

Norges Geotekniske Institutt

62/62-4

Jernbanens forbindelsestunnel øst-vest gjennom Oslo

Jernbanetorget

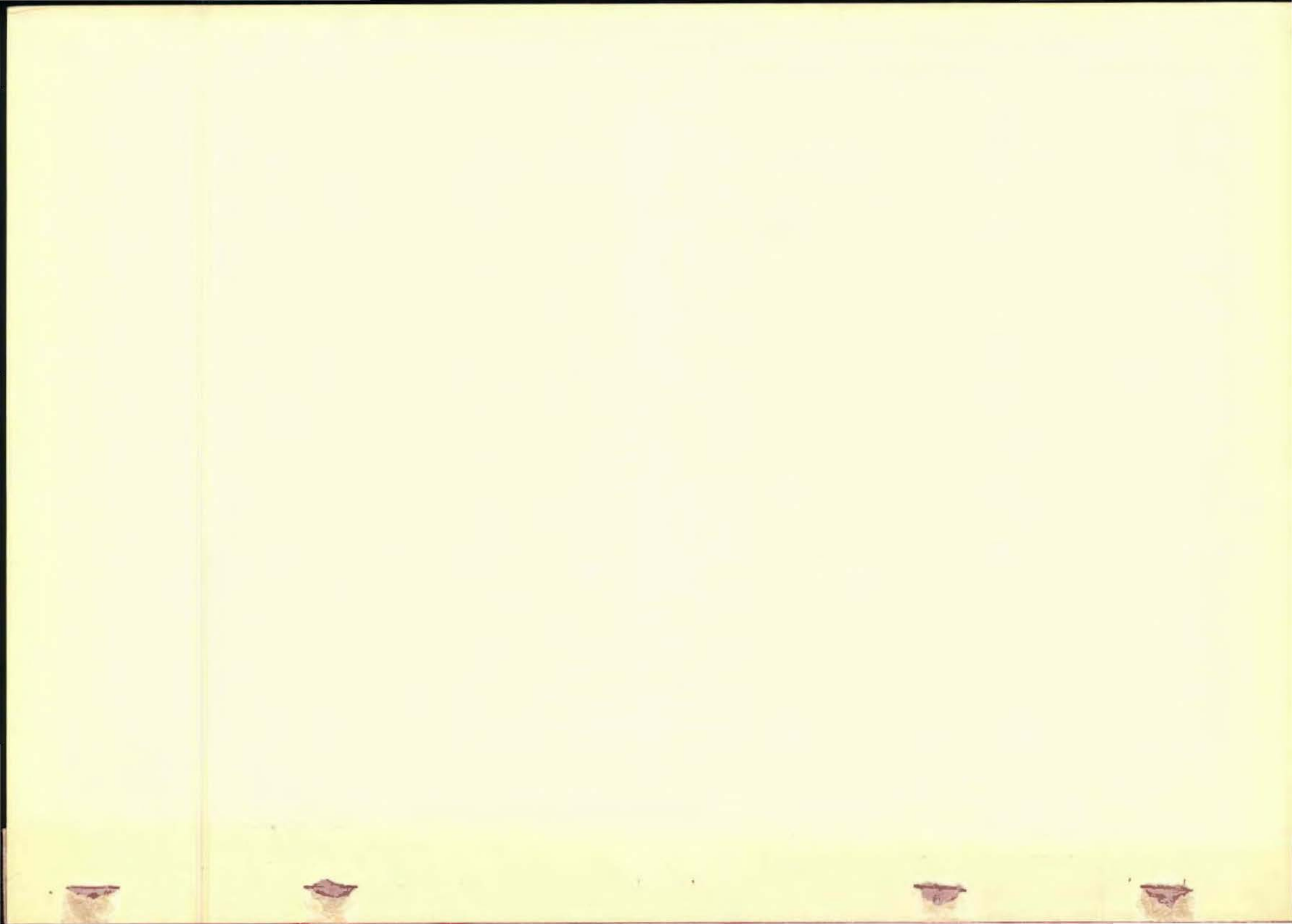
14 mars 1967

SO,C-1IV

OVERGITT TIL KARTPLATE  
DATO: 14.3.67  
SIGN: 

Tilhører Undergrunnskartverket  
Maliske fierens

m



**NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT**  
*Norwegian Geotechnical Institute*

Rapport.

Jernbanens forbindelsestunnel  
øst-vest gjennom Oslo. Uttalelse  
vedrørende pelefundamentering av  
tunnelen, Jernbanetorget, pel 0.09 -  
0.23.

62/62.4

14. mars 1967

FORSKNINGSVEIEN 1, OSLO 3 — TLF. 695880

Bilagsfortegnelse:

1. Dyp vingeboing
2. Profil langs tunnel med resultater av vingeboringer
3. Situasjonsplan

## INNLEDNING.

Det er i Ingeniørene Bonde og Co.'s tegning nr. 43062 av 2/11 1966 vist fire alternative peletyper for fundamentering av tunnelen. Valg av peletype ble diskutert på et møte i Norges Statsbaner den 27/1 1967. Som det fremgår av brev av 3/2 1967 fra Ingeniørene Bonde og Co. har man festet seg ved en utførelse med Benoto-peler.

Som geotekniske konsulenter for øst-vest tunnelen vil Instituttet gjerne få redegjøre for sitt syn på spørsmålet om valg av peletyper på dette parti av tunnelen, dvs. fordeler og mangler ved de forskjellige peletyper som kan være aktuelle.

## DYBDE OG GRUNNFORHOLD.

Det er tidligere av Oslo kommune utarbeidet fjellkotekart over området. Ifølge dette varierer dybden til fjell langs tunneltraceen fra kote -36 ved km 0.10 til fjelltunnel ved Basarhallene som vist med fjellkoter i bilag 3 og lengdeprofil i bilag 2.

Terrengt langs traceen stiger fra ca. kote 2.5 på Jernbanetorget til ca. kote 4.0 ved Basarhallene. Maksimal dybde til fjell blir således ca. 38 m. På en strekning av vel 40 m ligger fjellet ifølge fjellkotekartet under kote -30, dvs. med dybder større enn ca. 32 m.

Med hensyn til grunnens beskaffenhet henvises til rapport av 22/8 1966 fra N.S.B.'s Geotekniske kontor. Under et øvre 1.5 - 2 m tykt lag av fyllmasser består grunnen av noe tørrskorpeleire og derunder en middels fast og middels sensitiv leire. Beliggenheten av N.S.B.'s borer er vist på situasjonsplan i bilag 3 og skjærfasthetsverdiene er inntegnet i lengdeprofilet i bilag 2. Da disse borer er avsluttet i ca. 20 m dybde, dvs. kote -17 til -18 og det spesielt ved valg av Benotopeler vil være av betydning å få fastlagt fasthetsegenskapene også for den dypere liggende leire, er det av Instituttet utført en supplerende dyp vinge boring. Beliggenheten av denne boring (1) er vist på plan i bilag 3 og resultatet fremgår av bilag 1 og 2.

Det er planlagt en oppfylling til ca. kote 3.5 for Jernbanetorget. En foreløpig setningsberegning viser at dette vil medføre konsolideringssetninger av størrelse 20-25 cm på det dypeste parti. Da oppfyllingen vil foregå over et

stort areal må man regne med konsolideringssetninger gjennom hele leiravsetningen også i de dypereliggende lag. For pelene for tunnelen må man ta hensyn til disse setninger idet man må regne med påhengskrefter på pelene som følge av setningene.

#### NABOBYGG.

Utgravningen for tunnelen vil bli utført i åpen byggegrop til så stor dybde som dette er forsvarlig med hensyn til faren for bunnoppressing og setninger av nabobygg. Den dypeste del av utgravningen vil bli utført i trykkluft under støpt tunneltak. Den nødvendige rivning av bygninger for tunnelens gjennomføring vil bli utført. Som vist på situasjonsplan er det forutsetningen at et par eldre 4 etasjes bygninger fortsatt vil bli stående en tid i forholdsvis liten avstand fra tunnelveggen. Dette må det derfor tas noe hensyn til også ved valg av peler og utførelsen av utgravningen.

#### PELER AV TYPE BENOTO :

Disse peler har følgende fordeler: Nedboringen skjer uten støy og massefortrengningen er ubetydelig. Dette er således meget gunstig med hensyn til nabobygg. Videre oppnår man et sikkert fjellfeste idet det meisles en grop ned i fjellet og røret kan også dreies noe ned i fjellet. Pelene armeres og da man for tunnelen kan utnytte store pelelaster vil det antagelig svare seg med en kraftig armering av pelene. Det er også fordelaktig at man har muligheten for å avslutte pelene i ønsket dybde under bakken.

Av ulemper må først og fremst nevnes at man ved vanlig utførelse og med setninger som man får på Jernbanetorget må regne med store påhengskrefter. Opptrekking av peler støpt direkte mot leiren har vist at man får en kalkstabilisering av en sone rundt pelen. Tykkelsen av dette faste leirlaget har vist seg å være av størrelse ca. 2-3 cm. Hvis den setningsgivende last på terrenget er av en slik størrelse og utstrekning at man må regne med fullt mobilisert skjærfasthet mellom pel og leire må man således for Benotopeler regne med leirens uforstyrrede skjærfasthet på en flate med diameter ca. 5 cm større enn pelens. For de lengste pelene under tunnelen utgjør påhengskraften, hvis man antar pelediameter 88 cm og bruker skjærfasthetsverdiene fra den dype boringen, 340 tonn.

62/62.4

Hvis man skulle eliminere denne påhengskraften måtte det skje ved et innvendig blivende rør som var forsynt med et asfaltlag på en av sidene. Et slikt rør vil imidlertid komplisere og fordyre en god del. For det første vil pelen få betraktelig mindre tverrsnitt idet godstykkelsen av Benotorøret er 4 cm og man ved normal utførelse får en diameter lik den utvendige diameter. Dessuten vil det volumet som røret representerer måtte fylles med leire og dette medfører sætninger. Hvorvidt utførelse med et slikt innvendig rør til så stor dybde vil by på andre tekniske problemer må også overveies.

Såvidt man kan bedømme vil man på det dypeste parti på Jernbanetorget kunne komme til å arbeide på grensen av den kapasitet landets eneste Benotomaskin har. Ragnar Evensen A/S har oppgitt følgende data for denne maskin:

Vekt:	32 tonn
Motor:	180 HK
Arb. trykk:	85/100 kg/cm <sup>2</sup>
Opptrekkskraft:	40 tonn
Vridningsmoment:	40 t.m

For et Benotorør med utvendig diameter 88 cm vil for de lengste pelene leirens omrørte vingeborfasthet multiplisert med peleoverfalten utgjøre 60 tonn. Dette innebærer således en overskridelse av opptrekkskraften på 50% selv om man ikke regner noen adhesjon mellom betong og innvendig rørvegg.

Man kan selvfølgelig tenke på mulige metoder til å redusere leirens skjærfasthet mot røret. En slik metode vil være å sette strøm på røret, men dette medfører også at man får strøm på hele maskinen og hvorvidt dette vil medføre praktiske problemer har vi ikke oversikt over. Et bitumenbelegg utvendig på røret lar seg antagelig ikke utføre av hensyn til den måten røret vrides og trykkes ned i bakken på.

Ragnar Evensen har siden 1962 ialt utført 11 Benotopel-fundamenteringer og de dypeste pelene er utført for Joh. Johannesen kaffebrenneri, Filipstadveien 11. Det skulle her i følge boringene være 29.5 m til fjell, men de dypeste pelene viste seg å bli 35.5 m. Det er her steinfylling til 15 m dybde og derunder leire med noe mørene over fjellet. Man hadde her visse problemer som følge av at man var ved maskinens maksimale ydeevne. Dette gjalt foruten opptrekkskraften også bolteforbindelsene mellom rørene.

Entreprenørservice A/S disponerer en GH-maskin med oppgitt opptrekkskraft 200 tonn, hvilket skulle innebære at opptrekking av røret selv ved de lengste peler på Jernbanetorget ikke skulle by på problemer. Da denne maskinen kun

er benyttet ved et par jobber her i landet og ikke ved pelengder større enn ca. 20 m, er det vanskelig å ha noen formening om hvilke problemer man eventuelt vil støte på ved denne type peling på Jernbanetorget.

62/62.4  
Det skal nevnes at den Frankie turngrabmaskin som ble brukt for insitu-støpte betongpeler for Jernbanetorget stasjon på tunnelbanen ikke vil ha en tilstrekkelig dybdekapasitet med hensyn på de største pelengdene på Jernbanetorget.

På bakgrunn av det ovenfor anførte mener Instituttet at det knytter seg en viss usikkerhet til utførelsen av insitu-støpte betongpeler innen det område hvor fjelldybden er største på Jernbanetorget. Det vil derfor være noe tvilsomt bare å basere seg på denne type peler i anbudsinnbydelsen.

#### STÅLPELER.

Den annen type peler som kan komme på tale er stålpeler av et eller annet slag, idet vanlige betongpeler neppe vil bli aktuelt. Korrosjonsforholdene vil være av betydning ved valg av stålpeler.

På grunnlag av utførte korrosjonssonderinger samt måling av korrosjon på armeringsstenger som hadde stått 17 år i bakken i Østbaneområdet, må man regne med en midlere korrosjonshastighet av størrelsesorden 0.04 mm/år. Lokalt kan korrosjonshastigheten bli 2-3 ganger så stor. Disse forhold tatt i betraktning tyder på at DIP-profiler ikke bør anvendes uten i forbindelse med katodisk beskyttelse. Massive peler stiller seg adskillig gunstigere, spesielt hvis det tas hensyn til et visst korrosjonsmonn. Rørpeler utstøpt med betong er likeledes relativt gunstige idet man her har et samspill mellom stål og betong slik at lokal korrosjon av stålrøret er av mindre betydning.

#### Rørpel - kasseprofil.

En pelotype som har vært meget brukt i den senere tid er rørpeler med diameter ca. 0.5 m. Denne pelotype har vært brukt til store dybder og for store laster. De utføres som lukkede peler med fjellspiss. Oslo Havnevesen har gode erfaringer med styrting av betongen i disse rørpeler, som da utføres uarmert. Pelotypen har flere fordeler. Det er en stiv pel og pelens rettethet kontrolleres meget enkelt med lampe. Stålrøret virker både som stålpel og som en ringarmering for betongen. Korrosjonsmessig er pelen ikke så

62/62.4

utsatt idet endel piting vil kunne tåles uten at det drastisk reduserer pelens bæreevne. Med hensyn til påhengskraft er stålpeler vesentlig gunstigere enn insitu-støpte betongpeler idet adhesjonen mellom stål og leire bare utgjør 0.6-0.7 ganger leirens skjærfasthet. Dessuten har man nå erfaring for at peler av denne type meget effektivt kan beskyttes mot negativ friksjon ved pålegging av et 1 mm tykt bitumenlag. Adhesjon pel - leire kan da reduseres til ca. 0.5 t/m<sup>2</sup>. Et slikt bitumen belegg vil også effektivt kunne beskytte pelene mot korrosjon.

For fundamentering av tunnelveggene synes en spesiell type rørpeler å være meget gunstige, nemlig et kasseprofil av to sammensveisede spuntnåler som inngår som endel av spuntveggen, slik som vist på Ingeniør Bonde og Co.'s tegning, eventuelt med visse modifikasjoner. Etter Instituttet's vurdering har disse peler følgende vesentlige fordeler:

Pelene kan rammes til fjell fra terreng og danne fundament for tunneltaket som støpes først. Man står da friere med hensyn til belastning av tunneltaket som er nødvendig som mottrykk for luftovertrykket. Man slipper også å avslutte pelene i større dybder og kan utføre pelehodene i åpen byggegrop. Det forutsettes at pelen føres helt opp til tunneltak og ikke som vist på Ingeniør Bonde og Co.'s tegning hvor indre halvdel av pelen er vist avsluttet ved bunn tunnel.

Ved at pelene føres opp til tak og utstøpes og inngår som endel av spuntveggen vil de i meget vesentlig grad øke spuntveggenes bøyningstivhet. Dette er meget viktig der hvor man ønsker å grave til stor dybde før påsetting av lufttrykk, og der hvor man av hensyn til setningene av nabobygg ønsker en så stiv spuntvegg som mulig.

På nevnte møte i Norges Statsbaner ble det av innvendinger mot denne peletype fremhevet at den gir en eksentrisitet i forhold til tunnelveggen. Dette er imidlertid et konstruktivt spørsmål som bør kunne løses. Det kan i den forbindelse nevnes at tunnelbanen gjennom Vaterland er fundamentert på spuntveggene som er rammet til fjell. Det ble videre nevnt som en vanskelighet at pelen vil trekke med seg nabospuntnålen. Ulempene ved dette kan antagelig elimineres ved at man ikke rammer spuntnålen ned i full dybde før pelen rammes. Eventuelt blir man nødt til å holde igjen spuntnålen.

Ved en rørpelofundamentering av tunnelen må midtpelen eventuelt avsluttes ved bunn tunnel og eventuelt forlenges opp med innvendige søyler. Hvis man kjenner dybden til fjell ut fra boringer og ramming av nabopeler skulle det være mulig å slå midtpelene med knekt og foreta utstøpingen gjennom denne.

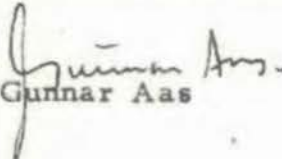
Rørpelene har den store fordel fremfor insitu-støpte betongpeler at man unngår de store påhengskrefter som følge av terrengsetninger, ved bestrykning av pelene med asfalt.

62/62.1

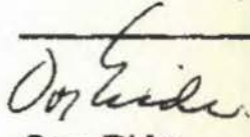
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

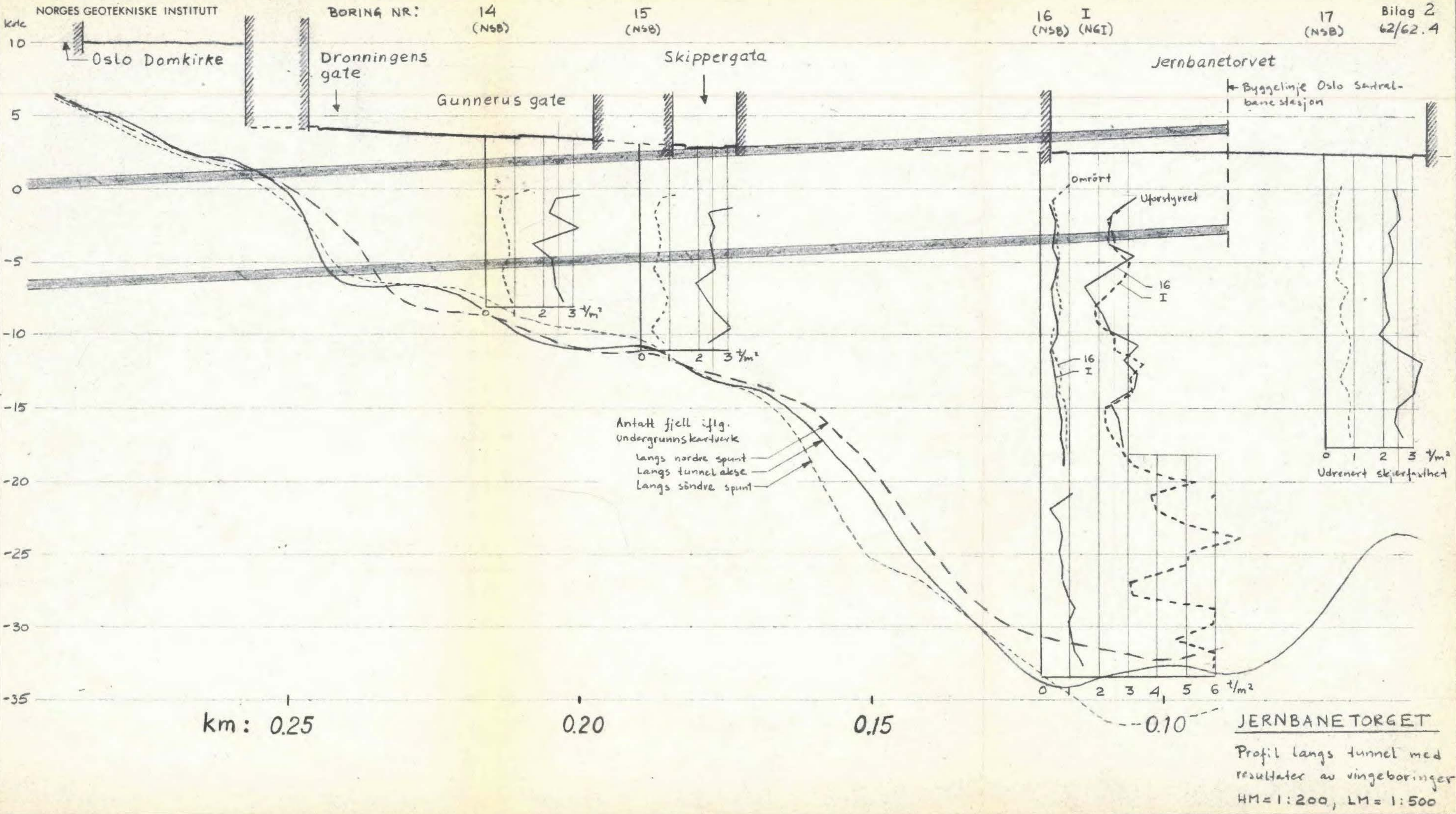
  
Laurits Bjerrum

---

  
Gunnar Aas

---

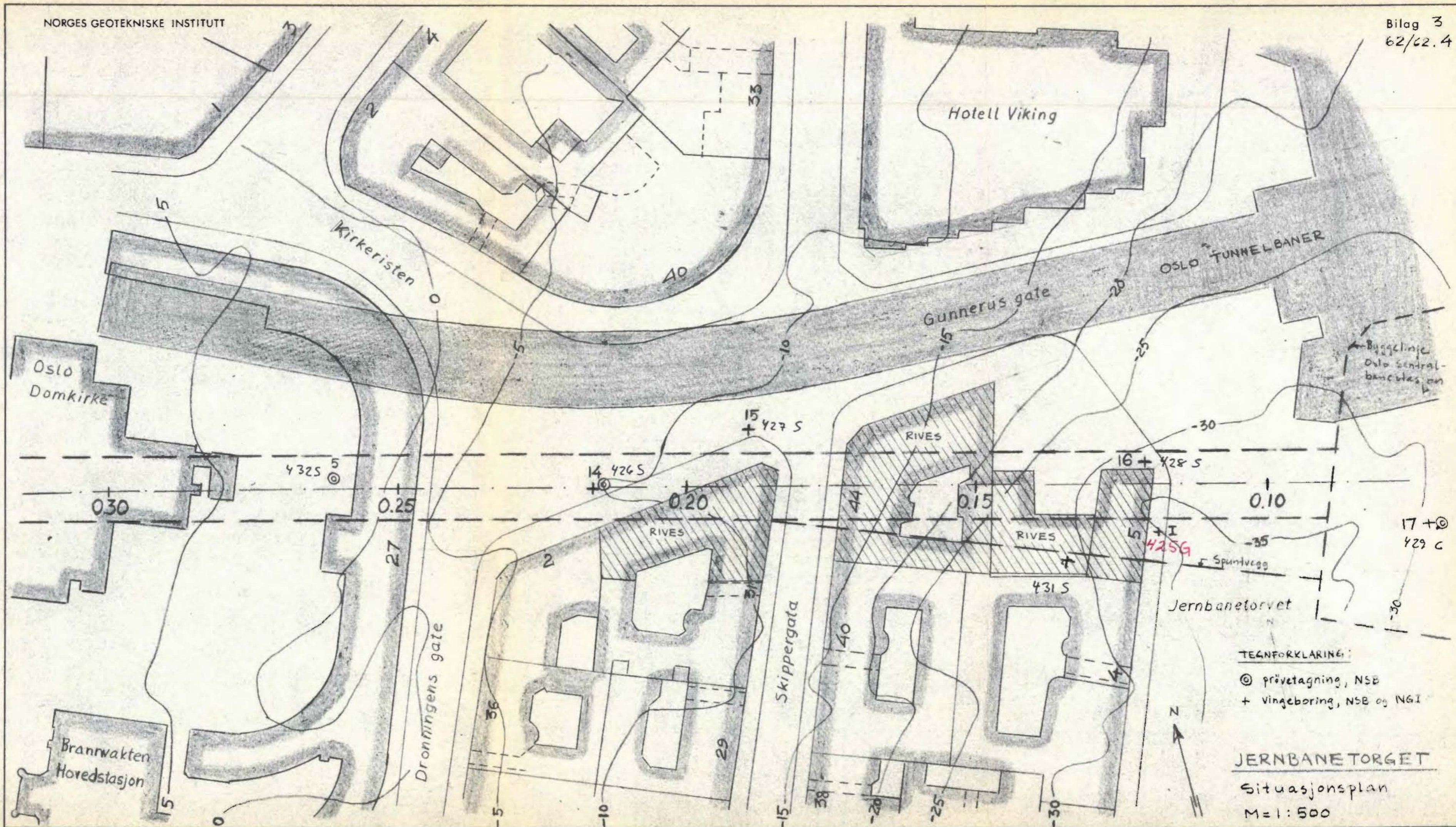
  
Ove Eide



62/62.4

Byggetlinje Oslo Sentralbanestasjon

62/62.4



TEGNFORKLARING:  
 © prøvetagning, NSB  
 + vingeboering, NSB og NGI

JERNBANETORGET  
 Situasjonsplan  
 M=1:500