RAPPORT

Rashendelse Sand, Suldal

OPPDRAGSGIVER

NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat

EMNE

Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser

DATO / REVISJON: 23. februar 2022 / 00

DOKUMENTKODE: 10242930-RIG-RAP-001



Multiconsult



Bilde 1: Foto av undersøkelsesområde og utløpsområde for skred. Foto: NVE.

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredje parter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk at dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

Multiconsult

RAPPORT

OPPDRAG	**Rashendelse Sand, Suldal**	DOKUMENTKODE	10242930-RIG-RAP-001
EMNE	Datarapport - Geotekniske grunnundersøkelser	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	**NVE - Norges vassdrags- og energidirektorat**	OPPDRAGSLEDER	Tora Geisner
KONTAKTPERSON	Ernst Pytten	UTARBEIDET AV	Tora Geisner
KOORDINATER	SONE: UTM32 ØST: 345700 NORD: 6597300	ANSVARLIG ENHET	10232011 Geoteknikk Sør
GNR./BNR./SNR.	94 / 12 / Suldal		

SAMMENDRAG

I sondering nr. 1 er det registrert lagvis løst lagrede til faste masser ned til 9,5 m dybde. Herunder er massene middels faste, og sonderingsmotstanden øker med dybden ned til antatt berg. Sonderinger nr. 2, 3 og 6 viser et øvre lag av løse/bløte masser ned til 1,4-1,6 m dybde, etterfulgt av vekselsvis løse til middels faste masser. Fra 5,5-9,4 m dybde er det registrert faste masser ned til antatt berg.

I sondering nr. 4 er massene i all hovedsak løst lagrede ned til ca. 22 m dybde, med unntak av lagvis faste masser i 3,8-6,7 m dybde. Fra 22 m dybde øker sonderingsmotstanden med dybden, og massene er medium faste ned til antatt berg. Med unntak av et øvre lag av løst lagrede til middels faste masser ned til 2,6 m dybde, er det i sondering nr. 5 registrert svært løse masser, tilnærmet ingen sonderingsmotstand, ned til sonderingen er avsluttet i 33,7 m dybde.

Berg antas å være påtruffet i 17,1-31,4 m dybde, tilsvarende en antatt bergoverflate mellom kt. -14,0 og kt. +1,5. Sondering nr. 5 er avsluttet i 33,7 m dybde uten å treffe på berg.

Trykksonderingen (CPTU) i borpunkt nr. 4 viser meget liten spissmotstand i hele dybden 7,0-32,5 m.

I borpunkt nr. 4 er det påvist siltig leire i 2,0-2,8 m og 8,0-8,7 m dybde. Videre er det påvist *kvikkleire* i 13,0-13,7 m og 16,0-16,8 m dybde med omrørt, udrenert skjærfasthet målt til 0,07 kPa. Prøvetakingen i borpunkt nr. 6 viser at grunnen består av sandig og delvis grusig silt ned til 6 m dybde. I 6,0-7,1 m dybde er det påvist humusholdige sand-, silt- og grusmasser, mens i 7,1-8,0 m dybde er det påvist siltig leire.

Det er utført vannstandsmåling i prøvetakingshullet i borpunkt nr. 4. Vannstanden er i borehullet målt til å ligge 2,1 m under terreng.

00	23.02.2022	Datarapport – Geotekniske grunnundersøkelser	TorG	ACh	TorG
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Innledning 5
1.1 Formål og bakgrunn 5
1.2 Utførelse 5
1.3 Kvalitetssikring og standardkrav 5
1.4 Innhold og bruk av rapporten 5
2 Områdebeskrivelse 6
2.1 Området og topografi 6
3 Geotekniske grunnundersøkelser 8
3.1 Tidligere grunnundersøkelser 8
3.2 Utførte grunnundersøkelser 8
3.2.1 Feltundersøkelser 8
3.2.2 Laboratorieundersøkelser 8
4 Grunnforholdsbeskrivelse 9
4.1 Kvartærgeologisk kart 9
4.2 Eksisterende faresoner for kvikkleireskred 9
4.3 Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser 10
4.3.1 Generelt 10
4.3.2 Dybde til berg 10
4.3.3 Løsmasser 11
4.3.4 Poretrykk og grunnvann 11
5 Geoteknisk evaluering av resultatene 11
5.1 Avvik fra standard utførelsesmetoder 11
5.2 Viktige forutsetninger 12
5.3 Undersøkelses- og prøvekvalitet 12
5.4 Måling av poretrykk 12
5.5 Påvisning av bergnivå 12
6 Behov for supplerende grunnundersøkelser 12
7 Referanser 13

TEGNINGER

10242930-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001	Borplan
	-010 t.o.m. -015	Totalsonderinger
	-200 og -201	Prøveserier
	-250.1 og -250.2	Enaksiale trykkforsøk
	-300	Korngraderingsanalyser
	-500.1 t.o.m. -500.4	Trykksondering (CPTU)

VEDLEGG

1. Kalibreringsskjema CPTU-sonde nr. 4405

BILAG

1. Geoteknisk bilag – Feltundersøkelser
2. Geoteknisk bilag – Laboratorieundersøkelser
3. Geoteknisk bilag – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

1 Innledning

Foreliggende rapport presenterer resultater fra utførte geotekniske grunnundersøkelser i forbindelse med et jordskred som gikk i Suldal kommune.

1.1 Formål og bakgrunn

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) ønsker å kartlegge grunnforholdene og utrede ev. forekomst av kvikkleire etter et jordskred i Suldal kommune. I den forbindelse har Multiconsult utført grunnundersøkelser.

1.2 Utførelse

Boringenes utførelse er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 1, mens oversikt over metodestandarder for utførelse er gitt i geoteknisk bilag 3.

Metodikk/prosedyre for utførelse av laboratorieundersøkelsene er generelt beskrevet i geoteknisk bilag 2.

Feltundersøkelsene er utført av Multiconsult Norge AS med hydraulisk borerigg i februar 2022. Feltarbeidene er utført iht. Multiconsults Felthåndbok og SJA. Av sikkerhetsmessige årsaker er det benyttet to boreledere på boreriggen og en sikkerhetsmann for å observere skredområdet. Alle kotehøyder refererer til NN2000, og borpunktene er målt inn med GPS i koordinatsystem Euref 89 UTM 32 av Multiconsult Norge AS og Suldal kommune.

Laboratorieundersøkelsene er utført i Multiconsults geotekniske laboratorium i Sandnes i uke 7 i 2022.

1.3 Kvalitetssikring og standardkrav

Oppdraget er kvalitetssikret i henhold til Multiconsults styringssystem. Systemet omfatter prosedyrer og beskrivelser som er dekkende for kvalitetsstandard NS-EN ISO 9001:2015 [1]. Feltundersøkelsene er utført iht. NS 8020-1:2016 [3] og tilgjengelige metodestandarder fra Norsk Geoteknisk Forening [7].

Laboratorieundersøkelsene er utført iht. NS 8000-serien og relevante ISO-standarder. Datarapporten er utarbeidet i henhold til NGF-melding nr. 2 [7] og krav i NS-EN-1997 (Eurokode 7) – Del 2 [2].

Oversikt over utvalgte metodestandarder er vist i geoteknisk bilag 3.

1.4 Innhold og bruk av rapporten

Geoteknisk datarapport presenterer resultater fra utførte geotekniske grunnundersøkelser i geotekniske termer og krever geoteknisk kompetanse for videre bruk i rådgivings- og prosjekteringssammenheng. Rapporten inneholder i så måte ingen vurderinger av byggbarhet, metoder eller tiltak, og vi anbefaler at det engasjeres geoteknisk kompetanse i det videre arbeidet med prosjektet.

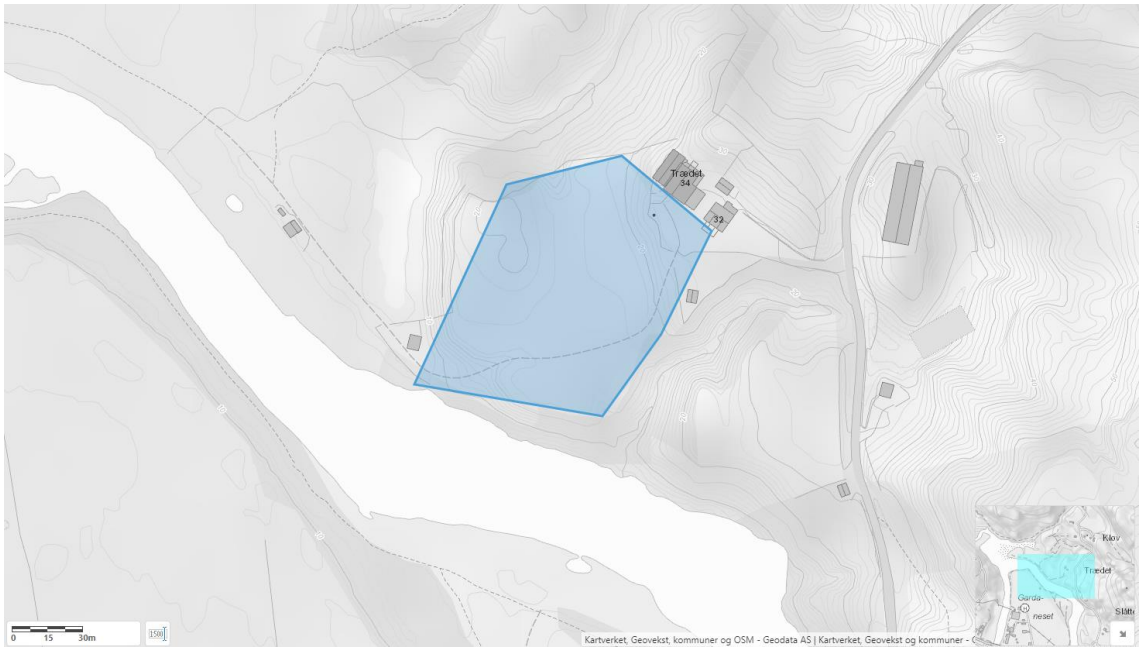
Geoteknisk datarapport omhandler ikke data eller vurderinger knyttet til tilstedeværelse av forurenset grunn i det undersøkte området. Dersom det foreligger mistanke om forurenset grunn, anbefaler vi at det bestilles miljøtekniske grunnundersøkelser. Dersom miljøtekniske grunnundersøkelser er utført av Multiconsult, rapporteres disse undersøkelsene med tilhørende analyser og resultater i separat miljøteknisk datarapport.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Området og topografi

Det undersøkte området ligger på Trædet langs nordsiden av Suldalslågen, kfr. Figur 2-1. Det undersøkte området ligger på et relativt flatt platå mellom to raviner. Sør på tomten har det gått et jordskred i skråningen ned mot elva. Opprinnelig skråning hadde en helning opptil ca. 1:1,2.

Terrenget ligger mellom kt. +9,5 (punkt ved elva) og kt. +24,3 (punkt på gårdstun) i de utførte borpunktene.



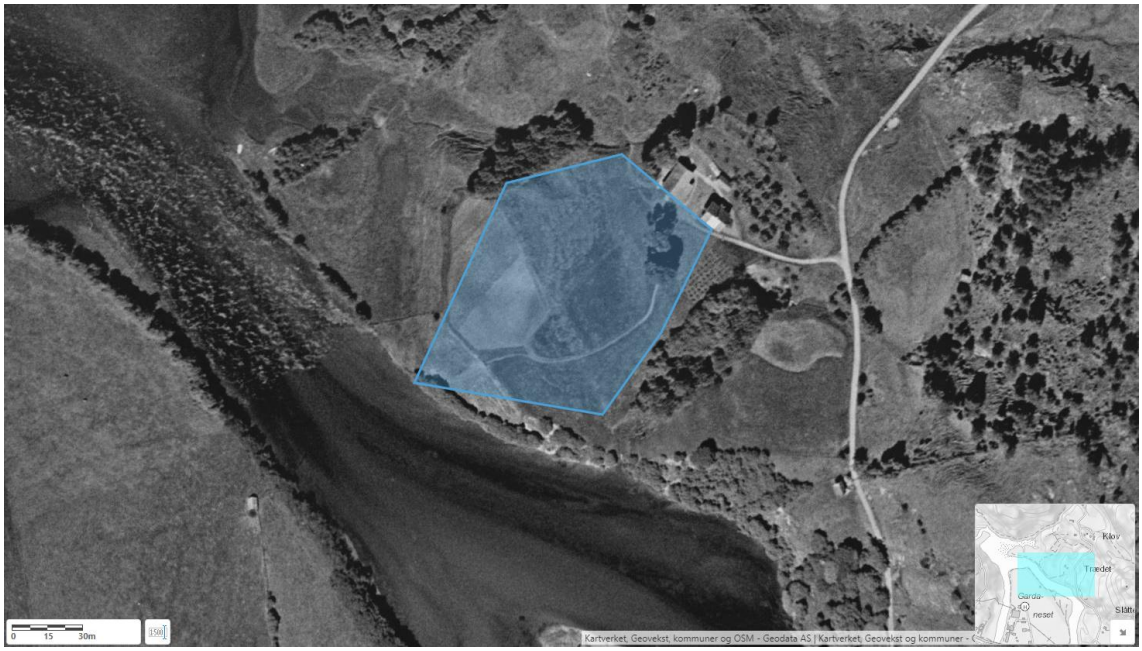
Figur 2-1: Oversiktskart med undersøkt område [8].



Figur 2-2: Flyfoto fra 2020 [8].



Figur 2-3: Flyfoto fra 2010 [8].



Figur 2-4: Flyfoto fra 1959 [8].

Historiske flyfoto viser endringer i elveløpet og terrenget langs elva.

3 Geotekniske grunnundersøkelser

3.1 Tidligere grunnundersøkelser

Multiconsult kjenner ikke til at det er utført grunnundersøkelser i dette området tidligere.

3.2 Utførte grunnundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser omfatter:

- 6 stk. totalsonderinger
- 1 stk. prøveserie med opptak av ø54 mm sylinderprøver
- 1 stk. prøveserie utført med naverbor
- 1 stk. trykksondering (CPTU)

3.2.1 Feltundersøkelser

Tabell 3-1: Koordinat-/høydesystem

Høydesystem	Koordinatsystem	Sone
NN 2000	Euref 89	UTM 32

Tabell 3-2: Utførte feltundersøkelser

Borpunkt	Koordinater			Metode	Boret dybde			Kommentar
	X	Y	Z		Løs-masse	Ant. Berg	Totalt	
	[m]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	
1	6597358,8	345771,8	24,3	TOT	23,2	2,0	25,2	
2	6597317,6	345758,5	18,6	TOT	19,2	1,5	20,7	
3	6597375,5	345732,1	18,3	TOT	22,2	1,3	23,5	
4	6597305,7	345719,7	17,4	TOT, PR, CPTU	31,4	1,0	32,4	Vannstand målt i borehull
5	6597291,5	345671,1	9,5	TOT	33,7	-	33,7	
6	6597351,3	345746,4	18,6	TOT, PR	17,1	1,9	19,0	

TOT=Totalsondering; CPTU=Trykksondering; PR=Prøveserie.

3.2.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium i Sandnes og er klassifisert og jordart er identifisert. Videre er prøvenes mekaniske egenskaper bestemt. Det er målt vanninnhold, tyngdetetthet, samt udrenert og omrørt skjærfasthet i massene. På noen av poseprøvene er det i tillegg til klassifisering og vanninnhold også målt omrørt skjærfasthet og konsistensgrenser.

Videre er det utført korngraderingsanalyser på utvalgte prøver.

Følgende laboratorieprøver er utført:

- Rutineundersøkelser av 6 stk. poseprøver

- Rutineundersøkelser av 5 stk. sylinderprøver (54 mm)
- Korngraderingsanalyser på 3 stk. prøver
- Bestemmelse av konsistensgrenser på 3 stk. sylinderprøver og 2 stk. poseprøver

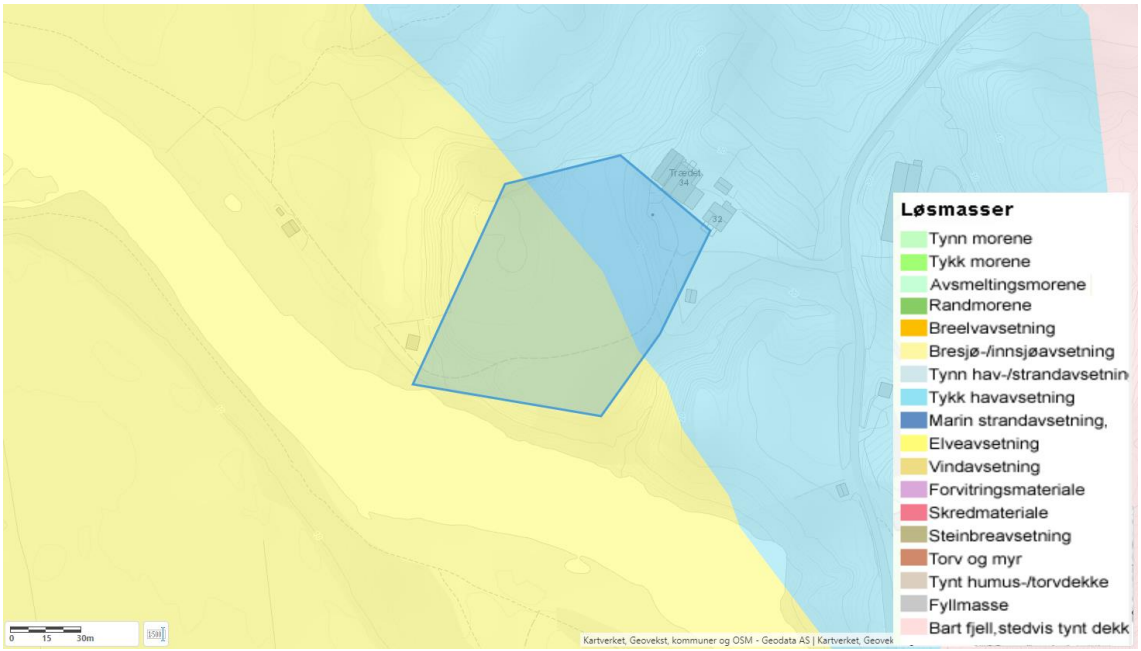
Resultatene fra rutineundersøkelsene er presentert som geotekniske data i tegninger nr. -200 og -201. Resultatene fra korngraderingsanalysene er presentert på tegning nr. -300. Enaksialt trykkforsøk er vist på tegninger nr. -250.1 og -250.2.

4 Grunnforholdsbeskrivelse

4.1 Kvartærgeologisk kart

Det kvartærgeologiske kartgrunnlaget gir en visuell oversikt over landskapsformende prosesser over tid, samt løsmassenes overordnede fordeling. Utgangspunktet for disse oversiktskartene er i all hovedsak visuell overflatekartlegging, og kun i begrenset omfang fysiske undersøkelser. Kartene gir ingen informasjon om løsmassefordeling i dybden og kun begrenset informasjon om løsmassemektighet. For mer informasjon om kvartærgeologiske kart og anvendelse/kvalitet vises til www.ngu.no.

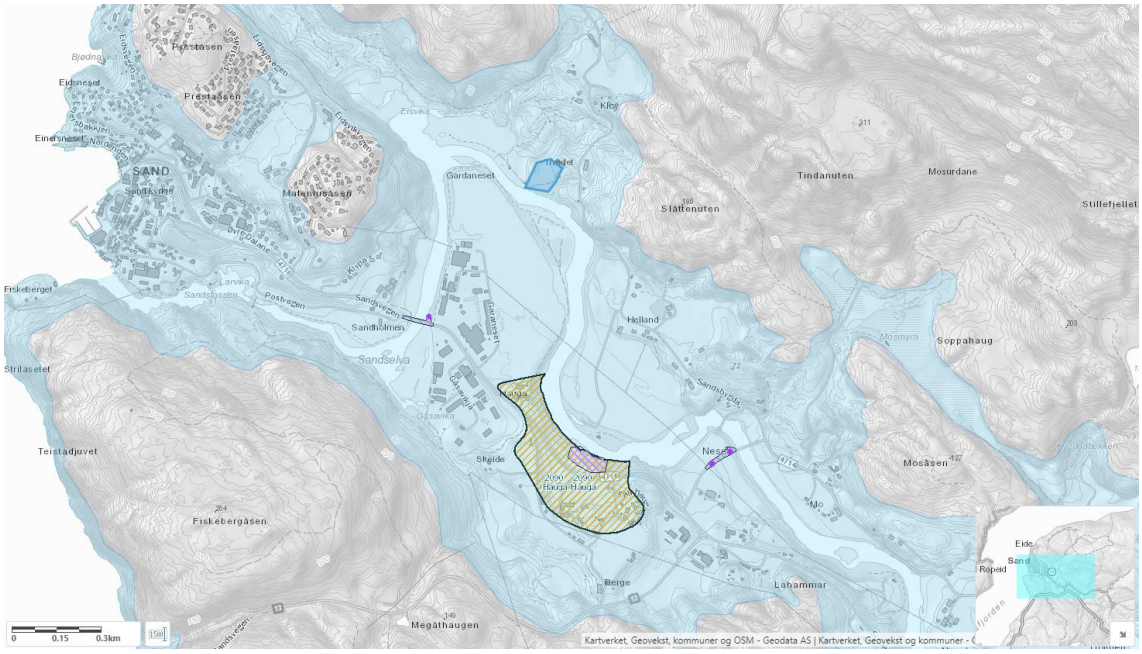
Figur 4-1 viser et utsnitt av kvartærgeologisk kart over området. Kartet indikerer at løsmassene i området består av havavsetning (blått) og elveavsetning (gult). Havavsetninger består først og fremst av finstoff som silt og leire, mens i områder med elveavsetninger kan det forventes alt fra leir til stein og blokk, ofte i sorterte lag.



Figur 4-1: Kvartærgeologisk kart over området [6].

4.2 Eksisterende faresoner for kvikkleireskred

Det undersøkte området ligger under marin grense. I henhold til faresonekart på NVE-Atlas [8] er det ingen tidligere kartlagte faresoner for kvikkleireskred i undersøkelsesområdet. Figur 4-2 viser marin grense og registrerte faresoner for kvikkleireskred i nærheten av undersøkelsesområdet.



Figur 4-2: Marin grense og registrerte faresoner for kvikkleireskred.

Det undersøkte området er vist i mørk blått felt. Det fremgår av figuren at det i 2014 skjedde et leirras på motsatt side av elven ved Hauga, litt oppstrøms av undersøkt lokalitet.

4.3 Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser

4.3.1 Generelt

I sondering nr. 1 er det registrert lagvis løst lagrede til faste masser ned til 9,5 m dybde. Herunder er massene middels faste, og sonderingsmotstanden øker med dybden ned til antatt berg.

Sonderingene nr. 2, 3 og 6 viser et øvre lag av løse/bløte masser ned til 1,4-1,6 m dybde, etterfulgt av vekselsvis løse til middels faste masser. Fra 5,5-9,4 m dybde er det registrert faste masser ned til antatt berg.

I sondering nr. 4 er massene i all hovedsak løst lagrede ned til ca. 22 m dybde, med unntak av lagvis faste masser i 3,8-6,7 m dybde. Fra 22 m dybde øker sonderingsmotstanden med dybden, og massene er medium faste ned til antatt berg.

Med unntak av et øvre lag av løst lagrede til middels faste masser ned til 2,6 m dybde, er det i sondering nr. 5 registrert svært løse masser, tilnærmet ingen sonderingsmotstand, ned til sonderingen er avsluttet i 33,7 m dybde.

Trykksonderingen (CPTU) i borpunkt nr. 4 viser meget liten spissmotstand i hele dybden fra 7,0-32,5 m, i henhold til NGF melding nr. 2 [7].

Beskrivelse av usikkerhet og evaluering av resultatene fra grunnundersøkelsene er angitt i kap. 5.

4.3.2 Dybde til berg

Registrerte dybder til antatt berg varierer mellom 17,1 m og 31,4 m i borpunktene, tilsvarende en antatt bergoverflate på mellom kt. minus 14,0 og kt. pluss 1,5. I borpunkt nr. 5 er sonderingen avsluttet i løsmasser i 33,7 m dybde.

Bergoverflatens forløp mellom borpunktene vil kunne være variabel, og det kan finnes lokale forhøyninger eller forsenkninger i bergoverflaten som ikke er fanget opp i utførte undersøkelser.

4.3.3 Løsmasser

I borpunkt nr. 4 er det påvist siltig leire i 2,0-2,8 m og 8,0-8,7 m dybde. Videre er det påvist kvikkleire i 13,0-13,7 m og 16,0-16,8 m dybde.

Laboratorieundersøkelsene viser at den siltige leiren har en uomrørt, udrenert skjærfasthet målt til 17,5-125,6 kPa. Fastheten er størst i øvre del av grunnen, og blir gradvis lavere i dybden. Omrørt, udrenert skjærfasthet er målt til 2,2-42,4 kPa i den siltige leiren. Massene i 2,0-2,8 m dybde betegnes som lite sensitive, mens massene i 8,0-8,7 m dybde betegnes som middels sensitive. Plastisitetsindeksen er målt til ca. 10 %. Deformasjonskurven etter enaksialt trykkforsøk utført på prøven i 2,0-2,8 m dybde, antyder at prøven kan være forstyrret.

Iht. NVE [9] er sprøbruddmateriale leire eller silt med omrørt, udrenert skjærfasthet $c_{u,r} \leq 1,27$ kPa, mens kvikkleire er leire med omrørt skjærfasthet, $c_{u,r} \leq 0,33$ kPa. Kvikkleiren som er påvist i 13,0-13,7 m og 16,0-16,8 m dybde i borpunkt nr. 4, har en omrørt, udrenert skjærfasthet målt til 0,07 kPa. Plastisitetsindeksen er målt til ca. 12-15 %

I borpunkt nr. 6 er det tatt opp poseprøver i tillegg til 54 mm sylinderprøver. Prøvetakingen viser at grunnen består av sandig og delvis grusig silt ned til 6 m dybde. I 6,0-7,1 m dybde er det påvist humusholdige sand-, silt- og grusmasser, mens i 7,1-8,0 m dybde er det påvist siltig leire.

Laboratorieundersøkelser av siltmassene i 4,0-4,9 m og 5,3-6,0 m dybde, viser omrørt, udrenert skjærfasthet målt til hhv. 46,7 kPa og 2,8 kPa. Plastisitetsindeksen er målt til ca. 6 %.

Vanninnholdet i massene er målt til 15-33 %. Korngraderingsanalysene viser at de undersøkte prøvene er meget telefarlige, tilsvarende telefarlighetsklasse T4, iht. Statens vegvesens klassifisering

4.3.4 Poretrykk og grunnvann

Det er ikke montert piezometer for å måle vannstanden, men det er utført vannstandsmåling i prøvetakingshullet i borpunkt nr. 4. Vannstanden er i borehullet målt til å ligge 2,1 m under terreng.

5 Geoteknisk evaluering av resultatene

5.1 Avvik fra standard utførelsesmetoder

I borpunkt nr. 4 i 13,0-13,7 m og 16,0-16,8 m dybde, hvor det er påvist kvikkleire, er det ikke utført uomrørt konustest eller enaksialt trykkforsøk, da materialet var forstyrret (flytende) ved prøveåpning.

I henhold til Statens vegvesens håndbok R210 [5] skal konusforsøk og enaksialt trykkforsøk utføres på homogene, finkornige jordarter. Grunnet gruskorn og humusrester i prøvematerialet, er det ikke utført konustest og/eller enaksialforsøk i 2,0-2,8 m og 3,0-3,4 m dybde i borpunkt nr. 6.

I henhold til håndbok R210 skal ikke prøvematerialet inneholde korn > 0,4 mm ved måling av konsistensgrenser. I borpunkt nr. 6 er det utført konsistensgrensemålinger på sandig silt med innhold av ca. 7% sand > 0,4 mm, og forsøket avviker fra standard prosedyre. Forsøk ble utført før korngradering.

Totalsonderinger er avsluttet etter ca. 1-2 m boring i antatt berg.

I trykksondering (CPTU) i borpunkt nr. 4 er det registrert en helning på 17,9 (krav i ≤ 15).

Det var ønskelig med trykksonderinger, men på grunn av kort forvarsel var det ikke tilstrekkelig tilgjengelige borstållengder på det aktuelle tidspunktet og etter avtale med oppdragsgiver ble det benyttet totalsonderingsutstyr.

I punkt nr. 6 ble det forsøkt prøvetaking med 54 mm stempelprøvetaker, men motstanden i massene ødela de to øvesrste sylindrene. Videre prøvetaking ble utført med naverbor.

5.2 Viktige forutsetninger

Det gjøres oppmerksom på at grunnundersøkelsene kun avdekker lokale forhold i de respektive utførte borpunktene. Dette benyttes videre til å gi en generell beskrivelse av grunnforholdene i området. Grunnforholdene mellom borpunktene kan variere mer enn det som eventuelt kan interpoleres fra utførte grunnundersøkelser.

5.3 Undersøkelses- og prøvekvalitet

Generelt vurderes kvaliteten av opptatte prøver som god/akseptabel. Vi gjør likevel oppmerksom på at alle prøver som er tatt opp med maskinskovlbor gir forstyrrede, men representative prøver av respektive lag. Enkelte sylinderprøver var forstyrrede ved prøveåpning.

5.4 Måling av poretrykk

Grunnvannstands- og poretrykkssituasjonen i grunnen vil kunne variere med nedbørs- og årstidsvariasjoner.

5.5 Påvisning av bergnivå

Spesielt for påvisning av overgang til antatt berg ved totalsondering anmerkes følgende:

1. Påvisning av overgang til antatt berg foregår normalt sett ved at det kontrollbores 2-3 m ned i antatt berg. Slik påvisning kan være utfordrende i tilfeller med fast morene over berg. Dette på grunn av at sonderingsresultatet (responsen) fra fast morenemateriale i noen tilfeller er vanskelig å skille fra respons i berg.
2. I områder med dårlig bergkvalitet i overgangssonen mellom løsmasser og berg er det ofte meget vanskelig å skille ut berghorisonten, spesielt i overgangen mellom faste løsmasser (f.eks. morene) og berg. Som utgangspunkt settes alltid antatt bergnivå til tolket øvre berghorisont, uavhengig av kvaliteten til berget. Antatt sone med dårlig bergkvalitet er evt. beskrevet i tekst i rapporten og/eller angitt på sonderingsutskrifter.
3. I tilfeller der det kan være blokk i grunnen med størrelse over 2-3 m i tverrmål, vil det også være en mulighet for at det som antas som bergnivå i virkeligheten er blokk dersom kontrollboringen avsluttes etter 2-3 m boring i antatt berg.

I nevnte tilfeller kan virkelig bergnivå/berghorisont avvike vesentlig fra antatte nivåer tolket fra undersøkelsene. Angitte kotenivåer for antatt bergoverflate må derfor benyttes med forsiktighet.

6 Behov for supplerende grunnundersøkelser

Iht. NS-EN-1997-2 skal grunnundersøkelser normalt utføres i minst to omganger;

- Forundersøkelser (typisk skisse-/forprosjekt)
- Prosjekteringsundersøkelser (typisk detaljprosjekt)

Det er geoteknisk prosjekterende som er ansvarlig for å bedømme nødvendig omfang for geotekniske grunnundersøkelser for aktuelt prosjekt og relevante problemstillinger. Tilsvarende er det også geoteknisk prosjekterende som må vurdere om det er behov for supplerende grunnundersøkelser, utover de undersøkelsene som er presentert i foreliggende rapport.

7 Referanser

[1] Standard Norge, «Systemer for kvalitetsstyring. Krav (ISO 9001:2015)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN ISO 9001:2015

[2] Standard Norge, «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering. Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver (NS-EN 1997-2:2007)», Standard Norge, Norsk standard (Eurokode) NS-EN 1997-2:2007/AC:2010+NA:2008, September 2010

[3] Standard Norge, «Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser – Del 1: Geotekniske feltundersøkelser (NS 8020-1:2016)», Standard Norge, Norsk standard NS 8020-1:2016, Juni 2016

[4] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Geoteknikk i vegbygging (Håndbok V220)», Vegdirektoratet, Oslo, Veiledning, 2018

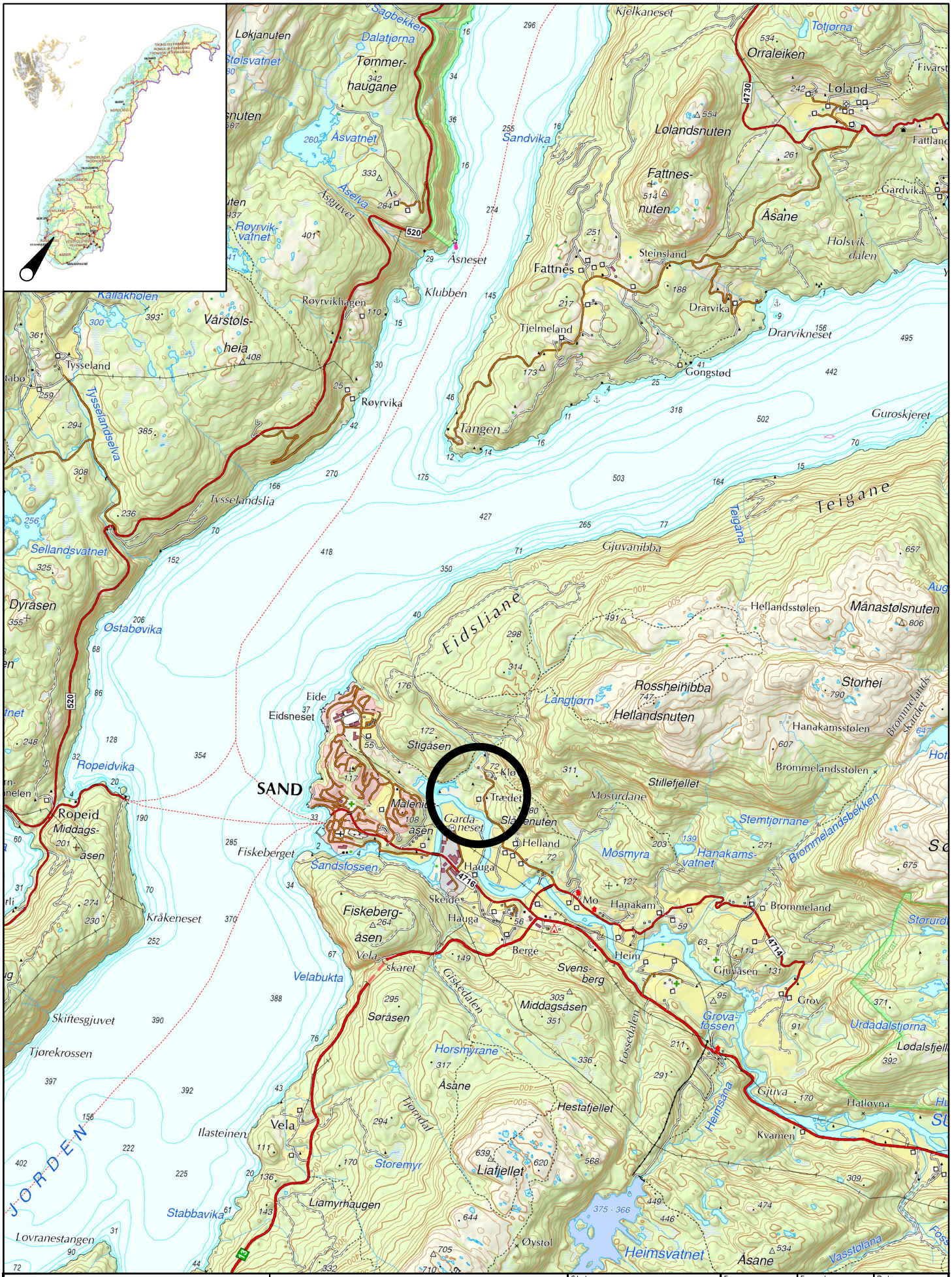
[5] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Laboratorieundersøkelser (Håndbok R210)», Vegdirektoratet,

[6] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase - kvartærgeologiske kart»

[7] Norsk Geoteknisk Forening (NGF): NGF-Melding nr. 1-11

[8] Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE): atlas.nve.no

[9] Norges Vassdrags- 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, des. 2020



Multiconsult www.multiconsult.no	NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	Status GODKJENT	Fag GEOTEKNIKK	Format A4	Dato 2022-02-17
	RASHENDELSE SAND, SULDAL OVERSIKTSKART	Konstr./Tegnet TorG	Kontrollert ACh	Godkjent TorG	Målestokk 1:50 000
		Oppdragsnr. 10242930	Tegningsnr. RIG-TEG-000		Rev. 00

\\nsv2-nasuni-02\svg_prosjekt\010242\10242930-01\10242930-01-03 ARBEIDSOMRAADE\10242930-01 RIG\10242930-01-04 TEGNINGER\RAP-001\10242930-RIG-TEG-000_rev00_oversiktskart.dwg, - Layout: (000 (A4)); - Plottet av: torg, Dato: 2022.02.23 kl 12:11

\\nsv2-nasuni-02\svg_prosjekt\010242\10242930-01\10242930-01-03 ARBEIDSOMRAADE\10242930-01 RIG\10242930-01-04 TEGNINGER\RAP-001\10242930-RIG-TEG-001_rev00_borplan.dwg, - Layout: (001 (A3 liggende)), - Plottet av: torg, Dato: 2022.02.23 kl 12.26

Y345650

Y345700

Y345750

Y345800

X6597350

X6597300

3 18.3 / -3.9 — 22.2 +1.3

1 24.3 / 1.1 — 23.2 +2.0

6 18.6 / 1.5 — 17.1 +1.9

2 18.6 / -0.6 — 19.2 +1.5

4 17.4 / -14.0 — 31.4 +1.0

5 9.5 / ≈ — 33.7

TEGNFORKLARING:

- DREIESONDERING
- ENKEL SONDERING
- RAMSONDERING
- TRYKKSONDERING
- TOTALSONDERING
- PRØVESERIE
- PRØVEGROP
- DREIETRYKKSONDERING
- SKRUPLATEFORSØK
- VINGEBORING
- PORETRYKKMÅLING
- KJERNEBORING
- FJELLKONTROLLBORING
- BERG I DAGEN

KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA NORGESKART
KOORDINATSYSTEM: EUREF89, UTM 32
HØYDEREFERANSE: NN2000

EKSEMPEL: TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE / ANTATT BERGKOTE — BORET DYBDE + BORET I BERG

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.

Multiconsult
www.multiconsult.no

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

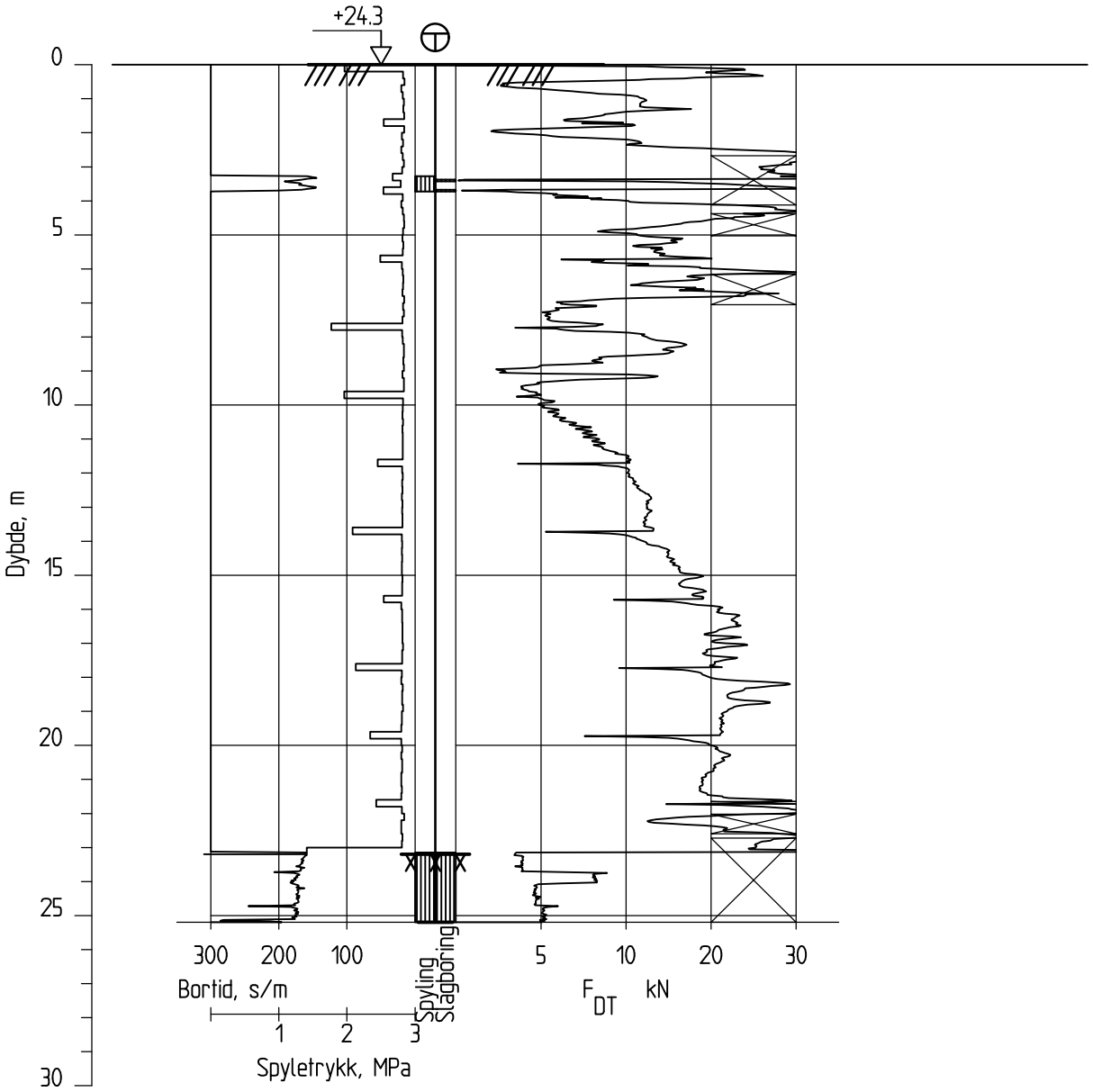
RASHENDELSE SAND, SULDAL
BORPLAN

Status	Fag	Originalt format	Dato
GODKJENT	GEOTEKNIKK	A3	2022-02-17
Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent	Målestokk
TorG	ACh	TorG	1:500

Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.
10242930	RIG-TEG-001	00

\\nsv2-nasuni-02\svg_prosjekt\01024\2\10242930-01\10242930-01-03 ARBEIDSOMRAADE\10242930-01 RIG\10242930-01-04 TEGNINGER\RAP-001\10242930-RIG-TEG-010-015__rev00__totalsonderinger.dwg, - Layout: (01); - Plottet av: torg, Dato: 2022.02.23 kl 12:29

1

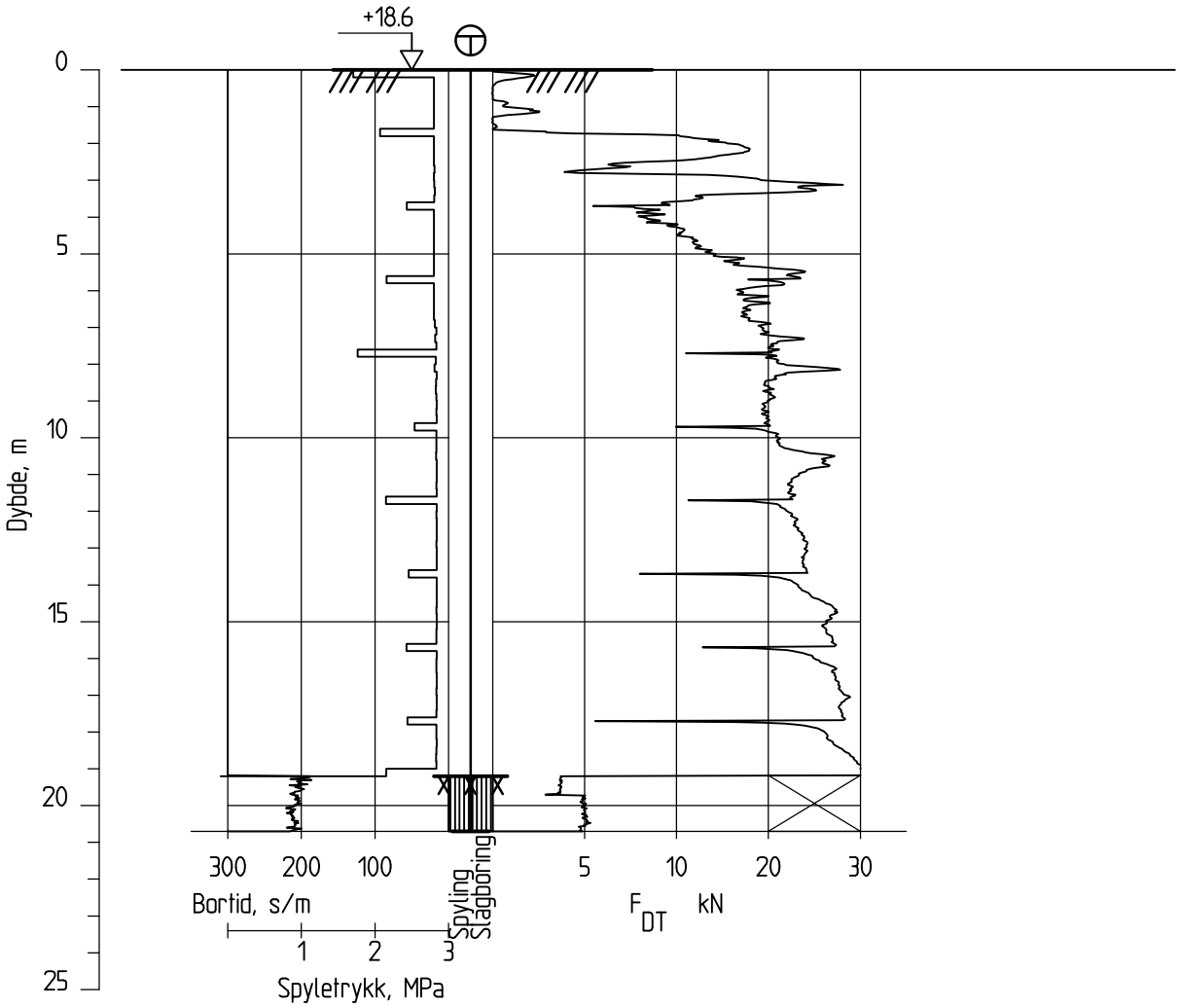


Dato boret :03.02.2022

Posisjon: X 6597358.76 Y 345771.77

Multiconsult www.multiconsult.no	NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	Status GODKJENT	Fag GEOTEKNIKK	Format A4	Dato 2022-02-17
	RASHENDELSE SAND, SULDAL TOTALSONDERING	Konstr./Tegnet TorG	Kontrollert ACh	Godkjent TorG	Målestokk 1:200
		Oppdragsnr. 10242930	Tegningsnr. RIG-TEG-010		Rev. 00

2

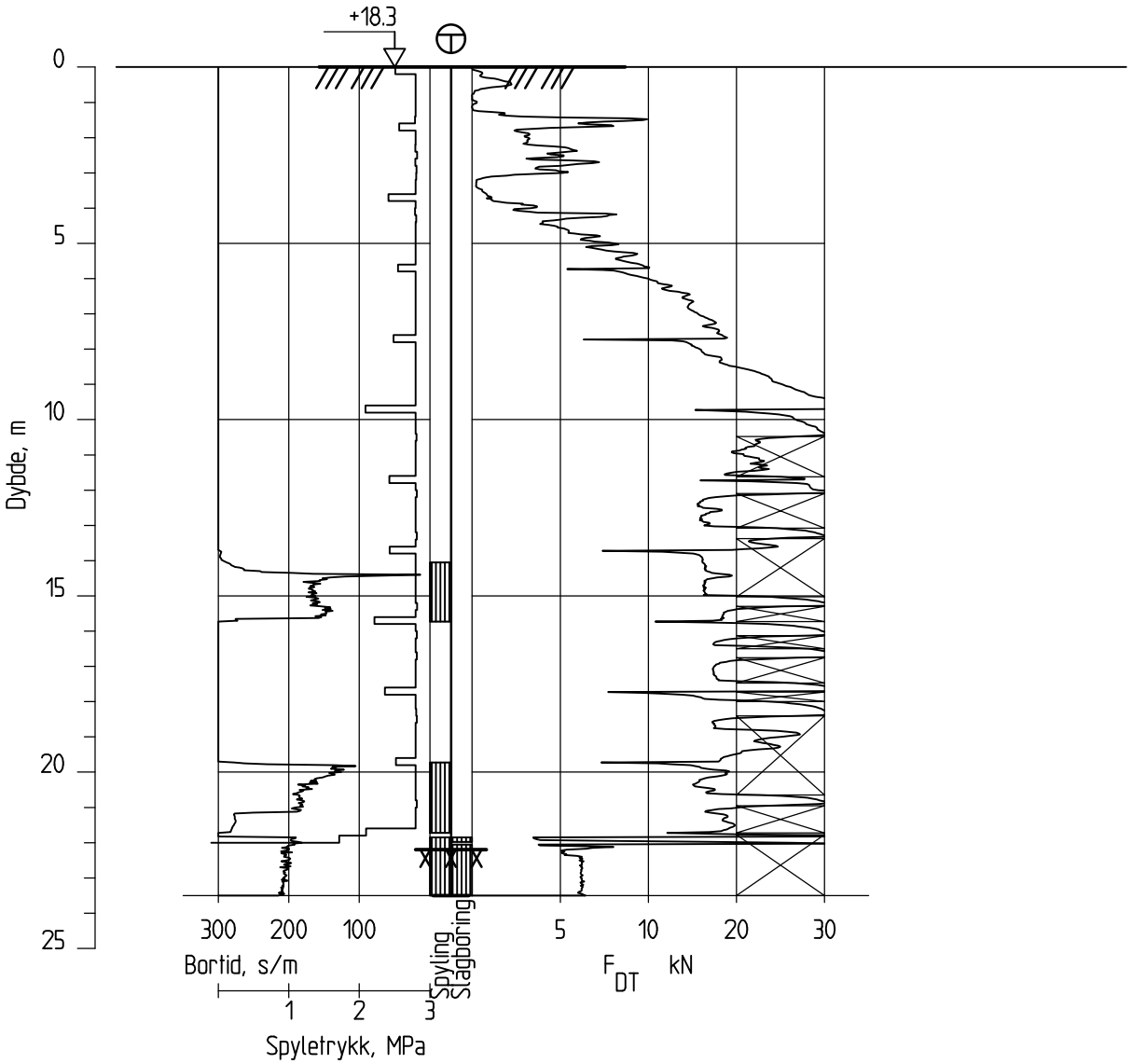


Dato boret :03.02.2022

Posisjon: X 6597317.63 Y 345758.53

Multiconsult www.multiconsult.no	NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	Status GODKJENT	Fag GEOTEKNIKK	Format A4	Dato 2022-02-17
	RASHENDELSE SAND, SULDAL TOTALSONDERING	Konstr./Tegnet TorG	Kontrollert ACh	Godkjent TorG	Målestokk 1:200
		Oppdragsnr. 10242930	Tegningsnr. RIG-TEG-011		Rev. 00

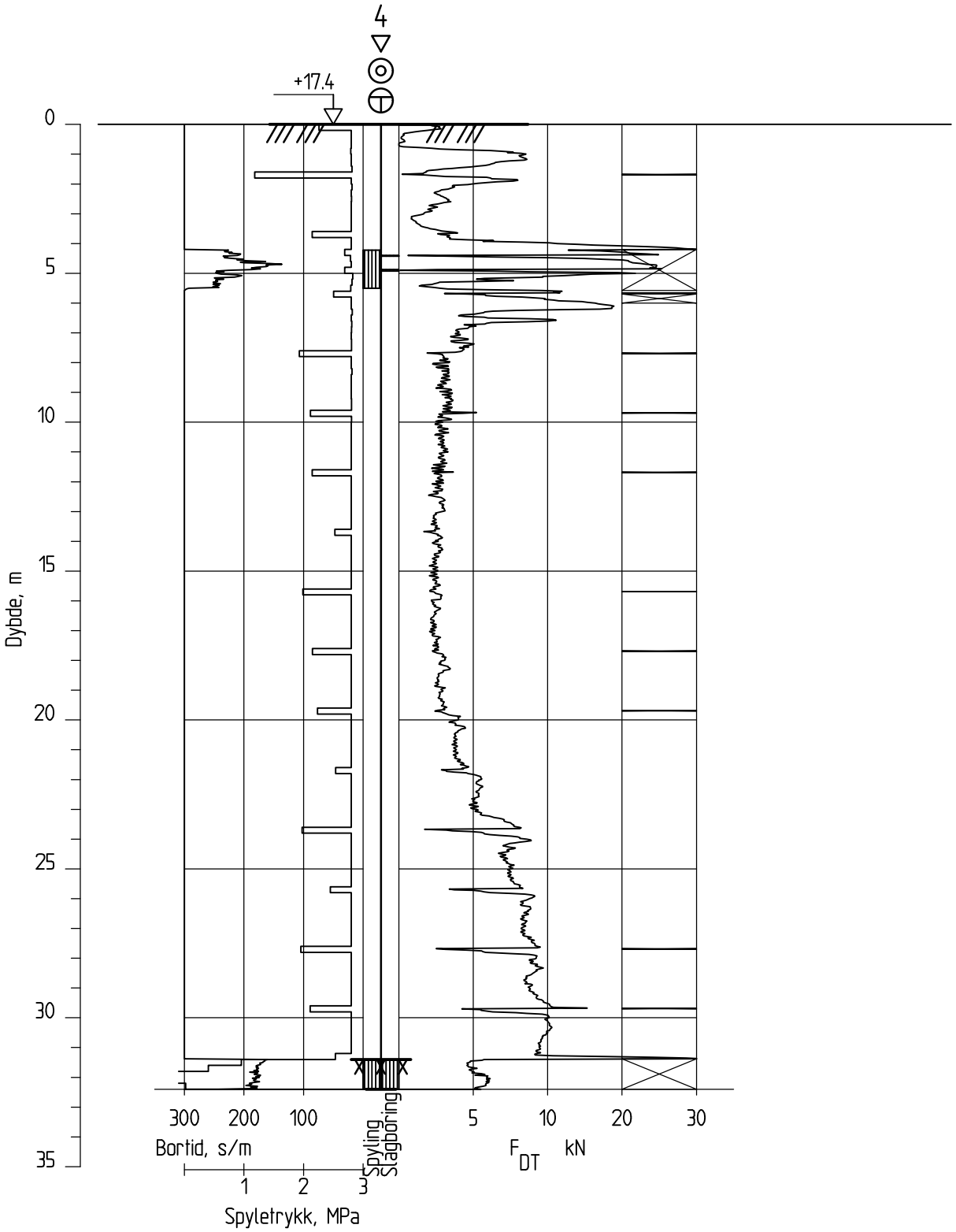
3



Dato boret :03.02.2022

Posisjon: X 6597375.53 Y 345732.05

Multiconsult www.multiconsult.no	NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	Status GODKJENT	Fag GEOTEKNIKK	Format A4	Dato 2022-02-17
	RASHENDELSE SAND, SULDAL TOTALSONDERING	Konstr./Tegnet TorG	Kontrollert ACh	Godkjent TorG	Målestokk 1:200
		Oppdragsnr. 10242930	Tegningsnr. RIG-TEG-012		Rev. 00



Dato boret :03.02.2022

Posisjon: X 6597305.71 Y 345719.66

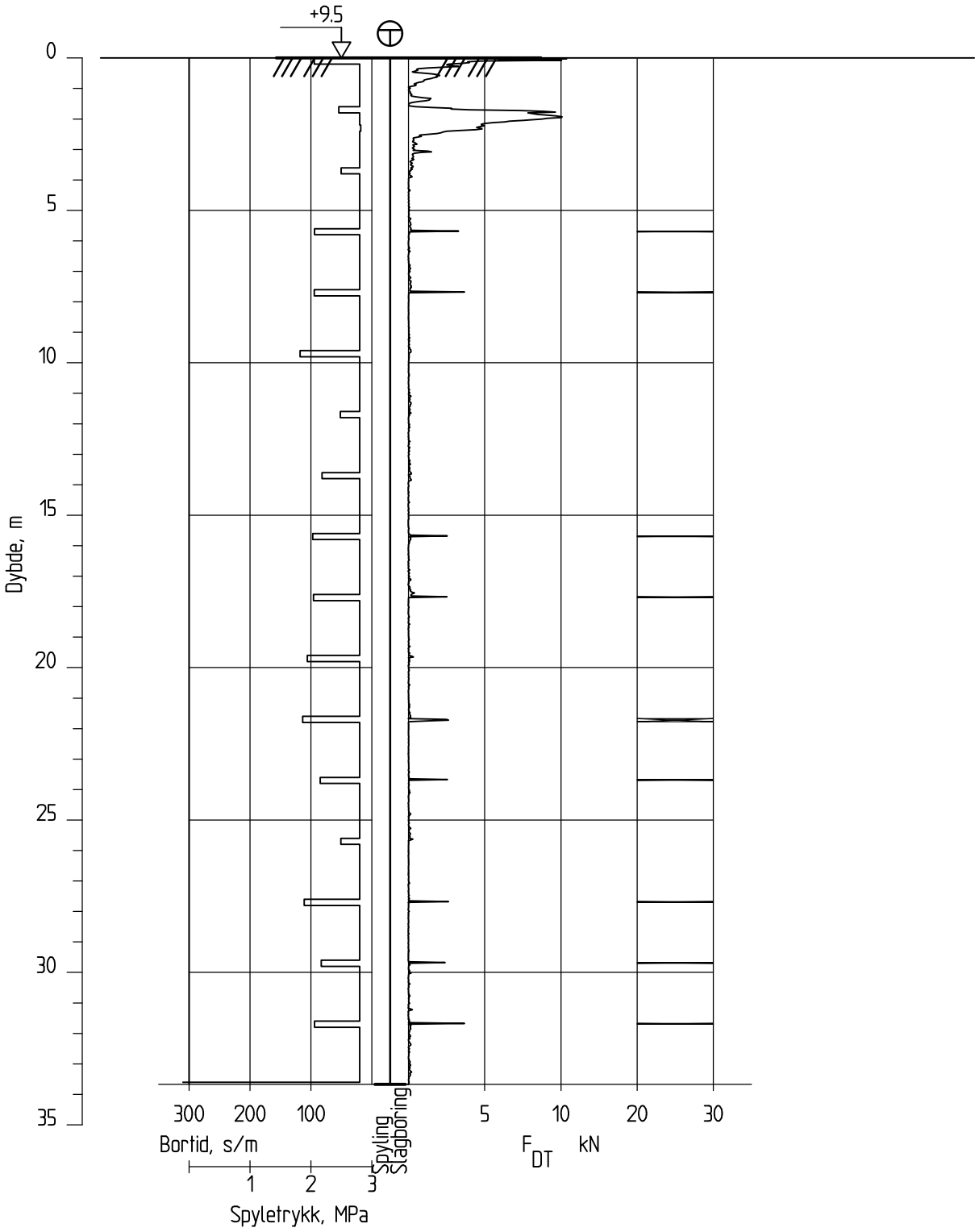
Multiconsult
www.multiconsult.no

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

RASHENDELSE SAND, SULDAL
TOTALSONDERING

Status	Fag	Format	Dato
GODKJENT	GEOTEKNIKK	A4	2022-02-17
Konstr./Tegnet: TorG	Kontrollert: ACh	Godkjent: TorG	Målestokk: 1:200
Oppdragsnr.: 10242930	Tegningsnr.: RIG-TEG-013		Rev.: 00

5

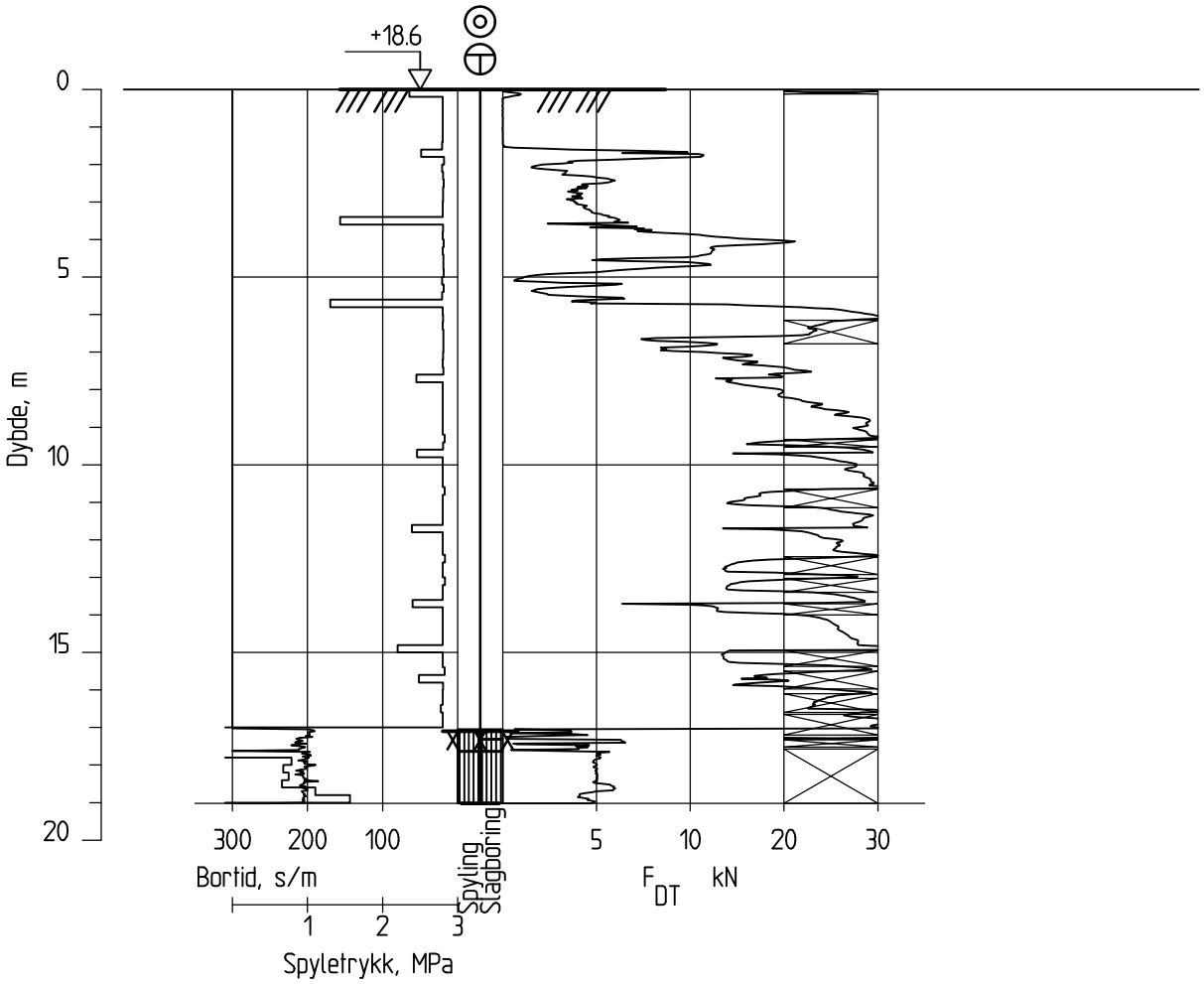


Dato boret :03.02.2022

Posisjon: X 659729.49 Y 345671.10

Multiconsult www.multiconsult.no	NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	Status: GODKJENT	Fag: GEOTEKNIKK	Format: A4	Dato: 2022-02-17
	RASHENDELSE SAND, SULDAL TOTALSONDERING	Konstr./Tegnet: TorG	Kontrollert: ACh	Godkjent: TorG	Målestokk: 1:200
		Oppdragsnr.: 10242930	Tegningsnr.: RIG-TEG-014		Rev.: 00

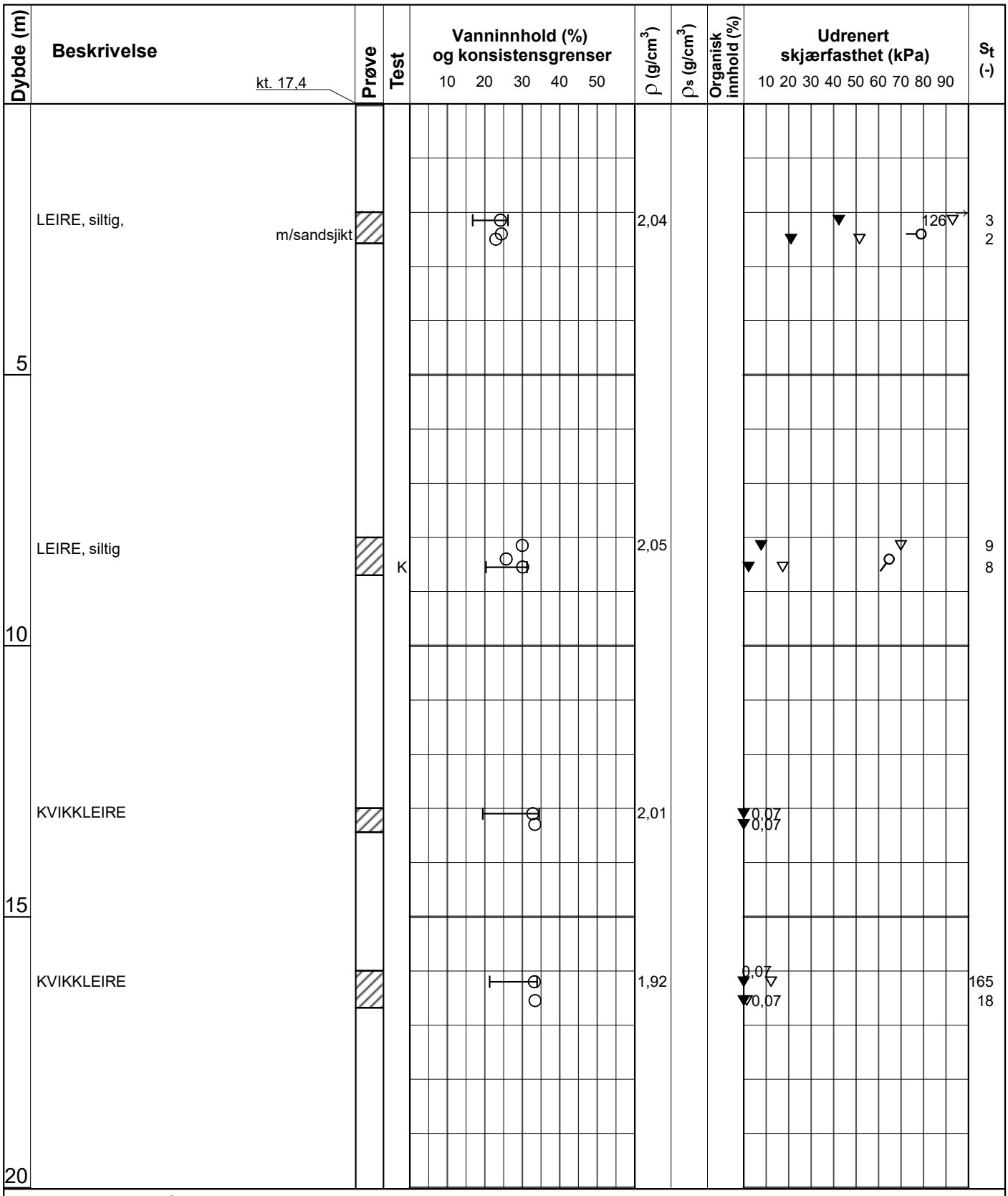
6



Dato boret :07.02.2022

Posisjon: X 6597351.31 Y 345746.40

Multiconsult www.multiconsult.no	NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	Status: GODKJENT	Fag: GEOTEKNIKK	Format: A4	Dato: 2022-02-17
	RASHENDELSE SAND, SULDAL TOTALSONDERING	Konstr./Tegnet: TorG	Kontrollert: ACh	Godkjent: TorG	Målestokk: 1:200
		Oppdragsnr.: 10242930	Tegningsnr.: RIG-TEG-015		Rev.: 00



Symboler:

15 10 5 — Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

Vanninnhold
Plastisitetsindeks, I_p

ISO 17892-6: 2017
Omrørt konus
Uomrørt konus

ρ = Densitet
ρ_s = Korndensitet
S_t = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk
Ø = Ødometerforsøk
K = Korngradering

Grunnvannstand: m
Borbok: Digital

PRØVESERIE

Borhull: PR. 4

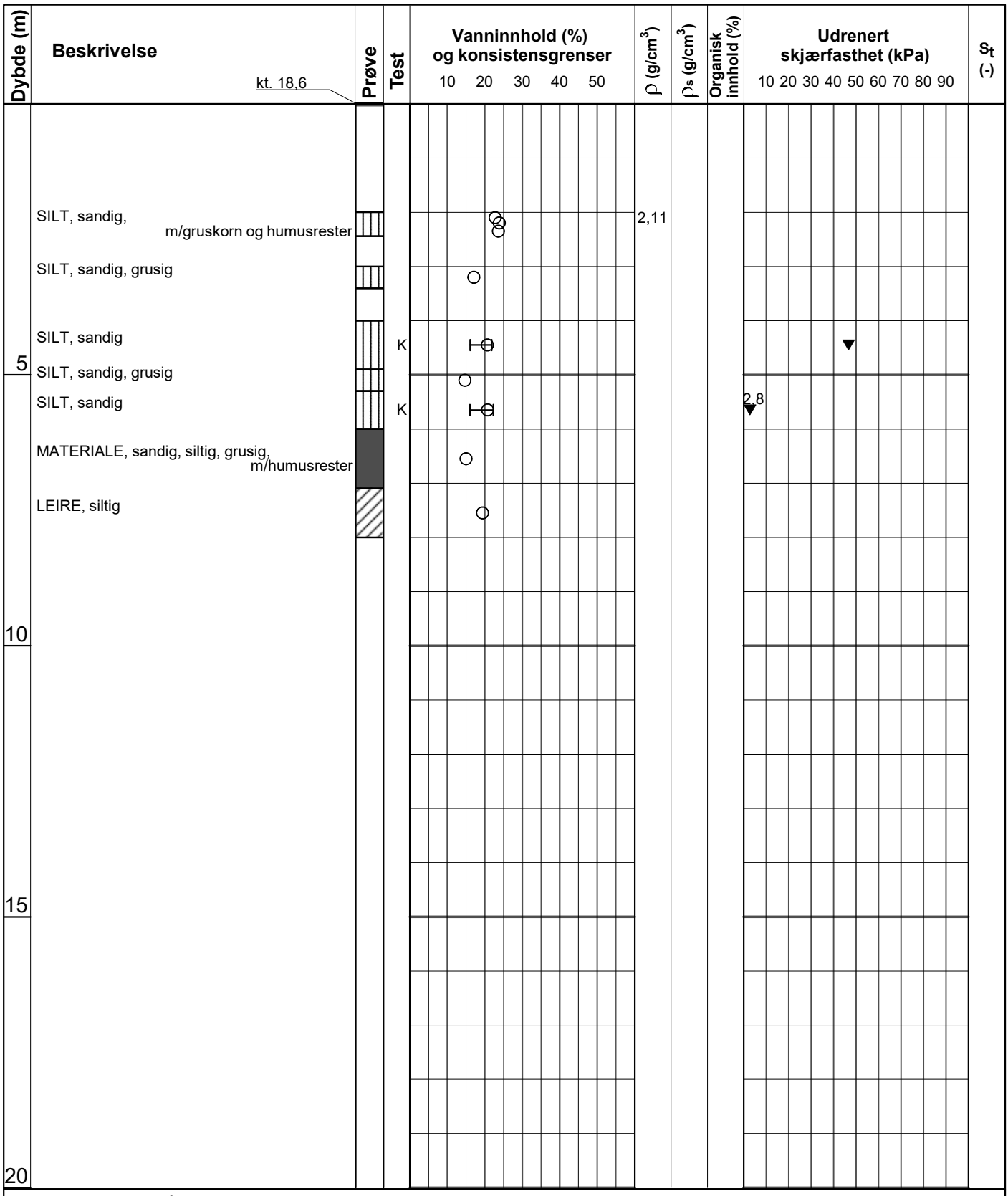
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

Dato: 2022-02-18

RASHENDELSE SAND, SULDAL

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
DT	MSL	TorG
Oppdragsnummer:	**Tegningsnr.:**	**Rev. nr.:**
10242930	RIG-TEG-200	00



Symboler:

15 10 5 Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

Vanninnhold
Plastisitetsindeks, I_p

ISO 17892-6: 2017
Omrørt konus
Uomrørt konus

ρ = Densitet
ρ_s = Korndensitet
S_t = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk
Ø = Ødometerforsøk
K = Korngradering

Grunnvannstand: m
Borbok: Digital

PRØVESERIE

Borhull: SK/PR. 6

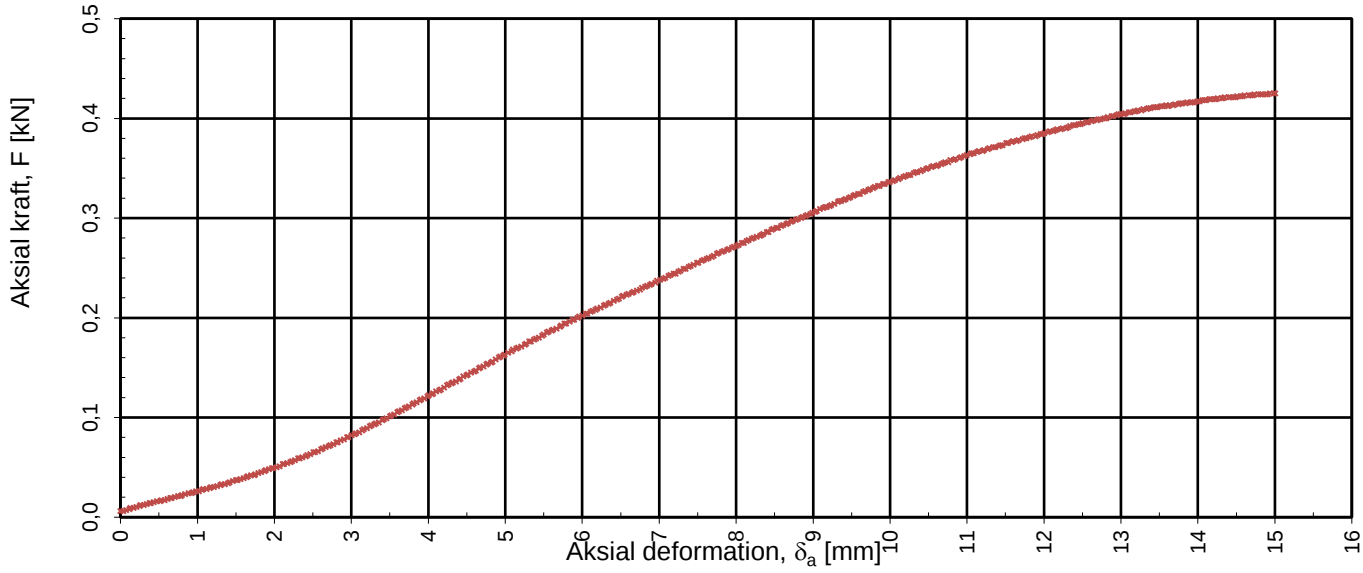
NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT

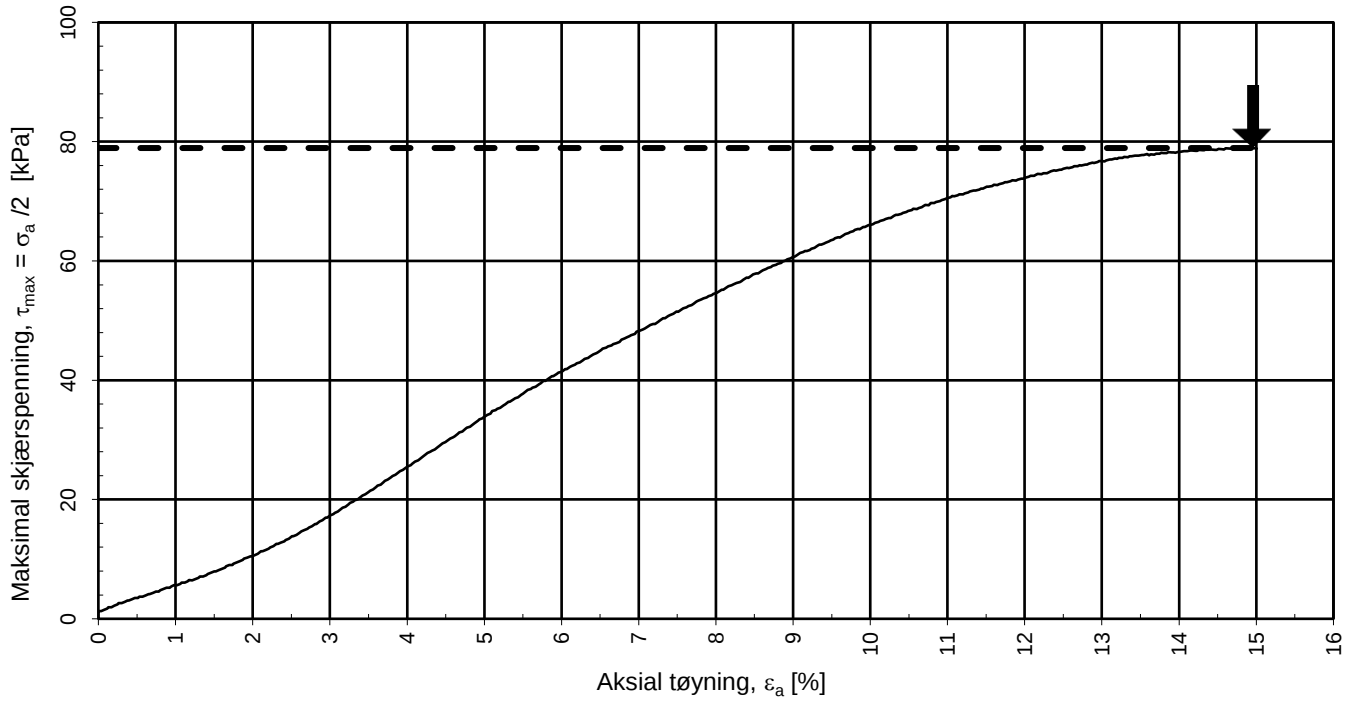
RASHENDELSE SAND, SULDAL

Dato: 2022-02-18

Multiconsult
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet:	Kontrollert:	Godkjent:
DT	MSL	TorG
Oppdragsnummer:	**Tegningsnr.:**	**Rev. nr.:**
10242930	RIG-TEG-201	00

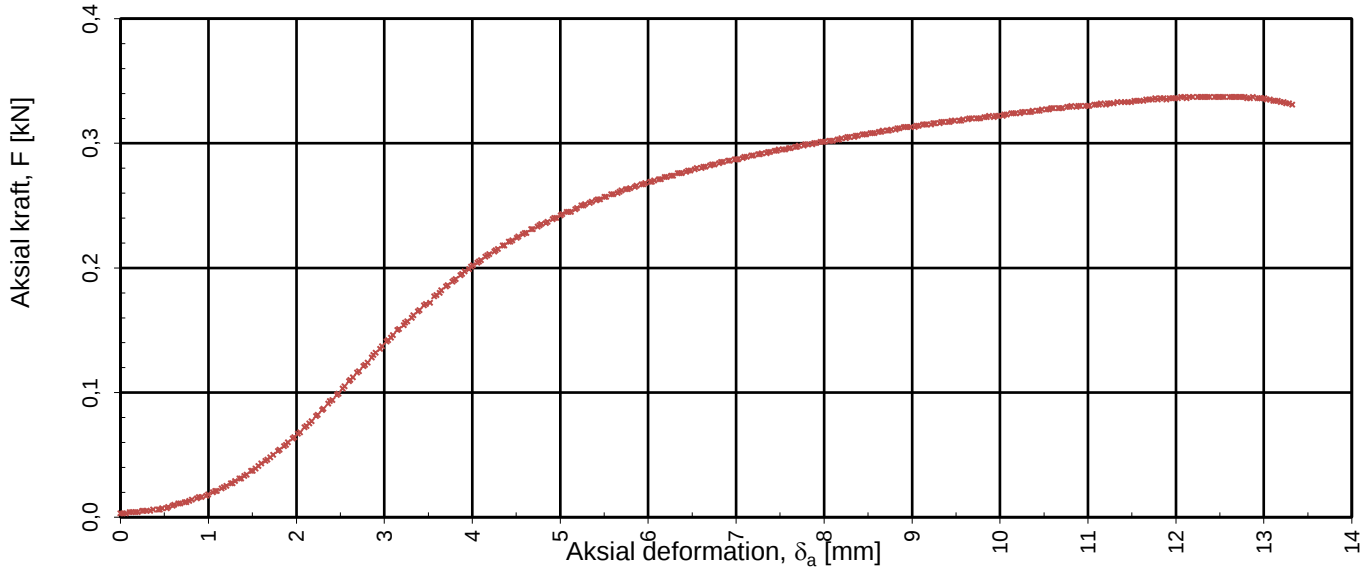


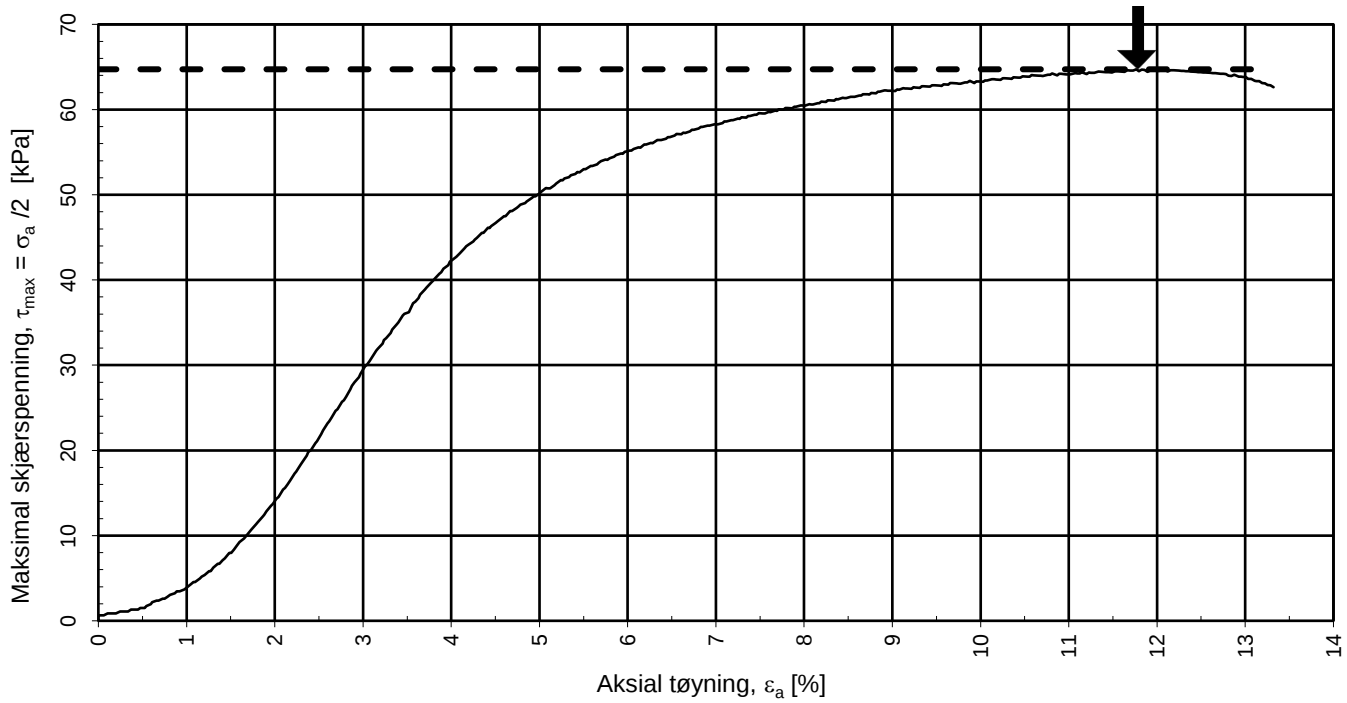


E50:	1,38 Mpa	Maksimal skjærspenning:	78,93 kPa
G50:	0,46 MPa	Tøyning:	14,94 %

ENAKSIALT TRYKKFORSØK

Prøvediameter (mm)	Prøvehøyde (mm)		Syl. Nr:	
54,00	100,00		8EX	
Multiconsult Stokkamyrveien 13 4313 Sandnes Tlf.: 51 22 46 00	Forsøksdato: 14.02.22	Dybde, z (m): 2,0-2,6	Borpunkt nr.: PR. 4	Multi consult
	Kundenavn.: NVE	Tegnet: DT	Kontrollert: MSL	Godkjent: TorG
	Oppdrag nr.: 10242930	Tegning nr.: RIG-TEG-250.1	Prosedyre: Enaks	Programrevisjon: 0



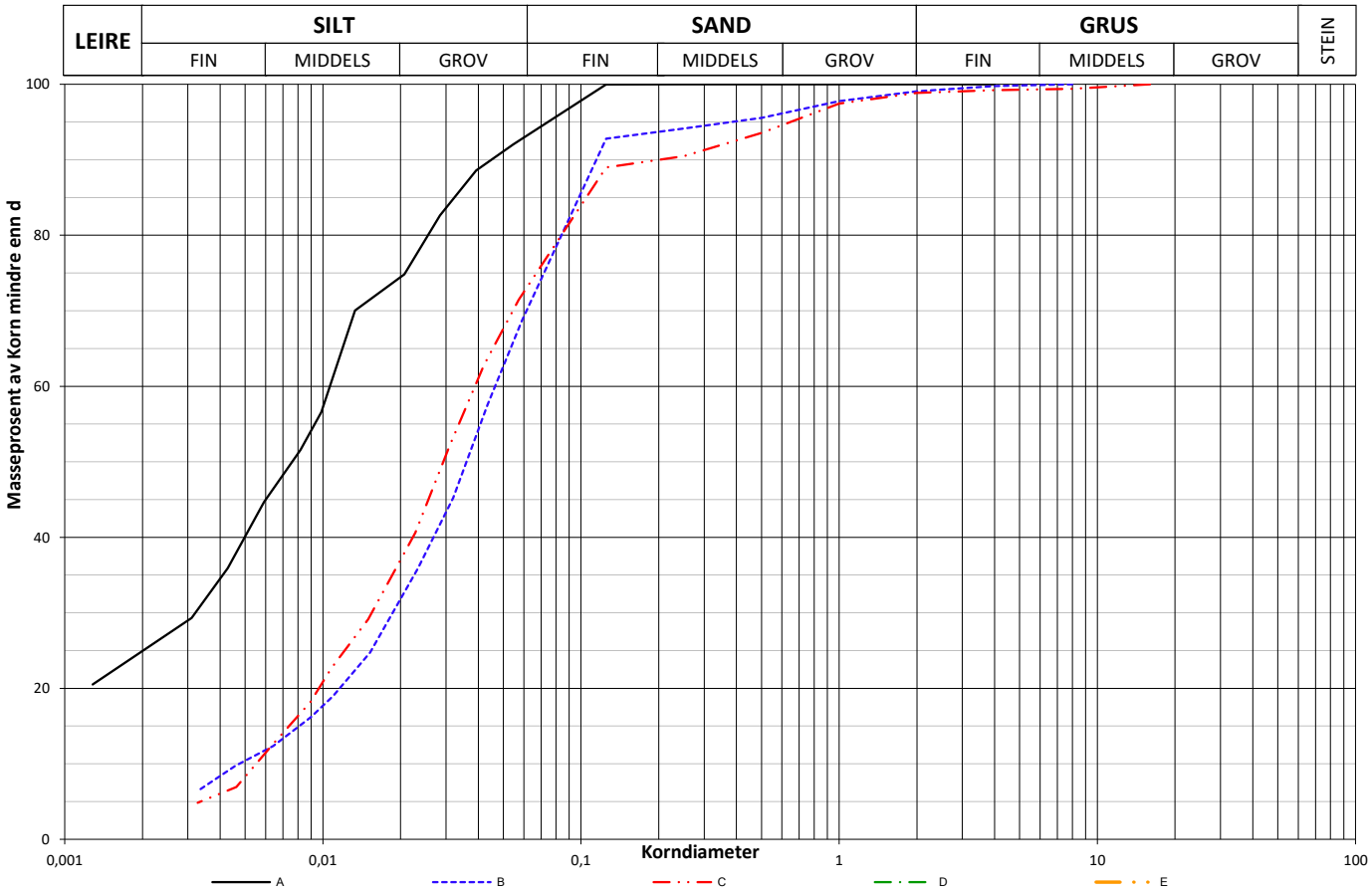


E50:	2,04 Mpa	Maksimal skjærspenning:	64,73 kPa
G50:	0,68 MPa	Tøyning:	11,76 %

ENAKSIALT TRYKKFORSØK

Prøvediameter (mm)	Prøvehøyde (mm)		Syl. Nr:	
54,00	100,00		7A	
Multiconsult	Forsøksdato: 14.02.22	Dybde, z (m): 8,0-8,7	Borpunkt nr.: PR. 4	Multi consult
Stokkamyrveien 13 4313 Sandnes Tlf.: 51 22 46 00	Kundenavn.: NVE	Tegnet: DT	Kontrollert: MSL	Godkjent:
	Oppdrag nr.: 10242930	Tegning nr.: RIG-TEG-250.2	Prosedyre: Enaks	Programrevisjon: 0

Prøve	Borpunkt	Dybde (m)	Jordarts Betegnelse	Anmerkinger	Metode		
					TS	VS	HYD
A	PR. 4	8,0-8,7	LEIRE, siltig			X	X
B	SK/PR. 6	4,0-4,9	SILT, sandig			X	X
C	SK/PR. 6	5,3-6,0	SILT, sandig			X	X
D							
E							



METODE:
TS = Tørrsikt **VS** = Våtsikt **HYD** = Hydrometer

$$C_z = \frac{D^2{}_{30}}{(D_{60})(D_{10})}$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Prøve	Tele gruppe	w (%)	S_u kN/m^2	S_{ur} kN/m^2	Plastisitet		Gløde-tap %	< 0.02 mm %	Densitet g/cm$_3$	D_{10} mm	D_{30} mm	D_{50} mm	D_{60} mm
					Wf	Wp							
A	T4	30,1									0,0032	0,0077	0,0107
B	T4	20,7								0,0048	0,0191	0,0364	0,0468
C	T4	20,8								0,0056	0,0156	0,0295	0,0392
D													
E													

NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
	DT	MSL	TorG
RASHENDELSE SAND, SULDAL	Borpunkt	Dato	Revisjon
	-	18.02.2022	0
Multiconsult	Korngradering	Oppdragsnummer	Tegningsnummer
		10242930	RIG-TEG-300

Sonde og utførelse

Sondenummer	4405	Boreleder	tk-marek
Type sonde	Nova	Temperaturendring (°C)	2,1
Kalibreringsdato	25.02.2021	Maks helning (°)	17,9
Dato sondering	07.02.2022	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	1169	3747	3743
Oppløsning 2^{12} bit (kPa)	-	-	-
Oppløsning 2^{18} bit (kPa)	0,6526	0,0102	0,0204
Arealforhold	0,8580	0,0000	
Maks ubelastet temp. effekt (kPa)	10,436	0,264	0,794
Temperaturområde (°C)	40		

Nullpunktskontroll

	NA	NB	NC
Registrert før sondering (kPa)	8179,4	123,1	246,6
Registrert etter sondering (kPa)	-17,6	0,2	0,6
Avvik under sondering(kPa)	17,6	0,2	0,6
Maksimal temperatureffekt (kPa)	0,5	0,0	0,0
Maksverdi under sondering (kPa)	6829,2	41,2	1179,5

Vurdering av anvendelsesklasse ihht. ISO 22476-1:2012

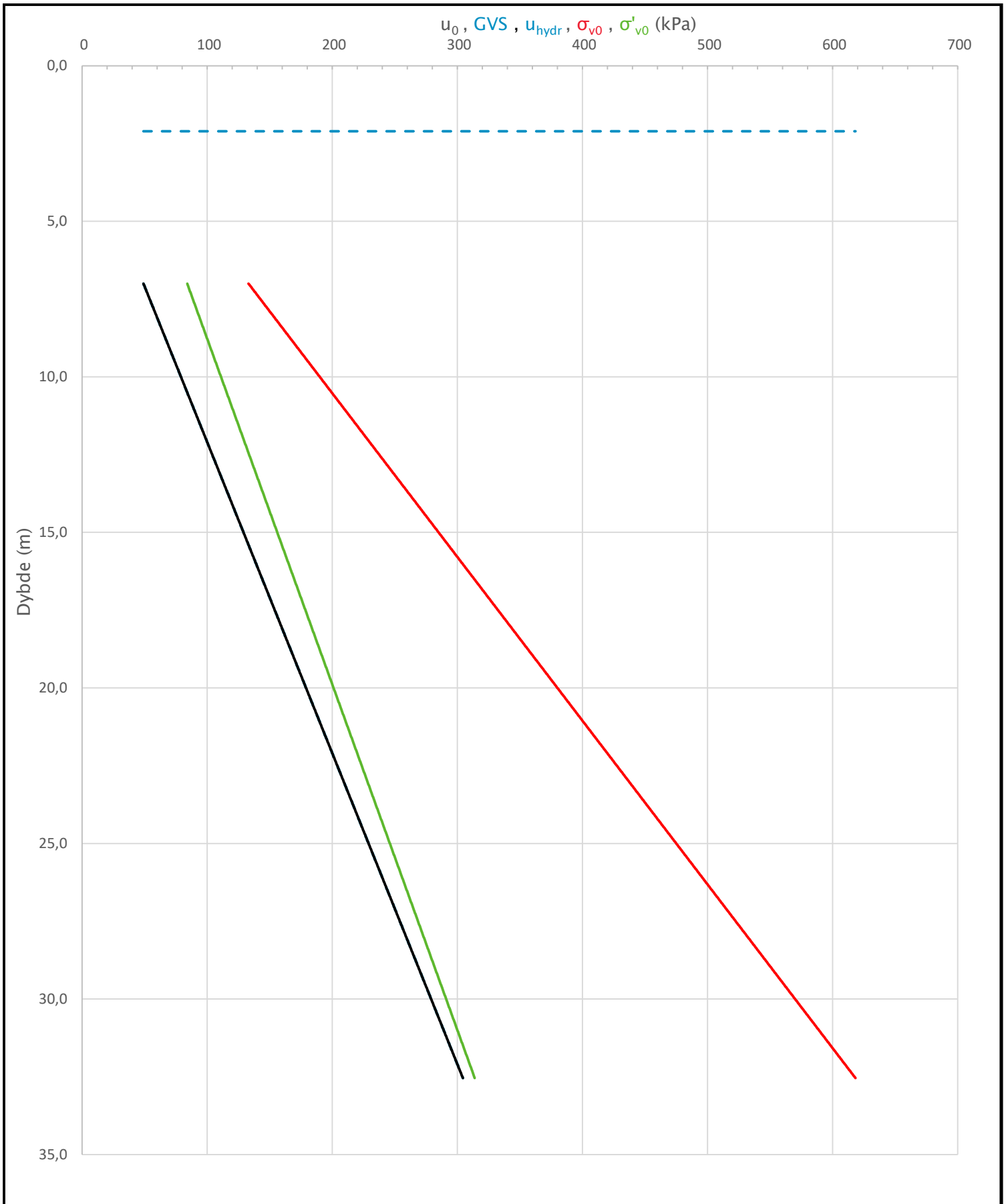
	Spissmotstand		Sidefriksjon		Poretrykk	
	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)	(kPa)	(%)
Samlet nøyaktighet (kPa)	**18,8**	**0,3**	**0,2**	**0,5**	**0,7**	**0,1**
Tillatt nøyaktighet klasse 1	35	5	5	10	10	2
Tillatt nøyaktighet klasse 2	100	5	15	15	25	3
Tillatt nøyaktighet klasse 3	200	5	25	15	50	5
Tillatt nøyaktighet klasse 4	500	5	50	20		
Anvendelsesklasse	1	1	1	1	1	1
Anvendelsesklasse måleintervall	1					
Anvendelsesklasse	**1**					

Måleverdier under kapasitet/krav

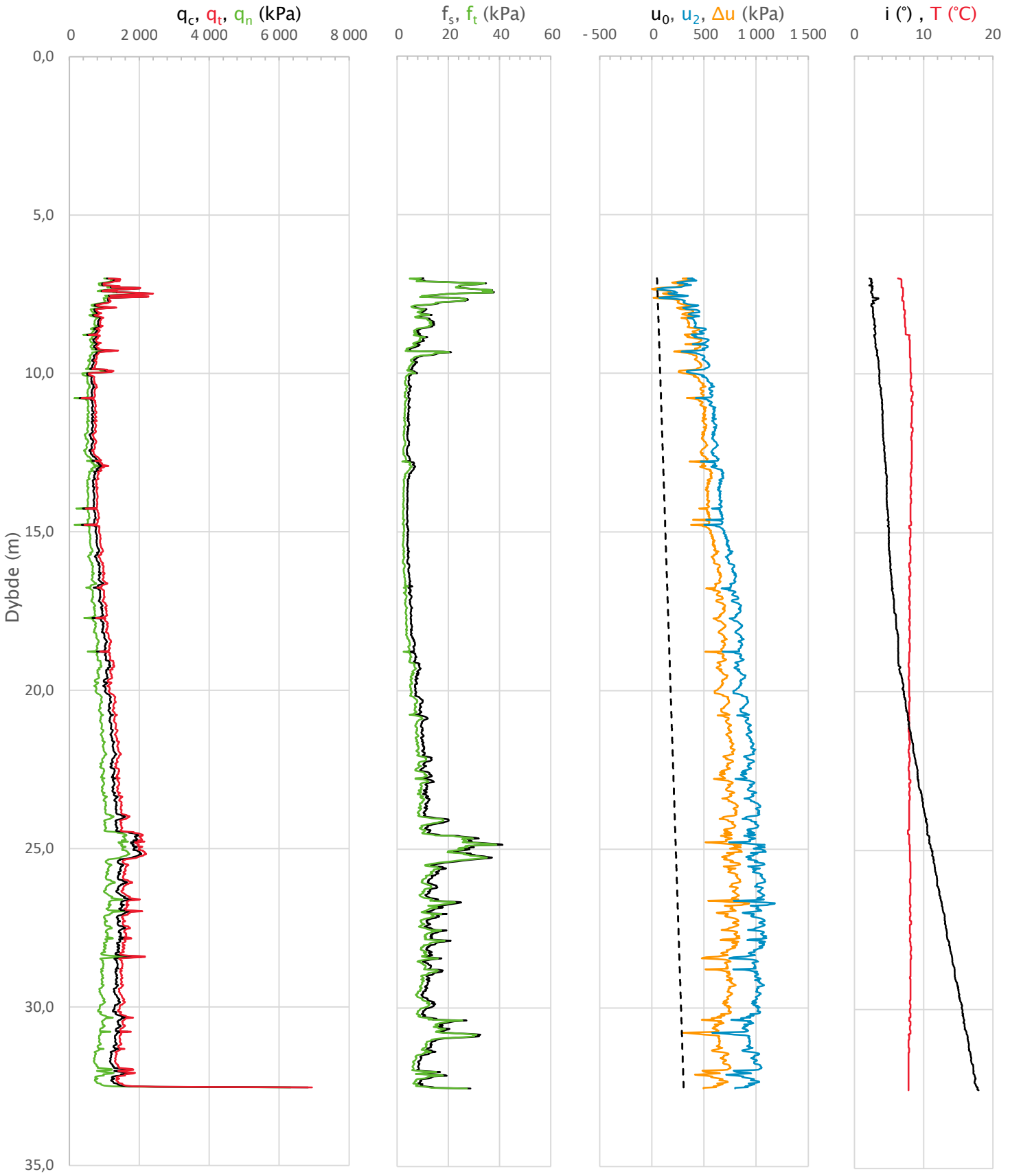
Spissmotstand	Sidefriksjon	Poretrykk	Helning	Temperatur
OK	OK	OK	Ikke OK	OK

Kommentarer:

Prosjekt: RASHENDELSE SAND, SULDAL		Prosjektnummer: 10242930		Borhull: 4 (Kote +17,421)
Innhold: Dokumentasjon av utstyr og målenøyaktighet				Sondenummer: 4405
Multiconsult	Tegnet: TorG	Kontrollert: ACh	Godkjent: TorG	Anvend.klasse:
	Utførende: Multiconsult	Dato sondering: 07.02.2022	Revisjon: 00 Rev. dato: 08.02.2022	RIG-TEG: 500.1

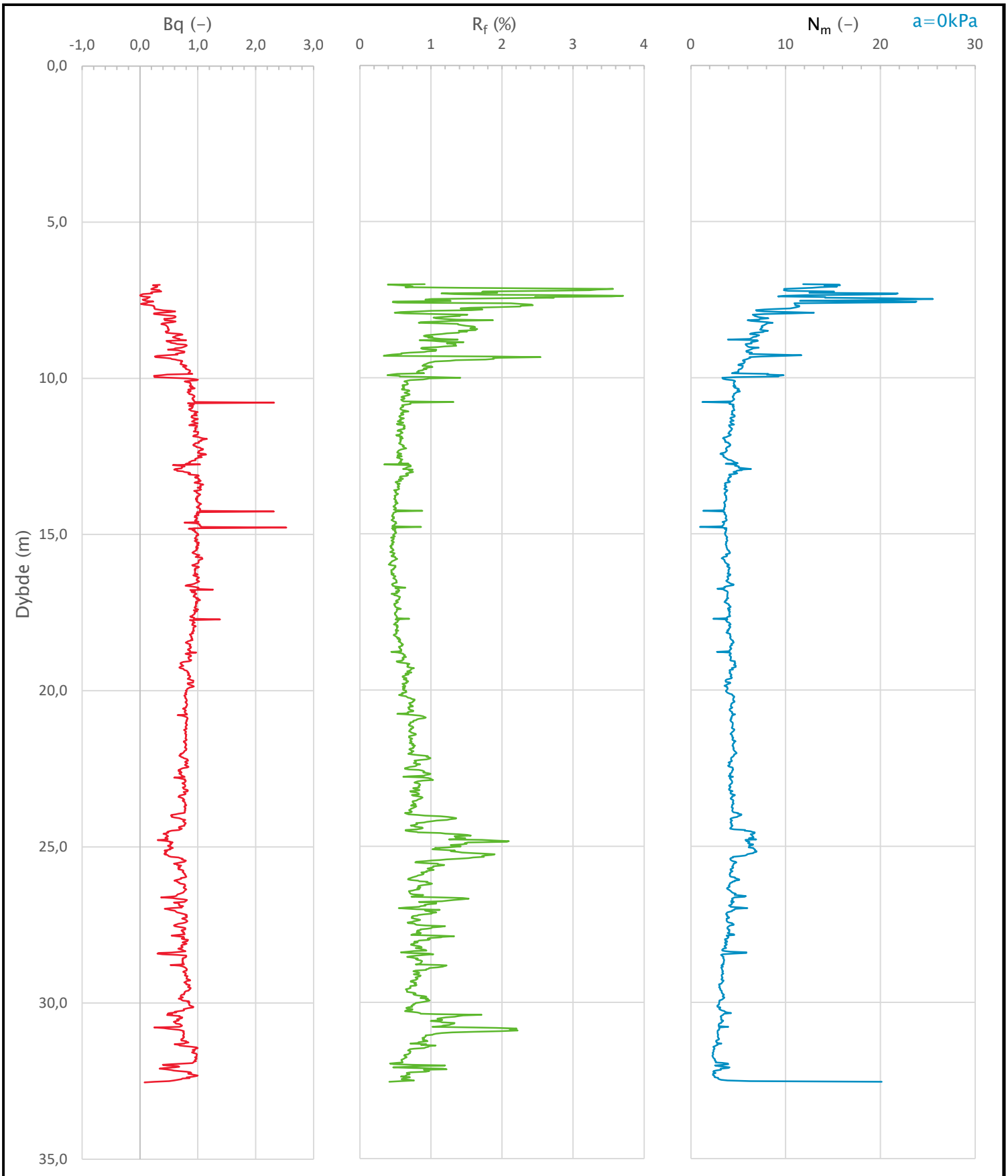


Prosjekt **RASHENDELSE SAND, SULDAL**	Prosjektnummer: 10242930			Borhull Kote +17,421 **4**
Innhold In-situ poretrykk, total- og effektiv vertikalspenning i beregninger				Sondenummer **4405**
Multiconsult	Tegnet TorG	Kontrollert ACh	Godkjent TorG	Anvend.klasse
	Utførende Multiconsult	Dato sondering 07.02.2022	Revisjon 00 Rev. dato 08.02.2022	RIG-TEG **500.2**



Prosjekt **RASHENDELSE SAND, SULDAL** Prosjektnummer: 10242930				Borhull Kote +17,421 **4**
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondenummer **4405**
Multiconsult	Tegnet TorG	Kontrollert ACh	Godkjent TorG	Anvend.klasse
	Utførende Multiconsult	Dato sondering 07.02.2022	Revisjon 00 Rev. dato 08.02.2022	RIG-TEG **500.3**

\\nsv2-nasuni-02\svg_prosjekt\O10242\10242930-01\10242930-01-03 ARBEIDSOMRAADE\10242930-01 RIG\10242930-01-07 FELT- OG LABREGISTRERINGER\RAP-001\CPTU\CPTu_2021_BP4



Prosjekt **RASHENDELSE SAND, SULDAL**			Prosjektnummer: 10242930	Borhull Kote +17,421 **4**
Innhold Avledede dimensjonsløse forhold				Sondenummer **4405**
Multiconsult	Tegnet TorG	Kontrollert ACh	Godkjent TorG	Anvend.klasse
	Utførende Multiconsult	Dato sondering 07.02.2022	Revisjon 00 Rev. dato 08.02.2022	RIG-TEG **500.4**

\\nsv2-nasuni-02\svg_prosjekt\O10242\10242930-01\10242930-01-03 ARBEIDSOMRAADE\10242930-01 RIG\10242930-01-07 FELT- OG LABREGISTRERINGER\RAP-001\CPTU\CPTu_2021_BP4

Göteborg:2021-02-25

CALIBRATION CERTIFICATE FOR CPT PROBE 4405

Probe No	4405
Date of Calibration	2021-02-25
Calibrated by	Alexander Dahlin
Run No	1599
Test Class:	ISO 1

Point Resistance — Tip Area 10cm²

Maximum Load	50	MPa
Range	50	MPa
Scaling Factor	**1169**	
Resolution	0,6526	kPa
Area factor (a)	0,858	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 10,436 kPa
Temperature range 5 –40 deg. Celsius.

Local Friction — Sleeve Area 150cm²

Maximum Load	0,5	MPa
Range	0,5	MPa
Scaling Factor	**3747**	
Resolution	0,0102	kPa
Area factor (b)	0	

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0,264 kPa
Temperature range 5 –40 deg. Celsius.

Pore Pressure

Maximum Load	2	MPa
Range	2	MPa
Scaling Factor	**3743**	
Resolution	0,0204	kPa

ERRORS

Max. Temperature effect when not loaded 0,794 kPa
Temperature range 5 –40 deg. Celsius.

Tilt Angle. — Scaling Factor: 0,91

Range 0 - 40 Deg.

Backup memory
Temperature sensor

Cptlog Cone data base information

Göteborg: 2021-02-25

Cone name
4405

Serial number
4405

Date of purchase
User.

Ranges

Point resistance
50 (Mpa)

Local friction
0,5 (Mpa)

Pore pressure
2 (Mpa)

Tilt sensor
40 (Deg)

temperature
©

Elect. Conductivity
(mS/m)

Geometric parameters

Area factor a
0,858

Area factor b
0

Tip area
10 (cm^2)

Sleeve area
150 (cm^2)

Scaling factors

Point resistance
1169

Local friction
3747

Pore pressure
3743

Tilt sensor
0,91

temperature
1

Elect. Conductivity A

Elect. Conductivity B

Type
NOVA cone

Memory option
With memory

Multiconsult

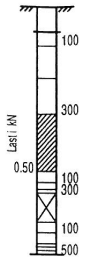


Avsluttet mot stein, blokk eller fast grunn



Avsluttet mot antatt berg

Sonderinger utføres for å få en indikasjon på grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt berg eller fast grunn. For utførelsesstandarder henvises det til «Geoteknisk bilag – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer».



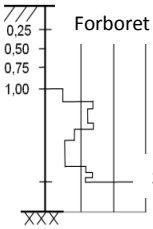
Forboret

Middels stor motstand

Meget liten motstand

Meget stor motstand

Avsluttet uten å nå fast grunn eller berg



Forboret

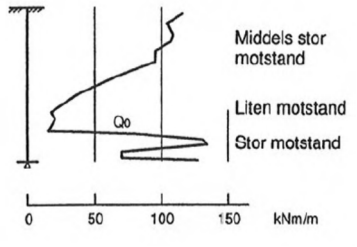
Slått med slegge

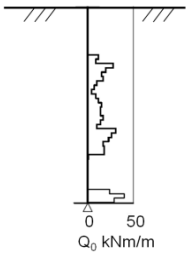
Halve omdreininger pr. m synk

DREIESONDERING

Utføres med skjøtbare ϕ22 mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall ½-omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.

Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybde-skala og tverrstrek for hver 100 ½-omdreininger. Skravur angir synk uten dreiing, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.

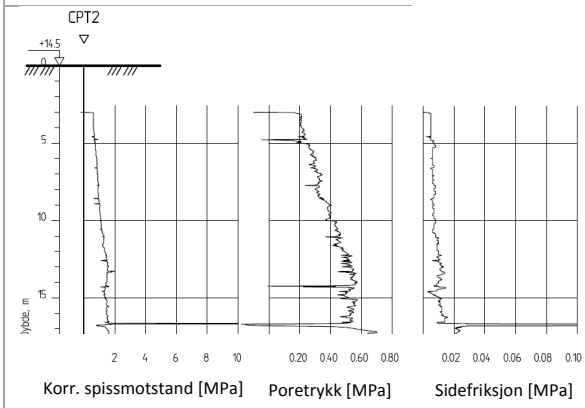




RAMSONDERING

Boringen utføres med skjøtbare ϕ32 mm borstenger og spiss med normert geometri. Boret rammes med en rammeenergi på 0,38 kNm. Antall slag pr. 0,2 m synk registreres. Boremotstanden illustreres ved angivelse av rammemotstanden Q_o pr. m nedramming.

Q_o = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)

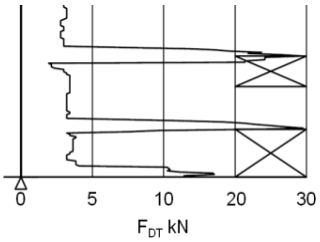


Korr. spissmotstand [MPa] Poretrykk [MPa] Sidefriksjon [MPa]

TRYKKSONDERING (CPT - CPTU)

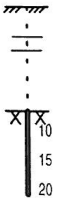
Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjons-hastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften mot konisk spiss og friksjonshylse, slik at spissmotstand q_c og sidefriksjon f_s kan bestemmes (CPT). I tillegg kan poretrykket u måles like bak den koniske spissen (CPTU). Målingene utføres kontinuerlig for hver 0,02 m, og metoden gir derfor detaljert informasjon om grunnforholdene.

Resultatene kan benyttes til å bestemme lagdeling, jordart, lagringsbetingelser og mekaniske egenskaper (skjærfasthet, deformasjons- og konsolideringsparametre).



DREIETRYKKSONDERING

Utføres med glatte skjøtbare ϕ36 mm borstenger med en normert spiss med hardmetallsveis. Borstengene presses ned i grunnen med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.
Rotasjonshastigheten kan økes hvis nødvendig (markeres med kryss på høyre side). Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres automatisk under disse betingelsene, og gir grunnlag for å bedømme grunnforholdene.
Metoden er spesielt hensiktsmessig ved påvisning av kvikkleire i grunnen, men den gir ikke sikker dybde til bergoverflaten.

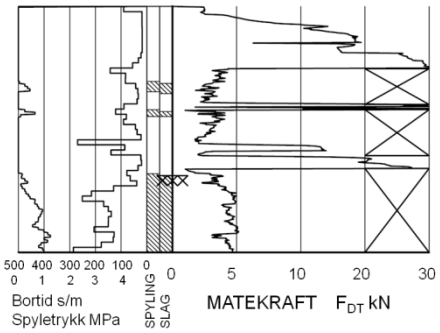


Stein

Borsynk i berg cm/min.

BERGKONTROLLBORING

Utføres med skjøtbare ϕ45 mm stenger og hardmetall borkrone med tilbakeslagsventil. Det benyttes tung slagborhammer og vannspyling med høyt trykk. Boring gjennom lag med ulike egenskaper, for eksempel grus og leire, kan registreres, likedan penetrasjon av blokker og større steiner. For verifisering av berginntrengning bores 3 m ned i berget, eventuelt med registrering av borsynk for sikker påvisning.



TOTALSONDERING

Kombinerer metodene dreietrykksondering og berg-kontrollboring. Det benyttes ϕ45 mm borstenger og ϕ57 mm stiftborkrone med tilbakeslagsventil. Under nedboring i bløte lag presses boret ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min og konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min. Når faste lag påtreffes økes først rotasjonshastigheten (markeres som kryss til høyre). Gir ikke dette synk av boret benyttes spyling og slag på borkronen.

Nedpressingskraften F_{DT} (kN) registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens markering av spyletrykk, slag og bortid vises til venstre.



Prøvemarkering

PRØVETAKING

Utføres for undersøkelse av jordlagenes geotekniske egenskaper i laboratoriet.

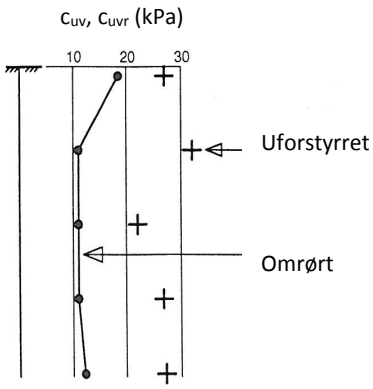
<u>Maskinell naverboring (forstyrrede poseprøver):</u>

Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stigehøyde (auger). Med borrigg kan det bores til 5-20 m dybde, avhengig av jordart, lagringsfasthet og beliggenhet av grunnvannstanden. Med denne metoden kan det tas forstyrrede poseprøver ved å samle materialet mellom spiralskivene. Det er også mulig å benytte enklere håndholdt utstyr som for eksempel skovlprøvetaking.

<u>Sylinder/blokkprøvetaing (Uforstyrrede prøver):</u>

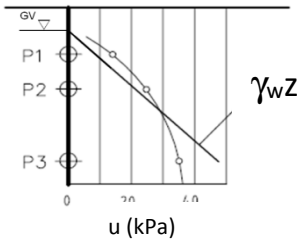
Vanligvis benyttes stempel-prøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde skjæres det ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom ϕ54 mm (vanligst) og ϕ95 mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel ramprøvetakere og blokkprøvetakere.

Prøvekvaliteten inndeles i Kvalitetsklasse 1-3, der 1 er høyeste kvalitet.



VINGEBORING

Utføres ved at et vingekors med dimensjoner b x h = 55x110 mm eller 65x130 mm presses ned i grunnen til ønsket målenivå. Her blir vingekorset påført et økende dreiemoment til jorden rundt vingen når brudd. Det tilhørende dreiemomentet blir registrert. Dette utføres med jorden i uforstyrret ved første gangs brudd og omrørt tilstand etter 25 gjentatte omdreininger av vingekorset. Udrenert skjærfasthet c_{uv} og c_{ur} beregnes ut fra henholdsvis dreiemomentet ved brudd og etter omrøring. Fra dette kan også sensitiviteten $S_t = c_{uv}/c_{ur}$ bestemmes. Tolkede verdier må vanligvis korrigeres empirisk for opptredende effektivt overlagringstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



PORETRYKKSMÅLING

Målingene utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk (åpent)/elektrisk piezometer (poretrykksmåler). Filteret eller piezometerspissen påmontert piezometerrør presses ned i grunnen til ønsket dybde. Stabilt poretrykk registreres fra vannets stigehøyde i røret, eller ved avlesning av en elektrisk trykkmåler i spissen. Valg av utstyr vurderes på bakgrunn av grunnforhold og hensikten med målingene.

Grunnvannstand observeres eller peiles direkte i borhullet.

Geotekniske bilag 2

Laboratorieforsøk

Multiconsult

Laboratorieundersøkelser utføres for sikker klassifisering og bestemmelse av mekaniske egenskaper. Forsøkene utføres på prøver som er tatt opp i felt. For utførelsesstandarder henvises det til «Geoteknisk bilag 3 – Oversikt over metodestandarder og retningslinjer».

MINERALSKE JORDARTER

Ved prøveåpning klassifiseres og indentifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjonene er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse [mm]	<0,002	0,002-0,063	0,063-2	2-63	63-630	>630

En jordart kan inneholde en eller flere av fraksjonene over. Jordarten benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leir til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

ORGANISKE JORDARTER

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Benevnelse	**Beskrivelse**
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet
• Fibrig torv	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke
• Delvis fibrig torv, mellomtorv	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene
• Amorf torv, svarttorv	Ingen synlig plantestruktur, svampig konsistens
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold
Mold og matjord	Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det ovre jordlaget

KORNFORDELINGSANALYSER

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter d > 0,063 mm. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

VANNINNHOLD

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff i massen og bestemmes fra tørking av en jordprøve ved 110˚C i 24 timer.

KONSISTENSGRENSER

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet er plastisk (formbart). Flytegrensen angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. Plastisitetsgrensen (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. Plastisitetsindeksen $I_p = w_f – w_p$ (%) angir det plastiske området for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

HUMUSINNHOLD

Humusinnholdet kan bestemmes ved kolorimetri og bruk av natronlut (NaOH-forbindelse), glødning av jordprøve i varmeovn eller våt-oksydasjon med hydrogenperoksyd. Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala.

DENSITET, TYNGDETETTHET, PORETALL OG PORØSITET

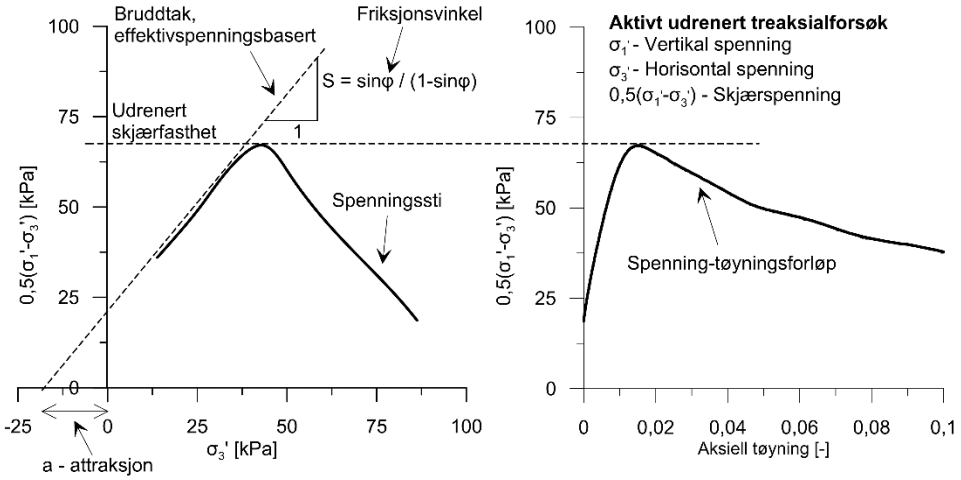
Navn	Symbol	Enhet	Beskrivelse
Densitet	ρ	g/cm^3	Masse av prøve per volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del
Korndensitet	ρ_s	g/cm^3	Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff
Tørr densitet	ρ_d	g/cm^3	Masse tørt stoff per volumenhet
Tyngdetetthet	γ	kN/m^3	Tyngde av prøve per volumenhet ($\gamma=\rho g= \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$, der g er tyngdeakselerasjonen)
Spesifikk tyngdetetthet	γ_s	kN/m^3	Tyngde av fast stoff per volumenhet fast stoff ($\gamma_s= \rho_s g$)
Tørr tyngdetetthet	γ_d	kN/m^3	Tyngde av tørt stoff per volumenhet ($\gamma_d=\rho_d g= \gamma_s$(1-n/100))
Poretall	e	-	Volum av porer dividert med volum av fast stoff ($e=n/(1-n)$, n som desimaltall)
Porøsitet	n	%	Volum av porer i % av totalt volum av prøven ($n=e/(1+e)$)

SKJÆRFASTHET

Skjærfastheten beskriver jordens styrke og benyttes bla. til beregning av motstand mot utglidninger og grunnbrudd. Skjærfasthet benyttes i beregninger av skråningsstabilitet og bæreevne. For korttidsbelastninger i finkornige materialer (leire) oppfører jorden seg udrenert og skjærfastheten beskrives ved udrenert skjærfasthet. Over lengre tidsintervaller vil oppførselen karakteriseres som drenert. Det benyttes da effektivspenningsparametere.

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon) og $\tan\varphi$ (friksjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyningsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

Udrenert skjærfasthet c_u (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{ut}), konusforsøk (uforstyrret c_{ufc}, omrørt c_{urfc}), udrenerte treaksialforsøk (kompresjon/aktiv c_{uA}, avlastning/passiv c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) (c_{ucptu}) eller vingebor (uforstyrret c_{uv}, omrørt c_{uvr}).

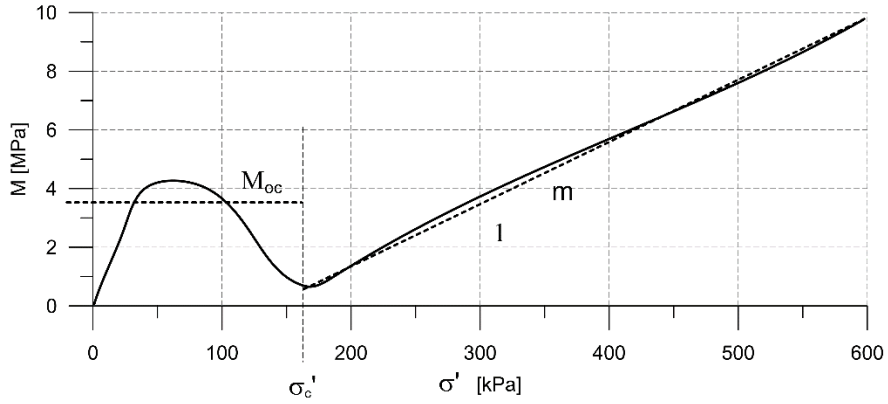


SENSITIVITET

Sensitiviteten $St = c_u/c_r$ uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har for eksempel meget lav omrørt skjærfasthet (c_r< 0,5 kPa NS8015, c_r<0,33 kPa ISO 17892-6), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved beregning av setninger og deformasjoner. Disse mekaniske egenskapene bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon. Belastningen skjer vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last/spenning (σ'). Sammenhørende verdier for spenning og deformasjon (tøyning ε) registreres, og materialets stivhet (deformasjonsmodul) kan beregnes som $M = \Delta\sigma'/\Delta\varepsilon$. Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen. En sentral parameter som tolkes i sammenheng med ødometerforsøk er forkonsolideringsspenningen (σ_c'). Dette er det største lastnivået som jorda har opplevd tidligere (f.eks. tidligere overlagring eller islast). Deformasjonsmodulen viser typisk forskjellig oppførsel under og over forkonsolideringsspenningen. I leire vil stivheten for spenningsnivåer under σ_c' representeres ved en konstant stivhetsmodul M_{oc}. For spenningsnivåer over σ_c' vil stivheten øke med økende spenning. Denne økningen kan beskrives ved modultallet m.



TELEFARLIGHET

En jordarts telefarlighet bestemmes ut i fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stigehøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig) etter SVV Håndbok N200.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

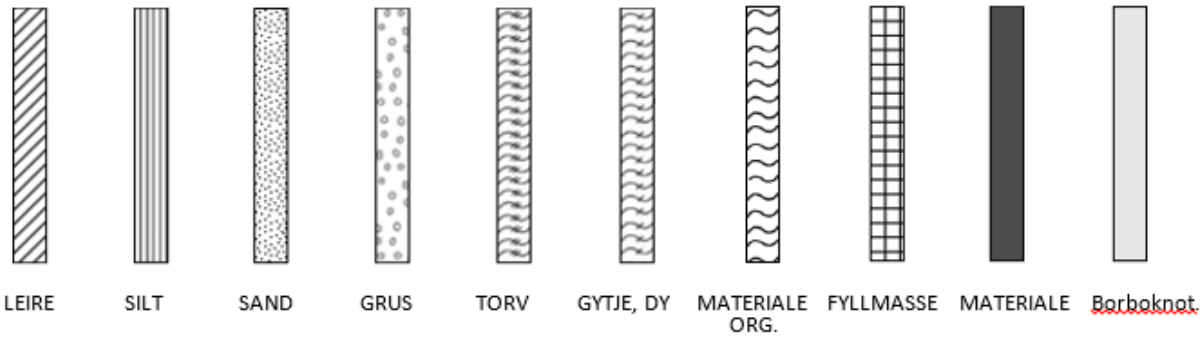
Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_d som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i. Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

PERMEABILITET

Permeabiliteten defineres som den vannmengden q som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng: $q = kiA$, der A er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og i = hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet, ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt samt ødometerforsøk.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - PRØVESKRAVERING

Analyserte prøver skraveres på prøveserietegningen i henhold til hovedbenevnelsen av materialet. Det er i tillegg en egen skravering for eventuelle notater hentet fra borbok til den gjeldende prøveserien. De ulike skraveringene er som følger:



NB: *Med mindre en kornfordelingsanalyse er utført, er dette kun en subjektiv og veiledende klassifisering som er basert på laborantens visuelle vurdering av materialet.*

LEIRE: Leirinnholdet er større enn 15 %
SILT: Siltinnholdet er større enn 45 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %
SAND: Sandinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %
GRUS: Grusinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %
MATERIALE: Brukes når materialet har en slik sammensetning at ingen av de ovennevnte betegnelsene kan benyttes. Dette fremkommer normalt fra en kornfordelingsanalyse
TORV: Mer eller mindre omvandlede planterester
GYTJE/DY: Består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske
MATERIALE ORG.: Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur
FYLLMASSE: Avsetninger som ikke er naturlige (utlagte masser)
Borboknotat: Merknader fra borleder (hentet fra borbok), f.eks. «tom sylinder», «foringsrør», «forboring» osv.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SPESIALFORSØK – Korngradering (K) / Treaksialforsøk (T) / Ødometerforsøk (Ø)

Eventuelt utførte spesialforsøk på en prøveserie markeres med K, T eller Ø ved tilhørende prøve. Markeringene indikerer *ikke* nøyaktig dybde for spesialforsøkene, men er referanse til at det foreligger egne tegninger for forsøket inkludert resultater og ytterlig forsøksinformasjon.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Vanninnhold og konsistensgrenser

Vanninnhold og konsistensgrenser utført ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom et vanninnhold overstiger grafens maksgrense vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Vanninnhold w	○	Plastisitetsgrense w_p	⊢
		Flytegrense w_f	⊣

OPPTEGNING AV PRØVESERIE - SYMBOLFORKLARING - Udrenert skjærfasthet

Resultatene fra utførte konus- og enaksiale trykkforsøk ved rutineundersøkelsen fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. Dersom en skjærfasthetverdi overstiger grafens maksgrense vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Uomrørt konus c_{ufc}	▽	Omrørt konus c_{urfc}	▼
Enaksialt trykkforsøk *Strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd*	0 / 15 / 5 / 10	Omrørt konus c_{urfc} ≤2,0kPa	▼ 0,9

Geotekniske bilag 3

Oversikt over metodestandarder og retningslinjer

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – FELTUNDERSØKELSER

Feltundersøkelsesmetoder beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på gjeldende versjon av følgende standarder og referansedokumenter:

Dokument	**Tema**
NGF Melding 1	SI-enheter
NGF Melding 2, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Symboler og terminologi
NGF Melding 3	Dreiesondering
NGF Melding 4	Vingeboring
NGF Melding 5, NS-EN ISO 22476-1	Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU)
NGF Melding 6	Grunnvanns- og poretrykksmåling
NGF Melding 7	Dreietrykksondering
NGF Melding 8	Kommentarkoder for feltundersøkelser
NGF Melding 9	Totalsondering
NS-EN ISO 22476-2	Ramsondering
NGF Melding 10	Beskrivelsestekster for grunnundersøkelser
NGF Melding 11, NS-EN ISO 22475-1	Prøvetaking
Statens vegvesen Håndbok R211	Feltundersøkelser
NS 8020-1	Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser

METODESTANDARDER OG RETNINGSLINJER – LABORATORIEUNDERSØKELSER

Laboratorieundersøkelser beskrevet i geotekniske bilag, samt terminologi og klassifisering benyttet i rapportering, baserer seg på følgende standarder og referansedokumenter:

Dokument	**Tema**
NS8000	Konsistensgrenser – terminologi
NS8001	Støtflytegrense
NS8002	Konusflytegrense
NS8003	Plastisitetsgrense (utrullingsgrense)
NS8004	Svinngrense
NS8005, NS-EN ISO 17892-4	Kornfordelingsanalyse
NS8010, NS-EN ISO 14688-1 og -2	Jord – bestanddeler og struktur. Klassifisering og indentifisering.
NS8011, NS-EN ISO 17892-2	Densitet
NS8012, NS-EN ISO 17892-3	Korndensitet
NS8013, NS-EN ISO 17892-1	Vanninnhold
NS8014	Poretall, porøsitet og metningsgrad
ISO 17892-6:2017	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS8016	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS-EN ISO 17892-5:2017	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS-EN ISO/TS 17892-8 og -9	Treaksialforsøk (UU, CD)
Statens vegvesen Håndbok R210	Laboratorieundersøkelser