
RAPPORT

Nardovegen 2-5

OPDRAGSGIVER

Godhavn AS

EMNE

Geoteknisk vurdering områdestabilitet øst

DATO / REVISJON: 21. januar 2022 / 1

DOKUMENTKODE: 10228329-RIG-RAP-001



Multiconsult

NOTAT

OPPDRAAG	Nardovegen 2-5	DOKUMENTKODE	10228329-RIG-NOT-001
EMNE	Svar på uavhengig kontroll	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Godhavn AS	OPPDRAAGSLEDER	Ida Elise Overgård
KONTAKTPERSON	Gro Brenstadmoen	SAKSBEHANDLER	Øyvind Andersen
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt

1 Innledning

Foreliggende dokument inneholder Multiconsults tilsvaer til, SINTEF sine kommentarer til Nardovegen 2-5, Geoteknisk vurdering områdestabilitet øst.

Kommentarer fra SINTEF er limt inn i dokumentet. Multiconsults svar kommer i kolonnen til høyre, med rød skrift.

KOMMENTARER:				Multiconsults tilsvaer
Komm. nr.:	Beskrivelse:	Kategori	Status	
1.	Generelt Multiconsult har gitt en oversiktlig fremstilling av grunnforhold i rapporten. Vurdering av områdestabilitet har fulgt prosedyren i NVE's veileder 1/2019.	K	L	-
2.	Grunnforhold 1 Borpunkt 27 fra Trondheim kommune sin rapport R.1790 er antatt å være representativ for østre del av tomta. Borpunkt 27 kunne med fordel vært tegnet inn på figur 2-2.	R	-	Inkludert i rapport
3.	Grunnforhold 2 Figur 2-5 viser totalsondering i borpunkt 27. Det er også utført CPTU i dette punktet. Det tilrådes at totalsondering og CPTU vises for borpunkt 27 i figur 2-5.	R	-	Inkludert i rapport
4.	Grunnforhold 3 Geotekniske boringer (E1-E3) utført i prosjektet for Nardovegen 2-5 er avmerket	R	-	I rapporten er det kun produsert tegninger for de nye stabilitetsberegningene. Ikke

0	21.01.2022	Svar på SINTEF kommentarer	Øyvind Andersen	Ida Elise Overgård	Anders Gylland
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Svar på uavhengig kontroll

	i Vedlegg A (figur 2-1), men er ikke avmerket i kart med tidligere boringer og stabilitetsprofil fra Trondheim kommune. Det tilrådes at dette gjøres i revidert versjon av rapporten.			plantegninger, disse er produsert av Era Geo og Trondheim kommune. Det er derfor ikke tegnet en ny plantegning med alle boringer og stabilitetsprofiler.
5.	Materialparametere 1 Tredjepartskontrollør er enig i resonnement fra Multiconsult med justering av N_{kt} og N_u med bakgrunn i at nedre grense for skjærfasthet må ligge $0,3 * \sigma_v'$. Datagrunnlaget fra Karlsrud et al. viser stor spredning, og gir grunnlag for egen tolking av valgte parametere for tolking av skjærfasthet fra CPTU.	K	L	
6.	Materialparametere 2 Det tilrådes at valgte linjer for N_u og N_{kt} legges inn i hhv figur 3-2 og figur 3-3.	R	-	Inkludert i vedlegg
7.	Materialparametere 3 Kurver for "ukorrigerede" verdier av N_{kt} og N_u tilrådes å legges inn i dybdeprofil av udrenert skjærfasthet for E2, E3 og BP6. Dette bør gjøres for å vise betydning av endring i verdier for N_{kt} og N_u .	R	-	Inkludert i tegning
8.	Materialparametere 4 Multiconsult har vurdert skjærfasthet på nytt i BP6. SINTEF er enig i nytt skjærfasthetsprofil i BP6. Det tilrådes at gammelt skjærfasthetsprofil fra Trondheim kommune stiples inn i RIG-Teg 500.7	R	-	Inkludert i tegning
9.	Materialparametere 5 CPTU E3 viser fortsatt lav tolket skjærfasthet selv ved justerte parametere for N_{kt} og N_u . Hva er årsaken til dette? Vil dette ha betydning på områdestabilitet?	TS	Å	Erfaring fra området viser at skjærfastheten følger $0,3 * \sigma_v'$ som en nedre grense. E3 viser lavere verdier enn dette. Det er valgt å se bort fra E3 da den ikke stemmer overens med tidligere erfaring fra området, og heller ikke

Svar på uavhengig kontroll

				med nærliggende borpunkt som E2 og BP6. Årsak er uviss, kan være relatert til utførelse.
10.	Stabilitetsberegning Tabell med materialparametere brukt i stabilitetsberegning i RIG- TEG- 801 mangler. Tabellen må settes inn i neste revisjon av rapporten.	R	-	Inkludert i tegning
11.	Stabilitetsberegning Tredjepartskontrollør har utført kontroll av stabilitetsberegning med programmet SLIDE 7.0 som bekrefter Multiconsult sine beregninger for snitt D-D.	K	L	

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	Nardovegen 2-5	DOKUMENTKODE	10228329-RIG-RAP-001
EMNE	Geoteknisk vurdering områdestabilitet øst	TILJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Godhavn AS	OPPDRAGSLEDER	Ida Elise Overgård
KONTAKTPERSON	Gro Branstadmoen	UTARBEIDET AV	Øyvind Andersen
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 570731 NORD: 7032213	ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt
GNR./BNR./SNR.	66/502, 66/266, 66/425/ Trondheim		

SAMMENDRAG

Godhavn AS planlegger å utvikle Nardovegen 2-5 på Nardo i Trondheim til bolig-/næringsformål.

Foreliggende notat omhandler en vurdering av områdeskredfaren fra kvikkleiresone 189 Nardo Nordre. Tiltaksområde ligger i et potensielt utløpsområde for et skred fra denne kvikkleiresonen.

Tidligere stabilitetsvurderinger av Trondheim kommune har avdekket flere kritiske skråninger i kvikkleiresone 189 Nardo Nordre. Ved senere vurderinger er enkelte av de kritiske skråningene klarert ut. I denne rapporten er profil D-D og E-E vurdert.

Det er utført en vurdering av skredfare etter prosedyre gitt i NVEs kvikkleireveileder 1/2019. Det vil si en avgrensning basert på topografi, marin grense, kvartærgeologiske løsmassekart, tidligere kartlegging og grunnundersøkelser.

Ved å justere adp-faktorer iht. gjeldende regelverk, i Trondheim kommune sin beregning, oppnås det tilstrekkelig sikkerhetsfaktor i profil E-E. For profil D-D oppnås det en sikkerhetsfaktor som er innenfor modellusikkerheten i GeoSuite Stability. Multiconsult har gjort en ny vurdering av materialparametere basert på supplerende data og oppnår tilfredsstillende sikkerhetsfaktor. Det er til slutt gjort en beregning på en typisk tomteutgraving i bunn av kritisk skråning, og stabilitetsberegninger viser at skråningen vil tåle dette. Multiconsult vurderer derfor at: Nye utførte stabilitetsberegninger viser at resterende kritiske skråninger tilfredsstiller regelverkets krav til robusthet for skråninger utenfor tiltaksområdet.

Nardovegen 2-5 vurderes derfor som klarert mtp. områdeskred fra øst.

Rapporten er revidert etter kommentarer fra tredjepartskontroll, endringer er markert med kursiv.

1	21.01.2022	Revidert utgave etter uavhengig kontroll	Øyvind Andersen	Ida Elise Overgård	Anders Gylland
0	13.12.2021	Geoteknisk vurderingsnotat	Øyvind Andersen	Ida Elise Overgård	Anders Gylland
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Grunnforhold.....	6
2.1	Områdebeskrivelse	6
2.2	Tidligere utførte grunnundersøkelser.....	6
2.3	Løsmasser	7
2.4	Grunnvann	9
2.5	Berg.....	9
3	Vurdering av områdestabilitet	9
3.1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner i området.....	11
3.2	Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense	11
3.3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	11
3.4	Bestem tiltakskategori	12
3.5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde	12
3.6	Befaring.....	12
3.7	Gjennomfør grunnundersøkelser	13
3.8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder	13
3.9	Klassifiser faresoner	13
3.10	Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet	13
3.10.1	Profil D-D.....	13
3.10.2	Profil E-E.....	14
3.11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser	14
4	Konklusjon.....	14
5	Referanser	14

TEGNINGER:

10228329-RIG-TEG-	000:	Oversiktskart	
	500.5-500.8:	CPTU BP6	
	501.5-501.8:	CPTU E2	
	502.5-502.8:	CPTU E3	
	800:	Stabilitetsberegning profil D-D Trondheim kommune parametere	
	801:	Stabilitetsberegning profil D-D Multiconsults parametere	
	802:	Stabilitetsberegning profil D-D Trondheim kommune parametere, med utgraving	
	803:	Stabilitetsberegning profil E-E Trondheim kommune parametere	
	R.1756-3-Rev.03	102:	Situasjonskart fra Trondheim kommunes rapport R.1576-3 rev. 03 Blomsterbyen områdestabilitet, stabilitetsberegninger

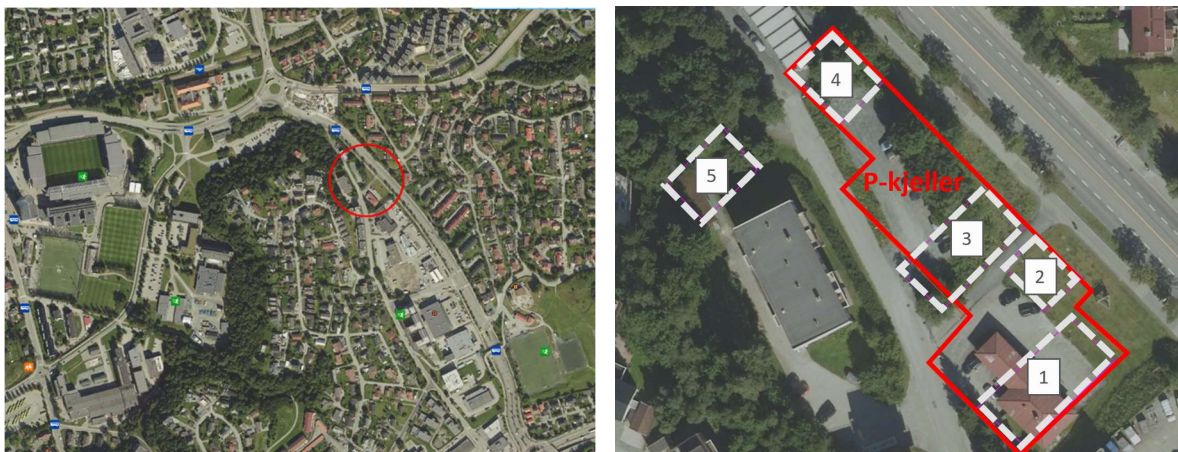
VEDLEGG:

A:	Stabilitetsberegninger
----	------------------------

1 Innledning

Godhavn AS planlegger å utvikle eiendommene Nardovegen 2-5 i Trondheim til bolig-/næringsformål.

Foreliggende rapport gir en oppsummering av grunnforhold og vurderer områdeskredfare på planområdet, fra øst.



Figur 1-1 Oversiktskart og utsnitt av ortofoto med tomte, med ca. plassering av bygg og parkeringskjeller



Figur 1-2 Utomhusplan [Oslo Works]

2 Grunnforhold

2.1 Områdebeskrivelse

Den aktuelle tomte ligger på Nardo i Trondheim og har gårds og bruksnummer 66/502, 66/266 og 66/425. Eldre flyfoto, se Figur 2-1, tilsier at tomte i tidligere tider har vært dyrka mark og at den på 1970/1980-tallet ble bebygd med enebolig og leilighetsbygg over 4 etasjer. Eneboligen er bygd med sokkeletasje og det er naturlig å anta at også leilighetsbygg er bygd med sokkeletasje. Eneboligen på området skal rives, men leilighetsbygget skal bevares.

Tomta er i dag i bruk til bolig, næring og parkeringsplass. Terrenget stiger vestover fra ca. kote +46 ved Torbjørn Bratts veg opp til kote +58 mot Kringsjøavegen 5.

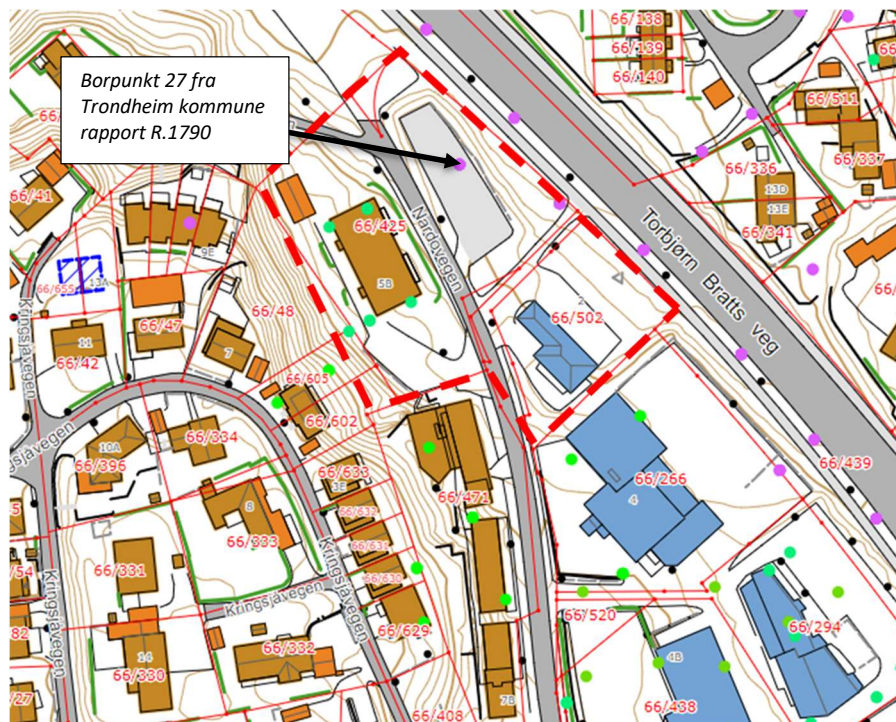
På nærliggende tomter er det boligbebyggelse i vest med rekkehus og eneboliger og mot nord er det nærings-/lagerbygg.



Figur 2-1 Flyfoto fra 1964 med omtrentlig planområde skissert i rødt [kart.finn.no]

2.2 Tidligere utførte grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser på selve tomte. Det er også utført flere grunnundersøkelser på nabotomter i forbindelse med tidligere utbygginger, kfr. Figur 2-2.



Figur 2-2 Kart fra Trondheim kommunes kartløsning med utførte borer. Aktuell tomter for utbygging omtrentlig plassert med rødt. Plassering av borpunkt 27 er markert

En oversikt over relevante grunnundersøkelser:

Tabell 2-1: Tidligere relevante grunnundersøkelser i området

Ref.	Rapport nr.	Utført av.	År	Oppdragsnavn	Tilgjengelig for Multiconsult
[1]	R. 1576	Trondheim kommune	2014	Blomsterbyen kvikkleirekartlegging	Ja
[2]	R. 1576-4	Trondheim kommune	2015	Blomsterbyen, supplerende grunnundersøkelser	Ja
[3]	R. 1790	Trondheim kommune	2020	Fossumdalen, etappe 7	Ja
[4]	576481 GEO-02 rev 2	Norconsult	2014	Torbjørn Bratts veg/Nardovegen. Geoteknisk vurdering	Ja
[5]	415541-RIG-RAP-001	Multiconsult	2012	Nardovegen 7, Trondheim	Ja
[6]	10219420-RIG-RAP-001	Multiconsult	2020	Nardobakken 3	Ja
[7]	10220499-RIG-RAP-001	Multiconsult	2021	Torbjørn Bratts vei 11	Ja
[8]	20048-RIG01	ERA Geo	2021	Blåkllokkevegen 15	Ja

2.3 Løsmasser

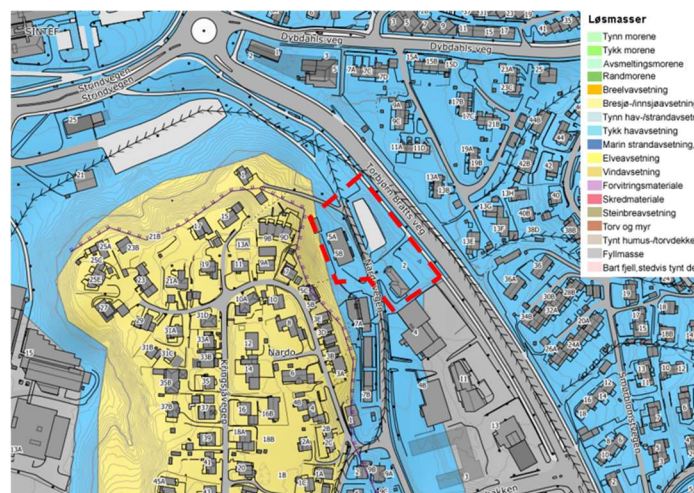
Nardoplatået som ligger på rundt kote +70-75 består av rest fra tidevannssletter ved Nidelvas delta, dannet for ca. 9300 år siden. Deltasanden i skråningen vest for Nardovegen 2-5 registreres i

grunnundersøkelser med overgang fra deltasand til marin leire på rundt kote +55. Ut mot Torbjørn Bratts vei registreres noe mer lagdelte masser, trolig rekonsoliderte skredmasser fra skred i historisk tid.

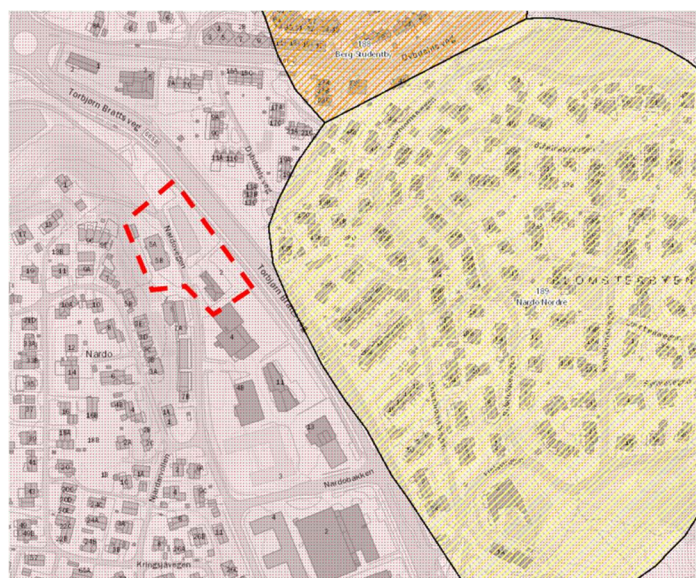
Grunnundersøkelsene indikerer at løsmassene på tomta består av et øvre lag med varierende masser. Det er registrert leire, sand og fyllmasser med varierende mektighet i topplaget.

Derunder er det indikert leire til avslutningsdybde på sonderinger. Det er påvist et torvlag 5 m under terreng.

Under skredmassene indikerer sonderingene middels fast leire i stor dybde. Grunnundersøkelser fra området indikerer at leira er noe overkonsolidert og i liten grad kompressibel så lenge historisk belastning ikke overskrides. Bopunkt 27 fra Trondheim kommune rapport R. 1790 antas å være representativt for østre del av tomta og er vist i Figur 2-5.



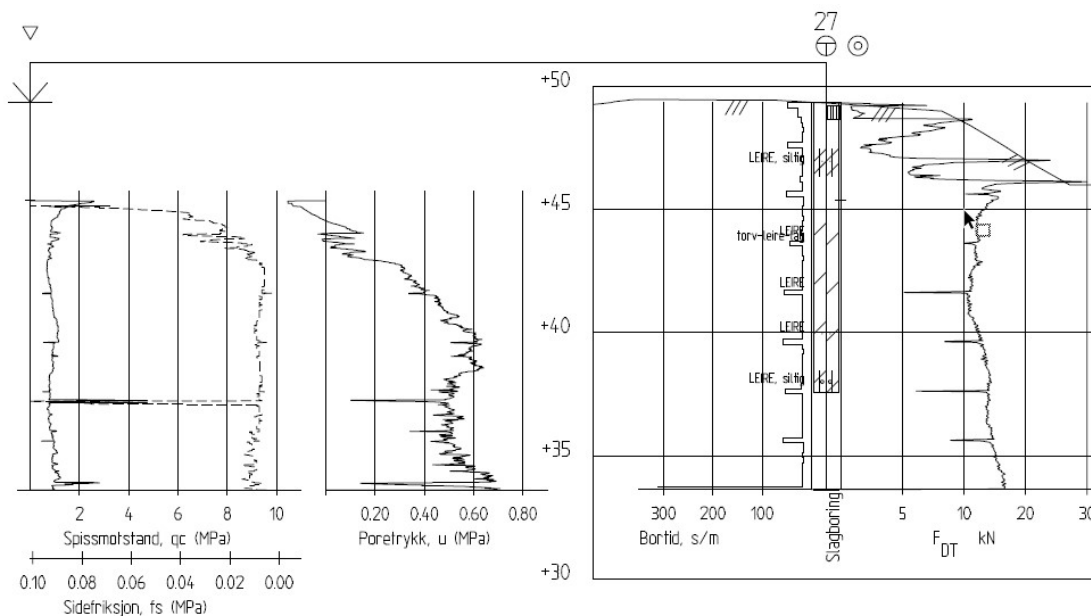
Figur 2-3 Kvartærgeologisk kart over området (kilde: ngu.no). Tiltaksområdet markert med rød, stiplet linje.



Figur 2-4 Faresoner for kvikkleireskred og skredhendelser. Røde prikker indikerer at området er kartlagt for fare for kvikkleireskred (kilde: atlas.nve.no). Tiltaksområdet er omkranset med rød, stiplet linje.

Figur 2-3 viser et utsnitt av kvartærgeologisk kart for den aktuelle tomta. Kartet indikerer at løsmassene i øvre lag hovedsakelig består av leire, sand og fyllmasser, som ikke er uvanlig i tett bebygde områder.

Det kvartærgeologiske kartgrunnlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassenes overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir derfor ingen informasjon om løsmassefordeling i dybden og kun begrenset informasjon om løsmassemekting. På grunn av at området ligger under marin grense, må det forventes forekomst av havavsetninger i form av leire og siltig leire, muligens sprøbrudd eller kvikk, under fyllmasser.



Figur 2-5: Figur 2 5. Utsnitt av tegning nr. 015 som viser sondering, CPTU og prøveserie på tomta [rapprt R. 1790 Trondheim kommune [3]]

2.4 Grunnvann

Det er ikke utført poretrykksmålinger på planområdet. Basert på topografi, grunnforhold og nærliggende poretrykksmålinger antas grunnvannstand å ligge på 2-3 m dybde under terreng på sentrale deler av området, under sandlaget vest på tomta.

2.5 Berg

Det er ikke utført borer til berg på tomta. Grunnundersøkelser 60 m sør for Nardovegen 2 viser at berg er påtruffet ved ca. kote +30-35. Boringer i skråningen vest for Nardovegen 5 viser at berg ikke er påtruffet ved kote +25.

3 Vurdering av områdestabilitet

Fare for områdeskred skal utredes for å tilfredsstille krav til NVEs kvikkleireveileder [9] og TEK17 [10].

Utredningen skal bekrefte eller avkrefte reell fare for områdeskred. Kapittel 3 i NVE-veilederen beskriver prosedyrer for utredning av områdeskredfare. Prosedyren er delt inn i 2 hoveddeler. Del 1 (steg 1-3) som omfatter innledende vurderinger og avgrensning av aksomhetsområder for områdeskredfare. Del 2 (steg 4-11) for utredning av faresoner med tilhørende dokumentasjon.

Det er planlagt oppføring av nye bolig- og forretningsbygg i tiltaksområdet. Tabell 3.2 i NVE-veileder plasseres tiltaket i tiltakskategori K4. For tiltak plassert i tiltakskategori K4 krever veilederen at faresoner som kan berøre tiltaket må avgrensnes og utredes for områdeskredfare. Krav til utredning

gjelder også hvis tiltaket ligger i et utløpsområde. For nærmere gjennomgang av krav til K4 tiltak vises det til kapittel 3.3.6 i veilederen.

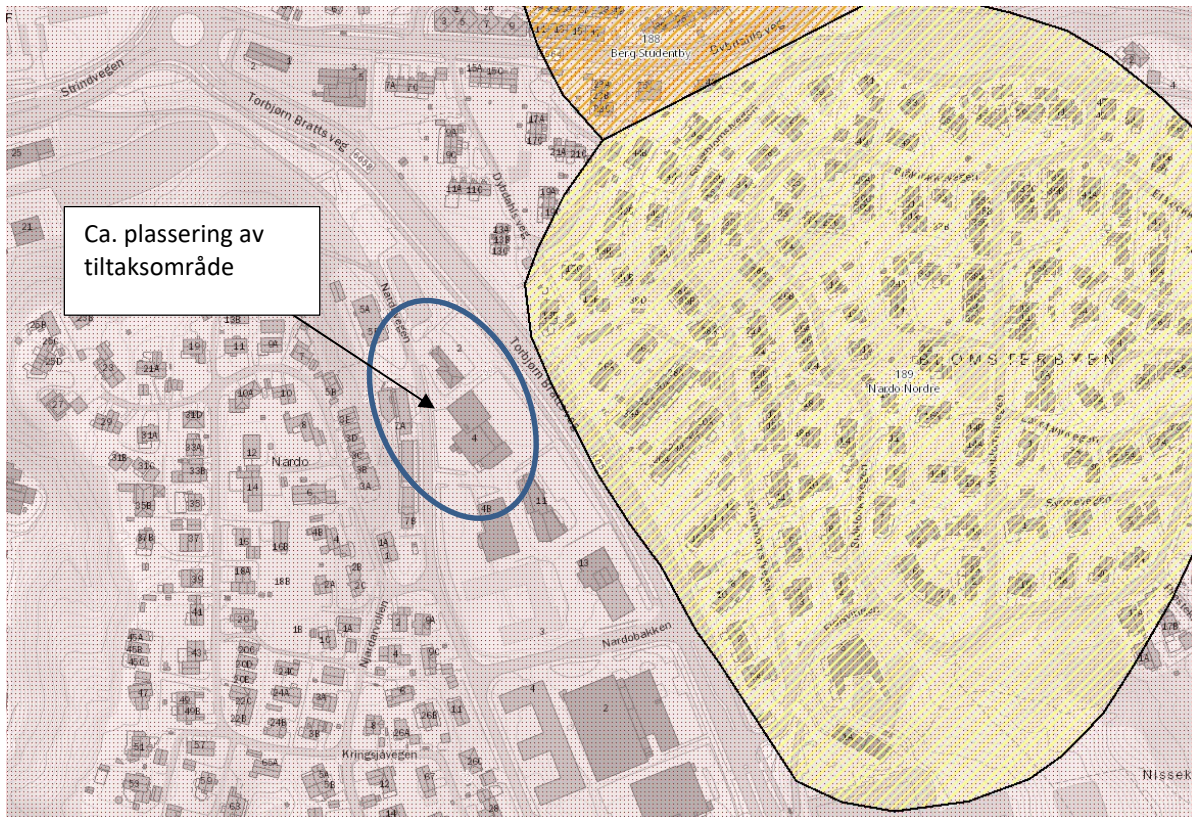
Gjennomgang av prosedyren er vist med utfyllende beskrivelse av valgene i underliggende kapitler 3.1 til 3.10, Tabell 3-1 oppsummerer gjennomgangen.

Tabell 3-1: Oppsummering av gjennomgang av fare for områdeskred iht. NVEs kvikkleireveileder

Pkt.	Overskrift	Kommentar
1.	Undersøk om det finnes registrerte faresoner i området	Det er iht. NVE Atlas kartlagt faresoner for kvikkleireskred øst for tiltaksområdet. Kvikkleiresone 189 Nardo Nordre ligger like ved tiltaksområdet.
2.	Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense	Hele området ligger under marin grense
3.	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	Total skråningshøyde øst for tomt er over 5 m og terrenget er brattere enn 1:20
4.	Bestem tiltakskategori	Basert på konsekvens ved skred, plasseres tiltaket i tiltakskategori K4.
5.	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde	Gjennomgang av tidligere grunnlag viser at det fra Trondheim kommune sin vurdering R.1576-3-Rev.03 fortsatt er to kritiske snitt som ikke tilfredsstillende kravene til robusthet profil D-D og E-E. Disse må derfor vurderes nærmere.
6.	Befaring	Befaring er gjennomført på området.
7.	Gjennomfør grunnundersøkelser	Gjennomgang av eksisterende grunnundersøkelser i området rundt den aktuelle tomta indikerer et akseptabelt grunnlag for vurdering av områdestabilitet.
8.	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løсне- og utløpsområder.	Aktuelle skredmekanismer er rotasjonsskred på planområdet og retrogressivt skred i skråningen øst for området. Planområdet ligger i utløpsområde for et skred fra kvikkleiresone 189 Nardo Nordre.
9.	Klassifiser faresoner	Faresonen er klassifisert tidligere
10.	Dokumenter tilfredsstillende stabilitet	I profil E-E er det vist tilstrekkelig robusthet ved å justere adp-faktorer iht. gjeldende regelverk. Profil D-D vurderes til å tilfredsstillende krav i NVE1/2019 <ul style="list-style-type: none"> Beregning med justerte adp-faktorer gir nesten $F=1,2$, resultatet er innenfor modellusikkerheten i geosuite Med justerte materialparametre oppnås tilstrekkelig sikkerhet. Kontrollberegning på en typisk tomteutgraving viser at skråningen vil tåle den påkjenningen. Alle beregninger er gjort ved plan spenningstilstand. 3D-effekter er ikke vurdert
11.	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser.	Ikke utført
	Konklusjon	Basert på nye utførte stabilitetsberegninger vurderes tomta som klarert mtp. fare for områdeskred.

3.1 Undersøk om det finnes registrerte faresoner i området

NVEs atlas [11] viser at kvikkleiresone 189 Nardo Nordre ligger øst for tiltaksområde, se Figur 3-1. Kvikkleiresonen har faregrad lav og konsekvens alvorlig, den er plassert i risikoklasse 3.



Figur 3-1: Utklipp av NVE atlas, aksomhetsområde kvikkleiresoner

3.2 Undersøk om hele eller deler av området ligger under marin grense

Hele området ligger under marin grense.

3.3 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

I henhold til NVEs kvikkleireveileder 1/2019 [9] skal det utføres en terrengeanalyse med konservative kriterier for å begrense aktsomhetsområdene til områder der topografien gir mulighet for områdeskred.

Følgende kriterier skal benyttes på dette stadiet i utredningen:

- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og total skråningshøyde > ca. 5 m
- I platåterreng: høydeforskjeller på 5 m og mer
- Maksimal bakovergripende skredutbredelse = 20 x skråningshøyde målt fra fot skråning.

Terrenget på tomten er relativt flatt, og tilfredsstilles dermed kravet i NVE-veilederen om maksimal skråningshelning på 1:20.

Imidlertid stiger terrenget øst og vest for tomten med helninger brattere enn 1:15. I øst stiger terrenget med helning på ca. 1:10, og i vest med en helning på ca. 1:1,5-1:2 med høydeforskjell på ca. 20 m. Terrenget i området overskrider dermed kravet i NVE-veileder om maksimal skråningshelning på 1:20.

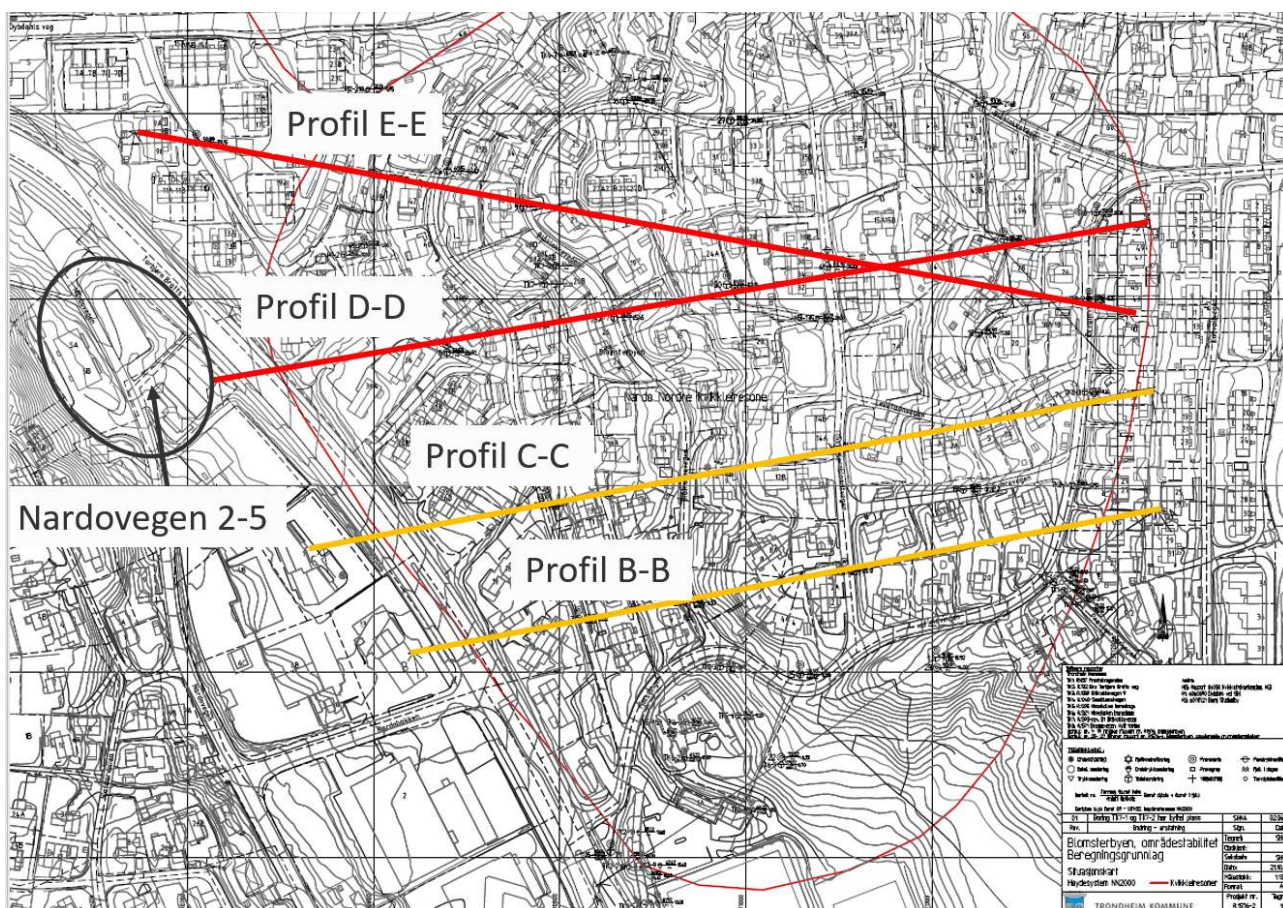
3.4 Bestem tiltakskategori

Det skal bygges leilighet- og næringsbygg. Dette vil være et tiltak som medfører større tilflytting/personopphold. På bakgrunn av dette plasseres tiltaket i tiltakskategori K4.

3.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde

Trondheim kommune har utført grunnundersøkelser, samt foretatt geotekniske vurderinger for utredning av områdestabiliteten i Blomsterbyen [1] [12] [13] [2] etter NVE 7/2014 [14]. Vurderingene er kvalitetssikret av uavhengig foretak. Multiconsult har, med grunnlag i vurderinger utført av Trondheim kommune, utført supplerende grunnundersøkelser [5] og Norconsult har vurdert stabilitetsforhold i 2020 [15] [16] mot øst og vest for Nardobakken 3, som ligger sør for Nardovegen 2-5. Multiconsult har utført vurderinger for Torbjørn Bratts vei 11 som ligger ca. 60 m vest for Nardovegen 2 [17].

Vurderingene av løsne- og utløpsområdet er i Trondheim kommune sin vurdering basert på resultater fra fire ulike profiler (profil B-B, C-C, D-D og E-E) [12], se Figur 3-2. Trondheim kommune har i rapport R. 1576-3 rev03 [13] tolket sprøbruddmateriale i profil C-C, profil D-D og profil E-E. Det er utført stabilitetsberegninger samt vurderinger av mulig skredutvikling som følge av et initialscred etter NVE 7/2014. Det er vurdert at et skred vil kunne ramme området Nardovegen 2-5 ligger i.



Figur 3-2: Utklipp fra Trondheim kommunes rapport R.1576-3 tegning nr. 102, med markering av aktuelle profiler og tiltaksområde

3.6 Befaring

Det er utført befaring i området.

3.7 Gjennomfør grunnundersøkelser

Gjennomgang av eksisterende grunnundersøkelser i området rundt den aktuelle tomte gir et generelt akseptabelt grunnlag for vurdering av områdestabilitet knyttet til skråninger utenfor tiltaksområdet mot øst, og det er ikke nødvendig med supplerende grunnundersøkelser.

Det er i tillegg til de grunnundersøkelsene nevnt i kapittel 3.5, utført grunnundersøkelser i forbindelse med byggesak for en enebolig ved Blåklukkevegen 15 [8]. Resultatene fra disse grunnundersøkelsene er ikke tidligere inkludert i noen av stabilitetsvurderingene.

3.8 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder

Den aktuelle tomte ligger i et potensielt utløpsområde for et skred som starter i kvikkleiresone 189 Nardo Nordre. Aktuell skredmekanisme vil være et rotasjonsskred på planområdet og retrogresivt skred i skråningen mot øst.

I Trondheim kommune sin vurdering av områdestabilitet i Blomsterbyen ble det funnet 4 kritiske profiler (B-B, C-C, D-D og E-E). Tidligere er tomtene Nardovegen 3 og Torbjørn Bratts veg 11 klarert mtp. fare for områdeskred fra profil B-B og C-C [15] [17]. Det er vurdert at et skred i disse profilene ikke vil ha lang nok utstrekning til å ramme Nardovegen 3 og Torbjørn Bratts veg 11. Da Nardovegen 2-5 ligger lengre unna de nevnte profilene enn Torbjørn Bratts vei 11, vurderes det at Nardovegen 2-5 ikke ligger i et utløpsområde for områdeskred fra profil B-B og C-C. Tiltaksområdet ligger fortsatt i et potensielt utløpsområde for et skred som starter i profil D-D og E-E, robusthet av disse skråningene må kontrolleres.

3.9 Klassifiser faresoner

Faresone er klassifisert tidligere, se R.1756-3-Rev.03 [13].

3.10 Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet

For å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet må det vises at kritiske skråninger i kvikkleiresonen som ligger utenfor tiltakets influensområde har tilstrekkelig robusthet. Tidligere er beregningsprofil B-B og C-C klarert ut [15] [17]. Det er derfor i denne rapporten kun dokumentert tilstrekkelig robusthet i beregningsprofil D-D og E-E fra Trondheim kommunes rapport R-1576-3-Rev.03 [12]. Det er kun vurdert udrenert situasjon, da den drenert sikkerheten i Trondheim kommune sine vurderinger er tilstrekkelig iht. gjeldende regelverk.

3.10.1 Profil D-D

I profil D-D er det gjort flere stabilitetsberegninger for å bevise tilstrekkelig robusthet av den kritiske skråningen. Ved Trondheim kommune sin vurdering fra 2016 er kritisk skråning funnet til å ha sikkerhetsfaktor $F=1,11$. Det er gjort en ny stabilitetsberegning der adp-faktorer er justert til å være iht. gjeldende regelverk. Stabilitetsberegningene gir da sikkerhetsfaktor $F=1,17$, som er under kravet som stilles i NVEs kvikkleireveileder på $F>1,2$.

Multiconsult har gjort nye tolkninger av skjærfasthetsprofiler, basert på Trondheim kommune sine grunnundersøkelser og grunnundersøkelser gjort av ERA Geo ved Blåklukkevegen 15. Stabilitetsberegninger med justerte skjærfasthetsprofiler gir en sikkerhetsfaktor $F=1,22$ for kritisk skjærflate, altså en sikkerhetsfaktor som tilfredsstillende kravet. For begrunnelse av den økte skjærfastheten vises det til vedlegg A.

Multiconsult har i tillegg til nevnte beregninger utført en kontrollberegning for en typisk tomteutgraving i bunn av skråningen. Det er i denne beregningen benyttet Trondheim kommunes

materialparametere. For en 2 m dyp og 12 m lang utgraving er beregnet sikkerhetsfaktor $F=1,06$, for en sammensatt skjærflate, tenkt utgraving er vist på tegning RIG-TEG-802.

For en nærmere gjennomgang av stabilitetsberegningene vises det til Vedlegg A.

Multiconsult vurderer at skråningen har tilstrekkelig robusthet. I NVEs kvikkleireveileder stilles det krav om sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,2$ og $F_{a-\phi} \geq 1,25$.

- Ved stabilitetsberegning hvor det kun er justert adp-faktorer fra Trondheim kommune sin rapport oppnås sikkerhetsfaktor $F=1,17$. Dette er nært kravet på 1,2 og avviket mellom 1,17 og 1,2 er innenfor modellusikkerheten i i Geosuite.
- Med ny tolkning av udrenert skjærfasthet støttet på nye grunnundersøkelser er det oppnådd sikkerhetsfaktor $F_{cu}=1,22$, som er innenfor kravet på 1,2
- Videre er det vist at skråninga har robusthet nok til å tåle en utilsiktet tomteutgraving.

Alle beregninger er gjort på planspenningstilstand. Kritisk skråning ligger i et boligområde og grave/byggetiltak må gjennom byggesak, hvor det vil stilles enda strengere krav til sikkerhet.

3.10.2 Profil E-E

I Trondheim kommune sin vurdering fra 2016 er kritisk skråning funnet til å ha sikkerhetsfaktor $F=1,16$. Det er gjort en beregning der adp-faktorer er justert til å være iht. gjeldende regelverk. Stabilitetsberegninger gir sikkerhetsfaktor $F=1,23$. Da denne beregningen gir en sikkerhetsfaktor $F > 1,20$ vurderes skråningen til å være robust.

3.11 Meld inn faresoner og grunnundersøkelser

Det er vurdert at det ikke er behov for å melde inn nye faresoner.

4 Konklusjon

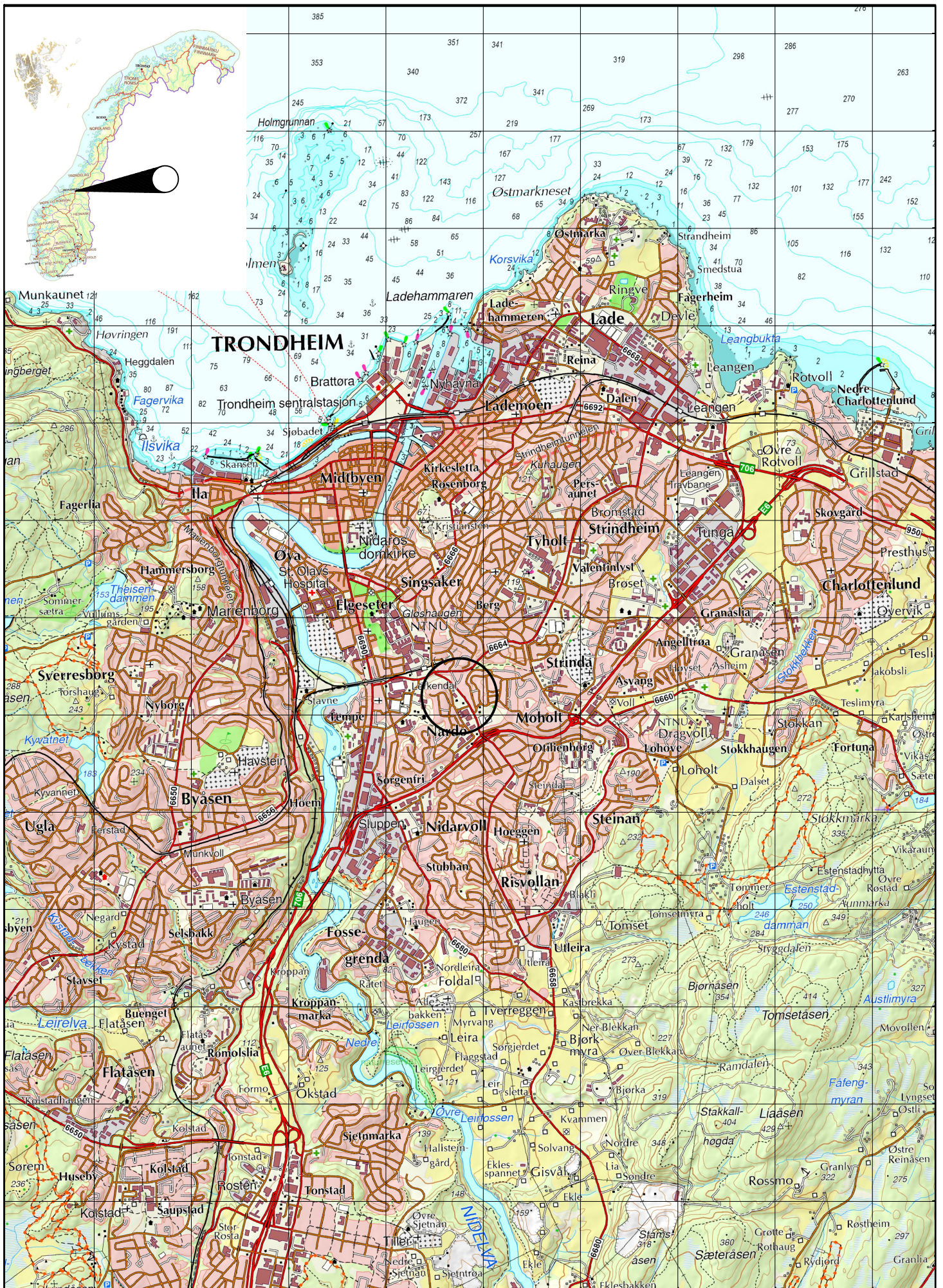
Nardovegen 2-5 vurderes som klarert med tanke på områdeskred fra kvikkleiresone 189 Nardo nordre. Kritiske skråninger er kontrollert og det er funnet at de tilfredsstiller regelverkets krav til robusthet.

Tomta må fortsatt klareres for områdeskred fra skråningen mot vest, og lokalstabilitet må ivaretas i alle faser av utbygging.

5 Referanser

- [1] Trondheim kommune, R1575 Blomsterbyen kvikkleirekartlegging, 2014.
- [2] Trondheim kommune, R1576-4 Blomsterbyen supplerende grunnundersøkelser, 2015.
- [3] Trondheim kommune, R.1790 - Fossumdalen, etappe 7, 2020.
- [4] Norconsult, 576481 GEO-02 rev 02 Torbjørn Bratts veg/Nardovegen geoteknisk vurdering, 2014.
- [5] Multiconsult Norge AS, 415451-RIG-RAP-001 - Nardovegen 7, Grunnundersøkelser, 2012.

- [6] Multiconsult Norge AS, 10219420-RIG-RAP-001 Nardobakken 3, 2020.
- [7] Multiconsult Norge AS, 10220499-RIG-RAP-001 Geoteknisk datarapport, 2021.
- [8] ERA Geo, Blåkløkkevegen 15 Geoteknisk datarapport, 2021.
- [9] NVE, Veileder 1/2019 "Sikkerhet mot kvikkleireskred", 2019.
- [10] D. f. Byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift, TEK 17, Veiledningen om tekniske kravtil byggverk,» 2017.
- [11] Norges Vassdrags-og energidirektorat(NVE), atlas.nve.no.
- [12] Trondheim kommune , R1576-2 rev 03 Blomsterbyen områdestabilitet, beregningsgrunnlag, 2015.
- [13] Trondheim kommune, R1576-3 rev 03 Blomsterbyen områdestabilitet, stabilitetsberegninger, 2016.
- [14] NVE, Veileder 7/2014 "Sikkerhet mot kvikkleireskred., 2014.
- [15] Norconsult, 5202958-RIG-05 - Nardobakken 3, Stabilitetsforhold mot øst, 2020.
- [16] Norconsult, 5202958-RIG-06 - Nardobakken 3, Stabilitetsforhold mot vest, 2020.
- [17] Multiconsult Norge AS, 10220499-RIG-NOT-001 - Torbjørn Bratts vei 11, 2020.
- [18] NIFS, Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred, 2016.

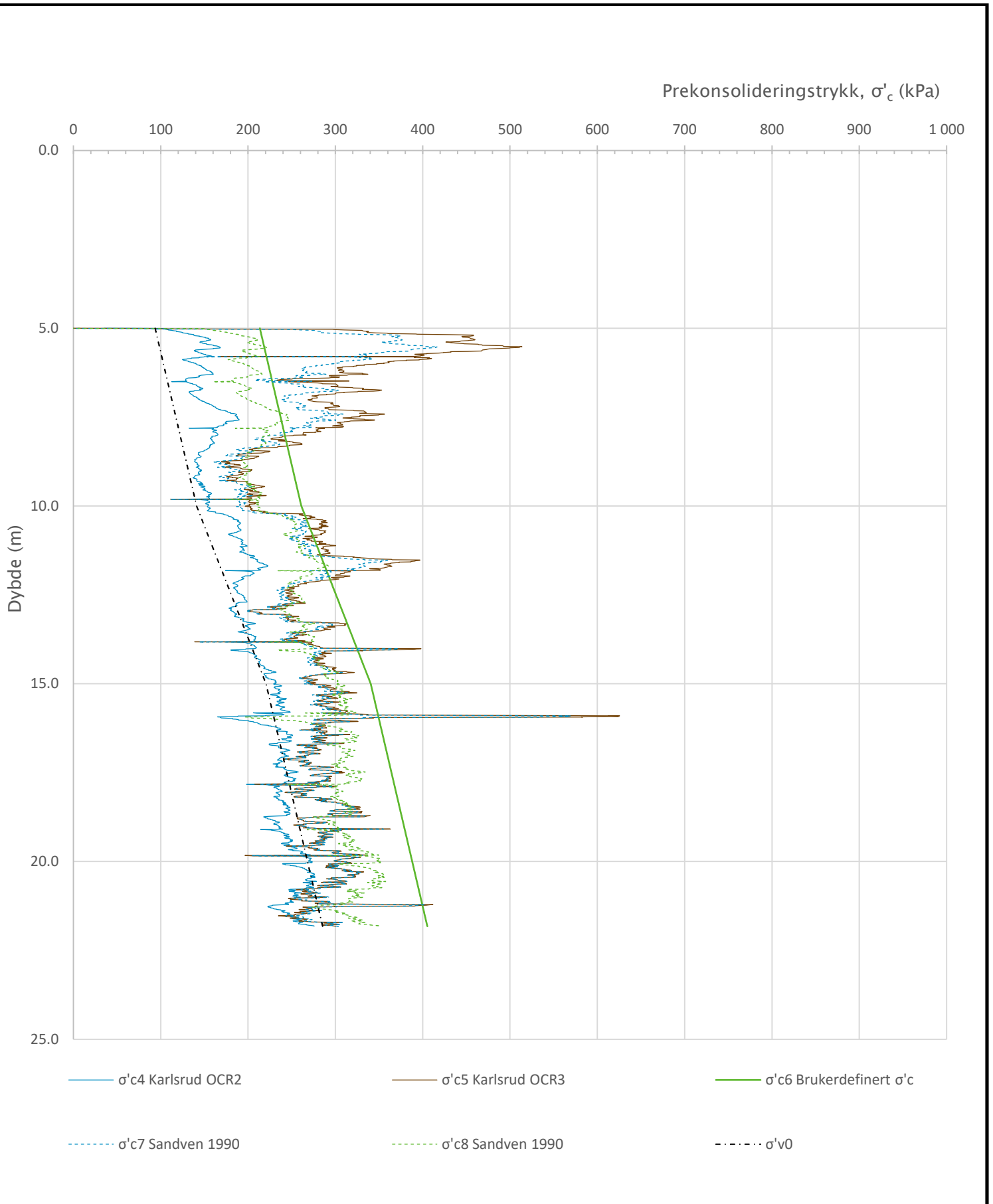


Multiconsult
www.multiconsult.no

Godhavn AS
Nardovegen 2-5
OVERSIKTSKART

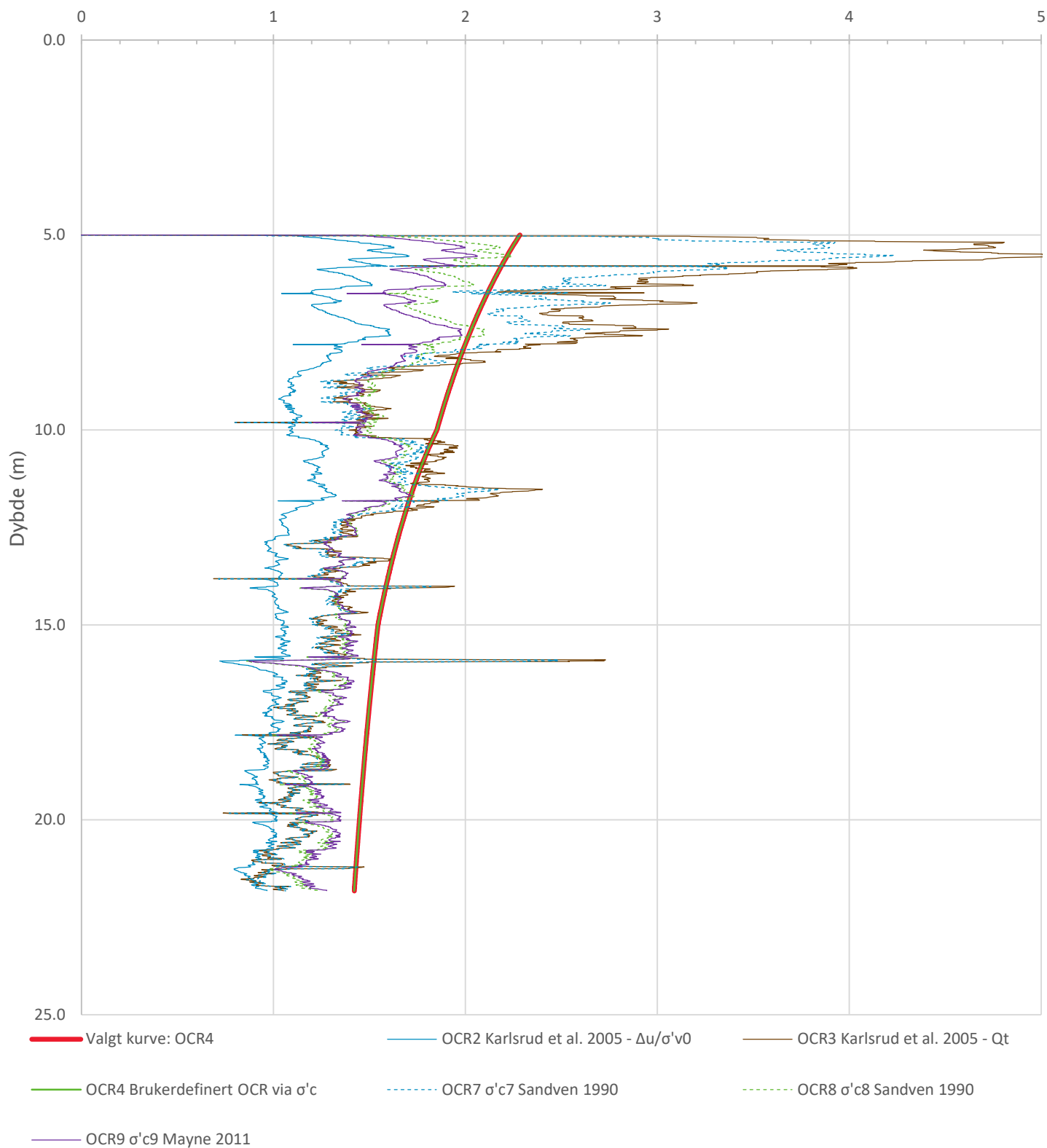
Revisjon	00	Fag	RIG
Konstr./Tegnet	ØYA	Kontrollert	IEO
Oppdragsnr.	10228329		

Original format	A4	Dato	03.12.2021
Godkjent	ANG	Målestokk	1:50000
Tegningsnr.	RIG-TEG-000		



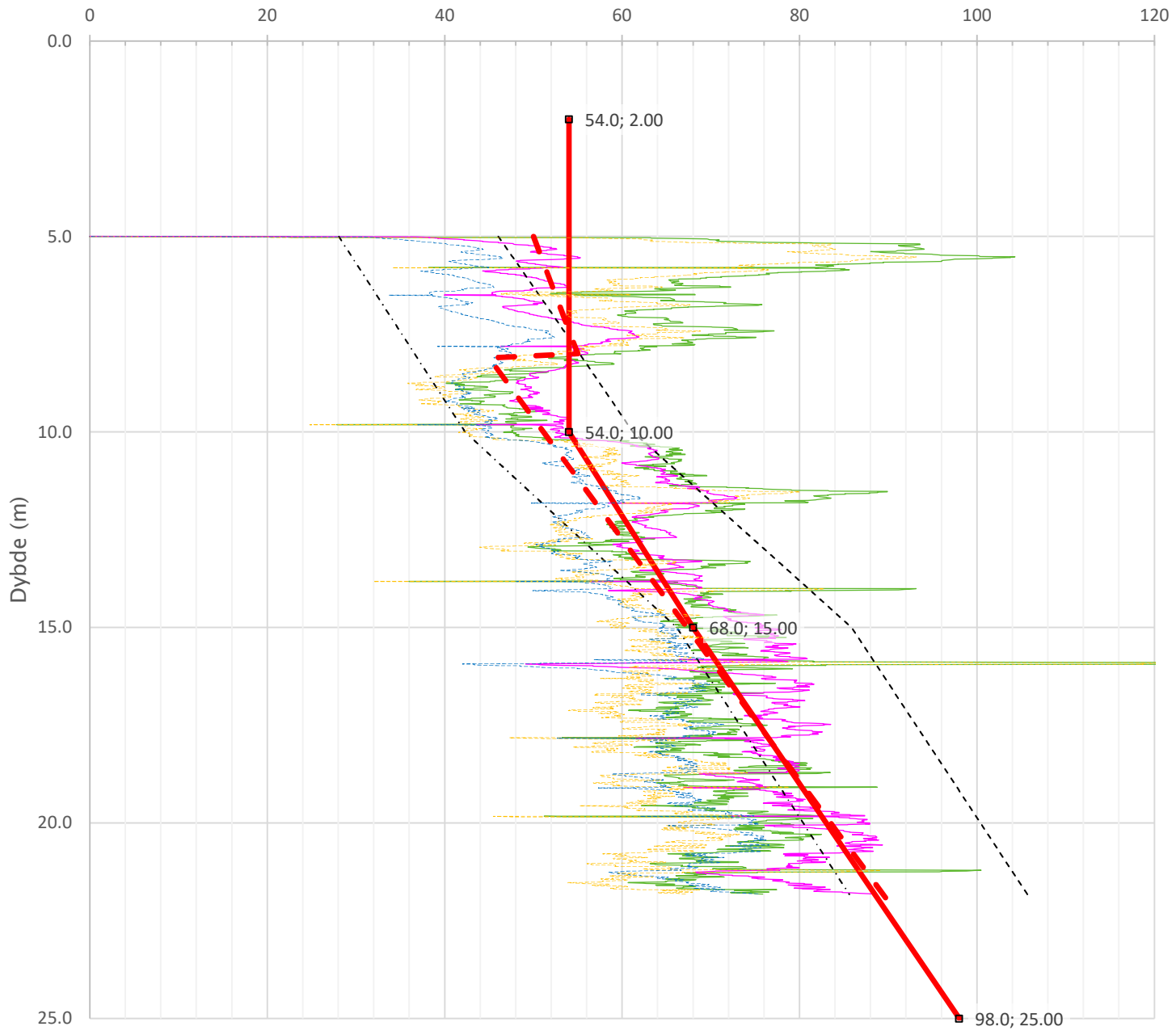
Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +83.7
Nardovegen 2-5				6	
Innhold				Sondennummer	
Prekonsolideringstrykk, σ'_c				4352	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	OYA	IEO	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
Trondheim kommune	29.08.2013	Rev. dato			
			0	500.5	
			03.12.2021		

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



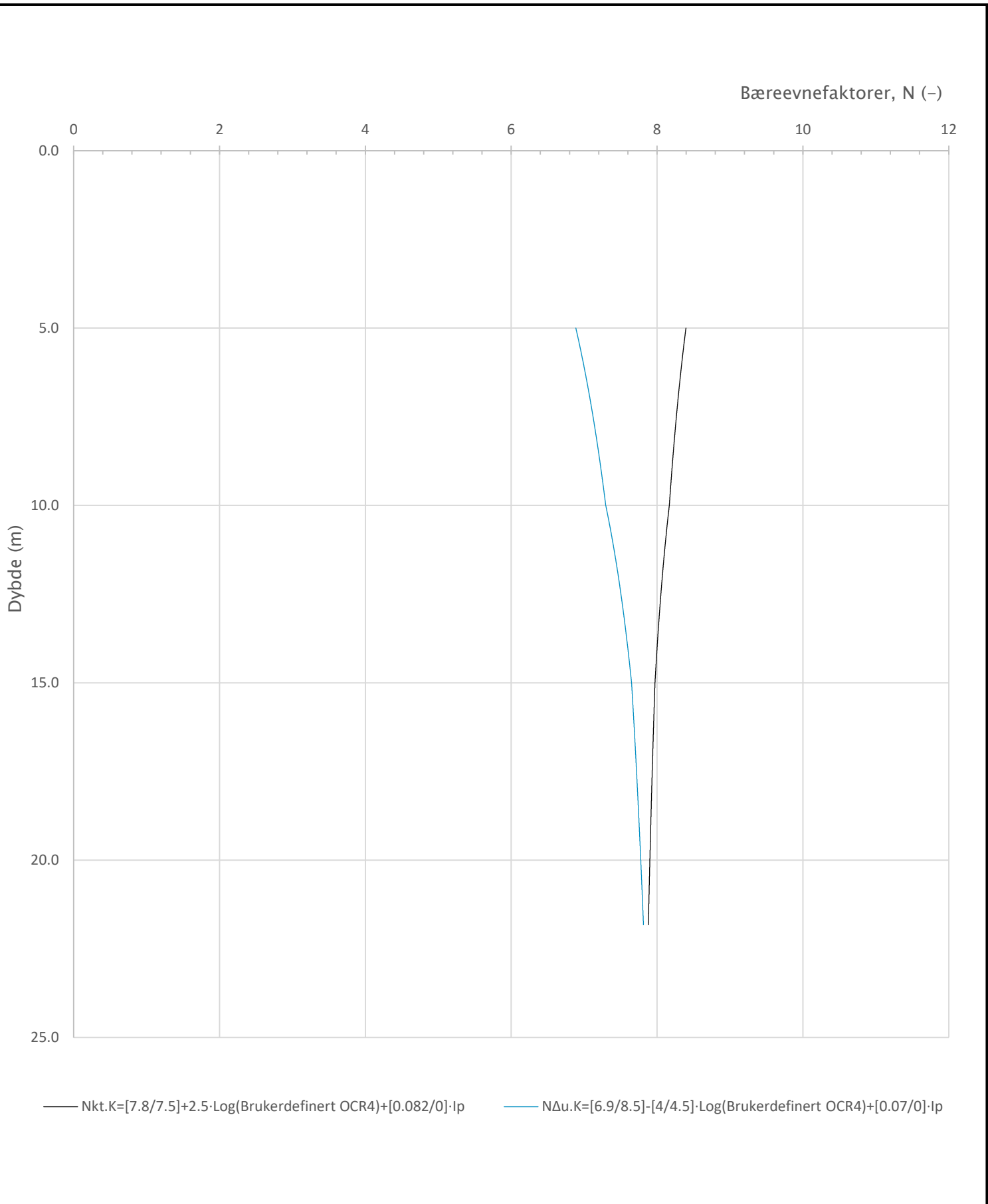
Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +83.7
Nardovegen 2-5				6	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				4352	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	OYA	IEO	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
Trondheim kommune	29.08.2013	Rev. dato	0 03.12.2021	500.6	

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)



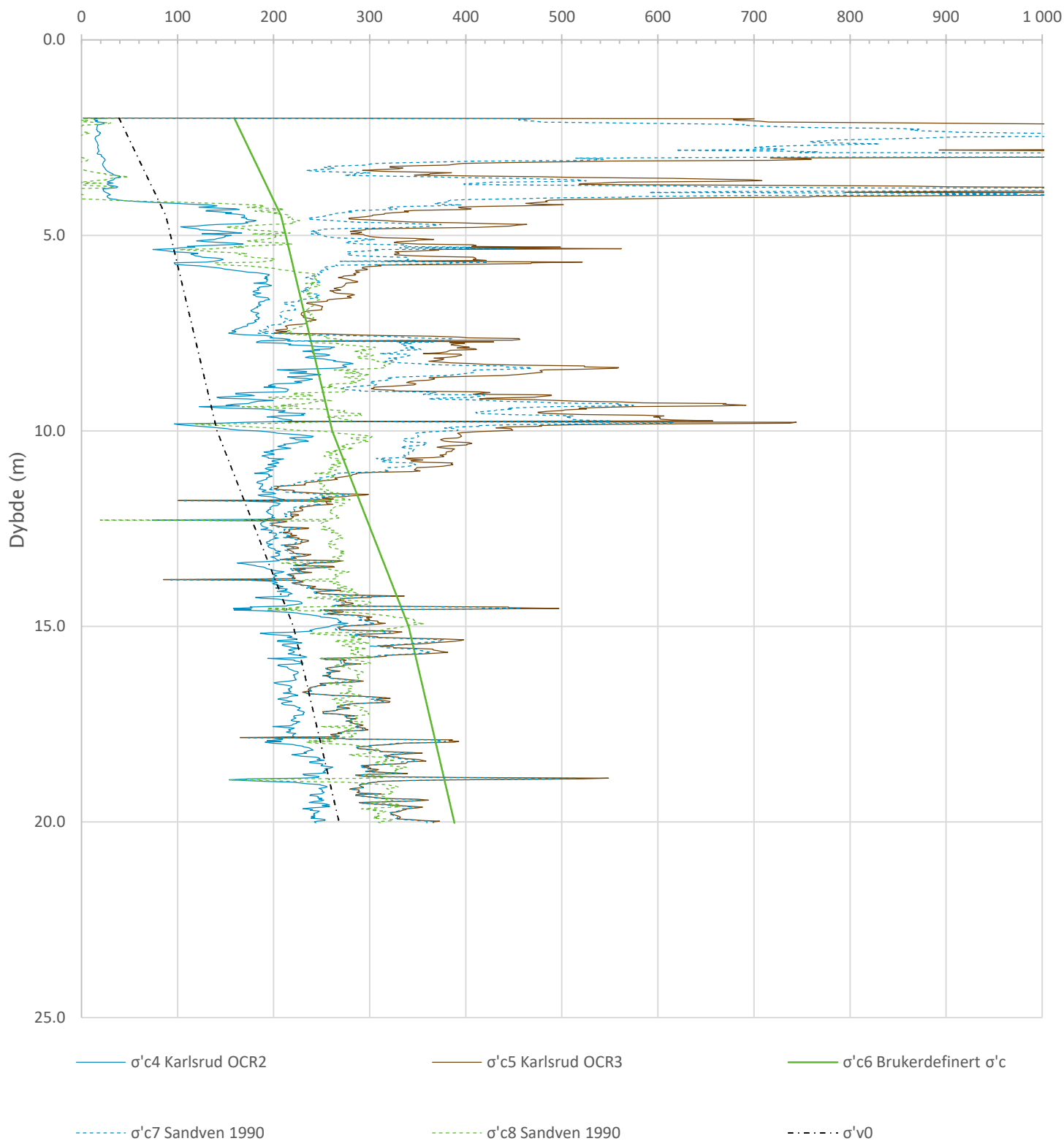
- $Nkt.K=[7.8/7.5]+2.5 \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.082/0] \cdot Ip$
- $N\Delta u.K=[6.9/8.5]-[4/4.5] \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.07/0] \cdot Ip$
- - - - SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, $\alpha=0.30$, $m=0.60$)
- - - - - $cuNC: 0.3 \cdot \sigma'v0$
- Anbefalt kurve
- $Nkt.K=[7.8/8.5]+2.5 \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.082/0] \cdot Ip$
- - - - - $N\Delta u.K=[6.9/9.8]-[4/4.5] \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.07/0] \cdot Ip$
- - - - - TRK Skjærfasthetsprofil

Prosjekt Nardovegen 2-5		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull 6	Kote +83.7
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondenummer 4352	
Multiconsult	Tegnet OYA	Kontrollert IEO	Godkjent ANG	Anvend.klasse 1	
	Utførende Trondheim kommune	Dato sondering 29.08.2013	Revisjon 1	RIG-TEG 500.7	
			Rev. dato 12.01.2022		



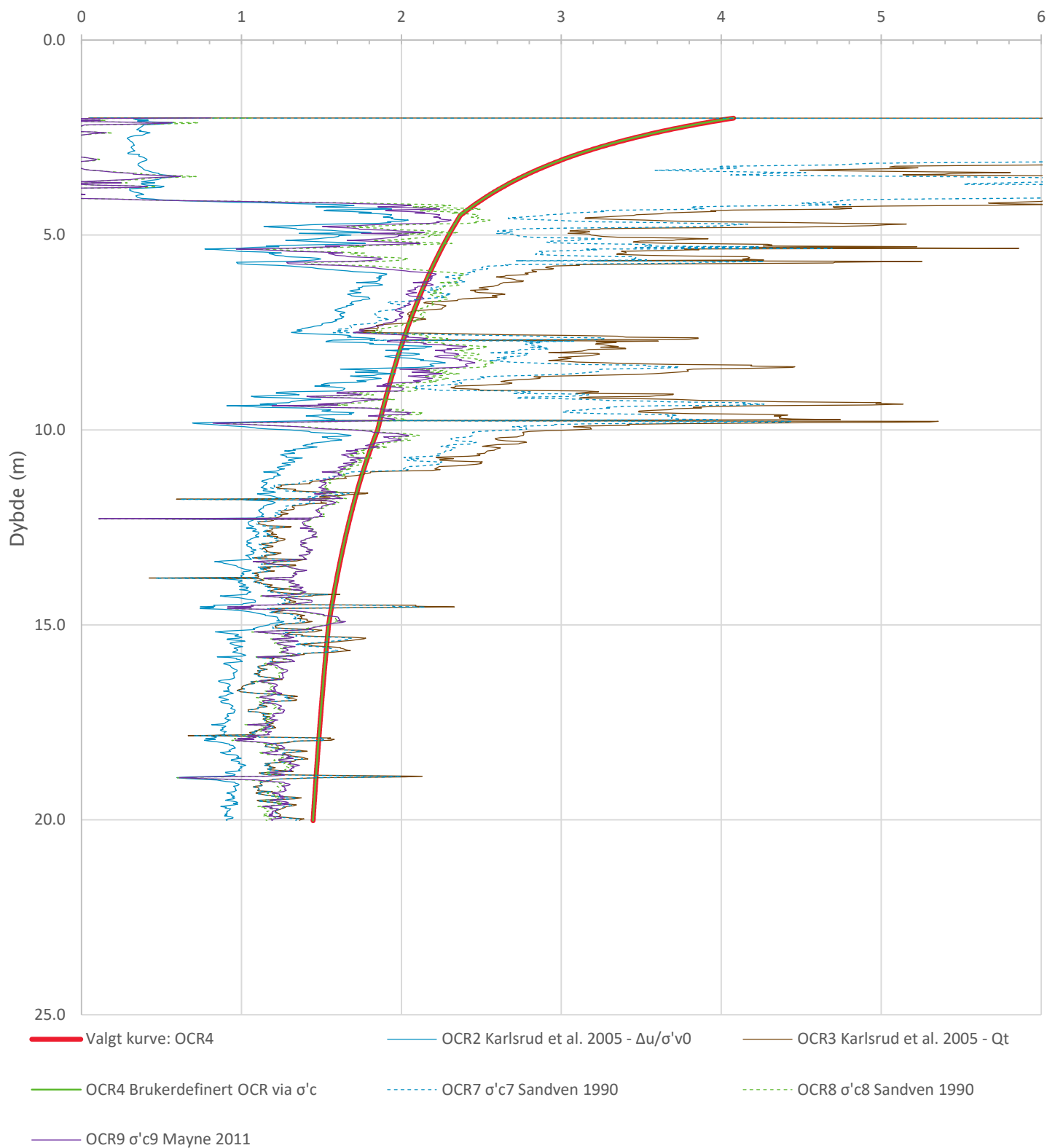
Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +83.7
Nardovegen 2-5				6	
Innhold				Sondennummer	
Bæreevnefaktorer (N-faktorer) for beregning av udrenert skjærfasthet				4352	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	OYA	IEO	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	500.8
	Trondheim kommune	29.08.2013	Rev. dato		
			0 03.12.2021		

Prekonsolideringstrykk, σ'_c (kPa)



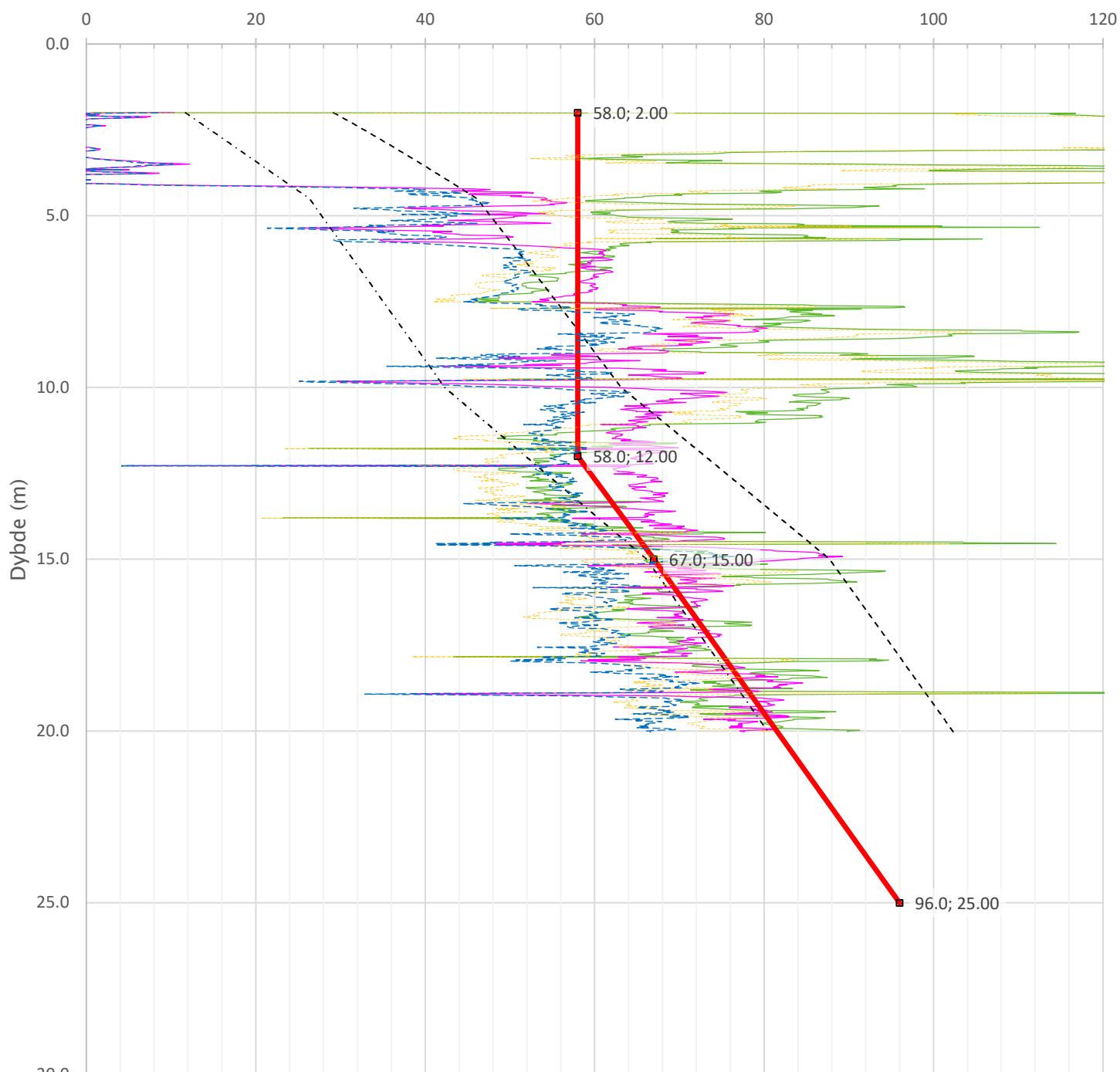
Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +75.4
Nardovegen 2-5				E2	
Innhold				Sondenummer	
Prekonsolideringstrykk, σ'_c				5213	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	OYA	IEO	ANG		
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	501.5
Era Geo	24.03.2021	Rev. dato 03.12.2021			

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



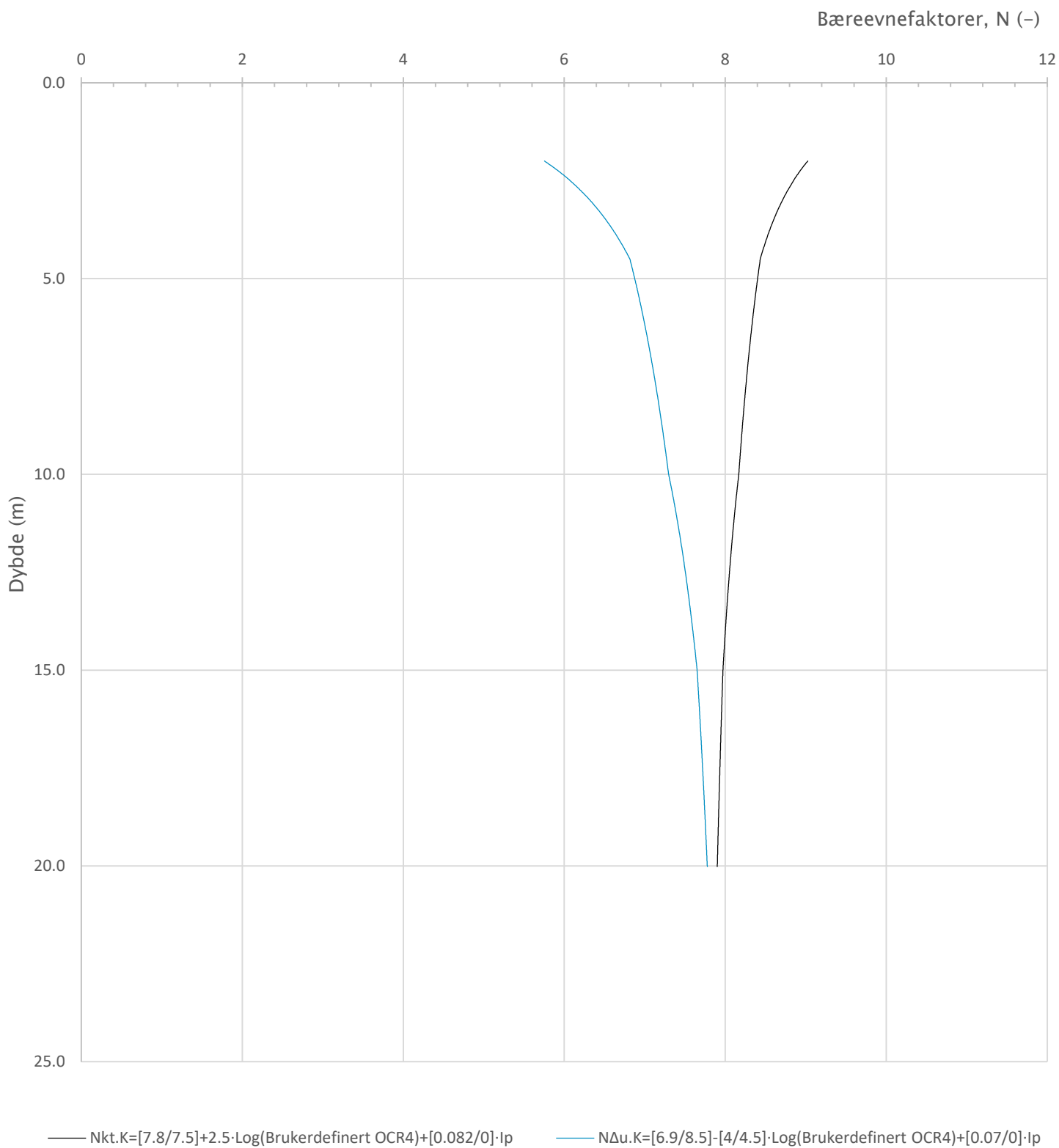
Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +75.4
Nardovegen 2-5				E2	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				5213	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	OYA	IEO	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
	Era Geo	24.03.2021	0	501.6	
			Rev. dato	03.12.2021	

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

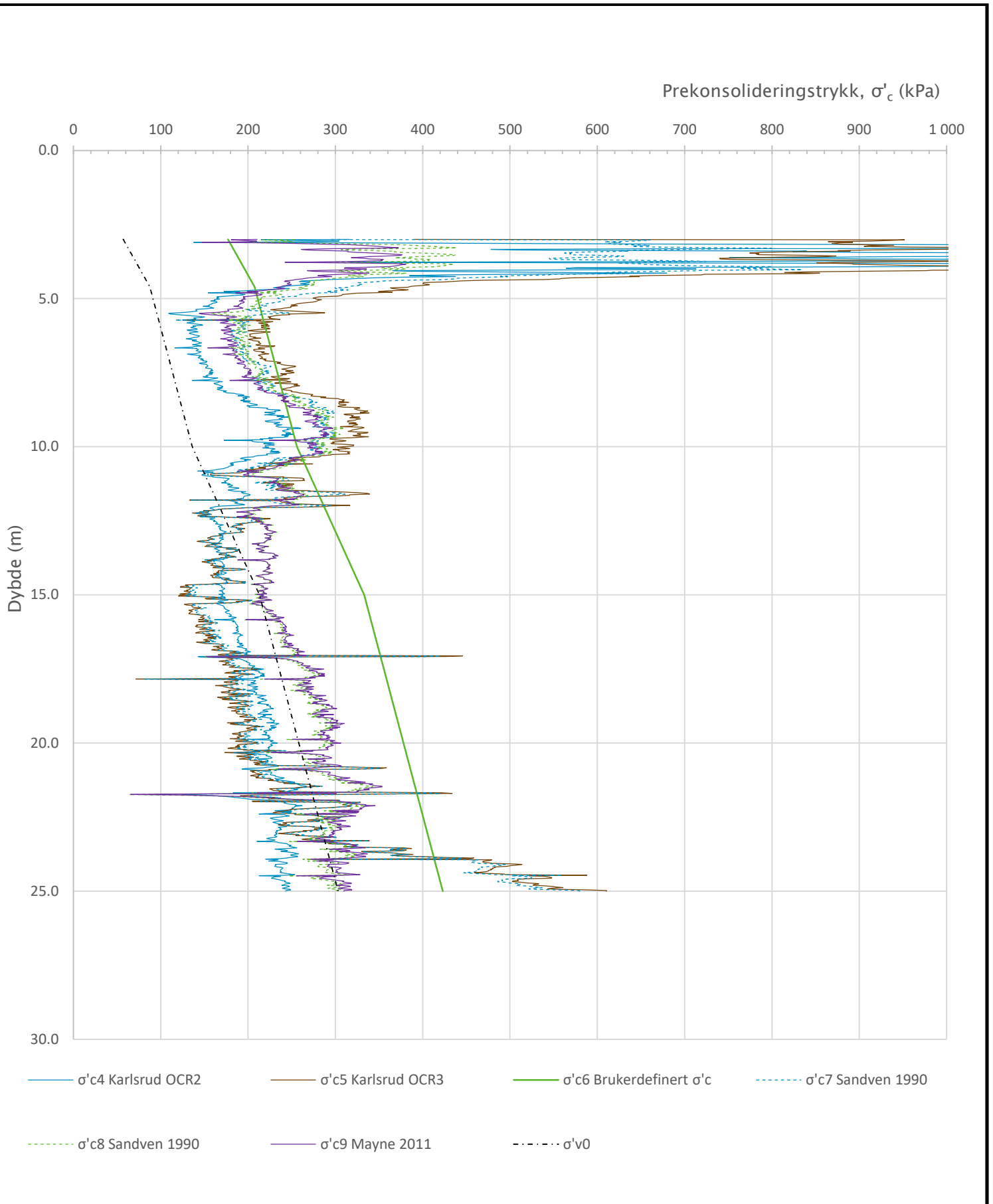


- Nkt.K=[7.8/7.5]+2.5·Log(Brukerdefinert OCR4)+[0.082/0]·lp
- NΔu.K=[6.9/8.5]-[4/4.5]·Log(Brukerdefinert OCR4)+[0.07/0]·lp
- - - - SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, α=0.30, m=0.65)
- - - - cuNC: 0.3·σ'v0
- Anbefalt kurve
- - - - Nkt.K=[7.8/8.5]+2.5·Log(Brukerdefinert OCR4)+[0.082/0]·lp
- - - - NΔu.K=[6.9/9.8]-[4/4.5]·Log(Brukerdefinert OCR4)+[0.07/0]·lp

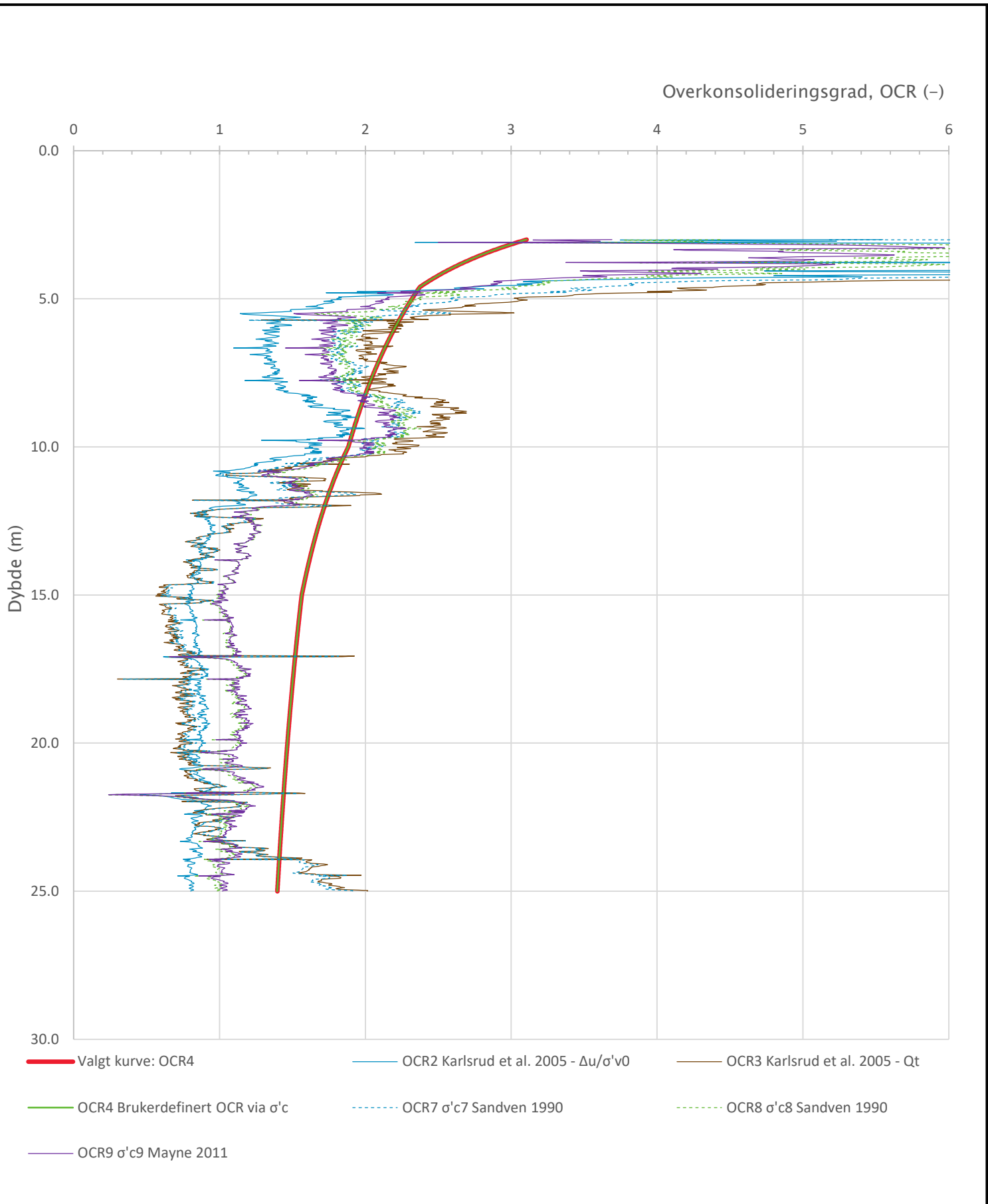
Prosjekt Nardovegen 2-5		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull Kote +75.4 E2
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer 5213
Multiconsult	Tegnet OYA	Kontrollert IEO	Godkjent ANG	Anvend.klasse 1
	Utførende Era Geo	Dato sondering 24.03.2021	Revisjon 1 Rev. dato 12.01.2022	RIG-TEG 501.7



Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +75.4
Nardovegen 2-5				E2	
Innhold				Sondennummer	
Bæreevnemfaktorer (N-faktorer) for beregning av udrenert skjærfasthet				5213	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	OYA	IEO	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
	Era Geo	24.03.2021	0	501.8	
			Rev. dato	03.12.2021	

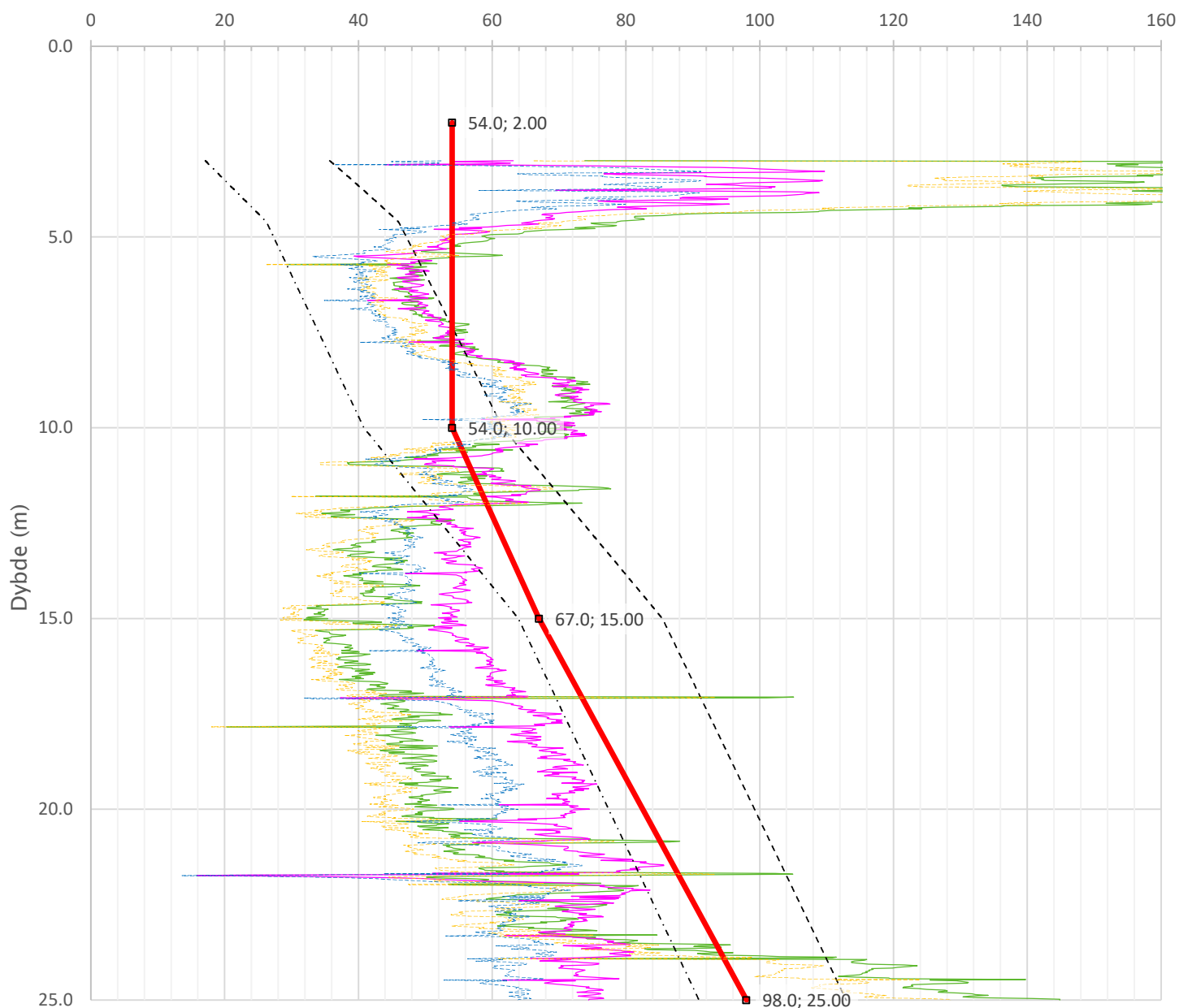


Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +80.8
Nardovegen 2-5				E3	
Innhold				Sondenummer	
Prekonsolideringstrykk, σ'_c				5213	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	OYA	IEO	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	
Era Geo	24.03.2021	0	502.5		
			Rev. dato	03.12.2021	



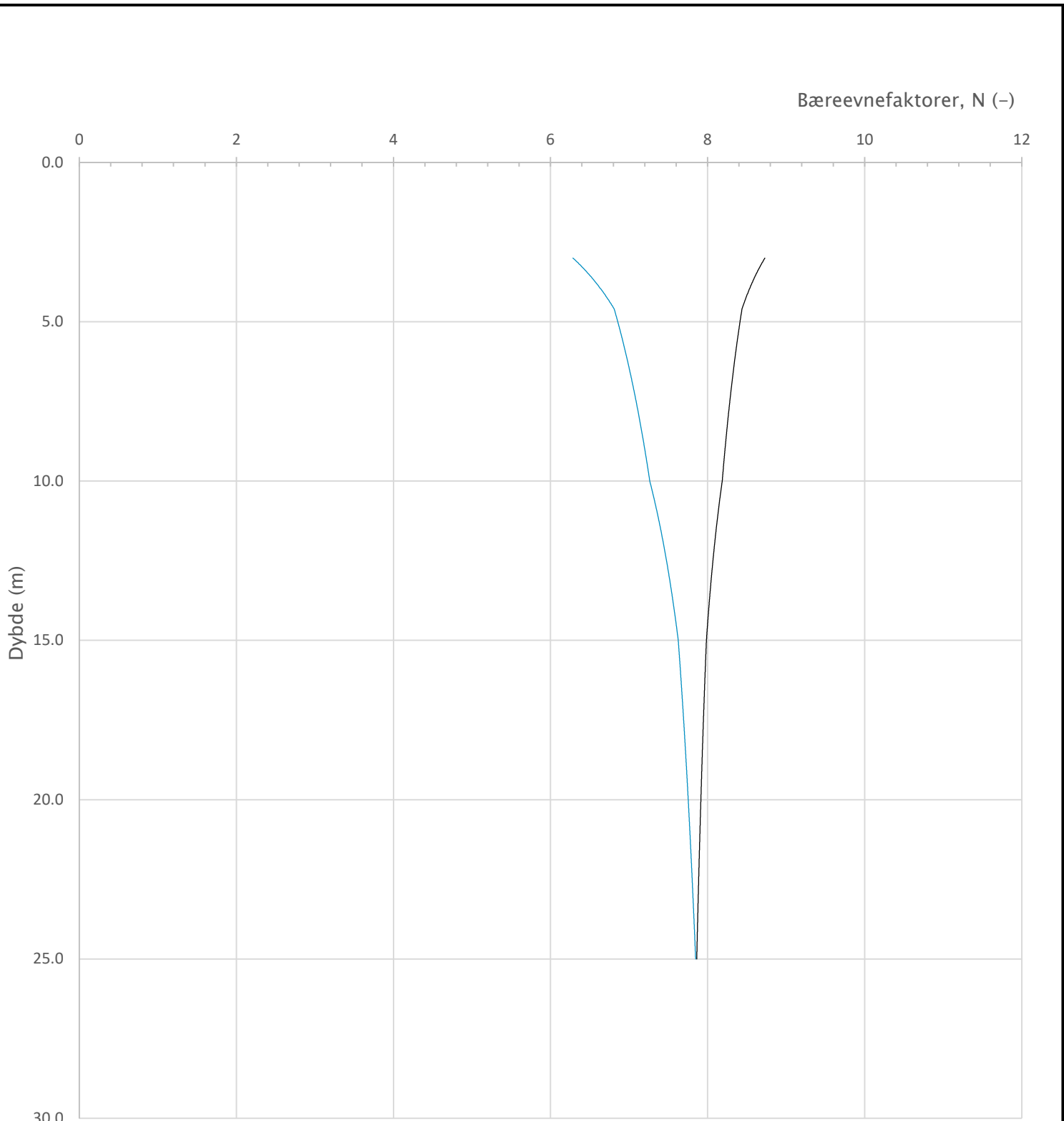
Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +80.8
Nardovegen 2-5				E3	
Innhold				Sondenummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				5213	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	OYA	IEO	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	502.6
	Era Geo	24.03.2021	Rev. dato 03.12.2021		

Udrenert aktiv skjærfasthet, $c_{u\text{CPTu}}$ (kPa)

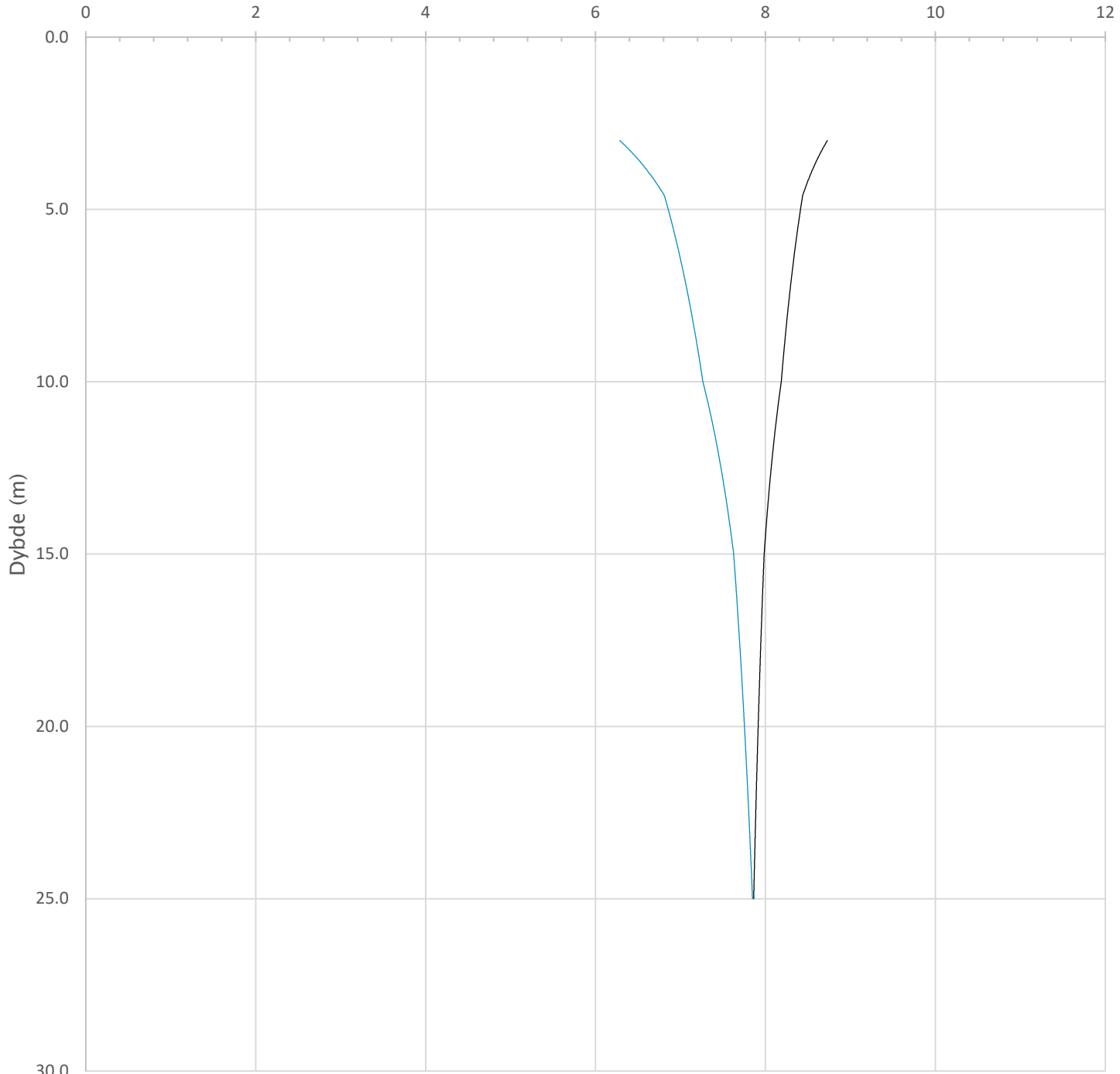


- $Nkt.K=[7.8/7.5]+2.5 \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.082/0] \cdot I_p$
- $N\Delta u.K=[6.9/8.5]-[4/4.5] \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.07/0] \cdot I_p$
- - - - SHANSEP (Brukerdefinert OCR4, $\alpha=0.30$, $m=0.65$)
- · - · - · $c_{uNC}: 0.3 \cdot \sigma'_{v0}$
- Anbefalt kurve
- - - - $Nkt.K=[7.8/8.5]+2.5 \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.082/0] \cdot I_p$
- · - · - · $N\Delta u.K=[6.9/9.8]-[4/4.5] \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.07/0] \cdot I_p$

Prosjekt Nardovegen 2-5		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull Kote +80.8 E3
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer 5213
Multiconsult	Tegnet OYA	Kontrollert IEO	Godkjent ANG	Anvend.klasse 1
	Utførende Era Geo	Dato sondering 24.03.2021	Revisjon 1 Rev. dato 12.01.2022	RIG-TEG 502.7



Bæreevnefaktorer, N (-)



$N_{kt}.K=[7.8/7.5]+2.5 \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.082/0] \cdot I_p$

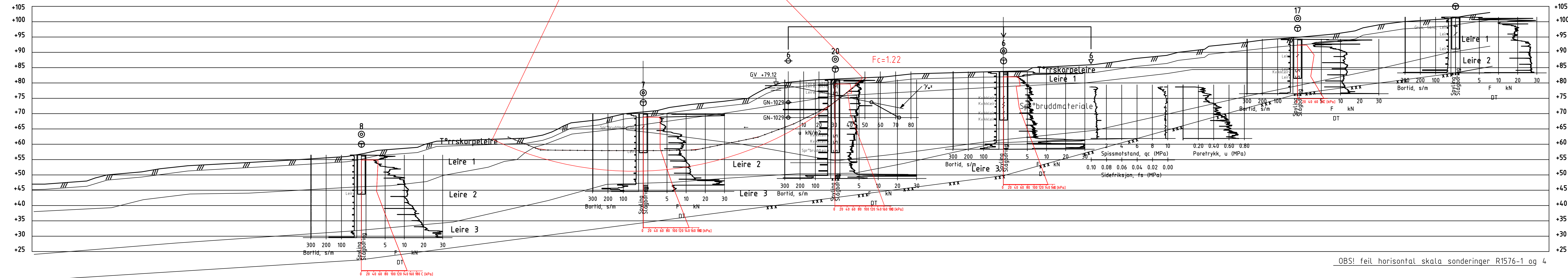
 $N_{\Delta u}.K=[6.9/8.5]-[4/4.5] \cdot \text{Log}(\text{Brukerdefinert OCR4})+[0.07/0] \cdot I_p$

Prosjekt		Prosjektnummer: 10228329 Rapportnummer: RIG-RAP-001		Borhull	Kote +80.8
Nardovegen 2-5				E3	
Innhold				Sondenummer	
Bæreevnefaktorer (N-faktorer) for beregning av udrenert skjærfasthet				5213	
Multiconsult	Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	OYA	IEO	ANG	1	
	Utførende	Dato sondering	Revisjon	RIG-TEG	502.8
	Era Geo	24.03.2021	0 Rev. dato 03.12.2021		

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
T'rnskorpelire	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Spr*bruddleire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire 3	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.17
 TRK udrenert
 Result file : z:\o10228\10228329-01\10228329-01-03 arbeidsomraade\10228329-01 rig\10228329-01-10 geosuite\stabgraf.rif\1576-03-profil d -totalanalyse- copy.R1

Fc=1.22
 Sammensatt
 Result file : Z:\O10228\10228329-01\10228329-01-03 ARBEIDSMRAADE\10228329-01 RIG\10228329-01-10 GEOSUITE\STABGRAF.RIT\1576-03-PROFIL D -TOTALANALYSE- TRK - parametre.R2



OBS! feil horisontal skala sonderinger R1576-1 og 4

Profil D-D

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
01	Tabell materialparametere	21.01.2022	OYA	IEO	ANG
00	Stabilitetsberegninger	03.12.2021	OYA	IEO	ANG

Multiconsult
 www.multiconsult.no

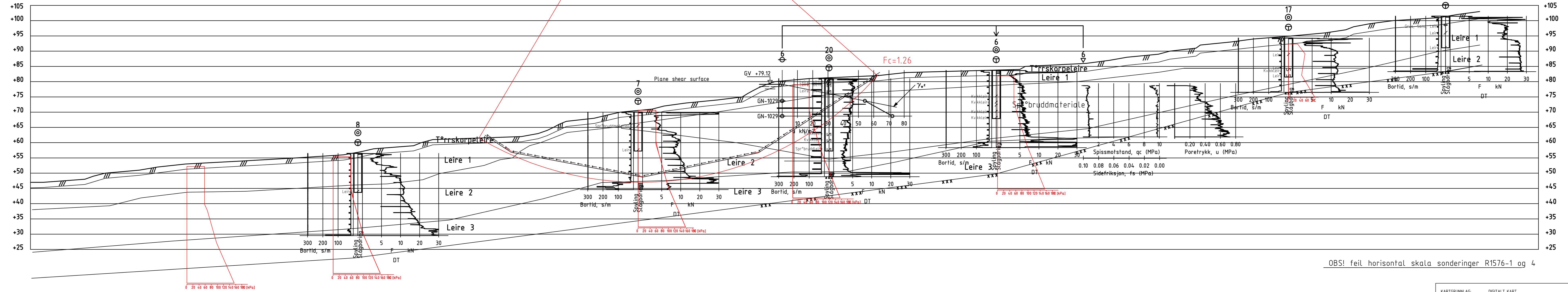
Godhavn AS
 Nardovegen 2-5
 Stabilitetsberegninger Profil D-D
 TRK parametere udrenert

KARTGRUNNLAG: KOORDINATSYSTEM: HØYDEREFERANSE:	DIGITALT KART EUREF89, sone 32 NN2000	Status	Utsendt	Fag	RIG	Originalt format	A3LLL	Dato	21.01.2021
Oppdragsnr.	10228329	Konstr./Tegnet	OYA	Kontrollert	IEO	Godkjent	ANG	Målestokk	1:500
Tegningsnr.	RIG-TEG-800	Rev.							01

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Tjrrskorpelire	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Sprubuddleire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire 3	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.26
 Sammensatt flate
 Result file : z:\010228\10228329-01\10228329-01-03 arbeidsomraade\10228329-01 rig\10228329-01-10 geosuite\stabgraf.rit\1576-03-profil d -totalanalyse- test ssb.R24

Fc=1.22
 Sirkulær flate
 Result file : z:\010228\10228329-01\10228329-01-03 arbeidsomraade\10228329-01 rig\10228329-01-10 geosuite\stabgraf.rit\1576-03-profil d -totalanalyse- test ssb - robusthet - til tegning.R1



OBS! feil horisontal skala sonderinger R1576-1 og 4

Profil D-D

KARTGRUNNLAG: KOORDINATSYSTEM: HØYDEREFERANSE:	DIGITALT KART EUREF89 NN2000
------------------------------------------------------	------------------------------------

01	Tabell materialparametere	21.01.2022	OYA	IEO	ANG
00	Stabilitetsberegninger	02.12.2022	OYA	IEO	ANG
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
 www.multiconsult.no

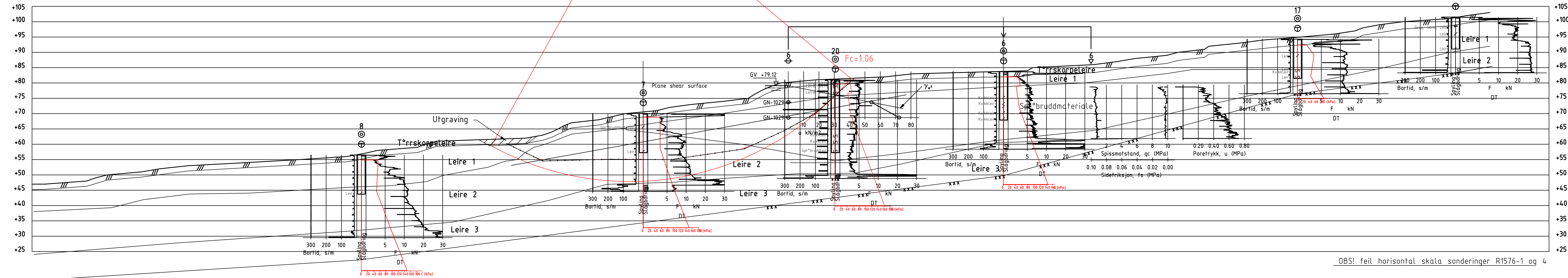
Godhavn AS Nardovegen 2-5 Stabilitetsberegninger Profil D-D Multiconsult tolkning skjærfasthet	Status Utsendt	Fag RIG	Originalt format A3LLL	Dato 21.01.2021
	Konstr./Tegnet OYA	Kontrollert IEO	Godkjent ANG	Målestokk 1:500
	Oppdragsnr. 10228329	Tegningsnr. RIG-TEG-801	Rev. 01	

\N:\h-nasun\01\TR_Program\10228329-01\10228329-01-03 ARBEIDSMRÅDE\10228329-01-04 TEGNINGER\Profil D-D Multiconsult tolkning parametere.dwg - Layout: (600 (A3LLL)) - Plottet av oya
 Date: 2022/01/21 kl 8:34

Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
T ^o rrskorpelire	20.00	10.00	31.0	0.0				
Leire 1	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Spr ^o bruddleire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire 2	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35
Leire 3	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.63	0.35

Fc=1.09
 Sirkulær bruddflate
 Result file : z:\o10228\10228329-01\10228329-01-03 arbeidsomraade\10228329-01 rig\10228329-01-10 geosuite\stabgraf.rit\r1576-03-profil d -totalanalyse- copy - med utgraving.R1

Fc=1.06
 Sammensatt bruddflate
 Result file : z:\o10228\10228329-01\10228329-01-03 arbeidsomraade\10228329-01 rig\10228329-01-10 geosuite\stabgraf.rit\r1576-03-profil d -totalanalyse- copy - med utgraving.R2



OBS! feil horisontal skala sonderinger R1576-1 og 4

Profil D-D

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
01	Tabell materialparametere	21.01.2022	OYA	IEO	ANG
00	Stabilitetsberegninger	21.02.2022	OYA	IEO	ANG

Multiconsult
 www.multiconsult.no

Godhavn AS
 Nardovegen 2-5
 Stabilitetsberegninger Profil D-D
 TRK parametere udrenert med utgraving

KARTGRUNNLAG: EUREF89, sone 32	DIGITALT KART: NN2000	Status: Utsendt	Fag: RIG	Originalt format: A3LL	Dato: 21.01.2022
KOORDINATSYSTEM: HØYDEREFERANSE:		Konstr./Tegnet: OYA	Kontrollert: IEO	Godkjent: ANG	Målestokk: 1:500
Oppdragsnr.: 10228329	Tegningsnr.: RIG-TEG-802	Rev.: 01			

\Nra-nasun-01\TRH_Projekt\10228329-01\10228329-01-03 ARBEIDSOBRADE\10228329-01-04 TEGNINGER\Profil D-D - TRK parametere-med utgraving.dwg - Layout: (60 (A3LL)) - Plottet av oya, Date: 2022/01/21 kl. 8:38

VEDLEGG A

OPPDRAAG	Nardovegen 2-5	DOKUMENTKODE	10228329-RIG-RAP-001
EMNE	Vedlegg stabilitetsberegninger	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Godhavn AS	OPPDRAAGSLEDER	Ida Elise Overgård
KONTAKTPERSON	Gro Brandstadmoen	SAKSBEH	Øyvind Andersen
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10234011 Geoteknikk Midt

Innhold

1	Innledning	2
2	Prosjekt- og problemforutsetninger	2
2.1	Grunnlag, geometri	2
2.2	Geotekniske dimensjoneringsparameter	3
2.2.1	Profil D-D	3
2.2.2	Profil E-E	4
2.3	Krav til prosjektering	4
2.4	Laster	4
3	Multiconsults tolkning av materialparametere	4
3.1	Generelt	4
3.2	Justering av N _{du} og N _{kt}	4
3.2.1	N _{du}	4
3.2.2	N _{kt}	5
3.2.3	Resultat	6
3.3	Valg av m-faktor	7
3.4	Tidligere overlaging	7
3.5	Oppsummering	8
4	Geotekniske vurderinger og beregninger	8
4.1	Teknisk løsning	8
4.2	Beregningsverktøy	8
4.3	Beregninger	8
4.4	Resultater	8
4.4.1	Profil D-D	8
4.4.2	Profil E-E	9
4.5	Følsomhetsvurdering	9
4.6	Konklusjon	9
5	Referanser	9

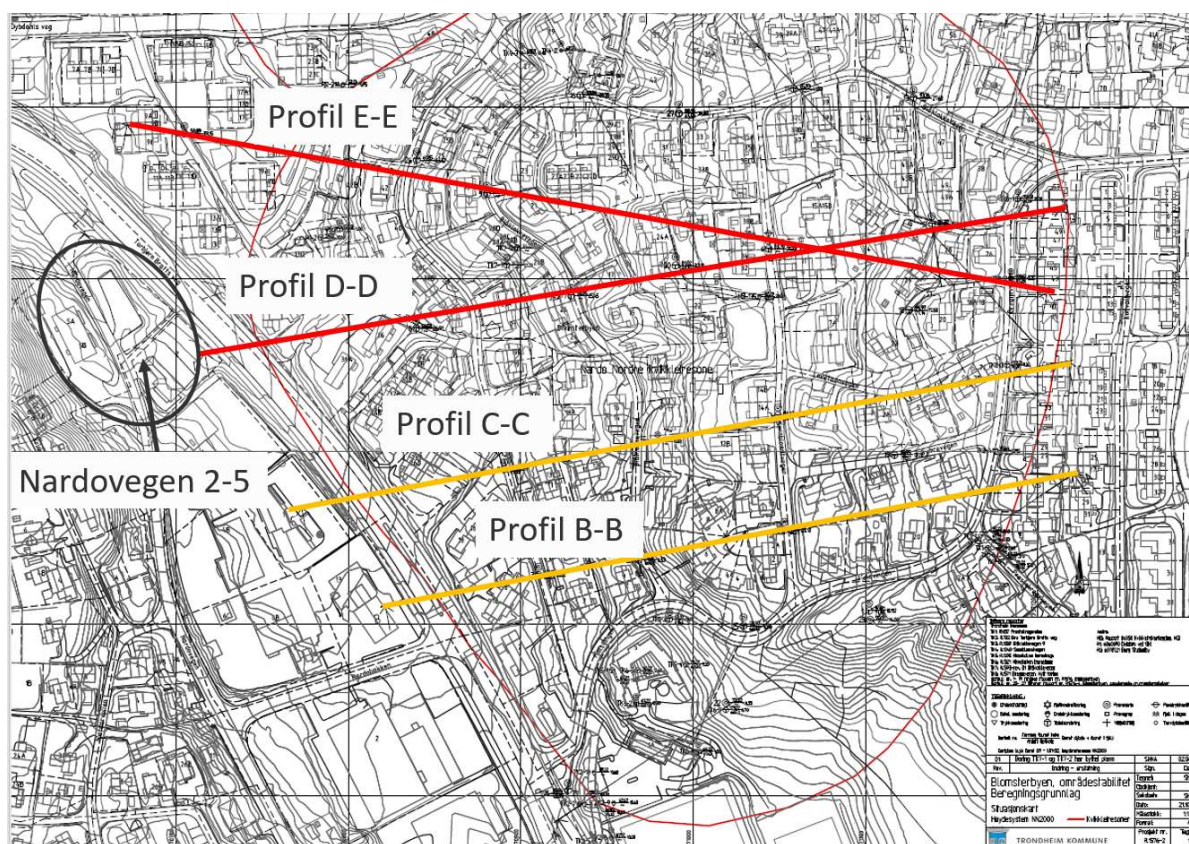
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
1	21.01.2022	Revidert etter uavhengig kontroll	Øyvind Andersen	Ida Elise Overgård	Anders Gylland
0	13.12.2021	Beregningshefte stabilitetsberegninger	Øyvind Andersen	Ida Elise Overgård	Anders Gylland

Rapporten er revidert etter kommentarer fra tredjepartskontroll, endringer er markert med kursiv.

1 Innledning

Godhavn AS planlegger å utvikle Nardovegn 2-5 på Nardo i Trondheim kommune til bolig-/næringsformål. Tomta ligger i utløpsområde til kvikkleiresone 189 Nardo Nordre. Tidligere utførte stabilitetsberegninger av Trondheim kommune etter NVE 7/2014 på kritiske skråninger i kvikkleiresonen viser ikke tilstrekkelig sikkerhet i flere profiler. Etter at Trondheim kommune gjorde sine beregninger, er noen av profilene klarert ut, ifbm. andre prosjekter. Nå gjenstår 2 kritiske profiler, profil D-D og profil E-E, se Figur 1-1. Kritiske skråninger vurderes på nytt med utgangspunkt i NVE 1/2019 og supplerende grunnundersøkelser for å vurdere om de er robuste nok og om da Nardovegen 2-5 kan klareres mtp. fare for områdeskred fra denne sonen.

Det er kun gjort nye beregninger på den udrenerte situasjonen, ved tidligere beregninger er det vist god sikkerhet for den drenerte situasjonen.



Figur 1-1: Utklipp fra Trondheim kommunes rapport R.1576-3 tegning nr. 102, med markering av aktuelle profiler og tiltaksområde

2 Prosjekt- og problemforutsetninger

2.1 Grunnlag, geometri

Grunnlag benyttet i stabilitetsberegningene er oversendte beregningsprofiler fra Trondheim kommune sine stabilitetsberegninger i Blomsterbyen, se rapport R1576-3 rev.03. Samt relevante grunnundersøkelser som er beskrevet i kapittel 2.2 i den geotekniske rapporten.

Stabilitetsberegninger

2.2 Geotekniske dimensjoneringsparameter

2.2.1 Profil D-D

Det er benyttet 2 sett av geotekniske dimensjoneringsparametere. Det ene er parametere benyttet av Trondheim kommune i deres beregninger, men adp-faktorer er justert iht. gjeldende regelverk, det er altså ikke påført en 15% reduksjon i den aktive skjærstyrken. Det andre settet er Multiconsult sin tolkning av materialparameterne.

Trondheim kommunes parametere

For gjennomgang av Trondheim kommune sine parametere vises det til følgende rapporter:

Tabell 2-1: Trondheim kommune sine rapporter tilknyttet stabilitet i Blomsterbyen

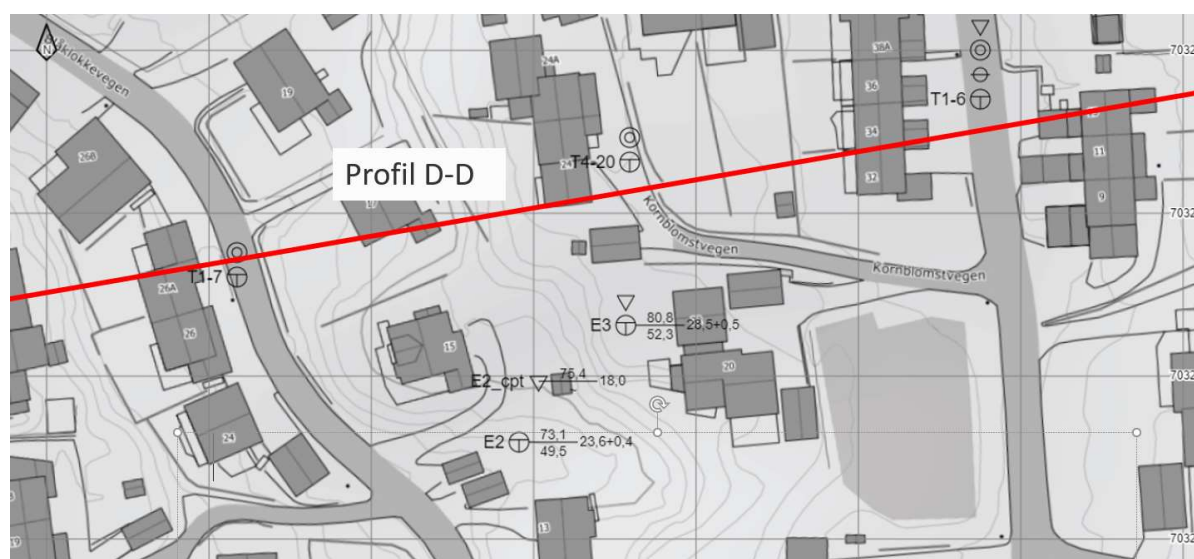
Ref.	Rapport nr	Tittel	År
[1]	R.1576	Blomsterbyen – Kvikkleirekartlegging Datarapport	2014
[2]	R-1576-2-Rev.03	Blomsterbyen. Områdestabilitet, Beregningsgrunnlag	2016
[3]	R-1576-3-Rev.03	Blomsterbyen. Områdestabilitet, Stabilitetsberegninger	2017
[4]	R-1576-4-Rev.01	Blomsterbyen, supplerende grunnundersøkelser	2015

Multiconsult sin tolkning

Multiconsult har gjort egne tolkninger av materialparameterne. Tolkninger er basert på utført CPTU i borpunkt E2, E3 og BP6, samt prøveserier i BP6 og BP7, for plassering av borpunkter se Figur 2-1.

Multiconsult har for skjærfasthetsprofilene ved BP 8 og BP 7 satt en konstant skjærfasthet de øverste 11 meteren på 58 kPa. Ved BP 20 og BP 6 er den satt til 54 kPa de øverste 8 meterne. Videre stiger skjærstyrken med dybden med en faktor på ca: $0,3 \cdot \sigma'_{v0}$. Tolket skjærfasthet er vist i tegningene: RIG-TEG-500.7, 501.7 og 502.7. Begrunnelse for økning av materialparametere er gitt i kap. 3.

Det er ikke vurdert parametere for effektivspenning i disse beregningen, da det i Trondheim kommune sine beregninger er vist god sikkerhet.



Figur 2-1: Utlipp av Era Geo sin rapport 20048-RIG01 tegning nr. V101. Viser plassering av Era geo sine grunnundersøkelser, med ca. plassering av profil D-D tegnet inn

Stabilitetsberegninger

2.2.2 Profil E-E

For profil E-E er det kun benyttet Trondheim kommune sine parametere fra rapporter listet opp i Tabell 2-1. Adp-faktorer er justert iht. gjeldende regelverk.

2.3 Krav til prosjektering

Iht. NVEs kvikkleireveileder må kritiske skråninger utenfor tiltakets influensområde ha tilstrekkelig robusthet mot utilsiktede spenningsendringer. Krav som stilles til sikkerhet er $F_{cu} \geq 1,20$ og $F_{a\phi} \geq 1,25$.

2.4 Laster

Det er ikke benyttet noen laster i stabilitetsberegningene. Det er vurdert at evt. hus som inngår i beregningsprofilen er lette trehus med kjeller, som dermed er tilnærmet kompensert fundamentert.

3 Multiconsults tolkning av materialparametere**3.1 Generelt**

Under følger begrunnelse for økning av skjærfasthet rundt kritisk skjærflate i profil D-D sett i forhold til parametervalg gjort av Trondheim Kommune.

For den aktuelle bruddflaten er det 3 aktuelle CPTUer som er gjennomført. Trondheim kommune sin i BP6 og ERA Geo sine i E2 og E3. E2 og E3 representerer supplerende data tilført vurderingene etter Trondheim kommune sin rapport. I Trondheim kommune sin CPTU i BP6 og ERA-geo sin CPTU i borpunkt E3 ligger tolket skjærfasthet basert på Karlsrud et al. [6] Nkt og $N_{\Delta u}$, under skjærfastheten som følger en linje med stigning $= 0,3 * \sigma'_{v0}$. Altså en skjærfasthet som ligger lavere enn den fra NC-linja. NC-linja er en veletablert nedre grense for udrenert skjærfasthet og verdier under dette vurderes som urealistisk lavt. Multiconsult har derfor vurdert skjærfastheten på nytt.

3.2 Justering av $N_{\Delta u}$ og Nkt

Da skjærfasthet basert på $N_{\Delta u}$ og Nkt vurderes å være urealistisk lav, er det gjort en følsomhetsvurdering hvor man har justert verdiene for $N_{\Delta u}$ og Nkt.

3.2.1 $N_{\Delta u}$

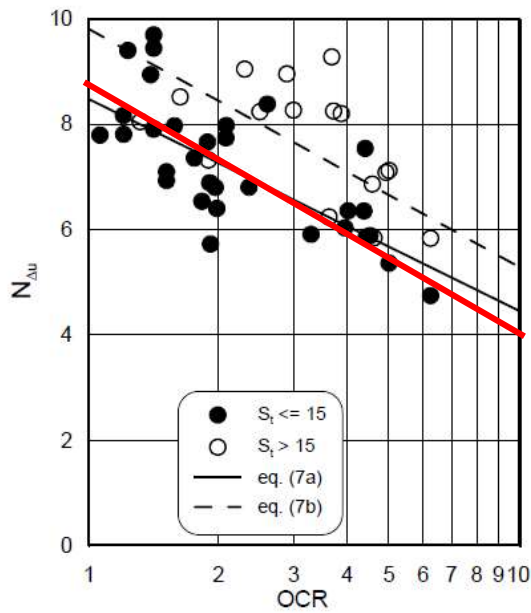
Karlsrud et. al [6] gir forholdet mellom OCR og $N_{\Delta u}$ som vist i Figur 3-2. Formel for $N_{\Delta u}$ basert på dette er vist i Figur 3-1. I borpunkt 6 har leira høy sensitivitet og $N_{\Delta u}$ «starter» derfor på 9,8. Vi ser av Figur 3-2 at det er stor spredning i datagrunnlaget og at det også kan tolkes en sammenheng med en formel som tar utgangspunkt en faktor som starter på 8,5.

$$\text{For low sensitive clays } (S_t < 15) \\ N_{\Delta u} = 6.9 - 4.0 \log \text{OCR} + 0.07(I_p) \quad I_p \text{ in } \%$$

$$\text{For high sensitive clays } (S_t > 15) \\ N_{\Delta u} = 9.8 - 4.5 \log \text{OCR}$$

Figur 3-1: Utklipp fra Karlsrud et al. Formel For $N_{\Delta u}$ i lav og høy sensitiv leire

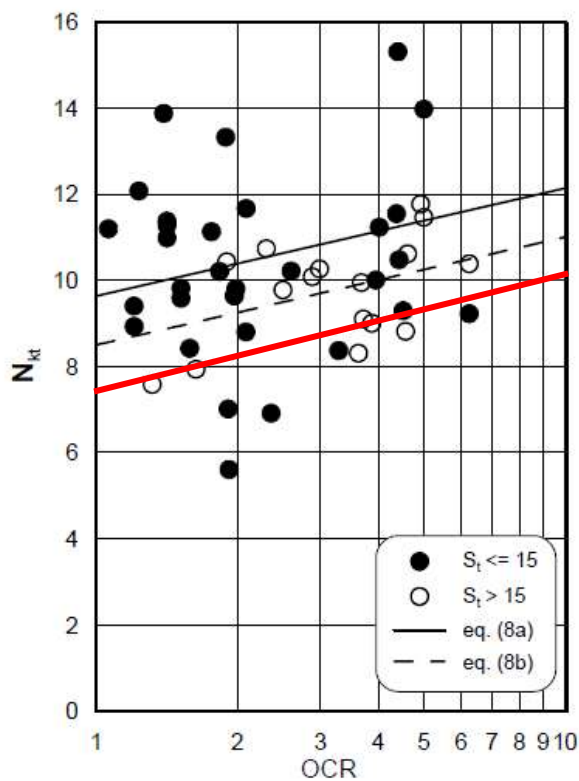
Stabilitetsberegninger

Figure 5. Relationship between $N_{\Delta u}$ and OCR

Figur 3-2: Utklipp fra Karlsrud et. al, viser forhold mellom $N_{\Delta u}$ og OCR, ny tolkningslinje tegnet inn med rød strek.

3.2.2 N_{kt}

Karlsrud et al. [6] gir også forholdet mellom N_{kt} og OCR, se Figur 3-3. Formel for N_{kt} er vist i Figur 3-4. I borpunkt 6 har leira høy sensitivitet og N_{kt} «starter» derfor på 8,5, vi ser av Figur 3-3 at spredning i datagrunnlaget gjør en tolkning med en formel som tar utgangspunkt i en faktor som starter på 7,5 realistisk.



Figur 3-3: Utklipp fra Karlsrud et. al, viser forhold mellom N_{kt} og OCR, ny tolkningslinje tegnet inn med rød strek.

Stabilitetsberegninger

For low sensitive clays ($S_t < 15$)

$$N_{kt} = 7.8 + 2.5 \log OCR + 0.082 I_p$$

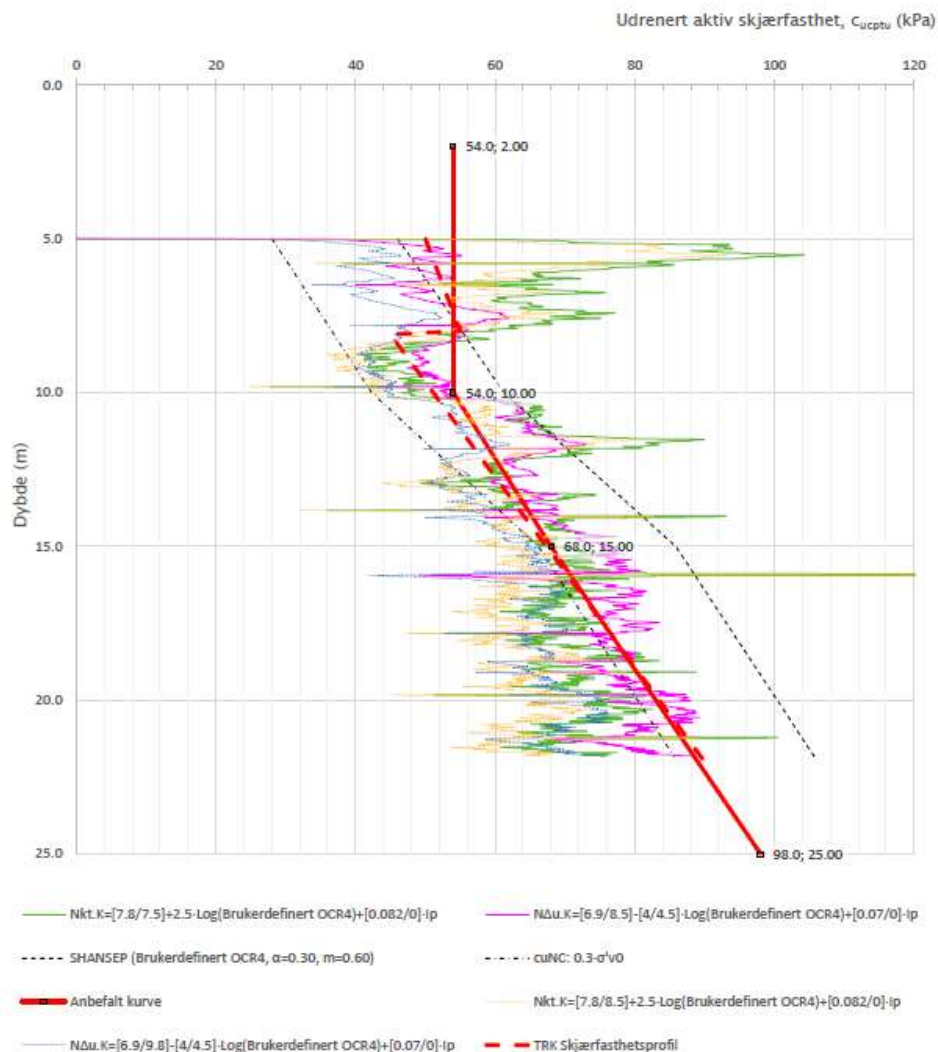
For high sensitive clays ($S_t > 15$)

$$N_{kt} = 8.5 + 2.5 \log OCR$$

Figur 3-4: Utklipp fra Karlsrud et al. Formel For Nkt i lav og høy sensitiv leire

3.2.3 Resultat

Ved å justere $N\Delta u$ og N_{kt} , iht. vurderinger i de overliggende kapitler, får vi en skjærfasthet fra Karlsrud som vist med *heltrukken rosa og grønn strek* i Figur 3-5, *skjærfasthet med ukorrigerte verdier er vist med stiplet blå og gul strek. med stiplet linje*. Multiconsult sin tolkede skjærfasthet, *rød heltrukken strek* ligger her nærmere den som kommer ut fra formelverket, og vi ser også at begge Karlsrud-kurvene ligger nærmere $0,3 \cdot \sigma'_{v0}$. Basert på bedre samsvar mellom de empiriske korrelasjonene og NC-linja mener Multiconsult at man kan forsvare den nye tolkingen av skjærfasthet som et beste estimat.



Figur 3-5: Utklipp av tegning 10228329-RIG-TEG-500.7-rev01, tolkning for aktiv skjærfasthet i borpunkt 6. Rød heltrukken strek viser Multiconsult sin tolkning av aktiv skjærfasthet, rød stiplet er Trondheim kommune sin tolkning. Rosa og grønn strek er skjærfasthet basert på justerte $N\Delta u$ og N_{kt} . Stiplet gul og blå er skjærfasthet basert på ukorrigerte $N\Delta u$ og N_{kt} .

3.3 Valg av m-faktor

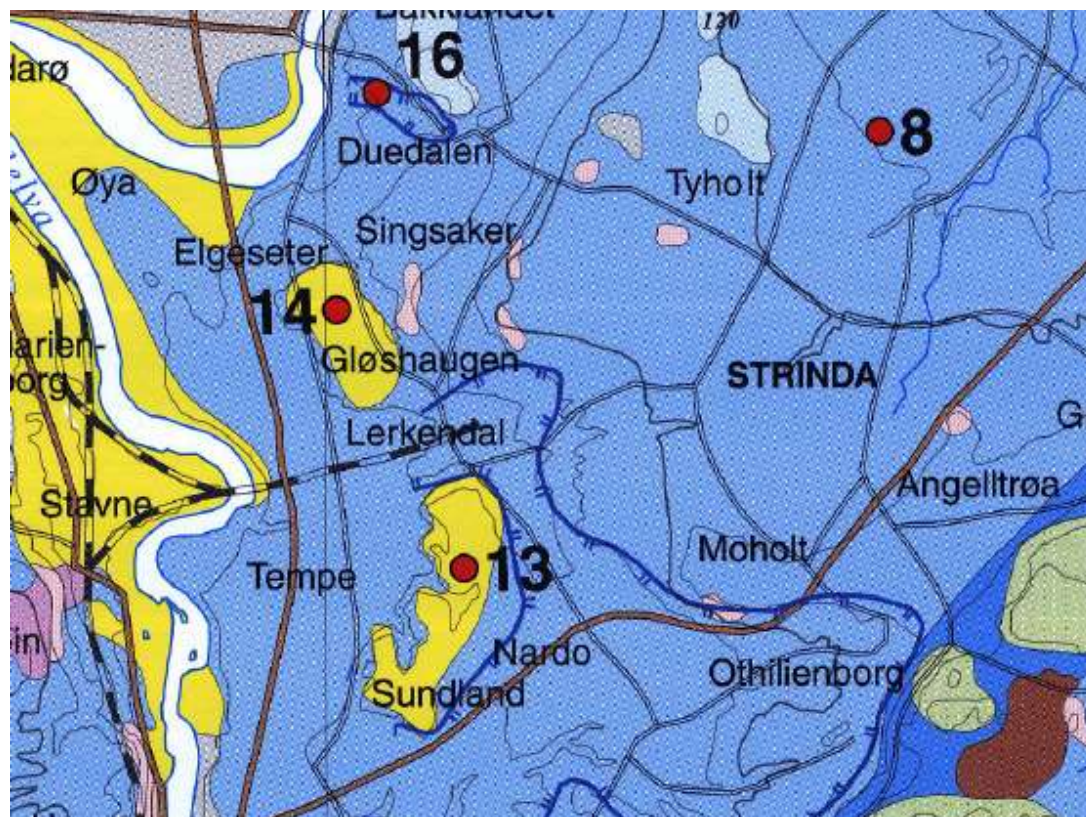
Det er valgt å benytte $m=0,3$ i SHANSEP tilnærmingen og NC-linje. Grunnen til dette er at for sonderinger gjort i samme området, hvor man har kunne tolke gode ødometere og treaksialforsøk, stemmer en faktor på $m=0,3$ med svarene fra prøvene. Det vises til stabilitetsvurderinger og tolkninger i Multiconsult rapport 10215021-06-RIG-RAP-001 [7]. Trondheim kommune har også benyttet $m=0,3$ i sine beregninger, denne er altså ikke justert.

3.4 Tidligere overlaging

Grunnet dårlige ødometerforsøk er det valgt en konservativ verdi for tidligere overlaging ved tolkning av aktiv skjærfasthet. Det er benyttet $\sigma'_c=120$ kPa, se tegningene RIG-TEG-500.5, 501.5, 502.5.

Basert på NGUs Gråstein nr. 5 [8], som er en gjennomgang av Trondheims geologiske historie fra istid til nå, tolkes det at avsetningene i Blomsterbyen og Moholt er relativt like, se Figur 3-6. Altså har området Blomsterbyen ligger på, trolig tidligere vært opp mot på høyde med det området mot øst, på Moholt, er på i dag. Dette området ligger i dag på ca. kote +112, fra borpunkt 6 tilsvarer dette en høydeforskjell på 30 m. Med en konservativ tilnærming kan man derfor si at tidligere overlaging minimum burde ligge på mellom 200-400 kPa, avhengig av tidligere grunnvannstand. Dette tilsvarer en OCR på ca. 3.

Ut fra dette vurderes det at NC-linjen, med 1,0 i OCR, er et konservativt anslag for udrenert skjærfasthet. En SHANSEP-tolkning med OCR rundt 2 ligger ca. 20 kPa over valgt designprofil.



Figur 3-6: Utklipp fra NGUs gråstein 5, viser løsmasseavsetninger for deler av Trondheim

Stabilitetsberegninger

3.5 Oppsummering

Det er flere faktorer som ligger til grunn for å kunne justere opp den tidligere tolkede skjærfastheten; ny informasjon fra supplerende grunnundersøkelser, vurderinger av relevante tolkningsfaktorer og kvartærgeologisk forhistorie og overlaging.

Multiconsult har valgt å legge vekt på ny informasjon fra supplerende grunnundersøkelser, samt vurdering av relevante tolkningsfaktorer. Da det ikke foreligger noen ødometerforsøk av tilstrekkelig kvalitet i området er det valgt å se bort ifra en økt tidligere overlaging. Tolkninger er vist i CPTU tegningene, RIG-TEG-500.5-502.8.

4 Geotekniske vurderinger og beregninger

4.1 Teknisk løsning

Multiconsult har beregnet Trondheim kommune sine stabilitetsberegninger på nytt, iht. gjeldende regelverk. Multiconsult har også gjort en beregning med egen tolkning av materialparametere. Det er tilslutt gjort en beregning på en situasjon hvor det er gjort en typisk tomteutgraving i bunn av den kritiske skråningen.

4.2 Beregningsverktøy

Det er benyttet GeoSuite Stability versjon 22.0.1.0.

4.3 Beregninger

Se kapittel 4.1 for gjennomgang av utførte beregninger.

4.4 Resultater

Resultatene fra beregningene er gjennomgått i følgende underkapitler.

4.4.1 Profil D-D

Tegnings nr.	Beregning	Analyse	Bruddflate	Sikkerhetsfaktor	Krav	Tilstrekkelig sikkerhet
800	Trondheim kommunes materialparametre	ADP-analyse	Sirkulær	1,17	1,20	Nei*
			Sammen-satt	1,22	1,20	Ja
801	Multiconsults materialparametere	ADP-analyse	Sirkulær	1,22	1,20	Ja
			Sammen-satt	1,26	1,20	Ja
802	Tomteutgraving	ADP-analyse	Sirkulær	1,09**	-	-
			Sammen-satt	1,06**	-	-

* Se neste avsnitt

** Se nedenfor

Ved nye beregning med Trondheim kommune sine materialparametere og justere adp-faktorer oppnås det en sikkerhetsfaktor $F=1,17$. Dette er nære, men ikke over kravet som stilles i NVEs kvikkleireveileder.

Beregning med reviderte materialparametere viser tilfredsstillende sikkerhet.

Stabilitetsberegninger

Det er gjort en kontrollberegning for å nærmere vurdere robustheten til skråningen. Dette er gjort ved å modellere en typisk utgraving for en tomt i bunn av den kritiske skråningen. Vi ser at dette er en belastning skråningen vil tåle. Bunn av skråningen ligger i et boligområde og en slik utgraving vil ikke kunne gjennomføres uten byggesak, og da nærmere vurdering av stabilitet og tiltak.

4.4.2 Profil E-E

Tegnings nr.	Beregning	Analyse	Bruddflate	Sikkerhetsfaktor	Krav	Tilstrekkelig sikkerhet
803	Trondheim kommunes materialparametre	ADP-analyse	Sirkulær	1,26	1,20	Ja
			Sammen-satt	1,23	1,20	Ja

4.5 Følsomhetsvurdering

Det er gjort en følsomhetsvurdering for startverdier av Nkt og NΔu, samt tidligere overlaging.

4.6 Konklusjon

Profil D-D vurderes til å ha en stabilitet som er innenfor regelverkets krav til robusthet. Ved bruk av Trondheim kommune sine materialparametere er beregningen innenfor Geosuite sin modellusikkerhet, ved bruk av Multiconsult sine parametere er $F > 1,2$, og skråningen tåler en utgraving i kritisk område.

Profil E-E har en stabilitet som er innenfor regelverkets krav til robusthet.

5 Referanser

- [1] Trondheim kommune, R1576 Blomsterbyen kvikkleirekartlegging, 2014.
- [2] Trondheim kommune , R1576-2 rev 03 Blomsterbyen områdestabilitet, beregningsgrunnlag, 2015.
- [3] Trondheim kommune, R1576-3 rev 03 Blomsterbyen områdestabilitet, stabilitetsberegninger, 2016.
- [4] Trondheim kommune , R1576-4 Blomsterbyen supplerende grunnundersøkelser, 2015.
- [5] K. K. L. T. & B. K, "Improved CPTU correlations based on block samples," 1996.
- [6] K. e. a. Karlsrud, «CPTU correlations for clays. Proceedings, ICSMGE Osaka s 693 - 702,» 2005.
- [7] Multiconsult Norge AS, 10215021-06-RIG-RAP-001 NTNU Campusutvikling - Områdeplaner, 2021.
- [8] NGU, Gråstein 5 - Trondheim fra istid til nåtid - landskapshistorie og løsmasser, 1999.