

Estratto da:

OPERA IPOGEA

Journal of Speleology in Artificial Cavities

1-2 / 2020



IX Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali (Palermo) - 20 Marzo 2020

A cura di C. Galeazzi & P. Madonia



Rivista della Società Speleologica Italiana

Commissione Nazionale Cavità Artificiali



ISSN 1970-9692



IX CONVEGNO NAZIONALE SPELEOLOGIA IN CAVITÀ ARTIFICIALI

(Palermo) - 20 Marzo 2020



ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA
Sezione di Palermo

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO



Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare



Federazione
Speleologica
Regionale Siciliana

HYPOGEA



IX Convegno Nazionale di Speleologia in Cavità Artificiali

(Palermo) 20 Marzo 2020

SOCIETÀ SPELEOLOGICA ITALIANA (SSI)
COMMISSIONE NAZIONALE CAVITÀ ARTIFICIALI (CNCA)

Comitato organizzatore

Paolo Madonna (Presidente)

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Palermo; CNCA SSI

Carla Galeazzi

Egeria Centro Ricerche Sotterranee, Roma; Hypogea; CNCA SSI

Michele Betti

Commissione Nazionale Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana

Marcello Panzica La Manna

Società Speleologica Italiana

Elena Alma Volpini

Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali

Enti Promotori

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Università degli Studi di Palermo, Dip.di Scienze della Terra e del Mare

Società Italiana di Geologia Ambientale

Hypogea Ricerca e Valorizzazione Cavità Artificiali

Patrocini istituzionali

Federazione Speleologica Regionale Siciliana

Comitato Scientifico

Michele Betti

CNCA SSI

Roberto Bixio

Centro Studi Sotterranei, Genova; CNCA SSI

Vittoria Caloi

Egeria Centro Ricerche Sotterranee, Roma; CNCA SSI

Marianna Cangemi

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare

Andrea De Pascale

Direttore Editoriale Opera Ipogea; Centro Studi Sotterranei, Genova; CNCA SSI

Sossio Del Prete

CNCA SSI

Carla Galeazzi

Egeria Centro Ricerche Sotterranee, Roma; Hypogea; CNCA SSI

Carlo Germani

Egeria Centro Ricerche Sotterranee, Roma; Hypogea; CNCA SSI

Giuliana Madonna

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare

Massimo Mancini

Università degli Studi del Molise, Campobasso; CNCA SSI

Mario Parise

Università Aldo Moro, Dipartimento Scienze della Terra e Geoambientali, Bari

Stefano Saj

Direttore Responsabile Opera Ipogea; Centro Studi Sotterranei, Genova; CNCA SSI

Pietro Todaro

Società Italiana di Geologia Ambientale

Marco Vattano

Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare

- pag. 9 Prefazione**
Carla Galeazzi, Paolo Madonia

OMAGGIO ALLA CITTÀ DI PALERMO E A SANTA ROSALIA SUA PATRONA

- pag. 13 Le più antiche mappe geografiche del sottosuolo. Le incisioni dei rilievi delle grotte di Santa Rosalia a Palermo e a Santo Stefano Quisquina (Agrigento)**
The oldest underground geographical maps. The engravings of the maps of the caves of Santa Rosalia in Palermo and in Santo Stefano Quisquina (Agrigento province, Sicily, Italy)
Massimo Mancini, Paolo Forti

ANTICHE OPERE IDRAULICHE, SISTEMI DI RACCOLTA DELLE ACQUE METEORICHE

- pag. 29 Attualità dei sistemi idrici ipogei di raccolta delle acque piovane**
Modernity of rain harvesting underground systems
Paolo Madonia, Marianna Cangemi, Ygor Oliveri
- pag. 35 La pratica dei sistemi d'acqua sotterranei "ingruttati" nella Piana di Palermo e analisi della terminologia di riferimento**
The practice of the underground water systems *ingruttati* of the Piana di Palermo (Sicily, Italy) and analysis of reference terminology
Pietro Todaro
- pag. 45 Il qanat di Villa Riso (Palermo, Sicilia)**
The Villa Riso *qanat* (Palermo, Sicily, Italy)
Giuseppe Avellone, Marco Vattano, Giuliana Madonia, Cipriano Di Maggio
- pag. 53 Indagini preliminari sui sistemi di approvvigionamento idrico nell'area dell'Insula I di Capo Boeo (Marsala, Sicilia occidentale)**
Preliminary investigations on water supply systems in the *Insula I* area of Capo Boeo (Marsala, Western Sicily, Italy)
Laura Schepis, Pietro Valenti, Marco Vattano
- pag. 59 Paolazzo: un acquedotto a tre strati (Noto - Canicattini Bagni, Siracusa)**
Paolazzo: a three layers aqueduct (Noto - Canicattini Bagni, Siracusa province, Italy)
Paolo Cultrera, Luciano Arena
- pag. 67 Antiche strutture di trasporto idrico nel sottosuolo etneo (Catania, Sicilia)**
Ancient water pipes in Etna's underground (Catania province, Sicily, Italy)
Gaetano Giudice, Francesco Politano, Alfio Cariola

- pag. 75 Indagini speleologiche preliminari sui sistemi di approvvigionamento idrico di acque meteoriche nell'area dell'ex ospedale psichiatrico di Agrigento (Sicilia)**
Preliminary speleological investigations on the water supply systems of rainwater in the area of the former psychiatric hospital in Agrigento (Sicily, Italy)
Giuseppe Lombardo, Giovanni Noto, Marco Interlandi, Elisabetta Agnello, Eugenio Vecchio, Giovanni Buscaglia
- pag. 83 Roma: la valle del Velabro, il Tevere e il canale idraulico dei Tarquini prima della Cloaca Massima**
Rome: the Velabrum valley, the Tiber and the Tarquini's hydraulic canal before the Cloaca Maxima
Elisabetta Bianchi, Piero Bellotti
- pag. 91 Sedici ponti-acquedotto romani appartenenti ai quattro acquedotti anienzi siti tra Galliciano nel Lazio, San Gregorio da Sassola e San Vittorino di Roma (Roma, Lazio)**
Sixteen Roman aqueduct-bridges belonging to the four Anienzi aqueducts located between Galliciano nel Lazio, San Gregorio da Sassola and San Vittorino di Roma (Roma province, Latium, Italy)
Luigi Casciotti
- pag. 101 Sistema di drenaggio artificiale dei bacini vulcanici Albano e Turno (Lazio): analisi delle modificazioni nel corso dei secoli**
Artificial drainage system of the volcanic basin of Albano and Turno (Latium, Italy): analysis of the modifications of the hydraulic environment over the centuries
Carlo Germani, Carla Galeazzi, Vittoria Caloi, Sandro Galeazzi
- pag. 109 Anagni (Frosinone, Lazio): antichi sistemi di captazione delle vene d'acqua sotterranee, loro canalizzazione e immagazzinamento**
Anagni (Frosinone province, Latium, Italy): ancient collection systems of underground water veins, their ducting and storage
Mara Abbate, Carla Galeazzi, Carlo Germani, Andreas Schatzmann, Elena Alma Volpini
- pag. 119 L'approvvigionamento idrico nelle aree vulcaniche dei Monti Cimini (Viterbo, Lazio) nell'antichità: nuove acquisizioni**
Water supply in volcanic areas of Cimini Mountains (Viterbo province, Latium, Italy) during ancient times: new data
Andrea Sasso, Gabriele Trevi
- pag. 129 Nuovi ritrovamenti e studio del tracciato dell'Acquedotto Augusteo che costeggia il versante occidentale della collina di Posillipo (Napoli, Campania)**
New discoveries and research of the route of the Augustan aqueduct that follows the western slopes of the Posillipo hill (Naples, Campania, Italy)
Mauro Palumbo, Mario Cristiano, Luigi De Santo, Marco Ruocco
- pag. 137 Aqua Augusta Campaniae: il doppio speco di via Olivetti (Pozzuoli, Napoli)**
Aqua Augusta Campaniae: the twin channels in Olivetti road (Pozzuoli, Naples province, Italy)
Graziano Ferrari, Raffaella Lamagna, Elena Rognoni
-

- pag. 145 Parco delle terme di Baia (Bacoli, Napoli): le cisterne del settore dell'*Ambulatio***
Baia baths archaeological Park (Bacoli, Naples province, Italy): the water tanks in the *Ambulatio* sector
Graziano Ferrari, Daniele De Simone, Raffaella Lamagna, Elena Rognoni
- pag. 153 Le monumentali neviere del Materano (Basilicata)**
The majestic ice-houses in the Matera area (Basilicata, Italy)
Raffaele Paolicelli, Francesco Foschino, Angelo Fontana
- pag. 159 Il censimento degli antichi acquedotti della provincia di Bologna**
Ancient aqueducts in the Bologna province (Italy): preliminary list
Danilo Demaria
- pag. 169 Il sistema di intercettazione e accumulo delle acque meteoriche nell'abitato rupestre della morgia di Pietravalle a Salcito (Campobasso, Molise)**
The system of interception and accumulation of rainwater in the cave settlement of the morgia of Pietravalle in Salcito (Campobasso province, Molise, Italy)
Carlo Ebanista, Andrea Capozzi, Andrea Rivellino, Fernando Nobile, Massimo Mancini
- pag. 179 Opere idrauliche a scopo di bonifica nel territorio Salentino (Puglia)**
Hydraulic works for land reclamation in Salento (southern Apulia, Italy)
Marcello Lentini, Mario Parise, Francesco De Salve
- pag. 187 Acquedotti romani in Sardegna, sintesi delle conoscenze e prospettive esplorative**
Roman aqueducts in Sardinia (Italy), synthesis of knowledge and exploration perspectives
Pier Paolo Dore, Marco Mattana
- pag. 197 L'antico acquedotto della seicentesca Fonte Cesia in Todi**
The ancient aqueduct of the 1600's Fonte Cesia in Todi (Perugia province, Italy)
Maurizio Todini

MONITORAGGIO E PREVENZIONE, CENSIMENTI E CATALOGAZIONE

- pag. 207 Strumentazione geofisica in cavità artificiali per il monitoraggio sismico e per lo studio di precursori sismici**
Geophysics instrumentation in artificial cavities for seismic monitoring and for the study of seismic precursors
Paolo Casale, Adriano Nardi, Alessandro Pignatelli, Elena Spagnuolo, Gaetano De Luca, Giuseppe Di Carlo, Marco Tallini, Sandro Rao
- pag. 215 Individuazione di cavità attraverso tomografie elettriche e sismiche**
Cavity detection using seismic refraction and electrical resistivity tomographies
Alessandra Carollo, Patrizia Capizzi, Raffaele Martorana, Marco Vattano
- pag. 221 Applicazione di una procedura per la valutazione della suscettibilità a crolli di cavità artificiali**
Implementing a procedure for the assessment of the susceptibility to collapse in artificial cavities
Antonio Gioia, Mario Parise

- pag. 229 Modello geologico tridimensionale del sottosuolo e dello sviluppo delle cavità in un'area fortemente urbanizzata della Campania settentrionale**
3D geological underground model and artificial caves development in a northern Campania highly urbanized area (Italy)
Daniela Ruberti, Paolo Maria Guarino, Salvatore Losco, Marco Vigliotti
- pag. 237 Le cavità nel sottosuolo del territorio di Sant'Arpino (Caserta, Campania): catalogazione in ambiente GIS**
The underground cavities in the territory of Sant'Arpino (Caserta province, Campania, Italy): a GIS-based register
Marco Vigliotti, Luca Dell'Aversana, Daniela Ruberti
- pag. 245 Cavità artificiali nel centro storico di Ginosa (Taranto, Puglia) e relative problematiche di dissesto geo-idrologico**
Artificial cavities in the historical center of Ginosa (Taranto province, Apulia, Italy) and related geo-hazard issues
Mario Parise
- pag. 253 Cavità artificiali nel Parco di Portofino (Genova, Liguria): censimento e classificazione**
Artificial cavities in Portofino Park (Metropolitan City of Genoa, Liguria, Italy): inventory and classification
Francesco Faccini, Lara Fiorentini, Martino Terrone, Luigi Perasso, Stefano Saij
- pag. 263 Le cavità antropiche di Gravina in Puglia (Bari, Puglia): aspetti storici e geotecnici**
Historical and geotechnical aspects of the artificial caves in the urban settlement of Gravina in Puglia (Bari province, Apulia, Italy)
Alessandro Parisi, M. Dolores Fidelibus, Valeria Monno, Michele Parisi, Natale Parisi, Vito Specchio, Giuseppe Spilotro

OPERE INSEDIATIVE CIVILI, ESTRATTIVE, BELLICHE E DI TRANSITO

- pag. 275 Il complesso rupestre della Théotokos Kilise (Göreme, Cappadocia, Turchia)**
The Théotokos Kilise rupestrian complex (Göreme province, Cappadocia, Turkey)
Carmela Crescenzi
- pag. 285 Riscoperta di alcuni ipogei artificiali nel Comune di Sutera (Caltanissetta, Sicilia centrale)**
Re-discovery of some man-made cavities in the Sutera Municipality (Caltanissetta province, central Sicily, Italy)
Marco Vattano, Nino Pardi, Antonio Domante, Pietro Valenti, Giuliana Madonia
- pag. 293 Sistemi ipogei di Massa Martana (Perugia) in Umbria. Indagini preliminari**
Hypogeal systems at Massa Martana in Umbria (Perugia province, Italy). Preliminary investigations
Giulio Foschi, Gianluigi Guerriero Monaldi, Virgilio Pendola

pag. 303 Insediamenti rupestri dell'Alto Crotonese (Calabria)

Cave settlements in the "Alto Crotonese" (Crotona province, Calabria, Italy)

Felice Larocca, Francesco Breglia, Katia Rizzo

pag. 311 Molarice, la miniera dimenticata (Schilpario, Bergamo)

Molarice, the forgotten mine (Schilpario, Bergamo province, Italy)

Giovanni Belvederi, Maria Luisa Garberi, Guglielmo Sarigu

pag. 321 Le latomie ipogee del Plemmirio (Siracusa, Sicilia sud-orientale)

The hypogean Quarries of Plemmirio, (Siracusa, South-eastern Sicily, Italy)

Luciano Arena, Corrado Marziano

pag. 329 Le cave di "ghiara" nella provincia di Catania: aggiornamenti su recenti rinvenimenti (Catania e Pedara, Sicilia)

"Ghiara" quarries in Catania province: news on recent discoveries (Sicily, Italy)

Gaetano Giudice, Francesco Politano, Alfio Cariola

pag. 337 Le gallerie della ferrovia dimenticata che collegava Sasso Marconi a Lagaro (Bologna) e il più importante sito strategico italiano della Seconda Guerra Mondiale

The tunnels of the forgotten railway Sasso Marconi-Lagaro (Bologna province, Italy) and the most important Italian strategic site in the Second World War

Daniela Demaria

pag. 347 The underground shelters of Kanlısivri Mevkii in Göreme (Cappadocia, Turkey)

I rifugi sotterranei di Kanlısivri Mevkii in Göreme (Cappadocia, Turchia)

Pierre Lucas, Roberto Bixio

pag. 357 Ritrovamento di un ricovero antiaereo dell'isola di Malta. Quadro comparativo con i ricoveri antiaerei di Napoli (Campania)

New discovery and research of an air-raid shelter in Malta island. Comparison with the air-raid shelters of Naples (Campania, Italy)

Mauro Palumbo, Mario Cristiano, Serena Russo, Marco Ruocco

pag. 365 I rifugi antiaerei di Porto Torres (Sassari, Sardegna)

The Porto Torres air-raid shelters (Sassari province, Sardinia, Italy)

Pier Paolo Dore, Eleonora Dallochio

pag. 373 Indice per autori

OPERA IPOGEA

*Memorie della Commissione Nazionale Cavità Artificiali
www.operaipogea.it*

Semestrale della Società Speleologica Italiana

Anno 22 - Numero 1/2 - Gennaio/Dicembre 2020

Autorizzazione del Tribunale di Bologna n. 7702 dell'11 ottobre 2006

Proprietario:

Società Speleologica Italiana

Direttore Responsabile:

Stefano Saj

Direttore Editoriale:

Andrea De Pascale

Comitato di Redazione:

*Michele Betti, Vittoria Caloi, Sossio Del Prete,
Carla Galeazzi, Carlo Germani, Mario Parise*

Sede della Redazione:

*c/o Andrea De Pascale - Corso Magenta, 29/2 - 16125 Genova
andreadepascale@libero.it*

Comitato Scientifico:

*Roberto Bixio, Elena Calandra, Franco Dell'Aquila, Carlo Ebanista,
Angelo Ferrari, Nakiş Karamağarali (TR), Aldo Messina, Roberto Nini, Mario Parise,
Mark Pearce (UK), Fabio Redi, Stefano Saj, Jérôme Triôlet (FR), Laurent Triôlet (FR)*

Recensioni:

*Roberto Bixio - Via Avio, 6/7 - 16151 Genova
roberto_bixio@yahoo.it*

Composizione e impaginazione:

Fausto Bianchi, Enrico Maria Sacchi

Foto di copertina:

Immagini tratte dagli articoli del presente numero doppio della rivista

Foto quarta di copertina:

Immagini tratte dagli articoli del presente numero doppio della rivista

La rivista viene inviata in omaggio ai soci sostenitori e ai gruppi associati alla SSI

Prezzo di copertina:

Euro 40,00

Tipografia:

*A.G.E. s.r.l.
Via della Stazione, 41
61029 Urbino (PU)
Tel. 0722 328756*

**Il contenuto e la forma degli articoli pubblicati impegnano esclusivamente gli autori.
Nessuna parte della presente pubblicazione può essere riprodotta in alcun modo
senza il consenso scritto degli autori.**

Aqua Augusta Campaniae: il doppio speco di via Olivetti (Pozzuoli, Napoli)

Aqua Augusta Campaniae: the twin channels in Olivetti road (Pozzuoli, Naples province, Italy)

Graziano Ferrari, Raffaella Lamagna, Elena Rognoni

Riassunto

L'Acquedotto Augusteo della Campania è un'imponente struttura idraulica dell'antichità romana, la più lunga dell'epoca e l'unica a servire numerose città. Nel suo corso a valle di Pozzuoli si trova un sito ove l'acquedotto presenta due specchi affiancati con morfologie differenti. Lo speco W, esplorabile per uno sviluppo di 73 m, ha struttura analoga ad altre sezioni di età augustea dello stesso acquedotto, mentre lo speco E, percorribile per breve tratto, ha una struttura che rivela una datazione più tarda. La presenza di concrezione calcarea fino sulla volta nello speco W fa ipotizzare una fase di scorrimento idrico con altezza ben superiore a quella di progetto, e ciò sembra essere la causa del raddoppio del condotto. Il lavoro descrive i due specchi, avanza l'ipotesi che il concrezionamento anomalo ed il raddoppio del condotto siano dovuti alle variazioni bradisismiche del suolo flegreo e mette in relazione il sito con uno simile posto sulle pendici del Vesuvio.

Parole chiave: Sistemi di drenaggio antichi, idraulica romana, Acquedotto Augusteo della Campania.

Abstract

The Augustean Campanian Aqueduct was an imposing Roman hydraulic structure, the longest in its time and the only one designed to supply many cities. In its course, downstream from Pozzuoli, a site shows twin channels, side by side, with different shapes. The W channel is 73 m long; its section is barrel-vaulted with a 55 cm high hydraulic lining and quarter-round moulds. Its shape is similar to other Augustan age sections of the same aqueduct. On the other hand, the E channel shows a later structure, higher and larger, with gabled roof and triangular mould. Sinter deposits in the W channel reach the vault top, suggesting a period of full flow, higher than the intended one. Such condition is likely behind the need to build a second channel, designed to manage a larger water flow w.r.t. the older channel and with a slightly higher flowing bed. The paper describes the two channels, suggests that the bradyseismic variation of the phlegraean land in ancient times could be the reason behind the need to build a second channel and compares the site with a similar one on Vesuvius slopes.

Keywords: Ancient drainage systems, Roman hydraulics, Campanian Augustean Aqueduct.

Inquadramento

A partire dal 2010, gli speleologi ora afferenti all'Associazione Cocceivs hanno intrapreso una campagna di ricerche sui tratti superstiti dell'antico Acquedotto Augusteo della Campania (AAC) nella sua porzione terminale situata nei Campi Flegrei. Tale campagna, tuttora in corso, ha prodotto una notevole quantità di informazioni, sintetizzata in Ferrari *et al.* (2018), mentre Ferrari & Lamagna (2015) riporta considerazioni preliminari sulle caratteristiche degli specchi dell'AAC ed osservazioni empiriche sui flussi idrici stimati in alcuni specchi che si ritiene appartengano

all'AAC. Uno dei siti presi in esame si trova in comune di Pozzuoli (N in fig. 1), dove sono stati rinvenuti due specchi affiancati, con caratteristiche assai diverse.

Il sito viene citato solo marginalmente in lavori di carattere archeologico (Gialanella, 1993) e non risulta che sia mai stato documentato dal punto di vista speleologico. L'analisi di questo sito permette di ricavare informazioni utili per una migliore comprensione della realtà dell'AAC nei Campi Flegrei e di avanzare ipotesi operative sul possibile tracciato a monte ed a valle, consentendo di indirizzare le ricerche in corso. A scala più generale, si tratta di un elemento ulteriore per contribuire al progetto "Carta degli antichi ac-

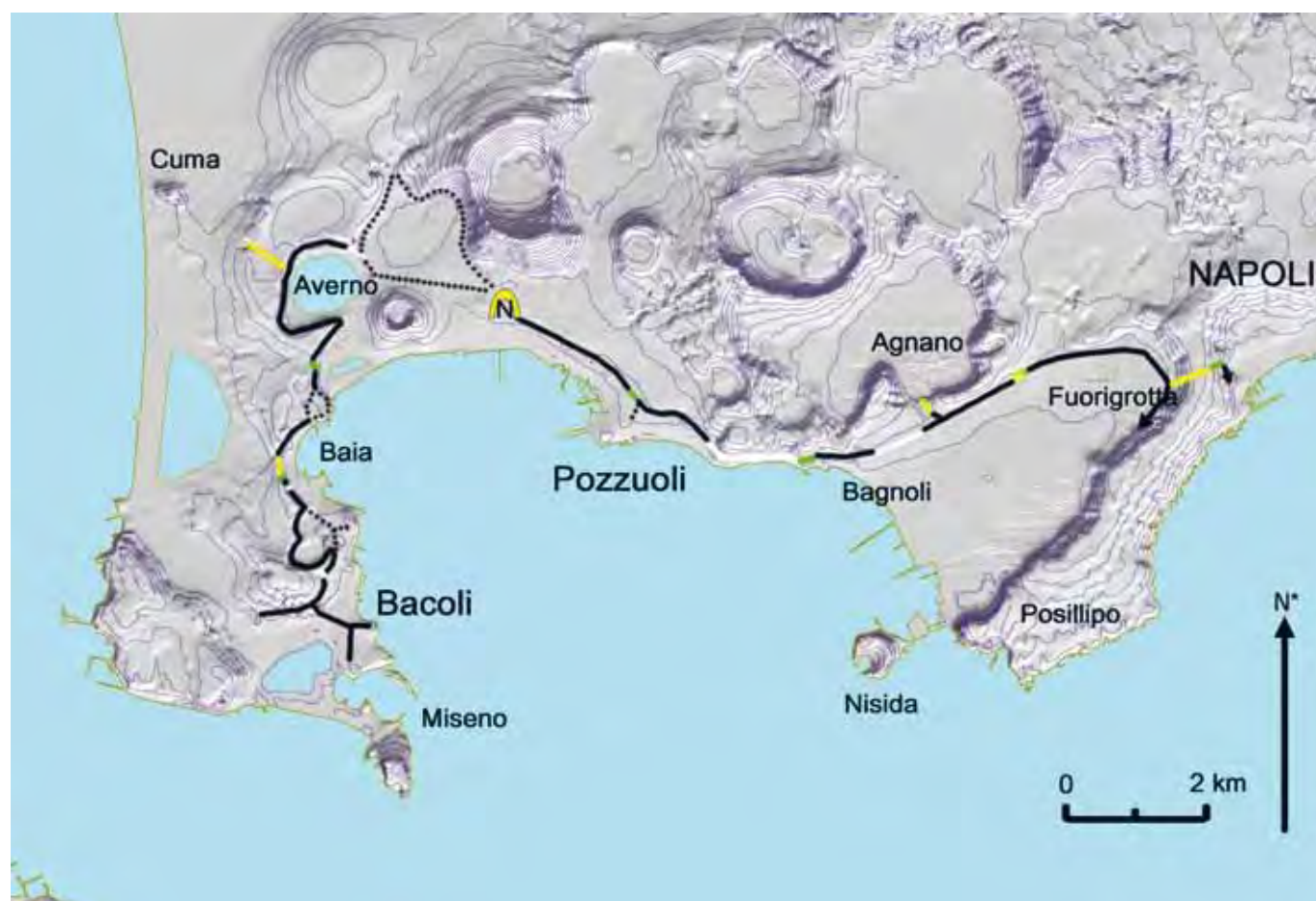


Fig. 1 – I Campi Flegrei, con il tracciato ipotetico dell'Acquedotto Augusteo (da Ferrari *et al.*, 2018, modificato). Il sito di via Olivetti si trova al punto N.

Fig. 1 – The Phlegraean Fields, with the tentative Augustean Aqueduct course (from Ferrari *et al.*, 2018, modified). Capital letter N is the Olivetti road site.

quedotti italiani” della Commissione Cavità Artificiali della Società Speleologica Italiana (Del Prete & Varriale, 2007; Parise, 2007; Parise *et al.*, 2015).

Materiali e metodi

Via Olivetti è una circonvallazione realizzata intorno al 1990 per evitare l'attraversamento della città moderna di Pozzuoli. La carreggiata attraversa zone non completamente urbanizzate ma ricche di emergenze archeologiche, spesso ancora da scoprire e documentare. A NE della città si trova il Comprensorio Olivetti, inaugurato nel 1955 da Adriano Olivetti come realizzazione pratica del sogno di una fabbrica ideale; attualmente ospita imprese tecnologiche ed enti di ricerca. L'ingresso del Comprensorio si apre lungo via Campi Flegrei, che ricalca il tracciato dell'antica via Domitiana e probabilmente di un percorso ancora più antico. Proprio in corrispondenza del Comprensorio, da via Campi Flegrei diverge via Vecchia Luciano (ora via dell'Europa Unità), lungo la quale sono stati ritrovati diversi tratti delle sostruzioni della via antica (Quilici, 1969; Zevi, 1993). Per evitare l'incrocio a raso

con via Vecchia Luciano, via Olivetti è dotata di un sottopasso, la cui realizzazione ha implicato lo scavo di una trincea profonda circa 6 m nei materiali poco coerenti del terrazzo morfologico de La Starza, a cui sono sovrapposti i prodotti incoerenti dell'eruzione del Monte Nuovo (1538) ed i terreni più recenti. La trincea ha intercettato un acquedotto antico, disposto a breve distanza da via Vecchia Luciano e ad essa parallelo. Sono stati messi in luce due specchi affiancati, allineati in senso N-S (fig. 2). Gialanella (1993, nota 169) riporta informazioni sulla struttura muraria, in particolare il fatto che entrambi i condotti sono realizzati in opera cementizia e sono evidenti le linee di giunzione fra sezioni successive della struttura lunghe un braccio (c. 1,80 m). Il condotto W ha volta a botte mentre quello E ha altezza maggiore del precedente e soffitto a doppio spiovente realizzato con l'impiego di tegoloni poi rimossi dopo la gettata. A seguito del ritrovamento, la Soprintendenza impose la conservazione del manufatto ai lati del tronco stradale.

Allo stato attuale, il lato nord del sottopasso è costituito da un pendio di terreno ricoperto di vegetazione da cui emerge la muratura dei due specchi. Il lato sud è invece costituito da una parete verticale moderna di



Fig. 2 – Pozzuoli, Via Olivetti: il doppio speco visto da sud. A sinistra (W) il condotto più antico (foto G. Ferrari).

Fig. 2 – Pozzuoli, Olivetti road: the twin channels from South. On the left (W) the older channel (photo G. Ferrari).

Condotto	Larghezza (m)	Altezza (m)	Altezza opera signina (m)	Spessore max opera signina (m)	Altezza concrezione (m)
W	0,55	1,47	0,58	0,05	1,47
E	0,67	1,90	1,43	0,04	1,20

Tab. 1 – le principali caratteristiche morfometriche dei due spechi di Via Olivetti.

Tab. 1 – the main morphometric data about Via Olivetti twin channels.

blocchi tufacei che sostiene un tratto stradale di immissione in via Olivetti. All'interno di essa è ricavata una nicchia rettangolare chiusa da cancello, in cui è visibile un singolo speco con volta a pieno centro, allineato a quello analogo sul lato opposto della strada (fig. 3). Il condotto si presenta in gran parte intasato da riempimento detritico sciolto, sopra il quale si è deposta una massa di malta cementizia che è andata ad ostruire completamente la luce dello speco. Tale massa non era presente all'atto del ritrovamento (Gialanella, com. pers.) ed è perciò da attribuire ad una gettata successiva che ha intercettato casualmente il condotto. Non vi sono evidenti tracce dello speco a doppio spiovente, di cui si potrebbe ipotizzare la presenza a sinistra (est) dello speco a volta.

Le informazioni riportate nel seguito si riferiscono quindi agli spechi posti sul lato nord del sottopasso.

Il condotto W ha sezione rettangolare con volta a pieno centro, mentre il condotto E ha sezione rettangolare con soffitto a doppio spiovente. La tab. 1 sintetizza le misure fondamentali dei due condotti.

La loro platea è posta alla quota di circa 35 m s.l.m. Dal momento che la quota della superficie topografica attuale è di circa 40 m s.l.m., la sommità dei condotti si trova ad una profondità di circa 3 m rispetto al piano di campagna.

La muratura di entrambi gli spechi è realizzata in opera cementizia a frammenti irregolari di tufo. Il condotto W ha le pareti spesse 0,4 m e la volta è realizzata con elementi tufacei irregolari disposti ad arco.



Fig. 3 – Pozzuoli, Via Olivetti: il tratto sud dello speco più antico (foto G. Ferrari).

Fig. 3 – Pozzuoli, Olivetti road: the southern side of the older channel (photo G. Ferrari).

La platea è costituita da un letto di opera cementizia su cui è posto uno spessore di 7 cm di opera signina. La platea si raccorda con i piedritti mediante pulvini a quarto di cerchio, con raggio pari a 10 cm. La concrezione sovrapposta all'opera signina ha spessore massimo di 6 cm, ma è presente con spessore decrescente su tutta l'altezza dello speco, ben al di sopra dell'intonaco idraulico (fig. 4).

Il doppio spiovente del condotto E ha lato di 0,60 m, pari quindi alla dimensione di un *bipedalis*. Il rivestimento dei piedritti è in ricorsi regolari di laterizi su cui è posata l'opera signina. Il pulvino alla base è triangolare mentre la concrezione è spessa 2 cm nella parte inferiore dello speco, fino all'altezza di 0,21 m. Superiormente è presente un deposito sottile di concrezione, che però rende le pareti particolarmente scabre (fig. 5).

Il condotto W è ben conservato e privo di lesioni rilevanti; si presenta sostanzialmente rettilineo con un leggero raccordo circa a metà. In esso si trova un deposito fine che ricopre la platea per uno spessore

medio di circa 50 cm. Una modesta infiltrazione d'acqua rende fangoso il piano di calpestio per un breve tratto. È stato possibile esplorare il condotto per 73 m in direzione N, fino ad un crollo. La volta riporta evidenti impronte del sistema di centinatura. Il punto terminale dello speco rilevato coincide in superficie con un tombino dell'acquedotto pubblico; è quindi molto probabile che i lavori per l'esecuzione del pozzetto moderno abbiano intercettato l'acquedotto antico, che proseguirebbe oltre il crollo.

Per quanto riguarda lo speco E, esso è percorribile agevolmente solo per pochi metri, ed è poi intasato di detrito grossolano che lascia libero solo lo spazio del doppio spiovente.

La figura 6 illustra l'andamento del condotto W, in verde, e del condotto E, in azzurro, mentre in rosso è rappresentato l'andamento ipotetico dell'acquedotto a monte e a valle. Il rilievo è stato realizzato con tecnica tradizionale a bussola, clinometro e nastro metrico; la restituzione grafica impiega i software Compass e CaveX.



Fig. 4 – Pozzuoli, Via Olivetti: l'interno del condotto W con il deposito di concrezione ben al di sopra dell'intonaco idraulico (foto G. Ferrari).

Fig. 4 – Pozzuoli, Olivetti road: the W channel with a higher wall sinter than the hydraulic lining (photo G. Ferrari).



Fig. 5 – Pozzuoli, Via Olivetti: l'interno del condotto E (foto G. Ferrari).

Fig. 5 – Pozzuoli, Olivetti road: the E channel inside (photo G. Ferrari).



Fig. 6 – Pozzuoli, Via Olivetti: planimetria dei condotti; in verde il condotto W, in azzurro il condotto E, in rosso le prosecuzioni ipotetiche a monte ed a valle (da Google Earth, modificato).

Fig. 6 – Pozzuoli, Olivetti road: twin channels plan; green: the W channel, cyan: the E channel, red: the supposed upstream and downstream continuations (from Google Earth, modified).

Discussione

Entrambi i condotti risultano realizzati mediante scavo di una trincea nel terreno, edificazione di un tratto di speco in muratura e successiva ricopertura della trincea. La struttura del condotto E appare chiaramente appoggiata alla muratura del condotto W. Questa considerazione, assieme alle caratteristiche della muratura, permette di stabilire che il condotto E è successivo al condotto W. In particolare, la presenza di volta a pieno centro, di pulvino a quarto di cerchio e di muratura in opera cementizia a frammenti irregolari di tufo, priva di elementi laterizi, corrispondono alle caratteristiche tipiche dell'AAC di età augustea nei Campi Flegrei (Ferrari *et al.*, 2018), mentre le dimensioni maggiori dello speco E e della relativa muratura, la presenza del doppio spiovente, del pulvino triangolare e l'impiego di laterizio, denunciano la realizzazione più tarda del condotto E. La presenza di abbondanti concrezioni calcaree, la morfologia complessiva degli specchi, la posizione e la quota del sito inducono ad attribuire i condotti all'asse principale dell'AAC a valle di Pozzuoli e verso il lago d'Averno (Ferrari *et al.*, 2018). Ne risulterebbe una direzione di scorrimento da sud verso nord, che però non è ancora stato possibile verificare sul campo.

Una prima analisi delle dimensioni degli specchi nei Campi Flegrei, e quindi dei flussi idrici destinati ai vari

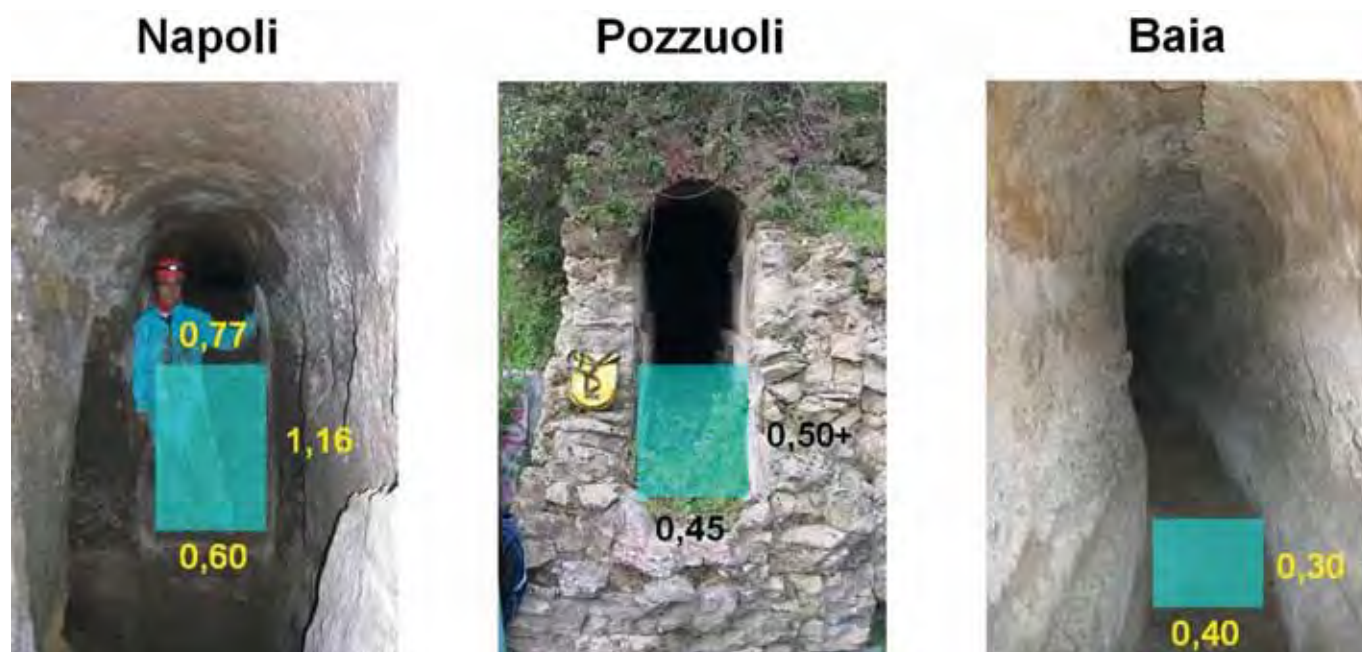


Fig. 7 – Acquedotto Augusteo della Campania: area del battente idraulico di progetto in tre siti dei Campi Flegrei.

Fig. 7 – Campanian Augustean Aqueduct: designed hydraulic section in three sites in the Phlegraean Fields.

siti, è riportata in Ferrari & Lamagna (2015). Immediatamente a valle di Napoli (*Crypta neapolitana*) è stata riscontrata una sezione utile del battente idraulico pari a $0,7946 \text{ m}^2$. Il condotto W di Via Olivetti ha base pari a $0,45 \text{ m}$ ed altezza utile di progetto dell'intonaco idraulico di circa $0,50 \text{ m}$. Questi valori forniscono una sezione utile di $0,225 \text{ m}^2$, cioè meno di $1/3$ della sezione alla *Crypta neapolitana*. Ancora più a valle, a Baia, la sezione utile si riduce a $0,12 \text{ m}^2$, cioè la metà rispetto a via Olivetti (fig. 7).

Come già accennato, nel condotto W è possibile osservare il deposito di concrezione su tutta la superficie interna dello speco, fino alla volta e ben al di sopra del livello dell'opera signina. Ciò sembra suggerire che vi sia stata una lunga fase in cui il condotto ha funzionato a pieno carico e non a pelo libero, con altezza superiore a quella di progetto. Tale imprevisto comportamento del condotto W avrebbe quindi determinato la necessità di escludere il tratto malfunzionante e di realizzare un nuovo condotto parallelo a lato del primo, con caratteristiche idonee a supportare il flusso riscontrato. L'area totale della sezione dello speco W ammonta al valore di $0,6943 \text{ m}^2$, comprendendovi sia l'intera area rettangolare inferiore dello speco, sia la volta a tutto sesto. Si tratta di un valore comunque inferiore a quello utile riscontrato a monte (*Crypta neapolitana*), ma è pure interessante osservare che nel condotto E la sezione nominale, sulla quale vi è stata maggior deposizione, ammonta a soli $0,12 \text{ m}^2$, ma l'altezza massima del deposito calcareo è pari ad $1,20 \text{ m}$. Ciò corrisponde ad una sezione massima pari a $0,80 \text{ m}^2$, analoga a quella utile alla *Crypta neapolitana*. Ne possiamo dedurre che il condotto E è stato progettato, e per un certo tempo ha effettivamente ospitato, una massa idrica pari a quella che ha occupato interamente il condotto W, anche se il flusso ordinario si è mantenuto su valori assai inferiori e analoghi a quelli riscontrati più a valle. Inoltre è possibile osservare che la platea del condotto E è alta $3,5 \text{ cm}$ più della platea del condotto W. La causa di tale malfunzionamento potrebbe essere identificata nella variazione bradisismica del livello del suolo, caratteristica della regione flegrea. Nell'età romana, infatti, il bradisismo flegreo attraversava una fase discendente (Amato & Gialanella, 2013), e ciò implicava un abbassamento maggiore del suolo nell'area della città di *Puteoli*, epicentrale rispetto al bradisismo, riguardo all'area periferica posta più a valle, provocando così una deformazione imprevista della delicatissima livellazione del piano di scorrimento idraulico dell'acquedotto. Sulla base delle evidenze archeologiche riscontrate al Serapeo di Pozzuoli, in posizione epicentrale, Amato & Gialanella (2013), documentano un abbassamento di circa 2 m fra l'inizio del I secolo d.C. e l'inizio del III secolo d.C. In posizione periferica rispetto al fenomeno bradisismico, anche solo un decimo di tale variazione avrebbe provocato un grave danno al funzionamento complessivo dell'acquedotto.

È possibile stabilire un interessante raffronto con un doppio speco situato a Ponte Tirone (comune di Palma Campania), nel punto in cui l'AAC passa dalle pendici calcaree dell'Appennino alla falda del Vesuvio (Sampalo, 1986; Cosimi, 2008). Anche qui sono presenti un condotto più antico in opera reticolata ed uno più recente a doppio spiovente, ma in questo caso la platea del condotto antico ha subito due interventi di innalzamento, per un valore totale di 29 cm . Cosimi (2008) non avanza ipotesi sulle cause dell'innalzamento e del raddoppio

del condotto, che potrebbero essere dovute alle variazioni di livello dell'edificio vulcanico del Vesuvio nelle fasi antecedenti e susseguenti l'eruzione del 79 d.C. (Keenan-Jones, com. pers.).

La scoperta del doppio speco di via Olivetti permette di avanzare alcune ipotesi sul corso dell'AAC fra Pozzuoli ed il lago d'Averno. A monte, il condotto correrebbe verosimilmente sotto l'area del Comprensorio Olivetti, a lato dell'antica via Domitiana. Verso valle, per raggiungere la zona del lago d'Averno, distante circa 1750 m in linea retta, sarebbe necessario attraversare la conca di Toiano, la cui quota attuale nel tratto interessato è di circa 30 m s.l.m. L'area è però stata interessata dall'eruzione del Monte Nuovo nel 1538 ed analisi geofisiche hanno mostrato che il suolo attuale dell'area a nord del nuovo vulcano è costituito dai depositi dell'eruzione del 1538, mentre il livello del suolo in età antica era notevolmente più basso (Lirer *et al.*, 1987). La conca avrebbe potuto essere superata con un tratto di acquedotto su arcate oppure mediante l'impiego di un sifone rovescio in piombo (Keenan-Jones, com. pers.). Purtroppo non restano tracce materiali né memorie storiche di tali strutture. Un'ipotesi alternativa consiste nel circuito della conca di Toiano ad Est, Nord ed Ovest, mantenendo la quota di scorrimento lungo le pendici dei monti circostanti (fig. 1, tratti a puntini). Il condotto esplorato in via Olivetti punta decisamente verso nord, sembrando quindi avvalorare la seconda ipotesi. Ciò implicherebbe però un percorso di circa 3600 m, cioè 2000 m in più rispetto al percorso in linea retta, il che equivarrebbe ad una perdita ulteriore di quota stimabile in circa 0,80 m. Sarebbe quindi utile determinare quote di precisione dei tratti noti dell'AAC in via Olivetti e presso il lago d'Averno e ricercare eventuali tratti di acquedotto lungo le pendici della conca di Toiano.

Ringraziamenti

Le esplorazioni sono state rese possibili grazie alla collaborazione dei membri dell'Associazione Cocceius, in particolare di Berardino Bocchino e di Adele Delicato. Il ricercatore australiano Duncan Keenan-Jones ed i ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Giovanni Ricciardi e Carlo Del Gaudio hanno condiviso interessanti osservazioni morfologiche ed evolutive.

Bibliografia

- Amato L., Gialanella C., 2013, *New evidences on the Phlegraean bradyseism in the area of Puteolis harbour*, in: Bilotta, Flora, Lirer & Viggiani (eds.), *Geotechnical Engineering for the Preservation of Monuments and Historic Sites*, Taylor & Francis, London, pp. 137-143.
- Cosimi E., 2008, Fons Augusteus. *Le mura D'Arce di Sarno ed il doppio canale di Palma Campania*. Gradus, Rivista di archeologia dell'acqua, 3 (1), pp. 23-42.
- Del Prete S., Varriale R., 2007, *Breve rassegna sui principali acquedotti ipogei della Campania*. Opera Ipogea, anno 9, n. 1, pp. 75-84.
- Ferrari G., Lamagna R., 2015, Aqua Augusta Campaniae: *considerazioni sulle morfologie degli specchi in area flegrea*. Atti del 22° Congresso nazionale di speleologia "Condividere i dati", Pertosa-Auletta (SA), pp. 435-440.
- Ferrari G., Lamagna R., Rognoni E., 2018, Aqua Augusta, *nuove evidenze dai Campi Flegrei*. Atti delle Giornate di Studio "Evidenze archeologiche e profili giuridici della rete idrica in Campania", Napoli, 17-18 maggio 2018, pp. 37-94.
- Gialanella C., 1993, *Il Rione Terra alla luce dei nuovi scavi archeologici*. Bollettino di Archeologia, 22, p. 138. pp. 84-90, note a pp. 137-138.
- Lirer L., Rolandi G., Di Vito M., Mastrolorenzo G., 1987, *L'eruzione del Monte Nuovo (1538) nei Campi Flegrei*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 106, pp. 447-460.
- Parise M., 2007, *Il Progetto "La Carta degli Antichi Acquedotti Italiani"*. Opera Ipogea, anno 9, n. 1, pp. 3-16.
- Parise M., Galeazzi C., Germani C., Bixio R., Del Prete S., Sammarco M., 2015, *The map of ancient underground aqueducts in Italy: updating of the project, and future perspectives*. Proceedings of the International Congress in Artificial Cavities "Hypogea 2015", Rome, March 11-17, 2015, ISBN 978-88-89731-79-6, pp. 235-243.
- Quilici L., 1969, *La Via Campana antica e la nuova tangenziale est-ovest della città di Napoli*. Italia Nostra, 62, pp. 32-48.
- Sampaolo V., 1986, *Dati archeologici e fenomeni vulcanici nell'area nolana. Nota preliminare*. In: Albore Livadie C., (ed.), *Tremblements de terre, éruptions volcaniques et vie des hommes dans la Campanie antique*. Naples, Centre Jean Bérard, pp. 113-121.
- Zevi F. (ed.), 1993, *Puteoli*. Napoli, Banco di Napoli, 333 pp.

