
RAPPORT

Kuvika, Skudeneshavn

OPPDRAGSGIVER

Skude Fryseri AS

EMNE

Geotekniske grunnundersøkelser på sjø

DATO / REVISJON: 23. desember 2019 / 00

DOKUMENTKODE: 10215695-RIG-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Kuvika, Skudeneshavn	DOKUMENTKODE	10215695-RIG-RAP-001
EMNE	Geotekniske grunnundersøkelser på sjø	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Skude Fryseri AS	OPPDRAAGSLEDER	Henrik Takle Eide
KONTAKTPERSON	Arne Harald Stensland	UTARBEIDET AV	Henrik Takle Eide
KOORDINATER	SONE: 32 ØST: 286535 NORD: 6562330	ANSVARLIG ENHET	10233011 Geoteknikk Vest
GNR./BNR./SNR.	57 / 4 / X / Karmøy		

SAMMENDRAG

Skude Fryseri AS planlegger å utvide deres eksisterende kaianlegg i Skudeneshavn mot nord. I den forbindelse har Multiconsult Norge AS utført geotekniske grunnundersøkelser på sjø i det aktuelle området.

Det er utført et feltprogram bestående av 11 totalsonderinger. Sjøbunnen i utførte undersøkelser ligger mellom kote minus 4,5 og minus 8,0. Sonderingene er ført ned fra 4,6 m til 11,7 m i masser fra sjøbunnsnivået (inkludert boring i antatt berg).

Generelt er det registrert svært faste masser i hele dybden, og det i stor grad var behov for å benytte økt rotasjon, spyletrykk og slagboring for å forsere massene. Registreringene tyder på at grunnen i stor grad består av svært fast morenemateriale, stedvis med innhold av store blokker, eller at grunnen består av oppsprukket berg. Alternativt er forholdene en kombinasjon av dette, som gir store usikkerheter ved bestemmelse av bergnivå.

00	23.12.2019	Klar for utsendelse	Henrik Takle Eide	Hilde Sunde Tveit	Henrik Takle Eide
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 batymetri	6
2.2	Observasjoner i felt	8
3	Geotekniske grunnundersøkelser	8
3.1	Tidligere grunnundersøkelser	8
3.2	Utførte grunnundersøkelser	9
3.2.1	Feltundersøkelser	9
3.2.2	Laboratorieundersøkelser	10
4	Grunnforholdsbeskrivelse	10
4.1	Kvartærgeologisk kart	10
4.2	Eksisterende faresoner for kvikkleireskred	11
4.3	Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser	11
5	Geoteknisk evaluering av resultatene	11
5.1	Avvik fra standard utførelsesmetoder	11
5.2	Viktige forutsetninger	11
5.3	Undersøkelseskvalitet	11
5.4	Påvisning av bergnivå	12
6	Behov for supplerende grunnundersøkelser	12
7	Referanser	12

TEGNINGER

10215695-RIG-TEG	-000	Oversiktskart
	-001	Borplan
	-700	Profiler

BILAG

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

1 Innledning

Skude Fryseri AS planlegger å utvide deres eksisterende kaianlegg i Skudeneshavn mot nord. I den forbindelse har Multiconsult Norge AS utført geotekniske grunnundersøkelser i det aktuelle området.

Foreliggende rapport presenterer resultater fra de utførte geotekniske grunnundersøkelsene.

1.1 Formål og bakgrunn

Skude Fryseri AS planlegger å utvide deres eksisterende kaianlegg i Skudeneshavn. Utvidingen er planlagt i Kuvika, nord for eksisterende kai.

Formålet med den geotekniske grunnundersøkelsen er å få informasjon om grunnforholdene som kan benyttes i videre prosjektering av tiltaket. Kaien er planlagt pelefundamentert og dermed er informasjon om løsmassenes fasthet og dybde til berg av særlig interesse.

1.2 Utførelse

Feltarbeidet ble gjennomført i uke 49, 2019 av borelederne Jan Petter Ågotnes og Frank Dyrkolbotn.

Grunnundersøkelsene ble utført med borefartøyet M/B Frøy, som er utstyrt med et fast boretårn tilsvarende en geoteknisk borerigg av typen Geotech 505. Tårnet er tilkoblet en elektronisk loggeenhet for automatisk registrering og opptegning av sonderingsdata (PC-logg). For å redusere utbøying av borestrengen blir sonderingene utført inne i et føringsrør som på forhånd er senket ned til sjøbunnen. Innmåling av posisjoner på sjø blir utført med DGPS-utrustning av typen Trimble STS855 SPS555H med posisjonerings-tjenesten CPOS som gir nøyaktighet i XYZ-retning på $\pm 0,1$ m. Vannstand i sjøen blir korrigert til referanse-nivå NN 2000 i henhold til tidevannsdata hentet fra www.sehavniva.no.

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

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 [6].

Laboratorieundersøkelsene er utført iht. NS 8000-serien og relevante ISO-standarder. Datarapporten er utarbeidet i henhold til NGF-melding nr. 2 [6] 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 prosjekteringsammenheng. Rapporten inneholder i så måte ingen vurderinger av byggharhet, metoder eller tiltak, og vi anbefaler at det engasjeres geoteknisk kompetanse i det videre arbeidet med prosjektet.

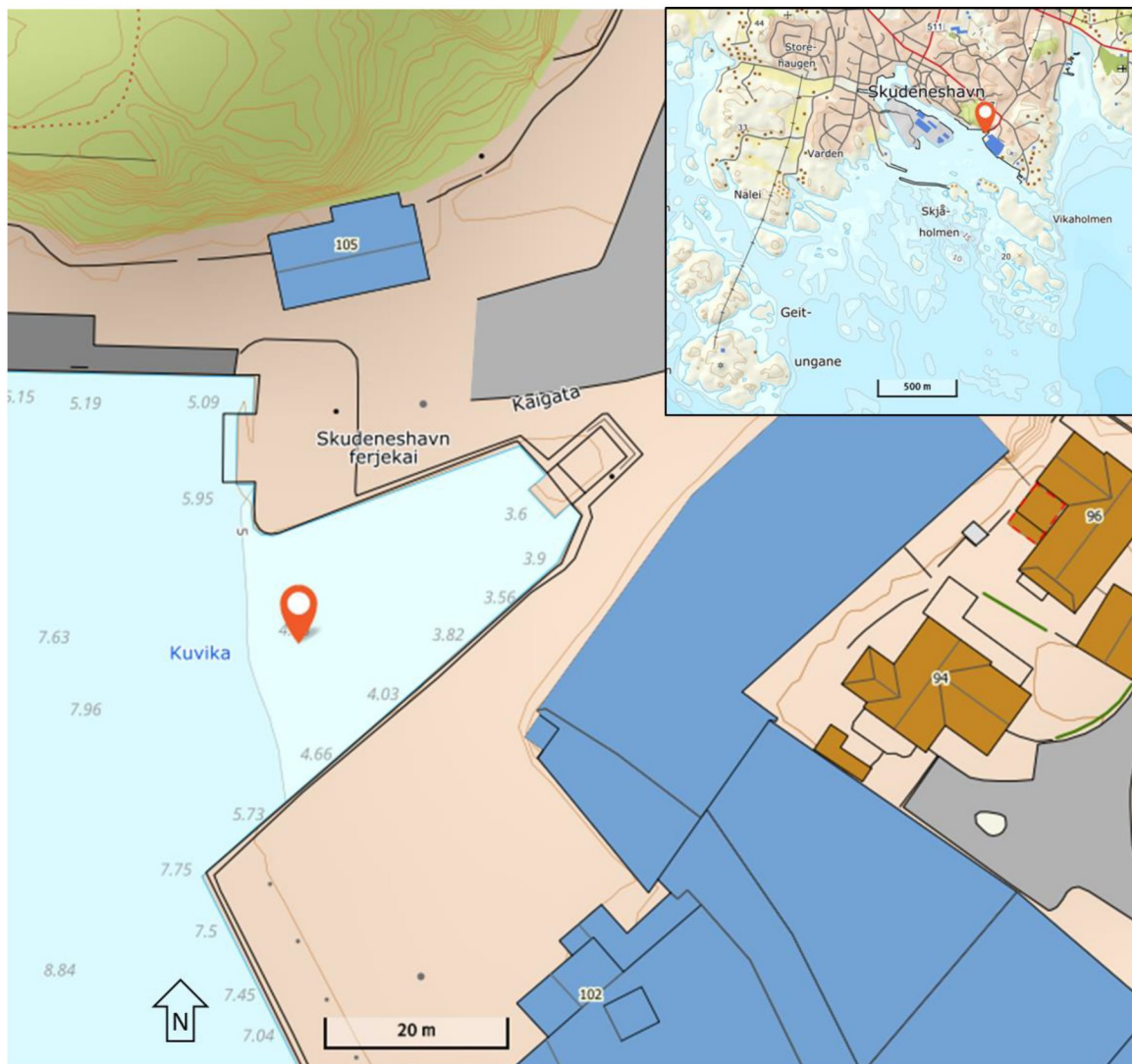
Geoteknisk datarapport omhandler ikke data eller vurderinger knyttet til tilstedeværelse av forurenset grunn i det undersøkte området.

2 Områdebeskrivelse

2.1 Området og batymetri

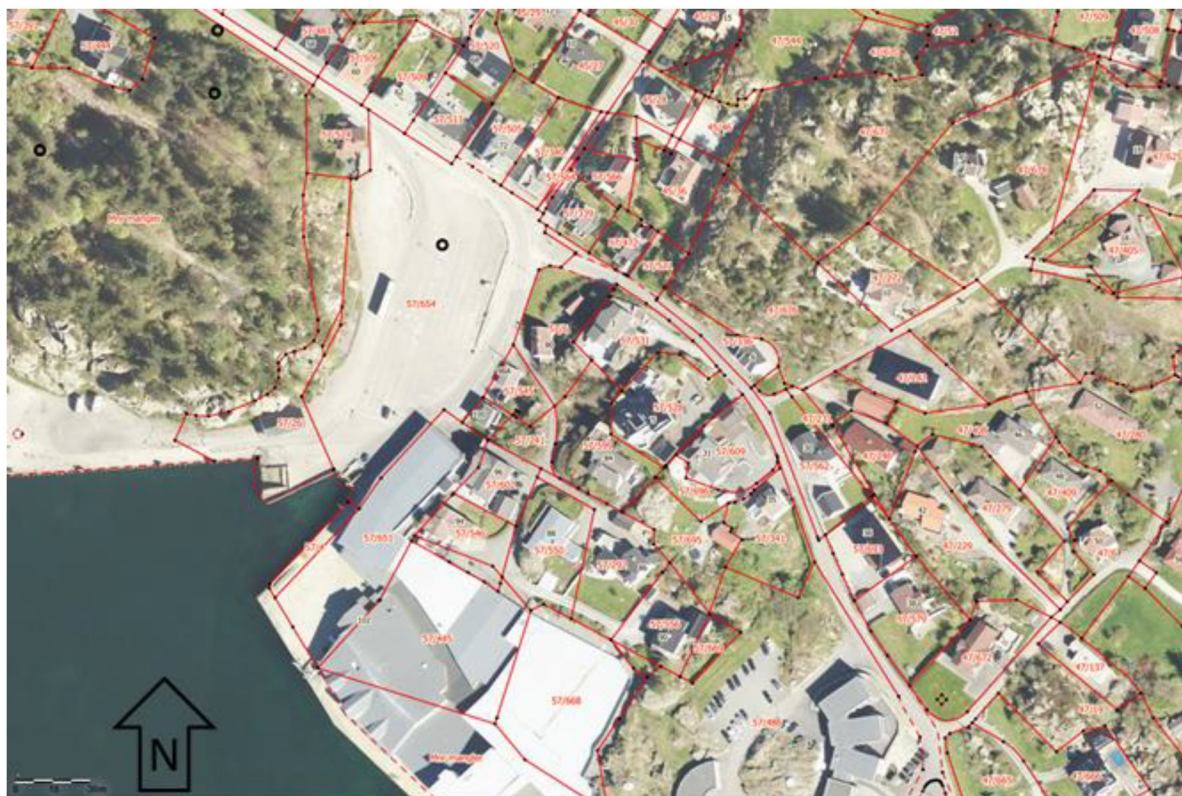
Det undersøkte området, Kuvika, ligger innaskjærs i Skudeneshavn, se Figur 2-1. Kuvika ligger like sør for Parkfjellet, som er en ca. 30 m høy kolle med synlig berg i dagen. Også på land øst for Kuvika er det synlig berg i dagen, men her er ikke terrenget like bratt. Nordøst for Kuvika er terrenget nokså flatt. Her er det etablert en oppstillingsplass for Skudeneshavn ferjekai, som tidligere har vært lokalisert i Kuvika.

Sjøbunnen i Kuvika er nokså flat med en slak helning mot vest. Kart viser at sjøbunnen ligger på mellom ca. kote minus 3,5 til minus 8,0.



Figur 2-1: Oversiktskart som viser undersøkt område (kartgrunnlag hentet fra www.norgeskart.no)

Ved å sammenligne flyfoto fra 1963 med flyfoto fra 2017 (Figur 2-2) kommer det frem at før området ble fylt igjen og det ble etablert ferjekai og oppstillingsplass, var det en naturlig vik i området.

*Flyfoto fra 1964**Flyfoto fra 2017**Figur 2-2: Flyfoto viser områdets utvikling (kartgrunnlag hentet fra www.norgebilder.no)*

2.2 Observasjoner i felt

Multiconsult har ikke hatt ingeniørgeologer til stede i felt, men under feltarbeidene med geotekniske grunnundersøkelser på sjø ble det observert at berget i Parkfjellet, like nord for undersøkelsesområdet, er kupert og tydelig oppsprukket, se Foto 1. Fastheten av berget virker ellers å være høy.



Foto 1: Berg i dagen like nord for undersøkt område viser antatt fast, men oppsprukket berg

3 Geotekniske grunnundersøkelser

3.1 Tidligere grunnundersøkelser

Multiconsult Norge AS har ikke tidligere utført undersøkelser i eller nær det aktuelle området, men har fått tilgang på rapporter fra Statens vegvesen som kan være av nytte, se Tabell 3-1. Dette er i forbindelse med forlengelse av kaien nordvest for aktuelt område. Vi kjenner ikke til om det finnes dokumentasjon eller undersøkelser fra bygging av ferjekaien.

I tillegg har Petter J. Rasmussen informert om registreringer fra FAS ved boring av peler ved reparasjon av eksisterende kai, like sør. Vi har ikke kjennskap til plassering av pelene, men har fått oppgitt dybde til antatt berg i registreringene varierer fra 1,0 til 18,0 m (fra kainivå på ca. kote 1,5).

Tabell 3-1: Relevante tidligere grunnundersøkelsesrapporter

Ref.	Rapport-nummer	Utført av	År	Oppdragsgiver	Oppdragsnavn/ rapportnavn	Vist på borplan
[A]	Ld 226A	Statens vegvesen Veglaboratoriet	1979	Statens vegvesen Planavdeling	Skudeneshavn – forlengelse av kaien	Nei
[B]	Ld 226B	Statens vegvesen Veglaboratoriet	1980	Statens vegvesen Planavdeling	Skudeneshavn – forlengelse av loskaien	Nei

[A] Skudeneshavn – forlengelse av kaien:

Det ble det utført boringer med Hejarbukk i fire profiler. Sjøbunnen var i undersøkelsene mellom kote minus 8,9 og kote minus 7,2. Registreringene viser 3,5 til 7,0 m tykkelse av løsmasser over antatt berg. Massene er vurdert som temmelig løse i toppen (skjellsand) og med kun 1-3 m fast lagrede masser. Det er også registrert store stein og blokker i massene.

[B] Skudeneshavn – forlengelse av loskaien:

Det er utført enkelte supplerende boringer og observasjoner av berg i dagen. Det er registrert opptil 4,0 m løsmasser, med løsmasser betående av antatt løs lagret sand over fastere masser med store stein. Berget er funnet å stedvis falle svært bratt.

3.2 Utførte grunnundersøkelser**3.2.1 Feltundersøkelser**

Følgende grunnundersøkelser er utført:

- 11 stk. totalsonderinger

Borpunktens plassering er vist på borplan, se tegning –001. Utskrifter av totalsonderinger er vist på tegning -700.

Tabell 3-2: Koordinat-/høydesystem

Høydesystem	Koordinatsystem	Sone
NN 2000	Euref 89	UTM 32

Tabell 3-3: Utførte feltundersøkelser

Borpunkt	Koordinater			Metode	Boret dybde			Kommentar
	X	Y	Z		Løsmasser	Ant. Berg	Totalt	
	[m]	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	
1	286517,5	6562336,1	-8,0	TOT	7,3	0	7,3	Avsluttet i svært faste løsmasser grunnet høy friksjon og svært lav synk
2	286528,7	6562320,3	-7,3	TOT	10,5	1,2	11,7	
3	286531,8	6562340,5	-7,0	TOT	5,1	0	5,1	
4	286538,1	6562331,9	-5,2	TOT	11,6	0	11,6	Trolig avsluttet i en større bergsprekk eller kommet ned i et hulrom mellom blokker
5	286540,0	6562341,2	-5,0	TOT	7,6	0	7,6	
6	286537,0	6562316,0	-5,8	TOT	5,3	1,8	7,1	
7	286549,1	6562338,7	-4,9	TOT	8,5	0	8,5	
8	286547,3	6562326,8	-4,7	TOT	6,8	1,5	8,3	
9	286551,9	6562348,1	-4,8	TOT	5,3	0	5,3	Avsluttet i svært faste masser grunnet tette masser og svært høyt spyletrykk
10	286558,1	6562346,2	-4,9	TOT	6,2	1,5	7,7	
11	286560,6	6562340,6	-4,5	TOT	3,0	1,6	4,6	

TOT=Totalsondering;

3.2.2 Laboratorieundersøkelser

Det er ikke utført laboratorieundersøkelser i denne undersøkelsen.

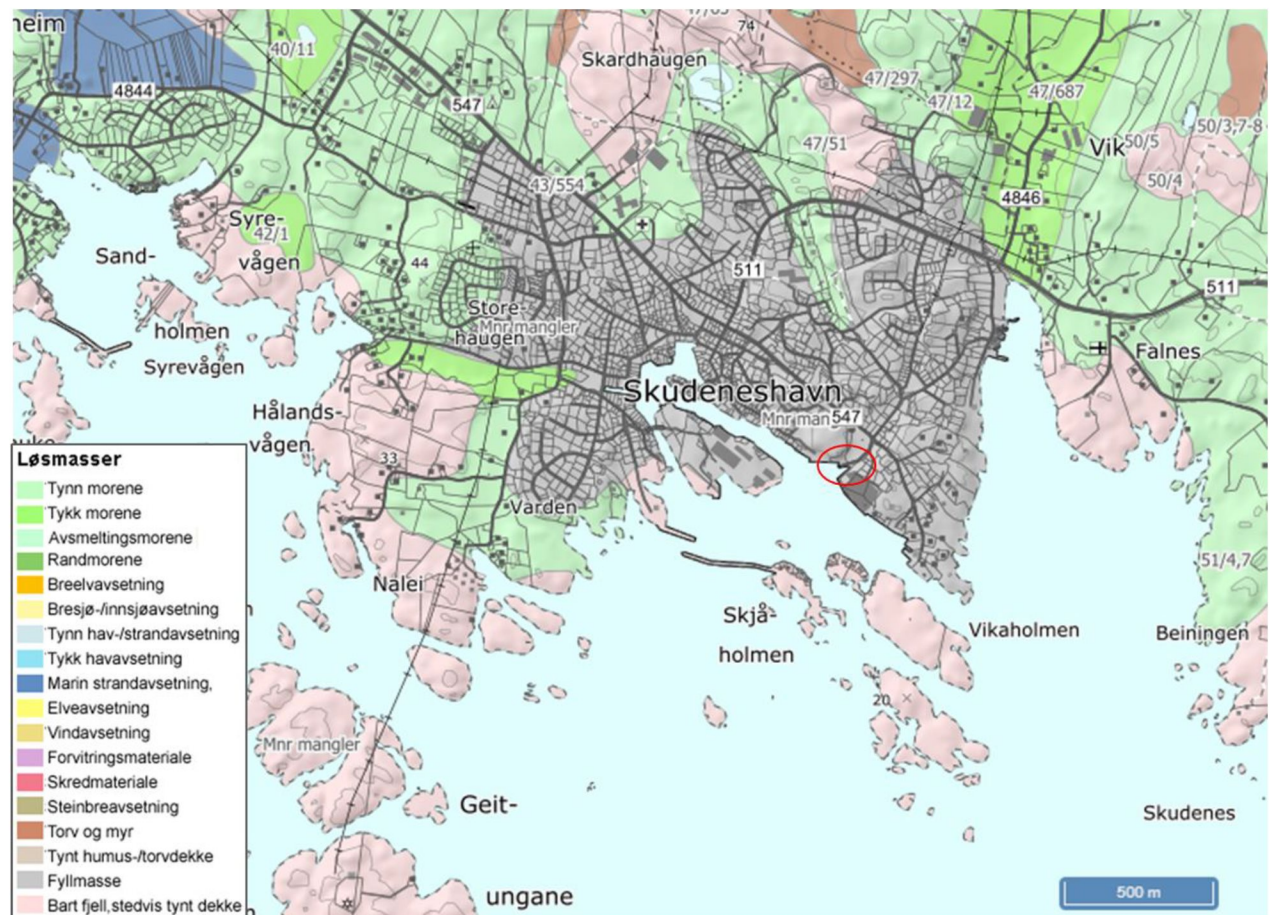
4 Grunnforholdsbeskrivelse

4.1 Kvartærgeologisk kart

Det kvartærgeologiske kartet 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 for Skudeneshavn. Kartet indikerer områdene nær Skudeneshavn er preget av fyllmasser eller masser som er sterkt påvirket av menneskelig aktivitet. I områdene rundt ventes det i hovedsak bart fjell eller løsmasser bestående av morene.

NGU sitt kart for bunnsedimenter dekker ikke gjeldene område.



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

Basert på berggrunnskart fra NGU består bergarten i området av hornblendeførende, hetrogen, foliert, lys grønnlig) kvartsdioritt fra Vest-Karmøysuiten. Det er ikke markert kjente forkastninger i Kuvika, men det er registrert flere N-S forkastninger i Skudeneshavn.

4.2 Eksisterende faresoner for kvikkleireskred

I henhold til faresonekart på NVE-Atlas [7] er det ingen tidligere kartlagte faresoner for kvikkleireskred i det aktuelle området.

Store deler av landområdene rundt planlagt tiltak ligger under marin grense og i hele dette området indikerer kart fra NGU at det er stor mulighet for sammenhengende forekomster av marin leire. Dette vurderes som mindre sannsynlig, da flyfoto viser at det i stor grad er berg i dagen i området.

4.3 Grunnforhold tolket ut fra grunnundersøkelser

Sjøbunnen i utførte undersøkelser ligger mellom kote minus 4,5 og minus 8,0 og sonderingene er boret ned fra 4,6 m til 11,7 m fra sjøbunnsnivået (inkludert boring i antatt berg).

I borpunkt nr. 1 er det registrert et ca. 2,0 m tykt topplag av middels faste masser (antatt sand) hvor sondering kunne utføres uten økt rotasjon, spyling, slagboring. I øvrige sonderinger er det registrert svært faste masser i hele dybden, hvor det i stor grad var behov for å benytte økt rotasjon, spyletrykk og slagboring for å forsere massene.

Det er kun i enkelte borpunkter (nr. 6, 8, 10 og 11) registrert en markant overgang mellom løsmasser og antatt bergnivå. Resultatene tyder på at grunnen i stor grad består av svært fast morenemateriale, stedvis med innhold av store blokker, eller at grunnen består av oppsprukket berg. Alternativt er forholdene en kombinasjon av dette, som gir store usikkerheter ved bestemmelse av bergnivå.

Det er stedvis registrert høyt spyletrykk ved boring, som indikerer tette masser. Det kan være både finstoffinnhold i morenemateriale eller leirfylte slepper i berg. Basert på resultatene fra undersøkelsene og landskapsformen for øvrig, vurderes det som trolig at berget i området har en lokal svakhetssone.

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

5 Geoteknisk evaluering av resultatene

5.1 Avvik fra standard utførelsesmetoder

Ved utførelse av totalsonderinger på sjø begrenses kraften som kan trykkes med før det settes på økt rotasjon, spyling og slagboring.

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 Undersøkelseskvalitet

Kvaliteten på utførte undersøkelser vurderes som god. Plassering av borpunkt avviker noe fra oppgitt plan grunnet tilkomst med borefartøy.

Sondering i borpunkt nr. 1 ble avsluttet i svært faste masser grunnet høy friksjon og svært lav synk uten påvisning av antatt bergnivå. Sondering nr. 9 ble avsluttet i svært faste masser grunnet tette masser og svært høyt spyletrykk. I borpunkt 4 ble det registrert antatt berg/blokk i 10 m dybde, etterfulgt av boring med svært lav motstand. Det ble tolket som trolig stangbrudd på borstålet i felt, men etter at stålet fra trukket opp viste det seg at det ikke var stangbrudd. Trolig er det her boret i en større bergsprekk eller kommet ned i et hulrom mellom blokker.

5.4 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 blokk.

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

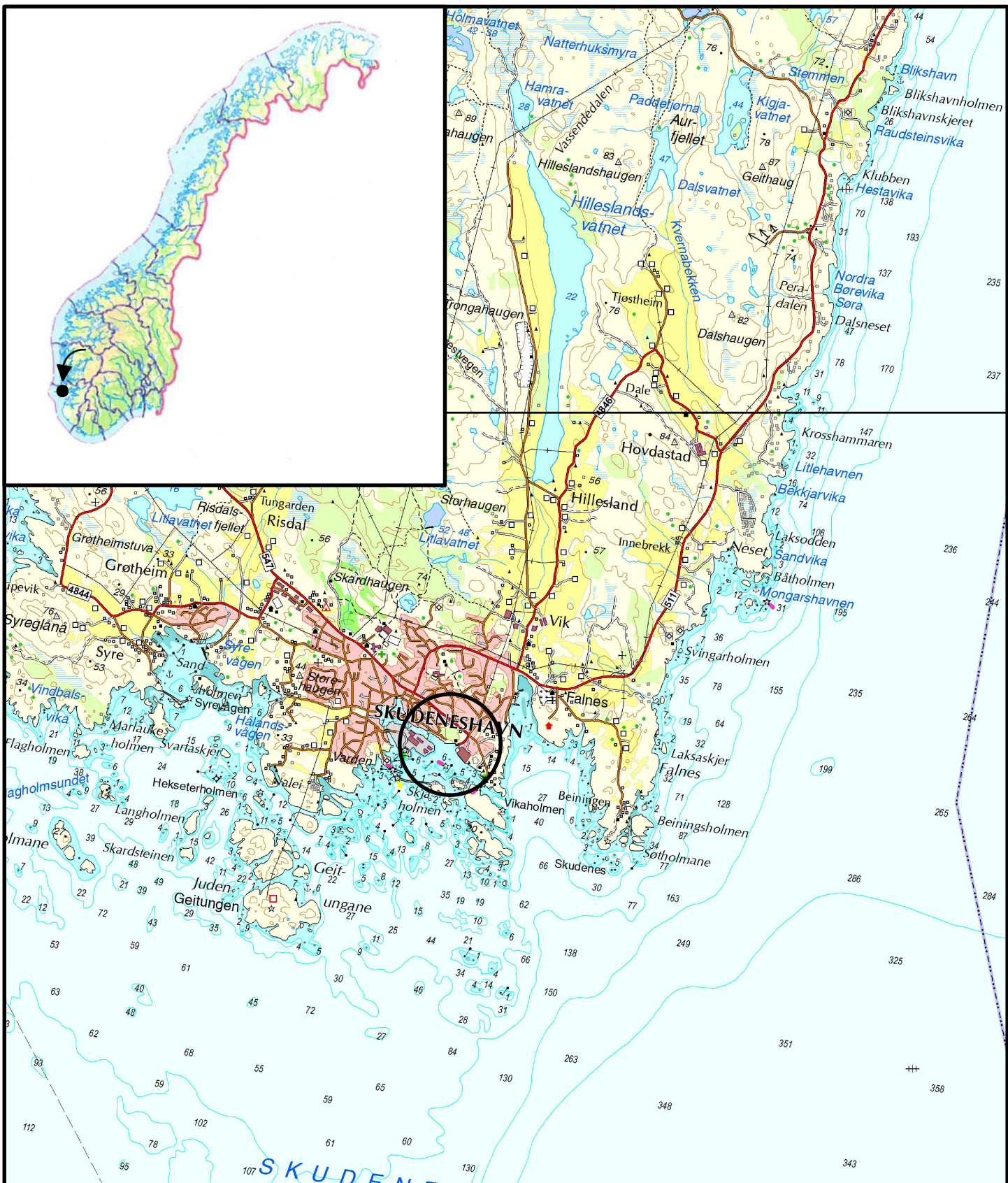
Iht. NS-EN-1997-2 skal grunnundersøkelser normalt utføres i minst to omganger;

- 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, Mars 2007.
- [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, Juni 2010.
- [5] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase - kvartærgeologiske kart».
- [6] Norsk Geoteknisk Forening (NGF): NGF-Melding nr. 1-11.
- [7] Norges Vassdrags- og energidirektorat(NVE): atlas.nve.no



SKUDE FRYSERI AS KUVIKA, SKUDESNES

OVERSIKTSKART

Fag
RIG

Format
A4

Dato
11.12.19

Format/Målestokk:

1:50000

Multiconsult
www.multiconsult.no

Status

Konstr./Tegnet
/JSB

Kontrollert

Godkjent

Oppdragsnr.

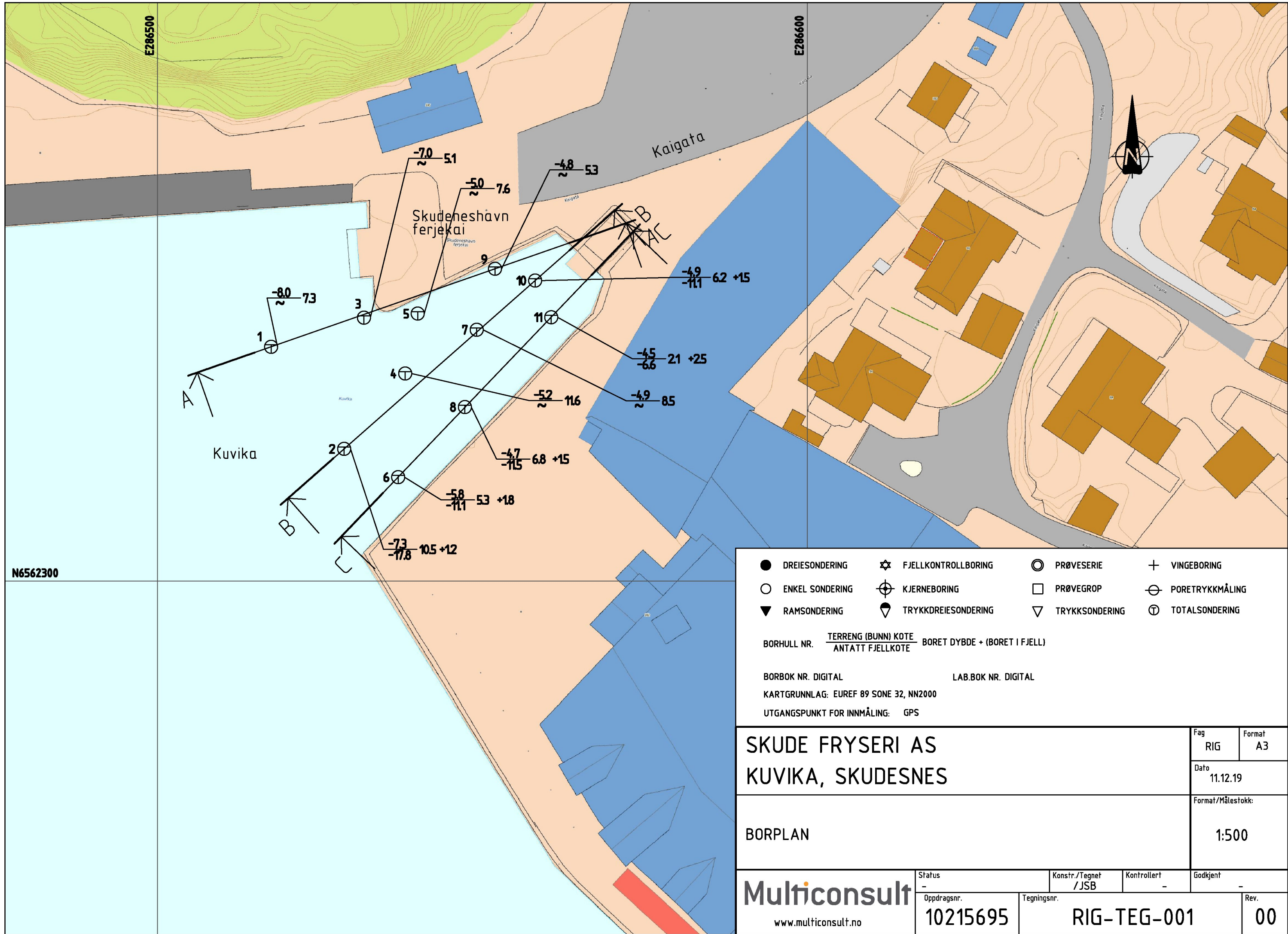
10215695

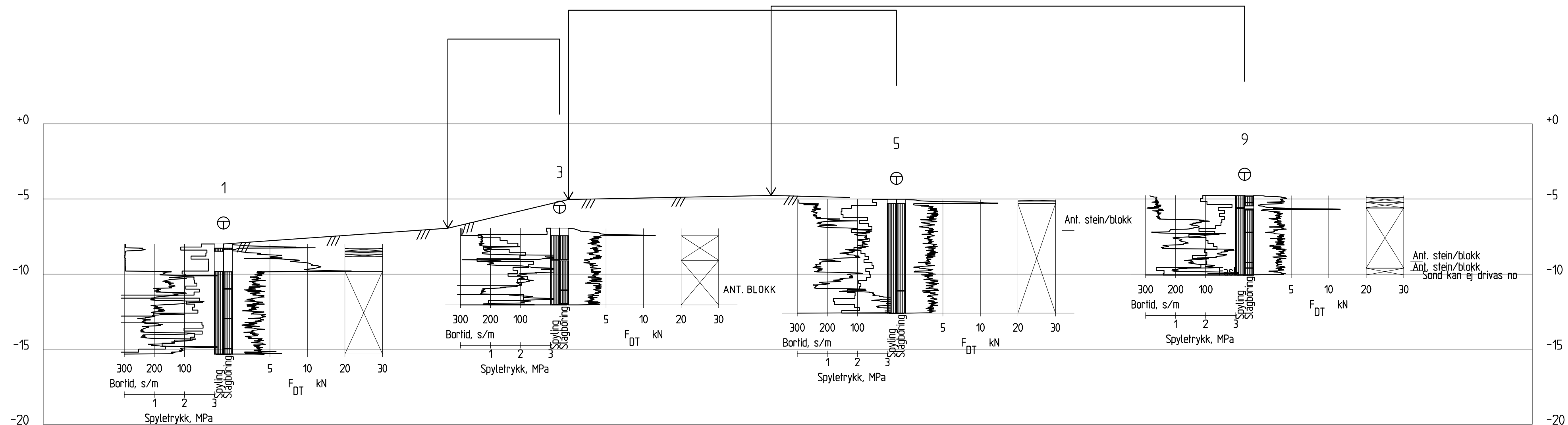
Tegningsnr.

RIG-TEG-001

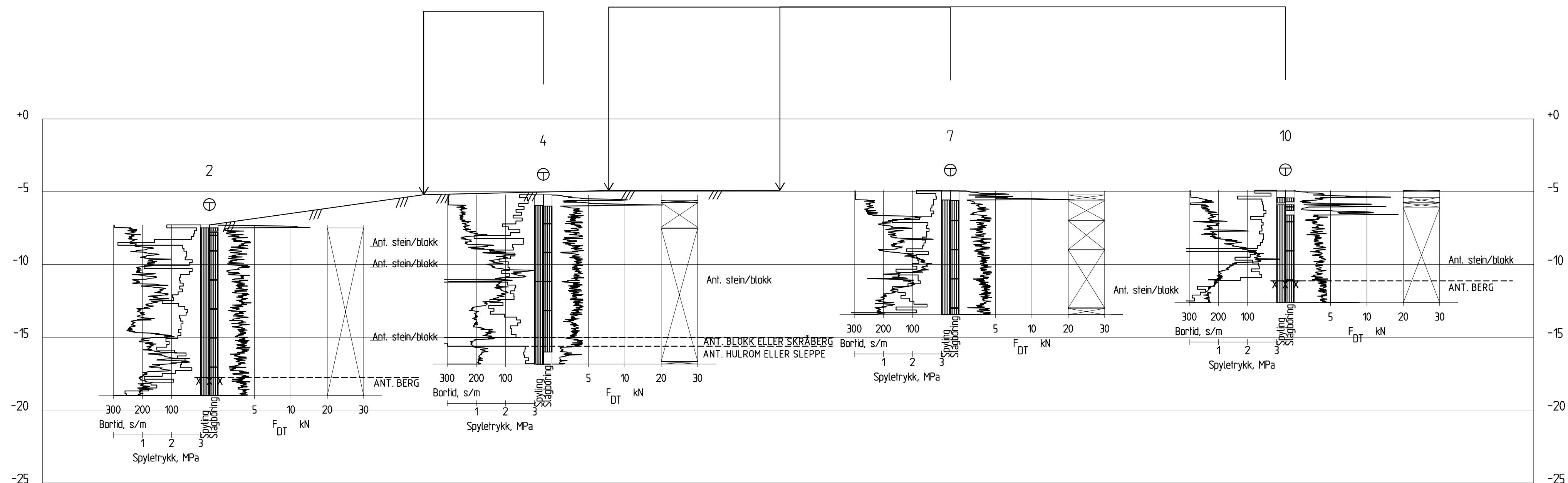
Rev.

00

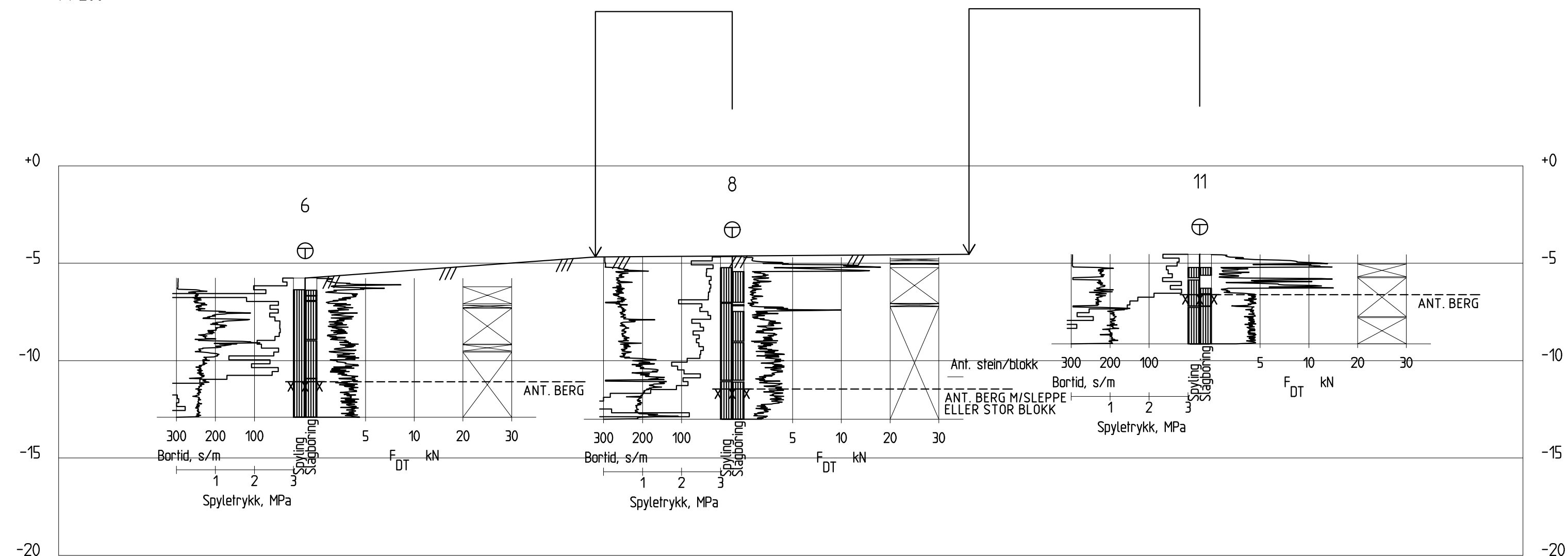




Profil A-A
1 : 200



Profil B-B
1 : 200



Profil C-C
1 : 200

SKUDE FRYSERI AS KUVIKA, SKUDSNESHAVN		Fig	Format
		RIG	A1
PROFIL A-A, B-B OG C-C		Dato	11.12.19
		Format/Målestokk	1:200
Multiconsult www.multiconsult.no	Status -	Konstr./Tegnet / JSB	Kontrollert -
	Oppdragsnr. 10215695	Tegningsnr. RIG-TEG-700	Godkjent - Rev 00

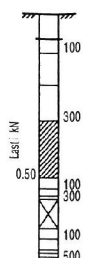


Avsluttet mot stein,
blokk eller fast
grunn



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».



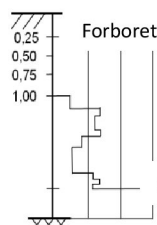
Forboret

Middels stor motstand

Meget liten motstand

Meget stor motstand

Avsluttet uten å nå fast
grunn eller berg



Forboret

Slått med slegge

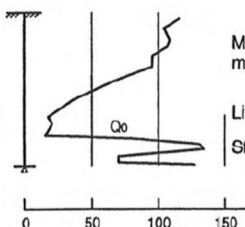
Halve omdreininger
pr. m synk



DREIESONDERING

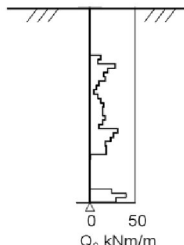
Utføres med skjøtbare $\phi 22$ mm borstenger med 200 mm vridd spiss. Boret dreies manuelt eller maskinelt ned i grunnen med inntil 1 kN (100 kg) vertikalbelastning på stengene. Hvis det ikke synker for denne lasten, dreies boret maskinelt eller manuelt. Antall $\frac{1}{2}$ -omdreininger pr. 0,2 m synk registreres.

Boremotstanden presenteres i diagram med vertikal dybde-skala og tverrstrek for hver 100 $\frac{1}{2}$ -omdreininger. Skravur angir synk uten dreining, med påført vertikallast under synk angitt på venstre side. Kryss angir at borstengene er rammet ned i grunnen.



Middels stor
motstand

Liten motstand
Stor motstand



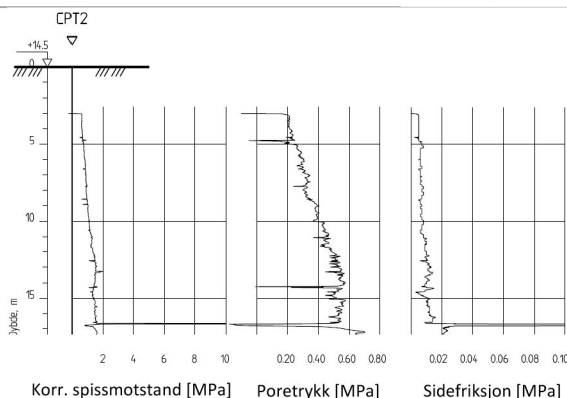
Q_0 kNm/m



RAMSONDERING

Boringen utføres med skjøtbare $\phi 32$ 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_0 pr. m nedramming.

Q_0 = loddets tyngde * fallhøyde/synk pr. slag (kNm/m)



Korr. spissmotstand [MPa]

Poretrykk [MPa]

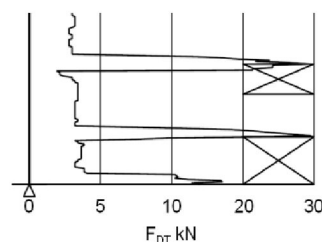
Sidefriksjon [MPa]



TRYKKSONDERING (CPT - CPTU)

Utføres ved at en sylindrisk, instrumentert sonde med konisk spiss presses ned i grunnen med konstant penetrasjonshastighet 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).



F_{DT} kN

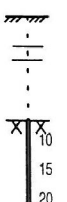


DREIETRYKKSONDERING

Utføres med glatte skjøtbare $\phi 36$ 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.



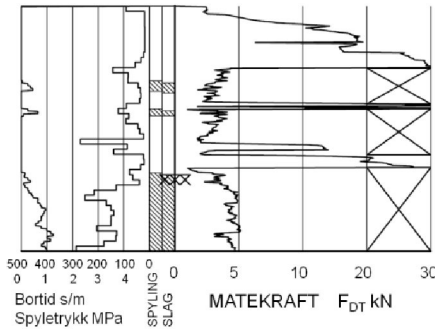
Stein

Borsynk i berg cm/min.



BERGKONTROLLBORING

Utføres med skjøtbare $\phi 45$ 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 dreietrykkssondering og bergkontrollboring. Det benyttes $\phi 45$ mm borstenger og $\phi 57$ 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.

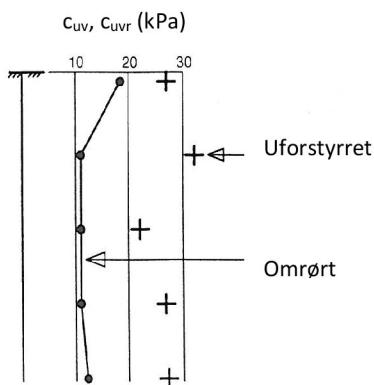
Maskinell naverboring (forstyrrede poseprøver):

Utføres med hul borstang påsveiset en metallspiral med fast stige høyde (auger). Med borrhjelp 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.

Sylinder/blokkprøvetaking (Uforstyrrede prøver):

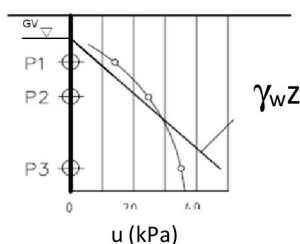
Vanligvis benyttes stempel-prøvetaking med innvendig stempel for opptak av 60-100 cm lange sylinderprøver. Prøvesylinderen kan være av plast eller stål, og det kan benyttes utstyr både med og uten innvendig prøvesylinder. På ønsket dybde skjæres det ut en jordprøve som trekkes opp til overflaten, der den blir forseglet for transport til laboratoriet. Prøvediameteren kan variere mellom $\phi 54$ mm (vanligst) og $\phi 95$ mm. Det er også mulig å benytte andre typer prøvetakere, som for eksempel rampprøvetakere og blokkprøvetakere.

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



VINGEBORING

Utføres ved at et vingekorset med dimensjoner $b \times h = 55 \times 110$ mm eller 65×130 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 overlagingstrykk i måledybden, samt for jordartens plastisitet.



PORETRYKSMÅLING

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 stige høyde 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 borkullet.

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 øvre 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-oksidasjon med hydrogenperoksyd. Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala.

DENSITET, TYNGDETETHET, PORETALL OG PORØSITET

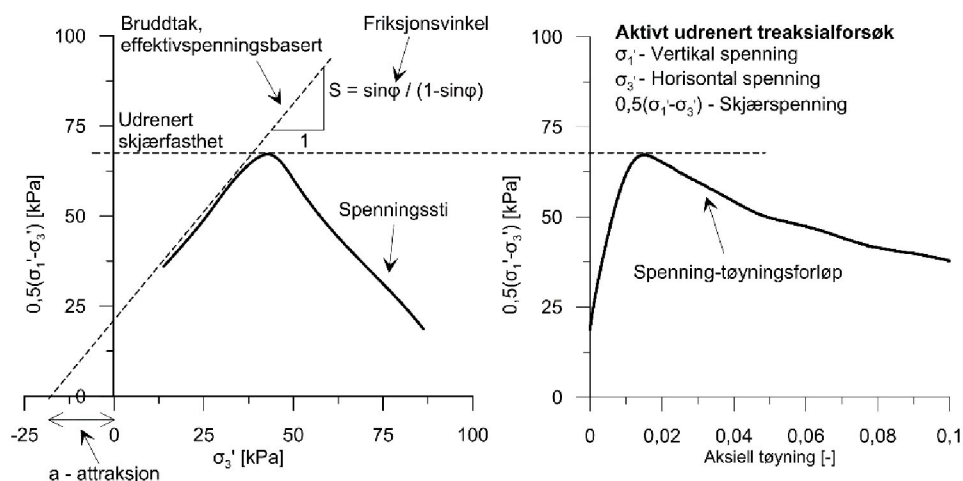
Navn	Symbol	Enhet	Beskrivelse
Densitet	ρ	g/cm ³	Masse av prøve per volumenhet. Bestemmes for hel sylinder og utskåret del
Korndensitet	ρ_s	g/cm ³	Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff
Tørr densitet	ρ_d	g/cm ³	Masse tørt stoff per volumenhet
Tyngdetetthet	γ	kN/m ³	Tyngde av prøve per volumenhet ($\gamma = \rho g = \gamma_s(1+w/100)(1-n/100)$, 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 ($\gamma_d = \rho_d g = \gamma_s(1-n/100)$)
Porertall	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 $\tan \phi$ (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 tøyingsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

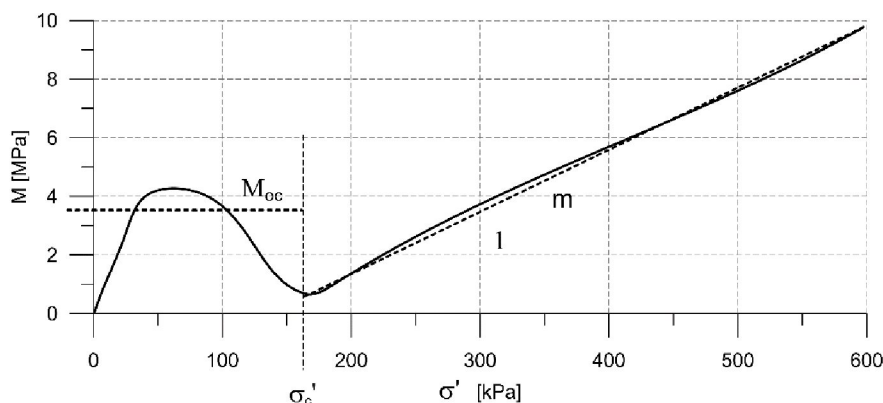
Udrenert skjærfasthet c_u (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksiale trykkforsøk (c_{ut}), konusforsøk (uforstyrret c_{ufc} , 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 overlaging 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 stighøyde for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig) etter SVV Håndbok N200.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

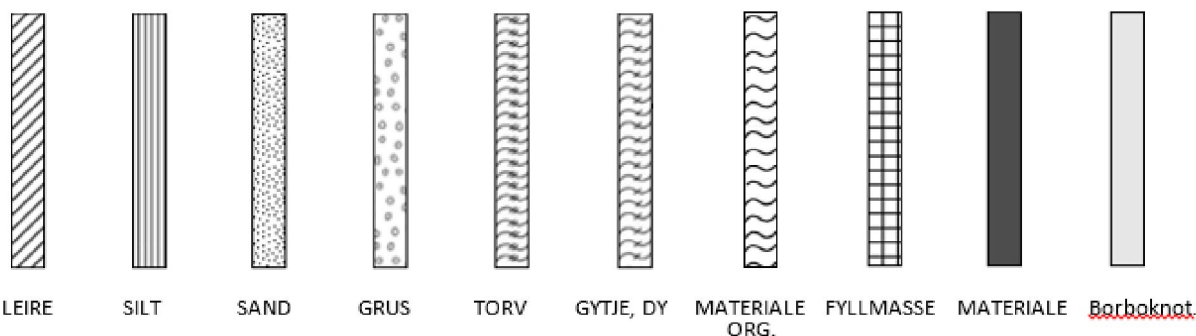
Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_d som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i . Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifisering 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 betegnelse 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) / Treksialforsøk (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 maksgrænse 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 maksgrænse vil verdien oppgis i siffer ved grafens øvre ytterpunkt.

Uomrørt konus c_{ufc}		Omrørt konus c_{urfc}	
Enaksialt trykkforsøk Strek angir aksial tøyning (%) ved brudd		Omrørt konus $c_{urfc} \leq 2,0 \text{ kPa}$	0,9

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