

69

*All' amico Carruti
G. Grattarola*

TRAFORO DELLE ALPI COZIE

ATTACCO DELLA PICCOLA GALLERIA

ARMAMENTO E RIVESTIMENTO DELLA GALLERIA DEFINITIVA

DISSERTAZIONE E TESI

presentate alla Commissione esaminatrice

DA

GRATTAROLA GIUSEPPE

DA VERCELLI

ALLIEVO DEL R.° COLLEGIO DELLE PROVINCE

per ottenere il diploma

DI

INGEGNERE LAUREATO

alla Regia Scuola d'Applicazione in Torino

1868

TORINO

TIPOGRAFIA CERESOLE E PANIZZA.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE

RESEARCH REPORT

CHICAGO, ILLINOIS

1954

CHICAGO, ILLINOIS

CHICAGO, ILLINOIS

1954

CHICAGO, ILLINOIS

AI CARI MIEI GENITORI

E

A MIO FRATELLO

IN SEGNO D'AFFETTO E RICONOSCENZA.

Nota. — Essendo questo mio breve lavoro parte di un altro maggiore, frutto degli studi e cure di me e di altri dieci miei compagni (Gautero, Fettareppa, Fautrier, Ferraris, Favaro, Campanella, Cravesana, Rigorini, Riccardi, Garavoglia), non faccia maraviglia se non darà un completo ragguaglio di quella grandiosa opera dell'umano ardire, chè troppo grande peso mi riuscirebbe e per le deboli forze, e pel breve tempo che mi è concesso. — Alle tesi di quei miei compagni invito ricorrere chi voglia avere un'opera completa.

RELAZIONE

della visita fatta al Traforo delle Alpi Cozie

come esercitazione

di Macchine a vapore e Ferrovie

ATTACCO DELLA PICCOLA GALLERIA

ARMAMENTO E RIVESTIMENTO DELLA GALLERIA DEFINITIVA

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY

ASTOR LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS

RELATIONS

between the State and the Church

by

Dr. William A. Rorer

ATTORNEY AT LAW

NEW YORK

1888

NEW YORK

NEW YORK

NEW YORK

NEW YORK

NEW YORK

NEW YORK

NEW YORK

NEW YORK

ATTACCO DELLA PICCOLA GALLERIA, ARMAMENTO E RIVESTIMENTO DELLA GALLERIA DEFINITIVA

Della relazione della visita fatta nel presente anno dagli allievi di macchine a vapore e ferrovie al traforo delle Alpi Cozie venne a me affidata quella parte che riguarda l'avanzamento in piccola galleria, l'armamento e il rivestimento della galleria definitiva. Ho fatto del mio meglio per soddisfare al compito che mi sono assunto dietro invito fattomi dal nostro egregio Professore di macchine a vapore e ferrovie Cav. Ingegnere A. Cavallero; prego non pertanto la eletta Commissione esaminatrice a voler accogliere con indulgenza queste poche pagine, guardando in esse più al buon volere che non alle mende di cui per avventura dovrebbero andar corrette.

Avanti però di esordire non posso nè debbo trattenermi di rendere qui pubbliche testimonianze di grazie a tutti gli Ingegneri preposti alla direzione dei lavori del traforo, che a tutti fornirono, e particolarmente a me, le necessarie informazioni, schiarimenti, dati e disegni.

L'ordine da me tenuto nello svolgimento di questo mio scritto è il seguente: in una prima parte faccio parola del modo di escavazione della piccola galleria, e del sistema di

armamento della medesima; tengono dietro in una seconda parte cenni bastanti intorno l'avanzamento in calotta, e suo rivestimento; in un'ultima parte infine esposi tutto quello che si riferisce alla galleria definitiva.

I.

Escavazione della piccola galleria.

Il traforo delle Alpi Cozie (detto comunemente ed impropriamente del Moncenisio, perchè è il colle di Frejus quello che si trafora) è passato, solo se consideriamo la velocità del suo avanzamento, e come facilmente si può dai resoconti della direzione desumere, per diversi stadii, sia per la differenza dei mezzi di escavazione e per la minore o maggiore loro perfezione, che per la diversa durezza della roccia che man mano incontrava nel suo progredire. Lasciando ad altri la cura di dar conto di questo succedersi di periodi, prenderò io a considerare questo lavoro veramente gigantesco nel tempo in cui, condotti dall'egregio nostro Professore, potemmo a Bardonecchia e a Modane visitare in ogni singola loro parte i cantieri e la galleria.

La roccia in cui attualmente si lavora sia dalla parte Sud (Bardonecchia), che dalla parte Nord (Modane), è di natura calcoscistosa, roccia non troppo dura e che permette un notevole avanzamento mensile.

Entrati adunque in galleria, immaginiamoci di un tratto trasportati fino al fondo, vicino alla parete che ne chiude il passo, e vediamo se ci sarà possibile, frammezzo al frastuono de' colpi rapidi e secchi degli scalpelli delle macchine perforatrici e nell'oscurità poco vinta dai lumi degli operai, di formarci un'idea di questo lavorio. Delle macchine perforatrici non dirò nulla per non invadere il campo di chi deve delle medesime estesamente trattare; esaminiamone non pertanto il

lavoro. Còmpito di queste macchine è di fare i fori da mina, che dapprima venivano scavati con grande spreco di danaro e tempo coi mezzi ordinari de' minatori. Ecco intanto come si agisce: appena sgombro il passo dalle macerie prodotte dallo scoppio delle mine fatte nella *muda* (*) precedente, sottentra un'altra squadra di operai alle perforatrici; allungato, quando occorra, convenientemente il binario su cui corre l'affusto, aggiunti nuovi tubi alla condotta dell'aria compressa si colloca l'affusto montato di tutte le sue perforatrici, che sono in numero di 7, alla distanza dalla roccia segnata dalla costruzione stessa della macchina perforatrice, lo si ferma in modo fisso al binario, e comincia immediatamente l'investimento della roccia.

Intanto a difesa contro la caduta dei grossi e piccoli frantumi di roccia vengono poste le prime armature. Esse consistono di quadri, o telai in ferro, fatti di due pezzi eguali e che si riuniscono nella parte loro superiore per mezzo di chiavarde, come cercai di far vedere nella figura 5.^a della tavola. Sopra di questi quadri collocati a sito vengono poste nel senso della lunghezza della galleria delle verghe di ferro di circa 4 metri di lunghezza, che vengono spinte avanti di mano in mano che il lavoro procede, e formano così il manto di quell'armatura provvisoria. Queste verghe vengono dagli operai dette *marcia avanti*. Questo sistema di telai fu sostituito al primitivo, che è disegnato nella figura 4.^a, per due motivi; perchè più presto sono collocati al loro posto e perchè tenendo evidentemente minor spazio dei corrispondenti legnami, permettevano che la vera sezione di avanzamento, o primo attacco, potesse essere di molto ridotta, e di molto in conseguenza venisse abbreviata la durata totale del lavoro.

Fatte queste difese vengono poste in azione le macchine. I fori fatti da ciascuna squadra sono in numero di 60, la loro

(*) Il complesso delle operazioni di perforazione, carica, scoppio delle mine e sgombrò delle macerie costituisce la *muda*.

profondità varia colla diversa durezza della roccia da 1^m,20, per la più tenera, a 0^m,70 se in condizioni sfavorevoli; la direzione non è la stessa per tutti i fori, ma sono invece inclinati in diversi sensi per favorire in tal modo lo staccamento della parte minata. E questa variazione di direzione è sempre possibile quando si ponga mente alle diverse posizioni, che indipendentemente le une dalle altre possono prendere sull'affusto le macchine perforatrici. Ciascun foro inoltre è fatto da scalpelli di diametro differente e decrescente, o, come colà si dice, con *numeri* decrescenti, e sono generalmente tre per la roccia comune; si comincia cioè con uno scalpello di diametro di 0^m,036 e si termina con uno di 0^m,028; si favorisce così l'avanzamento del foro, anzi ne è questa necessaria condizione. La distribuzione di questi fori non è uniforme su tutta la superficie intaccata, essi sono invece più fitti verso il centro di questa, più radi verso la periferia.

Resta con ciò finito il compito degli operai dell'affusto; lasciano quindi il posto ai minatori, che, aiutati da altri manovali, tirano indietro l'affusto a tale distanza da non essere più danneggiato dai pezzi lanciati dalle mine (*) e caricano subito i fori. La carica consiste in un cilindretto di polvere compressa, che si spinge al fondo del foro; questo cilindro è del peso circa di 1/3 di chilogr.; fu compresso di un terzo circa del proprio volume con appositi meccanismi in edificio apparato detto edificio di compressione.

Empito il rimanente del foro, quella parte cioè che non è occupata dalla carica, con argilla, e poste le miccie, viene a queste appiccato il fuoco, ponendo mente di aver coperti con rottami i tubi dell'aria compressa e così difenderli dalla violenza dei proiettili. Le cose sono condotte in modo che prima vengono fatte saltare le mine più centrali, quindi le intermedie, e infine le perimetrali, per potersi giovare così della

(*) Tempo fa, affusto ed operai si tenevano dietro a robuste porte di sicurezza, che ora più non sono.

diminuzione di pressione laterale per i fori più dal centro lontani.

Gli stessi manovali, di cui abbiamo già fatto cenno, sono incaricati (*) dello sgombrò delle macerie per sbarazzare la via all'affusto, e questa operazione viene eseguita con vagonetti, che corrono lateralmente su stretti binari appositi. Ad evitare ogni impiccio reciproco, ecco quale fu la disposizione tenuta per questi binari. Il binario su cui cammina l'affusto è compreso dentro un altro fatto pei vagoni comuni, che fanno l'ordinario servizio della galleria e che si prolunga fino allo imbocco della medesima, e mentre questo ha la larghezza legale di 1^m,50 da asse ad asse delle rotaie, il primo binario non ne ha che una di 1^m,10. Ora per l'impiego dei vagonetti, esteriormente al binario maggiore, venne collocata una nuova rotaia alla distanza di 0^m,30 dall'una e dall'altra parte del binario medesimo; è precisamente su questa nuova via formata dall'ultima rotaia nominata, e da quella che gli è vicina, cioè quella del binario dei vagoni, che fanno il loro servizio i vagonetti, e la loro corsa riesce per tal modo limitata all'incontro dei vagoni su cui dovranno versare i loro carichi.

Compite tutte queste operazioni resta scavato in più un volume parallelepipedo di 0^m,80 di profondità, di base quasi quadrata di lato di 2^m,40; questo spazio vien subito armato, come dicemmo, coi telai in ferro, e ricomincia quindi collo stesso ordine il lavoro che abbiamo descritto. La durata totale del periodo, che dicemmo *muda*, si può ritenere in media di otto ore.

La parte di galleria, ch'è descrivemmo armata delle armature metalliche, non è la vera, se così possiamo esprimerci, piccola galleria, ma è un'opera affatto provvisoria, e in cui le cen-

(*) L'opera loro è grandemente agevolata da un forte getto di aria compressa che si fa irrompere in fondo alla galleria, e scaccia il denso fumo prodotto dalla combustione della polvere.

tine non potrebbero resistere alle pressioni che sopportano e per tutto il lungo tempo che vi sarebbero soggette. Essa infatti non eccede mai i 70 metri, dopo i quali troviamo in galleria un altro affusto armato delle sue perforatrici che lavora di conserva col primo, e serve a ridurre la galleria provvisoria in piccola galleria; farla cioè passare da una sezione quadrata di 2^m,40, come dicemmo, ad un'altra di lato 3^m,60. — La figura 4.^a e la fase N.° 2 della sezione longitudinale e pianta ne danno sufficiente idea. — Si vede di qui che l'armatura è costituita da due robuste travi verticali in legno sostenenti un'altra orizzontale, completata dal manto fatto con tavoloni comuni; rimane in tal modo libero al disotto uno spazio perfettamente difeso da ogni probabile accidente.

II.

Avanzamento e rivestimento della calotta.

La stessa copertura della piccola galleria serve di impalcato per gli operai che lavorano per l'avanzamento in calotta. — Fino al principio dell'anno in corso (1868) questo avanzamento si faceva coi mezzi comuni dei minatori, per cui restava talvolta di molto indietro il rivestimento della calotta dall'avanzamento in piccola galleria. Si pensò quindi di attaccare in calotta in più di un luogo, e questa disposizione diede origine all'impiego delle perforatrici anche in questo avanzamento della corona. Queste macchine non si adoperarono qui tanto per l'avanzamento più rapido della calotta stessa, quanto per mettere in comunicazione i due cantieri, in cui dicemmo lavorarsi in attacco e rivestimento della calotta, ed è per ciò appunto che non si scava colle perforatrici tutta la sezione della corona, ma si pratica solo un foro bastante al passaggio dell'affusto; il restante poi dello scavo si fa dagli operai minatori. Questo foro di comunicazione, e che serve nello stesso

tempo per la calotta al medesimo ufficio che la piccola galleria per il futuro allargamento totale, vien detto *tromba*. L'avanzamento in corona è rappresentato nella figura 3.^a e dalla fase N.º 3 della pianta e profilo longitudinale.

Il canale di scolo per le acque di stillicidio si riconosce immediatamente dalle figure che per la piccola galleria è costituito da un semplice incavo fatto nel mezzo della via, nel quale giacciono altresì i tubi dell'aria compressa; che per la fase N.º 3 questo incavo è già ingrandito e quasi del tutto preparato per il futuro canale definitivo in muratura.

Per lo sgombrò delle macerie che si fanno nel piano superiore, e per facilitare le comunicazioni fra i due piani, di tratto in tratto sono praticate lungo l'impalcato delle botole sotto cui stanno continuamente dei vagoni, che vengono cambiati con altri quando sieno sufficientemente carichi.

La scena che presenta questo tratto di galleria, e il susseguente ove si fa il rivestimento della calotta e si elevano i piedritti, è veramente singolare. Ad una certa distanza altro non si scorge che una densa nebbia, dentro la quale sembrano fuochi fatui i lumi degli operai e dei minatori, mentre un rumore indistinto di colpi, di fischi e voci percuote l'orecchio del visitatore. Quando questi poi si avvanza in mezzo a quel trambusto, coperto e difeso il capo da un cappello di *guttapercha* e armato di un lume a lungo braccio, vedrà frammezzo ad una vera selva di legnami le squadre dei carpentieri, minatori, smovitori intenti al proprio lavoro di armatura, di attacco della roccia, di rivestimento, di scarico, ecc.; vedrà un passaggio quasi incessante di vagoni carichi e scarichi, che fanno il servizio della galleria pel trasporto dei materiali da costruzione, dei necessari ordigni per le perforatrici, ecc.; mentre continuo primeggia il rumore dei colpi di scalpello delle perforatrici della calotta. — Continui segnali annunziano l'arrivo di vagoni, e restano così evitati i possibili inconvenienti che in uno spazio così ristretto, occupato da un tal numero di operai, sarebbero altrimenti inevitabili.

Galleria definitiva.

Di mano in mano che l'avanzamento in calotta procede, segue di pari passo il suo armamento, costituito da robuste travi, poste nel modo che indica la fig. 3.^a, ed è susseguito a poca distanza dal rivestimento definitivo.

Mi pare buono a questo proposito il ricordare come nel progetto-Maus, sopra il traforo delle Alpi, fosse affatto abolito il rivestimento della galleria; rivestimento che venne non pertanto adottato dagli esimii ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller. Il fatto dimostrò all'evidenza la necessità di questa operazione, giacchè la roccia non essendo omogenea, cioè essendo talvolta attraversata da filoni di materie meno resistenti, per il sensibile gonfiamento che subisce la pietra pel solo fatto di trovarsi in contatto dell'aria atmosferica, comincierebbero dapprima (senza il contrafforto di buone armature) a cadere grossi e piccoli massi con grave pericolo degli operai, e incaglio al buono andamento dei lavori; e senza la presenza e aiuto del definitivo rivestimento, male si saprebbe porre un limite a questo sfasciamento, e ciascuno vede con quanta poca sicurezza di avere, come è desiderabile, un buon servizio continuo senza pericolo di frane, ecc. A tutto ovvia pertanto il rivestimento, il quale e difende dall'azione corruttrice dell'atmosfera le parti del sasso messe a nudo, ed è valido ostacolo a quelle parti che fossero per cadere.

Si comincia col rivestire la calotta, mentre debbono ancora, come si vede nella fig. 2.^a, farsi saltare i massicci, che occupano il posto del futuro piedritto; assodatosi dopo alcun tempo il vólto si fanno man mano saltare i pezzi di roccia che rimangono, e immediatamente si costruisce il piedritto fino alla sua congiunzione colla già eseguita costruzione.

Giunti a questo punto, fase segnata dalla fig. 1.^a e dalla fase N.º 6 del profilo longitudinale, succedono due importanti

modificazioni; la sostituzione di due binari all'unico preesistente, per cui da questo punto il servizio è grandemente agevolato; la costruzione del canale di scolo in muratura, e quindi l'estrazione dei tubi dall'interno del suaccennato incavo provvisorio, e il loro collocamento su appositi sostegni impiantati nella grossezza del rivestimento della galleria.

La grossezza del rivestimento varia da 0^m,85 a 0^m,70 dal piedritto alla chiave, senza però che questi numeri sieno adottati per ogni punto della galleria. Anzi in alcuni luoghi, ove la roccia si presentava bene, si trattò perfino di tralasciare la esecuzione del rivestimento, e lasciar tale e quale la nuda roccia come vólto a sè stessa; ma la considerazione della possibilità di scoscendimento e fenditure in quei luoghi, che importasse un ulteriore rivestimento di quei tratti, con una spesa calcolata il doppio dell'attuale comune, e senza tenere conto della più o meno prolungata interruzione del servizio, fece abbandonare questo pensiero, ed attenersi piuttosto ad un mezzo termine, di restringere cioè la grossezza del rivestimento alla metà dell'ordinario.

Tutte le pietre da taglio per il rivestimento e pel canale di scolo vengono tratte dalle cave, non potendosi in alcun modo far uso dei materiali dello scavo e per la poca loro attitudine a questo ufficio e per le dimensioni loro, anch'esse rese troppo esigue dall'effetto delle mine.

La maggior parte della muratura è fatta con pietra da taglio; l'impiego dei mattoni nel compimento del rivestimento è dipendente dalla maggiore o minore quantità dei mattoni stessi che si produce; vengono nondimeno impiegati sempre mattoni nel formare la chiave del vólto e le cinture trasversali, che si succedono in galleria di 3 in 3 metri.

Differente aspetto presenta la galleria ultimata secondochè si entra dalla parte di Modane o di Bardonecchia. — Dall'imbocco italiano (Bardonecchia) tutta la galleria definitiva resta divisa in due parti distinte da un impalcato orizzontale fatta con travi e tavole accuratamente rifilate e colle commettiture

ermetiche, cosichè faccia corpo a sè la parte superiore. Essa, chiusa dalla parte dell'entrata, mette capo coll'altra estremità là dove proprio ferve il massimo del lavoro della galleria, cioè nel cantiere di rivestimento e avanzamento della calotta. Dall'imbocco francese invece (Modane) nulla si scorge di tutto questo; quale dunque la ragione di tale differenza? Il diverso sistema di ventilazione adottato dalle due parti, o, per meglio dire, di aspirazione dell'aria infetta ne è la ragione; a Bardonecchia un ventilatore ordinario posto al disopra dell'imbocco nella galleria e messo in moto da una turbine tangenziale fa la chiamata dell'aria viziata dalla galleria nell'aria atmosferica per mezzo di quella condotta superiore che abbiamo accennato; a Modane invece l'aspirazione si fa con potenti macchine aspiratrici a campana, mosse da macchine a colonna d'acqua e attraverso il canale di scolo delle acque, il quale nel suo finire, cioè colà dove deve farsi l'aspirazione dell'aria infetta, si cambia in due tubi, o condotte di legno, che salgono fino alla sommità della calotta a raccogliervi l'aria viziata, come ben si può presumere, dalla combustione delle mine, dei lumi e respirazione di tanti operai.

Non è molto tempo che i lavori della galleria erano ancora tutti illuminati dal gaz-luce preparato in apposita fabbrica fuori della galleria, e condotto per tubi in ferro fino ai luoghi convenienti. Questa disposizione era allora riconosciuta assai buona, e si sarebbe sempre continuato su questo metro; furono nondimeno gli operai stessi che costrinsero la direzione dei lavori a privarli di quel potente mezzo di rischiaramento e munirli invece di lumi portatili ad olio. Per quante raccomandazioni invero e minacce siensi fatte, non si potè mai da essi ottenere un poco di cura nel trattamento dei becchi di gas; e la incuria veniva a tal punto, che oltre al guastare in brevissimo tempo le luci delle fiamme, non si curavano talvolta di riaccendere tutte le fiamme, quando dallo scoppio delle mine venivano spente, e non fa bisogno dire con qual gratuito spreco di gas, e quanto pericolo di

una detonazione. Convenne quindi tornare all'antichissimo sistema.

La galleria ha due pendenze in senso contrario l'una dall'altra, mite dall'imbocco Sud, cioè di 0,5 per 1000, e di 23 circa per 1000 dall'imbocco Nord, pendenza quindi così grande da non abbisognar più altra forza ai vagoni che debbono sortire di galleria.

Darò per saggio l'avanzamento dei lavori in galleria durante la 2.^a quindicina di ottobre:

Imbocco Sud	M.	28 30
Id. Nord	»	34 10

TOTALE due imbocchi . . . M. 62 40

Galleria scavata in grande e piccola sezione
all'epoca suddetta:

Imbocco Sud	M.	5,263 30
Id. Nord	»	3,694 75

TOTALE GENERALE due imbocchi M. 8,958 05

Lunghezza totale della galleria . . . » 12,220 00

RIMANGONO a scavarsi . . . M. 3,261 95

GRATTAROLA GIUSEPPE.

TESI LIBERE

Meccanica applicata e idraulica pratica.

Regolatore di Prony.

Costruzioni civili, idrauliche, stradali.

Resistenza di solidi rettilinei alla compressione ed estensione.

Macchine a vapore e ferrovie.

Delle incrostazioni delle caldaie.

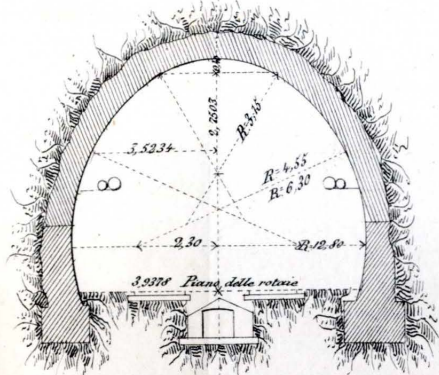
Geometria pratica.

Riduzione dell'angolo al centro di stazione.

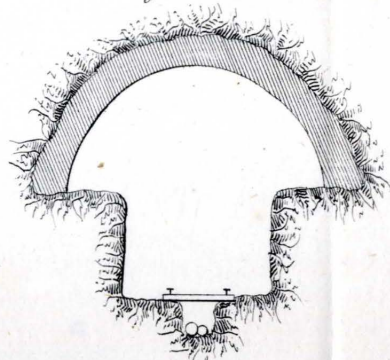
DISPOSIZIONE DEI LAVORI NELLA GALLERIA DELLE ALPI

Scala $\frac{4}{200}$

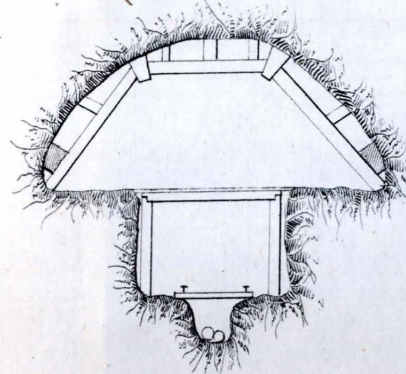
1. Sezione definitiva.



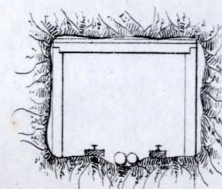
2. Sezione nella galleria rivestita in calotta.



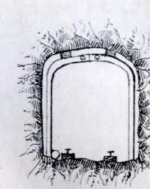
3. Avanzamento in calotta.



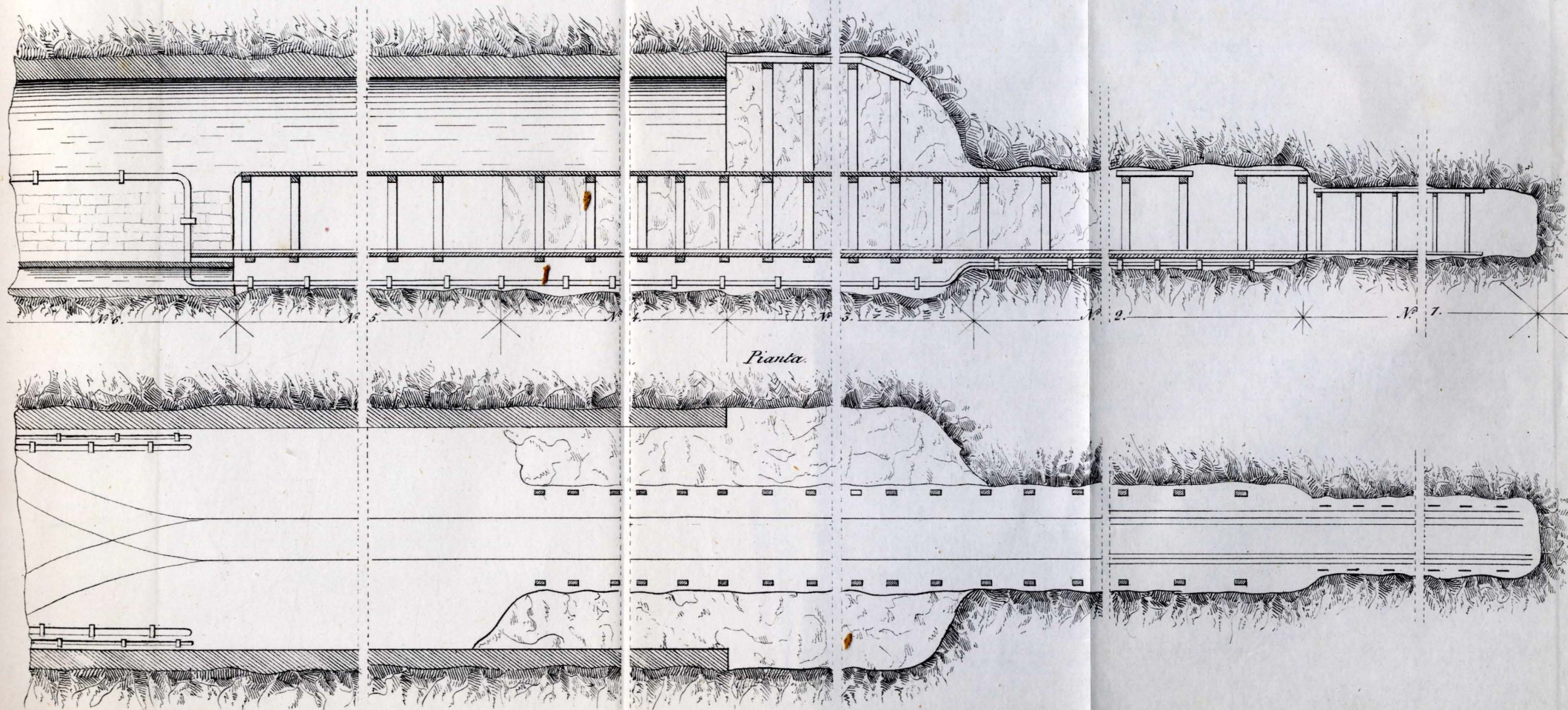
4. Piccola galleria.



5. Galleria d'avanzamento.



Profilo longitudinale.



Pianta.

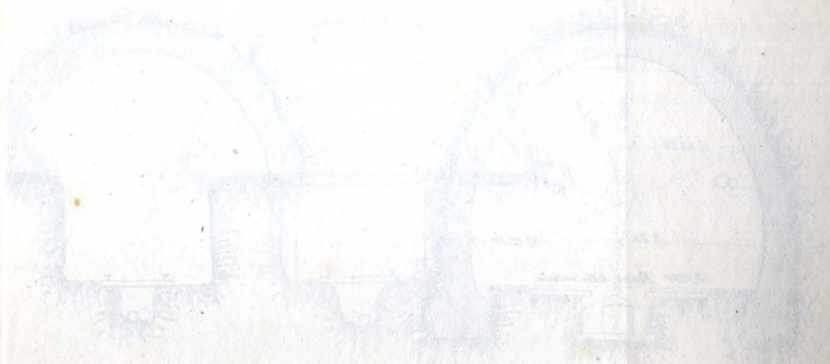
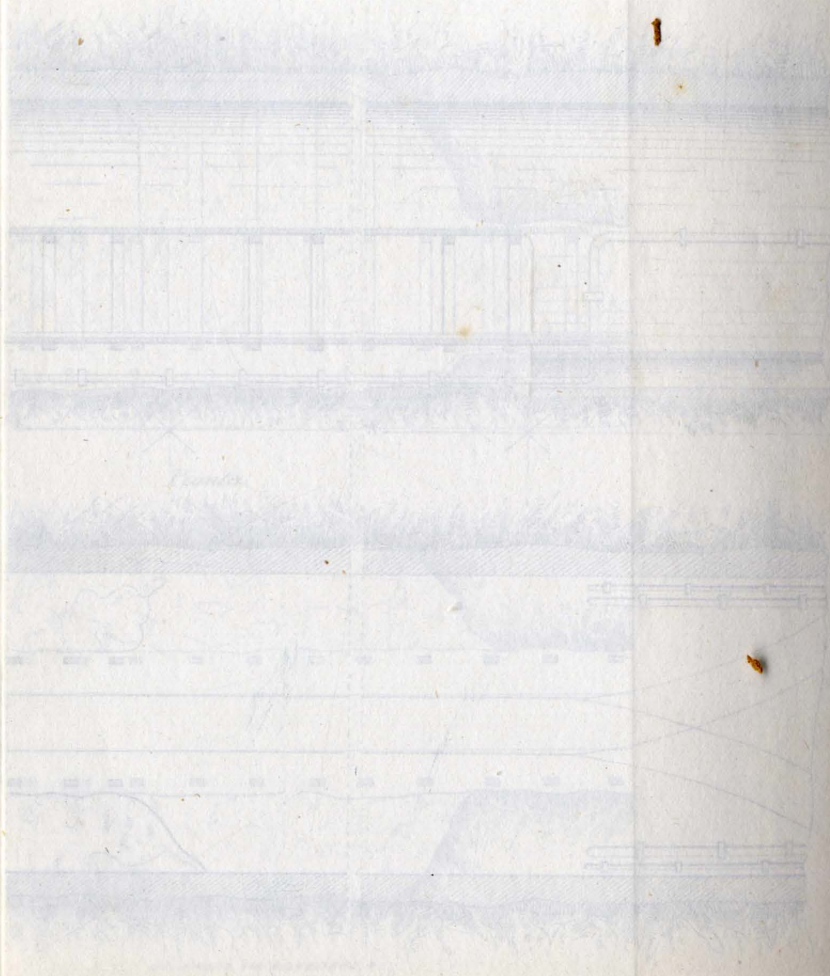


Figure 1. Longitudinal section.



Al caro Amico e collega Cerrutti

D. S. Rossi