NOTEBY
NORSK TEKNISK
BYGGEKONTROLL A.S

RIF

RÅDGIVENDE INGENIØRER - MNIF, MRIF
GEOTEKNIKK, INGENIØRGEOLOGI, GEOFYSIKK
BETONGTEKNOLOGI, MATERIALKONTROLL

Sendt RIB 22.6.78 for Kolsby

12183

STATENS BYGGE- OG EIENDOMSDIREKTORAT

POSTTERMINAL - SOLHEIMSVANNET

GRUNNUNDERSØKELSER OG
GEOTEKNISK VURDERING

22. juni 1978

INNHOLDSFORTEGNELSE:

TEGNINGER:

12183-0	Oversiktskart	
-1	Borplan	(løs i lomme)
-100	Profil A-A og B-B	
-101	Profil C-C og D-D	
-102	Profil E-E	

4000-1 og -2 Geotekniske bilag

Overingeniør: B. Finborud
Saksbehandler: A.K. Haug/ks

1) Gustje mi vekk

2) Springstein

3) Lunnkokekart Solheimsvannet, Bergen kommune

?

hvilke parametre?

NOTEBY

15.6.78

A. INNLEDNING

Det foreligger planer om bygging av en postterminal på ca. 7000 m² ved Solheimsvannet i Bergen, tegning nr. 12183-0. Terminalen er planlagt oppført i 1 til 2 etasjer og blir liggende dels på land og dels ut over det nåværende Solheimsvann.

Byggeteknisk konsulent for prosjektet er Sivilingeniørene Trumpy & Fjell A/S. Vi er gjennom dette firma engasjert som rådgivende ingeniører i geoteknikk, og har utført grunnundersøkelser for prosjektet. Byggherre er Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat.

Undersøkelsene har hatt til hensikt å klarlegge aktuelle fundamenteringsløsninger for den planlagte utbygging av tomten.

Den foreliggende rapport presenterer resultatene av undersøkelsene på planer og profiler sammen med en geoteknisk vurdering av fundamenteringsforholdene.

B. UNDERSØKELSER

Våre undersøkelser har bestått av:

- 9 ramsonderinger utført fra flåte for registrering av løsmassenes art og lagringsfasthet samt dybder til fast grunn eller fjell.

- 3 fjellkontrollboringer på land og 4 fra flåte for sikker fjellpåvisning. Undersøkelsesmetoden gir begrenset informasjon om løsmassenes art og relative lagringsfasthet.

- Opptak av 2 uforstyrrede jordprøver for visuell klassifisering og laboratoriebestemmelse av geotekniske parametre.

Vi har tidligere i vårt brev av 1.7.1977 gitt en oppsummering av opplysninger vedrørende grunnforholdene i området. Det foreligger bunnkotekart for Solheimsvannet i målestokk 1:1000 (Byplansjefen i Bergen, 3. juni 1969).

For nærmere opplysninger om undersøkelsesmetoder og opptegningsmåte henviser vi til de geotekniske bilag, 4000-1 og -2.

Lasse Bilkenhøvel

Min forklaring på pall til

C. GRUNNFORHOLD

Boringenes beliggenhet er vist på borplanen, tegning nr. 12183-1, og resultatene fra undersøkelsene fremgår av profilene, tegninger nr. 12183-100, -101 og -102. De geotekniske data for jordprøvene er vist på profilene.

Tomten ligger på vestsiden av Solheimsvannet og strekker seg ut over det eksisterende vann. Mot vest grenser tomten mot Kanalveien og i nord mot Statens Bilsakkyndiges eiendom. Totalt utgjør byggetomten ca. 20.000 m^2. Den utfylte delen av tomten langs Kanalveien og i nordenden ligger på ca. kote + 19.0 mens Solheimsvannet ligger på ca. kote + 17.3. Bunnen av vannet skråner jevnt utover fra sydvest mot nordøst. Ved det sydøstre hjørnet er vanndybden ca. 2 m mens den øker til ca. 13 m mot nord langs østsiden av det planlagte bygget.

Fjelloverflaten faller fra syd mot nord med gjennomsnittlig helning ca. 1:10. Ved sydenden av bygget ligger fjellet på ca. kote + 13.0 mens det ved borpunkt nr. 9 ligger på ca. kote - 1. Fjell er ikke påvist i profil A. Resultatene viser god overensstemmelse med tidligere boringer utført for nybygget på Kanalveien 51 (kfr. vårt brev av 1. juli 1977).

Bunnen i vannet er dekket av et slamlag som øker i mektighet fra 2 - 4 m i søndre del til 4 - 7 m i nordre del av det undersøkte området utenfor fyllingen og mot Bilsakkyndiges eiendom.

Over fjell ligger et sand/grus eller morenelag. Mektigheten synes å øke fra syd mot nordøst. I den søndre del av tomten er tykkelsen fra 0 - 2 m, mens en i nordre del har målt opptil 7 - 9 m mektighet.

De oppfylte områdene langs Kanalveien og ved Bilsakkyndige synes å bestå av stein og grusmaterialer. Fjellkontrollboringene er noe usikre når det gjelder opplysninger om løsmassenes art og lagringsfasthet, dog har en ved boringene gjennom fyllingene påvist ekstra lett gjennomtrengelige masser. Dette kan være innesluttede torvmasser.

Resultatene av laboratorieundersøkelsene viser at slamlaget består av organiske masser som er meget godt omdannet (fortorvingsgrad H8 - H9 etter von Posts skala) og er meget kompressible (vanninnhold 728%). En prøve av de uorganiske massene består av finsand med en del skjellrester og normal rom- og spesifikk vekt.

Workers! ←

D. GEOTEKNISK VURDERING

Utbyggingen kan i prinsipp foretas etter to alternative hovedløsninger:

1. Bygging på utfylt grunn. Dette forutsetter at det kan skaffes tilstrekkelige mengder av egnede fyllmasser. hvor mange m³

2. Bygging på frittbærende dekke ut over vannet. økonomisk vanskelighetsgrad. (ca. 8000 kr/m²)

Videre kan man tenke seg en kombinasjon av alt. 1 og 2, hvor det foretas utfylling der hvor dybdene er minst, og etableres frittbærende dekke på det dypeste partiet. (Ikke fundamentering for bygningen i alle fall m. 7000 kr/m²)

I de følgende avsnitt har vi vurdert de geotekniske spørsmål ved en utfylling, samt fundamenteringen ved begge utbyggingsalternativene.

E. UTFYLLING hvor mange m³

For å etablere en tilfredsstillende byggegrunn på fyllingen må de organiske massene fjernes. 2 alternative utførelsesmetoder synes å være aktuelle. En kan mudre/pumpe de organiske massene til større dyp eller opp på land for bortkjøring eller senere bruk til grøntarealer. Alternativt kan det foretas en kontrollert utfylling fra land supplert med sprengning foran fyllingsfoten for å sikre full massefortrengning. I tillegg til sprengning kan det bli nødvendig med forgraving av utpressede valker foran fyllingsfoten for å sikre nedtrengningen av fyllingen.

Fyllmassene bør bestå av sprengstein. Andre uorganiske masser kan eventuelt benyttes utenfor selve bygningsarealet. For en direkte fundamentering av bygningen må en påregne å føre topp av fylling ut til minimum 10 m fra planlagt byggelinje (kfr. avsnitt F).

Utfyllingen av masser kan skje med naturlig skråningsvinkel. Avhengig av utnyttelsen av randområdene kan det imidlertid bli nødvendig med avslaking og eventuelt annen sikring av permanente fyllingsskråninger.

Ved en kontrollert utførelse skulle det ikke være fare for større grunnbrudd ved utfylling og massefortrengning. Det må holdes kontinuerlig kontroll med fyllingsfoten samt vurderes fortløpende volumet av utfylte masser mot hva som er forhåndskalkulert. For å ha sikre data om tykkelsen av det organiske laget og overflaten av uorganiske masser bør det fortas supplerende boringer

Peter gjennom springstenfylling? Nei!

mellom de utførte profiler, slik at profilavstanden blir redusert til maksimum 20 m.

F. FUNDAMENTERING

Fundamenteringen av prosjektet vil avhenge av en rekke praktiske, tekniske og økonomiske faktorer som ikke er kjent på nåværende tidspunkt. Blant annet nevnes forhold som tilgang på fyllmasser, massenes kvalitet, tidsplan for utfyllingen samt prosjektets konstruktive utførelse og krav til setninger. I det følgende er gitt en del generelle geotekniske vurderinger.

Ved bygging på utfylt grunn kan det være aktuelt med direkte fundamentering på fyllingen eller på peler til fjell. Ved direkte fundamentering vil fyllmassenes art og oppbyggingen av fyllingen være de vesentligste faktorer når det gjelder byggegrunnens kvalitet. Det foreligger to mulige utførelser for oppbyggingen av fyllingen:

- Utfylling på tipp til vannoverflaten med bortpressing/utmudring av organiske masser som angitt i avsnitt E. Vider opp til ferdig nivå bygges fyllingen opp i lag som komprimeres omhyggelig ved tungt vibro-utstyr.

  Ved denne utførelse må man regne med noe setninger, som vil avhenge av fyllingstykkelsen. Videre vil det bli ujevne setninger mellom gammel og ny fylling. Der hvor eksisterende fylling er ført ut over de organiske massene må man regne med å forbelaste området på forhånd.

- Utfylling til ferdig nivå med massefortrengning eller bortmudring. Hele området komprimeres deretter med såkalt "Dynamisk dypkomprimering". Denne metoden går ut på å komprimere fyllingen ved hjelp av lodd med stor vekt (5 - 40 tonn) som slippes fritt fra stor høyde. Komprimeringen må foretas i et rutenett etter et nærmere fastlagt system. Ved denne metode oppnås effektiv komprimering av fyllmasser og eventuelle gjenværende organiske lag. Nødvendig fallvekt og høyde vil avhenge av de krav som settes til setningene på det ferdige bygg.

Ufr. Samtale
m/ing. Mag Entr. Service

Dynamisk dypkomprimering er benyttet ved tilsvarende prosjekter i utlandet, blant annet i Sverige og på kontinentet. I Norge har metoden vært benyttet med godt resultat ved et prosjekt på Tinfos Jernverk. Erfaringene tyder på at man uansett kvalitet av fyllmassene kan oppnå tilnærmet setningsfri fylling.

En pelefundamentering gjennom fyllingen vil kunne medføre vanskeligheter ved bruk av grove steinmasser. Aktuelle peletyper vil være enten kraftige prefabrikerte betongpeler, profilstål eller utstøpte stålrørspeler.
Ved bruk av grove masser vil stålrørspeler være den sikreste og kanskje eneste gjennomførbare løsning. Selv ved en pelefundamentering av bygningens bærende konstruksjoner kreves det en god kvalitet på fyllingen av hensyn til gulv på grunnen, ledninger, utvendige kjørearealer etc.

Ved bygging på frittbærende dekke over vannet må fundamenteringen utføres på peler eller pilarer til fjell. Man må da også regne med å pelefundamentere de deler av bygningen som kommer på utfylt grunn.

G. SLUTTBEMERKNING

På grunn av de store arealer som kommer utover vannet vil en bygging på frittbærende dekke bli meget kostbart. Til tross for de store mengder av fyllmasser som kreves regner vi derfor med at den mest aktuelle løsning er å bygge på utfylt grunn.

På grunn av stor fyllingshøyde og stor tykkelse på organiske masser tror vi ikke man vil oppnå tilfredsstillende setningsforhold for bygget ved en konvensjonell utførelse av fyllingen med massefortrengning.
Vi vil anbefale en direkte fundamentering av bygningen på en fylling som er utført med dynamisk dypkomprimering. En dynamisk dypkomprimering må planlegges nøye for å oppnå tilfredsstillende resultater.

Det vil kreves supplerende grunnundersøkelser for mer detaljerte opplysninger om løsmassene og dybder til fast grunn for videre prosjektering og anbud.

NOTEBY

NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A/S

B. Finborud

A.K. Haug

ANG.: BORINGSUTSTYR OG OPPTEGNING AV RESULTATER.

● DREIESONDERING

utføres med 22 mm borstål med glatte skjøter og med en 30 mm skruespiss nederst. Boret belastes med opptil 100 kg og dreies ned med motorkraft eller for hånd.

Motstanden mot boret illustreres ved en tverrstrek på borhullstegningen ved den dybde spissen har nådd etter hver 100 halve omdreininger. Antall halve omdreininger påføres høyre side av borhullet.

Skrafert borhull angir at boret er sunket uten omdreining med den belastning som er påført venstre side av borhullet.

Krysset borhull angir at boret er slått ned.

○ ENKEL SONDERING

består av slagboring eller spyleboring til fast grunn eller antatt fjell.

▼ RAMSONDERING

utføres med 32 mm borstål med glatte skjøter og med en 38 mm 6-kantet spiss nederst. Boret rammes ned med et 75 kg fallodd som føres på borstangen og drives av en motornokk.

Motstanden mot boret illustreres i et diagram som viser rammearbeidet pr. m (Q_o) for å drive boret ned

$$Q_o = \frac{\text{Loddvekt x fallhøyde}}{\text{Synkning pr. slag}} \quad \text{(Mpm/m)}$$

TRYKKDREIESONDERING

utføres med 32 mm fjellbor med muffeskjøter og med en ca.60 mm hardmetall-krone nederst. Boret opereres fra en motorisert borrigg som dreier boret ned med en konstant omdreiningshastighet på 25 o/min. og en konstant matningshastighet på 3 m/min.

Motstanden mot neddrivning i Mp registreres automatisk med en skriverenhet.

✡ FJELLKONTROLLBORING

utføres med 32 mm fjellbor med muffeskjøter og med 51 mm hardmetall kryss-skjær nederst. Boret drives av en tung pneumatisk borhammer under spyling med vann under høyt trykk. Det kreves en kompressor med minst 10 m^3/min. kapasitet.

Boring gjennom leire, grus etc. eller gjennom større stein noteres.
Når fjell er nådd, bores 3-5 m i fjellet for sikker påvisning og motstanden registreres som borsynk (cm/min.).

⊕ KJERNEBORING

utføres med borstenger som nederst har et ca. 3 m kjernerør påskrudd en diamantkrone. Det finnes en rekke typer bormaskiner, kronetyper og diametre, men i prinsipp utføres boringene alltid ved å ta opp kjernerøret når det er fullt, ta ut kjernen for oppbevaring og senke kjernerøret for boring av neste prøve.

◎ MASKINSKOVLING

utføres med en hul borstang påsveiset en spiral (auger) som opereres av en borrigg. Det kan skovles ned til 5-20 m dybde avhengig av massens art, fasthet og grunnvannstand. Man får forstyrrede, men representative prøver. Skovlhullet gir anledning til observasjon av grunnvannsforhold og til å gå videre med annet boringsutstyr.

Skovling kan også utføres med enklere utstyr (skovlbor).

◎ PRØVETAKING

av tilnærmet uforstyrrede prøver utføres normalt med en prøvetaker som i prinsipp består av en 60-90 cm tynnvegget stålsylinder med 54 mm diameter og med et innvendig stempel. Prøvetakeren presses til ønsket dybde med stempelet i nedre ende, dernest fastholdes stempelet mens sylinderen presses videre ned og skjærer ut prøven. Sylinderen trekkes opp, forsegles og sendes inn for laboratorieundersøkelse.

Også andre prøvetakere benyttes, avhengig av grunnforholdene.

+ VINGEBORING

utføres ved hjelp av et vingekors på 6.5 x 13 cm som presses ned i leiren. Vingekorset dreies rundt ved hjelp av et instrument som registrerer dreiemomentet ved brudd i leiren. Av dette beregnes skjærfastheten.

⊖ PORETRYKKMÅLING (og måling av grunnvannstand)

utføres ved et piezometer eller brønnspiss som i prinsipp er et finkornet filter som evner å holde jordpartikler tilbake mens vann slipper igjennom. Piezometerspissen presses ved hjelp av rør til ønsket dybde og poretrykket registreres som vannets stigehøyde.

MOBILE BORRIGGER

For utførelse av boringsoperasjoner som er beskrevet på side 1 og 2 har vi anskaffet mobile borrigger med forskjellig utrustning og muligheter:

- Borriggen "Goliat" er beltegående (bygget på et Muskeg understell), utstyrt med et hydraulisk system drevet av en 100 Hk motor, som opererer dreiehodet, nedpressing og opptrekk via bortårnet, pumpe for vann eller borvæske m.m.

  Borriggen brukes videre til fjellkontrollboring og diamantboring.

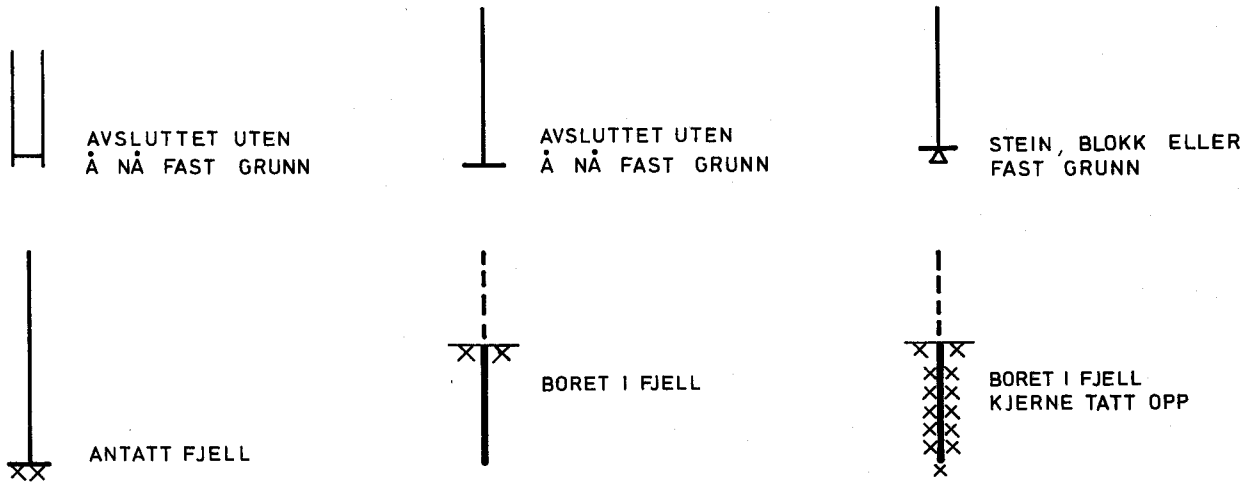
- Borriggen "David" er hjulgående og 4-hjulsdrevet (bygget på en Unimog lastebil). Den har hydraulisk system som ovenfor, men er ellers noe enklere utstyrt.

- Borriggen "Samson" er beltegående (Muskeg understell) og utstyrt med utstyr for fjellkontrollboring.

Hvor de mobile borrigger ikke kan settes inn, brukes minitraktor og motorhjelp forøvrig for å effektivisere boringsarbeidet.

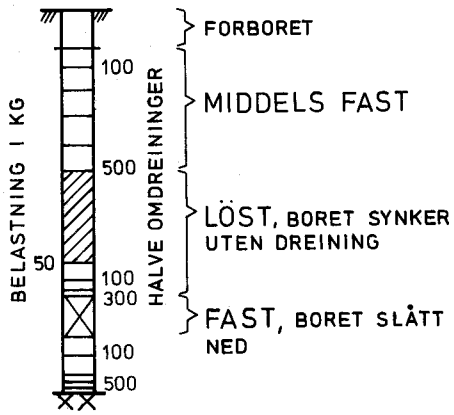
ANG.: BORINGSUTSTYR OG OPPTEGNING AV RESULTATER

AVSLUTTET BORING

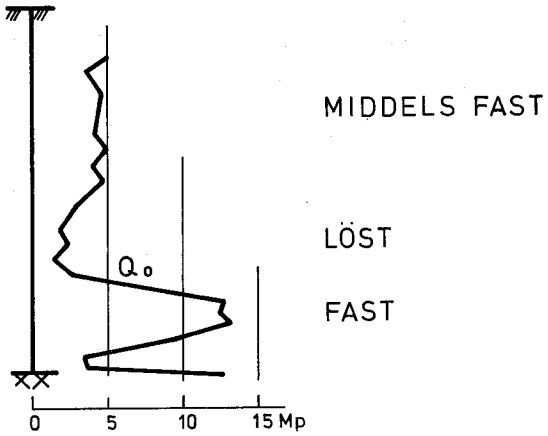


BORINGSRESULTATER

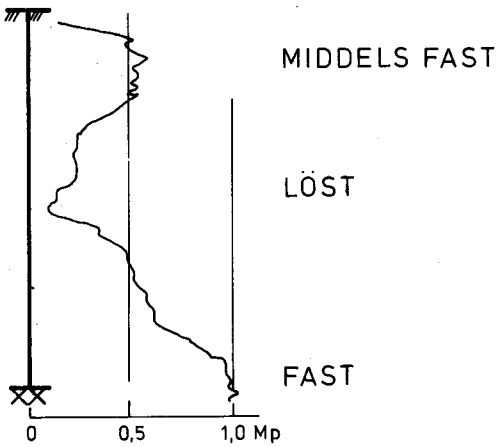
● DREIESONDERING



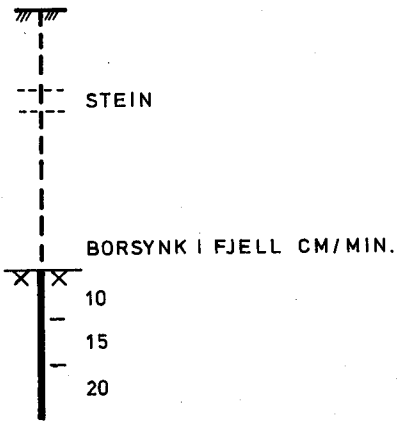
▼ RAMSONDERING



TRYKKDREIESONDERING



FJELLKONTROLLBORING



JORDARTER

MINERALSKE JORDARTER klassifiseres på grunnlag av korngraderingen. Betegnelsen på de enkelte fraksjoner er:

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

En jordart inneholder 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 kan angis i beskrivelsen (eksempel: grusig morene, moreneleire).

ORGANISKE JORDARTER klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Torv	består av omdannede rester av myrplanter
Gytje	består av omdannede vannavsatte plante- og dyrerester
Mold	sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur
Matjord	det øvre sammenfiltrede humuslag, som skarpt skiller seg fra mineraljorden

LABORATORIEUNDERSØKELSER. GEOTEKNISKE PARAMETRE

For nærmere undersøkelse av grunnens geotekniske egenskaper foretas laboratorieundersøkelser av opptatte prøver, og derved bestemmes forskjellige geotekniske parametre. Omfanget av slike undersøkelser avhenger av undersøkelsens art og den geotekniske problemstilling.

De viktigste geotekniske undersøkelser/parametre er:

SKJÆRFASTHET (Su, τ_f)
(udrenert skjærfasthet) bestemmes ved trykkforsøk og konusforsøk på uforstyrrede prøver i laboratoriet eller vingebor in situ. Skjærfastheten av leire er ikke entydig, den vil variere med retning, målehastighet og andre forhold.

SKJÆRFASTHETSPARAMETRE
Kohesjon c (eller attraksjon a) og friksjonsvinkel ϕ angir variasjonen av skjærfasthet med effektivt korntrykk (totaltrykk minus poretrykk). Verdiene bestemmes ved triaksiale trykkforsøk eller skjærforsøk med poretrykksmåling.

SENSITIVITET (S)
er forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og i omrørt tilstand, som bestemt ved konusforsøk. Sensitiviteten varierer vanligvis ved norske leirer mellom verdier på ca. 3 til verdier større enn 100. Leire som blir flytende i omrørt tilstand betegnes kvikkleire.

VANNINNHOLD (w)
angir vekten av vann i % av vekten av fast stoff i prøven og bestemmes ved tørking ved 110°C.

FLYTEGRENSE (w_L) (eller finhetstall w_F) og UTRULLINGSGRENSE (w_p)
(Atterbergs grenser) er 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.

ROMVEKT (γ)
er vekten pr. volumenhet av prøven. Romvekt, vanninnhold og porøsitet er sammenhengende verdier ved vannfylte porer.

TØRR ROMVEKT (γ_D)
er vekten av tørrstoffet pr. volumenhet.

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

CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
er et uttrykk for relativ bæreevne av et jordmateriale. Et stempel presses ned fra overflaten av det pakkede materiale med en bestemt hastighet. CBR-verdien angir nødvendig kraft for en bestemt deformasjon, angitt i % av en forhåndsbestemt kraft for tilsvarende deformasjon på et standard materiale av knust stein. CBR benyttes til dimensjonering av overbygning for asfaltdekker.

HUMUSINNHOLD (O_{na})
bestemmes ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala.

KOMPRESSIBILITET
måles ved ødometerforsøk (eller ødo-triaksial forsøk). En prøve påføres belastning trinnvis og for hvert trinn måles sammentrykningen etter bestemte tidsintervaller. Av forsøket beregnes parametre som uttrykker materialets motstand mot sammenpresning og tilhørende tidsfunksjon, parametre som må kjennes for setningsberegninger.

KORNFORDELINGSANALYSE
utføres ved sikting av fraksjonene større enn 0.125 mm. For de mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. Materialet slemmes opp i vann, romvekten 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 stigehøyde i et kapillarimeter. Telefarligheten graderes i gruppene T 1 (ikke telefarlig), T 2 (lite telefarlig), T 3 (middels telefarlig) og T 4 (meget telefarlig).

PERMEABILITETSKOEFFISIENTEN (k)
uttrykker strømningshastigheten for vann gjennom materialet under en hydraulisk gradient på 1. I leire er $k = 10^{-6} - 10^{-9}$ cm/sek. og i sand og grus er $k = 10^{-1} - 10^{-3}$ cm/sek.

Beregningsarbeidet som laboratorieundersøkelsene nødvendiggjør utføres hovedsakelig ved hjelp av programmer vi har utviklet for en bord-regnemaskin med plotterbord.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

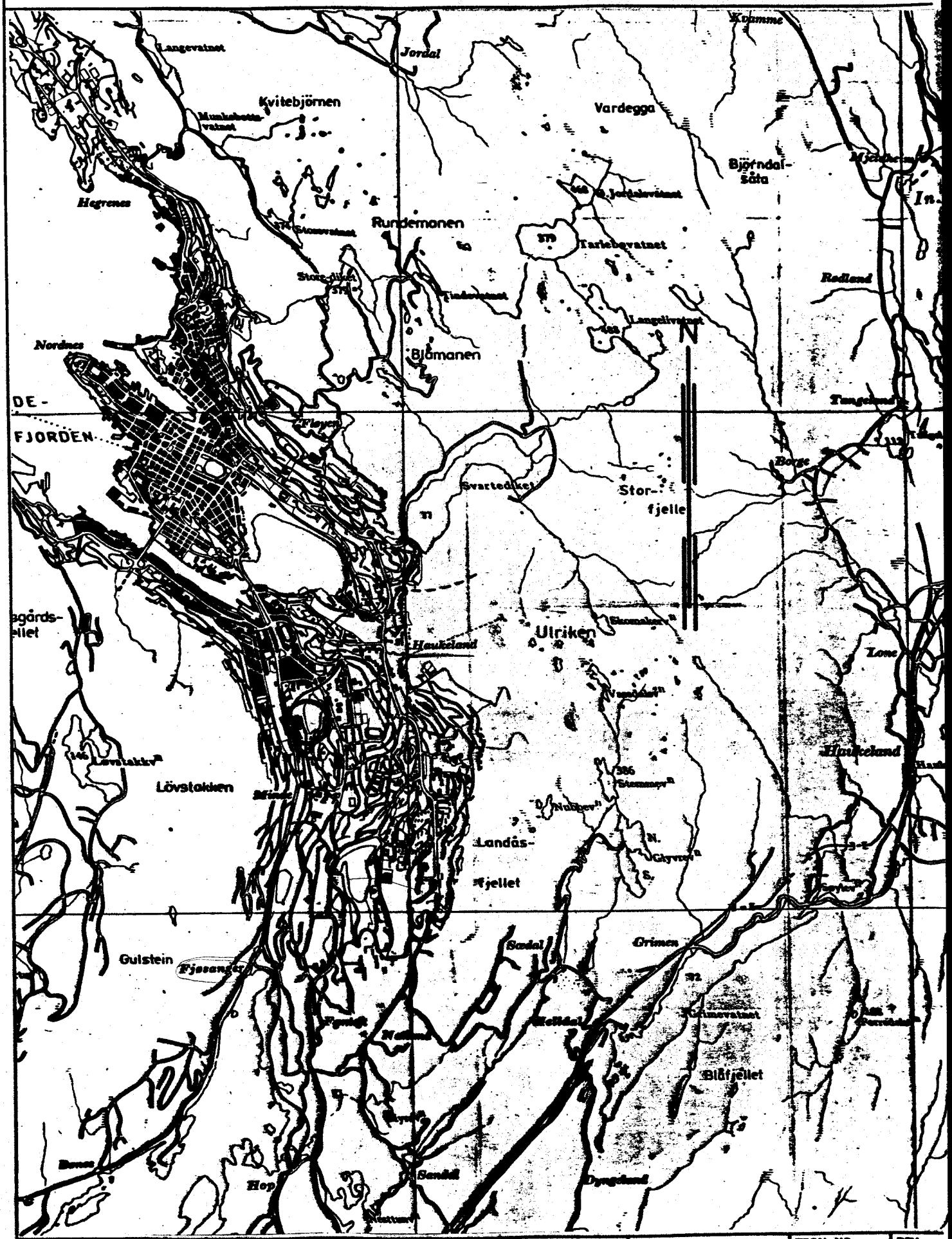
SAK: POSTTERMINAL SOLHEIMSVANNET

STATENS BYGGE-OG EIENDOMSDIREKTORAT

SIDE:

ANG.:

OVERSIKTSKART



BEREGN.	KONTR.	TEGNET	DATO	MÅL	SAK NR.	TEGN. NR.	REV.
		HN	6.6.78	1:50 000	12183	0	