

Elkem AS Bremanger

► **Geoteknisk datarapport**

Elkem Bremanger

Grunnundersøkelser

Oppdragsnr.: 5203427 Dokumentnr.: 5203427-RIG-R01 Versjon: J01 Dato: 2020-06-08



Oppdragsgiver: Elkem AS Bremanger
Oppdragsgivers kontaktperson: Thomas Sætren
Rådgiver: Norconsult AS, Grandfjæra 24, NO-6415 Molde
Oppdragsleder: Tove Brudevoll Skotheim
Fagansvarlig: Simone Dorigato
Andre nøkkelpersoner: Kristin Reitan, Synne Tveiten, Hilde Risung, Christofer Klevsjø

Nøkkelinfo	Forklaring	
Emneord	Geotekniske grunnundersøkelser, Datarapport	
Fylke	Vestland	
Kommune	Bremanger	
Sted	Elkem Bremanger	
Koordinatsystem	EUREF-89, UTM-sone 32	
Høydesystem	NN2000	
Prosjektkoordinater	Nord: 6854446	Øst: 304632

J01	2020-06-08	For bruk	KrRei	ChKle	TBrSk
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.

► Sammendrag

Norconsult er engasjert av Elkem AS Bremanger for å utføre geotekniske grunnundersøkelser i forbindelse med bygging av nytt felles kontrollrom på Elkem i Bremanger kommune.

Det er utført totalsonderinger i 5 posisjoner, hvor det er boret mellom 15,0-31,0 meter i løsmasser. Det er ikke påtruffet berg i det utførte sonderingene.

Boremotstanden i løsmassene kan generelt beskrives som lagdelt med topplag med relativt høy boremotstand over et lag av middels boremotstand, før boremotstanden igjen øker til høy/meget høy til endt boring.

Det er utført prøvetaking i 1 posisjon, hvor det er utført korngraderingsanalyse på samtlige prøver som i hovedsak viser sandig grusig jordmateriale, med noe innslag av silt, men prøven fra 3,4-4 meter utmerker seg med et relativt høyt glødetap på 8,2% (materialet klassifiseres som siltig sandig leirig torv).

Denne rapporten er en ren datarapport som oppsummerer resultater fra geotekniske grunnundersøkelser. Geoteknisk vurdering gis i separat dokument.

► Innhold

1	Orientering	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Aktuelt område	5
1.3	Flyfoto	6
1.4	Løsmassekart	7
1.5	Generell informasjon	8
2	Felt- og laboratoriearbeid	9
2.1	Generell informasjon om feltarbeidet	10
2.2	Generell informasjon om laboratoriearbeidet	10
3	Resultater – grunnundersøkelser	11
3.1	Totalsondering	11
3.2	Kommentarer fra borelogg	11
3.3	Prøvetaking	12
3.4	Lagdeling	12
4	Laboratorieresultater	13
5	Bilder	14
5.1	Bilder fra feltarbeidet	14
5.2	Bilder fra laboratoriearbeidet	15
6	Referanser	17

Innhold	Format	Målestokk	Tegn. Nr.
Boreplan – utførte grunnundersøkelser	A3	1:500	V100
Enkeltsonderinger	A3	1:200	V101-V102

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

1 Orientering

1.1 Bakgrunn

Norconsult AS er engasjert av Elkem AS Bremanger for å utføre geotekniske grunnundersøkelser i forbindelse med bygging av nytt felles kontrollrom på Elkem i Bremanger kommune.

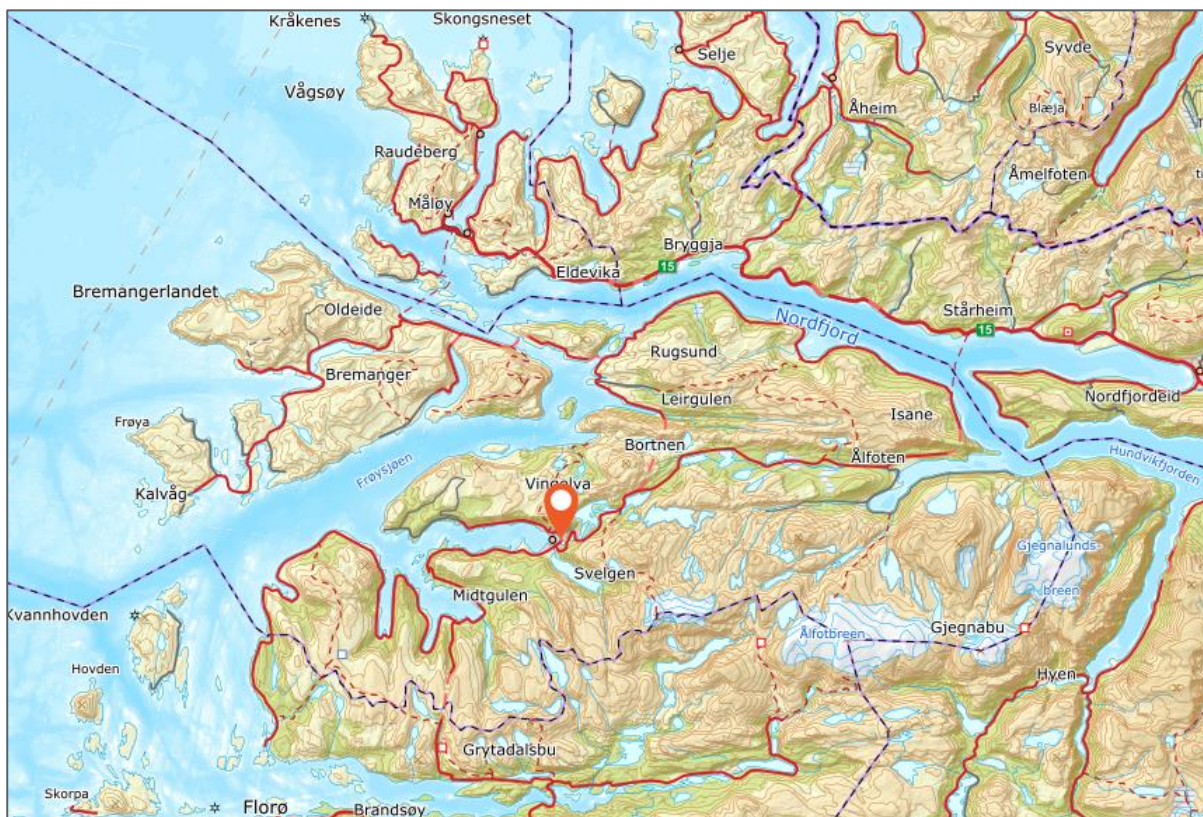
Feltarbeidet skal sammen med laboratorieanalyser gi grunnlag for geotekniske vurderinger av området. Hensikten med datarapporten er å:

- Presentere resultatene fra felt- og laboratorieundersøkelsene.
- Beskrive registrerte grunnforhold.

Rapporten er en ren datarapport som oppsummerer resultater fra geotekniske grunnundersøkelser. Geoteknisk prosjektering eller rådgiving er ikke innbefattet her.

1.2 Aktuelt område

Det aktuelle undersøkelsesområdet er på land, inne på Elkem sitt industriområde, som ligger ved sjøen innerst i fjorden Nordgulen i Svelgen i Bremanger kommune. Undersøkelsesområdet er markert med rød knappenål i Figur 1.



Figur 1: Oversikt over beliggenhet (indikert med rød knappenål) til undersøkelsesområdet, Ref. 1.

1.3 Flyfoto

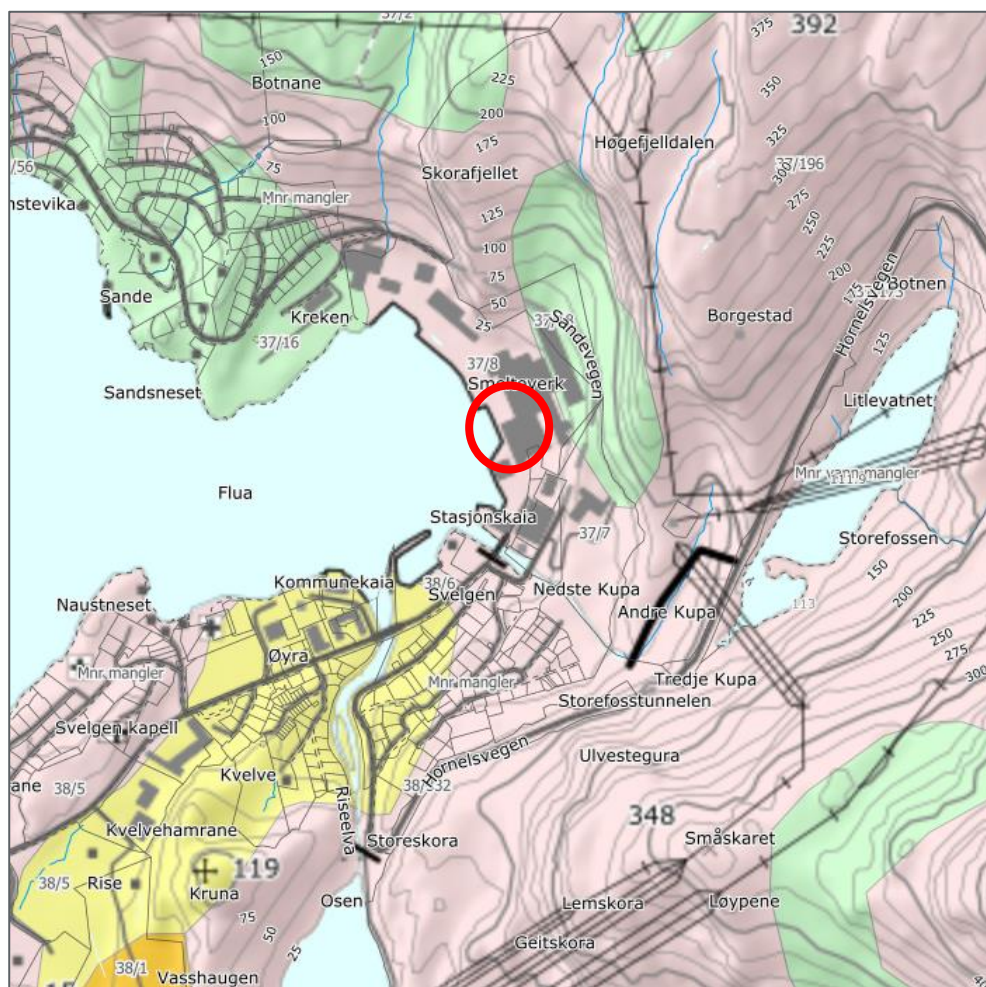


Figur 2: Flyfoto av det aktuelle området, Ref. 1. Undersøkelsesområdet er ringet inn med rød sirkel.

1.4 Løsmassekart

Løsmassene innenfor den aktuelle tomten består, ifølge NGU sitt løsmassekart av bart fjell som stort sett mangler løsmasser (rosa) og usammenhengende eller tynt dekke av morenemateriale over berggrunn (grønt). Øvrige avsetninger i nærområdet er elveavsetninger (gult) og breelavsetninger (oransje).

Løsmassekartet til NGU gir kun en indikasjon på hva et øvre lag i jordprofilen består av. For å få kjennskap til grunnens egenskaper i dybden er det nødvendig med geotekniske grunnundersøkelser.

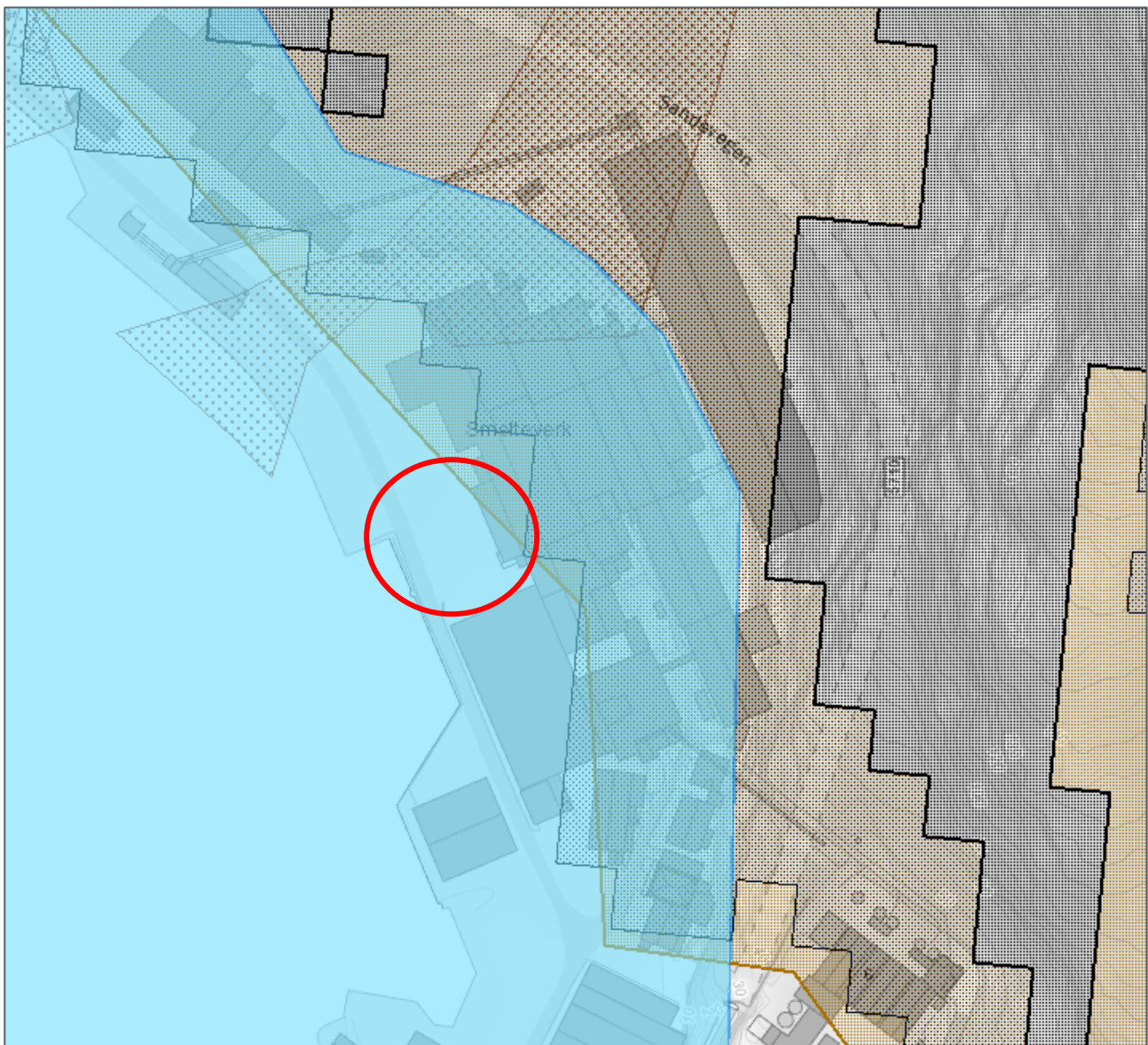


Figur 3: Løsmassekart fra NGU, Ref. 2. Området som er undersøkt er ringet inn med rød sirkel.

1.5 Generell informasjon

Aktsomhetsområder:

Aktsomhetskart fra NVE viser at området er delvis innenfor, eller rett i nærheten av aktsomhetsområde for snøskred, steinsprang, samt jord- og flomskred. I tillegg er det aktuelle området under marin grense. Det er ikke registrert kvikkleire/sprøbruddmateriale i aktsomhetskartet. Det er presentert et utklipp fra NVEs aktsomhetskart for naturfare i Figur 4.



Figur 4: Aktsomhetskart fra NVE, Ref. 3. Det aktuelle området er ringet inn med rød sirkel.

2 Felt- og laboratoriearbeid

Feltarbeidet ble utført i uke 18 i 2020. Norconsults grunnundersøkelsesavdeling i Molde utførte feltarbeidet under ledelse av boreleder Svein Hallvard Hagerup. Fremgangsmåten ved feltarbeidet er i samsvar med anbefalinger og veiledninger utgitt av Statens vegvesen og Norsk Geoteknisk Forening, som beskrevet i Ref. 4, Ref. 5 og Ref. 6

Boreposisjonene og tilhørende terrenghøyder er innmålt med CPOS-korrigert GPS. Koordinater er gitt i koordinatsystem EUREF-89, UTM-sone 32 og høydesystem NN2000. Tabell 1 oppsummerer utført feltarbeid mht. posisjon, undersøkelsesmetode og boreddybde ved totalsondering. Boreplan over utførte grunnundersøkelser, Tegning V100 gir samme oversikt.

Feltarbeidet er utført i 6 posisjoner. Følgende program ble gjennomført:

- 5 totalsonderinger
- Opptak av totalt 4 poseprøver i posisjon NO11 med naverboring.

Alle prøvene er analysert ved Norconsults geotekniske laboratorium i Molde.

Laboratoriearbeidet er utført i uke 21 og 22 i 2020, i samsvar med retningslinjer utgitt fra Statens vegvesens Håndbok R210 (Ref. 8) og NGF Melding nr. 2 (Ref. 7).

Vedlegg A gir generell beskrivelse av felt og laboratoriearbeid. Vedlegg B forklarer geotekniske plan- og profiltegninger. Vedlegg C er tegnforklaring – totalsondering.

Tabell 1: Borpunktliste.

Borpunkt	EUREF89, UTM33 , NN2000			Metode	Boreddybde (TOT)	
	X (Nord)	Y (Øst)	Z (Høyde)		Løsm. [m]	Berg [m]
NO1	6854476.6	304616.7	2.6	TOT	15,0	-
NO2	6854479.4	304621.5	2.7	TOT	21,3	-
NO3	6854449.6	304638.3	2.3	TOT	15,0	-
NO4	6854446.5	304632.4	2.3	TOT	15,0	-
NO5	6854439.6	304617.4	2.2	TOT	31,0	-
NO11	6854461.0	304627.9	2.4	PRV	-	-

TOT: Totalsondering, PRV: Prøveserie

2.1 Generell informasjon om feltarbeidet

En totalsondering gir grunnlag for å bestemme lagdeling i løsmasser og dybde til fast grunn eller antatt berg. Sonderingen gir såkalt sikker bergpåvisning ved 3 meter innboring i berg. Ellers gir resultatene grunnlag for å identifisere jordarter og lagdeling, samt vurdere relativ fasthet i grunnen.

Resultatene fra feltundersøkelsen er vist i Tegning V101-V102. For en generell beskrivelse av felt- og laboratoriearbeider henvises det til Vedlegg A. Vedlegg B gir forklaring til geotekniske plan- og profiltegninger. Vedlegg C gir forklaring til opptegning av totalsonderinger.

Tabell 2: Generell informasjon feltarbeid.

Feltarbeid	
Dato for utførelse	Uke 18, 2020
Boreleder	Svein Hallvard Hagerup
Type borerigg	Geotech 505FM - 20
Relevante standarder	Ref. 4, Ref. 5, Ref. 6
Resultater	V101-V102

2.2 Generell informasjon om laboratoriearbeidet

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

For naverprøver er det i laboratoriet foretatt visuell klassifisering og beskrivelse av massene. I tillegg gjøres en grov identifisering av jordartene v.h.a. kornfordelingsanalyser, og måling av vanninnhold og humusinnhold.

Tabell 3: Generell informasjon laboratoriearbeid.

Laboratoriearbeid	
Dato for utførelse	Uke 21 og 22, 2020
Laborant	Synne Tveiten og Hilde Risung
Relevante standarder	Ref. 7, Ref. 8
Resultater	Kapittel 4 og Tegning V101-V102

3 Resultater – grunnundersøkelser

Resultater fra feltundersøkelser er vist på Tegning V101-V102. Resultater fra laboratorieundersøkelser er vist i kapittel 4

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

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.

3.1 Totalsondering

Det er utført totalsondering i 5 posisjoner, hvor det er boret mellom 15,0 og 31,0 meter i løsmasser. Det er ikke påtruffet berg i noen av posisjonene.

På grunnlag av utførte totalsonderinger tolkes de stedlige masser fra terrengnivå generelt som:

NO1:

Relativt høy boremotstand helt fra start boring. Ved ca. 2 meters dybde kommer en inn i et parti med middels boremotstand, før boremotstanden øker igjen ved ca. 3,5 meter. Fra 3,5 meters dybde varierer massene mellom faste og middelsfaste masser, ned til ca. 10 meters dybde, hvor det er en tydelig overgang til faste/meget faste masser.

NO2, NO3, NO4, NO5:

De øvrige boringene viser mange likhetstrekk og kan generelt beskrives som:

Løsmasser med relativt høy boremotstand i topp over et parti med middels boremotstand, før boremotstanden igjen øker betraktelig. NO2 og NO5 er boret noe dypere enn NO3 og NO4.

3.2 Kommentarer fra borelogg

Borehull	Feltkommentar
NO10	Miljøprøver og geotekniske prøver: Stopp på 0,3m. Forboret til 0,55m med storkrone. Fortsatt stopp med naver, forboret til 0,95m med naver. Fortsatt stopp med naver, forboret til 2m. Naver 2-3m. Stopp på 3,8m, lite masse som kommer opp og den er utrensket. Forboret videre, veldig fast, løsner litt på 4,55m. Naver 4,55-4,85m, full stopp. Må rotere naver motsatt vei for å få den opp, massene er utrensket og ikke representativ.
NO11*	Miljøprøver: Naver 0-6m. Grove masser med store steiner fra 1m, mesteparten blir rensket av naver på vei opp. Tar ut det som ser homogent ut, men blir små prøver. Siste prøve 5-6m kommer opp rensket, ingen prøve.
NO9	Miljøprøver: Får ikke tatt bilde da vi må ta av naver mens den kommer opp, da massene ristes av pga. steinfyllt grunn. Prøver å forbore videre med storkrone, veldig hardt å storkronen sliter med å komme ned, stopper på 1m. For hardt for naverprøver. Prøver fra 0,0-0,7 m sand, grus, stein, organisk.
NO8	Miljøprøver: Sand, grus, stein

*Utført laboratorieanalyser ved geoteknisk laboratorium.

3.3 Prøvetaking

Det er utført miljøprøvetaking i 4 posisjoner – disse presenteres i separat rapport. I tillegg er det utført geoteknisk prøvetaking i 1 posisjon. Resultatene er presentert i Tegning V102, og kapittel 4.

Prøvetakingen er utført i posisjon NO11 fra 2,0 til 5,0 meters dybde. Det er utført korngraderingsanalyse på samtlige prøver og viser i hovedsak sandig grusig jordmateriale, med noe innslag av silt, men prøven fra 3,4-4 meter utmerker seg med et relativt høyt glødetap på 8,2% (materialet klassifiseres som siltig sandig leirig torv). Vanninnholdet for prøvene varierer mellom 8,9 og 33,9%. Analysen viser videre at det både forekommer materiale i teleklasse T2 og T4, som er hhv. litt telefarlig og meget telefarlig materiale.

3.4 Lagdeling

Boringene viser en viss lagdeling på totalsonderingene, men dette er ikke verifisert med prøvetaking i flere posisjoner. I hovedsak ser man en lagdeling med topplag med relativt høy boremotstand over et lag av middels boremotstand, før boremotstanden igjen øker til høy/meget høy til endt boring.

4 Laboratorieresultater

Se vedlegg D for benyttede metoder ved laboratorieanalyser.

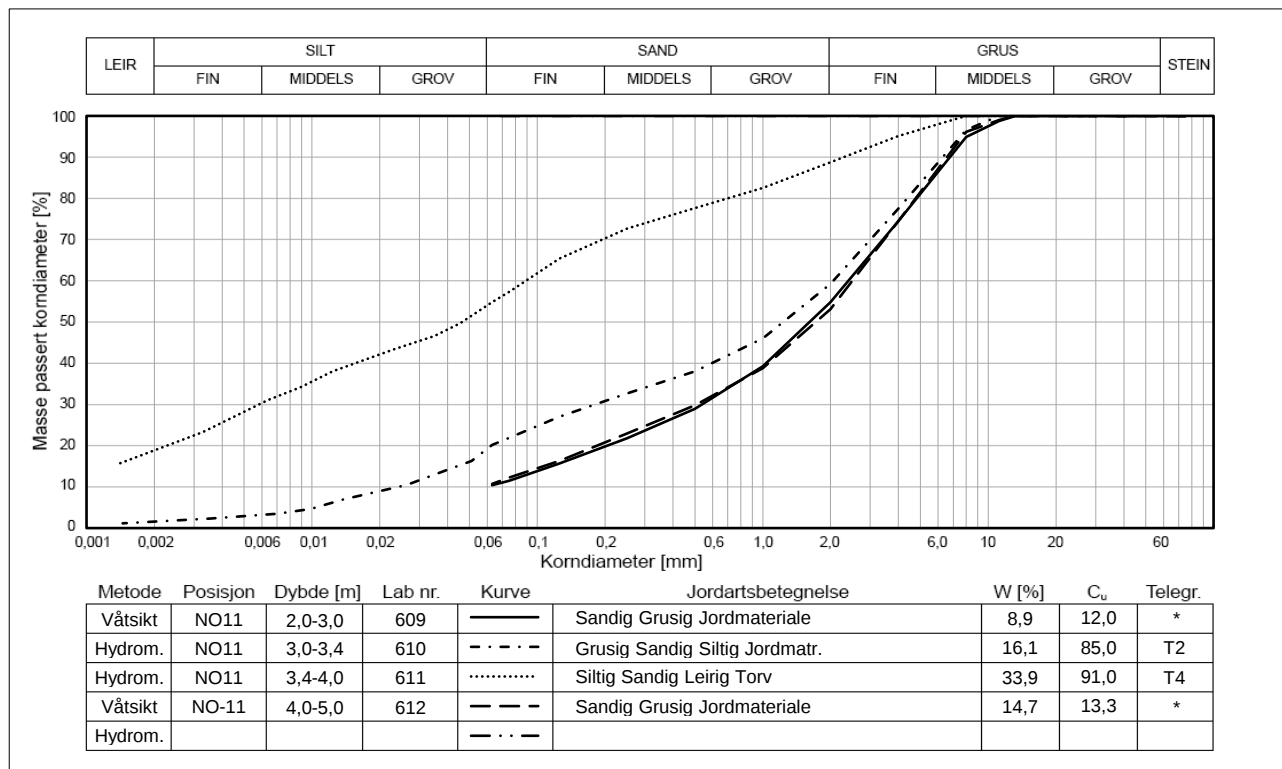
Tabell 4: Opptatt prøvemateriale og laboratorieresultater.

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	GI [%]
NO11	P	2,0-3,0	Sandig Grusig Jordmateriale	8,9	*	
NO11	P	3,0-3,4	Grusig Sandig Siltig Jordmateriale	16,1	T2	
NO11	P	3,4-4,0	Siltig Sandig Leirig Torv	33,9	T4	8,2
NO11	P	4,0-5,0	Sandig Grusig Jordmateriale	14,7	*	

Utført i lab: W=vanninnhold, TG=telegruppe, GI=glødetap. Jordartsklassifisering basert på korngraderingsanalyser er markert med **fet skrift**.

*Våtsikting

Tabell 5: Kornfordelingskurve for prøvene i posisjon NO11.



5 Bilder

5.1 Bilder fra feltarbeidet



Bilde 1: Opptak av poseprøver i posisjon NO11. Presentert med stigende dybde fra venstre til høyre. Hhv. 0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, 3-4 m og 4-5 m.

5.2 Bilder fra laboratoriearbeidet



Bilde 2: Poseprøve fra posisjon NO11, dybde 2-3 meter.



Bilde 3: Poseprøve fra posisjon NO11, dybde 3-3,4 meter.



Bilde 4: Poseprøve fra posisjon NO11, dybde 3,4-4 meter.



Bilde 5: Poseprøve fra posisjon NO11, dybde 4-5 meter.

6 Referanser

- Ref. 1 Norgeskart-karttjeneste, tilgjengelig fra: <https://www.norgeskart.no> (avlest: 03.06.2020)
- Ref. 2 NGU-karttjeneste, tilgjengelig fra: [http://geo.ngu.no/kart/løsmasse mobil/](http://geo.ngu.no/kart/løsmasse_mobil/) (avlest: 03.06.2020)
- Ref. 3 NVE atlas-karttjeneste, tilgjengelig fra: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#> (avlest: 03.06.2020)
- Ref. 4 Statens vegvesen, Håndbok R211 Feltundersøkelser, Statens vegvesen, 1997
- Ref. 5 Norsk Geoteknisk Forening, Melding nr. 9 – Veiledning for utførelse av totalsondering, Norsk Geoteknisk Forening, 1994.
- Ref. 6 Norsk Geoteknisk Forening, Melding nr. 11 – Veiledning for utførelse av prøvetaking, Norsk Geoteknisk Forening, 2013.
- Ref. 7 Norsk Geoteknisk Forening, Melding nr. 2 – Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk. Identifisering og klassifisering av jord, Norsk Geoteknisk Forening 2011.
- Ref. 8 Statens vegvesen, Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 2016.

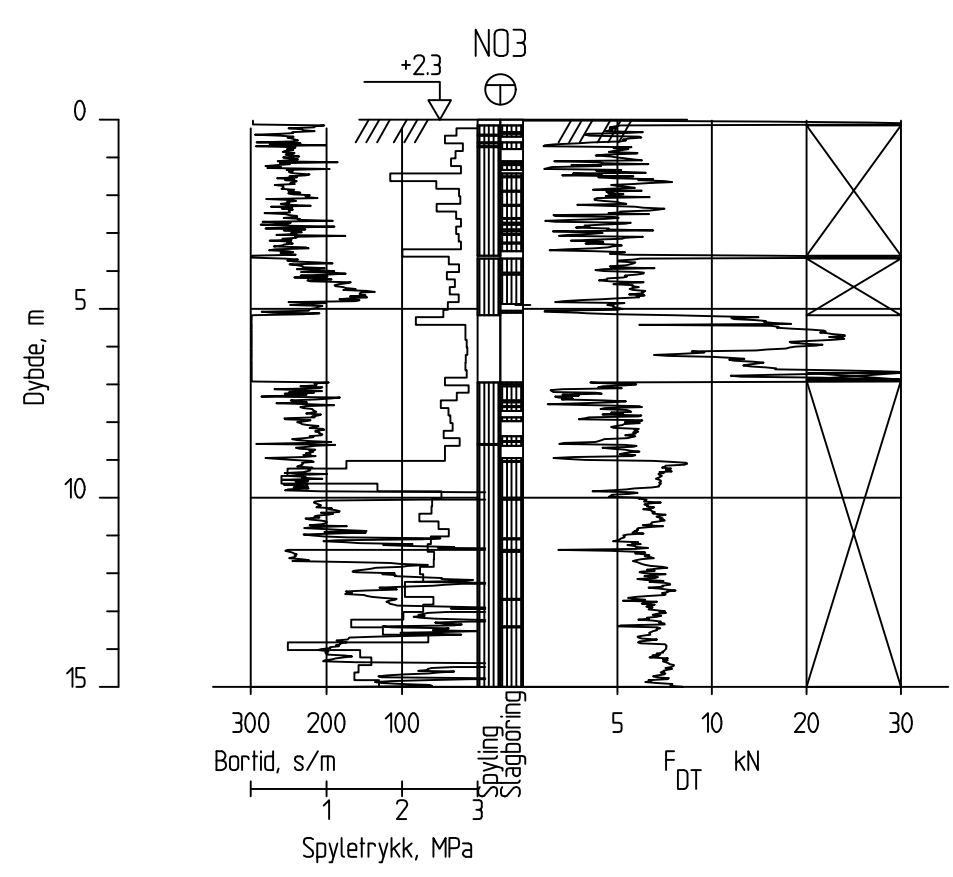
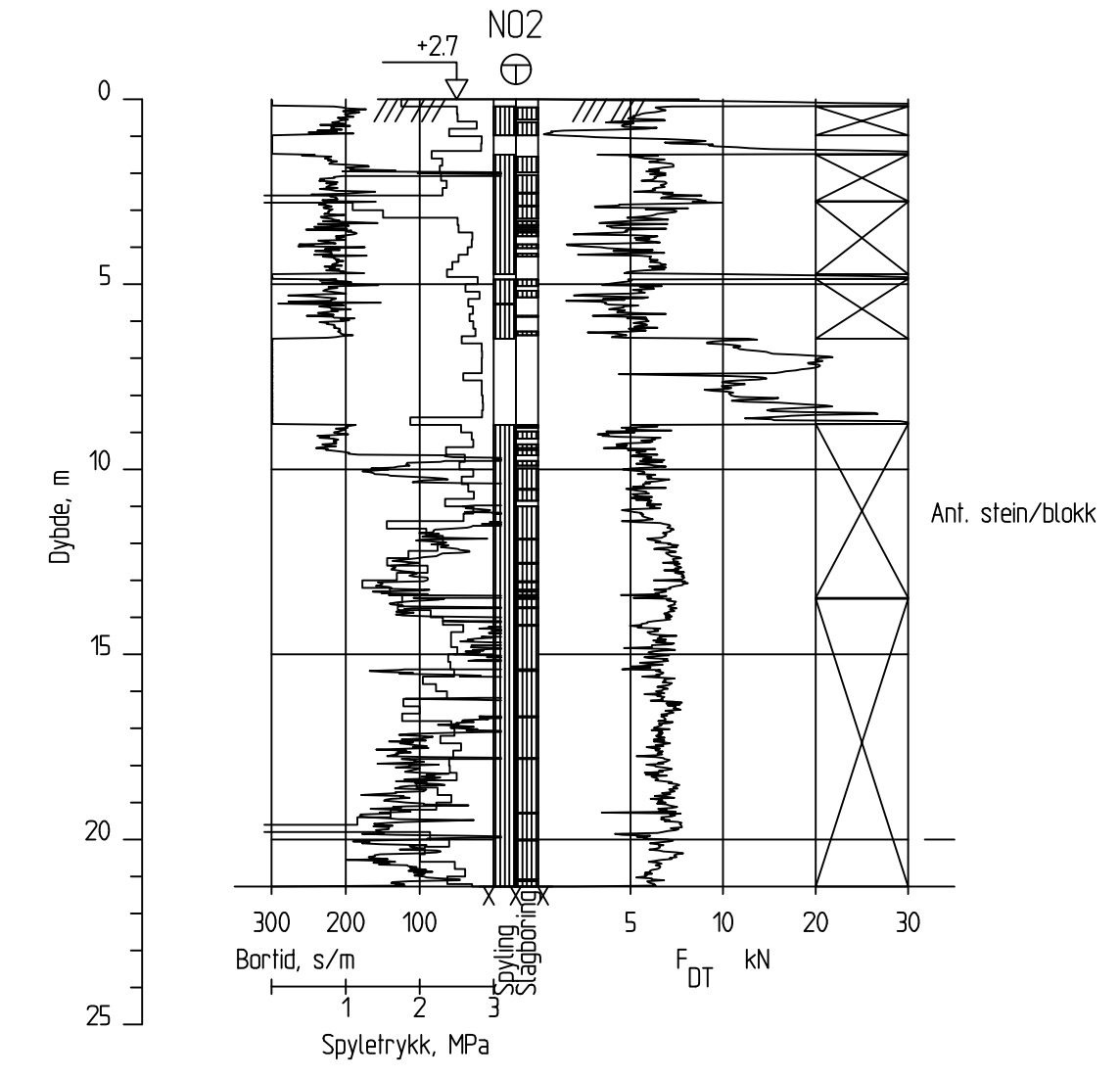
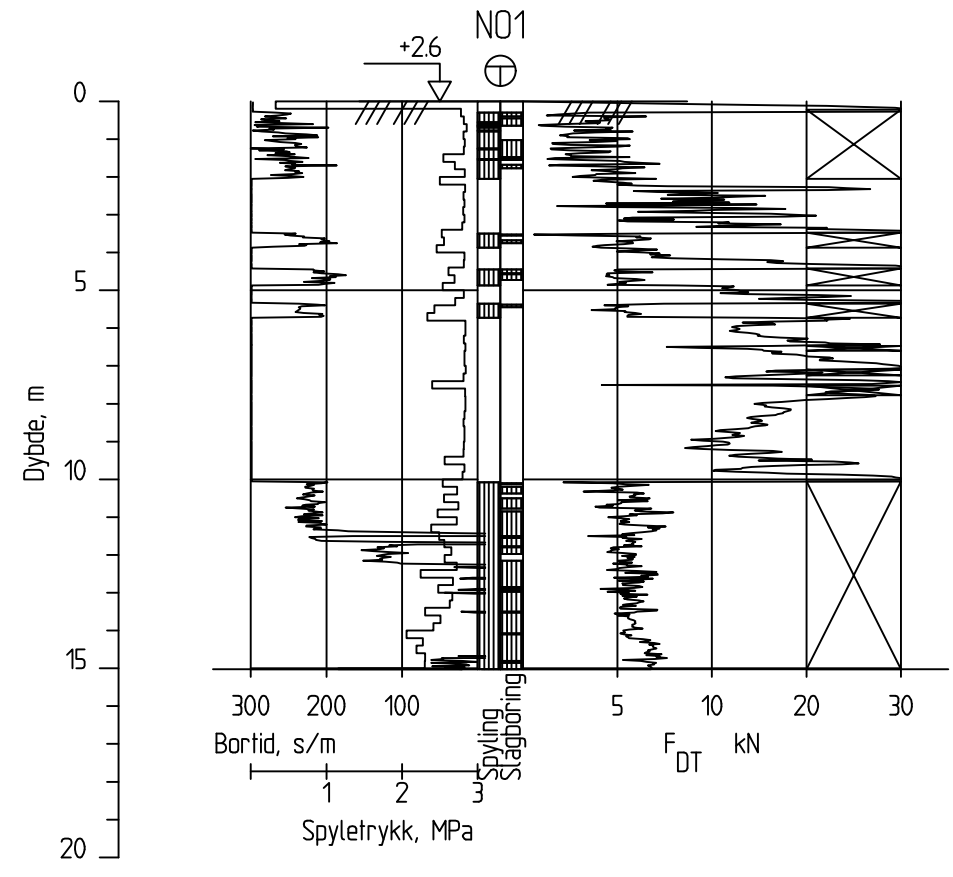
\\norconsultad.com\d\is\nor\opprodrag\BIM\Geoteknik\AUTOCAD\RTU\Borplan.dwg - KrRei - Plottet: 2020-06-04, 00:17:11 - LAYOUT - V100 - RASTER = \\norconsultad.com\d\is\nor\opprodrag\BIM\Geoteknik\EXPORT\EXPORT.JPG



- TOTALSONDERING
- PRØVESERIE

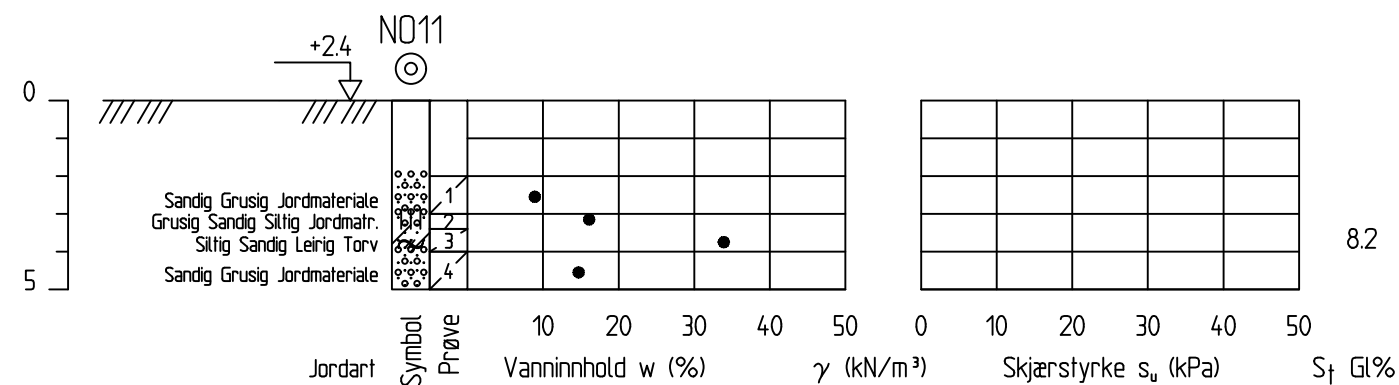
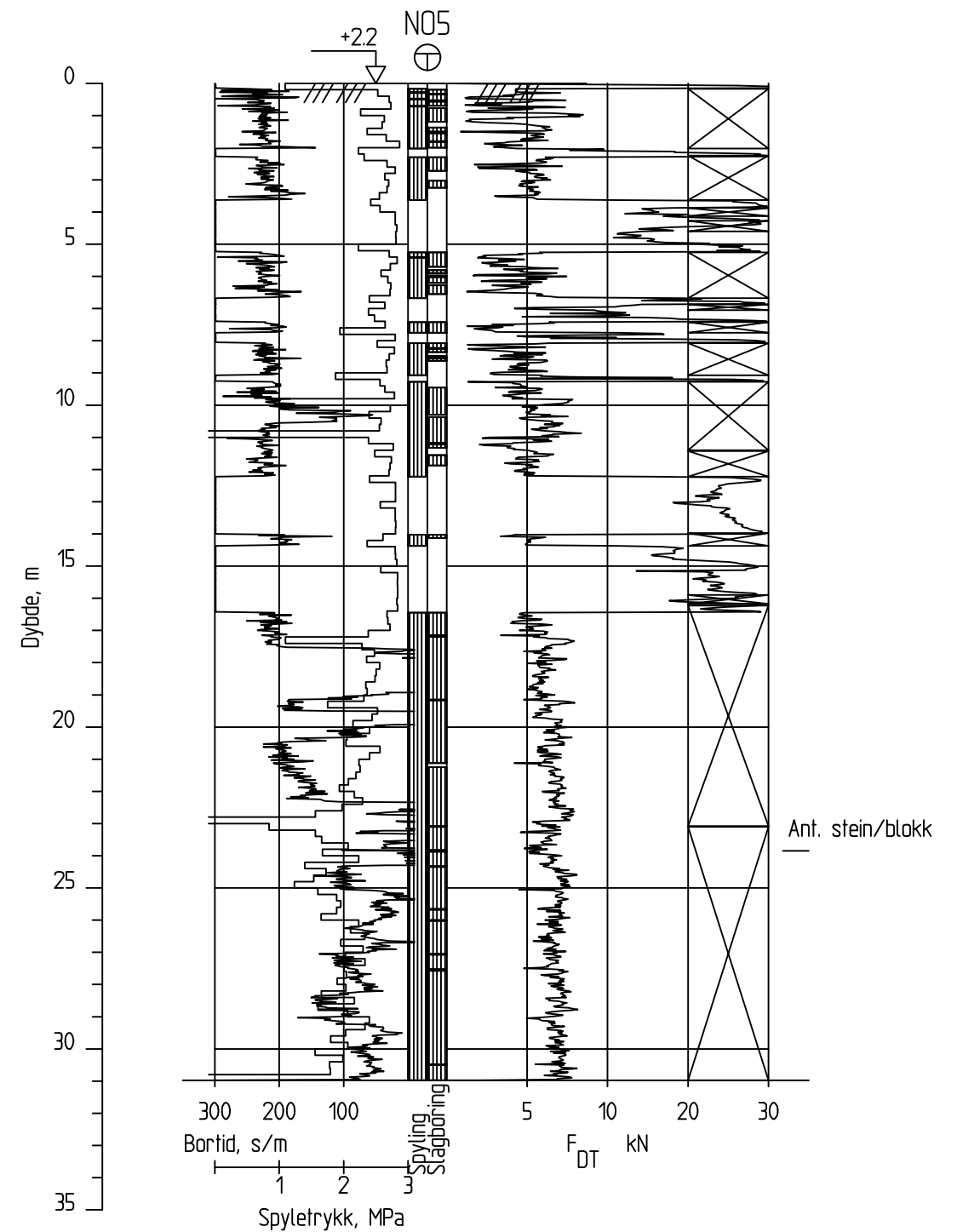
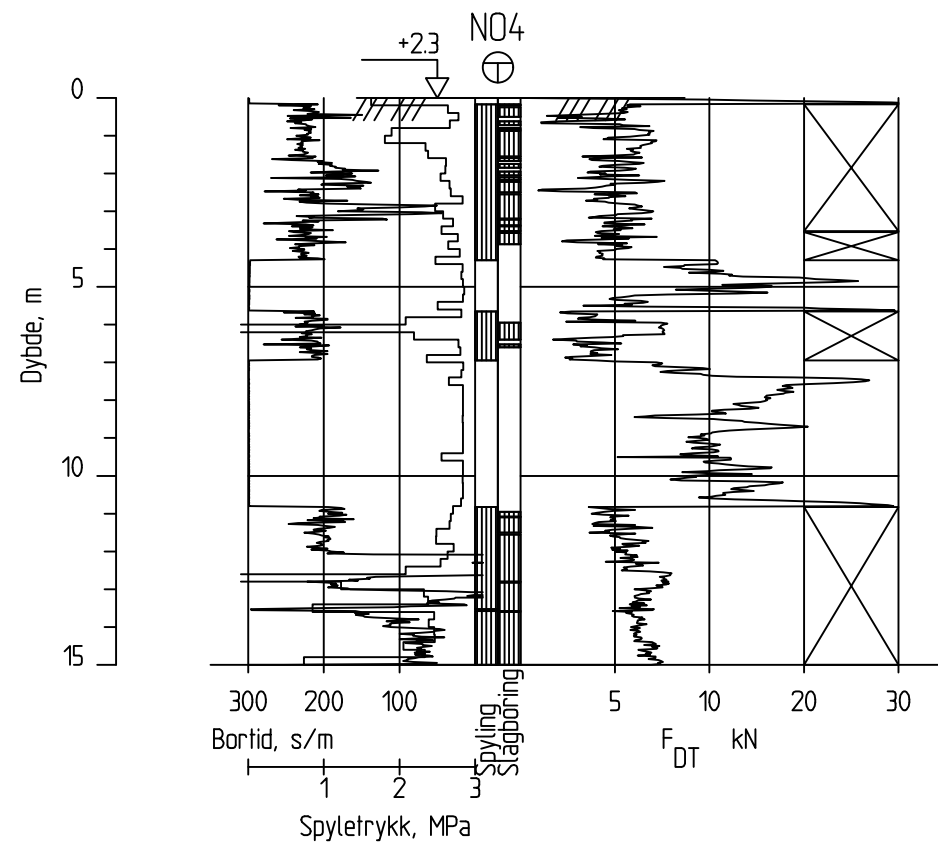
BORHULL ID. KOTE TERRENG ELLER SJØBUNN BORET DYBDE I LØSMASSE + (BORET I FJELL)
EVT. KOTE ANTATT FJELL

J01	2020-06-03	For bruk	KrRei	ChKle	TBrSk
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 oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.					
Elkem AS Bremanger					Målestokk (gjelder A3) 1:500
Elkem Bremanger					
Geotekniske grunnundersøkelser					
Borplan					
Norconsult		Oppdragsnummer 5203427	Tegningsnummer V100		Revisjon J01



J01	2020-06-03	For bruk	KrRei	ChKle	TBrSk
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 oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.					Målestokk (gjelder A3)
Elkem AS Bremanger					1:200
Elkem Bremanger					
Geotekniske grunnundersøkelser					
Enkeltboringer					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		5203427	V101	J01	

"\\norconsultad.com\data\proppdrag\Modell\2020\5203427\BIM\Geoteknik\KKAUTOGRAF\RTI\Enkeltboringer.dwg - KrRei - Plottet: 2020-06-04, 00:18:28 - LAYOUT = V101"



J01	2020-06-03	For bruk	KrRei	ChKle	TBrSk
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 oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.					
Elkem AS Bremanger					Målestokk (gender A3) 1:200
Elkem Bremanger					
Geotekniske grunnundersøkelser					
Enkeltboringer					
Norconsult		Oppdragsnummer 5203427	Tegningsnummer V102		Revisjon J01

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 menneskeskapte 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 menneskeskapte 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 sylinderprøver 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.

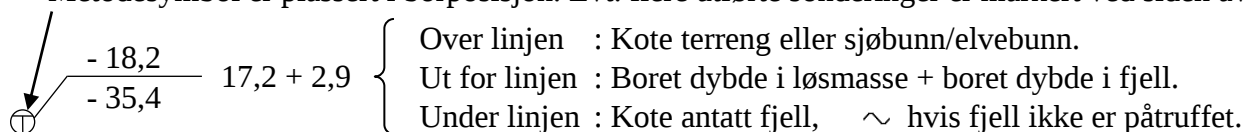
Ødometerforsøk i laboratorium benyttes til å bestemme jordens forkonsolideringsspenning og deformasjonsegenskaper. Ødometeret gir en endimensjonal deformasjonstilstand som er en forenkling av virkeligheten, men som samtidig er godt tilpasset de vanligste beregningsmodeller for setninger. Beregningsmodeller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

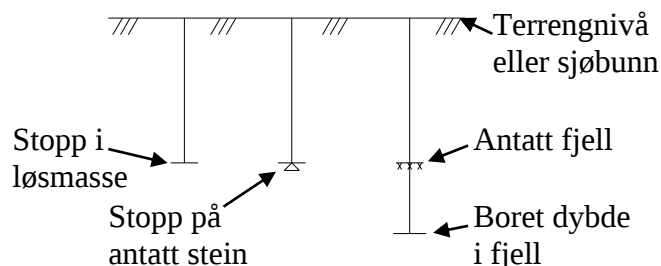
○ Enkel sondering	● Dreiesondering	▼ Dreietrykksondering
⊗ Fjellkontrollboring	⊕ Totalsondering	▽ Trykksondering
+ Vinge-boring	▼ Ramsondering	⊗ Standard Penetration Test (SPT)
□ Prøvegrop	⊙ Prøveserie	⊗ Prøvegrop med prøveserie
☪ Vannprøver	⊖ Vannstandsmåling	⊖ Poretrykksmåling
⊗ Permeabilitetsmåling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

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

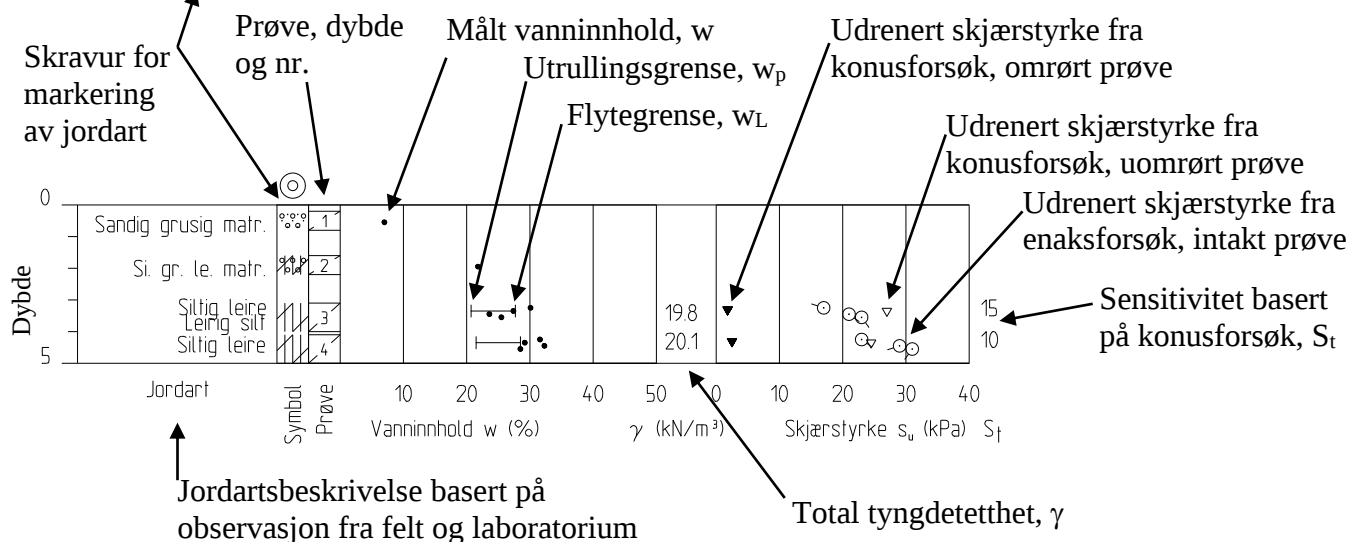


PROFILER

Enaksialt trykksforsøk	(S_u)	(15) (5) (10) () = aksial deformasjon ved brudd
Torsjonsvinge	(S_u)	*
Penetrometer	(S_u)	□



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

UTFØRT

Arne Kavli

KONTROLLERT

Torgeir Døssland

RAPPORT

VEDLEGG

B

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

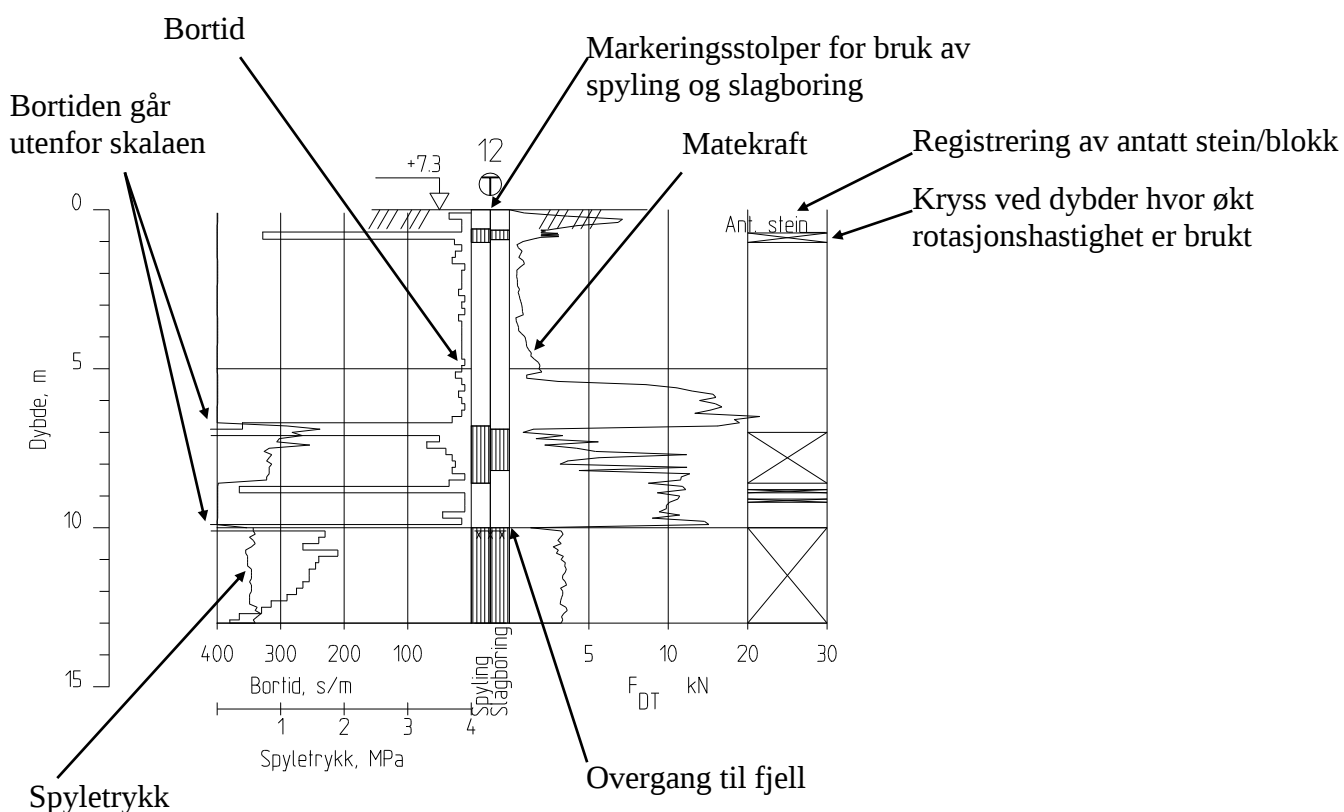
Som dreietrykksondering: Konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.
Nedpressingshastighet 3 m/min (20 sek/m).

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

Som fjellkontrollboring: Dersom nedtrengingen igjen stopper opp, går en over til prosedyre som for fjellkontroll. Dvs. at en først setter på spyling, hvorefter ny 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



Norconsult

UTFØRT
Arne Kavli

KONTROLLERT
Torgeir Døssland

MÅLESTOKK
M =

DATO

PROSJEKT

VEDLEGG

C

Laboratorierapportering:

❖ 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 1.

Tabell 1 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 2.

Tabell 2 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 3.

Tabell 3 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 65.

Tabell 4 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 spenningsstilstand. 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 simultant 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 5.

Tabell 5 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 6.

Tabell 6 Betegnelse basert på sensitivitet

Betegnelse sensitivitet	av	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 5.

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

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

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

Ved sammenstilling av laboratoriedata utføres ingen korrigering 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.