

Denne fil er downloadet fra
Danmarks Tekniske Kulturarv
www.tekniskkulturarv.dk

Danmarks Tekniske Kulturarv drives af DTU Bibliotek og indeholder scannede bøger og fotografier fra bibliotekets historiske samling.

Rettigheder

Du kan læse mere om, hvordan du må bruge filen, på
www.tekniskkulturarv.dk/about

Er du i tvivl om brug af værker, bøger, fotografier og tekster fra siden, er du velkommen til at sende en mail til *tekniskkulturarv@dtu.dk*

J.O.S.

OM
UNDERSØISKE TUNNELER
I DANMARK.

1915.

T.B. 624.19 L.

90.

Redaktionen af Teknisk Tidsskrift

OM

Til Anmeldelse

UNDERSØISKE TUNNELER I DANMARK

AF

J. O. S.



TEKNISK BIBLIOTEK
Danmarks tekniske Højskole

KJØBENHAVN

VILHELM PRIORS KGL. HOFBOGHANDEL

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & Co. (IVAR JANTZEN)

1915

*624.19.2
Sm Ex. 2*

PRIS 40 ØRE.

OM
UNDERSØISKE TUNNELER
I DANMARK

AF
TEKNISK BIBLIOTEK
Danmarks tekniske Højskole
J. O. S.



KJØBENHAVN
VILHELM PRIORS KGL. HOFBOGHANDEL

TRYKT HOS J. JØRGENSEN & Co. (IVAR JANTZEN)

1914

Det har nu og da været bragt paa Tale, hvorvidt Tunneler under Storstrømmen ved Masnedø, under Øresund, ja endog under Storebælt ere mulige og økonomisk berettigede.

Men meget faa danske Ingeniører eller Finansmænd have offret Muligheden af en udbredt Anvendelse af undersøiske Tunneler i Danmark en alvorlig Tanke.

Vi ville i det følgende paavise, at Danmark er et af de Lande, der trænger mest til undersøiske Tunneler.

Danmark er et Øland med mangfoldige Sunde, Bælter og Fjorde, der besejles af alle mulige Fartøjer, lige fra de største Dampere til de mindste Motorbaade og Fiskerbaade. At bygge Broer over dem uden at hindre Skibsfarten, er kun muligt, saafremt de ere tilstrækkelig høje.

Saadanne Farvande, der paa Grund af Forholdene kun besejles af Skonnerter, Jagter og mindre Fartøjer, kunne ganske vist nøjes med en fri Højde over Vandet af 25 m; men Broer i saadan Højde blive allerede en Del dyrere end Broer, der kun ligge saa højt over Vandet, at Robaade og Fiskerbaade med nedklappede Master kunne passere. Drejer det sig derimod om Farvande, der besejles af store Skibe, saa kan det i visse Tilfælde endog være nødvendigt at lægge Broer i en fri Højde af 40 til 50 m over Vandet, og saadanne Broer ere meget dyre.

Man vil derfor som Regel for Billighedens Skyld foretrække at gøre Brug af lave Broer, i hvilke der findes Klapper eller Svingbro eller Trækkebro.

At man kan nøjes med den Slags Broer, er sikkert nok. Et andet Spørgsmaal er det, om Tidens Krav og Fremtidens Udvikling ikke tvinger os ind paa helt andre Baner. Da Jernbanerne i sin Tid opkom, saa besluttede man sig i England til,

ved Overkørseler med stærk Trafik, at gøre dem fuldstændig uafhængig af Togtiderne, og det endskønt det kostede betydeligt mere at lægge Broer over eller Tunneler under Jernbaner end at lægge Overkørselen i samme Niveau og kun anbringe Bomme og Vogterhuse. Denne Fremsynethed har gavnet England meget og gavner alle de andre Lande, der have baaret sig lige saa fornuftigt ad.

For at skønne ret i en saadan Sag, saa er det ikke nok bestandigt at drage den økonomiske Side frem og spørge, hvad der forrenter sig bedst. At lette Samkvemmet mellem Samfundets Medlemmer og forbedre Kommunikationsmidlerne, er et Desideratum, der — selv om det ikke lader sig vurdere i Kroner og Ører — dog er saa væsentligt, at Rentabilitetens Betydning ofte bør træde i Skyggen.

Vi se, hvorledes Automobilerne efterhaanden bruges mere og mere. Folk nøjes nu ikke med Jernbaner for at komme hurtigt afsted. Og selv Antallet af Jernbanelinier og Togenes Hyppighed tager stadig til, ikke mindst i vort lille Land. De elektriske Sporveje og de elektriske Baner ere i Fremkomst. Man rejser og farer afsted i alle Retninger i en Grad, som ingen anede for en Menneskealder siden.

Ogsaa paa Våndet tager Færdselen til. Motorens Opkomst staar i Begreb med næsten at revolutionere Skibsfarten, og man bør forberede sig paa en stadig stigende Trafik paa vore Farvande, baade mellemrigs og udenrigs.

Naar man hører, at Automobilkørselen, der højst kan siges at være begyndt i de første Aar af dette Aarhundrede, er taget til i en saadan Grad, at der i Amerikas Forenede Stater findes 1,200,000 Personautomobiler og 60,000 Lastautomobiler, i England henholdsvis 228,000 og 18,000, i Frankrig 101,000 og 70,000, og her i Danmark ialt 6,500, saa maa man forbavses over den rivende Udvikling.

Automobilerne befærder de sædvanlige Chauséer og Landeveje, og hver Gang de komme til et Vand, hvor der fra gammel Tid er et Færgested, maa de enten nøjes med den besværlige og tidsrøvende Overfart paa en Færgepram, hvis denne overhovedet kan optage et Automobil, eller ogsaa vende om og søge et Sted, hvor der er Bro eller Dampfærge.

Lad os f. Eks. tage et Farvand som Limfjorden. Dér findes der mindst 17 Færgesteder, til hvilke der fører gode Landeveje.

Intet Menneske vilde tænke paa at bygge Broer paa alle disse Steder. Men der kommer en Tid — og den kan rykke os ind paa Livet, inden vi aner det — da dette Spørgsmaal skal og maa løses.

Der findes nu en Motorfærge mellem Middelfart og Snoghøj, specielt bygget for Transport af Automobiler over Lillebælt, og den skal efter Sigende gøre ganske god Fyldest. Automobilejerne ville ikke gjøre Omvejen over Strib—Fredericia, naar de skulle Syd paa, men foretrække at betale Færgeomkostningen ved Middelfart fremfor at ligge og vente, indtil Damp-Traject-Færgen ved Strib kan overføre Automobilet.

Men hvad vil Automobilejerne gøre, naar der er Isgang i Lillebælt? Og naar engang Automobiltrafiken er taget saadan til, at der f. Eks. kommer — lad os sige — 1 Automobil hvert 5te Minut kørende, eller naar der paa Festdage, eller ved given Lejlighed kommer Hundreder af Automobiler, hvad vil man saa kunne udrette med et Par Motor-Færger? Vor Tids Udvikling fordrer, eller vil i al Fald med Tiden udtrykkelig fordrer, en uafbrudt Overfart over alle vore Farvande paa de vigtigste Steder, uden noget Ophold eller nogen Forsinkelse.

For godt 3 Aar siden foreslog og projekterede Kjøbenhavns Flydedok og Skibsværft en Tunnel under Kjøbenhavns Havn, halvvejs mellem Bomløbet og Knippelsbro, som skulde gaa fra Kongens Nytorv nedad paa det Sted, hvor Nyhavn ligger, og over til Christianshavn. Dette Forslag er meget praktisk og vil, hvis det kommer til Udførelse, afhjælpe et meget stort Savn. Men Anlægskapitalens Størrelse var, som saa ofte, den store Hindring, og Forslaget fandt ingen nævneværdig Tilslutning. At tale om, hvorvidt en saadan Tunnel vil forrente sig, er næsten latterligt. Ingen tvivler om dens store Nytte, men hvem vil kunne kalkulere dens økonomiske Berettigelse? *Forrefter Knippelsbro eller Langebro sig maaske?* Sagen er ganske simpelt den, at man dog engang bliver nødt til at bygge den.

Naar Trafiken tager til, baade tillands og tilvands, i samme Tempo, som den har gjort det i de senere Aar, saa kunne Færgerne aldeles ikke tilfredsstille Behovet. Tænk hvilken Forskel paa Barndomstiden, da Diligencen kørte fra t. Eks. Nyborg til Odense 2 Gange om Dagen med en Haandfuld Rejsende, og nu, hvor der hver Dag befordres Hundreder, ja Tusinder af Mennesker over Øerne.

Grunden til denne enorme Vækst af Persontrafikken kan kun i ringe Grad søges i Befolkningens Tilvækst, thi denne sidste er jo ikke engang fordoblet, medens Antallet af Rejsende er vokset fra 20 til 50 Gange og mere.

Et tydeligere Eksempel behøves vel ikke for at bevise, at Kommunikationsmidlernes Forbedring skaber Trafik. Samtidigt har Kultur og industrielle Opfindelser og Forbedringer fuldstændigt omdannet vort Samfund, idet man tidligere hovedsagentligt producerede til sig selv, medens nu næsten alle Produkter skulle transporteres lange Veje. Hertil kommer, at vore Dages Mennesker stille ganske anderledes Fordringer til Livet end tidligere Tiders, og at Fremtidens Mennesker ville kræve endnu mere.

De undersøiske Tunnelers Antal er i de sidste to Decenier steget i høj Grad. Under Hudsonfloden og dens Forgreninger i New York findes der nu mindst 8 Tunneler; under Themsen ved London 4; under Boston Havn 1; under St. Clair-Floden over til Port Huron 1; under Severn-Floden 1; under Mersey-Floden 1; under Spree-Floden ved Berlin 1; under Elben i Hamborg 1; under Seinen i Paris 2; under Detroit-Floden 1 Tunnel. Af ovenstaaende Tunneler ere nogle kun byggede for Vogne og Fodgængere, medens andre ere Jernbanetunneler. Desforuden findes der spredt over hele Verden en Masse Tunneler for Kloakrør, Gas- og Vandrør, elektriske Kabler etc. Disse Tunnelers Tilstedeværelse turde være et sikkert Tegn paa, i hvilken Retning Fremtiden udvikler sig, og maa det i denne Forbindelse være mig tilladt at fortælle, hvorledes man ræsonnerede, den Gang Talen var om at bygge Detroit-River-Tunnelen.

Man havde konstateret, at Detroit i Aaret 1879 passeredes af ca. 19 000 Skibe, hvis Ladninger vare ca. 441 Millioner Dollars (henved 1700 Millioner Kroner) værd, og at Trafiken i Aaret 1908 var vokset til ca. 28 000 Skibe, hvis Ladninger var ca. 614 Millioner Dollars (omtrent 2300 Millioner Kroner) værd. I 1906 passeredes Detroit af en Tonnage paa ca. 50 Millioner Tons.

Jernbanetrafikken tværs over Floden besørgedes af 9 Dampfærger og 1 Reservefærge. Disse Traject-Færger havde 2 eller 3 Spor paa Dækket med Plads til 6 à 8 Godswaggoner eller 3 à 4 Sovevogne paa hvert Spor. Gennemsnitlig befordredes der 12 Vogne pr. Overfart. I det hele befordredes der 210 490

Vogne i Aaret 1878 og 735 753 Vogne i Aaret 1909. Der indtræffer hvert Aar Isgang imellem Maanederne December og April, og Færgefarten har enkelte Gange været fuldstændig indstillet i 2 Uger.

3 Gange, nemlig i Aarene 1873, 1879 og 1889 lod Regeringen, af dertil udnævnte Kommissioner, undersøge, hvorledes en uafbrudt Jernbaneforbindelse bedst kunde etableres uden at genere Skibsfarten. I 1873 anbefaledes en Tunnel som den bedste Løsning, og en 150 Fod (ca. 46 m) høj Bro med 400 Fods (122 m) Spændvidde som den næstbedste Løsning. Interessant var en tredje Løsning, ifølge hvilken en Bro kun skulde lægges over Floden om Vinteren med to Trækkebroer, hver med 100 Fods (30½ m) Aabning, medens Bropillerne om Sommeren skulde fjernes ned til 18 Fod under Vandspejlet, saa at der fra April til December kun blev én stor Aabning paa 700 Fod.

I 1879 anbefaledes atter en Tunnel mest.

I 1889 blev kun Brospørgsmaalet undersøgt, og der anbefaledes da en høj Hængebro af Lindenthals Konstruktion. Tilsidst enedes de 2 store Jernbaneselskaber »Michigan Central Railroad« og »The Grand Trunk Railway« om at gjøre Alvor af Sagen, og da imidlertid Indførelsen af elektrisk Kraft havde fjernet den sidste Indvending mod en Tunnel, nemlig mangelfuld Ventilation af et med Røg og Gas fra Lokomotiverne fyldt Tunnelrør, gav Regeringerne i de Forenede Stater og i Canada endelig i Aaret 1904 Koncession paa Bygningen af en Tunnel til »The Detroit River Tunnel Company«.

Herhjemme have vi i det mindste ét Sted, der i mangt og meget ligner Forholdene ved Detroit, om end ikke i samme store Maalestok.

Det er Overfarten mellem Masnedø og Orehoved. Her er, ifølge ministeriel Opgørelse i Lovforslaget til en Jernbanebro af 9. Marts 1910, Antallet af forbisejlende Skibe angivet til 10 à 12 000 om Aaret, altsaa til omtrent 40 pCt. af Detroit's Skibstrafik.

Det bør her bemærkes, at smaa Skibe af Retfærdighedshensyn bør have ligesaa megen Ret til at sejle uhindret henad den alfare Søvej som store Skibe, og at Tonnagen fra Lovgivningsmagtens Side ikke bør spille nogen nævneværdig Rolle. Af ovennævnte 10 til 12 000 Skibe, hvoraf ca. 5000 ere større

Sejlskibe, kan man regne, at mindst 1500 ere Dampskibe. Sommermaanederne 1909 opviste enkelte Dage en Forbifart af over 100 Fartøjer. Paa den anden Side transporteredes der med Færgerne mere end 200 000 Tons Gods over Storstrømmen ved Masnedø i Aaret 1908/9 og henved 266 000 Rejsende. Antallet af Jernbanevogne nævnes ikke i Lovforslaget; men husker man paa, at en stor Del Godsvogne gaar tomme over, saa turde man vel sikkert formode, at der pr. overført Jernbanevogn gennemsnitlig kun transporteres 4 Tons eller 20 Rejsende. Med andre

Ord, Antallet af Vogne om Aaret bliver ialt $\frac{200\,000}{4} + \frac{266\,000}{20}$

= 63 300. Det vil sige, at der ved Detroit transporteredes over $11\frac{1}{2}$ Gange saa mange Jernbanevogne som ved Masnedø. Af ovenstaaende Tal fremgaaer, at Skibsfarten i Forhold til Jernbanetrafikken spiller en ulige større Rolle ved Masnedø end ved Detroit; thi Forholdet mellem Skibenes Antal og Jernbanevognenes Antal er ved Masnedø ca. $\frac{11\,400}{63\,300} = 0,18$ eller $\frac{1}{5,5}$,

medens det ved Detroit kun er $\frac{28\,000}{735\,753} = \text{ca. } 0,04$ eller $\frac{1}{25}$.

Altsaa er Forholdet næsten 5 Gange saa stort ved Masnedø. Ikke desto mindre vil Statsbanerne ikke høre Tale om en Tunnel, men kun om en lav Bro med Svingbro i Midten. At en saadan Løsning ikke kan tilfredsstille nogen af Parterne, er indlysende, og det var at ønske, at man snart kom paa andre Tanker og drog Lære af Amerikanerne og deres brillante Detroit-Tunnel.

En Tunnel ved Masnedø er den eneste rationelle Forbindelse, og den vil især blive absolut nødvendig, naar engang *Femern-Ruten* aabnes.

Forinden vi gaa over til at omtale de øvrige Steder i Danmark, hvor Tunneler ere ønskelige, ville vi gaa lidt nærmere ind paa deres Konstruktion.

Man kan dele dem i to Hovedarter.

Nemlig saadanne, der ligge dybere end Havbunden, og som vi ville kalde *dybtliggende Tunneler* (Side 9), og saadanne, der ligge i eller paa selve Havbunden, og som vi ville kalde *Bundtunneler* (Side 13).

Dybtliggende Tunneler.

Dybtliggende, undersøiske Tunneler udføres, saafremt de bores igennem haardt Materiale, saasom Stenarter eller Kalk, paa lignende Maade som igennem Bjerger, og støder man paa Vandaarer, saa maa man enten holde dem fri for Vand ved Pumpning eller — hvis dette ikke er tilstrækkeligt — ved, efterhaanden som man trænger frem, at opføre vandtætte Skillevægge, foran hvilke der trykkes Luft ind med saa stort et Tryk, at Vandet ikke kan trænge ind. Befinder Vandet i Aarerne sig imidlertid under en saa stor Trykhøjde, at Trykket bliver over 3 Atmosfærer, saa begynde Vanskelighederne med at finde Arbejdere, der kunne taale at arbejde i et saadant Tryk, at blive overordentlig store.

Det er følgende en stor Risiko at bore en undersøisk Tunnel i større Dybder under Havfladen end 30 m.

Ved mange Bjergtunneler har man haft at kæmpe med Vandet. Men dér er Sagen ikke saa slem, navnlig ikke, naar man giver Tunnelen Stigning ind i Bjerget. Vandet kan da tilnød løbe ud af sig selv, og nogen større Ulykke kan ikke godt finde Sted. Men fra en undersøisk Tunnel kan Vandet ikke løbe ud af sig selv, og kan man ikke hamle op med det, enten ved Pumpning eller med et udholdeligt Lufttryk, saa er det næsten umuligt at gennemføre Foretagendet*). Af forudgaaende Boringer at slutte sig til, om man støder paa Vandaarer eller stærkt vandførende Lag, er vanskeligt, fordi Boringerne maa foretages paa Havet, hvor man ikke kan se, om Vandet sprudler frem. Man har derfor været nødt til forud for Udførelsen af forskellige Tunneler, f. Eks. Mersey Tunnelen, først at bore en mindre Stik-Tunnel, der ikke er større, end at en Mand lige netop kan staa oprejst i den. Ved en saadan Fremgangsmaade sikrer man sig mod at bortkaste flere Penge end just dem, der ere nødvendige for at bore Stik-Tunnelen, og man opnaar, hvis den gennemføres uden Uheld, en til Vished grænsende Sandsynlighed for, at den paatænkte store Tunnel ikke vil støde paa uoverkommelige Vandaarer.

Stiktunnelen anvendes til Drænage saavel under Bygningen af den egentlige Tunnel som ogsaa senere. For at for-

*) Der findes ganske vist en Frysemethode, som løser Opgaven, men den er overordentlig dyr.

hindre, at Mennesker under Boringen af Stiktunnelen skal omkomme paa Grund af pludselig Indbrud af Vand, kan man ogsaa her anbringe Skillevægge forsynede med vandtætte Døre, igennem hvilke Arbejderne kunne redde sig.

Ikke destomindre ere Tunneler i mer end ca. 30 Meters Dybde under Havets Overflade risikable Foretagender. Af saadanne lykkedes imidlertid baade *Severn-* og *Mersey-*Tunnelen, endskønt de bleve udførte uden at gøre Brug af komprimeret Luft eller af det saakaldte Boreskjold.

Severn-Tunnelens Underkant ligger endog ca. 50 m under Havoverfladen ved Højvande.

Man havde ganske vist lidt Uheld at kæmpe med, thi i Aaret 1879 druknedes Severn-Tunnelen af Vandet fra en underjordisk Kilde i den Ende af Tunnelen, der ligger i Wales, og det varede Maaneder, inden man fik Bugt med Vandet; og en anden Gang brød Vandet igennem et Hul, der opstod over Tunnelen, som man imidlertid fik kastet til med Ler.

Baade *Severn-* og *Mersey-*Tunnelen er nu fuldstændig fri for Fare.

Skal en Tunnel føres igennem Ler, saa vil det, saafremt der i Leret ikke findes enkelte vandførende Grus- eller Sandlag, være unødvendigt at gøre Brug af Trykluft og Skjold. Dog maa Tunnelens Overkant ligge tilstrækkeligt dybt under Havbunden. Man anser 20 til 30 Fod for tilstrækkeligt.

Igennem Kalk og Kridt er der, saavidt Forfatteren bekendt, kun udført Tunnelarbejder ved Dover og ved det ligeoverfor liggende Sted af den engelske Kanal, idet man dér er kommen et godt Stykke — ca. 2 Kilometer fra hver Side — ind under Kanalen med en Stik-Tunnel. Havde det engelske Parlament af politiske Grunde ikke sat sig imod denne kolossale Tunnel, saa havde der rimeligvis nu været Jernbane-Tunnel-Forbindelse mellem England og Frankrig. Dog synes Betænelighederne i den senere Tid at forsvinde mere og mere, og man tør vel gøre sig Forhaabning om, at denne højst vigtige Færdselsaare bliver til Virkelighed.

I Kalk og Kridt findes der som bekendt ofte vandførende Lag, og da der i Danmark findes Kalk og Kridt paa mangfoldige Steder under Jordsmonnet eller ofte endogsaa i Dagen, saa vil det være af væsentlig Betydning for danske Forhold, dersom Tunneler lader sig udføre uden altfor stor Bekostning igennem dette Materiale, naar de skal være dybtliggende.

Tunnelen under *Øresund* f. Eks. kommer til at gaa igennem *Saltholm-Kalk*. Derimod ligger Kalken og Kridtet betydelig dybere under Havbunden ved *Storebælt*. Paa sidstnævnte Sted er der ogsaa meget dybere; thi medens der i *Øresund* mellem *Amager* og *Saltholm* saavel som mellem *Saltholm* og *Limhamn* i Skåne kun er højst 11 m dybt, findes der mellem *Korsør* og *Sprogø* Dybder paa 45 m og mere. Lille Bælt ved *Snoghøj* er ligeledes ca. 45 m dyb, og da begge dets Bredder er ca. 20 m høje Bakketerrainer, saa egner Lillebælt sig bedre til Anbringelse af en høj Bro end til en Tunnel. Mellem *Helsingør* og *Helsingborg* er Dybden mindst 37 m, og ved *Masnødø* er den største Dybde ca. 15 m, og Kridtet ligger paa sidstnævnte Sted undertiden kun ca. 17 m under Havoverfladen. Der er Sandsynlighed for, at en Tunnel ved *Masnødø* lader sig udføre igennem Kalk og Kridt uden at møde altfor store Vanskeligheder. Men det vil blive aldeles nødvendigt først at bore en Stik-Tunnel.

Af undersøiske, dybtliggende Tunneler, der føre igennem haardt Materiale, er som sagt *Severn-* og *Mersey-Tunnelen* de betydeligste.

Severn-Tunnelen boredes igennem Kulsifer og Sandsten til to Jernbanespor og har en Længde af 7012 m, hvoraf 3260 m ligge under Floden. Den paabegyndtes i Marts 1873 og fuldendtes i Slutningen af Aaret 1886. Den kostede ialt ca. 18 Millioner Kroner, *altsaa 2565 Kroner pr. løbende Meter dobbeltsporet Tunnel*.

Mersey-Tunnelen, der boredes igennem rød Sandsten til 2 Jernbanespor, er ialt 3200 m lang mellem Portalerne, hvoraf 1200 m ligge under Floden. Den byggedes i Aarene 1880—85 og kostede ialt ca. 9 Millioner Kroner, *altsaa 2800 Kr. pr. løbende Meter dobbeltsporet Tunnel*.

Der er altsaa ingen som helst Grund til at tro, at f. Eks. en enkeltsporet *Øresundstunnel* skulde koste mere end 2000 til 3000 Kr. pr. løbende Meter, selv om man møder nogle Uheld. Da den, af 2 Strækninger sammensatte, egentlige Tunnel under *Øresund* højst vil blive 16 km lang, saa kan man temmelig sikkert gøre Regning paa, at *Øresundstunnelen* kun vil koste ca. 50 Millioner Kroner. Naar Ingeniør H. Ohrt har anslaaet den til 90 Millioner Kroner for hele Strækningen fra Køben-

havn til Malmø eller til 4000 Kr. pr. løb. Meter Tunnel, saa kan han siges at være i høj Grad paa den sikre Side.

Skal derimod en undersøisk Tunnel lægges igennem blødere Jordarter, Sand, Mudder og desl., saa vokser Bekostningerne stærkt, saafremt man beslutter sig til at bygge den dybtliggende. Thi man maa da gøre Brug af Trykluft og pneumatisk Skjold.

Tunnelerne under *Themsen* og *Hudson-Floden* ere typiske Eksempler paa saadanne Tunneler. Saaledes kostede den første, af *Brunel* i 1843 fuldendte, *Themstunnel* 8 Millioner Kroner, og det endskønt der kun er 413 m mellem de to Skakter paa Bredderne, altsaa ca. 9700 Kr. pr. løbende Meter enkeltsporet Tunnel. Den bestod af 2 Rør, som hver især nu benyttes til Jernbane, og som hver er 4,8 m høje og 4,2 m brede i Lysningen.

Den allerførste Jernbanetunnel under *Hudsonfloden* mellem *New York* og *Jersey City*, som under *Haskins* Ledelse paa-begyndtes 1874, men først fuldendtes 1905, bestod af 2 elliptiske Rør, hver med 5,40 m's Højde og 4,88 m's Bredde i Lysningen, og kostede 38 Millioner Kr. Den var 3597 m lang, hvoraf 1647 m ligger under Floden, og Prisen pr. enkeltsporet Tunnel bliver altsaa ca. 5300 Kroner. Senere har man under *Hudson*-og *Haarlem-Floden* fuldført en Del flere Tunneler.

Mindre Tunneler, der kun ere bestemte til Fodgængere eller Gas- og Vandrør, Kloaker eller lignende, ere naturligvis betydelig billigere pr. løbende Meter og hurtigere at udføre.

Saaledes lagdes der i 1869 en Tunnel af Støbejern under *Themsen ved Tower Hill*, som havde en indvendig Diameter af 2,13 m, og som kun kostede ca. 700 Kroner pr. løbende Meter. Paa enkelte Dage kunde man endog skride $2\frac{3}{4}$ m frem om Dagen.

En anden af den Slags smaa Tunneler er *Cleveland Tunnelen*, hvis indre Diameter er $2\frac{3}{4}$ m. Ved denne sidste Tunnel opnaaede man undertiden at skride 5 à 6 m frem om Dagen og fuldførte den største Del til en Pris af ca. 220 Kroner pr. løbende Meter.

Ja man har endog i New York kunnet grave enkelte smaa Tunneler igennem blødere Jordarter saa hurtig, at man af og til skred ca. 45 m frem paa et Døgn.

Endvidere skal her den bekendte *Blackwall Tunnel* til

Vogne og Fodgængere omtales. Den forbinder Blackwall med Greenwich og har en indvendig frie Diameter af ca. 7,4 m og en Længde af ialt ca. 950 m. En Del af Tunnelen ligger i London Leret og en Del i vandførende Grus. Den kostede pr. løb. m ca. 11 000 Kr. og fuldførtes i Aaret 1897.

Og sluttelig bør den nyeste Tunnel under Themsen fra *Rotherhithe til Ratcliff* omtales. Den er ligeledes bygget for Vogn- og Persontrafik. Den har en indvendig Diameter af $8\frac{1}{4}$ m og en total Længde af 2100 m, hvoraf 620 m er aabne Ramper, 340 m muret Tunnel og 1140 m den egentlige Tunnel. Ca. 460 m Tunnel ligge under Floden, og hele Arbejdet har kostet $19\frac{3}{4}$ Millioner Kroner samt ca. 16 Millioner Kroner til Ekspropriation. Regner man med hele den 2100 m store Længde uden Hensyn til Ekspropriationsomkostninger, saa bliver Prisen pr. løbende Meter ca. 9400 Kr. Tunnelen fuldførtes i 1908.

Bundtunneler.

Efter at vi ovenfor kortelig har omtalt den Slags undersøiske Tunneler, der ligge *under* Havbunden, og som vi altsaa kalde dybtliggende, vil vi gaa over til saadanne, som ligge i eller paa Havbunden, og som vi altsaa kalde Bundtunneler.

Disse ere som Regel betydeligt billigere, thi det er klart, at da de ikke komme saa dybt ned, saa bliver Nedfarterne fra begge Bredder betydeligt kortere. Hertil kommer, at deres Konstruktion og Bygning er betydeligt enklere, idet de sammensættes af Stykker, der gøres færdige paa Land og senere sænkes ned paa Bunden.

Vore Farvande egner sig specielt for den Slags Tunneler; thi naar man undtager de ovennævnte dybe Steder i Lillebælt, Storebælt og Øresund ved Helsingør, saa er det en Sjældenhed at finde over 20 m's Dybde. I følgende Tabel er forskellige Færgesteders Dybde og Bredde angivet i Meter.

	Dybde i m	Bredde i m
1) Næssund, mellem Mors og Thyland	6,60	1050
2) Vilssund ved det nordvestlige Hjørne af Mors	15,00	650
3) Feggesund ved det nordlige Hjørne af Mors	21,00	1300
4) Sallingsund, Glyngøre, Nykjøbing Mors ..	23,00	1600

	Dybde i m	Bredde i m
5) Hesterodde til Bøløre Odde paa Jegindø, Limfjorden	7,50	1170
6) Hvalp Sund i Limfjorden	19,00	1300
7) Aggersund i Nærheden af Løgstør	7,50	550
8) Gjøl Bredning over til Øen Gjøl, Lim- fjorden	5,70	2100
9) Ved Aalborg i Nærheden af Pontonbroen	11,00	650
10) Ved Hals lidt indenfor Limfjordens Mun- ding	13,00	800
11) Mariager Fjord ved Hadsund	7,50	400
12) Randers Fjord ved Udbyhøj	9,40	500
13) Vejle Fjord ved Trællenæs	19,00	4600
14) — — ved Træskohage	14,00	2500
15) Kolding Fjord, Nørreskov—Skærbæk	17,00	1400
16) Lillebælt, Strib—Fredericia	34,00	1450
17) — Kongebroen—Snoghøj	44,00	650
18) — Invernæs til Øen Brandsø	20,00	4000
19) — Øen Brandsø til Anslet Hage, Slesvig	14,00	3100
20) — Helnæs lidt Nord for Faaborg, til Als	35,00	13000
21) Als Sund, lidt Nord for Sønderborg	14,00	200
22) — — Kekenæs—Birkenakke i Angeln	26,00	6500
23) Svendborg Sund ved St. Jørgens Kirke til Taasinge	9,00	600
24) Taasinge—Ærø over 2 smaa Øer	14,00	ialt 7800
25) Ærø—Langeland	6,00	4500
26) Taasinge—Thurø	7,70	400
27) Fyen—Thurø	3,00	400
28) Taasinge—Langeland, nær ved Rudkjøbing	5,00	3000
29) Fyn—Langeland ved Lohals	16,00	7500
30) Langeland—Lolland, Albuen	55,00	10500
31) Grønsund, Falster—Møen ved Skanse- pynten	18,00	750
32) Kallehave—Koster, Sjælland til Møen ..	7,00	1500
33) Guldborgsund ved Guldborg, Lolland— Falster	17,00	280
34) — — — Nykjøbing	6,20	550
35) — — — Stegsodde	5,00	1250
36) Møens nordvestlige Hjørne til Øen Nyord	8,00	480
37) Øen Nyord til Kindvig paa Sjælland	10,50	2650

	Dybde i m	Bredde i m
38) Issefjord, Halsnæs til Skansehage, Rørvig	8,00	3750
39) — — — Hornsherred Nordpynt ..	12,00	1050
40) — ved Frederikssund, Roskildefjord ..	5,00	700
41) — fra Hornsherred til Øen Ourø	6,50	900
42) — fra Ourø til Tudsenæs, Nord for Holbæk	15,00	1800
43) Øresund, Helsingør—Helsingborg	37,00	4200
44) — Amager—Saltholm (Drogden)	11,30	6300
45) — Saltholm—Limhamn (Flinterenden)	10,00	10000
46) Femernsund, Rødby til Puttgarten, Femern	27,00	17950
47) Gedser—Warnemünde	21,00	40300
48) Masnedø—Orehoved	15,00	3450
49) Korsør—Knudshoved i en Bue Syd for Sprogø	38,00	22200
50) — — i lige Linie under Sprogø	60,00	18000
51) Oddesund (Limfjorden)	22,00	720

Antager man, at dybtliggende Tunnelers Overkant bør ligge ca. 10 m under Havbunden, medens Bundtunnelers Overkant flugter med Bunden, og regner man med en Stigning af 1 : 75, saa bliver altsaa dybtliggende Tunneler $2 \times 75 \times 10 = 1500$ Meter længere.

Bundtunneler er først i de senere Aar komne til Udførelse, og den første betydelige af den Art skyldes Ingeniør *H. A. Carson* af *Boston*, som i 1893/94 tilligemed Ingeniørerne *W. Blanchard* og *F. D. Smith* anlagde en saadan under *Boston Havn*. Den var lavet af Betonrør, hvis udvendige Diameter var 2,75 m, og hvis Længde var 15,90 m. Hvert Rør vejede ca. 95 000 kg og havde ved hver Ende et vandtæt Skod eller en Endebund (Skjold), der senere fjernedes.

Med en Muddermaskine gravedes der først en Rende i Bunden af Havnen, og dernæst blev Rørene svømmende slæbt ud til hvert sit Sted, hvor de skulde sænkes. Ved at fylde dem med Vand sank Rørene ned i Renden, hvor Dykkere skruede dem sammen. Senere blev Renden kastet til igen. Denne første Bundtunnel var ganske vist kun en Kloaktunnel, men den var saa stor en Success, at der senere er udført flere af lignende Konstruktion. Iøvrigt havde den engelske Ingeniør *De la Haye* allerede i 1845 foreslaaet en saadan Byggemaade, og utallige ere

de Projekter til den Slags Tunneler, som i Tidens Løb ere fremkomne. Den nyeste og berømteste undersøiske Bundtunnel er imidlertid *Detroit-Tunnelen*, om hvis Historie vi allerede har fortalt, og som vi nu vil beskrive lidt nærmere.

Allerede i Aaret 1872 var *Michigan-Central-Railroad Co.* begyndt paa en Tunnel ved *Detroit*. Man havde boret Stiktunneler fra begge Bredder, og der manglede kun nogle faa Fod; men da det paa Grundlag af disse foreløbige Arbejder viste sig, at Tunnelen vilde blive altfor dyr, opgav man den Gang at bygge Tunnelen. Senere, da man bestemte sig til en Bundtunnel, blev — som vi straks skulde se — Opgaven løst glimrende. Den største Vanskelighed, som man ved Stik-Tunnelens Boring mødte, var iøvrigt den, at der udviklede sig svovlholdige Luftarter, som Arbejderne ikke kunde udholde at være i, og Stiktunnelen fyldtes igjen med Vand. I 1905 begyndte man i Februar Maaned at optage nøjagtige Kort over Ejendommene og deres Fundamenter samt over alle Gas-, Vand-, Kloak- og lignende Ledninger, og et stort Kort i Maalestokken 1 : 600 blev udfærdiget. I to forskellige Linier, den ene 100' nedenfor (set i Strømretningen) og den anden 100' ovenfor Tunnel-linien, blev Bundmaterialets Beskaffenhed ved Hjælp af Boringer i 100 Fods Afstand undersøgt, og man fandt da hovedsageligt Blaaler, af og til blandet med Sand og Grus. Herefter blev Vanddybderne maalte, som man fandt at være 48' (14,6 m) i den dybeste Rende og 18' ($5\frac{1}{2}$ m) i den fladeste Rende. Strømmens Styrke maalt til højst 0,93 m i Sekundet eller 1,8 Knob i Timen. Under visse Omstændigheder kan Strømmen dog vokse til $2\frac{3}{4}$ Knob. Vandstanden kan stige ca. 1 m over og falde ca. 1 m under den normale.

I Juli Maaned 1905 blev der ansat Ingeniører til at lede Arbejdet og udarbejde Tegninger, og i Februar 1906 havde man Tegninger og Specifikationer saa vidt færdig, at der kunde indhentes Tilbud, der skulde indgives d. 26. Marts 1906. Firmaet »Messrs. *Buttler Brothers & Hoff Company*« fik Arbejdet den 1. August 1906 og de begyndte d. 1. Oktober s. A. Den 1. Juli 1910 var Tunnelen færdig.

Detroit Tunnelen bestaar ved dens vestlige Ende af en 461 m lang aaben Rampe samt en boret Tunnel af 658 Meters Længde. Ved dens østlige Ende er den aabne Rampe 885 m og den borede Tunnel 1082 m lang. Endelig er den egentlige

Bundtunnel 814 m lang. Følgelig er hele Strækningen 3900 m lang. Tunnelen bestaar af 2 Rør, hver med sit Jernbanespor. Hældningerne ere i den østlige Ende 1 : 38 og i den vestlige 1 : 29.

Rampernes og de borede Tunnelers Konstruktion og Udførelse frembyder ikke noget særligt nyt, og Boringen foregik for en stor Del gennem blaat Ler og som Regel uden Trykluft. Paa enkelte Steder var Leret imidlertid saa blødt, at man maatte gøre Brug af Trykluft, navnlig var dette Tilfældet under den østlige Bred. Hele den overliggende Lermasse bevægede sig næsten ligesom en Gletscher glider langsomt afsted, og den forårsagede ret ubehagelige Forskydninger, der fordrede megen Omhu at bekæmpe.

Gennem fast kompakt Ler kunde man gennemsnitlig trænge 10 Fod frem i 24 Timer, og Omkostningerne til Gennem-boring, Tryklufften iberegnet, var ca. 2,37 Dollars pr. Kubikyard eller 11,60 Kr. pr. Kubikmeter, medens de under Anvendelse af Skjold med Trykluft var 4,90 Dollars pr. Kubikyard eller 24,10 Kr. pr. Kubikmeter. I ovennævnte Priser er ogsaa Bekostninger til Tømmer etc. samt Afskrivninger og almindelig Rente iberegnet.

Bundtunnelen bestod som ovenfor sagt af Rørstykker, der bleve boltede sammen af Dykkere. Der var to Tunnelrør, hver af 6,100 m indvendig Diameter, der laa tæt op til hinanden. Efterhaanden som Rørnedlægningen skred frem, blev der støbt Cement udenom dem begge fra en ovenover paa Vandet svømmende Lægter eller Pram. Tunnelrørene kom saaledes til at ligge indstøbt i et Betonlegeme ligesaa haardt og solidt som et Stenbjerg. Ialt blev der nedstøbt 78,000 Kubikmeter Beton til den 814 m lange Bundtunnel.

Hele Tunnelanlægget kostede $37\frac{1}{2}$ Millioner Kroner, altsaa $\frac{37,500,000}{2 \times 3900}$ eller ca. 4800 Kroner pr. løbende Meter enkeltsporet Tunnel.

Har denne Tunnel ganske vist været temmelig dyr at bygge, saa er den paa den anden Side en ganske fortrinlig Tunnel; thi det har vist sig, at den er absolut tæt. Den Smule Vand, der samler sig, hidrører udelukkende fra Fugtighed i Luften, der slaar sig ned.

Men sikkert er det, at Bundtunneler kunne bygges betyde-

ligt billigere, naar Rørene med Betonvæggene gøres helt færdige paa Land, saa at de blot behøve at sænkes og boltes sammen. Et saadant Tunnelrør med ca. 6 Meter indvendig fri Diameter og 1 Meter tyk Betonvæg vil f. Eks. kun behøve 22 Kubikmeter Beton pr. løbende Meter, medens Detroit-Tunnelen har brugt ca. 48 Kubikmeter pr. løbende Meter enkelt Tunnel, altsaa godt det dobbelte.

Nu da *Masnedø-Tunnel* Spørgsmaalet er blevet mere og mere aktuelt, saa kan der derfor med de smaa Midler, som vi raade over i Danmark, kun være Tale om at anbefale et System, der er billigere end Detroit-Systemet. Endvidere bør man søge at benytte en Konstruktion, der reducerer Dykkerarbejdet til det mindst mulige.

Dette kan ske ved at gøre Brug af følgende Konstruktion.

Rørstykkerne gøres 25 m lange og have ved den yderste Ende en Muffe, hvori Enden af det næste Rørstykke skydes ind ligesom ved Kloakrør. (Se Fig. 1, Side 20).

Ethvert Rørstykke bestaaer af en vandtæt, nittet Staalcylin- der af $\frac{5}{16}$ Tommers Plade (se Fig. 2, Side 21) med paanittede Tvær- og Længderibber af Plade og Vinkler. Alle Mellem- rummene mellem Ribberne baade indenfor og udenfor Cylin- deren udstøbes med Beton.

Ved hver Ende af et Rørstykke anbringes en interimistisk vandtæt Bund eller Skjold af Jernbjælker og Planker, der se- nere, efterhaanden som Tunnelbygningen skrider fremad, de- monteres og føres tilbage til Land gennem den færdige Del af Tunnelen, for dér atter at bruges til andre Rørstykker (se Fig. 1, Side 20).

Et Rørstykke vejer med begge Endeskjolde henimod 1400 Tons og uden disse Skjolde ca. 1300 Tons. Opdriften af et Rør- stykke er ca. 1250 Tons. Da Opdriften altsaa er lidt mindre end Vægten, saa vil hvert Rørstykke og altsaa hele Tunnelen blive liggende paa Bunden af den gravede Rende, og der behøves ikke andre Fundamenter, end hvad der er nødvendigt for at tilveje- bringe Føring for Rørstykket, naar det stikkes ind i det fore- gaaende (se Skruerpæle-Fundamentet i Fig. 2, Side 21).

Hvis Tunnelen bygges paa et Sted, hvor der er *Strøm*, eller hvor der kan opstaa stærkere Bølgegang, saa kan man holde Tunnelrøret paa sin Plads med Barduner og Tailler, der fast- gøres af Dykkere til Ankere.

Naar Renden efterhaanden er dækket til, saa at Tunnelen belastes af Grus og Ler, saa kan den ikke bevæge sig eller løfte sig.

Senere kommer Rendestenen i Tunnelens Indre, Jernbanesveller, Skinner, Rør og diverse andre Genstande til, der forøge Tunnelens Vægt.

Naar et Rør er blevet tildækket med Grus og Ler, sprøjter man fra Tunnelens Indre tynd Cementmørtel ind i Muffens Hulrum (se Fig. 1, Side 20). Naar denne Cement er hærdet, saa tager man Skjoldene væk, indbygger vandtæt fast Forbindelse af Plader og Vinkler mellem de to tilstødende Rørstykker, og udfylder Hulrummene med Cement.

Rørstykkerne, der som sagt bygges færdige paa Land, køres paa en særlig dertil konstrueret Vogn, der løber paa mange Skinner ud paa Enden af en Pier. Dernæst lægger en Flydedok sig hen ved Pieren. Denne Flydedok er sammensat af 2 store Pontoner, der ligge saa langt fra hinanden, at Rørstykket gaar ind imellem dem, og ere forbundne ved Hjælp af en høj stærk Overbygning, der ligger saa højt, at Rørstykket kan løftes op fra Transportvognen og blive hængende dér, medens Transportvognen atter rulles væk.

For at løfte Rørstykket op, saa pumpes Vandet, der i Forvejen var indladt i Pontonerne, atter ud, Flydedokken, med Rørstykket hængende imellem sig, slæbes ud til det Sted, hvor det skal ligge, og Nedsænkningen sker ved Hjælp af en hel Masse elektriske Motorer, der staae paa Overbygningen, og som, formedelst selvhæmmende Snække og Snækkehjul, vel formaae at sænke Rørstykket, men ikke at hæve det. For at hæve det, hvis saadant skulde blive nødvendigt, gør man Brug af Flydedokken ved at pumpe Vand ud.

Istedetfor at forsyne Rørstykkerne med Muffe, saa kan man ogsaa bygge dem med Flanger ved Enderne, der boltes sammen af Dykkere, men denne sidste Konstruktion fordrer en Del mere Dykkerarbejde.

Den Del af Tunnelen, som ligger inde ved Bredderne og et Stykke oppe i Land, *udføres i tørlagt Grube*.

Det er en Selvfølge, at der, for at udføre et saadant Arbejde, maa gennemtænkes en Masse Detailler. Saaledes frembyder Nedskrningen af Skruepæle paa dybt Vand, Anbringelse af de lette Fundamentplader paa Toppen af Skruepælernes Hoveder, alle de

Maalinger, der maa foretages for at undersøge, om Tunnelrørene ligge rigtigt og i rigtig Dygde under Vandet etc., interessante konstruktive Opgaver, der kunne løses paa forskellig Maade.

Hvad nu *Prisen paa en Masnedøtunnel* angaar, saa kan den bygges paa ovennævnte Maade til en Pris af 12 Millioner

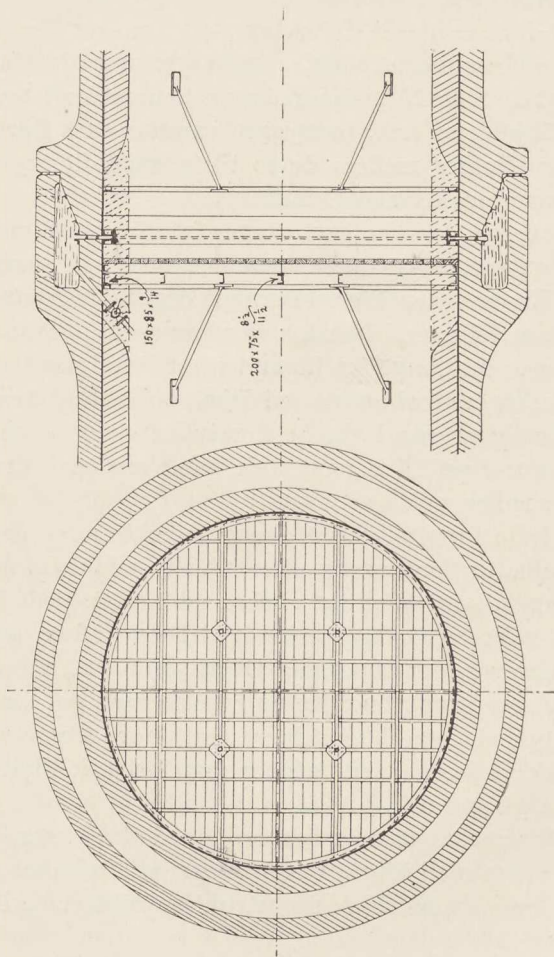


Fig. 1.

Kroner, fiks og færdig til at tages i Brug, inklusive Ramper og Tilslutningsbaner ved begge Ender. Den Del af Tunnelen, som er sammensat af Rørstykker, bliver ca. 3020 m lang. Hertil kommer ca. 880 m murede Tunnelender samt ca. 1300 m aabne Ramper og Tilslutningsbane, altsaa ialt $3020 + 880 + 1300 = 5200$ m.

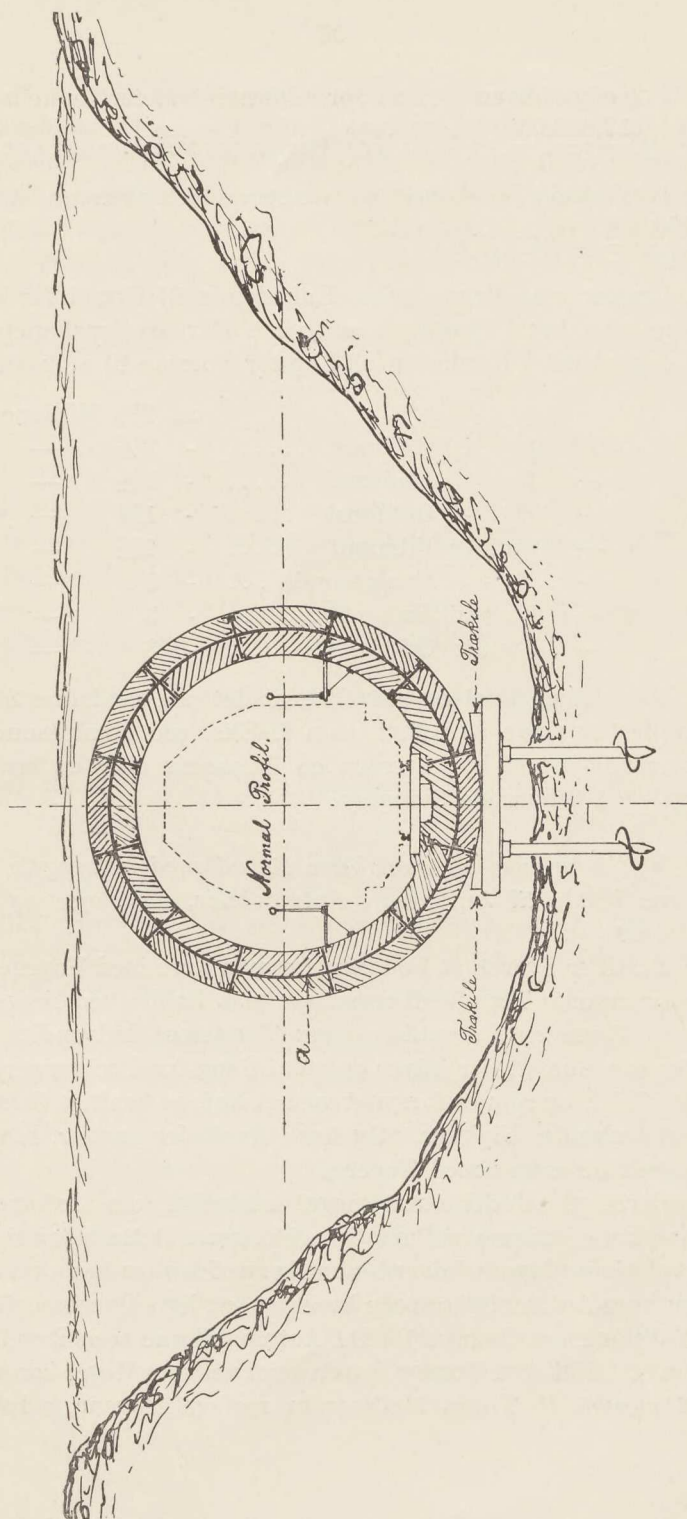


Fig. 2.

Følgelig bliver Prisen pr. løbende Meter enkeltsporet Tunnel $\frac{12,000,000}{5200} = 2320$ Kr. Farvandet ved Masnedø er 3450 m bredt, følgelig bliver Prisen pr. løbende Meter Farvandsbredde $\frac{12,000,000}{3450} = 3470$ Kr.

Lægger man denne sidste Enhedspris til Grund for andre Færgesteder her i Danmark, saa vil t. Eks. en Jernbanetunnel ved Aggersund i Nærheden af Løgstør komme til at koste

				ca. 2½ Millioner Kr.				
en	Jernbanetunnel	ved	Aalborg		-	2½	—	-
-	—	-	Hadsund		-	1½	—	-
-	—	-	Guldborg		-	1¼	—	-
-	—	under	Vilssund		-	2½	—	-
-	—	-	Hvalpssund	...	-	5	—	-
-	—	ved	Hals		-	3	—	-
-	—	under	Oddesund		-	3	—	-

Men det er klart og naturligt, at det paa saadanne Steder, hvor der er ringe Skibsfart, som f. Eks. ved Hvalpssund, vil være raadeligst at bygge enten en Dæmning eller en lav Bro, begge med tilhørende Svingbro.

Men hvorledes vil man bære sig ad med at benytte Tunnelerne baade til Jernbaner, Automobiler, Køretøjer og Fodgængere?

Hertil er Svaret, at Fodgængere maa køre med Togene, idet der for enkelte Togs Vedkommende maa holdes ved begge Enden af Tunnelen. Desuden gøres Tunnelens indvendige Diameter saa stor, at der bliver en smal Gang for Fodgængere paa begge Sider, og som er forsynet med et højt og kraftigt Gelænder for at forhindre Ulykker. Og hvad Køretøjer angaar, saa maa de ogsaa befordres med Togene.

Derimod vil det være meget ønskeligt, om Automobiler kunne køre igennem uafhængigt af Togene. Dette lader sig meget vel gøre. Man behøver blot at lægge Planker hen over Svelterne, som Automobilerne saa køre paa, og hvis Overkant flugter med Skinnernes Overkant. Da Automobilerne som Regel køre ligesaa hurtigt som Togene, og da man vel som Regel kan regne med mindst $\frac{1}{2}$ Times Mellemrum mellem Togene, i hvilken

Tid en Masse Automobiler kunne passere, saa kan der ikke være stor Vanskelighed ved at bruge Tunnelerne til Gennemfart baade for Jernbaner og for Automobiler. Men naturligvis maa Signalsystemet være særlig godt og specielt indrettet til dette Formaal, ligesom det ogsaa maa være muligt hurtigt at fjerne et Automobil, som af en eller anden Grund bliver siddende fast inde i Tunnelen.

For de Læsere, som absolut vil have, at en undersøisk Tunnel skal forrente sig, er følgende Rentabilitetsberegning af Masnedøtunnelen opstillet.

Ifølge Lovforslaget af 9. Marts 1910 om en Jernbanebro ved Masnedø, befordredes der i 1908—09:

265,700 Rejsende med Masnedø-Færgerne	
og 205,232 Tons Gods	—

Hvis nu Tunnelen f. Eks. paabegyndes i 1916 og det varer 4 Aar at bygge den færdig, saa vil der altsaa fra 1909 til 1920 være hengaaet 11 Aar. Trafikken var paa denne Rute i de 11 Aar før 1909 vokset 75 pCt. for Rejsendes Vedkommende og 150 pCt. for Godsets Vedkommende. Regner man, at Trafikken i Tidsrummet 1909 til 1920 vil vokse i samme Grad, saa vil Aaret 1920 (ved Tunnelens Aabning) aarligt opvise

en Persontrafik af 465,000 Rejsende og
en Godstrafik af 515,000 Tons.

En Tunnel vil koste 12 Millioner Kroner. Ifølge Lovforslaget af 1910 vil Statsbanerne imidlertid spare nye Dampfærger og nye Færgelejer samt frigøre de forhaandenværende Dampfærger og nogle Lokomotiver, hvilken Besparelse anslaaes til 2½ Millioner Kr. Omkostningerne ved den nuværende Færgedrift andrager ca. 360,000 Kr. om Aaret og vil i Aaret 1920 sikkert vokse til 450,000 Kr., medens Udgifterne til Vedligeholdelse og Drift af Tunnelen højst ville beløbe sig til 50,000 Kr. om Aaret.

Følgelig bliver Driften af en Tunnel ca. 400,000 Kr. billigere om Aaret end en Dampfærge drift, hvilket med $5\frac{3}{4}$ pCt. Rente og Amortisation svarer til en Kapital af 7 Millioner Kroner.

Tunnelen vil altsaa i Virkeligheden kun koste Staten $12 - (7 + 2\frac{1}{2}) = 2\frac{1}{2}$ Millioner Kroner, selv om de 12 Millioner skulle skaffes tilveje til at bygge den for. Men $2\frac{1}{2}$ Millioner Kr. til 6 pCt. er 150,000 Kr. om Aaret, hvilken Indtægt opnaas ved at tage

10 Øre for hver Rejsende og
20 - - - Tons Gods

for at køre igennem den ca. 4 km lange Tunnel.

Nemlig

465 000 Rejsende à 10 Øre = 46,500 Kr.

515 000 Tons Gods à 20 Øre = 103,000 -

Summa 149,500 Kr. $\sim$ 150,000 Kr.

J. O. S.

Efterfølgende Linier er en lille Piece, som forfattedes i Aaret 1909 af Pseudonymen Max. Den uddeltes i sin Tid til Rigsdagens Medlemmer og gengives her med nogle uvæsentlige Forandringer og med Forfatterens Tilladelse.

Omendskønt vel de fleste Mennesker ansé en Bro for den bedste Forbindelse mellem Sjælland og Falster, og Trafikministeren — maaske med Rette — anser den for den billigste Løsning af Dagens brændende Spørgsmaal, saa turde det dog være gavnligt i dette Øjeblik, da Folketingets Udvalg beskæftiger sig med Sagen, at belyse den med alle pro og contra.

De fleste Mennesker have en vis Aversion mod at køre gennem en Tunnel. De holde ikke af at skulle ind i dette sorte

Hul, især ikke, hvis det fører dem ned under Vandet. De foretrække en Bro, hvorfra der haves fri Udsigt og frisk Luft.

Og dette er meget forstaaeligt.

De have ogsaa en dæmpet Følelse af, at der kan »ske noget« i Tunnelen, hvorimod de trygt køre over en Bro.

At en vel udført Tunnel er mange Gange sikkrere end en Bro, skal vi nedenfor bevise. Og hvad har det iøvrigt at sige at køre gennem en 4 Kilometer lang Tunnel. I Udlandet vrimer det jo ligefrem med Tunneler af denne og af meget større Længder.

Naar Farten gennem Tunnelen bliver den samme som den, hvormed vore Eksprestog gennemføres, nemlig ca. 60 Kilometer pr. Time, saa vil hele Turen vare 4 à 5 Minutter, og naar Tunnelen er bygget efter alle Kunstens Regler og med let Adgang til hyppig Inspektion, saa er en Tunnel ligesaa sikker som ethvert Stykke Frilandsbane.

Desværre kan man ikke med samme Ret sige dette om en Jernbanebro, især da det uheldige Element — Svingbroen — ifølge Forholdenes Natur *er* og *maa* være en integrerende Bestanddel af samme. Thi at bygge Broen saa høj, at alle Fartøjer og Sejlskibe, som frekventerer dette Farvand, kunne sejle uhindret under den, vil gøre den betydelig dyrere.

Brigger og Skonnerter behøver mindst 32 m Lysmaal over Vandet, ja enkelte meget store Lystyachter saagar over 40 m.

Og at bygge den halvt højt op er det rene »makeshift« og tilfredsstiller hverken den ene eller den anden.

Skal der bygges en Bro, saa kan kun en lavtliggende med ca. 20 Fods fri Højde tages alvorligt under Overvejelse.

Hélt afset fra Beskadigelser, som opstaa ved, at større Fartøjer tørne imod Broen og saaledes kunne foraarsage Driftsforstyrrelser, hvad Kommandør *Hammer* træffende gør opmærksom paa i »Berlingske Tidende«, saa kan der indtræffe Omstændigheder, der afstedkomme de frygteligste Ulykker.

Svingbroen skal drejes med elektriske Motorer.

Her er straks et usikkert Element.

Man tænke sig, at Svingbroen staar i sin »Normalstilling« — det er altsaa, hvad Kommandør *Hammer* med Rette insisterer paa, den Stilling, som lader Broen aaben for Sejlad — og just skal drejes ind for et Jernbanetog. Hvis nu det elektriske Maskineri nægter at funktionere, saa kan, selv om Signalerne

vide Stop, disse sidste lades uønsede af Lokomotivføreren, og Katastrofen bliver næsten uundgåelig.

Men med saadanne Eventualiteter *maa* man regne.

Lokomotivføreren kan være beskænket; han kan være ædru, men have set fejl, det kan være taaget og diset, saa at Signalerne er vanskelige at skelne, den automatiske Forbindelse mellem Svingbroen og Signalerne, som gør det umuligt at vide fri Fart for Toget, før Svingbroen er helt lukket, kunne komme i Uorden, saa at de vedbliver at vide fri Fart, selv om Broen svinges tilbage i sin Normalstilling.

Kort sagt, man kan tænke sig saa mange Betingelser opfyldte for en Katastrofes Mulighed, som ikke er tænkelige, hvis der ingen Svingbro fandtes, at Chancerne for Uheld og Ulykker tiltager i en betænkelig Grad.

Og det er jo dog ikke Meningen, at Toget, for at kunne bremse i Tide, skal krybe af Sted hen over Broen med samme Sneglehastighed, som karakteriserer Farten over Broen mellem Sjælland og Masnedø og over Limfjorden ved Aalborg.

Toget bør kunne køre med fuld Fart over Broen, hvis der da skal være Tale om at opnaa en klækkelig Tidsbesparelse i Sammenligning med Færgedriften.

Lad være, at der anbringes Reserve-Maskineri (og dette er i ethvert Tilfælde aldeles nødvendigt); men selv da er Katastrofer mulige.

Maskineri er Maskineri.

Det kan faa Nykker just der, hvor der ingen Reserve er; det kan gaa i Stykker; det kan løbe varmt; eller den elektriske Strøm kan af en eller anden Grund udeblive; der kan opstaa Kortslutninger osv. osv.

En Tunnel er fra Begyndelsen til Enden fri for alskens Maskineri; højst kan der blive Tale om et Pumpeværk; men saa meget Vand kan der fra Tog til Tog aldrig samle sig i Tunnelens dybeste Sted, at der ikke bliver Tid til at forhindre Ulykker.

Denne en Tunnels Enkelthed vejer svært til i Vægtskaalen ligeoverfor en Bro med Svingbro.

Jo mindre man behøver at forlade sig paa Funktionærernes Paalidelighed, Paapasselighed og Intelligens, desto større Sikkerhed opnaar man.

Men ikke alene Svingbroen kan blive skæbnesvanger. Nej, hele den øvrige Del af Broen er ikke farefri.

Man maa huske paa, hvormange Broer der er styrtet sammen mellem Aar og Dag i alle mulige Kulturlande lige op til den nyeste Tid.

I Tiaaret 1878—1887 styrtede ialt 251 Gitterbroer sammen i Amerika. Alle disse Ulykker kunde, ifølge Ingeniør *Ch. F. Stowell*, have været undgaaede, hvis man havde konstrueret, bygget, eller ledet Driften omhyggeligere.

Ikke faa Jernbanebro-Ulykker skyldes den Omstændighed, at Toget af en eller anden Grund (f. Eks. Brud paa Vognaksler) kommer ud af Sporet og vælter henimod Gitterdragerne. aksler) kommer ud af Sporet og vælter henimod Gitterdragerne. Det er paavist, at en amerikansk Gitterbro styrtede ned, fordi Lokomotivet slyngede en Ko henimod Siden af Broen.

Man tør være spændt paa at se den Ko eller jydsk Stud — den være sig nok saa fed —, som kan give Anledning til, at en Tunnel styrter sammen, hvis den overhovedet hitter paa at spadserere ind i det mørke Tunnel-Hul.

Det er næsten rørende at observere Publikums blinde Tro paa Bro-Fagmænds Ufejlbarlighed i deres Beregninger. Og dog styrter den ene Bro ned efter den anden, selv om de er konstruerede af Verdens berømteste Ingeniører paa dette Omraade.

Bagefter læser man saa i de tekniske Tidsskrifter, at den og den Professor har regnet ud, at der var begaaet store Fejl.

Ja! »Hinterher ist klug reden«. Men hvad hjælper Beregningerne til, naar man først finder Fejlene, *efter* at Ulykken er sket.

Broen over *Birs ved Mönchenstein* styrtede ned i 1891; fordi den var for svag beregnet, og den var endda konstrueret og bygget af det verdenskjendte Firma *G. Eiffel & Co.* i Paris. Den store *Ruhrbro ved Hohensüburg* styrtede ned, fordi Pillerne underskylledes ved Højvande.

Man tænke sig, at Strømmen i Storstrømmen virkelig, som nævnt i Lovforslaget, kan opnaa en Hastighed af 8 Fod (det er ca. $2\frac{1}{2}$ m) i Sekundet, saa har man jo med Strømforhold at gøre aldeles som paa Rhinen og dens Bifloder.

En saadan Strøm kan afstedkomme aldeles uforudsete Tilstande, og den trodser enhver Beregning med Hensyn til Funderingerne, især da de 3 Dæmninger, den ene ved Kysten af

Masnedø, den næste ved Kalvegrunden og den tredie ved Ky-
sten af Falster, muligvis bringe forandrede Strømforhold med
sig, som kunne være skadelige; thi det er jo en bekendt Sag, at
Strømmens Virkninger, navnlig paa Floder og i Sunde, ikke
med Sikkerhed kune forudsiges.

Uden at paastaa noget kan man tænke sig, at Strømmen,
trods Singels og Stenkastning, underskyller Bropillerne, seiv om
de staar paa fast Lerbund.

Hvis der i Nærheden af en Bropille — lad os sige 5 eller
10 m derfra — opstaar en Strømsreg (Stromstrich), eventuelt
med rasende Hvirvler, som hidtil ikke har været i Farvandet,
og som huler det dybere og dybere ud, indtil Stenene begynder
at rutche eller glide ned eller synke, alt medens Sand og Singels
lidt efter lidt skylles ud til Siden, saa er Faren der.

Det er overhovedet en farlig Sag at forandre et Strømløbs
Retning og Hastighed med Dæmninger, som kastes tværs over
en Del af Løbet, selv om det kun er henover Grundene, de
komme til at ligge. Selv Ler lader sig i Aarenes Løb skylle
og udhule mere og mere.

Det er dog ikke Meningen i denne Artikel at stemple de
foreslaaede Funderinger som usikre, da det jo maa antages, at
Projektet er grundigt gennemtænkt og støtter sig paa Erfaringer
med Broer under lignende Forhold, men kun at henlede Læse-
rens Opmærksomhed paa, at skulde det virkelig vise sig, at
Funderingerne var ufuldkomne, saa havde det været bedre at
anvende en Tunnel, *thi den er fuldstændig uafhængig af Strøm-
forholdene, af Isgang og af Sejlskibe.*

En Gitterbro ved *Praunheim* styrtede sammen i 1892, fordi
Materialet ikke var paalideligt og paa Grund af Konstruk-
tionsfejl.

En stor Gitterbro over *Missouri* ved *St. Charles* styrtede
ned i 1882 af samme Grund.

Den kæmpestore *Tay-bridge ved Dundee* i Skotland, som
væltede i næsten hele sin Længde, havde Konstruktionsfejl.

The high bridge over Mississippi on Smith's Avenue, St. Paul, bygget i 1887, faldt ned i 1904, rimeligvis paa Grund af
Vindstød.

Kort sagt, hvis man gav sig til at rode op i den tekniske
Bro-Literatur for de sidste 30 Aar og ordnede Ulykker og Kata-
strofer i alle Lande systematisk under Angivelse af alle de

Ingeniører, Direktører, General-Direktører, Sub-Direktører, ChefIngeniører, Fabrikanter, Kontrahenter, Entreprenører, Sekretærer, Mestre, Teknikere, Montører, Professorer, Docenter — og hvad de alle hedde —, som har begaaet Bommerter, saa vilde man oprulle et sørgeligt Virkelighedsbillede, der nok kunde ryste Tilliden til selve den sorte Skole i Sølvgade og til dens Læremestre i Hannover, Karlsruhe eller Berlin i sine Grundvolde.

Dermed er det ikke Meningen at paastaa, at den foreslaaede Bro er for svagt konstrueret, eller at den har andre Fejl; thi denne Artikels Forfatter er ikke Bro-Fagmand; men saa meget tør man vel nok slaa fast, at Sikkerhedsfølelsen har sine Grænser, og at saadanne Svagheder og Fejl, som altfor ofte viser sig *bagefter* — og for sent — umuligt kunne optræde i en Tunnel.

En Tunnel har den store Fordel, at enhver praktisk Mand kan tillade sig en Dom om den. Gør blot Væggene tykke og stærke nok, og Tunnelen holder saa at sige *evigt*, det er sikkert.

Her behøver man ikke at være bange for, at den skal veje for meget, saadan som ved en Bro, hvor alle Bestræbelser og Beregninger gaa ud paa, og maa gaa ud paa, at reducere Egenvægten til det mindst mulige under Bibeholdelse af den fornødne Styrke.

Hertil kommer, at der, efter Sigende, skal forekomme Gittersystemer og Dragere, i hvilke enkelte af Stængernes Spændinger er ubestemmelige, eller i hvert Fald forudsætte matematiske Kundskaber af første Rang, der dog til syvende og sidst viser sig ikke at tilfredsstille Praksisen.

Men til at tænke sig ind i en Tunnels Konstruktion, bestaaende af Staalrør og udforet med tykke Betonvægge, er enhver nogenlunde dygtig Maskinkonstruktør kompetent, og hans Forslag, selv om de baseres paa de bekendte »*rule of thumb*« Regler, er mere værd, end alle Integralformler satte i Glas og Ramme.

Der er noget fortryllende ved en Bro, især naar den er elegant konstrueret — det er sandt. Man kommer i dette Tilfælde til at køre »lige ud ad Landevejen«, uden synderlige Ramper, Stigninger eller Fald, tværs over Vandet og aander stadigt i Guds frie Luft med Udsigt til alle Sider.

En Tunnel er skummel; man skal nedad i det dybe og sorte Hul og op igen.

Dette tilligemed en Smule Røgulempe er dens eneste Fejl. »Voila tout«.

Flere vil man vanskeligt kunne finde, og den kan bekjæmpes ved Anvendelse af elektrisk Drift.

Broen derimod med den uundværlige Svingbro er Usikkerheden selv og Ophavet til Misfornøjelser og Forbandelser uden Ende fra de Søfarendes Side.

Vælger man en Tunnel, saa falder Smaaskippernes og Redernes Opposition med ét Slag til Jorden. Det er et stort Spørgsmaal, hvis Broen bliver bygget, og Skipperne efterhaanden vænner sig til at finde sig i Ondet, om Sagen dermed er færdig.

Man tænke sig, at et Par større Skibe i Løbet af kort Tid enten strande paa de nærliggende Grunde eller slaaes i Stykker mod Bropillerne. Vil da Forsikringsselskaberne ikke straks sagsøge Staten, som, hvis den ikke kan paavise, at Broen er uden Skyld, vil blive dømt til at betale.

Og kan overhovedet Loven lukke en Laas for den Slags Spørgsmaal én Gang for alle? Hvis ikke, saa kan det blive en dyr Historie for Staten, helt afset fra den Erstatning til de Forulykkedes Efterlevende, som Staten (i ethvert Tilfælde moralsk) er forpligtet til at betale.

Efter at have forudskikket ovenstaaende Betragtninger, turde det være formaalstjenligt at gaa lidt nærmere ind paa en Tunnels Konstruktion og Pris.

Dette er saa meget mere ønskeligt, som Trafikministeren med let Haand gaar hen over Tunnelen, saa at man næsten kunde fristes til at tro, at der ikke er arbejdet med den fornødne Grundighed i denne Henseende.

Hvis Kridtet egner sig til Anlæg af en Tunnel, uden at man støder paa Vanskeligheder i Form af vandførende Lag eller Aarer, saa er en Bekostning af ca. 3000 Kroner pr. løbende Meter sikkert ikke for lavt regnet.

Lægges Tunnelen under Storstrømmen — hvor der er ca. 14 m dybt Vand, hvorefter følger et ca. 12 m tykt Sand- og Lerlag, saa at man ialt skal mindst 26 m ned under daglig

Vande for at støde paa Kridt, og ca. 35 m under daglig Vande med Tunnel-Bunden, saa vil den antagelig ikke blive stort længere end 6000 m; altsaa vil den komme til at koste henved 18 Millioner Kr.

Den kan til en Begyndelse ligesaa godt være enkeltsporet, som Broen kan være det. Trafikministerens Argument synes i denne Henseende ikke at være logisk.

Han siger: »da det af Hensyn til Vanskeligheden ved at udføre indtræffende Reparationer af den enkeltsporede Tunnel, uden at standse Trafikken under Reparationsarbejdet, formentligt vil være nødvendigt straks at skride til Anlægget af 2 enkeltsporede Tunneler« —.

Denne Udtalelse forudsætter enten, at en Tunnel hyppigere fordrer Reparationer end en Bro, og at den er mere udsat for Beskadigelser. Eller ogsaa tages der Sigte paa, at der ikke er Plads i en Tunnel til at lægge Værktøj og Materialer til Siden, naar Toget kommer. Men det er der jo heller ikke paa en enkeltsporet Bro.

En Tunnel paa henved 6 m Diameter i Lysmaalet lader iøvrigt Plads paa begge Sider til en Gang, som lægges omtrent i Højde med Tunnelens Centrum, og hvortil der nu og da fører Trin og Stiger op, saa at Arbejderne til enhver Tid kunne søge Tilflugt paa samme.

Gangen forsynes i hele Tunnelens Længde med Gelænder, og Værktøj og Materialer kunne lægges paa den.

Og hvad Reparatur af Tunnelens Vægge angaar, som ganske vist vanskeligere lader sig udføre uden Driftsforstyrrelser end af Dragerne paa en Bro, saa er dertil at svare, at Væggene forhaabentlig meget sjældent ville tage Skade. At en Tunnel ogsaa kan beskadiges, det er en Selvfølge; men med samme Ret kan man ogsaa paastaa, at den sædvanlige Jernbanelinie paa fast Land bør være dobbeltsporet, for at der ikke skal opstaa Driftsforstyrrelser; thi Chancerne for »breakdowns« ere ikke væsentlig større i en Tunnel end paa Land.

Nej! I den Henseende behøver man ikke at være bange.

Kun det finansielle Spørgsmaal kan gøre Udslaget, og der staar Tunnelen ikke tilbage for en Bro; ja den har endog den Fordel, at dens Amortisation kan fordeles paa en betydelig længere Aarrække.

Skulde en Forundersøgelse af Kridtlagene under Havbunden opvise stærkt vandførende Lag, saa kan ganske vist Tunnelen blive en Del dyrere end en Bro.

Men derfor er Teknikens Resourcer ingeniende udtømte.

Man kan bygge den af Ringe, der sænkes ned i en Rende i Havets Bund, hvor det boltes sammen af Dykkere. (Se Bundtunneler Side 13.)

Tunnelrenden kan graves og mudres op af Sugeskibe af sædvanlig Konstruktion, eller af særligt konstruerede Gravemaskiner, og der bliver ikke Tale om Eksperimenter.

Tunnelen tænkes bygget omtrent paa samme Sted som foreslaaet for Broen. Men den føres naturligvis under Vandet i en ret Linie uden Buer og Bugter.

Slipen tænkes anlagt paa Masnedø, tæt ved Tunnelens Ende.

De Fangedæmninger, som ere nødvendige for at nedlægge Tunnelringene ved Kysten paa lavt Vand, benyttes ogsaa til at anlægge Slipens Skinner ud paa dybt Vand.

Der forudsættes endvidere, at den gravede Rende ikke sander til under Bygningen, inden Ringene ere nedlagte. Forsøg i denne Retning ere meget ønskelige, og Forundersøgelser af Havbundens Beskaffenhed, af dens Konturer og Profiler ere nødvendige.

Mellem Masnedø og Kalven er Strømløbet saa dybt, at Tunnelringene kunne flyde og derfra bugseres ud til Arbejdsstedet.

Arbejderne kunne bo dels i Orehoved, dels paa Masnedø og i Masnedsund.

Omkostningerne ved at bygge en saadan Tunnel kan formentlig anslaaes til 3000 Kroner pr. løbende Meter. Altsaa vil den 4000 m lange Tunnel med Tilslutningsbaner kunne bygges for 12 Millioner Kroner.

Tunnelen vil komme til at naa fra Kyst til Kyst og altsaa kun blive 4000 m lang.

Der vil antagelig gaa mindst 3 Aar for at gøre Tunnelen færdig.

Max.

