

Rauma kommune

► Utredning Kvesnes kvikkleirefarezone

Geotekniske grunnundersøkelser

Datarapport

Oppdragsnr.: 52207212 Dokumentnr.: 52207212-RIG-R01 Versjon: J02 Dato: 2022-12-20



Oppdragsgiver: Rauma kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Simon Søvik
Rådgiver: Norconsult AS, Grandfjæra 24, NO-6415 Molde
Oppdragsleder: Tommy Haugen Søjdis
Fagansvarlig: Tommy Haugen Søjdis
Andre nøkkelpersoner: Synne Tveiten

Nøkkelinfo	Forklaring	
Emneord	Geotekniske grunnundersøkelser, Datarapport	
Fylke	Møre og Romsdal	
Kommune	Rauma	
Sted	Åndalsnes	
Koordinatsystem	Euref 89 UTM Sone 32	
Høydesystem	NN2000	
Prosjektkoordinater	Nord: 6936133	Øst: 433085

J02	2022-12-20	Rettet feil innmåling av pos. NO-3	Tommy Haugen Søjdis	Synne Tveiten	Tommy Haugen Søjdis
J01	2022-12-09	Til bruk	Tommy Haugen Søjdis	Synne Tveiten	Tommy Haugen Søjdis
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Innhold

1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Aktuelt område	4
1.3	Grunnlag	5
2	Felt- og laboratoriearbeid	6
2.1	Generelt	6
2.2	Resultat grunnundersøkelser	7
3	Referanser	8

Tegninger

Innhold	Format	Målestokk	Tegn.nr.
Grunnundersøkelser – Utført feltarbeid	A3	1:2000	101
Enkeltsonderinger	A4/A3	1:200	201-207

Vedlegg

Innhold	Vedlegg nr.
Resultat laboratorieundersøkelser	A
Generell beskrivelse felt og laboratoriearbeid	B
Forklaring geotekniske plan- og profiltegninger	C
Tegnforklaring – totalsondering	D

1 Innledning

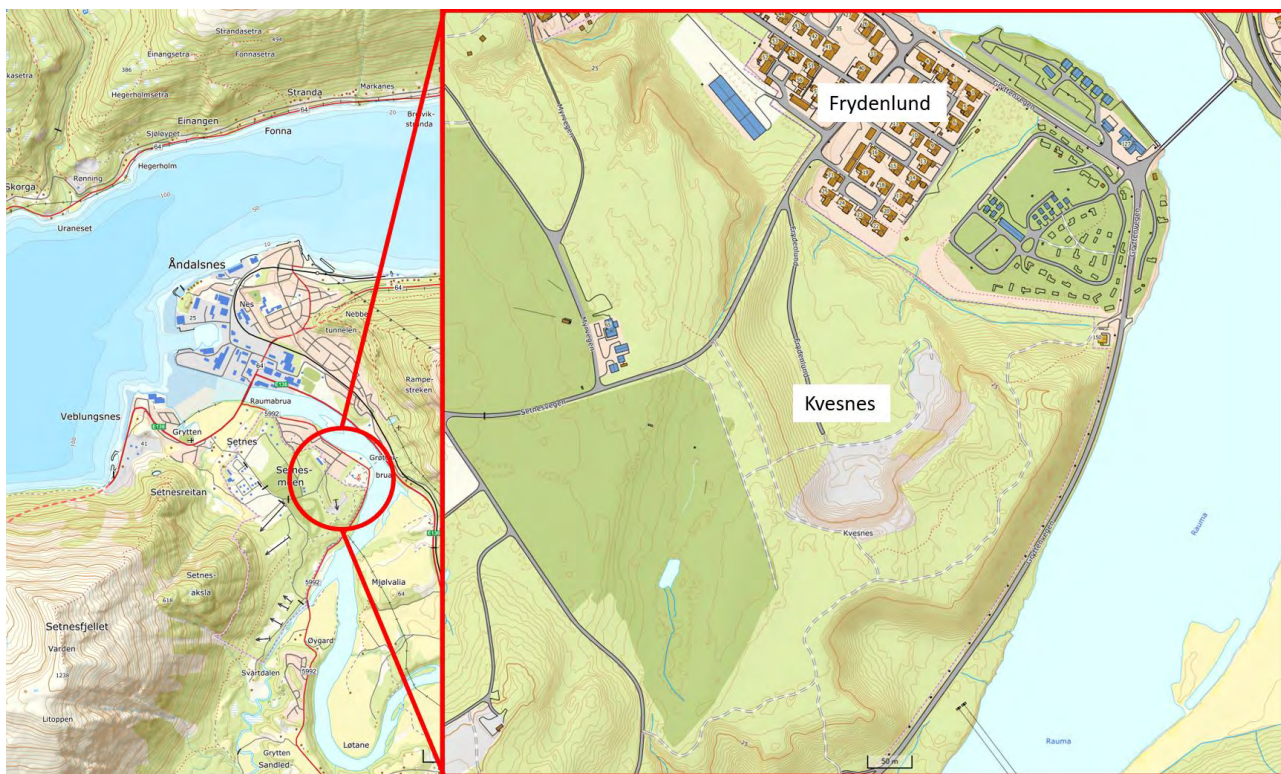
1.1 Bakgrunn

Rauma kommune har i kommunedelplan for Åndalsnes, satt av et ubebyggt areal til boligformål ved Frydenlund i Åndalsnes. Området faller innenfor utløpsområdet til kartlagt faresone for potensielle kvikkleireskred 2428 Kvesnes. Norconsult har bistått Rauma kommune med å utføre geotekniske grunnundersøkelser i området. Feltarbeidet skal sammen med laboratorieanalysene gi grunnlag for geoteknisk vurdering av områdestabilitet i området. Hensikten med denne rapporten er å presentere resultatene fra felt- og laboratoriearbeidet.

Rapporten er en ren datarapport som oppsummerer resultater fra geotekniske grunnundersøkelser. Geoteknisk tolkning, rådgiving eller prosjektering er ikke behandlet her. Vurderinger av områdestabilitet vil bli omtalt i senere vurderingsrapport.

1.2 Aktuelt område

Aktuelt område fremgår av kartskisser under.



Figur 1 Aktuelt område (norgeskart.no)

1.3 Grunnlag

Det er utført grunnundersøkelser i området fra før. Datarapporter og rapporter fra tidligere geotekniske vurderinger av området er listet opp nedenfor. For en enkel sammenstilling og lettere orientering vises det til utklipp i Figur 2.

Datarapporter fra geotekniske grunnundersøkelser

- Grunnundersøkelse for kvikkleirekartlegging i Rauma kommune del 2. GeoStrøm (2019). [1]
- Setnesmoen - Åndalsnes - Områdestabilitetsvurdering. Geotekniske grunnundersøkelser - Datarapport. Sweco (2018). [2]
- Setnesmoen – Områdestabilitet og skred. Laboratorieundersøkelser. Multiconsult (2018). [3]

Geotekniske vurderingsrapporter

- Oversiktskartlegging kvikkleire – Rauma kommune. NVE (2019). [4]
- Setnesmoen – Åndalsnes – Områdestabilitetsvurdering. Sweco (2018). [5]



Figur 2 Utklipp av tegning som viser utførte grunnundersøkelser i området. Blå punkter er tidligere undersøkelser fra 2018 og 2019. Rød punkter er nye undersøkelser utført av Norconsult og dokumentert i denne rapporten. Kun ment som illustrasjon for fordeling av undersøkte posisjoner.

2 Felt- og laboratoriearbeid

2.1 Generelt

Grunnundersøkelsene er utført i 7 posisjoner. Følgende undersøkelsesmetoder er benyttet:

- 7 stk totalsonderinger
- 3 stk prøveserier og i alt opptak av 19 prøver
- 15 stk representative omrørte prøver ved naverboring
- 4 stk uforstyrrede prøver ved 54 mm stempelprøvetaker

Posisjonene til hvert borpunkt og tilhørende terrenghøyder er målt inn med CPOS-korrigert GPS. Tabell 1 oppsummerer utført feltarbeid mht. posisjon, undersøkelsesmetode og boreddybder ved totalsondering. Plantegning 101 over utført feltarbeid gir samme oversikt.

Tabell 2 og 3 lister opp generell nøkkelinformasjon om felt- og laboratoriearbeid.

Tabell 1 Borpunktliste

Borpunkt	Euref89 UTM Sone 32, NN2000			Metode	Boreddybde (TOT)	
	X (Nord)	Y (Øst)	Z (Høyde)		Løsm. [m]	Berg [m]
NO-1	6936036,3	432978,1	30,5	TOT	45,5	-
NO-2	6935925,0	433069,5	31,2	TOT, PRV	31,6	-
NO-3	6936036,5	433244,6	30,7	TOT, PRV	45,6	-
NO-4	6936042,8	433044,5	13,7	TOT, PRV	35,6	-
NO-5	6936058,9	433154,8	13,2	TOT	35,6	-
NO-6	6936334,2	433029,5	5,3	TOT	25,7	-
NO-7	6936193,6	433184,8	3,7	TOT	25,7	-

TOT: Totalsondering, CPTU: Trykksondering, PZ: Piezometer, GV: Grunnvannsbrønn, PRV: Prøveserie,

Tabell 2 Generell informasjon feltarbeid

Feltarbeid ved Norconsult Boretteknikk AS	
Dato for utførelse	Uke 43 2022
Boreleder	Robert Sætran
Type borerigg	Geotech 605
Relevante standarder	Ref. [6], [7], [8], [9], og [10]
Resultat	Tegninger 101 og 201-207

Tabell 3 Generell informasjon laboratoriearbeid

Laboratoriearbeid ved Norconsult AS	
Dato for utførelse	Uke 47-48 2022
Laborant	Vibeke Silseth Aspen
Relevante standarder	Ref. [11]
Resultat	Tegninger 101 og 201-207, vedlegg A

2.2 Resultat grunnundersøkelser

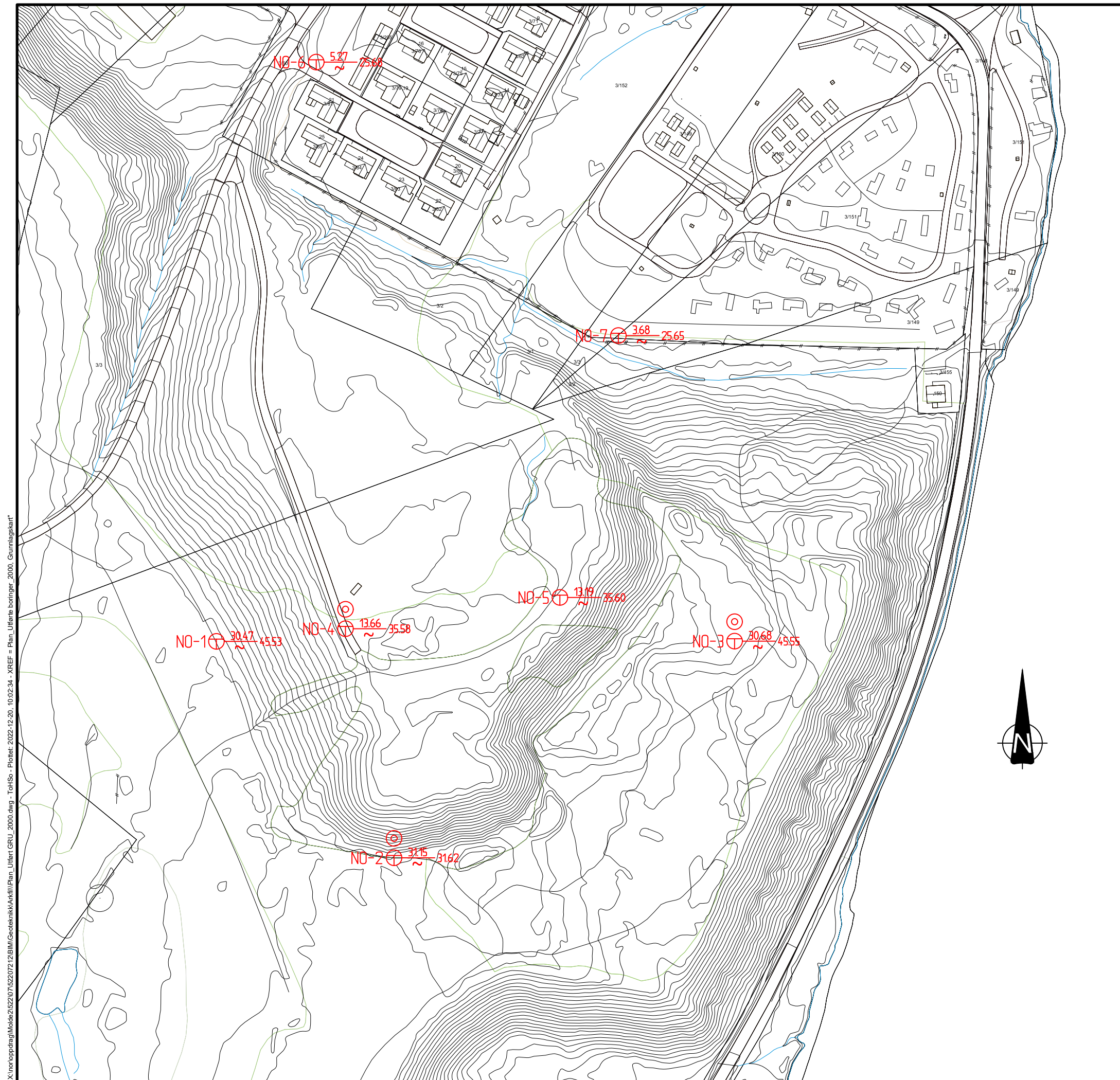
Resultater fra feltundersøkelser er vist på tegning 101 og 201-207. Resultater fra laboratorieundersøkelser er vist i vedlegg A.

Vedlegg B gir en generell beskrivelse av felt og laboratoriearbeider. Vedlegg C gir forklaring til geotekniske plan- og profiltegninger. Vedlegg D gir forklaring til opptegning av totalsonderinger.

NB! Det må presiseres at informasjonen fra felt- og laboratoriearbeidet strengt tatt bare er gyldig i de undersøkte posisjonene. Avvik i grunnforholdene i områdene rundt og mellom de undersøkte posisjonene kan ikke utelukkes. Resultater må derfor ikke anvendes ukritisk.

3 Referanser

- [1] GeoStrøm, «2054-7-R2. Grunnundersøkelse for kvikkleirekartlegging i Rauma kommune del 2.,» 2019.
- [2] Sweco, «55604001-RIG-R01-A01. Setnesmoen - Åndalsnes - Områdestabilitetsvurdering. Geotekniske grunnundersøkelser - Datarapport.,» 2018.
- [3] Multiconsult, «10201638-RIG-LAB-RAP. Setnesmoen – Områdestabilitet og skred. Laboratorieundersøkelser.,» 2018.
- [4] NVE, «Ekstern rapport nr. 73/2019. Oversiktskartlegging kvikkleire - Rauma kommune.,» 2019.
- [5] Sweco, «55604001-RIG-R02-A01. Setnesmoen – Åndalsnes – Områdestabilitetsvurdering.,» 2018.
- [6] Statens vegvesen, Håndbok R211 Feltundersøkelser, Statens vegvesen, 1997.
- [7] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 9 - Veiledning for utførelse av totalsondering, Norsk geoteknisk forening, 1994.
- [8] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 5 - Veiledning for utførelse av trykksøndering, Norsk geoteknisk forening, 1982.
- [9] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 6 - Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk, Norsk geoteknisk forening, 1989.
- [10] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 11 - Veiledning for utførelse av prøvetaking, Norsk geoteknisk forening, 2013.
- [11] Statens vegvesen, Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 2016.



FORKLARINGER

- ⊙ Prøveserie
 - ⊖ Poretrykksmåler
 - ⊕ Totalsondering
 - ▽ Trykksondering (CPTU)
 - + Vingeboring
 - ⊕ Terrengekote
⊖ Bergkote
- Boret dybde i løsmasser + boret dybde i berg

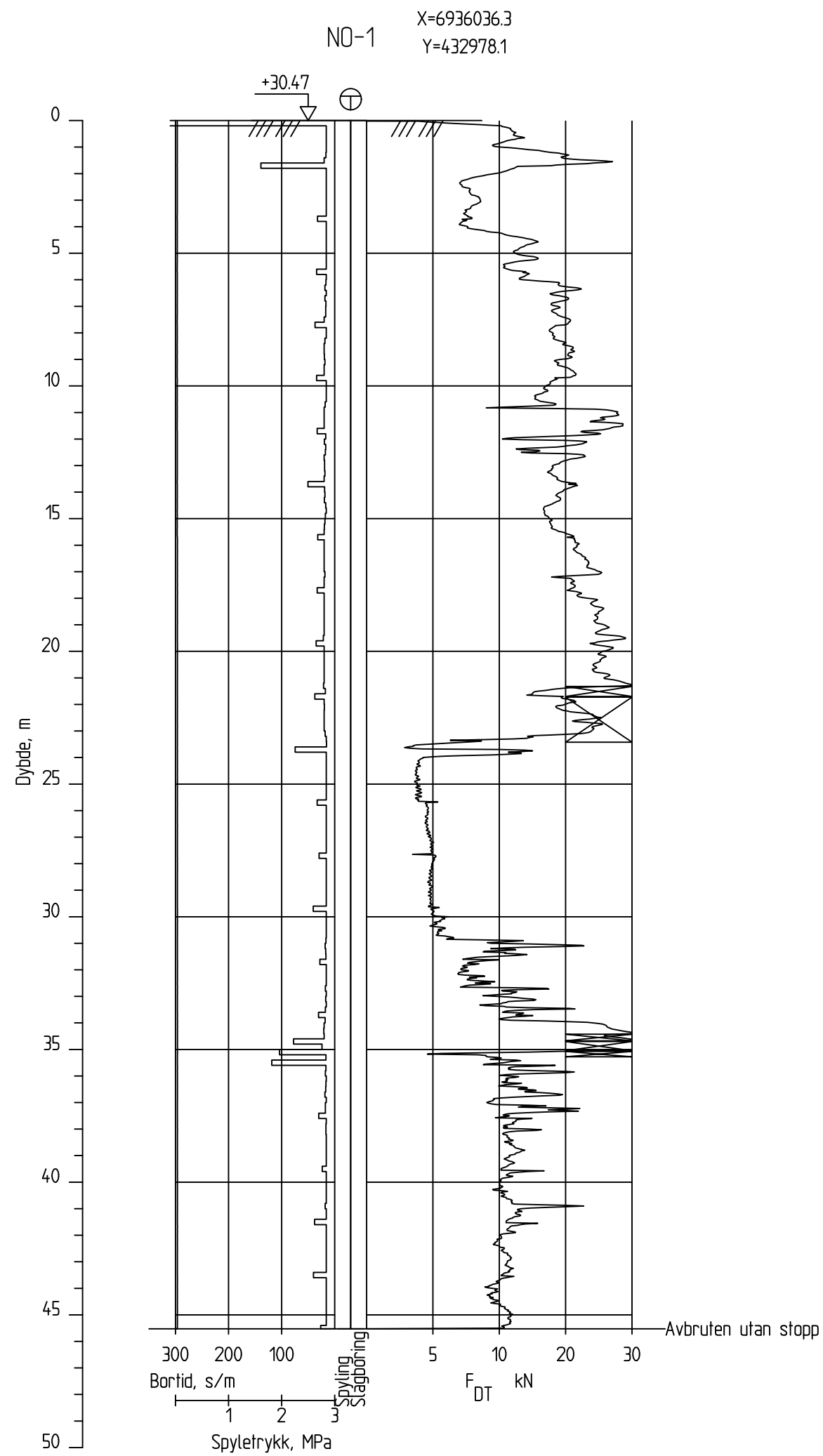
*X:\proppdrag\Mede\2\5207212\BNI\Cad\teknisk\Plan_Utført GRU_2000.dwg - ToHSo - Plottet: 2022-12-20, 10:02:34 - XREF = Plan_Utførte boringer_2000_Grunnlagkart

J02	2022-12-20	Rettet feil innmåling av pos. NO-3	ToHSo	SyTve	ToHSo
J01	2022-12-02	Til bruk	ToHSo	SyTve	ToHSo
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Rauma kommune Målestokk (gjelder A3)
1 : 2000


Utredning Kvesnes kvikkleirefasesone
Grunnundersøkelser
Utført feltarbeid



52207212 Utredning Kvesnes

Totalsondering
 M = 1 : 200
 Dato boret : 24.10.2022
 Borhull NO-1
 Posisjon: X 6936036.31 Y 432978.12

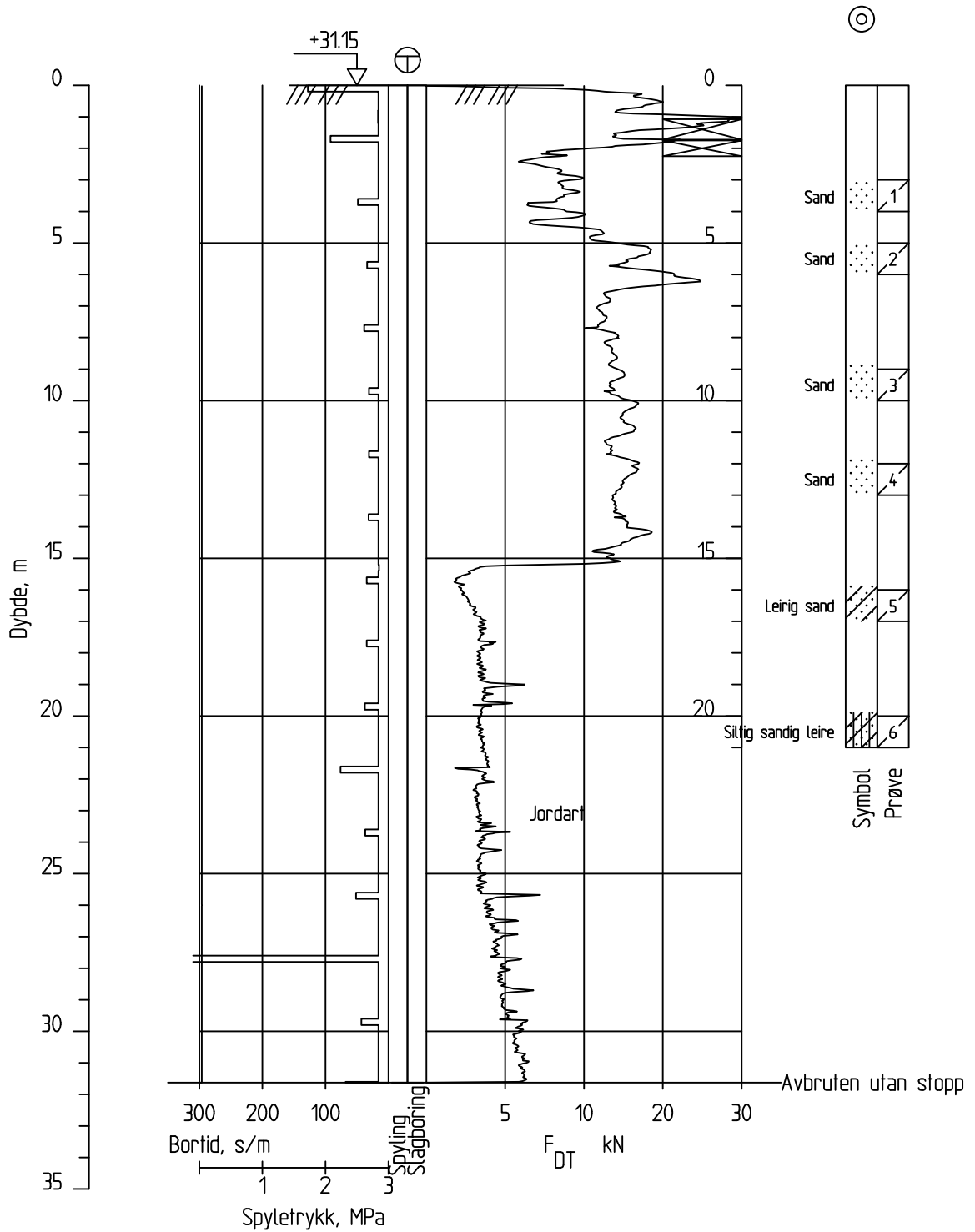
Forsök nr. :
 Sonde nr. :

Rapport nr. 52207212	Figur nr. 201
Tegner ToHSo	Dato: 22-12-02
Kontrollert SyTve	 Norconsult
Godkjent ToHSo	

X=6935925.0

Y=433069.5

NO-2



52207212 Utredning Kvesnes

Rapport nr.
52207212

Figur nr.
202

Totalsondering Borprofil

M = 1 : 200

Dato boret :24.10.2022

Borhull NO-2

Posisjon: X 6935925.03 Y 433069.47

Prøvetype :

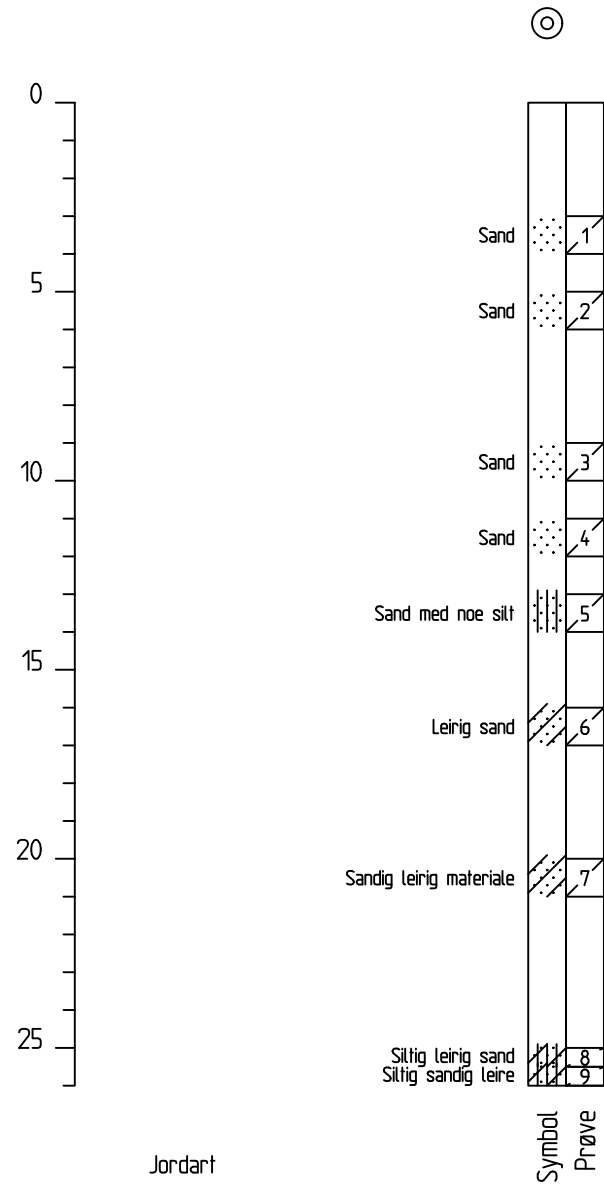
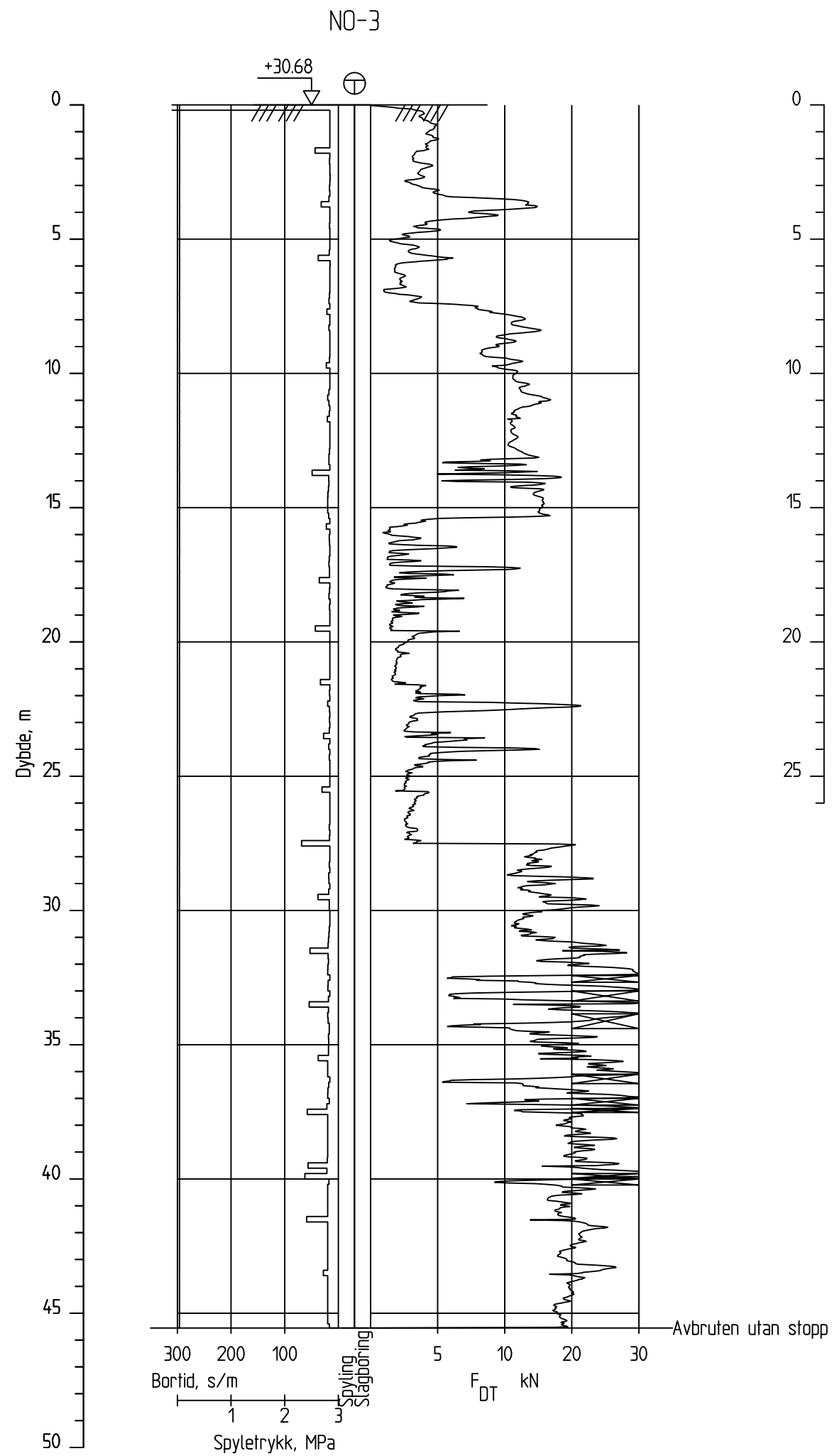
Tegner
ToHSø

Dato:
22-12-02

Kontrollert
SyTve

Godkjent
ToHSø

Norconsult



Jordart

52207212 Utredning Kvesnes

Totalsondering Borprofil
 M = 1 : 200
 Dato boret :24.10.2022
 Borhull NO-3
 Posisjon: X 6936031.44 Y 433241.52

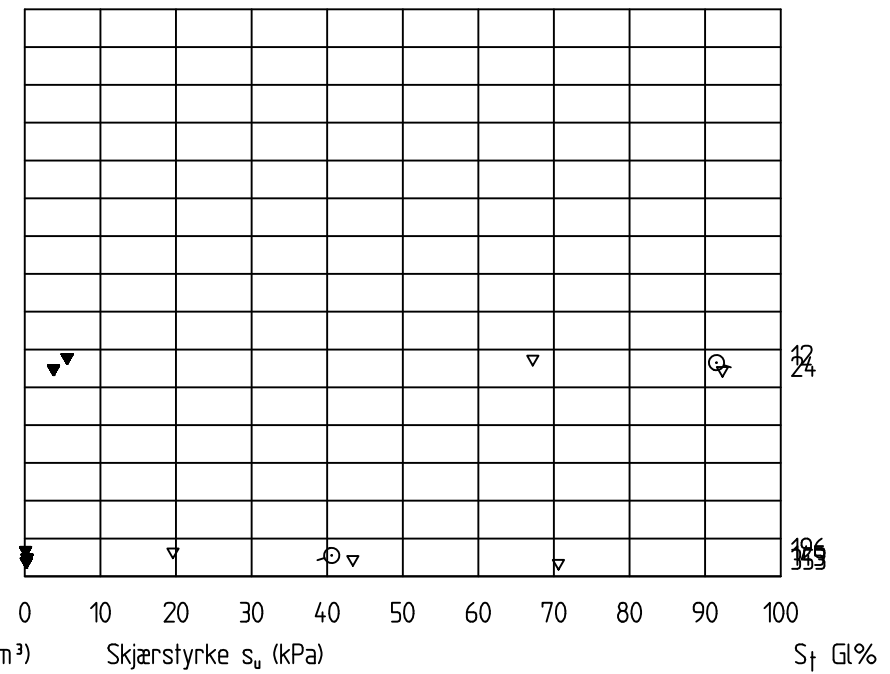
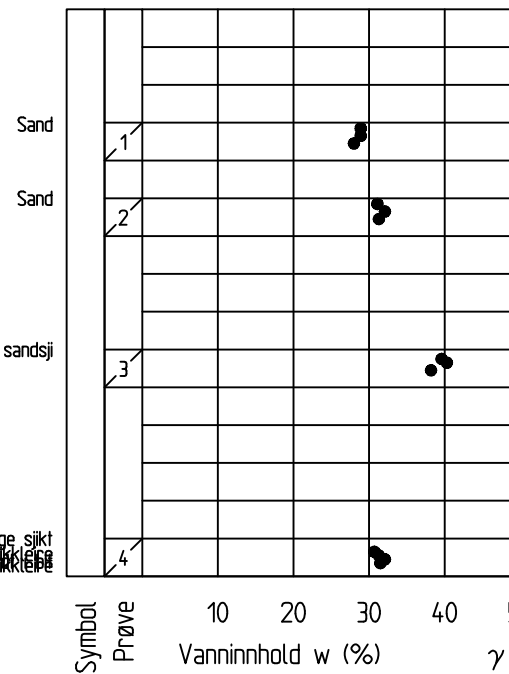
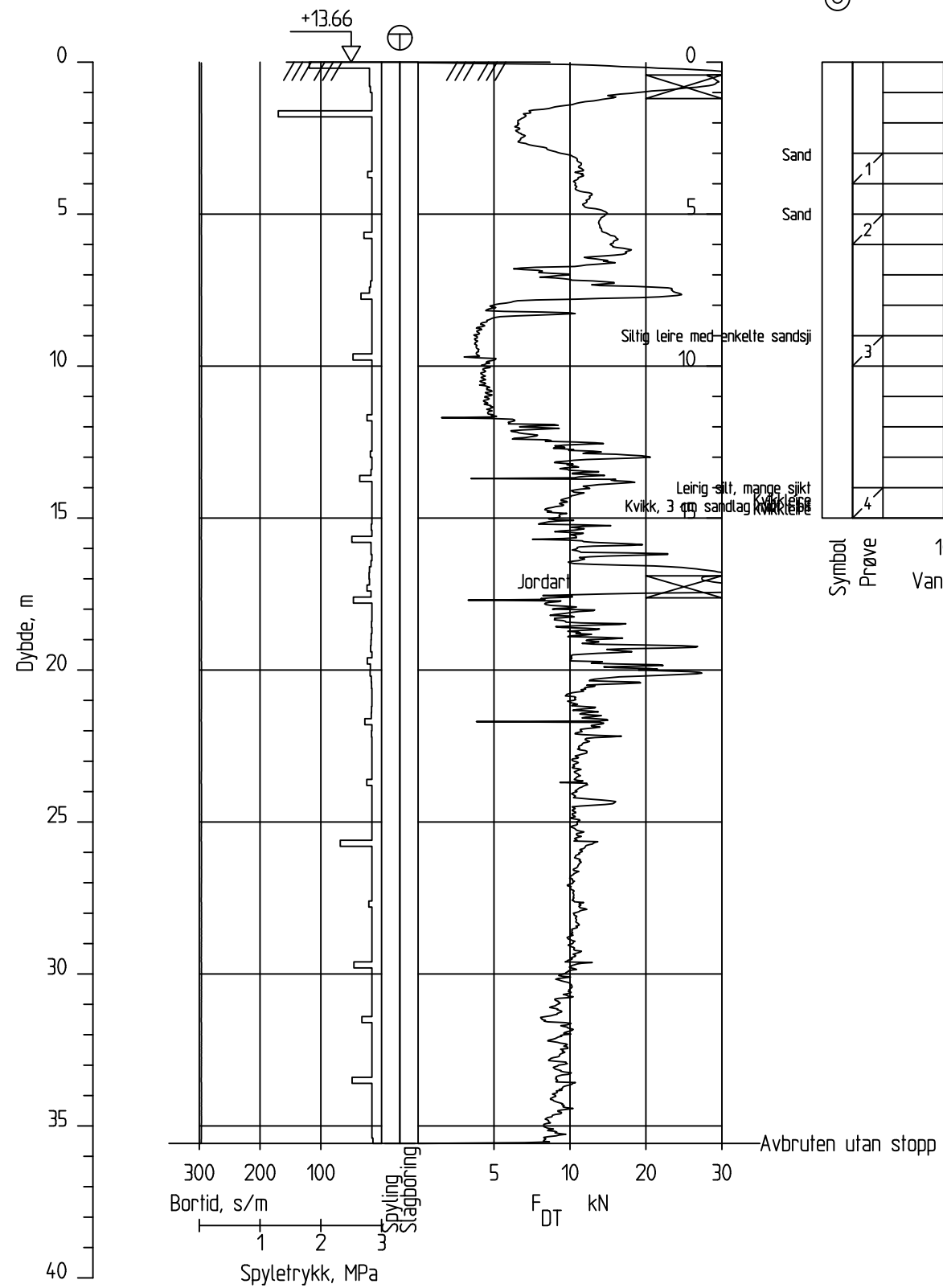
Prøvetype :

Rapport nr. 52207212	Figur nr. 203
Tegner ToHSo	Dato 22-12-20
Kontrollert SyTve	
Godkjent ToHSo	

X=6936042.8

Y=433044.5

NO-4



52207212 Utredning Kvesnes

Totalsondering Borprofil
 M = 1 : 200
 Dato boret :24.10.2022
 Borhull NO-4
 Posisjon: X 6936042.82 Y 433044.49

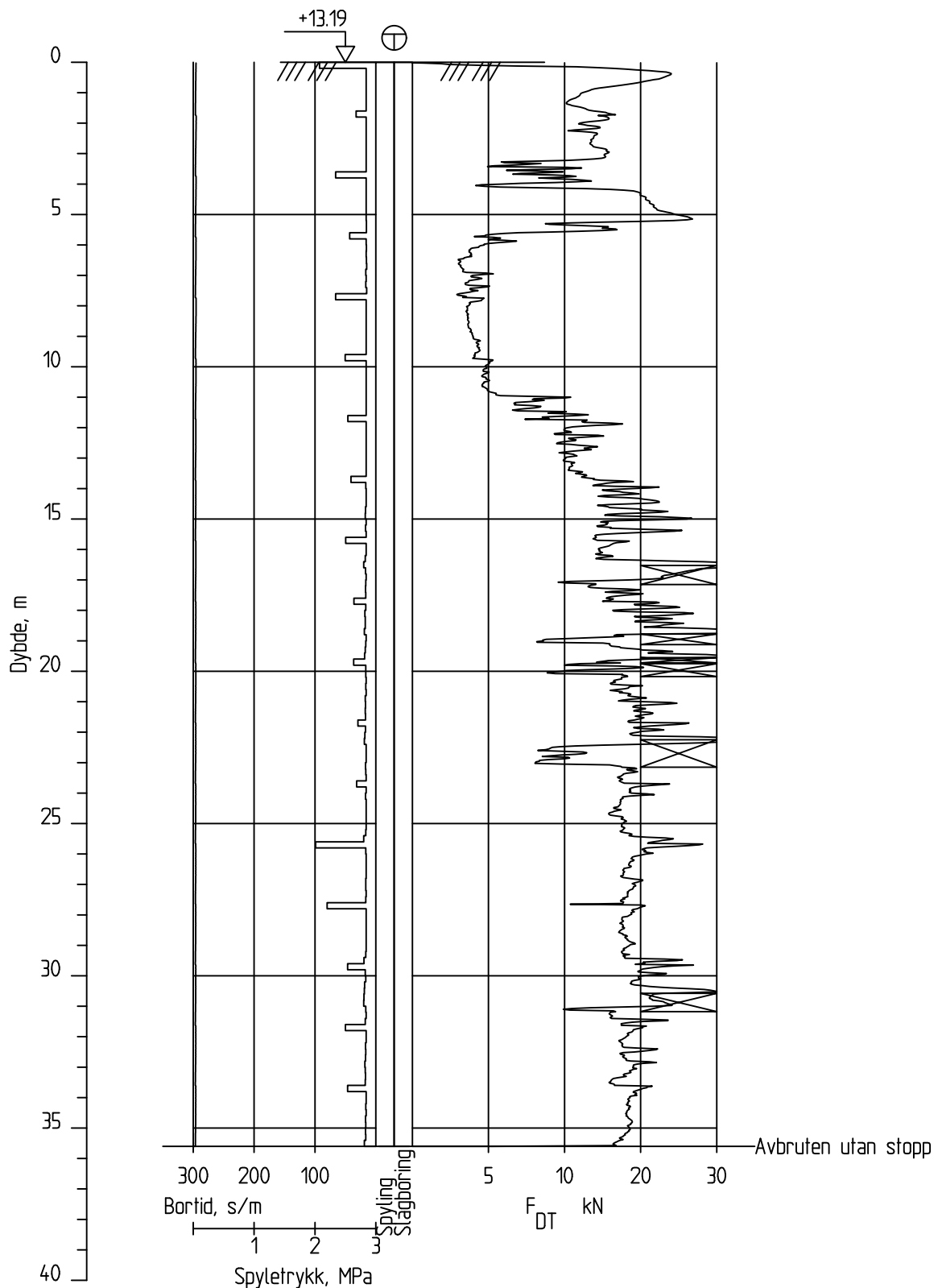
Prøvetype :

Rapport nr. 52207212	Figur nr. 204
Tegner ToHSo	Dato 22-12-02
Kontrollert SyTve	
Godkjent ToHSo	

X=6936058.9

Y=433154.8

NO-5



52207212 Utredning Kvesnes

Rapport nr.
52207212

Figur nr.
205

Totalsondering

M = 1 : 200

Dato boret :24.10.2022

Borhull NO-5

Position: X 6936058.92 Y 433154.76

Försök nr. :

Sonde nr. :

Tegner
ToHSo

Dato:
22-12-02

Kontrollerat
SyTve

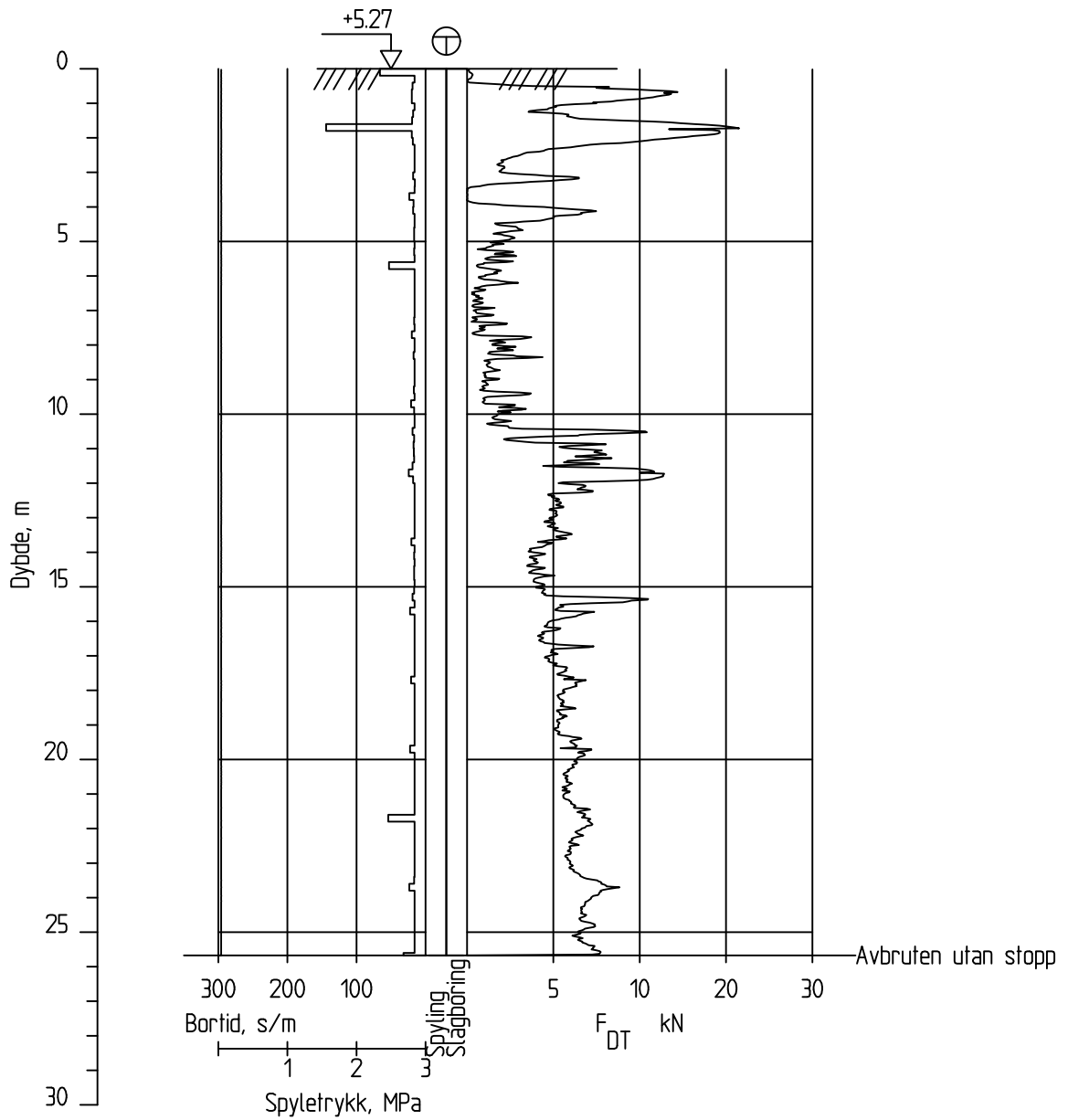
Godk.jent
ToHSo


Norconsult

X=6936334.2

Y=433029.5

NO-6



52207212 Utredning Kvesnes

Rapport nr.
52207212

Figur nr.
206

Totalsondering

M = 1 : 200

Dato boret :24.10.2022

Borhull NO-6

Posisjon: X 6936334.24 Y 433029.48

Forsök nr. :

Sonde nr. :

Tegner
ToHSø

Dato:
22-12-02

Kontrollert
SyTve

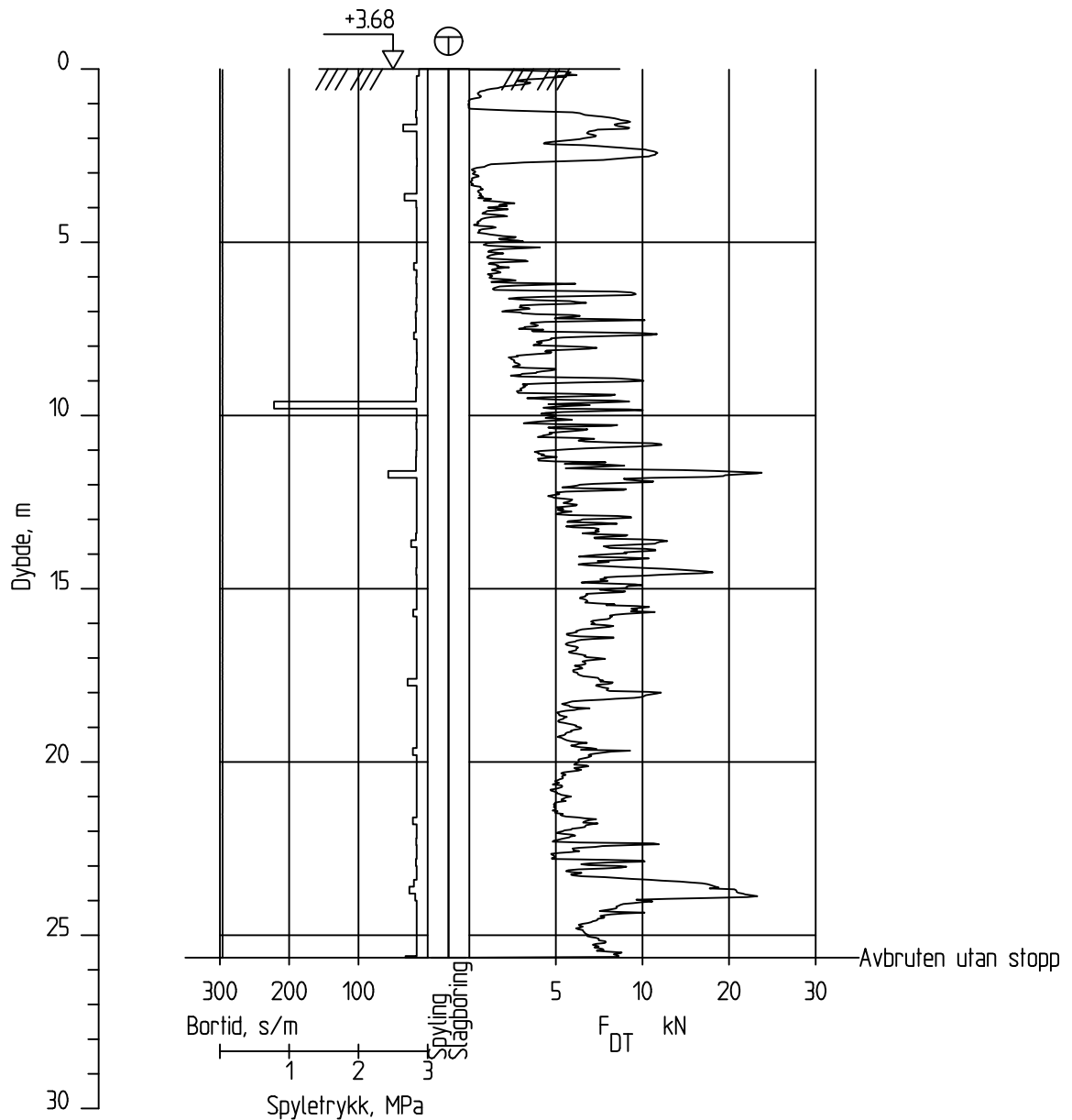
Godkjent
ToHSø


Norconsult

X=6936193.6

Y=433184.8

NO-7



52207212 Utredning Kvesnes

Rapport nr.
52207212

Figur nr.
207

Totalsondering

M = 1 : 200

Dato boret :24.10.2022

Borhull NO-7

Posisjon: X 6936193.62 Y 433184.83

Forsök nr. :

Sonde nr. :

Tegner
ToHSa

Dato:
22-12-02

Kontrollert
SyTve

Godkjent
ToHSa


Norconsult

Rauma kommune

► Utredning Kvesnes kvikkleirefaresone

Geoteknisk laboratorierapport

Oppdragsnr.: 52207212 Dokumentnr.: RIG-LAB01 Versjon: J01 Dato: 2022-11-28



Illustrasjonsfoto

Oppdragsnavn Utredning Kvesnes kvikkleirefaresone
Oppdragsgiver: Rauma kommune
Rådgiver: Norconsult AS, Grandfjæra 24, NO-6415 Molde
Fagansvarlig lab: Hilde Risung
Ansvarlig geotekniker Tommy Haugen Sjødis
Andre nøkkelpersoner: Vibeke Silseth Aspen

Prøver mottatt: 01.11.2022
Poseprøver: 15 stk.
54 mm-prøver: 4 stk.
Dato oppstart for prøvingen: 24.11.2022

J01	2022-11-28	Til bruk	VibAsp	HiRis	VibAsp
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

► Innhold

1	Forsøksresultater	4
2	Enaksiale trykkforsøk	6
3	Bilder	7
	3.1 Utskyvd prøvemateriale posisjon NO4	7
	3.2 Enaksiale trykkforsøk posisjon NO4	8
4	Referanser	9
5	Rapportering	10

1 Forsøksresultater

Tabell 1: Opptatte prøver og laboratoriearbeid

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	C _{ufc} [kPa]	C _{urfc} [kPa]	C _{uuc} [kPa]	ε _a [%]	γ [kN/m ³]
NO2	P	3,0-4,0	Sand						
NO2	P	5,0-6,0	Sand						
NO2	P	9,0-10,0	Sand med enkelte gruskorn						
NO2	P	12,0-13,0	Sand med enkelte gruskorn						
NO2	P	16,0-17,0	Leirig sand						
NO2	P	20,0-21,0	Siltig sandig leire						
NO4	54	3,0-4,0	Sand, noe vann						
		3,1-3,2	28,9						
		3,2-3,3							
		3,3-3,4	28,9						
		3,4-3,5							
		3,5-3,6	28,0						
		3,6-3,7							
NO4	54	5,0-6,0	Sand, mye vann						
		5,1-5,2	31,1						
		5,2-5,3							
		5,3-5,4	32,1						
		5,4-5,5							
		5,5-5,6	31,3						
		5,6-5,7							
NO4	54	9,0-10,0	Siltig leire med enkelte sandsjikt						18,5
		9,1-9,2							
		9,2-9,3	39,6	67,2	5,6				
		9,3-9,4	40,3			91,5	5,7	18,5	
		9,4-9,5							
		9,5-9,6	38,2	92,3	3,8				
		9,6-9,7							

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	C _{ufc} [kPa]	C _{urfc} [kPa]	C _{uuc} [kPa]	ε _a [%]	γ [kN/m ³]
NO4	54	14,0-15,0	Leirig silt, mange sjikt						19,7
		14,1-14,2							
		14,2-14,3							
		14,3-14,4	Kvikkleire	30,7	19,6	0,1			
		14,4-14,5		31,3			40,6	13,8	19,6
		14,5-14,6	Kvikk , 3 cm sandlag midt i bit	32,1	43,4	0,3			
		14,6-14,7	Kvikkleire	31,5	70,6	0,2			
NO3	P	3,0-4,0	Sand						
NO3	P	5,0-6,0	Sand						
NO3	P	9,0-10,0	Sand						
NO3	P	11,0-12,0	Sand						
NO3	P	13,0-14,0	Sand med noe silt						
NO3	P	16,0-17,0	Leirig sand						
NO3	P	20,0-21,0	Sandig leirig materiale						
NO3	P	25,0-25,5	Siltig leirig sand						
NO3	P	25,5-26,0	Siltig sandig leire						

Jordartsklassifisering er visuelt klassifisert. Skjærfasthet (konus) er utført iht. ISO 17892-6:2017.

Klassiferingen sprøbruddmateriale og kvikkleire er C_{ur} ≤ 1,27 kPa for sprøbruddmateriale og C_{ur} ≤ 0,33 kPa for kvikkleire. Disse er også markert med **fet skrift**.

Symboler:

54	Uforstyrret 54 mm sylinderprøve
P	Poseprøve (representativ)
W	Naturlig in-situ vanninnhold
C _{ufc}	Intakt skjærfasthet (konus)
C _{urfc}	Omrørt skjærfasthet (konus)
C _{uuc}	Intakt skjærfasthet (enaks)
ε _a	Aksial bruddtøyning (enaks)
γ	Tyngdetetthet

2 Enaksiale trykkforsøk

Figur 1 Enaksiale trykkforsøk i posisjon NO4

3 Bilder

3.1 Utskyvde prøvemateriale posisjon NO4

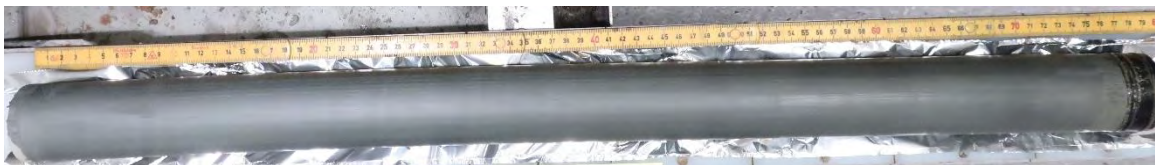
Dybde 3,0-4,0 m



Dybde 5,0-6,0 m



Dybde 9,0-10,0 m



Dybde 14,0-15,0 m



3.2 Enaksiale trykkforsøk posisjon NO4

Dybde 9,3-9,4 m



Dybde 14,4-14,5 m



4 Referanser

- Ref. 1 SVV (2016): Håndbok R210 – Laboratorieundersøkelser. Statens vegvesen*
- Ref. 2 NGF (2011): Melding nr. 2 – Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk, identifisering og klassifisering av jord. Norsk geoteknisk forening, datert 2011.*
- Ref. 3 CEN ISO/TS 17892-1:2014 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Laboratorieprøving av jord - Del 1: Bestemmelse av vanninnhold.*
- Ref. 4 CEN ISO/TS 17892-2:2014 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser - Laboratorieprøving av jord - Del 2: Bestemmelse av romdensitet.*
- Ref. 5 CEN ISO/TS 17892-6:2017 Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 6: Fall cone test.*
- Ref. 6 CEN ISO/TS 17892-7:2004 Geotechnical investigation and testing -- Laboratory testing of soil -- Part 7: Unconfined compression test on fine-grained soils.*

5 Rapportering

❖ Vanninnhold

Vanninnhold regnes som forhold mellom masse vann og masse tørrstoff i prøven. Vanninnhold kan bestemmes både for representative- og uforstyrrede prøver.

$$w = \frac{\text{masse fuktig} - \text{masse tørr}}{\text{masse tørr prøve}}$$

Vanninnhold bestemmes ved veiing før og etter tørking av materialet til konstant vekt.

Vanninnholdene i

Tabell 1 og kornfordelingskurvene, som er fra samme prøvedybde, kan variere. Ved avvik benyttes vanninnholdet fra Tabell 1.

❖ Kornfordeling, klassifisering, telefarlighet og gradering

Kornfordeling defineres som masseandel av standardiserte kornstørrelsesgrupper i prøven.

Kornfordeling av prøvemateriale bestemmes ved bruk av sikter og vekter, samt hydrometer hvis materialet har høyt innhold av finstoff. Materialet kan enten vaskes og tørkes i forkant av siktingen, eller siktes fuktig. Våtsikting evt. kombinert med slemmeanalyse brukes når materialets telefarlighet skal bestemmes (*kombianalyse*).

Resultatene presenteres som kornfordelingskurver der akkumulert %-vekt oppgis mot kornstørrelse. I tilfelle kombianalyse kombineres resultatene fra sikting og hydrometeranalysen til én kurve.

For klassifisering benyttes gruppene oppgitt i Tabell 2.

Tabell 2 Kornstørrelsesgrupper

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

Primære bestanddeler angis i substantivform, mens de sekundære bestanddelene evt. gis som ett eller flere adjektiver (f.eks. *siltig sandig leire*).

Telefarlighet kan bedømmes ut fra materialets kornfordeling etter Tabell 3.

Tabell 3 Regler for inndeling i telegrupper

Telegruppe	Masseprosent av matr. <20mm		
	<0,002mm	<0,02mm	<0,2mm
Ikke telefarlig T1		< 3	
Litt telefarlig T2		3 - 12	
Middels telef. T3	1)	> 12	< 50
Meget telef. T4	< 40	> 12	> 50

1) *jordarter med mer enn 40% < 0,002 mm regnes som middels telefarlige*

Materialets gradering kan bestemmes fra kornfordelingskurvens helning i området der 10% og 60% av materialet passerer ved sikting.

$$c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Hvis dette av praktiske grunner ikke lar seg utføre brukes d_{75} og d_{25} . Materialets gradering kan beskrives etter retningslinjer gitt i Tabell 4.

Tabell 4 Betegnelser basert på graderingstallet

C_u	Betegnelse
< 5	Ensgradert
5 - 15	Middels gradert
> 15	Velgradert

❖ Humusinnhold

Humusinnhold i mineraljordarter bestemmes med glødetapsmåling og regnes som masse organisk materiale dividert med masse tørrstoff i prøven.

$$GL = \frac{\text{masse tørket} - \text{masse glødet}}{\text{masse glødet prøve}}$$

Humusinnhold kan bestemmes både for representative- og uforstyrrede prøver, og presenteres etter retningslinjer gitt i Tabell 75.

Tabell 5 Betegnelser basert på humusinnhold

%	Betegnelse
2 - 6	Humusholdig
6 - 20	...torv
>20	Torv

❖ Korndensitet

Korndensitet (eller relativ densitet) for finkornede jordarter som leire, silt og sand kan bestemmes ved bruk av pyknometer Korndensiteten regnes som

$$\rho_s = \frac{\text{partiklenes tørrmasse}}{\text{partiklenes reelle volum}}$$

❖ Konsistensgrenser og plasititet

Konsistensgrenser defineres som vanninnholdsområdet der prøven oppfører seg plastisk (formbar). Nedre grensen (plastisitetsgrense, w_p) defineres som vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten å sprekke opp. Øvre grensen (flytegrense, w_L) defineres som vanninnholdet der materialet går over til flytende tilstand. Plastisitetsindeks defineres som

$$I_p = w_L - w_p$$

og brukes for å angi det plastiske området for jordarten samt for klassifisering.

❖ Tyngdetetthet

Tyngdetetthet av prøver regnes som masse per volum ganget med jordens grunnakselerasjon. Den kan bestemmes for uforstyrrede prøver, enten for en hel sylinder eller for en mindre prøvebit.

❖ Deformasjons- og konsolideringsegenskaper

Deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved evaluering av forventet setning og tidsforløp ved endring i spenningstilstand. Modellparametere for setningsberegning kan evalueres ved hjelp av belastningsforsøk i laboratoriet. Forsøkene utføres i såkalt ødometerapparat, der prøver belastes vertikalt samtidig som vertikal deformasjon måles. Sideveis deformasjon er hindret av en stiv ring.

Aksiell last, aksiell tøyning og poretrykksforhold under prøven registreres gjennom forsøket. Forsøkene kan utføres med kontinuerlig belastning (CRS/CRP) eller evt. ved en simulert trinnvis belastning.

En generell modell for spenningsmodul kan defineres som

$$M = m\sigma_a \left(\frac{\sigma' - \sigma_r'}{\sigma_a} \right)^{1-n}$$

Formuleringen beskriver konstant-, lineært økende- og parabolisk økende modell, som gjerne benyttes for å beskrive OC leire (konstant med $n=1$), NC leire og fin silt (lineært økende med $n=0$) eller sand og grov silt (parabolisk økende med $n=0,5$).

Tolkning av ødometerforsøk gir verdier på M , m og n .

❖ Skjærfasthet

Drenert skjærfasthet

På effektivspenningsbasis er skjærfastheten avhengig av effektivspenning normalt på bruddplanet.

$$\tau_f = (a + \sigma') \cdot \tan(\phi)$$

Modellparameterne kan bestemmes ved treaksialforsøk i laboratoriet. Spenningsforholdene for slike forsøk bør presiseres av prosjekterende på forhånd slik at resultatene blir mest mulig representative for det aktuelle tilfellet.

Udrenert skjærfasthet

På totalspenningsbasis beskrives skjærfastheten som skjær-belastningen materialet tåler før det bryter sammen. Totalspenningsanalyse analyser benyttes for å beskrive materialoppførsel av finkornige jordarter, ved plutselige eller raske spenningsendringer. Udrenert skjærfasthet defineres som

$$c_u = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2}$$

Skjærfastheten bestemmes ved en rekke forsøk i laboratorium og i felt, og målemetoden oppgis derfor i parameternavnet etter retningslinjer gitt i Tabell 6.

Tabell 6 Betegnelse for udrenert skjærfasthet basert på målemetode

Udrenert skjærfasthet	Målemetode
C _{uC}	Aktivt teaksialforsøk (compression test)
C _{uE}	Passivt treaksialforsøk (extension test)
C _{uD}	Direkte skjærforsøk
C _{ufc} (uomrørt), C _{urfc} (omrørt)	Konusforsøk
C _{uuc}	Enaksialt trykkforsøk

Residual skjærfasthet etter brudd/omrøring kalles omrørt skjærfasthet, c_{ur} . Omrørt skjærfasthet kan være vesentlig lavere enn uforstyrret skjærfasthet.

Forholdet mellom uforstyrret og omrørt skjærfasthet kalles sensitivitet og defineres som

$$S_t = \frac{C_u}{C_{ur}}$$

Sensitivitet kan presenteres etter retningslinjer gitt i Tabell 7.

Tabell 7 Betegnelse basert på sensitivitet

Betegnelse av sensitivitet	Betegnelse av leire	St (-)
Lav	Lite sensitiv	< 8
Middels	Middels sensitiv	8 - 30
Høy	Meget sensitiv	> 30

Variasjoner i skjærfasthet og presentasjon av måledata

Udrenert skjærfasthet er avhengig av bruddflatens retning ift. hovedspenningenes retning in-situ. Udrenert skjærfasthet fra alle spenningsområder (aktivt-, direkte- og passivt spenningsområde) kan evalueres med forsøk listet opp i Tabell 6.

I tillegg til å måle varierte materialeegenskaper vil bestemmelser av den samme parameteren ha en viss spredning på grunn av de ulike forsøktypene.

Resultater fra enkelte forsøk kan være påvirket av flere faktorer (som f.eks. steininhold eller interne sprekker i prøvebiten).

Ved visuell presentasjon av måleresultater plottes alle typer forsøk på samme figur, med én målestokk for skjærfastheten C_u . Forsøktypen oppgis med symbol på figuren.

Ved sammenstilling av laboratoriedata utføres ingen korrigerende for anisotropi.

❖ Prøvelagring

Hvis laboratorieforsøk ikke utføres umiddelbart etter ankomst til laboratoriet, blir prøvene lagret i et eget kjølerom.

Kjølerommet har lufttemperatur på ca. 5°C.

Generell beskrivelse felt og laboratoriearbeid

Generell beskrivelse av sonderboring og grunnvannsmåling

Totalsondering gir grunnlag for å bestemme løsmassetykkelse og dybder til fast grunn eller antatt berg. Sonderingen gir såkalt sikker bergpåvisning ved 3 m innboring i berg. Tolkning av resultatene kan gi en indikasjon på lagdeling og aktuelle jordarter.

Trykksondering (CPTU) utføres ved nedpressing av en sonde som måler spissmotstanden jorda gir på sondens spiss, samt friksjon og poretrykk på sondens overflate. Resultatet blir brukt til å vurdere lagdeling, jordart og spenningsforholdene i grunnen (in-situ spenning). Mekaniske jordparametere som fasthetsegenskaper og deformasjonsegenskaper kan også bestemmes.

Piezometre installeres for måling av porevanntrykket i grunnen. Piezometre presses ned i grunnen sammen med et stålrør som vil stikke opp over terreng. Røret må stå urørt i måleperioden. Vanntrykket ved filteret i piezometer-spissen registreres enten hydraulisk som stighøyde i en plastslange inne i røret eller elektronisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filteret. Porevanntrykket måles manuelt i felt. Alternativt kan et piezometer installeres med dataminne for automatisk logging og registrering av naturlige eller menneskeskapt variasjoner over en valgt periode. Hensikten med å måle poretrykket i grunnen er å bestemme spenningsforholdene i bakken (in-situ spenning).

Grunnvannsbrønner installeres normalt for måling av grunnvannstanden i det øvre jordlaget. Ofte består grunnvannsbrønnen av et perforert PVC-rør som er installert i en gitt dybde. Vann i grunnen vil trenge inn i røret og innstille seg på nivået for det naturlige grunnvannsspeilet, i den gitte sonen som røret er installert i. Grunnvannstanden måles manuelt i felt. Alternativt kan brønnen installeres med dataminne for automatisk logging og registrering av naturlige eller menneskeskapt variasjoner over en valgt periode.

Vedlegg C, D og E viser tegnforklaring for plan- og profiltegning, totalsondering og CPTU.

Generell beskrivelse av prøvetaking og laboratoriearbeid

Naverboring og ramprøvetaking benyttes for opptak av omrørte prøver i leire, silt, sand og grus. Omrørte prøver egner seg kun til en grov identifisering og klassifisering av jordartene. Prøvene overføres til plastposer i felten før de fraktes til laboratoriet.

I laboratoriet kan det foretas en visuell klassifisering og beskrivelse av massene. I tillegg er det mulig å utføre en grov identifisering av jordartene ved kornfordelingsanalyser, og måling av vanninnhold og humusinnhold. Både naver- og ramprøver kan brukes til å identifisere laggrensene ved overgang mellom ulike jordartstyper.

Stempelprøvetaker benyttes til opptak av uforstyrrede sylindrerprøver i leire, silt, løst lagret sand og organiske jordarter. Uforstyrrede prøver skal ha materialstruktur og vanninnhold så lik som mulig det jordarten har i sin naturlige lagring i grunnen. Uforstyrrede prøver egner seg til en generell identifisering og klassifisering av jordartene. I tillegg kan fysiske/mekaniske egenskaper bestemmes for jordarten. Det gjelder bestemmelse av materialstyrke, deformasjonsegenskaper og permeabilitet.

Sylinderprøver skyves ut av sylindren i laboratoriet og det foretas visuell klassifisering og beskrivelse av massene. Vanninnhold, densitet og enkle styrkedata bestemmes ved rutineundersøkelser. I tillegg kan det utføres kornfordelingsanalyser, plastisitetanalyser og måling av humusinnhold.

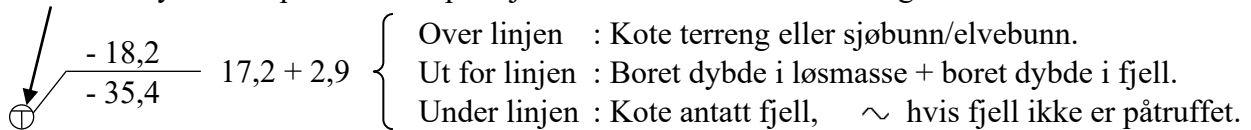
Ødometerforsøk i laboratorium benyttes til å bestemme jordens forkonsolideringsspenning og deformasjonsegenskaper. Ødometeret gir en endimensjonal deformasjonstilstand som er en forenkling av virkeligheten, men som samtidig er godt tilpasset de vanligste beregningsmodeller for setninger. Beregningsmodeller for setninger er som regel basert på endimensjonal konsolideringsteori.

Treaksialforsøk i laboratorium benyttes for å bestemme jordens styrkeegenskaper. For en uforstyrret prøve av leire/silt forsøker en å ta utgangspunkt i den opprinnelige spenningstilstanden prøven hadde i grunnen og deretter teste prøven til brudd ved et skjærforsøk. Skjærforsøket kan utføres med ulike hovedspenningsretninger avhengig av hvilken belastningssituasjon en ønsker å teste for. For testing av en prøve av sand må prøven bygges inn i apparaturen med ulik grad av komprimering. Fordi naturlig lagringsfasthet i grunnen oftest er ukjent, vil det være ønskelig å kjøre flere forsøk der prøvene bygges inn med ulik grad av komprimering. Styrkeparametrene bestemmes deretter som en funksjon av lagringstetthet.

PLAN

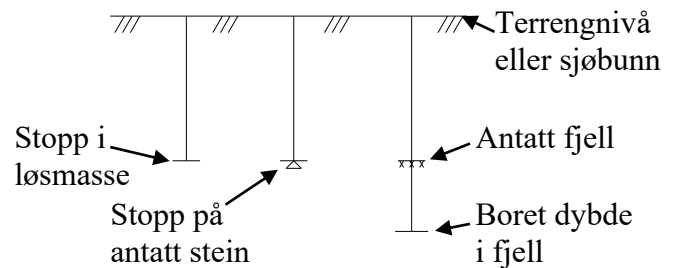
- | | | |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| ○ Enkel sondering | ● Dreiesondering | ◊ Dreietrykksondering |
| ⊗ Fjellkontrollboring | ⊕ Totalsondering | ▽ Trykksondering |
| + Vingeboring | ▼ Ramsondering | ⊖ Standard Penetration Test (SPT) |
| □ Prøvegrop | ⊙ Prøveserie | ⊞ Prøvegrop med prøveserie |
| ☪ Vannprøver | ⊖ Vannstandsmåling | ⊖ Porettrykksmåling |
| ⊗ Permeabilitetsmåling | ⊞ Prøvebelastning | ■ Setningsmåling |
| ⊖ Elektrisk sondering | ^^ Fjell i dagen | |

Metodesymbol er plassert i borposisjon. Evt. flere utførte sonderinger er markert ved siden av.

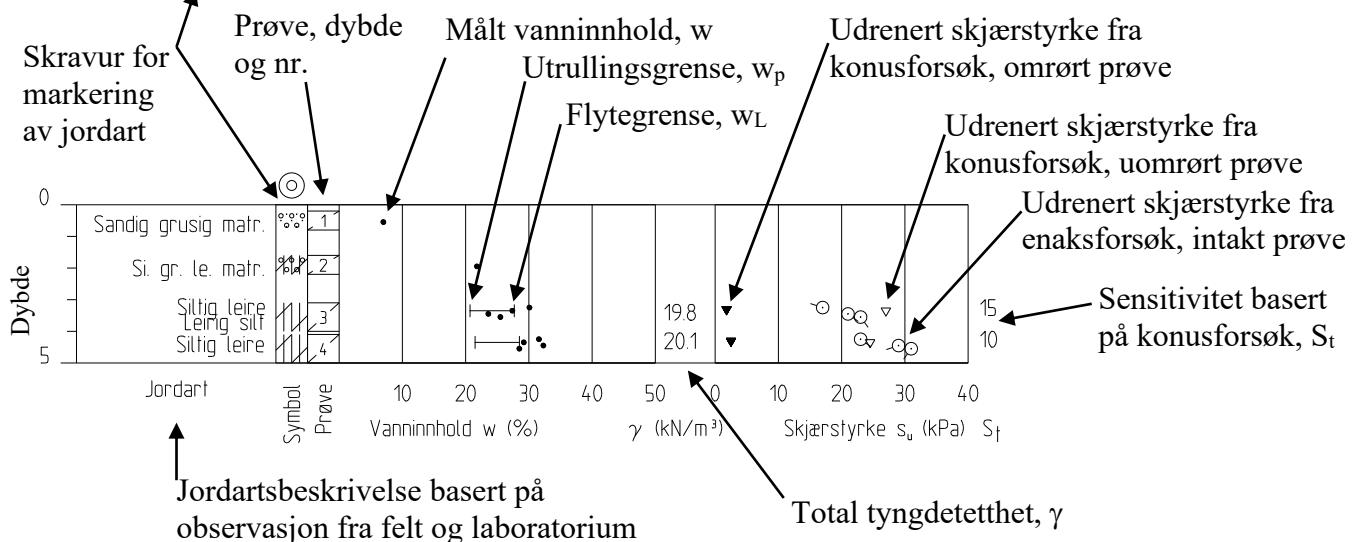


PROFILER

- | | | | |
|-----------------------|------|---|---|
| Enaksialt trykkforsøk | (Su) | | (¹⁵) - (5) - (10) = aksial deformasjon ved brudd |
| Torsjonsvinge | (Su) | * | |
| Penetrometer | (Su) | □ | |



- | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--|-------|--|---------|--|-------------------|--|-------------------|--|--------|--|-------------|--|---------------|
| | Leire | | Silt | | Sand | | Grus | | Stein | | Blokk | | Moreneleire | | Grusig morene |
| | Fyllmasse | | Fjell | | Matjord | | Torv/planterester | | Trerester/sagflis | | Skjell | | Gytje/dye | | |



Prosedyrer og presentasjon

Geotekniske tegninger, plan og profiler

Norconsult

MÅLESTOKK

M =

DATO

RAPPORT

VEDLEGG

UTFØRT
Arne Kavli

KONTROLLERT
Torgeir Døssland

C

Utstyr: Ø 57 mm butt borekrone med tilbakeslagsventil.
Ø 44 mm borestenger.

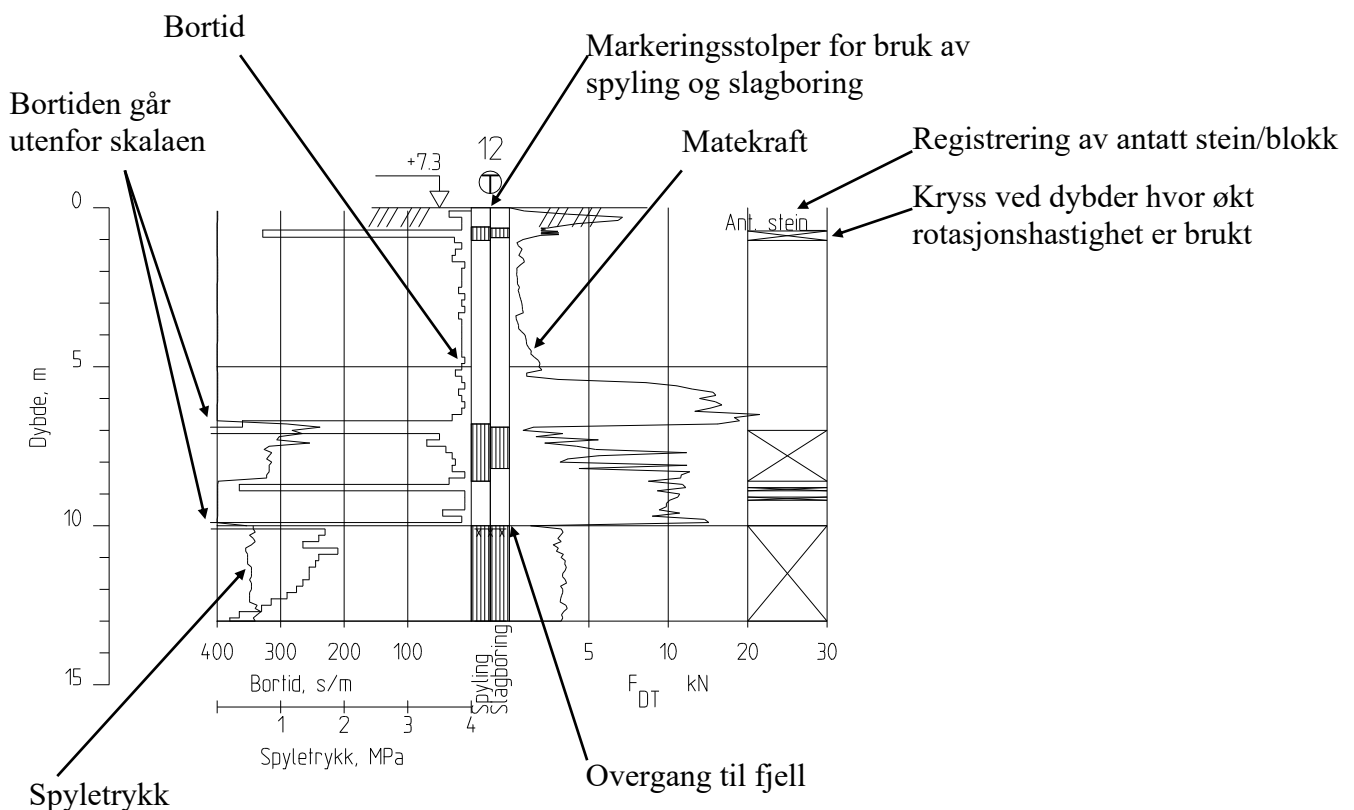
Som dreietrykksondering: Konstant rotasjonshastighet 25 omdreiningar/min.
Nedpressingshastighet 3 m/min (20 sek/m).

Når normert nedtrengningshastighet ikke er mulig, økes rotasjonshastigheten til 75 omdreiningar/min.

Som fjellkontrollboring: Dersom nedtrengingen igjen stopper opp, går en over til prosedyre som for fjellkontroll. Dvs. at en først setter på spyling, hvorefter når stopp i nedtrenging fører til at en også setter på slaghammer.

Med denne prosedyren kan det bores gjennom steiner og ned i fjell. Ved påvisning av fjell, bør det bores 2-3 meter ned i antatt fjell.

Presentasjon: Skravur for vannspyling og slag i egne kolonner.
Kurver for nedpressingskraft, boretid og spyletrykk.
Kryss for markering av økt rotasjon.



Prosedyrer og presentasjon

Borprofil - Totalsondering



MÅLESTOKK

M =

DATO

UTFØRT
Arne Kavli

KONTROLLERT
Torgeir Døssland

PROSJEKT

VEDLEGG

D