

TEKNISK UKEBLAD

UTGITT AV DEN NORSKE INGENIØRFORENING OG
DEN POLYTEKNISKE FORENING

REDAKTØR: INGENIØR ARNE SOLEM, M.N.I.F.

NR. 1 • 94. ÅRG.

2. JANUAR 1947

Bøn og Eidsvoll tunneler

Avdelingsingeniør Rolf Nicolaisen, M.N.I.F.

DK 621.191.6

I „Teknisk Ukeblad” for 9. juni 1938, hefte 23, skrev jeg en artikkel om Bøn tunnel som da var under bygging.

Både Bøn og Eidsvoll tunneler er nå ferdigbygget og etter oppfordring fra „Teknisk Ukeblad”s redaktør skal jeg nedenfor gi en beretning om disse arbeiders videre forløp. For sammenhengens skyld skal jeg forsøke ganske kort å rekapitulere innholdet av den første artikkel.

Bøn og Eidsvoll tunneler ligger begge på linjen Oslo—Eidsvoll, den første noen hundre meter sør for Bøn stasjon, og den andre danner innkjørselen sørfra til Eidsvoll stasjon. Begge tunneler går gjennom høye leirbakker, Bøn tunnel i en lengde av ca. 250 m og Eidsvoll tunnel i en lengde av ca. 200 m og erstatter de gamle tunneler av teglstein bygget av engelskmennene i 1850-årene og som nå er i en dårlig forfatning og dessuten for trange for gjennomføring av elektrisk drevne tog.

Terranget består for begges vedkommende av marin leire av meget varierende fasthet med lag av meget fin sand „melsand” og „mosand” som står under et vanntrykk av opptil 15 m. Når disse sandavleiringer er mettet med vann er de helt flytende så snart man rører ved dem, og de viste seg iallfall dengang å være praktisk talt umulige å drenere. Disse forhold er mest fremtredende ved Bøn tunnel. Ved Eidsvoll er leiren fastere og sandlagene mer lokale. Her går imidlertid den nye tunnel delvis under bebyggelse og bare 3—6 m fra den gamle tunnel.

Alle forhold tatt i betraktning ble det bestemt å bruke skjoldmetoden for begge tunnelers vedkommende, og etter at jeg høsten 1934 i 3 uker hadde oppholdt meg i Amerika for å studere metoden, ble konstruksjonsarbeidet med skjold og utmuring satt i gang.

Utmuringen ble derfor valgt sirkulær med 2 ringer av jernbetong, en utvendig 260 mm tykk

og en innvendig 500 mm tykk med et isolasjonslag imellom som vist i fig. 1. Den store tykkelse av indre utmuring ble valgt vesentlig av hensyn til frosten. Der vil nå bli satt i gang målinger av temperaturen inne i betongen ved Eidsvoll tunnel.

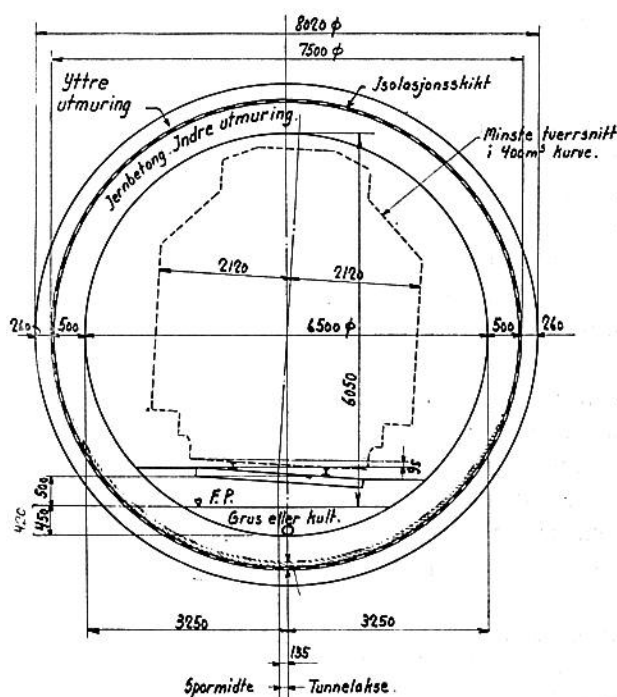


Fig. 1. Bøn tunnel. Tverrsnitt.

Innvendig lysareal (minste sirkel) 33,1831 m²; tverrsnitt av armert betong 10,9955 m²; ytre utmuring (lameller + fuger) 6,3385 m²; totale gravingsprofil (omsluttet av skjold) 51,28 m²; omkrets av det armerte betongtverrsnitt (utside) 23,562 m.

Skjoldet, som skjematisk er vist på fig. 2, er i store trekk en jernsylinder „skjoldmantelen” med diameter noen cm større enn ytre utmurings utvendige diameter. Skjoldets forreste del og midtpartiet er avstivet ved 2 innvendige ringer og 2 horisontale platformer og 2 vertikale vegger. I den bakre del på ca. 1,2 m lengde er mantelen helt uavstivet. Ytre utmuring består av ringer 75 cm

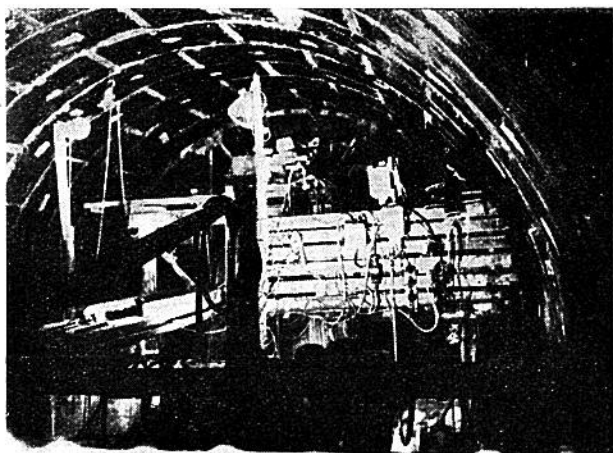


Fig. 3. Bon tunnel. Yttre utmuring.

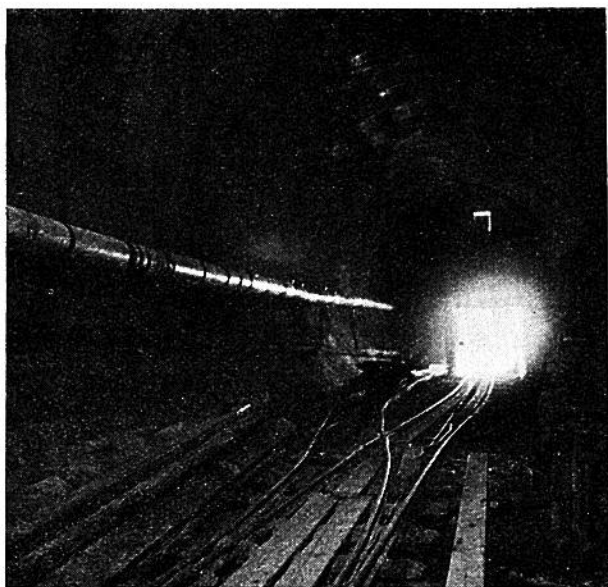


Fig. 4. Bon tunnel. Indre utmuring.

den vanskeligste del av oppgaven. Man antok, at hvis det kunne lykkes å drenere vannet ut av mosanden (som da blir meget fast) skulle det la seg gjøre å drive tunnelen gjennom. I den anledning var det som første arbeide allerede i 1935 drevet en stoll $2,4 \times 2,4$ m fra sørenden inn under sandlaget, se fig. 5, og hensikten var da å drive tapperør fra stollen opp i sandlaget. I årene 1936 og 1937 ble det forsøkt med rør med forskjellige slags filtere uten at man fikk nevneverdig vann ut.

Ved juletid 1937 kom man med skjoldet inn i det på profilet viste sterkt skråttstilt mosandlag og dette resulterte i et mindre innbrudd av sand og vann, og under hele passeringen av dette lag hadde man stadig store vanskeligheter med flytende masser. Denne erfaring gjorde spørsmålet om hvordan man skulle komme gjennom det store sandlag enda mer brennende, og på ettervinteren 1938 ble det besluttet at anleggets maskintekniske konsulent ingeniør A. Authén og jeg skulle foreta en

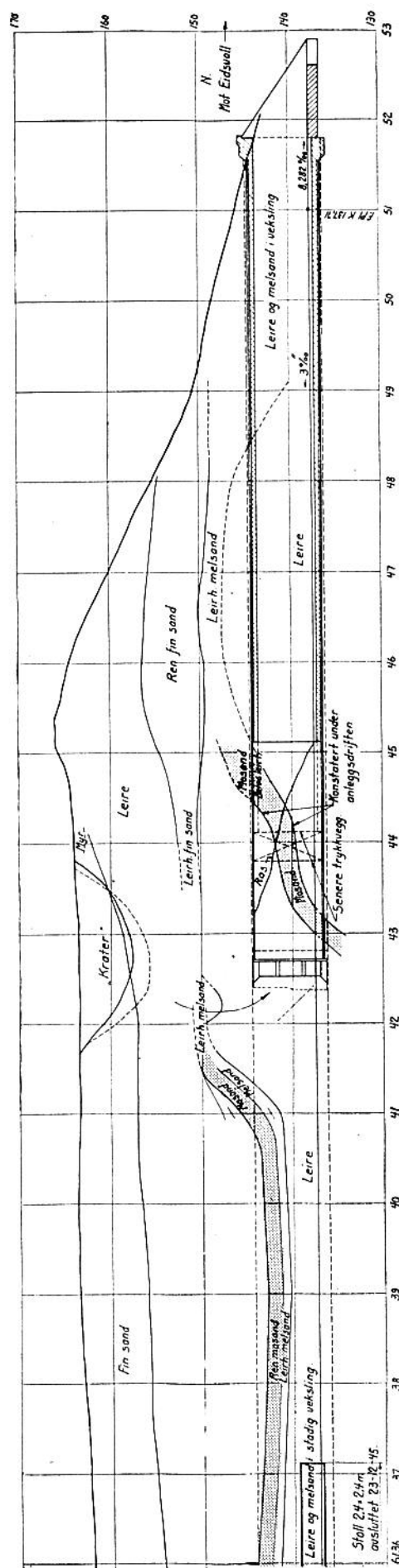


Fig. 5. Bon tunnel. Lengdeprofil.

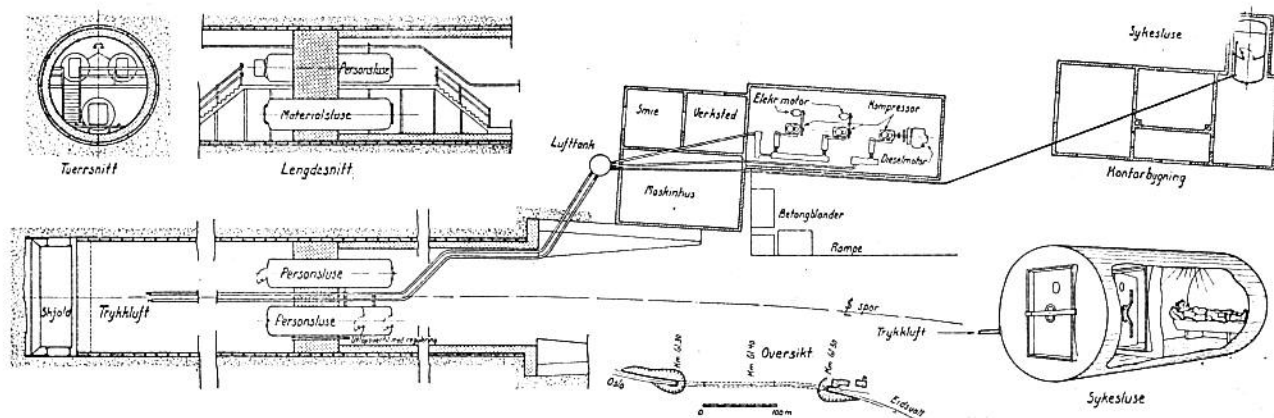


Fig. 6. Bon tunnel. Trykkluftanlegg.

reise til Tyskland, Belgia og Frankrike for om mulig å finne en brukbar dreneringsmetode eller andre metoder for stabilisering av sandlagene.

Før vi kom av gårde gikk imidlertid natt til 18. mars et stort ras på 600–700 m³ sand og leire gjennom skjoldet inn i tunnelen og ødela en del av skjoldets maskineri og annet materiell. Raset er antydnet på profilet fig. 5 med det krater som dannet seg i overflaten. Profilet viser dessuten skjoldets stilling og den utførte ytre og indre utmuring da raset gikk. De leirmasser som var satt i bevegelse ved raset hadde naturligvis mistet en meget betydelig del av sin opprinnelige fasthet, så det var meget vanskelig å få dem fjernet, idet faren for å starte et nytt ras stadig var overhengende. Det tok derfor meget lang tid, ca. 7 måneder, før leiren var fjernet fra tunnel og skjold og dette reparert. Man var da kommet fram til slutten av oktober 1938 og imidlertid var utenlandsreisen avsluttet ca. 1. mai. Blant de fagfolk vi kom i kontakt med var meningene meget delte, enkelte holdt på trykkluft, andre på drenering ved tapperør. En overordnet ingeniør i firmaet Keller, ett av Tysklands førende firmaer på fundamentering og grunnforsterkning, mente vi burde oppgi det hele og finne et gunstigere sted for tunnelen, men han tilføyde riktignok, at „det kan dere vel ikke gjøre av hensyn til avisene”.

En sand så fin som „mosand” fantes ikke ved noen av de anlegg vi besøkte, slik at man derav med sikkerhet kunne slutte seg til om det var noen mulighet for tørlegging ved tapperør. I Brüssel pågikk imidlertid et tunnelarbeide hvor sanden i finhet nærmet seg nokså sterkt til „mosand” og hvor grunnvannet ble senket ved pumpebrønner. Der anvendtes filter av en meget fin duk med en spesiell vevning og Rhinsand med 2 forskjellige korngraderinger omkring pumpen.

Man bestemte seg for å gjøre et forsøk med tapperør av lignende konstruksjon drevet opp i sandlaget fra stollen, slik at vanntrykket skulle

drive vannet gjennom filteret, og der ble dessuten anordnet suging ved hjelp av ejectorer, da man av erfaring visste at den fine sand ville ødelegge en pumpe på kort tid. Man fikk en del temmelig rent vann, men uten at noen synking i vannstanden kunne observeres i et ovenfra anbrakt observasjonsrør like ved siden av tapperøret. Der inntraff dessuten stadig hyppigere innbrudd av vann og sand gjennom de minste åpninger i stollens fortømring som begynte å forskyve seg så stollen ble mer og mer livsfarlig å ferdes i.

Disse forsøk pågikk mens man la siste hånd på arbeidet med å bringe skjoldet i driftsferdig stand. I begynnelsen av november 1938 ble skjolddriften gjenopptatt, men allerede etter annen skyvning fikk man, tross den mest omhyggelige stempling, flere voldsomme innbrudd av sand og vann. Det lyktes imidlertid ved strengt vakthold å plombere innbruddsstedene så de sandmengder som kom inn innskrenket seg til alt i alt noen få kubikkmeter.

Disse innbrudd sammen med de lite tilfredsstillende resultater av dreneringsforsøkene gjorde det imidlertid helt klart, at det var nytteløst å forsøke med videre fremdrift uten trykkluft.

Det krevde atskillige studier og forarbeider å bygge et trykkluftanlegg av den størrelse og det overtrykk som her var nødvendig. Bl. a. fremkom professor Heje etter oppfordring med en uttalelse i sakens anledning. Dessuten ble det foretatt en reise til London, hvor det viste seg at 15 skjold var i virksomhet samtidig på forskjellige steder med og uten trykkluft. Det tok nesten ett år for alt var i orden og luften satt på.

Fig. 6 viser skjematisk det hele arrangement, mens trykkveggens virkelige beliggenhet er angitt stiplet på profilet fig. 5.

Anlegget er i sin helhet dimensjonert for et maks. overtrykk av 3,0 kg/cm². De 3 kompressorer har en kapasitet av 12 m³ fri luft ved 2 kg/cm² trykk. To av dem er tilkoblet 50 hk elektromotorer og den tredje, som står som reserve om



Fig. 7. Trykkveggen fra normalluft-siden. Nederst materialslusen og øverst de to personsluser.

strømmen skulle forsvinne, er tilkoblet en dieselmotor av samme ytelse.

Dette maskineri med kjølere og rensere for luften, med lufttank og rørledninger ble levert og montert av Atlas Diesel i Stockholm. Slusene, 2 personsluser og 1 materialsluse, levertes av Kværner Brug. På selve trykkveggen var montert en trykkregulator som stod i direkte forbindelse med luften i arbeidskammeret. Den trådte automatisk i virksomhet ved en avvikelse av ± 3 mm vannsøyle fra det trykk hvorpå den var innstillet. Manometer var anbrakt utenfor og innenfor trykkveggen og utenfor og inne i begge personsluser. I disse var dessuten anbrakt et automatisk registreringsapparat som tegnet trykkkurven døgnet rundt, så det alltid etterpå kunne konstateres hvilket trykk man hadde på et bestemt tidspunkt. Telefon var installert på begge sider av trykkveggen, inne i begge personsluser og ett apparat fulgte skjoldets arbeidsstillas.

Ingen måtte komme inn i trykkslusen uten forutgående legeundersøkelse og kontroll av og til senere. Til anlegget var derfor knyttet en lege, dr. Høva på Eidsvoll, som har offentliggjort en rapport om de medisinske erfaringer som er høstet under arbeidets gang. Det ble utarbeidet nøyaktige

tabeller for arbeidstid og inn- og utslusingstid for de forskjellige trykk. Personslusene ble alltid betjent av en slusevakt som påså at slusingstiden ble overholdt og at heving og senking av trykket foregikk på reglementert måte. Fig. 7 viser trykkveggen med de 3 sluser.

Arbeidstid og timelønn ble som vanlig regnet etter 48 timer pr. uke. Inntil $1,5 \text{ kg/cm}^2$ betaltes et tillegg til normal timelønn på 50 %, over $1,5 \text{ kg}$ var tillegget 100 %. Den effektive ukentlige arbeidstid ble da 48 timer fratrukket tiden for inn- og utslusing. For trykk mellom eksempelvis $1,5 \text{ kg/cm}^2$ og $2,0 \text{ kg/cm}^2$ var den effektive tid ca. 37 timer pr. uke.

I hele den tid på nesten ett år, som skjoldet hadde stått stille siden det mislykte forsøk på å komme videre uten trykkluft, hadde fronten vært avstengt med dobbelt plankevegg og treull pakket imellom. Det måtte imidlertid holdes vakt den hele tid natt og dag, da det stadig var tilløp til nye innbrudd av sand og vann gjennom de fineste åpninger. Da trykket ble satt på 10. oktober 1939 viste det seg at først etter at det var brakt opp i $1,7 \text{ kg/cm}^2$ kunne avstengningen fjernes.

Etter et par fremskyvninger viste det seg imidlertid at luften fant vei gjennom sandlagene opp i krateret, så kraftig at trykket ikke kunne holdes. Kraterets bunn og sider ble dekket med et 0,5 m tykt lag av stampet leire og trykket ble satt ned til $1,4 \text{ kg}$ som kunne holdes. En tid fremover hadde man da atskillig vanskelighet med sand og vann og bløt leire. Etter ytterligere en del fremskyvninger kunne likevel trykket heves til $1,6 \text{ kg}$ som ble holdt under den vanskeligste del av driften hvor sandlagene lå lavt og massen i bunnen var bløt og temmelig sandholdig.

Den tidligere nevnte sterke variasjon i jordlagenes beliggenhet, fasthet og karakter for øvrig var her enn mer fremtredende.

Til å begynne med hadde man som regel i samme tverrsnitt regnet ovenfra: Leire av varierende fasthet, mosand så fast at man måtte grave fram foran skjoldveggen for å kunne få skjoldet fram, derunder melsand av nær-

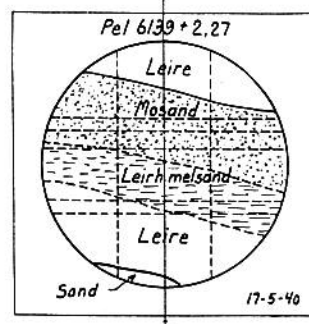


Fig. 8. Bon tunnel. Tverrsnitt.

stens og nederst leire gjennomsett med tynne lag av melsand. Fig. 8 viser et slikt tverrsnitt nøyaktig oppmålt under driften.

Melsanden lot seg ikke helt tørrelegge ved hjelp av trykkluften og var hele tiden flytende og rant

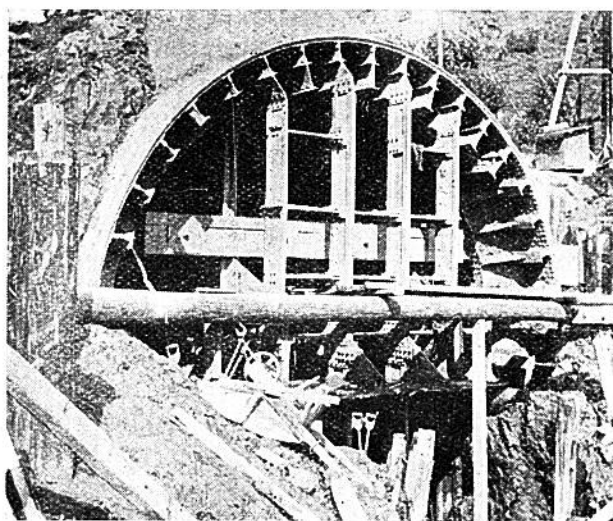


Fig. 9. Bøn tunnel. Skjoldet fremme i dagen.

ut gjennom de minste sprekker. Hvis denne utflytning ikke ble holdt innen nokså snevre grenser måtte man frykte for større setninger og ras. For best mulig å sikre mot en slik mulighet ble der i skjoldets forende innbygget et rammesystem. Til dette kunne hurtig festes lette jernlemmer som ble satt inn etter som man hadde gravet fram tilstrekkelig langt i vedkommende parti. Man kunne derved få gravet ut og avstengt små begrensede partier ad gangen. Rammesystemet kan sees på fig. 9, som er et fotografi av skjoldet idet det kommer ut av bakken i tunnelens sørende.

Man var kommet fram til ca. pel 3941 (se profilet) 9. april 1940, da den tyske invasjon kom og arbeidet stoppet og gikk senere med sterkt innskrenket drift til slutten av mai, da man atter fikk etablert noenlunde normal drift, men etter hvert som tiden gikk fikk man nye vanskeligheter med å skaffe materialer og med transporten. Tross dette gikk driften etter hvert bedre og man kom som regel opp i 4 skyvninger pr. uke og 12. juli 1940 ble stollen nådd. Stollen skapte en del nye vanskeligheter, idet den måtte rives etter hvert som skjoldet gikk fram, hvilket sterkt øket faren for ras. Driften ble stanset en uke og foran i skjoldet ble bygget et slags „hette” av jernplater under hvilken den del av stollen som tilsvarte en fremskyvning kunne rives. Byggingen av stollen og de senere innbrudd av sand hadde forårsaket setninger i hele det overliggende terreng, slik at massen hadde mistet en del av sin opprinnelige fasthet og trykket på skjold og tunnel ble høyere enn nødvendig hadde vært. Lenger ut mot stollens innslag i sørenden var den, da man bestemte seg for trykkluft, blitt stengt med en betongvegg så trykket kunne opprettholdes etter at man var nådd fram til dens indre ende med skjoldet. Tryk-

ket ble nå temmelig konstant holdt på $1,4 \text{ kg/cm}^2$ og driften gikk jevnt uten særlige vanskeligheter til man midt i desember 1940 nådde betongveggen. Man var nå forbi sandlagene og hadde nokså ren leire så trykket ble slått av og man gikk i gang med å fjerne veggen, et arbeide som var avsluttet ved juletid. Allerede under senkingen av trykket viste skjoldet tendens til å synke og tross all mulig forsiktighet under fjernelse av veggen fortsatte synkingen etter at veggen var fjernet og driften skulle fortsettes. Boringene på dette parti viste dårlig masse på dypet og selv en forsiktig skyting under fjernelse av veggen sammen med de tidligere omtalte uheldige virkninger av stollens tilstedeværelse forbedret ikke saken. Driften ble stoppet mens det ble bygget en lettere vegg av tre med tetting av aquarite lenger ute i stollen, så man kunne holde et overtrykk på omkring $1,0 \text{ kg/cm}^2$ og synkingen opphørte.

Resten av skjolddriften gikk uten særlige vanskeligheter, men noe langsommere på grunn av at leiren her var særlig bløt og man fryktet for at trykket fra skjoldet under skyving skulle forårsake ras av betydning i overflaten, som her mot slutten var en meget bratt bakke. Det var også en del glidning i terrenget da skjoldet nærmet seg overflaten.

Den 23. august 1941 ble skjoldet skjøvet siste gang på Bøn, og man gikk straks i gang med demonteringen for å overføre det til Eidsvoll.

Den ytre utmuring var således ferdig, men allerede fra begynnelsen av august 1940 ble det vanskelig å skaffe tilstrekkelig sement, så man hadde nok med å opprettholde støping av det tilstrekkelige antall blokker til ytre utmuring og helt måtte stanse støping av indre utmuring, slik at da skjoldet var fremme i dagen lå indre utmuring ca. 140 m tilbake for ytre. Dessuten kunne den tidligere anvendte isolasjon „Aquarite” ikke lenger skaffes. Dette tilsvarte omtrent et års forsinkelse med å få tunnelen ferdig.

Vinteren 1941—42 nådde man bare å få fjernet skjoldet og støpe fundament for søndre portal med sidemurer, også på grunn av sementmangel. Dette til tross for at det ble fusket grovt med sementoppgavene til tyskerne og henvendelser til disse om at faren for at den gamle Bøn tunnel skulle styrte sammen var overhengende.

Våren 1942 var det tilveiebrakt et så vidt stort lager av sement at man kunne gå i gang med å støpe indre utmuring og firmaet Nordiske Destillationsverker påtok seg å utføre isoleringen, som ble utført av 3 lag asfaltapp med et asfalt klebestoff. Klebestoffet var ikke naturasfalt og man hadde vanskeligheter med at det ville flyte ved den

høyere temperatur som oppstod i tunnelen på grunn av herdningsvarmen fra den 0,5 m tykke indre utmuring. Pappen hadde derfor tendens til å falle ned i hvelvet og sige på siden før man fikk støpt ferdig. Dette førte med seg at isolasjonen ofte stykkevis måtte fornyes.

Det ble lagt meget arbeid på å få isolasjonen så god som mulig. Til tross herfor viser tunnelen på enkelte steder i og for seg ubetydelige lekkasjer, slik at det holder seg fuktige flekker. Det må imidlertid erindres at vanntrykket på sine steder er ganske høyt, 10 opptil 15 m.

At naturasfalt ikke kunne skaffes til klebestoff har sikkert sin del av skylden for at tunnelen ikke kan sies å være helt tett.

Støping av indre ring ble avsluttet 31. oktober 1943 og tunnelen var helt ferdig med portal og sidemurer 4. desember 1943.

I 1942 og 1943 var det meget vanskelig å holde arbeidet gående noenlunde rasjonelt, da både arbeidsstokken og den stadig snau sementbeholdning måtte deles mellom Bøn og Eidsvoll. Støpingen av indre utmuring tok derfor en del lengere tid enn beregnet.

Eidsvoll tunnel.

Denne ble også drevet fra nordre portal i retning Oslo.

Det gikk nøyaktig ett år fra skjoldet ble skjøvet siste gang på Bøn til det ble skjøvet første gang på Eidsvoll. En sterkt medvirkende årsak til at det tok så lang tid var atter materialmangel (særlig sement) og mangel på arbeidskraft, slik at forberedende arbeider med nordre portal med sidemurer ikke kunne komme i gang i rett tid. Man hadde dessuten under driften ved Bøn høstet erfaringer som tilsa enkelte forandringer ved skjoldet før man atter satte det i drift.

Til tross for at jordmassen ved Eidsvoll var atskillig bedre enn ved Bøn måtte det, særlig ved begge portaler, vises megen forsiktighet. Den nye tunnel ligger mellom den gamle og Vormå og ved begge portaler kloss opp til den gamle tunnel i en meget steil skråbakke. Utgraving for portaler og for nordre portals vedkommende videre utgraving av grop for montering av skjold bød således på atskillig risiko for jernbanens driftssikkerhet.

Da skjolddriften endelig kunne komme i gang gikk det imidlertid stort sett knirkefritt. På et ganske kort parti i nærheten av nordre portal var det lag av flytende sand av ganske stor mektighet. For med sikkerhet å komme igjennom dette uten fare for den gamle tunnel og for bebyggelsen over, ble også her installert trykkluft. På grunn

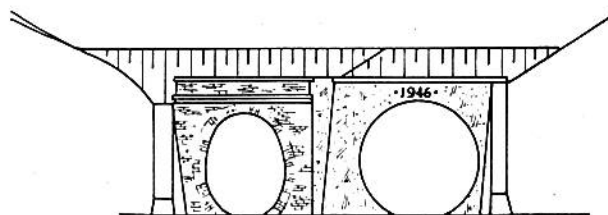


Fig. 10. Eidsvoll tunnel. Søndre portal.

av de nevnte forandringer ved skjoldet ble det nå mulig å skyve 5 ganger i uken, hvorved fremdriften ble 15 m pr. måned.

Under hele byggetiden var sementmangelen permanent, så man også her måtte renonsere på å la indre utmuring følge med den ytre, slik at man fikk en lignende forsinkelse som på Bøn.

Skjoldet ble skjøvet første gang 2. september 1942 og siste gang 26. oktober 1944, mens indre utmuring først var ferdig 12. mars 1946. Vanntrykket er her ikke så stort som ved Bøn og tunnelen er praktisk talt tett. På de siste ca. 100 m ble anvendt naturasfalt som klebestoff med betydelig bedre resultat.

Som nevnt i min forrige artikkel var tunnelarbeidet administrert av Oslo distrikt. Som maskinteknisk konsulent har hele tiden fungert kontorsjef ved Hovedstyret ingeniør A. Authén. Som leder av den daglige drift fungerte det meste av tiden oppsynsmann G. Gustavsen. Som geologisk konsulent fungerte geolog Rosenlund ved jernbanens geotekniske kontor. Da jeg fra juni 1944 til juli 1945 var fraværende fungerte ingeniør W. Bjertnæs som arbeidsleder.

Skjoldet er nå nylig satt i drift ved Tyholt tunnel på linjen Stamne-Leangen ved Trondheim, hvor en tunnel på ca. 200 m lengde skal bygges i leirterreng som et ledd i en lengre tunnel. Dette tunnelparti forsøkte tyskerne under krigen å bygge ved hjelp av stimpling, men måtte oppgi det da det hele raste sammen. Skjoldet ble beordret sendt til Trondheim så snart det var ferdig på Eidsvoll, og den tyske entreprenør kom med sine folk til Eidsvoll for å sette seg inn i metoden, men så satte freden punktum for hele tyskernes virksomhet.

Omkostninger.

Disse er naturligvis store ved den slags tunneler i forhold til fjelltunneler.

Omkostningene ved Bøn tunnel ble bokført sammen med hele linjeomleggingen, som var meget omfattende bl. a. med en større bru over Andelven. Ved brannen i Oslo Østbanestasjon under krigen strøk praktisk talt alle arkivsaker vedrørende dette arbeide med, så det er umulig å få omkostningene for tunnelen skilt ut fra totalbeløpet.

For Eidsvoll tunnels vedkommende viser det seg at selve det ferdige tunnelrør inkl. andel i maskinelt utstyr og nødvendige husbygginger kommer på ca. kr. 7000 pr. l. m. Portal og sidemurer ved begge innslag er ikke medregnet her.

Dette er jo en høy pris, og det er meget vanskelig å finne selv et noenlunde brukbart grunnlag for en sammenligning med andre lignende byggverk. Omkostningene pr. l. m for tunneler er mer enn for de fleste andre byggverk sterkt avhengige av de stedlige grunnforhold, dessuten av om man har måttet anvende trykkluft, tunnelens tverrsnittsdimensjoner, dens lengde osv. Lengden influerer på meterprisen fordi utgiftene til skjold, maskineri, nødvendig husbygging osv. blir omtrent de samme for en kort som for en lang tunnel.

Av tunneler som er bygget i senere tid har jeg en del data fra Hollandtunnelen under Hudson mellom New York og New Jersey. Denne består av 2 tunneler, hver på ca. 2100 m lengde. Tunnelen ble bygget i 1920-årene og gjennomsnittsprisen pr. l. m av ett enkelt tunnelrør uten innvendige konstruksjoner av noen art lå, etter de opplysninger jeg sitter inne med, på minst ca. 12 000 regnet etter en dollarkurs på kr. 3,70.

Kontrakten ble sluttet i 1922, og man priste seg lykkelig at man ikke ventet til 1923, da prisen ville ha ligget betraktelig høyere. Allerede i 1922 lå visstnok det amerikanske prisnivå ganske høyt og hertil kommer at ved Holland-tunnelen var skjolddiameteren 9,5 m, mens den ved Bøn og Eidsvoll var 8 m; utmuringen var av støpejern og hele arbeidet ble utført i trykkluft. Alt dette vil naturligvis i høy grad virke fordyrende.

På den annen side betinger utmuring av støpejern en vesentlig raskere fremdrift, liksom tunnelen for en meget stor del gikk gjennom en mudderartet masse som gjorde det mulig å drive med lukket skjold („driving blind”) slik at bare en mindre del av den masse som svarer til skjoldets tverrsnittsareal ganger fremskyvingens lengde kom inn i skjoldet gjennom åpne luker. Denne temmelig hårdt sammenpressede masse ble da liggende i tunnelbunnen, slik at den senere lett kunne fjernes. Tunnelens store lengde gjorde enn videre at utgifter til skjold, maskineri, hus og annet utstyr medførte bare en ubetydelig økning av prisen pr. meter. Hensynet til faren for frost gjorde dessuten at tykkelsen av indre utmuring ved Bøn og Eidsvoll måtte gjøres atskillig større enn styrkeberegningen skulle tilsi. Dette hensyn er sikkerlig ikke tatt ved noen av de her nevnte utenlandske tunneler.

Tunnelen Concorde Metropolitain i Frankrike med skjolddiameter som ved Bøn og Eidsvoll

kostet i 1911 ca. kr. 7000 pr. l. m, hvilket vel skulle svare til om lag kr. 14 000 etter prisindeks av 1940. Blackwell tunnel i England med omtrent samme diameter kostet i 1892 ca. kr. 6000. Disse tall sier jo ikke så svært meget, da jeg ikke kjenner de nærmere omstendigheter angående grunnforhold, bebyggelse etc. Forholdene ligger som regel så forskjellig an ved de forskjellige objekter, at enhver sammenligning må bli haltende, men tallene kan jo gi en pekepinn.

Alminnelige bemerkninger.

Nesten 10 år for å bygge 2 tunneler på tilsammen 450 m er en meget lang tid, og jeg vil gjerne få anledning til å påpeke en del av de årsaker som sterkest medvirket til å forsinke arbeidet:

Ved den første planleggelse av arbeidet følte man seg meget usikker på hva som kunne gjøres og ikke gjøres og man søkte å komme fram til en metode for fremstilling av ytre utmuring som man mente gav den største sikkerhet uten å ta så meget hensyn til hvorvidt fremdriften kunne avvikles raskt. Dette sammen med de stadige variasjoner i massen ved Bøn betinget nødvendigvis en langsom fremdrift.

Etter de erfaringer jeg har høstet, er det likevel ikke tvil om at i de fleste tilfelle kan en tunnel med lignende utmuring av betong drives atskillig raskere. Dette krever imidlertid en nokså omfattende revisjon av skjoldets og utmuringens konstruksjon.

Som før nevnt virket krigen sterkt sinkende med materialmangel, forsinkede leveranser og nedsatt arbeidsytelse osv. Å demontere skjoldet og det hele utstyr for øvrig på Bøn og montere det på ny på Eidsvoll var meget tidsspillende og ble det i enda høyere grad fordi som før nevnt materialmangelen bevirket at de forberedende arbeider ved Eidsvoll ikke kunne komme i gang i tide.

Det må enn videre sterkt fremheves, at dette i høy grad var et pionerarbeide her til lands, til å begynne med på et meget spinkelt grunnlag. For mitt vedkommende var det, ved siden av hva jeg kunne lese meg til i en nokså sparsom litteratur, et 3 ukers opphold i Amerika. Ingeniør A. Authén, som konstruerte det maskinelle utstyr, var i en lignende situasjon.

På dette spinkle grunnlag måtte der bygges opp et teknisk apparat, som måtte etterprøves detalj for detalj under arbeidets gang og å forandre en slik detalj, når skjoldet var kommet inn i leiren, var ofte ikke lett. Det kan nesten sies, at Bøn tunnel var en eneste sammenhengende prøvedrift.

Amerikanerne ville ikke gi noen råd, bare vise hvordan de gjorde det. „Every tunnel has its

problem" og det fant jeg senere ut var i høy grad riktig: Et skjold og en fremdriftsmetode fra Hudson kunne ikke uten videre overføres hit og brukes i våre skandinaviske leirarter som, så vidt jeg vet, finnes meget få steder ellers i verden.

Ingeniør Holland, skaperen av den før nevnte Holland-tunnel, uttaler i sin offisielle rapport til staten New York angående de krav som måtte stilles til hans tekniske stab:

„Ledelsen av et i så høy grad spesielt arbeide krever en ingeniørstab hvis kvalifikasjoner ikke bare består i teknisk utdannelse og praksis, men som også har erfaring i de særlige problemer som er forbundet med dette slags arbeide. Det er neppe noe felt innen teknikken, hvor et godt resultat er mer avhengig av erfaring. De ingeniører, som står som ansvarlige ledere av disse forskjellige arbeider, har alle minst 10 års erfaring i undervanns tunnelbygging.”
