



Geoteknikk

E14 Stjørdal-Hegramo,
Geoteknisk vurderingsrapport, reguleringsplan,
Ny GS-veg og omlegging av E14

EV 14 hp 2, meter 3462, Stjørdal kommune

Ressursavdelingen

Vd1461A-GEOT-R02





Statens vegvesen



Oppdragsrapport

Nr. Vd1461A-GEOT-R02

Labsysnr. 4190028

Geoteknikk

E14 Stjørdal-Hegramo,
Geoteknisk vurderingsrapport, reguleringsplan,
Ny GS-veg og omlegging av E14

Region midt

Ressursavdelingen

Berg- og geoteknikkseksjonen

Postadr. Postboks 2525

6404 MOLDE

Telefon 22073000

www.vegvesen.no

UTM-sone	Euref89 Ø-N	Oppdragsgiver:	Antall sider:
33	301768 - 7043317	Plan og Prosjektering v/ Jorunn By	16
Kommune nr.	Kommune	Dato:	Antall vedlegg:
5035	Stjørdal	2019-12-04	9
		Utarbeidet av (navn, sign.)	Antall tegninger:
		Lars Andreas Solås	1
Prosjektnummer	Oppdragsnummer	Seksjonsleder (navn, sign.)	Kontrollert
405813	Vd1461A	Per Olav Berg	Øystein Bueie Holstad
Sammendrag			

Etter oppdrag fra Plan og Prosjektering v/ Jorunn By har Berg- og geoteknikkseksjonen i Region midt utført grunnundersøkelser og foretatt geotekniske vurderinger for sammenhengende GS-veg fra Stjørdal til Hegramoen, samt omlegging av E14 ved Håver-eina.

Dette er en geoteknisk vurderingsrapport som gjelder for reguleringsplan. Som grunnlag for rapporten ligger datarapport Vd1461A-GEOT-R01 og det henvises til denne for resultat fra grunnundersøkelser samt tegninger.

Hele området er vurdert, og totalt er det planlagt bygging av ca. 6 km GS-veg, en 32 m lang stålbjelkebru, ca. 100 m støttemur opptil 3,5 m høyde, fylling opptil 7,8 m høyde, noen mindre sideveger samt omlegging av en bekk. Området berørt av byggetiltak ligger stort sett nord for E14, og går fra Stjørdal (Øyan) til Bøstad.

Grunnforholdene er stort sett middels fast til fast siltig leire og leirig silt med mindre grus- og sandlag. Området ligger under marin grense, det er ikke påtruffet sprøbruddmateriale av betydning for prosjekteringen.


Rapporten må leses i sin helhet og det er lagt opp til at detaljplanlegging av tiltakene utføres for byggeplan.

Emneord

GS-veg, pelefundamentering, tørrmur, fylling, leirig silt, siltig leire, sand





GEOTEKNISK KATEGORI/KONSEKVENNS-/PÅLITELIGHETSKLASSE

Geoteknisk kategori	Konsekvens-/pålitelighetsklasse	Konsekvens-klasse	Beskrivelse
Geoteknisk kategori 1 ←	CC1/RC1 <input type="checkbox"/>	CC1	Liten konsekvens i form av tap av menneskeliv, og små eller uvesentlige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 2 ←	CC2/RC2 <input checked="" type="checkbox"/>	CC2	Middels stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, betydelige økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser
Geoteknisk kategori 3 ←	CC3/RC3 ev RC4 <input type="checkbox"/>	CC3	Stor konsekvens i form av tap av menneskeliv, eller svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser

Kategori/konsekvensklasse er fastsatt av			
	Enhet/navn	Signatur	Dato
Geoteknisk prosjekterende	Berg- og geoteknikkseksjonen v/ Lars Andreas Solås 		2019-12-19
Oppdragsgiver	Plan og prosjektering v/ Jorunn By		

Kommentarer til valg av geoteknisk kategori/konsekvensklasse/pålitelighetsklasse
<p>Stort sett bra med grunnundersøkelser som gir ett godt grunnlag for vurderinger. Elve- og havavsetninger. Grunnforholdene varierer med både sand/grus og silt/leire. Området ligger under marin grense, det er ikke påtruffet sprøbruddmateriale av betydning for prosjekteringen.</p> <p>Det er på bakgrunn av dette valgt CC2/RC2.</p>

PROSJEKTERINGSKONTROLL

	Enhet/Navn	Signatur	Dato
Grunnleggende kontroll (B)	Berg- og geoteknikkseksjonen v/ Lars Andreas Solås 	Lars Andreas Solås  <small>Digitalt signert av Lars Andreas Solås -Dato: 2019.12.19 14:25:09 +01'00'</small>	2019-12-19
Kollegakontroll (N)	Berg- og geoteknikkseksjonen v/ Øystein Bueie Holstad 	Øystein Bueie Holstad  <small>Digitalt signert av Øystein Bueie Holstad -Dato: 2019.12.19 14:53:35 +01'00'</small>	2019-12-19
Utvidet kollega-kontroll (U)			
Uavhengig kontroll (U)			

Kontrollklasse	Kontrollform					
	Prosjektering			Utførelse		
	Grunnleggende kontroll	Kollega-kontroll	Uavh. eller utvidet kontroll	Basis kontroll	Intern systematisk kontroll	Uavhengig kontroll
B (begrenset)	kreves	kreves ikke	kreves ikke	kreves	kreves ikke	kreves ikke
N (normal)	kreves	kreves	kreves ikke	kreves	kreves	kreves ikke
U (utvidet)	kreves	kreves	kreves	kreves	kreves	kreves

INNHALDSFORTEGNELSE

INNHALDSFORTEGNELSE	3
VEDLEGGSOVERSIKT	3
1 INNLEDNING/ORIENTERING	4
2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER	4
3 MARK- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER.....	4
4 GRUNN- OG FUNDAMENTERINGSFORHOLD	5
4.1 Geoteknisk kategori.....	5
4.2 Område nr. 1 Profil 1600-3500, vegmodell 74000. Profil 1170-2800, vegmodell 70100.....	5
4.2.1 Grunnforhold.....	5
4.2.2 Valg av geotekniske parametere	6
4.2.3 Stabilitetsforhold	6
4.2.4 Setningsforhold	6
4.2.5 Brukbarhet av skjæringsmasser.....	6
4.3 Område nr. 2 Profil 3300-4350, vegmodell 71000.....	7
4.3.1 Grunnforhold.....	7
4.3.2 Valg av geotekniske parametere	7
4.3.3 Stabilitetsforhold	7
4.3.4 Bæreevne Gluggbekken bru	9
4.3.5 Setningsforhold	10
4.3.6 Brukbarhet av skjæringsmasser.....	10
4.4 Område nr. 3 Profil 4350-5350, vegmodell 71000.....	10
4.4.1 Grunnforhold.....	11
4.4.2 Valg av geotekniske parametere	11
4.4.3 Stabilitetsforhold	11
4.4.4 Setningsforhold	12
4.4.5 Støttekonstruksjon, profil 4390-4490.....	14
4.4.6 Brukbarhet av skjæringsmasser.....	15
5 VIDERE ARBEIDER	15
6 HMS - FORHOLD	15
7 REFERANSER	15

VEDLEGGSOVERSIKT

Bilag	
1	Oversiktskart 1:50 000
2	Teknisk beregningsbilag
3	Ødometer tolket
4	Treaks tolket
5	CPTU tolket
6	Bæreevneberegning enkeltpel
7	Stabilitetsberegninger
8	Setningsberegninger
9	Beregning av tørrmur

<u>Tegning</u>	<u>Målestokk</u>
K101-01 Gluggbekken GS-bru	1:100, 1:50

1 INNLEDNING/ORIENTERING

Etter oppdrag fra Plan og Prosjektering v/ Jorunn By har Berg- og geoteknikkseksjonen i Region midt utført grunnundersøkelser og foretatt geotekniske vurderinger for sammenhengende GS-veg fra Stjørdal til Hegramoen, samt omlegging av E14 ved Håvereina.

Totalt er det planlagt bygging av ca. 6 km GS-veg, en 32 m lang stålbeleggbu, ca. 100 m støttemur opptil 3,5 m høyde, fylling opptil 7,8 m høyde, noen mindre sideveger samt omlegging av en bekk.

Området berørt av byggetiltak ligger stort sett nord for E14, og går fra Stjørdal (Øyan) til Bøstad.

Dette er en vurderingsrapport som gjelder for reguleringsplan. Som grunnlag for rapporten ligger datarapport Vd1461A-GEOT-R01 og det henvises til denne for resultat fra grunnundersøkelser samt tegninger.

Området ligger under marin grense, det er ikke påtruffet sprøbruddmateriale av betydning for prosjekteringen.

Bilag 2 viser et oversiktskart i målestokk 1:50 000 for området.

2 TIDLIGERE UNDERSØKELSER

Det er fra tidligere utført noen grunnundersøkelser i området. Disse grunnundersøkelsene er framlagt i rapport Vd965A-R01 (SVV, 1990).

I den grad disse undersøkelsene har betydning for våre nye vurderinger er de også tatt med i vår nye rapport.

3 MARK- OG LABORATORIEUNDERSØKELSER

Grunnundersøkelsene omfatter i alt 1 totalsondering, 35 dreietrykksonderinger, 7 trykksonderinger (CPTU) samt opptak av 4 representative og 12 uforstyrrede prøveserier. Undersøkelsene er utført i to omganger, mai og august 2019.

Fra tidligere er det i alt utført 17 dreietrykksonderinger og tatt opp 1 uforstyrret prøveserie som er relevant for vårt prosjekt.

En samlet oversikt over plassering, resultater fra sonderinger og lab finnes i datarapport Vd1461A-GEOT-R01.

Når det gjelder trykksonderingene (CPTU) er disse tolket ved hjelp av SVV-utviklet regneark-program der aktiv udrenert skjærfasthet, C_{uA} , er tolket ut fra NGI's metoder og praksis (NGI (2010)).

Resultatene fra disse tolkningene av skjærstyrkeverdier ut fra spissmotstand og poreovertrykk er framlagt i bilag 5.

4 GRUNN- OG FUNDAMENTERINGSFORHOLD

4.1 Geoteknisk kategori

I henhold til *NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner* er konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC) satt til klasse 2.

I henhold til *NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1: Almenne regler og Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging* skal det benyttes geoteknisk kategori 2 for prosjektet.

Kontrollklasse er satt til normal kontroll.

Skjema for valg av geoteknisk kategori/konsekvensklasse/pålitelighetsklasse er vist på side 2 i rapporten.

Ut fra konsekvensklasse og bruddmekanisme (nøytralt brudd) er nødvendig materialkoeffisient γ_m satt til 1.4 for både totalspenningsanalyse (c_u) og effektivspenningsanalyse ($a\phi$).

4.2 Område nr. 1

Profil 1600-3500, vegmodell 74000.

Profil 1170-2800, vegmodell 70100.

Oversiktskart: tegning V01-V06

Tverrprofil: tegning V10-V21

Terrenget ved planlagt GS-veg og atkomstveger ligger tilnærmet flatt. Fra omtrent midtveis er det bratt fjell nord for planlagte tiltak, samt en mindre bekk nord for GS-veg fra profil 1180 til 1820.

Planlagt GS-veg går stort sett i terreng / på mindre fyllinger (opptil 1,5 meter høyde) samt mindre skjæringer (opptil 1,5 m høyde). Både fyllinger og skjæring er lagt med helning 1:2. For profil 1777-1885 skal eksisterende voll fjernes, der vil skjæring være opptil 2,5 m høy med skråningshelning 1:2.

4.2.1 Grunnforhold

Fra kvartærgeologisk kart (NGU) avleses det elveavsetning ved tiltaksområdet.

Løsmassene er lagdelt med både silt, leire og sand/grus. Leir- og siltlagene er dominerende. Prøvene, som stort sett er grunne, viser at leire/silt er middels til fast, har liten til middels sensitivitet og vanninnholdet strekker seg fra 25-40 %.

Det er ikke påtruffet fjell ved grunnundersøkelsene. På det dypeste er det boret 25 meter i løsmasser.

4.2.2 Valg av geotekniske parametere

Det er ikke utført noen geotekniske beregninger for dette området.

4.2.3 Stabilitetsforhold

Det meste av området ligger med flatt terreng rundt, og i nærhet av ny GS-veg samt atkomstveger slik at det er ingen fare for stabiliteten.

Fra profil 1170-1300 (vegmodell 70100) går det i dag en bilveg i nærhet av/ like på topp av en bekkeskråning med høyde 3-4 m og bratteste skråningshelning ca. 1:1,8.

Bilvegen er planlagt omregulert til kombinert GS-/kjøreveg. Vegbanen skal være som før, bare at det asfalteres. Altså ingen endringer i lastbildet.

Det legges for dette tilfellet til grunn prinsipp for stabilitet av eksisterende veg, avsnitt 205.5 i Håndbok N200:

«Ved utbedringer av eksisterende veg skal i utgangspunktet sikkerhetsnivået være tilsvarende som for ny veg. For mindre utbedringer på eksisterende veger kan det (i samråd med byggherren) enkelte ganger, ut fra samfunnsøkonomiske hensyn, aksepteres at sikkerhetsnivået ved geoteknisk prosjektering ikke oppnår samme krav som for ny veg. I slike tilfeller bør prosjektet gjennomgå utvidet prosjekteringskontroll. Den prosjekterende skal vurdere om det er behov for spesielle kontrolltiltak ved utførelsen, og beskrive disse.»

Altså når vi ikke forverrer stabiliteten, så kan vi tolke regelverket til at det er ok. Det må uansett vurderes behov for erosjonssikring på byggeplan både av skråning og bekkebunn. Dette vil bidra til økt sikkerhet og det er da ikke sett noe behov for å gjennomgå utvidet prosjekteringskontroll.

Merk at om det skal gjøres noen endringer i vegbanen/terrengoverflate må stabiliteten vurderes på byggeplan.

4.2.4 Setningsforhold

Det er mindre fyllinger slik at setningene vil være minimale og i tillegg forekomme relativt raskt.

4.2.5 Brukbarhet av skjæringsmasser

Det er stort sett mindre skjæringer med antatt bløt sandig leirig silt som typisk har telefarlighetsklasse T4. Disse massene kan brukes til oppbygging av fylling der det tillates å ha T4-masser og må da legges ut lagvis og komprimeres iht. Håndbok V221. Ellers må de trolig kjøres på deponi.

Det bemerkes at en egen miljørapport, 10214162-R01 (Sweco (2019)), beskriver bruk av massene som fjernes i vollen.

4.3 Område nr. 2 Profil 3300-4350, vegmodell 71000.

Oversiktskart: tegning V01, V07-V08
 Lengdeprofil: tegning V100, V104
 Tverrprofil: tegning V22-V27

Terrenget ved planlagt GS-veg og atkomstveger ligger tilnærmet flatt. Fra profil 3600-3650 er det en bekkedal med skråningshelning oppimot 1:1,2.

4.3.1 Grunnforhold

Fra kvartærgeologisk kart (NGU) avleses det elve- og havavsetning, avdelt omtrent i kant med tiltaket.

Løsmassene er lagdelt med både silt, leire og sand/grus. Leir- og siltlagene er dominerende. Prøvene, som stort sett er grunne, viser at leire/silt varierer fra bløt til fast, har liten til middels sensitivitet og vanninnholdet strekker seg fra 20-30 %.

Det er ikke påtruffet fjell ved grunnundersøkelsene. På det dypeste er det boret 36,7 meter i løsmasser.

4.3.2 Valg av geotekniske parametere

I våre stabilitetsberegninger for dette området har vi valgt å benytte følgende parametere:

Lag	Tyngdetetthet γ (kN/m ³)	Udrenert skjærstyrke s_u (kPa)	Attraksjon a (kPa)	Friksjons- vinkel ϕ (°)	Merknad
Fast sand, grus	19	-	5	36	Antatt verdi fra HbV220
Silt	19	-	3	35	Tolket fra CPTU-35
Siltig leire	20,5	-	0	32	Antatt, -ikke noe å si for beregninger-

Grunnvannstanden er antatt å ligge anslagsvis 1-2 meter under terrengoverflaten og lokalt tilpasset topografiske forhold.

4.3.3 Stabilitetsforhold

Det er vurdert stabilitet for eksisterende terreng, like oppstrøms planlagt bru, ved kritisk profil E-E.

I tillegg er det sett på stabilitet av en eventuell framtidig utgravning for åpning av bekken ved profil A-A.

Ved våre beregninger for profil A-A har vi oppnådd følgende materialfaktorer, γ_m :

Tiltak	Bilag	Beregnings- program	Beregningsmetode	Materialfaktor γ_m	Merknad
Eventuell framtidig utgravning for åpning av bekken	7.1	Geosuite Stability	<i>Beast</i> , <i>aphi</i> Rtan	1,49	Skråningshelning 1:2, utgravning til kote +10,5. Se K101-01 for brutegning.

Ved våre beregninger for profil E-E har vi oppnådd følgende materialfaktorer, γ_m :

Tiltak	Bilag	Beregnings-program	Beregnings-metode	Material-faktor γ_m	Merknad
Eksisterende terreng	7.2	Geosuite Stability	<i>Beast, ϕ_{hi} Rtan</i>	1,08	Vestre side, skråningshøyde like over 6 m, snitt på helning 1:1,25
				1,43	Østre side, skråningshøyde rundt 7,5 m, snitt på helning 1:2,6

Det må tas høyde for en eventuell framtidig åpning av bekken. Det skal da graves ut som vist i tegning K101-01. Beregning av stabilitet for dette tiltaket viser god nok stabilitet, se bilag 7.1.

Like oppstrøms for planlagt bru, er eksisterende terreng bratt og naturlig skråning har lav stabilitet for vestre side, se bilag 7.2.

Brua ligger et stykke bak profil E-E, og med planlagt utgravning til kote +15 gir det skråningshelning like over 1:2,5 ned mot laveste punkt (sett skrått fra bru ned til bunn bekkedal). Det i seg selv vil ha god nok stabilitet. Men det vil være uheldig om det skulle gli ut ovenfor brua, og det anbefales erosjons sikring for å forhindre at det graves ut mer i foten. Dette bør utføres minimum 15-20 meter oppstrøms brua.

Bilder fra befaring 26.02.2018. Det var veldig tett med skog, men det var tegn på aktiv erosjon både fra graving i skråningsfoten og trær som hadde falt over.



4.3.4 Bæreevne Gluggbekken bru

Det er utført bæreevneberegninger for Gluggbekken bru. Det er planlagt en 32 m lang betongbru med ett spenn, hvor akse 1 og 2 er landkar. Se tegning K101-01.

Direktefundamentering har blitt vurdert, men det ble ikke funnet god nok bæreevne for å gå videre med denne løsningen.

Det er derfor sett på pelefundamentering for å oppnå ønsket bæreevne. I samråd med brukonstruktør er det valgt betongpel P270. I denne rapporten er det utført bæreevneberegning for svevende enkeltpel. Dimensjonerende kapasitet er så oversendt brukonstruktør som har beregnet behovet til 8 peler i hvert landkar.

Som grunnlag for bæreevneberegninger er det lagt til grunn bp. 13, 14 (akse 1, vest for bekkedalen) og 35 (akse 2, øst for bekkedalen). For bp. 13 og 14 er det utført dreietrykksonderinger til 20 m dybde, mens i bp. 35 er det dreietrykksondering ned til 36,7 m samt CPTU ned til 17,5 m.

Fra dreietrykksonderingene tolkes det homogene forhold for akse 1 og 2. Beregninger er utført på bakgrunn av data fra CPTU-35, og gjelder da både akse 1 og 2.

Følgende kommentarer gjelder for tolkning, samt valg av parameter for bæreevne til enkeltpel:

- Parameter for beregning av bæreevne er for sand/silt (drenert materiale) tolket ved NGI-99-metoden (Peleveileder, 2012) samt er leire beregnet fra peleveileder med valgt α -faktor for $I_p = 12\%$.
- Merk at CPTU-35 stopper før bunn av pel pga. for stor motstand i jorda. Beregningsgrunnlaget for resterende del av pel er basert på gjennomsnittet av data fra siste 0,5 m av CPTU. Dette valget begrunnes med at fra dreietrykksondering i bp. 35 tolkes det samme, drenerte laget å fortsette ned til ca. 24 m dybde (der det går over til antatt siltig leire).
- I teorien vil trolig spissmotstand øke noe for samme lag, slik at data for spissbæring kan muligens antas noe konservativ.
- For sidefriksjonen er det for de nederste meter av pel tolket en sidefriksjonsfaktor β oppimot 0,3, noe som for en pel av vår lengde tilsier at jorda er fast lagret (Peleveileder, 2012). Det føles noe høyt å anta dette uten spesifikk data for de nederste 4 meter av pel, slik at her er sidefriksjonsfaktoren τ_{sk} redusert med 25 %.
- Det er laget to plot (bilag 6) som viser beregnet sidefriksjonsfaktor og bæreevnefaktor fra CPTU. Disse er sammenlignet med erfaringsdata fra figur 4.2 i Peleveiledningen og det er konkludert med at det er rimelig å benytte resultat fra CPTU til beregningene. Sidefriksjonsfaktor fra CPTU kan være noe lav, og med supplerende grunnundersøkelser på byggeplan kan det vurderes om den burde ha høyere verdi.
- Nedre leirlag (underkant pel) har antatte verdier og det er trolig høyere spissbæring enn det som kommer fram i regnearket.

En samling av inputparameter og beregninger finnes i bilag 6.

Tabellen under viser en enkel oversikt over peldata og tilhørende resultater.

		Merknad
Peletype	Betongpel, P270	Kvadratisk, med sidelengde 0,27 m
Pelelengde i jord	18 m	Bunn pel ved kote -3
Dimensjonerende bæreevne for enkeltpel, $R_c; d$	480 kN	Vekt av pel er trukket fra

4.3.5 Setningsforhold

Det er utført beregning av setninger for Gluggbekken bru.

Setningene er regnet ut som et sålefundament som ligger i dybde 2/3 av pelens lengde (Peleveiledningen, 2012).

Beregninger er ikke tatt med i rapporten da dette kun er ett overslag. Det må utføres mer nøyaktige beregninger på byggeplan når endelig brudata foreligger.

En kort oppsummering av beregningsdata og -resultater følger i tabellene under.

Beskrivelse	Data	Merknad
Dybde sålefundament	12 m	Fundament på kote +3
Fundamentbredde	3 m	
Fundamentlengde	3,5 m	
Grunnvannstand	1 m uk. terreng	Antatt
qv	190,5 kPa	Beregnet utfra $F_v=2000 \text{ kN}^1$
Modultall, m	150	Tilbakeregnet fra beregnet modul, M, CPTU-35

¹Last mottatt fra brukonstruktør. Den er omtrentlig.

Beregnet	Resultat	Merknad
Setninger	1-4 cm	Homogene forhold akse 1&2
Setningsforløp	Antatt raskt forløp, vel drenerende masser	

Setningene vil være minimale og omtrent like for akse 1 og 2. Det er ifølge brukonstruktør en bru som fint tåler setninger slik at det ikke skal være noe problem.

4.3.6 Brukbarhet av skjæringsmasser

Masser som graves ut for brua er tolket som sand/grus og er gode masser å gjenbruke. Disse kan f.eks. brukes til fylling for GS-veg.

4.4 Område nr. 3 Profil 4350-5350, vegmodell 71000.

Oversiktskart: tegning V01, V08-V09

Lengdeprofil: tegning V101-V103

Tverrprofil: tegning V28-V34

Starten av området er på et platå, før dagens E14 ligger med fall, og da i skjæring «langsmed» platået. Skråningshelning er 1:1,8 på nedre side (mot sør) og 1:1,5 på oversiden (mot nord) av E14. Total skråningshøyde er like over 15 meter.

Like etter flater terreng på sør-østsiden ut, mens det er ett platå mot nord-vest. Platået har en høyde på rundt 20 meter, og skråningshelning på 1:1,7. Dette gjelder for ca. profil 4550-4750. Deretter ligger E14 omtrent i flatt terreng.

4.4.1 Grunnforhold

Fra kvartærgeologisk kart (NGU) avleses det elve- og havavsetning, avdelt omtrent i kant med tiltaket.

Løsmassene er lagdelt med både silt, leire og sand/grus. Leir- og siltlagene er dominerende. Enkelt punkt viser bløt leire, men stort sett er det middels til fast leire/silt. Sensitiviteten er lav til middels og vanninnholdet ligger typisk mellom 20-30 %.

Det bemerkes at enkeltpunkt viser meget sensitiv silt/leire, og det er i MB25 en prøve ved 15 meter som viser sprøbruddsmateriale. Dette har ingen påvirkning på vår prosjektering.

Det er ikke påtruffet fjell ved grunnundersøkelsene. På det dypeste er det boret 36,7 meter i løsmasser.

4.4.2 Valg av geotekniske parametere

I våre stabilitetsberegninger for dette området har vi valgt å benytte følgende parametere:

Lag	Tyngdetetthet γ (kN/m ³)	Udrenert skjærstyrke s_u (kPa)	Attraksjon a (kPa)	Friksjons- vinkel ϕ (°)	Merknad
Vegfylling	19	-	10	42	
Leirig silt 1, 2, 3, 4	20,5	Cu-profil	0	33	
Løs silt	19	Cu-profil	0	30	Løst lagret, middels fast leirig silt
Siltig leire	20,5	Cu-profil	0	32	
Siltig leirig sand	19	-	0	35	
Grusig sandig	19	-	4,3	35	

Grunnvannstanden (GVS) er fra piezometer målt til 7 og 10 m under terreng for hhv. bp. 18 og 21. GVS følger målepunktene og er ellers tilpasset terreng. Nede på sletta (rundt kote 6) er GVS lagt 1-2 m under terreng.

4.4.3 Stabilitetsforhold

Det er vurdert stabilitet mellom profil 4400 og 4600. Her går tiltaket delvis i skjæring/med mur opptil 3,5 m høyde, samt deler på fylling opptil 7,8 m høyde.

For å ta inn variasjoner i terreng og planlagt geometri, er det for beregninger lagt til grunn tre kritiske profil, C-C, D-D og profil 4530. Samtlige er tegnet mot vegmodell 17000.

Ved våre beregninger for profil C-C har vi oppnådd følgende materialfaktorer, γ_m :

Tiltak	Bilag	Beregnings- program	Beregningsmetode	Materialfaktor γ_m	Merknad
Motfylling	7.3	Geosuite Stability	<i>Beast, aphi</i>	1,50	Lokalt for mur ² Lokalstabilitet Områdestabilitet ³
			<i>Rtan</i>	1,60	
			<i>Beast, ADP</i>	1,67	
			<i>Rtan</i>	1,48	

²Til beregning av stabilitet til muren er trafikkklaster ikke tatt med.

³Det er ikke nødvendig å beregne områdestabilitet, men det er tatt med for å vise at lange glideflater har god stabilitet.

Ved våre beregninger for profil D-D har vi oppnådd følgende materialfaktorer, γ_m :

Tiltak	Bilag	Beregnings-program	Beregningsmetode	Materialfaktor γ_m	Merknad
Dagens situasjon	7.4	Geosuite Stability	<i>Beast, phi Rtan</i>	0,99	
			<i>Beast, ADP Rtan</i>	1,92	
Motfylling, helning 1:2,2	7.4.1	Geosuite Stability	<i>Beast, phi Rtan</i>	1,46	Motfylling av sprengstein

Ved våre beregninger for profil 4530 har vi oppnådd følgende materialfaktorer, γ_m :

Tiltak	Bilag	Beregnings-program	Beregningsmetode ³	Materialfaktor γ_m	Merknad
Ny E14, fylling 7,8m høy	8	Plaxis 2D	<i>Mohr-Coloumb C-phi reduksjon</i>	1,69	Ferdig tilstand, konsolidert
				1,41	Poreovertrykk lik 50 kPa

³Oppbygging av modell og faser finnes i avsnitt 4.4.4, samt bilag 8. I tillegg vises stabilitetsberegning i bilag 8.

Beregninger for muren viser god nok stabilitet. Det er for enkelhetsskyld ikke masseutskiftet bakkant mur, men dette ville uansett gitt økt stabilitet.

For skråningen er det utført beregninger både for drenert og udrenert tilstand. Utfra CPTU så kan det se ut som materialet i skråningen stort sett er drenert. For å være på den konservative siden er lag tolket som leirig silt og siltig leire beregnet for udrenert tilstand. Resultatene viser uansett en god nok sikkerhet mot brudd slik at det ikke medfører noen ekstra tiltak/kostnader.

For drenert tilstand er det derimot for lav sikkerhet om dagens E14 hadde blitt bygd uten motfylling. Det er derfor utført beregninger med motfylling av steinmasser 0,5 meter ut fra vegskulder, for så å ha skråningshelning 1:2,2 til terreng. Dette gir tilstrekkelig sikkerhet mot brudd og motfyllingen vil i tillegg hindre eventuell overflateerosjon.

I tillegg er det vurdert maks tillatt poretrykk under utlegging av fylling for E14. Det er det tillatt maksimalt poreovertrykk på 50 kPa 3 meter underkant dagens vegbane.

4.4.4 Setningsforhold

Det er sett på setninger mellom profil 4500 til 4620 (vegmodell 17000) hvor E14 blir liggende helt eller delvis på ny fylling. Fyllingen er planlagt bygd opp med sprengstein og har høyde opptil 7,8 m samt skråningshelning 1:2.

Det er utført setningsberegninger med elementprogrammet Plaxis 2D for tverrprofil 4530, hvor det er antatt å oppstå størst setninger. En oppsummering av beregningsmodell samt parameter og resultater finnes i bilag 8. I dette avsnittet finnes en tabell med viktigste inputparameter for jordlagene, samt beregningsresultater.

Resultat fra ødometer Mb26 er lagt til grunn for valg av jordparameter både for siltig leire og leirig silt. Modulen er konstant for lagene, og med det grunnlaget vi har virker det som en rimelig forenkling.

Fra dybde 14,2 m, avleses det pc' lik 520 kPa. For å simulere tidligere overløst og overkonsolidering av jorda, er det i starten av beregninger lagt inn ett lag med stor tyngde (langt høyere enn fyllingslast). Dette er så konsolidert over lang tid før laget fjernes. Dagens terreng er deretter konsolidert over lang tid for å få ut eventuelle poreovertrykk og gjøre modellen stabil.

Deretter er fyllingen bygd opp lagvis til topp ny veg. Fasene beskrives i detalj i figur under.

Initial phase [InitialPhase]	Initial phase - Dagens terreng + simulert pc'
kons_1000d [Phase_1]	1- Dagens terreng + simulert pc', konsolidering 1000 dager
Dagens_tilstand [Phase_2]	2 - Dagens terreng (jorda har nå opplevd pc')
Kons_Dagens [Phase_3]	3 – Kons. 10000 dager for å fjerne eventuelle poreovertrykk
Nivå1 [Phase_4]	4 – Fylling 2 meter høyde
Nivå1_konsolidering [Phase_5]	5 – Konsolidering, alt poreovertrykk tas ut
Nivå2 [Phase_6]	6 – Fylling 4 m høyde
Nivå2_konsolidering [Phase_7]	7 - Konsolidering, alt poreovertrykk tas ut
Nivå3 [Phase_8]	8 – Fylling full høyde, 7, 8 m
Nivå3_konsolidering [Phase_9]	9 – Konsolidering, poreovertrykk på 50 kPa
Safety_nivå3 [Phase_12]	10 – Materialfaktor full høyde, poreovertrykk 50 kPa
Nivå3_konsolidering [Phase_10]	11 – Konsolidering, alt poreovertrykk tas ut
Safety_ferdig_konsolidert [Phase_11]	12 Materialfaktor full høyde, uten poreovertrykk

Tabell) Materialparametere for setningsberegninger i Plaxis

Materialmodell, Mohr-Coloumb	Vegfylling	Grus	Prekonsolidering ¹
Tyngdetetthet γ (kN/m ³)	19	19	360
Friksjons- vinkel ϕ (°)	42	35	35
Kohesjon c (kPa)	9	3	10
Elastisitetsmodul E (MPa)	50	30	50
Poissons ratio, ν	0,33	0,33	0,4
k_x (m/dag)	0,2624	0,2624	0,2624
k_y (m/dag)	0,2624	0,2624	0,2624

¹Materialparameter utenom tyngdetetthet har ingen praktisk betydning

Materialmodell, Hardening soil	Silt	Siltig leire
Tyngdetetthet γ (kN/m ³)	20,5	20,5
Friksjons- vinkel ϕ (°)	33	32
Kohesjon c (kPa)	0	0
Elastisitetsmodul E_{50}^{ref} (MPa)	19	19

Region midt – Ressursavdelingen – Berg- og geoteknikkseksjonen

Elastisitetsmodul E_{oed}^{ref} (MPa)	19	19
Elastisitetsmodul E_{ur}^{ref} (MPa)	57	57
Poissons ratio, ν_{ur}	0,2	0,2
k_x (m/dag)	0,137e-3	0,137e-3
k_y (m/dag)	0,137e-3	0,137e-3

Tabell) Resultater fra setningsberegninger

Tiltak	Setninger underkant veg	Antatt setningsforløp	Merknader
Fylling E14, 7,8 m høy	2-6 cm ²	Primærsetningene vil gå over flere år (5 år+). Nesten 80% av setningene er forventet ferdige etter ett år.	Kun ett ødometer på 14,2 m dybde for siltig leire. Usikkerhet rundt løsmassetype underkant vegbane. Kryp er ikke beregnet, men det er mindre relevant i denne sammenheng.

²Der fylling legges i maks. høyde vil det kunne oppstå opptil 6 cm setning, mens for lavere høyde samt oppfylling over dagens E14 vil setningene være mindre.

Setningene er godt innenfor krav til totalsetninger (maks. 45 cm ila. 40 år) samt er det gjort en vurdering av tillatt setningsforskjell på tvers. Her er kravet for en veg fartsgrense på opptil 80 km/t maks tverrfallsavvik på 1,1 prosent.

Fra bilag 8 avleses det for vegbanene maks. setningsforskjell fra ytter- til innerkant på ca. 2 cm. Med vegbredde på 6,5 m gir dette ett tverrfallsavvik på 0,3 % som er godt innenfor kravet.

Det er mulig å bygge fyllingen som planlagt, men det bør planlegges for tidlig utlegging og lengst mulig liggetid for å ta unna mest mulig setninger før avretting og asfaltering.

4.4.5 Støttekonstruksjon, profil 4390-4490

Mellom profil 4390 og 4490 (vegmodell 17000) er det lagt opp til støttemur med opptil 3,5 m høyde. I starten går støttemuren nært en bygning og det er vurdert som gjennomførbart å få på plass en mur her.

Det er gjort en enkel beregning med SVV-utviklet regneark (bilag 9) for nødvendig murgeometri.

Massene i bakkant og underkant mur består av leirig silt og siltig leire, begge med telefarlighetsklasse T4. For å sikre god nok bæreevne, samt frostisolere muren er det lagt opp til masseutskiftning med sprengstein både i bak- og underkant mur. Det er lagt opp til 1,4 m underkant mur, samt 1,3 m bakkant bunnblokk, så midlertidig utgravning 1:1,5 i eksisterende grunn.

Helt i starten, ved profil 4400, skal det graves ut i nærhet av ett hus. Det ser ut som at bygget har en kjeller, og da bør utgravning gå greit. Det må uansett gjøres en vurdering på byggeplan som ivaretar både stabilitet og deformasjoner på bygningsmassene.

Ferdig terreng på topp av mur legges 1:2. Det bør vurderes sikring mot overflateerosjon.

Nøyaktige detaljer for utførelse må planlegges på byggeplan. Da må også frostsikring ivaretas. Om mer av landskapet ønskes ivaretatt kan murhøyden økes.

4.4.6 Brukbarhet av skjæringsmasser

Massene som graves ut er lag av sandig siltig leirig materiale, leirig silt og siltig leire. Merk at en utfordring med gjenbruk er at massene i stor grad har telefarlighetsklasse T4 og det må planlegges at de kan brukes i våre fyllinger. Om de skal benyttes til de større fyllingene ved E14, må det på byggeplan vurderes forhold som setninger og stabilitet.

5 VIDERE ARBEIDER

Det må foretas geoteknisk prosjektering for byggeplan til dette prosjektet.

Følgende må som minimum detaljprosjekteres:

- Erosjonssikring av bekkeskråning, profil 1170-1300 (vegmodell 70100).
- Gluggbekken bru. Det er gjort antagelser i beregninger, og det er anbefalt supplerende grunnundersøkelser/prøvetakning.
- Utførelse av tørrmur, profil 4390-4490 (vegmodell 71000).
- Beskrivelse av arbeider tilknyttet utlegging og opparbeidelse av fylling, gjelder spesielt E14
- Mellomlager og permanent deponi for masser må vurderes.

I tillegg må det kontrolleres for eventuelle endringer i vegmodell (fra reguleringsplan til byggeplan). Eventuelle endringer må kontrolleres at er gjennomførbar og iht. regelverk.

6 HMS - FORHOLD

Det skal på byggeplan lages ett eget kapittel for HMS-forhold som gjelder geotekniske tiltak og arbeider tilknyttet prosjektet.

7 REFERANSER

Statens vegvesen (1990): Vd965A-R01, E75 Hofstad-Trøyte Grunnundersøkelser for hovedplan.

Statens vegvesen (2019): Vd1416A-GEOT-R01, Geoteknisk datarapport E14 Stjørdal-Hegramo

Sweco (2019): 10214162-R01 Datarapport-Miljøtekniske grunnundersøkelser. Tiltaksplan for forurenset grunn

Den Norske Pelekomite / Norsk Geoteknisk Forening (2012): Peleveiledningen 2012

Norges vassdrags- og energidirektorat (2014): NIFS – Valg av karakteristisk c_{uA} profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser

Standard Norge (2016): NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner

Standard Norge (2016): NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 1: Allmenne regler

Standard Norge (2008): NS-EN 1997-2:2007+NA:2008: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering – Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver

Plaxis bv (2018) Plaxis 2D Anniversary Edition

Statens vegvesen (2019): SVV-utviklet regneark for tolkning av CPTU. Versjon 2019_01.

Statens vegvesen (2019): SVV-utviklet regneark for beregning av tørrmur. Versjon 2019_02.

Statens vegvesen (2018): Håndbok N200 Vegbygging

Statens vegvesen (2018): Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser

Statens vegvesen (1997): Håndbok R211 Feltundersøkelser

Statens vegvesen (2018): Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging

Statens vegvesen (2012): Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger

Statens vegvesen (2010): Håndbok V222 Geoteknisk felthåndbok – Råd og metodebeskrivelser

Statens vegvesen (1992): Håndbok V223 Geoteknisk opptegning

Frimann Clausen, Carl J (1990): Beast. A Computer Program for Limit Equilibrium Analysis by the Method of Slices. Report 8302-2. Revision 1. 24. april 1990.

Vianova GeoSuite AB (2014): Novapoint GeoSuite Stability. Version 5.0

NGI (2010): En kort oppsummering av NGI's bruk av CPTU i praktisk prosjektering. CPTU-seminar Vegdirektoratet 26. April 2010. Utarbeidet av Kjell Karlsrud

12th Panamerican Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (2003): Recommended Practice for Soft Ground Site Characterization (SHANSEP). Av Charles C. Ladd og Don, J. DeGroot, 10. april 2003.



Bilag 3 Oversiktskart
05.11.2019
Målestokk 1:50000
Statens vegvesen

Bilag 2– Teknisk beregning

Innhold

1	Tolkning av beregningsparametere	2
1.1	Kvalitet av undersøkelser	2
1.2	Ødometerforsøk	2
1.3	Treaksialforsøk	2
1.4	CPTU	3
1.6	Poretrykksforhold	4
1.5	Udrenerte skjærfasthetsparametere	4
1.8	Anisotropi og sprøbruddreduksjon	5
1.9	Effektivspenningsparameter	5
2	Stabilitetsberegninger	6
2.1	Beregningsprogram	6
2.2	Stabilitetsberegninger	6
2.2.2	Laster	6
2.2.3	Materialparametere	6
3	Setningsberegninger	6
2.1	Beregningsprogram	6
2.2	Setningsberegninger	7
2.2.2	Laster	7
2.2.3	Materialparametere	7

1 Tolkning av beregningsparametere

Tolkningen er utført på bakgrunn av utførte grunnundersøkelser og opptatte 54mm prøver. Det er også benyttet erfaringsverdier fra Håndbok V220 (SVV, 2018).

1.1 Kvalitet av undersøkelser

Prøvekvalitet til de fleste laboratorieforsøk er stort sett god, slik at det gir ett godt grunnlag til tolkning. For ødometerforsøk var det derimot flere dårlige resultat, og kun ett som var godt nok for tolkning.

1.2 Ødometerforsøk

Tabell 1 Ødometerforsøk resultater

Borpunkt	Prøve diameter	Type forsøk	Dybde [m]	OCR	$\Delta e/e_0$	M_0 [MPa]	m
18 ¹	54	CRS	9,3	-	-	-	-
18 ¹	54	CRS	11,2	-	-	-	-
18 ¹	54	CRS	12,3	-	-	-	-
21 ¹	54	CRS	16,6	-	-	-	-
22 ¹	54	CRS	14,5	-	-	-	-
Mb26 ¹	54	CRS	10,5	-	-	-	-
Mb26	54	CRS	14,2	3,2	0,049	19	20,7

¹Ødometerprøve er ikke vurdert, da prøveresultatene er tydelig forstyrret.

Tabell 2 Ødometerforsøk og prøve kvalitet

Borpunkt, dybde	Poretall NGF 11	σ_r'	M_0/M_L	Spenningssti	Samlet vurdering
Mb26, 14,2m	God	0	1,2 (<2)	Ligner ideell oppførsel, mindre forstyrrelser, tydelig OC-platå.	God

Tabell 3 Klassifisering av ødometerforsøk fra OCR og poretallsendring

OCR	$\Delta e/e_0$			
	Veldig god til utmerket	God til brukbar	Dårlig	Veldig dårlig
1-2	<0,04	0,04-0,07	0,07-0,14	>0,14
2-4	<0,03	0,03-0,05	0,05-0,10	>0,10
4-6	<0,02	0,02-0,035	0,035-0,7	>0,07

1.3 Treksialforsøk

Det er utført aktiv treksialforsøk fra flere borpunkt langs området. Prøve kvalitet er vurdert etter poretallsendring i konsolideringsfasen i henhold til NGF melding 11.

Tabell 4 – Treksialforsøk og prøve kvalitet

Borpunkt	Prøve diameter	Type forsøk	Dybde [m]	OCR	ϵ_{vol} [%]	$\Delta e/e_0$	Prøve kvalitet (poretallsendring)
16	54	CAUA	3,3	-	2,77	0,07	God
18	54	CAUA	9,4	-	1,61	0,04	God
18	54	CAUA	12,6	-	1,28	0,03	Meget god
21	54	CAUA	16,4	-	5,1	0,14	Dårlig
22	54	CAUA	4,5	-	1,6	0,03	Meget god
22	54	CAUA	14,3	-	1,6	0,04	God
Mb26	54	CAUA	10,6	-	3,88	0,1	Dårlig
Mb26	54	CAUA	14,5	-	1,68	0,04	God

Tabell 5 Klassifisering av triaksialforsøk fra OCR og poretallsendring

OCR	$\Delta e/e_0$			
	Veldig god til utmerket	God til brukbar	Dårlig	Veldig dårlig
1-2	<0,04	0,04-0,07	0,07-0,14	>0,14
2-4	<0,03	0,03-0,05	0,05-0,10	>0,10
4-6	<0,02	0,02-0,035	0,035-0,7	>0,07

1.4 CPTU

Når det gjelder trykksonderingen (CPTU) er data for aktiv skjærstyrke tolket etter Lunne et al. (1990) og Karlsrud (2005) metoder, mens friksjonsvinkel og attraksjon er tolket ved NTNU-metoden (alle jordarter).

N-faktorer er angitt forskjellig for leire med $S_t < 15$ og $S_t > 15$ (S_t = sensitiviteten).

Aktiv skjærstyrke ut fra spisstrykket tolkes ut fra formel: $s_{ua} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$

$$N_{kt} = 7.8 + 2.5 \log OCR + 0.08 I_p \text{ for } S_t > 15$$

$$= 8.5 + 2.5 \log OCR \text{ for } S_t < 15$$

der I_p = plastisiteten.

Aktiv skjærstyrke ut fra poreovertrykk tolkes ut fra formel: $s_{ua} = \frac{u_2 - u_0}{N_{\Delta u}}$

der u_2 = målt poretrykk og u_0 = insitu poretrykk

$$N_{\Delta u} = 6.9 - 4.0 \log OCR + 0.07 I_p \text{ for } S_t < 15$$

$$= 9.8 - 4.5 \log OCR \text{ for } S_t > 15$$

Aktiv skjærstyrke ut fra poretrykksparemer, B_q tolkes ut fra formel: $s_{ua} = \frac{q_t - u_2}{N_{ke}}$

$$N_{ke} = 11.5 - 9.0 B_q \text{ for } S_t < 15$$

$$= 12.5 - 11.0 B_q \text{ for } S_t > 15$$

der $B_q = (u_2 - u_0) / (q_t - \sigma_{v0})$

Tolkning av OCR gjøres helst ut fra spisstrykket etter formlene:

$$OCR = (Q_t/3)^{1.2} \text{ for } S_t \leq 15$$

$$= (Q_t/2)^{1.11} \text{ for } S_t > 15$$

der $Q_t = (q_t - \sigma_{v0}) / \sigma'_{v0}$ og σ'_{v0} = effektivspenning

N-faktorene er basert på korrelasjoner mellom CPTU og laboratorieforsøk på blokkprøver.

Tabell 6 - For trykksonderingene ble følgende nullpunktvarsiasjoner oppnådd:

Hull nr.	Dato utført	Nullpunktvarsiasjon før / etter			Helning [°]	Anvendelseklasse
		Spisstrykk [MPa]	Poretrykk [kPa]	Sidefriksjon [kPa]		
16	30.08.2019	0,0263	0,3	0,2	2,8	1
18	28.08.2019	0,0324	8,4	0,4	1,7	1

21	21.08.2019	0,0262	0,7	0,7	14,9	1
22	30.08.2019	0,0291	28,9	0,1	2,7	3
22B	30.08.2019	0,0209	79,8	0,2	5,1	- ²
MB26	03.09.2019	0,0362	74,6	0,9	7,3	- ²

²Grunnet meget høy nullpunktvariasjon i poretrykk er CPTU utenfor klasse. Disse, samt bp. 22, er tolket som en CPT.

Tyngdetetthet

Labdata fra opptatte prøver er benyttet som grunnlag for tyngdetetthet. Dersom de målte verdiene varierer er gjennomsnittsverdier benyttet. For materiale hvor det ikke er tatt prøver benyttes erfaringsverdier fra Hb V220 (SVV, 2018).

1.6 Poretrykksforhold

Det er satt ned poretrykksmåler i borpunkt 18 og 21 med manuell avlesning på hhv. 10 og 7 m dybde under terreng. Det er utført flere avlesninger og resultatene er oppsummert i tabell 7.

Data fra poretrykksmålere er lagt til grunn for beregninger, og GVS er lagt i høyde med dybde på spiss under terreng for begge borpunkt. Det er fra CPTU i samme punkt ikke registrert noe poretrykk til disse dybdene, slik at det gir noe mer trygghet i poretrykksforholdene. Merk at dette gjelder for skråninga ved Håvereina.

Ellers er GVS antatt hydrostatisk fra 1-3 m under terreng, alt ut ifra topografiske forhold og nærhet til utsatte piezometer.

Tabell 7 – Innmålinger poretrykk

Borpunkt	Dybde (m)	Dato avlest	Poretrykk (kPa)
18	10	11.09.2019	-0,19
		17.10.2019	-0,1
21	7	28.08.2019	-0,09
		11.09.2019	-0,03
		17.10.2019	0,10

1.5 Udrenerte skjærfasthetsparametere

C_{uD} fra enaks og konus

Resultater fra rutineundersøkelser på opptatte 54 mm prøver er betraktet som verdier for direkte skjærfasthet, C_{uD} .

C_{uA} fra treaksialforsøk

Tolkning av karakteristiske verdier for aktiv skjærfasthet (C_{uA}) er gjort individuelt for de forskjellige prøvene. Skjærfasthet er tatt ut ved peak-verdi (2 % tøyning).

Tabell 8 - Tolkninger av treaksialforsøkene

Borpunkt	Prøve diameter	Type forsøk	Dybde [m]	Jordart	Tøyning [%]	C_{uA} [kPa]	Merknad
16	54	CAUA	3,3	Leire	2,0	34	-
18	54	CAUA	9,4	Siltig leire	2,0	83	OC-leire, dilaterende
18	54	CAUA	9,5	Siltig leire	2,0	88	OC, dilaterende
18	54	CAUA	12,6	Leirig silt	2,0	109	OC, dilaterende
21	54	CAUA	16,4	Leirig silt	2,0	109	OC, dilaterende
22	54	CAUA	4,5	Sandig leirig silt	2,0	65	-
22	54	CAUA	14,3	Siltig leire	2,0	107	
Mb26	54	CAUA	10,6	Siltig leire	2,0	88	«Hopp» i prøven under belastning. Forskjøvet spenningssti
Mb26	54	CAUA	14,5	Siltig leire	2,0	98	Dilaterer, kontraktant mot slutten

1.8 Anisotropi og sprøbruddreduksjon

Anisotropiforhold er vurdert fra NIFS-rapport 14/2014 Omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer, det er utført parallelle aktive og passive treksialforsøk.

Tabell 9 ADP-faktorer iht. NIFS-rapport nr. 14/2014.

I_p	C_{uD}/C_{uC}	C_{uE}/C_{uC}
$I_p < 10\%$	0,63	0,35
$I_p > 10\%$	$0,63 + 0,00425 * (I_p - 10)$	$0,35 + 0,00375 * (I_p - 10)$

Der I_p er plastisitetsindeks.

Tabell 10 Plastisitetsindeks fra laboratorieundersøkelser

Borpunkt	Prøve dybde	Jordart	I_p [%]
6	1,45	Leirig silt	8
7	1,45	Sandig leirig silt	18
16	3,45	Leire	11
16	4,25	Siltig leire	10
30	2,5	Leirig silt	11
Mb26	10,45	Siltig leire	6
Mb26	14,65	Siltig leire	6

Plastisitetsindeks for prøvene fra området ligger typisk rundt, eller under 10% både leire og silt-lagene. Derfor er det benyttet anisotropifaktorer for $I_p \leq 10\%$ i beregningene.

Tabell 11 Benyttete ADP-faktorer i stabilitetsberegningene.

Lag	A_a	A_d	A_p
Siltig leire, leirig silt, leire	1,0	0,63	0,35

1.9 Effektivspenningsparameter

Effektivspenningsparametere for leire, siltig leire og leirig silt er tolket fra treksialforsøkene både ved maksimal tøyning og ved 1-2% tøyning. Der det ikke har vært mulig å tilpasse spenningstaket er det tolket med vekt på maksimal tøyning for treksresultatene.

Resultatene for attraksjon og friksjonsvinkel er deretter sammenlignet med tolkning av CPTU (bilag 9). Tolkningen er egentlig ganske samstemt men gir relativt høy friksjonsvinkel sammenlignet med erfaringsresultater, spesielt for en jordart som leire. Det er rimelig å anta at friksjonsvinkel kan være noe lavere og at det er en viss attraksjon i materialet. Med tilpasning er derfor friksjonsvinkel redusert noe, mens attraksjon fortsatt er 0. Det er ansett som en konservativ tolkning av parametere.

En samlet vurdering fra treks og CPTU vises i tabellen under.

Tabell 12 Benyttete attraksjon og friksjonsvinkel i stabilitetsberegningene.

Lag	Friksjonsvinkel, Φ (°)	Attraksjon, a [kPa]
Løst lagret leirig silt	30	0
Siltig leirig sandig	35	0
Leirig silt	33	0
Siltig leire	32	0

Tabell 13 Tolket attraksjon og friksjonsvinkel fra treaksialforsøk

Borhull	Prøve diameter	Type forsøk	Prøvedybde	Jordart	Spenningskurve	Attraksjon (kPa)	Friksjonsvinkel
16	54	CAUA	3,3	Leire	Ok	2	35
18	54	CAUA	9,4	Siltig leire	Bra	0	34,4
18	54	CAUA	9,5	Siltig leire	Bra	0	35
18	54	CAUA	12,6	Leirig silt	Bra	0	34
21	54	CAUA	16,4	Leirig silt	Ok	0	34,6
22	54	CAUA	4,5	Sandig leirig silt	Ok	0	38
22	54	CAUA	14,3	Siltig leire	Ok	0	35
Mb26	54	CAUA	10,6	Siltig leire	Bra	0	32 ¹
Mb26	54	CAUA	14,5	Siltig leire	Tvilsom	0	

¹En tolkning fra samleplott. Enkeltvis er det tolket friksjonsvinkel på 34,4 og 33,3 for hhv. 10,6 og 14,5 m dybde.

2 Stabilitetsberegninger

2.1 Beregningsprogram

Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet versjon 16.1.3.0 med beregningsmetode Beast 2003. Beregningsmetoden er basert på grenselikevektsmetoden og anvender en versjon som tilfredsstillende både kraft- og momentlikevekt. Programmet søker selv etter kritisk sirkulærsylindrisk glideflate for definerte variasjonsområder av sirkelsentrum eller gir muligheten til å definere egne glideflater.

I tillegg er beregningsprogrammet PLAXIS 2D versjon 2018 benyttet. Det er da brukt c-phi reduksjon. Beregningsmetoden er basert på in-situ spenningsforhold, og ved å redusere attraksjon og friksjonsvinkel likt for bestemte intervall finnes sikkerhetsfaktor for kritisk bruddflate.

2.2 Stabilitetsberegninger

2.2.2 Laster

For trafikklast er det benyttet jevnt fordelt belastning på 10 kPa for GS-veg, samt 15 kPa for eksisterende fylkesveg. Lasten gjelder hele vegens planeringsbredde og er multiplisert med partialfaktor $\gamma_Q=1,3$ i beregningene.

2.2.3 Materialparametere

For drenert tilstand er det gjort tolkninger fra treaks og CPTU, samt brukt erfaringsverdier fra Håndbok V220.

For udrenert tilstand er aktiv skjærfasthet, S_{uA} , til siltig leire og leirig silt tolket fra enaks, konus, treaks og CPTU. Metoder er da vektlagt i henhold til NVE (2012).

Skjærfasthetsprofilene er benyttet i tilhørende borpunkt samt «trukket ut» til nærliggende sonderinger. Der nærmeste CPTU lagt til grunne er det vurdert utfra likhet i sonderinger.

En samlet tolkning av CPTU finnes i bilag 9.

3 Setningsberegninger

2.1 Beregningsprogram

Det er utført setningsberegninger med beregningsprogrammet Plaxis 2D (Plaxis 2019) og benyttet jordmodell er Mohr Coloumb og Hardening soil. Valg av materialparameter vises i bilag 8.

2.2 Setningsberegninger

Fyllingen har ulik høyde og det er gjort beregninger som hensyn tar dette. Det er dog valgt kun ett kritisk profil hvor det er sett på maksimal høyde av fylling, samt deler av ny veg på lavere fylling. Dette er ansett tilstrekkelig.

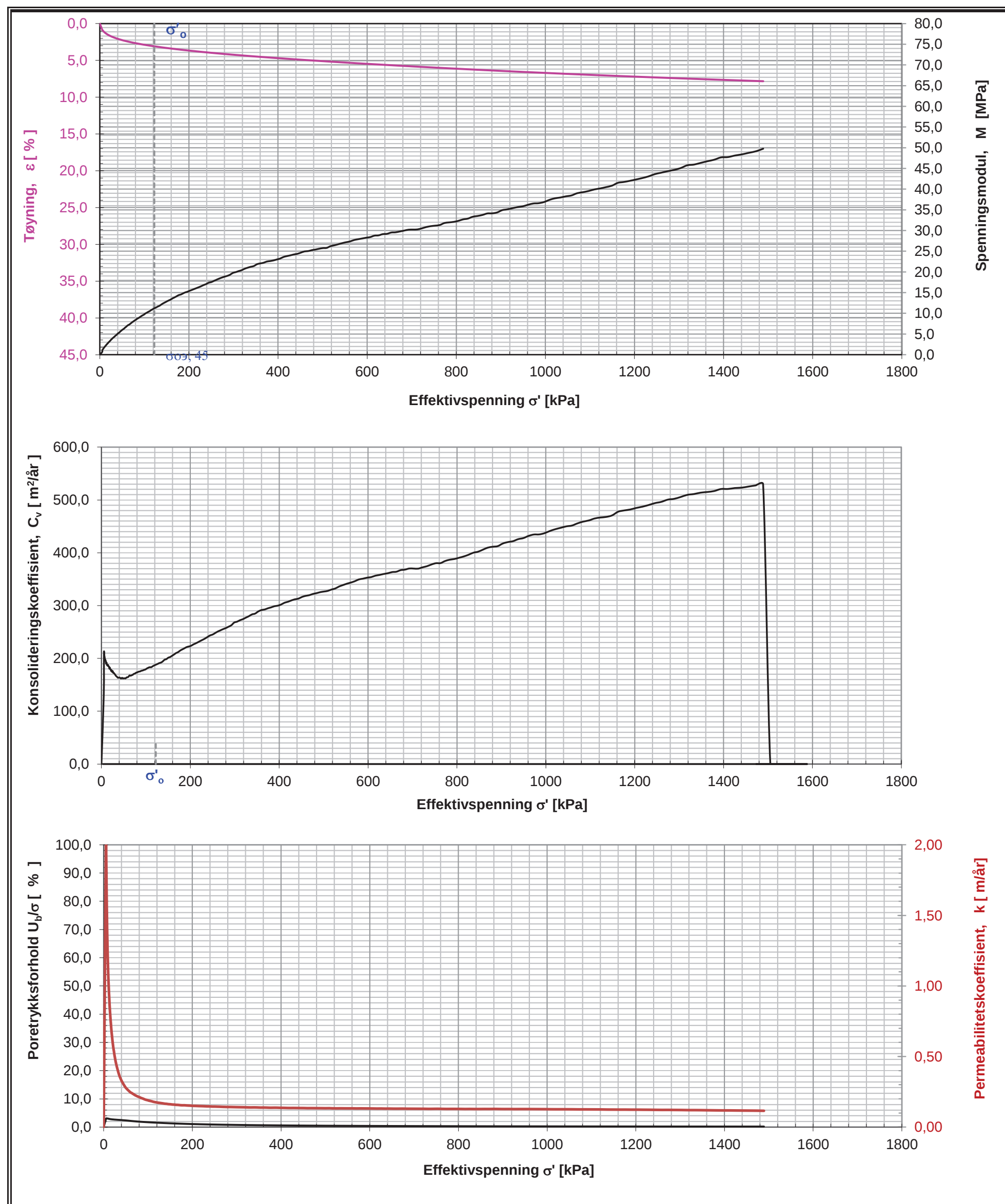
2.2.2 Laster

Det er lagt til grunn bruksgrensetilstand slik at det ikke er benyttet trafikkklaster eller partialfaktorer.

2.2.3 Materialparametere

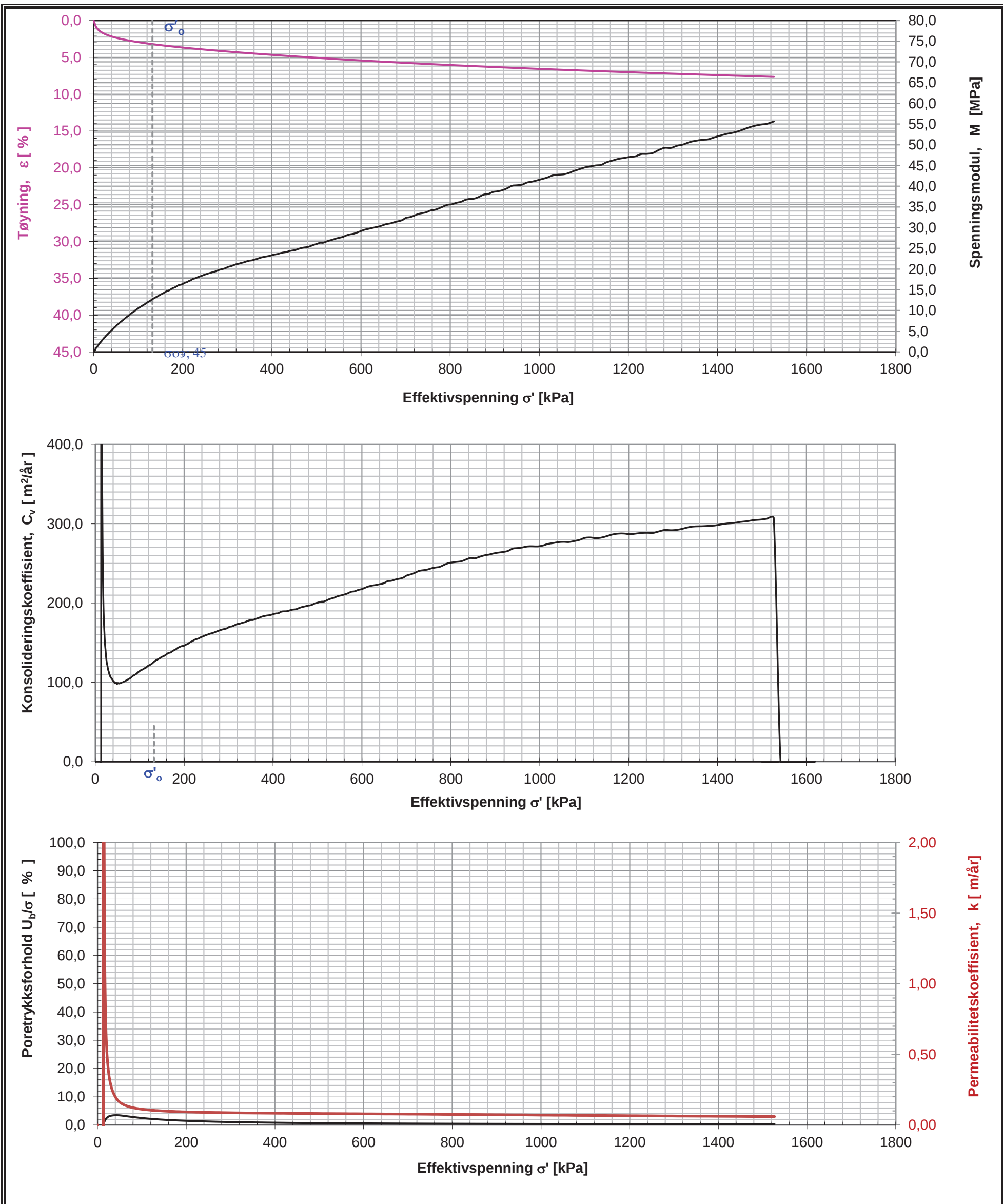
Materialparametere er tolket med hovedvekt på ødometerprøve i bp. Mb26, men resultat fra CPTU er også tatt inn som en del av en helhetlig vurdering.

Bilag 3 - Ødometer tolket




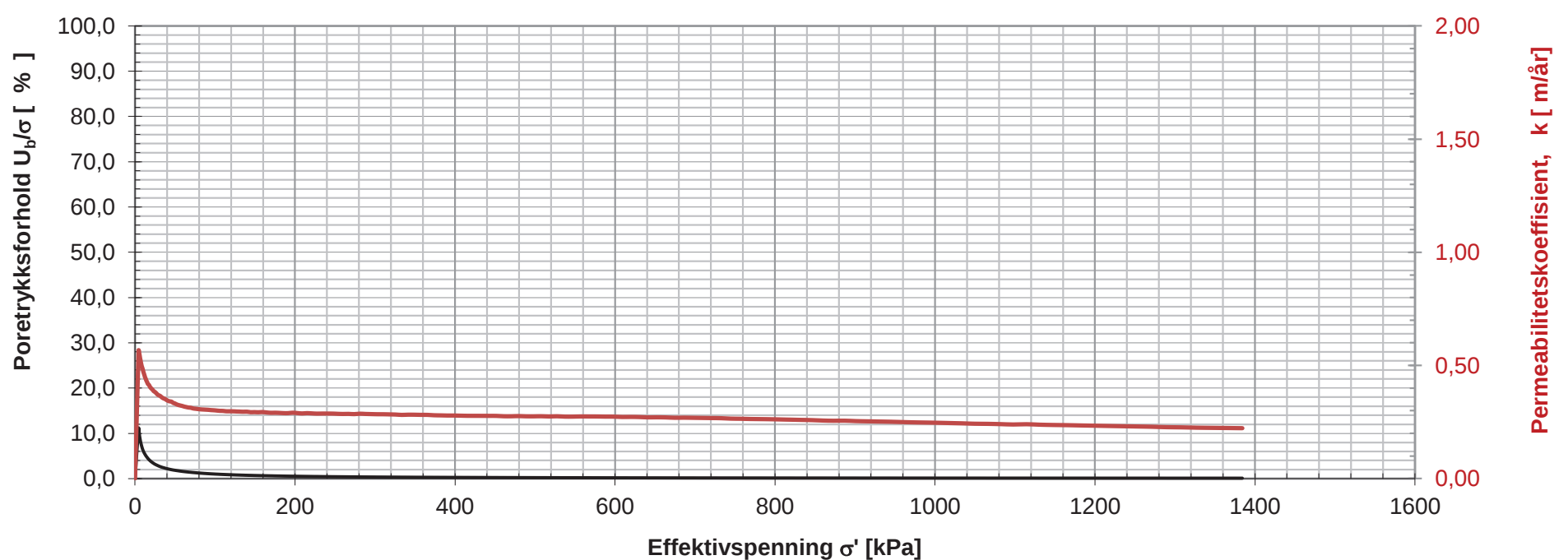
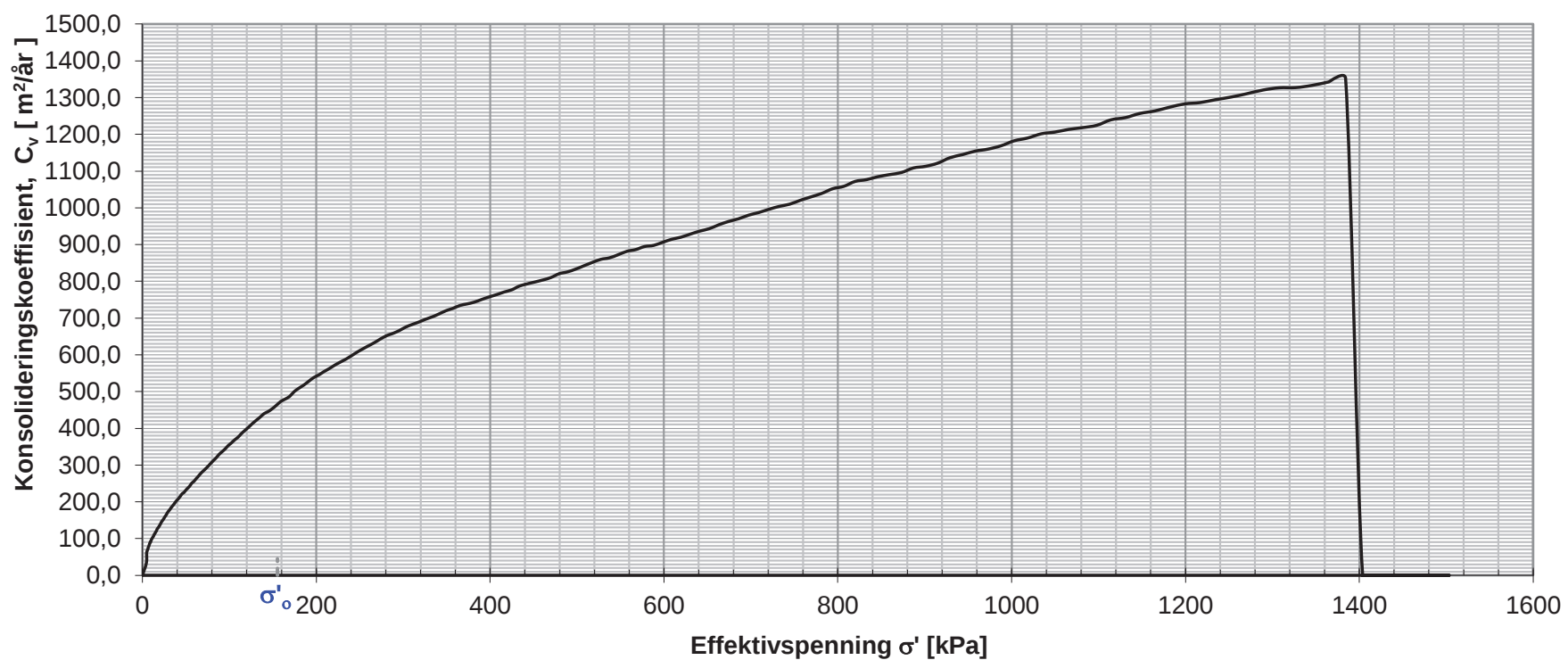
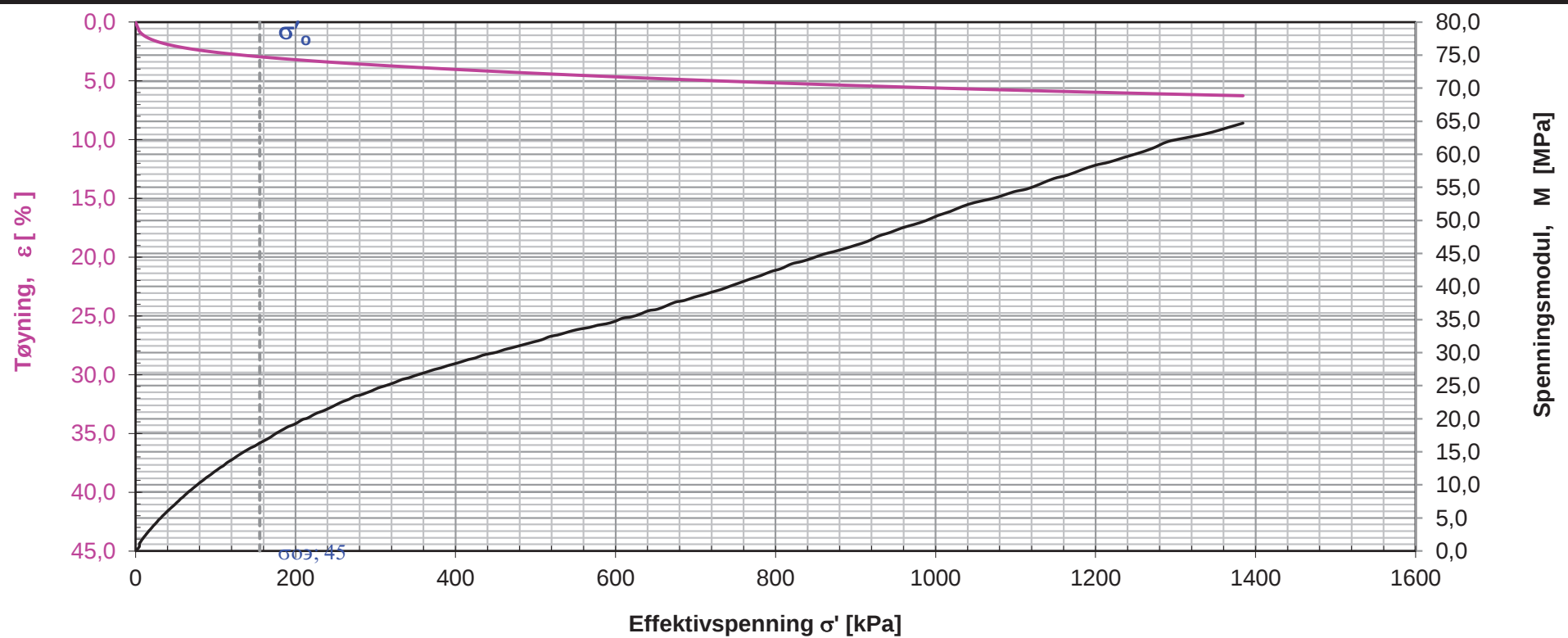
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_o	Oppdragsnavn	Merknad		
405813	4C	18	9,3	122,30	E14 Stjørdal-Forra bru			
 Statens vegvesen Vestre Rosetn 78		<h3>ØDOMETERFORSØK</h3>			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	22	Grunnvannstand [m]	2
					Tyngdetetthet, [kN/m^3]	21	Korntetthet [kN/m^3]	26,68
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0064	Metningsgrad [%]	100,0
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	05.06.2019
Utført av: brihag		Kontrollert:		Godkjent:				




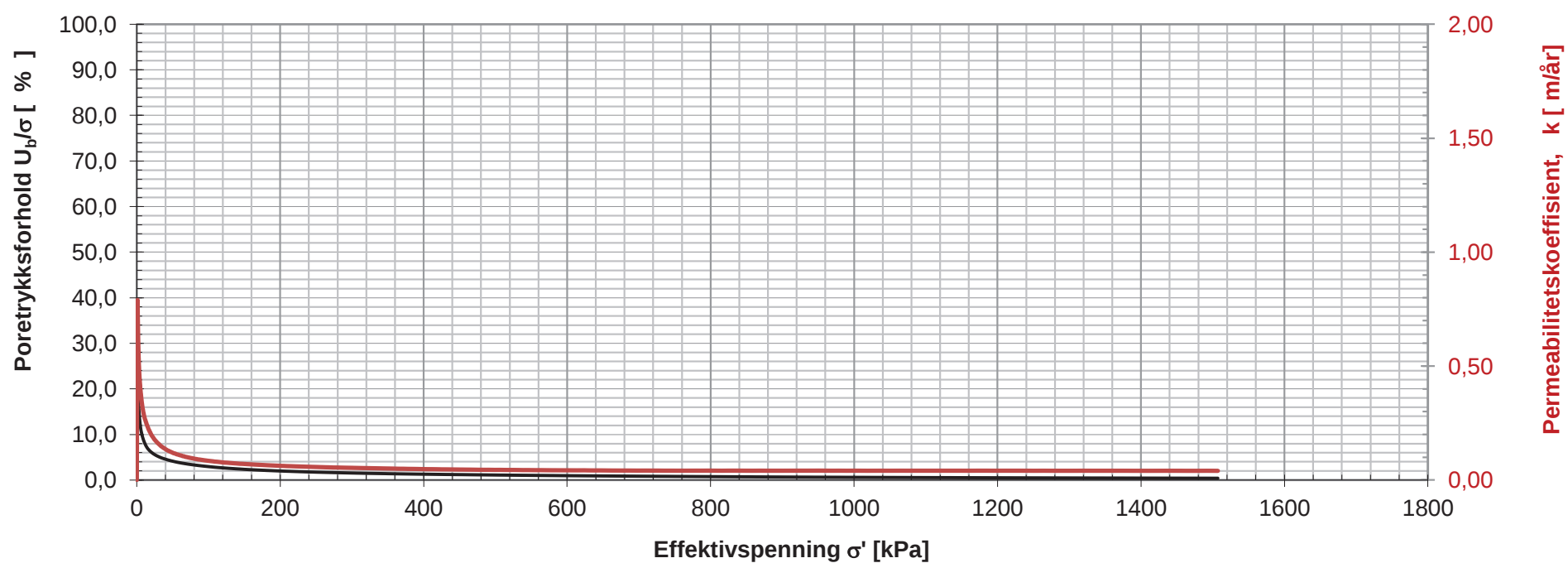
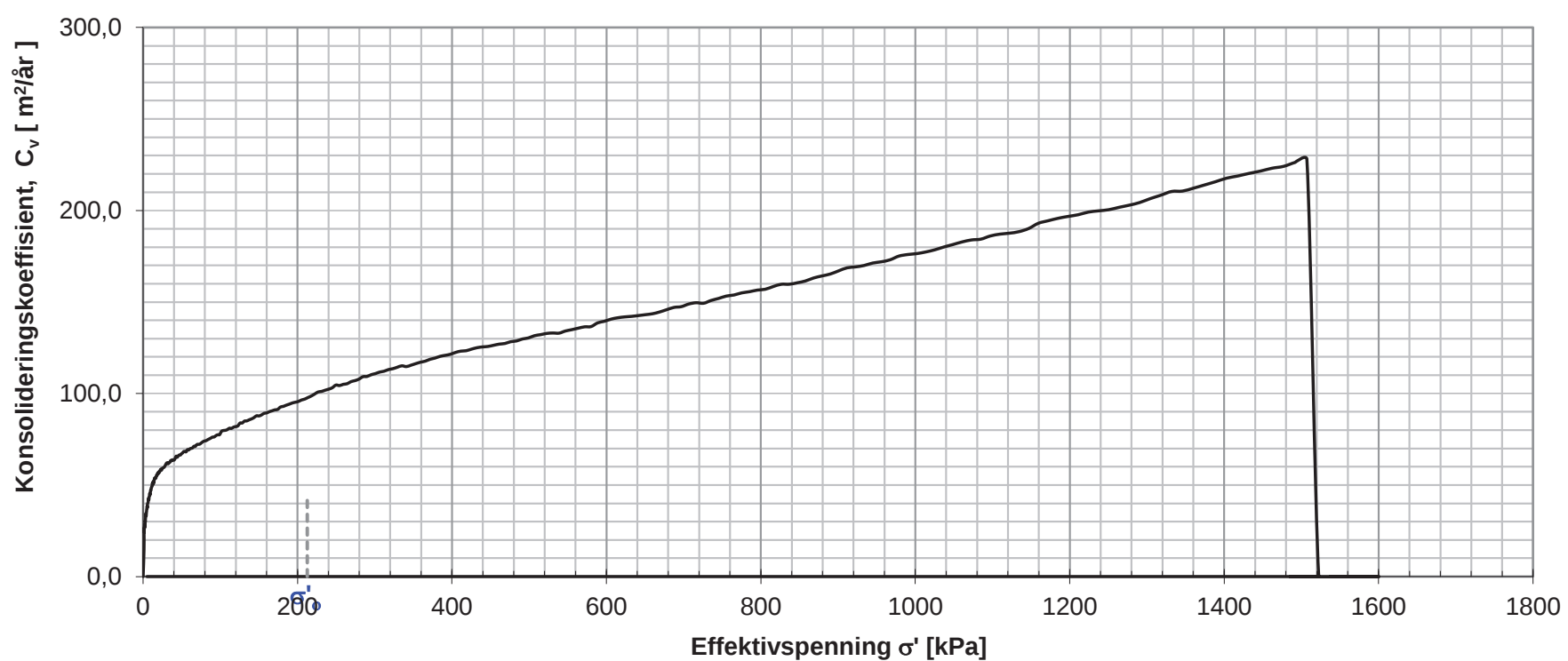
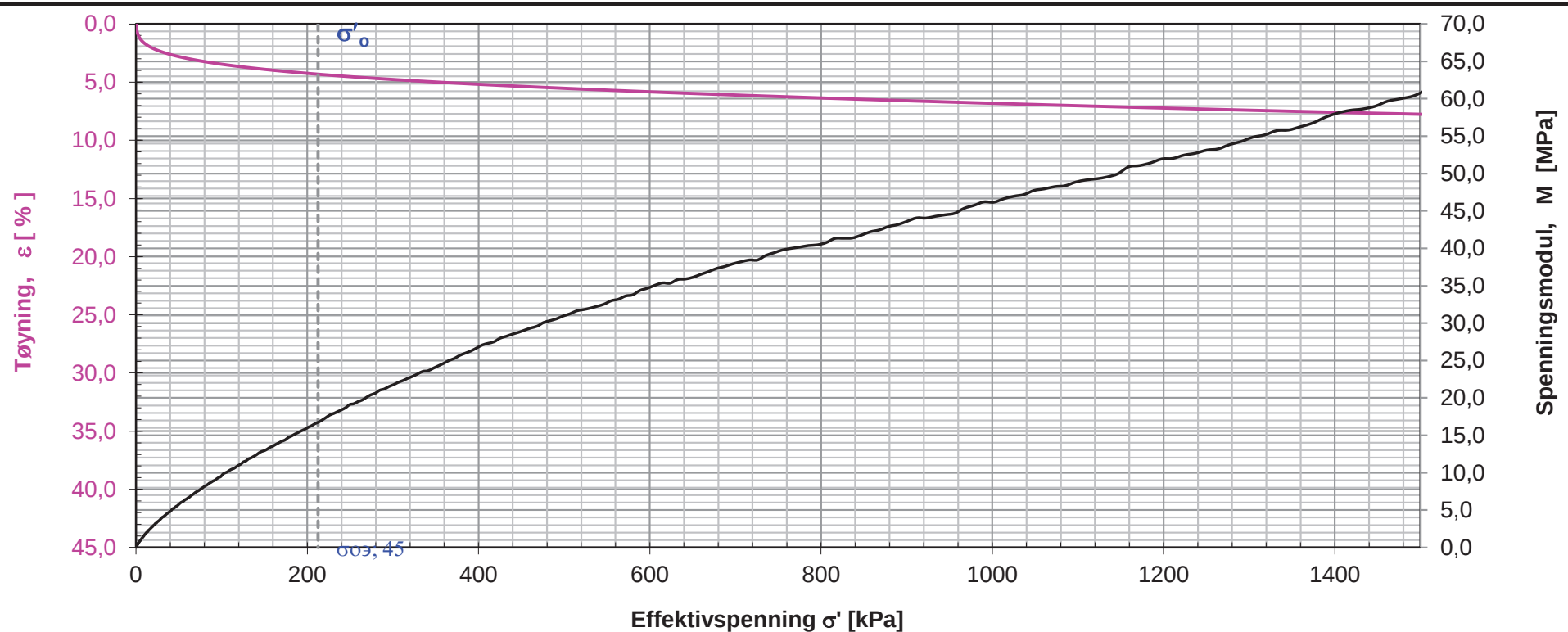
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad		
405813	6B	18	11,2	132,00	E14 Stjørdal-Forra bru			
 Statens vegvesen Vestre Rosten 78		ØDOMETERFORSØK			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	26	Grunnvannstand [m]	2
					Tyngdetetthet, [kN/m ³]	20	Korntetthet [kN/m ³]	26,68
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0054	Metningsgrad [%]	100,0
					Anvendt prosedyre	CRS		
Utført av: brihag		Kontrollert:		Godkjent:		14.06.2019		



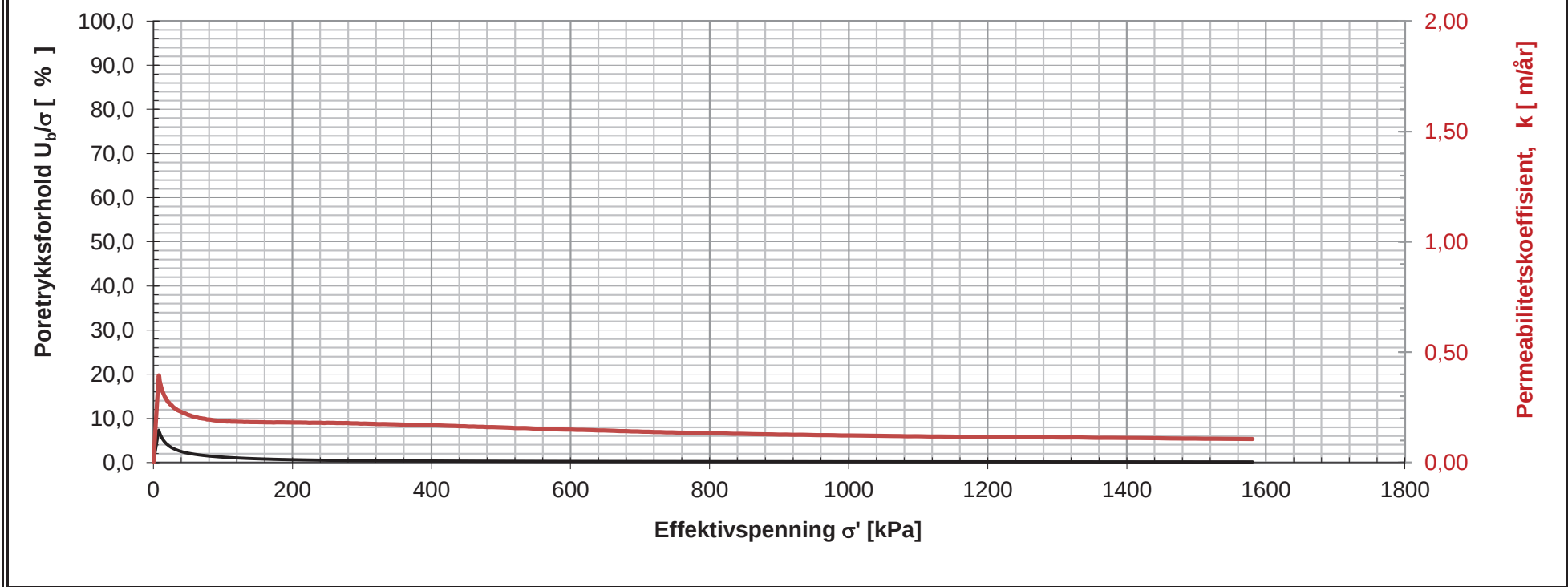
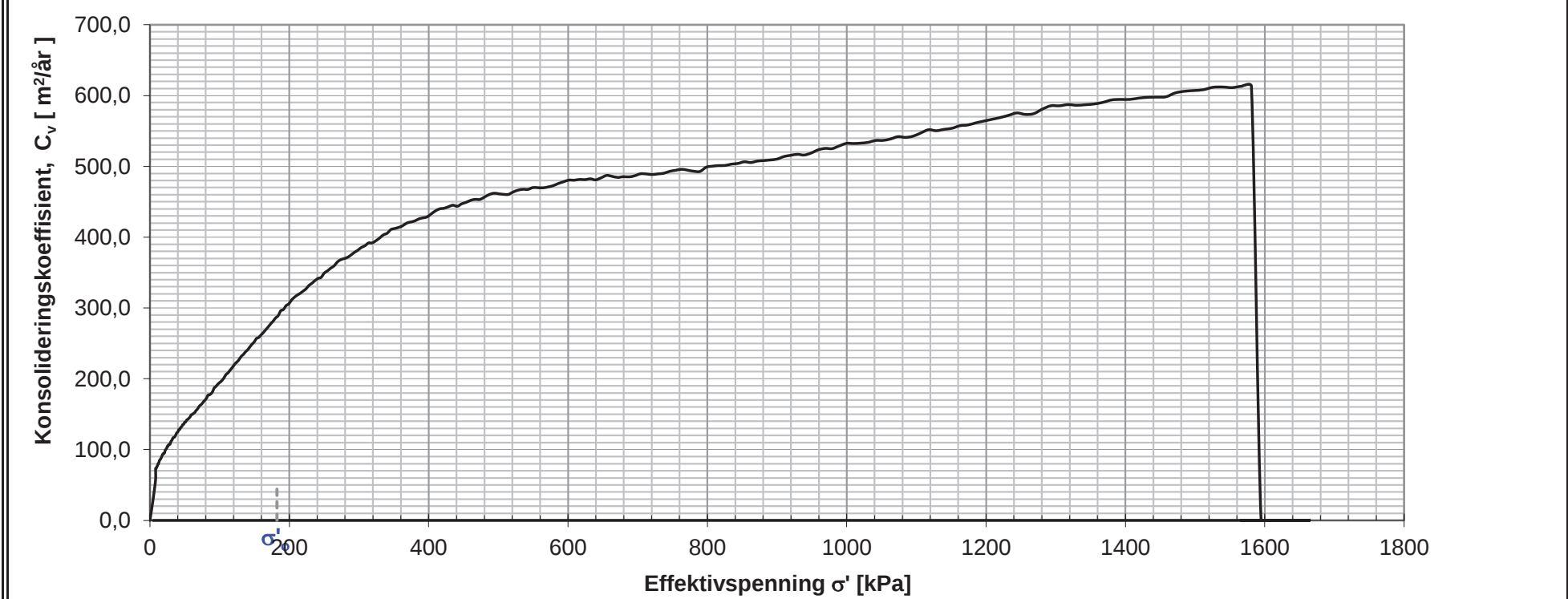
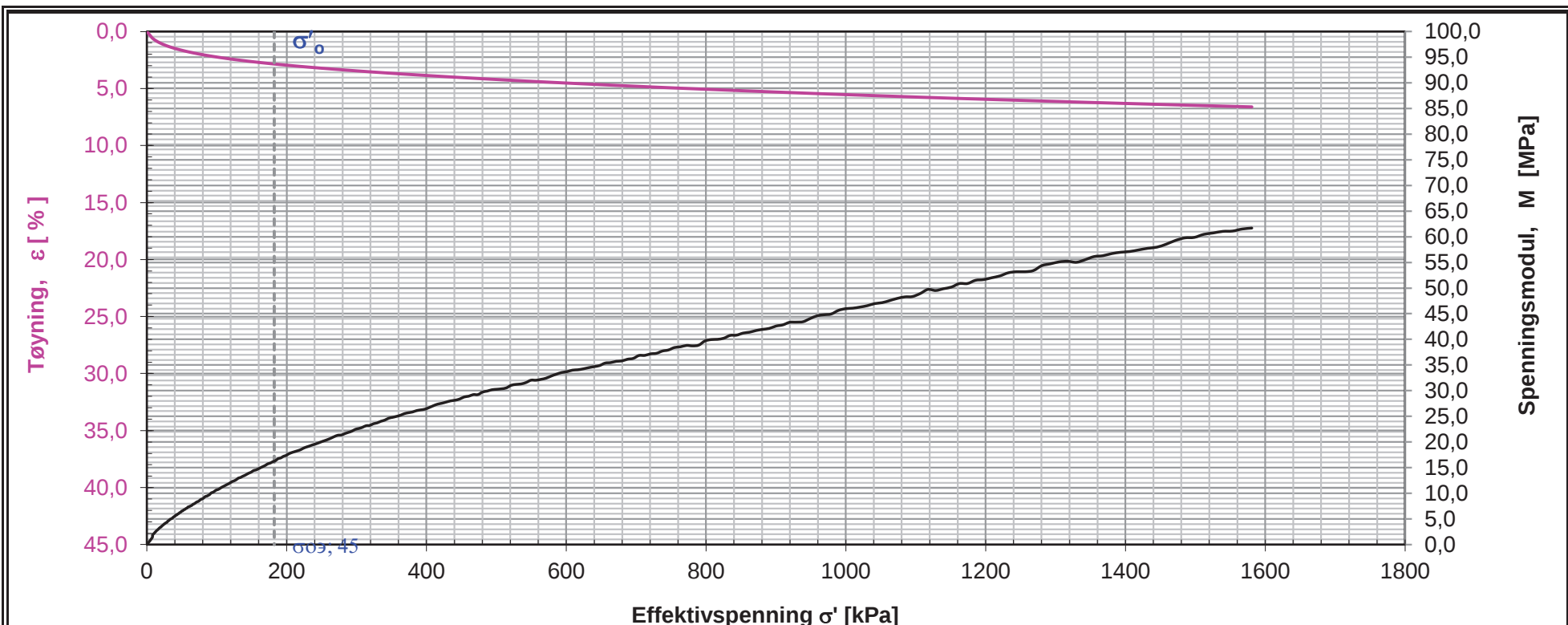
Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad		
405813	7C	18	12,3	155,30	E14 Stjørdal-Forra bru			
 Statens vegvesen Vestre Rosten 78		<h2>ØDOMETERFORSØK</h2>			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	23	Grunnvannstand [m]	2
					Tyngdetetthet, [kN/m ³]	21	Korntetthet [kN/m ³]	26,59
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0059	Metningsgrad [%]	100,0
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	13.06.2019
Utført av: brihag		Kontrollert:		Godkjent:				




Merknader:

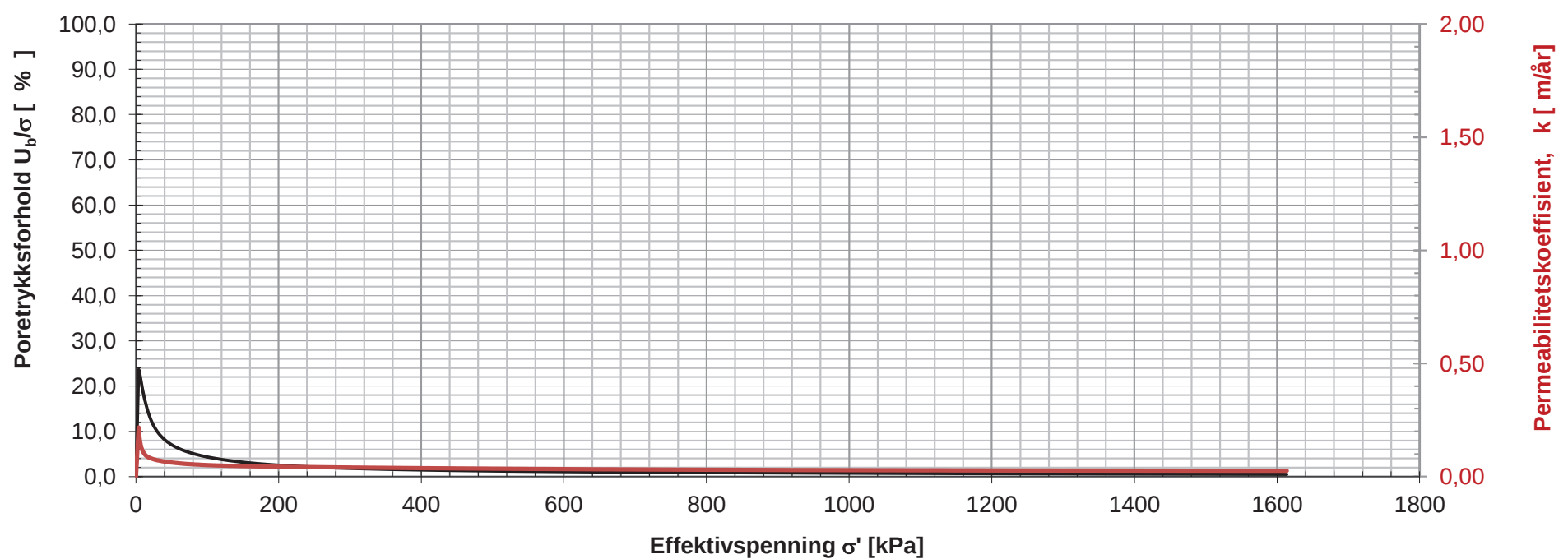
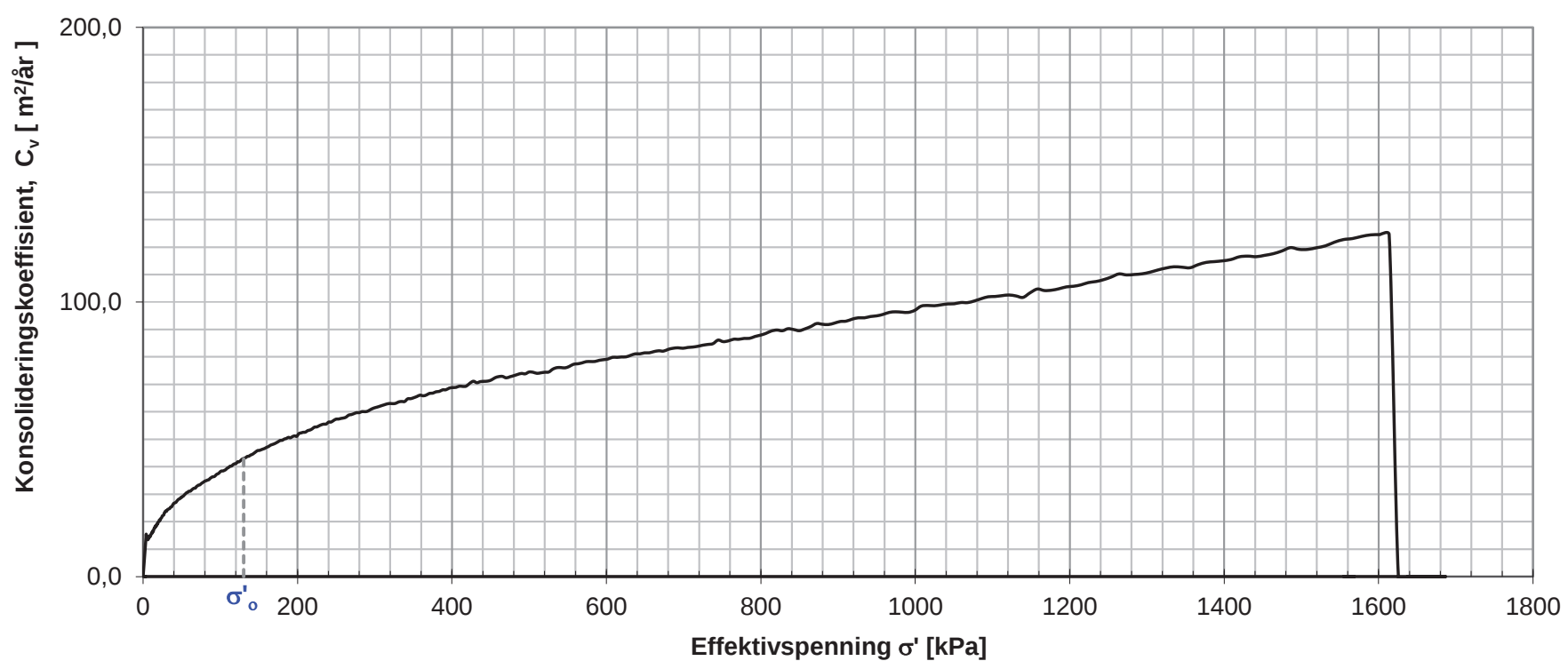
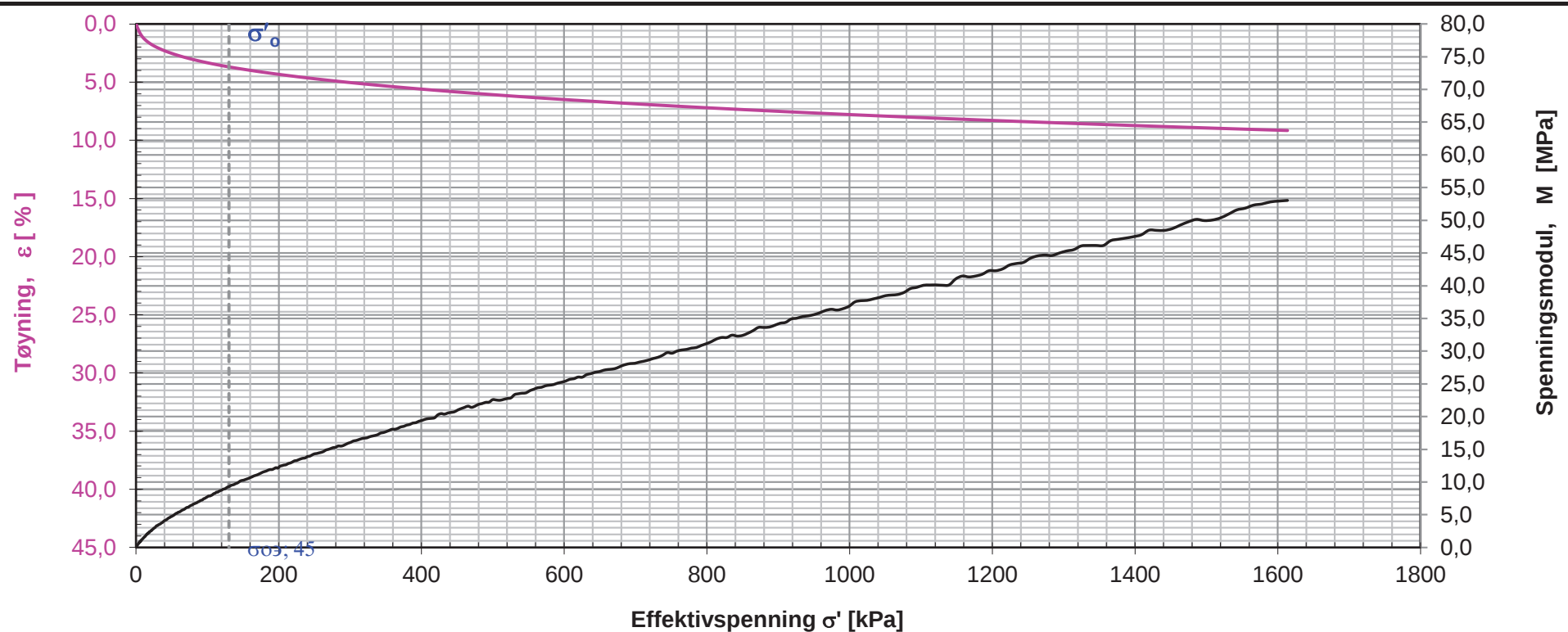
Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad		
405813	4190028_3F	21	16,6	212,60	E14 Stjørdal-Forra bru	Trolig litt forstyrret		
 Statens vegvesen Vestre Rosten 78		ØDOMETERFORSØK Region Midt			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	24,1	Grunnvannstand [m]	3
					Tyngdetetthet, [kN/m³]	21	Korntetthet [kN/m³]	26,61
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0049	Metningsgrad [%]	114,2
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	27.08.2019
Utført av: brihag		Kontrollert:		Godkjent:				




Merknader:

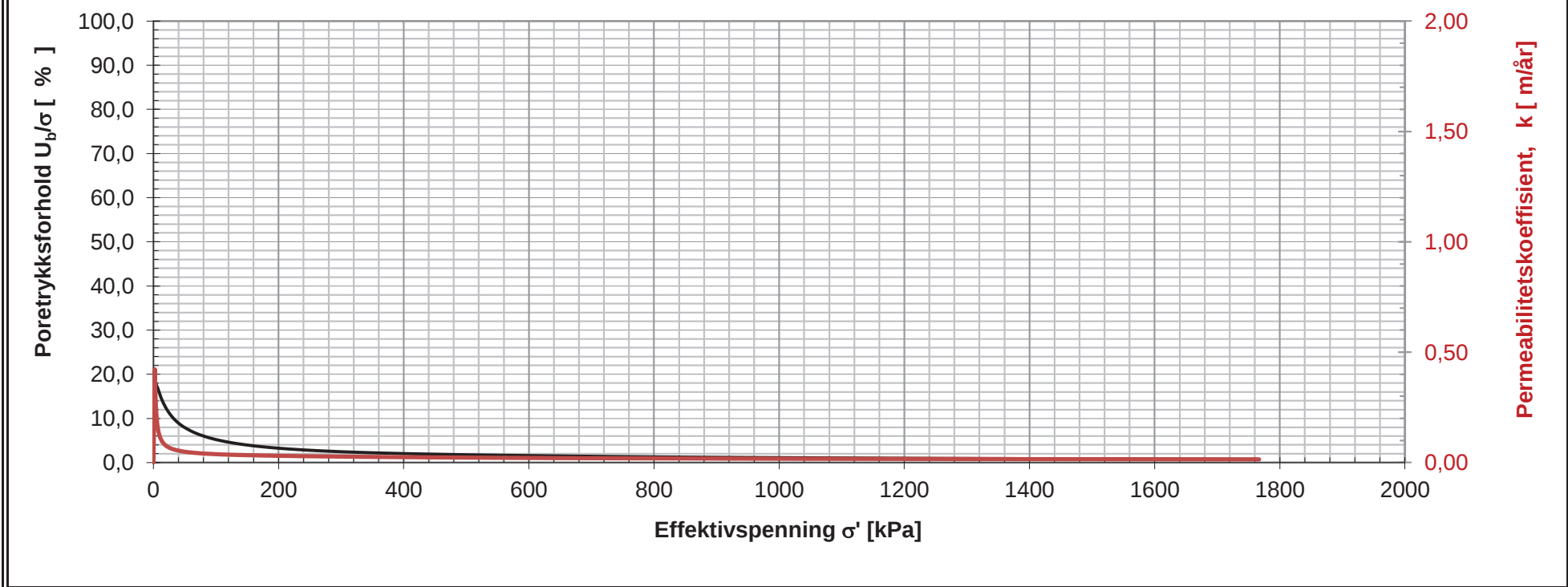
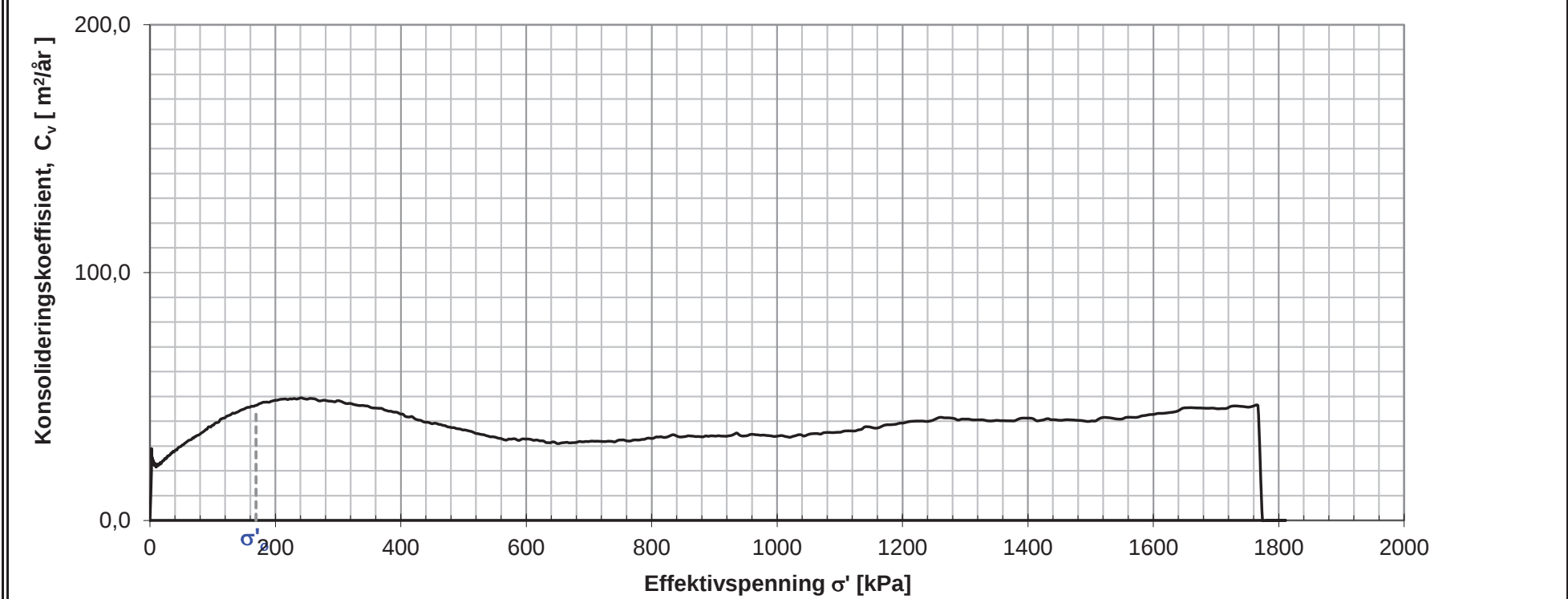
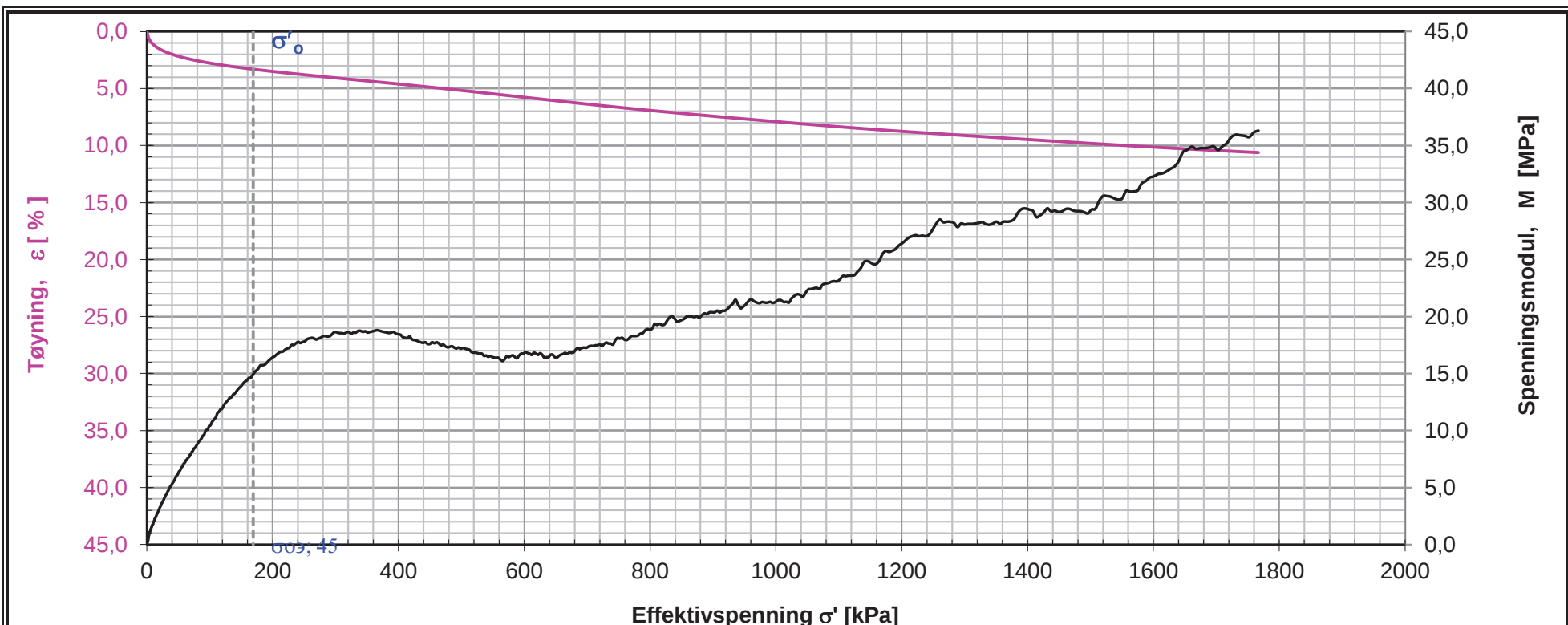
Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad
Stjørdal-Forra	3E	22	14,5	182,25	E14 Stjørdal-Forra bru	

 Statens vegvesen Vestre Rosten 78	ØDOMETERFORSØK		Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
			Vanninnhold [%]	24,3	Grunnvannstand [m]	3
	Tyngdetetthet, [kN/m³]	20,5	Korntetthet [kN/m³]	26,48		
	Tøyningshastighet [mm/min]	0,0044	Metningsgrad [%]	100,0		
	Anvendt prosedyre	CRS	Dato	12.07.2018		
Utført av: brihag	Kontrollert:	Godkjent:				



Merknader:

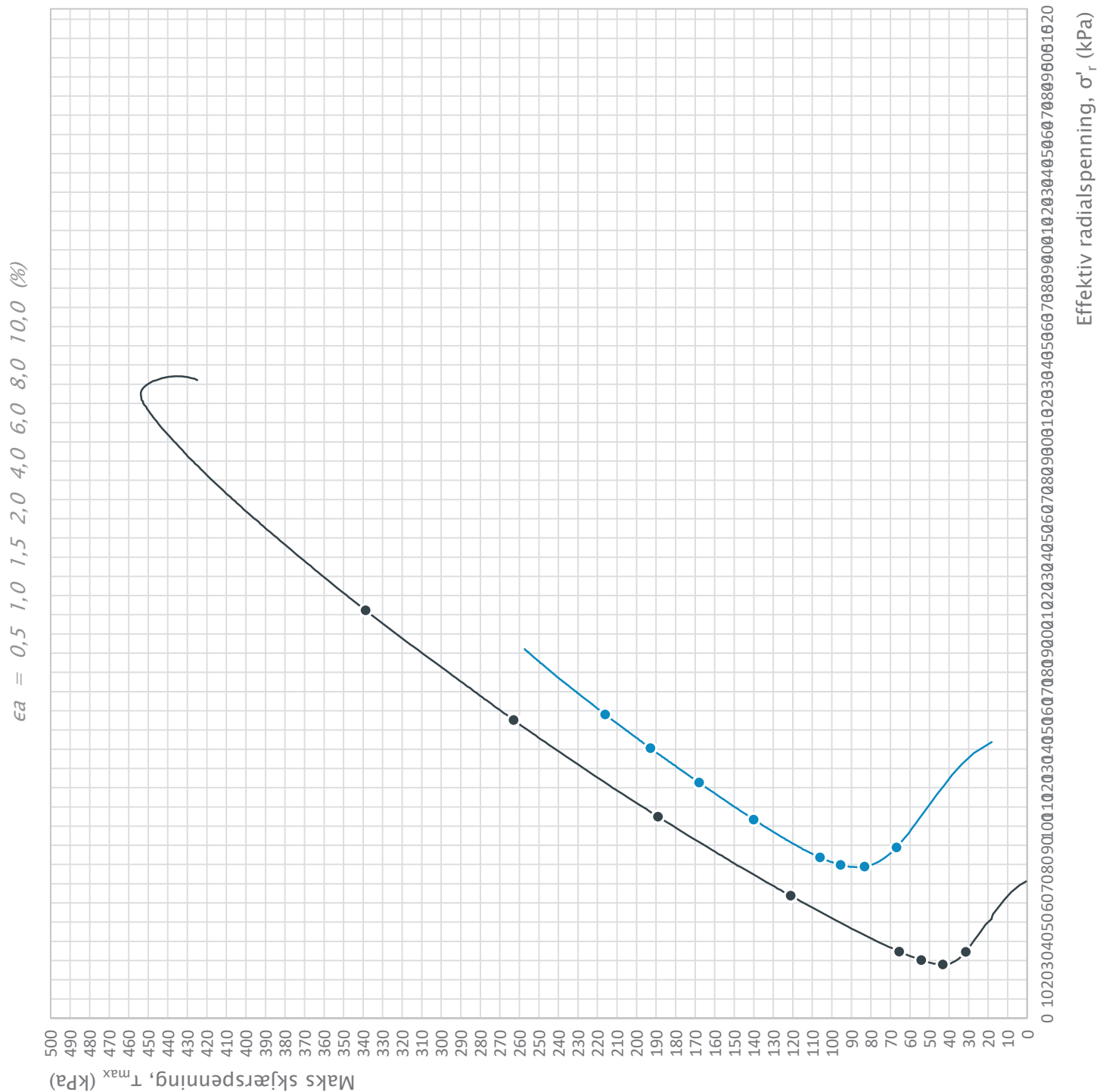
Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad		
405813	3E	mb26	10,5	130,25	E14 Stjørdal-Forra bru			
 Statens vegvesen Vestre Rosten 78		ØDOMETERFORSØK			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
					Vanninnhold [%]	23,5	Grunnvannstand [m]	2
					Tyngdetetthet, [kN/m ³]	20,5	Korntetthet [kN/m ³]	26,78
					Tøyningshastighet [mm/min]	0,0044	Metningsgrad [%]	100,0
					Anvendt prosedyre	CRS	Dato	19.09.2019
Utført av: brihag		Kontrollert:		Godkjent:				



Merknader:

Oppdrags nr.	Lab nr.	Hull nr.	Dybde (m)	σ'_0	Oppdragsnavn	Merknad	
405813	4B	mb26	14,2	169,10	E14 Stjørdal-Forra bru		
 Statens vegvesen Vestre Rosten 78	ØDOMETERFORSØK Vestre Rosten 78			Prøvens høyde [mm]	20	Diameter [mm]	50
				Vanninnhold [%]	23	Grunnvannstand [m]	2
				Tyngdetetthet, [kN/m ³]	20,5	Korntetthet [kN/m ³]	26,65
				Tøyningshastighet [mm/min]	0,0040	Metningsgrad [%]	100,0
				Anvendt prosedyre	CRS	Dato	11.09.2019
Utført av: brihag		Kontrollert:		Godkjent:			

Bilag 4 - Treaks tolket




Borhull	Dybde	Type	Symbol	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{ac} (kPa)	σ'_{rc} (kPa)	K'_{oc}
22	4,50	CIUc	—	71,9	71,9	70,9	0,99
22	14,30	CAUc	—	180,2	173,8	143,1	0,82
			—				
			—				
			—				

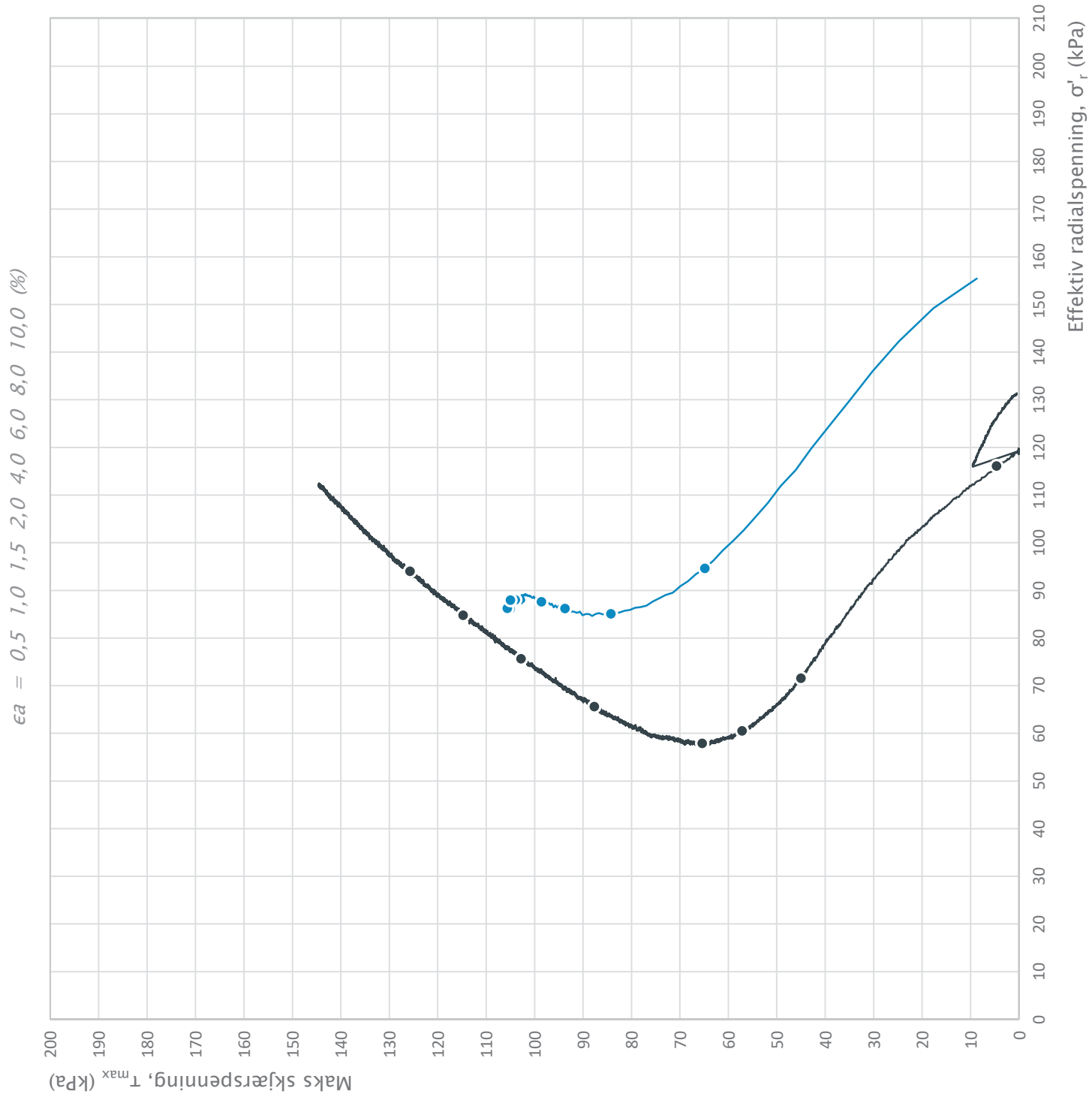
Prosjekt Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028

E14 Stjørdal-Forra bru

Innhold

Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)

	Utført	Kontrollert	Godkjent	Figur
	brihag			
	Region	Dato utført	Revisjon	
	Midt	18.09.2019	Rev. dato	1




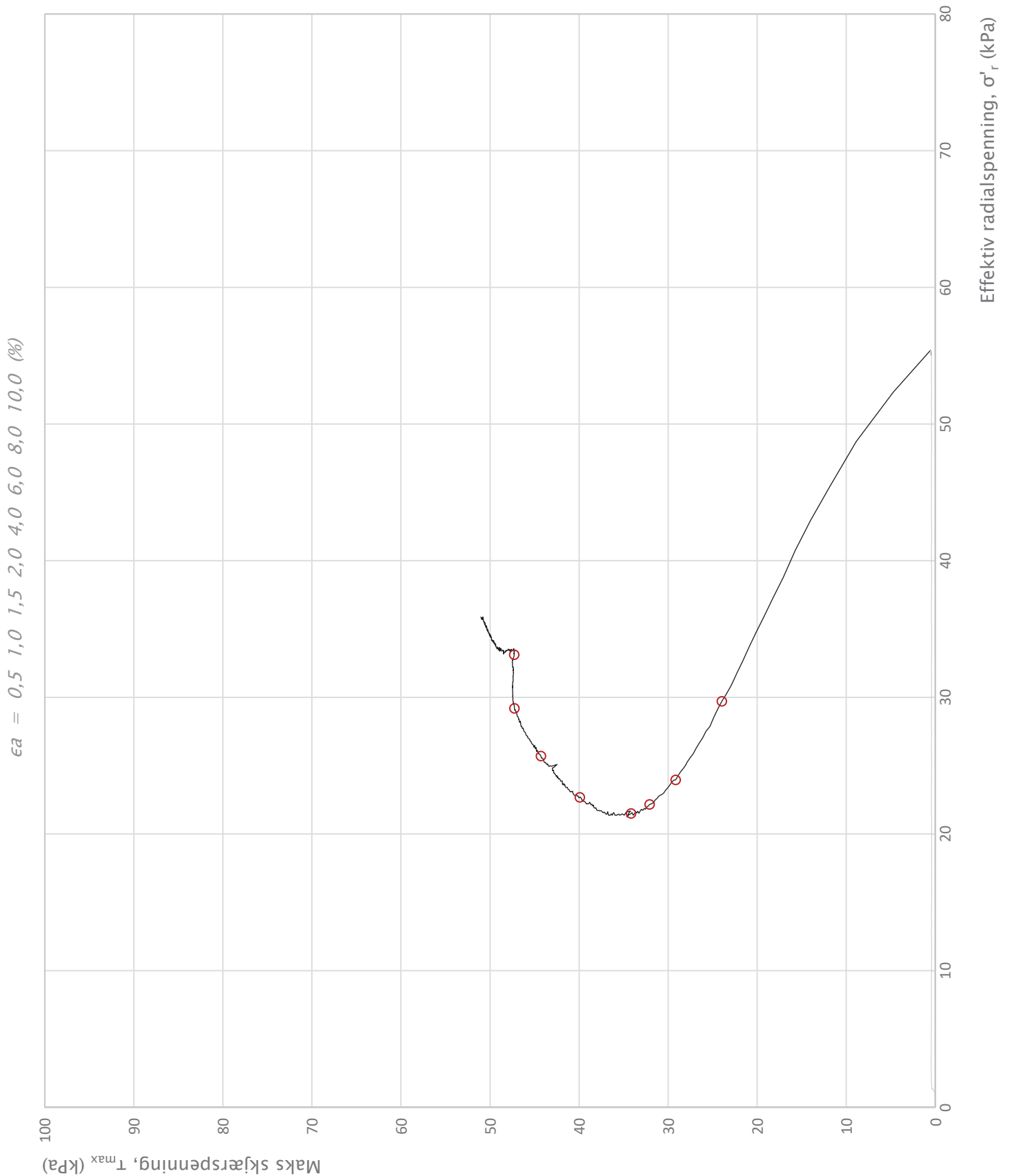
Borhull	Dybde	Type	Symbol	σ'_{v0} (kPa)	σ'_{ac} (kPa)	σ'_{rc} (kPa)	K'_{oc}
mb26	10,60	CIUc	—	131,3	129,6	128,6	0,99
mb26	14,50	CAUc	—	172,3	170,7	154,1	0,90
			—				
			—				
			—				


Prosjekt Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028

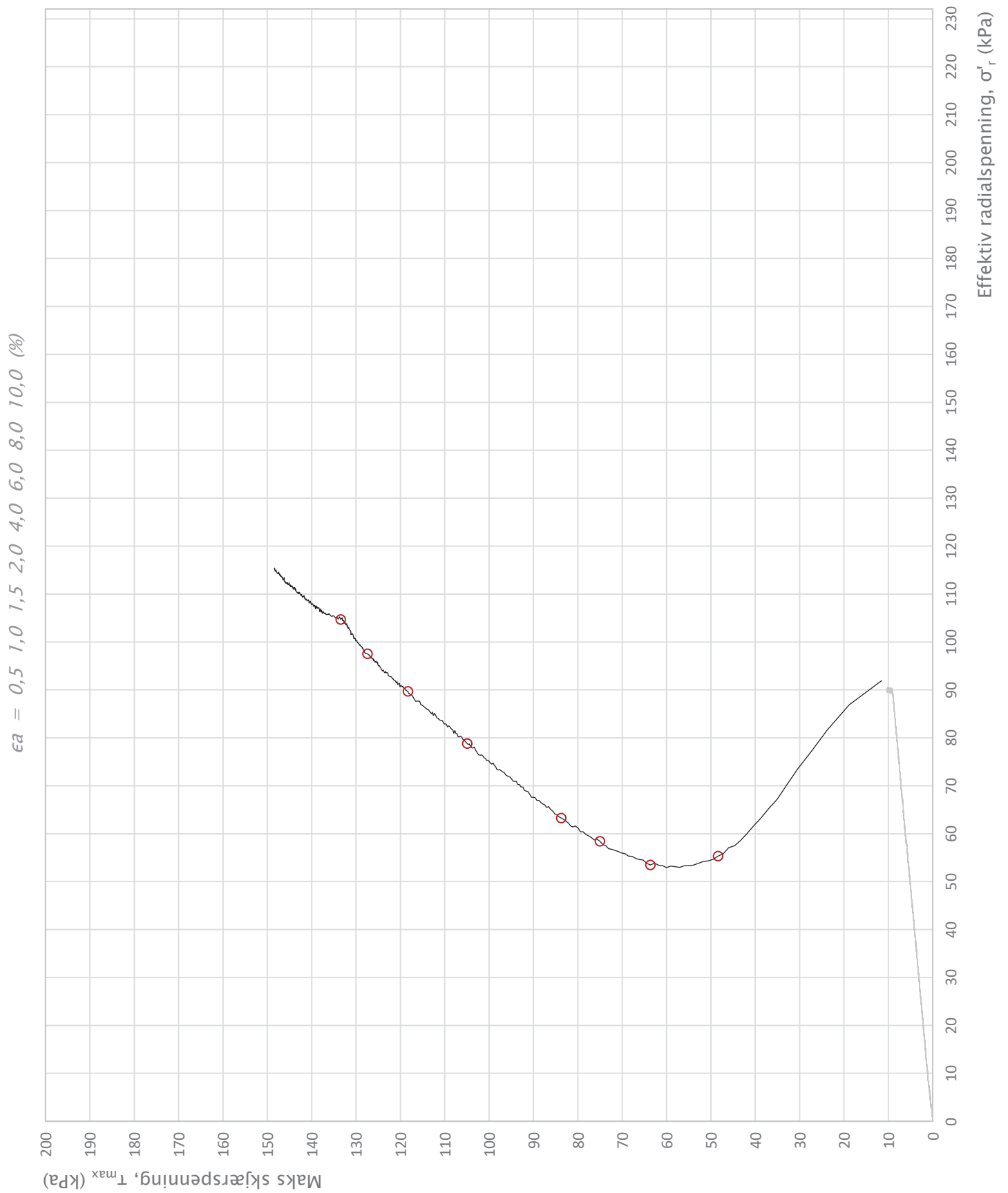
E14 Stjørdal–Forra bru


Innhold
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)

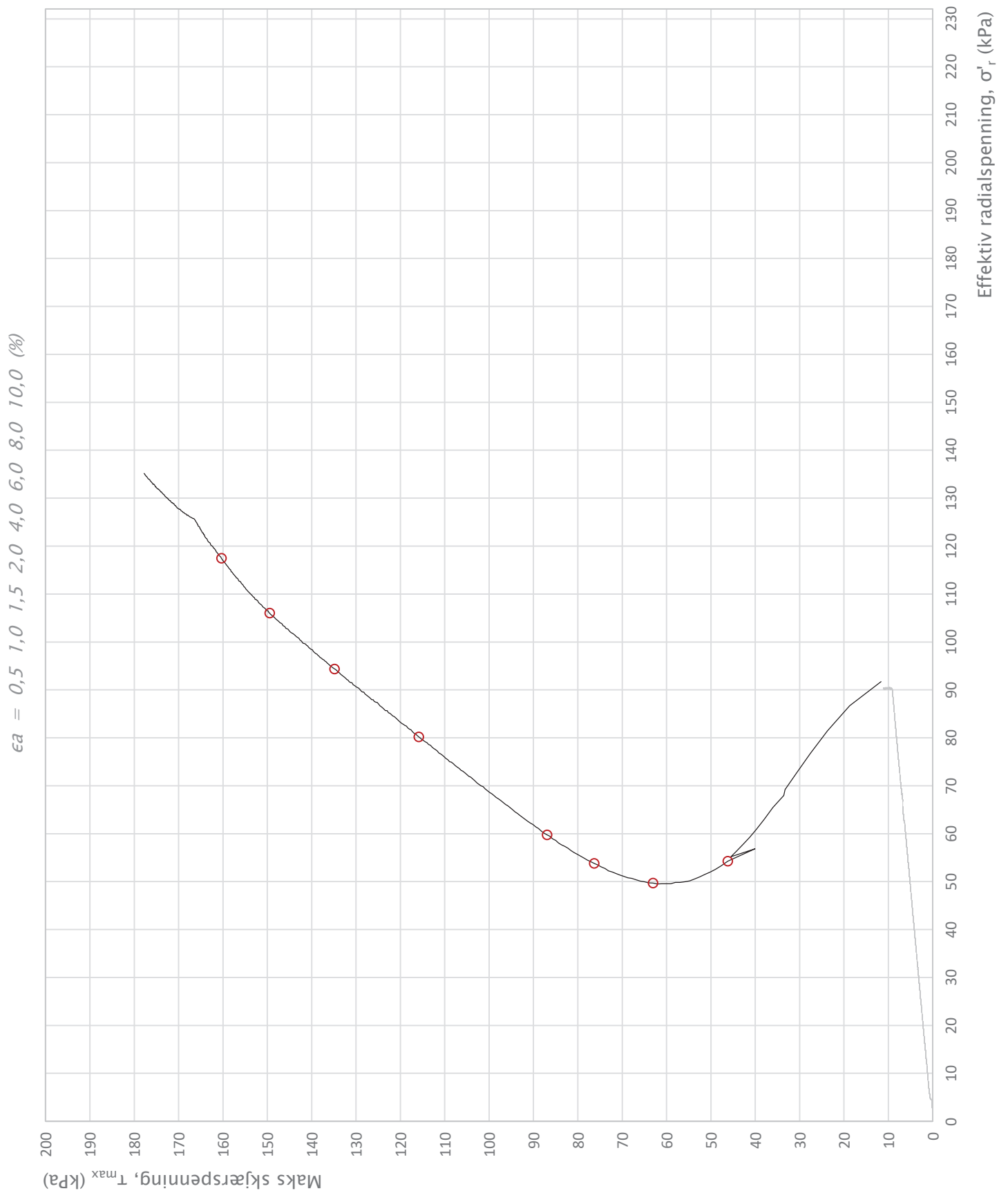
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Figur
	brihag			
	Region	Dato utført	Revisjon	
	Midt	18.09.2019	Rev. dato	1




Prosjekt		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull
E14 Stjørdal-Forra bru				16
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				3,30
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	brihag			CIUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	
Midt	13.09.2019		1	
Rev. dato				

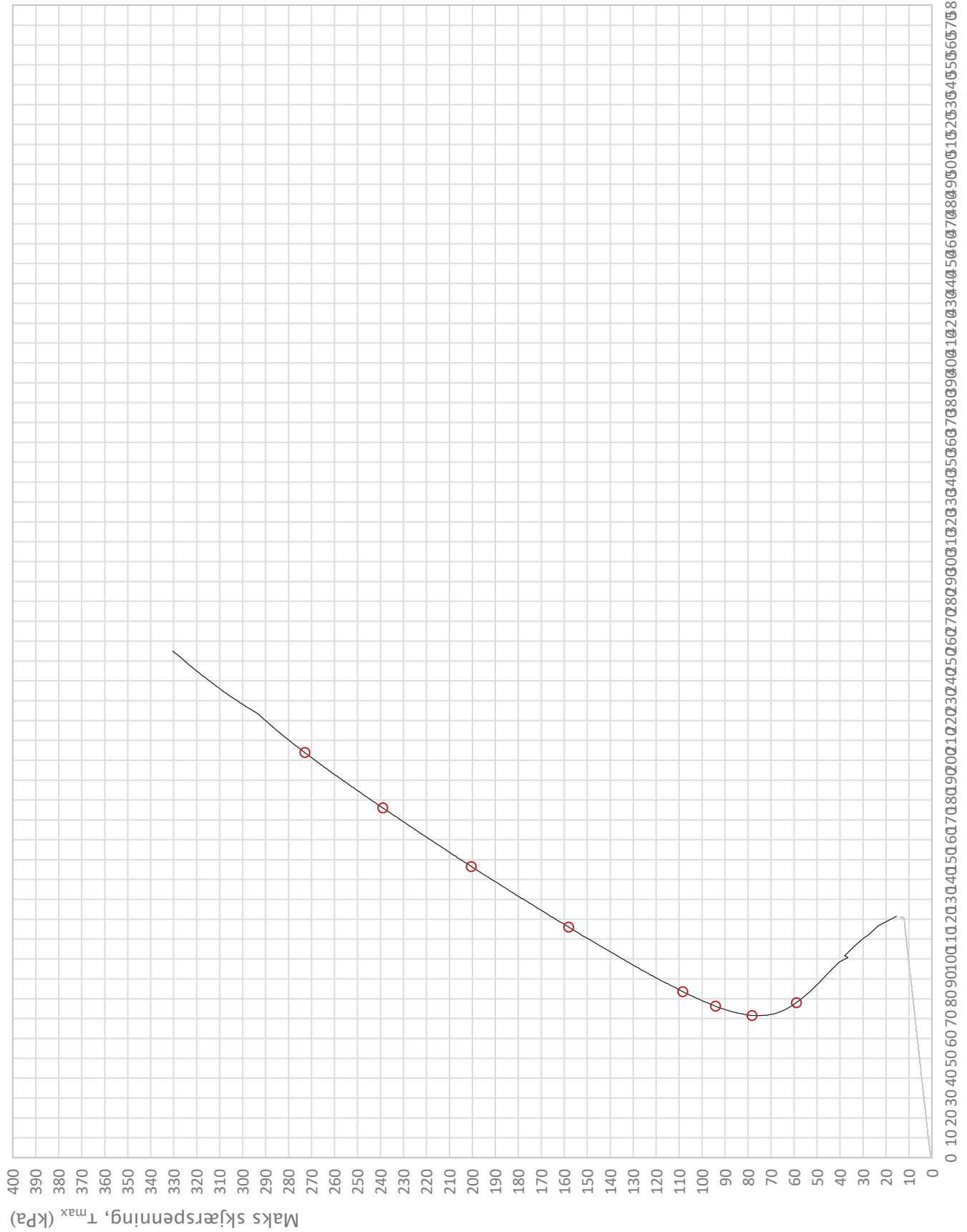



Prosjekt		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull
E14 Stjørdal-Forra bru				18
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				9,40
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	brihag			CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Rev. dato	Figur
Midt	05.06.2019			1

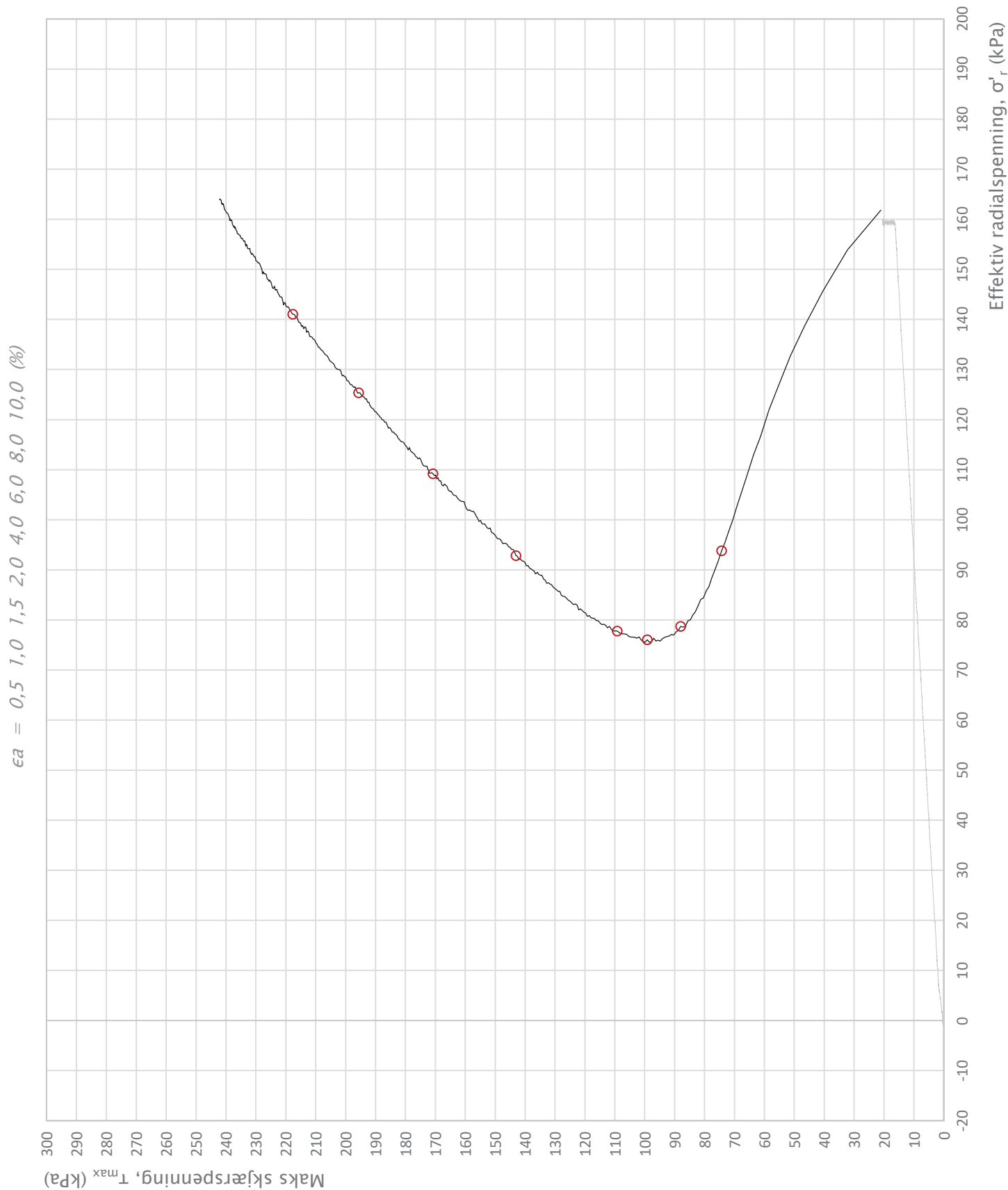



Prosjekt		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull
E14 Stjørdal-Forra bru				18
Innhold		Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)		Dybde (m)
				9,50
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	brihag			CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Rev. dato	Figur
Midt	04.06.2019			1

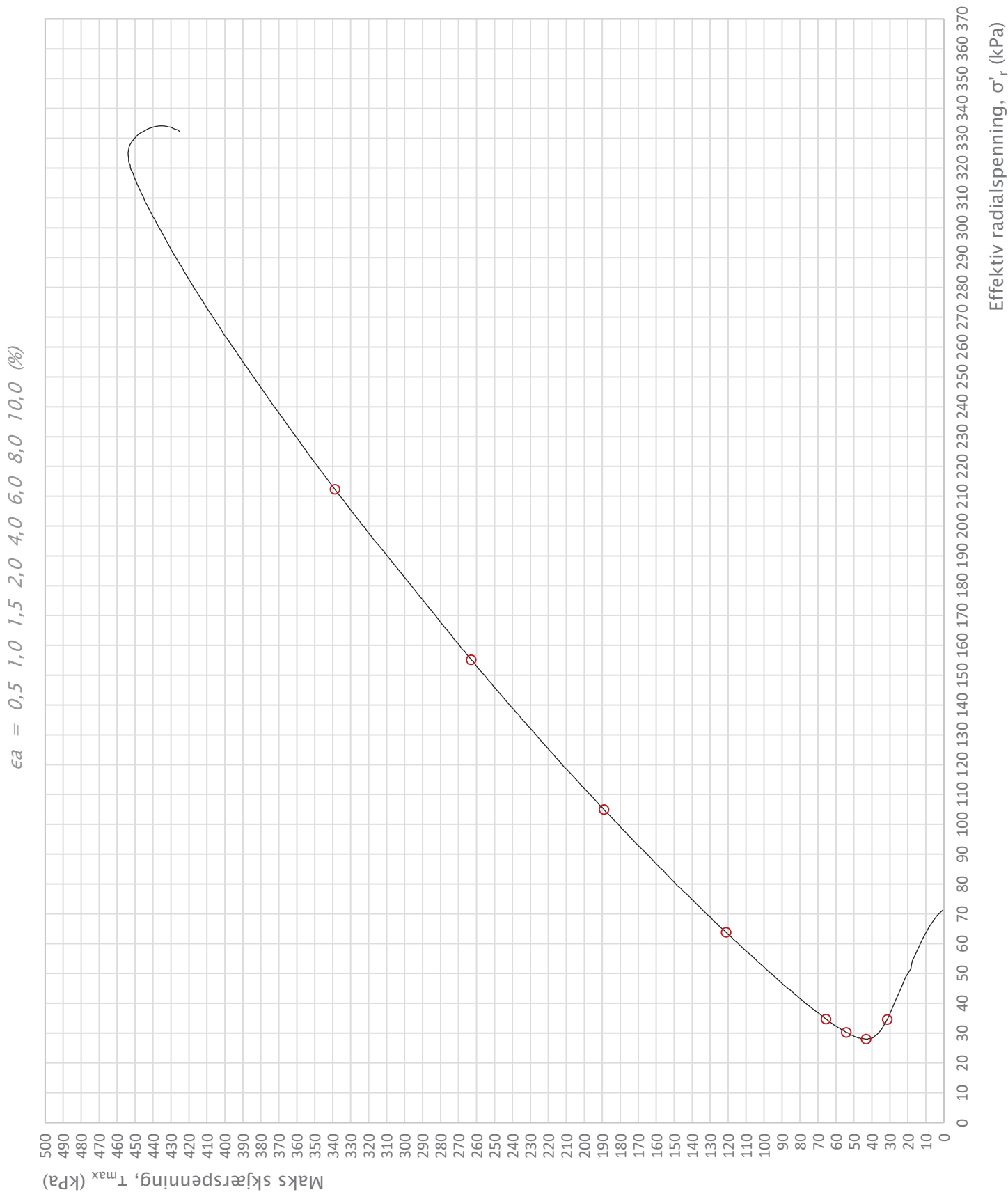
$\epsilon_a = 0,5 \quad 1,0 \quad 1,5 \quad 2,0 \quad 4,0 \quad 6,0 \quad 8,0 \quad 10,0 \quad (\%)$




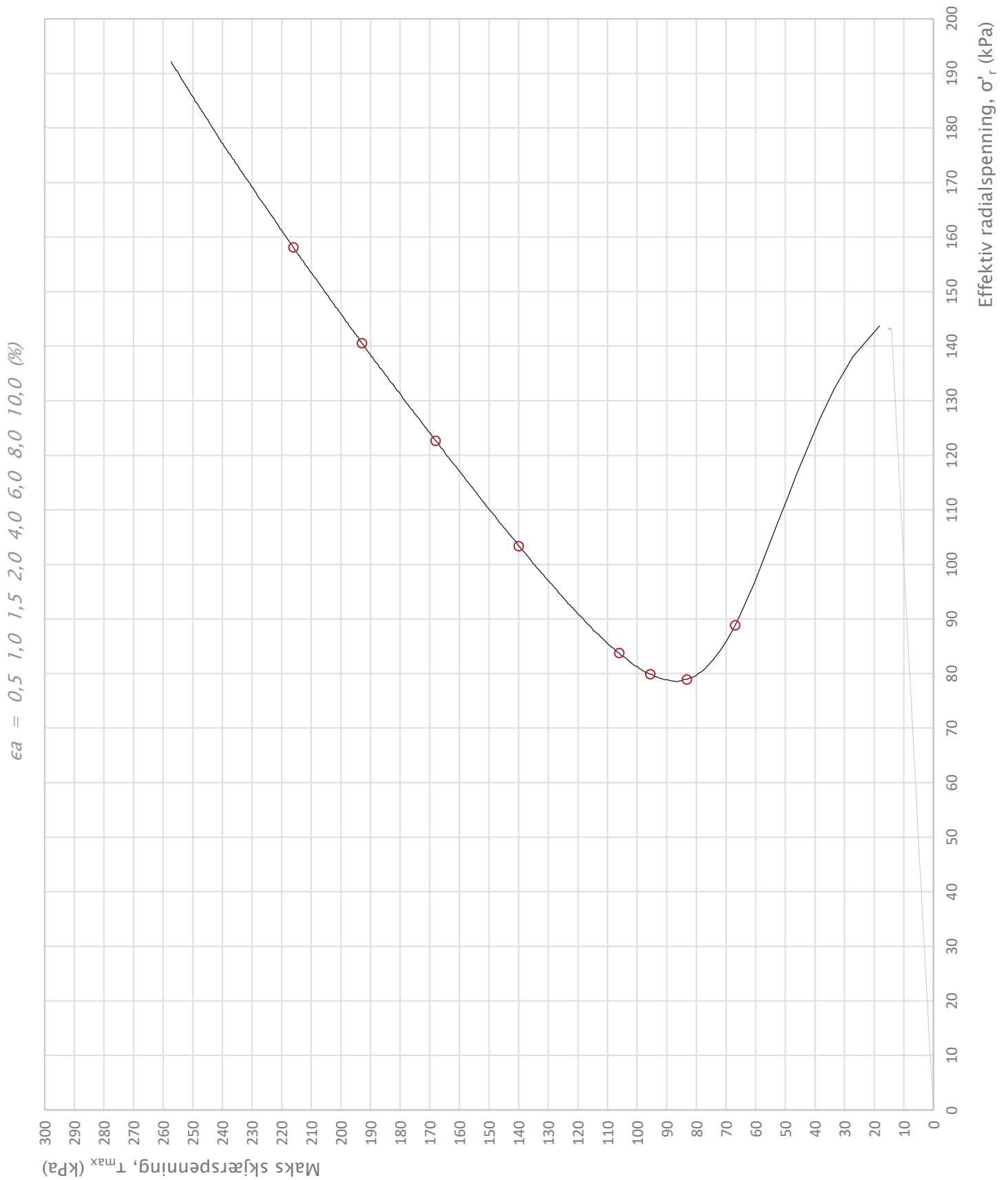
Prosjekt E14 Stjørdal-Forra bru		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull 18
Innhold Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				Dybde (m) 12,60
 Statens vegvesen	Utført brihag	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Midt	Dato utført 12.06.2019	Revisjon Rev. dato	Figur 1




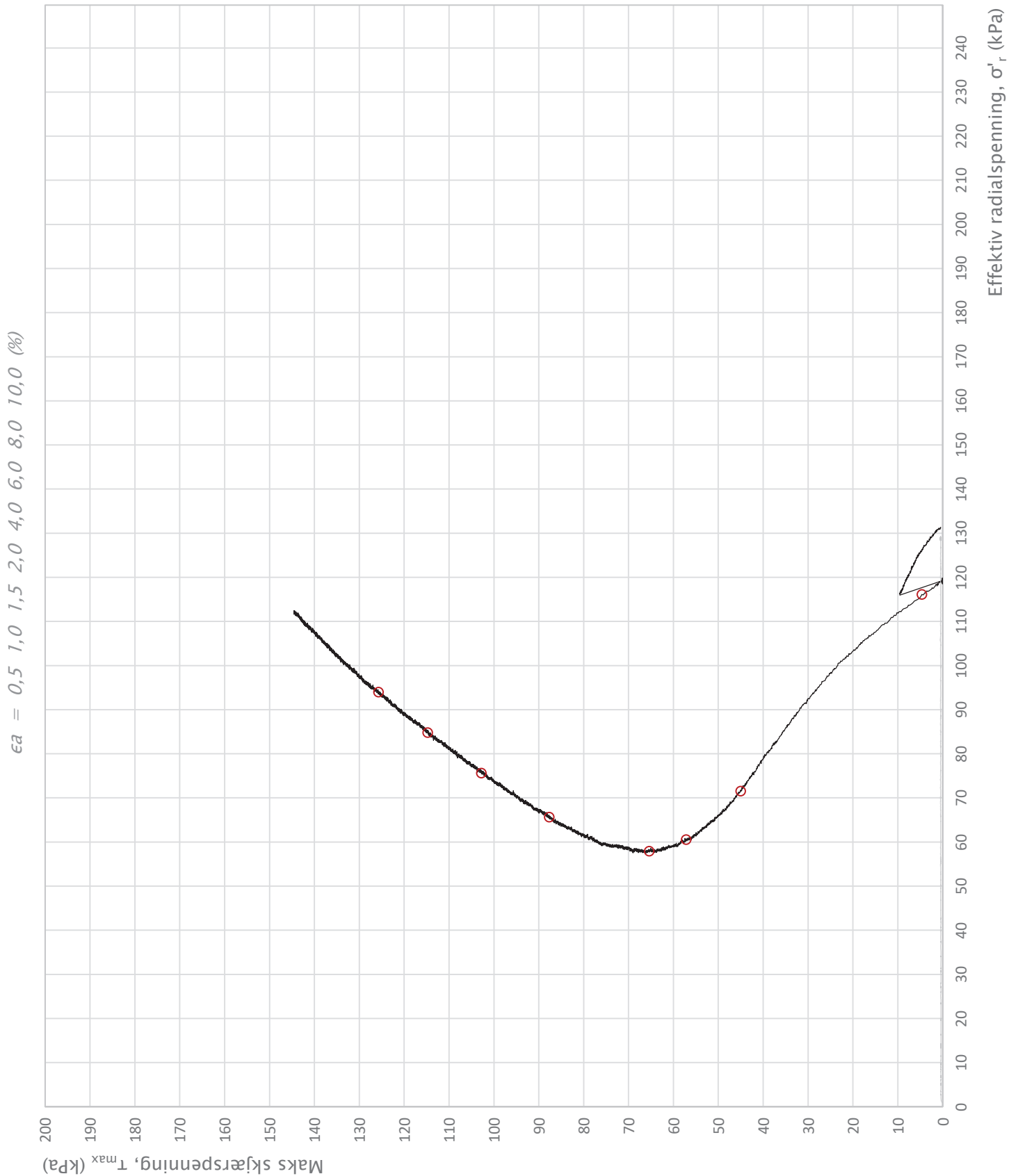
Prosjekt		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull
E14 Stjørdal-Forra bru				21
Innhold				Dybde (m)
Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				16,40
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype
	brihag			CAUc
Region	Dato utført	Revisjon	Figur	
Midt	29.08.2019		1	




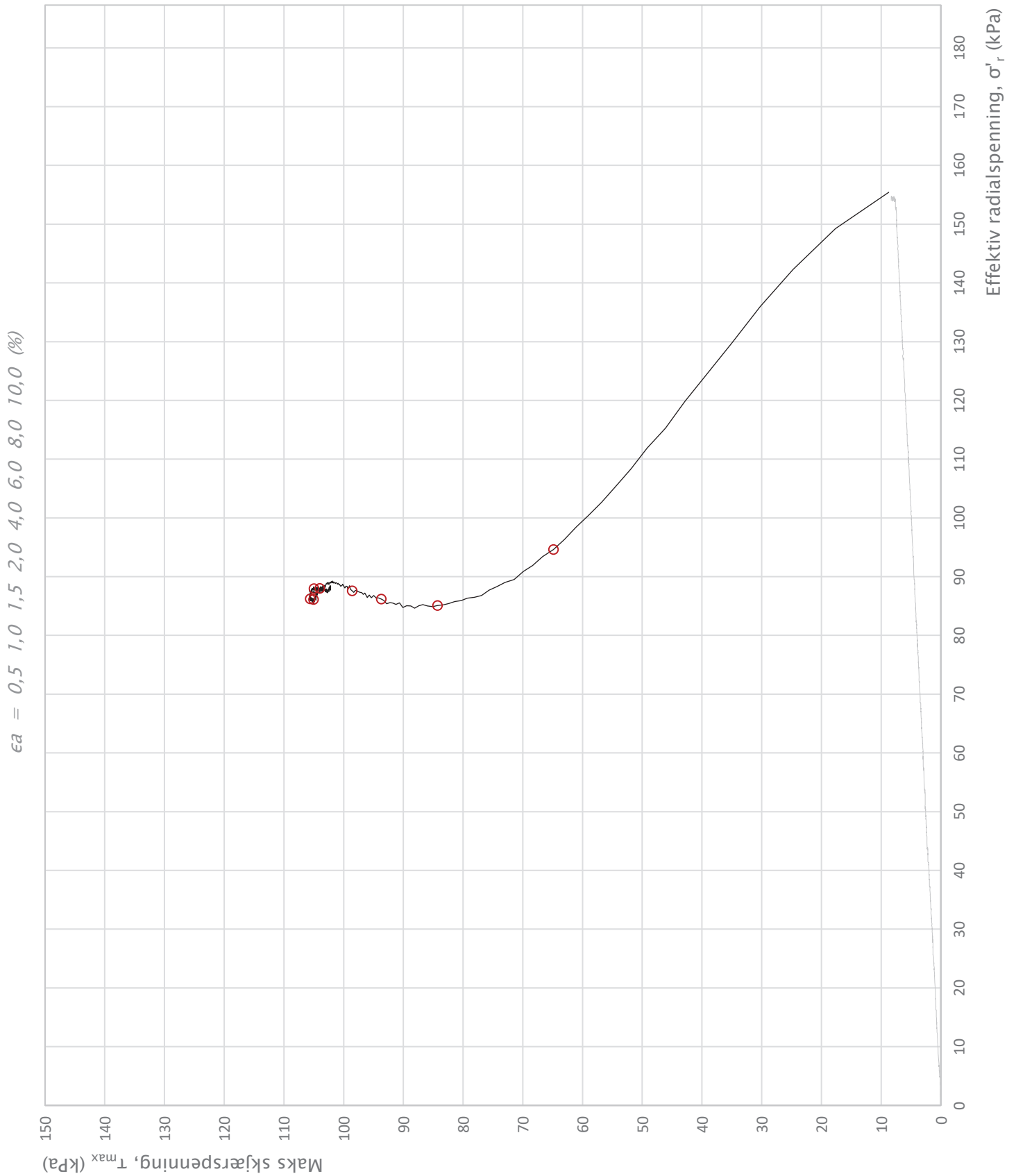
Prosjekt		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull	22
E14 Stjørdal-Forra bru				Dybde (m)	4,50
Innhold		Spenningssti i skjærfase, σ_r - τ plott (NTNU)			
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype	
	brihag			CIUc	
Region	Dato utført	Revisjon	Figur		
Midt	18.09.2019	Rev. dato	1		




Prosjekt E14 Stjørdal-Forra bru		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull 22
Innhold Spenningssti i skjærfase, σ' - τ plott (NTNU)				Dybde (m) 14,30
 Statens vegvesen	Utført brihag	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Midt	Dato utført 11.09.2019	Revisjon	Figur 1




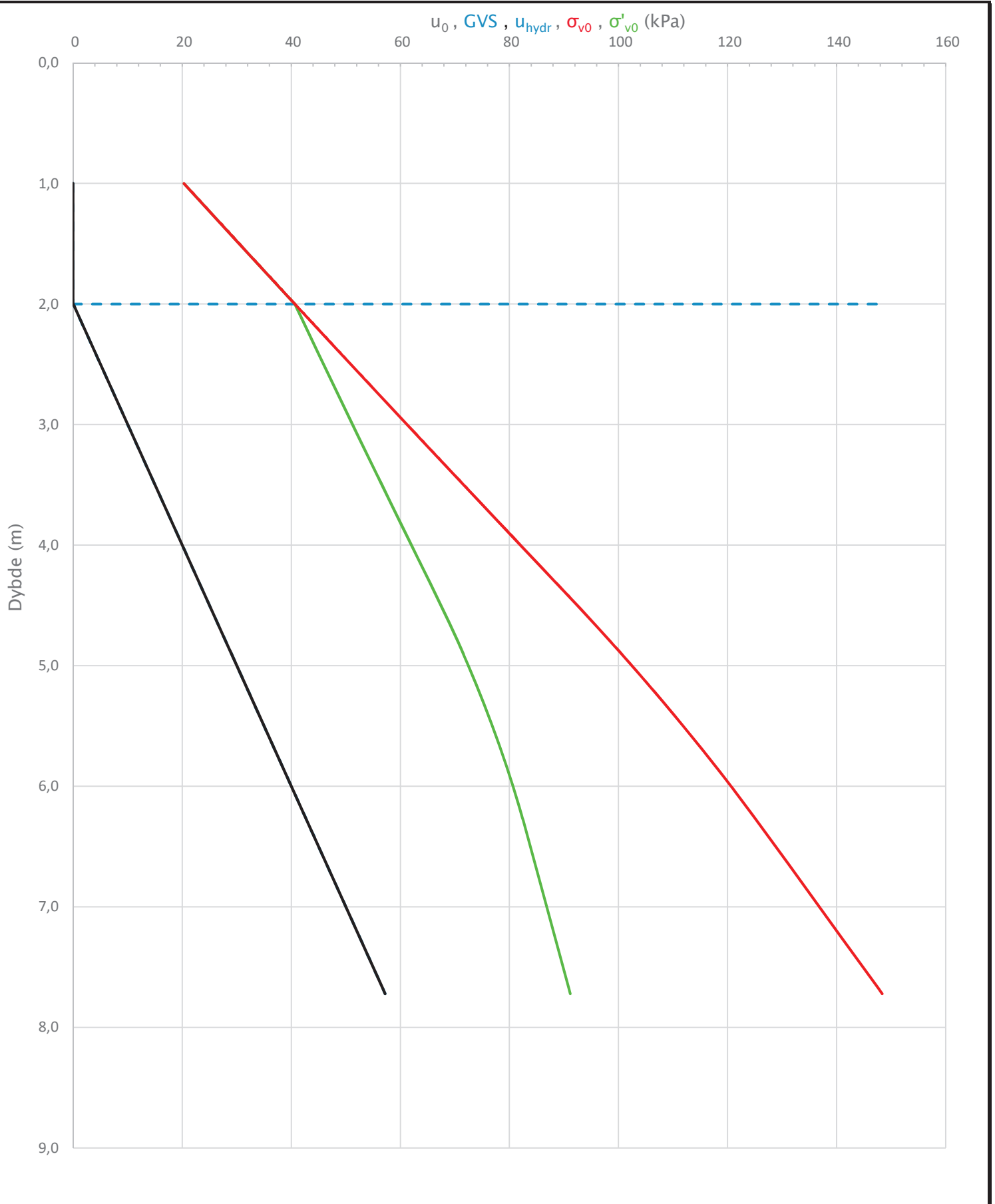
Prosjekt E14 Stjørdal–Forra bru		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull mb26
Innhold Spenningssti i skjærfase, σ_r - τ plott (NTNU)				Dybde (m) 10,60
 Statens vegvesen	Utført brihag	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype CIUc
	Region Midt	Dato utført 18.09.2019	Revisjon	Figur 1



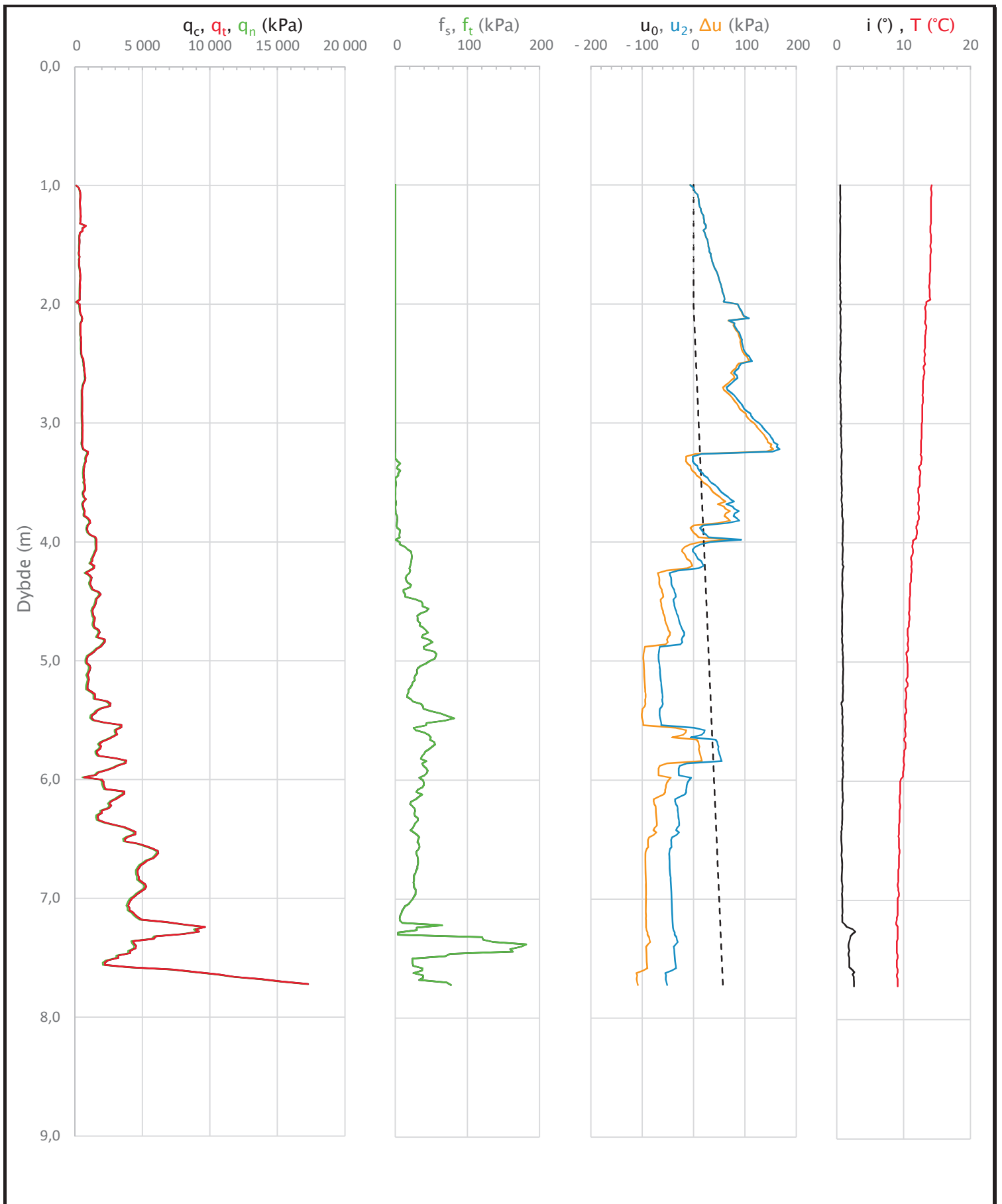
Prosjekt E14 Stjørdal–Forra bru		Prosjektnummer: 405813. Rapportnummer: 4190028		Borhull mb26
Innhold Spenningssti i skjærfase, σ'_r - τ plott (NTNU)				Dybde (m) 14,50
 Statens vegvesen	Utført brihag	Kontrollert	Godkjent	Forsøkstype CAUc
	Region Midt	Dato utført 11.09.2019	Revisjon	Figur 1


Bilag 5 – CPTU tolket

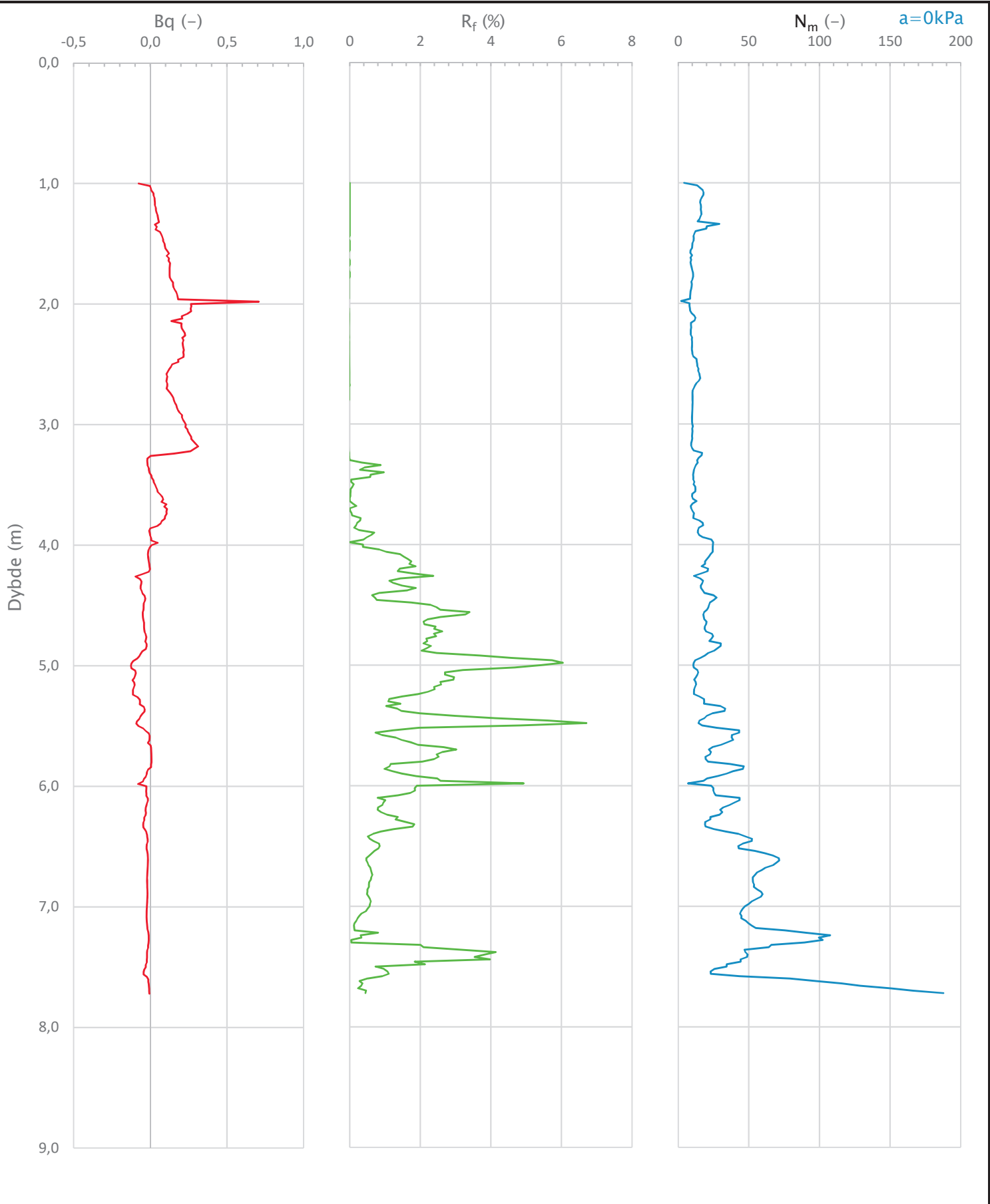
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4458		Boreleder		Halvorsen	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		5,3	
Kalibreringsdato	01.06.2017		Maks helning (°)		2,8	
Dato sondering	30.08.2019		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype						
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1266		3729		3360	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6026		0,0102		0,0227	
Arealforhold	0,8540		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	30,114		0,562		0,635	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7246,2		125,4		275,4	
Registrert etter sondering (kPa)	-21,7		0,1		-0,2	
Avvik under sondering (kPa)	21,7		0,1		0,2	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	4,0		0,1		0,1	
Maksverdi under sondering (kPa)	17271,9		181,2		167,5	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	26,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2
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	Temperatur		
OK	OK	OK	OK	OK		
Kommentarer:						
Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1416A Rapportnummer: GEOT-R02			Borhull	
Stjørdal-Forra bru					16	
Innhold		Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet			Sondennummer	
					4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse		
	lasola	lasola	lasola	1		
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur		
	Vegdirektoratet	30.08.2019	Rev. dato	1		




Prosjekt Stjørdal–Forra bru			Prosjektnummer: Vd1416A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull 16
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger			Sondennummer 4458		
 Statens vegvesen	Utført lasola	Kontrollert lasola	Godkjent lasola		Anvend.klasse 1
	Region Vegdirektoratet	Dato sondering 30.08.2019	Revisjon Rev. dato		Figur 2



Prosjekt Stjørdal–Forra bru		Prosjektnummer: Vd1416A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull 16
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer 4458
 Statens vegvesen	Utført lasola	Kontrollert lasola	Godkjent lasola	Anvend.klasse 1
	Region Vegdirektoratet	Dato sondering 30.08.2019	Revisjon Rev. dato	Figur 3



Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1416A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull
Stjørdal-Forra bru				16
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4458
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	lasola	lasola	lasola	1
Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	4
Vegdirektoratet	30.08.2019	Rev. dato		

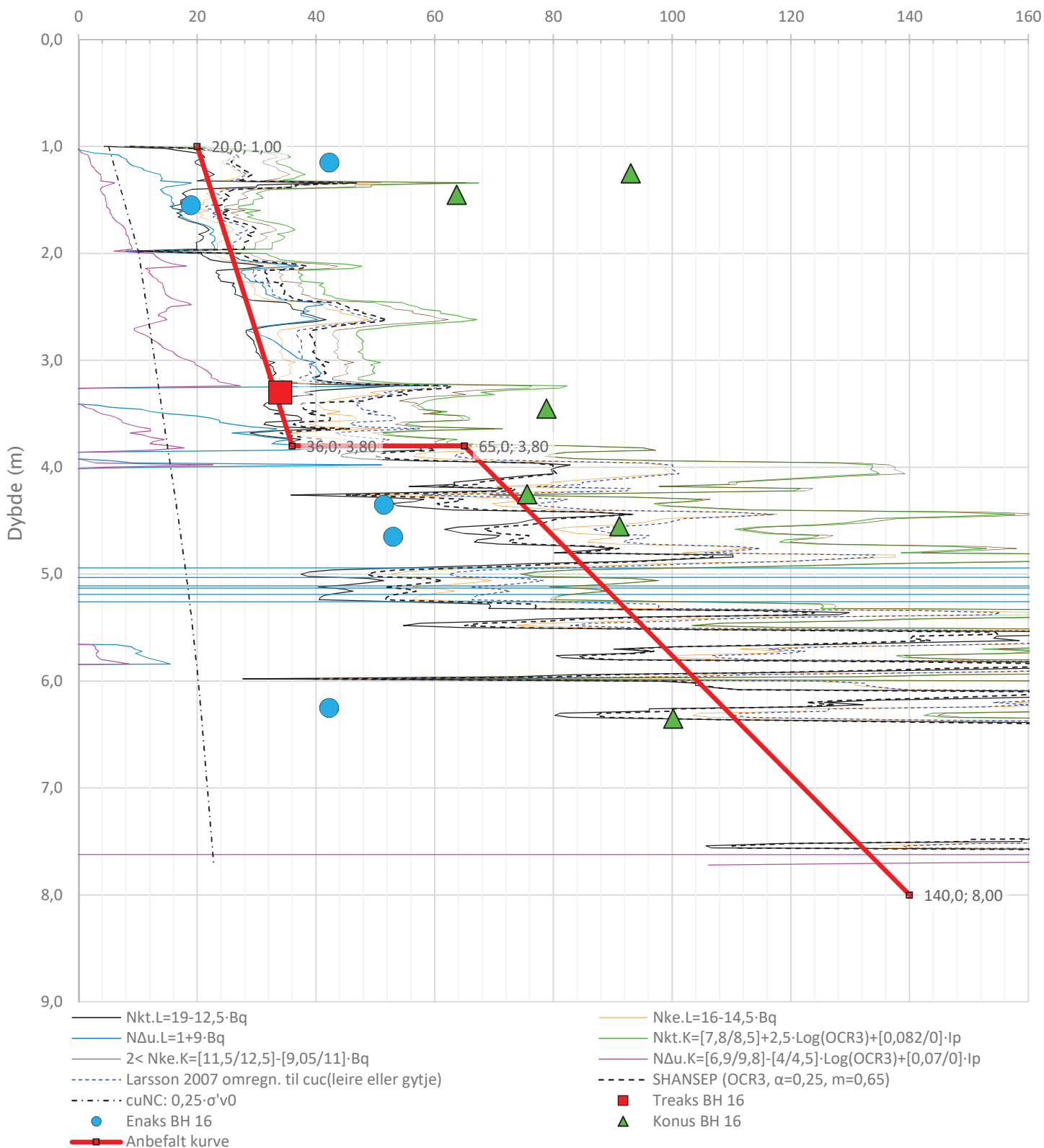
Anisotropiforhold i figur:


Treaks BH 16: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH 16: $c_{uuc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,634)}$

Konus BH 16: $c_{ufc}/c_{ucptu} = \text{var. (min:0,630 max:0,634)}$


Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

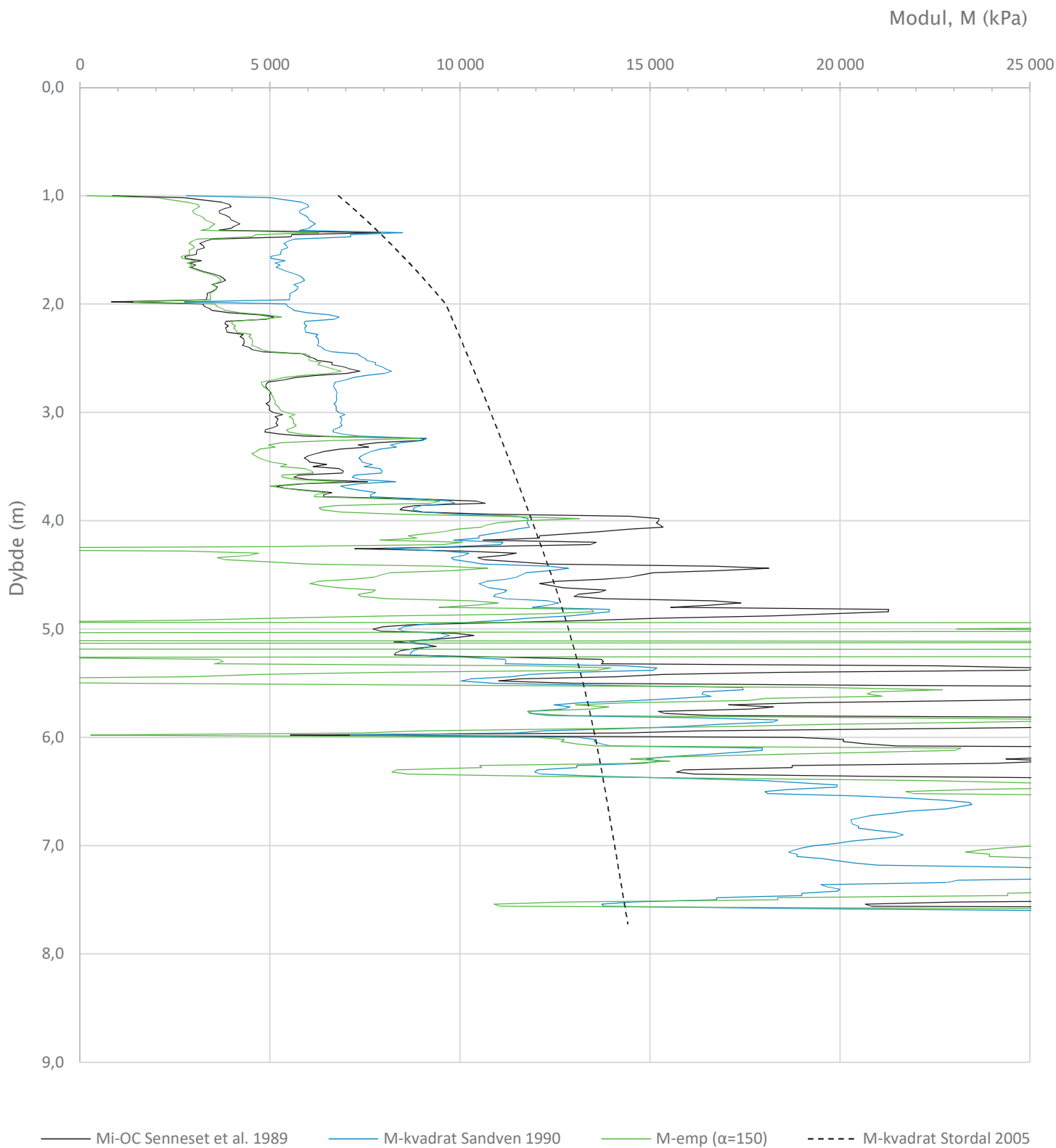



Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1416A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull
Stjørdal-Forra bru				16
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4458
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	lasola	lasola	lasola	1
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Vegdirektoratet	30.08.2019	Rev. dato	

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

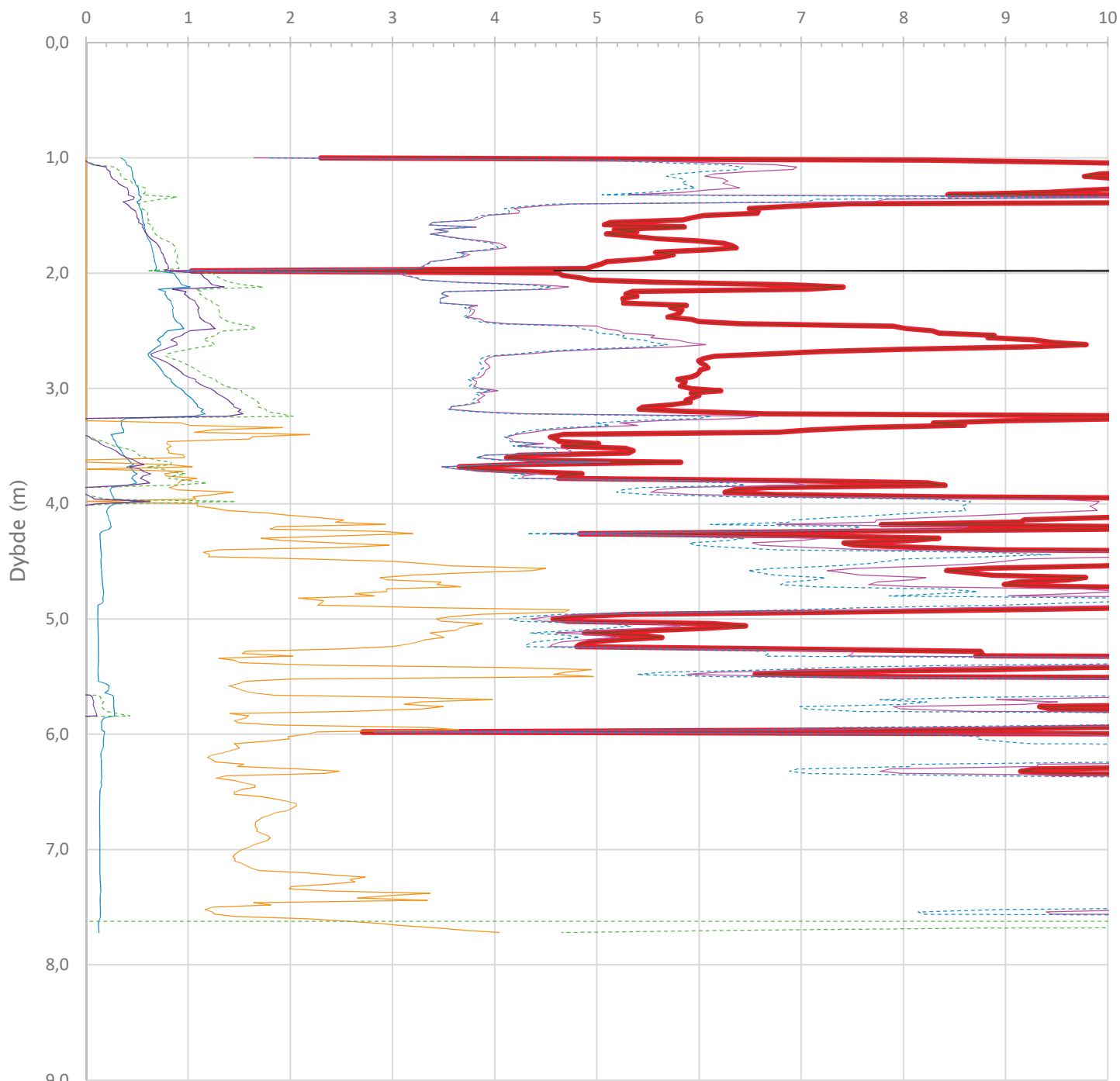


Prosjekt Stjørdal–Forra bru			Prosjektnummer: Vd1416A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull 16
Innhold Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon			Sondenummer 4458		
 Statens vegvesen	Utført lasola	Kontrollert lasola	Godkjent lasola		Anvend.klasse 1
	Region Vegdirektoratet	Dato sondering 30.08.2019	Revisjon Rev. dato		Figur 6





Prosjekt Stjørdal–Forra bru			Prosjektnummer: Vd1416A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull 16
Innhold Tolkning av modul			Sondenummer 4458		
 Statens vegvesen	Utført lasola	Kontrollert lasola	Godkjent lasola		Anvend.klasse 1
	Region Vegdirektoratet	Dato sondering 30.08.2019	Revisjon	Rev. dato	Figur 7

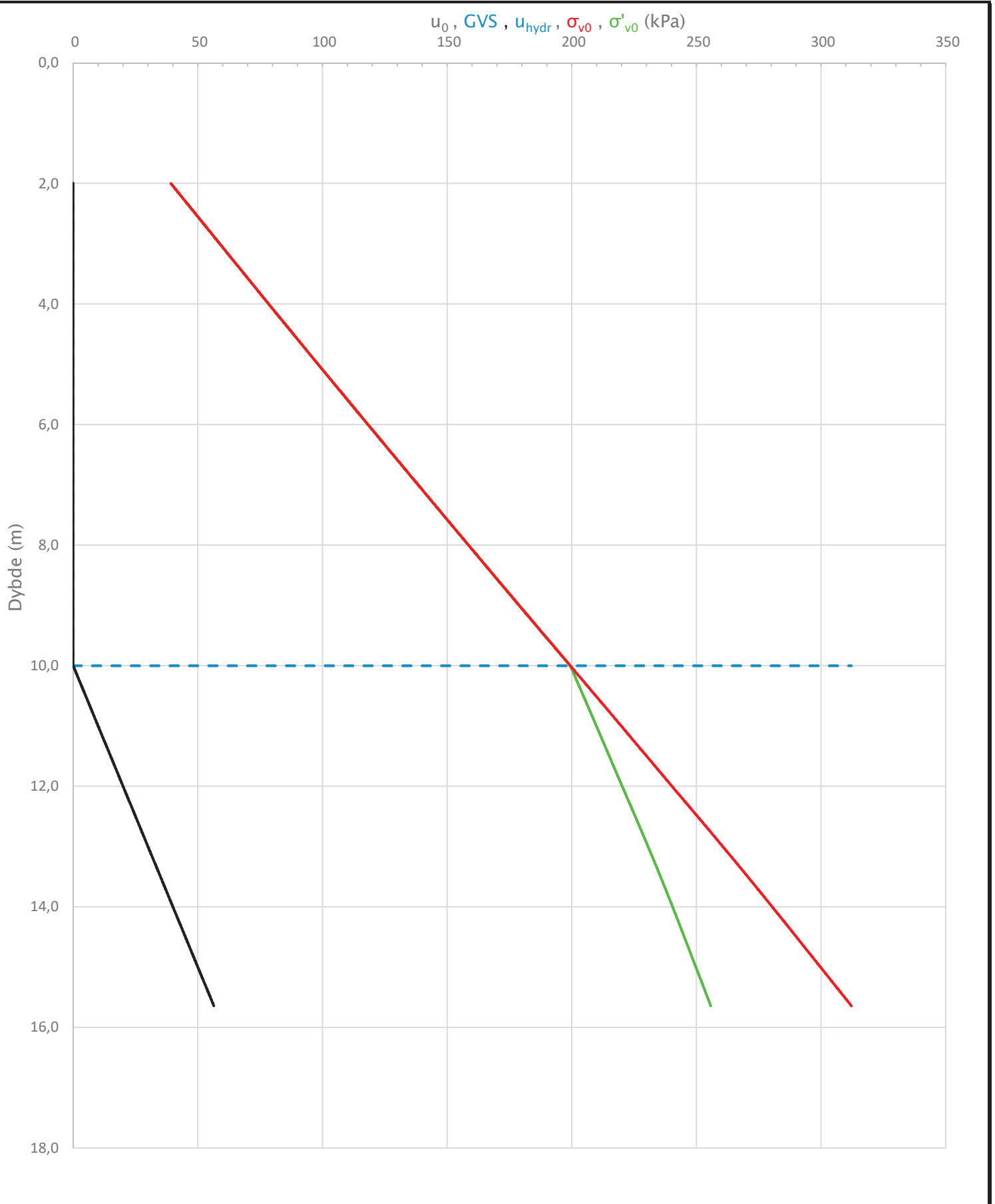
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



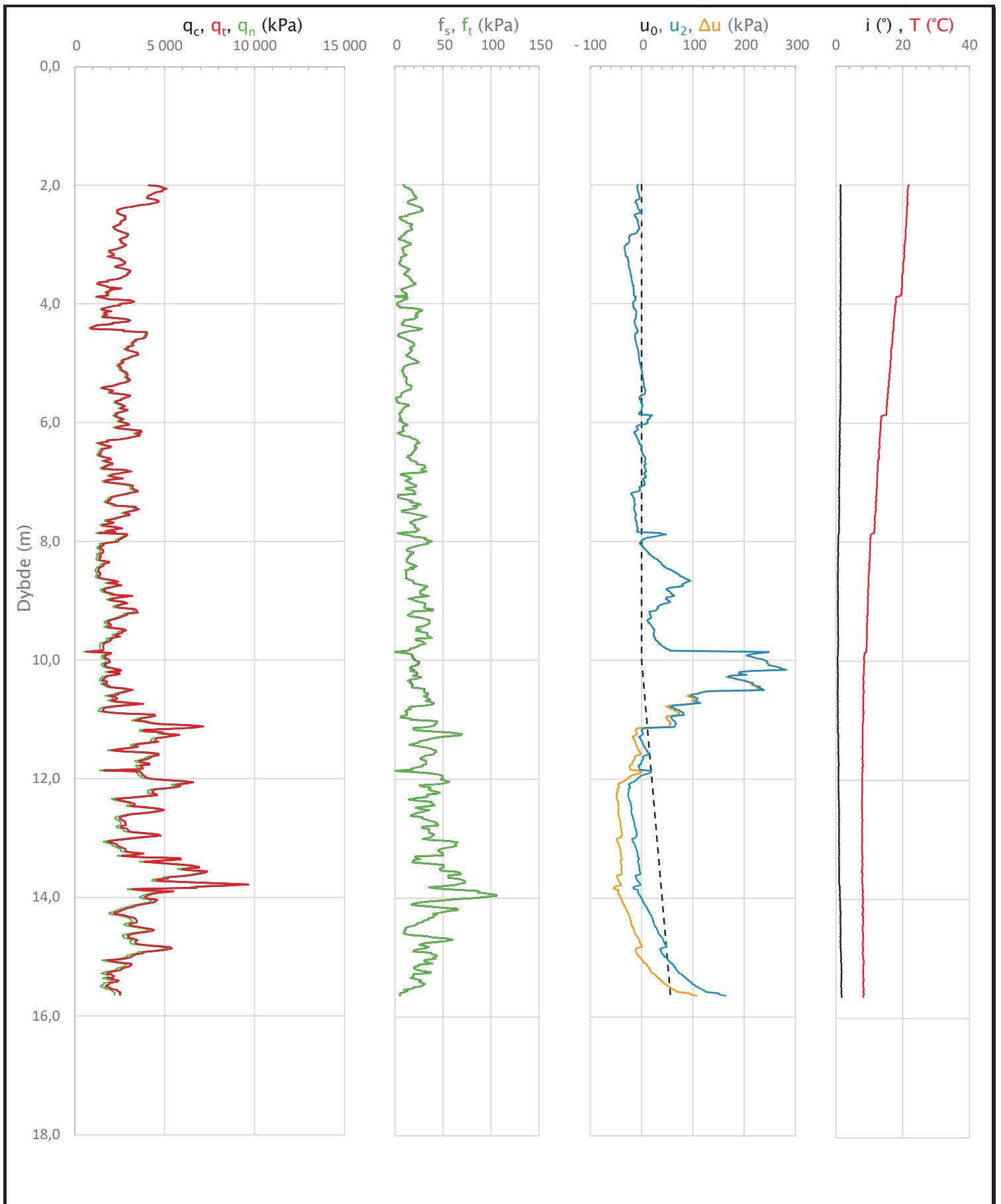
- Valgt kurve: OCR3
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990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


Prosjekt Stjørdal–Forra bru			Prosjektnummer: Vd1416A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull 16
Innhold Overkonsolideringsgrad, OCR			Sondenummer 4458		
 Statens vegvesen	Utført lasola	Kontrollert lasola	Godkjent lasola		Anvend.klasse 1
	Region Vegdirektoratet	Dato sondering 30.08.2019	Revisjon Rev. dato		Figur 8

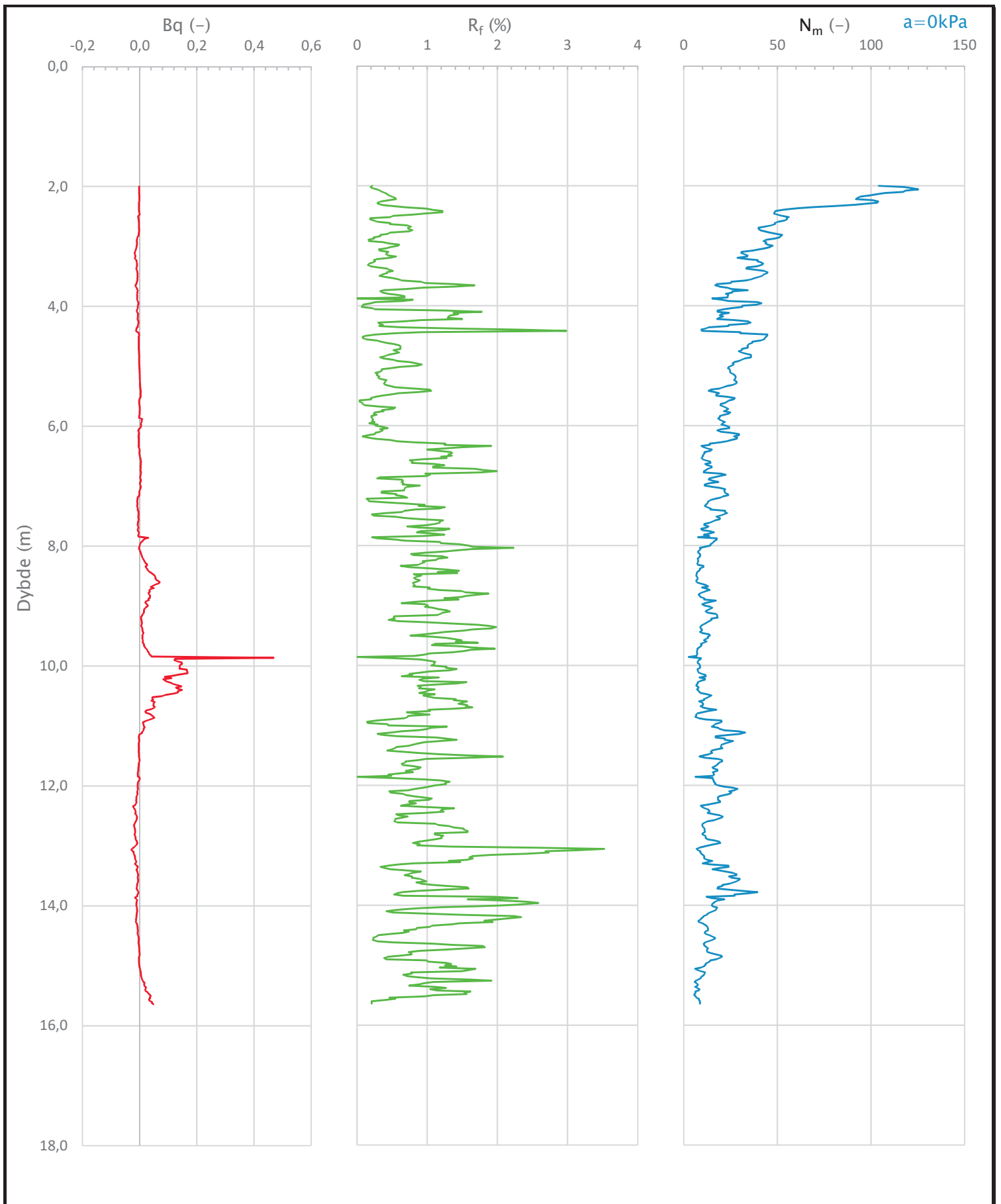
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4458		Boreleder	Halvorsen		
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)	14,2		
Kalibreringsdato	01.06.2017		Maks helning (°)	1,7		
Dato sondering	28.08.2019		Maks avstand målinger (m)	0,02		
Filtertype						
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1266		3729		3360	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,6026		0,0102		0,0227	
Arealforhold	0,8540		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	30,114		0,562		0,635	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7261,2		125,7		275,9	
Registrert etter sondering (kPa)	-21,1		0,2		-8,2	
Avvik under sondering (kPa)	21,1		0,2		8,2	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	10,7		0,2		0,2	
Maksverdi under sondering (kPa)	9660,7		106,1		282,1	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	32,4	0,3	0,4	0,4	8,4	3,0
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	2
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	1					
Måleverdier under kapasitet/krav						
Spissmotstand	Sidefriksjon		Poretrykk		Helning	
OK	OK		OK		OK	
Kommentarer:						
Prosjekt			Prosjektnummer: Vd1461A		Rapportnummer: GEOT-R02	
Stjørdal-Forra bru			Borhull		Kote Vis	
					18	
Innhold			Sondennummer			
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet					4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert		Godkjent		Anvend.klasse
	lasola	lasola		lasola		1
	Region	Dato sondering		Revisjon		Figur
	Midt	28.08.2019		Rev. dato		1




Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull	Kote Vis
Stjørdal-Forra bru				18	
Innhold				Sondenummer	
In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	lasola	lasola	lasola		
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	2
	Midt	28.08.2019	Rev. dato		



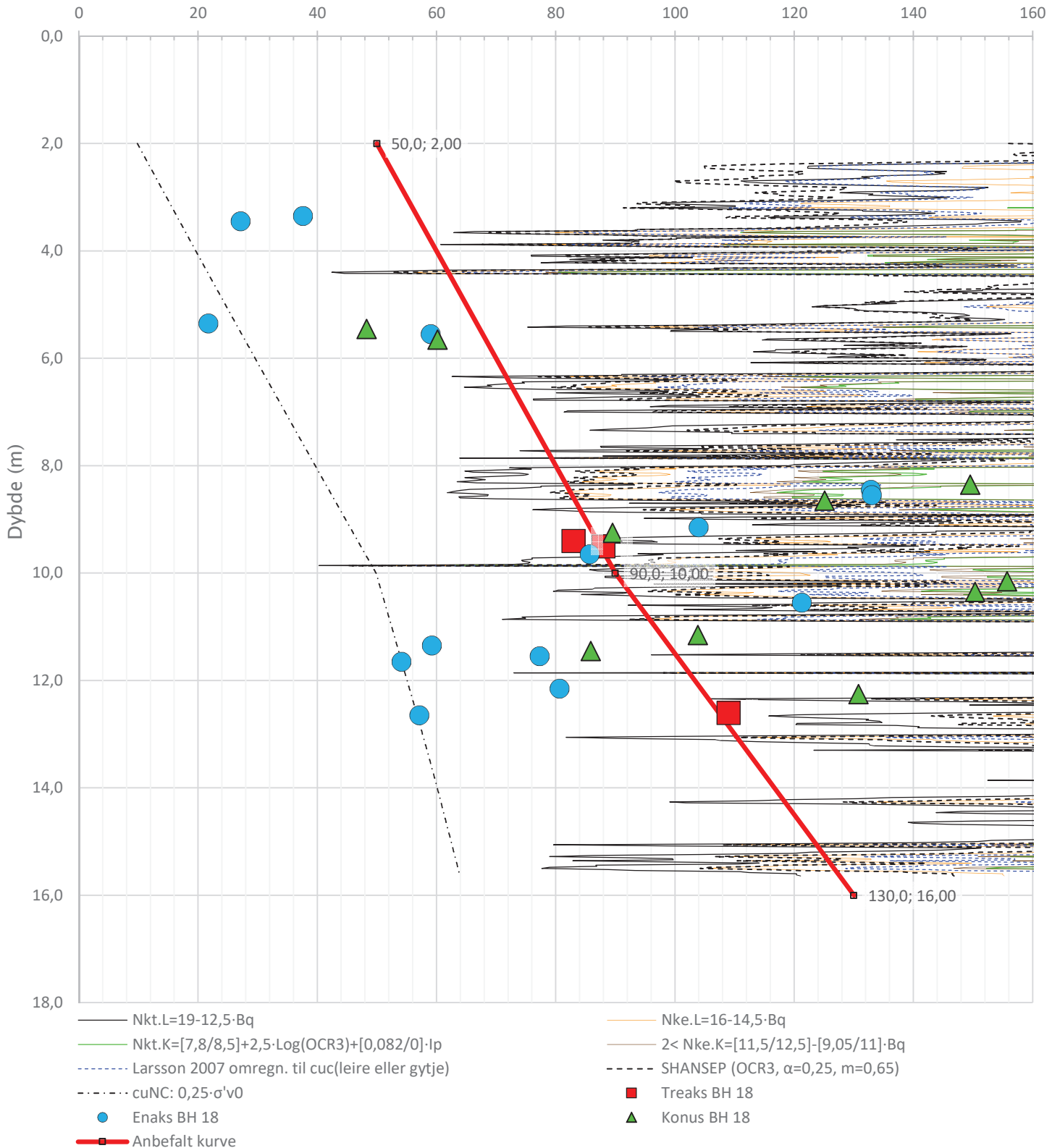
Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull	Kote Vis
Stjørdal-Forra bru				18	
Innhold				Sondennummer	
Måledata og korrigerte måleverdier				4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	lasola	lasola	lasola		
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	3
	Midt	28.08.2019	Rev. dato		




Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull	Kote Vis
Stjørdal-Forra bru				18	
Innhold				Sondennummer	
Avledede dimensjonsløse forhold				4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	lasola	lasola	lasola		
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	4
	Midt	28.08.2019	Rev. dato		

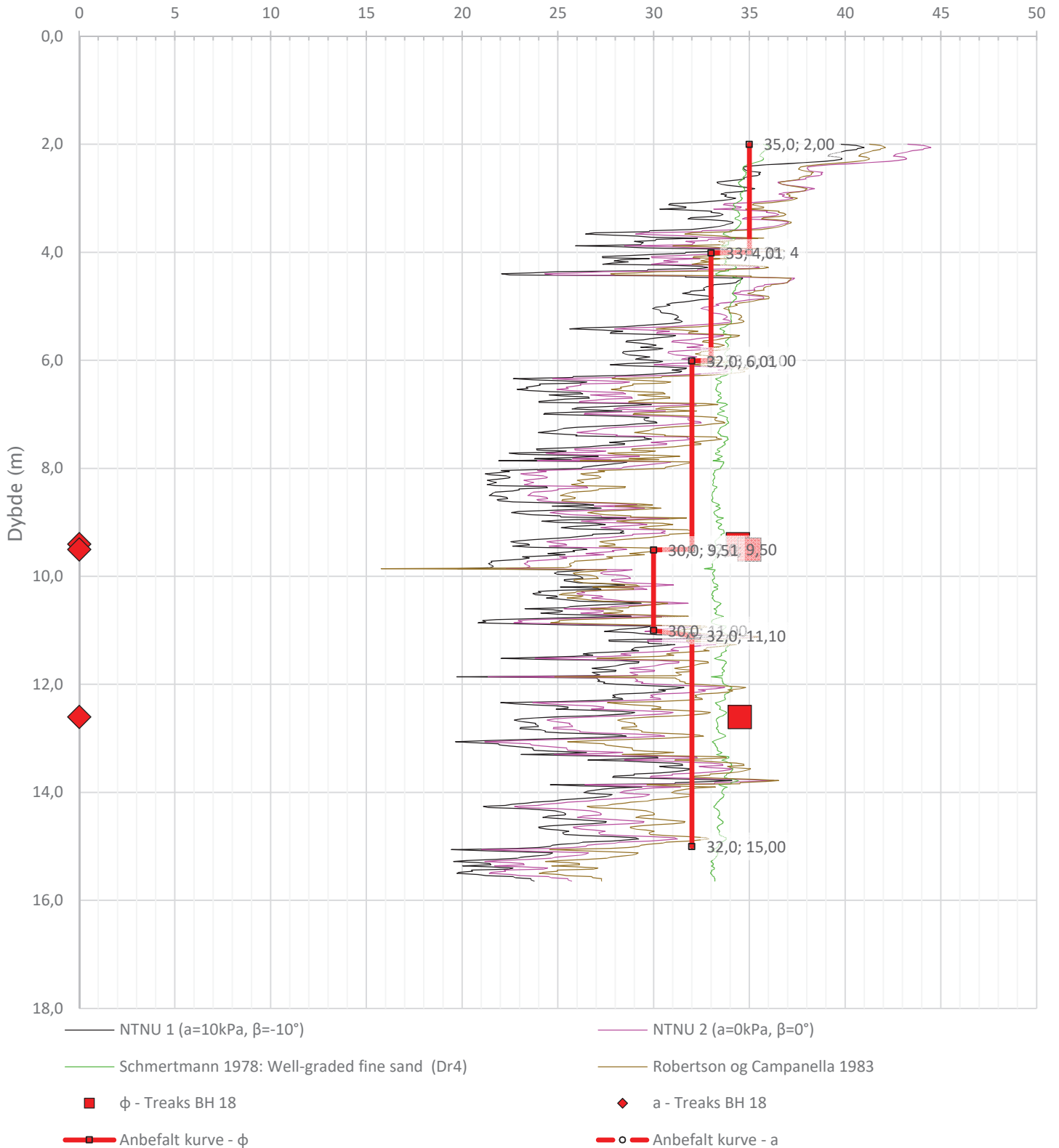
Anisotropiforhold i figur:
 Treaks BH 18: $c_{uc}/c_{ucptu} = 1,000$
 Enaks BH 18: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$
 Konus BH 18: $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

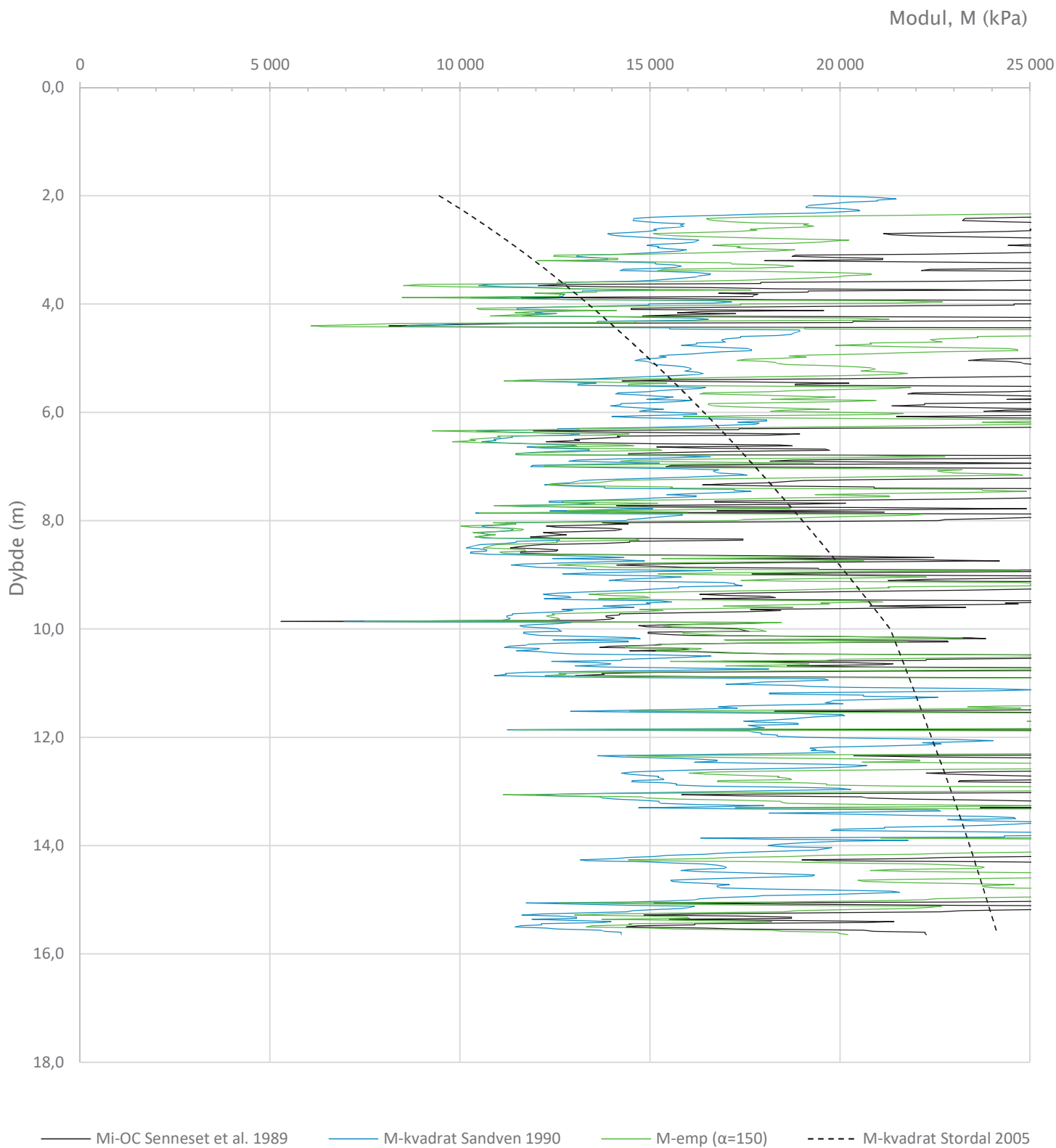



Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull	Kote Vis
Stjørdal–Forra bru				18	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	lasola	lasola	lasola		
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	5
	Midt	28.08.2019	Rev. dato		

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

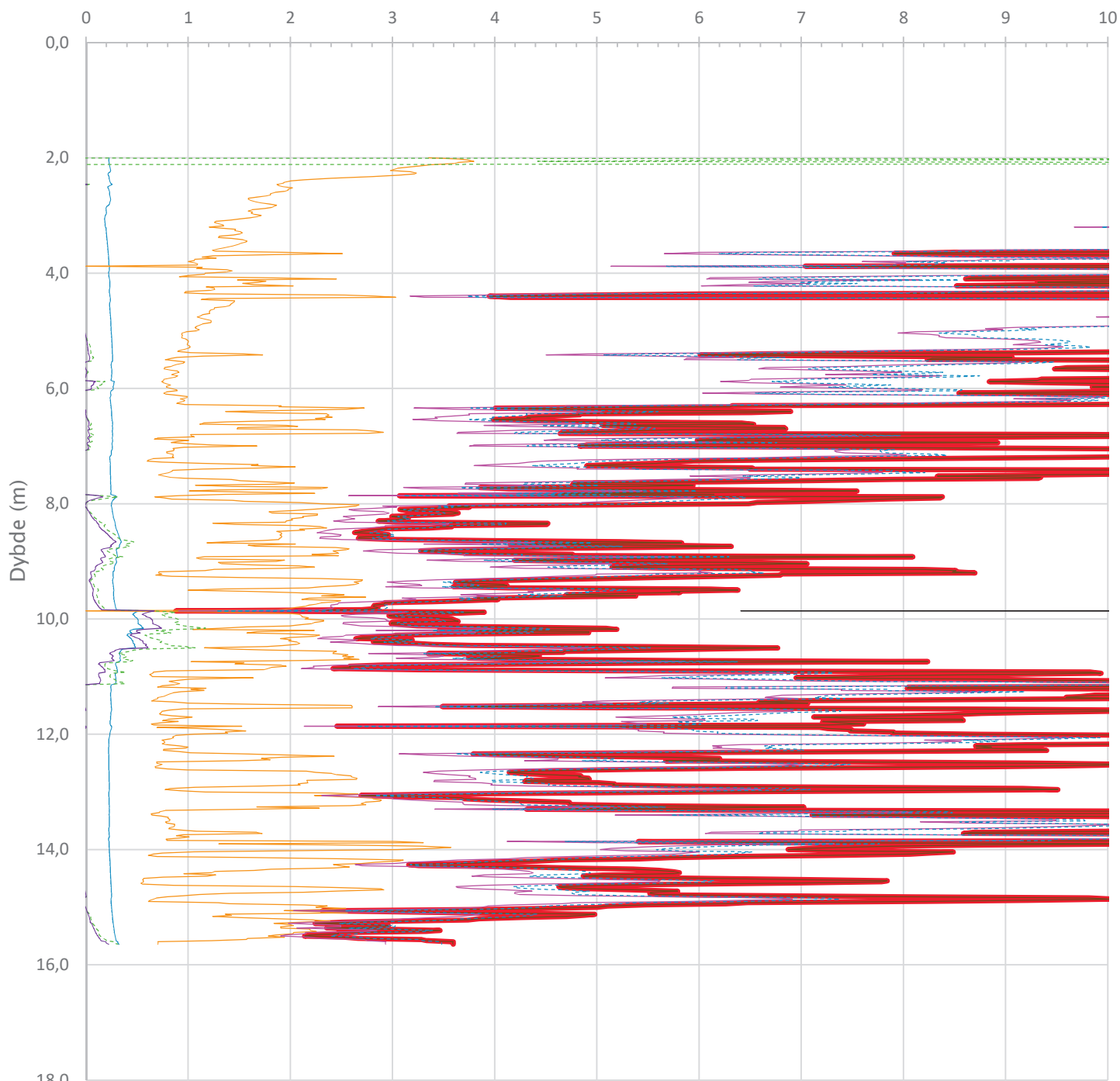


Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull	Kote Vis
Stjørdal–Forra bru				18	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	lasola	lasola	lasola		
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	6
	Midt	28.08.2019	Rev. dato		





Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull	Kote Vis
Stjørdal-Forra bru				18	
Innhold				Sondenummer	
Tolkning av modul				4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	lasola	lasola	lasola	1	
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	Midt	28.08.2019	Rev. dato	7	

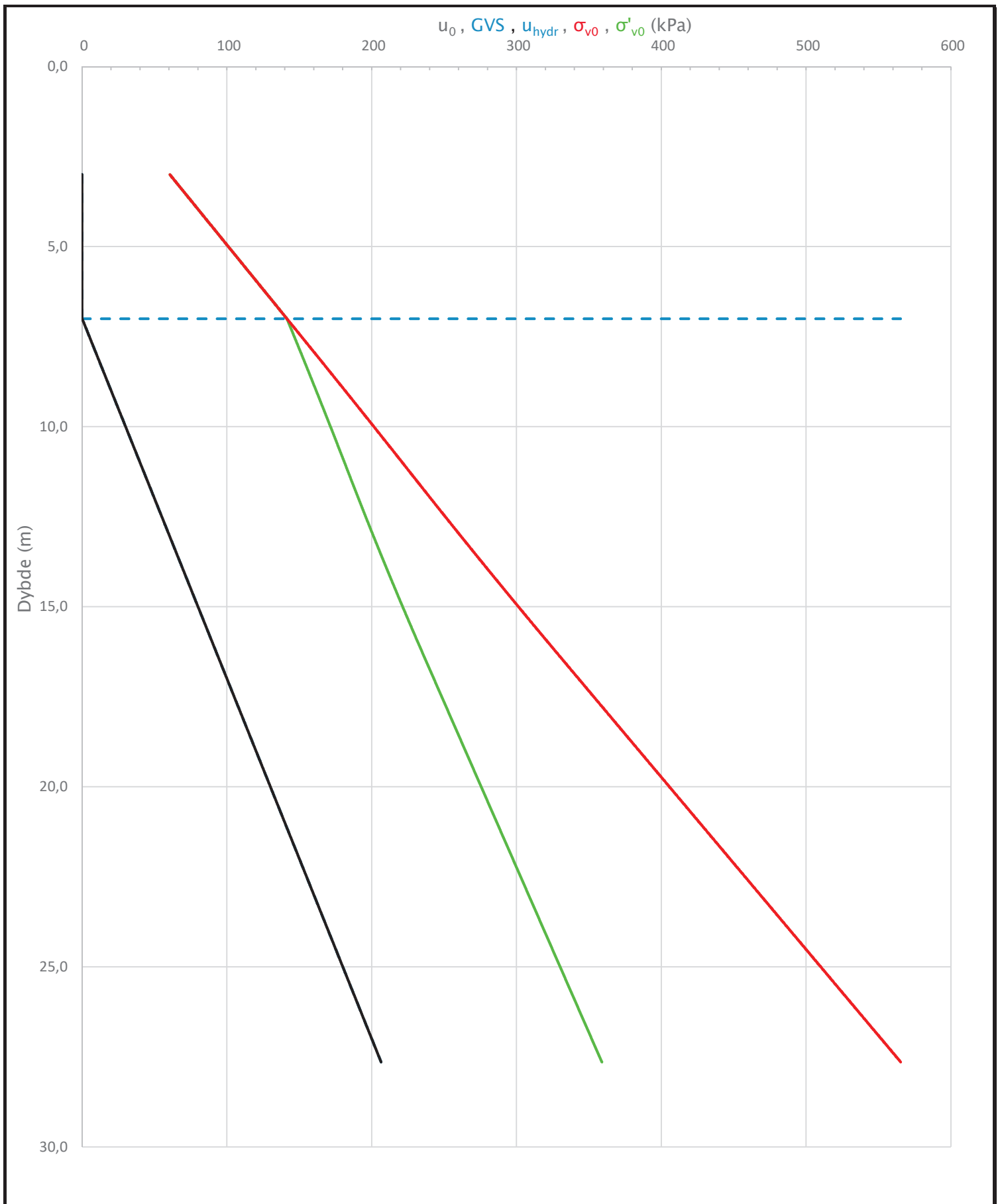
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



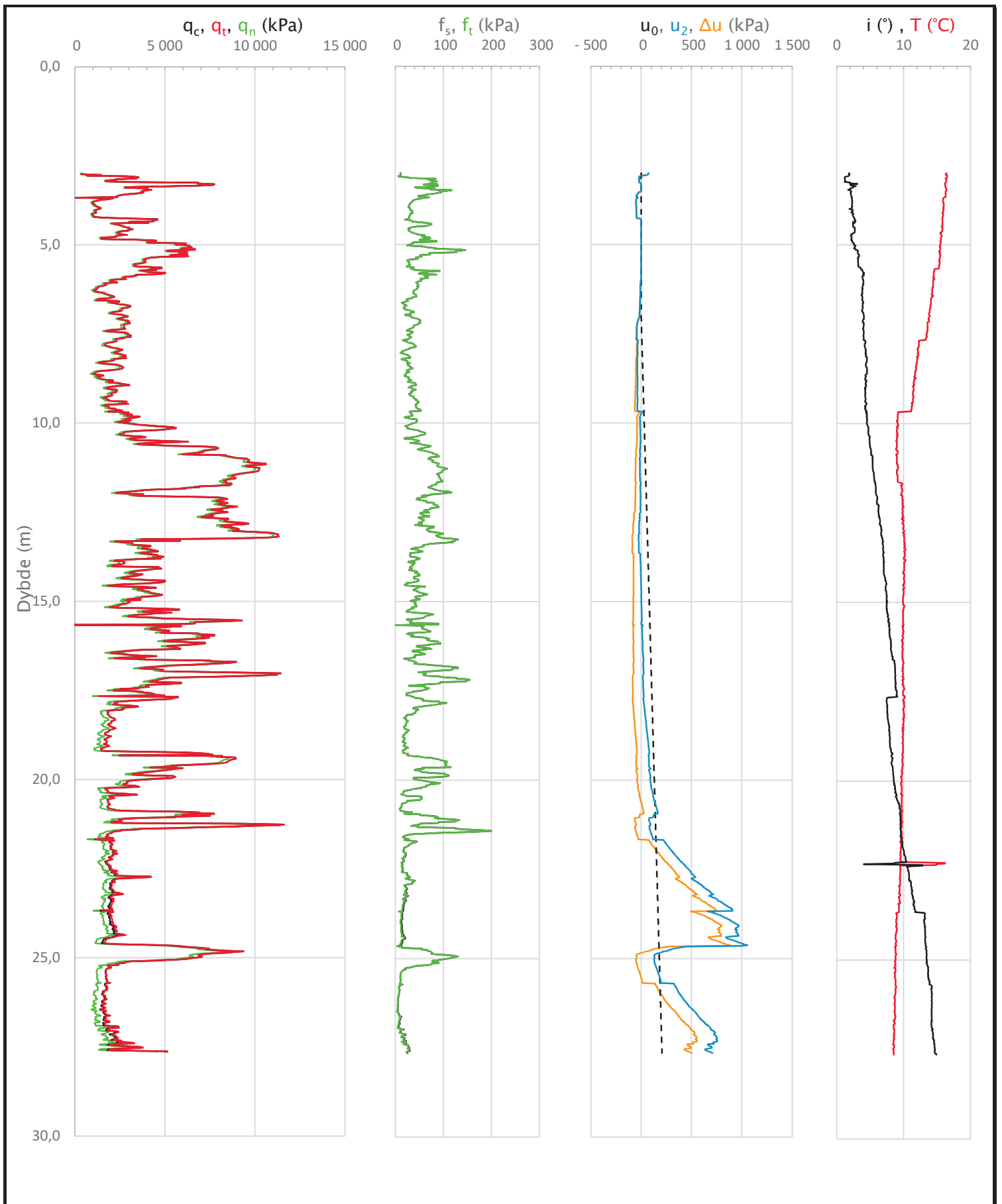
- Valgt kurve: OCR3
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990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


Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R02		Borhull	Kote Vis
Stjørdal–Forra bru				18	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				4458	
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	lasola	lasola	lasola		
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	8
	Midt	28.08.2019	Rev. dato		

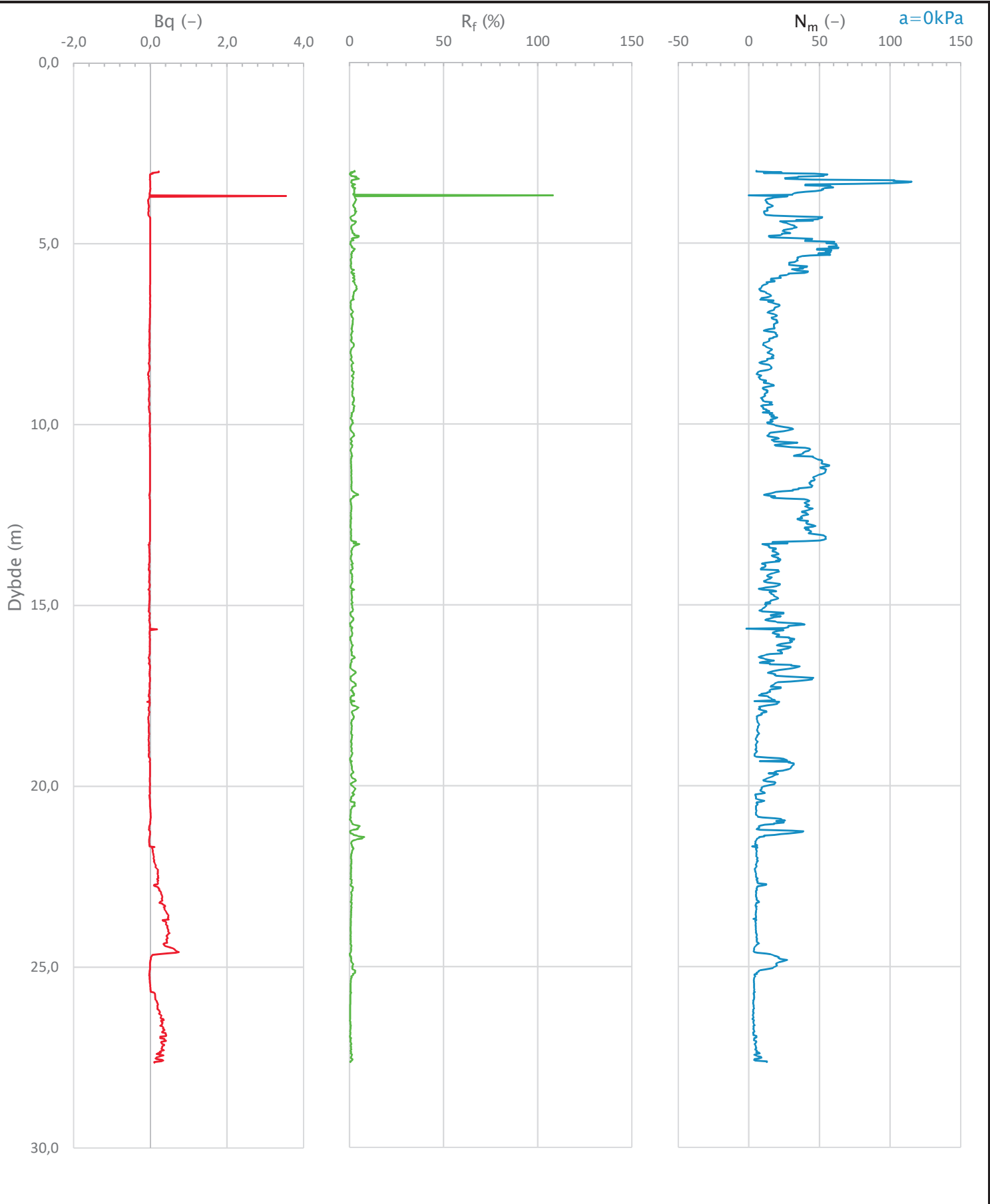
Sonde og utførelse						
Sondennummer	4364		Boreleder		Magne	
Type sonde	Nova		Temperaturendring (°C)		8,1	
Kalibreringsdato	03.07.2015		Maks helning (°)		14,9	
Dato sondering	21.08.2019		Maks avstand målinger (m)		0,02	
Filtertype						
Kalibreringsdata						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
Maksimal last (MPa)	50		0,5		2	
Måleområde (MPa)	50		0,5		2	
Skaleringsfaktor	1278		3648		3778	
Oppløsning 2 ¹² bit (kPa)	-		-		-	
Oppløsning 2 ¹⁸ bit (kPa)	0,597		0,0104		0,0202	
Arealforhold	0,8390		0,0000			
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	22,686		0,4368		0,808	
Temperaturområde (°C)	40					
Nullpunktskontroll						
	NA		NB		NC	
Registrert før sondering (kPa)	7332,0		131,2		245,6	
Registrert etter sondering (kPa)	-21,0		-0,6		-0,5	
Avvik under sondering (kPa)	21,0		0,6		0,5	
Maksimal temperatureffekt (kPa)	4,6		0,1		0,2	
Maksverdi under sondering (kPa)	11594,8		199,4		1055,6	
Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012						
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	26,2	0,2	0,7	0,4	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	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			Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R01			Borhull
E14 Stjørdal-Forra bru						21
Innhold			Sondennummer			
Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet						4364
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert		Godkjent		Anvend.klasse
	lasola	lasola		lasola		1
	Region	Dato sondering		Revisjon		Figur
	Midt	21.08.2019		Rev. dato		1



Prosjekt E14 Stjørdal–Forra bru		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R01		Borhull 21
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				Sondennummer 4364
 Statens vegvesen	Utført lasola	Kontrollert lasola	Godkjent lasola	Anvend.klasse 1
	Region Midt	Dato sondering 21.08.2019	Revisjon Rev. dato	Figur 2



Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R01		Borhull
E14 Stjørdal-Forra bru				21
Innhold				Sondenummer
Måledata og korrigerte måleverdier				4364
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	lasola	lasola	lasola	1
Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Midt	21.08.2019	Rev. dato	3	



Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R01		Borhull
E14 Stjørdal–Forra bru				21
Innhold				Sondennummer
Avledede dimensjonsløse forhold				4364
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	lasola	lasola	lasola	1
	Region	Dato sondering	Revisjon	Figur
	Midt	21.08.2019	Rev. dato	4

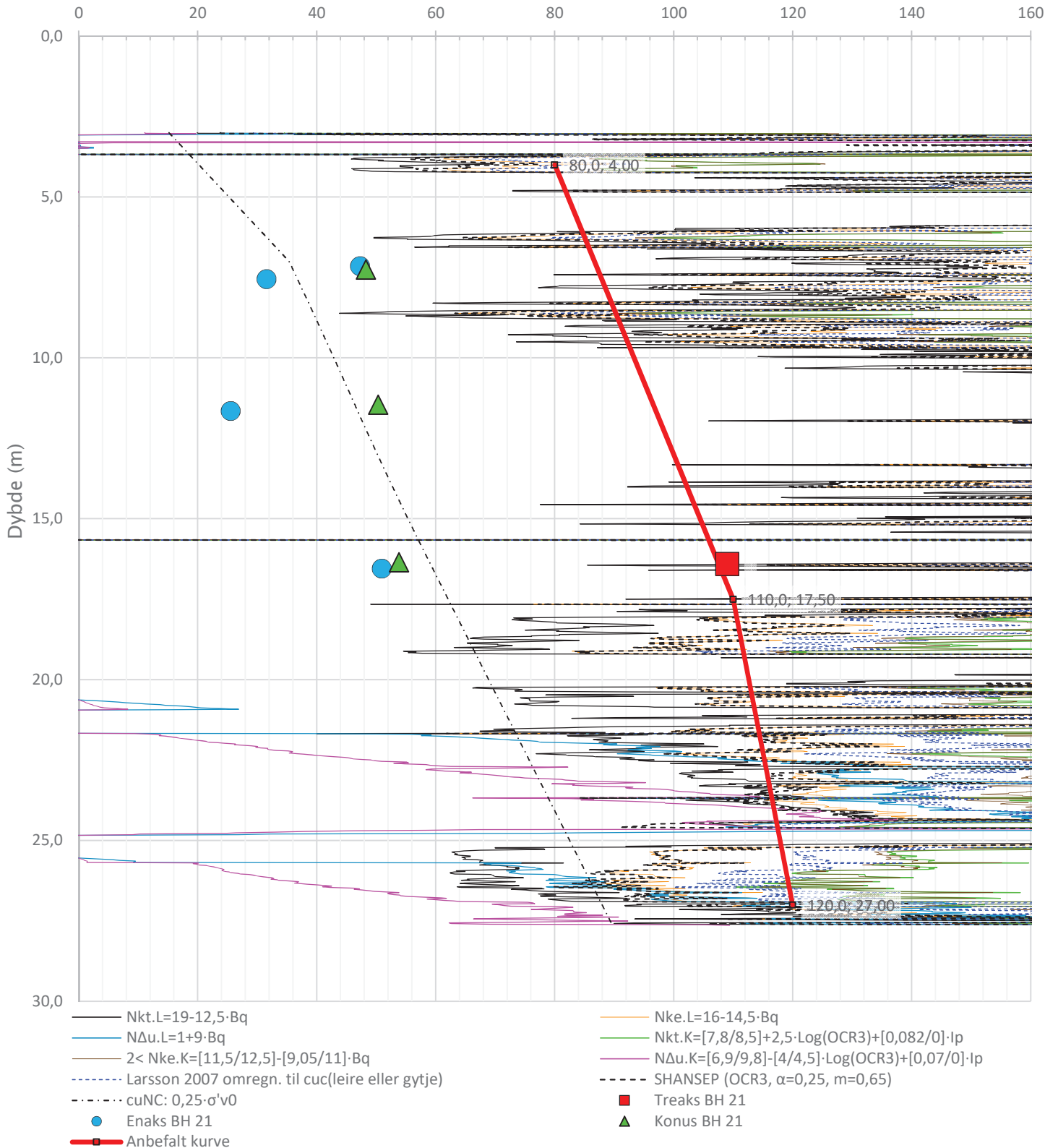
Anisotropiforhold i figur:


Treaks BH 21: $c_uC/c_{ucptu} = 1,000$

Enaks BH 21: $c_{uuc}/c_{ucptu} = 0,630$

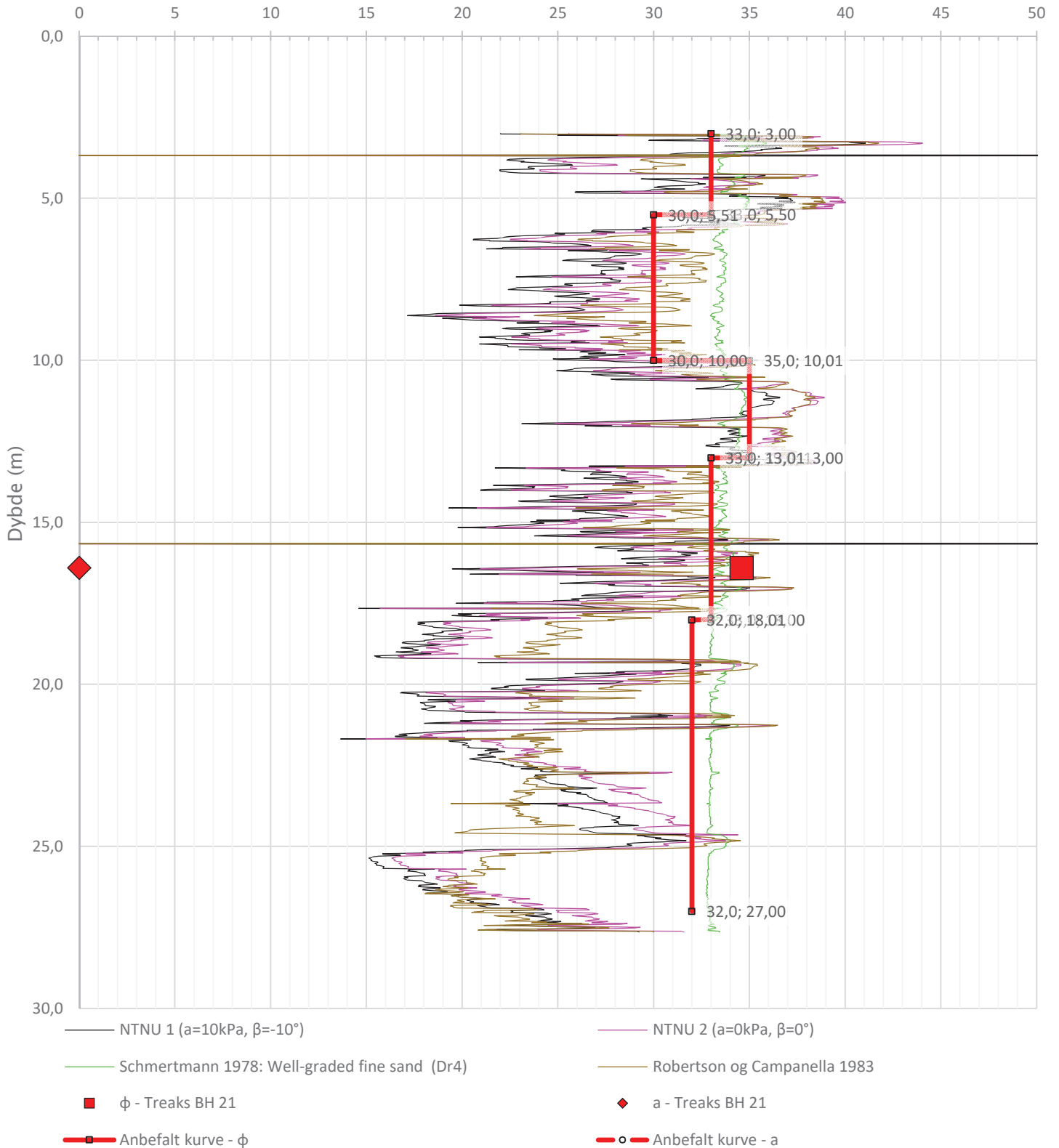
Konus BH 21: $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$


Udrenert aktiv skjærfasthet, c_{ucptu} (kPa)

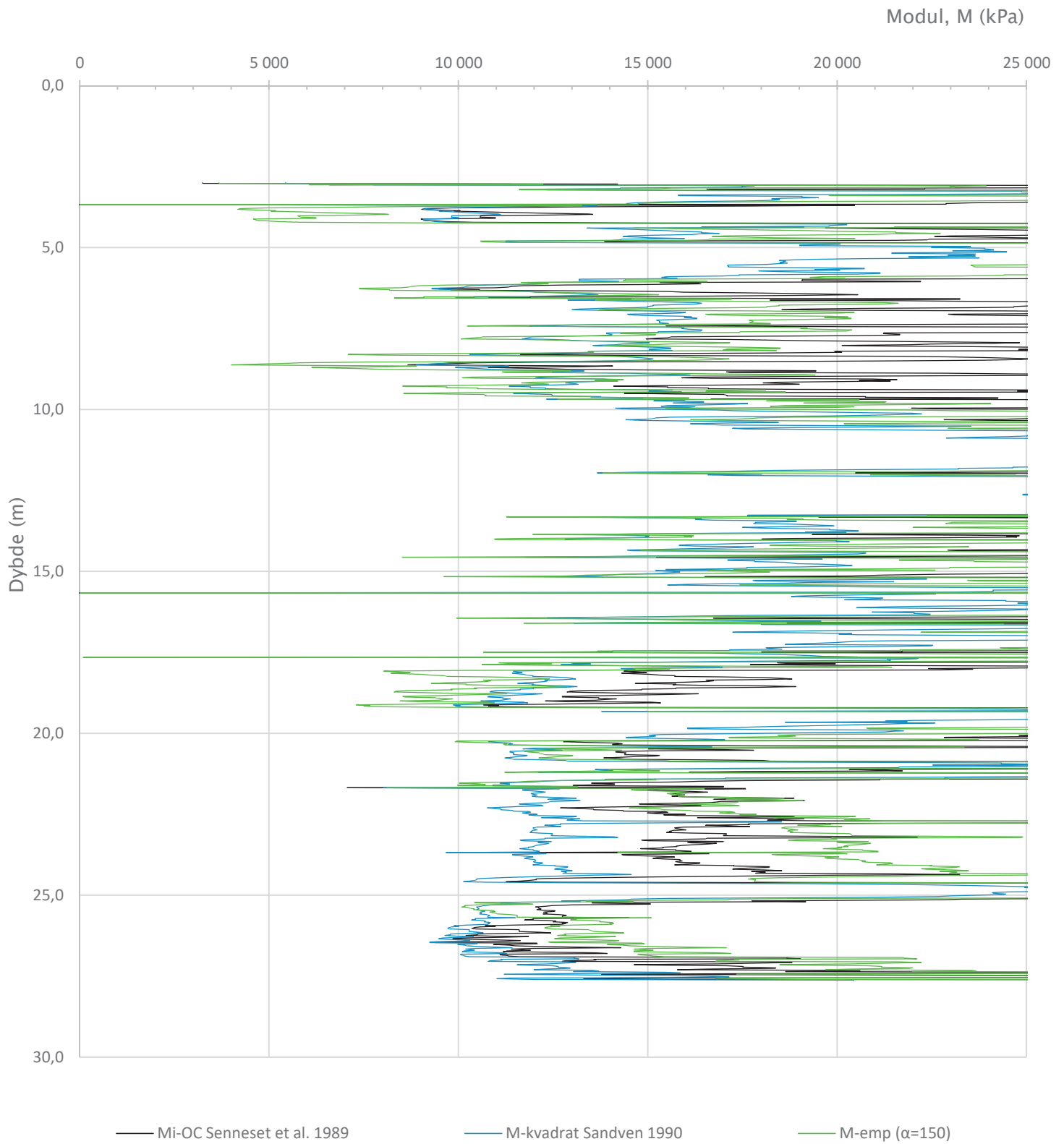



Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R01		Borhull
E14 Stjørdal–Forra bru				21
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				4364
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	lasola	lasola	lasola	1
Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Midt	21.08.2019	Rev. dato	5	

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

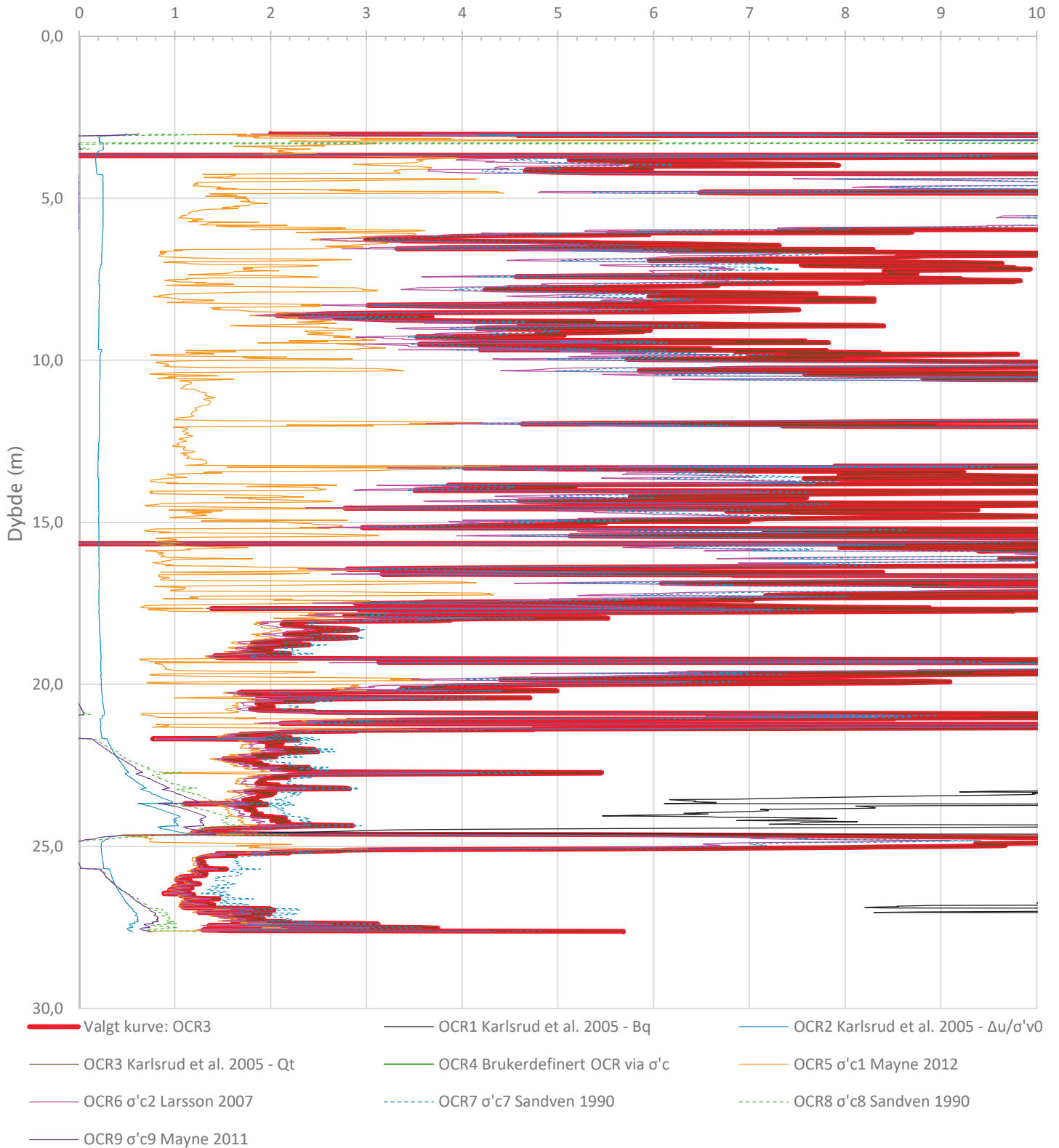


Prosjekt E14 Stjørdal–Forra bru		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R01		Borhull 21
Innhold Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				Sondennummer 4364
 Statens vegvesen	Utført lasola	Kontrollert lasola	Godkjent lasola	Anvend.klasse 1
	Region Midt	Dato sondering 21.08.2019	Revisjon Rev. dato	Figur 6




Prosjekt E14 Stjørdal–Forra bru		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R01		Borhull 21
Innhold Tolkning av modul				Sondennummer 4364
 Statens vegvesen	Utført lasola	Kontrollert lasola	Godkjent lasola	Anvend.klasse 1
	Region Midt	Dato sondering 21.08.2019	Revisjon Rev. dato	Figur 7

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)



- Valgt kurve: OCR3
- OCR1 Karlsrud et al. 2005 - Bq
- OCR2 Karlsrud et al. 2005 - $\Delta u/\sigma'v_0$
- OCR3 Karlsrud et al. 2005 - Qt
- OCR4 Brukerdefinert OCR via $\sigma'c$
- OCR5 $\sigma'c1$ Mayne 2012
- OCR6 $\sigma'c2$ Larsson 2007
- OCR7 $\sigma'c7$ Sandven 1990
- OCR8 $\sigma'c8$ Sandven 1990
- OCR9 $\sigma'c9$ Mayne 2011

Prosjekt		Prosjektnummer: Vd1461A Rapportnummer: GEOT-R01		Borhull
E14 Stjørdal–Forra bru				21
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				4364
 Statens vegvesen	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	lasola	lasola	lasola	1
Region	Dato sondering	Revisjon	Figur	
Midt	21.08.2019	Rev. dato	8	