

Fylke Sør-Trøndelag	Kommune Trondheim	Sted Midtbyen	UTM NR 698 340
Byggherre Statsbygg			
Oppdragsgiver Statsbygg			
Oppdrag formidlet av			
Oppdragsreferanse Bestilling i brev av 10.10.94			
Antall sider 6	Antall bilag 5	Tegn.nr. 101-105	Antall tillegg 2

Prosjekt-tittel

**ERKEBISPEGÅRDEN
TRONDHEIM**

Rapport-tittel

**Supplerende grunnundersøkelse
Data og designparametre**


Oppdrag nr.

10419

Rapport nr.1

21.11.94

93039

Overingeniør Kyrre Emaus 	Saksbehandler
SAMMENDRAG De supplerende undersøkelser på tomta, sammen med data fra tidligere undersøkelser, viser at løsmassene består av ca. 1 - 4 meter inhomogene kulturlag over fast leire, sand/grus og silt. Løsmassene har stor mektighet. Grunnforholdene vurderes gode med tanke på direkte fundamentering under kulturlaget. Alternativ fundamentering på peler forventes å medføre rel. hard ramming og rystelser som må vurderes nærmere med tanke på bevaringsverdige, arkeologiske funn i anleggsområdet. Rapporten gir en generell vurdering av fundamentering, graveforhold og geotekniske parametre for prosjektering.	

INNHold

- 1 INNLEDNING
- 2 UTFØRTE UNDERSØKELSER
- 3 GRUNNFORHOLD
- 4 VURDERING AV GRUNNFORHOLD
GEOTEKNISKE PARAMETRE

BILAG

Bilag nr.	Tegn. nr.	Titel
1.	101	SITUASJONSPLAN
2.	102	BORERESULTATER
3.-4.	103-104	BORPROFILER
5.	105	ØDOMETERFORSØK

TILLEGG

- I MARKUNDERSØKELSER
- II LABORATORIEUNDERSØKELSER

1 INNLEDNING

Deler av erkebispegården brant ned i 1983. Bygget skal nå gjenreises på den samme tomte etter at de arkeologiske utgravninger er avsluttet.

I oppdrag fra Statsbygg har KUMMENEJE AS foretatt supplerende grunnundersøkelser på tomte som grunnlag for den videre prosjektering av nybygget.

Rapporten gjengir data fra felt- og laboratorieundersøkelsene samt en orientering om geotekniske dimensjoneringsparametre.

Det forutsettes at det foretas geoteknisk prosjektering av alle konstruksjoner med bakgrunn i detaljerte planer og belastninger.

2 UTFØRTE UNDERSØKELSER

2.1 Tidligere undersøkelser

Trondheim kommune har utført omfattende prøvetaking av de øvre lag av løsmassene på tomte i forbindelse med de arkeologiske utgravninger. Disse undersøkelsene er presentert i kommunens rapporter R.832 og R.832-2 av h.h.v. 04.06.91 og 16.12.93.

Videre er det tidligere foretatt grunnundersøkelser i forbindelse med planlagt om- og påbygging av Nidarosdomens tårn. Disse undersøkelsene er foretatt av KUMMENEJE og presentert i rapport O.659 av 22.12.67.

2.2 Nye undersøkelser

De sist utførte, supplerende undersøkelser presentert i denne rapporten, omfatter:

- 2 dreietrykkssonderinger
- 2 prøveserier

Prøvene er analysert i laboratoriet med beskrivelse og klassifisering samt rutinemessig bestemmelse av skjærstyrke, vanninnhold og romdensitet. På tre av prøvene er det utført ødometerforsøk, og på tre av prøvene er det foretatt saltinnholdsbestemmelse.

Boringenes plassering er vist på situasjonsplan, tegn.nr. 101 hvor også tidligere boringer, som er relevante for dette prosjektet er angitt.

På tegn.nr. 102 er boreresultatene fra de nye boringer vist grafisk.

Resultater fra rutineundersøkelser i laboratoriet er vist på borprofiler, tegn.nr. 103-104 og resultater fra ødometerforsøk på tegn.nr.105.

I tillegg I og II er gitt en nærmere beskrivelse av felt- og laboratorieundersøkelser.

3 GRUNNFORHOLD

Terrenget på tomteområdet ligger på ca. kt. +15 mellom Domkirka og søndre fløy av Erkebispegården. Lenger mot sør faller terrenget av til ca. kt. +12 - +13.

Grunnforholdene oppviser stor inhomogenitet og variasjoner i de øvre lag (kulturlaget). Innen dette laget er det registrert løsmasser av alle graderinger mellom leire og sand, tildels innblandet med humus, teglrester og kalk. I Trondheim Kommune's rapporter er kulturlagene detaljert undersøkt og beskrevet. De nye undersøkelsene bekrefter de registreringer som tidligere er gjort på området med hensyn til de øvre lag.

Kulturlaget synes å ha en mektighet varierende mellom ca. 1 og 2.5 meter, men er lokalt ved de nye undersøkelser i pkt. K2 registrert til nærmere 4 meters tykkelse.

Under kulturlaget består massene i hovedsak av fast til meget fast leire over ca. kt. +6 - +8. Leira har i hovedsak en udrenert skjærstyrke på mellom 150 og 250 kPa., men er i området langs østre begrensning av østfløyen også målt til skjærstyrker i området ca. 60 - 90 kPa.

Ødometerforsøkene viser at leira er lite kompressibel.

Saltinnholdsbestemmelser på lab.nr. 04, 09 og 10 viser saltinnhold på 1.15-1.17 %.

Fra ca. kt.+6 - +8 er det registrert meget faste løsmasser hvor samtlige av kommunens tidligere boringer er stoppet. De nye boringene er ført gjennom dette laget. Det er ikke tatt prøver av disse massene, men sonderingene indikerer fast lagret sand og grus med tykkelse ca. 2 - 2.5 meter. Dette sand-/gruslaget synes å kommunisere med tilsvarende avsetninger i nivå ca. kt.+5 - +11 som er registrert ved tidligere boringer ved Domkirka (Kummenejes boring O.659 nr.3).

Boring K2 er ført ned til ca. kt.-6.5 og det er tatt en representativ prøve ved kt. +4, like under den registrerte sand-/grusavsetning. Både sondering og prøve indikerer masser av sand og silt, overensstemmende med de data som foreligger fra tidligere undersøkelser ved Domkirka.

Fjell er ikke påtruffet ved noen av boringene. Fjellet forventes å ligge på stor dybde i hele utbyggingsområdet.

Grunnvannet er ikke registrert ved boringene.

Tidligere grunnvannstandsmålinger ved Domkirka (1950-51 og 1967) viser grunnvannstand på ca. kt. +4.0 - 4.5. Det forventes derfor ikke at utgraving for det aktuelle bygg vil ligge over grunnvannsnivå.

4 VURDERING AV GRUNNFORHOLD GEOTEKNISKE PARAMETRE

4.1 Fundamentering

Grunnforholdene under kulturlaget karakteriseres som gode med tanke på direkte fundamentering av bygget. Kulturlaget er meget inhomogent med stedvis mye humus. Direkte fundamentering i dette laget er derfor ikke tilrådelig ut fra setningshensyn.

Sammenstilling av data fra Trondheim Kommune's borer og de to nye borer viser følgende nivå for underkant av kulturlaget (ca. kote):

Pkt. nr.	U.k. kulturlag	Pkt.nr.	U.k. kulturlag
1	+13.7	8	+12.5
2	+12.7	8B	+13.0
3	+11.4	9	+13.5
4	+10.0	10	+12.5
5	+9.5	11	+13.2
6	+11.0	K1	+13.0
7	+13.0	K2	+8.7

Dersom de lavest registrerte styrkeparametre i leira legges til grunn (registreringer langs østre del av østfløyen), kan en ved direkte fundamentering som en orientering regne med dimensjonerende bæreevne i bruddgrensetilstand på ca. 200 - 250 kPa.

Ved evt. pelefundamentering av bygget må en regne med svevende peler som opptar laster ved friksjon og spissmotstand. Det må påregnes relativt hard ramming og betydelige rystelser ved ramming gjennom de registrert, faste sand- og grusavsetningene. Rystelser forventes ikke å være kritiske for omkringliggende bygningskonstruksjoner, men kan være kritiske med tanke på verneverdige, arkeologiske funn i anleggsområdet.

4.2 Graving

Massene anses lett gravbare. Graveskråninger inntil ca. to meters høyde vil på kort sikt kunne utføres nærmest vertikalt. Det tilrås imidlertid generelt å regne med skråningshelninger på 1:1 eller slakere i byggefasen. Dette må prosjekteres spesielt ut fra beliggenhet mot bestående konstruksjoner og belastninger.

4.3 Geotekniske parametre.

Udrenert skjærstyrke:

Det tilrås å benytte udrenert skjærstyrke for dimensjonering av fundamenter i leira under kulturlaget. Styrkeparametrene i leira viser stor spredning. Det tilrås i utgangspunktet å regne med de lavest registrerte verdier på 60 - 90 kPa.

Effektive styrkeparametre:

Det er ikke utført laboratorieanalyser med tanke på effektive styrkeparametre verken i leire eller friksjonsjordartene (silt - grus). For sand- og grusavsetningene tilrås benyttet erfaringsmessige styrkeparametre på $tg\phi = 0.7$ og attraksjon $a=0$.

Setningsparametre:

Ødometerforsøk utført på fin/siltig sand og fast leire viser at setningsberegninger kan utføres med bakgrunn i følgende modulvariasjon for massene:

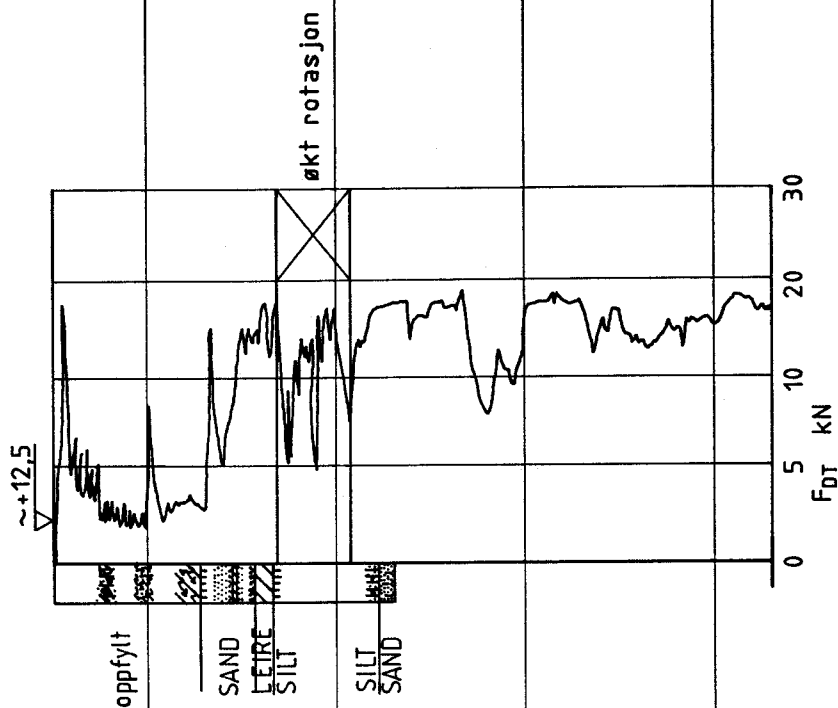
- $M=m \sqrt{p' \times p_a}$ hvor :
- M = spenningsmodul for massene
- m = modultall
- p' = variabel spenning
- p_a = konstant referansespenning på 100 kN/m^2

Modultallet for den faste leira under kulturlaget viser verdier på $m=75 - 150$ ved laboratorieforsøk, og for fin/siltig sand $m=200$.

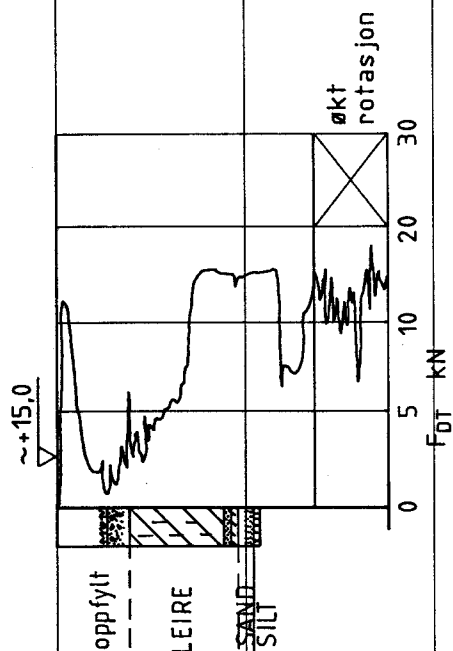
I forbindelse med tidligere undersøkelser for Domkirka og etterberegninger med bakgrunn i målte setninger, er modultallet for siltavsetningene under det faste sand-/gruslaget funnet å være av størrelse ca. $m=120$.

For det faste sand-/gruslaget vil det være rimelig å kunne regne med $m=300 - 500$.

K2



K1



Kummeneje



Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

STATSBYGG
ERKEBISPEGÅRDEN, TRONDHEIM

BORING K1 og K2

Borerresultater

MÅLESTOKK

HM=1:200

TEGNET/KONT.
00/ *[Signature]*

DATO
16.11.94

OPPDRAK

10419

BILAG

2

TEGN. NR.

102

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab. nr.	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m ²					St
				20	40	60	80		10	20	30	40	50	
5	(oppfylt) Silt sterkt humush. Sand, grusig, humush.		01					12,9						
			02											
	LEIRE, siltig tørreskorpeaktig		03					20,4 (20,1)						175 ✓
	Sand, fin		04					20,8						175 ✓
	SAND, fin SILT		05					21,3 (20,4)						130 ✓
10														
15														
20														

Enkelt trykkforsøk: $\begin{smallmatrix} 0 \\ 15 \\ 10 \end{smallmatrix}$ (strek angir def% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret: ▼/▽
 Penetrometerforsøk: ☐ Konsistensgrenser: W_p ————— W_L Andre forsøk:
 T = Treksialforsøk \emptyset = \emptyset dometerforsøk K = Kornfordeling

Kummeneje

R Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

STATSBYGG
ERKEBISPEGÅRDEN, TRONDHEIM

BORPROFIL HULL: K1

Terr.høyde: ~+15,0 Prøve \emptyset : 54mm

DATO
11/94

TEGNET AV
KS/00

KONTROLL
[Signature]

OPPDRAG
10419

BILAG
3

TEGN. NR.
103

Dybde, m	Jordart	Sign.	Lab nr.	Vanninnhold (w) i %				γ kN/m ³	Udrenert skjærstyrke (s_u) i kN/m ²					St
				20	40	60	80		10	20	30	40	50	
5	(oppfylt) Leire, silt, sand og grus, humusholdig		06					19,7						
	sterkt humush.		07					16,3						
	Leire, m. humus og tegl		08					19,1 (18,5)						88 ▽ 2 61 ▽ 3 93 ▽ 4
	Silt fin leir, lag fin grov		09					17,9 (17,6)						
	SALTINNOLD 1,15%													
10	SAND, LEIRE, tørrskorpeaktig		10					21,1 (21,4)						130 ▽ 130 ▽ 260 ▽
	SILT													
15	SILT, sandig, grusig		11					16,8 (18,0)						
	SAND, fin-siltig													
20														

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% v/brudd) Konusforsøk - Omrørt/Uforstyrret: ▽ / ▽
 Penetrometerforsøk: ☐ Konsistensgrenser: W_p ——— W_L Andre forsøk:
 T = Treaksialforsøk \emptyset = \emptyset dometerforsøk K = Kornfordeling

Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

STATSBYGG
ERKEBISPEGÅRDEN, TRONDHEIM

BORPROFIL HULL: K2

Terr.høyde: ~+12,5 Prøve \emptyset : skovl+
54mm

DATO

11/94

TEGNET AV
KS/00

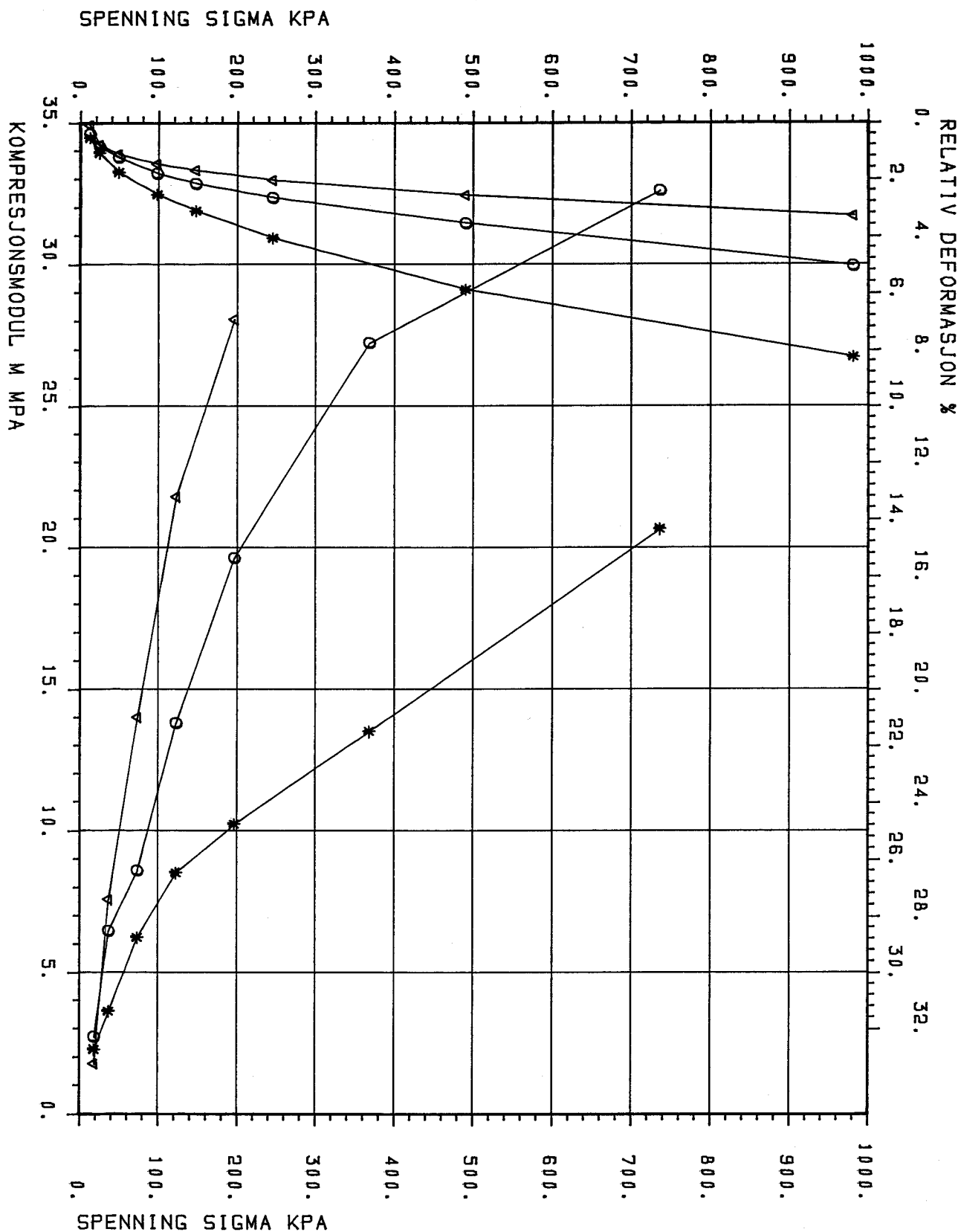
KONT.

OPPDRAG

10419

BILAG
4

TEGN. NR.
104



- LAB. 04 HULL K1 D=4.30m LEIRE, siltig
- △ LAB. 09 HULL K2 D=4.65m SAND, fin-siltig
- * LAB. 10 HULL K2 D=5.40m LEIRE, siltig

Kummeneje

Rådgivende ingeniører i
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

ERKEBISPEGARDEN

ØDOMETERFORSØK

MÅLESTOKK

TEGNET AV

DATO

11/94

OPPDRAG

10419

BILAG

5

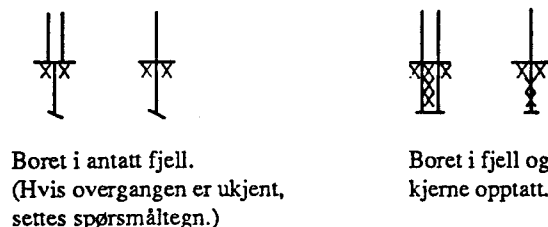
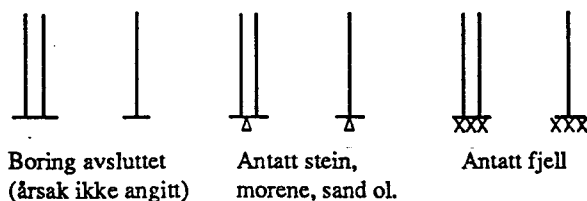
TEGN. NR

105

MARKUNDERSØKELSER

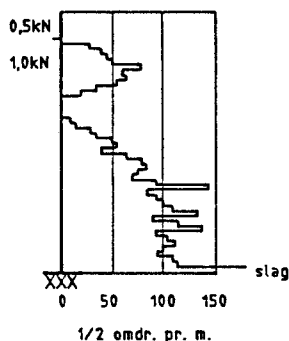
Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

Avslutning av boring (gjelder alle sonderingstyper).



Dreiesondering

utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreininger pr. 20 cm synkning noteres. Ved opptegninger vises antall halve omdreininger pr. meter synkning grafisk med dybden i borhullet og belastningen angis til venstre for borhullet.



Totalsondering

kombinerer dreietrykksondering og fjellkontrollboring. Det brukes hydraulisk drevet borrhjgg. Boring gjennom stein og blokk og ned i berg utføres ved slag og spyling.

Boredata (nedpressingskraft, synkhastighet, spyletrykk etc.) måles ved elektriske givere og overføres automatisk til en elektronisk registreringsenhet (Geoprinter). Resultatene tegnes opp vha. EDB.

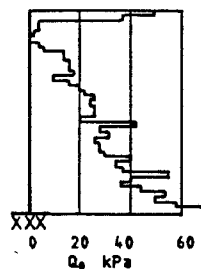
Ramsondering

utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss. Boret rammes ned i grunnen av et fall-lodd med vekt 0,635 kN og konstant fallhøyde 0,6 m. Motstanden mot nedramming registreres ved antall slag pr. 20 cm synkning.

Rammemotstanden:

$$Q_0 = \frac{\text{Loddvækt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}} \text{ (kNm/m)}$$

angis i diagram som funksjon av dybden.



Fjellkontrollboring

utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkrone nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker påvisning.

Prøvetaking

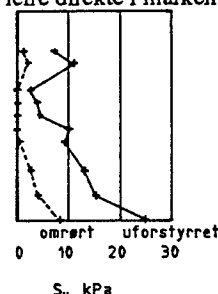
utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper.

Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stempelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørring før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av oppspylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylindreprøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstiller formålet.

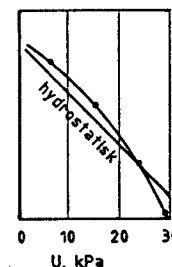
Vingeboring

bestemmer udrenert skjærstyrke (s_u) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at et vingekor, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastighet til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras udrenerte skjærstyrke, som også måles i omrørt tilstand etter brudd.



Porevanntrykket

i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintret bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vanntrykket ved filteret registreres enten hydraulisk som stige høyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller elektronisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filteret.

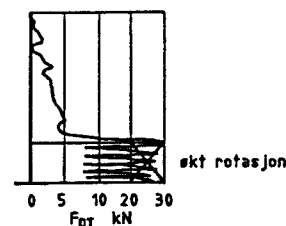


Grunnvannstanden observeres vanligvis direkte ved vannstand i borhullet.

Dreietrykksondering

utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsatt en normert spiss. Borstangen trykkes ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant rotasjon 25 omdr./min.

Sonderingsmotstanden registreres som den til en hver tid nødvendige nedpressningskraft for å holde normert nedtrengnings-hastighet. Når motstanden øker slik at normert nedtrengnings-hastighet ikke kan opprettholdes, økes rotasjonshastigheten. Dette anføres i diagrammet.



LABORATORIEUNDERSØKELSER

Ved åpning av prøven beskrives og klassifiseres jordarten. Videre kan bestemmes:

Romvekt

(γ i kN/m^3) for hel sylinder og utskåret del.

Vanninnhold

(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110 °C.

Flytegrense

(w_L i %) og utvullingsgrense (w_p i %) som angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk (formbart) område av leirmateriale. Differansen $w_L - w_p$ benevnes plastisitetsindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

Udrenert skjærstyrke

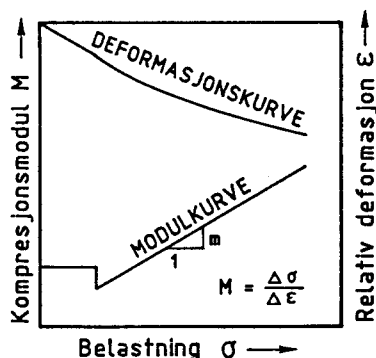
(s_u i kN/m^2) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt $3,6 \times 3,6 \text{ cm}^2$ (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt registreres og skjærstyrken tas ut av en kalibreringstabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på innsynkning, brukes særlig på fast leire.

Sensitiviteten (S_t)

er forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet. Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, omrørt skjærstyrke $< 0,5 \text{ kN/m}^2$.

Kompressibilitet

av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm^2 og høyde 2 cm belastes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykningen for hvert trinn som funksjon av tiden. Resultatet tegnes opp i en deformasjons- og modul-kurve og gir grunnlag for setningsberegning.



Humusinnhold

(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlutopløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksydasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vektetapet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

Saltinnhold

(g/l eller o/oo) i porevannet ved titrering med sølvnitrat-oppløsning og kaliumkromat som indikator.

Kornfordeling

ved sikting av fraksjonene større enn 0,06 mm. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente komdiamter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materialer slemmes opp i vann og romvekten av suspensjonen måles i en bestemt dybde som funksjon av tiden. Kornfordelingen kan så beregnes ut fra Stoke's lov om kulers sedimentasjonshastighet.

Fraksj.betegn.	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørr. mm	< 0,002	0,002-0,06	0,06-2	2-60	60-600	> 600

Jordarten

benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den dominerende, og adjektiv for medvirkende fraksjon. Jordarten angis som leire når leirinnholdet er over 15%. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

Organiske jordarter

klassifiseres etter opprinnelse og omdanningsgrad (torv, gytje, dy, matjord).



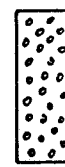
Leire



Silt



Sand



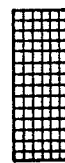
Grus



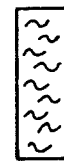
Stein og blokk



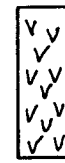
Fjell



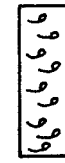
Fyllmasse



Organiske jordarter



Trerester
Sagflis



Skjell

Anmerkning

- Leire: T = tørrskorpe
R = resedimenterte masser
K = kvikkleire
- Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.
- Morene vises med skyggelegging.
- For konkresjoner kan bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen:
Ca. = kalkkonkresjoner
Fe = jernkonkresjoner
AH = aurlulle