

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale



Supplemento al n. 3/2017

ISSN 1591-5352

ATTI DEL CONVEGNO NAZIONALE

TECNICA DI IDRAULICA ANTICA



A CURA DI
ANTONELLO FIORE, GIUSEPPE GISOTTI,
GIOACCHINO LENA E LUCIANO MASCIOTTO

ROMA, 18 NOVEMBRE 2016

Geologia dell'Ambiente

Periodico trimestrale della SIGEA
Società Italiana di Geologia Ambientale

Associazione di protezione ambientale a carattere nazionale riconosciuta dal Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare, con D.M. 24 maggio 2007, G.U. n. 127 del 4.6.2007

Supplemento al n. 3/2017
Anno XXV - luglio-settembre 2017

Iscritto al Registro Nazionale della Stampa n. 06352
Autorizzazione del Tribunale di Roma n. 229
del 31 maggio 1994

Comitato scientifico

Mario Bentivenga, Aldino Bondesan,
Giancarlo Bortolami, Giovanni Bruno,
Giuseppe Gisotti, Giancarlo Guado,
Giacchino Lena, Giacomo Prosser,
Giuseppe Spilotro

Consiglio Direttivo nazionale 2016-2019

Daniilo Belli, Lorenzo Cadrobbi, Franco D'Anastasio
(*Segretario*), Daria Duranti (*Vicepresidente*),
Antonello Fiore (*Presidente*), Sara Frumento,
Fabio Garbin, Enrico Gennari, Giuseppe Gisotti
(*Presidente onorario*), Giacchino Lena
(*Vicepresidente*), Luciano Masciocco, Michele
Orifici, Vincent Ottaviani (*Tesoriere*), Angelo Sanzò,
Livia Soliani

Comitato di redazione

Fatima Alagna, Federico Boccalaro,
Giorgio Cardinali, Francesco Cancellieri,
Valeria De Gennaro, Fabio Garbin, Giacchino Lena,
Maurizio Scardella, Andrea Vitturi

Direttore responsabile

Giuseppe Gisotti

Procedura per l'accettazione degli articoli

I lavori sottomessi alla rivista dell'Associazione, dopo che sia stata verificata la loro pertinenza con i temi di interesse della Rivista, saranno sottoposti ad un giudizio di uno o più Referees.

Redazione

SIGEA: tel./fax 06 5943344
Casella Postale 2449 U.P. Roma 158
info@sigeaweb.it
www.sigeaweb.it

Progetto grafico e impaginazione

Fralerighe
tel. 0774 554497
info@fralerighe.it
www.fralerighe.it

Pubblicità

SIGEA

Stampa

Tipolitografia Acropoli, Alatri - FR

La quota di iscrizione alla SIGEA per il 2016 è di € 30 e da diritto a ricevere la rivista "Geologia dell'Ambiente". Per ulteriori informazioni consulta il sito web all'indirizzo <http://www.sigeaweb.it>

Sommario

Premessa

GIOACCHINO LENA

5

PRESENTAZIONI A INVITO

7

L'idraulica come scienza ed esperienza di vita

MARCELLO BENEDINI

9

Bonifiche idrauliche e centuriazione nel Modenese in età romana

GIANLUCA BOTTAZZI, DONATO LABATE

16

Geomorfologia e poleogenesi nella VIII Regio augustea. Considerazioni sui siti urbani d'età antica

CREMONINI STEFANO, MATTIOLI SIMONE

21

La distribuzione dell'acqua nella città di Roma: tecnologia e *castellum aquae*

LEONARDO LOMBARDI, ELETTRA SANTUCCI, BRUNO LEONI

28

PRESENTAZIONI ORALI

33

La cisterna sotterranea e il sistema idraulico della Villa del Naniglio di Gioiosa Jonica (RC)

ROSSELLA AGOSTINO, ELEONORA GRILLO

35

L'acqua, le tecniche di captazione e gli insediamenti umani sul bordo occidentale dell'altopiano murgiano (Sud Italia)

ILENIA ARGENTIERO, MARIA DOLORES FIDELIBUS,
ALESSANDRO PARISI, MICHELE PARISI, ROBERTA PELLICANI,
GIUSEPPE SPILOTRO

41

Idraulica etrusca: la gestione dell'acqua a Cerveteri e nel suo territorio

VINCENZO BELLELLI, WALTER DRAGONI, SALVATORE PIRO

48

I cunicoli-cisterna di Göreme in Cappadocia (Turchia Centrale)

ANDREA BIXIO, ROBERTO BIXIO, ANDREA DE PASCALE,
ALESSANDRO MAIFREDI, MAURO TRAVERSO

58

Cunicoli drenanti nel territorio messinese. Dalle tecniche costruttive alla fruizione naturalistica CALOGERO CANNELLA, CONCETTINA MANITTA, CARMELO NICITA, MICHELE ORIFICI, MASSIMILIANA PINTO VRACA, GIUSEPPA POLLINA, SALVATRICE SAPIENZA, VITO TRECARICHI	66
Las Médulas - Galizia (Spagna) GIORGIO CESARI	76
Nei santuari nuragici dedicati al culto dell'acqua la metallurgia genera scambi commerciali ed evoluzione tecnologica MARIA AUSILIA FADDA	80
Regimentazione idraulica a Hipponion/Valentia GIUSEPPE FERRARO FERRARO, MARIA TERESA IANNELLI, ANNA MARIA ROTELLA	87
La Carta degli Antichi Acquedotti. Un progetto della Commissione Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana CARLA GALEAZZI, CARLO GERMANI, MARIO PARISE	93
L'acquedotto romano di Pesaro-Novilara: Conoscere, tutelare e valorizzare ENRICO GENNARI, PATRIZIO PACITTI	96
Il Cisternone romano di Formia nell'ingegneria idraulica dell'antica Roma GIANCARLO GUADO	103
<i>Aquam haurire: putealia</i> e sistemi di attingimento dell'acqua in epoca antica PAMELA MANZO	107
Vasche di dissabbiaggio e laminazione borboniche delle pendici vesuviane CATELLO MASULLO, MARCO DI MICOLI	111
Drenaggi e problematiche idrauliche nel suburbio ostiense CARLO ROSA, SIMONA PANNUZI	115
Il "Progetto Foggara": ricerche per la riabilitazione dei sistemi idraulici tradizionali del Sahara algerino, regione del Touat-Gourara PIETRO TODARO	123
Le antiche fonti dei corpi arenacei plio-pleistocenici dell'anconetano: valenza di un tempo e stato attuale PAOLA MARIA VIVALDA, DAVIDE FRONZI, LIVIA NANNI, FLAVIO SORIANO	133

POSTER	143
Idraulica rupestre in Turchia ROBERTO BIXIO, MARIO PARISE, ALI YAMAÇ	145
Roma Piazza Cavour: gli <i>Horti Domitiae</i> . Sistemazioni idrauliche in un <i>hortus</i> imperiale nell' <i>Ager Vaticanus</i> fra la fine del I sec. d.C. e l'età Severiana MASSIMO BRANDO, FRANCESCO MARCO PAOLO CARRERA	152
L'acquedotto romano e la piscina romana di <i>Aquae Statiellae</i> (Acqui Terme- AL) come testimonianze di tecniche idrauliche avanzate dell'antichità CATERINA CAVIGLIA, ENRICO DESTEFANIS, LUCIANO MASCIOTTO	158
Alle origini delle <i>signina opera</i> : la grande vasca di Prato Felici dagli scavi del <i>Segni Project</i> FRANCESCO MARIA CIFARELLI, FEDERICA COLAIACOMO, STEPHEN KAY, CHRISTOPHER J. SMITH, LETIZIA CECCARELLI, CAMILLA PANZIERI	163
Gli acquedotti Romani in Piemonte e Valle d'Aosta ENRICO DESTEFANIS, CATERINA CAVIGLIA, LUCIANO MASCIOTTO	167
L'approvvigionamento idrico della Reggia di Versailles MARIA LUISA FELICI	173
Aqua Traiana e Aqua Paula: le sorgenti ELENA FELLUCA, CARLO GERMANI	177
Il controllo dell'acqua a <i>Mediolanum</i> ILARIA FRONTORI	183
Macchine idrauliche EDOARDO GAUTIER DI CONFIENGO	189
Studio sull'Acquedotto Masseria San Pietro sul Mar Piccolo a Taranto GIACINTO COSIMO GENTILE, BARTOLOMEO PONTASSUGLIA	194
Progetto <i>Albanus</i> : indagini speleologiche per lo studio dell'emissario del lago Albano (Roma, Italia) CARLO GERMANI, CARLA GALEAZZI	198
La piscina limaria dell'Acquedotto Vergine CLARA ANNARITA GIANNITRAPANI	204
Mulini idraulici a ruota orizzontale in Basilicata: posizione, tecnologia, manutenzione e stato di conservazione MARIA CARMELA GRANO, MAURIZIO LAZZARI	208

Utilizzo dell'energia dell'acqua: i mulini ad acqua di Tramutola (Regione Basilicata) GUGLIELMI PAOLA, CAPECE ANTONIO, BENTIVENGA MARIO, VALICENTI ARTURO	216
L'Acquedotto Alessandrino: Ricerche sull'ultimo acquedotto della Roma antica JENS KOEHLER	223
Alla Scoperta dell'ingegneria idraulica romana del II sec.a.C. I <i>prata</i> di Corchiano (Vt) lungo il fosso di Fustignano GIUSEPPE ORLANDI, MAURO MAZZEI, PIERO CICCIOI, CRISTINA DI SALVO, ANDREA BANGRAZI	227
I sifoni Barratina e Tre Pietre. Aspetti e problemi tecnico-idraulici dell'acquedotto Cornelio di Termini Imerese STEFANO PADERNI	233
Un esempio di opere di idraulica in ambiente carsico: "pozzi" e "pozzelle" del territorio pugliese MARIO PARISE	240
Impianti idrici in siti di età romana, recentemente indagati, nel suburbio di Roma DAVIDE IVAN PELLANDRA	245
I Regi Lagni: da opera di bonifica rurale a <i>network</i> fognario RAFFAELE PICA, CARMINE MINOPOLI, ALFREDO TROCCIOLA	252
Roma (XIV Municipio, ex XIX). Località Quartaccio di Torrecchia. Via Valle dei Fontanili. Cisterne monumentali MARIA CRISTINA RICCI, LEONARDO SCHIFI	256
Un acquedotto degli inizi dell'età imperiale nei pressi del Casale di Malafede: contributo alla discussione sul primo sistema di adduzione idrica di Ostia antica FRANCO TELLA	260
Tecnica idraulica nell'area di Venafrò (Isernia) PATRIZIA TOMEI	265
L'acquedotto di Betilieno Varo ad Alatri (Frosinone): nuovi dati sulle sorgenti, sul percorso a pelo libero e sul sifone ROCCO TORRE, ADRIANA VALCHERA	272

Premessa

Il primo convegno denominato “Tecnica di idraulica antica” ebbe luogo a Roma nel settembre 2006 su proposta, accettata con entusiasmo da Giuseppe Gisotti, Giulio Pazzagli e Gioacchino Lena, di Leonardo Lombardi.

Si trattava di mettere in evidenza come l'idraulica, branca della scienza e della tecnica che studia e mette in atto sistemi per il controllo dell'acqua rendendone possibile il consumo e l'utilizzazione, sia stata e sia, da sempre, uno degli indicatori dello stadio di civiltà raggiunto dai popoli.

Le relazioni presentate furono 17, più la relazione introduttiva di Leonardo Lombardi, e vertevano soprattutto su cunicoli drenanti, emissari artificiali di laghi e dighe in quanto la progettazione e la realizzazione di opere di captazione mediante cunicoli, nonché di emissari artificiali e di dighe comporta livelli di conoscenza e capacità costruttive di enorme difficoltà se si pensa che esse furono realizzate 2000 o anche 3000 anni or sono. L'altra idea che si voleva sviluppare riguardava la modificazione nel tempo della progettazione fino ad arrivare ai tempi moderni.

A 10 anni dal primo Convegno SIGEA ne ha voluto proporre un secondo sullo stesso tema. Ancora una volta si è tralasciato l'argomento “acquedotti” sul quale esiste una amplissima bibliografia mentre si è ribadito come essenziale fosse la modificazione nel tempo della tecnica con cui l'acqua è stata captata,

distribuita, utilizzata e perfezionata rispondendo perfettamente ai bisogni dell'umanità. Si è però allargato il campo di intervento alle altre utilizzazioni dell'acqua: cunicoli drenanti e processi di captazione, conservazione dell'acqua mediante dighe e altri sistemi di sbarramento, svuotamento dei laghi attraverso vari sistemi (si pensi allo svuotamento del Fucino o a quello della Conca di Rieti), bonifiche e sistemi irrigui, regimazione delle acque piovane lungo le vie di comunicazione, utilizzazione dell'energia idrica per processi industriali (armi, lavorazione dei metalli, lavaggio dei prodotti delle miniere, ecc), sistemi di riscaldamento delle *thermae* e delle case come quelli scoperti e studiati a Pompei. Non sono mancati tuttavia gli acquedotti visti però in rapporto ai paesaggi attraversati e alla geomorfologia dei luoghi, a volte addirittura modificata.

Le numerose relazioni giunte sono state distribuite in una sessione orale e in una sessione poster, entrambe pubblicate in questo volume rispettivamente in numero di 16 per le prime e 24 per le seconde. Esse sono precedute dalle 4 relazioni ad invito.

In totale un grande e interessante lavoro svolto da tutto il Comitato Organizzatore che si ringrazia sentitamente e dal Comitato scientifico il cui apporto culturale è stato sempre determinante

Gioacchino Lena

Idraulica rupestre in Turchia

Rupestrian hydraulic works in Turkey

Parole chiave (*key words*): opere idrauliche sotterranee (*underground hydraulic works*), pozzi (*well*), cisterne (*cistern*), acquedotti (*aqueduct*), Cappadocia (*Cappadocia*), Turchia (*Turkey*)

ROBERTO BIXIO
Ispettore Onorario Cavità Artificiali - MiBACT
(Ministero Beni e Attività Culturali), Roma
Centro Studi Sotterranei, Genova

MARIO PARISE
Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali,
Università "Aldo Moro", Bari
E-mail: mario.parise@uniba.it

ALI YAMAÇ
OBRUK Cave Research Group, Istanbul

1. INTRODUZIONE

La Turchia, ed in particolare la Cappadocia, rappresentano indubbiamente uno dei siti al mondo maggiormente famosi per lo sviluppo di cavità scavate dall'uomo, con veri e propri insediamenti che caratterizzano vaste aree del territorio. In questo contesto, nonostante l'abbondante bibliografia esistente sui siti della Cappadocia, non molti lavori sono stati dedicati agli aspetti di idraulica rupestre. Con il presente contributo ci proponiamo l'obiettivo di colmare, almeno parzialmente, questa lacuna, fornendo una prima, seppur sintetica, descrizione delle tipologie di opere idrauliche individuate.

Dove non specificato diversamente, le località citate si riferiscono alla Cappadocia (Fig. 1), la regione della Turchia centrale costituita da estesi depositi vulcanici, caratterizzata dalla presenza di un numero impressionante di insediamenti rupestri e sotterranei di epoca bizantina, tra cui interi villaggi e rifugi, ed oltre 600 chiese scavate nella roccia.

2. LE RICERCHE DI IDRAULICA ANTICA IN CAPPADOCIA

L'approvvigionamento idrico è da sempre di fondamentale importanza per l'insediamento di nuclei e centri abitati (Juuti *et al.*, 2007; Fahlbusch, 2008). Esiste una ampia documentazione in merito, che copre vaste aree del Medio Oriente e dell'Asia Centrale, con particolare riferimento ai numerosi studi dedicati ai sistemi di raccolta dell'acqua tramite opere scavate nel sottosuolo, quali i *karez* e i *qanat* (Castellani, 2001; Kuros, Khaneiki, 2007; Lightfoot, 2009; Mays, 2010; Hu *et al.*, 2012). La rilevanza di queste tematiche è ulteriormente avvalorata dai lavori dell'*International Center on Qanats and Historic Hydraulic Structures* (ICQHS), in Iran, un centro di studi sotto gli auspici dell'Unesco (Semsar Yazdi & Labbaf Khaneiki, 2010, 2012).

In Cappadocia, una delle aree di maggiore interesse al mondo per le cavità artificiali, le opere di idraulica risultano oggetto di studi specifici e sistematici soltanto da pochissimi anni, sebbene ricoprano un ruolo fondamentale nello sviluppo degli insediamenti e delle attività agricole della regione.

La prima, breve testimonianza a noi nota risale a Erodoto che, nel V secolo a.C. scrive di una deviazione del fiume Kızılırmak (si veda § 3.16), forse corrispondente al tunnel documentato soltanto nel 1984 da Gilli.

Assai dopo lo storico greco, e prima del geografo e speleologo francese, ci risultano po-

chissime altre testimonianze, molto succinte, tutte risalenti tra fine Ottocento e inizio Novecento. L'archeologo scozzese Ramsay riferisce che: "At one village (Ndr.: senza peraltro farne il nome, ma probabilmente corrispondente al villaggio di Çekme, presso Derinkuyu, ancora oggi in funzione - Fig. 2) the water was got



Figura 1 – Carta della Turchia. Posizione dei siti citati nel testo in cui sono descritte opere idriche rupestri (grafica R. Bixio)



Figura 2 – Çekme, Derinkuyu (Cappadocia). Ruota per sollevare l'acqua di un pozzo collocato in un vano in muratura costruito in superficie (Foto M. Traverso)

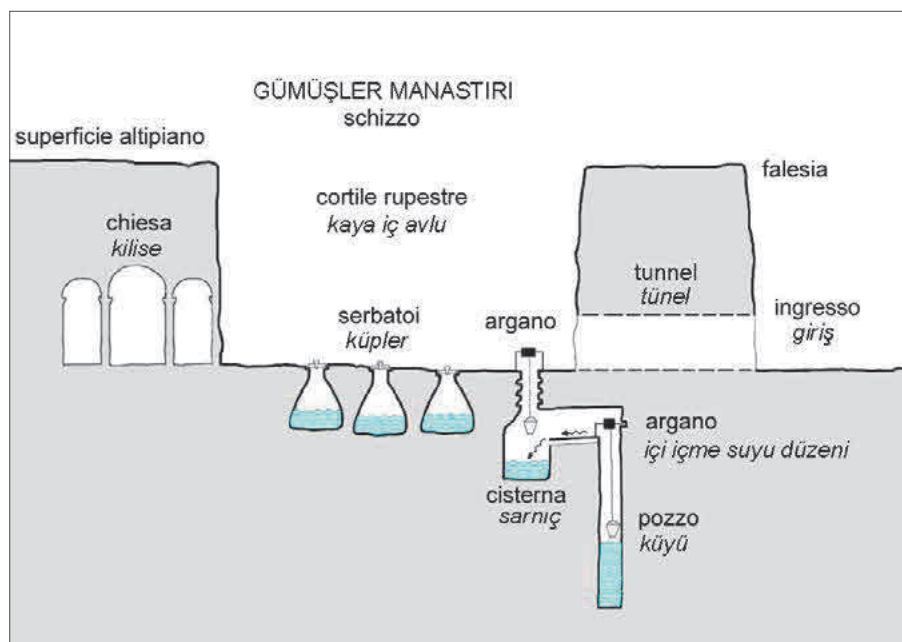


Figura 3 – Gümüşler Manastırı, Niğde (Cappadocia). Schema del sistema di sollevamento dell'acqua dal pozzo e dalla cisterna sotterranei (elaborazione grafica R. Bixio, da Bildirici 2009, p. 384)

from wells which are ascertained to be about 300 feet deep. A cumbrous, rude, quaint contrivance was used, whereby the united strength of four women drew up a tiny bucket. I timed them, and found that about forty-five seconds were required for the ascent of a bucket" (Ramsay, 1897, pp. 244-246).

Cousin, che transitò in Cappadocia sulle tracce di Ciro, descrive un lungo canale sotterraneo, aerato da finestre rettangolari scavati nel tufo: "L'eau voyage ainsi souterrainement pendant trois heures avant d'arriver à Urgub. Suivant les habitants, ce joli chemin a été fait par Ibrahim-Pacha, le grand vainqueur égyptien" (Cousin, 1905, p. 388-389). Cousin cita anche una cisterna da cui parte un canale d'acqua sotterraneo, costellato di fori d'aerazione, che alimenta Uçhisar (si potrebbe trattare del condotto in Fig. 9, documentato da Gilli & Yamaç, 2015).

De Jerphanion, che soggiornò in Cappadocia tra il 1907 e il 1927, nel descrivere il vallone che si prolunga oltre l'anfiteatro delle chiese di Göreme, aggiunge: "Il faut citer un long boyau qui était, sans doute, une conduite d'eau pour l'alimentation de Gueuréme" (De Jerphanion, 1925, p. 25), riferendosi, senza dubbio, ai cunicoli di drenaggio scavati nell'alveo della valle (Bixio R. & Castellani, 2002).

Soltanto dal 1984, iniziano le indagini sistematiche da parte di speleologi, cioè di esploratori specializzati nella ricerca di strutture ipogee, in condizioni molto disagiate, anche in ambiente subacqueo. Per questo motivo la ricerca si estende a tipologie in precedenza poco, o per nulla considerate, tra cui sorprendenti e funzionali impianti idrici sotterranei, scavati con le tecniche del "costruire in negativo" ampiamente collaudate nei secoli passati in questo territorio (Gilli,

1984; Bixio R., 1991, 1994; Castellani, 2000, 2002, 2012; Bukarenko et al., 2011; Gilli et al., 2014; Gilli & Yamaç, 2015; Bixio A. et al., 2016; a cui si aggiungono le recentissime indagini, presentate in questi stessi atti da Bixio A. et al., 2017a, 2017b).

3. OPERE IDRICHE SOTTERRANEE

Possiamo distinguere le opere idriche scavate nella roccia in base alle strategie ed alle tecniche messe in atto dagli abitanti del luogo, al fine di utilizzare al meglio l'acqua. Esse dipendono, inoltre, dalle caratteristiche litologiche e climatiche locali, peculiari di aree tipicamente deficitarie di risorse idriche di superficie.

OPERE IDRICHE PER PRODURRE ACQUA

3.1. Condensatori. Sebbene non si tratti di una struttura sotterranea in senso stretto, segnaliamo un dispositivo individuato presso il villaggio di Yeşilöz, a nord di Gülşehir. Si tratta di una collina artificiale, alta 50 m e di 200 m di diametro, costituita da un cumulo di pietre, molto probabilmente realizzato per catturare l'umidità dall'aria che lo attraversa, alimentando alcune sorgenti alla sua base. Non a caso, nelle adiacenze vi sono i resti di un antico insediamento. In altri casi la condensa può avvenire anche attraverso depositi detritici naturali o rocce fessurate in prossimità dei crinali, alimentando le ben note "sorgenti di vetta" (Maifredi, 1995). È possibile che, in alcuni casi, anche i cunicoli scavati dall'uomo producano acqua grazie alla condensa dell'umidità atmosferica (Bukarenko et al., 2011).

OPERE IDRICHE PER PRELEVARE ACQUA SUL POSTO

3.2. Pozzi idrici. Ottenuti con scavo verticale in roccia, con canna di pescaggio quadrangolare, raramente cilindrica, profondi da 10 a 40 m, come a Sivasa (Triolet & Triolet, 1993), o, in qualche caso, ancora più profondi (si veda cap. 2 - Ramsay, 1897). Sono realizzati allo scopo di raggiungere la falda acquifera, attingendola per sollevamento dal piano di campagna (Fig. 2) o all'interno di un insediamento sotterraneo (Fig. 3).

3.3. Neviera. Nel caso del pozzo documentato nel sito di Karakum (Ahlat, Turchia sud-orientale), riteniamo probabile che si tratti di una neviera, dove si accumulava la neve nei mesi invernali per il fabbisogno estivo di un monastero rupestre medievale, ad una quota di 1.800 m s.l.m. Il pozzo, collocato sulla sommità piatta di una balza rocciosa, ha canna a sezione quadrangolare di circa 1,20 m, profonda 7 m, chiusa sul fondo, raggiungibile con una serie di pedarole contrapposte. Sul bordo si notano i segni di usura dovuti allo scorrimento di corde per la movimentazione dei contenitori (Fig. 4) (Bixio A. et al., 2015).



Figura 4 – Karakum, Ahlat (Lago Van). Il pozzo-neviera, a fondo cieco, è dotato di pedarole (Foto A. Maifredi)



Figura 5 – Midas Şehri. Vasche combinate a cisterne coperte, con scalinate ricavate nella roccia (Foto R. Bixio & A. Yamaç)

Pozzi idrici in senso lato, o meglio “pozzi complementari per opere idriche” si possono considerare anche quelli realizzati in fase di scavo dei condotti orizzontali (allineamento, ventilazione, evacuazione, manutenzione), nonché i pozzi dissipatori e i pozzi-vespaio (si veda oltre, § da 3.8 a 3.14).

OPERE IDRICHE PER ACCUMULARE ACQUA

3.4. Vasche. Contenitori idrici a pelo libero, in genere ad ampia superficie quadrangolare (ma anche di piccole dimensioni e circolari), scavati nella roccia a cielo aperto o in un vano ipogeo, come nel caso del rifugio sotterraneo di Aydıntepe, presso Bayburt (Turchia nord-orientale), dove la vasca (circa 4 m x 2 m) è scavata sotto il piano di calpestio di una camera interna e la superficie dell'acqua rimane a livello del pavimento (Bixio R. & De Pascale, 2015). Gli invasi sono alimentati da sorgenti, da fusione nivale e da acque meteoriche dirette o canalizzate, allo scopo di costituire riserve idriche da distribuire quando necessario.

3.5. Cisterne (a camera). Vasche coperte, interamente scavate all'interno dell'ammasso roccioso, assimilabili a camere, più o meno quadrangolari, e allagabili interamente. Per le cisterne lineari si veda § 3.11.

3.6. Vasche-cisterna (combinate). Il sito archeologico di Midas Şehri (“Città di Mida”, villaggio di Yazılıkaya, 80 km a sud di Eskişehir, Turchia nord-occidentale) è caratterizzato da diverse strutture rupestri (tombe, vani abitativi, iscrizioni frigie) risalenti all'VIII-VI secolo a.C. Tra queste, all'interno dell'area fortificata, vi sono grandi vasche quadrangolari (Fig. 5) scavate nella roccia, a cielo aperto, a partire dal piano di un terrazzamento intermedio, per una profondità di circa 8 m. Il fondo è accessibile per mezzo di scalinate intagliate

nelle pareti, a rampa unica o a zigzag (rampe contrapposte). Su un lato di ciascuna vasca si inoltra un'ampia camera sotterranea, in cui prosegue la rampa discendente. L'insieme fa pensare ad un sistema per la raccolta di acque piovane o di fusione nivale, in aggiunta a diverse piccole sorgenti alla base del terrazzamento soprastante (Chaput, 1941; Haspels, 1971), collegate alle vasche con brevi canali e fori passanti (Haspels, 1971); i bacini scoperti sono poi combinati ai vani coperti (cisterne sotterranee), verosimilmente atti alla conservazione di una riserva idrica estiva, protetta dalla evaporazione, a cui attingere per mezzo delle scalinate in regime di minima portata.

3.7. Cisterne pensili. Vasche e cisterne possono trovarsi anche nei livelli più alti delle falesie, come nel caso dell'insediamento di Sarıhıdır, nei pressi di Avanos (Gilli et al., 2014). Nel caso di Bitlis (Lago di Van, Turchia sud-orientale), la cisterna (Fig. 6) è collocata a metà di un cunicolo discendente scavato nella collina su cui sorge il castello, collegato in tal modo alla parte bassa della città (Bixio R. et al., 2011).

3.8. Qastel. Struttura peculiare di Gaziantep (Turchia centro-meridionale) costituita da un ambiente pubblico sotterraneo, alimentato da gallerie localmente note come *livas/qanaq* (si veda § 3.11), con piccoli bagni, latrine e la-

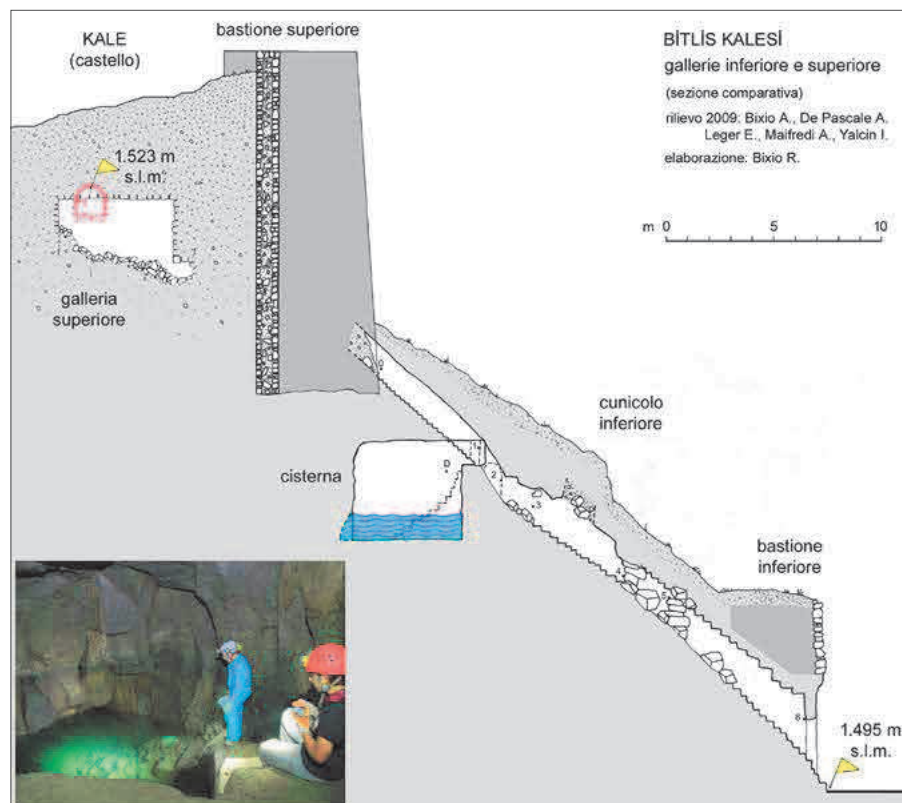


Figura 6 – Castello di Bitlis (Lago Van). Cisterna pensile lungo il percorso di un cunicolo scavato nella roccia (grafica R. Bixio)



Figura 7 – Ahlat (lago Van). Acquedotto rupestre, in trincea e in galleria (Foto A. Maifredi)

vatoi, collegati alla superficie da scalinate (Çam, 1982; Yamaç, 2013). Sino a 50 anni fa ne esistevano 15, oggi ridotti a 5, la maggior parte dei quali collocata vicino alle moschee. Il termine deriva senza dubbio da *castellum*, il serbatoio idrico in epoca romana.

OPERE IDRICHE PER TRASPORTARE ACQUA (APPROVVIGIONAMENTO)

3.9. Colatoi. Si tratta di un sistema di trasporto idrico localizzato, per alimentare singole cisterne, costituito da un canalicolo verticale (pluviale), di modeste dimensioni ed estensione, che collega una vasca di raccolta, sulla sommità di una balza rocciosa, ad un serbatoio sotterraneo (Bixio A. *et al.*, 2016, 2017a).

3.10. Acquedotti, scavati per convogliare le risorse idriche, allo scopo di fornire acqua potabile o per l'irrigazione, o come forza motrice. Nel caso di Ahlat, sul lago di Van, secondo la tradizione orale uno degli antichi cunicoli conteneva una tubatura in terracotta usata come "lattedotto" (Bixio A. *et al.*, 2014, p. 181).

In base alla tecnica di scavo si considerano due categorie: condotti realizzati a cielo aperto (in trincea - Fig. 7), oppure completamente sotterranei (in galleria). Questi ultimi sono costituiti da cunicoli integrati da dispositivi per captare (a monte) e distribuire (a valle) l'acqua. I cunicoli possono essere di due tipi:

- a) con scorrimento a pelo libero (Fig. 8), in cui il cunicolo stesso serve da condotto per il trasporto dell'acqua (si veda anche § 3.15);
- b) scorrimento in condotta: il cunicolo serve da contenitore per una tubatura. In Uçhisar è stato documentato un sistema di cunicoli, lungo più di 3.600 m, contenente due tubature in terracotta di diversa epoca (Fig. 9) (Gilli & Yamaç, 2015).



Figura 8 – Göreme (Cappadocia). Cunicolo-cisterna con funzione mista di trasporto e accumulo idrico, a pelo libero (Foto A. Bixio)

In ogni caso, la procedura generalmente adottata per la realizzazione delle gallerie è quella dello scavo di pozzi discendenti dalla superficie, sia per ottenere l'allineamento del tracciato sotterraneo, la sua ventilazione, ed eventualmente la successiva manutenzione, sia per l'intervento di squadre che possono lavorare simultaneamente con la tecnica dei fronti contrapposti (Bixio R. & Galeazzi, 2009b). Questi accorgimenti sono già riscontrabili nell'acquedotto di Samo (VI secolo a.C.), noti come tecnica di Eupalino, "ingegnere idraulico" di Megara (Castellani, 2000, p. 179-192).

3.11. Qanat. La funzione di un *qanat* (termine di origine araba) è quella di captare le acque di una falda sulla maggiore estensione possibile del condotto sotterraneo (anziché da un unico punto di origine), convogliandole nel luogo voluto (vasca di distribuzione, coltivazioni, inse-

diamenti). Il percorso è caratterizzato da una serie di pozzi, non di rado ondine, scavati per la realizzazione del cunicolo in profondità (Wulff, 1968). In tal modo sono sufficienti flussi minimi raccolti per filtraggio su una vasta area, protetti dalla dispersione per evaporazione. I *qanat* non sono acquedotti in senso stretto (cioè adibiti al solo trasporto di acqua tra due punti), ma piuttosto opere di emungimento diffuso (Castellani, 2001; Bixio R. *et al.*, 2009).

In realtà non abbiamo la certezza che in Turchia vi siano opere di questo tipo, ma sembra fondata l'ipotesi che nel sito archeologico di Ani (Fig. 1), la capitale medievale del regno di Armenia (oggi sull'estremo confine nord-orientale della Turchia, nella provincia di Kars), la presenza di leggeri avvallamenti circondati da frammenti rocciosi, posizionati non in linea, ma consecutivi, possano corrispondere alle bocche di un sistema molto antico di emungimento, equiparabile ad un *qanat*.

All'epoca delle nostre esplorazioni, nel

2004, non era ancora stata individuata l'origine delle fonti di approvvigionamento idrico della grande città che, pur collocata su un tavolato roccioso privo di sorgenti, circondato da profondi canyon, era persino dotata di bagni pubblici (Bixio R. *et al.*, 2009). *Livas* è la denominazione dei condotti sotterranei di Gaziantep (Turchia centro-meridionale) che alimentavano i *qastel* (vedi § 3.8) che forse potrebbero essere equiparati ai *qanat*.

3.12. Cunicoli-cisterna. Si tratta di particolari sistemi di raccolta, conservazione e distribuzione dell'acqua per mezzo di "cisterne lineari", cioè strutture costituite da lunghi cunicoli con funzione di serbatoio. La circolazione idrica interna è prevalentemente verticale, con forti oscillazioni stagionali, ed una componente secondaria di trasporto orizzontale (acquedotto) (Fig. 8).

È una tipologia nota nel mondo antico per altre aree, sia con opere costruite nel sottosuolo, sia scavate nella roccia (Bryer & Winfield, 1985; Marzano, 2007; Fahlbusch, 2008). Questa tipologia è stata recentemente identificata anche in Cappadocia, dove i condotti sono scavati a fronti contrapposti, partendo da imbocchi alle estremità, e sono alimentati per mezzo di semplici ed efficaci dispositivi composti da “trincee-vespaio o pozzi-vespaio”, singoli o multipli, in cui convergono le acque meteoriche e di fusione nivale (e, forse, anche per condensa - Bukarenko *et al.*, 2011), anziché delle falde freatiche, come si pensava in un primo tempo. Sono associati a “camere di prelievo” per la distribuzione dell’acqua all’esterno, realizzate, in casi specifici, con la tecnica dei “fori-pilota”. A volte sono abbinati a cisterne “a camera”. Per maggiori dettagli su questo sistema, si veda Bixio A. *et al.* (2017a, 2017b).



Figura 10 – Troia. Cavità naturale connessa a un cunicolo artificiale scavato a fronti contrapposti (elaborazione grafica R. Bixio, da Treister 2002, Korfmann 2003)

3.13. Opere idriche ibride. Nel caso dell’impianto idrico sotterraneo presente nell’area archeologica di Troia (Hisarlık-Tevfikiye, nella Turchia egea), documentato negli anni Novanta del Novecento e successivi da Mikhail Treister nell’ambito degli scavi archeologici diretti da Manfred Korfmann dell’Università di Tübingen, ci si trova in presenza di un’opera che, per le sue modalità di realizzazione, rientra nella categoria delle “cavità artificiali miste”, cioè scavate per raggiungere, estendere o modificare grotte naturali (Bixio R. & Galeazzi, 2009a). La parte iniziale è costituita da una risorgenza in roccia calcarea, mentre, dal pozzo 2, un evidente intervento antropico ha prodotto un cunicolo quasi rettilineo nella parte più interna (Fig. 10). Già dalla planimetria è evidente che lo scavo del cunicolo artificiale è stato condotto da due squadre operanti in direzioni contrapposte, partendo dai pozzi alle due estremità. Lo testimonia il punto di incontro, tipicamente individuato dal cambio di direzione e dalla relativa appendice cieca dovuti a un errore di allineamento. La morfologia del condotto e le vasche di pescaggio alla base dei pozzi 3 e 4, che risultano all’interno della cinta muraria della Città Bassa, fanno pensare che questa parte dell’invaso sia da equiparare ad un cunicolo-cisterna (si veda § 3.14), alimentato da precipitazioni meteoriche e, probabilmente, dalle stesse acque provenienti dal sistema carsico, realizzato per rifornire direttamente l’insediamento soprastante in caso di assedio.

Gli archeologi ritengono che le opere di captazione della risorgenza (perlomeno nella prima parte della grotta naturale) risalgano al III millennio a.C. (datazione delle croste calcitiche), e siano da identificare con il termine KASKAL.KUR, citato in un trattato del 1280 a.C. tra il re ittita Muwatalli II e Alaksan-

du, governatore della città-stato vassalla di Wilusa ([W]ilios, cioè Troia) (Treister, 1999, 2001, 2002). Il termine KASKAL.KUR ricorre in diversi contesti ittiti e sembra indicare una sacra/divina apertura nella terra. La traduzione più comune è “corso d’acqua sotterraneo” (Mora *et al.*, 2017).

È probabile che il cunicolo integralmente artificiale sia invece di epoca successiva. Comunque, vi sono evidenze che la risorgenza carsica abbia continuato a rifornire d’acqua la Città Bassa nel secondo millennio a.C. e che sia rimasto in uso anche in epoca greca (a cui probabilmente risale lo scavo del cunicolo-cisterna), romana e bizantina (Korfmann, 2003, comun. pers.). D’altra parte, ricordiamo che l’esatore ipogeo del lago di Copaide (40 km a nord di Tebe, in Beozia), caratterizzato da una serie di pozzi contigui (non terminati) si ritiene databile al XII secolo a.C., mentre l’acquedotto sotterraneo di Samo, scavato a

fronti contrapposti, risalirebbe al VI secolo a.C. (Castellani, 2000).

OPERE IDRICHE PER TRASPORTARE ACQUA (SMALTIMENTO)

3.14. Cunicoli di drenaggio, progettati per smaltire le acque in eccesso. Hanno lo scopo di regimare le acque torrentizie e ottenere appezzamenti ad uso agricolo sul fondo delle profonde e strette incisioni vallive che caratterizzano tutto il comprensorio di Göreme (Castellani, 2002; Bixio R. *et al.*, 2012).

Si tratta di condotti, lunghi sino ad oltre 300 m, scavati nei fianchi rocciosi sotto il livello dell’alveo, paralleli all’asta idraulica e intervallati da pozzetti o brevi cunicoli trasversali in cui possono confluire le acque meteoriche (dissipatori). Queste vengono smaltite a valle, preservando ampi tratti della superficie del torrente dalla erosione o dall’accumulo di sedimenti, consentendo la

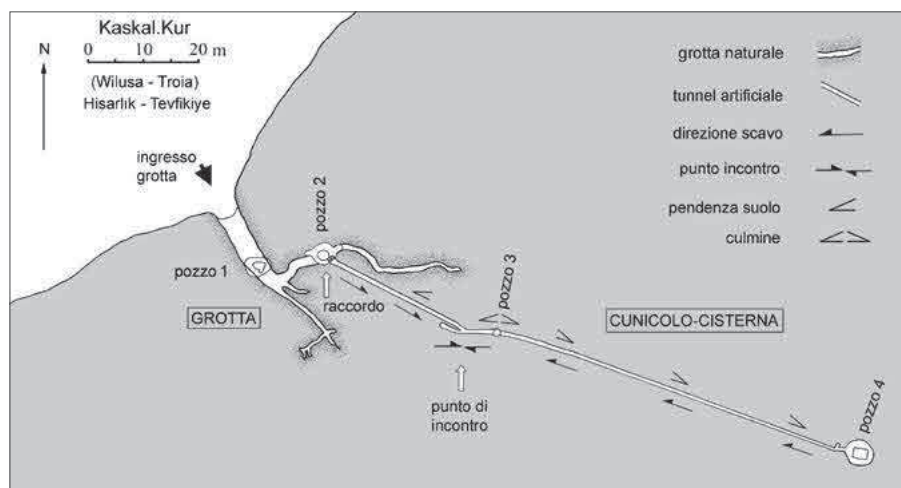


Figura 9 – Uçhisar (Cappadocia). Acquedotto con tubature fittili collocate in un cunicolo scavato nella roccia (Foto E. Gilli)



Figura 11 – Valle di Kılıçlar, Göreme (Cappadocia). Condotto di drenaggio evoluto a “buco di serratura”, conservando la sezione rettangolare originale nella parte alta (Foto L. Pagano)

realizzazione di terrazzamenti per la coltivazione di ortaggi e frutteti (si veda Fig. 3 in Bixio A. et al., 2017b, in questi stessi atti).

La sezione originale dei condotti è rettangolare e può variare da una altezza di 1 m sino a 2 m, per una larghezza di circa 80 cm. Oggi, questi manufatti presentano quasi sempre una sezione scampanata e approfondita (Fig. 11) a causa dell'azione erosiva dell'acqua, o ellittica, probabilmente a seguito di fenomeni crioclastici. In alcuni casi l'altezza delle gallerie può raggiungere i 5 m e la larghezza superare i 10 m (Bukarenko et al., 2011). Sul fondo è quasi sempre incisa una canaletta di minima portata.

3.15. Cunicoli bivalenti. Cunicolo di drenaggio combinato con un condotto laterale pensile (acquedotto) per il rifornimento d'acqua. Ne abbiamo un esempio nella valle di Göreme (Bixio R. & Castellani, 2002).

3.16. By-pass. Tipo particolare di cunicolo di drenaggio (o trincea) per deviare un flusso d'acqua, o diminuirne il livello con lo scopo di superare/aggirare ostacoli. Nel caso specifico, per creare un guado attraverso il fiume Kızılırmak, nell'ansa a monte del villaggio di Sarıhıdır, a est di Avanos. La galleria è lunga 200 m, larga 10 m e alta in origine 4 m, oggi da 1,30 a 2,0 a causa dei sedimenti (Fig. 12).

Secondo la tradizione orale (senza peraltro riscontro archeologico o storico) questa opera potrebbe corrispondere a quella descritta da Erodoto (I, 75) nel V sec. a.C., attribuita a Talete di Mileto, realizzata in un punto imprecisato del fiume Alis (appunto il Kızılırmak) per conto di Creso nel corso della guerra contro Ciro, nel 550 a.C. (Gilli, 1984; Gilli et al., 2014). Lo scavo di trincee semicircolari per deviare o abbassare il livello di un fiume e ottenere un guado sicuro per un'armata, era previsto anche in un trattato di strategia bellica scritto da un anonimo ingegnere militare bizantino a metà del VI secolo d.C. (Dennis, 1985).



Figura 12 – Sarıhıdır (Cappadocia). Antico by-pass sotterraneo scavato dall'uomo per deviare un tratto del fiume Kızılırmak (Foto A. Bixio)

Un altro tipo particolare di condotto di drenaggio (by-pass), è quello di Cevlik (nei pressi di Antakya, Turchia mediterranea orientale), realizzato per deviare il corso del fiume allo scopo di evitare l'interramento dell'antico porto di Seleukeia Pieria, in epoca romana (Aygen, 1985; Ozis, 1987; Alkan & Ozis, 1991). Si tratta di un complesso sistema, costituito da una diga e da due tratti di gallerie, di lunghezza, rispettivamente, pari a 90 e 31 m. A questi si aggiunge il lungo canale finale, scavato nella roccia calcarea, che porta la lunghezza complessiva del sistema a 875 m.

4. CONCLUSIONI

Nel presente contributo si è sinteticamente descritta una casistica delle varie tipologie di opere idrauliche dell'Anatolia sino ad ora individuate e documentate, con particolare riferimento alla Cappadocia. Gli aspetti inerenti la progettazione, lo scavo, la realizzazione e la manutenzione di queste opere (alcune delle quali notevolmente complesse) meritano certamente maggiori approfondimenti, che ci proponiamo di presentare nel prossimo futuro, al fine di contribuire ad una maggiore conoscenza delle straordinarie opere idrauliche presenti in Asia Minore.

5. BIBLIOGRAFIA

- ALKAN A., OZIS O. (1991), *Digest 91*. Teknik Dergi, December 1991, p. 92-95.
- AYGEN T. (1985), *2000 Yıllık Bir Muhendislik Sahesi: Vespasianus-Titus Baraji*. İlgı, vol. 19 (43), (Kasım 1985), p. 7-10.
- BILDIRICI M. (2009), *Tarihi su yapıları Konya, Karaman, Niğde, Aksaray, Yalvaç, Side, Mut, Silifke*. Çevre ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- BIXIO A., BIXIO R., DE PASCALE A., MAIFREDI A. (2014), *Ahlat 2009. Third campaign of surveys on the underground structures*. British Archaeological Report (BAR), International Series 2688, Archaeopress publisher, Oxford (198 pagine).
- BIXIO A., BIXIO R., DE PASCALE A., MAIFREDI A., REPETTO F., TRAVERSO M. (2015), *Ahlat 2010. Fourth campaign of surveys on the underground structures*. British Archaeological Report (BAR), International Series 2721, Archaeopress publisher, Oxford, 288 p.
- BIXIO A., BIXIO R., DE PASCALE A., GILLI E. (2016), *Rock-cut cisterns and tunnels in Cappadocia*. Opera Ipogea, n. 1/2016, p. 41-52.
- BIXIO A., BIXIO R., DE PASCALE A., MAIFREDI A., TRAVERSO M. (2017a), *Rock-cut hydraulics in Cappadocia: the tunnel-cisterns of Göreme*. Proceedings Int. Congr. Speleology in Artificial Caves "Hypogea 2017", March 6/8, 2017, Cappadocia.
- BIXIO A., BIXIO R., DE PASCALE A., MAIFREDI A., TRAVERSO M. (2017b), *Iunicoli-cisterna di Göreme in Cappadocia (Turchia centrale)*. Atti Convegno "Tecniche di Idraulica Antica", Roma, SIGEA, presente volume.
- BIXIO R. (1991), *Kapadokya Yeraltında 1991*. Speleologia, n°25, Società Speleologica Italiana, Bologna, pp. 8-12.
- BIXIO R. (1994), *Le città sotterranee della Cappadocia*. Le Scienze, n°313, Milano, pp. 34-43.
- BIXIO R., CALOI V., CASTELLANI V., TRAVERSO M. (2009), *Ani 2004. Surveys on the underground settlements*. British Archaeological Report (BAR), International Series 1944, Archaeopress publisher, Oxford, 82 p.
- BIXIO R., CALOI V., CASTELLANI V., DE PASCALE A., TRAVERSO M., TRIOLET J., TRIOLET L. (2012), *Cappadocia. Records of the underground sites*. British Archaeological Report (BAR), International Series 2413, Archaeopress, Oxford, 278 p.
- BIXIO R., CASTELLANI V. (2002), *Tipologia degli ipogei*. In: BIXIO R., CASTELLANI V., SUCCHIARELLI C. (Eds.), *Cappadocia, le città sotterranee*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, p. 169-190.
- BIXIO R., DE PASCALE A., PEKTAŞ K. (2011), *Indagini preliminari sulle strutture ipogee del Kale di Bitlis (Turchia sud-orientale)*. Archeologia Medievale, XXXVIII, ed. All'Insegna del Giglio, Firenze, p. 321-332.
- BIXIO R., DE PASCALE A. (2015), *Defensive devices in ancient underground shelters. Comparison among the sites of Aydıntepe, Ani, Ahlat and Cappadocia, in Turkey*. Proc. Symp. East Anatolia-South Caucasus Cultures, Erzurum, October 2012, Atatürk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Erzurum, vol. II, Cambridge Scholars Publishing, Cambridge, p. 461-480.
- BIXIO R., GALEAZZI C. (Eds.) (2009a), *Le cavità artificiali 1: categorie e tipologie*. Progetto Power Point, Risorse Didattiche per la Speleologia e il Carsismo, n. 41, Società Speleologica Italiana, Bologna, <http://document.speleo.it/>.
- BIXIO R., GALEAZZI C. (Eds.) (2009b), *Le cavità artificiali 3: ambiti della ricerca*. Progetto Power Point, Risorse Didattiche per la Speleologia e il Carsismo, n. 43, Società Speleologica Italiana, Bologna, <http://document.speleo.it/>.
- BRYER A., WINFIELD D. (1985), *The Byzantine monuments and topography of the Pontos*. Dumbarton Oaks Research Library and Collection, vol. 1.
- BUKARENKO A., DOLOTOV Y., KOVALEV A. (2011), *Hydro-technical underground structures in Cappadocia*. Caving and Speleologia, p. 174-180.
- ÇAM N. (1982), *Gaziantep'te "Kastel" Adı Verilen Su Tesisleri (Waterworks called "Kastel" in Gaziantep)*. International Turkology Congress, İstanbul.
- CASTELLANI V. (2000), *Civiltà dell'Acqua*. Editorial Service System, Roma, 254 p.
- CASTELLANI V. (2001), *Acqua, acquedotti e qanat*. Opera Ipogea, 2/2001, p. 25-31.
- CASTELLANI V. (2002), *I condotti idrici della valle di Meskendir*. In: BIXIO R., CASTELLANI V., SUCCHIARELLI C. (Eds.) *Cappadocia. Le città sotterranee*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, p. 279-290.
- CASTELLANI V. (2012), *Meskendir Vadisi, in BIXIO R. (Ed.), Cappadocia. Records of the underground sites*, BAR 2413, Archaeopress, Oxford, pp. 161-166.
- CHAPUT E. (1941), *Phrygie Exploration Archeologique*. De Boccard, Paris, tome 1.
- COUSIN G. (1905), *Kyros Le Jeune*. Berger-Levarault Éd., Paris, 438 p.
- DE JERPHANION G. (1925), *Une nouvelle province de l'art byzantine. Les églises rupestres de Cappadoce*. Bibliothèque Archéologique et Historique, tome V. Librairie Orientaliste Paul Geuthner, Paris, première partie, 360 p.
- DENNIS G. (1985), *Three Byzantine military treatises*. Dunbarton Oaks, Washington, D.C., 380 p.
- ERODOTO, *Le Storie*. In: BARBERIS F. (Ed.) 1989, Garzanti, Milano, 460 p.
- FAHLBUSCH H. (2008), *Water Management - Basis For The Development Of Settlements Since Prehistoric Times?* Proc. Int. History Seminar on Irrigation and Drainage, Tehran-Iran, May 2-5, 2007, p. 1-9.
- GILLI E. (1984), *Expédition Turquie 1984*. Spéléologie, Bulletin Spéléo Club Martel (Club Alpin Français), Nice, n. 127, p. 13-28.
- GILLI E., YAMAÇ A., TOK E. (2014), *Halys deviation tunnel and cliff dwellings of Sarıhıdır (Cappadocia - Turkey)*. Opera Ipogea, n. 2/2014, p. 29-36.
- GILLI E. & YAMAÇ A. (2015), *Watertunnels of Güvercinlik valley (Cappadocia-Turkey)*. In: PARISE M., GALEAZZI C., BIXIO R., GERMANI C. (Eds.), Proc. Int. Congr. in Artificial Cavities *Hypogea 2015*, Rome, March 11-17, 2015, ISBN 978-88-89731-79-6, p. 202-207.
- HASPELS E. (1971), *The Highlands of Phrygia: Sites and Monuments*. 2 vols. Princeton University Press.
- HU W.J., ZHANG J.B., LIU Y.Q. (2012), *The qanats of Xinjiang: historical development, characteristics and modern implications for environmental protection*. Journal of Arid Land, vol. 4 (2), p. 211-220.
- JUUTI P., KATKO T., VUORINEN H. (Eds.) (2007), *Environmental History of Water: Global View of Community Water Supply and Sanitation*. IWA Publishing.
- KORFMANN M. (2003), *Troia in Light of New Research*. Reden an der Universität, Universität Trier, 70 p.
- KUROS G.R., KHANEIKI M.L. (2007), *Water And Irrigation Techniques In Ancient Iran*. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage, Tehran.
- LIGHTFOOT D. (2009), *Survey of Infiltration Karez in Northern Iraq: History and Current Status of Underground Aqueducts*. UNESCO report.
- MAIFREDI P. (1995), *Annotazioni geologiche relative alla spedizione "Cappadocia Sotterranea", campagne 1991 e 1992*. Opera Ipogea, n. 1, p. 102-105.
- MARZANO A. (2007), *Roman Villas in Central Italy: A Social and Economic History*. Columbia studies in the classical tradition, Brill, Leiden, vol. 30, 832 p.
- MAYS L.W. (Ed.) (2010), *Ancient Water Technologies*. Springer, 280 p.
- MORA C., BALZA M. E., BIXIO R., DE PASCALE A. (2017), *A link between 'ancient words' and the 'underground world': Cappadocian landscape, rock-cut structures and textual evidence from Hittite documentation*. Proc. Int. Congr. Speleology in Artificial Caves "Hypogea 2017", March 6/8, 2017, Cappadocia.
- OZIS O. (1987), *Ancient water works in Anatolia*. Water Resources Development, vol. 3 (1), p. 55-62.
- RAMSAY W. M. (1897), *Impression of Turkey, During Twelve Years' Wandering*. Hodder and Stoughton, London.
- SEMSAR YAZDI A. A., LABBAF KHANEIKI M. (2010), *Veins of desert. A review on the technique of qanat/falaj/karez*. IWRMO Publication, 312 p.
- SEMSAR YAZDI A.A., LABBAF KHANEIKI M. (Eds.) (2012), *Qanat in its cradle*. Shahandeh Publication, UNESCO-ICQHS, vol. 1, 348 p.
- TREISTER M. (1999), *Lower City, spring cave and vicinity*. Studia Troica, 9, Universität Tübingen, p. 23-25.
- TREISTER M. (2001), *Lower City, spring cave and vicinity*. Studia Troica 11, Universität Tübingen, p. 36-40.
- TREISTER M. (2002), *Lower City, spring cave and vicinity*. Studia Troica 12, Universität Tübingen, p. 20-23.
- TRIOLET J., TRIOLET L. (1993), *Les villes souterraines de Cappadoce*. DMI, Torcy, 110 p.
- WULF H.E. (1968), *I qanat dell'Iran*. Le Scienze, n. 4, p. 80-87.
- YAMAÇ A. (2013), *Artificial Cavities of Gaziantep*. Proc. 16th Int. Congr. Speleology, Brno (Czech Republic), vol. 2, p. 253-256.