

## OPERE DI MINA: LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO (COMO)

### Autori

Maria Antonietta Breda  
Sara Fumagalli  
Gianluca Padovan

Politecnico di Milano Dipartimento di Progettazione dell'Architettura  
Federazione Nazionale Cavità Artificiali  
Associazione Speleologia Cavità Artificiali Milano

### Sommario

Sulla sponda occidentale del Lario, ad una distanza di 10 km a nord dalla città di Como, si trova l'abitato di Brienno. Il lavoro proposto riguarda lo studio di una galleria di demolizione stradale, opera militare realizzata nel contesto dei lavori di fortificazione previsti dalla "Linea Cadorna" e realizzati a partire dall'anno 1916. L'opera studiata, una cavità artificiale perfettamente conservata, è posta a nord del paese, lungo la vecchia strada di percorrenza che da Como porta al Piano di Spagna e a Colico, punti di confluenza della Valchiavenna e della Valtellina.

### Abstract

#### WORKS OF MINE: THE GALLERY OF DEMOLITION OF BRIENNO (COMO)

The town Brienno is situated on the western shore of Como Lake. The following work is about the study of a demolition tunnel, which was built together with "Linea Cadorna" since 1916. The demolition tunnel, an artificial cavity perfectly preserved, is along the old road that leads in the Northern part of Como Lake, at the confluence of Valchiavenna and Valtellina.

#### 1 - Il passaggio obbligato

Nel corso della Storia si sono elette a difesa delle aree e delle semplici strade, le quali, una volta bloccate, interdivano l'accesso ad un retrostante territorio o ad una città. La difesa poteva consistere nello sbarrare architettonicamente e militarmente il passaggio, oppure demolendolo. Il brano tratto da *Ab urbe condita* di Tito Livio introduce e inquadra il tema dell'intervento, nonché il suo specifico oggetto: la galleria stradale di Brienno e l'impianto di demolizione per renderla temporaneamente impraticabile. Ecco il ricordo dell'interruzione del Ponte Sublicio sul Tevere, a Roma, nell'anno 509 a., primo anno della Repubblica: «*Cum hostes adessent, pro se quisque in urbem ex agris demigrant; urbem ipsam saepiunt praesidiis. Alia muris, alia Tiberi obiecto uidebantur tuta: pons sublicius iter paene hostibus dedit, ni unus uir fuisset, Horatius Cocles; id munimentum illo die fortuna urbis Romanae habuit. Qui positus forte in statione pontis cum captum repentino impetu Ianiculum atque inde citatos decurrere hostes uidisset trepidamque turbam suorum arma ordinesque relinquere, reprehensans singulos, obsistens obtestansque deum et hominum fidem testabatur nequiquam desertio praesidio eos fugere; si transitum pontem a tergo reliquissent, iam plus hostium in Palatio Capitolioque quam in Ianiculo fore. Itaque monere,*

*praedicere ut pontem ferro, igni, quacumque ui possint, interrumpant: se impetum hostium, quantum corpore uno posset obsisti, excepturum. Vadit inde in primum aditum pontis, insignisque inter conspecta cedentium pugnae terga obuersis comminus ad ineudum proelium armis, ipso miraculo audaciae ob stupefecit hostes»* (Tito Livio, *Ab Urbe Condita*, II,10); (Poiché il nemico era ormai vicino, ognuno per proprio conto si trasferì dalla campagna in città; e la città fu cinta di difese. Alcuni punti apparivano ben protetti dalle mura, altri dall'ostacolo che creava il Tevere; per poco, invece, il ponte Sublicio non consentiva il passaggio ai nemici, se non fosse stato per un uomo solo, Orazio Coclite: tale sostegno ebbe quel giorno la fortuna di Roma. Costui, che per caso si trovava di guardia sul ponte, avendo visto occupare il Gianicolo con un assalto improvviso e i nemici scendere di lassù a precipizio, mentre i suoi, sgomenti, abbandonavano tumultuosamente le armi e le file, trattenendoli a uno a uno, parandosi innanzi a loro e chiamando a testimoni gli dei e gli uomini, gridava che era inutile che essi fuggissero dopo aver abbandonato il posto; se avessero passato il ponte e se lo fossero lasciato alle spalle, ben presto ci sarebbero stati più nemici sul Palatino e sul Campidoglio che non sul Gianicolo. Perciò li esortava, li incitava a distruggere il ponte col ferro, col fuoco, con ogni mezzo possibile: lui avrebbe sostenuto l'impeto dei nemici, per quanto poteva resistere una persona sola. Si slancia quindi verso la testa del ponte e chiaramente riconoscibile tra quelli che mostravano le spalle ritirandosi dal combattimento, per aver volto le armi ad ingaggiare battaglia a corpo a corpo, col suo stesso prodigioso coraggio stupì i nemici) (Livio T. 1997, pp. 388-391).

#### 2 - Luigi Cadorna e la Frontiera Nord

Luigi Cadorna (1850 – 1928) era figlio di Raffaele Cadorna (1815 – 1897), generale che «fu nominato nel 1870 comandante del corpo di spedizione incaricato dell'occupazione di Roma ed entrò nella città il 20 settembre» (Enciclopedia Rizzoli Larousse 2003, p. 19), il cui fratello Carlo (1809 – 1891) fu capo del centro-sinistra, ministro della pubblica istruzione, dell'interno, ambasciatore a Londra e presidente del Consiglio di Stato. Nel luglio del 1914 Luigi Cadorna fu nominato Capo di Stato Maggiore dell'Esercito Italiano, incarico che tenne fino al 9 novembre 1917, dopo il disastroso cedimento del fronte italiano nel settore della conca di Plezzo-Caporetto. Discutibile nelle sue concezioni strategiche, ha legato il proprio nome alla cosiddetta «Linea Cadorna» e alle logoranti quanto inutili battaglie dell'Isonzo. Per quanto concerne queste ultime,

si può accennare all'Isonzo il quale «è il fiume fatidico, a cavaliere del quale si svolsero, con oscillazioni di non grande ampiezza, due terzi e più della guerra 1915-'18. Diede esso il nome a dodici battaglie, svoltesi tra il giugno 1915 e l'ottobre 1917, e le sue acque rifletterono tutte le fiamme della guerra» (Touring Club Italiano 1930, pp. 10-11). Sulla «Linea Cadorna» si può utilmente riportare una doverosa puntualizzazione dello studioso Antonio Trotti: «Il sistema difensivo italiano alla Frontiera Nord verso la Svizzera è popolarmente – ed impropriamente – noto come “Linea Cadorna” dal nome del generale Luigi Cadorna che, quale Capo di Stato Maggiore, ne dispose soltanto le fasi finali della realizzazione. Assegnare il nome di Cadorna all'intero sistema sottintendendone in un certo qual modo la paternità, è storicamente errato in quanto esso fu il risultato di quasi cinquant'anni di studi strategici e tattici, di progetti, di indagini e rilievi sul terreno, cui solo in parte seguirono effettive realizzazioni pratiche. La Frontiera Nord è un complesso quasi continuo di opere fortificate permanenti, semipermanenti e campali, disposto prevalentemente nel corso della Prima Guerra Mondiale, a protezione del territorio del Regno d'Italia al confine con la Confederazione Elvetica» (Trotti A. 2011, pp. 35-36).

### 2.1 - «Costruzione di lavori difensivi nella regione di frontiera»

Tralasciando le considerazioni del generale Luigi Cadorna sull'importanza che il Canton Ticino rimanga neutrale, in quanto, in caso contrario, e vedendolo sotto l'influenza di uno stato diverso dalla Confederazione Elvetica, avrebbe messo a rischio i confini nord della Lombardia e quindi del territorio italiano (figg. 1, 2), si possono riportare alcune sue parole sull'assetto difensivo: «Tenuto conto di tutte le precedenti considerazioni, occorre adunque di provvedere per far fronte all'eventuale gravissimo pericolo. I provvedimenti da prendersi erano di due ordini: a) costruzione di lavori difensivi nella regione di frontiera; b) predisposizioni pel trasporto di truppe nella medesima. *Lavori difensivi.* Questi dovevano, naturalmente, svilupparsi lungo la miglior linea di difesa al di qua della frontiera. Non mi occuperò più della sottozona occidentale per la sua scarsissima importanza e perché era già difesa, nella stretta di Bard, dalle fortificazioni erette per far fronte ad un attacco francese. Nella zona centrale, la migliore e più ristretta linea difensiva, come emerge dalle considerazioni precedentemente fatte, partiva dalla stretta della Barra in Val Toce, poi, per l'aspro massiccio del monte Zeda scendeva al lago Maggiore al sud di Cannobio e continuava tra il Lago Maggiore e il lago di Como, lungo la Tresa tra Luino e Ponte Tresa, coperta poi dal lago di Lugano ed appoggiata a destra al gruppo di Monte Calbigo, fortissima posizione che domina la depressione Porlezza-Menaggio. Questa linea aveva il grave inconveniente di avere al centro un tratto di territorio svizzero che s'insinuava alle nostre spalle nella conca di Mendrisio; ma questo avrebbe potuto essere da noi occupato assai prima del nemico che avesse violata la neutralità svizzera; ed inoltre la nostra

sistemazione lateralmente ad esso era stata studiata in modo da rendere l'inconveniente il minore possibile. Lungo tutte le accennate posizioni, nonché a sud del lago di Lugano, nei punti atti a completare le difese, fu creato negli anni 1916-1917 un sistema di fortificazioni a linee multiple dei tipi più recenti che dava pieno affidamento di poter resistere in qualunque evenienza. Una ricca rete di strade, in gran parte camionabili, dava accesso alle principali posizioni e le metteva tra loro in comunicazione, rendendo più facile la manovra delle truppe. Nella zona orientale la miglior linea di difesa era quella segnata dalle Alpi Orobie, dal lago di Como fino a nord del colle dell'Aprica, e lungo la medesima fu creato un sistema di fortificazioni con criteri analoghi a quelli seguiti nella zona centrale. Le strade dello Spluga e del Maloia erano sbarrate nella stretta di Dervio, che si appoggia al monte Legnone. Un doppio sistema di fortificazioni fronteggiava lo sbocco della strada del Bernina nell'Adda. Il primo era eretto presso il confine, sui monti che racchiudono l'ultimo tratto della valle del Poschiavo. Il secondo sorgeva sui monti del versante sinistro di Val d'Adda, i quali coprono il colle della Aprica, e si collegava con le difese del nodo del Mortirolo sulle quali avrebbero ripiegato i difensori dello Stelvio e dell'alto Adda. A questo vasto complesso di strade e di fortificazioni non fu possibile di dar mano nel 1915 essendo la mano d'opera assorbita dai più urgenti lavori lungo le linee di difesa di prima linea del teatro di guerra italo-austriaco, e non si poté iniziarne la costruzione che nella primavera del 1916. Né poteva sorgere il timore che questi grandiosi lavori potessero urtare la giusta suscettibilità del governo svizzero, come se noi dubitassimo delle sue ripetute assicurazioni di leale neutralità; poiché, data la cordialità dei rapporti tra i due Stati, non era difficile fare intendere al Governo svizzero che tutte le misure di difesa che si sarebbero attuate alla nostra frontiera non erano dirette contro il paese amico, ma contro l'avversario che intendesse violarne la neutralità per invadere il nostro suolo» (Cadorna L. 1925, pp. 40-42).

### 3 - La Frontiera Nord e le vie d'accesso al Lario (Lago di Como) (di Maria Antonietta Breda)

Senza entrare nel dettaglio dei progetti e delle successive realizzazioni difensive, all'apice del Lario giungono due importanti direttrici: la viabilità dalla «Valle Tollina» (Valtellina) e quella dalla «Valle di Clavenna» (Valchiavenna). Prima d'immettersi fisicamente nella pianura caratterizzata dallo specchio lacustre incontrano, o meglio incontravano, le aree acquitrinose, a nord, del fiume Mera con il lago di Novate Mezzola e ad est il Pian di Spagna, area paludosa percorsa dai meandri del fiume Adda, prima della rettifica ottocentesca. Questa era la cosiddetta «porta nord» del territorio lombardo, fortificata e guardata da numerosi castelli e torri d'avvistamento, poi divenuta la porta del Ducato di Milano, chiusa ai primi del XVII secolo con il Forte di Fuentes e le fortificazioni minori a sua corona, come il Forte d'Adda (figg. 3, 4, 5). Giussani, ai primissimi del XX secolo, così inquadra il



Fig. 1. Tavola raffigurante il «Confine Italo – Svizzero» ai primi del XX secolo, difeso dalla cosiddetta Linea Cadorna (Cadorna L. 1925, Altre pagine sulla Grande Guerra, Mondadori A., Milano, tav. 1).



Fig. 2. Dipinto su muro situato in una delle stanze della batteria corazzata Forte Montecchio Nord, raffigurante il settore di confine con la Svizzera. (Foto G. Padovan)

territorio: «Non v'ha sbocco di valle alpina, che in tempi remoti non fosse difeso da torri, castelli o fortezze: non poteva esserne quindi sprovvista l'estremità settentrionale del Lario, là dove le acque dell'Adda e del Mera entrano ad impinguarlo del suo maggiore alimento. È quello il punto di tutta l'immensa cerchia alpina, in cui le strade scendono in maggior copia dagli alti valichi a riunirsi agli sbocchi; strade che, giungendo dai paesi più vasti e più ricchi d'Europa, erano, prima del traforo S. Gottardo, le vie più battute delle genti, poiché di là passava gran parte dei viaggiatori, delle mercanzie e degli eserciti che andavano e venivano in Italia, dalla Rezia, dalla Svizzera, dal Tirolo, dalla Germania, dalla Lorena, dalla Borgogna e persino dalle lontane Fiandre» (Giussani A. 1905, p. 258).

Poco prima della Grande Guerra le strade uscenti dalla Valtellina e dalla Valchiavenna erano controllate innanzitutto dalla batteria corazzata denominata Forte Montecchio Nord, situata appena a nordovest di Colico su di uno sperone roccioso (fig. 6). Il vicino Forte di Fuentes fu riutilizzato e sull'opera a tenaglia (parte alta del Forte) si costruirono due postazioni d'artiglieria, ognuna per quattro pezzi, sfruttando anche preesistenti locali sotterranei come riservetta munizioni e ricovero (fig. 7). Stando a documenti dello Stato Maggiore dell'Esercito, possiamo vedere le disposizioni che dovevano garantire la difesa del territorio. Eccone alcuni stralci: «Sbarramento della linea d'operazione Mera – Adda. Questo Comando, sulla base del risultato degli studi compiuti dalle autorità territoriali e dopo aver sentito il parere degli ispettori generali d'artiglieria e del Genio, e anche quello di S.E. il generale Majnoni, determina (foglio 862 del 10-4-911) che alla sistemazione della regione Colico – Fuentes, nel fine di sbarrare le linee d'operazioni Adda – Mera, si provvede essenzialmente: 1°- Costruendo un'opera a Montecchio sud, da armarsi con 4 cannoni da 149A installati in pozzi protetti da copertura metallica robusta rivolgendolo la direttrice verso Domaso. 2°- Mediante l'occupazione di Fuentes, costruendo l'accesso carrareccio e due spianamenti per artiglierie campali, uno con direttrice verso nord [Valchiavenna. *N.d.A.*] e l'altro verso est [Valtellina. *N.d.A.*]. 3°- Mediante l'occupazione di Piona, che avrà carattere provvisorio in attesa che sia costruita l'opera di Montecchio e che sarà armata con 4 cannoni da 149 A o G su affusto d'assedio e cingoli e con qualche mitragliatrice. Però anche dopo costruita l'opera di Montecchio, gioverà che la occupazione di Piona divenga sussidiaria di quell'opera nel fine specialmente di fiancheggiarla e di difendere le interruzioni stradali circostanti» (Comando del Corpo di Stato Maggiore Ufficio Difesa dello Stato s.d., pp. 4-5). Qualche mese dopo, nel mese di luglio, si modifica parzialmente la precedente direttiva: «In seguito ai risultati del viaggio dei Generali svoltasi lungo la frontiera Svizzera, questo comando (foglio 1659 del 7-7-911) informa a nuovi criteri le direttive già date per lo studio dei progetti per la costruzione dell'opera permanente che deve costituire il perno dello sbarramento Mera – Adda e per l'occupazione di Fuentes e della penisola di Piona. [...] Per la batteria

permanente in pozzi partecipa che dovrà essere spostata su Montecchio nord, anziché su Montecchio sud, poiché da quella posizione si ha un'efficace azione sulla strada di riva occidentale del lago di Como e sull'importante obiettivo costituito dai ponti di Dongo e dalle regioni adiacenti, di più meglio si può battere la stretta di Novate-Mezzola e contrastare le provenienze dalla Valtellina» (Comando del Corpo di Stato Maggiore s.d., pp. 8-9).

### 3.1 - *La difesa del Pian di Spagna: l'opera di demolizione a Verceia (di Maria Antonietta Breda)*

I documenti del 1911 informano anche al proposito delle viabilità ad uso militare e dell'interdizione dell'intero Pian di Spagna, mediante allagamento: «Si dà corso (foglio 2568 del 30-10-911) ai progetti per la costruzione delle strade di accesso alle posizioni di Fuentes e di Piona, e il Ministero assegna la somma di L. 26.000 (dispaccio 19585 del 16-12-911). La prima di dette strade ha origine presso le cascate di Monteggiolo, alle quali fa capo una strada comunale, ha uno sviluppo complessivo di m. 1050 circa, una larghezza di m. 3, cunetta compresa, con pendenza massima del 10%. La seconda ha origine dalla piazza di Olgiasca, ha uno sviluppo complessivo di m. 300, ha una larghezza di m. 3, cunetta compresa, con pendenza compresa fra l'8 e il 10%. [...] S.E. il generale Majnoni (foglio 173 dell'11-12-911) trasmette uno studio relativo alla possibilità di allagamento del Pian di Spagna (Colico) inteso ad ottenere un concorso efficace allo sbarramento passivo della linea d'operazione Mera-Adda. Questo Comando (foglio 117 del 20-1-912) esprime l'avviso che sia da soprassedere pel momento dal dar corso ai provvedimenti studiati per la predetta inondazione e ne enumera le ragioni fra le quali sono da rilevarsi: 1°- l'ingente somma richiesta (circa L. 800 mila), 2°- il valore del provvedimento verrà assai menomato dalla nuova sistemazione difensiva permanente divisata sia nei pressi di Colico, sia per fronteggiare le provenienze della valle del Poschiavino» (Comando del Corpo di Stato Maggiore s.d., pp. 11-12).

In direzione nord si realizzerà, invece, un'opera di demolizione per interrompere, mediante brillamento di mine, sia la rotabile sia la strada ferrata, entrambe in galleria e colleganti con la Valchiavenna: «Questo comando, stabilito di completare la sistemazione difensiva permanente della frontiera alpina chiudendo anche l'aperto saliente ticinese, dispose col foglio 1245 del 24 maggio 1911 che, in relazione alle nuove condizioni di fatto che sarebbero venute a crearsi colle divise fortificazioni, venisse ripreso in esame tutto il sistema di interruzioni stradali predisposte nella regione in argomento, nel fine di ben coordinare il relativo funzionamento all'azione delle fortificazioni tenendo presenti anche le modificazioni avvenute nella viabilità. Nel fine sopraccennato e in relazione agli studi fatti al riguardo ed ai pareri espressi sull'argomento dalle varie autorità competenti, questo comando prese le seguenti determinazioni: a) Riconobbe l'opportunità di predisporre l'interruzione della ferrovia e



Fig. 3. Colico, frazione Erbiola, Colle di Montecchio: foto dei primi del Novecento di una casa-torre del cosiddetto «Castello di Colico», probabilmente realizzato sui resti di una fortificazione precedente. (Archivio Ass.ne S.C.A.M.)



Fig. 4. L'originario e primo accesso al Forte di Fuentes visto dall'interno, incassato nella tenaglia; le truppe napoleoniche, malauguratamente, demolirono quasi interamente la grande fortificazione. (Foto M.A. Breda)



Fig. 5. Foto del torrione a pianta circolare, preesistente alla costruzione del Forte di Fuentes e del quale ha costituito parte delle cosiddette difese esterne (Giussani A. 1905, Il Forte di Fuentes. Episodi e documenti di una lotta secolare per il dominio della Valtellina, Tipografia Editrice Ostinelli, Como, p. 311). Così annota Belloni: «Per togliere ogni possibile punto di riferimento ad un eventuale attaccante i genieri demolirono la torretta rotonda dell'antica fortezza spagnola che ancora si ergeva sul lato occidentale» (Belloni L.M. 1990, Occupazione avanzata frontiera nord "O.A.F.N." analisi storico-tipologica dell'impianto, in Allevi P., Roncai L. -a cura di-, Architettura fortificata in Lombardia, Editrice Turriz, Cremona, p. 30).



Fig. 6. «Panorama delle valli dell'Adda, del Mera e del Piani di Spagna, preso dal Forte di Fuentes» (Giussani A. 1905, *Il Forte di Fuentes. Episodi e documenti di una lotta secolare per il dominio della Valtellina*, Tipografia Editrice Ostinelli, Como, tav. III).



Fig. 7. *Interno del locale sotterraneo della tenaglia superiore del Forte di Fuentes, riutilizzata come riseretta munizioni e ricovero con la costruzione, in superficie, di due postazioni in muratura, per quattro pezzi d'artiglieria ciascuna.* (Foto G. Padovan)

della strada ordinaria di vallemera in corrispondenza del lago di Mezzola e ne ordinò lo studio (foglio 1318 del 27 maggio 1914). [Ecc. N.d.A.]» (Comando del Corpo di Stato Maggiore s.d., p. 21). L'opera scavata nella roccia e rivestita in mattoni è analoga alle gallerie di demolizione di Nobiallo e di Brieno, seppure di dimensioni maggiori. Si compone di una galleria con andamento a spezzata dotata di diciassette bracci con altrettanti pozzi di mina, intasabili con acqua erogabile da alcune cisterne. Oggi è ancora percorribile e fa parte di un progetto di recupero: «Ogni parte della galleria di mina è essenziale e preziosa, frutto di lavoro duro ed accurato, opera di manovalanze specializzate esperte. I rivestimenti e le finiture sono realizzate in materiali di prima scelta e curate nei minimi dettagli. Gli accessori e le parti degli impianti ancora presenti in sito (serramenti, staffe, zanche, targhe, scale graduate, golfari, tubature, saracinesche, prigionieri, isolatori e altri elementi di impianto elettrico, ecc.) sono oggetti rarissimi, la cui musealizzazione è necessaria e improcrastinabile là dove gli oggetti sono asportabili» (Trotti A. 2011, p. 245).

### 3.2 - *La difesa della Strada Regina: l'opera di demolizione a Nobiallo (di Maria Antonietta Breda)*

In caso di cedimento del fronte lungo l'Alta Valtellina, o di penetrazione attraverso la Rezia Chiavennasca, una rotabile particolarmente utile per giungere alla pianura lombarda era ed è rappresentata dal tracciato della cosiddetta «Strada Regina», la quale costeggia la sponda occidentale del lago e giunge direttamente a Como. Il tracciato originario è antico e utilizzato già in epoca romana, seppure vi sia la lecita supposizione che sia opera delle popolazioni celtiche, le quali vivevano nel territorio. Nel corso del tempo la strada è stata rifatta in vari punti e un po' più in alto di alcuni metri, ma tenuta sempre in funzione e controllata da numerose opere di fortificazione. Nel corso del XIX secolo alcuni tratti in cui s'inerpicava sui fianchi montani strapiombanti nel lago sono stati rettificati, scavando delle gallerie stradali, alcune delle quali, a loro volta, sarebbero state oggetto di lavori per renderle inutilizzabili mediante opere di mina. Un punto che si poteva interrompere con discreta facilità è rappresentato dalla galleria stradale posta poco a nord di Menaggio, in località Nobiallo (figg. 8, 9). La sua interruzione avrebbe bloccato una eventuale penetrazione da nord, ovvero dalla Valtellina, dalla Valchiavenna o dalla Valle San Iorio, passando per Gravedona. Oppure, ugualmente, avrebbe impedito all'avversario di risalire da sud, superando Menaggio. La galleria di demolizione realizzata superiormente e a cavallo della galleria si presenta strutturata ad "esse", in salita e con sei bracci, ognuno dei quali recante un pozzo di mina con relativo fornello. Anche in questo esemplare l'intasamento era effettuato mediante acqua, erogata da apposite tre cisterne interne.

Nel caso in cui un eventuale avversario, svizzero o d'altra nazionalità, ma penetrato in Svizzera, avesse forzato

le difese italiane attraverso Porlezza, avrebbe potuto giungere a Menaggio e, oltre a risalire la Strada Regina, l'avrebbe senza dubbio discesa per raggiungere Como. Anche a difesa di questo passo gli apprestamenti militari erano presenti. Tutto il settore del Ceresio e della fascia montana che costeggia il lato sud della rotabile (attuale Statale n. 340), che da Porlezza scende a Menaggio, era difesa mediante opere campali. In particolare, nella zona di Monte Crocetta, almeno un chilometro di trincee, dotate anche di casematte e rifugi sotterranei, sono state rese visitabili al pubblico, nell'ambito del «Progetto Linea Cadorna 2005-2010» (figg. 10, 11, 12). L'importante incrocio tra la strada discendente e quella lacuale poteva essere tenuto ulteriormente sotto controllo e sotto tiro dagli osservatori e dalle batterie in caverna situati nella sponda opposta, presso Vezio (figg. 13, 14, 15). Sempre leggendo i documenti del Comando del Corpo di Stato Maggiore, possiamo apprendere alcune disposizioni inerenti la difesa del saliente ticinese verso il lago di Lugano e del lago di Como, sponda ovest: «S. E. il generale Mainoni (foglio 266 e 273 del 3-7-912) trasmette alcune proposte per completare le difese del saliente ticinese verso il lago di Lugano e del lago di Como dalla parte di terra. Questo comando (foglio 1980 del 26-7-912), tenuto presente la necessità di avere fin dal primo aprirsi di eventuali ostilità una formidabile azione di artiglieria sulle comunicazioni principali che attraversano il saliente ticinese o vi tendano, approva la proposta di occupare, all'evenienza anche con artiglieria di m.c., la posizione presso Cà del Monte per battere ad utile ed efficace distanza di tiro la diga e il ponte di Melide e le strade ripuarie del lago di Lugano. Aderisce pure alla proposta di occupare con una batteria da 75 A la posizione che trovasi in immediata vicinanza dei ruderi del Castello di Vezio per agire sulla importantissima arteria stradale Porlezza-Menaggio e sulle strade ripuarie del lago di Como ed anche per chiudere a sud il lago stesso, proteggendo anche la città di Como» (Comando del Corpo di Stato Maggiore s.d., pp. 12-13). Le opere in caverna sono oggi in proprietà privata, ma quasi perfettamente conservate e mantenute (figg. 16, 17, 18, 19, 20). Salendo verso la cresta del monte si possono osservare i resti di altri apprestamenti e i ruderi di una casermetta (figg. 21, 22).

### 4 - *L'ultimo sbarramento prima di Como: l'opera di demolizione di Brieno*

Una ulteriore linea di eventuale penetrazione avversaria rimaneva più a sud ed era costituita dalla Valle d'Intelvi. Anche qui le opere difensive non mancavano. Tuttavia, se l'avversario le avesse superate, sarebbe giunto alla conca di Argegno e quindi alla Strada Regina ed il punto migliore per bloccarla era a Brieno (tav. n. 1). L'antico abitato affacciato sul lago è sorto a ridosso di una ben precisa linea difensiva, eretta sfruttando le caratteristiche orografiche. Uno sperone roccioso costituito da Calcare di Moltrasio scende quasi verticalmente nel lago, formando una barriera difendibile che funge da spartiacque tra nord e sud. Un tempo la Strada Regina, correndo a pochi metri



Fig. 8. Vista panoramica di Menaggio e di uno scorcio del Lario, con l'indicazione della galleria stradale presso Nobiallo. (Foto M.A. Breda)



Fig. 9. Dettaglio del tratto di costa lacuale presso Nobiallo, con l'indicazione della galleria stradale (A) e della soprastante opera di demolizione (B). (Foto M.A. Breda)



*Fig. 10. Trincea situata nella zona del Monte Crocetta, in posizione dominante sopra Menaggio, resa visitabile al pubblico grazie al lavoro dell'Associazione Nazionale Alpini Sezione di Como Gruppo di Menaggio, nell'ambito del «Progetto Linea Cadorna 2005-2010». (Foto M.A. Breda)*



*Fig. 11. Altro tratto di trincea, con parapetto in muratura e postazione defilata, situata nella zona del Monte Crocetta. (Foto M.A. Breda)*



Fig. 12. *Postazione in muratura, di poco superiore un settore di trincea di combattimento, situata nella zona del Monte Crocetta. (Foto M.A. Breda).*



Fig. 13. *Castello di Vezio, situato al di sopra dell'abitato di Varenna, in una immagine d'epoca. (Archivio Ass.ne S.C.A.M.)*



Fig. 14. Accesso ad un'opera in caverna situata al di sotto del recinto principale del Castello di Vezio. È composta da quattro piccole postazioni dotate di feritoia riquadrata in cemento, rivolte verso il lago e la sponda di Menaggio. (Foto M.A. Breda)

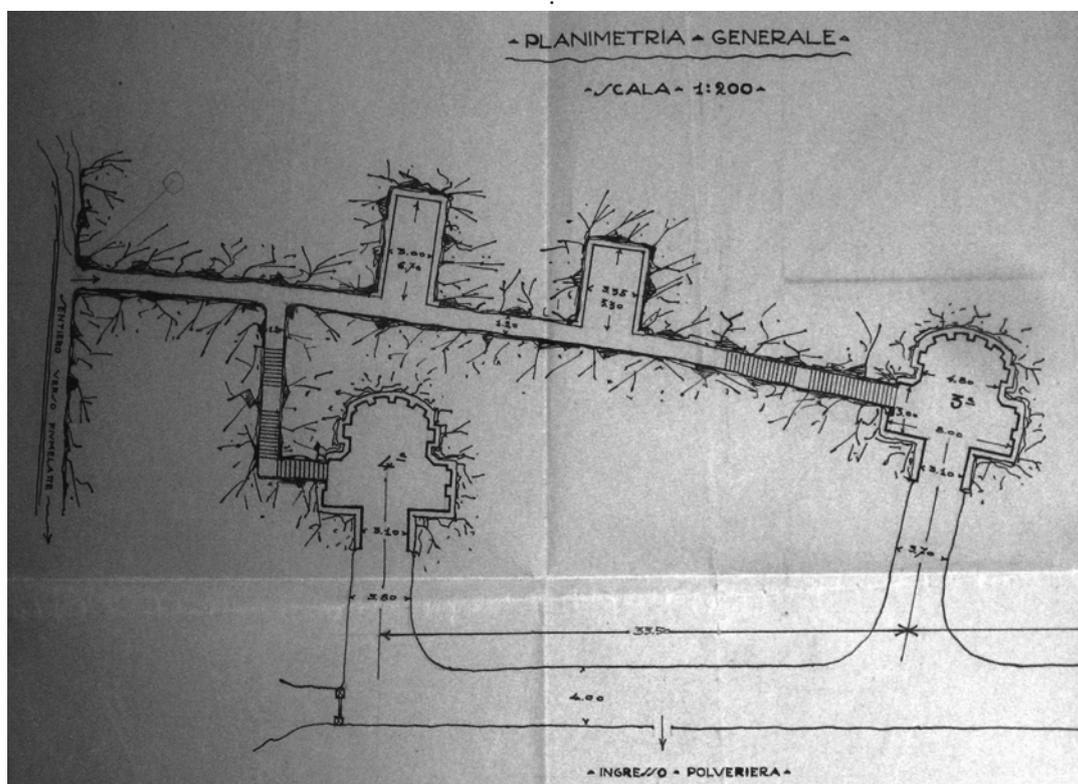


Fig. 15. «Batteria blindata per quattro pezzi da 149 – ricoveri ed osservatorio in caverna» prima parte della planimetria (Archivio Terzo Reparto Infrastrutture Ufficio Demanio del Genio Militare di Milano).



Fig. 16. Proiettile del mortaio da 305 mm Skoda, austriaco: era in grado di demolire qualsiasi tipo di batteria corazzata italiana. (Foto G. Padovan)

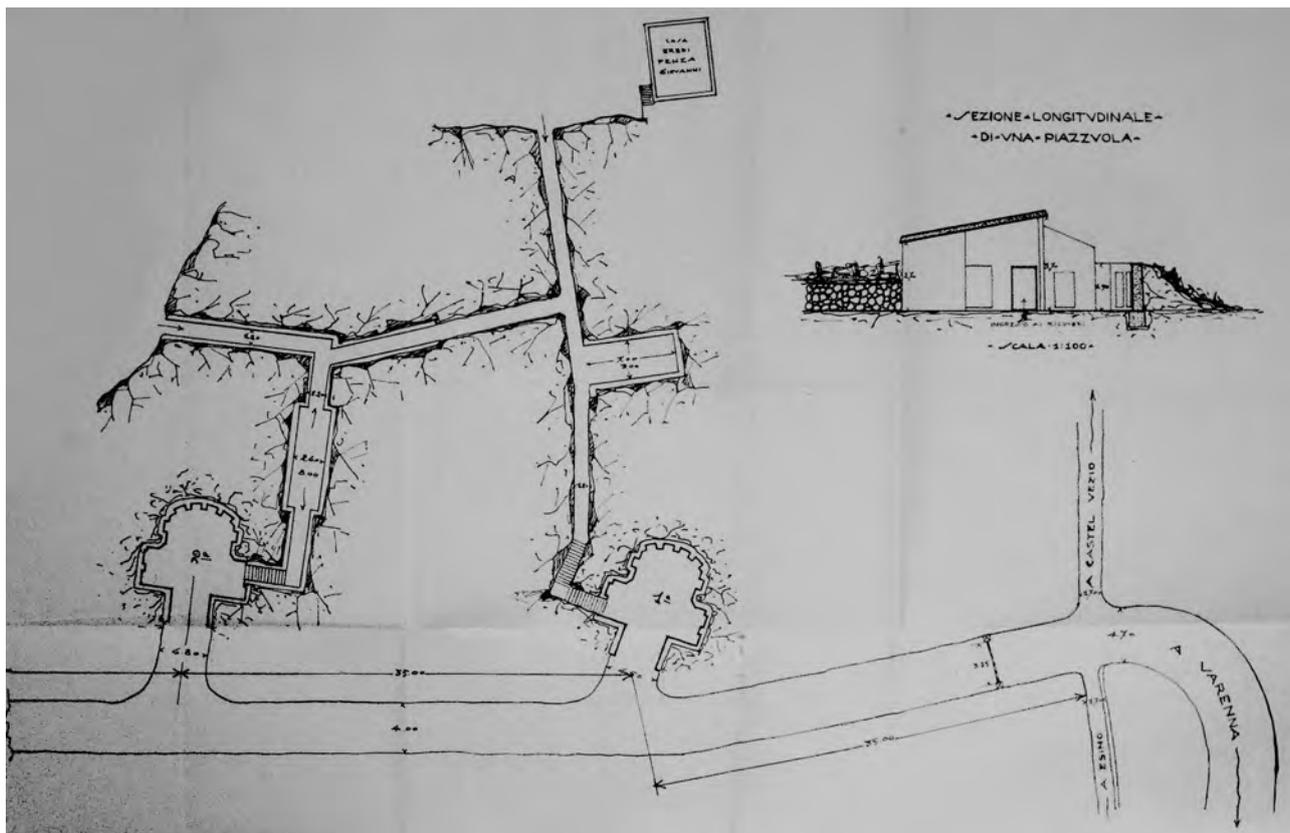


Fig. 17. «Batteria blindata per quattro pezzi da 149 – ricoveri ed osservatorio in caverna» seconda parte della planimetria. (Archivio Terzo Reparto Infrastrutture Ufficio Demanio del Genio Militare di Milano)



Fig. 18. Accesso a uno degli impianti sotterranei, esterni al borgo di Vezio. (Foto M.A. Breda)



Fig. 19. Tratto di galleria scavata nel Calcarea di Esino, accessibile dal «sentiero verso Fiumelatte». (Foto M.A. Breda)

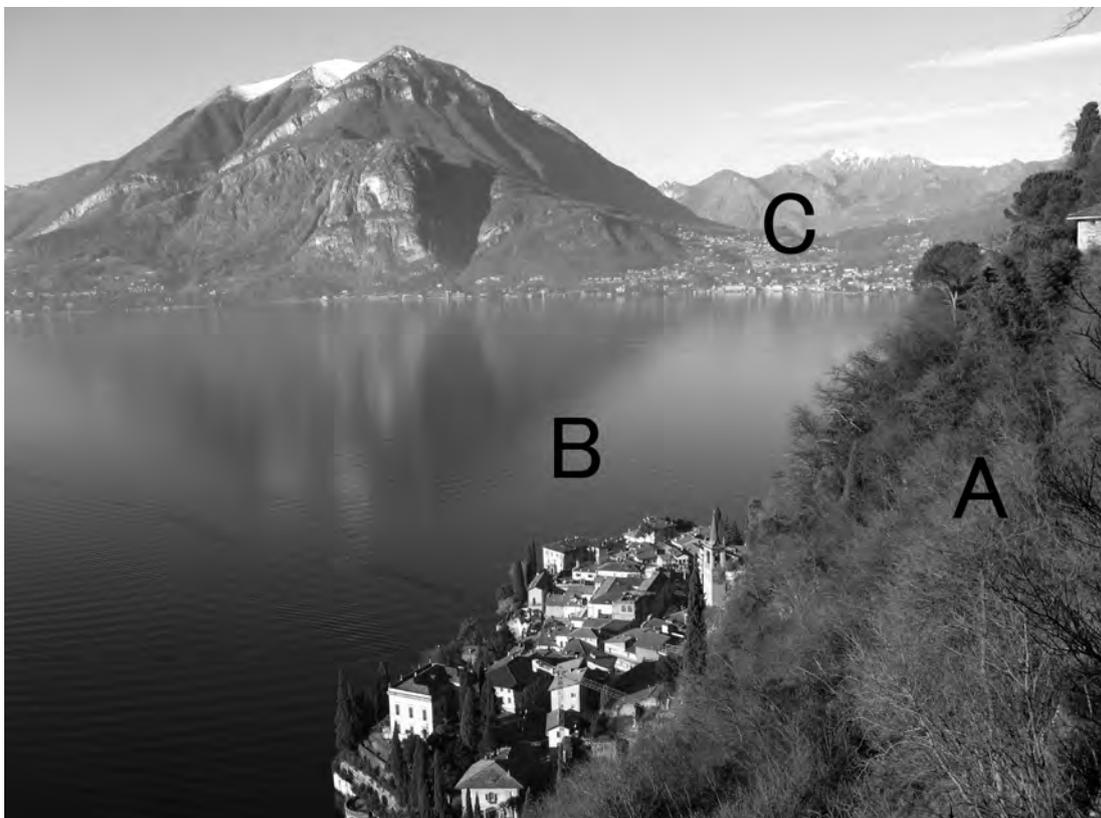


Fig. 20. Foto panoramica, la quale inquadra uno scorcio dell'area dove si trovano i resti delle opere di Castel Vezio (A). Al di sotto abbiamo il borgo di Varenna (B) e di fronte vi è Menaggio (C). (Foto M.A. Breda)

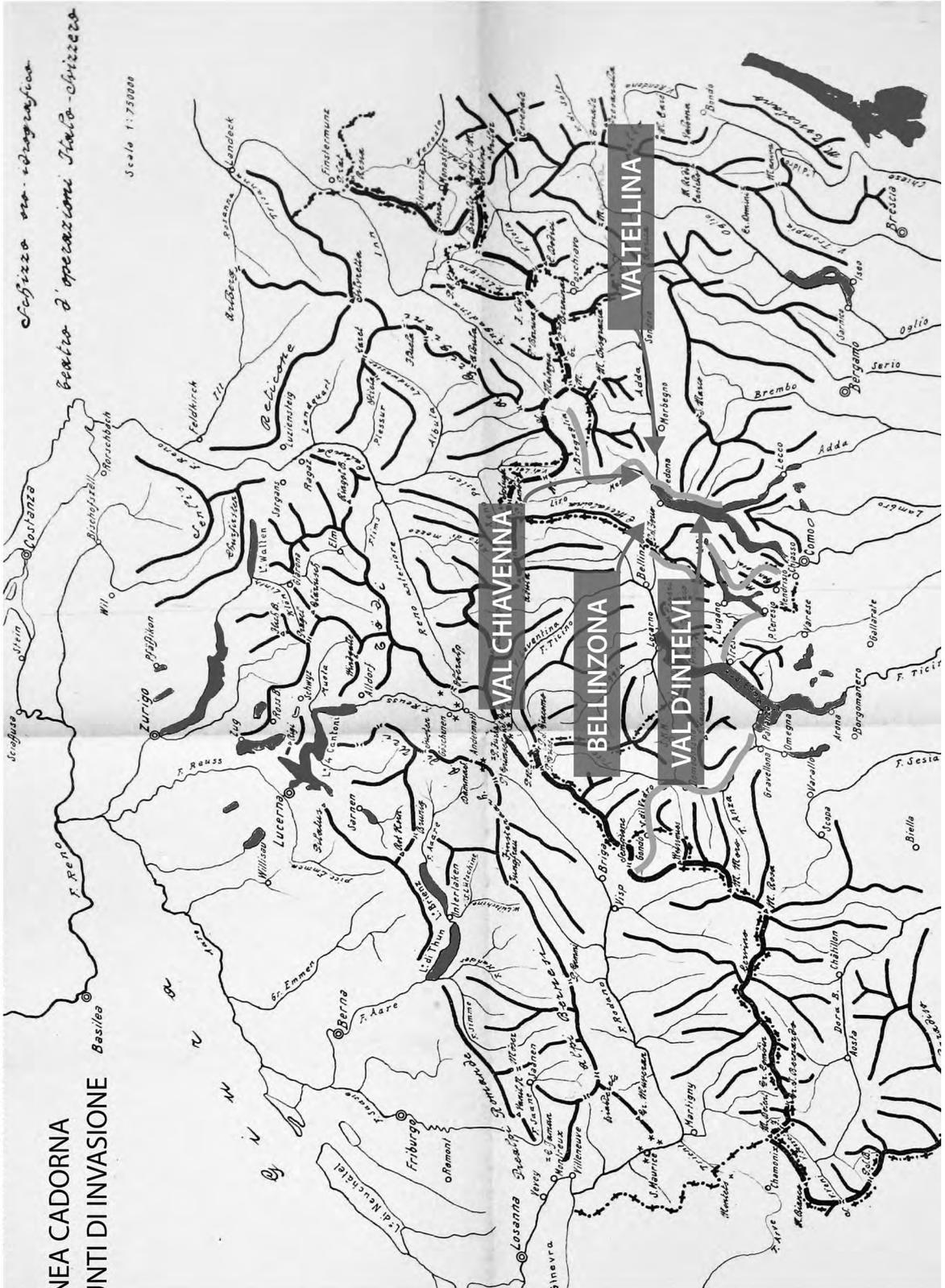


Fig. 21. *Costruzione situata a lato e a controllo del sentiero che da Vezio sale verso Ortanella, eretta sui resti di una struttura preesistente. (Foto G. Padovan)*



Fig. 22. *Ruderi di una casermetta situata al di sotto del sentiero che da Vezio sale verso Ortanella, nelle immediate vicinanze della precedente struttura, alla fig. 21. (Foto G. Padovan)*

**Federazione Nazionale Cavità Artificiali**  
**LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO**  
**PUNTI DI INVASIONE E OPERE DI DIFESA**  
*disegno tra i signori*



Tav. 1. Punti di invasione e opere di difesa.

al di sopra dello specchio acqueo, s'inerpicava su tale sbarramento, passando attraverso il passo tagliato nella roccia e protetto da opere di fortificazione. Oggi si passa tra il cimitero a destra e la chiesa a sinistra. Quest'ultima poggia le fondamenta direttamente sui resti di due ben distinte fortificazioni: la prima, più grande, conserva solo i lacerti delle fondazioni, solidamente ancorate alla roccia strapiombante. La seconda, arretrata di poche decine di centimetri rispetto alla prima, mantiene un paio di locali tra loro comunicanti e di cui si è steso il rilievo planimetrico nel corso delle nostre indagini. Nel XIX secolo l'incomodo passaggio in cresta è stato sostituito da una galleria stradale scavata nella roccia viva e poi parzialmente rivestita. Orlando Chiari, nella sua guida *Le mie montagne*, così ce ne parla dando un colore diverso alla cronaca storica, troppo spesso fatta d'incolori documenti e piani di battaglia: «andiamo alla ricerca del signor Gianpiero Brigatti, depositario delle chiavi della galleria, e lo incontriamo mentre è di ritorno dal suo orticello; è un uomo molto lucido e in gamba nonostante i suoi novantanni di età, è infatti nato nel 1915. Gianpiero, che è l'incaricato del comune di Brieno, ci porta a visitare l'opera realizzata durante la guerra del 1915-1918. [...] La galleria che vogliamo visitare si trova in località Puncet, ed è stata realizzata sotto il piazzale della chiesa della madonna delle Grazie. Notiamo due cancelli, quello di sinistra immetteva in un piccolo locale in cui era posizionato il generatore di energia elettrica, necessario per illuminare la galleria. Entriamo in quello di destra, su cui è incisa la data: 1917. Subito a destra troviamo il pozzo n° 5» (Chiari O. 2007, pp. 94-96). In questi ultimi anni, grazie soprattutto al sindaco di Brieno Patrizia Nava (Lista Civica), l'opera è tenuta pulita e aperta al pubblico. E questo nonostante i problemi che il Comune deve continuamente affrontare, contando quasi esclusivamente su sé stesso: non ultimo l'alluvione del 2011, che ha causato ingenti danni; l'immagine di una casa sventrata dall'esondazione del torrente si può vedere nella tavola n. 2 (tav. n. 2).

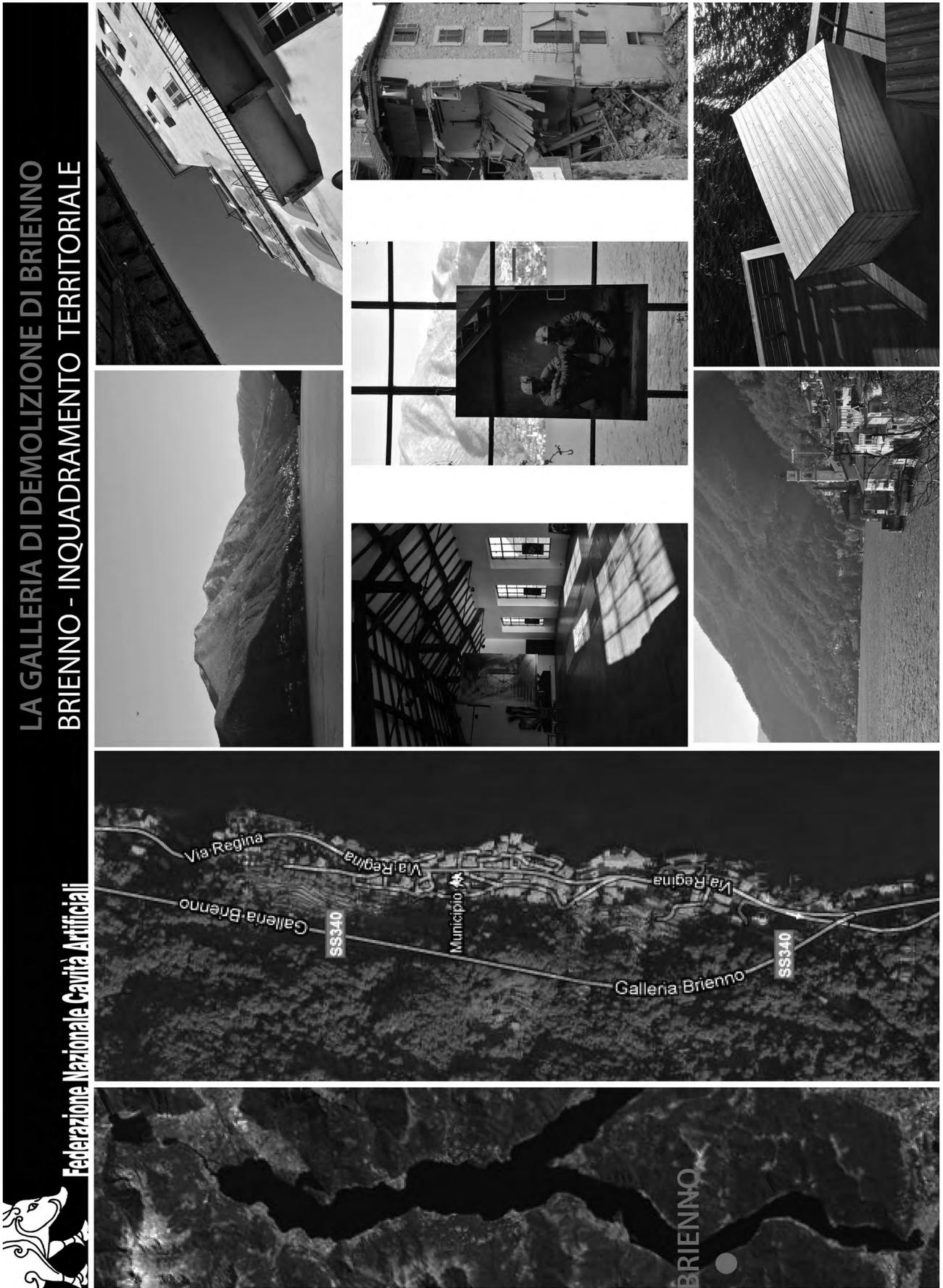
#### 4.1 - Lo stato dell'opera

Il nostro lavoro è consistito essenzialmente nello stendere il rilievo planimetrico in pianta e in sezione della galleria di demolizione. Questo ci ha permesso, e permette, di comprendere la sua costruzione, la sua funzione e il suo mantenimento nel tempo (tavv. n. 3 e n. 4). Al di sopra della galleria stradale si è scavata una galleria di demolizione provvista di sei pozzi da mina dotati degli appositi fornelli, al fine di bloccare temporaneamente la viabilità della galleria mediante il parziale crollo della roccia circostante tramite il brillamento delle cariche d'esplosivo. Nell'ultimo paragrafo del presente contributo si porrà il testo integrale del *Riassunto delle esperienze di mina eseguite dal 1900 al 1910 presso il 5° reggimento genio per distruggere gallerie ferroviarie*, al fine di documentare nel dettaglio l'utilizzo di tali sistemi difensivi. Il compito di queste particolari opere di demolizione era di interrompere momentaneamente la rotabile in galleria,

ma non di distruggerla completamente. Interrompendola si costringeva l'eventuale avversario a non poter percorrerla innanzitutto con i traini delle artiglierie e tutto l'equipaggiamento "pesante", costringendolo ad attestarsi per lo sgombero delle macerie e la messa in sicurezza del passaggio. Questo avrebbe consentito, da parte italiana, di organizzare le difese ed operare un contrattacco per la riconquista del settore e, quindi, della viabilità.

Alla tavola n. 5 (tav. n. 5) la planimetria mostra l'articolazione dell'impianto: si tratta di una galleria rettilinea e in leggera pendenza lunga complessivamente 34,94 m, nella cui parte terminale è stata ricavata la polveriera più piccola (Santa Barbara) e in cui venivano conservati gli inneschi. Sette bracci si staccano da questo asse principale. Il primo è il ramo d'accesso, il quale lascia subito alla destra il pozzo n. 5. Di fronte vi è il condotto in muratura che comunicava con la stanza del generatore e attraverso cui passavano i cavi elettrici. Quasi in asse vi è il secondo ramo, con la stanza di casermaggio, la cisterna e il pozzo n. 6. Il terzo ramo conduce alla polveriera, mentre i due successivi alla seconda cisterna e al pozzo n. 4, con di fronte il pozzo n. 3. L'ulteriore ramo in direzione ovest conduce alla terza cisterna e al pozzo n. 2, mentre di fronte vi è l'ultimo ramo con il pozzo n. 1. Al centro di ogni galleria vi è la copertura in lastre di pietra del sottostante canaletto di scolo delle acque d'infiltrazione o dovute all'eventuale tracimazione dell'acqua dalle cisterne. Il tutto è convogliato ad uno scarico situato lateralmente al pozzo n. 1. Un ulteriore pozzetto, sicuramente comunicante con la sottostante galleria (come già osservato presso quella di Nobiallo), se a posteriori ha assolto la funzione di scarico delle acque d'infiltrazione, in origine è servito (con ogni probabilità) all'esatto tracciamento della galleria principale.

Le tre cisterne (tav. n. 6) servivano a garantire il completo riempimento (intasamento) dei pozzi da mina ed erano alimentate con acqua sorgiva o d'infiltrazione, raccolta tra la camicia in cemento e la matrice rocciosa. Semplicemente azionando i rubinetti, uno per pozzo, si consentiva il rapido fluire dell'acqua. I sei pozzi (tav. n. 7) sono a sezione quadrangolare, di quasi in metro per lato, e a pochi centimetri dal fondo presentano un poco profondo fornello, volto in direzione della sottostante galleria da minare. Ognuno ha una profondità differente, ma tutti sono rivestiti in cemento liscio, sono provvisti di scala metallica suddivisa in tre tratte fissata ad una delle pareti e potevano essere chiusi con una serie di tre parallelepipedi in cemento, dotati di maniglie metalliche. In uno soltanto (il n. 2) è stata effettuata l'immersione, per controllarne esattamente le dimensioni e la fattura. Nei restanti pozzi le misure sono state prese mediante rotelle metriche, flessometri e gravi, illuminando il tutto con potenti torce elettriche subacquee. Le due polveriere (tav. n. 8) sono costituite da camere a pianta quadrangolare entro cui è stata realizzata una stanza in muratura, anch'essa a pianta quadrangolare, con apertura sulla volta sigillata da una



Tav. 2. Brieno – inquadramento territoriale.



Federazione Nazionale Cavità Artificiali

# LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO SOVRAPPOSIZIONE



INGRESSO NORD DELLA GALLERIA STRADALE



INGRESSO SUD DELLA GALLERIA STRADALE



SOVRAPPOSIZIONE GALLERIA DI DEMOLIZIONE/ GALLERIA STRADALE

INGRESSO NORD

INGRESSO GALLERIA  
DI DEMOLIZIONE

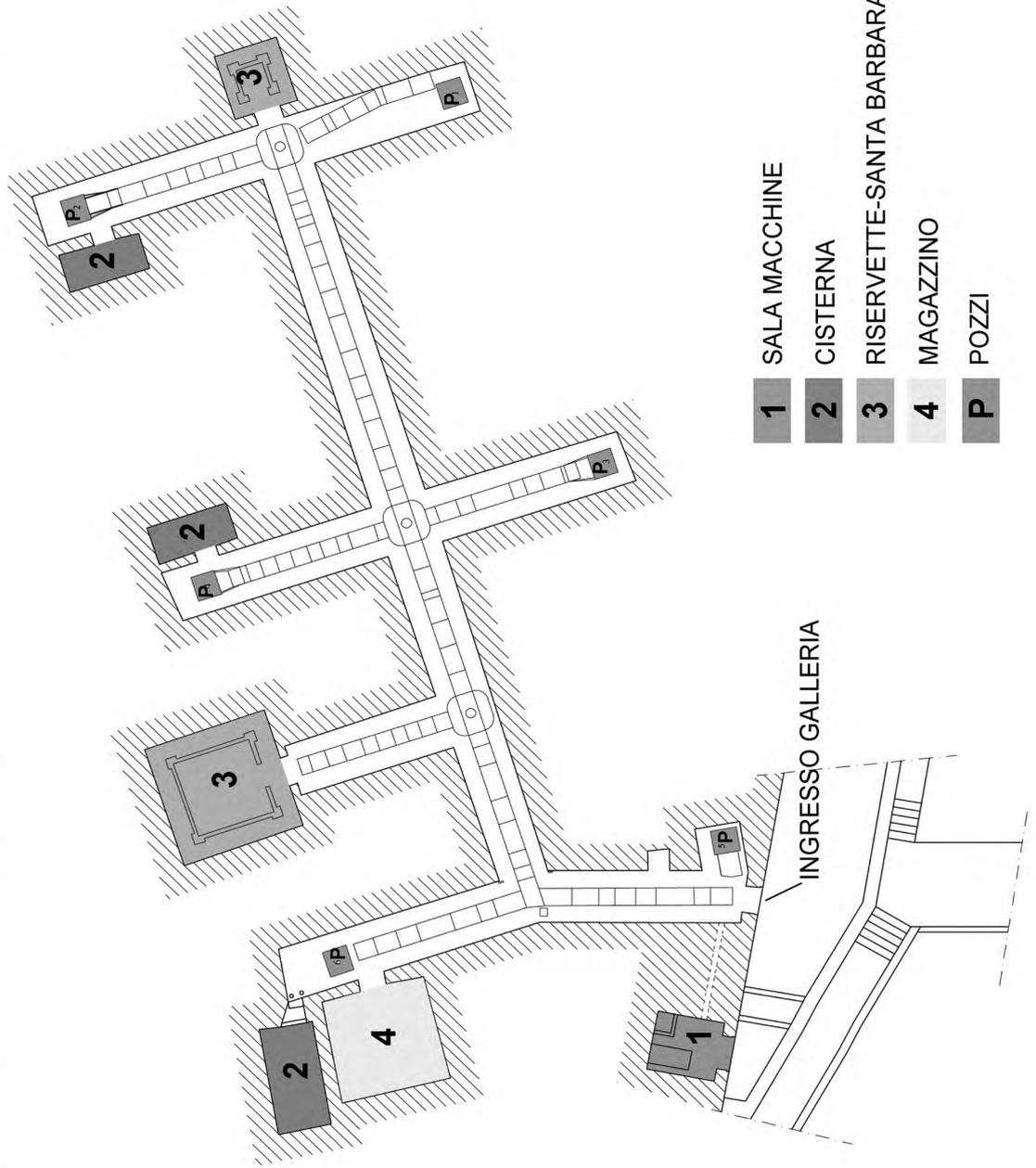
INGRESSO SUD

Tav. 3. Sovrapposizione.



Federazione Nazionale Cavità Artificiali

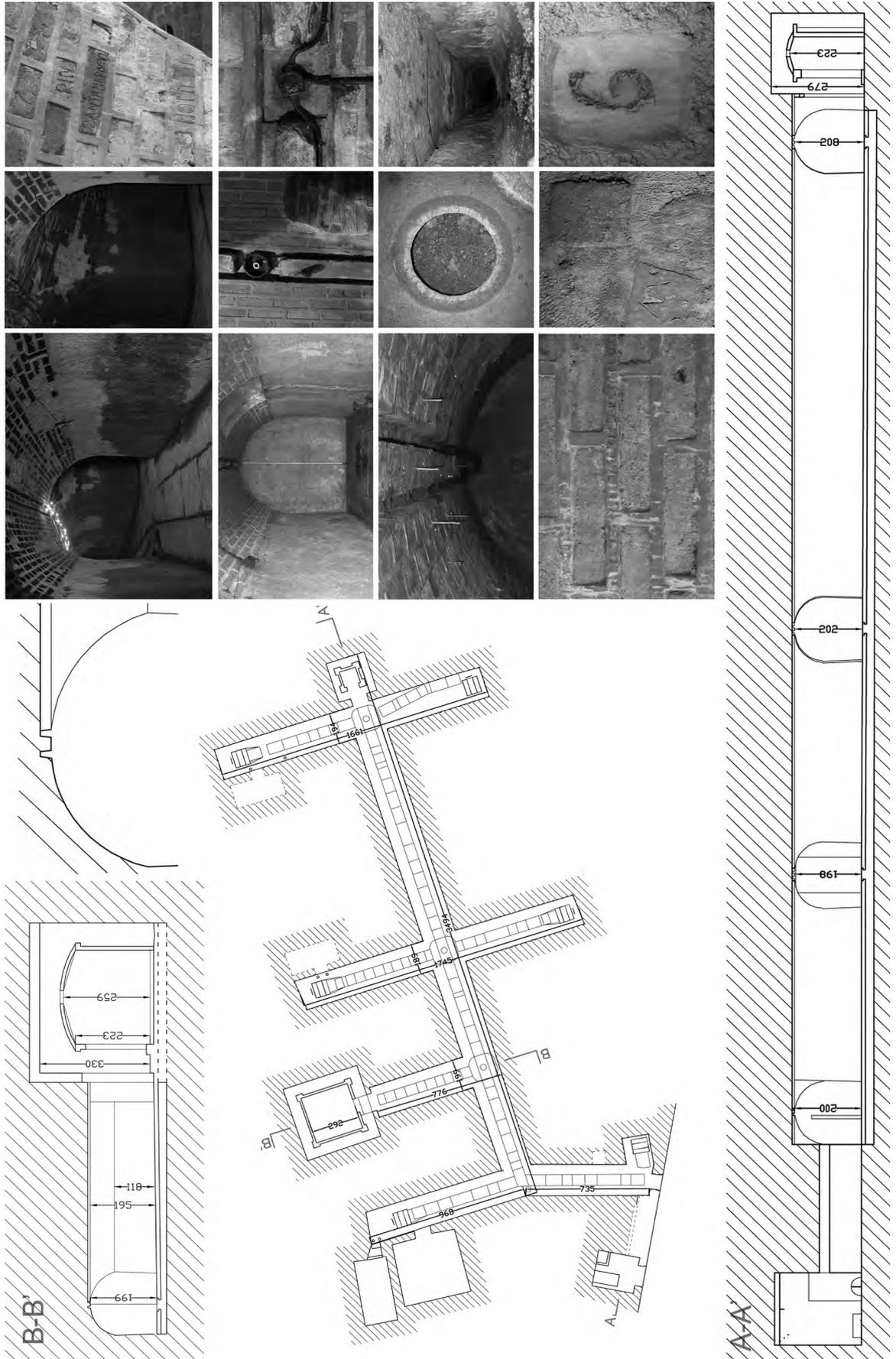
LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO  
LO STUDIO DELL'OPERA - FUNZIONI



Tav. 4. Lo studio dell'opera – funzioni.

**LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO  
LO STUDIO DELL'OPERA - RILIEVO**

Federazione Nazionale Cavità Artificiali

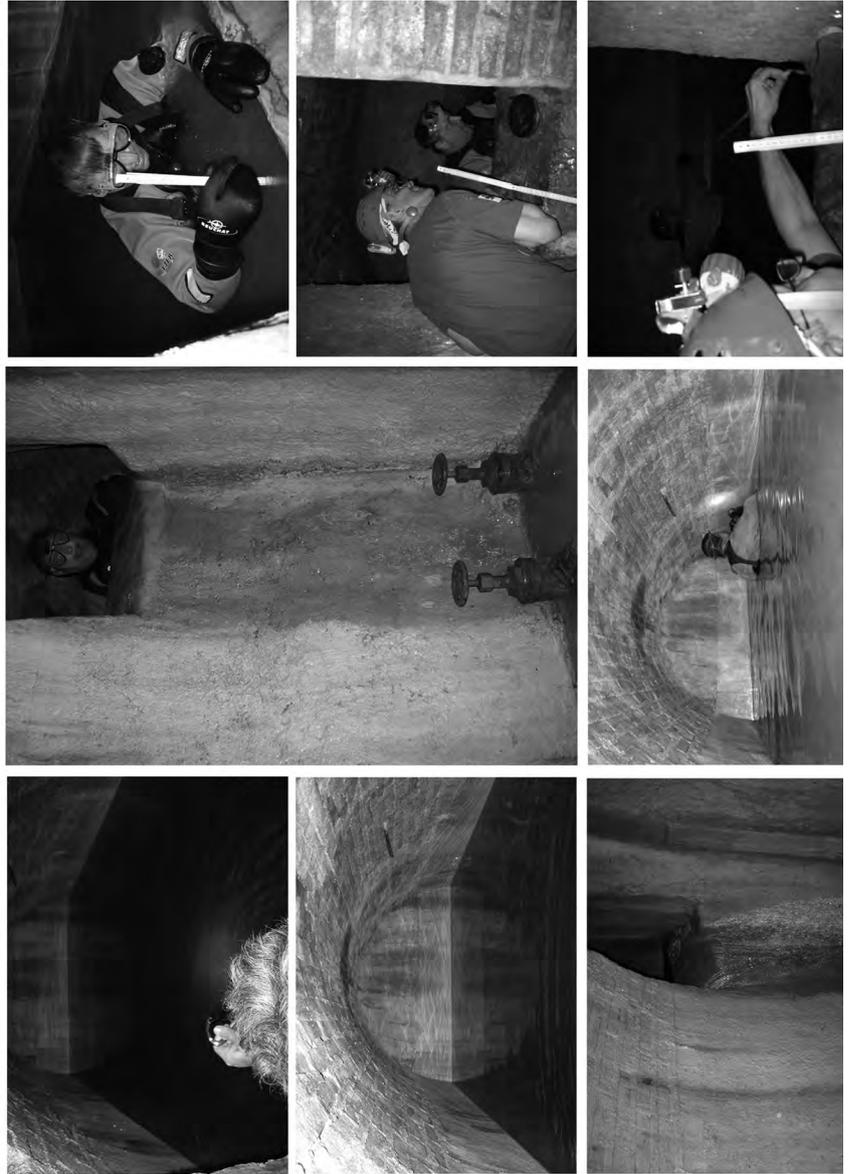
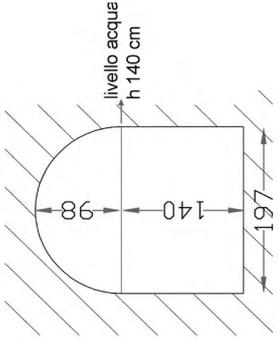
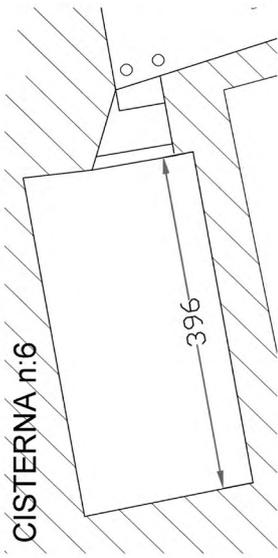
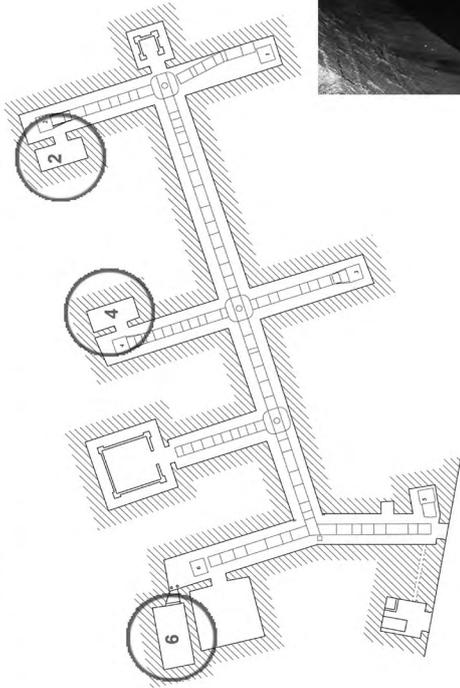


Tav. 5. Lo studio dell'opera – rilievo.

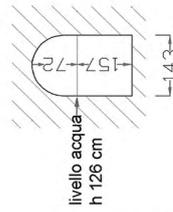
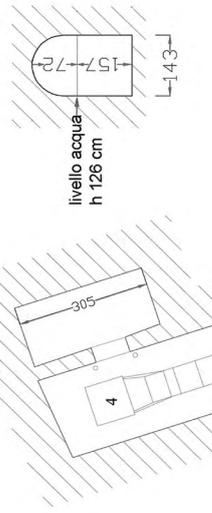


Federazione Nazionale Cavità Artificiali

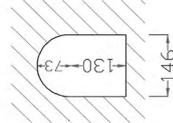
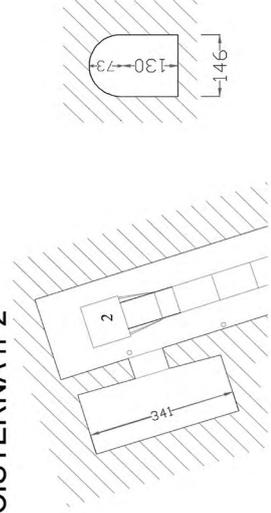
LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO  
LO STUDIO DELL'OPERA - CISTERNE



CISTERNA n°4



CISTERNA n°2



Tav. 6. Lo studio dell'opera – cisterne.

lastra di vetro. L'intercapedine consentiva di isolare la camera interna, la quale era illuminata da una lampada, esterna e posta sopra la summenzionata lastra di vetro. Sia l'accesso interno, sia quello esterno, erano sigillabili con porte lignee. Lo scavo della roccia è stato rivestito interamente in mattoni a vista, con sigillature in malta idraulica, ma lasciando appositi fori di scarico per le acque d'infiltrazione. Il pavimento, come si è già accennato, è in cemento bocciardato e caratterizzato, al centro dalle lastre litiche a copertura dell'impianto idraulico d'essiccazione. Sulla volta a botte di ogni ramo vi è una duplice canalina in muratura incassata, dove passavano i cavi della corrente, la quale serviva sia alla consueta illuminazione, sia all'eventuale innesco delle cariche per il brillamento delle mine. La permanenza dei soldati nel tempo ha fatto sì che qualcuno lasciasse scritto almeno il proprio nome e cognome, incidendoli sui mattoni o scrivendoli con la grafite soprattutto sulle superfici in cemento liscio. Le ultime tavole dello studio mostrano come sarebbe stata utilizzata l'opera, anche confrontandola con gli impianti di Nobiallo e di Verceia (tavv. n. 9 - n. 12).

#### 4.2 - Considerazioni

Lo studio del passato è sempre salutare, soprattutto se ci aiuta a comprendere lo stato dell'arte delle opere oggetto d'indagine. Oggi le opere difensive sono andate in parte perdute o si trovano in stato di rudere. Riteniamo sia importante portare a conoscenza di tutti almeno quelle opere ancora in buono stato di conservazione. Tali architetture possono diventare oggetto di consono riutilizzo. Invece di costruire, cavare e cementificare si può operare altrimenti senza svilire le risorse naturali, preservando e presentando il nostro patrimonio storico, architettonico e archeologico. Se le cavità naturali, come le grotte, sono frutto del lavoro di madre natura e non vanno demolite e nemmeno snaturate, le cavità artificiali sono opera dell'uomo e come tali possono essere riqualificate e possono essere vissute non come un "ostacolo", ma come un patrimonio di cui usufruire. L'indagine speleologica si rivela quindi un importante contributo allo studio di tali architetture e la considerazione che nasce spontanea è che questo metodo possa servire ad aprire un nuovo orizzonte per lo studio e la ricerca di un aspetto del passato, in funzione del presente.

#### 5 - Rivista Artiglieria e Genio: «*Riassunto delle esperienze di mina*»

Si riporta il testo integrale dello studio relativo alle sperimentazioni sulle gallerie di mina pubblicato nella *Rivista di Artiglieria e Genio*, Volume I del Gennaio 1912: «**Riassunto delle esperienze di mina eseguite dal 1900 al 1910 presso il 5° reggimento genio per distruggere gallerie ferroviarie.** Il problema dell'ostruzione in tempo di guerra delle grandi gallerie ferroviarie è dal lato militare di una importanza vitale come lo ha dimostrato luminosamente la campagna franco-germanica del 1870-71. Ma esso è talmente complesso e presenta difficoltà

così gravi che finora non può ancora dirsi pienamente risolto. Tra le esperienze fatte al riguardo in questi ultimi anni sono da notarsi, per gli importanti risultati conseguiti, quelle compiute dal 5° reggimento genio nel decennio 1900-1910 in gallerie ferroviarie abbandonate dal servizio. Scopo di tali esperienze era quello di chiarire alcuni punti rimasti ancora controversi nelle esperienze degli anni precedenti, e cioè la disposizione delle cariche e la loro entità, l'efficacia dell'intasamento acqueo coll'impiego della balistite, i sistemi di innesco, di accensione delle cariche, ecc. Le esperienze eseguite furono sei, cioè: due a Romagnano Vietri (Basilicata) – anni 1900 e 1902; due a Tanno (Chiavenna) – anni 1907 e 1909; due a Manarola (linea Genova-Spezia) – anni 1907 e 1910. Di ciascuna di tali esperienze si indicano in appresso i principali dispositivi adottati, i risultati conseguiti e le deduzioni che scaturirono dall'esame comparativo delle esperienze stesse.

#### **I. Esperienze eseguite a Romagnano Vietri nel 1900 alla galleria ferroviaria N. 6.**

*Disposizione delle mine (Tav. I, fig. 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup>).* – Consisteva in un gruppo di 5 fornelli, dei quali 4 contro i piedritti (2 per ciascun fianco della galleria e alla distanza di 12 m) e col centro in un piano orizzontale a 3,50 m dal piano stradale della galleria; il 5° fornello sopra la volta di quest'ultima in chiave ed in corrispondenza al centro del rettangolo formato dai 4 precedenti fornelli. I 4 fornelli laterali avevano una linea di minor resistenza di 4 m e la carica era di 400 kg di balistite per ciascun fornello. Per quello in chiave la linea di minor resistenza era di 3,50 m e la carica di 600 kg di balistite.

*Intasamento.* – Fornello D – colonna d'acqua alta 3,00 m sul fondo della camera da mina, con due ordini di sbadacchi costituiti da travetti di legno lateralmente incastrati nella roccia, l'uno a metà altezza del pozzo, l'altro all'imbocco.

Fornello D' – colonna d'acqua alta 2,00 m sul fondo della camera da mina, con camera d'aria compresa fra la superficie dell'acqua ed uno sbadacchio di legname situato a 0,50 m da quest'ultima.

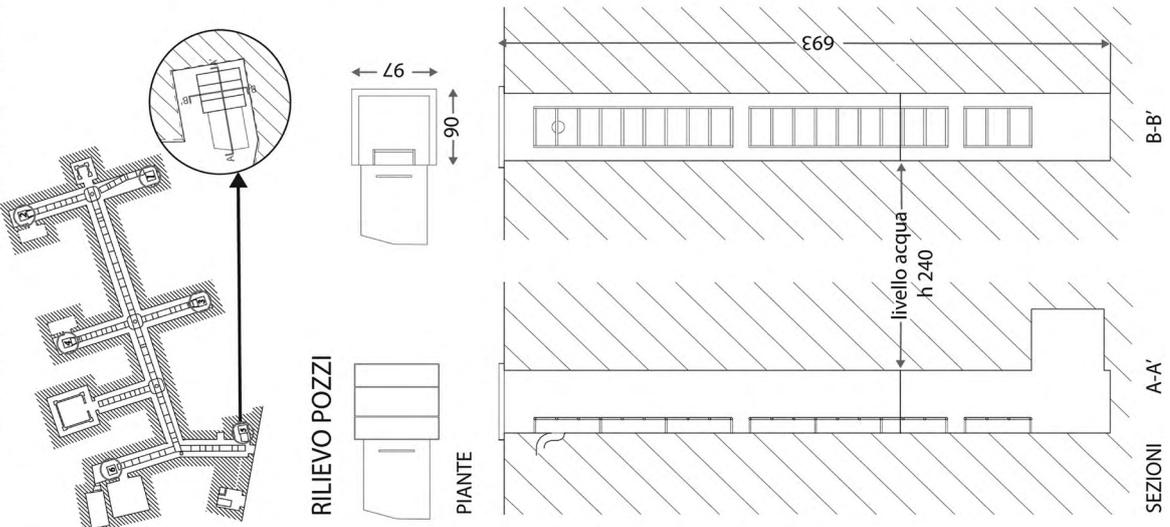
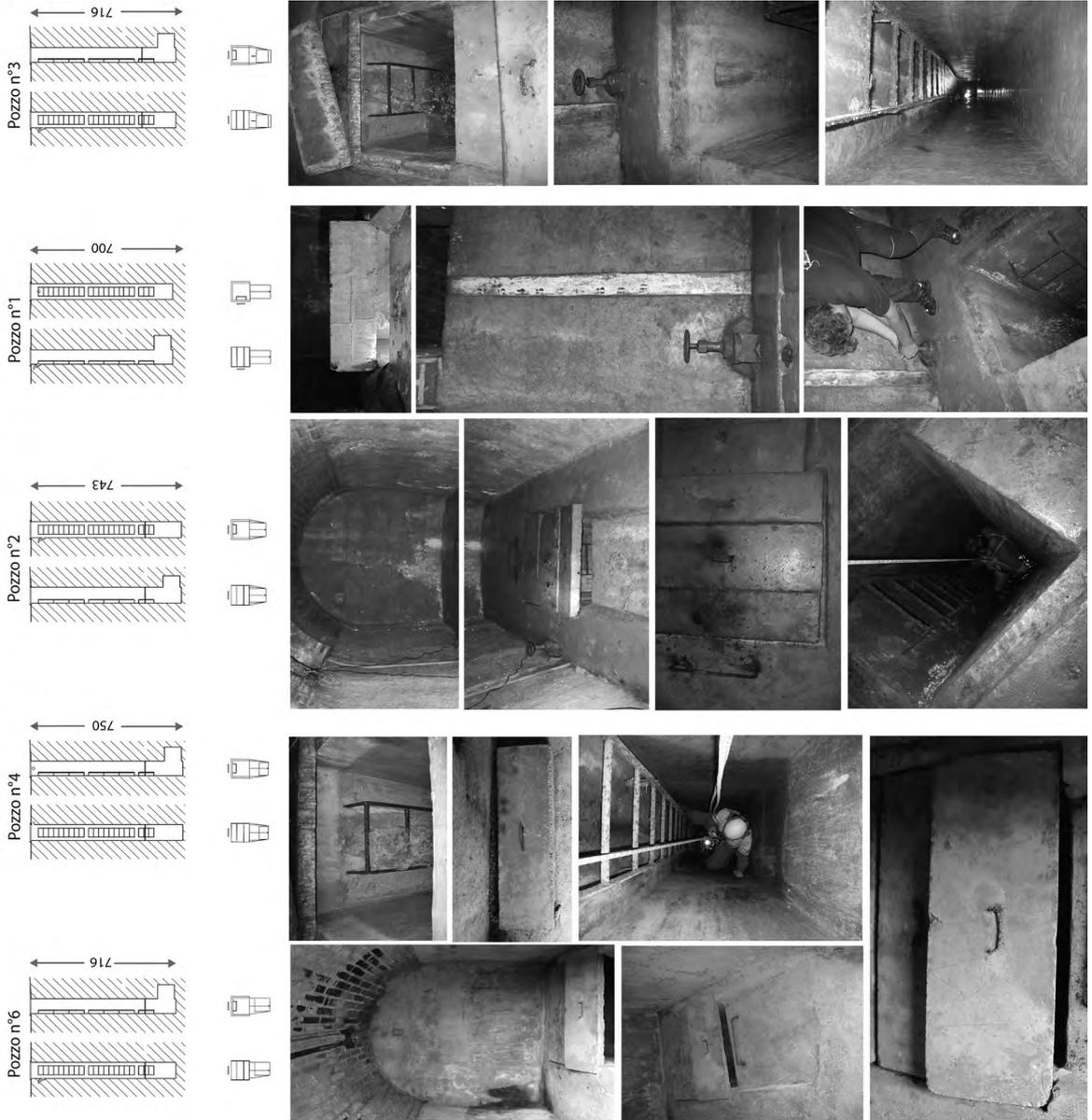
Fornello D'' – colonna d'acqua alta 2,50 m sul fondo della camera da mina.

Fornello D''' – colonna d'acqua alta 3,25 m sul fondo della camera da mina.

Fornello E – lo spazio compreso fra la parete del vano rettangolare scavato nella roccia e la cassa contenete l'esplosivo (0,50 m) riempito d'acqua fino a 1,10 m, talché la cassa che poggiava sul fondo risultava completamente immersa nell'acqua, la cui superficie era libera.

La natura della roccia per questi fornelli era la seguente: Cunicolo d'accesso ai pozzi D e D'; calcare compatto durissimo (petardi per lo scavo). Pozzi D e D'; calcare tenero (piccone). Cunicoli d'accesso ai pozzi D'' e D'''; in parte calcare compatto duro, in parte tenero (petardi e piccone per lo scavo). Pozzi D'' e D'''; l'uno in roccia

**LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO**  
**LO STUDIO DELL'OPERA - POZZI**  
**Federazione Nazionale Cavit  Artificiali**



Tav. 7. Lo studio dell'opera – pozzi.

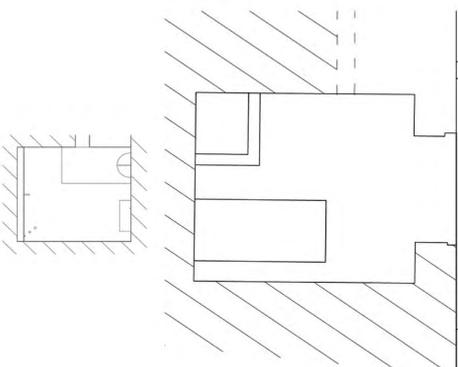


Federazione Nazionale Cavità Artificiali

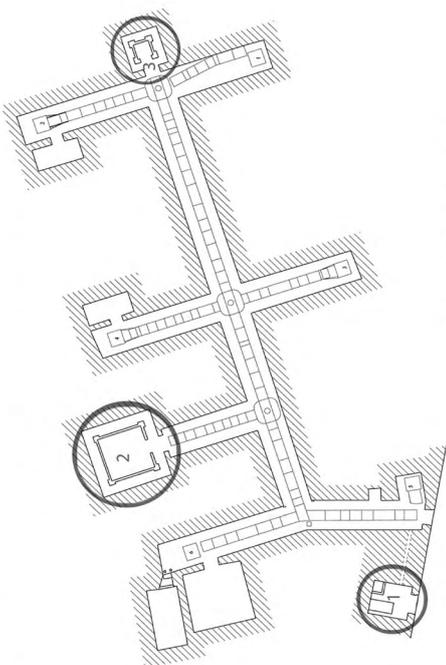
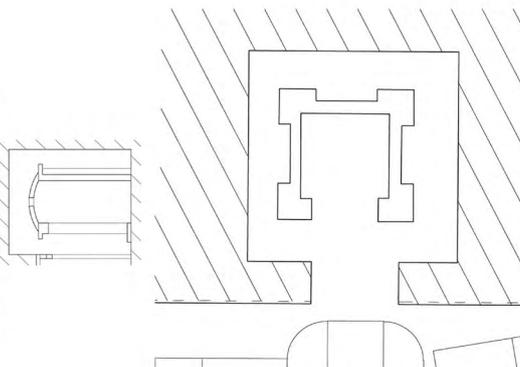
LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO  
LO STUDIO DELL'OPERA



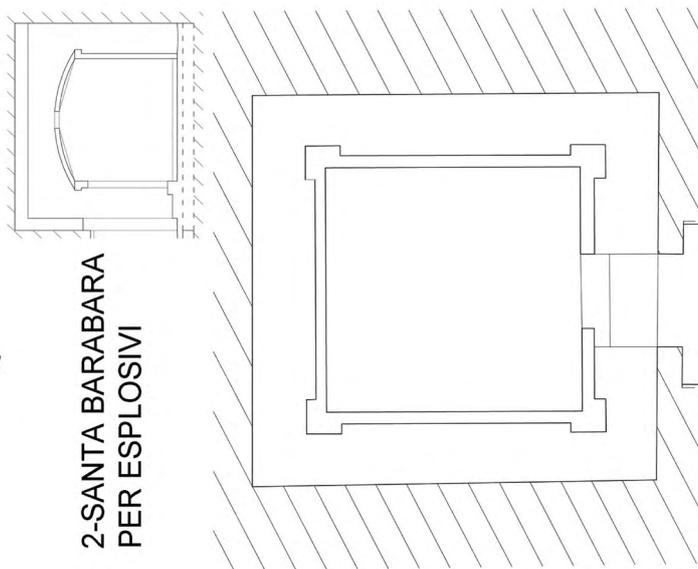
1-SALA MACCHINE



3-SANTA BARABARA  
PER DETONATORI



2-SANTA BARABARA  
PER ESPLOSIVI

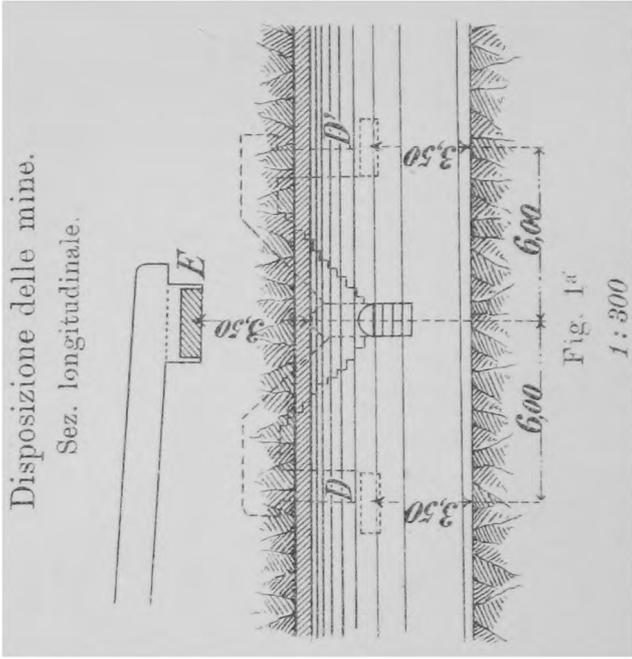


Tav. 8. Lo studio dell'opera



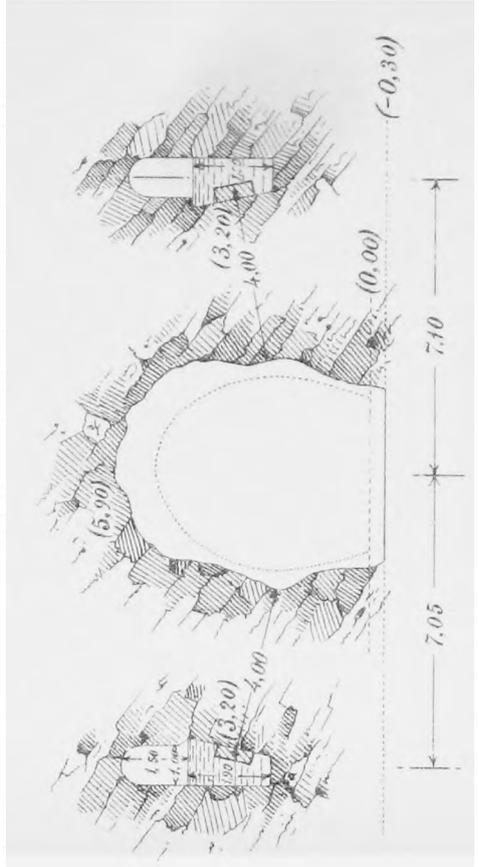
Federazione Nazionale Cavità Artificiali

LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO  
L'ABBATTIMENTO DELLA GALLERIA STRADALE



QUOTA POZZI

DISPOSIZIONE DELLE CARICHE

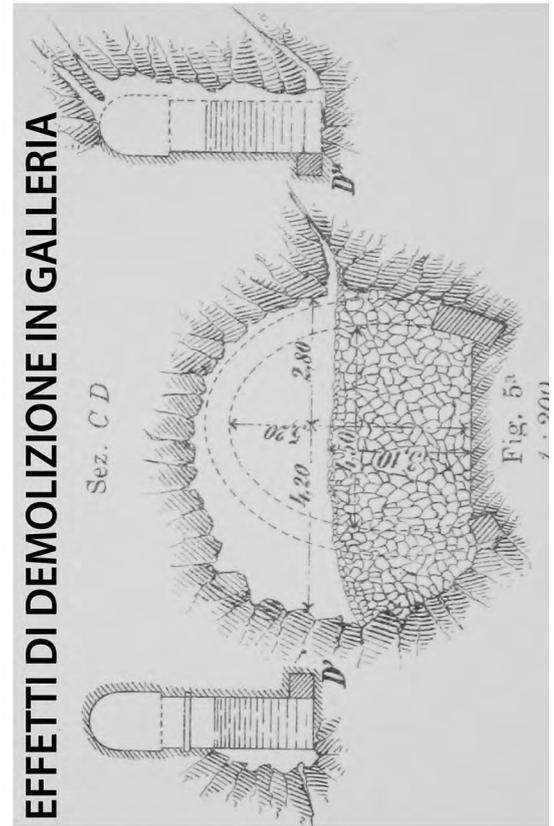
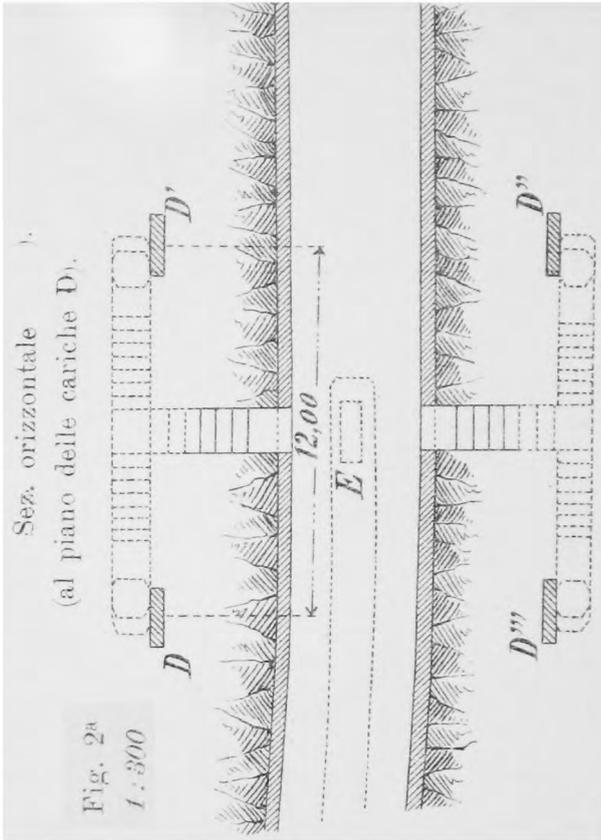
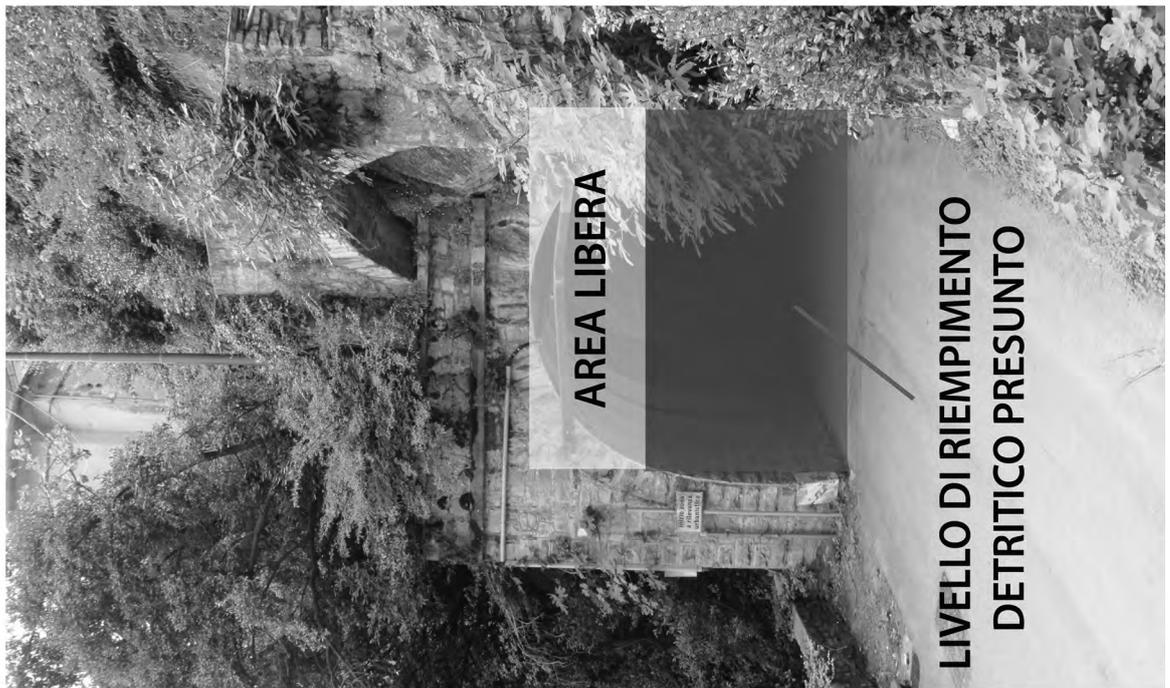


Tav. 9 . L'abbattimento della galleria stradale (quota pozzi e disposizione delle cariche).

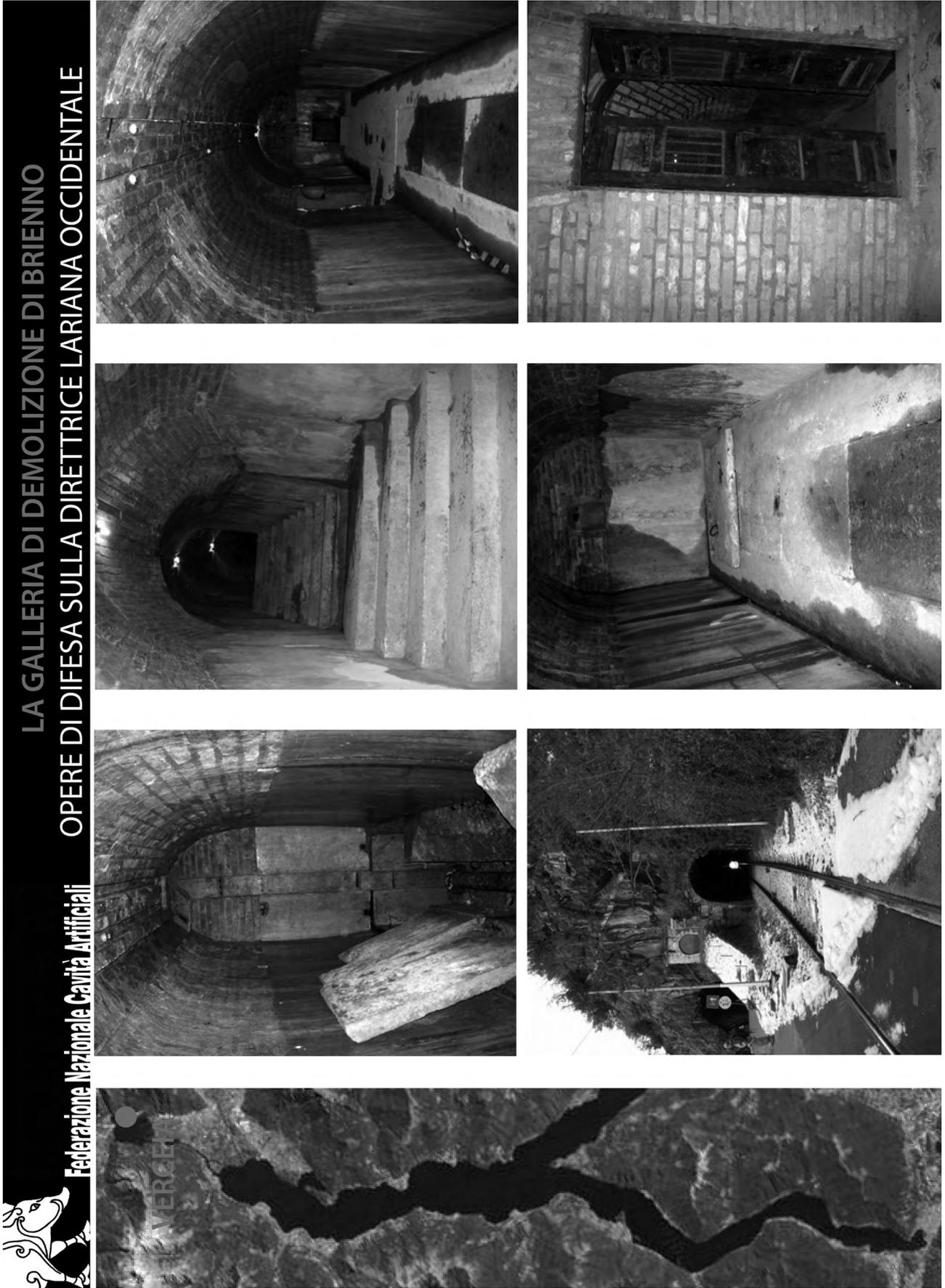


Federazione Nazionale Cavità Artificiali

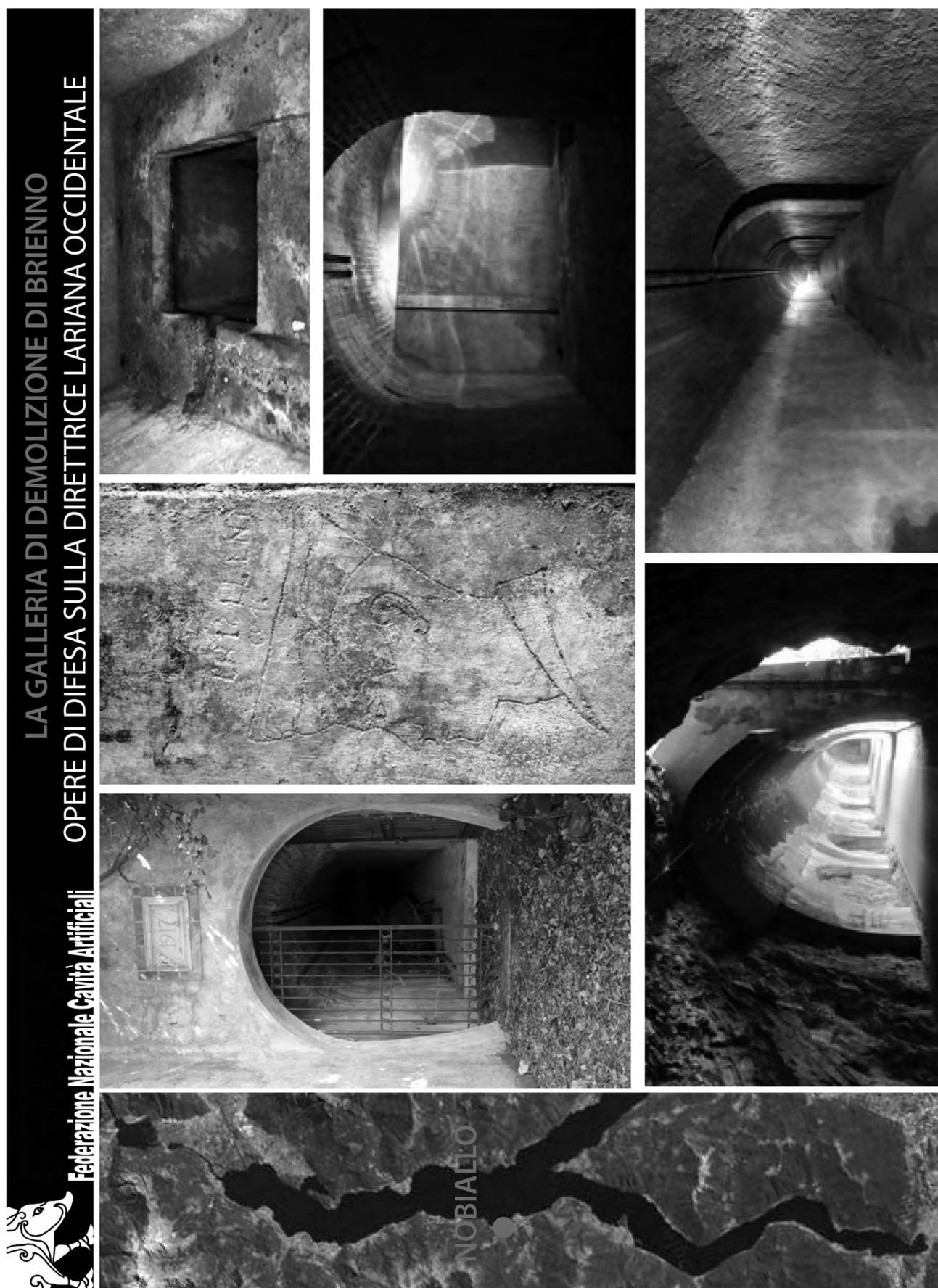
# LA GALLERIA DI DEMOLIZIONE DI BRIENNO L'ABBATTIMENTO DELLA GALLERIA STRADALE



Tav. 10. L'abbattimento della galleria stradale.



Tav. 11 . Opere di difesa sulla direttrice lariana occidentale – Verceia.



Tav. 12. Opere di difesa sulla direttrice lariana occidentale – Nobiallo.

dura, l'altro in roccia tenera (petardi e piccone per lo scavo). Cunicolo d'accesso alla camera da mina E; calcare compatto (petardi per lo scavo). Camera da mina E – calcare tenero (l'intera grande camera da mina venne scavata facendo uso del solo piccone).

*Innescamento.* – Si fece uso di salsiccioni inneschi formati con 3 mezze cartucce di gelatina e 6 cilindretti di fulmicotone. Si fece uso dell'elettricità per il brillamento.

*Effetti d'esplosione.* (Tav. I, figg. 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup>, 6<sup>a</sup>, 7<sup>a</sup>). – Delle 5 mine, 4 sole ebbero effetto utile per l'ostruzione della galleria e la 5<sup>a</sup> si sfogò (fornello D'') attraverso alle numerose e profonde fenditure che solcavano il versante della montagna. Le 4 cariche che esplosero utilmente dettero luogo ad un ingombro di 800 m<sup>3</sup> inclusi i materiali rimasti negli imbuti laterali; calcolando solo il materiale che costituirebbe l'ostruzione, questo sarebbe di 550 m<sup>3</sup>.

*Osservazioni.* – La quantità complessiva di esplosivo impiegata per le 5 mine suddette fu di 2200 kg di balistite; paragonando tale quantitativo all'ingombro ottenuto di 800 m<sup>3</sup>, risulta che per ogni kg di balistite la roccia proiettata fu di  $800/2200 = 0,363$  m<sup>3</sup>, e se si tien conto soltanto del materiale di ingombro e si esclude perciò il fornello D'', risulta per ogni kg di balistite,  $550/1800 = 0,305$  m<sup>3</sup>.

## II. Esperienze eseguite a Romagnano Vietri nel 1902 (galleria N. 4).

L'esperimento consisteva nel brillamenti di 3 cariche, poste rispettivamente in 3 camere da mina da ricavarsi nella roccia avvolgente la parte non rivestita della galleria abbandonata N. 4, situata presso la galleria d'esercizio, detta della Botte (linea ferroviaria Eboli-Salerno). I centri delle 3 cariche dovevano trovarsi in un medesimo piano verticale e normale all'asse di detta galleria e così disposti, rispetto al perimetro della galleria stessa, da far risultare, per la carica situata in chiave, una linea di minor resistenza di 5 m, e per le altre due cariche, simmetriche, rispetto a quella centrale, e sopraelevate di 3,50 m sul piano della galleria, una linea di minor resistenza di 4,00 m. (Tav. I, fig. 8<sup>a</sup>). A queste 3 camere si doveva accedere per 3 distinti cunicoli di 1 per 1,50 m circa, da ricavarsi nel massiccio roccioso avvolgente la detta galleria N. 4, con imbocco da un ripiano soprastante. Le cariche dovevano essere di balistite del N. 1 e contenere 550 kg quella in chiave, 440 kg quella del piedritto esterno e 220 kg quella del piedritto interno. Quest'ultima fu fatta con carica ridotta, per tema di danneggiare la galleria di esercizio, che distava di 45 m da quella da demolire. Per la stessa ragione, la carica del fornello in chiave, che prima era stata stabilita in 600 kg, fu ridotta a 550 kg. Le cariche furono condizionate in cassette di latta, contenente ciascuna 55 kg di balistite, e furono fatte esplodere con l'elettricità, innescando metà delle cassette. L'intasamento usato fu quello acqueo, in modo che l'acqua circondava da ogni lato la carica, sistemata contro la parete della camera rivolta verso la galleria da distruggere, e si sopraelevava di 0,60 m

sulla carica stessa. La qualità della roccia era di natura calcarea, di durezza variabile; e, precisamente, dura in corrispondenza del cunicolo della camera esterna, meno dura dove vennero ricavati il cunicolo e la camera centrale, e meno dura ancora in corrispondenza del cunicolo e della camera interna. Nell'avanzata si fece uso di petardi. Le 3 camere da mina furono invece scavate col solo piccone, e ciò per evitare la caduta dei pezzi di roccia dalla volta della sottostante galleria.

*Innescamento.* – Si innescarono metà delle cassette. Le mine furono fatte brillare con l'elettricità.

*Effetti d'esplosione.* (Tav. I, figg. 9<sup>a</sup>, 10<sup>a</sup>). – 1. La distruzione della galleria per circa 35 m ed il distacco dell'intero blocco roccioso in cui quella era ricavata sono dovuti esclusivamente alla detonazione simultanea delle mine di 550 e 440 kg; l'una collocata, come si disse, in chiave, e l'altra di fianco al piedritto esterno della galleria. 2. La carica di 220 kg di balistite, collocata nella camera da mina laterale interna, ha esploso senza raggiungere la massima intensità, e i suoi effetti si limitarono, nell'interno della camera in cui era situata, ad intaccare assai leggermente per una profondità massima di 0,20 m la parete contro cui era applicata e ad asportare completamente il gradino roccioso con cui il cunicolo terminava verso il fondo. (Tav. I, figg. 11<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>).

Per darsi ragione del mancato effetto del fornello interno si ricordano alcuni esperimenti precedentemente eseguiti:

*Anno 1899.* Esperienze ad Aisone. Rocca dura e di buona qualità. Carica: 10 kg di balistite. Camera da mina cubica, di capacità eguale al volume della carica e scavata lateralmente al pozzo d'accesso. Linea di minor resistenza: 2,00 m; intasamento ad acqua alto 1,00 m. Si effettuarono due prove, ed i risultati ottenuti furono rispettivamente così classificati: buono per l'una, ottimo per l'altra. Con intasamento ad acqua alto 3 m si ripeterono due prove, classificandone i risultati: buono per l'una ed ottimo per l'altra.

*Anno 1899.* Esperienze di mina nella galleria a Romagnano Vietri. Tre cariche disposte in un medesimo piano verticale normale all'asse della galleria, di cui una in chiave e due situate in posizione simmetrica contro i piedritti della galleria. Carica per ciascun fornello: 133 kg di balistite. Camera da mina cubica, di capacità eguale al volume della carica, ricavata lateralmente al pozzo d'accesso. Linea di minor resistenza, comune ai tre fornelli: 4,00 m. Intasamento: colonna d'acqua alta 2 m sopra la carica. Esito: gli effetti si limitarono a sconquassare l'involucro roccioso della galleria con leggeri accenni di deformazione nel rivestimento della galleria stessa.

*Anno 1900.* Esperienze a Bardonecchia. Banco roccioso duro ed omogeneo. Carica: 40 kg di balistite. Camera da mina cubica, di capacità eguale al volume della carica, ricavata non più lateralmente, ma sistemata nel fondo stesso del pozzo d'accesso. Linea di minor resistenza: 3,00 m. Intasamento ad acqua alto 3 m quanto cioè il pozzo di

accesso. Risultato completo.

*Anno 1900.* Esperienze di mina a Romagnano Vietri. Carica: 200 kg di balistite collocata contro il piedritto della galleria (rivestita). Camera da mina di capacità eguale al volume della carica (1,00 x 0,50 x 0,40), ricavata lateralmente al fondo del pozzo d'accesso, dalla parte del piedritto da abbattere, in parte scavata nella parete del pozzo stesso ed in parte, fino ad avere la prestabilita capacità, nell'interno della roccia. Linea di minor resistenza: 4,00 m. Intasamento ad acqua alto 2,50 m sul fondo della camera da mina. Esito completo.

Tenuto conto di tali risultati, sarebbe ben difficile addebitare l'insuccesso avuto dalla mina preparata per abbattere il piedritto interno della galleria ad insufficienza di carica (220 kg) rispetto alla linea di minor resistenza di 4,00 m. Sembrerebbe quindi più razionale l'ascrivere il fatto ad una delle seguenti cause, o come parrebbe più del caso, alla loro concomitanza:

- a) Incompleta detonazione della carica stessa; supposizione giustificata dal fatto che la camera da mina ed il cunicolo d'accesso rimasero quasi intatti, come già si è accennato, per cui nella prima la parete opposta alla carica ed il cielo conservarono perfettamente la loro forma e l'intonaco di cemento, mentre nelle precedenti esperienze e con cariche minori ed in roccia pressoché di egual natura, anche con esito negativo, le camere da mina ed un tratto più o meno lungo del cunicolo vennero sempre completamente deformati e distrutti;
- b) Poco opportuna distribuzione dell'acqua d'intasamento, in relazione alle dimensioni della carica (0,70x0,80x0,40, quest'ultima dimensione misurata sulla direzione della linea di minor resistenza), per cui lo spazio di 0,85 m occupato dall'acqua lateralmente alla carica è risultato, forse, eccessivo; cosicché per ogni unità di superficie, contro la quale si desideravano i maggiori effetti, non si ebbe che una aliquota della pressione totale sviluppata dall'esplosione, insufficiente allo scopo.

### III. Prima esperienza nella galleria abbandonata di Tanno.

Nella galleria ferroviaria abbandonata di Tanno si fecero due esperienze di mina per l'ostruzione della galleria stessa.

La galleria di Tanno è scavata in roccia durissima costituita da anfiboloscisti con filoni di granito e silice; è ad un sol binario e perciò ha una larghezza massima di 4,80 m e non è rivestita, ad eccezione per l'imbocco a monte, ove pareti e volta sono rivestite per un tratto di 4 m. Per eseguire la 1° esperienza, si scavarono 3 pozzi, come risulta dalla **Tav. II, figg. 13<sup>a</sup>, 14<sup>a</sup>**. Calcolo delle cariche. – Si fece uso della formula:  $C=0,20 mh^3$  [1] – combinata con l'altra  $C'=C(\sqrt{1+n2}-0,41)^3$ . In esse si fece  $m=4,24$  ed  $h=4$  per il fornello esterno e per quello in chiave, ed eguale a 2 m per quello interno, e ciò perché la galleria d'esercizio distava appena di 27,45 m. Inoltre nella formula [2] si fece  $n=1,73$  per i fornelli laterali, il che equivale a quadruplicare la

carica ottenuta con la formula [1], ed  $n=1,55$  per quello in chiave, ciò che equivale a triplicare la carica ottenuta con la formula [1]. Questa carica si tenne inferiore alla carica del fornello esterno, per il timore di danneggiare la galleria d'esercizio. Si usò l'intasamento acqueo per i tre fornelli, e si tenne per i 2 laterali,  $L=11/10$  h; per quello centrale  $\frac{1}{4}$  di meno circa. Per l'accensione si usò la miccia detonante si balistite e polvere. Gli effetti ottenuti furono i seguenti (**Tav. II, figg. 15<sup>a</sup>, 16<sup>a</sup>, 17<sup>a</sup>, 18<sup>a</sup>, 19<sup>a</sup>, 20<sup>a</sup>**):

- a) Il fornello esterno (quello corrispondente al pozzo n.1) diede luogo ad effetti esterni enormi, e ad effetti interni non molto rilevanti. Verso l'esterno: un imbuto largo 10 m ed alto 15 m circa, con notevoli proiezioni di materiale nel piano sottostante. Tale materiale venne calcolato in 1500 m<sup>3</sup> circa, ed era costituito, oltre che da detriti, da grossi massi di roccia, uno dei quali raggiungeva circa 120 m<sup>3</sup>. Verso la galleria abbandonata: un imbuto profondo 2 m circa e largo 6,45 m, con proiezione di 100 m<sup>3</sup> circa di materiale, che ingombrò la galleria abbandonata in tutta la sua larghezza per un tratto lungi 8,00 m.
- b) Il fornelli centrale (quello corrispondente al pozzo n. 2) non sfondò la volta, ma diede luogo a proiezioni di materiale che si confusero con quelle del fornello precedente; sconquassò completamente il cunicolo da mina, e produsse verso la galleria abbandonata un imbuto largo 3,10 m e profondo 1,10 m. Di più la volta della ripetuta galleria abbandonata venne lesionata e rotta in blocchi di dimensioni variabili, i quali rimasero in alto per mutuo contrasto.
- c) Infine il fornello interno (quello corrispondente al pozzo n. 3) non diede luogo ad effetti utili apprezzabili, perché oltre all'allargamento del pozzo, produsse soltanto qualche fessura verso la galleria abbandonata.

### IV. Prima esperienza nella galleria di Manarola.

La galleria abbandonata di Manarola è scavata nello sperone roccioso di Zuccarello, fra le stazioni di Corniglia e Manarola, e dista dalla galleria in esercizio di 50 m circa, misurati ove si scavarono i pozzi per l'esperienza. La roccia nella quale venne scavata la galleria è costituita da calcare schistoso, di compattezza variabile e con stratificazione quasi regolare, ed è rivestita soltanto nelle pareti. La galleria ha una larghezza massima di 4,60 m ed altezza da 6,50 a 6,80 m. Per eseguire l'esperienza, si scavarono 3 pozzi con gli assi in un piano verticale normale all'asse della galleria da ostruire e con la linea di minor resistenza di 4 m. **La tavola II, figg 21<sup>a</sup>, 22<sup>a</sup>, 23<sup>a</sup>, 24<sup>a</sup>**, mostra la disposizione di questi pozzi e delle cariche. La carica adottata per i 3 fornelli fu di 180 kg di balistite per ciascuno e fu dedotta dalla formula suindicata, i cui però si fece  $m = 3,27$  perché la roccia, se era compatta era però meno dura di quella di Tanno. Si fece  $n = 1,73$  nella formula  $C' = C(\sqrt{1+n2}-0,41)^3$ . L'intasamento adottato fu quello acqueo, di lunghezza  $L=11/10$  h, cioè 4,40 m. In realtà però il pozzo centrale, nell'eseguire l'intasamento acqueo con quello di terra, ridotto a pochi centimetri soltanto per mancanza di tempo. Il brillamento venne ottenuto con 2 distinti circuiti di miccia detonante di

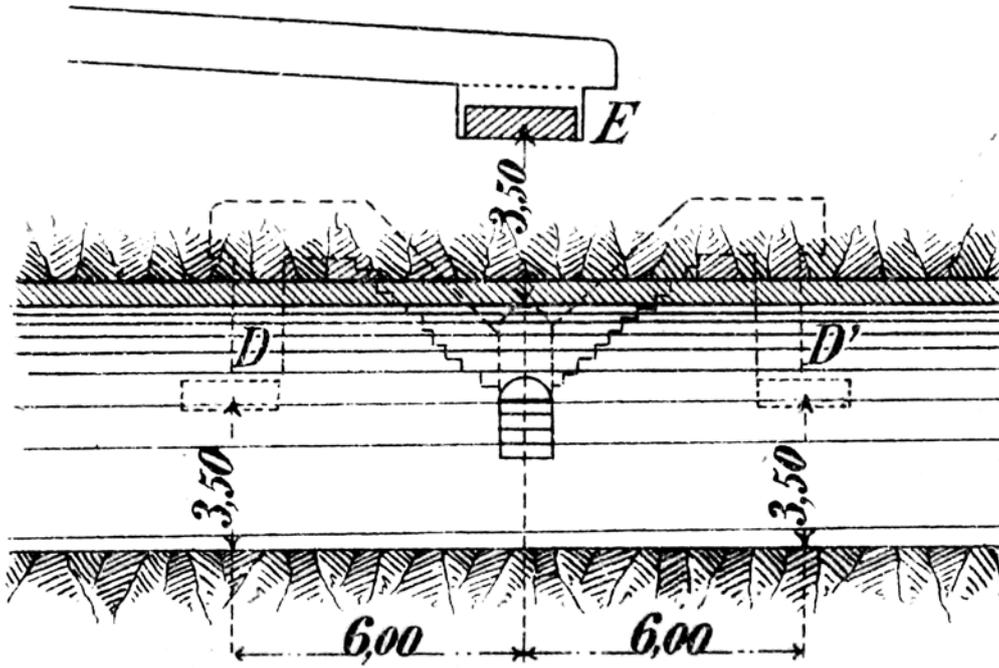


Fig. 1<sup>a</sup>

1 : 300

Tav. I, fig. 1°.

Sez. orizzontale  
(al piano delle cariche D).

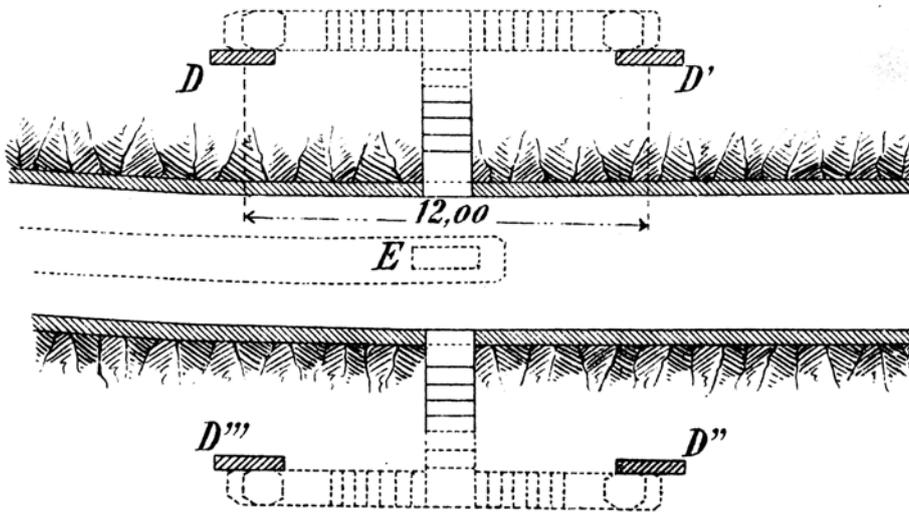


Fig. 2<sup>a</sup>

1 : 300

Tav. I, fig. 2°.

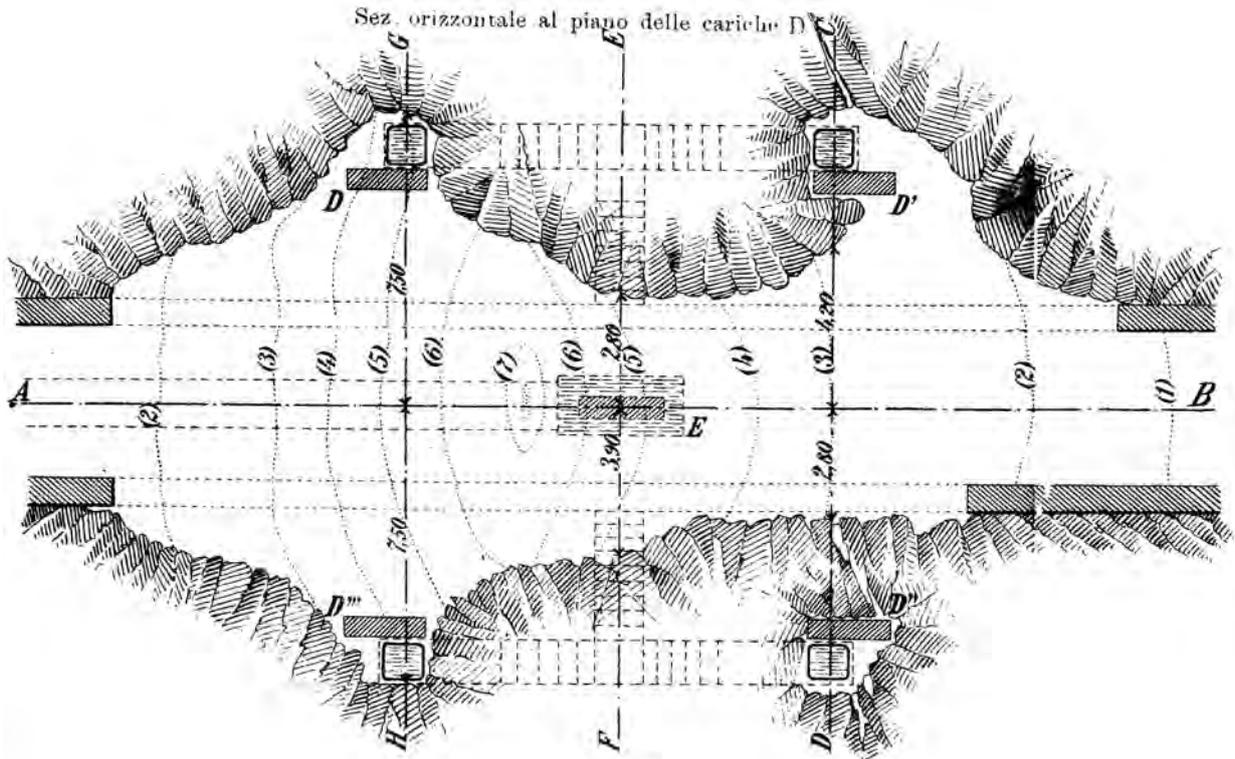


Fig. 3°  
1 : 200

Tav. I, fig. 3°.

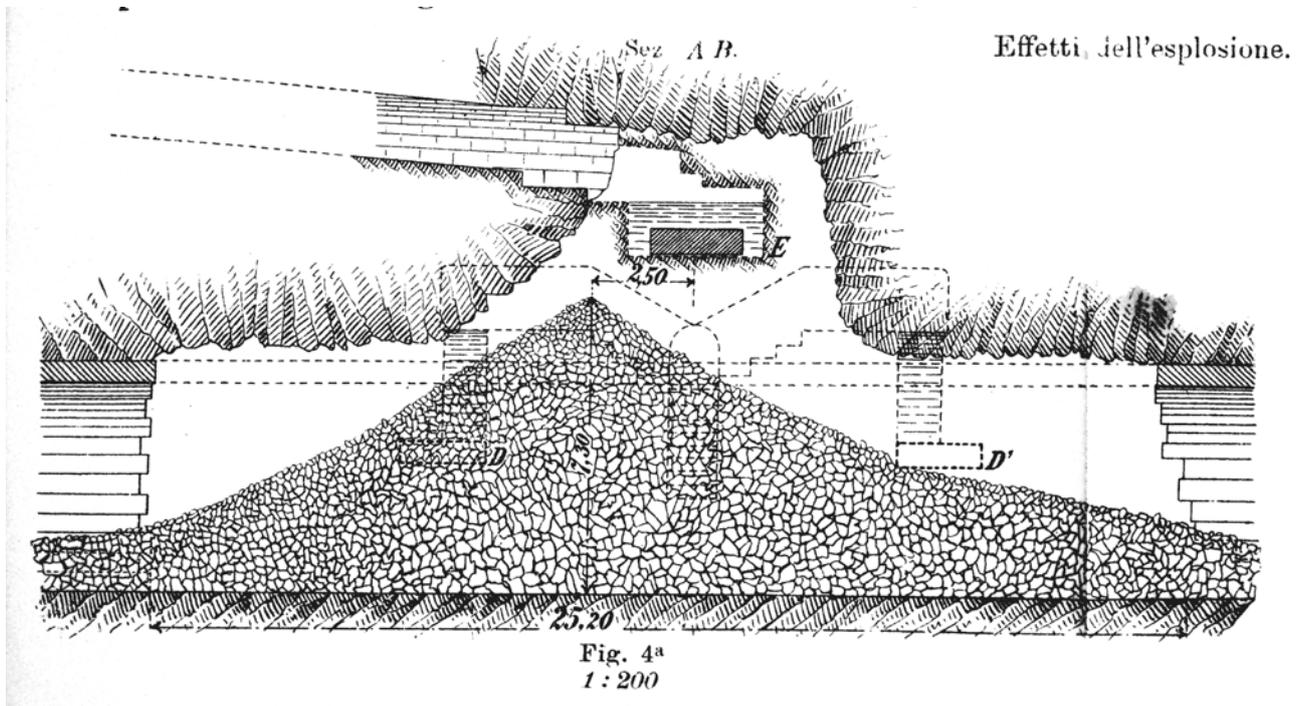
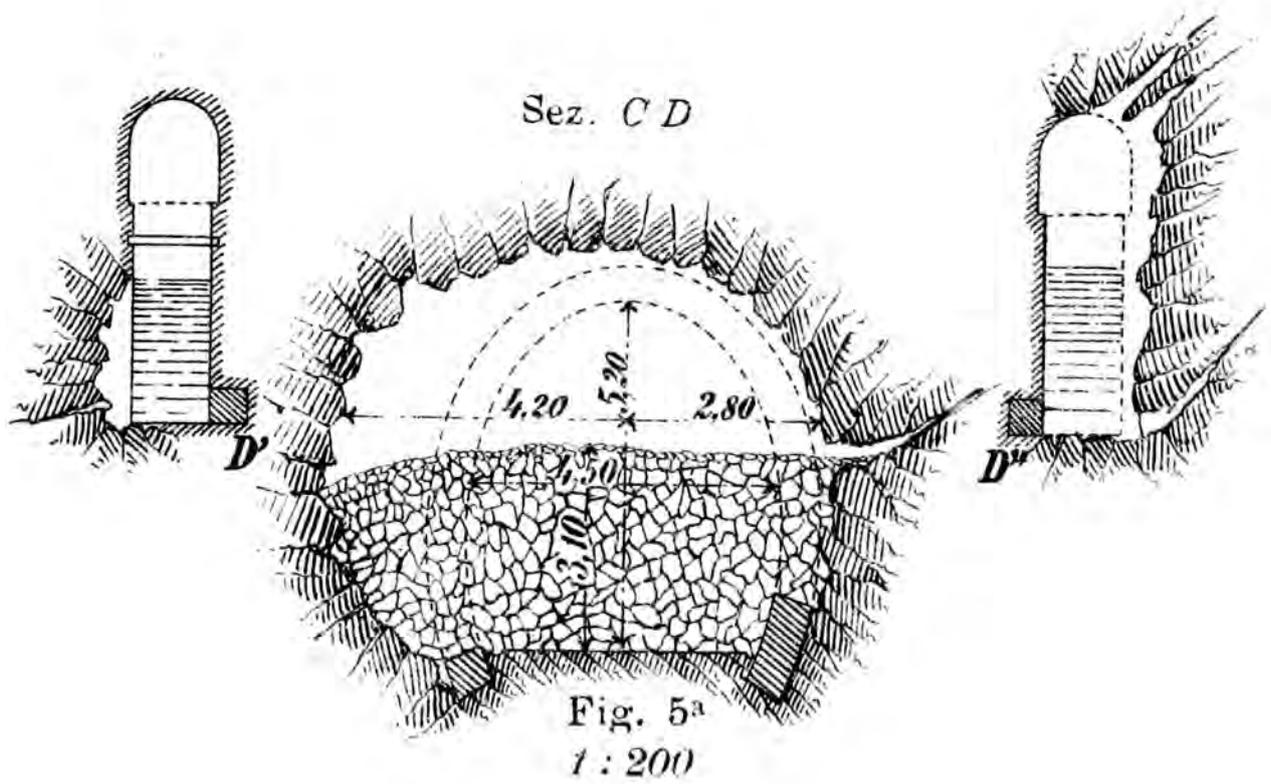
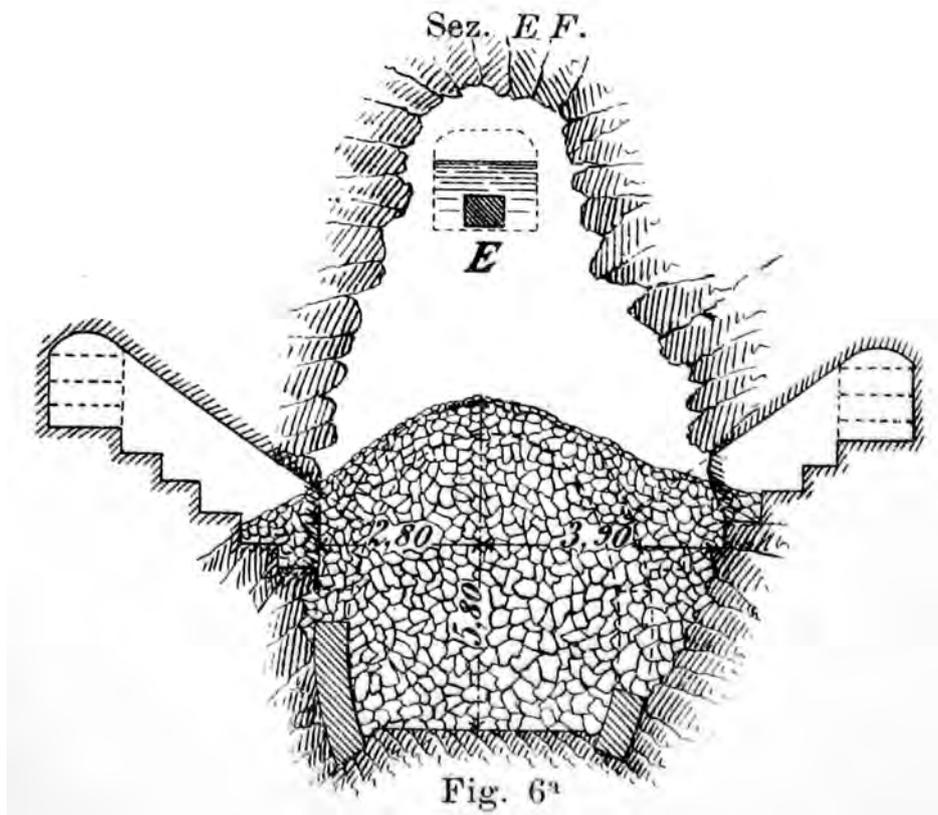


Fig. 4°  
1 : 200

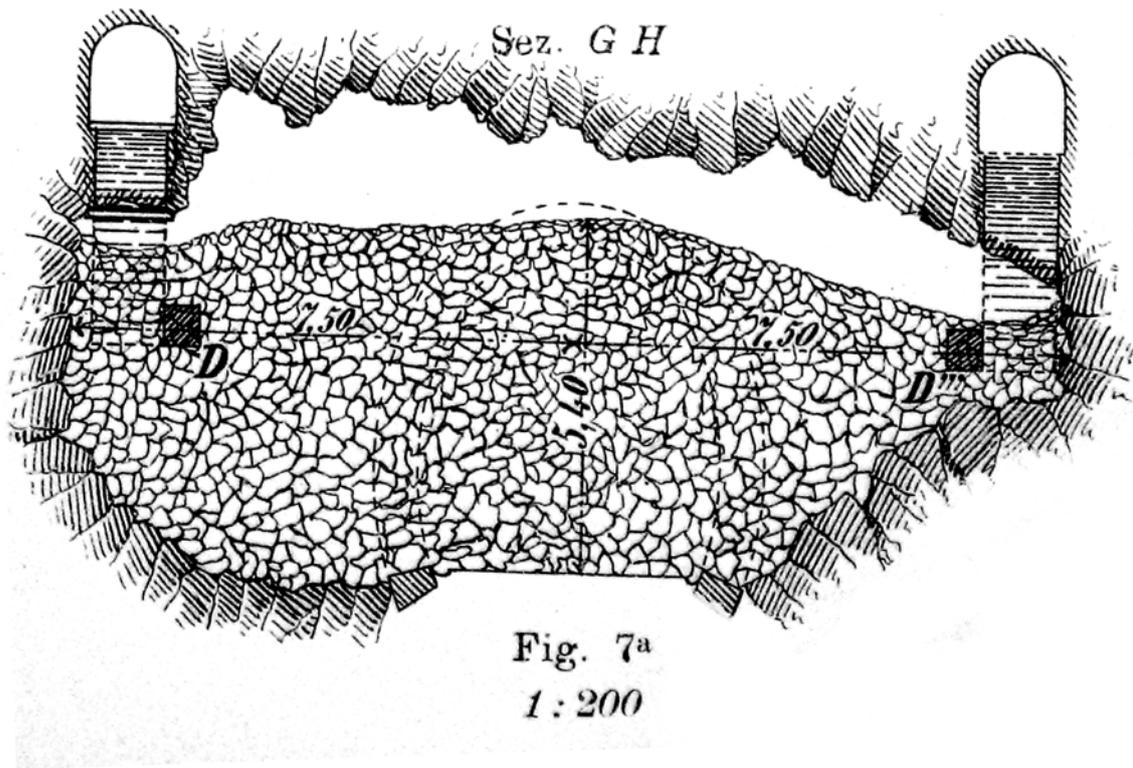
Tav. I, fig. 4°.



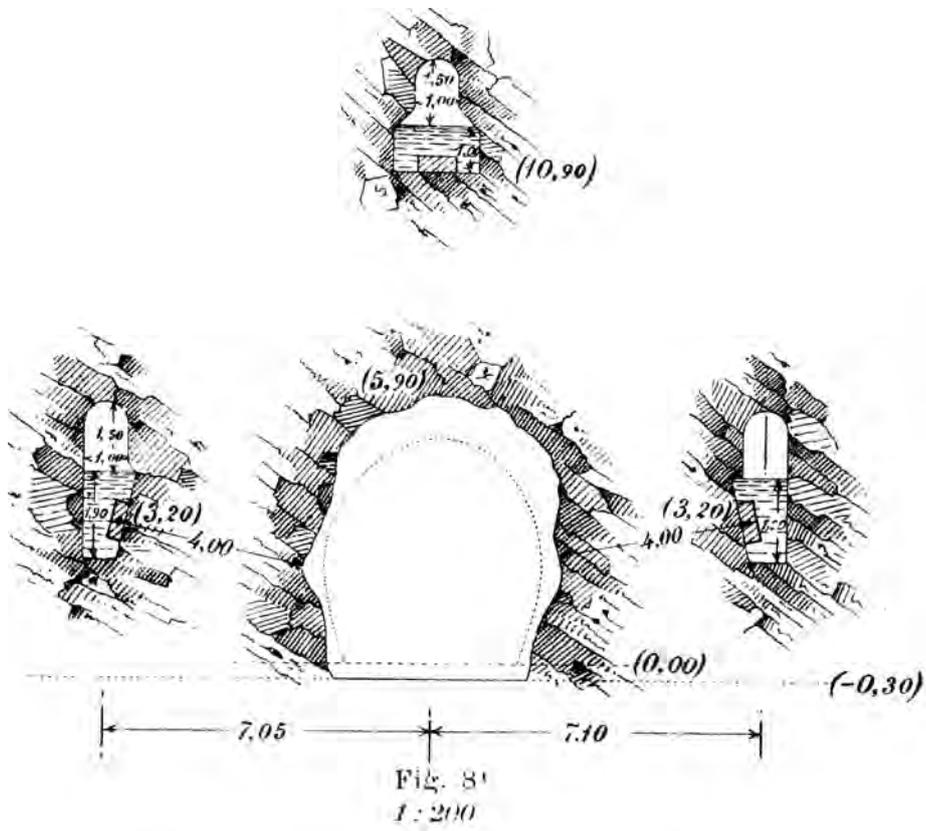
Tav. I, fig. 5°.



Tav. I, fig. 6°.



Tav. I, fig. 7°.



Tav. I, fig. 8°.

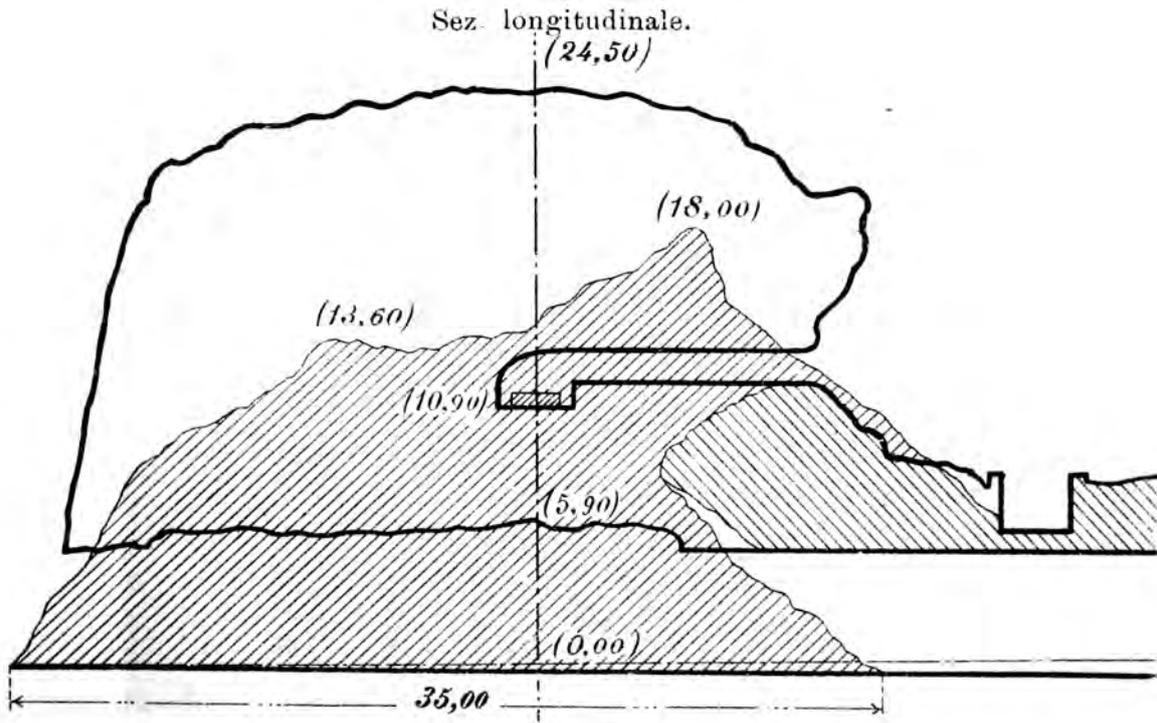


Fig. 9<sup>a</sup>

1:400

Tav. I, fig. 9°.

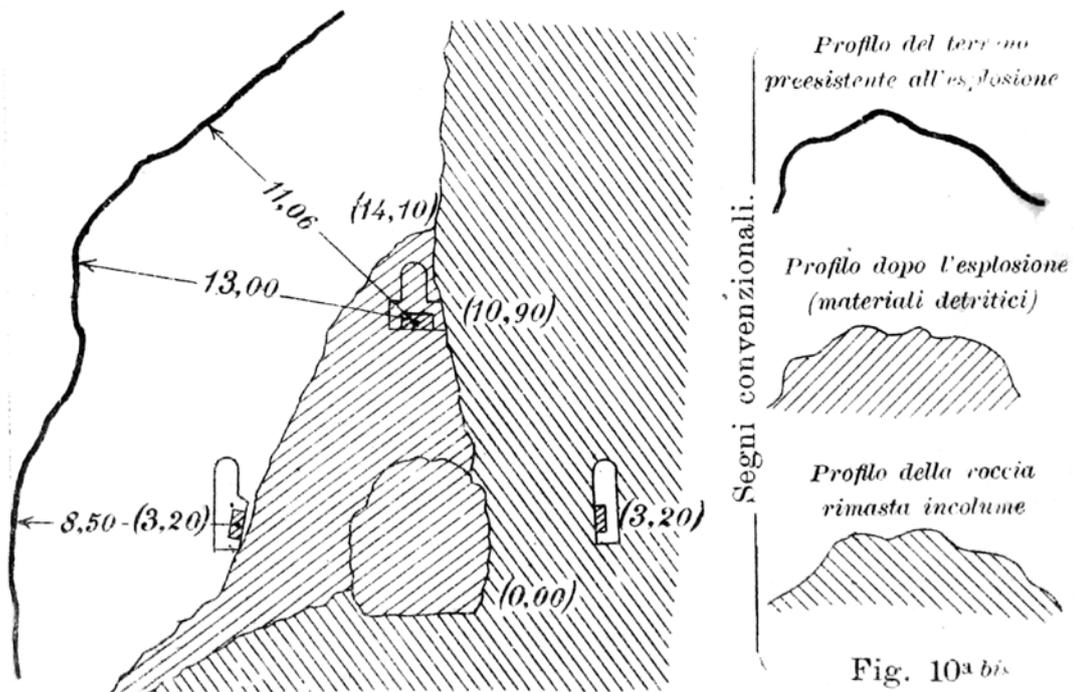


Fig. 10<sup>a</sup>

1:400

Tav. I, fig. 10°.

Particolare delle camere da mina del piedritto interno.

Sez. longitudinale.

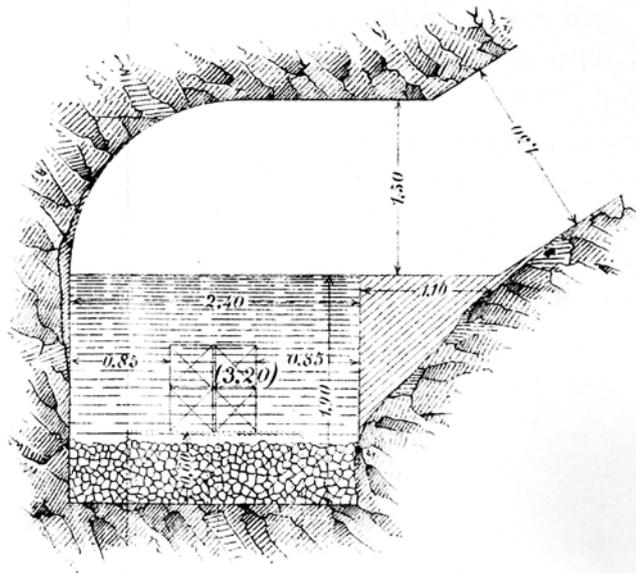


Fig. 11<sup>a</sup>  
1:75

Sez. trasversale.

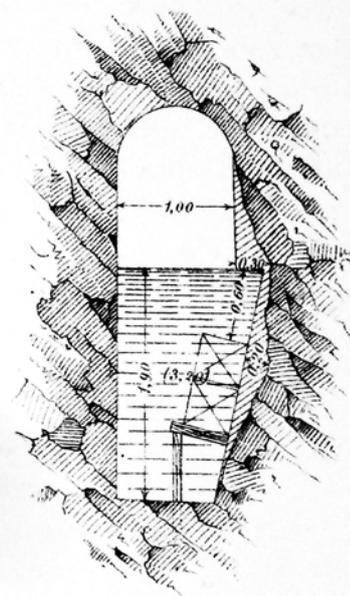


Fig. 12<sup>a</sup>  
1:75

Tav. I, fig. 11° e 12°.

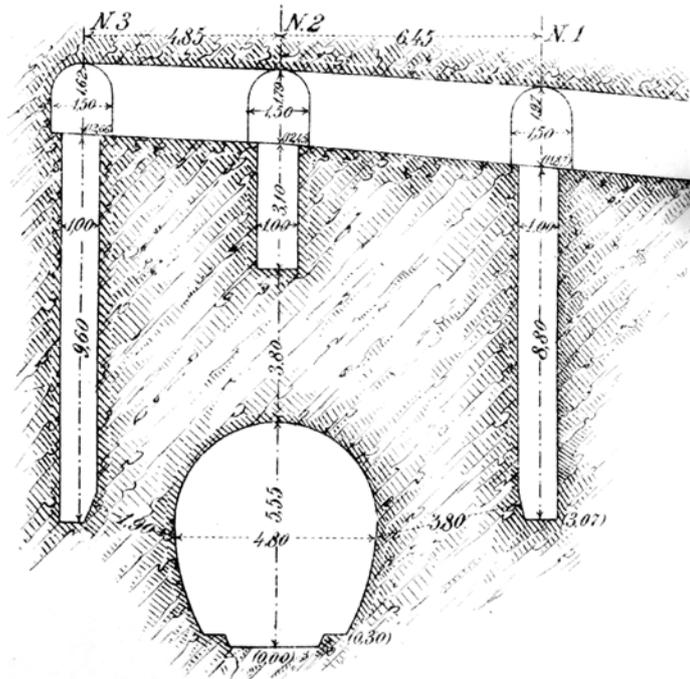
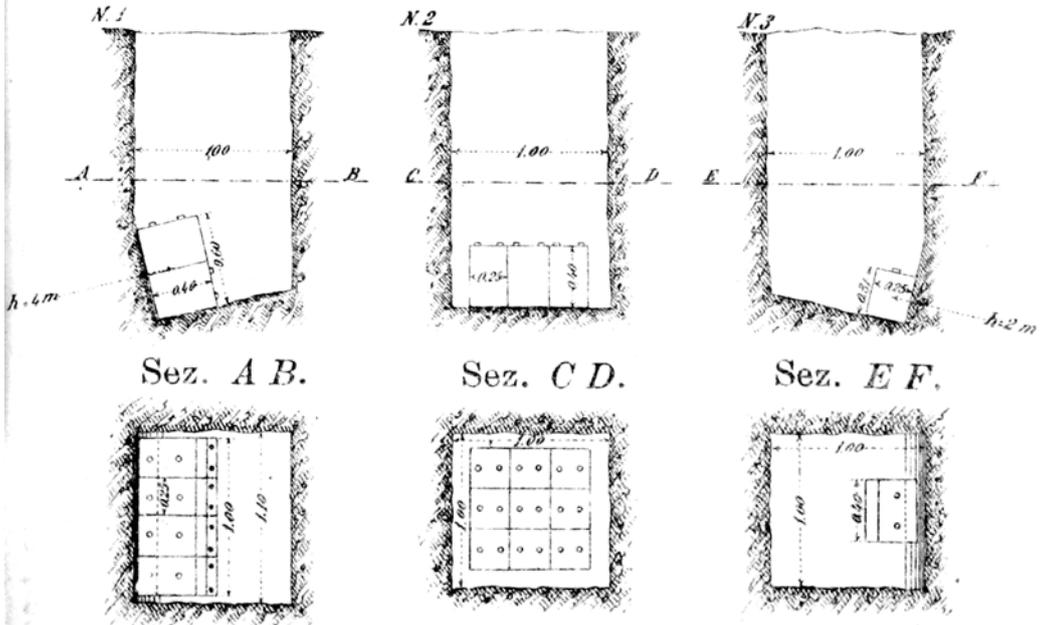


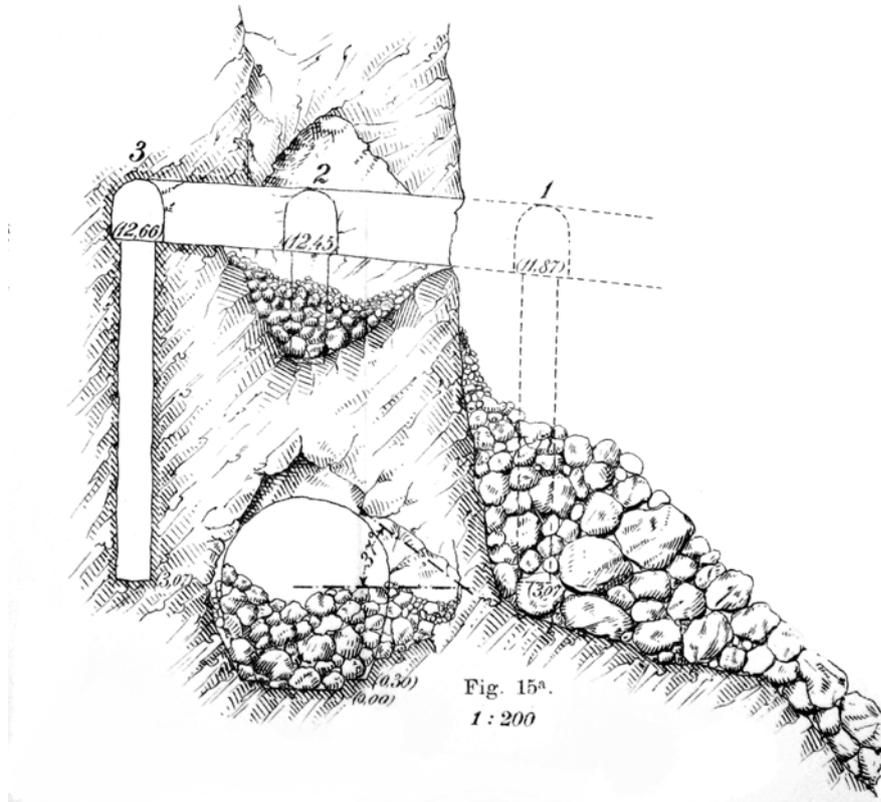
Fig. 13<sup>a</sup>  
1:200

Tav. II, fig. 13°.

### Particolari.



Tav. II, fig. 14°.



Tav. II, fig. 15°.

balistite e polvere, dai quali si diramarono le micce pure detonanti per le cassette, ognuna delle quali era munita di 2 inneschi di fulmicotone di 50 g.

*Risultati ottenuti.* (Tav. II, fig. 25<sup>a</sup>, 26<sup>a</sup>, 27<sup>a</sup>). Da un sommario esame della galleria ferroviaria abbandonata, del cunicolo e del terreno circostante, si rilevò:

1°. che l'azione dei due fornelli contro i piedritti fu assai efficace, perché la galleria ferroviaria abbandonata risultò completamente ostruita. Il solido di interruzione aveva forma di tronco di piramide con la base inferiore di 28 x 4,60 m; quella superiore di 2 x 2 m, altezza di 7 m: cioè un'altezza maggiore di quella della galleria abbandonata, in conseguenza dei franamenti causati dal fornello centrale. In totale 375 m<sup>3</sup> circa di materiale proiettato nell'interno della galleria;

2°. che l'azione in basso del fornello centrale fu limitatissima, e ciò presumibilmente in causa dell'insufficiente intasamento;

3°. che i massi caduti erano nella gran parte di grossezza tale, da richiedere l'impiego di mazze da pietrame o di petardi prima del loro trasporto;

4°. che i due fornelli ai piedritti agirono in modo uguale e simmetrico.

#### V. Seconda esperienza alla galleria di Tanno.

I 3 pozzi occorrenti per l'esperienza si scavarono a 13 m di distanza dalle estreme tracce di commozione, prodotte nel terreno circostante dal brillamento del 1907. Il dispositivo dei 3 fornelli fu il seguente (Tav. III, fig 28<sup>a</sup>): un fornello in chiave con h=3; un fornello al fianco esterno con h=4. La carica di questo fornello fu posta a 5m superiormente al piano stradale della galleria, cioè in corrispondenza delle reni della volta. Il fornello interno fu costituito da due piccoli rami orizzontali dipartentesi dal fondo del pozzo e lunghi 3m, con h=2,50 m dal piano stradale della galleria. Le cariche furono calcolate come nella prima esperienza di Tanno, essendosi usata la balistite per esplosivo, con le seguenti varianti: si fece n=1,73 m per le due cariche ai fianchi e n=2,50 m per la carica centrale, cioè si impiegarono 225 kg per i fornelli in chiave e per quello esterno, e 56 kg per ciascuno dei due fornelli del fianco interno. Intasamento acqueo con L=11/10 h. *Innescamento e brillamento* come nella precedente esperienza di Manarola.

*Risultati ottenuti.* (Tav. III, figg 29<sup>a</sup>, 30<sup>a</sup>, 31<sup>a</sup>, 32<sup>a</sup>, 33<sup>a</sup>, 34<sup>a</sup>):

a) I 2 fornelli del pozzo n. 3 diedero effetti ottimi e superiori a quanto si poteva prevedere. Non solamente la parte rocciosa, contro la quale erano applicate le cariche, venne demolita, con la produzione di un imbuto ben deciso e netto, ma i materiali vennero proiettati fin contro la parete opposta della galleria. Inoltre gli imbuto parziali relativi ai 2 fornelli, sebbene la linea di minor resistenza fosse di 2,50 m e la distanza fra i centri dei due fornelli fosse di 5,40 m, si compenetrarono completamente. Il volume dell'imbuto complessivo, prodotto dai 2 fornelli di che trattasi, fu di 60 m<sup>3</sup>; quello del materiale smosso e proiettato 99 m<sup>3</sup>.

b) I fornelli dei pozzi n. 1 e 2 diedero effetti, verso l'interno della galleria, incompleti, poiché non si ottenne lo sfondamento della volta della galleria, ma si ebbe un distacco parziale, verso l'interno, della volta della galleria medesima, essendo risultato fra le pareti, contro cui erano applicate le cariche e l'imbuto prodotto nella volta un diaframma di roccia grosso 1,20 m per il fornello n. 2, e 2 m per il fornello n. 1. Si è calcolato che dei materiali ingombranti l'interno della galleria, oltre 90 m<sup>3</sup> dovuti ai fornelli del pozzo n. 3, 24 m<sup>3</sup> siano dovuti all'azione del fornello n. 1 e 31 m<sup>3</sup> al fornello n. 2. I due fornelli n. 1 e 2, ebbero però considerevoli effetti all'esterno della galleria, sulla falda soprastante la galleria medesima. Si misurò e calcolò che il fornello n. 1 produsse 80 m<sup>3</sup> di materiale smosso esternamente alla galleria e 290 m<sup>3</sup> ne produsse il fornello n. 2. Anche i due fornelli del pozzo n. 3, oltre agli eccellenti effetti prodotti nell'interno della galleria, ebbero qualche effetto all'esterno, però di poca entità, calcolandosi a 20 m<sup>3</sup> il volume dei materiali smossi lungo la falda. Dall'esame delle figg. 33 a 34 a della tav. III, si possono rilevare gli effetti prodotti dalle mine nella falda montana esterna alla galleria. In complesso: nell'interno della galleria si ebbe un ingombro di 154 m<sup>3</sup> di materiali, costituito da un cumulo di lunghezza massima di 23 m e altezza massima di 5 m. All'esterno della galleria, in corrispondenza delle mine, dove il terreno appariva completamente sconvolto, si potevano valutare in totale 390 mc di materiali smossi e proiettati fuori dal loro sedime. In totale quindi si ebbero:

154 m<sup>3</sup> di roccia proiettata nell'interno della galleria.

390 m<sup>3</sup> di roccia smossa e proiettata lungo la falda.

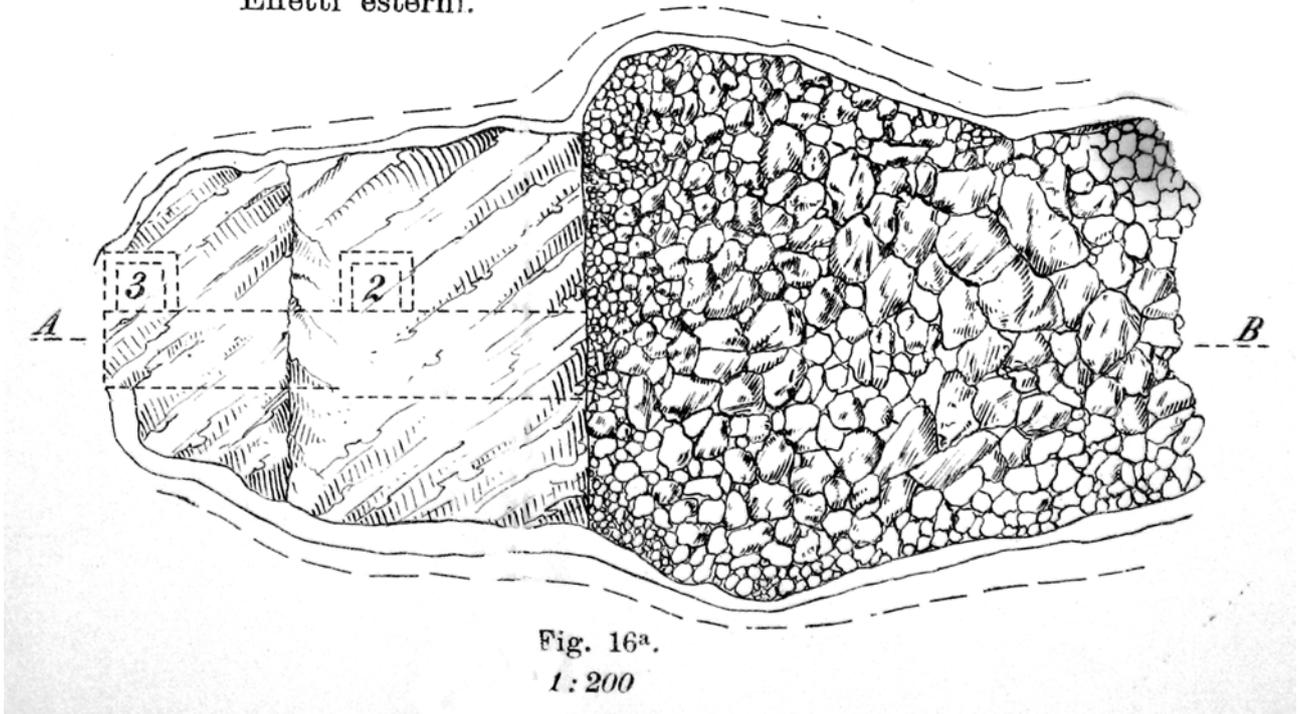
544 m<sup>3</sup> totale generale.

Finalmente giova osservare che i fornelli del pozzo n. 3 diedero luogo anche ad un leggero contraccolpo nella galleria d'esercizio, producendo il distacco di circa 1 m<sup>3</sup> di materiali dal piedritto più vicino della galleria medesima. Il piccolo ingombro venne però subito rimosso, e l'amministrazione ferroviaria non ebbe alcuna lagnanza da muovere. In altri termini, tenuto conto solo del materiale proiettato nella galleria, si ebbe per ogni kg di balistite circa 0,30 m<sup>3</sup> di roccia.

#### VI. Seconda esperienza di Manarola.

I nuovi lavori di mina vennero eseguiti in corrispondenza ad una sezione situata a 18 m da quella dell'esperienza del 1907: la roccia era colà calcarea, scistosa, a stratificazione regolare e di compattezza varia. Si praticarono 3 camere da mina (Tav. IV, fig 35<sup>a</sup>): una in chiave, con linea di minor resistenza di 3 m, che fu caricata con 180 kg di balistite, e due contro i piedritti, col centro di carica a 2,20 m sul piano stradale della galleria, e con linea di minor resistenza di 4 m, che furono caricate entrambe pure con 180 kg di balistite ciascuna. Si seguirono cioè gli stessi criteri adottati per la seconda esperienza di Tanno, in cui si fece m=3,27 ed n=1,73 per i fornelli ai fianchi ed n=2,50 per quello centrale. Le cariche dei 3 pozzi furono

Effetti esterni.



Tav. II, fig. 16°.

Effetti verso la galleria.  
Pianta.

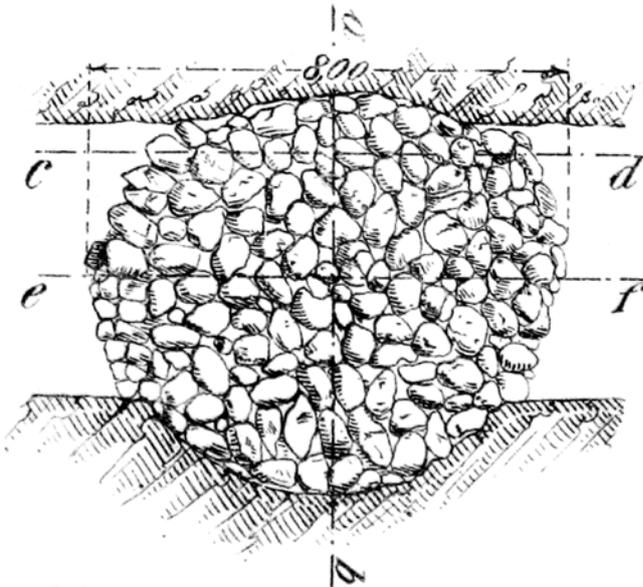


Fig. 17a.

1:200

Sez. a b.

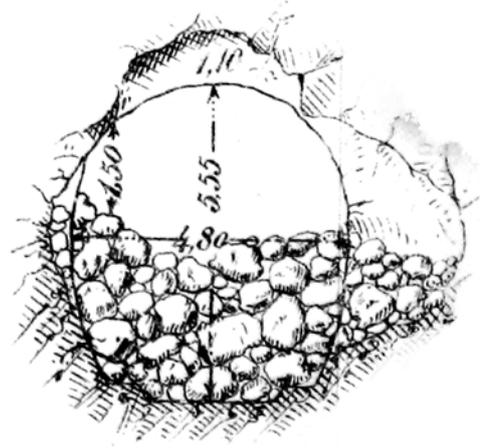


Fig. 18a.

1:200

Sez. c d.

Tav. II, fig. 17° e 18°.

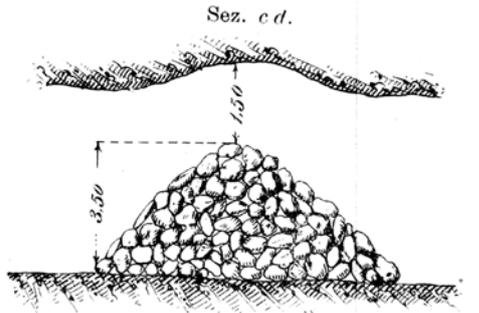


Fig. 19<sup>a</sup>.  
1 : 200

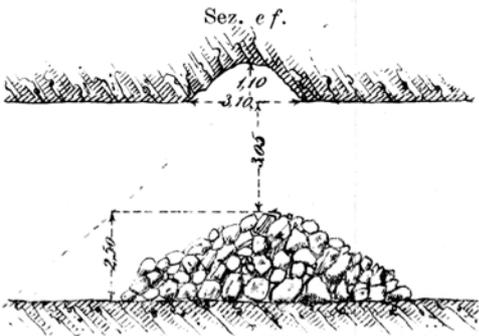


Fig. 20<sup>a</sup>.  
1 : 200

Tav. II, fig. 19° e 20°.

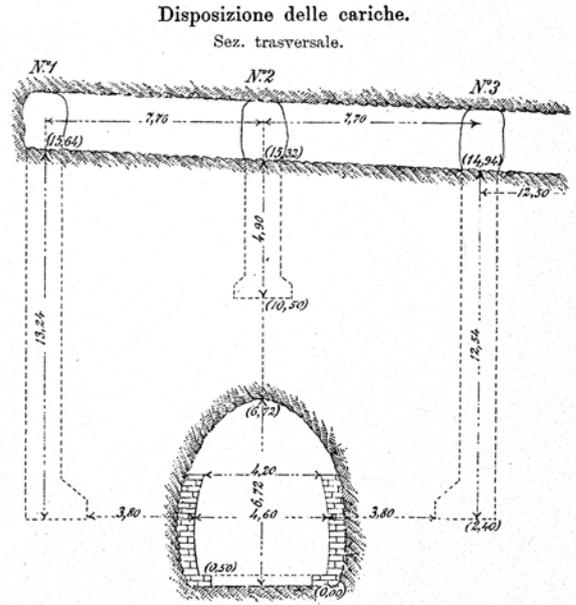


Fig. 21<sup>a</sup>.  
1 : 200

Tav. II, fig. 21°.

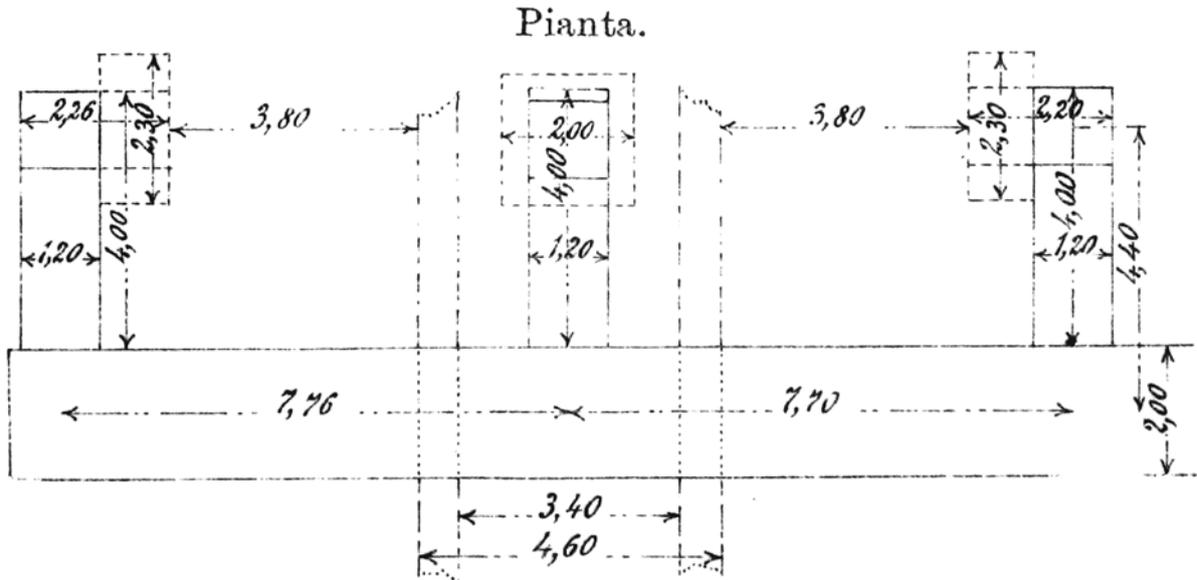


Fig. 22<sup>a</sup>.  
1 : 200

Tav. II, fig. 22°.

collocate all'estremità di rami orizzontali paralleli all'asse della galleria, partendo dal fondo del pozzo e lunghi 3,30 m ciascuno. L'intasamento usato fu quello acqueo, usando la formola  $L = nh$ ; però in quello centrale, essendo insufficiente l'intasamento, si impiegò il calcestruzzo, in luogo dell'acqua, nell'angolo formato dal pozzo col ramo e per la lunghezza di 1 m. Effettuato il brillamento con miccia detonante di balistite e polvere con inneschi di tubetti e gelatina, si ebbero gli effetti seguenti (**Tav. IV, figg 36<sup>a</sup>, 37<sup>a</sup>, 38<sup>a</sup>, 39<sup>a</sup>, 40<sup>a</sup>, 41<sup>a</sup>**): I due fornelli dei fianchi sfondarono completamente la roccia che li divideva dalla galleria, formando due imbusti dell'apertura massima di 20 a 22 m misurata sui fianchi della galleria, ed un cumulo di materiali alto fino a 7 m circa, costituito in parte da frantumi ed in parte da massi, alcuni del volume fra 1 e 2 m<sup>3</sup>. Il fornello in chiave non riuscì a sfondare la volta, ma solo a staccare da questa una calotta grossa 1,50, larga quanto la galleria e lunga circa 12 m, e a produrre alcune grosse fenditure che dal pozzo si estendevano fino al cielo della galleria. Il volume complessivo del materiale proiettato nell'interno della galleria fu di circa 550 m<sup>3</sup>, il che corrisponde a circa un metro cubo di materiale, per ogni kg di esplosivo impiegato. Nello specchio annesso si sono riassunte le suindicate esperienze, indicando altresì i risultati avuti in ciascheduna di esse.

#### Deduzioni.

In seguito alla serie di esperienze sopra descritte occorre esaminare:

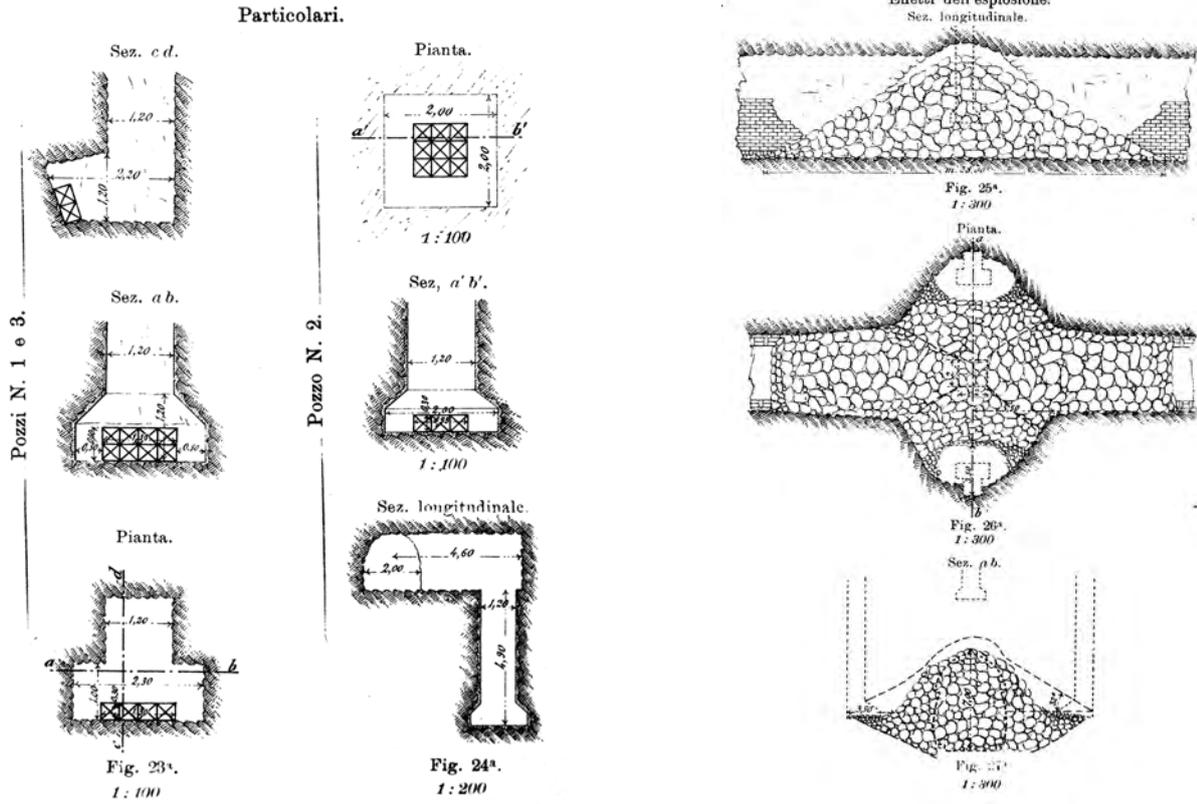
- 1° le condizioni in cui si trovano le gallerie sottoposte ad esperimenti;
- 2° la disposizione delle cariche;
- 3° la quantità di esplosivo impiegata, l'intasamento eseguito e gli effetti ottenuti.

**I.** Le gallerie sperimentate erano tutte ad un solo binario. Quelle di Romagnano Vietri erano scavate in roccia di natura calcarea, di consistenza vetrosa e di durezza alquanto variabile, ma che diminuiva a misura che lo scavo si approfondiva, tanto che nelle esperienze del 1902 alcune camere di mina, come già si è detto, si poterono scavare senza ricorrere ai petardi, ma solamente con l'uso di picconi. Inoltre è da tener presente che, quantunque le gallerie in esame fossero tutte per strade ferrate ad un solo binario, pure quella sperimentata a Romagnano Vietri nel 1902 aveva perduto il sesto caratteristico della galleria ferroviaria ad un solo binario. Infatti per effetto dei petardoni di avanguardia, fatti esplodere in detta galleria nel 1899, che non solo fecero cadere l'intero suo rivestimento, ma formarono altresì nei piedritti rocciosi degli imbusti compenetrantisi, il primitivo profilo a raggio di curvatura in chiave molto piccolo, adottato non per resistere a spinte della roccia, ma solo per dare sufficiente stabilità alla leggera struttura del rivestimento di protezione, s'era di molto modificato, ed ora la volta della nuda roccia presentava sesto assai ribassato. La roccia nelle esperienze di Manarola era più dura di quella incontrata nelle esperienze di Romagnano Vietri, e lo

scavo richiese sempre l'uso del petardo, specialmente nei rami al fondo dei pozzi. Di una durezza eccezionale era poi la roccia nella galleria di Tanno.

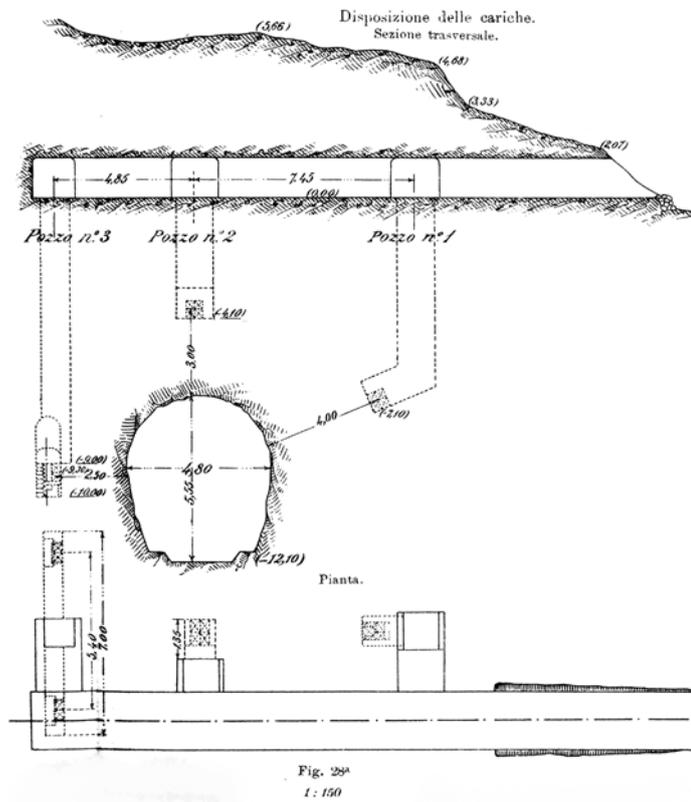
**II.** Le cariche, costituite di balistite in grani in tutte le esperienze, vennero disposte in gruppi di 3, con i centri in un piano verticale normale all'asse della galleria; solo nelle esperienze di Romagnano Vietri del 1900, si disposero le cariche in numero di 5 a padiglione. In tutte queste esperienze è meritevole di un esame speciale la disposizione delle cariche disposte lateralmente a quella centrale. Nella seconda esperienza di Tanno, allo scopo di diminuire il lavoro nello scavo dei pozzi, che nella prima esperienza si era addimosttrato molto faticoso, ed anche per contribuire con maggiore efficacia allo sfondamento della volta in concomitanza col fornello centrale, si credette opportuno disporre la carica laterale esterna molto in alto, in modo da corrispondere alle reni della volta stessa. Ma i risultati ottenuti dimostrarono che il minor lavoro dello scavo del pozzo andava a forte detrimento dell'effetto di rottura e quindi di ostruzione della galleria. La ragione di ciò sembra possa essere la seguente: in tutte queste esperienze si è dimostrato palesemente che la difficoltà di rottura di una parete rocciosa cresce immensamente a misura che cresce la concavità della parete rivolta verso l'interno della galleria. Ora se si pone una carica in corrispondenza dei reni della volta, si va appunto incontro a siffatta difficoltà, la quale, se è alquanto minore di quella che incontra la mina disposta sopra la chiave di volta, è pur sempre considerevole; se invece si pone la carica laterale al disotto del piano di imposta della volta e precisamente in modo che corrisponda a circa metà altezza del piedritto, si renderà molto più facile il rovesciamento di questo, perché esso è formato o da una parete piana o da una parete leggermente concava, ossia con un raggio di curvatura molto grande. La disposizione delle cariche laterali, situate più in basso dell'imposta dell'arco, fu adottata nei due esperimenti di Manarola con ottimo risultato per tutti e quattro i fornelli, due per ogni esperienza. Nel 2° esperimento di Tanno la carica interna fu posta nel modo dianzi detto, quella esterna invece fu situata in corrispondenza dei reni della volta, come testé si è accennato e i risultati dimostrarono quanto sia più conveniente la prima disposizione rispetto alla seconda.

**III.** Nelle esperienze del 1900 si impiegarono a Romagnano Vietri per i fornelli laterali 400 kg di balistite e per il centrale 600 kg. Per i primi si fece  $h = 4$  e per il secondo  $h = 3,50$ . Per stabilire la carica dei fornelli laterali, si fece uso della formola fissata per il Fréjus:  $C = 6h^3$ , in cui  $C$  è la carica in gelatina esplosiva, e la carica centrale fu stabilita empiricamente. Si ignorano i criteri che servirono di base per stabilire quella formola. Se si paragonano queste cariche con quelle adottate nelle due esperienze di Manarola e nelle due di Tanno, per quanto si riferisce ai fornelli laterali, si deduce: che la carica  $C$ , dedotta dalla formola  $C = 0,20 m h^3$ , (in cui  $m = 2,50$ ,  $h = 4$ ) sarebbe  $C = 32$ ; combinata con l'altra formola:  $C' = C$



Tav. II, fig. 23° e 24°.

Tav. II, fig. 25°, 26°, 27°.



Tav. III, fig. 28°.

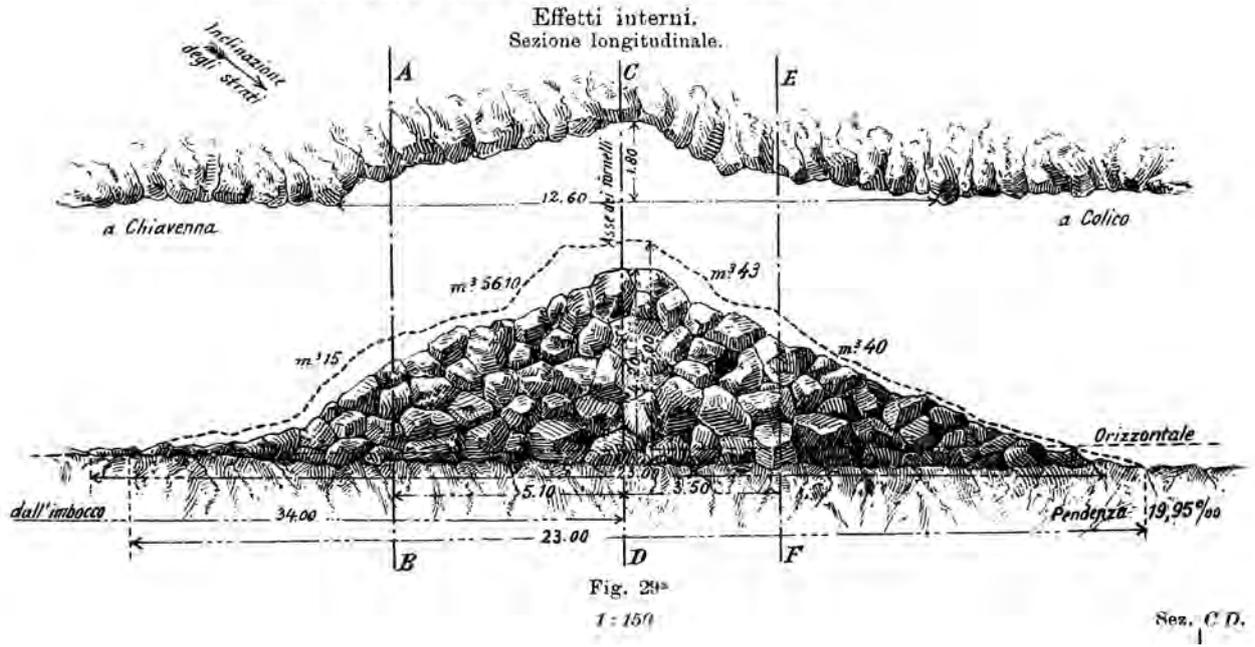
$(\sqrt{1 + n^2} - 0,41)^3$ ; nella quale, con  $n = 1,73$ , si ottiene  $C' = 4 C$ , ossia  $C' = 128$  kg; e qualora per maggior sicurezza si volesse fare  $n=1,80$ , la carica sarebbe risultata di  $32 \times 4,50 = 144$  kg. Cioè sensibilmente inferiore a quella usata a Romagnano-Vietri. E che calcolando in tal modo la carica si dovesse ottenere un effetto più che soddisfacente, lo dimostrano i risultati favorevoli ottenuti in cinque prove fatte in tre esperienze diverse, nelle quali la roccia era più resistente di quella di Romagnano Vietri, specialmente quella di Tanno. Si può osservare che in esperienze fatte l'anno prima, pure in Romagnano Vietri, in roccia simile a quella dell'esperimento del 1900, e nelle quali si usarono cariche di 133 kg, gli effetti furono insignificanti e quasi nulli. Ma la causa di questi risaltati, anziché attribuirsi all'insufficienza della carica, va ricercata anzitutto nella deficienza di intasamento, che fu stabilito in 2 m, mentre avrebbe dovuto essere almeno di 4 m, o meglio di 7 m circa. In secondo luogo, alla disposizione delle cariche laterali, che risultano in corrispondenza delle due reni della volta, anziché in corrispondenza dei piedritti. Il risultato negativo ottenuto nel fornello interno, caricato con 220 kg di balistite nella seconda esperienza di Romagnano Vietri eseguita nel 1902, è ancora più meritevole d'esame. Col metodo adottato in questi ultimi anni dal 5° genio nel calcolare le cariche, e più sopra ricordato, risulta che per ottenere una carica di 220 kg di balistite, bisogna fare, nella citata formola,  $n = 2,05$ , cosicché se, nonostante cariche così forti, l'effetto fu quasi nullo, la causa principale deve attribuirsi all'insufficienza di intasamento (appena 0,60 m). E confortano questa asserzione altre 2 esperienze eseguite sempre a Romagnano Vietri nel 1899. Si sperimentarono due cariche poste in identiche condizioni contro i fianchi di una stessa galleria con linea di minor resistenza di 4 m, con carica l'una di 400 kg di balistite e l'altra di 200 kg. Intasate l'una e l'altra con 2 m d'acqua, diedero risultati pressoché uguali, cioè nel 1° caso la massa ingombrante la galleria fu di 110 m<sup>3</sup>, nel 2° caso di 100 m<sup>3</sup>. Il che prova che l'insufficienza di intasamento produsse effetti molto limitati (0,25 di m<sup>3</sup> di rottami per ogni kg di balistite nel 1° caso, e 0,50 m<sup>3</sup> nel 2° caso). L'intasamento avrebbe dovuto essere: nel 1° caso  $L = n h = 2,50 \times 4 = 10$ ; nel secondo caso  $L = 2,05 \times 4 = 10,20$ . La necessità di avere un perfetto intasamento è dimostrata anche dalle esperienze sovraccitate di Aisone. Nelle esperienze varie eseguite a Romagnano Vietri fu sempre impiegato un intasamento più o meno incompleto, il che indusse nella conclusione di impiegare una grande quantità di esplosivo, per ottenere effetti che si sarebbero avuti, qualora si fosse fatto il necessario intasamento. E tanto è vero ciò, che talora si aumentarono le cariche sino a 400 kg, mentre sarebbe stato sufficiente, come si è visto, una carica di 144 kg di balistite, se regolarmente intasata. Né è a ritenere che vi sia contraddizione fra gli effetti ottenuti, abbastanza soddisfacenti, con la mina carica di 200 kg di balistite fatta esplodere nel 1899, e quelli nulli della mina carica di 220 kg di balistite fatta esplodere nel 1902, poiché questa aveva non solo, come si è visto, un intasamento di appena 0,60 m d'acqua, ma aveva altresì il ramo di accesso alla carica

in posizione tale da facilitare grandemente l'uscita dei gas, come mostra all'evidenza la Tav. I figg. 11<sup>a</sup> 12<sup>a</sup>: mentre l'altra, oltre ad avere un intasamento di 2 m d'acqua, aveva la carica disposta in modo da rendere meno agevole la sfuggita dei gas.

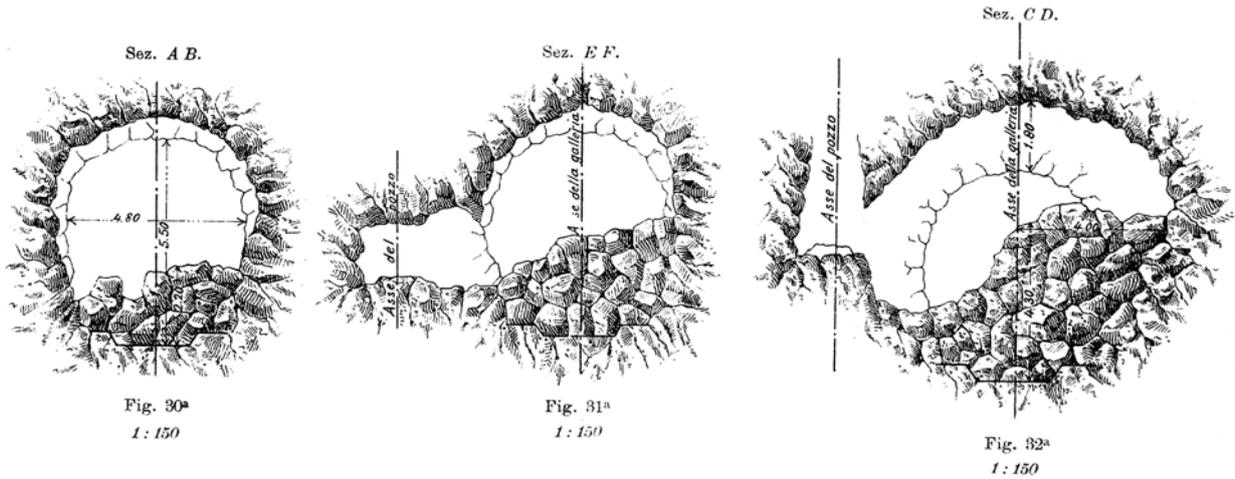
A maggiormente confermare la necessità di bene intasare le cariche in genere, e nel caso in esame quelle di balistite, si pongano a raffronto le **Figg. 36<sup>a</sup>, 37<sup>a</sup>, 38<sup>a</sup>, 39<sup>a</sup>, 40<sup>a</sup>, 41<sup>a</sup> della Tav. IV con le Figg. 42<sup>a</sup>, 43<sup>a</sup>, 44<sup>a</sup>** della stessa tavola, relative, queste, alle esperienze eseguite a Romagnano Vietri nel 1899, e risulta evidente l'effetto di gran lunga maggiore ottenuto a Menarola rispetto a quello di Romagnano Vietri. In quelle lo svasamento nel senso orizzontale delle mine laterali, caricate ciascuna con 180 kg di balistite, raggiunse o superò i 20 m, in questa fu appena di 7,62 m nella mina carica con 400 kg di balistite, e di 7,15 m in quella carica con 200 kg di balistite. Si noti inoltre come nella mina di 400 kg l'effetto contro la parete opposta alla linea di minor resistenza fu molto sensibile, talché quest'ultima rovinò per 2,50 m nel senso della profondità; nell'altra mina di 200 kg rovinò per 2,10 m; tale lavoro quindi andò a detrimento dell'effetto che si voleva ottenere. Invece nelle due mine di Manarola gli effetti si arrestarono alla parete del pozzo opposta alla linea di minor resistenza. Effetti simili si erano ottenuti anche nella prima esperienza di Manarola, ma lo svasamento fu alquanto inferiore perché l'intasamento era minore, e la disposizione delle cariche non era così favorevole come in quelle della seconda esperienza di Manarola. Ad ogni modo il raggio dell'imbutò risultò, nella prima esperienza, di 5,50 m, cioè superiore ad  $h = 4$ , come doveva risultare, essendo la mina sovraccarica; mentre, come è noto, per la mina ordinaria, in questo caso si sarebbe ottenuto  $r = 4$ . Nelle esperienze invece di Romagnano Vietri si ebbe in un caso, con la carica di 400 kg,  $r = 3,81$  e nell'altro con la carica di 200 kg,  $r = 3,57$ ; raggi cioè di mine sotto cariche, mentre, come si è visto, erano mine sovraccariche e in quella di 400 kg il raggio  $r$  doveva avere un valore più del doppio di quello che si ebbe.

Occorre poi rilevare che nell'esperienza di Romagnano Vietri del 1902 si ebbe bensì lo sfondamento della volta, ma le condizioni statiche di quest'ultima, come si accennò, erano ben più favorevoli di quelle della galleria di Manarola, sia per essere la roccia molto più tenera, sia per avere la volta a sesto ribassato, sia infine per essere stata la volta stessa in parte scossa per effetto dei petardoni ivi praticati gli anni antecedenti. E ciò è provato anche dal seguente confronto. La quantità di esplosivo impiegata nella precitata esperienza di Romagnano Vietri fu, relativamente, non poco inferiore a quella usata nella seconda esperienza di Manarola, nella quale non si riuscì a sfondare la volta. In fatto in questa esperienza la carica impiegata a tale intento fu di 180 kg di balistite, e di 1 kg di gelatina ossia 10 volte superiore a quella data dalla formola  $C = 0,20 m h^3 = 0,20 \times 3,27 \times 3^3 = 17,16$ . A Romagnano Vietri fu invece impiegata una carica di 550 di balistite, mentre applicando

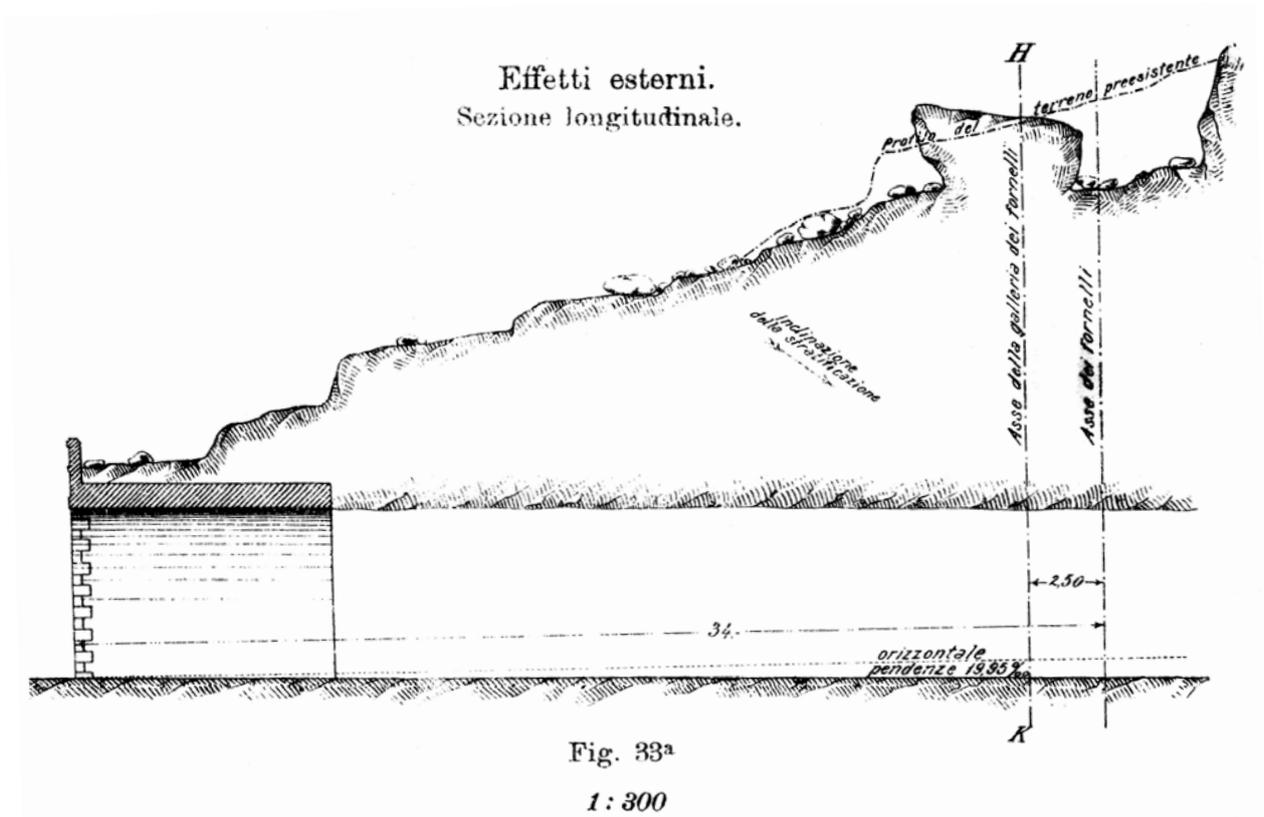
Seconda esperienza alla galleria di Tanno.



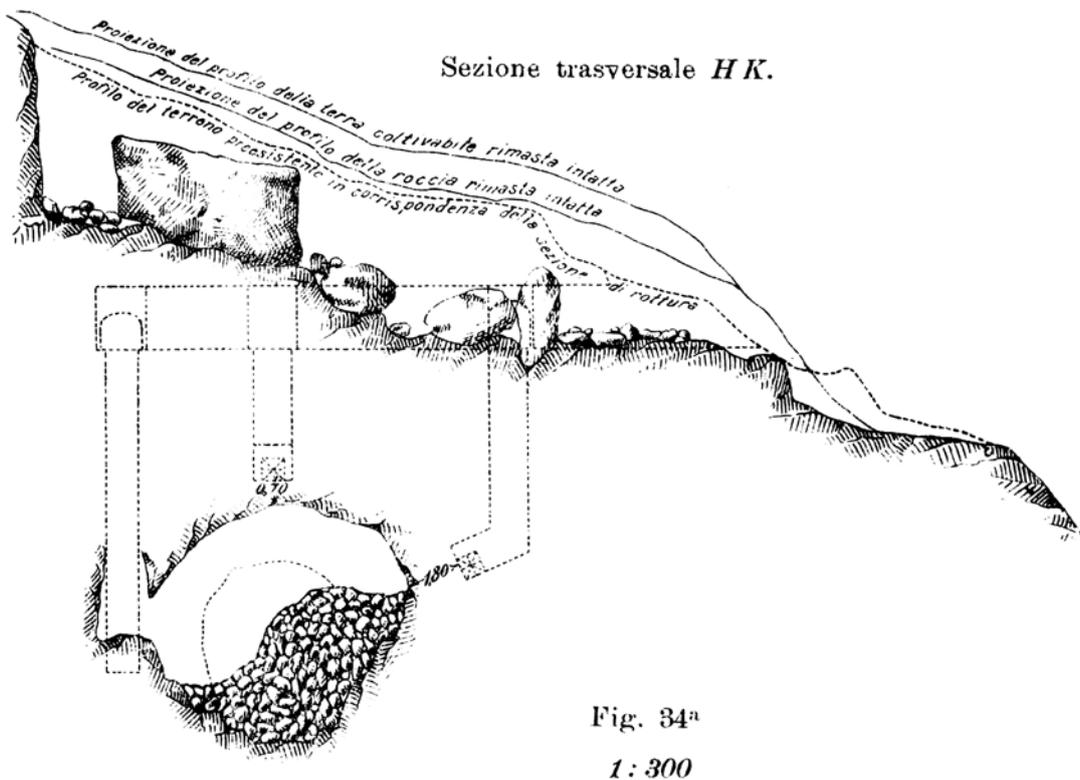
Tav. III, fig. 29°.



Tav. III, fig. 30°, 31°, 32°.

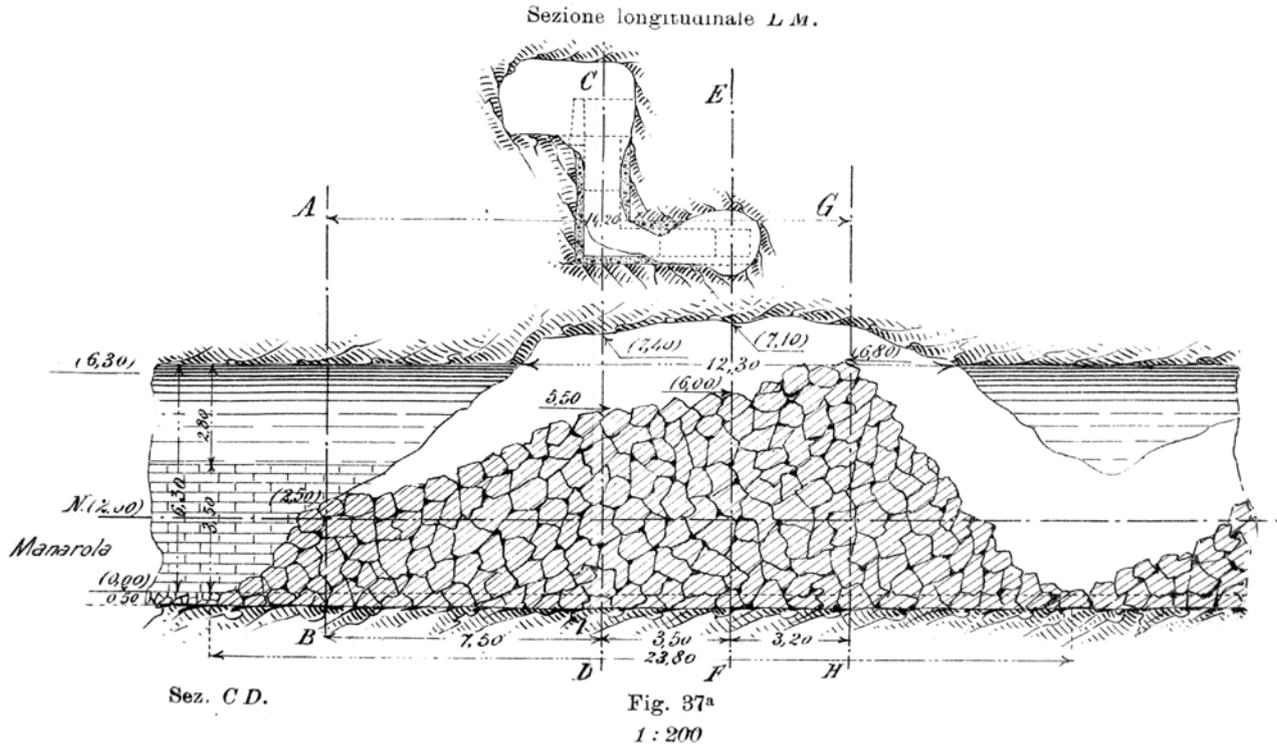


Tav. III, fig. 33°.

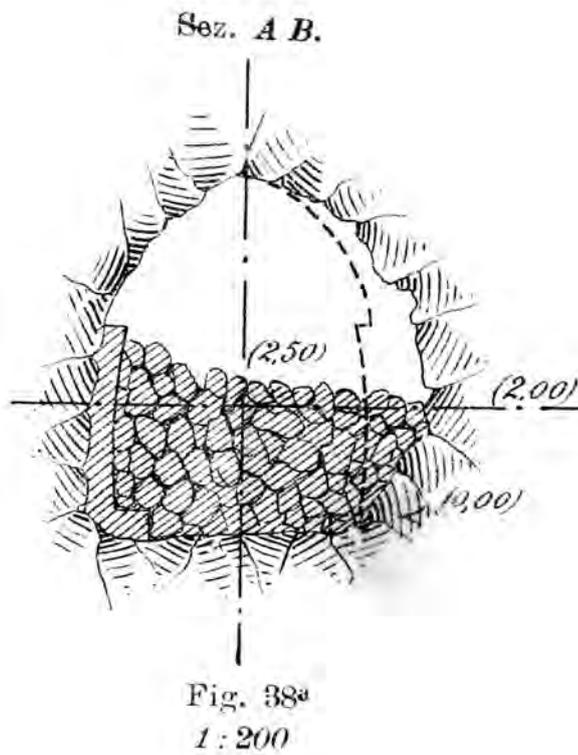


Tav. III, fig. 34°.

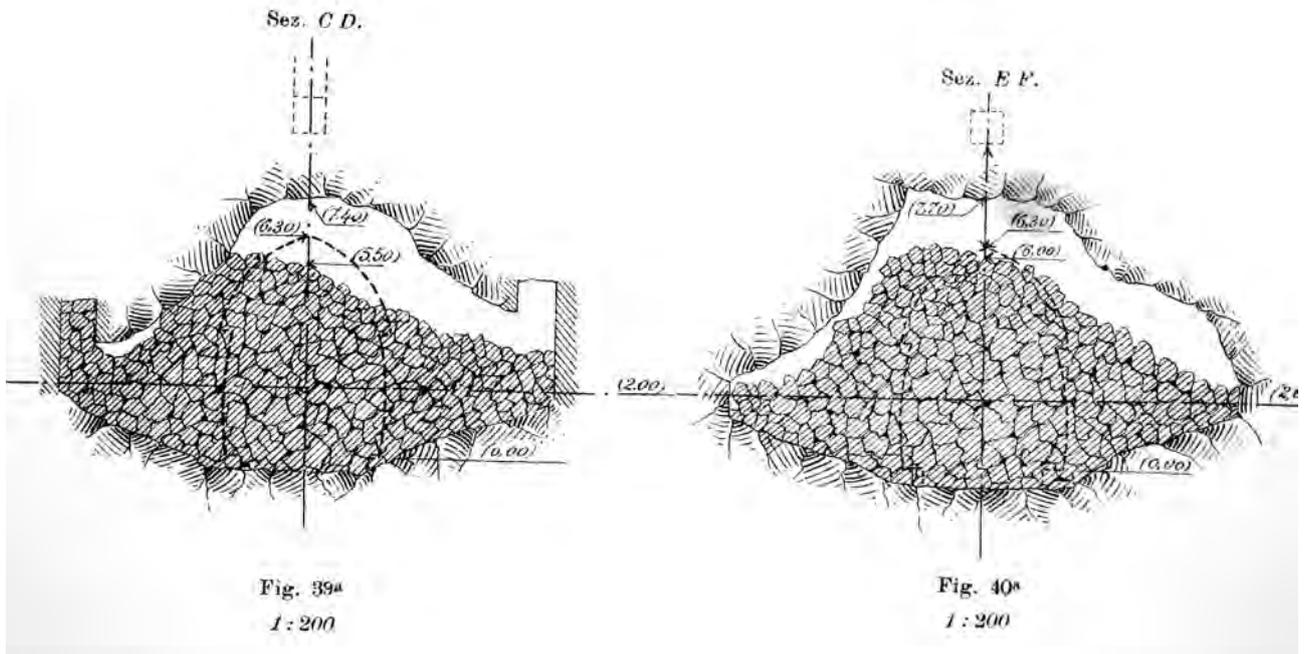




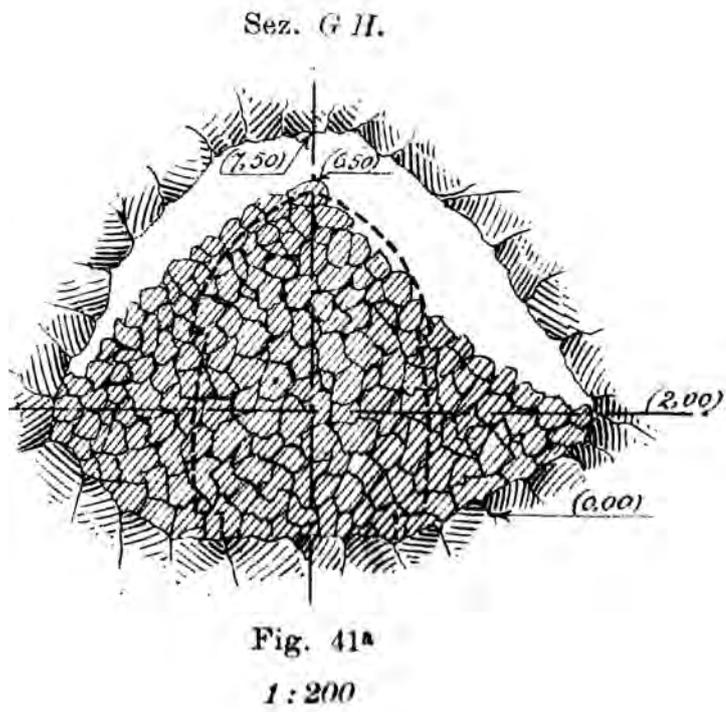
Tav. IV, fig. 37°.



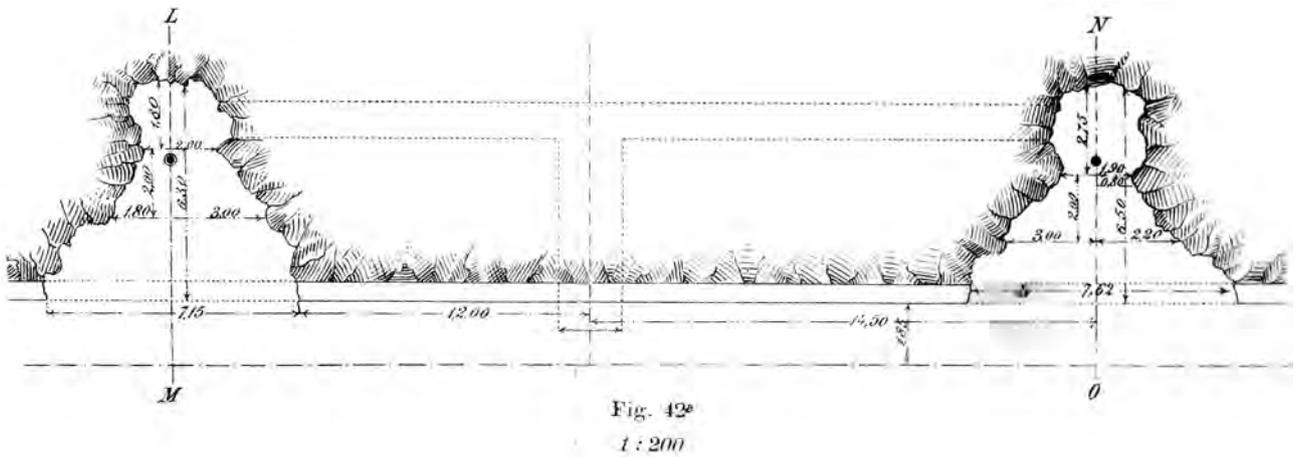
Tav. IV, fig. 38°.



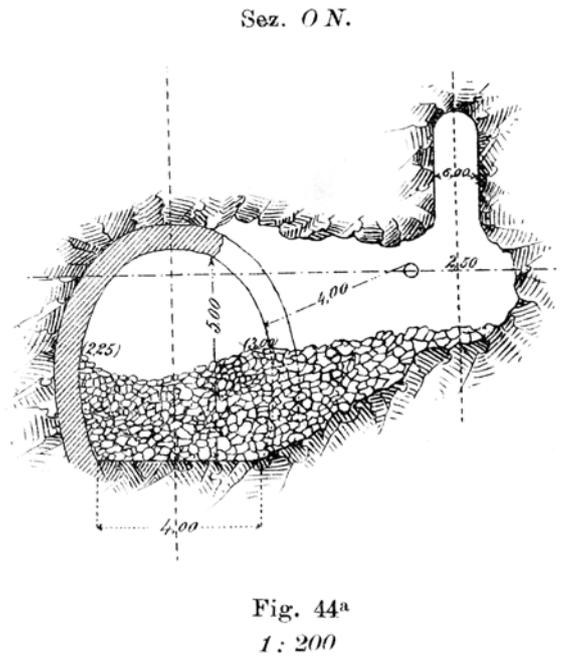
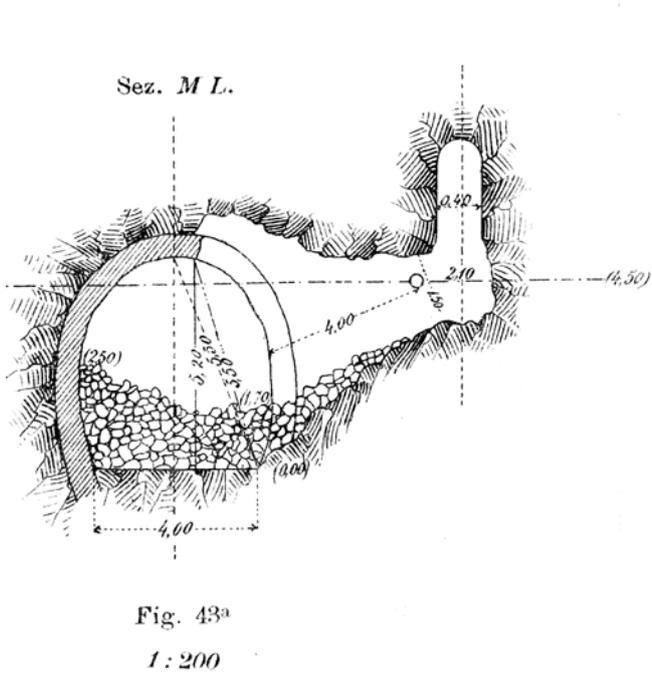
Tav. IV, fig. 39° e 40°.



Tav. IV, fig. 41°.



Tav. IV, fig. 42°.



Tav. IV, fig. 43° e 44°.

la stessa formula sarebbe stata  $C = 0,20 \times 2,50 \times 5^3 = 62,50$ . S'impiegò quindi una carica 8,6 volte superiore alla carica C. Come si vede adunque questa carica fu inferiore a quella usata, con risultato negativo, a Manarola, quantunque in questo secondo caso l'intasamento fosse stato eseguito con grande cura e perciò la carica si trovasse in condizioni senza confronti più favorevoli di quella di Romagnano Vietri. Ora nonostante le favorevoli condizioni alla rottura della galleria di Romagnano Vietri, come sopra si è detto, l'ingombro della galleria stessa risultò di 35 m. Se invece si fosse disposta all'incirca la stessa quantità di esplosivo ripartita in 3 gruppi di mine, a circa 20 m fra loro, collocati contro i piedritti della galleria, con linea di minor resistenza di 4,5 m ciascuno e con carica di circa 205 kg di balistite, cioè di poco superiore a quella impiegata nell'interruzione in esame (kg 1230 in luogo di 1210), si avrebbe avuto una ostruzione lunga quasi 60 m, cioè quasi doppia di quanto si ottenne con quella esperienza.

Oltre a ciò è da considerare che una serie di 3 o più fornelli per ciascuno dei fianchi della galleria, con i raggi di esplosione compenetrantisi fra di loro, produrranno all'atto dell'esplosione due enormi squarci per ciascun fianco, profondo poco più della linea di minor resistenza, che generalmente è di 4 m almeno, sicché il cielo della volta rimarrà privo di appoggi laterali per più decine di metri, e per conseguenza, o rovinerà col rovesciamento dei piedritti o se rimarrà ancora aderente alla rimanente roccia, si troverà in equilibrio talmente instabile, anche per effetto della violenta scossa subita all'atto dell'esplosione, da obbligarci a ricorrere a robusti puntellamenti con non lieve perdita di tempo. Da quanto si è esposto, pare si possa concludere che per ostruire una galleria ferroviaria ed avere risultati certi, conviene, di massima, minare i due piedritti e stabilire una serie di fornelli tali da ottenere un'interruzione della lunghezza da 60 a 100 m. La carica in tal caso va calcolata, ponendo di massima  $n = 1,80$ , cioè  $C' = 4,50 C$  e la lunghezza d'intasamento facendo  $L = n \cdot h$  (P.S. 1912, pp. 5-27).

#### 6 - Contributi e ringraziamenti

**Nel presente contributo i paragrafi 3, 3.1, 3.2 e 5 sono di Maria Antonietta Breda. Gli altri paragrafi sono di tutti e tre gli autori.**

**La restituzione su CAD e le tavole sono state effettuate da Roberto Basilico e Sara Fumagalli.**

Alle operazioni di studio e di rilievo delle opere hanno partecipato, oltre agli autori del presente contributo, le seguenti persone alle quali va il nostro ringraziamento: Roberto Basilico, Claudio Carnello, Laura Coos, Luca Fachera, Maurizio Gatti, Francesco Ragozzino. Si ringrazia la Polizia Municipale di Menaggio e in particolare Moreno Ortelli. Si ringrazia l'Associazione Nazionale Alpini Sezione di Como Gruppo di Menaggio e in particolare Tino Ortelli. Si ringrazia l'Associazione Turistica Castello di

Veio, la Famiglia Greppi ed in particolare Marco Airoidi. Si ringrazia l'Amministrazione Comunale di Briennio ed in particolare il Sindaco, Patrizia Nava. Si ringrazia il Terzo Reparto Infrastrutture Ufficio Demanio del Genio Militare di Milano ed in particolare il Maggiore Fernando Pusceddu. Si ringrazia inoltre l'Archivio Storico del Museo Storico Italiano della Guerra di Rovereto ed in particolare Nicola Fontana. Si ringrazia il Museo della Guerra Bianca in Adamello e in particolare Antonio Trotti.

#### 7 - Bibliografia

Belloni L.M. 1990, *Occupazione avanzata frontiera nord "O.A.F.N." analisi storico-tipologica dell'impianto*, in Allevi P., Roncai L. -a cura di-, *Architettura fortificata in Lombardia*, Editrice Turrus, Cremona, pp. 30-33.

Cadorna L. 1925, *Altre pagine sulla Grande Guerra*, Mondadori A., Milano.

Chiari O. 2007, *Le mie montagne*, Arti Grafiche Pizzi, Milano.

Comando del Corpo di Stato Maggiore Ufficio Difesa dello Stato s.d., *Sunto dei precedenti relativi alle difese fra il Lago Maggiore ed il Lago di Como*, dattiloscritto in Archivio Storico del Museo Storico Italiano della Guerra di Rovereto.

Enciclopedia Rizzoli Larousse 2003, *Enciclopedia*, vol. 4, Milano.

Giussani A. 1905, *Il Forte di Fuentes. Episodi e documenti di una lotta secolare per il dominio della Valtellina*, Tipografia Editrice Ostinelli, Como.

Livio T., *Storia di Roma dalla sua fondazione*, Scandola M. (trad. di), vol. I (Libri I-III), Biblioteca Universale Rizzoli, Milano 1997.

P.S. 1912, *Riassunto delle esperienze di mina eseguite dal 1900 al 1910 presso il 5° Reggimento Genio per distruggere gallerie ferroviarie*, in *Rivista di Artiglieria e Genio*, Vol. I, Tipografia Enrico Voghera, Roma, pp. 5-27.

Touring Club Italiano 1930, *Sui campi di battaglia del Medio e Basso Isonzo*, Milano.

Trotti A. 2011, *Le grandi opere in caverna della Frontiera Nord. I sistemi difensivi e le grandi opere fortificate in Lombardia tra l'Età Moderna e la Grande Guerra*, Vol. 2, Regione Lombardia, Museo della Guerra Bianca in Adamello, Varese.