

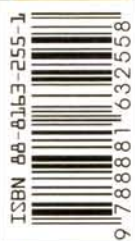


**SOCIETÀ
SPELEOLOGICA
ITALIANA**

**COMMISSIONE
NAZIONALE
CAVITÀ
ARTIFICIALI**

OPERA IPOGEA

Alla scoperta delle antiche opere sotterranee



ISBN 88-8163-255-1

9 788881 632558

2001

1



OPERE MILITARI

**Il Pastiss di Torino
Gallerie della Grande Guerra nel
Col di Lana (Treviso)**

OPERE IDRAULICHE

**Cisterne Puniche a Pantelleria
Il Traversante di Trebbia (Piacenza)**

Il Traversante di Trebbia

Indagini speleologiche per l'accertamento dello stato della galleria di subalveo in località Mirafiori di Rivergaro (PC)

Mauro Chiesi

Società Speleologica Italiana, G.S.P. "G. Chierici" - Reggio Emilia



Riassunto

Il Traversante di Trebbia, una galleria drenante di subalveo costruita in laterizio nel 1865 per aumentare la disponibilità estiva delle acque per l'irrigazione, sin dalla sua costruzione ha mostrato una scarsa efficienza idraulica, generando forti polemiche nel mondo economico di quella provincia.

Il Consorzio di Bonifica Bacini Tidone - Trebbia, attuale gestore, ha incaricato nel luglio del 2000 la Società Speleologica Italiana dell'esecuzione di indagini finalizzate a determinare lo stato di consistenza della galleria di sub-alveo in località Mirafiori di Rivergaro (PC).

Le indagini, rese necessarie a seguito della apertura di alcune vistose fessurazioni nella volta, hanno comportato una serie di attività speleologiche, di seguito brevemente descritte. Il rilievo di precisione ha permesso di evidenziare il dissesto e di avanzare alcune ipotesi sulle cause. Le recenti piene eccezionali del novembre 2000 hanno purtroppo confermato la sottoescavazione del manufatto che, nei tratti in dissesto precedentemente rilevati, è oggi completamente occluso da riempimenti ghiaiosi iniettati nella galleria dal basso per causa di cavitazione. Per questo la lunga storia sull'efficienza del traversante di Trebbia, ricca di non poche polemiche, è tutt'altro che conclusa.

Parole chiave: opere idrauliche, bonifica, speleotemi, Piacenza.

Abstract

Traversante di Trebbia is a drainage tunnel made of brick built on 1865 to increase irrigation water amount during summer time. The tunnel, from its construction, doesn't work properly. This has generated some economic problems in the surrounding area. The Italian Spelaeological Society has been instructed, during July 2000, by Consorzio di Bonifica Bacini Tidone-Trebbia to investigate about the tunnel condition under riverbed near Mirafiori di Rivergaro (Piacenza, Italy).

Key words: hydraulic works, reclamation, speleothems, Piacenza.

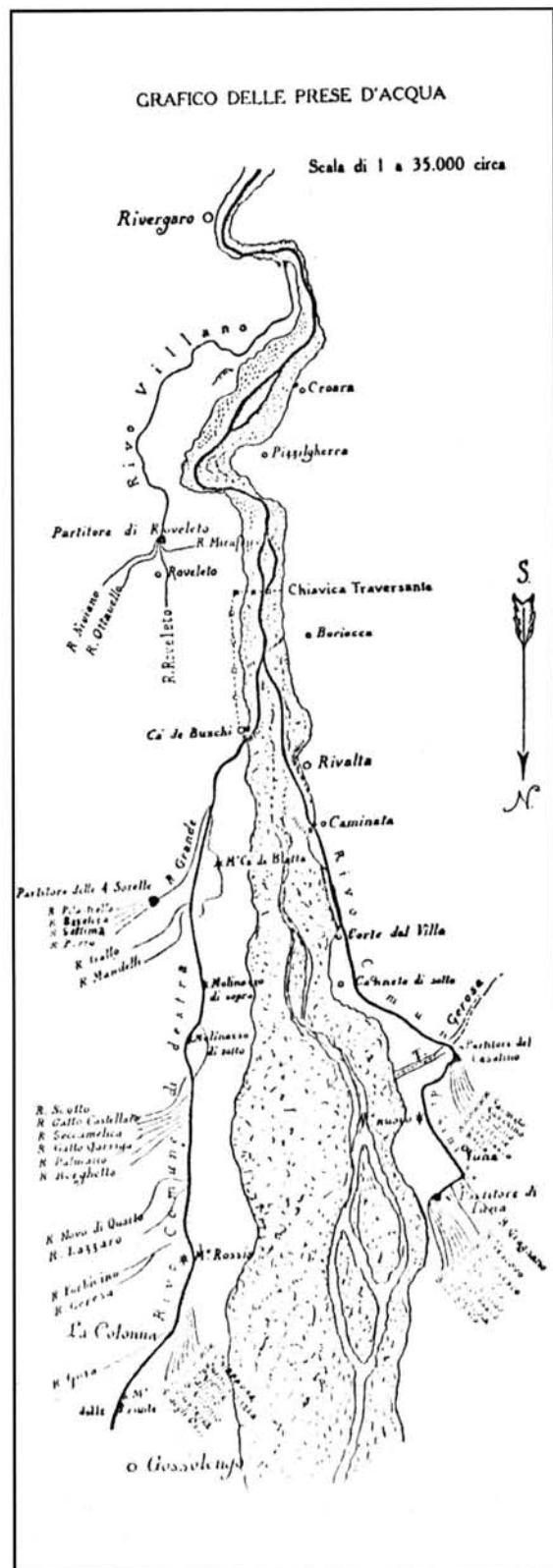
Inquadramento storico ed economico

La "Condotta Piacentina delle acque del Trebbia", vale a dire l'insieme delle opere idrauliche di presa e distribuzione delle acque superficiali del fiume Trebbia (originariamente a fini plurimi: potabili, irrigui e industriali, fondamentali per il funzionamento dei mulini e dei primi opifici), ha un'origine assai antica.

...In un Diploma dell'874 Ludovico II, Imperatore Augusto, trasmette in potestà e do-

minio alla consorte Imperatrice Angilberga gli antichi acquedotti della contea piacentina affinché a suo grado essa possa mutarne il corso e costruirne dei nuovi in pubblico suolo, ogni opposizione o turbativa da parte pubblica interamente rimossa... (Della Cella, 1911).

Dell'importanza socioeconomica della condotta testimoniano i complessi passaggi di proprietà, i lasciti, i regolamenti d'uso e gli editti che si sono succeduti nei secoli.



Due importanti verifiche datano rispettivamente 1589, ad opera dei Magistrati ducali farnesiani, e 1790, per ordine del Regio Supremo Consiglio di Giustizia, in contraddittorio con il Comune di Piacenza ed i Consorzi dei rivi. Il Comune di Piacenza, principale utente investito per consuetudine e per legge del 1585 della gestione della Condotta (per la quale riceveva dagli altri utenti un *canone* "...violentemente negato") aveva il diritto di richiamare in città, attraverso rivi e canali, tutta l'acqua disponibile per *bisogni straordinari* (per igiene, per la fiera o altro).

La grande variabilità della portata del "torrente fiume" obbligava la Condotta ad emanare continuamente rigidi regolamenti d'uso, distinti in quattro regimi di distribuzione delle acque in dipendenza delle due secche, estiva e invernale. Per aumentare definitivamente la quantità d'acqua erogabile in periodo di magra fu costruito, nel periodo 1865-1868, il Traversante: una galleria drenante di subalveo che mediante un condotto sotterraneo ne derivasse l'acqua così drenata alla rete distributiva della Condotta. Il modo di costruzione e in particolare la localizzazione dell'opera furono da subito violentemente contestate dagli ingegneri piacentini. L'opera, progettata dall'Ing. Cesare Valerio di Torino (si era appena compiuta l'unità d'Italia...), era stata preventivata della capacità di un metro cubo al secondo e del costo di 300.000 Lire ...costò quasi mezzo milione e non riuscì a dare più di 270 litri al secondo... (Della Cella, 1911).

Tra le miglione al sistema della Condotta piacentina di Trebbia il Della Cella conclude poi "...di provvedere a riparare il Traversante, il quale ha bisogno di radicali riparazioni, la galleria di presa minacciando rovina..."

Figura 1: Schema delle prese d'acqua lungo il fiume Trebbia. Al centro si nota la "chiavica traversante" (da: Della Cella G., 1911, modificato).



Foto 1: Un aspetto della galleria (foto G. Badino).

Attrezzamenti della galleria

Per agevolare e rendere più sicuro l'accesso e la progressione nella galleria parzialmente allagata, è stato installato un corrimano cui affrancarsi con cordino e moschettone. Sulla volta, ogni 10 metri, sono stati fissati cartellini numerati (da 1 a 29) per facilitare l'individuazione della progressiva.

Essendo risultato impossibile l'utilizzo di radio ricetrasmittenti, è stata installata una linea telefonica (doppino bianco/rosso) per consentire la comunicazione tra le varie stazioni del tubo, del tipo utilizzato correntemente dal CNSAS - Soccorso Speleologico in operazioni in grotta.

Nel corso dei lavori si è anche proceduto alla completa rimozione di imponenti fasci di radici che, penetrate all'interno della galleria dai fori e dalle bocche drenanti, ne occupavano la sezione con ammassi estesi per oltre 12/15 metri. Le radici sono state tagliate, raccolte e sollevate con paranco sino

al pianerottolo di accesso alle due scale di discesa.

I rilievi

Il rilievo celerimetrico della galleria è stato eseguito con una stazione totale motorizzata Zeiss S10 di precisione 3cc [1mm+/-2ppm], posizionata su una piattaforma appositamente predisposta dal Consorzio al fine di disporre di una base di appoggio solida e isolata dall'acqua (in questo punto con altezza di 70 cm ca. e con forte corrente). Non poche sono state le difficoltà di lettura a causa della condensa prodotta dagli operatori e dalle copiose venute d'acqua dalla volta.

L'utilizzo del telefono si è dimostrato assolutamente indispensabile: solamente grazie al costante colloquio tra l'operatore addetto al prisma e il rilevatore allo strumento, infatti, è stato possibile individuare "finestre visive" non occupate da cascate d'acqua o radici.



Foto 2: Rilievo esterno dei pozzetti di ispezione (foto M. Chiesi).

Il rilievo interno, oltre ad inquadrare la geometria (sezioni trasversali, pozzetti di ispezione con passi d'uomo ecc.), è stato rivolto alla individuazione puntuale delle fratturazioni presenti e delle discontinuità del fondo e si è completato, con la chiusura delle poligonali, mediante il rilevamento delle strutture esterne (casa di guardia, argine fluviale, briglia, coperchi dei pozzetti di ispezione, alveo a monte e a valle della briglia, ecc.).

Tutto ciò ha permesso la restituzione di un rilievo di estremo dettaglio, con visualizzazione tridimensionale dell'andamento delle fratturazioni rilevate all'interno della galleria.

Si è provveduto inoltre al rilievo manuale degli elementi costruttivi particolari, qua-



Foto 3: Rilievo interno (foto M. Chiesi).

li le strutture a pozzetto verticale che risalgono sino a livello dell'alveo (dotati di passo d'uomo), l'innesto di una piccola galleria drenante incontrata al fondo della galleria (a monte), le finestre (bocche) ed i fori drenanti compresi entro i singoli conci di laterizio.

Di queste strutture si è provveduto a riportare le caratteristiche costruttive, la loro frequenza e, nei limiti del possibile, la loro efficienza.



Foto 4: Rilievo interno: installazione della stazione celerimetrica (foto G. Badino).

Per verificare la presenza o meno di discontinuità o anomalie nella struttura della briglia in corrispondenza del profondo bacino a valle della stessa, si è proceduto ad un'attenta prospezione subacquea, eseguendo un rilievo del profilo del fondo. Per tutta la porzione di muratura visionata, non si sono individuate né discontinuità né fratturazioni.

In alcuni tratti, i più profondi (-2,5 m), sono risultate ancora in posto alcune travi lignee infisse verticalmente nelle ghiaie d'alveo a sostegno dei casseri entro i quali sono stati eseguiti i getti di conglomerato cementizio di fondazione. Il muro della briglia appariva proseguire verticalmente al disotto del profilo d'alveo.

Il giorno 30 luglio 2000 si è infine rilevata, ponderando una media di 20 prove di flusso, la portata complessiva della galleria drenante (a valle di tutti i dreni), risultata di 645 l/sec. ($\pm 5\%$).

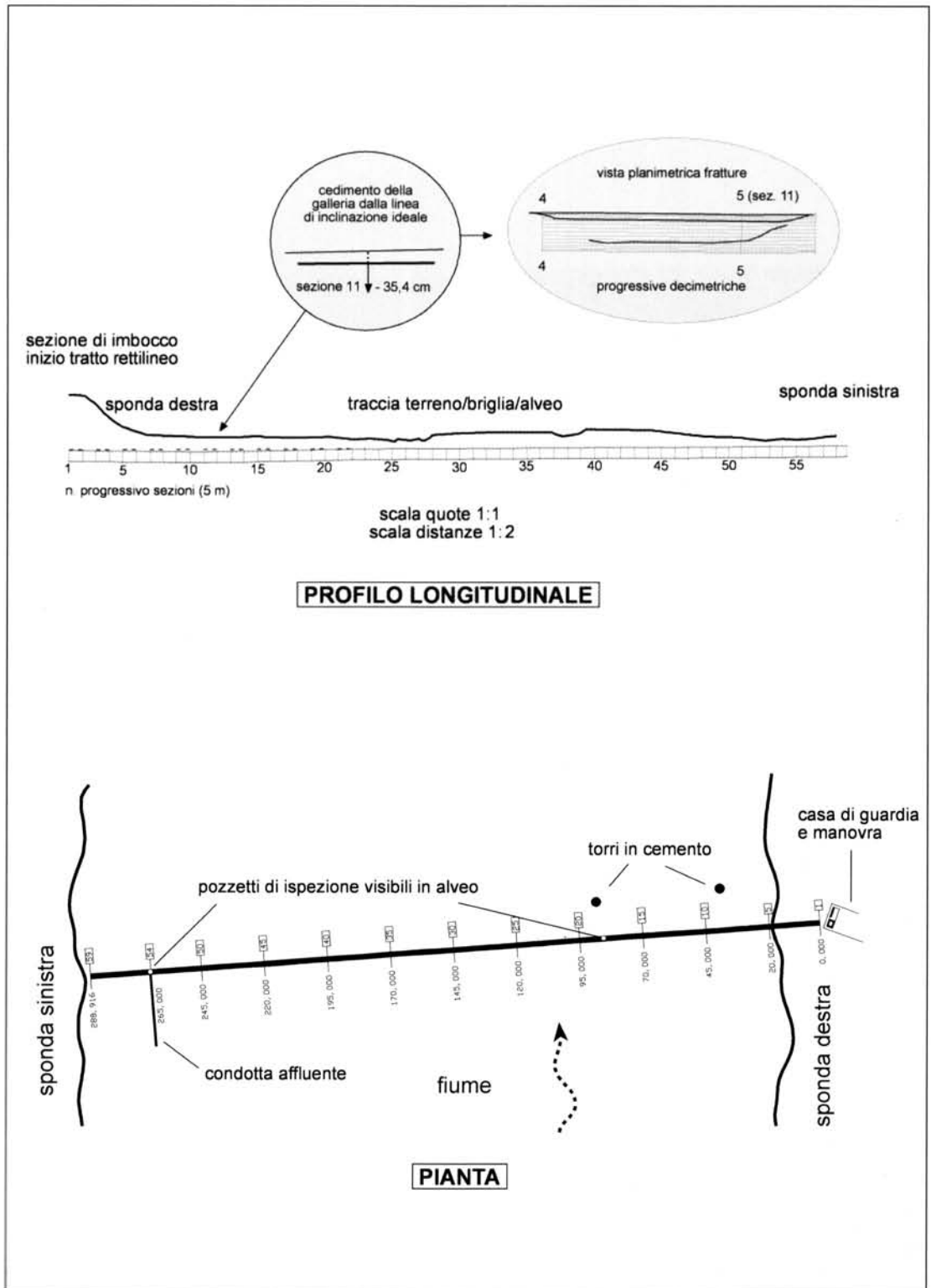


Fig. 2: Pianta e sezione del Traversante di Trebbia (grafica M. Chiesi).



Foto 5: Finestra di drenaggio, parzialmente attiva, con evidenti segni di allargamento della sezione verso la galleria (foto M. Chiesi).

Analisi

Profilo della galleria

Tracciando una retta tra i punti superiori delle estremità della galleria, il profilo rilevato mostra un evidente cedimento verso il basso tra le sezioni di rilievo 1 e 22.

Il distacco dalla linea ideale di inclinazione ha il suo massimo in corrispondenza della sezione di rilievo n. 11, compresa entro le progressive 4 e 6. In questo punto si misurano ben 35,4 cm di distanza sulla verticale.

Fessurazioni nella muratura

Tra le progressive 4 e 6 sono ben visibili rilevanti fessurazioni lungo lo sviluppo aerreo della galleria, sviluppate in senso longitudinale.



Foto 6: Corrimano con ancoraggio, cartellino di progressiva e linea telefonica (foto M. Chiesi).

Si riconoscono tre allineamenti: uno più meridionale, sul lato delle bocche drenanti, un secondo superiore al primo (e sempre al primo coerente e parallelo), ed un terzo con andamento differente. Quest'ultimo, il più evidente a causa di copiose venute d'acqua, ha un andamento - da valle verso monte - curvilineo: ha origine dal lato settentrionale della galleria, prosegue lungo l'apice della volta e si immerge poi verso il termine delle altre due linee di frattura presenti lungo il lato meridionale. In effetti, le tre linee di frattura sembrano prendere origine (o terminare) da una stessa porzione poco al disotto del livello di scorrimento delle acque della galleria. Questo fatto, unitamente alla minore separazione dei conci ed al velo di concrezione calcitica che li rilega, rende di difficile individuazio-



Foto 7: Innesto di una piccola condotta drenante posta verso il termine a monte: alcune evidenze farebbero supporre una sua costruzione successiva a quella della galleria principale (foto M. Chiesi).

ne i punti esatti di origine e termine delle fratture in esame.

Nel punto di maggiore distacco delle porzioni di muratura, in entrambi i casi, le fratture presentano una dislocazione di poco superiore a cm 2.

Lungo tutto lo sviluppo di queste fratture, infine, il fondo della galleria risulta disconnesso ed eroso profondamente, in particolare verso il lato settentrionale (di

Foto 8 (pag. a fianco): interno della galleria (foto G. Badino).



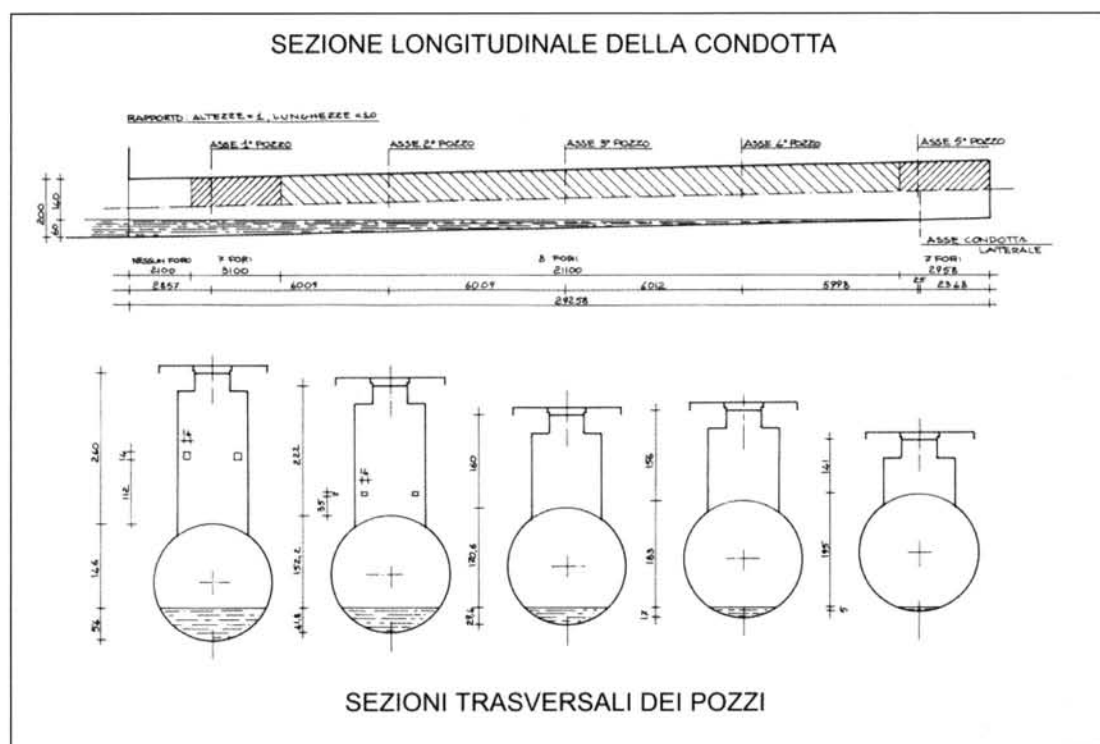


Fig. 3: Sezione del condotto (grafica W. Formella).

valle), con sfondi sub-circolari che superano la profondità di un metro. La forma di queste erosioni è tipica degli effetti di cavitazione in materiale incoerente.

A questo tratto sconnesso di galleria corrisponde, all'esterno, la profonda buca esplorata con tecnica subacquea.

I fori drenanti

Sono piccoli fori, del diametro di mm 25, inclusi nel corpo dei singoli mattoni e passanti longitudinalmente. I conci dotati di fori drenanti sono disposti lungo la muratura della galleria secondo linee orizzontali pressoché costanti, sul lato a monte, e sono rilevabili dalla linea di scorrimento dell'acqua sino all'apice della volta e, in alcuni tratti, anche poco oltre.

Se la distribuzione dei fori sulle file appare nel complesso omogenea, evidente è la loro scarsissima efficienza idraulica: la stragrande maggioranza di essi è, infatti, occlusa dal concrezionamento calcareo, da radici di piante, da inclusioni lapidee (ciotoli) a loro volta rilegate da concrezione.

Le bocche drenanti

Sono finestre di drenaggio, di diversa dimensione, posizionate all'incirca su uno stesso livello della parete a monte della galleria ed eseguite in opera.

Le differenti dimensioni di queste bocche, apparentemente suddivise in due famiglie (7x16 e 25x35 cm), derivano da successive opere manuali di allargamento (scalpellature) eseguite dall'interno della galleria.



Foto 9: Fori drenanti inclusi nei mattoni; si noti la scarsa attività a causa delle occlusioni da concrezione (foto M. Chiesi).

Neppure la distribuzione appare omogenea, come desumibile dal rilievo della loro frequenza riferito alle tratte di galleria.

La loro efficienza complessiva è comunque modesta: molte risultano completamente, o quasi, inattive rappresentando la via preferenziale di penetrazione nella galleria drenante di grossi fasci di radici di piante latifoglie.

Nel complesso le bocche drenanti sono 82, comprendendo in questo numero la piccola galleria drenante affluente, descritta oltre. Il 10% appare completamente ostruito e inattivo, il 7% drena insensibilmente ed il 10% si trova al disotto della linea di scorrimento dell'acqua nella galleria (tratte terminali); da ciò deriva che solamente 3/4 delle bocche svolge attivamente funzione dre-

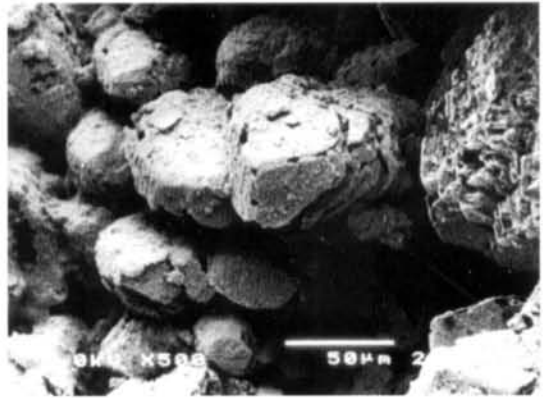


Foto 10: Immagine al microscopio elettronico SEM - si notano cristalli di neoformazione con base corrosa (foto Università di Bologna - Dip. Scienze della Terra).

nante, seppure con variabile, modesta, efficienza.

Gli speleotemi

La galleria drenante, sin dalle sue porzioni terminali (allo sbocco nel grande pozzo di accesso) appare fortemente concrezionata: un velo di calcite ne ricopre gran parte della superficie, occlude i fori drenanti e forma, a tratti, piccole cortine e vele stalattitiche.

Anche la scalinata di accesso, realizzata con gradini di granito a sbalzo, nella sua parte terminale è fortemente concrezionata con vaschette (gours) e cortine stalattitiche. All'interno delle vaschette non sono state rinvenute pisoliti.

Nel complesso il concrezionamento appare in fase di corrosione: alcune evidenti porzioni della galleria, infatti, appaiono completamente libere dal velo calcitico che si interrompe bruscamente con margini fortemente sfrangiati.

L'osservazione al microscopio ha evidenziato come le bande di accrescimento delle concrezioni in analisi appaiono profondamente incise e defoliate da evidenti corrosioni. Le strutture di accrescimento primario corrose, tuttavia, mostrano anche inclusioni di cristalli di neoformazione, segno inequivocabile di cicli temporanei di rideposizione del carbonato di calcio. La sezione sottile di una piccola stalattite, in particolare, mostra perfettamente il canalicolo

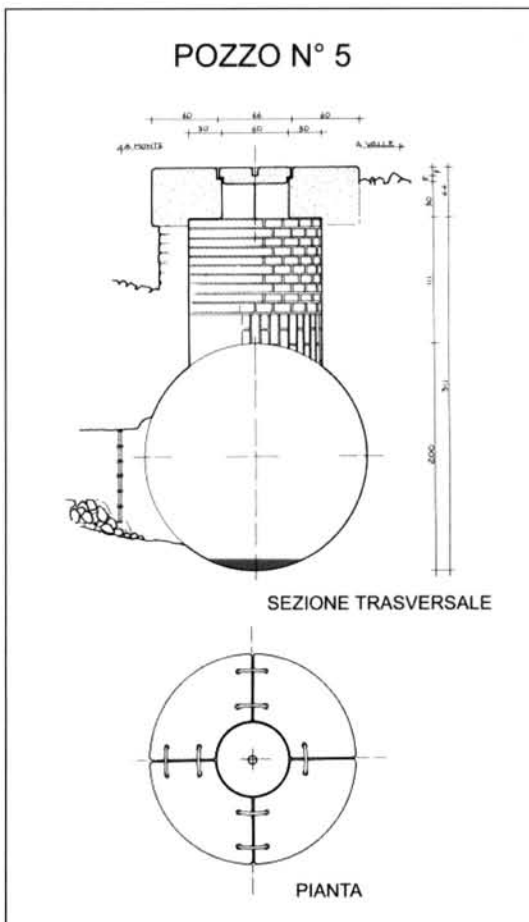


Fig. 4: Pianta e sez. del pozzo n.5 (grafica W. Fornella).

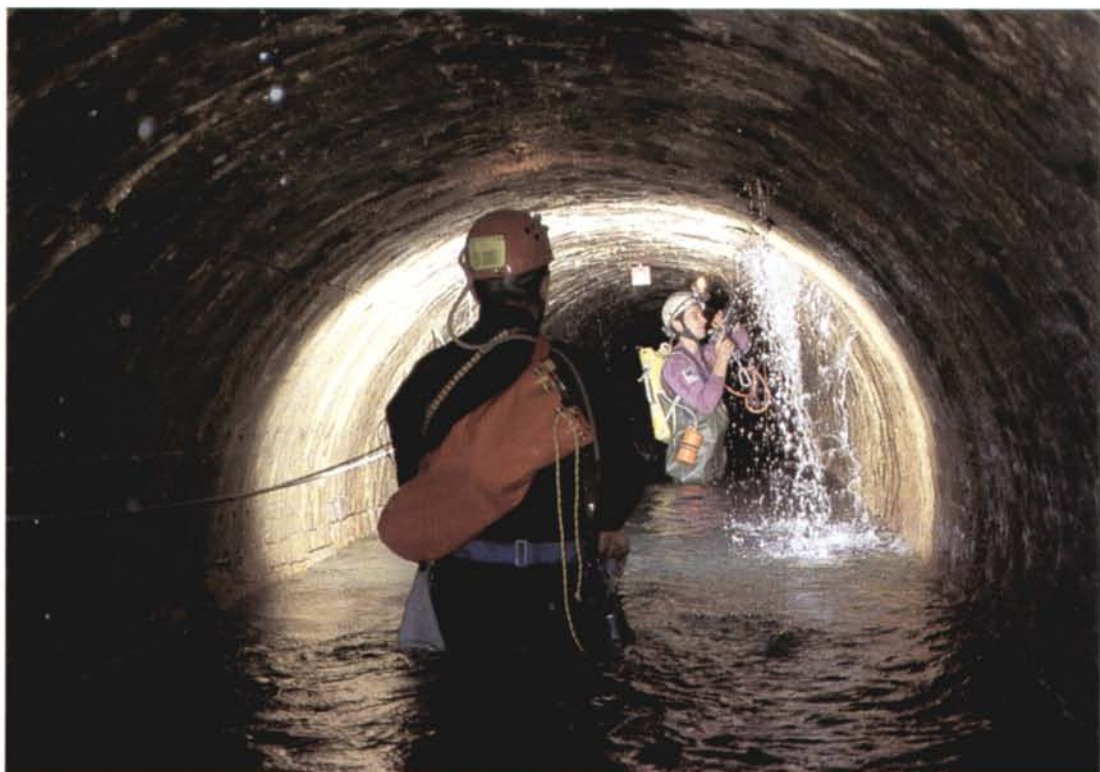


Foto 11 e 12 (pag. a fianco): Abbondanti infiltrazioni d'acqua dalle fessure della galleria (foto G. Badino e M. Chiesi).

capillare originario che, verso l'apice di accrescimento, è corroso ma ingloba cristalli di neo-formazione.

Da queste considerazioni, quindi, vengono tratte le seguenti conclusioni:

1. il concrezionamento della galleria è avvenuto immediatamente a seguito della sua attivazione: le soluzioni acquose circolanti all'interno della muratura (a malta di calce) ne hanno mobilizzato il carbonato di calcio, saturandosi. Allo sbocco nella galleria (brusco passaggio da condizione freatica a vadosa) la conseguente diffusione della CO_2 nell'atmosfera, unitamente all'evaporazione, rendeva immediatamente soprassature le acque di percolazione che depositavano quindi speleotemi carbonatici.

2. il concrezionamento ha rilegato velocemente tutta la superficie aerea della galleria, occludendo la stragrande maggioranza dei fori di drenaggio.

3. la fonte di carbonati solubili provenienti

dalla malta legante si è ben presto esaurita ed il concrezionamento conseguente si è fortemente ridotto, risultando in dipendenza esclusiva della qualità delle acque drenate.

4. nella fase attuale le acque percolanti, nel loro complesso, risultano corrosive (sottosature) rispetto alle concrezioni prima depositate. I grandi fasci di radici di piante latifoglie che si spingono sin dentro la galleria e l'ossidazione del materiale organico presente naturalmente nelle acque di questa tratto del Trebbia (fortemente inquinate) sono, infine, la causa della oscillazione stagionale della concentrazione di CO_2 , responsabile dei cicli di corrosione e rideposizione (cristalli di neoformazione) osservati nelle concrezioni analizzate.

La galleria drenante affluente

La piccola galleria drenante incontrata a monte della galleria principale rappresenta l'affluente di maggiore rilievo. Ha anda-



mento rettilineo quasi perpendicolare alla galleria principale e sezione leggermente ad ogiva, in gran parte occupata da ciottoli fluviali arrotondati.

Alcune evidenze farebbero supporre una sua costruzione successiva a quella della galleria principale: i segni di scalpellature sulla parete della galleria principale, la brusca interruzione dei fori di drenaggio nella muratura principale, l'assenza di immorsature nella muratura, la posizione della grata in ferro, che risulta addossata all'esterno del muro della galleria principale.

La presenza di una robustissima grata in ferro ne impedisce l'accesso, lasciando così incerti andamento, inclinazione, lunghezza complessiva e eventuali strutture collegate (all'esterno non sono conosciute strutture che si possano in qualche modo collegare all'esistenza di tale galleria).

Le conclusioni estive (luglio 2000...)

Il Traversante del Trebbia è un'opera idraulica sotterranea di sicuro interesse per la speleologia in cavità artificiali. I rilievi eseguiti hanno mostrato una scarsa efficienza idraulica complessiva delle gallerie drenanti, che mostra segni di cedimento strutturale con fessurazioni importanti, puntualmente rilevate e restituite secondo modelli 3D di precisione.

Per quanto di competenza, sono state avanzate all'Ente gestore alcune proposte di approfondimento del percorso di ricerca.

1. prospezione e rilievo della piccola condotta affluente

Il maggiore apporto idrico della galleria drenante è costituito dalla piccola galleria affluente, ad essa perpendicolare. Previa la rimozione temporanea della grata, e utilizzando attrezzature di progressione subacquea, sarebbe assai interessante rilevarne lo stato di conservazione, l'andamento e l'estensione e le eventuali strutture ad esse collegate.

2. prospezione di controllo della galleria di adduzione

Estendendo la linea telefonica di servizio ed utilizzando le medesime attrezzature di progressione personale già testate nel corso del lavoro svolto entro la galleria drenante, sarebbe importante estendere i rilievi alla galleria di adduzione di valle. Di sicuro interesse, infatti, potrebbe rilevarsi l'individuazione di ulteriori fratturazioni, erosioni delle murature, perdite o catture di acque da e per la falda superficiale.

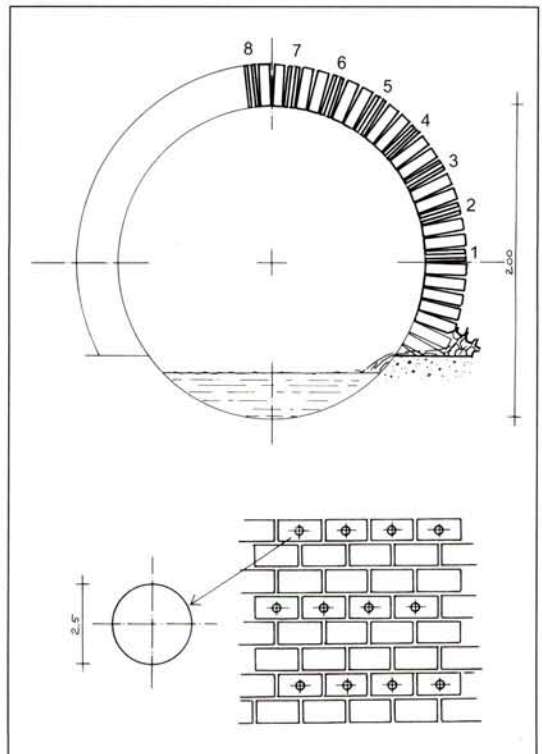


Fig. 5: Sezione trasversale tipo della galleria e disposizione dei fori drenanti (grafica W. Fornella).

3. installazione di fessurimetri digitali con allarme

Sono oggi disponibili strumenti di misurazione elettronica in continuo, in grado di misurare piccolissime variazioni di posizione di punti fissi. Possiedono un campo di misura di $\pm 1,25\text{ mm}$ ($2,5\text{ mm}$ totali) con una risoluzione di $1/100\text{ mm}$, gestito da un datalogger elettronico in grado di registrare le misure a intervalli predeterminati, segnalare otticamente o con sonoro il superamento delle soglie di allarme reimpostate o inviare allarmi radio o via cavo ad una centralina di controllo remota. Lo strumento è programmabile tramite PC ed è completamente autonomo essendo alimentato a batterie di lunga durata. Si ha motivo di ritenere tale metodologia di controllo applicabile utilmente al caso in

esame

4. controllo periodico efficienza dei dreni

I dreni della galleria andrebbero costantemente (stagionalmente) liberati dalla occlusione da parte di radici arboree e, conseguentemente dai veli di concrezione.

Le piene del novembre 2000 e... una condotta piena di ghiaia

Il novembre del 2000 verrà ricordato per le imponenti piene dei fiumi dell'Italia settentrionale. Nel settore appenninico, poi, si sono registrati ben due eventi a distanza di pochi giorni che hanno causato gravi danni. Nel Trebbia, il 6 e il 16 novembre, si sono registrate portate eccezionali, con tempi di ritorno centenario [il tempo di ritorno di un evento è l'intervallo che mediamente ci si attende trascorra tra due fenomeni di

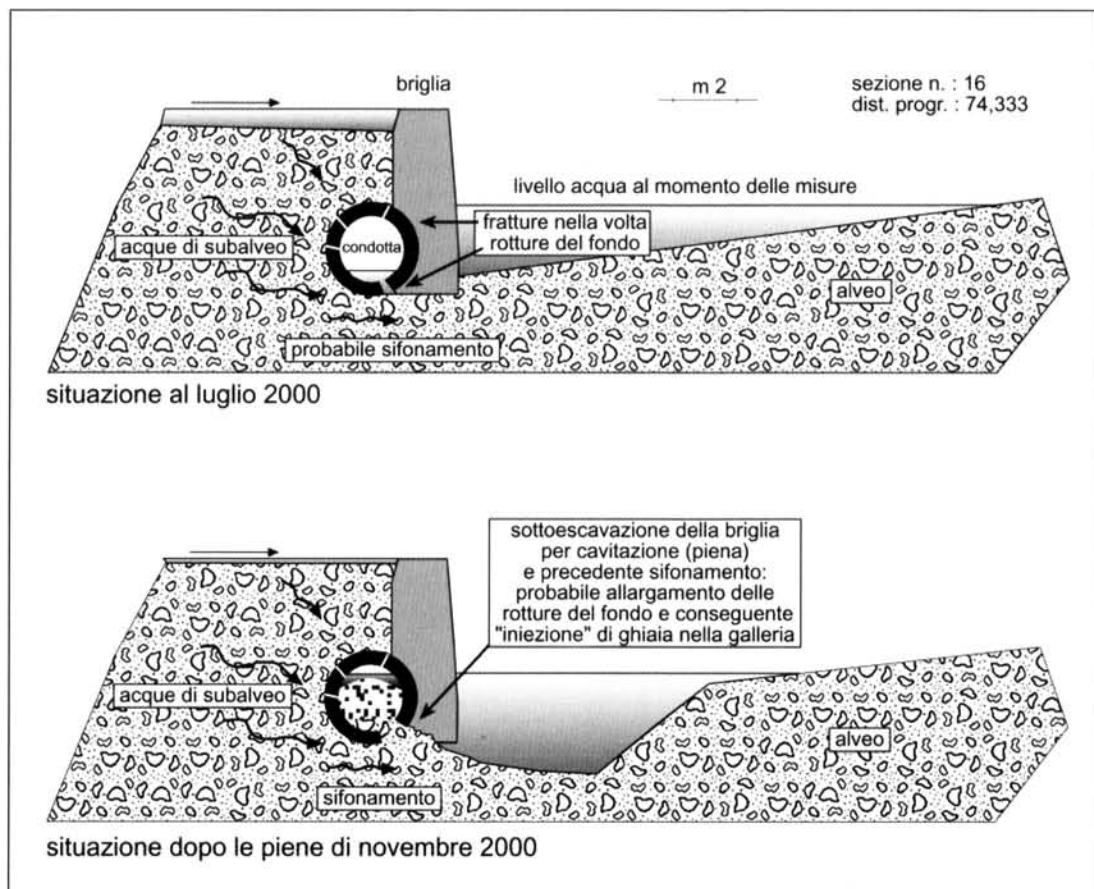


Fig. 6: Schema delle infiltrazioni dovute alle piene del novembre 2000 (grafica M. Chiesi).



Foto 14: Il greto del Trebbia dopo le alluvioni del novembre 2000 - in primo piano la briglia sotto la quale si trova il traversante ed una delle torri in cemento, completamente divelte (foto M. Chiesi).

pari intensità. Viene di solito calcolato con metodi probabilistici. N.d.R.]. A valle ed a monte della briglia che protegge la galleria drenante, a titolo di esempio, sono stati letteralmente spazzati via molti dei manufatti idraulici storici. Ciò ha spinto il Consorzio di Bonifica (già alle prese con la progettazione delle opere di ripristino necessarie alla riparazione dei cedimenti da noi rilevati) a richiedere un sopralluogo di controllo dello stato interno della galleria. Il timore era quello che fosse proseguita l'opera di sottoescavazione della briglia e, conseguentemente, potessero essersi prodotti ulteriori cedimenti verso il basso della struttura.

Nei giorni di piena e in quelli seguenti, poi, era stato notato come la galleria fosse completamente attiva (cosa mai avvenuta dalla sua costruzione!), veicolante acqua molto torbida, plastiche, rami, ecc. Quindi, appena tornato alla normalità il livello dell'acqua nella galleria, siamo andati a vede-

re se fosse successo davvero qualche cosa (era il 20 dicembre 2000) ...

Appena entrati nella galleria, accedendo come al solito dal pozzo di accesso, ci siamo accorti dell'anomala presenza di ghiaia sul fondo. Fatti pochi passi, in forte ascesa, ci si è subito resi conto che stavamo risalendo un potente accumulo di ghiaie di notevoli dimensioni (diametri e assi maggiori anche superiori ai 30 cm): poco oltre la progressiva 3 lo spazio tra la volta e il "nuovo" fondo era di soli 60 cm; alla progressiva 4 lo spazio d'aria diminuiva a soli 15 cm.

Controllando il riempimento abbiamo trovato, incastrata tra le ghiaie, un pezzo di tavola di legno (20x120 cm, con spessore 4 cm) identica a quelle osservate nella verifica subacquea della briglia.

Perché, come e dove esattamente si è rotta la galleria (al punto da fare entrare una massa così grande di ghiaia - stimata poi, attraverso l'apertura del passo d'uomo a

monte dell'area in dissesto, in oltre 40 metri cubi di materiale iniettato) è l'oggetto delle discussioni di questi giorni in cui, per colmo, continua a piovere sul bagnato.

I Tecnici della Bonifica propendono per una rottura della volta (assolutamente invisibile sia dall'interno che dall'esterno), gli speleologi per un forzato allargamento degli sfondamenti del fondo. Unica certezza: la rottura (molto grande) si deve essere prodotta dove abbiamo rilevato le fratture e gli sfondamenti del fondo e dove avevamo indicato (a posteriori e un po' tardivamente), di installare i fessurimetri.

Secondo le nostre osservazioni e conoscenze, non è improbabile che la causa sia da ricercare nella sottoescavazione della struttura, per due concause:

1) il sifonamento (fenomeno che nel tempo ha prodotto il cedimento verso il basso della struttura della galleria - mentre la briglia risulta ancora oggi perfettamente "in posto");

2) una eccezionale cavitazione, causata dalla piena.

L'enorme massa d'acqua, forzata da un innalzamento con tempo di ritorno secolare del livello di piena del Trebbia, ha sicuramente causato alla base della cascata a valle della briglia una fortissima cavitazione che, con una azione simile a quella di un martello demolitore, ha allargato gli sfondamenti già presenti alla base

della galleria (vedi fig. 6). Allargandoli progressivamente ha quindi richiamato sempre più consistenti masse d'acqua in pressione all'interno della galleria (che si trovava, in condizioni vadose, almeno 6-8 metri al di sotto della lama d'acqua).

La distruzione delle due grandi torri-pozzo in calcestruzzo - una delle quali è totalmente scomparsa - che erano erette ad una decina di metri a valle della briglia, ci dimostra quali forze fossero in gioco (vedi foto 14).

Ringraziamento

Un particolare ringraziamento va alla ditta TRC di Aronne Pellini (Via Manzoni n.20 - Novellara (RE), e-mail: trc@2ainfo.it), per la particolare cura e disponibilità mostrata nell'effettuazione di un così poco usuale rilievo topografico, con strumenti ad altissima risoluzione non predisposti per l'utilizzo in ipogeo. Paolo Forti ha gentilmente analizzato e discusso gli Speleotemi.

Hanno inoltre attivamente contribuito alla buona riuscita del lavoro della SSI numerosi speleologi dei gruppi di Reggio Emilia (GSPGC) e di Torino (GSP): Alessandro Casadei Turrone, Giovanni Badino, Roberto Chiabodo, Enrica Mattioli, William Formella, Marco Bonomi, Massimo Neviani, Laura Costantini, Marco Franchi, Carlo Malavasi.

Bibliografia essenziale

DELLA CELLA G., 1911, *La condotta piacentina delle acque del Trebbia, note storiche e pratiche*; estratto dal giornale "L'Agricoltura piacentina", Bollettino della Cattedra amb. di agr. di Piacenza - anno IV - 1911, Stabilimento Tipografico Piacentino, Piacenza, 1-21

CARRÀ E., 1979, *Il Traversante*; Piacenza Economica, rivista trimestrale della C.C.I.A.A. di Piacenza - anno XXVI, nuova serie, numero 2, settembre 1979, Piacenza, 74-80

SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA, 2000, *Indagini per l'accertamento dello stato di consistenza della galleria di subalveo in località Mirafiori di Rivergaro (PC), prospezioni e analisi speleologiche del Traversante di Trebbia; relazione tecnica con allegati grafici di rilievo in formato cartaceo e informatico*, Centro Italiano di Documentazione Speleologica F. Anelli, Bologna, inedito.

Note

1) lavoro svolto dalla Società Speleologica Italiana per conto del CONSORZIO BACINI TIDONE TREBBIA - Viale E. Fermi, 33 - Borgonovo V.T. (PC); copia della relazione ufficiale, datata 20 settembre 2000, comprensiva dei files di rilievo celerimetrico e tridimensionale è conservata presso il Centro Italiano di Documentazione Speleologica Franco Anelli, Via Zamboni 67, Bologna (www.cds.speleo.it).