

# NOTEBY AS

Rådgivende ingeniører MRIF

**NVE, Region Midt-Norge**

**Broskitbekken, Stiklestad, Verdal  
Forbygningsprosjekt**

**Grunnundersøkelser  
Geoteknisk vurdering**

**23. mars 2001**

**300526 – 1**



MULTICONSULT • NOTEBY • MULTICONSULT GEAS

# Rapport

Oppdragsgiver: **NVE, Region Midt-Norge**

Oppdrag: **Broskitbekken, Stiklestad, Verdal  
Forbygningsprosjekt**

Emne: **Grunnundersøkelser  
Geoteknisk vurdering**

Dato: **23. mars 2001**

Rev. - Dato

Oppdrag- /  
Rapportnr. **300526 - 1**

Oppdragsansvarlig: **Olav Årbogen**

Sign.: 

Saksbehandler: **Odd Arne Fauskerud**

Sign.: 

Kontaktperson  
hos Oppdragsgiver: **Mads Johnsen**

## Sammendrag:

I forbindelse med vurdering av mulige forbygningsprosjekter i Verdal er Noteby engasjert for å gjøre grunnundersøkelser. I denne rapporten presenteres resultatene fra undersøkelsen utført ved Broskitbekken ved Stiklestad i Verdal. I rapportens siste del gis en orienterende stabilitetsvurdering av området sammen med en vurdering av aktuelle tiltak(forbygning).

Området er preget av en mektig avsetning med marin leire. Under et lag med tørrskorpeleire er det påvist leire og delvis kvikkleire til stor dybde. Det er antatt kvikkleiremektigheter på opptil 10 m.

Det er ikke utført stabilitetsberegninger, men det antas at skråningene enkelte steder står med lav sikkerhet mot utglidning. Videre kan det ikke utelukkes at initialras utløst i bekkedalen kan blottlegge kvikkleirelinser inne i skråningene. Dermed vil raset kunne gripe bakover og true større deler av de omkringliggende arealene.

Topografien og grunnforholdene i det undersøkte området langs Broskitbekken varierer, og det er antatt at forbygning kan begrenses til angitte områder med registrert erosjons- og rasaktivitet. Vi tilrår en generell heving av bekkeløpet med ca. 1 m, samt plastring/steinsetting av dalsidene i nærmere angitte deler av bekken. Omfanget må tilpasses lokale topografiske forhold langs bekkeløpet.

Heving av bekkeløpet og plastring som beskrevet, vil ikke forbedre overflatestabiliteten oppe i dalsidene i vesentlig grad. Det må derfor fremdeles påregnes noe overflateaktivitet i skråningene.

Detaljutforming, dimensjonering og bestemmelse av endelig utstrekning for tiltakene overlates til NVE.

## Innholdsfortegnelse

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 1.  | Innledning.....                        | 3 |
| 2.  | Utførte undersøkelser .....            | 3 |
| 2.1 | Feltundersøkelser.....                 | 3 |
| 2.2 | Laboratorieundersøkelser.....          | 3 |
| 3.  | Terreng og grunnforhold.....           | 3 |
| 4.  | Orienterende geoteknisk vurdering..... | 4 |
| 4.1 | Stabilitet.....                        | 4 |
| 4.2 | Tiltak (forbygning) .....              | 5 |
| 5.  | Sluttkommentar .....                   | 5 |

## Tegninger

|                 |                       |             |
|-----------------|-----------------------|-------------|
| 4000-1D og -2D: | Geoteknisk bilag      |             |
| 300526 -0:      | Oversiktskart         |             |
| -1:             | Borplan               | M= 1:50 000 |
| -10:            | Geotekniske data, PR1 | M= 1: 5 000 |

## Vedlegg

|            |  |
|------------|--|
| Vedlegg 1: | Utskrifter av sonderingsresultater, borpunkt 1-3 |
| Vedlegg 2: | Utskrifter og tolkning av CPTU-sondering         |

## 1. Innledning

I forbindelse med vurdering av mulige forbygningsprosjekter i Verdal er Noteby engasjert for å gjøre grunnundersøkelser. I denne rapporten presenteres resultatene fra undersøkelsen utført ved Broskitbekken ved Stiklestad i Verdal. I rapportens siste del gis en orienterende stabilitetsvurdering av området sammen med en vurdering av aktuelle tiltak(forbygning).

## 2. Utførte undersøkelser

### 2.1 Feltundersøkelser

Utsetting av borpunkter for sondering og prøvetaking ble gjort under befaring 13.11.00 ved vår geotekniker Olav Årbogen, sammen med Martin Jespersen og Joar Storholmen, begge NVE.

Feltarbeidet ble utført under ledelse av vår borleder Olav Bakken i uke 8 og 10/01. Borplanen på tegning 300528-1 viser plassering av sonderings- og prøvetakingspunkter og omfatter:

- Dreietrykkssondering i tre punkter (1, 2 og 3). Sonderingsdybde ca 26 m i borhull 1 og 2 og til ca 23,5 m i borhull 3.
- Trykksondering med poretrykksmåling (CPTU) i ett punkt (ved borpunkt 1) til 21 m dybde under terreng.
- Opptak av uforstyrrede og representative prøver fra ett borhull (ved borpunkt 2), totalt to poseprøver og fem sylindrerprøver.

Feltarbeider er beskrevet i geoteknisk bilag, tegning 4000-1D.

Utskrifter av sonderingsresultater er gitt i vedlegg 1. Utskrifter og tolkning av CPTU - sondering er gitt i vedlegg 2.

### 2.2 Laboratorieundersøkelser

Opptatte prøver er klassifisert og rutinemessig undersøkt m.h.p vanninnhold, tyngdetetthet og udrenert skjærstyrke ved vårt geotekniske laboratorium i Trondheim. Resultater fra laboratorieundersøkelsen er gitt som geotekniske data i tegning -10.

## 3. Terreng og grunnforhold

I det området vi har gjort grunnundersøkelser, renner Broskitbekken på nordsiden av riksvei 757, og vest for riksvei 759 på Stiklestad.

Bekkedalen har maksimal dybde ca 12 m og helningen på dalsidene varierer sterkt. De bratteste partiene har helning opp mot 1:1,2, mens de slakeste skråningene har helning i området 1:4-1:8 (i følge tverrprofiler tatt opp NVE). De omliggende arealene består delvis av dyrket mark og skogbruksarealer, og delvis av bebygde områder.

Bekken er lagt i rør forbi Stiklestad barneskole og gården Stiklestad, samt under RV757 og 759. Ca. 200 m oppstrøms gården Stiklestad kommer det inn en sidebekk fra delvis dyrkede

myrområder nord for hovedløpet. Denne sidebekken har sannsynligvis fått økt flomvannføring de siste årene på grunn av drenering fra jordbruksarealer.

Både oppstrøms og nedstrøms sidebekken er det registrert erosjons- og rasaktivitet i skråningene i bekkedalen. Aktivitetsnivået varierer noe langs bekkeløpet og fra borpunkt 3, og ca 200 m nedstrøms dette, er det registrert lite erosjon/rasaktivitet i dalsidene.

I følge opplysninger fra NVE er det planlagt å gjenåpne bekkeløpet forbi skolen, hovedsakelig på grunn av at bekken er i ferd med å erodere bort massene som er fylt omkring røret.

Utførte grunnundersøkelser (sonderinger og prøvetaking) viser at grunnen i det undersøkte området består av marine avsetninger (leire) til stor dybde. Under et topplag av tørrskorpeleire viser sonderingene forholdsvis homogen, siltig leire. I borpunkt 1 og 2 er det overgang til antatt kvikkleire i ca 8-9 m dybde under terreng. Laget med antatt kvikkleire har mektighet på opptil 10 m i borpunkt 2. Sonderingen i borpunkt 1 og 2 ble avsluttet i ca 26 m dybde. I borpunkt 3 er det antatt ujevnt siltig lagdelt leire (mulig sensitiv i ca 3-5 m dybde) til avsluttet boring i ca 23,6 m dybde.

Den opptatte prøveserien ved borpunkt 2 viser tørrskorpeleire under et lag med sandig matjord. I ca 3 m dybde er det påvist leire som går over i kvikkleire i ca 8-9 m dybde.

Tørrskorpeleira har vanninnhold på ca 26%. Den underliggende leira har vanninnhold i området 27-31%, udrenert skjærstyrke 21-28 kN/m<sup>2</sup>, og omrørt skjærstyrke 1-3 kN/m<sup>2</sup>. Leira klassifiseres som middels sensitiv med tendens til økende sensitivitet med dybden.

Kvikkleira har naturlig vanninnhold på 26-30%. Udrenert skjærstyrke er målt på tre prøver, men det er antatt at to av dem er noe forstyrret, slik at målt uomrørt skjærstyrke er for lav. Målt udrenert skjærstyrke i den dypeste prøven er 11-12,5 kN/m<sup>2</sup>.

Borpunkt 1 ligger ca 10 m over bekkebunnen. Overgangen til antatt kvikkleire ligger ca 9 m under terreng i dette punktet. Det vil si at dagens bekkebunn ligger under overgangen til antatt kvikkleire i borpunkt 1. I borpunkt 2 ligger overgangen til antatt kvikkleire ca 0,5 m under dagens bekkebunn.

#### 4. Orienterende geoteknisk vurdering

I dette kapitlet er det gjort en orienterende vurdering av stabilitet og behov for forbygning i området, på grunnlag av de utførte undersøkelsene og NVEs tverrprofiler (P68,5-P146).

##### 4.1 Stabilitet

Som nevnt varierer skråningshelningen i dalsidene sterkt langs bekkeløpet. Videre er det registrert varierende grad av bekkeerosjon og rasaktivitet. Det er ikke utført stabilitetsberegninger for profilene, men det antas at skråningene enkelte steder nedstrøms P120 står med lav sikkerhet mot utglidning.

Det kan ikke utelukkes at initialras utløst i bekkedalen kan blottlegge kvikkleire. Dermed vil raset kunne gripe bakover og true større deler av de omkringliggende arealene. Dette gjelder først og fremst for området nedstrøms P120 og ned til P68,5 samt et stykke oppover langs den omtalte sidebekken.

Oppstrøms P120 er det registrert betydelig mindre bekkeerosjon og rasaktivitet. Videre er skråningene i bekkedalen noe slakere i dette området. Når det samtidig tas inn i betraktningen at det ikke er registrert kvikkleire i sonderingen i borpunkt 3, er vår vurdering at stabiliteten oppstrøms P120 og opp til bekkelukkingen (P146) er tilfredsstillende i dagens situasjon.

Når det gjelder overflatestabiliteten, bør det også nevnes at det i perioder med sterk nedbør og/eller teleløsning kan utløses overflateglidninger som i sin tur kan demme opp bekken med påfølgende rasdambrudd og flomvannføring.

#### 4.2 Tiltak (forbygning)

Grunnundersøkelsen viser at overdekningen over kvikkleireforekomster kan være forholdsvis liten på utsatte steder i bekkeløpet. For å unngå at fortsatt bekkeerosjon skal utløse initialras som kan blottlegge kvikkleire, er det nødvendig å iverksette forbygningstiltak langs deler av bekkeløpet i det undersøkte området.

Vi tilrår forbygning med generell heving av bekkeløpet med ca. 1 m (oppfylling med stein) og plastring/steinsetting langsatter dalsidene for området nedstrøms P120 og ned til P68,5. Omfanget må tilpasses lokale topografiske variasjoner langs bekkeløpet.

Når det gjelder sidebekken (S04), tilrår vi tilsvarende tiltak. Utstrekningen av tiltaket må tilpasses de stedlige forhold, men foreløpig kan det antydes en strekning på ca 100 m oppstrøms fra bekkekrysset.

Som nevnt er det planlagt gjenåpning av Brokskitbekken forbi Stiklestad barneskole. Vi tilrår plastring/steinsetting av bekkebunn og sidekanter etter gjenåpning. Skråningene bør ikke tas ut brattere enn 1:2,0.

Detaljutforming, dimensjonering og bestemmelse av endelig utstrekning av tiltakene overlates til NVE.

#### 5. Sluttkommentar

De beskrevne tiltakene med heving av bekkebunn og steinsetting/plastring av dalsidene vil ikke forbedre overflatestabiliteten i de øvre delene av skråningene i nevneverdig grad. Det må derfor fremdeles påregnes noe overflateaktivitet i de bratteste skråningene. Slik overflateaktivitet vil imidlertid, etter vår vurdering, ikke utgjøre noen fare for totalstabiliteten i området.

Ved permanent endring i vannføringen i bekken, eller ved etter sterk flomvannføring, forutsettes det at tiltak vurderes på nytt i de områdene som blir stående uten tiltak i denne omgang.

Vurderingen som er gjort i denne rapporten gjelder for den undersøkte delen av Brokskitbekken (mellom P68,5 og P146). Oppstrøms og nedstrøms dette området er det ikke mulig å gjøre begrunnede vurderinger med eksisterende datagrunnlag.

Dersom det under forbygningsarbeidene påtreffes grunnforhold som avviker fra det som er beskrevet i denne rapporten, forutsettes det at geotekniker kontaktes.

Arkivreferanser:

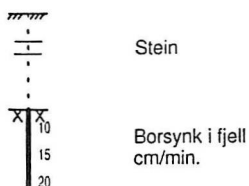
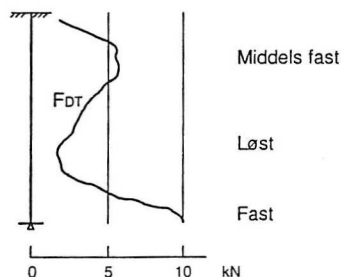
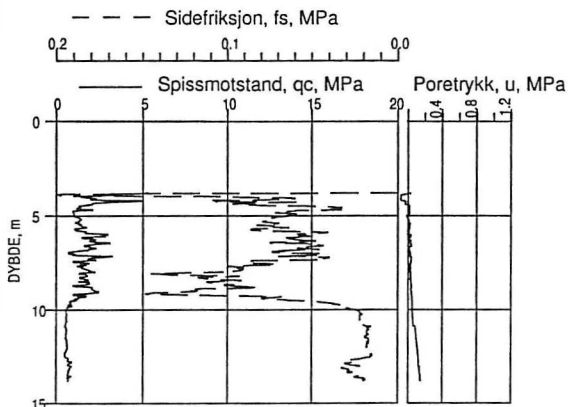
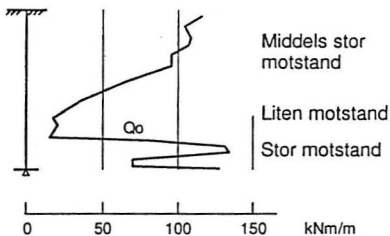
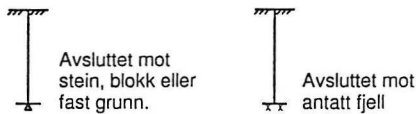
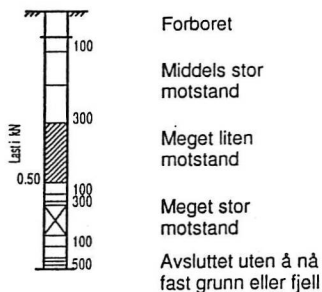
|             |  |                        |             |
|-------------|--|------------------------|-------------|
| Fagområde:  | GEO  |                        |             |
| Stikkord:   | Grunnundersøkelser, kvikkleire, forbygning |                        |             |
| Land/Fylke: | Nord-Trøndelag                             | Kartblad:              | 1722IV      |
| Kommune:    | Verdal                                     | UTM koordinater, Sone: | 32V         |
| Sted:       | Stiklestad                                 | Øst: 6260              | Nord: 70773 |

Distribusjon:

- Begrenset (Spesifisert av Oppdragsgiver)  
 Intern  
 Fri

Dokumentkontroll:

|   |             | Dokument<br>23. mars 2001 |      | Revisjon 1       |      | Revisjon 2 |      | Revisjon 3 |      |
|---|-------------|---------------------------|------|------------------|------|------------|------|------------|------|
|   |             | Dato                      | Sign | Dato             | Sign | Dato       | Sign | Dato       | Sign |
| Forutsetninger  | Utarbeidet  | 23.03.01                  | QAP  |                  |      |            |      |            |      |
|   | Kontrollert | 23.03.01                  |      |                  |      |            |      |            |      |
| Grunnlagsdata   | Utarbeidet  | 23.03.01                  | QAP  |                  |      |            |      |            |      |
|   | Kontrollert | 23.03.01                  |      |                  |      |            |      |            |      |
| Teknisk innhold   | Utarbeidet  | 23.03.01                  | QAP  |                  |      |            |      |            |      |
|   | Kontrollert | 23.03.01                  |      |                  |      |            |      |            |      |
| Format  | Utarbeidet  | 23.03.01                  | QAP  |                  |      |            |      |            |      |
|   | Kontrollert | 23.03.01                  |      |                  |      |            |      |            |      |
| Anmerkninger  |             |                           |      |                  |      |            |      |            |      |
| Godkjent for utsendelse<br>(Seksjonsleder/Avdelingsleder) |             |                           |      | Dato:<br>23/3-01 |      | Sign.:<br> |      |            |      |



### DREIESONDERING

Utføres med skjøtbare borstenger (22mm) med 30 mm skruespiss. Boret dreies med hånd- eller motorkraft under 1kN vertikallast. Nedsynkning registreres.

Bormotstanden illustreres med tverrstrek i den dybde spissen nådde for hver 100 halve omdreining. Skravur angir synkning uten dreining, påført vertikallast under synk angis på venstre side av borchullet. Kryss angir at boret ble slått ned.

### ENKEL SONDERING

Borstål slås med slegge eller bormaskin eller spyles til fast grunn (eller antatt fjell).

### RAMSONDERING

Utføres med skjøtbare borstenger (32 mm) med 38 mm spiss (6-kantet). Boret rammes med en rammeenergi på opptil 0.5 kNm. Antall slag for hver 0.5 m registreres.

Bormotstanden illustreres ved angivelse av rammearbeidet ( $Q_0$ ) pr. m neddriving.

$$Q_0 = (\text{Loddets tyngde} \times \text{fallhøyde}) / (\text{Synk pr. slag}) \text{ [kNm/m]}$$

### TRYKKSONDERING (CPT - CPTU)

Utføres ved at en sylindrisk sonde med kon spiss presses ned i grunnen med konstant hastighet 20 mm/s. Under nedpressingen måles kraften (qc) mot den koniske spissen og sidefriksjonen (fs) mot friksjonshylsen på den sylindriske delen (CPT). I tillegg kan poretrykket (u) måles på en eller flere steder langs sondens overflate (CPTU).

Målingene registreres kontinuerlig vha. en elektronisk data-logger og gir detaljert informasjon om grunnforholdene.

Resultatene kan benyttes til å bedømme lagdelinger, jordart, lagringsbetingelser og jordartens mekaniske egenskaper (styrkeegenskaper og deformasjons- og konsoliderings-egenskaper).

### DREIETRYKKSONDERING

Utføres med skjøtbare borstenger (36 mm) med utvidet sonderspiss. Borstangen presses ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant dreiehastighet 25 omdr./min.

Nedpressingskraften  $F_{DT}$  registreres automatisk og angis i kN.

### FJELLKONTROLLBORING

Utføres med skjøtbare stenger (45 mm) og med 57 mm borkrone. Det benyttes hydraulisk slagborhammer med vannspyling. Boring gjennom ulike lag (leire, grus) kan registreres, likeså gjennom større steiner.

For registrering av fjell bores flere meter i fjell. Evt. med registrering av borsynk (cm/min).

## GEOTEKNISK BILAG

### BORMETODER OG OPPTEGNING AV RESULTATER



**NOTEBY AS**

Dato 15.12.1999

Konstr./Tegnet ABe

Kontrollert JAF

Godkjent O. Bar

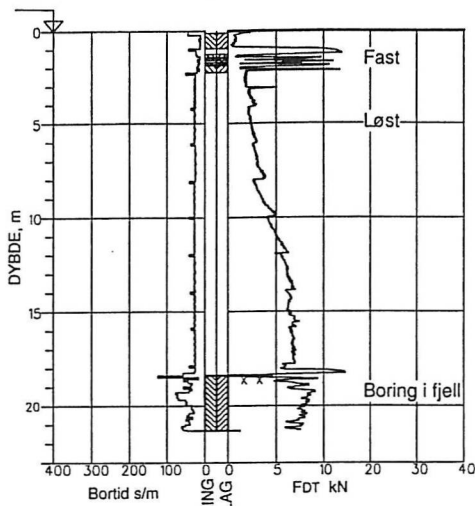
Oppdragsnr. 4000

Tegningsnr.

1

Rev. D



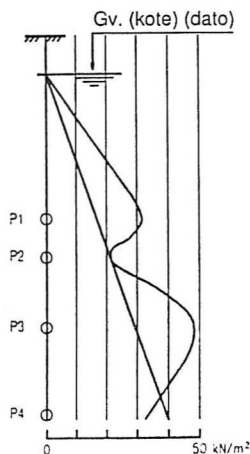
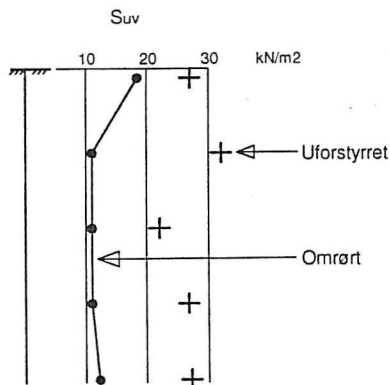


Kjerneboring i fjell



Opptegning i profiler

Resultater av laboratorieundersøkelser vises på egne ark



## ① TOTALSONDERING

Kombinerer dreietrykksondering og fjellkontrollboring. Det benyttes 45 mm skjøtbare borstenger og 57 mm borkrone.

Under nedboring i bløte lag fungerer utstyret som sonderbor (dreietrykksondering) og borstangen trykkes ned i bakken med konstant hastighet 3 m/min. og konstant dreiehastighet 25 omdr./min. Når det påtreffes faste lag, økes først rotasjonshastigheten. Gir ikke dette borsynk går en over til fjellkontrollboring ved at spyling og slag kobles inn. For registrering av fjell kan det bores flere meter i fjell.

Nedpressingskraften registreres kontinuerlig og vises på diagrammets høyre side, mens og bortid vises på venstre side.



## KJERNEBORING

Utføres med borstenger med et ca. 3 m langt kjernerør med diamantkroner nederst. Når kjernerøret er fullt heises borstrengen opp og kjernen tas ut for merking og senere klassifisering eller prøving.

Det kan benyttes bor av ulike typer og diametre, og det er mulig å ta kjerner som er orientert i forhold til fjellstrukturen.



## MASKINSKOVLING

Utføres med hul borstang påsveiset en spiral (auger). Med borrigg kan det skovles til 5 - 20 m avhengig av massenes art og fasthet og av grunnvannstanden. Det kan tas forstyrrede prøver fra forskjellige dyp.

Skovling kan også utføres med enklere utstyr (skovlbor).



## PRØVETAKING

Den mest brukte prøvetaker er en tynnvegget stål- eller plast-sylinder (60 - 90 cm lang, 54 mm diameter) med innvendig stempel. I ønsket dybde blir cylinderen presset ned uten at stemplet følger med. Jordprøven som dermed skjæres ut heises opp med borstrengen til overflaten hvor den forsegles for forsendelse til laboratoriet.

Avhengig av grunnforholdene benyttes andre typer prøvetakere.



## VINGEBORING

Utføres ved at et vingekor (normalt 65x130 mm) presses ned i jorden (leiren) og dreies rundt samtidig som dreiemomentet blir målt. Udrenert skjærstyrke ( $S_{uv}$  kN/m<sup>2</sup>) beregnes ut fra dreiemoment ved brudd.

Målingen gjøres 2 ganger i hver dybde, annen gang etter omrøring.



## MÅLING AV GRUNNVANNSTAND OG PORETRYKK

Utføres med et standrør med filterspiss eller med hydraulisk eller elektrisk piezometer. Hvilket utstyr som er egnet avhenger av både grunnforhold og formålet med målingene.

Filteret eller piezometerspissen trykkes ved hjelp av rør til ønsket dybde. Poretrykket registreres som vannets stighøyde i røret, i en tynn plastslange eller ved elektriske signaler.

## MINERALSKE JORDARTER

Klassifiseres på grunnlag av korngraderingen. Betegnelsen på de enkelte fraksjoner er:

| Fraksjon         | Leire   | Silt       | Sand   | Grus | Stein  | Blokk |
|------------------|---------|------------|--------|------|--------|-------|
| Kornstørrelse mm | < 0.002 | 0.002-0.06 | 0.06-2 | 2-60 | 60-600 | >600  |

En jordart kan inneholde en eller flere kornfraksjoner og betegnes med substantiv for den fraksjon som har størst betydning for dens egenskaper og med adjektiv for medvirkende fraksjoner (eksempel: siltig og sandig leire).

Morene er en usortert istidsavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leire til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen (eksempel: grusig morene, moreneleire).

## ORGANISKE JORDARTER

Klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

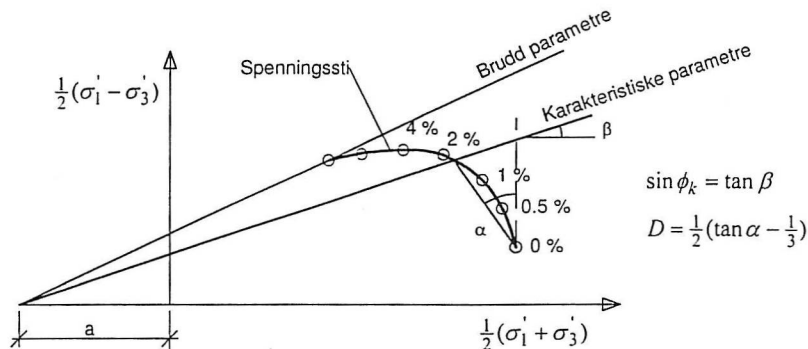
|                  |   |
|------------------|---|
| <b>Torv</b>      | <i>Myrplanter, mindre eller mere omdannet (fibertorv, mellomtorv, svarttorv).</i> |
| <b>Gytje, dy</b> | <i>Omdannede, vannavsatte plante- og dyrerester</i>                               |
| <b>Mold</b>      | <i>Organisk materiale med løs struktur</i>  |
| <b>Matjord</b>   | <i>Det øvre, moldholdige jordlag</i>  |

## SKJÆRSTYRKE

Skjærstyrken på et plan gjennom jord avhenger av effektiv normalspenning på planet (totalspenning + poretrykk) og av jordens skjærstyrkeparametre ( $a$ ,  $\phi$ ,  $D$ , eller  $S_{ua}$ ,  $S_{ud}$ ,  $S_{up}$ )

### Effektivspenningsanalyse: Skjærstyrkeparametre ( $a$ , $\phi$ og $D$ )

Disse bestemmes ved treaksiale trykkforsøk på representative prøver. Forsøksresultatene fremstilles som "spenningstier", dvs. diagrammer som viser utviklingen av hovedspenningene eller av spenningene på et bestemt plan (f.eks. bruddplanet) med prosentvis aksial tøyning avmerket på spenningstien. På dette og annet grunnlag fastsettes karakteristiske parametre for det aktuelle problem.



### Totalspenningsanalyse: Udrenert skjærstyrke ( $S_u$ [ $\text{kN/m}^2$ ])

gjelder ved raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk og bestemmes i laboratoriet ved enkle trykkforsøk ( $S_{uk}$ ), konusforsøk ( $S_{uk}$ ), udrenerte treaksialforsøk ( $S_{ua}$ ,  $S_{up}$ ), direkte skjærforsøk ( $S_{ud}$ ) eller ved in-situ målinger (vingeboringer, trykksonderinger (CPTU))

### SENSITIVITET ( $S$ )

er forholdet mellom en leires udrenerte skjærstyrke i uforstyrret og i omrørt tilstand, bestemt ved konus- eller vingeforsøk. Leire som blir flytende ved omrøring betegnes kvikkleire.

### VANNINHOLD ( $W$ %)

angir massen av vann i % av massen av fast stoff i prøven og bestemmes ved tørking ved  $110^\circ\text{C}$ .

## GEOTEKNISK BILAG

### GEOTEKNISKE DEFINISJONER, LABORATORIEDATA



**NOTEBY AS**

Dato 15.12.1999

Konstr./Tegnet ABe

Kontrollert

Godkjent

Oppdragsnr. 4000

Tegningsnr.

2

Rev.

D

**FLYTEGRENSE ( $W_L$  %)****PLASTISITETSGRENSE ( $W_p$  %)****PLASTISITETSDINDEKS ( $I_p$  %) ( $I_p = W_L - W_p$ )**

(Atterbergs grenser) angir det vanninnhold hvor en omrørt leire går over fra plastisk til flytende konsistens, henholdsvis fra plastisk til smuldrende konsistens.

**PORØSITET ( $n$  %)**

er volumet av porene i % av totalvolumet av prøven.

**PORETALL ( $e$ )**

er volum av porer delt på volum av fast stoff:  $e = \frac{\text{volum av porer}}{\text{volum av fast stoff}}$ , eller som  $e = \frac{n}{100 - n}$  hvor  $n$  (porøsitet) gis i %

**KORNDENSITET ( $\rho_s$  g/cm<sup>3</sup>)**

er massen av fast stoff pr. volumenhet av fast stoff.

**DENSITET ( $\rho$  t/m<sup>3</sup>)**

er massen av prøven pr. volumenhet.

**TØRR DENSITET ( $\rho_D$  t/m<sup>3</sup>)**

er massen av tørrstoff pr. volumenhet.

**SPESIFIKK TYNGDETETHET ( $\gamma_s$  kN/m<sup>3</sup>)**

er tyngden av fast stoff pr. volumenhet av fast stoff ( $\gamma_s = \rho_s \cdot g$  hvor  $g \approx 10 \text{ m/s}^2$ )

**TYNGDETETHET (romvekt) ( $\gamma$  kN/m<sup>3</sup>)**

er tyngden av prøven pr. volumenhet ( $\gamma = \rho \cdot g = (1+w/100)(1-n/100) \cdot \gamma_s$ )

**TØRR TYNGDETETHET (tørr romvekt) ( $\gamma_D$  kN/m<sup>3</sup>)**

er tyngden av tørrstoff pr. volumenhet. ( $\gamma_D = \rho_D \cdot g = (1-n/100) \cdot \gamma_s$ )

**KOMPRIMERINGSEGENSKAPER**

for en jordart undersøkes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Proctor-forsøk). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet som funksjon av vanninnhold. Den maksimale tørre densitet som oppnås benyttes ved spesifisering av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider.

**HUMUSINNHOLD (ONa)**

bestemmes ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala. Glødning og andre metoder kan også brukes.

**KOMPRESSIBILITET**

Relasjonen spenning/deformasjon måles ved ødometerforsøk eller ødotreaksialforsøk i laboratoriet. Motstanden mot sammenpressing defineres ved modulen  $M = \text{spenningsendring/deformasjonsendring}$ . Måleresultatene uttrykkes ved en regnemodell med en parameter  $m$  (modultallet). 3 regnemodeller er tilstrekkelig for å representere normalt forekommende jordarter.

For overkonsolidert leire (OC) kan setningsmodulen uttrykkes enten som konstant verdi ( $M$ ), eller som spenningsavhengig med modultall,  $m_{OC}$  ( $M = m_{OC} \cdot \sigma'$ ).

For normalkonsolidert leire (NC) er modulen spenningsavhengig med modultall,  $m_{NC}$  ( $M = m_{NC} \cdot \sigma'$ ).

For friksjonsmasser uttrykkes spenningsmodulen ved hjelp av modultall  $m_s$  ( $M = p_a \cdot m_s \cdot \sqrt{\sigma'/p_a}$ ), hvor  $p_a$  er atmosfærisk trykk ( $p_a = 100 \text{ kN/m}^2$ )

**KORNFORDELINGSANALYSE**

utføres ved sikting av fraksjonene større enn 0.125 mm. For de mindre partikler bestemmes den ekvivalente korn-diameter ved hydrometeranalyse. Materialet slemmes opp i vann, densiteten av suspensjonen måles med bestemte tidsintervaller og kornfordelingen kan dernest beregnes ut fra Stokes lov om partiklenes sedimentasjonshastighet.

**TELEFARLIGHET**

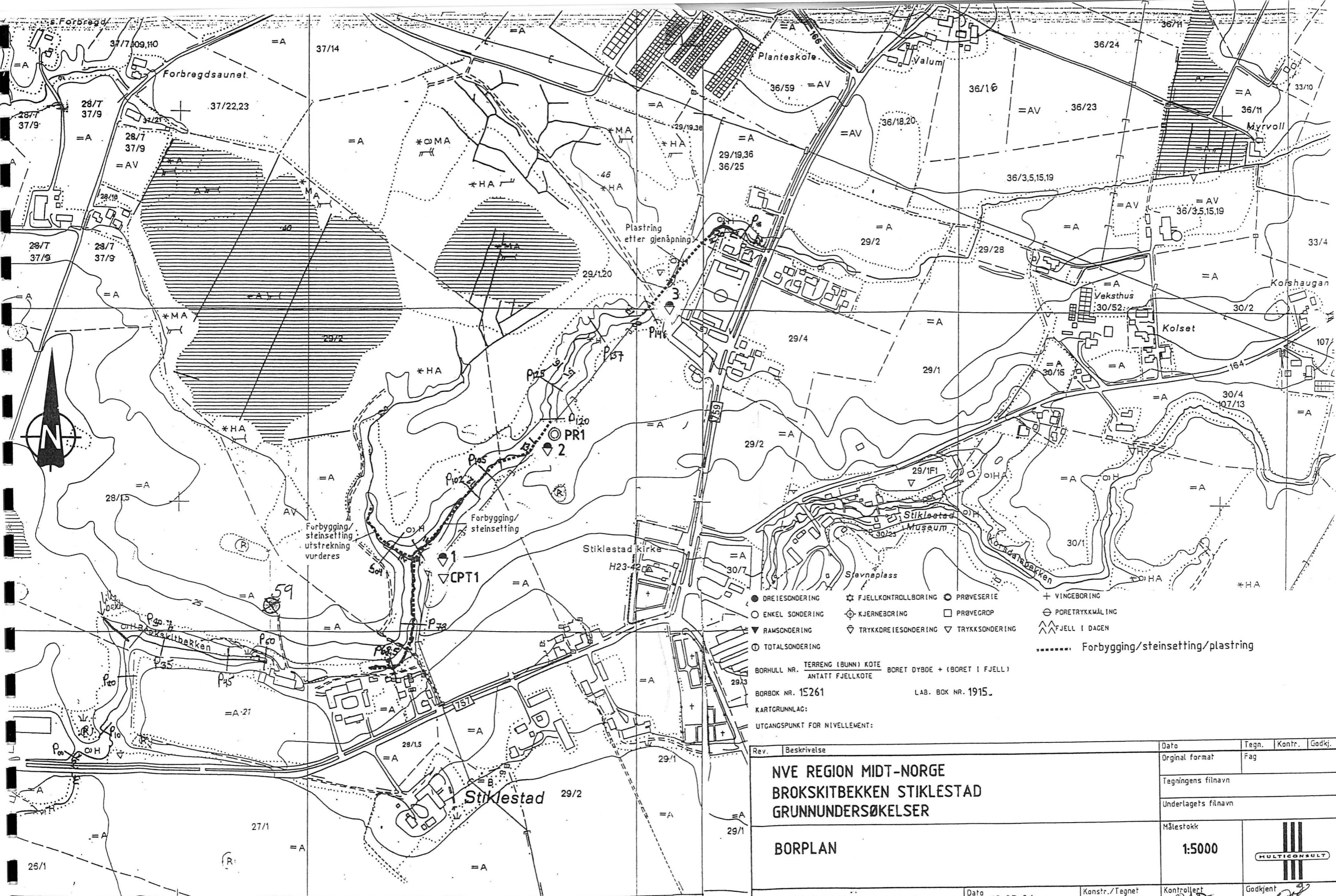
bestemmes ut fra kornfordelingen eller ved å måle den kapillære stighøyde. Telefarligheten graderes i gruppene T1 (ikke telefarlig), T2 (lite telefarlig), T3 (middels telefarlig) og T4 (meget telefarlig).

**PERMEABILITETEN ( $k$  cm/s eller m/år)**

bestemmer den vannmengde  $q$  som vil strømme gjennom en jordart pr. tidsenhet under gitte betingelser (Betegnelsen "hydraulisk konduktivitet" benyttes også)  $q = k \cdot A \cdot i$  hvor  $A$  = bruttoareal normalt strømrretningen  
 $i$  = gradient i strømrretningen



|      |  |                     |               |          |        |
|------|--|---------------------|---------------|----------|--------|
| Rev. | Beskrivelse  | Dato                | Tegn.         | Kontr.   | Godkj. |
|      | <b>NVE REGION MIDT-NORGE</b><br><b>BROKSKITBEKKEN STIKLESTAD</b><br><b>GRUNNUNDERSØKELSER</b>                          | Original format     | Fag           |          |        |
|      |  | Fagningens filnavn  |               |          |        |
|      |  | Underlagets filnavn |               |          |        |
|      | <b>OVERSIKTSKART</b>   | Målestokk           |               |          |        |
|      |  | 1:50000             |               |          |        |
|      | <b>NOTEBY AS</b><br>Sverresdalsveien 25<br>Pb. 1139 Sverresborg-7420 TRONDHEIM<br>Tlf.: 72 56 69 00 - Fax: 72 56 69 20 | Dato                | Kontr./Tegnet | Godkjent |        |
|      |  | 19.03.01            | iw            | QAP      |        |
|      | Oppdragsnr.  | Fagningssnr.        |               | Rev.     |        |
|      | 300526   | 0                   |               |          |        |



- DREIESONDERING
  - ENKEL SONDERING
  - ▼ RAMSONDERING
  - ⊙ TOTALSONDERING
  - ☆ FJELLKONTROLLBORING
  - ⊕ KJERNEBORING
  - ◇ TRYKKORE IESONDERING
  - ▽ TRYKKSONDERING
  - ⊕ VINGEBORING
  - ⊖ PORETRYKKMÅLING
  - ▲ FJELL I DAGEN
  - ..... Forbygging/steinsetting/plastring
- BORHULL NR. TERRENG (BUNN) KOTE ANTATT FJELLKOTE BORET DYBDE (+ BORET I FJELL)
- BORBOK NR. 15261 LAB. BOK NR. 1915
- KARTGRUNNLAG: UTGANGSPUNKT FOR NIVELLEMENT:

|      |   |                     |                |             |          |
|------|---|---------------------|----------------|-------------|----------|
| Rev. | Beskrivelse   | Dato                | Tegn.          | Kontr.      | Godkj.   |
|      | <b>NVE REGION MIDT-NORGE</b><br><b>BROKSKITBEKKEN STIKLESTAD</b><br><b>GRUNNUNDERSØKELSER</b><br><br><b>BORPLAN</b> | Original format     | Fag            |             |          |
|      |   | Tegningens filnavn  |                |             |          |
|      |   | Underlagets filnavn |                |             |          |
|      |   | Målestokk           |                |             |          |
|      |   | <b>1:5000</b>       |                |             |          |
|      | <b>NOTEBY AS</b>  | Dato                | Konstr./Tegnet | Kontrollert | Godkjent |
|      | Sverresdalsveien 26<br>Pb. 1139 Sverresborg-7420 TRONHEIM<br>Tlf.: 72 56 69 00 Fax: 72 56 69 20                     | 19.03.01            | VS             | OAP         | OAP      |
|      |   | Oppdragsnr.         | Tegningsnr.    |             | Rev.     |
|      |   | 300526              | 1              |             |          |

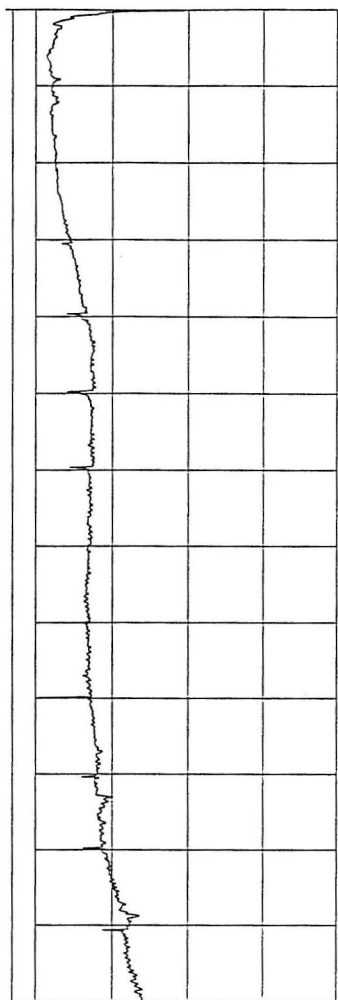


# **VEDLEGG 1**

**Utskrift av sonderingsresultater, borpunkt 1-3**

1

DTR + 0



STOPP 26.1 m

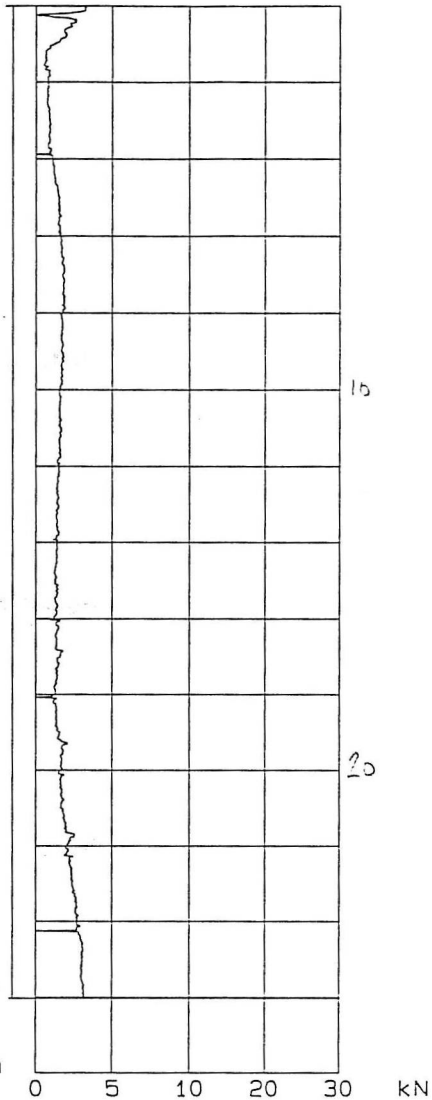
0 5 10 20 30 kN

|                               |                                   |                     |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Oppdragsnr.<br>300526100      | Profilnr./Bp.nr<br>0 m .SIDE: 0 m | Høyde<br>+ 0        |
| Firmanavn<br>NOTEBY AS        | Dato<br>20010122                  | Målestokk<br>1: 200 |
|                               | Side<br>1 ( 1 )                   | Tegn. nr.:          |
| Oppdragsnavn<br>Broskitbekken | Fil :<br>22010336.DTR             |                     |



2

DTR + 0



STOPP 26.1 m

0 5 10 20 30 kN

|                               |                                   |                       |                    |
|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Oppdragsnr.<br>300526100      | Profilnr./Bp.nr<br>0 m .SIDE: 0 m | Høyde<br>+ 0          |                    |
| Firmanavn<br>NOTEBY AS        |                                   | Dato<br>20010122      | Målestokk<br>1:200 |
|                               |                                   | Side<br>1 ( 1 )       | Tegn. nr.:         |
| Oppdragsnavn<br>Broskitbekken |                                   | Fil :<br>22020337.DTR |                    |



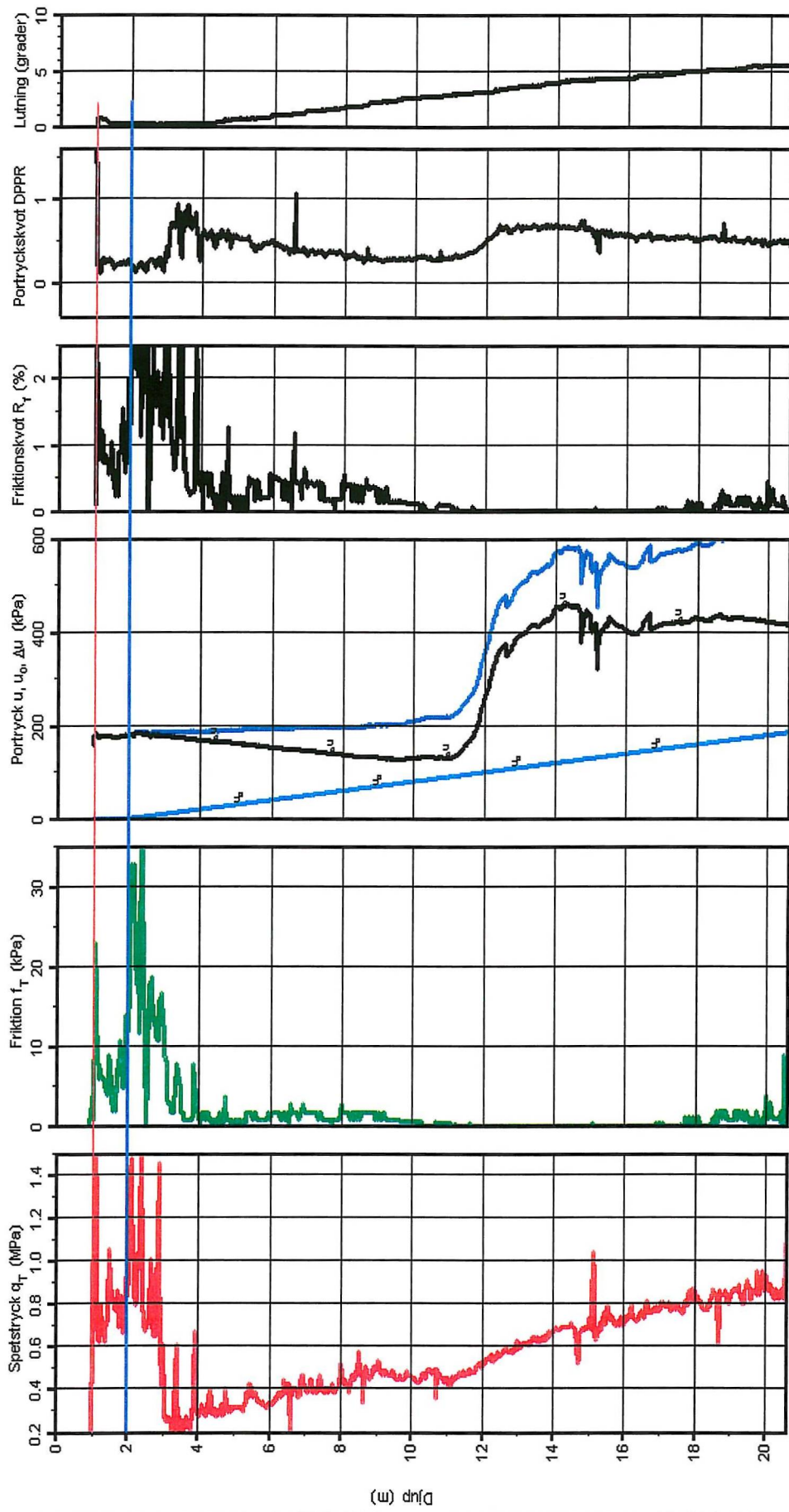
## **VEDLEGG 2**

**Utskrifter og tolkning av CPTU-sondering**

# CPT sondering uppmätta parametrar

Referens  
 Nivå vid referens 0.00 m  
 Grundvattentyta 2.00 m  
 Startdjup 1.00 m  
 Förborringsdjup 1.00 m  
 Förborrat material  
 Utrustning  
 Geometri Normal

Projekt  
 Projekt nr 300526.100  
 Plats  
 Borrhål 1  
 Datum 01.02.23



# CPT sondering utvärderad enligt SGI Info 15

Referens

Nivå vid referens 0.00 m

Grundvattenyta 2.00 m

Startdjup 1.00 m

Förborrningsdjup 1.00 m

Förborrat material

Utrustning

Geometri Normal

Projekt  
Projekt n 300526.100

Plats

Borrhål 1

Datum 01.02.23

