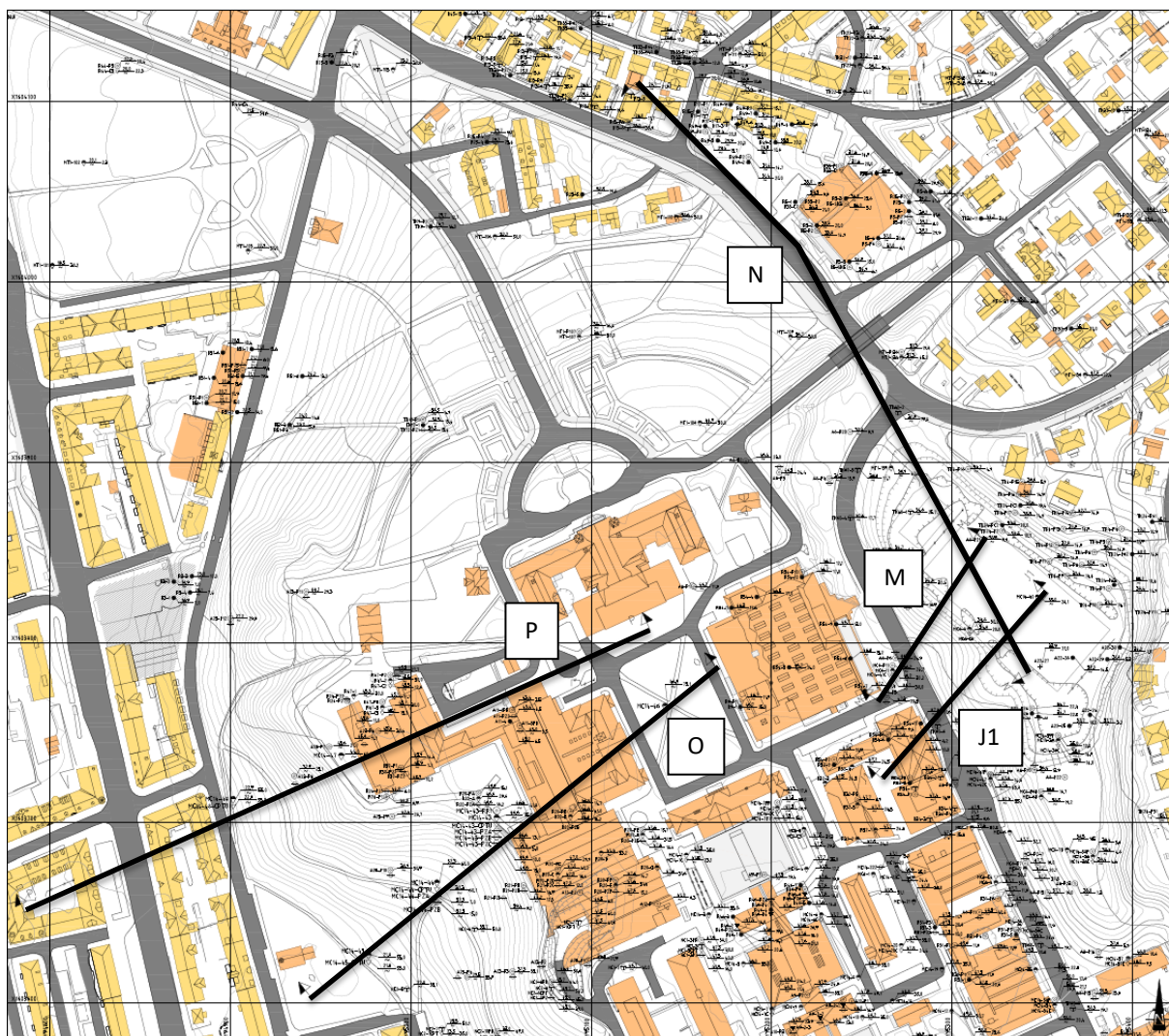
Figur 4-1: Aktuelle kvikkleiresoner i tilknytning til DO3 [10]. Omtrentlig plassering av delområdet markert med rødt.

Profilene tegnet ut for vurderingene er vist i figur 4-2 og på tegning 10215021-06-RIG-TEG-001.3.

Profil J1 og M representerer den østlige delen av delområdet, og utbyggingsplanene på tomt C.2.

Profil O og P representerer den vestlige delen av delområdet, og utbyggingsplanene på tomtene A.0/A.1.

Profil N representerer skråningen fra Dødens dal og nordover mot Nidelva.



Figur 4-2: Nye profiler for vurdering av områdestabilitet i D03.

4.1 Grunnlag for valg av profiler

4.1.1 Profil J1

Profil J1 er valgt som kritisk profil for skråningen fra C.2-tomta, ved Høgskoleringen, og østover, ned mot Dødens dal. Profilet er lagt slik at det oppnås størst mulig høydeforskjell i kombinasjon med brattest mulig skråningshelling ned mot dalbunnen.

4.1.2 Profil M

Profil M er valgt for å verifisere tilfredsstillende sikkerhet mot skred i et kritisk snitt som ligger utenfor tiltakets influensområde, men innenfor et potensielt løснеområde. Profilet brukes også for en overordnet vurdering av tomt C.1

4.1.3 Profil N

Profil N presenterer skråningen fra baneområdet i Dødens dal, langs Christian Frederiks gate og ned mot Nidelva. Dette profilet er relevant ved behov for å fylle opp hele baneområdet av stabilitetsmessige årsaker.

4.1.4 Profil O

Profil O er valgt som representativt profil for potensiell utbygging på A.1-tomta. Profilet er lagt slik at en oppnår størst mulig høydeforskjell kombinert med brattest mulig skråning ned mot Klæbuveien.

4.1.5 Profil P

Profil P er valgt som representativt profil for potensiell utbygging på A.0-tomta. Profilet er lagt slik at en oppnår størst mulig høydeforskjell kombinert med brattest mulig skråning ned mot Klæbuveien.

5 Vurdering av områdestabilitet i Delområde 3

Det er utført stabilitetsberegninger for mulige tiltak i utvalgte profiler, presentert i kapittel 4. På bakgrunn av dette er stabiliteten vurdert opp mot krav iht. NVEs veileder nr. 1/2019, og eventuelle behov for stabiliserende tiltak. En sammenstilling av krav til sikkerhet og beregnet sikkerhet for potensiell utbygging og for situasjon med nødvendige stabiliserende tiltak er presentert i tabell 2.1 i vedlegg A.

Gitt at etasjeantall, kjellervolum og fundamenteringsløsning per nå ikke er låst er det valgt et designprinsipp for områdestabilitet som inkluderer en generell lastsituasjon som tar høyde for flere mulige løsninger, enten direktefundamentering ved få antall etasjer, eller pelefundamentering ved flere etasjer. For beregningene er det derfor tatt utgangspunkt i en bygningslast på 50 kPa for å skape en robusthet og fleksibilitet for fremtidige bygg. Dette prinsippet samsvarer med Rambøll sine vurderinger for tomt C.3 og C.4.

Der sikkerheten er godt over gitte krav for områdestabilitet, er det sett på potensialet til utbyggingen på området ved å øke bygningslasten.

Vurdering av tiltak og begrensninger for utbygging på de ulike tomtene/profilene er omtalt i kapittel 7.

5.1 Profil J1 – Tomt C.2

Fra tidligere utførte grunnundersøkelser er det påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i området rundt tomt C.2.

En eventuell utbygging på tomt C.2 vil medføre en forverret situasjon sammenlignet med dagens, og en må dermed oppnå $F_{cu} \geq 1,6$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ for å kunne realisere planene.

Stabilitetsberegninger viser at en potensiell utbygging på tomt C.2 ikke vil være gjennomførbar uten å utføre stabiliserende tiltak i forkant. Et forslag til stabiliserende tiltak kan være å etablere en motfylling i bunnen av skråningen ned mot Dødens dal. En mulig løsning/geometri er presentert i tegning 10215021-06-RIG-TEG-880.2, hvor det er anlagt en motfylling opp til ca. kote +37. Dette tilsvarer en terrengheving på ca. 2 m. I praksis vil det være relevant å fylle opp hele baneområdet til samme kotenivå for å kunne bevare området funksjon.

5.2 Profil M – Tomt C.2 (C.1)

Fra tidligere utførte grunnundersøkelser er det påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i området rundt tomt C.2, og inn i profil M.

Profil M ligger utenfor et eventuelt tiltak på tomt C.2 sitt influensområde (2xH fra skråningstopp), og må derfor tilfredsstille krav til robusthet, $F_{cu} \geq 1,2$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$ etter NVE 1/2019.

I sammenheng med vurdering av områdestabilitet for tomt C.2 har vi også sett på helheten av skråningen fra Høgskoleringen ned mot Dødens dal. Når det først må utføres stabiliserende tiltak for utbygging på tomt C.2, er det naturlig å inkludere vurderinger for resterende skråning mot nord, og potensiell utbygging på tomt C.1.

Avhengig av det planlagte tiltakets utbredelse og lastbilde, vil en eventuell utbygging på tomt C.1 influere skråningen i profil M, og aktuelle krav i NVE 1/2019 må tilfredstilles. Ved forverring i forbindelse med potensiell utbygging på tomt C.1 stiller NVE 1/2019 krav til sikkerhet på $F_{cu} \geq 1,6$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$.

Det er tatt utgangspunkt i en forverring for å ivareta en fleksibilitet for en potensiell videre utvikling av tomt C.1. Krav om $F_{CU} \geq 1,6$ og $F_{C\phi} \geq 1,25$ er derfor lagt til grunn for våre vurderinger. Dette må optimaliseres videre når det foreligger mer konkrete planer for utbygging på tomt C.1.

Stabilitetsberegninger viser en sikkerhet på $F_{CU} = 1,30$ og $F_{C\phi} = 1,58$ for dagens situasjon. Det må dermed utføres stabiliserende tiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet iht. kravene gitt i NVE 1/2019. I likhet med profil J1 kan stabiliserende tiltak være å etablere en motfylling i bunnen av skråningen ned mot Dødens dal. En mulig løsning/geometri er presentert i tegning 10215021-06-RIG-TEG-881.2, hvor det er anlagt en motfylling opp til ca. kote +37. Dvs. at tiltak med oppfylling av baneområdet for å gi tilfredsstillende stabilitet for C.2, samtidig gir tilfredsstillende stabilitet for C.1.

5.3 Profil N

Profil N er vist med lagdeling i tegning 10215021-06-RIG-TEG-782. Det er antatt dyptliggende sprøbruddmateriale i retning I-Bygget og videre ned mot Nidelva. En oppfylling av hele baneområdet i Dødens dal må betraktes som en forverring hvis det gjøres som en ren oppfylling med konvensjonelle masser. Det må da dokumenteres tilfredsstillende sikkerhet etter NVE 1/2019 i dette profilet. Gitt skråningens slake helning (under 1:15) vurderes det her at tiltak med oppfylling av baneområdet er gjennomførbart hvis det utføres som «ikke forverring» av stabiliteten. Dvs. at det benyttes et kompensert prinsipp sammen med lettmasser. I en senere detaljeringsfase kan det dokumenteres med beregninger om et konvensjonelt tiltak med ren oppfylling også er gjennomførbart innenfor regelverkets krav.

5.4 Profil O – Tomt A.1

Fra tidligere utførte grunnundersøkelser, og supplerende grunnundersøkelser utført i forbindelse med dette prosjektet, er det konservativt tolket et tynt lag med kvikkleire/sprøbruddmateriale som kiler ut mot vest i profil O.

For profil O er det ingen eller svært lite sprøbruddmateriale som er involvert i en kritisk glideflate. Det vurderes at muligheten for områdeskred, og dermed tilhørende nødvendig sikkerhetskrav etter NVE 1/2019 ikke er relevant. Eurokodens krav til lokalstabilitet blir gjeldende, og aktuell utbygging må tilfredsstillende krav til sikkerhet $F_{CU} \geq 1,40$ og $F_{C\phi} \geq 1,25$.

Norconsult har i sin rapport nr. 5175072-RIG12 versjon 3 [6] vurdert skråningen videre sør for profilet. Det er her påvist en større mektighet av sprøbruddmateriale. Beregninger viser imidlertid at stabiliteten i skråningen tilfredsstillende kravene stilt i NVEs veileder nr. 1/2019. Det planlagte tiltaket på tomt A.1 kan dermed ikke rammes av et skred som starter i skråningen lenger sør.

5.5 Profil P – Tomt A.0

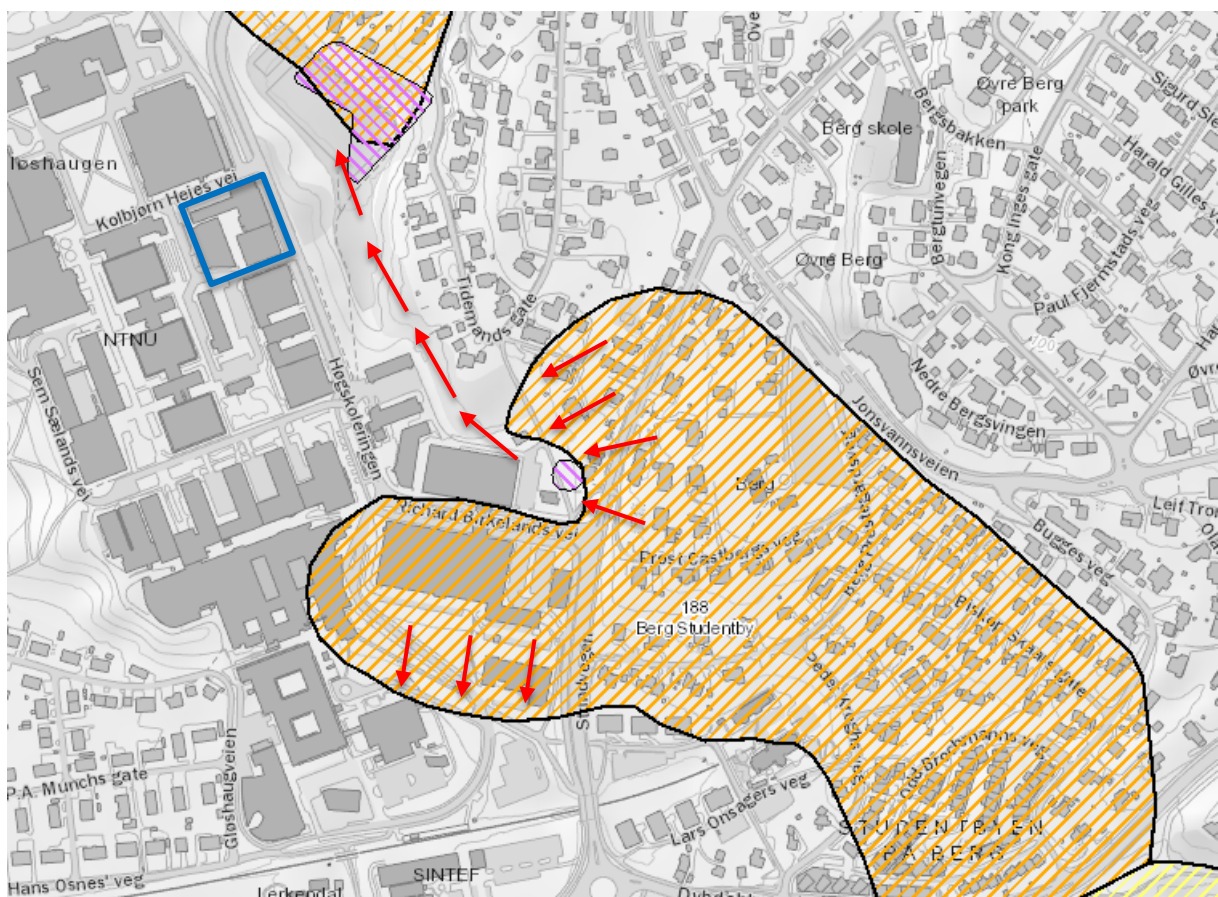
Fra tidligere utførte grunnundersøkelser, og supplerende grunnundersøkelser utført i forbindelse med dette prosjektet, er det ikke avdekket kvikkleire/sprøbruddmateriale i profil P. Eurokodens krav til lokalstabilitet blir gjeldende, og aktuell utbygging må tilfredsstillende krav til sikkerhet $F_{CU} \geq 1,40$ og $F_{C\phi} \geq 1,25$.

6 Utløpsproblematikk

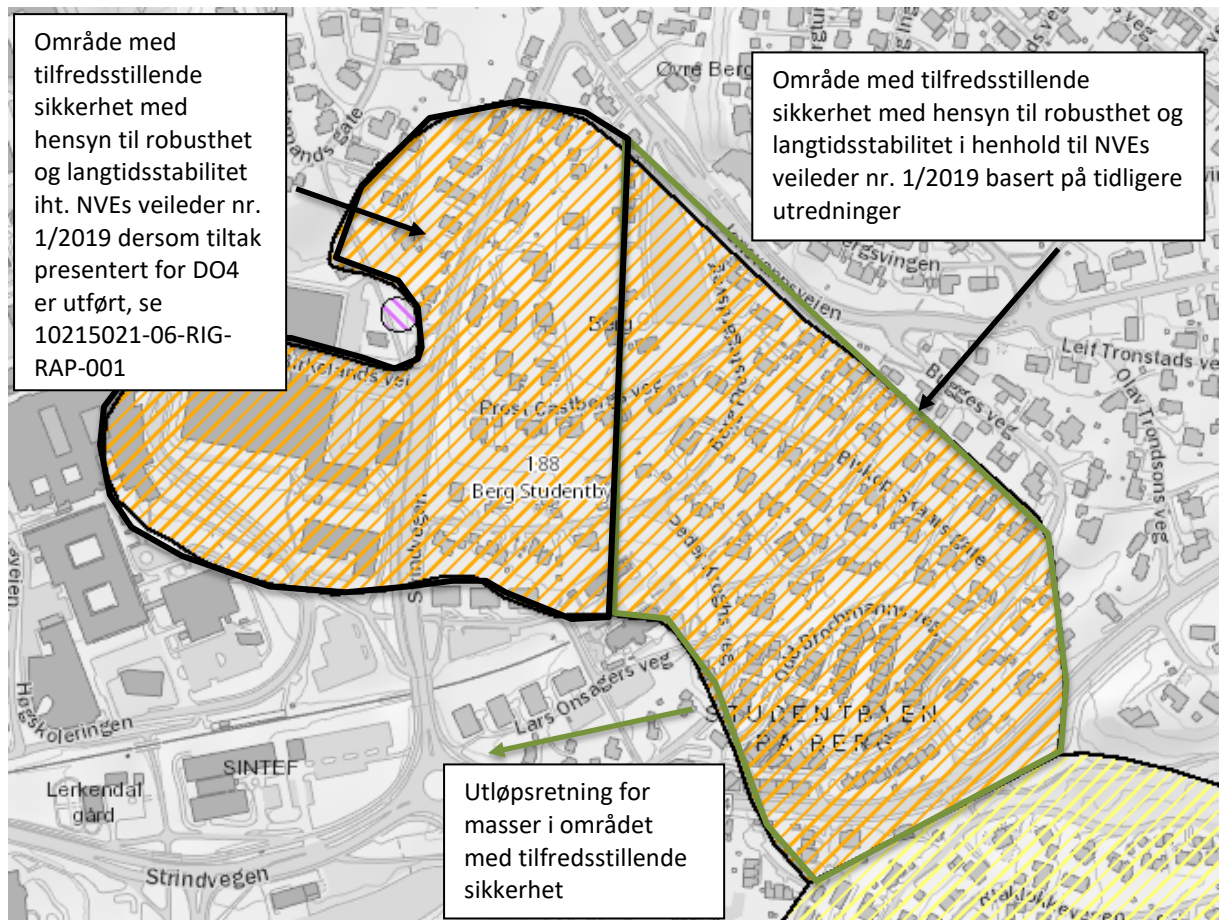
6.1 Kvikkleiresone 188 Berg Studentby

Området øst for Berg prestegård, innenfor kvikkleiresone 188 Berg Studentby, har potensielt utløpsområde i retning DO5, i motsatt retning av DO3. Stabiliteten i området er vurdert og funnet tilfredsstillende i henhold til NVEs veileder nr. 7/2014 [32] i Rambøll rapport nr. 6070721 [26], Multiconsult rapport nr. 413642-2 revisjon nr. 2 [28] og Multiconsult rapport nr. 10200155-RIG-RAP-002 revisjon nr. 1 [29]. Denne veilederen er nå erstattet av NVEs veileder nr. 1/2019 [1], hvor stabilitetskravet for skråninger som ligger utenfor tiltakets influensområde i en faresone er senket fra $F_{cu}=1,4$ til $F_{cu}=1,2$, samt at reduksjonsfaktoren for udrenert skjærstyrke i sprøbruddmaterialer er fjernet. I tillegg er også sikkerhetskravet for drenerte beregninger senket fra $F_{c\phi}=1,4$ til $F_{c\phi}=1,25$. De utførte vurderingene er derfor vurdert tilfredsstillende i henhold til den nye veilederen, og det må ikke utføres tiltak i kvikkleiresone 188 Berg studentby, øst for Berg Prestegård. En oppsummering av vurderingene er gitt i figur 6-2.

For den vestlige delen av kvikkleiresonen er det utført vurderinger av områdestabilitet iht. ny veileder, se rapport 10215021-06-RIG-RAP-001 [7]. Såfremt krav til sikkerhet for utbygging i DO4 innenfor sonen blir ivarettatt, vil også krav for skråninger som ligger utenfor tiltakets influensområde for DO3 ivaretas. Potensielt utløp vil i utgangspunktet passere delområdet på tilstøtende ravinedal, vist på figur 6-1.



Figur 6-1: Potensielt utløp fra kvikkleiresone 188 Berg studentby mot Delområde 3.

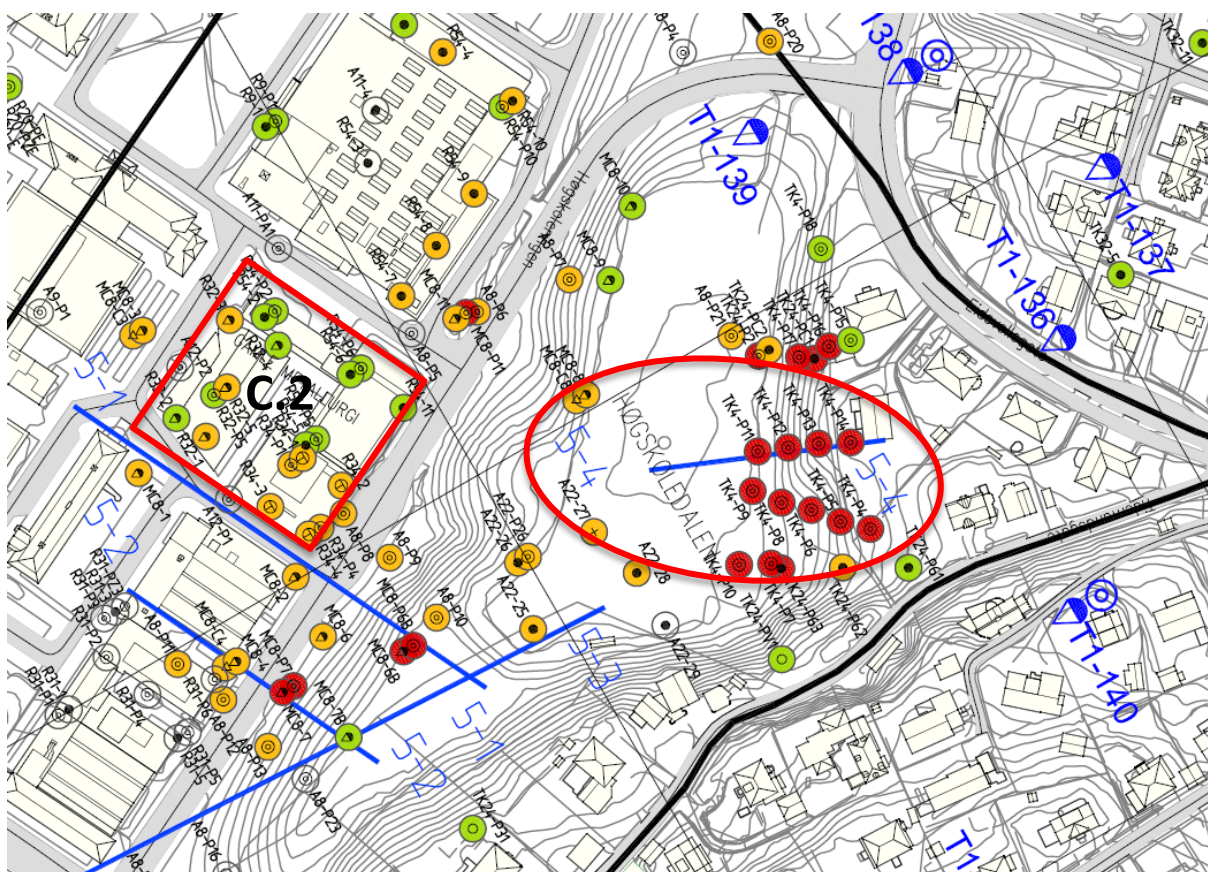


Figur 6-2: Oversikt over områder som tilfredsstillende krav til sikkerhet i henhold til NVEs veileder nr. 1/2019.

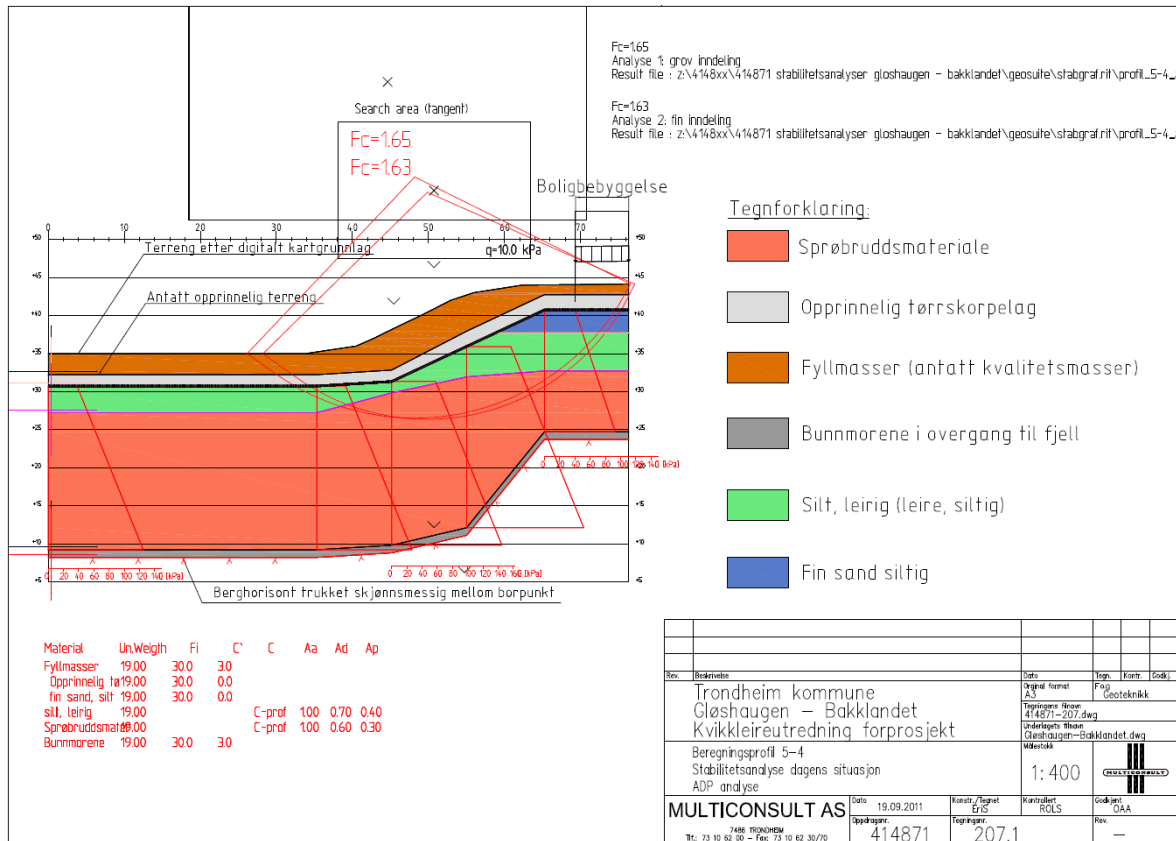
6.2 Kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker

Delområde 3 ligger i et potensielt utløpsområde for områdeskred fra kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker. Stabilitetssituasjonen i kvikkleiresonen er utredet av Multiconsult i 2011 [30] basert på NVE 1/2008, rev. 2/2011. Ut fra daværende regelverk ble det konkludert med at stabiliteten i kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker var tilstrekkelig og at tomte ikke ville bli inkludert i et utløpsområde for et eventuelt skred i sonen.

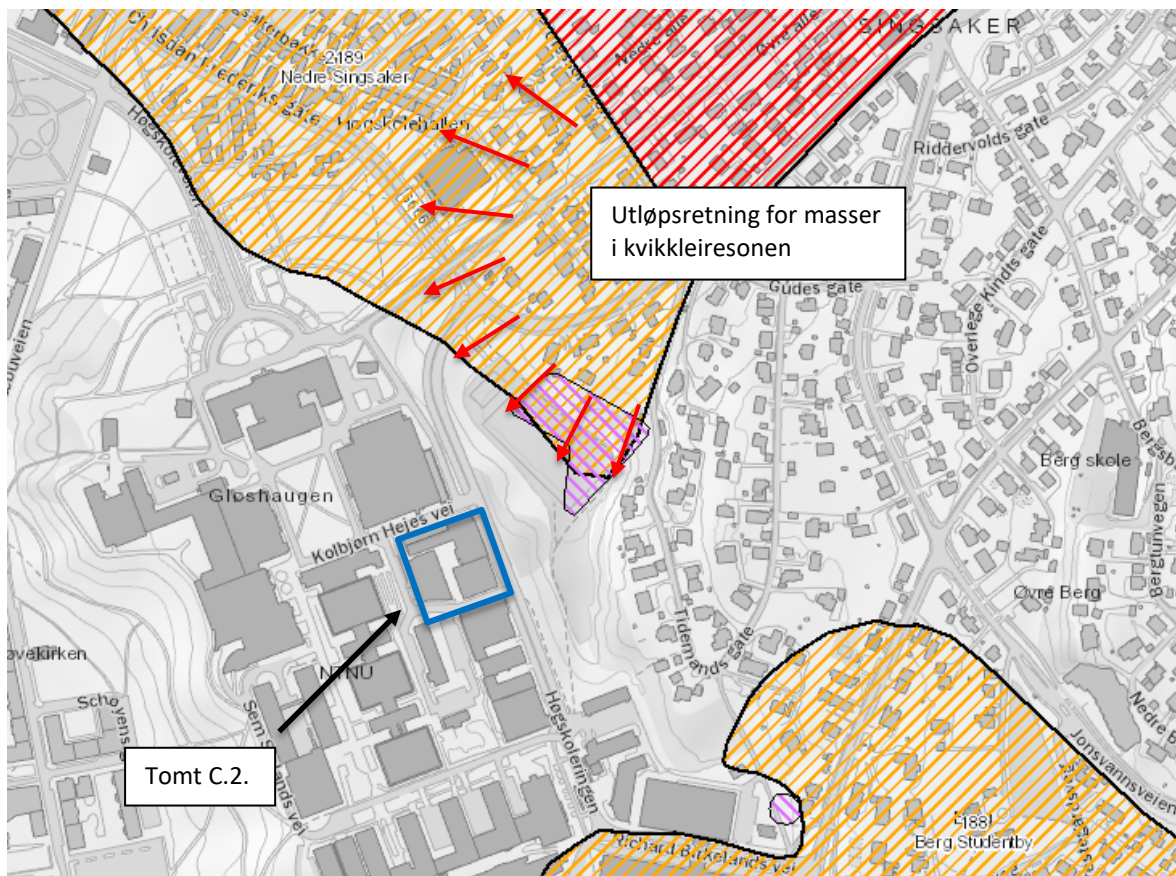
Som nevnt i kapittel 3.6 er kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker utredet ved tidligere anledninger i forbindelse med ulike prosjekter. Utførte stabilitetsberegninger viser at skråningen fra Eidsvolls gate og ned mot Dødens dal har tilfredsstillende sikkerhet iht. krav i NVE 1/2019, og det er dermed ingen fare for at Delområde 3 skal være utsatt for skredfare/områdeskredfare fra kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker. Figur 6-3 viser plassering av aktuelt beregningsprofil, mens figur 6-4 viser selve beregningene. Beregningene er utført med utgangspunkt i daværende gjeldende regelverk.



Figur 6-3: Profil 5-4 er beregnet i forbindelse med Gløshaugen - Baklandet kvikkleireutredning utført i 2011 [30] og 2014 [5]. Tegningen er hentet fra rapport 414871-1-RIG-RAP-001 og tegning nr. 6. Aktuell tomt og aktuell profil er markert med rødt.



Figur 6-4: Stabilitetsberegning for Profil 5-4, fra rapport 414871 [30].



Figur 6-5: Illustrasjon av utløpsproblematikk fra kvikkleiresone 2189 Nedre Singsaker. Tomt C.2 er markert med blått.

7 Gjennomførbarhet – Delområde 3

7.1 Tomt C.2

Tomt C.2 ligger på toppen av en skråning med kvikkleire. Basert på utførte beregninger må det utføres stabiliserende tiltak i Dødens dal for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet i Profil J1. Stabiliserende tiltak må etableres før utbyggingen på tomt C.2 kan påbegynnes. Det bemerkes at også stabiliserende tiltak for C.3, som vurdert av Rambøll i 1350041580-G-rap-003 [2] må være etablert før C.2 kan bebygges.

Skisserte planer viser bygninger med opp mot 6 etasjer. Direktefundamentering eller en pelet løsning kan velges, avhengig av størrelse på bygg og aktuelt lastbilde. Det kan være mulig å etablere byggene med én eller to kjelleretasjer, avhengig av nærhet til nabobygg og valg av utforming for byggegrøp (åpen utgraving/spunt). Bygg på 7 etasjer dekkes av vurderingene.

7.2 Tomt A.0

Tomta er vurdert til å ikke være berørt av problemstillinger knyttet til kvikkleire eller områdestabilitet. Utførte stabilitetsberegninger i profil P viser at skråningsstabiliteten, for en lastsituasjon tilsvarende 50 kPa belastning på eksisterende terreng, er tilfredsstillende iht. krav i Eurokode 7 for tomt A.0.

Basert på tegning «311 036 Snitt C-C m/ fasade øst» (oversendt av NTNU den 04.02.22) er det forutsatt at eksisterende bygg på tomta (Elektro D+B2) er fundamentert på ca. kote +42,8 (Trondheim lokal) og med 6 overliggende etasjer. Dette betyr at eksisterende bygg antas å ikke ha kompensert fundamentering, og at mulig tilleggsbelastning på eksisterende bygg begrenser seg til to ekstra etasjer, med tanke på sikkerhet mot skred. Det må gjøres en vurdering av bæreevne og setninger for eksisterende fundamenter når tiltaket er mer detaljert.

7.3 Tomt A.1

Som redegjort for i kapittel 2.2.1 antas det at tomt A.1 ikke er berørt av problemstillinger knyttet til kvikkleire eller områdestabilitet. Stabilitetsberegningene i profil O viser at skråningsstabiliteten er tilfredsstillende for en lastsituasjon tilsvarende 80 kPa for planlagt utbygging på tomt A.1 iht. krav i Eurokode 7 [4].

Av oversendt tegning «231.016 – Elektro, Blokk A – Snitt» er eksisterende bygg på tomt A.1 fundamentert på ca. kote +45 (Trondheim lokal). Det er antatt at eksisterende bygg er etablert ved kompensert fundamentering. En tilleggsbelastning på 80 kPa vil være gjennomførbar med hensyn til skredssikkerhet, men vil antageligvis medføre behov for kompliserte/krevende tiltak i forbindelse med fundamentering. Løsning med to ekstra etasjer, som skissert i figur 3-6, er gjennomførbar.

Direktefundamentering eller en pelet løsning kan velges, avhengig av størrelse på bygg og aktuelt lastbilde. Det kan være mulig å etablere nybygget med én eller to kjelleretasjer, avhengig av nærhet til nabobygg og valg av utforming for byggegrøp (åpen utgraving/spunt). Det må gjøres en vurdering av bæreevne og setninger for eksisterende og nye fundamenter når tiltaket er mer detaljert. Det må spesielt vies oppmerksomhet til potensielle differansesetninger mellom nytt og eksisterende bygg.

7.4 Tomt C.1

Per 28.02.2022 foreligger det ingen utbyggingsplaner for tomt C.1, og den er følgelig ikke inkludert som en del av foreliggende vurderingsrapport. Det er i midlertidig sett på ev. nødvendige stabiliserende tiltak for tomt C.1, for å ivareta en helhetlig løsning for området langs Høgskoleringen

og ned mot Dødens dal. For nødvendige stabiliserende tiltak, se tegning 10215021-06-RIG-TEG-001.3 og -881.2.

7.5 Tomt X.0 – Hovedbygningen

Gjennomførbarheten av tomta er vurdert av Rambøll i deres rapport nr. 1350041580-G-rap-003 [2].

7.6 Tomt A.4

Gjennomførbarheten av tomta er vurdert av Rambøll i deres rapport nr. 1350041580-G-rap-003 [2].

7.7 B-rekka

Gjennomførbarheten av tomtene er vurdert av Rambøll i deres rapport nr. 1350041580-G-rap-003 [2].

7.8 Tomt C.3 og C.4

Gjennomførbarheten av tomtene er vurdert av Rambøll i deres rapport nr. 1350041580-G-rap-003 [2].

8 Konklusjon

Oppsummert kan kravene i NVEs veileder nr. 1/2019 sies å være oppfylt:

- Det vurderes at tiltak i delområdet ikke står i fare for å utløse et kvikkleireskred forutsatt at stabiliserende tiltak gjennomføres for tomt C.2.
- Det vurderes at tiltak i delområdet ikke vil bli involvert i skred fra utenfor undersøkelsesområdet
- Det vurderes at tiltak i delområdet ikke vil bli påvirket av skredmasser fra et eventuelt skred i nærliggende kvikkleiresoner

8.1 Videre arbeid

Løsningene som her er skissert som mulige løsninger for utbyggingen, må vurderes og detaljeres i en senere detaljprosjekteringsfase. Det kan her også anbefales å utføre supplerende grunnundersøkelser, med målsetning om å kunne optimalisere de nødvendige tiltakene og øke bærekraften i prosjektet.

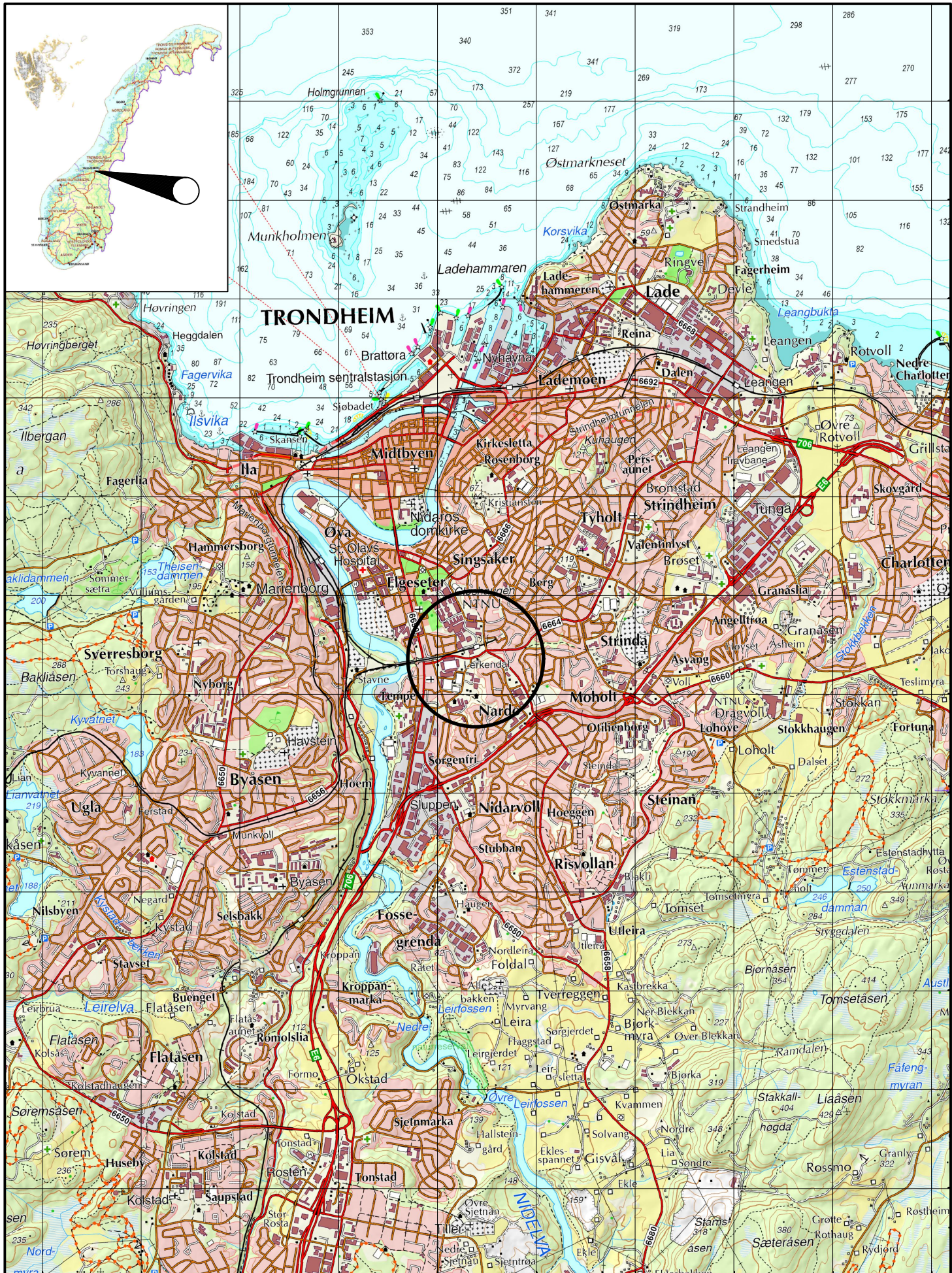
Utførte grunnundersøkelser gir tilstrekkelig grunnlag for vurderinger til detaljreguleringsnivå.

Videre må den planlagte utbyggingens innvirkning på omkringliggende infrastruktur og eksisterende bebyggelse vurderes nærmere for hver enkelt utbygging.

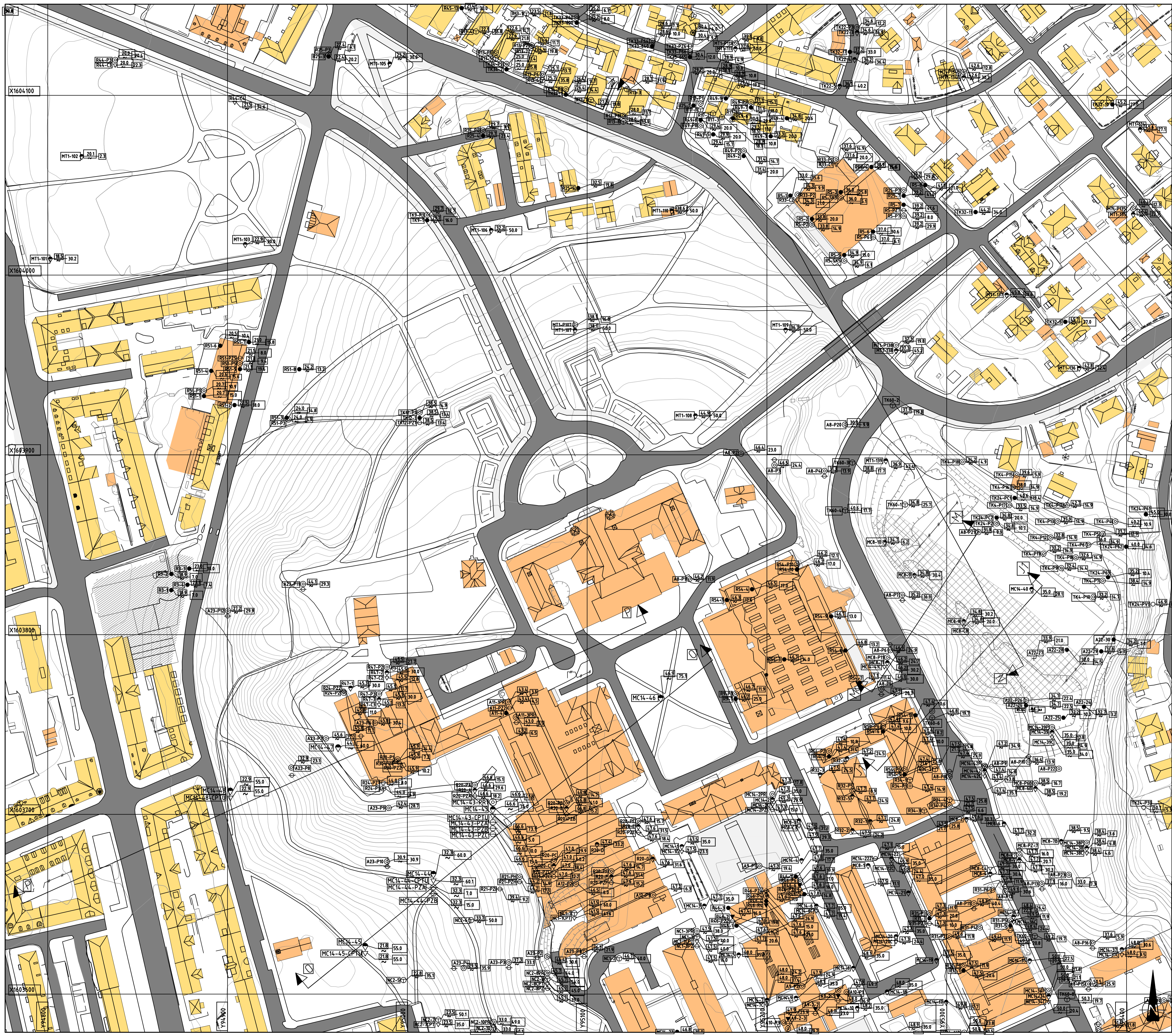
9 Referanser

- [1] NVE, «Veileder 1/2019: 'Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper'», des. 2020.
- [2] Rambøll Norge AS, «1350041580-G-rap-003 - NTNU Campussamling - Områdestabilitetsvurdering av utvalgte tomter på delområde 3», jan. 2022.
- [3] NVE, «Retningslinjer 2/2011: 'Flaum- og skredfare i arealplanar'», mai 2014.
- [4] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler (NS-EN 1997-1:2004)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013 + NA:2020, des. 2020.
- [5] Multiconsult Norge AS, «415913-RIG-RAP-002_rev00 - Gløshaugen-Bakklandet kvikkleireområde. Hovedprosjekt Trinn 1. Geoteknisk vurdering - prinsipper for videre utredning av områdestabilitet», apr. 2014.
- [6] Norconsult, «5175072-RIG12 - SINTEF Horizon – Områdestabilitetsutredning av Gløshaugens vestskråning ved EFI», jul. 2021.
- [7] Multiconsult Norge AS, «10215021-06-RIG-RAP-001_rev01 - Områdestabilitetsvurdering iht. NVE 1/2019, Delområde 4 - NTNU Campusutvikling - Områdeplaner», jan. 2022.
- [8] Norgeskart, «www.høydedata.no».
- [9] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase - kvartærgeologiske kart».
- [10] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «atlas.nve.no».
- [11] Multiconsult Norge AS, «10200316-RIG-NOT-002_rev02 - Fengselstomta - Stabiliseringstiltak i Nidelva - Revisjon av kvikkleiresone 183 Øvre Bakklandet - Nedre Singsaker», feb. 2018.
- [12] NGI, «O.268 - Grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger for skråningen på vestsiden av Gløshaugplatået i Trondheim», jan. 1956.
- [13] NGI, «O.268.2 - Supplerende grunnundersøkelse på vestsiden av Gløshaugplatået vest for kjemiblokkene», mai 1956.
- [14] Norconsult, «5175072-RIG03 - SINTEF Energi – Geoteknisk datarapport», jul. 2019.
- [15] Norconsult, «5175072-RIG13 - SINTEF Energi Gløshaugen – Geoteknisk datarapport – Grunnundersøkelser i skråning mot vest», jun. 2020.
- [16] Kummeneje, «o.3493 - NTH – Elektroteknisk avdeling og Elektrisitets-forsyningens Forskningsinstitutt – Grunnundersøkelser for tilbygg», apr. 1981.
- [17] Kummeneje, «o.5027 - NTH – Elektroteknisk avdeling. Nybygg/tilbygg. Supplerende grunnundersøkelser med stabilitetsvurdering.», okt. 1984.
- [18] Kummeneje, «O.644-2 - NTH – Elektroblokk D og påbygg av Akustisk laboratorium – Grunnundersøkelse og fundamentering», okt. 1967.
- [19] Rambøll Norge AS, «690090 - SINTEF, Elektro H – Grunnundersøkelser – Datarapport», jun. 2009.
- [20] Kummeneje, «11291 - Institutt for Produktdesign, NTNU - Grunnundersøkelser - Geoteknisk vurdering», mar. 1996.
- [21] Kummeneje, «600271 - NTNU – Bygg P15 – Grunnundersøkelser – Geoteknisk vurdering», sep. 2020.
- [22] Kummeneje, «10665 - Kjelhuset, NTH – Ombygging – Grunnundersøkelse. Geoteknisk vurdering», mar. 1995.
- [23] Multiconsult Norge AS, «10215021-01-RIG-RAP-001_rev01 - Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser», feb. 2020.
- [24] Multiconsult Norge AS, «414034-1 - Solbygget, Gløshaugen - Datarapport grunnundersøkelser. Beskrivelse av grunnforhold», sep. 2010.
- [25] Multiconsult Norge AS, «10215021-01-RIG-RAP-001_rev02 - Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser», feb. 2022.
- [26] Rambøll Norge AS, «6070721 - Berg studentby. Reguleringsplan. Geoteknisk utredning rev 1», sep. 2008.
- [27] Multiconsult Norge AS, «413408-Verifikasjonsskjema_rev02», jan. 2009.
- [28] Multiconsult Norge AS, «413642-2 - Vurdering av områdestabilitet Gløshaugen - utredning av kvikkleiresone Berg vest - Beregnings- og vurderingsrapport», feb. 2011.

- [29] Multiconsult Norge AS, «10200155-RIG-RAP-002_rev01 - NTNU Campusutvikling - Geoteknisk vurdering - Områdestabilitet sørområdene», sep. 2018.
- [30] Multiconsult Norge AS, «414871-1-RIG-RAP-001_rev00 - Gløshaugen - Bakklandet kvikkleireutredning», okt. 2011.
- [31] Watn Consult AS, «1062 - Samfunnet-Fengselstomta - Uavhengig kvalitetssikring», des. 2017.
- [32] NVE, «Veileder 7/2014: 'Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper'», apr. 2014.



Multiconsult www.multiconsult.no	COWI	Status	-	Fag	RIG	Format	A4	Dato	01.12.2021
	NTNU Campusutvikling - Områdeplaner	Konstr./Tegnet	JKM	Kontrollert	GURT	Godkjent	ANG	Målestokk	1:50 000
	Delområde 4 og 5	Oppdragsnr.	10215021-06	Tegningsnr.	RIG-TEG-000	Rev.	00		



- TEGNFORKLARING:**
- DREIESONDERING
 - ⊙ PRØVESERIE
 - ⊖ PORETRYKTMÅLING
 - ENKEL SONDERING
 - ⬇️ PRØVEGRØP
 - ⊙ KJERNEBORING
 - ▼ RAMSONDERING
 - ⬇️ DREITRYKSSONDERING
 - ★ FJELLKONTROLLBORING
 - ▽ TRYKSONDERING
 - ⊕ SKRUPLATEFORSØK
 - ⊕ BERG I DAGEN
 - ⊕ TOTALSONDERING
 - + VINGEBORING
- KARTGRUNNLAG: Digitalt kart fra SSI
 KOORDINATSYSTEM: NTV, zone 10
 HØYDEFERANSE: NN 2000
 UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT: GPS GLONASS EPOS
 BOKSBOK NR: Digital
 LAB.BOK NR: Digital
- EKSEMPEL: TERRENGKOTE/SJIBUNNKOTE
 BP 1 Ⓣ 43.0 76.2 | 43.2 | BØRET DYBDE + BØRET I BERG
 ANTALL BERGKOTE

TIDLIGERE BORINGER:

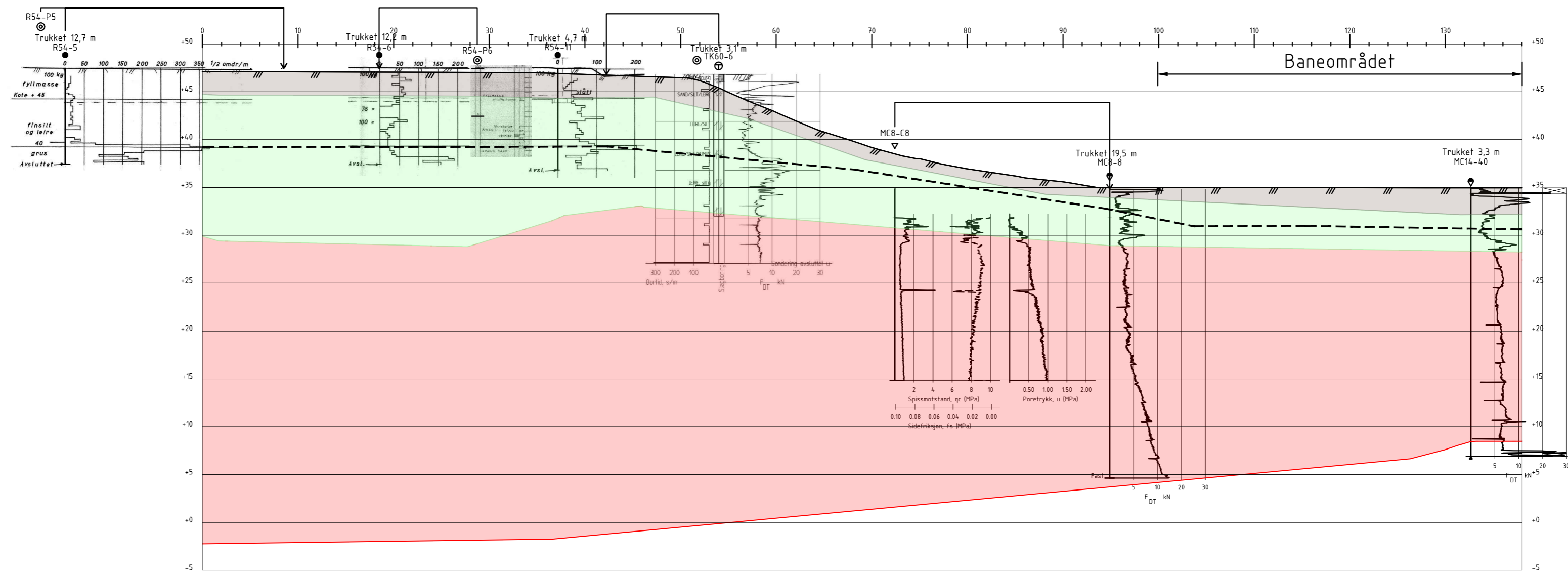
Noen tidligere boringer er opplyst fra skannet kopi og kan ha noe avvik
 Tidligere boringer er angitt med indikerer foran borhullsnummer, viser til Vedlegg 4 i rapport 10215021-RIG-RAP-001_rev02

Boringsnummer	Boringsnummer	Boringsnummer	Boringsnummer	Boringsnummer	Boringsnummer
MC14-1-30	TK22-1-10	TK22-1-11	TK22-1-12	TK22-1-13	TK22-1-14
MC14-1-31	TK22-1-15	TK22-1-16	TK22-1-17	TK22-1-18	TK22-1-19
MC14-1-32	TK22-1-20	TK22-1-21	TK22-1-22	TK22-1-23	TK22-1-24

- FORKLARING:**
- ⊗ Motfylling

<p>COWI NTNU Campusutvikling - Områdeplaner Delområde 3 Situasjonsplan med profiler</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Rev.</td> <td style="width: 40%;">Beskrivelse</td> <td style="width: 10%;">Dato</td> <td style="width: 10%;">Tegn.</td> <td style="width: 10%;">Kontr.</td> <td style="width: 10%;">Godt.</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">Formal: A1 Dato: 21.02.2022 Formal/Pålesteok: 1:1000</p>	Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godt.						
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godt.								
<p>Multiconsult www.multiconsult.no</p>													
Status: Utsendt Oppdragsnr: 10215021-06	Konstr./Tegnet: JKM/FRA Kontr./Tegnet: PBK Godkjent: ANG	Prosjekt: RIG-TEG-001.3 Rev: 00											

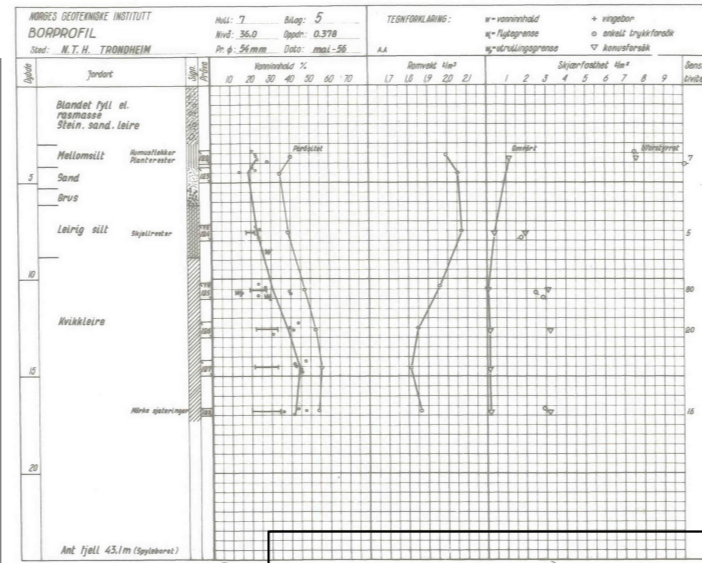
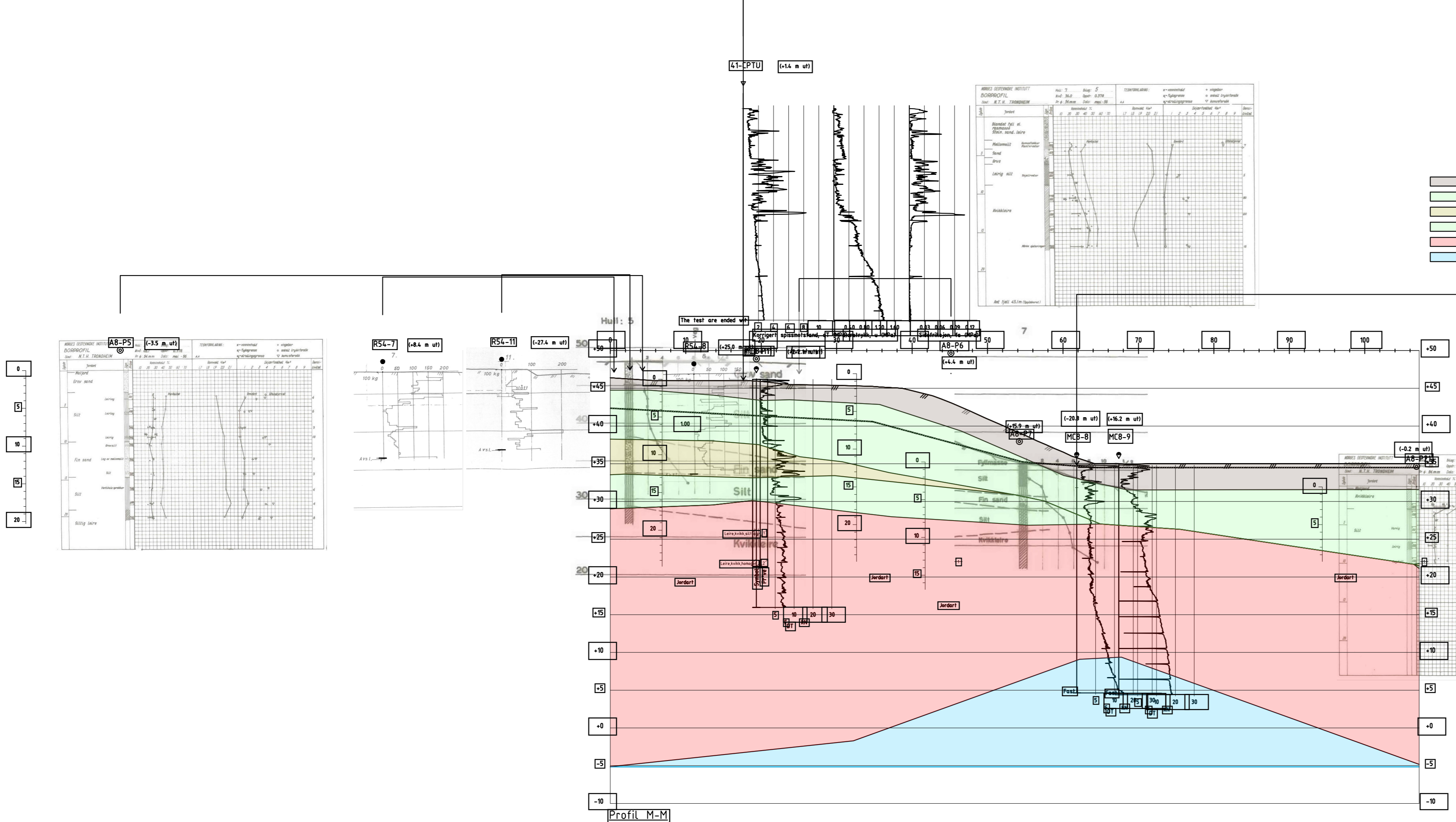
Z:\010215\10215021-06\10215021-06-03\ARBESJØRSMAJALE\10215021-06-04\TEGNINGER\10215021-RIG-TEG-001_rev02 - BDRPLA-AN-Delområde 3.dwg - Layout: [002-11] - Printet av: Fre. Dato: 2022.02.23 kl. 12:42



Profil J1-J1

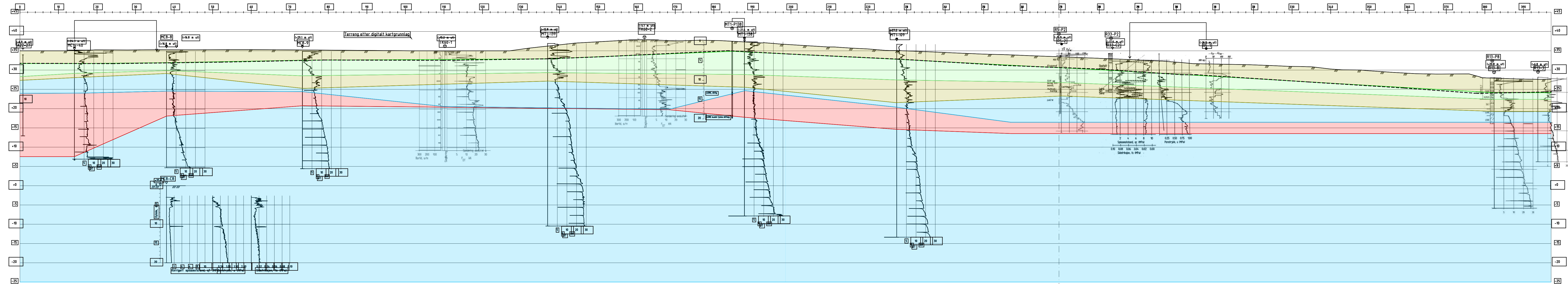
Material	Un.Weighth	Sub.Weighth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	18.50	8.50	31.0	1.0				
Silt	20.00	10.00	31.0	1.0				
Sprøbruddmateriale	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63	0.35

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
COWI					Fag	Format
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner					Geoteknikk	A3L
Delområde 3					Dato	11.02.2022
Profil J1-J1					Format/Målestokk:	1:400
Lagdeling						
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
www.multiconsult.no		Utsendt	FRA	PBK	ANG	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.		
10215021-06		RIG-TEG-780		00		



Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C	C		
					Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	18.50	8.50	31.0	1.0			
Silt	20.00	10.00	31.0	1.0			
Sand	20.00	10.00	33.0	1.0			
Silt	20.00	10.00	31.0	1.0			
Sprøbruddmateriale	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63
Leire	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
COWI					Fag
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner					Geoteknikk
Delområde 3					Format
Profil M-M					A3L
Lagdeling					Dato
					11.02.2022
					Format/Målestokk
					1:400
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Oppdragsnr.	FRA	PBK	ANG
		Tegningsnr.	RIG-TEG-781		Rev.
		10215021-06			00



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	Aa	Ad	Ap
Sand							
Silt							
Sand							
Leire							
Sprøbruddmateriale							
Leire							

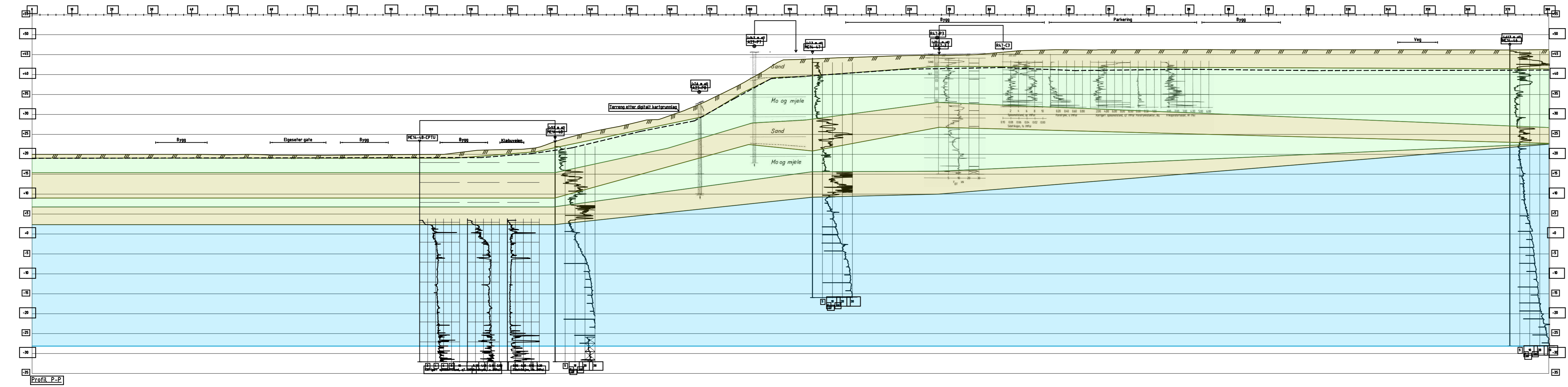
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
COWI					Fag	Format
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner					RIG	A3L
Delområde 3					Dato	
Profil N-N					24.02.2022	
Lagdelling					Format/Målestokk:	1:400
Multiconsult			Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no			Oppdragsnr.	FRA	PBK	ANG
			10215021-06	RIG-TEG-782		Rev.
						00

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	18.50	8.50	31.0	1.0				
Silt	18.00	8.00	32.0	3.1				
Sand	18.00	8.00	32.0	3.1				
Fast sand	19.00	9.00	36.0	3.6				
Leire	19.00	9.00	28.0	5.3	C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	19.00	9.00	28.0	5.3	C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire	19.00	9.00	28.0	5.3	C-prof	1.00	0.63	0.35

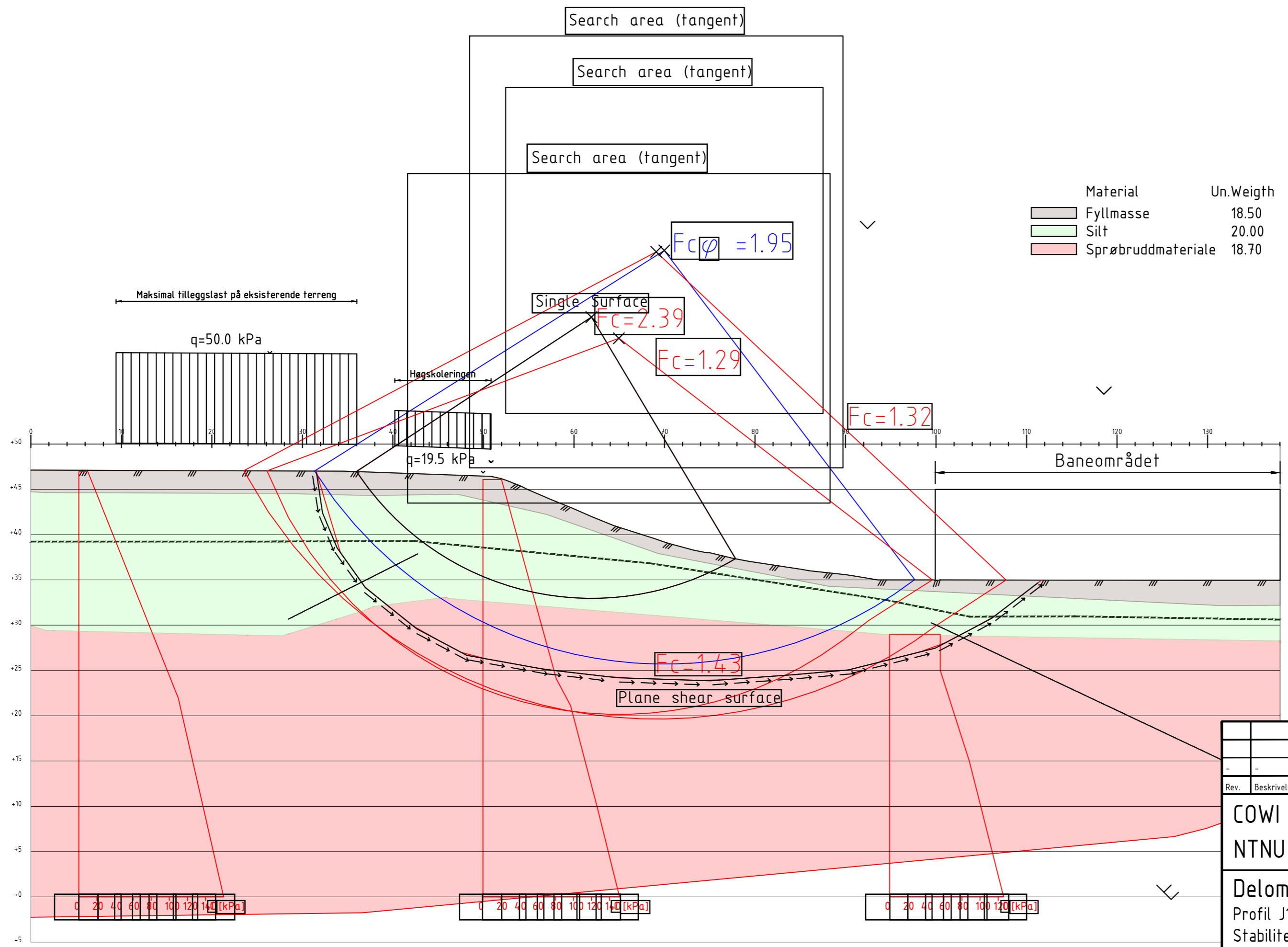


Rev.		Beskrivelse		Dato		Tegn.		Kontr.		Godkj.	
COWI						Fag		Format			
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner						Geoteknikk		A3L		11.02.2022	
Delområde 3						Dato		Format/Målestokk:		1:600	
Profil 0-0											
Lagdelling											
Multiconsult				Status		Konstr./Tegnet		Kontrollert		Godkjent	
www.multiconsult.no				Utsendt		FRA		PBK		ANG	
				Oppdragsnr.		Tegningsnr.				Rev.	
				10215021-06		RIG-TEG-783				00	

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sand	18.00	8.00	32.0	3.1				
Silt	18.00	8.00	32.0	3.1				
Sand	18.00	8.00	32.0	3.1				
Silt	19.00	9.00	31.0	6.0				
Sand	19.00	9.00	36.0	3.6				
Leire	19.00	9.00	28.0	5.3	C-prof	1.00	0.63	0.35



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
COWI					Fag
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner					Geoteknikk
					Format
					A3L
					Dato
					11.02.2022
Delområde 3					Format/Målestokk:
Profil P-P					1:600
Lagdeling					
Multiconsult		Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no		Utsendt	FRA	PBK	ANG
		Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
		10215021-06	RIG-TEG-784		00



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	18.50	8.50	31.0	1.0				
Silt	20.00	10.00	31.0	1.0				
Sprøbruddmateriale	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63	0.35

Maksimal tilleggslast på eksisterende terreng

q=50.0 kPa

Høgskoleringen

q=19.5 kPa

Fc=1.32

Single Surface

Fc=2.39

Fc=1.29

Fc=1.43

Plane shear surface

Baneområdet

0 20 40 60 80 100 120 140 [kPa]

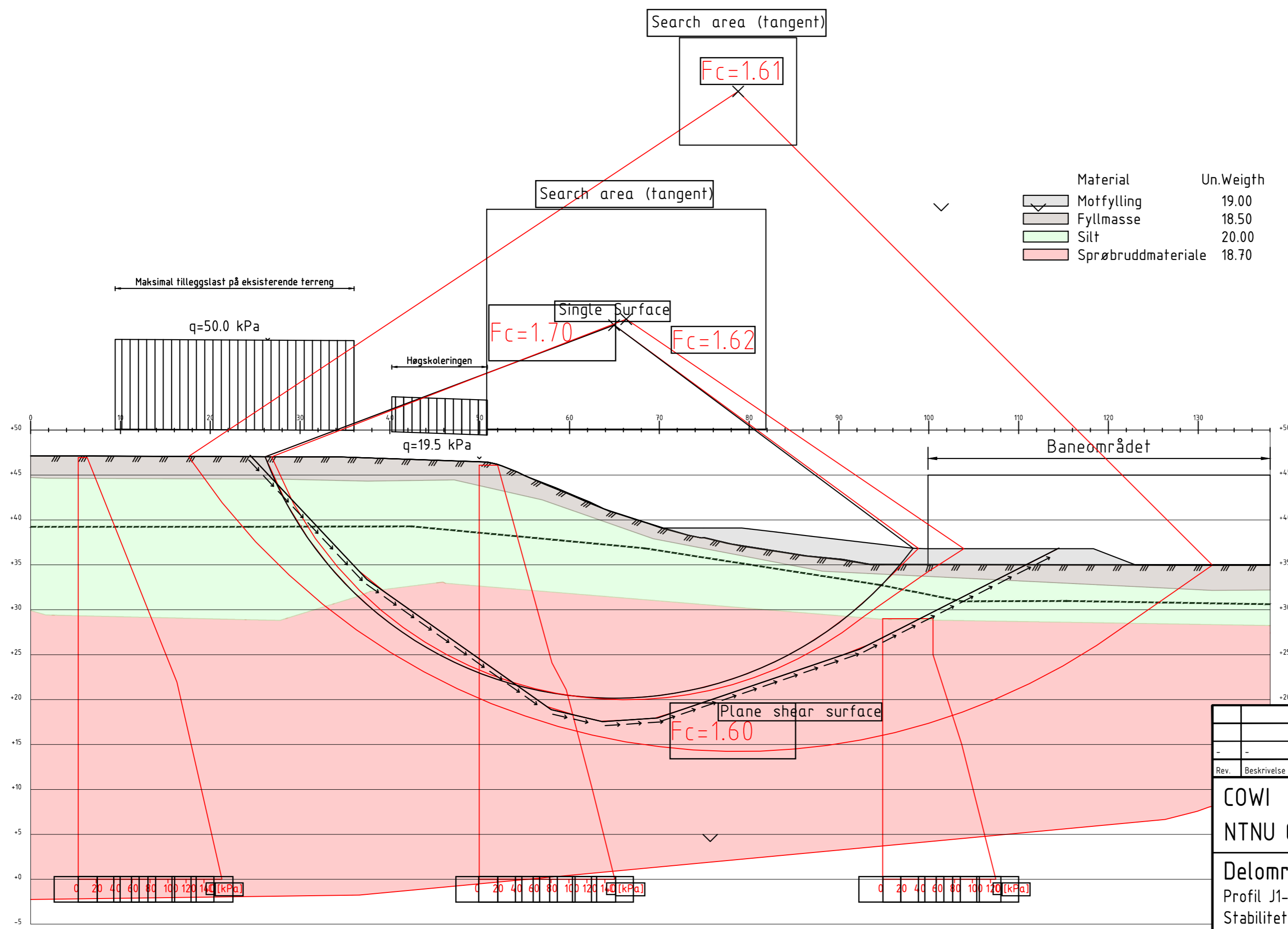
0 20 40 60 80 100 120 140 [kPa]

0 20 40 60 80 100 120 [kPa]

Profil J1-J1

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
COWI					Fag
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner					Geoteknikk
Delområde 3					Format
Profil J1-J1					A3L
Stabilitetsberegninger - Mulig utbygging					Dato
					11.02.2022
					Format/Målestokk:
					1:400
Status		Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	
Utsendt		FRA	PBK	ANG	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.	Rev.		
10215021-06		RIG-TEG-880.1	00		

Multiconsult
www.multiconsult.no

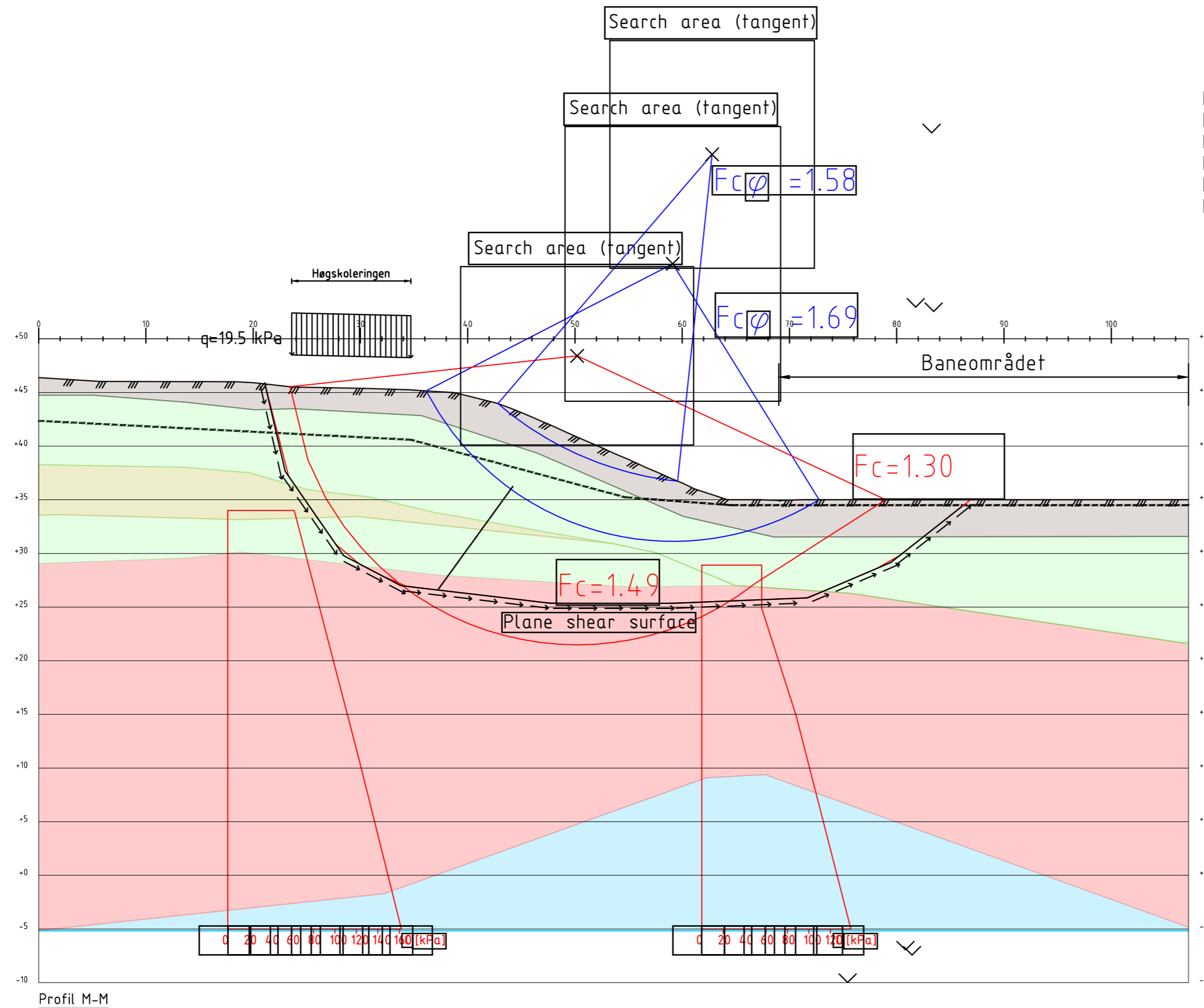


Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	19.00	9.00	40.0	0.0				
Fyllmasse	18.50	8.50	31.0	1.0				
Silt	20.00	10.00	31.0	1.0				
Sprøbruddmateriale	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63	0.35

Profil J1-J1

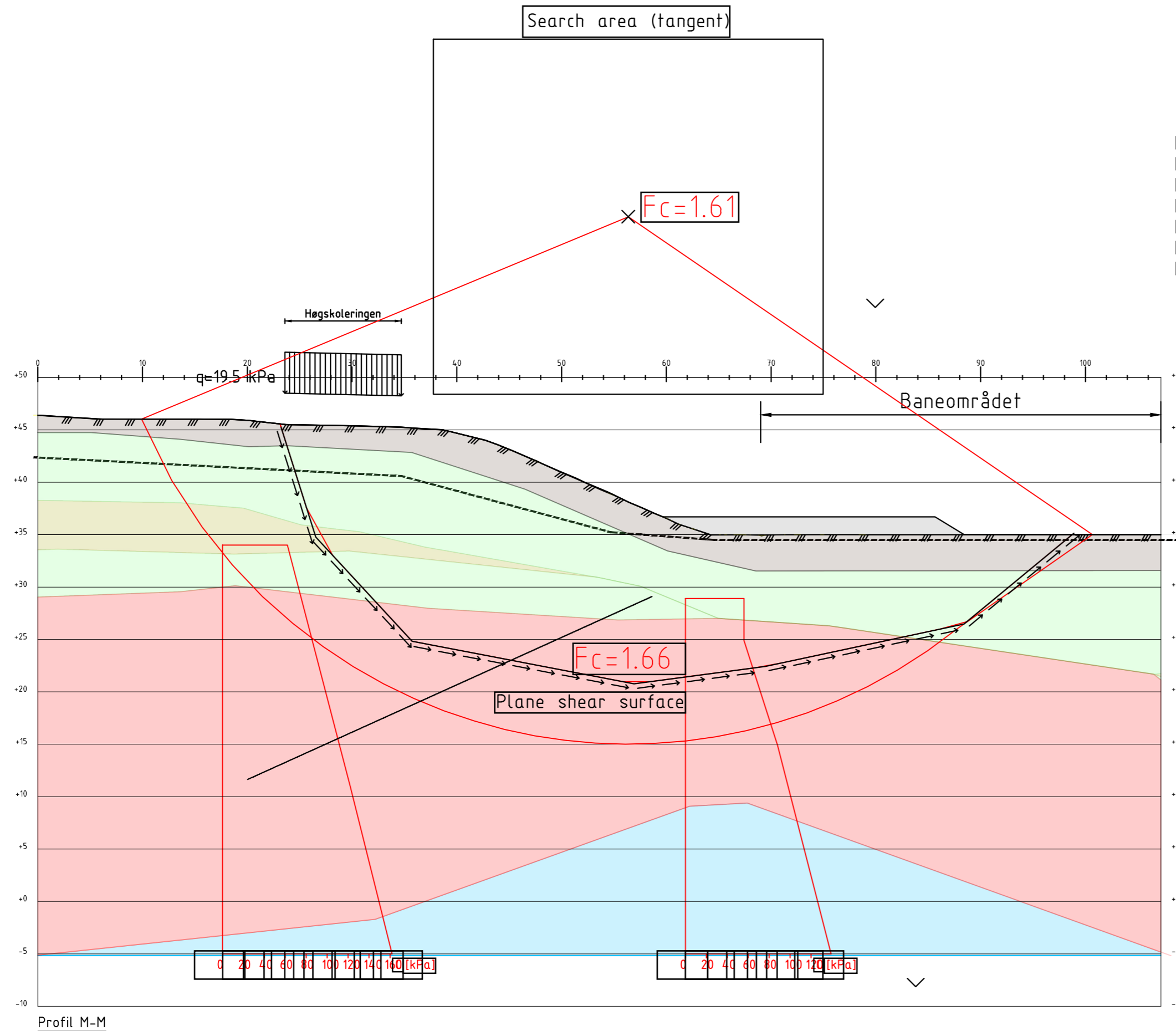
Rev.		Beskrivelse		Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
COWI							Fag	Format
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner							Geoteknikk	A3L
							Dato	11.02.2022
Delområde 3							Format/Målestokk:	
Profil J1-J1							1:400	
Stabilitetsberegninger - Mulig utbygging med motfylling								
Status		Konstr./Tegnet		Kontrollert	Godkjent			
Utsendt		FRA		PBK	ANG			
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.				
10215021-06		RIG-TEG-880.2		00				

Multiconsult
www.multiconsult.no



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	18.50	8.50	31.0	1.0				
Silt	20.00	10.00	31.0	1.0				
Sand	20.00	10.00	33.0	1.0				
SILT	20.00	10.00	31.0	1.0				
Sprøbruddmateriale	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63	0.35

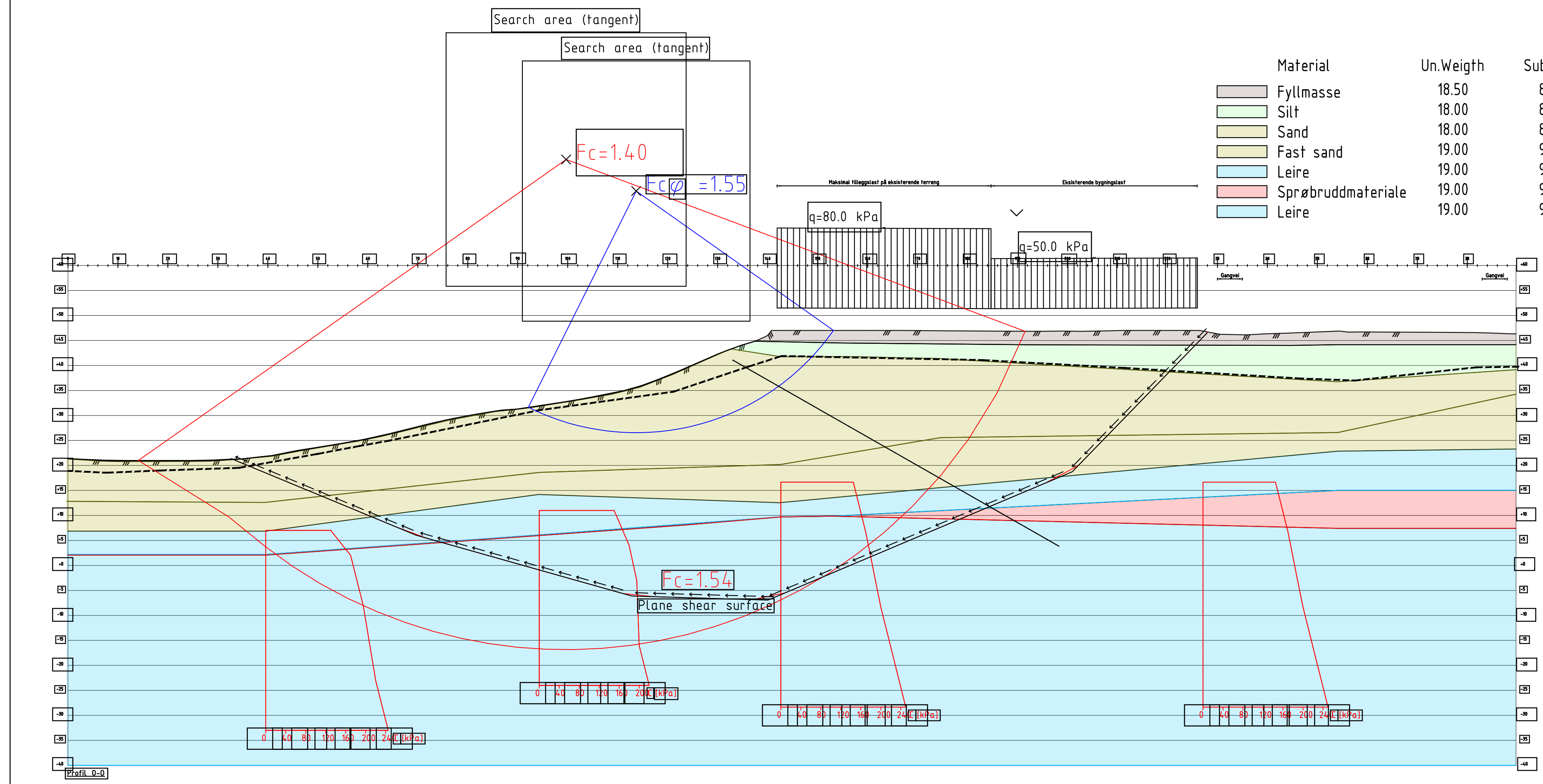
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.	
-	-	-	-	-	-	
COWI					Fag	Format
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner					Geoteknikk	A3L
Delområde 3					Dato	11.02.2022
Profil M-M					Format/Målestokk:	1:400
Stabilitetsberegninger - Influensområde mulig utbygging						
Multiconsult			Status	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
www.multiconsult.no			Utført	FRA	PBK	ANG
10215021-06			Oppdragsnr.	Tegningsnr.		Rev.
RIG-TEG-881.1						00



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Motfylling	19.00	9.00	40.0	0.0				
Fyllmasse	18.50	8.50	31.0	1.0				
Silt	20.00	10.00	31.0	1.0				
Sand	20.00	10.00	33.0	1.0				
SILT	20.00	10.00	31.0	1.0				
Sprøbruddmateriale	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire	18.70	8.70	25.0	5.0	C-prof	1.00	0.63	0.35

Rev.		Beskrivelse		Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-		-		-	-	-	-
COWI						Fag	Format
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner						Geoteknikk	A3L
Delområde 3						Dato	11.02.2022
Profil M-M						Format/Målestokk:	1:400
Stabilitetsberegninger - Influensområde mulig utbygging m/motfylling							
Status		Konstr./Tegnet		Kontrollert		Godkjent	
Utsendt		FRA		PBK		ANG	
Oppdragsnr.		Tegningsnr.		Rev.			
10215021-06		RIG-TEG-881.2		00			

Multiconsult
www.multiconsult.no



Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	18.50	8.50	31.0	1.0				
Silt	18.00	8.00	32.0	3.1				
Sand	18.00	8.00	32.0	3.1				
Fast sand	19.00	9.00	36.0	3.6				
Leire	19.00	9.00	28.0	5.3	C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprøbruddmateriale	19.00	9.00	28.0	5.3	C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire	19.00	9.00	28.0	5.3	C-prof	1.00	0.63	0.35

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
COWI NTNU Campusutvikling - Områdeplaner Delområde 3 Profil 0-0 Stabilitetberegninger - Mulig utbygging					Fag: Geoteknikk Format: A3L Dato: 11.02.2022 Format/Målestokk: 1:600
Multiconsult www.multiconsult.no		Status: Utsendt Oppdragsnr.: 10215021-06	Konstr./Tegnet: FRA Tegningsnr.: RIG-TEG-883.1	Kontrollert: PBK Godkjent: ANG	Rev.: 00

Vedlegg A

Stabilitetsberegninger

Innholdsfortegnelse

A.1	Tolkning av beregningsparametere	1
A.1.1	Tyngdetetthet	1
A.1.2	Effektivspenningsparametere	1
A.1.3	Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling	1
A.1.4	Tolkning av konsolideringsforhold	1
A.1.5	Tolkning av styrkeparametere	2
A.1.6	Anisotropifaktorer	3
A.2	Stabilitetsberegninger	3
A.2.1	Generelt	3
A.2.2	Beregningsverktøy	3
A.2.3	Laster	3
A.2.4	Beregningsresultater	4
A.3	Referanser	5

A.1 Tolkning av beregningsparametere

Tolkning er gjort på basis av utførte laboratorieundersøkelser på opptatte prøveserier og utførte CPTU-sonderinger. Det er også benyttet erfaringsverdier iht. Statens vegvesen Håndbok V220 [1].

A.1.1 Tyngdetetthet

Målt tyngdetetthet på opptatte prøver, både fra nye og tidligere grunnundersøkelser, er benyttet som grunnlag. Ved store variasjoner i målte verdier er gjennomsnittlige verdier benyttet.

Se tegning nr. 10215021-06-RIG-TEG-880.1 og -884.1 for geotekniske data som er benyttet i beregningene.

A.1.2 Effektivspenningsparametere

For effektivspenningsparametere er det sett til utførte grunnundersøkelser, samt vurdert opp mot tidligere vurderingsrapporter som er utført i området. Multiconsult har tidligere kontrollert Norconsults områdestabilitetsvurderinger for vestsiden av Gløshaugplatået ved SINTEF Horizon [2], og har i den anledning samkjørt effektivspenningsparameterne benyttet i denne rapporten.

A.1.3 Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling

Grunnvannsnivå og poretrykksfordeling er modellert konservativt i henhold til utførte piezometeravlesninger.

I borhullene hvor det er registrert poreundertrykk i dybden, og hvor massene er homogene, er det antatt et poreundertrykk også over det øverste piezometeret.

Avlesningene av piezometerene er vist i Multiconsults reviderte datarapport 10215021-01-RIG-RAP-001, rev02 [3].

A.1.4 Tolkning av konsolideringsforhold

Ødometerforsøkene brukes til å fremskaffe informasjon om prekonsolideringsspenninger og overkonsolideringsgrad for bruk i korrelasjonen mellom CPTU-sonderinger og treaksialforsøk. For tolkning av prekonsolideringsspenning i ødometerforsøkene er metoden, først presentert av Karlsrud

[4], benyttet. Prekonsolideringsspenningen finnes her som gjennomsnittet av spenningen der tangentmodulen begynner å avta og spenningen der helningen på den normalkonsoliderte linjen starter.

Tolkning av ødometerforsøkene er vist i vedlegg B.2, mens en vurdering av kvaliteten på de utførte ødometerforsøkene er gitt i Multiconsults reviderte datarapport 10215021-01-RIG-RAP-001_rev02 [3].

A.1.5 Tolkning av styrkeparametere

Generelt skal karakteristisk skjærstyrkeprofil (S_{UA}) med aktive verdier tolkes ved hvert enkelt borpunkt der mulig. Med et godt datagrunnlag velges mest sannsynlig opptredende verdier for profilet. Dersom målte styrkeverdier viser store variasjoner i forhold til normal variasjon i området, velges profilene i henhold til anbefalinger i NIFS veileder nr. 77/2014 [5] med forsiktighet.

Generelt skal et S_{UA} -profil velges ut ifra følgende rangering:

1. Treksialforsøk av god kvalitet (Kvalitetsklasse 1)
2. CPTU (Anvendelsesklasse 1)
3. Erfaringsverdier (S_{UA}/p_0' , SHANSEP)
4. Konus/Enaks

Erfaringer beskrevet i NIFS veileder nr. 77/2014 [5] viser at karakteristisk skjærstyrkeprofil ikke bør ligge under $0,25 * p_0'$. Dette er lagt til grunn som en nedre terskelverdi for opptredende aktiv skjærstyrke.

Treksialforsøkene er tolket basert på en vurdering av tøyning ved brudd og kvalitet av forsøkene. For vurdering av de drenerte styrkeparametere plottes radiell spenning mot opptredende skjærspenning, også kalt NTNU-plott [6]. Friksjonsvinkelen kan her tolkes ut fra helningen på bruddlinjen og kan uttrykkes som:

$$\tan \phi = \frac{S_f}{\sqrt{1 + 2 * S_f}}$$

Hvor: S_f er stigningstallet på bruddlinjen
 ϕ er friksjonsvinkelen

Tolkning av treksialforsøkene er vist i vedlegg B.1, mens en vurdering av kvaliteten på de utførte treksialforsøkene er gitt i Multiconsults reviderte datarapport 10215021-01-RIG-RAP-001_rev02 [3]. For tørrskorpe er friksjonsvinkelen satt til 30° og attraksjonen satt til 0 kPa, i henhold til erfaringsverdier i SVV håndbok V220 [1].

For tolkning av CPTU-sonderingene lastes resultatene fra rutineundersøkelsene inn sammen med tolket prekonsolideringsspenning og overkonsolideringsgrad fra ødometerforsøkene. Prekonsolideringsspenningen funnet i ødometerforsøket sammenstilles med korrelasjonene funnet ved CPTU-sonderingene, og det utarbeides en linje som beskriver forløpet av prekonsolideringsspenninger og overkonsolideringsgrad med dybden. Styrkeprofilene tolkes så med hjelp av metodene beskrevet av Lunne m.fl. [7] og Karlsrud m.fl. [8] der de ulike metodene ligger innenfor det relevante arbeidsområdet. De beregnede styrkekorrelasjonene fra CPTU-sonderingene sammenstilles så med tolkede treksialforsøk for valg av skjærstyrkeprofil. Tolkning av aktive skjærstyrkeprofil er vist i vedlegg B.3.

SHANSEP-korrelasjonen beskrevet av Karlsrud og Hernandez-Martinez [9] er benyttet. Artikkelens beskriver en sammenheng mellom målt vanninnhold og overkonsolideringsgrad som følger:

$$\frac{S_{UC}}{\sigma'_{v0}} = S * OCR^m$$

Hvor: $S = (0,27 + 0,10w)$

$m = 0,58 + 0,33w$

S og m ligger normalt under en øvre grense på henholdsvis 0,35 og 0,75, og over en nedre grense på henholdsvis 0,25 og 0,65. Det er her benyttet $S=0,30$ og $m=0,68$ med utgangspunkt i at SHANSEP da gir godt samsvar med andre kilder til udrenert skjærfasthet i området.

Det er også sett til tidligere vurderingsrapporter og relevante tolkninger av skjærfasthet i tilsvarende grunnforhold og dybder, blant annet Norconsult i rapport 5175072-RIG12 [2].

A.1.6 Anisotropifaktorer

Det er kun utført aktive treaksialforsøk i oppdraget, og korrelasjonene beskrevet i NIFS rapport nr. 14/2014 [10], og vist i tabell 1-1, legges derfor til grunn for vurdering av anisotropifaktorer.

Tabell 1-1: Omforent anbefaling av anisotropifaktorer (ADP-faktorer) hentet fra NIFS rapport nr. 14/2014 [10].

I_p	S_{UD}/ S_{UA}	S_{UP}/ S_{UA}
$I_p \leq 10\%$	0,63	0,35
$I_p > 10\%$	$0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$

Se tegning nr. 10215021-06-RIG-TEG-880.1 til -884.1 for geotekniske data som er benyttet i beregningene.

A.2 Stabilitetsberegninger

A.2.1 Generelt

Det er utført stabilitetsberegning i fire profiler; J1, M, O og P. Det er utført beregninger både på effektiv- og totalspenningsbasis. Tolket lagdeling er vist i tegning nr. 10215021-06-RIG-TEG-780 til -784. Plassering av profilene er vist på situasjonsplan i tegning nr. 10215021-06-RIG-TEG-001.3

A.2.2 Beregningsverktøy

Stabilitetsberegningene er utført i beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» versjon 22.0.3.0 med beregningsmetode «BEAST 2003». Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetoden, og anvender en versjon av lamellemetoden som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum. Det er også søkt etter sammensatte skjærflater.

A.2.3 Laster

Ved stabilitetsberegningene er det benyttet en jevnt fordelt last for bygninger på 10 kPa per etasje, med fratregg for bygg med kjeller.

Det er konservativt antatt at ny bebyggelse vil tilføre 50 kPa på eksisterende terreng, ut mot ravinekantene, med forutsetning om at eksisterende bebyggelse er anlagt kompensert. Der hvor 50 kPa ikke er nok til å overskride aktuell sikkerhetsfaktor er lasten økt inntil laveste nødvendig sikkerhetsfaktor er oppnådd.

Det er også benyttet trafikklast på 15 kPa der hvor det er aktuelt. For ugunstig last er det inkludert lastfaktor $\gamma_Q = 1,3$.

A.2.4 Beregningsresultater

Beregningsresultat er vist i tegning nr. 10215021-06-RIG-TEG-880.1 og -884.1.

For mulig utbygging i profil J1 er laveste beregnede sikkerhet ved en udrenert analyse (ADP) beregnet til 1,29. Laveste beregnede sikkerhet for en drenert analyse (afi) for mulig utbygging er beregnet til 1,95. For å tilfredsstillere krav til NVE 1/2019 er det gjort stabilitetsberegninger med en motfylling i foten av skråningen. Geometrien av motfyllingen er justert inntil tilfredsstillende sikkerhetsfaktor (1,61) er oppnådd.

For å se på helheten av skråningen ned mot Dødens dal er det utført en tilsvarende beregning i profil M. For dagens situasjon, uten bygningslast, er laveste beregnede sikkerhet for skråningen i profil M beregnet til 1,30 ved udrenert analyse (ADP). For drenert analyse (afi) er laveste beregnede sikkerhet 1,58. Som i profil J1 er det gjort stabilitetsberegninger med en motfylling i foten av skråningen for å tilfredsstillere krav til NVE 1/2019. Geometrien av motfyllingen er justert inntil tilfredsstillende sikkerhetsfaktor (1,61) er oppnådd.

For mulig utbygging i profil O ble det utført stabilitetsberegninger for å finne ut hvor mye last som kan påføres eksisterende terreng før krav til tilfredsstillende sikkerhet iht. Eurokode 7 overskrides. Beregninger viser at en kan påføre inntil 80 kPa på eksisterende terreng før beregnet sikkerhet ved udrenert analyse (ADP) blir lavere enn 1,40. Tilsvarende lastsituasjon gir en beregnet sikkerhet for drenert analyse (afi) på 1,55.

For mulig utbygging i profil P ble det utført stabilitetsberegninger for en tilleggslast på 50 kPa på eksisterende terreng. Laveste beregnede sikkerhet ved en udrenert analyse (ADP) beregnet til 1,40, mens laveste beregnede sikkerhet for en drenert analyse (afi) er beregnet til 1,29.

Tabell 2-1: Beregningsresultater for mest kritiske glidesirkler ved stabilitetsberegninger i delområde 3.

Profil	Analyse	Krav	Resultater – Mulig utbygging	Resultater – Stabiliserende tiltak
J1	ADP	1,61	1,29	1,61
	aφ	1,25	1,95	-
M	ADP	1,61	1,30	1,61
	aφ	1,25	1,58	-
O	ADP	1,40	1,40	-
	aφ	1,25	1,55	-
P	ADP	1,40	1,40	-
	aφ	1,25	1,29	-

A.3 Referanser

- [1] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», Vegdirektoratet, Oslo, Veiledning V220, 2018.
- [2] Norconsult, «5175072-RIG12 - SINTEF Horizon – Områdestabilitetsutredning av Gløshaugens vestskråning ved EFI», jul. 2021.
- [3] Multiconsult Norge AS, «10215021-01-RIG-RAP-001_rev02 - Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser», feb. 2022.
- [4] Kjell Karlsrud, «521500-6. Sammenstilling av noen erfaringer med prøvetaking og effekt av proveforstyrrelse i norske marine leire.», NGI, 1991.
- [5] NVE, «NIFS Rapport 77/2014. Valg av karakteristisk cuA-profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser.», mai 2015.
- [6] NTNU, «Kompendium for TBA4110 Geotechnics Field and Laboratory investigations», Geoteknisk avdeling, 2017.
- [7] T. Lunne, P.K. Robertson & J.J.M. Powell, «Cone penetration testing - In geotechnical practice», 1997.
- [8] K. Karlsrud, T. Lunne, D.A. Kort & S. Strandvik, «CPTU Correlations for Clays», 2005.
- [9] K. Karlsrud og F. G. Hernandez-Martinez, «Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high-quality block samples», *Can. Geotech. J.*, bd. 50, nr. 12, s. 1273–1293, des. 2013, doi: 10.1139/cgj-2013-0298.
- [10] NVE, «NIFS Rapport 14/2014. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer.», jan. 2014.

Vedlegg B

Tolkning av laboratorieforsøk og CPTU

B.1 – Treaksialforsøk

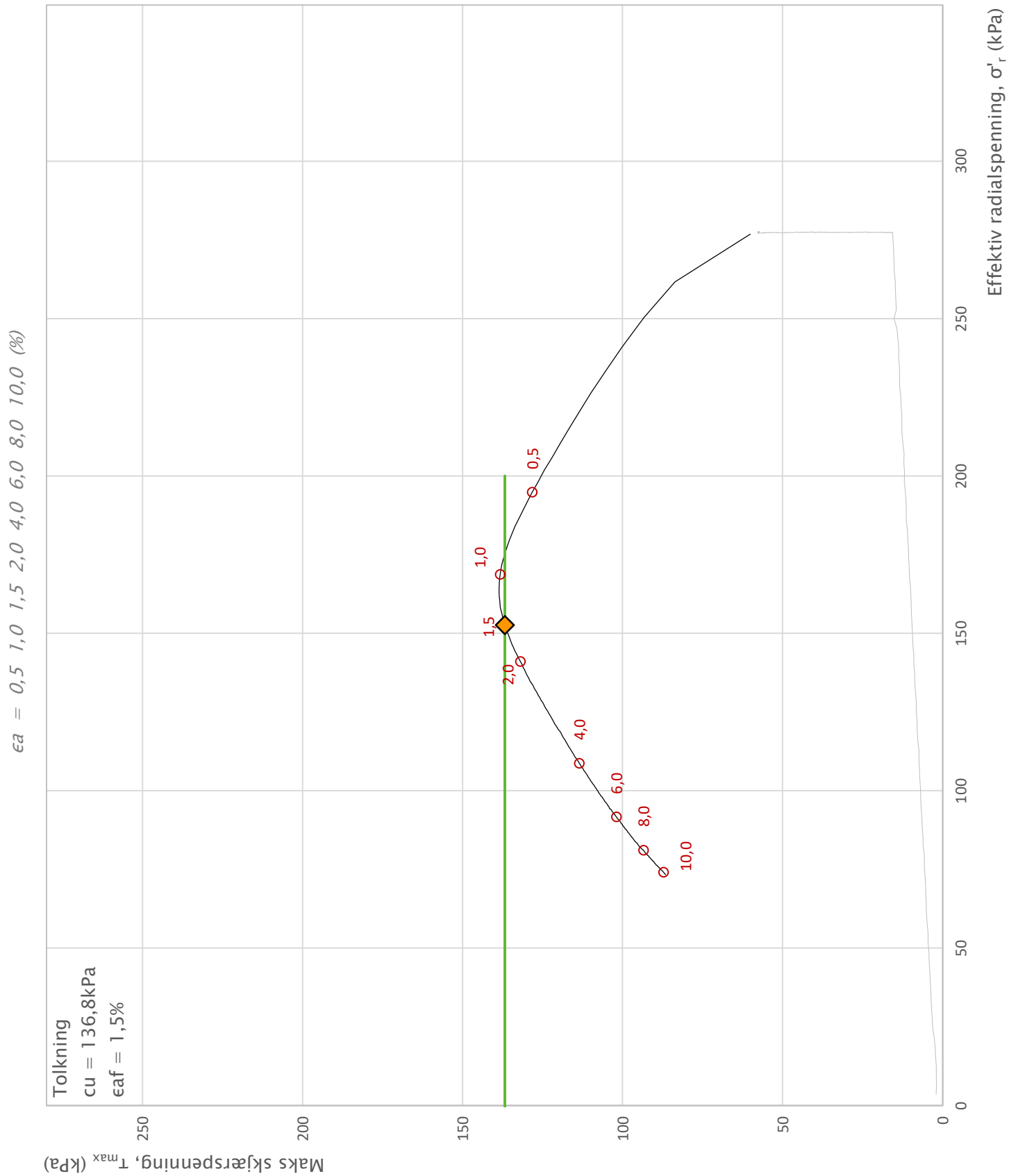
B.2 – Ødometerforsøk

B.3 – CPTU-tolkning

B.1 Treaksialforsøk

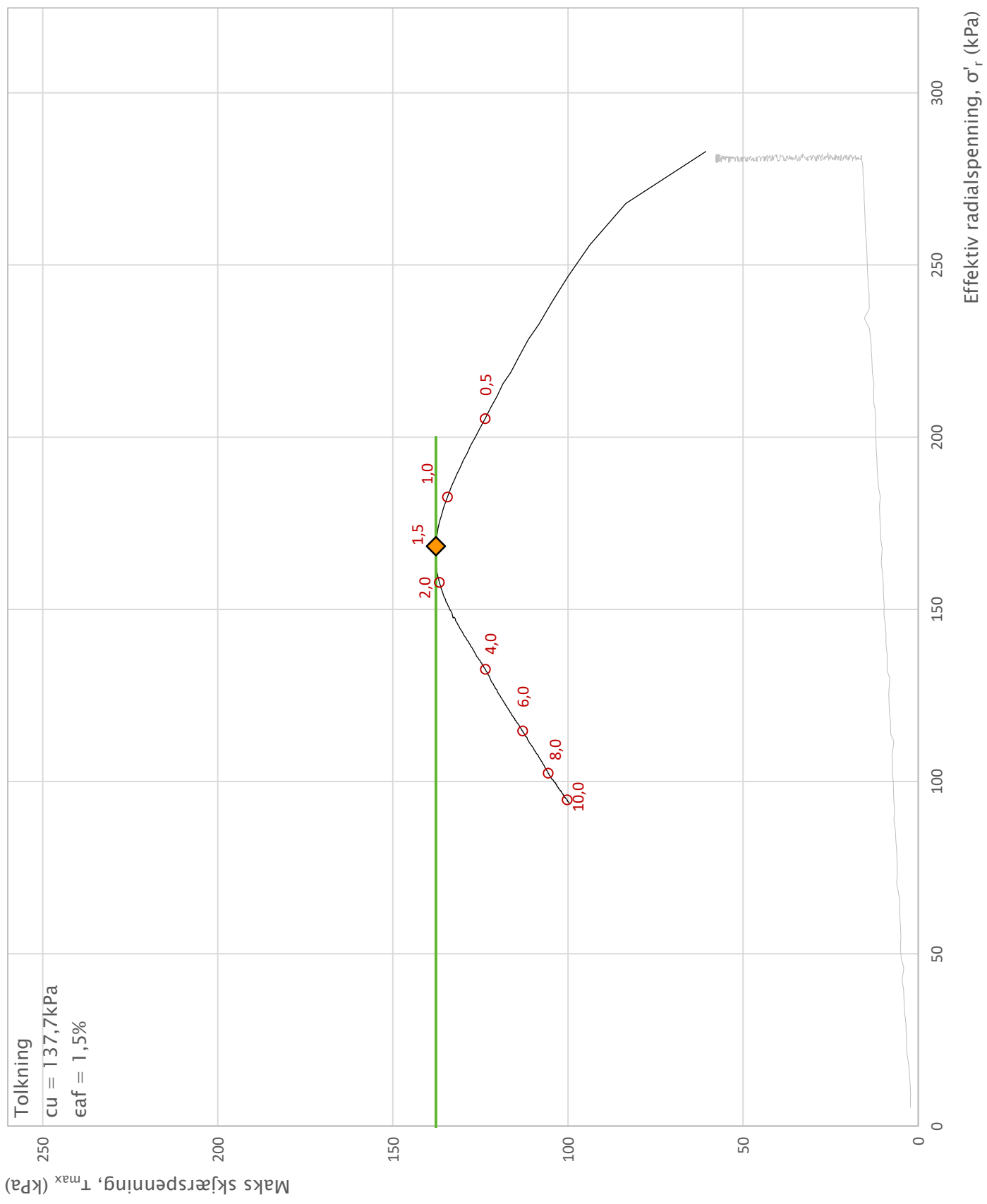
Borpunkt 43 – Dybde 38,35 m

Borpunkt 43 – Dybde 39,5 m



Prosjekt			Prosjektnummer: 10215021-06. Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull
NTNU Campusutvikling – Områdeplaner					1
Innhold			Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)		Dybde (m)
					38,35
Multiconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent		Forsøkstype
	FRA	PBK	ANG		CAUc
	Region	Dato utført	Revisjon	0	Figur
	Midt	31.01.2022	Rev. dato	21.02.2022	B.1

$\epsilon_a = 0,5 \ 1,0 \ 1,5 \ 2,0 \ 4,0 \ 6,0 \ 8,0 \ 10,0 \ 10,0 \ (%)$



Prosjekt			Prosjektnummer: 10215021-06. Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull			
NTNU Campusutvikling – Områdeplaner					1			
Innhold			Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)		Dybde (m)			
					39,50			
Multiconsult	Utført	FRA	Kontrollert	PBK	Godkjent	ANG	Forsøkstype	CAUc
	Region	Midt	Dato utført	31.01.2022	Revisjon	0	Figur	B.1
					Rev. dato	21.02.2022		

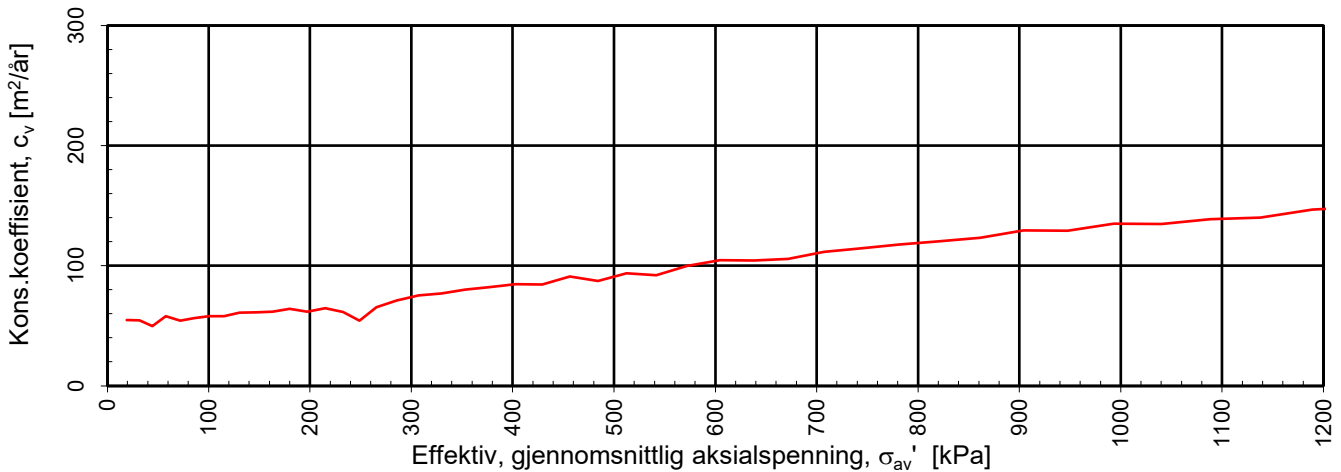
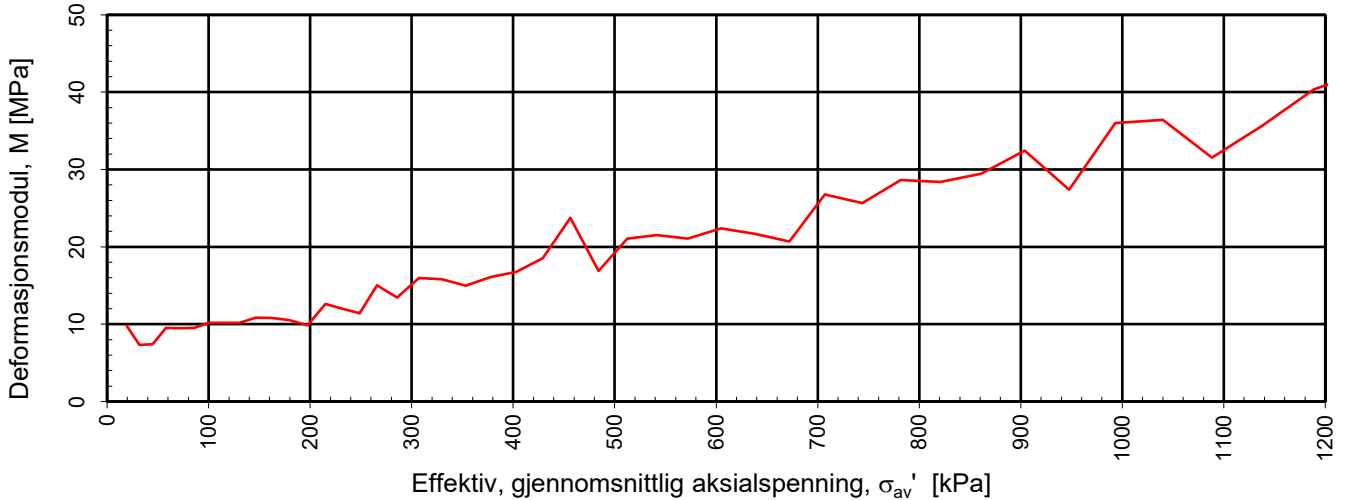
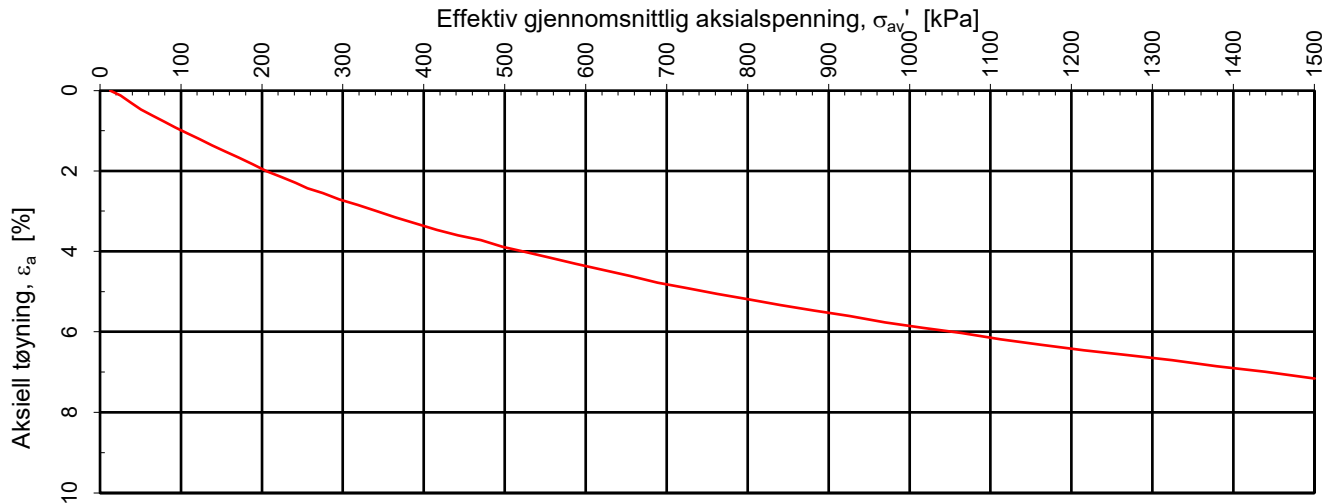
B.2 Ødometerforsøk

Borpunkt 43 – Dybde 21,2 m

Borpunkt 43 – Dybde 38,47 m

Borpunkt 43 – Dybde 39,43 m

Borpunkt 43 – Dybde 41,2 m



Densitet ρ (g/cm³): **2,11**
 Vanninnhold w (%): **23,70**

COWI
NTNU, vurdering av byggbarhet

Tegningens filnavn:
 10215021-07-RIG-TEG-415_h1, 21,2m.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \epsilon_a, M$ og c_v .

MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:
 01.02.2022

Dybde, z (m):
 21,20

Borpunkt nr.:
 43

Forsøknr.:
 15

Tegnet av:
 truk

Kontrollert:
 vt

Godkjent:
 gurt

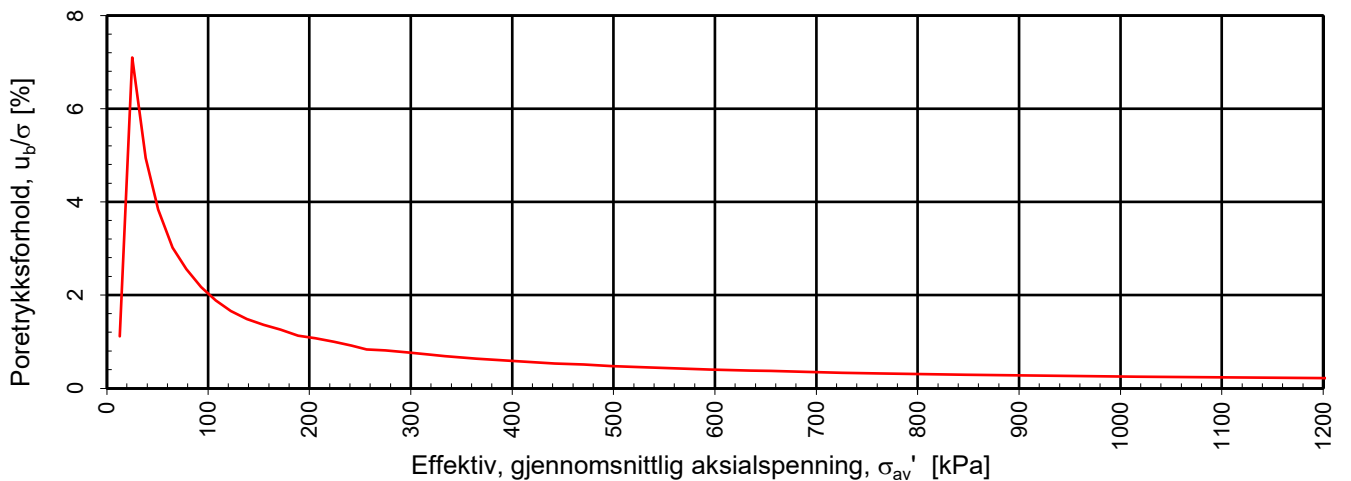
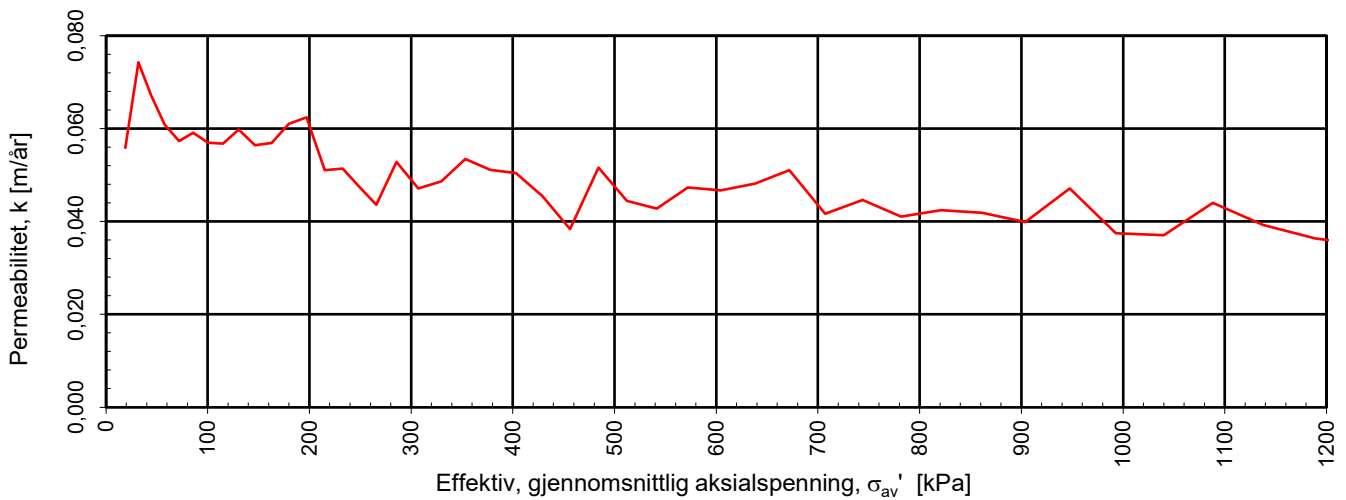
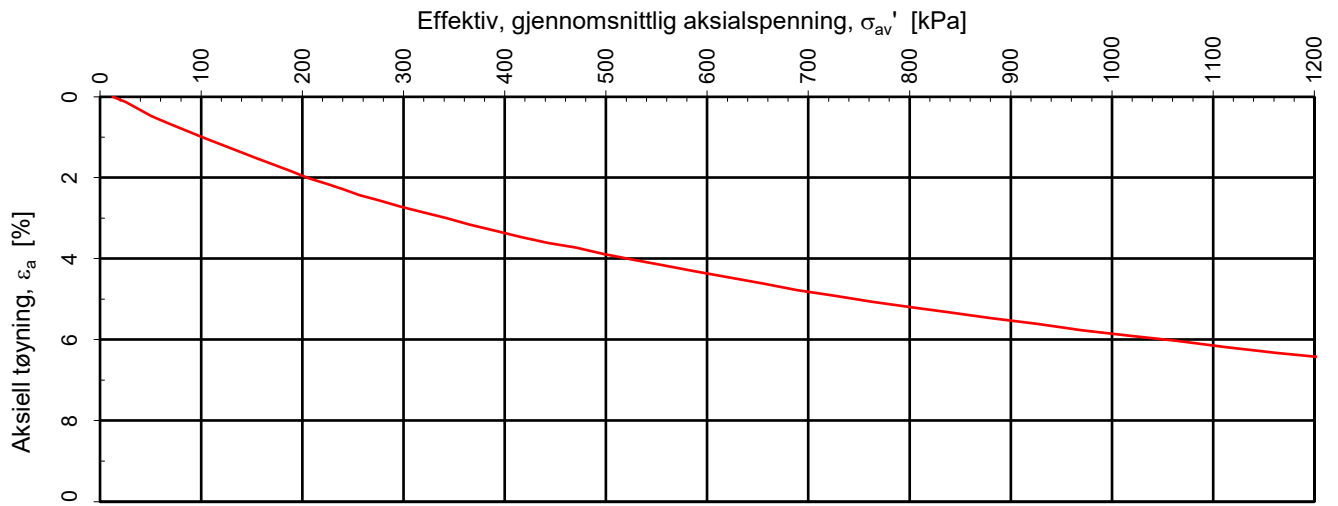
Oppdrag nr.:
 10215021

Tegning nr.:
 RIG-TEG-415.1

Prosedyre:
 CRS

Programrevisjon:
 16.07.2018





Densitet ρ (g/cm³): 2,11
 Vanninnhold w (%): 23,70

COWI
NTNU, vurdering av byggbarhet

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_b/σ .

Tegningens filnavn:
 10215021-07-RIG-TEG-415_h1, 21,2m.xlsx

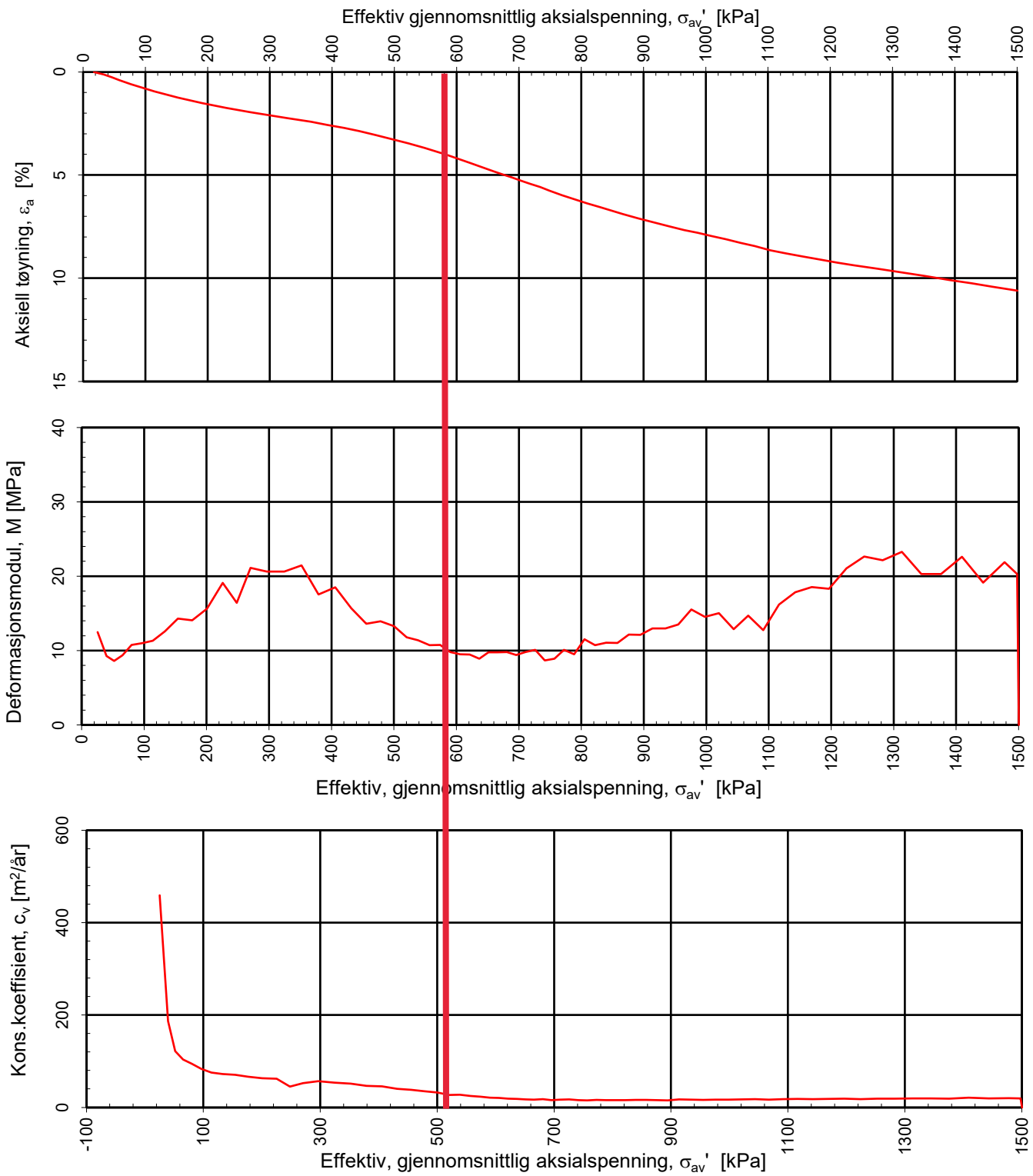
MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 01.02.2022	Dybde, z (m): 21,20	Borpunkt nr.: 43
Forsøknr.: 15	Tegnet av: truk	Kontrollert: vt
Oppdrag nr.: 10215021	Tegning nr.: RIG-TEG-415.2	Prosedyre: CRS

Multi
consult

Godkjent:
gurt

Programrevisjon:
16.07.2018



Densitet ρ (g/cm^3): **2,08**
 Vanninnhold w (%): **24,80**

COWI
NTNU, vurdering av byggbarhet

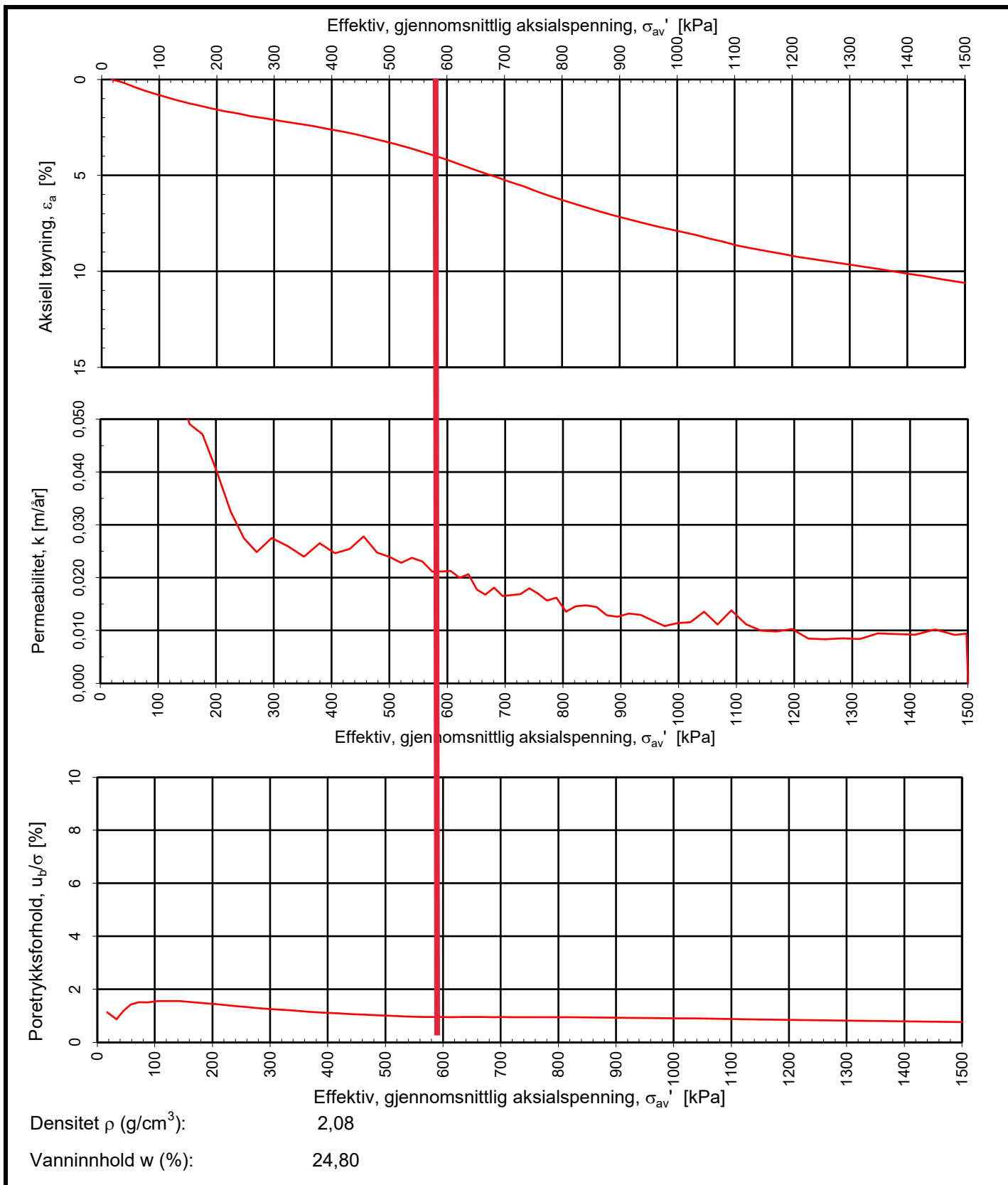
Tegningens filnavn:
 10215021-07-RIG-TEG-416_h1, 38,47m.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .

Godkjent: **gurt**
 Programrevisjon: **16.07.2018**

MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 31.01.2022	Dybde, z (m): 38,47	Borpunkt nr.: 43
Forsøknr.: 16	Tegnet av: truk	Kontrollert: vt
Oppdrag nr.: 10215021	Tegning nr.: RIG-TEG-416.1	Prosedyre: CRS



COWI
NTNU, vurdering av byggbarhet

Tegningens filnavn:
 10215021-07-RIG-TEG-416_h1, 38,47m.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_b/σ .

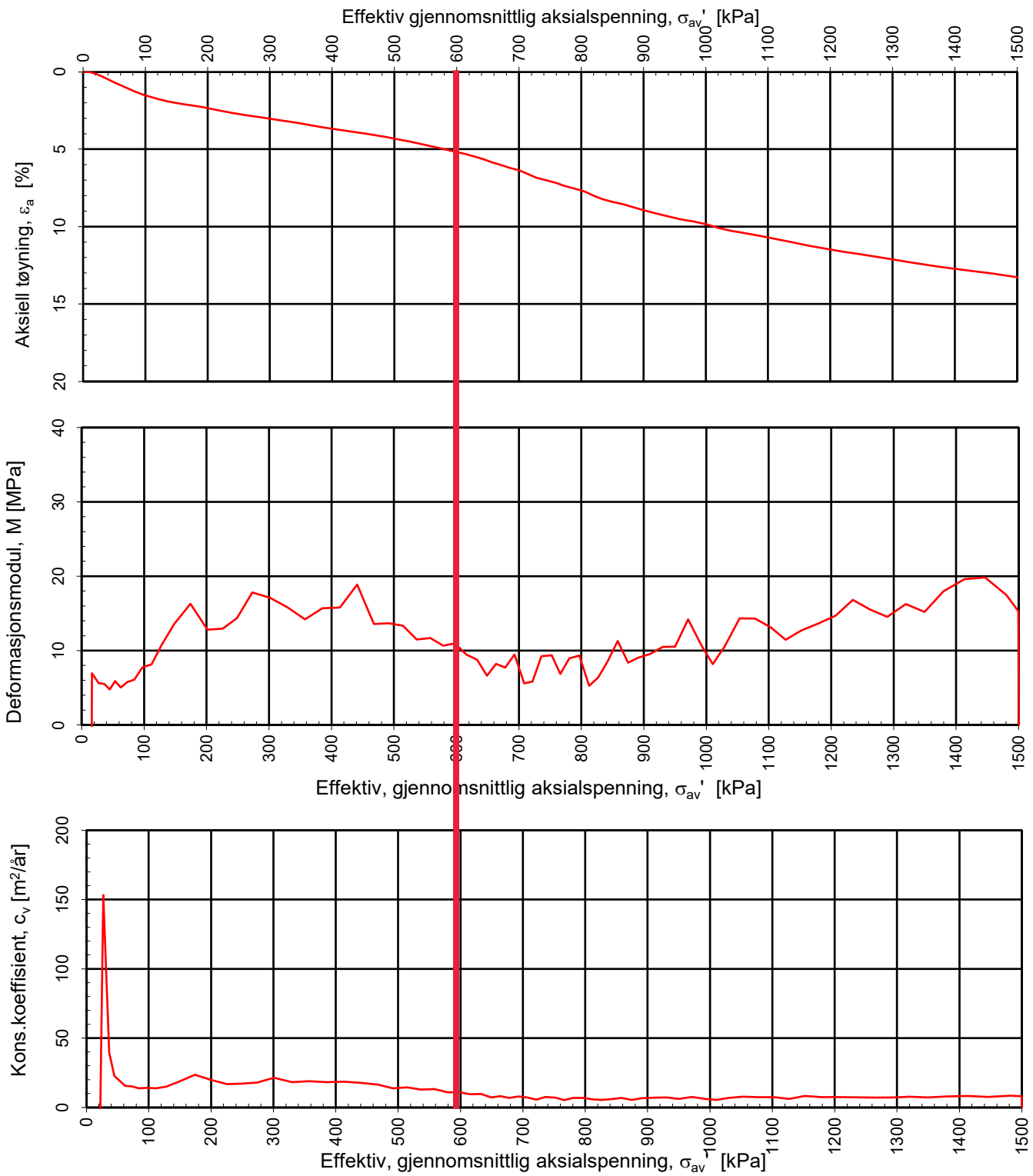
MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 31.01.2022	Dybde, z (m): 38,47	Borpunkt nr.: 43
Forsøksnr.: 16	Tegnet av: truk	Kontrollert: vt
Oppdrag nr.: 10215021	Tegning nr.: RIG-TEG-416.2	Prosedyre: CRS

Multi
consult

Godkjent:
gurt

Programrevisjon:
16.07.2018



Densitet ρ (g/cm³): **1,95**
 Vanninnhold w (%): **34,50**

COWI
NTNU, vurdering av byggbarhet

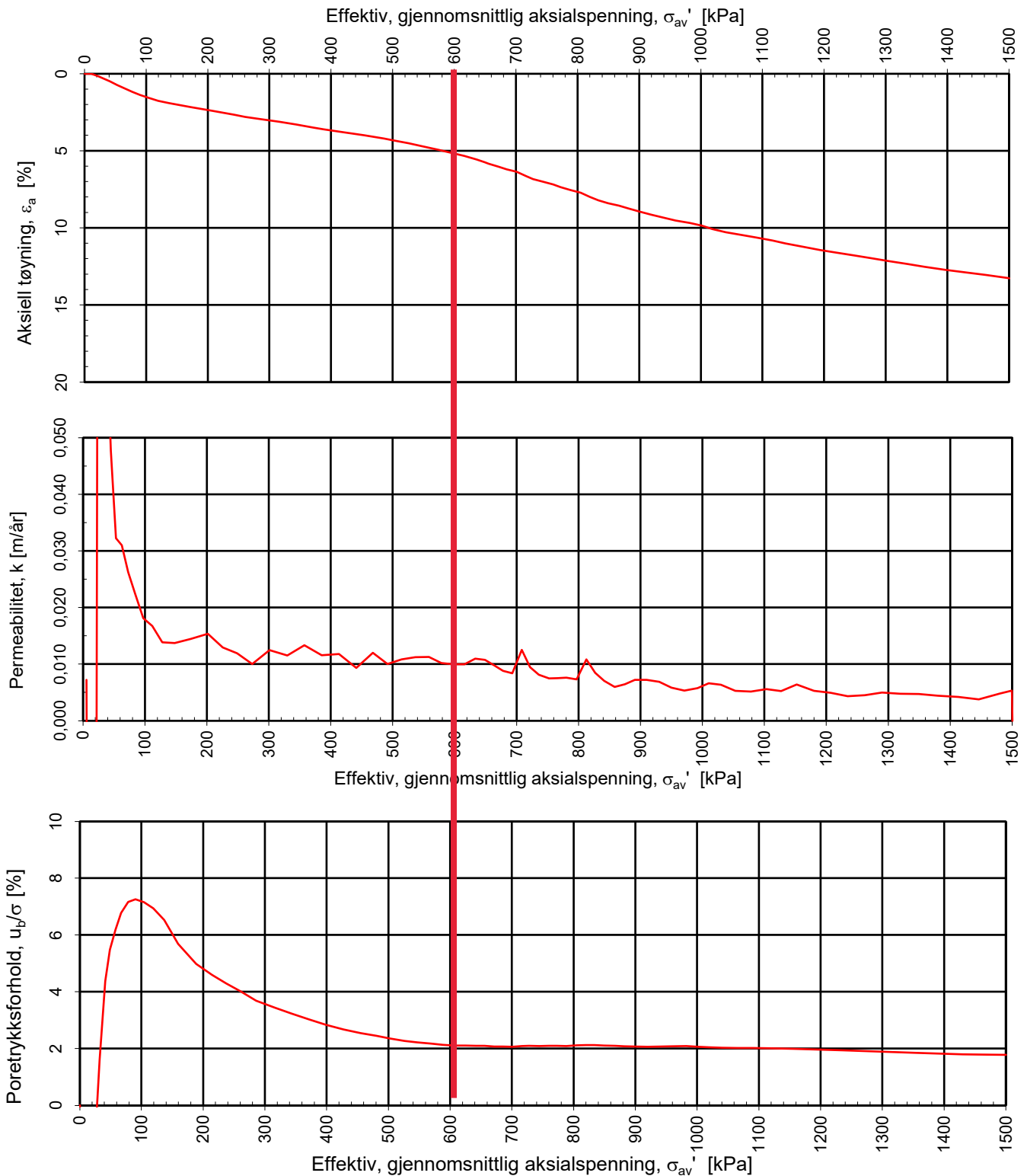
Tegningens filnavn:
 10215021-07-RIG-TEG-417_h1, 39,43m.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .

Godkjent: **gurt**
 Programrevisjon: **16.07.2018**

MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 31.01.2022	Dybde, z (m): 39,43	Borpunkt nr.: 43
Forsøknr.: 17	Tegnet av: truk	Kontrollert: vt
Oppdrag nr.: 10215021	Tegning nr.: RIG-TEG-417.1	Prosedyre: CRS



Densitet ρ (g/cm³): 1,95
 Vanninnhold w (%): 34,50

COWI
NTNU, vurdering av byggbarhet

Tegningens filnavn:
 10215021-07-RIG-TEG-417_h1, 39,43m.xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_b/σ .

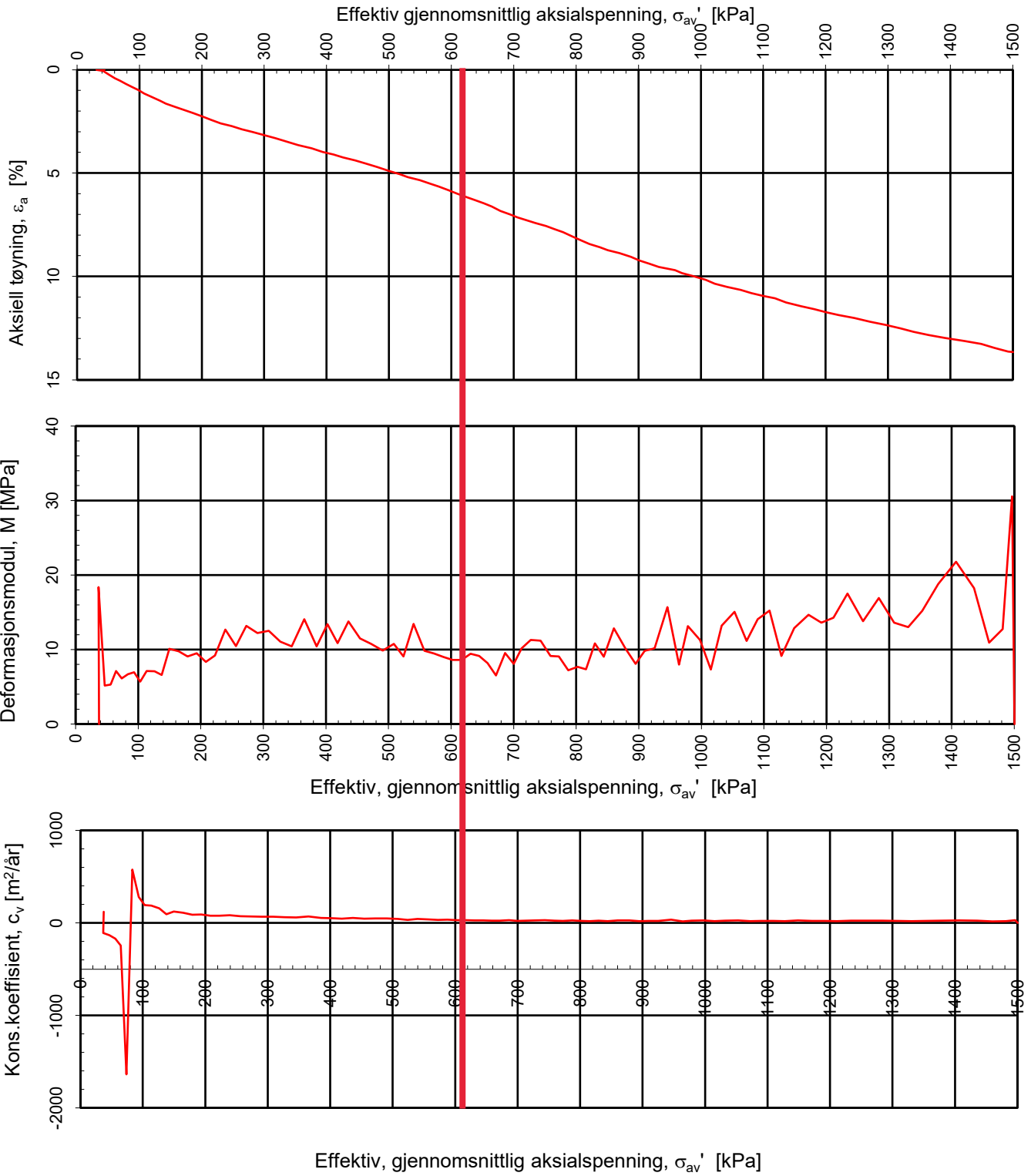
MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 31.01.2022	Dybde, z (m): 39,43	Borpunkt nr.: 43
Forsøknr.: 17	Tegnet av: truk	Kontrollert: vt
Oppdrag nr.: 10215021	Tegning nr.: RIG-TEG-417.2	Prosedyre: CRS

Multi
consult

Godkjent:
gurt

Programrevisjon:
16.07.2018



Densitet ρ (g/cm³): **1,87**
 Vanninnhold w (%): **34,70**

COWI
NTNU, vurdering av byggbarhet

Tegningens filnavn:
 10215021-07-RIG-TEG-418_h1, 41,2m .xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \epsilon_a$, M og c_v .

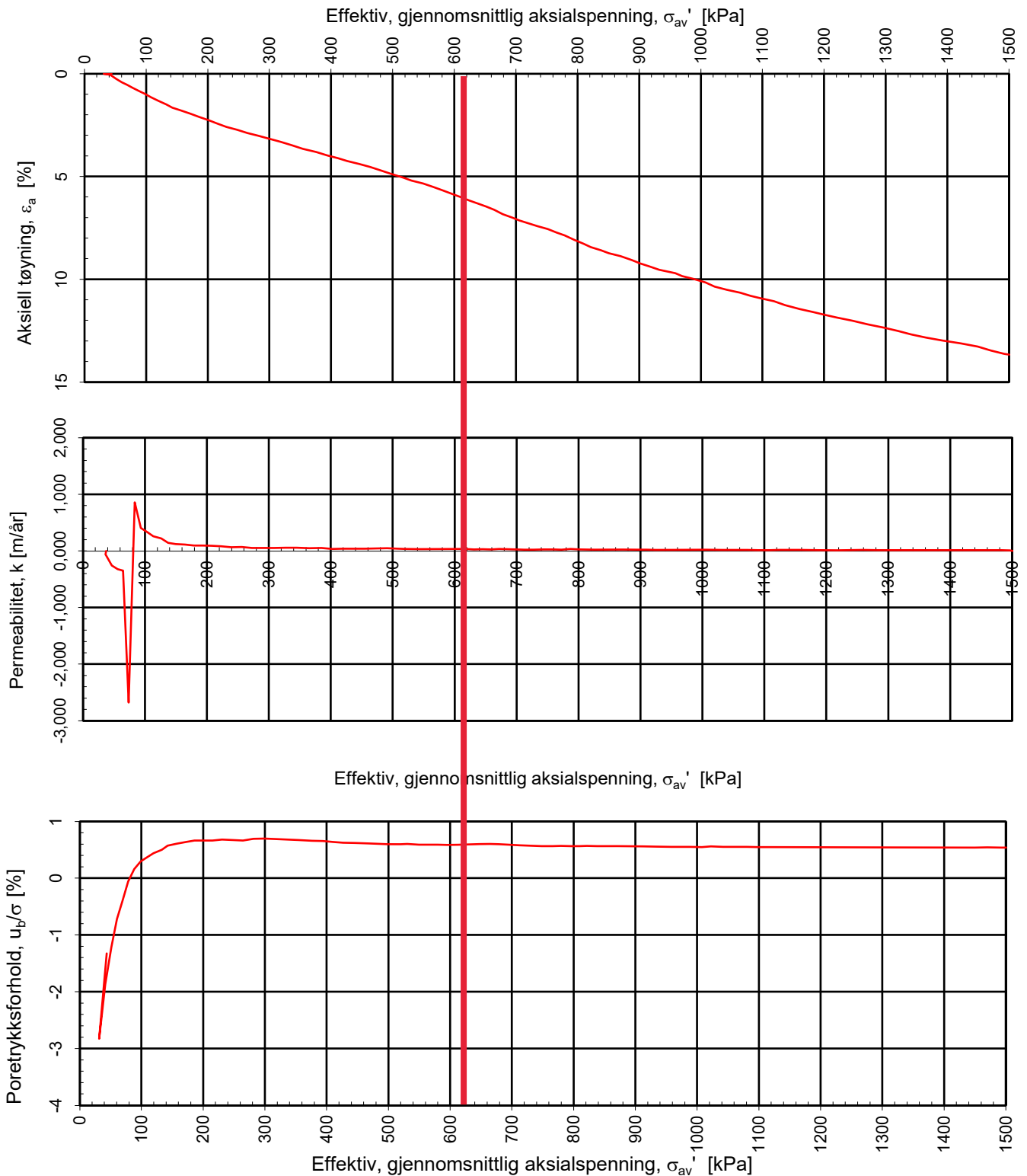
MULTICONSULT
NORGE AS
 Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato: 01.02.2022	Dybde, z (m): 41,20	Borpunkt nr.: 43
Forsøknr.: 18	Tegnet av: truk	Kontrollert: vt
Oppdrag nr.: 10215021	Tegning nr.: RIG-TEG-418.1	Prosedyre: CRS

Multi
consult

Godkjent:
gurt

Programrevisjon:
16.07.2018



Densitet ρ (g/cm³): 1,87
 Vanninnhold w (%): 34,70

COWI
NTNU, vurdering av bygbarhet

Tegningens filnavn:

10215021-07-RIG-TEG-418_h1, 41,2m .xlsx

Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott B: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, k og u_b/σ .

MULTICONSULT
NORGE AS

Sluppenvegen 15,
 7486 TRONDHEIM
 Tlf.: 73 10 62 00
 Faks: 73 10 62 30

Forsøksdato:

01.02.2022

Dybde, z (m):

41,20

Borpunkt nr.:

43

Forsøknr.:

18

Tegnet av:

truk

Kontrollert:

vt

Oppdrag nr.:

10215021

Tegning nr.:

RIG-TEG-418.2

Prosedyre:

CRS

Godkjent:

gurt

Programrevisjon:

16.07.2018

Multi
consult

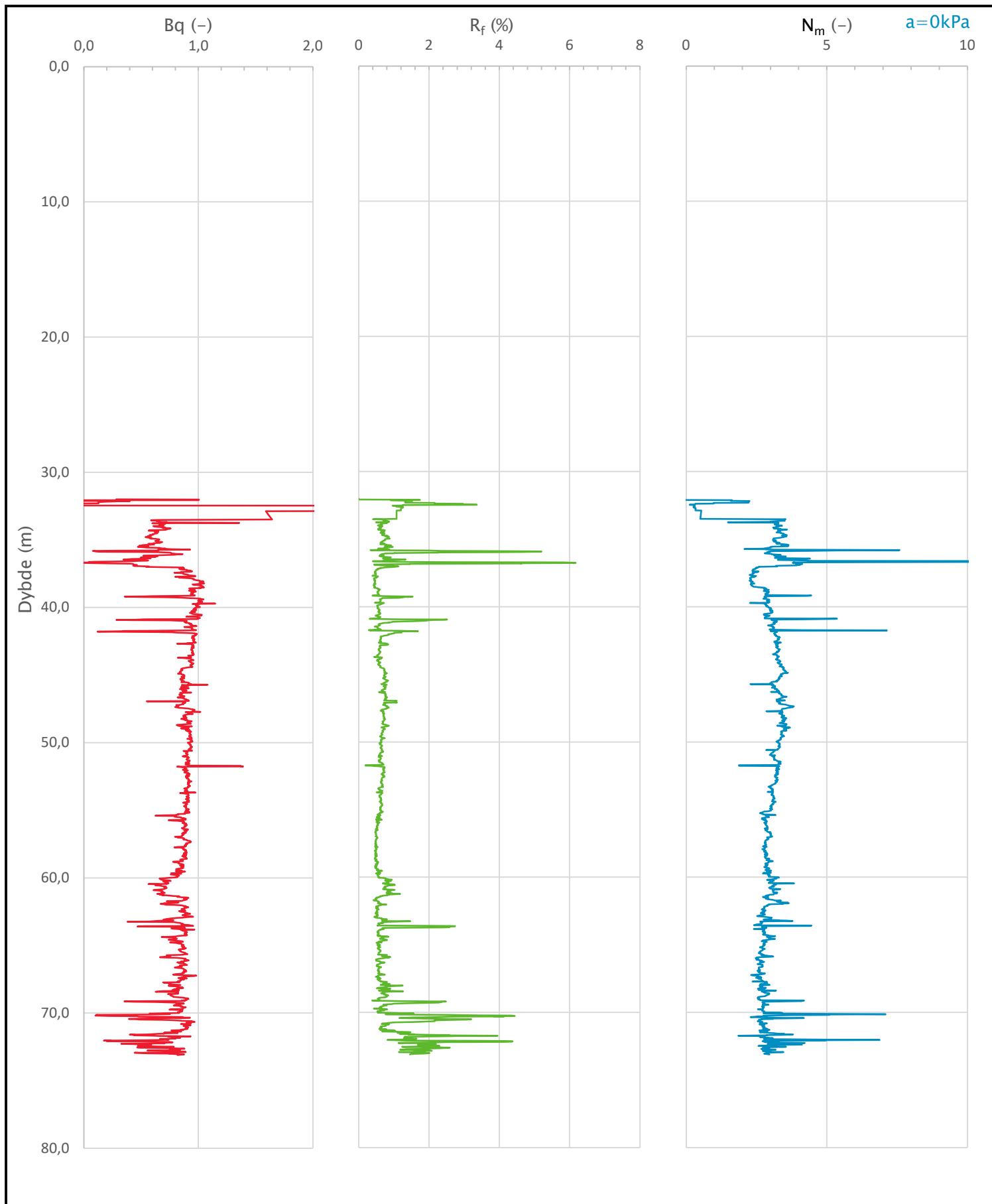
B.3 CPTU sonderinger

CPTU 43

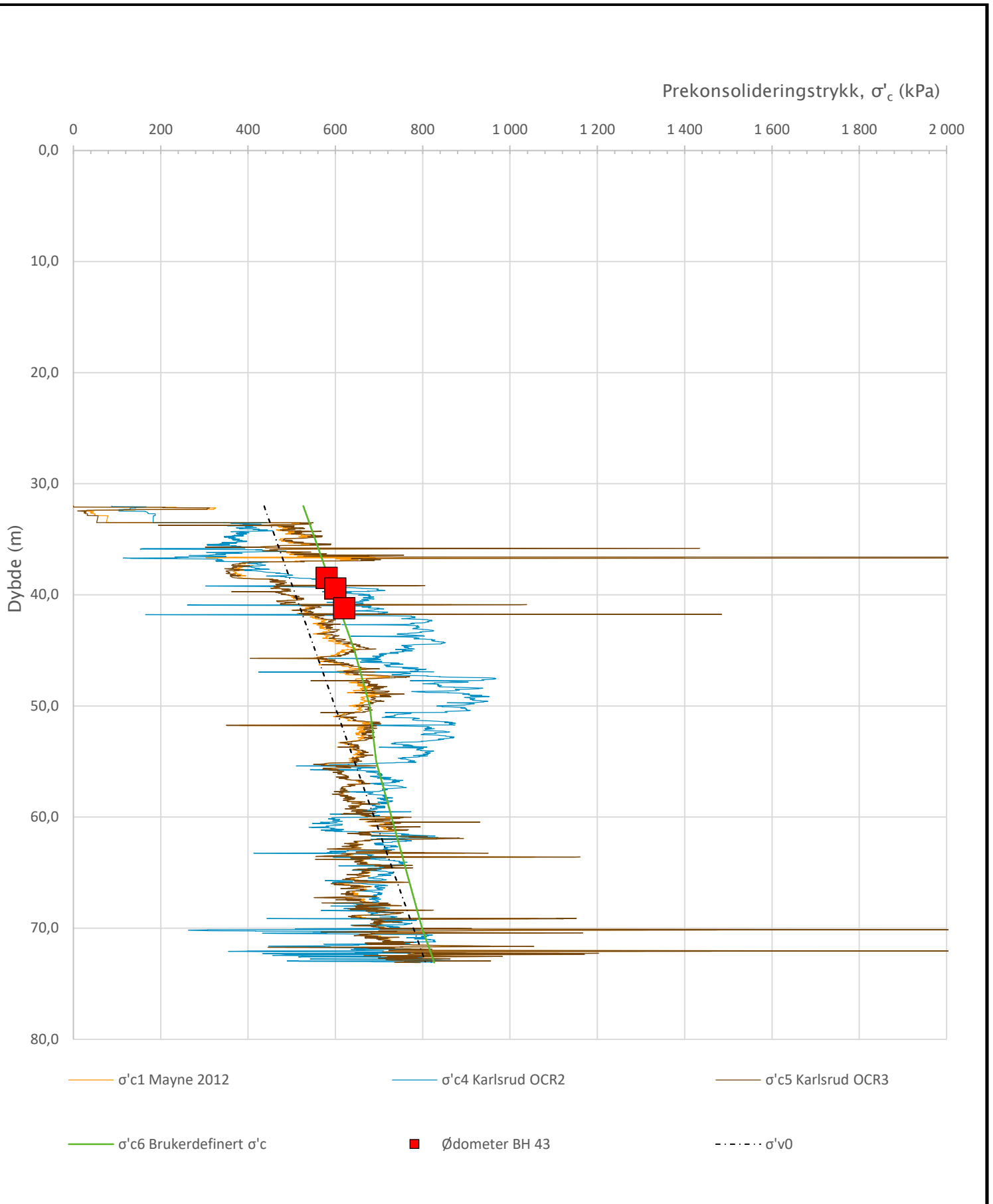
CPTU 44

CPTU 45

CPTU 48

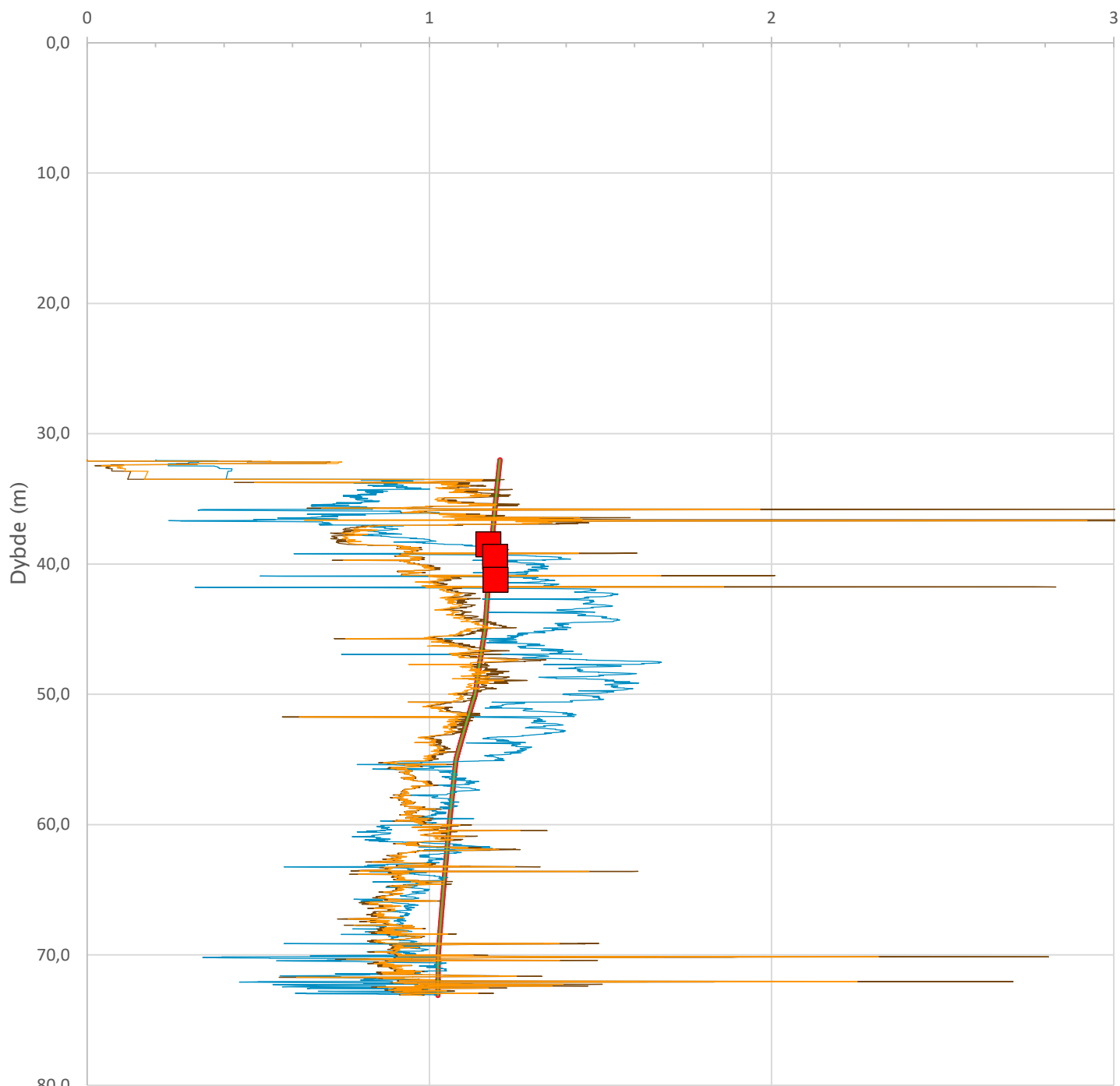


Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +46,6
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				43	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				4672	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	522.4
Multiconsult Norge AS	24.01.2022	Rev. dato	0 16.02.2022		



Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +46,6
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				43	
Innhold				Sondennummer	
Prekonsolideringstrykk, $\sigma'c$				4672	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	522.5
	Multiconsult Norge AS	24.01.2022	Rev. dato 21.02.2022		

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)

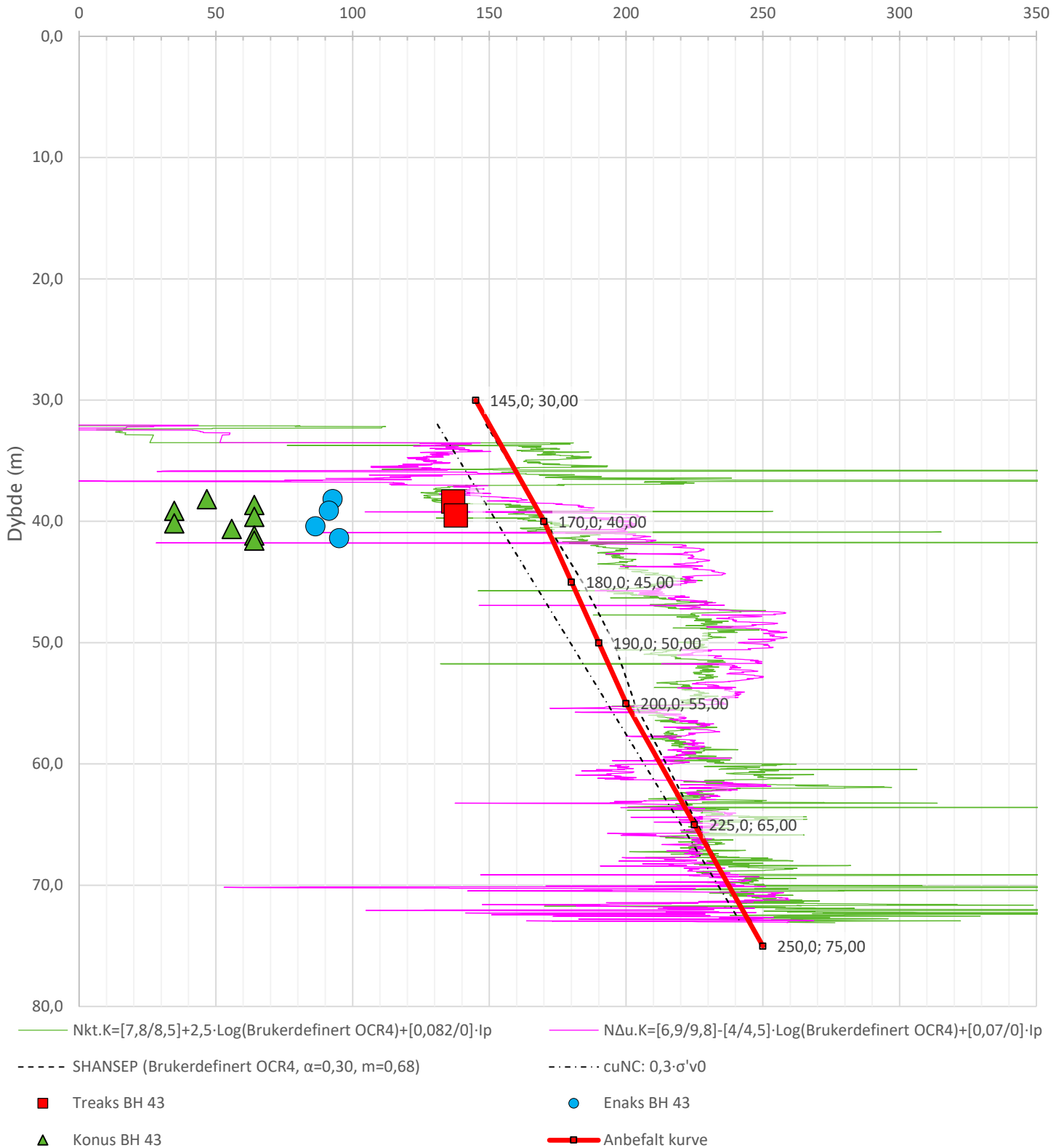


- Valgt kurve: OCR4
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- Ødometer BH 43

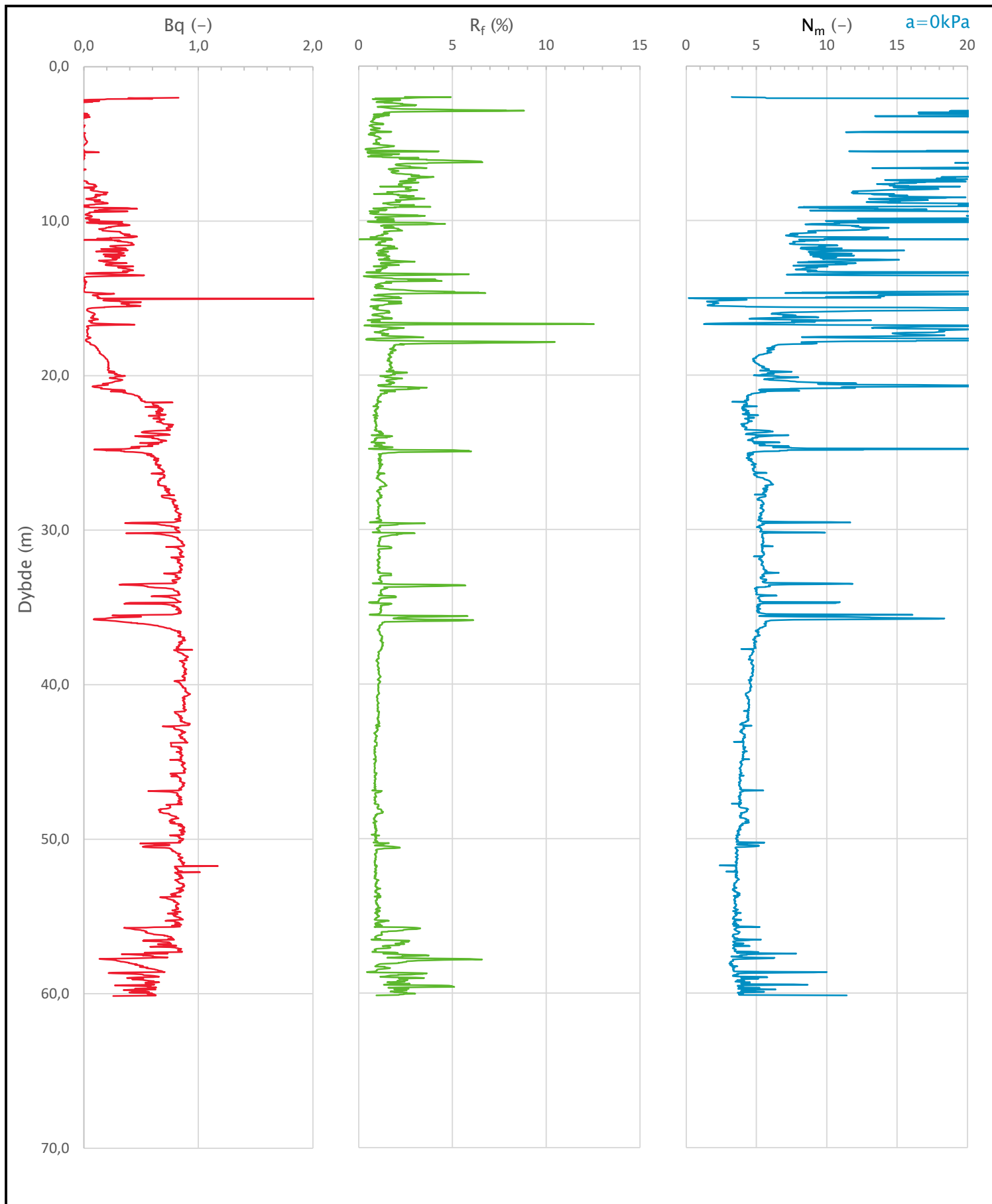
Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +46,6
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner					43
Innhold					Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR					4672
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	FRA	PBK	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	522.6
Multiconsult Norge AS	24.01.2022	Rev. dato			

Anisotropiforhold i figur:
 Treaks BH 43: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$
 Enaks BH 43: $c_{uuc}/c_{ucptu} = 1,000$
 Konus BH 43: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 1,000$

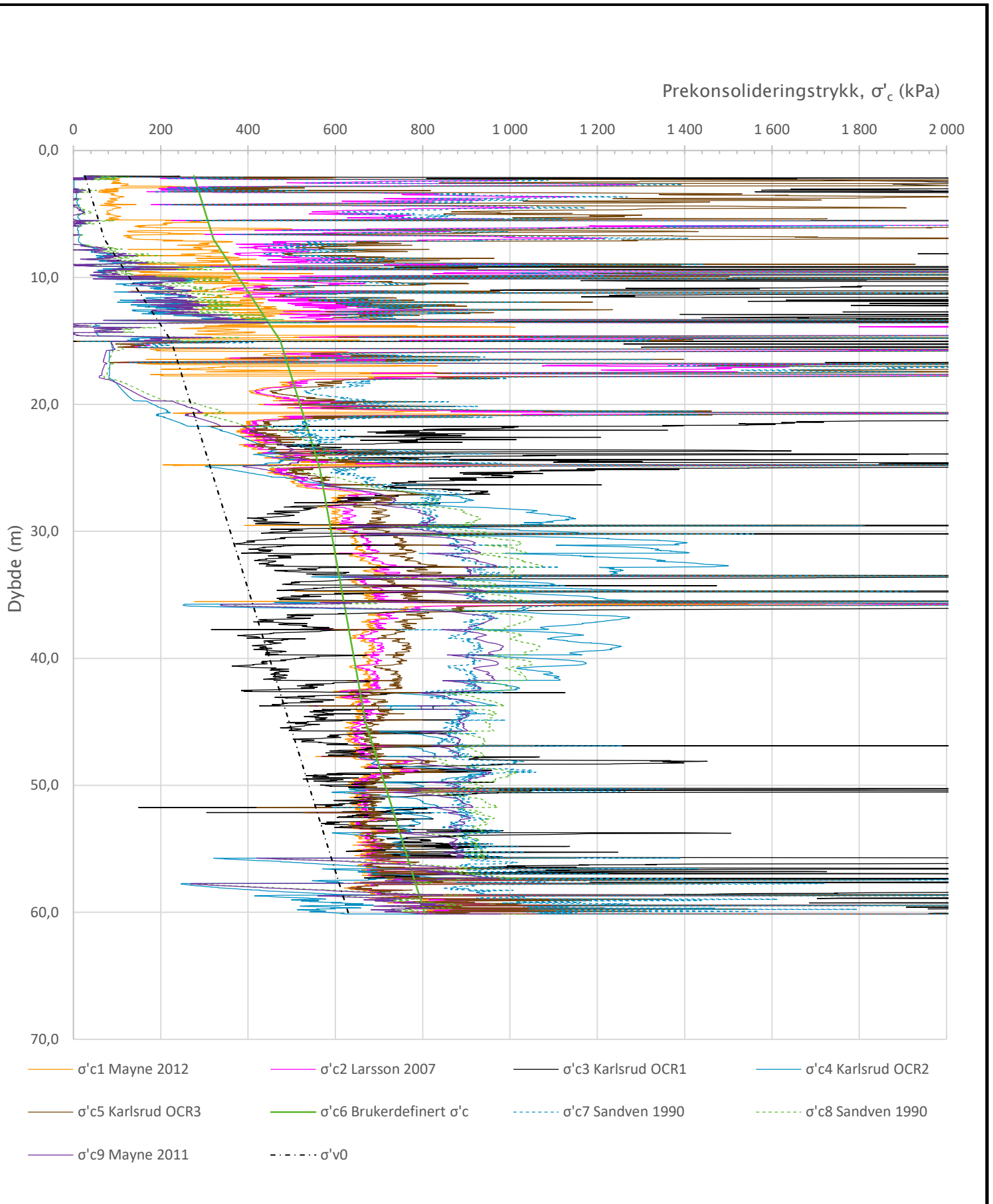
Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +46,6
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				43	
Innhold		Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet		Sondennummer	4672
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	522.7
Multiconsult Norge AS	24.01.2022	0	21.02.2022		

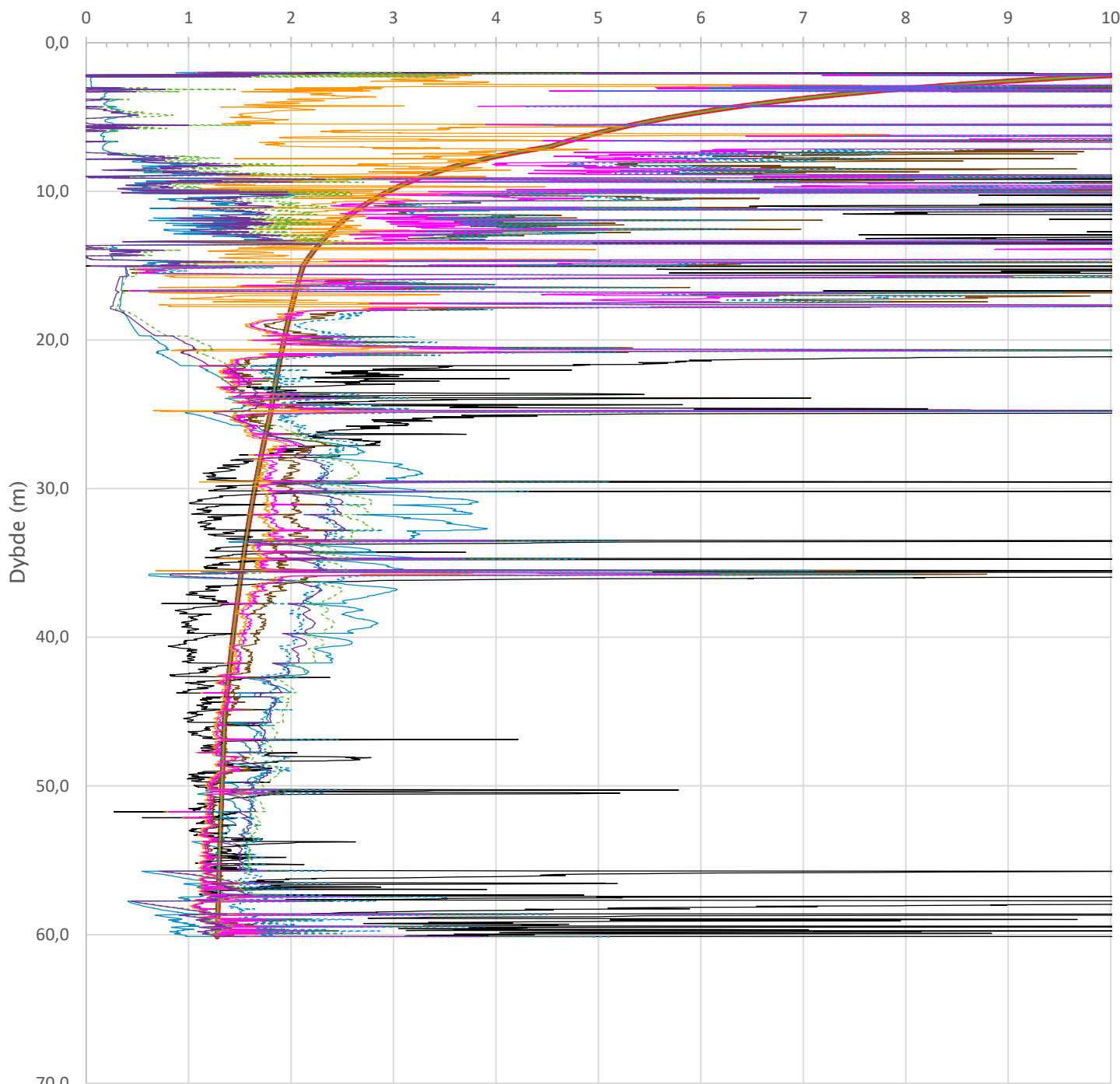


Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +32,3
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				44	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				4672	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG	RIG-TEG	523.4
	Utførende	Dato sondering	Revisjon		
Multiconsult Norge AS	18.01.2022	0	Rev. dato	16.02.2022	



Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +32,3
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				44	
Innhold				Sondennummer	
Prekonsolideringstrykk, σ'_c				4672	
	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	523.5
Multiconsult Norge AS	18.01.2022	Rev. dato 21.02.2022			

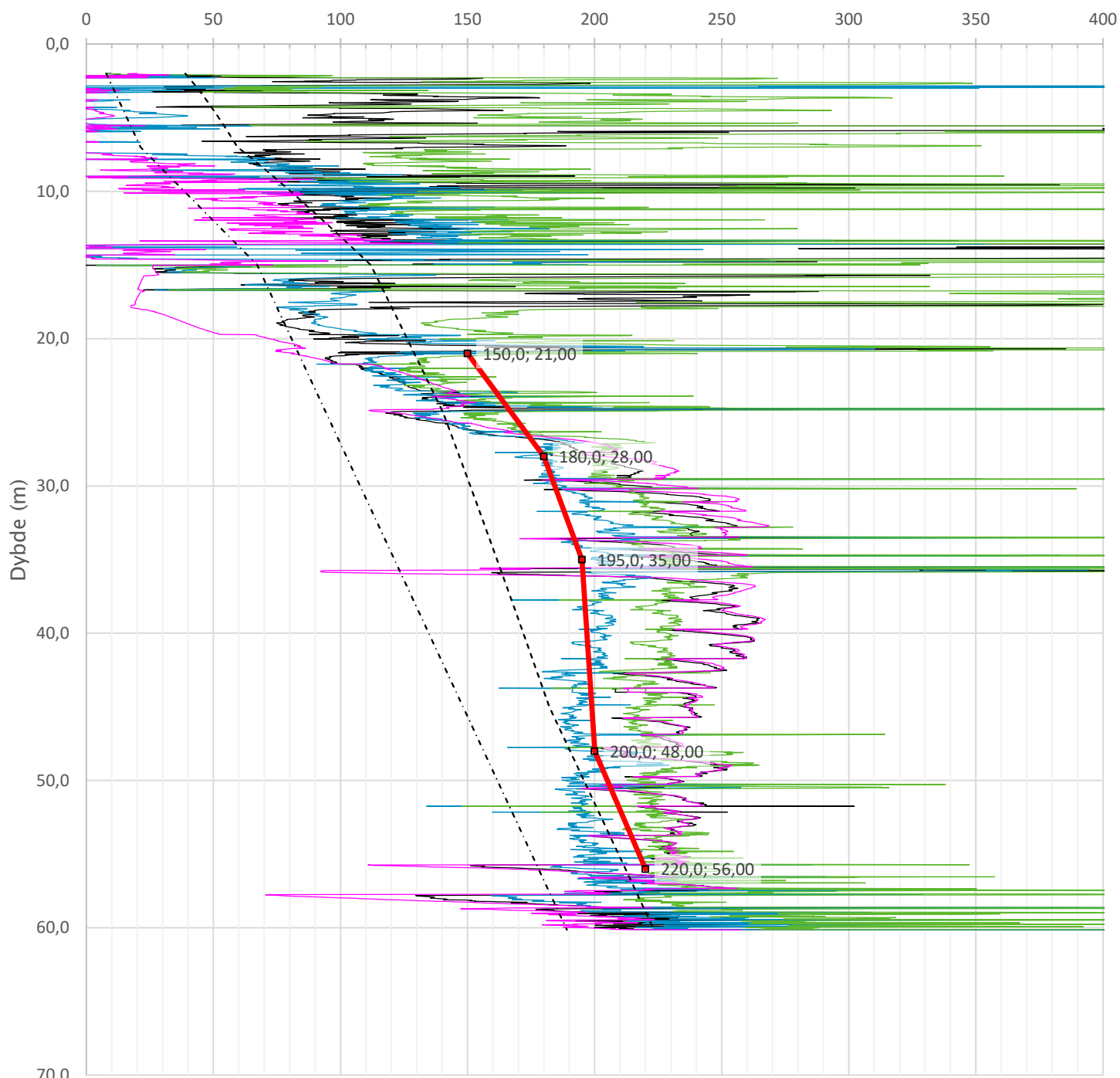
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



- Valgt kurve: OCR4
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990
- OCR9 $\sigma'c9$ Mayne 2011

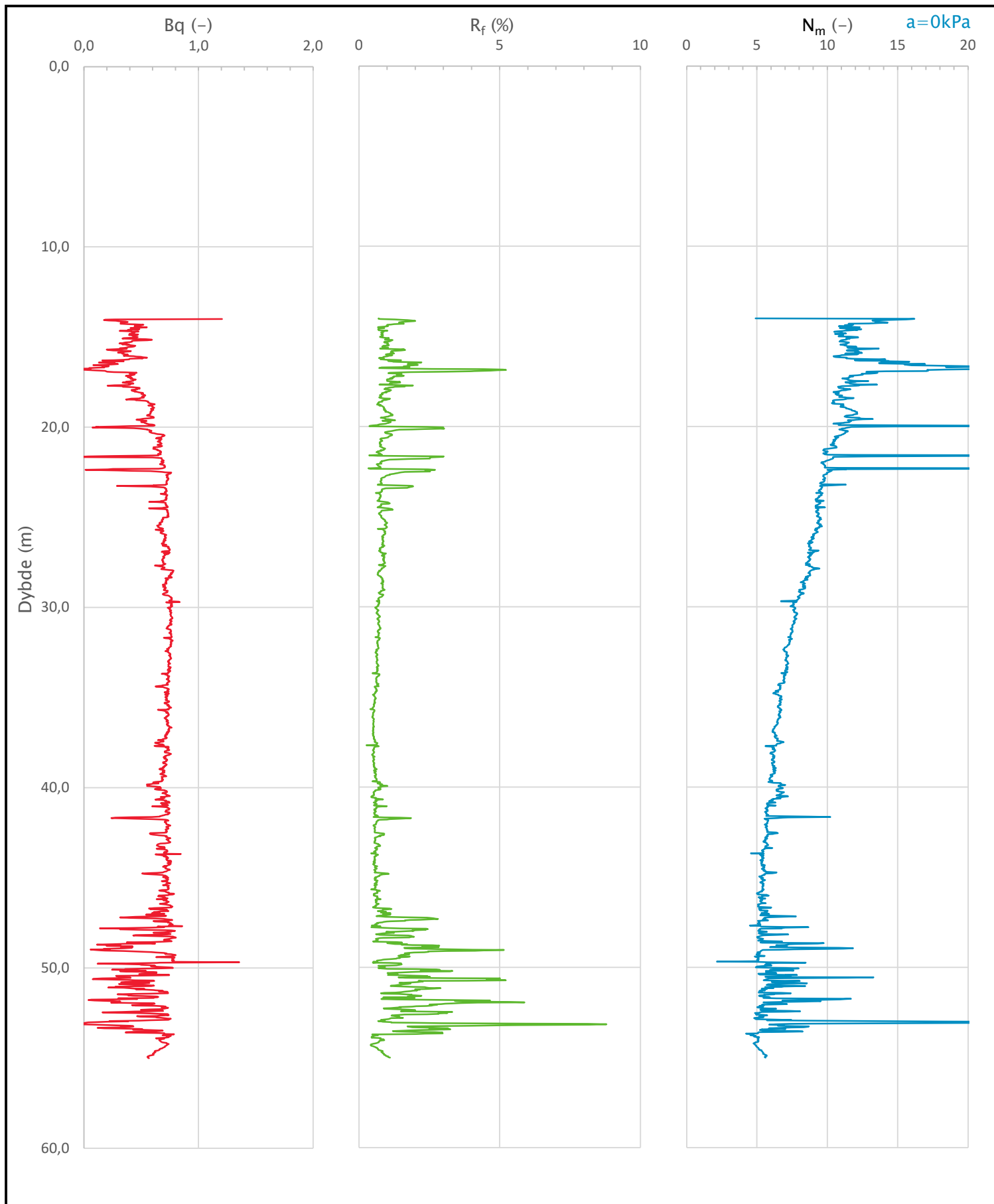
Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +32,3
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				44	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				4672	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	FRA	PBK	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
Multiconsult Norge AS	18.01.2022	Rev. dato			
			0	523.6	
			21.02.2022		

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

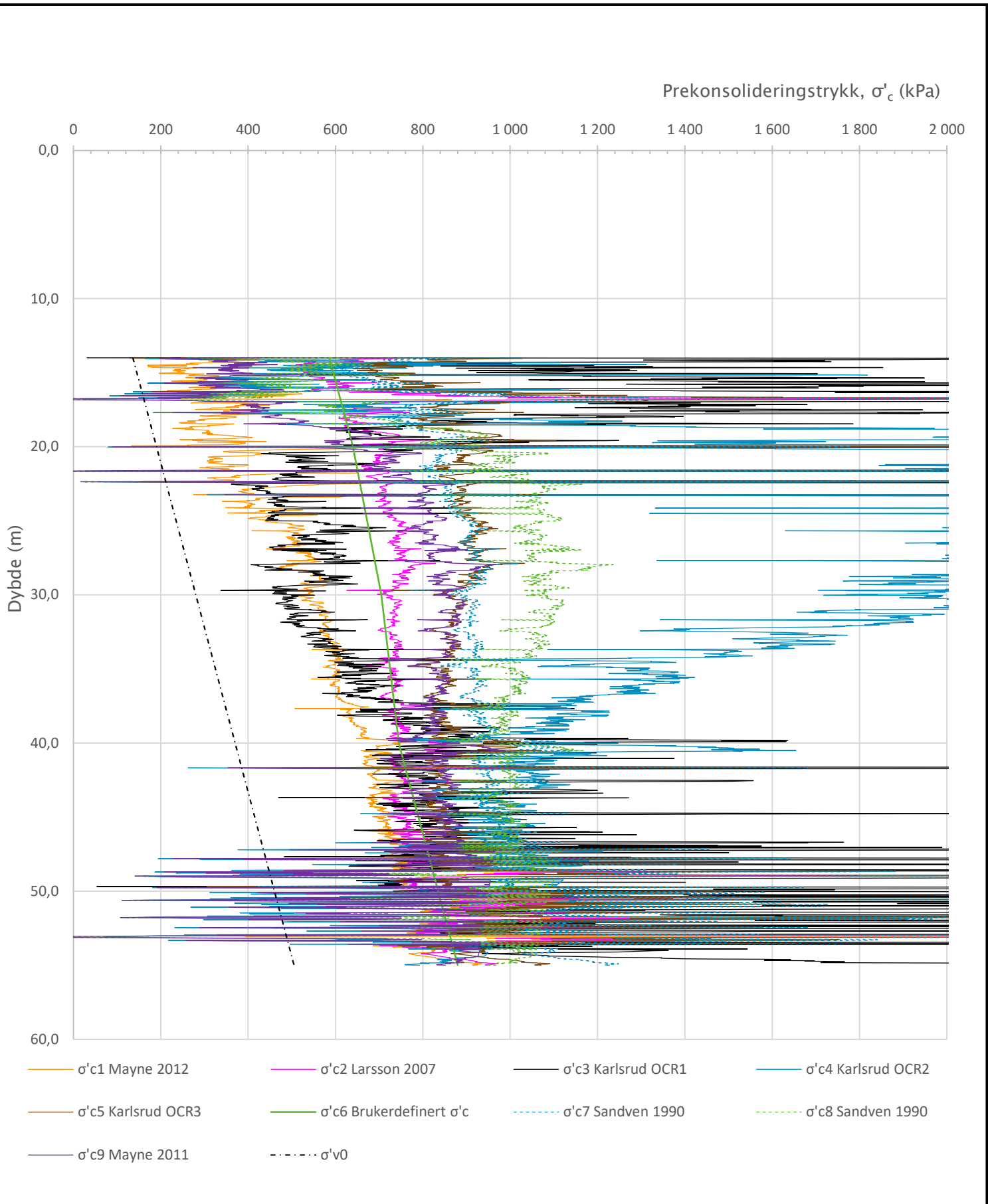


- Nkt.L=19-12,5·Bq
- Nkt.K=[7,8/8,5]+2,5·Log(Brukerdefinert OCR4)+[0,082/0]·Ip
- SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, $\alpha=0,30$, $m=0,68$)
- NΔu.L=1+9·Bq
- NΔu.K=[6,9/9,8]-[4/4,5]·Log(Brukerdefinert OCR4)+[0,07/0]·Ip
- cuNC: 0,3·σ'v0
- Anbefalt kurve

Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +32,3
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				44	
Innhold		Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet		Sondennummer	4672
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	523.7
Multiconsult Norge AS	18.01.2022	Rev. dato	21.02.2022		

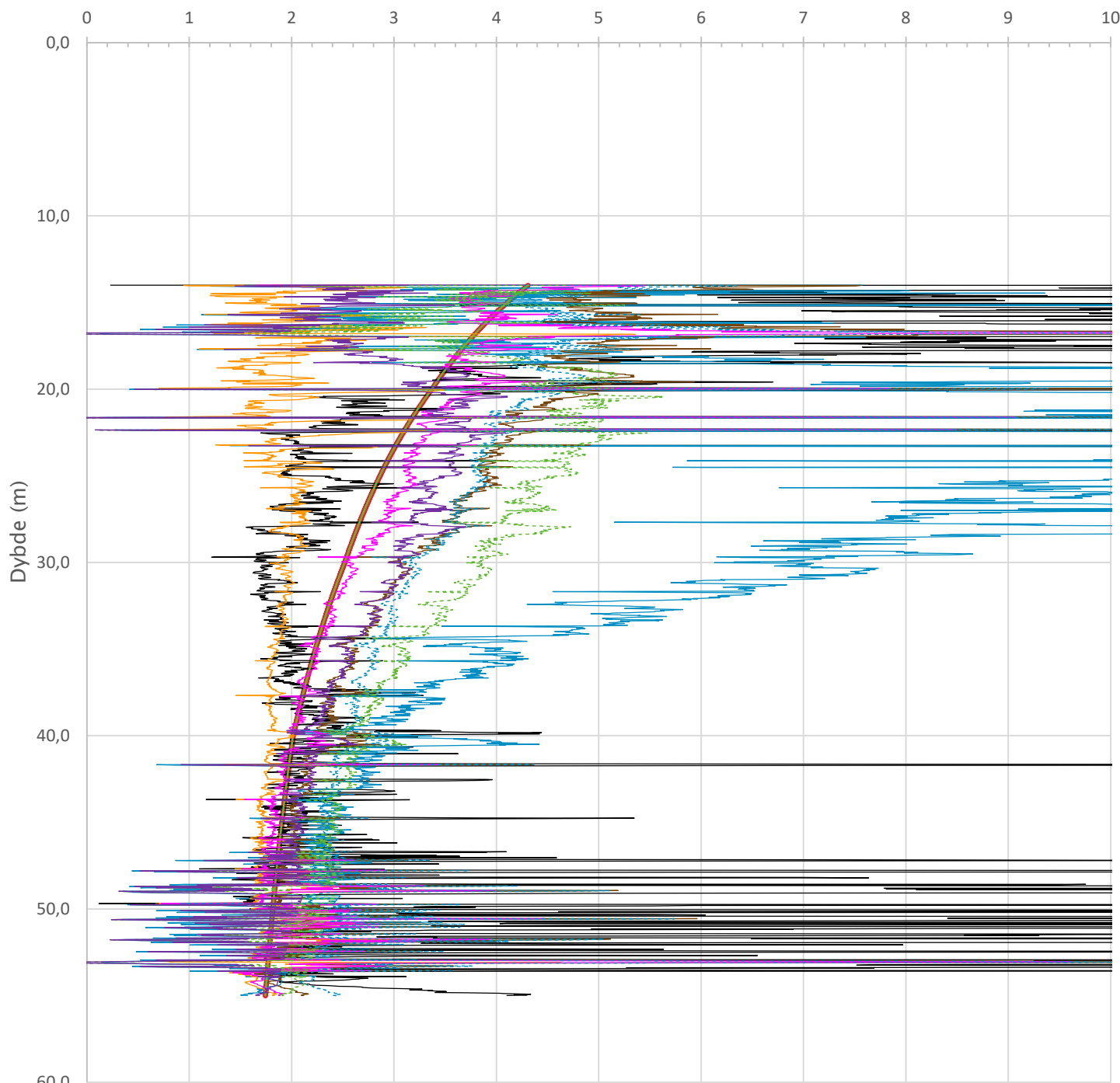


Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +21,8
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				45	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				5288	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	FRA	PBK	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
Multiconsult Norge AS	07.01.2022	0	16.02.2022	524.4	



Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +21,8
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				45	
Innhold				Sondennummer	
Prekonsolideringstrykk, σ'_c				5288	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	524.5
Multiconsult Norge AS	07.01.2022	0 Rev. dato 21.02.2022			

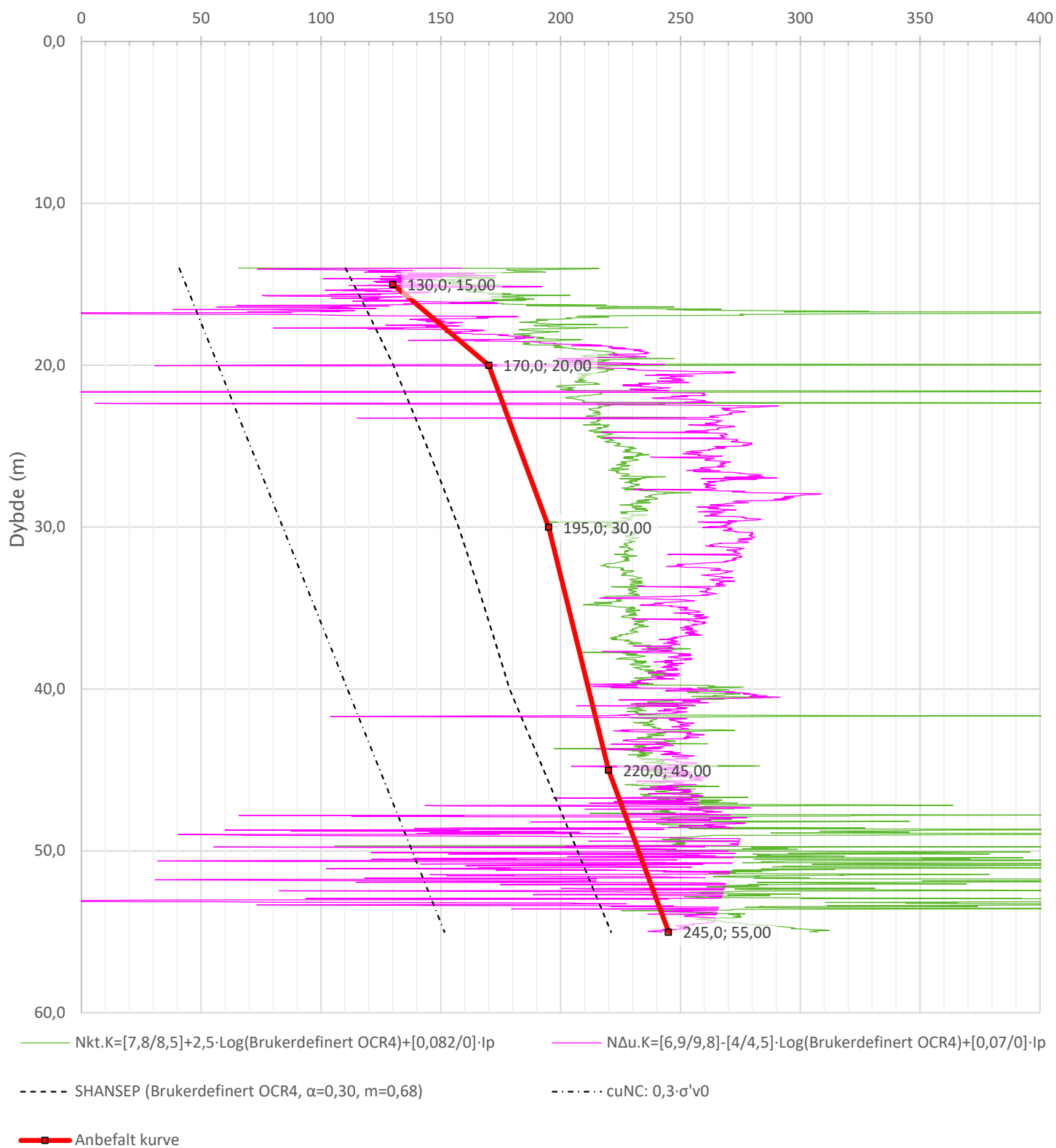
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



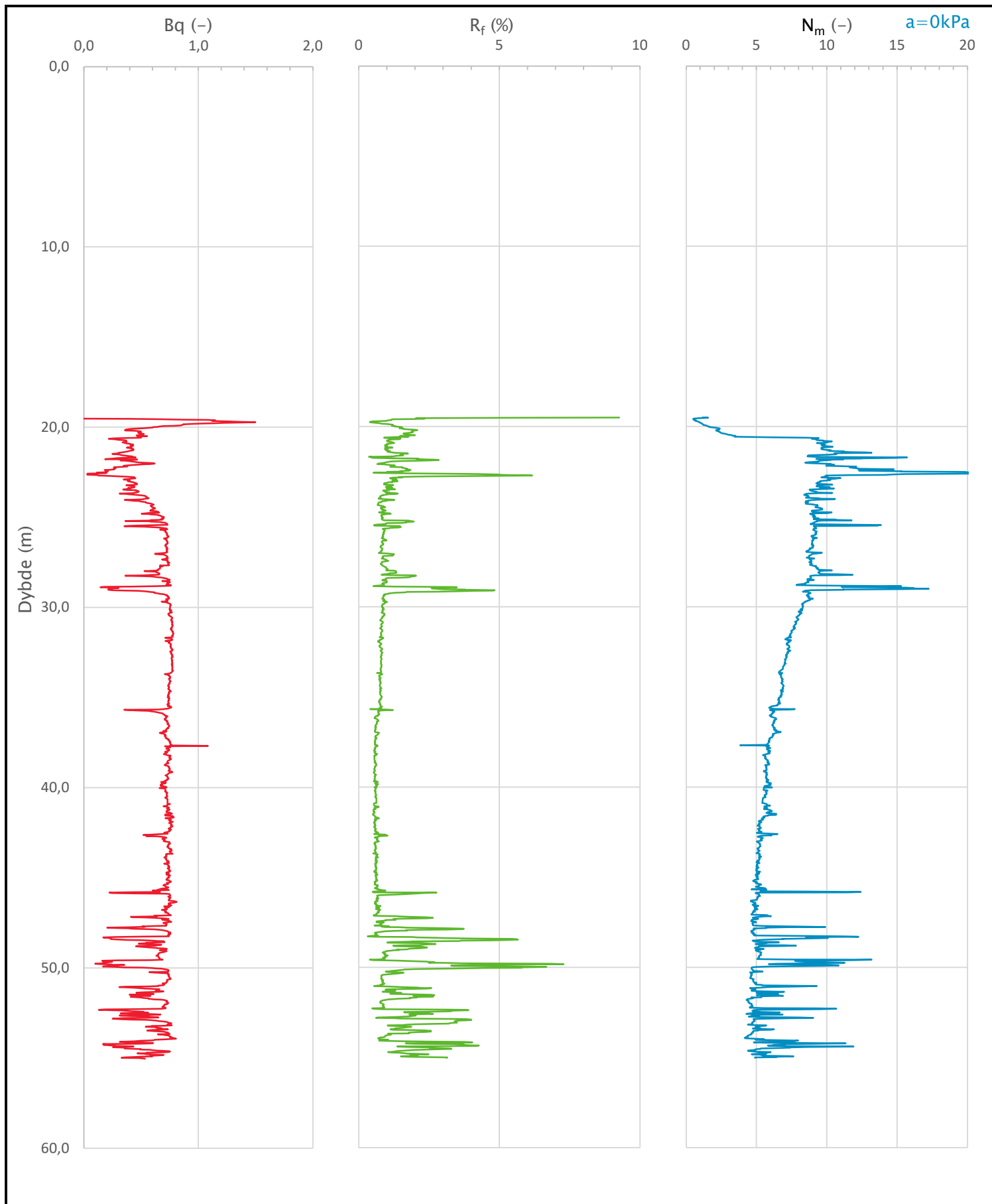
- Valgt kurve: OCR4
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990
- OCR9 $\sigma'c9$ Mayne 2011

Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +21,8
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				45	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				5288	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	FRA	PBK	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
Multiconsult Norge AS	07.01.2022	Rev. dato			
			0	524.6	
			21.02.2022		

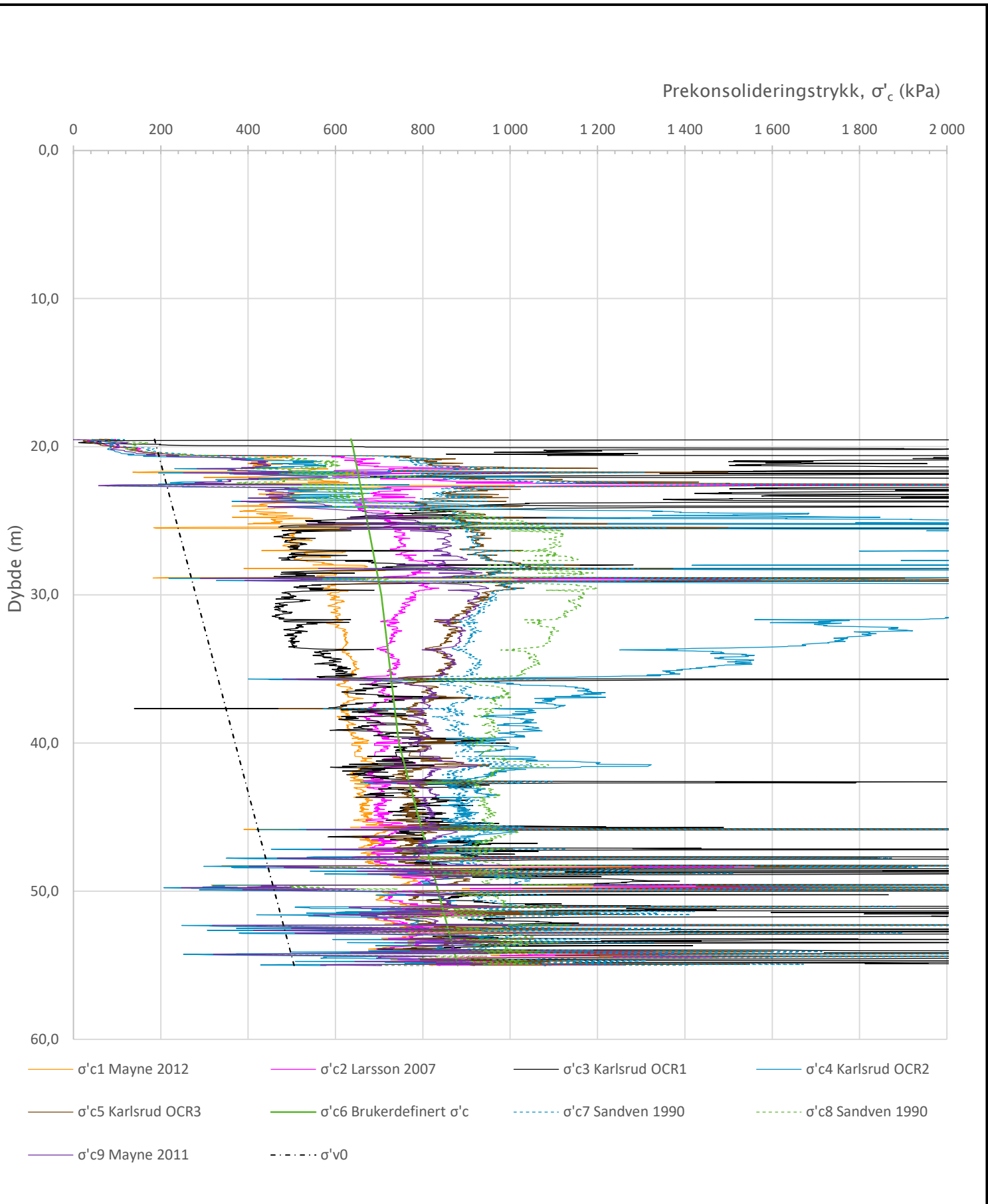
Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +21,8
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				45	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				5288	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	524.7
	Multiconsult Norge AS	07.01.2022	0 Rev. dato 21.02.2022		

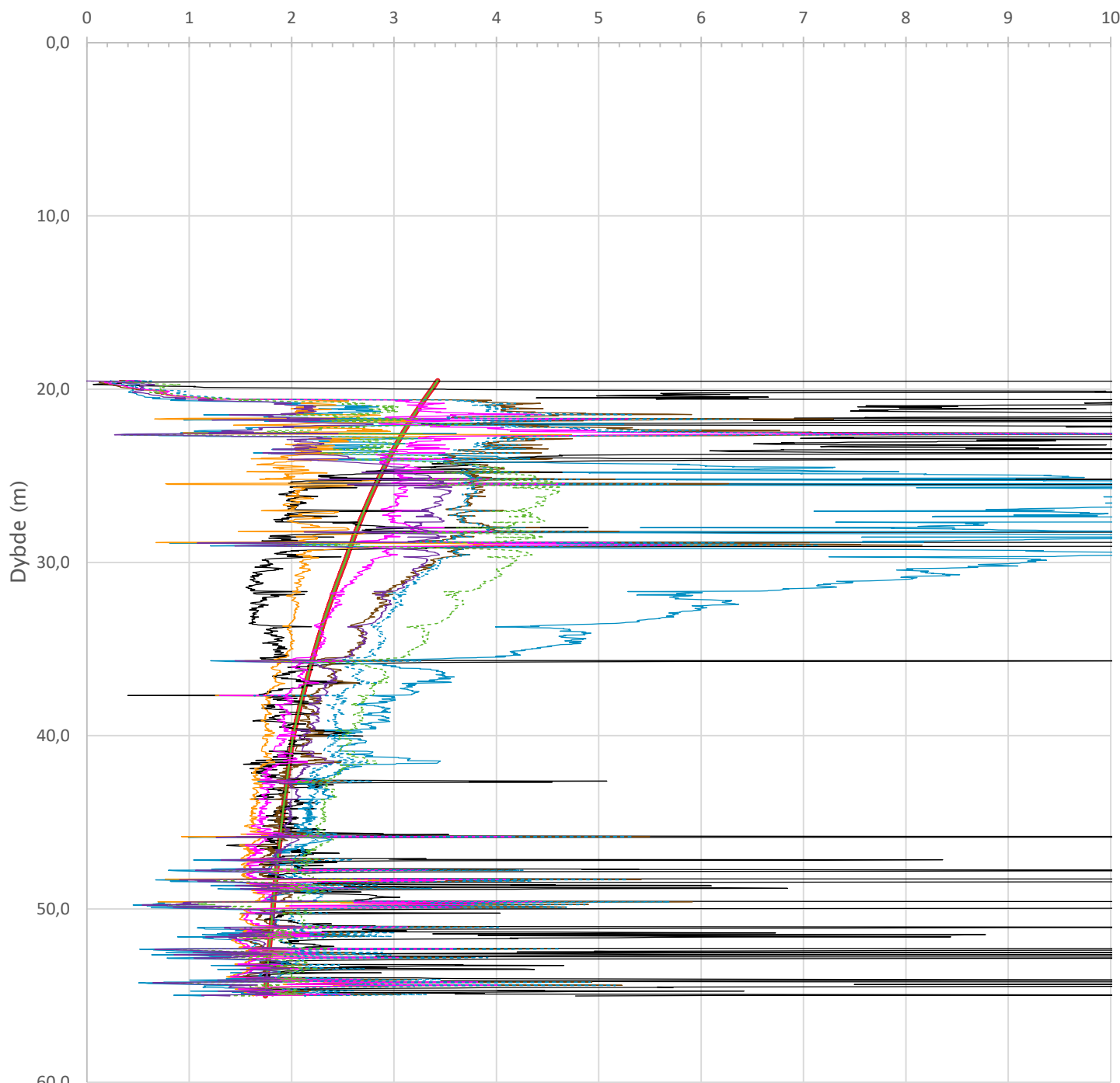


Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +22,9
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				48	
Innhold				Sondenummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				4672	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	FRA	PBK	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
Multiconsult Norge AS	22.01.2022	0	16.02.2022	525.4	



Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +22,9
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				48	
Innhold				Sondennummer	
Prekonsolideringstrykk, σ'_c				4672	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	525.5
Multiconsult Norge AS	22.01.2022	Rev. dato	0 21.02.2022		

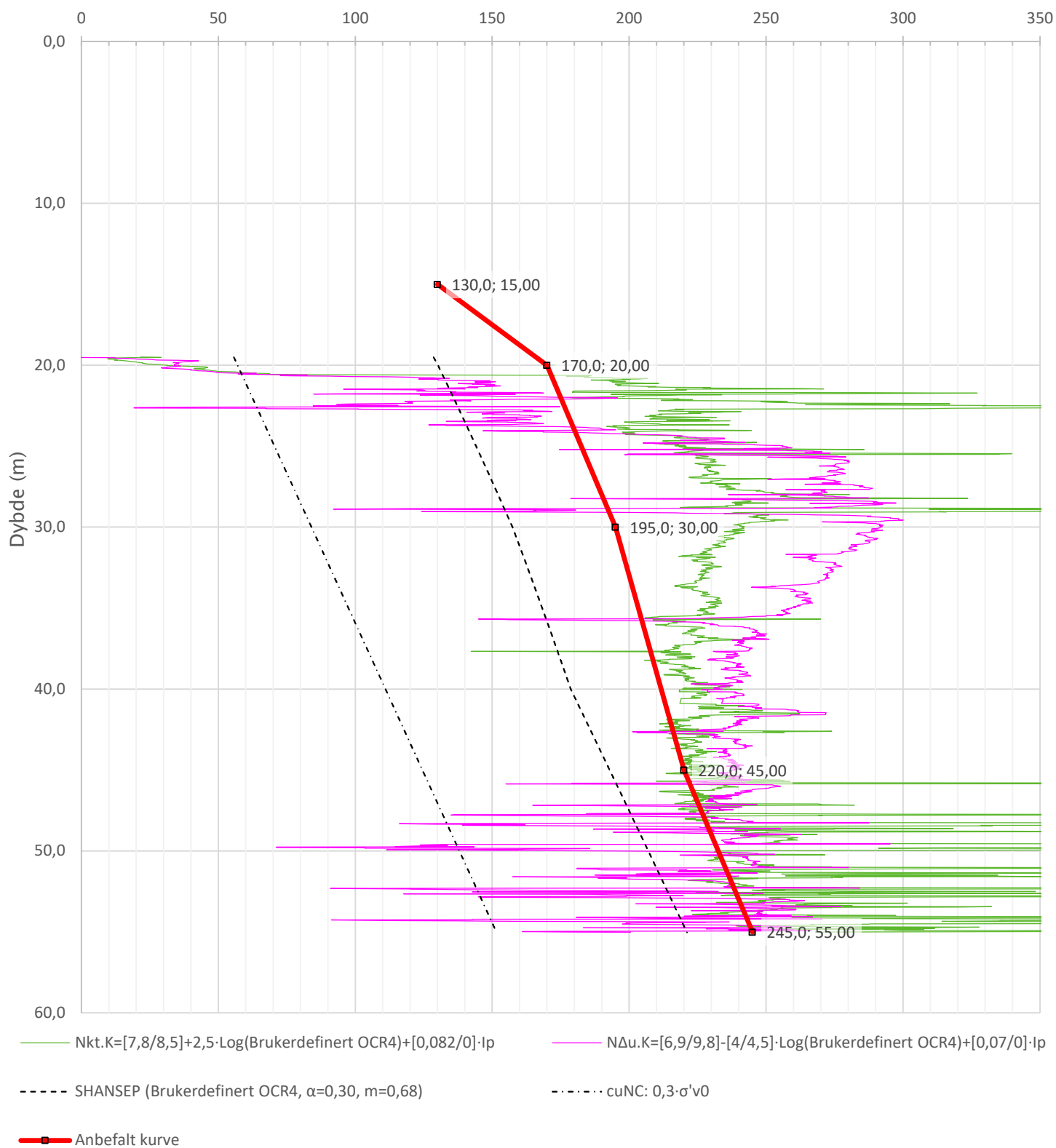
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



- Valgt kurve: OCR4
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990
- OCR9 $\sigma'c9$ Mayne 2011

Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +22,9
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				48	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				4672	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	525.6
Multiconsult Norge AS	22.01.2022	Rev. dato	0 21.02.2022		

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 10215021-06 Rapportnummer: RIG-RAP-003		Borhull	Kote +22,9
NTNU Campusutvikling - Områdeplaner				48	
Innhold		Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet		Sondennummer	4672
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	FRA	PBK	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	525.7
Multiconsult Norge AS	22.01.2022	0	21.02.2022		

Vedlegg C

Tidligere utførte grunnundersøkelser

Oversikt over tidligere utførte grunnundersøkelser vist på tegning

10215021-06-RIG-TEG-001.3

Referanse	Rapport nr.	Utførende	Oppdrag
Andre aktører			
A1-X	Ud606A	STV	Nord-Sørforbindelsen
A2-X	00190	NGI	Bakklandet
A3-X	NTH 1988	SIN	Berg Prestegård
A4-X	F.76.01	NTH	Barnehager, NTH
A5-X	00208	NGI	NTH, Gløshaugen
A6-X	00208-2	NGI	NTH, Gløshaugen
A7-X	Gk00508	NSB	Berg tunnel P168-208
A8-X	O.0378	NGI	NTH
A9-X	O.0487	NGI	NTH
A10-X	O.0487.2	NGI	NTH
A11-X	O.0268.4	NGI	NTH
A12-X	O.0268.5	NGI	NTH
A13-X	O.0415	NGI	Jonsvannsvegen
A14-X	84050	NGI	Kvikkleirekartlegging
A15-X	Gk00500	NSB	Tunnel Nedre Berg
A16-X	Gk00522	NSB	Holtermannsv. Underg
A17-X	Gk00523	NSB	Klæbuv. Undergang
A18-X	Gk00511	NSB	Lerkendal, fylling
A19-X	RIS.11	RIS	Klæbuveien 65
A20-X	NTH01	NTH	Hovedoppg. Bakklandet
A21-X	Gk00508a	NSB	Berg Tunnel P168-208
A22-X	O.0737	NGI	Høgskoledalen
A23-X	O.0268	NGI	NTH
A24-X	O.0268.2	NGI	NTH
Multiconsult			
MC1-X	30473	GEO	Brinken12 og 14
MC2-X	411308-1	NOT	Enebolig Lillegårdsbakken 30 B
MC3-X	413642	NOT	Gløshaugen. Nytt bygg
MC4-X	57274	NOT	Gløshaugen. Realfagbygget
MC5-X	412086-01	NOT	Maristuveien 11
MC6-X	07683	GEO	Nasjonalforeningen for folkehelsen
MC7-X	07683.02	GEO	Nasjonalforeningen for folkehelsen
MC8-X	414034	NOT	NTNU, Solbygget
MC9-X	413798	NOT	NTNU. Kjemihallen ombygging
MC10-X	57118	NOT	Realfagbygget på Gløshaugen
MC11-X	57118-2	NOT	Realfagbygget på Gløshaugen
MC12-X	30385	GEO	Petersborggate 6B
MC13-X	413642-3	NOT	Prestegårdsjordet
MC14-X	10215021	Multiconsult	NTNU, vurdering av byggbarhet
MC20-X	415683	Multiconsult	Fradeling av tomt Strindvegen 9
MT1-X	415913	Multiconsult	Bakklandet Nord
Norconsult			
NC1-X	5175072-RIG03	Norconsult	SINTEF Energi - Geoteknisk datarapport
NC2-X	5175072-RIG12	Norconsult	SINTEF Horizon- områdestabilitetsutredning
Rambøll			

R1-X	02924	KUM	Bakklandsutredningen
R2-X	670721	KUM	Berg studentby
R3-X	00282	KUM	Drosjeeiernes S.Lag
R4-X	690119	KUM	Elgesetergate 49
R5-X	00195	KUM	Idrettsbygg ved NTH
R6-X	06768	KUM	Øvre Bakklandet
R7-X	06168	KUM	Øvre Bakklandet 2-8
R8-X	690568	KUM	Øvre Bakklandet 33
R9-X	10665	KUM	Kjelhuset NTH
R10-X	00223	KUM	Kjemiavdeling NTH
R11-X	03068	KUM	Lerkendal. NTH
R12-X	01100-1	KUM	Mobil Oil AS
R13-X	600002	KUM	Nedre Singsakerslett
R14-X	600002-2	KUM	Nedre Singsakerslett
R15-X	600002-3A	KUM	Nedre Singsakerslett
R16-X	600002-4	KUM	Nedre Singsakerslett
R17-X	600002-5	KUM	Nedre Singsakerslett
R18-X	00185-2	KUM	Nidelven
R19-X	00669-2	KUM	NTH
R20-X	03493	KUM	NTH - Elektroteknisk
R21-X	05027	KUM	NTH - Elektroteknisk
R22-X	10495	KUM	NTH - Realfagbygg
R23-X	00629	KUM	NTH Arkitektavd
R24-X	00644	KUM	NTH Elektroblokk D
R25-X	00248	KUM	NTH Interesseområde
R26-X	00593	KUM	NTH Materialteknisk
R27-X	00669	KUM	NTH Nybygg
R28-X	00669-5	KUM	NTH Nybygg
R29-X	00669-8	KUM	NTH Nybygg
R30-X	00070-2	KUM	NTH, Akustisk Lab
R31-X	02460	KUM	NTH, Bergavdelingen
R32-X	11291	KUM	NTNU
R33-X	640039A	KUM	NTNU Idrettsbygg
R34-X	600271	KUM	NTNU. Bygg P15
R35-X	640498A	KUM	Nybygg Korsgata
R36-X	04569	KUM	Petersborg gt 6B
R37-X	07850	KUM	Petersborggt 1
R38-X	06440	KUM	Petersborggt 3
R39-X	01397	KUM	Petersborggt 4
R40-X	11238	KUM	PFI - NTNU
R41-X	11238-2	KUM	PFI - NTNU
R42-X	04503	KUM	Prestegårdsjordet
R43-X	610203	KUM	Rehabilitering Korsgata
R44-X	6100099	KUM	Samfundet/Fengselstomten
R45-X	00185	KUM	Schives gt - Nidelv
R46-X	00297	KUM	Sentralbygg II, NTH
R47-X	690090	KUM	SINTEF, Elektro H
R48-X	630020	KUM	Skrenten 27
R49-X	00643	KUM	Studentsamskipnaden
R50-X	630183A	KUM	Tidemands gate 22B

R51-X	00204	KUM	Trafo, Klæbuveien
R52-X	01275	KUM	Trh Aktieteglverk
R53-X	660200	KUM	Utvidelse av Student
R54-X	00090	KUM	Varmetegn Lab NTH
R55-X	06850	KUM	Verk.tekn.lab NTH
R56-X	00155	KUM	Verkstedtekn Lab NTH
R57-X	05814	KUM	Vollabakken 10
R58-X	11461	KUM	Vollabakken 16B
R59-X	00160	KUM	Vollafallet 12
R60-X	6060021	Rambøll	Kjemiblokk I
R77-X	6120027-2	Rambøll	Elgesetergt 55-57
R78-X	6120027-1	Rambøll	Elgesetergt 55-57

Trondheim kommune

TK1-X	R.0158	TRK	Bakklandet barnehage
TK2-X	R.0419-3	TRK	Bakklandsutredningen
TK3-X	R.1111	TRK	Bergsbakken, nedre d
TK4-X	R.0061	TRK	Biskop Wekselsens gt
TK5-X	R.1006	TRK	Duedalen
TK6-X	R.0049	TRK	Duedalen
TK7-X	R.0356	TRK	Elgeseter bro
TK8-X	R.0997-2	TRK	Gløshaugen/Nidelva
TK9-X	R.0997-3	TRK	Gløshaugen/Nidelva
TK10-X	R.0900	TRK	Gudes gate 6
TK11-X	R.1074	TRK	Hans Osnes veg
TK12-X	R.0768	TRK	Høgskoleparken
TK13-X	R.0549	TRK	Ø Kristianstengt
TK14-X	R.0849-3	TRK	Jonsvannsv./Eidsvoll
TK15-X	R.0418	TRK	Jonsvannsvegen
TK16-X	R.0849	TRK	Jonsvannsveien
TK17-X	R.0849-2	TRK	Jonsvannsveien
TK18-X	R.1068	TRK	Jørgen Bjelkes gate
TK19-X	R.0075	KUM	Klostergata - Schive
TK20-X	R.0366	TRK	Klostergata 20
TK21-X	R.0008	TRK	Klostertgt.-Vollakamm
TK22-X	R.1322	TRK	Kluvers gate
TK23-X	R.1172	TRK	Klæbuvegen 51
TK24-X	R.0715	TRK	Lerkendalsforbind
TK25-X	R.0840	TRK	Lillegårdsbakken
TK26-X	R.1243	TRK	Lillegårdsbakken
TK27-X	R.1283	TRK	Lillegårdsbakken 16
TK28-X	R.1089	TRK	Neufeldts Gate
TK29-X	R.0997-6	TRK	Neufeldts gate 11B
TK30-X	R.0362-3	TRK	Nidarøledningen
TK31-X	R.1110	TRK	Petersborg 8
TK32-X	R.0025	TRK	Singsaker
TK33-X	R.0496	TRK	Singsaker
TK34-X	R.0496-2	TRK	Singsaker- Elgeseter
TK35-X	R.1090	TRK	Skanssegata
TK36-X	R.0028	TRK	Skansegt.-Øvre Bakkl

TK37-X	R.0028	TRK	Skansegt. Øvre Bakkl
TK38-X	R.0974-4	TRK	Strindvegen
TK39-X	R.0974	TRK	Strindvegen
TK40-X	R.0974-3	TRK	Strindvegen
TK41-X	R.1313	TRK	Tyholtveien 4 -8
TK42-X	R.0461	TRK	Vannledn. Petersborg
TK43-X	R.0054	TRK	Vollabakken
TK44-X	R.0736	TRK	Vollabakken. Kloakk
TK45-X	R.0953	TRK	Øvre Bakklandet
TK46-X	R.0953-2	TRK	Øvre Bakklandet 32-4
TK48-X	R.1577-1	TRK	Singsaker-Tyholt
TK49-X	R.1577-2	TRK	Singsaker-Tyholt
TK60-X	R.1677	TRK	Høgskoleringen-Strindvegen