



Supplemento 4/2006

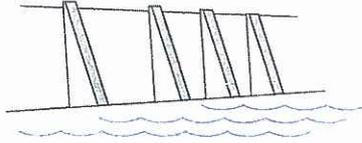
Periodico della SIGEA

Società Italiana

di Geologia Ambientale

ISSN 1591-5352

Geologia dell'Ambiente



TECNICA DI IDRAULICA ANTICA



a cura di
Leonardo Lombardi, Gioacchino Lena, Giulio Pazzagli

TECNICA DI IDRAULICA ANTICA

Le opere di captazione: dighe, cunicoli, esautori, ieri e oggi

a cura di
Leonardo Lombardi, Gioacchino Lena, Giulio Pazzagli

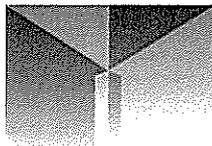
Antonio Maria Baldi - Ezio Burri - Vittorio Castellani - Vincenzo Collina - Ivan Cottone
Stefano De Angeli - Elisabetta De Minicis - Stefano Finocchi - Carla Galeazzi - Carlo
Germani - Nicoletta Giannini - Leonardo Lombardi - Gianrenzo Remedia - Italo Riera
Franco Robotti - Carlo Romagnoli - Claudio Succhiarelli - Lamberto Zambianchi

IL CONVEGNO È STATO
REALIZZATO GRAZIE A
SPONSOR SOSTENITORE



Acea Ato 2 SpA

CON IL CONTRIBUTO DI



SOLES®
FORLI'

www.soles.net
Serbatoi pensili in c.a.p.
di capacità fino a 3.000 m³ d'acqua,
collocati ad oltre 50 m dal piano campagna



www.agisco.it

intertekna

SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

La Sintesi

TUTTE LE FORME DELLA COMUNICAZIONE
P.le Roberto Ardigò, 31 00142 Roma
tel. 06 5406964 - fax. 06 2332 39783
<http://www.la-sintesi.it> - e-mail: info@la-sintesi.it

Supplemento al numero 4/2006 di Geologia
dell'Ambiente
periodico della SIGEA - Società Italiana di Geologia
Ambientale
Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma
n. 229 del 31 maggio 1994
Direttore responsabile: Giuseppe Gisotti
© 2006 SIGEA

Interventi al Convegno



TECNICA DI IDRAULICA ANTICA

Le opere di captazione: dighe, cunicoli, esautori,
ieri e oggi

Roma, 7-8 settembre 2006

Comitato scientifico

Giuseppe Gisotti; Gioacchino Lena; Leonardo
Lombardi; Ugo Majone; Giulio Pazzagli

Segreteria organizzativa

La Sintesi Srl
P.le R. Ardigò 31 - 00142 Roma
tel. 06 5406964 - fax 06 233 239 783
<http://www.la-sintesi.it>

Progetto grafico, redazione e impaginazione
La Sintesi, Roma

Stampa
Rotostampa group

Finito di stampare nel mese di Agosto 2006

In copertina

Diga di Proserpina: un'imponente muraglia che sbarra
il torrente *Las Pedrillas*. La diga, a gravità, fu
realizzata per l'approvvigionamento idrico di *Merida*,
Emerita Augusta, tramite l'acquedotto *De los*
Miraglos. (Foto Leonardo Lombardi)

Un convegno di



<http://www.sigeaweb.it>

7 settembre 2006

Sala Convegni Cnr - Piazza Aldo Moro 7 - Roma
Ingresso Via dei Marrucini

in collaborazione con



ASSOCIAZIONE IDROTECNICA ITALIANA

8 settembre 2006

Escursione alla diga di Giancos - Ponza

TECNICA di IDRAULICA ANTICA

Le opere di captazione: dighe, cunicoli, esautori, ieri e oggi

**Giovedì 7 settembre
Mattino**

09,00 - 10,00 Registrazione
Inserzione al convegno, ritiro del materiale e
iscrizione definitiva all'escursione a Ponza

10,00 - 10,35 Comunicazioni e saluti
Moderatore Gioacchino Lena

10,35 - 10,45 Saluto di apertura
Ugo Majone

10,45 - 10,55 Relazione introduttiva
Leonardo Lombardi

10,55 - 11,20 I cunicoli idraulici
Italo Riera
Università di Padova

11,45 - 12,10 Le dighe nell'antichità
Leonardo Lombardi
Idrogeologo - Roma

12,10 - 12,35 Le dighe in epoca moderna
Gianrenzo Remedia
Università degli Studi dell'Aquila

12,35 - 13,20 Le gallerie oggi e nella
storia
Alessandro Focaracci
Vice Presidente Società Italiana Gallerie

13,20 - 14,30 Pausa pranzo

Pomeriggio

14,30 - 17,00 Interventi su temi specifici
Moderatore Giulio Pazzagli

Antonio Baldi
Gli antichi bottini senesi

Walter Dragoni
Una diga medievale dell'Umbria

Elisabetta De Minicis
I sistemi irrigui e di approvvigionamento in
relazione agli insediamenti rupestri medievali

Paolo Dalmiglio

L'uso dei condotti idraulici nell'altomedioevo:
l'esempio della "massa di Vestiaro" sulla via
Salaria

Nicoletta Giannini

Canalizzazioni sotterranee e mulini
altomedievali in un'area campione dei Colli
albanesi tra il *Nemus Dianae* e l'*Albanum*

Mohamed El Abdelaoui

Skundo: le vie sotterranee dell'acqua.
Approvvigionamento idrico di Tetouan,
Marocco

Carlo Germani

Gli ipogei dei laghi di Albano e Nemi

Stefano De Angeli

Il sistema delle *foggaras* in Algeria tra
epoca antica e moderna

Ezio Burri

L'antico emissario del lago di Martignano

Franco Robotti

Il monitoraggio delle dighe antiche

Lamberto Zambianchi

Tecnologie innovative per la realizzazione
di serbatoi pensili in c.a.p.

Carlo Romagnoli

Rassegna dell'evoluzione degli impianti di
captazione idrico potabile del sistema di
approvvigionamento romano dall'Unità di
Italia a oggi.

17,00 - 18,30 Dibattito

18,30 Conclusioni e chiusura dei lavori
Giuseppe Gisotti

Venerdì 8 settembre

Visita a Ponza, alla diga di Giancos e alle
altre opere idrauliche

CON IL PATROCINIO DI:

Ministero per i Beni e le Attività Culturali

Provincia di Roma

Provincia di Latina

Comune di Roma

Comune di Ponza

Comune di Penzja

Consiglio Nazionale delle Ricerche

Università degli Studi della Tuscia

Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"

LUMACI Libera Universitas

Consiglio Nazionale dei Geologi

Ordine dei Geologi della Regione Lazio

Ordine dei Geologi della Calabria

Ordine degli Architetti di Roma e Provincia

Associazione Archeologica Romana

Italia Nostra - Onlus

AQI - Anni Veroi

Società Sociologica Italiana

FOAI Federazione Italiana Dottori in Agraria e Forestali

Associazione Culturale Arte Educatrice-Museum

AUI Associazione Insegnanti Ambiente e Territorio

AAA Associazione Analisti Ambientali

ALGI Associazione Laboratori Geotecnici Italiani

Istituto per gli Studi Storici di Caserta

SIIS Società Italiana Gallerie

11 Introduzione

Prima Parte

Relazioni introduttive

15 I cunicoli idraulici

di Italo Riera

45 Le dighe nell'antichità

di Leonardo Lombardi

59 Le dighe di ritenuta italiane dalla rivoluzione industriale agli albori
del XX secolo (1880÷1920)

di Gianrenzo Remedea

Seconda Parte

Interventi su temi specifici

89 Gli antichi bottini senesi

di Antonio Maria Baldi

99 Un sistema di bonifica idraulica di epoca etrusca nel territorio di
Casal del Marmo (Roma nord-ovest)

di Vittorio Castellani, Claudio Succhiarelli

109 I sistemi irrigui e di approvvigionamento in relazione agli
insediamenti rupestri medievali nel Lazio

di Elisabetta De Minicis

-
- 121 Canalizzazioni sotterranee e mulini altomedievali in un area
 campione dei colli Albani tra il Nemus Dianae e l'Albanum
di Nicoletta Giannini
- 145 Gli ipogei dei laghi di Albano e Nemi. La storia letta attraverso le
 modificazioni del territorio
di Carlo Germani, Carla Galeazzi
- 165 Il sistema delle *foggaras* in Algeria tra epoca antica e moderna
di Stefano De Angeli, Stefano Finocchi
- 181 L'antico emissario del lago di Martignano. Contributo preliminare per la
 storia della bonifica e regimazione lacustre nell'area dei laghi sabatini
di Ezio Burri
- 193 Tecniche moderne per strutture antiche
di Franco Robotti, Ivan Cottone
- 201 Tecnologie innovative per la realizzazione di serbatoi pensili in
 c.a.p.
di Vincenzo Collina, Lamberto Zambianchi
- 211 Rassegna dell'evoluzione degli impianti di captazione idrico potabile del
 sistema di approvvigionamento romano dall'Unità d'Italia ad oggi
di Carlo Romagnoli

Introduzione

Sigea nell'ambito delle attività di approfondimento e diffusione delle conoscenze tecniche inerenti alcuni componenti "abiotici" dell'ambiente organizza un convegno che prende in esame la *Tecnica Idraulica Antica*, quella romana in particolare, mettendola in relazione con lo sviluppo della tecnica fino all'epoca moderna.

L'Idraulica, come branca della scienza e della tecnica, che studia, individua e mette in atto sistemi per il controllo dell'acqua, rendendone possibile l'uso e il consumo, è indubbiamente uno degli elementi e degli indicatori, del livello di civiltà e benessere. L'idea da cui si è partiti è stata quella di fornire gli esempi e le ricostruzioni attraverso cui la *Tecnica Idraulica* si è perfezionata rispondendo perfettamente ai fabbisogni dell'umanità. Abbiamo pensato di tralasciare gli acquedotti e la distribuzione con tubi e chiavi, temi noti e diffusamente conosciuti, per concentrare l'attenzione su *Cunicoli drenanti*, *Emissari artificiali da laghi* e *Dighe* in quanto essi rappresentano non solo le opere di captazione più diffuse nel territorio, ma anche quelle che comportano, per la loro realizzazione, elevate capacità di studio e progettazione che debbono essere comprese, interpretate e diffuse. Infatti, mentre il prelievo d'acqua dalle sorgenti o dalle acque correnti dei fiumi e torrenti non presenta particolari

problemi, la progettazione e la realizzazione di opere di captazione tramite cunicoli, emissari artificiali e dighe comporta livelli di conoscenza e capacità costruttive addirittura quasi inimmaginabili, ove si pensi che queste opere furono realizzate dai 2000 ai 3000 anni or sono.

L'altra idea che si è voluta sviluppare riguarda il modificarsi nel tempo della progettazione di queste opere fino all'epoca moderna. Si è potuto così constatare come per 20 secoli, i modelli antichi siano stati ripercorsi e copiati senza grandi modifiche. Il volume riporta i contributi esposti nel corso del convegno. Essi focalizzano l'attenzione sulle tecniche costruttive, i limiti che la natura ha imposto nella realizzazione delle opere e anche i modi attraverso cui i tecnici dell'antichità tentavano di aggirare gli ostacoli. Le captazioni in sotterraneo, con i lunghi cunicoli drenanti, hanno rappresentato per millenni la più diffusa tecnica per il prelievo dell'acqua. Il passaggio da questi cunicoli alla realizzazione di emissari artificiali di laghi ha comportato un salto di progettazione che ancora oggi ci meraviglia e ci affascina, Albano, Nemi, il Fucino e decine di altri laghi furono studiati e stabilizzati, o prosciugati, con emissari artificiali che portavano acqua irrigua per l'agricoltura. Ma è con le dighe che i tecnici antichi hanno raggiunto livelli quasi incredibili di progettazione. Opere alte decine e lunghe centinaia di metri comportano infatti profondi studi per raggiungere le necessarie conoscenze tecniche relative sia ai materiali che alle strutture. Tanto che ancor oggi molte di queste opere resistono al tempo e funzionano!

La seconda parte del volume riporta le descrizioni di esempi raccolti da studiosi sul territorio, esempi che completano il quadro, e che presumibilmente apriranno anche grazie alla discussione finale un dibattito più ampio che, si spera, permetterà ulteriori approfondimenti e nuovi incontri.

Roma, Luglio 2006
Leonardo Lombardi

PRIMA PARTE

Relazioni Introduttive

I cunicoli idraulici

Italo Riera

I cunicoli idraulici: opzione o necessità?

«Per due ragioni posero li primi Signori del Regno questa terra nella sommità suddetta, prima perché giace nel mezo, quasi centro di tutto il reame, onde subitamente si puote mandare sussidio ad ogni parte, e poi perché sta in sito per natura elevato e di buon aere e sicuro, né si può sforzare. [...] Non mancano acque in tutta quella pianura altissima abondevolmente: ma la Corte e la Città de' Portoghesi ne bevono di fontana continua nascente inverso tramontana, scendendo al basso una tratta d'archibugio e portandosi alla Città con vasi di legno e di terra cotta e di zucche su le schiene degli schiavi»¹.

«Arrivammo verso le 6 a Suntu, grande residenza del monarca di Limmu. Il palazzo reale, posto su una vasta spianata, è doppiamente chiuso da forti e alte palizzate di canne di bambù. [...] Un mondo di schiave con grosse giarre legate alla schiena andavano e venivano coll'ordine delle formiche per la porta del palazzo. Erano le portatrici d'acqua»².

Queste citazioni di resoconti di viaggio moderni - l'uno della fine del XVI, l'altro della fine del XIX secolo, ambedue relativi all'Africa - sono proposte 'a caso', con quel piacere che, forse, antichi scrittori come Varone, Aulo Gellio o Macrobio provavano nel collazionare, allineare e mescolare passi e luoghi di altri scrittori più antichi. Permettono però, credo, data la maggiore vicinanza ai nostri giorni (che per la seconda citazione si può sostanziare anche di più recenti evidenze fotografiche - fig. 1a, 1b e fig.2a), di cogliere meglio il significato meno evidente di certe affermazioni di Frontino, quando ci dice che «per quattrocentoquarantuno anni dalla fondazione dell'Urbe

Italo Riera, Archeologo.

i Romani *si contentarono* dell'acqua attinta dal Tevere o dai pozzi o dalle sorgenti»³, soggiungendo poi che «la tradizione sulla sacralità delle sorgenti permane ancora oggi ed esse sono oggetto di venerazione»⁴ (ed effettivamente notiamo che la sorgente o le sorgenti che hanno reso possibile uno stanziamento vengono assai spesso avvolte da una protettiva tela di racconti mitici - il *Fons Iuturnae* di Roma, la siracusana *Aretusa*, la *Perseia* di Micene, le corinzie *Peirene*, *Glaukes* e *Lerna* non sono che alcuni noti esempi - oppure sono gratificate di nomi assai significativi - Fonte Grande, Fonte Magna, ecc.).

Giova anche rammentare un passo del generale cesariano Aulo Irzio - quando racconta come, per porre fine una buona volta all'assedio della rocca gallica di *Uxellodunum*, «le vene della sorgente sono intercettate con cunicoli e deviate altrove. Allora, ad un tratto, la fonte perenne si inaridì» decretando la fine della cittadella⁵ - incrociandolo con uno di Cesare stesso che ci testimonia di come i Galli assediati ad *Avaricum* «minacciavano l'aggere per mezzo di cunicoli e con grandissima capacità, in quanto essi coltivano grandi giacimenti di ferro e presso di loro è noto e praticato ogni genere di gallerie»⁶. A dispetto di questa perizia mineraria, a quanto mi consta, i Celti non utilizzarono normalmente i cunicoli come opere di captazione e trasporto dell'acqua, limitandosi per i propri bisogni ad attingere alle sorgenti e ai fiumi o, al più, creando invasi di raccolta, come quello celebre di *Bibracte*, «il più grande e ricco *oppidum* degli Edui»⁷.

In sostanza, prendendo come spunto i passi rapsodicamente citati più sopra, vorrei introdurre alcune considerazioni di carattere generale che mi paiono utili a delineare l'effettivo valore delle antiche opere idrauliche in cunicolo, per puntualizzare come queste spesso non siano una scelta 'naturale', la risposta ad una 'necessità', ma costituiscano invece - almeno a mio modo di vedere - una vera e propria 'opzione' culturale: l'assenza di acquedotti (nel senso di opere di captazione, trasporto e distribuzione) non è quindi, di per sé, indice di incapacità tecnica a costruirli. Di conseguenza, la valutazione delle opere cunicolari deve essere tentata non solo dal punto di vista tecnico-costruttivo, ma anche (forse soprattutto) dal punto di vista culturale e, in ultima analisi, politico; comunque un serio tentativo di comprensione non può ridursi alla disamina di questo o quell'elemento singolarmente considerati.

L'acqua: concausa necessitante di ogni insediamento umano

Se teniamo dunque in evidenza il fatto che l'acqua è necessaria al ciclo biologico di tutti gli esseri viventi, i quali, per inciso, ne sono costituiti in una misura che varia fra il 55 e il 95 % circa⁸, apparirà chiaro - ai limiti della banalità - come tale elemento in ogni epoca, in ogni cultura, in ogni ambiente costituisca una causa determinante o, almeno, una forte concausa degli insediamenti e/o della creazione di punti-tappa, a seconda che l'uomo adotti forme di vita stanziali o nomadiche.

Benché vada considerata l'oscillazione della soglia minima di disponibilità *pro capite* dell'acqua a seconda dell'adattamento ai vari ambienti

delle singole popolazioni umane (si pensi alla macroscopica differenziazione della presenza d'acque nel Settentrione e nel Meridione d'Italia o alla Argo 'piena di sete' di Omero⁹, per non citare casi ben più estremi) e ancorché talora si assista pure al voluto allenamento alle privazioni di singoli gruppi, vuoi per esigenze militari (si rammentino, ad esempio, il ritratto sallustiano di Catilina, che «aveva un fisico incredibilmente resistente ai digiuni, al freddo, alle veglie»¹⁰, o la situazione dei nostri soldati sulla Cengia Martini - fig. 2b - o sul Canin: «Se avete sete la tazza alla mano: che ci disseta la neve ci sarà»), vuoi per scelte religiose (andiamo agli anacoreti delle Meteore o agli Esseni di Qumran), vuoi per i più disparati motivi, del resto sempre contingenti (pensiamo a Ravenna dove, secondo Marziale, l'acqua costava più del vino¹¹ o allo stupore di Orazio che in viaggio per Brindisi vede vendere «la più comune delle cose»¹²) la disponibilità di acqua, *in situ* o comunque reperibile, è da sempre uno dei fattori di cui si è tenuto conto nella scelta dei luoghi di insediamento.

D'altra parte, se volessi retoricamente appoggiarmi all'autorità 'delli Maggiori', il postulato che non possa esistere insediamento senza acqua è sostenuto a chiare lettere da Aristotele, quando dice che una città «deve soprattutto disporre, sul proprio territorio, di acqua abbondante e di sorgenti»¹³.

'Popoli', manufatti e teoria evoluzionistica: categorie del pensiero 'idraulico' e pensieri sulle categorie

«Non è facile risalire indenni il fluire del tempo fino ad universi che sotto aspetti talvolta familiari e semplici nascondono differenze così profonde che - se non se ne tenesse conto - falsificherebbero ogni comprensione», avvertiva Sergio Donadoni¹⁴. Risulta ancora assai difficile (più per la scarsità di 'buoni' dati che per altri motivi) tracciare un quadro 'esaustivo' delle forme con cui l'acqua è stata cercata, trasportata, serbata, smaltita nel corso dei secoli e dei millenni. Mi pare più opportuno, perciò, cercare di portare il ragionamento su quelle che potrebbero essere, per grandi cenni, le linee di sviluppo, i vari stadi dell'uso dell'acqua; e qui mi viene in mente che, almeno dalle nostre parti, stiamo assistendo in questo torno di tempo ad un'ennesima variazione delle modalità di rifornimento d'acqua potabile: dal rubinetto (acqua pubblica/servizio) alla bottiglia in PET (acqua 'privata'/bene commerciabile), con connotazioni d'utilizzo interessanti anche come segnale sociologico (l'ipervalutazione di acque 'altissime e purissime', per esempio, a scapito dell'acqua 'del Sindaco', il servizio idrico pubblico: potremmo aderire allo stupore di Orazio e vedere realizzati i desideri di Marziale di fronte al costo di certi bicchieri di acqua 'naturale!').

Conviene non indulgere, come sarebbe forse automatico, nel riconoscere ad alcune culture uno stadio 'arcaico' di utilizzo della risorsa idrica, ad altre uno stadio 'avanzato'; si osservi invece che soltanto la necessità o, meglio, quella che può essere sentita come indifferibile urgenza induce a rinnovare gli schemi di approvvigionamento e che perciò, nella maggior parte dei casi, un mutamento nei sistemi di rifornimento idrico

sottende un avvenuto cambiamento dei livelli medi e quindi delle esigenze di vita (tanto in positivo come in negativo).

Pare opportuno ricordare anche alcuni dati di principio in relazione con l'idraulica antica e, in genere, pre-industriale, senza tenere in conto i quali si rischia, quanto meno, un'errata prospettiva di lettura:

- dal punto di vista idrologico, se i criteri e i parametri di scelta delle acque possono differire, talora notevolmente, rispetto ai canoni odierni (almeno ai 'nostri' canoni), dobbiamo tenere presenti le diverse e più favorevoli condizioni ambientali dell'antichità, in cui l'occasione più frequente - anche se non certo l'unica - di inquinamento delle acque era di carattere biologico (danno questo che, di solito, non coinvolge falda e riserve protette). Tale tipo di inquinamento, inoltre, era solitamente collegato ad eventi di carattere eccezionale, quali morie di bestiame o deleterie attività umane, come la guerra e le sue stragi: si pensi all'esempio mitico dello sterminio dei Troiani operato nello Scamandro 'bella corrente' da Achille, che, furibondo, "l'acqua arrossava di sangue" al punto di suscitare la reazione irata del fiume-dio¹⁵ o, per fare tristi accostamenti a noi più vicini, si ricordino le acque del Piave 'rosso di sangue del nemico altero' dalla Gola di Vas fino alle Grave di Papadopoli, a Salettuòl e a San Donà, dopo la Battaglia del Solstizio del Giugno 1918, o la catastrofe ecologica provocata nel sistema Kagera-Lago Vittoria da migliaia di cadaveri di Ruandesi periti nella guerra civile del 1994;
- dal punto di vista idraulico va invece tenuto costantemente presente che, tranne in casi particolari e circoscritti, l'idraulica antica e pre-industriale sfrutta sempre ed esclusivamente il principio di caduta dei gravi per il trasporto e il deflusso delle acque e che quindi tutte le applicazioni tecniche sono basate sulla maggiore o minore consapevolezza di questo fenomeno fisico e delle sue manifestazioni.

Mi pare possibile ora definire alcune 'fasce d'età', se mi si passa l'immagine, relativamente alla cultura idraulica; potremmo suddividere così la 'storia idraulica' antica e, latamente, pre-industriale in tre 'stadi' (la banalizzazione del processo storico che sono costretto ad introdurre per spiegarvi non va ovviamente presa alla lettera), che sono:

1. sfruttamento delle risorse idriche senza modifiche o con lievi modifiche del loro stato naturale;
2. sfruttamento delle risorse idriche nel quadro di insediamenti afferenti entità etno-politiche autonome o comunque slegate da contesti di forte accentramento amministrativo (mappatura puntiforme);
3. sfruttamento delle risorse idriche nel quadro di insediamenti afferenti entità etno-politiche fortemente accentrate dal punto di vista politico-amministrativo (mappatura a rete).

Ognuna delle tre situazioni suddette, evidentemente, coesiste ed interagisce in ogni tempo - la schematizzazione può essere valida ancor

oggi - anche all'interno di singoli ordinamenti socio-politici ed amministrativi. Parlando dell'area perimediterranea, in ogni caso, è rilevabile un graduale sviluppo dallo 'stadio' 1 allo 'stadio' 3, a partire dalle manifestazioni socio-politiche più 'primitive' per arrivare a quella più 'compiuta', che è identificabile, almeno dal mio punto di vista, nell'impero di Roma.

È mia ferma opinione, però, che il discrimine fra le varie tendenze non assuma, tengo a sottolinearlo, alcun carattere 'etnico' (con tutte le riserve e i distinguo che sono da operarsi in questo senso, fra l'altro, nei confronti di gruppi umani di epoche passate) o 'culturale' in senso stretto, concezione per la quale una popolazione data non sarebbe 'culturalmente' in grado di produrre sistemi idraulici più sviluppati di quelli che produce. Questa della fissità culturale è una posizione che, per quanto superficiale, ha trovato e sembra trovare tuttora fautori: pensiamo, per fare un esempio, al rigido - e comodo - schema evoluzionistico (cui in pratica raramente si ammette deroga), che vede nei popoli iranici gli *euretés*, i primi ritrovatori delle tecniche cunicolari, portate poi al massimo grado di perfezione e di rigore teorico dai Greci e realizzate su vasta scala, diremmo 'clonate', dai Romani anche in questo, manco a dirlo, debitori degli Etruschi.

In verità, non è che a queste posizioni - che ho talvolta scherzosamente definite 'darwiniane' - manchi giustificazione sul piano dei dati, ma ritengo che si debbano sottolineare più fortemente ed in modo migliore i contesti delle opere che si studiano (per arrivare magari poi anche a capire meglio, forse, i motivi della tendenza a creare questi 'fili genealogici', quasi connaturata al nostro lavoro di archeologi).

I tre 'stadi' di evoluzione di cui si è detto si caratterizzano, macroscopicamente, non tanto o non solo per la presenza di un certo tipo di manufatti, quanto per la loro minore o maggiore interrelazione.

In quello che abbiamo definito come 'stadio' 1, situazione in cui una primitiva agricoltura appare ancora affiancata all'economia di raccolta o ad attività di allevamento nomade e seminomade, la principale risorsa è costituita, quando possibile, dai fiumi. In questo senso sono caratteristici gli insediamenti pre e protostorici dell'Europa centrale: in Romania, in Serbia, in Polonia sono numerosissimi i siti identificati di questo tipo; ma pensiamo peraltro a città più vicine nel tempo e nello spazio: a Padova, per esempio, a Verona o, perché no, a Roma stessa (almeno per i frontiniani quattrocentoquarantuno anni), 'città d'acque' alimentate (e in parte difese) da fiumi.

In questo tipo di insediamenti l'acqua viene attinta e poi conservata in recipienti più o meno grandi, *idríe*, *dolia*, *píthoi* o giare che dir si voglia: uno stadio che viene dipinto chiaramente, *mutatis mutandis*, in alcuni versetti biblici che io trovo, personalmente, drammaticissimi: «Così dunque dice il Signore: da questo riconoscerai che sono il Signore; ecco, con il bastone che ho in mano percuoterò l'acqua del fiume, e diverrà sangue. I pesci, che sono nel fiume, morranno; le acque diverranno putride e sarà un tormento per gli Egiziani che bevono l'acqua del fiume» e ancora «Disse il Signore a Mosè: "Di' ad Aronne: prendi il tuo bastone e stendi la tua mano sulle acque dell'Egitto, sui loro fiumi, sui loro

canali, sui loro stagni ed ogni conserva d'acque: che esse divengano sangue e ci sia sangue per tutto il paese d'Egitto, tanto nei vasi di legno quanto in quelli di pietra"»¹⁶. Siamo alla fine del XIV-inizi XIII secolo a. C.; si può notare che la differenza di ceto sociale sottesa nel passo «tanto nei vasi di legno quanto in quelli di pietra» riposa non sulla qualità e differenziazione del servizio 'idraulico', ma sulla mera diversità dei materiali per un'identica tipologia di contenitori¹⁷.

Benché ci siano alcuni spiritosi archeologi - francesi - che sono convinti che gli sviluppi del *píthos* ceramico abbiano portato alla costruzione delle cisterne ipogee cosiddette 'a bottiglia' (che sarebbero quindi da intendersi come *píthoi* di terrificanti dimensioni, prodotto - una volta ancora - di 'evoluzione') credo che non si possa veramente stabilire un ordine cronologico di priorità nella scoperta di tre dei manufatti idraulici di base: cisterna, pozzo e canale di derivazione.

Le cisterne a cielo aperto, probabilmente, non sono in origine che adattamenti del corso di sorgenti e torrenti: con la creazione di piccole dighe e l'approfondimento dei punti di ristagno ci si garantiva una comoda profondità di attingimento. Fatti del genere sembrano documentati in siti che godono di un'ininterrotta frequentazione, con le stesse dinamiche, da epoca preistorica sino ad oggi: è il caso della sorgente *el-Khazali*, nel giordano Wadi Rum, meta e motivo di discordia per numerose cabile beduine, dove una missione italiana ha studiato centinaia di graffiti rupestri che testimoniano l'importanza del luogo nel tempo¹⁸. Intuito il 'trucco', l'arte di catturare e conservare l'acqua si è poi diffusa e le cisterne, che nell'organizzazione insediativa più arcaica sono generalmente comunitarie, concorrono probabilmente a dare impulso alla sedentarizzazione (potrebbe non essere un caso che in ambito palestinese si sia riscontrato un *boom* demografico contemporaneo alla comparsa dell'intonaco idraulico, nell'XI secolo a.C.). La forma delle conserve non ha in questa sede molta importanza; basti dire che la cisterna ipogea si sviluppa probabilmente in un secondo momento, sia per motivi di sicurezza (difesa da uomini e animali), sia per motivi di funzionalità (protezione dall'evaporazione, dall'inquinamento da polveri, ecc.).

Una certa correlazione si potrebbe invece istituire fra l'invenzione dei pozzi freatici e quella dei canali di derivazione, subaerei o ipogei, che ampliano e collegano in rete i singoli manufatti. E certo le necessità di razionalizzazione dell'agricoltura debbono avere avuto parte in questo; ma siamo così già agli albori di un'altra fase di sviluppo della scienza idraulica, collegata con lo specializzarsi delle tipologie di insediamento.

Per quanto riguarda lo 'stadio' 2, quello che si potrebbe definire dell'economia 'arroccata', assistiamo al sorgere di apprestamenti idraulici che ci paiono specchio fedele della realtà socio-politica che li ha prodotti: è il caso delle sorgenti difese e/o derivate in cunicolo (emblematici i casi delle rocche micenee - la già citata *Perseia*, ad esempio, fig. 3 - e di Sion). In una situazione di crescita demografica, con un conseguente aumento della produzione agraria, cresce anche il bisogno di controllare le risorse

vitali, che danno il potere dei singoli sui molti (i *pollói*, sentiti già precocemente come *óchlos kakòs kai bánausos*, 'turba infingarda e vile'), di un gruppo sull'altro, e perciò, nel clima di incertezza connaturato a questa geopolitica puntiforme, si sente la necessità di arrivare ad un'appropriazione sicura, definitiva, garantita dell'acqua.

Le sorgenti vengono nascoste (Atene, Micene, Tirinto, Gerusalemme, Gabaon, *Uxellodunum*, Amida...) o dichiarate sacre ('tabù') e quindi, in un certo senso, 'sovranazionali' (Sardegna, Malta, Delfi, Delo...). Lo spirito di questi tempi ci è tramandato da Eschine, quando racconta di essere risalito fino alla fondazione del santuario di Delfi e alla prima riunione degli Anfizioni (che data almeno all'VIII sec. a.C.) e di aver letto i loro giuramenti, per i quali si impegnavano, fra le varie cose, a non intercettare né in guerra né in pace - e questo è significativo - le acque sorgive che rifornivano le singole città, pena sanzioni gravissime¹⁹.

Deve essere stato il bisogno delle singole comunità di cautelarsi rispetto all'esterno, unitamente ai problemi creati dallo sviluppo dell'urbanistica, delle attività produttive e di trasformazione, con il conseguente mutare degli *standard* di vita, ad aguzzare gli ingegni e a far progredire l'idraulica verso realizzazioni come quelle degli acquedotti e delle cloache greche, delle cisterne puniche, delle reti cunicolari etrusco-italiche. È sintomatico che manufatti considerati come paradigmatici, quali l'*Eupalineion* a Samo, gli acquedotti di Siracusa ed Atene, di Pergamo e di Olinto, per non citare che questi, nascano all'interno e nell'ottica di fenomeni politici 'chiusi' come le città-stato, specie in fase tirannica (è fin troppo facile, però, correre con il pensiero anche alle organizzazioni idrauliche dei nostri comuni medioevali). Del resto lo stesso era già avvenuto nei palazzi minoici, dove erano in funzione sifoni, parabole, elementi prefabbricati, sfianti ecc. Per questo forse è bene considerare meglio il contesto in cui nascono i *qanat*, gli acquedotti ipogei iranici e medio-asiatici, che sono posti dai più alla base dello sviluppo delle tecniche idrauliche antiche²⁰.

Siamo in realtà già al nostro 'stadio' 3, caratterizzato dall'economia espansiva; non è forse un caso che Polibio²¹ colleghi l'insorgere di questa tecnica con l'affermarsi dell'impero dei Medi e dei Persiani: i *qanat* sono infatti acquedotti di grande estensione, che implicano l'impegno di risorse ingenti, ma soprattutto - almeno per l'area persiana - presuppongono il controllo del territorio, che ne permette la pianificazione²²; non è un caso nemmeno il fatto che tale tipo di struttura politica, con le sue embrionali forme di autonomia locale (satrapie) si affermi in una terra che da secoli aveva dominato l'acqua, trasformandola in strumento di controllo del territorio e della produzione, permettendo l'accumulo e l'accentramento di grandi risorse, così ben magnificato, a Persepoli, dai bassorilievi con la processione dei tributari. Significativo mi pare, a questo proposito, un bel passo di Erodoto, quando dice che «il Re [persiano], fatte sbarrare con costruzioni le gole dei monti, ha posto delle chiuse ad ogni gola e, ostruita così la via d'uscita delle acque, la piana fra i monti diviene un mare perché il fiume vi sbocca, ma non ha nessuna ulteriore sortita. Così quelli che per il passato usavano servirsi

dell'acqua, non potendo più valersene ne riportano gran danno. D'inverno infatti la divinità manda loro pioggia come agli altri uomini, ma d'estate hanno bisogno dell'acqua per seminare miglio e sesamo. Quando l'acqua non è loro concessa, se ne vengono in Persia, essi e le loro donne, si fermano presso la porta della reggia e si lamentano con alte grida. Allora il Re ordina di aprire le chiuse, che portino l'acqua a quelli che ne hanno bisogno. Dopo che la terra di costoro si è ben imbevuta, le chiuse vengono nuovamente sbarrate e il Re ordina di aprirne altre, per quelli degli altri che ne lamentano maggiore necessità. A quanto so per averlo sentito dire, comunque, [il Re] fa aprire [le chiuse] riscuotendo grandi somme oltre il tributo»²³.

Mi sembra perciò che la caratteristica di questo terzo stadio sia data dalla capacità del potere centrale di assumere - talora, semplicemente, di non ostacolare - la realizzazione di grandi opere (grandi per arditezza e ampiezza di progetto, se non per mole, evidentemente); e grandi opere vanno certo considerate le reti di distribuzione collegate alle reti di smaltimento, e le grandi conserve: è chiaro che siamo ormai arrivati a parlare di Roma.

A mio avviso, la grandezza di Roma nel campo dell'idraulica non sta tanto nell'aver fatto questa o quella scoperta, questa o quella ardita costruzione, ma è invece nell'aver creato un'ossatura infrastrutturale adattabile e, perciò stesso, universale, utilizzando in fin dei conti tecniche e tipologie per la maggior parte già ampiamente rodute. Non vedo infatti il vero discrimine nell'aver costruito acquedotti lunghissimi, con ponti-canalii altissimi e bellissimi, con tecniche e soluzioni sempre 'issime'; lo vedo invece nell'aver operato scelte razionali nell'uso dei materiali e delle tipologie di intervento, tali da permetterne la codifica e l'applicabilità ad ogni contesto, così come avveniva per tutte le altre manifestazioni di quella cultura, *in primis* per le strade.

È nell'aver creato l'istituzione 'acquedotto' in quanto tale²⁴, con i suoi magistrati, i suoi quadri e i suoi corpi di controllo, e non nella mera applicazione delle tecniche, per quanto evolute, che si distingue il senso di quella che non esito a definire 'rivoluzione idraulica romana', che è dunque più filosofica che tecnica. Non si tratta di fare del 'patriottismo disciplinare', per dirla con Filippo Coarelli, né di procedere con rigido determinismo alla creazione di categorie interpretative puramente teoriche ed astratte. Si tratta invece, in ultima analisi, di recuperare il valore 'misto' del rapporto uomo/acqua, di sceverare gli aspetti di fruizione 'naturale' (necessità) dell'acqua da quelli del suo utilizzo 'simbolico' (volontà), che prevedono, per fare un esempio, che ogni casa, anche facoltosa, di Pompei fosse comunque dotata di cisterna propria, nonostante l'acquedotto augusteo arrivasse anche in quella città; che i legionari di Traiano, grande costruttore e manutentore - attraverso Frontino - di acquedotti, dovessero attingere acqua di fiume nei pressi del proprio *castrum* come i 'barbari' Daci che combattevano e così via.

Credo insomma che solo la ricerca, l'individuazione, la chiarificazione del contesto ci faccia acquisire maggiori probabilità di intendere i manufatti antichi (e non solo) nella loro effettiva realtà e non come una proiezione materiale delle nostre categorie estetiche e di pensiero (interferenza, quest'ultima, peraltro, comunque inevitabile).

I cunicoli idraulici: elementi di base

Ogni cultura, ogni 'civiltà', va indagata innanzitutto come fatto a sé stante, in cui ogni singola espressione culturale - anche la tecnica è cultura - deve trovare precisa collocazione nel quadro delle realizzazioni che quella stessa civiltà ha opposto alle particolari sue necessità, ai suoi particolari, tipici problemi. Così, anche se lo scambio è incontestabilmente uno dei motori delle relazioni fra gli uomini, anche se possiamo spesso individuare una reale *koiné* di esperienze fra bacini culturali di per sé differenziati, tanto sul piano politico quanto su quello geografico, ogni espressione tenderà sempre a rientrare nell'ambito 'mentale' e psicologico della cultura che la realizza, rendendosi così intrinsecamente, se non esteriormente, diversa rispetto alle altre.

È però evidente che prima dell'epoca contemporanea, nella quale le tecnologie sofisticatissime ottundono spesso la percezione degli scopi per cui furono elaborate, divenendo esse stesse non di rado uno 'scopo', tutta una serie di realizzazioni funzionali al sopravvivere dell'uomo, insediato e non più nomade, sono 'naturalmente' collegate all'idea che abbiamo di civiltà, a prescindere dalle sue particolari connotazioni.

In ambito europeo e mediterraneo, gli uomini iniziano presto a scavare gallerie nel sottosuolo. Ancora prima che baleni loro, insediati presso i punti d'acqua naturali, l'opportunità di trasferire il vitale elemento da un luogo ad un altro tramite cunicoli e condutture per rendere più agevole e comoda la propria esistenza ovunque appaia conveniente, essi penetrano già nelle viscere della terra, per strapparle quella materia la cui manipolazione li sta rendendo diversi dagli altri animali. Così, alla ricerca della selce migliore dapprima, dello stagno, del rame, dell'oro, del ferro poi, essi scavano intricate reti di gallerie sotterranee, delle quali restano diffusi ed importanti esempi. Non ricordo poi qui tutte le opere ipogee collegate a strutture cultuali o cimiteriali, assai diffuse anche presso popolazioni che non sembrano averci lasciato testimonianza di opere idrauliche sotterranee. Appare chiaro quindi, a ben riflettere, come la conoscenza anche avanzata delle tecniche di scavo non implichi di per sé la loro applicazione a fini idraulici.

La realizzazione di un cunicolo idraulico, in epoca antica, soggiaceva primariamente alla necessità di mantenere la giusta pendenza, onde permettere all'acqua di scorrere dall'origine dell'opera al luogo in cui si voleva addurla. Questo comportava, ovviamente, due possibili scelte: procedere a caso nello scavo e poi, a cunicolo tracciato, livellarne il fondo oppure cercare di mantenere da subito uno stretto controllo dei livelli e dell'avanzamento; probabilmente la prassi contaminava un metodo con l'altro.

È fuor di dubbio che, con la semplice attrezzatura di scavo di cui si poteva disporre per risolvere tali problematiche²⁵ (fig. 4a), si tentasse di dare al cunicolo le dimensioni minime possibili, con una tendenza al risparmio di energia che trova un'impressionante e contemporanea esemplificazione - se ci è permesso proporla seppur 'fuor di tempo' - nelle lunghissime

gallerie di mina e contromina italiane ed austriache cavate nel massiccio dolomitico del Monte Lagazuoi (Cortina d'Ampezzo), fra la primavera e l'autunno del 1917: le gallerie italiane, dove si potevano utilizzare 'fioretti' e compressori, sono assai ampie, tanto in larghezza come in altezza, sono ben rifinite e alquanto regolari in sezione; le gallerie austriache, dove, per l'estrema dilatazione e difficoltà delle linee di rifornimento della Val Travenanzes, i minatori erano costretti a lavorare solo con mazza e barramina (fig. 4b), assumono la forma di cunicoli assai simili a quelli antichi, appena più alti dell'altezza d'un uomo, irregolari nella sezione e caratteristicamente più larghi in corrispondenza del torso. Va notato che gran parte dei soldati impiegati su entrambi i fronti in questo spaventoso tipo di guerra esercitavano da 'borghesi' il mestiere del minatore.

Si sa poi come lo scavo dei cunicoli fosse effettuato per tronconi affrontati, generalmente a partire da un pozzo-pilota (utilizzato anche come ingresso/uscita e pozzo di aerazione) e come lo scavo procedesse per duplicazione di questo modello di base (fig. 5a). Tale tecnica comportava margini di errore tanto sul piano orizzontale (disassamenti spesso corretti con un *by-pass* - fig. 5b, 5c) quanto su quello verticale (differenze di quota corrette con l'abbassamento del troncone più alto, che lascia i cosiddetti 'denti di giuntura'- fig. 6). I cunicoli sono assai spesso non foderati.

Più 'semplice' appare la valutazione delle tecniche di scavo e costruzione in sotterraneo utilizzate dai Romani; al di là delle sempre presenti difficoltà intrinseche che tuttora rendono laboriosa la realizzazione delle opere ipogee, esse non differivano molto da quelle che, pur applicate talora a problemi diversi (minerari, militari, culturali), appaiono patrimonio comune di tutta l'Antichità, fatte salve le applicazioni particolari rese possibili dopo la grande stagione di studi dell'Ellenismo (ad esempio l'uso di uno strumento graduato come la *dioptra* in galleria, testimoniato quasi sicuramente ad *Ateste*, nella Venezia Euganea²⁶). Caratteristiche peculiari delle parti ipogee degli acquedotti romani, invece, sembrano essere una certa standardizzazione delle dimensioni (figg. 7 e 8); l'adattamento delle soluzioni costruttive e dei materiali impiegati alla matrice geologica attraversata²⁷ (fig. 9); la scelta di privilegiare per principio, se possibile, il materiale maggiormente presente nel territorio interessato dall'infrastruttura; la tendenza a foderare, in parte o del tutto, le gallerie (figg. 10 e 17). Si intuisce anche il continuo controllo dell'avanzamento da parte dei 'tecnici'²⁸ e, almeno per l'età imperiale, la loro probabile appartenenza all'esercito.

Tutto questo dà origine ad un'estrema varietà di forme - qualcuno parla di 'tipologie' - che, in realtà, non sono che la più economica traduzione in concreto di un'idea progettuale basata su modelli predefiniti. Così l'acquedotto di *Istrus*, presso Costanza sul Mar Nero, o quello di *Patavium*, nel Veneto, condotti in terreni pianeggianti e ricchi d'acqua, assumono l'aspetto di lunghe tubazioni in elementi di pietra prefabbricati; gli acquedotti di *Vorgium*, in Bretagna, e di *Brixia*, in Lombardia, piuttosto che quelli di *Tergeste*, nella Venezia Giulia, di *Aventicum*, nel Canton Vaud in Svizzera, di *Florentia*, in Toscana, di *Venafrum*, nel Molise, condotti fra colline

ondulate, sono costruiti quasi interamente in trincea o in costa dei declivi sotto forma di un cunicolo in opera cementizia con volta a botte dotato di una consistente base d'impianto; gli acquedotti di *Bononia* e di *Ancona*, di *Lugdunum*, in Francia, l'*Aqua Augusta* della Campania alternano tratti semplicemente scavati in roccia a tratti intonacati o rivestiti o costruiti. Talora la natura dei terreni attraversati da opere pur limitatissime in estensione - come l'acquedotto di *Acelum*, nella Venezia Euganea - costringe a molteplici variazioni strutturali e all'utilizzo di materiali diversificati, talora invece acquedotti assai lunghi presentano grande omogeneità strutturale.

Non è ancora chiaro, comunque, quanto anche i cunicoli soggiacciano alle 'mode' edilizie, che sono certo molto più evidenti nei tratti subaerei, tanto che più di qualcuno si è dato faticosamente la pena di analizzarle. Sembra certo, però, che i tratti sotterranei non dovessero (e non potessero) avere l'impatto visivo dei tratti fuori terra, così chiaramente evocatori della grandezza di chi li costruì - come ben intuivano Plinio e Strabone - da essere passati talvolta a caratterizzare un paesaggio, la Campagna Romana piuttosto che la piana che digrada verso Cartagine, o ad identificare la comunità che ne custodisce i resti: valga per tutti il caso di Segovia, dove le arcate dell'acquedotto campeggiano nello scudo municipale; meno che meno i tratti sotterranei potevano rivaleggiare con quegli autentici monumenti alla sapienza tecnica che dovevano sembrare e sembrano opere come i sifoni rovesci (*ventres*), che possiamo riassumere nell'immagine conosciutissima delle torri di *Aspendus* in Panfilia, nell'odierna Turchia.

Potrei concludere queste riflessioni con una sorta di 'appello': lo studio dell'idraulica antica è stato caratterizzato sin dalle sue origini da una certa ambivalenza, una 'divaricazione' degli intenti e degli interessi. Da una parte i manufatti antichi venivano analizzati per trarne utili indicazioni pratiche, dall'altra essi venivano studiati come 'monumenti', per meglio 'illustrare' il lascito - culturale - degli Antichi. Nella felice sintesi rinascimentale i due interessi hanno potuto anche collimare, ma nelle stagioni successive questo non è più accaduto.

Si è determinata così o, forse, riproposta la platonica dicotomia fra arte e tecnica al punto che gli archeologi non hanno in genere più saputo considerare i sistemi di acquedotto nella loro globalità (tranne che nel caso degli studi sui tracciati), arrivando progressivamente a focalizzare i soli ponti-canali e le *arcuationes* come 'monumenti di architettura' e snobbando i tratti sotterranei, a meno che non avessero qualche caratteristica vistosa; tutto il comparto 'tecnico', invece, ha privilegiato per l'appunto gli aspetti 'tecnici' delle antiche infrastrutture, spesso senza tenere nel debito conto i contesti culturali.

Mi pare giunta l'ora (ma la 'diana' è suonata già negli anni '80) di riunire in un unico alveo competenze e sforzi dei tanti che si occupano di idraulica storica per tentare di comprendere meglio quei monumenti *border line* che sono i manufatti idraulici.

Il Convegno organizzato da SIGEA, cui mi onoro di essere stato chiamato a partecipare, è un buon segnale.



Figura 1 - L'attingimento e il trasporto dell'acqua è sempre stato, nelle comunità umane, 'appannaggio' delle donne («Allora, vivendo in Argo, dovrai per altra [...] portar acqua di Messeide o Iperea, costretta a tutto: grave destino sarà su di te» profetizza Ettore ad Andromaca, nell'ultimo incontro alle Porte Scee (HOM., VI, 456-458). Nelle immagini: portatrici d'acqua (a - Tripolitania, 1911; b - Addi Qualà, Eritrea, 1936).





Figura 2 -L'uomo deve spesso sottoporsi a fatiche e privazioni per procurarsi l'acqua. Sopra: una ragazza attinge pazientemente dal Lago Hararobi, in Etisia, riempiendo degli otri. Sotto: Cengia Martini (Monte Lagazuoi, Belluno). Rudimentale impianto di cattura dell'acqua di stillicidio costruito dagli Alpini del Battaglione 'Pallanza' per approvvigionarsi d'acqua sulla difficile posizione che occupavano, posta a metà della strapiombante parete sud del Lagazuoi, sotto le posizioni austriache di vetta (q. 2750). Una cordina metallica alimentava, goccia dopo goccia, il piccolo serbatoio in cemento.



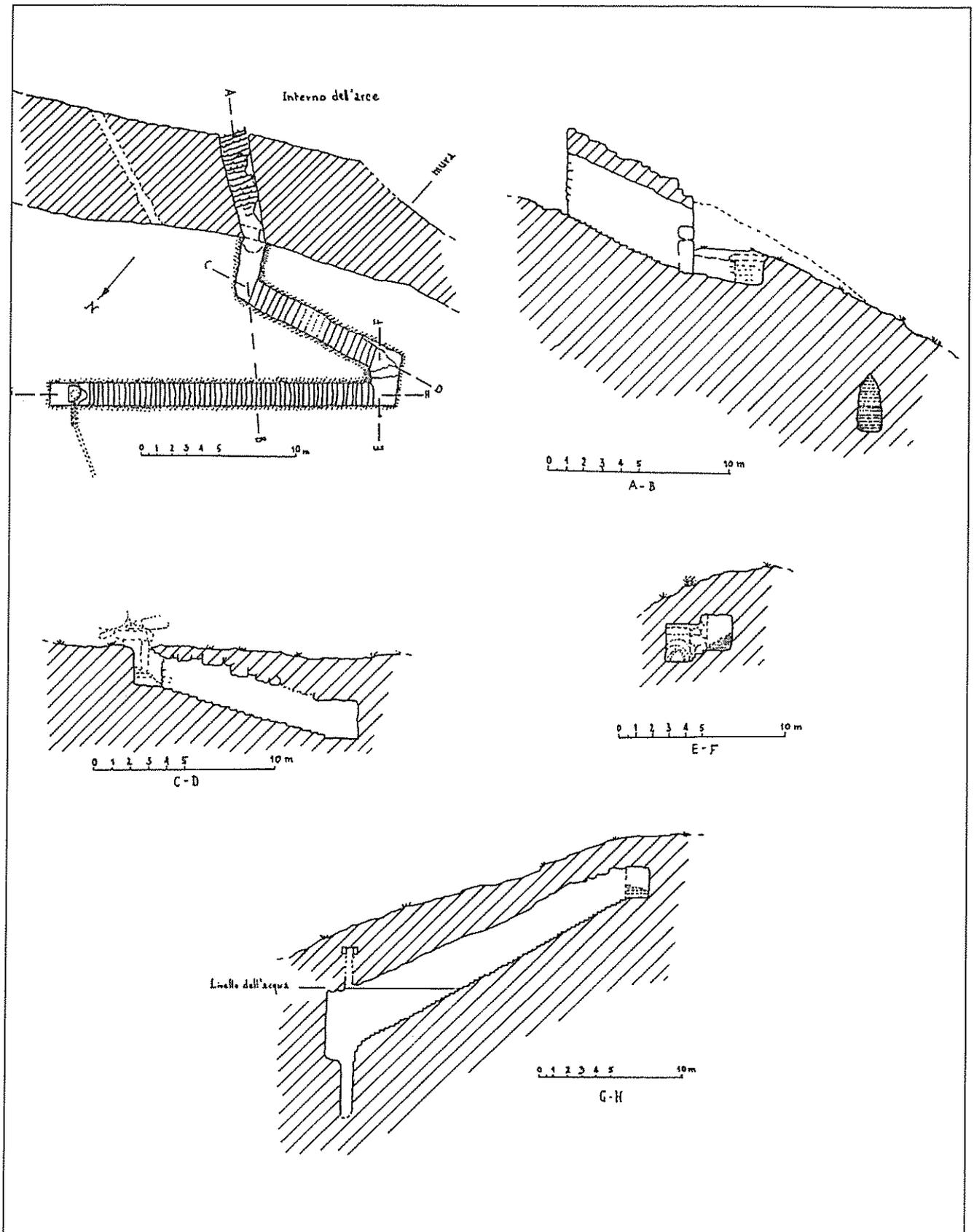


Figura 3 - Micene. Planimetria e sezioni della Fonte Perseia, la principale possibilità di approvvigionamento idrico della famosa cittadella achea dell'Argolide. Il sistema, completamente sotterraneo e tuttora funzionante, permetteva di accedere alla sorgente, posta fuori delle mura, al coperto dall'azione di eventuali nemici. [Ridisegnato da KARO 1934, tavv. XII-XIII].

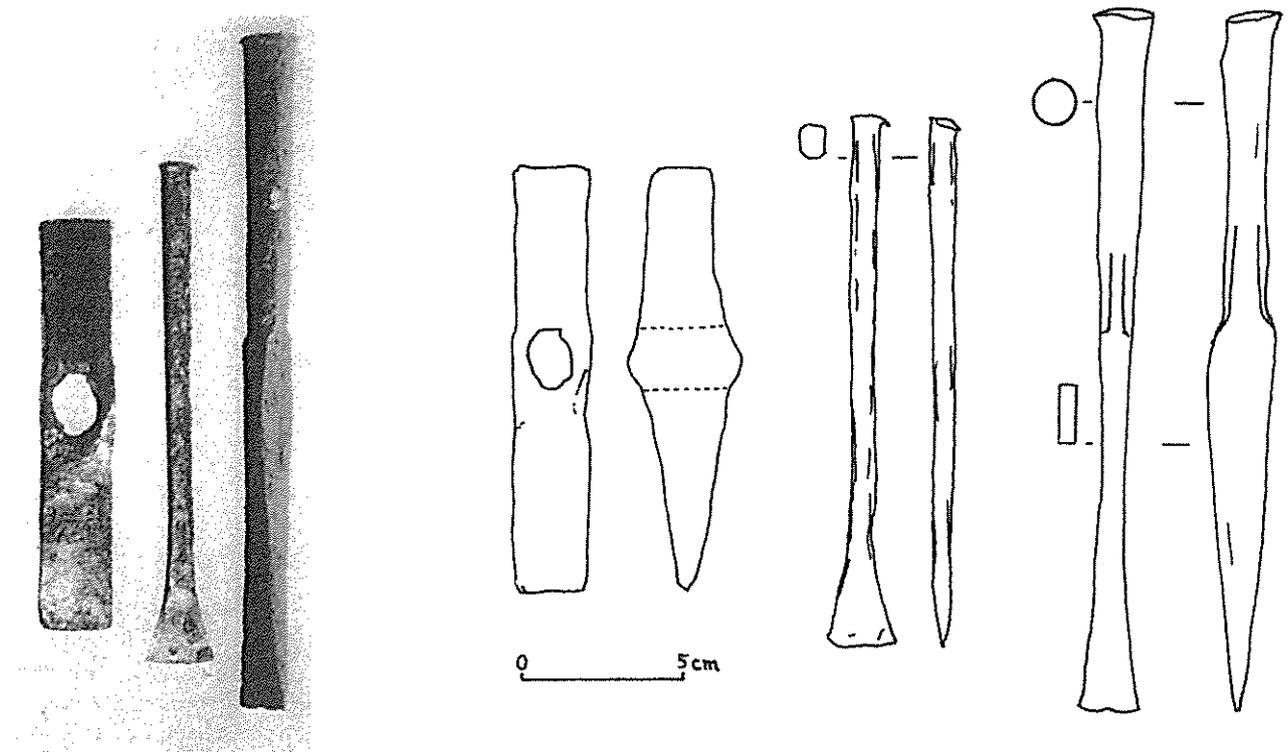


Figura 4 - Sopra: Tre arnesi dall'armamentario di un *cunicularius*: una martellina per la lavorazione dei mattoni dei rivestimenti, uno scalpello a lama larga per la rifinitura dello scavo in roccia, uno scalpello da legno per la messa in opera di puntelli. [Da BÖGLI 1984, p. 51, fig. 52; DUVAUCHELLE 1990, n.ri 100, 108, 78]. Sotto: artiglieri al lavoro con mazza e barramina (1916ca).



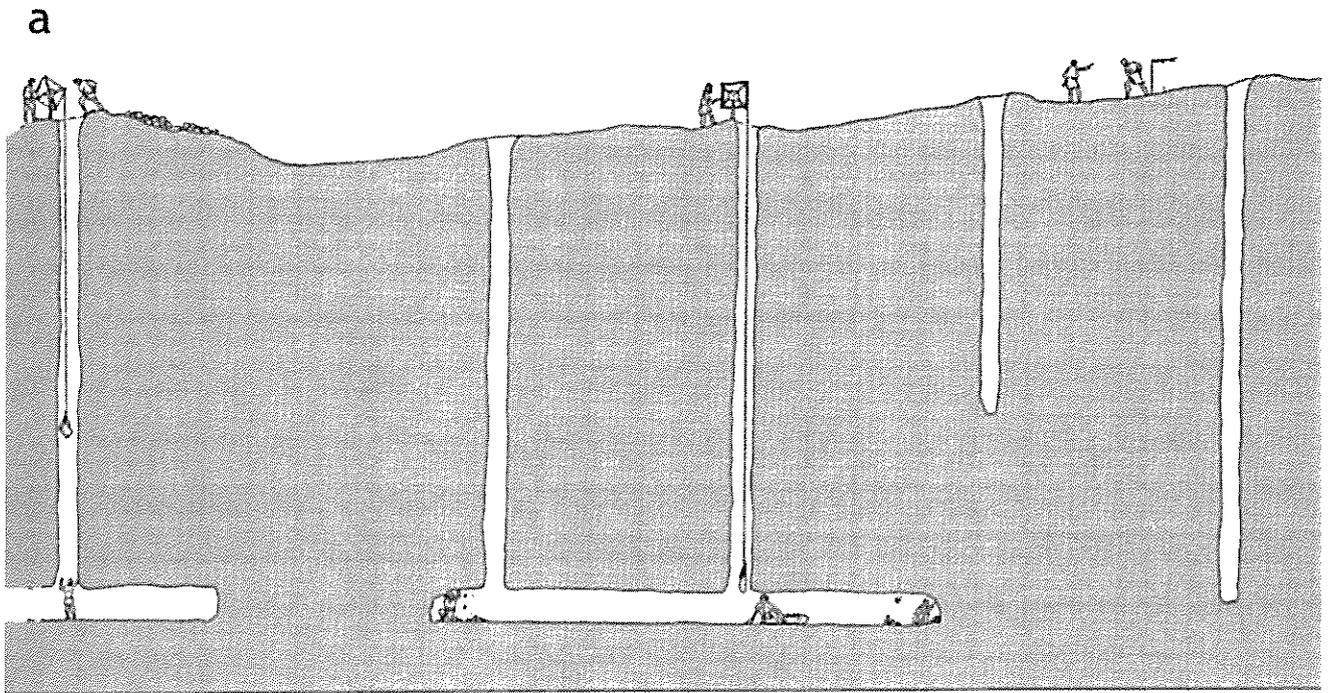
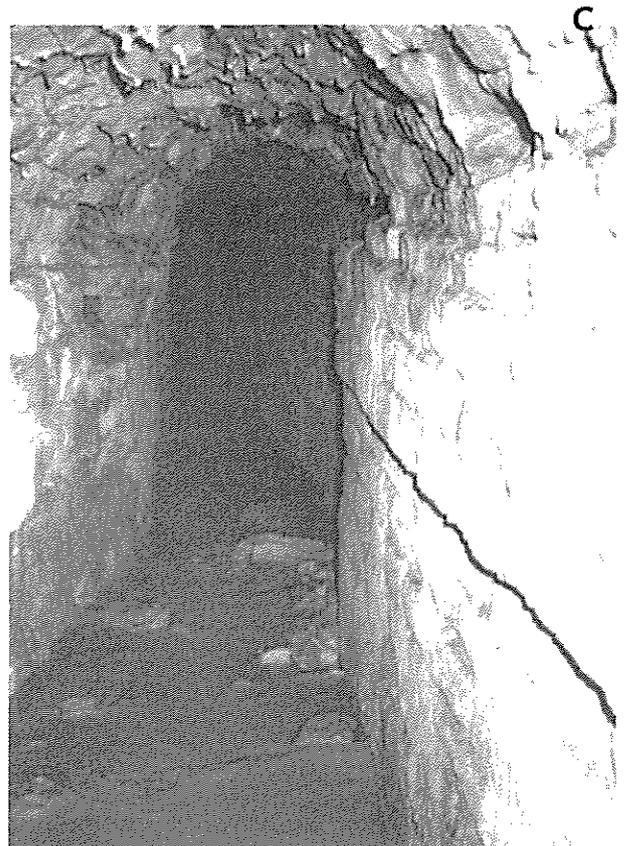
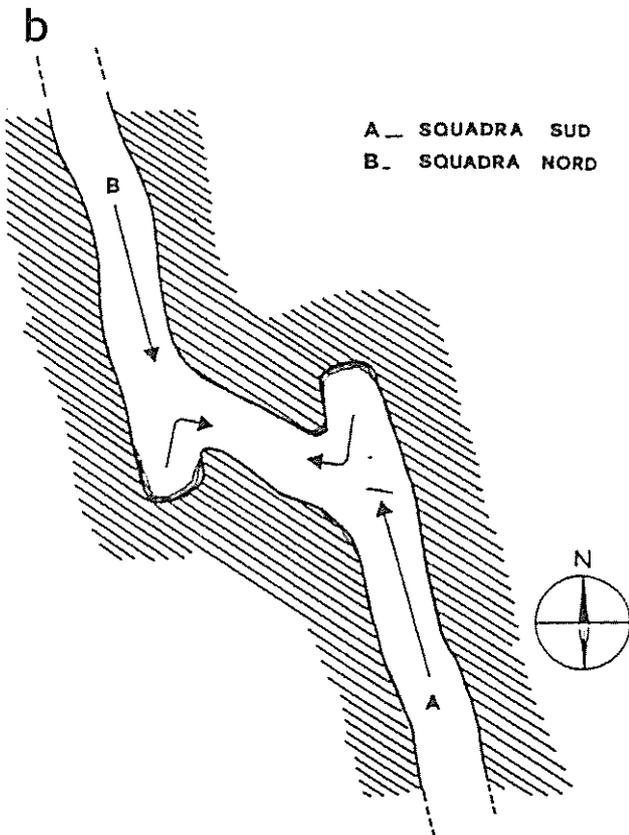


Figura 5 - Nella sezione ricostruttiva (a), che non si riferisce ad alcun caso specifico, si può valutare la funzione dei putei al fine di favorire l'allineamento dello scavo al tracciato stabilito, oltre che come punti di accesso e rifornimento/rimozione dei materiali e come bocche di aerazione. Sotto: Acquedotto di Bononia/Bologna, sezione F-G, 46/47, raccordo fra squadre precedenti in senso opposto con spostamento dell'asse (b); acquedotto di Acelum/Asolo. Lieve disassamento di due tronchi di cunicolo raccordato in continuità (c). [b - Da GIORGETTI 1985, p. 77].



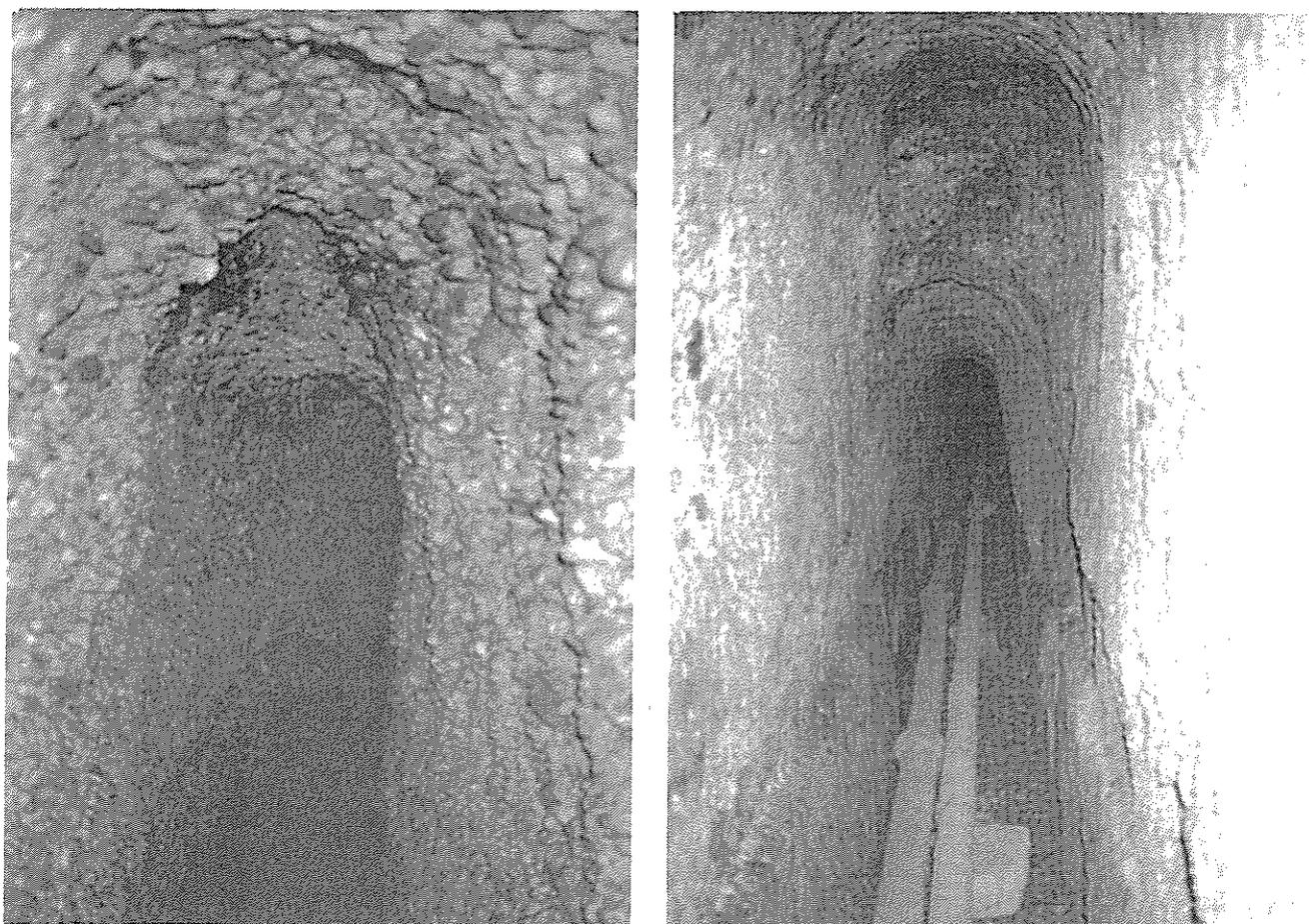
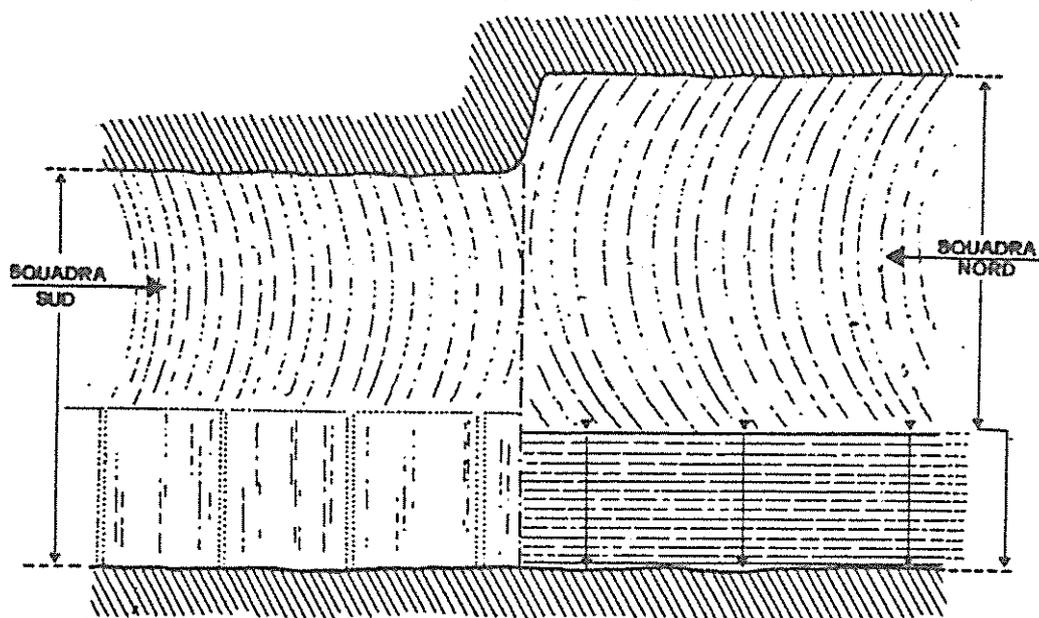


Figura 6 - Gli errori nel mantenimento della quota nei vari tronconi di scavo sono percepibili nei raccordi operati da squadre di lavoratori provenienti da opposti punti di partenza: se al momento di effettuare il raccordo una delle due squadre aveva sbagliato quota, si avviava all'inconveniente con l'abbassamento del fondo del tratto più alto, operazione che lascia in genere il tipico 'dente di giuntura' sulla volta. Nella fotografia di sinistra si può apprezzare l'entità dell'errore compiuto dalla squadra che avanzava da valle in un tratto romano dell'adduttore principale di Fonte Canala, ad Atri (Teramo); nell'immagine di destra si nota invece lo stesso tipo di errore nel Gattolo, acquedotto medioevale asolano. Acquedotto di Bononia/Bologna, sezione F-G, 77-78, raccordo fra squadre procedenti in senso opposto con errore di quota segnalato dal 'dente di giuntura'. [b - Da GIORGETTI 1985, p. 79]



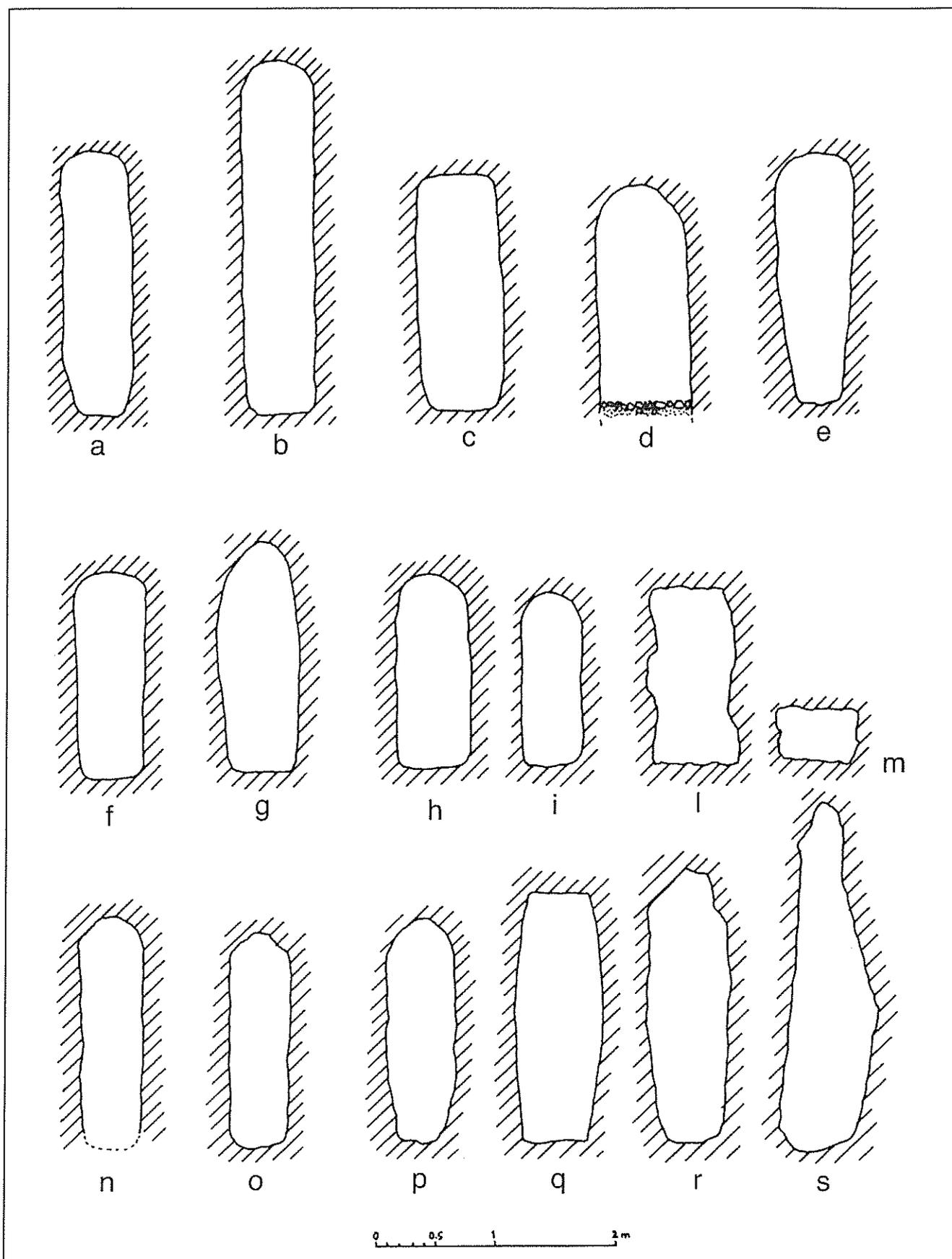


Figura 7 - Sezioni di *specus* senza rivestimento del cavo: a-e, Bologna; f-g, Este, Buso della Casara, h, Camerano, Buco del Diavolo; i, Numana; l-m, Fermo, cunicolo n.ro 31; n-p, Atri, Fonte Canala; q-r, Narni, Formina; s, Narni, Fonte Ferocia.

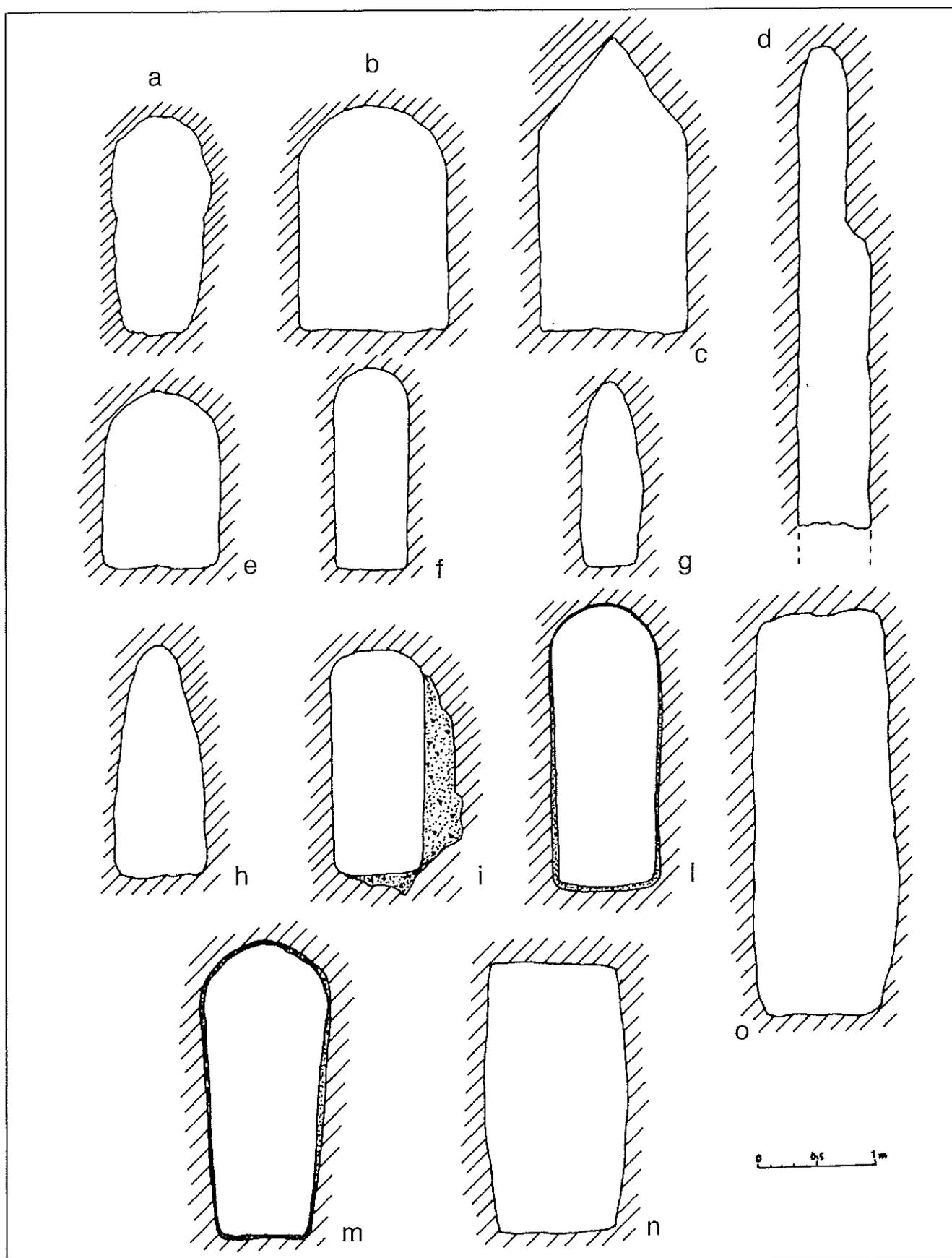
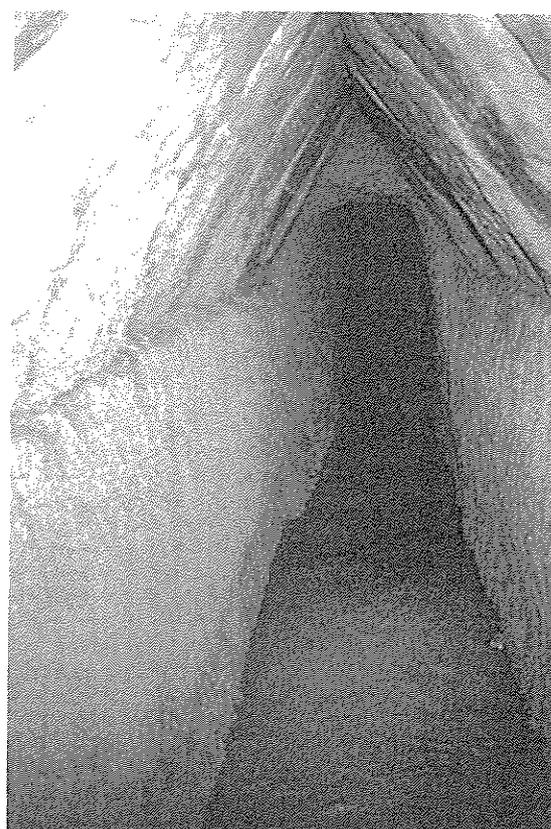


Figura 8 - Sezioni di *specus* senza rivestimento del cavo: a, Todi; b-c, Monte Arunzio; d-e, Casarino/Cures Sabini; f, Albano - Malaffitto Alto; g, Albano - Palazzolo; h, Anio Vetus, S. Cosimato; i-l, Serino; m, Aqua Marcia, La Madonnella; n-o, Aqua Marcia, S. Cosimato.

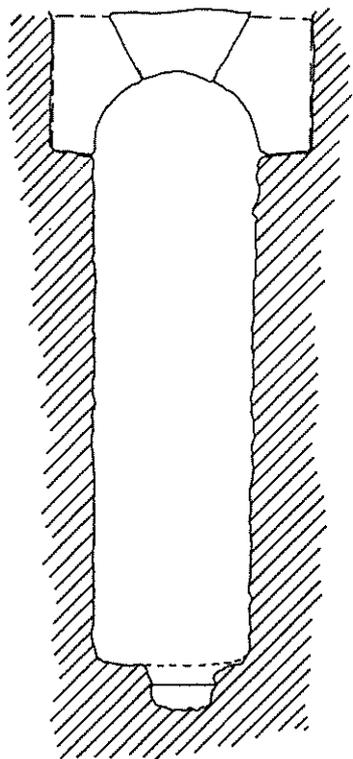
1a



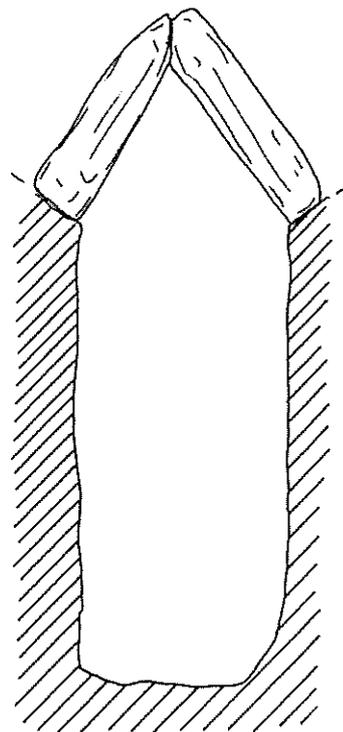
2a



1b



2b



0 0.5 1 m

0 0.5 1 m

Figura 9 - Sezioni di *specus* con copertura del solo cielo del cunicolo: 1a/b Asolo (Treviso), Bot; 2a/b Narni (Terni), Formina. Risulta evidente, soprattutto nell'immagine 1a, l'adattamento della tecnica di foderatura alle caratteristiche geologiche del terreno attraversato (nello specifico, un'alternanza di conglomerati e peliti silto-marnose). [2a - Fotografia di Roberto Nini].

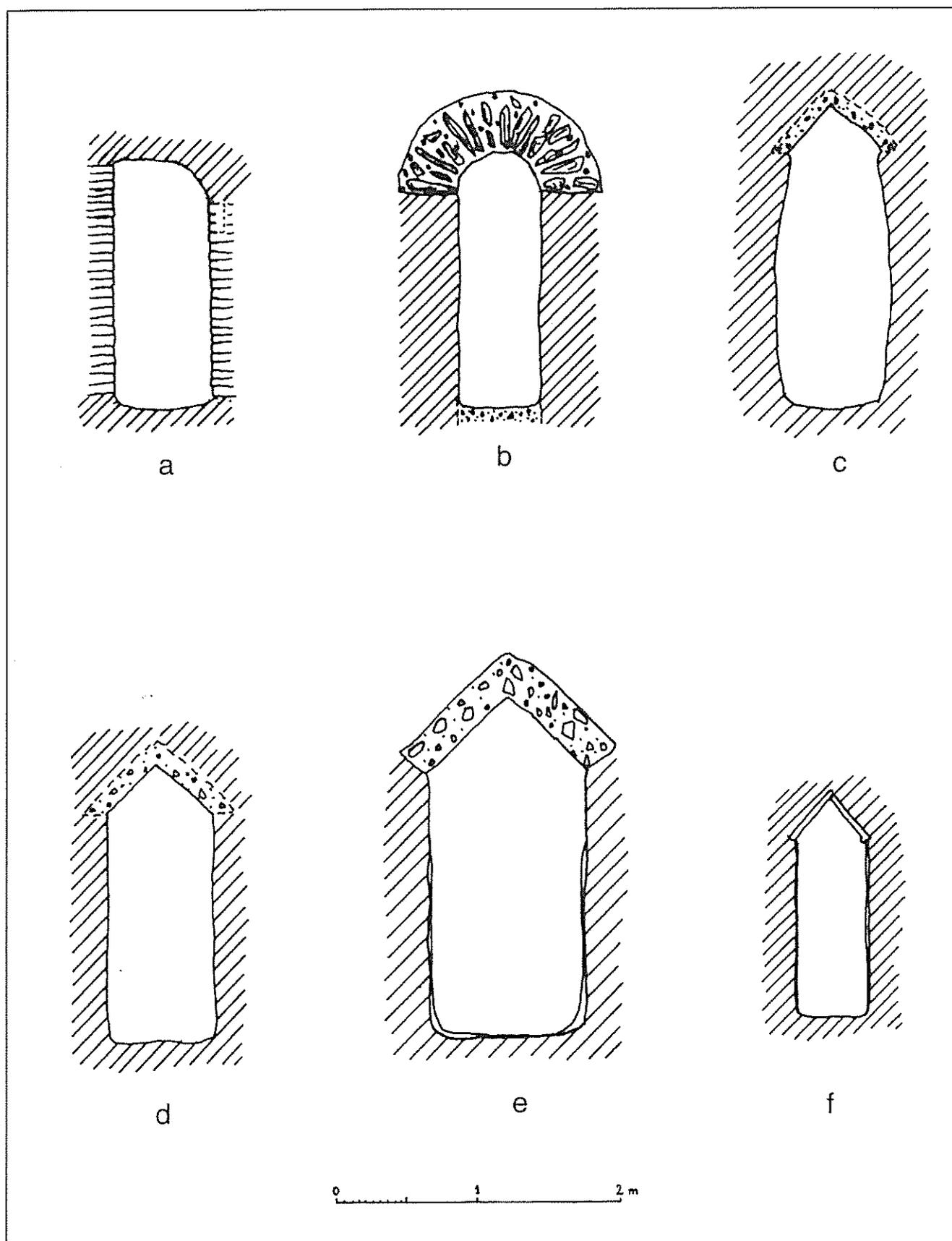


Figura 10 - Sezioni di *specus* con rivestimento parziale del cavo: a, Atri, Fonte Canala, tratto con fodera delle sole pareti; b-d, Bononia/Bologna, tratti con copertura del solo cielo, in calcestruzzo; e, Aqua Claudia, tratto con copertura del solo cielo, in calcestruzzo; f, Camerano, Buco del Diavolo, rivestimento di copertura in embrici.

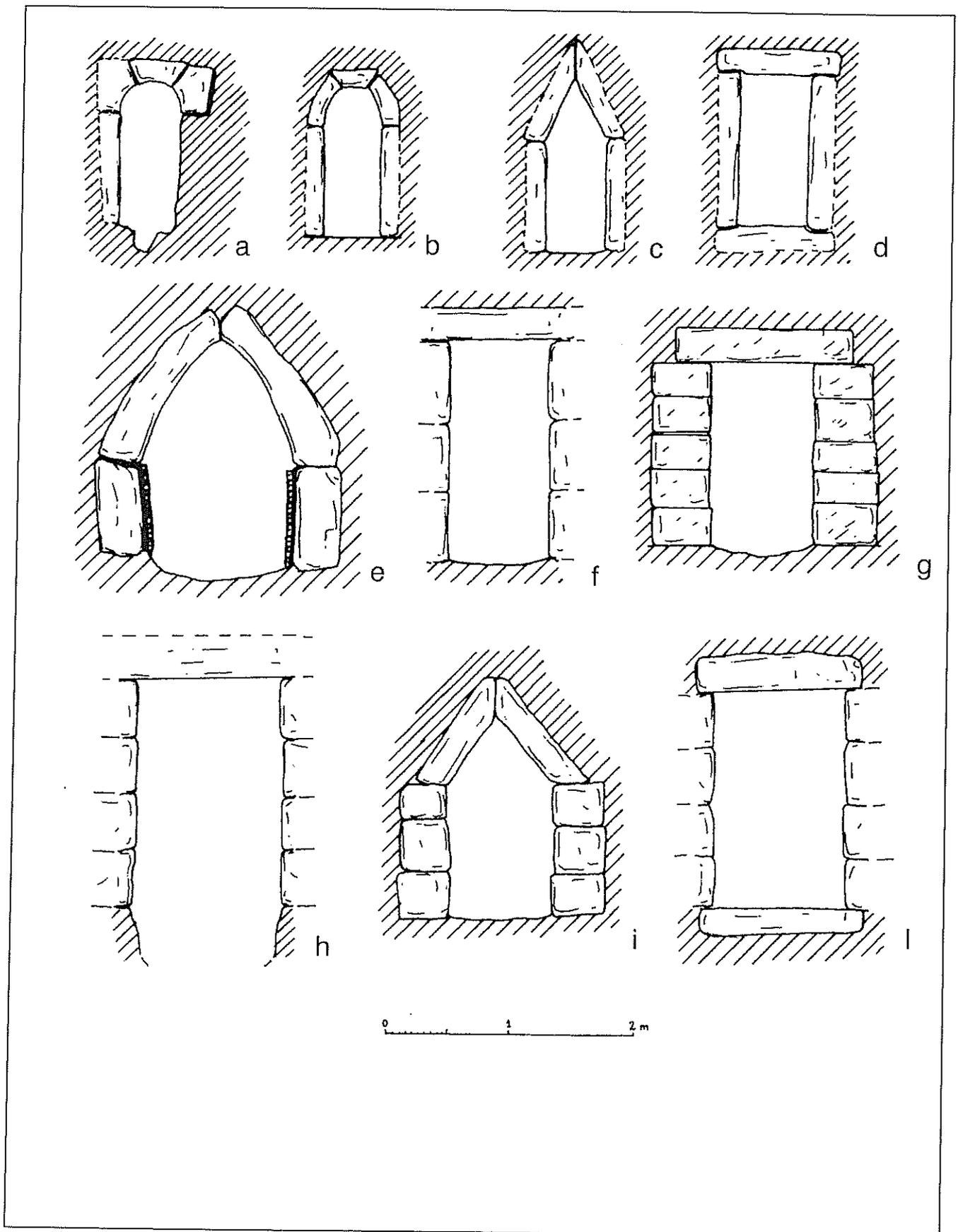


Figura 11 - Sezioni di *specus* con rivestimento dell'intero cavo in elementi lapidei: a, Asolo, Bot; b-c, Amelia, Fontana di Porcelli; d, Todi; e, Anio Vetus al Fosso di Caipoli; f, idem fra Roma Vecchia e Tor Fiscale; g, idem presso Porta Maggiore; h, idem al Fosso della Mola di Galliciano; i, Aqua Claudia al Fosso dell'Inferno; l, Todi.

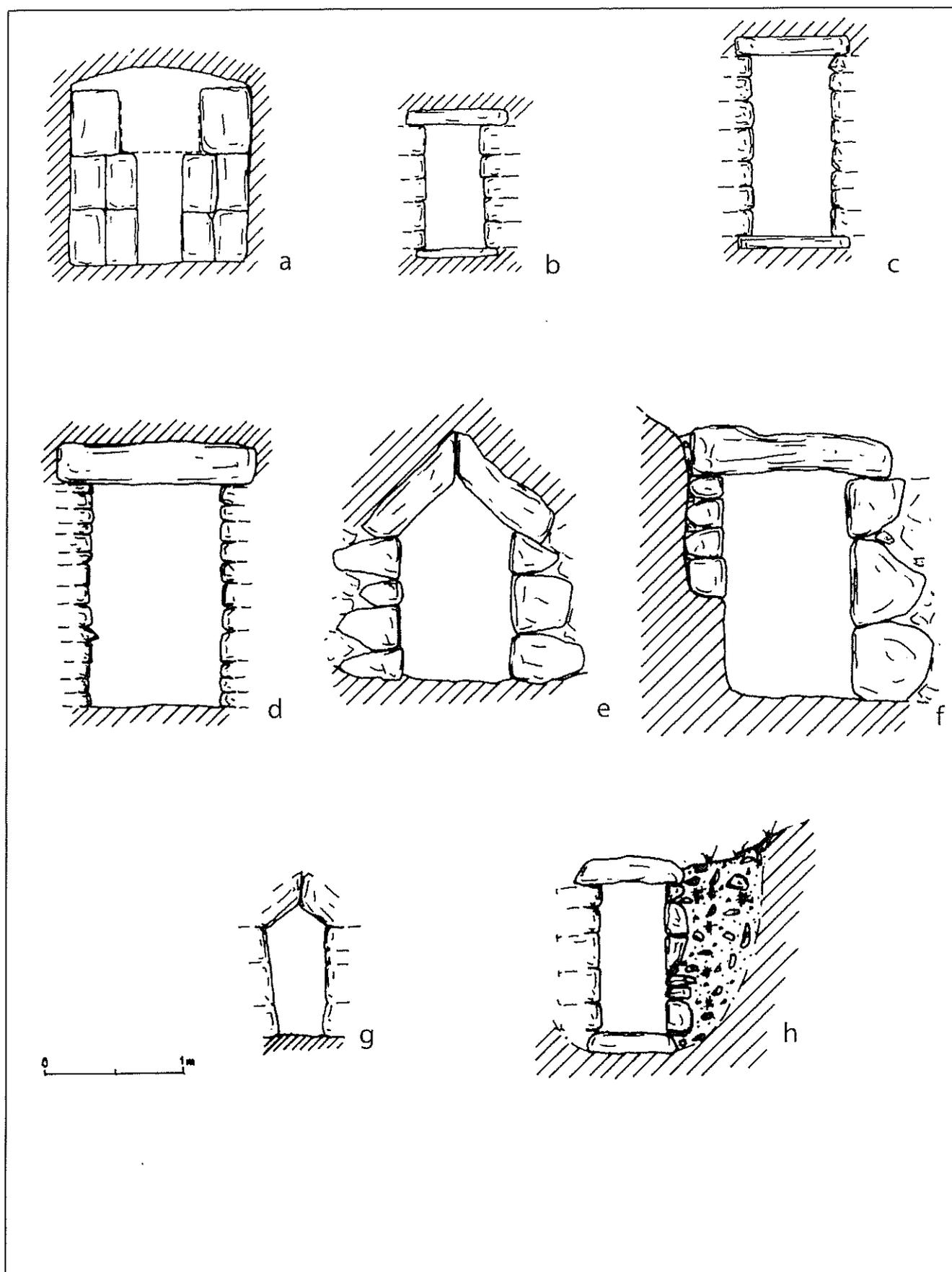


Figura 12 - Sezioni di *specus* con rivestimento dell'intero cavo in elementi lapidei: a, Aqua Appia [?] sull'Aventino; b-c, Todi; d, Aqua Marcia presso Villa Braschi, Tivoli; e, Anio Vetus al Fosso Le Giunte; f, Aqua Marcia a Tivoli, Via di Carciano; g, Sora; h, Venosa.

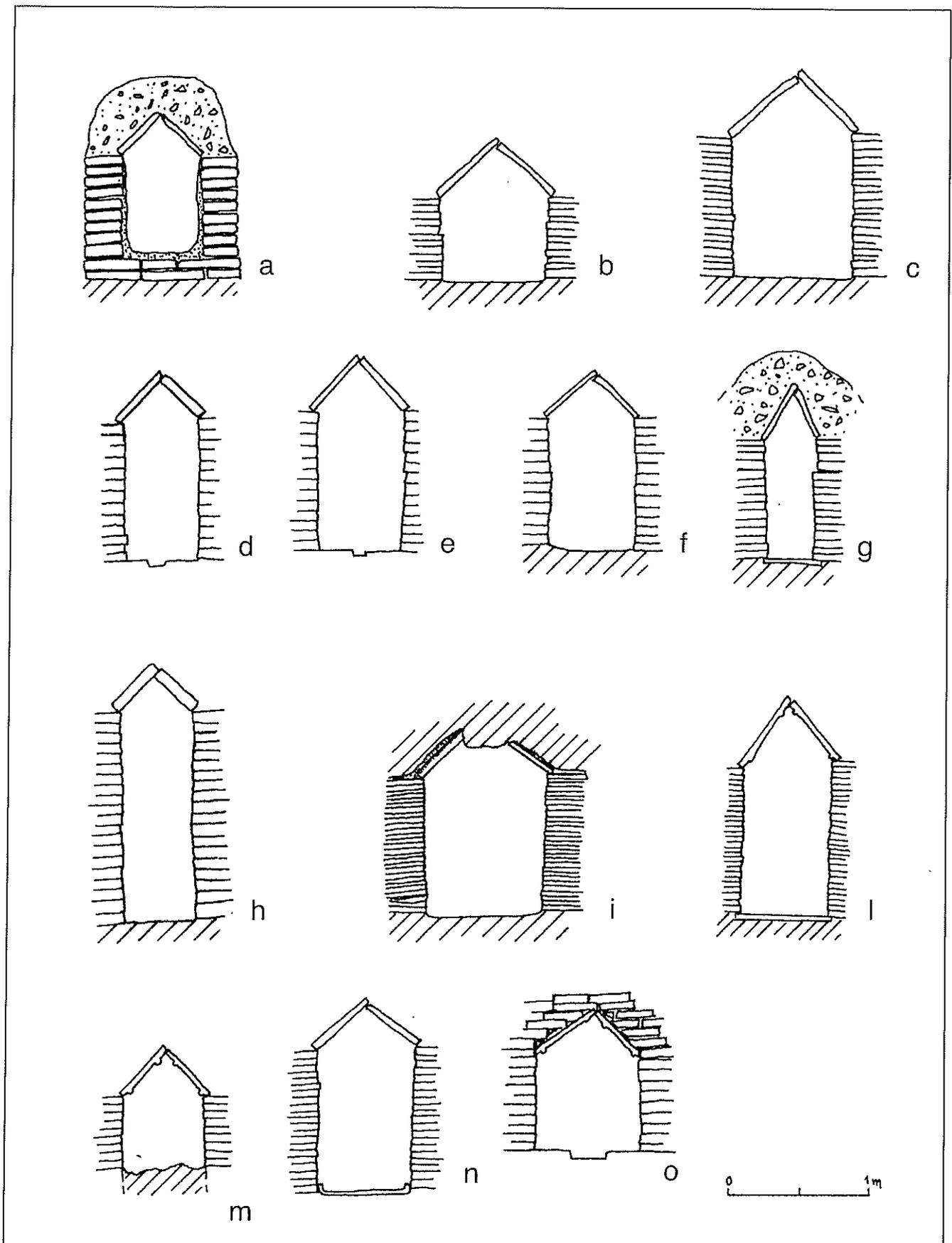


Figura 13 - Sezioni di *specus* con rivestimento dell'intero cavo in laterizio: a, Meldola - Fontana del Diavolo; b-c, Fermo, cunicolo n.ro 25; d, Pesaro; e, Chieti, Fonte Grande; f, Bevagna, Terme; g, Torre Le Nocelle; h, Atri, Fonte Canala; i, Tivoli; l, Atri, Fonte Canala; m, Fermo, cunicolo n.ro 4; n, Todi; o, Fermo, cunicolo n.ro 8.

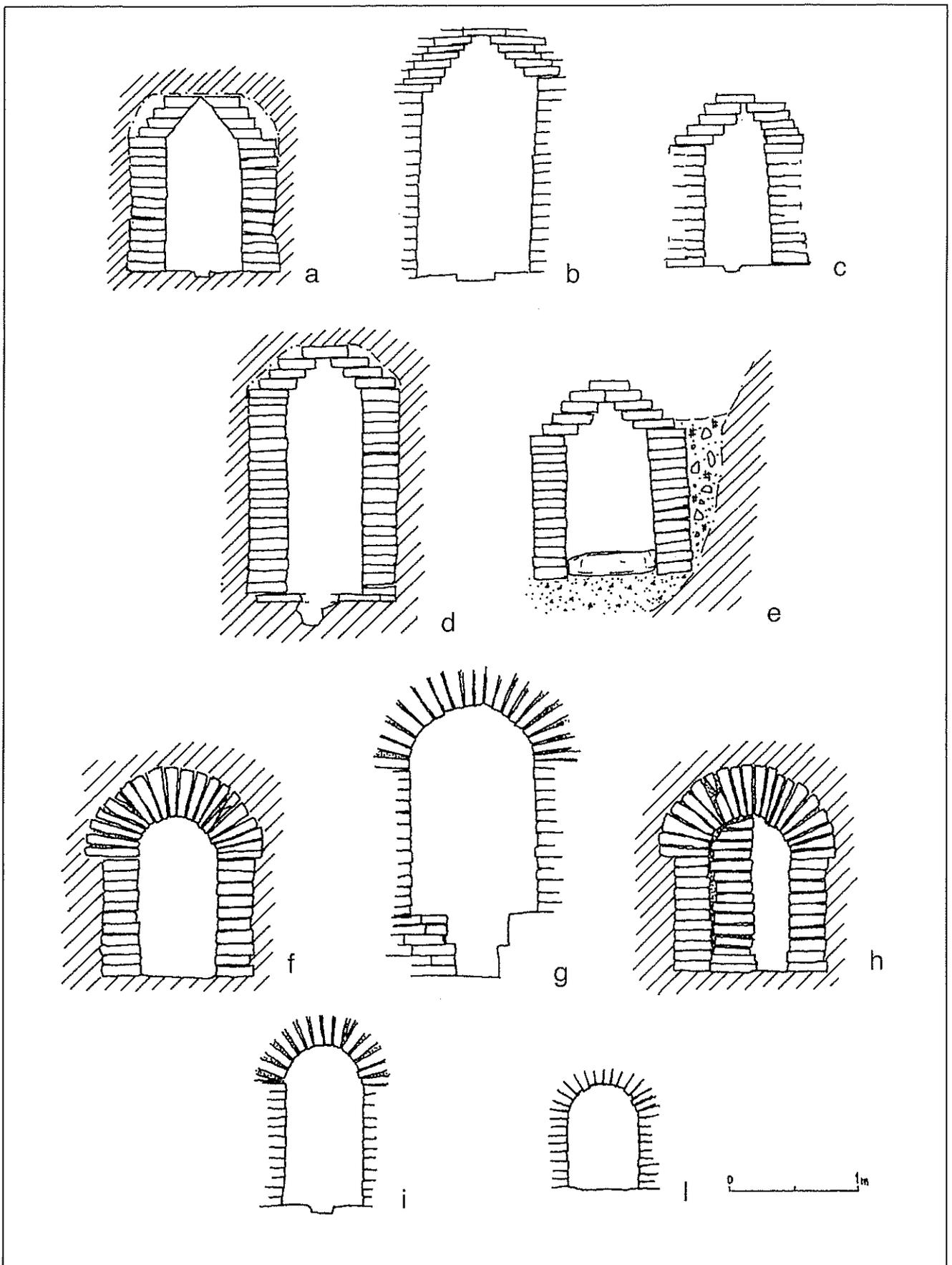


Figura 14 - Sezioni di *specus* con rivestimento dell'intero cavo in laterizio: a, Chieti, Fonte Grande; b, Fermo, cunicolo n.ro 8; c, Pesaro; d, Asolo, Bot; e, Imola, Morine di Sopra; f, Asolo, Bot; g, Fermo, cunicolo n.ro (; h, Asolo, Bot; i, Pesaro; l, Fermo, cunicolo n.ro 4.

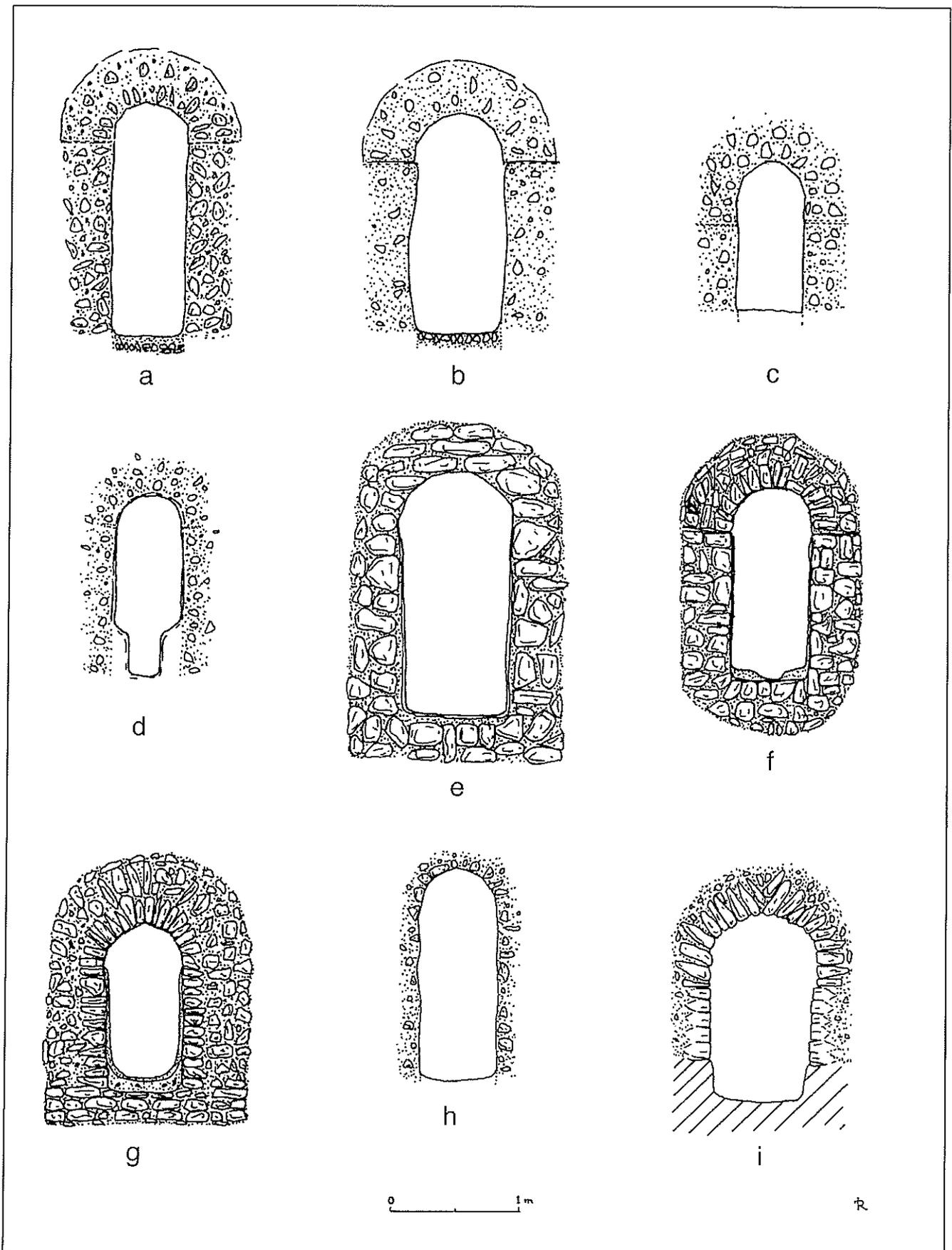


Figura 15 - Sezioni di *specus* con rivestimento dell'intero cavo in calcestruzzo e scaglie di pietra: a-c, Bologna; d, Pompei, Porta Vesuvio; e, Aqua Augusta della Campania; f-g, Brescia; h, Camerano, Buco del Diavolo; i, Ascoli Piceno, Le Casette.

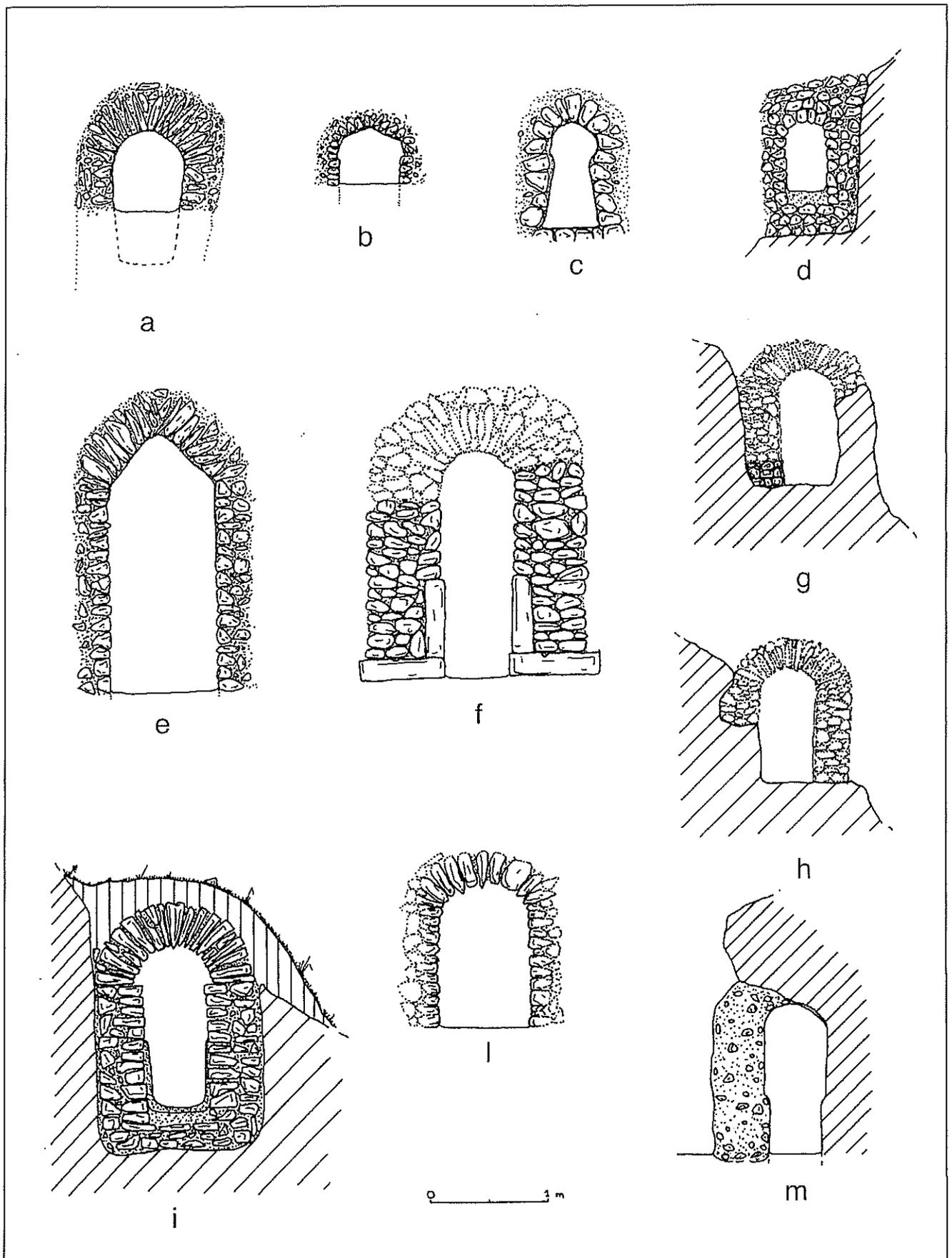


Figura 16 - Sezioni di *specus* con rivestimento dell'intero cavo in calcestruzzo e scaglie di pietra: a, Firenze, La Chiusa di Calenzano; b, Superaequum; c-d, Corfinium; e, Aqua Alsietina, Anguillara Sabazia; f, Venafro; g-h, Aquinum, Monte Cairo; i, Trieste; l, Isernia; m, Casinum.

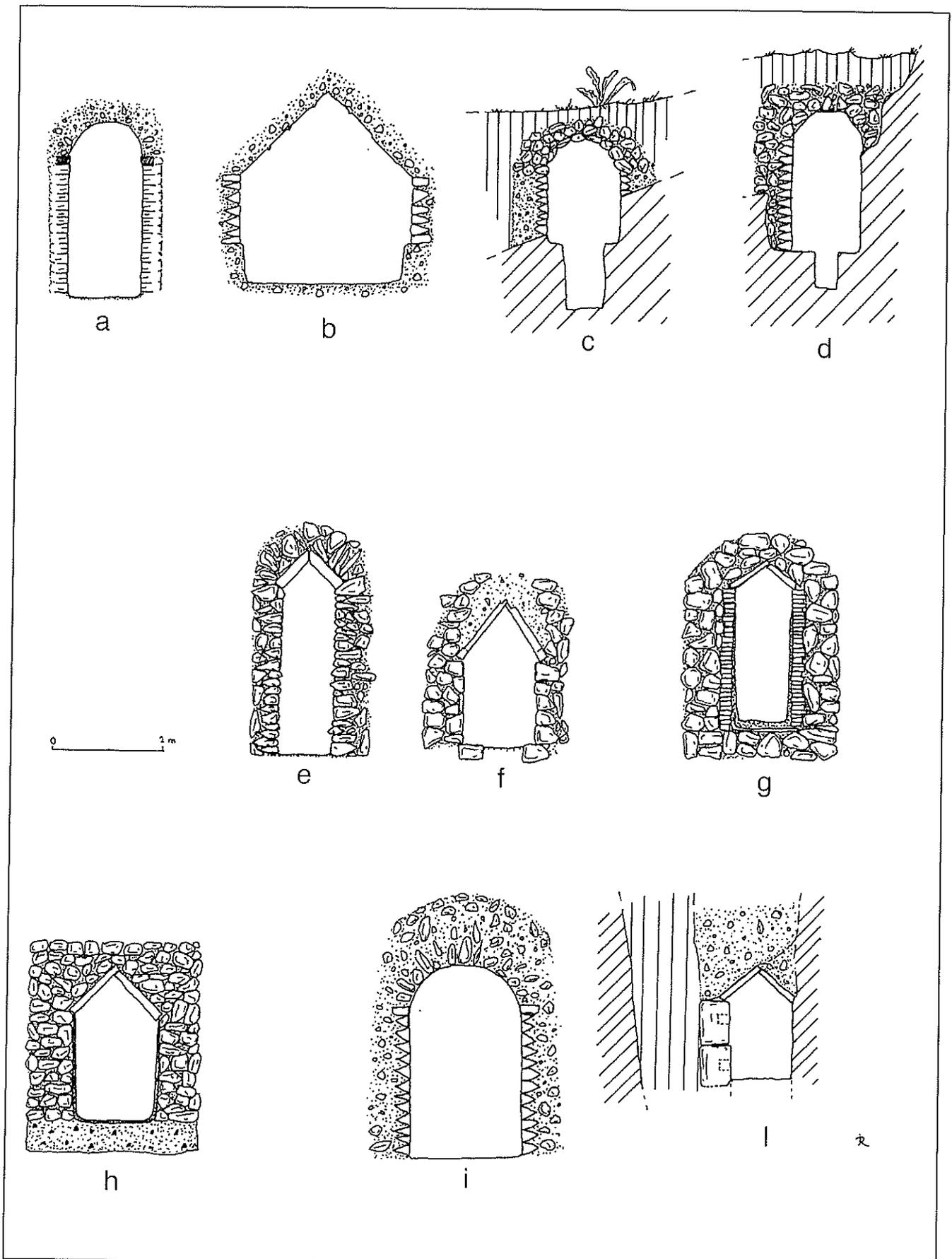


Figura 17 - Sezioni di *specus* con rivestimento realizzato con tecnica mista: a, Chieti, Palazzo Di Majo; b, Aqua Virgo; c-d, Albano, Malaffitto; e, Este, Buso della Casara; f, Superaequum, Goriano Sicoli; g-h, Beneventum; i, Aqua Traiana; l, Tivoli.

Bibliografia

- Acquedotto 2000* 1985 - *Acquedotto 2000. L'acqua del Duemila ha duemila anni*, Bologna.
- ALMAGRO-GORBEA M., GRAN-AYMERICH J. 1991, "El estanque monumental de Bibracte (Mont Beauvray - Borgoña) - Excavaciones del equipo franco-español" en el Programa internacional del Mont Beauvray. Campañas 1987-1988, Madrid.
- BÖGLI H. 1984, *Aventicum. La ville romaine et le musée*, Losanna.
- BORZATTI VON LOWENSTERN E., PINNA G. 1977, *Wadi Rum*, Milano.
- CASTELLANI V. 2005, "La gestione delle acque nei climi aridi e semiaridi", in *In binos actus lumina*, II, pp. 55-60.
- CASTOLDI G. 1934³, *La Sacra Bibbia*, Padova.
- DONATI A. 1985, "Epigrafia del lavoro: nel buio del condotto romano", in *Acquedotto 2000* 1985, pp. 109-117.
- DUVAUCHELLE A. 1990, "Les outils en fer du Musée Romain d'Avenches", in *Bulletin de l'Association Pro Aventico*, 32, 1990.
- FRANZOJ A. 1961, *Continente Nero*, Novara.
- GIORGETTI D. 1985, "L'acquedotto romano di Bologna: l'antico cunicolo ed i sistemi di avanzamento in cavo cieco", in *Acquedotto 2000* 1985, pp.37-107.
- KARO G. 1934, "Die Perseia von Mykenai", in *American Journal of Archaeology*, 38, 1934, pp. 123-127.
- KLONER A. 2005, "Water Cisterns in Idumaea, Judaea and Nabatea in the Hellenistic and Early Roman periods", in *In binos actus lumina*, II, pp. 127-148.
- L'uomo egiziano 1990, cur. S. Donadoni, Bari.
- La Bibbia Concordata 1982, Milano.
- MANACHINI P. L., ISOLANI B. 1994, "L'acqua è un alimento?", in *Lecture d'acqua. Homo Edens - Regimi, miti e pratiche dell'alimentazione nel Mediterraneo*, cur. O. Longo e P. Scarpi, Padova, pp. 29-51.
- PESARO A. 2005, "Evidenze di regolarità strutturali nel tracciamento di opere in cunicolo. Il caso del 'Buso della Casara'", in *In binos actus lumina*, II, pp. 106-111.
- PIGAFETTA F. 1978, *Relazione del Reame di Congo*, cur. G. R. Cardona, Torino.
- RIERA I. 1994, "Gli acquedotti", in *Utilitas necessaria* 1994, pp. 165-296.
- Utilitas necessaria* 1994 - BODON G., RIERA I., ZANOVELLO A., ZANOVELLO P., *Utilitas necessaria. Sistemi idraulici nell'Italia romana*, cur. I. Riera, Milano.

Note

1 - PIGAFETTA, Relazione, 1978, pp.104-105. Filippo Pigafetta espone nella Relazione del Reame di Congo et delle circonvicine contrade, stampata nel 1591, il racconto del viaggiatore portoghese Duarte Lopes, personalmente raccolto nell'anno 1589. Il passo citato si riferisce alla città di Mbanza Kongo, São Salvador per i Portoghesi, posta a sudest di Matadi, nell'attuale Angola.

2 - FRANZOJ 1961, p. 235. La nota del diario di Franzoj, edito nel 1885, si riferisce al centro galla di Suntu (Limu Genet, Gimma), nell'odierna Etiopia, visitato dal viaggiatore piemontese nella prima decade di settembre 1883. Pur tenendo presente la diversità del tempo e dello spazio, non posso fare a meno di ricordare la punizione inflitta da Giosuè (Giosuè, 9, 21; 23; 27) ai Gabaoniti con queste parole: «Ora, perciò, siate maledetti e non manchi tra voi servo, cioè tagliatore di legna e attingitore d'acqua per la casa del mio dio». La traduzione del passo biblico è tratta da La Bibbia Concordata 1982.

3 - FRONT., IV, 1: Ab urbe condita per annos quadringentos quadraginta unum contenti fuerunt Romani usu aquarum, quas aut ex Tiberi aut ex puteis aut ex fontibus hauriebant. Utilizzo per le citazioni dal De aquae ductu Urbis Romae l'ottima recente edizione di Fanny Del Chicca (Roma 2004), che traduce contenti fuerunt con 'dovettero contentarsi'. È ovviamente soggettiva la scelta di vedere i Romani 'costretti' ad accontentarsi dalla mancanza d'altre soluzioni oppure 'contenti' tout court; a mio modo di intendere i Romani ante Appio erano, semplicemente, 'contenti', anche perché il successivo paragrafo 3 non mi sembra sottendere alcun paragone fra il 'prima' e il 'dopo': dice semplicemente che «Oggi arrivano in città l'Acquedotto Appio, l'Aniene Vecchio, il Marcio, l'acqua Tepula, la Giulia, la Vergine, l'Alsietina, detta anche Augusta, l'Acquedotto Claudio e l'Aniene Nuovo» - Nunc autem in urbem confluunt aqua Appia, Anio vetus, Marcia, Tepula, Iulia, Virgo, Alsietina, quae eadem vocatur Augusta, Claudia, Anio novus - senza ulteriori commenti.

4 - FRONT., IV, 2: Fontium memoria cum sanctitate adhuc exstat et colitur.

5 - HIRT., B. Gall., 8, 43, 4-5: cuniculis venae fontis intercisae sunt atque aversae. Quo facto repente perennis exaurit fons. Uxellodunum viene generalmente identificata con Puy d'Issolud, fra St. Denis e Vayrac, sul fiume Dordogne. Per la citazione di Irzio, e per la successiva di Cesare, utilizzo l'edizione di T. Rice Holmes (Oxford 1914).

6 - CAES., B. Gall., 7, 22: aggerem cuniculis subtrahebant, eo scientius quod apud eos magna sunt ferrariae atque omne genus cuniculorum notum atque usitatum est.

7 - CAES., B. Gall., 1, 23: a Bibracte oppido Haeduum longe maximo et copiosissimo, non amplius milibus passuum XVIII aberat. Per il bacino si veda ALMAGRO-GORBEA, GRAN-AYMERICH 1991.

- 8 - MANACHINI, ISOLANI 1994, p. 29.
- 9 - HOM., Il., IV, 171: Per l'Iliade utilizzo l'edizione di Th. W. Allen e D. B. Monro (Oxford 19203).
- 10 - SALL., B. C., V, 3: *Corpus patiens inediae, alboris, vigiliae*. Utilizzo l'edizione di A. Ernout (Parigi 1946).
- 11 - MART., Sat., III, 56: *Sit cisterna mihi quam vinea malo Ravennae, cum possim multo vendere pluris aquam* - «A Ravenna preferirei possedere una cisterna piuttosto che una vigna, visto che potrei venderne l'acqua assai più cara»; interessante anche III, 57: *Callidus imposuit nuper mihi copo Ravennae: cum peterem mixtum, vendidit ille merum* - «Di recente, a Ravenna, un volpone d'oste me l'ha fatta: ho chiesto del vino annacquato, me l'ha venduto schietto». Utilizzo l'edizione di D. R. Shackleton Bailey (Stoccarda 1990).
- 12 - HOR., Sat., I, V, 88-89: *Venit vilissima rerum hic aqua*. Utilizzo l'edizione di F. Klinger (Lipsia 1959³).
- 13 - ARIST., Politica, VII, 11, 3. Utilizzo l'edizione di J. Aubonnet (Parigi 1986).
- 14 - L'uomo egiziano 1990, p. v.
- 15 - HOM., Il., XXI, 7-283.
- 16 - Esodo, 7, 17-19. La traduzione dei passi biblici è tratta da CASTOLDI 1934³, contaminata in parte con la versione data ne La Bibbia Concordata 1982.
- 17 - Anche se la citazione dal Pigafetta proposta più sopra (cfr. nota 1) ci mostra come, pur in condizioni 'naturali', si possa determinare una differenziazione sociale data dai luoghi di attingimento; il problema, peraltro, non sembra porsi per l'Egitto antico, 'dono del Nilo'.
- 18 - BORZATTI VON LOWENSTERN, PINNA 1977; qualche spunto può venire anche da KLONER 2005, pp. 133-135, benché lo studio si riferisca ad alcuni manufatti del Negev ascrivibili ad epoche più recenti.
- 19 - AESCHIN., Sull'ambasciata infedele, 115. Utilizzo l'edizione di V. Martin (Parigi 1927).
- 20 - Un sunto della problematica è tratteggiato in CASTELLANI 2005. Vittorio Castellani, che avrebbe dovuto contribuire a questo stesso volume, non è più: auspico che il grande lascito di esperienza e di coscienza che ci ha confidato possa essere ferace.
- 21 - POLYB., X, 28, 2-4.
- 22 - Le facili generalizzazioni, in questo più che in altri casi, sono peraltro pericolosissime. Per l'area sud-arabica, per esempio, l'origine delle reti cunicolari potrebbe essere espressione di volontà ed intendimenti interni alla famiglia o al gruppo di famiglie; l'apporto del 'potere' si manifesterebbe qui maggiormente sul piano della mediazione, più che su quello della progettazione e realizzazione. Del resto il passo di Polibio testé citato chiarisce che «al tempo in cui i Persiani erano signori dell'Asia, concessero il diritto di coltivare la regione, per cinque generazioni, a coloro che avessero condotto acqua dalla sorgente in luoghi fino ad allora non irrigati. Perciò, essendo il Tauro ricco di molte e abbondanti vene d'acqua, gli interessati affrontarono ogni genere di spesa e di sacrificio per costruire acquedotti sotterranei tanto lunghi, che, al giorno d'oggi [Polibio scrive intorno alla metà del II secolo a.C.], nemmeno coloro che utilizzano l'acqua sanno da dove essa realmente provenga».
- 23 - HER., III, 117, 3-6. Il fiume cui si riferisce Erodoto, l'Àkes, non mi risulta sia stato identificato con certezza, anche se si pensa all'odierno Harîrûd, in Corasmia (Khorasan). Utilizzo l'edizione di K. Hude (Oxford 1927³).
- 24 - Intendo il termine nella sua accezione latina di 'approvvigionamento idrico': aquae ductus.
- 25 - Per un orientamento di minima sul tema si veda RIERA 1994, pp. 194-195 e nn. 79-80 a p. 283.
- 26 - PESARO 2005, p. 108.
- 27 - I Romani sembrano avere avuto notevole consapevolezza della geologia, della geomorfologia e della geomeccanica. Forse va letta anche in questo senso la lapidaria indicazione vitruviana (VIII, 6, 3; utilizzo l'edizione di L. Callebat - Parigi 1973) la quale prevede che «se si incontreranno formazioni tufacee o roccia più compatta vi si scaverà direttamente il condotto» - Et si tofus erit aut saxum, in suo sibi canalis excidatur. Per le mie opinioni su Vitruvio e gli altri 'trattatisti' considero sostanzialmente ancora valido quanto ho esposto in Utilitas necessaria 1994, pp. 74-98 (Le fonti letterarie); 147-161 (Le fonti letterarie ed epigrafiche come strumento di studio, elaborato con Paola Zanovello).
- 28 Ricordo qui, per brevità, solo due casi: le importanti incisioni e i notevoli pittogrammi rinvenuti dal Giorgetti nello specus dell'acquedotto di Bononia (per cui si vedano direttamente GIORGETTI 1985, passim, ma specialmente pp. 64-73, e DONATI 1985) e l'immane iscrizione di Nonio Dato (C.I.L., VIII, 2728), che può servire ad illuminare anche un caso in negativo, 'fuori controllo'.

Le dighe nell'antichità

Leonardo Lombardi

Allorché l'uomo fa il grande salto, passando dallo stato di nomade, come cacciatore e raccoglitore, alla stanzialità e all'agricoltura, non può più servirsi dell'acqua che casualmente incontra lungo il cammino. Nasce la necessità di collocarsi vicino a fonti d'acqua perenni, sorgenti, torrenti o laghi. In mancanza di tali risorse l'uomo si è ingegnato di ricercare i modi per approvvigionarsi. Tra questi il più semplice era quello di accumulare l'acqua piovana in zone che la potessero trattenere, per un uso procrastinato nel tempo. Nascono così le conserve d'acqua che in tutto il mondo caratterizzano le prime fasi stanziali dell'umanità. Piccoli o grandi bacini scavati in terreni argillosi, ma anche ambienti sotterranei protetti da una copertura.

Passeranno millenni prima che l'umanità, raggiunto un livello tecnologico più avanzato, riesca a stoccare quantitativi d'acqua importanti, sbarrando un corso d'acqua per deviarne il flusso in direzione delle sue necessità.

Numerosi gli autori che si sono occupati degli sbarramenti antichi ricavando pochi dati dalle fonti letterarie, ma soprattutto facendo osservazioni dirette sul terreno ove molte delle opere antiche conservano tracce importanti, anche se non sempre chiaramente leggibili.

Due autori (Smith 1971, Schnitter 1994) hanno pubblicato un vasto repertorio di sbarramenti e, con il passare degli anni, il patrimonio di conoscenze si accresce in continuazione.

In questa nota parleremo di dighe, di argini e di traverse. Da un punto di visto tecnico, per le difficoltà di realizzazione, i differenti tipi di sbarramento non presentano grandi differenze. Le differenze risiedono nello scopo dell'opera e nella possibilità o meno di utilizzare interamente la risorsa immagazzinata. E' proprio a tale possibilità che farò riferimento nel corso

Leonardo Lombardi, Idrogeologo.

dello scritto. Parlerò di traverse, per quelle opere realizzate per sollevare il livello dell'acqua e renderlo stabile per derivare poi l'acqua, utilizzando solo la porzione più superficiale dell'invaso, e le dighe con adeguate opere di presa alla base in grado di usare tutta l'acqua invasata.

Le prime tracce di sbarramenti artificiali di un corso d'acqua, rinvenute e descritte in letteratura, risalgono al 3000 a.C.. In Giordania, nei pressi di Jawa, fu realizzato un complesso sistema idraulico di immagazzinamento dell'acqua con lo sbarramento principale alto 5 m e lungo 80 metri.

Altra opera antica importante è stata rinvenuta in Egitto (Garbrecht 1985) ove, nei pressi di Menfis si hanno i resti di un'opera idraulica di dimensioni ragguardevoli. Lo sbarramento del torrente Garawi, con una traversa di 113 m di lunghezza, 14 m di altezza e circa 100 metri di larghezza. Nota come la diga di Kafara fu costruita, nel 2600 a.C., aveva i due paramenti rivestiti con 17.000 blocchi di pietra di 300 kg ciascuno e il nucleo in terra e pietra.

Le tracce rinvenute indicano che l'opera fu distrutta da una piena durante la sua costruzione.

Ma numerose sono le tracce antiche di opere di sbarramento realizzate per accumulare acqua, per difendere aree particolari da piene improvvise, oggi diremmo per laminare le piene, per irrigazione o per ricavare zone pianeggianti da usarsi per l'agricoltura.

La tecnica degli sbarramenti si diffonde in tutto il continente euroasiatico. Nello Yemen, nello Sri Lanka, in Cina sono note opere di sbarramento importanti. Ma è nel bacino mediterraneo che si hanno gli esempi più eclatanti.

Nel deserto del Negev sono state rinvenute 1800 traverse su modesti corsi d'acqua temporanei. E' stato calcolato che venne realizzata una diga ogni 8.000 m² di terreno (Kedar 1975). Gli sbarramenti avevano diversi scopi: derivazione d'acqua a scopo irriguo, alimentazione di cisterne, produzione di pianure agricole ricche di limo e umidità e spostare acqua da un corso d'acqua ad un'altro vicino.

Anche i Micenei si cimentarono con gli sbarramenti, con opere per il controllo idraulico di corsi d'acqua, al fine di conquistare terre agricole o di pro-

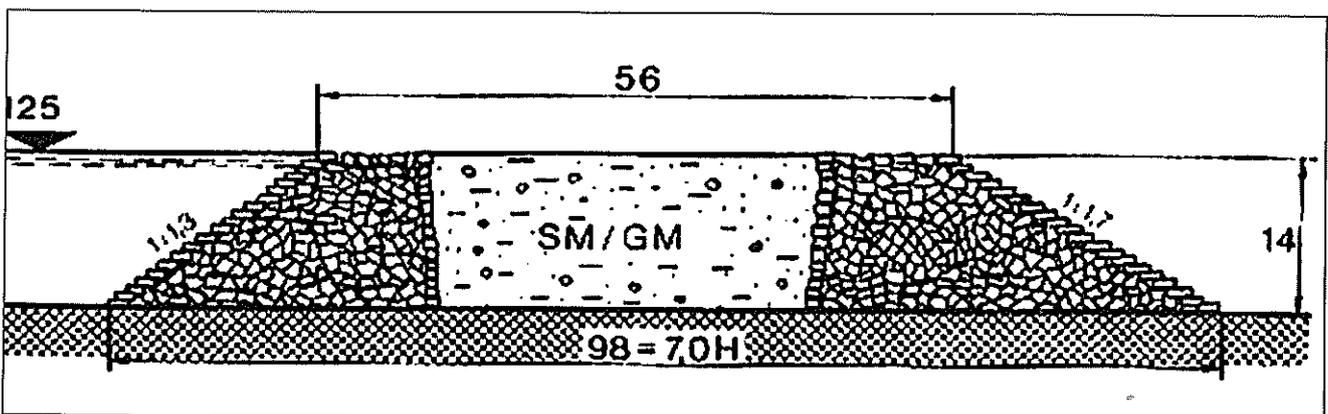


Figura 1 - Lo sbarramento di Kafara da Schnitter 1994, p.3.

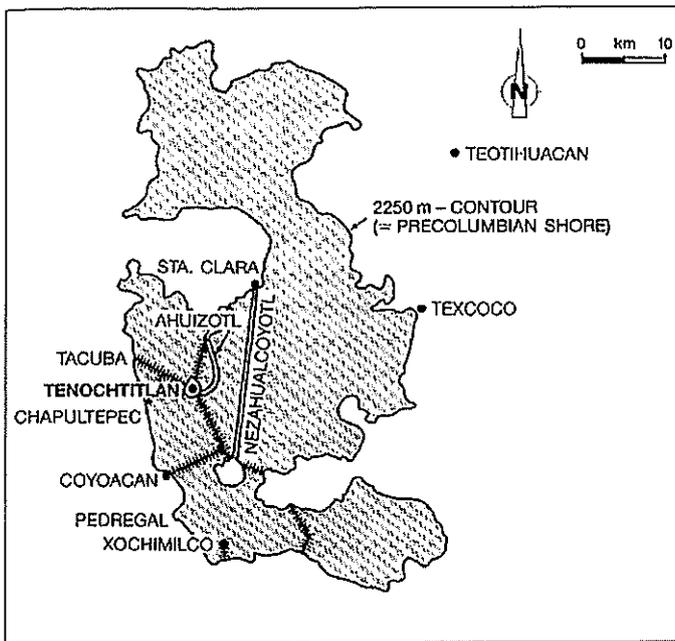


Figura 2 - Le dighe di protezione della capitale Azteca Tenochtitlan.

teggersi dalle esondazioni dei fiumi. E' il caso di Tirinto (Balcer J.M. 1974), ove fu costruita una diga di protezione in opera ciclopica, per proteggere la città fortezza. Le acque di tre torrenti furono imbrigliate e trasferite un canale artificiale che sboccava direttamente a mare.

Altra magistrale opera micenea fu la bonifica del Bacino di Copaide in Beozia. Una vasta piana alluvionale di 350 Km², alimentata da due corsi d'acqua, che inondavano la piana formando un lago che aveva il suo emissario in alcuni inghiottitoi carsici, posti a quota troppo alta per poterlo prosciugare.

I micenei, attorno al 1500 a.C, riuscirono a recuperare all'agricoltura la piana costruendo due lunghi argini nei quali incanalarono l'acqua dei due fiumi per immetterla in un inghiottitoio opportunamente abbassato di quota (Castellani 1999).

Si potrebbero fare decine di altri esempi di sbarramenti antichi, ma resteremo sempre nel campo delle traverse o degli argini.

E' possibile che, data la relativa facilità di contatti tra i vari paesi dell'oriente e dell'Africa del nord, le esperienze e le conoscenze tecniche abbiano viaggiato dal un paese all'altro consentendo il trasferimento del sapere. Ma vale la pena di citare le dighe del continente americano che sicuramente, chiusosi il passaggio nello stretto di Bering, per 10-12.000 anni è rimasto isolato da qualsiasi contatto con il resto del mondo.

Nel Messico preispanico, sede di importanti e alte civiltà, attorno alla capitale Azteca, Tenochtitlan, si costruiscono dighe lunghe decine di chilometri (le dighe di Nezahualcoyotl) che, nel vasto lago della piana endoreica messicana, separavano l'acqua dolce da quella salata.

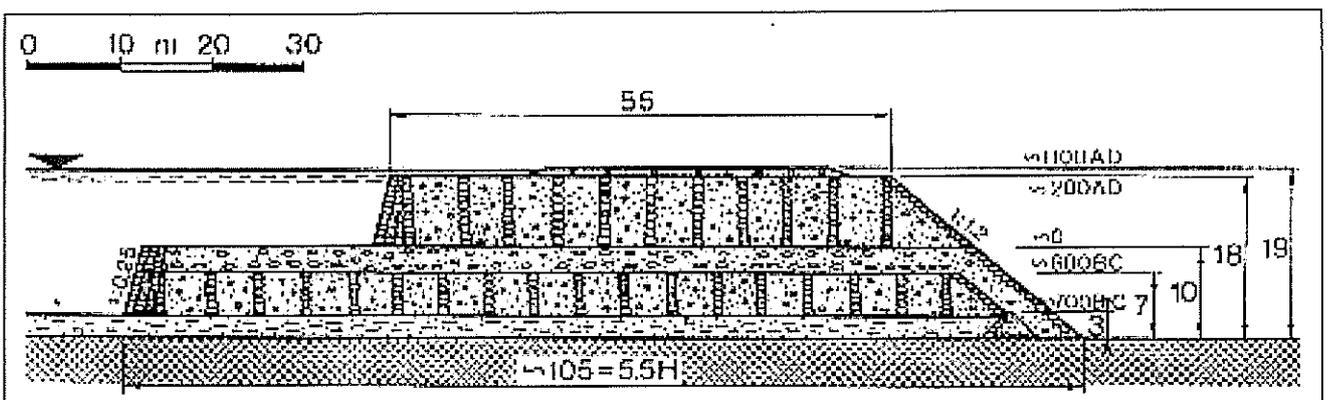


Figura 3 - La diga di Purron in Mexico.

Ma vi è di più, è stata rinvenuta una diga di grandi dimensioni (la diga di Purron) che non ha nulla di diverso da quelle euroasiatiche. Evidentemente la necessità e l'ingegno portano a convergenze impressionanti.

Ripercorrere gli innumerevoli esempi di traverse ci porterebbe lontano dall'obiettivo di questa nota che riguarda le opere di captazione idraulica antiche, in particolare le dighe usate per l'approvvigionamento idrico, potabile o irriguo che fosse.

In questo senso la prima diga fornita di un'opera di presa bassa rispetto al coronamento e costruita in modo tale da poter regolare il flusso che doveva raggiungere un centro abitato è la diga di Probatca. L'opera idraulica non serviva solo per sollevare il pelo dell'acqua, per avere la possibilità di derivare l'acqua dalla superficie dell'invaso, ma consentiva l'uso di gran parte dell'acqua invasata.

In questo senso la diga di Probatca, in Israele, nella Valle Rephaim, a nord del Tempio di Salomone, probabilmente costruita nell'VIII secolo a.C. è la diga più antica del mondo. L'opera, alta 13 m con 7 metri di spessore e una lunghezza di 40, è considerata la prima opera munita di opera di presa alla base. Questa è costituita da un pozzo, con sezione di un metro per un metro, inserito nel paramento di monte, e comunicante con l'invaso tramite due aperture a differenti altezze.

Ammesso che la diga di Probatca sia così antica, questa esperienza sembra non sia stata presa come esempio se non molti secoli dopo dai tecnici romani. Così come con l'arco o con gli acquedotti, sicuramente eredità di altre culture, ma perfezionati, usati in migliaia di casi e diffusi in tutto il mondo conosciuto, anche per le dighe i tecnici romani hanno realizzato dighe in tutto l'impero ogni qualvolta le condizioni ambientali lo rendevano necessario.

Le dighe romane, così come quelle più antiche, sono quasi sempre dighe a gravità. Dighe rettilinee, o con qualche flesso, che con il loro stesso peso contrastavano le pressioni dell'acqua e le eventuali sottospinte da infiltrazioni e sifonamenti.

Fino a pochi anni fa tutti i testi riportavano due sole dighe ad arco, nelle quali la pressione dell'acqua era parzialmente contrastata scaricando la pressione sugli appoggi laterali dell'opera.

La diga ad arco più nota è la traversa di Glanum, a Saint-Rémy in Provenza, alta circa 6 metri e lunga altrettanto. L'opera era ancorata con un arco, a raggio molto lungo, sulle pareti rocciose della valle (Benoit 1935).

Della traversa romana resta poco anche perché nell'800 è stata realizzata nello stesso sito un'altra diga per l'acquedotto di Glanum.

L'altro esempio di diga ad arco ci è dato da uno scritto di Procopio, Storico Bizantino del VI sec. d.C., il quale descrive la diga di Daras, al confine tra Turchia e Siria, dicendo che la diga non è rettilinea ma a forma di falce di luna in modo da poter ancorarsi saldamente alle pareti della valle per resistere alla violenza del flusso idrico.

A questi due esempi, citati da tutti gli autori che si sono occupati di idraulica antica, si è aggiunta alcuni anni or sono una nuova scoperta, in Italia,

a Ponza. Si tratta di una diga ad arco, in perfetto stato di conservazione (Lombardi e Livi 1994; Lombardi 1996), di cui parleremo in seguito.

Peraltro l'Italia non sembra sia stata sede di costruzione di grandi dighe. Si cita sempre, e quasi esclusivamente, la serie di dighe neroniane sulla valle dell'Aniene, nei pressi di Subiaco.

In bibliografia specializzata e archeologica si sostiene che una delle dighe di Subiaco fosse alta oltre 40 m, la diga più alta mai costruita dai romani (Smith 1970 pp. 58-62, Schnittler 1994, p.58).

Nel fare tali affermazioni non si è tenuto nel debito conto che la valle dell'Aniene, nei pressi di Subiaco, attraversa formazioni calcaree, altamente carsificate e che l'Aniene è un fiume con portata elevata (qualche m³/s) che avrebbe impedito la realizzazione di un'opera di quelle dimensioni senza la deviazione del corso d'acqua.

In base ai dati relativi soprattutto alle dighe del Nord Africa e della Spagna è possibile riassumere i criteri che i tecnici romani prendevano in considerazione nella realizzazione delle opere (Garcia Diego J., Diaz Marta M. e Smith N.A.F. 1980 p. 497).

Gli autori indicano cinque criteri messi in atto dai romani per realizzare una diga.

- Un grado sufficiente di impermeabilità dell'opera;
- stabilità dell'opera sotto la spinta dell'acqua a invaso pieno;
- stabilità dell'opera a invaso vuoto;
- sicurezza dell'opera nei momenti di scarico di superficie;
- sistema per prelevare acqua dall'invaso.

A questi criteri se ne possono aggiungere altri quasi sempre rispettati dai tecnici romani.

- Presenza di una stretta per realizzare l'opera;
- caratteri geologici di impermeabilità delle spalle della valle;
- impermeabilità del letto della valle. Tale criterio non sembra essere stato sempre rispettato in quanto la diga di Consuegra in Spagna mostra crolli del corpo diga in direzione dell'invaso che fanno ritenere probabile un sifonamento. Peraltro sotto il corpo diga sono presenti alluvioni sabbiose, certamente poco idonee a fondarvi una diga;
- bacino a monte per la creazione di un invaso sufficiente allo scopo;
- precisa valutazione topografica della quota rispetto alle utenze che dovevano essere servite;
- bacino imbrifero non troppo grande per garantire la realizzazione dell'opera senza dover deviare il corso d'acqua (vedasi le osservazioni sulla diga di Proserpina);
- realizzazione delle dighe solo in ambienti geografici a modesta piovosità;
- sfioratore, in genere, laterale alla diga, in valli morfologiche opportunamente regolarizzate. Spesso le traverse e alcune dighe sembrano crollate proprio per difetti nello scolmatore.

I criteri costruttivi erano abbastanza uniformi e si passa da opere in

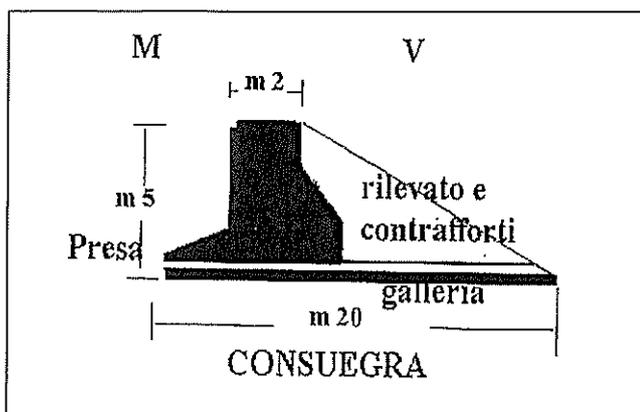


Figura 4 - Sezione schematica della diga di Consuegra in Spagna.

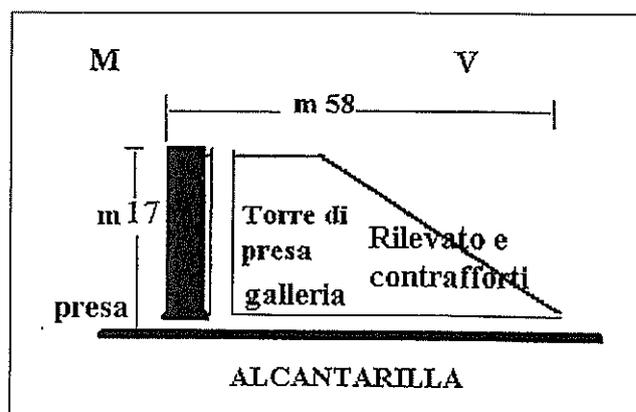


Figura 5 - Sezione schematica della diga di Alcantarilla in Spagna.

terra rivestite in pietre, a opere in *opus caementitium* sempre rivestite in pietra con elevati spessori. I paramenti, da verticali a inclinati mostrano presenza frequente di contrafforti a sostegno del paramento a monte e rilevato in terra contro il paramento a valle.

Le opere di conduzione studiate sono poche, ma hanno tutte un cunicolo che traversa la diga, e una piccola camera di manovra per le chiavi di regolazione. Le opere di presa sono indistintamente nel corpo diga, inserite sia nel paramento di monte che in quello di valle, o nell'invaso con torre di presa.

Come si riportava all'inizio, i Romani erano, nel campo idraulico, grandi diffusori della tecnologia. L'acqua, specialmente con l'impero, divenne l'elemento principe per la conquista del consenso. La superiorità dell'impero Romano risiedeva proprio nella capacità di soddisfare i bisogni delle popolazioni conquistate e dominate, e l'acqua era, specialmente nel meridione dell'Impero, con climi aridi, lo strumento principe della politica imperiale.

Le dighe per le loro dimensioni, paragonate alle piramidi, ma più utili, si diffusero in tutto l'impero.

Manca un censimento totale di queste opere, a volte maestose, a volte semplici traverse su torrenti di scarsa importanza. Tuttavia in Spagna, in Africa del nord, in Siria, Giordania, Libano, Israele e Turchia se ne contano a centinaia e alcune sono ancora perfettamente funzionanti e usate.

In Spagna sono state censite quindici dighe e molte decine di *azudes* (le traverse).

Per le dighe spagnole riportiamo due sezioni schematiche (figg. 4 e 5).

In Siria (Calvet e Geyer 1992) hanno censito 13 traverse, per lo più alimentanti delle norie, e una diga, Harbaqa (fig. 6), per l'approvvigionamento idrico di Palmira, di cui si riportano alcuni dati. Lunghezza m 365, altezza m 20,50, spessore alla base 18 m. È munita di uno scarico di fondo e l'opera di presa è costituita da un foro, posto a 11,20 dal coronamento, che comunica con una galleria. La porzione a valle di questa opera era rotta e fu riparata in epoca islamica. È molto probabile che vi fosse una camera di manovra con chiavi in bronzo e che tutte le

parti in metallo siano state asportate lasciando solo le mura sbrecciate. E' probabile che a causa dell'interrimento non sia stato visto lo scarico di fondo.

Tra le opere citate merita attenzione lo sbarramento di Homs, la traversa più lunga costruita dai romani, raggiunge gli 850 m di lunghezza, con un'altezza di 7 metri e uno spessore di 14 m. Quattro canali laterali, controllati da paratie mobili, consentivano l'uso delle acque invasate (stimate a 90 milioni di m³) per uso irriguo o per l'installazione di norie.

Per la Libia si hanno due lavori di C. Vita Finzi (Vita Finzi 1981, Vita Finzi e Broghen 1965) l'uno sulle dighe attorno e per *Leptis Magna*, l'altro per il Wadi Megenin. Le numerose opere studiate sono molto malandate e, apparentemente, sono tutte traverse in calcestruzzo con l'eccezione della diga per l'approvvigionamento idrico di *Leptis Magna*.

Per il resto dell'impero si rimanda ai lavori generali nei quali sono indicate le principali opere realizzate in epoca romana (Smith 1971, Schnitter 1994, Trevor Hodge 1992, Tölle-Kastenbein 1993)

Per l'Italia a parte le dighe di Subiaco, di cui già si è trattato, si ha una piccola traversa nei pressi di Gaeta, che raccoglie l'acqua di un ruscello e la deriva in grandi cisterne a servizio di una villa, e altre opere di scarsa importanza tecnica di controllo idraulico o di alimentazione di cisterne, di certo ci resta solo la diga di Ponza di cui tratteremo in seguito.

L'uso degli sbarramenti romani non differiva da quello attuale. Uso potabile o irriguo per le grandi dighe e uso irriguo o energetico (norie) per le traverse. In Africa del Nord è stato dimostrato un uso di conquista di terre umide, piane e con terreni soffici facili a lavorarsi, trasformando gli invasi determinati dalle traverse in accumuli pianeggianti di silt e limi utili all'agricoltura.

Delle numerose dighe presenti e studiate nei territori del vasto impero romano prenderemo in considerazione solo tre dighe che per lo stato di conservazione, per le differenze costruttive e per la qualità e la quantità di informazioni disponibili meritano la nostra attenzione.



Figura 6 - La diga di Harbaqa (Siria), da Schnitter 1994.

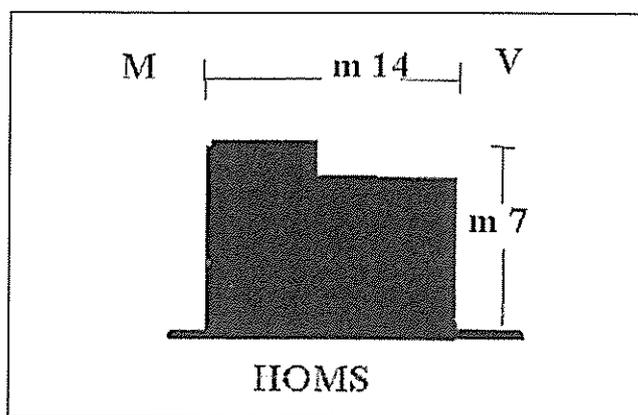


Figura 7 - Sezione della diga di Homs.

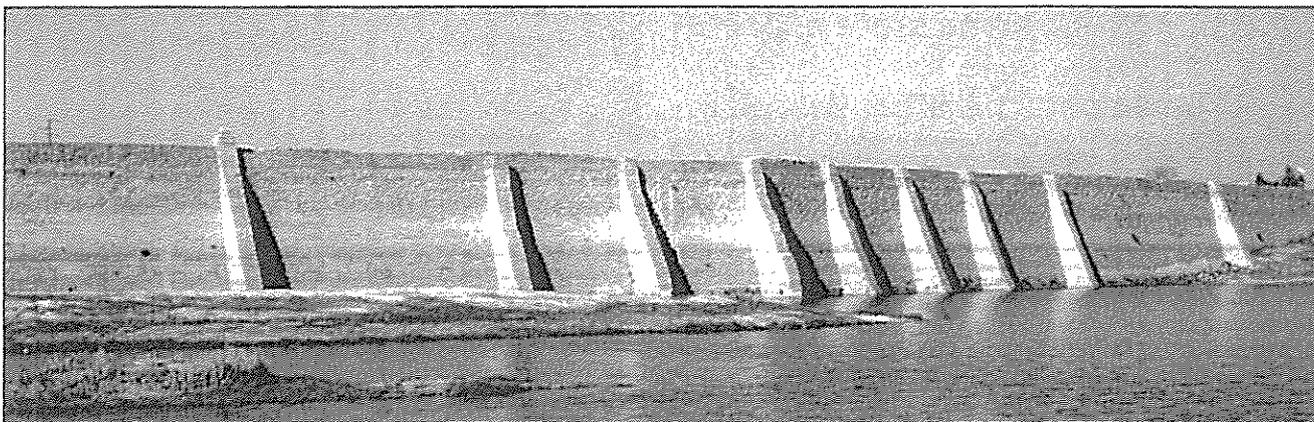


Figura 8 - La diga di Proserpina in Spagna.

La diga di Proserpina, Spagna, Merida

La diga di Proserpina è un'imponente muraglia che sbarra il torrente, Arroyo in spagnolo, Las Pedrillas, che ha un modesto bacino imbrifero, poco più di 7 km². La diga, a gravità, fu realizzata per l'approvvigionamento idrico di Merida, *Emerita Augusta*, tramite l'acquedotto De los Miraglos.

La diga di età augustea (I sec. a.C.) è stata restaurata recentemente e pertanto studiata in dettaglio con numerosi sondaggi geognostici che hanno fornito elementi utili per chiarire il tipo di struttura e lo stato dell'opera.

La diga ha, al coronamento, una lunghezza di m 426,80 e un'altezza al centro della valle di m 21,60. E' costituita da un corpo diga in calcestruzzo (*Opus cementitium*), largo alla base circa 8 metri, rivestito da due paramenti in pietre lavorate. Pietre lisce il paramento a monte e pietre sbozzate il paramento a Valle. Il paramento a valle è quasi verticale mentre quello a monte è scalonato con una pendenza apparente di 1:10.

Al paramento a valle si appoggia un grande rilevato che porta la larghezza dell'opera a circa 70 m. Il volume totale del materiale usato per la costruzione e il terrapieno raggiunge circa 500.000 m³.

Il paramento a monte è rinforzato da nove contrafforti in muratura.

Sul coronamento, largo m 3,75 corre una strada al servizio delle due torri di captazione che sono inserite tra il corpo diga e il terrapieno di valle.

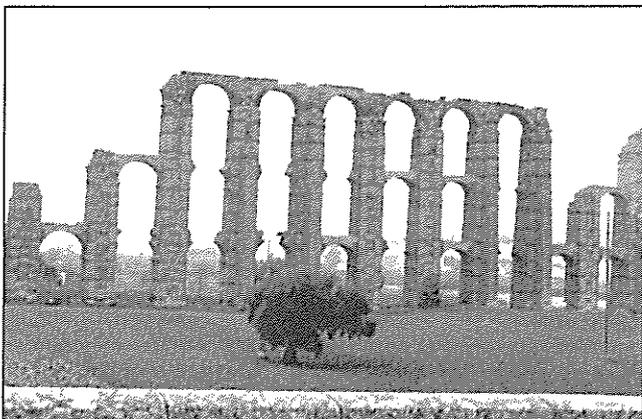


Figura 9 - L'acquedotto de los Milagros a servizio di Merida.

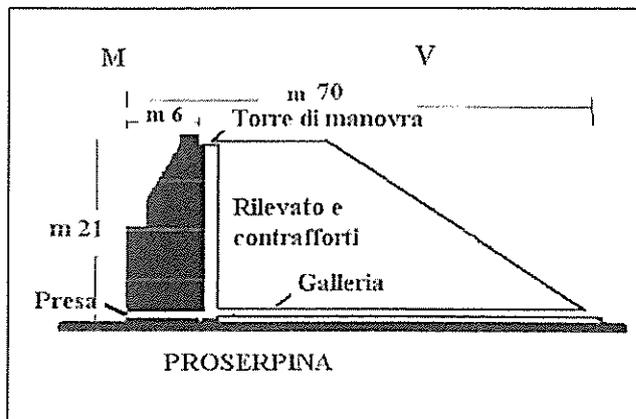


Figura 10 - Sezione schematica della diga di Proserpina con il rilevato di valle.

Le opere di presa sono a sezione rettangolare di m 6 x 5, alte poco più del coronamento e munite di scale interne. Le due torri comunicano con l'invaso tramite aperture poste a 15 e a 10 m dal coronamento. Una galleria parte dalla base delle torri con dimensioni di m 2 di altezza e 1 di larghezza. La galleria in muratura corre sotto il rilevato e si allaccia ad un canale che si collega all'acquedotto su arcate.

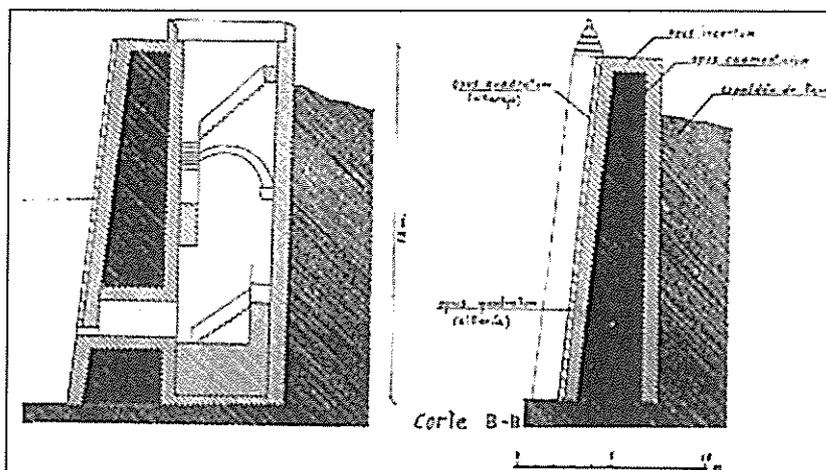


Figura 11 - Sezioni della diga di Proserpina con la torre di captazione.

Nessun cenno alle chiavi di manovra e alle tubazioni che dovevano essere presenti alla base delle torri e certamente con un collegamento idraulico con le aperture presenti sulle pareti delle torri.

Alla base del paramento di monte si hanno due aperture circolari di 22 cm di diametro rivestite con tubazioni di piombo. Nel fondo è stato rinvenuto un cono di legno di 1,5 m di lunghezza che doveva essere usato come tappo. Si tratta certamente degli scarichi di fondo utilizzati anche durante le fasi costruzione.

Vi sono due sfioratori esterni all'opera, realizzati adeguando una vallecola vicina e utilizzando una incisione naturale.

L'invaso ha una capacità di 6 milioni di m³. Capacità molto grande per il bacino imbrifero dell'Arroyo Las Pedrillas che, con la piovosità media dell'area, poteva garantire un afflusso totale all'invaso di meno di 2 milioni di m³. Non sembra che i tecnici romani abbiano mai usato la deviazione di un corso d'acqua importante per lasciare a secco o quasi il letto del fiume durante la costruzione dello sbarramento. Nel caso di Proserpina, sono ricorsi al soccorso di un altro bacino imbrifero, adiacente, captato con un canale di gronda e deviato verso l'invaso. In tal modo il bacino imbrifero è stato triplicato, portandolo a circa 21 km².

Durante i lavori di restauro è stato svuotato l'invaso e sono stati estratti 7-800.000 m³ di fango. In 2000 anni, una media di 400 m³ l'anno.

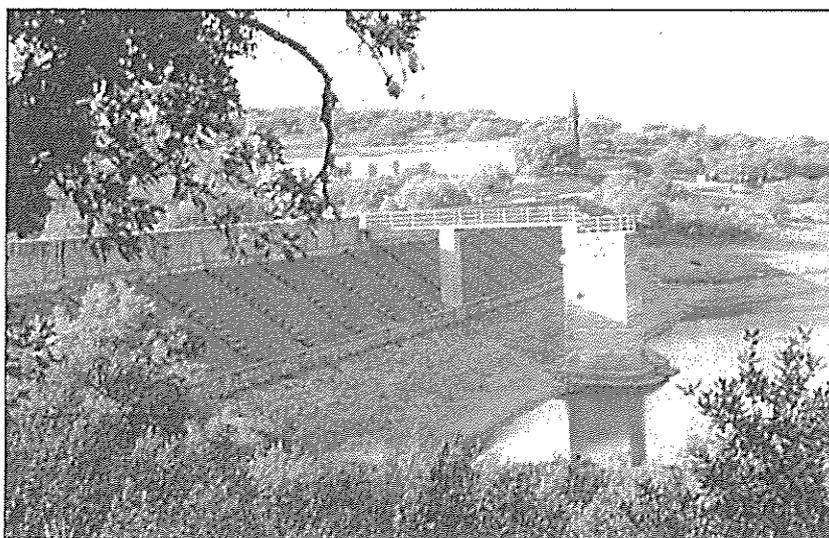


Figura 12 - Diga di Cornalvo: veduta d'insieme della diga.

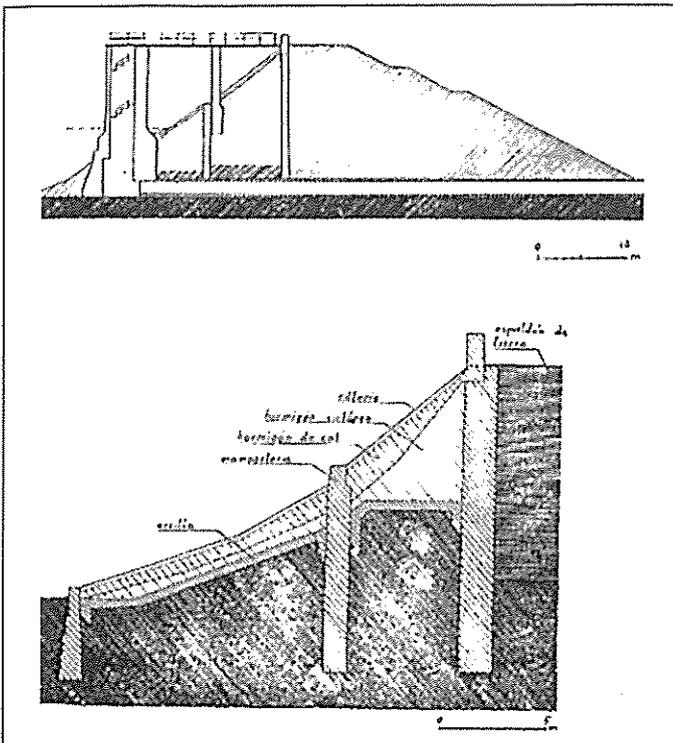


Figura 13 - Diga di Cornalvo. Sezioni del corpo diga e dell'insieme.



Figura 14 - Diga di Cornalvo. La torre di presa.

La diga di Cornalvo, Spagna, Merida

Diga a gravità, di età traiana (II sec. d.C.), è lunga 220 m e alta 20 m, 24 m dalla fondazione. Come la diga di Proserpina è costituita da un corpo diga e, poggiato al paramento di valle, da un terrapieno di 60 m di lunghezza con un coronamento di 10 m e pendenza del versante artificiale di 3:1.

La complessa struttura del corpo diga è costituita da tre muri paralleli, scalati in altezza, il più basso al piede di monte e il più alto a coronamento della diga. Questi muri determinano un piano inclinato a 45°.

Il coronamento dei tre muri cresce in spessore dall'alto verso il basso, il primo ha un coronamento di 1,5 m, il secondo di 3,5 e il terzo di 5 metri.

I tre muri longitudinali sono collegati tra loro da 14 muri trasversali che formano celle quadrangolari che erano colmate con argilla pura.

Al disopra del piano inclinato del coronamento è posta una copertura in blocchi isodomi liscati e saldati da malta impermeabile.

Nell'invaso era collocata la torre di captazione munita di scala interna, a pianta rettangolare (m 5,50 x 6,50), di 20 m di altezza. La torre era collegata al corpo diga da un ponte a due arcate su due piani.

La torre ha tre aperture, tutte a sezione quadrata di m 0,5 di lato, collocate a diverse altezze dal fondo. La più bassa al fondo, una a 2,80 dal fondo e l'altra un poco più alta, ma forse connessa ad un restauro tardo.



Figura 15 - La diga di Giancos: La diga vista dal mare.

All'interno della torre vi è un piccolo ambiente che comunica con una galleria che traversa tutto il corpo diga, compreso il rilevato.

Come nella diga di Proserpina, mancano le tubazioni che dovevano essere collegate alle aperture della torre e connesse a chiavi di manovra per la regolazione del flusso.

L'invaso ha una capacità di 8,5 milioni di m³.

Per lo sfioratore fu usato una depressione naturale ubicata quasi alla coda dell'invaso che con fosso regolarizzato trasferiva l'acqua in altro bacino idrografico.

La diga di Giancos, Italia, Ponza

L'isola di Ponza, isola di soli 7 km², la maggiore dell'arcipelago delle Ponziane, fu utilizzata in epoca augustea come porto e base militare per la flotta romana per il controllo del Mediterraneo, realizzando strutture portuali e infrastrutture analoghe a quelle realizzate nella zona Flegrea tra Cuma e Pozzuoli.



Figura 16 - La diga di Giancos Lo stato della diga vista da valle.

Due insenature ridossate, una esposta a oriente l'altra a occidente, collegate da una galleria che raggiungeva il centro abitato. Numerose cisterne, alimentate dalle scarse piogge dell'isola, a servizio delle ville e delle installazioni portuali. Un acquedotto, con oltre 3 km di galleria, che raggiungeva il porto e una diga. L'opera fu realizzata per sbarrare un ruscello a regime temporaneo, che sbocca nella cala di Giancos, sulla costa orientale, all'interno del golfo che contiene il porto attuale e forse anche quello romano. La diga in epoca romana era perfettamente visibile fin dall'ingresso nel porto. Ora è in gran parte nascosta dagli edifici moderni.

Il bacino imbrifero sotteso dallo sbarramento raggiunge 14 ettari di superficie che, con una piovosità media di 650 mm/anno e un coefficiente di deflusso del 50%, consentivano l'accumulo di oltre 40.000 m³/anno. Lo sbarramento, che chiude il fosso, a circa 20 metri dal mare, si presenta, oggi, come un muro molto sbrecciato rialzato di 6-7 metri sul pianoro che degrada al mare.

La quota della strada comunale che percorre longitudinalmente il rudere (m 14 s.l.m.) è pavimentata con piccoli mattoni in terracotta messi di taglio a spina di pesce (*Opus Spicatum*). Il pavimento, di epoca romana, fornisce un'informazione basilare, la strada che percorre il coronamento dello sbarramento era anche una strada romana.

La diga mostra sul fronte alcune nicchie che, forse, a scopo ornamentale, erano abbellite con statue.

L'altezza reale della diga non è determinabile, ma data la quota della strada, e pur tenendo conto della presenza di un salto di quota prima di arrivare al mare, dobbiamo immaginarla di almeno 12-13 m d'altezza. Lo spessore apparente della muratura supera i 7 m e la sua lunghezza è di 32 m.

Lo sbarramento chiude completamente la valle ed è fondato direttamente sulle vulcaniti ponzesi compatte e impermeabili. Anche le spalle raggiungono la roccia e si incastrano nei fianchi della stretta.

All'interno della diga (raggiungibile da una sbrecciatura nella muratura) vi è un cunicolo, una vera galleria intatta, alta m 3,50 e larga 0,90, comple-

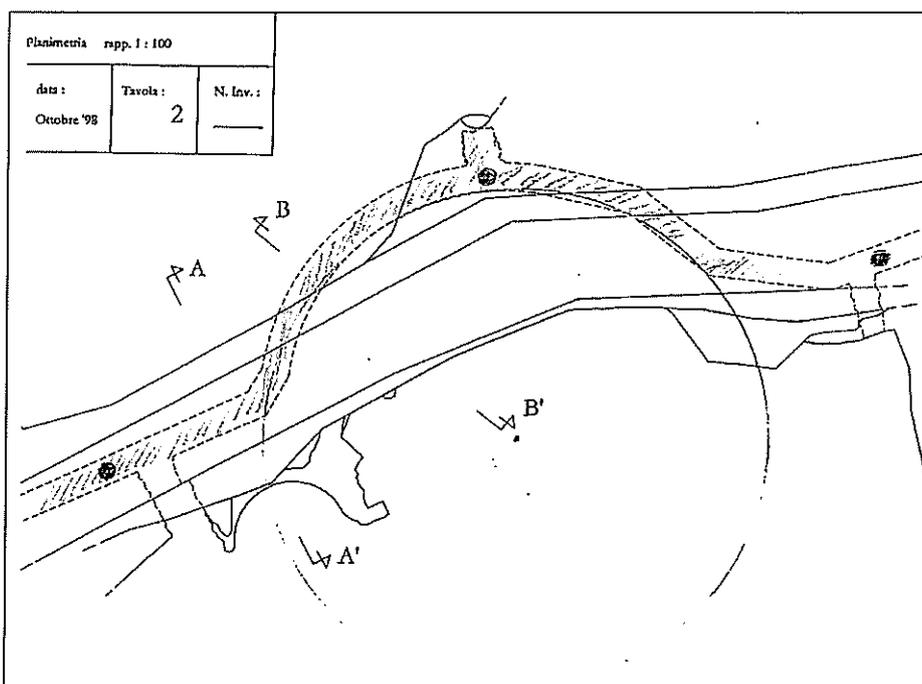


Figura 17 - La diga di Giancos: rilievo del cunicolo interno alla diga.

tamente rivestita in coccio pesto (rivestimento impermeabile formato da pozzolana, calce e laterizi sminuzzati, messo in opera battendolo ripetutamente). La galleria, che attualmente comunica con il mare tramite la sbrecciatura da cui si entra e tramite altra sbrecciatura nella muratura del paramento a monte con il fosso, è costituita da due rami rettilinei e da un lungo tratto centrale curvilineo, con raggio di curvatura di circa 7 metri.

Alle due estremità rettilinee si osservano due pozzi circolari (diametro 1 m) che salgono in verticale, dalla volta della galleria, verso l'esterno.

Al centro del tratto curvilineo si ha un pozzetto quadrangolare (m 1 x 1,20) la cui profondità è sconosciuta in quanto non è stato esplorato fino al fondo (esplorato fino a m 1,50, quindi fino a circa 7 metri sotto il coronamento).

Dagli elementi osservati e dai rilievi effettuati è possibile stabilire che siamo in presenza di una diga ad arco a tutto sesto.

Lo sfioratore era costituito dai due pozzi verticali che versavano il troppo pieno dell'invaso nella galleria interna al corpo diga. I due pozzi erano collegati a due canali comunicanti con l'invaso a quota più bassa del coronamento. Dalla galleria l'acqua, tramite il pozzetto quadrangolare, veniva dirottata a mare tramite un corto tratto di fogna non rinvenuto. Dell'opera di presa non sappiamo nulla, ma in una descrizione dell'800 (Tricoli 1855), sul pianoro di fronte alla diga, furono rinvenuti pavimenti con mosaici in bianco e nero con scene marine. Probabilmente si trattava di un impianto termale per il quale era destinata la riserva d'acqua della diga.

Considerazioni conclusive

Le dighe romane sono senza dubbio opere eccezionali sia da un punto di vista tecnico che artistico. La cura nei dettagli architettonici e la precisione degli aspetti sono caratteri tali che, dopo duemila anni, ancora ci meravigliano.

In questo contesto la diga di Giancos sembra essere un *unicum*, sia per la localizzazione sia per il fatto di essere, allo stato attuale delle conoscenze, l'unica diga romana ad arco ancora osservabile. Sarebbe un vero delitto non completare gli studi a suo tempo intrapresi, e non programmare scavi mirati che preludano alla completa liberazione dell'opera.

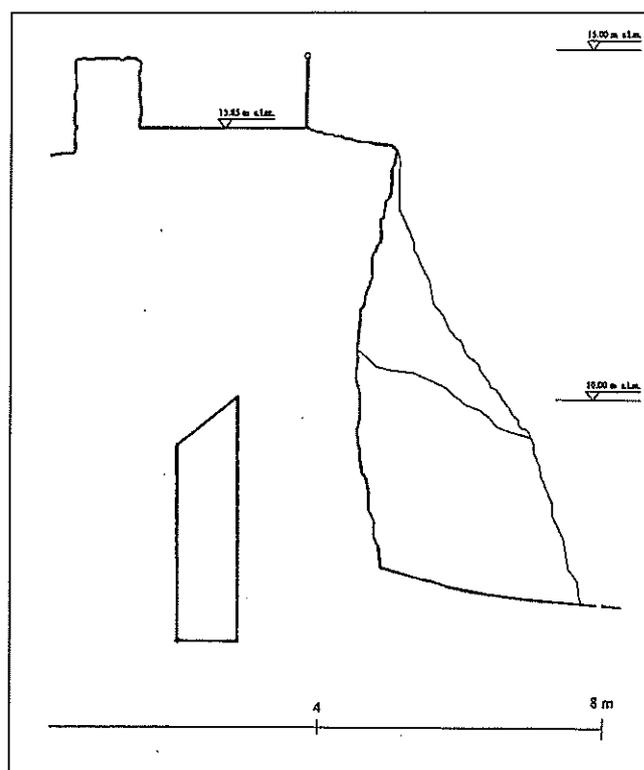


Figura 18 - La diga di Giancos: sezione della diga e del cunicolo.

Bibliografia

- BALCER J. M. 1974, "The Mycenaean Dam at Tiryns" in *American Journal of Archaeology*, pp. 141-149, 1974.
- BENOIT F. 1935, "Le barrage et l'aqueduc romains de Saint-Rémy de Provence", in *Rev. études anciennes*, pp. 331-340, 1935.
- CALVET Y E GEYER B. 1992, Barrages antiques de Syrie", in *Collection de la maison de l'orient Méditerranée*, 21, Série archéologique 12, Lyon, 1992.
- CASTELLANI V. 1999, *Civiltà dell'acqua*, Roma, 1999 pp. 199-208.
- GARBRECHT G. 1985, "Sadd-El Kafara, the World's Oldest Large dam", in *Inter. Water Power and Dam Construction*, Luglio 1985.
- GARCIA DIEGO J., DIAZ MARTA M. E SMITH N.A.F. 1980, "Nuevo estudio sobre la presa romana de Consuegra", in *Revista de obras publicas*, giugno 1980, pp. 487-505.
- KEDAR Y. 1957, "Water and soil from the desert", in *Geographical Journal*, CXXIII, pp. 179-187, 1957.
- LOMBARDI L. E LIVI V. 1994, "Una diga romana a Ponza", in *Romana Gens*, LXXXII, 3-4 Roma 1994, pp. 32-39.
- LOMBARDI L. 1996, *Ponza, Impianti idraulici romani*, Roma 1996.
- SCHNITTER N.J. 1994, *A history of dams*, Rotterdam 1994.
- SMITH N.A.F. 1970, "The roman dams of Subiaco", in *Technology and Culture*, pp.58-68, 1970.
- SMITH N.A.F. 1971, *A History of Dams*, London, 1971.
- TÖLLE-KASTENBEIN R. 1993, *Archeologia dell'acqua, la cultura idraulica del mondo classico*, Milano 1993.
- TREVOR HODGE A. 1992, *Roman Aqueducts and Water Supply*, London 1992.
- TRICOLI G. 1855, *Monografia per le Isole del Gruppo Ponziano*, Napoli 1855 (ristampa a cura di G. Mazzella, Scauri 1976).
- VITA FINZI C. 1961, "Roman Dams in Tripolitania", in *Antiquity* XXXV, pp. 14-20, 1961.
- VITA FINZI C. e BROGAN O. 1965, "Roman Dams in the Wadi Megenin", in *Libia Antiqua*, II, pp. 65-78, 1965.

Le dighe di ritenuta italiane dalla rivoluzione industriale agli albori del XX secolo (1880÷1920)

Gianrenzo Remedia

1 - Premesse

E' individuabile nel terzo quarto del diciannovesimo secolo l'inizio del processo evolutivo delle dighe di ritenuta, inteso quale conseguimento della massima economia e del dovuto-atteso grado di sicurezza. Il processo, caratterizzato da tempistiche differenziate per i diversi tipi di opere, è ascrivibile:

- al progresso nelle indagini geologiche, geotecniche, geomeccaniche e negli interventi migliorativi delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione;
- all'approfondimento cognitivo dei fattori sollecitanti, derivato dall'analisi osservazionale sul comportamento di dighe in esercizio;
- ai progressi nello studio statico e dinamico delle strutture;
- ai progressi nella tecnologia dei materiali, nella cantieristica e nei mezzi d'opera.

Con riferimento alle dighe a gravità, gli effetti del processo evolutivo si sono manifestati, in dipendenza delle accresciute caratteristiche di resistenza dei materiali, sia attraverso la realizzazione di strutture sempre più alte, sia nella ricerca di nuove forme che consentissero la migliore utilizzazione dei materiali, quali le dighe a volte e lastre multiple impostate su contrafforti, le dighe a gravità alleggerita con elementi cavi, le dighe a speroni espansi lato monte. Per le dighe ad arco, l'evoluzione si è manifestata nell'affermazione delle volte a generatrici inclinate ed a raggio di curvatura variabile e nelle volte a doppia curvatura. Riguardo

Gianrenzo Remedia: Ingegnere. Professore presso il DAU - Dipartimento di Architettura e Urbanistica dell'Università degli Studi dell'Aquila.

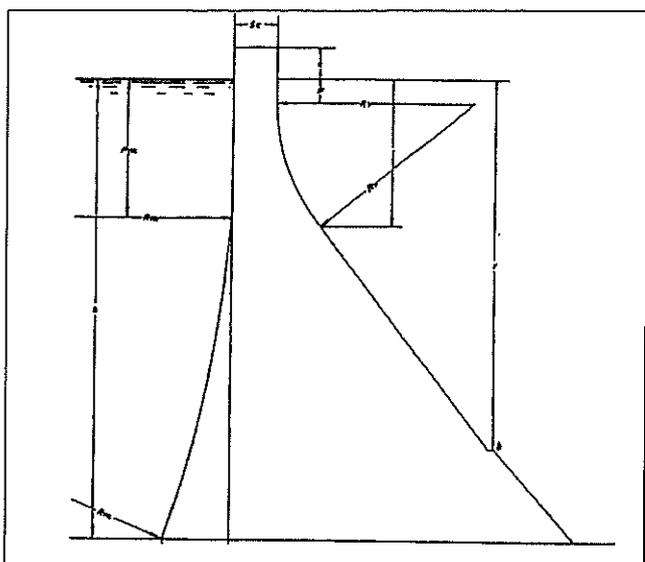


Figura 1 - Profilo razionale "Crugnola".

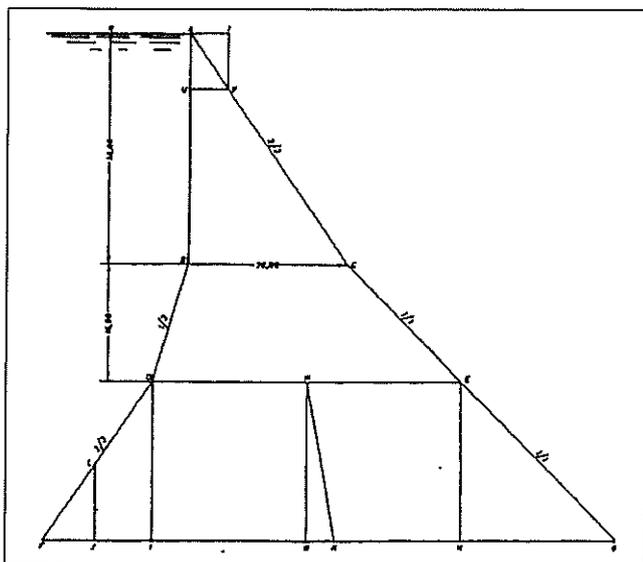


Figura 2 - Profilo "Castigliano".

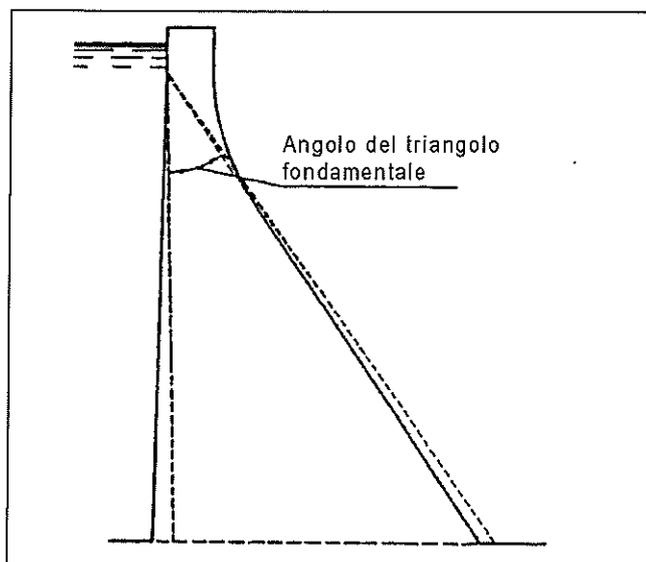


Figura 3 - Profilo pratico "Conti".

alle dighe di materiali sciolti, queste in Italia nascono come strutture di muratura di pietrame a secco. La successiva evoluzione, legata ai progressi nella coltivazione e trasporto dei materiali e nelle tecniche di costruzione, ha portato alla realizzazione di dighe di terra, di dighe di pietrame alla rinfusa (scogliera), di dighe miste terra-pietrame.

2 - Dighe a gravità massicce

2.1 - Gli studi

I principi della teoria statica di una diga a gravità realizzata con muratura ordinaria si sono sviluppati nella seconda metà del XIX secolo per merito iniziale di ingegneri francesi. Dalla concezione di solido rigido di Navier, e dalle connesse condizioni di stabilità allo scorrimento ed al rovesciamento, si passa alla teoria statica sotto l'aspetto elastico. Nell'anno 1853 M. De Sazilly [5] intuì che lesioni presenti in opere realizzate nella prima parte del secolo erano da imputare agli eccessivi sforzi sopportati dalle strutture e dalle fondazioni e non all'instabilità allo scorrimento. Sostituì pertanto alla condizione di stabilità al rovesciamento la condizione di resistenza: «in nessun punto delle sezioni orizzontali della struttura gli sforzi superino un valore limite da stabilire in relazione sia alla natura, al modo d'impiego e alla preparazione dei materiali della muratura, sia alla qualità del terreno di fondazione, il quale non deve sotto l'azione degli sforzi cedere sensibilmente». Inoltre ammetteva per la muratura solo reazioni elastiche di compressione e postulava la distribuzione lineare degli sforzi nelle sezioni orizzontali. Gli *sforzi massimi di*

compressione da confrontare con il valore limite ammissibile li determinava con riferimento alla condizione di *serbatoio vuoto* e di *serbatoio pieno*. Ricercò inoltre il *profilo razionale* della struttura, in quanto idoneo a soddisfare in ciascuna sezione le condizioni di resistenza, di stabilità e di minore volume, conseguibile con l'eguaglianza, in tutte le sezioni, del massimo sforzo al carico di sicurezza (*profilo di uniforme resistenza*). Con riferimento ai criteri di De Sazilly, molti studiosi si occuparono della determinazione del profilo razionale. Notevole è il contributo di W. J. M. Rankine del 1873 [13]: «Nel determinare il profilo del muro avendo di mira la stabilità, la resistenza e l'economia di materiale devono essere seguiti i seguenti principi: 1) Il paramento di monte deve essere prossimamente verticale. 2) In ciascuna sezione orizzontale il centro di pressione non deve scostarsi dal centro della sezione sia a vuoto che a pieno, tanto da dare apprezzabile trazione all'uno o all'altro paramento. 3) Le intensità delle pressioni verticali al paramento a monte quando il serbatoio è vuoto e al paramento a valle quando il serbatoio è pieno, non devono eccedere il limite di sicurezza. Questo limite può essere stimato approssimativamente equivalente ad una colonna di muratura alta 160 piedi (49 m) per il paramento di monte e circa 125 piedi (38 m) per il paramento di valle; la ragione del porre minore il secondo valore è che, per l'inclinazione del paramento a valle, la sollecitazione risultante può essere considerevolmente maggiore della pressione verticale, specialmente vicino alla base del muro». Il principio di evitare sollecitazioni di trazione fu accolto dagli studiosi italiani che ne intuirono a pieno l'importanza con riferimento all'insorgenza delle sottopressioni. Nel 1883 G. Crugnola afferma [4] : «omissis [...] fino a tanto che lo sforzo di trazione non supera questo limite ($0,5 \text{ kg/cm}^2$) si potrà tollerare che la curva delle pressioni si allontani dal terzo medio del masso murale. Se però la tensione ha luogo sulla base a contatto col suolo, non esistendo un collegamento col medesimo come con la muratura, si farà in modo di evitarla allargando alquanto la fondazione, onde meglio ripartire gli sforzi e sostituendo su una certa profondità al suolo, un massivo di muratura [...]. Considerando però: 1) che in una traversa di trattenuta anche le più piccole screpolature possono riuscire fatali alla intera costruzione, se l'acqua riesce a penetrarvi e ad ingrandirle; 2) che sotto uno

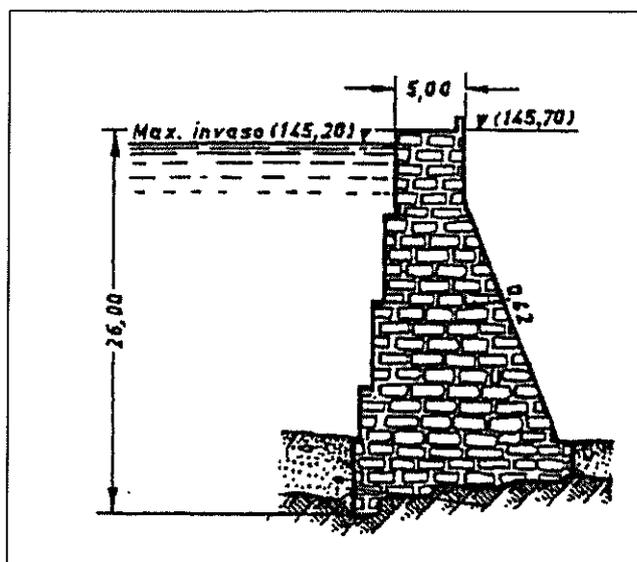


Figura 4 - Diga di Corongiu I: Sezione trasversale tipo.

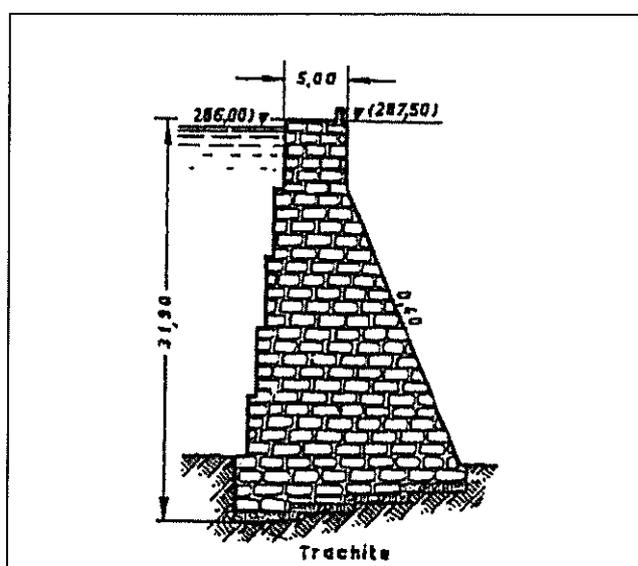


Figura 5 - Diga di Bunnari: Sezione trasversale tipo.

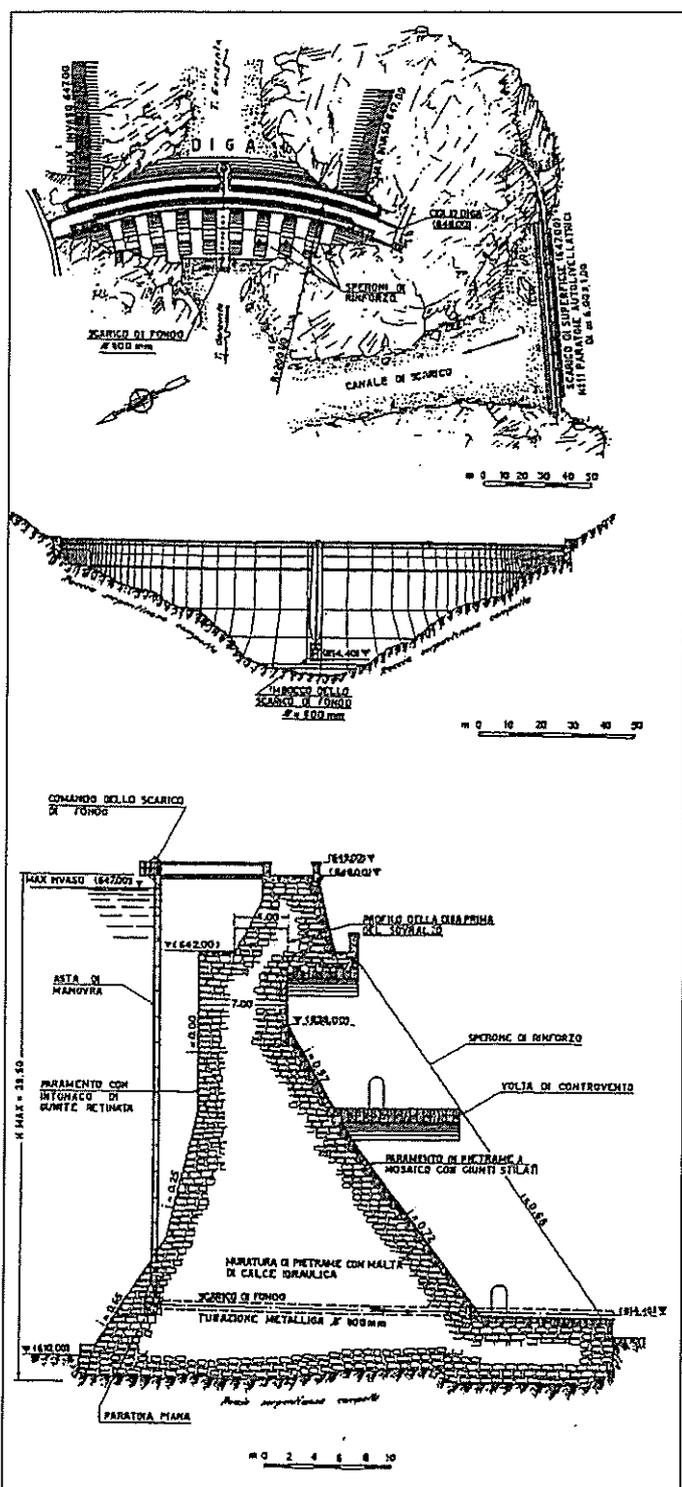


Figura 6 - Diga Lago Lavezze: Planimetria - Vista da monte - Sezione tipo.

rettilineo verticale, ad arco circolare, rettilineo inclinato. Nello stesso periodo (a.1884) anche A. Castigliano [2] affronta il problema del *profilo razionale*. Riconduce questo al profilo triangolare con paramento di monte verticale. Per azione statica dell'acqua con livello al vertice del triangolo Castigliano determina il momento flettente e le sollecitazioni estreme connesse che cumula con quelle dovute al peso proprio. Impone quindi che la sollecitazione totale a pieno sia nulla su tutto il paramento di monte e

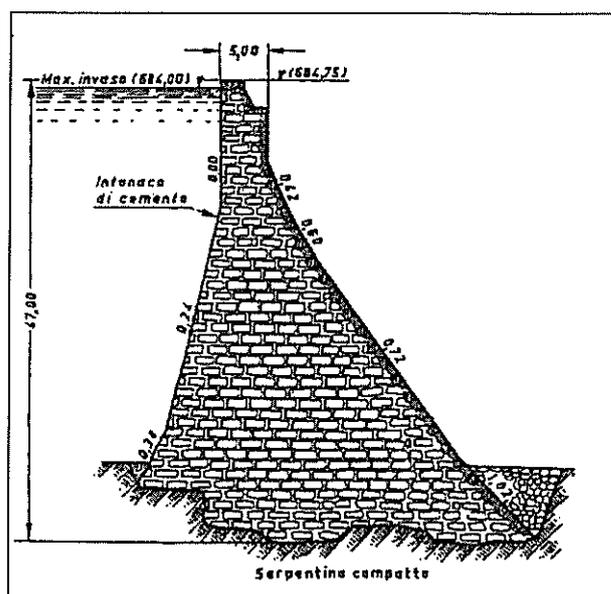


Figura 7 - Diga Lago Lungo: Sezione tipo.

sforzo di trazione, se nella muratura esiste un difetto, si possono formare facilmente delle screpolature; 3) finalmente che nelle traverse l'angolo racchiuso dalla direzione della risultante di tutte le forze colla normale è generalmente molto vicino all'angolo d'attrito, e quindi la penetrazione dell'acqua potrebbe facilmente riuscire fatale, diminuendo la resistenza d'attrito; la prudenza consiglia di non ammettere sforzo alcuno di tensione sulla faccia rivolta al lato dell'acqua». Il problema del profilo della diga, trattato con riferimento alle suddette condizioni statiche ed al tema della massima economia, ricondotto alla *uniforme resistenza*, porta il Crugnola alla soluzione riportata nella figura 1, Profilo *razionale* "Crugnola" (a. 1883): a monte, in alto, rettilineo verticale, ancora a monte, in basso, ad arco circolare; a valle, successivamente dall'alto in basso,

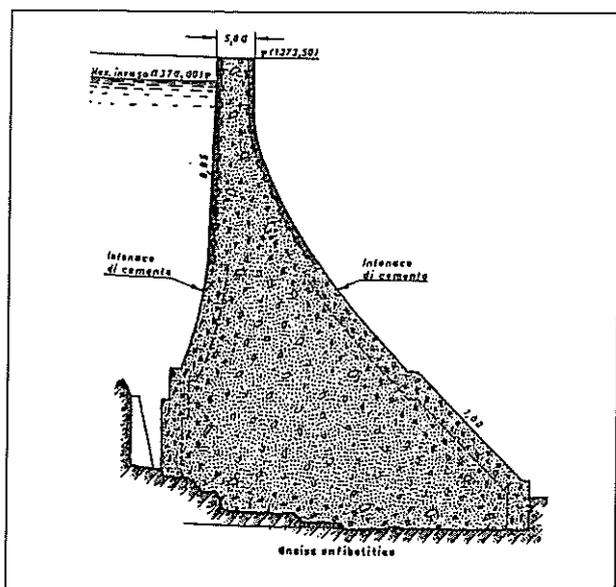


Figura 9 - Diga Le Mesce: Sezione tipo.

determina l'inclinazione del paramento di valle pervenendo alla classica relazione di stima:

$$r = \sqrt{(\gamma_a/\gamma_m)}$$

con r , inclinazione alla verticale e γ_a e γ_m pesi specifici dell'acqua e della muratura. La forma triangolare a paramento di monte verticale è la soluzione semplice e rigorosa del problema delle dighe a gravità. L'aggiunta al profilo per ragioni pratiche di un coronamento, largo ed emergente, con paramento a valle verticale e la considerazione che il raggiungimento del carico di sicurezza limita in altezza la forma triangolare, portano alla soluzione di figura 2, Profilo "Castigliano" (a. 1884). Con i lavori fondamentali prodotti nel periodo 1887÷1898 da M. Lévy [8, 9, 10, 11] si «completava la dottrina statica delle dighe a gravità» (F. Arredi [1]). Questi dette soluzione a vari problemi teorici: 1) dimostrò, ricorrendo alla teoria matematica dell'elasticità, che le sollecitazioni determinate dal peso proprio e dalla spinta dell'acqua nelle sezioni piane di un solido angolare indefinito con vertice al livello della superficie libera dell'acqua sono distribuite linearmente; 2) individuò le direzioni principali, ortogonali ai paramenti di monte e di valle, e determinò le sollecitazioni principali; 3) propose la condizione che le

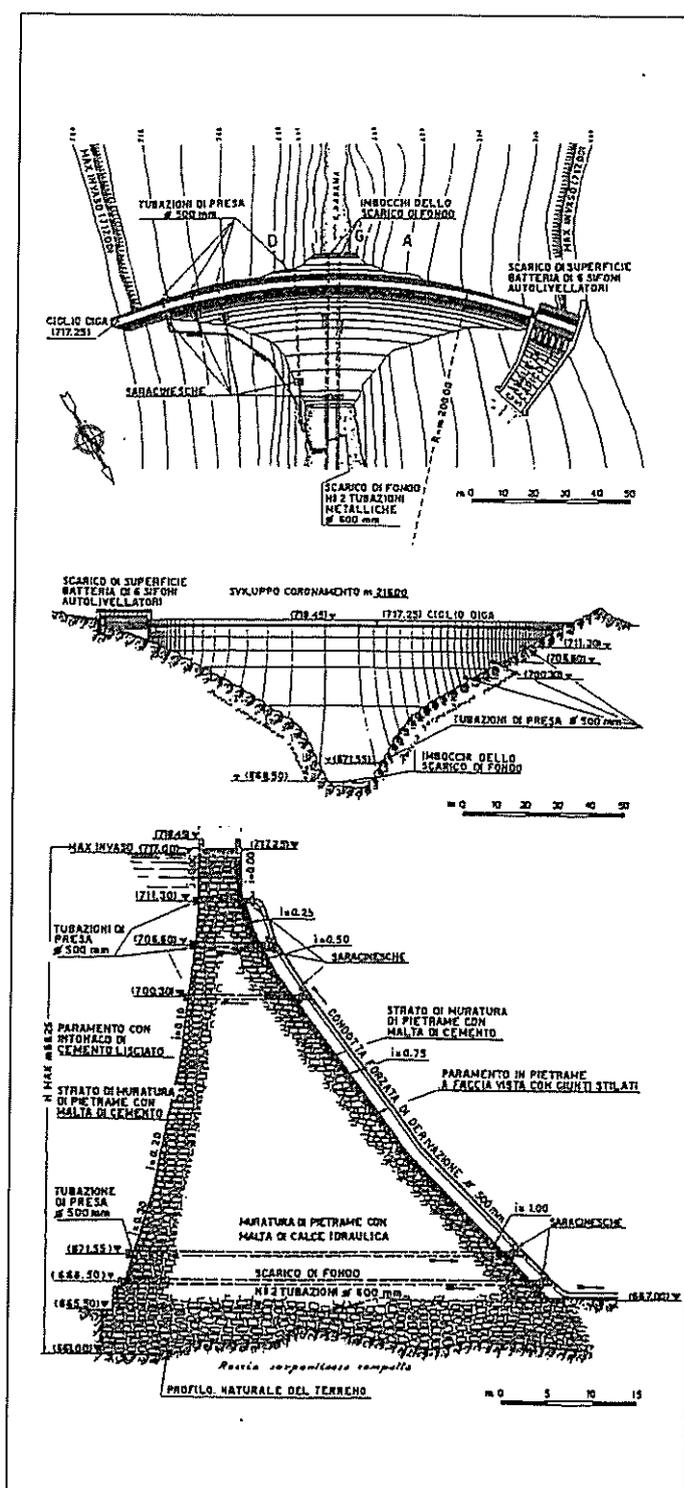


Figura 8 - Diga Lago Badana: Planimetria - Vista da monte - Sezione tipo.

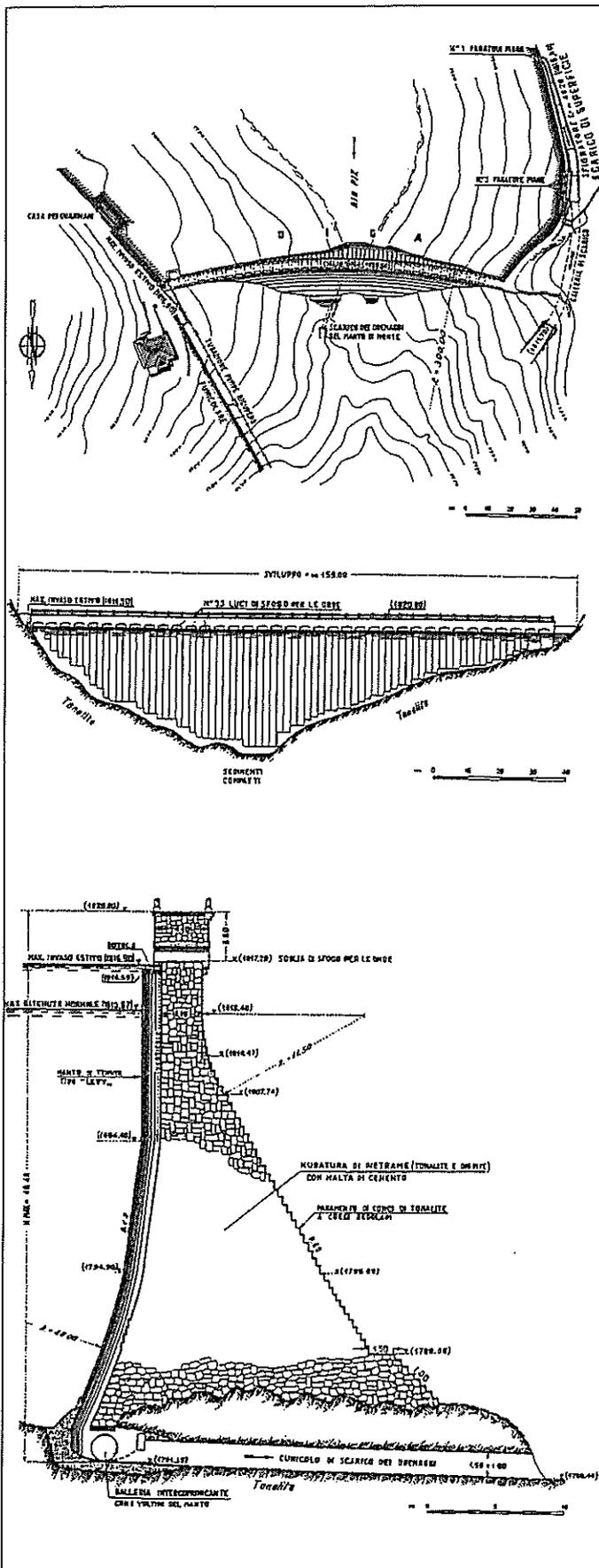


Figura 10 - Diga Lago d'Arno: Planimetria - Vista da monte - Sezione tipo.

sollecitazioni lungo il paramento di monte non risultassero inferiori alla pressione dell'acqua. Questa condizione, che porta per l'inclinazione alla verticale del paramento di valle alla relazione di stima

$$r = \sqrt{[\gamma_a / (\gamma_m - \gamma_a)]}$$

cui consegue un notevole ampliamento della sezione dello sbarramento, posta nella convinzione di impedire la penetrazione di acqua in pressione in eventuali fessure presenti nella struttura, costituisce un modello non rappresentativo della realtà. Infatti, per interdire la trapelazione di acqua in pressione tra i lembi di una fessura non è sufficiente che tra questi si eserciti uno sforzo pari alla pressione idrostatica esterna. Solo l'assenza di soluzione di continuità strutturale o, in caso di stato fessurativo, lo strettissimo combaciamento tra le superfici interessate, conseguibile con materiali assai elastici o plastici, impediscono la penetrazione di acqua e l'insorgenza delle sottopressioni.

La sezione triangolare a paramento di monte verticale proposta da A. Castigliano, la dimostrata distribuzione lineare delle sollecitazioni nelle sezioni orizzontali della struttura ed il riferimento alle sollecitazioni principali divennero i fondamenti della progettazione delle dighe a gravità massicce. Tra i contributi italiani alle ricerche e studi svolti nei primi decenni del ventesimo secolo rilevanza hanno quelli di L. Conti (aa. 1920÷1924) [3] relativi alle modifiche da apportare al profilo triangolare al fine di compensare gli effetti indotti dall'aggiunta del coronamento. Il profilo

modificato riportato nella figura 3, Profilo *pratico* "Conti" (a. 1920), presenta paramento di monte rettilineo lievemente inclinato sulla verticale; paramento di valle rettilineo inclinato sulla verticale, ma meno del paramento del triangolo fondamentale di Castigliano, stabilito con la condizione 3) di Lévy *modificata*, in quanto viene imposta la sollecitazione principale a pieno lungo il paramento di monte pari ad una frazione $0 < m < 1$ della pressione idrostatica ivi agente alla quale corrisponde la relazione di stima

$$r = \sqrt{[\gamma_a / (\gamma_m - m\gamma_a)]}$$

punto di intersezione tra le linee dei due paramenti poco più basso del livello di massimo invaso. Si può considerare così giunto al termine il lungo cammino iniziato nell'anno 1853 con De Sazilly che ha portato, con la formulazione di L. Conti, all'acquisizione del *canone morfometrico delle dighe a gravità massicce*. A questo tutte le successive realizzazioni italiane saranno improntate.

2.2 - Le realizzazioni

Del periodo antecedente l'anno 1853 è nota la diga tracimabile di Cento sul fiume Savio (Cesena, prov. Ravenna). Realizzata da Domenico Malatesta intorno al 1450, è una struttura a gravità in muratura di mattoni e legante di malta di calce con ossatura di travi e pali di quercia, alta circa 8,00 m e lunga circa 60,00 m. La risorsa idrica, modulata e canalizzata, inizialmente serviva molini ed opifici, sostituiti dopo il 1900 da due centrali per la produzione di energia elettrica.

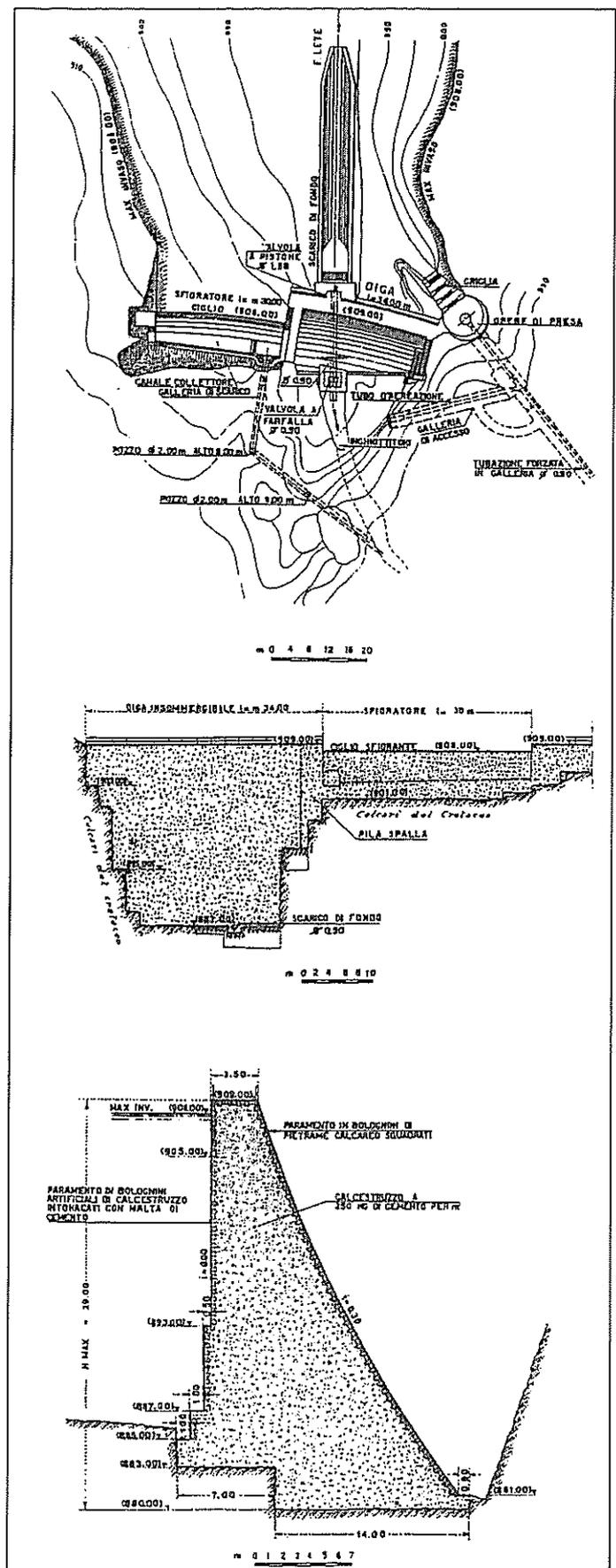


Figura 11 - Diga Lago Letino: Planimetria - Vista da monte - Sezione tipo.

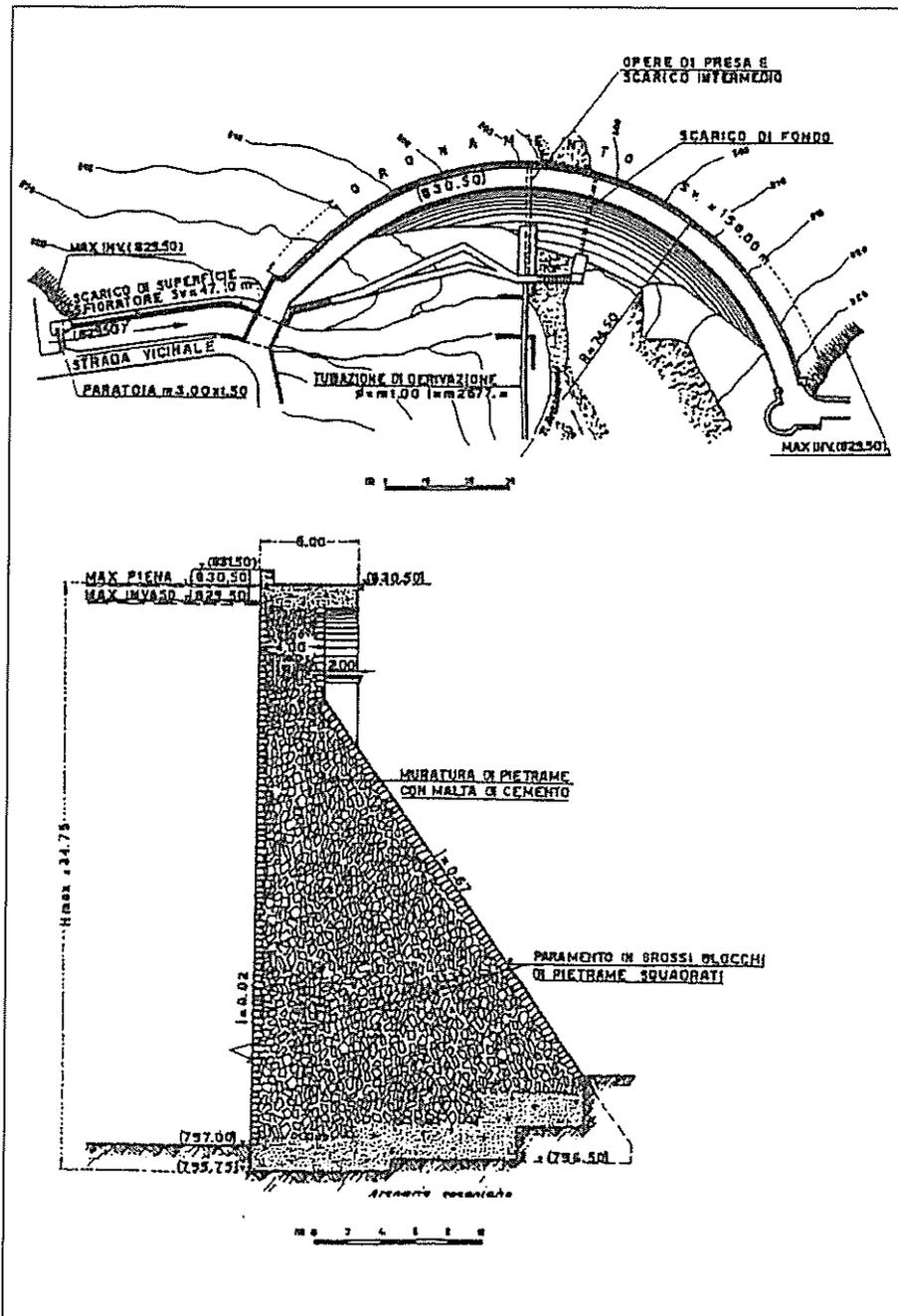


Figura 12 - Diga Scalere: Planimetria - Sezione tipo.

Nelle successive figure sono riportate le sezioni di dighe a gravità realizzate in Italia negli aa. 1863÷1922 che testimoniano l'evoluzione dello studio dei profili finalizzato alla razionale utilizzazione dei materiali connessa con la coeva evoluzione tecnologica e della teoria statica. Nel periodo 1863÷1879 furono realizzate in Sardegna per scopi idropotabili le dighe a gravità in muratura di pietrame con malta idraulica di Corongiu I (fig. 4, *dem.*) sul R. sa Tanca, Prov. Cagliari, aa. 1863÷1866, alta 26,00 m e volume d'invaso $0,917 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, e di Bunnari (fig. 5, *e.f.s.t.*) sul R. Mascari, aff. R. Mannu, Prov. Sassari, aa. 1874÷1879, alta 31,90 m e volume d'invaso $0,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ambedue di sezione particolarmente esigua.

Al periodo immediatamente successivo, 1880÷1901, appartengono la diga di Lago Lavezze (fig. 6, *e.i.e.n.*), aa. 1880÷1883 ed aa. 1925÷1927 (interventi di sopraelevazione e rinforzo), alta 39,50 m e volume d'invaso $2,99 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, e la diga di Lago Lungo (fig. 7, *e.i.e.n.*), aa. 1887÷1901, alta 47,00 m e volume d'invaso $4,70 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ambedue sul T. Gorzente, bac. F. Orba, Prov. Genova, realizzate in muratura di pietrame con calce idraulica, le cui sezioni sono riconducibili a quella proposta nell'anno 1883 da Crugnola (fig. 1). Al profilo razionale Crugnola si ispirano decisamente le tre dighe del periodo successivo 1907÷1927: Lago Badana (fig. 8, *e.i.e.n.*) sul T. Gorzente, bac. F. Orba, Prov. Genova, aa. 1907÷1914, altezza 56,25 m e volume d'invaso $4,69 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, in muratura con calce idraulica; Le Mesce (fig. 9) sul T. Bionia, bac. F. Roja

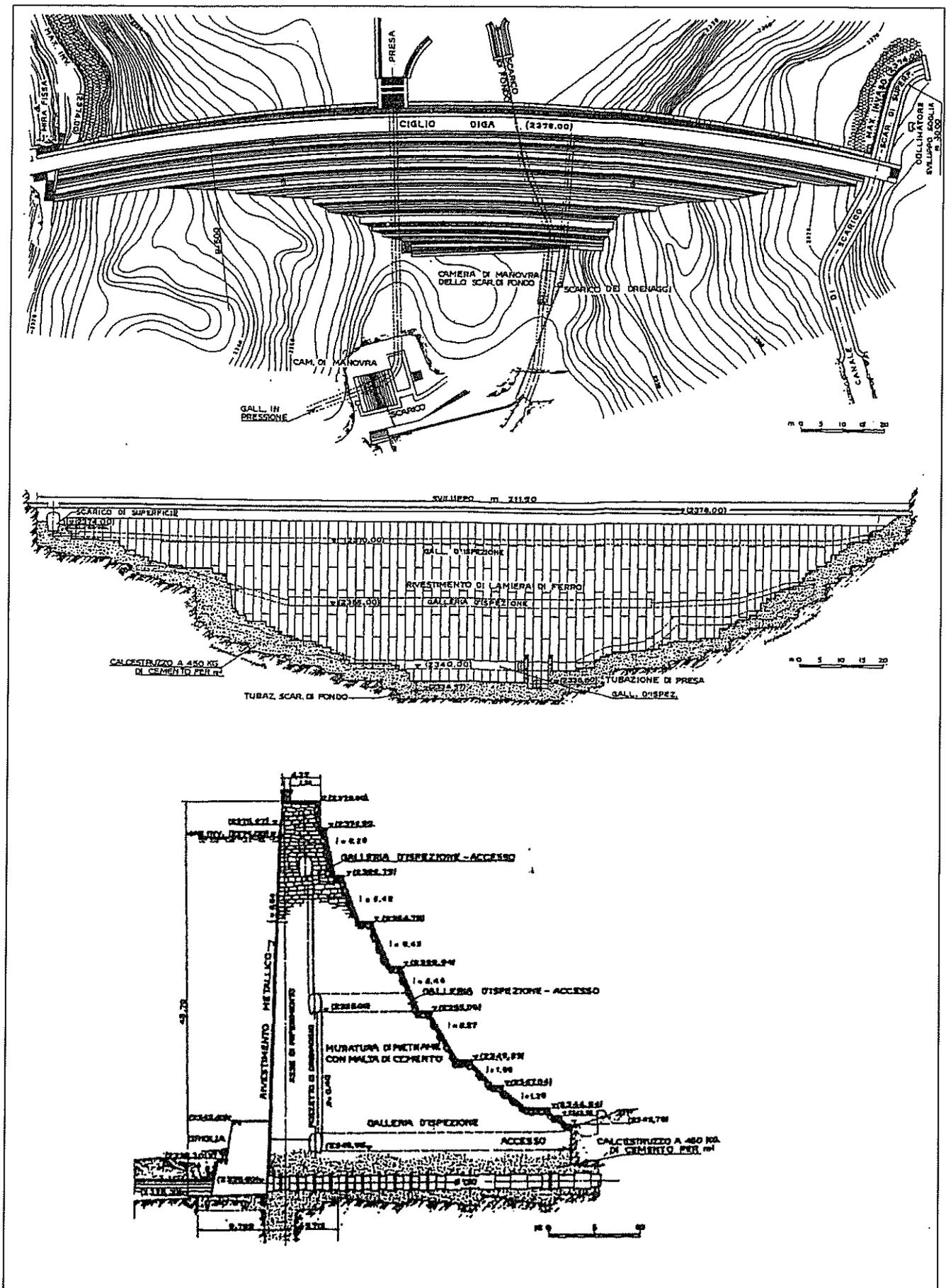


Figura 13 - Diga Gabiet Sud: Planimetria - Vista da monte - Sezione tipo .

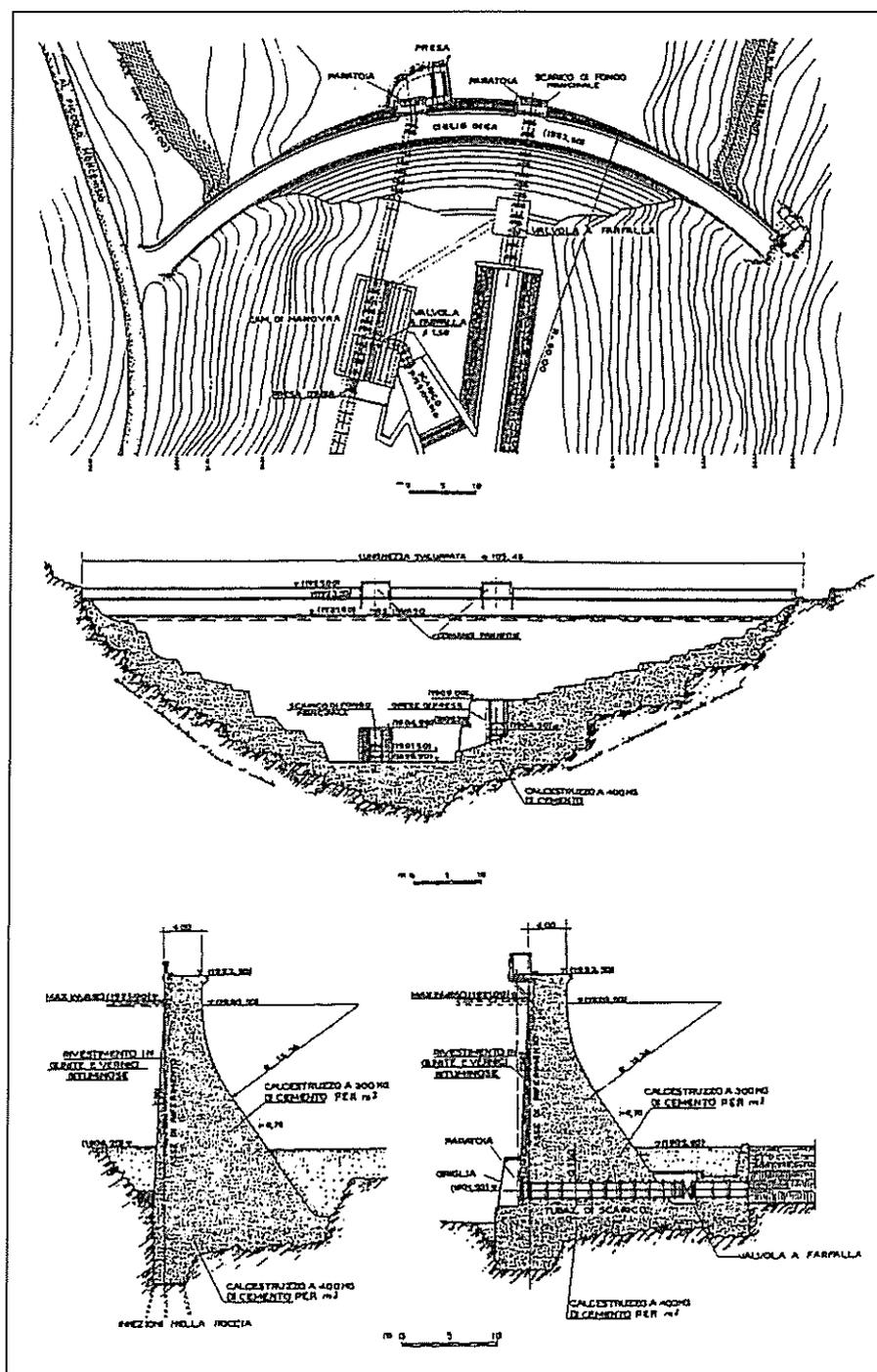


Figura 14 - Diga Moncenisio n. 1: Planimetria - Vista da monte - Sezione tipo.

attualmente in territorio francese, aa. 1912÷1917, di calcestruzzo, alta 65,50 m e volume d'invaso $1,51 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; Lago d'Arno (fig. 10, *e.i.e.n.*) sul T. Poia d'Arno, bac. F. Oglio, Prov. Brescia, aa. 1910÷1927 (lavori sospesi e successivamente ripresi causa Primo Conflitto Mondiale), alta 40,40 m e volume d'invaso $37,99 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, in muratura con malta cementizia e dotata di schermo di tenuta realizzato con voltine semicircolari tipo Lévy, ideato per contrastare le infiltrazioni e la correlata insorgenza di sottopressioni nel corpo della diga. Solo successivamente all'anno 1908 compaiono realizzazioni di dighe con profilo triangolare e vertice coincidente con il livello di ritenuta, secondo i metodi ed i criteri posti da Castigliano e Lévy. Ne sono esempio: la diga di calcestruzzo del Lago Letino

(fig. 11, *e.i.e.n.*) sul T. Lete, bac. F. Volturno, Prov. Caserta, aa. 1908÷1911, alta 29,00 m e volume d'invaso $1,00 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; le dighe di muratura di pietrame con malta cementizia di Scalere (fig. 12, *e.i.e.n.*) sul T. Brasimone, bac. F. Reno, Prov. Bologna, aa. 1910÷1911, alta 34,75 m e volume d'invaso $6,69 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, di Lago Gabiet Sud (fig. 13, *e.i.e.n.*) sull'Emissario lago Gabiet, T. Lys, bac. Dora Baltea, Prov. Aosta, aa. 1919÷1922, alta 46,00 m e volume d'invaso $4,40 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, la prima in Italia ad essere dotata di dispositivo contro le infiltrazioni costituito da un sistema di can-

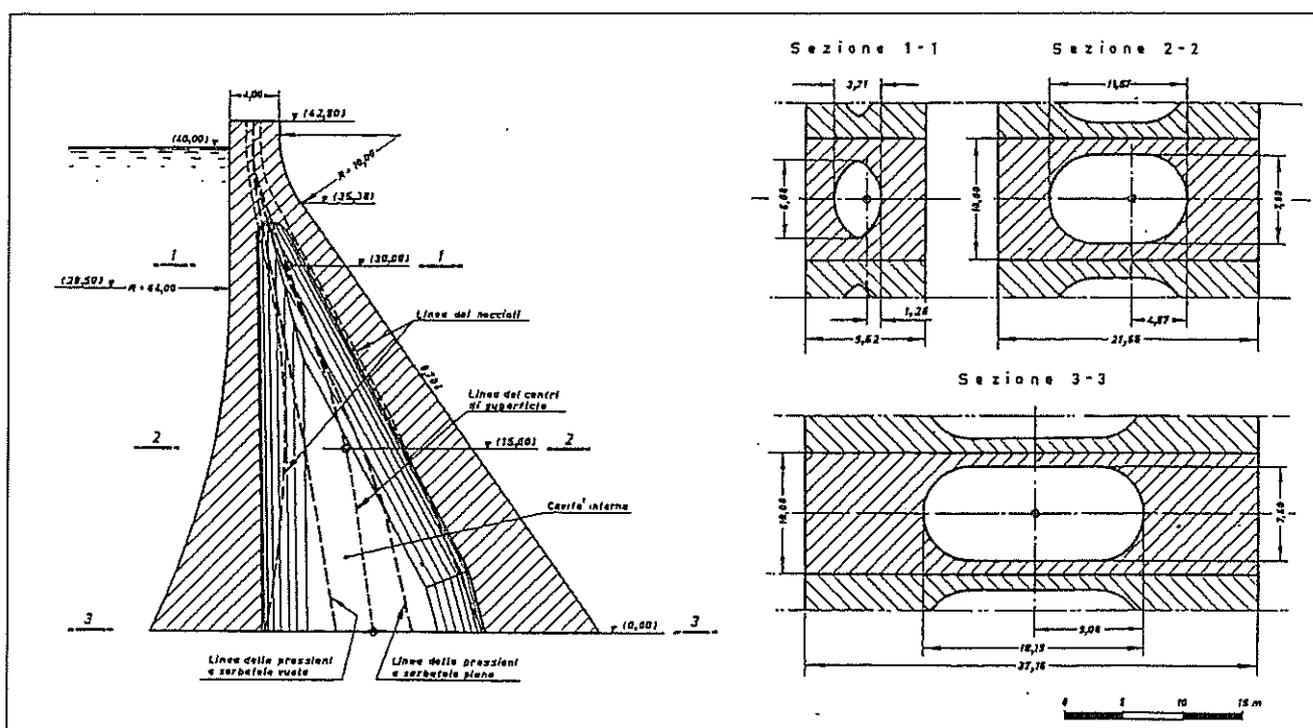


Figura 15 - Diga a gravità alleggerita ideata da L. Figari (a. 1900).

ne drenanti, soluzione che diverrà successivamente di generale applicazione, e la diga di calcestruzzo Moncenisio n. 1 (fig. 14. *dem.*) sul T. Cenischia, bac. Dora Riparia, attualmente in Francia, già Prov. Torino, aa. 1920÷1922, alta 31,10 m e volume d'invaso $32,00 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Nelle ultime tre opere (figg. 12, 13 e 14) vengono adottate pendenze dei paramenti di monte e di valle che diverranno i valori caratteristici delle successive dighe a gravità massiccia. Tutte le dighe elencate sono *monoliti* privi di giunti di dilatazione. La diga di calcestruzzo Moncenisio 2 (*dem.*), coeva della Moncenisio 1 (fig. 14, *dem.*) e della Moncenisio 3 (fig. 31, *dem.*), costituisce la prima realizzazione italiana di diga a gravità massiccia di calcestruzzo ad essere dotata, oltre al sistema di canne drenanti, anche di tre giunti permanenti di dilatazione.

3 - Dighe a contrafforti e dighe a gravità alleggerita

3.1 - Gli studi

La classica struttura a gravità, il cui profilo è definito non da condizioni limiti di resistenza dei materiali bensì da condizioni di differente natura, quali la stabilità allo scorrimento e l'eguaglianza della sollecitazione principale a pieno lungo il paramento di monte ad una frazione della pressione idrica locale, con il progredire della tecnologia dei materiali si era rilevata poco razionale. Il profilo ed il volume della diga risultano infatti indipendenti dalle caratteristiche di resistenza del materiale avendo quali elementi determinatori il peso specifico del materiale ed il coefficiente di sicurezza allo scorrimento.

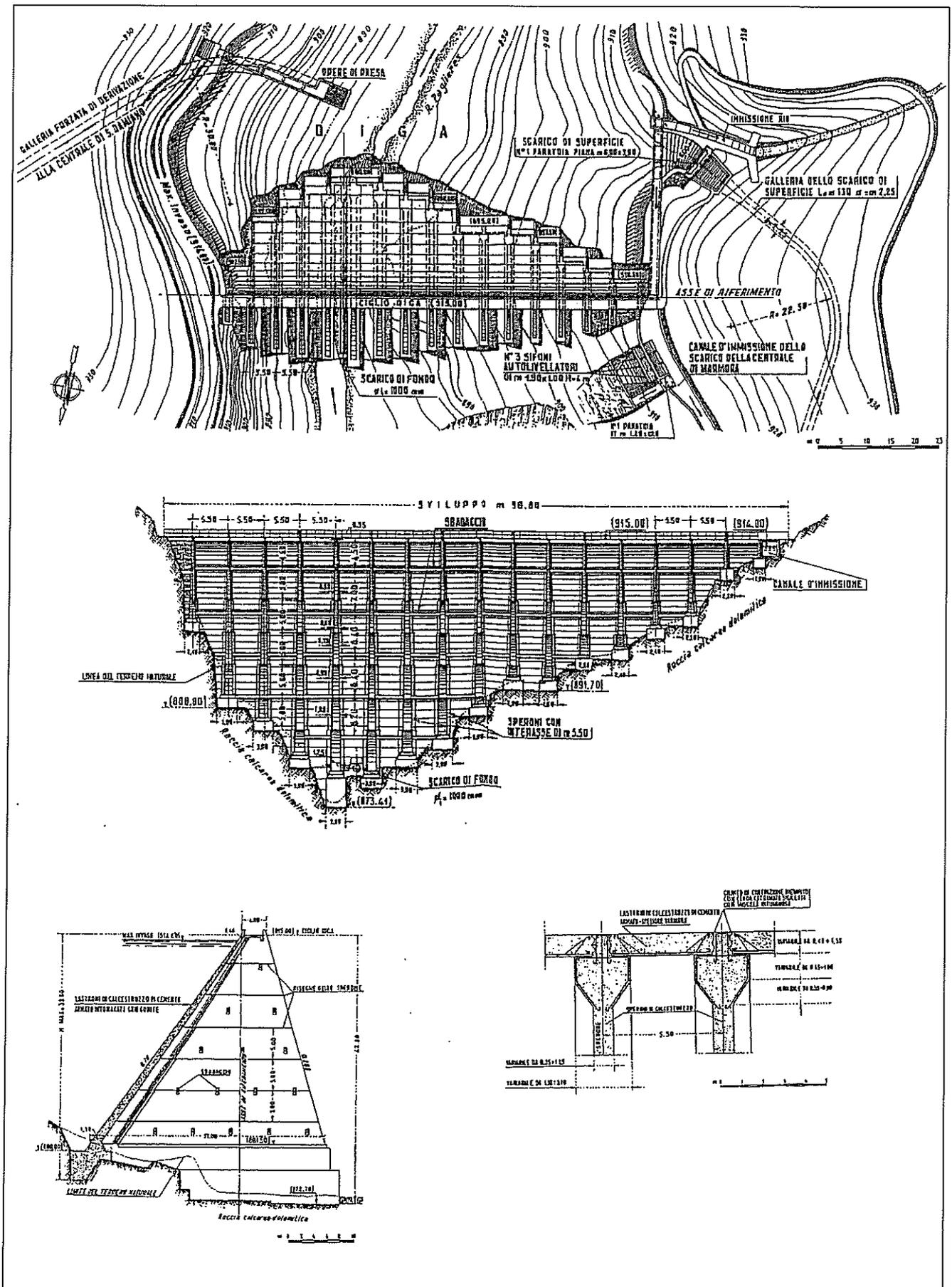


Figura 16 - Diga di Combamala: Planimetria - Vista da valle - Sezione tipo - Sezione lastre di tenuta.

Gli studi avanzati sulla statica delle strutture e la ricerca di forme innovative, tese a minimizzare i volumi delle opere di ritenuta a gravità massiccia, già nel 1900 trovarono una prima risposta nella struttura ideata dall'ing. L. Figari [6] riportata nella figura 15. Si tratta evidentemente della sezione di diga a *gravità alleggerita*, deprivata delle zone staticamente meno attive (F. Arredi [1]), con economia del volume dell'opera di circa il 20% rispetto ad analoga struttura piena di pari altezza. Successive all'anno 1910, con l'affermarsi del calcestruzzo armato, sono le prime realizzazioni di *dighe a lastroni ed a volte multiple poggiate su contrafforti triangolari affiancati*. Le nuove forme ebbero rapida fortuna e dettero luogo, nell'intento del massimo sfruttamento delle resistenze dei materiali, a strutture assai sottili che ponevano nuovi problemi quali quelli della instabilità trasversale dei contrafforti di grande snellezza, della tenuta delle lastre e delle volte assai sottili, delle azioni termoelastiche, della degradazione del materiale. Gli inconvenienti manifestatisi, ed un grave incidente, il crollo della Diga sul Gleno, bacino del fiume Oglio, a. 1922, hanno portato in Italia ad un rapido declino di queste strutture. La tecnica si è successivamente orientata verso differenti tipi di strutture costituite da contrafforti poco snelli e molto ravvicinati: il distinto elemento di conte-

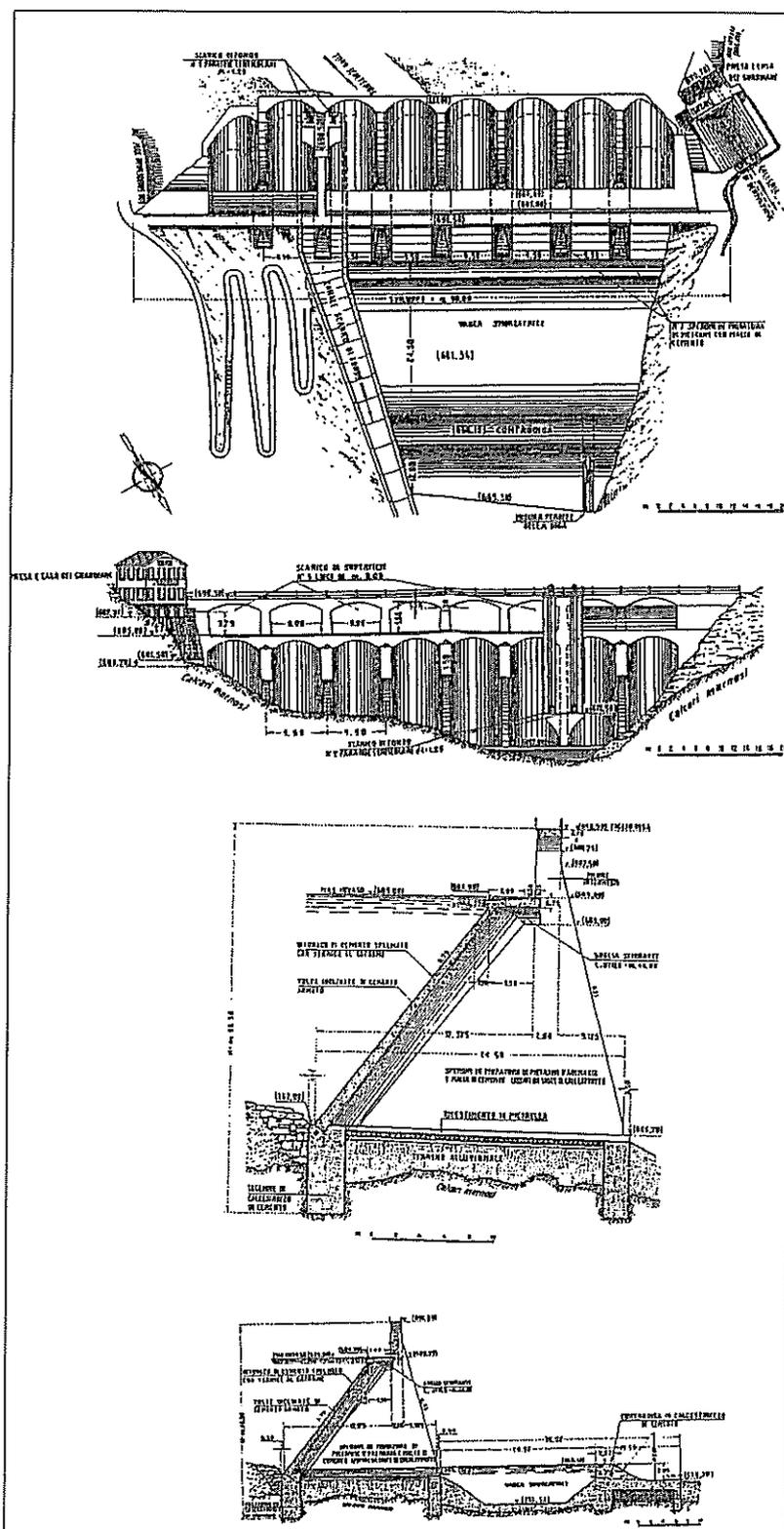


Figura 17 - Diga di Riolunato: Planimetria - Vista da monte - Sezione tipo - Sezione sullo sfioratore.

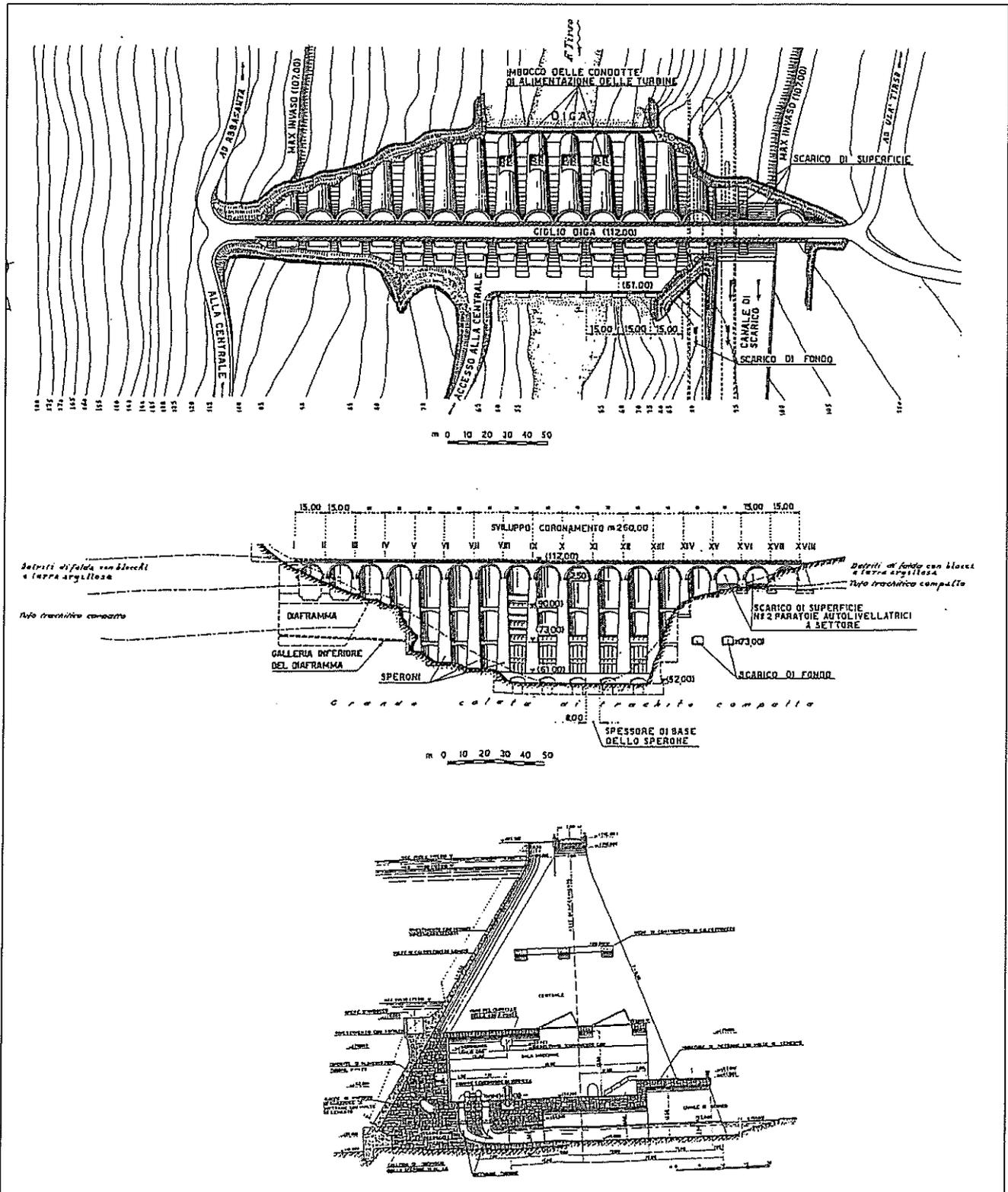


Figura 18 - Diga di S. Chiara: Planimetria - Vista da valle - Sezione tipo.

nimento dell'acqua, soletta o volta, è sostituito da espansioni laterali dei contrafforti lato monte. Si affermano due nuovi tipi di dighe denominati a *gravità alleggerita a speroni* (prima realizzazione: diga di Scais sul T. Caronno in Valtellina, a. 1936) ed a *gravità alleggerita ad elementi cavi* (prima realizzazione: diga di Trona, valle del Bitto in Valtellina, a. 1939).

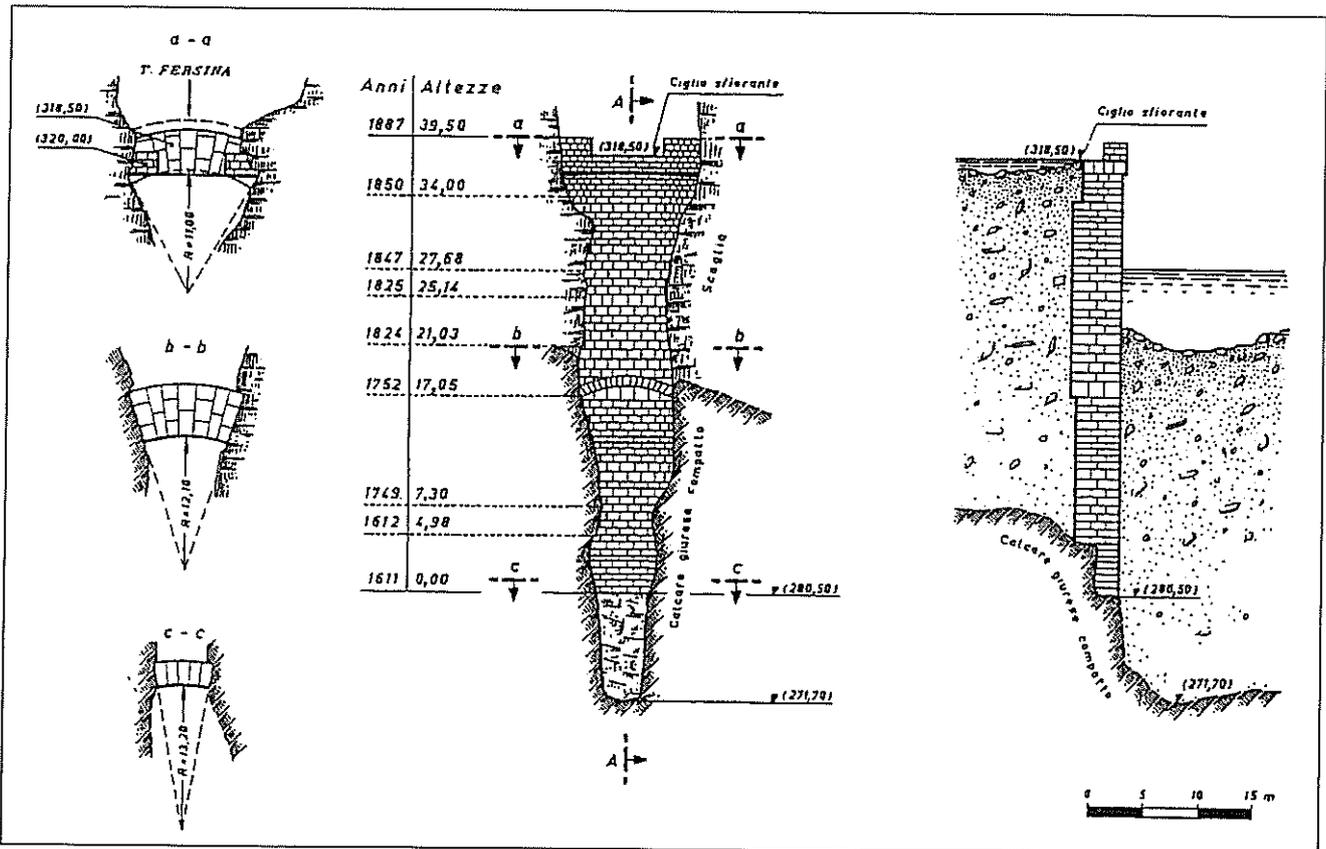


Figura 20 - Diga di Ponte Alto: Vista da valle - Sezione tipo - Sezioni orizzontali .

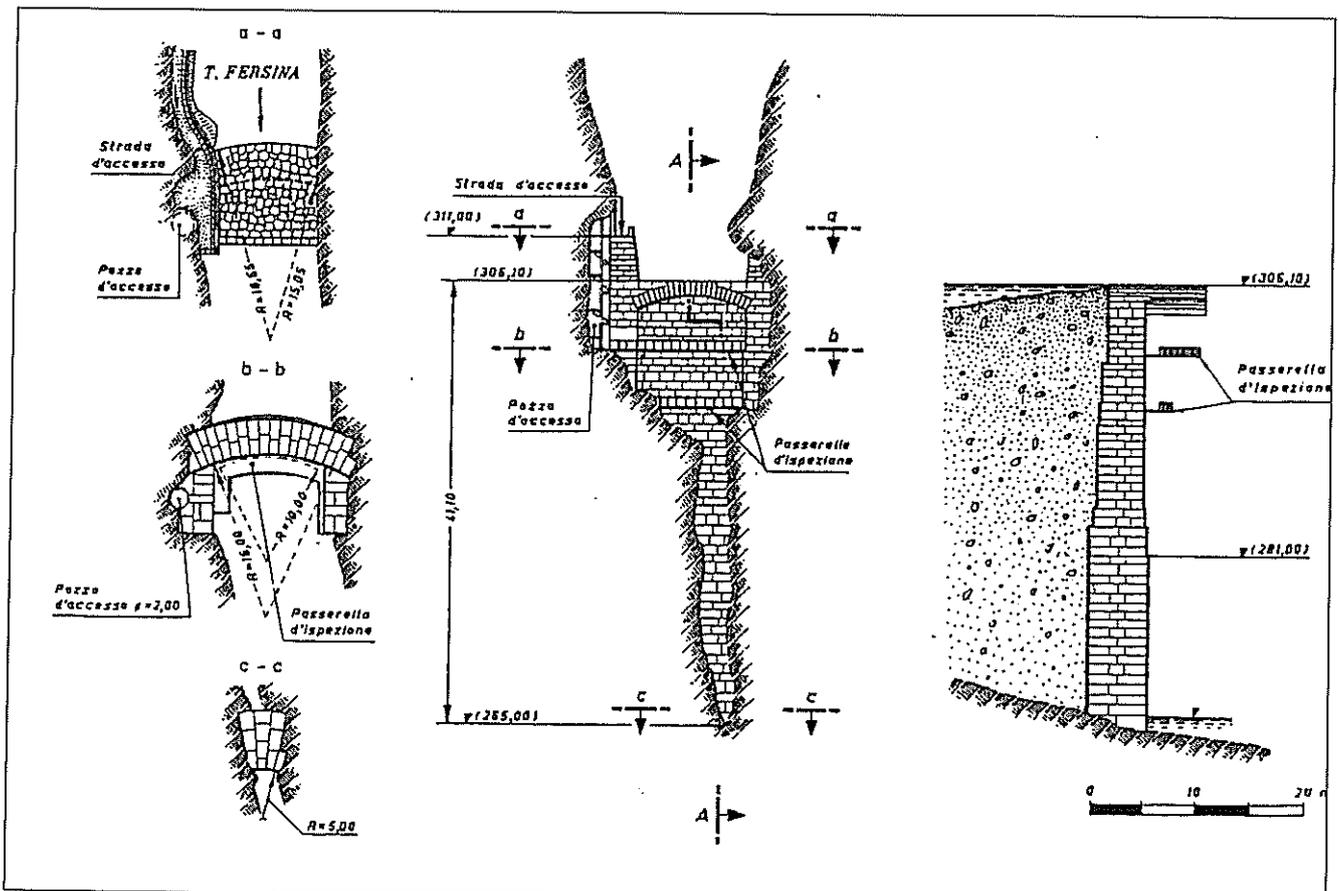


Figura 21 - Diga di Madruzzo: Vista da valle - Sezione tipo - Sezioni orizzontali.

il primo sbarramento realizzato completamente con calcestruzzo armato a lastroni; la diga di Riolutato (fig. 17, *e.i.e.n.*) sul T. Scoltenna, bac. F. Panaro, Prov. Modena, aa. 1918÷1920, alta 30,50 m e volume d'invaso $0,06 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, progetto dell'ing. G. Ganassini, tracimabile a volte multiple con arco ribassato a spessore variabile e con contrafforti di muratura di pietrame; la diga di S. Chiara (fig. 18, *e.f.s.d.*) sul F. Tirso, Prov. Oristano (già Cagliari), aa. 1918 ÷ 1924, alta 70,00 m e volume d'invaso $402,66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, progetto dell'ing. L. Kambo, all'epoca la maggiore opera di detta tipologia. Con un invaso di $402,66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ destinato alla produzione idroelettrica ed alla irrigazione era uno dei maggiori serbatoi del continente europeo. Dello stesso periodo di riferimento, 1916÷1924, è la diga a volte multiple sul Gleno (fig. 19) sul T. Gleno, bac. F. Oglio, Prov. Brescia, aa. 1919÷1922, alta 35,00 m, crollata l'1 dicembre 1923 a seguito del cedimento della sottostante struttura di muratura di pietrame e calce idraulica.

4 - Dighe ad arco

4.1 - Gli studi

Le dighe ad arco, caratterizzate da sezioni orizzontali a forte curvatura, traducono la pressione dell'acqua agente sul paramento di monte in spinte sui fianchi della stretta di imposta. Sono strutture caratterizzate da spessori variabili secondo la verticale, e talora anche lungo le sezioni orizzontali, libere al ciglio superiore e vincolate lungo tutta la linea d'imposta alla fondazione. Le dighe ad arco realizzate in Italia fino agli anni venti del XX secolo hanno forma cilindrica con paramento verticale. Prima dell'anno 1917 il dimensionamento delle dighe ad arco trattava archi orizzontali indipendenti funzionanti come anelli completi. In quell'anno C. Guidi [7] analizzò l'effetto del *vincolo di imposta per archi indipendenti con incastro rigido*. La soluzione data al problema è ancora og-

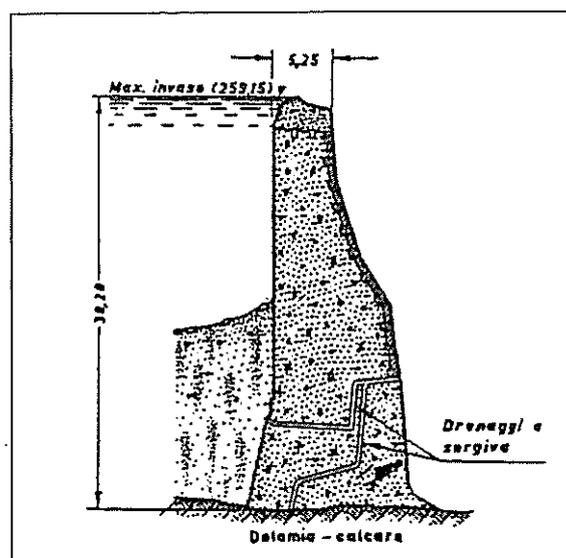


Figura 22 - Diga di Crosiis: Sezione tipo.

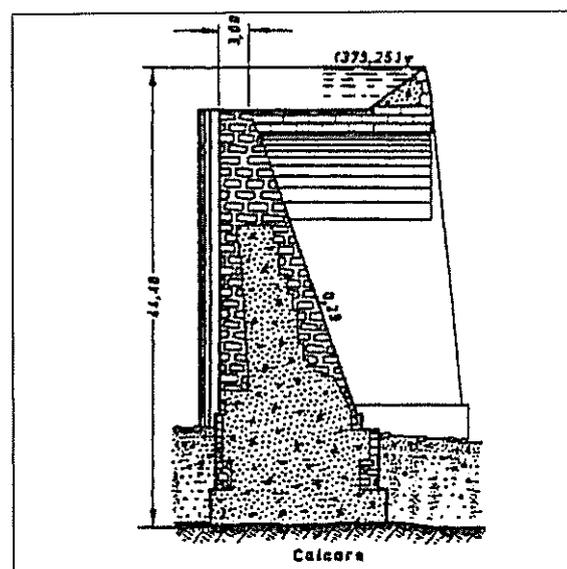


Figura 24 - Diga di Ponte Serra: Sezione tipo.

gi di notevole rilevanza. Esperienze su modelli fisici hanno evidenziato l'attuarsi di archi indipendenti nello stato limite ultimo (SLU) superato il quale si manifesta il collasso delle strutture e che lo schema di calcolo risponde in molti casi ai fini della sicurezza. I successivi studi hanno trattato l'incastro su roccia cedevole sia per arco circolare a spessore costante, sia per arco a spessore e curvatura crescente in corrispondenza delle imposte. Solo nel periodo 1920÷1940 si è sviluppato l'interesse al problema del *vincolo meridiano*. Sulla scia di studi ed indagini stranieri si muovono quindi anche in Italia ricerche in tale settore seguendo due differenti

modellazioni: la struttura 3D viene o discretizzata quale reticolo di archi-mensole, o considerata continua, ma ricondotta a schemi elementari costituiti da solidi di rotazione intorno ad asse verticale (struttura serbatoio, cilindrico ed a cupola), cumulando successivamente gli effetti dei vincoli d'imposta. Il problema statico in dominio 3D risulta particolarmente complesso e non c'è soluzione esatta a carattere generale.

Nonostante gli antichi ed elementari procedimenti di calcolo adottati fino oltre il primo quarto del XX secolo, che considerano la sola reattività longitudinale dell'opera discretizzata in archi orizzontali indipendenti, la diga ad arco, in assenza di difetti della roccia di fondazione, ha dimostrato di essere una struttura particolarmente sicura.

4.2 - Le realizzazioni

Di interesse storico sono le due dighe ad arco di Ponte Alto (fig. 20), inizio costruzione a. 1611, alta 19,50 m, e di Madruzzo (fig. 21), a. 1883, alta 41,10 m, realizzate sul T. Fersina, affluente dell'Adige presso Trento.

Nelle successive figure sono riportate le sezioni delle dighe ad arco realizzate in Italia nel periodo 1897÷1921. Si è in presenza di dighe cilindriche, strutture con paramento di monte a generatrici verticali,

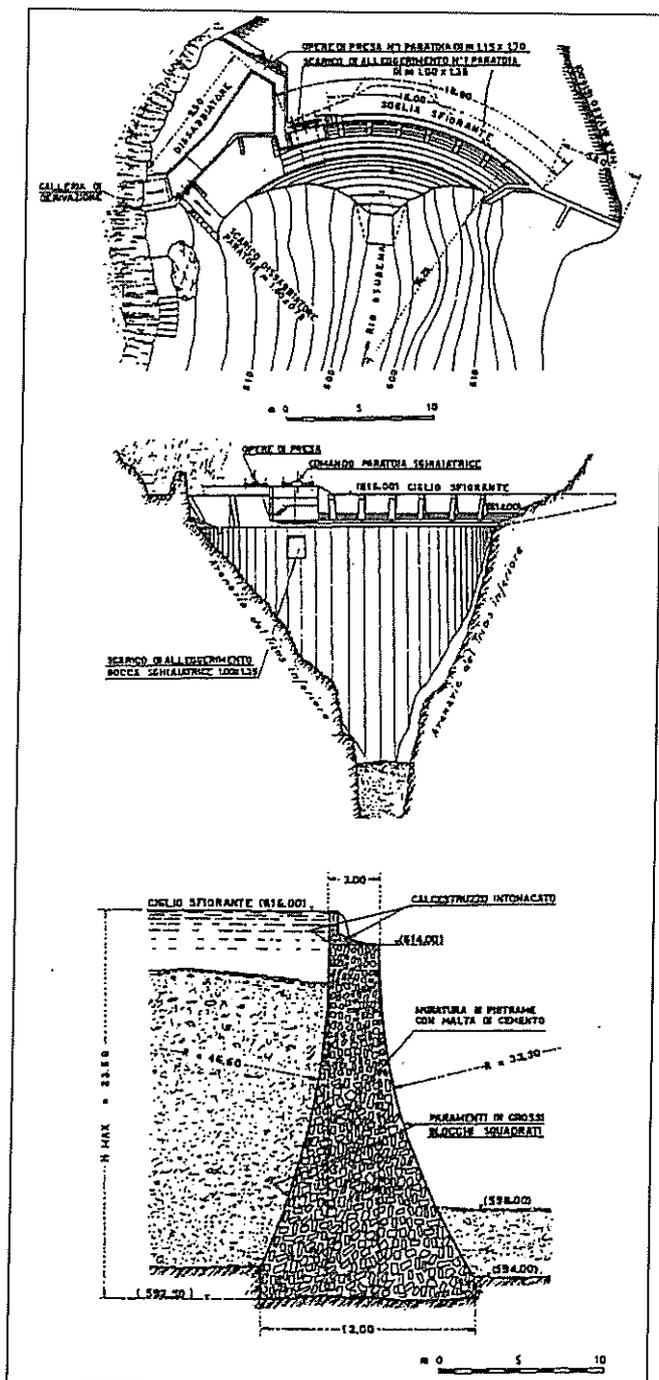


Figura 23 - Diga di Pontealba: Planimetria - Vista da valle - Sezione tipo.

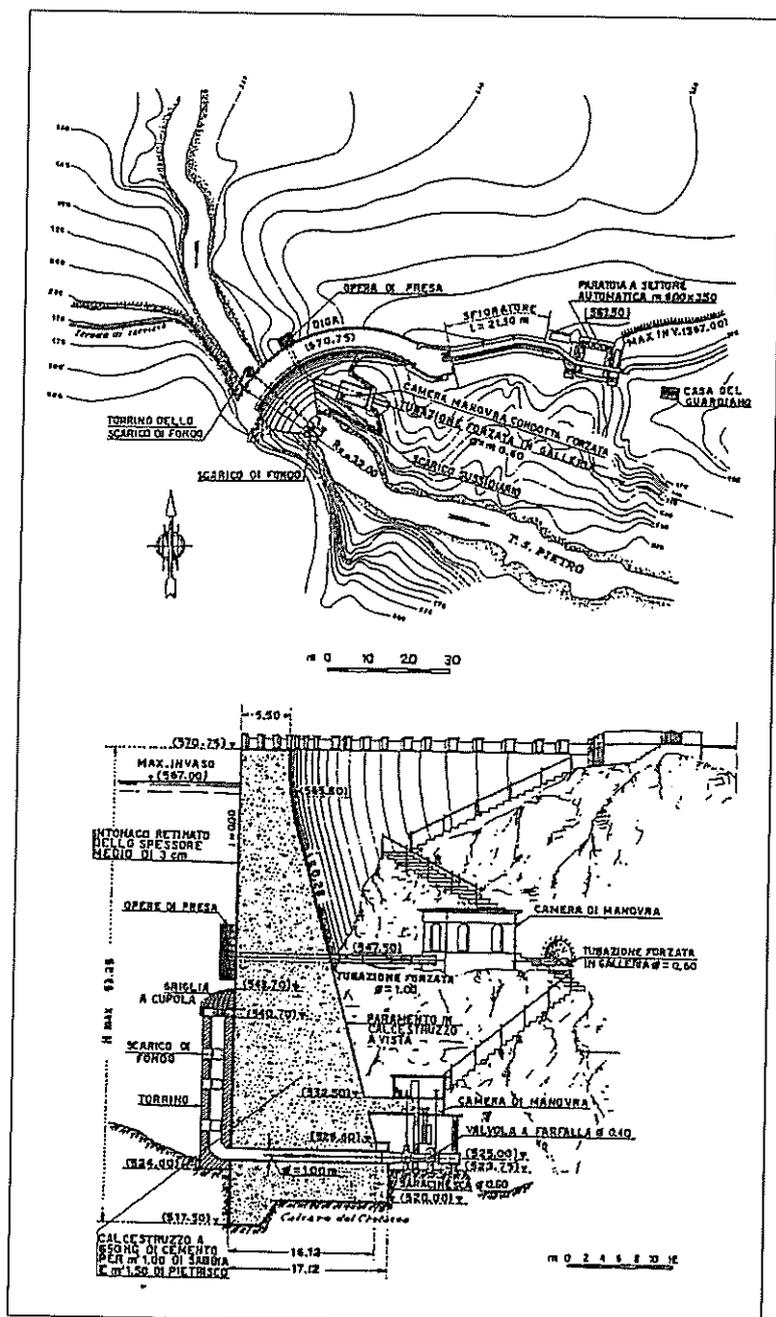


Figura 27 - Diga di Muro Lucano: Planimetria - Sezione tipo.

spessore degli archi costante ed aperture angolari di limitata ampiezza. La diga di Crosiis (fig. 22, *e.i.e.n.*) sul T. Torre, Prov. di Udine, aa. 1898 1900, alta 38,20 m e volume d'invaso $0,15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, sbarra una forra a fianchi subverticali ed è una delle prime dighe interamente realizzate di calcestruzzo. La diga di Pontebba (fig. 23, *e.i.e.n.*) sul Rio Studena, bac. F. Tagliamento, Prov. Udine, aa. 1901÷1902, alta 23,50 m e volume d'invaso $0,01 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, caratterizzata da archi spessi, sfiorante e con sezione simmetrica rispetto l'asse, è interamente realizzata con muratura di pietrame con malta di cemento. La diga di Ponte della Serra (fig. 24, *e.i.e.n.*) sul F. Cison, bac. F. Brenta, Prov. Belluno, aa. 1907÷1909, alta 44,40 m e volume d'invaso $4,00 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, progettata dall'ing. A. Forti è realizzata con muratura di pietrame con malta di cemento e nucleo di calcestruzzo. Innovativo per snellezza, eleganza di forma ed elevato rapporto corda massima/altezza è lo sbarramento del Corfino (fig. 25, *e.i.e.n.*) sul T. Corfino, bac. F. Serchio, Prov. Lucca, aa. 1913÷1914, alto 37,50 m e volume d'invaso $0,87 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ritenuto primo esempio di diga ad arco sottile, impostata su valle a V fortemente aperta e dissimmetrica. Di interesse per il periodo e caratteristiche per il notevole spessore adottato per escludere sforzi di trazione nel calcestruzzo sono la diga tracimabile Turrite di Galliciano (fig. 26, *dem.*) sul T. Turrite di Galliciano, bac. F. Serchio, Prov. Lucca, aa. 1915 1916, alta 42,00 m e volume d'invaso $0,89 \cdot 10^6 \text{ m}^3$; la diga di Muro Lucano (fig. 27, *e.f.s.t.*) sul T. S. Pietro, bac. F. Sele, Prov. Potenza, aa. 1914÷1917, alta 53,25 m e volume d'invaso $5,78 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ e la diga del Furlo (fig. 28, *e.i.e.n.*) sul F. Candigliano, bac. F. Metauro, Prov. Pesaro, aa. 1920÷1921,

alta 57,50 m e volume d'invaso $1,78 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, fortemente insidiato dall'intenso apporto solido del corso d'acqua. Le dighe Corfino, Turrice Galliano, Muro Lucano e Furlo sono state progettate dall'ing. A. Omodeo.

5 - Dighe di materiali sciolti

5.1 - Gli studi

5.1.1 - Dighe di terra

I più antichi esempi di sbarramenti di materiali sciolti sono le dighe di terra realizzate in oriente molti secoli A.C. per gestire a fini irrigui la risorsa idrica. Il successo dipendeva dalle elementari, ma efficaci, tecniche costruttive - trasporto manuale della terra dentro cesti; spandimento della terra per rovesciamento; calpestamento e costipazione del rilevato durante il trasporto della terra - e dalle limitate altezze e notevoli dimensioni trasversali delle opere. L'evoluzione occorsa agli inizi del XX secolo è riconducibile ai progressi nella meccanica delle terre con riferimento ai materiali, ai regimi di filtrazione, ai dispositivi di tenuta ed alle tecniche esecutive.

5.1.2 - Dighe di pietrame

Le prime realizzazioni al mondo di dighe di pietrame si hanno in California (USA) negli anni della corsa all'oro (1848). Si trattava di ammassi di materiale sciolto contenuto da armature di legname realizzati dai cercatori del prezioso metallo. Le prime dighe di pietrame costruite in Italia sono caratterizzate da rilevati disomogenei, con zone prossime al paramento di monte realizzate con muratura a secco regolare ed a bassa percentuale di vuoti, e zone prossime al paramento di valle realizzate con ammassi di pietrame caratterizzati da medio-alta percentuale di vuoti. Solo successivamente al primo conflitto mondiale, e questo anche a seguito degli studi del 1914 e successivi condotti da L. Luiggi [12], si hanno realizzazioni di dighe di pietrame con sola muratura a secco a bassa percentuale di vuoti, percentuale crescente, in alcune realizzazioni, procedendo da monte verso valle. Il regolamento vigente fino all'anno 1959 non contemplava la realizzazione di dighe di pietrame alla rinfusa, la cui affermazione nel tempo è riconducibile ai progressi nei mezzi e nelle tecniche di compattazione di materiale lapideo di grossa pezzatura.

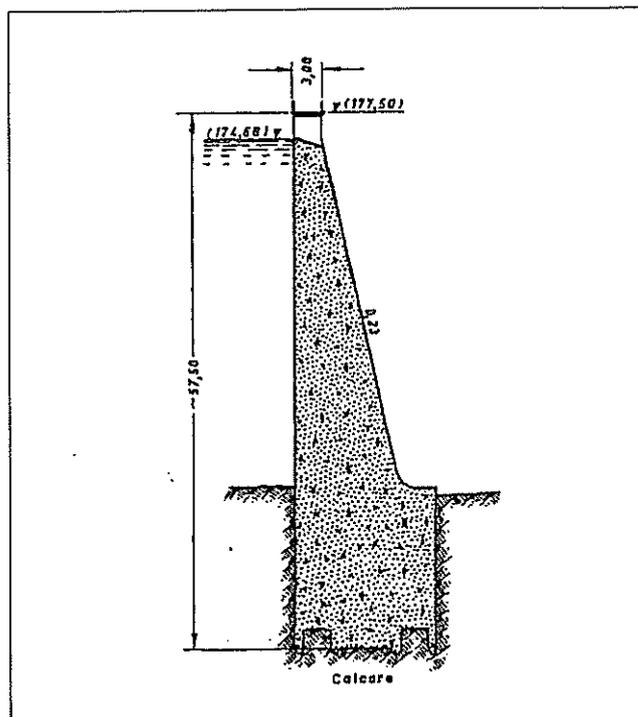


Figura 28 - Diga del Furlo: Sezione tipo.

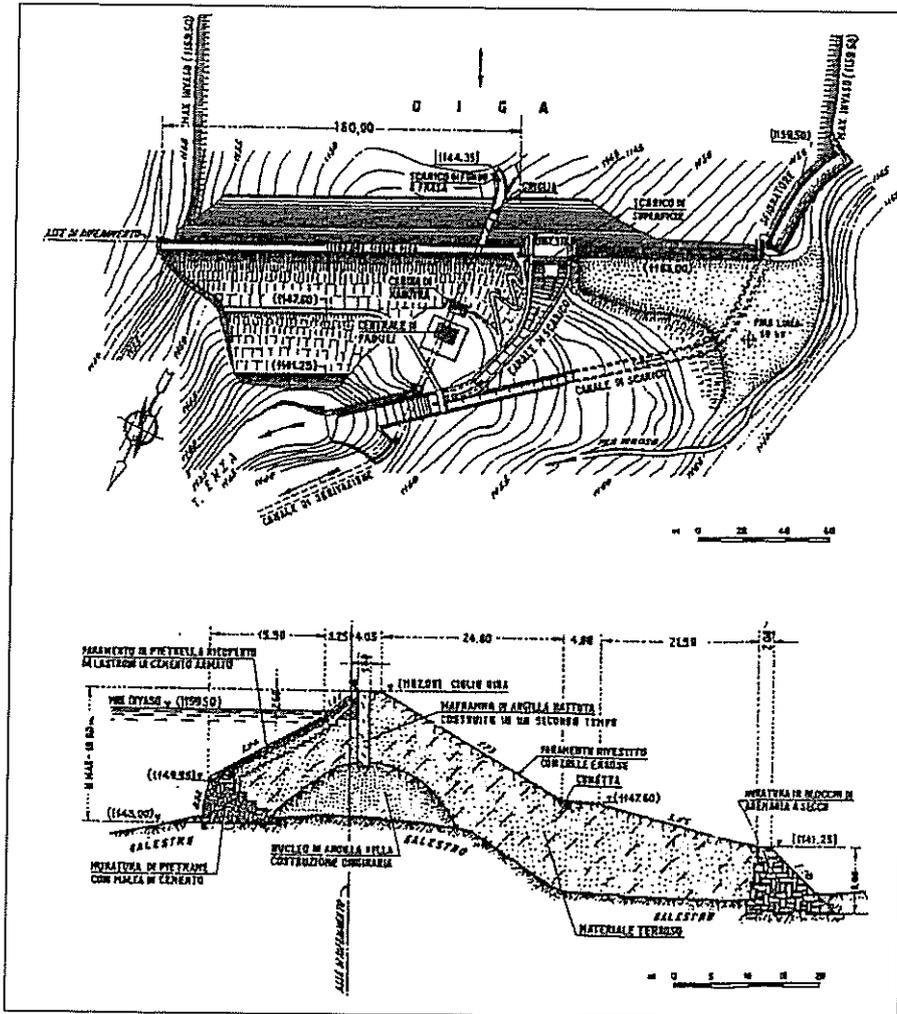


Figura 29 - Diga di Paduli: Planimetria - Sezione tipo.

5.2 - Le realizzazioni

5.2.1 - Dighe di terra

Tra le opere più antiche si ricorda la diga Lago di Tavernasso sul T. Stellone, Prov. Torino, realizzata nel 1600, alta 7,00 m e volume d'invaso $0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, in esercizio per uso irriguo. Successivamente, nel secondo quarto del XIX secolo, furono realizzate nel bacino idrografico del T. Banna, Prov. Torino, le dighe Lago Spina, sul Rio Torto, a. 1830, alta 18,02 m, e Lago d'Agrignano, a. 1840, alta 7,25 m, ciascuna con volume d'invaso pari a circa $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Nelle figure che seguono sono riportate le sezioni di significative dighe di terra realizzate in Italia nel periodo 1906÷1920. La diga di Paduli (fig. 29, *f.s.m.i.s.*) sul F. Enza, Prov. Massa Carrara, aa. 1906÷1911, progettata dagli ingg. G. Ganassini ed L. Zunini, è alta 26,00 m ed ha volume d'invaso $3,45 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Con nucleo verticale centrale di tenuta, la sezione dell'opera è caratterizzata dalla presenza di due possenti muri di pietrame a secco realizzati in corrispondenza dell'unghia dei paramenti di monte e di valle, funzionali alla stabilità ed

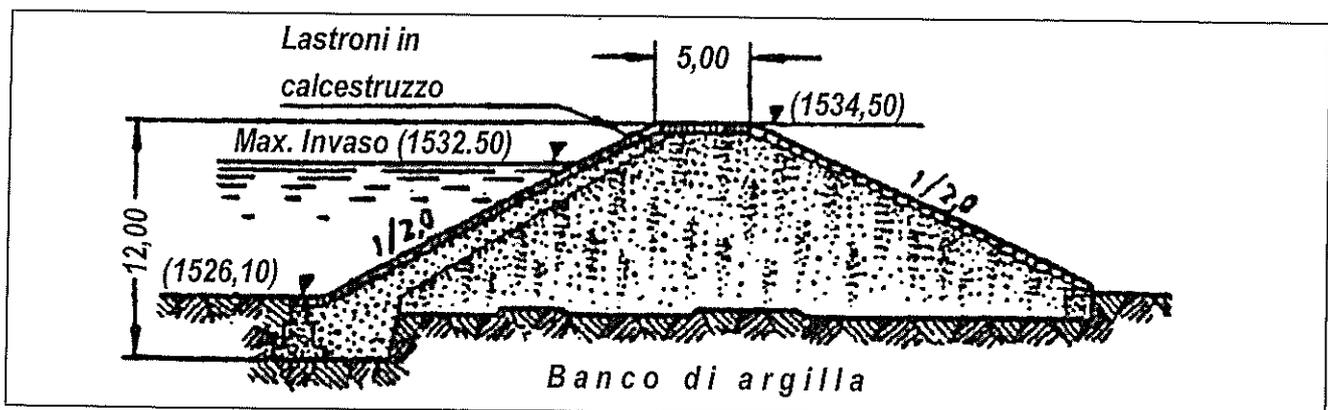


Figura 30 - Diga di Saretto: Sezione tipo.

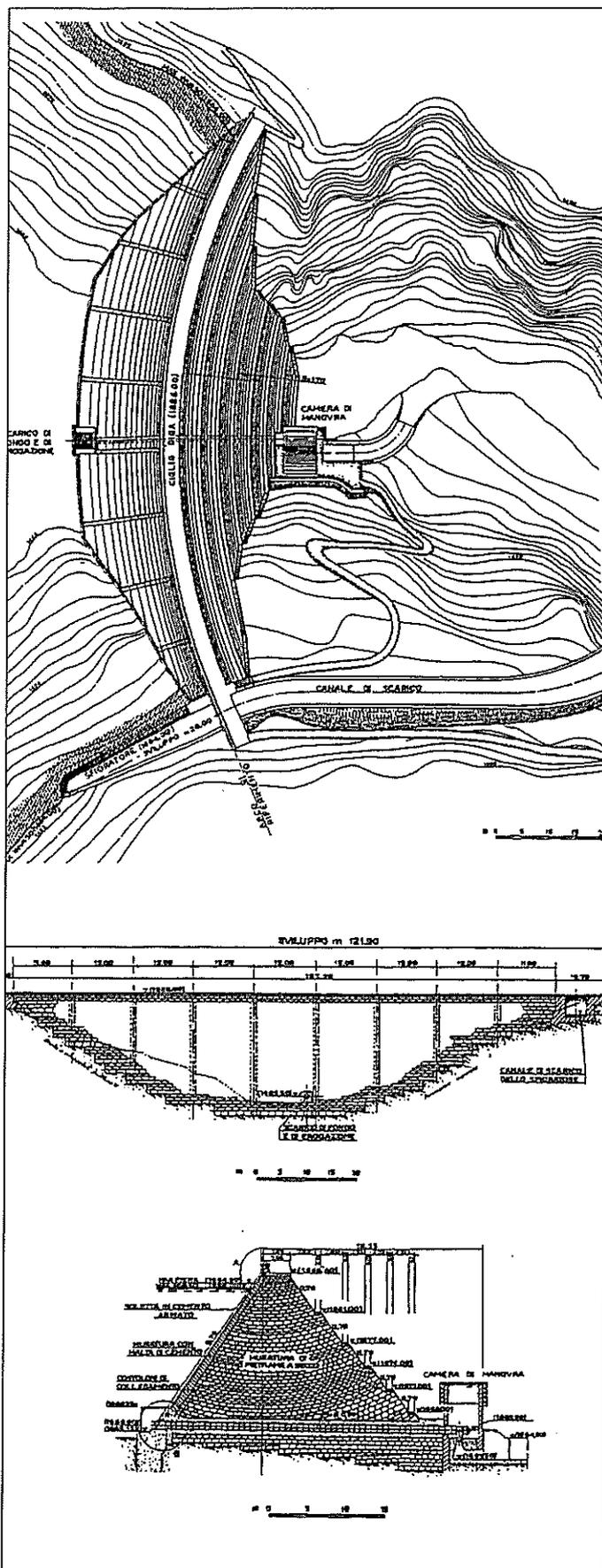


Figura 33 - Diga Lago Vargno: Planimetria - Vista da monte - Sezione tipo.

attrattori idraulici delle acque filtranti il rilevato di terra; la diga di Saretto (fig. 30, *e.i.e.n.*, *competenza regione Piemonte*) nell'Alta Valle della Maira, Prov. Cuneo, a. 1914, alta 12,00 m e volume d'invaso $0,15 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, a sezione trapezia isoscele e con tenuta realizzata con manto di terra impermeabile sul paramento di monte; la diga Moncenisio N. 3 (fig. 31, *dem.*) sul T. Cenischia, bac. F. Dora Riparia, attualmente Francia (già Prov. Torino), aa. 1920÷1922, altezza 9,25 m e volume d'invaso $32,00 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, con profilo simmetrico e nucleo di tenuta centrale di terra argillosa. Solo in quest'ultima opera si rilevano alcuni elementi che caratterizzeranno nel periodo successivo a quello indagato le realizzazioni di dighe di terra con nucleo.

5.2.2 - Dighe di pietrame

La prima diga di pietrame è stata realizzata in Italia l'anno 1906 a costituisce lo sbarramento del Lago Alpone, alto circa 9,0 m.

Nelle successive figure sono riportate le sezioni di importanti dighe di pietrame realizzate in Italia nel periodo 1908÷1923. La diga di Codelago (fig. 32, *e.i.e.c.i.l.*) sul Rio d'Arbola, aff. del Severo, bac. F. Toce, bac. F. Ticino, Prov. Verbania (già Novara), aa. 1908÷1912 ed a. 1921, alta 30,32 m + 3,00 m (sopraelevazione a. 1921) e volume d'invaso $16,01 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, è caratterizzata da sezione di notevole ampiezza, variazioni di pendenza del paramento di monte, riseghe lungo il paramento di valle e struttura in pietrame meno compatta nelle zone di valle. La diga Lago Vargno

(fig. 33, e.f.s.d.) sul T. Pacoulla, bac. Lys - Dora Baltea, Prov. Aosta, aa. 1917÷1918, alta 26,00 m e volume d'invaso 1,14 10⁶ m³. Il pietrame è disposto secondo superfici concave verso l'alto e la sezione trasversale ha paramenti inclinati del 70% sull'orizzontale, tali da minimizzare lo spostamento della risultante delle forze a pieno ed a vuoto. La grande diga della Piana dei Greci, o degli Albanesi, (fig. 34, e.i.e.c.i.l.) sul F. Hone, nell'alto bacino

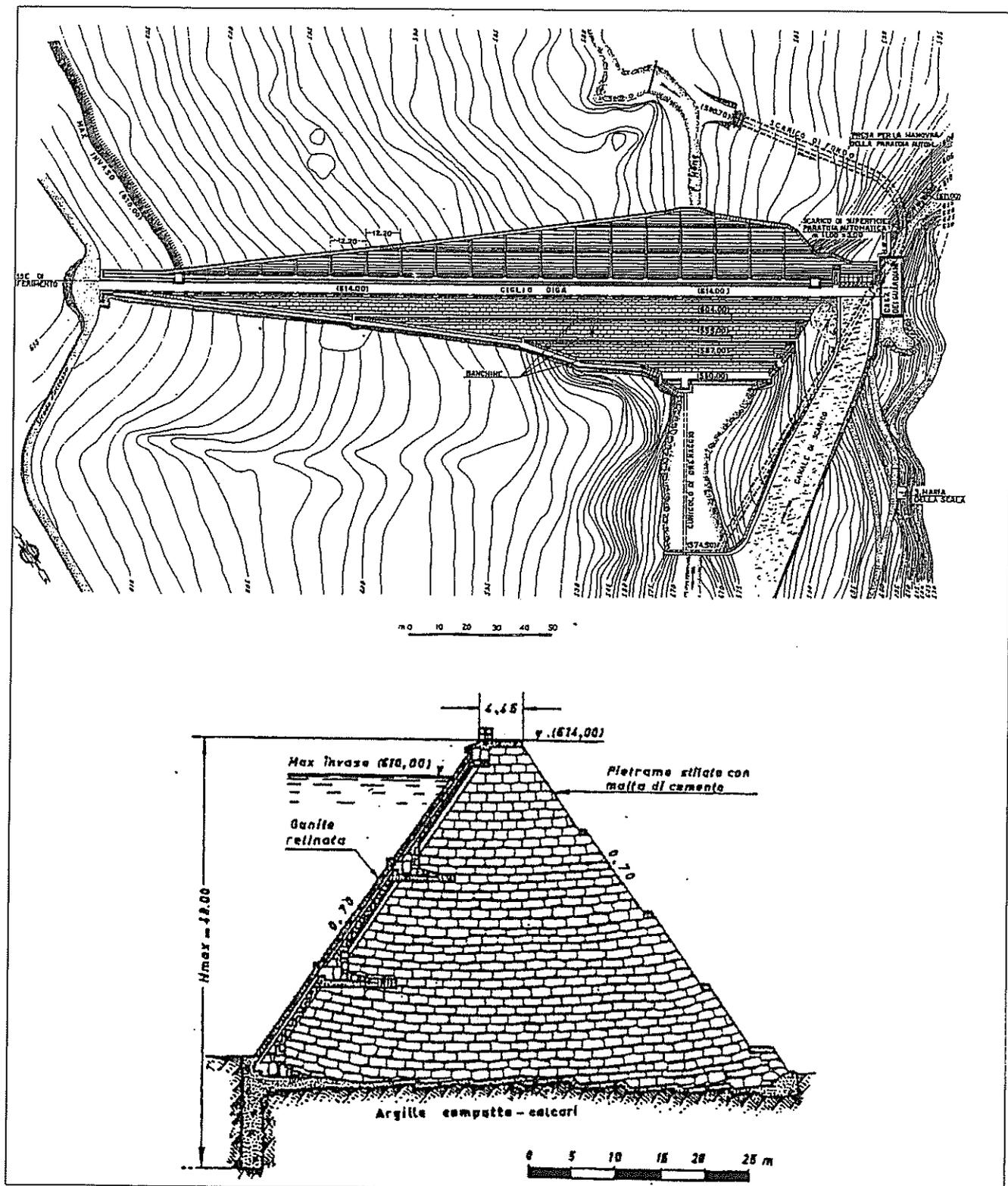


Figura 34 - Diga della Piana dei Greci: Planimetria - Sezione tipo.

del F. Belice, Prov. Palermo, aa. 1921-1923, alta 48,00 m e volume d'invaso $32,80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, è ispirata ai concetti informativi della diga Lago Vargno e si caratterizza per l'elevata snellezza. Le dighe Lago Vargno e Piana dei Greci sono state progettate dagli ingg. A. Omodeo ed L. Mangiagalli. Nei decenni immediatamente successivi non si rilevano innovazioni nella realizzazione di dighe di pietrame a secco.

6 - Conclusioni

La rassegna condotta, dalle origini, individuabili nell'anno 1880, all'anno 1920, sull'evoluzione delle dighe di ritenuta di differente tipologia, a gravità, ad arco e di materiali sciolti, evidenzia il notevole contributo di idee e di soluzioni innovative, prodotte da studiosi e da progettisti, unitamente alla capacità realizzativa dell'imprenditoria e delle maestranze italiani, che hanno consentito a queste imponenti opere, in un lasso di tempo sostanzialmente breve ed ormai lontano, di conseguire affidabilità con elevato grado di sicurezza.

Elenco abbreviazioni

a.	anno
aa.	anni
aff.	affluente
bac.	bacino idrografico
dem.	demolita o sommersa da nuovo invaso realizzato a valle
e.i.e.c.i.l.	esistente in esercizio con invaso limitato
e.i.e.n.	esistente in esercizio normale
e.f.s.d.	esistente fuori servizio definitivo
e.f.s.m.i.s.	esistente fuori servizio messa in sicurezza
e.f.s.t.	esistente fuori servizio temporaneo
F.	fiume
Prov.	provincia
T.	torrente

delle terre e sulle traverse dei serbatoi d'acqua, Ed. A. F. Negro, Torino.

Bibliografia

- [1] ARREDI F. 1961, *Contributi italiani alla evoluzione dello studio statico delle dighe - Studi teorici e analitici. Le dighe di ritenuta degli impianti idroelettrici italiani - Volume Primo - Tecnica delle dighe di ritenuta in Italia* - ANIDEL.
- [2] CASTIGLIANO A. 1884, "Intorno ai muri di sostegno delle acque". *Il Politecnico*, nn. 4-5.
- [3] CONTI L. 1929, *Costruzioni idrauliche - Opere per invaso delle acque - Serbatoi*, Stab. Tipo-Litografico del Genio Civile.
- [4] CRUGNOLA C. 1883, *Sui muri di sostegno*

- [5] DE SAZILLY M., 1853, "Sur un type de profil d'égal résistance proposé pour les murs des réservoirs d'eau", *Annales des Ponts et Chaussées*.
- [6] FIGARI L. 1900, "Profilo economico di diga per formazione di laghi artificiali", *Giornale del Genio Civile*.
- [7] GUIDI C. 1917, "Sulle deformazioni delle dighe a volta", *Atti R. Accademia delle Scienze*, Torino.
- [8] LÉVY M. 1887, "Sur les diverses manières d'appliquer le règle du trapèze au calcul de la stabilité des barrages en maçonnerie", *Annales des Ponts et Chaussées*.
- [9] LÉVY M. 1895, *Quelques considérations sur la construction des grands barrages*, C. R. Acad. Sciences.
- [10] LÉVY M. 1898, *Sur la légitimité de la règle dite du trapèze dans l'étude de la résistance des barrages en maçonnerie*, C. R. Acad. Sciences.
- [11] LÉVY M. 1898, *Sur l'équilibre élastique d'un barrage en maçonnerie à section triangulaire*, C. R. Acad. Sciences.
- [12] LUIGGI L. 1914, "Dighe a gravità", *Giornale del Genio Civile*.
- [13] RANKINE W. J. M. 1873, *A Manual of Civil Engineering*, IX Ed. Londra.

SECONDA PARTE

Interventi su temi specifici

Gli antichi bottini senesi

Antonio Maria Baldi

1. Introduzione

Durante il medioevo la città di Siena aveva una concentrazione abitativa estremamente elevata e non essendo ubicata, a differenza di altre città toscane quali Firenze, Pisa, Lucca, in prossimità di fiumi, soffriva della carenza di acqua ed a tale problematica il governo senese dedicò un'attenzione del tutto particolare. L'amministrazione dell'acqua quindi, così come altri servizi pubblici, fu considerata una funzione dello Stato che si assunse il compito di curare la funzionalità dei punti di approvvigionamento destinati a servire interi rioni. La necessità di garantire un servizio efficiente fu sentita nel Trecento in maniera urgente, tanto che il Comune provvide a proprie spese alla costruzione delle fonti e degli acquedotti di adduzione ma incoraggiò anche i privati nella costruzione di pozzi ed opere di presa offrendo un aiuto sia in denaro sia materiali (10 moggia di calce).

Le ragioni di tale interesse pubblico traevano origine sostanzialmente in tre ordini di problematiche a cui con le fonti veniva data risposta: fornire l'acqua necessaria allo spegnimento degli incendi che sistematicamente affliggevano la città con aspetti drammatici, consentire lo sviluppo di attività che facevano uso continuo di acqua per le loro lavorazioni quali la lana ed il cuoio, ed infine fornire acqua 'potabile' per il normale approvvigionamento della popolazione. In poche città come Siena fu così forte l'amore per l'acqua, in un rispetto che sconfinò quasi nell'idolatria; non poche fonti senesi traggono origini dalle leggende e le loro forme architettoniche sono sempre di elevatissimo pregio (figg. 1 e 2), prime fra tutte la "Fonte Gaia" nella Piazza del Campo.

Antonio Maria Baldi, Geologo: Studio di Geologia e Geofisica (S:G:G.) s.r.l. - Siena - baldi@sgg.it

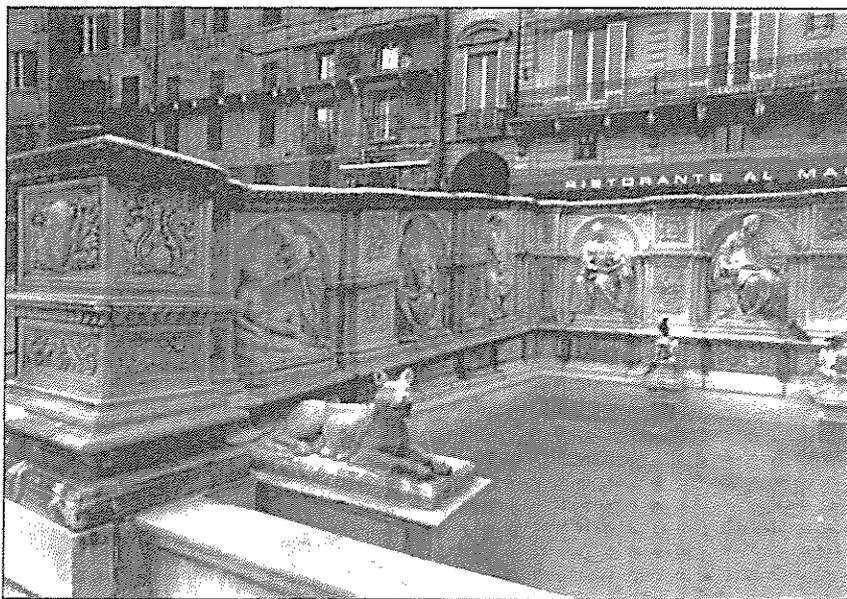


Figura 1 - Fonte Gaia alla Piazza del Campo.

Le fonti Senesi si distinsero da quelle greche o romane perché, queste ultime, essendo utilizzate esclusivamente per scopi alimentari, erano costituite da vari zampilli e abbellite da decorazioni spesso zoomorfe. I bacini di raccolta dell'acqua della nostra città, servendo a molteplici scopi, si caratterizzavano invece per la loro essenziale funzionalità: per questo motivo le fonti erano per lo più suddivise

in tre vasche di raccolta, collocate a vari livelli di altezza. Quella collocata più in alto, che riceveva l' 'acqua nova' che sgorgava dal muro, rappresentava quella che oggi chiameremmo l' 'acqua corrente' da utilizzare per bere e cucinare. La seconda vasca si alimentava dal 'supero' della prima e, essendo meno pulita, serviva per abbeverare gli animali. Nella terza, collocata in basso, si potevano lavare gli indumenti ed il trabocco finale spesso veniva utilizzato per scopi artigianali.

2. Notizie storiche

Le più antiche notizie che si conoscono sugli acquedotti senesi risalgono al 1226, anno in cui viene nominato per la prima volta *boctinus* in riferimento alla volta a botte del cunicolo acquedottistico. Questi condotti sotterranei vennero mattonati all'interno per garantire condizioni igieniche migliori, come conferma la rubrica dello *Stato dei Viari* con cui si dispose la selciatura del fossato nel bottino di Fontebranda.

Nel 1334 la Repubblica Senese affidò a Giacomo di Vanni di Ugolino (detto poi Giacomo Dell'Acqua) l'incarico di addurre l'acqua in città captando alcune scaturigini presenti in una zona a nord di Fontebecci; la realizzazione di tale opera richiese otto anni e fu comunque terminata rispetto al tempo pattuito e nel 1342 l'acqua raggiunse la Piazza del Campo attraverso il bottino maestro «e per la qual cosa i senesi per Siena si fece gran festa» e la fonte, detta pertanto fonte gaia, fu costruita, da Jacopo della Quercia, l'anno seguente 1343 (fig. 1).

Nel 1387 viene portato a termine il ramo di Uopini e si tenta di incanalare l'acqua di Mazzafonda nel bottino di Fontebranda; nel 1437 si lavora al ramo di Marciano. Nel 1438 si costruiscono, sotto il prato di Camollia, i galazzoni, una serie di vasche in cui l'acqua, che procede molto lentamente, si decanta liberandosi delle impurità e dell'eccesso di calcare.

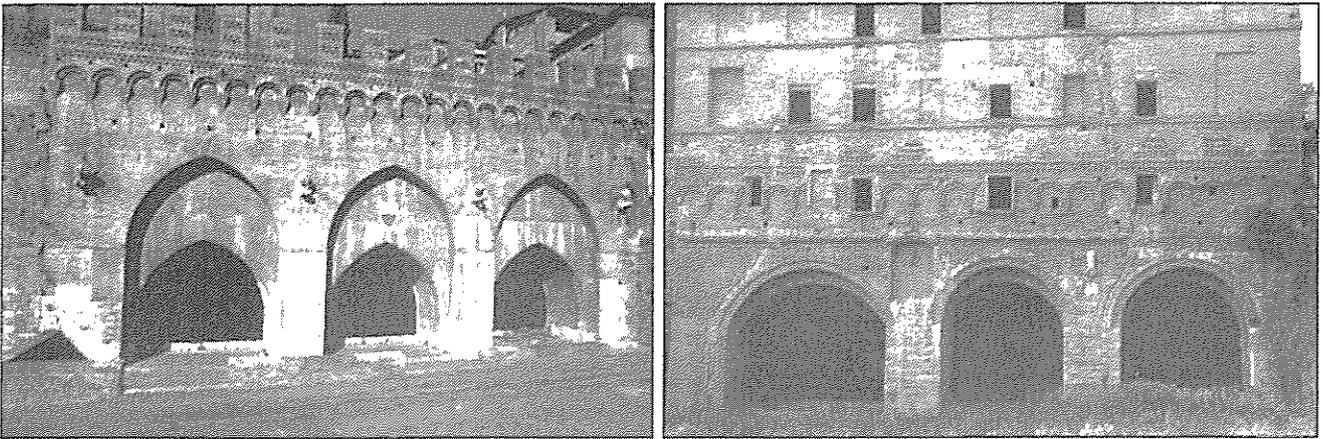


Figura 2 - Fonti di Fontebranda e di Pescaia.

Nel 1466, anche se si continua a cercare altre vene, si ha la massima estensione dei bottini, con 25 chilometri complessivi di gallerie. Dopo questa data si eseguono solo lavori di manutenzione e consolidamento.

Il problema della potabilità dell'acqua costituì da sempre una problematica a cui i governanti della repubblica cercarono di porre rimedio: la prassi imponeva che quando ci si accinge all'immissione nelle fonti di una nuova vena, il capo operaio preposto allo scavo debba saper riconoscere la bontà dell'acqua trovata, considerandone il sapore e soprattutto la limpidezza: solo a quel punto si poteva decidere se si trattava di acqua buona o di acqua 'spugnosa', come si definiva all'epoca l'acqua di cattiva qualità.

Successivamente la tranquillità e la continuità politica derivanti dall'inserimento nel Granducato di Toscana ha permesso che si badasse ai bottini con più assiduità, per lo meno per il loro mantenimento, e così si

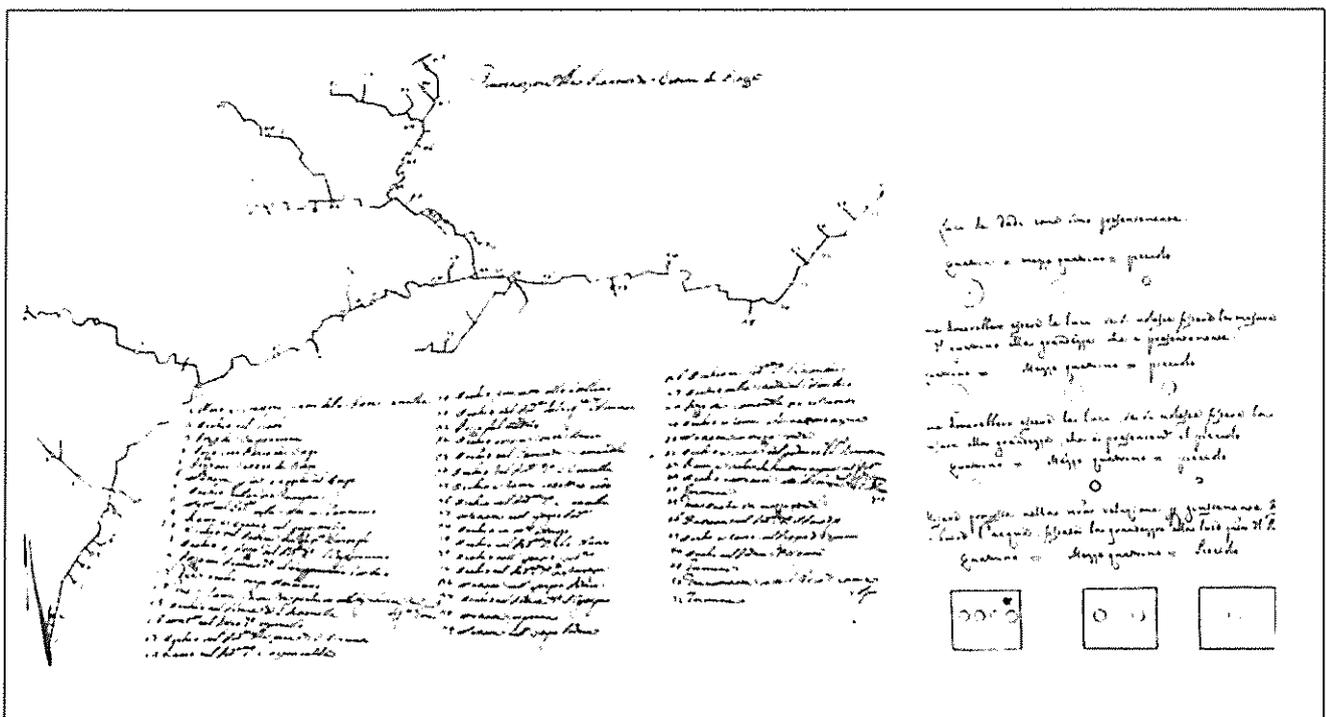


Figura 3 - Mappa del bottino di Piazza con gli schemi dei dai per l'erogazione dell'acqua ai pozzi privati del 1739 e conservata all'archivio di Stato di Siena.

sono preservati fino ai giorni nostri, subendo modifiche solo nell'ottocento, quando molti privati pretesero di allacciarsi alla rete idrica comunale tramite pozzi che raccoglievano l'acqua derivante dal gorello: in base a quanto pagavano ricevevano la relativa quantità di acqua, misurata dal Comune in "dadi". Il dado era un forellino al centro di una piastra (lente) che sbarrava la canaletta di derivazione di circa 400 litri di acqua nelle 24 ore ed in corrispondenza di ogni utenza privata si posero delle targhe (in parte ancora esistenti).

Per orientarsi nel sistema sotterraneo dei bottini furono redatte delle carte planimetriche la più antica risale al 1739 (fig. 3).

Questa rete acquedottistica di adduzione è stata sostituita ai primi decenni del XX secolo da una nuovo moderno acquedotto che adduceva, sempre per gravità, l'acqua alla città di Siena dalle falde del cono vulcanico del Monte Amiata posto circa 70 km a sud. La rete dei bottini che alimenta le fonti viene mantenuta efficiente con costanti interventi di manutenzione e restauro e costituisce, in linea con le sue caratteristiche storiche, un elemento di vanto della Città.

3. Caratteristiche geologiche ed idrogeologiche

Il centro storico della Città di Siena si caratterizza per la presenza di sabbie marine depositatesi durante il Pliocene durante la trasgressione marina; in particolare nella parte più settentrionale prevalgono i depositi sabbiosi e conglomeratici, intercalati da formazioni di facies lacustre salmastro, mentre in quella più meridionale si distinguono sedimenti esclusivamente marini, costituiti da sabbie con sporadici livelletta di ciottoli e sabbie argillose. Tutte le formazioni presentano una giacitura sostanzialmente suborizzontale eventualmente caratterizzata da qualche grado di inclinazione a sud.

La formazione delle sabbie e conglomerati presenta una potenza massima dell'ordine dei 70/80 m ; le sabbie sono di colore giallo, con

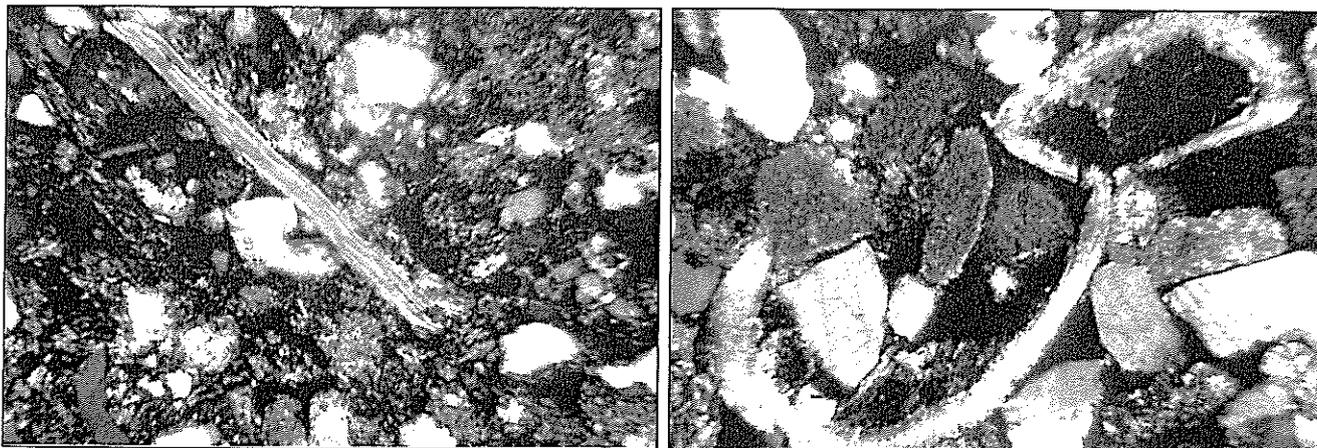


Figura 4 - Immagini petrografiche delle sabbie : a sinistra granuli di quarzo e feldspatici alterati, ma ancora riconoscibili con individui granulari associati a mica bianca non molto alterata; a destra frammenti di gusci ben conservati, granuli di calcari micritici con microfossili, frammenti di calcite e geminazione polisintetica associata a quarzo (Ferri S. 1993).

percentuali variabili di limo, sono generalmente compatte mentre il grado di cementazione è generalmente scarso mentre talvolta sono presenti dei livelli di 10/30 cm di spessore di arenaria fortemente cementata e molto resistente. I granuli che compongono le sabbie sono costituiti essenzialmente da quarzo, calcite, frammenti litoidi e rare lamelle di mica; si presentano a spigoli vivi e generalmente sono coperti da incrostazione limonitica che conferisce la tipica colorazione gialla; talvolta si notano delle venature rossastre dovute alla presenza di ossidi ferro (fig. 4).

I banchi di conglomerati alteranti alle sabbie, sono costituiti da ciottoli di varie dimensioni, da pochi centimetri fino a 10/15 cm, ben elaborati e con superfici levigate. I ciottoli sono spesso forati da Litodomi, sono mitologicamente costituiti da calcari grigio-grigio scuri, calcari marnosi, calcari silicei e calcareniti fini, mostrano chiaramente la loro provenienza dalle unità liguri. Questi elementi, immersi in una matrice arenacea, sono legati da un cemento carbonatico in percentuali variabili, per cui si possono trovare conglomerati scarsamente cementati, facilmente disgregabili solo con l'utilizzo della mano, oppure mediamente cementati. Nel centro storico sono presenti principalmente 4 livelli di conglomerato, posti a distanza di 10/15 m l'uno dall'altro; gli spessori dei livelli sono variabili e variano da 0,5 m fino a 5/6 metri.

Ai conglomerati ed alle sabbie, si alternano dei livelli calcareo-marnosi-argillosi di piccola estensione e generalmente piuttosto ridotti, il cui spessore non supera i 40/50 cm.

Le intercalazioni marnose, sebbene sottili, in relazione alla loro scarsa permeabilità idraulica, costituiscono un elemento fondamentale per la costituzione di piccole falde sospese; infatti superiormente a tali livelli impermeabili sono sempre presenti delle modeste falde idriche che in relazione alla loro quota topografica più elevata rispetto ai fondo valle risultano appunto captabili per gravità con gallerie. Il sistema della captazione mediante gallerie drenanti consentiva e consente, anche in terreni dotati di una bassa trasmissività idraulica quali le sabbie plioceniche, un buon drenaggio degli orizzonti produttivi e permetteva altresì uno sfruttamento ponderato della risorsa idrica in relazione alla sua ricarica, evitando i sovrasfruttamenti che possono realizzarsi mediante il prelievo con pozzi.

E' evidente che una tale situazione idrogeologica favorevole alla captazione gravitativa ha consentito storicamente lo sviluppo di tecniche di captazione, sebbene più onerose e difficoltose sotto il profilo realizzativo, basate sulla gravità in luogo del sollevamento dell'acqua, con energia umana ed animale, alla superficie tramite pozzi.

4. Tipologia di scavo dei cunicoli

La sezione tipica dei cunicoli presenta un'altezza 1,8 m ed una larghezza di 0,8 m, laddove era presente del conglomerato cementato la sezione della galleria assume anche la dimensione del cunicolo con altezze di 0,5/0,7 m ; alla base della galleria è collocata una doccia, generalmente

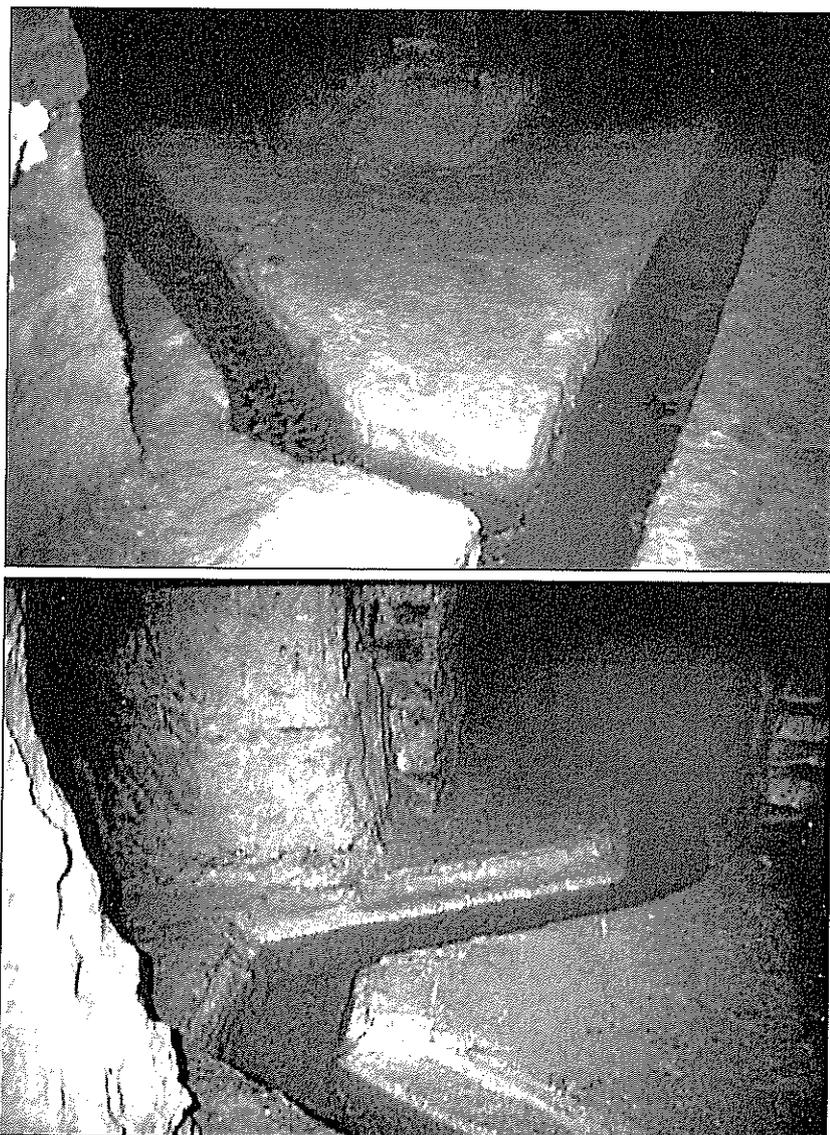


Figura 5 - Canalizzazioni sul fondo del bottino denominate "gorrello".

in terracotta, che consente il trasporto dell'acqua (fig. 5). I canali principali sono chiamati 'maestri' mentre quelli minori sono denominati 'emissari' i quali vanno a distribuire la risorsa acqua tra i palazzi del centro.

Alla costruzione dei Bottini lavorarono centinaia e centinaia di persone fra manovali, maestri e donne; in certi casi per risolvere particolari difficoltà di scavo fu necessario ricorrere a manodopera specializzata rappresentata dai minatori di Massa Marittima e di Montieri. Gli scavatori lavoravano forniti di un solo piccone a manico corto ed utilizzavano per lo smarino delle ceste di vimini generalmente trasportate da donne; per il mantenimento delle pendenze veniva utilizzato l'archipendolo.

Le caratteristiche geotecniche dei litotipi nei quali furono scavati i bottini possono così essere sinteticamente riassunte:

Sabbie fini superficiali addensate:

peso di volume $\gamma = 13 \text{ kN/m}^3$
coesione $C = 0 \text{ kPa}$
angolo di attrito $\Phi = 31^\circ$
Mod. Young = 13.500 kN/m^2
Mod. bulk = 9.000 kN/m^2
Mod. taglio = 5.500 kN/m^2

Sabbie fine cementate:

peso di volume $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$
coesione $C = 30 \text{ kPa}$

angolo di attrito $\phi = 35^\circ$
Mod. Young = 63.000 kN/m²
Mod. bulk = 35.000 kN/m²
Mod. taglio = 26.000 kN/m²

Conglomerato:

peso di volume $\gamma = 20$ kN/m³
coesione $C = 50$ kPa
angolo di attrito $\phi = 38^\circ$

Le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni sono tali da poter includere tali litotipi nella categoria delle 'rocce tenere' e pertanto da escavare con limitata energia e tali da consentire lo scavo sostanzialmente manuale e privo di sostegni in fase transitoria e tale da richiedere solo in alcuni tratti un rivestimento definitivo mediante mattoni con spessore generalmente di 'una testa'. Il cavo veniva modellato sin dall'origine nella sua sezione definitiva, non richiedeva particolari accorgimenti di allargamento e non presentava zone soggette a rigonfiamenti. Tali caratteristiche di autosostentamento si sono conservate nel tempo e solo in brevi tratti, nei secoli successivi, è stato messo in opera un rivestimento (figg. 6 e 7). La presenza di queste cavità ha indotto ed induce limitazioni al traffico veicolare ed in particolare impedisce il transito, anche saltuario, di autocarri o mezzi pesanti.

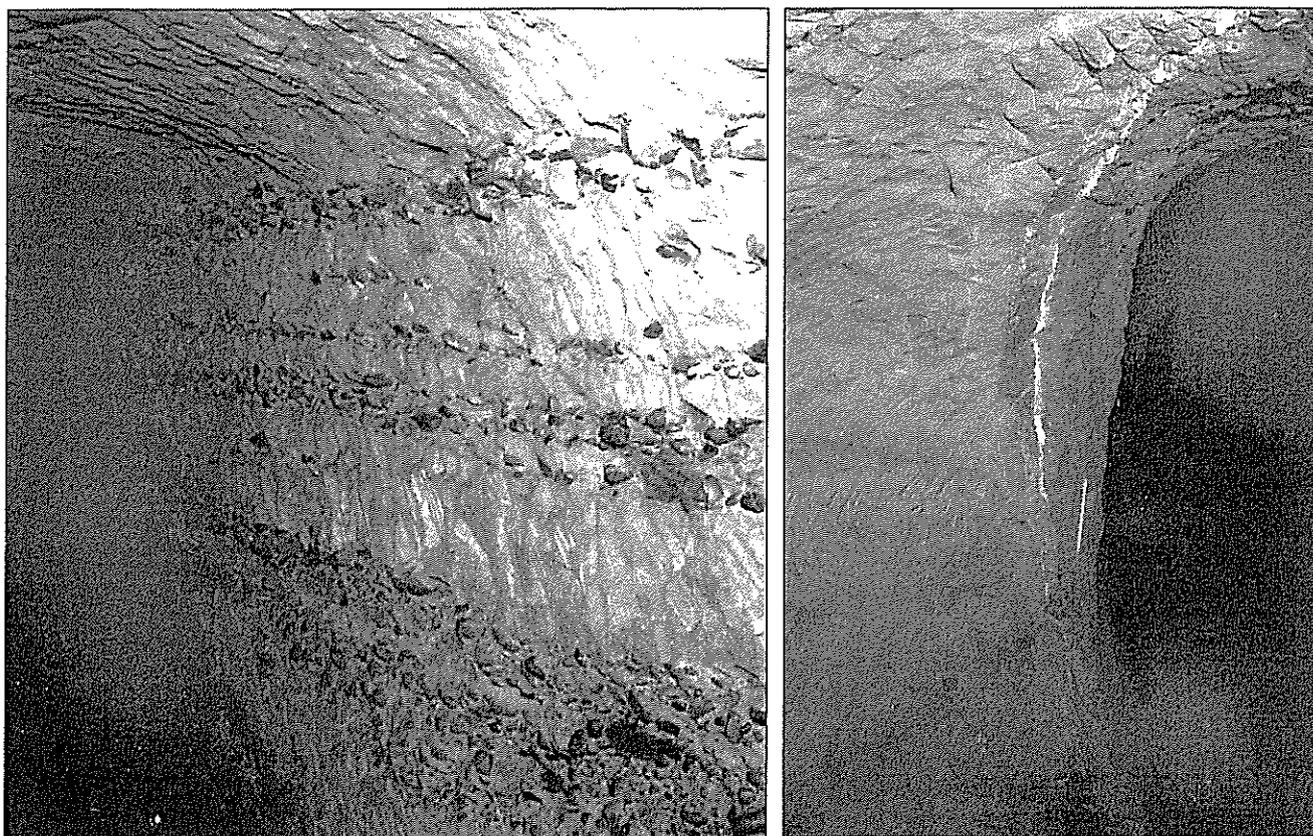


Figura 6 - Immagini dei cunicoli scavati nelle sabbie e conglomerati e privi di rivestimento.

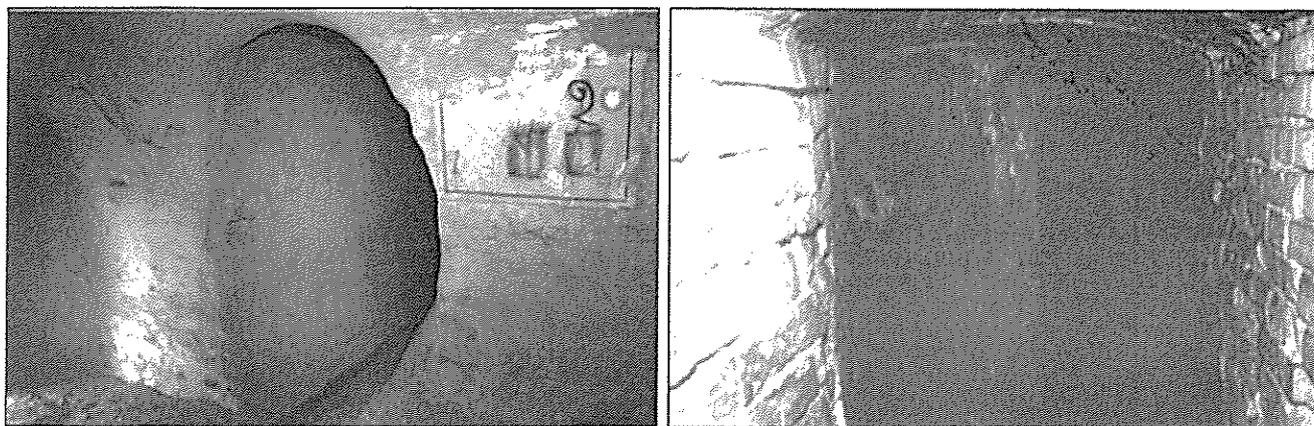


Figura 7 - Interno dei cunicoli: privi di rivestimento e con rivestimento in laterizio.

Lo scavo avveniva a piena sezione con il sistema del 'marcia avanti' e lo smarino veniva portato a giorno sia attraverso l'imbocco delle gallerie sia attraverso dei pozzi verticali eseguiti leggermente fuori asse e protetti successivamente in superficie con manufatti in laterizio.

Le principali caratteristiche costruttive dei vari bottini possono così sinteticamente essere riassunte (Benucci 1986):

BOTTINO DI FONTEGAIA

Lunghezza totale del bottino	ml	15.604
Lunghezza dentro le mura cittadine	ml	1.600
Lunghezza fuori delle mura cittadine	ml	14.004
Volume dei vuoti totali	mc	22.470
Volume dei vuoti dentro le mura	mc	2.304
Volume dei vuoti fuori le mura	mc	20.166
Profondità media del bottino	ml	10÷12

BOTTINO DI FONTEBRANDA

Lunghezza totale del bottino	ml	6.326
Lunghezza dentro le mura cittadine	ml	800
Lunghezza fuori delle mura cittadine	ml	5.526
Volume dei vuoti totali	mc	9.110

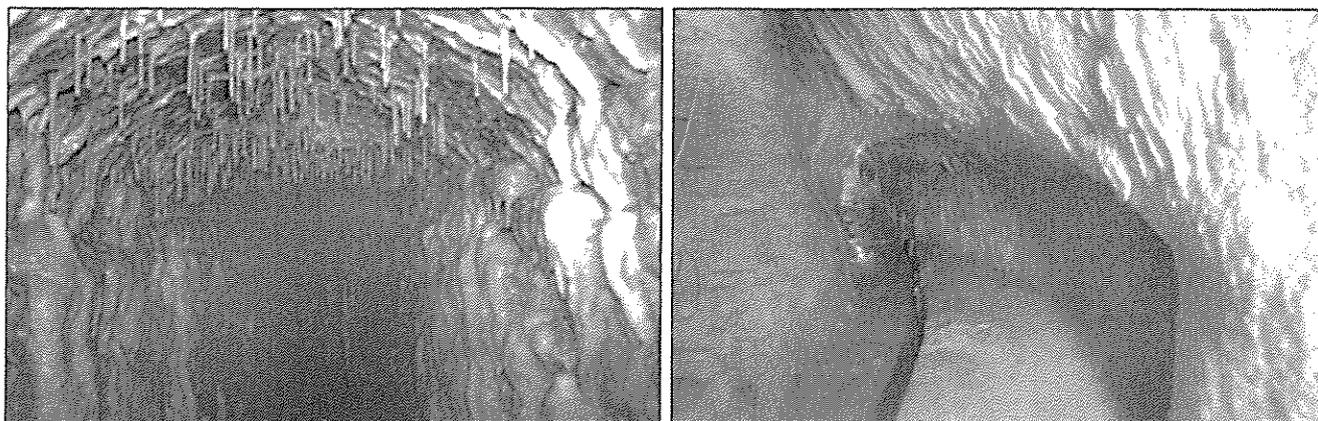


Figura 8 - Cunicoli completamente ricoperti da concrezioni calcaree.

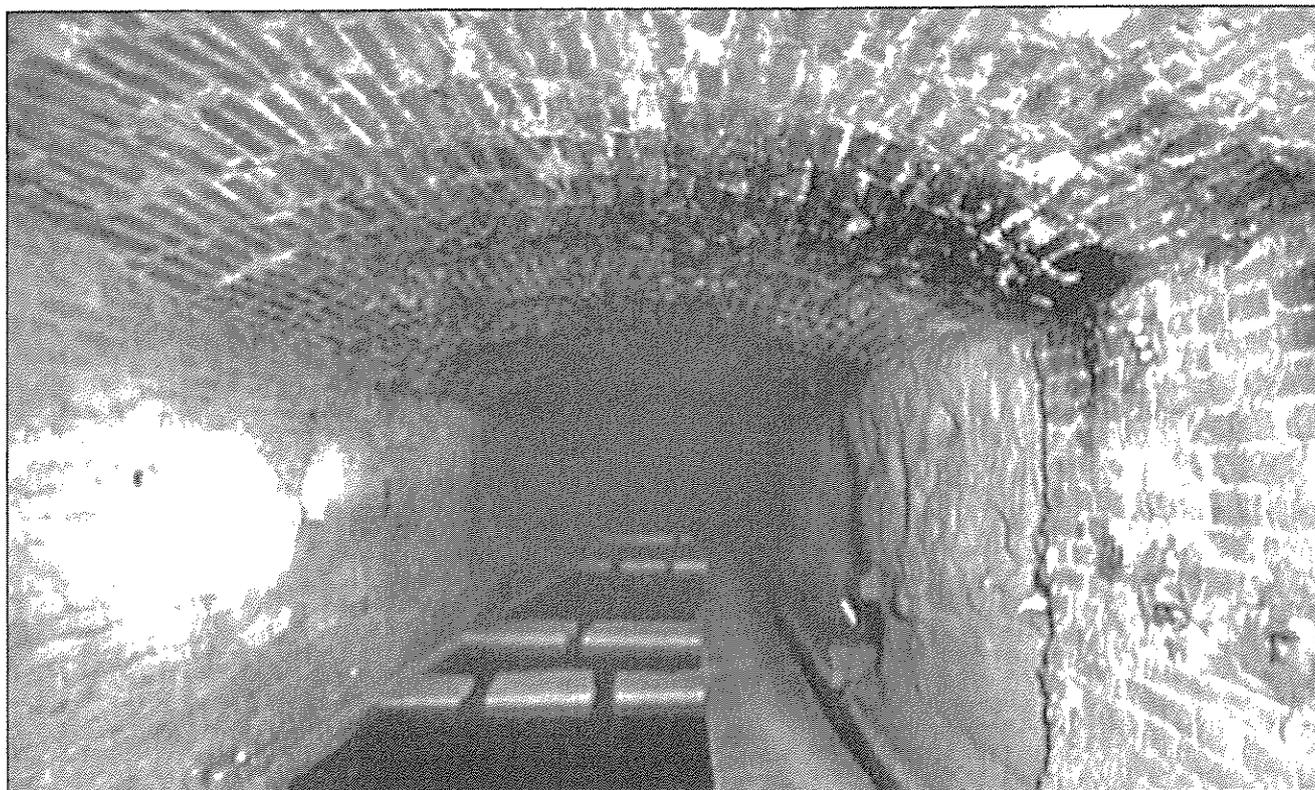


Figura 9 - Vasche di sedimentazione: "gallazzoni".

Volume dei vuoti dentro le mura	mc	1.152
Volume dei vuoti fuori le mura	mc	7.958
Profondità media del bottino	ml	15÷20

BOTTINO DI OVILE

Lunghezza totale del bottino	ml	300
Lunghezza dentro le mura cittadine	ml	300
Volume dei vuoti totali	mc	432
Profondità media del bottino	ml	15

BOTTINO DI FONTENUOVA

Lunghezza totale del bottino	ml	800
Lunghezza dentro le mura cittadine	ml	800
Volume dei vuoti totali	mc	1.152
Profondità media del bottino	ml	15

BOTTINO DI FONTANELLA

Lunghezza totale del bottino	ml	300
Lunghezza dentro le mura cittadine	ml	300
Volume dei vuoti totali	mc	432
Profondità media del bottino	ml	10

Esistono altresì numerosi altri bottini a carattere locale la cui funzione era quella di alimentare delle piccole fonti avente carattere prevalentemente locale e/o privato.

Per migliorare la qualità dell'acqua ed in particolare per rimuovere la torbità che in certi periodi piovosi dell'anno si manifestava per il trasciamento meccanico di particelle sottili, furono realizzate, in grandi camere sotterranee, delle vasche consecutive a stramazzo per la sedimentazione del fango e denominate "gallazzoni" (fig. 9).

Bibliografia

- AA.VV. 1997, *Siena e l'acqua*, Ed. Nuova Immagine, Siena.
- BALESTRACCI D. PICCINI G. 1977, *Siena nel trecento. Assetto urbano e strutture edilizie*, Ed. Clusf, Firenze.
- BALESTRACCI D. 1990, "L'acqua a Siena nel medioevo", in *Ars et Ratio*, Palermo.
- BARGAGLI PETRUCCI F. 1905, *Le fonti di Siena ed i loro acquedotti*, Siena.
- BARONE L., CALZOLAI V., COSTANTINI A., LA DIANA, SANTINI, SERRINO G., ZAGAGLIA 2000, *Visita al Bottino maestro di Fonte Gaia* (opera multimediale), 74min, Comune di Siena.
- BARONE L., CALZOLAI V., COSTANTINI A., LA DIANA, SARTINI R., SERRINI G. 2000, *Siena città dell'acqua - Bottini - Siena città dell'acqua* Progetto C.E. Raphael, Siena (Italia).
- BENUCCI V. 1986: *Siena città di Terremoti?*, Siena.
- COSTANTINI A., MARTINI I.P. 1997, "Bottini of Siena. Italy. A Monumental Underground Medieval Aqueduct", *Land Resource Science, Annual Report*, University of Guelph, Canada.
- COSTANTINI A., MARTINI I.P. 2004, "Urban geology, art and history of a medieval hill-top town and its Bottini (underground aqueduct) and monumental fountains", *Field Trip Guide Book; D01*, 32° International Geological Congress, Firenze.
- COSTANTINI A., MARTINI I. P. 2004, "Siena: geologia e ricerca dell'acqua in una città medievale di collina", *Atti del Convegno Geologia e Turismo*, 112-115, Bologna.
- COSTANTINI A., MARTINI I. -1997, "Bottini di Siena, Italy. A Monumental Underground Medieval Aqueduct", *Land Resource Science, Annual Report*, 71 - 73, University of Guelph, Canada
- COSTANTINI A., DRINGOLI R. 2002, "Siena sotterranea. L'acquedotto medievale dei bottini", In *Qanat arte e cultura. Antiche tecniche di approvvigionamento idrico*, 144 - 151, Palermo (Italia)
- DE STEFANI 1987, "Descrizione degli strati pliocenici dei dintorni di Siena", *Bollettino Del Comitato Geologico d'Italia*, 5 - 6.
- GANDIN A., SANDRELLI F. 1992, "Caratteristiche sedimentologiche dei corpi sabbiosi intercalati nelle argille plioceniche del bacino di Siena", *Giornale di Geologia*, 54, 1.
- GENTILI P. 1991, *Indagini geologiche volte alla definizione della consistenza statica e della vulnerabilità sismica del Duomo Siena e degli edifici circostanti*, Tesi di laurea inedita, Univ.Si..
- FERRI S. 1993, *Studio petrografico-applicativo sulle sabbie plioceniche dell'area urbana di Siena*, Tesi di laurea inedita, Univ.Si..
- REGGIANI L. 1983, *Rilevamento geologico del Comune di Siena*, Tesi di laurea inedita, Univ.Si.

Un sistema di bonifica idraulica di epoca etrusca nel territorio di Casal del Marmo (Roma nord-ovest)

Vittorio Castellani, Claudio Succhiarelli

1.Introduzione

Durante i rilievi territoriali condotti nell'ambito di un progetto di riqualificazione e risanamento ambientale riguardanti uno studio geoambientale (SUCCHIARELLI, 2002), è stato scoperto nel settembre 2001, nel territorio di Casal del Marmo, situato nel settore periurbano nord ovest della città di Roma, un cunicolo idraulico presumibilmente di epoca etrusca.

Vittorio Castellani †, Accademia Nazionale dei Lincei, via della Lungara, 10 Roma. Professore ordinario all'Università di Roma e di Pisa, ha avuto un ruolo determinante nello sviluppo dell'Astrofisica Italiana del dopoguerra, sia come scienziato nel campo dell'astrofisica stellare sia come figura di riferimento nell'organizzazione della ricerca. E' stato Direttore del Laboratorio di Astrofisica Spaziale di Frascati, Presidente del Gruppo Nazionale di Astronomia, Direttore dell'Osservatorio di Teramo. Ha rappresentato l'Italia nel Council dell'ESO e presso l'International Astronomical Union. Presidente della Società Speleologica Italiana dal 1979 al 1987, ne era divenuto Socio Onorario nel 2004. Dagli anni '80 si era occupato prevalentemente di opere ipogee artificiali connesse con l'idraulica antica sia nel bacino del mediterraneo che nell'area asiatica attraverso numerose missioni e la pubblicazione di molteplici lavori scientifici. E' stato membro della Commissione Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana ed aveva assunto nel 1999 la direzione scientifica della rivista Opera Ipogea.

Claudio Succhiarelli, Geologo, Comune di Roma, Dipartimento alle Politiche della Programmazione e Pianificazione del Territorio, U.O. n. 2 - Pianificazione e Progettazione Generale, via del Turismo 30, 00144 - Roma EUR - E-mail: c.succhiarelli@comune.roma.it. Si occupa delle problematiche geologiche e di rischio idrogeologico nell'ambito degli studi per la redazione delle compatibilità ambientali dei piani urbanistici attuativi e del Nuovo Piano Regolatore Generale di Roma. Svolge indagini geologiche sullo stato ambientale di aree territoriali comunali a supporto della pianificazione per la predisposizione degli interventi di risanamento igienico-sanitario e idrogeologico. Dal 1994 si occupa di studi di speleologia carsica e di cavità artificiali connesse con l'idraulica antica.

Inizialmente fu individuata, nei terreni antistanti il Casale del Marmo, la vasta apertura di ingresso in cui confluivano le acque meteoriche incanalate di un piccolo fosso a regime torrentizio. L'ispezione del sovrastante piano di campagna rivelava la presenza di tutta una serie di pozzi che fu ipotizzata in probabile relazione con l'andamento del condotto sotterraneo.

Precedentemente al rinvenimento era nota solo l'esistenza della cavità di ingresso di monte del cunicolo, censita al foglio n. 14 della Carta dell'Agro con il n. 78 e definita con il termine generico di "grotte" (COMUNE DI ROMA, RIPARTIZIONE X ANTICHITA' E BELLE ARTI, UFFICIO CARTA DELL'AGRO, 1988). Le funzioni della cavità non erano state indagate ed era sconosciuta l'esistenza del suo articolato sviluppo cunicolare sotterraneo sia a livello locale che in letteratura.

Il presente studio, attraverso l'illustrazione dei risultati delle esplorazioni e delle indagini condotte dagli scriventi nei mesi successivi alla scoperta (CASTELLANI, SUCCHIARELLI, 2002), vuole portare un contributo anche per la valorizzazione dell'ipogeo che, ancora funzionante dopo circa 2000 anni (e visitabile per gran parte del tracciato), è inserito in un'area agricola dell'agro romano, e rappresenta un'ulteriore testimonianza di come questo territorio fosse già fin dall'antichità destinato ad un uso per pratiche e insediamenti agricoli.

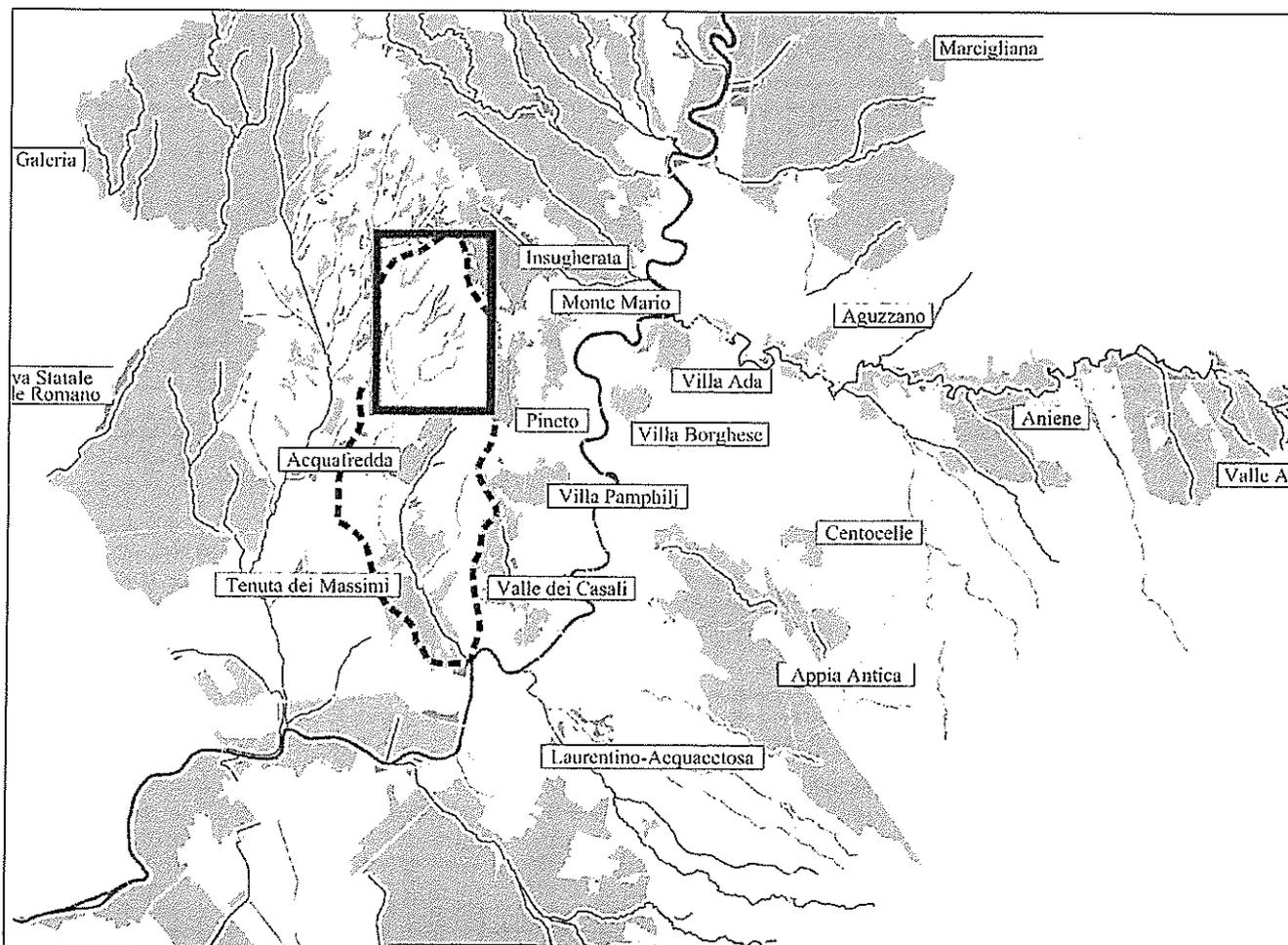


Figura 1 - Nel riquadro la localizzazione del territorio di Casal del Marmo nel Comune di Roma. Con la linea nera tratteggiata è indicato il bacino idrografico del fosso della Magliana (SUCCHIARELLI, 2002).

2. Ubicazione geografica e inquadramento geoambientale

La struttura caveale sotterranea è situata all'interno di un'area non urbanizzata denominata di Casal del Marmo che sottoposta a pressioni ambientali del limitrofo sistema antropico mantiene ancora alcune caratteristiche naturali dell'agro romano. L'area è posta in adiacenza interna al Grande Raccordo Anulare avente un'estensione di circa 5 Km² (fig. 1).

Le aree di bordo di Casal del Marmo sono interessate dagli estesi insediamenti urbani di *Palmarola* a nord e *Primavalle* e *Torrevecchia* a sud-est e dagli interventi edilizi e infrastrutturali riguardanti i Piani di Zona di

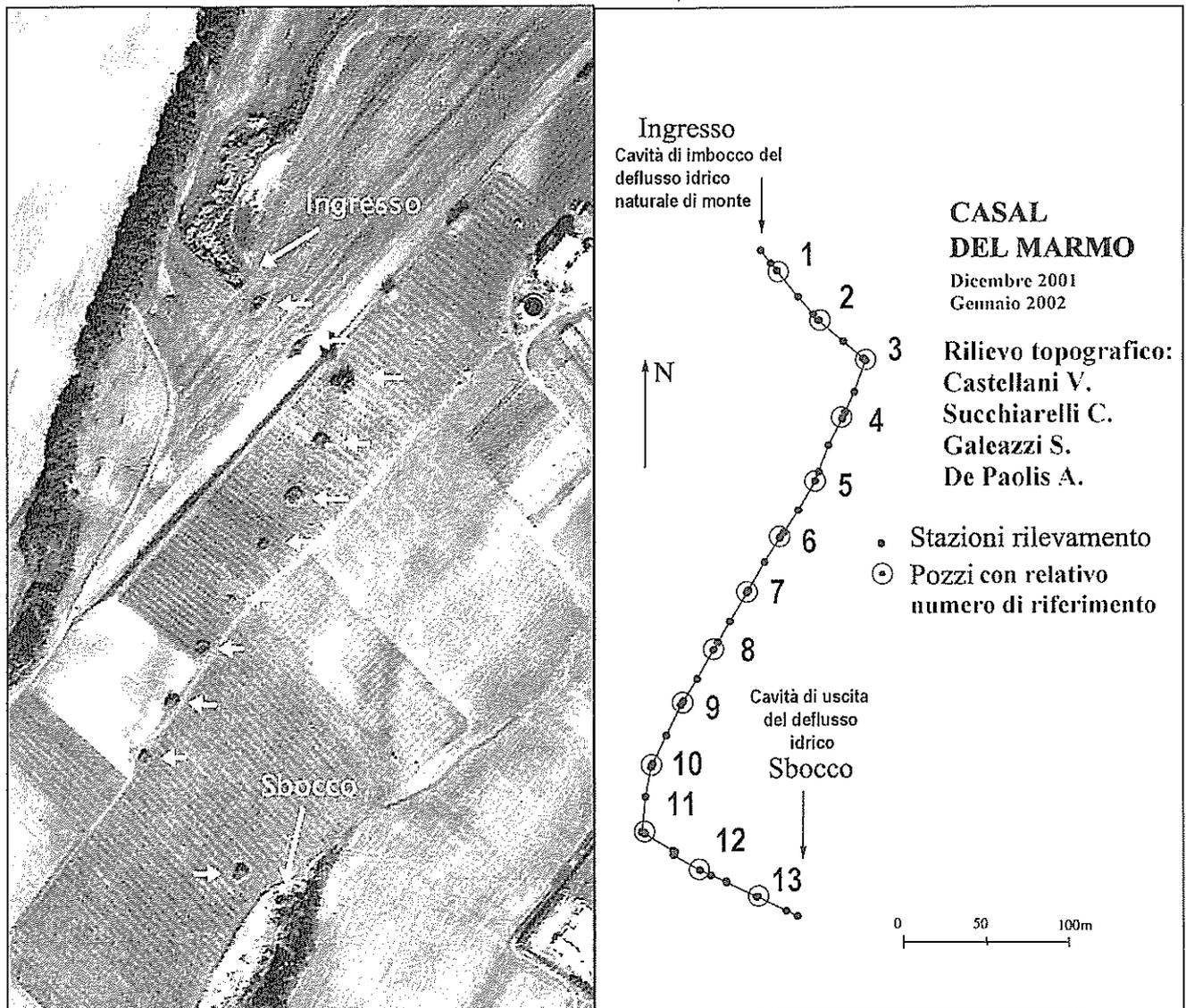


Figura 2 - A sinistra veduta aerea del 1991 dell'area di Casal del Marmo interessata dal cunicolo idraulico. Le frecce indicano i pozzi di scavo e di ispezione del condotto. Nella parte alta è visibile l'andamento del fosso e del relativo gomito di cattura artificiale con la deviazione di circa 90° del deflusso delle acque meteoriche verso la cavità di ingresso. Nella parte bassa, la cavità di uscita posizionata alla base della valle del fosso ricettore (S.A.R.A.Nistri S.r.l., 1991; ARCHIVIO DEL DIPARTIMENTO ALLA PROGRAMMAZIONE E PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO DEL COMUNE DI ROMA). A destra il rilevamento topografico planimetrico dell'andamento sotterraneo del cunicolo idraulico dove sono indicati le posizioni dei 13 pozzi di scavo e di ispezione con una numerazione progressiva.

Torresina e i programmi di recupero urbano. Dal punto di vista amministrativo l'area di Casal del Marmo fa parte del Municipio Roma XIX, mentre morfologicamente ricade nella parte settentrionale del bacino idrografico del *fosso della Magliana*.

Nella cartografia I.G.M., il territorio di *Casal del Marmo* è rappresentato nel foglio 1: 50.000 n. 374 "Roma" e nella tavoletta 1:25.000 I NE "Monte Mario" entrambe comprese nel foglio 1:100.000 n. 149 della Carta d'Italia. Nella Cartografia Tecnica Regionale 1:10.000 della Regione Lazio è compresa nella sezione n. 374050 "Casalotti".

Il territorio di Casal del Marmo è costituito da un altopiano (o *plateau*) di tipo piroclastico interrotto da incisioni vallive che ospitano il deflusso di corsi d'acqua a carattere torrentizio e che rappresentano il reticolo idrografico settentrionale del bacino del Fosso della Magliana.

L'area è caratterizzata dalla presenza di un certo numero di aree archeologiche e monumentali costituite da: casali agricoli, aree con materiale archeologico in frammenti, siti preistorici, ambienti ipogei, i resti sepolti di una villa, un basolato di strada romana (MINEO, 2000). Per queste presenze e per la rilevanza ambientale e archeologica che in ambito urbano rappresenta questo "residuo" dell'agro romano su cui agiscono le pressioni antropiche negative degli insediamenti urbani limitrofi (SUCCHIARELLI, 2002), sono in corso (dalla fine degli anni '90) iniziative di tutela sia da parte della Soprintendenza Archeologica di Roma, attraverso la proposta di vincolo archeologico di tutela ai sensi della legge 431/85 (SANTOLINI, senza data), che da parte dell'U.O. n. 2 - Pianificazione e progettazione generale del Dipartimento alle Politiche della Programmazione e Pianificazione del Territorio del Comune di Roma con la proposta



Figura 3 - L'ampia cavità di ingresso, del cunicolo idraulico in cui le acque di monte furono deviate in epoca etrusca, e fatte defluire al suo interno tramite un "gomito di cattura" artificiale a cielo aperto. Queste dimensioni iniziali del condotto, del diametro di circa 4 metri ed opera dei processi erosivi, diminuiscono progressivamente inoltrandosi verso l'interno (foto SUCCHIARELLI).

di perimetrazione per la realizzazione di un'area a valenza naturalistica finalizzata a parco agricolo (SUCCHIARELLI, 2002; SUCCHIARELLI, SIMONCELLI, 2005).

3. Descrizione e caratteristiche dell'opera cunicolare

Morfologicamente il cunicolo sotterraneo attraversa l'altopiano piroclastico dell'area mettendo idraulicamente in comunicazione i tratti vallivi iniziali di due fossi che hanno tra di loro un andamento parallelo.

L'opera di scavo del cunicolo è stata impostata (nel suo sviluppo complessivo) interamente nei depositi vulcanici dell'Unità del *Tufo Terroso con Pomici Bianche* ("Granturco") messi in posto dal centro eruttivo di Sacrofano - Baccano che ha rappresentato la principale bocca eruttiva centrale del Complesso Vulcanico dei Monti Sabatini. Il *Tufo Terroso con Pomici Bianche* ("Granturco") rappresenta l'eruzione che intorno a 488 ± 2 Ka (KARNER and RENNE, 1998), ricoprì l'area nord-ovest di Roma con litici (con leucite) di caduta alla base e ceneri marroni di flusso piroclastico intercalate dai caratteristici strati di pomici bianche (il "granturco" dei diversi autori) che si rinvennero sulle pareti del tratto iniziale del condotto sotterraneo.

Il cunicolo idraulico presenta uno sviluppo sotterraneo di circa 517 m con le aperture di ingresso e uscita delle acque situate rispettivamente a circa 108 m s.l.m. e 100 m s.l.m.

E' regolarmente intervallato da 13 pozzi di scavo e di ispezione, 11 ancora in comunicazione con la superiore superficie di campagna (fig. 2) e due oblitterati da sedimenti, ma liberi in corrispondenza della base del cunicolo (CASTELLANI, SUCCHIARELLI, 2003; 2006).

La cavità di ingresso delle acque nel condotto, si presenta come una vasta galleria a sezione subcircolare, di dimensioni trasverse che supera anche i 4 metri.

Le acque scorrenti lungo l'incisione naturale valliva situata a monte del condotto defluiscono nella cavità di ingresso (o imbocco) del cunicolo sotterraneo (fig. 3), tramite un "gomito di cattura" artificiale, costituito da un canale scavato a cielo aperto della lunghezza di un centinaio di metri con un andamento curvilineo di circa 90° . L'ispezione dei luoghi rilevò

come, in prossimità dell'imbocco, l'alveo del canale artificiale risultò ulteriormente approfondito da un gradino di oltre 2 metri per far defluire le acque al livello della base dell'imbocco stesso.

La cavità di uscita o di sbocco delle acque del condotto, che si riversano nel fosso ricettore, presenta una sezione minore rispetto a quella di ingresso. Le acque in uscita defluiscono a giorno per diverse decine di metri in un

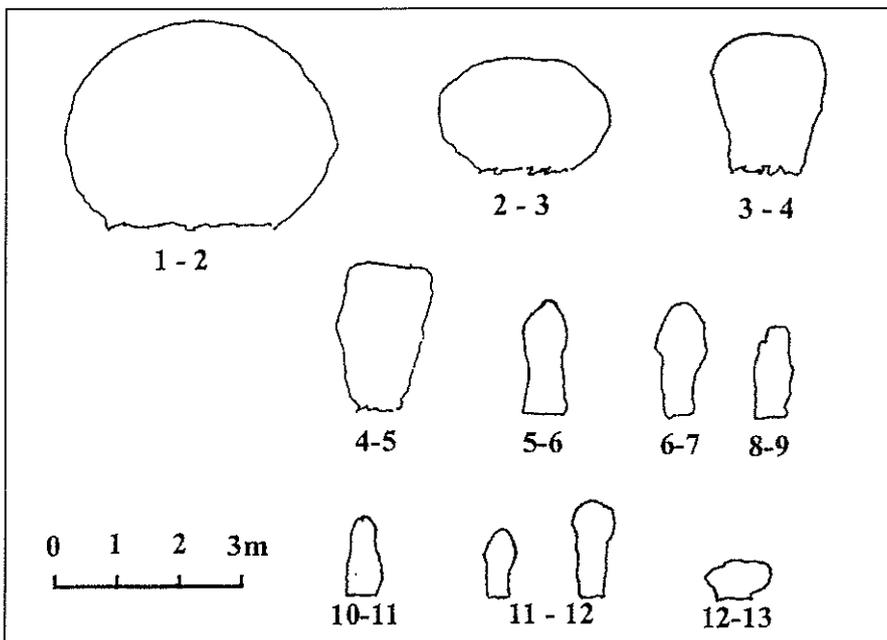


Figura 4 - Le variazioni delle sezioni morfologiche trasversali del cunicolo idraulico, dalla cavità di ingresso delle acque (sezione 1-2) al tratto terminale in prossimità della cavità di uscita nel fosso ricettore (sezione 12-13). La sezione di scavo, seppur modificata dall'erosione delle acque comincia ad approssimarsi a quella originaria verso al metà del condotto (sezione 5-6).

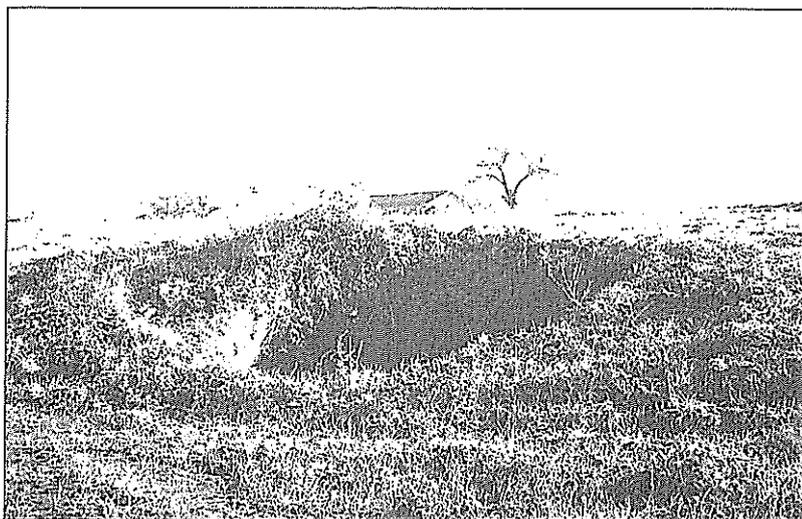


Figura 5 - Vista in superficie dell'apertura spiccatamente sub-circolare, prodotta dai processi erosivi, di uno dei pozzi di scavo e di ispezione del cunicolo idraulico situato in prossimità della cavità di ingresso delle acque (foto SUCCHIARELLI).

canale artificiale aventi pareti verticali, prima di riversarsi nell'incisione naturale valliva del fosso ricettore.

Il cunicolo idraulico presenta una sezione trasversale che nel suo sviluppo sotterraneo va progressivamente decrescendo dalla cavità di ingresso delle acque a quella di uscita. Il tratto iniziale (o superiore) e quello medio sono facilmente accessibili all' esplorazione. Il tratto inferiore o terminale è invece interessato da depositi terrosi che ne limitano progressivamente

l'altezza che, in prossimità della cavità di uscita o di sbocco, non supera i 40 centimetri (fig. 4).

La distanza media tra i pozzi di scavo e di ispezione risulta valutata di 39,7 metri. Nel tratto superiore e medio del condotto i primi pozzi si presentano oggi come ampie aperture circolari di grandi dimensioni (sino e oltre 6 metri di diametro) (figg. 5 e 6) per poi progressivamente decrescere nel tratto inferiore fino ad una conservazione della loro sezione rettangolare originaria.

In generale il condotto risulta scavato secondo una tecnica comune a molte opere idrauliche del mondo antico presente non solo nel Lazio ma in tutta l'area mediterranea. Questa tecnica consiste nel ricavare una serie di pozzi ad intervalli di distanza regolari e con profondità costanti, realizzando il cunicolo idraulico, attraverso varie fasi, costituite da uno scavo impostato contemporaneamente tra le basi di due pozzi contigui per poi procedere in modo convergente, tra di loro, fino al congiungimento delle due tratte o direzioni di scavo del cunicolo idraulico compreso tra i due pozzi di partenza. Cio' è chiaramente indicato da contenuti ma evidenti errori nel raccordo e congiunzione tra le due opposte direzioni di scavo (sia di tipo altimetrico che direzionale), riscontrabili, ad esempio, tra i pozzi n. 6 e 7, e tra i n. 8 e 9 (numerazione progressiva a partire dalla cavità di ingresso o imbocco delle acque) (fig. 7).

Le superfici delle pareti della cavità di ingresso delle acque e di quelle del tratto superiore e medio del cunicolo, risultano interessate da rilevanti processi erosivi di esfoliazione lamellare collegati con ogni probabilità alle cicliche variazioni dell'ambiente atmosferico. I processi di esfoliazione, molto spinti, hanno prodotto un allargamento del cunicolo e dei pozzi ad esso afferenti, fino a cancellare ogni traccia delle originali strutture da cui hanno certamente avuto origine i vasti ambienti che abbiamo in precedenza documentato.



Figura 6 - Vista dall'interno del tratto superiore del cunicolo idraulico di uno dei pozzi scavo e di ispezione notevolmente ampliato nella sua sezione originaria di scavo rettangolare dai processi erosivi (foto CASTELLANI).

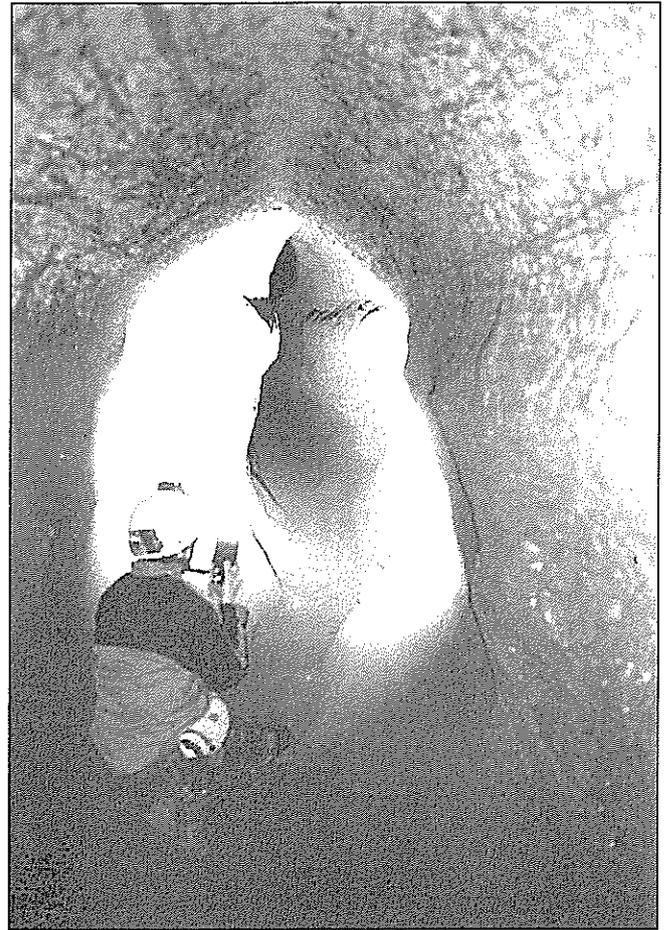


Figura 7 - Tratto inferiore del cunicolo idraulico dove è visibile la leggera deviazione corrispondente ad un errore nella congiunzione delle due opposte direzioni di scavo dei cunicoli iniziati dalla base dei due pozzi adiacenti (foto CASTELLANI).

Questo progressivo allargamento nel tempo delle sezioni del tratto superiore (fig. 8), rispetto a quelli medio e inferiore (figg. 7 e 9), viene interpretato in una prima ipotesi, come causato dall'influenza prevalente, nel tratto dell'imbocco (rispetto a quello di uscita), dalle oscillazioni del microclima e quindi dei processi erosivi di esfoliazione che si sono successivamente propagati verso l'interno (CASTELLANI, SUCCHIARELLI, 2006).

4. Funzioni dell'opera di bonifica

Lo sviluppo ed il piano dell'opera è evidentemente di drenaggio, finalizzato ad impedire al deflusso idrico naturale di interessare una porzione di valle per trasferirlo in un altro fosso limitrofo. Questo tipo di intervento è simile a quelli storicamente documentati e noti presenti in Etruria (JUDSON e KAHANE, 1963).

La struttura cunicolare opera un collegamento idraulico tra i tratti alti di due fossi, tra di loro paralleli, in modo da consentire di deviare e raccogliere il deflusso delle acque meteoriche proveniente dal bacino di

monte del I° fosso per incanalarlo (attraversando in sotterraneo l'altopiano che li separa) e riversarlo nel II° fosso adiacente che costeggia l'attuale Carcere Minorile di Casal del Marmo (vedi fig. 2).

La deviazione fu operata tramite un "gomito di cattura" artificiale costituito da un canale scavato a cielo aperto direttamente nel terreno della lunghezza di circa 200 m che, attraverso un andamento curvo di circa 90°, mise in comunicazione l'incisione valliva delle acque da raccogliere con l'apertura di imbocco sotterraneo del cunicolo (vedi fig. 2).

A valle del "gomito di cattura" del I° fosso si originò conseguentemente, una "valle morta" al deflusso delle acque incanalate, e quindi da questo bonificate e protette idrogeologicamente, per decapitazione del suo bacino naturale di monte di drenaggio delle acque meteoriche e dilavanti.

Il fosso ricettore delle acque incanalate del cunicolo idraulico vede così ampliata l'estensione della sua area bacinale di monte di drenaggio con conseguente aumento di portata del deflusso idrico durante gli eventi meteorici.

Il condotto sotterraneo sin qui descritto risulta essere solo una parte di un più vasto sistema di controllo e gestione del deflusso idrico meteorico costituito dal sistema dei pozzi di scavo e di ispezione e dai canali a cielo aperto, sia di convogliamento delle acque naturali da deviare nell'imbocco del condotto sotterraneo, che di smaltimento dalla cavità di uscita verso valle.

5. Conclusioni

Pur limitandoci alla considerazione del condotto sotterraneo, possiamo notare come una tale opera si presenti con caratteristiche che escludono trattarsi di un rustico intervento occasionale. La evidente pianificazione progettuale, la lunghezza del condotto, l'attacco contemporaneo da pozzi diversi, per la sua realizzazione, testimoniano non solo l'utilizzo di una relativamente abbondante manodopera ma anche l'intervento di maestranze esperte e qualificate. Possiamo quindi ragionevolmente concludere che il condotto di Casal del Marmo rappresenta solo un tassello di una ben più estesa opera di pianificazione territoriale riguardante questo tipo di interventi di regolazione delle acque sul territorio (CASTELLANI, SUCCHIARELLI, 2006).



Figura 8 - La parte iniziale del cunicolo, come vista dall'interno in direzione dell'ingresso delle acque. La sezione originaria di scavo rettangolare è stata notevolmente ampliata dai processi erosivi (foto CASTELLANI).

Al riguardo abbiamo già ricordato come gli antichi condotti sotterranei volti a liberare dalle acque i fondi vallivi siano numerosi e ben testimoniati nella vasta area a copertura tufacea che va dall'Etruria meridionale al Lazio settentrionale. Nel loro lavoro del 1963 Judson & Kahane ne riconoscono due fondamentali tipologie:

- l'una volta a trasportare le acque in condotti sotterranei paralleli alle valli;
- l'altra destinata - come è il caso del nostro condotto - a deviare le acque in una valle adiacente.

Sempre in accordo con tali autori, la grande maggioranza dei condotti appartiene al primo tipo, mentre il secondo tipo risulta particolarmente testimoniato nell'area di Veio, dove «i cunicoli [...] rappresentano un progetto ingegneristico che poteva essere portato avanti solo da una comunità forte e vitale, quale esistette sotto il domino etrusco [...]. Questo pone la datazione dei cunicoli [...] come al più tardi precedente il quarto secolo a.C.» (JUDSON, KAHANE 1963).

E' facile vedere come il condotto sotterraneo di Casal del Marmo si inserisca con straordinaria concordanza in tale quadro. Ricavato non solo genericamente sulla *ripa veientana*, ma addirittura a meno di 8 Km da Veio, in prossimità di quella *via Triumphalis* sospettata dall'Ashby di essere la più antica via di collegamento tra Roma e quel centro etrusco (ASHBY, 1982), presenta caratteristiche costruttive tipiche dei condotti sotterranei veientani. Pur se si tratta solo di indizi, pare lecito concludere che il condotto di Casal del Marmo è con buona probabilità da attribuire a mano etrusca e, in quanto tale, attribuibile ad epoca non posteriore al V secolo a. C. (CASTELLANI, SUCCHIARELLI, 2006).

Vogliamo concludere ricordando come il condotto, probabilmente a oltre 2000 anni dal suo completamento, e certamente da troppo tempo senza alcuna manutenzione, svolga ancora ed egregiamente il suo compito. In occasione delle forti piogge cadute a Roma nel gennaio 2002 abbiamo avuto occasione di verificare *de visu* come il condotto riuscisse a smaltire l'abbondante flusso di acque che vi si riversava.

Il recupero delle strutture del cunicolo idraulico e dei relativi pozzi di scavo e di ispezione attraverso contenuti interventi di ripristino e conservazione costituiti:

- dalla rimozione degli apparati radicali arbustivi infestanti e di alcuni depositi sedimentari al loro interno;

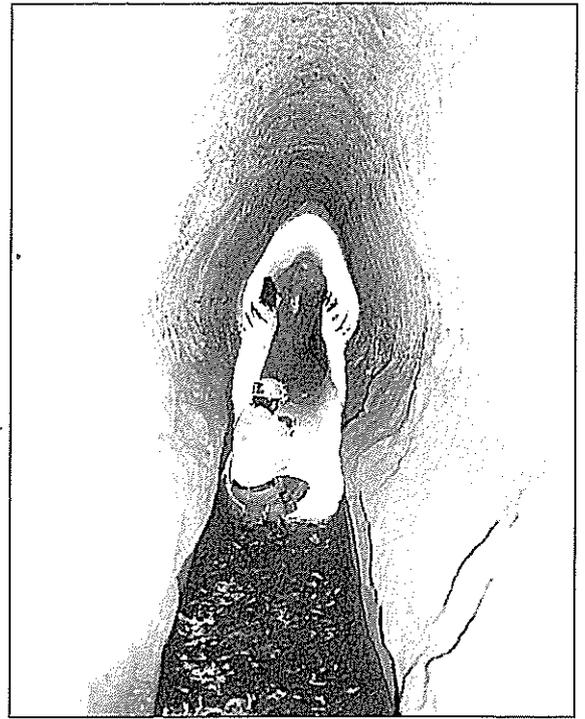


Figura 9 - Tratto medio-inferiore del cunicolo idraulico sotterraneo dove si sono conservati alcuni tratti della sezione morfologica di scavo originaria (foto CASTELLANI).

- nonché una particolare attenzione per la protezione delle cavità di ingresso e di uscita, attraverso una zona di interdizione (ai fini anche della stabilità e sicurezza) dalle pratiche agricole di aratura; potrebbero non solo garantire una, ancora prolungata efficienza dell'opera nel suo insieme, ma anche (nell'ambito del futuro parco agricolo) aprire almeno in parte il condotto a visitatori che troverebbero, nel fascino dell'ambiente sotterraneo, una rara testimonianza del duro lavoro e dell'ingegneria idraulica di chi in tempi antichissimi ha conquistato all'uomo quei terreni.

Ringraziamenti

Il 20 maggio 2006 il prof. Vittorio Castellani ci ha lasciato improvvisamente. Per chi ha cordialmente condiviso con lui il fascino della ricerca e dell'esplorazione tra valli, grotte e opere idrauliche antiche rappresenta una perdita scientifica e umana rilevante. La piccola comunità di studiosi e speleologi esploratori, che con lui si era creata e unita da una sincera amicizia e da interessi scientifici comuni, desidera ringraziarlo per tutto quello che ci ha trasmesso.

Un ringraziamento agli amici del Gruppo Speleologico "Egeria" per l'aiuto che hanno prestato nel superare le difficoltà esplorative sotterranee e di rilevamento presenti nel tratto terminale dell'opera idraulica.

Bibliografia

- ASHBY T. 1982, *La campagna romana nell'età classica*, Longanesi.
- CASTELLANI V., SUCCHIARELLI C., 2002, *Antico drenaggio sotterraneo in località "Casal del Marmo"*, scheda di segnalazione, pp. 9, Roma.
- CASTELLANI V., SUCCHIARELLI C., 2003, "Un condotto arcaico di bonifica nell'agro romano" in *Atti del II Convegno Regionale di Speleologia*, Trevi nel Lazio, 11 - 13 ottobre 2002, *Memorie della Federazione Speleologica del Lazio*, pp. 168 - 170, Roma.
- CASTELLANI V., SUCCHIARELLI C., 2006, "Casal del Marmo: un'antica opera di bonifica idraulica nell'agro etrusco-romano" in *Journal of Ancient Topography - Giornale di Topografia Antica*, Congedo Editore, Galatina.
- COMUNE DI ROMA, RIPARTIZIONE X ANTICHI-TA' E BELLE ARTI, UFFICIO CARTA DELL'AGRO, 1988, *Carta storica archeologica monumentale e paesistica del suburbio e dell'agro romano*, scala 1: 10.000, 38 fogli, foglio n. 14, Roma.
- JUDSON S., KAHANE A., 1963, "Underground Drainageways in southern Etruria" in *Papers of the British School at Rome*, 31,76, Rome.
- KARNER D. B., MARRA F. & RENNE P. R., 2001, "The history of the Monti Sabatini and Alban Hills Volcanoes: groundwork for assessing volcanic - tectonic hazards for Rome", *Journ. of Volc. And Geoth. Res.*, 107, 185 - 219.
- MINEO S., 2000, "Il territorio del XIX Municipio del Comune di Roma entro il G.R.A.", in *Bullettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma*, 101, Roma.
- SANTOLINI R., SENZA DATA, *Il comprensorio di Casal del Marmo - proposta di tutela ex lege 431/85*, Ministero per i Beni Culturali, relazione interna inedita, Roma, pp. 2.
- SUCCHIARELLI C., 2002, *Paesaggio a nord ovest, Studio geoambientale nei programmi di recupero urbano, Risanamento ambientale e realizzazione di un'area naturalistica a Casal del Marmo*, Comune di Roma, Dipartimento alle Politiche della Programmazione e Pianificazione del Territorio - Roma Capitale, U.O. n. 2 - Pianificazione e progettazione generale, Collana Studi, Futura Grafica, Roma, pagg. 144, 12 cartografie, 5 figure e 80 fotografie.
- SUCCHIARELLI C., SIMONCELLI A. 2005, "Analisi geoambientale del territorio periurbano di Casal del Marmo (Roma nord-ovest) per la riqualificazione ambientale e la tutela di una area naturalistica dell'agro romano", in *Atti dei Convegni Lincei "Ecosistema Roma"* (Roma, 14-16 aprile 2004), 218, pp. 599-610, Accademia dei Lincei, Bardi Editore, Roma.

I sistemi irrigui e di approvvigionamento in relazione agli insediamenti rupestri medievali nel Lazio

Elisabetta De Minicis

Da diversi anni, sotto la guida di chi scrive, si svolge un lavoro di ricerca sugli abitati rupestri medievali del Lazio che ha già portato alla pubblicazione di un primo volume incentrato soprattutto sul tema delle strutture abitative, focalizzando alcuni degli elementi caratterizzanti l'uso domestico delle cavità artificiali e cercando di evidenziare il ruolo che le "abitazioni in grotta" hanno avuto nel corso del medioevo¹. Inizialmente l'attenzione si è rivolta ad un'area estremamente ricca di insediamenti rupestri, la Tuscia, che, secondo una tradizione millenaria, ha sviluppato una particolare abilità nello scavo di architetture "in negativo" sia di ambito funerario che civile (si pensi solo alle numerosissime necropoli e "tagliate" etrusche); poi è stato necessario l'allargamento ad un contesto territoriale più vasto che comprendesse anche la Campagna Romana e le aree limitrofe a sud di Roma, geomorfologicamente simili per struttura litologica, dove è stato possibile, mettendo a confronto tecniche di scavo e tipologie abitative, raccogliere una gran quantità di dati che, insieme alle indagini ulteriormente sviluppate nel Lazio settentrionale, hanno suggerito di proporre un confronto con altre realtà rupestri a livello nazionale², così da elaborare nuove metodologie di ricerca.

Le tematiche che fanno da "filo conduttore" nello studio degli insediamenti

Elisabetta De Minicis, Professore associato in Archeologia medievale presso l'Università della Tuscia.

rupestri medievali, oltre ad approfondire sempre più gli aspetti dei modi dell'abitare in grotta (organizzazione e funzionalità degli spazi), sono ovviamente molteplici pur rimanendo legate ad un aspetto metodologico di base che privilegia costantemente il rapporto tra l'insediamento ed il suo contesto storico/topografico, così da poter proporre sequenze cronologiche affidabili.

Certamente un aspetto assai interessante è dato dal rapporto tra questi insediamenti e l'acqua, un argomento vastissimo, in quanto tocca le esigenze primarie di una comunità, e che deve avvalersi di ricerche mirate. Allo stato attuale delle nostre osservazioni potremmo, quindi, fare solo qualche osservazione sugli esempi studiati cercando di mettere in evidenza quei sistemi che sembrano essere maggiormente utilizzati dalle principali strutture insediative che caratterizzano il lungo medioevo rupestre, facendo una necessaria distinzione tra alto e pieno medioevo.

Altomedioevo (tra V e X secolo)

Gli insediamenti rupestri che si possono attribuire ai primi secoli del medioevo si inquadrano per lo più in alcuni semplici modelli: comunità laiche organizzate in piccoli gruppi dediti all'agricoltura e spesso, come nei casi studiati, in stretto rapporto con le *massae* (strutture per lo sfruttamento agricolo e ben documentate in questo periodo storico), comunità laiche arroccate per esigenza di difesa, presenti soprattutto in territori considerati "di frontiera" e comunità monastiche (soprattutto eremi) che hanno le stesse problematiche dei siti d'altura.

Nel primo caso si è osservato che un elemento comune, fra questi insediamenti che potremmo definire di tipo "sparso", è rappresentato dalla scelta del luogo per la creazione del nucleo abitativo che privilegia sempre la vicinanza ad una fonte idrica (sorgente, fossato, lago) e nella maggior parte dei casi tiene conto anche della presenza di strutture preesistenti.

Particolarmente significativo appare, tra gli esempi studiati, il caso di Fosso Formicola dove l'area è costellata da una serie di "sorgenti di strato"³ che insieme alle caratteristiche tufacee del luogo garantiscono l'alimentazione idrica e la stabilità di portata del fosso stesso.

Le strutture abitative si trovano a circa 12 metri sopra il livello attuale del fosso ed a pochi metri da una delle sorgenti citate; disposte su un ter-

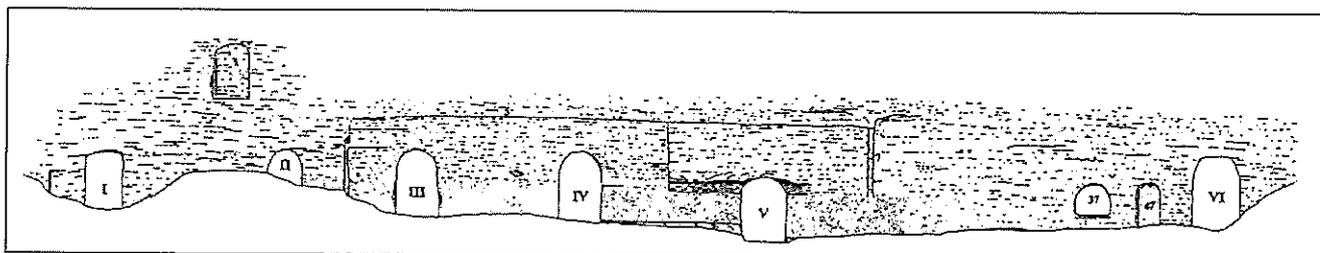


Figura 1 - Fosso Formicola. Prospetto esterno Nucleo rupestre A con evidenziato il percorso della grondaia sulle aperture III, IV e V (da P.Dalmiglio, *Insediamenti rupestri...*, 2003, p.43).

razzamento intermedio tra il piano di campagna ed il fossato, le cavità (sei ad uso abitato ed un forno) sono localizzate in una posizione ottimale anche rispetto ai campi, meta probabile del lavoro giornaliero dei loro abitanti/coloni.

Un ulteriore elemento, che caratterizza la posizione dei nuclei abitativi del Fosso Formicola, è la presenza di una diga (databile tra V-VII secolo) che, insieme ad una serie di canalizzazioni antiche probabilmente ancora in uso, suggerisce uno sfruttamento a fini produttivi dell'acqua sia per l'alimentazione di impianti irrigui che per il funzionamento di mulini, come testimonia la costruzione della diga. Ciò nonostante è interessante anche notare che alcuni cunicoli, costruiti certamente in età imperiale per il drenaggio delle acque di ville che sorgevano nella zona soprastante, vennero trasformati in abitazioni rupestri perdendo la loro destinazione originaria⁴. Si nota un atteggiamento selettivo nell'utilizzo o meno di strutture idriche preesistenti di cui, però, in questo periodo si aveva ancora una chiara conoscenza della loro funzione; può esserci una continuità d'uso di alcune infrastrutture e contemporaneamente l'abbandono di alcune parti dello stesso si-

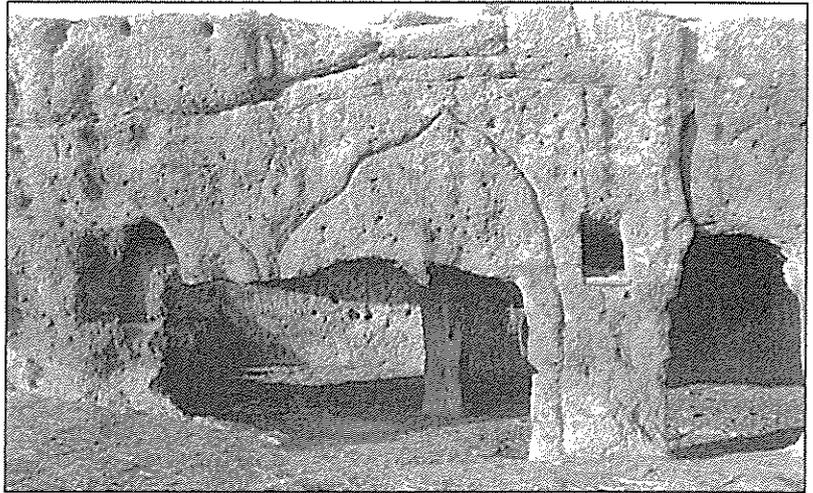


Figura 2 - Castel di Salce. Particolare della facciata di alcune abitazioni con segno di grondaia esterna (da O.Egidi, *Insedimenti rupestri...*, 2003, p.118).

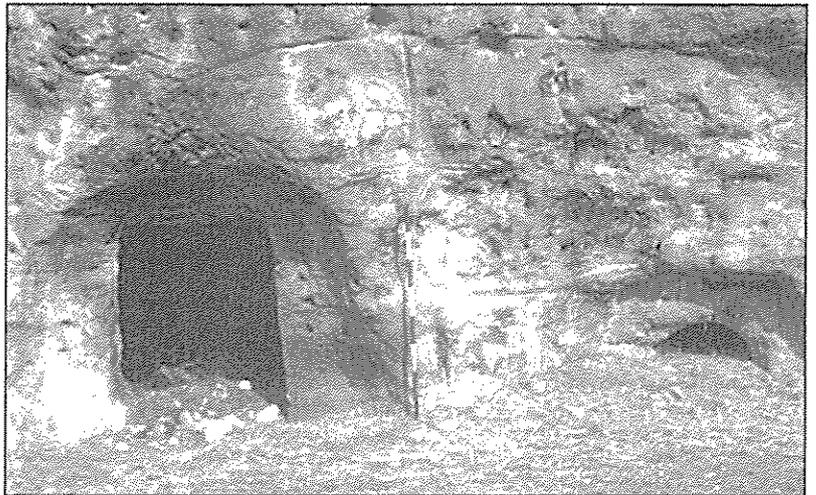


Figura 3 - Ardea. Ipogei alla base del costone est dell'Acropoli, sistema di canalette sulla facciata (da E.Di Leo, tesi di Laurea, pag. 48).



Figura 4 - Castel di Salce. Particolare di una canaletta interna per raccolta dello stillicidio (da O.Egidi, *Insedimenti rupestri...*, 2003, p.117).



Figura 5 - Corviano. Vasca posta sul ciglione est dell'insediamento sopra abitazioni rupestri.

stema, creando una rottura nel disegno originario dell'impianto ed una sua rimodulazione.

La scelta del luogo sembra determinata, dunque, per questo primo "modello insediativo" soprattutto da esigenze funzionali (possibilità approvvigionamento diretto alla fonte d'acqua, vicinanza alle zone agricole, alla viabilità, possibilità di riutilizzare sistemi idrici preesistenti, ecc.), con una scarsa attenzione per altri elementi come, ad esempio la difesa; nonostante la posizione lungo i fossati renda invisibile l'insediamento dal piano di campagna, questo non può sfuggire ad una ricognizione più attenta.

Nel caso degli insediamenti rupestri sorti sulla riva del lago di Nemi,

un secondo esempio particolarmente ricco di strutture idriche per la presenza dell'emissario e di un articolato sistema di canalizzazioni, si nota lo stesso atteggiamento rispetto allo sfruttamento dell'acqua e delle relative infrastrutture preesistenti: cunicoli di età romana sono mantenuti in uso per il funzionamento di impianti produttivi, soprattutto mulini⁵, attestati da fonti altomedievali, mentre si ha l'esempio, in località S. Maria, di una grande cisterna di I sec. a.C. costruita come riserva idrica per una villa, abbandonata nella sua funzione originaria per trasformarla in abitazione, proprio in relazione al vicino nucleo rupestre. L'approvvigionamento idrico per le abitazioni era, evidentemente, garantito dalla captazione diretta.

La presenza di acque lacustri ha invece suggerito il loro utilizzo per altre attività, largamente testimoniate dalla documentazione medievale, come la pesca e la lavorazione della canapa; a questo proposito è stato proposto di interpretare la presenza di "cassoni" rinvenuti lungo le sponde del lago in località "spiaggia del romito", come vasche per la macerazione della canapa⁶, secondo una procedura diffusa anche in ambito rupestre, come vedremo più avanti.

Passando ad esaminare gli insediamenti rupestri di altura, che si tratti di luoghi scelti per esigenze di difesa, naturalmente muniti e di difficile accesso, o per esigenze di isolamento, secondo le regole della vita eremitica, le problematiche legate alle strutture idrauliche sono, invece, soprattutto rappresentate dai sistemi di approvvigionamento e conservazione delle acque per uso domestico.

Tra i sistemi di captazione idrica maggiormente utilizzati vi è certamente l'uso di raccogliere le acque di ruscellamento superficiale, sfruttando le

piogge, con la creazione di sistemi di canalette incise sulle pareti esterne delle cavità (figg. 2 e 3). Esempi di questo tipo sono stati rinvenuti in tutti gli insediamenti laziali studiati ed in alcuni casi sono anche presenti vasche o bacili di raccolta scavati nella roccia ai piedi della rete di solchi⁷. Si è notato, viceversa, quando non vi è una necessaria esigenza di rifornimento, come ad esempio nel caso di Fosso Formicola (fig. 1), insediamento già citato a diretto contatto con le sorgenti di approvvigionamento, che la canaletta scavata sopra agli ingressi delle abitazioni rupestri viene utilizzata unicamente come grondaia allo scopo di evitare lo stillicidio, assai abbondante nei periodi piovosi, dovuto alla presenza di una falda acquifera a circa due metri al di sopra delle volte delle cavità⁸.

Vi è, poi, la raccolta dello stillicidio che si forma all'interno delle abitazioni (fig.4) o che avviene intercettando una venatura naturale nella roccia che coinvoglia l'acqua percolante; questo avviene sempre attraverso l'uso di canalette che portano l'acqua a bacini o vasche scavate, nella maggior parte dei casi, sul pavimento della cavità stessa.

In molti casi la presenza di fessure naturali percolanti acqua all'interno di grotte naturali o scavate artificialmente ha suggerito, fin dall'antichità, la creazione di santuari con culti tradizionalmente legati alle acque. Nell'altomedioevo uno dei più diffusi è certamente quello di S. Michele Arcangelo, affermato in Oriente già nei primi secoli del cristianesimo e presente a Roma a partire dal V secolo; in Occidente ha soprattutto una gran diffusione durante il dominio longobardo e la sua figura appare spesso collegata alle fonti d'acqua taumaturgiche e galattofore. Numerosi ipogei sono dedicati al santo⁹, ma anche molti edifici ecclesiastici che sorgono a stretto contatto con sorgenti od altri sistemi di approvvigionamento idrico. Particolarmente inte-



Figura 6 - Corviano. Particolare del foro di uscita dell'acqua di una vasca.



Figura 7 - Corviano. Vasca posta sul ciglione est dell'insediamento sopra abitazioni rupestri (da S.Di Calisto, *Insediamenti rupestri...*, 2003, p.201).

ressante, per noi, è la radicata tradizione che si lega a questo aspetto culturale dell'acqua, tanto da suggerire anche per le cavità che non sono canonicamente consacrate, ma che ospitano all'interno una vena naturale o una struttura artificiale (cunicolo o pozzo preesistente) una cura particolare nel trattamento delle superfici o nell'organizzazione planimetrica. Significativi, in questo senso, sono gli esempi di Norchia, dove lo sbocco di un cunicolo etrusco è inquadrato scenograficamente al centro di un arcone cieco scavato nelle pareti tufacee di una cavità, o quello di S. Giuliano che mostra una evidente anomalia nella pianta provocata dalla presenza della fessura percolante che, probabilmente, ha causato anche l'allargamento della cavità nel corso del tempo¹⁰.

Altri problemi che si pongono, nei siti di altura, dopo la creazione di sistemi di captazione idrica, sono quelli della conservazione.

Poche sono le testimonianze materiali, ancora conservate e studiate negli insediamenti altomedievali, che permettono di segnalare variazioni significative nella forma di vasche, cisterne, bacini di raccolta, ecc. adottati nella realtà rupestre di questo periodo; tutti gli insediamenti di altura, infatti, sono stati incastellati ed hanno avuto una continuità di occupazione nel pieno medioevo, periodo in cui la presenza di questi "contenitori" è ben documentata, come vedremo.

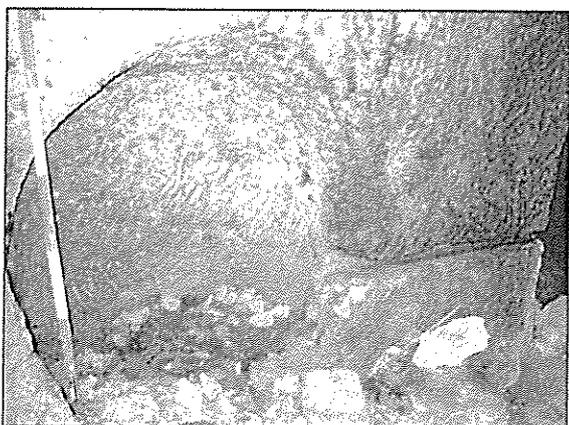


Figura 8 - Torre dell'Isola. Vaschetta con canaletta di adduzione all'interno di un'abitazione (da P.Digiuseppantonio, tesi di Laurea, p.87).

Si trova, quindi, una certa difficoltà a collocare cronologicamente le strutture di conservazione dell'acqua, che si posizionano di solito sul pavimento all'interno o all'esterno delle abitazioni rupestri, senza avere indicazioni da contesti di scavo. La stessa incertezza nasce di fronte alla presenza di cisterne, spesso di piccole dimensioni, rinvenute presso romitori rupestri ignorati dalle fonti storiche e non indagati archeologicamente¹¹.

Significativo è, ad esempio, il caso di un piccolo romitorio (detto Grotta di Fra' Antò) situato sul Monte Morra (S.Polo de' Cavalieri) dipendente dal più noto monastero di S. Angelo sulla Morra (ricordato nelle fonti di XII secolo col nome di S. Maria *de Monte dominico*) dove la struttura, una piccola cavità naturale in parte completata da muri in pietra, benchè di dimensioni modeste ed adatta al ricovero di un solo monaco è provvista di una cisterna intonacata (diam. interno cm 0,85, prof. m 1,20) con accanto una vaschetta scavata nella roccia. Se le caratteristiche del sito, unitamente alla toponomastica del luogo possono far pensare ad un'attestazione già altomedievale del monastero, la frequentazione durata ben oltre quel periodo non esclude una sistemazione delle riserve idriche in un periodo ben più tardo¹².

Si è visto, invece, che nelle realtà insediative di tipo "sparso" a diret-

to contatto con sorgenti e fossati non si utilizzavano, per l'uso domestico, strutture per la conservazione dell'acqua, se non vaschette di modeste dimensioni, mentre per l'acqua necessaria alle attività produttive ci si avvaleva prevalentemente dei sistemi idrici preesistenti (cisterne e cunicoli antichi).

A questo proposito dobbiamo ancora segnalare la presenza di sistemi di vasche comunicanti in associazione con insediamenti altomedievali come, ad esempio, nel caso di Corviano (figg.5, 6 e 7).

Sono strutture, anche questa volta di difficile attribuzione cronologica in quanto sono molto diffuse, anche nel pieno medioevo, soprattutto per la pigiatura dell'uva; nel caso specifico di Corviano sono state interpretate come vasche per la macerazione della canapa, largamente attestata nelle fonti medievali del luogo, ma non si escludono altre interpretazioni ed anche un uso promiscuo delle stesse strutture a secondo dei periodi dell'anno; inoltre colpisce, a Corviano, la localizzazione di queste vasche che si trovano immediatamente al di sopra delle abitazioni, le quali solo per la presenza di una sapiente rete di canalizzazioni non subiscono il devastante stillicidio delle acque reflue¹³. In un altro esempio, a Castel Porciano, un sistema a due vasche è localizzato ai margini del *castrum* ed in una posizione intermedia rispetto al naturale declivio della rupe così da ricevere da una parte, attraverso un sistema di canalizzazione, anche le acque meteoriche e poter far defluire lo scarico, dall'altra parte, in un fossato che lo separa dall'abitato; in questo caso, quindi, si è portati a pensare all'utilizzo delle vasche per una attività che aveva bisogno di un ricambio di acqua¹⁴.

Infine, numerose tracce indicano attività di smaltimento delle acque reflue, simili in tutti gli insediamenti rupestri esaminati a prescindere dalla loro localizzazione.

Il sistema più utilizzato, nelle abitazioni, era certamente lo scavo di canalette sul piano pavimentale (molto frequente la presenza di una canaletta, di 15-20 cm di larghezza e profondità, al centro dell'ambiente) che veniva realizzato sempre in leggera pendenza verso l'esterno, così da garantire lo scorrimento dei liquidi fuori dalla cavità. Nell'esempio di Fosso Formicola, lo scavo archeologico eseguito sul terrazzamento davanti all'entrata degli ipogei ha messo in evidenza la presenza di un gradino (cm. 15) all'altezza dell'ingresso di una delle abitazioni utilizzato a guisa di sbar-



Figura 9 - Vetralla, fosso del Grignano. Particolare di una vaschetta di raccolta interna dello stillicidio (da F.Vincenti, tesi di Laurea, figura 58).

ramento; qui la preoccupazione era evidentemente quella di ripararsi dalle acque esterne che potevano fermarsi sul battuto antistante¹⁵. Nelle stalle si nota l'uso di scavare un vero reticolo di solchi sul piano della cavità (un solco per ogni spazio dedicato all'animale che spesso era delimitato da staccionate lignee) così da garantire la fuoriuscita dei liquami.

Pieno medioevo (XI-XIV secolo)

Nella generale riorganizzazione delle strutture economiche a cui si assiste, nel corso dell'XI secolo, da parte della feudalità, laica od ecclesiastica, che ha portato alla nascita di un gran numero di castelli anche in area laziale, la particolare conformazione geologica del Lazio settentrionale ha certamente favorito la soluzione insediativa rupestre, dove nella

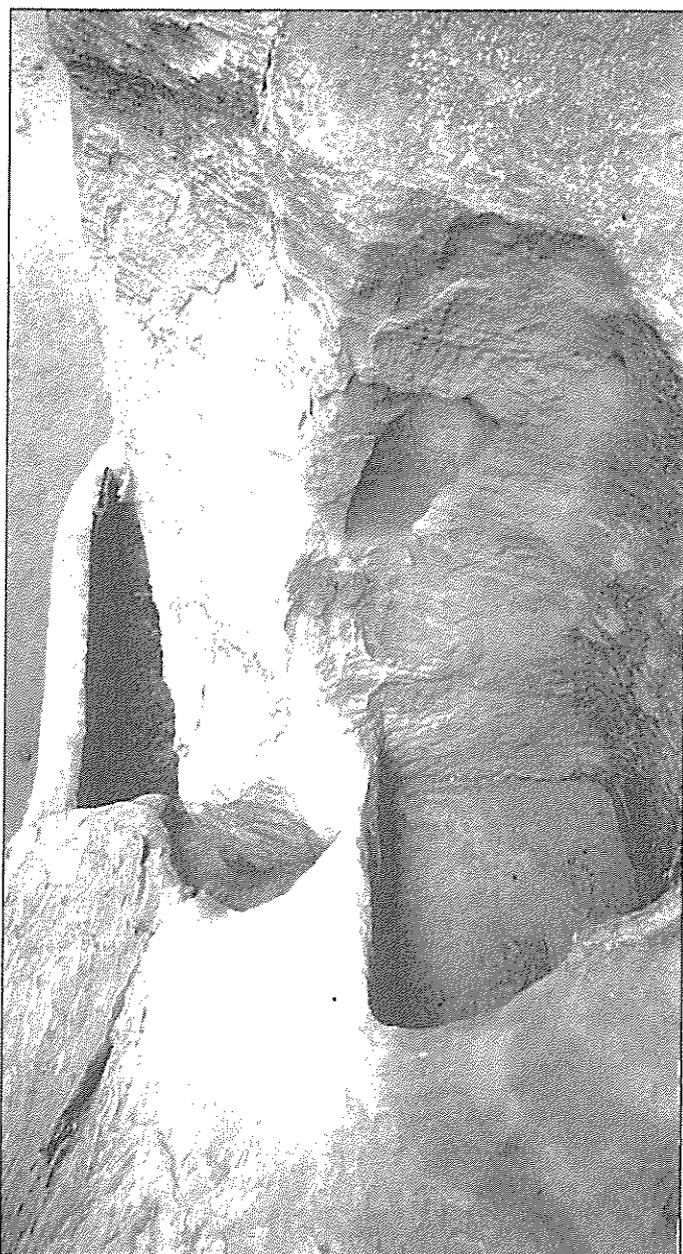


Figura 10 - Beidha (Giordania). Sistema di cisterne (foto di M.Melosu in *Opera Ipogea*,3,2001, p.55).

scelta di siti naturalmente muniti, posti su pianori dominanti solchi vallivi scavati da torrenti, l'architettura "in negativo" appare una naturale espressione di continuità della cultura locale.

Sono, quindi, legati al fenomeno dell'incastellamento una gran quantità di insediamenti che appaiono organizzati in stretta relazione con strutture in muratura che definiscono spazialmente e giuridicamente l'area di pertinenza del *castrum*, come viene citato nelle fonti documentarie, con le sue fortificazioni (torri, mura, abitazione del signore, ecc.) e luoghi di culto (uno o più edifici ecclesiastici posti all'interno dell'abitato). Le strutture abitative sono organizzate su più livelli sfruttando la pendenza delle rupi e spesso sono associate a cavità con funzioni di rimessaggio o di ricovero per gli animali.

Il fenomeno dell'incastellamento, nella maggior parte dei casi dei centri rupestri del Lazio, interviene su siti già precedentemente occupati da insediamenti più modesti che vengono fortificati con l'aggiunta di strutture in muratura (cinte murarie, torri, ecc.) e nuo-

vamente organizzati con un forte incremento abitativo e la presenza di edifici ecclesiastici; si è visto, infatti, che nei casi studiati spesso si individuano abitazioni con caratteristiche proprie di IX-X secolo a cui si aggiungono nuove tipologie abitative diffuse a partire dall'XI secolo in poi.

Si è notato che mentre la concezione dello spazio abitativo va evolvendosi con la creazione di spazi domestici più articolati rispetto all'altomedioevo (ad esempio, nelle cavità con setto divisorio, lo spazio dell'abitazione è separato da quello per la stalla) ed esistono molti esempi di cavità multiple o a più piani con funzioni differenziate che riflettono anche nella cultura rupestre i modelli di abitazioni in muratura diffusi all'epoca, i sistemi di approvvigionamento, conservazione e smaltimento idrico degli insediamenti rupestri rimangono immutati nel tempo.

Questa particolarità è propria dell'architettura in negativo, o meglio di quella che si definisce come "habitat rupestre", che si basa su alcuni elementi funzionali molto semplici, sfruttando, fin dall'origine, le caratteristiche proprie della roccia in cui vengono ricavate le cavità; gli accorgimenti relativi ad una buona fruizione degli ipogei sono ripetitivi, mentre il rapporto con l'acqua, proprio in quanto fondamentale per la sopravvivenza dell'uomo, si avvale di una esperienza millenaria che supera, anche in maniera diacronica, l'ambito culturale di ogni singola applicazione (figg. 9-10)¹⁶.

Per quanto riguarda le strutture idriche ad uso domestico, quindi, queste non differiscono da quelle altomedievali con l'accezione di una maggior diffusione delle cisterne, sempre presenti in associazione con le strutture signorili in muratura (torri e castelli). Un tipico esempio di cisterna funzionale all'abitazione signorile del castello è presente nel sito di Torre dell'Isola (o Isola Conversina), un insediamento posto su un'altura a controllo della via Amerina, importante asse stradale di collegamento tra Roma e Ravenna. Lo studio

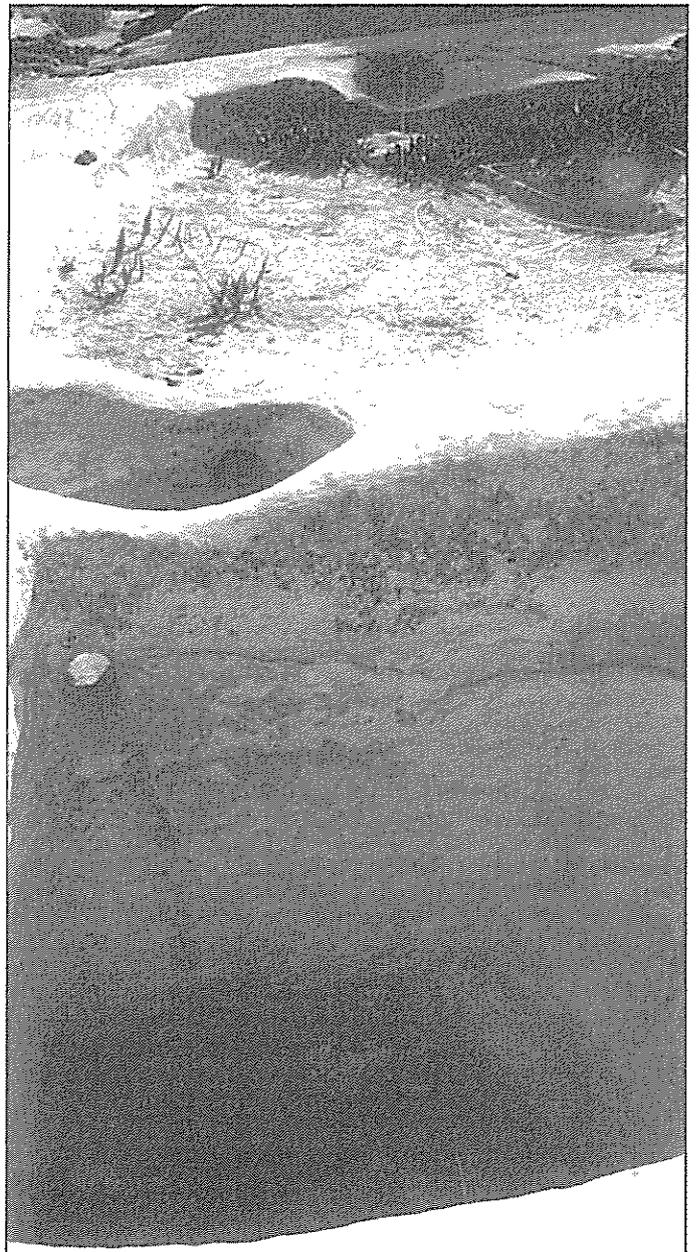


Figura 11 - Beidha (Giordania). Vasche di decantazione (foto di M. Melosu in *Opera Ipogea*, 3, 2001, p. 6).

dell'abitato rupestre e del castello ha messo in evidenza una cisterna, scavata nel banco tufaceo con la parte sommitale in muratura, probabile esito di un rifacimento, di forma quadrangolare, rivestita da uno strato di *opus signinum* e con ancora *in situ* i resti di due condutture realizzate in tubi fittili utilizzate per condurre l'acqua all'abitazione signorile, secondo un modello diffuso non solo in area laziale e per tutto il pieno medioevo¹⁷.

Si è notato, inoltre, che nelle cavità attribuite con certezza a questo periodo compaiono frequentemente delle nicchie/vasche di 20-30 cm di profondità, posizionate a comoda altezza sulle pareti di cavità ad uso abitativo (fig.8); spesso sono munite di fori deduttori (posizionati di solito a 10-15 cm dal bordo) di piccole dimensioni e facilmente chiudibili. La loro funzione è chiaramente di "lavandino" ad uso domestico¹⁸. La posizione del foro o dei fori è sempre in asse con altrettante cabalette di scolo scavate sul pavimento dell'ambiente per far fuoriuscire l'acqua dalla cavità. In un caso, a S.Giuliano, è stata notata la presenza del foro deduttore sul fondo della nicchia/vasca che andava a intercettare un cunicolo di drenaggio etrusco, ancora in funzione, assicurando in questo modo il deflusso dell'acqua all'esterno¹⁹.

Anche le vaschette di raccolta presenti all'interno degli ambienti ad uso abitativo sono scavate con maggior cura rispetto a quelle più antiche ed in

alcuni casi sono rifinite con malta idraulica, come nel caso di una cavità posta lungo il fosso del Grignano, a Vetralla, ed appartenente ad un nucleo insediativo da mettere in relazione con il funzionamento di un mulino costruito, già nel medioevo, nelle vicinanze²⁰.

Vi sono, infine, nel pieno medioevo, numerosi casi in cui le cavità artificiali sono utilizzate solo come luoghi per attività produttive (grandi stalle, colombaie per l'allevamento di piccioni, vasche per la pigiatura dell'uva o per la macerazione della canapa, fulloniche, mulini, ecc.) e si trovano a diretto contatto con insediamenti fortificati che non hanno caratteristiche rupestri, ma che sfruttano la geomorfologia del territorio per la localizzazione di questi impianti. E' il caso di Ardea, dove gli opifici, qui probabilmente utilizzati per la concia delle pelli, sono localizzati lungo il costone settentrionale della Civitavecchia²¹.

Alcuni di essi hanno l'acqua come elemento fondamentale per il funzio-



Figura 12 - Ardea. Opifici, particolare della canaletta di sbocco tra le vasche (da E.Di Leo, tesi di Laurea, pag. 55).

namento meccanico della struttura, come ad esempio i mulini, altri hanno l'acqua come elemento necessario alla buona riuscita del ciclo produttivo, come ad esempio le fulloniche, le conerie, gli opifici per la canapa e il lino, ecc. La ricchezza tipologica dei mulini di età medievale, la

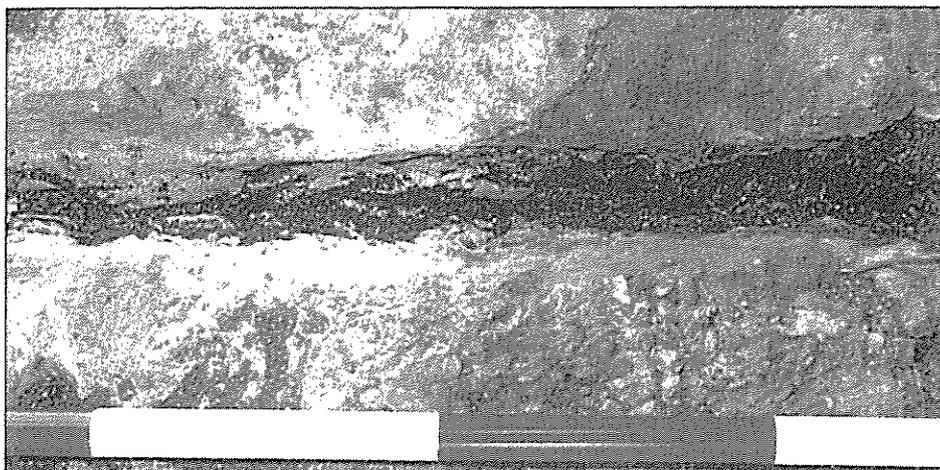


Figura 13 - Ardea. Opifici, particolare di canaletta di scolo esterna (da E.Di Leo, tesi di Laurea, pag. 57).

vastità e complessità dell'organizzazione idrica che, ad esempio nelle aree del tufo, avviene in gran parte attraverso la creazione di canalizzazioni, vasche di raccolta e di smaltimento interamente scavate nella roccia rientra in una tematica troppo ampia per essere affrontata in questa sede.

Note Bibliografiche

1 - Il lavoro di ricerca è stato organizzato nell'ambito degli insegnamenti di Archeologia Medievale (Prof. Letizia Ermini Pani) e Topografia Medievale (Prof. Elisabetta De Minicis), Facoltà di Scienze umanistiche dell'Università degli studi di Roma "La Sapienza", da chi scrive con seminari e con Tesi di Laurea, negli anni 1992-2003. Si veda: E. De Minicis (a cura di), *Insedimenti rupestri medievali della Tuscia, I, Le abitazioni*, (Museo della città e del territorio, 17), Edizioni Kappa, Roma 2003.

2 - È stato organizzato un Convegno Nazionale di Studi a Grottaferrata (Abbazia di S.Nilo, 27-29 ottobre 2005) dal titolo "Insedimenti rupestri di età medievale: abitazioni e strutture produttive. Italia centrale e meridionale", i cui Atti sono in corso di stampa, a cura di chi scrive

3 - Si veda il lavoro di P.Dalmiglio, "L'abitato del Fosso Formicola", in *Insedimenti rupestri...cit.*, 2003, pp.35-62.

4 - L'esempio a cui ci si riferisce è l'ipogeo III del Nucleo rupestre B, di Fosso Formicola in P.Dalmiglio, *cit.*, pp.54-56

5 - Si veda su questo tema l'intervento di Nicoletta Giannini, in questo volume; della stessa autrice è il lavoro di individuazione degli insediamenti rupestri altomedievali lungo le sponde del lago iniziato con la sua Tesi di Laurea Specialistica in Topografia Medievale presso l'Università di Roma "La Sapienza" (relatore E.De Minicis, A.A. 2003/2004), di cui è stata pubblicata una prima notizia in Studi Vetralllesi, 13, Vetralla 2004..

6 - Si rimanda nello specifico al lavoro di N.Giannini, "Le canapine in Costae Montis qui dicitur Genoano (Nemus Arcino)", in *Il tesoro delle città*, Strenna

dell'Associazione Storia della città, III, 2005, pp.279-295

7 - Si veda E.De Minicis (a cura di), *cit.*, passim. In particolare, a titolo esemplificativo: Corviano, p.199; Castel di Salce, p.118; Norchia, p.88. Numerosissimi esempi nell'Italia meridionale: si veda bibliografia di riferimento in E. De Minicis (a cura di), *cit.* in particolare Introduzione, pp.9-11.

8 - Si veda P.Dalmiglio, *cit.*, p.46

9 - Sul culto di Michele vi è una ricca bibliografia, tra gli altri si veda G.Otranto, C.Carletti, *Il santuario di S.Michele Arcangelo sul Gargano, dalle origini al X secolo*, Bari 1990; per il Lazio una prima ricognizione è stata condotta da A.Felici, G.Cappa, E.Cappa, "Il culto di San Michele Arcangelo e quello della Madonna, nei santuari rupestri del Lazio", in *Grotte e dintorni*, 2, 4, Fasano, 2002, (Atti del III Convegno di Speleologia Pugliese, Castellana-Grotte, 6-8 dicembre 2002), pp. 73-82. A titolo esemplificativo si ricorda, tra i santuari, la Grotta S.Angelo sopra Morolo, dove la tradizione ricorda l'uso di raccogliere, da parte delle donne del paese, l'acqua dello stillicidio, raccolta in vaschette ancora visibili, come atto ritenuto propiziatorio e favorevole alla produzione del latte. (p.78). La stessa devozione si ritrova in molti santuari dedicati alla Madonna, attestati soprattutto nel pieno medioevo o ad altre sante a cui si attribuisce questa particolare attenzione verso le puerpere (esemplificativo il caso di S.Fortunata a Sutri dove la pratica culturale di bere l'acqua dello stillicidio della grotta era in uso fino al XIX secolo, vedi E. Susi, "Culti e agiografia a Sutri tra Tardoantico e Alto Medioevo", in *Sutri cristiana. Archeologia, agiografia e territorio dal IV all'XI secolo*,

a cura di S. Del Lungo, V. Fiocchi Nicolai, E. Susi, Roma 2006, p.179).

10 - I due esempi, pur appartenendo a momenti diversi, rivelano la stessa attenzione alla presenza dell'acqua. Per Norchia, si veda D.Moscioni, in *Insediamenti rupestri*. cit, 2003, p.92, (G 34, attribuita al pieno medioevo); per S.Giuliano si veda P.Guerrini, in *Idem*, p.149-50, n.2 (grotta mistilinea attribuita al IX-X secolo)

11 - Nel caso dei romitori come nel caso degli altri luoghi di culto, che poi a volte coincidono, l'attribuzione cronologica è data solo sulla base della dedica che viene ricordata nelle fonti storiche o nelle fonti orali (tipico il caso di S.Michele, di cui si è già detto), ma nella maggior parte dei casi non sono mai state fatte indagini di altro tipo. Si veda su questi argomenti, per i romitori rupestri, la pubblicazione degli Atti della II Settimana internazionale di studio su "L'Eremitismo in Occidente nei secoli XI e XII" (Mendola, 30 agosto- 6 settembre 1962), Milano 1965.

12 - Si veda l'articolo di G.Cappa, A.Felici, T.Dobosz, "I romitori del Monte Morra (S.Polo de' Cavalieri)", in *Atti e Memorie della Società Tiburtina di Storia e d'Arte*, LXXII (1999), pp.151-160

13 - Si veda S.Di Calisto, *Insediamenti rupestri cit.*, 2003, pp.200-201. Interessante punto di riferimento è l'articolo di L.Quilici, "Opifici rupestri dell'Italia centrale in età antica e medievale", in *Atti del XXI Congresso di Studi maceratesi (Matelica, 16-17 novembre 1985)*, Macerata 1988, pp.41-63.

14 - Su Castel Porcino è in corso di elaborazione uno studio partito dalla segnalazione di M.Mallet, D.Whitehouse, "Castel Porciano: an abandoned Medieval Village of the Roman Campagna", in *Papers of the British School at Rome*, XXXV, 1967, pp. 113-146.

15 - Si veda P.Dalmiglio, *Insediamenti rupestri..cit.*, 2003, p.60.

16 - E' doveroso ricordare qui le opere idrauliche, ad esempio, degli insediamenti rupestri della Giordania come quello di Beidha, vicino alla famosa Petra, dove un sistema accorto di canalette associato a cisterne su più livelli sfrutta doviziosamente le acque piovane che passano poi attraverso un complesso sistema di vasche di decantazione fino agli abbeveratoi (si veda l'articolo di F.Baudo et alii, "Gli insediamenti rupestri di Beidha, Giordania", in *Opera Ipogea*, 3, 2001, pp.3-38)

17 - Lo studio dell'abitato rupestre è stato condotto da P. Di Giuseppantonio Di Franco per la sua Tesi di laurea in Topografia Medievale presso l'Università degli Studi di Roma "La Sapienza" (relatore, E.De Minicis, correlatore L.Ermini Pani) dal titolo L'insediamento di Torre dell'Isola. L'abitato rupestre, dove viene descritta la cisterna a pag. 168.

18 - Un esempio ben conservato è a Norchia (D.Moscioni, *Insediamenti rupestri..cit*, 2003, p.89.

19 - Si veda P.Guerrini, *Insediamenti rupestri..cit*. 2003, p.139

20 - Una tesi di Laurea in Topografia Medievale discussa presso l'Università di Roma "La Sapienza" (relatore E.De Minicis) di Francesca Vincenti, dal titolo Impianti produttivi e insediamenti rupestri nel medioevo nelle valli di S.Antonino e di Grognano, nel comune di Vetralla, ha preso in considerazione questo particolare aspetto dell'economia medievale legata all'acqua.

21 - Studiati in maniera esauriente da L.Quilici, *Opifici rupestri..cit*, 1988, sono stati rivisti in una Tesi di Laurea triennale discussa presso la cattedra di Topografia Medievale dell'Università di Roma "La Sapienza" (relatore E.De Minicis) da E.Di Leo L'insediamento rupestre di Ardea.

Canalizzazioni sotterranee e mulini altomedievali in un area campione dei Colli Albani tra il Nemus Dianae e l'Albanum¹

Nicoletta Giannini

Una ricerca sulla diffusione, la struttura, la destinazione dei mulini ad acqua, e le modalità in cui questi opifici venivano alimentati non può prescindere dalla considerazione di fonti diverse che devono essere comparate ed integrate in maniera unitaria, poichè spesso si ha difficoltà nel reperire sul terreno dati significativi sull'altomedioevo per diversi motivi, tra cui non deve essere assolutamente trascurato quello rappresentato dalle trasformazioni che hanno interessato il territorio.

Il mulino ad acqua è un'invenzione antica ma poco sfruttata dai romani mentre a partire dall'età tardo-antica comincia a farsi strada, rafforzandosi poi in età carolingia². La macinazione meccanica dei cereali, è stata uno dei principali campi di applicazione della tecnica della ruota idraulica, e benché l'origine di questa invenzione sia incerta e se ne abbiano testimonianze già nel I sec. d.C.³, è a partire dall'VIII secolo che si intensificano le testimonianze pertinenti a queste strutture⁴.

La presenza di opifici, la cui forza motrice era costituita dall'acqua è ovviamente legata alla disponibilità di una risorsa idraulica; essi potevano infatti, sfruttare grandi corsi d'acqua, torrenti alimentati da bacini imbrikeri di medie dimensioni, ruscelli e corsi minori, potevano essere alimentati direttamente da una sorgente, ma anche sfruttare gore, cioè condotte d'acqua irrigimentata, "formae", specchi d'acqua, acquedotti, a volte potevano anche usufruire di chiuse per regolare il flusso⁵.

Le ricerche nell'area della campagna romana caratterizzata dalla presenza dei laghi albano e nemorense hanno permesso di mettere in luce lo stretto legame esistente nel medioevo tra attività produttive e acqua

Nicoletta Giannini è dottoranda in Archeologia e antichità postclassiche presso l'Università "La Sapienza" di Roma.

che diviene elemento determinante per l'economia. L'analisi delle fonti, in particolare ha permesso di individuare una serie di opifici idraulici che, sebbene in alcuni casi non siano ancora stati collocati puntualmente attraverso le ricognizioni, hanno la caratteristica di essere alimentati, per la maggior parte, dai condotti idraulici sotterranei che garantivano l'approvvigionamento idrico e di stabilizzazione del livello dei laghi già nel IV secolo a.C.⁶.

Questi emissari⁷ che per lunghezza del condotto e complessità dell'opera rappresentano di gran lunga le opere più importanti ed impegnative presenti nel territorio⁸, costituiscono insieme ai laghi a cui sono collegati, ai fossi e ai canali all'aperto in cui si immettono, un elemento estremamente caratterizzante, mostrandosi come un importante punto di sviluppo e sostegno alle forme di insediamento anche nel periodo medievale - testimonianza ne è il fatto che ancora oggi il rapporto privilegiato che le comunità avevano con queste strutture e i laghi è fortemente radicato nella memoria storica collettiva delle popolazioni locali⁹.

La connessione tra insediamento e sistema idrografico è ineludibile¹⁰ poiché in stretta relazione con la scelta del posizionamento migliore dal punto di vista insediativo è sicuramente la presenza d'acqua e questo vale sia per l'antichità¹¹ che per il medioevo¹².

Il territorio analizzato è caratterizzato da cisterne¹³ a cui si affiancano numerosi cunicoli scavati nel banco per captare acqua e quindi interpretabili come acquedotti, quali quello ricordato dal Lanciani, alla base dell'altura di Galloro nel settore che costeggia il lato nord-orientale della Via Appia antica poco dopo l'inizio del viadotto di Colleparado, quelli lungo le pendici sud-orientali del cratere del lago Albano, o ancora gli acquedotti

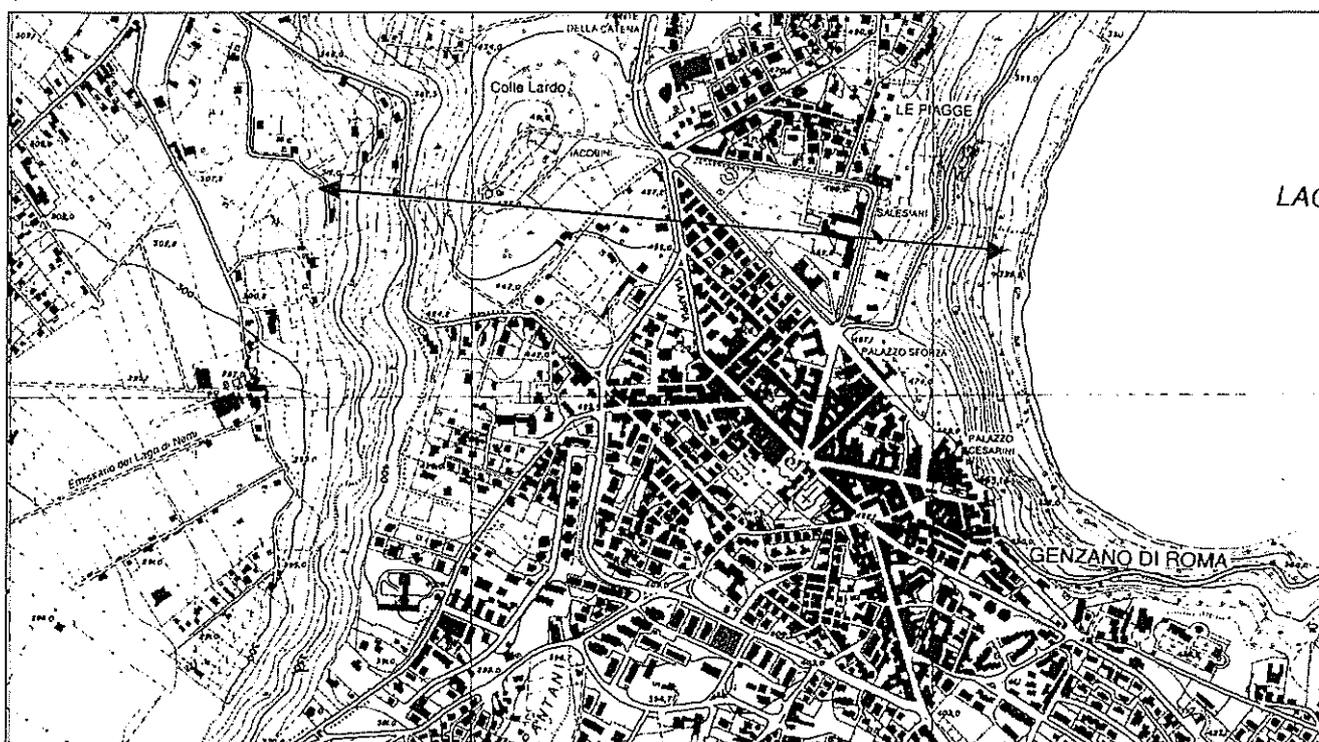


Figura 1 - andamento del condotto emissario nella Carta tecnica regionale (estratto da *Opera Ipogea* 2-3, 2003, grafica di V.Castellani) - immagine rielaborata da N. Giannini.

albano-aricini del Malaffitto, i cunicoli del Divin Maestro, i cunicoli all'interno dell'area urbana di Aricia¹⁴, i cunicoli lungo il sentiero di Fontan Tempesta quelli verso il monte Calvarone, i famosi pozzi orizzontali¹⁵, l'acquedotto delle Mole di Nemi, il cunicolo di fontana della Pozza, i cunicoli di Fontan Tempesta e del vallone di Tempesta, il cunicolo di Vitellio, l'acquedotto di Fontan Tempesta e quello del Fosso Tempesta¹⁶, il sistema di cunicoli del Monte Savello. A questi si devono aggiungere gli emissari che raccoglievano le acque di sfioro dei bacini, e che, riversandole all'esterno, partecipavano allo stesso tempo a pieno ruolo all'approvvigionamento idrico¹⁷.

Sebbene con la caduta dell'Impero romano si verifici quel fenomeno di inadempienza e completa mancanza della manutenzione¹⁸ per questo tipo di strutture, lo sfruttamento dei condotti ipogei¹⁹ e delle loro forme di proseguimento a cielo aperto per l'impianto di strutture produttive è attestato nel X secolo - stando alle fonti -, e in un caso già al tempo di papa Silvestro; è questo il caso del *fundus molas*, dove il toponimo ci dà una chiara connotazione del *fundus*, cosa che si qualifica come un ulteriore punto a favore di quella frequentazione e sfruttamento altomedievale di cui si hanno così poche notizie da essere considerati quasi completamente assenti²⁰.

I laghi e i loro emissari e le sorgenti che li alimentano, forzate in condotti sempre sotterranei appaiono come dei sistemi idrici che continuano ad essere sfruttati nel medioevo, visto che proprio lungo il loro corso vengono realizzati gli opifici²¹.



Figura 2 - Carta del Lazio di Domenico de Rossi 1693.

Il sistema nemorense

Lungo questo sistema sono stati individuati alcuni opifici tra i quali, quelli lungo il sentiero che da Nemi conduce al lago, quelli in Vallericcia e in località Ginestreto²² e Fontan di Papa.

Al di sotto dell'abitato di Nemi in località le Mole, in connessione con una serie di strutture ipogee che mostrano diversi segni di antropizzazione, sono ben visibili i resti di opifici in stato di abbandono noti come Mole di Nemi, risalenti al XVI secolo²³ ed attivi fino agli inizi del secolo scorso.

Qui in una data imprecisabile, l'acquedotto delle Facciate di Nemi (o delle Mole), databile al II secolo d.C., che molto probabilmente alimentava gli edifici termali siti in località S.Nicola, venne interrotto per convogliare le acque delle facciate alle gore delle sei mole sottostanti.

Il tratto abbandonato del cunicolo, realizzato con la stessa tecnica di quello in uso fino al secolo scorso, termina con una frana; qui poco prima è presente un intervento di riadattamento caratterizzato dalla presenza di un muretto a secco²⁴. Lo stato di degrado dell'opera e le scarse fonti bibliografiche in proposito non permettono di datare con certezza i vari interventi²⁵, anche se in un atto consiliare del 1610 si parla di uno spostamento della mola «[...] essendo che li giorni passati, l'acqua scivolava sul muro del canale della mola si fece essa nel colmo delle Facciate»²⁶, a cui seguono una serie di atti del medesimo anno e di anni successivi in cui si continua a fare

richiesta di rifare il canale, mostrando quanto i mulini dipendessero dal corretto funzionamento di tali strutture.

Documenti del XVI secolo inoltre permettono di comprendere quanto il lago e le attività produttive che si svolgevano lungo le sue rive fossero di fondamentale importanza per le comunità che lì vivevano, perché tali attività erano strettamente legate al possesso delle acque. Dal passo riportato in un documento del 1565 conservato presso l'Archivio Storico di Genzano si evince che il possesso delle acque era di Nemi «[...] il dominio universale del lago sia come è sempre stato della Corte di Nemi». Gli abitanti di Nemi avevano quindi, da sempre la possibilità di disporre delle acque a loro piacimento tranne in un caso: che questo non cagionasse danno all'uso della Mola di Genzano.



Figura 3 - Veduta generale nei pressi dell'emissario albano

Troviamo infatti la seguente precisazione «[...] alla corte di Nemi stia l'affittarlo, e disporne a suo beneplacito, quartariare lini, pescare [...] item perché la Forma dell'Exitio delle acque del detto Lago serva siccome serve per uso della Mola di Genzano, alla quale per continuo flusso di acqua di molto tempo ha partorito servitù talmente che gli homini di Neme non possano impedire detta Forma in pregiudizio di detto Molino di Genzano, excepto che non occorresse per bisogno della Pesca del Lago, e questo nel caso che il molinaro non ne patisse interesse».

Il passo è di fondamentale importanza per comprendere la collocazione della mola di Genzano. La Forma dell'exitio delle acque del lago di cui si parla, è l'emissario di Nemi e al suo sbocco in Vallericcia si trova appunto ciò che resta dei Mulini Cinquecenteschi di fattura simile a quelli presenti in località le Mole presso il lago di Nemi.

Nel documento infatti, si dice anche che la presenza di questa Mola ha causato «servitù da molto tempo» agli abitanti di Nemi nella gestione delle acque²⁷, ma qui le fonti ci permettono di risalire molto più indietro nel tempo.

È probabile che questa mola e almeno uno dei mulini presso l'acquedotto delle Facciate siano i *molendinis* a cui fa riferimento un documento del 1428. Nell'atto di Vendita che i monaci delle Tre Fontane fanno ai Colonna inerenti i *Castra di Nemo* e *Jenzano* tra l'elenco delle proprietà che diverranno dei Colonna si legge «[...] Dicta Castra cum domibus, palatisi, et cum [...] terris cultis et incultis [...] molendinis, [...] tenentis, et Tenimento, et lacu ipsorum cum vallibus, montibus, collibus, planitiis, Nemoribus, vineis, Hortis, vinealibus, hortilibus, canapinis, arboribus fructuosis [...]».²⁸



Figura 4 - Particolare della muratura della torre nei pressi dello sbocco dell'emissario albano.



Figura 5 - Particolare della torre nei pressi dell'emissario albano.

Alla presenza di più mulini si fa riferimento anche nell'Atto del 1423 con cui i monaci di S.Anastasio ad Aquam Saviam affittano per tre anni a Giordano Colonna «[...] (locaverunt) [...] Castra Jensani et Nemi, et fortalitium Nemi cum vassallis, molendinis, et tenementis, et vineis, et silvis eorum cum lacu [...]»²⁹

Testimonianza di un opificio in Vallericcia, però è data anche da un Istrumento del Monastero di S.Nicola dell'Ariccia unito a quello di S.Ciriaco di Roma e conservato nell'Archivio del capitolo di S.Maria in via Lata di Roma³⁰ del 988, in cui si parla della vendita fatta a Rosa Saracitra del Monasterio S.Ciriaco di una vigna nel territorio di Vallericcia in loco «qui dicitur Molino»³¹.

Questo particolare permette di leggere, a mio parere, in maniera diversa anche altri passi di documenti posteriori ed in particolare un passo di un *Breve* di Bonifacio IX del 15 Novembre 1399 "*Ad futuram rei memoriam*"³², e un altro documento sempre della medesima data in cui il Papa restituisce il *Castrum Genziani* ai Cistercensi³³.

Nel primo documento vengono riportate quelle che erano state le richieste dei genzanesi che, stanchi delle vessazioni di Butio Savelli, avevano chiesto di tornare sotto la protezione della Chiesa apostolica.

Essi oltre a chiedere la protezione per Genzano, invocano protezione e difesa anche per lo «tenimento de la Rixia, tanto conjuncte allo tenimento de Genzano che essendo vesati li homini de Genzano come sono da Butio Savello, lu quale tene la dicta defensoria, la quale de razione spectat ala Castellanza de Lariano, che li dicti Massari de Genzano possano usare lo dictu tenimento [...]»³⁴

Nel documento in cui si restituisce il dominio ai cistercensi, si parla del *Castrum Genziani* e del *Tenimento Rize*. Credo che alla luce dei passi riportati si possa identificare il *tenimento de la Rixia* o *Tenimento Rize*, con l'area di Vallericcia, dove si trovava il Mulino che quindi determinava l'utilizzo del tenimento da parte dei massari di Genzano.



Figura 6 - Sbocco dell'emissario albano.

Questi documenti testimoniano una frequentazione molto più antica di quella che si è sempre supposta. Si ricava, infatti, che in Vallericcia un mulino esisteva già nel 988, data dell'istrumento, e la presenza di un opificio presuppone l'esistenza di una comunità organizzata.

Attraversata Vallericcia le acque dell'emissario, dopo aver percorso il canale aricino, scendono verso

Cecchina intubate sotto la stazione ferroviaria del centro abitato passando sotto la Nettunense dove³⁵, dopo una Cascata, si trovano i ruderi di un mulino. Da qui poi le acque tornano in sotterraneo con un condotto, di cui non si trova traccia negli scritti pertinenti l'emissario, lungo oltre 300 metri e che ne costituisce il terzo e ultimo tratto ipogeo³⁶.

Ciò che resta dell' opificio attualmente sito in Fontan di Papa, invece, dovrebbe essere pertinente al *molendino* di Montagnano.

La mola viene già data come esistente in un documento del 1563, quando Marco Antonio Colonna «vendidit [...] idest Castrum Jenzani, et eius Territorium, quod ipsum illustrissimum D. Marcum Antonium spectat, et pertinet positum in districtu urbis, et in Diocesi Albanesi, excepta tamen Tenuta, quae dicitur de Montagnano, et molendino in eadem tenuta esistente [...]»³⁷.

Essa però non viene citata esplicitamente nel documento del 1427 in cui papa Martino mandò ad esaminare i luoghi che i monaci delle Tre Fontane avevano chiesto di vendere³⁸ i «[...] Castra Nemo et Genzano cum vassallis, Territorio, et districtu, juribus, et pertinentiis suis in partibus Latii situata; necnon Casale Montagnanum nuncupatum juxta tenimentum Castri Gandolphi [...] cum suis pertinentiis ad ius et proprietatem dicti monasterii»³⁹, né nell'atto di vendita che poi i monaci effettueranno.

Nella descrizione dei beni dati in dote al Monastero di S.Paolo di Albano da Onorio IV(1285-1287), invece, il papa affida al monastero «[...] casale unum, seu tenimentum terrarum, quod dicitur Mandra de Candulphis⁴⁰ cum silva contigua ipsi tenimento castri nostri, quod dicitur turris de Candulphis, et posita sunt in marittima in diocesi Albanesi, sicut suis finibus terminatur. Item simili modo donamus, et concedimus ipsi ecclesiae unum molendinum, quod est situm in d. castro, et sub arce ipsius immediate positum post molendinum, quod dicitur de Arenario». Nel documento si nominano due mulini, uno che viene dato in concessione, uno che viene indicato per localizzare l'altro mulino. Secondo il Lucidi il mulino si trovava vicino al casale di Torre Paluzza, dove giungevano le acque provenienti dalle mole di Ariccia, che ai suoi tempi erano state destinate dal principe Altieri-Paluzzi ad uso di un molino da olio, che si trova all'interno della tenuta Casale⁴¹.

È quindi probabile che sia da identificare con il mulino *de Montagnano*. Il mulino *de Arenario* quindi dovrebbe perciò trovarsi lungo il tratto del Fosso di Nemi che dopo aver attraversato la valle Aricina scendeva verso Cecchina. Allo stato delle ricerche, sembra possibile poter ricondurre

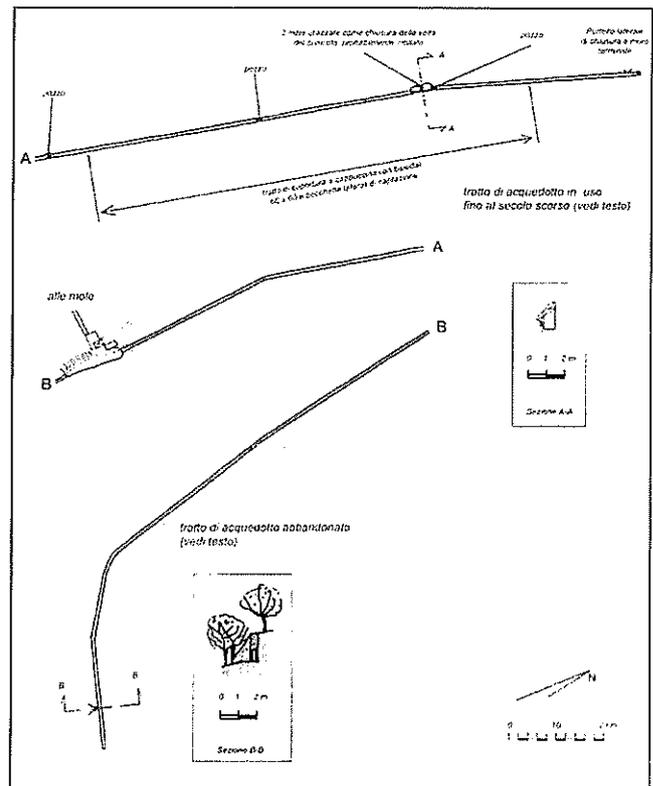


Figura 7 - Pianta e sezione dell'acquedotto delle mole di Nemi (archivio CRSE estratto da *Opera Ipogea*, 2-3, 2003).

questo opificio ad uno precedente⁴² al molino a olio di cui si è parlato e che successivamente modificando la sua destinazione sia stato modificato anche strutturalmente.

Il sistema albano e il *lacus Turni*

Per quanto riguarda il lago albano, il suo emissario e il *rivus aquae Albanae*, che era il proseguimento all'aperto di questo, e il *lacus Turni* è anche qui attestata la presenza di mulini⁴³, sia da resti ancora visibili sia da citazioni documentarie.

In località Le Mole, sita sotto Castel Savelli a confine tra gli attuali Albano e Castel Gandolfo è posto lo sbocco del famoso emissario del Lago Albano⁴⁴, che alimentava almeno tre mulini attraverso delle condotte

artificiali. Le tre strutture erano collocate una allo sbocco dell'emissario, uno all'incrocio tra via Torretta e via dei Macinanti, il terzo in fondo a via dei Macinanti⁴⁵.

Nel medioevo sorse quindi, un piccolo borgo costituito da fontanili, canali, chiuse e mulini⁴⁶. Le acque del lago albano, infatti, venivano utilizzate per azionare le macine di un mulino la cui costruzione era affiancata ad una torre⁴⁷ mentre una vasca, di cui esiste un rifacimento recente, ma che con molta probabilità riprende una vasca più antica, raccoglieva le acque emergenti dall'emissario prima di convogliarle nel mulino⁴⁸. La torre, ancora oggi visibile, costituiva il centro del borgo e sebbene sia stata ristrutturata,

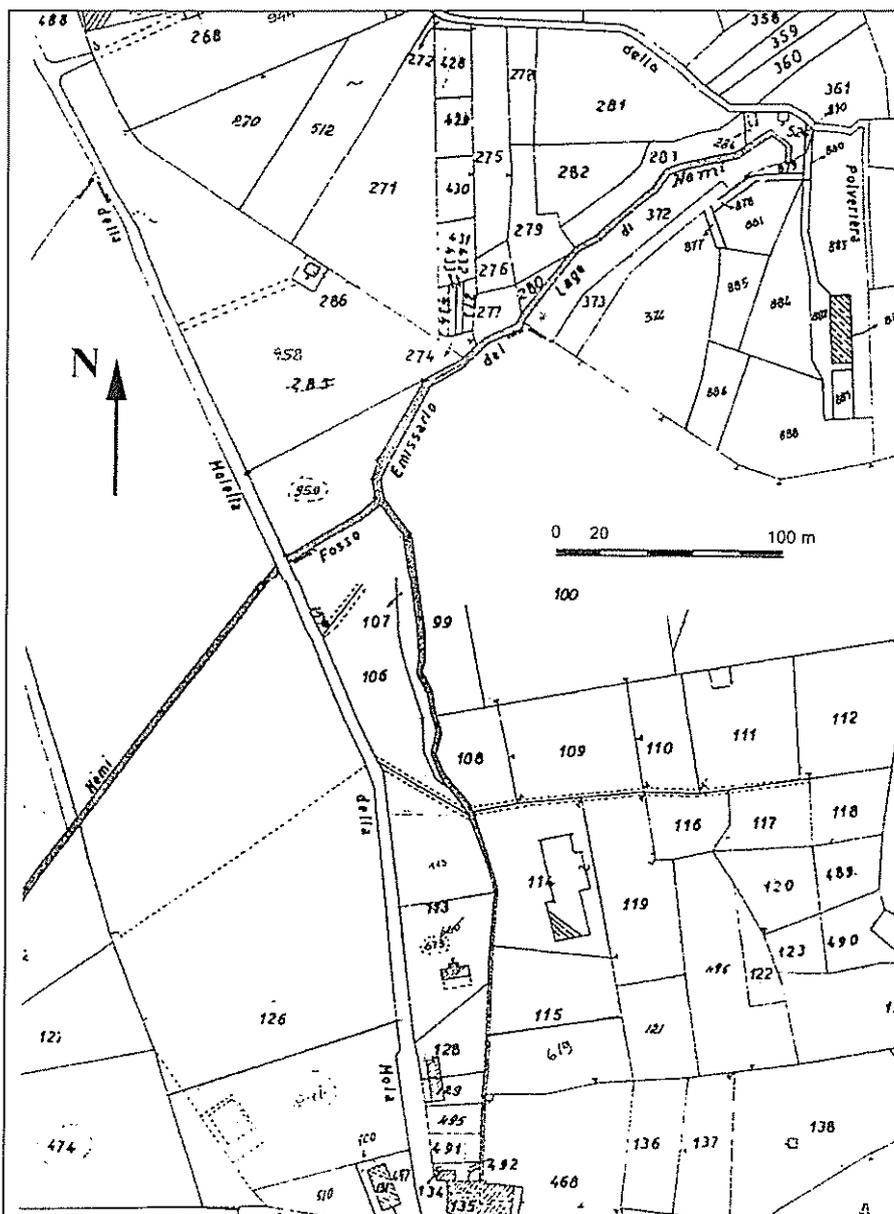


Figura 8 - Percorso dell'emissario nemorense allo sbocco in Vallericcia nella mappa Catastale.

essendo tuttora sfruttata ad abitazione, il suo paramento antico visibile in alcuni punti sembra riconducibile ad una tecnica a blocchetti lapidei organizzati in filari orizzontali databile al XIII/XIV secolo. Con molta probabilità essa svolgeva il medesimo ruolo della torre della Cavona, attestata nel XIV secolo e ormai scomparsa⁴⁹ ed era costruita secondo una consuetudine del medioevo accanto o direttamente sopra una mola, avendo quindi sia una funzione di difesa della mola sia un ruolo di vedetta⁵⁰. Il secondo mulino, di cui restano pochi ruderi, era alimentato dall'acqua proveniente dal primo, attraverso un'acquedotto lungo circa cinquanta metri che presentava un'altezza variabile da due a dieci metri e che alla fine del percorso convogliava l'acqua in un serbatoio, ricordato con il nome di *bicchiere*⁵¹ che azionava le pale del mulino⁵². Le acque in uscita da questa struttura si immettevano in un canale attraverso il quale veniva alimentato un montano. Il terzo mulino, sito in fondo a via dei Macinanti era alimentato, attraverso una vasca di raccolta chiamata *refuta*, dalle acque dell'Emissario, che grazie al dislivello azionavano le pale del mulino.⁵³

È a questa zona che va riferito il *fundus molas* che Costantino dona alla basilica Albanense e che evidentemente nel corso del tempo mantiene invariata la sua connotazione⁵⁴.

Di notevole importanza è l'attestazione di un mulino sito in località S. Fumia⁵⁵ e di pertinenza del Monastero di S. Alessio sull'Aventino che compare per la prima volta in un documento del 1165⁵⁶.

Nel documento Giovanni abate di S. Alessio, ne rivendica la proprietà

«[...] viginti septem libras proveniensium, ex quibus solvimus Iohanni de Aurobella et Sebastiano de Gualdrada novem libras proveniensium, et recollegimus inde ad eis molendino positum ad Albanum ad Sanctam Fumiam quempignori habebant»⁵⁷. Il mulino era alimentato dalle acque del *Lacus Turni*, un lago vulcanico non più esistente⁵⁸. Il lago rappresentava ovviamente una fonte naturale fondamentale per le comunità, ma queste, oltre ad usufruirne direttamente, avevano a disposizione anche un sistema di condotte idriche

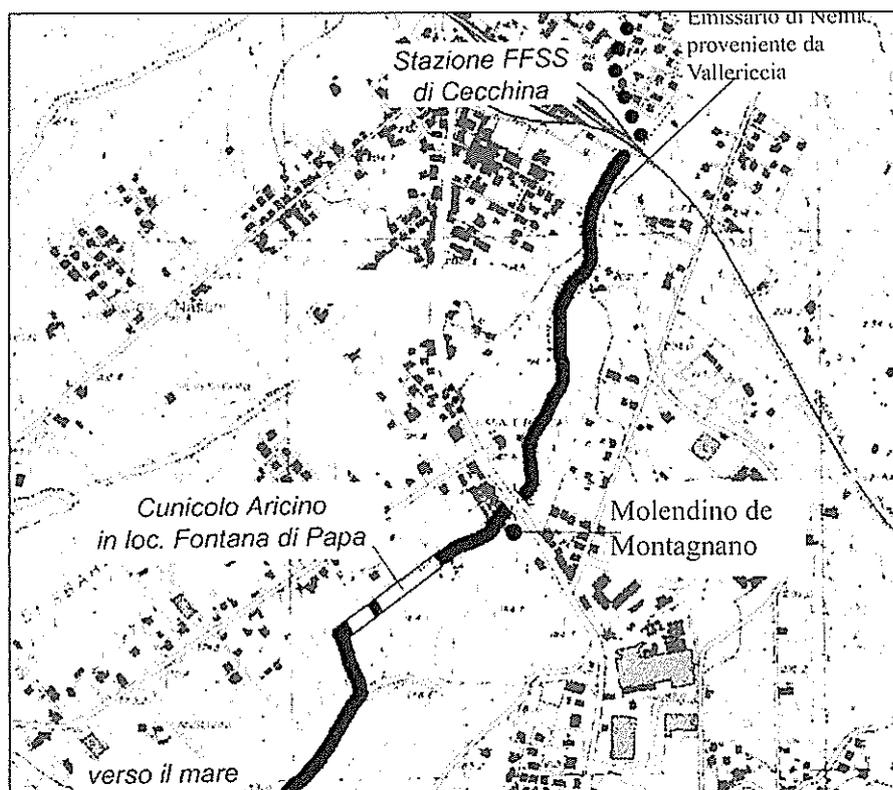


Figura 9 - Percorso approssimativo del fosso proveniente da Vallericcia (estratto da *Opera Ipogea* 2003).

sotterranee, che dal versante ovest di monte Savello si legava al cosiddetto emissario di Secciano⁵⁹. Il cunicolo, di cui esiste una dettagliata perizia⁶⁰, è attribuibile alla fine dell'età repubblicana, ed è stato interpretato come un collettore che forniva l'acqua alle strutture presenti sul colle e che in seguito, in epoca medievale, era servito all'approvvigionamento idrico dell'area⁶¹.

Documenti posteriori ci danno delle indicazioni precise circa l'assetto della zona, tra il 1205 e il 1217⁶², spettante al monastero di S.Alessio, che oltre ad averne il controllo con la proprietà del lago, possedeva i diritti di pesca e sui mulini. Nel 1205, in particolare il monastero amplia i suoi possedimenti intorno al lago Turno e riscatta anche la torre di S.Eufemia (che per la prima volta viene qui nominato) «[...] de lacu Turno, de eius piscatione, cum tota forma de lacu, cum maceris suis, sediis aquimolarum posita»⁶³.

La bolla di Onorio III del 1217 conferma tutto ciò «[...] l'ecclesiam Sanctae Eufemia cum torre, domibus, ortis, vineis, canapinis, terris, simul cum lacu Turno».

A questa attestazione del mulino di S.Fumia deve senz'altro aggiungersi, quella inerente un mulino situato in *fundus Zizinni*, corrispondente alla tenuta della Castelluccia, un tempo compresa nel territorio di Albano ed ora pertinente a quello di Marino⁶⁴. In un documento del 955 in cui Agapito II conferma al monastero di S.Silvestro in Capite tutti i suoi beni sia rustici sia urbani si legge «[...] et concedimus vobis casalem in integrum qui vocatur Zizinni cum ecclesia S.Marie, vineis, terris seu aquimolum et criptis, sicut manibus vestris detinetis [...]»⁶⁵.

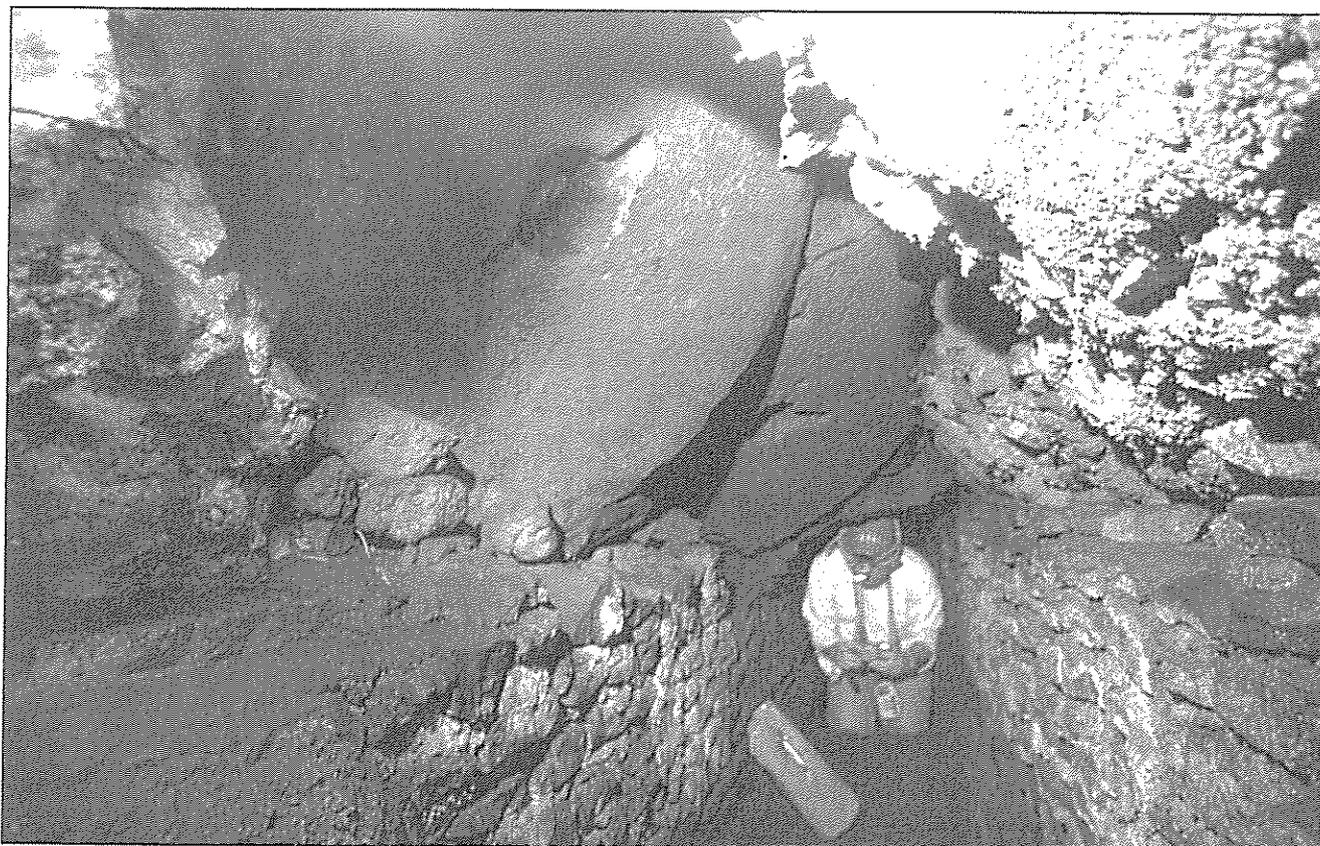


Figura 10 - Interno dell'acquedotto delle mole di nemi (estratto da *Opera Ipogea*, 2-3, 2003, foto di C.Germani).

Il documento ci da notizia dell'esistenza di un mulino di cui si parla ancora in un documento del 979, quando già il monastero di Subiaco aveva esautorato le proprietà di S.Silvestro in Capite.

Nel documento in ossequio alla volontà di sua nipote Marozia, Demetrio Console e Duca offre all'Abate Benedetto «*aquimulum molentem unum in integrum cum omni sedime et macera sua cum terra vacante petia unam in integrum iuxta se cum introito et exoito suo et cum omnibus ad eas pertinentibus positum albanese territorio in fundum Zizinni*»⁶⁶.

È possibile però, in questo caso, interpretare l'*aquimolum molentem* come un condotto volto al funzionamento di un mulino. I termini, infatti, più diffusi nelle fonti altomedievali per indicare il mulino risultano essere quelli di derivazione classica, come *molinus / mulinus, molendinus*, tutti termini che indicavano il mulino ad acqua, ma era molto diffuso anche il termine *aquimolus*. I termini erano interscambiabili e nella maggior parte dei casi sono utilizzati così, ma quando i due termini sono usati insieme nello stesso contesto assumono significati diversi. In questo caso con *molendinus/molinus* si indicava la struttura molitoria e con il termine *aquimolus* si indicava il condotto d'acqua naturale o artificiale, che ne permetteva il funzionamento⁶⁷, quindi con *aquimolum molente* si potrebbe appunto pensare che si volesse far riferimento a quest'ultimo.

Per quanto riguarda questo mulino in *fundus Zizinni* le ricognizioni finora non hanno permesso un'individuazione sul territorio. Da documenti sempre del monastero di Subiaco possiamo però supporre che il mulino sfrut-

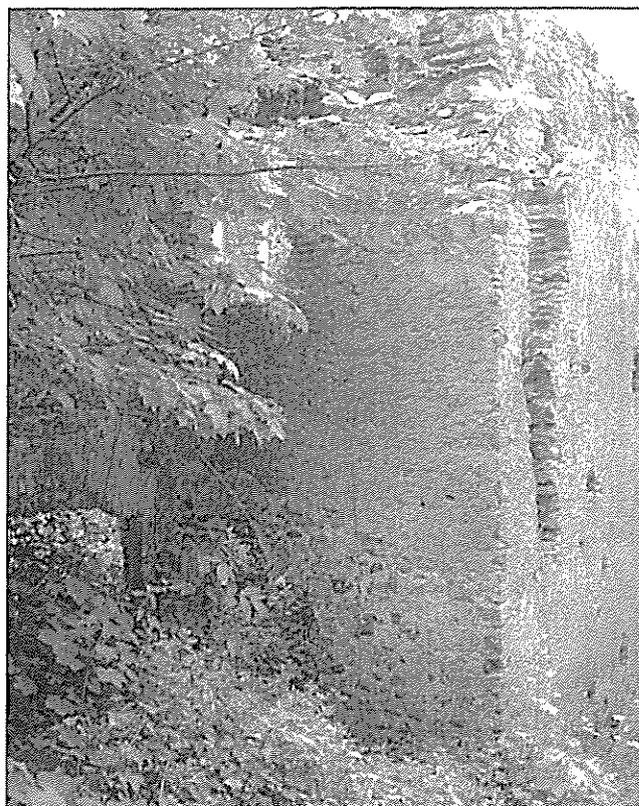


Figura 11 - Particolare muratura dei complessi cinquecenteschi.



Figura 12 - Particolare muratura della struttura presso le Mole di Nemi.

tasse le acque del rivo «qui vocatur de Luzzano», che appare menzionato tra i confini del *fundus Zizinni* in due documenti del 987 e del 989⁶⁸. In questo *rivus* si deve sicuramente riconoscere il fiumiciattolo che delimitava a nord-est il fortilizio più tardo noto come casale «qui vocatur luzzano».

Ed è proprio il documento del 987 che indica il rivo come «*iuris superscripti venerabilis monasterii*», ovvero il monastero sublacense contava tra le sue proprietà anche il rivo, che sappiamo essere secco nel 1246 quando in un documento del regesto di San'Alessio il monastero stesso loca fino alla terza generazione a Giacomo Oddonis Iudicis un pezzo di terra da semina in «*Verrano et Luzzano ad rivum siccum*»⁶⁹.

Questa attenzione alle acque in questo documento più tardo deve forse andare ad inserirsi nella serie di interventi che nel corso del Duecento avvengono in molte regioni d'Italia. Alla crescita della popolazione, allo sviluppo delle manifatture si cerca di rispondere con politiche di domesticazione delle acque, che ovviamente rappresentano con chiara evidenza le caratteristiche di possibili fattori di sviluppo e arricchimento. I diritti sulle acque infatti, come detto da Duccio Balestracci, «si mostrano appetibili poste in gioco da conquistare o da difendere in funzione dello sfruttamento dei corsi d'acqua utilizzati per alimentare i mulini o gli ingranaggi di qualche o di complessi che trasformano il ferro; per creare canalizzazioni finalizzate all'irrigazione; per garantire tramite il controllo dei corsi e degli specchi d'acqua le risorse che provengono dall'acqua stessa»⁷⁰.

La presenza dei mulini nell'area albana è infine testimoniata anche da una bolla di Gregorio IX dell'anno 1233, esistente nell'archivio di Grottaferrata, nella quale sono indicati, tra i beni descritti «[...] *cesas, vineas, terras, hortos et aquimolos, quos habetis in territorio albanensi*».

Struttura dei mulini e tecnica molitoria

La documentazione finora analizzata e l'analisi di ciò che resta delle strutture permette di dare solo alcune indicazioni riguardo la struttura e la tecnica molitoria dei mulini⁷¹.

Nell'area dell'acquedotto delle Facciate sono stati identificati sei edifici, di cui quello più a valle dovrebbe costituire l'edificio più antico. All'interno di questa struttura sono ben visibili una macina ancora integra, il canale di immissione dell'acqua, due vasche di raccolta ed il canale di emissione. Questo edificio era collegato a quello sovrastante da una seconda mola ma il fatto che entrambi siano infestati dalle vegetazione non ne permette, attualmente, un'analisi accurata. Gli altri quattro, tutti abbandonati e ridotti allo stato di ruderi, mostrano nelle murature diversi materiali di recupero, purtroppo però si mostra difficile lo studio dei fabbricati.

Per quanto riguarda il mulino sito in località Ginestreto, quello da olio era alimentato da un acquedotto realizzato con materiale di recupero di età romana. Esso deviava le acque di Nemi che si raccoglievano in una vasca posta a monte del mulino stesso e conduceva l'acqua all'interno della camera delle pale posta ad un piano sotterraneo del casale. Allo stato attuale delle ricerche non sappiamo se anche in antico il fosso di Nemi su-

bisse questo trattamento visto che ancora oggi scorre comunque adiacente all'opificio. È probabile che sia contemporaneo alle strutture del mulino da olio anche se non sembra avere un'unica fase costruttiva. È perciò difficile dire se tutta la struttura sia pertinente alla deviazione delle acque fatta dal principe Altieri o se esso sia in parte precedente alla trasformazione in frantoio; non è inoltre possibile dare una definizione certa della sua funzione: se cioè era volto ad agevolare la manutenzione del corso d'acqua proprio in funzione del mulino, se servisse per aumentarne la produttività o se svolgesse entrambe le funzioni.

Il primo opificio situato in località le Mole di Albano invece, secondo la documentazione iconografica⁷² e in base a ciò che è ancora visibile, appare costituito da una vasca di raccolta posta subito a ridosso dello sbocco dell'emissario che azionava la mola, da una pala verticale e dal complesso che è stata già

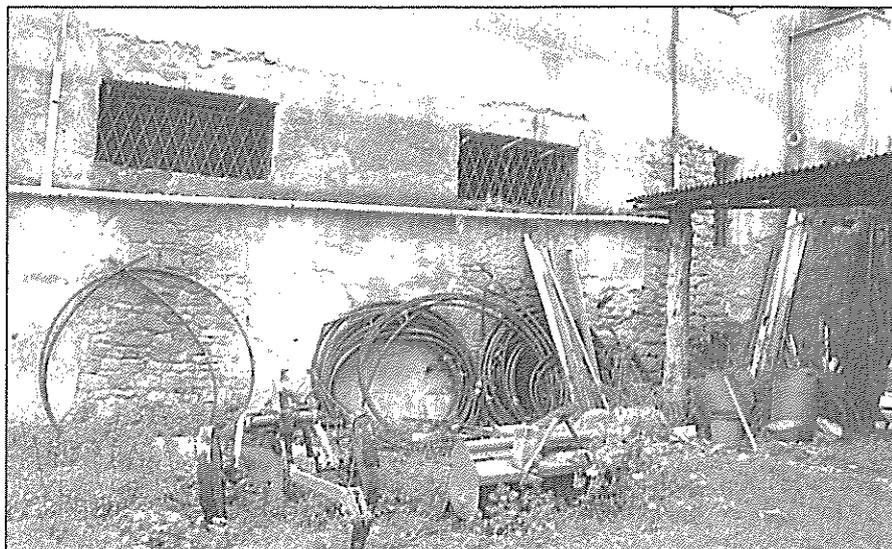


Figura 13 - Particolare mulino di Vallericcia .

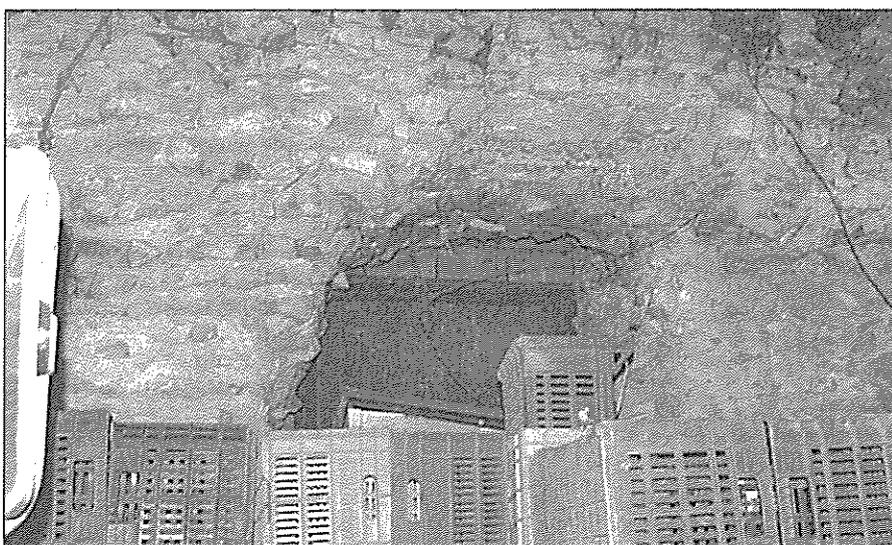


Figura 14 - Particolare delle murature all'interno delle fabbriche del mulino di Vallericcia.



Figura 15 - Particolare delle murature inglobate all'interno delle fabbriche moderne nell'area del mulino di Vallericcia.

descritta precedentemente. Sul secondo e il terzo purtroppo non è possibile fare ipotesi, essendo quello sito nei pressi di via della Torretta ormai quasi completamente scomparso, mentre la struttura in fondo a via dei Macinanti è in una proprietà privata⁷³, lo stesso purtroppo accade per le mole del *Lacus Turni* e del *fundus Zizinni* non essendo state rinvenute strutture né documenti in grado di descriverli.

Sul mulino di Vallericcia o mola di Genzano, invece, per ora non sono state rinvenute strutture o lacerti murari pertinenti al X secolo. I resti sono riferibili alle fabbriche cinque-seicentesche, e delle sue strutture sappiamo che due fabbricati esistenti erano collegati da un ponticello, ma lo stato di ruderi e il fatto che essi insistano su una proprietà privata non ne ha permesso una ricognizione dettagliata.

La stessa situazione purtroppo si ha per il mulino di Montagnano; sul luogo su cui doveva trovarsi, in una proprietà privata, resta un edificio rurale che deve aver inglobato le murature basso-medievali, ma è impossibile analizzare e comprendere per intero la costruzione dell'opificio.

Per quanto riguarda l'apparato tecnico possiamo supporre che presso Nemi le mole più a valle fossero di tipo a pala orizzontale⁷⁴. Il condotto, infatti, si immetteva in una camera voltata al di sotto della quale si trova ciò che resta di una stanza circolare⁷⁵ in cui doveva trovarsi la ruota del mulino, cosa che sembra confermata anche dalla presenza delle due vasche interpretabili come bottacci. Le quattro mole soprastanti invece, vista anche la posizione, non sembrano poter essere caratterizzate dalla presenza di queste vasche, ma anche qui la vegetazione e gli stati di crollo non ne hanno permesso una lettura dettagliata.

Per quanto riguarda il mulino di Vallericcia non sappiamo se esso appartenesse a questo tipo, vista anche in questo caso l'assenza del salto di quota tra lo sbocco dell'emissario e la quota del terreno su cui si trova il mulino o se fosse a pala verticale per di sotto; durante i sopralluoghi effettuati non sono però state rinvenute qui tracce del bottaccio. Se fosse plausibile l'ipotesi che vede la costruzione dell'emissario da parte degli abitanti dell'Ariccia preromana, di trasformare il lago in un bacino di accumulazione per regolare l'irrigazione della valle aricina⁷⁶, appare ovvio che tale concezione del lago fosse rimasta nel corso dei secoli agli abitanti della valle, ed è quindi probabile che fosse il lago stesso a costituire il bacino di raccolta e l'emissario a costituire il canale di immissione di alimentazione. A tal proposito è peculiare quanto riporta il Lucidi a proposito dell'emissario. Egli infatti descrivendo la struttura dal lato di Vallericcia descrive il salto di quota, corrispondente al punto di incontro tra i due scavi opposti che avevano permesso la realizzazione dell'opera, chiamandolo *luogo che chiamasi la Cascata*.

Sul mulino in località Ginestreto possiamo invece dire che nella sua ultima fase di vita esso era di tipo a pala orizzontale, e la camera che ospitava le pale si trovava in piano sotterraneo che riceveva l'acqua dall'acquedotto di cui si è parlato precedentemente, attraverso un salto di quota tra il punto in cui l'acquedotto si legava alla struttura e la camera, di cir-

ca quindici metri. L'acqua poi una volta alimentate le pale attraverso un condotto si immetteva nel Fosso di Nemi il cui percorso passa in questo punto perpendicolare all'ultima arcata dell'acquedotto ancora superstita.

Quindi anche qui associato ad un'alimentazione a pala orizzontale abbiamo conservata l'intera struttura il bottaccio e il condotto d'acqua di alimentazione.

Sul mulino presso lo sbocco dell'emissario Albano è invece possibile dire che la presenza della vasca moderna non più unita al complesso restaurato, doveva in antico essere la vasca che permetteva l'alimentazione delle mole, qui però la documentazione ci restituisce un tipo di mulino a pala verticale, molto probabilmente alimentato per di sotto.

Il primo mulino sito in *fundus molas*, aveva quindi una pala esterna e addossata alla costruzione, ed era di tipo "verticale per di sotto". Vista la sua posizione rispetto alla vasca di raccolta delle acque, non è possibile stabilire se il bottaccio avesse uno scolmatore funzionale all'acqua in eccesso o se ci fosse e quale fosse il percorso alternativo che l'acqua effettuava se il mulino non funzionava. Il secondo come già detto si trova ridotto allo stato di ruderi, ma la presenza di un acquedotto che convogliava l'acqua in un serbatoio in forma di bicchiere fa pensare alla presenza di una pala orizzontale; sul terzo invece non si hanno informazioni.⁷⁷

Emerge, quindi, quanto il mulino rappresenti un elemento importante nell'economia medievale e sia quindi legato all'acqua ed al mantenimento delle strutture che ne permettono l'utilizzo⁷⁸.

I laghi e i loro emissari, i condotti sotterranei e i canali antichi che caratterizzano quest'area svolgono un po' il ruolo dei fiumi per quella che è l'Italia settentrionale, e assumono, a mio avviso, anche lo stesso peso economico dei fiumi e delle vie d'acqua in generale, che sono oggetto delle mire da parte di monasteri e chiese interessate ad assi-

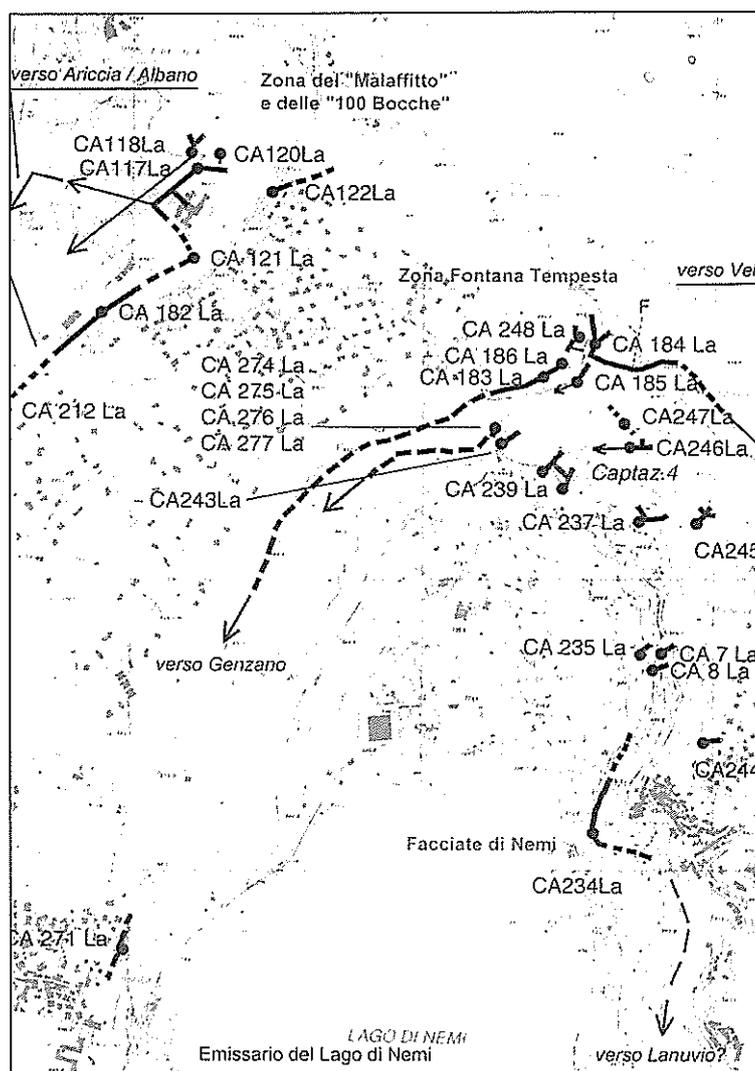


Figura 16 - Localizzazione sul territorio degli acquedotti studiati dal CRSE (estratto da *Opera Ipogea*, 2-3, 2003, grafica di C. Germani). Nella pianta sono riportati il numero di catalogazione nel catasto delle cavità artificiali di ciascun cunicolo.

curarsene il possesso e i diritti relativi. Notevoli sono infatti, gli interventi ecclesiastici che fanno del controllo delle acque e delle strutture idrauliche altrettanti punti di potere sul territorio⁷⁹.

Tra i diversi documenti citati fanno riferimento a tali diritti quelli del XVI secolo sul lago di Nemi, il documento del 1423 e quello del 1428 che oltre a contenere notizie sul possesso del lago sono particolarmente interessanti per l'elenco di tutte le possibili fonti d'acqua che verranno cedute, tra le quali si precisa «[...] et singulis rivis, aquis fontis, aquaeductibus, et acquarum decursibus, cum omnibusque eorum introitibus, exitibus, ingressibus, regressibus, usibus, utilitatibus.»⁸⁰, mostrando anche come tale proprietà era quindi, in questo periodo del monastero di S.Anastasio. Per il *lacus Turni* invece i documenti del 1205 e del 1217 permettono di ipotizzare che fossero i monaci di S.Alessio ad interessarsi, in questo periodo, alla manutenzione dei tratti ipogei e dei canali provenienti dal lago che alimentavano i mulini, mentre da quanto esaminato sul fondo Zizinni sappiamo che il fiumicciatolo che lo alimentava era di proprietà del monastero Sublacense almeno nel 987.

La presenza dell'acqua e la portata dei corsi che si aveva a disposizione, qualunque fosse la loro natura, permette una serie di valutazioni sul tipo di organizzazione economica del territorio; in base alle modalità di alimentazione e alla portata dei corsi d'acqua si può tentare di comprendere quanto il mulino lavorasse e quindi quanto incidesse la sua presenza; era il tipo di corso su cui il mulino si trovava a determinare un funzionamento per tutto il periodo dell'anno (nel caso in cui si trovassero lungo corsi d'acqua di grande portata e perenni), o per buona parte di esso, ad eccezione dei periodi di siccità, o a rendere queste strutture degli opifici minori a causa della portata d'acqua limitata. È ovvio che queste differenze comportano anche un diverso impegno nella gestione della struttura poiché, mentre il primo tipo di opificio necessitava di un notevole impegno costruttivo e manutentivo per le grandi opere di presa, il secondo era strettamente collegato ad esigenze locali, assumendo quindi l'aspetto di una struttura a servizio di pochi poderi molto spesso del medesimo proprietario⁸¹, tenendo però presente che affinché l'impianto produttivo potesse rappresentare un vantaggio economico in una situazione di popolamento di assestamento, era indispensabile che servisse alla molitura di una quantità abbastanza rilevante di cereali⁸² e altre materie prime.

È evidente che come l'impianto di un mulino idraulico presupponeva il possesso di diritti sulle acque o di permessi per il loro sfruttamento, come è stato ricordato, così necessitava di ingenti spese per la costruzione e le riparazioni. Ciò emerge anche dagli Atti consigliari del XVII secolo che hanno come oggetto i rifacimenti dei Canali murati, e mettono in evidenza come la mancata riparazione rappresenti un danno. Naturalmente senza una conoscenza e una manutenzione delle strutture di canalizzazione non era possibile che si creasse la connotazione eminentemente agricola che tutta l'area sembra avere già in epoca altomedievale.

Una ricerca sul rapporto tra canalizzazioni sotterranee e impianti produttivi mostra una serie di problematiche: grande difficoltà a tal proposito è rappresentata da un lato dalla dispersione dei dati in numerose fonti d'archivio quasi inesplorate da questo punto di vista, dall'altro dai sovvertimenti, spesso profondi, che l'ambiente ha subito attraverso il tempo, ma proprio per l'importante ruolo che queste strutture ipogee sembrano avere è necessaria la comprensione di tale rapporto, specie se alla luce di quanto emerso si tengono presenti informazioni come il pignoramento del mulino di S.Fumia ai danni del monastero di S.Alessio, il fatto che il mulino del *fundus Zizinni* sia di proprietà di S.Silvestro ma le sue acque pochi decenni dopo questa attestazione risultano di proprietà del monastero sublacense, o si volge l'attenzione all'assetto territoriale. L'area Albana è quella a cui fanno riferimento i documenti più antichi analizzati, ma del resto la valenza economica della zona, attestata già dal *fundus molas*, era ben nota, vista anche la presenza della «Domusculata Sulficiana, sitam in Sabellum» che, molto probabilmente aveva un'estensione compresa tra la Via Appia e l'Anziante, sino al territorio di Boville a Nord e al col-



Figura 17 - Nella mappa si riportano i confini della contrada S.Fumia e i confini della Castelluccia a cui corrisponderebbe il *fundus Zizinni* come appaiono nel Catasto Gregoriano (comarca 28). Nell'area è evidenziato anche l'emissario Albano al cui sbocco si trovano i mulini da esso alimentati.

le di Castel Savello a sud, ed era identificabile in sostanza con l'area intorno al *lacus Turni*, che insieme alle canalizzazione di cui si è parlato si mostra fondamentale per l'economia altomedievale della zona.

È verosimile infatti che la *domusculta*, già esistente ai tempi di Adriano, ma non ricordata tra quelle istituite da Zaccaria, sia nata dalla riorganizzazione dei poteri intorno alla *possessio lacus Turni* che Costantino attribuì alla basilica albanense. Appare quindi come ad una fase di aggregazione del territorio, rappresentato dalla *possessio lacus Turni* e dalla più tarda *domusculta Sulficiana*, segue un momento di frammentazione delle proprietà in più enti religiosi, sino ad un nuovo accorpamento sotto la giurisdizione del Monastero di S. Alessio.

Per quanto riguarda l'area aricino-nemorense, il fatto che l'emissario di Nemi leghi in maniera indissolubile Vallericcia e il bacino del lago permette di fare alcune considerazioni. La presenza nei documenti del 988 di un mulino che viene utilizzato per l'identificazione di un toponimo, fa pensare che il mulino si trovasse lì da un tempo tale da permettere la creazione di un identificativo territoriale, cosa possibile visto che l'area di Vallericcia corrisponde alla sede dell'antica città aricina che sicuramente ancora in una qualche sua forma sopravviveva a cavallo del IV-VI secolo, essendo riconosciute ed attestate ancora le sue istituzioni in un'iscrizione, datata al 432-437, e conservata a Palazzo Chigi in Ariccia⁸³. Nel testo il Senato e il Popolo Aricino ringraziano Anicio Acilio Glabrione Fausto, per aver salvato la città dalla furia distruttrice dei Goti. Benchè per quest'area si sia parlato, anche recentemente, di un progressivo spostamento della popolazione tra VII, VIII e IX secolo sulla rocca⁸⁴, in funzione dell'attestazione nel X secolo di un *Castrum Ariciae*⁸⁵, non si deve dimenticare che le pertinenze della città romana con la città stessa andranno a formare quella che è nota come *Massa Ocrana*⁸⁶ tra VII-VIII secolo. Del resto una continuità di insediamento nella valle è testimoniata dall'esistenza nel 1428 di un «Castrum diruti Vallis Aricie»⁸⁷. Queste attestazioni rappresentano un tassello importante per la frequentazione altomedievale di Vallericcia e devono, credo, essere messe in relazione con ciò che resta nell'altomedioevo del *Nemus Dianae*, anticamente porzio-

ne del territorio aricino e dipendente dall'antica città di Aricia.

La *massa Nemus* che Costantino dona a papa Silvestro comprendeva gran parte del perimetro lacustre, se non tutto, il santuario e la villa imperiale, purtroppo la mancanza di fonti anteriori al XII secolo non permette di trovare riscontri sull'assetto topografico tra VI e XII secolo e quindi anche sulla presenza di opifici e strutture produttive anteriormente ai docu-

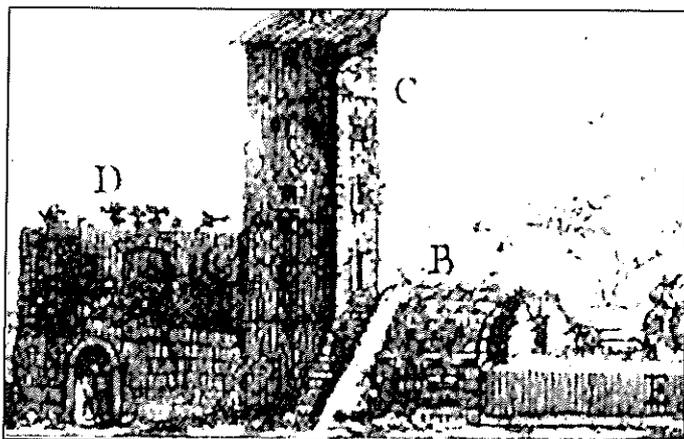


Figura 18 - Mulino allo sbocco dell'emissario albanese.

menti citati, ma l'esistenza di nuclei rupestri pertinenti ad un abitato sparso di epoca altomedievale⁸⁸ e lo studio del rapporto tra acqua, insediamento e attività produttive, cominciano a far emergere un quadro del tutto nuovo⁸⁹, senza peraltro dimenticare che la chiesa di S. Nicola di epoca paleocristiana «et aliis ecclesiis quae sunt in massa que dicitur Nemus», viene ancora data come esistente nella bolla dell'antipapa

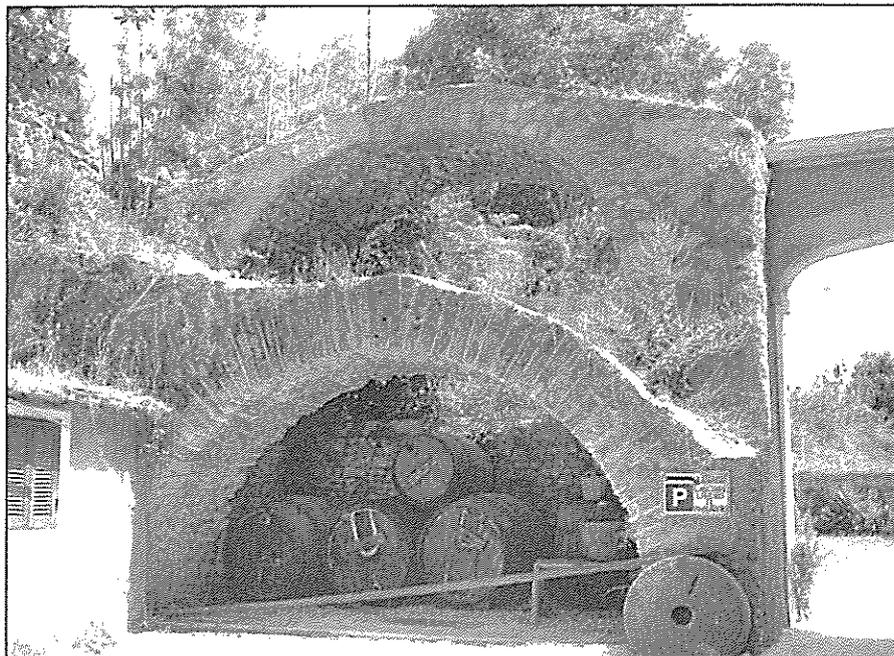


Figura 19 - Particolare dell'acquedotto presso il mulino in località Ginestreto.

Anacleto II del 27 marzo 1130⁹⁰, che all'interno del romitorio di S. Michele Arcangelo esiste un affresco e dall'altare databili ad epoca bizantina⁹¹, ne le aree sepolcrali postclassiche rinvenute lungo il bacino.

Bibliografia

- AGLIETTI S., ROSE D. 2000, *Guida al patrimonio archeologico del Comune di Ciampino*, Marino 2000.
- AGLIETTI S. 2002, "La via dei Cavoni nel Lazio Medievale", in S. Patitucci Uggeri (a cura di), *La viabilità medievale in Italia, contributo alla carta Archeologica medievale*, Firenze 2002.
- ALLODI L., LEVI G. 1885, *Il Regesto Sublacense dell'undicesimo secolo*, Roma 1885.
- BALESTRACCI D. 2000, "La politica di gestione delle acque e dei mulini nel territorio senese nel basso medioevo" in P. Galetti e P. Racine (a cura di) *I mulini nell'Europa medievale*, San Quirico D'Orcia 2000;
- BLOCH M. 1970, "Avvento e conquiste del mulino ad acqua", in Id., *Lavoro e tecnica nel Medioevo*, Bari 1970.
- CASTELLANI V. DRAGONI W. 1992, "Opere arcaiche per il controllo del territorio. Gli emissari artificiali dei laghi albanì". In AA.VV. *Gli etruschi maestri di Idraulica*, Perugia 1992.
- CASTELLANI V. 1999, *Civiltà dell'Acqua*, Roma 1999
- CASTELLANI V. DRAGONI W. 2003, "Gli Emissari dei Laghi Albani. Aggiornamenti e prospettive", in *Lazio e Sabina 2, Atti del II incontro di Studi sul Lazio e la Sabina*, Roma 7-8 maggio 2003.
- DE FRANCESCO D. 1988, "Note su un mulino ad acqua nel territorio di Albano, in località S. Fumia", in *Documenta Albana*, II, 10, 1988.
- DE FRANCESCO D. 1990, "La Castelluccia di Marino dall'età Romana al Casale Bassomedievale", in *Archivio della Società Romana di Storia Patria*, 113, 1990.
- DE FRANCESCO D. 1991, "S. Eufemia e il Lacus Turni presso Albano dall'età tardoantica al Basso Medioevo", in *Melanges de l'école Française de Rome*, 1991.
- DEL LUNGO-BIAGIONI 2006, "Dal Fundus Sulpicianus al Castrum Sabelli", in *Temporis Signa, Archeologia della Tarda Antichità e del medioevo*, I, 2006.

- DE ROSSI 1969, *Torri e Castelli Medievali della Campagna Romana*, 1969.
- DESIDERIO V. 2004, *I mulini di Caprese, macine per cereali e castagne nella Valle del Singerna*, Roma 2004.
- DEVOTI L. 2000, *Itinerari nella Campagna Romana Castrum Candulphi-Castel Gandolfo*, Velletri 2000.
- FEDERICI V. 1899, "Regesto del monastero di S. Silvestro de Capite", in *Archivio della Società Romana di Storia Patria*, XXII, 1899.
- FOSSILE E., SECO SERRA I. 2003, "Un esempio di canalizzazione romana nel territorio di Lanuvio: il Ponte Loreto", in *Archivio della Società Romana di Storia Patria*, 126, 2003.
- FOSSILE E. 2005, "La topografia di Aricia, Lanuvium e del Nemus Dianae tra antichità e medioevo", in *Bollettino informativo dell'Associazione Internazionale di Archeologia Classica*, aprile 2005.
- GALLETTI P. 2000, "I mulini nell'Italia centro-settentrionale dell'altomedioevo: edilizia e tecnologia" in P. Galetti e P. Racine (a cura di) *I mulini nell'Europa medievale* San Quirico D'Orcia 2000;
- GIANNINI N. 2004, "Prime indagini nel Bacino Nemorense", in *Studi Vetralllesi*, 13, 2004.
- GIANNINI N. 2005, "Le canapine in Costae Montis qui dicitur Genzano", in *Il tesoro delle Città*, Strenna dell'Associazione Storia della Città, III, Roma 2005.
- LILLI M 2002, *Ariccia, Carta Archeologica*, Roma 2002
- LUCIDI E. 1796, *Memorie storiche dell'antichissimo municipio ora terra dell'Ariccia e delle sue colonie Genzano e Nemi*, Roma, 1796.
- MANTOVANI M., *Dei mulini e di altri opifici idraulici, Molini da cereali ed altri edifici per lo sfruttamento dell'energia idraulica in epoca pre-industriale, nell'area dell'antica comunità del Ponte a Sieve (secc. XIV-XIX)*.
- MONACI A. 1904, "Regesto dell'Abbazia di S. Alessio all'Aventino", in *Archivio della Società Romana di Storia Patria*, XXVII, 1904.
- NISIO G. 2003, *Dalla leggendaria Albalonga a Castel Gandolfo*, 2003.
- Opera Ipogea, *Rivista della società Speleologica Italiana*.
- RATTI N. 1797, *Storia di Genzano*, Roma 1797.

Note

- 1 - Il presente lavoro è frutto di parte dei primi risultati delle ricerche inerenti il progetto di Dottorato in archeologia e antichità post-classiche che si sta portando avanti presso l'Università "La Sapienza" di Roma.
- 2 - Marc Bloch ne ha messo in relazione l'affermazione con l'intervento dei grandi proprietari rurali, laici ed ecclesiastici, sottolineando la lunga resistenza nelle campagne, fra i ceti sociali più poveri, delle macine a braccia, più che non ancora di quelle animali.
- 3 - Plinio parla della presenza di mulini idraulici in Italia che si sarebbero poi diffusi in tutto l'impero.
- 4 - Sarà poi soprattutto nella seconda metà del IX secolo che le testimonianze si infittiranno per aumentare ancora nel secolo seguente.
- 5 - GALETTI 2000, p.271,
- 6 - L'area dei Colli albanici ha sempre rivestito una grande importanza e le vestigia delle memorie del passato presenti in questo territorio sono state spesso oggetto di numerose indagini, tra cui si distinguono tutta una serie di ricerche volte a recuperare e a comprendere le antiche cavità artificiali che caratterizzano questo territorio, in particolare di notevole aiuto sono gli studi che si sono concentrati sugli antichi condotti di drenaggio e bonifica, quali gli emissari di Nemi ed Albano.
- 7 - Per la bibliografia sugli emissari si rimanda a CASTELLANI DRAGONI 1992, CIVILTÀ DELL'ACQUA 1999, OPERA IPOGEOA n°2-3 2003, e la bibliografia in essi contenuta. Un grosso debito si deve al Centro Ricerche Sotterranee Egeria che ha condotto un mirabile studio sulla realtà ipogea dell'Area tra Ariccia, Albano e Nemi. Il lavoro svolto fornisce un'analisi dettagliata dal punto di vista speleologico e permette di avere un saldo punto di riferimento nelle ricerche che tentano di mettere in relazione le strutture ipogee con l'archeologia del territorio. A Carla Galeazzi e a tutti i componenti del C.R.E. "Egeria" va la mia gratitudine per avermi fatto conoscere la realtà ipogea dell'area albana e per la sua cortese disponibilità.
- 8 - Nell'area albana, esauritasi l'attività vulcanica, i crateri, nel regime idrogeologico dell'Italia centrale, erano destinati ad essere invasi dalle acque, finendo col formare una sequenza di laghi vulcanici che dai rilievi albanici si spinge a settentrione comprendendo anche i laghi di Bracciano, Vico, e Bolsena. Nei Colli albanici tale situazione naturale appare molto modificata dall'intervento umano. Il cratere che si apre ai piedi di Ariccia e altri crateri minori appaiono liberati dalle acque grazie allo scavo di esautori sotterranei, e il lago Albano e quello di Nemi sono regolati da emissari artificiali sotterranei. Numerose fonti antiche parlano dell'emissario Albano tacendo sulle restanti opere di bonifica, ma le indagini esplorative compiute negli ultimi decenni sugli emissari dei crateri di Pavona, Pantano secco, Gabi, hanno portato alla luce concrete evidenze che testimoniano una antica origine di questi condotti.
- 9 - L'emissario di Nemi è rimasto in funzione sino a circa gli anni '80 del secolo scorso.
- 10 - A tal proposito si mostra utile ricordare due esempi del particolare rapporto tra canalizzazione, territorio e insediamento in epoca Romana quali il

ponte di Loreto e il Viadotto di Vallericcia. Quest'ultimo, che appartiene a quelle strutture note come "ponti sodi", permetteva alla via Appia di superare in rettilineo lo scoscendimento al centro della valle e che con l'apertura di due Arcate alla base della costruzione, favoriva e incanalava le acque che scendevano dall'alto del Colle di Ariccia, evitando nello stesso tempo che si disperdessero nella pianura e che ristagnassero creando pantani. Nel caso del Ponte di Loreto questo viene ad assumere le caratteristiche di un vero e proprio tunnel di convogliamento delle acque che originano dalla sorgente a monte di Fontana Torta, e che venne realizzato per scopi diversi dal sorreggimento della carreggiata, avendo come funzione primaria, quella di canalizzazione delle acque che scorrevano lungo il torrente di Fontana Torta. Esso costituisce parte integrante di quel sistema di canalizzazioni artificiali che caratterizzano l'area lanuvina.

11 - Molti autori tra cui Vitruvio, Catone, Varrone, Colummella, Palladio fanno riferimento alla necessità di una sorgente d'acqua corrente. Del resto è anche grazie al sistema di condotti che in epoca repubblicana e imperiale avviene lo sviluppo del popolamento di tutta la zona con l'edificazione di grandi ville suburbane.

12 - Si veda nota 19 e 20.

13 - Si ricordano a titolo d'esempio le cisterne: di Montegentile, quella lungo le pendici sud-occidentali di Galloro, la cisterna sotto Fontana pozza, la cisterna di Fosso Tempesta, le cisterne rurali localizzate al di sopra del museo delle navi di Nemi, le cisterne di Monte Savello.

14 - Il loro stato di conservazione è generalmente buono, lo speco non ha quasi mai un tracciato per intero rettilineo (LILLI 2002, p.105 e seguenti).

15 - Questi condotti sono messi in comunicazione da un sistema di collegamento. Una canaletta tagliata sulla parete e completata con tegole in cotto accennava a scendere verso il fosso seguendo un percorso a zig-zag. Le acque fuoriuscenti dai cunicoli venivano raccolte in questi condotti che avevano il compito di ingrossare il fosso sottostante. Essa taglia spesso il fosso che scorre al centro delle collinette, ricollegandosi all'imbocco di altri pozzi. Più in basso rispetto a questi pozzi orizzontali ne sono stati rinvenuti altri completamente allagati. Le indagini portate avanti dal gruppo di speleologia Urbana la L.U.P.A. su questi pozzi inondati ha permesso di mettere in luce, almeno per uno di essi, che l'entrata era costituita da una piccola apertura circolare lasciata aperta e modificata per poter comodamente attingere acqua. L'analisi subacquea del condotto ha messo in luce segni di scalpello su tutta la superficie. Esso è caratterizzato da più ambienti, uno dei quali caratterizzato dal livello del pavimento che si rialzava notevolmente fino a creare un vano bassissimo, sebbene molto ampio e con pianta quadrangolare, sulle pareti del quale erano anelli metallici ancora attaccati e buchi per sorreggere tavolati lignei, testimonianze del riutilizzo plurisecolare dei vani, in un periodo evidentemente in cui le acque si erano ritirate. Sappiamo ad esempio che tra il 300 e il 600 d.C. il livello delle acque era più basso dell'attuale di una quindicina di metri.

16 - Per una descrizione puntuale dei cunicoli si rimanda alla pubblicazione che è stata fatta su queste strutture su Opera Ipogea, a cura del CRSE (Centro Ricerche Sotterranee Egeria), che per anni si è impegnato, nella mappatura dell'area albano-ariccina-nemorense, e di cui si è accennato alla nota 5.

17 - CASTELLANI E DRAGONI 2003 pp. 215-220.

18 - Un esempio di quanto si sentisse nel medioevo il problema della mancanza di manutenzione e di come si verificasse l'utilizzo di tratti di cunicoli antichi e quindi di acqua è rappresentato dal caso del fosso della marrana dell'acqua Mariana. La deviazione del fosso, la cui sorgente si trova nel territorio di Grottaferrata e che originariamente sfociava nell'Aniene fu voluta da papa Callisto II nel 1120, quando gli acquedotti antichi già non funzionavano più per la mancanza di manutenzione o per le demolizioni barbariche. Il rivo riportò a Roma l'acqua delle sorgenti Tepula e Iulia, fornendo nello stesso tempo forza motrice ai mulini del Laterano e del Circo Massimo. Il canale era a cielo aperto, tranne per un tratto di 940 m all'altezza di Casal Morena, dove fu utilizzato il condotto sotterraneo dell'acquedotto Claudio. È evidente che tale operazione non sarebbe potuta verificarsi senza un diretto controllo del territorio.

19 - Si nota un abbandono dell'utilizzo delle cisterne specie in relazione con gli abitati rupestri individuati lungo il cratere nemorense; sugli insediamenti rupestri del bacino si veda GIANNINI 2004. Sulla relazione tra insediamenti rupestri e sfruttamento dell'acqua corrente si rimanda all'intervento di E. de Minicis infra.

20 - Per quanto riguarda la frequentazione dell'area in questione in epoca altomedievale si nota che gli insediamenti rupestri, organizzati in nuclei sparsi lungo il cratere nemorense, si trovano tutti nei pressi di fonti d'acqua corrente, la cui presenza, almeno in relazione a questo tipo di insediamento, sembra divenire una conditio sine qua non. (GIANNINI 2004.) è questo il caso degli insediamenti localizzati nei pressi di Fontan Tempesta, nei pressi dell'acquedotto delle Facciate, o nei pressi del Fosso Tempesta; o quelli all'interno del Parco Cesarini che, oltre ad avere la vicinanza del lago, vero similmente potevano sfruttare le acque del cosiddetto cunicolo di Vitellio; infatti sebbene non siano state finora rinvenute testimonianze sul territorio in grado di supportare l'ipotesi secondo cui l'acquedotto rifornisse le cisterne in località S.Maria relative alla grande villa imperiale presente in questa zona e che il Galieti da per funzionanti fino ad epoca recente, sappiamo che nel 1658 i Cappuccini di Genzano ottennero la possibilità di convogliare acque che provenivano da antiche formae che conducevano l'acqua da Fontan Tempesta.

21 - Quanto fosse sentita la presenza di queste condotte è testimoniato anche in un toponimo medievale di un'area limitrofa a quella indagata e in cui si stanno svolgendo parte delle ricerche. Si tratta dell'area comprendente le tenute di Campomorto, Carano e Torre del Padiglione dietro la Costa Anziate che era nota nel medioevo come Tenuta in Formis, toponimo che le deriverebbe dalla Domusculta in Formis, che a sua volta lo eredita dalla presenza delle formae o condutture costruite in età romana per convogliare al mare il deflusso delle acque provenienti dalle vicine falde montane.

22 - Si ringrazia per le informazioni sull'opificio idraulico situato qui, l'attuale proprietario Antonello Menico che cortesemente ha permesso l'accesso alla sua proprietà (oggi trasformata in Ristorante) e a tutte le strutture archeologiche presenti al suo interno mettendo a mia disposizione anche le informazioni da lui raccolte su tali strutture.

23 - A questo secolo almeno si riferiscono i documenti ad essi inerenti finora analizzati; GIANNINI 2005.

24 - Secondo il gruppo speleologico che ne ha effettuato il rilevamento e che ne ha dato pubblicazione su *Opera Ipogea*, 2-3, 2003, p. 103 e segg., la frana è avvenuta prima della realizzazione delle mole quando l'acquedotto ancora trasportava le acque verso il lago. Il CRSE ipotizza che questo riadattamento sia stato realizzato allo scopo di raccogliere le acque sorgive per utilizzi irrigui.

25 - In *Opera Ipogea*, 2-3, 2003, si ipotizza l'attribuzione di un intervento del genere alla presenza dei monaci dei monaci cistercensi, attestata dai documenti già nel XII secolo.

26 - *Archivio Storico di Genzano*, 1, p. 118.

27 - Questo conflitto sui confini e su dove macerare i lini e sulla facoltà di pescare è testimoniata da una serie di Atti consiliari dell'archivio Storico Genzanese che a partire dal 1578 hanno per oggetto la lite per il lago con il comune di Nemi (Atto del 1578, Vol I pag 3), violenza fatta da individui di Nemi a danno di.....portandogli via 10 masse di lino (Atto del 1600 Vol.Ibis, 6), conciliazione con l'Abbate di Nemi per le differenze sulla macerazione dei lini (Atto del 1600, Vol. I bis, p.8), Disputa sui diritti in comune con il comune di Nemi, (1602, Vol I bis, p.30).....la lista potrebbe essere lunghissima. Tenendo poi conto che a questi se ne accompagnano molti altri riguardanti l'affitto della pesca, dispute sull'acqua, si comprende quanta importanza avesse, e sicuramente aveva avuto in passato il controllo delle acque..

28 - RATTI 1797 p.147 e 148

29 - RATTI 1797 p.131

30 - LUCIDI 1796, p.60

31 - il monastero femminile di S.Nicola ad Ariccia che viene menzionato già in un documento del 946, aveva diversi beni qui.

32 - RATTI 1797, p.109-112.

33 - RATTI 1797, p.113-115.

34 - RATTI 1797, p.110-111.

35 - *Opera Ipogea*, 2-3, 2003, p.140.

36 - Di grande interesse si mostrano le osservazioni degli studiosi che ne hanno affrontato l'analisi, che mettono in evidenza come sia proprio la motivazione della sua origine a creare dubbi visto che le acque provenienti dal cunicolo Aricino sarebbero comunque defluite verso il mare, e come forse la spiegazione sia legata proprio alla sua collocazione rispetto alla valle per evitare che l'acqua incidesse troppo le aree coltivabili. Viene spontaneo pensare ad una canalizzazione simile a questa, quella delle acque del Torrente di Fontana Torta nel Territorio Lanuvino. Anche qui la costruzione di un condotto artificiale per incanalare le acque di un ruscello che scorre naturalmente a fondovalle non avrebbe senso, se esso non dovesse regolarne il flusso, forse in funzione

anche qui di lavori agricoli. Per questa canalizzazione è stato ipotizzato che all'imbocco del canale ci fosse un sistema di sbarramento mobile ligneo, che permettesse all'acqua, una volta raccolta in quantità notevole, di affluire secondo un percorso obbligato fino ad un punto di raccolta nella parte bassa della valle, dove continuava il fosso. Di tale punto di raccolta è stata trovata testimonianza nei pressi di due antichi casali, dove è stato identificato un complesso sistema di captazione e raccolta delle acque.(FOSSILE ,2003). Si ricorda che tutto il territorio lanuvino è ricco di canali per lo scorrimento delle acque superficiali.

37 - RATTI 1797 p.157

38 - RATTI 1797, P.29

39 - RATTI 1797, p 134 e ss.

40 - la Mandra de Candulphis, è una tenuta contigua a quella di Torre Paluzza, quest'ultima corrisponde alla tenuta detta del Casalotto di proprietà del principe Altieri, confinante con la tenuta del Ginestreto.

41 - Ciò oltre ad aiutarci nell'identificazione dei mulini, permette anche di fare una distinzione nell'uso dei mulini stessi. Sappiamo che gli ulivi nella zona vengono piantati, in gran parte dal '600 in poi, ma la produzione di olio si moltiplica soprattutto nel '700, tanto che il Lucidi afferma che nell'area tra Marino, Castel Gandolfo, Albano, Ariccia, Genzano, Nemi e Civita Lavinia vengono edificati tredici mulini. Interessante sarà notare le differenze tra questi e le strutture ad essi precedenti e, allo stesso tempo, analizzare le modalità di alimentazione del mulino. Nel caso citato le acque di alimentazione vengono deviate per alimentare un mulino locale utilizzato però per la produzione di olio.

42 - Il casale all'interno del quale si trova il mulino, insiste su una torre inglobata completamente nel casale e su altre strutture romane di cui sono ancora visibili alcuni lacerti.

43 - Anche in questo caso, come nell'area nemorense-aricina è testimoniata la presenza della lavorazione della canapa, attività produttiva strettamente legata all'acqua si veda GIANNINI 2004 e 2005.

44 - L'emissario fu costruito, secondo lo storico Tito Livio nel 398-397 a.C. probabilmente su un precedente cunicolo del VI sec. a.C. per regolare il livello delle acque del lago.

45 - NISIO 2003.

46 - DEVOTI 2000, pp. 54-55.

47 - AAVV, *Cartografia Storica e incisioni del territorio del Lazio*, p.113.

48 - Del resto la pratica di convogliare l'acqua uscente dagli emissari in vasche, fossero essi lavatoi o fontanili, sembra essere ipotizzabile anche per l'emissario di Nemi. Osservando lo stralcio catastale, si evince che le acque fuoriescono da un'apertura lungo la parete idrografica destra del cunicolo. L'ispezione effettuata dal CRSE ha mostrato come si tratti di un rimaneggiamento probabilmente relativamente recente; sembra infatti, che la galleria prosegua oltre l'attuale sbocco con andamento rettilineo, ma appare occlusa da detriti. È stato ipotizzato che essa in origine dovesse emergere in prossimità di un fontanile (a tal proposito si veda *Opera Ipogea*, 2-3, 2003, p. 32-33).

- 49 - DE ROSSI 1965, p.162, AGLIETTI ROSE 2000, pp.100 e seguenti; AGLIETTI 2002 p. 188.
- 50 - Non si deve infatti dimenticare la presenza di Castel Savelli. Per un'analisi recente sul Castrum Sabelli si rimanda a S. DEL LUNGO - A. BIAGIONI, 2006. Colgo l'occasione per ringraziare Alessio Biagioni per avermi messo a disposizione quanto da lui raccolto nel corso delle sue ricerche sull'approvvigionamento idrico dell'area intorno al Castrum stesso.
- 51 - NISIO 2003.
- 52 - In uno studio sull'area, si veda NISIO 2003, si dice che questo mulino dovrebbe risalire al 1370 per la presenza al suo interno di una colonna databile a quest'epoca.
- 53 - Tali strutture rimasero attive fino al 1930 il terzo mulino, e fino agli anni '40 il secondo.
- 54 - GALIETI 1948, p. 30
- 55 - La località S.Fumia ha conservato nel nome, anche se corrotto, il ricordo dell'Ecclesia Sanctae Euphemiae, fondata e dedicata nel VII secolo da papa Dono, come ricordato nel Liber Pontificalis I, p. 348.
- 56 - DE FRANCESCO 1988, pp 54 -55.
- 57 - DE FRANCESCO 1991; RSA, doc.XX p.45.
- 58 - Il lago in questione fu prosciugato da Paolo V nel 1611 per mezzo di un canale scoperto che andava a confluire col rivo di Decimo nel Tevere, in quanto nuoceva all'aria di Castel Gandolfo.
- 59 - L'emissario lascia il nome ad una località che viene per la prima volta nominata nella Bolla di Callisto II del 7 giugno 1123, documento a favore della Basilica di S.Maria in Trastevere.
- 60 - DEL PINTO 1907, pp.169-187.
- 61 - DEL LUNGO-BIAGIONI 2006.
- 62 - DE FRANCESCO 1991, p.97-98.
- 63 - RSA XXVp.53
- 64 - DE FRANCESCO 1990 p.153.
- 65 - FEDERICI, 1899, doc.III.
- 66 - ALLODI-LEVI, Reg.Sub. doc 143, p.194.
- 67 - GALLETTI 2000, p. 274. Si ricorda inoltre che anche il Chronicon Farfense di Gregorio di Catino segnala la presenza di "molendini" e "aquimoli" separatamente ma anche insieme, come nei possessi reatini dell'Abbazia di Farfa. Significativo sull'argomento è invece un documento del 967 appartenente al regesto Sublacense in cui si specificava «in quibus aquimolis nullo modo quilibet audeat molam facere», ovvero si vietava di costruire una struttura molitoria su condotti d'acqua.
- 68 - ALLODI-LEVI, Regesto Sublacense, doc 132, p. 182; doc. 133, p.183.
- 69 - Regesto di S.Alessio, XXVII (1904), doc.XLII, p.165.
- 70 - BALESTRACCI 2000, p. 287.
- 71 - Per un'esempio di studio sui mulini si rimanda a Desiderio 2004.
- 72 - Il particolare della pianta a cui si fa riferimento è pubblicato sul sito internet del comune di Albano.
- 73 - La struttura è in via di ristrutturazione e quindi per ora non è stato possibile accedervi.
- 74 - Questa tecnica era poco redditizia ma non aveva bisogno di grandi salti di quota grazie proprio alla presenza dei bottacci.
- 75 - La struttura sembra sfruttare un conglomerato cementizio di epoca antica che si imposta direttamente nel tufo. Poiché tale struttura è situata in una proprietà privata si sta tentando di ottenere l'accesso a tali ambienti per verificarne l'assetto.
- 76 - Ciò sembra essere confermato da alcuni espedienti tecnici attuati nella camera di imbocco, che probabilmente consentivano il controllo del deflusso delle acque si veda il rapporto curato da G.Lenzi e scaricabile dal sito internet del comune di Nemi. Si ricorda che questa connotazione spiegherebbe la serie di dispute sicuramente tarde ma che rendono bene l'idea del contesto e del suo funzionamento, tra il comune di Genzano e quello di Nemi.
- 77 - Si spera che alla fine della ristrutturazione i proprietari concedano l'accesso per effettuare uno studio della struttura.
- 78 - A tal proposito sull'importanza dell'acqua corrente in epoca altomedievale, alla luce delle indagini finora svolte, benché non sia ancora possibile attribuire ad una fase cronologica ben precisa il primo impianto dei mulini nei pressi dell'acquedotto delle Facciate di Nemi, possiamo dire che è probabile che la presenza di cavità con segni abitativi riconducibili ad epoca altomedievale sia dovuta proprio allo sfruttamento dell'acqua corrente. Forse sempre in funzione di tale sfruttamento va letta la distribuzione delle aree sepolcrali.
- 79 - Il fenomeno è ben noto. Le molte fonti esistenti sono state finora esaminate solo dal punto di vista storico, mentre sarebbe importante, ai fini topografici, un'analisi sistematica. Del resto l'importanza dell'acque per queste strutture ci viene attestata nei documenti a partire dalle donazioni costantiniane dove la maggior parte dei possedimenti risultano situati in prossimità di laghi e bacini e dove a volte il bacino è il centro stesso del possedimento che viene donato: è questo il caso del Lacum Albani e Turni. Casi in cui sorge il dubbio se il possesso sia riferito a possedimenti lungo le rive o se sia l'acqua stessa ad essere data in donazione. Difficile è infatti interpretare il termine "possessio" usato sia per possedimenti di notevole dimensione sia per possedimenti che indicano terreni molto più piccoli, dando l'idea che il termine venga usato non tanto in riferimento all'estensione che esso potesse indicare, ma nel senso generale di proprietà.
- 80 - RATTI 1797 p. 147 e 148
- 81 - MANTOVANI, cap. 3
- 82 - GALLETTI 2000, pp. 276 e seguenti.
- 83 - CIL XIV 2165.
- 84 - FOSSILE 2005.
- 85 - Diversi documenti notarili contenuti nel Tabulario di S.Maria in via Lata, menzionano il Castrum Ariciae o Castellum Ariciense.
- 86 - La Massa viene citata nell'iscrizione di S.Susannae nella vita di papa Sergio. Essa è individuabile all'interno del Patrimonium Appiae, ed è molto probabilmente identificabile con la proprietà che

Licinio Odra aveva nel territorio della città e che poi fu donata alla chiesa. Inoltre l'identificazione della Massa con la Vallericcia, è possibile grazie alla sua menzione, nella vita di Gregorio II, in Aricia, e nel documento del Regesto Sublacense n° 69 del 967, dove la Valle Ariccia è detta Balle (valle) Odrana. Al suo interno, esistevano, poi, dei fondi e delle colonie, puntualmente registrate nel L. P. e nei registri pontifici.

87 - RATTI 1797, p. 146.

88 - GIANNINI 2004. Si rimanda agli atti in corso di stampa del I Convegno Nazionale di studi Insediamenti rupestri di età medievale: abitazioni e strutture produttive, Grottaferrata, ottobre 2005.

89 - Esempio del nuovo assetto che sembra disegnarsi è ad esempio rappresentato dal nucleo rupestre individuato all'interno del Parco del Palazzo Cesarini nel Comune di Genzano appena a Sud-Est dell'imbocco dell'emissario e ad una quota più alta rispetto ad esso, che è collocato su quella porzione del bordo del cratere nemorense identificabile con il fundum Anzanum citato nel registro di Gregorio II (713-731), che darà poi il nome all'abitato di Genzano.

90 - GALIETI 1948, pp. 255-257, di essa si parla ancora in un documento dell'archivio della Curia Vescovile di Albano del 1569.

91 - GALIETI 1948, p. 268..

Gli ipogei dei laghi di Albano e Nemi

La storia letta attraverso le modificazioni del territorio

Carlo Germani, Carla Galeazzi

1. Introduzione

A partire dal 1999 la nostra associazione¹ ha condotto un'approfondita indagine speleologica nell'area compresa fra i laghi di Albano e Nemi.

Situata pochi chilometri a sud-est della capitale, questa zona fu abitata fin dalla preistoria. Grazie al clima particolarmente mite dal II sec. d.C. e fino al secolo scorso fu eletta dall'aristocrazia capitolina luogo ideale per trascorrere il tempo libero. In questo contesto sorsero terme, ville e parchi, che richiedevano notevoli e complesse opere di captazione e trasporto, essenzialmente sotterranee, per garantire l'apporto di acqua necessaria.

In una prima nota sull'attività svolta [Galeazzi ed altri, 1999] abbiamo presentato le esplorazioni condotte in alcune opere di captazione e trasporto relative all'area del Malaffitto ed al Lago di Albano. Successivamente, a margine delle esplorazioni dell'Emissario del lago di Nemi di cui si riferisce in una parallela relazione del prof. Vittorio Castellani, abbiamo esteso l'area interessata dalle nostre ricerche fino all'interno del cratere nemorense, allo scopo di inquadrare con maggiore precisione le opere idrauliche presenti nella zona [Dobosz T. et alii, 2003].

Carlo Germani - Centro Ricerche Sotterranee "Egeria". Speleologo dal 1972, è socio della Società Speleologica Italiana dal 1978 e membro del Corpo Nazionale Soccorso Alpino e Speleologico dal 1976. Curatore del manuale "Tecniche di soccorso in grotta", redattore del periodico "Opera Ipogea" della SSI, ha partecipato a varie spedizioni in Italia e all'estero. Attualmente è vice presidente della SSI.

Carla Galeazzi - Centro Ricerche Sotterranee "Egeria". Speleologa dal 1992 è socia della Società Speleologica Italiana dal 1995, organizzatrice del primo corso nazionale sulle cavità artificiali (SSI, Roma, 1996). Membro della Commissione Nazionale Cavità Artificiali dal 1995, direttore responsabile della rivista "Opera Ipogea" dal 1999. Ha ricoperto l'incarico di consigliere SSI nei mandati 2000/2002 e 2003/2005.

Le ricerche hanno portato risultati molto interessanti ed hanno permesso di censire decine di ipogei sia antichi che relativamente moderni.

2. Inquadramento storico

L'area, che per le sue caratteristiche ambientali ha favorito lo stanziamento di gruppi antropici sin dai tempi più remoti, fu il centro politico e culturale dei popoli della Lega Latina.

Dopo la conquista da parte di Roma conservò un suo carattere religioso legato al vicino santuario di Giove Laziale, sul M. Cavo, e al Tempio di Diana Nemorense, sulle sponde del lago di Nemi.

Nel 312 a.C. la realizzazione della Via Appia confermò lo stretto collegamento già esistente tra Roma e i Colli Albani, ed in particolare con l'area dei laghi di Nemi ed Albano, legame mai più sciolto e tutt'ora ben saldo.

Lungo le sponde dei laghi di Albano e Nemi furono costruiti, nei secoli, templi, ville ed accampamenti militari. Fra questi vanno menzionati, in quanto ricadenti nell'area in esame, il già citato Tempio di Diana sul lago di Nemi (il culto della quale era già vivo dal VI sec. a.C.) e le fastose ville attribuite a Cesare e a Caligola. In età Giulio-Claudia l'intera area venne acquisita dal demanio imperiale e divenne un'unica struttura residenziale e di rappresentanza, costituita da vari corpi di fabbrica separati da ampi spazi aperti, che di fatto inglobava tutto il lago di Nemi.

Nel II sec. d.C. dall'accampamento della II Legione Partica ebbe origine l'attuale cittadina di Albano Laziale mentre nei

dintorni Pompeo, Cicerone, Tiberio, Domiziano e Antonino Pio fecero realizzare le loro ville e l'area albana divenne sede di raffinata cultura. Sono almeno 50 le ville e le strutture note, delle quali soltanto una parte è stata oggetto di studi approfonditi.

Dopo la caduta dell'Impero Romano l'area si è spopolata e l'unico segno di una certa

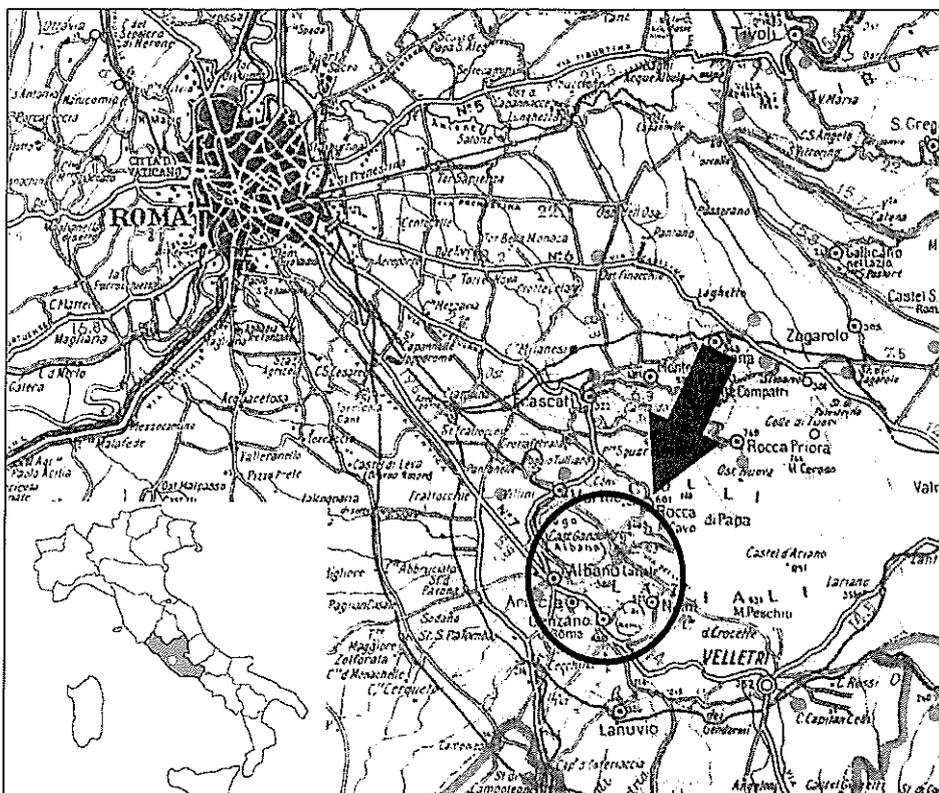


Tavola 1 - L'area in esame si trova sui Colli Albani, pochi chilometri a Sud Est di Roma, a cavallo dei laghi di Albano e Nemi (grafica C. Germani).

continuità abitativa è data dai sepolcreti del V-VI sec. in località Orti di S.Nicola.

Non si hanno altre notizie documentali della zona tra i due laghi sino al XII secolo, quando piccole comunità monastiche vengono segnalate nei pressi del lago di Nemi da alcune bolle pontificie.

Nei secoli successivi l'area, ed in generale tutti i Colli Albani, seguirono il destino dello Stato Pontificio e divennero teatro delle lotte fra papato e nobili famiglie romane ospitando, nel tardo Rinascimento, anche le sontuose residenze di campagna della nobiltà papalina, ricche di parchi e fontane.

Nell'800 la zona di Nemi conservava ancora intatto il suo fascino ed era spesso meta di turisti e viaggiatori, tra i quali Byron, tanto da divenire una delle tappe importanti del Grand Tour che i giovani rampolli delle ricche famiglie nord-europee solevano effettuare al compimento della maggiore età.

A cavallo tra l'800 ed il '900 la conca craterica di Nemi, ancora coperta di boschi, fu ispiratrice e punto di avvio dell'opera più nota di J.G. Frazer (1854-1941): *Il Ramo d'Oro* testo fondamentale, anche se molto discusso, nello studio della storia delle religioni arcaiche.

La Seconda Guerra Mondiale ha solo sfiorato queste zone, recando comunque lutti, distruzioni ed il gravissimo incendio delle due grandi navi attribuite a Caligola, che solo pochi anni prima erano state estratte dal lago di Nemi ed esposte nel Museo per esse allestito a Nemi.

Oggi asfalto e cemento si allargano a macchia d'olio nei dintorni di Roma ed hanno raggiunto anche i Colli Albani, solo la recente istituzione del Parco Regionale dei Castelli Romani sembra aver arginato, almeno in parte, lo stravolgimento dei panorami cari ad Ovidio e Byron.

3. Cenni di geologia ed idrogeologia

Dal punto di vista geologico l'area in oggetto, situata circa 25 Km a sud-est di Roma (tav. 1), rientra nell'apparato vulcanico dei Colli Albani, attivo tra 0,7 e 0,036 MA (milioni di anni) ma caratterizzato anche da episodi più recenti, avvenuti ancora in epoca storica.

La sua storia evolutiva è comunemente suddivisa in tre periodi fondamentali (tav. 2):

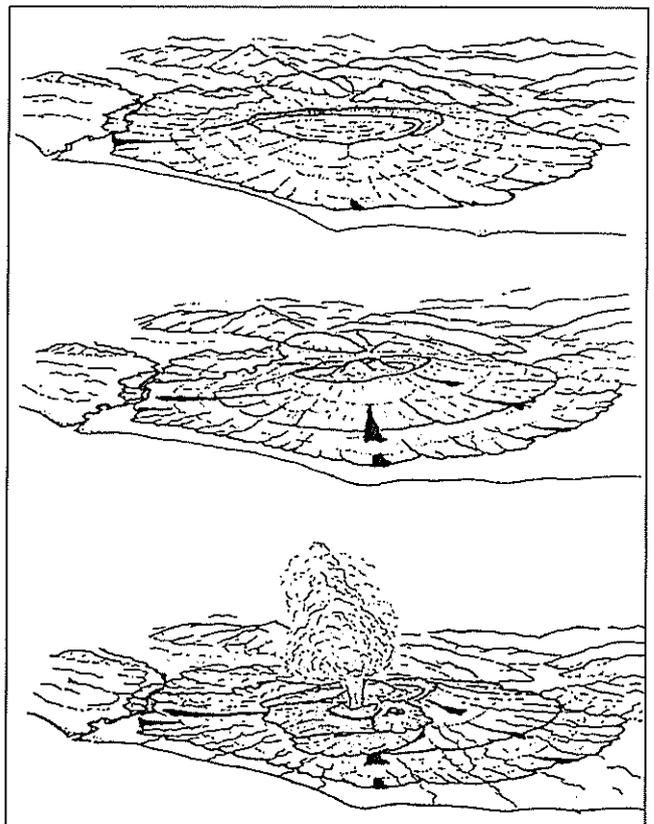


Tavola 2 - Le tre fasi evolutive dell'edificio vulcanico dei Colli Albani (da Chiarucci, 1986, modificato).

- Fase Tuscolano-Artemisio (0.6-0.3 MA) - che si concluse con la formazione della grande caldera centrale (attuale "recinto esterno" formato dai monti del Tuscolo e dell'Artemisio);
- Fase delle Faete (0.3-0.2 MA) - durante la quale ha avuto origine il piccolo edificio del Maschio delle Faete, troncato alla sommità ("Campi di Annibale" e Monte Cavo);
- Fase idromagmatica (0.2-0.02 MA) - durante la quale si formarono la serie di crateri poi occupati dai laghi albanici (Nemi, Albano, Ariccia, Gabi, Pavona, ecc.).

Alla base dell'edificio vulcanico è stato riconosciuto un basamento carbonatico di notevole spessore, frammenti del quale sono facilmente riscontrabili, sotto forma di inclusi ben visibili, lungo i cunicoli di drenaggio da noi studiati.

Il cratere di Albano (conosciuto anche come di Castelgandolfo) ospita il maggiore dei laghi albanici, lungo 3,5 Km, largo 2,5 Km e con una superficie di 6 Km². Di forma ellittica, è situato a 293 m s.l.m., profondo 170 m e deve la sua struttura all'unione di almeno due crateri successivi.

Il lago di Nemi è caratterizzato da una forma ad "otto" dovuta all'attività di due bocche susseguitesesi da nord a sud, a poca distanza di tempo

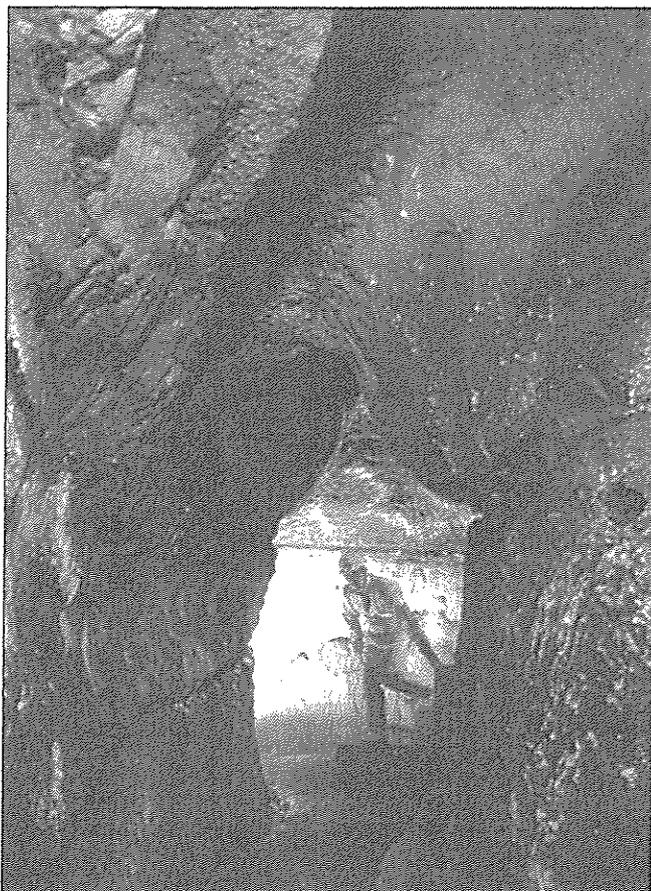


Figura 1 - L'ingresso della captazione n.2 (CA239) sul lago di Nemi. Da notare le tracce del cunicolo più antico sulla volta (foto C. Germani).

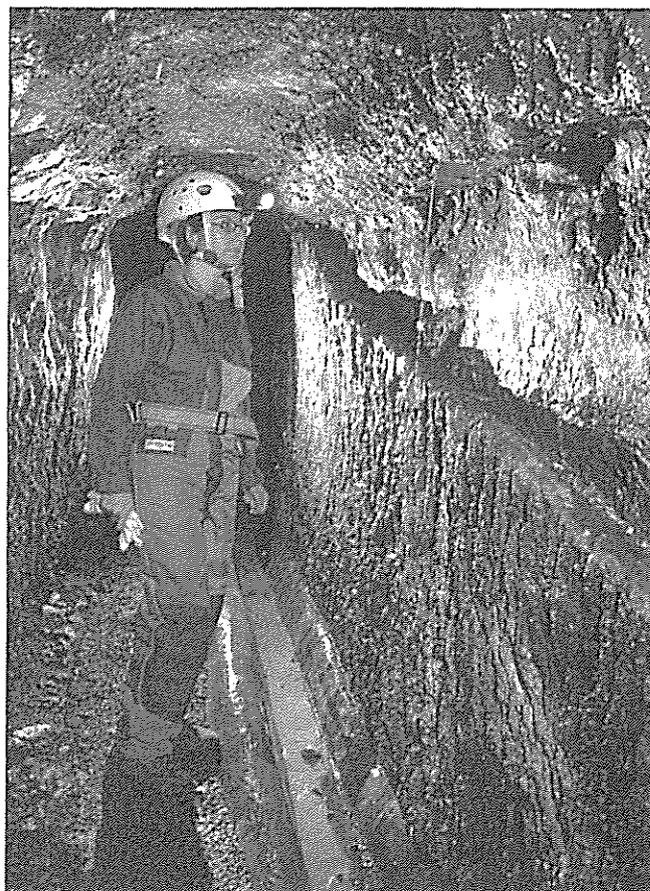


Figura 2 - Captazione n.2 sul lago di Nemi (CA239): una delle gallerie laterali di emunzione. Da notare le tracce del cunicolo più antico sulla volta e le canalette laterali, scavate probabilmente per rallentare la lama d'acqua che scaturisce dalla parete (foto C. Germani).

l'una dall'altra, ed è stato, insieme al cratere del vicino lago di Albano, uno degli ultimi a formarsi durante la fase finale del vulcanesimo albano. Il lago si trova a 316 metri s.l.m., ha una superficie di 1,67 kmq e una profondità massima di 32 metri. Lo specchio è lungo 1.800 metri e largo 1.300. Il perimetro è di circa 5 km.

La particolare struttura dell'area oggetto dello studio, costituita da un'alternanza di strati di origine piroclastica e strati di ricaduta, è molto favorevole alla formazione di falde sospese e sovrapposte, alcune delle quali individuate sin dall'epoca romana (se non in precedenza), raggiunte da opportuni cunicoli di emunzione e trasportate, mediante acquedotti, alle vicine cittadine laziali ed alle imponenti ville imperiali che sorsero sulle pendici dei laghi albanici. Le portate di queste sorgenti variano, o meglio variavano, da 2 a 10 litri/sec.

Le circolazioni idriche sovrapposte provengono, nell'area in esame, essenzialmente da NE, dall'area di Monte Cavo - "Campi di Annibale" - Pratonci del Vivaro, ed alimentavano i laghi albanici attraverso il Fosso di Nemi, il Vallone di Tempesta, la sorgente Egeria o delle Facciate di Nemi (lago di Nemi) e le sorgenti in loc. Palazzola (lago di Albano).

Tutte le scaturigini e le falde sono ormai raggiunte da pozzi e captazioni tese a prelevare le acque ben prima che raggiungano i laghi, che di anno in anno diminuiscono inesorabilmente di livello. Tutti i fossi sopra citati sono ormai asciutti e percorsi dalle acque solo in occasione di piogge prolungate; il fosso proveniente dalle Facciate di Nemi è del tutto scomparso e ne resta solo una debole traccia sotto forma di avvallamento della strada circumlacuale. Anche la realizzazione della SS217 "Via dei Laghi", risalente agli anni '60, ha alterato in modo significativo la circolazione superficiale, incanalando molti dei fossi provenienti dall'area delle Faete e modificandone parzialmente il percorso.

L'idrografia dell'area in esame è evidenziata nella tavola 3.

4. I risultati delle ricognizioni sul territorio

L'indagine bibliografica e ricognitiva ha portato all'esplorazione ed al rilievo di decine di ipogei ed è stata condotta prevalentemente nell'area a cavallo tra i due laghi albanici, utilizzando i sentieri che percorrono la zona e attraversando gli innumerevoli terrazzamenti agricoli ormai abbandonati di cui sono ricchi i versanti interni degli antichi crateri.

Molte aree, situate in proprietà privata, sono state forzatamente escluse dallo studio.

Gli ipogei individuati nell'area (tav. 4) sono sostanzialmente ascrivibili a tre tipologie:

- cunicoli di captazione, spesso associati a fontanili ancora attivi o diruti;
- ricoveri agricolo-pastorali, alcuni dei quali concentrati in area ristretta ed in posizione tale da suggerire anche un utilizzo di tipo religioso (romitori);
- acquedotti.

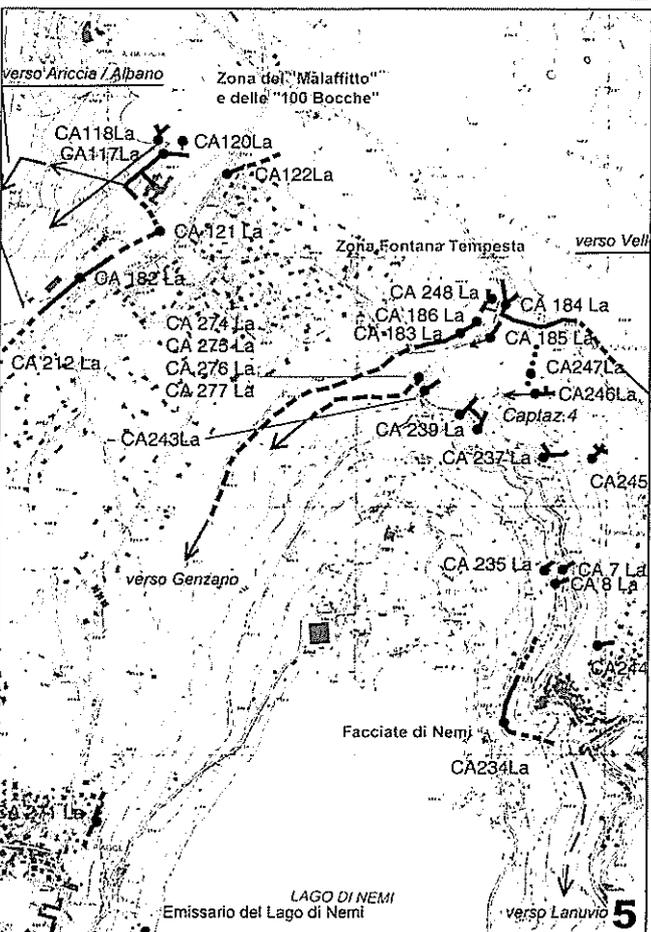
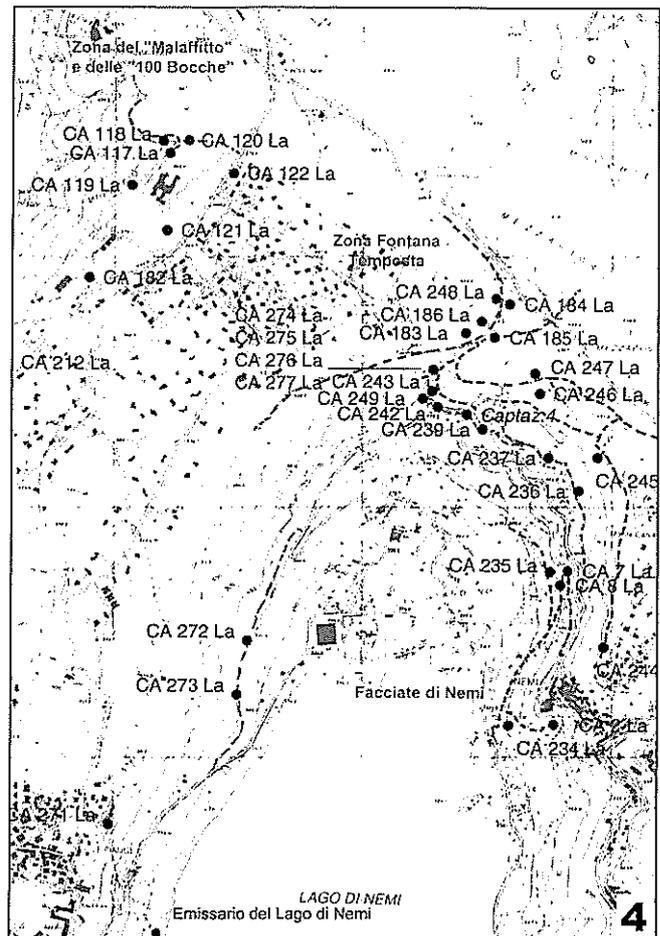
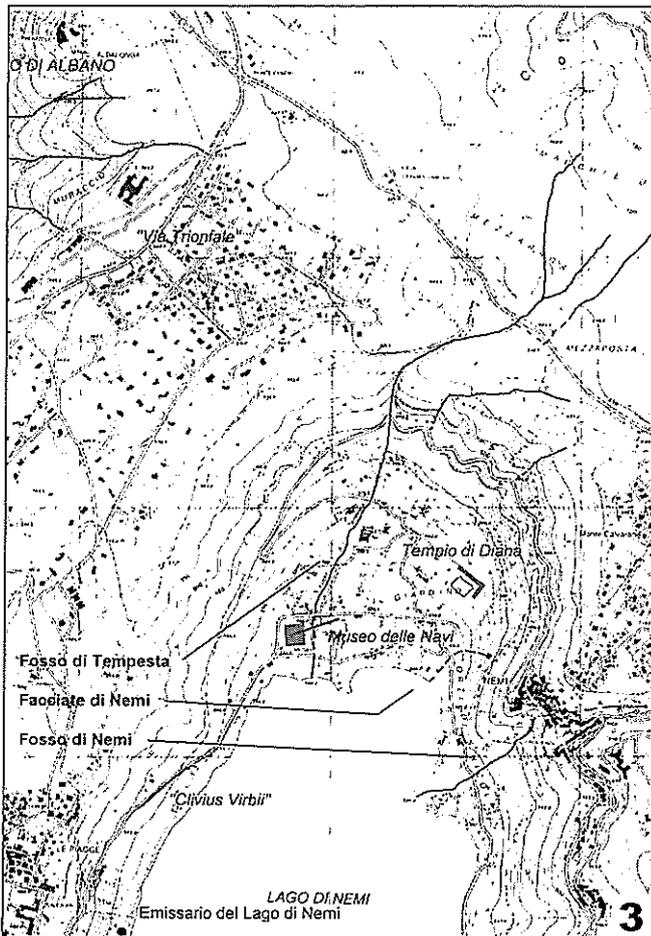
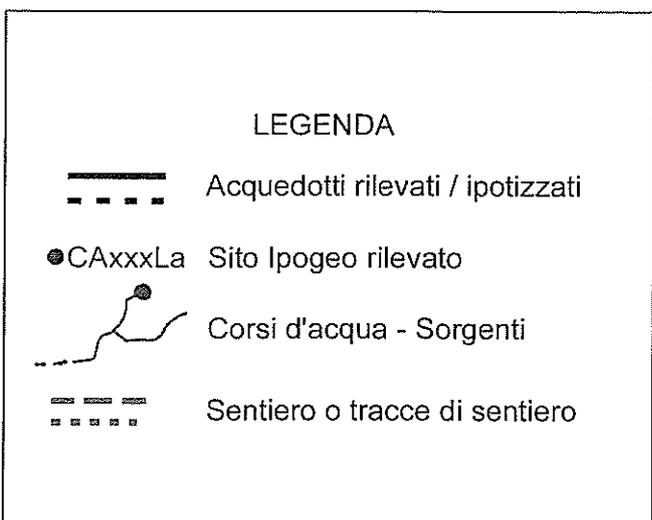


Tavola 3 - Idrografia superficiale dell'area presa in esame dallo studio (grafica C. Germani).

Tavola 4 - Quadro dei sentieri e degli ipogei rilevati nell'area in esame (grafica C. Germani - per le indicazioni del tipo CAxxxLaRM vedi nota 2).

Tavola 5 - Quadro degli acquedotti e delle captazioni rilevati nell'area in esame (grafica C. Germani - per le indicazioni del tipo CAxxxLaRM vedi nota 2).



4.1 Cunicoli di captazione

I cunicoli di captazione presentano quasi sempre traccia di numerosi riadattamenti e la loro datazione, in assenza di strutture murarie interne o di riferimenti bibliografici, è molto difficoltosa.

In generale è possibile ipotizzare che le gallerie più antiche siano di età repubblicana o precedente, caratterizzate da una larghezza inferiore al metro (in media circa 70 cm) e spesso notate ad un livello più alto di circa 50/100 cm rispetto al piano delle gallerie funzionanti, oppure semplicemente presenti come tracce residuali sulla volta di queste ultime (figg. 1 e 2).

Le gallerie più larghe (100/120 cm o più) appaiono legate al periodo tardo-rinascimentale e sono frequentemente attribuibili all'opera degli architetti della famiglia Fontana, che realizzò tra i primi del 1600 e la fine del 1700 un'imponente serie di opere idrauliche sia a Roma, l'acquedotto Paolo (Giovanni Fontana, 1540-1614), sia nei Castelli Romani, gli acquedotti di alimentazione della Villa Aldobrandini di Frascati (Giovanni Fontana), della Fontana degli Scogli a Lanuvio (Carlo Fontana, 1634-1714) e le fontane del Parco Chigi ad Ariccia (Carlo Fontana).

Le opere idrauliche del XIX e XX sec., infine, sono facilmente individuabili attraverso le tracce lasciate dall'uso di esplosivi (residui di fori per mine) e si presentano solitamente ampie, caratterizzate da gallerie rettilinee di circa 2 m di larghezza (fig. 3).

Si tratta di una datazione approssimativa e con molte eccezioni, in quanto anche la lettura delle tracce di lavorazione sulle pareti permette di ricostruire le sequenze dello scavo ma non la sua collocazione temporale. Come noto, infatti, le tecniche si sono mantenute sostanzialmente simili nel corso dei secoli.

Più oltre viene dettagliatamente descritto il condotto più noto della zona in esame: il cunicolo di alimentazione del Fontanile di Tempesta.

4.2 Ricoveri agricolo-pastorali

Se per i cunicoli idraulici è molto difficile indicare l'epoca di realizzazione, per i ricoveri agricolo-pasto-

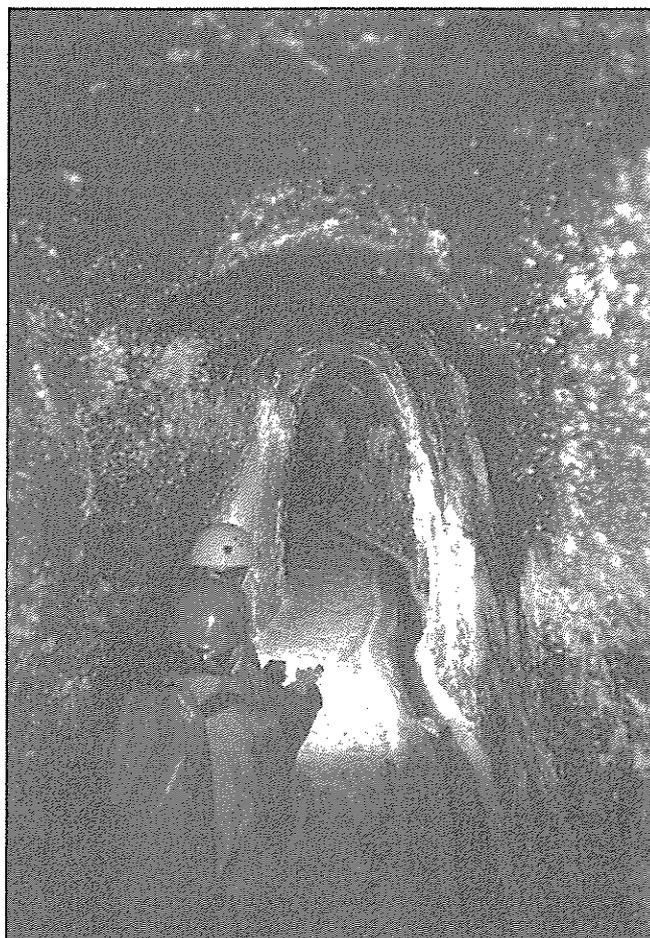


Figura 3 - Captazione n.2 sul lago di Nemi (CA239): la condotta, lunga alcune centinaia di metri, che unisce questa captazione alla n.4 (foto C. Germani).

rali è pressoché impossibile trattandosi quasi sempre di ambienti relativamente piccoli, spesso in stato di assoluto abbandono o ancora in uso come deposito di attrezzi, nei quali il secolare utilizzo ha cancellato qualsiasi indizio della struttura originaria.

4.3 Acquedotti

Sono stati infine individuati vari acquedotti che scaturiscono dall'area in esame e che possono essere ricondotti a tre gruppi principali (tavola 5):

- 1) Palazzola e Casa del Divin Maestro (Lago di Albano);
- 2) Fontana Tempesta (Lago di Nemi);
- 3) Facciate di Nemi (Lago di Nemi).

4.3.1 Palazzola

Gli acquedotti si originano tutti dal quadrante SE del lago di Albano, nell'area compresa tra il lago stesso, il convento di Palazzola e la "Casa del Divin Maestro".

Di questo gruppo fanno parte le "Cento Bocche", il "Malaffitto Alto", di cui sono stati rilevati vari tratti separati tra loro (CA117, CA121, CA182 e CA212)² e il "Malaffitto Basso" (CA118)².

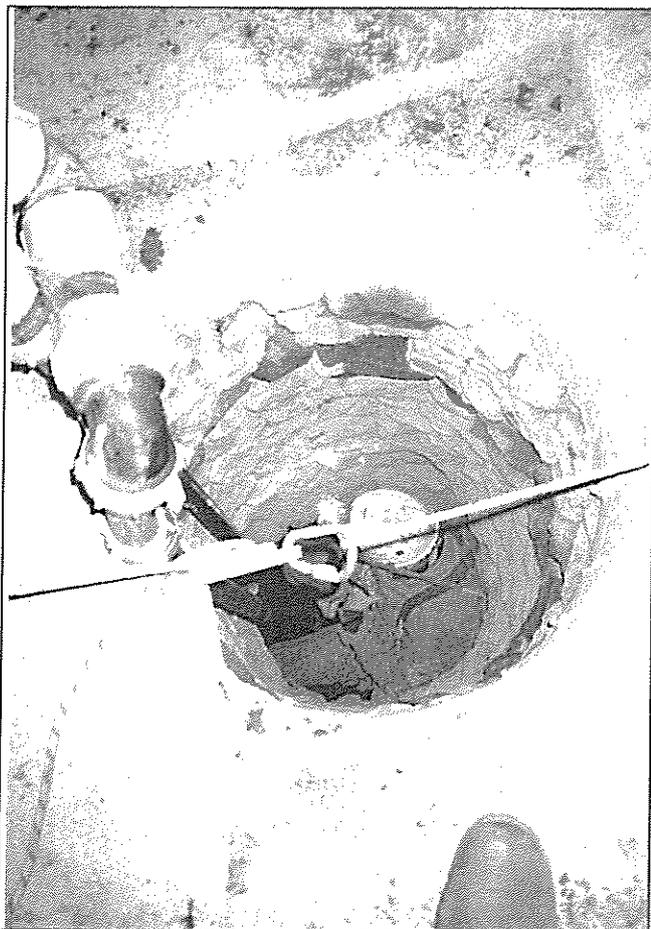


Figura 4 - Acquedotto del Malaffitto Alto: discesa con tecniche speleologiche di un pozzo di aerazione profondo circa 45 metri (foto C. Germani).

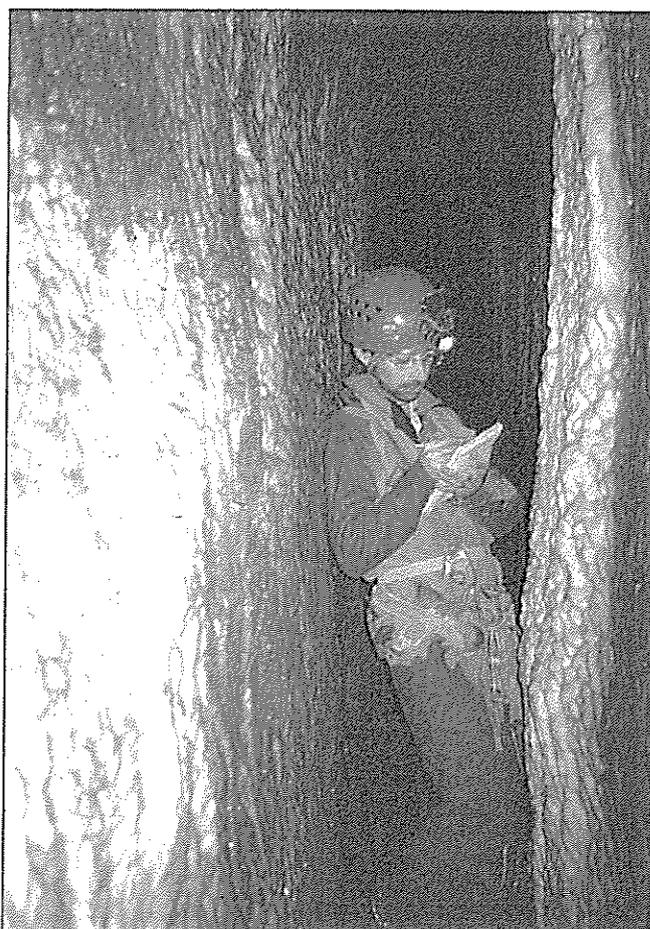


Figura 5 - Acquedotto del Malaffitto Alto: una fase del rilevamento del cunicolo, alla base del pozzo di aerazione della figura precedente (foto A. De Paolis).

Tutti databili tra il I e II sec. d.C., alimentavano le ville imperiali e gli accampamenti militari posti nella zona tra Albano e Castelgandolfo. Solo le "Cento Bocche" sono ancora in funzione, sia pure con canalizzazioni moderne, mentre il Malaffitto Alto, in tempi relativamente recenti (fine del XVII sec.), è stato probabilmente interrotto e deviato verso Ariccia per alimentare il Parco Chigi e poi di nuovo abbandonato (figg. 4, 5 e 6).

Del Malaffitto Basso sono state individuate le probabili captazioni ma non la porzione di trasporto.

4.3.2 Fontana Tempesta

Dalla zona detta di Fontana Tempesta, sul lago di Nemi, si originavano almeno tre acquedotti.

Del primo, di età repubblicana e destinato ad alimentare le ville in località "Le Piagge" e, con probabilità, le grandi cisterne delle ville imperiali in località S.Maria, sono state individuate ed esplorate le scaturigini, alcuni tratti di cunicolo (CA183, CA248 e CA271, quest'ultimo fuori tavola) e raccolte note documentali.

Del secondo, posto ad un livello poco inferiore lungo il Vallone di Tempesta, sono state individuate le captazioni, un breve tratto sotterraneo e un tratto di percorso a cielo aperto (CA275).

Infine del terzo, seicentesco e destinato ad alimentare Vellettri (CA184 - figg. 7 e 8), sono state esplorate



Figura 6 - Cunicoli del Divin Maestro: saletta detta "del pentabivio" per il numero di cunicoli di captazione che vi convergono. Questa dovrebbe essere la parte più antica delle captazioni dell'acquedotto del Malaffitto Alto (foto C. Germani).



Figura 7 - Discesa di un pozzo di aerazione dell'Acquedotto Fontana, profondo circa 10 metri, nei pressi del Fontanile di Tempesta (foto C. Germani).

rate e rilevate le sorgenti ed un lungo tratto di cunicolo, ma le ricognizioni sono state al momento sospese in quanto ricadenti in un'area non interessata dal presente studio.

Recentemente, grazie al taglio di un'area di bosco circa 200 metri a sud-est della zona in oggetto, è stato individuato un quarto cunicolo (CA247) orientato NE-SO, lungo circa 200 metri, completamente ostruito, ma ancora parzialmente visibile grazie ad un pozzo di aerazione non del tutto obliterato e ad una serie di sprofondamenti di 2-4 metri di profondità, perfettamente allineati e distanti tra loro circa 30 metri. Questa condotta risulta inspiegabilmente "pensile", con un piano posto 8-10 metri al di sopra del fontanile di Tempesta, a testimonianza di profonde mutazioni dell'assetto territoriale intervenute in tempi relativamente recenti.

4.3.3 Facciate di Nemi

Facciate di Nemi (o Fonte Egeria) è uno splendido acquedotto (CA234), databile con certezza al II sec. d.C. grazie ai numerosi bolli rinvenuti sui bipedali che formano la volta a cappuccina e sui mattoni delle bocchette di presa. Alcuni autori lo vorrebbero diretto a Lanuvio,

dopo avere aggirato il cratere di Nemi e sottopassato il bordo all'altezza di Genzano, ma più probabilmente è legato agli edifici termali che sorgevano nella sottostante loc. Orti di S. Nicola.

Nella successiva scheda dedicata a questo acquedotto vengono presentati alcuni dei risultati delle ricerche effettuate, in parte ancora in corso.

L'ipotesi che Facciate di Nemi fosse destinato ad alimentare l'antico abitato di Lanuvio è stata da noi abbandonata dopo che le ricerche sul campo, effettuate lungo le pendici del cratere alla quota del presunto acquedotto, non hanno dato alcun esito. Riteniamo che la fonte che ha tratto molti in inganno potrebbe essere l'acquedotto Caratti di Lanuvio, le cui scaturigini (attualmente non raggiungibili per crolli) sono ben note [Lilli, 2001] e che, per quota e posizione, ha nel passato favorito la leggenda di un "secondo emissario" del lago di Nemi.

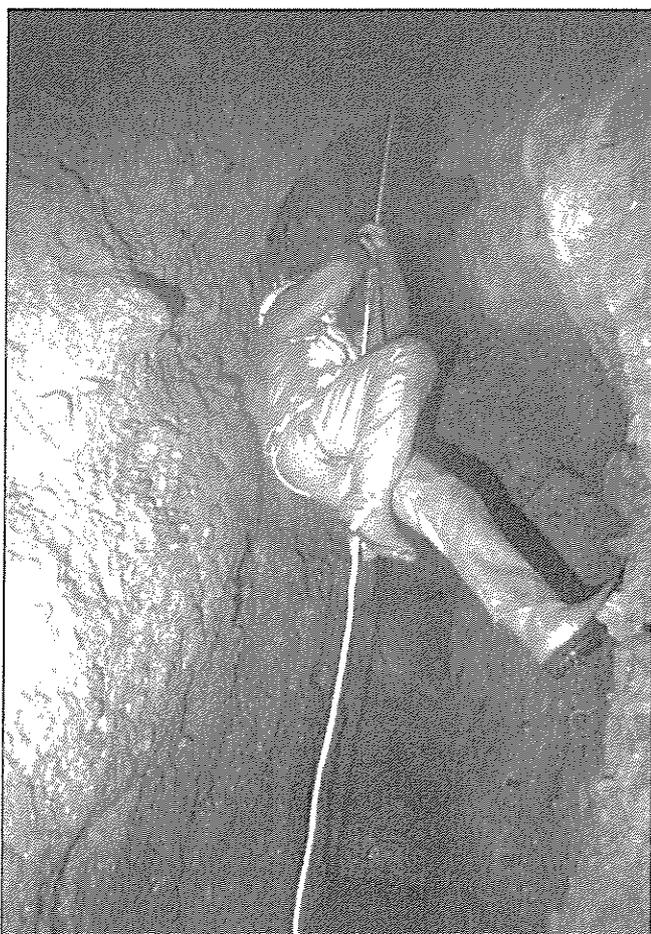


Figura 8 - Risalita con tecniche speleologiche di un pozzo di aerazione dell'Acquedotto Fontana, profondo circa 10 metri e situato nei pressi del Fontanile di Tempesta (foto C. Germani).

5. Conclusioni

Nell'intero bacino del Mediterraneo è raro poter definire un paesaggio ancora "naturale". Le conche crateriche dei laghi albanici - lungi dal costituire una eccezione - devono il loro aspetto selvaggio, decantato da Frazer e Byron, solo all'abbandono seguito alla caduta dell'Impero Romano ed al conseguente drastico calo demografico del periodo alto-medioevale, che ha impedito la sovrapposizione di costruzioni più recenti ai ruderi delle strutture di epoca romana, giunti così fino a noi in discreto stato di conservazione.

Fino dai tempi più remoti i Colli Albani, grazie alla loro posizione relativamente vicina al mare ma posti al di sopra delle aree paludose pontine, hanno infatti ospitato insediamenti umani: dai villaggi agricolo-pastorali protostorici alle ville imperiali e in seguito monasteri, castelli e città i cui abitanti hanno intensamente modellato il territorio incanalando le sorgenti, terrazzando i fianchi più scoscesi e regolando i livelli dei laghi con una cronologia praticamente priva di soluzione di continuità dalla preistoria ad oggi.

Questo patrimonio culturale e paesaggistico, costituito da opere la maggior parte delle quali sorprendentemente ancora in uso, come i grandi emissari, rischia purtroppo di essere cancellato dallo sviluppo.

Nel corso degli studi intrapresi abbiamo constatato frequentemente che l'abbandono, o peggio la distruzione, sono dettate



Figura 9 - Il Fontanile di Tempesta in inverno: l'ingresso del cunicolo è visibile in alto sinistra (foto C. Germani).



Figura 10 - Il Fontanile di Tempesta (foto C. Germani).

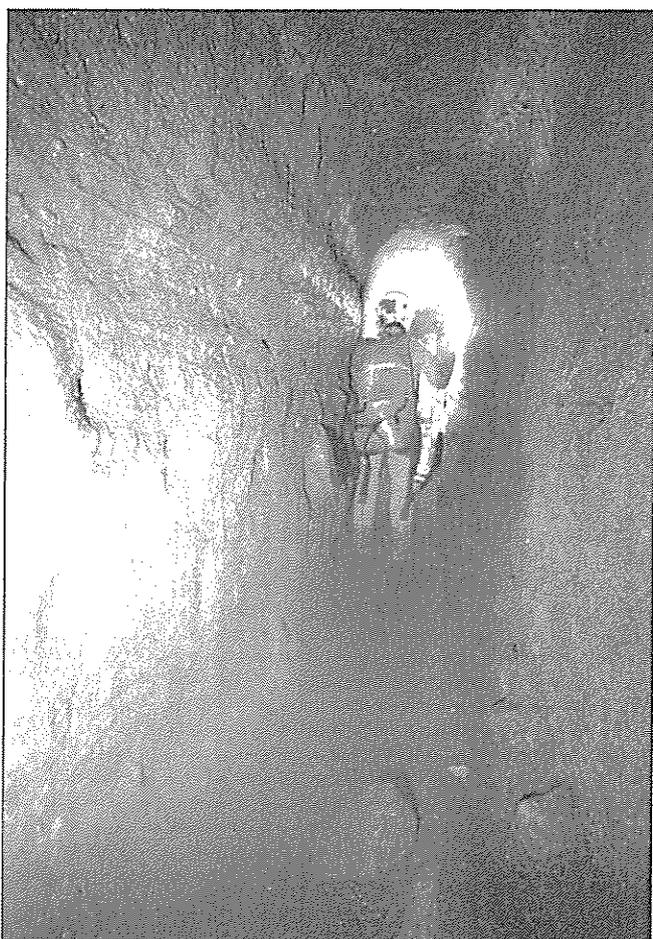


Figura 11 - Il cunicolo di Fontana Tempesta (foto C. Germani).

dalla inconsapevolezza dell'importanza storica che rivestono quei "buchi" incontrati nei campi o durante uno scasso del terreno.

È nostro auspicio che questa indagine possa contribuire ad arricchire anche dal punto di vista speleologico l'immenso patrimonio culturale e paesaggistico albano e possa essere di stimolo alla salvaguardia ed alla tutela delle grandi opere di ingegno lasciateci dai nostri avi.

* * *

SCHEDE

Vengono di seguito riportate le schede descrittive di due degli ipogei più significativi della zona: il cunicolo di Tempesta, il cui fontanile è ben noto a tutti gli escursionisti, e l'acquedotto delle Facciate di Nemi, estremamente interessante per i bolli laterizi in esso rinvenuti.

Cunicolo di Fontana Tempesta

Dati identificativi dell'ipogeo

Numero di catasto SSI⁴: CA185LaRM

Tipologia SSI: A2 (cunicolo di captazione)

Comune: Nemi;

Località: Fontana Tempesta

Posizione: 41° 44' 2,6" N; 12° 42' 32" E (GPS Garmin ETrex)

Quota: 600 m s.l.m. (GPS)

Sviluppo: 105 m (rilievo effettuato con bussola/eclimetro SUUNTO e fettuccia metrica)

Il Vallone di Tempesta è una delle aree più suggestive dell'intero cratere di Nemi, che conserva ancora intatta l'atmosfera "selvaggia" che affascinò il Frazer ispirandogli il celebre *Ramo d'Oro*.

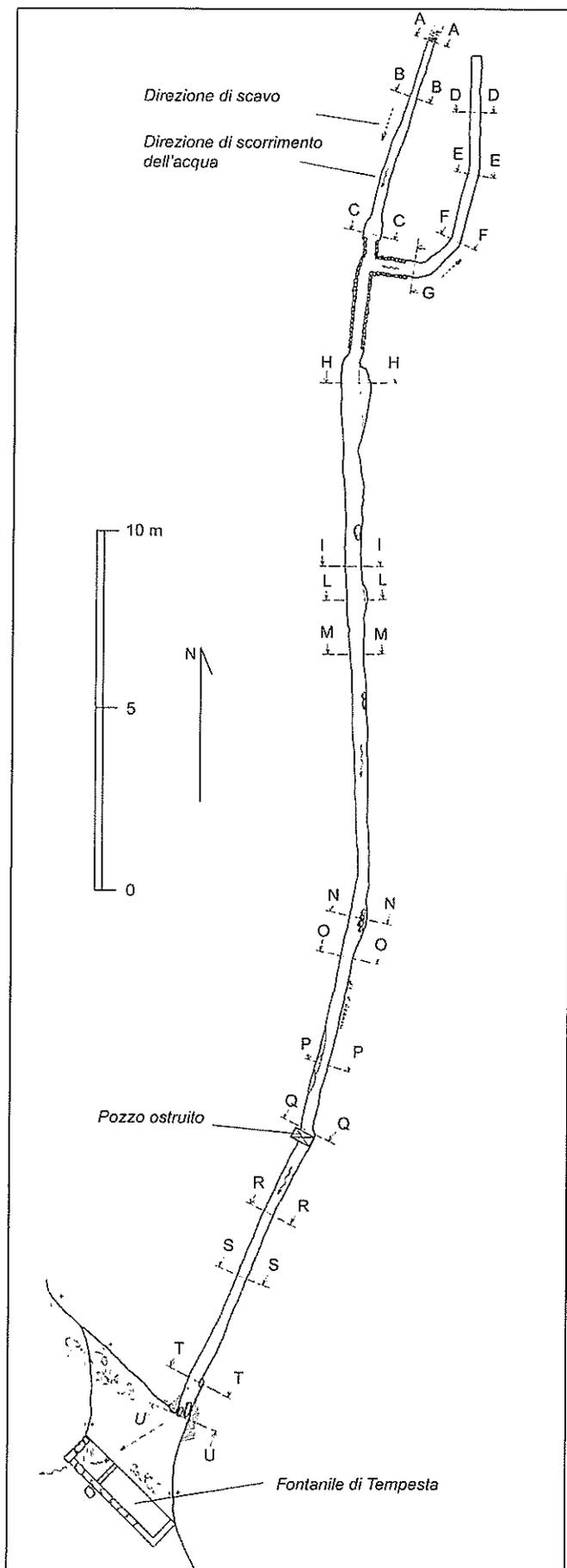


Tavola 6 - Pianta.

Il torrente che lo percorre, ormai quasi sempre asciutto a causa dei massicci prelievi d'acqua tramite pozzi ed acquedotti, trae origine dalle pendici delle Faete (o Monte Cavo), passa sotto la Via dei Laghi all'altezza del Km 13,7 e scorre relativamente in piano fino al Fontanile di Tempesta (figura 9, 10), che risale al XVIII secolo ed è posto in

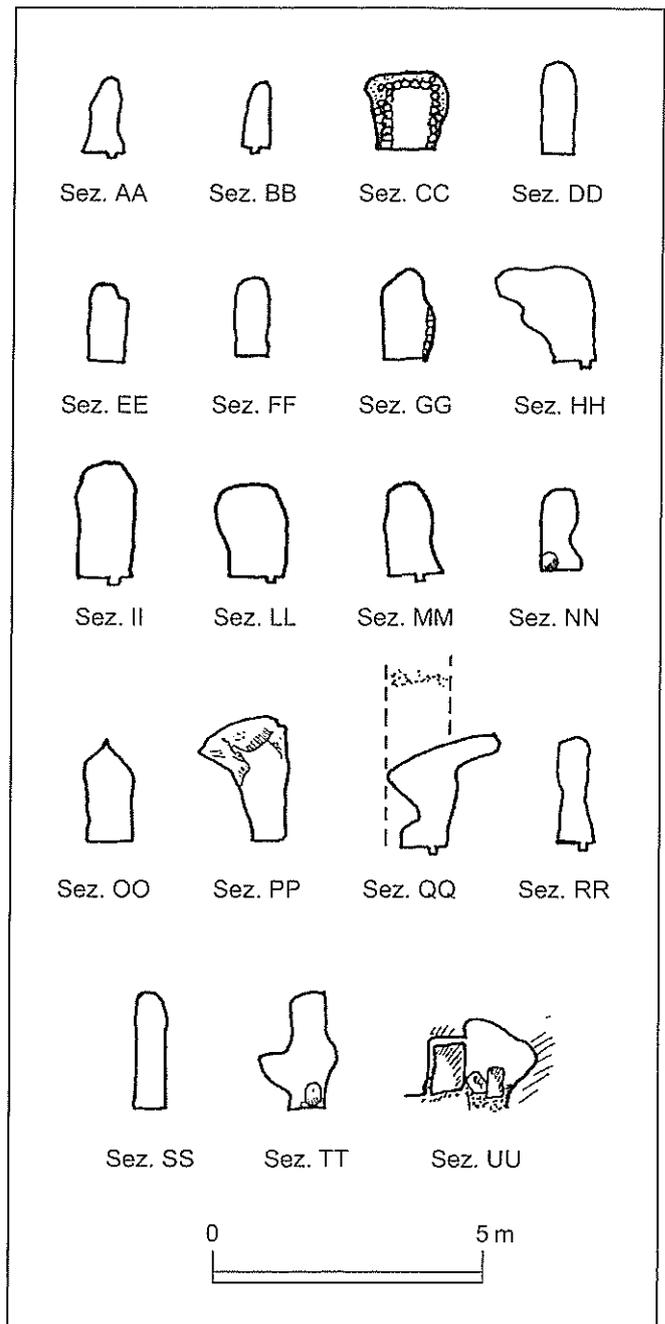


Tavola 6 - Sezioni: Pianta e sezioni del cunicolo di Fontana Tempesta (rilievo degli autori, 1999 - grafica C. Germani, A. De Paolis).

punto chiave dei sentieri sia moderni che antichi dell'area "tra i due laghi", a cavallo cioè dei laghi di Nemi e Albano. Segue un tratto estremamente suggestivo e profondamente incassato nei depositi vulcanici, interrotto da un brusco gradino di circa 20 metri in corrispondenza di uno strato di lava più compatta.

Successivamente, dopo essere passato sotto la strada Giardino-Nemi, il torrente diviene meno acclive ed attraversa orti e serre, sfociando nel lago accanto al Museo delle Navi.

Il cunicolo di Fontana Tempesta (tav. 6) alimenta tutt'ora l'omonima fontana, ma la sua realizzazione è sicuramente molto precedente alle vasche che oggi alimenta.

La galleria si apre immediatamente alle spalle del fontanile (fig. 11) e si sviluppa sostanzialmente rettilinea per un centinaio di metri in direzione nord e chiude su una frana, causata probabilmente dall'apertura della strada boschiva tra il fontanile stesso e la SS 217 "Via dei Laghi". Poco prima dell'occlusione, una galleria sulla destra, più recente ed interamente rivestita con un muretto a calce e selce (fig. 12), sembra voler aggirare l'ostacolo, ma termina dopo pochi metri.

La sezione è in media di 70 cm di larghezza per 170/180 cm di altezza, interamente non rivestita, ad eccezione di un breve tratto nella zona terminale.

Da notare un pozzo ormai ostruito a pochi metri dall'ingresso e le tracce di scavo rilevabili sulle pareti del tratto terminale, che indicano una lavorazione effettuata dalla frana verso l'interno, a testimonianza del fatto che la galleria doveva proseguire oltre la frana stessa, probabilmente sino ad un ulteriore pozzo.

La presenza, altrimenti inspiegabile, di un pozzo di aerazione a pochissimi metri dall'ingresso è testimonianza di profonde modificazioni intervenute in tempi relativamente recenti nella struttura dell'area, ed in particolare di un arretramento del punto di uscita delle acque valutabile in almeno una decina di metri.

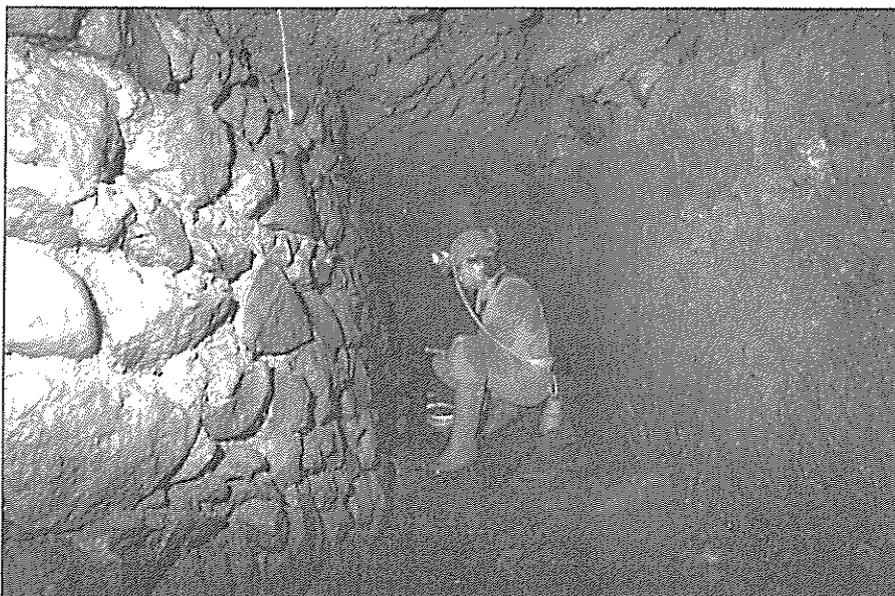


Figura 12 - Il tratto finale del cunicolo di Fontana Tempesta (foto C. Germani).

La storia del fontanile e della sua rete di captazione, tenuto conto degli altri cunicoli presenti nell'area immediatamente circostante (tav. 7), appare piuttosto complessa e correlabile con quella delle CA183 e CA248 ("cunicoli di Vitellio") e l'acquedotto Fontana (CA184). In particolare alcuni rimaneggiamenti dell'area di presa, che in antico doveva essere più este-

sa dell'attuale, potrebbero essere legati alla realizzazione di una nuova struttura idraulica da Tempesta verso i PP. Cappuccini di Genzano (gli attuali Salesiani), avvenuta intorno al 1724/26, dopo che la realizzazione dell'acquedotto Fontana verso Velletri, circa un secolo prima, doveva aver alterato in modo significativo la condizione dei cunicoli idraulici della zona.

Infine la realizzazione della strada forestale tra la SS217 e Fontana Tempesta deve aver nuovamente danneggiato i condotti provocando una serie di crolli che hanno ostruito parte dei cunicoli di questo acquedotto e di quelli circostanti.

Acquedotto delle Mole di Nemi - (Acquedotto Facciate di Nemi)

Dati identificativi dell'ipogeo

Numero di catasto SSI: CA234LaRM

Tipologia SSI: A3 (cunicolo di trasporto)

Comune: Nemi;

Località: Orti di S.Nicola-Le Mole

Posizione: 41° 44' 14,5" N; 12° 42' 41,9" E (GPS Garmin ETrex)

Quota: 400 m s.l.m. (GPS)

Sviluppo: 276 m (rilievo effettuato con bussola/eclimetro SUUNTO e fettuccia metrica).

In loc. Orti di S.Nicola sono ben visibili resti di alcuni opifici in stato di abbandono noti come Mole di Nemi, risalenti forse al XVI sec. ed attivi fino agli inizi del secolo scorso, oltre ad alcuni ipogei sepolcrali del V o VI sec. d.C., ormai del tutto diruti.

Lungo il sentiero che conduce alla CA2 (Romitorio di S.Michele), una diramazione appena visibile porta ad un acquedotto che convogliava le acque delle vicine sorgenti di "Facciate di Nemi" alle gore delle sei mole prima citate (tav. 8).

Sulla destra del portello di ingresso si nota una porzione abbandonata dell'opera in questione, qui interrotta per convogliare le acque verso gli opifici sottostanti.

Questo tratto abbandonato di acquedotto (fig. 13) è letteralmente tagliato, dopo circa 150 metri, da una frana oltre la quale è stata individuata un'ulteriore porzione del cunicolo, di circa cento metri di sviluppo e non riportata nel rilievo di tavola 8,



Figura 13 - Acquedotto delle Facciate di Nemi: tratto di galleria abbandonato e tagliato lateralmente in corrispondenza di un pozzetto di aerazione (foto C. Germani).

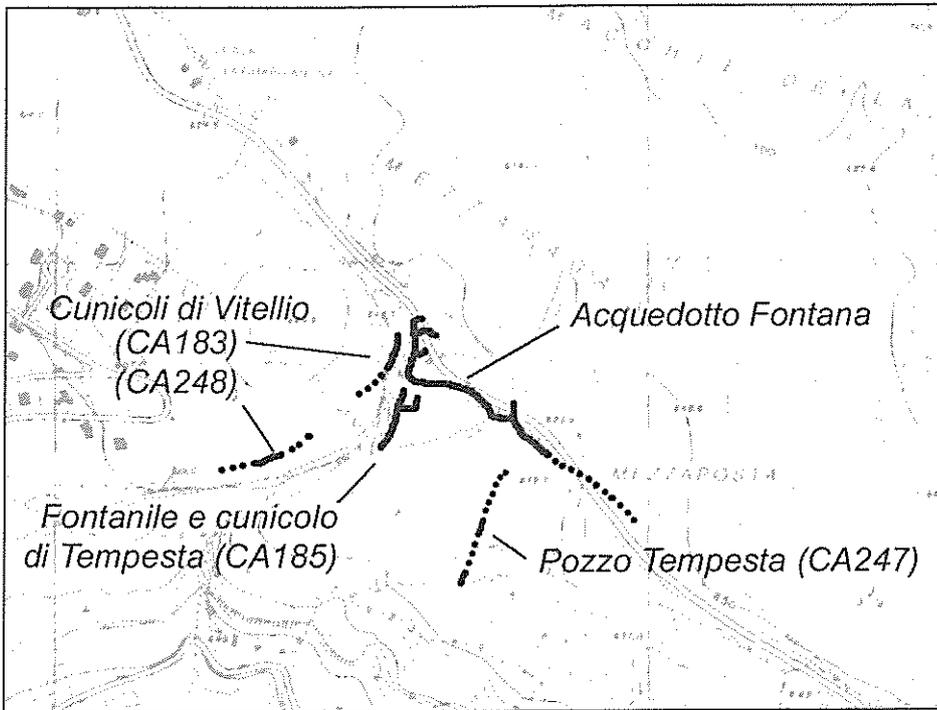


Tavola 7 - Il sistema di cunicoli idraulici attorno al Fontanile di Tempesta (rilievi degli autori, 1999 - grafica C. Germani, A. De Paolis).

quasi del tutto interrata e ruotata rispetto all'asse principale di circa 20°, probabilmente a causa del movimento franoso che ne ha provocato la rottura.

È interessante notare che il movimento del pendio ha causato il taglio del condotto in corrispondenza della linea di distacco, ma che il cunicolo stesso è rimasto sostanzialmente intatto (ad eccezione della rotazione) ed è risultato talmente resistente da essere successivamente utilizzato come costruzione di un grande muro di terrazzamento.

La porzione terminale di questo tratto si trova all'interno del vallone scavato dal Fosso di Nemi, oltre il quale non sono state rinvenute ulteriori tracce del condotto.

L'acquedotto, in uso fino al secolo scorso, si presenta in buono stato di conservazione, caratterizzato da volta a cappuccina ottenuta con calcestrutto e bipedali laterizi di 60 x 60 cm, molti dei quali

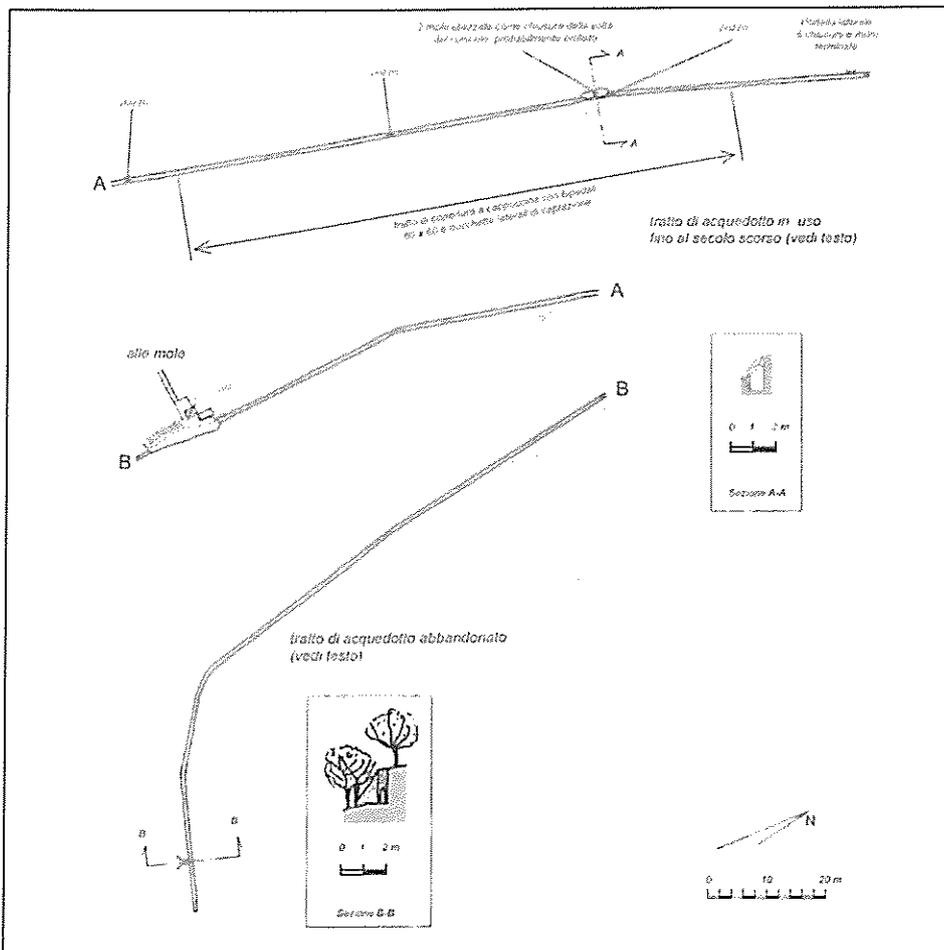


Tavola 8 - Pianta e sezioni del cunicolo dell'acquedotto delle Facciate di Nemi (rilievo degli autori, 2003 - grafica C. Germani, A. De Paolis).

ancora *in situ* (fig. 14). Il condotto è inoltre rivestito in gran parte da mattoni ed intonaco idraulico.

I bipedali della volta sono concentrati nella parte più interna del cunicolo, mentre vicino agli ingressi e nella porzione a valle (compresa quella frana ed oggi inaccessibile) risultano mancanti, probabilmente trafugati.

L'opera si sviluppa molto vicino alla superficie tanto che la parete verso il lago è quasi sempre ottenuta con calcestruzzo a selce la cui parte esterna è a tratti ben visibile dal sentiero e può essere facilmente confusa con i muri sostruttivi dei terrazzamenti, presenti in gran numero nell'area.

Lunghe porzioni del cunicolo presentano, sul lato interno, una serie di bocchette di presa realizzate con mattoni di circa 3 cm di spessore (fig. 15).

Singolare (e dall'interno anche piuttosto inquietante) l'utilizzo di due mole di circa un metro di diametro (tav. 9 e fig. 16) poste a chiusura di un tratto sprofondato della volta, in prossimità di un pozzo di aerazione.

Tutti i manufatti laterizi presenti all'interno del condotto recano bolli di varie tipologie, rilevabili anche sulle impronte in negativo lasciate sulla calce di allettamento dei bipedali asportati.

Lo studio di queste importanti evidenze (fig. 17) è tutt'ora in corso mentre una nota preliminare è stata pubblicata a cura di G. Filippi in Dobosz T. et alii,



Figura 14 - Acquedotto delle Facciate di Nemi: un tratto di galleria e, sulla sinistra, una delle numerose bocchette di presa (foto C. Germani).

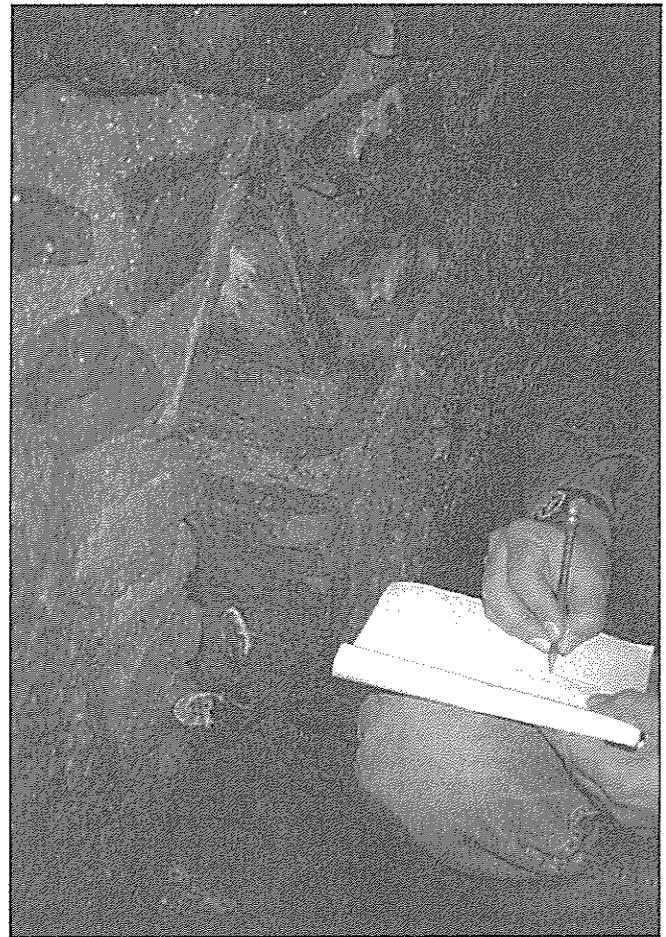


Figura 15 - Acquedotto delle Facciate di Nemi: una bocchetta di presa sul lato a monte del cunicolo (foto C. Germani).

2003. Tale importante ritrovamento della nostra Associazione, ha consentito di datare con ragionevole certezza l'opera al II sec. d.C. (con un *terminus post quem* tra il 154 e il 155 d.C.) ed ha permesso, inoltre, la datazione per comparazione di alcune tipologie di bollati di epoca fino ad ora incerta.

Il cunicolo termina su una chiusura in muratura di fattura recente, oltre la quale l'opera prosegue, diruta e ridotta ad una trincea, nell'area della mitica Fonte Egeria citata da Strabone in *Geografia* V,12, che insieme al Fosso di Nemi ed al Fosso di Tempesta alimentava il lago di Nemi.

L'attuale serbatoio di Facciate di Nemi sorge pochi metri più in basso ed è ben visibile dal sentiero. Sia il cunicolo antico che la moderna opera di presa mostrano chiari segni di frane e crolli dovuti probabilmente al terremoto del 1927.

All'interno dell'ipogeo, soprattutto nel periodo estivo, è stato rilevato un forte ristagno di anidride carbonica, tale da causare malori agli autori. L'eventuale visita all'opera va pertanto effettuata adottando le indispensabili precauzioni.

Da misurazioni³ effettuate, il tasso di CO₂ rilevato nel mese di novembre 2002 all'interno dell'ipogeo risultava oscillante tra 1 e 1,5%, in percentuale volumetrica e malgrado la forte corrente d'aria che percorreva il cunicolo. Altre misurazioni effettuate nello stesso periodo ci fanno ritenere che il flusso di CO₂ provenga dal "vespaio" posto fra la parete interna del cunicolo-

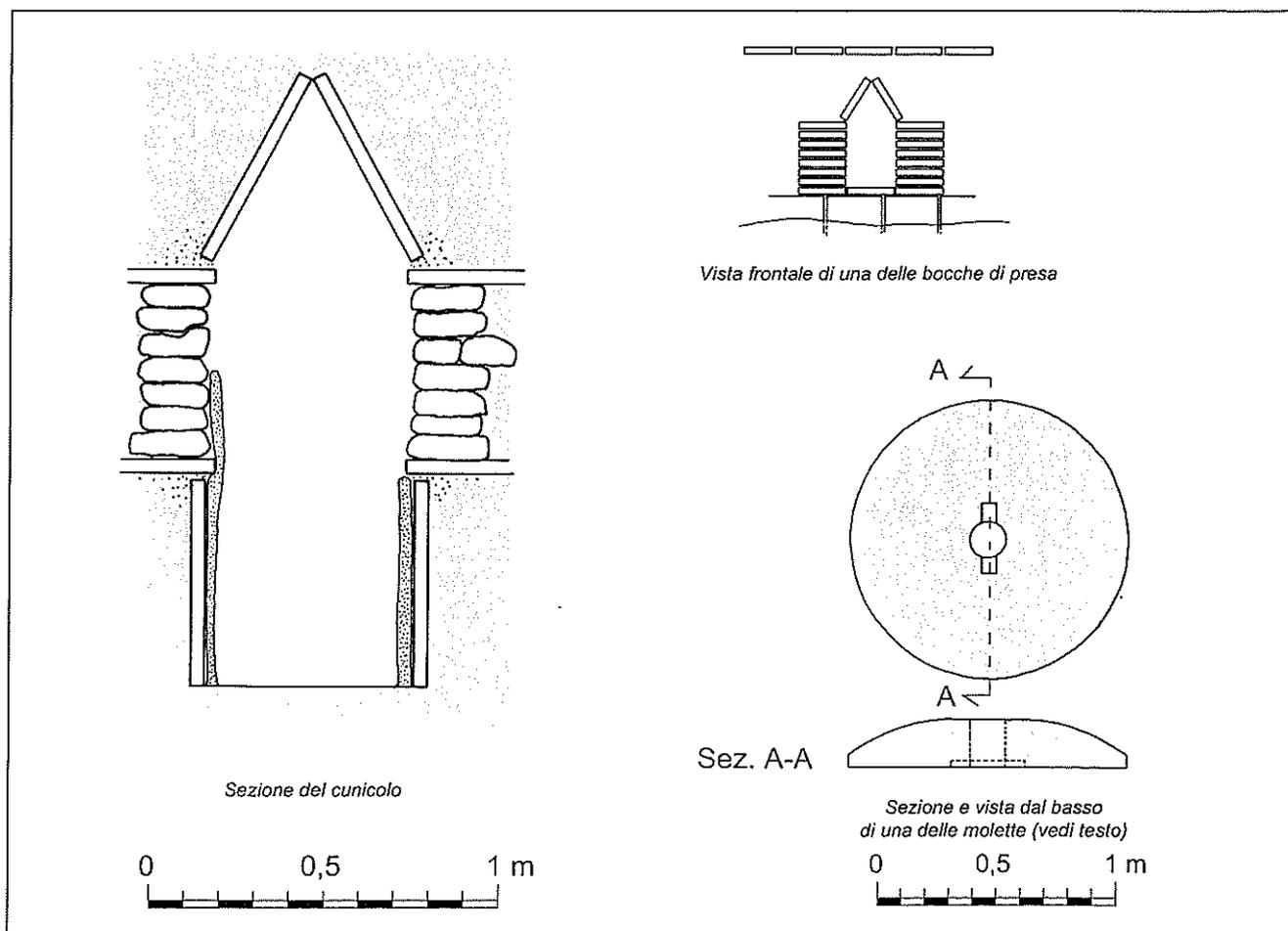


Tavola 9 - Una sezione-tipo del cunicolo dell'acquedotto delle Facciate di Nemi e rilievo di una delle due mole utilizzate per la chiusura di un tratto crollato del condotto (rilievo degli autori, 2003 - grafica C. Germani, A. De Paolis).

lo e la parete rocciosa dalla quale sgorga l'acqua, attraverso le numerose bocchette di presa nelle quali sono stati riscontrati valori di anidride carbonica fino al 5-6%.

L'elevato livello di CO_2 potrebbe essere correlato ai processi di decomposizione che avvengono nel terreno. È noto che la pressione parziale di CO_2 nelle acque contenute nei vuoti di alcuni suoli può raggiungere il valore di una atmosfera e che le stesse acque, una volta entrate in un cunicolo (o, nel caso, nel "vespaio") si mettono in equilibrio con l'ambiente liberando l'anidride carbonica in eccesso. Naturalmente non si può escludere che il fenomeno sia invece legato al vulcanesimo residuale dei Colli Albani.

Occorre infine notare che la maggior parte dei bipedali ancora *in situ* si trova nella porzione di condotto ove maggiore è risultato il ristagno di CO_2 , probabilmente a testimonianza del perdurare del fenomeno da lungo tempo.



Figura 16 - Acquedotto delle Facciate di Nemi: una delle mole utilizzate per riparare il tratto di volta crollato (foto G. Filippi).

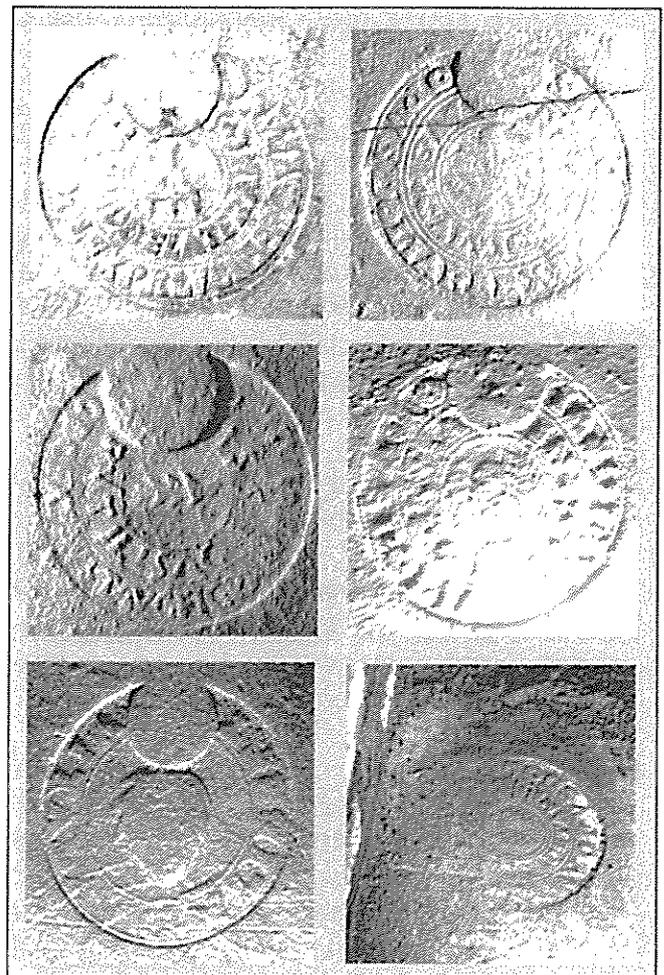


Figura 17 - Alcuni bolli laterizi rinvenuti nel cunicolo dell'acquedotto di Facciate di Nemi. Si trovano tutti sui bipedali della volta ad eccezione dell'ultimo, posto su un mattone di una bocchetta di presa (foto ed elaborazione C. Germani, T. Dobosz).

Bibliografia

- AAVV 1985, *Approvvigionamento idrico per usi civili nella provincia di Roma, Provincia di Roma*, Ass. Sanità e Ambiente, Roma.
- AAVV 2004, "Il Catasto nazionale delle Cavità Artificiali", in: *Opera Ipogea*, 2/3, 2004, SSI, Bologna; Erga Ed., Genova.
- ANDRETTA D., VOLTAGGIO M. 1988, "La cronologia recente del vulcanesimo dei Colli Albani", in: *Le Scienze*, 243, novembre 1988, Le Scienze, Milano.
- ARDITO F. 1990, *Città sotterranee*, Mursia, Milano.
- BASSANI P., LOTTI L. E CANTIANI G.P. 1999 (?), *Il Vallone di Tempesta*, Nemi.
- CASTELLANI V. ET AL. 2003, "L'emissario del lago di Nemi. Indagine topografico-strutturale", in: *Opera Ipogea*, 2/3, 2003, SSI, Bologna; Erga Ed., Genova.
- CHIARUCCI P. 1986, *Il Lazio antico. Dalla protostoria all'età medio repubblicana*, Palearni Ed., Roma.
- DEVOTI L. 2002, *La via Sacra o Trionfale e il Tempio di Giove Laziale del Monte Albano*, ed. La Spiga, Rocca di Papa (RM).
- DOBOSZ T., FILIPPI G., GALEAZZI C. & S., GERMANI C. 2003, "Gli ipogei aricini, nemorensi e del lago di Albano", in: *Opera Ipogea*, 2/3, 2003, SSI, Bologna; Erga Ed., Genova.
- FELICI A., CAPPÀ G. 1991, "Cavità Artificiali: prospettive di esplorazione e sviluppo nel Lazio. Primi risultati", in: *Notiziario dello Speleo Club Roma*, 10, dicembre 1991.
- FILIPPI G. 2003, "Nota preliminare sui bolli laterizi rinvenuti all'interno dell'acquedotto Facciate di Nemi", in: *Opera Ipogea*, 2/3, 2003, SSI, Bologna; Erga Ed., Genova.
- FUNICIELLO R. ET AL. 1995, "La geologia di Roma. Il centro storico," in: *Memorie descrittive della Carta geologica d'Italia*, I, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- FUNICIELLO R. ET AL. 2002, *L'attività recente del cratere del Lago Albano di Castelgandolfo*, Rend. Fis. Acc. Lincei, ser.9, 13, pp. 113-143, Roma.
- GALEAZZI C. ET AL. 1999, "Opere idrauliche in Ariccia ed Albano Laziale. Prima nota sugli acquedotti del Malaffitto", in: *Opera Ipogea*, 2, 1999, SSI, Bologna; Erga Ed., Genova.
- LENZI G. 2000, "Il territorio nemorese dalla preistoria al medioevo", in: *Nemi - Statu quo*, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- LILLI M. 2001, "L'acquedotto romano di Lanuvio. Un esempio di speco realizzato secondo le indicazioni di Vitruv. VIII.6.3", in: *Analecta Romana Instituti Danici*, XXVII, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- LILLI M. 2002, *Ariccia - Carta archeologica*, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- NINI R. 1999, "Il rispetto dei canoni imposti da Vitruvio e da Plinio nello scavo dei condotti idrici sotterranei. Gli esempi dell'acquedotto Formina di Narni e del Buco del Diavolo di Camerano", in: *Atti del Convegno "La memoria del sottosuolo"*, (a cura di) Campagnoli M. e Recanatini R., Comune di Camerano.
- PAVIA C. 1996, "I pozzi del lago di Nemi", in: *Forma Urbis*, 9, settembre 1996, Sydaco Ed., Roma.
- RATTI N. 1797, *Storia di Genzano con note e documenti*, ristampa anastatica, Arnaldo Forni Editore, Bologna, 1975.

Note

1 - Centro Ricerche Sotterranee "Egeria" - Via Nicola Nisco 2, 00179 Roma. - www.egeriasotterranea.it

2 - Questa notazione (CA numero) e le successive si riferiscono al Catasto Nazionale delle Cavità Artificiali curato dalla Società Speleologica Italiana (www.ssi.speleo.it) e pubblicato in [AAVV, 2004], dove CA=cavità artificiale, numero=numerazione progressiva regionale cui normalmente seguono, non riportate in questo contributo per agevolare la lettura, La=Lazio (sigla regione) ed RM=Roma (sigla automobilistica della Provincia). Nell'opera citata sono inoltre disponibili la località dell'ipogeo, la tipologia espressa in forma sintetica ed i dati necessari all'individuazione dei titolari del ritrovamento e dello studio effettuato.

3 - per le misure sono state utilizzate fialette Dräger ed un misuratore elettronico DWGT mod. Pac III S, della stessa ditta, con sensori per CO, CO₂ e SO₂

4 - Società Speleologica Italiana - www.ssi.speleo.it

Il sistema delle *foggaras* in Algeria tra epoca antica e moderna

Stefano De Angeli, Stefano Finocchi

Caratteristiche tecniche delle *foggaras*

Con il termine arabo *foggara* (plurale: *feggagir*; radice: *fakara* - scavare) si definisce in Algeria una galleria sotterranea capace di drenare le acque di una falda freatica e di condurle verso aree abitate o terreni coltivabili¹. Si tratta di un sistema tipico delle aree desertiche simile a quello dei *qanats* orientali (il vocabolo deriva dall'accadico *qanu*) e conosciuto sotto vari nomi: *falaj* in Arabia, *khattara* in Marocco, *kariz* in Persia, *madjira* in Andalusia e molti altri².

Dei pozzi di aerazione verticali, scavati a distanze regolari, collegano la galleria con la superficie: essi sono indispensabili in fase di scavo del condotto e per le successive operazioni di pulizia. I materiali di spurgo così recuperati sono accumulati in superficie intorno alla bocca dei pozzi rendendo visibile la direzione dei condotti sottostanti.

La galleria, caratterizzata da minima pendenza, è scavata a partire dalle aree agricole - oasi - e risale gli alvei della rete idrografica.

La struttura è simile a quella di altri canali sotterranei, come quelli di epoca etrusca o romana per riferirci alla penisola italiana, tuttavia diversa è la concezione alla base della realizzazione.

Stefano De Angeli è professore associato di Archeologia classica presso il Dipartimento di Scienze del Mondo Antico della Facoltà di Conservazione dei Beni Culturali dell'Università di Viterbo.

Stefano Finocchi è assegnista di ricerca, nello stesso Dipartimento, impegnato in un progetto sull'Indagine storica intorno all'origine e la diffusione dei sistemi idrici tradizionali (*foggaras*) nel Vicino e Medio Oriente e nell'Africa settentrionale.

I cunicoli etruschi, brevi tunnel collegati alla superficie da una serie di stretti pozzi distanti tra loro tra i 40 e i 60 m, sono realizzati per scopi prevalentemente potabili; essi sono scavati a poca profondità perché non captano le falde freatiche ma principalmente raccolgono «l'acqua di origine piovana intercettata dal terreno e resa potabile dalla azione filtrante dello stesso. Non si tratterebbe (...) di intercettazione di falde più o meno profonde, o di captazione di sorgenti perenni, ma di tunnel, piuttosto superficiali, di emungimento delle acque filtrate in occasione di ogni singola pioggia, anche di quelle più modeste del periodo estivo»³. Un sistema simile dunque, ma che si sviluppa in un territorio naturalmente più ricco di acqua, in cui i cunicoli sono scavati sui versanti o ai piedi dei rilievi tabulari e si dispongono lungo le curve di livello⁴.

Anche con gli acquedotti sotterranei romani si hanno similitudini strutturali, in particolare per quel che riguarda i pozzi d'areazione (*putei*), che Vitruvio raccomanda di realizzare a intervalli di centoventi piedi (ca. 35 m) l'uno dall'altro, o le dimensioni standard dello *specus* (elementi questi fortemente legati ad aspetti costruttivi e che sono comuni a tutti i condotti subaerei preindustriali); in questo caso tuttavia si tratta principalmente di condotti realizzati in profondità che captano e convogliano sorgenti o fonti sotterranee e che possono integrare la propria portata con acque percolate dalle pareti dei tunnel stessi⁵.

Le *foggaras*, al contrario, si basano su un sistema di emungimento degli strati permeabili, di quegli strati intrisi cioè di "acque libere" sotterranee (falda freatica) provenienti dalle normali precipitazioni o dalle condensazioni di superficie (precipitazioni occulte), aspetto questo di primaria importanza nelle regioni semi-aride e desertiche⁶.

La galleria partendo dalle aree agricole penetra nel terreno delle vallate alluvionali e risalendo la stratificazione geologica raggiunge l'insieme degli strati permeabili della falda freatica. La *foggara* è quindi costituita da una parte attiva drenante, corrispondente al tratto iniziale che penetra nei livelli idrogeologici, e da una parte normalmente più lunga con funzione adduttrice che giunge fino al punto di distribuzione delle acque nelle aree agricole: maggiore è la superficie drenante di captazione e maggiore sarà quindi la portata di acqua⁷.

Il drenaggio può provocare conseguentemente un abbassamento della falda freatica e necessariamente un esaurimento della *foggara*. In questo caso si può prolungare a monte il tratto drenante, ove le condizioni geologiche lo consentano, oppure si può approfondire la galleria con derivante aumento dell'altezza dello *specus*, infine si può creare una nuova galleria al di sotto della precedente (cfr. *infra*).

Altra caratteristica fondamentale e peculiare del sistema *foggaras* è il ruolo dei pozzi; essi, oltre che in fase di realizzazione del sistema, hanno una importante funzione al fine del deflusso e della rigenerazione dell'acqua stessa. Tutti i normali condotti idraulici sotterranei sono infatti necessariamente provvisti di pozzi seriali, per lo spurgo dei materiali di risulta al momento dello scavo e della manutenzione⁸. Diversamente il gran numero di pozzi delle *foggaras* non risulta legato solo a tali motivi tecnici.

Secondo recenti studi grazie alla presenza dei pozzi verticali, necessa-

riamente aperti, la pressione atmosferica interna della galleria è mantenuta pari a quella esterna e ciò consente lo scorrimento dell'acqua anche a pendenze minime⁹; inoltre, le pareti dei pozzi trattengono il vapore acqueo e facilitano la condensazione favorendo così la produzione di acqua. E' forse anche grazie a questo motivo se nell'Ahaggar (Algeria meridionale), ad esempio, la distanza tra i pozzi è tra 2 e 4 m e in genere nelle aree desertiche sahariane non supera i 10 m. Proprio le forti escursioni termiche giocano un ruolo fondamentale nel sistema *foggaras*: durante la notte il calo di temperatura provoca una condensazione di superficie assorbita dal terreno (precipitazione occulta), nei pozzi e nella galleria, permettendo così di generare acqua di condensazione che va ad aggiungersi alle acque di captazione¹⁰. Questo è un processo molto importante nelle aree desertiche perché crea delle riserve di acqua che le *foggaras* riescono a captare e che altrimenti si disperderebbero nel terreno. La conoscenza e l'importanza di tale processo ha portato alla realizzazione nel Touat (sud-ovest dell'Algeria) di sistemi di *foggaras* cosiddetti "di superficie" che sfruttano principalmente questo processo¹¹.

Non si tratta quindi unicamente di un "acquedotto", ma di un sistema dinamico in grado di drenare in modo sostenibile la falda freatica e di generare esso stesso acqua, eliminando così l'inevitabile dispersione.

* * *

Il sistema idrico basato sui *qanats/foggaras* è un sistema che non può che essere concepito in presenza di insediamenti stabili impegnati in attività agricole consistenti. Esso si sviluppa in Persia in età achemenide, diffondendosi poi velocemente sia in Oriente sia in Occidente; un forte ra-

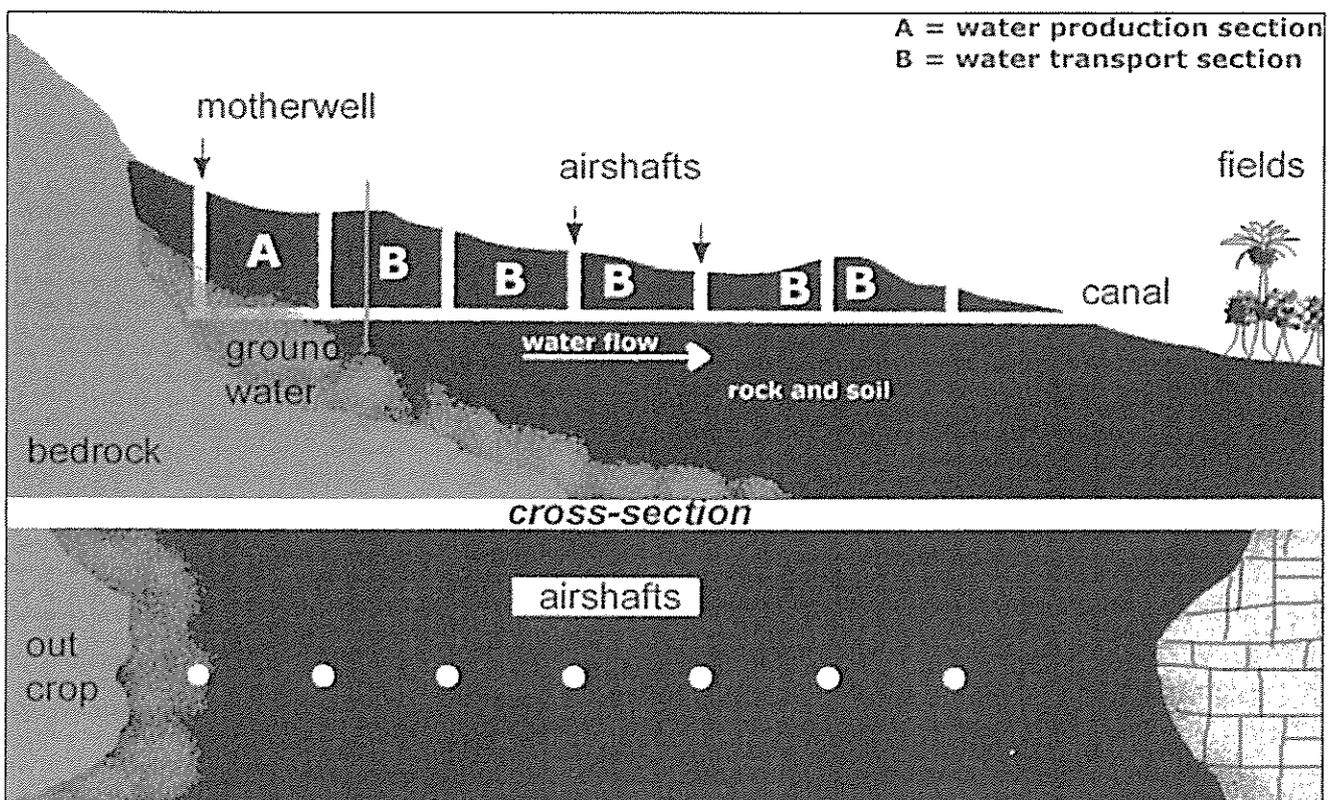


Figura 1.

dicamento e un incredibile sviluppo si ebbe in Europa e nel Mediterraneo durante il periodo islamico e ad opera dei *conquistadores* raggiunse l'America latina: il sistema si è espanso a tal punto che ancora oggi in molte parti del mondo, dalla Cina all'America, l'approvvigionamento idrico è assicurato grazie all'uso di questa tecnica. L'Africa settentrionale conserva oggi il maggior numero di *foggaras*, principalmente nelle aree sahariane algerine di Gourara, Touat, Tidikelt e Ahaggar¹²; è stato calcolato che in queste regioni le gallerie drenanti raggiungono uno sviluppo complessivo tra i 3000 e i 6000 km (cfr. *infra*).

Origine e diffusione delle foggaras

Nel 1979 H. Goblot dedicava una monografia allo studio delle gallerie drenanti dal titolo *Les qanats: une technique d'acquisition de l'eau*¹³. Da allora le conoscenze sui *qanats/foggaras* sono di gran lunga progredite, nonostante ciò il volume rimane a tutt'oggi la base per ogni ulteriore approfondimento.

Il merito principale dell'opera è quello di aver definito un *paysage à qanats* sulla base di considerazioni climatiche, idrogeologiche e topografiche che hanno consentito all'autore la realizzazione di un primo catalogo dei *qanats* e delle *foggaras* noti, dall'Oriente all'estremo Occidente. E' stata la prima opera d'insieme sulla tecnologia delle gallerie drenanti che ne ha analizzato in termini storici e archeologici l'origine e la diffusione.

In modo molto schematico possiamo riassumere l'origine e lo sviluppo della tecnica, quale emerge dal lavoro di H. Goblot, come segue: il *qanat* è una tecnica di origine mineraria attestata per la prima volta nell'Iran nord-occidentale tra il IX e l'VIII sec. a.C., diffusasi poi in Oriente e in Egitto grazie al grande impulso dato allo sfruttamento agricolo dall'impero achemenide. Dall'Egitto sarebbe, forse, passata in Libia, nel deserto del Fezzan, e in parte del nord Africa nella successiva età imperiale romana¹⁴. Con l'islamizzazione, a partire cioè dal IX d.C. (periodo Aglabide), ci fu una grande diffusione della tecnica; che fu impiegata anche in Marocco (*rhattarakhattara*), nelle grandi oasi del

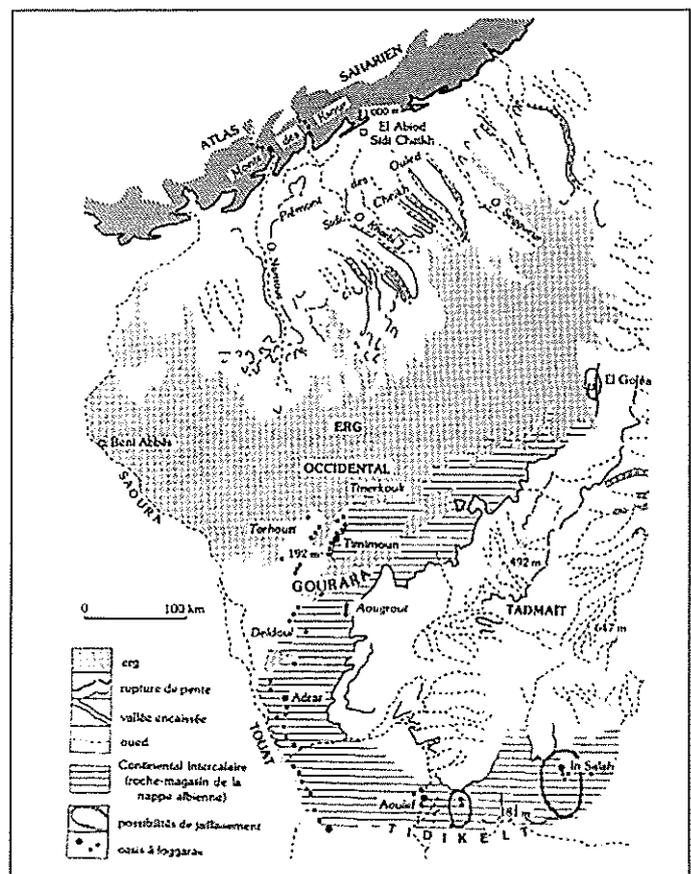


Figura 2.

Sahara algerino (*foggara*), nella Penisola Iberica (*pozeria-galeria filtrante*); infine i *conquistadores* sarebbero alla base dello sviluppo della tecnica in America Latina¹⁵.

Fino ad anni recenti le ipotesi evoluzioniste di H. Goblott hanno rappresentato la base di partenza per molti studiosi che si sono interessati al problema¹⁶. Solo con il colloquio *Irrigation et drainage dans l'antiquité. Qanats et canalisations souterraines en Iran, en Egypte et en Grece*, svoltosi a Parigi nel 2000¹⁷, si è rimessa in discussione l'origine e l'evoluzione delle gallerie drenanti, sottolineando in particolare, da un lato, l'assenza di qualsiasi documento archeologico ed epigrafico relativo ai *qanats* in Urartu tra IX e VII sec. a.C. (M. SALVINI, *Pas de qanats en Urartu!*) e presentando dall'altro quelli che sono ad oggi i più antichi *qanats/foggaras* conosciuti, quelli cioè di età persiana di 'Ayn Manawir in Egitto (M. WUTTMANN, *Les qanats de 'Ayn-Manawir (oasis de Kharga, Égypte)*).

Nell'affrontare il problema dell'origine dei *qanats/foggaras* appare utile partire dalla descrizione del sistema che ci offre Polibio nelle sue *Storie* (X, 28, 2-4) relativamente alla Persia del III sec. a.C.: «Nei luoghi di cui si è parlato non si vede in superficie nessuna traccia d'acqua, ma esistono invece molti acquedotti sotterranei dotati di pozzetti, anche nei tratti in deserto, sconosciuti a chi non è pratico dei luoghi. In merito a queste opere gli abitanti del luogo narrano una storia veritiera; dicono che, al tempo in cui i Persiani erano signori dell'Asia, concessero il diritto di coltivare la regione, per cinque generazioni, a coloro che avessero condotto acqua dalla sorgente in luoghi fino ad allora non irrigati. Perciò, essendo il Tauro ricco di molte e abbondanti vene d'acqua, gli interessati affrontarono ogni genere di spesa e di sacrificio per costruire acquedotti sotterranei tanto lunghi, che, al giorno d'oggi, nemmeno coloro che utilizzano l'acqua fanno da dove essa realmente provenga»¹⁸.

Non è nostra intenzione entrare nelle problematiche di ordine filologico della fonte, ampiamente discussa tra l'altro in letteratura¹⁹; interessa in questa sede sottolineare alcuni aspetti che sembrano utili ai fini dell'analisi e dello sviluppo del sistema. In particolare sottolineiamo il riferimento all'assenza di acqua in superficie ricordato da Polibio e quindi la capacità empirica da parte delle maestranze di riconoscere aree umide, falde o fonti sotterranee da poter sfruttare; la stretta relazione tra il sistema degli acquedotti sotterranei nelle aree desertiche con l'irrigazione dei campi, un indicatore quindi della sedentarizzazione di gruppi umani, e la lunga vita di questi condotti che al tempo di Polibio sono ancora funzionanti.

Quest'ultima considerazione si lega indissolubilmente alle difficoltà di datazione dei molti *qanats/foggaras* ancora oggi in funzione, ma anche a quelli ormai non più in uso che hanno restituito materiali datanti. In questo caso, infatti, i materiali non possono che offrire un terminus ante quem alla data di abbandono dell'opera, ma non di realizzazione. Se associamo a questo il fatto che pochissimi sono ad oggi i *qanats/foggaras* indagati archeologicamente comprendiamo facilmente le difficoltà di inquadramento cronologico per lo studio di tali opere idrauliche.

Così, proprio in Persia, terra d'origine del sistema, si hanno numerosi esempi di fitte reti di *qanats/kariz* come quelli di Persepoli²⁰, della valle

d'Islamabad o delle regioni di Nishapur, Yazd, Shahdad o Khorassan, certamente antichi ma per i quali non si hanno cronologie certe²¹.

Ad una datazione sicura d'età persiana ci riportano invece i *qanats/foggaras* di 'Ayn Manawir in Egitto. Il sito si trova nell'oasi di *El Kharga* e rappresenta un fondamentale nodo sulle vie carovaniere che si dipartono verso sud e verso ovest nel deserto occidentale egiziano²². 'Ayn Manawir ha restituito tracce di occupazione umana dalla preistoria (tra Paleolitico e Neolitico) sino al III sec. d.C. con un lungo periodo di crisi tra la fine del III millennio a.C. sino a età persiana: crisi che è stata messa in relazione con il probabile essiccamento delle sorgenti di acqua. Il nuovo sviluppo dell'insediamento, come documentato dalle ricerche sul campo, si colloca in età persiana e coincide con la realizzazione di un complesso sistema d'irrigazione a *foggaras* intrapreso nel corso del V sec. a.C. e del tutto funzionante durante il periodo tolemaico e in parte durante l'età romana²³. A seguito di questi dati assumono certamente notevole importanza storica, nell'ottica di un passaggio del sistema verso Occidente, le notizie circa la presenza di *qanats* nelle oasi a nord e a ovest di *El Kharga* e in particolare in quelle di *Bahariya* e di *Dakhla*²⁴.

L'analisi del sistema di irrigazione tramite *foggaras* è uno degli obiettivi principali anche del progetto Fezzan (Libia sud-occidentale), diretto da D. Mattingly della *School of Archaeological Studies* di Leicester²⁵. Le ricerche rientrano in un più ampio progetto di studi che analizza i meccanismi di cambiamento ambientale e gli adattamenti culturali a essi connessi nelle aree del Sahara libico, dalle fasi preistoriche all'affermazione della civiltà garantica avvenuta attorno alla fine del I millennio a.C. Le indagini archeologiche stanno chiaramente evidenziando le strettissime relazioni esistenti tra la prosperità di questo popolo, lo sviluppo dell'agricoltura, la nascita di centri urbani e l'utilizzo del sistema delle *foggaras*, databile nell'area del *Wadi al Ajal* tra la fine del II sec. a.C. e il IV sec. d.C.²⁶. Il sistema è presente quindi nel Fezzan prima dei contatti intercorsi con l'impero romano e verosimilmente è stato introdotto a seguito dei rapporti sviluppatisi per motivi commerciali con le oasi del deserto occidentale egiziano²⁷.

Origine e sviluppo del sistema delle *foggaras* in Algeria

Età antica

L'odierna Algeria include un vasto territorio molto disomogeneo dal punto di vista geomorfologico e storico. Geograficamente una prima grande distinzione si ha tra una regione fertile a nord e una vasta area desertica a sud, intramezzata da un'area che si può definire di steppe. Il territorio fertile è costituito da una stretta fascia litoranea detta *Tell* e da una regione di altipiani che separa il *Tell* dal deserto. Questa strutturazione ha fortemente condizionato la civiltà del Paese: nel territorio fertile, raramente pianeggiante e caratterizzato da rilievi, è sempre stata maggiore

la presenza umana grazie soprattutto alla disponibilità di acqua; la regione degli altipiani, compresa tra le catene di rilievi dell'Atlante del *Tell* e dell'Atlante Sahariano, ha aspetto predesertico fortemente marcato, caratterizzata da vegetazione stepposa e da ampi bacini d'acqua (*Chott*) asciutti per la maggior parte dell'anno: elementi questi che hanno contribuito a un'antropizzazione storica minore rispetto alla regione fertile settentrionale. Molto rara e concentrata principalmente nelle oasi è la presenza umana nel territorio desertico. Una regione costiera, quindi, Mediterranea e votata a un'occupazione stanziale su larga scala contrapposta a una regione predesertica e desertica dove non si possono immaginare processi di sedentarizzazione e programmi di coltivazione, senza attività ben strutturate di canalizzazione delle acque e di irrigazione.

L'importanza dello sfruttamento e della distribuzione delle risorse idriche nelle aree aride è stato ed è l'elemento principale per lo sviluppo umano, che ha portato ad un processo di sedentarizzazione dei gruppi nomadi, e per il controllo politico e amministrativo del territorio, come emerge chiaramente oltre che dai molti lavori sulle opere idrauliche di età romana dell'Algeria²⁸ anche da un noto passo di Plinio, *Nat. Hist.*, XVIII, 188, relativo all'oasi di Tacape (odierna Gabes) oggi in Tunisia: «*Ciuitas Africae in mediis harenis petentibus Syrtis Leptimque Magnam uocatur Tacape, felici super omne miraculum riguo solo. Ternis fere milibus passuum in omnem partem fons abundat, largus quidem, sed et certis horarum spatiis dispensatur inter incolae. Palmae ubi praegrandi subditur olea, huic ficus, fico punica, illi uitis, sub uite seritur frumentum, mox legumen, deinde olus, omnia eodem anno, omniaque aliena umbra aluntur*».

Con particolare riferimento all'Algeria, le aree predesertiche dei monti Aurès conservano molte testimonianze archeologiche relative a condotti sotterranei che possono essere ricondotti, come concezione e struttura, al sistema delle *foggaras*, ad iniziare dall'acquedotto dell'*Aqua Paludensis di Thamugadi*²⁹ (odierna Timgad), noto da un'iscrizione e già letto come tale da diversi studiosi³⁰.

A Timgad, infatti, oltre a numerosi pozzi, cisterne, e all'acquedotto che convogliava le acque di una fonte perenne, l'*Ain Morri* - portata di 40 l/s - il problema dell'acqua fu risolto anche grazie a tale opera idraulica in grado di drenare (*conquirere*) le acque di una falda freatica (*acquae paludensis*)³¹.

Questo di Timgad non rappresenta tuttavia l'unico esempio di un'opera idraulica di età romana riconducibile al sistema dei *qanats/foggaras*. Si tratta sempre, nei casi che segnaliamo, di canalizzazioni sotterranee con minime pendenze e caratterizzate lungo il percorso da pozzi verticali di aerazione, che captano acque dalle falde freatiche, come è il caso di *Hr. Oxhmidia* e *Menea* o di *Ksar el Kelb* di Vegesala, *Ain Ferhat*, *Ain Kharoubi* e *Ain Chabor*, tra le città di Mascula e Timgad, e ancora di Bellezma e Lamasba³². Ancora, in prossimità del centro romano di Badias (odierna Bades), in una veduta aerea del territorio si coglie chiaramente la presenza di alcune *foggaras* attraverso i coni dei pozzi di aerazione. Non si ha alcun dato certo per sostenere una datazione a età romana dell'opera, ma data la forte an-

tropizzazione in questa fase dell'area ciò è senz'altro ipotizzabile³³.

Sulla base della documentazione a nostra disposizione, ci troviamo di fronte a condotti in cui la galleria non è semplicemente scavata nello strato geologico, ma risulta foderata o ricoperta con lastre o pietre; il drenaggio della falda non avviene mai a profondità molto elevate (ciò dipende naturalmente dalla formazione geologica dell'area), i pozzi d'areazione sono sempre presenti con distanze tra i 10 e i 20 m. Nonostante alcune varianti tecniche inevitabili, dovute principalmente a differenze climatiche e geologiche della zona degli Aurès rispetto alle aree sahariane, ci sembra che la soluzione adottata per lo sfruttamento idrico sia molto vicina, e dunque accostabile, alle *foggaras*, il che ci spinge ad alcune considerazioni.

E' interessante segnalare che si tratta di singoli condotti sotterranei che si inseriscono in una articolata organizzazione dello sfruttamento delle risorse idriche, come nel caso della regione di Bades o in quella di Batna. Piccole *foggaras* quindi, brevi condotti idraulici che sembrano a nostro avviso svolgere un ruolo di supporto agli acquedotti principali. Mentre questi ultimi servono infatti i centri urbani, le opere che si rifanno al sistema *qanats/foggaras* sembrano più rivolti a soddisfare le esigenze agricole del territorio, al servizio di piccole comunità agricole e *villae rusticae*. Tale caratteristica emerge anche in altre opere idrauliche del nord Africa riportabili alla medesima tecnica come a Cartagine, con i tunnel drenati di El Soukra o quelli di Sidi Nasseur Allah, sempre in Tunisia³⁴. Bisogna anche ricordare la presenza di quei sistemi idraulici, interpretati come *qanats*, nei territori agricoli occupati da *villae rusticae* di Raschpëtzer, in Lussemburgo, e nella regione di Trier, in Germania, databili tra il II e il III secolo d.C.³⁵.

Sempre nella regione degli altipiani dell'Algeria settentrionale, nell'area di Hodna - in prossimità del centro di Bou Saada - va ricordata la presenza di piccole *foggaras*, non di articolati sistemi, dette *cheggas* che captavano la falda freatica a poca profondità, di probabile datazione islamica e realizzate forse dai Mozabiti³⁶.

Dalla distribuzione delle opere idrauliche di età romana analizzate risulta una concentrazione delle evidenze nell'area tra Batna e Teveste (antica Theveste). Quest'area ha assunto un ruolo fondamentale nella politica di acquisizione territoriale, da Augusto sino a Traiano, nel tentativo di spingere sempre più a sud il *limes* dell'impero. Un processo messo in atto da un lato con l'inserimento e con i tentativi di assimilazione delle popolazioni indigene e dall'altro con la presenza stabile di militari della *legio Africana*. Con Traiano si rafforza il castrum flavio di Lambesi, dove si insedia la *legio III Augusta*, si fonda la colonia di Thamugadi, nascono i *castra* di Theveste e di Gemellae. Con Adriano questi *castra* diventano anche centri civili³⁷. In quest'area assistiamo dunque a un'intensa urbanizzazione e organizzazione del territorio grazie soprattutto alla presenza militare, che potrebbe aver partecipato allo sfruttamento delle risorse idriche con la realizzazione di sistemi assimilabili alle gallerie drenanti.

Ci si domanda a questo punto se l'utilizzo di simili *foggaras* nell'Algeria e nella Tunisia romana, tecnicamente condizionate dalle caratteristi-

che geografiche del territorio, sia diretta conseguenza della presenza romana che sviluppò *in loco* la tecnica degli acquedotti sotterranei o se invece non sia dovuta alle conoscenze tradizionali indigene, nel campo dello sfruttamento delle risorse idriche dell'area, con le quali i Romani entrano in contatto e che, una volta acquisite, contribuirono a sviluppare nel quadro di una politica di sfruttamento rurale e di controllo territoriale³⁸.

La specifica tecnica delle *foggaras*, la cui diffusione in alcune zone desertiche dell'Africa del nord (Egitto, Fezzan libico) è tra l'altro attestata, come si è visto, già a partire dal V sec. a.C., induce a ritenere non improbabile la seconda ipotesi, il che evidentemente chiama in causa la compagine etnica che storicamente occupava l'area in questione e in particolare quella dei Getuli.

Questi abitavano un territorio che oggi possiamo solo tratteggiare, a sud dell'odierna Cirta tra i rilievi degli Aurès e la Sirte (Florus, *Epitome Bellorum Omnium Annorum DCC*, 2, 31: *Musulamos atque Gaetulos accolos Syrtium*). Una popolazione composita, costituita verosimilmente, come sostiene E. Fentress, da tribù nomadi, dedite alla pastorizia, e da genti stanziali raccolte in insediamenti stabili³⁹. A riguardo il *Bellum Africum* (25, 2) ricorda *duo oppida Gaetulorum*, mentre Strabone (17, 3, 9) riferisce di abitazioni nel territorio dei Getuli. Interessanti appaiano anche i vari riferimenti presenti nelle fonti letterarie circa la capacità dei Getuli di tingere le tuniche con la porpora ottenuta dalla lavorazione dei murici (Ovidio, *Fasti*, 2, 319: «*tenuis tunicas Gaetulo murice tinctas*»; Plinio, *Nat. Hist.*, VI, 201, 8: «*Gaetulicam purpuram tinguere instituerat*»), attività questa che necessita di impianti stabili per la lavorazione, come ben si evince da quelli dei Fenici e dei Punici maestri nella lavorazione della porpora; inoltre, questo particolare aspetto economico dei Getuli consente di spostare i confini della *Gaetulia* fino alle aree costiere nord africane.

Tramite questa compagine etnica, ancora poco nota all'archeologia, i Romani potrebbero essere entrati in contatto, in questo territorio, con la tecnica delle gallerie drenanti che i Getuli, a loro volta, potrebbero aver appreso dai Garamanti con i quali vi erano state alleanze in funzione antiromana, ai tempi della spedizione di Cornelio Balbo (20-19 a.C.)⁴⁰.

Si tratta evidentemente solo di un'ipotesi di lavoro che tuttavia sembra trovare qualche sostegno in informazioni, le più varie, che emergono dall'analisi di fonti epigrafiche e letterarie, relativamente sia alla capacità acquisita dai militari romani, proprio in questo territorio, di risolvere problemi relativi al rifornimento idrico, sia all'acquisizione di professionalità specifiche e sfruttate in altre parti dell'impero. Ci riferiamo, ad esempio, al noto episodio del *veteranus librator Nonius Datus* di Lambesi (CIL VIII, 2728), chiamato negli anni attorno al 150 d.C. a *Saldae* (odierna Bejaia) per risolvere alcuni errori commessi nello scavo del tunnel di El Habel per il passaggio dell'acquedotto che captava la sorgente di Toudja a circa 17 km di distanza dalla città. Interessante è dunque la provenienza del *librator* proprio da quel territorio dove abbiamo visto concentrarsi sistemi assimilabili alle *foggaras*, e per di più già occupato dai Getuli.

In epoca più tarda (IV secolo d.C.) è riconosciuta da Cassiodoro a specifici professionisti di provenienza africana la capacità empirica di individuare falde acquifere sotterranee in zone suburbane di Roma, utilizzabili a fini potabili o agricoli; la fonte ricorda anche lo scavo dei tunnel per il trasporto dell'acqua, dalla captazione alla distribuzione, da parte di un corpo specializzato (Cassiodoro, Variarium, LIII).

Età post antica

Le *foggaras* algerine, come abbiamo ricordato all'inizio di questo contributo, si trovano principalmente nelle grandi oasi sahariane delle province di Gourara, Touat, Tidikelt e nell'Ahaggar.

Le oasi di Gourara, Touat e Tidikelt si collocano nel sud-ovest del Sahara algerino e costituiscono quella che potremmo definire una unità territoriale regionale basata su caratteristiche comuni sia dal punto di vista geografico (si tratta di zone tra le più aride del mondo), sia per l'intenso sviluppo agricolo, basato appunto sull'esistenza di simili sistemi tradizionali di sfruttamento delle risorse idriche.

Le caratteristiche tecniche e costruttive delle *foggaras* di queste aree sono molto uniformi tra loro, perché realizzate nella medesima formazione idrogeologica, il *Continental intercalcaire*, caratterizzata da una forte permeabilità con conseguente abbondante presenza di acqua. La falda è infatti presente attorno ai 10 m di profondità⁴¹.

Si tratta di vaste e complesse reti di canali che raggiungono singole lunghezze comprese tra gli 8 e i 10 km. La larghezza delle gallerie è sempre compresa tra i 0.60-0.70 m, apertura indispensabile per permettere le necessarie operazioni di scavo, mentre le altezze sono variabili da 1-1.50, fino a raggiungere i 3-4 m, probabilmente a causa dell'approfondi-

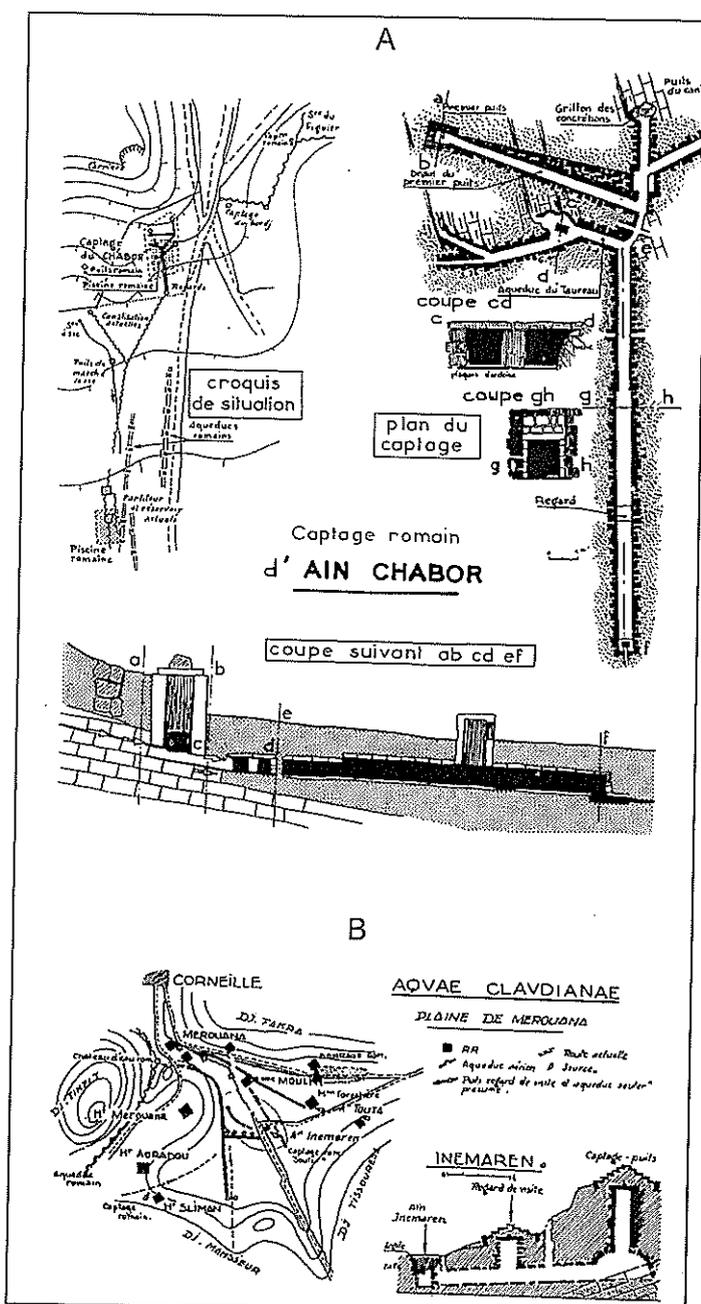


Figura 3.

mento nel tempo del piano della galleria a seguito dell'abbassamento della falda freatica. Non è raro trovare nelle *foggaras* di queste regioni una seconda galleria più in basso, separata dalla sovrastante da strati di 0.50-1 m di potenza, quale esito dell'abbassamento della falda. Le pendenze sono molto variabili, ma non superano valori compresi tra i 5-6 mm per metro⁴².

L'altra area dell'Algeria in cui il sistema è particolarmente sviluppato è quella dell'Ahaggar e in specie la regione di Tamanrasset.

Qui le *foggaras*, che non superano i 3 km di lunghezza, sono realizzate nell'*alluvions quaternaires*⁴³, formazione geologica molto meno compatta del *Continental intercalcaire*, che conferisce un aspetto fortemente incoerente al sistema e differenziato rispetto alle reti "geometriche" del Touat e del Gourara. La falda freatica si trova a profondità tra i 0.50 e i 3-4 m, di conseguenza la galleria ha altezze ridotte, e la distanza tra i pozzi è molto ravvicinata - tra i 2 e i 4 m - a causa della fragilità del terreno⁴⁴ e forse anche per recuperare al massimo la precipitazione occulta⁴⁵.

Per lo studio delle caratteristiche tecniche delle *foggaras* nord africane abbiamo a disposizione una importantissima fonte islamica che illustra tutte le fasi della realizzazione. È il trattato di '*Inbat al miyat al hafiya*' (*L'arte di far sgorgare le acque nascoste*) scritto attorno all'XI secolo da *Al Karagi*. L'opera è di straordinaria importanza perché riporta una serie dettagliata di informazioni riguardo alla individuazione della vena d'acqua, al calcolo delle pendenze, allo scavo di pozzi e gallerie, alla tecnologia dei rivestimenti, all'utilizzo degli strumenti di misura etc. L'autore ricorda anche che la costruzione era affidata a un corpo di tecnici specializzati, esperti, chiamati *muqanni*.

Da un punto di vista storico e cronologico è assai difficile definire con esattezza lo sviluppo di questo sistema in quanto strettamente legato all'origine del popolamento delle oasi, che è difficilmente ricostruibile con qualche precisione⁴⁶.

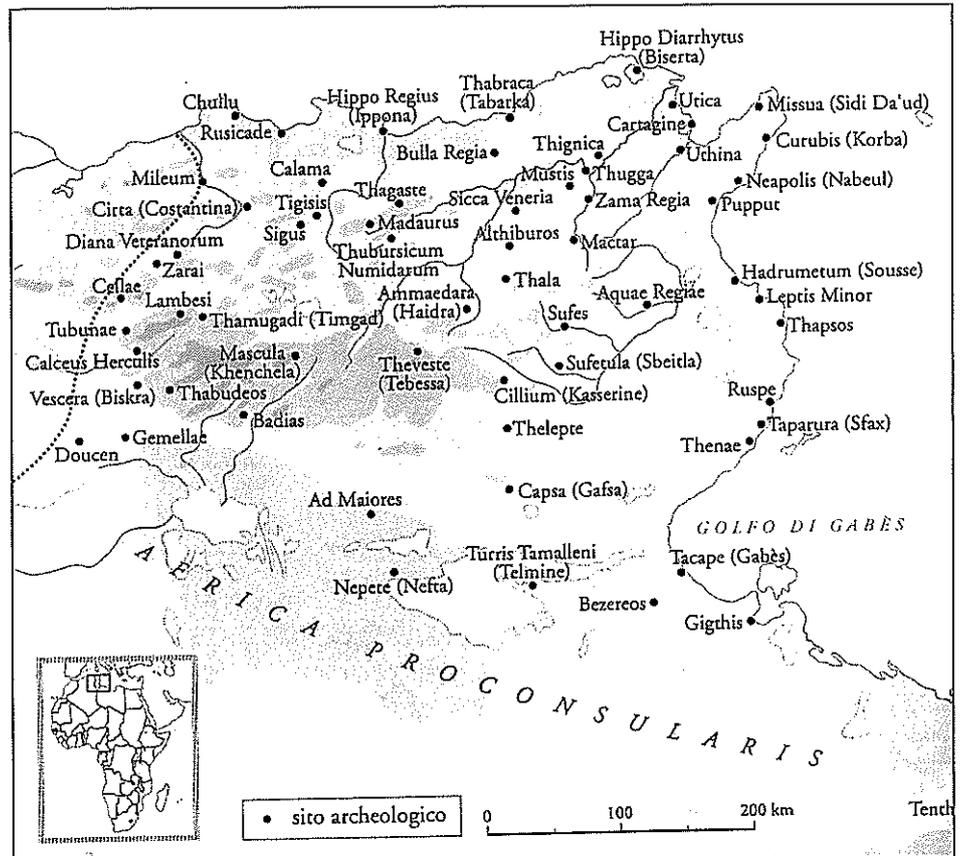


Figura 4.

Secondo alcuni studiosi le *foggaras* sarebbero state introdotte nel Sahara occidentale algerino da gruppi di Ebrei o di Berberi giudaizzati qui rifugiatisi, in particolare nel Touat a Tamentit⁴⁷, durante il regno di Traiano, quando in seguito alla rivolta di Cirene - 115/117 d.C. - gli ebrei scampati trovarono rifugio anche nelle regioni sahariane. L'ipotesi è certamente seducente, ma non ancora abbondantemente suffragata dal punto di vista archeologico per una fase così antica⁴⁸.

Secondo le fonti arabe di Touat e Tidikelt le *foggaras* sarebbero invece una "invenzione" proveniente da Marrakesh: il geografo *Al Idrisi* ricorda che la fondazione della città marocchina (1078 d.C.) è stata possibile grazie alla realizzazione delle gallerie drenanti progettate e dirette da un ingegnere andaluso⁴⁹.

Secondo D. Mattingly e A. Wilson, autori degli studi sulle *foggaras* libiche, in base alle strettissime corrispondenze tecniche e strutturali tra queste ultime, databili tra la fine del II sec. a.C. e il IV sec. d.C. (cfr. *supra*), e quelle del Sahara algerino sarebbe postulabile una diffusione dal deserto del Fezzan verso l'Algeria, forse già in età antica⁵⁰.

Conclusioni

Le ricerche finora condotte hanno portato alla definizione di un primo quadro d'insieme della problematica relativa alle origini e agli sviluppi dell'impiego della tecnica delle *foggaras* in Algeria. Ulteriori sviluppi dell'indagine riguarderanno, in particolare, da un lato un tentativo di classificazione delle *foggaras* antiche e moderne, che consenta una completa descrizione degli aspetti storici, tipologici, funzionali e costruttivi di queste ultime e dall'altro un approfondimento della problematica dell'impiego e dello sviluppo di tali sistemi idrici in Algeria e in Tunisia in età romana imperiale.

Bibliografia

- ARTIZZU D. 2005, "L'Africa settentrionale tra il IV e il VII secolo. Numidia", in *Enciclopedia Archeologica Treccani*. Africa, Roma, 2005, pp. 463-472.
- BARADEZ J. 1949, *Fossatum Africae. Vue aérienne de l'organisation romaine dans le sud-algérien*, Paris, 1949.
- BEAUMONT P., BONINE M., McLACHLAN K. 1989 (edd.), *Qanat, kariz and khattara. Traditional water systems in the Middle east and North Africa*, Cambridge, 1989.
- BIREBENT J. 1962, *Aquae romanae. Recherches d'hydraulique romaine dans l'est algérien*, Alger, 1962.
- BISSON J. 1957, *Le Gourara. Etude de géographie humaine* (Institut de Recherches Sahariennes, 3) Alger, 1957.
- BISSON J. 1990, "Permanence d'une paysannerie au Sahara algérien: l'exemple de confins du Grand Erg Occidental", in *Les systèmes agricoles oasiens*, Options Méditerranéennes, ser. A, 11, 1990, pp. 289-298.
- BODON G., RIERA I., ZANOVELLO P. 1994, *Utilitas necessaria. Sistemi idraulici nell'Italia romana*, Milano, 1994.
- BOUCHARLAT R. 2003, "La période achéménide en Iran. Données archéologiques", in *L'Archéologie de l'empire achéménide* (Paris, Collège de France, 21-22 novembre 2003).
- BRIANT P. 2001 (ed.), *Irrigation et drainage*

- dans l'antiquité. *Qanats et canalisations souterraines en Iran, en Egypte et en Grèce*, Paris, 2001.
- BRIGGS L.C., 1967, *Tribes of the Sahara*, Cambridge, 1967²
- BURSAUX P. 1910, "L'oasis d'El-Guettar. Ses ressources, sa décadence", in *Revue Tunisienne*, 1910, pp. 364-373
- CAPITANE LÔ 1953, "Les foggaras du Tidikelt", in *Travaux de L'Institut de Recherches Sahariennes*, X, 2, 1953, pp. 139-179.
- CAPITANE LÔ 1954, "Les foggaras du Tidikelt (2ème Partie)", in *Travaux de L'Institut de Recherches Sahariennes*, XI, 1, 1954, pp. 49-77.
- CARETTONI G. 1958, "Acquedotto", in *Enciclopedia dell'Arte Antica, Classica e Orientale*, X, Roma 1958, pp. 36-45.
- CORNET A. 1952, "Essai sur l'Hydrogéologie du Grand Erg Occidental et des régions limitrophes. Les Foggaras", in *Travaux de L'Institut de Recherches Sahariennes*, VIII, 1952, pp. 71-121.
- CRESTI F. 2005, "Sulla sponda mediterranea del Maghreb: gli Ebrei nella storia dell'Occidente islamico", in *Mediterranea Ricerche Storiche*, II, aprile 2005, pp. 7-44.
- DRAKE N., WILSON A., PELLING R., WHITE K., MATTINGLY D., BLACK S. 2004, "Water table decline, springline desiccation and the early development of irrigated agriculture in the Wadi al Ajal, Libyan Fazzan", in *Libyan Studies*, 35 (2004), pp. 95-111.
- FENTRESS E. 1979, *Numidia and the Roman Army. Social, Military and Economic Aspects of the Frontier Zone* (British Archaeological Reports. International Series, 53), Oxford, 1979.
- FENTRESS E. 1982, "Tribe and faction: the case of the Gaetuli", in *MEFRA*, 94, 1982, pp. 325-334.
- GAUKLER P. 1901-1904, *Enquête sur les installations hydrauliques romaines en Tunisie*, Tunis, 1901-1904.
- GOBLOT H. 1979, *Les qanats: une technique d'acquisition de l'eau*, Paris, 1979.
- GSELL S. 1902, *Enquête administrative sur les travaux hydrauliques anciens en Algérie*, Parigi, 1902.
- GUILLERMOU Y. 1993, "Survie et ordre social au Sahara. Les oasis du Touat-Gourara-Tidikelt en Algérie", in *Cah. Sci. Hum.*, 29, 1, 1993, pp. 121-138.
- KAYSER P., WARINGO G. 2002, *L'aqueduc souterrain des Raschpëtzer, un monument antique de l'art de l'ingénieur au Luxembourg*, Walferdange, 2002.
- KREMER B. 1999, "Wasserversorgung aus dem Tunnel. Der römische Qanat von Mehring", in *Funde und Ausgrabungen in Bezirk Trier*, 31, 1999, pp. 37-50.
- LAUREANO P. 2001, *Atlante d'acqua, conoscenze tradizionali per la lotta alla desertificazione*, Torino, 2001.
- LAUREANO P. 2002, "Oases and other forms of living cultural landscapes", in *Cultural Landscapes: the Challenges of Conservation* (World Heritage 2002, Ferrara 11-12 novembre 2002), Paris, 2003, pp. 71-80.
- LESCHI L. 1934-1935, "Inscription de Timgad", in *Bulletin archéologique du Comité des Travaux historiques*, 1934-1935, pp. 155-159.
- LIVERANI M. 2003 (ed.), *Air Lands in Roman Times* (Papers from the International Conference, Rome, July 9-10 2001), Firenze, 2003.
- MATTINGLY D., WILSON A., 2003, "Farming the Sahara: The Garamantian contribution in southern Libya", in LIVERANI 2003, pp. 37-50.
- PALERM VIQUEIRA J. 2004, "Las galerías filtrantes o qanats en México: introducción y tipología de técnicas", in *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* (Julio-Diciembre), Paris, 2004, pp. 133-145.
- RAVELLI F., HOWARTH P.J. 1988, "I cuniculi etruschi: tunnel per la captazione di acqua pura", in *Irrigazione e drenaggio*, XXXV, 1, gennaio-marzo 1988 (<http://www.francoravelli.it/cuniculi/italiano/cuniculi1988/1988-0.htm>).
- RAVELLI F., HOWARTH P.J. 1989, "Irrigazione, drenaggio e sanità negli scritti dei georgici latini", in *Irrigazione e drenaggio*, XXXVI, 2, aprile-giugno 1989 (<http://www.francoravelli.it/cuniculi/italiano/cuniculi1989/1989.htm>).
- RINALDI TUFFI S. 2005, "Le province romane d'Africa. Africa Proconsularis", in *Enciclopedia Archeologica Treccani*. Africa, Roma, 2005, pp. 381-397.
- TEDESCHI GRISANTI G. 1990, "Gli acquedotti", in S. SETTIS (ed.), *Civiltà dei Romani*. La

città, il territorio, l'impero, Milano, 1990, pp. 111-124.

TROUSSET P. 2004, "Pénétration romaine et organisation de la zone frontrière dans le prédésert tunisien", in *Atti del XV Convegno di Studio sull' Africa romana* (Tozeur, 11-15 dicembre 2002), Roma, 2004, pp. 59-88.

WILSON A. 1999, "Deliveries extra urbem: aqueducts and the countryside", in *Journal of Roman Archaeology*, 12, 1999, pp. 314-331.

WUTTMANN M. 2001, "Les qanats de 'Ayn-Manawir (oasis de Kharga, Égypte)", in BRIANT 2001, pp. 109-135.

Note

1 - *Encyclopédie Berbère*, XIX, 1997, pp. 2868-2880.

2 - GOBLOT 1979; da ultimo si veda BRIANT 2001; in Spagna sono note anche con il nome di *viaje de agua*, una evidente deformazione del latino *via aquae*, cfr. PALERM VIQUEIRA 2004, pp. 133-145, in particolare p. 133.

3 - RAVELLI-HOWARTH 1988.

4 - Sui cunicoli etruschi cfr. RAVELLI-HOWARTH 1988 e RAVELLI-HOWARTH 1989.

5 - Ricordiamo il passo di Vitruvio (VITRUVIO, VIII, 6.3) relativo alla realizzazione di gallerie sotterranee: «Sin autem medii montes erunt inter moenia et caput fontis, sic erit faciendum, uti specus fodiantur sub terra librenturque ad fastigium, quod supra scriptum est. Et si tofus erit aut saxum, in suo sibi canalis excidatur, sin autem terrenum aut harenosum erit, solum et parietes cum camara in specu struantur et ita perducatur. Puteique ita sint facti, uti inter duos sit actus.» Per gli aspetti tecnico-funzionali e per quanto riguarda la diffusione degli acquedotti sotterranei di età romana: BODON-RIERA-ZANOVELLO 1994, pp. 167-296; cfr. inoltre CARETTONI 1958, pp. 38-39.

6 - LAUREANO 2002, p. 73.

7 - CAPITANE LO 1953, pp. 144-145; CORNET 1952, pp. 84-85.

8 - TEDESCHI GRISANTI 1990, pp. 116-117.

9 - Sui principi fisici che regolano questi processi si veda il contributo di V. Castellani alla pagina internet <http://www.mporzio.astro.it/~vittorio/Aria.pdf>.

10 - Sul ciclo dell'acqua nelle aree desertiche cfr. LAUREANO 2001, *passim*.

11 - LAUREANO 2002, p. 72-74.

12 - CAPITANE LÔ 1953; CAPITANE LÔ 1954; CORNET 1952; BISSON 1957, in particolare pp. 65-81; *Encyclopédie Berbère*, pp. 2868-2880.

13 - GOBLOT 1979.

14 - GOBLOT 1979, pp. 117, 121-123.

15 - GOBLOT 1979, *passim*; per l'America latina cfr. da ultimo PALERM VIQUEIRA 2004.

16 - Si vedano i vari contributi in BEAUMONT-BONINE-MCLACHLAN 1989.

17 - BRIANT 2001.

18 - La traduzione che si presenta in questa sede è tratta da BODON-RIERA-ZANOVELLO 1994, p. 96, nota 53.

19 - Si veda, in particolare, da ultimo il contributo di P. BRIANT in BRIANT 2001, pp. 15-40, con ampia bibliografia di riferimento.

20 - Si veda la bella fotografia in BODON-RIERA-ZANOVELLO 1994, p. 184.

21 - BOUCHARLAT 2003, *passim*.

22 - WUTTMANN 2001.

23 - WUTTMANN 2001, pp. 122-134.

24 - GOBLOT 1979, pp. 114-115.

25 - MATTINGLY-WILSON 2003; DRAKE-WILSON-PELLING-WHITE-MATTINGLY-BLACK 2004.

26 - DRAKE-WILSON-PELLING-WHITE-MATTINGLY-BLACK 2004, pp. 104-105, 107-109.

27 - MATTINGLY-WILSON 2003, pp. 47-49.

28 - GAUKLER 1901-1904; GSELL 1902; BARADEZ 1949; BIREBENT 1962.

29 - LESCHI 1934-1935 (databile tra il 183 e 185 d.C.). Iscrizione: Imp(eratori) Caes(ari) M(arco) Aurelio / Commodo Felici Aug(usto), / M(arcus) Valerius Maximus / leg(atus) Aug(usti) pr(o) pr(aetore), v(ir) c(larissimus), co(n)s(ularis), am/plissimus opus Aquae/Paludensis conquiren/dae concludendae(ue) inchoari fieri(ue) cura /vit idem(ue) dedicavit / d(ecreto) d(ecurionum) p(ecunia) p(ublica).

30 - GOBLOT 1979, pp. 123; FENTRESS 1979, pp. 166-168.

31 - BIREBENT 1962, pp. 352-327; per segnalare le acque convogliate da una fonte in un acquedotto veniva utilizzata una differente terminologia, al riguardo cfr. ad esempio nell'iscrizione ILS 3282 l'uso di *collectis fontibus et / [scatu]riginibus*: FENTRESS 1979, p. 168, iscrizione n. 15 a p. 203.

32 - BIREBENT 1962, pp. 63-68, 83, 203-205, 213-215, 224-227, 267-268, 349, 385-389; FENTRESS 1979, p. 174, nota 23.

33 - BARADEZ 1949, p. 169, a-c.

34 - GAUKLER 1901-1904, pp. 311-317; WILSON 1999, pp. 322-323.

35 - KAYSER-WARINGO 2002, pp. 3-6, fig. 28; KREMER 1999.

36 - GOBLOT 1979, p. 123; *Encyclopédie Berbère*, XIX, 1997, p. 2868.

37 - RINALDI TUFİ 2005, pp. 381-383; per un'analisi sui singoli centri dell'area cfr. ARTIZZU 2005, pp. 463-472.

38 - Nel 1979 E. Fentress sottolineava il possibile ruolo avuto dai militari nella diffusione delle foggaras nell'Algeria settentrionale: FENTRESS 1979, pp. 170-171.

39 - FENTRESS 1982, p. 330 nota 13.

- 40 - FENTRESS 1982, in particolare pp. 330-331; TROUSSET 2004, pp. 63-68.
- 41 - CAPITANE LÔ 1953, p. 146-147; BISSON 1957, pp. 68-69.
- 42 - CORNET 1952, p. 89; CAPITANE LÔ 1953, p. 145; BISSON 1957, p. 69.
- 43 - CORNET 1952, pp. 90-91.
- 44 - *Encyclopédie Berbère*, XIX, 1997, p. 2870.
- 45 - Cfr. sopra il paragrafo relativo alle caratteristiche tecniche delle foggaras.
- 46 - GUILLERMOU 1993, pp. 122-123, con bibliografia di riferimento.
- 47 - BRIGGS 1967, pp. 11-12, nota 3; per la presenza ebraica in nord Africa in età antica cfr. da ultimo CRESTI 2005, con ampia bibliografia di riferimento.
- 48 - Sembra invece sostenibile un aumento della presenza ebraica a partire dal V e soprattutto nel VI secolo in contesti rurali: CRESTI 2005, p. 8.
- 49 - CAPITAINE LÔ 1953, 140-142; GUILLERMOU 1993, p. 126; LAUREANO 2002, pp. 72-73.
- 50 - MATTINGLY-WILSON 2003, p. 39.

L'antico emissario del lago di Martignano

contributo preliminare per la storia della bonifica
e regimazione lacustre nell'area dei laghi sabatini

Ezio Burri

1. Il quadro di riferimento topografico ed ambientale

Il gruppo dei laghi sabatini è l'espressione di un apparato vulcanico quaternario, piuttosto complesso nella struttura e nella morfologia, che a lungo ha interessato con la propria attività il territorio laziale posto alla destra orografica del Tevere. Molte sono le cavità mono e policrateriche individuabili ed alcune di queste ospitano gli alvei lacustri di Bracciano - il maggiore fra tutti -, Monterosi, Baccano, Stracciacappe¹ e Martignano. Il bacino del lago di Martignano occupa una conca dalla conformazione genericamente ellittica, con l'asse maggiore orientato N-S lungo circa 2.015 m ed un asse minore, orientato E-W, lungo m 1.545. Le sponde presentano, anche se abbastanza regolari, un angolo di acclività piuttosto marcato e conservano questa caratteristica anche nella loro porzione sommersa che rapidamente raggiunge una profondità massima, leggermente decentrata a NE, di 54 m. La linea di costa, fissata topograficamente in m 207 s.l.m., presenta un perimetro di circa 6 km, con un indice di sinuosità piuttosto basso, a testimoniare una discreta regolarità. La superficie lacustre si estende 2,440 km² con un volume totale di 72,32 x 10⁶ m³. Il bacino idrografico, all'aspetto poco accidentato ed uniforme, è estremamente ridotto e si estende appena per 6,048 km² ed il rapporto tra i due valori (superficie bacino/areale sommerso) ci permette di

Ezio Burri :Dipartimento di Scienze Ambientali - Università degli Studi dell'Aquila - Via Vetoio - Località Coppito - 67100 L'AQUILA - e/mail: burri@univaq.it.

valutare nel 59,66% la percentuale delle terre emerse, mentre la rimanente parte è rappresentata dalla porzione di superficie lacustre propriamente detta (Barbanti & Carollo, 1969).

2. La struttura dell'emissario²

Il lago di Martignano, al pari del limitrofo ed ormai bonificato alveo di Stracciacappe, è privo di emissari naturali e, come conseguenza, l'oscillazione della superficie lacustre si manifesta in stretta dipendenza dell'andamento climatico ed in particolare della frequenza e della quantità delle precipitazioni. La citata acclività dei versanti, comunque, non ha consentito allagamenti cospicui di terre, fatta salva una non estesa area posta NW dell'alveo. Tra le motivazioni che possono aver incentivato la realizzazione di un collettore lacustre artificiale, oltre alla prioritaria disponibilità di una consistente riserva idrica, certamente è possibile ipotizzare anche una prevista utilizzazione ottimale di questa porzione di territorio, esigua ma certamente di pregio, che sarebbe stata così preservata da fenomeni di impaludamento. Esperienza non nuova questa, poichè nell'area laziale la regimazione di alvei lacustri, con caratteristiche morfologiche simili e con intenti analoghi, costituiva pratica già consolidata da tempo come è opportunamente attestato dal caso dei laghi di Ariccia, Gabii, Pantano Secco, Nemi ed Albano, per citare alcuni e tra i più rappresentativi esempi.

Il canale sotterraneo venne realizzato poco prima del 2 a.C., data questa che viene comunemente indicata quale anno di termine dei lavori dell'acquedotto Alsietino. Della galleria nessuna notizia è possibile cogliere in cronache coeve o posteriori, e nulla traspare nemmeno da Frontino che pure, essendo il curatore imperiale degli acquedotti, doveva avere più di un motivo per conoscerla. Queste evenienze possono far supporre che la funzionalità della galleria sia venuta meno in breve tempo e che analoga sorte seguisse anche la memoria storica, oltre che topografica, del manufatto. Si tornerà, infatti, a parlare dell'emissario artificiale del lago di Martignano agli inizi dell'800 ed in relazione alle possibili scaturigini dell'acquedotto Alsietino. Il Nibby nel 1826 (Nibby, 1837) ed il Parker nel 1876 (Parker, 1876) per primi esplorarono la galleria e ne diedero sommarî riferimenti; sono comunque i soli a farlo poichè negli studi successivi, che in misura dettagliata hanno indagato sulla storia e sul percorso degli antichi acquedotti romani (Lanciani, 1881; Van Deman, 1934), non vi è alcuna citazione di merito^{3; 4}.

2.1 Dall'ingresso all'intersezione del bypass

L'ingresso, piuttosto angusto a causa del detrito derivato dai fianchi molto acclivi, si presenta privo di qualsiasi paramento murario o struttura lapidea, ed è incavato direttamente nel contesto litologico⁵. Superato questo esiguo diaframma, la volumetria aumenta considerevolmente ed i

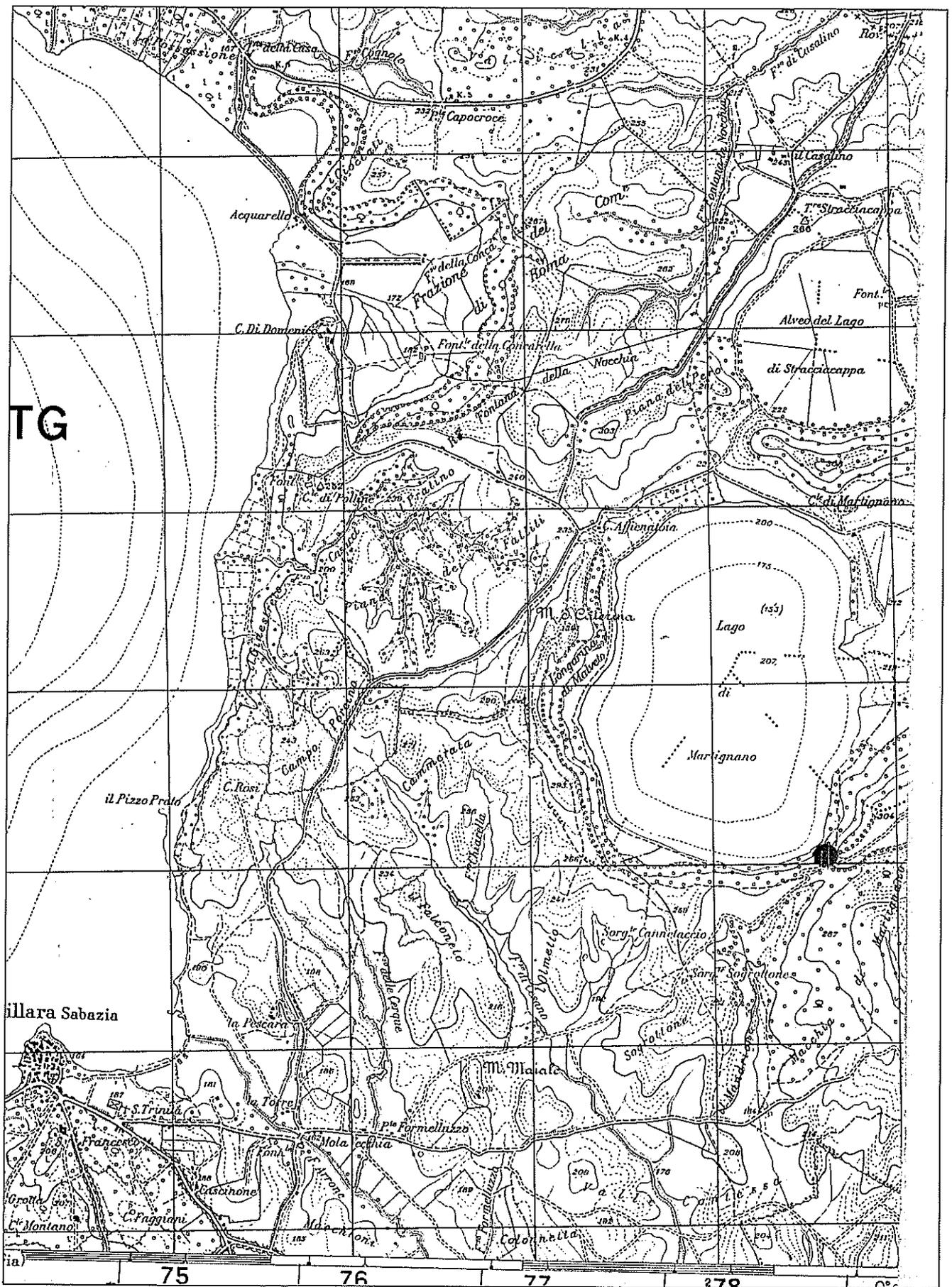


Figura 1 - Topografia del Lago di Martignano. Il punto indica l'ingresso dell'emissario (dai tipi della cartografia IGM. Autorizzazione n°3243 del 4/9/90).

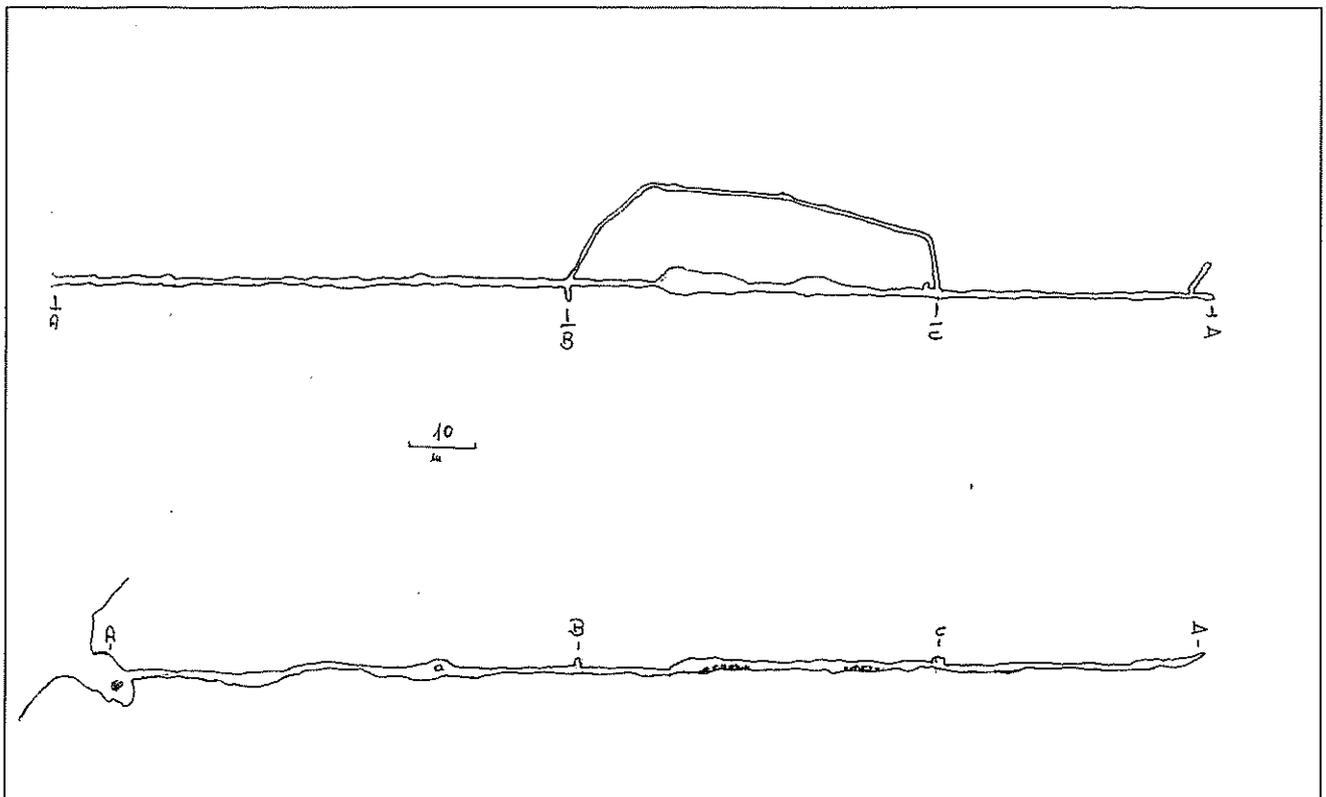


Figura 2 - Rilievo topografico dell'emissario artificiale (a cura di G. Pintus, T. Bobosz & E. Burri).

primi metri, circa 8, mettono in risalto una bomba vulcanica che, con evidenza come per le successive, è stata lasciata in sito. Questo settore induce a qualche riflessione, anche se l'assenza d'indizi consente solo ipotesi. Si potrebbe, dunque, supporre un'arcaica presenza di strutture murarie, ora completamente asportate o occultate dai detriti, ma la presenza della bomba vulcanica, ovvero un intralcio di non poca consistenza, non sembra avvalorare questa ipotesi, ovvero, il vano potrebbe essere l'esito dell'istallazione di una macchina idraulica, lì posizionata per supplire all'abbassamento della superficie lacustre ma, di contro, la quantità e la continuità dell'acqua necessaria per l'utilizzo ottimale dell'acquedotto avrebbero reso impraticabile questa soluzione. Rimane possibile che la escavazione sia l'esito di un solco di battente, successivamente in parte colmato dai detriti di versante. Il tratto successivo si configura come una galleria ogivale - alt. m 1.80 e larghezza m 0,70 - e questo profilo, fatte salve variazioni puntuali, verrà genericamente conservato per la prima parte del tracciato, ove risalta, alla base del piedritto, l'erosione generata dallo scorrimento idrico. Nella progressiva 15 m la galleria ha intercettato due bombe vulcaniche e questa evenienza si ripropone nella progressiva 25 m e nella progressiva 50 m ove, caso particolare, l'altezza della volta subisce un rapido innalzamento, con l'evidenza di un'ulteriore bomba vulcanica che appare come "inserita" nella parte sommitale della sezione. Se traspare con ovvietà l'intento di non rimuovere questi ostacoli, dunque aggirati o sottopassati, più complessa è la risposta sulla motivazione di questa rinuncia. Con eccessiva semplicità si può ritenere che

il loro ingombro, o la particolare resistenza dell'inserito ignimbrico, abbiano scoraggiato ogni tentativo di demolizione; si ritiene, viceversa, poiché qualche turno di lavoro non è da considerare costo eccessivo sia in termini monetari che di tempi di esecuzione che sia stato, piuttosto, il timore di introdurre qualche elemento di debolezza nella struttura spece che, al contrario, poteva ben fare affidamento sulla loro solidità. Superata la progressiva 70 m, la dimensione verticale del condotto tende progressivamente a restringersi - sino ad un'altezza di 0,60 m - e raggiungere l'innesto del bypass, ove è degno di attenzione un modesto diverticolo posto sulla destra lungo circa 2,5 m⁶, evidente prosecuzione del bypass. Le tracce indicano uno scavo diretto verso l'interno. L'intero tratto qui considerato, è lungo 77 m.

2.2 - La galleria franata

Il percorso, caratterizzato dalla presenza di notevole stillicidio, non è agevole a causa della presenza, in platea, di consistente detrito. Null'altro traspare se non la singolare presenza di minuscole concrezioni carbonatiche e pisoliti⁷. Dopo un tratto di circa 13 m, con una sezione priva di significative irregolarità, questa improvvisamente si estende sino a 3 m, per progressivamente restringersi, allargarsi di nuovo - sino a 2 m e per un breve tratto - e riassumere, per ulteriori 11 m, l'originale conformazione. A circa 3 m dal successivo innesto del bypass, sulla sinistra, è posto un diverticolo lungo circa 1 m. Le tracce indicano uno scavo diretto verso l'esterno e, quindi, opposto a quello sino ad ora osservato. L'estensione della galleria franata è di 54 m.

2.3 - Il bypass

Questo settore presenta una conformazione topografica tipica a "C", con un primo tratto di 8 m che si prolunga, con una leggera diversione, per ulteriori 10 m e con una sezione di 1,75 m di altezza ed una larghezza variabile da 0,50 a 0,70 m. Una deviazione di 67° lunga 41 m, non perfettamente rettilinea, presenta una sezione diversa sia in altezza, compresa tra



Figura 3 - Il lago di Martignano. L'ingresso della galleria.

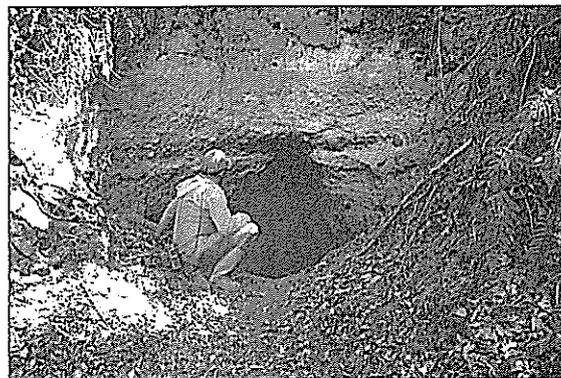


Figura 4 - L'ingresso dell'emissario.



Figura 5 - Tracce e direzione di scavo.

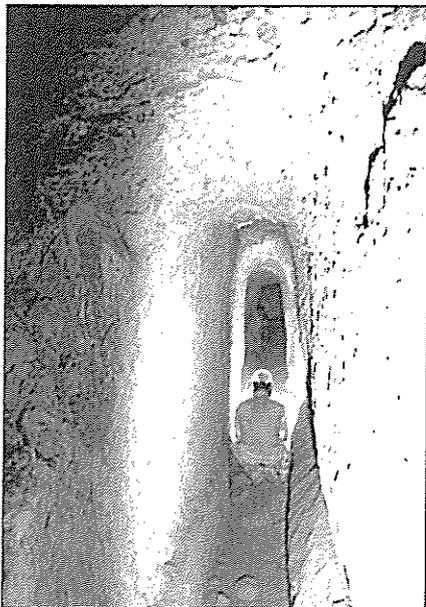


Figura 6 - La sezione tipica della galleria.

1,60 m e 1,30, quanto in larghezza sino ad un massimo di 1,10 m. Una ulteriore deviazione di 75°, quella di raccordo con la galleria principale, è lunga 7 m con una sezione di 1,45 m in altezza e 1,00 m di larghezza. Un piccolo diverticolo, in basso sulla destra ed omologo di quello posto a fronte del primo nell'innesto del bypass, anche se le dimensioni sono notevolmente inferiori, indica inequivocabilmente i tentativi posti in essere per operare il collegamento. La direzione dello scavo è chiaramente diretta verso l'esterno, ovvero in analogia alla galleria franata ma opposta a quello del primo tratto. Molto evidente è l'errore, non eccessivo, di progressione che ha prodotto nell'innesto con la galleria originaria, un modesto sfalsamento altimetrico e planimetrico.

2.4 - Il tratto terminale

La galleria riprende la direzione originaria ed anche la sezione, sebbene mostri in più punti soluzioni di continuità, si conferma nelle sue linee generali per ulteriori 44 m, quando una frana impedisce ogni prosecuzione. La presenza di radici, evidenti per consistenza e dimensione, fanno supporre che la superficie topografica esterna non sia eccessiva ma è la presenza di un diverticolo interrotto, innestato a 90° sul lato sinistro della galleria, che richiama maggiore attenzione: il primo tratto del diverticolo è lungo appena un metro, ma devia per 55°, in direzione dell'uscita, per ulteriori 5 m circa e si interrompe per frana. La conformazione di questo tratto induce a supporre l'esistenza di un ulteriore bypass, ma i detriti precludono attualmente ogni ulteriore indagine.

Lo sviluppo totale dell'emissario è di 244 m.

3. Funzionalità ed impiego in periodo storico

Con queste parole Frontino ci informa che nel 2 a.C. venne realizzato l'acquedotto Alsietino e che la sua captazione era derivata dal lago omonimo, oggi Martignano, e sono le uniche, e scarse, notizie su questo emissario e sull'acquedotto derivato:

«[...]Quae ratio mouerit Augustum, prouidentissimo principem, perducendi Alsietinam aquam, quae vocatur Augusta, non satis perspicio, nullius gratiae, immo etiam parum salubrem, ideoque nusquam in usus populi fluentem; nisi forte, dum opus

naumachiae adgretitur, ne quid salubrioribus aquis detraheret, hanc proprio onere perduxit et quod naumachiae coeperat superesse hortis adiacentibus et privatorum usibus ad irrigandum concessit. Solet tamen ex ea, in Transtiberina regione, quotiens pontes reficiuntur, et a citeriore ripa aquae cessant, ex necessitate in subsidium publicorum salientum dari. Concipitur ex lacu Alsietino, uia Claudia, miliario quarto decimo, dueticulo dextrorsus passum sex milium quingentorum. Ductus eius efficit longitudinem passum dueginti duum milium centum septuaginta duorum, opere arcuato passuum trecentorum quinquaginta octo^{8;9}[...]». Il tracciato dell'acquedotto Alsietino¹⁰, dunque, è ancora poco conosciuto e questa evenienza induce a non poche ulteriori incertezze.

Esaminiamo quindi quali i dati in nostro possesso, escludendo ogni problematica relativa al tracciato ed alla funzionalità dell'acquedotto ed acquisendo, da quest'ultimo, i soli elementi che ci possano apparire utili:

- a) la condizione di endoreicità del bacino lacustre;
- b) la natura litologica dell'area ove l'emissario era stato scavato;
- c) la totale assenza di foderatura, o opera di sostegno, all'interno della galleria dell'emissario;
- d) la dimensione del bacino lacustre in rapporto alla portata dell'acquedotto;
- e) l'emissario viene realizzato per condurre acqua ad una naumachia. Le caratteristiche organolettiche erano pessime e, come conseguenza, il *surplus* era impiegato per l'irrigazione, anche con derivazioni lungo il tracciato, e per la funzionalità delle fontane di Trastevere in occasione della manutenzione degli apporti ordinari. Poiché quest'uso tendeva ad escludere quello potabile - è sempre Frontino che lo ricorda - non era prevista una piscina limaria;
- f) il rinvenimento, tra gli 8 ed il 17 m di profondità, di resti di una vegetazione arborea allo stato subfossile¹¹. Questo dato sembra indicare, se confermato, una consistente variazione di livello generatasi tra gli inizi del II ed il IV sec. d.C.;
- g) nel 1826 sono stati realizzati alcuni canali di drenaggio, con lo scopo di ovviare all'impaludamento del lago di Stracciacappe, collegati con il lago di Martignano. L'evento ha abbassato il livello lacustre e, come conseguenza, l'incile dell'emissario è attualmente posizionato a circa 12 metri al di sopra di tale livello.

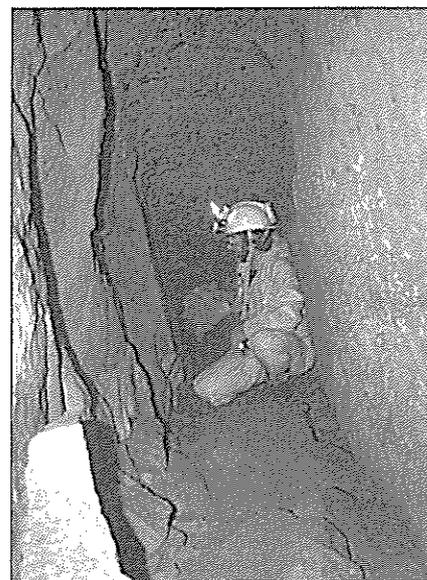


Figura 7 - La sezione di galleria nei pressi del tratto terminale.

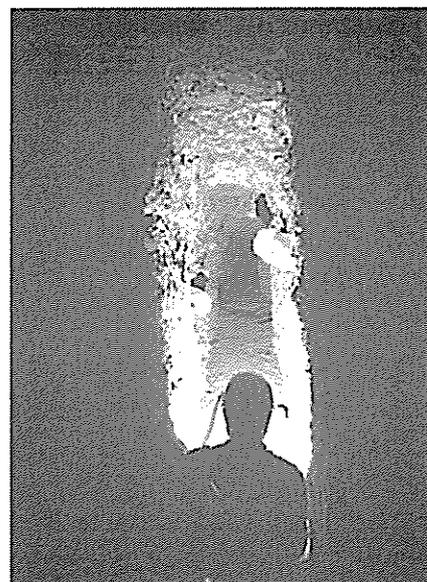


Figura 8 - La sezione della galleria nei pressi del bypass.

Da questi dati possiamo desumere alcune indicazioni strutturali sulla funzionalità dell'opera idraulica e sulla sua fruizione in epoca storica.

L'essere bacino endoreico, come il limitrofo alveo di Stracciacappe, rendeva abbastanza instabile il livello lacustre e, come riflesso molte aree potevano temporaneamente essere soggette ad esondazione con perdita di coltivi ed impaludamento. La realizzazione di un emissario, oltre rifornire l'acquedotto avrebbe anche regimato le acque in eccesso rendendo più sicuri quei terreni¹². Inoltre emerge, con sufficiente chiarezza, come la idoneità litologica fosse scarsa, causa la disomogeneità della formazione. Nel primo tratto di galleria, infatti, predomina la componente sabbiosa-lapillosa con notevole presenza di bombe di varia dimensione e lo scorrimento idrico ha comportato, in prima fase, l'asportazione della frazione più esigua del sedimento evidenziando quindi le asperità delle componenti più grossolane, aumentando i coefficienti di scabrezza, la turbolenza e tutti gli effetti che da questi possono essere fatti derivare. La mancanza di qualsiasi tipo di foderatura induce a qualche perplessità, poiché la inadeguatezza geotecnica del contesto litologico doveva essere apparsa subito in



Figura 9 - L'alveo bonificato del lago di Stracciacappe.

tutta la sua evidenza e sembra testimoniare, come rilevato in precedenza, la scelta di lasciare in sito le bombe vulcaniche, la cui asportazione anche in presenza di contesti più resistenti non poteva costituire ostacolo insormontabile. Può essere utile tener presente che l'emissario artificiale del vicino bacino lacustre di Stracciacappe, realizzato nel 1828 attraversando terreni litologicamente simili, dopo circa ottanta anni aveva quasi del tutto perso la propria funzionalità, e per ovviare all'inconveniente si era resa necessaria la foderatura dell'intero condotto.

L'ampiezza del lago di Martignano, ed il suo andamento batimetrico suggeriscono, infine, una riflessione sull'oscillazione della superficie in relazione all'emunzione delle acque che, è lecito supporre, abbiano attraversato con ininterrotta continuità lo speco dell'acquedotto alsietino.

Certamente la funzionalità dell'emissario sembra aver subito un rapido deterioramento, con conseguente collasso della parte centrale dell'emissario, ed al quale fu posto rimedio con la creazione di un bypass. Le tracce lasciate dagli attrezzi sembrano indicare, senza ombra di dubbio, che in entrambe le occasioni, ovvero lo scavo della prima galleria quanto quella successiva - il cosiddetto bypass, appunto - la progressione sia opposta a quello d'ingresso e che la prima intersezione del bypass rappresenti il punto di incontro. Questa evenienza ha comportato l'ipotesi che la creazione del bypass sia coeva alla creazione dell'intera struttura, ovvero un "pentimento" sopraggiunto ad un primo segnale di cedi-

mento e prima dell'apertura dell'incile allo scorrimento delle acque¹³. L'ipotesi appare interessante ma sembra essere contraddetta dall'evidenza che il bypass attraversa terreni pressoché identici a quelli collassati. Viceversa si potrebbe dedurre che i crolli siano da attribuire allo scorrimento idrico, ma che questi si siano verificati in un arco di tempo piuttosto breve. Poco si può dire sulla velocità di scorrimento delle acque in queste strutture idrauliche, e dai dati disponibili in letteratura si desume come questi siano estremamente variabili (Reina, 1917; Blakman, 1978; Pace, 1983)¹⁴; assumere, poi, ed in maniera attendibile queste misure è ancora più difficile nel caso dell'acquedotto Alsietino, in presenza di oggettive difficoltà nel rintracciare ed attribuire con sicurezza idonee sezioni di *specus*. Il problema non è certo marginale, ma è lecito supporre che questo parametro, per quanto possa essere stato inferiore ai valori calcolati come medi negli acquedotti romani, certamente è stato sufficiente a determinare il rapido deterioramento della galleria sotterranea. Particolare non indifferente è che comunque tali valori si riferiscono al solo tracciato di acquedotto, e non ai valori di una galleria che non è protetta dalla foderatura.

Oltre a ciò, a rendere più instabile quella parte di galleria può aver concorso anche l'intercettazione di modeste scaturigini sorgentizie - il cui esito è testimoniato dall'intenso stillicidio - e che hanno comportato l'indebolimento dei legami intergranulari e la perdita di coesione del livello cineritico già indebolito dal taglio della sezione. Non ci sono elementi, inoltre, che ci possono far supporre che, sia pure per breve tempo, la galleria dell'emissario sia andata in pressione (certamente è da escludersi dopo la realizzazione del bypass, poichè sono ancora conservate le tracce di scavo che viceversa, data la particolare cedevolezza del livello cineritico, sarebbero state facilmente asportate) ed anzi lecito supporre che il livello delle acque debba essere stato piuttosto basso, e limitato nel tempo, poichè in corrispondenza di una bomba vulcanica che è stata lasciata in posto elevando la sezione della galleria, non si riscontrano altre tracce se non quelle impresse dagli strumenti di lavoro.

Non è agevole determinare con sicurezza la dimensione temporale e spaziale dell'evento, ma certamente una serie di crolli a breve distanza temporale, o un unico collassamento, vengono presumibilmente a verifi-

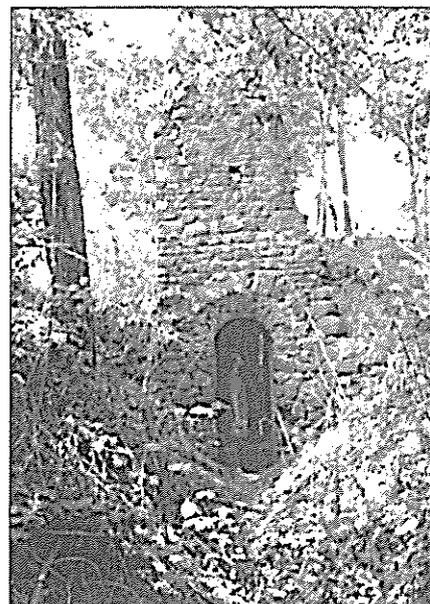


Figura 10 - Rudere dell'antico incile del lago di Stracciacappe.

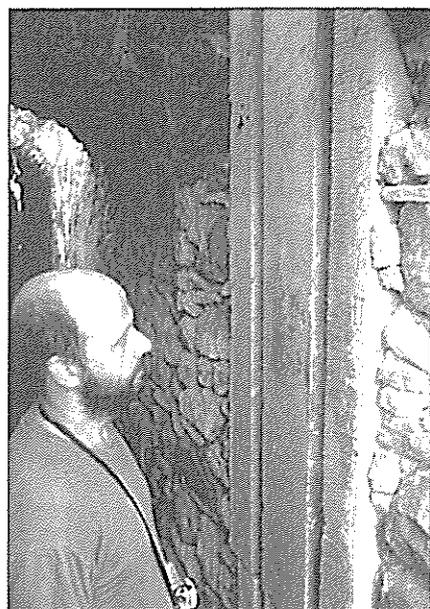


Figura 11 - L'idrometro dell'incile del lago di Stracciacappe.

carsi dopo qualche anno di attività e questo deve aver comportato l'operazione di restauro. Comunque anche l'ulteriore intervento si dimostrerà inutile nei decenni successivi causa anche di un possibile lento, ma inarrestabile, decremento della superficie lacuale. Questo evento può essere relazionato a due cause in parte concomitanti: la portata dell'acquedotto superiore alle oggettive potenzialità del bacino lacustre e la fase climatica calda che caratterizza il periodo storico. Probabilmente l'acquedotto Alsietino venne, in parte, utilizzato in periodo traiano poiché la nau-machia di Augusto resse la sua funzione sino al III sec. d.C.

4. Conclusioni

Poche sono le indicazioni che si sono potute dedurre dalla sola analisi della struttura dell'emissario. Sono dunque necessarie più complesse analisi, e con contributi multidisciplinari anche nel dominio delle variazioni climatiche in epoca storica, per accedere ad indicazioni in grado di risolvere i non pochi dubbi e le molteplici incertezze. Senza dubbio particolare significato assume l'accertamento della funzionalità storica dell'emissario, nell'ambito di un suo reiterato impiego anche come galleria finalizzata alla sola regimazione lacustre. Questo potrebbe fornire particolari elementi di giudizio per ricostruire la sequenza degli interventi posti in essere per l'organizzazione territoriale di quel comprensorio, in quel contesto storico ed in quelli successivi.

Bibliografia

- AA.VV., *Note illustrative alla carta geologica del complesso sabatino*, CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica, Roma.
- ASHBY T. 1931, *The aqueducts of ancient Rome*, Oxford University Press.
- BIASINI A., BUONASORTE G., CICCACCI S., FREDI P., LUPIA PALMIERI E. 1993 "Geomorphological Characteristics", in *Sabatini Volcanic Complex* (Ed. Di Filippo M.), *Quaderni della Ricerca Scientifica*, 114, 11, Roma, pp.: 81-94.
- BLACKMAN DEANE R. 1978, "The volume of water derived by the four great aqueducts of Rome", *Paper of the British School at Rome*, XXVI, London, pp. 52-72.
- BONI C., BONO P., CAPELLI G. 1988, *Carta idrogeologica del territorio della regione Lazio scala 1:250.000*, Regione Lazio, Roma.
- BURRI E. 1989, "Les canalisations artificielles antiques et souterraines pour la bonification et le regime des terrains agraires, l'irrigation et l'approvisionnement hydrique des eaux lacustre dans l'Italie centrale", *Actes du Premier Congres International de Subterranologie*, Reves (Hainaut) 11-14 Julliet 1987, SO.BE.R.E.S., pp. 7-18.
- BURRI E., CASTELLANI V. 1994, "Raffronto strutturale con opere idrauliche analoghe in area laziale", in *Sulle rive della memoria: il lago Fucino ed il suo emissario*, CARSA ed., Pescara, pp. 291-303.
- BURRI E. 1995, "Problemi di conservazione, tutela e fruizione degli antichi emissari artificiali e sotterranei dei laghi endoreici dell'Italia Centrale, Proc. Int. Cong". *Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin*, Catania, pp. 1595-1601.
- BURRI E. 2002, "Regimazione, drenaggio e bonifica dei laghi endoreici dell'Italia centrale", *Geologia dell'Ambiente*, SIGEA, 4, Roma, pp. 8-12.
- BURRI E. 2003, "Antiche opere di regimazione lacustre e di bonifica idraulica nell'Italia Centrale. Contributi per una didattica della Geografia del Paesaggio e dell'Ambiente",

- Ambiente Società Territorio*, III, 1/2, Trieste, pp. 16-24.
- BRAIBANTI L., CAROLLO A. 1969, "Batimetria e geomorfologia del laghi sabatini (Bracciano, Martignano, Monterosi)", *Mem. dell'Ist. Ital. Idrobiol. 'De Marchi'*, 25, Pallanza, pp. 161-196.
- CAMPONESCHI B., LOMBARDI L. 1969, "Idrogeologia dell'area vulcanica Sabatina", *Mem. Soc. Geol. It.*, 8, Roma, pp. 25-55
- DE RITA D., FUNICIELLO R., SPOSATO A. 1988, "Complessi Vulcanici, Note illustrative alla carta delle litofacies del Lazio-Abruzzo ed aree limitrofe", *Quaderni della Ricerca Scientifica*, C.N.R., 114, Roma, p. 241.
- DE RITA D., RODANI S., ROSA C., PUZZILLI L.M. 1997, "Il settore sud-occidentale del Distretto Vulcanico Sabatino: stratigrafia ed evoluzione alla luce dei dati di sondaggio e di rilevamento", *Boll. Soc. Geol. It.*, 116, Roma, pp. 319-334.
- DI FILIPPO M. 1993, "Sabatini Volcanic Complex", *Quaderni della Ricerca Scientifica*, 114, 11, Roma.
- FERRI RICCHI L. 1974, "Ricerca e rinvenimento di testimonianze geoarchelologiche nei laghi dell'Italia centrale a dimostrazione di variazioni climatiche avvenute in epoca storica e preistorica", *Atti del I° Simposio del CIRSS (Comitato Italiano Ricerche e Studi Subacquee)*, Roma, pp. 87-97.
- FRONTIN, *Les Aqueducts de la Ville de Rome*, (a cura di P. Grimal, 1961), ed. Les Belles Lettres, Paris.
- GIRAUDI C., NARCISI B. 1995, "Ricerche paleoclimatiche in ambiente lacustre", *Ambiente, Energia, Innovazione*, ENEA, 6-7, Roma, pp. 14-22.
- LANCIANI R. 1881, "Topografia di Roma Antica. Commentarii di Frontino intorno alle acque e gli acquedotti", *Reale Acc. dei Lincei*, CCLXXVIII, Roma, (Ristampa anastatica a cura della Quasar ed., Roma, 1975).
- LIBERATI SILVERIO A.M. 1986, "Aqua Alsietina", in *Il Trionfo dell'Acqua - Acque ed Acquedotti a Roma - IV sec. a.C./XX sec.*, Palea Editrice, pp.72-79.
- MOCHEGGIANI CARPANO C. 1976, *Osservazioni sui mutamenti di livello delle acque di Martignano*, Prospezioni, Roma.
- NIBBY A. 1837, *Analisi storico-topografica-antiquaria della carta dei dintorni di Roma*, Roma.
- PACE P. 1983, *Gli acquedotti di Roma*, Art Studio S. Eligio ed., Roma.
- PANIMOLLE G. 1984, *Gli acquedotti di Roma antica*, Edizioni Abete, Roma.
- PARKER J.H. 1876, *The aqueducts of ancient Rome*, Oxford.
- PINTUS G., POLITI G. 1996, *Il cunicolo dell'acquedotto Allietino*, Speleo Club Roma (stampato in proprio).
- REINA V., COREBELLINI G., DUCCI G. 1917, *Livellazione degli antichi acquedotti romani*, Roma.
- RICCARDI R. 1940, "Le modificazioni apportate dall'uomo al suolo del Lazio", *Bollettino della Società Geografica Italiana*, ser. 7, V, 7/8, Roma, pp. 445-456.
- VAN DEMAN E.B. 1934, *The building of the roman aqueducts*, Carnegie Institution of Washington, Washington.
- VENTRIGLIA U. 1989, *Idrogeologia della Provincia di Roma. Regione Vulcanica Sabatina*, Amministrazione Provinciale di Roma. Assessorato Lavori Pubblici, Roma.

Note

1 - L'alveo lacustre di Stracciapappe è stato drenato nel 1834 mediante canali di scolo sotterranei che riversano le acque, tramite il Fosso Casorge, nel vicino bacino di Bracciano, dopo essersi unite a quelle di Martignano. Non si esclude, anche se questa è solo un'ipotesi ancora non suffragata da alcun riscontro topografico, che l'alveo di Stracciapappe sia stato bonificato in periodo classico e che il drenaggio dell'800, sia solo una reiterazione di un precedente intervento. L'alveo di Baccano, ormai ridotto ad una palude, è stato bonificato nel 1838, a completamento di un vecchio progetto forse già avviato anch'esso in periodo romano.

2 - L'A. ringrazia Tullio Dobosz e Giorgio Pintus per la collaborazione offerta nella realizzazione del rilievo topografico ed il supporto logistico.

3 - Solo recentemente l'emissario è stato rintracciato, esplorato e rilevato, ed una prima descrizione, con rilievo schematico, è riportata in MOCHEGGIANI CARPANO, 1976.

4 - L'imbocco dell'emissario è posto a quota m 219 slm, in coordinate geografiche: long. E. 12°34'20" e lat. N. 42°06'12" (Foglio 143 II NO - Anguillara Sabazia).

5 - «[...] quando gli incili erano costruiti sulla sponda di uno stagno o di un lago eran di costruzione semplicissima. La soglia era collocata al pelo d'acqua [...] Abbiamo un esempio del primo caso nell'incile del lago albano, ed in quello dell'alsietino, che assorbivano ed assorbono tutto il sopravanzo [...]»(LANCIANI, 1881)

6 - I riferimenti "destra" e "sinistra" sono, ovviamente da considerare nel senso della progressione dall'ingresso verso il fondo.

7 - Le pisoliti, di colore bianco avorio, risultano avere nuclei interni di roccia, in genere di colore nerastro, proveniente dalle pareti della galleria, che in alcuni casi presentavano arrotondamenti dovuti ad una più o meno lunga fluitazione, mentre in altri casi si presentano a spigoli vivi. Lo strato di concrezione esterno non superava mai i 2-3 mm in spessore ed era costituito da calcite pura. Le bande di accrescimento erano molto sottili (10-20 micron) e regolari (comunicazione personale di Paolo Forti).

8 - «Quale ragione abbia spinto Augusto, previdentissimo principe, a portare l'acqua Alsietina, denominata Augusta, di nessun pregio, anzi poco salubre e perciò non fluente in nessun luogo ad uso del popolo, non riesco a scorgere abbastanza, se non forse, mentre iniziava i lavori per la naumachia, per non sottrarne a migliori. Condusse questa acqua con una apposita opera e concesse l'eccedenza della naumachia per l'irrigazione degli adiacenti giardini e per usi privati. Tuttavia ogni qualvolta vengono restaurati i ponti e dall'altra riva cessa il flusso d'acqua, si suole per necessità distribuirne parte nella regione transiberina, in integrazione delle pubbliche fontane. E' captata dal lago Alsietino al XIV miglio della via Claudia a 6.500 passi del diverticolo di destra. Il suo condotto raggiunge una lunghezza di 22.172 passi, dei quali 358 su arcate».

9 - La naumachia venne realizzata per volere di Augusto, nel 2 a.C nell'antica Regio XIV Transiterim. Era costruita all'interno di un parco irrigato dalle stesse acque provenienti dall'acquedotto Allietino e che, in onore dei figli adottivi, era chiamato nemus Caesarum. LANCIANI, 1881 conferma il sito della naumachia, rilevando «[...] nello stradone che conduce a San Francesco a ripa, nella mano dritta [...] fu trovato un grandissimo pavimento di mosaico, che contiene il silo di parecchie case, con figure negre in campo bianco di proporzione 14 per ciascuna [...] Fu giudicato [...] il pavimento della Naumachia di Augusto [...]».

10 - Da Frontino apprendiamo che il condotto era lungo 22.172 passi, ovvero km 31,770, di cui 358, ovvero km 0,529 circa, su arcate. Lo speco era, dunque, in gran parte sotterraneo e formato da calcestruzzo grossolano, di tipo povero, con pareti

foderate internamente con reticolato di tipo augusteo i cui blocchetti, di forma irregolare e rozzamente intagliato, erano stati messi in opera con discontinui giunti di malta. Si ignora il sistema di copertura dello speco (LIBERATI SILVERIO, 1986).

11 - Le datazioni sono state ottenute con il C14 (MOCHEGGIANI CARPANO, 1976).

12 - Identica tecnica, anche se la dimensione dell'intervento non è assolutamente comparabile, verrà applicata nei decenni successivi per risolvere il problema delle variazioni di livello del lago Fucino.

13 - Cfr. PINTUS & POLITI, 1996.

14 - La portata dell'Aqua Alsietina era stimata da Frontino in 392 quinarie, pari a circa 188 l/s. Il condotto, lungo in totale 22.172 passi (32,770 km) era stato realizzato per la quasi totalità in sotterraneo e solo 358 passi (529,24 m) erano realizzati su arcate. La struttura fu oggetto di restauri già in età post-augustea e di ristrutturazioni nel XVIII sec. ad opera del papa Benedetto XIV. Il percorso proposto da NIBBY, 1837, venne contestato dal LANCIANI, 1881 e dallo ASBY, 1935, ma entrambi non forniscono percorsi alternativi. Recentemente, LIBERATI SILVERIO, 1986, sulla base di osservazioni e riscontri topografici fornisce utili indizi alla ricostruzione di un tracciato che è ancora quasi del tutto da identificare. E' opportuno ricordare che nei pressi della località di Osteria Nuova, e precisamente «ad Cardias», come testimonia lo stesso Frontino, l'acquedotto riceveva le acque provenienti dal lago di Bracciano, l'antico lago Sabatino. Dopo essere stata utilizzata nel tratto extra urbano per la irrigazione dei campi adiacenti, come ci testimonia una epigrafe su lastra di travertino (CIL, VI, 31.566) rinvenuta nel 1887, e pervenuto a Roma in percorso subaereo e con archi di sostegno, come appare nei frammenti marmorei della Forma Urbis, il condotto dell'Aqua Alsietina aveva termine nella naumachia augustea, il cui bacino era lungo 1800 piedi (353 m) ed una larghezza di 1200 (355 m). Calcoli indicativi fanno ritenere che il volume d'acqua utile dell'impianto fosse di 200.000 m³ e questo valore, rapportato alla portata dell'Alsietina di 0,188 m³/s, ci induce a valutare in circa 15 giorni il tempo medio per riempirla. Questa evenienza non consentiva un utilizzo continuato della struttura, soprattutto per ragioni economiche ed igieniche, e pertanto il suo utilizzo era limitato a particolari occasioni (LIBERATI SILVERIO, 1986).

Tecniche moderne per strutture antiche

Franco Robotti, Ivan Cottone

In passato le dighe furono prevalentemente edificate per rispondere all'esigenza di deviare il corso di un fiume e lasciare il posto alla nascita di città o per l'irrigazione di terreni improduttivi. Mentre la creazione delle prime dighe si può far risalire a qualche millennio a.C., le esigenze di controllare uno sbarramento per la sicurezza delle popolazioni limitrofe risale solo ad un centinaio di anni fa. I primi strumenti di misura, di ovvia natura meccanica, venivano impiegati per misurare le distanze, le quote e gli angoli.

Tra i primi e più antichi strumenti di misura ricordiamo il quadrato geometrico che si ritiene risalga a 100 anni a.C. ed era impiegato per la misura degli angoli (fig. 2); di semplice manifattura era costituito da quattro aste a telaio o da una tavoletta quadrata e una riga disposta secondo una diagonale e girevole su di un vertice. Il quadrato geometrico potrebbe essere considerato uno dei primi esempi di misurazione della collimazione.

Il monitoraggio inteso in senso moderno risale agli anni '30-'40 del secolo scorso e ciò è strettamente legato all'avvento prima dell'elettrotecnica e poi dell'elettronica. Tra i primi pionieri della materia ricordiamo Roy Carlson, americano, che intorno al 1930 misurò la deformazione di punti

ubicati nel calcestruzzo di una diga impiegando uno strumento che sfruttava il principio di funzionamento del ponte di Wheatstone. Negli stessi anni André Coyne, francese, brevettò un sensore a corda vibrante e 17 estensimetri funzionanti a corda vibrante furono installati in una diga ad arco.

Gli strumenti di misura sono in continua evoluzione e quelli impiegati oggi lontanamente ricordano quelli di inizio secolo; l'utilizzo di materiali e le differenti possibilità di impiego hanno portato a vantaggi di costi, durata delle apparecchiature e accuratezza delle misurazioni. Basti pensare all'impiego dei circuiti integrati, alla nascita dei microprocessori e alla fibra ottica per l'acquisizione e la trasmissione dei dati. L'avvento dell'informatica e delle telecomunicazioni hanno contribuito ulteriormente a far evolvere le tecniche di monitoraggio in particolare per quanto concerne le fasi di acquisizione, trasmissione, elaborazione e conservazione dati.

Al giorno d'oggi si assiste ad una specie di corsa a chi riesce ad impiegare, nell'ambito del monitoraggio, l'ultima innovazione tecnologica disponibile e a saper realizzare sistemi di controllo di tipo molto sofisticato. Occorre fare molta attenzione a cosa viene proposto poiché ogni nuova tecnica o metodologia di misura richiede lunghi tempi di sperimentazione, di messa a punto prima di essere dichiarata affidabile; ciò non è cosa da tutti. In un mondo dove la tecnologia ha raggiunto livelli così elevati, (si pensi ai telefoni cellulari le cui potenzialità sembrano non avere limiti) conviene sempre utilizzare tecnologie consolidate e soprattutto rivolgersi ad operatori seri e conosciuti. Il rischio che si corre è quello di accorgersi, solamente durante o anche molto dopo i lavori, che quanto è stato installato è di scadente qualità come i risultati che ne conseguono.

Uno dei principali obiettivi del monitoraggio è quello di fornire dati affidabili e veritieri in modo da garantire una sorveglianza continua ed efficace delle opere in generale e delle dighe in particolare. Per le dighe, contrariamente a quanto avviene per le altre opere, una buona parte della strumentazione installata è indispensabile per l'esercizio della stessa. In assenza di risultati affidabili si è costretti a limitarne il funzionamento con comprensibili problemi e danni economici. Perciò le dighe sono considerate un ottimo banco di prova per la strumentazione e forniscono sicure indicazioni sulle tecniche di misura da impiegare.

Le moderne tecniche di misura sono, di certo, in grado di fornire un aiuto al controllo del buon funzionamento delle dighe in generale e a quelle vecchie o addirittura antiche in particolare.

Al fine di installare strumenti di misura in dighe esistenti è conveniente evitare di eseguire interventi troppo invasivi tenendo anche in conto la particolare struttura delle vecchie dighe. Sono da preferirsi tecniche che siano in grado di fornire informazioni sul comportamento dell'opera nella sua interezza (ad esempio pendoli) piuttosto che misure puntuali che, spesso alterando l'andamento degli sforzi interni, risultano inaffidabili.

Le misurazioni puntuali ottenute per esempio con barrette estensimetriche con l'intento di misurare le deformazioni e gli sforzi interni alla strut-

tura forniscono un dato influenzato dalla presenza stessa dello strumento. Nel caso di strutture non omogenee come possono essere quelle antiche il valore fisico-ingegneristico di una tale rilevazione diminuisce ulteriormente in quanto è indicativo solo della struttura in quel punto e non del suo complesso. Si prediligono pertanto informazioni sugli spostamenti, rotazioni e deformazioni considerando la diga nel suo complesso riducendo al massimo lo studio del comportamento di singole parti della struttura.

Qui di seguito vengono elencate, senza la pretesa di essere esaustive, le principali misure che si effettuano sulle dighe.

E' importante tenere ben presente che tutta la strumentazione installata nelle dighe (sensoristica, collegamenti elettrici e apparecchiature elettroniche) debba avere caratteristiche tali da garantire un funzionamento continuo per diversi decenni.

La misura principe è senz'altro quella del livello dell'invaso che viene eseguita in modo manuale, mediante apposita asta idrometrica, ed in modo automatico impiegando tecniche differenti in funzione delle necessità e delle possibilità.

Partendo poi dalla sommità della diga notiamo che sul coronamento è interessante studiare i movimenti monte-valle con uno strumento chiamato collimatore di tipo manuale o automatico (generalmente utilizzando sorgenti laser). Il collimatore è un apparecchio per la misura dello spostamento relativo di punti lungo una direttrice di allineamento costituita da due punti posti rispettivamente sulle due spalle. Disponendo di un sistema automatico si possono effettuare campionamenti tempo-



Figura 1 - Diga Poiree - Trezzo sull'Adda.

rali quasi continui ed in particolare durante le ore prossime all'alba, le più propizie per compiere misure ottiche. Esse sono molto utili ad esempio durante gli invasi sperimentali al fine di correlare gli spostamenti con la quota di invaso.

La presenza di giunti di costruzione sulla parte alta della diga o sul coronamento stesso può essere controllata con dei misuratori di giunto. L'impiego di misuratori di giunto mono/tri-assiali con sensori induttivi fornisce un'acquisizione elettronica degli spostamenti e ha l'enorme vantaggio di non richiedere la compensazione delle misure lungo i tre assi.

I pendoli diritti, molto utilizzati per lo studio delle rotazioni del corpo diga (un altro degli strumenti principe per questi tipi di strutture), sfruttano il principio di funzionamento del filo a piombo e possono essere adeguatamente fissati alla struttura anche in tubazioni esterne. Essi sono misurati in modo manuale ed automatico mediante apparecchiature chiamate telecoordinometri che possono fornire anche la misura di tutte e tre le componenti secondo gli assi coordinati.

Le pressioni sotto la diga comunemente chiamate sottopressioni vengono registrate mediante i piezometri. In questo caso si tratta di piezometri realizzati in modo particolare al fine di garantire la possibilità di fare manutenzione al filtro e di sostituire lo strumento per la misura automatica prevedendone un impiego per tempi molto lunghi.

Le traslazioni orizzontali del corpo diga rispetto alla fondazione sono misurate con pendoli rovesci che, pur basandosi sullo stesso principio di funzionamento di quelli diritti, sono dotati di una vasca con galleggiante per mantenere il filo o l'asta ben tesa. Anche in questo caso le misure sono eseguite in modo manuale o automatico mediante telecoordinometri come i pendoli diritti.

In alcune situazioni si preferiscono impiegare in fondazione verticali inclinometriche fisse invece di pendoli rovesci che hanno il vantaggio di lavorare regolarmente anche in fori non perfettamente verticali al contrario dei pendoli che richiedono la realizza-

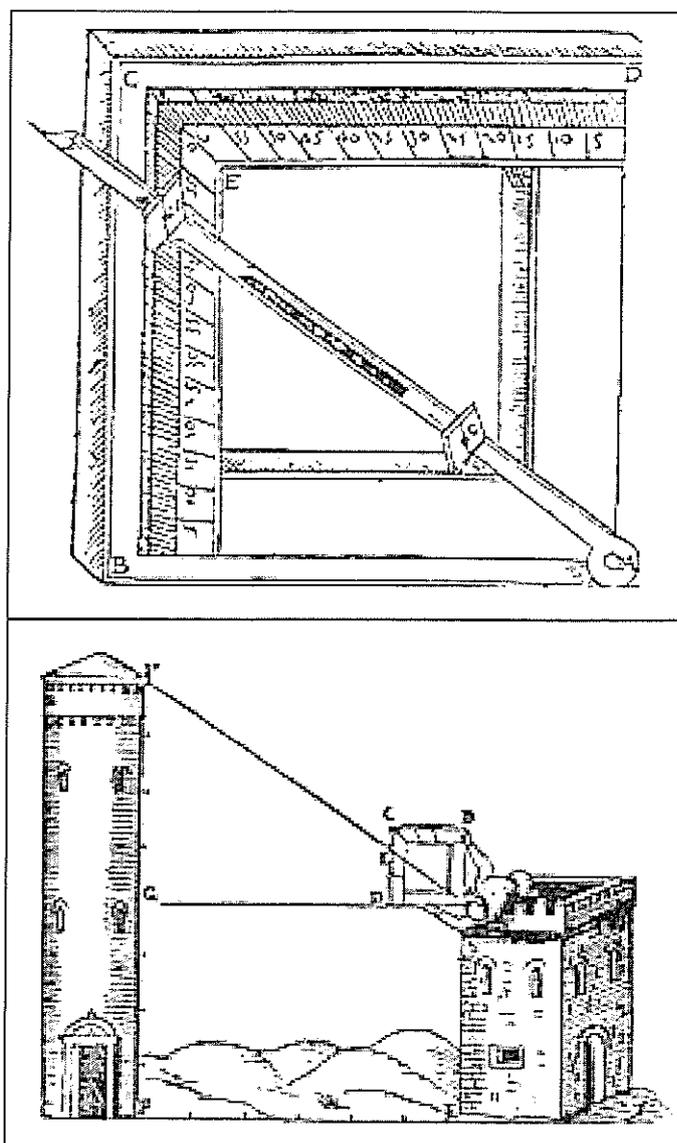


Figura 2 - Quadrato geometrico e suo uso.

zione di fori quasi perfettamente verticali indispensabili per un buon funzionamento dei pendoli. Un *software* chiamato "Eclipse", di recente realizzazione, è in grado di ricostruire la deformata della verticale inclinometrica disponendo anche di pochi punti di misura; grazie ad esso si riescono ad ottenere misurazioni estremamente accurate paragonabili a quelle di un pendolo rovescio.

Le deformazioni che interessano la roccia sottostante il basamento e le spalle della diga vengono controllate con estensimetri a base lunga (*rock-meters*), i quali, a seconda del numero di punti di misura, possono avere una testa da una a sei basi. Le misure che si ottengono con questi strumenti sono di grande precisione pari a qualche centesimo di millimetro.

Da ultimo, non perché siano meno importanti, anzi è esattamente l'opposto, le perdite (o le infiltrazioni) rappresentano sicuramente l'informazione essenziale che serve per conoscere lo stato di salute generale dello sbarramento; ciò viene fatto mediante misuratori di portata del tipo 'a stramazzo', 'a contatore' o impiegando altre metodologie di misura applicate ai condotti utilizzati per la loro evacuazione.

Normalmente si cerca di eseguire le misure delle acque incanalate in opportuni punti di raccolta, appositamente predisposti, che siano in grado di separare ed evidenziare le perdite relative alle differenti parti della diga (corpo diga o fondazione, parte destra o sinistra della diga, spalla sinistra o destra, ecc.). La conoscenza delle variazioni delle perdite in funzione dei fenomeni esterni fornisce indicazioni sul comportamento del corpo diga e della sua fondazione.

Un grosso passo in avanti nel monitoraggio delle dighe è coinciso con la crescita della potenza di calcolo degli elaboratori elettronici e quindi della possibilità di sviluppare *software* sempre più potenti e adatti alle differenti tipologie di dighe.

Agisco ha sviluppato una *suite* di applicativi *software* denominata "OverSight" in grado di controllare e gestire ogni singolo aspetto della diga.

All'interno della *suite* il più importante degli applicativi è "OverDam" sviluppato per occuparsi della raccolta e della gestione dei dati provenienti da tutti gli strumenti e per il controllo dello stato di funzionamento delle apparecchiature.

Le sue principali funzioni sono:

- gestire le apparecchiature periferiche;
- acquisire i dati;
- filtrare e convalidare le misure;
- controllare lo stato delle paratoie e le portate degli scarichi;
- costituire le differenti banche dati necessarie alla gestione delle misure;
- funzionare da sistema di *backup* per garantire la sopravvivenza delle informazioni contro le principali fonti di avaria che possano colpire le varie parti del sistema;
- inviare, in tempo reale, messaggi e file contenenti informazioni predefinite;

- aiutare i gestori nella manutenzione del sistema permettendo di diagrammare tutte le grandezze in modo semplice ed intuitivo;
- costituire un registro delle attività di manutenzione ;
- costituire un registro (obbligatorio) delle manovre effettuate agli scarichi.

Attorno ad esso ruotano una serie di altri applicativi che completano il panorama del controllo e della gestione di uno sbarramento.

“OverFlood” è un altro applicativo della suite nato per rispondere all'esigenza di simulare la regolazione degli scarichi e di verificarne in anticipo l'efficacia.

“OverFlood” è costituito da tre sotto programmi:

- CCP - Centro Controllo Piene;
- CLP - Centro Laminazione Piene;
- FloodMan.

“CCP” è un programma in grado di calcolare le piene in arrivo allo sbarramento in base ai dati pluviometrici acquisiti da stazioni posizionate nel bacino. Mediante l'impiego di modelli idraulici del bacino stesso si ottiene l'idrogramma di piena allo sbarramento.

“CLP” è un programma che permette di simulare le configurazioni degli scarichi nel tempo ed i loro effetti verificandone istantaneamente l'efficacia e memorizzando le configurazioni più verosimili.

In base alla tipologia programmata di scarichi da utilizzare e all'apertura degli stessi è possibile ottenere la previsione dell'onda di piena laminata. Con differenti gradi di apertura degli scarichi nel tempo si otterranno curve di laminazione differenti; tale esercizio aiuta il gestore a decidere come meglio agire per laminare una piena in arrivo.

“FloodMan” è uno strumento realizzato per simulare la laminazione di un'onda di piena fittizia agendo sempre sull'apertura degli scarichi nel tempo. Esso rappresenta un utile esercizio per l'operatore ma non tiene conto della reale situazione delle piogge e del bacino. La simulazione riguarda onde di piena teoriche e le manovre eseguite sugli scarichi vengono salvate, insieme con i loro risultati, per consultazioni e confronti successivi.

Contemporaneamente un certo numero di informazioni vengono inviate automaticamente ai Servizi di Controllo per alertare sulla possibile onda di piena.

Al giorno d'oggi le linee di trasmissione dati sono sempre più spesso del tipo ad alta velocità (ADSL, fibra ottica), e ciò ha permesso di sviluppare un programma che effettua un collegamento al sistema installato in ogni diga in modo da permetterne la gestione a distanza (ovunque sia disponibile una connessione alla rete Internet) prelevando dati ed inviando i comandi voluti.

Si è altresì approfittato di queste favorevoli condizioni per sviluppare un altro applicativo che provvede ad integrare i dati provenienti da una o più *webcam* dislocate nell'area della diga con l'applicativo “OverDam”. Infatti l'occhio umano ha rappresentato per un lunghissimo passato l'unica forma di monitoraggio e controllo delle dighe; oggi, analogamente, è infatti pos-

sibile impiegare *webcam* e sfruttare l'applicazione "OverCam" per integrare le immagini acquisite con il resto dei dati provenienti dagli strumenti.

Il controllo con telecamere è uno strumento efficace per avere una visione generale del comportamento di una diga. Dislocate in punti strategici come gli accessi allo sbarramento, presso gli strumenti di misura, in corrispondenza degli scarichi od ovunque si desidera, svolgono autonomamente il ruolo di sensor e motion detection liberando l'uomo dall'incombenza di presiedere costantemente il sito.

Bibliografia

Guidelines for Instrumentation and Measurements for Monitoring Dam Performance - ASCE (American Society of Civil Engineers)

Tecnologie innovative per la realizzazione di serbatoi pensili in c.a.p.

Vincenzo Collina, Lamberto Zambianchi

1. Introduzione

Lo sviluppo tecnologico e civile dei centri urbani ha portato, in questi ultimi decenni, a grandi cambiamenti nel consumo dell'acqua potabile dovuti ad un notevole aumento del fabbisogno medio giornaliero per abitante e ad un suo utilizzo molto irregolare nel corso degli anni e delle singole ore della giornata.

A questa maggiore ed irregolare richiesta fanno riscontro la sempre minore disponibilità di pozzi o sorgenti potabili e l'incremento vertiginoso del costo dell'energia.

E' in tale scenario che, nel caso di centri urbani posti in territori pianeggianti, si è reso indispensabile costruire serbatoi pensili che hanno una funzione essenziale nella regolazione delle portate e delle pressioni. Infatti questi con la loro altezza determinano la pressione di esercizio delle condotte di distribuzione alle utenze e con la loro capacità utile svolgono la funzione di riserva e compenso.

L'impresa SO.L.E.S. S.p.A, depositaria di una quarantennale esperienza nel settore acquedottistico, ha brevettato un sistema innovativo per la realizzazione di serbatoi pensili in c.a.p. (cemento armato precompresso)

Vincenzo Collina, ingegnere, Gipieffe Architettura Studio Associato - Forlì.

Lamberto Zambianchi, ingegnere, è Direttore Tecnico dell'Impresa SO.L.E.S. Società Lavori edili e serbatoi S.p.A.- Forlì.

in grado di soddisfare qualsiasi esigenza funzionale (serbatoi da mc. 100 a mc. 3000, con altezze piezometriche da ml. 20,0 a ml. 60,0).

2. Descrizione della tecnologia costruttiva

Il serbatoio pensile è un'opera su cui è particolarmente difficile fare manutenzione; per di più essa è ampiamente esposta agli agenti atmosferici, all'aggressività dell'acqua contenuta nel vaso e all'azione deleteria delle notevoli variazioni delle cospicue forze che agiscono su essa.

L'esperienza maturata negli anni ha portato l'impresa SO.L.E.S S.p.A a scegliere di realizzare il serbatoio pensile in cemento armato precompresso in quanto esso, adeguatamente protetto con vernici, è il materiale che meglio si adatta alla esigenza di durabilità.

La realizzazione di un serbatoio pensile col sistema brevettato SO.L.E.S. si articola in tre fasi:

- esecuzione della fondazione e della palificata;
- costruzione della vasca a quota terreno;
- sollevamento della vasca alla quota di progetto realizzando, contemporaneamente al sollevamento, il fusto in sottomurazione.

Il sistema descritto semplifica molto le operazioni di costruzione di un'opera di grande importanza strutturale qual è un serbatoio pensile, in quanto abbina attrezzature di uso comune (gru edile, piccolo impianto di betonaggio, ponteggio, cassero metallico per vaso, argano) ad altre tecnicamente più complesse ma di facile uso (cassero rampante per lo stelo, martinetti, pompa idraulica).

Prima di passare alla descrizione dettagliata delle fasi di costruzione di un serbatoio pensile ci preme sottolineare l'importanza dello studio dei parametri e del comportamento del terreno di fondazione, in quanto un suo cedimento differenziale per consolidamento avrebbe effetti disastrosi sull'opera.

E' proprio per questo motivo che, obbedendo all'istinto che ci fa piantare per terra le cose che debbono stare diritte, nella maggior parte dei circa 400 serbatoi pensili realizzati abbiamo eseguito una palificata di fondazione.

Questa circostanza ci ha permesso di mettere a punto ed utilizzare con continuità "il palo SOLES" ad alta capacità portante e di grande affidabilità.

In sintesi si tratta di un palo di fondazione in acciaio rivestito in microcalcestruzzo, realizzato in opera infiggendo staticamente nel terreno un'anima centrale costituita da un tubo di acciaio.

La costruzione di un serbatoio inizia con lo scavo di sbancamento a cui segue l'esecuzione del plinto di fondazione nel quale vengono predisposti:

- i pilastri in acciaio per l'attacco dello stelo ed il sostegno provvisorio del vaso durante la sua costruzione a livello del terreno;
- le scatole guida per l'eventuale palificata metallica;
- la predisposizione per l'inserimento del piede troncoconico dei martinetti di sollevamento.

Terminato il plinto ed eseguito il rinterro inizia, con il montaggio del ponteggio e del cassero metallico della vasca, la realizzazione della vasca a quota terreno.

La vasca è di forma conica con semiapertura di 42° o 60° .

Questa forma è vantaggiosa per la facilità di calcolo degli sforzi di membrana, per la facilità di disegno e di esecuzione della cassaforma.

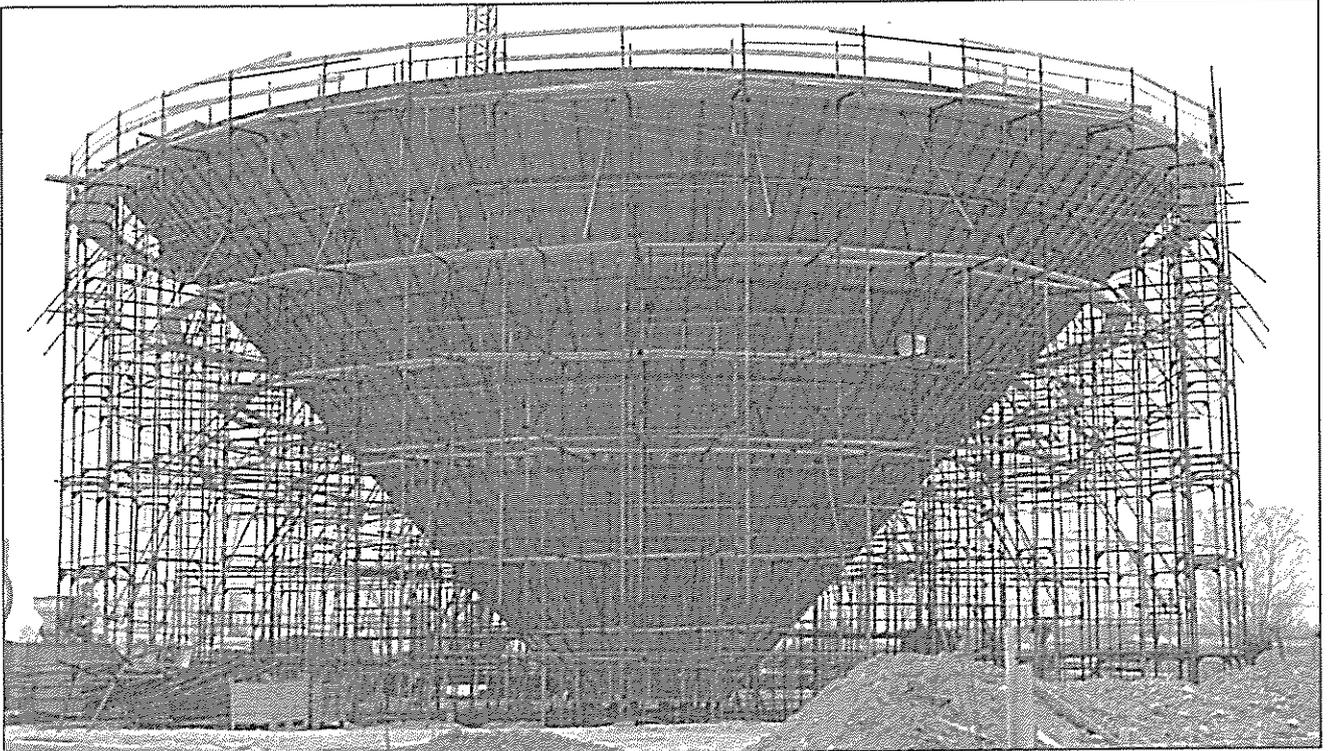


Figura 1 - Carpenteria metallica della vasca impostata al piano di campagna.

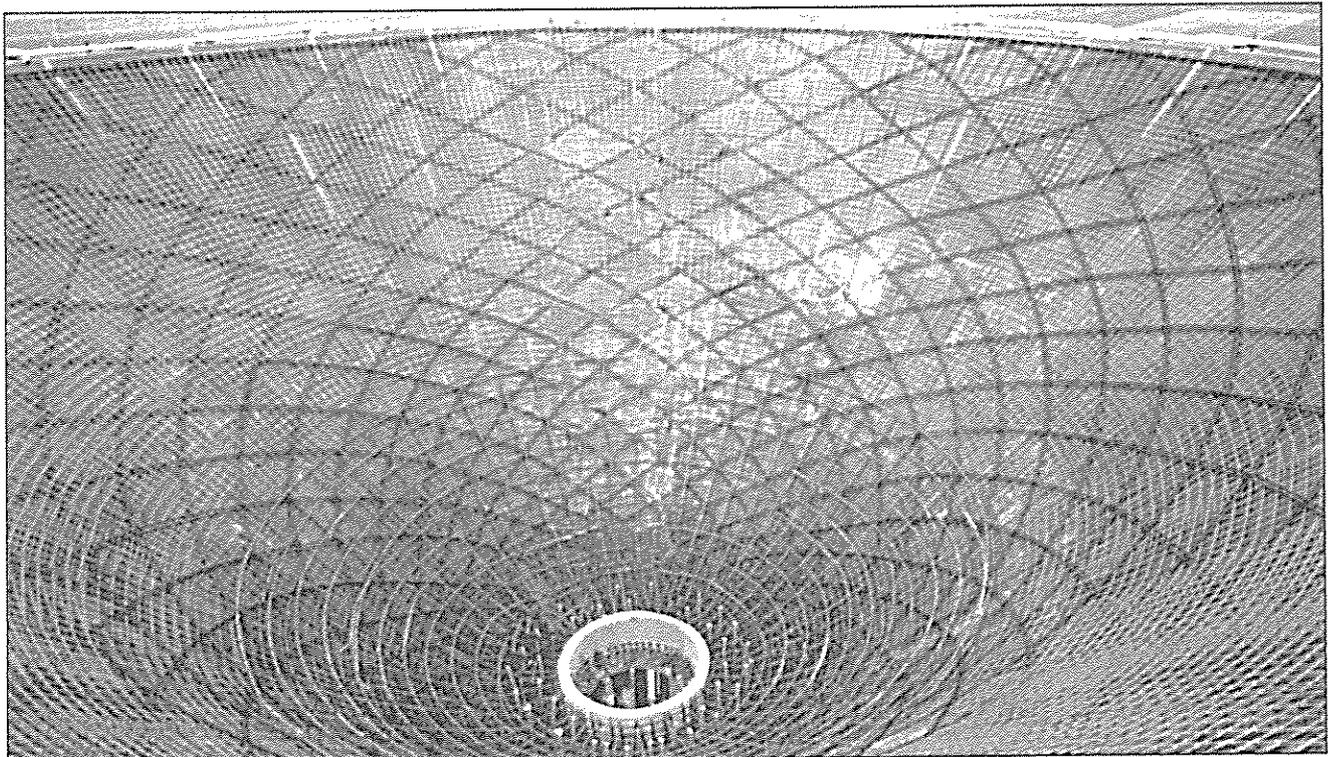


Figura 2 - Armatura vasca e posizionamento trefoli per la post- compressione del conglomerato.

La vasca è interamente precompressa con trefoli scorrevoli in guaina polipropilenica ingrassata.

I trefoli, su idea dell'ing. Collina, hanno un particolare tracciato detto a 'canestro', col quale l'insieme dei trefoli copre la parete con un disegno a losanghe, sufficientemente omogeneo e facile da riprodurre in cantiere, che non crea trazioni in nessun punto del vaso.

Caratteristica fondamentale di questo tracciato è la possibilità di portare tutte le teste di tiro in corrispondenza dell'intersezione fra la vasca e l'interno dello stelo, dove quindi non vi è contatto con l'acqua, sono facilmente ispezionabili in ogni momento e dove il calcestruzzo raggiunge prima la resistenza minima necessaria.

La postcompressione a 'canestro' comprime il calcestruzzo della vasca sia lungo i paralleli che lungo i meridiani, in questo modo la deformazione della vasca causata dalla precompressione è pressoché isogona e non induce azioni flessionali.

Ultimata la posa delle armature e dei trefoli di precompressione si esegue il betonaggio della vasca procedendo a spirale dal fondo della vasca fino alla sua sommità.

Questa è un'operazione molto delicata, in quanto la sua corretta esecuzione garantisce la perfetta tenuta della vasca e viene eseguita

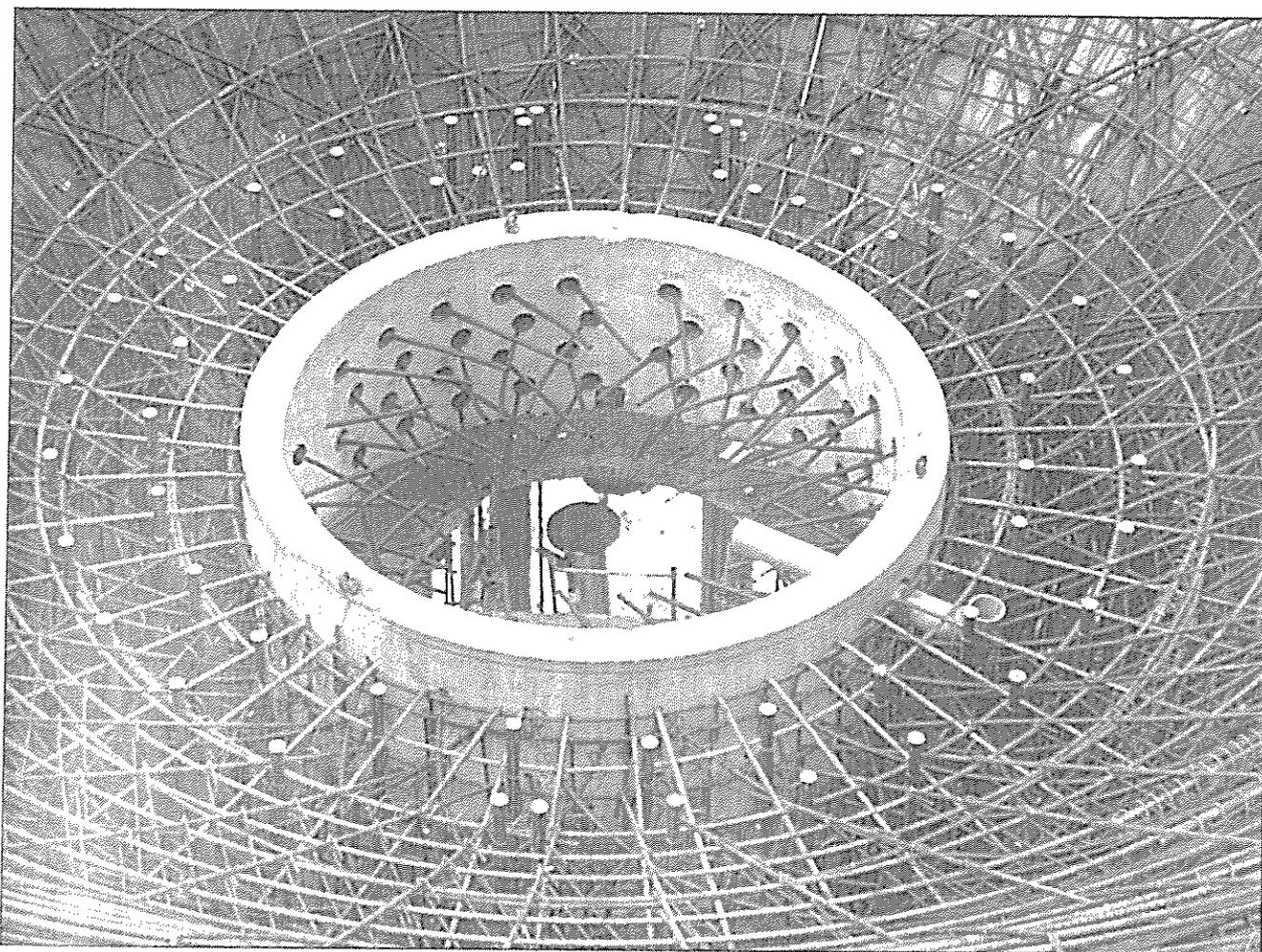


Figura 3 - Particolare delle testate di tiro dei trefoli.

'a cielo aperto', cioè senza la presenza del controcassero, per consentire agli operatori il controllo puntuale ed immediato del betonaggio.

A fronte di questo notevole vantaggio vi è però la necessità di posare il calcestruzzo su una superficie con grande pendenza (112% o 58%) che ha richiesto uno studio approfondito del *mix-design* del calcestruzzo per ottimizzare le esigenze esecutive (lavorabilità, *slump* bassi, organizzazione del cantiere, modalità di getto) con le proprietà ingegneristiche del materiale (resistenza meccanica, modulo elastico ritiro, durabilità).

Eseguito il betonaggio della vasca, si monta il tubo d'ispezione, che è prefabbricato, ed i pannelli di copertura, anch'essi prefabbricati.

Per serbatoi di grandi dimensioni, in cui la copertura deve rispondere a criteri di facilità costruttiva (assenza di ponteggi e strutture di sostegno provvisorio) e di grande leggerezza, si è messo a punto una copertura a membrana.

In sintesi essa viene realizzata tesando, ad un valore opportunamente calcolato per assumere il giusto tracciato funicolare, una raggiera di trefoli, fra il tubo d'ispezione ed il bordo della vasca.

Su tale raggiera si collocano delle lastre prefabbricate in cls poggianti sui trefoli mediante ganci in acciaio.

Completata la posa delle lastre, i ganci di appoggio vengono saldati elettricamente fra loro in modo da collegare ogni lastra con quelle contigue, ed i cordoletti di giunzione, dopo avervi posto delle barre integrative in acciaio, vengono gettati con calcestruzzo fibrorinforzato.

Ultimate queste operazioni, i trefoli vengono ulteriormente tesati per precomprimere la copertura secondo i meridiani, tendendola invece nei paralleli e bilanciando così l'azione di carichi accidentali.

Si procede quindi al disarmo del cassero ed alla verniciatura della parete esterna della vasca e, successivamente, allo smontaggio del ponteggio esterno.

Ora il serbatoio è pronto per essere sollevato alla quota di progetto.

Il fusto o stelo del serbatoio è cilindrico a sezione costante e pertanto ben si presta alla realizzazione della cassaforma rampante.

L'idea iniziale, che si è confermata valida tutt'ora, è stata quella di fare un rampante tanto robusto e potente da poter sollevare il vaso.



Figura 4 - Vasca completa a terra pronta per il sollevamento.

Il sollevamento del vaso viene eseguito con martinetti idraulici con funzionamento passo a passo fissati al fondo del vaso e contrastanti sul fusto.

Il betonaggio dello stelo viene eseguito a conci orizzontali alti circa 0,40 ml.

Un cassero esterno ed un cassero interno, assai robusti e rigidi, dell'altezza di 1,0 ml. ed entrambi cilindrici e coassiali, confinano il calcestruzzo fresco.

Questa cassaforma è collegata rigidamente al fondo vasca con una serie di staffe in acciaio, e pertanto si solleva in modo solidale col vaso contemporaneamente all'esecuzione del fusto.

Gli operatori stazionano sul ponte di lavoro che è suddiviso in due zone, una interna al fusto ed una esterna a forma anulare.

Il ponte di lavoro esterno è dotato di sottoponte e di un argano di servizio, fissato ad esso ed alla vasca, per il sollevamento del calcestruzzo dello stelo o di altri materiali.

Il ponte interno, nel quale è installato l'impianto oleostatico, di norma è utilizzato per le operazioni di comando e controllo del sollevamento e per

l'accesso del personale al ponte esterno.

Il personale accede al ponte di lavoro interno mediante il sistema definitivo di scale, che viene montato contemporaneamente all'esecuzione del fusto, e accede al ponte esterno anulare attraverso lo spazio di betonaggio cioè la zona compresa fra i martinetti idraulici per il sollevamento della vasca.

L'armatura verticale dello stelo è depositata all'interno della vasca e viene calata in posizione attraverso fori predisposti nel fondo della vasca nella giusta posizione.

L'armatura orizzontale e le staffe che completano l'armatura dello stelo, vengono legate ai ferri verticali in corrispondenza del-



Figura 5 - Fase di sollevamento vasca con contemporanea costruzione del fusto in sottomuratura.

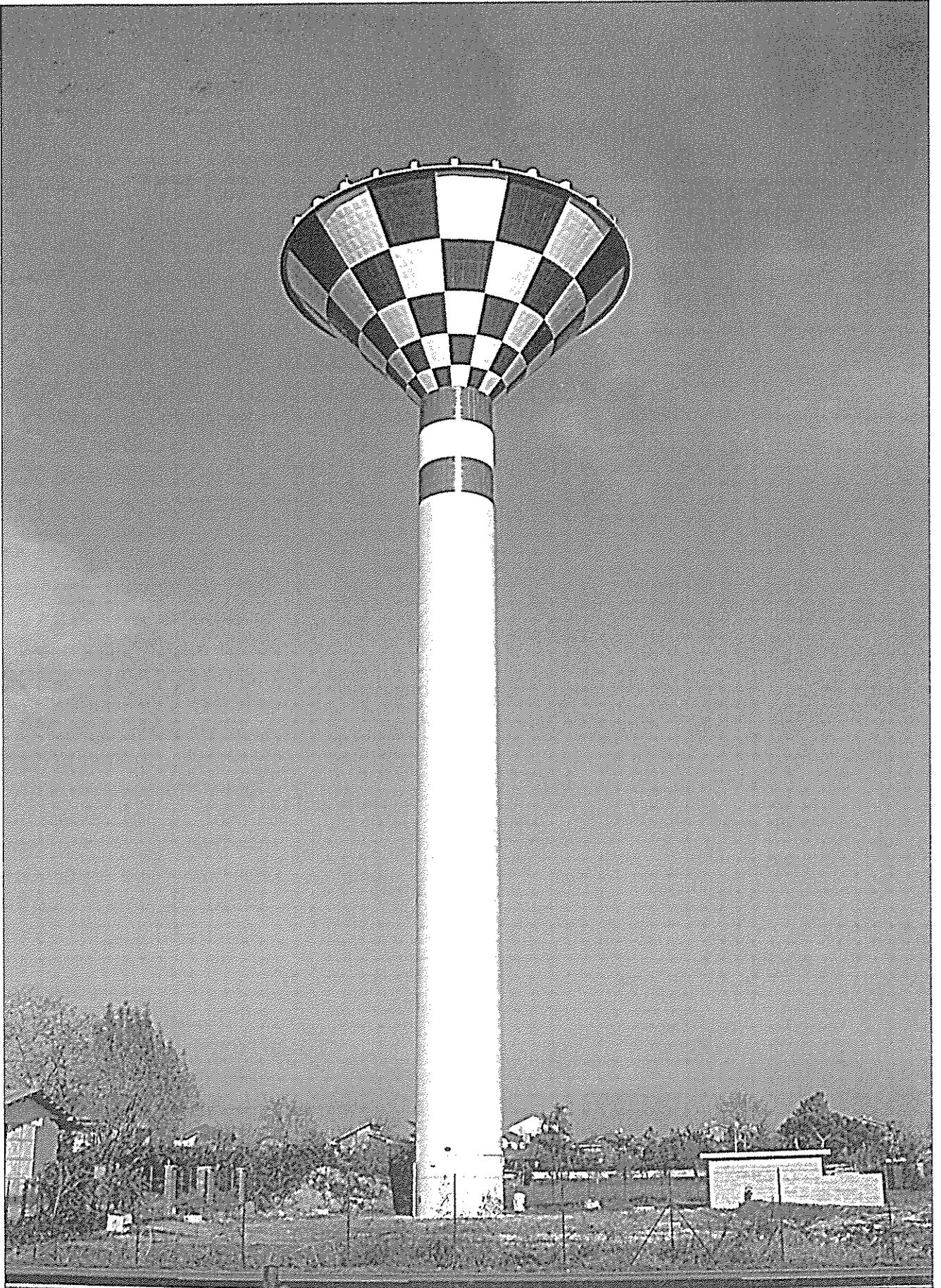


Figura 6 - Serbatoio ultimato.

lo spazio di lavoro prima di eseguire il sollevamento della vasca, e quindi la cassaforma, per eseguire un nuovo anello di stelo.

Il calcestruzzo, necessario per il betonaggio dello stelo, viene sollevato alla quota del ponte di lavoro tramite l'argano di servizio e, successivamente, versato nello spazio fra le casseforme e costipato con vibratore ad immersione.

I martinetti idraulici utilizzati per il sollevamento del vaso sono dotati di un piede troncoconico che ha la funzione di contenere la sabbia e lasciare nel calcestruzzo della torre un vano cilindrico che verrà riempito di sabbia durante il sollevamento.

I martinetti sono idraulicamente collegati in tre gruppi.

Per il sollevamento la pompa invia olio ai martinetti attraverso tre regolatori di portata.

L'operatore, agendo su tali regolatori, garantisce la verticalità della vasca e della torre tenendo costantemente sotto controllo il sistema di fili a

piombo predisposti prima dell'inizio del sollevamento.

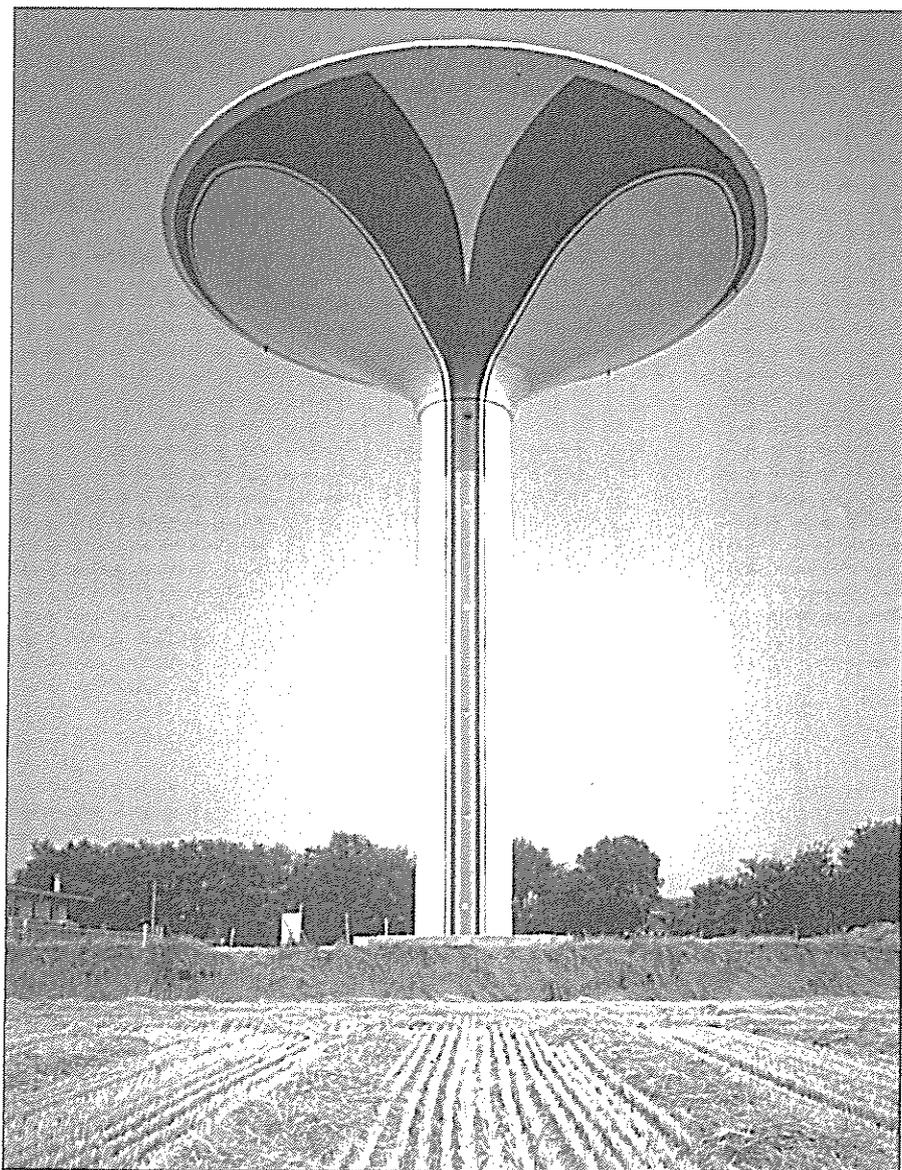


Figura 7 - Serbatoio con vasca da mc 1700 e altezza ml 30,00

Nel momento in cui tutti o alcuni degli stelli dei martinetti arrivano a fine corsa, tutti i martinetti vengono bloccati.

Si procede quindi al richiamo, a due a due sfalsandoli ogni volta di 90° , del sistema martinetto - piede troncoconico così facendo, la sabbia contenuta all'interno del piede troncoconico cade nel vano cilindrico lasciato nel calcestruzzo della torre.

Terminato il richiamo, il sistema martinetto - piede troncoconico viene spinto ad una pressione maggiore di quella necessaria per il sollevamento del vaso e bloccato in pressione.

Quindi mano a mano che procede la costruzione dello stelo, si formano tante colonne di sabbia quanti sono i martinetti, colonne che sono adeguatamente cerchiare con armatura in acciaio inglobata nel calcestruzzo del fusto.

Dopo aver eseguito l'operazione sopra descritta per tutti i martinetti, si monta l'armatura dello stelo, si esegue il betonaggio dell'anello di stelo e poi si riprende il sollevamento seguendo le fasi sopra indicate.

Ogni giorno la vasca si solleva di circa 2,0 ml.

Ultimata l'esecuzione dello stelo l'attrezzatura ubicata all'interno viene smontata ed i vari pezzi vengono calati uno per volta a terra mediante l'argano.

Il complesso esterno (anello di cassatura, ponte e sottoponte completi) viene calato a terra mediante quattro catene di discesa dotate di opportuni ganci a cui si collegano altrettanti martinetti passo a passo comandati da una centralina oleostatica.

Per consentire questa operazione la cassaforma viene aperta lungo una generatrice per inserirvi un distanziatore idoneo a creare, fra la cassaforma e lo stelo, la tolleranza necessaria per la discesa.

I martinetti idraulici di discesa del complesso anulare cassero-ponte e sottoponte, hanno corsa di 2,00 ml.

Dopo aver fissato il corpo dei suddetti martinetti al cassero ed i loro steli a delle catene che sono a loro volta ancorate a mensole fissate nelle pareti dello stelo si può effettuare la discesa.

Terminata una corsa di discesa (circa 2,00 ml.) si predispongono, ad uno ad uno, i martinetti per un'altra corsa e così si procede fino a terra.

Durante la discesa della cassaforma esterna si esegue anche la verniciatura dello stelo in modo che, quando essa raggiunge la quota del piano campagna e viene smontata, il serbatoio pensile è finito.

Rassegna dell'evoluzione degli impianti di captazione idrico potabile del sistema di approvvigionamento romano dall'Unità d'Italia ad oggi

Carlo Romagnoli

Introduzione

Il sistema di approvvigionamento idrico-potabile della città di Roma e di molti comuni limitrofi deriva 20 mc/s di acque sotterranee da otto impianti di captazione costruiti nell'intervallo di tempo che intercorre tra l'Unità di Italia ed il 1980 per soddisfare i fabbisogni potabili connessi all'evoluzione demografica.

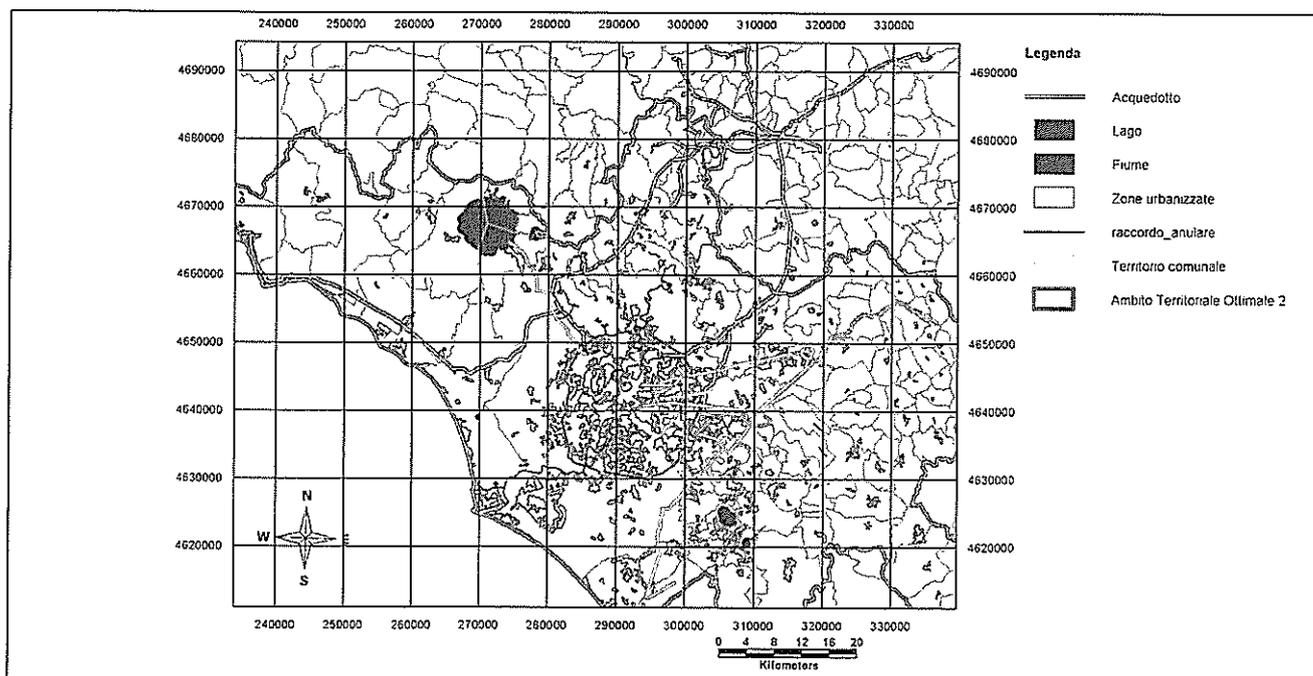


Figura 1- Sistema di approvvigionamento idrico romano.

Romagnoli Carlo, Responsabile Geologia e Idrogeologia, LaboratoRI SpA, Gruppo ACEA SpA.

Nella figura 2 viene mostrata l'evoluzione della portata disponibile per gli acquedotti presso gli impianti di captazione in rapporto alla dinamica demografica della Città di Roma.

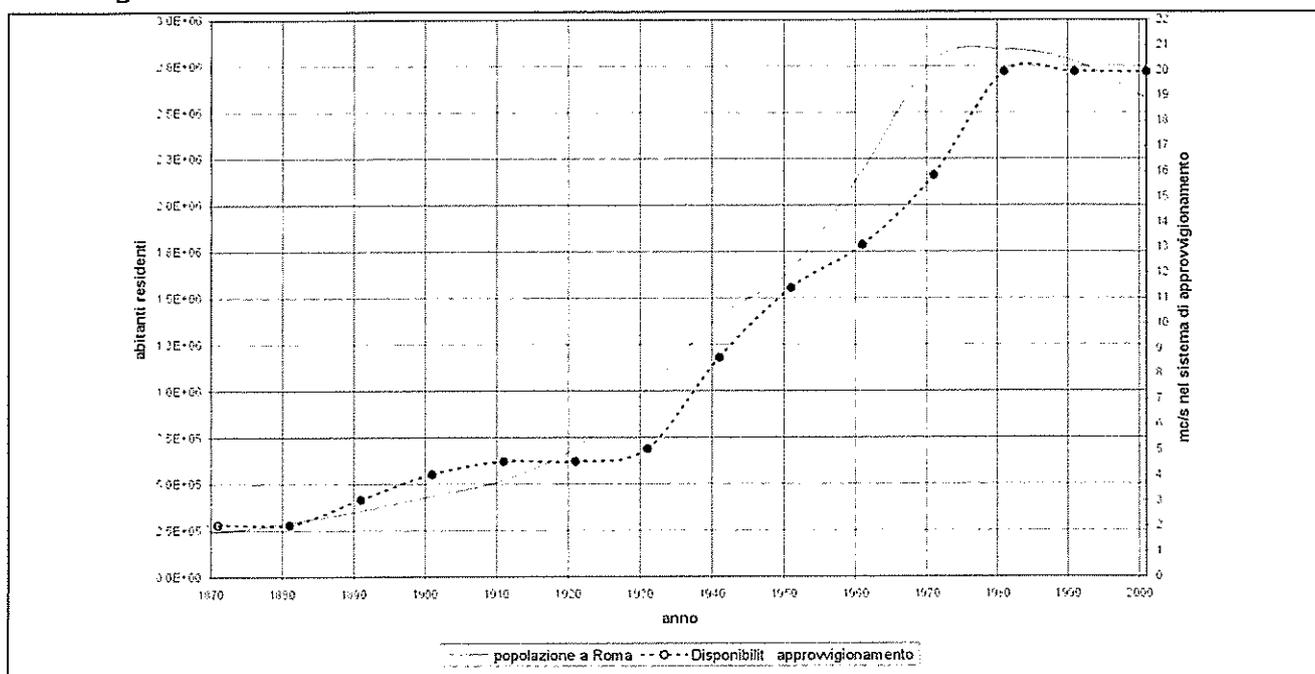


Figura 2 - Dinamica demografica a Roma ed evoluzione delle portate disponibili per l'approvvigionamento idrico.

L'analisi cronologicamente ordinata delle differenze strutturali che si riscontrano tra le captazioni dell'Acqua Marcia (1865÷1940), delle Sorgenti del Peschiera (1937÷1941; 1970÷1974) e delle Sorgenti Capore (1978÷1980), selezionate per i contesti geologici ed idrogeologici in cui insistono gli impianti, permette di definire l'evoluzione dei criteri di captazione nell'arco dei circa 140 anni che intercorrono tra l'Unit  d'Italia ed i giorni nostri.

Captazioni e contesto geologico

Le principali captazioni del sistema di approvvigionamento romano insistono in aree sorgive costituenti il recapito di base naturale ultimo di strutture acquifere di ampia estensione territoriale collocate in ambientazione appenninica (Acqua Marcia, Peschiera, Capore) o di periferia di apparato vulcanico (Acqua Vergine), nei luoghi in cui si osserva la terminazione del serbatoio acquifero alle minori quote topografiche. In queste zone, spesso ubicate ai margini di piane alluvionali, si attuano fenomeni di trabocco in superficie per centinaia e talvolta migliaia di metri di sviluppo lineare e si instaurano delicati equilibri tra il "serbatoio acquifero", i subalvei fluviali e l'acquifero alluvionale o tra le aree sorgive e le dinamiche geomorfologiche attive dei corsi d'acqua. In questi contesti scaturiscono numerose problematiche, riferibili ad una pluralit  di aspetti funzionali, costruttivi, patrimoniali, igienico-sanitari e gestionali ed oggi   possibile esaminare le soluzioni adottate in passato con riferimento alle parti es-

senziali dei componenti un impianto di captazione.

Le due figure seguenti schematizzano due tipologie d'assetto geologico caratterizzanti queste situazioni di "recapito ultimo" di vasti territori acquiferi, la prima delle quali riferibile all'ambientazione appenninica e l'altra a quella di periferia di apparato vulcanico.

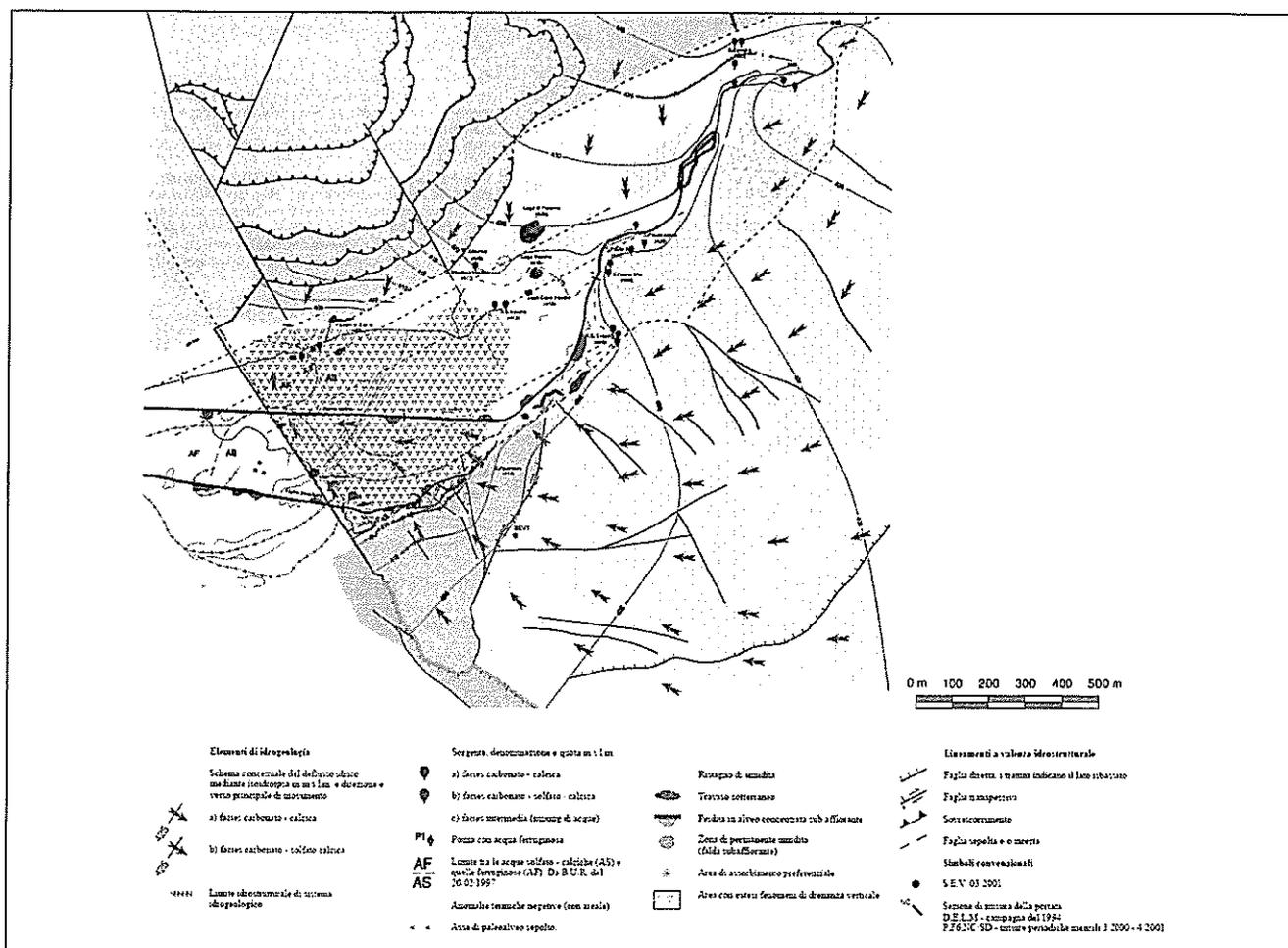


Figura 3 - Contesto caratteristico di area appenninica: situazione alle Sorgenti del Peschiera dove l'assetto strutturale determina la terminazione della struttura acquifera e l'affioramento delle acque alle quote minori del contatto con il fondovalle alluvionale.

Nella figura 3 vi è una caratteristica situazione di piana alluvionale, bordata da rilievi montuosi carbonatici, con numerose sorgenti e diffusi fenomeni di drenanza verticale da un serbatoio acquifero sepolto in profondità (circa 200 m sotto il p.c.). Si determinano le condizioni per lo sviluppo di fronti di deflusso sotterraneo emergenti lunghi più di un km al contatto del rilievo con il fondovalle alluvionale.

Nella figura 4 viene mostrata una situazione tipica di acquiferi lavico piroclastici, dove i condizionamenti al flusso idrico da parte di un substrato a bassa permeabilità che tende a risalire di quota si coniugano con le variazioni di spessore e l'anisotropia laterale e verticale delle permeabilità per generare fenomeni di convergenza del flusso e spartiacque di potenziale. Tali caratteristiche rendono la configurazione del bacino idrogeologico particolarmente resistente alla migrazione degli spartiacque di potenziale.

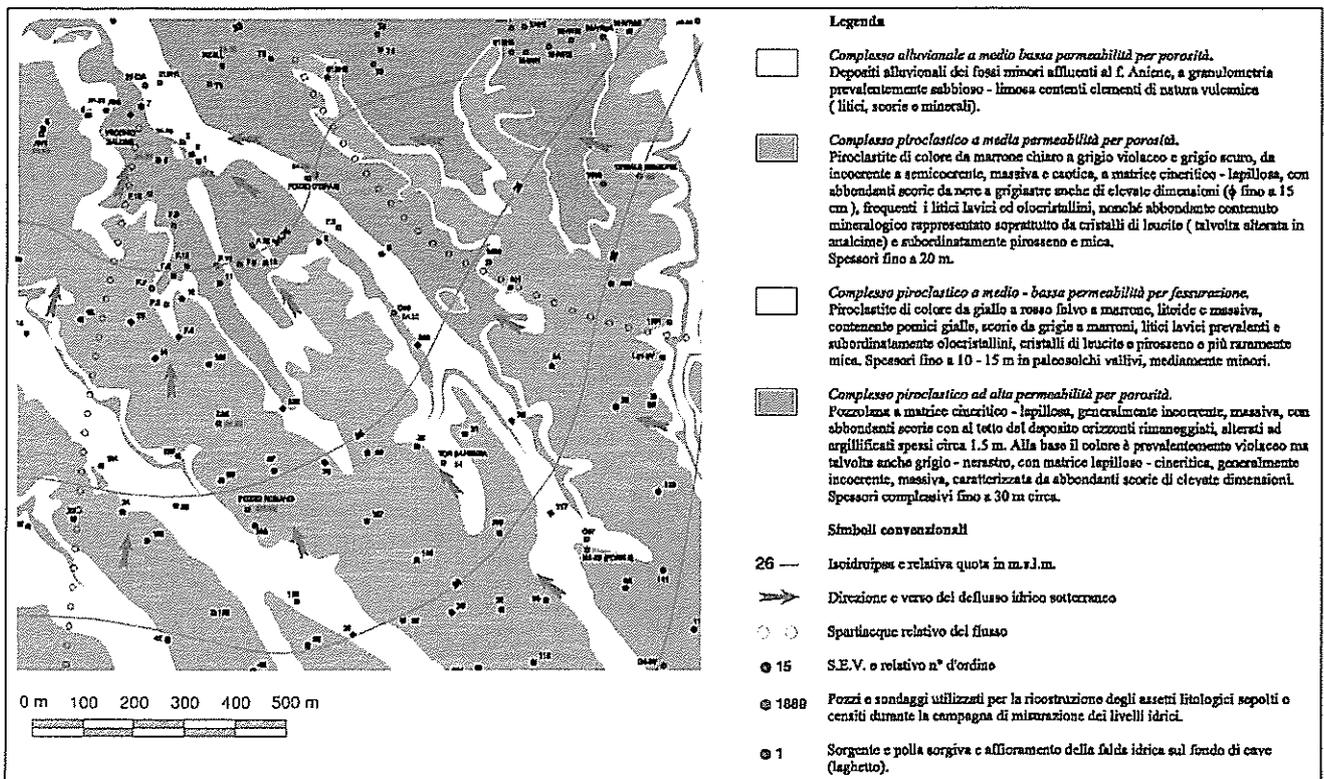


Figura 4 - Contesto caratteristico di area vulcanica: situazione all'Acqua Vergine dove l'affioramento delle acque è determinato dalla risalita del substrato a bassa permeabilità che sostiene il flusso idrico canalizzato dai contrasti di permeabilità tra le colate laviche e le coltri piroclastiche che le circondano.

E' possibile confrontare questi contesti relazionando la lunghezza dell'area sorgiva con la portata emergente (fig. 5).

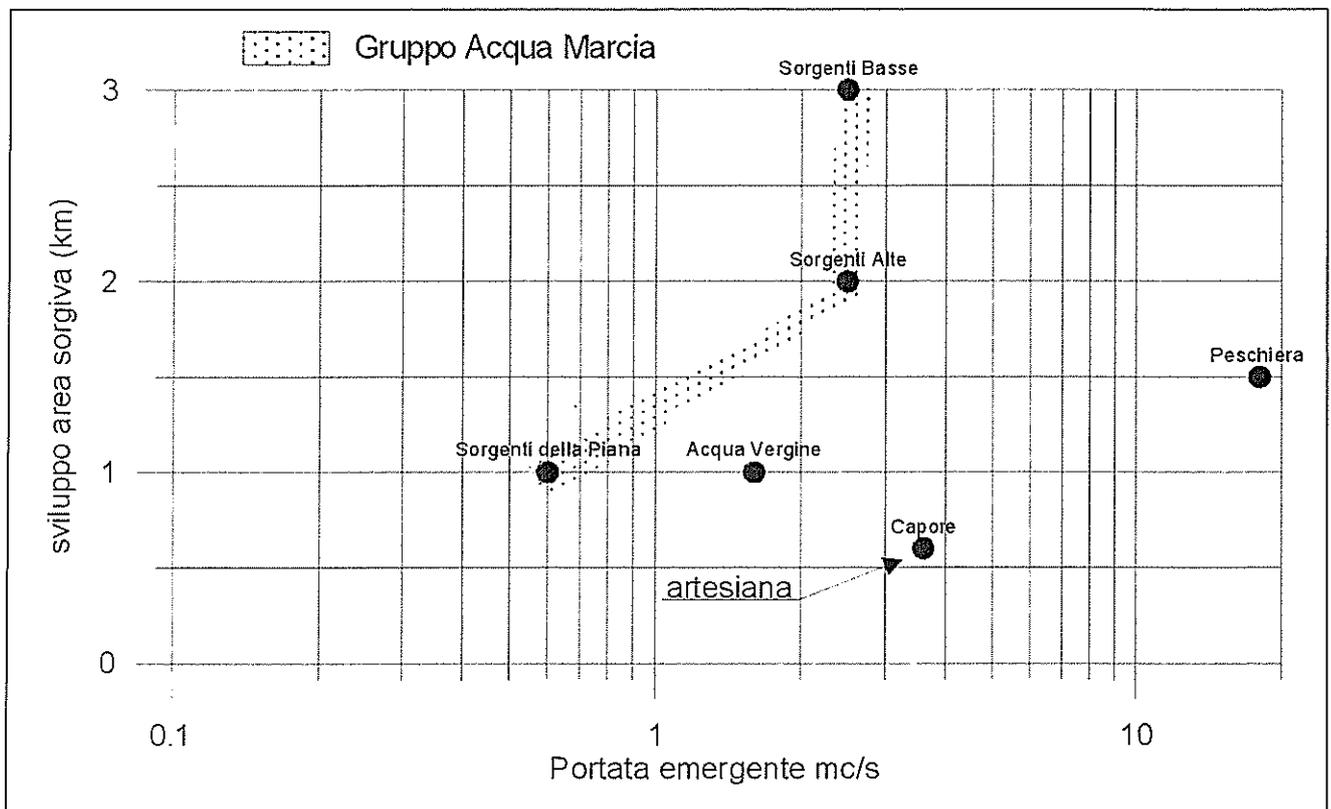


Figura 5 - Relazione tra portata emergente e sviluppo in km dell'area sorgiva.

I progressi nelle opere di presa

L'Acqua Marcia, costruita per ampliamenti succedutisi tra il 1865 ed il 1940, è strutturata sui criteri della raccolta delle acque sorgive, che prevedono di isolare la sorgente dalle acque superficiali e convogliarla con linee di adduzione a basso gradiente verso il luogo di partenza dell'acquedotto.

Il nucleo più antico di questo sistema di captazione ("Sorgenti I e II Serena e S. Lucia" 1865÷1870) è costituito da trincee filtranti sulla piana alluvionale a ridosso del rilievo calcareo, con mura perimetrali filtranti ed una copertura a larghe lastre (fig. 6) oppure da corte gallerie in muratura squadrata (fig. 7) che giungono al contatto con la roccia carbonatica. Non vi sono sistemazioni del fondo che resta naturale.

Questo criterio di captazione, di derivazione antica, per costituire portate superiori al mc/s implica strutture grandi ed estese nello spazio con una ridotta resa a causa di una intestazione in acquifero di entità generalmente trascurabile. L'evoluzione di questo sistema di raccolta delle acque avviene spostando le opere di presa dalle zone di diretto affioramento verso la base del rilievo, con cunicoli drenanti che seguono il contatto tra la roccia carbonatica e la fascia detritica o le alluvioni, introdotti nell'Acqua Marcia a partire dal 1898 e realizzati sino al 1915. Questa evoluzione mira a ridurre lo sviluppo delle opere di presa con "l'idea" di intercettare un luogo concentrato di rilascio dell'acqua da parte della roccia acquifera.

In questa tipologia di opere di presa la protezione dell'impianto dalle dinamiche alluvionali associate alla vicinanza ai corsi d'acqua ed alle similari quote delle sorgenti con le acque superficiali viene assicurata dall'edificazione di argini.

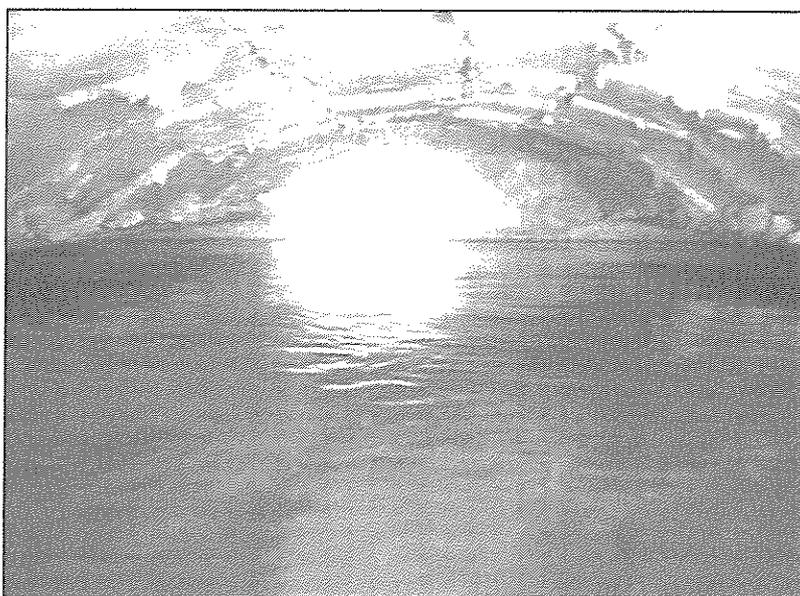


Figura 6 - Sorgente II Serena (1865). Vista della copertura a lastre caratterizzante un'opera di presa che sostanzialmente circonda una sorgente naturale.



Figura 7 - Cunicolo di San Giacomo (1898) con volta in muratura squadrata.

Nel primo dopoguerra (1920÷1940), i progressi scientifici conducono a migliorare la tecnica di sostentamento degli scavi in sotterraneo all'interno di terreni acquiferi e si attua una rapida diffusione di gallerie drenanti scavate in falda. Il progresso tecnico è visibile nei diametri di queste gallerie e nelle intestazioni in acquifero che raggiungono i 6 metri. Le gallerie delle sorgenti del Peschiera, (1937÷1943) rappresentano l'apice di questa rapida evoluzione. Tale progresso permette di innalzare le quote delle opere di presa intercettando la "cadente" freatica in una posizione più elevata all'interno del rilievo montuoso con evidenti benefici per gli organi di scarico e governo dell'impianto.

Nel dopoguerra, l'ulteriore evoluzione consiste nell'adozione di tecniche di sollevamento delle acque e si osservano due tipologie evolutive:

- a) la costruzione di campi pozzi che captano acquiferi imprigionati utilizzando la piezometrica come a Pantano Borghese) o con estrazione forzata di acque dall'acquifero (come a Torre Angela realizzata 5 km a monte dell'Acqua Vergine);
- b) l'incapsulamento di un segmento di area sorgiva mediante palancolato metallico e il sollevamento delle acque convogliate in una camera dove alloggiavano le pompe (ampliamento sorgenti del Peschiera 1974).

Entrambe queste tecniche introducono una interazione dinamica tra le opere di presa e l'acquifero attraverso la modulazione delle portate sollevate e, attraverso l'influenza sui gradienti idrici, la regolazione delle forze di richiamo e velocità dell'afflusso delle acque verso le opere di presa. Infatti sia al Peschiera, sia sul sistema a doppio impianto Acqua Vergine-Torre Angela, viene impostata una gestione flessibile che stabilisce tempi e modalità del prelievo in relazione alla domanda idrica.

Queste primitive forme di regolazione che introducono flessibilità nell'esercizio dell'impianto evolvono ulteriormente unificando l'incapsulamento di un'area sorgiva artesiana, dove le funzioni di richiamo sono naturali, con la costruzione di pozzi verticali per accentuare la connessione idraulica tra l'opera di presa ed i luoghi più profondi dell'acquifero (captazione delle sorgenti delle Capore, 1980). In questa captazione si consegue un controllo del recapito di base di un vasto territorio acquifero circostante l'impianto mediante la regolazione del livello idrico all'interno dell'opera di presa. In questo modo l'impianto giunge ad acquisire una certa capacità di modulazione del regime naturale potendo immagazzinare o richiamare acque dall'acquifero.

L'indirizzo odierno per captazioni in simili contesti inserisce la tecnologia dei dreni orizzontali di ampio diametro (*minitunnelling*) immersi in acquifero in modo per conseguire la gestione di un "campo di depressione" nell'intorno acquifero ad alto richiamo di acque con la sola movimentazione di un organo di governo in controllo remoto. Tale indirizzo si coniuga con quello relativo alla "messa in rete" delle captazioni su un sistema di approvvigionamento interconnesso che utilizzi al meglio lo sfasamento temporale tra le magre e le piene sorgive delle diverse fonti per il

soddisfacimento dei fabbisogni sui bacini di utenza.

Il diagramma riportato in figura 8 evidenzia come si sono modificati nel tempo nella costruzione del sistema di approvvigionamento romano alcuni parametri indice relativi alle opere di presa.

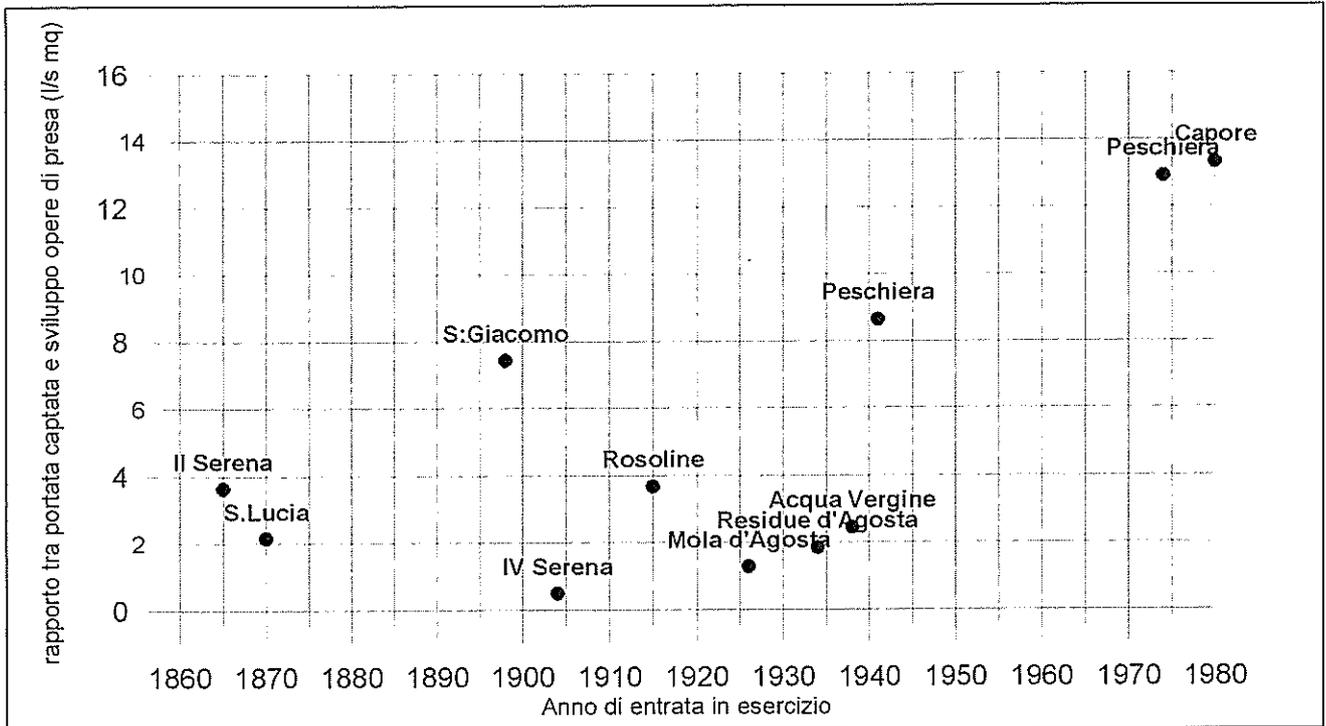


Figura 8- Evoluzione delle rese (l/s mq) per anno di entrata in esercizio della captazione.

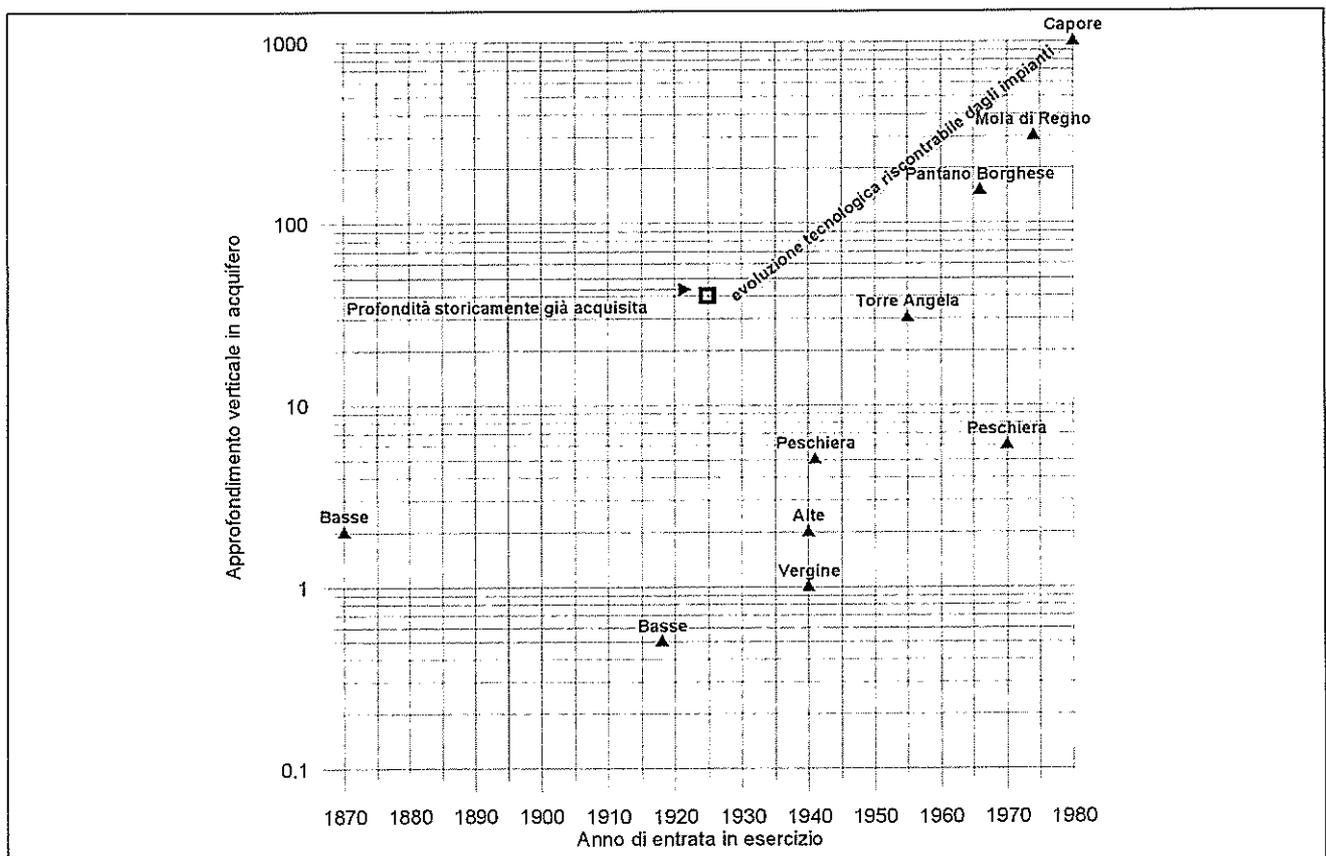


Figura 9 - Evoluzione delle intestazioni in acquifero per anno di entrata in esercizio delle captazioni.

I progressi nel governo delle acque

Gli organi di governo delle acque si sono gradualmente trasformati rispondendo all'esigenza di ridurre i tempi ed incrementare la sicurezza della manovra ricercando la semplicità e la sicurezza (controllo degli effetti sul livello idrico e la portata scaricata) durante l'esecuzione della manovra.

Tali esigenze si sono ben coniugate anche con la ricerca di soluzioni tese alla riduzione dell'estensione complessiva del territorio occupato dall'impianto di captazione e della lunghezza delle linee di trasporto delle acque interne alla captazione, con la concentrazione nello spazio dei luoghi di manovra per la riduzione del numero di postazioni e con l'avvicinamento degli stessi ai luoghi su cui si esplicano gli effetti di maggior rilievo. Il processo è stato secolare ed è inscindibile dai progressi nell'efficienza delle opere di presa nel richiamo e concentrazione delle acque e nelle quote topografiche conseguite rispetto al fondovalle alluvionale ed alle acque superficiali.

La figura 10 descrive questa evoluzione in termini molto schematici.

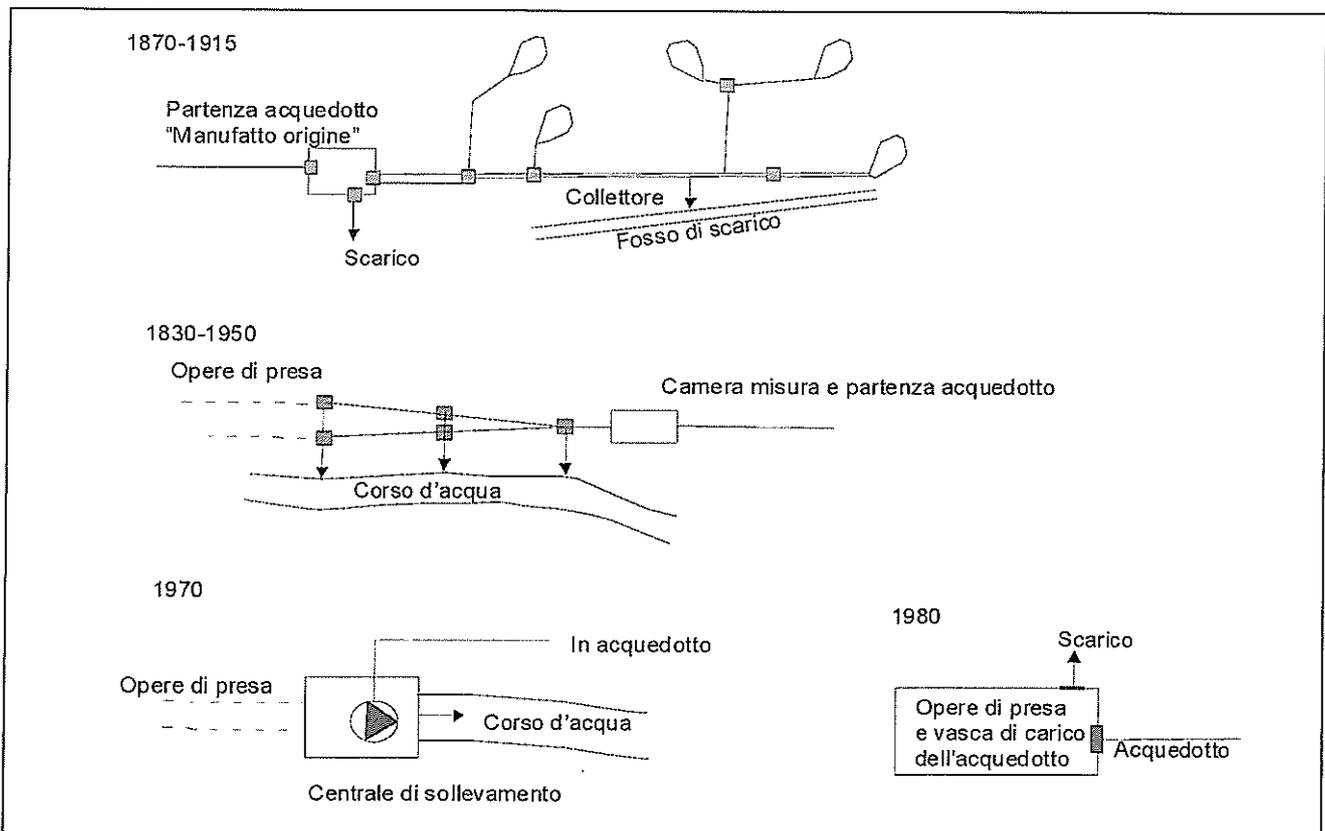


Figura 10 - Tappe fondamentali dell'evoluzione del sistema di approvvigionamento romano.

All'epoca dell'Unità d'Italia le opere di raccolta delle acque da singole scaturigini venivano governate a gruppi ed ogni gruppo possedeva o un tronco di raccordo ad un collettore generale con un luogo di manovra per lo scarico delle acque oppure una vera e propria linea di trasporto sino alla partenza dell'acquedotto.

Nel contesto geologico di queste aree sorge il ridotto dislivello che intercorre tra le acque sorgive e le acque perenni superficiali genera con frequenza situazioni problematiche di messa in fuori servizio di un grup-

po di opere di presa. In queste situazioni all'epoca si costruivano lunghi fossi di scarico che raggiungevano i luoghi con la quota richiesta, spesso arginati lateralmente e protetti dalla piana alluvionale in modo da preservarne la funzionalità anche durante gli eventi di esondazione fluviale (figg. 11 e 12).

Un'altra tecnica consisteva nel cosiddetto "sezionamento inverso" ovvero la tecnica di "annegare" la/e sorgente/i operando su un luogo del collettore posto a valle delle opere di presa annullando la forza di richiamo naturale della sorgente. Il flusso sotterraneo tendeva ad emergere nei fossi di scarico presenti più a valle delle opere di presa.

Questa tecnica veniva anche utilizzata per travasare acque da una linea di trasporto ad un'altra vicina posta ad una quota di poco superiore. Il nucleo più antico di captazione dell'Acqua Marcia (Sorgenti Basse: 1865÷1915) presenta manufatti di sezionamento dove è applicabile esclusivamente questa tecnica di governo.

Con il progresso dell'intestazione delle opere di presa in acquifero migliora il dislivello tra acque sotterranee e superficiali e gli organi di manovra evolvono assumendo configurazioni oggi "tradizionali". Infatti tra il 1920 ed il 1940 compaiono le postazioni a doppia paratoia, la prima delle quali di sezionamento dell'adduttrice e l'altra di "apertura dello scarico" delle acque al corso d'acqua naturale.

Nel II° dopoguerra i luoghi di governo si semplificano ulteriormente con l'adozione delle postazioni a singola paratoia di sezionamento; lo scarico delle acque avviene per risalita del livello idrico e sorpasso di una soglia sfiorante (che funge anche da sicurezza) dimensionata sotto il profilo idraulico o per disposizione laterale di sistemi a sifone auto innescante (Sorgenti del Peschiera 1943).



Figura 11 - Funzionalità degli organi di scarico durante l'esondazione del F. Aniene del marzo 2000

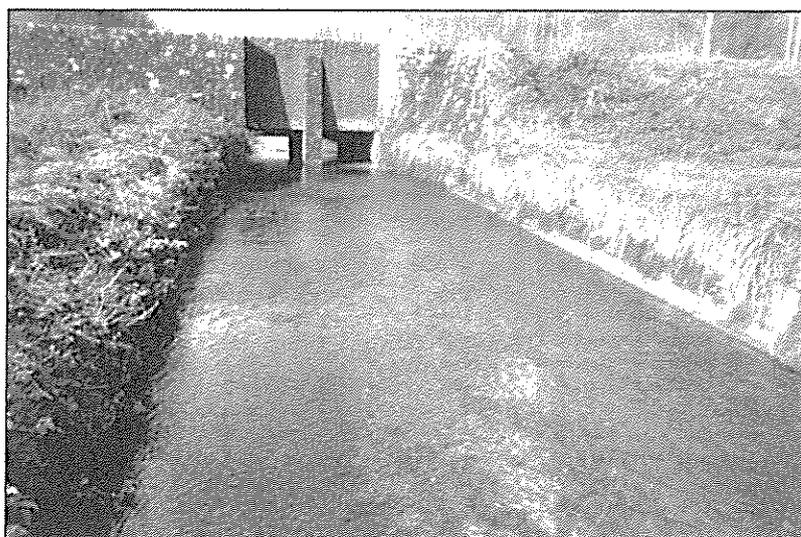


Figura 12 - Funzionalità degli organi di scarico arginati dell'Acqua Marcia

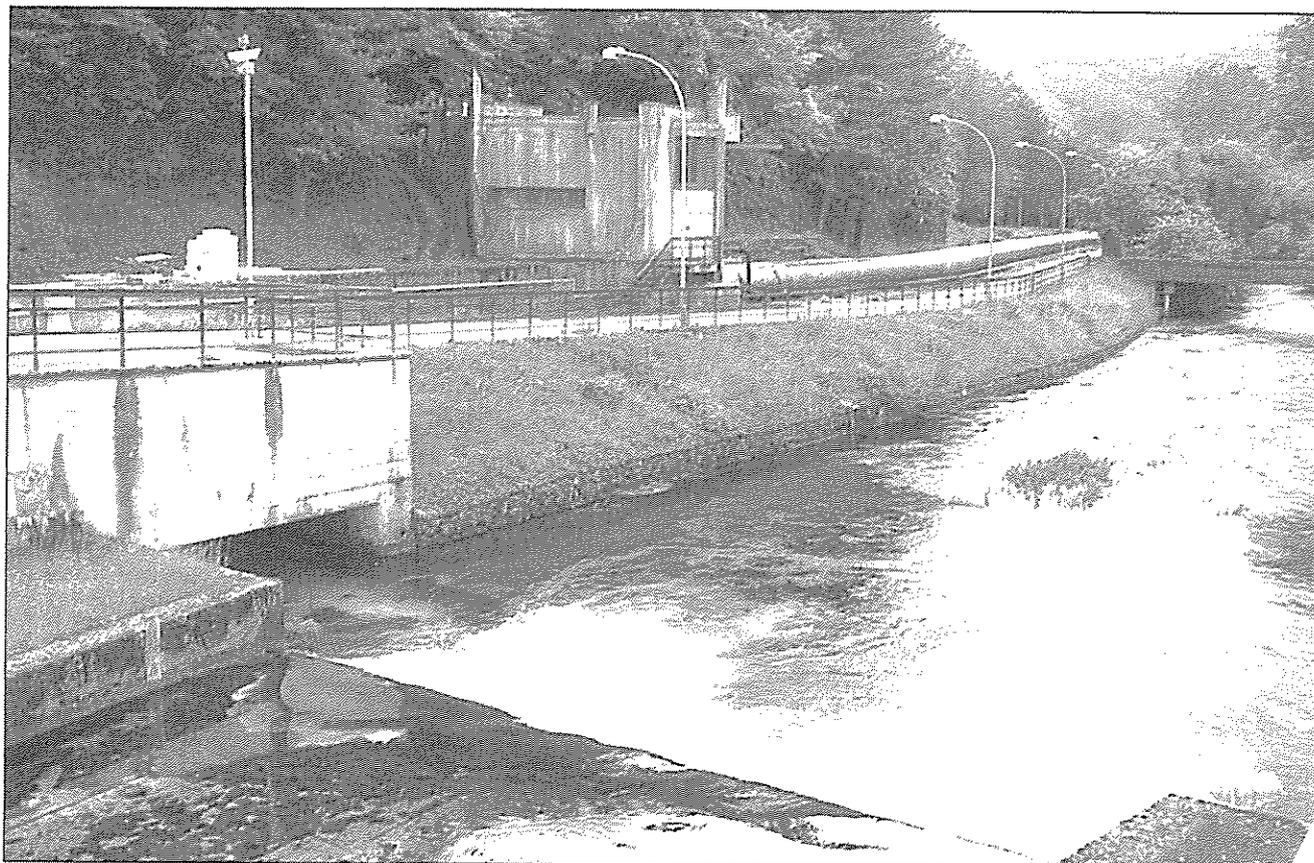


Figura 13 - Scarico delle sorgenti del Peschiera.

L'ulteriore evoluzione che caratterizza la seconda metà del XX secolo sino ai giorni nostri tende ad annullare la distanza che intercorre tra la partenza dell'acquedotto e l'opera di presa in modo da unificare l'intero controllo in un unico luogo. Si giunge nel 1980 alla captazione delle Capore dove sull'opera di presa si innesta direttamente la partenza dell'acquedotto e si costituiscono le condizioni ottimali per la gestione remota in telecontrollo di un impianto di captazione.

I progressi negli organi di scarico e la tutela igienico-sanitaria

Anche gli organi di scarico evolvono sotto la spinta di esigenze di tutela igienico-sanitaria che mirano a preservare l'isolamento delle acque captate dall'atmosfera e dalle acque superficiali.

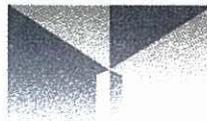
Dalle forme più semplici del canale di scarico, con o senza scivolo, aperto all'aria (situazioni non più presenti nel sistema attuale di approvvigionamento idrico) classiche per le captazioni antecedenti il 1930, si sviluppano soluzioni con sifone interposto lungo lo scarico che resta allagato dopo il primo esercizio (Acqua Marcia 1930÷1940; Acqua Vergine, 1938) a situazioni di scarico sotto battente d'acqua superficiale (Acqua Marcia, ristrutturazioni del 1950) sino alle "blindate" soluzioni di scarico permanente attivo con un flusso uscente in sifone dritto (concavità verso il basso) o rovescio (a cuspidi) su scivolo inclinato (Peschiera, 1970).

Gli autori: Antonio Maria Baldi - Ezio Burri - Vittorio Castellani - Vincenzo Collina
Ivan Cottone - Stefano De Angeli - Elisabetta De Minicis - Stefano Finocchi - Carla Galeazzi
Carlo Germani - Nicoletta Giannini - Leonardo Lombardi - Gianrenzo Remedios
Italo Riera - Franco Robotti - Carlo Romagnoli - Claudio Succiarelli - Lamberto Zambianchi

S P O N S O R S O S T E N I T O R E



C O N I L C O N T R I B U T O D I



SOLES®
FORLI'

www.soles.net
Serbatoi pensili in c.a.p.
di capacità fino a 3.000 m³ d'acqua,
collocati ad oltre 50 m dal piano campagna



www.agisco.it

intertekna 