

G 19
CENNI SUL TRAFORO DEL COLLE DI TENDA



DISSERTAZIONE

PRESENTATA

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

DELLA

Regia Scuola d'Applicazione per gl'Ingegneri in Torino

DA

GIOVANNI BRAMARDI

DA BORGO S. DALMAZZO

PER OTTENERE IL DIPLOMA

DI

INGEGNERE CIVILE

OTTOBRE 1870

TORINO

TIPOGRAFIA FALLETTI NEL R. ALBERGO DI VIRTU.

GIANNI GUL TRARONO DEL COLLE DI TRINDA

1850

DISSERTAZIONE

PRESENTATA

ALLA COMMISSIONE ESAMINATRICE

DELLA

REGIA UNIVERSITÀ DI TORINO

DI

GIOVANNI GUL TRARONO

DI BORGES & DALMAZIO

PER OTTENERE IL DIPLOMA
ALLA DOTTORATURA

IN SCIENZE CIVILI

OTTOBRE 1850

TORINO

PIRELLA GÖTTSCHE LOWE

AI CARISSIMI GENITORI

ED

ALLE DILETTE SORELLE

Il compianto Ingegnere Moglino e gli egregi Ingegneri Florio, Arnaud e Agudio studiarono e completamente esaurirono la questione del Traforo del Colle di Tenda.

Valendomi dei lavori da quelli fatti, dei quali, alcuni vennero, con squisita gentilezza posti a mia disposizione dall' Ufficio del Genio Civile di Cuneo; presento questi poveri cenni dolente che la ristrettezza del limite assegnatomi abbiano reso troppo inferiore all'altezza dell'argomento, questo piccolo pegno dell'affezione che nutro verso la mia natale Provincia.



I.

Di fianco alla grande catena delle Alpi, che furono finora insufficiente baluardo agli insulti dello straniero, ed ora impedimento gravissimo alla libera espansione commerciale del popolo italiano, si diparte una catena di montagne minori, che avanzandosi da ponente a levante spinge i suoi contrafforti a nord verso le pianure del basso Piemonte e a sud fino al lido del Mediterraneo, e separando l'alta valle del Po e del Tanaro dalla costa litoranea occidentale, e dalla Francia meridionale, finisce per dar luogo agli appennini. Per questa catena secondaria il colle di Tenda è ciò che il Moncenisio è per la catena delle Alpi Cozie, e mentre la grande corrente del commercio si scarica ed affluisce per i passaggi del Cenisio, del S. Bernardo, del S. Gottardo, il passo del colle di Tenda, per tradizionale abitudine, per esperienza di secoli, venne preferito per il commercio, che è attivissimo nel basso Piemonte colla Provincia di Nizza e col mezzodi della Francia.

Una gigantesca impresa verrà in breve compiuta. Ideata dal genio italiano, che in un momento di nobile ardore lanciava alle immense moli granitiche delle Alpi una sfida che i più allora dissero temeraria, l'opera usciva dai limiti di quanto fino allora si era compiuto, e bisognava possedere un mezzo che corrispon-

desse alla grandezza della impresa. Si idearono nuovi e mai provati ingegni e pari alle nuove difficoltà furono veramente i mezzi per superarle.

L'aria compressa usata nel doppio ufficio di forza motrice al perforatore di Sommeiller, e di ventilazione nella Galleria, servi a felicemente risolvere gli ardui problemi che si affacciavano nell'apertura di un *tunnel* che oltrepassava i dodici chilometri di lunghezza, e per il quale era impossibile l'apertura di un pozzo.

Mentre si poneva mano all'apertura d'una galleria sulla soglia della quale due nazioni sorelle potessero nello stringere un nuovo patto di alleanza, scambiarsi reciprocamente i proprii prodotti, la Ferrovia Fell colle sue risentite pendenze e colle sue curve arditissime si distese colle spire di serpente lungo la strada carreggiata, sul ciglio di profondi burroni, sul fianco delle scoscese vallate, sull'orlo degli abissi, e la piccola ed intrepida locomotiva superando incredibili rampe, e slanciandosi in precipitose discese trasporta i passeggeri dall'uno all'altro piede del monte.

Appiè del Moncenisio gli interessi d'Italia, di Francia, di tutta Europa esigevano dalla scienza la risoluzione di ardui problemi, dai popoli gravi sacrifici di danaro. E l'ottennero. Ora gli italiani fremono impazienti ai piedi del Gottardo, anelanti di vedersi schiusa una nuova via attraverso alla quale possa affluire il commercio e trasmettersi l'alito della civiltà, ed è a sperare che fra breve coll'ultimo colpo del fioretto del minatore si possa dire che gli ostacoli, che ci dividono dalle due vicine repubbliche di Francia e di Svizzera sono scomparsi.

Se minori difficoltà ed anche minori interessi si rannodano al colle di Tenda, non per questo esso deve essere lasciato in dimenticanza, imperocchè la felicità di una parte contribuisce al benessere del tutto, e debbono provvedere ciascuna nazione non solo, ma ciascuna provincia, ciascun comune al miglioramento delle proprie sorti, ed allo sviluppo delle forze che racchiudono. Il traforo del colle di Tenda ci apre una nuova via colla Francia, non tanto perchè per esso si arriva nella Provincia di Nizza, quanto perchè dopo di quello non vi sono più ostacoli a superare pel commercio del Piemonte colle popolose città di Tolone e di Marsiglia.

Considerato quindi questo traforo come una nuova e importante via aperta al commercio, andremo ad esaminare quanto si sia fatto finora al riguardo, e prendendo esempio dalla gigantesca opera del Cenisio ad osservare quali possano essere i mezzi per agevolarlo.

II.

Fin da tempi antichissimi il carrettiere partendo da Cuneo per recarsi a Nizza superava con infiniti disagi e pericoli le turbinose vette del colle di Tenda, e siccome questo passo fu sempre preferito, così si cercò di rendere più agevole la comunicazione; tentando di vincere le difficoltà che la natura vi opponeva.

Nel secolo scorso si concepiva l'ardito disegno d'una galleria attraverso il colle di Tenda ed un tratto di circa 164 metri ci è testimonio quanto grande fosse già il desiderio di queste popolazioni di avere da questa parte un comodo passaggio. Questa galleria aveva l'imbocco Nord ad un'altezza di metri 1388,70 al disopra del livello del mare, nella valletta della Panice alla distanza di un chilometro superiormente ai casolari dello stesso nome, e lo sbocco sulla falda meridionale opposta del monte, presso un fabbricato denominato *la Ca* ad un'altitudine di metri 1338,80.

Frattanto veniva costrutta l'attuale strada colla quale si varca il colle, e passante per i due imbocchi della galleria. Questa venne per ignote cause o politiche o finanziarie interrotta, rimanendo a nord il suddetto tratto, mentre i lavori che forse si incominciarono anche all'imbocco sud sparirono coperti dall'instabilità del terreno e sepolti sotto i detriti della montagna.

Indi vediamo che anche nel succedersi delle politiche vicende ogni governo che fu dalla sorte chiamato a reggere queste provincie prese in considerazione questo lavoro. Ed invero durante il Governo Francese due proposte venivano fatte dal Prefetto del Dipartimento della Stura di cui l'una si riferiva alla continuazione della galleria già incominciata, l'altra con notevole modificazione stabiliva l'imbocco meridionale della galleria al *Capo Martino* sul versante della montagna di Caramagna; raccordando tale imbocco

mercè l'apertura di un nuovo tronco stradale, il quale con sufficienti serpeggiamenti discendendo lunghesso la falda di tale montagna veniva a collegarsi colla strada attuale nelle adiacenze della *Cappella Vievola*. Lo sbocco nord veniva stabilito all'estremità superiore del *prato del Moro*. La strada che vi dava accesso veniva guidata ai casolari dei *Tetti Amoretti* ed a Limonetto, donde seguendo un piccolo canale di irrigazione che viene a passare sotto la strada attuale presso la casa del *Tetto della Signora* veniva alquanto inferiormente a collegarsi colla strada stessa, onde raggiungere l'abitato di Limone.

Il colle di Tenda si eleva di metri 1877 sopra il livello del mare, e di mano in mano che si raggiunge la sommità cresce la violenza dei venti e delle bufere. La neve cadendo in grande quantità in una buona metà dell'anno tende continuamente a cancellare la traccia della strada, disponendosi lungo la falda della montagna, a due o tre metri di altezza, oppure dal turbinio dei venti (detti *tendiglié*) accumulata ad enorme altezza oppone insormontabile ostacolo al proseguimento del cammino, mentre le valanghe staccandosi dalla sommità del monte e rapidamente ingrossando travolgono nella loro rovinosa caduta quanto incontrano, e costituiscono un continuo pericolo per chi si peritasse procedere. Quindi in qualsiasi progetto di strada attraverso questo colle, tra le principali difficoltà a superarsi non sono ultime l'asperità del clima, l'infuriare dei venti, l'abbondanza delle nevi; e nello stesso tempo se molte altre ragioni non richiedessero il traforo, in quelle se ne avrebbe già una importantissima.

Il secondo tracciamento aveva in mira appunto di evitare le valanghe e difendersi dalla impetuosità dei venti; però l'Ingegnere Moglino, che in seguito ebbe tanta parte negli studi di questo traforo osservava che il timore delle valanghe e dei venti fosse esagerato, e di un impegno sproporzionato alla gravità del pericolo fosse la misura proposta per preservarsene. Infatti la galleria a questa altezza aveva ancora la notevole lunghezza di 2233 metri, mentre, con infinito vantaggio, avrebbesi senza accrescere la lunghezza della galleria, potuto stabilirla a qualche centinaio di metri di minore elevazione purchè si avesse saputo scegliere il sito conveniente.

Il Governo Francese colla sua caduta sconvolse molti interessi e modificò la faccia dell'Europa, ed anche sul nostro colle di Tenda giacquero interrotte e per molti anni dimenticate le pratiche allora cominciate. Fu soltanto nel 1844 che il Moglino, Ingegnere capo della Provincia di Cuneo risolvè la questione, ed essendo le sue proposte favorevolmente accolte, ricevette l'incarico di accingersi alla compilazione dei relativi studi. Nell'ottobre del 1849 egli presentava un progetto di traforo, e il consiglio Provinciale di Cuneo emetteva il più caldo voto onde la proposta venisse quanto prima attuata. Parimenti il Governo nel 1851 proponeva l'attuazione della galleria attraverso il colle di Tenda ed il dottissimo Paleocapa, allora Ministro dei Lavori Pubblici in una seduta del 18 marzo diceva: « esser questo uno dei lavori che tanto nell'interesse commerciale generale, quanto nell'interesse della civiltà importava moltissimo che venisse intrapreso. »

Nè solo si parlava d'un traforo il cui scopo fosse unicamente di rendere migliori le condizioni della strada carrettiera, rendendola più breve, più comoda, più sicura; ma incominciossi a mettere in campo la questione d'una ferrovia che partendo da Cuneo in continuazione di quella che vi arriva da Torino, prosegue a sinistra del Gesso fino alla città di Borgo S. Dalmazzo poco sopra lo sbocco del Vermenagna, e passando il Gesso da sinistra a destra si interni in val Vermenagna fino a Limone, indi valicando il colle di Tenda con un traforo sbocchi nella valle del Roja lungo la quale discende fino a circa nove chilometri sotto l'abitato di Breglio e prosegue pei colli di Gianna e di S. Antonio fino al Mortolo, ove si suppone incontrerà la ferrovia del littorale. Per convincerci dell'utilità di questa ferrovia basterebbe osservare alcune cifre raccolte dal Deputato avvocato Riberi, donde ricavo che passando pel colle di Tenda:

Da Torino a Marsiglia vi ha una distanza di 335 chilometri.

Da Torino a Ventimiglia id. 172 passando per Savona.

Da Torino a Marsiglia (ferrovia) 516

Da Torino a Ventimiglia 266

Quindi passando pel colle di Tenda vi sarebbe da percorrere in meno 94 chilometri da Torino a Ventimiglia e 181 tra Marsiglia e Torino.

Il Conte di Cavour dichiarava in ordine alla strada ferrata pel colle di Tenda:

« Che desiderava che il Governo ponesse mano a questa impresa grandiosa e di non dubbia utilità sia per Nizza e la Contea, sia pel bacino dell'alto Po e dell'alto Tanaro — Che tal cosa sarebbe forse resa più facile dalla riunione di Nizza alla Francia, giacchè il Governo dovrebbe concorrere in larga parte alla sua esecuzione; che la Francia vi avrebbe interesse, poichè in tal guisa procurerebbe sfogo ai prodotti della Contea di Nizza e della Provenza nella valle del Po e viceversa faciliterebbe l'acquisto, delle numerose derrate che le località menzionate ritraggono dal Po. »

Come si scorge queste parole venivano pronunciate dopo la cessione di Nizza alla Francia; mentre il Deputato Conte di Revel appoggiando la proposta del Governo per il traforo pronunciava prima del trattato di Villafranca, una profezia che si avverò pur troppo, dicendo che: « Quando noi neghiamo alla Provincia di Nizza i mezzi di comunicazione col Piemonte, la medesima diventerà una provincia francese. »

Nizza venne incorporata alla Francia per uno di quegli atti che giustificati solo dalla ragione di stato, sollevarono lo sdegno della nascente Italia, ma il commercio attivato per l'antica sua via, non veniva interrotto fra popolazioni per tanti secoli unite. Questa fatale cessione non deve essere un'obbiezione contro una ferrovia attraverso il colle di Tenda, perchè non è improbabile che una di quelle stesse politiche complicazioni che ci tolsero questa città italiana ce la restituiscano, oppure che essa ci ritorni per libero volere di popolo, quindi oserò alla profezia del Conte di Revel contrapporre quest'altra, di cui attendo speranzoso l'avverarsi cioè: quando siano atterrati i materiali ostacoli che ci separano dalla Provincia di Nizza, quando essa sarà da una non interrotta ferrovia unita a Torino ed alla capitale, allora Nizza ritornerà all'Italia.

Comunque sia, il commercio è cosmopolita e se i Governi non gli facessero troppo duramente ricordare che vi sono dogane, barriere, confini tra popolo e popolo, esso non farebbe differenza e correrebbe là dove i suoi interessi lo chiamano. Il traforo del colle di Tenda non deve per nulla esser ritardato dalla conside-

razione che presentemente Nizza non fa più parte della famiglia Italiana, se tanto attivo è tuttora il commercio che con essa conserviamo.

Alcune rinomate case inglesi; ritenuta la convenienza e l'utilità d'una strada internazionale tra la Francia meridionale e l'alta Italia, chiesero nel 1863 la concessione d'una ferrovia diretta tra Torino, Nizza e Mentone, in prosecuzione di quella già eseguita fino a Cuneo, ed accennando come il passaggio attraverso il colle di Tenda rendesse necessario il traforo d'una galleria, il che costituiva una di quelle grandi opere d'arte le quali eccedevano le forze d'una compagnia privata, chiedevano il concorso dei Governi interessati. La domanda veniva accolta dal Ministero dei Lavori Pubblici, che non dissentì di ricevere i rappresentanti della società per discutere sull'importantissimo progetto, ma per motivi che ora non importa l'indagare, le discussioni in proposito non condussero a buon risultato.

La questione d'una ferrovia venne messa da parte: si comprese come nelle condizioni attuali sarebbe stato impossibile l'ottenere l'eseguimento di questa importante linea ferroviaria. Gli studi ritornarono al semplice traforo del colle, onde, in attesa di meglio, l'attuale passaggio fosse reso più comodo e conveniente. Riteniamo tuttavia che, malgrado il notevole vantaggio che si verrà ad acquistare, quando la strada sia con un traforo abbreviata di tutto quel tratto, che riesce più malagevole a superare, l'idea di un sotterraneo che s'avvicina ai tre chilometri di lunghezza, che debba esser percorso dai carri colla lentezza ordinaria del cavallo, colla debole luce che artificialmente si potrà ottenere, non sia cosa priva di fastidio e di timore pei viaggiatori (*); che quindi non sia mai abbastanza ripetuto che non si debba abbandonare l'idea d'una ferrovia attraverso le alpi marittime come l'unico

(*) Prima della invenzione delle Ferrovie le Gallerie erano rare, si conoscono opere di tal genere fatte dai Romani e talora più per lusso che per necessità: e quasi segno della loro potenza.

Tali sono la Grotta di Pozzuoli presso Napoli, quella di Sejano nel Promontorio di Posilippo, l'emissario del Fucino ed i trafori dell'acquedotto Claudio per condurre le acque alla stazione navale di Miseno.

mezzo che possa dare al nostro commercio tutto l'incremento di cui può esser capace; e quindi nell'intraprendere l'apertura della galleria si debba tener ben presente che in un tempo che speriamo non lontano il fischio della locomotiva dovrà echeggiare nella valle del Roja.

III.

Si è appunto per questi riguardi, che prima di venire ad esporre i progetti che relativamente al semplice traforo vennero presentati, mi preme sottoporre al lettore un breve cenno sul progetto dell'Ing. Agudio. Egli avendo in mira di proporre un mezzo facile ed economicamente attuabile per stabilire una ferrovia tra Cuneo e Ventimiglia, proponeva di trarre partito ovunque fosse possibile dello stradale carrettiero per installarvi un binario. Quindi ad eccezione di quel tronco che attraversa il colle di Tenda, di adattare e correggere opportunamente il rimanente, riducendolo in modo che allo stradale si conservi sempre una larghezza di 5 metri, i raggi di curvatura non sieno minori di metri 50 e le pendenze non maggiori di 45 millimetri per metro. Di adottare lo scartamento delle rotaie di met. 1,15 nella previsione di potere acquistare per questa nostra linea il materiale mobile dei vagoni e delle vetture di quella ferrovia, il cui esercizio cesserà tra breve all'apertura del gran Tunnel del Moncenisio. Adottare tal sistema di ferrovia per i due tronchi subalpini, che servono d'accesso alla montagna, i quali da una parte si estendono sopra 50 chilometri da Ventimiglia al piede del colle di Tenda, e dall'altra sopra 26 chilometri da Cuneo a Limone; facendo uso di due locomotive semplici, che non diversifichino sensibilmente dall'ordinario. Le pendenze massime del 45 per mille rendono superfluo l'uso di macchine speciali analoghe alla locomotiva Fell, che non fece troppo buona prova a causa della complicazione de' suoi meccanismi. Si adotterebbe invece la locomotiva ordinaria a sei ruote accoppiate per tirare dei convogli di 55 a 60 tonnellate di peso.

Adottare in secondo luogo due piani inclinati sui due versanti del colle, ed approfittare dell'abbondante forza di acqua che si trova disponibile per elevare i convogli. I due versanti del colle di Tenda verranno superati coll'uso dei due piani inclinati con locomotore funicolare (sistema Agudio) i quali piani riuniranno i due tronchi subalpini suddetti cogli imbocchi della galleria di 2800 metri che aprirassi attraverso il colle.

Che anzi l'idea primitiva dell'Ingegnere Agudio era quella di superare la montagna direttamente e senza fare il traforo idea che venne poi modificata primieramente perchè un piano inclinato per operare il trasporto dei veicoli non si potrebbe convenientemente sviluppare sul versante meridionale a cagione della decomposizione degli schisti sulla quale dovrebbe posarsi la via per cui farebbe d'uopo di una consolidazione artificiale resa maggiormente necessaria per l'imperversare delle terribili bufere nella stagione invernale. E l'opera di consolidamento e di difesa richiederebbe forse una spesa pari a quella che esige il Tunnel e senza presentare veruno di quei vantaggi che sono inerenti a quest'ultimo.

Il piano inclinato a Nord si dipartirà dal Ponte dei Mecci poco sopra Limone, seguirà il fianco destro della valle di fronte al villaggio di Limonetto, e raggiungerà il punto culminante della linea, cioè l'imbocco sud della galleria posto a 1389 metri sul livello del mare. La lunghezza di questo piano inclinato è di 3100 metri, le curve minime son di 400 metri di raggio e le massime pendenze del 18 0/0: l'altezza superata d'un sol tratto sarà di 422 metri.

Il piano inclinato del versante sud di 6050 metri di lunghezza partirà dal punto culminante suddetto e dopo aver attraversata la galleria con una pendenza uniforme del 10 per mille (*) proseguirà fino al ponte Vievola con pendenza del 14 per mille

(*) Nelle gallerie le pendenze longitudinali debbono essere necessariamente meno risentite di quelle di ogni altra parte della Ferrovia. Questo principio si fonda sulla osservazione che nella galleria per la mancanza del sole e per la minor ventilazione l'umidità è maggiore. Or l'umidità è di ostacolo alla salita dei

e curve di raggio minimo di 500 metri: superando una differenza di livello di 511 metri.

Onde far funzionare questi piani inclinati l'Ingegnere Agudio proponeva che si installasse all'imbocco Nord della galleria un solo motore idraulico che servisse per entrambi. Per ivi accumulare la forza necessaria alla locomozione si farà uso di due grandi serbatoi i quali formeranno un salto d'acqua di 120 metri: se però per la troppa siccità tal forza venisse a difettare, ciò che non pare assolutamente ammissibile, in questo caso la stessa locomotiva che condusse il treno sino al piede del piano inclinato potrà all'occorrenza supplire in qualità di motore fisso o di locomobile come si usa in casi analoghi. Nonostante le forti pendenze dei piani inclinati, li suddetti convogli di 55 o 60 tonnellate di peso saliranno le rampe della montagna, attraverseranno il *Tunnel* e scenderanno sotto l'azione del locomotore funicolare, che farà le veci della locomotiva lungo la traversata del colle.

L'Ingegnere Agudio nel proporre di applicare sui versanti del colle di Tenda il suo sistema funicolare di trazione si offriva di intraprendere lui stesso quest'opera, portando in questa il fondo di un milione che ora tiene a disposizione, e che è destinato alla costruzione del piano inclinato di Lans-le-Bourg sul versante Nord del Moncenisio per cui ottenne la concessione dal Governo Francese ed un sussidio tanto da questo, che dal nostro Governo e da altri corpi morali. Tuttavia ora non è nell'intendimento dei più di fare un simile esperimento sul colle di Tenda, ed è desiderabile che ora si ponga mano energicamente a far sì che il traforo si compia in modo da essere adatto ad una ferrovia ordinaria, senza lasciarsi deviare dallo scopo, da mezzi speditivi, che, sebbene commendatissimi, col trascorrere del tempo e col rapido crescersi del commercio potrebbero riescire inefficaci.

convogli, perchè rende meno efficace l'adesione dell'attrito delle ruote contro le rotaie. Così nella ferrovia da Genova a Torino i convogli che nei tratti a cielo scoperto col pendio del 3,50 0/0 son facilmente rimorchiati, nei tratti sotterranei non superano che a stento il pendio del 2,868 0/0.

IV.

Passeremo ora in rassegna i diversi progetti di gallerie che furono presentati, ed avendo in mira la probabile futura costruzione d'una strada ferrata, accenneremo quali vantaggi e quali inconvenienti ciascuno risultarono presentare. Nella compilazione di questi progetti, quale si propose la maggior comodità, quale la sicurezza, quale la economia, cosicchè lunghe quistioni sorsero sul luogo ove si dovessero stabilire gli imbocchi della galleria, sulle strade d'accesso, e sulle pendenze da adottarsi. L'ingegnere Moglino presentava due distinti progetti.

Le due vallette di Limonetto e della Panice sono separate l'una dall'altra da un contrafforte dello stesso colle di Tenda, e fanno parte d'una medesima valle o bacino che mette a Limone. Il primo progetto stabiliva l'imbocco nella valletta della Panice a 464,05 m. al dissopra del piano orizzontale del ponte di S. Antonio all'uscita di Limone; così si verrebbe ad utilizzare la parte di galleria già anticamente scavata e presenterebbe una lunghezza di 2170 m. Lo sbocco sud era fissato al fabbricato detto *la Ca*. Da calcoli annessi al progetto la spesa della Galleria sarebbe di lire 1,864,000, 00. In questo caso facile sarebbe l'imbocco nord ma lo sbocco a sud presenterebbe difficoltà rilevanti. Infatti nel versante sud il colle di Tenda presenta una falda meno praticabile, più ripida, sparsa di burroni e tormentata da valanghe. La strada attuale passerebbe per i due imbocchi, cosicchè non vi sarebbero ulteriori spese per le strade d'accesso, se si eccettui forse la sistemazione della strada compresa tra lo sbocco sud e il ponte Vievola. La strada attuale si sviluppa per circa due terzi inferiori lungo una striscia a dorso fiancheggiata a ponente da un burrone che si estende fino alla sommità del colle e va soggetto ad una delle valanghe più frequenti e più pericolose, a levante da un altro burrone, che, sebben meno esteso, è più profondo e meno solido, essendo anzi per la natura instabile del terreno in notevole crescente corrosione di fondo, e scoscendimento delle sponde, ed è quivi che nel rigor dell'inverno e quasi in sei mesi dell'anno

si rendono più infesti lo infuriare dei venti ed il pericolo delle valanghe. Imperocchè queste partendo dalla sommità del colle in sito intermedio tra il primo burrone descritto ed il ricovero posto presso alla sommità attraversano in più luoghi l'attuale strada, si spingono ulteriormente e vanno a comunicare il loro moto alle nevi accumulate nelle bassure delle superiori diramazione del rivo che scorre entro il secondo burrone. Ora egli è chiaro che lo sbocco della galleria entro un burrone è sempre sconveniente, ed affatto inammissibile, pel caso presente in cui altre circostanze di scoscendimento, di cattiva natura del terreno si vengono a frammettere. La galleria verrebbe ad attraversare rocce schistose per il tratto di 600 metri, quindi dovrebbe esser almeno per tutto questo tratto rivestita in muratura, mentre l'autore del progetto nella totale lunghezza non calcolava che 500 metri di rivestimento. A cagione però della inopportunità dello sbocco ed anche perchè questo trovavasi a metri 27,13 sotto il piano orizzontale passante per l'imbocco, si portò una variante al progetto, abbassando lo sbocco al livello dell'imbocco, il che produsse un aumento di 100 metri nella lunghezza della Galleria ed un proporzionale aumento di spesa.

Il secondo progetto stabiliva il tracciamento della galleria nella contigua valle di Limonetto. Riferendosi allo stesso asse di livello la bocca settentrionale è fissata ad un'altezza di metri 419,98 e l'imbocco sud a metri 405,42. La lunghezza del traforo sarebbe di 2800 metri, cioè di una lunghezza maggiore di 600 metri. Il Cav. Florio, Ingegnere capo della Provincia di Cuneo, chiamato dal Ministero dei Lavori Pubblici a riferire su diversi quesiti risguardante il progetto (*) già approvato di traforo del colle di Tenda, presentato nell'ottobre 1849 dall'Ingegnere Moglino, sulla galleria di Limonetto, dichiarava che d'accordo col Ministero intendeva scartata ogni idea di esecuzione di essa. Primieramente perchè per la maggiore lunghezza richiederebbe maggiore spesa e maggior tempo di costruzione; sia perchè non si avrebbe potuto utilizzare come strada d'accesso alla galleria la strada

(*) V. relazione del 12 agosto 1869.

attuale, si osservava come le diversità delle bufere, delle nevi, non potessero essere considerevoli nelle due vallette adiacenti, che in sostanza fanno parte d'una medesima valle.

Dall'esame geologico del colle di Tenda, questo risulta un ammasso di rocce di struttura schistosa di diversa formazione o gradazioni, cominciando dall'argilla schisto, sino a quello che poco si allontana dal passaggio ai gneiss. Nulla dimostra che dappoichè quella montagna esiste, l'interna sua struttura abbia sofferto dei gravi sconvolgimenti, se si eccettui quel lento e continuo scomporsi in materie terrose cui vanno soggette tutte le rocce, e specialmente gli schisti argillosi, sotto l'azione degli agenti atmosferici, azione che apparisce più sensibile sulla falda meridionale della montagna.

Ora lo schisto in generale deve essere rivestito di muratura; i tagli fatti pochi anni or sono in prossimità del casamento denominato *la Ca* rivelarono come la direzione degli strati combinati con quello dell'asse della galleria, quindi mentre da una parte si ha una maggior difficoltà per la escavazione, si ha ancora una condizione in sfavore della solidità. Inoltre lo schisto duro nell'interno è difficile a rompersi anche coll'uso delle mine, venendo in contatto coll'aria atmosferica si sgretola, si decompone, e richiede uno stabile rivestimento in muratura. Per queste ragioni l'Ing. Florio dichiarava insufficiente la spesa assegnata dal Moglino pel rivestimento della galleria.

Il medesimo manifestava il timore, che per la giacitura e natura delle rocce si avessero ad incontrare al versante nord molte sorgenti, perchè la galleria percorrerebbe in parte considerevole sotto l'imo fondo della valle e prossimamente nella stessa direzione di questa, ove si raccolgono molte acque della falda circostante, ed il terreno negli strati superiori è necessariamente l'aggregato dei depositi e dei detriti, che nel corso dei secoli provennero dalle falde della montagna.

Parimenti la strada d'accesso in prossimità dell'imbocco nord della galleria correrebbe pericolo d'essere nella stagione invernale molto sovente intercettata a cagione delle gigantesche valanghe che frequentemente infestano quelle vicinanze, lungo il burrone od incavo del vicino rivo.

La bocca sud del pari non sarebbe in una situazione favorevole, perchè collocata nel fondo di una estesa sinuosità delle falde del monte, ove non vi sono nè piante nè ritegni naturali, quindi egualmente esposta al pericolo di valanghe ed all'infuriare dei venti e delle bufere.

Dunque maggior lunghezza, necessità di nuove strade d'accesso sono le ragioni che fecero escludere il tracciamento di Limonetto.

Il nuovo progetto sarebbe quello segnato nella tavola planimetrica delle lettere *G H*, e sarebbe propizio per la sua altimetria per la solidità del terreno, per esser al riparo dalle bufere e per esservi probabilità di poche sorgive, salvo qualcheduna prevedibile alla bocca nord.

Pel versante nord gli effetti della bufera si limitano presso a poco al casamento della Panice, nelle circostanze del punto segnato *I*; il sottoposto fondo della valle ove trovasi fissata la bocca della nuova galleria ne va esente, come pure tutta la nuova strada d'accesso *F, E, G* che parte dal ricovero di Bragardo, luogo dove non si ebbero mai valanghe.

Del pari la situazione della bocca sud per la quale gravi difficoltà si presentavano, è tale che in gran parte queste si trovano superate. La roccia è di qualità calcare del meglio compatto e fa parte di un gran filone che si protende al di là del vicino rivo. La direzione della galleria troverebbesi a corrispondere all'esterno sopra dorsì in parte scoperti, costituiti da tale roccia calcare, ed in parte coperti da altre materie e terra, ma tale per successione da non lasciare dubbio sulla continuazione della stessa roccia da cui in istato più o meno compatto è formato tutto il monte dalla parte nord, sino in prossimità al punto *O*, dove è segnato un pozzo.

Naturalmente vi è una grande diversità di spesa nello scavare una galleria nel calcare, o nello schisto, quindi principal cura nello stabilire tal progetto si è di evitare il secondo e cercare il primo; per la ragione che la galleria scavata nello schisto dovrebbe esser totalmente rivestita in muratura di certa solidità, mentre il rivestimento nel calcare si può risparmiare, o almeno questo può farsi assai meno solido, e solo tale che basti ad impedire la caduta sul suolo della galleria di quelle particelle di roccia che si potrebbero dal cielo di essa distaccare.

La bocca sud è al piè del colle presso il ramo di levante della sorgente del Roia in un luogo posto al riparo dalle valanghe, dai venti e dalle bufere, avendo di fronte un'altra falda che si erge dappresso.

La strada d'accesso a questa bocca converge a ponente con una curva di 100 metri di raggio e va ad unirsi al vicino risvolto di quella attuale poco sopra al *nuovo ricovero della punta*, attraversando al suo limite inferiore il burrone della *Ca* in un punto, ove questo non presenta più nè difficoltà nè inconvenienti, salvo nel caso che la valanga del detto burrone si avesse ancora ad estendere qualche rara volta al di là, a fare un'argine trasversale, quando però cogli scavi della galleria il burrone venisse conguagliato e riempito nella parte a monte dell'argine stradale.

Un tale abbassamento di livello toglie una massima parte delle difficoltà, ed i lavori si possono eseguire in condizioni migliori di clima, di intemperie, di spesa.

La roccia calcare all'esterno del monte cessa poco al di là del pozzo segnato nel piano planimetrico, cioè alla distanza di 1000 metri dalla bocca nord. A partire da quel punto verso la suddetta bocca scorgesi l'arenaria dura di grana fina, colore bigio oscuro che si estende verso ponente forse per tutta la falda su cui si sviluppa l'attuale strada, e dalla quale si ricavano pietre per muri e rivestimenti.

Quest'arenaria verso levante sparisce fino a met. 80 prima di giungere all'imbocco della antica galleria.

Quindi tenuto conto della configurazione del terreno v'è da sperare che la nuova galleria possa trovarsi nell'arenaria e che perciò tanto il lavoro dell'escavazione quanto la solidità non saranno deteriorate, ma migliorate.

La progettata galleria sarebbe di 3130 met., la sua altimetria sul livello del mare è di 1521, 86 all'imbocco, di 1275,48 allo sbocco, ossia in media di metri 1298, 67 e perciò di 572,51 metri più bassa dal culmine della strada attuale che corrisponde a 1871,18.

Nell'interno della galleria a partire dai due imbocchi la strada è in salita, siccome venne pure stabilito nel gran *Tunnel* del Moncenisio, col doppio scopo di favorire lo scolo dell'acqua da ambe le parti e facilitar l'estrazione dei materiali. Dalla parte

del Nord la pendenza è del due per mille, dalla parte del Sud è del 30 per 0,00.

Strade d'accesso. — La bocca Nord è più depressa della strada attuale. Dal ricovero di Bragardo bisogna costruire una nuova strada d'accesso di metri 1860 colla pendenza del 5 per cento pei primi 1660 metri e dell' 1 per 0,00 pel rimanente presso la bocca della galleria. Lo sviluppo della strada sulla falda della montagna è facile a stabilirsi, e non richiede altra opera d'arte che 4 acquedotti e un ponticello di 1,50 di luce e qualche muro a secco. Le curve non hanno raggi minori di 100 metri. Al Sud la nuova strada d'accesso si riduce al breve tratto di cui abbiamo già fatto parola, che attraversa il vallone della *Ca* e si congiunge colla strada attuale nel più vicino risvolto.

V.

APERTURA DI UN POZZO

Allorquando devesi aprire una galleria alquanto lunga, collo scopo di abbreviar il tempo suolsi attaccare non solo dalle due estremità, ma ancora in un punto intermedio, e ciò mediante una seconda galleria traversale, il cui asse incontra la prima. Si scava questa sino al punto d'incontro, e da quel punto si pratica lo scavo nelle due direzioni opposte della galleria progettata. Le circostanze del colle di Tenda non presentano un sito favorevole, dal quale si possa aprire una galleria sussidiaria. Un secondo mezzo di poter attaccare la galleria in più punti si presenta coll'uso dei pozzi scavati nel piano verticale che passa per l'asse della galleria. Si è quindi progettato un pozzo che nel punto ove è segnato risulterebbe di 271 met. nell'ipotesi che questo vadi sino a metri 0,80 sotto il suolo della galleria.

Ora per metri 271 di pozzo si calcola che non occorreranno meno di L. 500,000. Ritenuto che anche nell'ipotesi che l'escavazione e ultimazione del pozzo potesse procedere regolarmente e senza incagli, sarebbero tuttavia sempre di considerazione le spese

occorrenti per la provvista e manutenzione ed impianto delle macchine a vapore, onde poter estrarre le materie degli scavi della galleria, e le acque. Quindi trattandosi in questo caso d'una galleria da servir solo in quanto al presente per una strada carrettiera, qualunque ne sia l'importanza, ed ove può ancora per qualche anno di più esser utilizzata quella che attualmente funziona, non pare sia il caso di avventurarsi in siffatta opera quale è il pozzo nella condizione in cui si trova.

La spesa giornaliera di manutenzione della macchina tra personale, consumo di carbone, legna, olio, riparazione, ecc., non sarebbe minore di L. 125, altre L. 26, 50 si computano in più per due capi posto, 3 manovali in fondo il pozzo e nove all'esterno pel servizio del pozzo stesso, onde riaverne le tinozze e carriuoli, e rimandarle, trasportare via il materiale e in tutto, in numero tondo di L. 200.

Questa somma dev'essere moltiplicata pel numero dei giorni per cui dovrà restare in azione il meccanismo, per avere il relativo importo da aggiungere a quello di costruzione del pozzo, di provvista ed impianto del meccanismo stesso, sotto deduzione del valor finale, non che a quello della costruzione di un casotto di abitazione e di scuderia, e di una tettoja solida in muratura, con laboratorio presso l'orifizio del pozzo, situato ad un'altezza ed in una posizione tale, ove si accumula grande quantità di neve. Per conseguenza la spesa totale non è lungi dalle 500,000 lire, se pure non le oltrepassa.

Parlammo d'una macchina a vapore da situarsi alla bocca del pozzo per l'estrazione del materiale. Ed invero nella sola porzione di tre quarti della sezione totale si calcola di tempo con 4 cavalli ore 35. Quindi un'argano con cavalli non basterebbe, ma ci vuole un'adatta macchina a vapore.

E nel caso probabile che la roccia fosse abbastanza buona e connessa da non richieder puntellamento ed armatura. L'approfondamento giornaliero di m. 0,362 del pozzo è stato calcolato nel supposto che lo scavo fosse solo limitato alla sezione del vuoto del pozzo stesso, però stante la difficoltà di trovare la roccia in condizioni così favorevoli, ed anche per la necessità di aver pareti alquanto lisce per evitare gli urti alle tinozze che

salgono e scendono, rari sono i casi in cui i pozzi non vengano rivestiti in muratura, e nel caso nostro almeno una terza parte bisognerebbe sopporla in condizione tale, perciò la sezione media dello scavo aumenterebbe, ritenuto che i rivestimenti avessero a farsi con conci di pietra lavorata a dente grosso, basterebbe che la rientranza del maggior scavo fosse di m. 0,50 all'ingiro, pari allo spessore da darsi a detto rivestimento.

La sezione del pozzo senza rivestimento, essendo il pozzo circolare e 5 metri il diametro è di m. q. 7,07. Tenuto conto dello spazio pel rivestimento, la sezione dello scavo sarebbe di m. 10,17; L'aumento, ossia la sezione della muratura.

$$\text{m. q. } 10,17 - 7,07 = 3,10$$

Siccome si calcola solo un terzo di rivestimento, così la sezione media aumenterebbe solo d' un terzo, cioè di m. 1,03 e la sezione media dello scavo sarebbe di

$$7,07, + 1,03 = 8,10$$

In tale ipotesi l'approfondamento medio giornaliero diminuirebbe non solo in ragione inversa dell' aumento dello scavo, se non si aumentasse il numero dei minatori, ma diminuirebbe ancora pel tempo che si impiega durante la costruzione della muratura, nel quale sarebbe ancora a calcolarsi quello per l'estrazione dell' acqua che si accumulerebbe in fondo al pozzo.

Da queste considerazioni si scorge che a meno che non si abbia in mira di accelerare il compimento dell' opera, anche a costo di uno sproporzionato sacrificio di spesa, lo scavo d' un pozzo non è conveniente.

VENTILAZIONE — Una questione importante pel traforo d' una galleria è quella della ventilazione nel suo interno, per tutto quel tempo in cui non essendo aperta alle due estremità, non può stabilirsi una corrente d' aria che serva per la respirazione degli operai, per alimentare le fiamme necessarie per l'illuminazione della galleria, per sostituire quella viziata dalle cause suddette, dal fumo e dai gas nocivi (*) che si sviluppano

(*) I gas che si svolgono sono acido carbonico, azoto, solfuro potassico, acido solfidrico, idrogeno, ossigeno, solfato e carbonato potassico, ossido di carbonio,

nelle esplosioni delle mine. Se per il traforo del Colle di Tenda si volessero applicare i giganteschi mezzi adoperati a vincere le difficoltà che sorsero nel traforo del Moncenisio, cioè si usasse l'aria compressa come forza motrice alle macchine di perforazione, trasportando all'uopo quando sia compiuta la grande impresa, sul Colle di Tenda i compressori e le altre macchine che funzionano sul Moncenisio, allora la questione della ventilazione andrebbe collegata naturalmente con quella della perforazione della roccia e noi passeremmo per ora sopra questo argomento.

Siccome però, come vedremo fra poco, l'applicazione della Perforatrice di Sommeiller, Grandis e Grattoni parrebbe un mezzo non proporzionato al lavoro da intraprendersi, così accenneremo brevemente come si intenda provvedere altrimenti alla ventilazione della Galleria.

Si ritiene che i ventilatori non siano per essere necessari che allorché gli scavi saranno avanzati oltre i trecento metri per ciascun imbocco, perchè durante questo frattempo la ventilazione si effettua ancora per via fisica in modo sufficiente.

Giunti gli scavi alla profondità di 300 metri si stabiliscono ai due imbocchi due ventilatori, la cui azione non sia continua ma ad intervalli più o men lunghi secondo il bisogno. Per oltre un quarto della Galleria da ciascuna bocca, due ventilatori sono sufficienti. Col procedere dei lavori si richiedono due ventilatori per parte, di cui uno alla bocca, come sopra, l'altro a metà strada nell'interno per accogliere e spingere avanti l'aria inviata dall'altro.

Occorrono a tal uopo 3000 metri lineari di tubo di sezione quadrata di m. q. 0, 33 di superficie, formata con tavole di larice unite a maschio e femmina, che posto in opera, compresi i puntelli di sostegno, e tenuto conto della manutenzione durante

vapore acqueo. I gas se non vengono potentemente agitati si mescolano all'aria con somma lentezza. Si ritiene che il volume di gas generato dall'esplosione di un chilogr. di polvere per venire innocuamente ispirabile debba mescolarsi con 250 metri cubi d'aria.

il loro uso, e del valore che avranno in fine d' opera si valutano a lire 7 per metro lineare ossia a L. 21000, 00.

I sei ventilatori completi, calcolando che il loro valore in fine d' opera compensi le spese di manutenzione si calcolano a lire 400 caduno, ossia a L. 2400, 00.

Per valutare la spesa di esercizio dei ventilatori si considera che i ventilatori in media siano tre in azione, e si abbiano due giornate di lavoro, ossia 20 ore per ciascuno nelle 24 ore, per tutto il tempo dello scavo di metri 2500 di galleria, ossia durante 2941 giorno di lavoro in ragione di $m. 2 \times 0,425 = 0,85$ di avanzamento dalle bocche assieme.

Vedremo ancora più avanti, in che modo la ventilazione della galleria si passa ottenere applicando il mezzo più moderno dell' aria compressa.

VI.

In un traforo di galleria i mezzi per tagliare le rocce si adattano alla natura di quelle. Se la roccia è tenera si fa uso dei picconi, dei cunei di ferro, e delle leve, cioè si comincia col fare una incisione di m. 0, 05 a m. 0, 08 di lunghezza nella parte più tenera, approfittando delle vene e delle fessure naturali. Indi in dette fessure si affondano i cunei battendoli con la mazza di ferro, e con l' aiuto di grosse leve le cui estremità sono ricurve si distaccano i blocchi.

Se la roccia è dura il mezzo più ordinario è quello di impiegarvi la polvere da sparo, di cui la trasformazione in gas produce nello spazio che occupa una pressione che si valuta di 400 atmosfere. Si comincia col fare nella roccia uno o più buchi di m. 0, 03 a 0 m. 06 di diametro e di 0 m. 50 a 2 m. di profondità secondo la grossezza del blocco che si vuole distaccare. Si versa allora una quantità di polvere conveniente nella parte inferiore del buco, che varia da 0, 60 a 2 kilogrammi, oppure si introduce un cartoccio di polvere fatto a bella posta, il quale mediante una spranga di legno o di rame si spinge al fondo. Indi si situa in uno dei canti del foro un esile cilindro

di rame, detto *Spillo di mina* con uno degli estremi addentratosi per qualche millimetro nella polvere e con l'altro sporgente al difuori del buco. La restante parte del foro si riempie di sabbia terrosa, o d'argilla che si costipa a misura che si versa, mediante una lunga spranga di ferro, con testa di rame dello stesso diametro del foro, avente una intaccatura che circoscrive lo spillo. Tolto questo si introduce della polvere nel vano lasciato e questa si mette in contatto con una miccia solforosa, abbastanza lunga perchè gli operai abbiano tempo a mettersi in salvo quando l'hanno accesa. Lo spillo di mina può essere sostituito dalla miccia Richfort che è una miccia di cotone racchiudente nell'interno un esile filo di polvere, i buchi da mina si fanno col fioretto che è un gambo di ferro terminato da una parte con la testa piatta per ricevere i colpi del martello, e dall'altra a punta di scalpello d'acciaio. Nel dare il colpo al fioretto gli si fa fare un leggero movimento di rotazione intorno all'asse.

La barra da mine invece si solleva e si scaglia successivamente nel foro, facendola girare come pel fioretto.

Più potenti delle ordinarie sono le mine acidate la cui efficacia consiste nell'ingrandimento della camera della polvere, che si ottiene con acidi capaci di intaccare la roccia. Per le rocce calcaree si usa l'acido solforico, e con questo mezzo si ottennero mine capaci per sino di 20 kgr. di polvere che distaccarono pezzi di roccia del volume di 500 metri cubi.

Oltre i precedenti metodi vi sono ancora le macchine perforatrici per le escavazioni delle grandi gallerie, e le macchine che sono destinate a frantumare le rocce, producendo senza polvere cavi abbastanza grandi da servire al passaggio degli operai e delle perforatrici. Le macchine a frantumare le rocce sono rimaste assai imperfette, mentre la perforatrice ebbe una splendida applicazione nel traforo del Moncenisio.

Il perforatore di Sommeiller consiste in un affusto montato su 4 ruote che movendosi su un binario può allontanarsi ed avvicinarsi dal fronte d'attacco. Su di esso trovasi situato un apparecchio composto di due parti, cioè del sistema motore e del sistema di percussione. Quest'ultimo si compone di otto a dieci cilindri entro cui per effetto dell'aria compressa che vi si con-

duce con appositi tubi si muovono con movimento alternativo un egual numero di stantuffi al cui gambo trovansi uniti i fioretti. Il congegno del meccanismo è ad un dipresso simile a quello delle macchine a vapore. L'aria dopo aver prodotto il suo effetto come forza motrice va ad espandersi nella galleria e serve alla ventilazione. Ognun perforatore è munito di due tubi flessibili, di cui uno pieno d'acqua è in comunicazione con un robusto serbatoio situato su un carro dietro l'affusto nel quale mette pur capo un condotto di aria compressa, e serve per lanciare l'acqua dentro i fori aperti dai fioretti, sia per sgombrar quelli dal polverio, sia per impedire che questi pel lavoro, troppo fortemente si riscaldino. L'altro tubo contiene aria compressa e serve per introdurla nella macchina a stantuffo. Esso è in comunicazione col tubo principale di condotta d'aria compressa, situato nel fondo della galleria.

La forza motrice si è prodotta dalla parte di Bardonnèche (sul versante Italiano) con salti d'acqua, utilizzando le acque del Torrente Mèlezet, che furono condotte al cantiere di compressione, mediante un canale coperto di oltre tre chilometri. Così si poté ottonere mediante un serbatoio posto sul fianco della montagna a 50 metri di altezza sul piano del cantiere un salto d'acqua della portata di 700 litri al minuto secondo e quindi una potenza dinamica di

$50 \times 700 = 35000$ chilogrammetri ossia di

$$\frac{35000}{75} = 466 \text{ cavalli-vapore}$$

Dalla parte di Modane si utilizzarono dapprima le acque del torrente Charmaix, che con un salto di 26 metri offriva la forza per ottenere la compressione di sei atmosfere, ma siccome le acque non erano perenni, si dovette ricorrere a quelle dell'Arc. Frattanto riuscì alla direzione tecnica di congegnare un'altra macchina comprimente, cioè il compressore a tromba, il cui risultato fu felicissimo.

L'Egregio Ingegnere Arnaud intraprese delle ricerche sulla convenienza dell'applicazione del sistema di perforazione meccanica

degli Ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller al Traforo del Colle di Tenda, e dalle considerazioni dell'Ingegnere Arnaud ricavo i seguenti risultati (*).

Confrontando la natura delle rocce del Moncenisio dal lato di Bardonnèche con quelle del Colle di Tenda, risulta che secondo i dati somministrati del Combes le resistenze stanno nel rapporto

$$156 : 115$$

Se adunque pella roccia del Moncenisio occorrevano, 466 cavalli vapore, per la roccia dei colle di Tenda basteranno

$$466 \times \frac{115}{156} = 343 \text{ cavalli-vapore}$$

Ciò nel caso che la sezione della galleria di Tenda si consideri eguale a quella del Moncenisio.

La sezione della Galleria del Cenisio è di . . m. q. 60, 50

Pel colle di Tenda m. q. 43, 97

Ne consegue che la potenza dinamica occorrente per la Galleria del Colle di Tenda si ridurrà a

$$\frac{343 \times 43,97}{60,50} = 246 \text{ cavalli-vapore}$$

Ora all'imbocco settentrionale della Galleria del Colle di Tenda vi ha il corpo d'acqua proveniente dal lago dell'Abisso e che costituisce alquanto più a valle il rivo di Limonetto. Questo corso d'acqua che si trova in buonissime condizioni, può facilmente venir guidato sino all'imbocco della galleria con un salto di più di 50 metri, presenta una portata di litri 391, 50 al minuto secondo, si avrebbe perciò una potenza dinamica misurata da

$$391,50 \times 50 = 19575 \text{ chilogrammetri ossia}$$

$$\frac{19575}{75} = 260 \text{ cavalli-vapore}$$

Come si vede adunque all'imbocco settentrionale si avrebbe una

(*) I calcoli dell'Ing. Arnaud si riferiscono al tracciamento di Limonetto, perchè per gli altri tracciamenti nella valletta della Panice è inutile trattare questa questione, mancando in essa assolutamente il corpo d'acqua sufficiente.

potenza dinamica più che sufficiente per poter applicare il sistema della perforazione meccanica.

Questa favorevole circostanza non si verifica più nel versante meridionale. Le sole acque di cui colà si può disporre sono i diversi fili d'acqua che in parte alimentano la così detta *Fontana Martina* ed in parte vanno dispersi attraverso i meati del terreno per quindi radunarsi a valle lungo il Thalveg dei due valloni ivi esistenti a destra e sinistra delle falde su cui si sviluppa la strada attuale. Secondo le misure eseguite dall'Ingegnere Arnaud si può ritenere che ove vengano allacciati tutti i diversi fili d'acqua possa la loro complessiva portata fissarsi a 117 litri al minuto secondo. Avendosi anche qua un salto di 50 metri la potenza dinamica disponibile sarà

$$117 \times 50 = 5850 \text{ chilogrammetri ossia}$$

$$\frac{5850}{75} = 78 \text{ cavalli-vapore}$$

Da questi risultati scorgesi che da questo lato sarebbe impossibile applicare la perforazione meccanica, nemeno utilizzando la forza viva della caduta (*), ripiego che d'altra parte presenta ancora serie difficoltà. Donde si viene evidentemente alla conclusione che il sistema della perforazione meccanica non sarebbe applicabile al Colle di Tenda. Infatti siccome questo mezzo non si potrebbe avere che da una sola parte della Galleria, così da questa i lavori procederebbero più rapidamente che dall'altro ove sarebbero adoperati i mezzi ordinari. E siccome la celerità di perforamento nei due sistemi suddetti sta ad un dipresso come 2 ad 1, così si sarebbe arrivati all'imbocco nord alla metà del lavoro mentre all'imbocco sud non si sarebbe che ad un quarto, per cui procedendo avanti i materiali percorrerebbero una distanza più lunga del necessario per esser esportati dalla galleria e quindi il vantaggio della perforazione meccanica sarebbe diminuito.

Inoltre devesi ancora considerare la spesa inerente a ciascun sistema.

(*) Per mezzo del compressore a colonna.

L'ingegnere Arnaud fondandosi sulla cifra di L. 2,200,000,00 cui ammonta nella Galleria del Cenisio lo stabilimento dei diversi meccanismi, ritenute le economie che in questo impianto si possono ottenere, e per le maggiori cognizioni in proposito acquistate, e per la diminuita sezione e per la minore resistenza della roccia, calcola la spesa suddetta in L. 964,780,00

La spesa media per metro corrente di galleria eseguito col sistema meccanico è fissato nel nostro caso a L. 1530, 00 in base a L. 3000 occorrenti per la galleria del Cenisio e pei 1400 metri, solo tratto cui è applicabile la perforazione meccanica ammontano in L. 2,142,000,00

In totale L. 3,106,780,00

La spesa inerente alla perforazione ordinaria essendo di 832, 00 per metro corrente si ha pei 14000 metri suddetti una spesa di . . . L. 1,165,500,00

è quindi una differenza in meno di . . . L. 1,941,280,00

Questa differenza è troppo notevole per appigliarci al primo sistema, che come unico vantaggio ci offrirebbe un risparmio di tempo.

Volendo tuttavia approfittare dei progressi della scienza, e valersi per quanto sono applicabili dei nuovi mezzi che essa ci somministra si avrebbe, utilizzando le due cadute suindicate, una forza motrice sufficiente se non per applicare il sistema della perforazione meccanica, almeno per aerare l'interno della Galleria, e per mettere in movimento le macchine delle officine di riparazione e di preparazione che verranno impiantate ai due imbocchi della Galleria.

VII.

Abbiamo visto come trattandosi d'una ferrovia attraverso il colle di Teuda vennero proposti i diversi nuovi sistemi ai quali giunse la scienza per superare le difficoltà che il suolo e le con-

dizioni speciali presentavano. Ed infatti oltre alla ferrovia ordinaria venne proposto di applicare la ferrovia Fell, il sistema funicolare Agudio. Qualora fosse attuale o futuro intendimento di valicare questo importante passo alpino per mezzo d'una ferrovia ciò non si potrà forse fare se non accingendosi a valicare notevoli pendenze, a superare straordinarie differenze di livello, quindi attenendoci ai risultati dell'esperienza conviene esaminare quale tra i vari sistemi si debba preferire.

Non sarà qui fuor di proposito riferire un confronto tra il sistema Agudio, quello della locomotiva ordinaria, e della locomotiva Fell, sotto il punto di vista della produzione ed utilizzazione della forza. L'utilità di tale confronto si fa anche maggiormente palese, ora che si hanno per ognuno dei tre sistemi suddetti tutti quei dati sperimentali, colla scorta dei quali soltanto si può attendere una seria ed utile discussione.

Il Sig. Desbrière in un lavoro intitolato: « Etudes sur la locomotion au moyen du rail central » presenta un quadro comparativo illustrato con tavole grafiche sull'effetto utile dei tre sistemi suddetti, dal quale si potranno ricavare dei dati riferibili alle condizioni che si possono presentare sul colle di Tenda.

Ecco come il Sig. Desbrière stabilisce la teoria del suo quadro.

Locomotiva ordinaria. — Considera una locomotiva ordinaria a ruote tutte aderenti che rimorchia un convoglio e chiama.

R) Lo sforzo di trazione applicato al bottone di manovella della ruota motrice per mezzo della biella, riferito alla circonferenza della ruota motrice, ossia moltiplicato pel rapporto inverso dei raggi della manovella della ruota; non comprese le resistenze passive fra lo stantuffo ed il bottone di manovella.

r) Il valore di una forza orizzontale la quale applicata egualmente alle circonferenze della ruota motrice, ma in un senso contrario, ed *R* equivarrebbe all'insieme delle resistenze passive sviluppate dal meccanismo a partire dal bottone di manovella, quindi il valore di *r* non comprenderà le resistenze dovute agli attriti dello stantuffo nel cilindro, nè quello dell'asta nello *stuffinbois*, nè quello della grossa testa di biella che scorre nei registri che vennero tolte dal valore di *R*.

Avremo che $R-r$ esprime lo sforzo di trazione disponibile, riferito alla circonferenza della ruota.

M il peso della macchina in tonnellate.

f il coefficiente di aderenza delle ruote sulle rotaie.

Il massimo dello sforzo R si avrà dalla equazione.

$$R - r = M f$$

Sia α la tangente del angolo d'inclinazione del piano

a il coefficiente di resistenza del convoglio, non compresa la macchina, espresso in kilogrammi per tonnellate di convoglio

t il peso del convoglio in tonnellate: avremo

$$M f = \alpha M + (a + \alpha) t$$

donde

$$M = \frac{\alpha + a}{f - a} t \dots \dots \dots (1),$$

ed

$$R - r = M f = f t \frac{\alpha + a}{f - a}$$

$$R = r + f t \frac{\alpha + a}{f - a}$$

Ritenendo r eguale a 10 kilogrammi per tonnellata, e proporzionale al peso della macchina

$$r = 10 M = t \frac{\alpha + a}{f - a}$$

Sostituendo

$$R = (f + 10) \frac{\alpha + a}{f - a} t \dots \dots \dots (2).$$

nella quale f a α sono espresse in millesimi per unità,

t in tonnellata di 100 chilogrammi.

R in chilogrammi

LOCOMOTIVA FELL. — Nella locomotiva Fell abbiamo aderenza artificiale mercè la pressione di quattro ruote orizzontali contro la rotaja centrale e aderenza delle quattro ruote verticali sulle rotaje della strada.

Sia P la pressione artificiale prodotta dalle molle sulla ruota orizzontale; ritenendo lo stesso significato nelle notazioni precedenti abbiamo

$$R - r = (M + P) f$$

d' altra parte

$$(M + P) f = \alpha M + (a + \alpha) t$$

Sia K il rapporto $\frac{P}{M}$ della pressione orizzontale rispetto al peso della macchina per cui

$$P = M K$$

e quindi

$$M + P = (1 + K) M$$

e

$$M (1 + K) f = \alpha M + (a + \alpha) t$$

donde ricavando il valore di M

$$M = \frac{a + \alpha}{f(1 + K) - \alpha} \dots \dots \dots (3).$$

In questo caso r non ha il medesimo valore come nel caso della locomotiva ordinaria.

Esso è composto di due termini l' uno proporzionale alla pressione M l' altro alla pressione P i quali non sono eguali tra loro, perchè mentre lo stantuffo motore opera in modo diretto sulle manovelle sulle ruote orizzontali, agisce mercè una inversione di movimento, per mezzo di un albero a gomito, in modo indiretto sulle manovelle delle ruote verticali. —

Tuttavia ammettendo per ipotesi che non solo i due coefficienti di M e di P sieno eguali fra di loro, ma ambedue pari al coefficiente di 10 chilogrammi, come nel caso d' una locomotiva ordinaria, come fece il sig. Desbrière, chiamando δ il coefficiente di $(M + P)$ avremo

$$r = \delta (M + P) = \delta M (1 + K)$$

Sostituendo per M il suo valore dedotto dalla formola (3) si trova

$$r = \delta t \frac{(a + \alpha) + (1 - K)}{f(1 + K) - \alpha}$$

donde si deduce

$$R = r + (M + P) f = r + M (1 + K) f$$

e quindi

$$R = t \frac{(1 + K) (a + \alpha) (f - \delta)}{f(1 + K) - \alpha} \dots \dots \dots (4).$$

Le formole (1) (2) (3) (4) danno gli sforzi totali necessari per rimorchiare i convogli in ciascun caso particolare, ed il peso delle macchine relative secondo un coefficiente di aderenza determinato. Con queste si può stabilire un paragone dei due sistemi di trazione con locomotiva ordinaria e colla locomotiva Fell.

La locomotiva Fell sperimentata al Moncenisio era del peso di 17 tonnellate, il Sig. Desbrière nello stabilire il suo quadro comparativo pone $K = 1,5$ cioè la pressione artificiale prodotta dalle molle

$$1,5 \times 17 = 25,5 \text{ tonnellate}$$

Questa ipotesi suppone sopra ogni ruota orizzontale una pressione di

$$\frac{25500}{4} = 6375 \text{ Kilogr.}$$

Tuttavia ammettendo che la pressione orizzontale arrivi a parreggiare quella verticale e che si pervenga con miglioramenti prodotti nella costruzione della macchina a rendere il logoramento delle ruote orizzontali pari a quello delle ruote verticali il che dalle esperienze fatte non è ancora si potrà ritenere $K = 1$.

Ammettendo ancora ad α il valore di 5 chilogrammi per tonnellata.

Si ricaveranno per ciascun valore di α i rispettivi valori dell'effetto utile dinamico riportati nel quadro seguente:

L'effetto utile dinamico per la locomotiva ordinaria con tutte le ruote accoppiate si ha dalla formola (2) in cui $f = \frac{4}{8}$ d'aderenza = 125 Kilogr. per tonnellata di macchina per la locomotiva Fell della formola (4) in cui $K = 1, p = 17,495$ $f = \frac{4}{10}$ d'aderenza cioè 100 Kilogr. per tonnellata di macchina.

Pel locomotore Agudio essendo il peso della fune motrice 1,5 Kilogr. per metro corrente e il coefficiente di resistenza 16,04 mm q. e l'altezza da superarsi con un sol piano inclinato di 300 metri.

Pendenze	Locomotiva ordinaria	Locomotiva Fell	Sistema Agudio
10	85, 2	80, 8	70, 4
20	77, 8	76, 7	» »
25	44, 3	74, 0	» »
30	70, 3	72, 3	» »
33	68, 2	69, 2	» »
40	62, 9	67, 1	» »
.....
120	3, 6	34, 0	70, 4

Dalla ispezione del quale si rileva :

1.º Che la locomotiva ordinaria con tutte le sue ruote aderenti è il mezzo di trazione che dà il maggior effetto utile dinamico a partire dall'orizzontale sino alla pendenza del 25 per mille in confronto al sistema Fell e Agudio.

2.º Che dal 25 per mille al 33 per mille di pendenza gli effetti utili dei tre sistemi differiscono poco tra loro.

3.º Che a partire dal 33 per mille alla massima di 120 metri per metro il sistema Agudio si mantiene sempre superiore agli altri due e li sorpassa vieppiù, mano mano che le pendenze crescono, e per le quali il valore è costante.

Oltre l'effetto utile dinamico la cui importanza è piuttosto scientifica che pratica, vi ha un'altro effetto *utile pratico* quello cioè della quantità effettiva di combustibile consumata onde produrre un lavoro determinato in ciascuno dei tre sistemi considerati; e l'ingegnere Agudio tenne pur conto di questo effetto utile pratico che egli reputa la vera base di confronto nella scelta di un sistema sotto il punto di vista della produzione ed utilizzazione della forza come quello solo che traduce in danaro l'economia sul lavoro del motore che si vuole adottare.

Per stabilire quest' effetto pratico conviene trovare pei tre sistemi il quantitativo di combustibile che il motore deve consumare per forza di cavallo-vapore e per ora, per produrre un dato lavoro. —

Una buona locomotiva, come quella di Petiet, avente tutte le ruote aderenti consuma in marcia Kilg. 2, 50 all' incirca per forza di cavallo e per ora. La locomotiva Stephenson ne consuma circa 2, 80.

Per la locomotiva Fell risulta dalle esperienze dalla commissione italiana che questa locomotiva, marciando colla velocità di 11, 03 chilometri all' ora con un convoglio di 22, 6 tonn. di peso, consuma in un' ora 472, 41 chilogrammi di combustibile. Il lavoro prodotto da questa macchina per secondo è dalle stesse esperienze di 156, 9 cavalli-vapori, quindi la quantità di combustibile bruciato all' ora per ogni cavallo-vapore è da

$$\frac{472, 41}{156, 92} = 3, 001 \text{ chilog.}$$

Pel locomotore Agudio, le grosse macchine fisse con dilatazione e condensazione della forza di 300 a 320 cavalli che si impiegano non potranno mai consumare più di Kg. 1, 50 per forza di cavallo e per ora.

Avremo dunque pei tre sistemi i tre numeri

$$2, 5 ; 3 ; 1, 5$$

ossia i rapporti

$$0, 6 \quad 0, 5 \quad 1$$

Moltiplicando gli effetti utili dinamici dei tre sistemi rispettivamente per questi rapporti avremo l' effetto utile pratico riferito ad una stessa quantità di combustibile consumato per produrre un medesimo lavoro.

Donde il Quadro dell' effetto utile pratico :

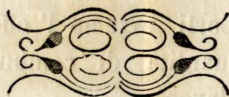
Pendenze	Locomotiva ordinaria	Locomotiva Fell	Sistema Agudio
10	51, 1	40, 4	70, 4
20	46, 7	38, 3	«
30	42, 2	36, 2	«
40	37, 7	34, 1	«
.....
120	2, 2	17, 0	70, 4

Dal quale si ricavano le seguenti conseguenze :

1.^o Sotto questo punto di vista, sarebbe preferibile il Sistema Agudio qualunque sia la pendenza.

2.^o Che la locomotiva ordinaria con tutte le ruote aderenti è preferibile al sistema Fell a partire dall' orizzontale fin sulla pendenza del 5 per cento.

3.^o Oltre il 10 per cento i due primi sistemi non sono più praticamente amessibili, e solo il sistema Agudio conserva il suo importante effetto utile del 70 per cento come sulle minori pendenze.



PLANIMETRIA DEL COLLE DI TENDA

$\frac{1}{10,000}$



Profilo Longitudinale del Nuovo Progetto

Altezze Verticali | 1 : 20,000
Distanze Orizzontali

