


Aurland kommune

Norconsult 

► Flåm områdestabilitetsvurdering

Geotekniske grunnundersøkelser

Datarapport

Oppdragsnr.: 52205864 Dokumentnr.: 52205864-RIG-R01 Versjon: J01 Dato: 2023-01-15



Oppdragsgiver: Aurland kommune
Oppdragsgivers kontaktperson: Anja Marken
Rådgiver: Norconsult AS, Grandfjæra 24, NO-6415 Molde
Oppdragsleder: Johannes Henrik Myrmel
Fagansvarlig: Siri Bente Haugen
Andre nøkkelpersoner: Synne Tveiten, Kristin Reitan, Johanne Simonhjell

Nøkkelinfo	Forklaring	
Emneord	Geotekniske grunnundersøkelser, Datarapport	
Fylke	Vestland	
Kommune	Aurland	
Sted	Flåm	
Koordinatsystem	UTM 32	
Høydesystem	EUREF 89	
Prosjektkoordinater	Nord: 6748971	Øst: 397523

J01	2023-01-15	For bruk	JohSim	SirHau	JohM
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.

► Sammen drag

Norconsult AS er engasjert av Aurland kommune for å utføre geotekniske grunnundersøkelser i forbindelse med områderegulering av Flåm.

Det er utført 11 totalsonderinger, hvor det er boret mellom 4 m og 38 m. Det er påtruffet berg i 2 posisjoner.

Boremotstanden i løsmassene varierer fra lav boremotstand til stor boremotstand der det er benyttet økt rotasjon, slag og spyling for å trenge gjennom faste masser.

Prøvetaking fra BH03, BH07 og BH11 i lag med lav sonderingsmotstand viser løsmasser som kan beskrives som humusholdig grus, sand og silt. Løsmasser med stor bormotstand er antatt å være sand og grus med høyt innhold av stein og blokk.

Det er ikke funnet indikasjoner på kvikkleire i resultat fra sonderinger eller i de vurderte prøvene.

Denne rapporten er en ren datarapport som oppsummerer resultater fra geotekniske grunnundersøkelser.

► Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Aktuelt område	5
1.3	Løsmassekart	6
1.4	Generell informasjon	7
2	Felt- og laboratoriearbeid	8
2.1	Generell informasjon om feltarbeidet	8
2.2	Generell informasjon om laboratoriearbeidet	9
3	Resultater laboratorieundersøkelser	10
3.1	Generell klassifisering	10
3.2	Bilder	10
4	Resultater feltundersøkelser	12
4.1	Totalsondering	12
5	Referanser	13

Tegninger

Innhold	Format	Målestokk	Tegn.nr.
Boreplan – utførte grunnundersøkelser	A3	1:2000	V100-V102
Enkeltsonderinger	A3	1:250	V200-V202

Vedlegg

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

1 Innledning

Norconsult AS er engasjert av Aurland kommune for å utføre geotekniske grunnundersøkelser i forbindelse med områdeskredvurdering i Flåm.

1.1 Bakgrunn

Hensikten med denne rapporten er å presentere resultatene fra felt- og laboratoriearbeidet og beskrive registrerte grunnforhold.

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

Geotekniske vurderinger, prosjektering eller rådgivning utover dette er ikke innbefattet her.

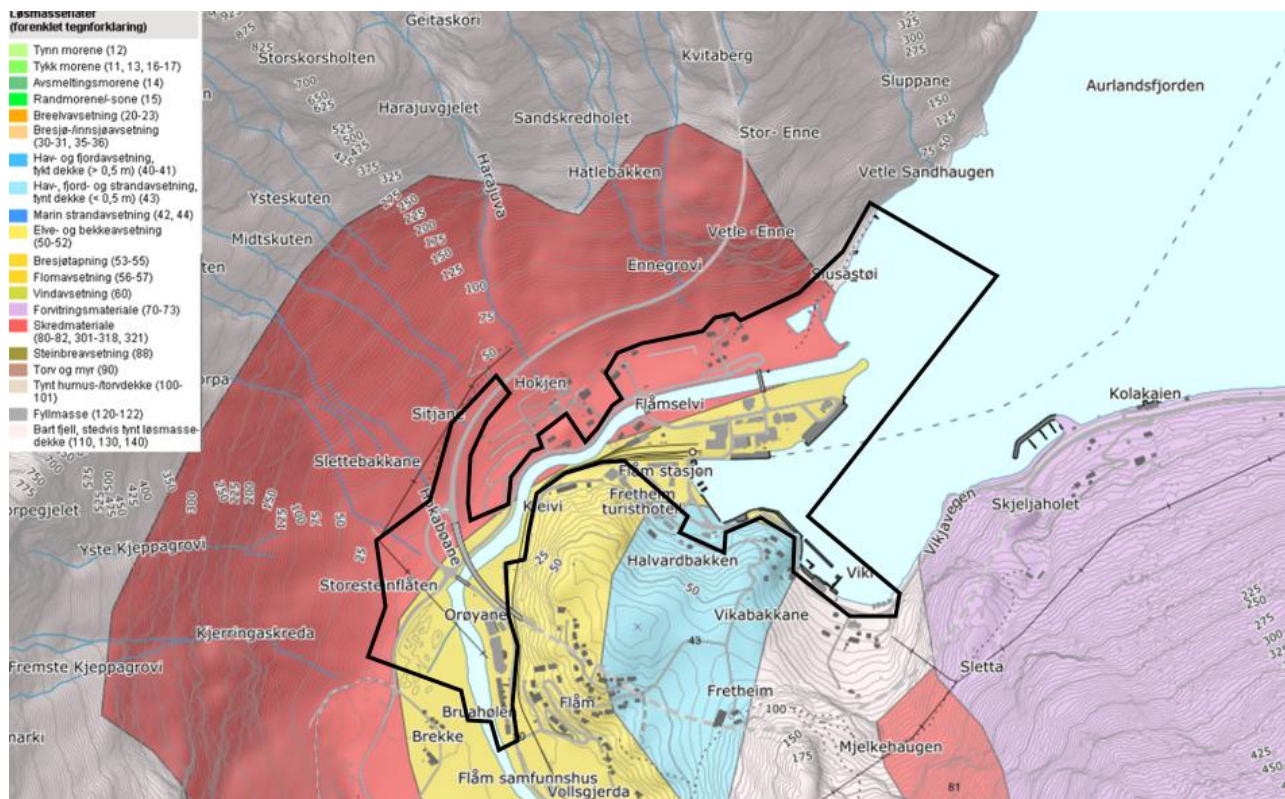
1.2 Aktuelt område

Området for grunnundersøkelser er markert med rød pil i kartutsnittet Figur 1.



Figur 1: Oversiktskart som viser området for grunnundersøkelser [1].

1.3 Løsmassekart



Figur 2: NGUs løsmassekart. NGU – karttjeneste [2]. Planområdet er vist med svart markering.

NGUs løsmassekart indikerer at løsmassene i det aktuelle området består hovedsakelig av elveavsetninger og skredmateriale. NGU beskriver dannelsen av elveavsetninger som «materiale som er transportert og avsatt av elver og bekker. Sand og grus dominerer, og materialet er sortert og rundet. Mektigheten varierer fra 0,5 til mer enn 10 m.» NGU beskriver dannelsen av skredmateriale som «avsetninger dannet ved steinsprang, fjellskred, snøskred eller løsmasseskred fra bratte dalsider. Materialet kan inneholde alle kornstørrelser og ha varierende sorteringsgrad». Sørøst i planområdet indikere løsmassekartet hav-, fjord- og strandavsetning med tynt dekke. NGU beskriver disse løsmassene som «område med ulike typer marine avsetninger. Tykkelsen på avsetningene er normalt mindre enn 0,5 m, men det kan lokalt være noe større. Kornstørrelser angis normalt ikke, men kan være alt fra leir til blokk». Helt øst i planområdet er det registrert bart fjell.

Løsmassekartet har en dataoppløsning på 1:250000. Kartet gir kun en indikasjon på hva de øvre deler av jordprofilen består av. Det er behov for geotekniske grunnundersøkelser for å få kjennskap til grunnens egenskaper.

Marin grense er på ca. kote + 125 moh., og hele planområdet er under marin grense.

1.4 Generell informasjon

Aktsomhetskart

Aktsomhetskartet til NVE [3] viser at planområdet ligger innenfor aktsomhetszone for flom, stormflo, kvikkleire og jord- og flomskred. Planområdet ligger også innenfor faresone for skred i bratt terreng og fjellskred. Det er ikke registrert kvikkleire i området.

NADAG

Det er i området registrert 3 prosjekter med boringer i NADAG [4] [5] [6].

Tidligere undersøkelser

Norconsult AS har ikke utført grunnundersøkelser i området.

2 Felt- og laboratoriearbeid

Tabell 1 oppsummerer utført feltarbeid mht. posisjon/borepunkt, koordinatfesting, undersøkelsesmetode og boreddybder ved totalsonderingene. Posisjonene til hvert borepunkt og tilhørende terrenghøyder er målt inn med CPOS-korrigert GPS. Koordinater er gitt i koordinatsystem EUREF89, UTM-sone 32 og høydesystem NN2000.

Det er utført totalsonderinger i 11 posisjoner. Det er tatt opp poseprøver i 3 posisjoner. Prøvene er analysert ved Norconsults laboratorium i Molde.

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

Tabell 1 Borepunktliste

Borepunkt	EUREF 89 UTM Sone 32, NN2000			Metode	Boreddybde (TOT)	
	X (Nord)	Y (Øst)	Z (Høyde)		Løsm. [m]	Berg [m]
BH01	6748524.6	397928.1	39.2	TOT	19.5	-
BH02	6748664.2	397847.1	17.2	TOT	20.1	-
BH03	6748710.2	397895.4	2.2	TOT, PRV	19.5	-
BH04	6748679.2	397614.6	50.1	TOT	15.0	3.1
BH05	6748746.5	397495.2	36.6	TOT	3.9	3.1
BH06	6748065.0	397054.4	18.8	TOT	19.6	-
BH07	6748318.8	396954.4	7.3	TOT, PRV	29.6	-
BH08	6748226.5	397089.1	8.2	TOT	21.6	-
BH09	6748992.3	397240.6	5.6	TOT	21.7	-
BH10	-	-	-	-	-	-
BH11	6749217.6	397582.5	5.6	TOT, PRV	23.0	-
BH12	6749240.2	397826.8	1.6	TOT	37.6	-

TOT:Totalsondering, PRV:Prøve

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 V200-V202. Vedlegg C gir forklaring til opptegning og totalsonderinger.

Tabell 2 Generell informasjon feltarbeid

Feltarbeid	
Dato for utførelse	Uke 47 og 48, 2022
Boreleder	Ole Kristian Hestad
Type borerigg	GeoTech 605
Relevante standarder	Ref. [7], [8] og [9]
Resultater	Tegninger V100-V102, V200-V202

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 er det tatt bilder av prøvene.

Tabell 3 Generell informasjon laboratoriearbeid

Laboratoriearbeid	
Dato for utførelse	Uke 51, 2022
Laborant	Synne Tveiten og Johanne Simonhjell
Relevante standarder	Ref. [10]
Resultater	Tegninger V200-V202

3 Resultater laboratorieundersøkelser

3.1 Generell klassifisering

Tabell 4: Resultater fra visuell beskrivelse av poseprøvene.

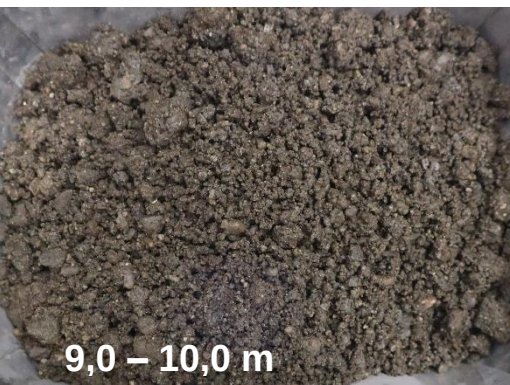
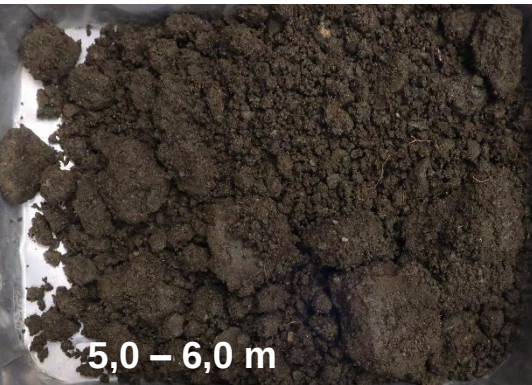
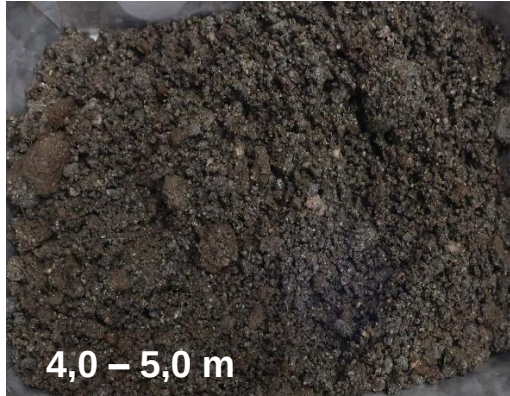
Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering
BH03	Pose	2,0-3,0	Humusholdig grus, sand og silt
BH03	Pose	3,0-4,0	Humusholdig grus, sand og silt
BH03	Pose	4,0-5,0	Humusholdig grus, sand og silt
BH07	Pose	2,0-3,0	Humusholdig grus, sand og silt
BH07	Pose	4,0-5,0	Humusholdig grus, sand og silt
BH07	Pose	5,0-6,0	Humusholdig grus, sand og silt
BH07	Pose	9,0-10,0	Humusholdig grus, sand og silt
BH11	Pose	5,0-6,0	Humusholdig grus, sand og silt
BH11	Pose	6,0-7,0	Humusholdig grus, sand og silt

3.2 Bilder

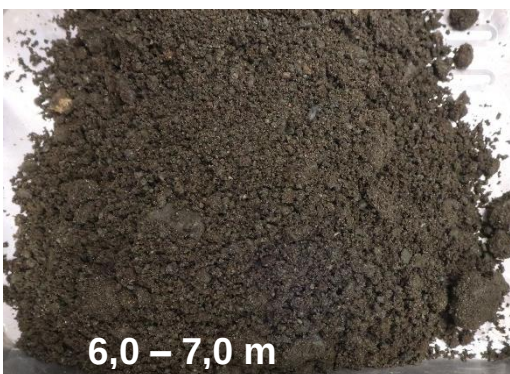
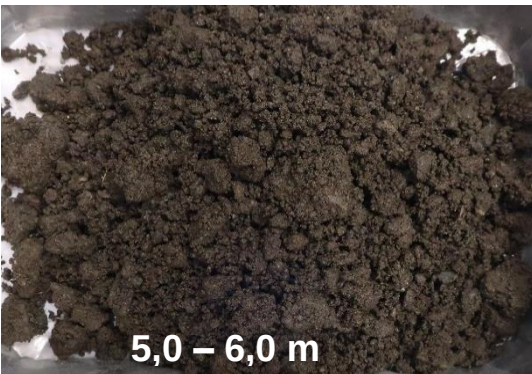
Posisjon BH03



Posisjon BH07



Posisjon BH11



4 Resultater feltundersøkelser

Resultater fra feltundersøkelser er vist på tegning V200-V202.

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.

4.1 Totalsondering

Det er gjennomført totalsondering i samtlige borepunkt. Plassering av borepunktene er jevnt fordelt over planområdet for å registrere stedlige grunnforhold.

BH01-BH04

Totalsonderingene viser et lag med lav boremotstand ned til dybde varierende fra 1-5 m. Videre viser totalsonderingene masser med høy boremotstand der økt rotasjon, slag og spyling er brukt for å trenge gjennom de faste massene. BH01, BH02 og BH03 er avsluttet på 20 m dybde uten å nå berg. I BH04 påtreffes antatt berg ved 15 meters dyp.

BH05

I BH05 viser totalsonderingen masser med høy boremotstand med en mektighet på 4 meter ned til antatt berg.

BH06

Totalsonderingene viser høy boremotstand hvor det bortsett fra i dybde 9-13 m er benyttet økt rotasjon, slag og spyling for å trenge gjennom de faste massene. Sonderingen er avsluttet på 20 m dybde uten å nå berg.

BH07-BH08

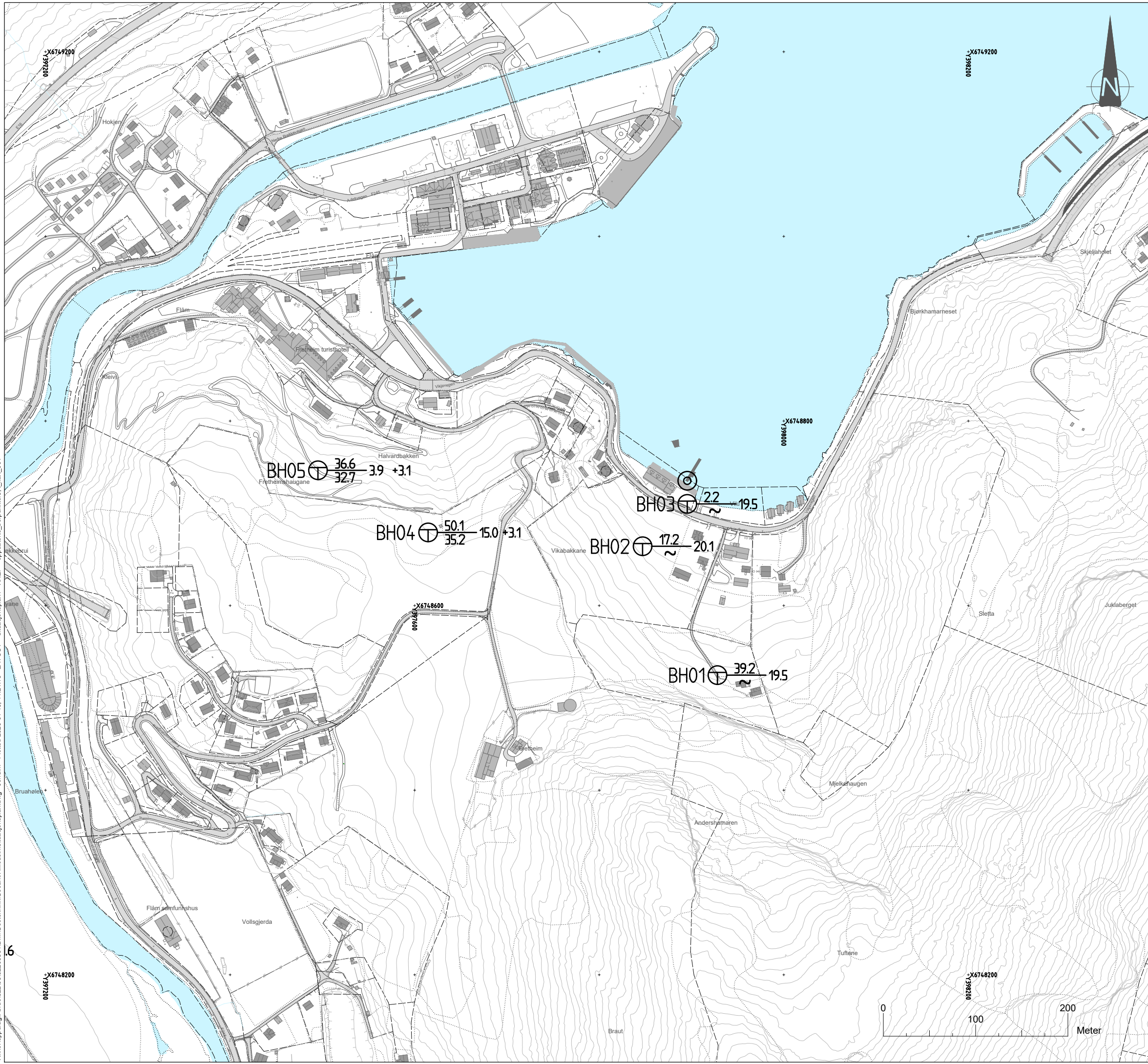
Totalsonderingen i BH07 og BH08 viser et organisk topplag, over et lag med middels stor boremotstand med mektighet på omtrent 15 meter. I BH07 påtreffes antatt stein/blokk fra 14-20 meters dyp, videre er det middels stor boremotstand til sonderingslutt på 30 m dybde. BH07 og BH08 er avsluttet uten å nå berg.

BH09, BH11 og -BH12

Totalsonderingene for BH09 og BH11 viser først et lag med høy boremotstand hvor det er benyttet økt rotasjon, slag og spyling, med mektighet på omtrent 5 meter. Deretter følger et lag med lavere boremotstand. Fra ca. 14 meters dyp møter man igjen på et lag med høyere boremotstand. BH12 har samme tendens som BH09 og BH11, men laget med lavere boremotstand har mektighet ned til dybde 35 m. Totalsonderingene BH09, BH11 og BH12 er avsluttet i dybde 21, 23 og 37 m uten å nå berg.

5 Referanser

- [1] Kartverket, «Norgeskart.no,» 20 December 2022. [Internett]. Available: <https://www.norgeskart.no>.
- [2] NGU, «Løsmassekart NGU,» [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. . [Funnet 20 December 2022].
- [3] NVE, «Aktsomhetskart,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/flomaktsomhet>. [Funnet 20 12 2022].
- [4] B. Nor, «Grunnundersøkelse av sjøbunn ved Flåm stasjon for utfylling av tunnelmasser øst for stasjonen,» Bane Nor, 1976.
- [5] B. NOR, «Grunnundersøkelse for kaianlegg i Flåm utført i 1935 og dykkerrapport fra 1978,» Bane NOR, 1935.
- [6] S. Vegvesen, «Geoteknisk undersøkelse - E16 Skredvoll Flåm,» Statens Vegvesen, 2013.
- [7] Statens vegvesen, Håndbok R211 Feltundersøkelser, Statens vegvesen, 1997.
- [8] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 9 - Veiledning for utførelse av totalsondering. Revisjon 1, 2018., Norsk geoteknisk forening, 1994.
- [9] Norsk geoteknisk forening, Melding nr. 11 - Veiledning for utførelse av prøvetaking, Norsk geoteknisk forening, 2013.
- [10] Statens vegvesen, Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, Statens vegvesen, 2016.



FORKLARINGER

- Prøvetaking
 - Totalsondering
 - Terrengkote
 - Bergkote
- Boret dybde i løsmasser + boret dybde i berg

KOORDINATSYSTEM:
 VERTIKAL: NN2000
 HORIZONTAL: EUREF89 UTM 32

Rev.	Dato	Beskrivelse	JohSim	SirHau	JohM
J01	2023-01-02	For bruk			

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 utstrækning enn formålet tilsier.

Aurland kommune Målestokk (gjelder A1)
1:2000

Flåm områdeskredvurdering





Geotekniske grunnundersøkelser

Borplan

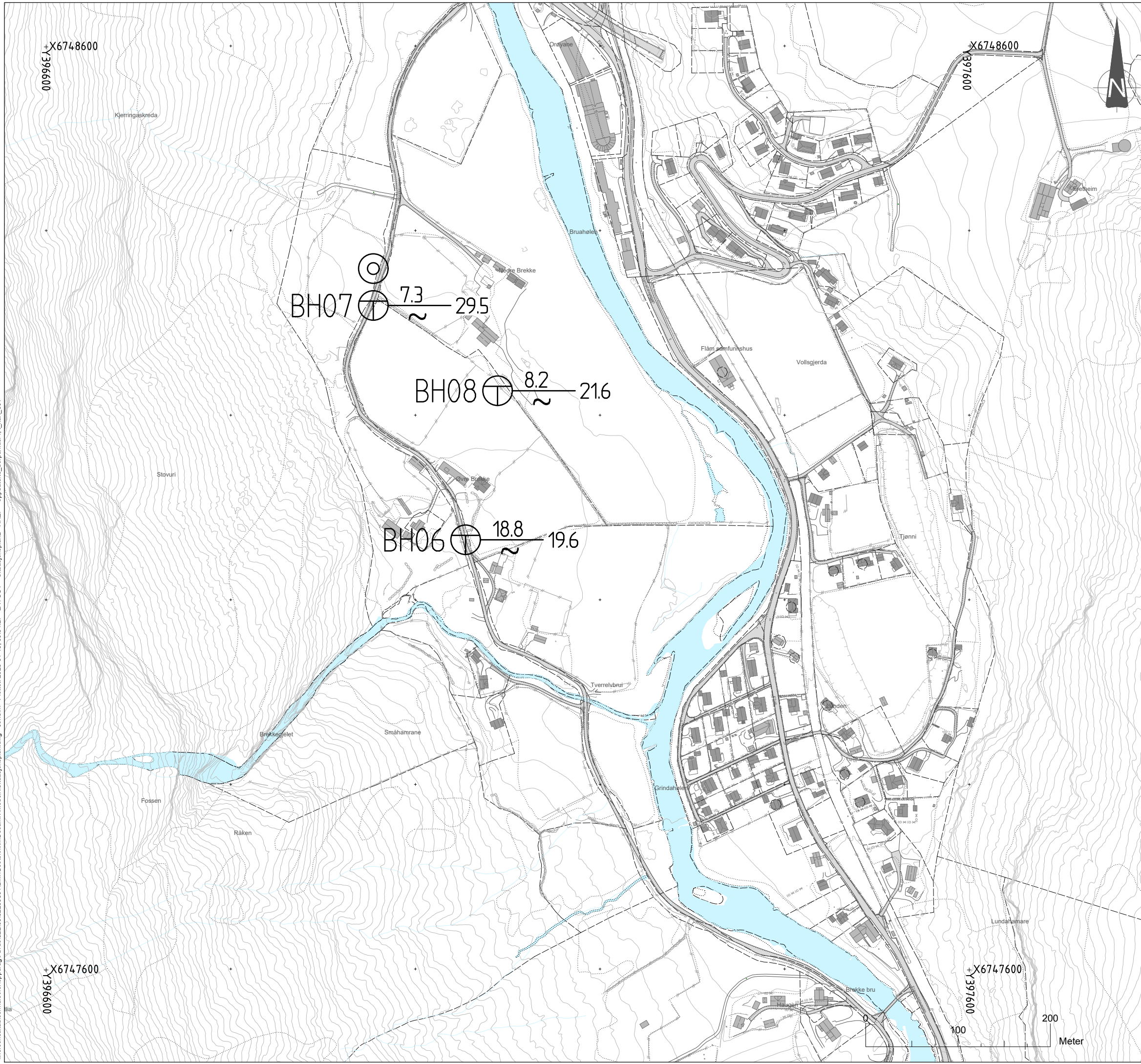
	Oppdragsnummer 52205864	Tegningsnummer V100	Revisjon J01
--	----------------------------	------------------------	-----------------

X:\non\oppdrag\Flåm\052205864\BIM\Geoteknikk\Geoarkiv\Modell\Situasjonsplan1 - JohSim - Pliktet 2023-01-13 11:24:13 - LAYOUT - Situasjonsplan1 - XREF = oppdragsplan1 - kart_001

FORKLARINGER

-  Prøvetaking
 -  Totalsondering
 -  Terrengekote
 -  Bergkote
- Boret dybde i løsmasser + boret dybde i berg

KOORDINATSYSTEM:
 VERTIKAL: NN2000
 HORIZONTAL: EUREF89 UTM 32



Rev.	Dato	Beskrivelse	JohSim	SirHau	JohM
J01	2023-01-02	For bruk			


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 utstrækning enn formålet tilsier.

Aurland kommune Målestokk (gjelder A1)
1:2000

Flåm områdeskredvurdering





Geotekniske grunnundersøkelser

Borplan

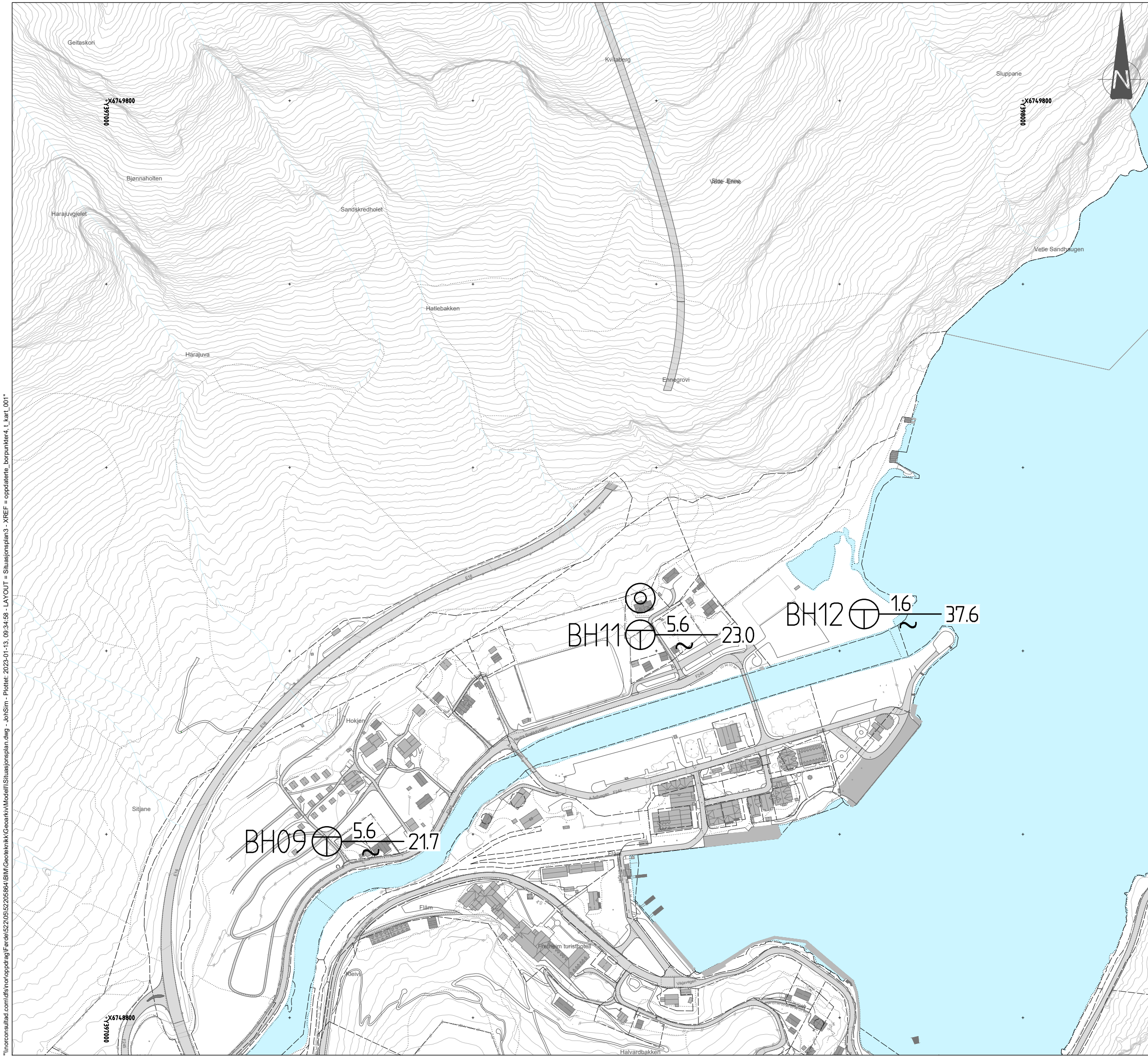
	Oppdragsnummer 52205864	Tegningsnummer V101	Revisjon J01
---	----------------------------	------------------------	-----------------

\norconsult\dat\com\uf\in\top\op\drag\F\er\de\52205864\BIM\Geoteknik\Geoteknik\Modell\Situasjonsplan.dwg - JohSim - Plottet: 2023-01-13, 09:34:27 - LAYOUT = Situasjonsplan2 - XREF = oppdaterte_borpunkter4_L_kart_001

FORKLARINGER

-  Prøvetaking
 -  Totalsondering
 -  Terrengekote
 -  Bergkote
- Boret dybde i løsmasser + boret dybde i berg

KOORDINATSYSTEM:
 VERTIKAL: NN2000
 HORIZONTAL: EUREF89 UTM 32



Rev.	Dato	Beskrivelse	JohSim	SirHau	JohM
J01	2023-01-02	For bruk			

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 utstrækning enn formålet tilsier.

Aurland kommune Målestokk (gjelder A1)
1:2000

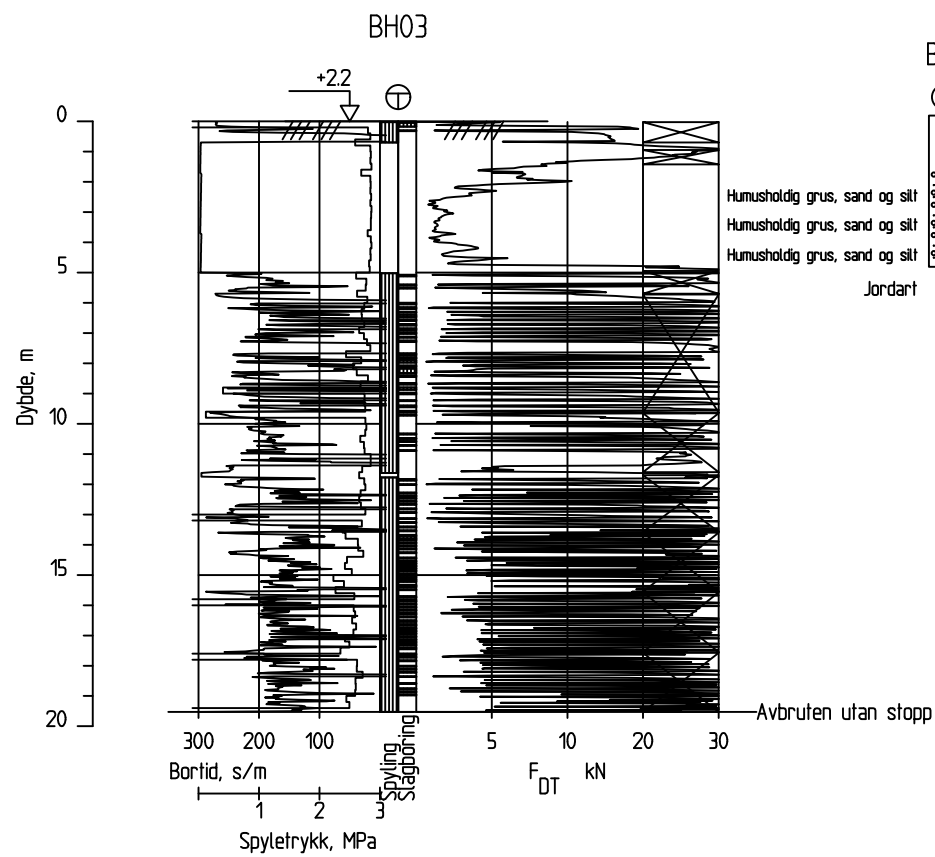
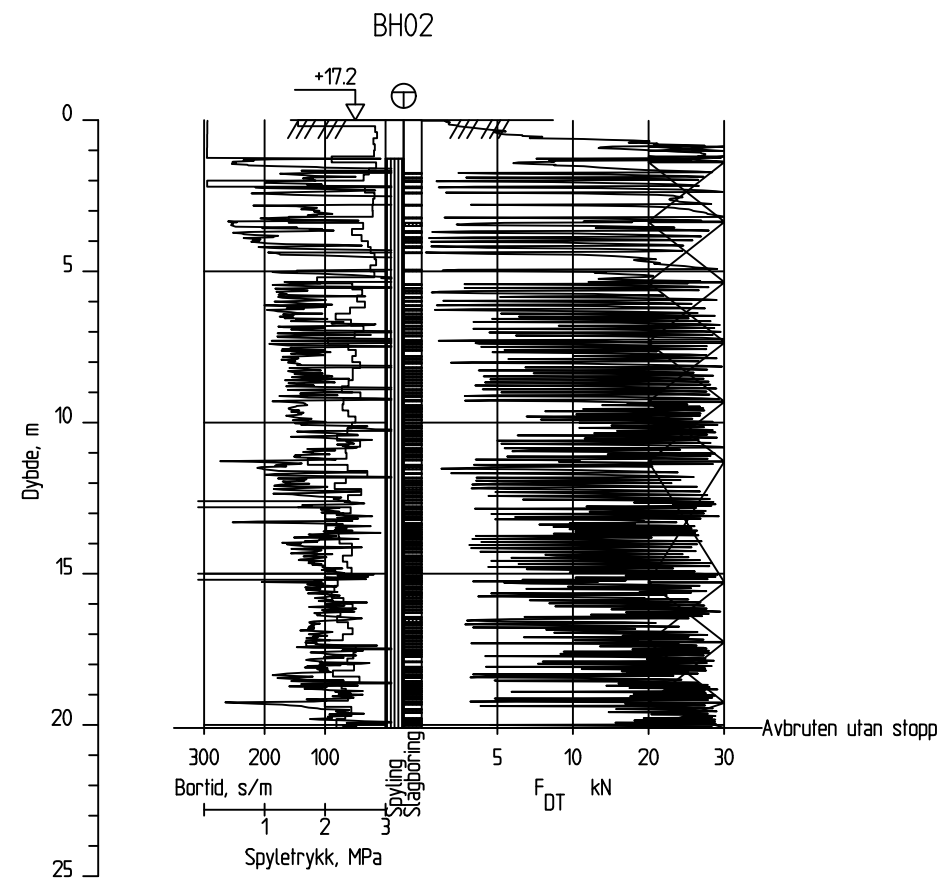
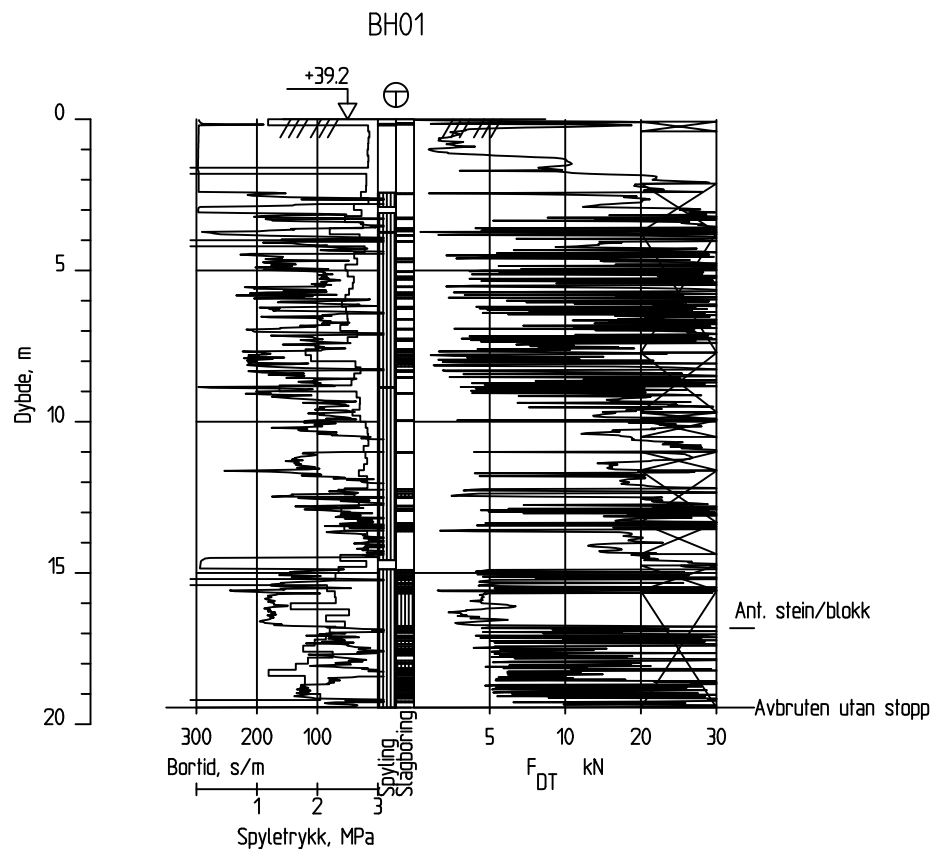
Flåm områdeskredvurdering

Geotekniske grunnundersøkelser

Borplan

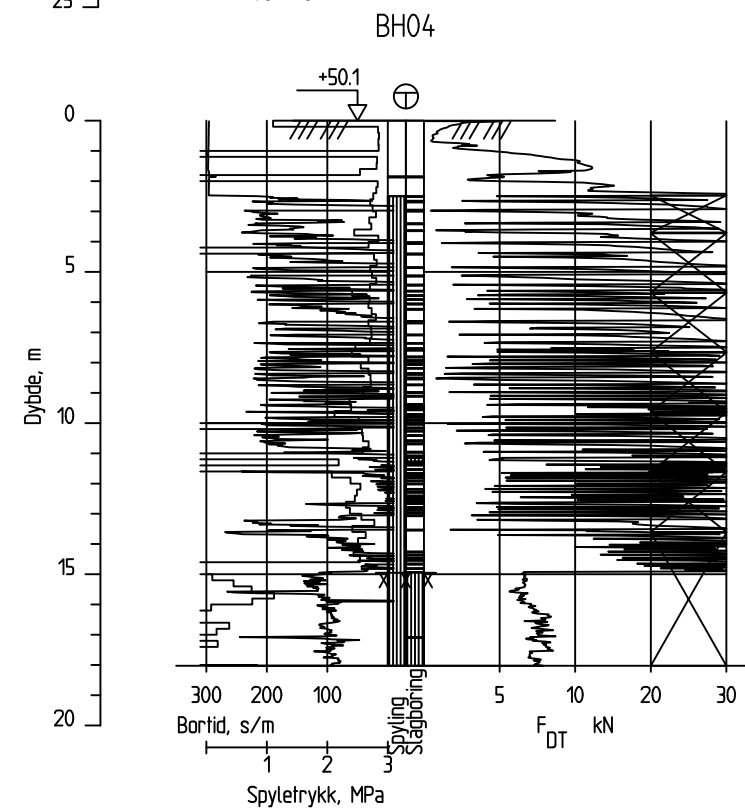
Norconsult	Oppdragsnummer 52205864	Tegningsnummer V102	Revisjon J01
-------------------	----------------------------	------------------------	-----------------

T:\norconsult\ad.com\uf\in\top\pdf\ag\Ferdig\22\05\2205205864\BIM\Geoteknikk\Geoteknikk\Modell\Situasjonsplan3 - XREF = oppdaterte_borpunkter4_L_kart_001

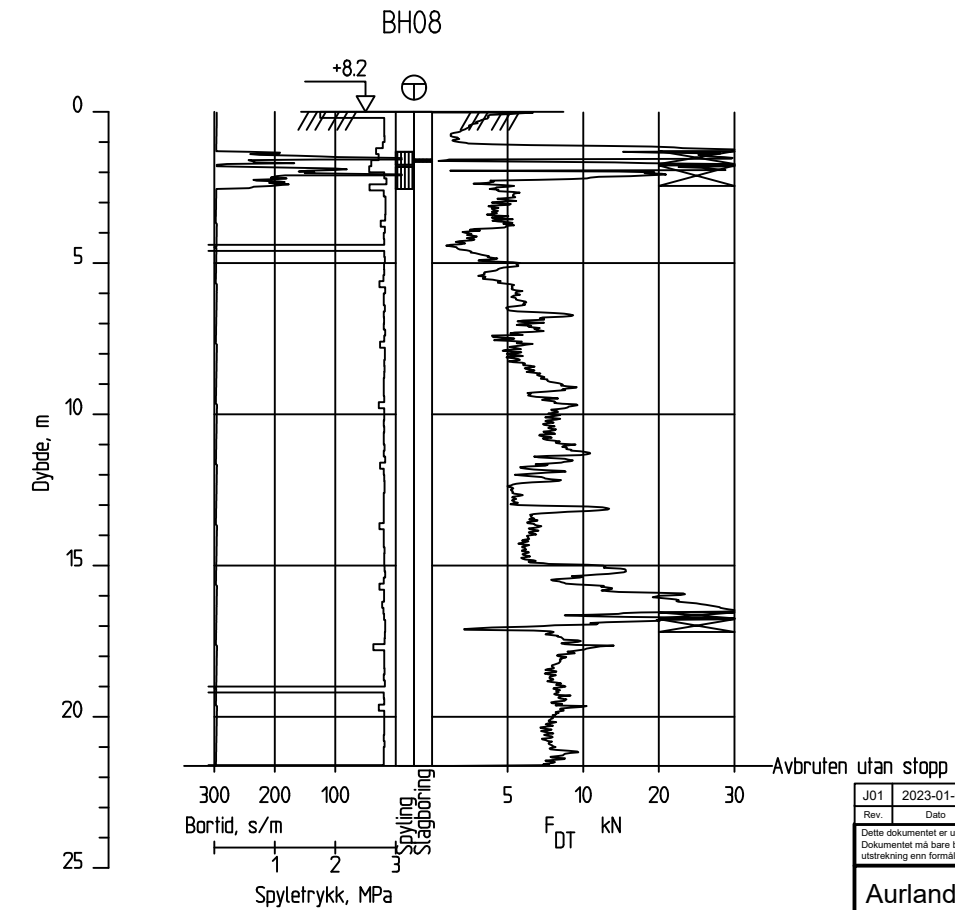
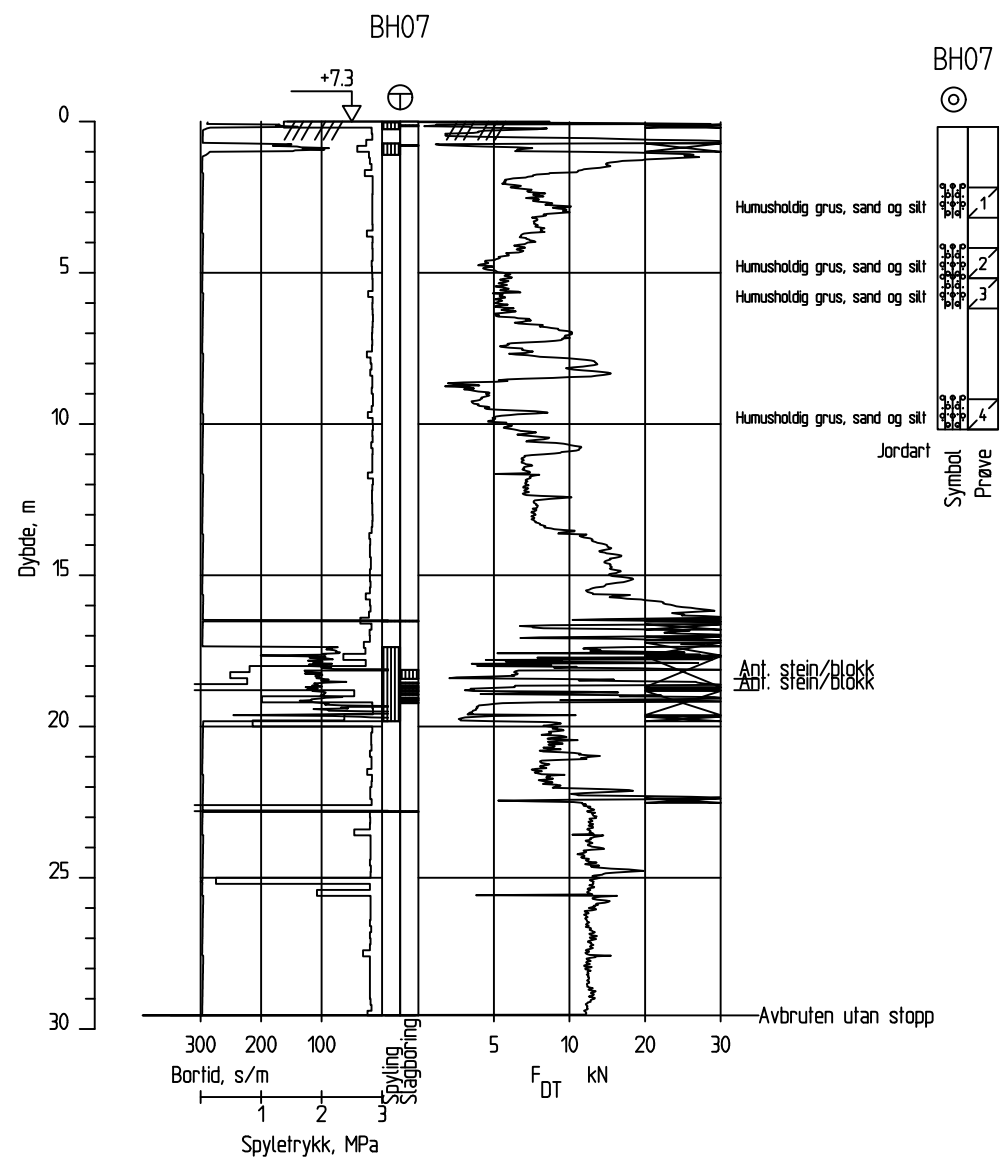
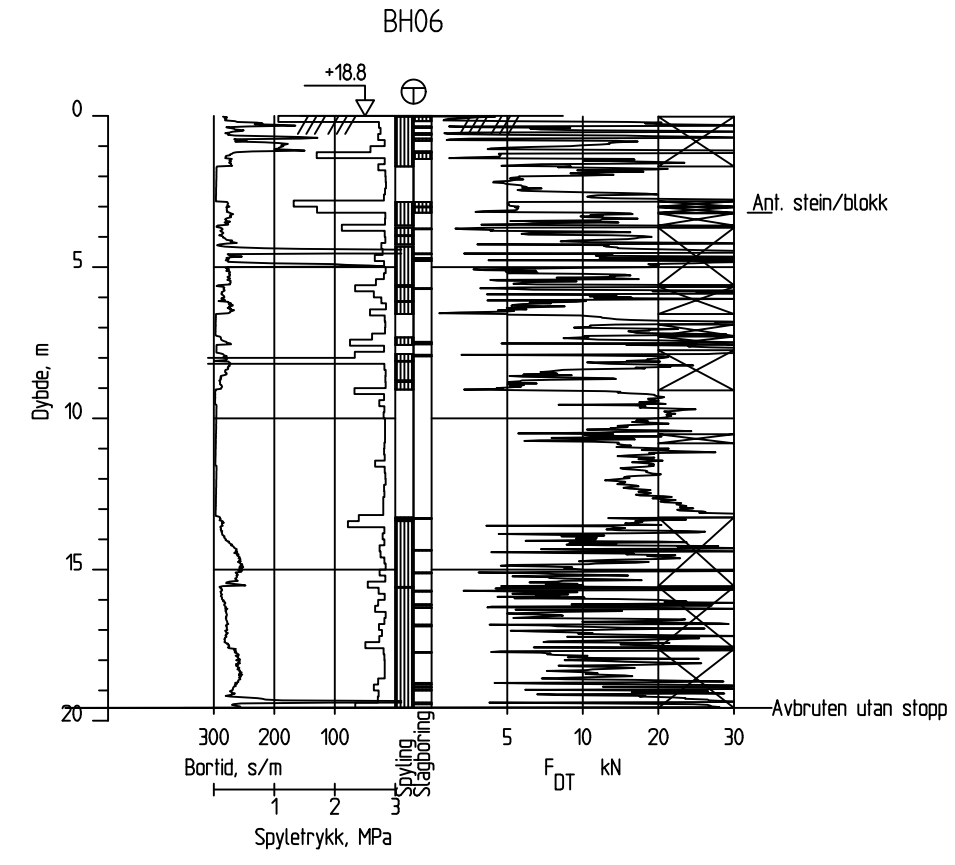
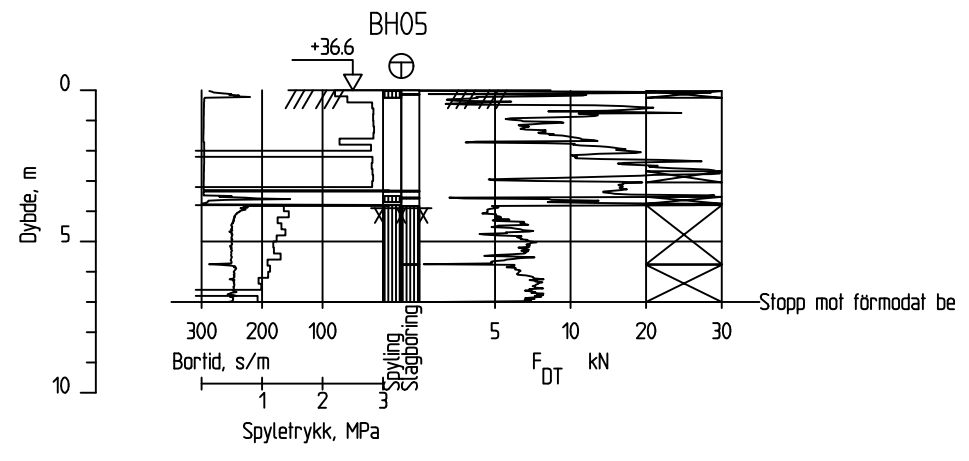


BH03

Jordart	Symbol	Prøve
Humusholdig grus, sand og silt	⊙	1
Humusholdig grus, sand og silt	⊙	2
Humusholdig grus, sand og silt	⊙	3

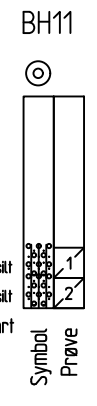
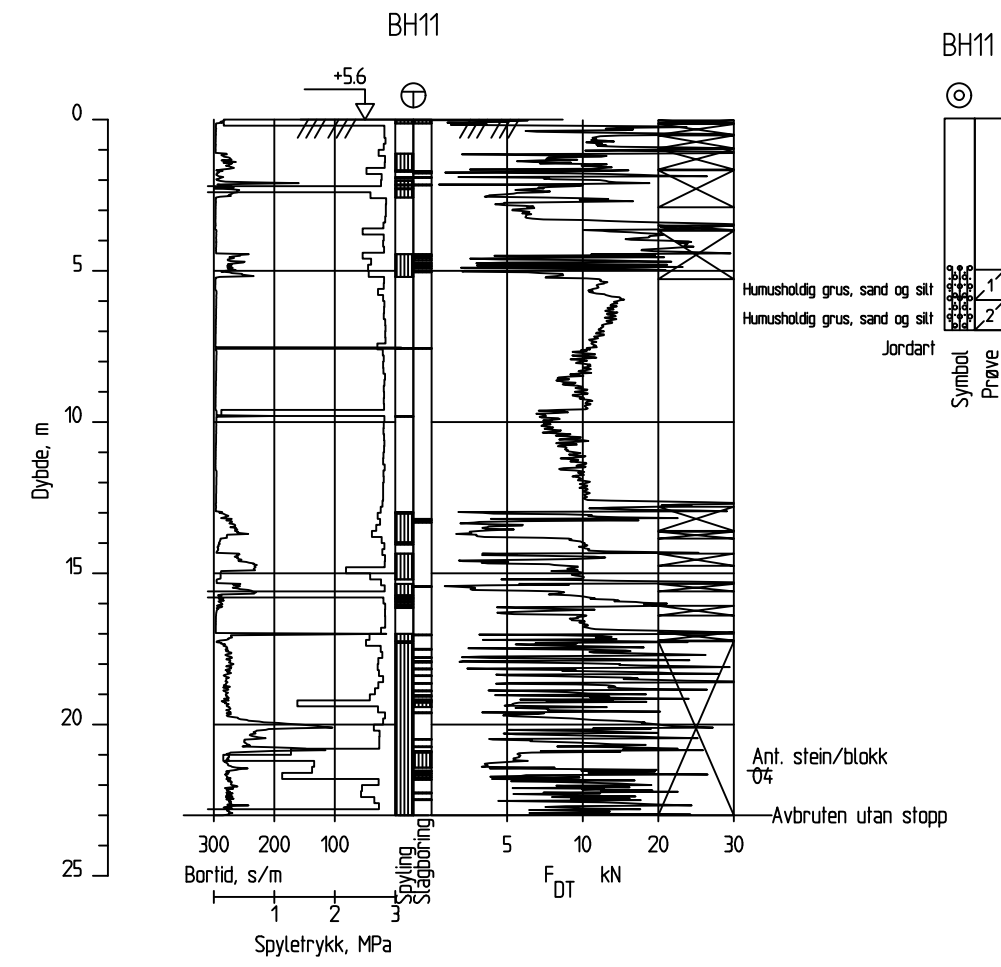
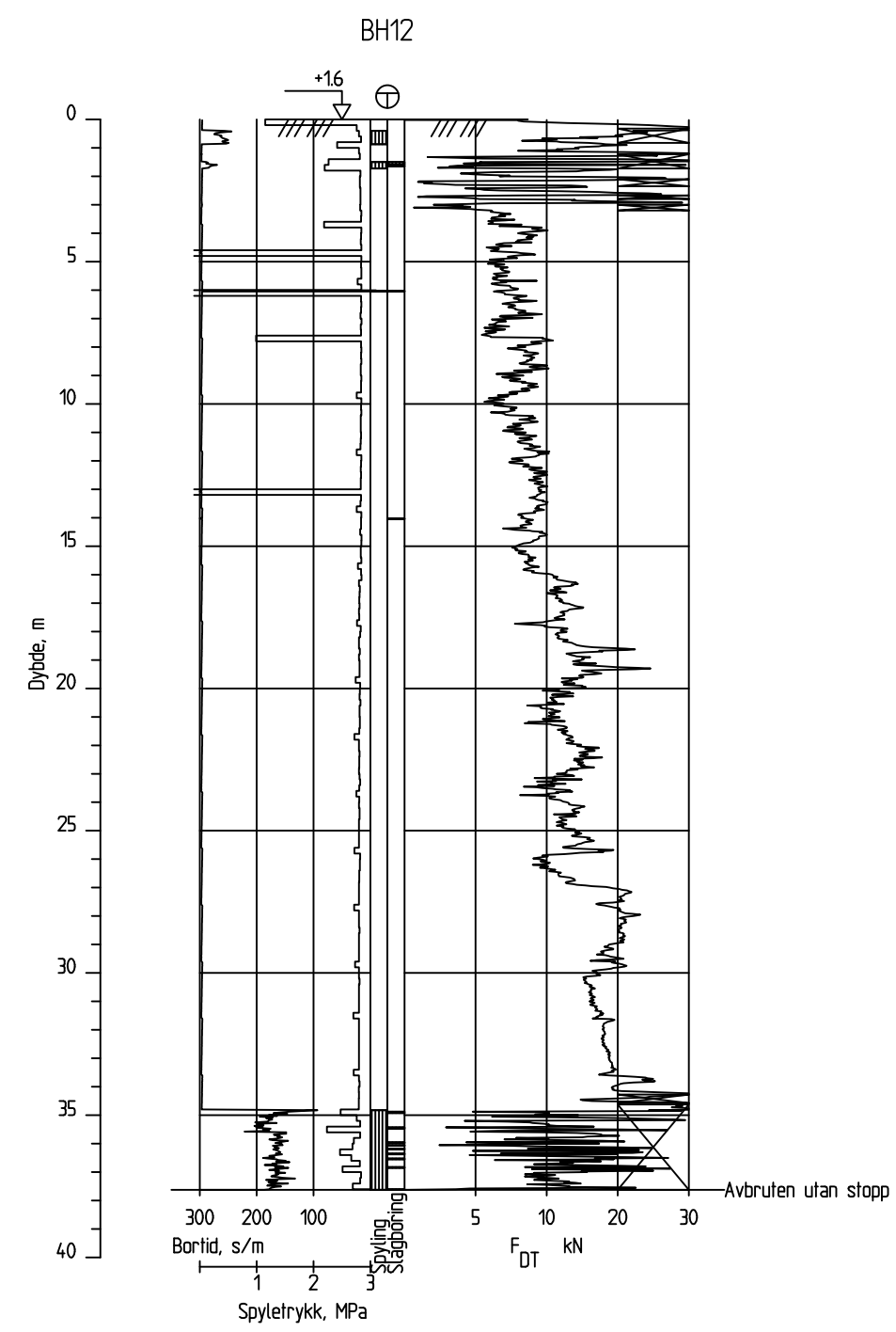
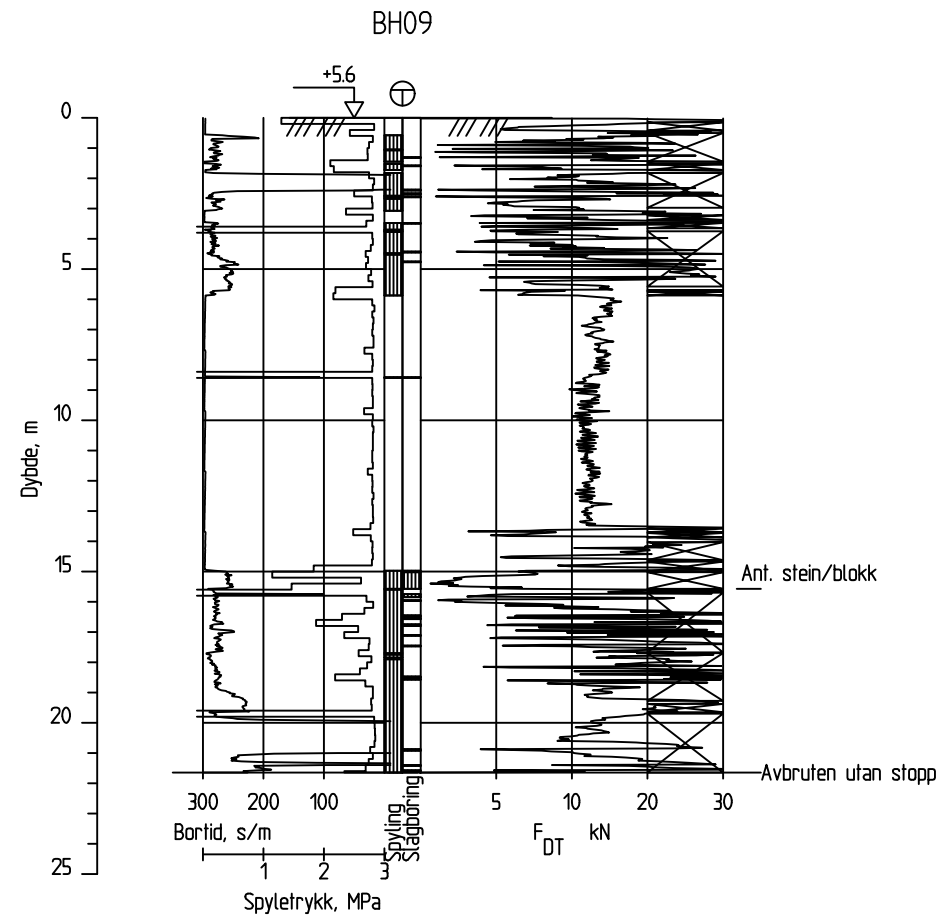


Rev.	Dato	Beskrivelse	JohSim	TohSo	JohM
J01	2023-01-03	For bruk			
			Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsvåren beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.</small>					Målestokk (gjelder A1)
Aurland kommune					1:250
Flåm områdeskredvurdering					
Geotekniske grunnundersøkelser					
Enkeltsonderinger					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		52205864	V200	J01	



Rev.	Dato	Beskrivelse	JohSim	TohSo	JohM
	2023-01-03	For bruk	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small>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 utstrækning enn formålet tilsier.</small>					Målestokk (gjelder A1)
Aurland kommune					1:250
Flåm områdeskredvurdering					
Geotekniske grunnundersøkelser					
Enkeltsonderinger					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		52205864	V201	J01	

X:\propp\p\p\p\Ferd\52205864\BIM\Geoteknikk\Modell\ordentlige_enkeltsonderinger.dwg - JohSim - Plottet: 2023-01-05, 09:05:11 - LAYOUT = V201



J01	2023-01-03	For bruk	JohSim	TohSo	JohM
Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
<small> 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 utstrækning enn formålet tilsier. </small>					Målestokk (gjelder A1)
Aurland kommune				1:250	
Flåm områdeskredvurdering					
Geotekniske grunnundersøkelser					
Enkeltsonderinger					
Norconsult		Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon	
		52205864	V202	J01	

*X:\propp\p\p\p\Ferdig\52205864\BIM\Geoteknikk\Modell\ordentlige_enkeltsonderinger.dwg - JohSim - Plottet: 2023-01-05, 09:05:29 - LAYOUT = V202

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 stige høyde 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.

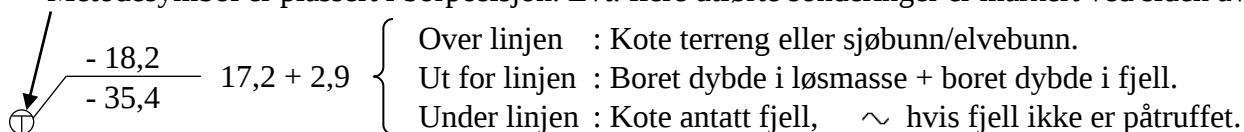
Ødometerforsøk i laboratorium benyttes til å bestemme jordens forkonsolideringsspenning og deformasjonsegenskaper. Ødometeret gir en endimensjonal deformasjonstilstand som er en forenkling av virkeligheten, men som samtidig er godt tilpasset de vanligste beregningsmodeller for setninger. Beregningsmodeller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

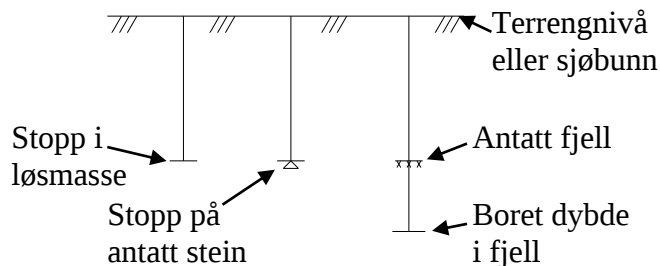
- | | | |
|------------------------|--------------------|-----------------------------------|
| ○ Enkel sondering | ● Dreiesondering | ◊ Dreietrykksondering |
| ⊗ Fjellkontrollboring | ⊕ Totalsondering | ▽ Trykksondering |
| + Vingeboring | ▼ Ramsondering | ⊖ Standard Penetration Test (SPT) |
| □ Prøvegrop | ⊙ 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.

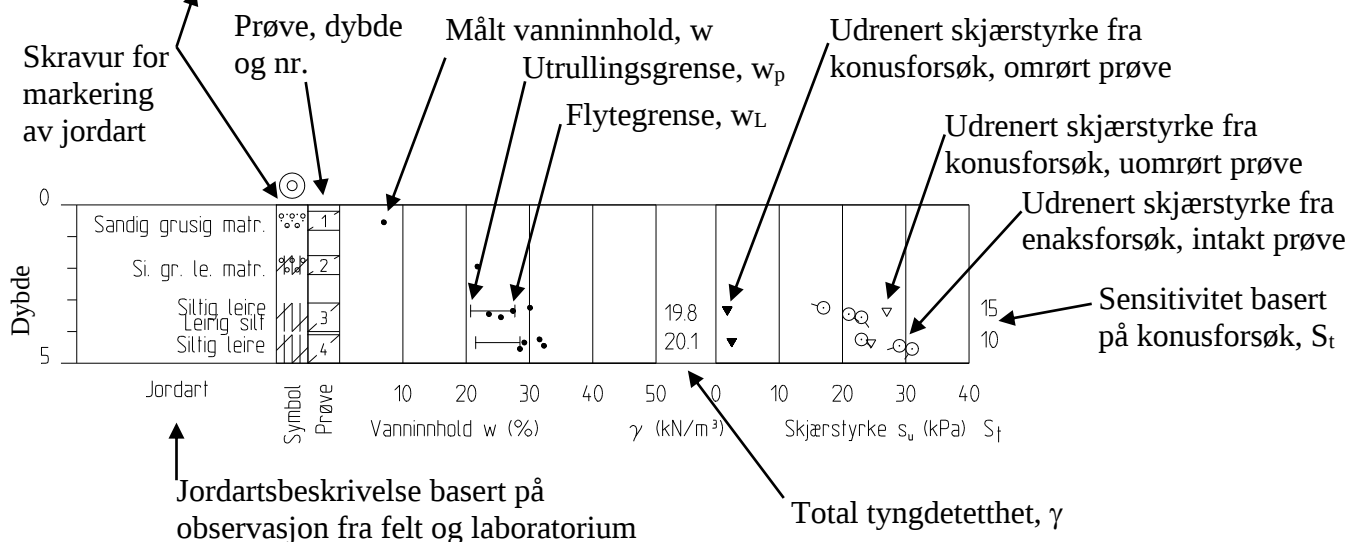


PROFILER

- | | | | |
|-----------------------|-----------|---|------------------------------------|
| Enaksialt trykkforsøk | (S_u) | | () = 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	DATO
M =	
RAPPORT	VEDLEGG
	B

UTFØRT Arne Kavli	KONTROLLERT Torgeir Døssland
----------------------	---------------------------------

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

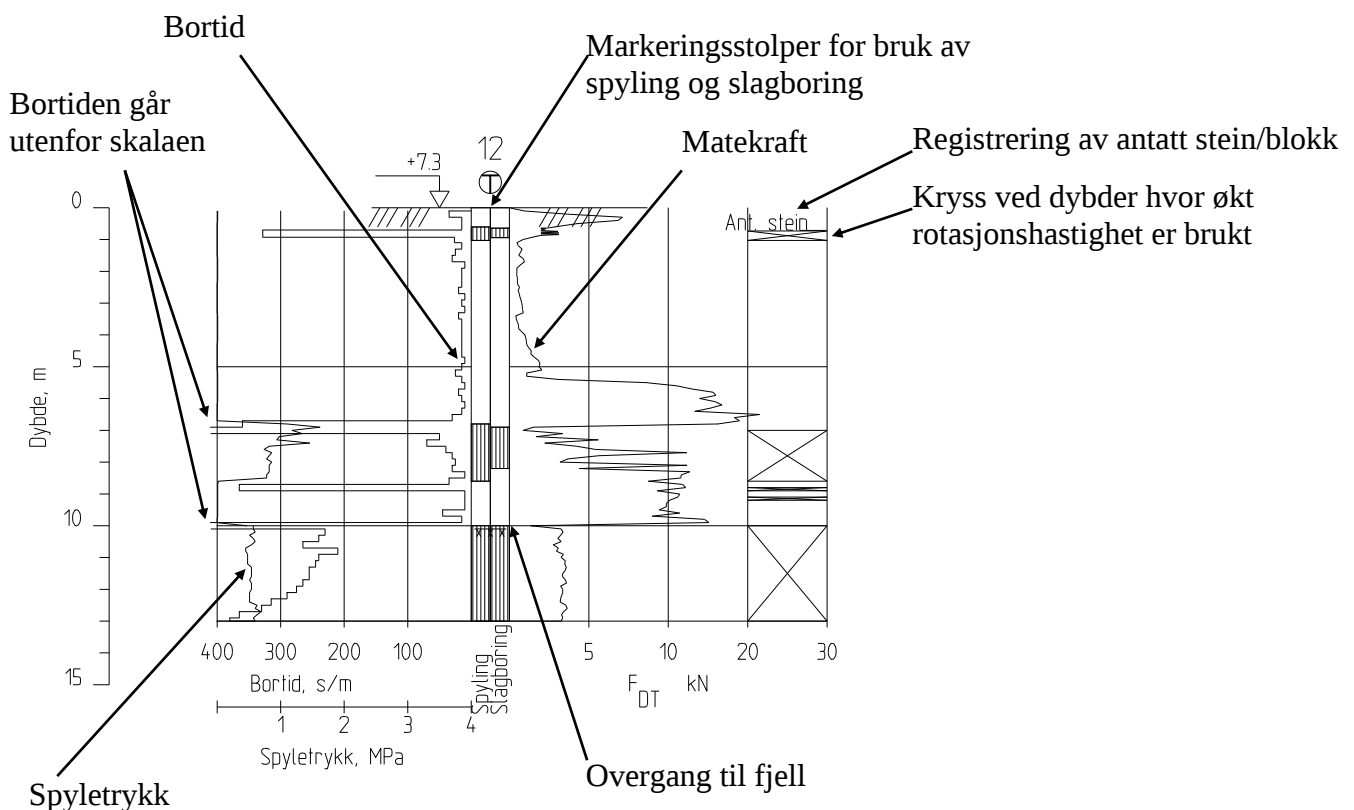
Som dreietrykksondering: Konstant rotasjonshastighet 25 omdreininger/min.
Nedpressingshastighet 3 m/min (20 sek/m).

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 

MÅLESTOKK

M =

DATO

UTFØRT
Arne Kavli

KONTROLLERT
Torgeir Døssland

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 hydrometernalyse 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 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 treksialforsøk 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 materialegenskaper 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 korrigerings 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.