

Esplorazione, rilievo e studio dell'Acquedotto romano di Bologna

Danilo Demaria¹, Emanuele Casagrande¹, Nicoletta Lembo¹, Nevio Preti¹ e Paolo Forti¹

Riassunto

Il centro della Città di Bologna, caso unico nel panorama nazionale, è ancora attualmente rifornito di acqua potabile attraverso un lungo percorso sotterraneo, realizzato dai Romani duemila anni fa.

In questo lungo periodo l'acquedotto ha subito importanti modifiche e periodi di quasi totale abbandono. Comunque, all'inizio del terzo millennio, una parte del suo percorso non era più conosciuta e altre porzioni avevano perso molta della loro funzionalità.

Dal 2004 il Gruppo Speleologico Bolognese e l'Unione Speleologica Bolognese decidevano di intraprendere un lavoro sistematico di esplorazione e studio dell'acquedotto romano nel suo complesso.

Per oltre 5 anni questo progetto ha impegnato complessivamente 80 soci che, in 185 uscite per complessive 2150 ore/uomo nell'acquedotto e 2500 ore di lavoro "a tavolino", hanno rilevato, documentato e studiato oltre 20 chilometri di gallerie sotterranee.

È stato realizzato un archivio fotografico, che comprende tutte le peculiarità morfologiche, architettoniche e storiche della struttura. Si è anche risaliti a tutte le fonti scritte che hanno trattato, nei secoli, dell'acquedotto romano di Bologna.

Un altro motivo di grande interesse è risultato lo studio di dettaglio del suo concrezionamento, dato che l'acquedotto ospita al suo interno speleotemi assolutamente peculiari e, almeno attualmente, unici al mondo.

Infine il lavoro sistematico e corale di GSB e USB ha permesso di realizzare una grande monografia che potrà servire nel prossimo futuro come base per progettare e realizzare analoghi studi in altre aree del nostro Paese.

PAROLE CHIAVE: acquedotto, speleotemi, archivio fotografico, Bologna.

Abstract

EXPLORATION, SURVEY AND STUDY OF THE ROMAN AQUEDUCT OF BOLOGNA (ITALY)

Bologna is the single large urban centre of Italy still fed by a long underground aqueduct, built by the Romans some 2 thousand years ago.

In this rather long time interval this aqueduct underwent heavy modifications and periods of rather complete neglect. At the beginning of the third millennium, a large portion of its development was unknown and other parts had lost their functionality.

In 2004 the Gruppo Speleologico Bolognese and Unione Speleologica Bolognese decided to start a systematic exploration and study of the whole Roman aqueduct.

In over 5 years a total of 80 cavers spent 185 working days, for a total of 2150 hour/man inside the aqueduct and 2500 at home, to study and map over 20kms of underground passages.

During this period a large photographic archive was settled up, to document all the morphological, architectural and historical features of the Roman aqueduct. A complete bibliographical research has been also performed to find out all the written documents produced in the centuries on this artifact.

During this project, the systematic study of the hosted secondary chemical deposits proved to be of extreme interest. In fact some peculiar speleothems have been observed: two of them are, until now, unique to this environment.

Finally the systematic work performed by the whole of GSB and USB allowed to realize a thorough monography, which will be useful in the near future as starting point to plan and realize similar studies in other areas of our Country.

KEY WORDS: aqueduct, speleothems, photo archive, Bologna.

¹ Gruppo Speleologico Bolognese & Unione Speleologica Bolognese, Cassero di Porta Lame, Bologna, info@gsb-usb.it

INTRODUZIONE

Il Gruppo Speleologico Bolognese e l'Unione Speleologica Bolognese hanno iniziato ad interessarsi allo studio degli ipogei artificiali quasi cinquanta anni fa con l'esplorazione ed il rilievo delle cavità in arenaria di Sasso Marconi (ANONIMO, 1964). Tali attività, pur rappresentando un aspetto sicuramente minoritario rispetto a quelle speleologiche in cavità naturali, sono state una costante in tutti questi anni: meritano di essere citate per la loro rilevanza, le esplorazioni e gli studi condotti nei sotterranei del Palazzo Ducale di Urbino (FABBRI et al., 1987) e, più recentemente, l'esplorazione e il rilevamento delle cavità all'interno del Parco Storico di Monte Sole (DEMARIA, 2002). Molti altri, comunque, sono stati i lavori svolti in tutti questi anni in cavità artificiali di minore importanza e/o sviluppo della Emilia Romagna.

L'impegno maggiore in assoluto è stato di gran lunga quello profuso nell'esplorazione dell'acquedotto romano di Bologna, che ha visto impegnati i due gruppi speleologici bolognesi per ben sei anni (dal 2004 al 2010 - GSB-USB, 2010). In realtà, in maniera sporadica, alcuni aspetti peculiari di questo manufatto erano stati oggetto di ricerche e studi specifici già molto prima (FORTI, 1988).

Nel presente lavoro, dopo un breve inquadramento storico vengono schematicamente riportate le attività di esplorazione e documentazione effettuate in questi sei anni di lavoro; vengono richiamati i motivi di grande interesse scientifico rappresentati dalla notevole presenza di speleotemi carbonatici, alcuni dei quali sino ad oggi osservati al mondo solo all'interno di questo manufatto.

INQUADRAMENTO STORICO

L'acquedotto romano di Bologna è stato realizzato, con ogni probabilità, nel corso degli ultimi 20 anni prima di Cristo, sotto il governo, e quasi certamente per volere, dell'imperatore Augusto.

Partendo dalla Val di Setta e captando parzialmente le acque di questo torrente le conduceva, attraverso un percorso della lunghezza di una ventina di chilometri, fino alle soglie dell'allora *Bononia*, suddividendosi, prima di arrivare alla città, in due rami: il primo era diretto alla parte centrale dell'abitato mentre il secondo alimentava, oltre ad un importante edificio termale cittadino, sito nei pressi dell'odierna via Saragozza, un quartiere sorto nel corso del I sec. a.C. nel quadrante sud-occidentale rispetto all'originale impianto coloniale (fig. 1).

Caratteristica di questo acquedotto – al pari di tanti altri costruiti dai Romani – è il suo svilupparsi completamente in sotterraneo, attraverso un percorso che segue il profilo dei versanti e dei corsi d'acqua: prima il Setta, poi il Reno, quindi il Ravone e infine l'Aposa.

Oltre alla fase costruttiva di età augustea sono noti alcuni importanti eventi di ristrutturazione dell'acquedotto avvenuti all'inizio del II e poi del III secolo d.C., che hanno comportato il taglio di alcuni lunghi tratti e

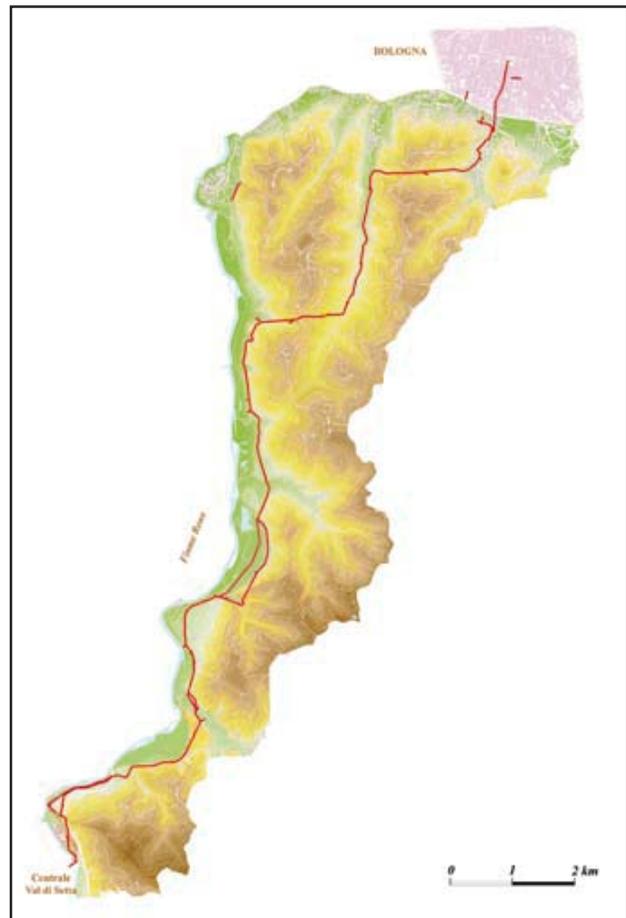


Fig. 1 - Pianta schematica dei rami attualmente conosciuti dell'acquedotto romano dalla captazione in Val di Setta ai recapiti nel centro cittadino di Bologna.

Fig. 1 - Schematic map of the actually known branches of the Roman aqueduct from the Setta Valley to the centre of Bologna.

la messa in esercizio di rami alternativi: il caso più eclatante è quello che consentiva di collegare direttamente la valle del Reno con quella del Ravone, passando sotto i colli di Casaglia, eliminando il lungo percorso precedente, che passava in corrispondenza di Casalecchio e del colle di San Luca. Altri esempi sono stati rimessi in luce proprio in seguito alle esplorazioni da noi compiute.

Al periodo di crisi che investe l'impero in età tardo-antica fa riscontro il progressivo venire meno della funzionalità dell'acquedotto, con la scomparsa e l'interimento di lunghi tratti in epoca altomedievale.

A partire dal Duecento, in piena età comunale, abbiamo la notizia di un rinnovato interesse nei confronti dell'acquedotto e di tentativi di procedere ad una sua parziale riattivazione. Bologna, in quei tempi, conosceva una fase di notevole sviluppo, che la porterà ad essere una delle maggiori città dell'Europa medievale, e diventava di conseguenza impellente la necessità di disporre di acqua corrente, più salubre rispetto a quella prelevata dai numerosi pozzi sparsi nell'abitato.

Gli interventi di ripristino dell'acquedotto nel settore prossimo alla città continuano perciò a più riprese nel corso dei secoli successivi, fino ad innestare nel suo tratto terminale due importanti opere di captazione

idraulica, come quella dell'acqua Remonda, posta sotto San Michele in Bosco (nel corso del Quattrocento) e quella di Valverde (alla metà del Cinquecento), realizzate per rifornire d'acqua la Piazza Maggiore e le fontane del centro città.

Sotto il profilo della ricerca storica e topografica dell'esatto percorso del cunicolo sono da segnalare il lavoro pionieristico svolto da Serafino Calindri nel 1781, assolutamente esemplare per quei tempi, e quello compiuto a più riprese da Antonio Zannoni negli anni Sessanta dell'Ottocento (ZANNONI, 1864, 1868): quest'ultimo condurrà alla riattivazione definitiva di tutto l'acquedotto nel 1881 e quindi alla ripresa di un regolare servizio che ci conduce fino ai nostri giorni.

I lavori di riattivazione di fine Ottocento hanno però comportato il taglio e l'esclusione dei rami e delle opere idrauliche medievali e rinascimentali, come la Remonda e Valverde, e del tratto che conduce dalla zona fuori Porta San Mamolo fino al Nettuno. Altri interventi, legati a necessità gestionali, sono poi stati operati nel corso del Novecento, by-passando alcuni tratti dell'antico acquedotto, come nelle località Rio Ganzole e Rio Conco, poste in comune di Sasso Marconi.

In occasione di alcune temporanee cessazioni del servizio all'inizio degli anni Ottanta venivano compiute alcune ispezioni all'interno del cunicolo, a cura di archeologi e storici dell'Università di Bologna. I risultati di queste indagini di carattere storico-archeologico sono pubblicati nel volume *Acquedotto 2000*, edito nel 1985 (AA.VV., 1985).

IL LAVORO SVOLTO DAL GSB-USB TRA IL 2004 E IL 2010

Nel 2004 HERA (la Società che fra i suoi servizi idrici gestisce pure la parte ancora attiva dell'Acquedotto romano) ha affidato ai due Gruppi speleologici di Bologna l'incarico di svolgere l'ispezione completa di tutta l'opera. All'atto di iniziare il lavoro di indagine affidato da HERA al GSB-USB la situazione conoscitiva del percorso e delle caratteristiche costruttive del cunicolo erano quelle evidenziate sopra. Mancava del tutto un rilievo topografico di dettaglio dell'opera e spesso i riferimenti in possesso dell'Azienda erano inesatti o addirittura errati, risalendo ad una cartografia ampiamente superata.

Al termine della prima fase del lavoro si è potuto quindi sanare questa situazione: per la prima volta dopo oltre 125 anni dalla piena ripresa della funzionalità siamo ora in possesso di un rilievo completo e dettagliato dell'acquedotto, restituito secondo criteri informatizzati su base CAD (fig. 2).

La seconda fase della nostra ricerca si è poi rivolta ai tratti abbandonati e dismessi, tanto quelli di età romana quanto quelli medievali e rinascimentali, con l'obiettivo di riesplorarli, documentarli, recuperarli alla nostra conoscenza e ricostruire pertanto l'intero sistema acquedottistico sotterraneo di Bologna, nonché i suoi articolati intrecci con la storia del territorio, rianodandone i vari frammenti e restituendone finalmente una visione complessiva e unitaria.

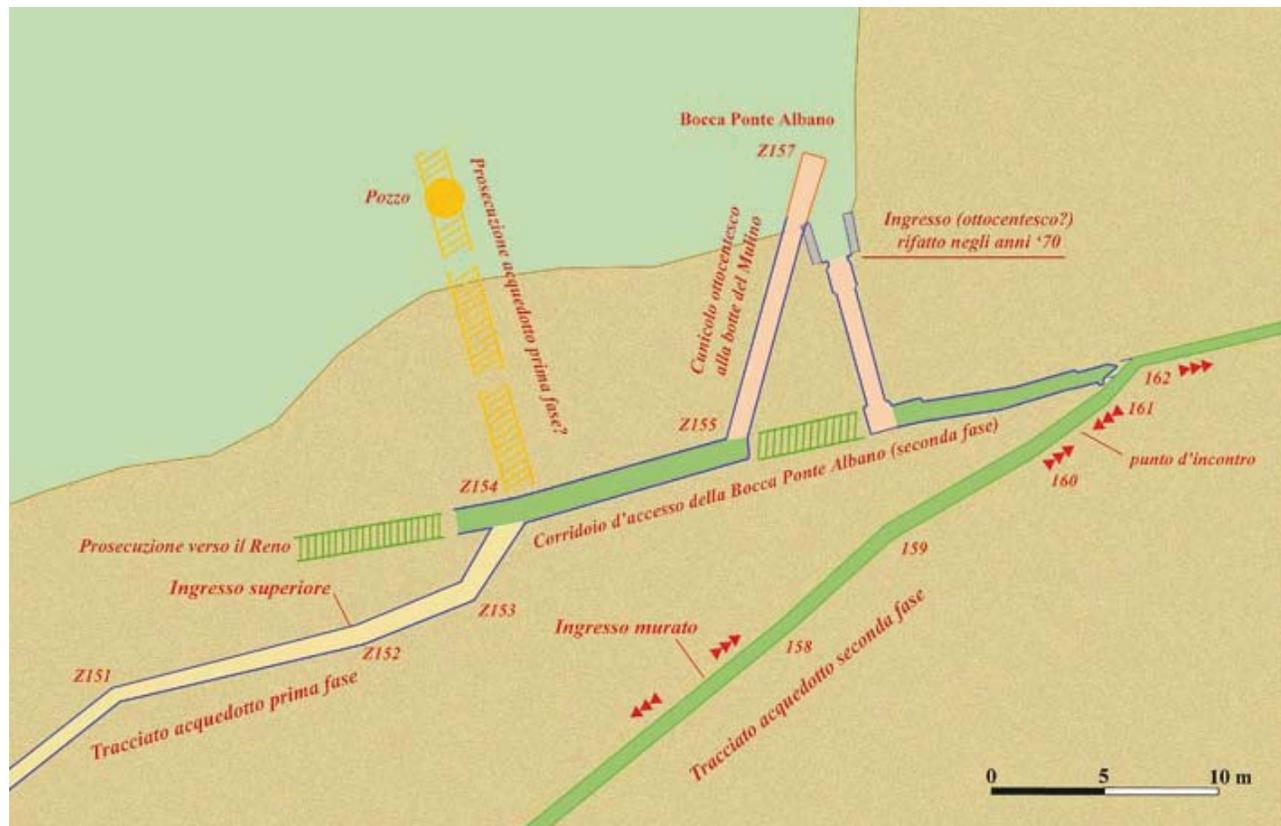


Fig. 2 - Esempio di cartografia di dettaglio predisposta durante il lavoro: il percorso dei due rami di differente età nei pressi del Molino d'Albano.

Fig. 2 - An example of the detailed cartography made during this job: the path between two branches with different age near Molino d'Albano.

A solo titolo di esempio questo ha consentito di ritrovare oltre 1.900 m di acquedotto romano mai descritti in precedenza.

Qualche ulteriore numero può fare ben comprendere la portata dell'intervento svolto. Allo stato attuale della ricerca sono stati rilevati 18.820 m di condotto principale, attraverso 1.382 punti di stazione di rilievo, a cui si devono aggiungere 1.650 m di pozzi e di cunicoli di accesso laterale. Le opere di età medievale e rinascimentale assommano a 1.083 m. In complesso abbiamo pertanto uno sviluppo totale che supera i 23,6 km di opere sotterranee. Contemporaneamente è stata inoltre realizzata una documentazione fotografica di oltre 3.500 immagini e alcune ore di riprese video.

Prendendo in considerazione la sola attività di ricerca, rilievo e documentazione svolta in campagna è significativo ricordare che finora sono state realizzate 185 uscite, a cui hanno partecipato 80 soci del GSB-USB, con un impegno complessivo di oltre 2.150 ore. A questo va aggiunto il notevole lavoro connesso alla restituzione degli elaborati grafici, la catalogazione del materiale fotografico, la stesura delle relazioni, le ricerche svolte negli archivi e nelle biblioteche per il reperimento dei documenti storici sull'acquedotto.

Sotto il profilo esplorativo le condizioni che ci si è trovati ad affrontare sono state assai diverse. Il lungo tracciato ripristinato a fine Ottocento e attualmente in esercizio è percorribile camminando normalmente ma, anche durante i periodi di fermo impianto e di svuotamento del condotto, rimane sempre una quota significativa di acqua all'interno del cunicolo, sia per la presenza di irregolarità nel profilo del piano di calpestio, sia per gli abbondanti stillicidi che ne interessano lunghe porzioni. Nei settori di attraversamento di terreni di natura argillosa durante la ristrutturazione ottocentesca si è spesso ricorsi alla ricentatura completa dello speco, adottando la tipica sezione ovoidale: questo ha però comportato l'abbassamento del condotto sul valore tipico di 1,5-1,6 m di altezza. Altre porzioni, attualmente non più in esercizio (segnatamente dalla Galleria Filtrante sotto il Setta e il tratto più a monte di cunicolo romano) sono percorribili solo previo parziale svuotamento, ma anche in questi casi l'acqua si mantiene a livelli piuttosto alti.

I settori non ripristinati nell'Ottocento, o eventualmente di nuovo abbandonati, presentano difficoltà ulteriori e diversificate. In un frangente il cunicolo si mostrava per buona parte della sezione invaso da fango semiliquido per cui, al fine di percorrerlo, si è fatto uso di materassini gonfiabili che consentissero il galleggiamento. In altri casi ancora la sezione libera dello speco è fortemente ridotta dai sedimenti accumulatisi sul fondo nei secoli, costringendo quindi a notevoli sforzi, per non parlare dei tratti in cui si sono dovuti affrontare e superare alcuni franamenti, rimuovendo il materiale di crollo all'interno di un cunicolo che non supera i 60-70 cm di larghezza (fig. 3).

Per il rilievo interno si è fatto uso della classica bussola da speleologia e della cordella metrica, in quanto qualsiasi strumentazione elettronica si è rivelata inadatta ad affrontare anche le sole condizioni di forte umidità presenti nell'ipogeo. I dati della poligonale interna

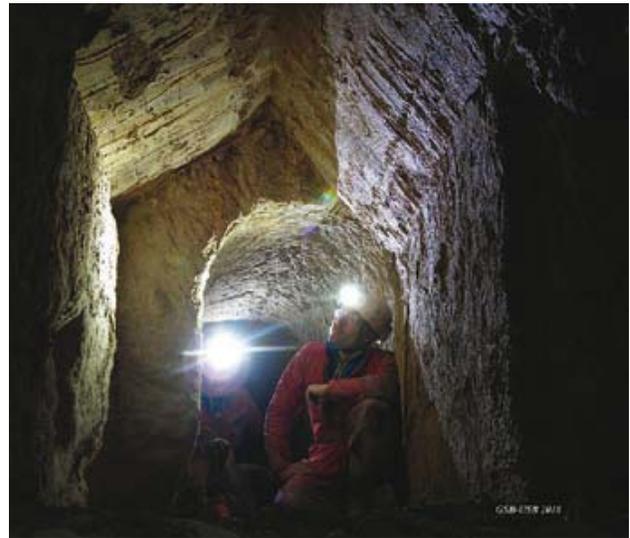


Fig. 3 - Uno dei tratti di acquedotto abbandonato recentemente esplorato.

Fig. 3 - One of the abandoned branch of the aqueduct, which has been recently explored.

sono poi stati corretti tramite l'esatto posizionamento degli ingressi, piuttosto frequenti.

Il pozzo più profondo dell'acquedotto è il Pozzo Viola (92 m), che attualmente si presenta occluso alla profondità di -26 m. Per verificarne l'altezza corretta, vista l'inaffidabilità dei più moderni telemetri laser nelle condizioni operative cui si accennava sopra, si è ricorso ad un metodo sicuramente insolito, ma rivelatosi assolutamente efficace: partendo dal basso, una sagola molto leggera legata ad alcuni palloncini gonfiati con l'elio ha fornito una misura precisa al decimetro (fig. 4).

La composizione ideale della squadra da rilievo ha previsto l'intervento di sei persone, considerando che le dimensioni del cunicolo sono tali da obbligarle a disporsi rigorosamente in fila: una prima persona esegue le letture alla bussola, mentre una seconda trascrive tutti i dati sul quaderno di campagna. È fondamentale che questi due soggetti siano sempre gli stessi e lavorino a stretto contatto, perché è questo l'unico modo per garantire l'assoluta omogeneità dei dati rilevati, condizione indispensabile per un'opera che si estende nel ramo principale per 19 km. Altri due operatori hanno rispettivamente le funzioni di riferimento come caposaldo per la misura di ogni singola tratta, e il compito di effettuare tutte le misure accessorie sulla singola sezione. Infine le restanti due persone, poste alle spalle del topografo, eseguono le foto delle sezioni per ogni singolo punto di stazione e dei più interessanti dettagli, garantendo in questo modo una completa copertura di immagini su tutto il manufatto.

Potendo in questo modo contare su due elementi fissi e su altri quattro che ruotano, si riesce a creare una squadra di rilievo che nel giro di poche uscite diventa assolutamente collaudata ed affidabile (in cui anche ogni nuovo innesto viene rapidamente amalgamato), in grado pertanto di svolgere un complesso lavoro topografico e di documentazione, in condizioni talvolta davvero non facili, unendo precisione, rapidità esecutiva e, perché no, anche divertimento.

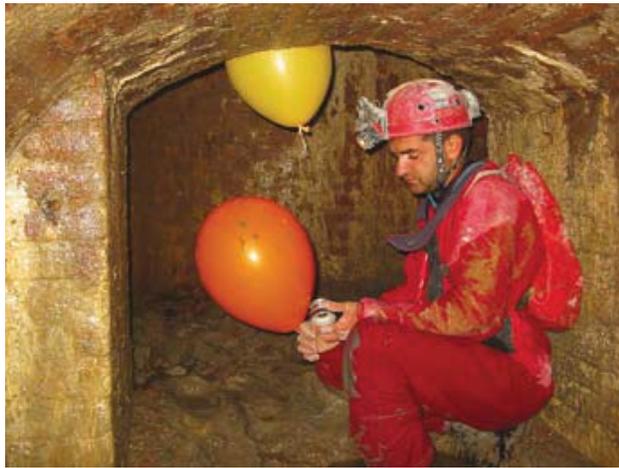


Fig. 4 - La misura "a palloncini".

Fig. 4 - Measuring the high by means of balloons.

L'IMPORTANZA DELL'ACQUEDOTTO ROMANO DI BOLOGNA

Come detto in precedenza l'acquedotto di Bologna è solo una fra le migliaia di opere di questo genere costruite dai Romani in ogni parte di quello che era l'Impero. Non è né il più antico, né il più lungo, e non costituisce nemmeno un fattore particolare il suo essere completamente sotterraneo. Si tratta, in buona sostanza, di un normalissimo acquedotto romano, come altri già studiati e censiti dalla Commissione Cavità Artificiali della SSI non solo ma anche nell'ambito del progetto "La Carta degli Antichi Acquedotti Italiani", attivo da alcuni anni (PARISE, 2007; GERMANI et al. 2009; PARISE et al. 2009).

La sua eccezionalità risiede però nel fatto che è uno dei pochi acquedotti che sia ancora percorribile nella sua interezza e uno dei pochissimi ad essere ancora attivo, per giunta trasportando tuttora una quota significativa di acqua potabile al servizio della città.

Il nostro acquedotto trova quindi, da un lato, precisi riscontri dal punto di vista tecnico-costruttivo con quanto presente in altre realtà, talvolta anche assai distanti geograficamente, ma acquisisce aspetti di assoluta peculiarità proprio perché si tratta di un'opera ancora funzionante, assolvente perfettamente agli scopi per cui è stata progettata e realizzata oltre 2.000 anni fa.

L'acquedottistica romana è una disciplina ancora giovane e in pieno divenire, perché la maggior parte degli acquedotti ha appunto uno sviluppo sotterraneo. La loro frequentazione, il conseguente studio e la comprensione delle tecniche di realizzazione e di funzionamento sono quindi appannaggio di un ristretto gruppo di persone, che hanno la capacità di affrontare le condizioni, spesso difficili, imposte proprio dal percorrere l'ambiente ipogeo.

Il dettagliato lavoro di rilievo e di documentazione svolto, nonché l'esplorazione di antichi tratti finora sconosciuti, hanno consentito di addivenire a nuove importanti conoscenze, che rendono completamente superate le precedenti pubblicazioni in materia.

È significativo accennare ad una di queste scoperte, avvenuta nell'area di Ziano, nel tratto più a monte, in comune di Sasso Marconi. Qui, durante la ristrutturazione

di fine Ottocento, venne prima rinvenuto e quindi riattivato un ulteriore ramo di acquedotto, che venne asservito al funzionamento del Molino d'Albano. Di questo condotto sotterraneo, mai documentato a livello di studi, si perse quindi anche la memoria una volta che il mulino venne dismesso nel corso degli anni '50 del Novecento. Le nostre ricerche hanno permesso di recuperare e studiare per la prima volta questo cunicolo (fig. 5), lungo oltre 1.300 m. Dal punto di vista storico questo è il vero tracciato augusteo, mentre quello attualmente in funzione come acquedotto rappresenta uno dei percorsi sostitutivi realizzati durante una delle ristrutturazioni di età romana.

Siamo pertanto in presenza di due rami paralleli, realizzati in tempi diversi, che è stato possibile indagare nei loro reciproci rapporti, mettendone in evidenza tanto le similitudini quanto le differenze, sia sotto il profilo costruttivo sia sotto quello più specificamente progettuale.

Oltre ad un nuovo e più preciso inquadramento storico, frutto delle nuove scoperte da noi effettuate, sono state studiate e ricostruite in maniera dettagliata le tecniche di scavo in sotterraneo, nonché le tecniche topografiche che sono state impiegate nella progettazione dell'opera, campi questi che finora non sono quasi mai stati oggetto di indagine. Utilizzando appositi programmi informatici e grazie alle opportune consulenze di esperti ingegneri del settore è poi stato possibile studiare il

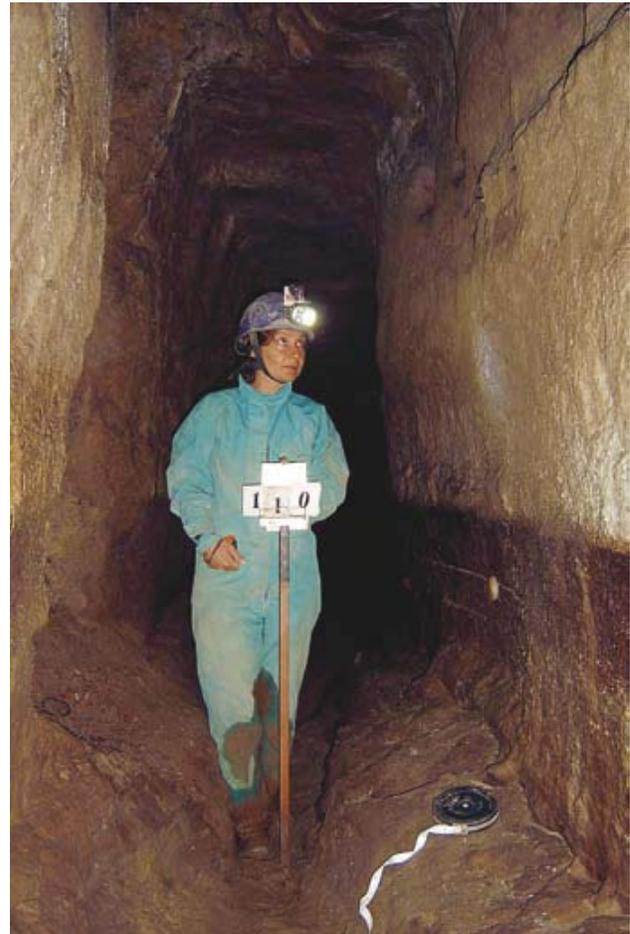


Fig. 5 - Una vista del ramo nuovo.

Fig. 5 - A new branch of the aqueduct.

comportamento idraulico dell'acquedotto, simulandone al computer le differenti condizioni di funzionamento.

IL CONCREZIONAMENTO

L'acquedotto romano è forse il manufatto europeo di maggior interesse per gli speleotemi ospitati, come può essere facilmente rilevato sulla base degli studi svolti nell'ambito della campagna di esplorazione, rilevamento e studio per un suo reinserimento funzionale nella rete acquedottistica bolognese.

Questo perché, a fianco di "normali" concrezioni di calcite (stalattiti, stalagmiti, colate etc.) si sono sviluppati degli speleotemi assolutamente peculiari e, in alcuni casi, a tutt'oggi osservati esclusivamente al suo interno. Nell'ambito di questa ricerca, pertanto, particolare impegno è stato profuso per la documentazione e lo studio di tutti i depositi chimici secondari presenti all'interno dell'acquedotto.

Alcune delle concrezioni di carbonato di calcio presentano peculiarità derivanti dal fatto che non si sono sviluppate né per la normale reazione carsica (diffusione della CO_2 dalla soluzione all'atmosfera) né per evaporazione. La loro genesi è dovuta invece all'adsorbimento della CO_2 dall'atmosfera e alla sua susseguente reazione con l'idrossido di calcio, che sempre si trova presente nelle malte cementizie, a formare concrezioni di carbonato di calcio. Pertanto tali concrezioni si trovano sempre in zone in cui le pareti dell'acquedotto sono state, per qualche motivo, "intonacate".

È questo il caso delle cannule vermiformi (fig. 6A), presenti soprattutto lungo il tratto del Rio Conco, la cui caratteristica peculiare è data dal fatto che sono costituite da un intrico di filamenti molto sottili, contorti e quasi raggomitolati tra loro. La loro genesi (FORTI, 2010) dipende dal fatto che l'adsorbimento della CO_2 e la conseguente sovrassaturazione rispetto al carbonato di calcio avviene esattamente sulla superficie della goccia che affiora dalla estremità della cannula. A questo livello quindi avviene la deposizione di calcite con svi-



Fig. 6 - A: Una cannula vermiforme; B: una bolla parietale sviluppata sopra una superficie intonacata.

Fig. 6 - A: a tubular filled by thin helictites; B: a blister developed over a plastered wall.

luppo di sottili filamenti che possono avere nel tempo una evoluzione erratica (come le eccentriche) ma non possono in alcun modo fuoriuscire dal diametro massimo della goccia, dato che il loro sviluppo può avvenire esclusivamente al suo interno. Un altro tipo di concrezionamento che è controllato dall'adsorbimento e non dal rilascio della CO_2 è costituito dalle "bolle parietali" o "di scollamento" (fig. 6B; FORTI, 1988).

Lo sviluppo di questi speleotemi avviene per stadi successivi, il primo dei quali è condizionato dalla presenza dell'intonaco, che permette all'acqua di capillarità di raggiungere la superficie esterna ove avviene la reazione tra l'idrossido di calcio e la CO_2 dell'atmosfera con formazione di un sottile velo di concrezione. Successivi stadi di fratturazione e deposizione, portano allo sviluppo delle bolle che a volte possono essere anche ramificate.

Infine, nel tratto di acquedotto di Ziano, ampi tratti, interessati dalla costante permanenza di acqua di stillicidio, sono caratterizzati da grandi e perfetti cristalli di calcite scalenoedrica, sviluppati sulle pareti e marcanti la fascia di oscillazione di livello della superficie idrica (fig. 7A).

La cosa è abbastanza inusuale, perché in ambiente di grotta i grandi cristalli di calcite sono quasi sempre

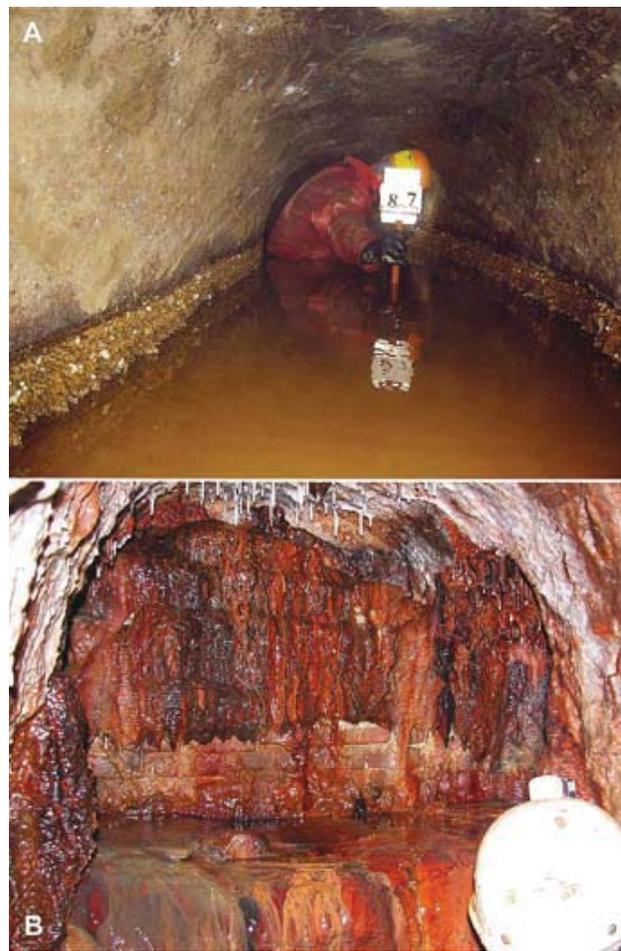


Fig. 7 - A: I grandi cristalli di calcite scalenoedrica; B: La concrezione che ricopre il tamponamento del 1880.

Fig. 7 - A: large calcite disphenoids; B: the flowstone growing over bricks of 1880.

il risultato di un processo che coinvolge acque termali (HILL & FORTI, 1997). In questo caso, però la genesi idrotermale è assolutamente da escludere e l'unica ipotesi possibile è che in questi tratti si siano realizzate per un tempo relativamente lungo condizioni di sovrassaturazione (per evaporazione) molto basse, tali quindi da impedire la formazione di calcite flottante, ma in grado di garantire un accrescimento continuo e regolare dei cristalli di calcite al di sotto del livello di sfioro della porzione di cunicolo interessato.

Se le concrezioni di carbonato di calcio sono abbastanza presenti nell'acquedotto romano, gli altri depositi chimici secondari possono a ben ragione dirsi davvero rari.

Infatti le uniche concrezioni non di carbonato di calcio che si incontrano frequentemente nell'acquedotto sono delle croste di ossidi e idrossidi di ferro che hanno poco interesse sia dal punto di vista estetico che genetico. Solo in pochissimi punti e molto limitati realmente, tra le Ganzole e il Rio Conco, sono stati però osservati degli speleotemi del tutto peculiari ed unici: le antistalattiti (fig. 8A). A prima vista queste concrezioni sembrano stalagmiti parietali, ma una più attenta analisi evidenziava come l'acqua di alimentazione non derivasse da stillicidio, ma viceversa affiorasse dall'interno (FORTI &

DEMARIA, 2007) facendo di esse vere a proprie stalattiti capovolte, da cui il nome antistalattiti.

Da ultimo va accennato che anche le normali concrezioni di carbonato di calcio (stalattiti, stalagmiti, colate) si sono dimostrate essere potenzialmente molto interessanti ed importanti dal punto di vista degli studi paleoambientali e paleoclimatici.

In particolare, la scoperta di un muro di tamponamento perfettamente datato (fig. 7B) su cui si erano formate colate carbonatiche ha permesso di avviare ricerche, in collaborazione con il Dipartimento di Scienze Geologiche dell'Università di Bologna, per studiare le variazioni climatiche avvenute nel nostro territorio nel volgere degli ultimi 120 anni (FORTI, 2006). I risultati ottenuti sono stati molto incoraggianti e, in un prossimo futuro, si conta di estendere la ricerca anche alle concrezioni, di età romana, presenti in alcuni tratti dell'acquedotto e segnatamente lungo la Scala Romana (fig. 8B).

CONCLUSIONI

Il lavoro condotto dal GSB-USB negli ultimi sei anni ha permesso di ottenere per la prima volta un rilievo



Fig. 8 - A: Una antistalattite, formata da ossidi idrossidi di ferro; B: La Scala Romana ricoperta da uno strato di concrezioni carbonatiche.

Fig. 8 - A: an anti-stalactite consisting of iron oxides-hydroxides; B: the roman ladder covered by a thick carbonate flowstone

completo ed attendibile e una documentazione fotografica accurata di una delle opere idrauliche sotterranee più importanti e vaste, non solo della Regione Emilia Romagna, ma di tutta Italia.

A fianco di queste attività propedeutiche, sono stati anche effettuati studi specialistici sul concrezionamento e sul ruolo che quest'ultimo può avere nella ricostruzione dei climi del passato recente e probabilmente anche remoto.

Grazie alla collaborazione con i Consorzi dei Canali di

Reno e Savena i Gruppi Speleologici Bolognesi sono riusciti a produrre una corposa monografia in cui tutti gli aspetti, storici, idrologici, documentaristici e scientifici sono stati diffusamente trattati (GSB-USB, 2010).

In conclusione, l'aquedotto romano di Bologna, anche per merito della monografia edita dei Gruppi Speleologici, potrà in un prossimo futuro, assurgere al ruolo di modello di riferimento, in ambito nazionale ed internazionale, per gli studi di acquedottistica antica in generale, e di quella romana in particolare.

Ringraziamenti

Un doveroso ringraziamento va tributato ai numerosi Soci del GSB-USB che hanno partecipato in tutti questi anni alle diverse fasi di questo ampio progetto, nonché a tutti coloro (e qui l'elenco sarebbe davvero lungo) che hanno, sotto molteplici forme, reso possibile e agevolato il nostro lavoro, consentendo l'accesso al manufatto, ai terreni, o fornendo utili informazioni e sostegno alla iniziativa. Un grazie sentito anche a Mario Parise per l'aiuto fornito per migliorare la stesura finale del lavoro.

Bibliografia

- AA. VV., 1985, *Acquedotto 2000*. Grafis edizioni, Bologna, pp. 1-285.
- ANONIMO, 1964, *Elenco delle cavità dell'Emilia-Romagna*. Sottoterra, n. 7, pp. 16-25.
- CALINDRI S., 1781, *Dizionario corografico... d'Italia*. Tip. S. Tommaso d'Aquino, Bologna, vol. I, pp. 150-203.
- DEMARIA D., 2002, *Le cavità artificiali del Parco Storico di Monte Sole (Provincia di Bologna)*. Atti del V Convegno Nazionale sulle Cavità Artificiali, Osoppo 2001, pp. 249-266.
- FABBRI M., FORTI P., MORETTI E., WEZEL C., 1987, *Esplorazione e rilevamento dei cunicoli drenanti e di alcuni vani sotterranei del Palazzo Ducale di Urbino*. Atti II Conv. Naz. Speleologia Urbana, Napoli 1985, pp. 29-40.
- FORTI P., 1988, *A proposito di alcune particolari concrezioni parietali rinvenute nell'acquedotto romano della Val di Setta*. Sottoterra, n. 79, pp. 21-28.
- FORTI P., 2006, *Gli speleotemi carbonatici dell'acquedotto romano della Val Di Setta: nuovi dati sul rapporto tra piogge e concrezionamento nel periodo 1880-2004*. Sottoterra, n. 121, pp. 36-45.
- FORTI P., DEMARIA D., 2007, *Un tipo completamente nuovo di concrezione scoperto nell'acquedotto romano della Val di Setta (Bologna): le "antistalattiti"*. Spelaion 2005, Martina Franca 2005, pp. 17-31.
- FORTI P., 2010, *Il concrezionamento dell'acquedotto romano. Gli antichi acquedotti di Bologna - Le nuove scoperte, i nuovi studi*. GSB-USB, Bologna, pp. 289-301.
- GERMANI C., GALEAZZI C., PARISE M. & SAMMARCO M., 2009, *La carta degli antichi acquedotti sotterranei: stato dell'arte e prospettive future*. Atti Convegno "Acque interne in Italia: uomo e natura", Accademia dei Lincei, Roma, 28 marzo 2008, Atti Convegni Lincei, vol. 250, pp. 335-340.
- GSB-USB, 2010, *Gli antichi acquedotti di Bologna - Le nuove scoperte, i nuovi studi*. GSB-USB, Bologna, 326 pp.
- HILL C.A., FORTI P., 1997, *Cave minerals of the world*. National Speleological Society, Huntsville, 464 pp.
- PARISE M., 2007, *Il Progetto "La Carta degli Antichi Acquedotti Italiani"*. Opera Ipogea, anno 9, n. 1, pp. 3-16.
- PARISE M., BIXIO R., BURRI E., CALOI V., DEL PRETE S., GALEAZZI C., GERMANI C., GUGLIA P., MENEGHINI M., & SAMMARCO M., 2009, *The map of ancient underground aqueducts: a nation-wide project by the Italian Speleological Society*. Proceedings 15th International Congress of Speleology, Kerrville (Texas, USA), 19-26 July 2009, vol. 3, pp. 2027-2032.
- ZANNONI A., 1864, *Sulle indagini dell'acquedotto bolognese con abbozzo di progetto per condur acqua dal fiume Reno*. Regia Tip. Fava e Garagnani, Bologna, 13 pp.
- ZANNONI A., 1868, *Progetto di riattivazione dell'antico acquedotto bolognese*. Tipografia, Bologna, 78 pp.