



Oslo

Områdestabilitet - Majorstuen

Dok.nr.: PF-U-721-RB-0039

Revisjon: 04G



OFFENTLIG

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 2 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Dokumentet er utarbeidet av



Rev.	Dato	Utgitt for	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01G	23.02.2021	Kommentarer	Kim-Levi Wood	Daniel Melin	Marianne Aam Ness
02G	29.11.2021	Gjennomsyn	Brian Bjerrum	Carsten Steen Sørensen/Monika Rødin Lund	Marianne Aam Ness
03G	14.01.2022	Gjennomsyn	Brian Bjerrum	Carsten Steen Sørensen	Marianne Aam Ness
04G	21.09.2022	Gjennomsyn	Brian Bjerrum	Carsten Steen Sørensen	Marianne Aam Ness

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 3 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Innhold:

1.	SAMMENDRAG	5
2.	ENDRINGSLOGG	6
3.	INNLEDNING	8
4.	FORMÅL	9
5.	REGELVERK OG KRAV	10
5.1	Regelverk og veiledninger	10
5.2	Sikkerhetskrav	10
5.3	Nivå på kvalitetssikring	11
6.	GRUNNLAG FOR UTREDNING	12
6.1	Topografi og kritiske helninger	12
6.1.1	Frognerbekken	13
6.1.2	Frøen	14
6.2	Marin grense og kvartærgeologisk kart	15
6.3	Eksisterende grunnundersøkelser	16
6.3.1	Utførte grunnundersøkelser	16
6.3.2	Frognerbekken og området ved Majorstuen	17
6.3.3	Frøen	17
6.4	Kritiske skråninger - eksisterende og nye løsneområder	19
6.5	Tidligere skredhendelser	21
6.6	Potensiell fare knyttet til vassdrag	22
7.	BEFARING	24
7.1	Berg i dagen	24
7.2	Erosjon og utglidninger	24
8.	GRUNNUNDERSØKELSER	26
8.1	Oppsummering av grunnundersøkelser	26
8.2	Kvalitet på grunnundersøkelser	27
8.3	Oversikt over grunnforhold i nye utførte grunnundersøkelser	28
8.3.1	Løsmasser.....	28
8.3.2	Grunnvannstand	31
9.	AKTUELL SKREDMEKANISME OG AVGRENSNING AV FARESONEN VED FROGNERBEKKEN	33
10.	KLASSIFISERING AV FARESONE	38
10.1	Metode	38
10.2	Faregrad	38
10.3	Konsekvensklasse	39
10.4	Risikoklasse	40
11.	KRITISK SNITT OG MATERIALEPARAMETERE	41
11.1	Geometri	41
11.2	Karakteristiske materialeparametre	41

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 4 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

11.2.1	Metodikk for tolkning av geotekniske grunnundersøkelser	41
11.2.1.1	Rutineundersøkelser	42
11.2.1.2	Treaksialforsøk	42
11.2.1.3	Ødometerforsøk.....	42
11.2.1.4	Tolkning av CPTu	42
11.2.2	Valg av materialeparametre	42
11.2.2.1	Fyllmasser	42
11.2.2.2	Leire og kvikkleire	43
11.2.2.3	Kalksementstabilisert leire.....	43
11.3	Grunnvannsstand	44
11.4	Laster.....	44
12.	STABILITETSVURDERINGER	45
12.1	Analysemetode.....	45
12.2	Stabilitetsvurderinger	45
12.2.1	Oversikt over beregninger	45
12.2.2	Dagens situasjon	46
12.2.3	Stabiliserende tiltak	46
12.2.3.1	Banefylling.....	46
12.2.4	Anleggssituasjon	47
13.	STABILISERENDE TILTAK OG PÅVIRKNING FRA ANLEGGSDRIFT	48
13.1	Nødvendige stabiliserende tiltak	48
13.2	Miljømessig konsekvenser og forebyggende tiltak for stabiliserende tiltak	48
13.3	Hensyn ved anleggsdrift i planområdet	48
13.3.1	Lagring av masser.....	48
13.3.2	Poretrykksoppbygning	48
13.3.3	Anleggslast	48
13.3.4	Vibrasjoner.....	49
13.3.4.1	Sprengning i byggegrop og tunnel	49
13.3.4.2	Spunting, anleggstrafikk, riving og andre anleggsarbeider	49
14.	KONKLUSJON	50
14.1	Overordnet	50
14.2	Videre arbeid	50
14.3	Eventuelt forslag til rekkefølgebestemmelser eller vilkår i plan/byggesak.....	50
15.	REFERANSER	52
16.	VEDLEGG.....	53

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 5 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

1. SAMMENDRAG

I forbindelse med utbygging av Fornebubanen er det utarbeidet en områdestabilitetsvurdering for dagsonen ved Majorstuen stasjon. Vurderingen skal inngå i detaljreguleringsplanen. Denne utredningen er gjort iht. NVE veileder 1/2019, ref. [1], og er en oppdatering av tidligere utredning gjort iht. NVE veileder 7/2014, ref. [2]. Utredningen omfatter kartanalyser av terreng og løsmasser, befaringsfelt, grunnundersøkelser og fastsettelse av faresoner med tilhørende klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko. Det er utført stabilitetsvurderinger i tre kritiske snitt. Faresonene må inngå i plankart som hensynssone med tilhørende rekkefølgebestemmelser.

Det er registrert behov for stabiliserende tiltak i form av kalksementstabilisering av banefylling.

Alle tiltak og utbygginger, inklusiv nødvendige stabiliserende tiltak for sikring mot kvikkleireskred, må detaljprosjekteres i henhold til gjeldende krav og regelverk. Detaljprosjekteringen skal inkludere plan for gjennomføring og krav til utførelseskontroll.

Alle tiltakene er vurdert ift. miljømessige og hydrologiske konsekvenser av vassdrag. Det henvises til PGF notat PF-U-721-RA-0001, ref. [3], for nærmere gjennomgang.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 6 av 53
Skjerming: Offentlig (O)	Jfr.: N/A	Klassifisering: INTERN

2. ENDRINGSLOGG

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
01G	23.02.2021	-	Første utgave
02G	29.11.2021	-	<p>Oppdatering av områdestabilitetsvurdering iht. NVE veileder 1/2019. I tillegg er supplerende grunnundersøkelser utført i oktober inkludert i vurderingen. Av betydende endringer kan nevnes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oppbygning av rapport iht. anbefalinger i NVE veileder 1/2019 • Inkludert supplerende grunnundersøkelser utført i oktober 2021 • Utførelse av stabilitetsvurderinger i dagens situasjon, anleggsfasen og permanent fase • Inkludert kalksementstabilisering som stabiliseringsmetode • Inkludert befaring av Frognerbekken og beskrivelse av observerte erosjonsforhold. • Beskrivelse av erosjonssikring • Rekkefølgebestemmelser på utførelse av tiltakene • Henvisning til konsekvensutredning for miljømessige og hydrologiske forhold for vassdrag og natur ift. beskrevne tiltak.
03G	14.01.2022		<p>Oppdatering etter kommentar fra uavhengig kvalitetssikring:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kap. 10.4 – risikoklasse endret fra 1 til 3 • Kap. 12.2.4 – presisering om lastbegrensninger i beregningssnitt B-B. • Kap. 13.3.3 – nytt avsnitt om begrensninger på anleggslaster i planområde. • Kap. 14.1 – presisering av begrensninger på anleggslaster i planområde.
04G		Hele dokument	<p>Oppdatering av faregrad:</p> <ul style="list-style-type: none"> • OCR er i begrunnelse endret fra 1,3 til 1,2 • Vekttall for kvikkleiremektighet er endret fra 3 til 2 • Begrunnelse for inngrep endret fra «etter» til «før bygging» slik beskrevet i ekstern rapport 9/2020 <p>Oppdatering av konsekvensklasse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Annen bebyggelse endret da T-banebru er inkludert i toglinje <p>Tallverdi for risikoklasse går fra 1175 til 731</p>

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 7 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
			<p>Innkludert nye grunnundersøkelser i område for Frognerbekken.</p> <p>Ny avgrensning på faresone på bakgrunn av nye grunnundersøkelser.</p> <p>Krav til erosjonssikring utgått.</p> <p>Stabilitetsvurderinger tilpasset ny avgrensning av faresone.</p>

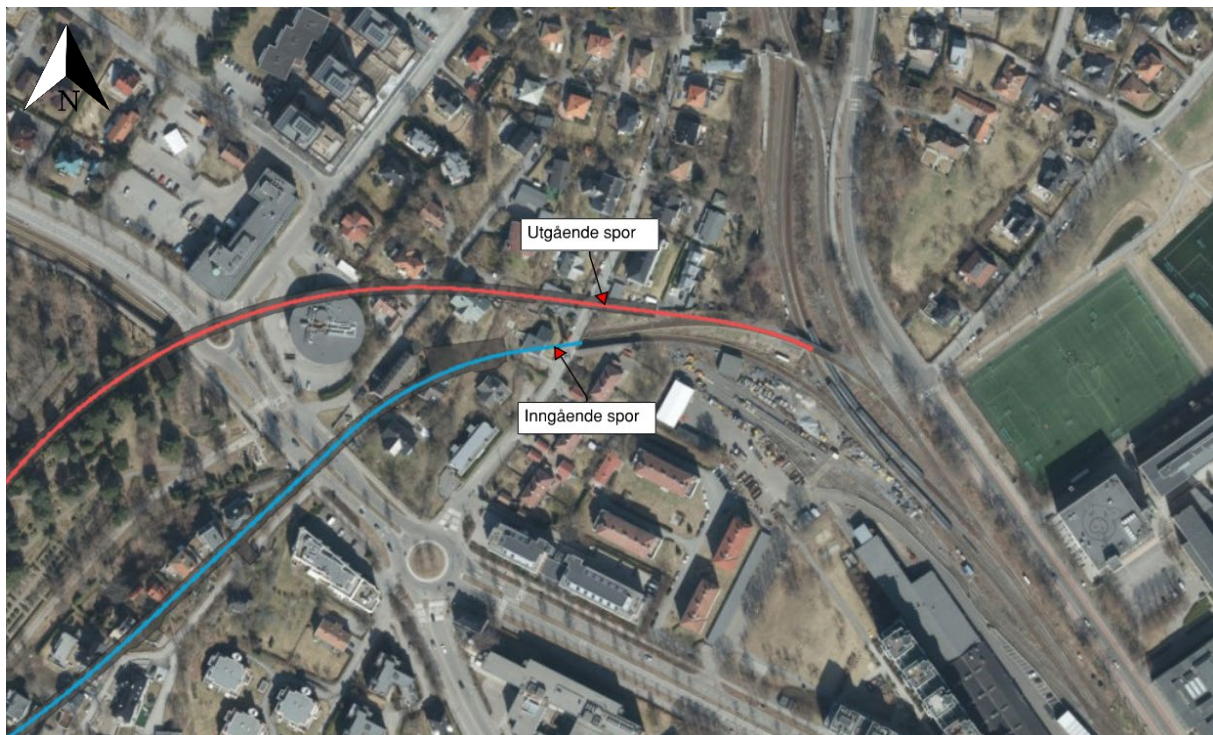
Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 8 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

3. INNLEDNING

Fornebubanen er en ny T-banestrekning, i et sammenhengende tunnelsystem, mellom Fornebu og Majorstuen. Banen er ca. 8 km lang og har seks underjordiske stasjoner, og skal gi bedre kollektiv betjening til et sentrumsnært område, som skal byggs ut med boliger og næringsarealer.

Foreliggende notat gir en vurdering av fare for progressivt brudd (områdestabilitet) ved byggegrop på Majorstuen. Utredning er utført iht. NVE-veileder 1/2019, ref. [1]. Utredningen er en del av detaljreguleringsplanen for Fornebubanen og er en oppdatering av tidligere utført utredning iht. NVE veileder 7/2014, ref. [2], som er utgått.

I prosjektet vurderes påkobling for Fornebubanens inngående og utgående spor i og ved siden av eksisterende Volvattunnel, se Figur 3-1. Rød ellipse viser området for tiltakene i dagsone ved Thaulows vei.

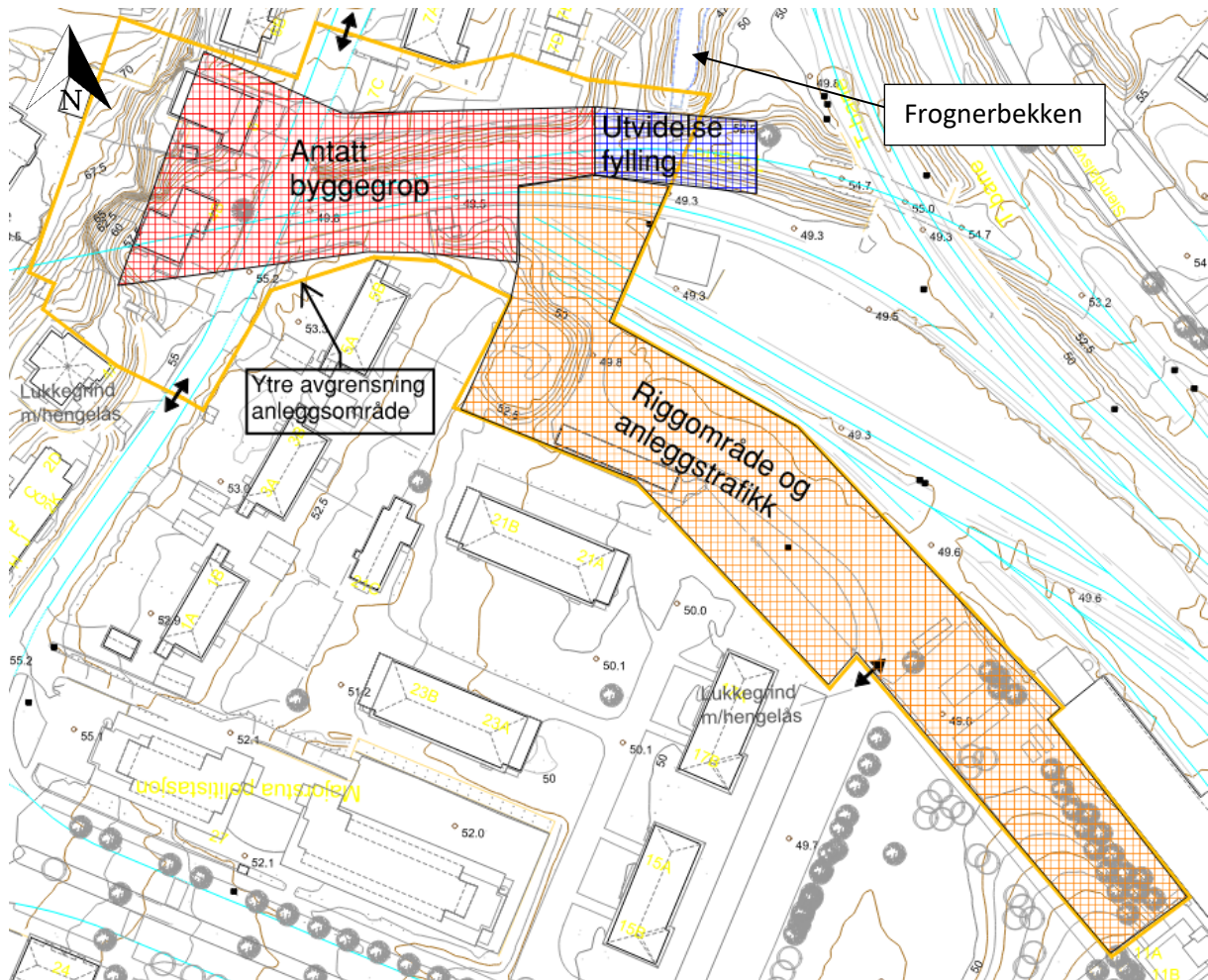


Figur 3-1: Gjeldende trasé for påkobling til Majorstuen stasjonsområde.

Tiltaket vil medføre byggegrop ved Thaulows vei både for inngående og utgående trasé. Byggegroppen vil antatt bestå av spuntløsning (rørspunt, rørvegg eller z-spunt) forankret med 1-2 stager. Det må forventes sprengning av berg i byggegrop.

Ved Frognerbekken må fylling tilpasses slik at utgående spor kommer inn på eksisterende spor. Likeså må spor utvides slik at det oppfyller Sporveiens tekniske regelverk, ref [4]. Prosjektområdet med illustrasjon av omtrentlig plassering av de planlagte tiltakene samt anleggsområde er vist i Figur 3-2.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 9 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-2: Prosjektområdet Majorstuen med illustrasjon av foreløpig planlagt plassering til potensielle byggegrop (avhengig av endelig valgt løsning), utvidelse av fylling samt avgrensning riggområde.

Denne rapportens kapitteinndeling er i henhold til NVE veileder 1/2019 Vedlegg 1, "Innhold i rapport for vurderinger av områdestabilitet." Alle steg i prosedyren i veilederen er aktuelle for vurdering av dette tiltaket på detaljreguleringnivå.

Utredningen er tilpasset tiltakskategori K4 da planlegging av ny T-banestrekning anses som viktig samfunnsfunksjon og da T-banestrekningen vil medføre stor persontransport i området.

4. FORMÅL

Formålet med dette notatet er å vurdere om:

- Byggegrøper i forbindelse med påkoblende spor på Majorstuen kan utgjøre en risiko med tanke på områdestabilitet.
- Utvidelse av fylling ved Frognerbekken overholder krav til stabilitet.
- Kvikkleireskred kan påvirke planlagte tiltak i fremtiden.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 10 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

5. REGELVERK OG KRAV

5.1 Regelverk og veiledninger

Vurderingen av fare for områdeskred er utført med grunnlag i følgende veiledere og regelverk:

- PBL: Plan og bygningsloven av 27. juni 2008 nr. 71, ref. [5]
- TEK 17 §7-3: Sikkerhet mot naturpåkjenning, ref., ref. [6].
- NVE Retningslinjer nr. 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» med vedlegg, ref. [7].

Utredningen vil følge prosedyre og veiledninger angitt i:

- NVE-Veileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», ref. [8].
- NVE-Ekstern rapport 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred», ref. [9].
- NIFS Rapport nr. 14-2016 «Metode for vurdering av løсне- og utløpsområder for områdeskred», ref. [10].

For øvrig henvises det til geoteknisk designbasis, ref. [11].

5.2 Sikkerhetskrav

Sikkerhetskrav for planlagte tiltak avhenger av tiltakskategorier og sonens faregrad. I dette prosjektet er alle tiltak plassert i tiltakskategori K4.

Dersom tiltaket forverrer dagens stabilitet skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu}=1,40 \cdot f_s$ og $F_{c\phi'}=1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene. Faktor f_s er alltid lik 1,15.

Dersom tiltaket ikke forverrer dagens stabilitet, kreves det i tiltaksklasse K4 absolutt sikkerhetsfaktor henholdsvis lik 1,4 og 1,25. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi'}$ økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVE veileder 1/2019.

Hvis kritisk skråning i faresonen ligger utenfor influensområdet til tiltaket, oppfylles krav til sikkerhet ved $F_{c\phi'}=1,25$, samt krav til robusthet $F_{cu}=1,20$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\phi'}$ økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVE veileder 1/2019.

Prosentvis forbedring kan kun oppnås ved topografiske endringer og/eller bruk av lette masser. Hvis områdestabiliteten sikres ved grunnforsterkning, kreves det sikkerhetsfaktor på $F_{cu}=1,40$ og $F_{c\phi'}=1,25$ etter sikringstiltaket er utført.

Sporveiens tekniske regelverk, ref. [4], stiller i midlertidig strengere krav enn NVE til stabilitet ved vurdering av fyllinger lokalt nær spor. Der hvor NVE kun stiller krav til drenert sikkerhet på minst $F_{c\phi'} = 1,25$, stiller sporveien krav til sikkerhet på $F_{c\phi'} = 1,6$ (for tiltak i konsekvensklasse CC3 og

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 11 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

sprøtt brudd). Likeså er det ikke mulig å sikre stabiliteten av fyllinger lokalt nær spor med prosentvis forbedring. Sporveiens strengere krav til sikkerhet må hensyntas ved vurdering av lokalstabilitet.

Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges med erosjonssikring.

5.3 Nivå på kvalitetssikring

Denne utgaven av rapporten har gjennomgått intern kvalitetssikring. Tiltakskategori til planlagt tiltak medfører at vurderingen må til uavhengig kvalitetssikring ved uavhengig foretak iht. NVE veileder 1/2019. Gjennomført kvalitetssikring skal beskrives og dokumenteres.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 12 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

6. GRUNNLAG FOR UTREDNING

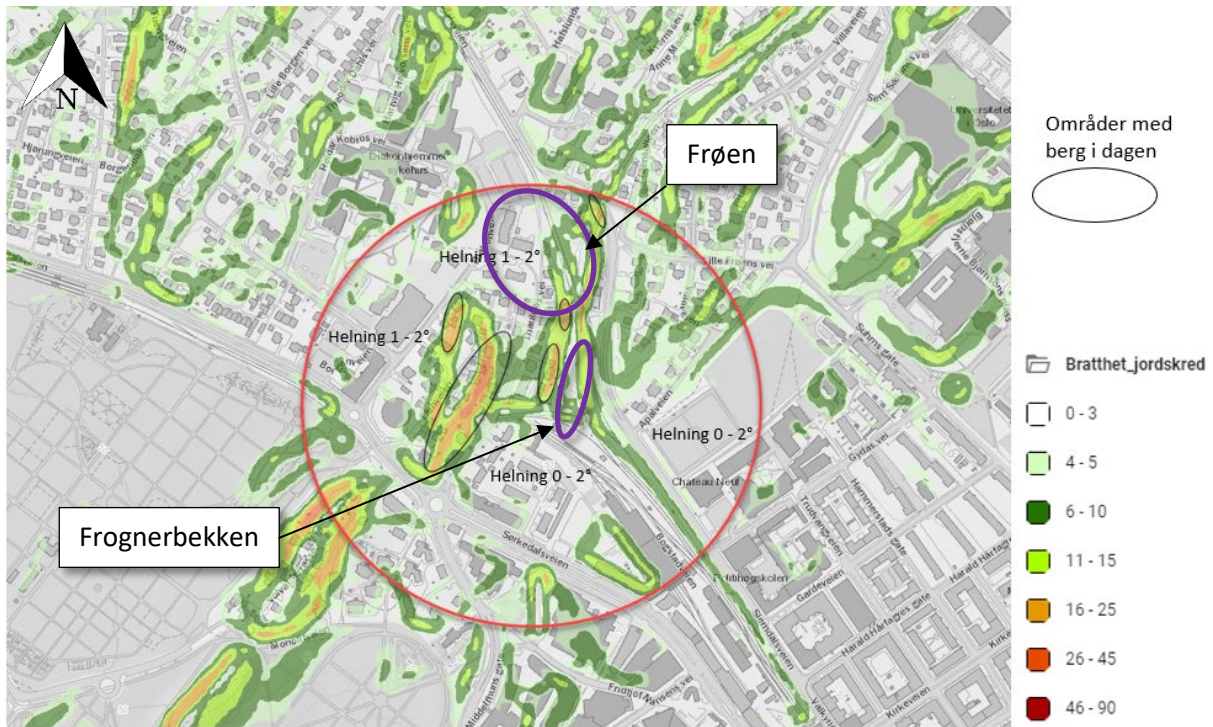
6.1 Topografi og kritiske helninger

NVE-veileder 1/2019 beskriver hvordan terrengeanalyser kan utføres for å begrense aktsomhetsområdene til områder der topografien gir muligheter for områdeskred. Følgende kriterier skal benyttes, og er lagt til grunn i videre vurderinger:

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

Figur 6-1 viser kart med analyse av terrenghelning. Omtrentlig markering av prosjektområdet er vist med rødt. Terrenghelning slakere enn 1:20 gir vanligvis ikke fare for områdeskred, og empiriske data tyder på at de aller fleste løsneområder for kvikkleireskred begrenser seg til en terrenghelning større enn 1:15 for jevnt hellende terreng (tilsvarer 3,8 grader). Helning under dette har ikke farge i bratt-hetskartet. Terrengeanalysen tar ikke hensyn til skråningshøyden, altså kan det være fargemarkerte områder i kartet som ikke gir fare for områdeskred da høydeforskjellen er lavere enn 5 m. Fargemarkerte områder innenfor prosjektområdet er relatert til lokale terrengvariasjoner, t-banefyllinger, bekkeskråninger, områder med berg i dagen og konstruksjoner/bru/trapper. Basert på bratt-hetskartet, sammen med informasjon om lokale forhold, er det terrenghelninger ned mot Frognerbekken og Frøen som spesielt må vurderes nærmere. Utenom dette er det vurdert at det ikke treffes løsne- og utløpsområder som kan påvirke prosjektområdet.

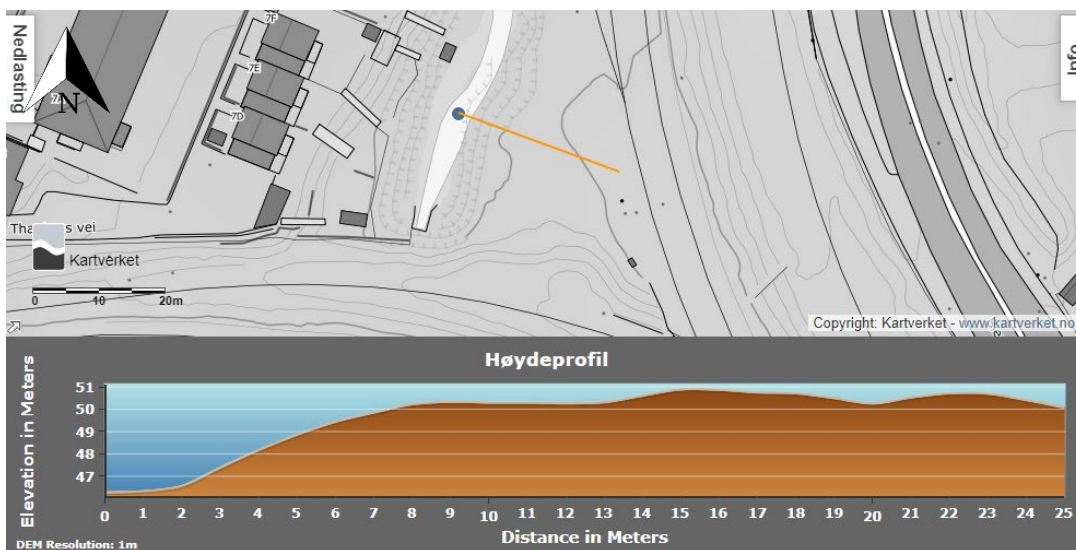
Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 13 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 6-1: Terrenganalyse som viser bratthet og områder med berg i dagen innenfor planområdet.

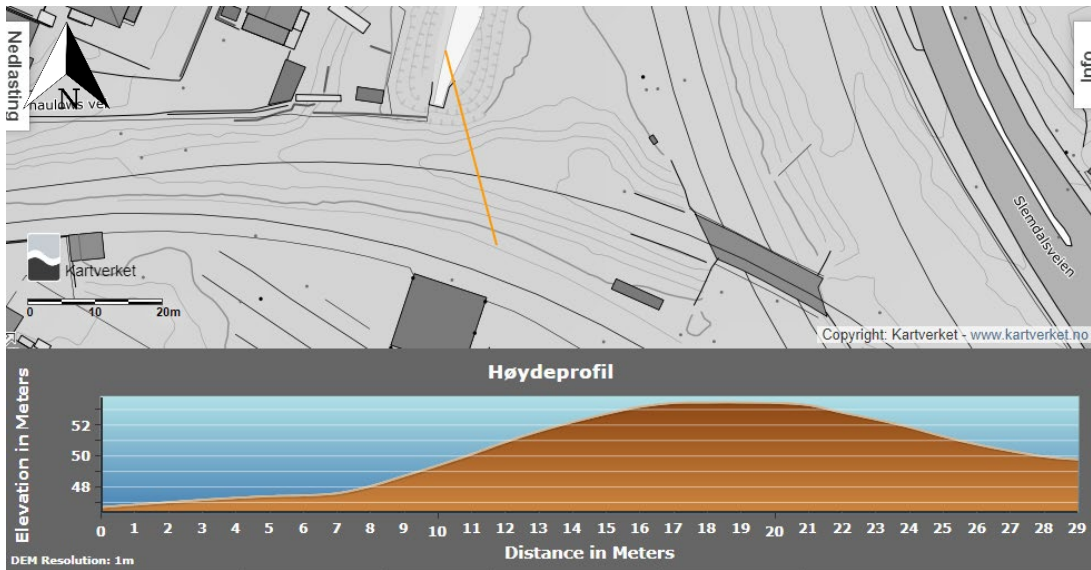
6.1.1 Frognerbekken

Terrenget faller ned mot Frognerbekken. Bekken renner åpent i en strekning på ca. 50 m. Nord og sør for denne strekningen går bekken i kulvert. Utløp fra kulvert i nord er på ca. kote +47 og innløp til kulvert i sør er på ca. kote +45. Terrenget ved toppen av bekkeskråningen ligger for det meste på ca. kote +50, se Figur 6-2, men sporet sør for bekken ligger på ca. kote +54, se Figur 6-3.



Figur 6-2: Snitt ned mot Frognerbekken i området hvor topp terrenget ligger på omtrent kote +50, ref. [12].

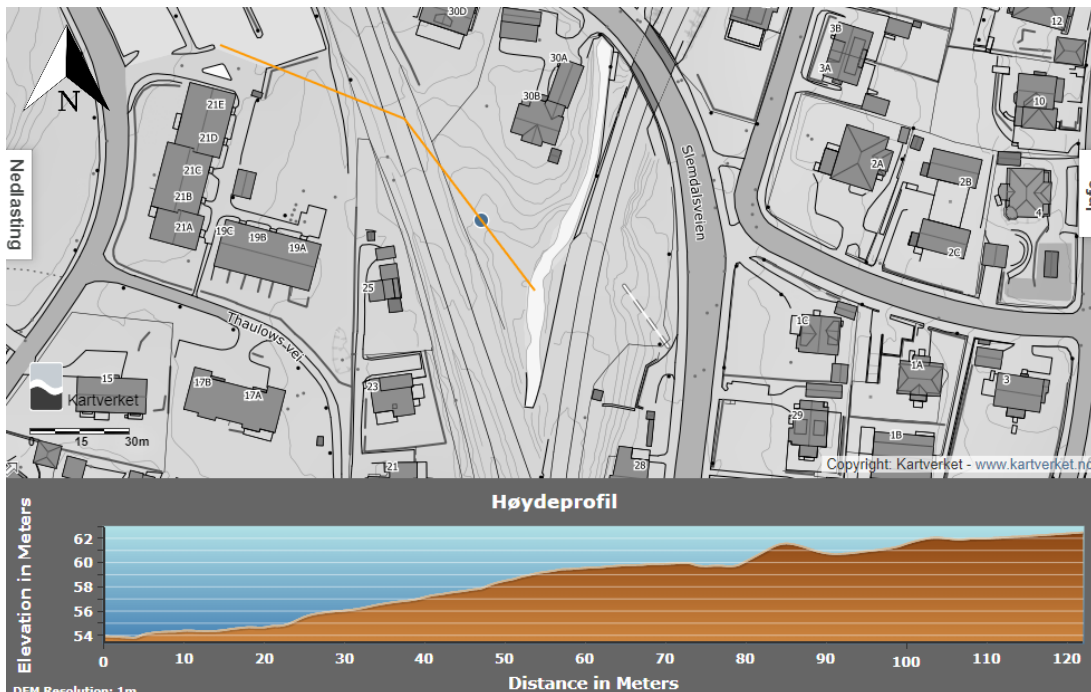
Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 14 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 6-3: Snitt ned mot Frognerbekken i området ved banefylling hvor topp skråning ligger på omtrent kote +54, ref. [12].

6.1.2 Frøen

Fra eksisterende T-bane stiger terrenget mot Slemdalsveien i øst og Thaulows vei/Diakonveien i vest. Høydeforskjellen er ca. 7 – 8 m, se Figur 6-4.



Figur 6-4: Snitt i området ved Frøen, ref. [12].

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 15 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

6.2 Marin grense og kvartærgeologisk kart

Hele området ligger under den marine grense. Kvartærgeologisk kart fra NGU, ref. [13], indikerer at løsmassene i området på Majorstuen består av fyllmasser, forvittringsmaterialer og marine avsetninger (tykk havavsetning), se Figur 6-5. Det gjøres oppmerksom på at kvartærgeologisk kart kun gir informasjon om de øvre løsmassene, og ikke om hva som befinner seg i dybden.



Figur 6-5: Kvartærgeologisk kart over prosjektområdet på Majorstuen, ref. [13].

Kart fra «Under Oslo,» ref. [14], på Figur 6-6 indikerer at det er registrert berg i dagen en rekke steder. Kartet viser også farger som indikerer løsmassemektheter og dybder til berg. Mørkere brunfarge tilsvarer større bergdybder. Kartet gir ingen ytterligere informasjon.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 16 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 6-6: Registrerte løsmassemekktigheter og bergdybder, samt berg i dagen fra "Under Oslo" [14].

6.3 Eksisterende grunnundersøkelser

6.3.1 Utførte grunnundersøkelser

Det er utført geotekniske grunnundersøkelser både i nord på Frøen (opp mot Slemdalsveien og Diakonhjemmet sykehus), og i sør ved stasjonsområdet på Majorstuen. Oversikt over grunnundersøkelser ses i Tabell 6-1. Geotekniske grunnundersøkelser er utført i flere omganger i området rundt påkoblingspunktet ved Thaulows vei og videre inn mot Majorstuen.

Det er også utført miljøtekniske grunnundersøkelser i området, men dette er ikke beskrevet i foreliggende rapport.

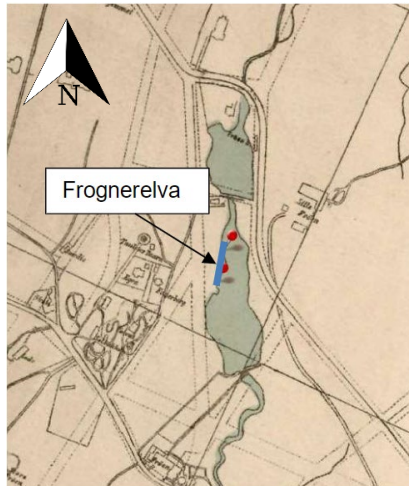
Tabell 6-1: Oversikt over grunnundersøkelser benyttet i utredningen av områdestabilitet i planområdet.

Bor-punktnr.	Oppdragsnavn	Oppdragsgiver	Utførende firma	Rapport
C4 punkter	Fornebuibanen	Ruter AS	Norconsult	Fornebuibanen, Reguleringsplan, Parsell 2: Lysaker -Majorstuen, Grunnundersøkingar, -03, Datarapport, ref. [15] og [16]
C5 punkter	Fornebuibanen	Ruter AS	Norconsult	Fornebuibanen, Reguleringsplan, Parsell 2: Lysaker -Majorstuen, Grunnundersøkingar, -03, Datarapport, ref. [16]
411U	Oslo kommunes undergrunnsarkiv	Ukjent	Ukjent	Fornebuibanen. Reguleringsplan, Parsell 2: Lysaker - Majorstuen. KU-2-14 Vurdering av områdestabilitet, ref. [17]

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 17 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

6.3.2 Frognerbekken og området ved Majorstuen

I det aktuelle området var det tidligere en dam, se Figur 6-7, slik at det må antas å være relativt stor mektighet av fyllmasser i toppen.



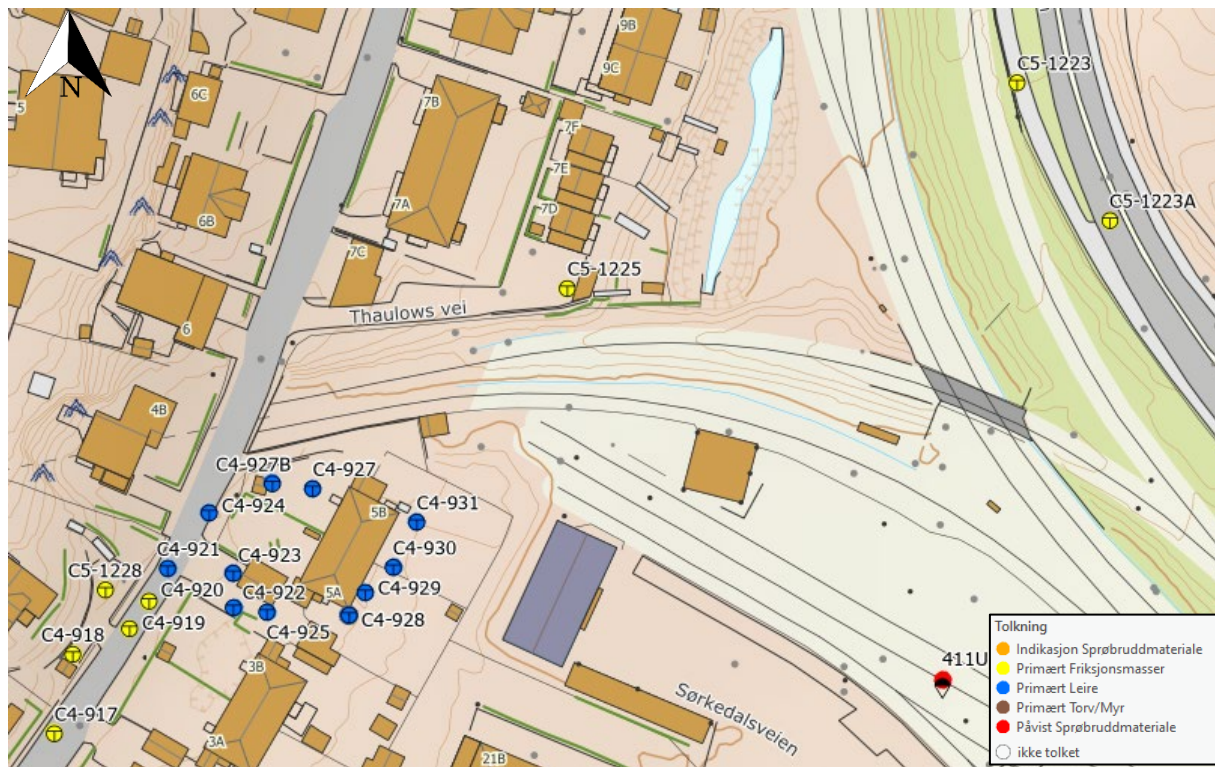
Figur 6-7: Kart fra 1901, ref. [17].

Figur 6-8 viser borplan med eksisterende grunnundersøkelser i området. Totalsonderingene i området indikerer at løsmassene generelt består av et topplag med varierende friksjonsmotstand, over et bløtere lag for sonderingene hvor dybde til berg overskrider ca. 3 m. Topplaget antas å være fyllmasser og/eller tørrskorpeleire, og det bløtere laget antas å være leire, ref. [15] og [16]. I området rundt Frognerbekken er det tidligere ikke utført grunnundersøkelser. Det er påvist kvikkleire i borpunkt 411U, ref. [17], ca. 80 m sydøst for bekken fra ca. 10 – 13 m dybde og det har derfor tidligere ikke vært mulig å avvise at det kan treffes kvikkleire i området rundt Frognerbekken. C5 punktene utført av Norconsult, ref. [16], viser ikke tegn på kvikkleire. Likeså er det ikke registrert kvikkleire i prøveserien C4-928 utført av Norconsult, ref. [15].

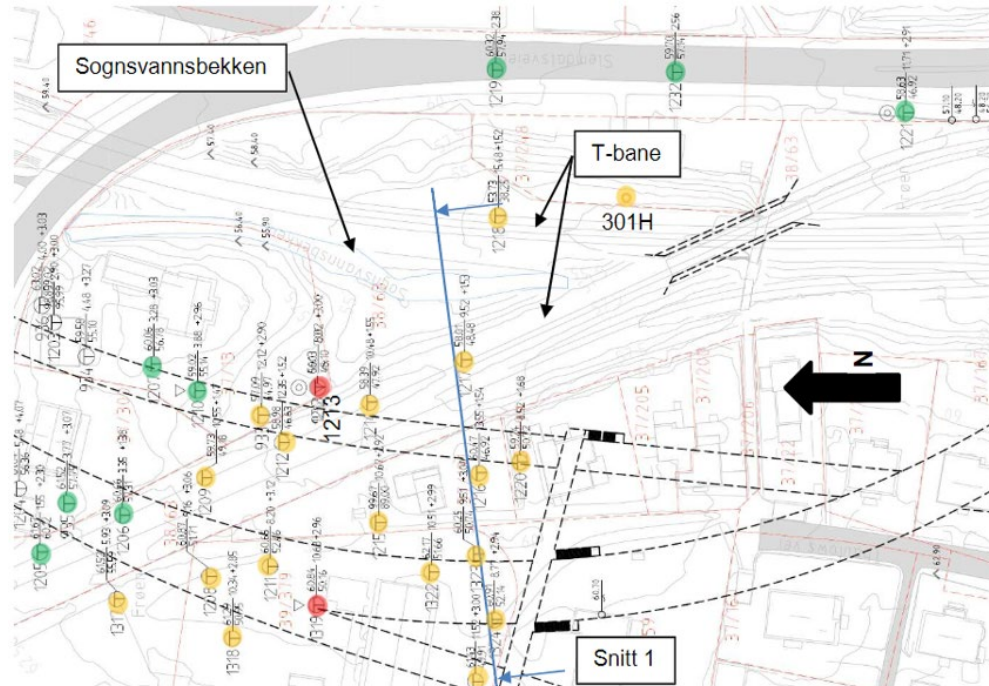
6.3.3 Frøen

Eksisterende grunnundersøkelser beskrevet i [17] er vist på Figur 6-9. Figur er tatt fra [17]. Det er ikke avdekket sprøbruddmateriale i boringene langs Slemdalsveien, men det er påvist i området mot Thaulows vei/Diakonveien, ref. [17]. Det er berg i dagen på begge sider av T-banen i nordre del av området. I vestre del av området er det påvist sprøbruddmateriale. Det er antatt relativt stort omfang av sprøbruddmateriale i området mellom Frognerbekken og Thaulows vei/Diakonveien. Det er ikke utført supplerende grunnundersøkelser ifm. med denne områdestabilitetsutredningen.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 18 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 6-8: Eksisterende grunnundersøkelser i nærhet til Frognerbekken og i området ved Majorstuen.



Kart med grunnundersøkelser. Gult=antatt/mulig sprøbruddmateriale. Rødt=Påvist sprøbruddmateriale. Grønt=ikke sprøbruddmateriale

Figur 6-9: Eksisterende grunnundersøkelser ved Frøen, ref. [17]. Sognsvannbekken er i dette notatet benevnt Frognerbekken. OBS: fargemarkering benyttet i [17] er ikke lik den som er benyttet i dette notatet.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 19 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

6.4 Kritiske skråninger - eksisterende og nye løsneområder

I 2017 utførte Norconsult vurderinger av områdestabilitet for parsell 2 mellom Lysaker og Majorstuen, ref. [17]. I vurderingen ble et område på østsiden av Frognerbekken vurdert som en faresone for skred, se Figur 6-10. I tillegg ble det vurdert en faresone for skred i et område vest for Frognerbekken ved Frøen, samt en faresone for skred ved Gaustadhaugen, nord for Blindern stasjon. Det vises til rapport fra Norconsult, ref. [17].

Det er ved gjennomgang av NVE Atlas, ref. [18], ikke registrert andre faresoner i nærheten av planområdet.

Gjennomgang av prosjektområdet og grunnlagsmateriale finner ikke nye kritiske skråninger med risiko for områdeskred.

Løsneområde ved Frøen vil avgrenses på bakgrunn av avdekket sprøbruddmateriale, topografi, bratt- het og hindringer i form av berg i dagen, og derfor utløses i retning vest – øst, med utløpsområde ned mot Frognerbekken. Opptatte prøver viser omrørt skjærfasthet mellom 1 – 2 kPa (sprøbruddmateriale), som gjør at massene ikke blir helt flytende i omrørt tilstand, og at utløpsdistansen vil bli noe begrenset. Utløpsområdet vil derfor ikke komme i kontakt med planområdet. Faresonen vil derfor ikke vurderes videre i denne rapporten.

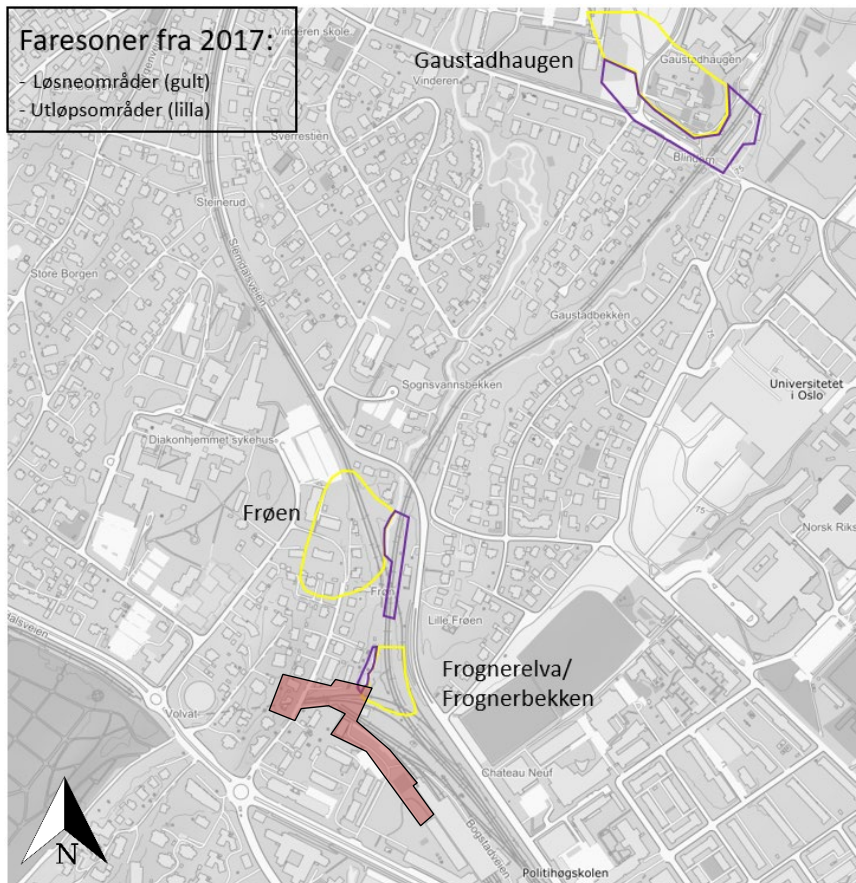
Lengst nord oppe ved Blindern og Gaustadhaugen vil et potensielt skred være meget begrenset grunnet beliggenheten til kvikkleirelaget, og muligheten for at retrogressiv skredutvikling er minimal. Et løsneområde der oppe er begrenset til selve skråningene, og lengden av utløpsområdet er begrenset til ca. 0,5 x lengden av løsneområdet. Faresonen vil derfor ikke vurderes videre i denne rapporten.

Faresonen ved Frognerbekken ligger innenfor planområdet, og full utredning vil gjøres for denne faresonen. På Figur 6-11 ses tidligere avgrensning av faresonen ved Frognerbekken i detalj. I Tabell 6-2 er faregradsklassifiseringen utført av Norconsult angitt, ref. [17].

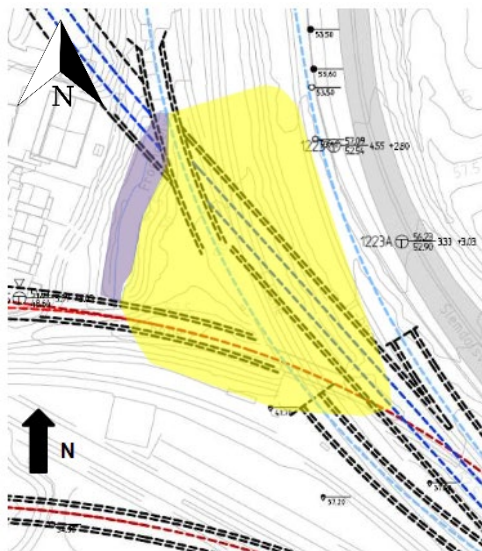
Det er i [17] tidligere vurdert at det ikke er fare for skred i sprøbruddmaterialer i området vest for Frognerbekken. Dette er vurdert med bakgrunn i at:

- Thaulows vei 7D-F, etter Norconsults opplysninger, er fundamentert direkte på berg,
- Totalsondering C5-1225 viser friksjonsmasser til berg i ca. 6 m dybde,
- Berg stiger videre vestover og på motsatt side av Thaulows vei er det berg i dagen,
- Det er bergskjæring for T-bane sør for Thaulowsvei 7A,
- Løsmassekart indikerer overgang fra fyllmasser til forvitningsmateriale rett øst for Thaulows vei.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 20 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 6-10: Norconsult har tidligere (2017) kartlagt og klassifisert faresoner innenfor og nær prosjektområdet. Anleggsområdet fra Figur 3-2 er angitt med ca. optegning i rød skravering.



Figur 6-11: Tidligere kartlagt faresone ved Frognerbekken. Løsneområde markert med gult, utløpsområde med lilla [17].

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 21 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Tabell 6-2: Vurdering av faregrad, Frognerbekken, ref. [17].

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score				Score	Poeng	Kommentarer
		3	2	1	0			
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	0	0	
Sikringshøyde, meter	2	>30	20-30	15-20	<15	0	0	
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2	>2,0	3	6	Ukjent
Poretrykk Overtrykk, kPa	3	>+30	10-30	0-10	Hydrostatisk	1	3	Konservativ antakelse, lite sannsynlig at det er overtrykk av betydning
Undertrykk, kPa	-3	>-50	-(20-50)	-(0-20)				
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	≤H/4	Tyrt lag	3	6	Ukjent
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	3	3	>100 i prøveserie 411U
Erosjon	3	Aktiv/glidn.	Noe	Lite	Ingen	0	0	
Inngrep forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen	2	6	Utfylling for T-bane
Inngrep forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	Ingen			
Sum		51	34	16	0		24	
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %		47 %	

Faregradsklasse middels

6.5 Tidligere skredhendelser

Ifølge NVEs kartkatalog, ref. [18], er det ikke registrert noen tidligere skredhendelser i planområdet. Nærmeste kartlagte skredhendelser er truffet i henholdsvis Neuberggata/ Bogstadveien (leirskred) i 1913 og i Middelthuns gate (jordskred) i 2015, se Figur 6-12.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 22 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 6-12: Kartlagte skredhendelser i nærområdet [18]. Anleggsområdet fra Figur 3-2 er angitt med ca. optegning i rød skravering.

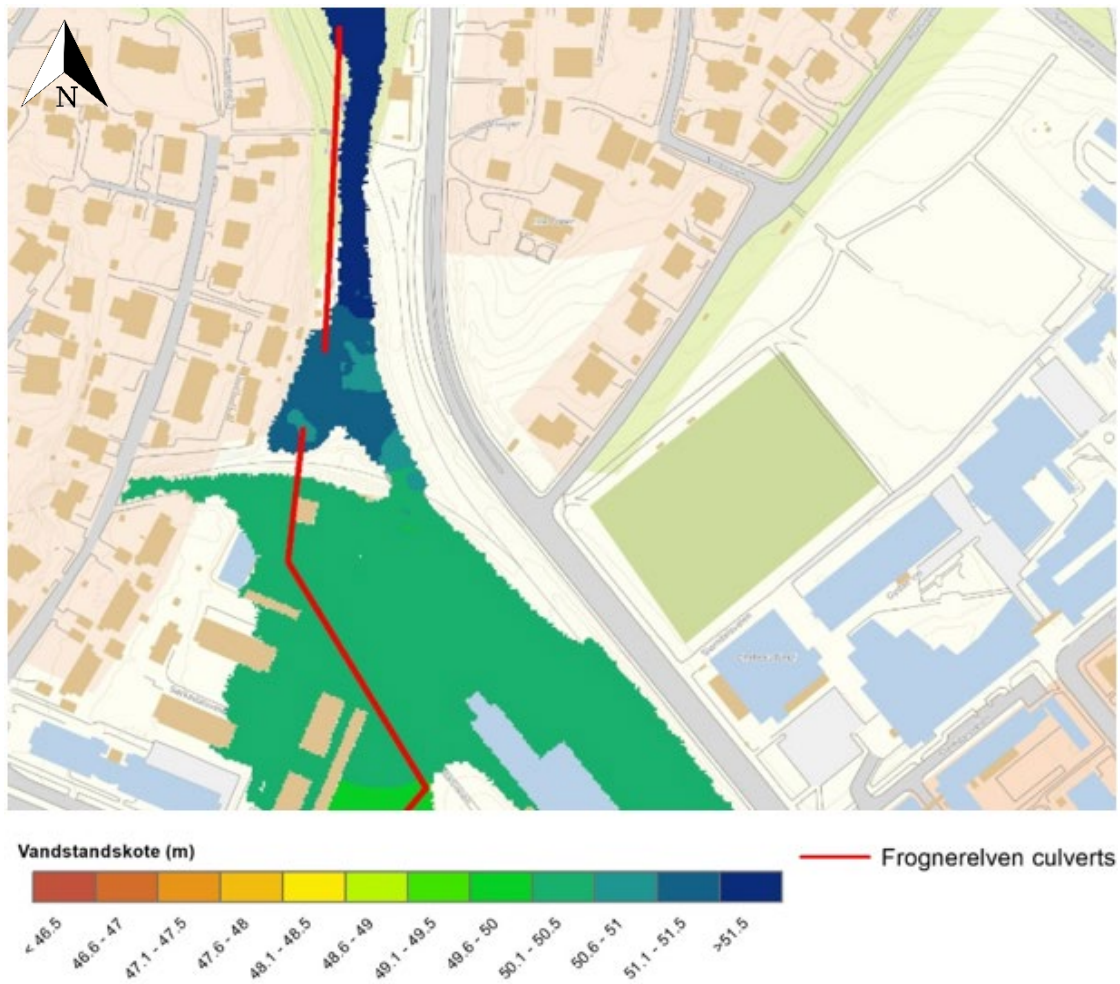
6.6 Potensiell fare knyttet til vassdrag

Utsnitt av kart fra flomvurdering, ref. [19], er gitt i Figur 6-13, og viser at prosjektområdet ligger i et flomutsatt område. Sørvest for prosjektområdet (ca. 500-600 m) ligger Frognerdammen. Frognerbekken renner gjennom prosjektområdet og videre ned til Frognerdammen.

Pågående erosjon er en kritisk faktor, som må vurderes særskilt. Erosjon har stor betydning for muligheten for initialscred, som potensielt kan utgjøre fare for områdescred. I ref. [19] er det gjort en vurdering av flom og vannhastigheter. Fyllingen er vurdert ikke å bli oversvømmet og erosjon på fyllingens sørlige side vurderes derfor ikke kritisk. Vannhastighetene er derimot kritiske ved området for jernbanebru mot stasjonsområdet, hvor det kan opptre stor erosjon. Også området rundt inngangen til kulvert under jernbanefylling er utsatt for mye turbulens og høye vannhastigheter. Konklusjon i rapport nevner at vannhastigheter i området iht. tommelfingerregel muligens kan flytte større stein opp mot 1 m. Dog er det vanskelig å avgjøre om dette er realistisk. Det henvises til ref [19] for

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 23 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

mer utfyllende informasjon med hensyn til flomvurderingen. Erosjonsforhold er senere vurdert i kapittel 7.2.



Figur 6-13: Maksimal vannstand ved kulminasjon av flom. Ref. [19]

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 24 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

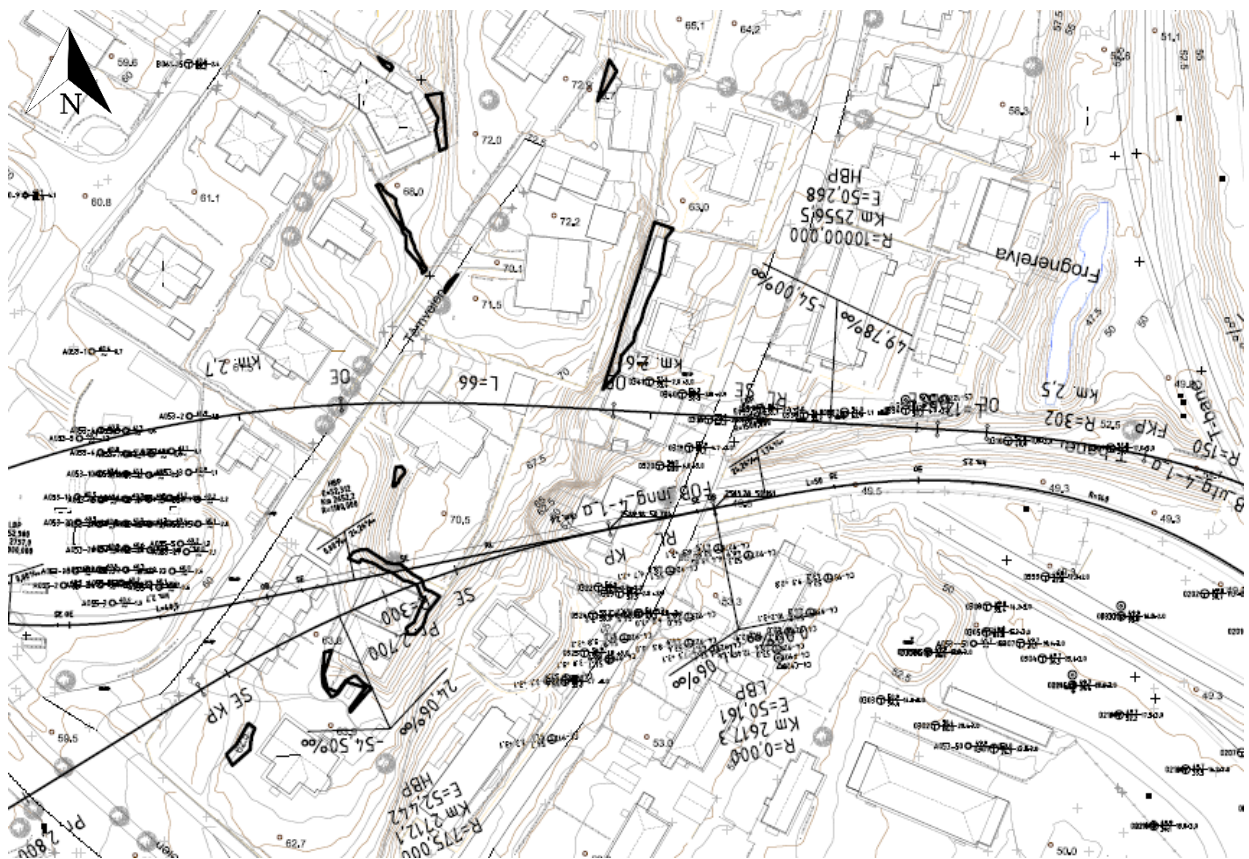
7. BEFARING

Det er utført befaring i prosjektområdet. Befaring har til hensikt å kartlegge:

- Erosjon i Frognerbekken
- Berg i dagen
- Utglidninger i skråninger

7.1 Berg i dagen

Berg i dagene er kartlagt i prosjektet. Det henvises til Figur 7-1 for å få oversikt over kartlagt berg i dagen.



Figur 7-1: Kartlagt berg i dagen. Kartlagt berg er markert med svart strekk.

7.2 Erosjon og utglidninger

Det er utført en befaring i Frognerbekken for å kartlegge bekkens tilstand med tanke på erosjon og evt. erosjonssikring. På Vedlegg 1 ses en gjennomgang av befaringen. Befaringen konkluderer med at det pågår "litt erosjon" i Frognerbekken. Erosjonen er ikke i forbindelse med område hvor det treffes sprøbruddmateriale, se kapittel 8.3 og 9. Erosjon er vurdert å skje i gamle fyllmasser av stein, grus og

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 25 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

sand. I tillegg ses det tegn på erosjon opp i fylling rundt kulvert. Dette stemmer overens med vurderingen gitt i flomvurderingen beskrevet i kapittel 6.6.

Det vurderes at erosjon i bekkeløpet ikke har direkte påvirkning på risikoen for områdeskred og at erosjonssikring derfor ikke er nødvendig for å sikre planområdet. Ny banefylling må imidlertid fortsatt sikres mot erosjon. I flomrapport, ref. [19], er det gjort en vurdering på gradering for steinmasser til erosjonssikring, samt risiko for økt påvirkning av erosjon andre steder i bekken. Konklusjon fra rapporten er at ny banefylling vil ha minimal til ingen påvirkning andre steder i bekken. Det henvises til flomrapport, ref. [19], for nærmere beskrivelse.

Tabell 7-1: Kornkurve for erosjonssikring med Maynords formel, ref. [19].

Korngradering	Størrelse (cm)
D15	12
D30	17
D50	20
D85	26
Dmaks	30

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 26 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

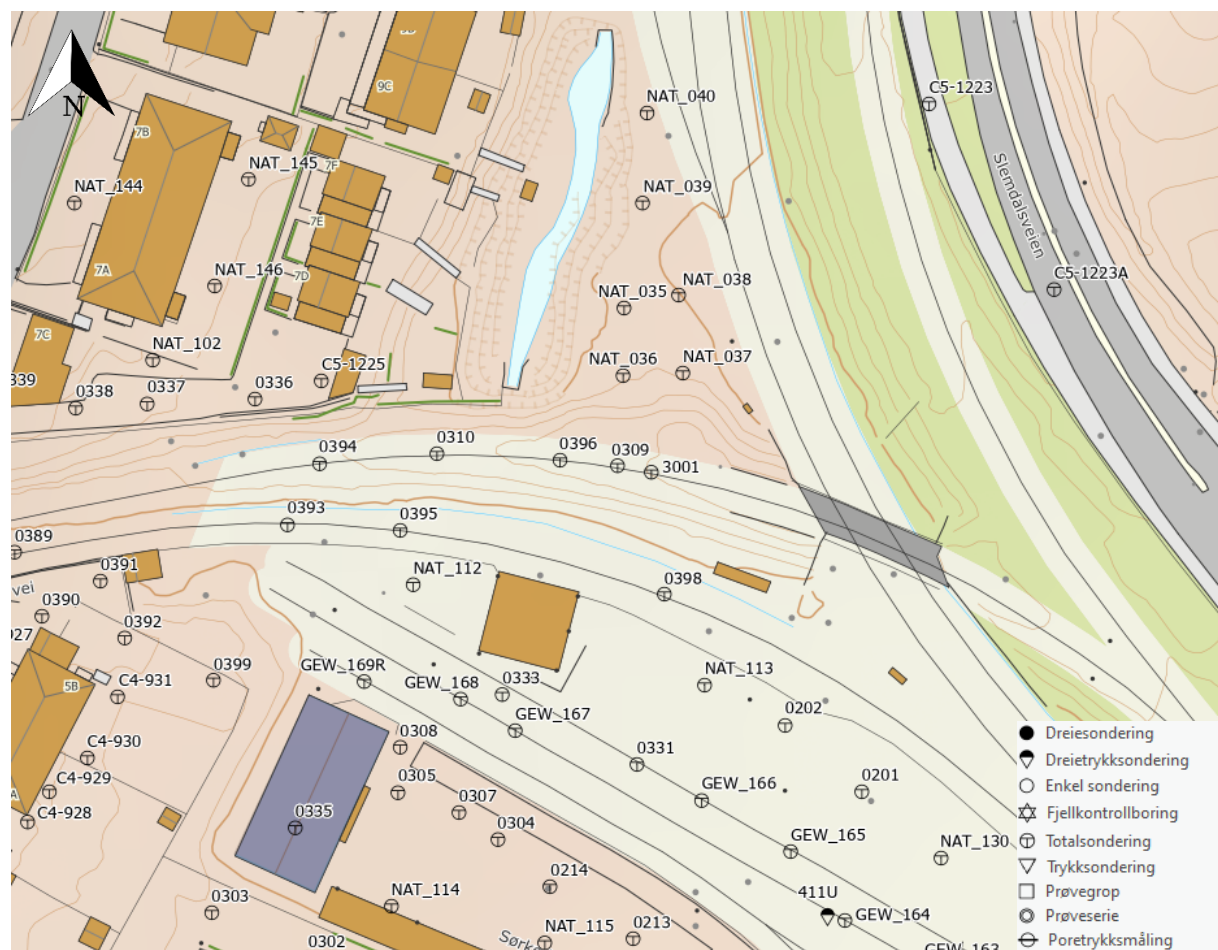
8. GRUNNUNDERSØKELSER

8.1 Oppsummering av grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med oppstart av dette prosjektet og denne utredningen, samt for prosjektet Ny Majorstue stasjon. I kapittel 6.3 er det henvisning til eksisterende grunnundersøkelser i planområdet, hvor en beskrivelse av grunnforhold er oppsummert. På Figur 8-1 ses borplan med nye og eksisterende borpunkter omkring faresonen ved Frognerbekken.

Tabell 8-1: Oversikt over supplerende grunnundersøkelser benyttet i utredningen av områdestabilitet i planområdet.

Borpunktnr.	Oppdragsnavn	Oppdragsgiver	Utførende firma	Rapport
0200- og 0300-seriene	Fornebubanen	Fornebubanen	Prosjekteringsgruppen Fornebubanen, PGF	Fornebubanen – Geoteknisk datarapport, ref. [21]
NAT_ xxx GEW_ xxx GEY_ xxx	Ny Majorstuen T-baneknutepunkt	Sporveien AS	Norconsult	Geotekniske grunnundersøkelser vest for Majorstuen stasjon, ref. [22]



Figur 8-1: Oversikt over eksisterende og supplerende grunnundersøkelser utført i området ved Frognerbekken.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 27 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

For vurdering av områdestabiliteten i denne faresonen er det inkludert 14 totalsonderinger, 3 prøveserier, 2 CPTu'er samt 1 poretrykksmåler. Punktene er 0309, 0310, 0331, 0333, 0395, 0396, 0398, 3001, NAT_035, NAT_036, NAT_037, NAT_038, NAT_039 og NAT_040. I tillegg er enkelte punkter utenom faresonen benyttet til å avgrense faresonen. Feltforsøkene skal gi grunnlag til å tolke lagdeling, styrkeparametere og grunnvannsnivå samt for å vurdere utbredelsen av sprøbruddmateriale i planområdet.

Prøveseriene benyttet til vurdering av området ved Frognerbekken består hovedsakelig av sylindrerprøver samt enkelte poseprøver i borpunkt 0331, 0396 og NAT_036. Prøvene er analysert i laboratorier hvor det er utført standardforsøk, aktive og passive treaksialforsøk (CAUa og CAUp), ødometerforsøk, bestemmelse av plasitet og kornfordelingsanalyse. Laboratorieforsøkene skal sammen med feltforsøkene gi grunnlag for identifisering av sprøbruddmateriale samt bidrag til bestemmelse av materialeparametre for stabilitetsvurderinger.

Det er vurdert, at det er utført en tilstrekkelig mengde med grunnundersøkelser til å gjøre en utredning til detaljreguleringsfasen.

8.2 Kvalitet på grunnundersøkelser

Lagdeling er tolket med bakgrunn i totalsonderinger utført i området. Respons på totalsondering sammenlignet med prøveserier viser god respons ift. lagdeling mellom øvre fastere fyllmasser samt leirmasser og nedre bløtere kvikkleire/sprøbruddmateriale.

Resultater fra CPTu er vanlig kun brukbare når sonderingen er i anvendelsesklasse 1 eller 2. Alle utførte CPTu ligger i anvendelsesklasse 1. Enkelte CPTu viser dog negativ respons på poretrykket, hvilket vanligvis skyldes dilatasjon i siltige, sandige masser. Tolkning av slike forsøk må gjøres med varsomhet. Generelt er det benyttet CPTu forsøk fra borpunkt 0331 og 0396 til tolkning i denne rapporten. Her er det funnet sug i poretrykksresponsen for forsøk i borpunkt 0331, se ref. [21].

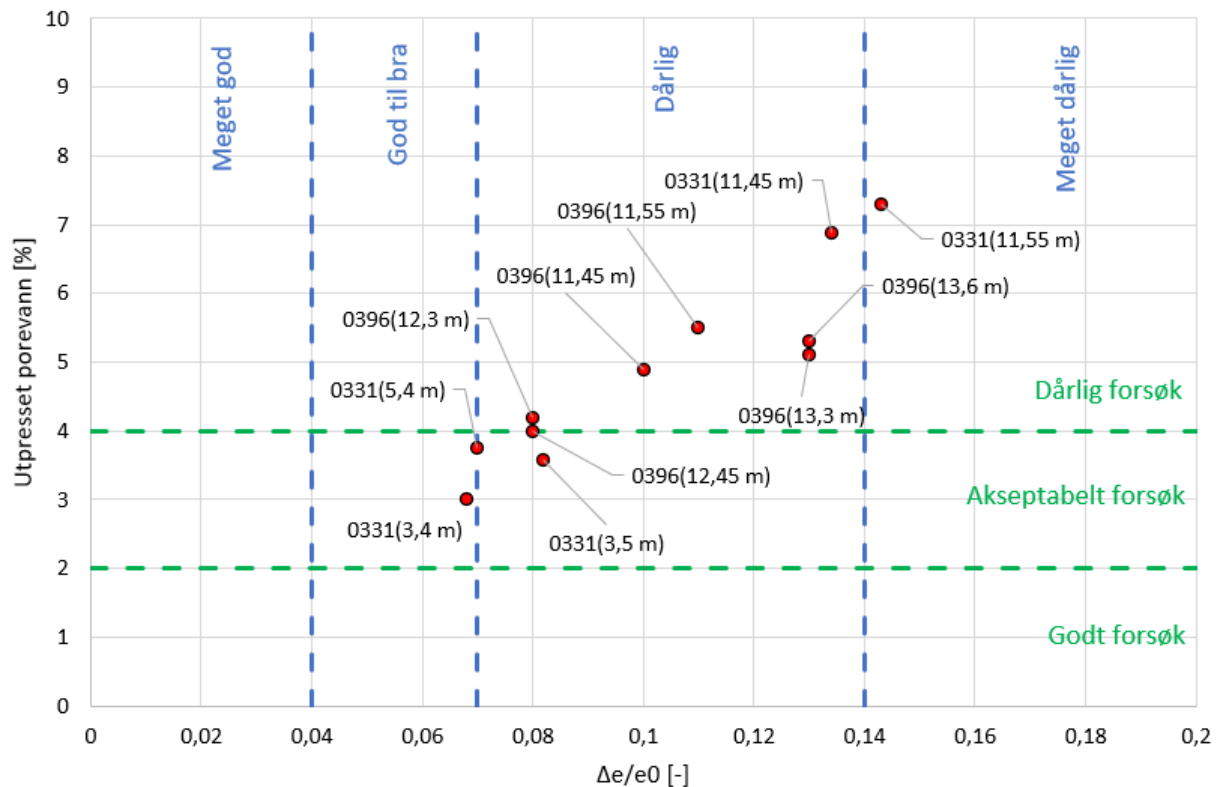
Det ble tatt en prøveserie i borpunkt 0396 i jernbanefyllingen ved Frognerbekken. Prøveserien ble begrenset/prioritert til kun å inkludere prøver av leire i den bløte leiren under kote +48, da arbeidstidsrom i spor var begrenset til 2 timer pr. natt i 10 dager. Det er derfor ikke tatt prøver i fyllingen over kote +47.

Standardforsøkene konus og enaks utført i laboratorie benyttes primært til vurdering av prøveforstyrrelse og identifikasjon av kvikkleire/sprøbruddmateriale. I borpunkt 0331 viser enaksforsøkene bruddtøyning på 15 % ved brudd i de øverste fastere leire masser, mens tøyningen ligger på omtrent 7,5 % i den bløtere kvikkleire under 7 m dybde. I borpunkt 0396 viser enaksforsøkene bruddtøyninger på 7-8,5 %. Resultatene indikerer at det er noe prøveforstyrrelse på prøvene i leiren og kvikkleiren.

Ødometerforsøk er utført på prøveserie i borpunkt 0331 og 0396. Kvalitet på forsøkene er vurdert ved bruk av metoden beskrevet i SVV håndbok V220, ref. [22]. Alle forsøkene er beskrevet som dårlig og tolkning av OCR er derfor usikker. Det gjøres en sammenlikning med tolkning av OCR fra CPTu før endelig nivå på OCR velges for profilet.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 28 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Det er i hhv. borpunkt 0331 og 0396 utført 3 aktive treaksialforsøk (CAUa) og 3 passive treaksialforsøk (CAUp). Kvalitet av forsøkene er vurdert iht. SVV håndbok V220, ref. [22]. Oversikt over kvalitet i prøvene er vist på Figur 8-2. Det ses at forsøkene klassifiseres som akseptabel til dårlig, mens indikasjon på prøveforstyrrelse finnes til overveiende "dårlig". Enkelte prøver er vurdert som "god til bra". Det er tatt hensyn til kvaliteten av treaksialforsøkene ved tolkning av styrkeparametere.



Figur 8-2: Oversikt over kvalitet på treaksialforsøk utført i borpunkt 0331 og 0396. For alle prøvene er OCR vurdert mindre enn 2.

8.3 Oversikt over grunnforhold i nye utførte grunnundersøkelser

8.3.1 Løsmasser

De supplerende grunnundersøkelser gjenspeiler tidligere vurderinger beskrevet i Kapittel 6.3.2.

I borpunkt 0331 er det påvist kvikkleire i hhv. 9-14 m dybde, mens i borpunkt 0396 treffes sprøbruddmateriale i 12-13 m dybde. Totalsondering 0396 viser bløt respons fra ca. 10 m dybde tilsvarende kote +48.

Dybden til antatt berg i borpunktene nærmest de planlagte tiltakene varierer mellom ca. 0 – 25 m. Bergoverflaten faller generelt mot øst og mot sør, se Figur 6-7 som viser området ved Thaulows vei. Løsmassetykkelse vest for Thaulows vei er tynt, og berg stikker opp flere steder.

Flere totalsonderinger utført rundt borpunkt 0331 og 0396 viser indikasjoner på kvikkleire/sprøbruddmateriale med loddrett til bakovergrepende respons på matekraften uten økt rotasjon, slag

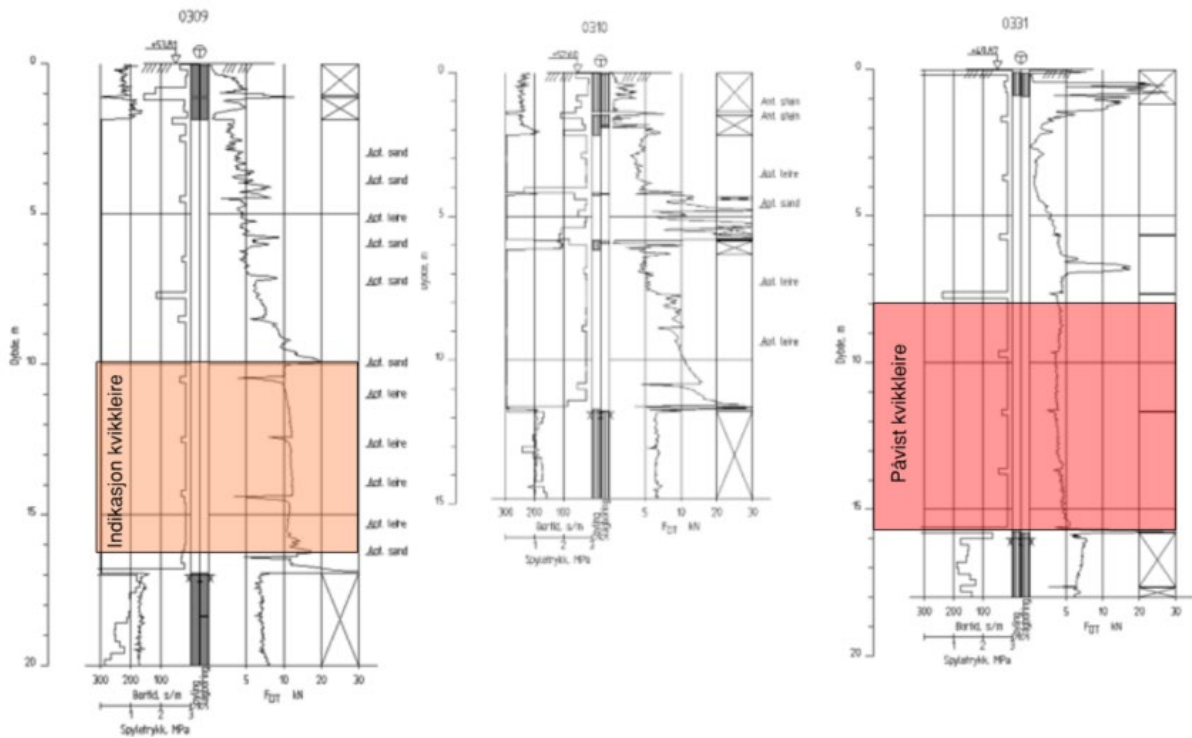
Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 29 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

eller spyling i massene under fyllmassene. Tolkning av totalsonderinger ift. "*indikasjon ikke kvikkeleire/sprøbruddmateriale*" og "*indikasjon på kvikkeleire/sprøbruddmateriale*" vurderes derfor veldig usikker. Det er derfor, i denne områdestabilitetsvurdering, vurdert at den bløte responsen under ca. kote +48 tolkes som "*indikasjon på kvikkeleire*." Det henvises til Figur 8-4, hvor respons på totalsonderingene er holdt opp mot punkter, hvor det er påvist kvikkeleire. Tolkning av borpunkter i prosjektområdet er vist på Figur 8-5.

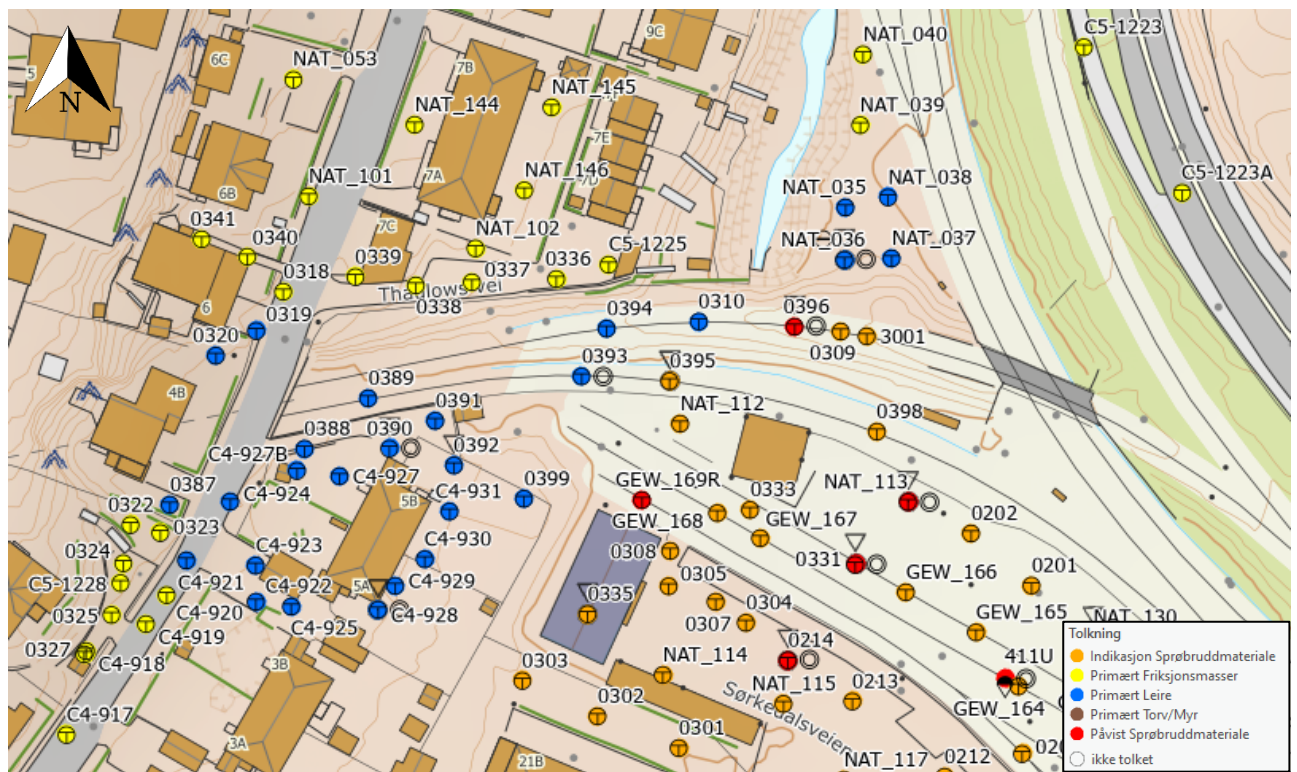


Figur 8-3: løsmassetykkelser i området ved Thaulows vei.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 30 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 8-4: Totalsonderinger i banefyllingen på toppen av skrånningen ved Frognerbekken samt i punkt med påvist kvikkleire, ref. [21].



Figur 8-5: Tolkning av borpunkter på Majorstuen.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 31 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

8.3.2 Grunnvannstand

Det er installert 14 stk. piezometer innenfor det vurderte området, se Figur 6-8. Det er i skrivende stund målt grunnvannstand i alle målepunkter i området, se Tabell 6-2. Avlesningene viser at grunnvannstand varierer fra å ligge i terreng til ca. 4 m under terreng til omtrent 0,81 m under terreng. Grunnvannstand vil variere avhengig av nedbørsmengde og sesong.

Tabell 6-2: Målt grunnvannstand i installerte piezometere på Majorstuen (Februar 2021).

Piezometer	Terrengkote [m]	Spissdybde [m]	Stigehøyde [m]	GVS [m]
PZ107	61.47	4.00	59.00	2.47
PZ109	57.96	5.00	57.90	0.06
PZ110	55.86	2.50	54.50	1.36
PZ114	56.21	3.40	55.00	1.21
PZ113	53.96	5.00	51.30	2.66
PZ105	53.55	4.50	51.30	2.25
PZ106	53.91	5.00	53.10	0.81
PZ104	50.86	5.00	49.70	1.16
PZ103	50.47	10.00	48.90	1.57
PZ91	55.02	5.50	53.30	1.72
PZ92	49.84	5.00	45.80	4.04
PZ116	52.84	3.50	50.10	2.74
PZ117	48.57	7.50	46.00	2.57
PZ175	49.07	3.00	47.20	1.87

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 32 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

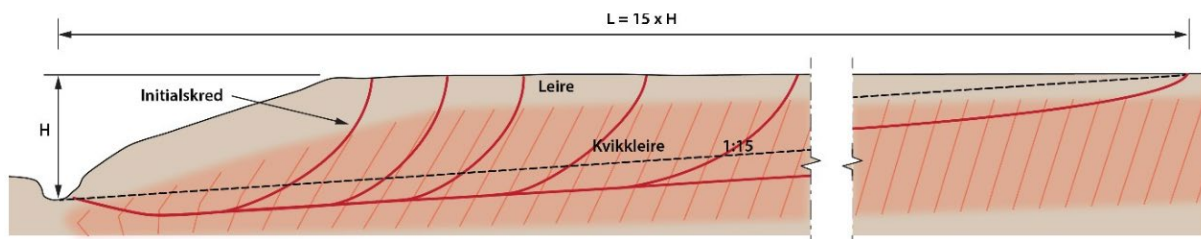


Figur 8-6: Oversikt over piezometre i området rundt Frognerbekken.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 33 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

9. AKTUELL SKREDMEKANISME OG AVGRENSNING AV FARESONEN VED FROGNERBEKKEN

Data fra grunnundersøkelser og detaljert vurdering av topografi gir grunnlag for å avgrense mulige løснеområder nærmere. Konservativt kan det i utgangspunktet antas at det vil kunne gå et retrogressivt skred i området. Empiriske data tyder på at de aller fleste løснеområder for retrogressive kvikkleireskred begrenses seg til en maksimal utstrekning lik $15 \times$ skråningshøyde som angitt på Figur 9-1 [1]. Dette er brukt som kriterier i den nasjonale kartleggingen. Erfaringsmessig vil en nedre grense for terrenghelning på 1:15 være konservativ for de fleste store kvikkleireskred, og i en del tilfeller uforholdsmessig konservativ.



Figur 9-1: Definisjon av maksimalt løснеområde for et retrogressivt skred, ref. [1].

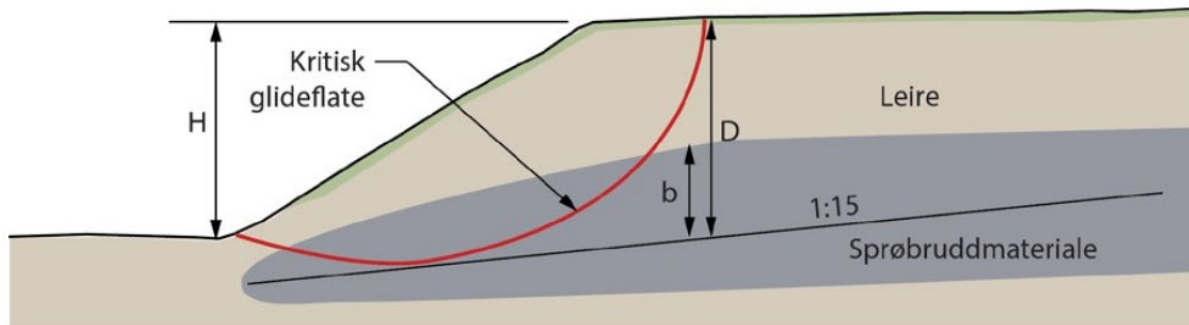
NIFS har laget en rapport i forbindelse med Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 kvikkleire, «Metode for vurdering av løсне- og utløpsområder for områdeskred», ref. [10]. Rapporten har ført frem til en omforent anbefaling for hvordan en kan finne løсне- og utløpsområder for områdeskred. Metoden er oppsummert i NVE veileder 1/2019.

For vurdering av sannsynlig opptredende skredtype på Majorstuen, benyttes flytskjema vist på Figur 9-2. For vurdering av b/D ved platå- eller ravineterreng benyttes Figur 9-3 og/eller Figur 9-4.

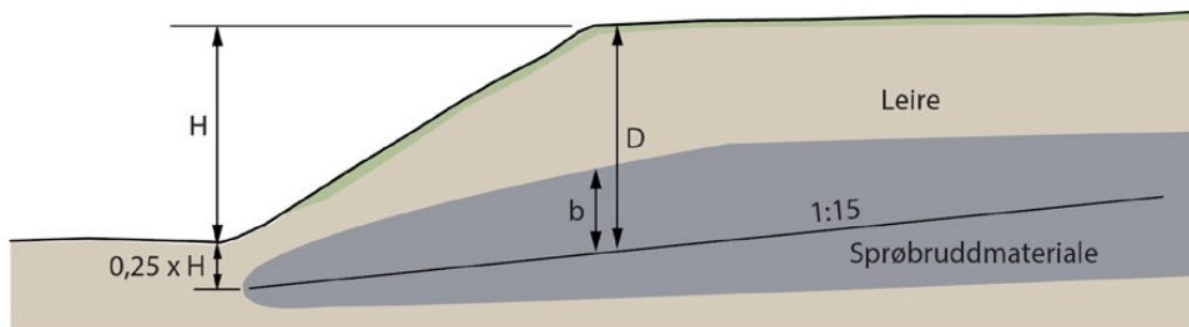


Figur 9-2: Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme, ref. [1].

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 34 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 9-3: Prinsippkisse for vurdering av b/D (andel av sprøbruddmateriale over den mest kritiske glideflate) i platå- eller ravineterreng, ref. [1].

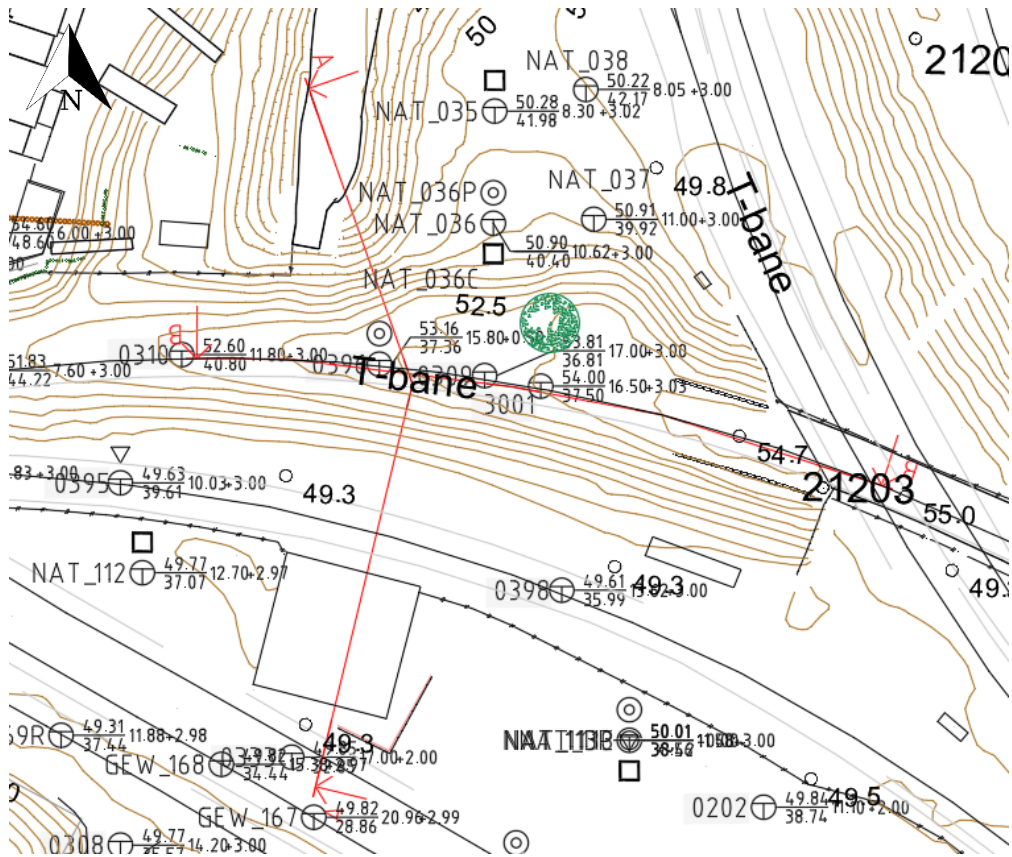


Figur 9-4: Prinsippkisse for vurdering av b/D (andel av sprøbruddmateriale over den mest kritiske glideflate) i platå- eller ravineterreng ved dype glideflater eller hvor det ikke er utført stabilitetsberegning, ref. [1].

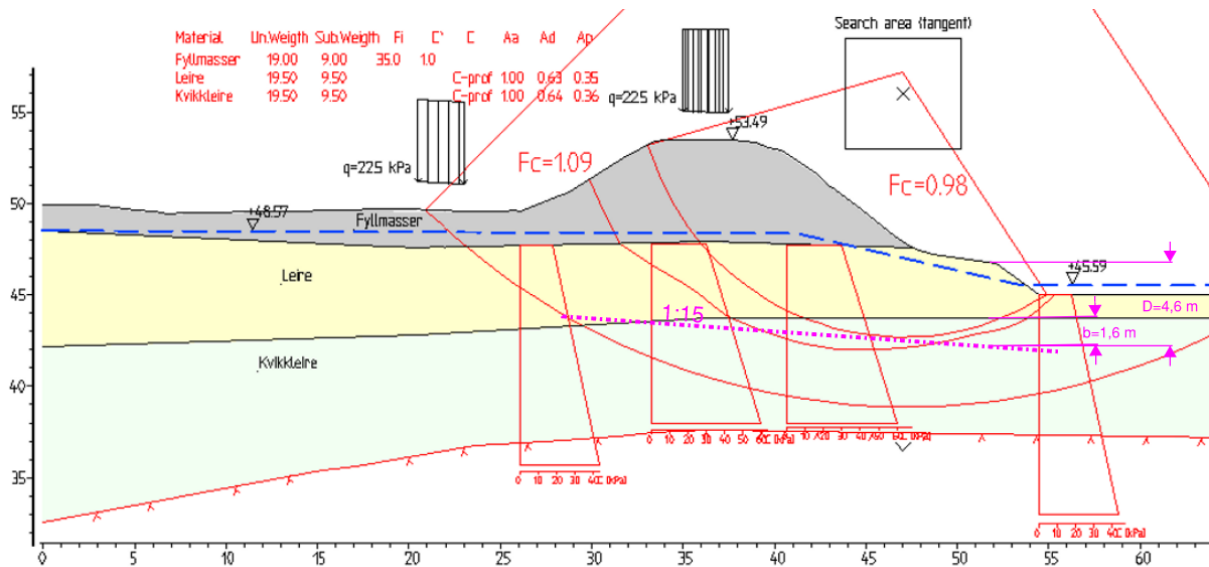
For området mot banefyllingen er det gjort en vurdering av skredmekanisme i snitt A-A vist på Figur 9-5 iht. Figur 9-2. Som beskrevet tidligere er tolkning av totalsonderinger iht. indikasjoner på kvikkleire/sprøbruddmateriale i området usikker. Det vurderes derfor at tilgjengelig grunnlag er utilstrekkelig til å vurdere om omrørt styrke er over 0,69 kPa og det er derfor konservativt vurdert at de bløte masser under kote +48 karakteriseres med omrørt styrke under 0,69. Ved bruk av innledende stabilitetsberegninger beskrevet senere i dette notatet, forventes det at mektighet av sprøbruddmateriale er mindre enn 40% av kritisk glideflate i snitt A-A, se Figur 9-6. Rotasjonsskred eller flakskred vurderes som aktuell skredmekanisme. Figur 9-7 viser en prinsippkisse av et rotasjonsskred. Utstrekning av løснеområdet ved rotasjonsskred er iht. NVE-veileder 1/2019:

NVE-veileder: Løснеområde rotasjonsskred $L = 5 \times H = 5 \times 8,5 \text{ m} = 42,5 \text{ m}$

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 35 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

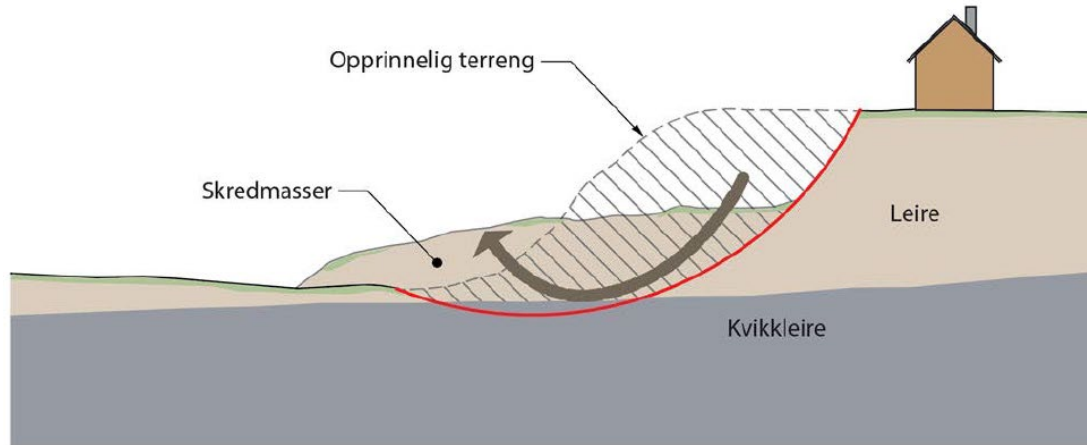


Figur 9-5: Oversikt over kritiske snitt ved Frognerbekken, Snitt A-A, B-B og C-C.



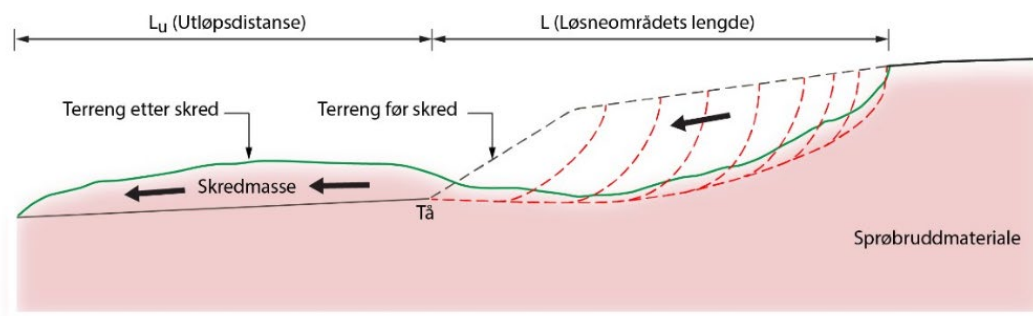
Figur 9-6: Vurdering på andel av kvikkleire over 1:15 linje ved bunn av kritiske bruddflate. Stabilitetsberegning er tatt fra Vedlegg 2 som vil bli beskrevet senere i rapport.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 36 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



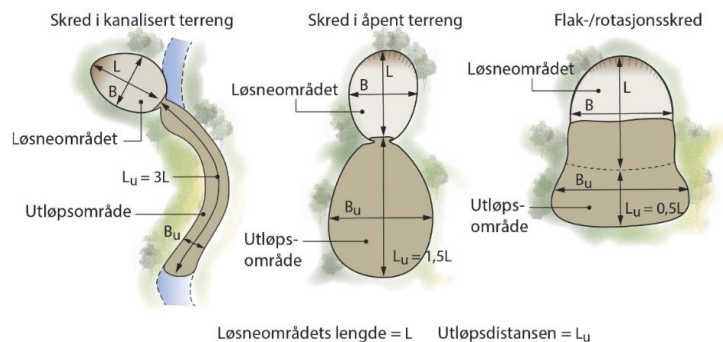
Figur 9-7: Prinsippskisse som viser rotasjonsskred, ref. [1].

Utstrekning av utløpsområdet er hovedsakelig avhengig av løsneområdets utstrekning, topografi i utløpsområdet og forventet skredtype. Utløpsområdet vil maksimalt være 3 x lengden til løsneområdet dersom en har et retrogressivt skred med utløp i et ravinert terreng. Dersom en har et retrogressivt skred med utløp i et åpent og flatere terreng kan utløpsområdet ytterligere innskrenkes til å være 1,5x lengden til løsneområdet. Dersom en vil få et flaskskred eller rotasjonsskred vil utløpsområdet være maksimalt 0,5x lengden til løsneområdet iht. Figur 9-9.



Figur 9-8: Definisjon av løsneområde og utløpsdistanse, ref. [1].

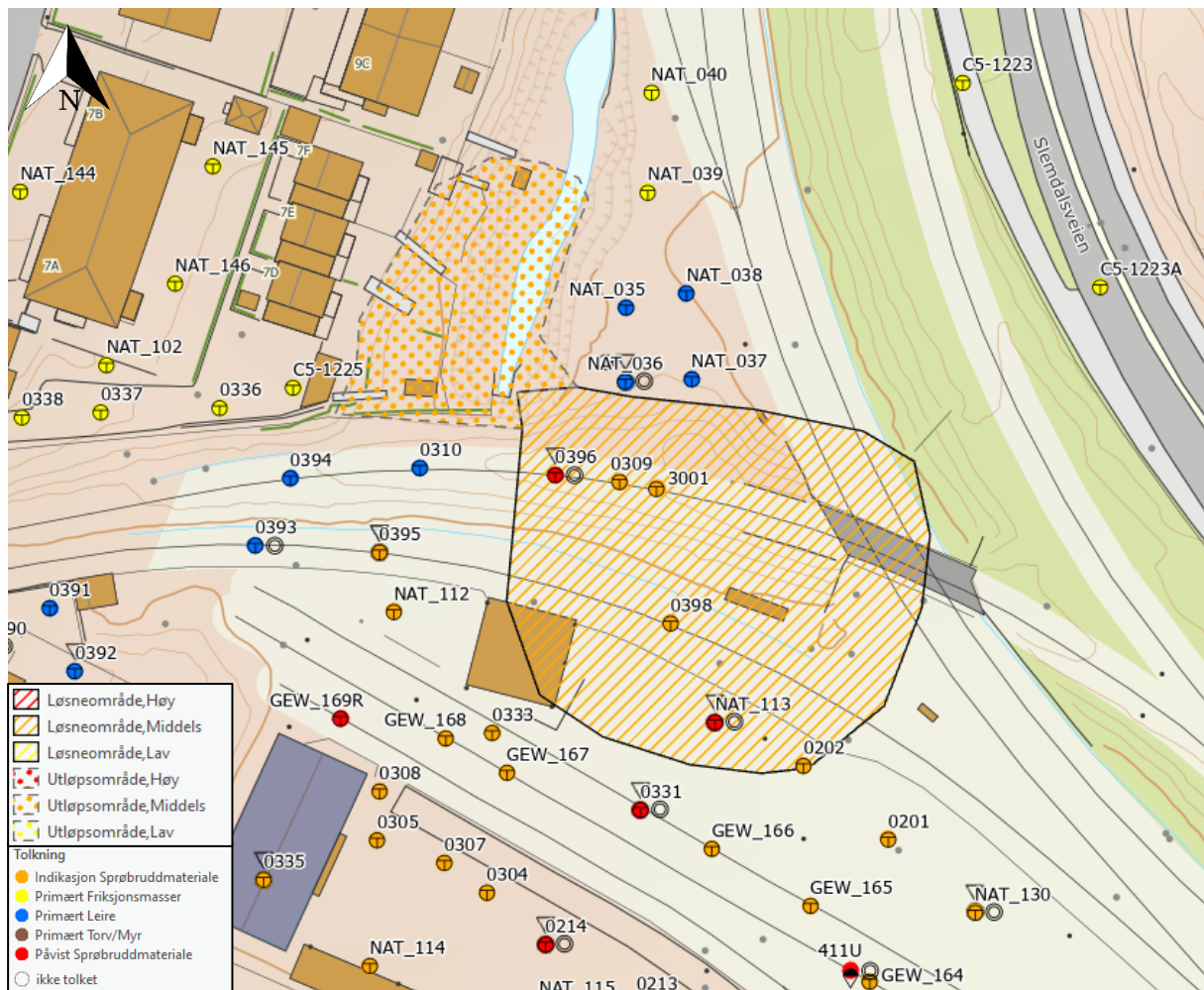
Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 37 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 9-9: Sammenheng mellom løsneområdets lengde, L , og utløpsdistansen, L_u , ref. [1].

Basert på vurderinger av andel kvikkleire i kritisk glideflate, dybde til kvikkleirelaget og terrengforhold, vurderes det at skredmasser vil begrense seg til bekkeområdet. Masser vil bli igjen i skredgrop og ikke bre seg ut i et større område. Anbefalinger for lengde på utløpsområde vist på Figur 9-9 vurderes derfor ikke gjeldende her. Sannsynlig løsne- og utløpsområde ved Frognerbekken er vist på Figur 9-10. Området er justert ift. tidligere vurdering i [17].

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 38 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 9-10: Vurdert løsne- og utløpsområde ved Frognerbekken.

10. KLASIFISERING AV FARESONE

10.1 Metode

Iht. NVE-veileder 1/2019, skal klassifisering av faresoner som er klassifisert tidligere, f.eks. i forbindelse med den nasjonale kvikkleirekartleggingen, gjennomgås på nytt, bl.a. på grunnlag av eventuelle nye data som er kommet til.

Området plasseres deretter i faregrads-, konsekvens- og risikoklasse etter kriteriene og metodikk i NVE-ekstern rapport 9/2020, ref. [23]. Utløpsområdet gis samme klassifisering som løsneområdet.

10.2 Faregrad

Det presiseres at grunnlaget for vurderinger av de ulike faktorene i matrisen er basert på tidligere kart, tidligere vurderinger utført av Norconsult i 2017 [17], lagdeling fra totalsonderinger, og

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 39 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

geotekniske parametere (sensitivitet og OCR) fra prøveserier i borpunkt 0331 og 0396, ref. [21]. Faregradsklassifisering ses i Tabell 10-1.

Tabell 10-1: Faregradsklassifisering av faresone ved Majorstuen (Frognerbekken).

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Poeng	Begrundelse
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Det er ikke registrert tidligere skredaktivitet innenfor prosjektområdet.
Skråningshøyde, meter	2	0	0	Skråningshøyde H = 8,5 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	3	6	OCR basert på prøveserien i borpunkt 0331 og 0396. OCR er vurdert til over 1,2 i den bløte leiren.
Poretrykk. Overtrykk, kPa: Undertrykk, kPa:	3 -3	0	0	Det er vurdert hydrostatisk poretrykkfordeling basert på piezometeravlesninger i prosjektområdet.
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Forekomst og mektighet til eventuell kvikkleire i skråningen er vurdert å være på omtrent 3 m til nivå H/2 under skråningsfot. Dette tilsvare omtrent H/3 av skråningshøyden. Det vurderes at score på 2 er representativ.
Sensitivitet	1	3	3	Sensitivitet er vurdert fra prøveserien i borpunkt 0331, som indikerer sensitivitet opp mot 300. Det kan derfor ikke avvises at dette også treffes i området rundt Frognerbekken.
Erosjon	3	1	3	Det er observert lite erosjon i banefyllingen.
Inngrep: Forverring Forbedring	3 -3	2	6	Bygging av banefylling for eksisterende T-bane har forverret stabiliteten i området. Fyllingen har lav kritisk stabilitet i sonen. Det har før etableringen av banefylling trolig vært bedre stabilitet enn i dag.
Sum			22	
% av maksimal poengsum			43 %	
Faregrad			Middels	

10.3 Konsekvensklasse

Vurdering er gjort ved gjennomgang av kart og flyfoto på NVE Atlas, ref. [18], og google maps.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 40 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Tabell 10-2: Faregradsklassifisering av faresone ved Majorstuen (Frognerbekken).

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Poeng	Begrundelse
Boligheter, antall	4	0	0	Det er ikke registrert boenheter innenfor faresonen
Næringsbygg, personer	3	0	0	Ingen næringsbygg med personopphold er registrert innenfor faresonen
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Det er ikke registrert annen bebyggelse
Vei, ÅDT	2	0	0	Det er ikke registrert vei innenfor faresonen
Toglinje, bruk	2	3	6	T-bane går gjennom faresonen
Kraftnett	1	0	0	Det er ikke registrert annet enn lokale kraftnettlinjer innenfor faresonen
Oppdemning og flodbølge	2	1	2	Det vil skje oppdemning av Frognerbekken dersom det går skred i området
Sum			8	
% av maksimal poengsum			18 %	
Konsekvens			Alvorlig	

10.4 Risikoklasse

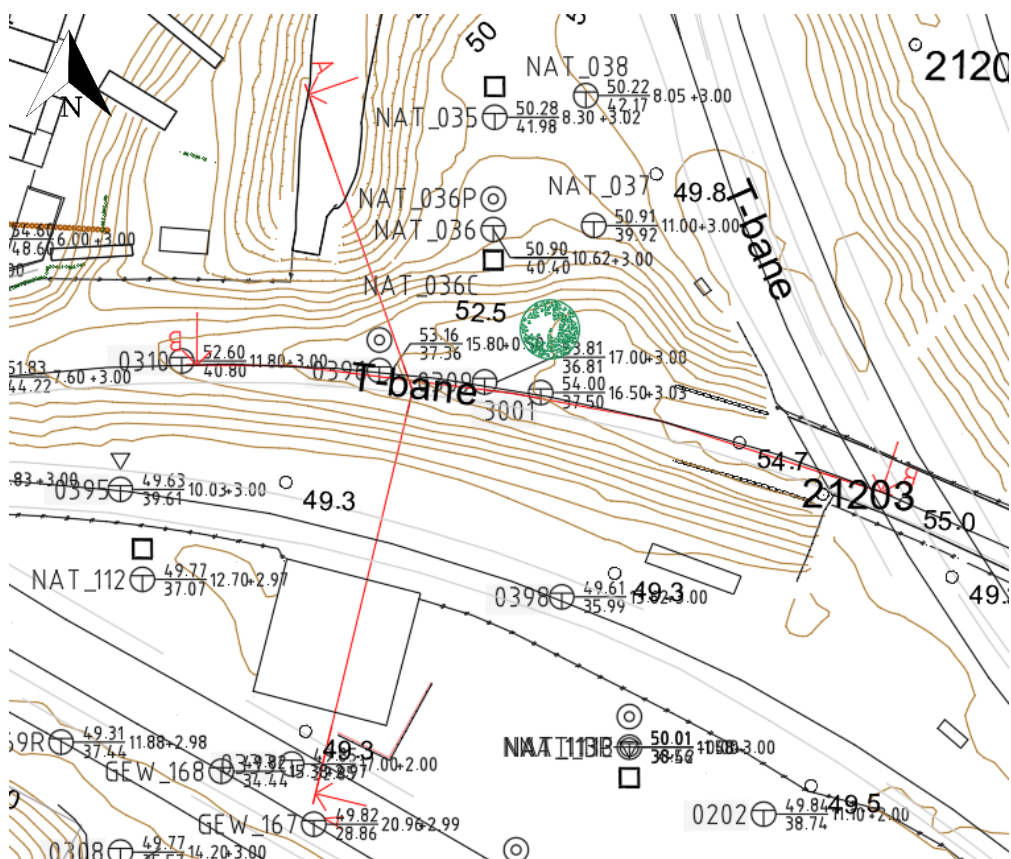
Risikoklassen finnes ved å multiplisere prosentatsene for faregrad og konsekvens. Resultat blir da 774 som svarer til **Risikoklasse 3** iht. NVE-ekstern rapport 9/2020.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 41 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

11. KRITISK SNITT OG MATERIALEPARAMETERE

11.1 Geometri

Det er tatt ut 2 snitt som angitt på Figur 11-1, Snitt A-A og B-B. Det er gjort en vurdering på grunnforholdene, og det er antatt sprøbruddmateriale i grunnen i tilsvarende kote +48 og ned til berg som omtalt tidligere i rapport. Lagdeling for de enkelte snitt er angitt på beregningsresultater vist i Vedlegg 5.



Figur 11-1: Kritiske beregningsnitt vurdert i denne rapporten.

11.2 Karakteristiske materialeparametre

11.2.1 Metodikk for tolkning av geotekniske grunnundersøkelser

Følgende avsnitt presenterer metoder anvendt til å tolke de ulike felt- og laboratorieforsøkene for bestemmelse av karakteristiske parametre.

Følgende parametre er vurdert:

- Tyngdetetthet, γ/γ'
- Udrenert skjærfasthet, c_u
- Effektiv friksjonsvinkel, φ'
- Attraksjon, a

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 42 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

- Overkonsolideringsgrad, OCR

11.2.1.1 Rutineundersøkelser

Verdier for udrenert skjærfasthet, c_u fra rutineundersøkelser på opptatte prøver er antatt å gi verdier for direkte skjærfasthet, c_{uD} . Verdier fra konusforsøk angis i henhold til ISO 17892-6.

11.2.1.2 Treaksialforsøk

Den udrenerte, aktive skjærfastheten bestemmes i henhold til ref. [24] avsnitt 3.2.4. Utover dette vil det gjøres en vurdering på tøyingskompatibilitet for treaksialforsøkene.

Drenerte styrkeparametere, ϕ' og a/c' , er fastlagt fra et samleplott hvor utførte treaksialforsøk er fremstilt i et $\tau - p'$ diagram.

11.2.1.3 Ødometerforsøk

Ødometerforsøkene er utført som "Constant Rate of Strain" (CRS)-forsøk og er tolket i henhold til metoden angitt i ref. [22]. Ødometerforsøkene er kun brukt til å tolke forkonsolideringsspenningen, σ'_{pc} , for vurdering av overkonsolideringsgraden, OCR .

11.2.1.4 Tolkning av CPTu

For bestemmelse av den udrenerte, aktive skjærfastheten, tolkes den aktive skjærfastheten, c_{uA} , ut fra CPTu-forsøkene på bakgrunn av bæreevnefaktorene, N_{kt} , $N_{\Delta u}$ og N_{ke} , korrigert spissmotstand, q_t , og poretrykksforholdet, B_q , i henhold til «CPTU Correlations for Clays» av Karlsrud et. al 2005 [25].

11.2.2 Valg av materialeparametre

Valgte materialeparametre benyttet i stabilitetsberegningene er angitt i Tabell 11-1. I de etterfølgende avsnitt er valgene begrunnet.

Tabell 11-1: Geotekniske parametre benyttet i stabilitetsberegningene.

Materiale	Tyngdetetthet, γ [kN/m ³]	Kohesjon, c' [kPa]	Friksjonsvinkel, ϕ' [°]	Udrenert skjærfasthet, c_{uA} [kPa]	ADP-faktorer c_{uD}/c_{uP}
Fyllmasser	19,0	1,0	35,0	-	-
Leire	19,5	-	30,0	Styrkeprofil på Vedlegg 4.1.5 og 4.2.5.	0,63 / 0,35
Kvikkleire	19,5	4	26,0	Styrkeprofil på Vedlegg 4.1.5 og 4.2.5.	0,64 / 0,36
Kalk/sement stabilisert leire	19,5	-	-	100 kPa	1/1

11.2.2.1 Fyllmasser

Drenerte styrkeparametere og tyngdetetthet på fyllmasser er vurdert utfra erfaringsparametere i SVV håndbok V220 samt egne erfaringer.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 43 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

11.2.2.2 Leire og kvikkleire

Tyngdetetthet

Basert på utførte forsøk varierer tyngdetettheten i leiren mellom 19 og 19,5 kN/m³.

Plastisitetsindeks og anisotropi

Plastisitetsindeks, I_p , i leiren er undersøkt i utvalgte intakte prøver. I_p for borpunkt 0331 og 0396 kan ses på hhv. Vedlegg 4.1.8 og 4.2.9. I 0396 finnes til I_p til mellom 13-17 i den bløte leiren i 11-14 m dybde. I 0331 finnes I_p til mellom 12-22 i de øverste 9 m mens den finnes til 2-7 i kvikkleiren.

For vurdering av udrenert aktiv, direkte og passiv skjærstyrke benyttes anisotropifaktorer (ADP – faktorer) iht. anbefalinger i ref. [26]. Det vurderes at det benyttes D/P-faktor på 0,63/0,35 for leiren da det ikke er prøver direkte i snitt. For kvikkleiren benyttes 0,64/0,36 med bakgrunn i I_p fra prøveserien i 0396.

Drenert styrkeparametere

Drenerte styrkeparametere på leire og kvikkleire er vurdert på bakgrunn av laboratorieforsøk.

Tolkning av drenerte parametere i den fastere leire er vurdert med bakgrunn i treaksialforsøk i 3,4 og 5,4 m dybde i 0331. Det henvises til Vedlegg 2.1.1.

Drenerte parametere i kvikkleiren er vurdert med bakgrunn i tolkning av forsøk i 0396. Tolkning kan ses på Vedlegg 2.2.1. CPTu-tolkning av friksjonsvinkel, φ' , og attraksjon, α , utført i 0396 ved bruk av NTNU-metode 1, 2 og 3, ref. [27] viser god overensstemmelse med tolkning av treaksialforsøkene på kvikkleire, se Vedlegg 4.2.6.

Udrenert styrkeprofil

Styrkeprofilene er basert på tolkning av de utførte laboratorie- og feltforsøkene. Ved vurdering av styrkeprofilenes pålitelighet er følgende rangering anvendt i henhold til ref. [24]:

- Treaksialforsøk av god kvalitet
- CPTU
- Erfaringsverdier når kjennskap til graden av overkonsolidering, OCR, eksisterer
- Konus-forsøk, enaksial trykkforsøk

Styrkeprofil tolket ved bruk av CPTu 0331 benyttes i arealene i bunn av skrånningen. Styrkeprofil fra 0396 benyttes i topp av skrånningen. Det henvises til hhv. Vedlegg 4.1.5 og 4.2.5.

11.2.2.3 Kalksementstabilisert leire

Materialeparametre for kalksementstabilisert leire er vurdert ved bruk av erfaringer fra "*Veiledning for grunnforsterkning med kalksementpeler*," ref. [28] og SVV håndbok V221, ref. [29]. Det er ved ferdigstillelse av denne rapporten bestilt innblandingsforsøk med kalksement i leire fra prøveserie 0396,

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 44 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

men disse er enda ikke ferdigstilt. Det må i detaljprosjekteringen tas med resultater fra disse forsøkene for vurdering av kalksementstabiliseringens omfang. Ytterligere må det utføres forsøk i felt til verifisering av styrke på kalksementpeler. Omfang vurderes i detaljprosjekteringen.

Ved bruk av dobbeltribbe benyttes styrketak for udrenert skjærstyrke på 175 kPa iht. anbefalinger i [29]. Det benyttes metodikk beskrevet i ref. [28] for vurdering av gjennomsnittlig skjærfasthet for det totale jordvolumet. Senteravstand mellom ribbene er antatt 2 m og er antatt utført med 0,6 m peler. Dekningsandelen for kalksementpeler er da 0,48. Gjennomsnittlig direkte skjærstyrke for leire i området under banefyllingen er på omtrent 28 kPa iht. vurdert skjærstyrkeprofil på Vedlegg 4.2.5. Dette gir en gjennomsnittlig direkte skjærfasthet på omtrent 100 kPa. For den nederste meteren av kalksementpelene benyttes halv styrke for å simulere dårlig innblanding av kalksement i overgangen mellom leire og berg.

11.3 Grunnvannsstand

Grunnvannstand i topp av skråningen er vurdert til kote +48,6 basert på forventet gjennomsnittlig stighøyde til ca. 1,5 m under terreng.

11.4 Laster

I stabilitetsberegningene er det påsatt laster på banefyllingen. Situasjon med normal toglast, samt situasjon med anleggslast på spor, er vurdert. Karakteristiske laster er valgt iht. Sporveiens tekniske regelverk, ref. [10], og er gjengitt i Tabell 11-2

Tabell 11-2: Laster til bruk i stabilitetsberegninger, ref. [4].

Situasjon	Størrelse last på spor (karakteristisk)	Størrelse last sideterreng (karakteristisk)
Normal toglast	15 kPa	3 kPa
Anleggslast	20 kPa*	3 kPa

*) I designbasis til Fornebuibaneprojektet [4] benyttes karakteristisk anleggslast = 25 kPa, med lastfaktor 1,3.

Dimensjonerende laster fra normal toglast og last på sideterreng er fremskaffet ved å multiplisere karakteristiske laster med lastfaktor 1,5. Last på spor fordeles jevnt over svillebredde 2,5 m.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 45 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

12. STABILITETSVURDERINGER

Det gjøres stabilitetsvurderinger av fylling ved Frognerbekken for å sikre at prosjektet er gjennomførbart.

12.1 Analysemetode

Sikkerheten mot utglidning skal bestemmes både for dagens situasjon med drenert jordoppførsel, og for hendelser som kan medføre udrenert jordoppførsel og bruddutvikling. Dagens drenerte tilstand analyseres med en drenert $\alpha\varphi'$ -analyse, mens udrenert tilstand analyseres med en udrenert c_u -analyse. Fyllmasser modelleres som et drenert $\alpha\varphi'$ -materiale, uavhengig om en ser på drenert eller udrenert tilstand.

Beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» er benyttet i stabilitetsanalysen.

12.2 Stabilitetsvurderinger

12.2.1 Oversikt over beregninger

Det er gjort stabilitetsvurdering av ulike situasjoner i Snitt A-A og B-B. Oversikt over beregninger, situasjoner undersøkt, sikkerhetskrav i den enkelte situasjon samt resultat av beregning kan ses i Tabell 12-1.

Tabell 12-1: Oversikt over stabilitetsberegninger i Vedlegg 5, sikkerhetskrav samt resultat for den enkelte beregning.

Snitt	Situasjon og beskrivelse	Sikkerhetskrav	Resultat
Snitt A-A	Dagens situasjon – Normal toglast	$F_{c\varphi'} \geq 1,60$ (Sporveiens krav) $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s = 1,61$	$F_{c\varphi'} = 1,08$ $F_{cu} = 0,98$ (2,5% 3D-innspenning)
Snitt A-A	Stabiliseringstiltak – Kalksementstabilisering og utvidet sprengteinsfylling -- Normal toglast	$F_{c\varphi'} \geq 1,60$ (Sporveiens krav) $F_{cu} \geq 1,60$ (Sporveiens krav)	$F_{c\varphi'} = 2,08$ $F_{cu} = 1,62$
Snitt A-A	Stabiliseringstiltak – Kalksementstabilisering og utvidet sprengteinsfylling - Anleggslast	$F_{c\varphi'} \geq 1,60$ (Sporveiens krav) $F_{cu} \geq 1,60$ (Sporveiens krav)	$F_{c\varphi'} = 2,13$ $F_{cu} = 1,62$
Snitt A-A	Anleggs situasjon – kalksementrigg på graveskråning	$F_{c\varphi'} \geq 1,25$ $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s = 1,61$	$F_{c\varphi'} = 1,41$ $F_{cu} = 1,63$

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 46 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Snitt	Situasjon og beskrivelse	Sikkerhetskrav	Resultat
Snitt B-B	Anleggs situasjon – Graveskråning i banefylling	$F_{c\phi} \geq 1,25$ $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s = 1,61$	$F_{c\phi} = 1,85$ $F_{cu} = 1,62$

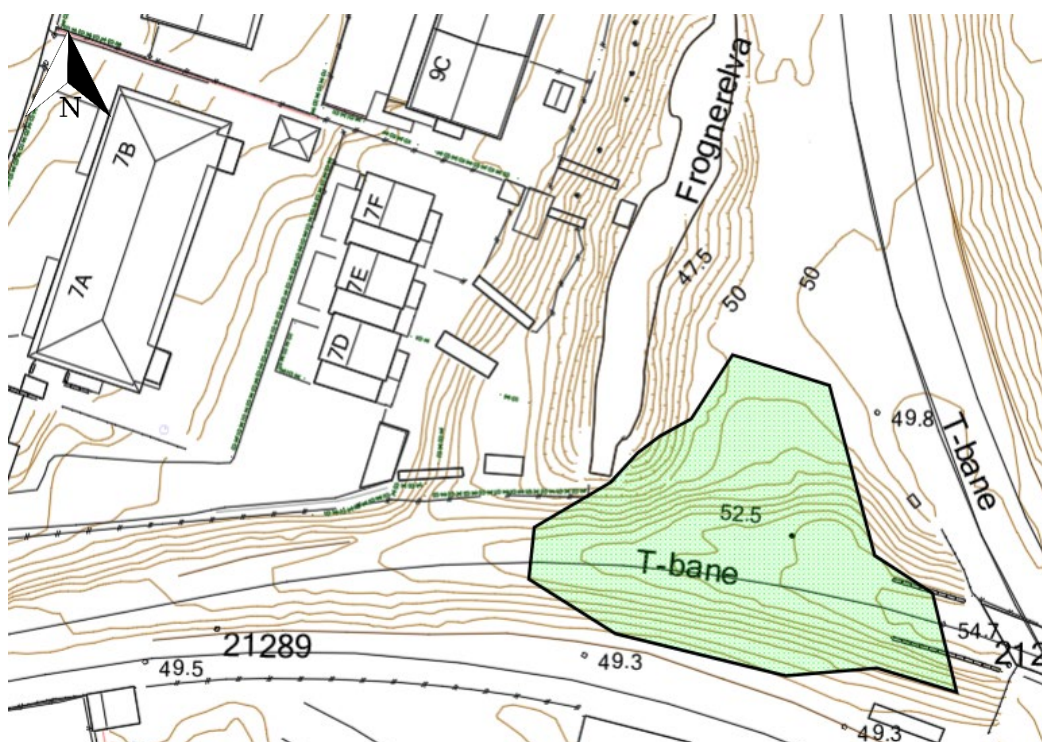
12.2.2 Dagens situasjon

Dagens situasjon er sjekket i Snitt A-A. Sikkerheten er ikke overholdt, hverken i drenert eller udrenert tilstand. Det må derfor gjøres stabiliserende tiltak.

12.2.3 Stabiliserende tiltak

12.2.3.1 Banefylling

For å stabilisere banefyllingen er det vurdert bruk av kalksementstabilisering som angitt på beregningssnitt. Tilkomst for kalksementtrigg må skje fra sørlig side av banefylling. Dette medfører at banefylling må graves bort slik at kalksementtrigg kan få tilgang. På Figur 12-1 ses vurdert utgravningsområde.

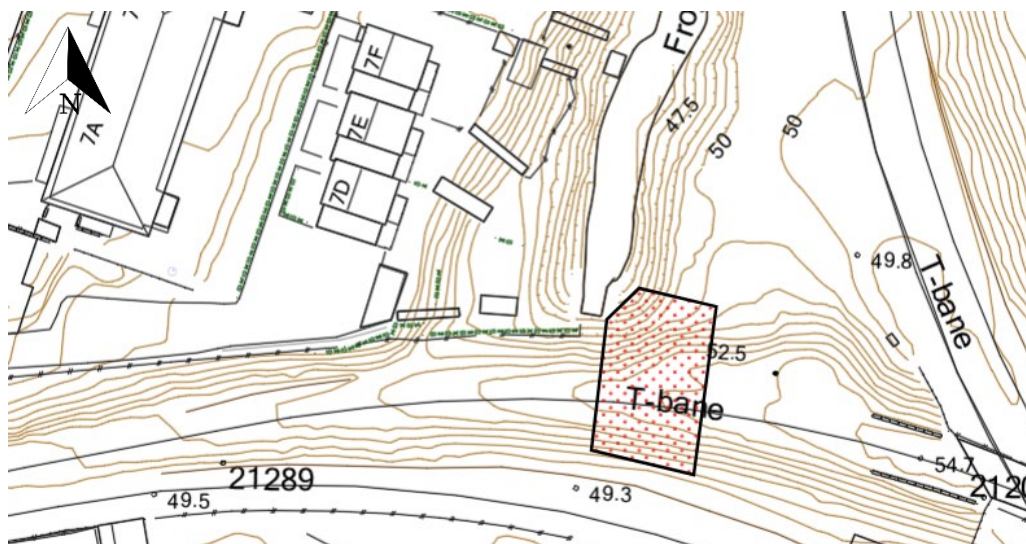


Figur 12-1: Omfang av utgravning ved Frognerbekken for tilkomst for kalksementtrigg er markert med grønt.

Det vurderes at kalksementstabiliseringen utføres som dobbelt ribber av $\varnothing 600$ peler med 20 % overlapp. c/c avstand mellom ribbene er antatt til omtrent 2 m. Vurdert område for kalksementstabilisering er angitt på Figur 12-2. Omfang av kalksementstabiliseringen er begrenset av betongkulvert mot vest og graveskråning mot øst. Mot øst må det likeså sikres tilstrekkelig sikkerhetsavstand til T-

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 47 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

banespor i drift. Omfang for kalksementstabiliseringen må detaljeres i detaljfasen når innblandingsforsøk av kalksement i leire er ferdigstilt.



Figur 12-2: Forventet omfang av kalksementstabilisering ved Frognerbekken markert med rød markering.

12.2.4 Anleggssituasjon

Det er sjekket anleggssituasjon i alle tre snitt for å sikre gjennomførbarhet av utførelsen.

I Snitt A-A er det sjekket anleggslast fra kalksementrigg for installasjon med graveskråning på 1:10. Det er vurdert at kalksementrigg må holde en avstand til skråningskant på 5,5 m.

I Snitt B-B er det sjekket graveskråning mot banebru mot Majorstuen stasjon. Det er i den udrenerte situasjonen funnet at graveskråning må etableres som trappeprofil som angitt på beregningsnitt. Det gjøres oppmerksom på at det ikke er benyttet anleggslast på toppen av graveskråning.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 48 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

13. STABILISERENDE TILTAK OG PÅVIRKNING FRA ANLEGGSDRIFT

13.1 Nødvendige stabiliserende tiltak

Følgende stabiliserende tiltak er vurdert nødvendig for å sikre nye tiltak i planområdet mot kvikklei-reskred:

1. For etablering av utvidet banefylling må det utføres kalksementstabilisering for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet,
2. Etablering av ny banefylling med helning 1:2 mot Frognerbekken.

Herdetid for kalk/sement stabilisering må vurderes i neste fase når resultater fra innblandingsforsøk i laboratoriet er ferdigstilt.

13.2 Miljømessig konsekvenser og forebyggende tiltak for stabiliserende tiltak

Miljømessig konsekvenser ved bruk av de stabiliserende tiltak som må utføres i nærheten av bekkeområdet er behandlet i fagrapport for ytre miljø, PF-U-070-RB-0043, ref. [30], og notat PF-U-721-RA-0001, ref. [3].

13.3 Hensyn ved anleggsdrift i planområdet

13.3.1 Lagring av masser

Det må på intet tidspunkt lagres masser innenfor faresonen registrert ved Frognerbekken. Alle masser må gå fra gravemaskin til dumper og fraktes ut av faresonen. Oppgravde masser må kjøres til egnet mottak utenfor faresonen.

13.3.2 Poretrykksoppbygning

Poreovertrykk må følges opp i anleggsfasen ved installering av kalksementpeler. Økt poretrykk i leiren vil kunne medføre redusert stabilitet i anleggssituasjonen.

13.3.3 Anleggslast

Anleggslast beskrevet og benyttet i stabilitetsberegningene må overholdes.

I beregningssnitt B-B er det forutsatt at det ikke er anleggslast på toppen av graveskråningen. Dette må sikres gjennom hele byggeperioden.

Dersom høyere anleggslast er nødvendig må sikkerheten og evt. sikringstiltak vurderes av geotekniker.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 49 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

13.3.4 Vibrasjoner

13.3.4.1 Sprengning i byggegrop og tunnel

Minste avstand fra sprengning av berg i byggegrop til faresone for kvikkleireskred er på omtrent 40 m. Sprengning kan gi vibrasjoner som kan påvirke sikkerheten i en kvikkleiresone og forårsake kvikkleireskred.

NS 8141-3:2014, ref. [31], har satt en frekvensveid grenseverdi på 45 mm/s for vibrasjoner i kvikkleire, for å unngå at vibrasjoner fra blant annet sprengning påvirker kvikkleireområder. Det må sikres at denne verdien ikke overskrides ifm. med sprengning i og nær den registrerte faresonen. I detaljprosjekteringen vil det vurderes nærmere behovet for måling av vibrasjoner på terreng i området med registrert kvikkleire, der hvor entreprenør må følge kravene under gjennomføring. Det henvises til NS 8141-3:2014 for nærmere beskrivelse av nødvendig vurderinger og målinger av vibrasjoner utløst fra sprengning av berg.

13.3.4.2 Spunting, anleggstrafikk, riving og andre anleggsarbeider

Vibrasjoner knyttet til spunting, anleggstrafikk, riving og andre anleggsarbeider i nærheten til faresonen må vurderes i detaljprosjekteringen og avbøtende tiltak må beskrives slik at det i utførelsen sikres at sikkerheten i faresonen på noe tidspunkt vil bli forverret.

Dersom vibrasjoner fra anleggsvirksomhet, som kan forverre sikkerheten i faresonen, ikke kan unngås må de beskrevne stabiliserende tiltak ved Frognerbekken utføres før spesifikk anleggsvirksomhet kan starte.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 50 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

14. KONKLUSJON

14.1 Overordnet

Det er påvist kvikkleire og sprøbruddmaterialer innenfor prosjektområdet, og topografiske forhold tilsier at områdestabilitet må utredes. Utført utredning viser at det er en reell fare for områdeskred i det aktuelle området.

Det er identifisert et løснеområde i tilknytning til Frognerbekken og skråningen opp mot dagens bane. Løснеområdet har et utløpsområde som begrenser seg til bekkeløpet grunnet topografiske forhold, berg i dagen og løsmassemekktighet.

Tiltaket vurderes i tiltakskategori K4 med "*Middels faregrad,*" "*Alvorlig konsekvensklasse,*" og "*Risiko-klasse 3.*"

Stabilitetsberegninger viser ikke tilstrekkelig sikkerhet iht. gjeldende krav. Det er vurdert stabiliserende tiltak i form av

- Kalksementstabilisering av banefylling,
- Ny banefylling med helning 1:2
- Ingen anleggslast på skråningstopp i snitt B-B.

Detaljerte stabilitetsberegninger, vurderinger av områdestabilitet og detaljerte beskrivelse stabiliseringstiltak må vurderes i detaljprosjekteringen.

Faresonen bør defineres som hensynssone i reguleringsplanen. Til hensynssonen bør det knyttes bestemmelser som sikrer at stabilitetsforholdene blir ivaretatt i detaljprosjekteringen.

Det vurderes at det er tilstrekkelige grunnundersøkelser for å gjennomføre nåværende planfase.

Prosjektområdet ligger ikke innenfor et sannsynlig utløpsområde for skred fra nærliggende områder.

14.2 Videre arbeid

Dette notat må sendes til uavhengig kvalitetssikring iht. NVE veileder 1/2019.

Alle vurderte tiltak må detaljeres og endelig omfang vurderes i detaljprosjekteringen. Detaljprosjekteringen er planlagt utført av PGF utover 2022.

14.3 Eventuelt forslag til rekkefølgebestemmelser eller vilkår i plan/byggesak

Anbefalinger i geoteknisk notat skal følges opp i detaljprosjekteringen og utførelse. Dette gjelder:

- Kalksementstabilisering av banefylling,
- Krav til vibrasjoner fra sprengning og annen anleggsvirksomhet,
- Krav til poretrykksoppfølging ved installasjon av kalk/sement peler,

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 51 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

- Lagring av masser i faresonen,

Sikkerhet mot skred skal ivaretas for alle faser av utbyggingen. Herunder skal fagområdet geoteknikk belegges med ansvar ifm. detaljprosjekteringen hvor konsekvens- og pålitelighetsklasse skal velges ut fra prosjektets vanskelighetsgrad og konsekvens.

Alle tiltak og utbygginger, inklusiv nødvendige stabiliserende tiltak for sikring mot kvikkleireskred, må detaljprosjekteres i henhold til gjeldende krav og regelverk. Detaljprosjekteringen skal inkludere plan for gjennomføring og krav til utførelseskontroll.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 52 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

15. REFERANSER

- [1] Norges Vassdrag- og energidirektorat (NVE), Sikkerhet mot kvikkleireskred, Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper, NVE veileder 1/2019, ISBN: 978-82-410-2091-9, 2020.
- [2] Norges Vassdrag- og energidirektorat (NVE), «NVE veileder 7/2014, Sikkerhet mot kvikkleireskred : vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» NVE, ISSN: 1501-0678, 2014.
- [3] PGF, «Tiltak i Frognerbekken,» Dok.Nr: PF-U-721-RA-0001, 2021.
- [4] Sporveien, «Teknisk regelverk - T-baneanlegg. Prosjektering og bygging. Underbygning,» 2015.
- [5] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, Plan og bygningsloven - pbl, 2008.
- [6] Direktorat for Bygge kvalitet, «Byggeteknisk forskrift (TEK17) med veiledning,» Direktorat for Bygge kvalitet, 2017.
- [7] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Flaum- og skredfare i arealplanar,» NVE retningslinjer 2/2011, ISSN: 1501-9810, 2014.
- [8] Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE, «NVE ekstern rapport 9/2020, Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred,» NVE, ISBN: 978-82-410-2081-0, 2020.
- [9] Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE, «NVE veileder 1/2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred : vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» NVE, ISBN: 978-82-410-2091-9, 2020.
- [10] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Metode for vurdering av løsn- og utløpsområder for områdeskred'. Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire (NIFS),» Rapport nr. 14/2016, 2016.
- [11] PGF, Prosjekteringsgruppen Fornebubanen, «Design Basis - Prosjektering av byggegrupp,» Dok.nr. PF-U-721-EC-0001, 2019.
- [12] Statens Kartverk, «Høydedata.no,» Geodata AS, 2021. [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [13] Norge Geologiske Undersøkelse (NGU), «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. [Funnet 2021].
- [14] Vann- og avløpsetaten, Oslo kommune, «Under Oslo,» [Internett]. Available: <https://kart4.nois.no/underoslo/Content/Main.aspx?layout=underoslo&time=637352579469400192&vwr=asv>.
- [15] Norconsult, «Fornebubanen, Parsell 2: Lysaker Majorstuen, Grunnundersøkingar, -03, Datarapport,» Dok.nr. 5011052-03, 2015.
- [16] Norconsult, «Fornebubanen, Parsell 2: Lysaker Majorstuen, Grunnundersøkingar, -04, Datarapport,» Dok.nr: 5011052-04, 2016.
- [17] Norconsult, «Fornebubanen. Reguleringsplan, Parsell 2: Lysaker - Majorstuen. KU-2-14 Vurdering av områdestabilitet.,» Dok.nr. KU-2-14, 2017.
- [18] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE), «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>. [Funnet 2021].
- [19] PGF, Prosjekteringsgruppen Fornebubanen, «Majorstuen stasjon, Vurdering av flomfare og tiltak,» Dok.nr: PF-U-070-RA-0031, 2021.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 04G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 53 av 53
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

- [20] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Modul F2.201: Ordna steinlag, sidesikring - Prosjektering,» Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2020. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/moduler/modul-f2-201-ordna-steinlag-sidesikring-prosjektering/>.
- [21] PGF, Prosjekteringsgruppen Fornebubanen, «Fornebubanen - Geoteknisk Datarapport,» Dok.nr. PF-U-070-RA-0007, 2020.
- [22] Norconsult AS, Nye Majorstuen T-baneknutepunkt, Geotekniske grunnundersøkelser vest for Majorstuen stasjon, Datarapport, Prosjekt.nr. 52106827, Dok.nr. RIG-R-01, 2022.
- [23] Statens Vegvesen (SVV), «Håndbok V220: Geoteknikk i vegbygging,» 2018.
- [24] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred, Ekstern rapport 9/2020, ISBN: 978-82-410-2081-0, 2020.
- [25] NIFS, «Valg av karakteristisk cuA – profil basert på felt – og laboratorieundersøkelser,» NIFS, Rapport 77/2014, ISBN: 978-82-410-1028-6, 2014.
- [26] K. Karlsrud, T. Lunne, D. Kort og S. Strandvik, «CPTU Correlations for Clays,» Norwegian Geotechnical Institute, 2005.
- [27] NVE i et samarbeid med SVV og JBV, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer nr.14,» 2014.
- [28] R. Sandven, «Strength and deformation properties of fine grained soils obtained from piezocone tests,» 1990.
- [29] Norsk Geoteknisk Forening, «Veiledning for Grunnforsterkning med kalksementpeler,» Norsk Geoteknisk Forening, 2012.
- [30] Statens Vegvesen (SVV), «Håndbok V221, Grunnforsterkning, fyllinger og skrånninger,» 2014.
- [31] PGF, Prosjekteringsgruppen Fornebubanen, «Fagrapport ytre miljø Majorstuen-Madserud,» Dok.nr: PF-U-070-RB-0043, 2021.
- [32] Standard Norge, «Vibrasjoner og støt, Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk, Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire,» Standard Norge, 2014.

16. VEDLEGG

Vedlegg 1	Befaringsnotat
Vedlegg 2.1.1	Effektive styrkeparameter basert på treaksialforsøk (CAUa), borpunkt 0331
Vedlegg 2.1.2	Udrenert styrkeparameter basert på treaksialforsøk (CAUa), borpunkt 0331
Vedlegg 2.2.1	Effektive styrkeparameter basert på treaksialforsøk (CAUa), borpunkt 0396
Vedlegg 2.2.2	Udrenert styrkeparameter basert på treaksialforsøk (CAUa), borpunkt 0396
Vedlegg 3	Tolkning av CRS-forsøk borpunkt 0331 og 0396
Vedlegg 4.1.1-4.1.9	Tolkning CPTu i borpunkt 0331
Vedlegg 4.2.1-4.2.10	Tolkning CPTu i borpunkt 0396
Vedlegg 5	Stabilitetsberegninger ved Frognerbekken

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 1 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Vedlegg 1

Befaringsnotat – Befaring av Frognerbekken

Rev.	Dato	Utgitt for	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
02G	26.11.2021	Kommentarer	Brian Bjer-rum	Carsten Steen Sørensen	Marianne Aam Ness
03G	21.09.2022	Gjennomsyn	Brian Bjer-rum	Carsten Steen Sørensen	Marianne Aam Ness

Innhold:

1.	INNLEDNING	2
2.	ENDRINGSLOGG.....	3
3.	BEFARINGSOBSERVASJONER	3
4.	REFERANSER	13

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
Vedlegg 1		Dato: 21.09.2022
Skjerming: Offentlig (O)		Side: 2 av 14
Jfr.:	N/A	Klassifisering: INTERN

1. INNLEDNING

Dette vedlegget gjennomgår befaring av Frognerbekken ifm. vurdering av områdestabilitet i området rundt bekken. Frognerbekken ligger i forbindelse med fylling for T-bane. En faresone er kartlagt ned mot Frognerbekken og det er derfor risiko for at aktiv erosjon i bekken kan påvirke områdestabiliteten i området. Det befarte området er markert på *Figur 1-1*. Formålet med befaringen har vært å kartlegge omfang av aktiv erosjon i Frognerbekken samt omfang av evt. eksisterende erosjonssikring.



Figur 1-1: Befart område ved Frognerbekken markert med rød sirkel.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen Vedlegg 1		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 3 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

2. ENDRINGSLOGG

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
02G	26.11.2021	-	Utarbeidet vedlegg
03G	21.09.2022	-	Ny forside for rapport

3. BEFARINGSOBSERVASJONER

Oversikt over bilder samt klassifisering av erosjon er vist på Figur 3-1. Erosjon er vurdert med utgangspunkt i klassifisering beskrevet i NVE ekstern rapport 9/2020, ref. [1].

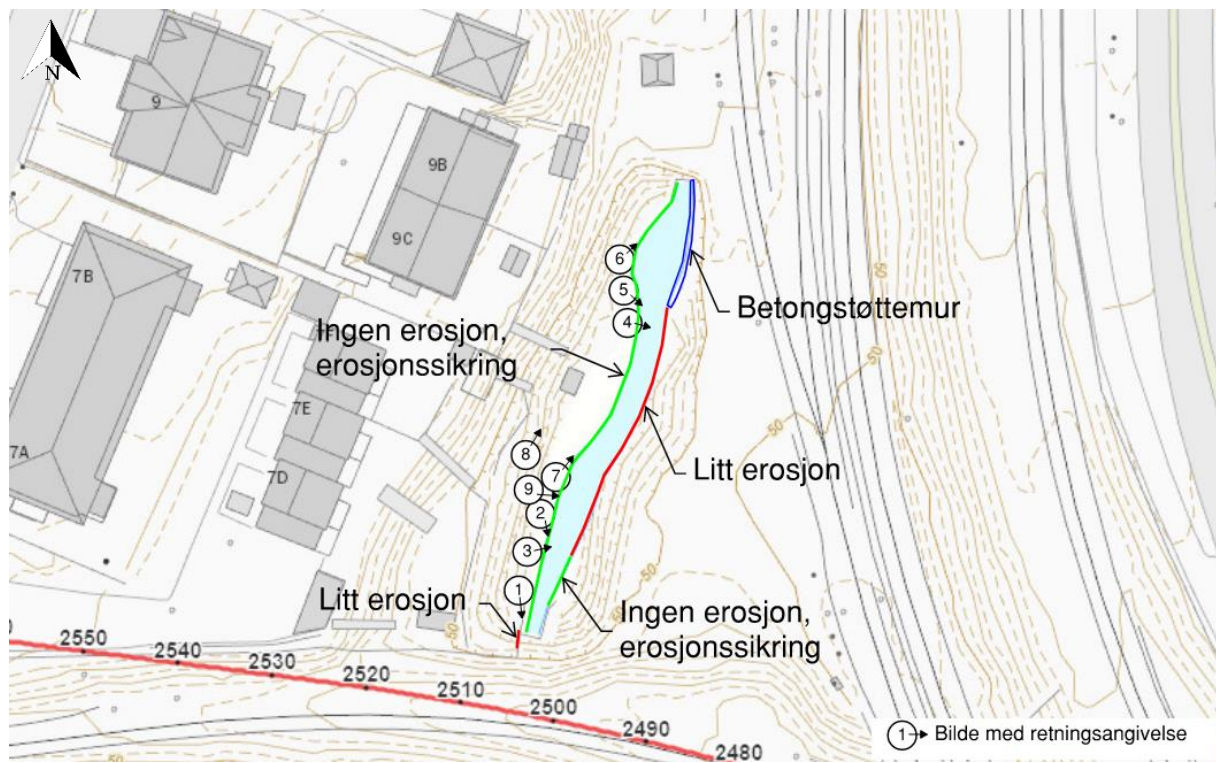
Bilde 1 (se Figur 3-2) viser at det på overflaten av fyllingsskråningen ses litt overflateerosjon. Overflateerosjonen skjer rundt kulvert under fylling.

Langs Frognerbekken er det observert "ingen erosjon" flere steder som markert på oversiktskart. Dette er vist på bilde 2, 6 og 7 (se Figur 3-3, Figur 3-7 og Figur 3-8). Steinstørrelse på opp mot 20-30 cm er observert, men også mindre størrelser enn dette er observert.

På bilde 3, 4, 5 og 9 (se Figur 3-4, Figur 3-5, Figur 3-6 og Figur 3-10) er det observert litt erosjon i fylling mot øst. Erosjon opp i fyllingen skjer i gamle fyllmasser bestående av friksjonsmasser. Fyllemassene har varierende fraksjonsstørrelse fra sand og grus til større stein.

Bilde 8 (se Figur 3-9) viser at det er tegn på overflateerosjon opp i skråningen et par meter over bekkenivå. Det er uklart om erosjonen er forårsaket av flom eller avrenning av overflatevann.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
Vedlegg 1		Dato: 21.09.2022
Skjerming: Offentlig (O)		Side: 4 av 14
Jfr.:	N/A	Klassifisering: INTERN



Figur 3-1: Oversikt over bilder med retningsbestemmelse, samt beskrivelse av erosjonsforhold langs Frognerbekken.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 5 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-2: Bilde 1 av fylling rundt kulvert under fylling.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 6 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-3: Bilde 2 av innløp mot kulvert under fylling.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 7 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-4: Bilde 3 av fylling mot øst.

Oslo Kommune – Fornebuveien		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 8 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-5: Bilde 4 av fylling mot øst.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 9 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-6: Bilde 5 av fylling mot øst.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 10 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-7: Bilde 6 av nordlig del av åpent bekkeløp.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 11 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-8: Bilde 7 av erosjonssikring mot vest. Bilde er tatt mot nord.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 12 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-9: Bilde 8 av erosjon opp i skråning mot vest.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 1		Side: 13 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

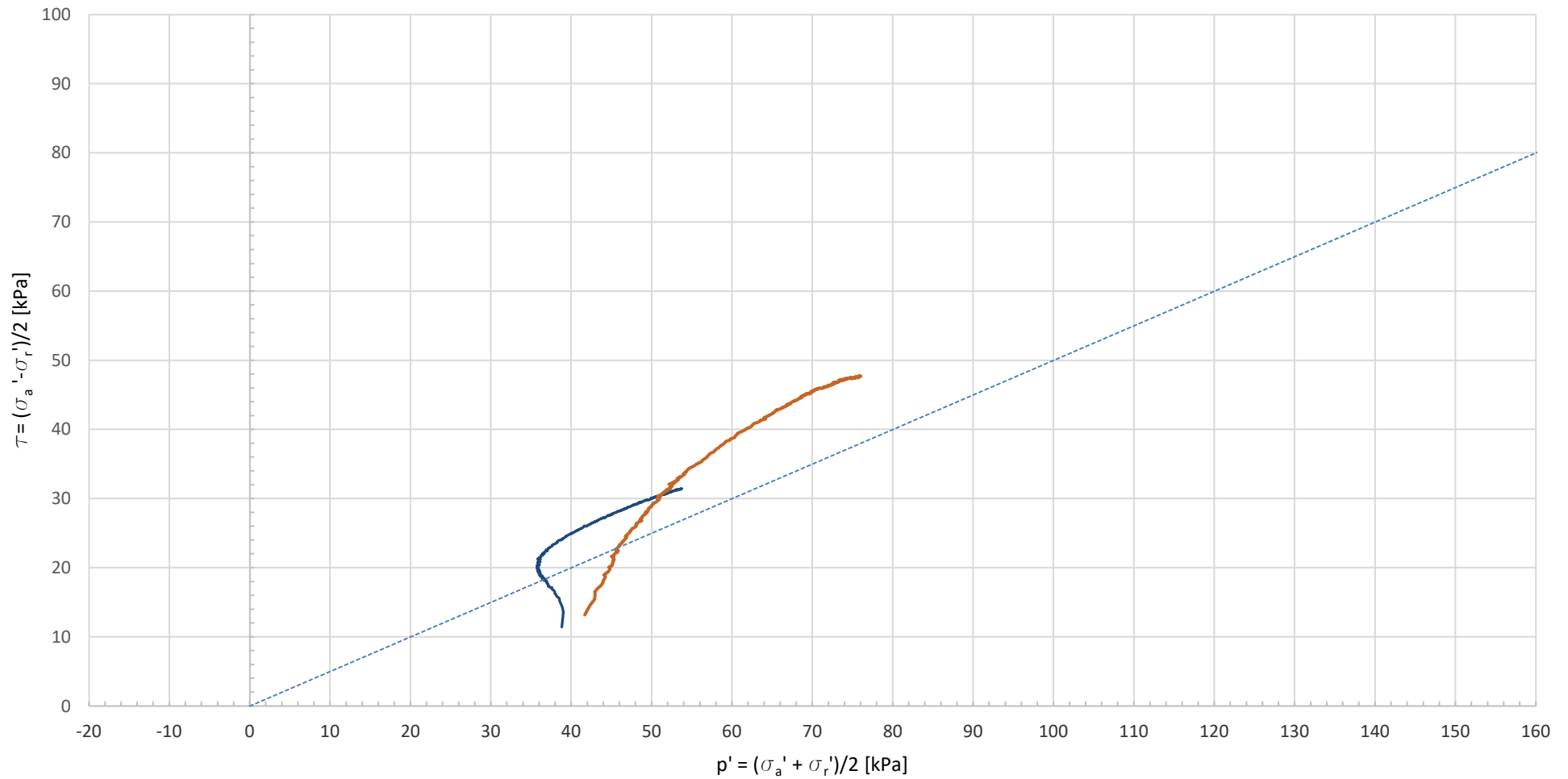


Figur 3-10: Bilde 9 av fylling mot øst.

4. REFERANSER

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred, Ekstern rapport 9/2020, ISBN: 978-82-410-2081-0, 2020.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 1
Områdestabilitet Majorstuen Vedlegg 1		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 14 av 14
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



— 0331 (3,4) Aktiv

— 0331 (5,4) Aktiv

- - - a = 0 kPa, phi = 30 deg

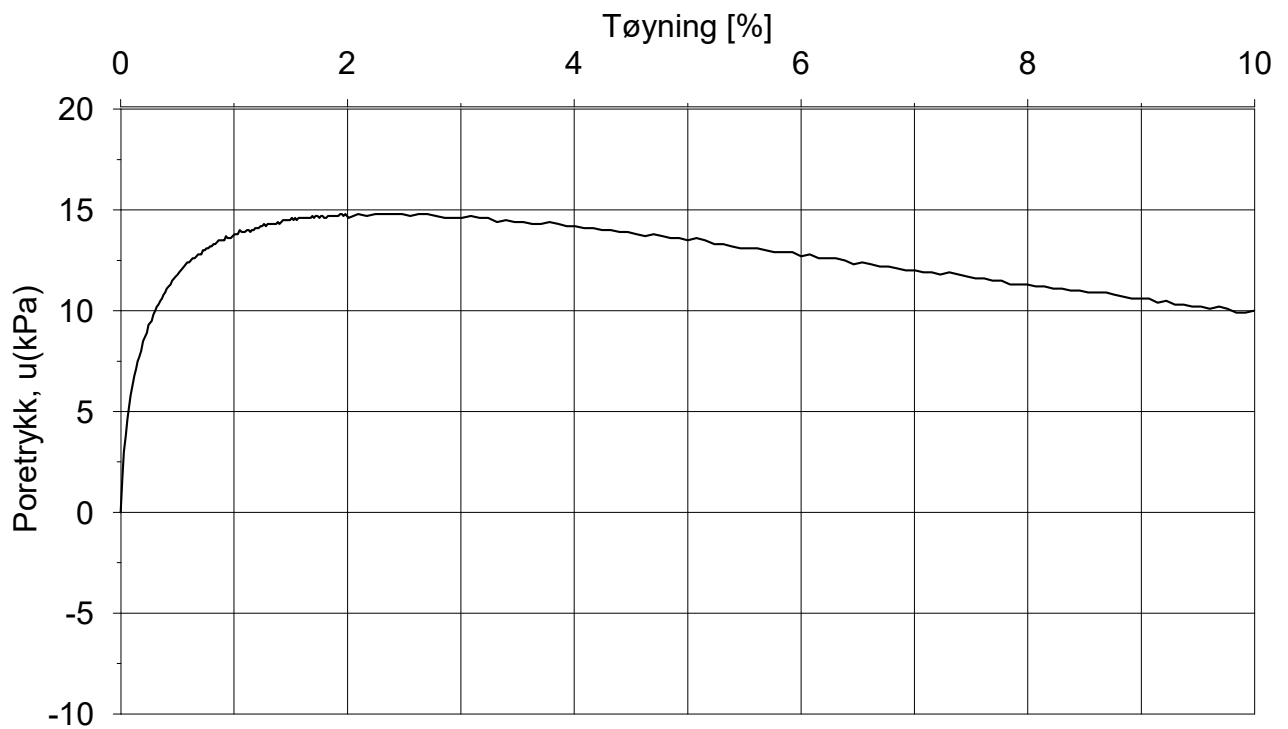
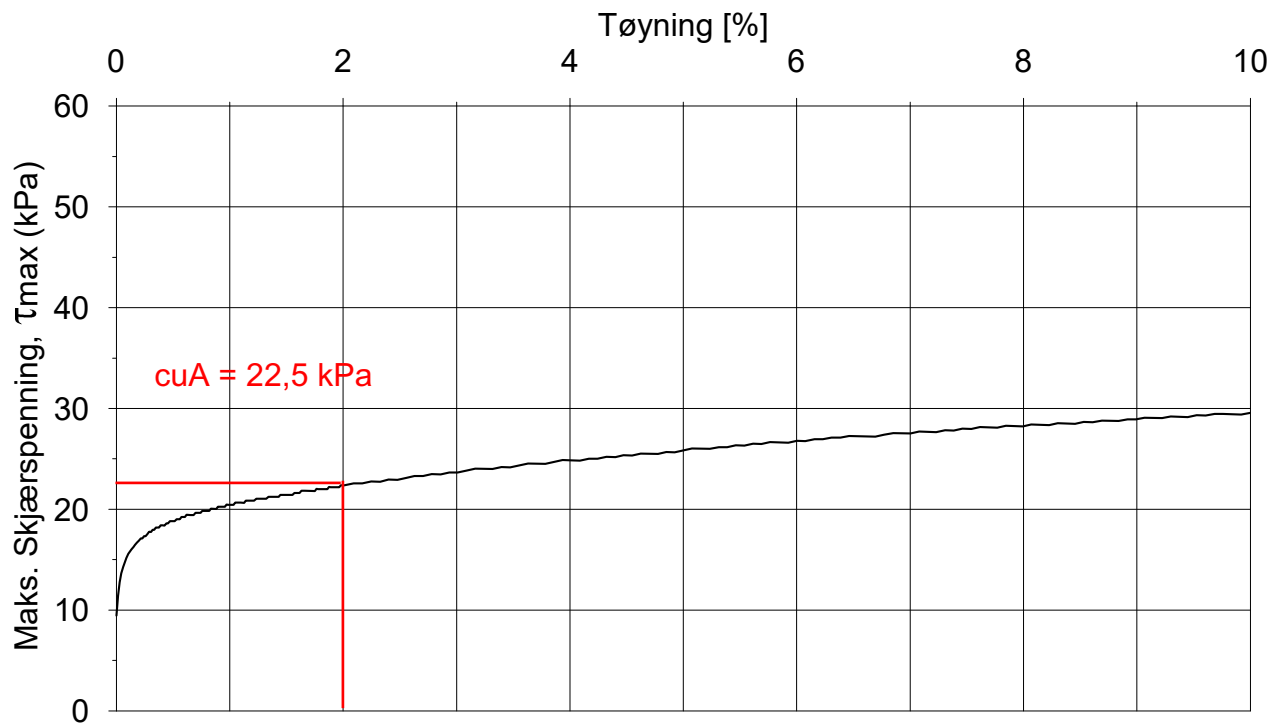
Fornebubanen

Effektive styrkeparamenter basert på triaksialforsøk (CAUa), borpunkt 0331



Dato:	Utarbeider:	Kontroll:	Godkjent:
26-11-2021	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness
Oppdrag nr.:	Vedlegg	Versjon:	
10201070	2.2.1	1.0	

Vedlegg 2.1.2



Forsøksdata

	$\gamma_i = 19,3 \text{ kN/m}^3$	$w_i = 31,0 \%$	$\sigma'_{vo} = 48,0 \text{ kPa}$
Dybde: 3,40 m	$\epsilon_{vol} = \Delta V/V = 3,00 \%$	$w_f = - \%$	$\sigma'_{ac} = 46,3 \text{ kPa}$
Gvs. = 1.5 m	$\Delta e/e_0 (-) = 0,068$	$w_p = - \%$	$\sigma'_{rc} = 27,4 \text{ kPa}$

Treacks CAUa Poretrykk- og mobiliseringsforsøk

Borpunkt: 0331

OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN

Dato: 16.07.2019

FORNEBUBANEN

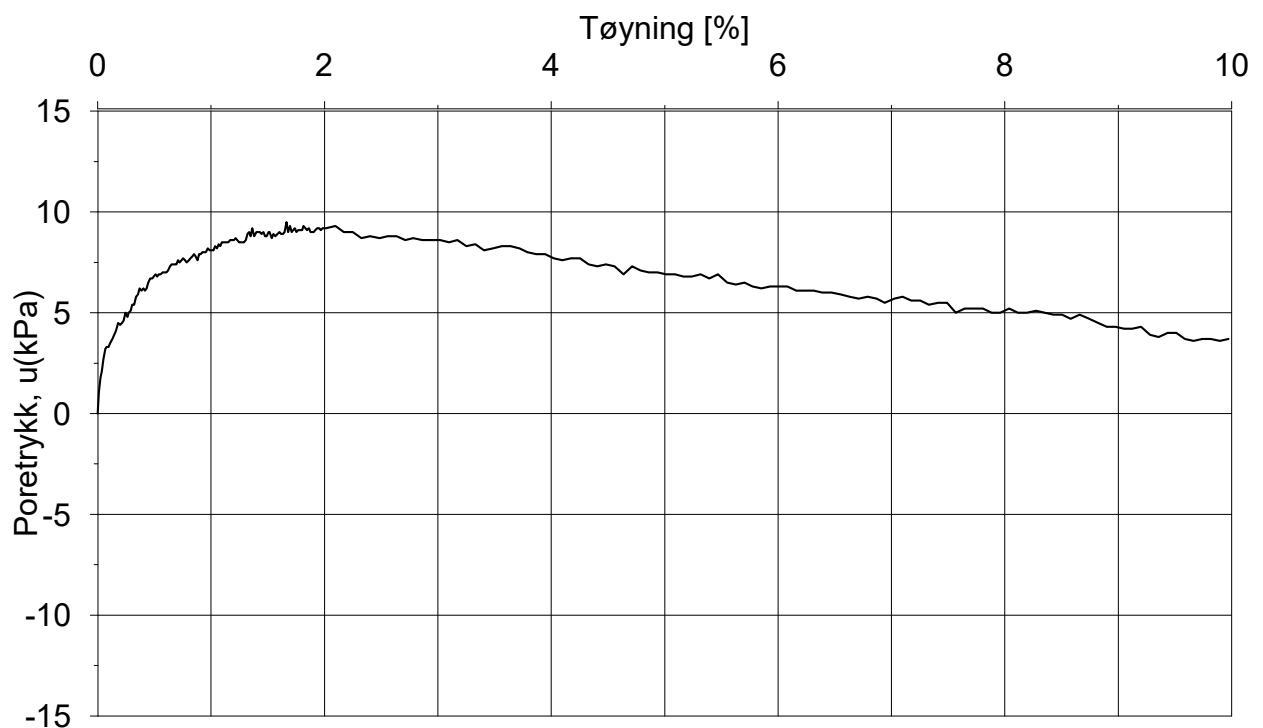
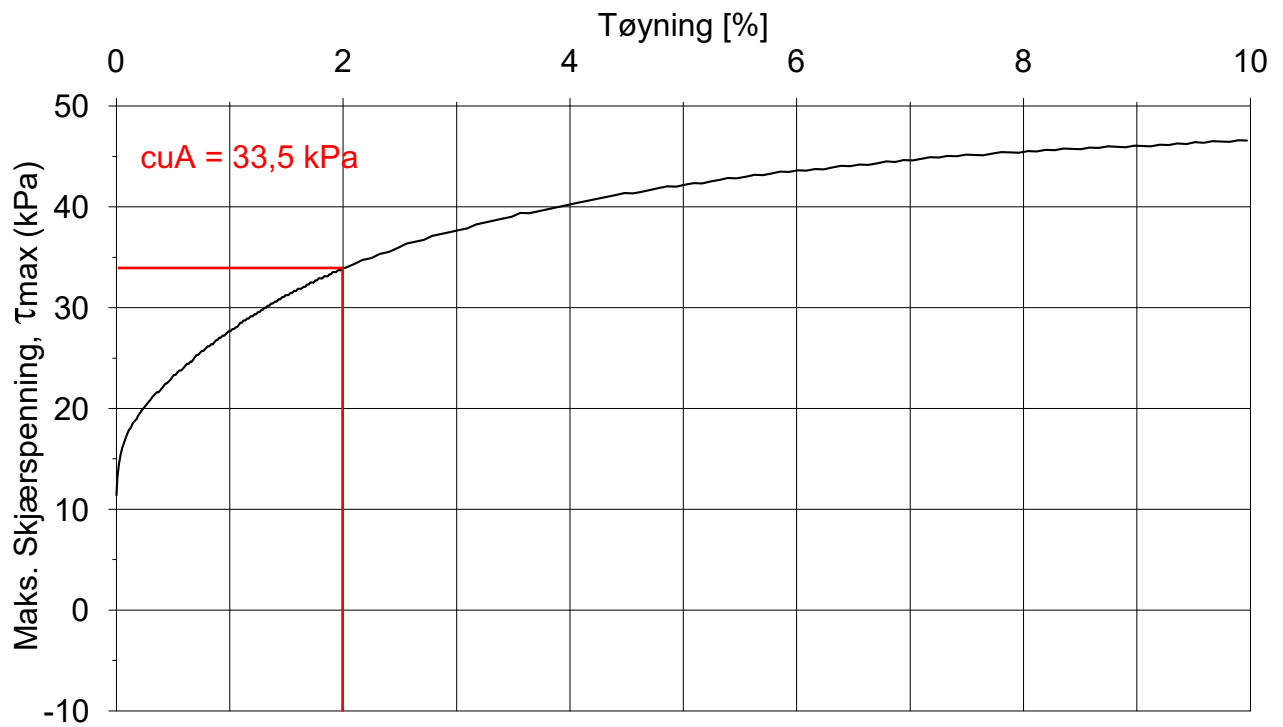
Multiconsult
www.multiconsult.no

Tegnet: RHS
Oppdragsnr: 10201070

Kontrollert: SIOR
Tegning nr.: 0331-450.3

Godkjent: MAB
Rev nr: 00

Vedlegg 2.1.2



Forsøksdata

	$\gamma_i = 17,2$ kN/m ³	$w_i = 47,5$ %	$\sigma'_{vo} = 57,0$ kPa
Dybde: 5,40 m	$\epsilon_{vol} = \Delta V/V = 3,76$ %	$w_f = -$ %	$\sigma'_{ac} = 55$ kPa
Gvs. = 1.5 m	$\Delta e/e_0 (-) = 0,070$	$w_p = -$ %	$\sigma'_{rc} = 33,1$ kPa

Trecks CAUa Poretrykk- og mobiliseringsforsøk

Borpunkt:

0331

OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN

Dato:

04.07.19

FORNEBUBANEN

Multiconsult
www.multiconsult.no

Tegnet

JONESA

Kontrollert:

SIOR

Godkjent:

MAB

Oppdragsnr:

10201070

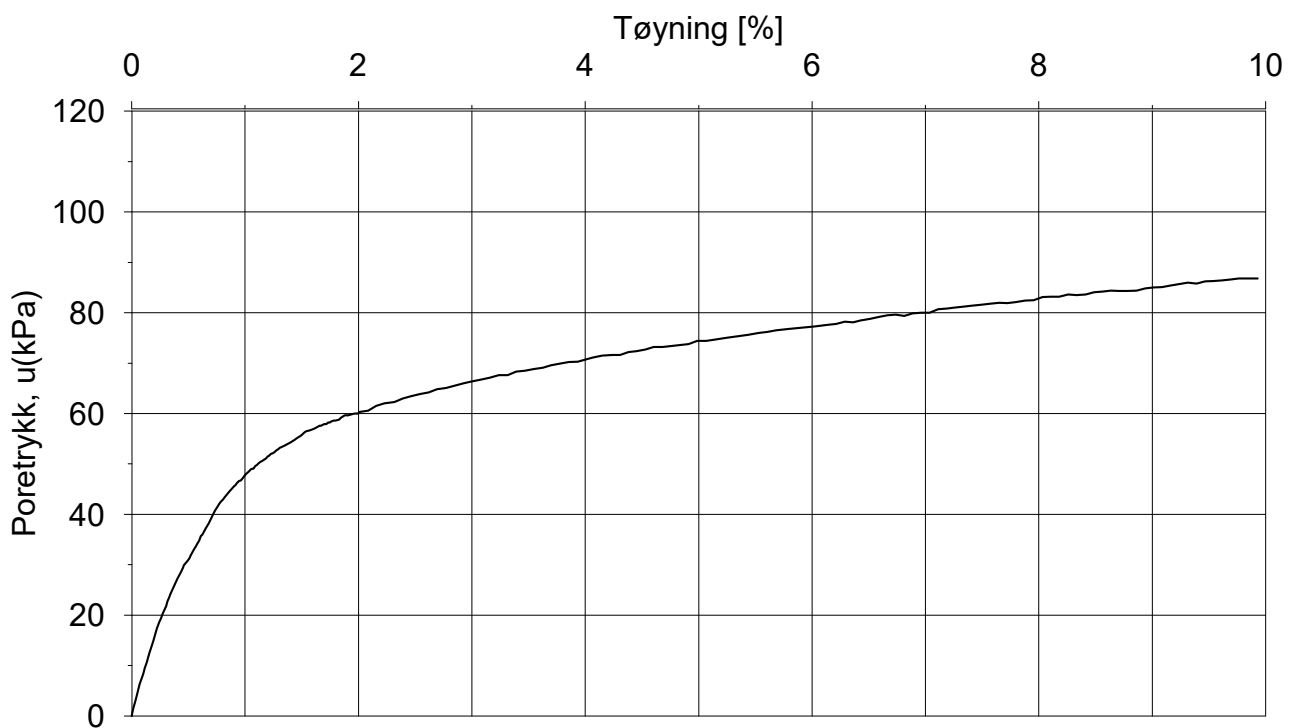
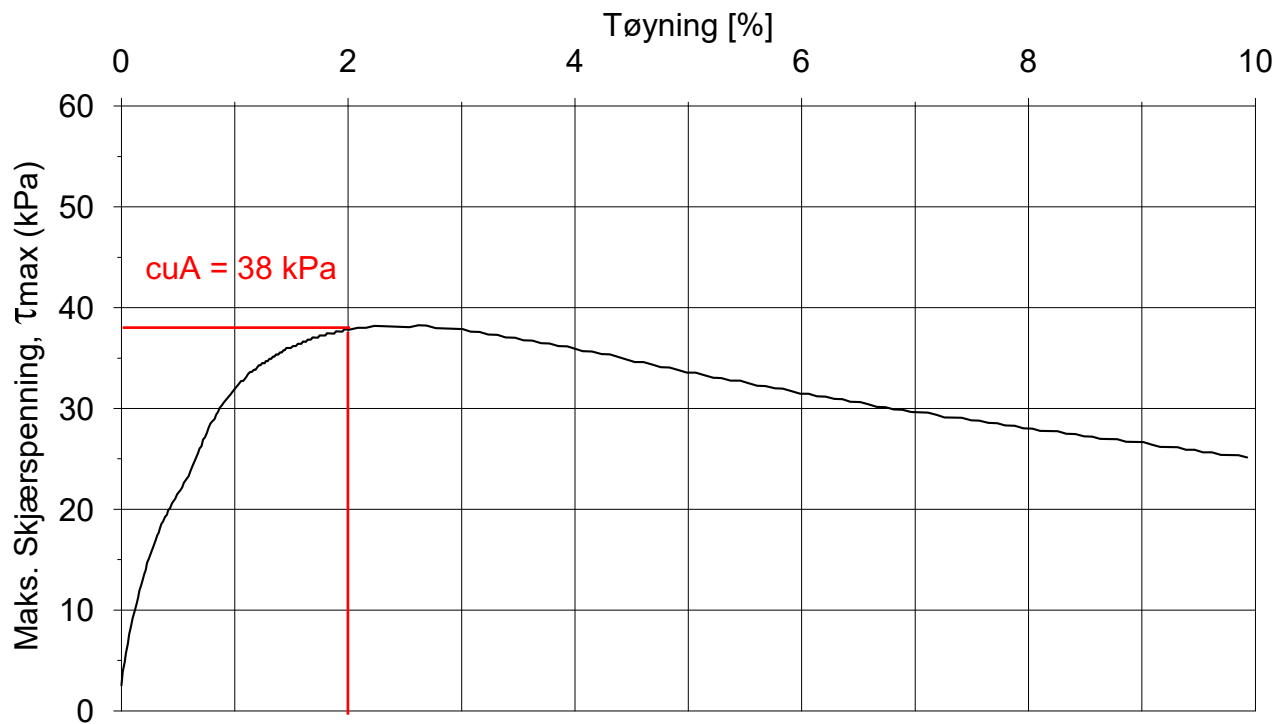
Tegning nr.:

0331-452.3

Rev nr.

00

Vedlegg 2.1.2



Forsøksdata

	$\gamma_i = 17,7 \text{ kN/m}^3$	$w_i = 38,7 \%$	$\sigma'_{vo} = 119,0 \text{ kPa}$
Dybde: 11,45 m	$\epsilon_{vol} = \Delta V/V = 6,89 \%$	$w_f = - \%$	$\sigma'_{ac} = 118,3 \text{ kPa}$
Gvs. = 1.5 m	$\Delta e/e_0 (-) = 0,134$	$w_p = - \%$	$\sigma'_{rc} = 114,7 \text{ kPa}$

Treacks CIUa Poretrykk- og mobiliseringsforsøk

Borpunkt:

0331

OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN

Dato:

16.07.2019

FORNEBUBANEN

Multiconsult
www.multiconsult.no

Tegnet

RHS

Kontrollert:

SIOR

Godkjent:

MAB

Oppdragsnr:

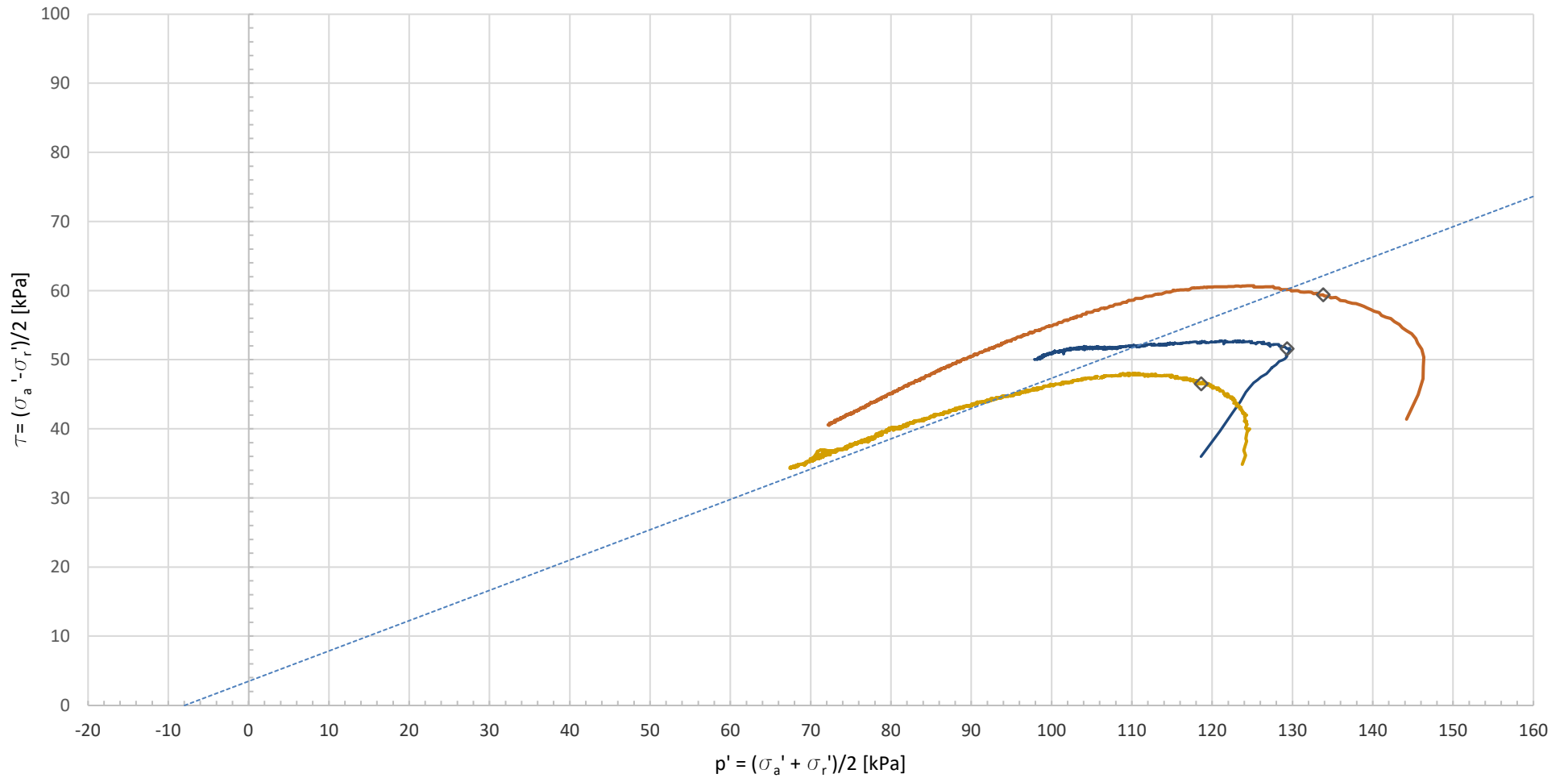
10201070

Tegning nr.:

0331-453.3

Rev nr.

00



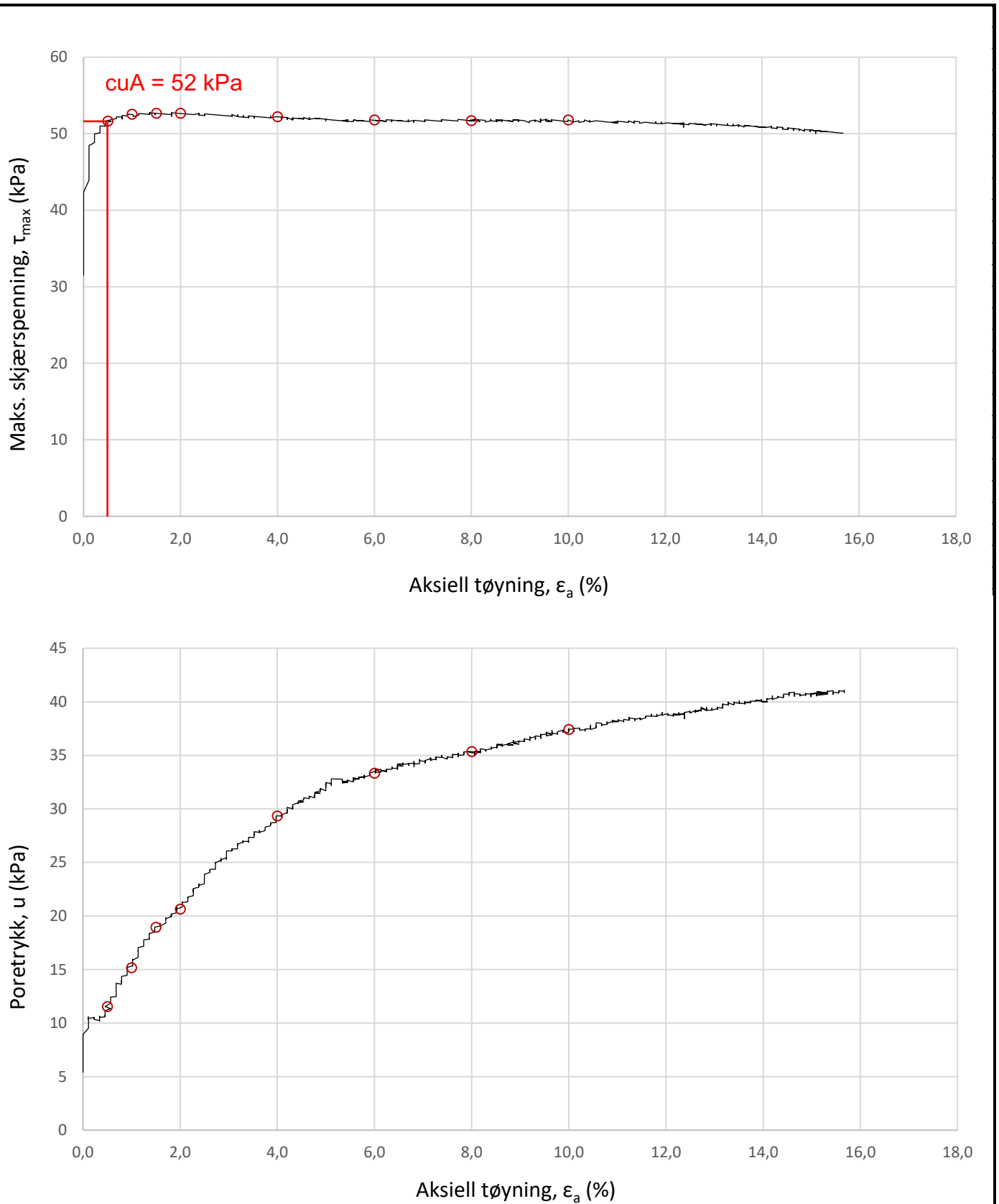
◇ 0,50% — 0396 (11,55) Aktiv — 0396 (12,3) Aktiv — 0396 (13,3) Aktiv - - - a = 5 kPa, phi = 26 deg

Fornebubanen

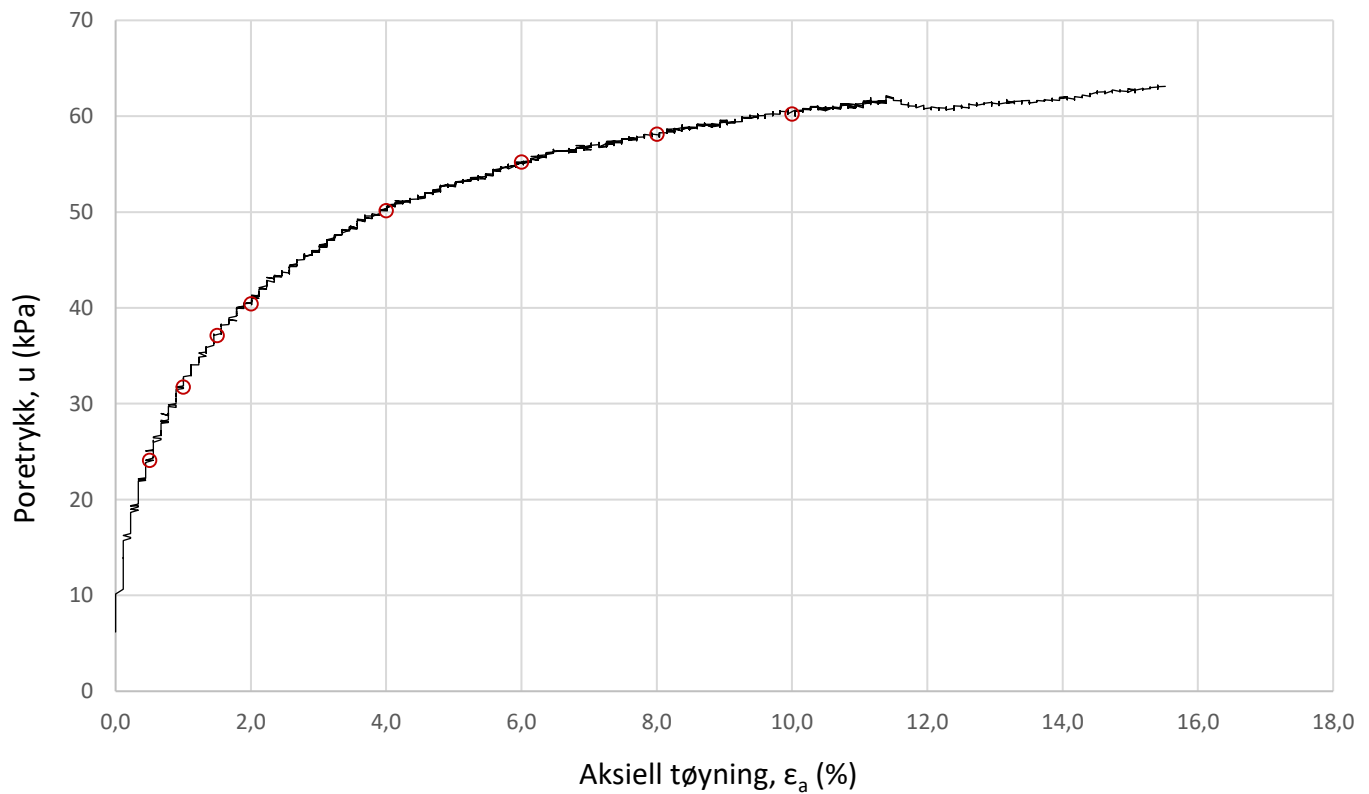
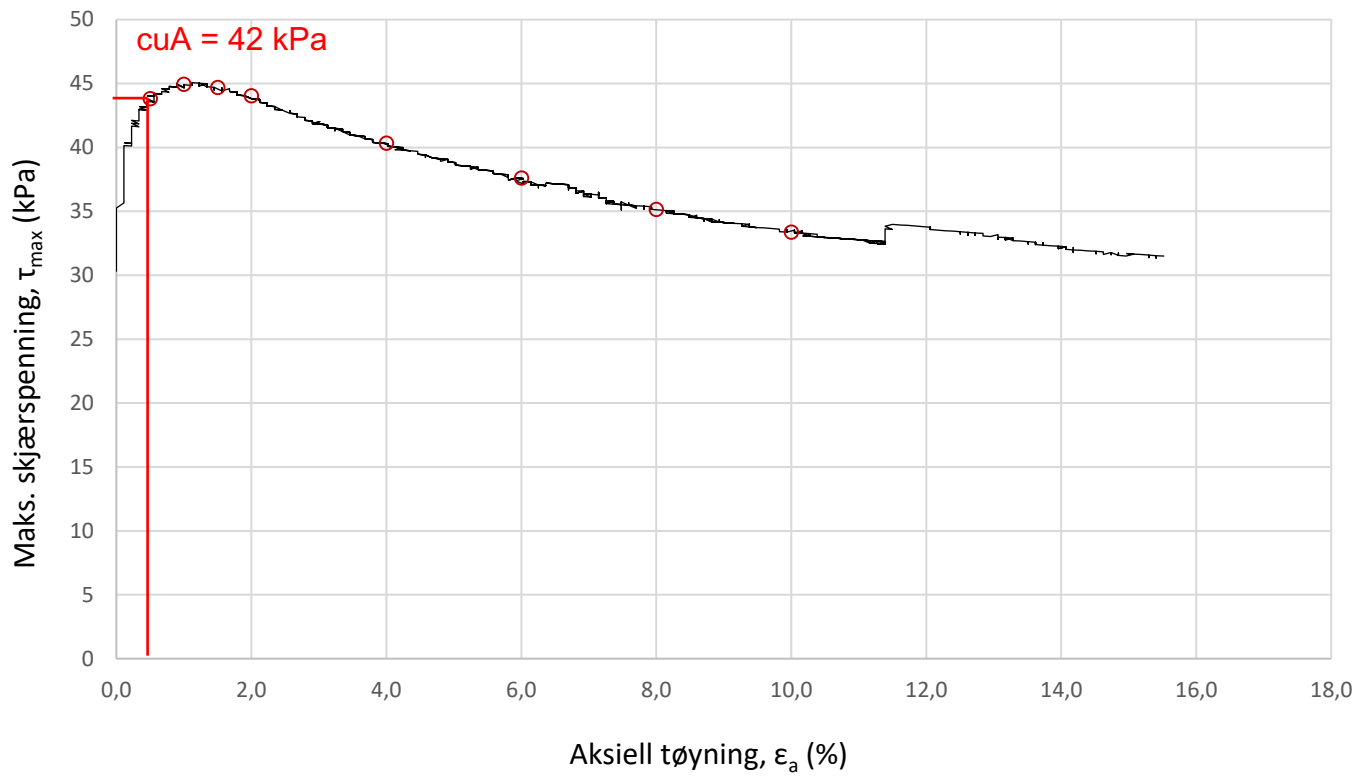
Effektive styrkeparameter basert på triaksialforsøk (CAUa), borpunkt 0396

	Dato:	Utarbeider:	Kontroll:	Godkjent:	
	26-11-2021	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness	
Oppdrag nr.:	Vedlegg	Versjon:			
10201070	2.2.1	1.0			

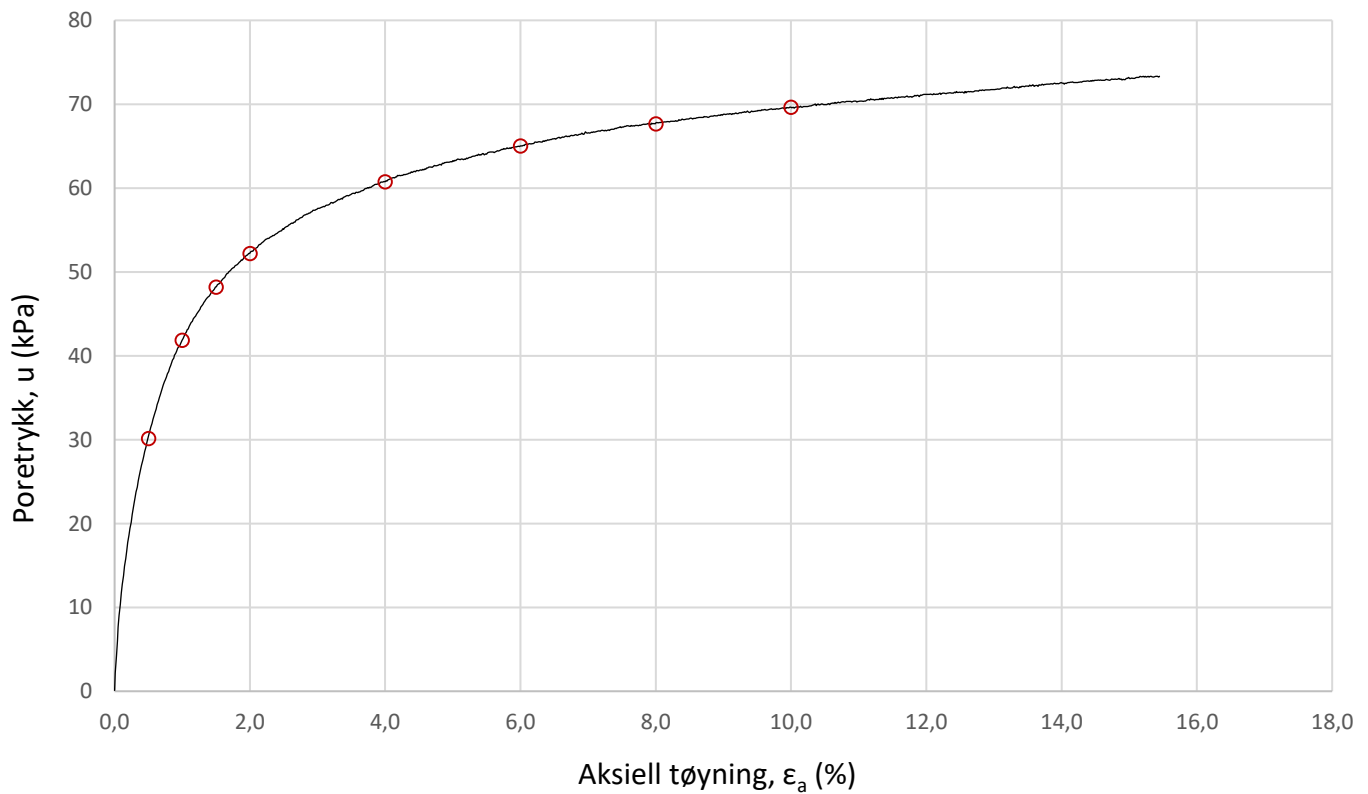
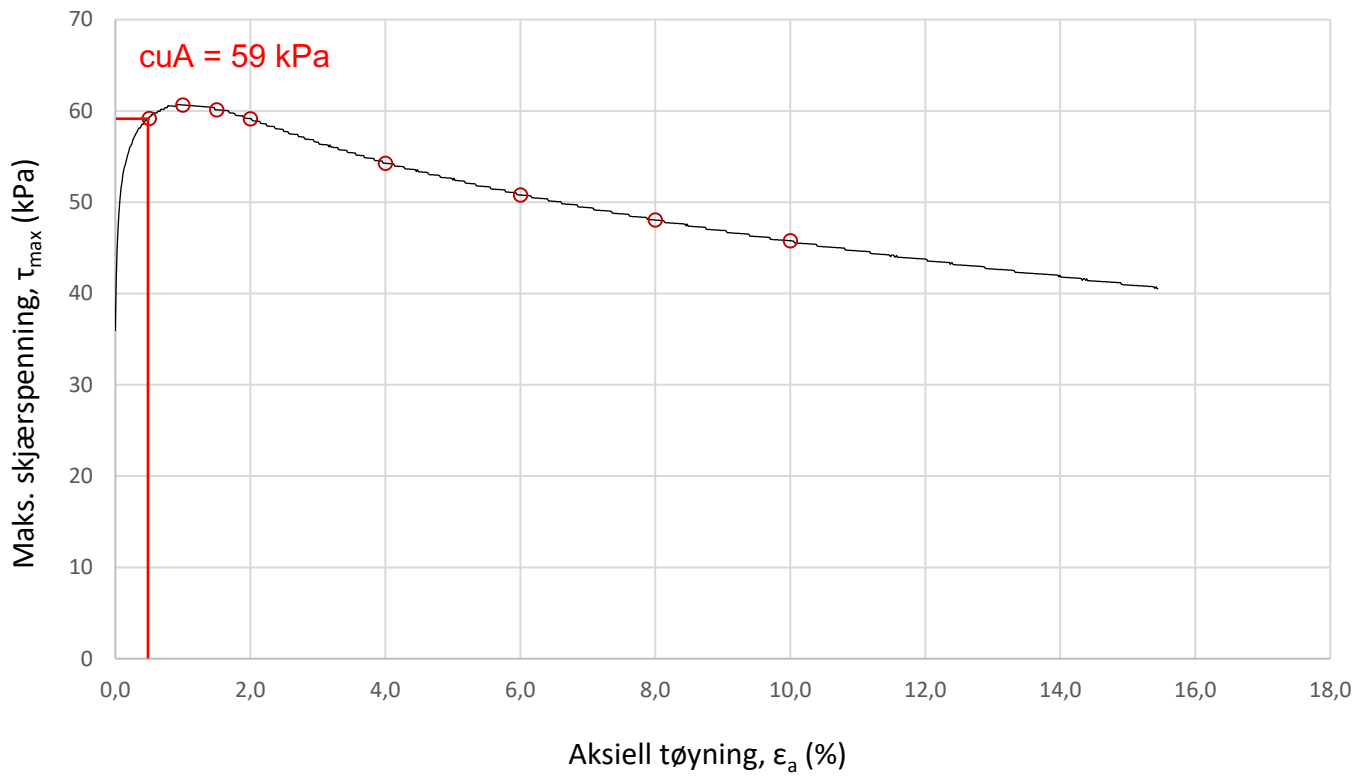
Vedlegg 2.2.2



Plott	Type forsøk	Dybde	G.v.s.	γ (kN/m ³)	w (%)	$\Delta e/e_0$	ϵ_{vol} (%)	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{ac} (kPa)	σ'_{rc} (kPa)
Mob	CAUa	11,55 m	4,5 m	18,9	34,8	0,11	5,5	149,1	146,4	88,2
OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN						Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent		
						RHS	SIOR	TVT		
FORNEBUBANEN						Borpunkt	Dato	Revisjon		
						0396	28.10.2021	00		
Multiconsult		Treaksialforsøk				Oppdragsnummer	Tegningsnummer			
						10201070-08	0396-451.3			

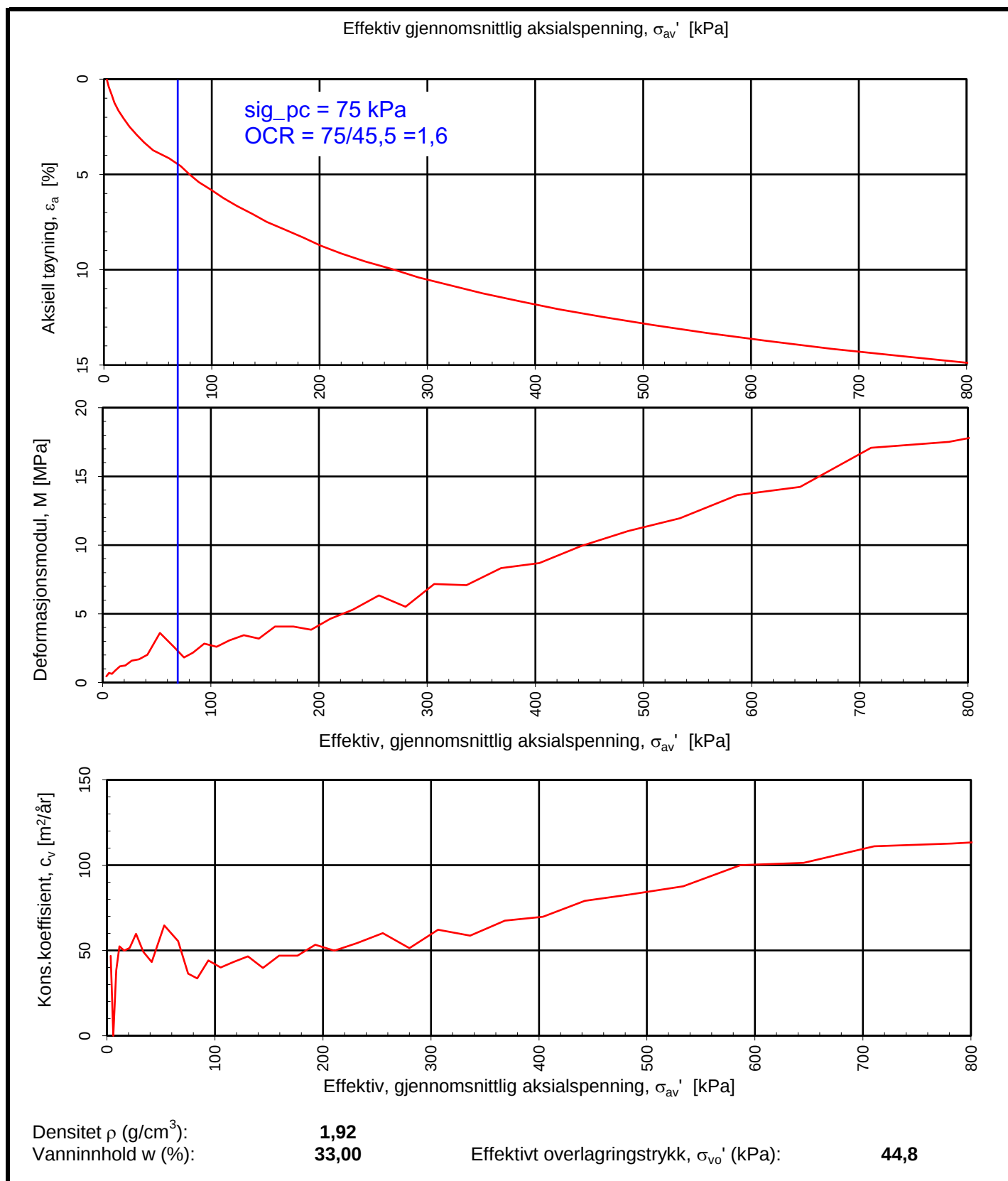


Plott	Type forsøk	Dybde	G.v.s.	γ (kN/m ³)	w (%)	$\Delta e/e_0$	ϵ_{vol} (%)	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{ac} (kPa)	σ'_{rc} (kPa)
Mob	CAUa	12,30 m	4,5 m	18,3	39,2	0,08	4,2	148,5	144,5	87,4
OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN						Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent		
						RHS	SIOR	TVT		
FORNEBUBANEN						Borpunkt	Dato	Revisjon		
						0396	28.10.2021	00		
Multiconsult		Treaksialforsøk				Oppdragsnummer	Tegningsnummer			
						10201070-08	0396-452.3			



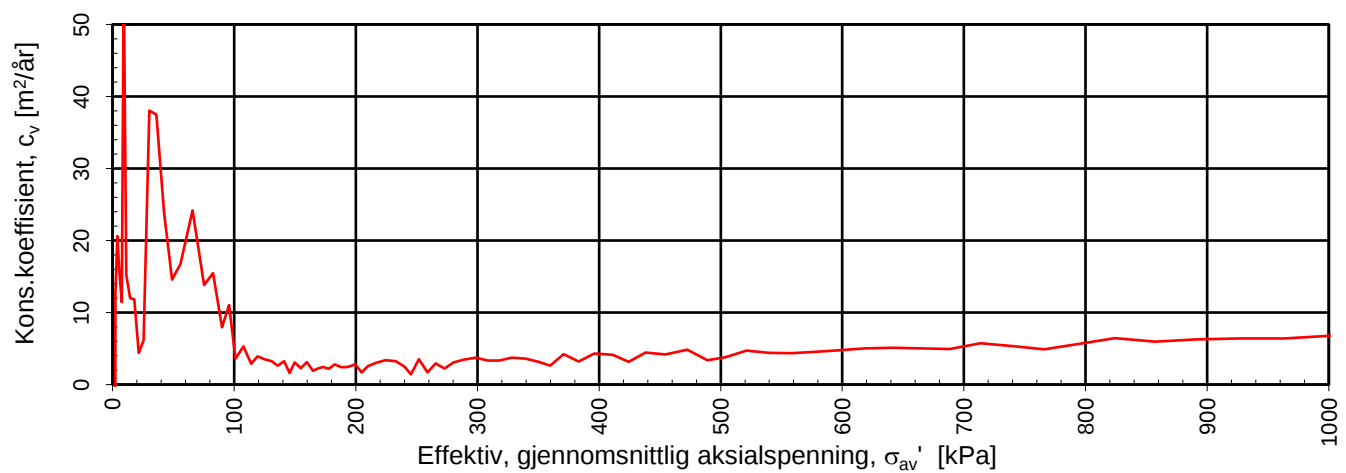
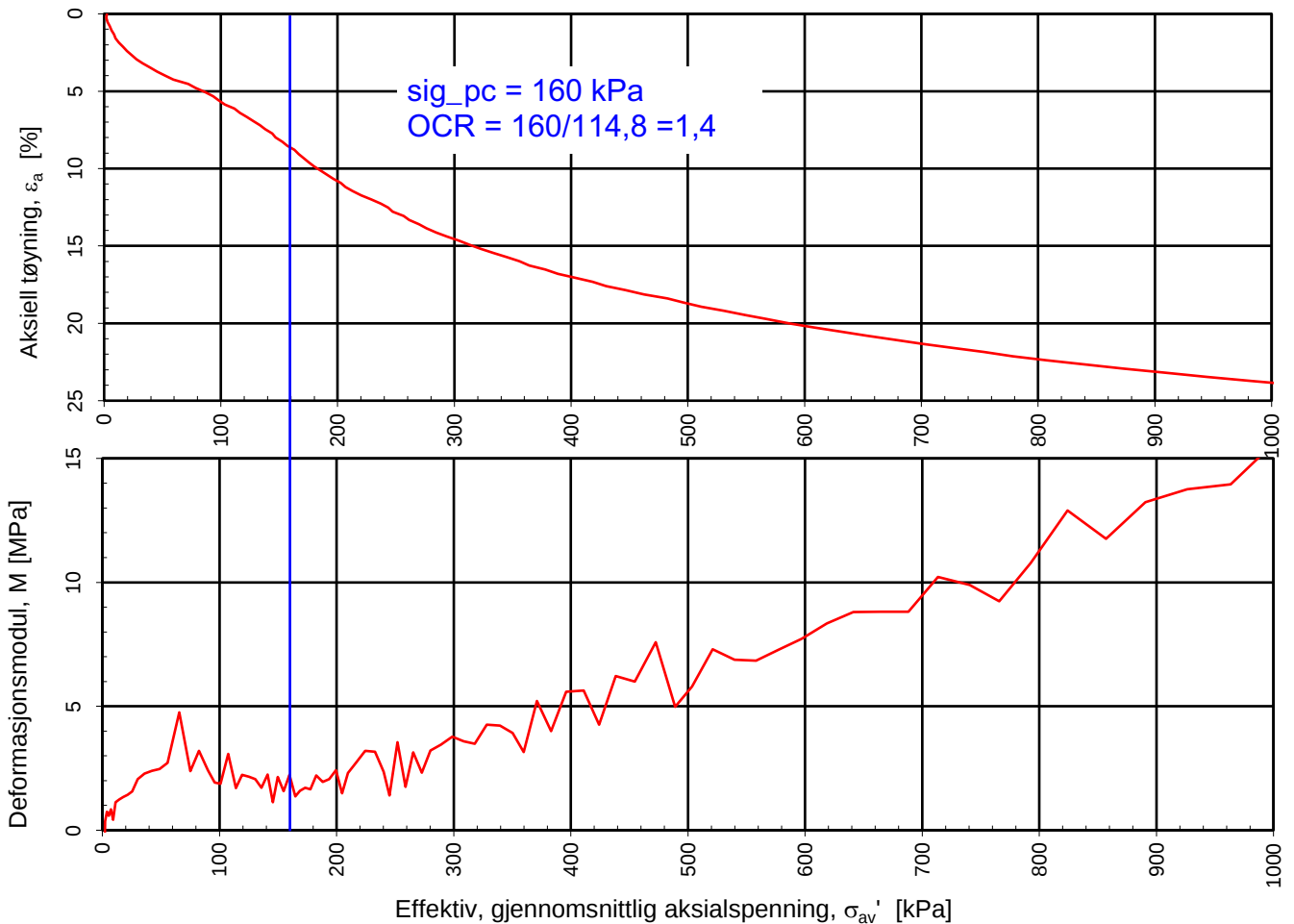
Plott	Type forsøk	Dybde	G.v.s.	γ (kN/m ³)	w (%)	$\Delta e/e_0$	ϵ_{vol} (%)	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{ac} (kPa)	σ'_{rc} (kPa)
Mob	CAUa	13,30 m	4,5 m	19,6	27,0	0,13	5,1	174,5	171,0	103,9
OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN						Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent		
						RHS	SIOR	TVT		
FORNEBUBANEN						Borpunkt	Dato	Revisjon		
						0396	28.10.2021	00		
Multiconsult		Treaksialforsøk				Oppdragsnummer	Tegningsnummer			
						10201070-08	0396-454.3			

Vedlegg 3



OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN FORNEBUBANEN Kontinuerlig ødometerforsøk, CRS-rutine. Plott A: $\sigma_{av}' - \varepsilon_a$, M og c_v .			Rapportdato: 19.07.2019
MULTICONSULT AS Box 265 Skøyen N-0213 OSLO Tlf.: 21 58 50 00	Forsøksdato: 05.07.2019	Dybde, z (m): 3,30	Borpunkt nr.: 0331
	Forsøknr.: 1	Tegnet av: RHS	Kontrollert: SIOR
	Oppdrag nr.: 10201070	Tegning nr.: 0331-400.1	Prosedyre: CRS
			Godkjent: MAB
			Programrevisjon: 30.01.2018

Effektiv gjennomsnittlig aksialspenning, σ_{av}' [kPa]



Densitet ρ (g/cm³):
Vanninnhold w (%):

1,88
38,75

Effektivt overlagingstrykk, σ_{vo}' (kPa):

113,2

OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN
FORNEBUBANEN

Rapportdato:

24.07.2019

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

MULTICONSULT AS

Box 265 Skøyen
N-0213 OSLO
Tlf.: 21 58 50 00

Forsøksdato:

05.07.2019

Dybde, z (m):

11,35

Borpunkt nr.:

0331

Forsøknr.:

1

Tegnet av:

RHS

Kontrollert:

SIOR

Oppdrag nr.:

10201070

Tegning nr.:

0331-401.1

Prosedyre:

CRS

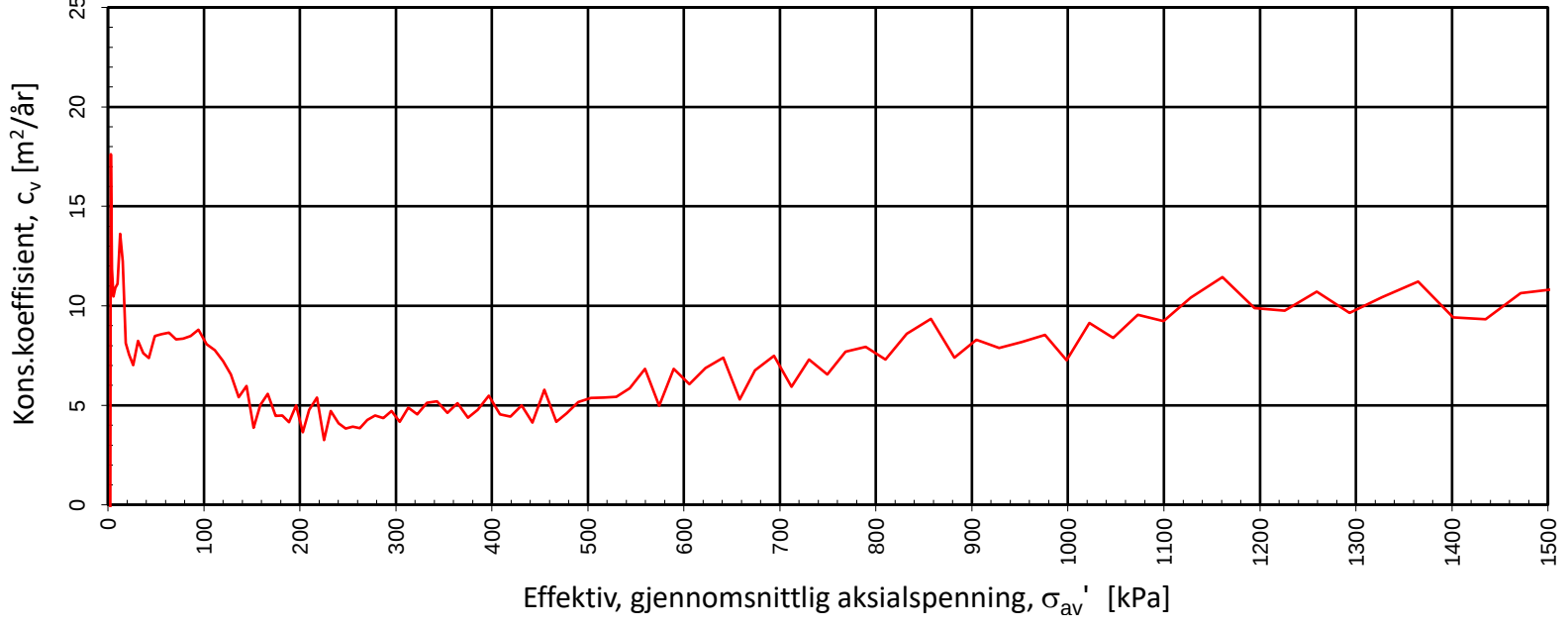
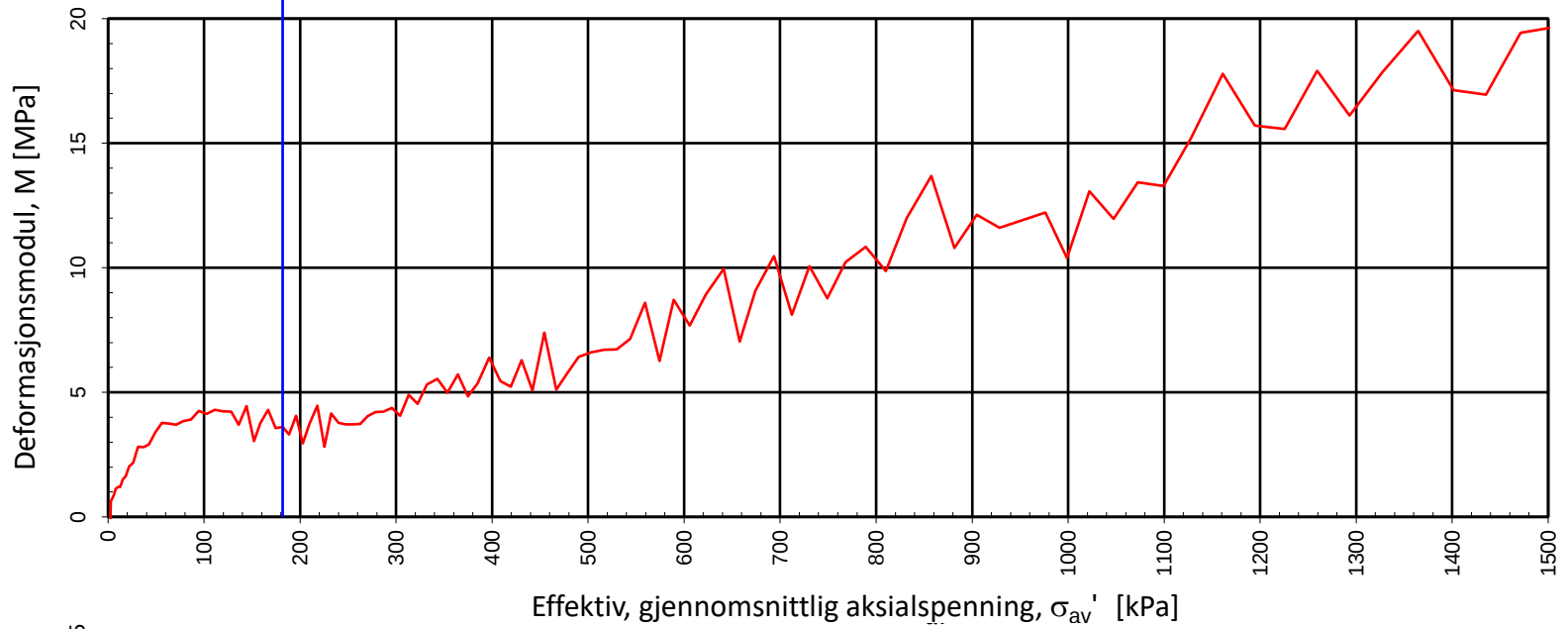
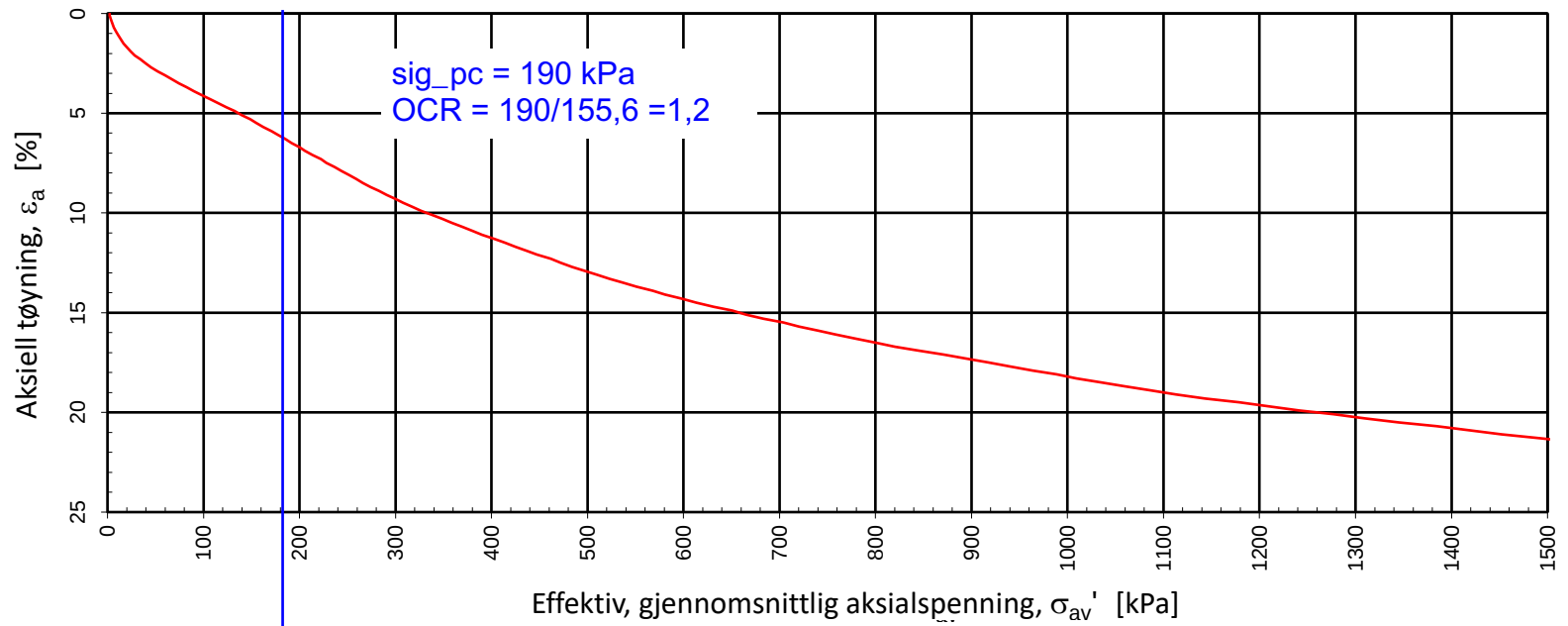
Godkjent:

MAB

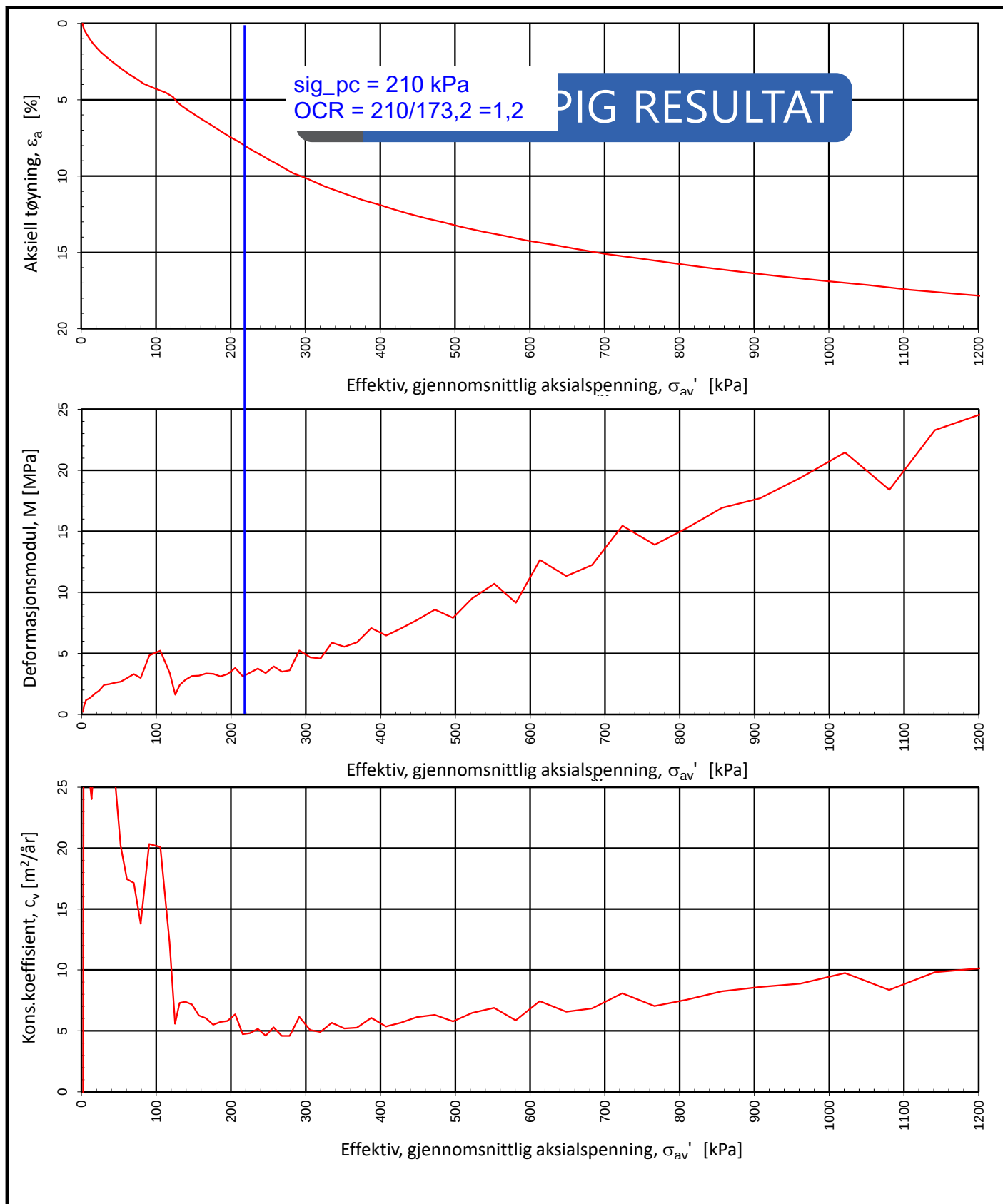
Programrevisjon:

30.01.2018


Multi
consult

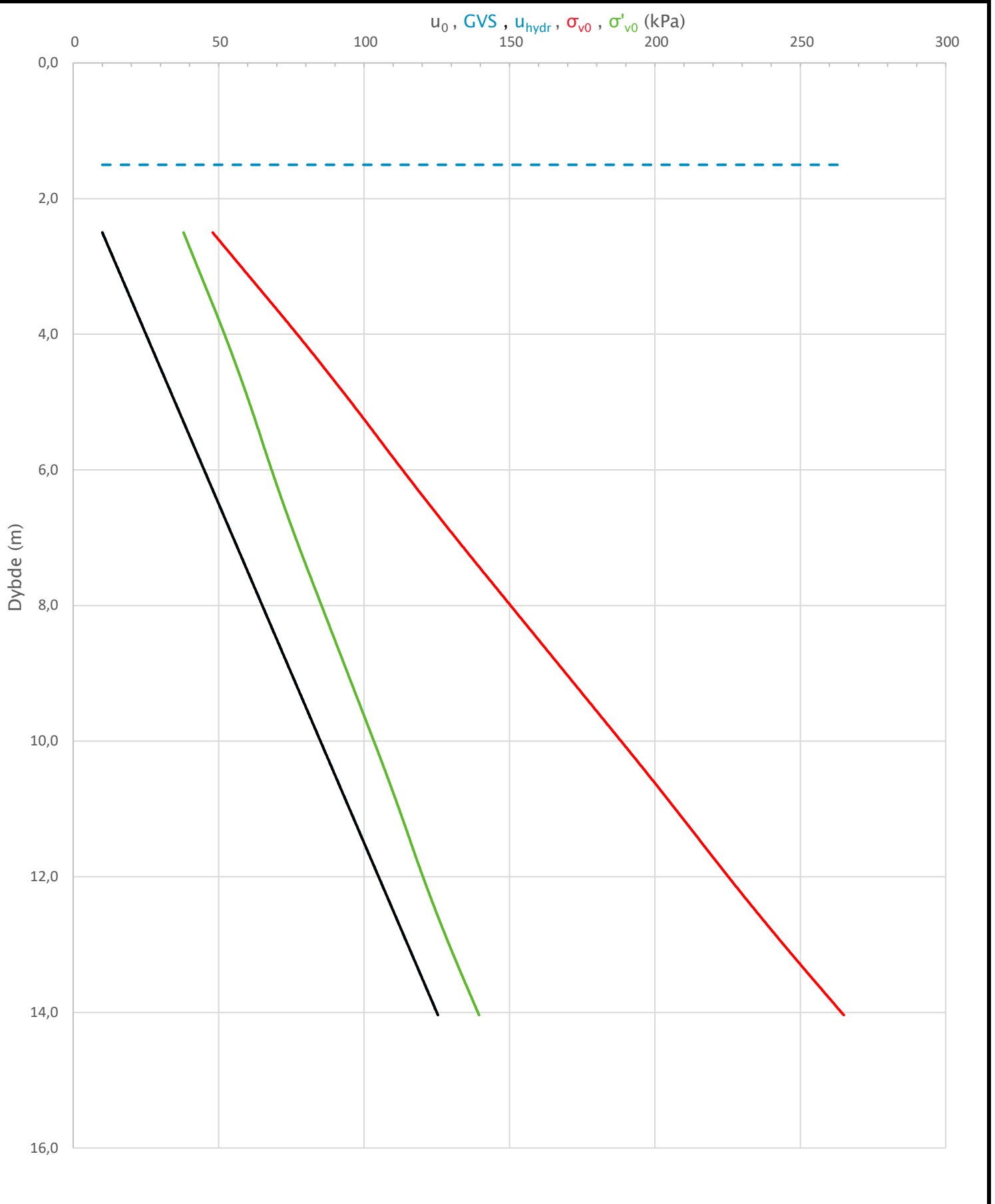


Type forsøk	Prøvehøyde (mm)	Prøvediameter (mm)	Prøvedybde (m)	Densitet, ρ (cm³)	Vanninnhold, w (%)	Forsøk nr.
CRS	20,00	50,00	11,65	1,84	36,40	1
OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN				Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
				GEO	ANNM	TVT
FORNEBUBANEN				Borpunkt	Dato	Revisjon
				0396	20.10.2021	0
Multiconsult		Ødometerforsøk		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	
				10201070-08	0396-400.1	

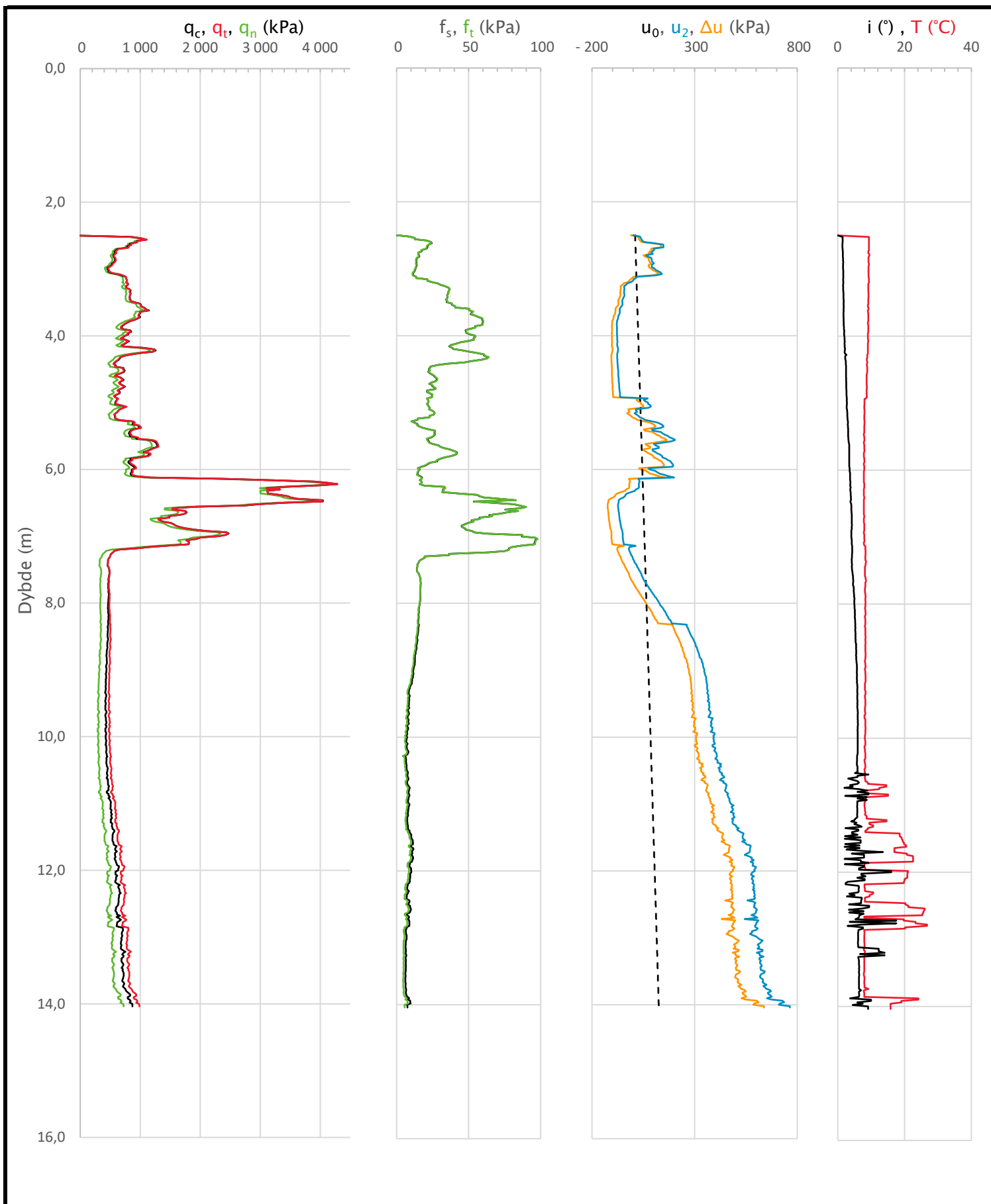



Type forsøk	Prøvehøyde (mm)	Prøvediameter (mm)	Prøvedybde (m)	Densitet, ρ (cm ³)	Vanninnhold, w (%)	Forsøk nr.
CRS	20,00	50,00	13,50	1,91	22,40	1
OSLO KOMMUNE FORNEBUBANEN				Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
				GEO	ANNM	TVT
FORNEBUBANEN				Borpunkt	Dato	Revisjon
				0396	24.10.2021	0
Multiconsult		Ødometerforsøk		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	
				10201070-08	0396-400.1	

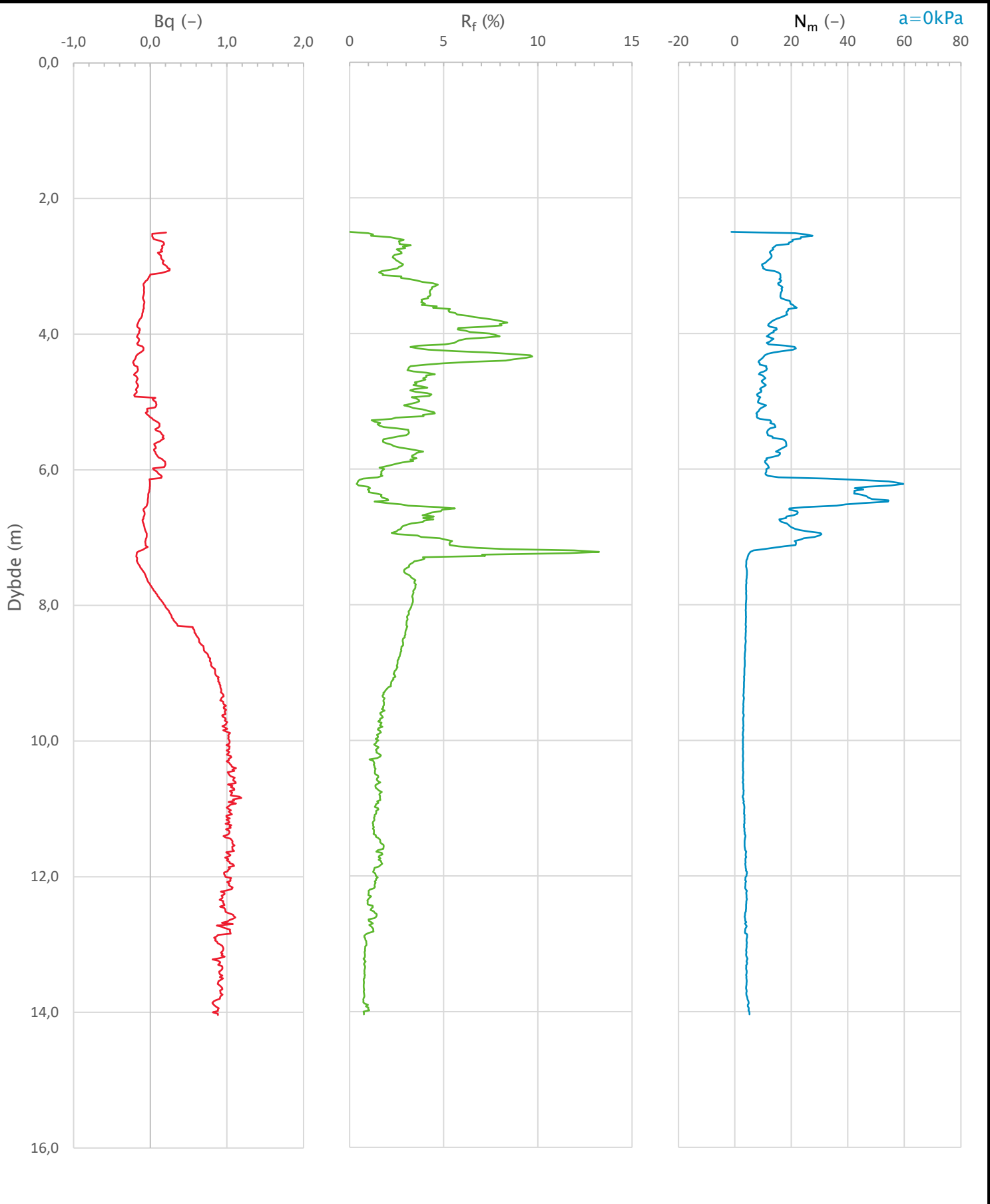
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4417		Boreleder	ole		
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)	26,7		
Kalibreringsdato	01.22.2019		Maks helning (°)	17,5		
Dato sondering	02.06.2019		Maks avstand målinger (m)	0,02		
Filtertype	Porøst filter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1256		3775		3718	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6074		0,0101		0,0205	
Arealforhold	0,8470		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	52,816		0,868		0,635	
Temperaturområde (°C)	35					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7380,3		126,2		250,2	
Registrert etter sondering (kPa)	0,7		0,3		0,2	
Avvik under sondering (kPa)	0,7		0,3		0,2	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	40,3		0,7		0,5	
Maksverdi under sondering (kPa)	4283,0		97,6		763,4	
Vurdering av anvendelsesklasse iht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	41,6	1,0	1,0	1,0	0,7	0,1
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	2	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning		Temperatur	
OK	OK	OK	Ikke OK		OK	
Kommentarer:						
Prosjekt			Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull Kote +49,9	
Fornebubanen					0331	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					4417	
	Utført	Kontrollert	Godkjent		Anvend.klasse	
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		1	
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon		Vedlegg	
	PGF	02.06.2019	1.0		4.1.1	
			Teg. dato			
			26.11.2021			




Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +49,9
Fornebubanen				0331	
Innhold				Sondenummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				4417	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness	1	
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	
	PGF	02.06.2019	1.0	4.1.2	
			Teg. dato		
			26.11.2021		



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +49,9
Fornebubanen				0331	
Innhold				Sondennummer	
Måledata og korrigerede måleverdier				4417	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	4.1.3
	PGF	02.06.2019	1.0 Teg. dato 26.11.2021		



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +49,9
Fornebubanen				0331	
Innhold				Sondenummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				4417	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness	1	
Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Teg. dato	Vedlegg	
PGF	02.06.2019	1.0	26.11.2021	4.1.4	

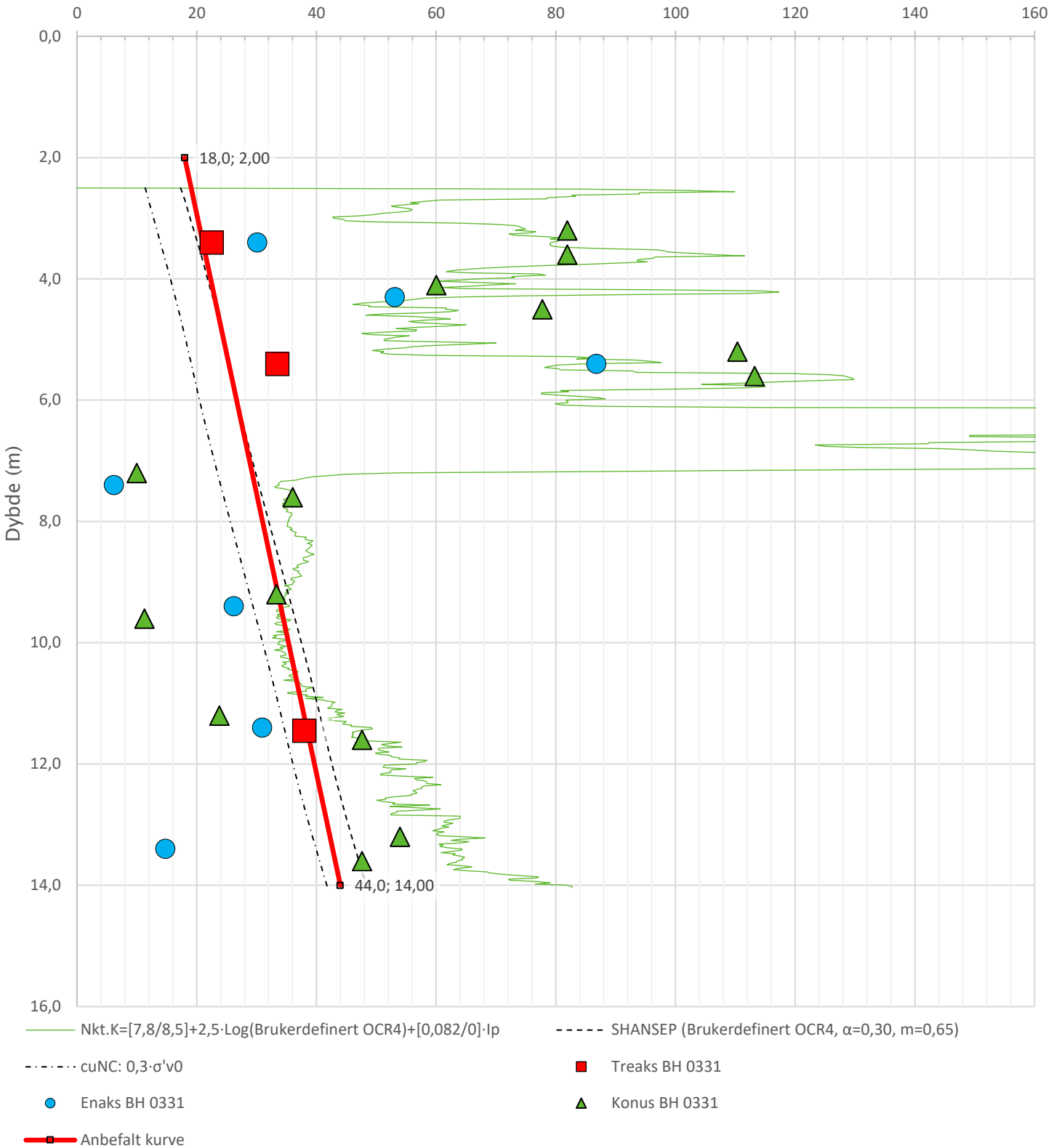
Anisotropiforhold i figur:


Treaks BH 0331: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH 0331: $c_{uc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,674)}$

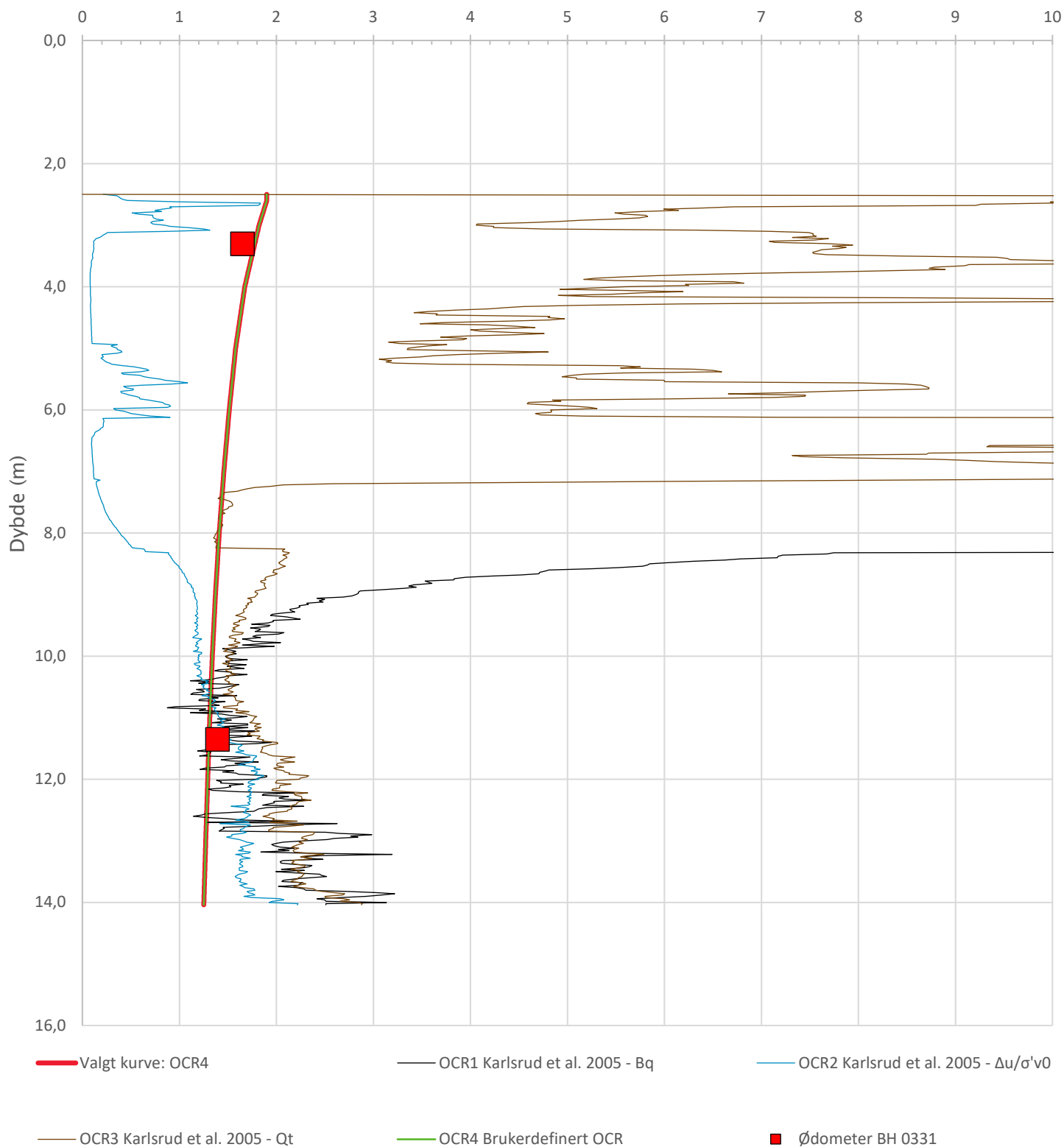
Konus BH 0331: $c_{ufc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,682)}$


Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

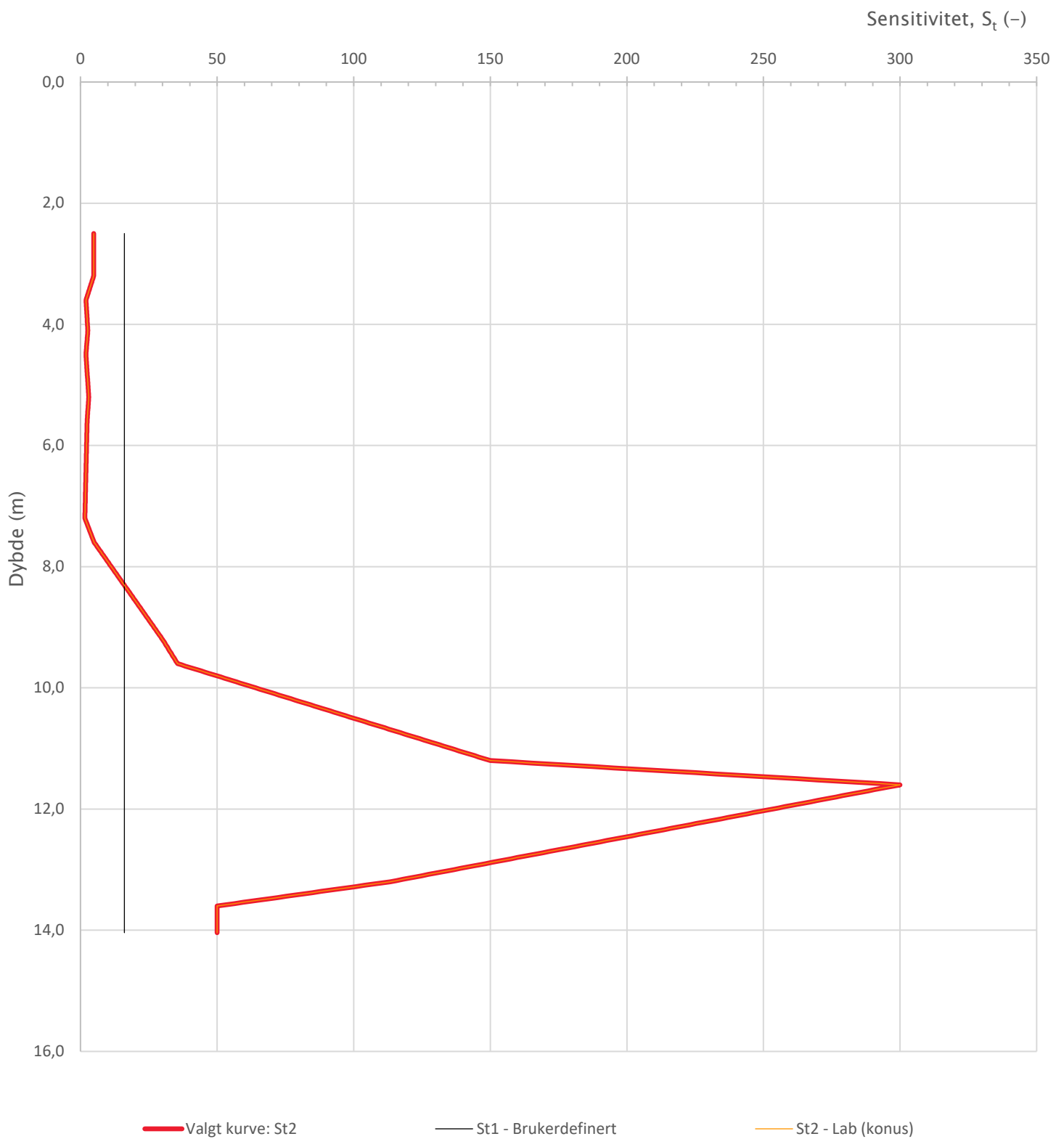



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +49,9
Fornebubanen				0331	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4417	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Teg. dato	Vedlegg	4.1.5
PGF	02.06.2019	1.0	26.11.2021		

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)

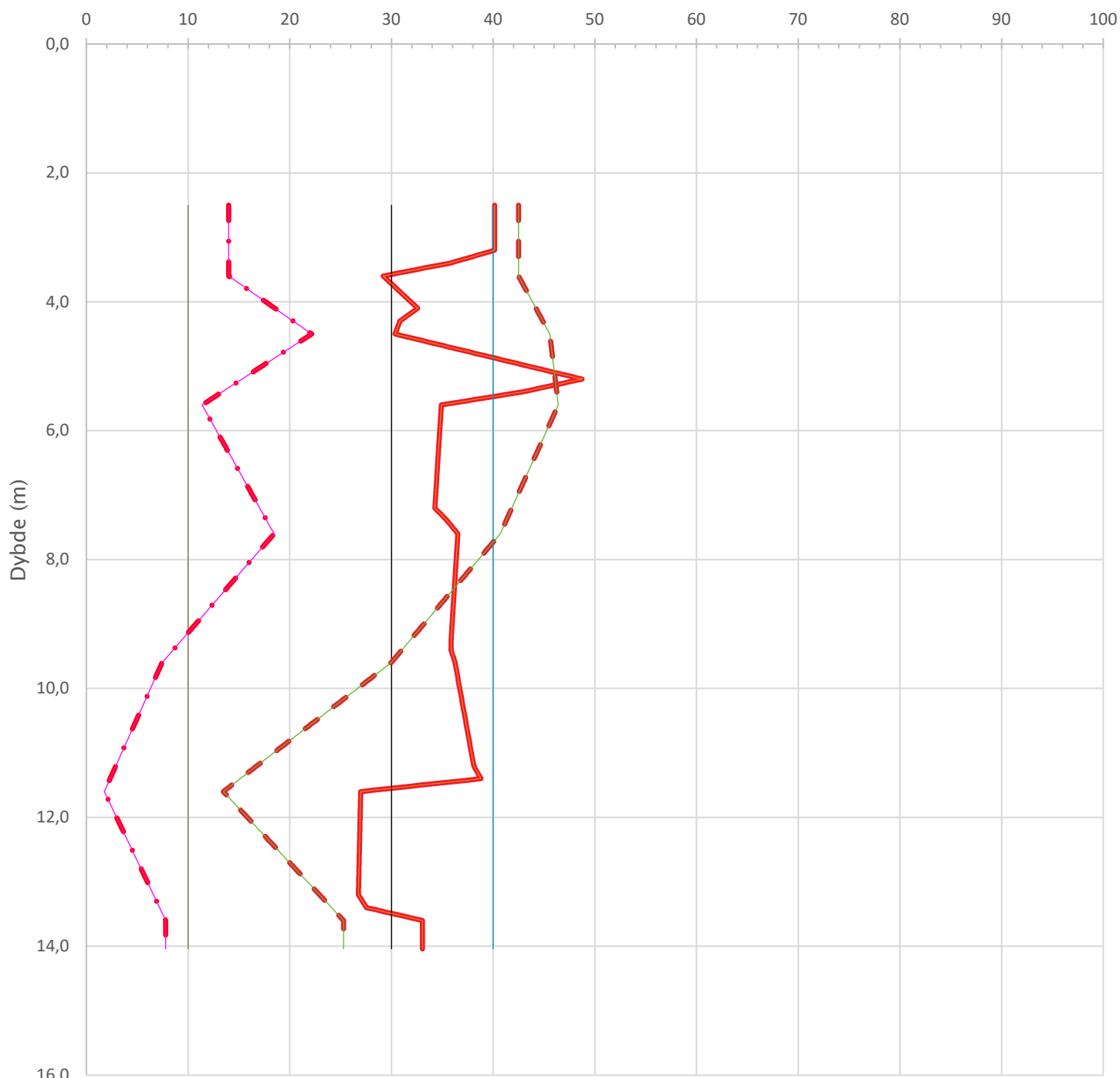


Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +49,9
Fornebubanen				0331	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				4417	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	4.1.6
	PGF	02.06.2019	1.0 Teg. dato 26.11.2021		




Prosjekt Fornebubanen		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull Kote +49,9 0331
Innhold Sensitivitet				Sondennummer 4417
	Utført Brian Bjerrum	Kontrollert Carsten S. Sørensen	Godkjent Marianne Aam Ness	Anvend.klasse 1
	Bedrift PGF	Dato sondering 02.06.2019	Revisjon 1.0 Teg. dato 26.11.2021	Vedlegg 4.1.7

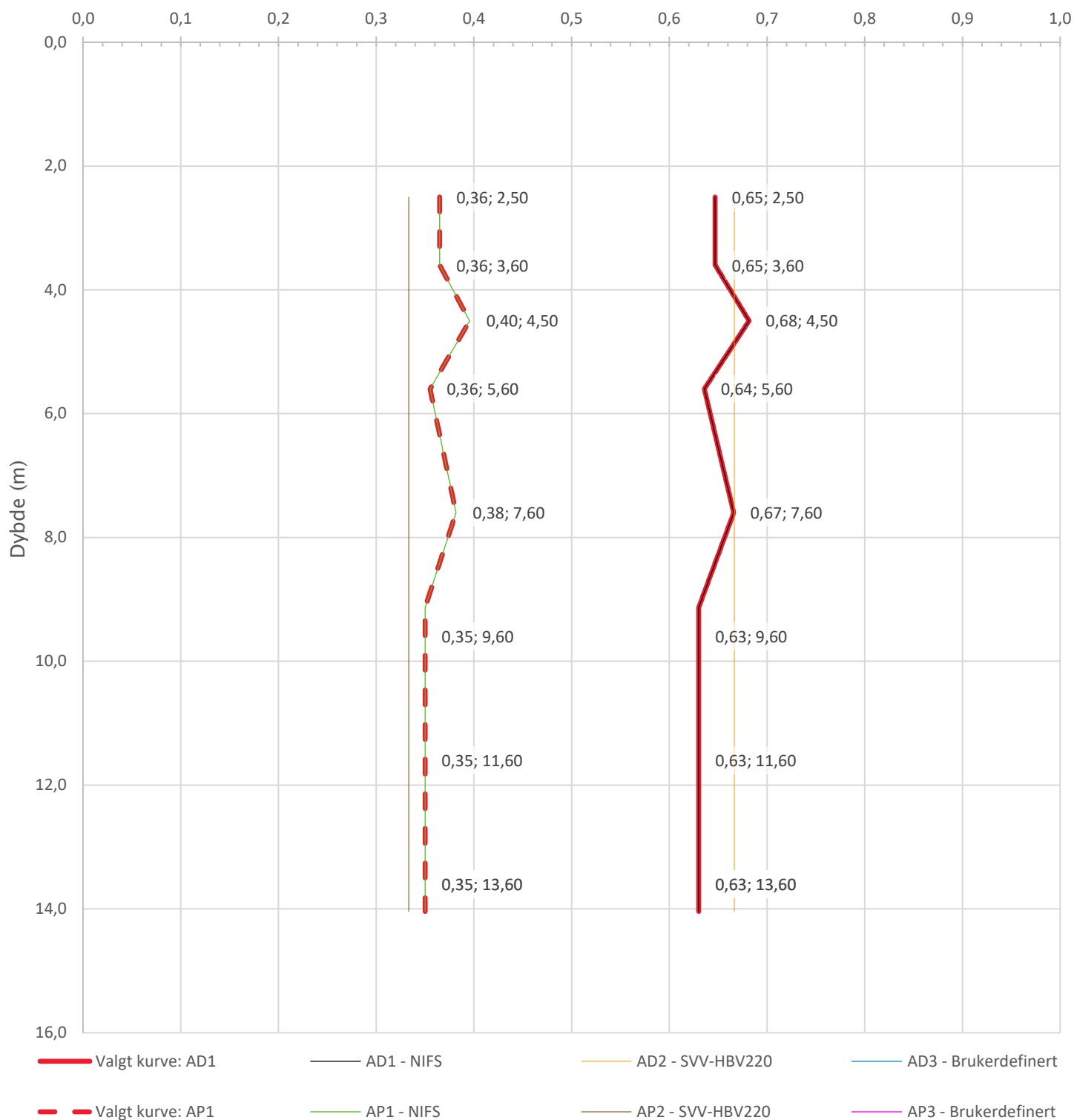
Vanninnhold og konsistensgrenser, $w_L I_p$ (%)





— Valgt kurve: w2
 — w1 Brukerdefinert
 — w2 Lab
 - - Valgt kurve: wL2
 — wL1 Brukerdefinert
— wL2 Lab
- · - Valgt kurve: Ip2
— Ip1 - Brukerdefinert
— Ip2 - Lab

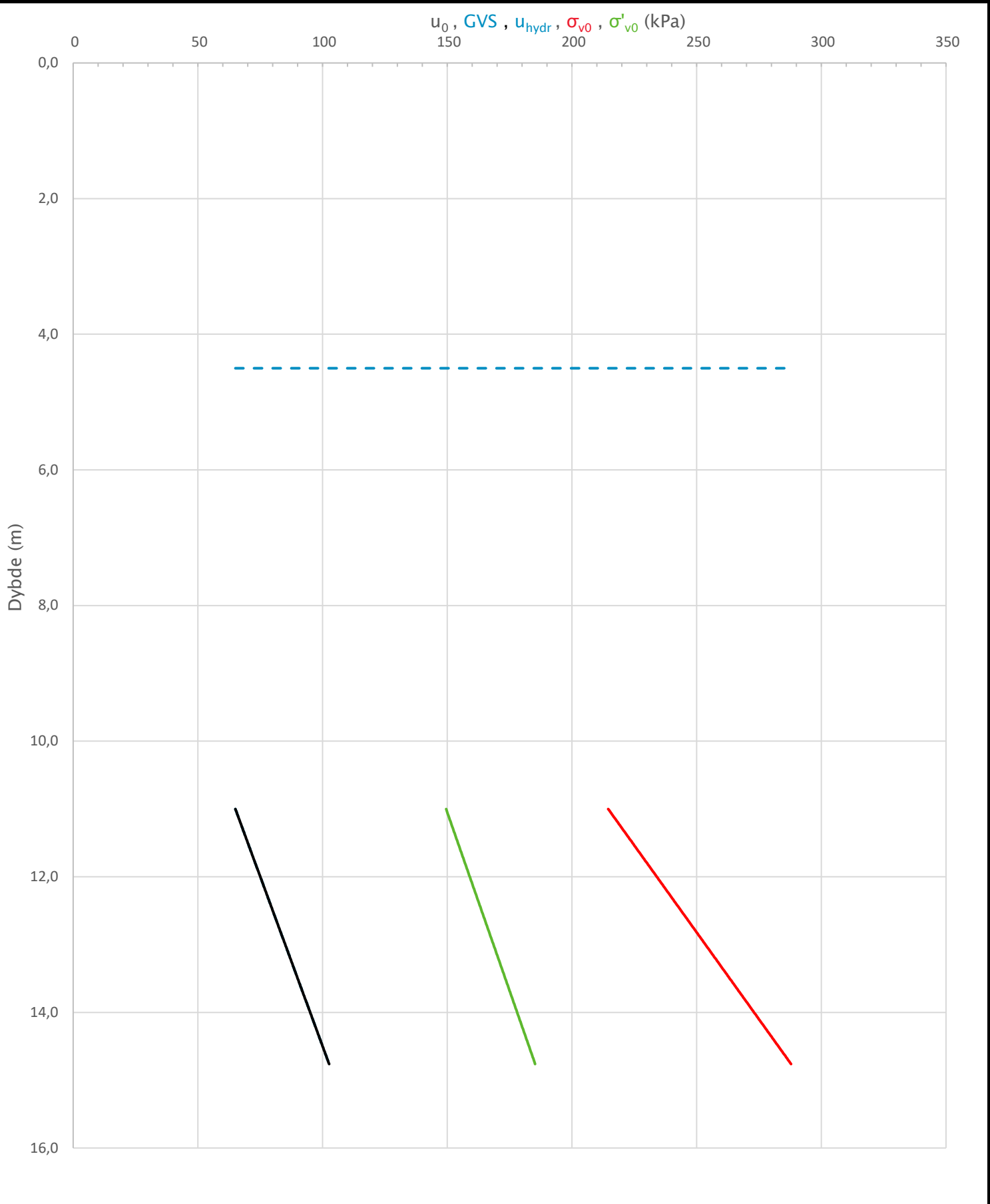
Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +49,9
Fornebubanen				0331	
Innhold				Sondennummer	
Vanninnhold og konsistensgrenser				4417	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	4.1.8
	PGF	02.06.2019	1.0 Teg. dato 26.11.2021		

Anisotropifaktorer, c_{uD}/c_{ucptu} , c_{uE}/c_{ucptu} (-)

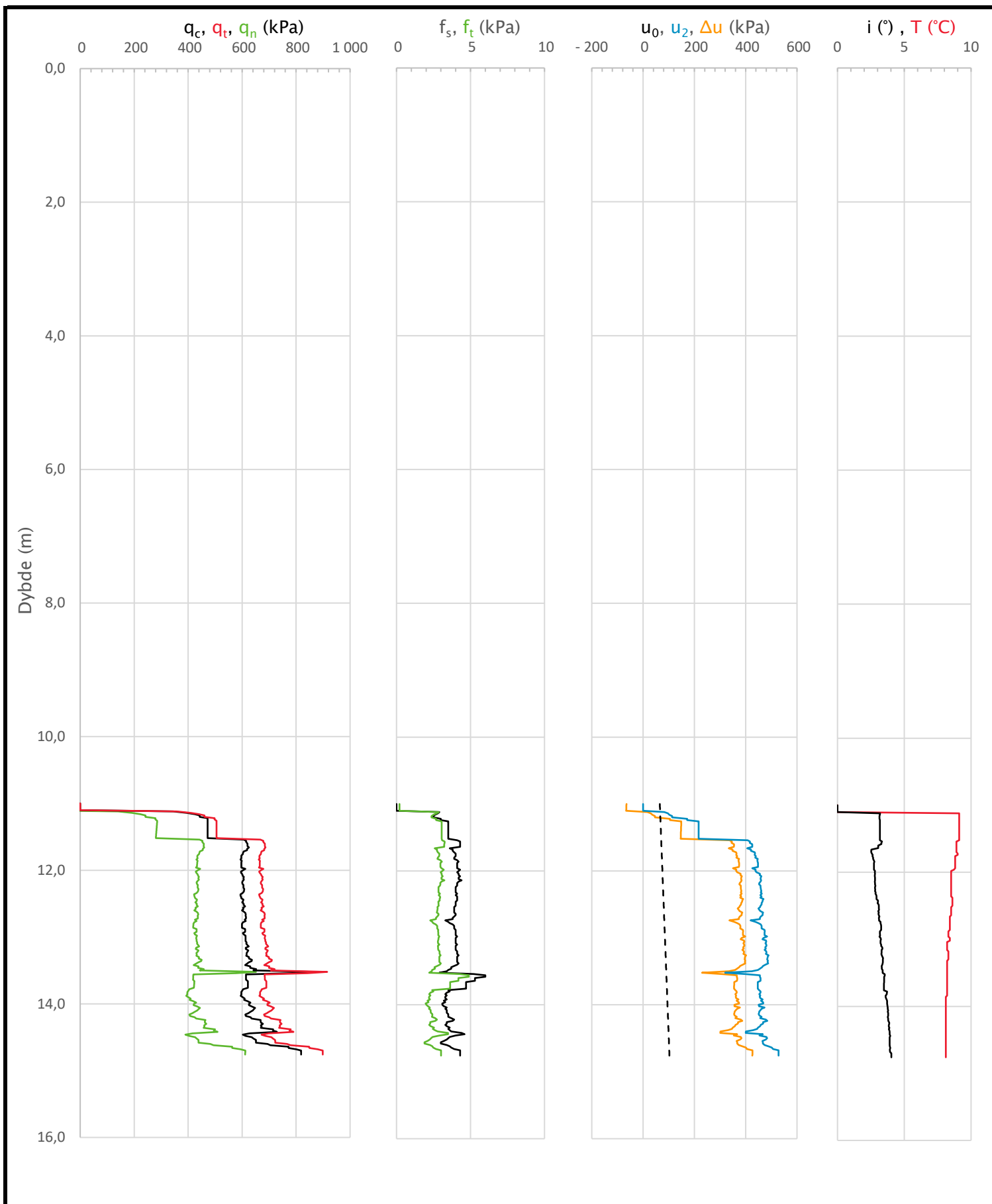



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +49,9
Fornebubanen				0331	
Innhold				Sondennummer	
Anisotropiforhold for samplotting av data				4417	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	4.1.9
	PGF	02.06.2019	1.0 Teg. dato 26.11.2021		

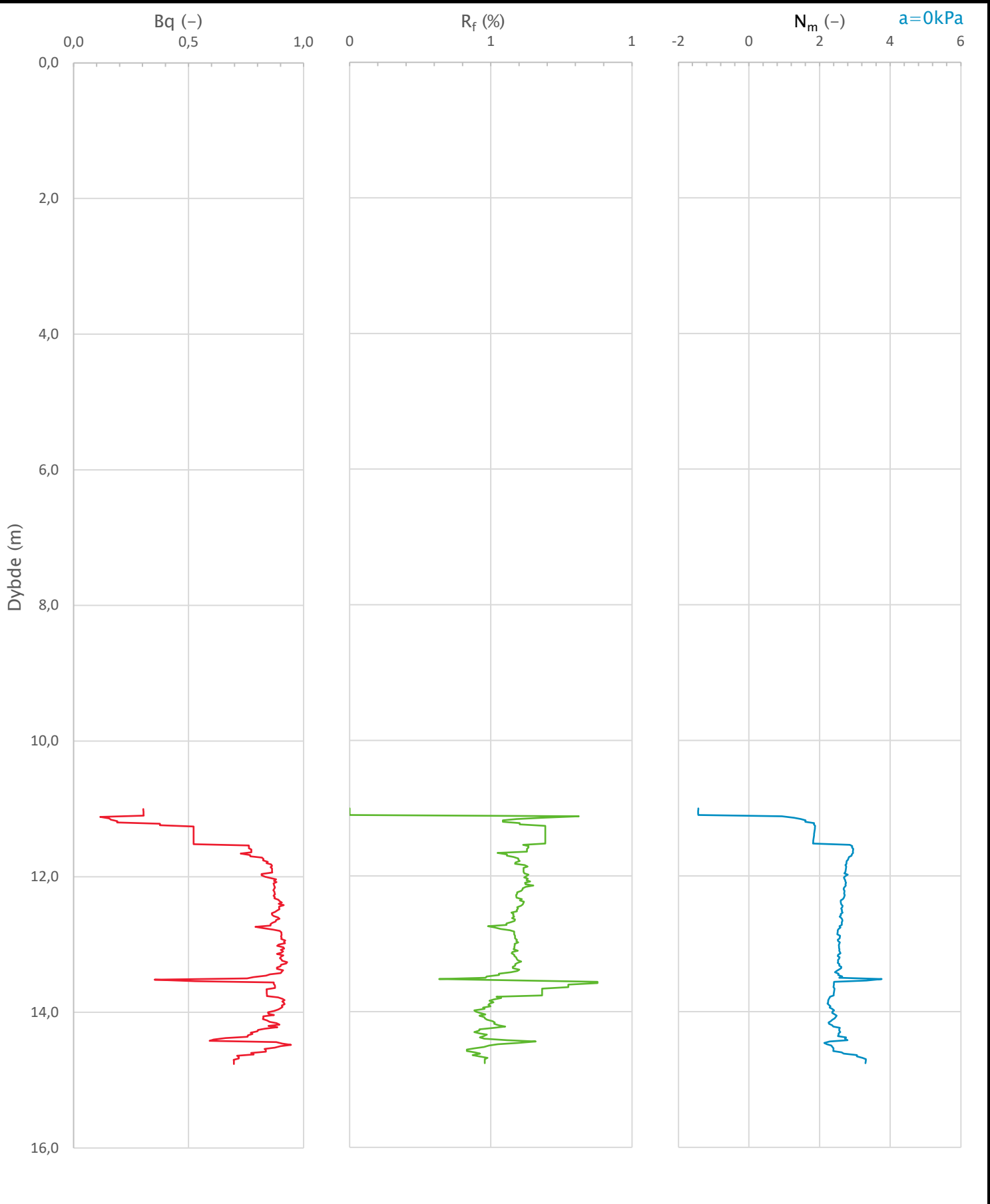
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4978		Boreleder		NOHU	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		9,1	
Kalibreringsdato	06-11-2020		Maks helning (°)		4,0	
Dato sondering	12-10-2021		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype	Porøst filter					
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	846		2106		3997	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,9018		0,0181		0,0191	
Arealforhold	0,8400		0,0010			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	18,927		0,488		1,583	
Temperaturområde (°C)	35					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	11054,9		220,0		230,3	
Registrert etter sondering (kPa)	-9,9		-0,1		-1,3	
Avvik under sondering (kPa)	9,9		0,1		1,3	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	4,9		0,1		0,4	
Maksverdi under sondering (kPa)	866,3		6,0		528,4	
Vurdering av anvendelsesklasse iht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	15,7	1,8	0,2	4,1	1,7	0,3
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon		Poretrykk		Helning	
OK	OK		OK		OK	
Kommentarer:						
Prosjekt			Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull Kote +53,16	
Fornebubanen					0396	
Innhold					Sondennummer	
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					4978	
	Utført Brian Bjerrum		Kontrollert Carsten S. Sørensen		Godkjent Marianne Aam Ness	
	Bedrift PGF		Dato sondering 12-10-2021		Revisjon 1.0 Teg. dato 26.11.2021	
					Anvend.klasse 1	
					Vedlegg 4.2.1	




Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +53,16
Fornebubanen				0396	
Innhold				Sondennummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				4978	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness	1	
Bedrift	Dato sondering		Revisjon	Vedlegg	
	PGF	12-10-2021	1.0	4.2.2	
			Teg. dato	26.11.2021	



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +53,16
Fornebubanen				0396	
Innhold				Sondennummer	
Måledata og korrigerte måleverdier				4978	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Teg. dato	Vedlegg	4.2.3
PGF	12-10-2021	1.0	26.11.2021		



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +53,16
Fornebubanen				0396	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				4978	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	4.2.4
	PGF	12-10-2021	1.0 Teg. dato 26.11.2021		

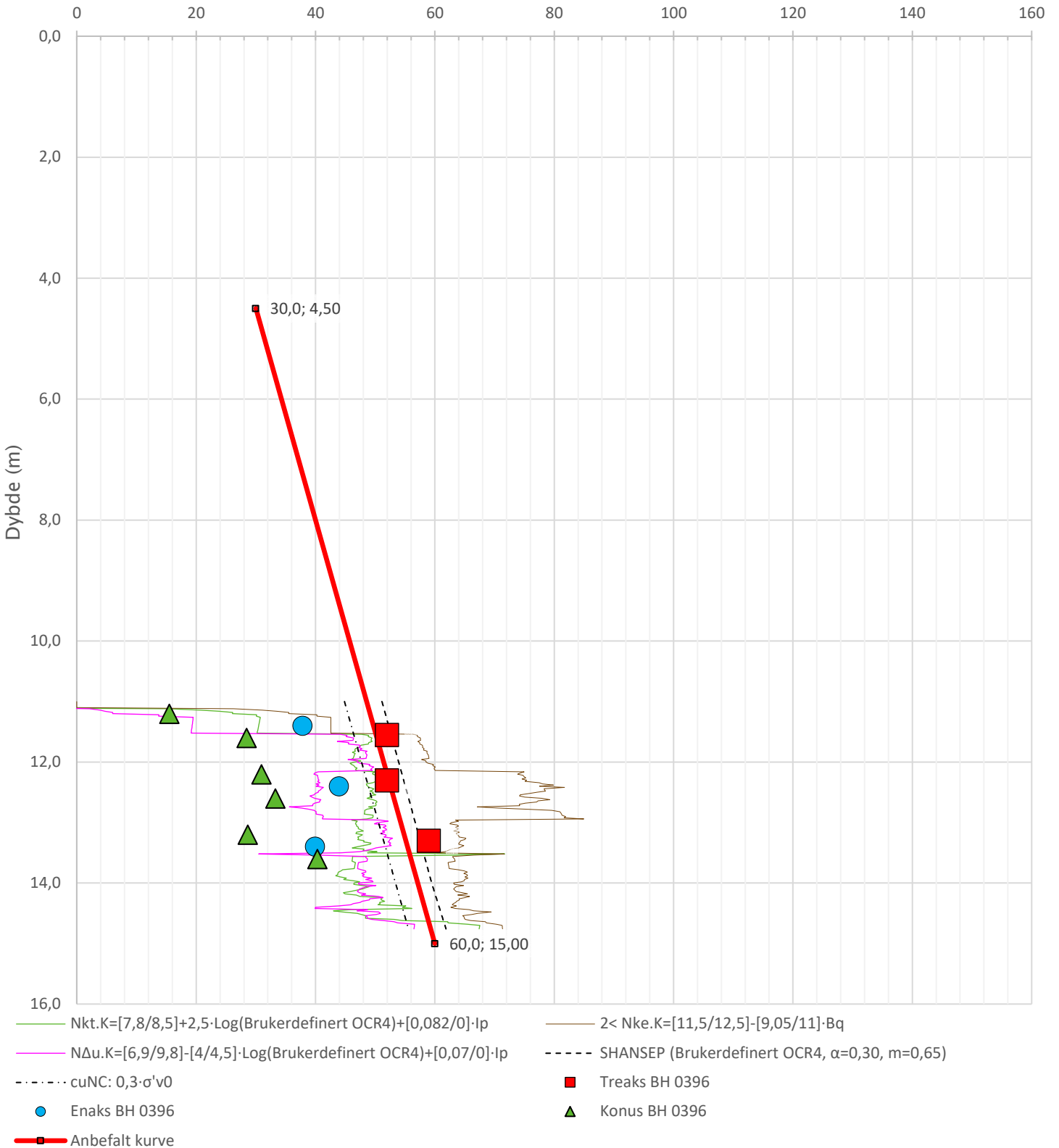
Anisotropiforhold i figur:


Treaks BH 0396: $c_uC/cucptu = 1,000$

Enaks BH 0396: $c_uC/cucptu = \text{var. (min:0,646 max:0,657)}$

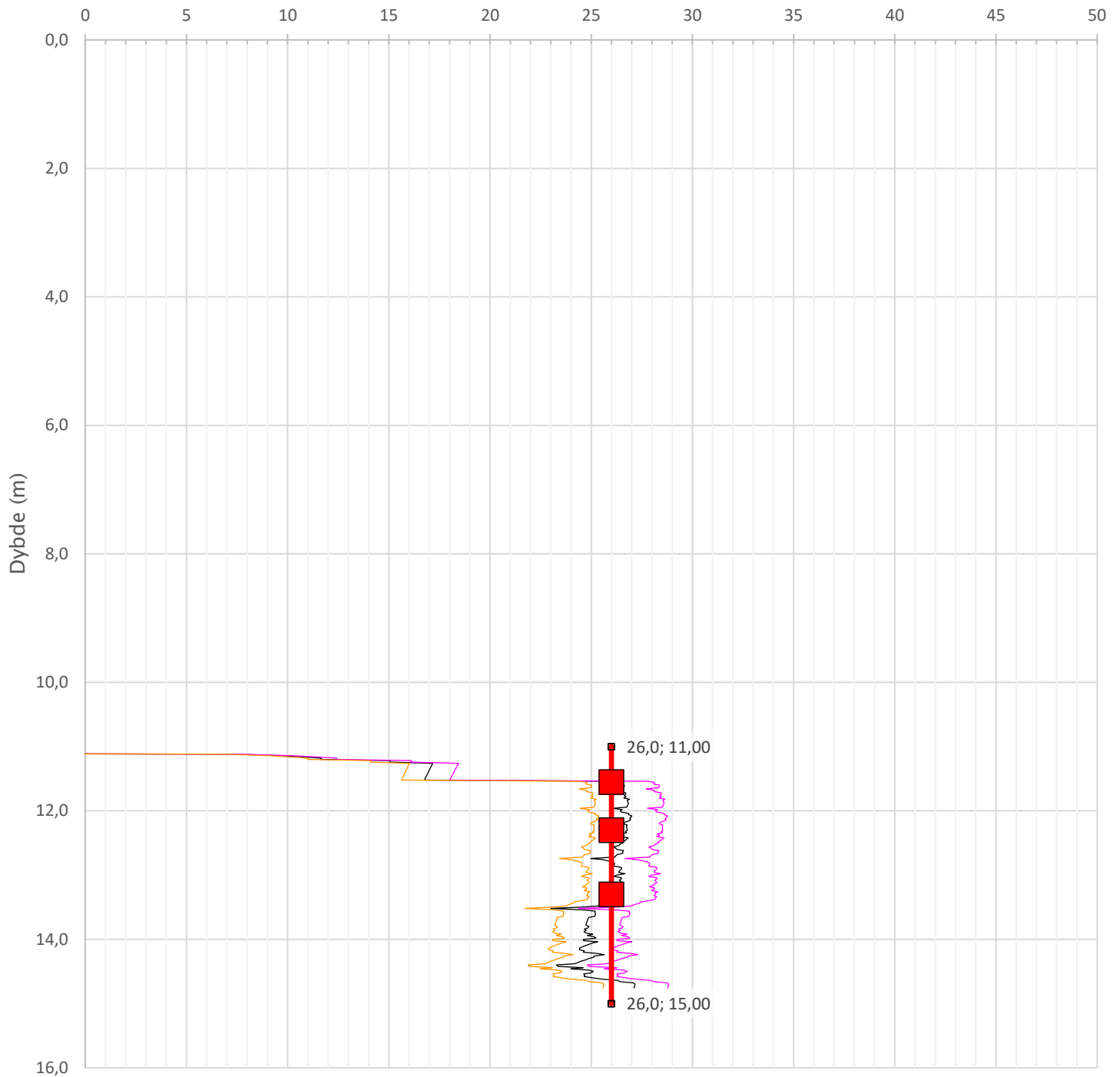
Konus BH 0396: $c_uC/cucptu = \text{var. (min:0,644 max:0,660)}$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)




Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +53,16
Fornebubanen				0396	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4978	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	4.2.5
	PGF	12-10-2021	1.0 Teg. dato 26.11.2021		

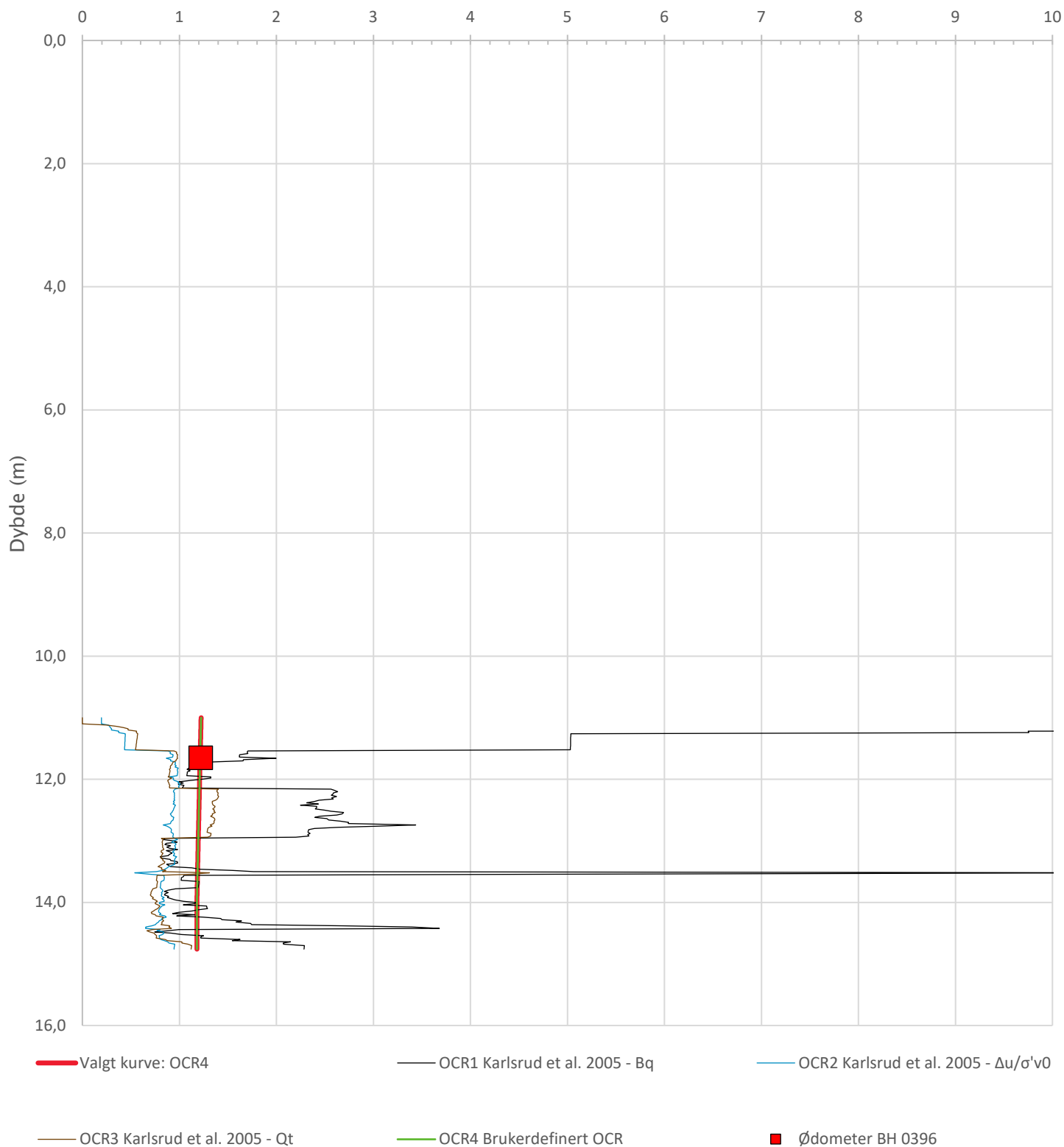
Friksjonsvinkel, ϕ (°)
attraksjon, a (kPa)




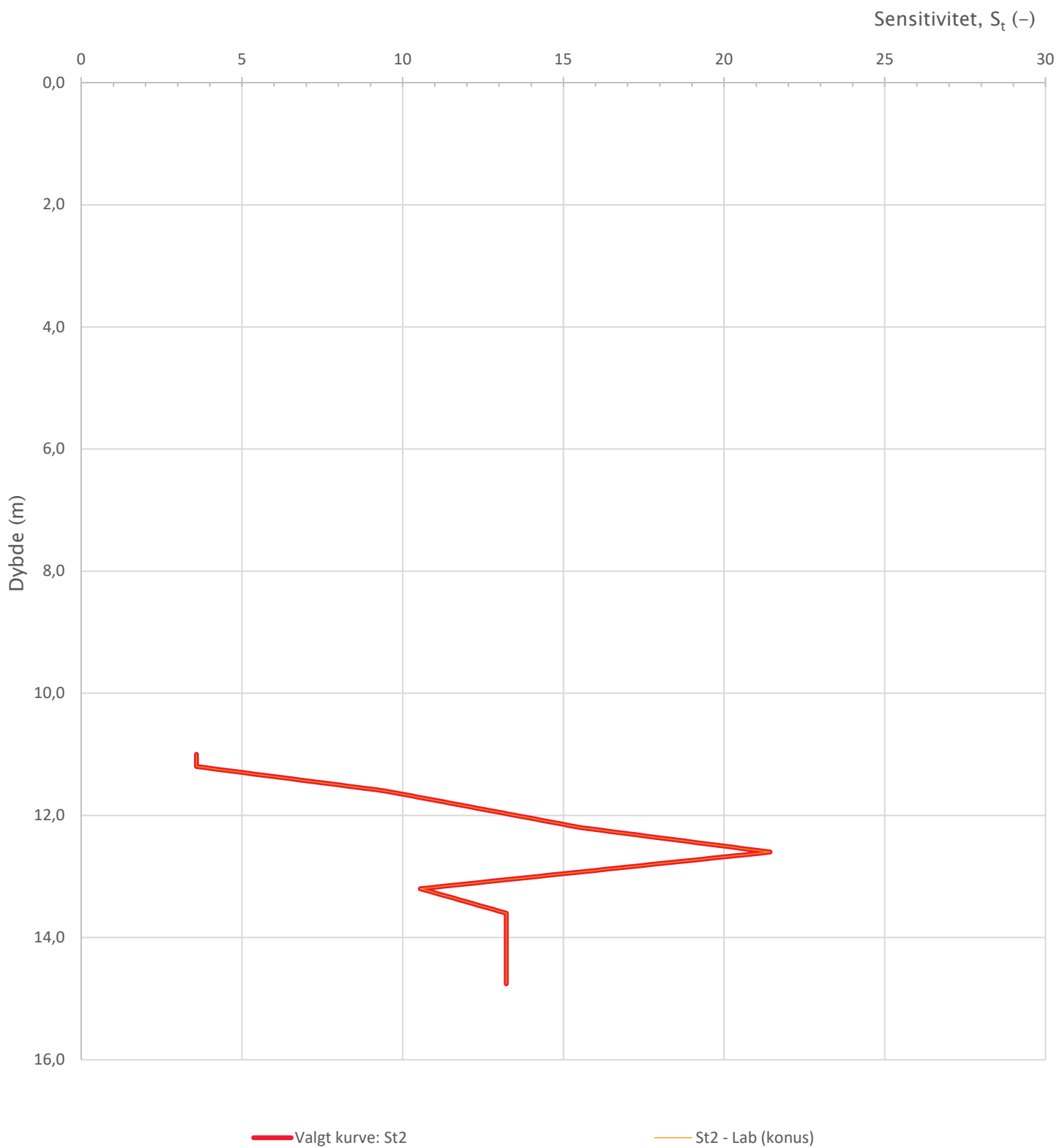
— NTNU 1 (a=5kPa, $\beta=-5^\circ$) — NTNU 2 (a=0kPa, $\beta=0^\circ$) — NTNU 3 (a=10kPa, $\beta=-10^\circ$) ■ ϕ - Treaks BH 0396 — Anbefalt kurve - ϕ


Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +53,16
Fornebubanen				0396	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				4978	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Teg. dato	Vedlegg	4.2.6
PGF	12-10-2021	1.0	26.11.2021		

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)

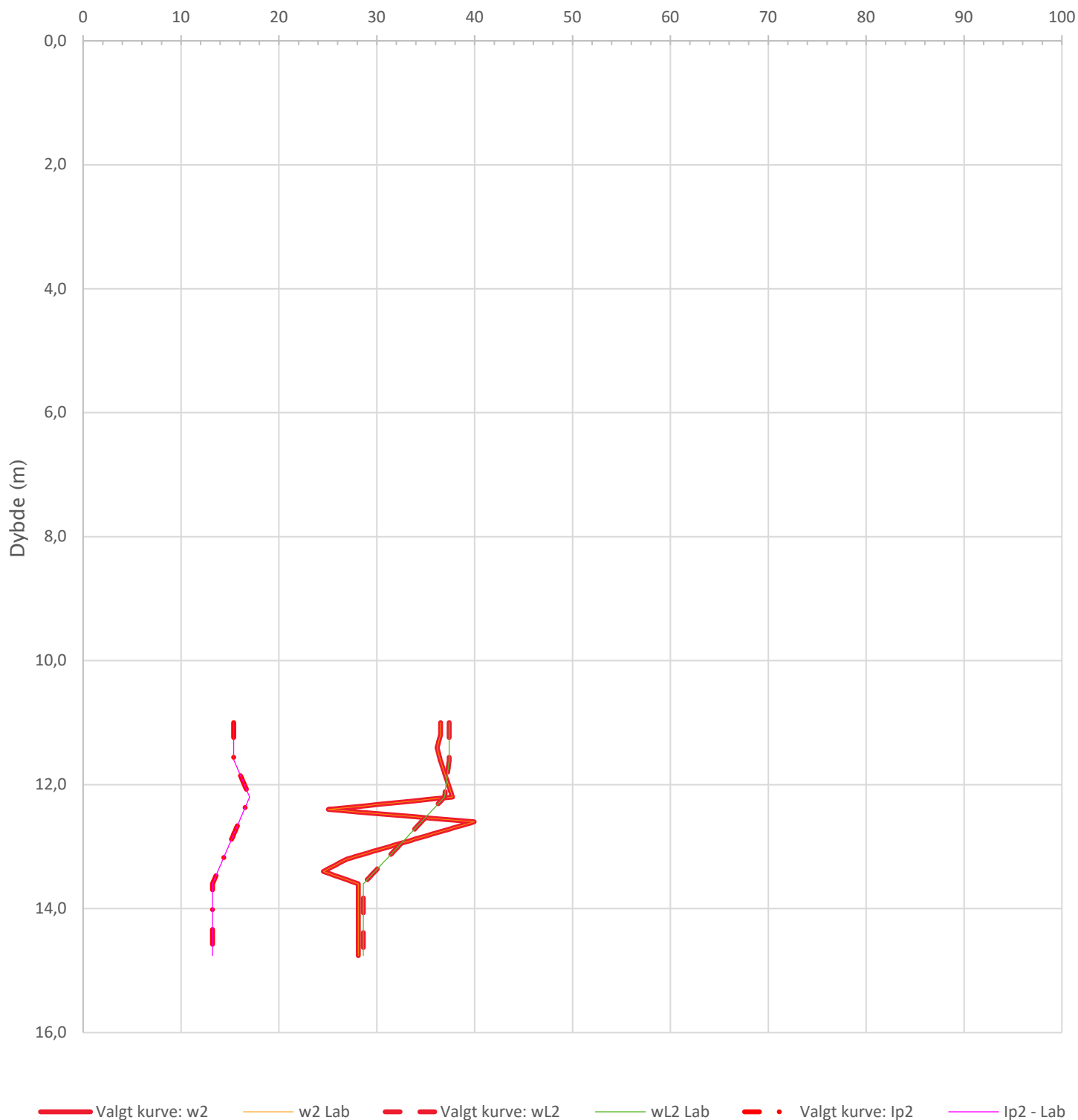



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +53,16
Fornebubanen				0396	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				4978	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	4.2.7
	PGF	12-10-2021	1.0 Teg. dato 26.11.2021		



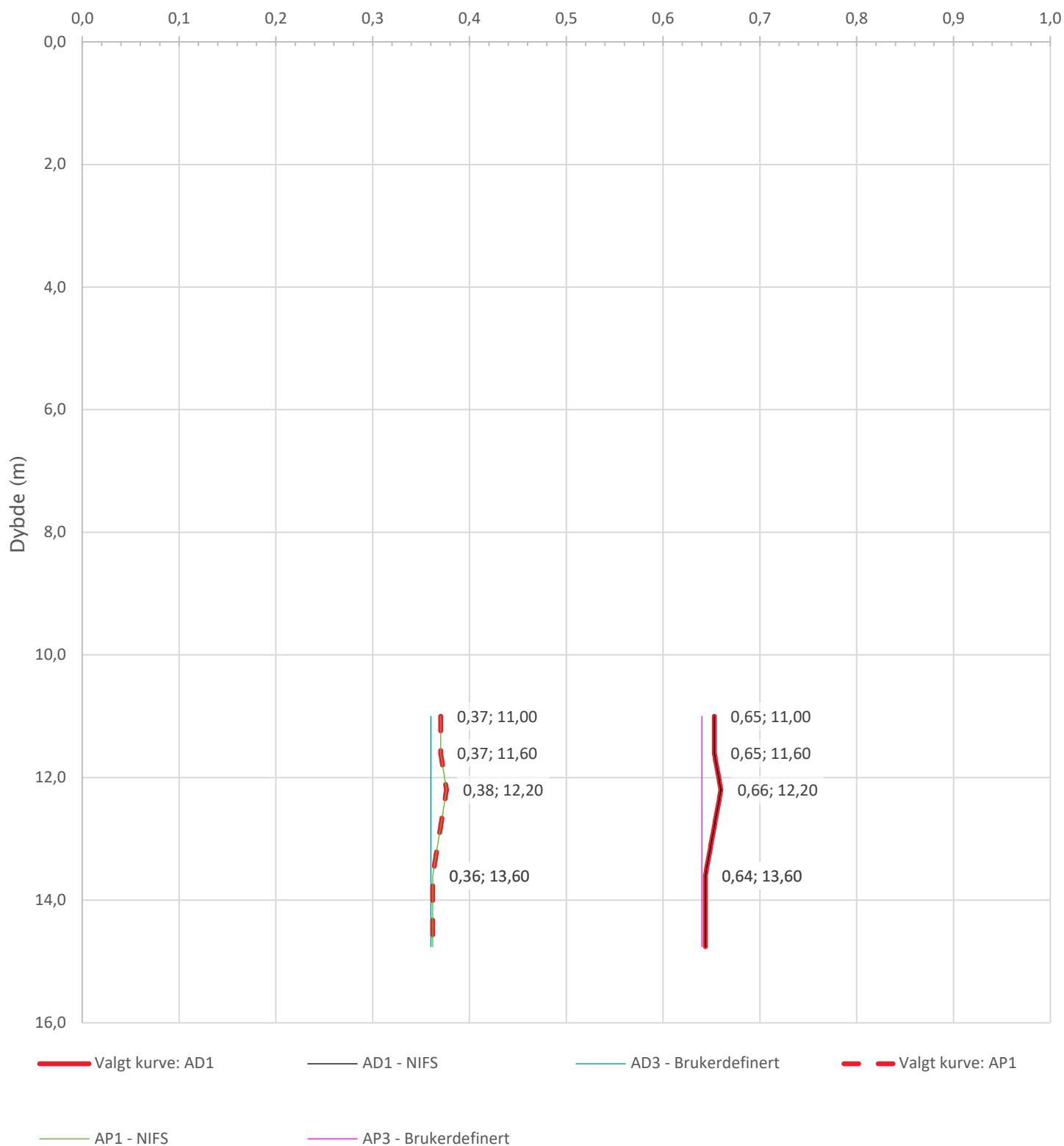
Prosjekt Fornebusbanen		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull Kote +53,16 0396
Innhold Sensitivitet				Sondennummer 4978
	Utført Brian Bjerrum	Kontrollert Carsten S. Sørensen	Godkjent Marianne Aam Ness	Anvend.klasse 1
	Bedrift PGF	Dato sondering 12-10-2021	Revisjon 1.0 Teg. dato 26.11.2021	Vedlegg 4.2.8


Vanninnhold og konsistensgrenser, $w_L I_p$ (%)



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +53,16
Fornebubanen				0396	
Innhold				Sondennummer	
Vanninnhold og konsistensgrenser				4978	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness	1	
Bedrift	Dato sondering		Revisjon	Vedlegg	
	PGF	12-10-2021	1.0	4.2.9	
			Teg. dato	26.11.2021	

Anisotropifaktorer, c_{uD}/c_{ucptu} , c_{uE}/c_{ucptu} (-)



Prosjekt		Rapportnummer: PF-U-721-RB-0039		Borhull	Kote +53,16
Fornebubanen				0396	
Innhold				Sondennummer	
Anisotropiforhold for samplotting av data				4978	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	Brian Bjerrum	Carsten S. Sørensen	Marianne Aam Ness		
	Bedrift	Dato sondering	Revisjon	Vedlegg	4.2.10
	PGF	12-10-2021	1.0 Teg. dato 26.11.2021		

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 5		Side: 1 av 9
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Vedlegg 5

Stabilitetsberegninger ved Frognerbekken

Rev.	Dato	Utgitt for	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
02G	29.11.2021	Kommentarer	Brian Bjer-rum	Carsten Steen Sørensen/Mo-nika Rødin Lund	Marianne Aam Ness
03G	21.09.2022	Gjennomsyn	Brian Bjer-rum	Carsten Steen Sørensen	Marianne Aam Ness

Innhold:

1.	ENDRINGSLOGG	2
2.	PLASSERING AV BEREGNINGSSNITT	3
3.	SNITT A-A - DAGENS SITUASJON – NORMAL TOGLAST	4
4.	SNITT A-A - STABILISERINGSTILTAK – KALKSEMENTSTABILISERING OG UTVIDET SPRENGSTEINSFYLLING – NORMAL TOGLAST	6
5.	SNITT A-A - STABILISERINGSTILTAK – KALKSEMENTSTABILISERING OG UTVIDET SPRENGSTEINSFYLLING - ANLEGGSLAST	7
6.	SNITT A-A - ANLEGGSSITUASJON – KALKSEMENTRIGG PÅ GRAVESKRÅNING	8
7.	SNITT B-B - ANLEGGSSITUASJON – GRAVESKRÅNING I BANEFYLLING	9
8.	SNITT C-C - DAGENS SITUASJON – SKRÅNING FROGNERBEKKEN	9
9.	SNITT C-C - ANLEGGSSITUASJON – UTGRAVNING OG BEGRENSET ANLEGGSLAST	9
10.	SNITT C-C – STABILISERINGSTILTAK – PERMANENT SITUASJON– SLAKKET SKRÅNING.....	9

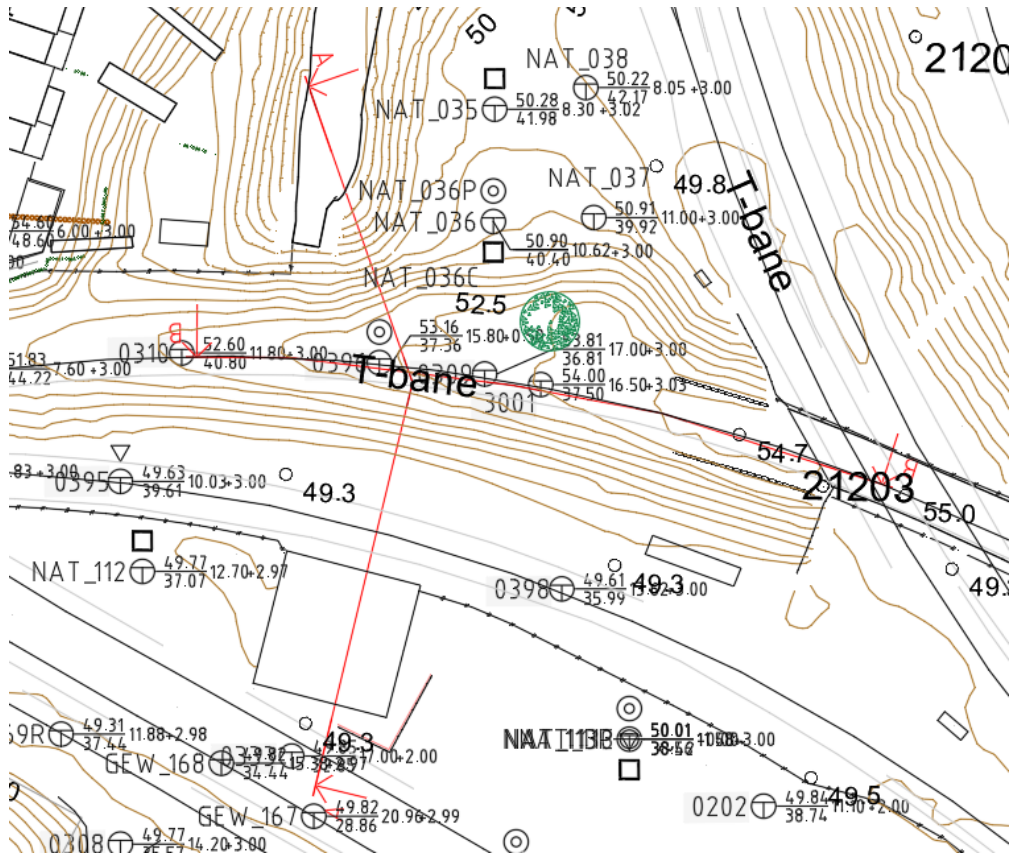
Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen Vedlegg 5		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
		Side: 2 av 9
Skjerming: Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN	
Jfr.: N/A		

1. ENDRINGSLOGG

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
02G	29.11.2021	-	Oppdatert stabilitetsberegninger
03G	21.109.2022	-	Ny forside Stabilitetsberegninger i snitt C-C er tatt ut da faresone er avgrenset fra siden av Frognerbekken.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
		Dato: 21.09.2022
Vedlegg 5		Side: 3 av 9
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

2. PLASSERING AV BEREGNINGSSNITT

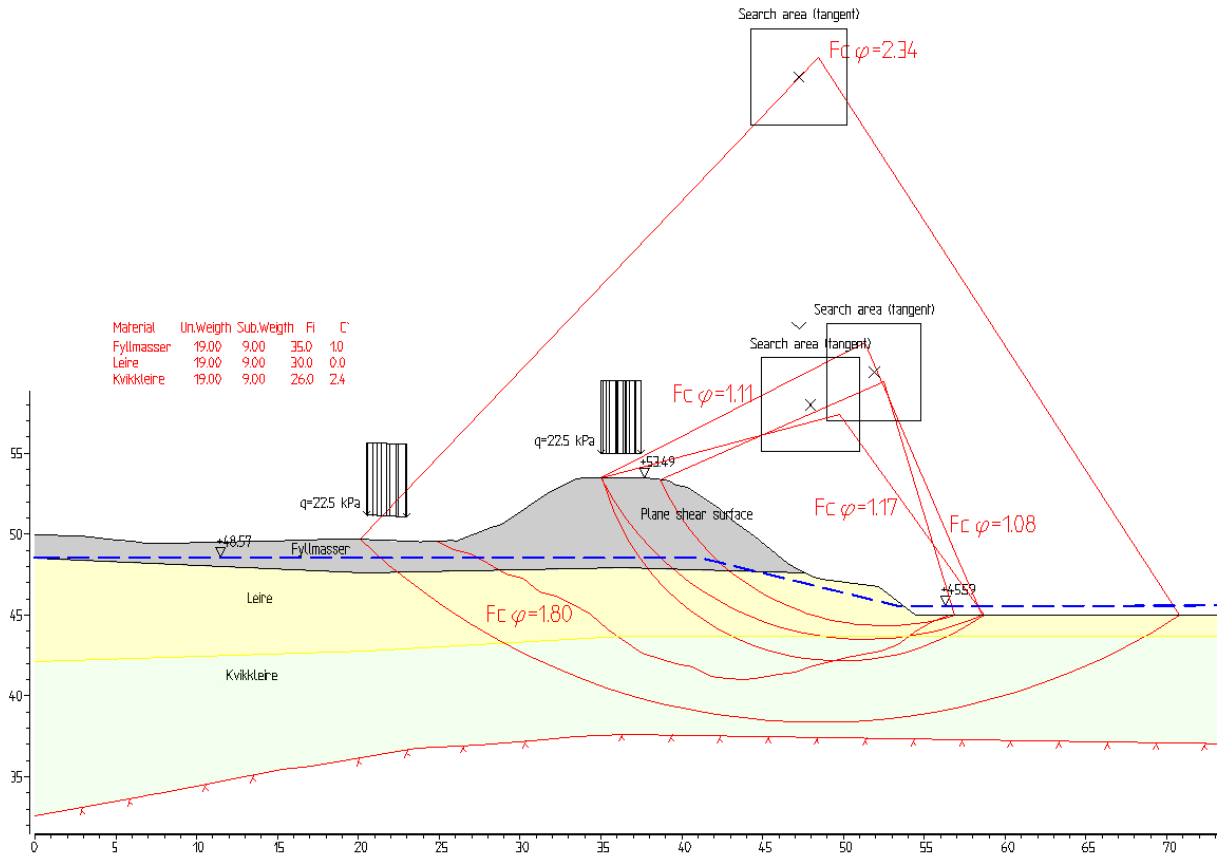


Figur 2-1: Plassering av beregningssnitt

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
Vedlegg 5		Dato: 21.09.2022
Skjerming:	Offentlig (O)	Side: 4 av 9
Jfr.:	N/A	Klassifisering: INTERN

3. SNITT A-A - DAGENS SITUASJON – NORMAL TOGLAST

Drenert tilstand:

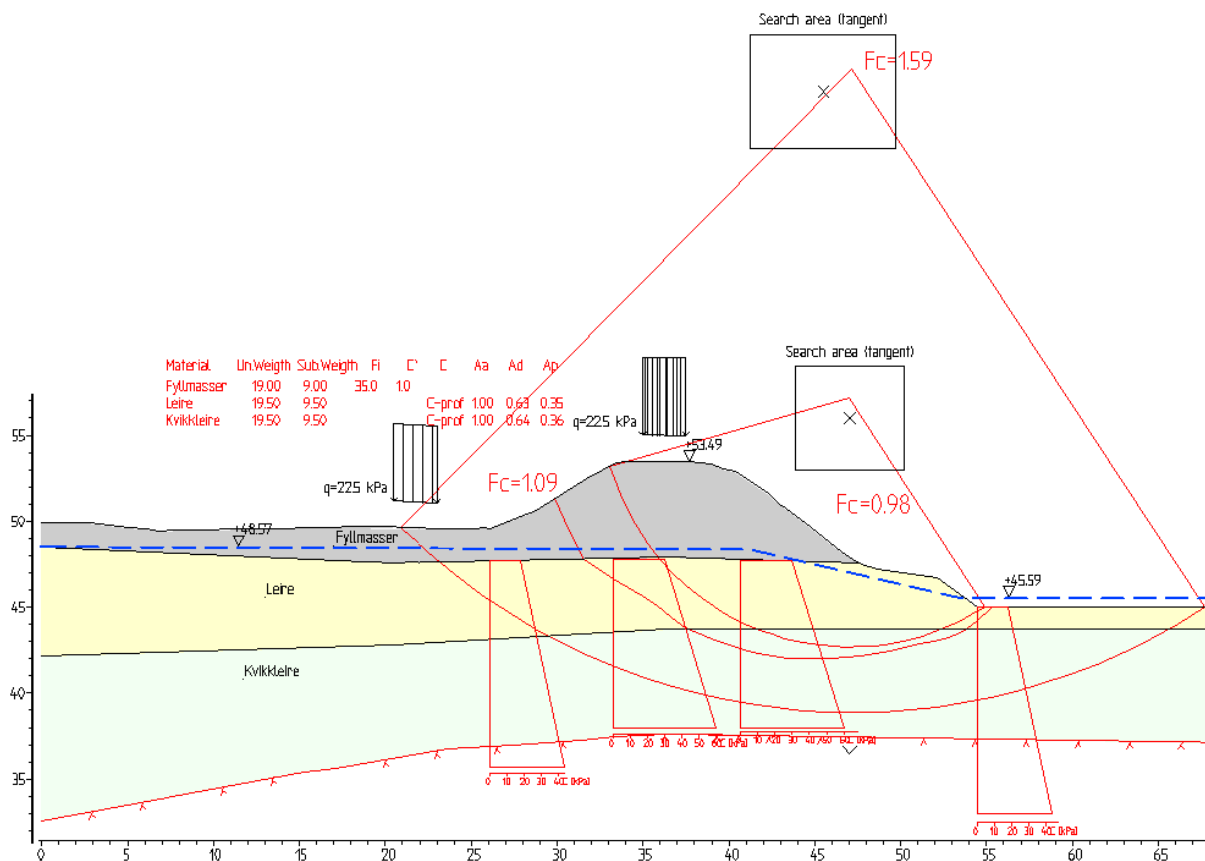


Figur 3-1: Sirkulær og sammensatt glideflate i dagens situasjon med drenert jordoppførsel.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
Vedlegg 5		Dato: 21.09.2022
Skjerming:	Offentlig (O)	Side: 5 av 9
Jfr.:	N/A	Klassifisering: INTERN

Udrenert tilstand:

I denne beregningen har det vært nødvendig å påføre 3D-innspenning på 2,5 % for å oppnå sikkerhetsfaktor på ca. 1,00 eller over. Det er ikke benyttet 3D-innspenning i andre beregninger i dette vedlegget.

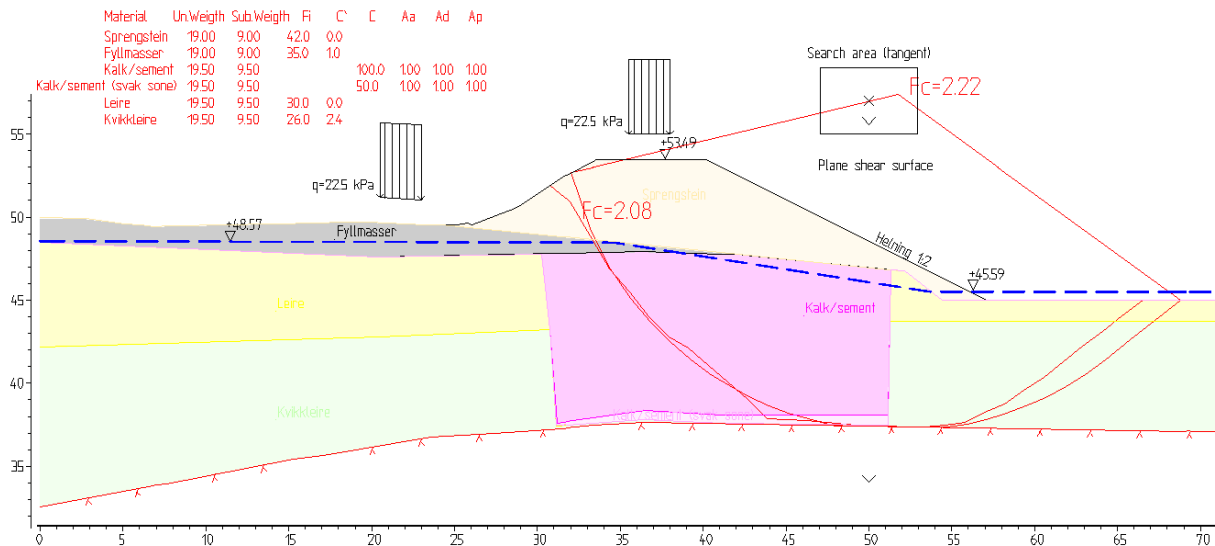


Figur 3-2: Sirkulær og sammensatt glideflate i dagens situasjon med udrenert jordoppførsel. Påført 3D-innspenning på 2,5 %.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
Vedlegg 5		Dato: 21.09.2022
Skjerming:	Offentlig (O)	Side: 6 av 9
Jfr.:	N/A	Klassifisering: INTERN

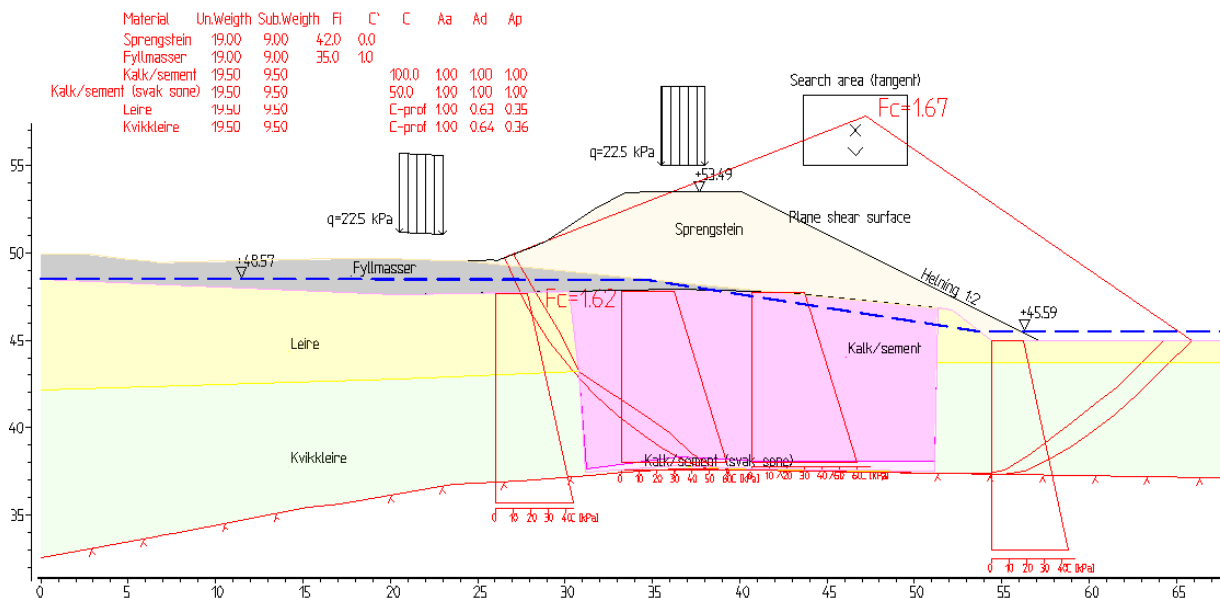
4. SNITT A-A - STABILISERINGSTILTAK – KALKSEMENTSTABILISERING OG UTVIDET SPRENGSTEINSFYLLING – NORMAL TOGLAST

Drenert tilstand (KS-stabilisering regnet udrenert):



Figur 4-1: Sirkulær og sammensatt glideflate i situasjon med kalksmentstabilisering og drenert jordoppførsel.

Udrenert tilstand:

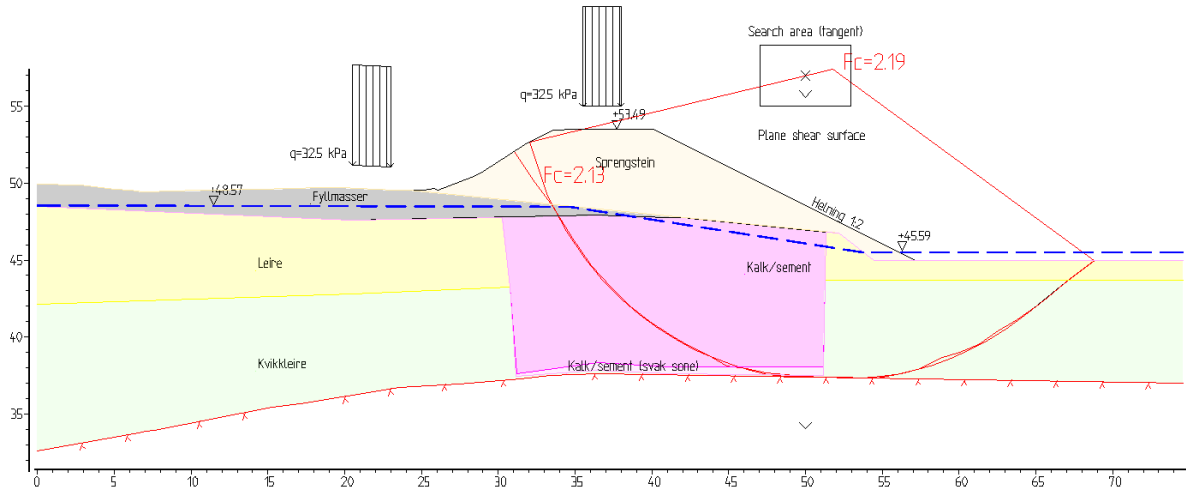


Figur 4-2: Sirkulær og sammensatt glideflate i situasjon med kalksmentstabilisering og udrenert jordoppførsel.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
Vedlegg 5		Dato: 21.09.2022
Skjerming:	Offentlig (O)	Side: 7 av 9
Jfr.:	N/A	Klassifisering: INTERN

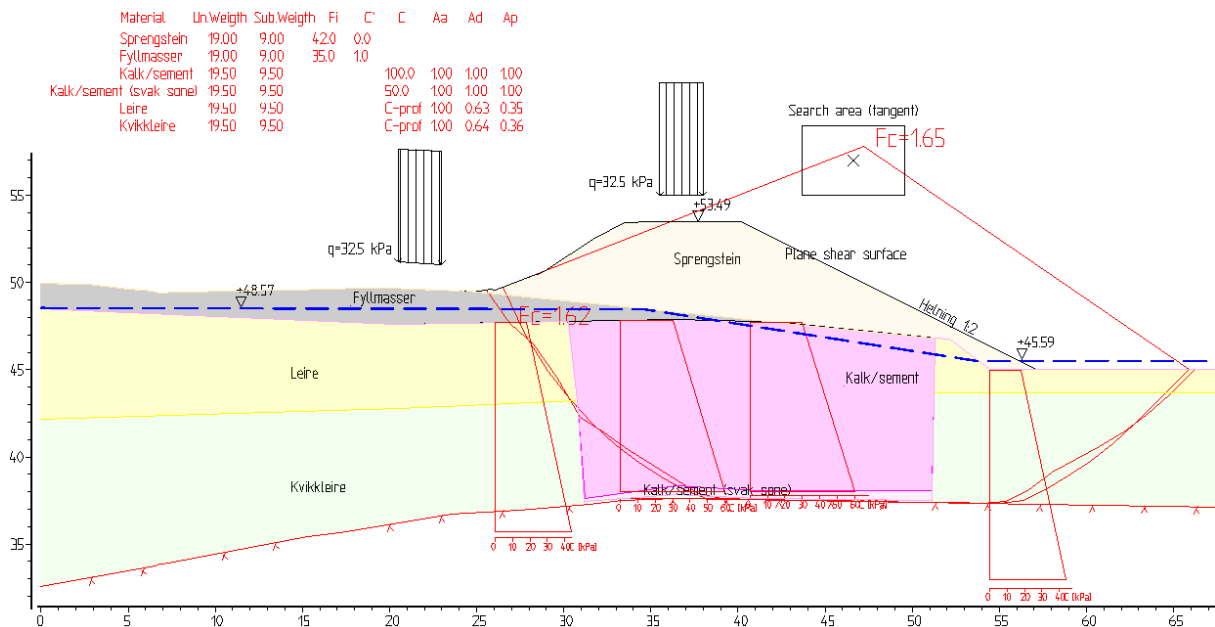
5. SNITT A-A - STABILISERINGSTILTAK – KALKSEMENTSTABILISERING OG UTVIDET SPRENGSTEINSFYLLING - ANLEGGSLAST

Drenert tilstand (KS-stabilisering regnet udrenert):



Figur 5-1: Sirkulær og sammensatt glideflate i situasjon med kalksementstabilisering og drenert jordoppførsel.

Udrenert tilstand:

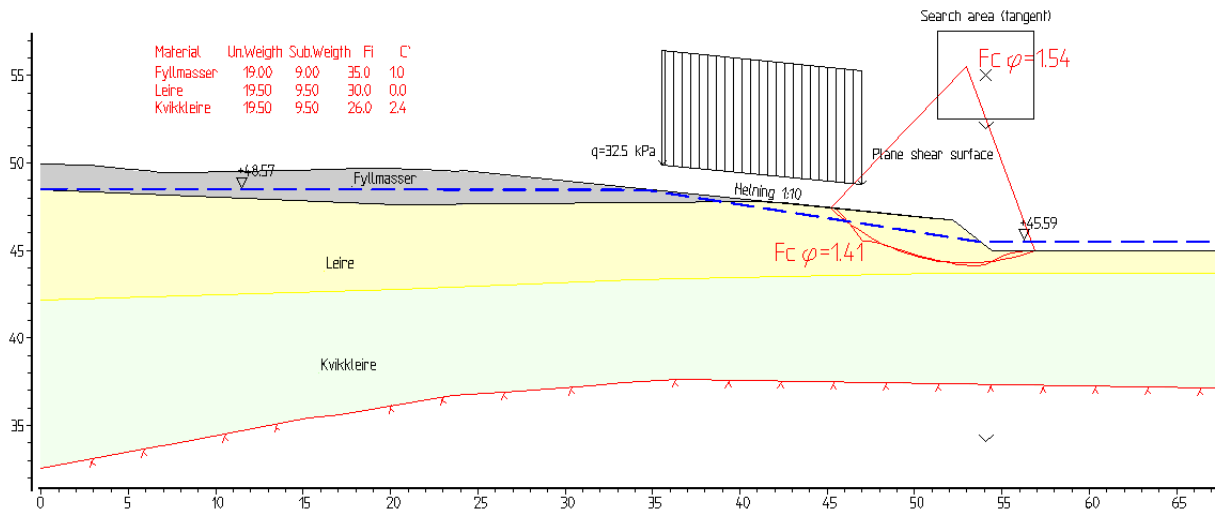


Figur 5-2: Sirkulær og sammensatt glideflate i situasjon med kalksementstabilisering og udrenert jordoppførsel.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
Vedlegg 5		Dato: 21.09.2022
Skjerming:	Offentlig (O)	Side: 8 av 9
Jfr.:	N/A	Klassifisering: INTERN

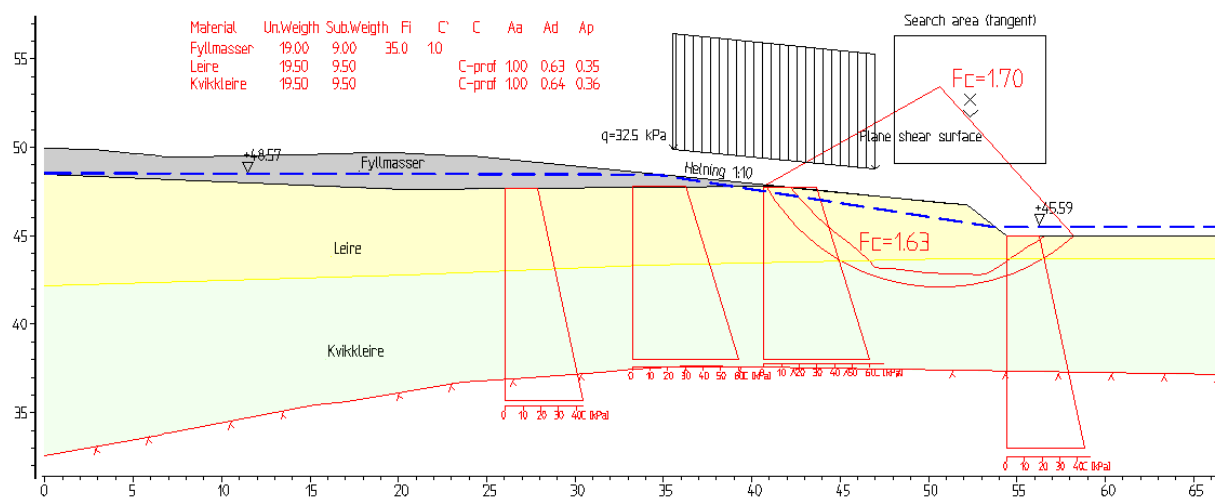
6. SNITT A-A - ANLEGGSSITUASJON – KALKSEMENTRIGG PÅ GRAVESKRÅNING

Drenert tilstand:



Figur 6-1: Sirkulær og sammensatt glideflate i situasjon med kalksementrigg på graveskråning med helning 1:10 og drenert jordoppførsel. Avstand fra skråningskant er 5,5 m.

Udrenert tilstand:

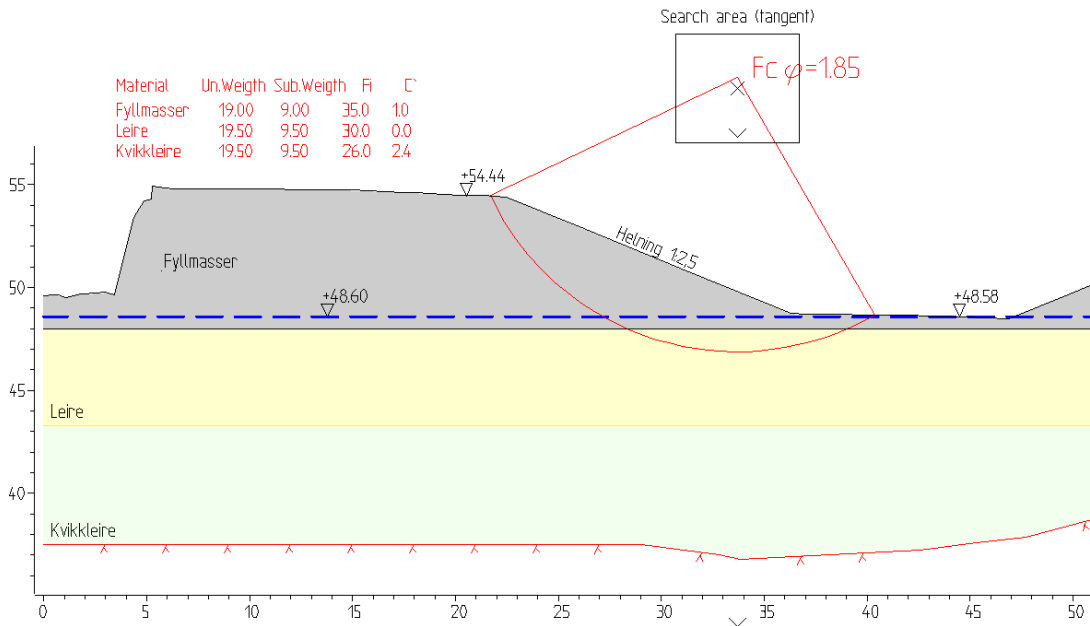


Figur 6-2: Sirkulær og sammensatt glideflate i situasjon med kalksementrigg på graveskråning med helning 1:10 og udrenert jordoppførsel. Avstand fra skråningskant er 5,5 m.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-U-721-RB-0039 -Vedlegg 5
Områdestabilitet Majorstuen		Revisjon: 03G
Vedlegg 5		Dato: 21.09.2022
Skjerming: Offentlig (O)		Side: 9 av 9
Jfr.:	N/A	Klassifisering: INTERN

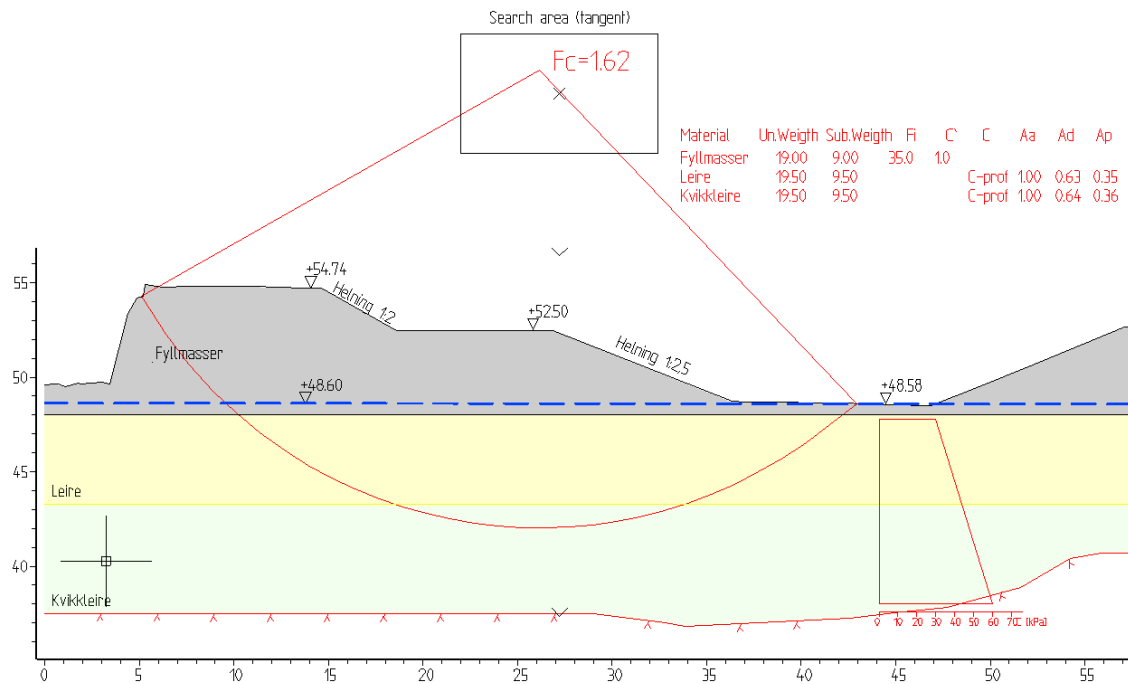
7. SNITT B-B - ANLEGGSSITUASJON – GRAVESKRÅNING I BANEFYLLING

Drenert tilstand:



Figur 7-1: Sirkulær glideflate i situasjon med midlertidig utgravning for kalksementstabilisering og drenert jordoppførsel.

Udrenert tilstand:



Figur 7-2: Sirkulær glideflate i situasjon med midlertidig utgravning for kalksementstabilisering og udrenert jordoppførsel.