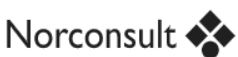
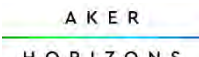


# Reguleringsplan for Ballang sleira Industriområde

## Innledende Geoteknisk Vurdering

---

Evaluering av regulering

Prosjektnavn		Dokumentnavn				
Aker Horizons Asset Development Ballangen		Reguleringsplan for Ballangleira Industriområde Innledende geoteknisk vurdering				
Dokumentnummer						
NOBA-104-HSE-REP-00004						
Dokumentets opphav (Norconsult)				Godkjenner (Aker Horizons)		
						
Dato	Revisjonsindeks	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent	Gjennomgått	Godkjent
2022-09-25	A01	KerSch				
2022-09-28	J01	KerSch	KriEks/AmiKay	DejDod		
2024-05-24	J02	PauCha	KerSch	SigPla		
2024-06-25	J03	PauCha	KerSch	SigPla		

<b>Oppdragsgiver:</b>	Aker Horizons
<b>Kundens kontaktperson:</b>	Armand Breuer, Marija Jovanovic
<b>Rådgiver:</b>	Norconsult AS, Stortorget 2, NO-9008 Tromsø
<b>Oppdragsansvarlig:</b>	Dejan Doder
<b>Fagansvarlig:</b>	Keren Schwartz
<b>Andre nøkkelpersoner:</b>	Kristine Ekseth, Amir M. Kaynia, Paul Chabot, Johanne Simonhjell (oversettelse)

Prosjekt: Narvik Development

Revisjon: J01 **Feil! Fant ikke referansekil den.**

Dokumentnavn: Innledende Geoteknisk Vurdering  
Dokumentnummer: NOND-100-DCC-FRM-00004

Dato: 30/10/2024

---

Prosjekt:	Narvik Development	Revisjon:	J01 <b>Feil! Fant ikke referansekil den.</b>
Dokumentnavn:	Innledende Geoteknisk Vurdering	Dato:	30/10/2024
Dokumentnummer:	NOND-100-DCC-FRM-00004		

## ► Sammen drag

Aker Horizons planlegger et nytt anlegg på Ballangen i Narvik kommune. Det planlegges en energifabrikk med flere transformatorstasjoner og transformatorer, hydrogenlagringstanker samt støttefasiliteter som veier, lys, elektrisitet, vann- og avløpsvann, og en ny kai. Noen av disse elementene anses å forårsake store miljøfarer dersom de svikter.

Tomta er et gammelt deponi. Grunnforholdene består hovedsakelig hovedsakelig av matjord og knust olivinfylling over pyritisk gruveavfallsfylling over hard morene over berggrunn. Deltaavsetninger transportert av Kiselva har samlet seg i perioder med stillestående vann både under, over og i fyllingen. Disse avsetningene består hovedsakelig hovedsakelig av sand, silt og leire, med bla. sprøbruddmateriale og kvikkleire. Alle materialprøver klassifiseres som svært telefarlige (T4).

Stabilitet vurderes i henhold til kravene i TEK 17, NVEs kvikkleireveileder 1/2019, forskrift om kontroll av storulykkesfare, og krav til stabilitet under jordskjelvbeklastning. Vurderingen vår konkluderer med følgende begrensninger for stedsklassifisering og bruk:

- Områder som ligger  $\leq 5 \cdot H$  meter bak skråningsfoten og/eller  $\leq 2 \cdot H$  bak skråningskanten, avhengig av hva som er mest restriktivt, kan ikke belastes ytterligere. Konstruksjoner bør kompenseres eller fundamenteres på peler.
- Terrengplanering skal ikke resultere i en helning brattere enn 1:5.

Fundamenter direkte på olivinfylling vil kreve ytterligere tester av styrke, setningspotensial og materialholdbarhet. I tillegg må sykliske styrketester gjennomføres for å utelukke risiko for flytendegjøring.

Pelefundamenter, enten drevne eller borede elementer til morene eller fjellgrunn, representerer et geoteknisk alternativ. Imidlertid kreves ytterligere avklaringer og vurderinger for å avgjøre om det er miljømessig forsvarlig å trenge gjennom geotekstilet som utgjør grunnlaget for deponiet.

Kaia nord for Ballangseira kan generelt etableres enten som en tradisjonell betongplattform på peler langs sjøfylling med moderat fronthelning (1:1,5 til 1:2), eller som en spuntkai sannsynligvis stabilisert med landanker eller friksjonsplate.

Veier langs tomtegrensene anbefales bygget med lett fylling for å oppfylle krav til stabilitet og frostisolering.

Grunnarbeidene forventes å omfatte planeringsarbeider, begrenset graving for fundamenter og utstyr, fjerning av masser med organisk innhold, samt erstatning av olivinfylling med egnet materiale under fundamentene. Graveskråninger over vannflaten forventes å være stabile med en helning på mellom 1:1,5 og 1:2. For dype grøfter som går under havnivå, kan spuntvegger med innvendige stag benyttes som støtte.

*Denne rapporten er en revisjon av vårt tidligere innledende geotekniske vurderingsdokument, dokument nr. 52201297-RIG-R1 datert 2022-04-06 [1].*

## Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Områdebeskrivelse</b>	<b>7</b>
	2.1 Historikk	8
	2.2 Topografi	9
	2.3 Planlagte tiltak	10
<b>3</b>	<b>Grunnundersøkelser</b>	<b>11</b>
	3.1 1982/1983 Grunnundersøkelser	11
	3.2 2021 Grunnundersøkelser	12
	3.3 2022 Grunnundersøkelser	13
	3.4 Befaring i 2022	13
<b>4</b>	<b>Grunnforhold</b>	<b>15</b>
	4.1 Topplag	16
	4.2 Knust olivinfilling	16
	4.3 Naturlige deltaavsetninger	17
	4.4 Fylling med pyrittisk gruveavfall	17
	4.5 Morene	18
	4.6 Berggrunn	18
	4.7 Plastringstein	18
	4.8 Grunnvann	19
<b>5</b>	<b>Forutsetninger for prosjektering</b>	<b>20</b>
	5.1 Standarder og retningslinjer	20
	5.2 Klassifisering	20
	5.3 Materialparametere	20
	5.4 Seismisk sonfaktor og stedscoeffisienter	21
	5.5 Potensial for flytendegjøring	21
	5.6 Naturfare	22
<b>6</b>	<b>Stabilitet</b>	<b>23</b>
	6.1 Nødvendige sikkerhetsmarginer	23
	6.1.1 Eurokode	23
	6.1.2 NVEs retningslinje	23
	6.2 Kontroll av farer for storulykker	25
	6.3 Områdestabilitet	25
	6.3.1 Vurdering i henhold til NVEs prosedyre	25
	6.3.2 Mulige skredområder	27
	6.3.3 Relevante skredmekanismer	28
	6.3.4 Klassifisering av kvikkleiresone	31

6.4	Områdestabilitet	32
6.4.1	<i>Statisk analyse</i>	32
6.4.2	<i>Dynamisk analyse</i>	32
6.5	Skråningserosjon	35
6.6	Sammendrag	35
<b>7</b>	<b>Anbefalinger</b>	<b>36</b>
7.1	Områdeoppsett og karaktersetting	36
7.2	Grunt fundamentsystem	36
7.3	Dypt fundamentsystem	36
7.4	Kai	37
7.5	Veier	37
7.6	Grunnarbeid	37
<b>8</b>	<b>Ytterligere undersøkelser</b>	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>Referanser</b>	<b>39</b>

## **Vedlegg**

**Vedlegg A – Stedsundersøkelsesplaner**

**Vedlegg B – Borprofiler**

**Vedlegg C – Rutinemessige laboratorieundersøkelser**

**Vedlegg D – Avanserte laboratorieundersøkelser**

**Vedlegg E – Tolkning CPTu**

**Vedlegg F – Stabilitetsberegning, Sjøfarm**

**Vedlegg G – NORSAR seismisk belastning**

**Vedlegg H – Mulig løsneområde og utløpsområde for rotasjonsskred**

## 1 Introduksjon

Denne rapporten presenterer resultatene fra vår innledende geotekniske vurdering for det foreslåtte nye hydrogengassanlegget som ligger på Ballangseira sørvest i Ofotfjorden i Narvik kommune.

Hensikten med studien var å utvikle anbefalinger for fundamentdesign og konstruksjon for det foreslåtte anlegget. Vår studie inkluderte en vurdering av grunnforholdene, stabilitet av tiltaksområdet samt bestemmelse av egnede fundamentalternativer.

Analyser og anbefalinger som presenteres her er i samsvar med Plan- og bygningsloven - Forskrift om tekniske krav til byggeverk ("Byggteknisk forskrift - TEK17") samt NS-EN 1990 Eurokode: Grunnlag for konstruksjonsprosjektering, og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale vedlegg.

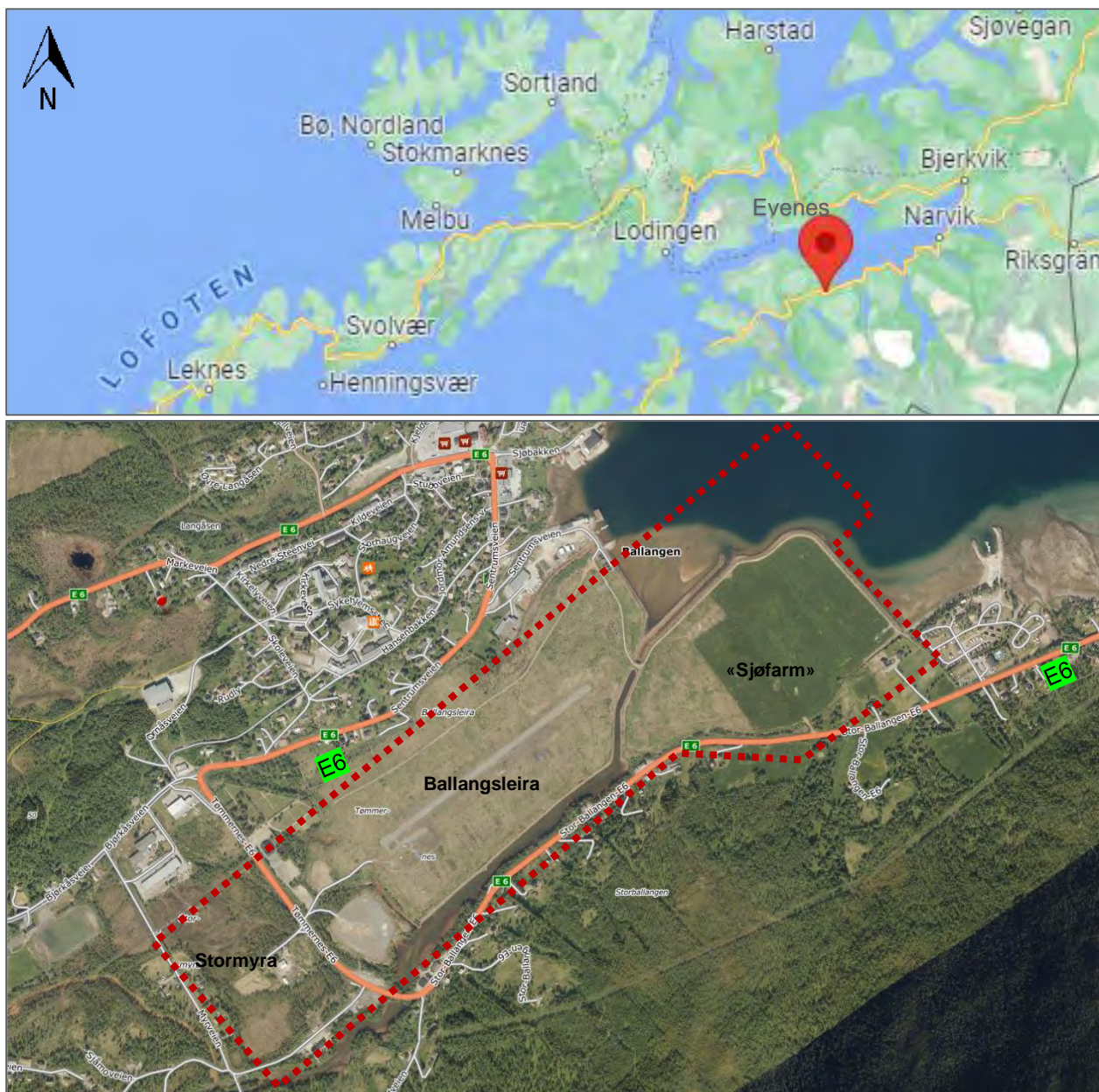
Utvalgte referanser er også gitt til håndbøker fra Statens vegvesen, N200 – Vegbygging og V200 – Geoteknikk i vegbygging.

Alle høydeforskjeller som det refereres til i denne rapporten er i forhold til høydesystem NN2000 som i Ballangen er 0,13 meter over datumet 1996-2014 (NGU) og 1,99 meter over sjøkartnull (laveste havnivå 1996-2014).

## 2 Områdebeskrivelse

Tiltaksområdet befinner seg i den sørvestlige enden av Ofotfjorden og grenser til europavei E6. Figur 2-1 viser en stedsplan og et flyfoto med plasseringen av det ca. 250 m<sup>2</sup> store området.

Området kan hovedsakelig inndeles i tre deler: «Ballangseira» i midten av tomten, mellom E6 og Kiselva; «Sjøfarm» i nordøst, på andre siden av elven; og «Stormyra» i sørvest, på andre siden av E6. Prosjekttomten inkluderer også et sjøareal ca. 100 meter utenfor Ballangseira og Sjøfarm.



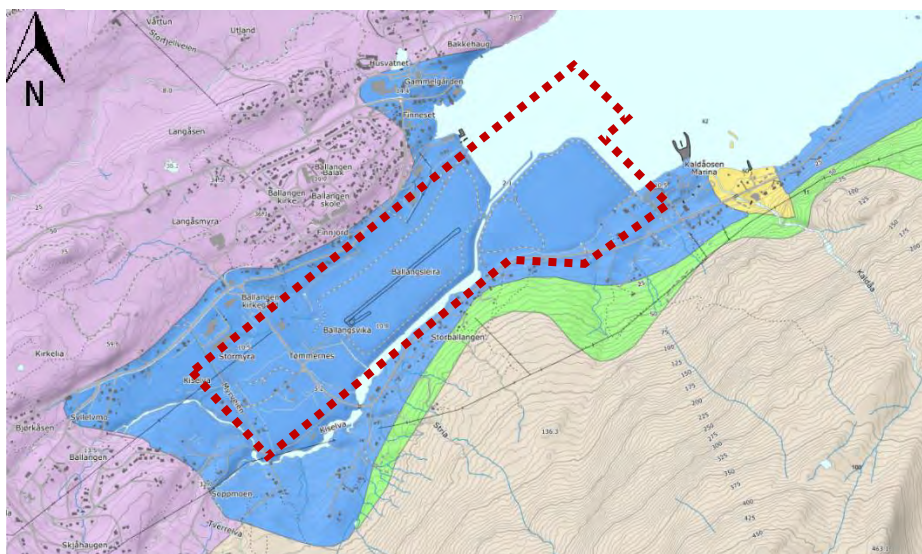
Figur 2-1: Flyfoto, anno 2009, med en omtrentlig plassering av den foreslåtte utbyggingen i rødt [1].



## 2.1 Historikk

Ballangseira er et elvedelta som ligger i en V-formet dal, dannet under siste istid som senere ble fylt med sedimenter transportert og avsatt av Kiselva der strømmen reduseres ved munningen og møter langsommere eller stillestående vann. Den geologiske lagdelingen forventes derfor å bestå av en fast morene over berggrunn, dekket av løsmasser.

Ifølge den nasjonale databasen for løsmasser fra Norges geologiske undersøkelse (Figur 2-2) består løsmassene i området av marine avsetninger, dominert av finkornede sedimenter som silt og leire, som har blitt spredt i vann og akkumulert på havbunnen. Det kan også være innslag av kvikkleire.



Figur 2-2: Nasjonal database for løsmasser fra Norges geologiske undersøkelse med omtrentlig plassering av den foreslåtte utbyggingen i rødt [2].

Stedshistorikk er ytterligere beskrevet i prosjekteringsrapporter av Kummeneje [6] samt av Sweco [1][4] og NIVA [9][10].

Gruveavfall ble ført med Kiselva inn i deltaet fra Bjørkåsen mellom midten av 1910- og midten av 1960-tallet [7]. I samme periode ble det dumpet slam fra gruven på den nordlige delen av tiltaksområdet og hele området ble også sporadisk brukt til dumping av diverse annet avfall [1].

På slutten av 1980-tallet ble deltaet gjenvunnet for miljødeponi. I dag er Ballangseira og Sjøfarm avgrenset av en molo til ca. kote +5, de naturlige avsetningene er dekket av geotekstil [6], og området er fylt med olivinavfall fra nikkel- og olivingruven på Arnefjellet [1] over opprinnelige terrengnivåer mellom kote ±0 og kote -1,5 [6].

Fyllingsarbeidet startet i 1991 og fortsatte frem til 2000. I samme periode ble det bygget en kai på trepeler i den nordvestlige delen av tiltaksområdet. Det vurderes også nå kai- og havneutvidelser med spuntvegg i Ofotfjorden nord for deponiet.

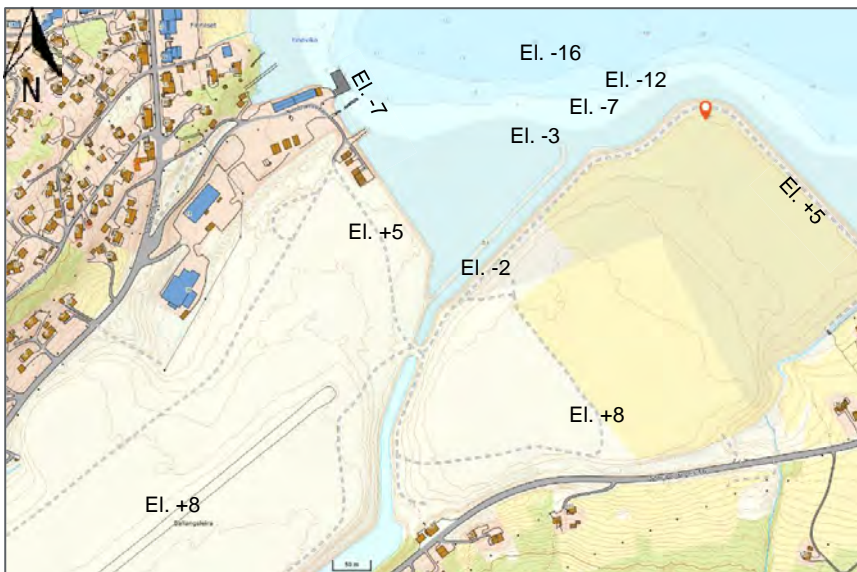
Området har inntil nylig blitt brukt som landingsstripe for småfly. Grunnarbeid for klargjøring av området antas å ha blitt avsluttet med tilføring og eventuell komprimering av et topplag med grus og sand for å fremme etablering av vegetasjon.

## 2.2 Topografi

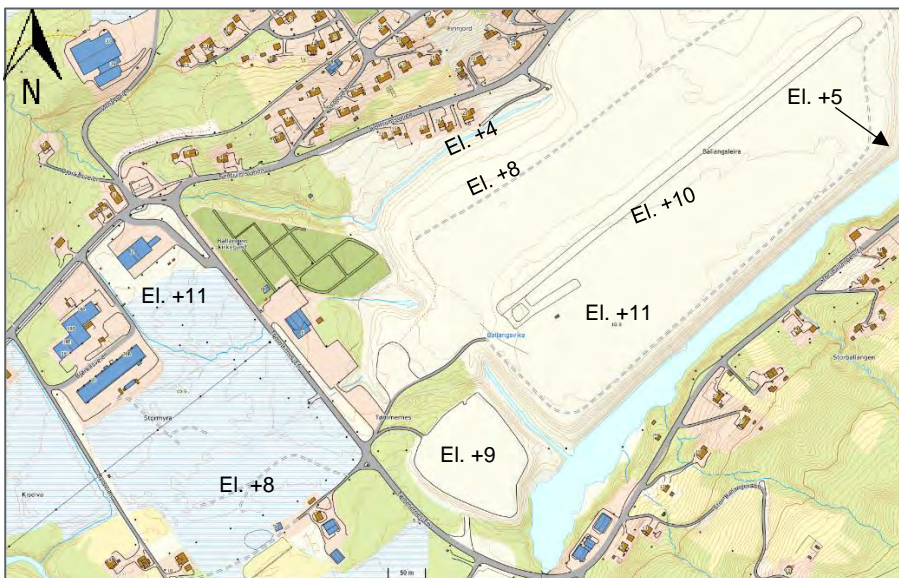
Topografisk kart over området med utvalgte terrengnivåer uthevet er gitt i Figur 2-3 og Figur 2-4.

Toppen av den avgrensede moloen rundt Ballangслеira og Sjøfarm ligger på kote +5. Terrengnivåer varierer fra kote +11 til kote +5 innenfor Ballangслеira og fra kote +8 til kote +5 innenfor Sjøfarm. Lokaliteten på Stormyra varierer fra kote +8 i sørøst til kote +11 i nordvest. Havbunnehøyden varierer fra kote -2 til kote -12.

Helningene i alle områdene er moderate, opp mot 1:10. Helningen mot den avgrensede moloen er ca. 1:2 og helningen ved havveggen er bratt, ca. 1:1,4. Helningen på havbunnen er opptil 1:5.



Figur 2-3: Topografisk kart over området, Sjøfarm og Ballangслеira nord [3].

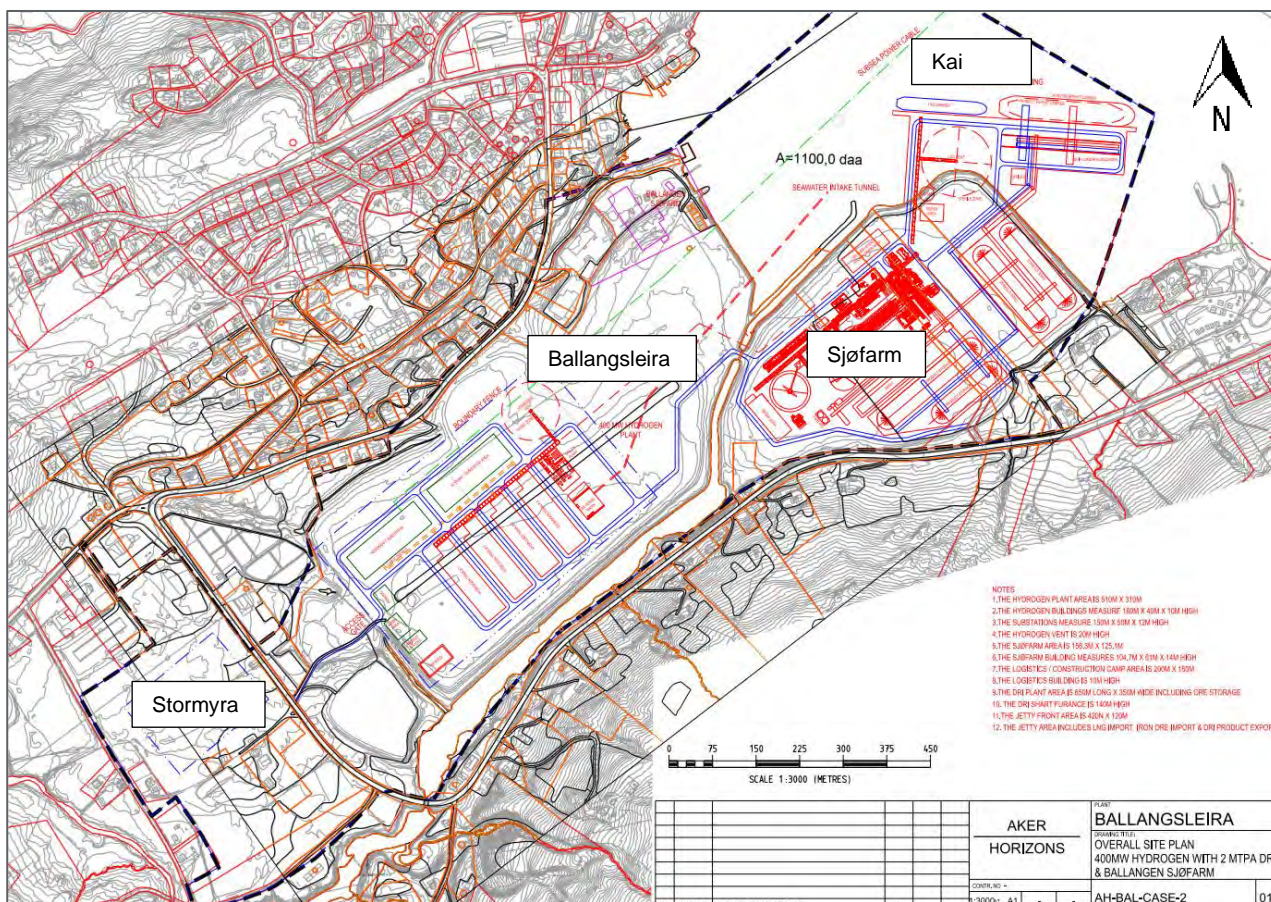


Figur 2-4: Topografisk kart over tomte, Stormyra og Ballangслеira sør [3].

### 2.3 Planlagte tiltak

Den foreslåtte utbyggingen på Ballangseira vist i Figur 2-5 er en energifabrikk som inkluderer flere transformatorstasjoner og transformatorer, hydrogenlagringstanker samt støttefasiliteter som veier, lys, elektrisitet, vann- og avløpsvann, og en ny kai. Noen av disse elementene anses å kunne forårsake stor miljøfare i tilfelle svikt.

Sjøfarm er planlagt som en utvidelse av hovedanlegget på Ballangseira. Utbyggingen på Stormyra vil omfatte midlertidige boliger. Nord for Ballangseira vurderes det bygging av molo og kai for midlertidig og/eller permanent bruk.



Figur 2-5: Ballangseira, tegning AH-BAL-CASE-2 "Overordnet situasjonsplan 400MW Hydrogen med 2 MTPA DRI & Ballangen Sjøfarm", Aker Solutions, versjon 1, datert 2022-08-21.

### 3 Grunnundersøkelser

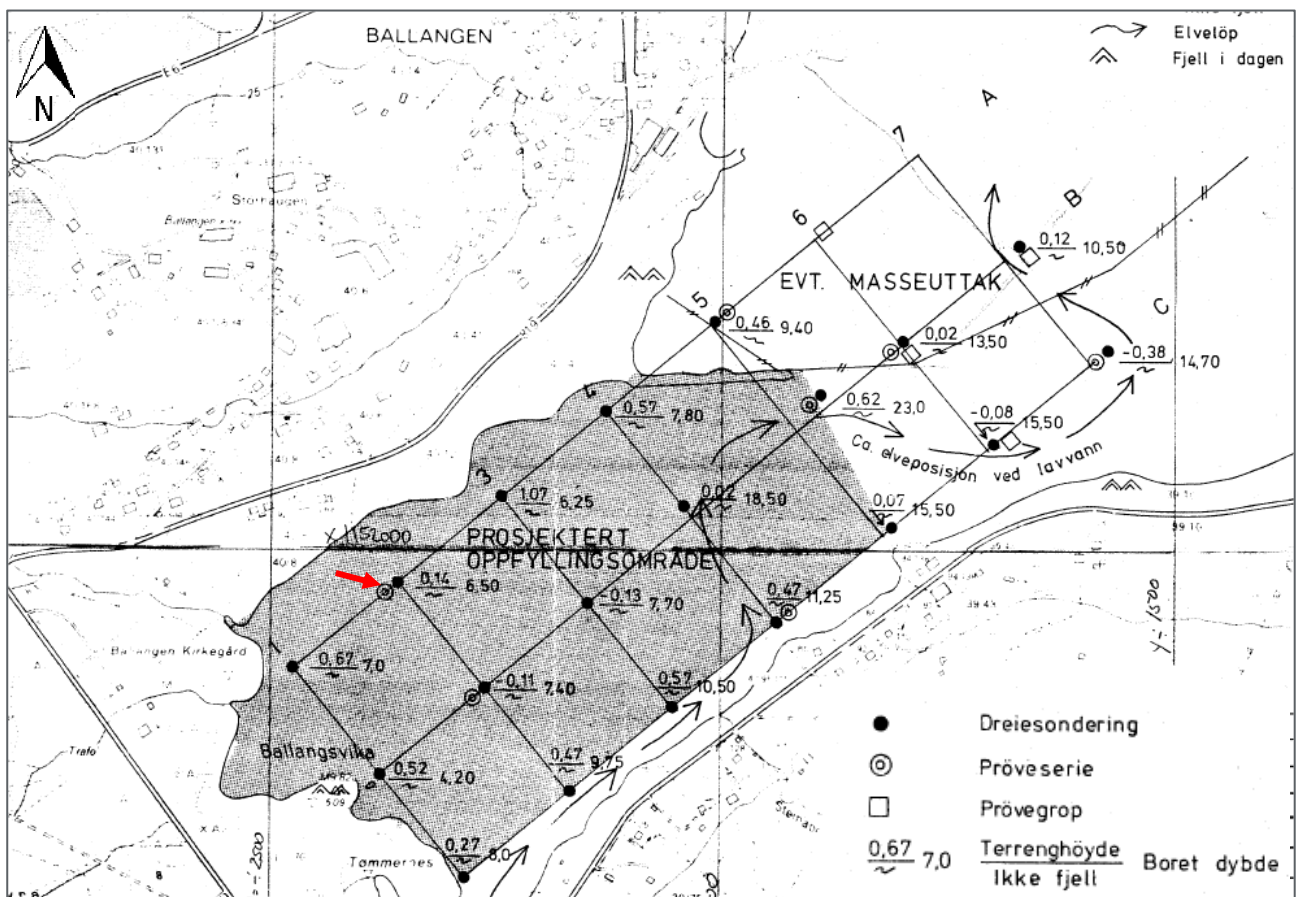
Flere geotekniske grunnundersøkelser har blitt utført på tomten: To undersøkelser med dype borer og prøvetaking tidlig på 1980-tallet, før utfyllingen av området [6][7], samt undersøkelser i 2011 og 2022 utført av boreteam fra Sweco Norge AS og befaring fra Norconsult AS i mars 2022.

Andre grunnundersøkelser utført på tomten inkluderer en miljøundersøkelse utført i 2022 [4] og en geoteknisk vurdering av en da foreslått vei over tomten [8] som vanligvis består av et skrivebordsstudium.

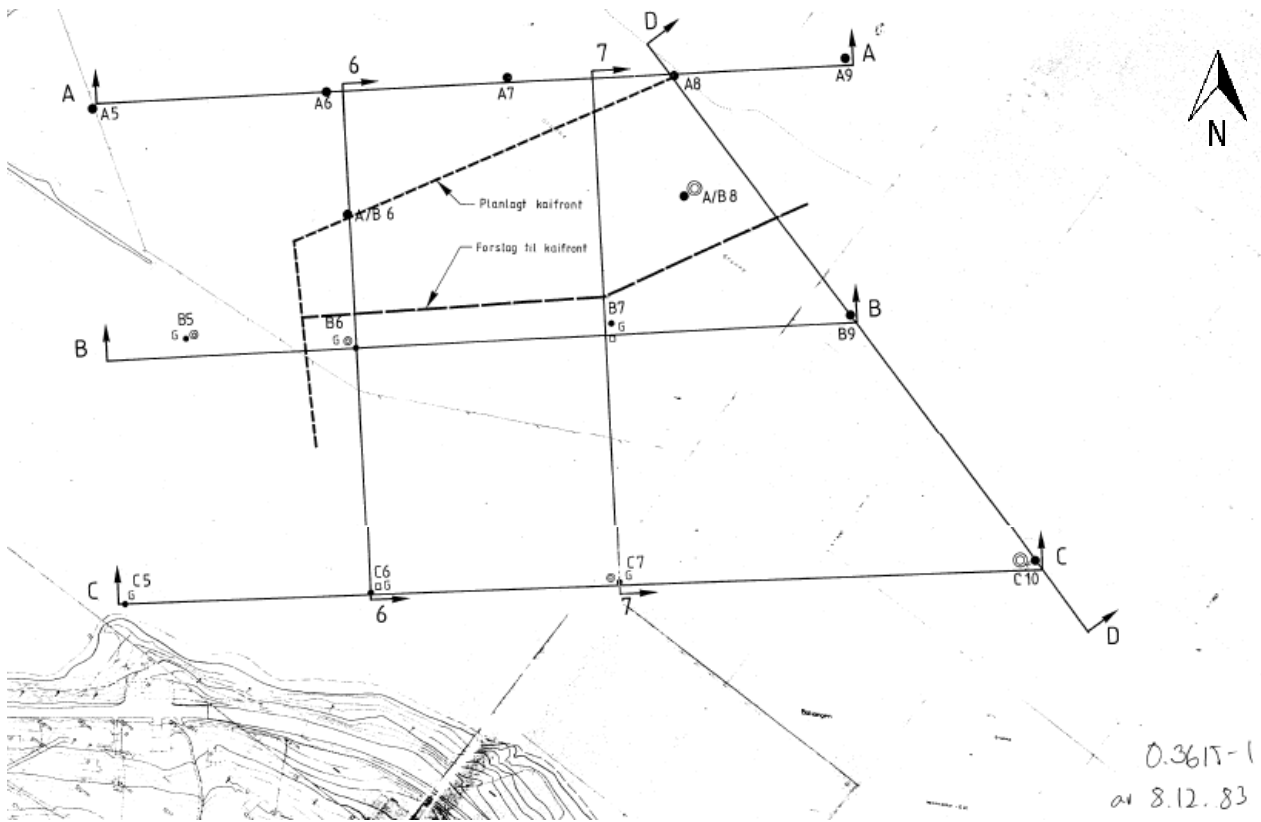
Borplaner og boreprofiler er gjengitt i henholdsvis Vedlegg A og B.

#### 3.1 1982/1983 Grunnundersøkelser

Geotekniske grunnundersøkelser, utført av Geoteam [4] på 1980-tallet før utfylling av anlegget, er beskrevet i to rapporter [6][7]. Disse inkluderte i alt 27 dreietrykksonderinger samt prøvetakinger til en dybde på ca. 4 meter i 9 posisjoner. Borplan for utførte grunnundersøkelser er presentert i Figur 3-1 og Figur 3-2.



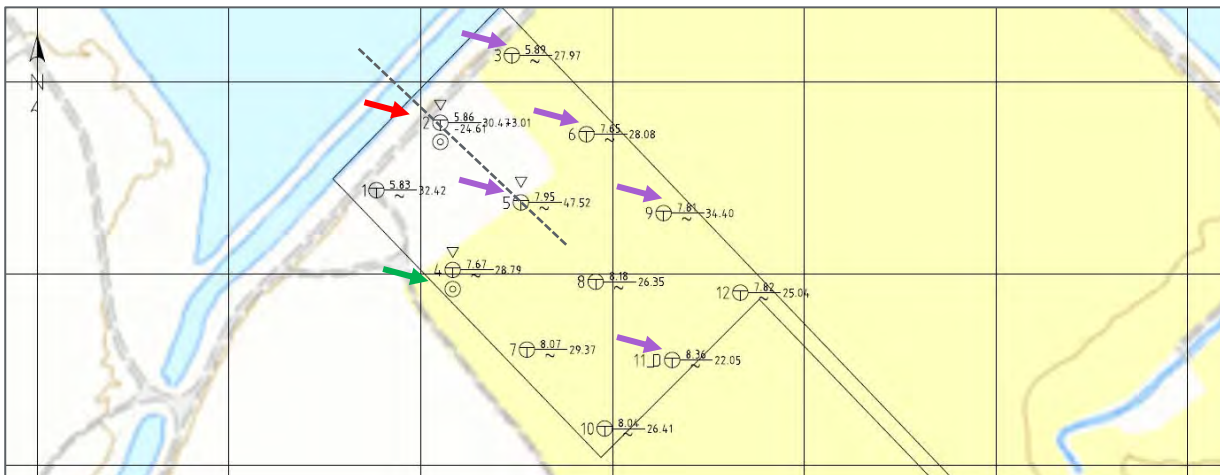
Figur 3-1: Borplan for utførte grunnundersøkelser av Geoteam A/S [7]. Bekreftet sprøbruddmateriale/kvikkleire i de øverste 4 meterne vist med rød pil.



Figur 3-2: Borplan for utførte grunnundersøkelser av Kummeneje AS [6].

### 3.2 2021 Grunnundersøkelser

Grunnundersøkelser planlagt og utført av Sweco [4], ble gjennomført i 2021 i de nordøstlige delene av området. Disse inkluderte i alt 12 totalsonderinger samt trykksonderinger (CPTu) i 3 posisjoner og prøvetaking i 2 posisjoner. Borplan for utførte grunnundersøkelser presenteres i Figur 3-3.



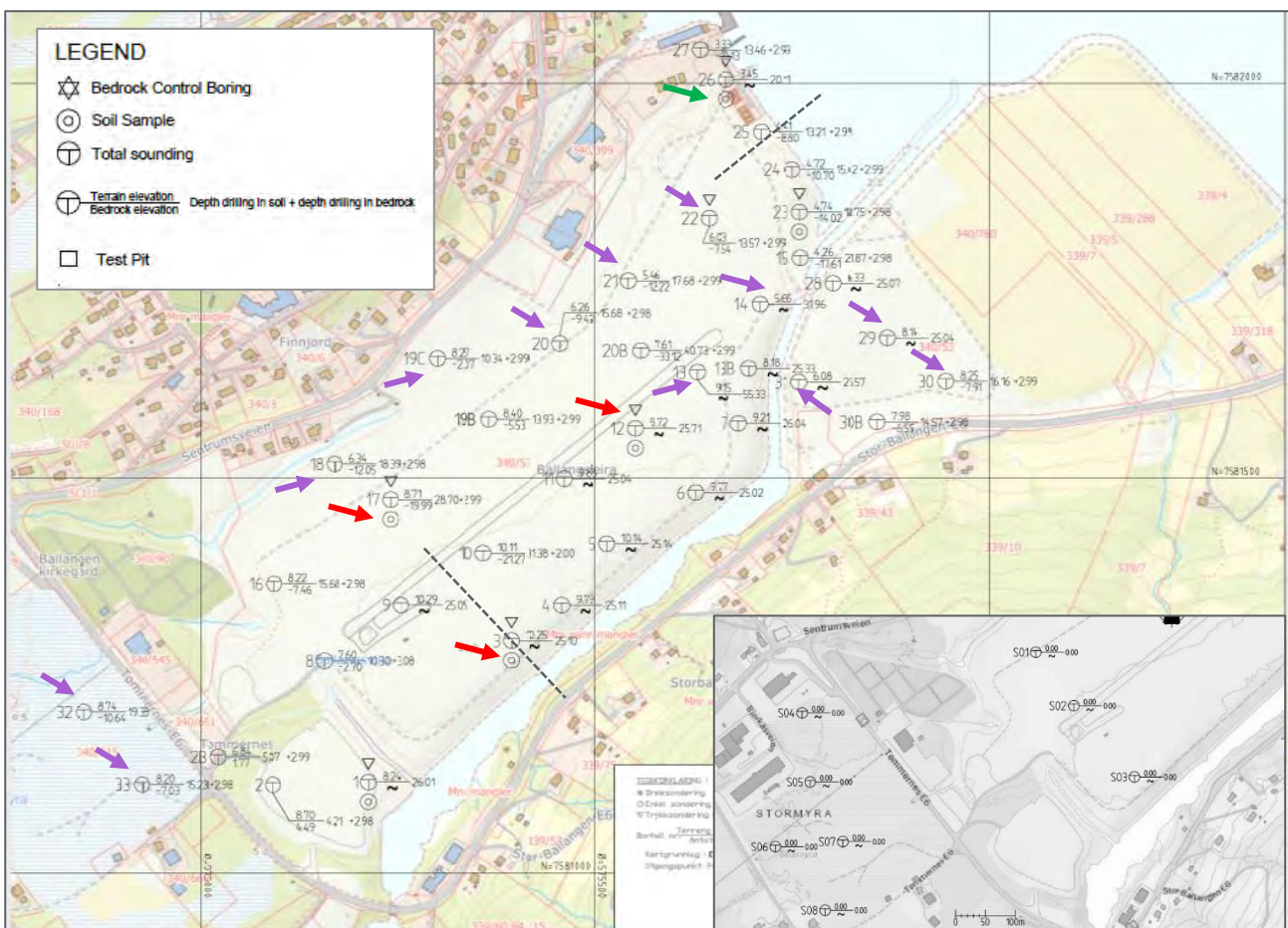
Figur 3-3: Borplan for utførte grunnundersøkelser fra Sweco, 2021 [4]. Bekreftet sprøbruddmateriale/kvikkleire er angitt med rød pil, mistenkt sprøbruddmateriale/kvikkleire i lilla, og ikke-sprøbruddmateriale/kvikkleire i grønt.

### 3.3 2022 Grunnundersøkelser

Grunnundersøkelser planlagt og utført av Sweco [1], inkluderte i alt 38 totalsonderinger samt trykksonderinger (CPTu) i 7 posisjoner og prøvetaking i 6 posisjoner.

Ytterligere undersøkelser ble planlagt og utført av Norconsult [2], og omfattet i alt 8 totalsonderinger og trykksonderinger (CPTu) med prøvetaking i 3 posisjoner.

Borplan for utførte grunnundersøkelser presenteres i Figur 3-4.



Figur 3-4: Borplan for utførte grunnundersøkelser, utarbeidet av Sweco [1]. Bekreftet sprøbruddmateriale/kvikkleire er angitt med rød pil, mistenkt sprøbruddmateriale/kvikkleire i lilla, og ikke-sprøbruddmateriale/kvikkleire i grønt.

### 3.4 Befaring i 2022

Den 6. mars 2022 ble det gjennomført en befaring av geotekniker Keren Schwartz (Norconsult) og prosjektleder Grete Nyborg Rolandsen (Indira AS). Utvalgte bilder av tomtas helninger og bakker, med detaljerte beskrivelser, er presentert i figurene nedenfor.



Figur 3-7: Elvebredde med plastring og skråning langs den sørvestlige tomtegrensen



Figur 3-6: Elvebredde og parallell smal vannsprekk i det nordøstlige hjørnet av tiltaket (se beliggenhet i Figur 2-1).



Figur 3-5: Moloen i det nordvestlige hjørnet av området, ved den eksisterende kai, består av steiner med en diameter på ca. 60–80 cm (se plassering i Figur 2-1).

Figur 3-8: Bilder tatt av Norconsult under befaring på tomte den 6.mars 2022.

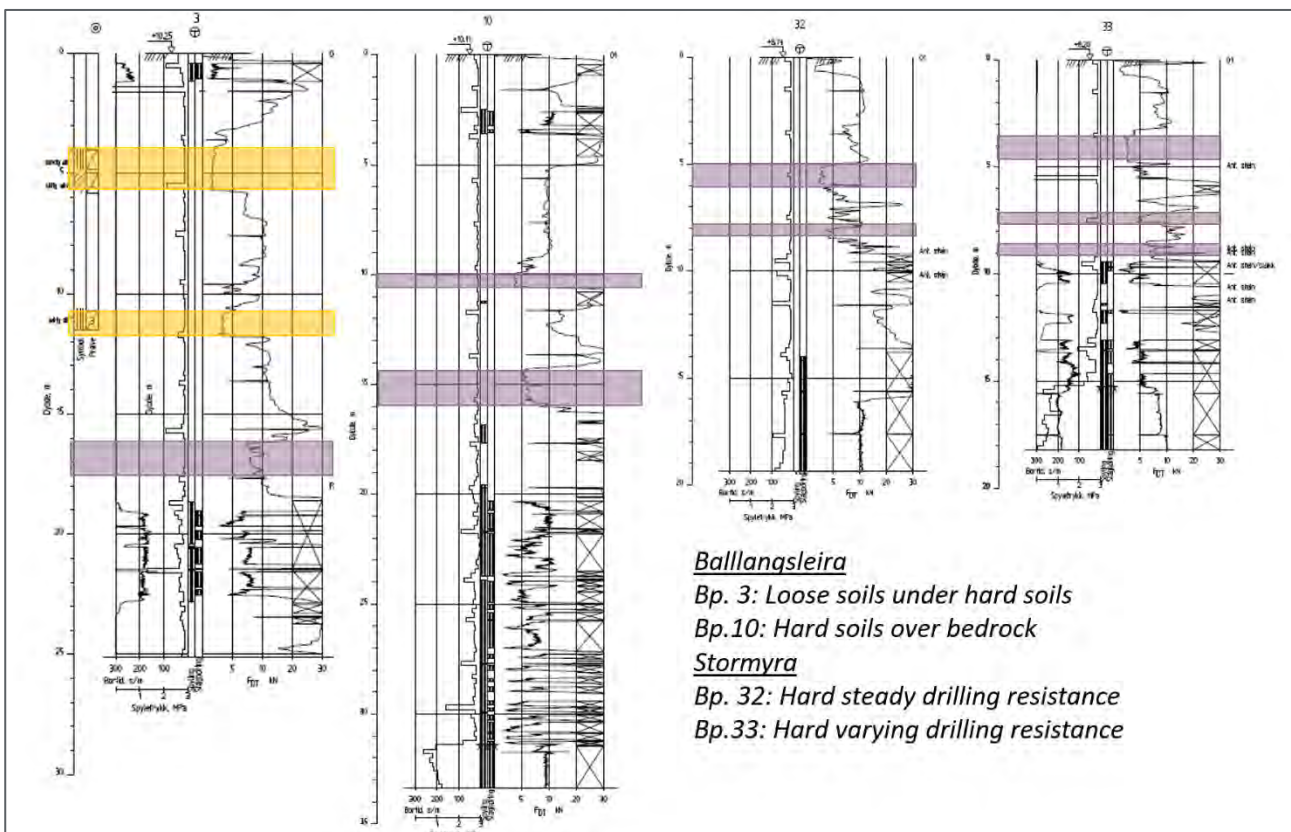
## 4 Grunnforhold

Utvalgte borprofiler med tolkede lag er vist i Figur 4-1 og Figur 4-2. Å skille mellom fylling og naturlige avsetninger i totalsonderingene er utfordrende, og lagtolkningen baserer seg i stor grad på resultater fra prøver, CPTu og tomtas historie beskrevet i Kapittel **Feil! Fant ikke referansekilden..**

Grunnen består generelt av et relativt tynt lag med vegetasjon og matjord over knust olivinfylling, som igjen ligger over gruveavfallsfylling fra Bjørkåsen gruver, hard morene og til slutt berggrunn. Deltaavsetninger fra Kiselva har samlet seg i perioder med stillestående vann både under, over og i fyllingen. Disse avsetningene består hovedsakelig av sand, silt og leire, inkludert sprøbruddmateriale og kvikkleire.

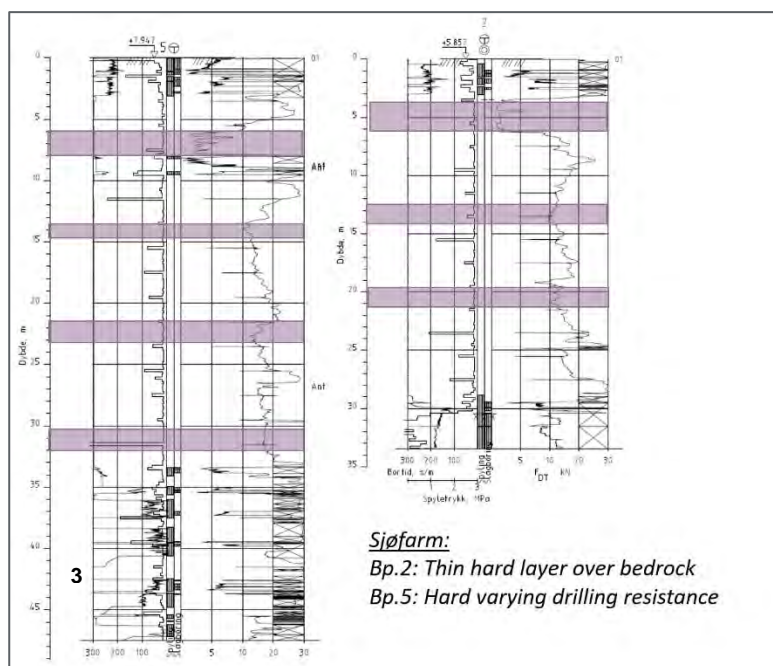
To distinkte lag med sprøbruddmateriale ble påtruffet: ett på omtrent 10 meters dybde, som tilsvarer det opprinnelige terrengnivået før olivindeponiet ble etablert, og ett på ca. 5 meters dybde, som samsvarer med høyden på toppen av moloen.

Lag av sprøbruddmateriale i fyllingen ble tidligere fastsatt å være et produkt av fyllingsnedbrytning [1]. Gitt at lagene er relativt kontinuerlige, vurderer vi imidlertid at en mer sannsynlig forklaring er at lagene er finkornede sedimenter som har blitt avsatt i stillestående vann i perioder med flom eller lav aktivitet i fyllingene.



Figur 4-1: Representative borprofiler med antatt sprøbruddmateriale/kvikkleire i lilla og bekreftet sprøbruddmateriale/kvikkleire i oransje.





Figur 4-2: Representative borprofiler med antatt sprøbruddmateriale/kvikkleire i lilla.

#### 4.1 Topplag

Brun sand med lav til høy boremotstand ved vannspyling og slagboring ble påtruffet i de øverste 1–2 meterne i de fleste boringene. Korngraderingen viser at materialet består av dårlig gradert grov silt og fin sand (SP-SM). Finstoffinnholdet var over 12 %, og materialet ble derfor klassifisert som svært telefarlig, med telefaregrad T4.

Løsmassen rett under vegetasjonlaget kan inneholde høye konsentrasjoner av organisk materiale, selv om det ikke ble utført laborietester for å fastslå det organiske innholdet.

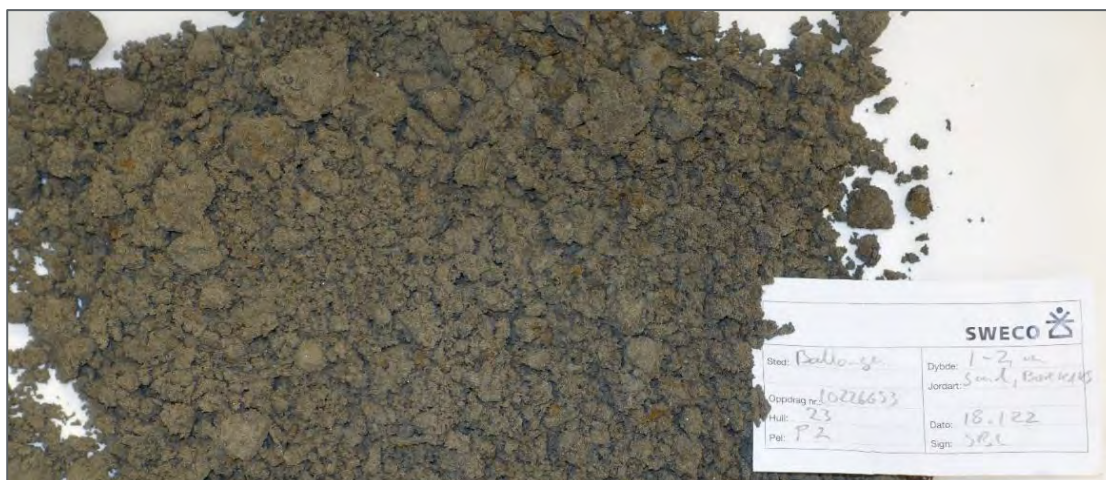
#### 4.2 Knust olivinfylling

Knust gruveavfallsfylling, hovedsakelig bestående av grønngrå sand og silt med et underlag av siltig leire, ble påvist i samtlige boringer på Ballangseira og Sjøfarm. Fyllingens tykkelse antas å variere fra 5 til 10 meter, fra dagens terrengnivå ned til det terrengnivået som ble dokumentert i 1982 [7].

Olivin, et magnesiumjernsilikat,  $(Mg^{2+}, Fe^{2+})_2SiO_4$ , er et vanlig mineral i grunnen, men forvitrer raskt ved overflaten. Løs olivin har en bulk tetthet på 21 kN/m<sup>3</sup>, sammenlignet med 17 kN/m<sup>3</sup> for løs sand.

Fyllingen viste lav til middels boremotstand i de øverste 1 til 5 meterne, hovedsaklig 1 til 2 meter, i totalsonderingene, der det ble brukt vannspyling og slagboring. I de dypere lagene var boremotstanden lav. Representative prøver av dette materialet ble testet i laboriet [1][4]. Materialet beskrives som brunt eller "rustent" i de øvre lagene og grått med glimmer i de dypere lagene, hvor det også kan smuldres opp for hånd.

Kornfordelingsanalysen viser at materialet består av dårlig gradert grov silt og fin sand (SP-SM). Med et finstoffinnhold på over 12 % er materialet vurdert som svært telefarlig med telefaregrad T4. Bildet vises i Figur 4-3.



Figur 4-3: Olivinfylling, prøve tatt ved boring i posisjon 23, dybde 1-2 meter.

### 4.3 Naturlige deltaavsetninger

Naturlige avsetninger av sand, silt og leire ble tolket til å ha blitt påtruffet i alle borerer under, over og i fyllmaterialene.

Basert på resultatene fra grunnundersøkelsene i 1982 [7], ligger toppen av laget omtrent ved kote  $\pm 0$  til kote -1,5, med tykkelser fra 2 til over 20 meter. Materialet kjennetegnes av lav boremotstand, og lokale reduksjoner i boremotstand med økende dybde tyder på forekomst av sprøbruddmateriale. Kornfordelingen viser dårlig sortert grov silt og fin sand (SP-SM), med underliggende finere sprøbruddmateriale samt kvikk silt og leire (CL-ML). Finstoffinnholdet er over 12 %, noe som klassifiserer materialet som svært telefarlig, med telefaregrad T4.

Prøvene viser normalkonsolidert leire, i tillegg til sprøbruddmateriale og kvikkleire ( $S_u < 1,27$  kPa). Sprøbruddmateriale og kvikkleire ble generelt ikke påvist i de relativt få prøvene som ble hentet fra havbunnen.

### 4.4 Fylling med pyrittisk gruveavfall

Gruveavfall fra Bjørkåsen gruvne ble historisk deponert i Ofotfjorden tidlig på 1900-tallet. Materialet viser varierende boremotstand, noe som er typisk for fyllings- og avfallsmateriale.

Pyrittiske (eller sulfidholdige) mineraler kan gi opphav til flere geotekniske utfordringer når de eksponeres for oksygen, inkludert svelling samt fysisk og kjemisk forvitring [27]. I dette tilfellet ligger imidlertid løsmassene som er forurenset med pyrittisk gruveavfall hovedsakelig under havnivå.

Jernsulfidinnholdet (FeS) i den naturlige sanden ble funnet å være mellom 1 % og 2 %, med det totale innholdet av pyrittiske mineraler, inkludert pyritt ( $\text{FeS}_2$ ), beregnet til å være mellom 5 % og 10 % [6]. Svekkelse i fundamentet knyttet til svelling av pyrittiske mineraler kan oppstå ved innhold over 0,1 % [27].

Undersøkelser fra 1982 og 1983 indikerte [7] spor av dette materialet i deltaavsetningene, med toppen liggende omtrent ved kote  $\pm 0$  til kote -1,5. Resultater fra nyere grunnundersøkelser [1][4], bekreftet at dette laget befinner seg under vannivå, med toppen av laget på dybder mellom 10 og 20 meter.

## 4.5 Morene

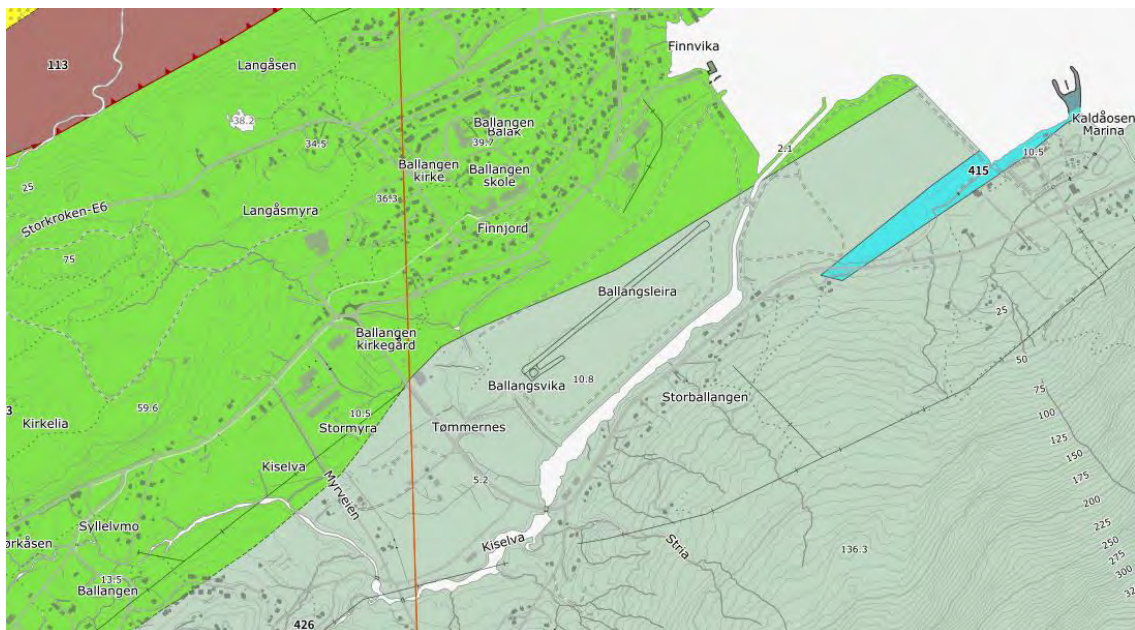
Morene, som består av hardt og godt gradert jord og stein avsatt av en isbre i bevegelse, ble identifisert over berggrunn i utvalgte totalsonderinger, blant annet i boringene nr. 8, 10, 13, 16, 17 og 20B fra undersøkelsen i 2022 [1].

Materialet viser høy og relativt jevn boremotstand. En alternativ tolkning kan være at det dreier seg om fyllingsmateriale avsatt rett over berggrunnen, eller sterkt nedbrutt berggrunn.

## 4.6 Berggrunn

Berggrunnen på Ballangseira [1] ble tolket til å ligge mellom ca. 13 og 40 meter under bakken, tilsvarende kote -10 til kote -33. På Sjøfarm [4] ble grunnfjell ble påvist i én boring, på omtrent 30 meter dyp (kote -24), mens andre boringer nådde 47 meters dyp uten å treffe berggrunnen. Ingen av boringene utført til sjøs påviste berggrunn [6][7].

Materialet viser svært høy og jevn boremotstand, både ved bruk av vannspyling og slagboring. NGUs regionale berggrunnskart, vist i Figur 4-4, gir en forenklet oversikt over geologien i området, relevant for en geoteknisk vurdering. Det har ikke blitt utført detaljerte berggrunnsundersøkelser, prøvetaking eller laboratorietesting i denne fasen av prosjektet. Videre feltstudier vil være nødvendig dersom prosjektet skal inkludere dype inngrep i berggrunnen, for eksempel ved forankring eller mudring for den nye kai.



Figur 4-4. Kart over berggrunnstyper. Olivengrønn farge viser granatglimmergneis med innslag av kvartsfeltspatgneis. Lysegrønn farge angir skifer med innhold av sulfider og grafitt, delvis kvartsskifer. Turkis farge representerer marmor [2].

## 4.7 Plastringstein

Plastringsteinen ved moloen langs Kiselva og den nordlige vannkanten av Ofotfjorden ble dokumentert under Norconsults befaring. Bilder av steinen finnes i Figur 4-5.

Den generelle størrelsesfordelingen i de dokumenterte områdene var mellom 120 mm og 300 mm i diameter. Materialet er generelt av lav kvalitet, fremstår som "rustent" og kan knuses for hånd.

Et unntak er plastringstein i skråningen ved den eksisterende kai i den nordvestlige delen av området. Denne steinen har en diameter på mellom 600 mm og 800 mm og vurderes å være av hard magmatisk bergart, med et lett "rust"-belegg.



Figur 4-5: Plastringstein ved Kiselva (t.v.) og ved kaiskråning i nordvestenden av tomten (t.h.).

## 4.8 Grunnvann

Overflateundersøkelsen på tomta inkluderte ikke grunnvannsobservasjonsbrønner. Grunnvannsspeilet i det fylte havområdet antas generelt å følge variasjonen i havnivået. Se havnivå.no oppgi følgende:

- |   |            |
|---|------------|
| • Designhavnivå, sikkerhetsklasse 3 TEK10/17 [14] | kote +3.45 |
| • Designhavnivå, sikkerhetsklasse 2 TEK10/17 [14] | kote +3.28 |
| • Høyvann, returperiode 1000 år                   | kote +2.86 |
| • Høyvann, returperiode 200 år                    | kote +2,70 |
| • Høyeste registrerte astronomiske tidevann       | kote +1,82 |
| • Midterste havnivå                               | kote -0.13 |
| • Laveste havnivå                                 | kote -1.99 |

## 5 Forutsetninger for prosjektering

Dette kapittelet presenterer vår vurdering av de viktigste geotekniske prosjekteringsforutsetningene for prosjektet, inkludert klassifisering i henhold til gjeldende standarder, materialfaktorer, seismisitet, flytendegjøringspotensial, beskyttelse mot naturfarer og stabilitet.

### 5.1 Standarder og retningslinjer

Prosjekteringen er utført i samsvar med Eurokodene for konstruksjonsutforming:

- Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner [11]
- Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering Del 1: Generelle regler [16]
- Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismikk [17]
- Statens vegvesens håndbok V220 [18].

### 5.2 Klassifisering

Med utgangspunkt i de nevnte standardene har Norconsult antatt følgende klassifisering for prosjektet:

- Pålitelighetsklasse, Eurokode [11] - **CC/RC3**
- Kontrollklasse - Design og utførelse, Eurokode [11]: **PKK3 / UKK3**
- Geoteknisk kategori i henhold til Eurokode 7 [16]: **3**

### 5.3 Materialparametere

Materialparametrene som er presentert i Tabell 1, er i samsvar med verdier gitt i Statens vegvesens håndbok V220, Figur 2.39 [18], samt basert på en vurdering av resultater fra rutinemessige og avanserte laboratorietester, som er gitt i Vedlegg C og D. Vår tolkning av utvalgte CPTu-målinger av kvalitetsklasse 1 fra Ballangleira (Bp.1, Bp.3 og Bp.17) er presentert i Vedlegg E.

Det bemerkes at selv om triaksialtester av de naturlige sandavsetningene [6] viser relativt høye friksjonsvinkler, mellom 39° og 41°, vurderes en mer konservativ verdi på grunn av sannsynlig forurensning av sanden med pyritisk gruveavfall.

Tabell 1: Materialparametere (tyngdetetthet og styrke).

Materiale	Tyngdetetthet tørr, $\gamma$	Tyngdetetthet effektiv, $\gamma'$	Friksjonsvinkel, $\varphi$	Attraksjon, a / Kohesjon, c	Udrenert skjærstyrke, $S_{uA}$
<i>Fyllingsmateriale</i>					
Spren	19 kN/m <sup>3</sup>	11 kN/m <sup>3</sup>	42°	5 kPa	
Olivin sand	21 kN/m <sup>3</sup>	11 kN/m <sup>3</sup>	34°	0 kPa	-
<i>Naturlige avsetninger</i>					
Sand	19 kN/m <sup>3</sup>	9 kN/m <sup>3</sup>	36°	0 kPa	-
Silt/leire, kvikk	21 kN/m <sup>3</sup>	11 kN/m <sup>3</sup>	26°	0 kPa	0,3· $\sigma'_v$
Morene	19 kN/m <sup>3</sup>	9 kN/m <sup>3</sup>	38°	5 kPa	-

## 5.4 Seismisk sonfaktor og stedskoeffisienter

Lokalitetsklassene varierer fra A for hardt fjell til S1 og S2 for leire med høy plastisitet, tykke, myke leireavsetninger eller sprøbruddmateriale/sensitiv leire, og bestemmes ut fra jordegenskaper (som skjærbølgehastighet, jordkomprimering eller udrenert skjærstyrke). Den tilsvarende jordfaktoren S og de naturlige svingningsperiodene TB(s), TC(s) og TD(s), som definerer spektral responsakselerasjon, beregnes på grunnlag av lokalitetsklassen.

Basert på resultatene fra grunnundersøkelsene utført på tomta, inneholder grunnen lag med sprøbruddmateriale. En lokalitetsklasse S2 og dybder til berggrunn mellom 35 og 60 meter gir tilsvarende jordfaktor  $S = 1,8$  a i henhold til Tabell NA.3.3 [17]. Alternativ profil med kun løs sand til en dybde på 20 meter, lokalitetsklasse D, løs sand gir også jordfaktor  $S = 1,8$  a i henhold til Tabell 3.3 [17].

I henhold til Tabell NA.3.2(910) [17] er berggrunnsakselerasjonen  $a_{Gr}$  (PGA) med en returperiode på 475 år på referansetomta mellom Evenes ( $0,4 \text{ m/s}^2$ ) og Narvik ( $0,3 \text{ m/s}^2$ ) estimert til  $a_{Gr} = 0,35 \text{ m/s}^2$ .

Akselerasjonsverdiene  $a_g$  fra Norwegian Seismic Array (NORSAR), basert på en detaljert analyse, er lavere, med  $a_{gR} = 0,168 \text{ m/s}^2$ . Se rapport i Vedlegg G.

For et industrianlegg uten vesentlig miljøpåvirkning gjelder seismikkklasse IIIb i samsvar med Tabell NA.4(902) [17] med en tilsvarende seismisk faktor  $\gamma_1 = 1,7$  i henhold til Tabell NA.4(901) [17].

Utelatelseskriteriene for utforming av jordskjelvmotstand er  $a_g \cdot S < 0,05 \cdot g = 0,5 \text{ m/s}^2$ . For det refererte tomta,  $a_g \cdot S = \gamma_1 \cdot a_{gR} \cdot S = 1,7 \cdot 0,168 \cdot 1,8 = 0,514 \text{ m/s}^2$  eller ca.  $0,051 \cdot g$ .

Dette innebærer at utelatelseskriteriene ikke er oppfylt, om enn med liten margin, og at strukturene derfor må dimensjoneres for jordskjelvbekymringer.

For bygninger der konsekvensene av kollaps er spesielt store, må seismikkklasse IV og seismisk faktor vurderes særskilt, enten basert på en egen risikoanalyse eller en definert pålitelighet i henhold til regelverket for den aktuelle konstruksjonstypen. Koden gir et "typisk" eksempel med en atomreaktor.

Klassifisering og tilhørende krav bør avklares nærmere i detaljprosjekteringsfasen. I denne foreløpige fasen anses dimensjonering for jordskjelvlaster som en konservativ arbeidsforutsetning.

## 5.5 Potensial for flytendegjøring

Friksjonsmasser under grunnvannsnivå er utsatt for flytendegjøring hvis de er løse nok til å være kontraktante og har tilstrekkelig lav permeabilitet til å ikke oppleve betydelig drenering under rystelser forbundet med en eksplosjon eller en jordskjelvhendelse.

Flytendegjøringspotensial kan estimeres kvalitativt i henhold til følgende kriterier [19]:

- Ren fin sand og ikke-plastisk sand som inneholder mindre enn 5 % finstoff som passerer sil nummer 200, eller finere enn  $0,074 \text{ mm}$ , er mest utsatt for flytendegjøring.
- Flytendegjøringspotensialet til sand med finstoffinnhold høyere enn 5 % avhenger av mengden og plastisiteten til finstoffene. Plastisk finstoff hindrer separasjon av sandkorn under rystelser og gir dermed økt motstand mot flytendegjøring.
- Flytendegjøring er mulig for ren sand som har en relativ tetthet ( $D_r$ ) høyere enn ca. 60 %.
- Løsmasser av dårlig gradert sand er mer utsatt for flytendegjøring enn velgradert sand. Naturlige avsetninger med  $D_{50}$  mindre enn  $0,02 \text{ mm}$  eller større enn  $2 \text{ mm}$  blir ikke flytende.

Silanalyser av løsmasser [1] viser velgradert materiale med finstoffinnhold høyere enn 5 %. Typisk plastisitetsindeks ( $I_p$ ) for norsk silt og leire varierer imidlertid mellom 5-20 [19] og regnes derfor som lite til middels plastisk [18].

I tillegg viser de fleste totalsonderingene som er utført på tomta, lav boremotstand, også på relativt store dyp med høyt omsluttende trykk. Den lave boremotstanden tyder på et lavt komprimeringsnivå i avsetningene.

Disse fysiske egenskapene, sammen med olivinsandens høye tyngdetetthet, indikerer at flytendegjøring kan være mulig. Derfor ble en vurdering av flytendegjøringspotensialet gjennomført. Flytendegjøringspotensialet ble vurdert ved hjelp av den "forenklede metoden" utviklet av Youd og Idriss [27].

Indirekte mål på jordskjelvets påvirkning og jordens kapasitet til å motstå jordskjelvet benyttes. Jordskjelvets påvirkning (seismisk kraft/spenning) uttrykkes ved Cyclic Stress Ratio (CSR). Jordens kapasitet til å motstå risting uten flytendegjøring fastsettes ved én eller flere metoder og angis som Cyclic Resistance Ratio (CRR). Kravet til sikkerhetsfaktor er  $FS = CRR/CSR \geq 1,25$ .

Jordskjelvets påvirkning bestemmes vanligvis som en funksjon av Peak Ground Acceleration (PGA), og her er akselerasjonsverdiene konservativt satt i samsvar med Eurokode [17]  $PGA = a_{Gr} \cdot S = 0,35 \cdot 1,8 = 0,63$  m/s<sup>2</sup> eller ca. 0,063-g og det omsluttende trykket.

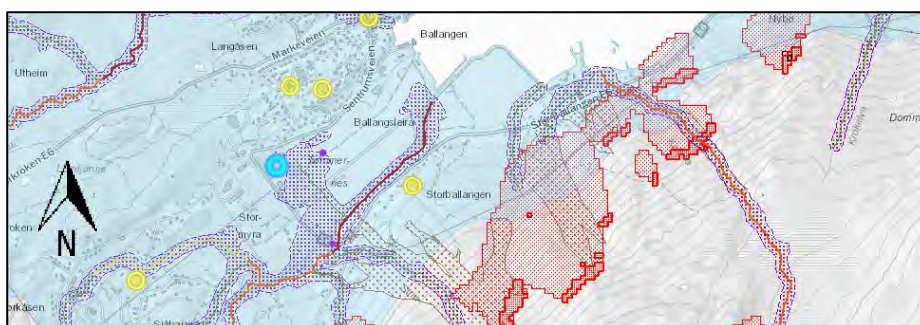
I vår vurdering ble motstanden til jorden bestemt som en funksjon av spissmotstanden ( $q_c$ ), hylsemotstanden ( $f_s$ ) og det omsluttende trykket.

Flytendegjøringspotensialet ble evaluert for alle registrerte dybder der CPTu-målinger av tilstrekkelig kvalitet forelå (Bp.1, Bp.3 og Bp.17). Sikkerhetsfaktorene var generelt over 2,5, altså godt over minimumskravet på 1,25. Vi konkluderer derfor med at flytendegjøring er usannsynlig og ikke trenger å tas hensyn til i prosjekteringen.

## 5.6 Naturfare

I følge skrednett.no (Figur 5-1), ligger tiltaksområdet delvis innenfor fareområder for flom, snøskred og skred i bratt terreng. Tomta ligger i tillegg under den marine grensen, noe som kan indikere tilstedeværelse av kvikkleire.

Tynne lag med kvikkleire, eller indikasjon på kvikkleire, ble påtruffet under grunnundersøkelsen på flere dyp i olivinsandfyllingen samt i de naturlige sandavsetningene over morene. Disse lagene var hovedsakelig 1 til 2 meter tykke. Vurdering av flom-, snø- og skredfare presenteres i egne dokumenter. Vurdering av områdestabilitet (kvikkleireskred) er presentert i Kapittel 6 i denne rapporten.



### Fareområder

Under marin grense (blå)

Flom (lilla)

Snøskred (rød)

Skred i bratt terreng (Brun)

Figur 5-1: Fare for naturfare med det refererte tomta vist i rødt [4].

## 6 Stabilitet

I henhold til byggeforskriften TEK17 § 10-2 Konstruksjonssikkerhet [14], skal konstruksjonen utformes og konstrueres slik at tilfredsstillende sikkerhet mot brudd og tilstrekkelig stivhet og stabilitet oppnås for belastninger som kan oppstå under tiltenkt bruk.

### 6.1 Nødvendige sikkerhetsmarginer

For konstruksjoner der konsekvensen av et skred, altså de sekundære konsekvensene av et skred, er spesielt betydningsfulle er første kapittel i TEK17 § 7-3 Sikkerhet mot skred [14] også gjeldende. Disse konstruksjonene vil ikke bli plassert i et skredfareområde.

Generelle krav til sikkerhetsfaktor og krav til dokumentasjon er pålagt av Eurokode [15][16], mens NVEs retningslinje nr. 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred [24] spesifiserer sikkerhetsprinsippet og krav til sikkerhetsfaktor i skråninger i kvikkleiresoner avhengig av type tiltak.

Ytterligere krav er pålagt i den norske byggeforskriften [23][14] der konsekvensene av et skred vil være særlig store og ha uakseptable konsekvenser for samfunnet, for eksempel en livstruende forurensning.

#### 6.1.1 Eurokode

Tabell NA. A.4 i Eurokode 7 [16] stiller generelt krav til sikkerhetsfaktor for løsmassene,  $F_{Cu} \geq 1,4$  i udrenert analyse (korttidssituasjon i leire/silt) og  $F_{c\phi} \geq 1,25$  i drenert analyse (langtidssituasjon).

Merk at "c" i tabellen indikerer at partialfaktoren må økes utover verdiene ovenfor med risiko for progressiv bruddutvikling i sprøbruddmaterialer.

Merk at "d" tillater bruk av et prinsipp om prosentvis forbedring av sikringstiltak, i tomte for å følge kravene til gjeldende delfaktorer, dersom dette vurderes som forsvarlig. I tillegg må omfanget av tiltaket, robusthet mot uventede belastningsendringer og konsekvensene av et eventuelt brudd dokumenteres.

Det forutsettes også at topografi og grunnforhold er godt kartlagt, samt at tiltakets gjennomførbarhet er vurdert.

#### 6.1.2 NVEs retningslinje

I områder hvor det finnes kvikkleireavsetninger gir Norsk byggeforskrift [14] mandat til en prosedyre for vurdering av skredfare presentert i NVE-retningslinjen [23].

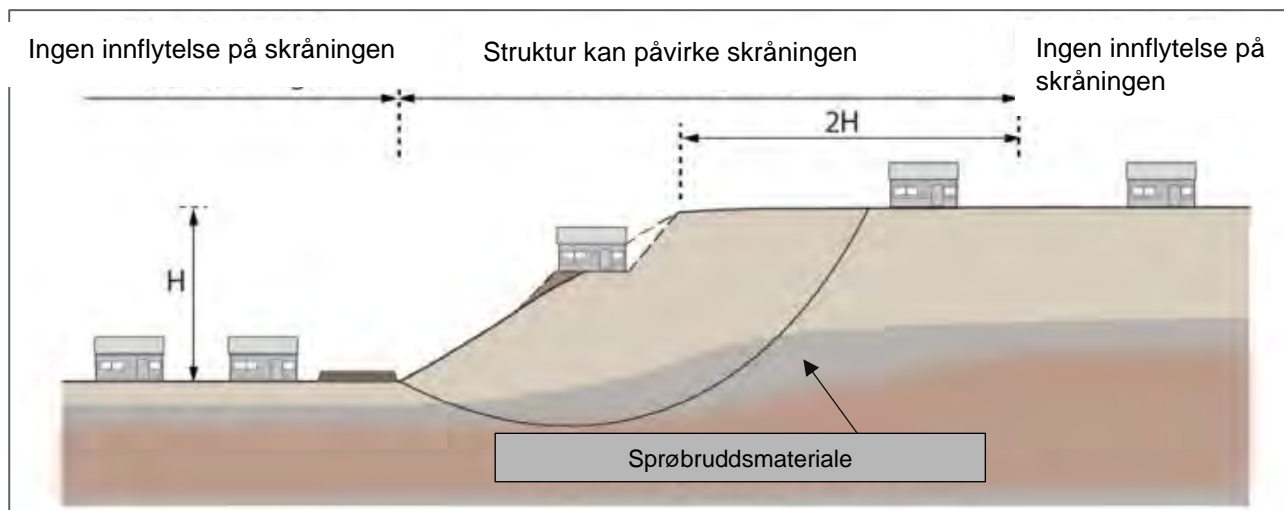
NVE-retningslinjen tar generelt hensyn til fire forskjellige sikkerhetsklasser, i henhold til den tiltenkte bruken av konstruksjonen, og tre generelle tilfeller: redusert skråningsstabilitet, ingen endring i skråningsstabilitet og skråninger utenfor konstruksjonens influensområde.

Veiledende eksempler for fastsettelse av sikkerhetsklasse er beskrevet i NVEs veileder, Tabell 3.2, presentert i Tabell 1 på neste side. For lager av stor verdi (K3) og industribygninger (K4) på et platå bak en skråning med totalhøyde H gjelder følgende krav:

- Redusert skråningsstabilitet, direktefundamentering/forankring  $F_{Cu} \geq 1,61$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$
- Ingen endring i skråningsstabilitet, kompensert forankring eller peler  $F_{Cu} \geq 1,40$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$
- Helling utenfor påvirkningssonen, eller  $2 \times H$  bak toppen av skråningen\*  $F_{Cu} \geq 1,20$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$

\*Prinsipp for helling utenfor influensområde er illustrert i Figur 6-1.





Figur 6-1: Prinsipp for når en skråning kan anses som upåvirket av konstruksjonen, utenfor konstruksjonens influensområde, hentet fra Figur 3.4 i NVE Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred [22]

Kravene til flomfyllinger (K2) samt lokale veier, ubemannede konstruksjoner og infrastruktur (K1) er like. Retningslinjen krever imidlertid ikke dokumentasjon av skråningsstabilitet dersom konstruksjonen ikke forverrer stabiliteten.

Kravene til dokumentasjon av tilstrekkelig erosjonskontroll varierer mellom de ulike sikkerhetsklassene. Det forventes likevel at alle skråninger er tilstrekkelig beskyttet mot erosjon.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser for konstruksjoner i kvikkleiresoner, hentet fra Tabell 3.2 i NVE veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred [24]

Klasse	Beskrivelse
K0	Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer. Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger.
K1	Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer. Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting. Massedeponier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak og andre massefyllinger.
K3	Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi. Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg
K4	Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner. Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg.

## 6.2 Kontroll av farer for storulykker

Kravet i denne bestemmelsen kunne tidligere bare oppfylles ved å plassere konstruksjonen utenfor et skredfarlig område. Sikring av konstruksjonen mot skred som beskrevet i kapittelet ovenfor, var ikke akseptabelt.

En endring av TEK17 [14] fra 1. september innebærer at totalforbudet nå kun gjelder for bygninger av avgjørende betydning for sikkerhet og beredskap. Det konkluderes derfor med at de tidligere begrensningene for plasseringen av hydrogentanken [1] ikke lenger gjelder.

## 6.3 Områdestabilitet

Ettersom grunnforholdene inneholder sprøbruddmateriale, er det pålagt å vurdere lokaliteten i henhold til prosedyren presentert i NVE Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred, [24], *Kapittel 3 - Hvordan oppnå tilstrekkelig stabilitet mot skred.*

### 6.3.1 Vurdering i henhold til NVEs prosedyre

NVE gir en trinnvis prosedyre for å vurdere risiko for områdeskred, se Kapittel 3.2 [24]. Vurderingene som er gjort er kort oppsummert i Tabell 2.

Tabell 2: Prosedyre for vurdering av skredfare i henhold til kapittel 3.2 i NVE Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred.

Skritt	Prosedyre	Vurdering
1	Undersøk om det er registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Det er ingen tidligere dokumenterte faresoner på eller i nærheten av tiltaksområdet.
2	Avgrens områder med mulig marin leire	Hele området ligger under marin grense. Det er påvist kvikkleire og sprøbruddmateriale innenfor tiltaksområdet.
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.	<p><u>Skråninger rundt tomten</u> viser høyde &gt; 5 meter og en helning &gt; 1:20 og tilfredsstillende derfor terrengkriteriene gitt i NVE-veileder 1/2019 for områder der skred kan forekomme. Disse skråningene må derfor vurderes videre etter NVEs prosedyre.</p> <p><u>For terreng i sjøen</u> har vi gjort en tilsvarende vurdering basert på kriterier gitt i NVEs eksterne rapport 9/2020 [25]. Lokaliteten, med en havbunnskråning på mindre enn 1:6, ligger i et område som kan bli påvirket av skred lengre ute i havet. Det er derfor ikke behov for ytterligere utredninger av disse områdene.</p> <p>Tomta ligger innenfor <u>utløpsområde for skred fra overvåkingsskråningene mot sørvest, over E6.</u> Martine Lund Andresen (ingeniørgeolog - Naturfarer i Norconsult) har gjort en vurdering av skråningen i rapporten Skredrisikovurdering [33], og konkluderte med at det er moreneavsetninger ved E6 og derfor et begrenset omfang av de marine avsetningene til lokaliteten. Derfor kan skred fra øvre skråninger overses og ingen ytterligere vurdering er nødvendig.</p>

Skritt	Prosedyre	Vurdering
4	Bestem sikkerhetsklasse	<p>Sikkerhetsklasser for konstruksjoner i kvikkleiresoner er beskrevet i Tabell 1 i denne rapporten.</p> <p>Strukturer innenfor tiltaksområdet anses generelt å være i klasse K4, bortsett fra infrastruktur i klasse K1 og flomfylling i klasse K2.</p> <p>Ettersom deler av den planlagte utbyggingen anses å være i kategori K4, krever NVEs retningslinjer kvalitetskontroll også av et uavhengig geoteknisk konsultentselskap.</p>
5	Gjennomgang av bakgrunnsmateriale – identifisering av kritiske skråninger og mulige skredområder	<p>Havbunnen nord for lokaliteten med en jevn skråning på mindre enn 1:6 anses ikke å være utsatt for skred [25].</p> <p>Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet bør vurderes for eksisterende skråninger mot både sjø og Kiselva.</p> <p>Det mulige løснеområde definert av et område på 15 x høyden på skråningen er vist i Figur 6-2 og i tegningen vedlagt denne rapporten i Vedlegg H.</p>
6	Befaring	<p>Befaring ble gjennomført, se Kapittel 3.4 i denne rapporten. Det er ikke avdekket spesielle forhold som er vesentlige for avgrensningen av det mulige skredområdet som er skissert i trinn 5.</p>
7	Grunnundersøkelser	<p>Det er utført flere grunnundersøkelser med dype borehull på tomta, se i Kapittel 3 i denne rapporten. Resultatene fra disse viser flere tynne lag med kvikkleire og sprøbruddmateriale i grunnen.</p>
8	Vurdering av mulige skredmekanismer og avgrensning av løсне- og utløpsområder	<p>Mulige skredmekanismer er vurdert i henhold til flytskjema i Figur 4.3 i NVE veilederen:</p> <p>Leiren på tomta klassifiseres som et sprøbruddmateriale, med forstyrret udrenert skjærstyrke som tyder på mulig retrogressiv oppførsel. Andelen sprøbruddmateriale over den mest kritiske glideflaten er &lt; 40 %, noe som resulterer i rotasjons- og flakskred som de mest relevante skredmekanismene.</p> <p>Et flakskred anses som usannsynlig, ettersom terrenget over de omkringliggende skråningene har for slak helning.</p> <p>Vi konkluderer derfor med at den mest relevante bruddmekanismen er rotasjonsbrudd. Mer informasjon om våre vurderinger, samt tegninger som viser mulige løсне- og utløpsområder, finnes i Kapittel 6.3.3.</p>
9	Klassifisering av faresoner	<p>Vi har vurdert det aktuelle fareområdet til å være i fareklasse "Lav" og konsekvensklasse "Alvorlig".</p> <p>Mer informasjon om våre vurderinger er gitt i Kapittel 0.</p>

Skrutt	Prosedyre	Vurdering
10	Dokumentere tilfredsstillende sikkerhetsnivåer	Vi har dokumentert tilfredsstillende sikkerhet i henhold til gjeldende regelverk [16][24]. Dette krever forbedret erosjonsbeskyttelse langs sjøen og Kiselva, samt begrensning av konstruksjoner i sikkerhetsklasse K4 til områder utenfor fareområdet beskrevet i trinn 8.  Mer informasjon om våre vurderinger er gitt i Kapittel 6.4.
11	Varsling av faresoner og grunnundersøkelser	Alle grunnundersøkelser skal registreres i NADAG. Vurdert ny faresone skal meldes til NVE.  Dette vil bli gjort etter at den uavhengige kvalitetskontrollen av denne rapporten er fullført.

### 6.3.2 Mulige skredområder

Mulige skredområder vurderes etter kriteriene presentert i NVEs Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred, Tabell 3.1:  $15 \times H$ , skråningshøyden. Bakkene på tiltaksområde har en skråningshøyde på maks 8 meter, se Figur 6-2 og i tegningen i Vedlegg H.

Vi gjør oppmerksom på at figuren/tegningen kun viser løснеområder og ingen utløpsområder siden en mer nøyaktig vurdering av disse presenteres senere i denne rapporten.



Figur 6-2: Mulige løснеområder for kvikkleire,  $15 \times$  høyde av skråningen.

### 6.3.3 Relevante skredmekanismer

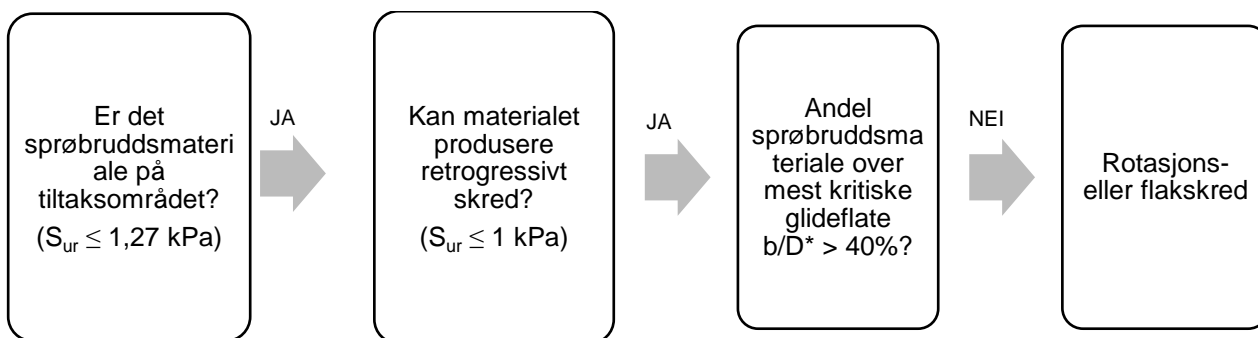
Tiltaksområdet vurderes i henhold til prosedyren som er beskrevet i NVEs veileder [24], *Kapittel 4.5 - Relevante skredmekanismer og avgrensning av skredutsatt område.*

Den aktuelle bruddmekanismen vurderes ved hjelp av et flytskjema i Figur 6-3 og en gjennomgang av borprofiler sammenlignet med den teoretiske bruddlinjen, som presenteres i Figur 6-5 og Figur 6-5. Flytskjemaet identifiserer to mulige bruddmekanismer: rotasjonsskred og flakskred.

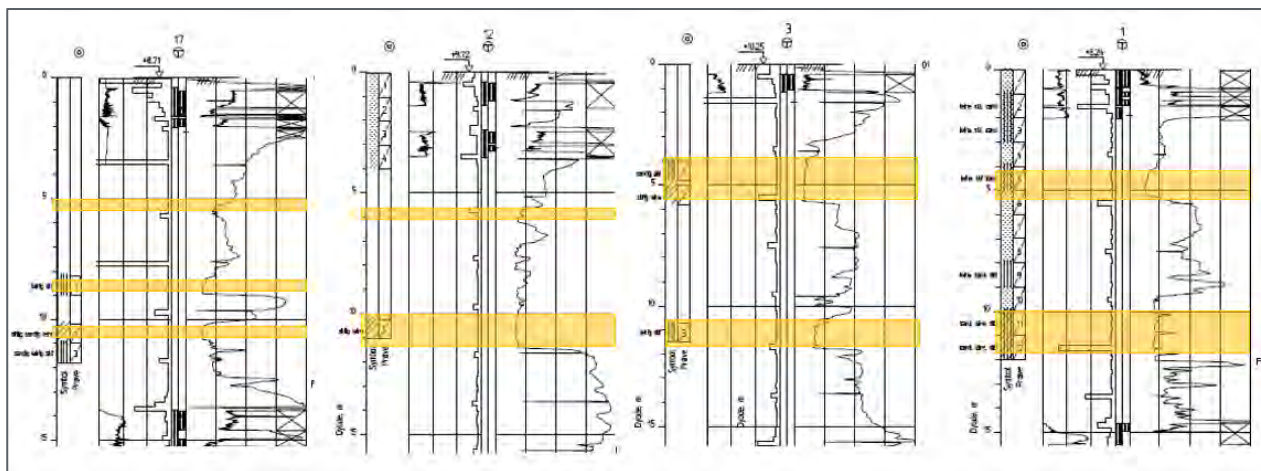
Et flakskred, illustrert i Figur 6-6, kan oppstå når det finnes svake lag i bakken som ligger parallelt med terrenget. Denne typen bruddmekanisme er vanlig i terreng med jevn helning som skrånner inn i et åpent område eller utløp, med en vinkel på mellom 1:5 og 1:3 (11° og 17°) [29].

I dette tilfellet heller terrenget fra nordvest mot elvebredden i sørøst, altså motsatt av den naturlige utløpsretningen ved elvebredden. Videre er det underliggende laget med sprøbruddmateriale horisontalt.

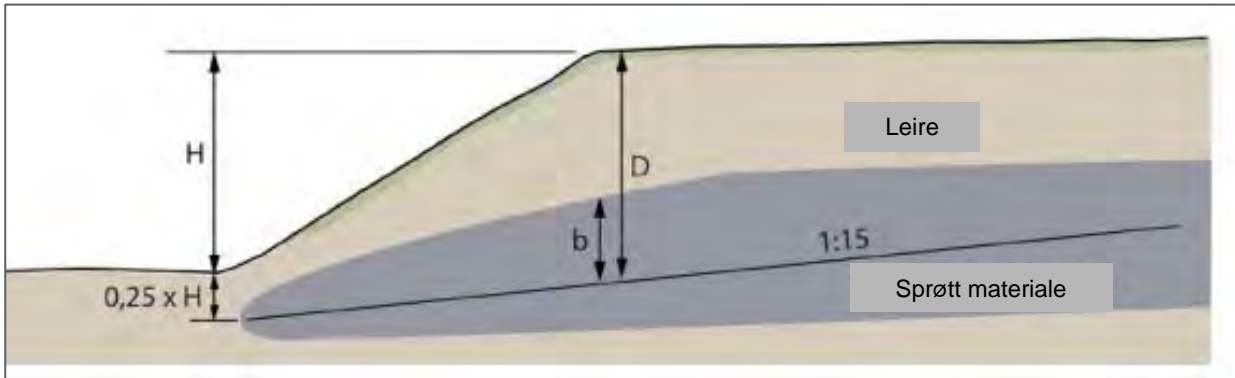
Vi vurderer derfor at den relevante bruddmekanismen er rotasjonsskred. Dette gir et skredutsatt område som strekker seg 5 ganger skråningshøyden (5 x H) bak foten av skrånningen, der H representerer skråningshøyden. Dette er illustrert i Figur 6-7 og synlig i Figur 6-8. Utløpsområdet for rotasjonsskred er halvparten av lengden på løsnedområdet [24].



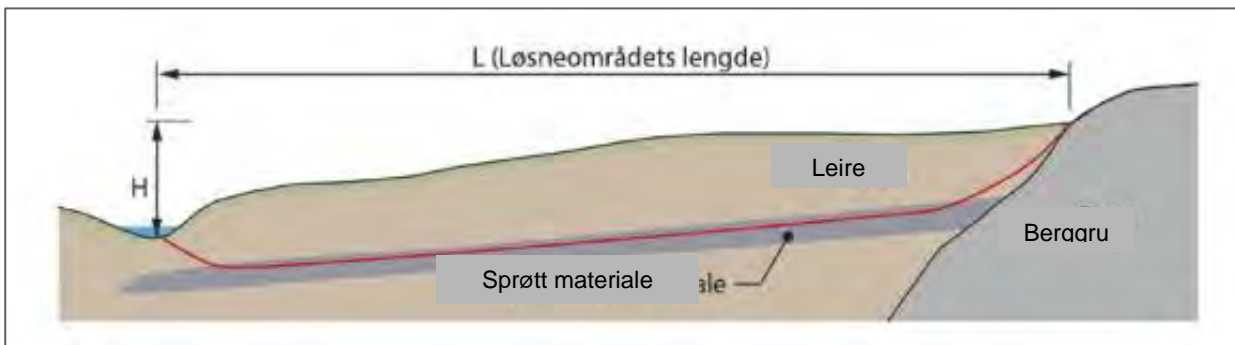
Figur 6-3: Flytskjema i henhold til Figur 4.3 i NVE Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred [24] \* se vurdering av b/d-forholdet i Figur 4-2.



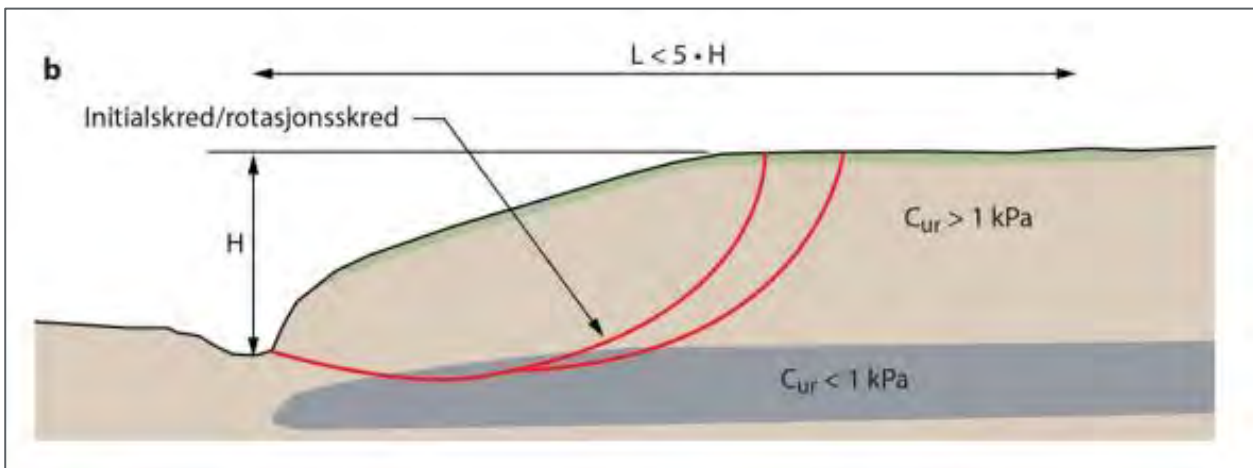
Figur 6-4: Representative borprofiler med sprøbruddmateriale/kvikkleire markert i oransje. For skråningsfot på omtrent kote 0 er prosentandelen sprøbruddmateriale/kvikkleire under 40%.



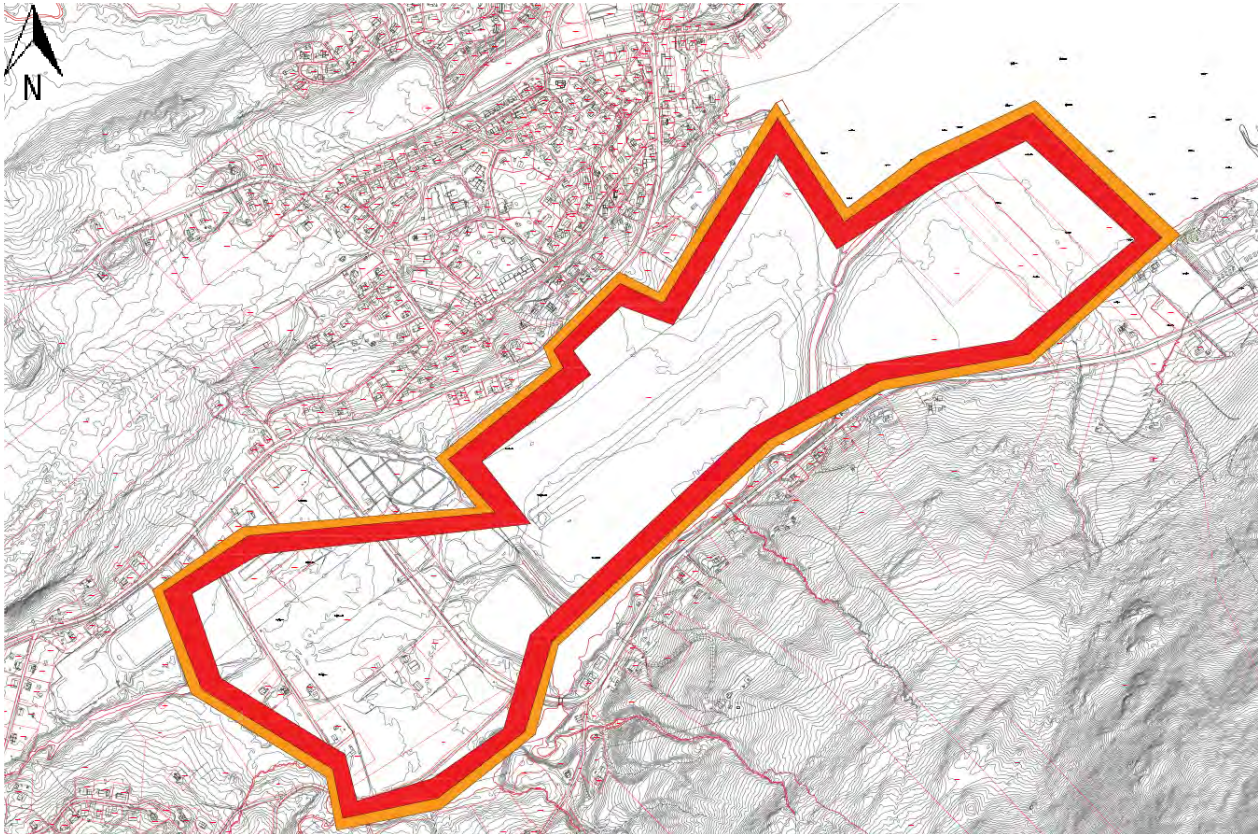
Figur 6-5: Prinsipp for vurdering av prosentandel av sprøbruddmateriale/kvikkleire i en skrånning, hentet fra NVE Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred Figur 4.5 [24]



Figur 6-6: Flakskred, hentet fra NVE Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred Figur 4.9 [24]



Figur 6-7: Prinsipp for avgrensning av arealet for et skred når det er mindre enn 40 % sprøbruddmateriale over kritisk skjærflate, hentet fra NVE Veileder 1/2019: Sikkerhet mot kvikkleireskred Figur 4.8 [22]



Figur 6-8: Løsne- og utløpsområde for rotasjonsskred. Løsneområdet vist i rødt og utløpsområde i oransje.

### 6.3.4 Klassifisering av kvikkleiresone

Faresoner for kvikkleire er klassifiseres etter fare-, konsekvens- og risikoklasser, i henhold til metoden beskrevet i Kapittel 4 i NVE Ekstern rapport 9/2020 [24].

Det er tatt hensyn til faktorer som overtrykk i leira etter fylling, samt at selve fyllingen representerer et betydelig inngrep umiddelbart etter etablering. Dette gir et "Middels" farenivå umiddelbart etter etablering, mens farenivået reduseres til "Lavt" etter at poreovertrykket er utjevnet. Konsekvensklassen er vurdert til "Alvorlig". Se detaljer i Figur 6-9.

HAZARD CLASS					
FACTORS	WEIGHT	Hazard Class, score 0-3 (low-high)		Controll field	
		Score	Point	Maxscore	Maxpoints
Previous landslide activity	1	0	0	3	3
Slope height in meters	2	0	0	3	6
OCR	2	3	6	3	6
Porewater pressure - overpressure	3	0	0	3	9
Porewater pressure - underpressure	-3	0	0		0
Quick clay thickness	2	1	2	3	6
Sensitivity	1	0	0	3	3
Erosion	3	0	0	3	9
Development impact - declined stability	3	2	6	3	9
Development impact - improved stability	-3	0	0		0
Sum			14		51
%of max. point sum			27,5 %		100,0 %
Danger class LOW					
CONSEQUENCE CLASS					
FACTORS	WEIGHT	Consequence Class, score 0-3 (low-high)		Controll field	
		Score	Point	Maxscore	Maxpoints
Housing units	4	0	0	3	12
Commercial building, people	3	3	9	3	9
Other buildings, value	1	3	3	3	3
Road, traffic	2	1	2	3	6
Train line	2	0	0	3	6
Power grid	1	0	0	3	3
Oppdemning/flom	2	3	6	3	6
Sum			20		45
%of max. point sum			44,4 %		100,0 %
Consequence class SEVERE					

Figur 6-9: Vurdering av fare- og konsekvensklasse for faresoner for kvikkleire.



## 6.4 Områdestabilitet

Stabiliteten til skråningene over Kiselva i den sørøstlige delen av området og over Ofotfjorden i den nordlige delen ble vurdert basert på dagens forhold, samt for en overflatbelastning på 65 kPa, eller en belastning på 40 kPa med en lastfaktor på 1,35. Dette tilsvarer omtrent 2 meter med jord eller svært tung trafikk.

Skråningsstabilitetsanalysen ble utført ved bruk av Novapoints GeoSuite Stability versjon 16.1.1.0, som er basert på den forenklede Bishop-metoden. Denne metoden innebærer å dele opp jordmassen i skiver og beregne momentlikevekten for hele bruddflaten i forhold til rotasjonssenteret, samt den horisontale kraftlikevekten for sviktflaten og de vertikale kraftlikevektene for hver enkelt skive.

Plasseringen av profilene vises i Figur 3-3 og Figur 3-4 over. Forholdene i grunnen er beskrevet under Kapittel 4 og materialparametere er gitt i **Feil! Fant ikke referanseilden.**, grunnvannsnivået antas ved laveste målte havnivå per Kapittel 4.8.

### 6.4.1 Statisk analyse

Vi presenterer resultatene fra stabilitetsanalysen under udrenerte forhold (ADP), som er vurdert til å være det mest kritiske belastningstilfellet for de aktuelle profilene. Analysene under drenerte forhold har vist betydelig høyere sikkerhetsfaktorer, samtidig som kravet til sikkerhetsfaktor er lavere.

Resultater fra stabilitetsberegninger for skråninger langs Kiselva (Figur 6-10) gir en sikkerhetsfaktor  $F \geq 1.4$  som tilfredsstillende kravene til minimumssikkerhetsfaktor for skråning uten forringelse av stabiliteten (Kapittel 6.1.2). Den kritiske skjærflaten er sirkulær, omtrent 10 meter bak skråningskanten.

Resultater fra stabilitetsberegninger for skråninger langs Ofotfjorden (Figur 6-11) gir sikkerhetsfaktor  $F \geq 1.61$  som tilfredsstillende kravene til minimum sikkerhetsfaktor for helning med svekket stabilitet (Kapittel 6.1.2).

Det bemerkes at stabiliteten til skråninger ved andre vannforekomster og bekker innenfor og langs tomtegrensene også bør vurderes videre i prosjekteringen. Stabilitet for skråninger ved Sjøfarm, beregnet av Sweco og presentert i Vedlegg F, viser tilstrekkelig stabilitet for skråninger uten forverring av stabiliteten  $\geq 1,4$ .

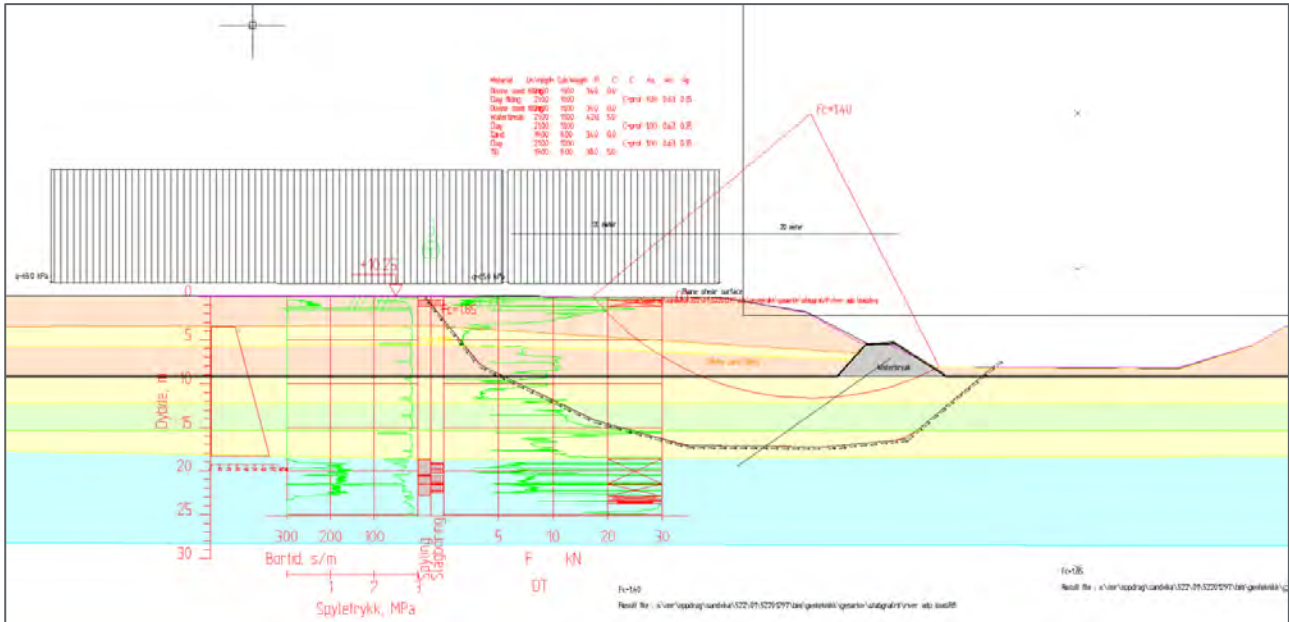
### 6.4.2 Dynamisk analyse

For jordskjelv multipliseres også disse variable belastningene med en faktor  $\psi_1 = 0,2$  for generelle overflatebelastninger og  $\psi_2 = 0,3$  for trafikklaster i henhold til Tabell B "variable laster for bygninger" [32].

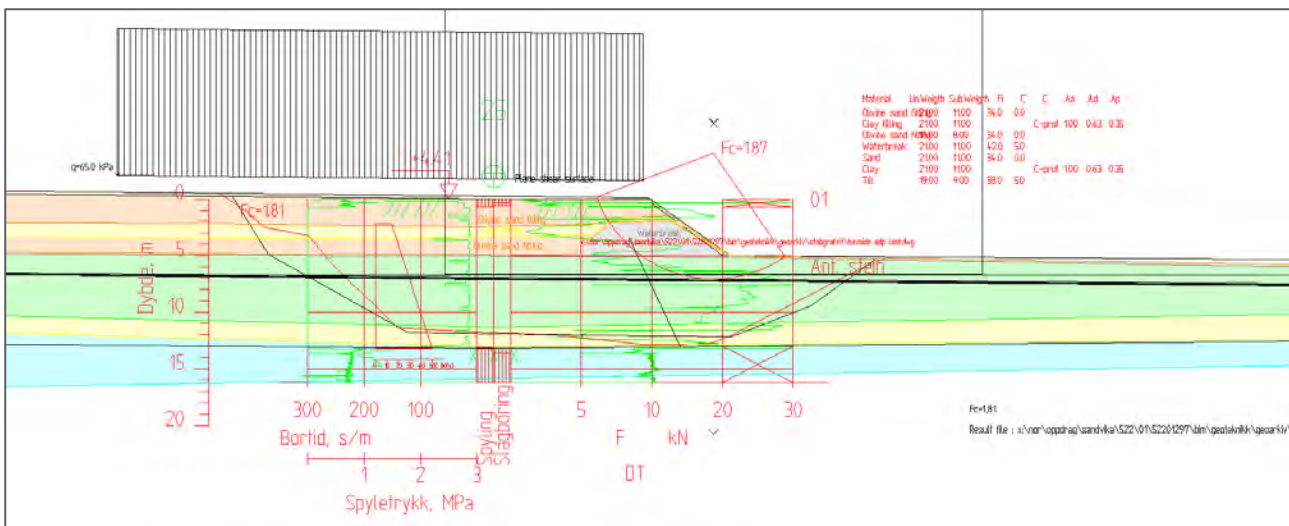
For stabilitetsberegninger som tar hensyn til jordskjelv, har vi vurdert en redusert belastning tilsvarende de 65 kPa som ble brukt i de statiske beregningene, fordelt som følger: permanent belastning på 40 % av 65 kPa +  $0,2 \times 60\%$  av 65 kPa = 34 kPa. I tillegg tas følgende seismiske akselerasjonskomponenter med i beregningen.

- Horisontal:  $0,5 \cdot a_g / g \cdot S = 0,5 \cdot 0,514 / 9,81 = 0,026 g$
- Vertikal:  $\pm 0,33 \cdot \text{horisontal} = \pm 0,008 g \rightarrow 1,008 g$  og  $0,982 g$

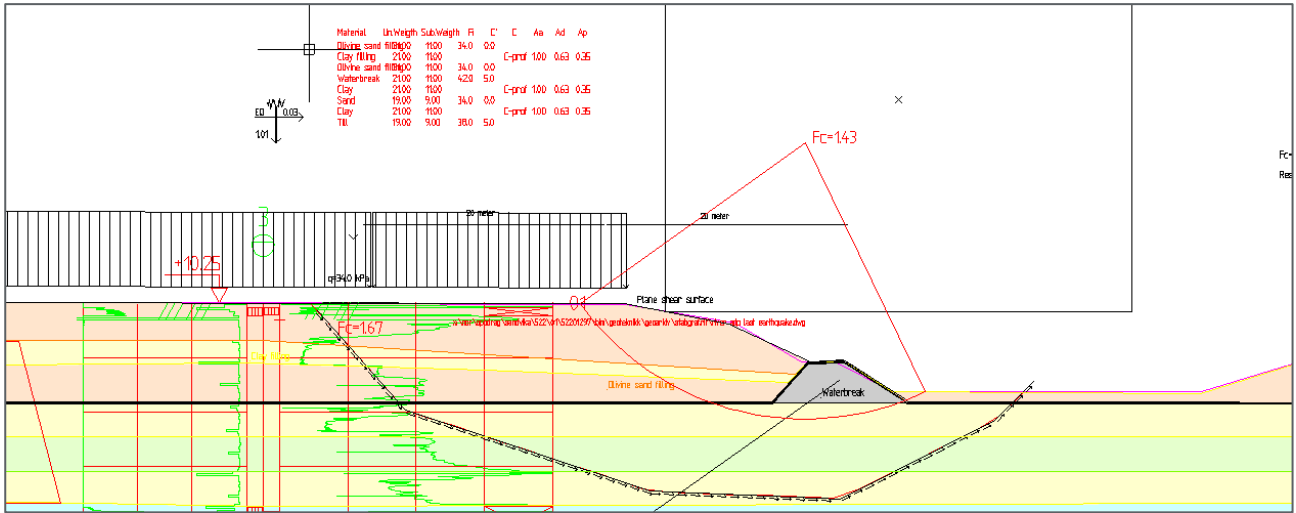
Minstekravet til sikkerhetsfaktor er 1,1 for naturlige friksjonsmasser. For å oppfylle minimumskravet må sikkerhetsfaktoren være  $F \geq 1,2$ . Resultatene fra begge stabilitetsberegningene for skråninger langs Kiselva (Figur 6-12) og stabilitetsberegninger langs Ofotfjorden (Figur 6-13) oppfyller dette kravet med en sikkerhetsfaktor  $F \geq 1.2$ .



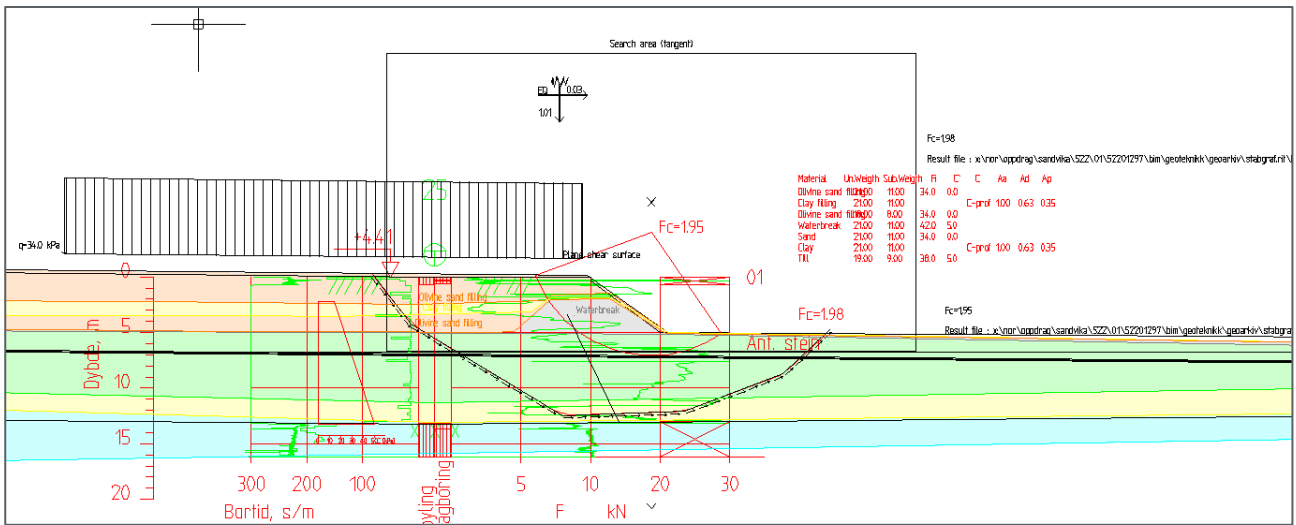
Figur 6-10: Resultatene fra den statiske stabilitetsberegningen (udrenert-ADP) for skråningen mot Kiselva, med avgrensede steinfylling rundt deponiet, er vist i grått. Se plassering i Figur 3-4. Det dype laget tolkes her som morenemateriale. Det bemerkes at en alternativ tolkning av materialet som pyritisk gruveavfall vil ha liten innvirkning på beregningsresultatene.



Figur 6-11: Resultatene fra den statiske stabilitetsberegningen (udrenert-ADP) for skråningen mot Ofofjorden, se plassering i Figur 3-4. Det dype laget tolkes her som morenemateriale. Det bemerkes at en alternativ tolkning av materialet som pyritisk gruveavfall vil ha liten innvirkning på beregningsresultatene.



Figur 6-12: Resultatene fra den dynamiske stabilitetsberegningen for skråningen mot Kiselva, med avgrensede steinfylling rundt deponiet, er vist i grått. Se plassering i Figur 3-4.



Figur 6-13: Resultatene fra den dynamiske stabilitetsberegningen for skråningen mot Ofotfjorden er vist. Se plasseringen i Figur 3-4.

## 6.5 Skråningserosjon

Skråningene som avgrenser området, må sikres mot erosjon. I dette prosjektet er vurdering av erosjon langs fjord/sjø og elver/bekker i området ikke inkludert i det geotekniske arbeidsomfanget.

Vurdering av bølgepåvirkning og flom presenteres i egne dokumenter og vil danne grunnlaget for fremtidig vurdering av tiltak for erosjonssikring av skråningene.

## 6.6 Sammendrag

Anleggets stabilitet vurderes i samsvar med kravene i TEK17, NVE Veileder1/2019, og forskriften om kontroll av storulykkesfare. Vår vurdering konkluderer med at den aktuelle skredmekanismen er en sirkulær bruddflate, og at skråningene langs Kiselva har en sikkerhetsfaktor på  $F \geq 1,39$ , omtrent tilsvarende den nødvendige sikkerhetsfaktoren  $F = 1,4$ .

I henhold til de nevnte forskriftene kan stabiliteten til områder som ligger  $\leq 5 \cdot H$  meter bak skråningsfoten og/eller  $\leq 2 \cdot H$  bak skråningskanten, avhengig av hva som er strengest, ikke endres på grunn av nybygg. En ytterligere forutsetning er at planering av området ikke skal gi en terrenghelning  $> 1:5$ .

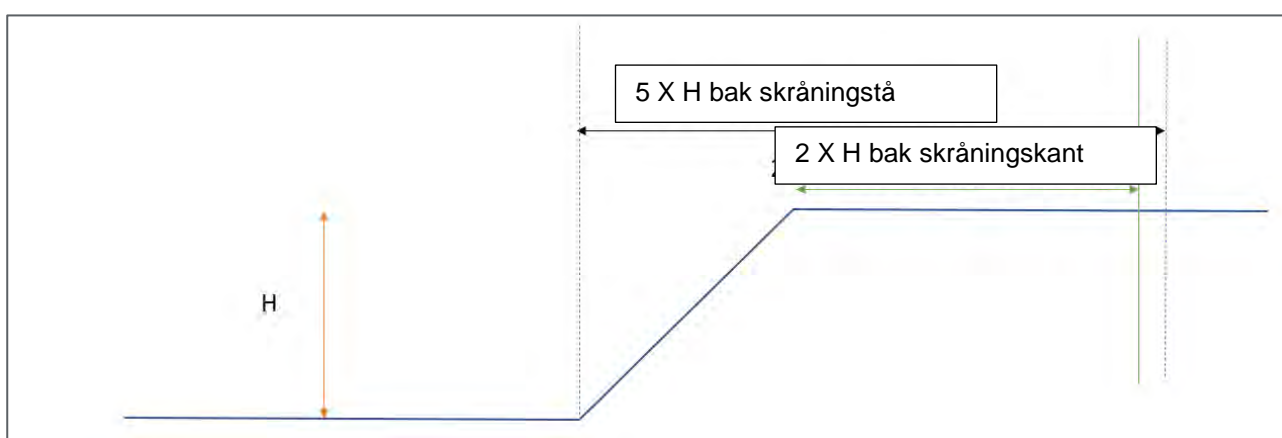
I praksis må all bygging i disse områdene støttes på kompenserte fundamenter eller peler som når ned til underliggende morene eller berggrunn. Det er imidlertid ingen begrensninger på hvilke typer anlegg som kan plasseres i disse områdene. Alle skråninger rundt området må sikres mot erosjon.

## 7 anbefalinger

Følgende er våre anbefalinger for stedsutforming og terrengtilpasning, fundamentering og tilknyttede grunnarbeider.

### 7.1 Områdeoppsett og karaktersetting

Alle konstruksjoner som befinner seg  $\leq 5 \cdot H$  meter bak skråningsfoten og/eller  $\leq 2 \cdot H$  bak skråningskanten, som vist i Figur 7-1 skal støttes på avlastede fundamenter eller peler som når ned til underliggende morene eller berggrunn. Et tilleggskrav er at terrengplaneringen ikke skal gi en helning brattere enn 1:5.



Figur 7-1: Illustrasjon av område der ingen nye belastninger kan påføres.

### 7.2 Grunt fundamentsystem

Ukontrollerte fyllmasser er generelt uegnede som underlag for direktefundamentering. Imidlertid kan fyllmassene være egnet dersom materialet er relativt homogent, har tilstrekkelig motstand mot videre fysisk- og kjemisk nedbrytning, og tomte er tilstrekkelig komprimert.

De få dataene i litteraturen om olivinsandens egenskaper som bærende materiale indikerer at styrkeparameterne (for syntetisk olivin) er sammenlignbare med sand og grus og svært avhengig av komprimeringsgraden i materialet [31].

Gitt materialparameterne i Tabell 2, vil det anbefalte grunntrykket for et fundament plassert 0,5 til 1,0 meter under gulvnivå, og med en sidebelastning på  $\leq 10\%$  av den vertikale belastningen, være mellom 200 og 250 kPa. Kvaliteten på olivinen, dens utsatthet for erosjon og risikoen for setninger kan imidlertid kreve en betydelig lavere tillatt bæreevne. Høyere grunntrykk kan oppnås ved å erstatte eller forbedre massene under fundamentet.

Endelig fastsettelse av bæreevne, setninger og reaksjonsmodul for undergrunnen ved fundamentdesign vil kreve ytterligere undersøkelser på tomte og i laboratoriet. Dette er beskrevet i detalj i Kapittel 8.

### 7.3 Dypt fundamentsystem

Tunge laster, særlig løftelaster, kan støttes av et dypt fundamentsystem med spissbærende peler i den faste morenen eller berggrunnen. Egnete løsninger kan være peler som drives ned til morene eller berggrunn (betongpeler, H-peler og stålrør, både lukkede og åpne peler) eller borede peler til berggrunn, med en forventet lengde på opptil 45 meter.

Siden spissbæring til berggrunn sannsynligvis vil føre til at membranen i bunnen av deponiet blir penetrert, må bruken av slike peler vurderes fra et miljøperspektiv. Dette kan kreve ytterligere vurderinger av mulige lekkasjer fra deponiet som grunnlag for å vurdere mulige konsekvenser.

En alternativ løsning for å bære store laster kan være bruk av korte peler, opptil 5 meter, for eksempel kalksementpeler for å lage et flåtefundament. Siden olivinsand er undersøkt som en mulig erstatning for kalk i jordstabilisering [30], kan denne løsningen åpne for bruk av stedlige materialer.

#### **7.4 Kai**

Den nødvendige dybden (under laveste havnivå) ved den foreslåtte kai nord for Ballangseira antas å være 12 meter. For slike vanddyp kan kai generelt bygges enten som en tradisjonell betongplattform støttet på peler eller som en spunkai.

Bygging av begge løsningene vil innebære utfylling til sjøs og installasjon av elementer (peler eller spunt) som forankres i berggrunn eller kompakt morene, med dybder som foreløpig ikke er kjent.

Basert på tilgjengelig informasjon vil utfylling på fin sand med en helning på 1:1,5 til 1:2 være stabil. For en tradisjonell kaikonstruksjon kan betongplattformen støttes på betongfylte stålrørspeler.

En smal molo kan ofte bygges som en frittstående spuntvegg med innvendige støtter, men forankring med anker eller friksjonsplate vil sannsynligvis være en mer stabil løsning.

#### **7.5 Veier**

Veier langs tomtegrensene anbefales etablert med lett fylling for å oppfylle kravene til stabilitet samt krav til frostisolering.

#### **7.6 Grunnarbeid**

Byggingen av det foreslåtte anlegget forventes generelt å kreve utgraving i matjord og olivinryll for fundamenter, grøper og grøfter med dybder på opptil 2 meter.

Den generelle planeringen av området vil hovedsakelig innebære transport av jord fra sørøst- og sørrområdet av Ballangseira, ca. kote +10, til lavere deponeringsområder i øst. Klargjøringen av grunnen til fundamentene vil i tillegg omfatte fjerning av fyllmasser med organisk innhold og erstatning av olivinryll med egnet materiale under fundamentene.

Graveskrånninger over vannflaten forventes å være stabile ved fronthelning mellom 1:1,5 og 1:2. Dype grøfter som strekker seg under havnivå kan sikres med spuntvegger forankret med stag eller med innvendige avstivninger.

## 8 Ytterligere undersøkelser

Grunnundersøkelsene gjennomført til dags dato har omfattet et begrenset antall borepunkter, med en gjennomsnittlig senteravstand på rundt 100 meter. Denne borefordelingen vurderes generelt som knapp, selv for et område av denne størrelsen, og anses etter vår vurdering som utilstrekkelig som grunnlag for detaljert prosjektering.

I skrivende stund er ikke alle resultater fra den ekstra grunnundersøkelsen [2] tilgjengelige, inkludert resultater fra tidligere anbefalte laboratorietestprogram på olivinsandprøver [1]:

- Naturlig og potensiell relativ tetthet,  $D_r$ , ved å utføre en Proctor-test.
- Skjærstyrke og respons på syklisk skjærbelastning – Direct Simple Shear (DSS) med syklisk belastning.
- Kornfordeling før og etter sykliske tester.

Hovedformålet med disse undersøkelsene var å redusere usikkerhet rundt olivinsandfyllingens oppførsel under jordskjelvbeklastning (flytendegjøring) og komprimering.

Utelatelseskriteriene for jordskjelv er imidlertid kun marginalt overskredet (se Kapittel 5.4) og sikkerhetsfaktorene mot flytendegjøring viste seg å være dobbelt så høye som den nødvendige faktoren, selv med konservativ bakkeakselerasjon (se Kapittel 5.5). Selv om undersøkelsene forventes å gi et nyttig grunnlag for vurdering av grunnarbeider og bæreevne for direktefundamentering, anses de ikke lenger som nødvendige for denne vurderingen [1]

Andre nødvendige stedsundersøkelser som vil danne grunnlaget for detaljprosjekteringen inkluderer kartlegging av havbunnen ved den planlagte kaiplasseringen og langs kystlinjen, samt en undersjøisk grunnundersøkelse. Disse undersøkelsene er planlagt utført senere i år.

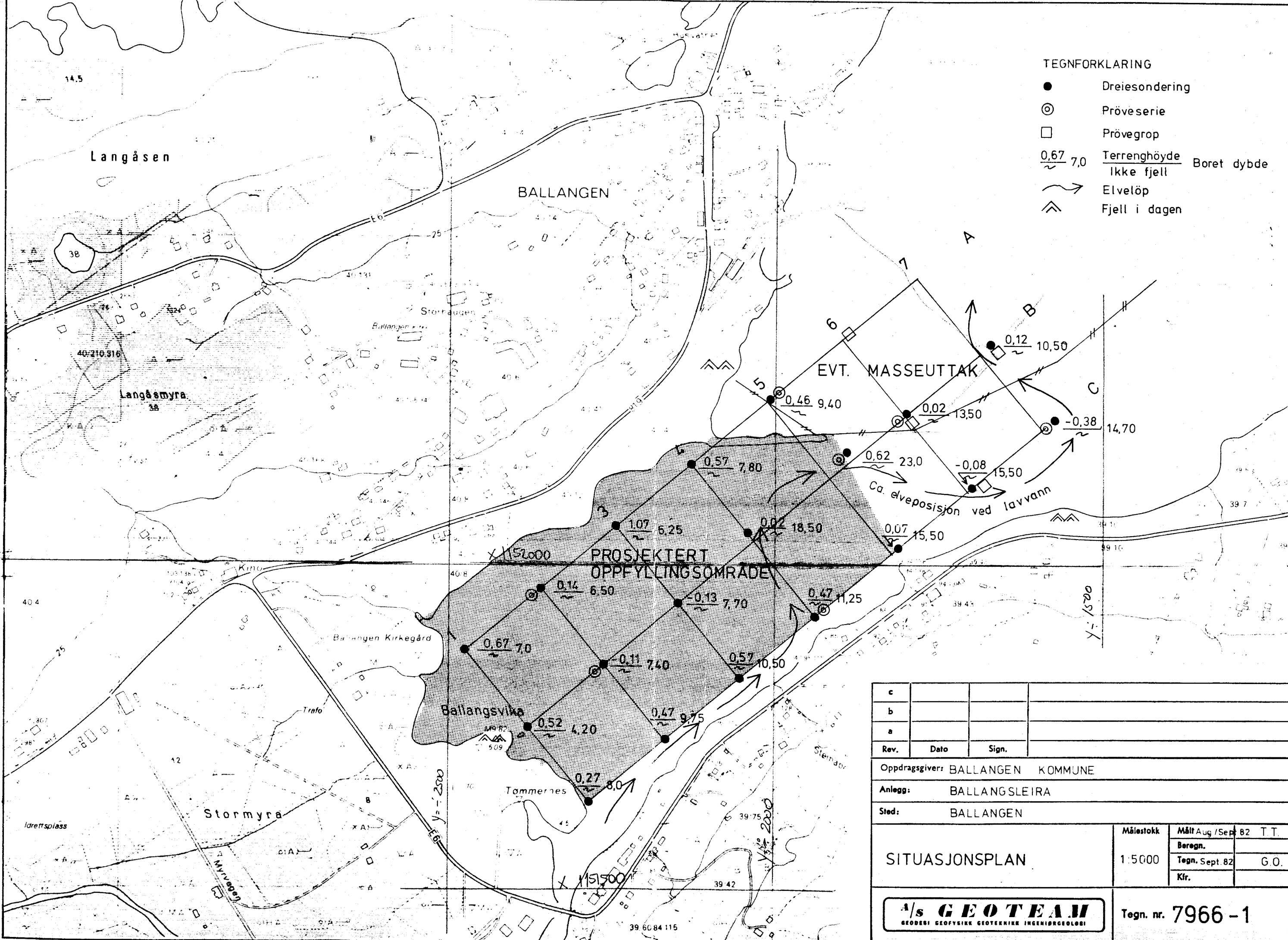
## 9 Referanser

- [1] Norconsult AS, Rapport 52201297-RIG01 Foreløpig ingeniørrapport, "Aker Clean Hydrogen Operating Company AS, Aker Clean Hydrogen – Ballangseira, Preliminary Geotechnical Engineering Study", Rev. B01 datert 2022-04-06.
- [2] Norconsult AS, rapport 52205107 RIG-R01, Undersøkelserapport, «Aker Clean Hydrogen. Ballangseira, Geotekniske grunnundersøkelser, pågår
- [3] Sweco Norge AS, rapport 10226653 RIG-R01, A01 Stedsundersøkelserapport, "Datarapport – Grunnundersøkelse, Aker Narvik AS, Ballangseira, geoteknisk og miljøteknisk undersøkelse", datert 2022-03-04.
- [4] Sweco Norge AS, Rapport 10221498 RIG-R01, A0, Undersøkelserapport «Datarapport – Grunnundersøkelse, Ballangen Sjøfarm», Rev. A01, datert 2021-03-26.
- [5] Sweco Norge AS, Rapport 10221498, Notat, Foreløpig vurdering «Ballangen Sjøfarm, Smottlanlegg ballangseira GU med Geoteknisk vurdering», datert 31.05.2021.
- [6] Kummeneje A/S, Rapport 0.3615-1, Grunnundersøkelserapport og geoteknisk vurdering, «Ballangseira, Oppfylling og kai, Datarapport» datert 1983-12-08.
- [7] A/S Geoteam, Rapport 7966.01, Grunnundersøkelser for oppfyllingsområde på Ballangseira, datert 1982-12-15.
- [8] Norland vegkontor, Rapport W596a-1, Grunnundersøkelser på E6 – Ballangen bru, Datarapport», 1976-10-04.
- [9] NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Rapport LNR 4393-2001, Konsekvensutredning for nytt deponi på Fornes «Nikkel og Olivin A/S, Utredning av konsekvenser i forbindelse med nytt deponi på Fornes», datert 2001-08-14.
- [10] NIVA (Norsk institutt for vannforskning), Rapport LNR 5489-2007, Oppfølgingsundersøkelser etter nedleggelse av virksomheten ved Nikkel og Olivin AS, Ballangen kommune «Oppfølgende undersøkelser etter nedleggelse av driften ved Nikkel og Olivin AS, Ballangen kommune», datert 2007-12-17
- [11] Norges Geotekniske Forenings note nummer 2 "Retningslinjer for symboler og definisjoner i geoteknikk - Identifikasjon og klassifisering av jord"
- [12] Geoteknisk undersøkelse og testing - Feltesting - Del 10: Loddeprøve (ISO/TS 22476-10:2005)
- [13] Norges Geotekniske Forening Merknad nummer 9 "Retningslinjer for utførelse av totallodderinger", rev. nr. 1, 2018.
- [14] Direktoratet for byggkvalitet - Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift - TEK17)»



- [15] 1990: 2002 + NA: 2008 + A1: 2005 + NA: 2016: Eurocode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- [16] NS-EN 1997-1:2004 + A1:2013 + NA:2016: Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering del 1: Generelle regler.
- [17] NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021: Eurokode 8: Dimensjonering av konstruksjoner for jordskjelvmotstand. Nasjonal utgave, Norge.
- [18] Statens vegvesen, Håndbok N200, Vegbygging, juni 2014
- [19] Statens vegvesen, Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging, juni 2014
- [20] Statens vegvesen, Rapport Nr. 284, Planlegging og utførelse av komprimeringsarbeid, februar 2014
- [21] Soil Mechanics in Engineering Practice av Karl Terzaghi, Ralph B. Peck et al. 3rd Edition, 1996.
- [22] NVE Atlas - Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) hovedkartverktøy på web, inneholder de fleste av NVEs tematiske geodata [skreddnett.no](http://skreddnett.no)
- [23] Norsk gjennomføring av Rådskonferanse 96/82/EF av 9. desember 1996 om kontroll med storulykkesfare med farlig stoff "Storulykkesforskriften"
- [24] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Retningslinje 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred, Vurdering av arealstabilitet i arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og annen jord med sprø bruddegenskaper.
- [25] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Ekstern rapport nr 9/2020 "Oversiktskartlegging og klassifisering av farenivå, konsekvens og risiko for kvikkleireskred: metodebeskrivelse" desember 2020.
- [26] Norsk Standard - NS3458 - Komprimering - Krav og utførelse, oktober 2004.
- [27] L. Bryant, M. Mauldon, J.K. Mitchell, "Geotekniske problemer med pyritisk jord og stein" Virginia Polytechnic Institute og State University, Charles E. Via, Jr. Institutt for sivilingeniør, Senter for geoteknisk praksis og forskning, januar 2003.
- [28] T.L. Youd og I.M. Idriss "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils" publisert i Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, april 2001, Vol. 127 No. 4, ISSN 1090-0241, CODEN JGGEFK, Page nr. 297-313.
- [29] Referat fra Second World Landslide Forum – 3-7 oktober 2011, Roma, Jean-Sebastien L'Heureux, Louise Hansen, Oddvar Longva, Raymond S. Eilertsen "Skred langs norske fjorder: årsaker og farevurdering"
- [30] Paul Westgate, Kevin Paine, Richard J Ball, "Olivin som et reaktivt tilslag i kalkmørtel", University of Bath, Bath, BA2 7AY, STORBRIANNIA, BRE Senter for innovative byggematerialer, Institutt for arkitektur og sivilteknikk 10.1016/j.conbuildmat.2018.11.062, år 2019

- [31] Brian Lapos og Ian D. Moore, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada "Vurdering av styrke- og deformasjonsparametrene til olimag syntetisk olivin" Ground and Water: Theory to Practice, Proceedings of the 55th Canadian Geotechnical and 3rd Joint IAHC-CNC and CGS Groundwater Specialty Conferences, Niagara Falls, Ontario, 20-23 oktober 2002, redigert av D. Stolle, A.R. Piggott og J.J. Crowder og utgitt av Southern Ontario Section of the Canadian Geotechnical Society
- [32] Jordskjelvdesign i Vegvesenet, Vegvesenets rapport nr 604, utgitt av Vegdirektoratet, 2017.  
Tilgjengelig fra:  
<https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/Publikasjoner/Statens+vegvesens+rappporter>
- [33] Norconsult AS, Rapport 52201297-NOBA-104-HSE-REP-00002 "Vurdering av skredfare", rev IFR02, datert 2022-05-16



- TEGNFORKLARING
- Dreiesondering
  - ⊙ Prøveserie
  - Prøvegrop
  - $\frac{0,67}{7,0}$  Terrenghøyde Boret dybde
  - Ikke fjell
  - ~ Elvelöp
  - ⋈ Fjell i dagen

EVT. MASSEUTTAK

PROSJEKTERT  
OPPFYLINGSOMRADE

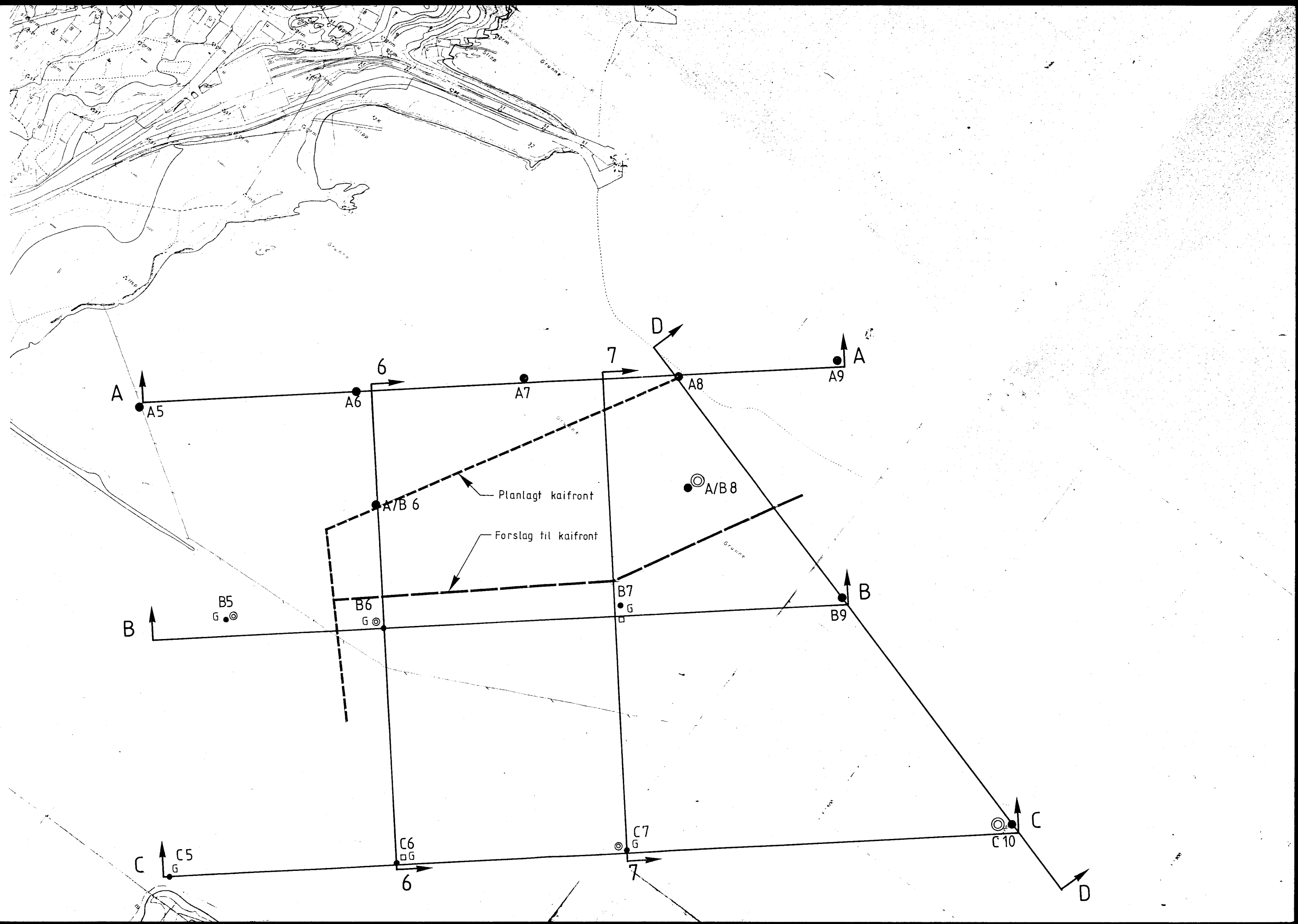
c			
b			
a			
Rev.	Dato	Sign.	

Oppdragsgiver: BALLANGEN KOMMUNE  
 Anlegg: BALLANGSLEIRA  
 Sted: BALLANGEN

SITUASJONSPLAN	Målestokk	Målt Aug / Sept 82	T.T.
	1:5000	Beregn.	
		Tegn. Sept 82	G.O.
	Kfr.		

**A/s GEOTEAM**  
 GEODISI GEOFYSISKE GEOTEKNIKE INGENIÖRGEOLGI

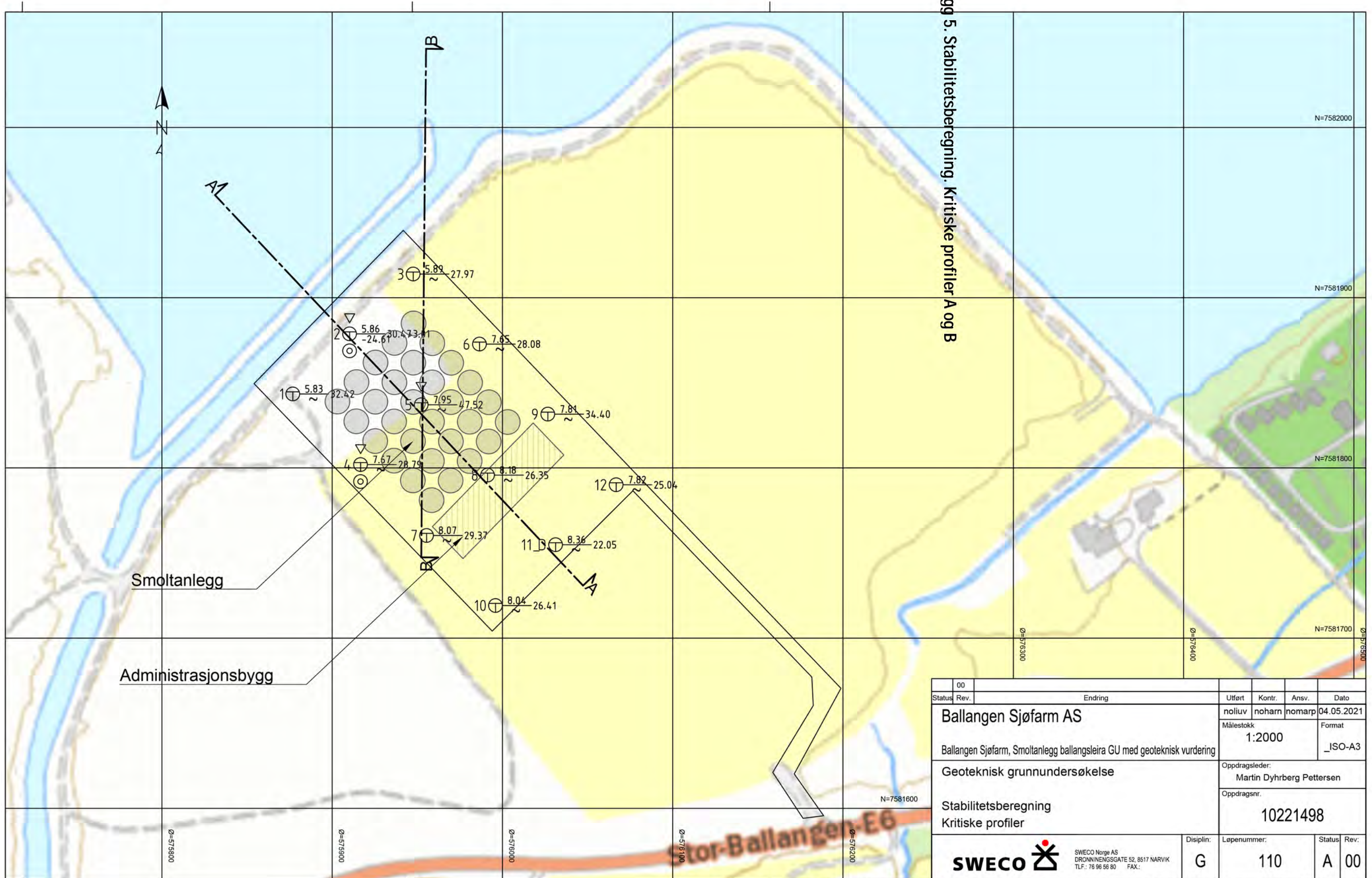
Tegn. nr. 7966-1

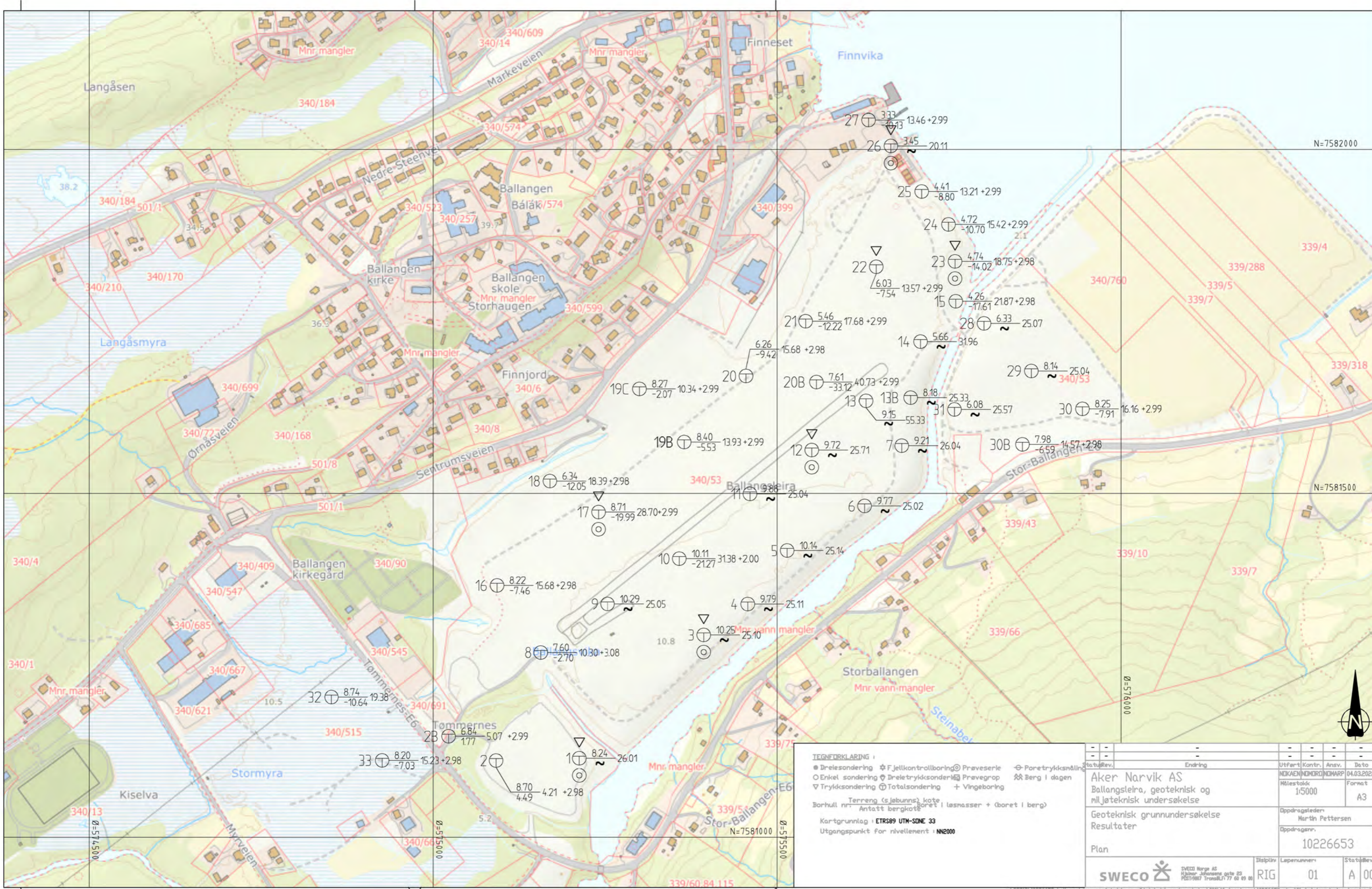




Vedlegg 5. Stabilitetsberegning. Kritiske profiler A og B

Vedlegg 5. Stabilitetsberegning. Kritiske profiler A og B





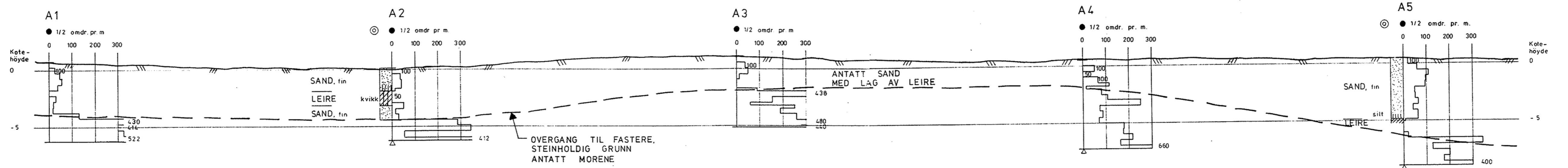
**TEGNFORKLARING**

- Dreiesonering
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊕ Fjellkontrollboring
- ⊕ Dreietrykksondering
- ⊕ Totalsondering
- ⊕ Prøveserie
- ⊕ Prøvegrop
- ⊕ Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⊕ Berg i dagen

Terrang (s jobbunns) kote  
 Borhull nr: Antatt bergkote  
 Kartgrunnlag: ETRS89 UTM-SONE 33  
 Utgangspunkt for nivellenet: NN2000

Statustilstand	Endring	Utfertert	Kontr.	Ansv.	Dato
		NIKAEN	NDHRO	NDHARP	04.03.2022
Aker Narvik AS		Målestokk		Format	
Ballangseira, geoteknisk og miljøteknisk undersøkelse		1:5000		A3	
Geoteknisk grunnundersøkelse		Oppdragsleder		Oppdragsnr.	
Resultater		Martin Pettersen		10226653	
Plan		Disiplin		Løpnummer	
SWECO		RIG		01	
SWECO Norge AS Hjalmar Johansen gate 23 POSTBOK Torshov 77 68 09 NO		Statustilstand		A 00	

# PROFIL A



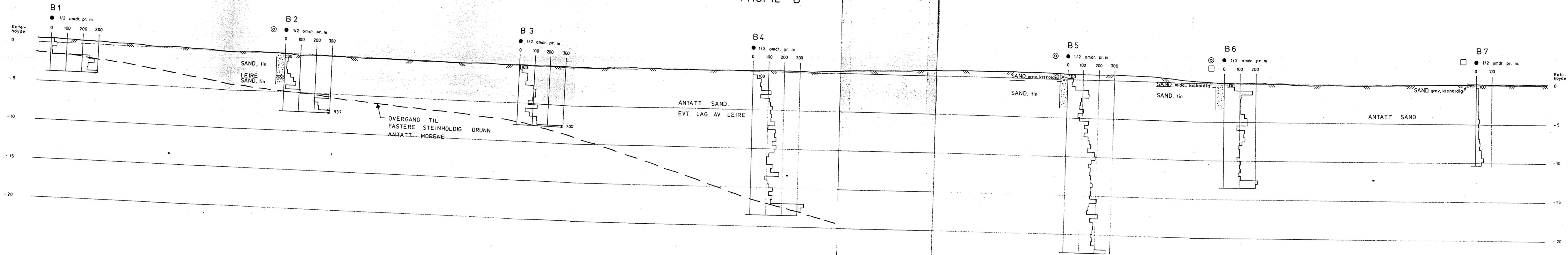
## TEGNFORKLARING

- DREIE SONDERING
- ⊙ PRÖVESERIE

c			
b			
a			
Rev.	Dato	Sign.	
Oppdragsgiver: BALLANGEN KOMMUNE			
Anlegg: BALLANGSLEIRA			
Sted: BALLANGEN			
PROFIL A MED BOR-RESULTATER	Målestokk	Målt Aug/Sept 82	T. T.
	H 1:1000	Beregn.	
	V 1:200	Tegn. Sept.82	G. O.
A/s <b>GEOTEAM</b> <small>BEDEGGI GEOFYSISKE GEOTEKNISKE INGENIØRLOGGI</small>		Tegn. nr. 7966-9	




# PROFIL B

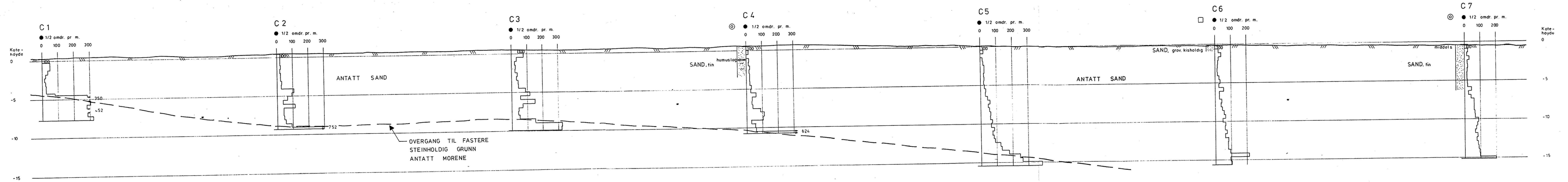


TEGNFORKLARING

- DREIESONDERING
- ⊙ PROVESERIE
- PROVEGROP

c			
b			
a			
Rev.	Dato	Sign.	
Oppdragsgiver: BALLANGEN KOMMUNE			
Anlegg: BALLANGSLEIRA			
Sted: BALLANGEN			
PROFIL B MED BOR-RESULTATER		Målestokk H 1:1000 V 1:200	Målt Aug/Sept 82 T.T. Beregnet Tegn. Sept 82 G.O. Kfr.
		Tegn. nr. 7966-10	

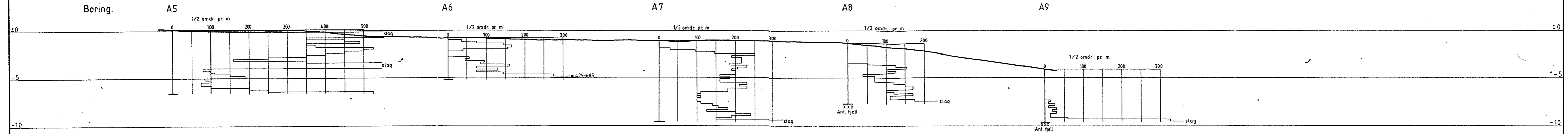
# PROFIL C



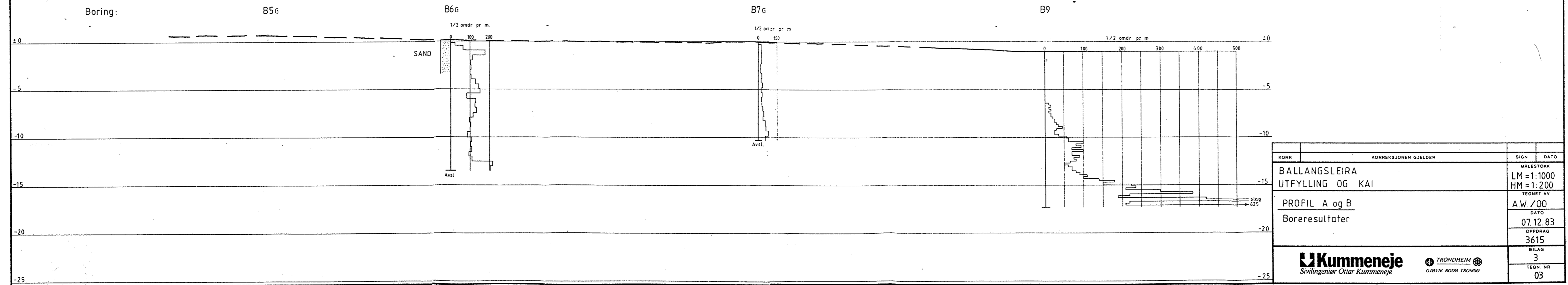
- TEGNFORKLARING
- DREIE SONDERING
  - ⊙ PRØVESERIE
  - PRØVEGRUP

c			
b			
a			
Rev.	Dato	Sign.	
Oppdragsgiver: BALLANGEN KOMMUNE			
Anlegg: BALLANGSLEIRA			
Sted: BALLANGEN			
PROFIL C MED BOR - RESULTATER	Målestokk H 1:1000 V 1:200	Målt Aug/Sept 82 Beregnet Tegn. Sept. 82 Kfr.	T T G O
			Tegn. nr. 7966 - 11

### PROFIL A



### PROFIL B



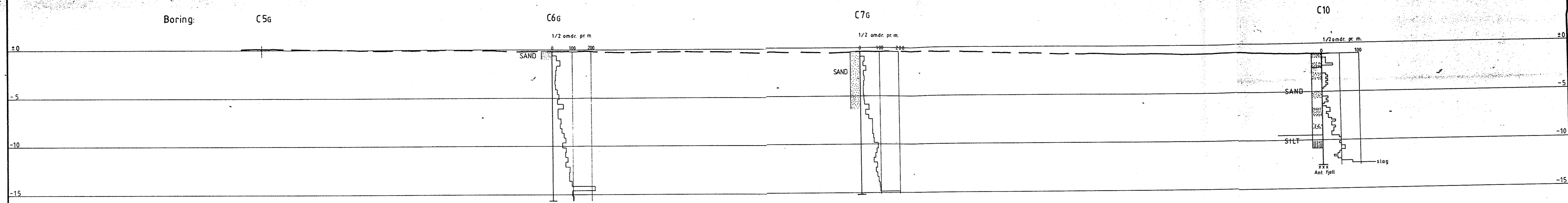
KORR	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN	DATO
BALLANGSLEIRA UTFYLLING OG KAI		MALESTOKK	LM = 1:1000 HM = 1:200
PROFIL A og B		TEGNET AV	A.W./00
Boreresultater		DATO	07.12.83
		OPPDRAG	3615
		BILAG	3
		TEGN. NR.	03

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

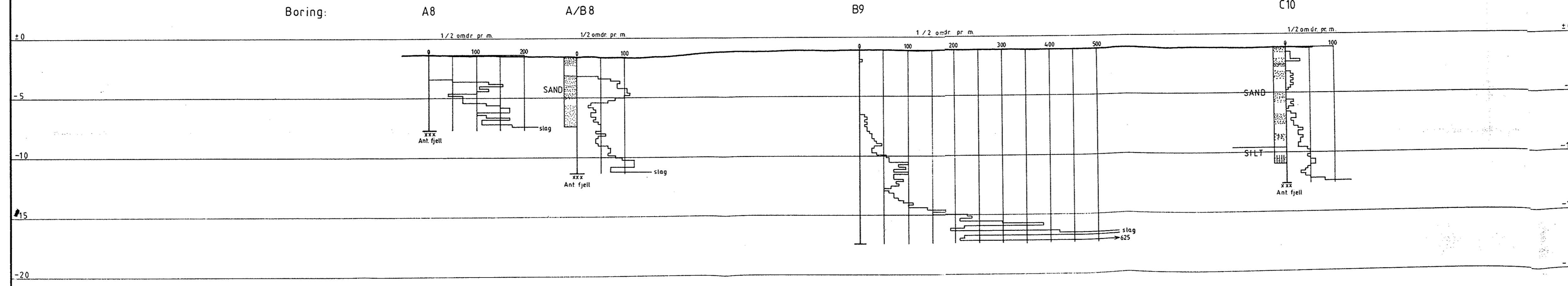
**TRONDHEIM**  
GJØVIK BODØ TROMSØ

A 5 TORRKOPI

PROFIL C



PROFIL D



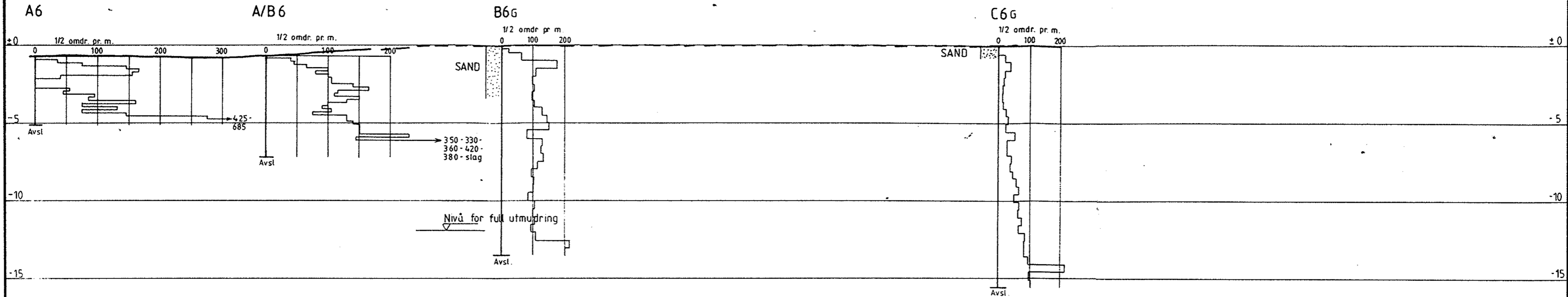
KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
			MÅLESTOKK LM = 1:1000 HM = 1:200
			TEGNET AV A.W. / 00
			DATO 07.12.83
			OPPDRAG 3615
			BILAG 4
			TEGN. NR. 04

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

TRONDHEIM  
GJØVIK BODØ TROMSØ

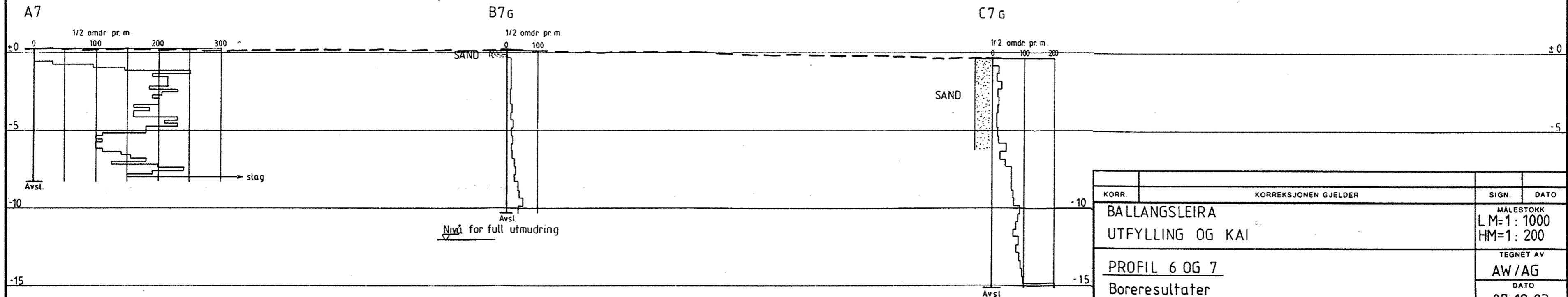
# PROFIL 6

← Indre grense for full utmudring



# PROFIL 7

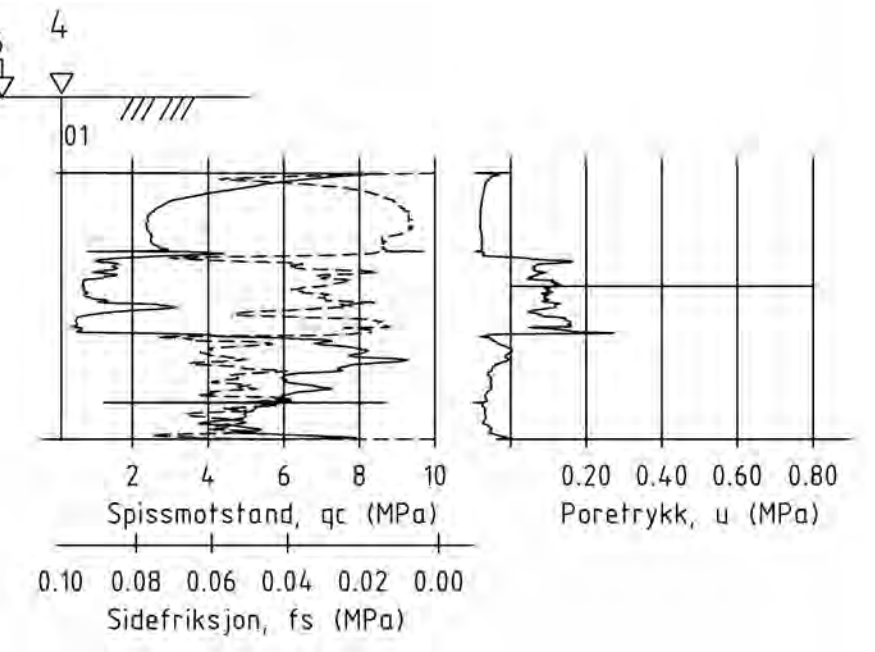
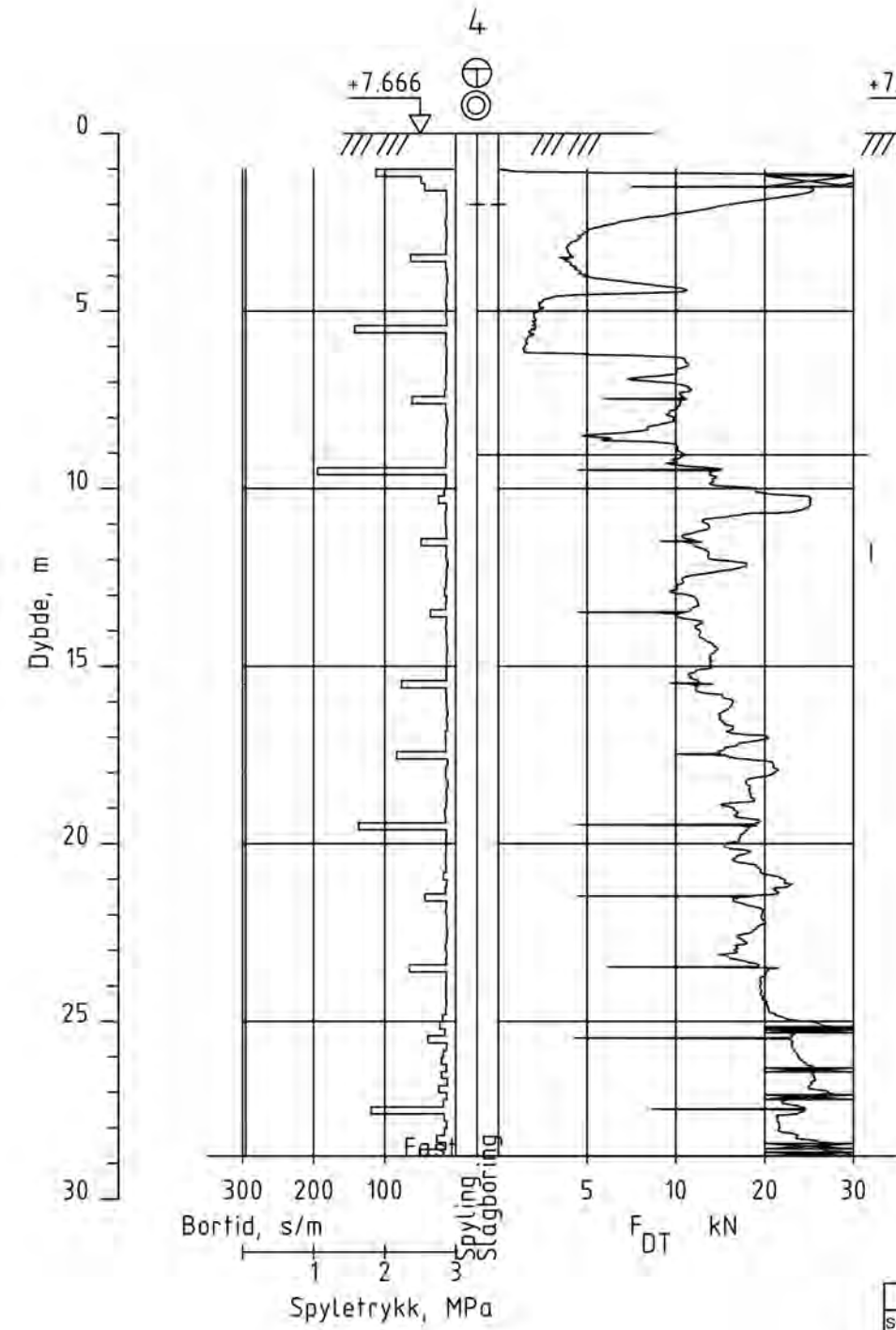
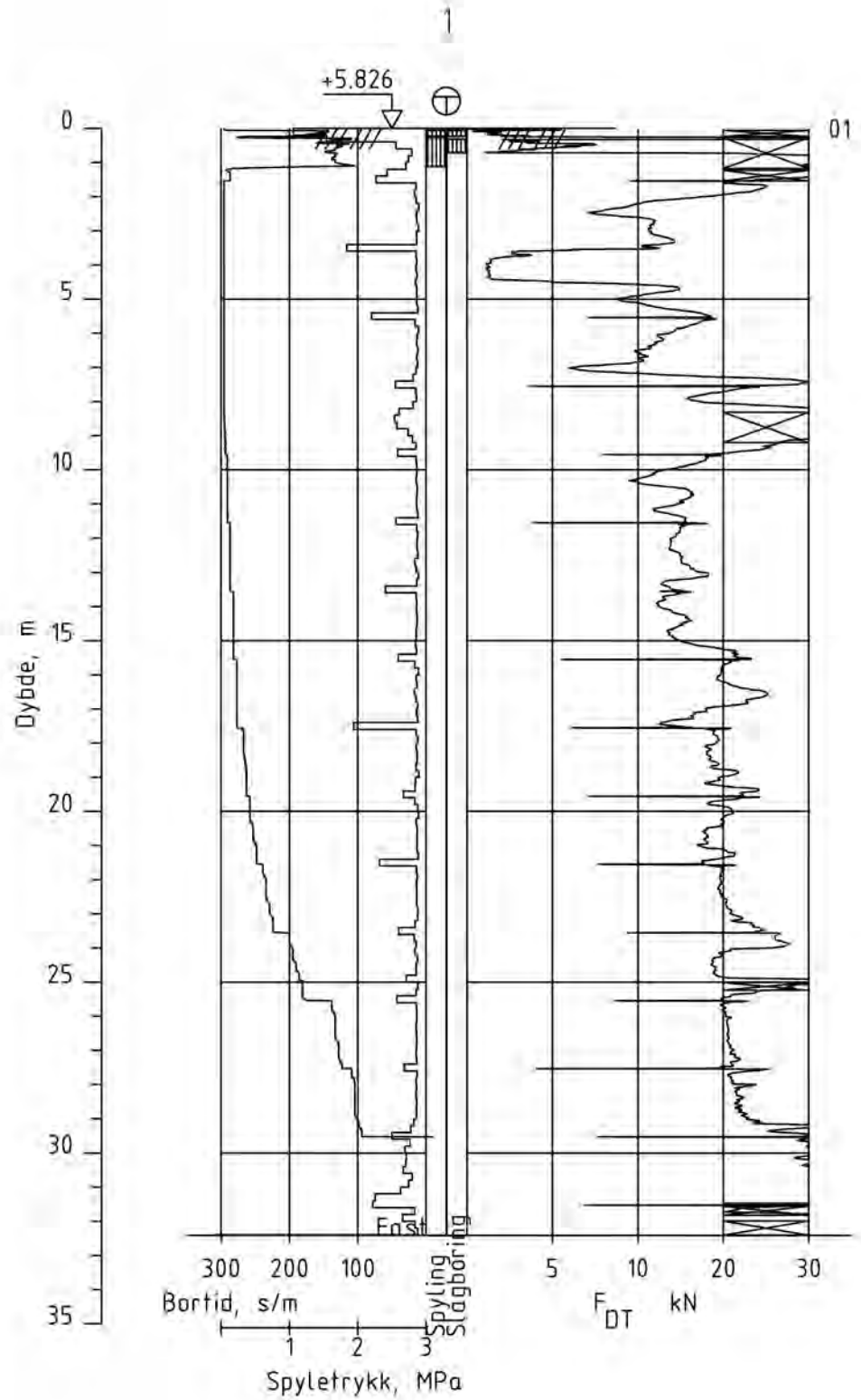
← Indre grense for full utmudring



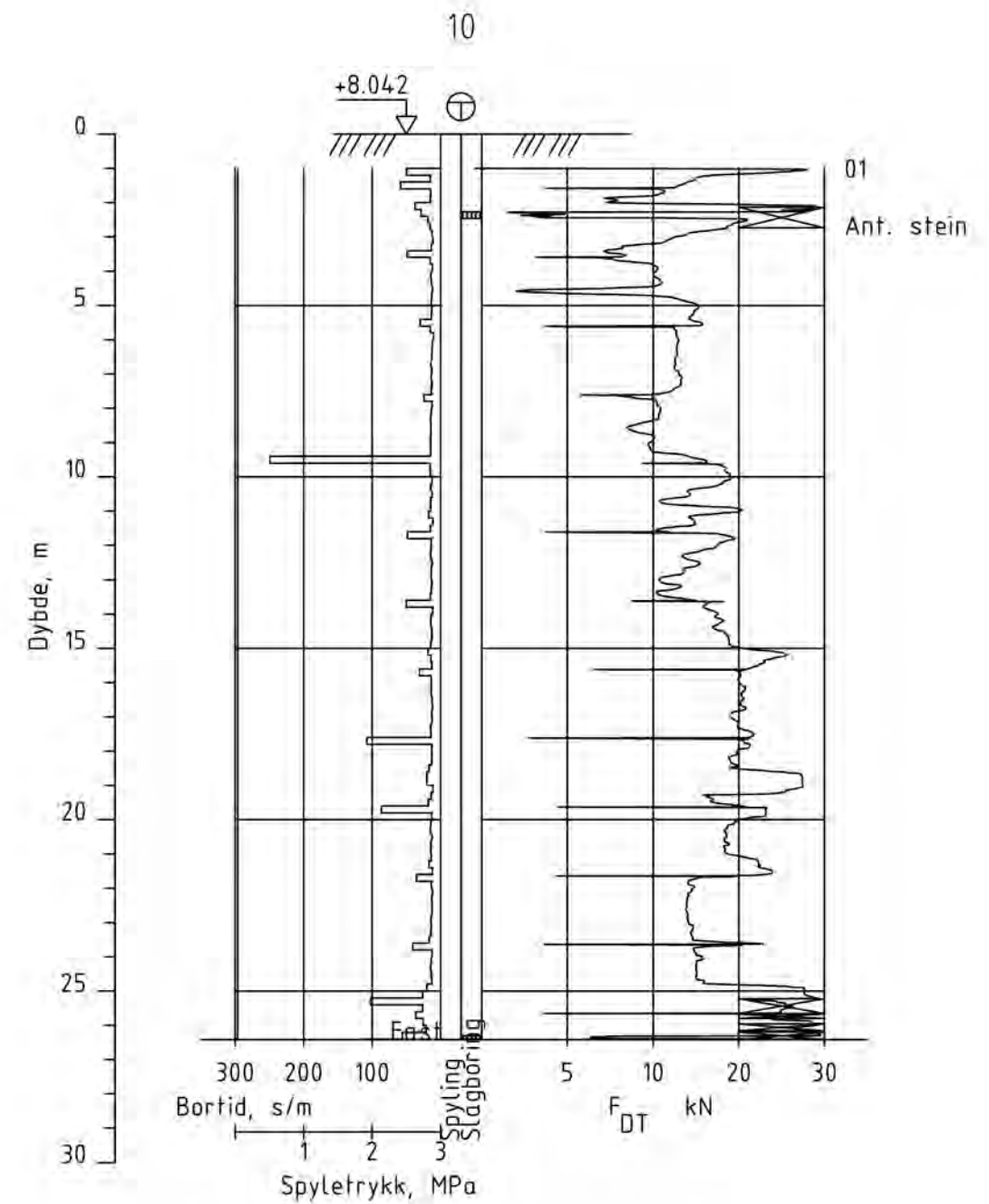
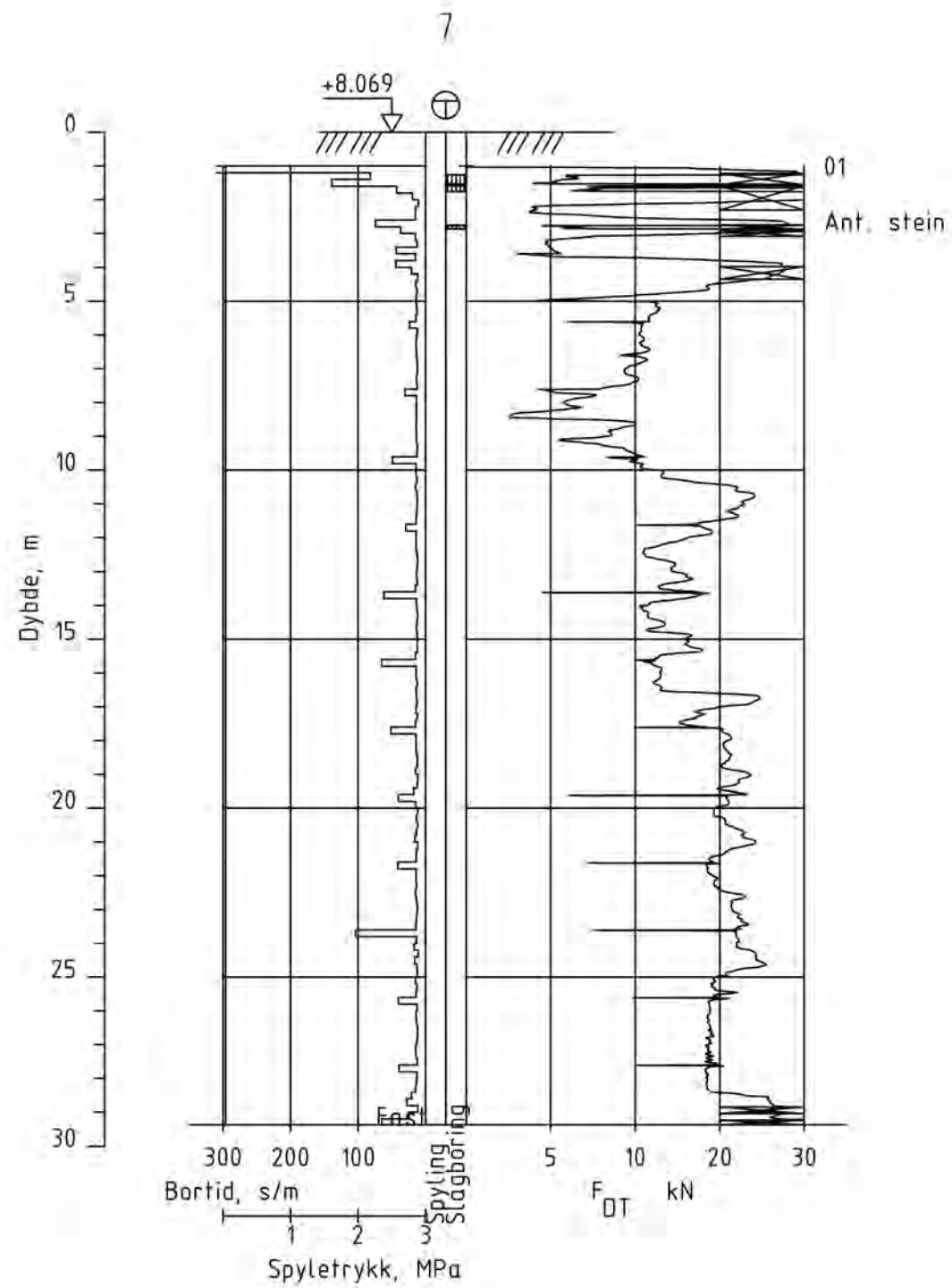
KORR.	KORREKSJONEN GJELDER	SIGN.	DATO
	BALLANGSLEIRA UTFYLLING OG KAI		MÅLESTOKK LM=1:1000 HM=1:200
	PROFIL 6 OG 7 Borerresultater		TEGNET AV AW/AG
			DATO 07.12.83
			OPPDRAG 3615
			BILAG 5
			TEGN. NR. 05

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

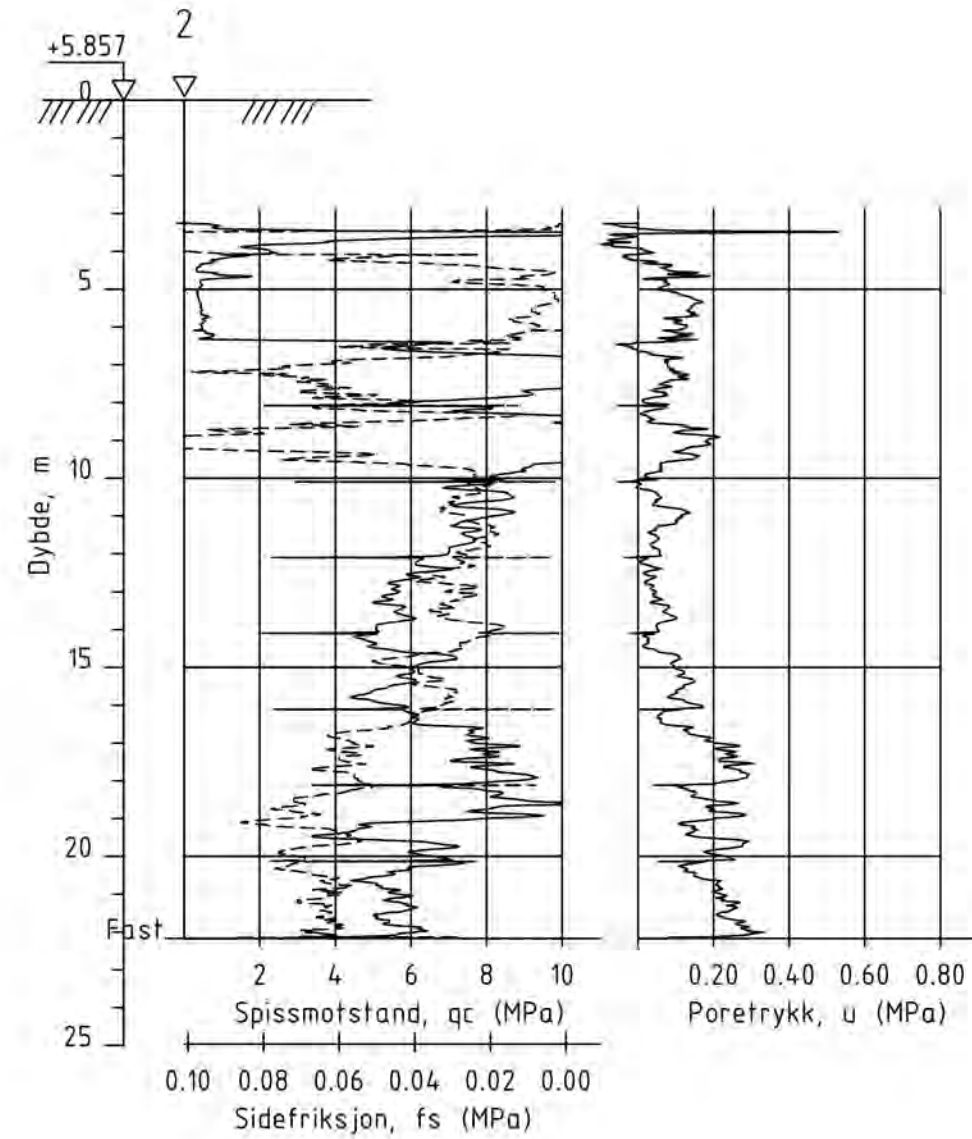
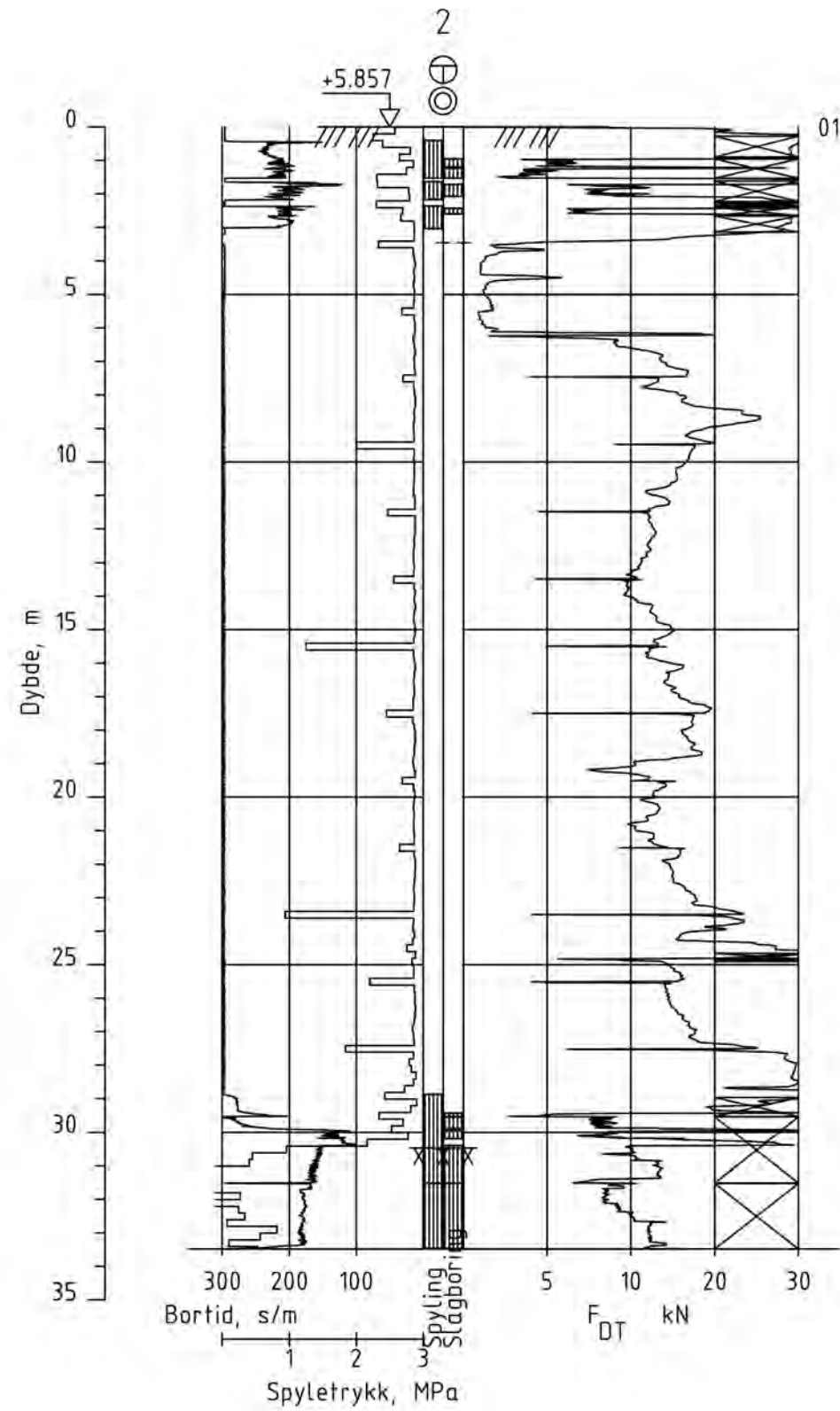
TRONDHEIM  
GJØVIK BODØ TROMSØ



Status	Rev.	00	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
Ballangen Sjøfarm AS			nolluv	noham	nomarp	23.03.2021	
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering			Målestokk	1:200		Format	
Geoteknisk grunnundersøkelse			Oppdragsleder: Martin Dyhrberg Pettersen				
Totalsonderinger, CPTu Borhull 1, 4			Oppdragsnr. 10221498				
			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.	
SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF.: 75 96 56 00 FAX:			G	103	A	00	

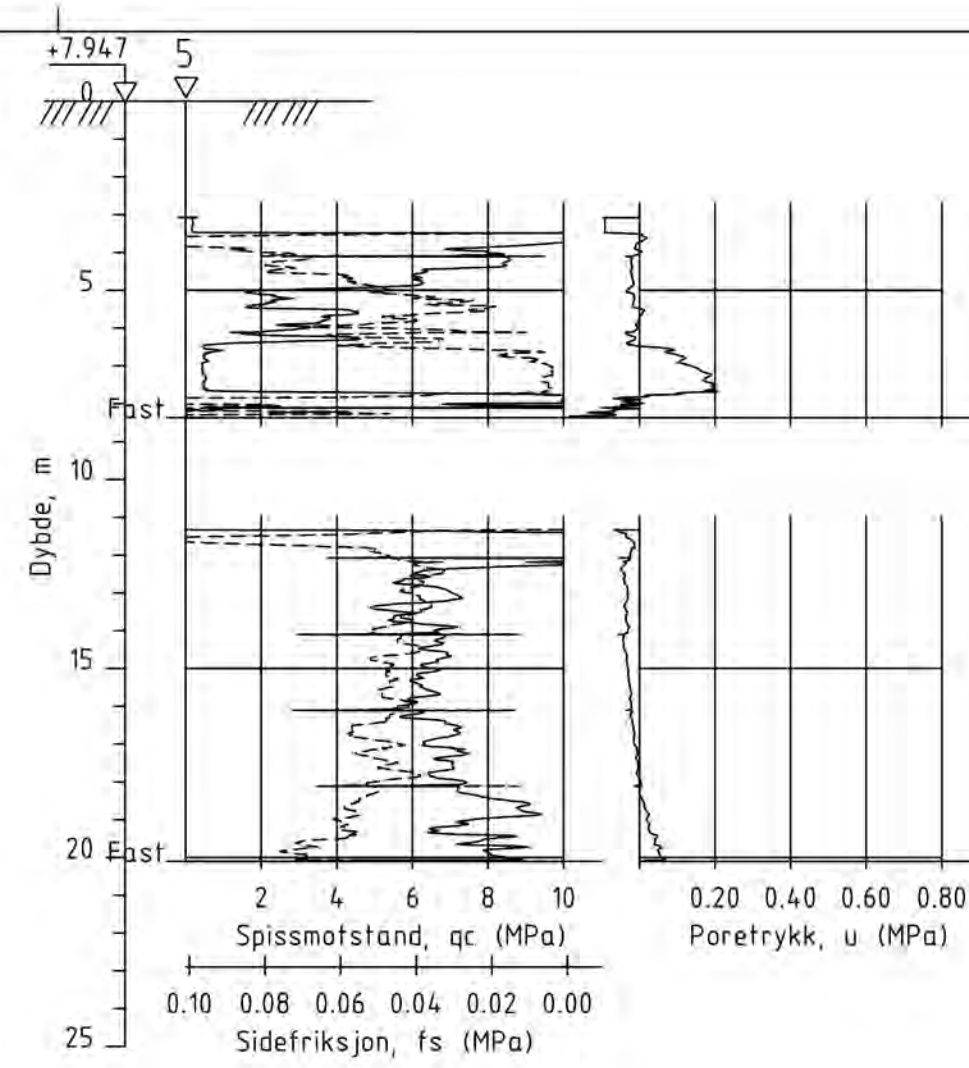
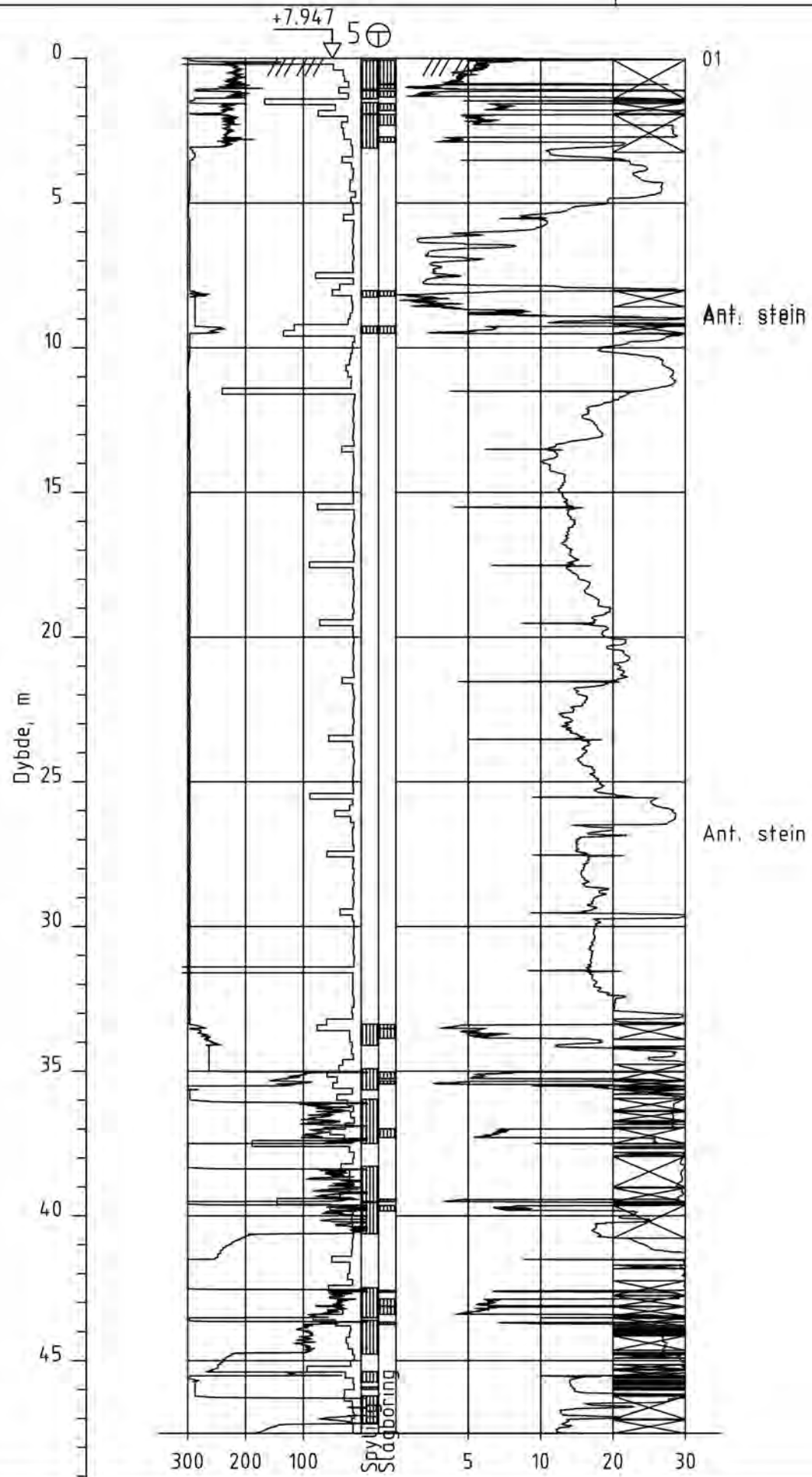


Status	Rev.	00	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
Endring			nolluv	noham	nomarp	23.03.2021
Ballangen Sjøfarm AS			Målestokk	1:200		Format
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering					_ISO-A3	
Geoteknisk grunnundersøkelse			Oppdragsleder:		Martin Dyhrberg Pettersen	
Totalsonderinger			Oppdragsnr:		10221498	
Borhull 7,10			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
SWECO		SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF: 75 96 56 00 FAX:	G	104	A	00

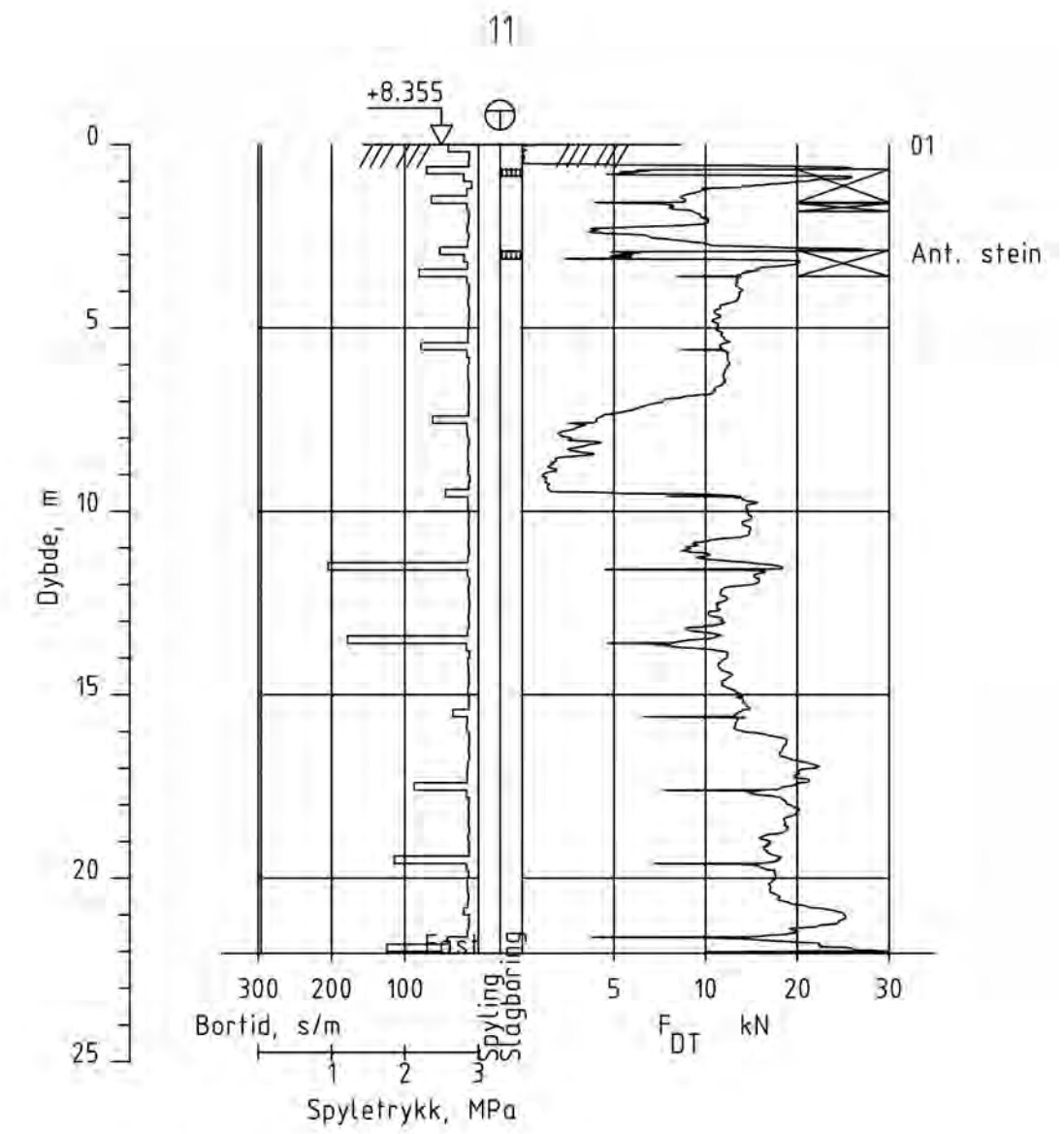
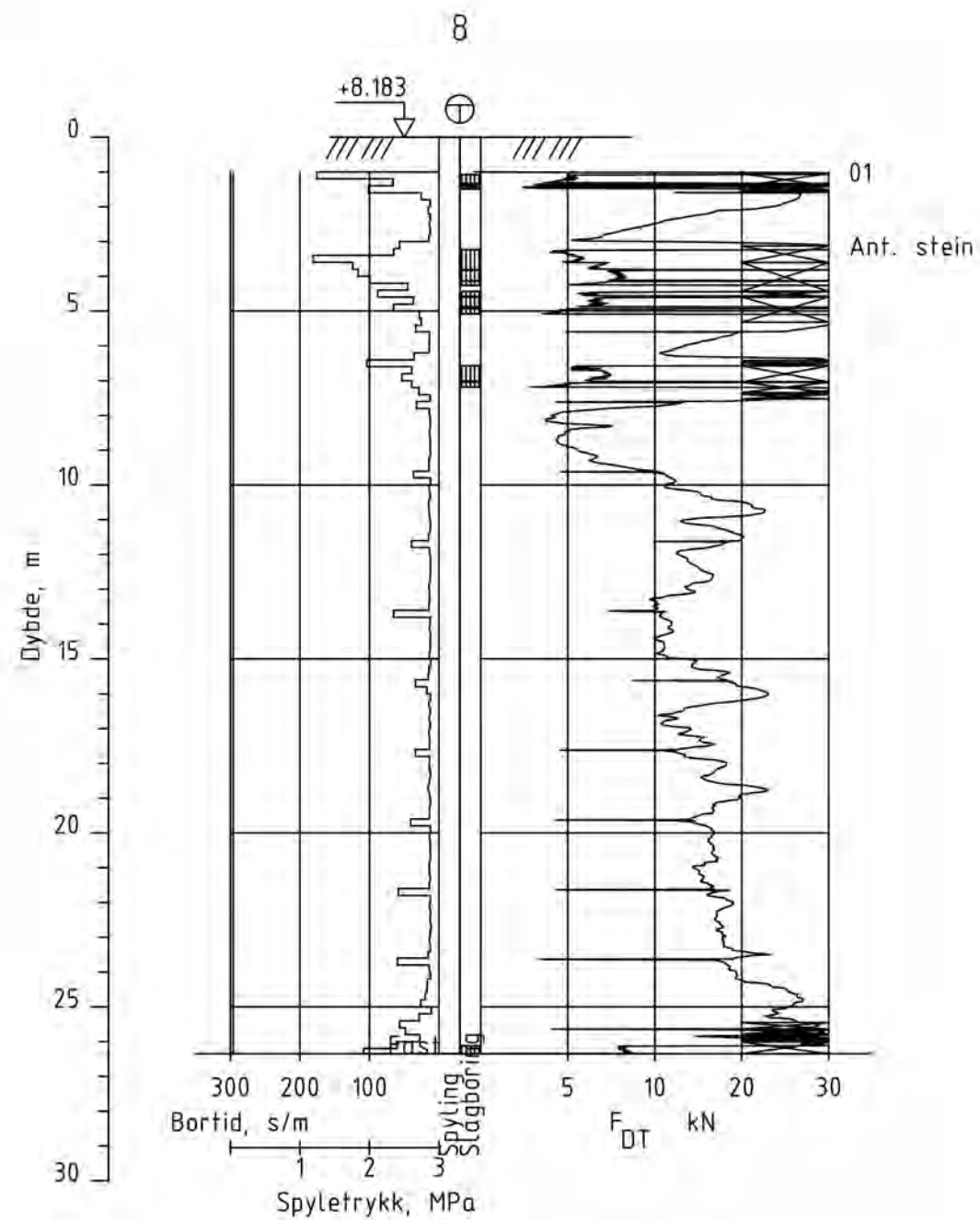


00					
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.
			nolluv	noham	nomarp
Ballangen Sjøfarm AS			23.03.2021		Dato
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering			Målestokk	Format	
			1:200	_ISO-A3	
Geoteknisk grunnundersøkelse			Oppdragsleder:		
			Martin Dyhrberg Pettersen		
Totalsondering, CPTu			Oppdragsnr.		
Borhull 2			10221498		
SWECO			Disiplin:	Løpenummer:	Status Rev:
SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF: 75 96 56 80 FAX:			G	105	A 00

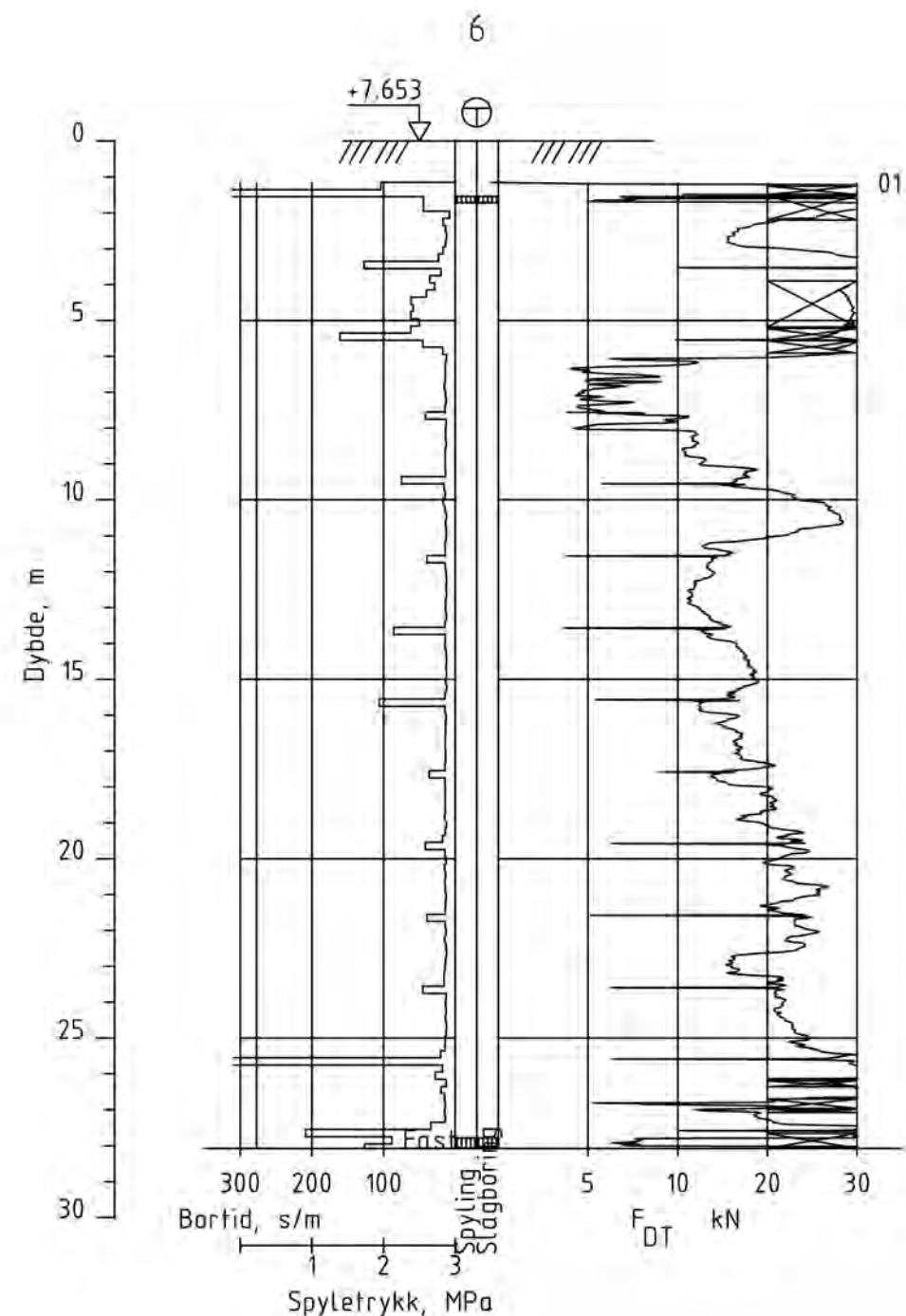
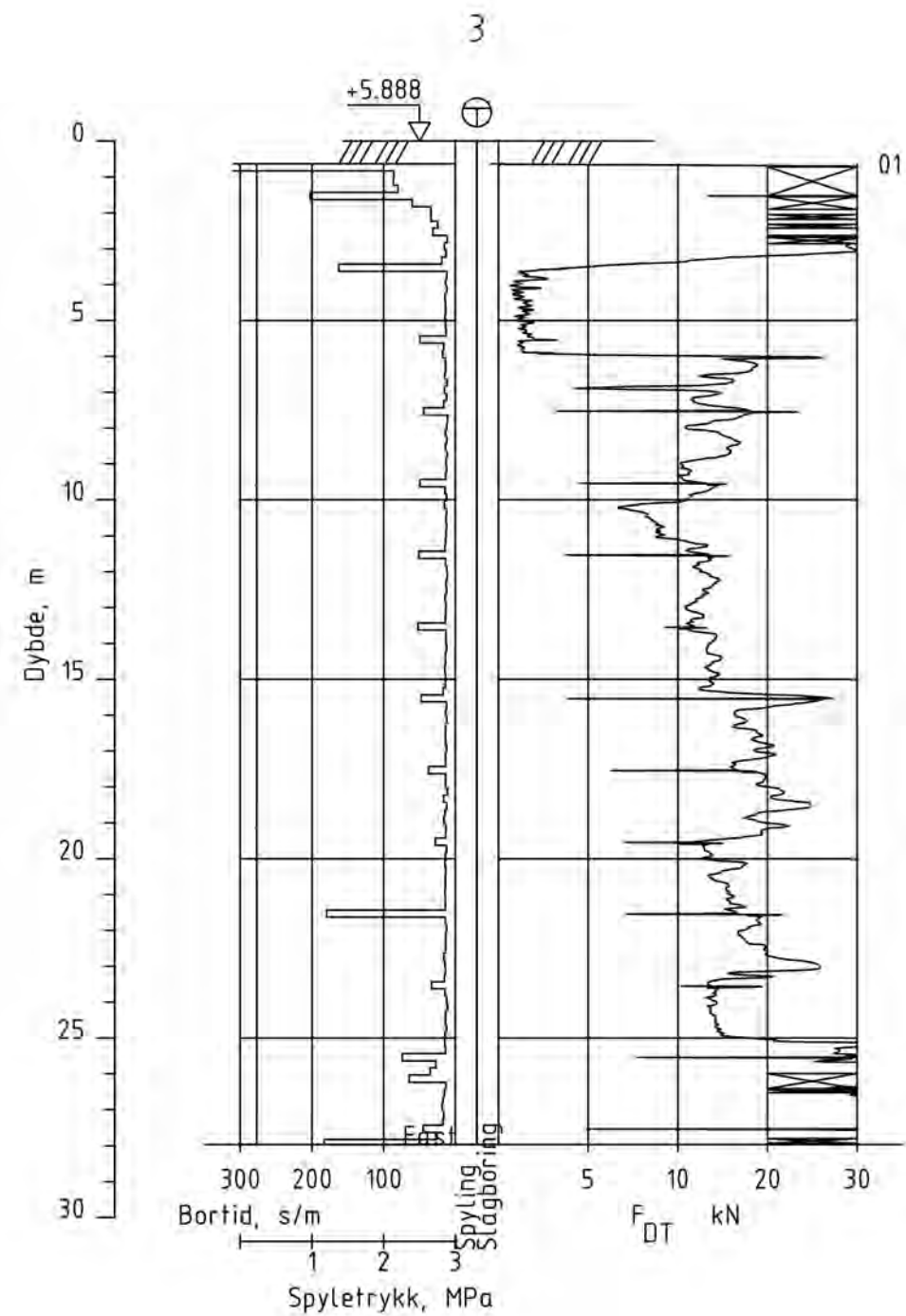




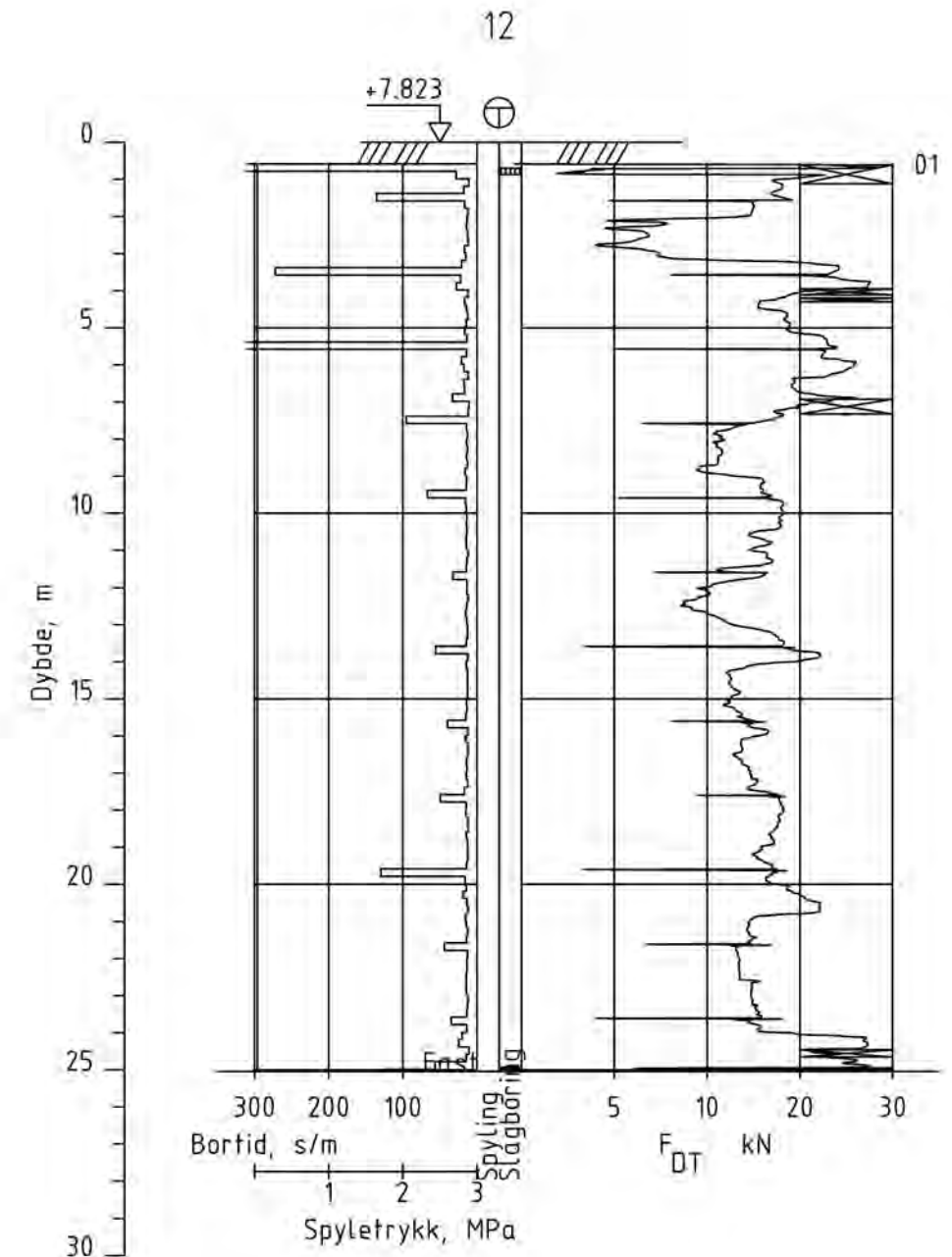
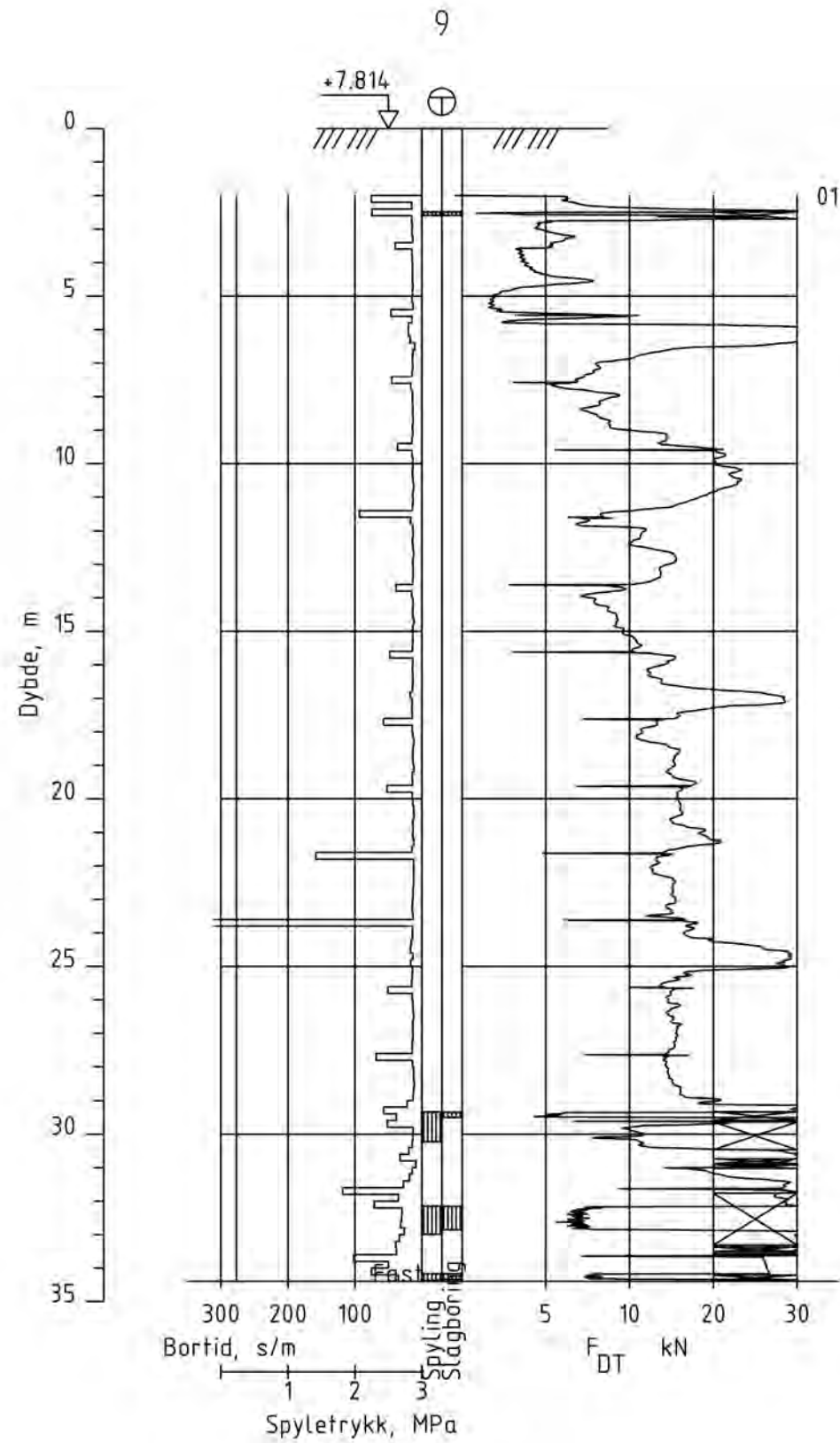
00					
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.
			nolluv	noham	nomarp
Ballangen Sjøfarm AS			23.03.2021		
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering			Målestokk	Format	
			1:200	_ISO-A3	
Geoteknisk grunnundersøkelse			Oppdragsleder:		
			Martin Dyhrberg Pettersen		
Totalsondering, CPTu			Oppdragsnr.		
Borhull 5			10221498		
SWECO			Disiplin:	Løpenummer:	Status Rev.
SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF: 75 96 56 80 FAX:			G	106	A 00



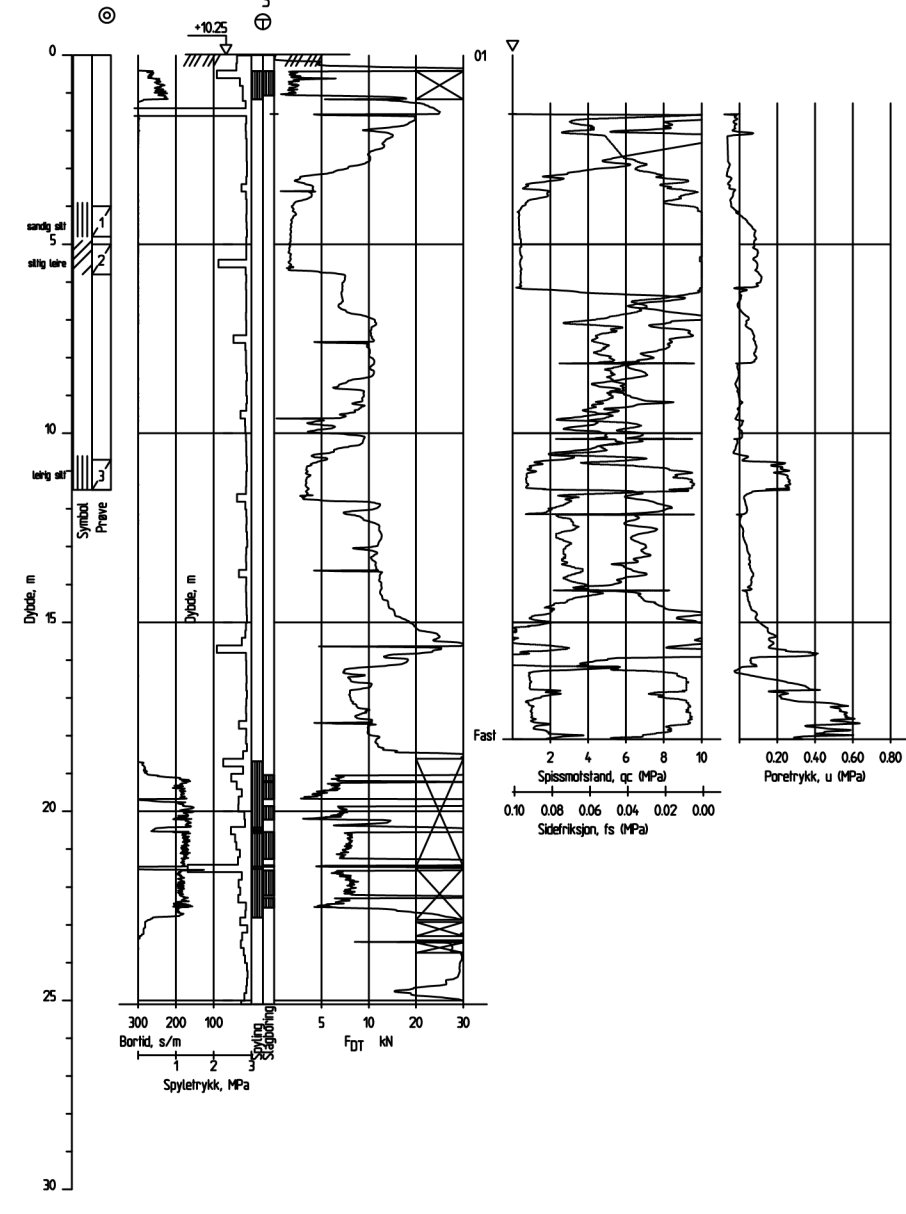
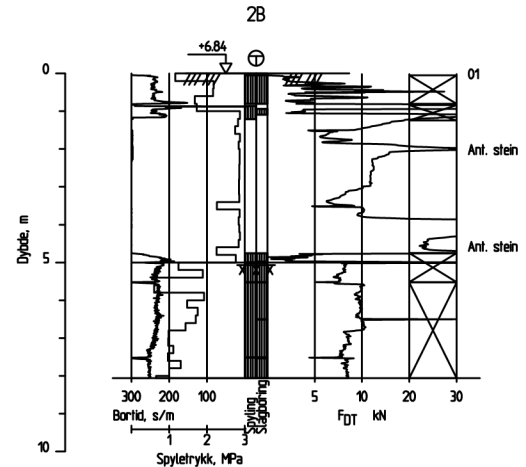
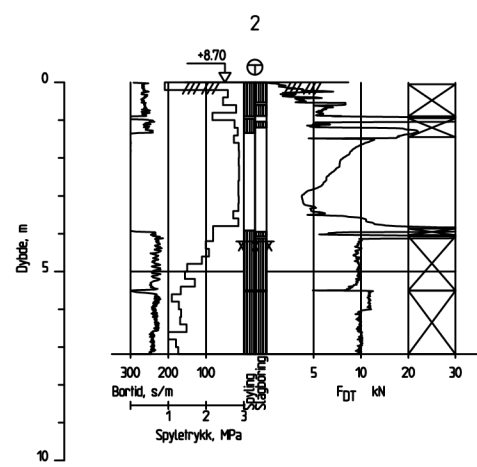
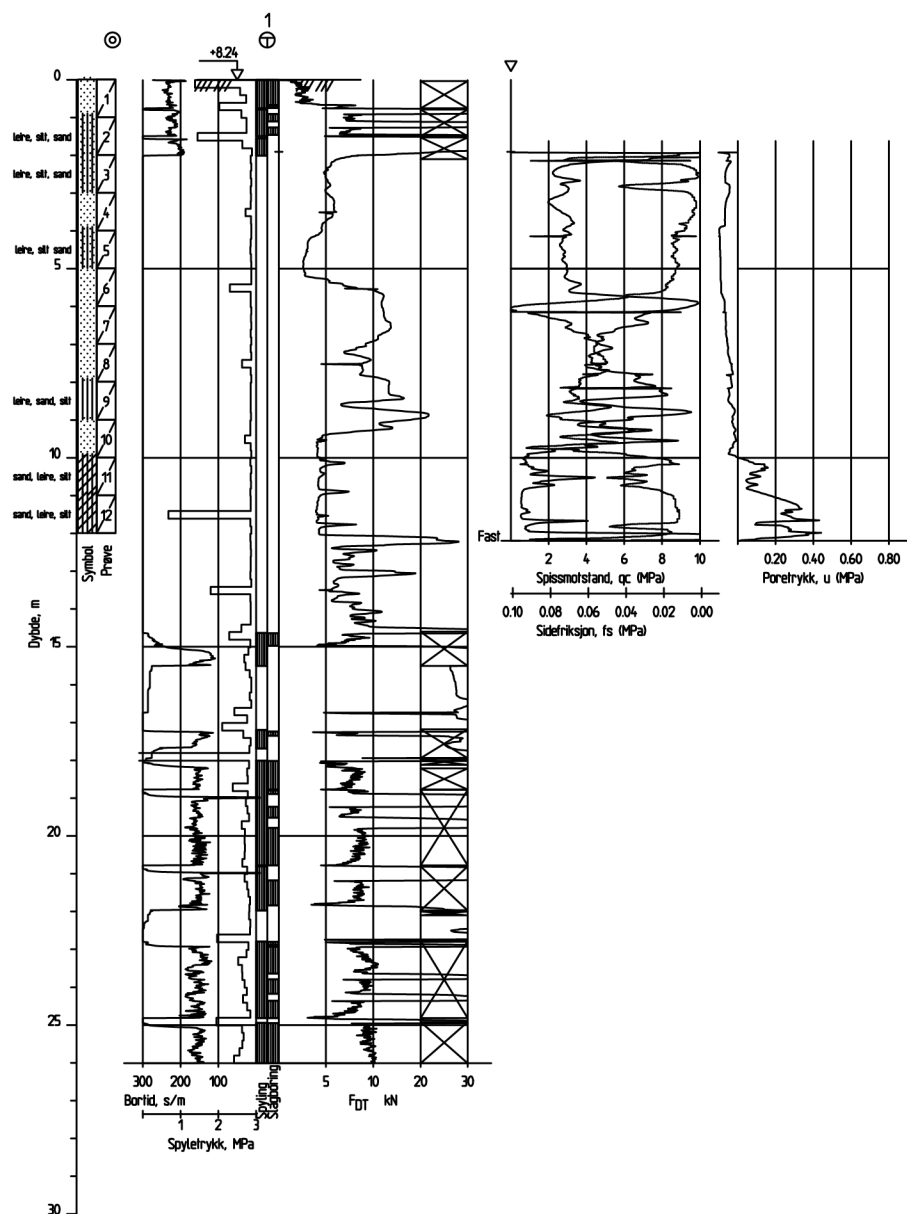
Status	Rev.	00	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
Ballangen Sjøfarm AS				nolluv	noham	nomarp	23.03.2021
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering				Målestokk	1:200		Format
Geoteknisk grunnundersøkelse				Oppdragsleder: Martin Dyhrberg Pettersen			
Totalsonderinger Borhull 8,11				Oppdragsnr: 10221498			
SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF: 75 96 56 00 FAX:				Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev:
				G	107	A	00



00					
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv. Dato
			nolluv	noham	nomarp 23.03.2021
Ballangen Sjøfarm AS			Målestokk	Format	
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering			1:200	_ISO-A3	
Geoteknisk grunnundersøkelse			Oppdragsleder: Martin Dyhrberg Pettersen		
Totalsonderinger Borhull 3,6			Oppdragsnr. 10221498		
 <small>SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF: 75 96 56 00 FAX:</small>			Disiplin:	Løpnummer:	Status Rev:
			G	108	A 00

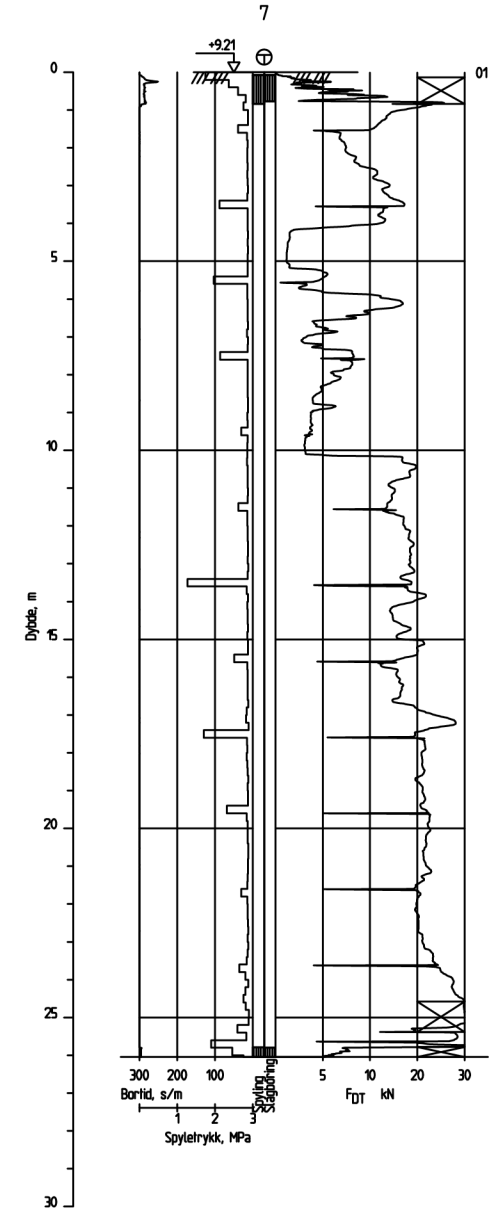
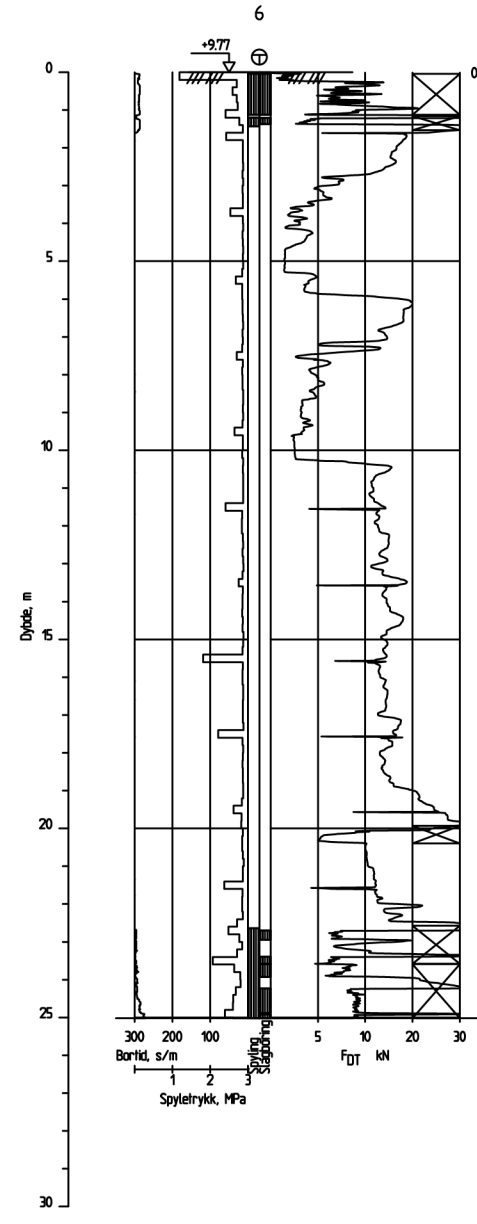
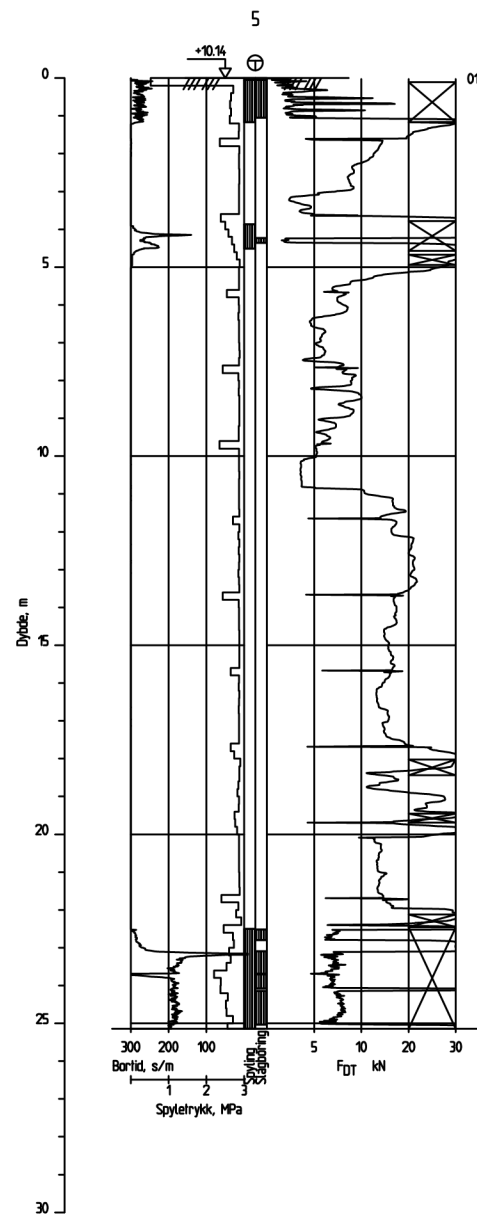
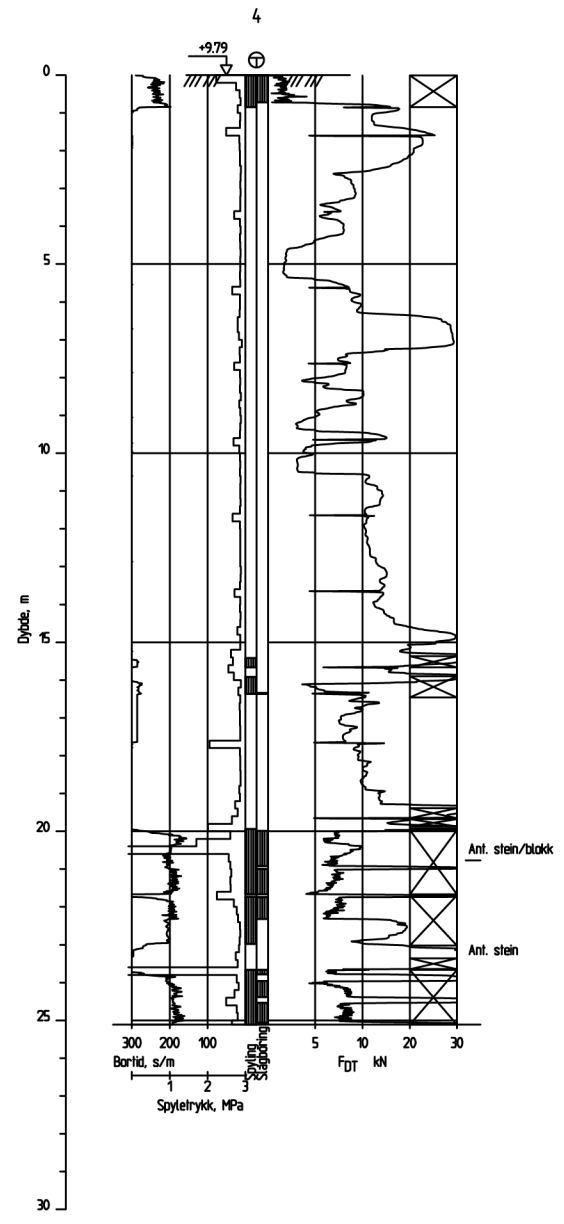


00					
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.
			nolluv	noham	nomarp
Ballangen Sjøfarm AS			Målestokk		Dato
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering			1:200		23.03.2021
Geoteknisk grunnundersøkelse			Format		
Totalsonderinger			_ISO-A3		
Borhull 9, 12			Oppdragsleder:		
			Martin Dyhrberg Pettersen		
			Oppdragsnr.		
			10221498		
SWECO			Disiplin:	Løpnummer:	Status Rev:
SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF.: 75 96 56 00 FAX: .			G	109	A 00



**TEGNEFORKLARING :**  
 ● Dreiesondering    ✱ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykksmåling  
 ○ Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen  
 ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring  
 Terrang (s\_jøbunns) kote  
 Borhull nr.    Antatt bergkote  
 Kartgrunnlag : ETRS89 UTM-SONE 33  
 Utgangspunkt for nivellenent : NN2000

Statu	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOKAEN	NOMORO	NOMARP	04.03.2022
Aker Narvik AS Ballangseira, geoteknikk og miljøteknisk undersøkelse			Målestokk 1:200	Format A3		
Geoteknikk grunnundersøkelse			Oppdragsleder Martin Pettersen			
Totalsondering, CPTu, prøver Profil			Oppdragsnr. 10226653			
SWECO		SWECO Norge AS BRINKENS GATE 52/54 POSTBOKS MARVIK 76 96 56 88	Disiplin GEO	Løpenummer 10	Statu/Rev A 00	

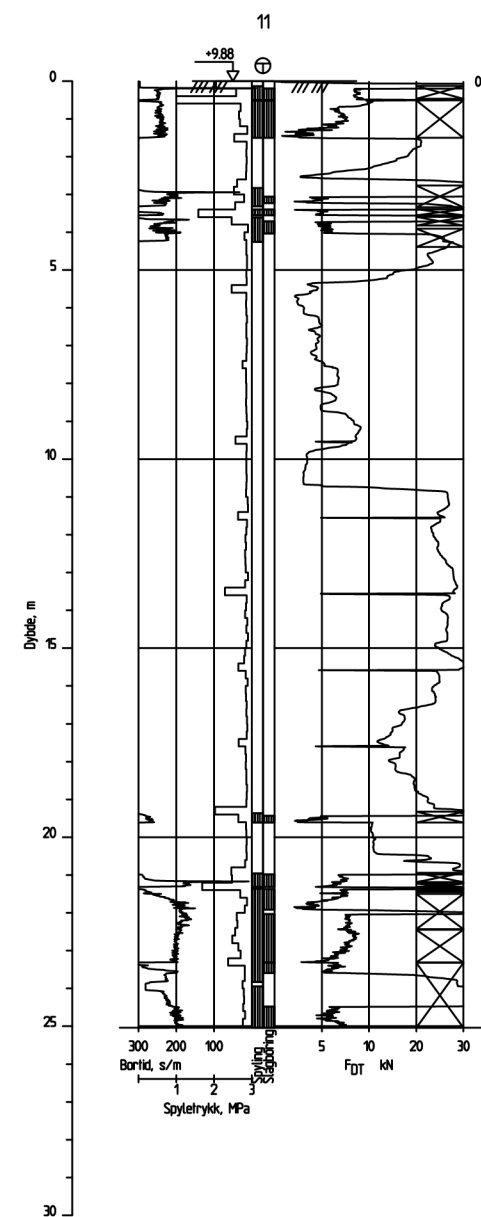
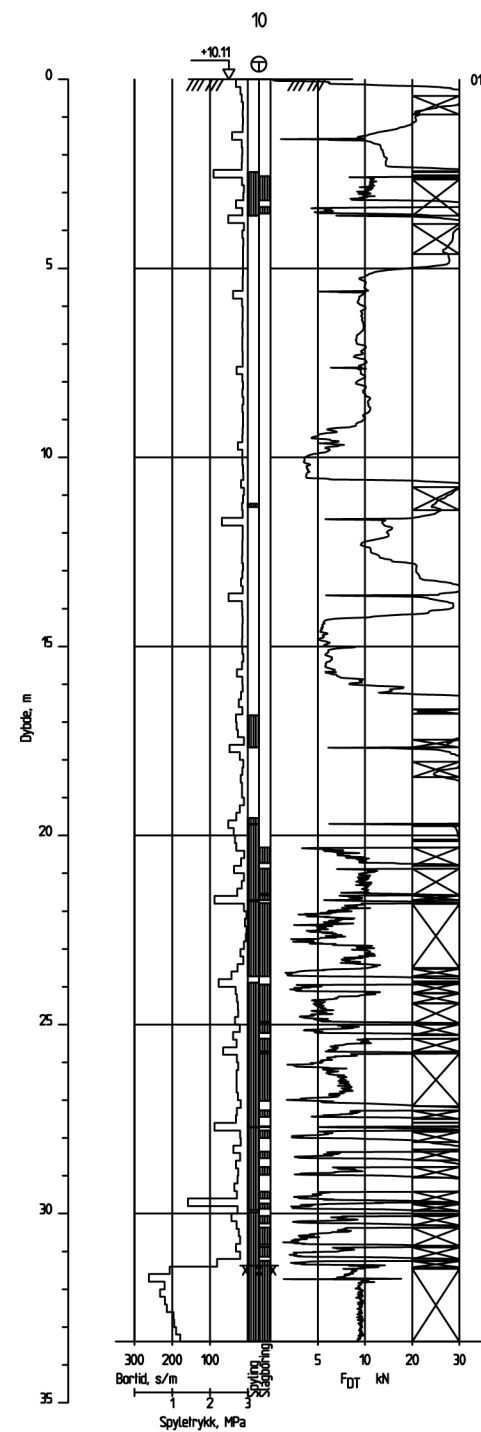
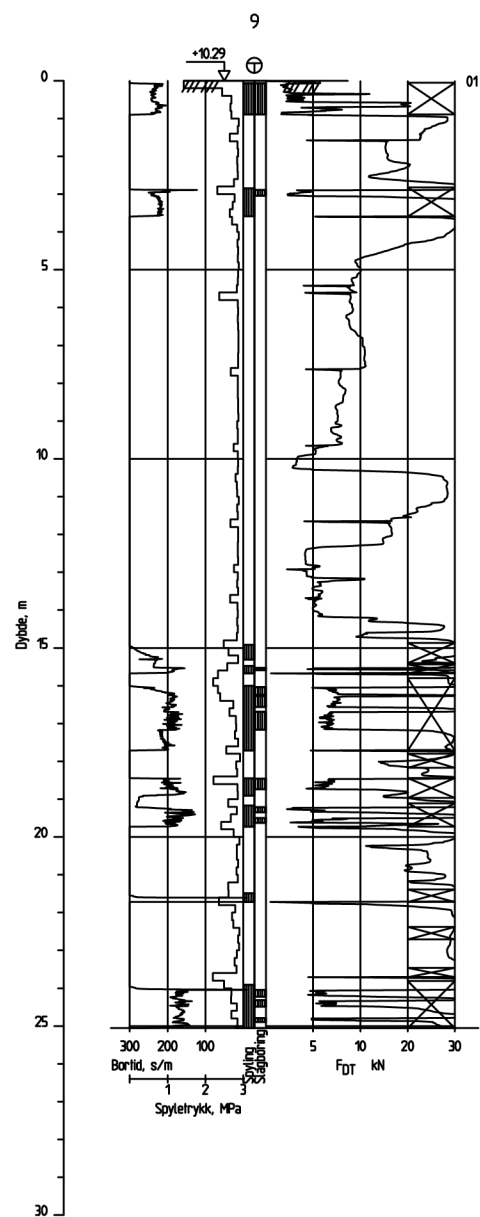
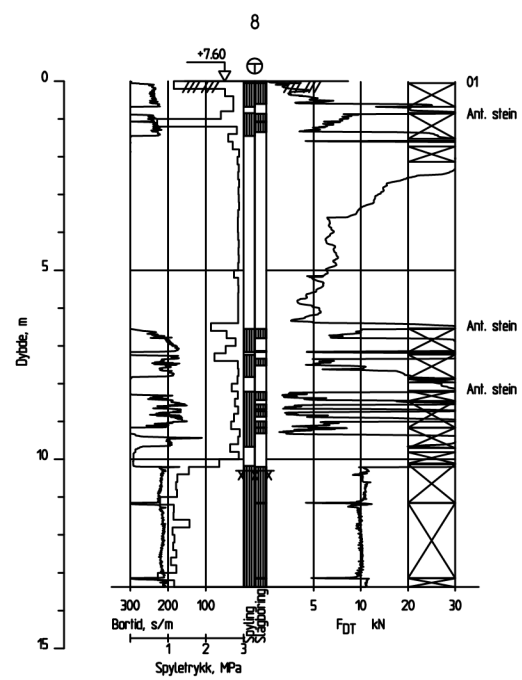


**TEGNERKLARING:**  
 ● Dreiesondering    ✱ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykksmåling  
 ○ Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen  
 ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring

Terrang (sjøbunns) kote  
 Antatt bergkote    boret i løsmasser + (boret i berg)

Kartgrunnlag: ETRS89 UTM-SONE 33  
 Utgangspunkt for nivellenet: NN2000

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOKAEN	NOMRO	NOMARP	04.03.2022
Aker Narvik AS Ballangseira, geoteknikk og miljøteknisk undersøkelse			Målestokk 1:200	Format A3		
Geoteknikk grunnundersøkelse			Oppdragsleder: Martin Pettersen			
Totalsondering, CPTu, prøver Profil			Oppdragsnr. 10226653			
SWECO		SWECO Norge AS BRINKENS GATE 52/54 POSTBOKS 76 96 56 88	Disiplin GEO	Løpenummer 11	Status A 00	



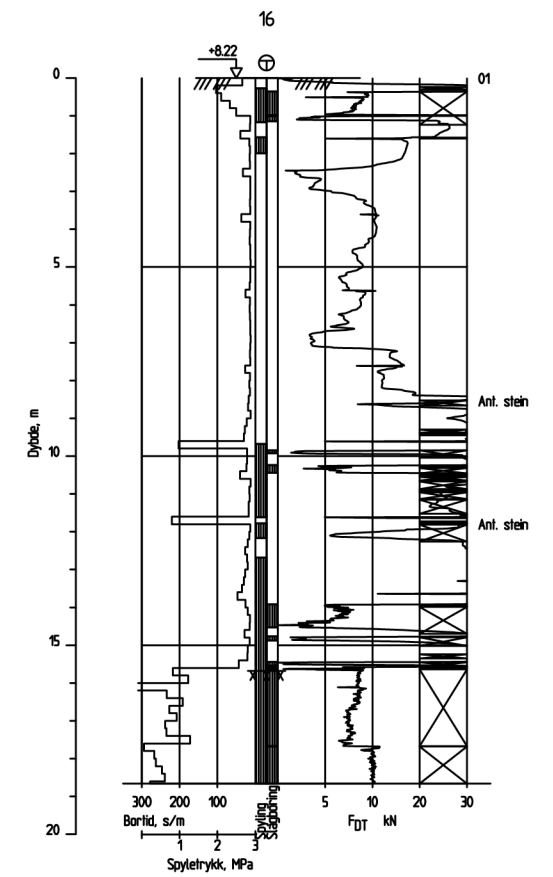
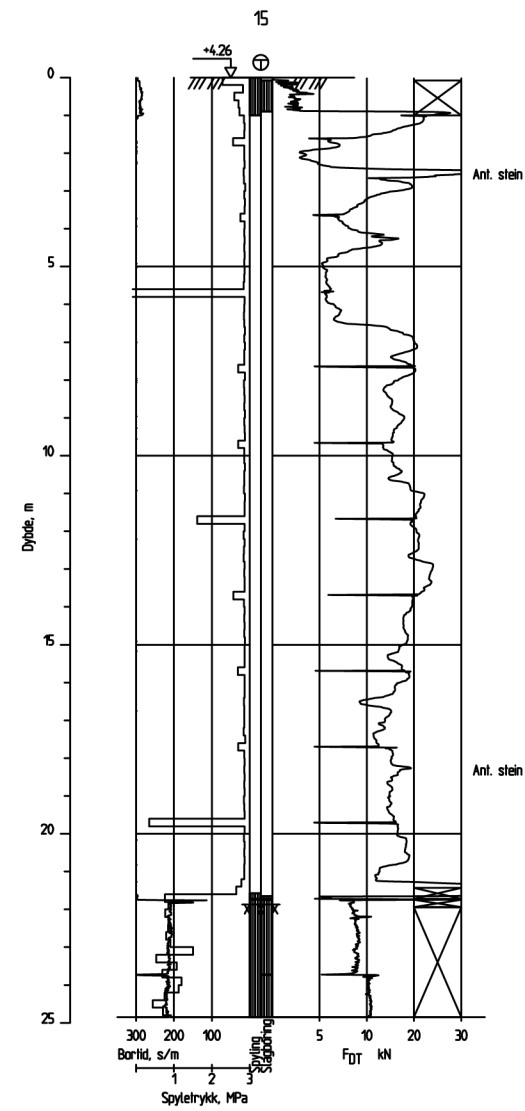
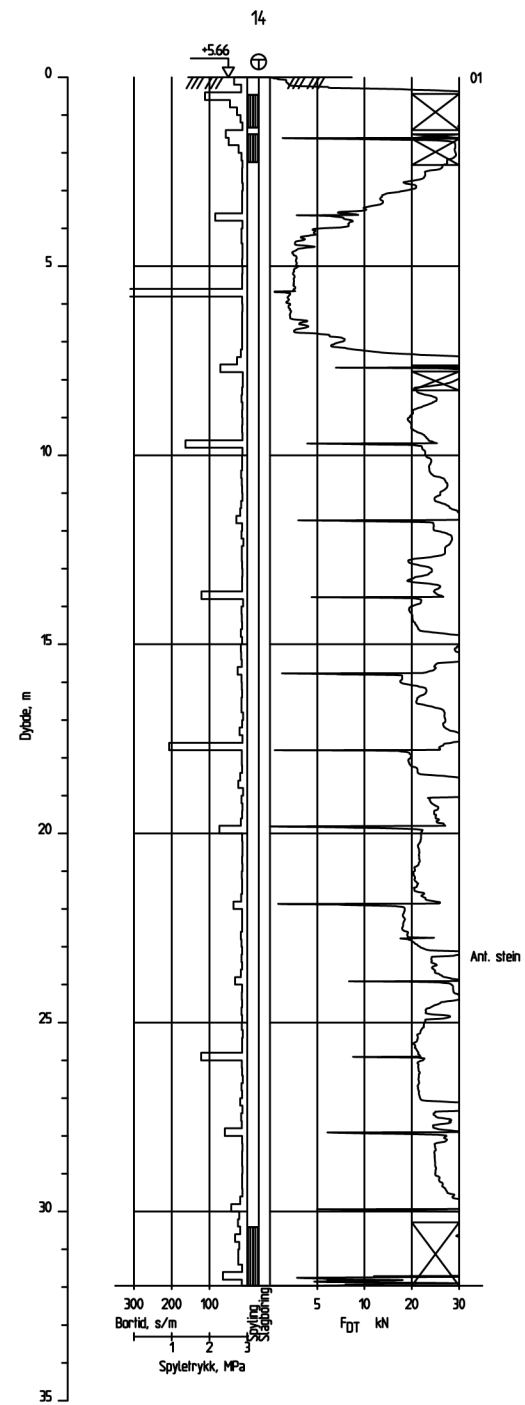
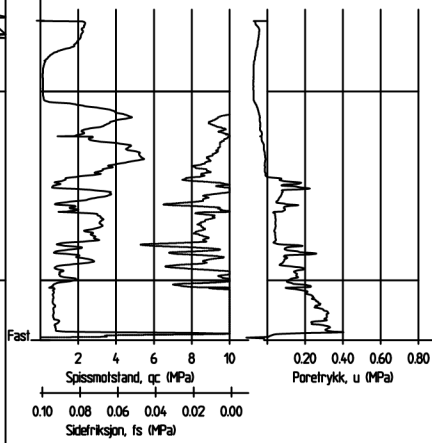
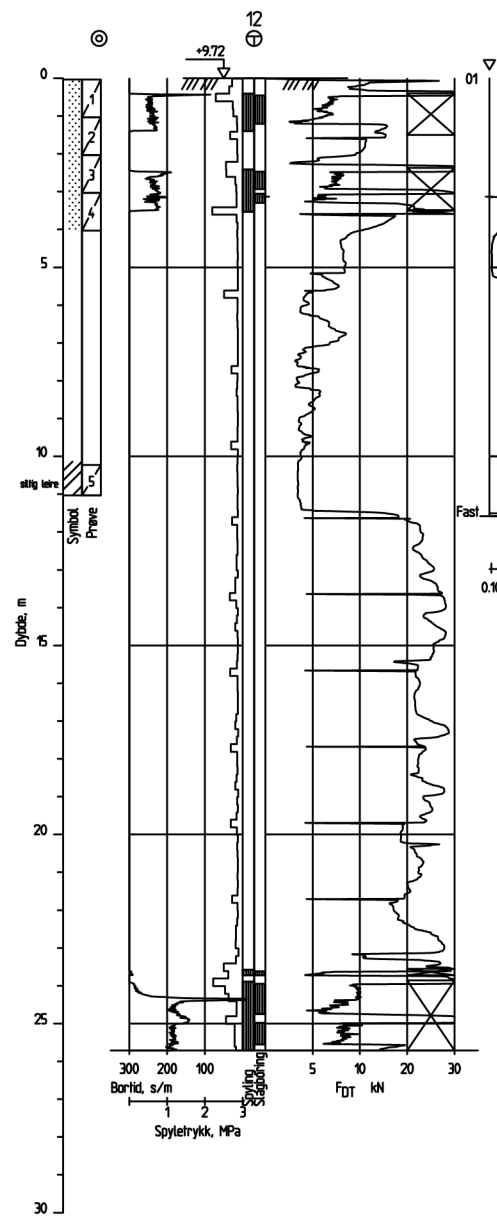
TEGNEFORKLARING :

- Dreiesondering    ✱ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykkmåling
- Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen
- ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring

Terrang (s. løbunns) kote  
 Borhull nr.    Antatt bergkote    Boret i løsmasser + (boret i berg)

Kartgrunnlag : ETRS89 UTM-SONE 33  
 Utgangspunkt for nivellenelement : NN2000

Statustilstand	Rev.	Endring	Utferet	Kontr.	Ansv.	Dato
-	-	-	-	-	-	-
Aker Narvik AS			NOKAEN NSURE NDARP 04.03.2022			
Ballangseira, geoteknisk og miljøteknisk undersøkelse			Målestokk	Format		
Geoteknisk grunnundersøkelse			1:200	A3		
Totalsondering, CPTu, prøver			Oppdragsleder: Martin Pettersen			
Profil			Oppdragsnr.: 10226653			
SWECO		SWECO Norge AS BRINKENS GATE 52/54 POSTBOKS 76 96 56 88	Disiplin	Løpenummer	Statustilstand	
		GEO	12	A 00		

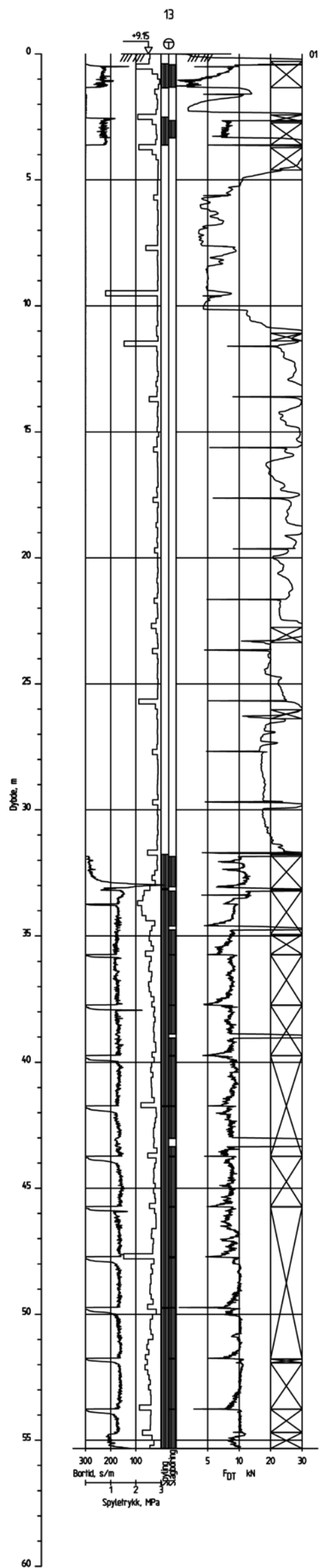


TEGNEFORKLARING :

- Dreiesondering    ⚙ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykksmåling
  - Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen
  - ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring
- Terrang (s.jøbbunns) kote  
Antatt bergkote    Boret i løsmasser + (boret i berg)
- Kartgrunnlag : ETRSB9 UTM-SONE 33  
Utgangspunkt for nivellenent : NN2000

Statu	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOKAEN	NOMORO	NOMARP	04.03.2022
Aker Narvik AS Ballangsteira, geoteknisk og miljøteknisk undersøkelse			Målestokk 1:200	Format A3		
Geoteknisk grunnundersøkelse			Oppdragsleder Martin Pettersen			
Totalsondering, CPTu, prøver Profil			Oppdragsnr. 10226653			
SWECO		SWECO Norge AS BRINKINGS GATE 52/54 POSTBOKS 76 96 56 88	Disiplin GEO	Løpenummer 13	Statu/Rev A 00	





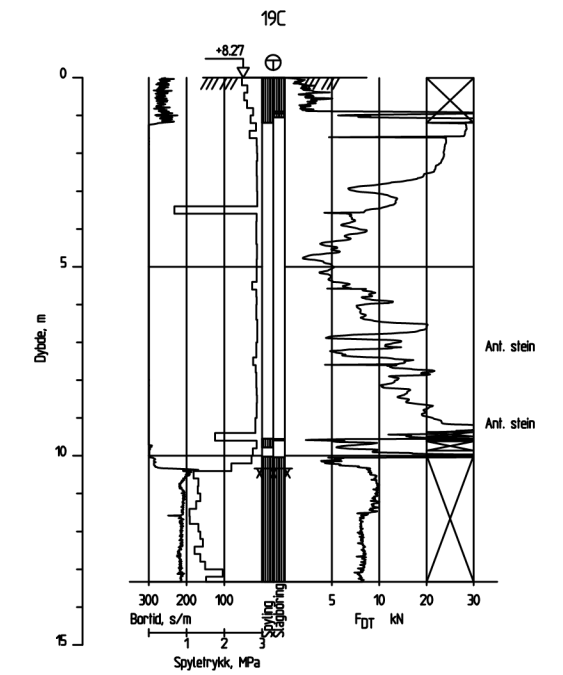
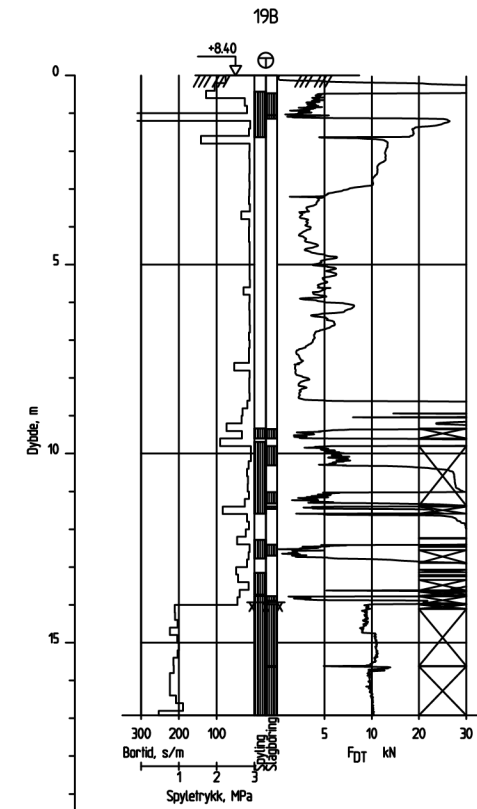
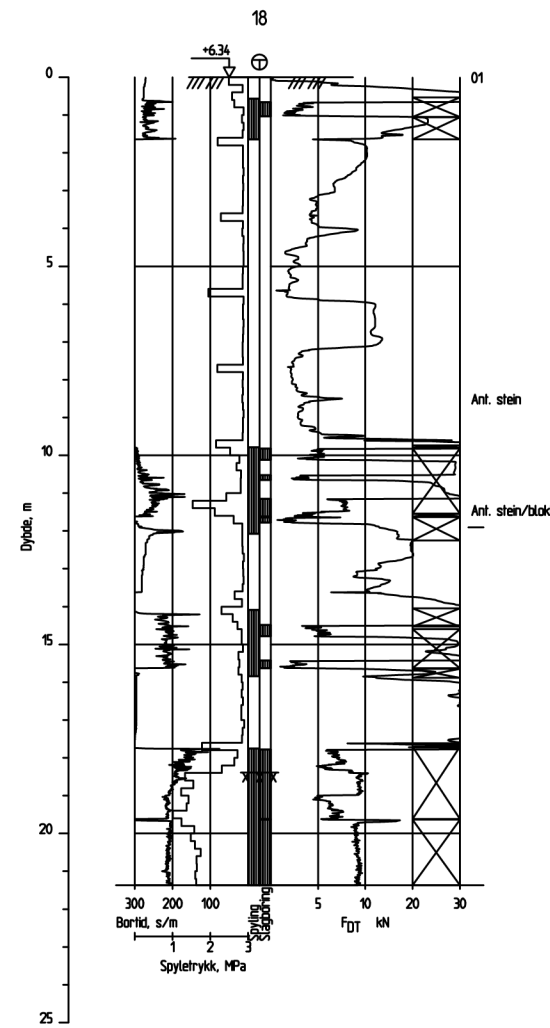
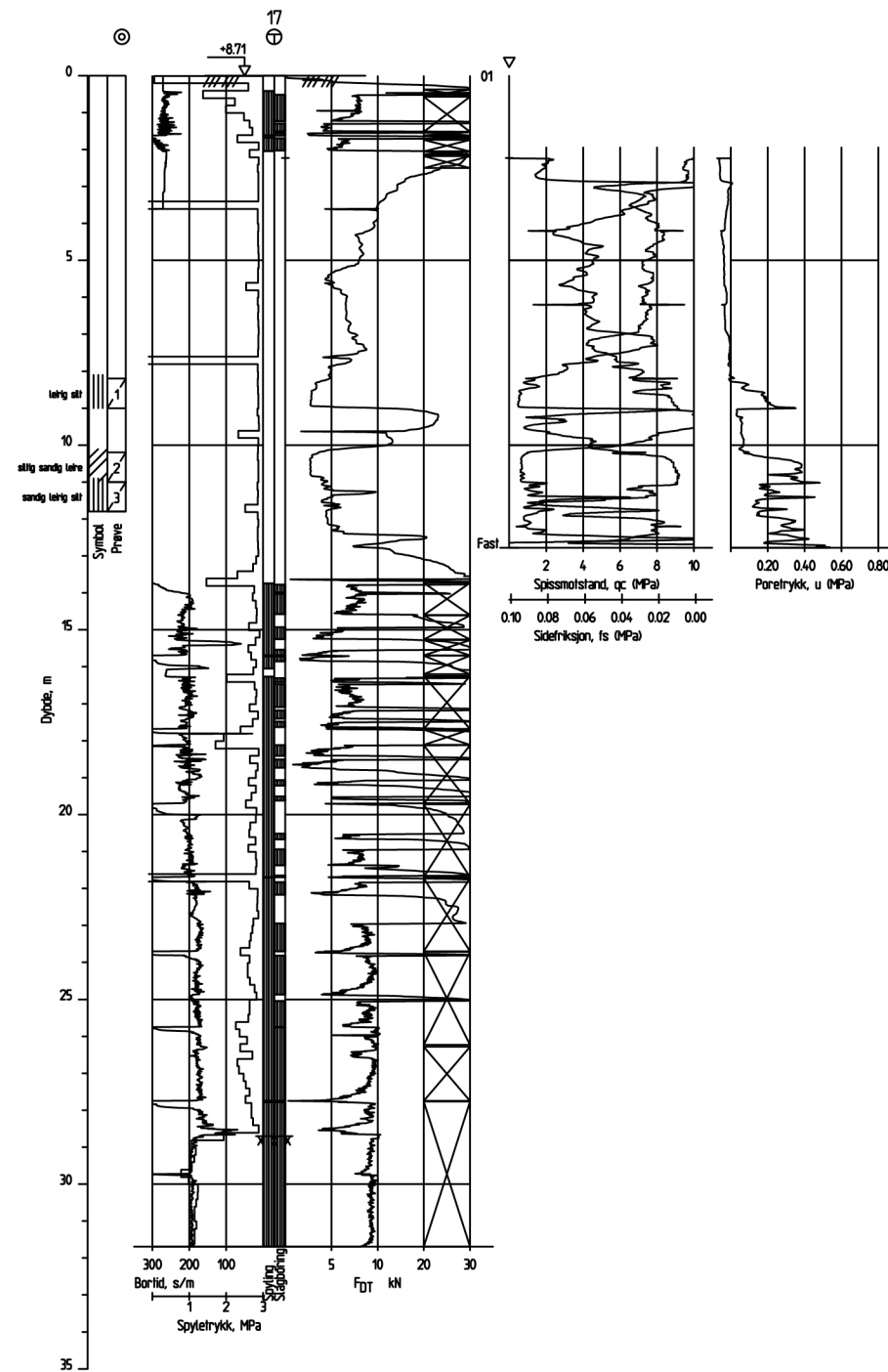
**TEGNEFORKLARING :**

- Dreiesondering    ⚙ Fjellkontrollboring    ⊕ Prøveserie    ⊖ Poretrykksmåling
- Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen
- ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring

Terreng (sjøbunns) kote  
Antatt bergkote

Borhull nr. \_\_\_\_\_  
Kartgrunnlag : ETRS89 UTM-SONE 33  
Utgangspunkt for nivellenent : NN2000

Statu	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
-	-	-	-	-	-	-
Aker Narvik AS Ballangsteira, geoteknisk og miljøteknisk undersøkelse			Målestokk 1:200		Format A3	
Geoteknisk grunnundersøkelse			Oppdragsleder Martin Pettersen			
Totalsondering, CPTu, prøver Profil			Oppdragsnr. 10226653			
SWECO		SWECO Norge AS BRONNINGS GATE 52/54 POSTBOKS 17 NARVIK 76 56 88	Disiplin GEO	Løpenummer 14	Statu A	Bev 00



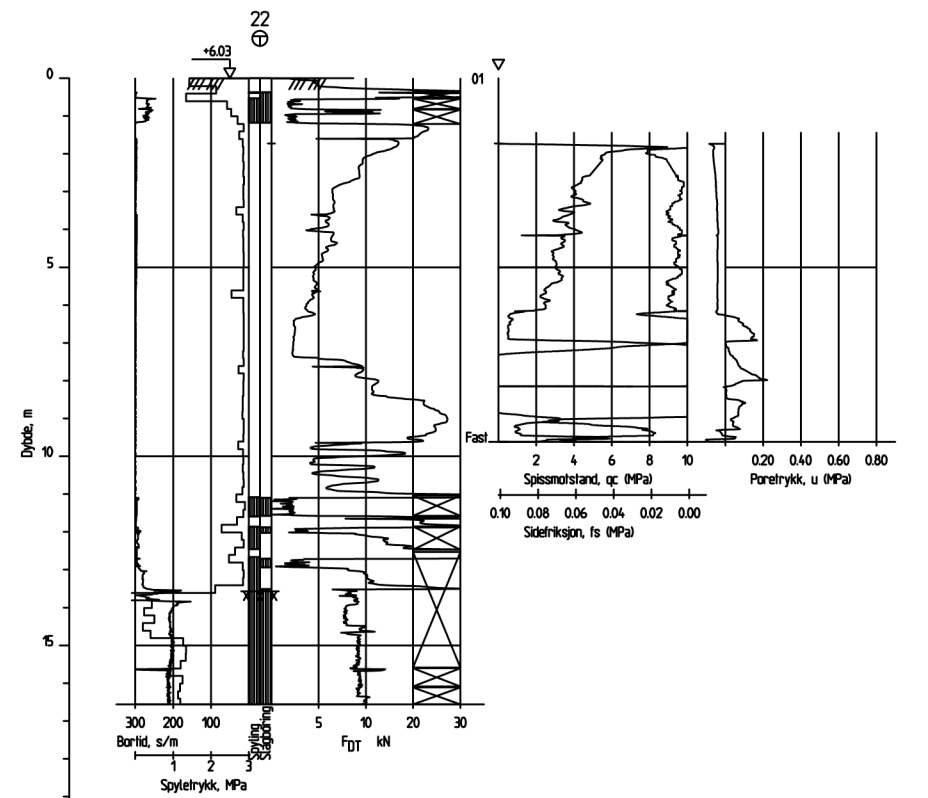
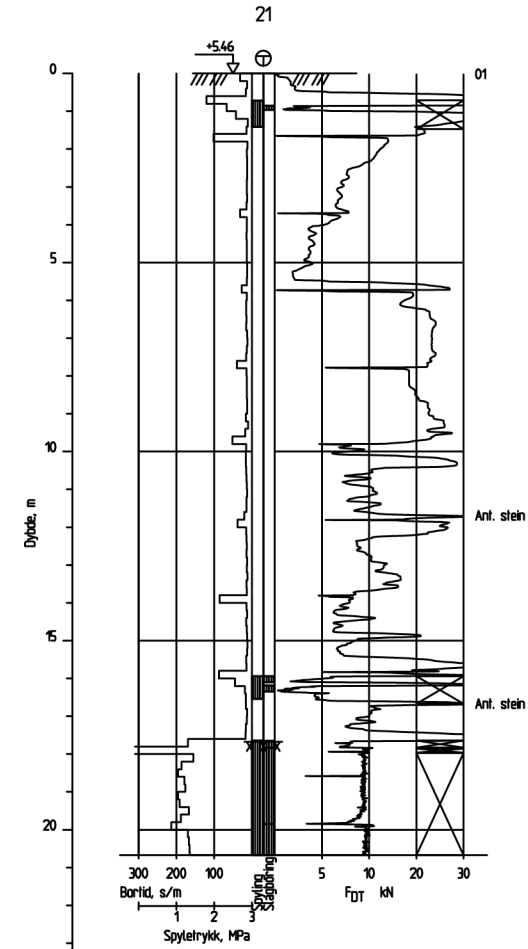
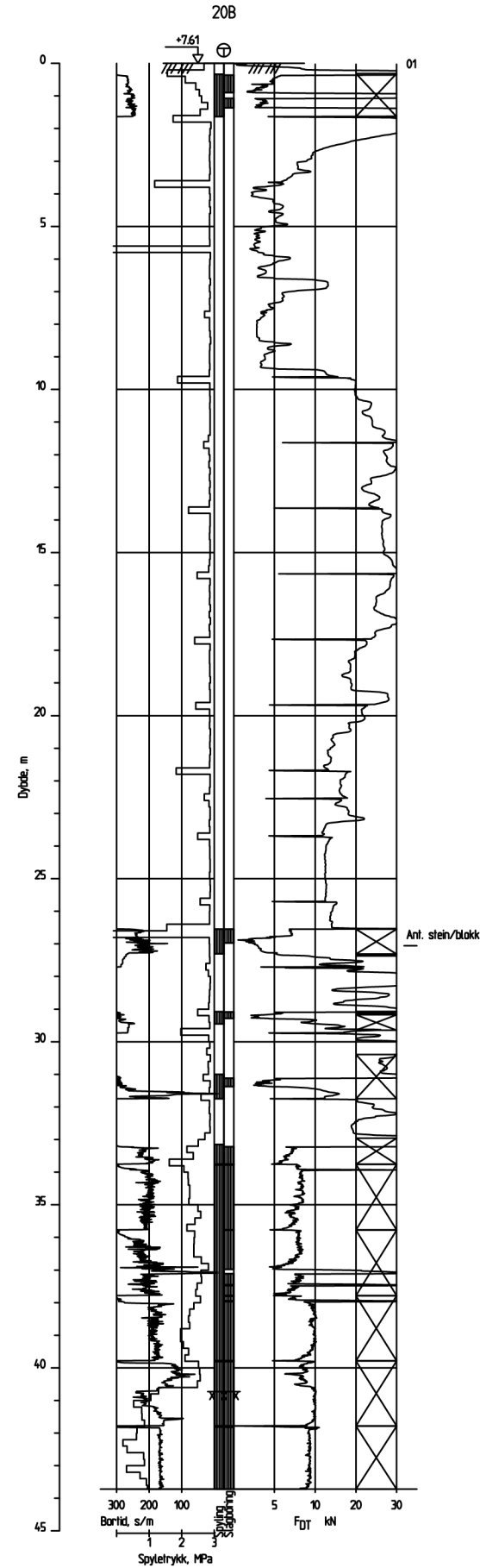
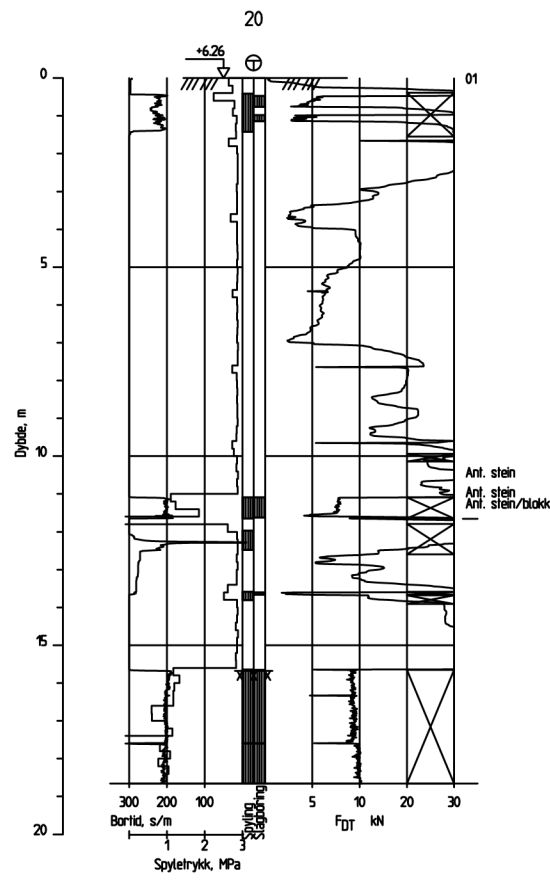
TEGNEFORKLARING :

- Dreiesondering    ⚙ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykksmåling
- Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen
- ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring

Terrang (s. løsbunns) kote  
Antatt bergkote    ⊕ boret i løsmasser + (boret i berg)

Kartgrunnlag : ETRSB9 UTM-SONE 33  
Utgangspunkt for nivelløst : NN2000

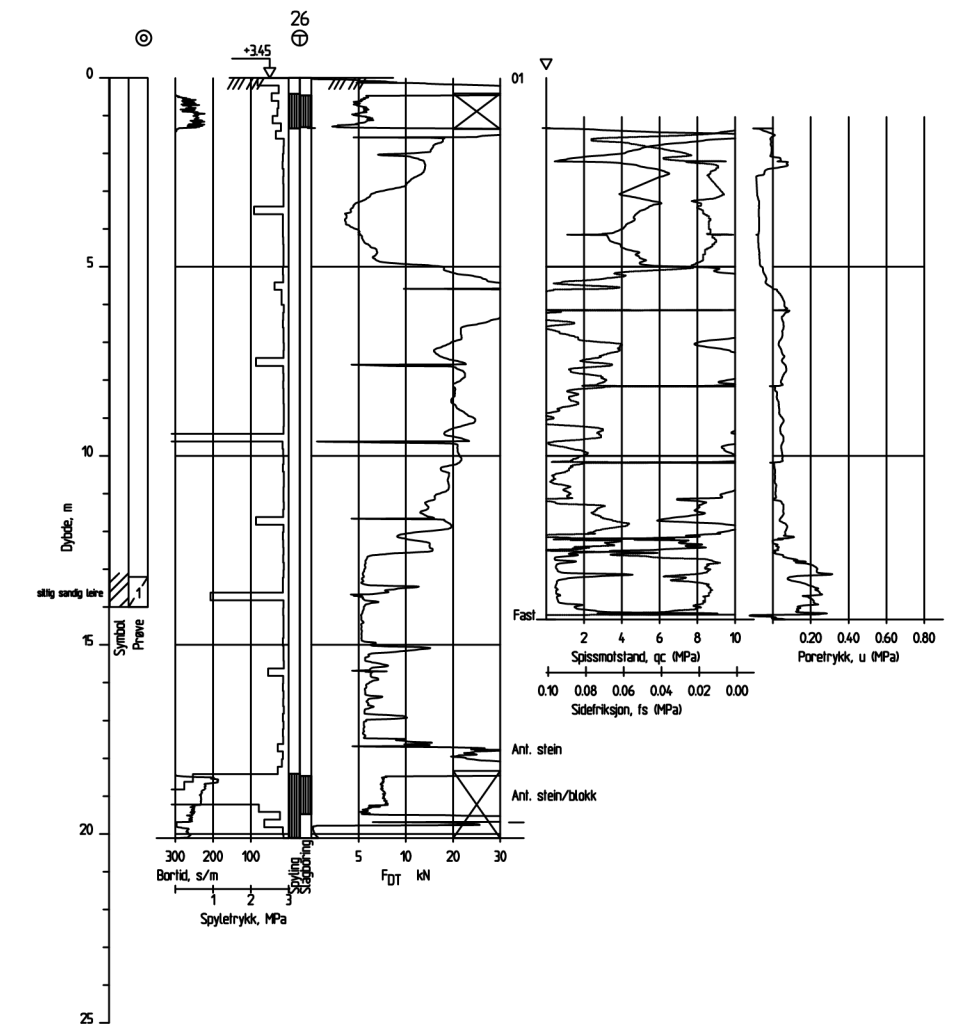
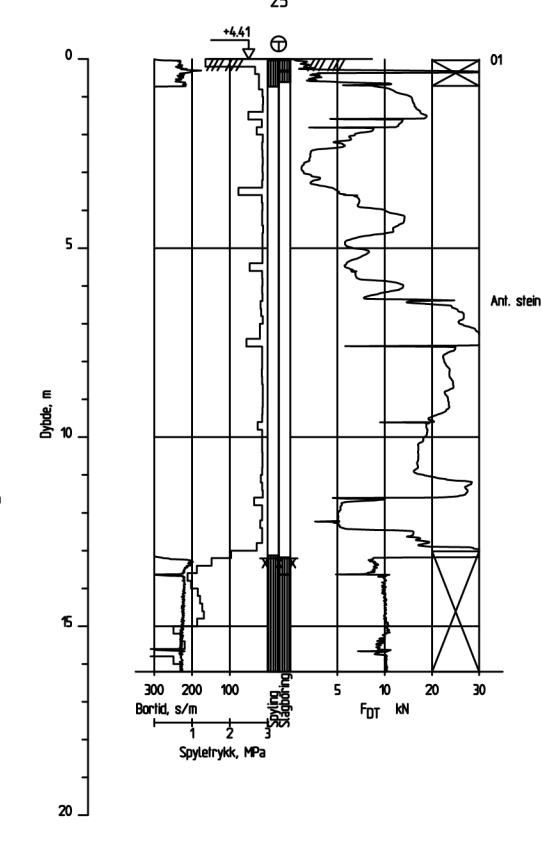
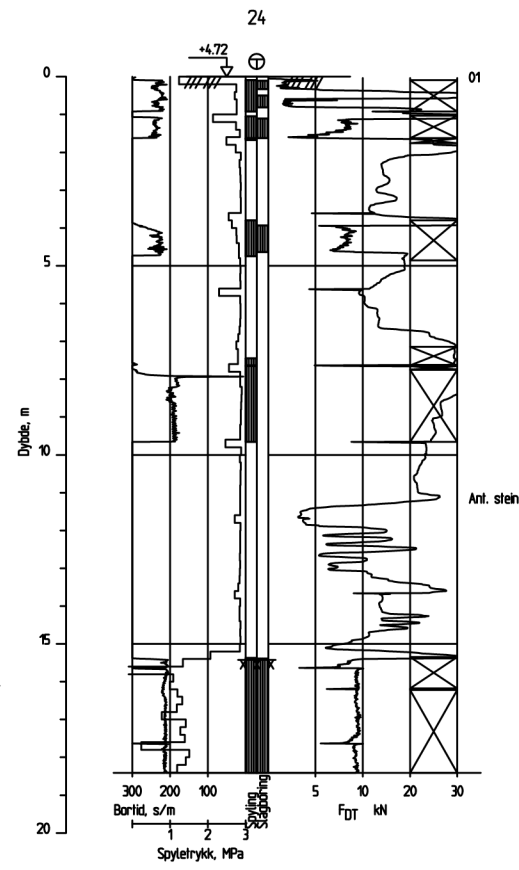
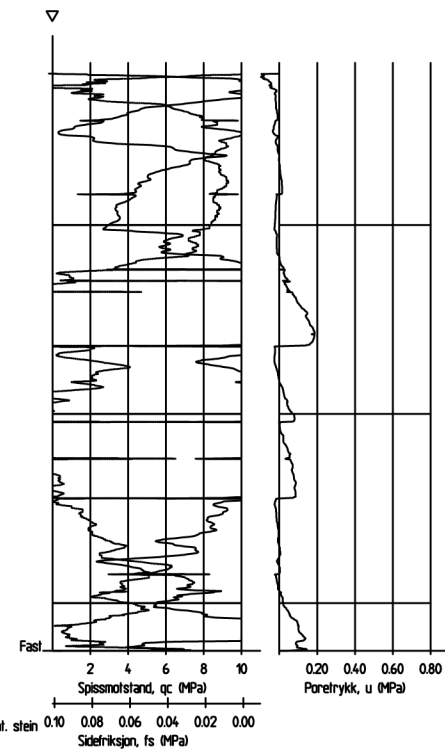
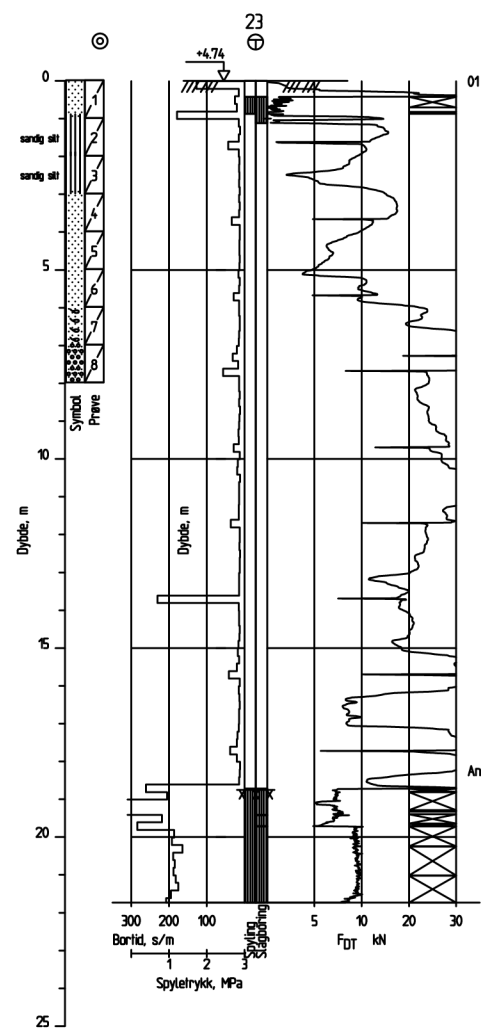
Statu	Rev.	Endring	Utfer	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOKAEN	NOMORO	NOMARP	04.03.2022
Aker Narvik AS Ballangseira, geoteknik og miljøteknisk undersøkelse			Målestokk 1:200	Format A3		
Geoteknik grunnundersøkelse			Oppdragsleder Martin Pettersen			
Totalsondering, CPTu, prøver Profil			Oppdragsnr. 10226653			
SWECO			Disiplin GEO	Løpernummer 15	Statu/Rev A 00	



TEGNEFORKLARING :

- Dreiesondering    ✱ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykkmåling
  - Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksender    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen
  - ▽ Trykksender    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring
- Terrang (s) løbunns) kote  
 Borhull nr.    Antatt bergkote    Boret i løsmasser + (boret i berg)
- Kartgrunnlag : ETRS89 UTM-SONE 33  
 Utgangspunkt for nivellenent : NN2000

Statu	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
-	-	-	NOKAEN	NOMORO	NOMARP	04.03.2022
Aker Narvik AS			Målestokk	Format		
Ballangseira, geoteknisk og			1:200	A3		
miljøteknisk undersøkelse			Oppdragsleder:			
Geoteknisk grunnundersøkelse			Martin Pettersen			
Totalsondering, CPTu, prøver			Oppdragsnr.:			
Profil			10226653			
SWECO		Disiplin	Løpernummer	Statu/Rev		
SWECO Norge AS BRINKENS GATE 52/54 POSTBOKS 76 96 36 88		GEO	16	A 00		



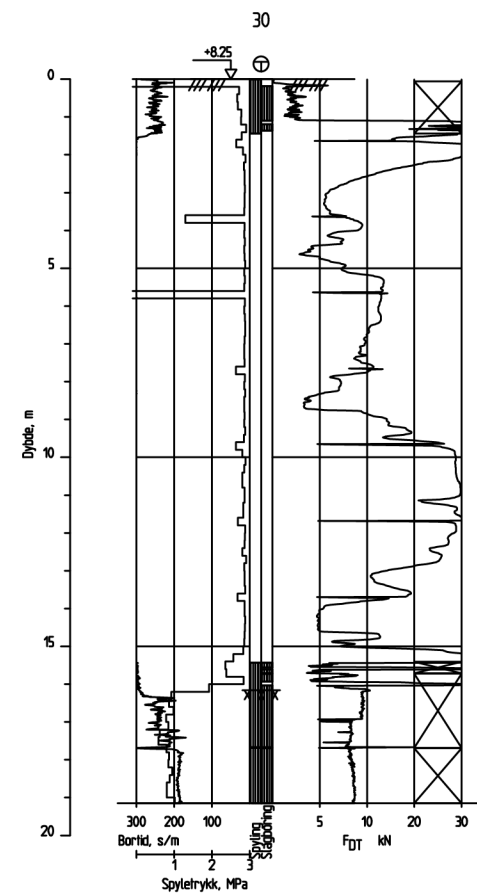
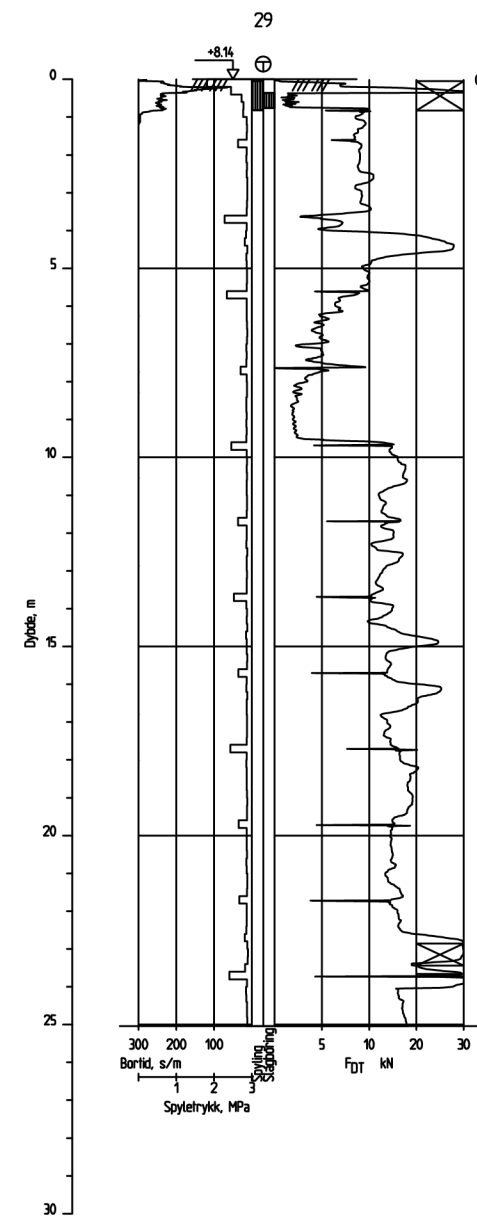
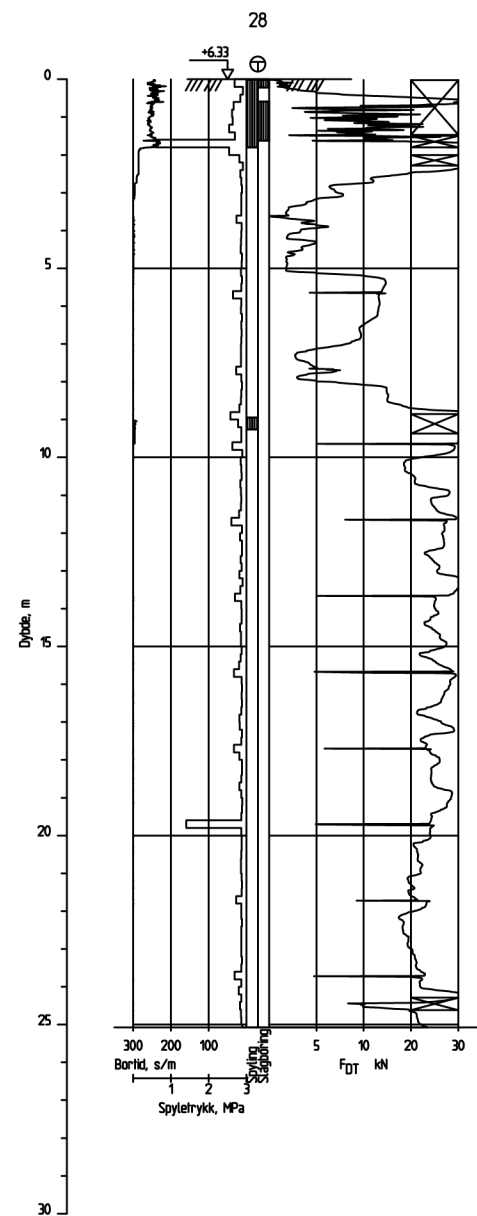
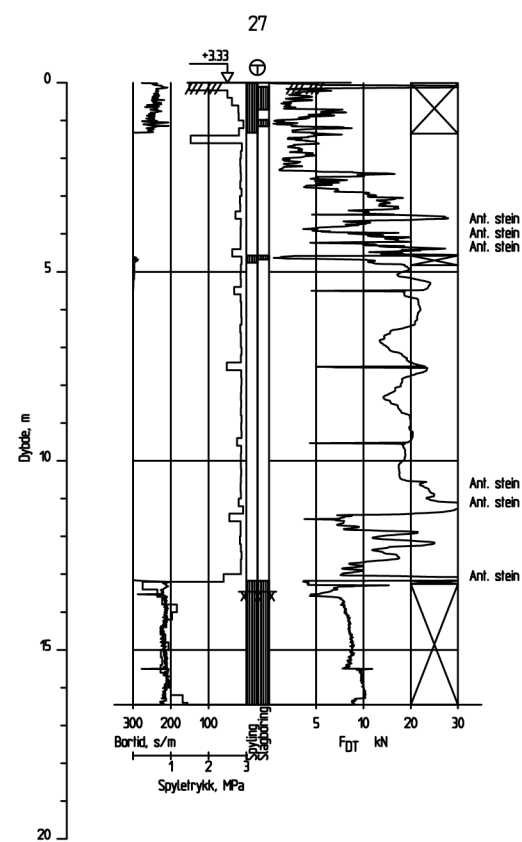
TEGNEFORKLARING :

- Dreiesondering    ✱ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykksmåling
- Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen
- ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring

Terrang (sjøbunns) kote  
Borhull nr.    Antatt bergkote    Boret i løsmasser + (boret i berg)


Kartgrunnlag : ETRS89 UTM-SONE 33  
Utgangspunkt for nivellenent : NN2000

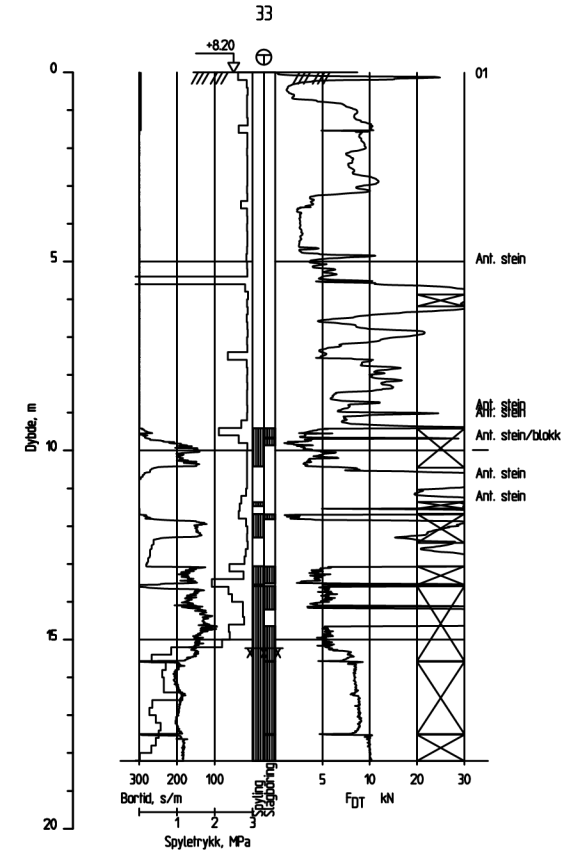
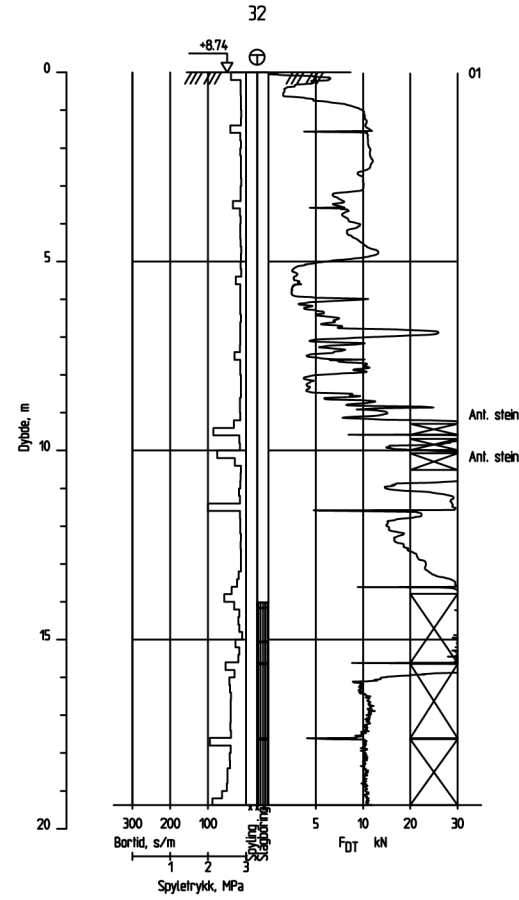
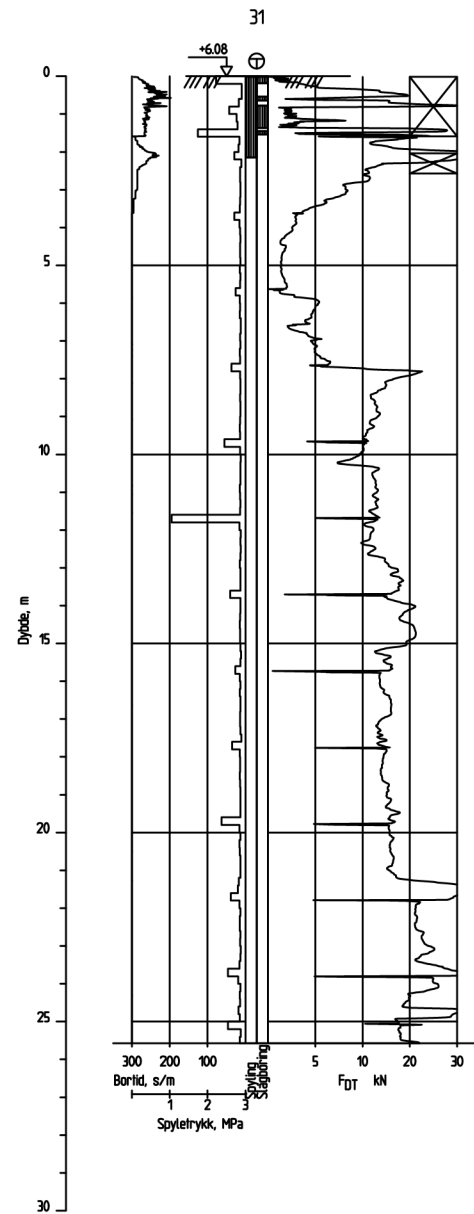
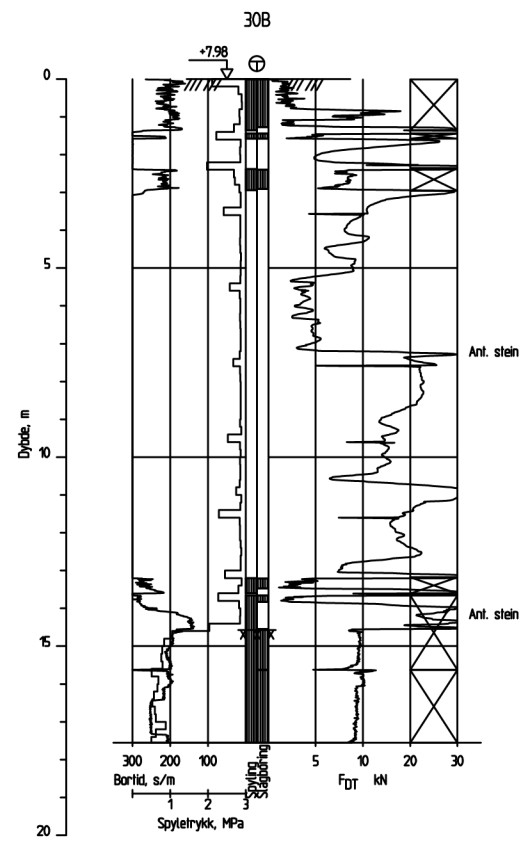
Statustilstand	Endring	Utferd	Kontr.	Ansv.	Dato
-	-	NOKAEN	NOMORO	NOMARP	04.03.2022
Aker Narvik AS		Målestokk	Format		
Ballangseira, geoteknisk og miljøteknisk undersøkelse		1:200	A3		
Geoteknisk grunnundersøkelse		Oppdragsleder: Martin Pettersen			
Totalsondering, CPTu, prøver		Oppdragsnr.: 10226653			
Profil		Disiplin	Løpernummer	Statustilstand	
SWECO		GEO	17	A 00	



TEGNERKLARING :

- Dreiesondering    ✱ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykkmåling
  - Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen
  - ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring
- Terrang (sjøbunns) kote  
Antatt bergkote    boret i løsmasser + (boret i berg)
- Kartgrunnlag : ETRSB9 UTM-SONE 33  
Utgangspunkt for nivellene : NN2000

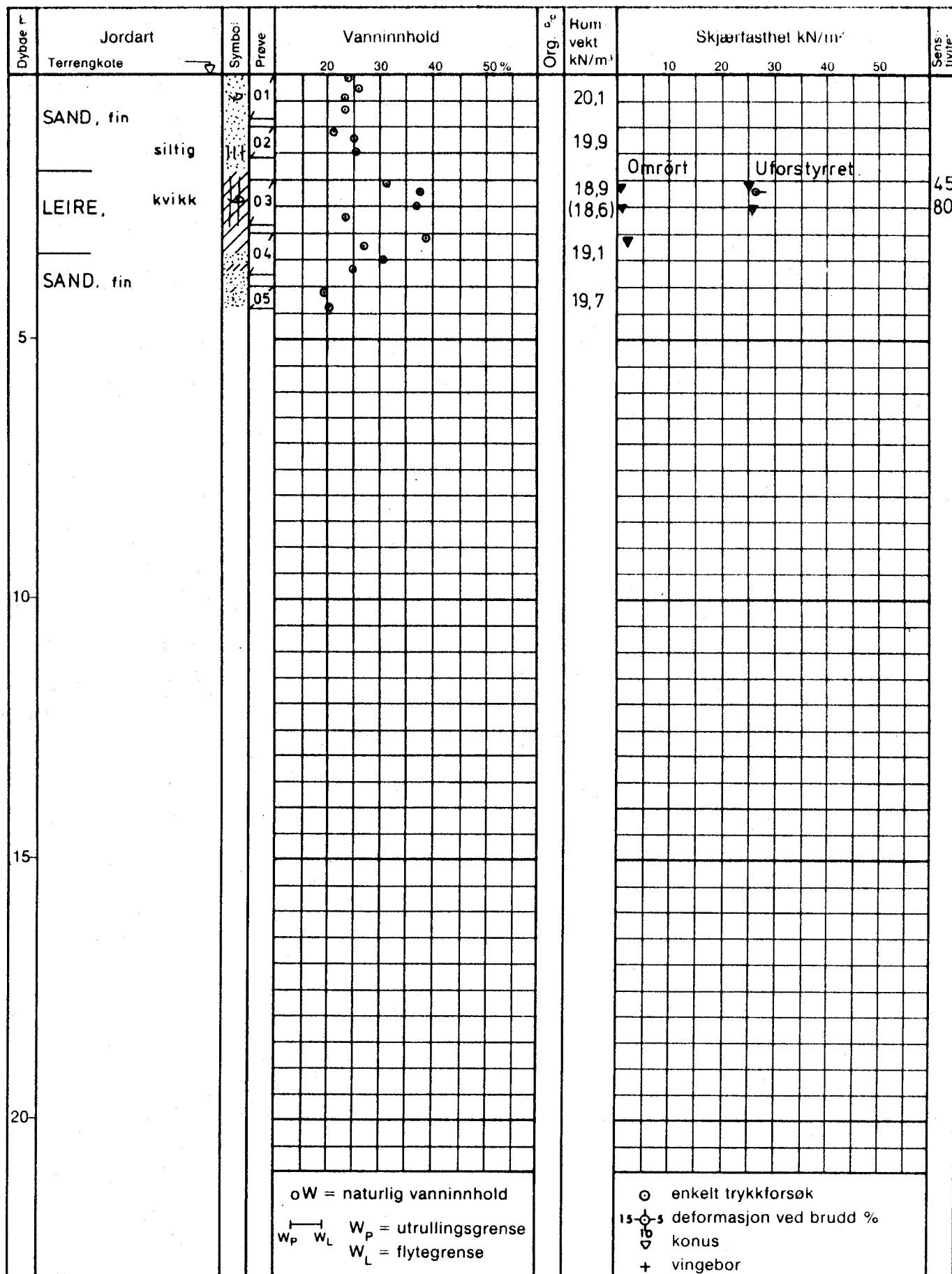
Statu	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
-	-	-	NOKAEN	NOMORO	NOMARP	04.03.2022
Aker Narvik AS Ballangseira, geoteknikk og miljøteknisk undersøkelse			Målestokk 1:200	Format A3		
Geoteknikk grunnundersøkelse			Oppdragsleder: Martin Pettersen			
Totalsondering, CPTu, prøver Profil			Oppdragsnr. 10226653			
SWECO 			Disiplin GEO	Løpenummer 18	Statu/Rev A 00	



TEGNEFORKLARING :

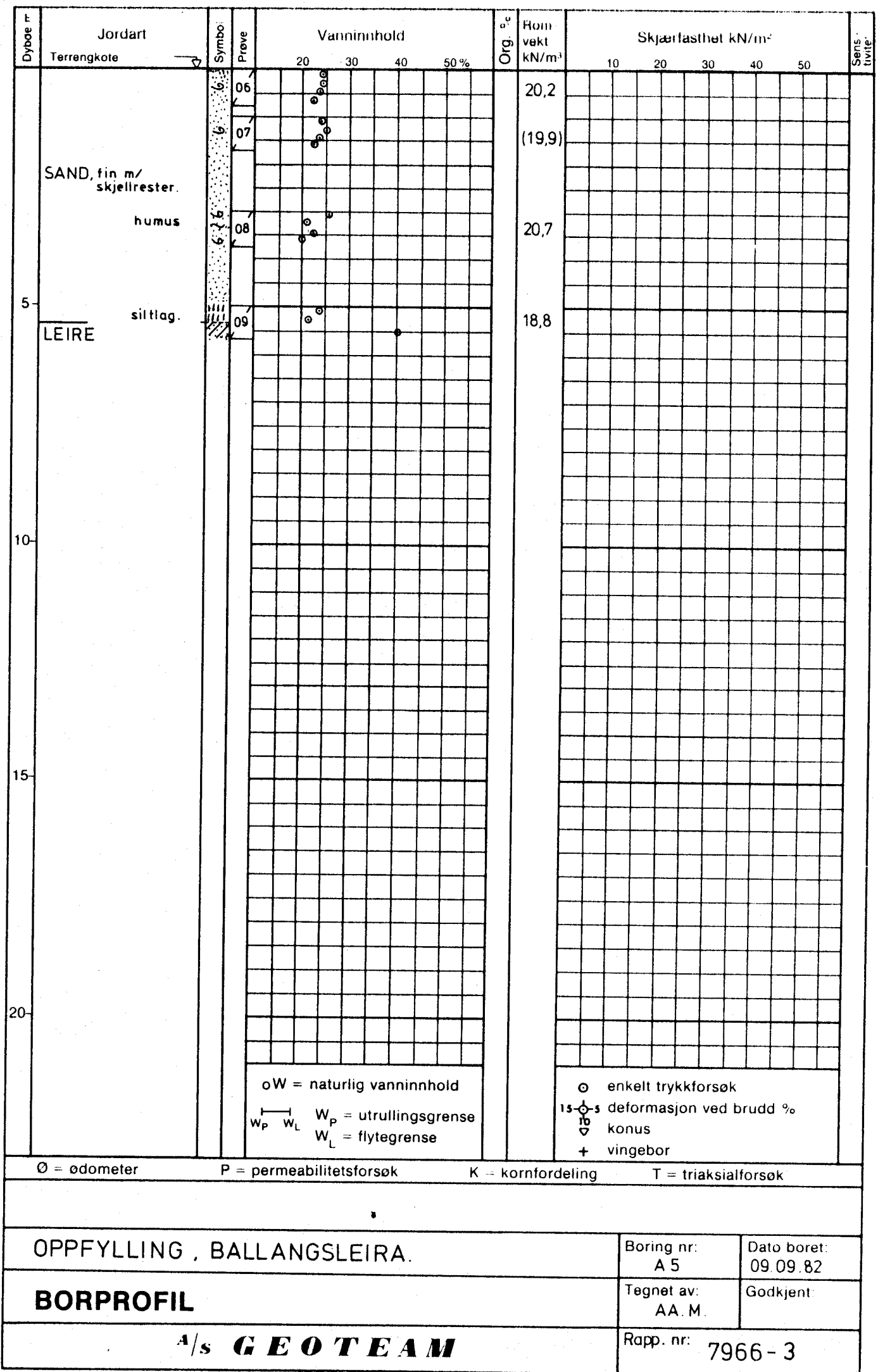
- Dreiesondering    ✱ Fjellkontrollboring    ⊙ Prøveserie    ⊕ Poretrykkmåling
  - Enkel sondering    ⊕ Dreielektrykksondering    ⊕ Prøvegrop    ⚡ Berg i dagen
  - ▽ Trykksondering    ⊕ Totalsondering    + Vingeboring
- Terrang (sjøbunns) kote  
Antatt bergkote    Boret i løsmasser + (boret i berg)
- Kartgrunnlag : ETRS89 UTM-SONE 33  
Utgangspunkt for nivåelement : NN2000

Statu	Rev.	Endring	Utfer	Kontr.	Ansv.	Dato
-	-	-	-	-	-	-
Aker Narvik AS			NOKAEN		NDMDRO	NDMARP
Ballangseira, geoteknikk og miljøteknisk undersøkelse			Målestokk		Format	
Geoteknikk grunnundersøkelse			1:200		A3	
Totalsondering, CPTu, prøver			Oppdragsleder		Martin Pettersen	
Profil			Oppdragsnr.		10226653	
SWECO		SWECO Norge AS BRINKINGS GATE 52/54 POSTBOKS 76 96 56 88	Disiplin	Løpenummer	Statu/Rev	
		GEO	19	A 00		

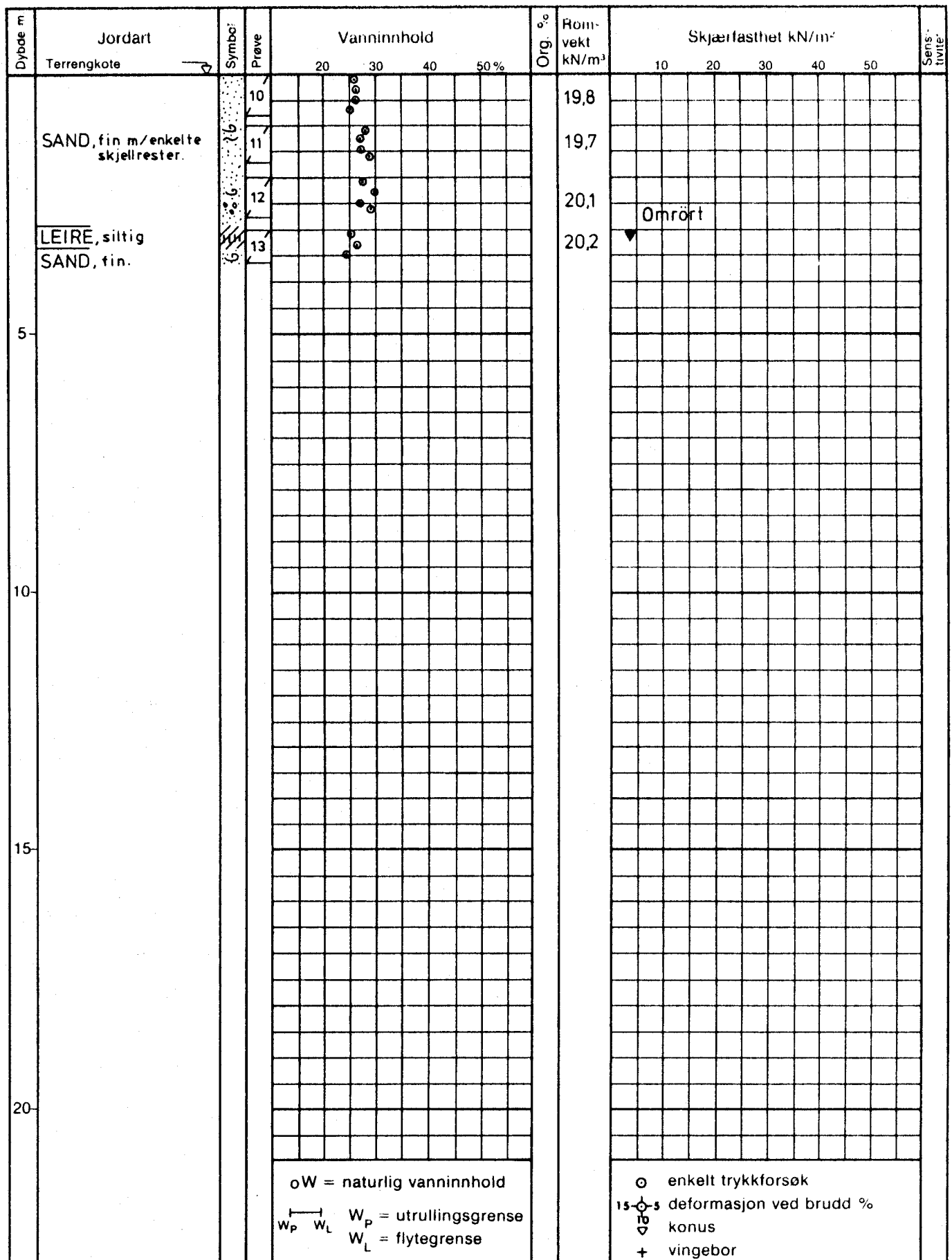


Ø = ødometer      P = permeabilitetsforsøk      K = kornfordeling      T = triaksialforsøk

OPPFYLLING, BALLANGSLEIRA.	Boring nr: A2	Dato boret: 02.09.82
<b>BORPROFIL</b>	Tegnet av: AA.M.	Godkjent:
<i>A/s</i> <b>GEOTEAM</b>	Rapp. nr: 7966-2	







Ø = ødometer      P = permeabilitetsforsøk      K = kornfordeling      T = triaksialforsøk

OPPFYLLING, BALLANGSLEIRA.

Boring nr:  
B 2

Dato boret:  
02.09.82

**BORPROFIL**

Tegnet av:  
AA.M.

Godkjent:

A/s **GEOTEAM**

Rapp. nr: 7966-4

Dybde L	Jordart Terrengkote	Symbo	Prøve	Vanninnhold				Org. $\sigma_v^z$	Hom vekt kN/m <sup>3</sup>	Skjærfasthet kN/m <sup>2</sup>					Sensitivitet	
				20	30	40	50 %			10	20	30	40	50		
	SAND, grov, kisholdig	○	14	22	25	28		21,0								
	SAND, fin	○	15	22	25	28		19,2								
		○	16	22	25	28		19,6								
5																
10																
15																
20																

$\circ W$  = naturlig vanninnhold  
 $\frac{W_p}{W_L}$   $W_p$  = utrullingsgrense  
 $W_L$  = flytegrense

$\circ$  enkelt trykkforsøk  
 $15 \frac{\circ}{s}$  deformasjon ved brudd %  
 $\nabla$  konus  
 $+$  vingebor

$\emptyset$  = ødometer      P = permeabilitetsforsøk      K = kornfordeling      T = triaksialforsøk

OPPFYLLING, BALLANGSLEIRA

Boring nr: B 5      Dato boret: 01.09.82

**BORPROFIL**

Tegnet av: AA.M.      Godkjent:

A/s **GEOTEAM**

Rapp. nr: 7966 - 5

Dybde r	Jordart Terrengkote	Symbol	Prøve	Vanninnhold				Org. %	Homvekt kN/m <sup>3</sup>	Skjærfasthet kN/m <sup>2</sup>					Sensitivitet	
				20	30	40	50 %			10	20	30	40	50		
	SAND, midd., kisholdig	6	18	22	25				19,6							
	SAND, fin	6	19	25	28				19,4							
			20	25	28				17,8							
5																
10																
15																
20																

oW = naturlig vanninnhold  
 — W<sub>P</sub> W<sub>L</sub> W<sub>P</sub> = utrullingsgrense  
 W<sub>L</sub> = flytegrense

○ enkelt trykkforsøk  
 15-○-s deformasjon ved brudd %  
 ▽ konus  
 + vingebor

Ø = ødometer      P = permeabilitetsforsøk      K = kornfordeling      T = triaksialforsøk

OPPFYLLING, BALLANGSLEIRA.

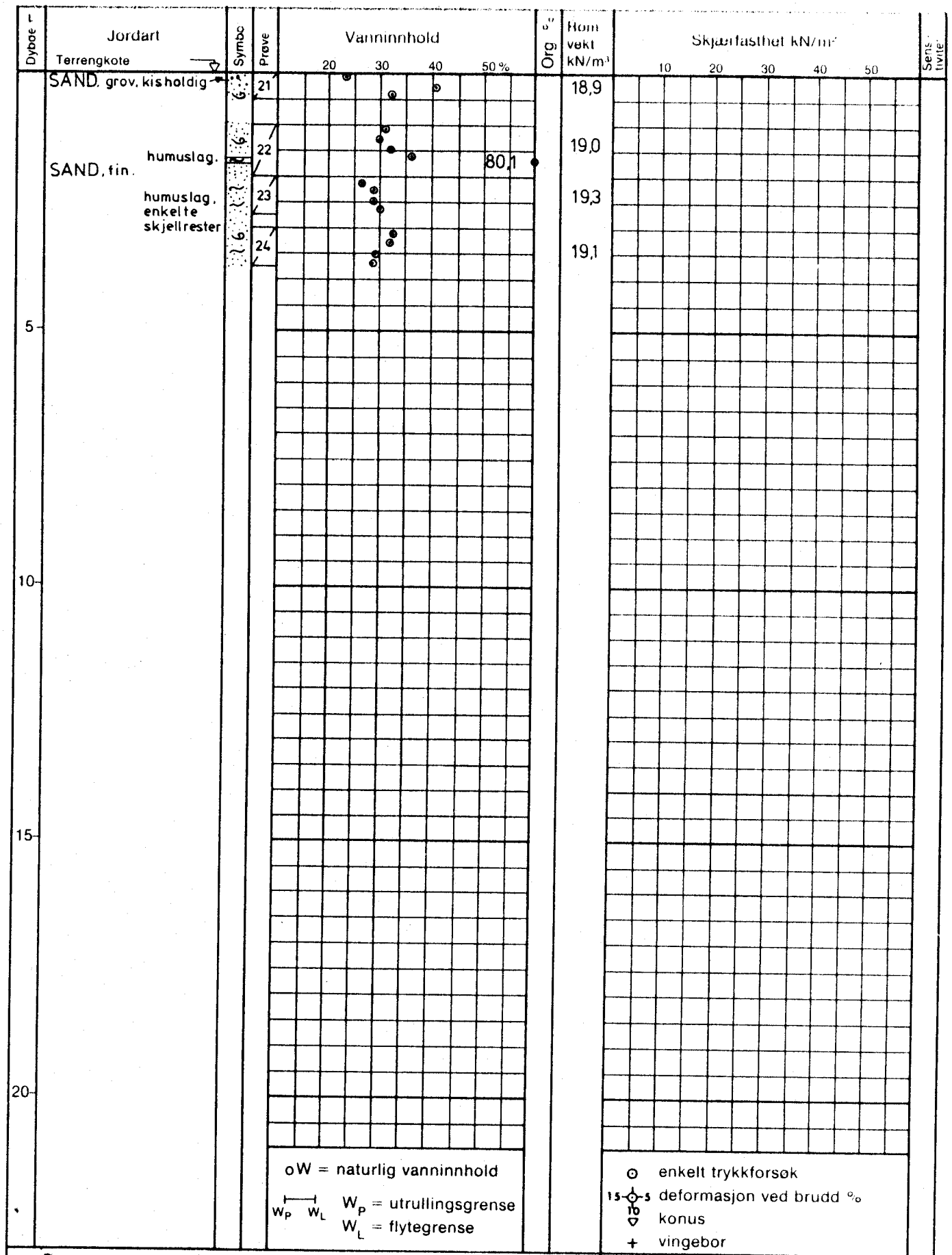
Boring nr: B 6      Dato boret: 07.09.82

**BORPROFIL**

Tegnet av: AA. M.      Godkjent:

A/s **GEOTEAM**

Rapp. nr: 7966 - 6



oW = naturlig vanninnhold  
 W<sub>P</sub> = utrullingsgrense  
 W<sub>L</sub> = flytegrense

○ enkelt trykkforsøk  
 15-5 deformasjon ved brudd %  
 ▽ konus  
 + vingebor

Ø = ødometer      P = permeabilitetsforsøk      K = kornfordeling      T = triaksialforsøk

OPPFYLLING, BALLANGSLEIRA

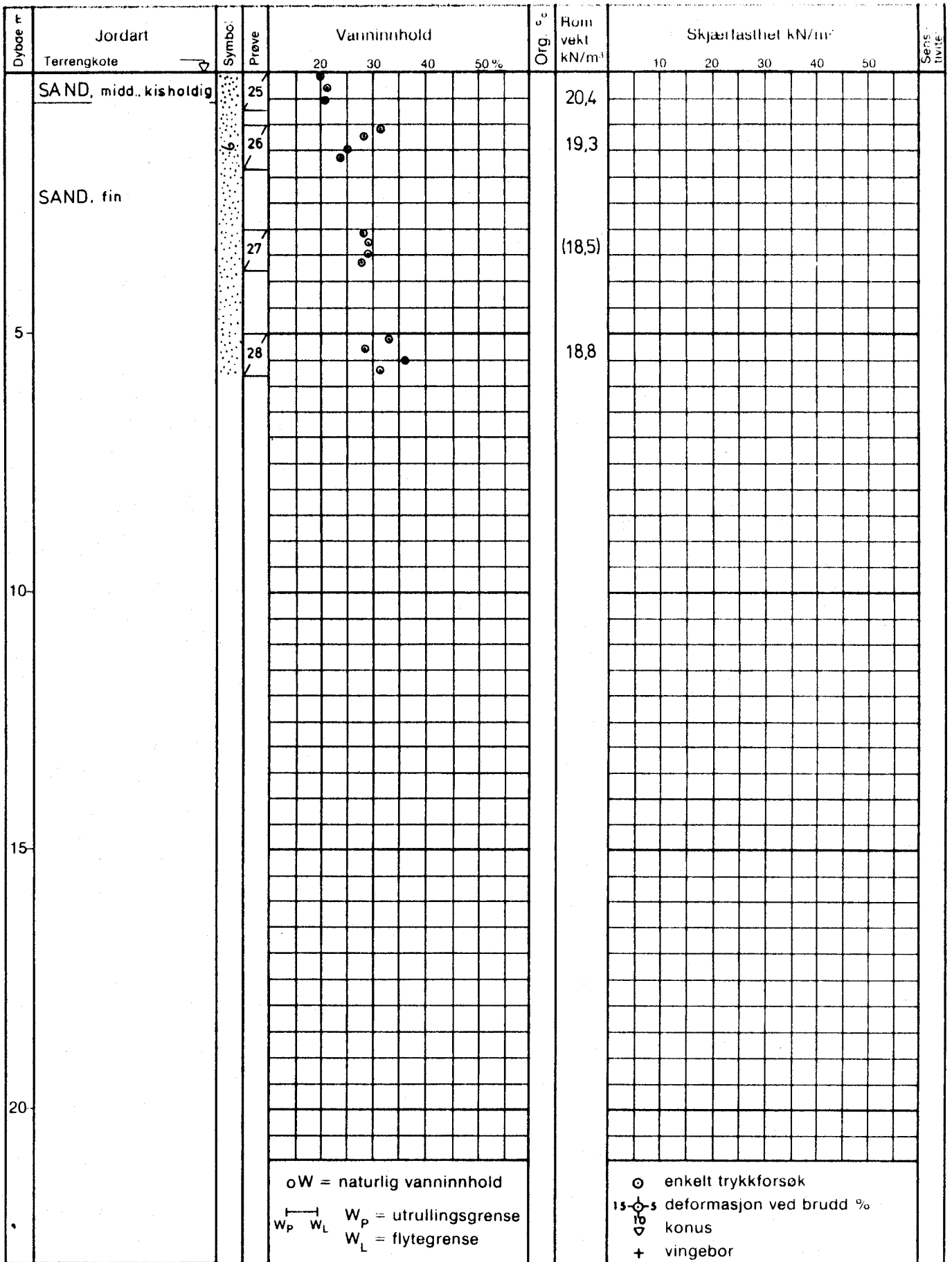
Boring nr: C 4  
 Dato boret: 03.09.82

BORPROFIL

Tegnet av: AA. M.  
 Godkjent:

A/s **GEOTEAM**

Rapp. nr: 7966-7



Ø = ødometer

P = permeabilitetsforsøk

K = kornfordeling

T = triaksialforsøk

OPPFYLLING, BALLANGSLEIRA.

Boring nr:  
C 7

Dato boret:  
07.09.82

**BORPROFIL**

Tegnet av:  
AA.M.

Godkjent:

A/s **GEOTEAM**

Rapp. nr:

7966 - 8

# BORPROFIL

HULL: A/B 8

TERR.NIVÅ:

PRÖVE Ø:

30 mm  
54 mm

Dybde m	Jordart	Sign	Labnr	Vanninnhold (w) i %				Spes. v	Porvækt kN/m <sup>3</sup>	Udrenert skjærstyrke (s <sub>v</sub> ) i kN/m <sup>2</sup>					Sensitivitet		
				20	40	60	80			10	20	30	40	50			
5	grov fin litt siltig		01	○	○				20,3								
	SAND, m. mellom- sandtag m. svovelkisinhold		02	○	○				20,0								
			03	○	○				20,4								
			04	○													
			05	○													
	fin		06	○	○			2,91	19,6								

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM



GJØVIK BODØ TRONSD

Sted: BALLANGSLEIRA

Mnd/år: 11 /83

OPPDRAK  
3615

SYMBOLER:

Enkelt trykktorsøk (strek angir def % w/brudd)

Konustorsøk - Omrørt ▼ Uforstyrret ▼

Penetrometerforsøk □

Konsistensgrenser w<sub>p</sub> ————— w<sub>L</sub>

BILAG

6

TEGN NR:

06

# BORPROFIL

HULL: C 10

TERR.NIVÅ:

PRÖVE Ø: 30 mm  
54 mm

Dybde m	Jordart	Sign.	Labnr	Vanninnhold (w) i %				Spes v	Rømvækt kN/m <sup>3</sup>	Udrenert skjærstyrke (s <sub>u</sub> ) i kN/m <sup>2</sup>					Sensitivitet	
				20	40	60	80			10	20	30	40	50		
5	grov		07	20	40	60	80		20,3							
	grov		08	20	40	60	80		20,3							
	grov m. grusige lag		09	20	40	60	80	2,9%	19,0							
	SAND, m. svovelkiesinnh.		10	20	40	60	80		18,9 (20,2)							
	middels m. siltlommer		11	20	40	60	80		19,5							
10	middels fin grov		12	20	40	60	80									
	siltig		13	20	40	60	80									
	SILT, sandig		13	20	40	60	80									

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

**TRONDHEIM**  
GJØVIK BODØ TROMSØ

Sted: BALLANGSLEIRA

Mnd/år: 11/83

OPPDRAG  
3615

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk (strek angir def % w/brudd)  
Konsultforsøk - Omrørt Uforstyrret   
Penetrometerforsøk   
Konsistensgrenser  $w_p$   $w_L$

BILAG  
7  
TEGN NR:  
07




Dybde n	Jordart Terrengkote	Symbol	Prøve	Vanninnhold				Org. %	Rom- vekt kN/m <sup>3</sup>	Skjærfasthet kN/m <sup>2</sup>					Sensitivitet
				20	30	40	50%			10	20	30	40	50	
	SAND, fin m/ skjellrester.  humus  siltlag.	[Symbol]	06						20,2						
			07						(19,9)						
			08						20,7						
5			09						18,8						
	LEIRE														
10															
15															
20															

BORING: A5g

oW = naturlig vanninnhold  
 W<sub>P</sub> = utrullingsgrense  
 W<sub>L</sub> = flytegrense

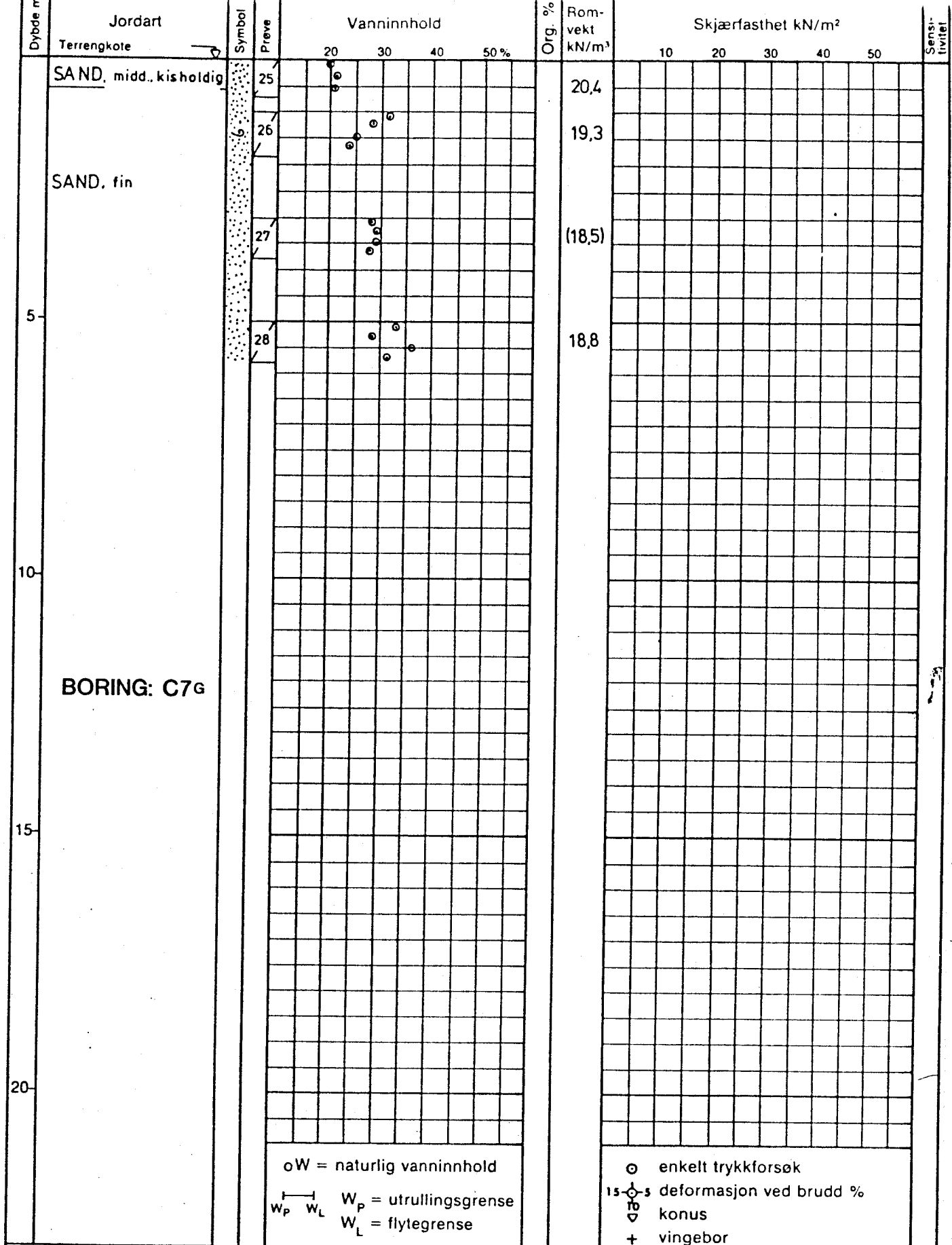
○ enkelt trykkforsøk  
 15-5 defomasjon ved brudd %  
 ▽ konus  
 + vingebor

Ø = ødometer      P = permeabilitetsforsøk      K = kornfordeling      T = triaksialforsøk

 Sivilingeniør Ottar Kummeneje  TRONDHEIM GJØVIK BOIX TROMSØ 	Sted: BALLANGEN	Mnd/år: 09/82	OPPDRAG 3615
	SYMBOLER:		BILAG 8
	Enkelt trykkforsøk ○ (strek angir def % v/brudd) Konusforsøk - Omrørt ▽ Uforstyrret ▽ Penetrometerforsøk □ Konsistensgrenser w <sub>p</sub> ————— w <sub>L</sub>		TEGN NR: 08







Ø = ødometer      P = permeabilitetsforsøk      K = kornfordeling      T = triaksialforsøk

<b>Kummeneje</b> Sivilingeniør Ottar Kummeneje  <b>TRONDHEIM</b> <small>GJØVIK BODØ TRONSD</small>	Sted: <u>BALLANGEN</u> Mnd/år: <u>09/83</u>	OPPDRAG <b>3615</b>	
	SYMBOLER: Enkelt trykkforsøk  (strek angir de: % w/brudd) Konusforsøk - Omrørt       Uforstyrret: Penetrometerforsøk Konsistensgrenser: $w_p$ ————— $w_l$	BILAG <b>10</b>	TEGN NR: <b>10</b>
			OPPDRAG <b>3615</b>

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
	SAND, siltig		K	○													
	LEIRE, siltig		K		○												
	SILT, sandig, leirig		K		○												
	LEIRE, siltig		K			○											
5	LEIRE, siltig		K				NPO					▼1,02					
	LEIRE, siltig		K				NPO					▼1,02					
	SILT, sandig, leirig	enkl.gruskorn	K			○											
	SAND, siltig		K		○												
	SAND, siltig		K		○												
10	SAND, siltig	skjellrester, enkl.gruskorn	K		○												
15																	
20																	

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold  
 — Plastisitetsindeks,  $I_p$

ISO 17892-6: 2017  
 ▼ Omrørt konus  
 ▽ Uomrørt konus

$\rho$  = Densitet  
 $\rho_s$  = Korndensitet  
 $S_t$  = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk  
 Ø = Ødometerforsøk  
 K = Korngradering

Grunnvannstand: m  
 Borrbok:

PRØVESERIE

Borrtull: 2

Sweco Norge AS

Dato: 2021-03-26

10221498 Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg Ballang sleira

**Multiconsult**  
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: TEREZK

Kontrollert: MARTM

Godkjent: LV

Oppdragsnummer: 10224032-08

Tegningsnr.: RIG-TEG-200

Rev. nr.: 00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5	LEIRE, siltig sandlag, enkl.gruskorn		K						2,04								17 9
10																	
15																	
20																	

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold  
|—| Plastisitetsindeks,  $I_p$

ISO 17892-6: 2017  
▼ Omrørt konus  
▽ Uomrørt konus

$\rho$  = Densitet  
 $\rho_s$  = Korndensitet  
 $S_t$  = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk  
Ø = Ødometerforsøk  
K = Korngradering

Grunnvannstand: m  
Borbok:

PRØVESERIE

Borhull: 4

Sweco Norge AS

10221498 Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg Ballangleira

Dato: 2021-02-24

**Multiconsult**  
www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: TEREZK

Kontrollert: MARTM

Godkjent: LV

Oppdragsnummer: 10224032-05

Tegningsnr.: RIG-TEG-201

Rev. nr.: 00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5	SILT, sandig	K	K					2,19			▼0,41						
	LEIRE, siltig									2,08			▼1,3	○			
10																	
15	SILT, leirig	K	K					2,12			▼0,87	▼				18	
												▼	▼				7
20																	

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold  
 |—| Plastisitetindeks,  $I_p$

ISO 17892-6: 2017  
 ▼ Omrørt konus  
 ▽ Uomrørt konus

$\rho$  = Densitet  
 $\rho_s$  = Korndensitet  
 $S_t$  = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk  
 Ø = Ødometerforsøk  
 K = Korngradering

Grunnvannstand: m  
 Borrbok:

PRØVESERIE

Borrtull: 3

Sweco Norge AS

10226653 Ballangслеira

Dato: 2022-02-15

**Multiconsult**  
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: TEREZK


Oppdragsnummer: 10240496-02

Kontrollert: MARTM

Tegningsnr.: RIG-TEG-200

Godkjent: SS

Rev. nr.: 00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5																	
10	LEIRE, siltig		K					2,04			▼ 1,10						
15											▼ 1,20						
20																	

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold  
 |—| Plastisitetsindeks,  $I_p$

ISO 17892-6: 2017  
 ▼ Omrørt konus  
 ▽ Uomrørt konus

$\rho$  = Densitet  
 $\rho_s$  = Korndensitet  
 $S_t$  = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk  
 Ø = Ødometerforsøk  
 K = Korngradering

Grunnvannstand: m  
 Borrbok:

PRØVESERIE

Borrtull: 12

Sweco Norge AS  
 10226653 Ballangслеira

Dato: 2022-02-15

**Multiconsult**  
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: TEREZK

Kontrollert: MARTM

Godkjent: SS

Oppdragsnummer: 10240496-02

Tegningsnr.: RIG-TEG-201

Rev. nr.: 00

Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5																	
	SILT, leirig	forstyrret	K					2,05									
10	LEIRE, siltig, sandig	sandlag, enkl. gruskorn	K					2,02									16
	KVIKKSILT, sandig, leirig	sandsoner	K					2,02									52
15																	
20																	

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold  
 |—| Plastisitetsindeks,  $I_p$

ISO 17892-6: 2017  
 ▼ Omrørt konus  
 ▽ Uomrørt konus

$\rho$  = Densitet  
 $\rho_s$  = Korndensitet  
 $S_t$  = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk  
 Ø = Ødometerforsøk  
 K = Korngradering

Grunnvannstand: m  
 Borrbok:

PRØVESERIE

Borrtull: 17

Sweco Norge AS  
 10226653 Ballangслеira

Dato: 2022-02-15

**Multiconsult**  
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: TEREZK

Kontrollert: MARTM

Godkjent: SS

Oppdragsnummer: 10240496-02

Tegningsnr.: RIG-TEG-202

Rev. nr.: 00





Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Test	Vanninnhold (%) og konsistensgrenser					$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Organisk innhold (%)	Udrenert skjærfasthet (kPa)					St (-)
				10	20	30	40	50				10	20	30	40	50	
5																	
10																	
15	LEIRE, siltig, sandig sandlag, enkl.gruskorn	kt.	K					2,10									
20																	

**Symboler:**



Enaksialforsøk (strek angir aksiell tøyning (%) ved brudd)

○ Vanninnhold  
 ┌─ Plastisitetsindeks,  $I_p$

ISO 17892-6: 2017  
 ▼ Omrørt konus  
 ▽ Uomrørt konus

$\rho$  = Densitet  
 $\rho_s$  = Korndensitet  
 $S_t$  = Sensitivitet

T = Treaksialforsøk  
 Ø = Ødometerforsøk  
 K = Korngradering

Grunnvannstand: m  
 Borrbok:

PRØVESERIE

Borrtull: 26

Sweco Norge AS  
 10226653 Ballangслеira

Dato: 2022-02-15

**Multiconsult**  
 www.multiconsult.no

Konstr./Tegnet: TEREZK

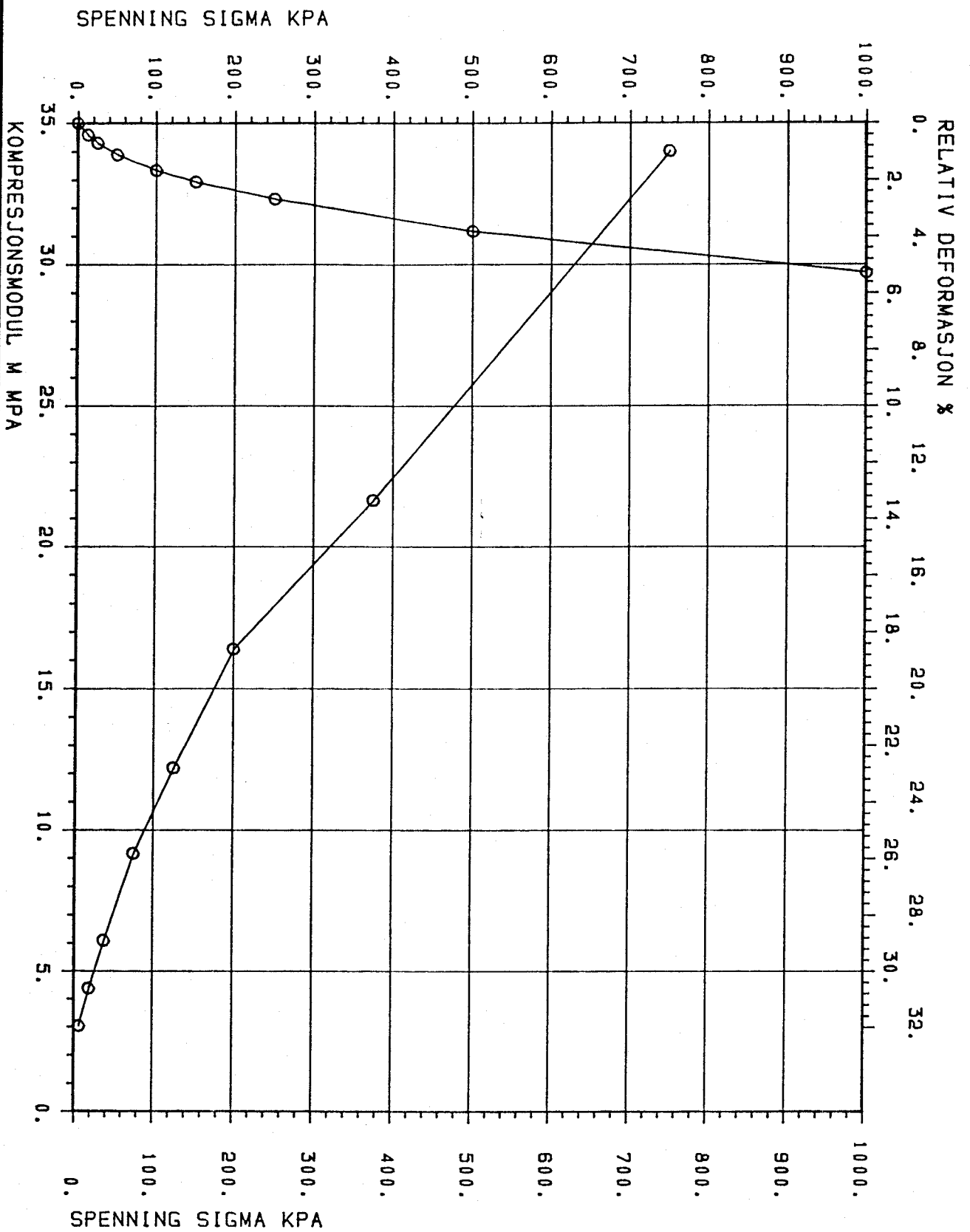
Kontrollert: MARTM

Godkjent: SS

Oppdragsnummer: 10240496-02

Tegningsnr.: RIG-TEG-204

Rev. nr.: 00



o LAB. 10 HULL C10 DYBDE 4.15 SAND. MIDDELS

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



BALLANGEN

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

—

TEGNET AV

DEFDAT

DATO

11/83

OPPDRAG

3615

BILAG

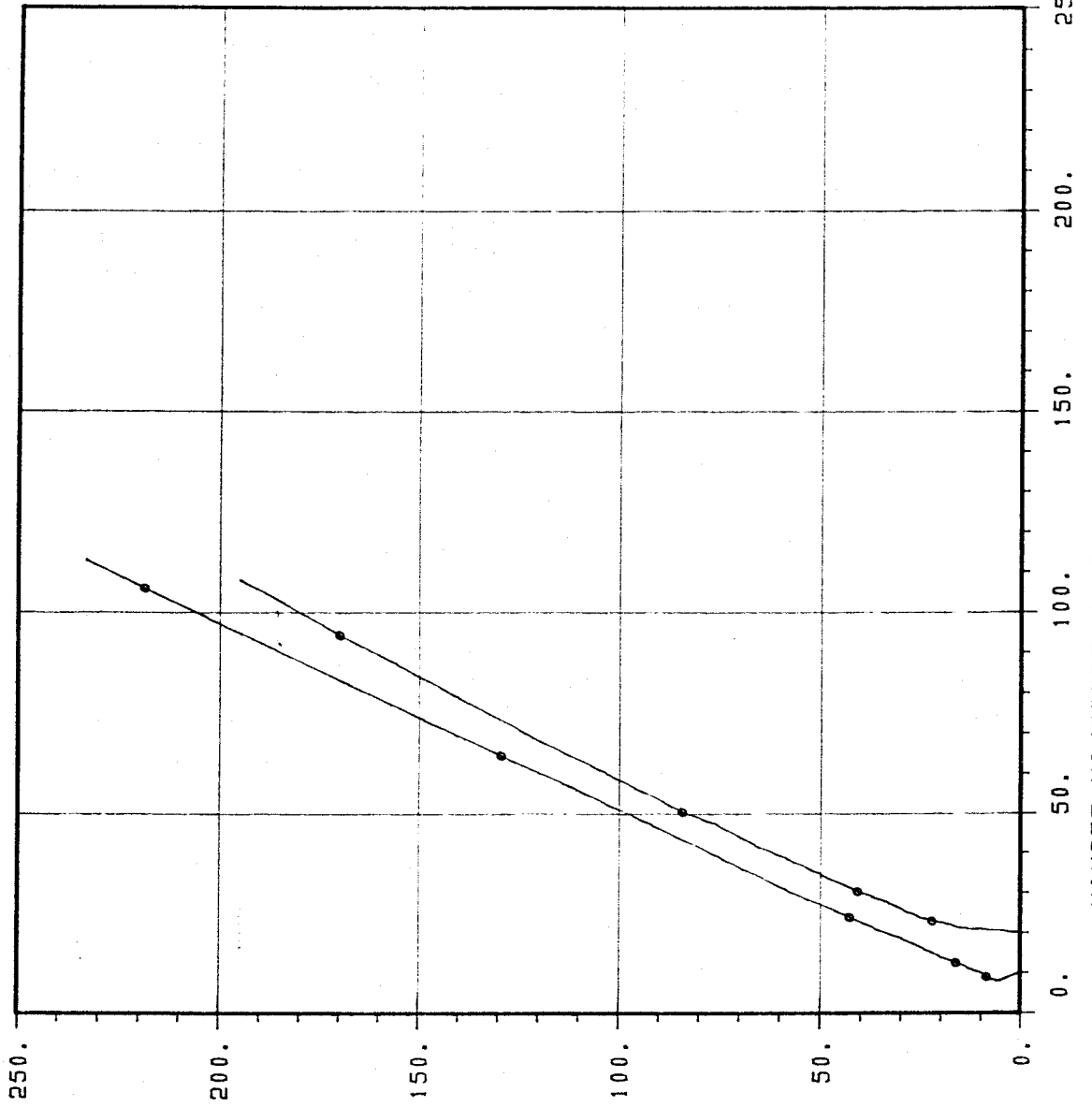
11

TEGN NR

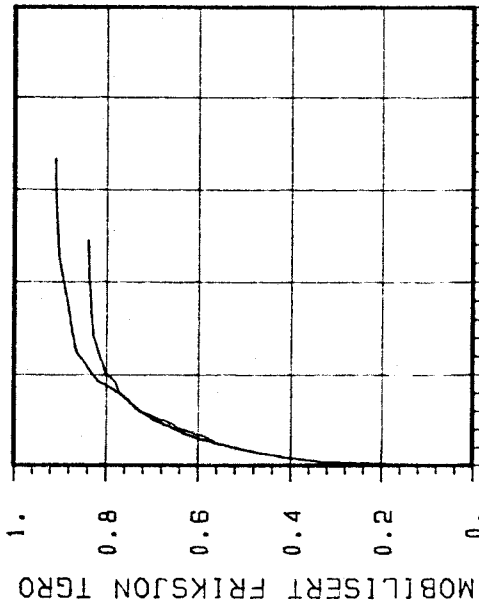
11

HULL A/B 8 LAB 02-01 D=1.70M SAND, MIDDELS.

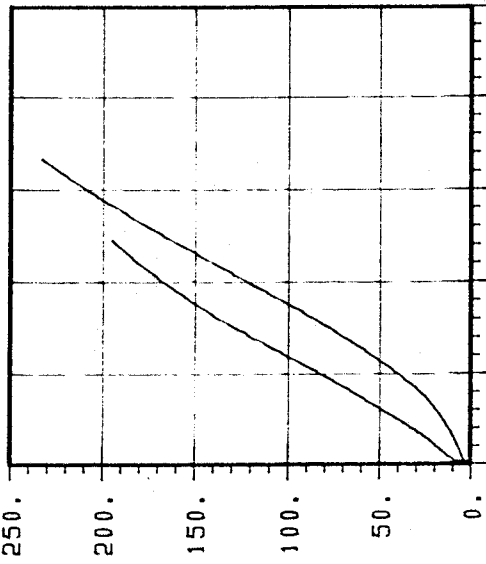
HULL A/B 8 LAB 02-02 D=1.85M ENK. SMA GRUSKORN.



ATTRAKSJON : 0.00 KPA



STORSTE SKJERSPENNING, KPA



**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM  
GJØVIK BODØ TROMSØ



BALLANGSLEIRA

TREAKSIALFORSØK

MÅLESTOKK

—

OPPDRAG

3615

TEGNET AV

BALL

DATO  
11/83

BILAG

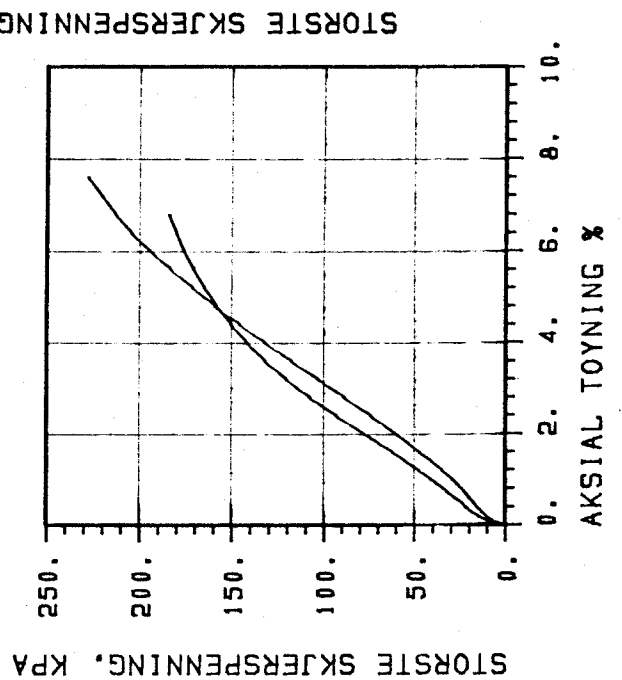
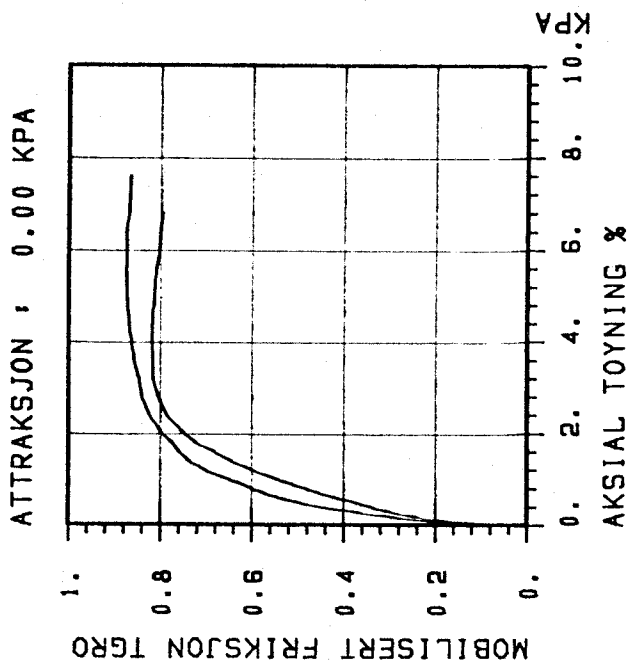
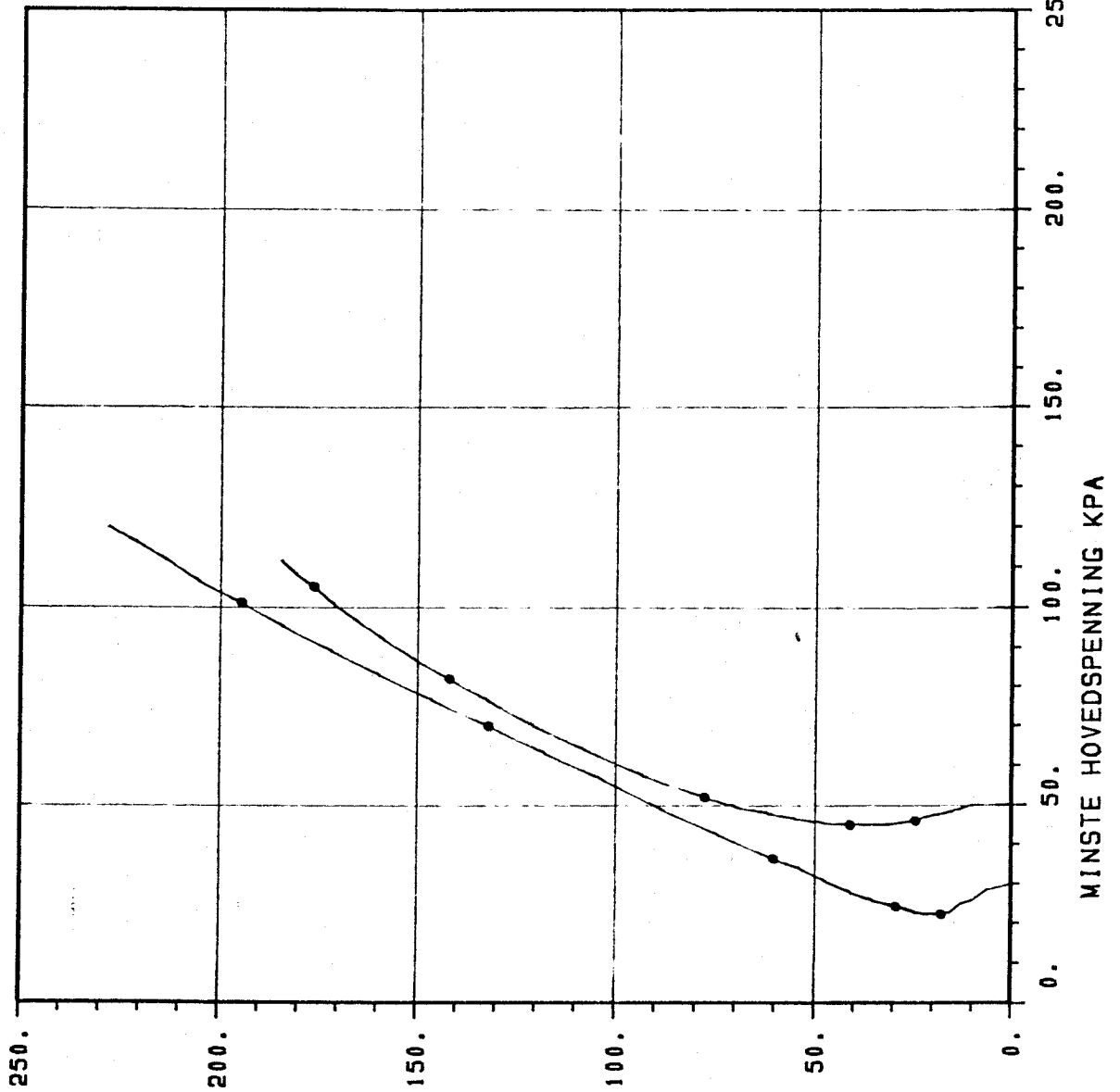
12

TEGN NR

12

HULL C10 LAB 10-01 D=4.25M SAND, MIDDELS.

HULL C10 LAB 10-02 D=4.45M M/SILTLOMMER.



BALLÅNGSLEIRA

TREAKSIALFORSØK

MALESTOKK

—

OPPDRAK

3615

TEGNET AV

BALL

BILAG

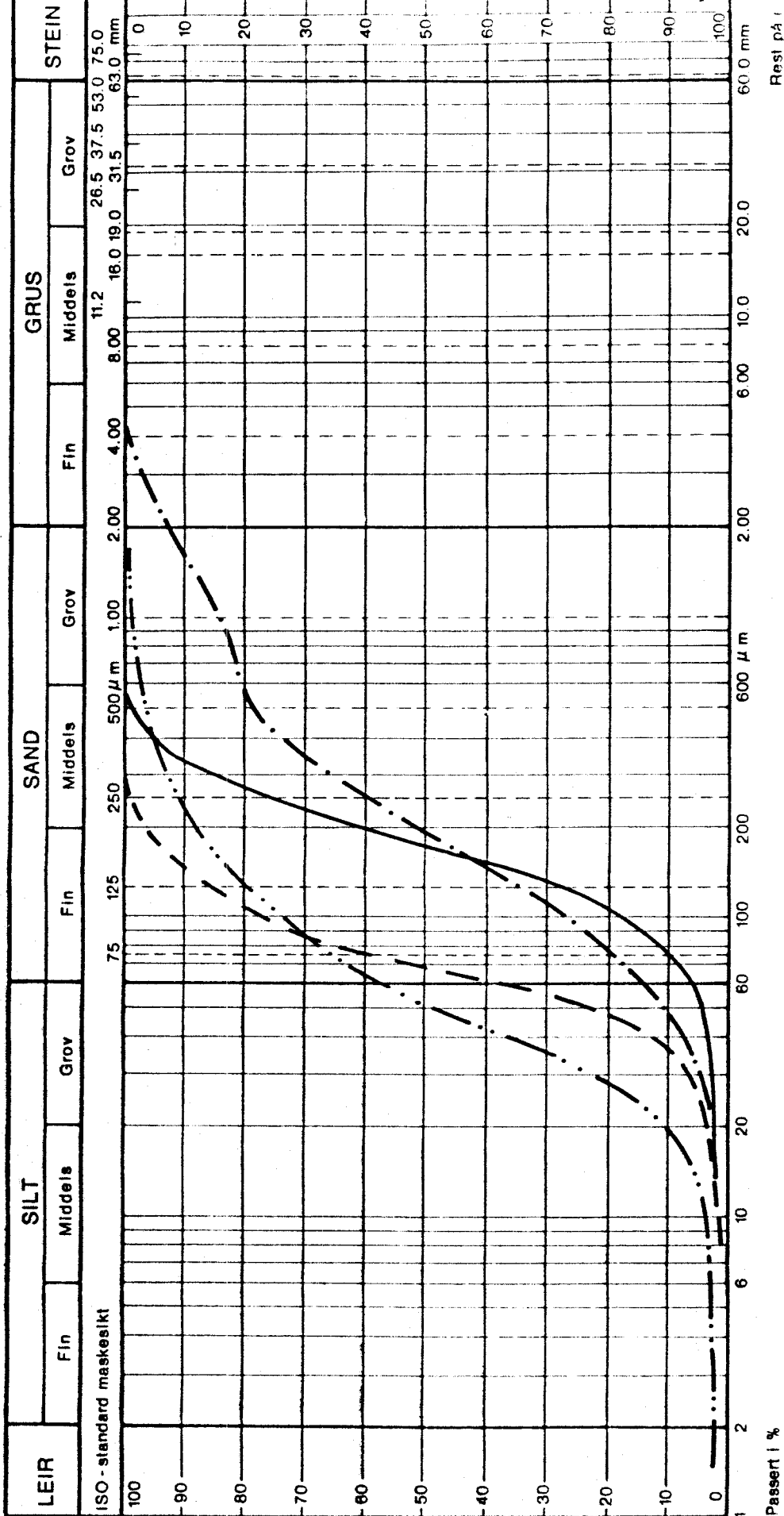
13

DATO

11/83

TEGN NR

13



Borpunkt	Lab. nr.:	Dybde	Kurve	Jordartsbetegnelse	C u	% < 20 µm (matr. pass 19 mm)	Anm.
AB 8	04	3,0 - 3,5	—	SAND middels fin			Kombianalyse
AB 8	05	4,0 - 4,5	—	SAND fin siltig			"
C 10	06	7,25 - 7,75	—	SAND siltig			"
C 10	07	9,25 - 9,75	—	SILT sandig			"
			— x — x —				
			— x — x — x —				

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje

**TRONDHEIM**  
GJØVIK BODØ TROMSØ

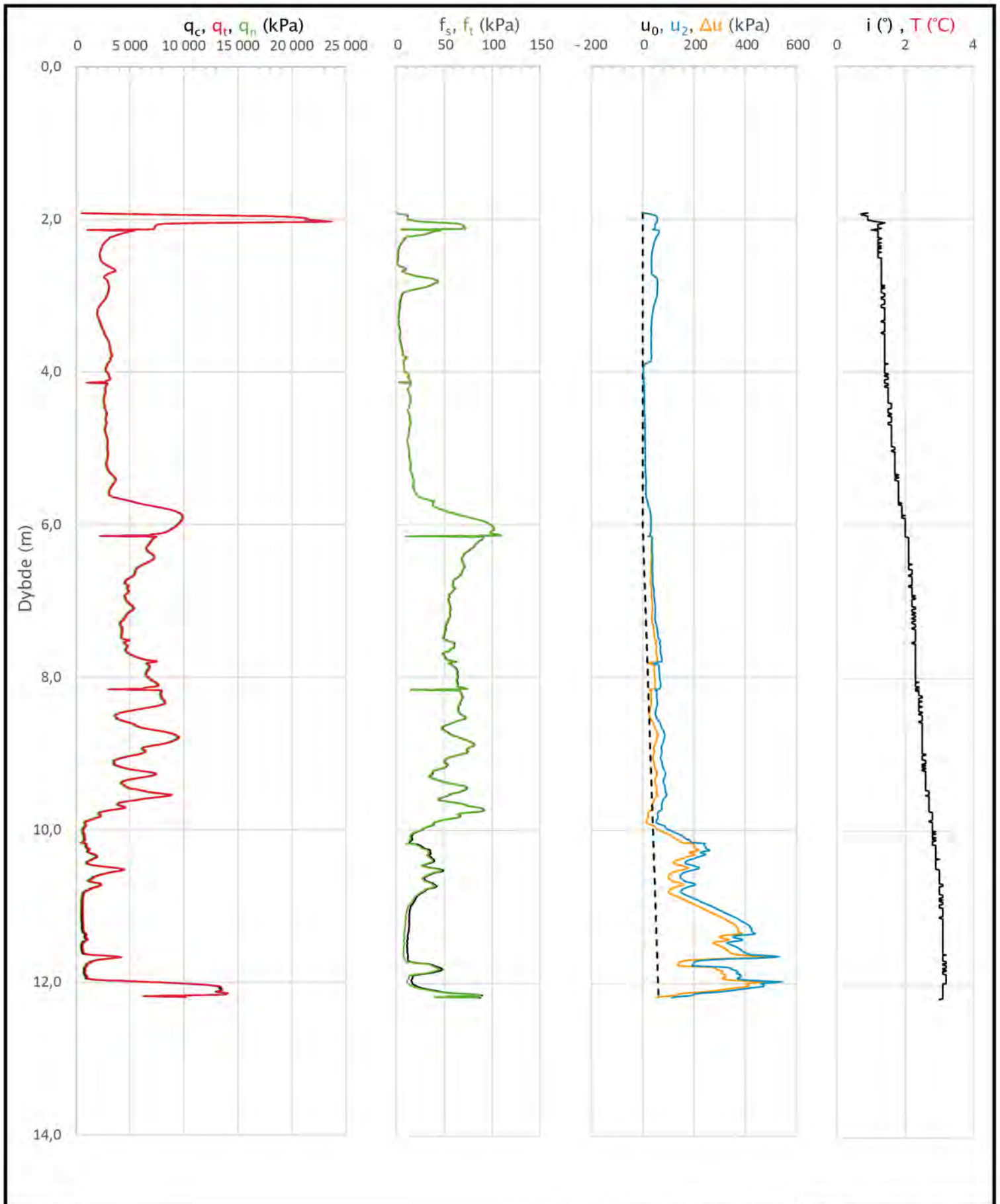
Sted: BALLANGEN..... Mnd./år: 11 / 83.

**KORNFORDDELING**

OPPDRAG  
3615

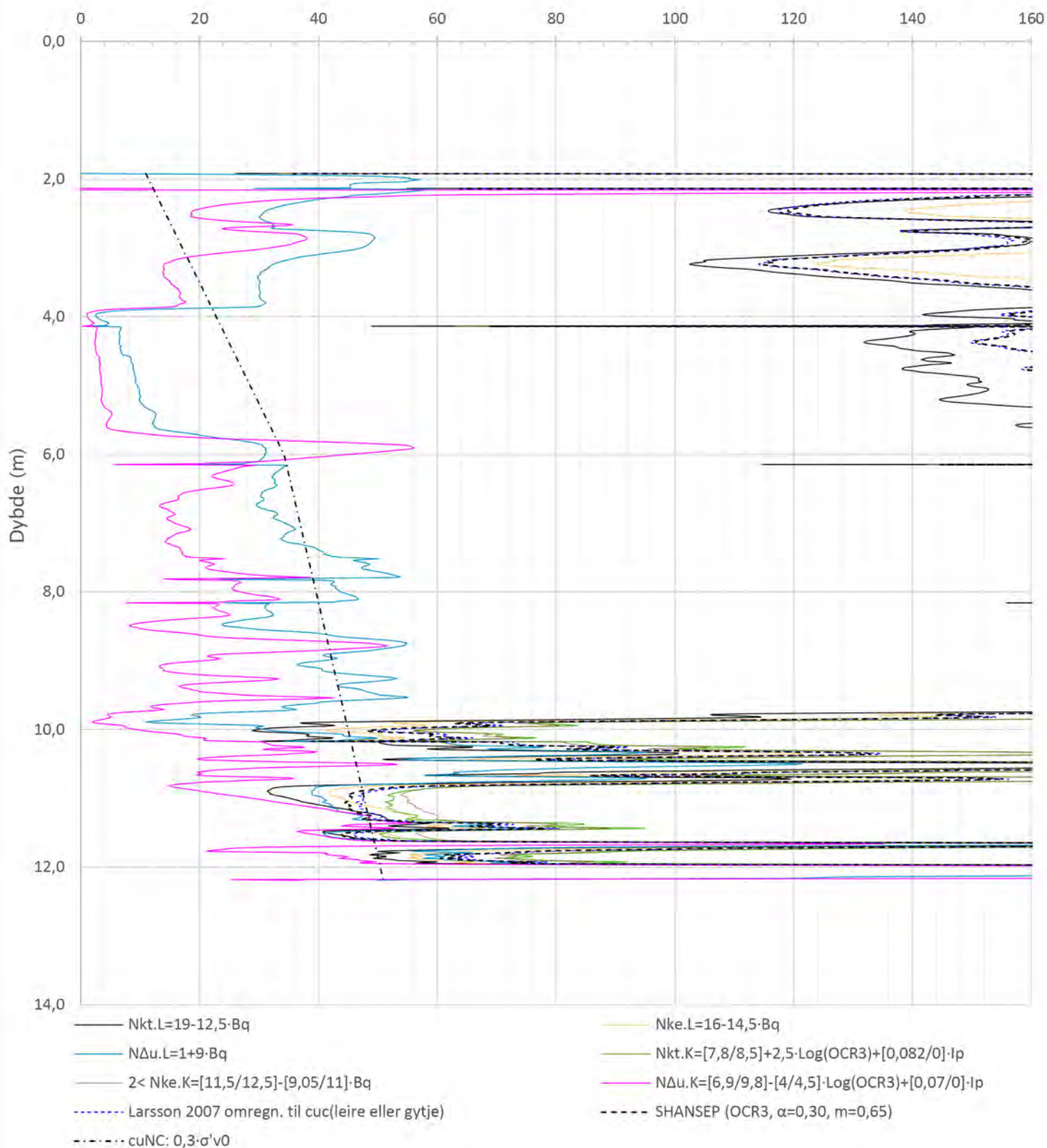
BILAG  
14

TEGN. NR.  
14



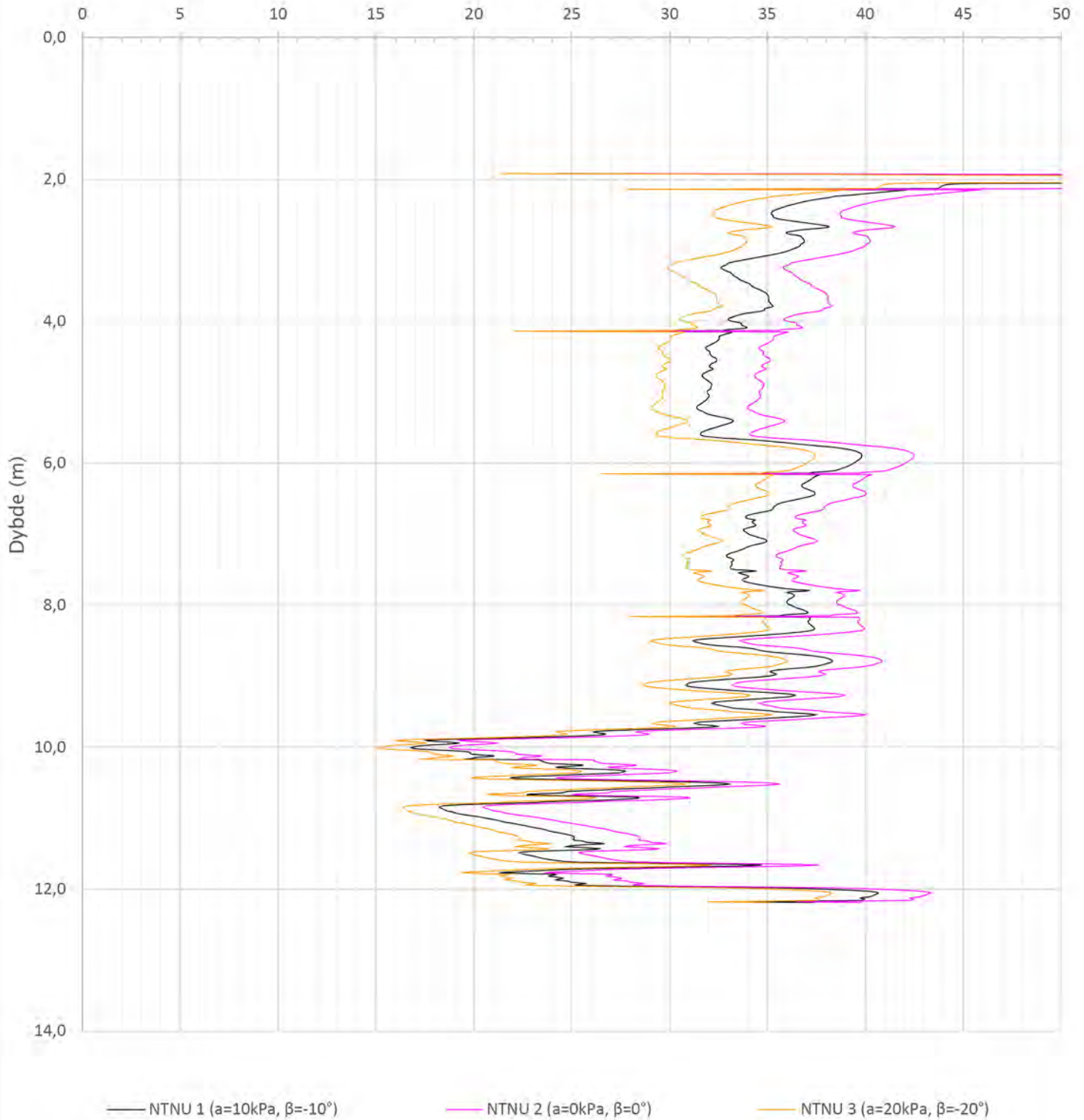
Prosjekt <b>ACH Ballangen</b>		Prosjektnummer: 52201297		Borhull <b>1</b>
Innhold Måledata og korrigerte måleverdier				Sondennummer <b>51213</b>
	Utført <b>KerSch</b>	Kontrollert <b>GreWia</b>	Godkjent <b>KerSch</b>	Anvend.klasse <b>1</b>
	Oppdragsgiver ACH Operating Company AS	Dato sondering <b>2022-01-11</b>	Revisjon Rev. dato	Figur <b>3</b>

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



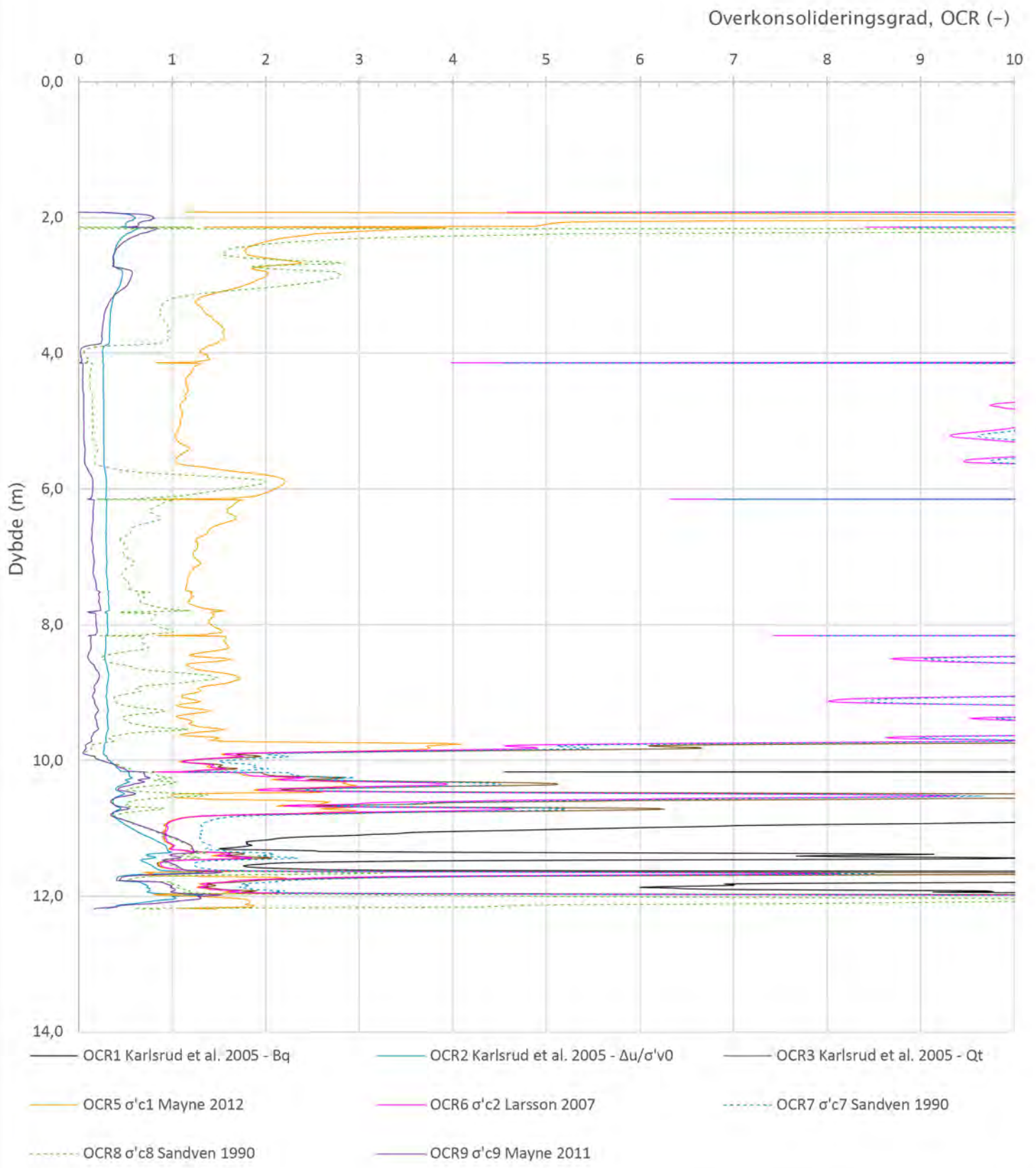
Prosjekt			Prosjektnummer: 52201297		Borhull
<b>ACH Ballangen</b>					<b>1</b>
Innhold					Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet					<b>51213</b>
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	KerSch	GreWia	KerSch	<b>1</b>	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	ACH Operating Company AS	2022-01-11	Rev. dato	<b>5</b>	

Friksjonsvinkel,  $\phi$  (°)  
attraksjon, a (kPa)

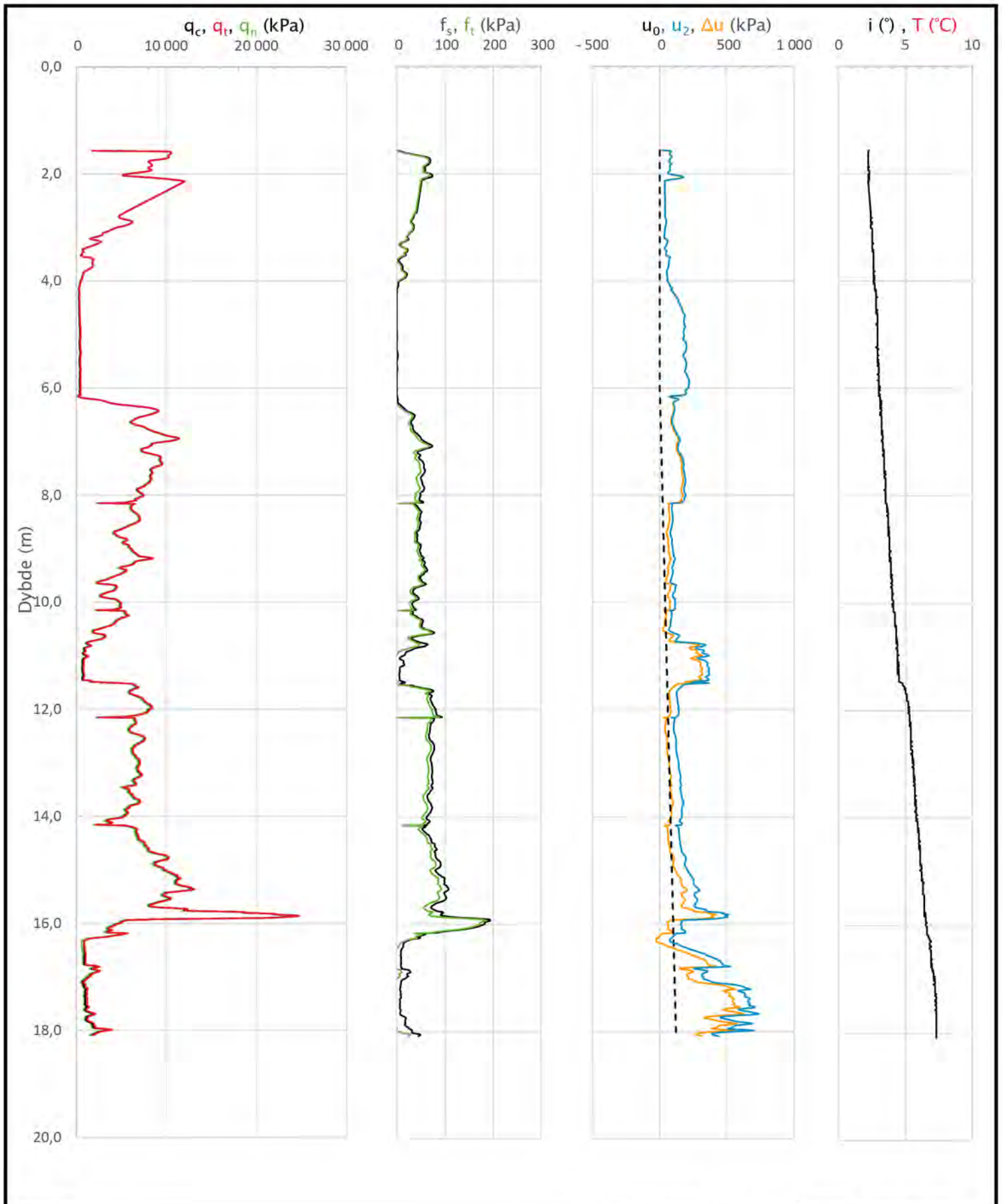


Prosjekt <b>ACH Ballangen</b>			Prosjektnummer: 52201297	Borhull <b>1</b>
Innhold Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon			Sondennummer <b>51213</b>	
Norconsult 	Utført <b>KerSch</b>	Kontrollert <b>GreWia</b>	Godkjent <b>KerSch</b>	Anvend.klasse <b>1</b>
	Oppdragsgiver ACH Operating Company AS	Dato sondering <b>2022-01-11</b>	Revisjon Rev. dato	Figur <b>6</b>





Prosjekt			Prosjektnummer: 52201297	Borhull
<b>ACH Ballangen</b>				<b>1</b>
Innhold				Sondennummer
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>51213</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	KerSch	GreWia	KerSch	<b>1</b>
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur
	ACH Operating Company AS	2022-01-11	Rev. dato	<b>8</b>



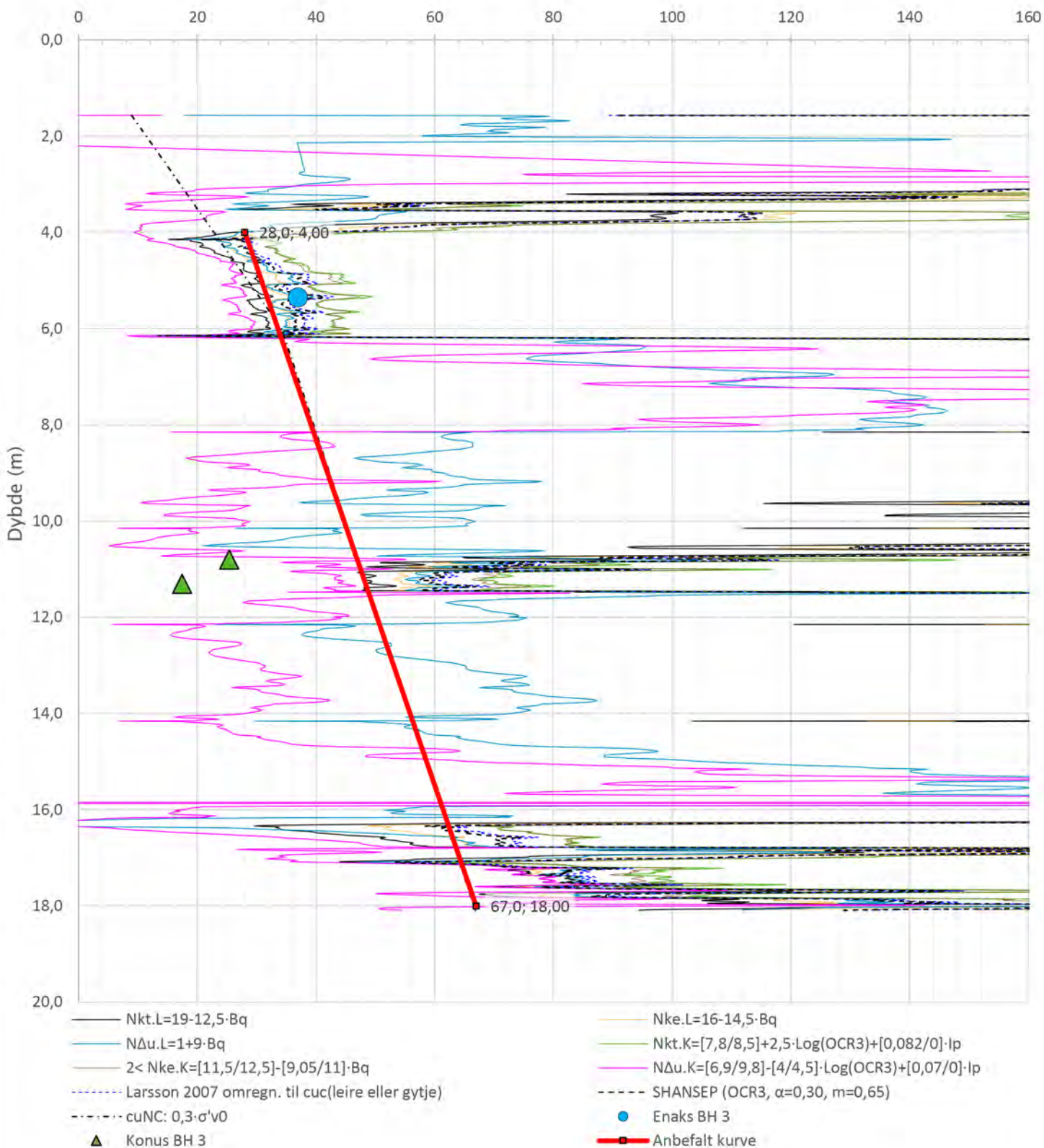
Prosjekt		Prosjektnummer: 52201297		Borhull	Kote +10,25
<b>ACH Ballangen</b>				<b>3</b>	
Innhold				Sondennummer	
Måledata og korrigerte måleverdier				<b>51213</b>	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	KerSch	GreWia	KerSch	<b>1</b>	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	ACH Operating Company AS	2022-01-25	Rev. dato	<b>3</b>	

Anisotropiforhold i figur:

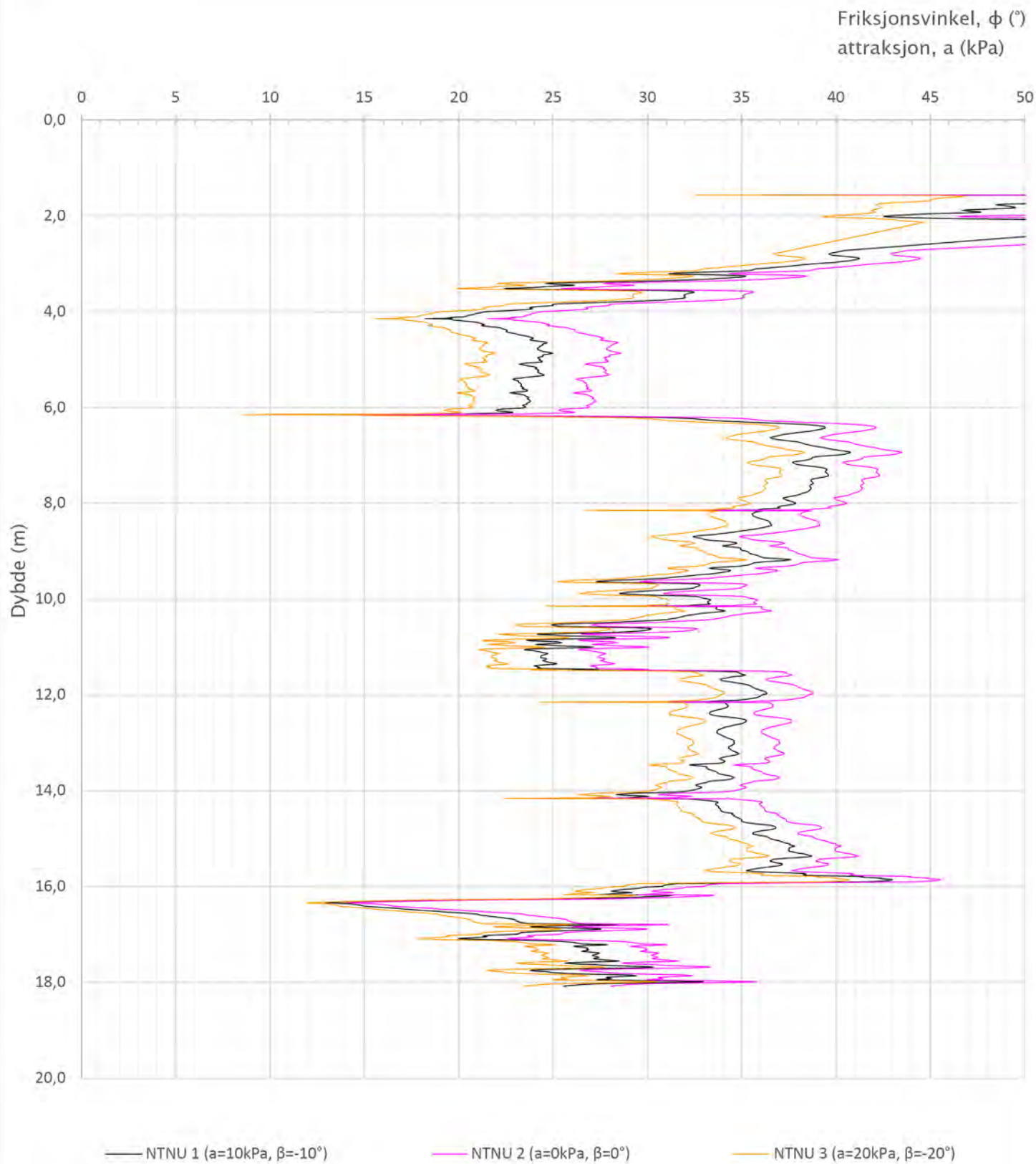
Enaks BH 3:  $c_{uc}/c_{ucptu} = 0,630$

Konus BH 3:  $c_{ufc}/c_{ucptu} = 0,630$

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)

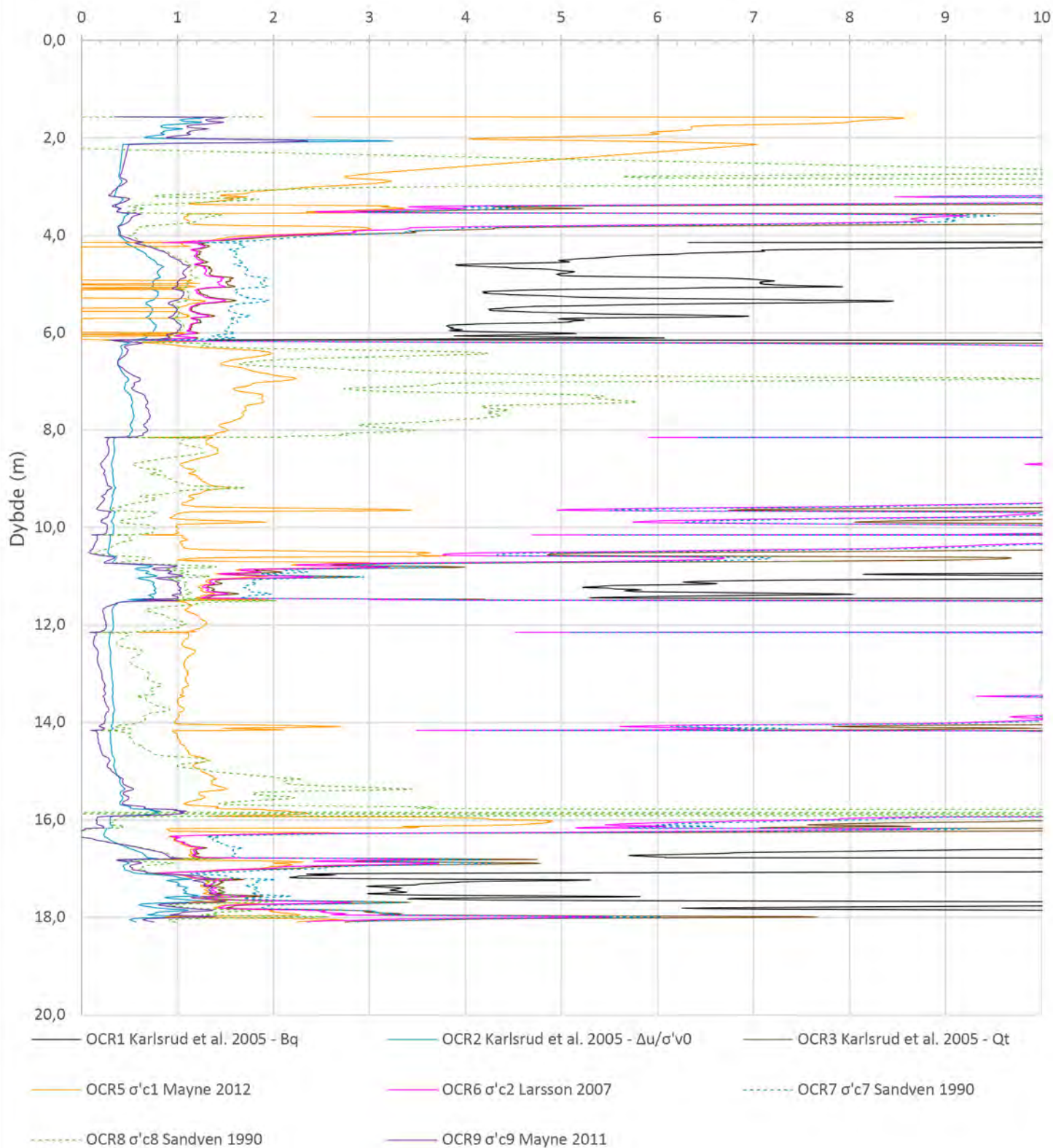


Prosjekt		Prosjektnummer: 52201297		Borhull	Kote +10,25
<b>ACH Ballangen</b>				<b>3</b>	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>51213</b>	
Norconsult	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	1
	KerSch	GreWia	KerSch		
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	5
	ACH Operating Company AS	2022-01-25	Rev. dato		

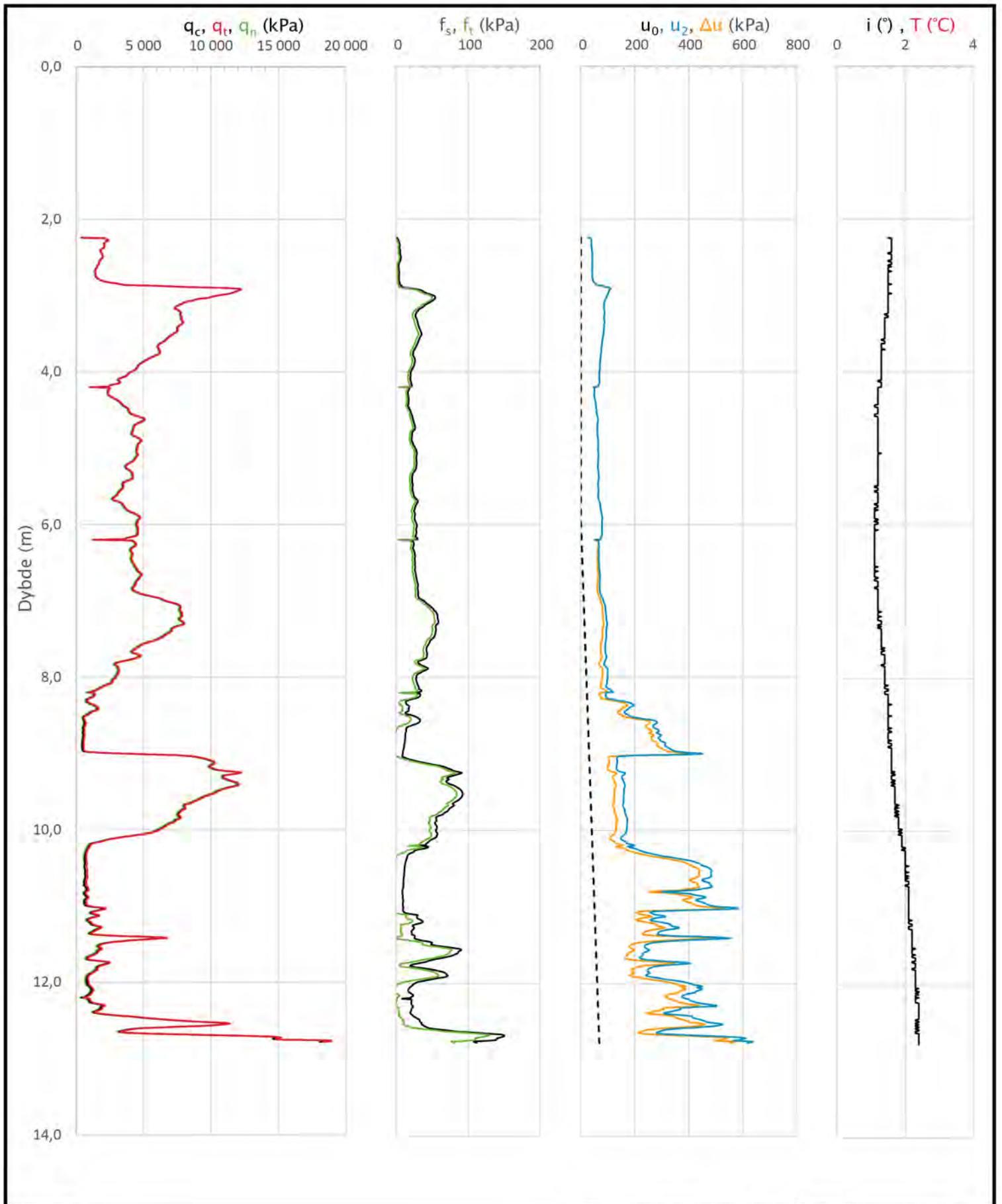


Prosjekt <b>ACH Ballangen</b>		Prosjektnummer: 52201297		Borhull <b>3</b>	Kote +10,25
Innhold Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				Sondennummer <b>51213</b>	
	Utført <b>KerSch</b>	Kontrollert <b>GreWia</b>	Godkjent <b>KerSch</b>	Anvend.klasse <b>1</b>	
	Oppdragsgiver ACH Operating Company AS	Dato sondering <b>2022-01-25</b>	Revisjon Rev. dato	Figur <b>6</b>	

Overkonsolideringsgrad, OCR (-)

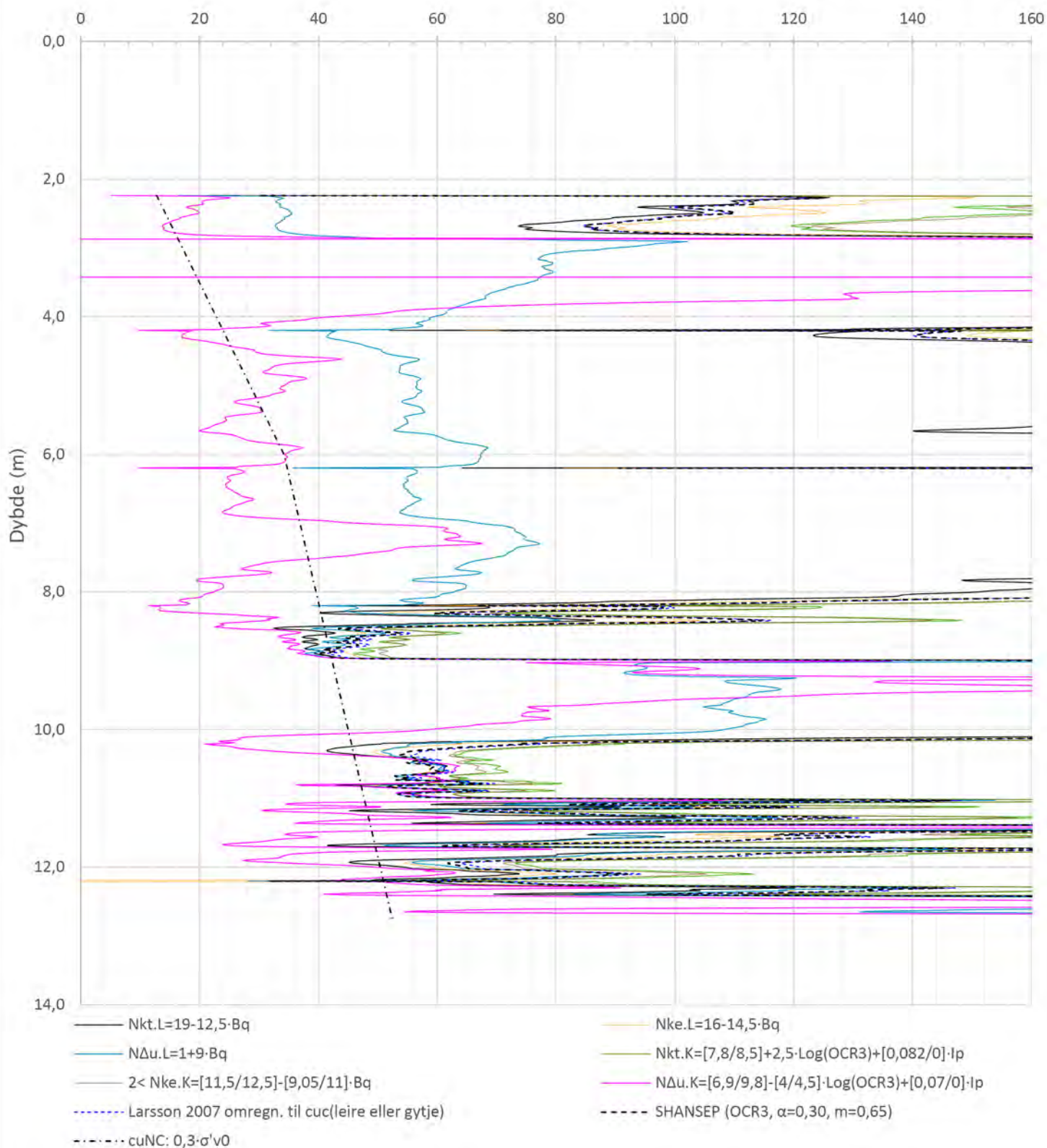


Prosjekt			Prosjektnummer: 52201297	Borhull	Kote +10,25
<b>ACH Ballangen</b>				<b>3</b>	
Innhold			Sondennummer		
Overkonsolideringsgrad, OCR			<b>51213</b>		
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	KerSch	GreWia	KerSch	<b>1</b>	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	ACH Operating Company AS	2022-01-25	Rev. dato	<b>8</b>	

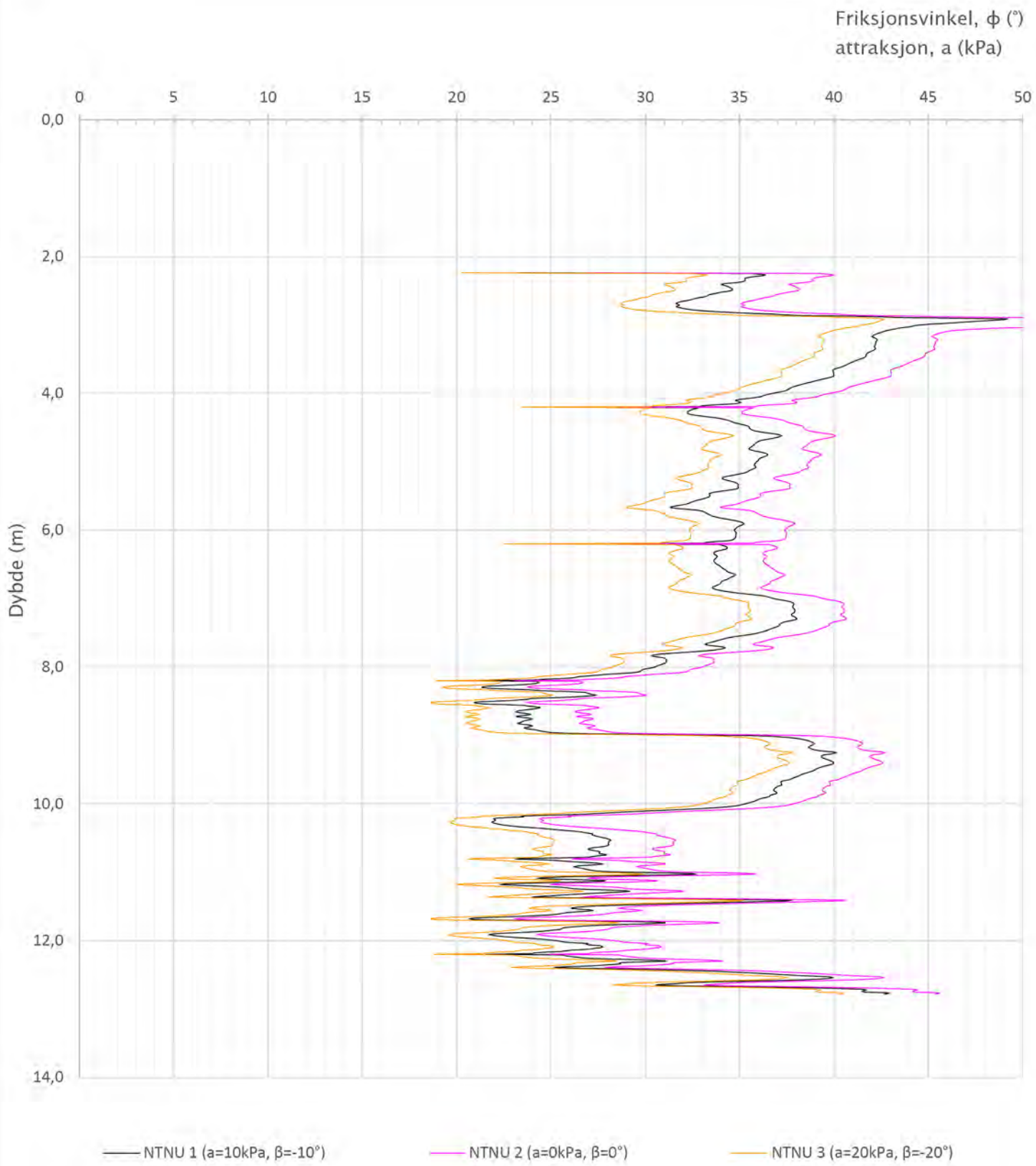


Prosjekt		Prosjektnummer: 52201297		Borhull	Kote +8,71
<b>ACH Ballangen</b>				<b>17</b>	
Innhold				Sondenummer	
Måledata og korrigerte måleverdier				<b>51213</b>	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	KerSch	GreWia	KerSch	<b>1</b>	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	ACH Operating Company AS	2022-01-25	Rev. dato	<b>3</b>	

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



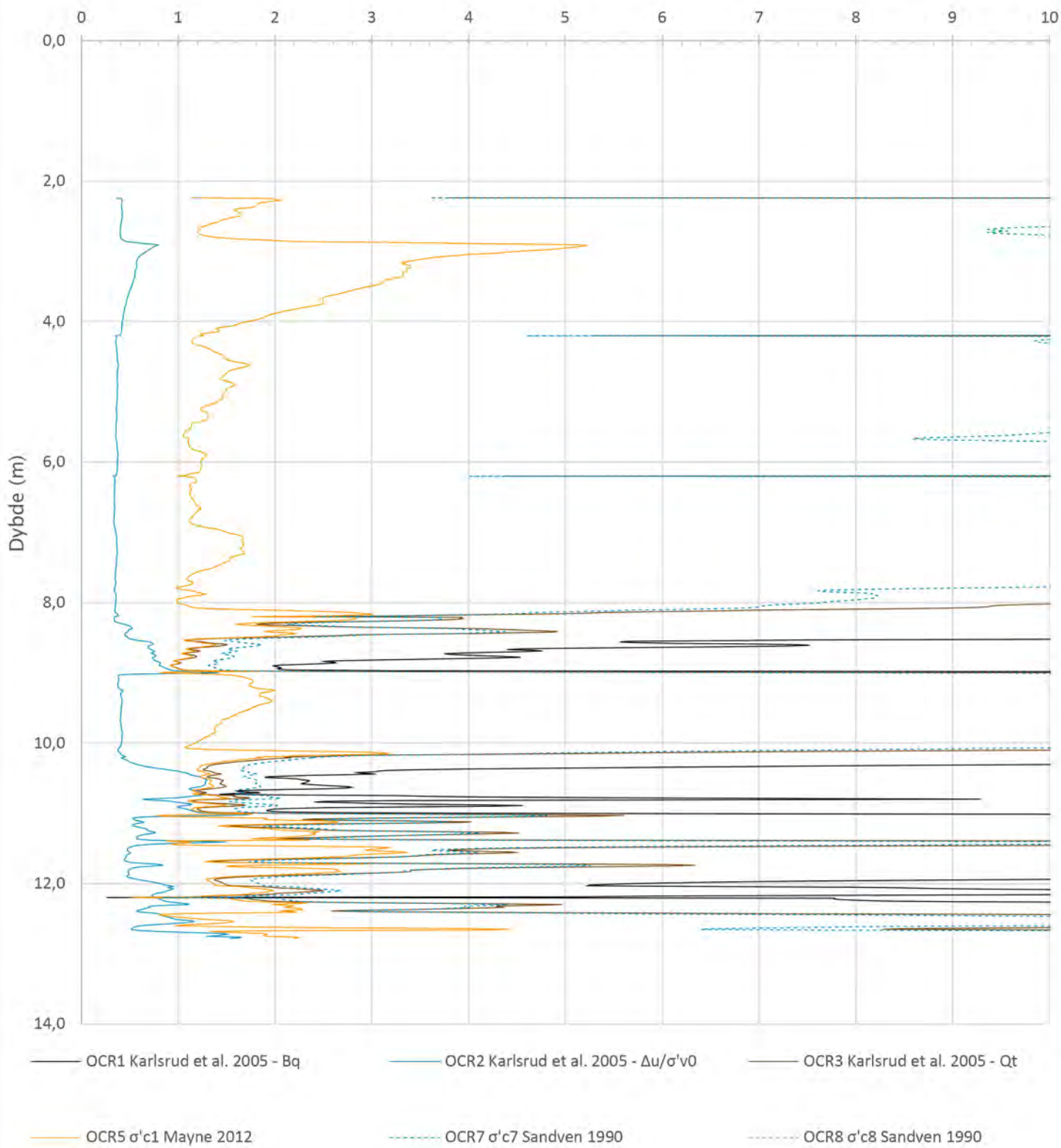
Prosjekt		Prosjektnummer: 52201297		Borhull	Kote +8,71
<b>ACH Ballangen</b>				<b>17</b>	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>51213</b>	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	KerSch	GreWia	KerSch	1	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	ACH Operating Company AS	2022-01-25	Rev. dato	5	



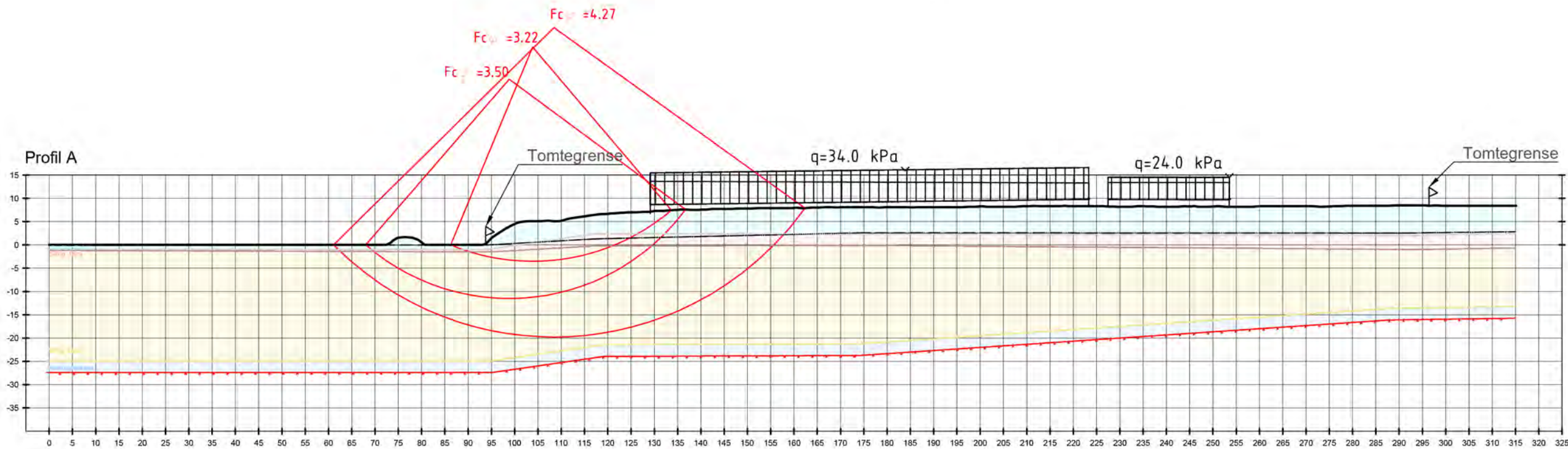
Prosjekt		Prosjektnummer: 52201297		Borhull	Kote +8,71
<b>ACH Ballangen</b>				<b>17</b>	
Innhold				Sondennummer	
Tolkning av friksjonsvinkel og attraksjon				<b>51213</b>	
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	KerSch	GreWia	KerSch	<b>1</b>	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	ACH Operating Company AS	2022-01-25	Rev. dato	<b>6</b>	



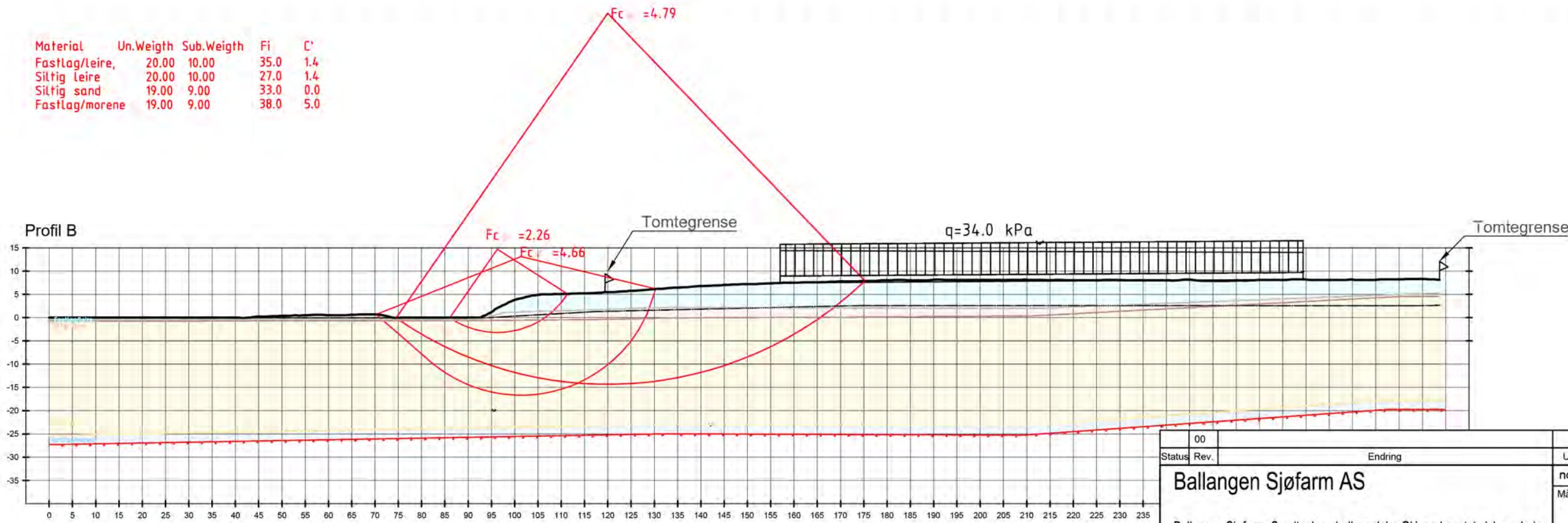
Overkonsolideringsgrad, OCR (-)




Prosjekt		Prosjektnummer: 52201297		Borhull	Kote +8,71
<b>ACH Ballangen</b>				<b>17</b>	
Innhold				Sondennummer	
Overkonsolideringsgrad, OCR				<b>51213</b>	
Norconsult 	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse	
	KerSch	GreWia	KerSch	<b>1</b>	
	Oppdragsgiver	Dato sondering	Revisjon	Figur	
	ACH Operating Company AS	2022-01-25	Rev. dato	<b>8</b>	

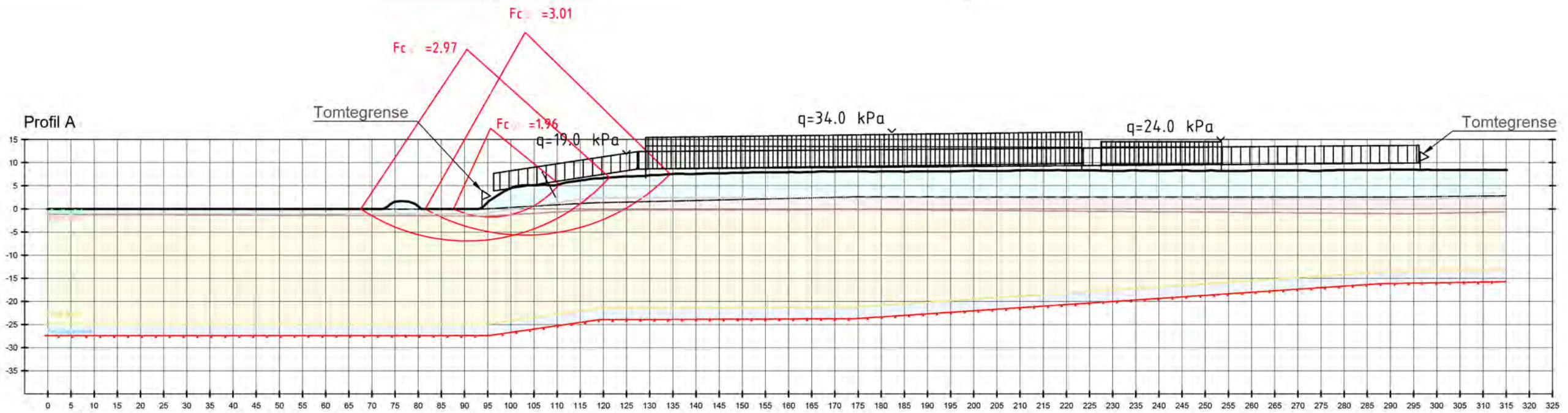


Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'
Fastlag/leire,	20.00	10.00	35.0	1.4
Siltig leire	20.00	10.00	27.0	1.4
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	0.0
Fastlag/morene	19.00	9.00	38.0	5.0

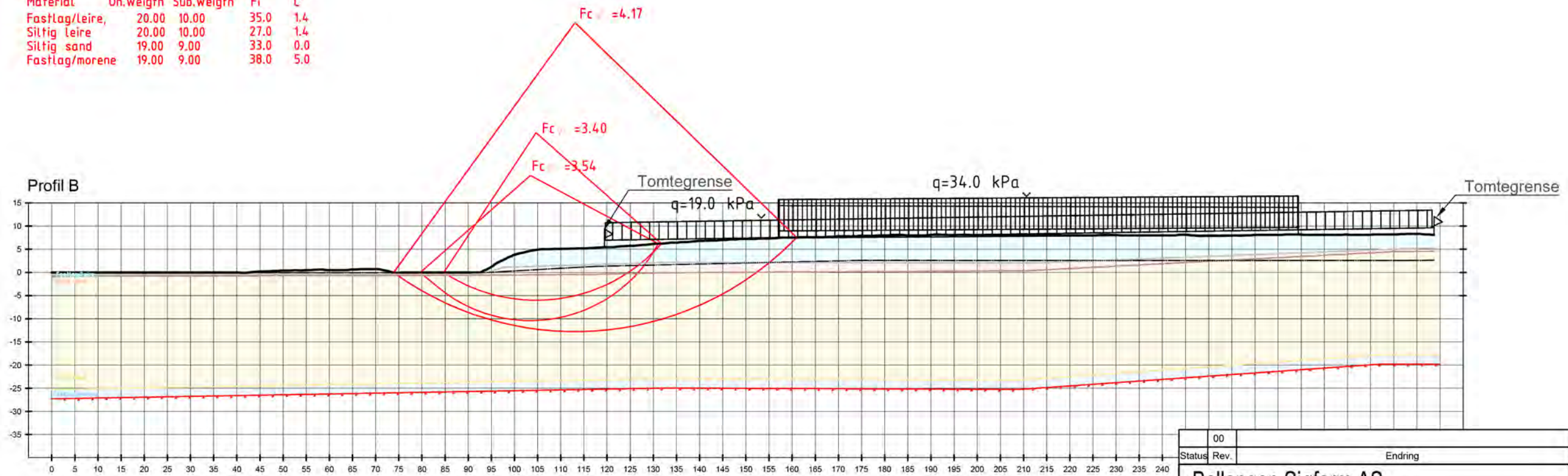


Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C'
Fastlag/leire,	20.00	10.00	35.0	1.4
Siltig leire	20.00	10.00	27.0	1.4
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	0.0
Fastlag/morene	19.00	9.00	38.0	5.0


00	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
Status	Rev.	noliuv	noham	nomarp	04.05.2021
Ballangen Sjøfarm AS		Målestokk	Format		
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering		1:1000	_ISO-A3		
Geoteknisk grunnundersøkelse		Oppdragsleder: Martin Dyhrberg Pettersen			
Stabilitetsberegning med dimensjonerende last Profil A og profil B		Oppdragsnr. 10221498			
SWECO 		Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF.: 76 96 56 80 FAX.:		G	111	A	00



Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'
Fastlag/leire,	20.00	10.00	35.0	1.4
Siltig leire	20.00	10.00	27.0	1.4
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	0.0
Fastlag/morene	19.00	9.00	38.0	5.0



Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C'
Fastlag/leire,	20.00	10.00	35.0	1.4
Siltig leire	20.00	10.00	27.0	1.4
Siltig sand	19.00	9.00	33.0	0.0
Fastlag/morene	19.00	9.00	38.0	5.0

00	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
Status	Rev.	noliuv	noham	nomarp	04.05.2021
Ballangen Sjøfarm AS		Målestokk	Format		
Ballangen Sjøfarm, Smoltanlegg ballangseira GU med geoteknisk vurdering		1:1000	_ISO-A3		
Geoteknisk grunnundersøkelse		Oppdragsleder:	Martin Dyhrberg Pettersen		
Stabilitetsberegning med 1 m fylling Profil A og profil B		Oppdragsnr.	10221498		
SWECO 		Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
SWECO Norge AS DRONNINGENSGATE 52, 8517 NARVIK TLF.: 76 96 56 80 FAX.:		G	112	A	00

### Seismiske laster er generert fra jordskjelv soneringskart v.1.0.2019\*

\* *Seismic Zonation and Earthquake loading for Norway and Svalbard; Load estimates based for Eurocode 8 applications*

Dato:	2022-08-22
Klokkeslett:	12:14:43
Bruker-id:	Thanh Ngan Nguyen
Rapport sendes til:	thanh.ngan.nguyen@norconsult.com
Data er generert for geografisk lokasjon:	8RPJ+97 Bálák, Norway 68.3359° N; 16.8307° E
Seismisk grunnakselerasjon er generert for:	Berg, $v_s = 1200$ m/s
Prosjektnavn / Utbygger:	52201297 Aker Clean Hydrogen / Aker Clean Hydrogen Operating Company AS
Verdiene er gyldig innenfor 500 m radius rundt geografisk lokasjon. For utvidet område eller lavere sannsynligheter, kontakt:	soneringskart@norsar.no
Bekrefter bruk av data kun på angitt lokasjon / prosjekt:	Ja

### Seismisk grunnakselerasjon, Berg, 5 % dempet

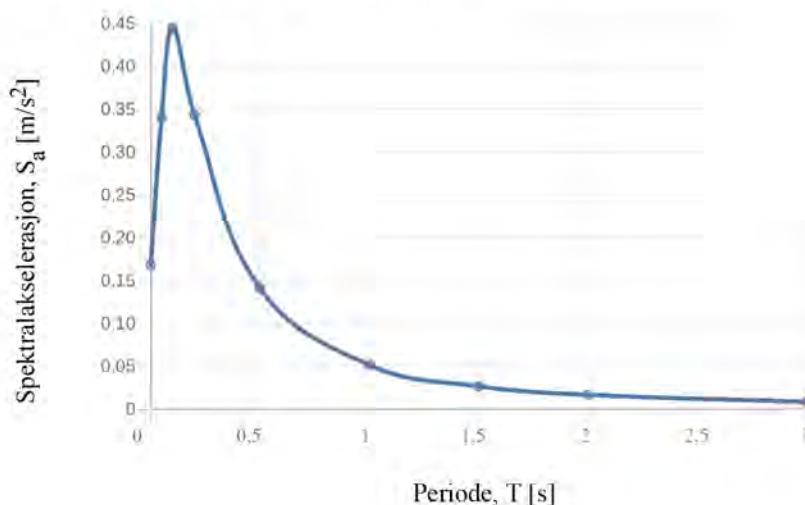
Dimensjonerende grunnakselerasjon er definert som:

$$a_g = \text{seismisk faktor} * a_{gR} = \text{seismisk faktor} * 0.8 * a_{g40Hz}$$

Beregnet verdi for seismisk grunnakselerasjon  $a_{gR}$ : 0.1681 m/s<sup>2</sup>

Verdiene for horisontal seismisk akselerasjon ( $S_a$ ), 5% dempet, er vist som funksjon av perioden T i tabellen og grafen (seismisk responspektrum). Eurokode 8 spektrum kan beregnes ut fra  $a_{gR}$ . Seismisk grunnakselerasjon er basert på berggrunn med  $v_s > 800$  m/s ( $v_s = 1200$  m/s) og beregnet for returperiode av 475 år (overskridelsessannsynlighet på 10% over 50 år).

T[s]	$S_a$ [m/s <sup>2</sup> ]
<b>PGA</b>	<b>0.1681</b>
0.05	0.3401
0.1	0.4445
0.2	0.3433
0.5	0.1411
1.0	0.0514
1.5	0.0266
2.0	0.0167
3.0	0.0086



Seismiske laster generert for oppgitt geografisk lokasjon er basert på siste versjon av jordskjelv soneringskart (v.1.0.2019). Tabellen over angir berggrunnens akselerasjon som forventes å bli overskredet over en tidsperiode på 475 år (overskridelsessannsynlighet på 10% over 50 år).

NORSARs tjenester og produkter for seismisk fare har blitt utviklet innenfor et probabilistisk rammeverk, jfr. disclaimer i vedlagte *Executive Summary*. Bruker av data må gjøre seg kjent med disclaimer.



Executive Summary v.1.0.2021

# NEW SEISMIC ZONATION MAP

January 2021

---

NORSAR



**NORSAR**

info@norsar.no  
www.norsar.no

**NORSAR**

## **Disclaimer**

This report represents an executive summary of the comprehensive work that has been undertaken in the recent years to produce the new seismic zonation map for Norway and Svalbard, as verified by international experts within the relevant fields.

NORSAR's services and products concerning seismic hazards have been developed within a probabilistic framework. NORSAR may not be held liable for any claims, damages or losses which in any way is connected to reliance upon NORSAR's services or products concerning seismic hazards of any sort, including but not limited to earthquakes, landslides, avalanches or movement in rock massifs housing or supporting infrastructure and possible consequences of such events. The limitation also applies to any claims, damages or losses any party might have as a result of reduced activity, interest in, or value of assets affected by NORSAR's indications and/or estimates of seismic hazards, regardless of whether the indications/estimates are accurate or not.

## **Executive summary**

Probabilistic seismic hazard studies are estimating the maximum ground shaking intensity at given probability levels or return periods. Such hazard estimates may be used as basis for design or in risk analyses for the purpose of protecting life, health, environment, and investments.

The present investigations and analyses with resulting seismic loading for Norway and the Svalbard archipelago have been conducted with the aim of substituting the 20-year-old results documented by NORSAR and NGI (1998). Until today, the hazard maps from 1998 are used for the selection of design basis onshore Norway under the EC8 National Annex (NS-EN 1998-5:2004+NA:2014). The studies have applied the Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) methodology, however the results obtained in the present investigation deviate significantly from the NORSAR and NGI (1998) results. Most importantly, this is due to:

### **Improved earthquake event observations and enhanced earthquake catalogue**

A complete review and revision of the existing historical earthquake catalogue was conducted, from the first historical reports to the latest small magnitude instrumental locations. Many erroneous reports were removed or corrected, mainly through detailed analysis, but also through global parametrized processing. For example, small on-shore day-time events suspected to be man-made explosions were removed. This process leads to a homogenized earthquake catalogue that contains data until the end of 2018 (latest instrumental data), covering both onshore and offshore earthquake activity. The enhanced earthquake event database was the basis for the quantification of the seismicity, starting with computation and determination of seismic hazard parameters: completeness (time-magnitude) and earthquake size distribution.

### **New development and improvement in the PSHA related methodologies and tools**

The development of the new seismic zonation map has involved the implementation of several methodologies and analysis steps that have been improved significantly since 1998. Available software solutions have also improved significantly, leading to more sophisticated modelling of earthquake events. The resulted new seismic zonation was obtained for a specific reference horizon adequate for the concept of a well-defined shear-wave velocity profile ( $V_{s30}$ , time-averaged shear-wave velocity to 30 m depth), a concept that was not incorporated in 1998.

Because of the relatively low and disperse seismic activity in most of the regions of Norway, a number of larger mega-zones were defined from southern Norway to northern Spitsbergen, and for each of these zones the completeness and earthquake size distribution were established using a variety of statistical methods.

A vital part of the investigation was put into a review of the known geology (geological structures and mapped faults) and the historical and contemporary seismicity was merged into a regional seismotectonic concept. This concept is implicit in the definition of zones and mega-zones, and it expresses the various expert judgements and the quantification of the final computational model. The final combined hazard has been modelled with the aim to capture the inherent epistemic uncertainty of future earthquake locations.

Using the zonation free method, which was not possible in 1998, the geographical distribution of the seismicity and the earthquake recurrence within each zone are mapped in a grid, where the

seismic activity rates, the earthquake size distribution scaling and the maximum magnitude are individually computed for each geographical grid point.

Since 1998, significant developments in spectral attenuation (Ground Motion Prediction Equations– GMPE) have taken place. As of 2018, about 750 different GMPEs have been developed from the observation of earthquake shaking intensities as function of magnitude, distance, and frequency. Due to the important influence on the hazard results that the GMPE relations exert, four different relations, identified as the most appropriate and representative of the tectonic environment for Norway, have been used to do the computations in a logic tree setup. In doing so, the significant epistemic uncertainties in such prediction models are taken into account. In addition, a vital piece of information on subsurface shear wave velocities in Norway was brought forward by the Norwegian Geological Survey (NGU) obtained from more recent crustal drilling. Analysis of the data from these drillholes recommended and justified the use of 1200 m/s as the reference shear wave velocity for Norwegian competent rock sites.

The final hazard results are provided as equal hazard response spectra in terms of spectral acceleration for rock sites ( $V_s = 1200$  m/s) for 5 % damping corresponding to 10 % in a 50-year exceedance probability.

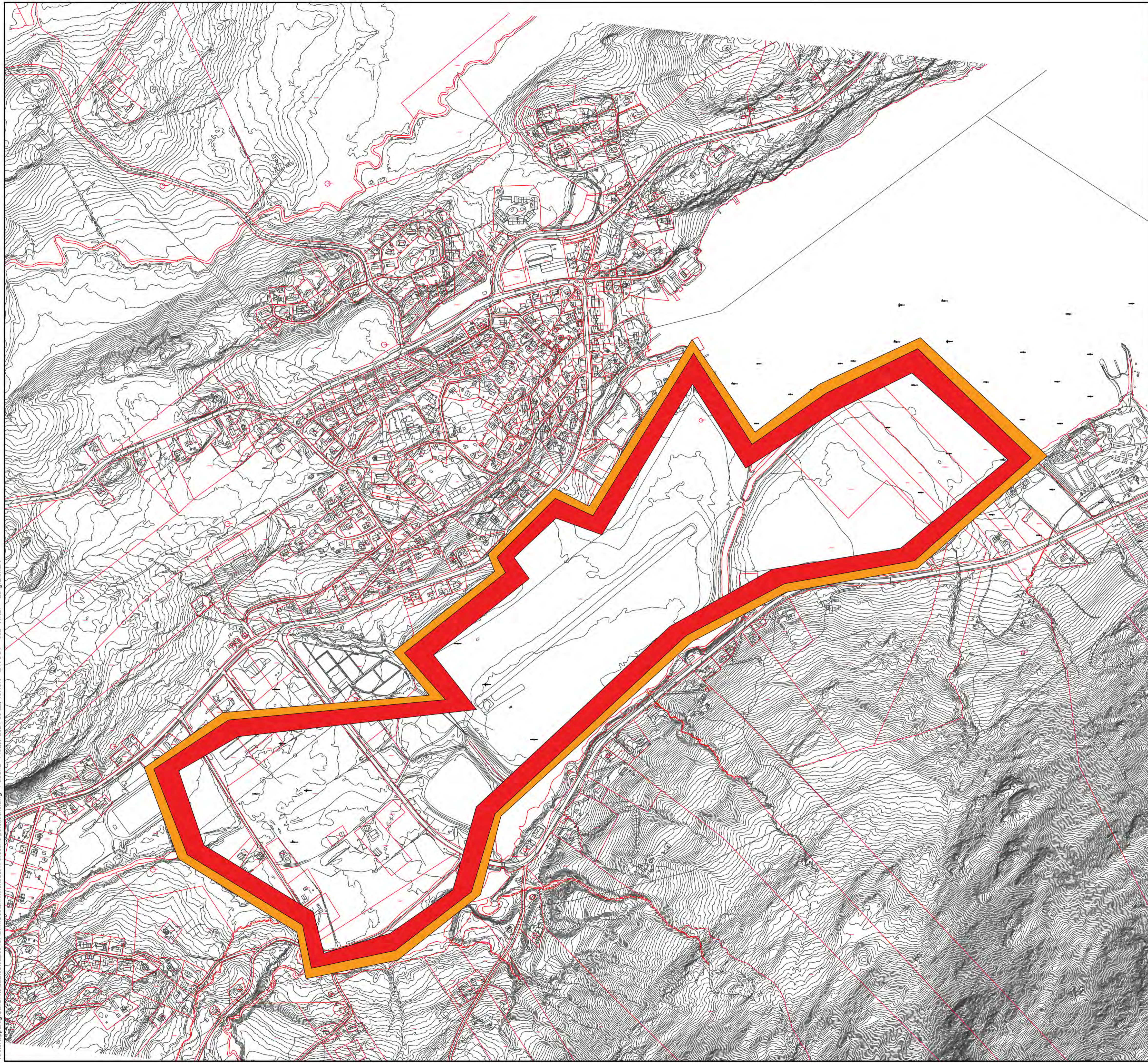
#### **A note regarding application**

The results provided through the present investigations and analyses have been obtained using a reference shear wave velocity of 1200 m/s. This is in line with the assumption made in EC8, where the shear wave velocity for rock sites is defined as  $V_s > 800$  m/s. The application of the results within the EC8 context should take the following into account:

The current practice of reading acceleration (PGA proxy, or  $a_{g40Hz}$ ) from the zonation maps and modifying that value with a reduction factor of 0.8 for identification of true PGA shall not be done since true PGA is now directly obtained in the present study, i.e. the new developed seismic zonation map. The report is directly providing ground acceleration  $a_{gR}$ .







**FORKLARINGER**

- Utløpsområde for rotasjonsskred
- Løsneområde for rotasjonsskred

X:\nor\opproddrag\Samokvake\2024\52205\107\BIM\Geoteknikk\Modell\Faresone\potensial.dwg - PauCha - Plottet: 2024-05-22, 13:48:4 - LAYOUT = 002 - XREF = 2D-grunntkart

Z01	2024-05-22	Løsneområde	PauCha	KerSch	SIPla
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 utstrækning enn formålet tilsier.

**Aker Horizons AS** Målestokk (gjelder A1)  
**1:4000**

**Ballangleira: Zoning Plan**

Utløpsområde for rotasjonsskred  
Løsneområde for rotasjonsskred

<b>Norconsult</b>	Oppdragsnummer 52205107	Tegningsnummer 002	Revisjon Z01
-------------------	----------------------------	-----------------------	-----------------