

# GEOLOGIA

## TECNICA & AMBIENTALE



CONSIGLIO NAZIONALE  
DEI GEOLOGI

Quadrimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi

Poste italiane S.p.A. - Spedizione in Abbonamento Postale - D.L. 352/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n.49) art.1 comma 1 DCB - ROMA Contiene I.P. In caso di mancato recapito, rinviare a Ufficio Poste Roma Romania per la restituzione al mittente previo addebito. Contiene I.P.

**Estratto  
dell'articolo**

**LA SEZIONE  
INIZIALE DEL  
TRACCIATO  
ORIGINALE  
DELL'ACQUE-  
DOTTO DI  
TRAIANO**

*di Ugo Chiocchini*

# La sezione iniziale del tracciato originale dell'acquedotto di Traiano per il porto di Centumcellae, oggi Civitavecchia, provincia di Roma, Italia centrale

The initial section of the original layout of Traiano's aqueduct for the port of Centumcellae, today Civitavecchia, province of Rome, central Italy

**Ugo Chiocchini** | Già professore ordinario di Geologia applicata, Università degli Studi della Tuscia

E-mail: luca\_chiocco@libero.it

**Luigi Portoghesi** | Professore di Pianificazione forestale, Dipartimento per la Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali, Università degli Studi della Tuscia, E-mail: lporto@unitus.it

**Franco Portoghesi** | Ingegnere civile, Via Luigi Angeloni 29, 00149 Roma

**Angelo Regnani** | Via della Repubblica 2 b, 00051 Allumiere, E-mail angeloregnani53@gmail.com



**Termini chiave:** Risorsa geotermica, Tolfa, Civitavecchia, Lazio nordoccidentale, Monti della Tolfa, Modello idrogeologico concettuale

**Keywords:** Geothermal resource, Tolfa, Civitavecchia, northwestern Lazio, Tolfa Mountains, Conceptual hydrogeological model

## Riassunto

L'acquedotto costruito da Traiano per il porto di *Centumcellae* nel 102 - 110 A.D., lungo 35,5 km, è ubicato nei Monti della Tolfa con morfologia collinare e costituiti in gran parte dal Flysch della Tolfa argilloso calcareo (Cretacico superiore-Eocene) e dalle lave ricche in silice dell'Unità di Allumiere (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore), subordinatamente dalle argille dell'Unità del Fosso di San Savino (Pliocene inferiore). Il Complesso delle lave è un acquifero sostenuto dai complessi del Flysch e delle argille, caratterizzati da un grado di permeabilità relativa molto basso, bassissimo o nullo, ed è suddiviso verticalmente e lateralmente in compartimenti con grado di permeabilità relativa da medio alto a basso, separati dal *limite di permeabilità indefinito*. L'acquifero contiene corpi idrici sospesi a quote differenti di limitata estensione, che emergono in sorgenti minori con portata < 1 L/s, e maggiori Cinque Bottini e Trinità con portata > 5 L/s.

Utilizzando la mappa di Lulier (1887) con il tracciato dei due rami dell'acquedotto, che provengono dalle opere di presa terminali delle sorgenti Cinque Bottini e Trinità, è stato possibile riconoscere nove parti dei due rami. La struttura dell'acquifero suggerisce che le sorgenti Cinque Bottini e Trinità sono state captate tramite i cunicoli drenanti. Dopo lo scavo del canale, l'acquedotto è stato costruito in muratura di calcestruzzo romano con copertura a volta. Questa tecnica costruttiva ha richiesto un'elevata disponibilità di legname come fonte di energia per la produzione della calce e come materiale ad uso strutturale per la costruzione delle casseforme. Il legno è stato ricavato dalle specie arboree più diffuse nei boschi dei Monti della Tolfa, cioè querce, in particolare leccio e cerro, castagno e, in misura minore, faggio. L'acquedotto, che ha fornito acqua a Civitavecchia fino alla fine degli anni Cinquanta, merita di essere ricordato e conservato come ulteriore testimonianza dell'ingegno e della tecnica costruttiva del popolo romano.

## Summary

*The aqueduct built by Traiano for the port of Centumcellae in 102 – 110 A.D., 35.5 km long, is located in the Tolfa Mountains with hilly morphology and made up largely of the clayey calcareous Tolfa Flysch (upper Cretaceous-Eocene) and lava rich in silica of the Allumiere Unit (upper Pliocene-lower Pleistocene), subordinately of the Fosso di San Savino Unit clays (Lower Pliocene). The Lava complex is an aquifer supported by the Flysch and Clay complexes with a very low or zero degree of relative permeability, vertically and laterally divided into compartments characterized by medium high to low degree of relative permeability separated by an indefinite permeability limit. The aquifer holds perched water bodies of limited extension at different altitudes, that emerge in the minor springs with a yield < 1 L/s, and the Cinque Bottini and Trinità major springs with a yield > 5 L/s. Using Lulier's map (1887) with the layout of the two branches of the aqueduct, that come from the terminal catchment works of the Cinque Bottini and Trinità springs, it was possible to recognize nine parts of the two branches. The structure of the aquifer suggests that the catchment of the Cinque Bottini and Trinità springs was performed by the drainage tunnels. After the excavation of the canal, the aqueduct was built in Roman concrete masonry with a vaulted roof. This construction technique required a high availability of wood as a source of energy to produce lime and as a raw material for the formworks. The wood was obtained from the most widespread tree species in the Tolfa Mountains forests, namely oaks, particularly holm oak and turkey oak, chestnut and, to a lesser extent, beech. The aqueduct, which supplied water to Civitavecchia until the late 1950s, deserves to be remembered and preserved as further testimony to the intelligence and construction technique of the Roman people.*

## Introduzione

Per costruire l'acquedotto di Traiano, lungo 35,5 km, che adduceva acqua al porto di *Centumcellae* nel 102 – 110 A.D., è particolarmente rilevante la sezione del tracciato compreso tra le opere di presa terminali Cinque Bottini e Trinità, illustrate da Chiocchini et al. (2023), e il ponte necessario per scavalcare il torrente affluente di sinistra del Fosso della Botte, circa 1,4 km a nord di Allumiere, denominato ponte 1 da Chiocchini et al. (2023) e Ponte museo da Lulier (1887). Questo Autore ha prodotto una mappa, che illustra i due rami dell'acquedotto provenienti

dal “passo della Vecchia” (Cinque Bottini) e dal “Romitorio della Santissima Trinità”, e il relativo “Ponte museo”<sup>[1]</sup>. Si evidenzia che la precisione di questa mappa è molto scarsa perché non è frutto di un rilevamento plano altimetrico in cui è riportata la superficie topografica con le relative quote dal “passo della Vecchia” (Cinque Bottini) fino al “Romitorio della Santissima Trinità”. Inoltre, si deve ricordare che l'acquedotto è stato oggetto di sostanziali lavori di restauro dal Papa Innocenzo XII nel 1756-1758.

Lo scopo della presente ricerca, svolta nell'interesse della Associazione Nazionale per gli Interessi del Mezzogiorno d'Italia (ANIMI) - Società Magna Grecia e dell'Università degli Studi della Tuscia, è il controllo sul terreno della suddetta sezione del tracciato dell'acquedotto per verificare sia le modalità di captazione dell'acqua lungo i due rami da Cinque Bottini fino a Trinità, sia la tecnica di costruzione del canale.

## Materiale e metodi

Le operazioni della ricerca sono state sviluppate in due fasi. Nella prima fase sono stati acquisiti i dati geologici e idrogeologici di Chiocchini et al. (2023) relativi all'acquedotto di Traiano per il porto di *Centumcellae*. Nella seconda fase è stata determinata preliminarmente la lunghezza del tracciato dell'acquedotto, compreso tra le opere di presa terminali delle sorgenti Cinque Bottini e Trinità e il Ponte museo, necessario per scavalcare un torrente nella zona di Trinità, mediante il curvimetro Silva Misuratore di Mappa sull'elemento 363031 La Farnesiana della Carta Tecnica della Regione Lazio (CTR) in scala 1: 5000. Le misure sono state eseguite tre volte, i cui valori molto simili hanno consentito di ricavare il valore medio. Successivamente l'area del suddetto tracciato è stata controllata sul terreno mediante il Barometre Holosterique Altimètrique compensè 1131, con lettura fino a 0,5 m, e il GPSMAP 64 Garmin.

La vegetazione forestale oggi presente lungo la sezione di acquedotto considerata nello studio è stata analizzata attraverso sopralluoghi in campo integrati dalle indagini bibliografiche. È stato così possibile identificare le specie arboree che più caratterizzano gli attuali popolamenti e che, molto probabilmente, i tecnici romani hanno avuto a disposizione per le esigenze della costruzione dell'acquedotto.

<sup>1</sup> I nomi “passo della Vecchia”, “Romitorio della Santissima Trinità”, “Ponte museo” sono quelli originali utilizzati nella mappa di Lulier (1887) riportata in Figura 3. Nel seguito si useranno, rispettivamente, i nomi Cinque Bottini, La Trinità, Ponte museo.

## Ubicazione dell'area di studio

Il tracciato dell'acquedotto, compreso tra le opere di presa terminali delle sorgenti Cinque Bottini e Trinità e il primo ponte necessario per scavalcare il torrente affluente di sinistra del Fosso della Botte, è ubicato nel territorio comunale di Allumiere nei Monti della Tolfa (provincia di Roma) (Fig. 1), nelle tavolette I SE La Farnesiana e II NE Tolfa del Foglio 142 Civitavecchia e negli elementi 363032 Allumiere e 363031 La Farnesiana della Carta Tecnica della Regione Lazio in scala 1: 5000.

## Cenni sull'assetto geologico e idrogeologico

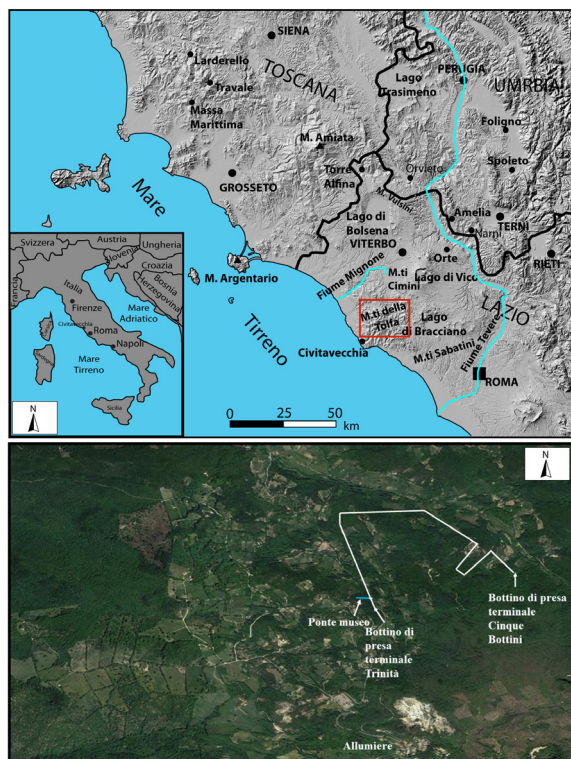
Nei Monti della Tolfa affiorano in gran parte il Flysch della Tolfa argilloso calcareo del Cretacico superiore – Eocene (Abbate & Sagri, 1970; Alberti et al., 1970; Servizio Geologico d'Italia, 1969, 1971; Bertini et al., 1971; Fazzini et al., 1972; Baldi et al., 1974; Boccaletti et al., 1987; Civitelli & Corda, 1993; De Rita et al., 1994, 1997; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, 2016;

in attesa di stampa; Chiocchini et al., 2022, 2023), le lave dell'Unità di Allumiere (Lauro et al., 1965; Lombardi et al., 1965 a, 1965 b, 1974; Negretti et al., 1963, 1966; Devoto & Lombardi, 1977; Alberti et al., 1970; Ferrini et al., 1970; De Rita et al., 1994, 1997) connesse alla Provincia Magmatica Toscana (Poli et al., 1984; Van Bergen, 1984; Pinarelli, 1991; Serri et al., 1992; Peccerillo & Donati, 2003; Peccerillo, 2005; Palozza, 2019), subordinatamente le argille dell'Unità del Fosso di San Savino del Pliocene inferiore.

Dal punto di vista geomorfologico il territorio dei Monti della Tolfa comprende colline con forma complessiva ellissoidale, orientata in direzione SO - NE, ed elevata energia del rilievo, fino a quote di 510 m s.l.m. ad Allumiere e 515 m s.l.m. a Tolfa. Il reticolo idrografico è costituito da numerosi corsi d'acqua a regime torrentizio disposti con andamento radiale, valli con forma di "V" molto accentuata, e pendenza > 30°. Uno spartiacque orientato ONO - ESE attraversa i Monti della Tolfa separando i torrenti che confluiscono in sinistra del F. Mignone da quelli che sboccano nel Mare Tirreno tra Civitavecchia e Santa Marinella. Inoltre, i Monti della Tolfa sono interessati da diverse frane, come indicato dalla carta del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia, <http://www.progettoiffi.ispambiente.it>) e confermato da Chiocchini et al. (2023). Questi movimenti franosi interessano sia il Flysch della Tolfa nel territorio di Allumiere e Tolfa, in particolare la Strada Provinciale 3/A, mediante frane rotazionali/di scivolamento, colate lente, aree con frane superficiali diffuse, e meno frequenti movimenti di tipo complesso, sia le lave dell' Unità di Allumiere mediante movimenti per crollo/ribaltamento nelle aree di Allumiere, Tolfa, e Ripa Maiale.

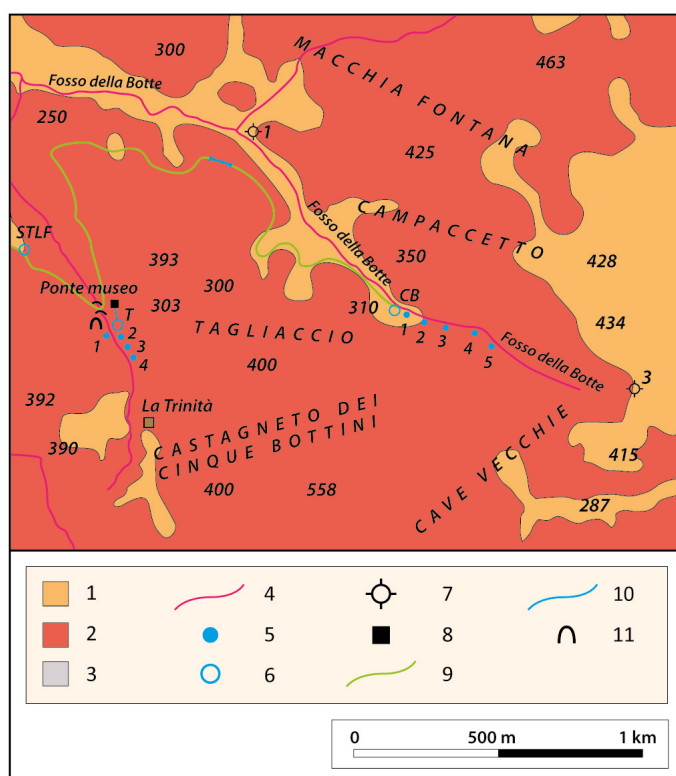
Il rischio sismico del territorio comunale di Allumiere, Tolfa e Civitavecchia è classificato con il grado 3B e indice di accelerazione ( $a_g$ ) < 0,10<sup>[2]</sup>, con una probabilità di essere superato pari al 10% in 50 anni. Si tratta di un rischio sismico basso che implica scuotimenti modesti (<https://protezionecivile.regione.lazio.it>).

Nell'area in esame affiora l'Unità di Allumiere che comprende lave trachitico andesitiche affioranti in diversi domi (Lauro et al., 1965; Lombardi et al., 1965a, 1965b, 1974; Negretti & Morbidelli, 1963; Negretti et al., 1966; Lauro & Negretti, 1969; Alberti et al., 1970; Ferrini et al., 1970; Taylor & Turi, 1976; Devoto & Lombardi, 1977; Vollmer, 1977; De Rita et al., 1994, 1997; Pinarelli, 1991; Palozza, 2019; Chiocchini et al., 2023), ricche in silice e caratterizzate da elevata



**Figura 1.** Ubicazione dell'area studiata in cui è indicato il tracciato dell'acquedotto tra le opere di presa terminali dei rami Cinque Bottini e Trinità e il Ponte museo.

<sup>2</sup> Questo indice rappresenta l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante.



**Figura 2.** Carta che illustra i complessi idrogeologici e il tracciato dell'acquedotto tra le opere di presa terminali dei rami dell'acquedotto Cinque Bottini e Trinità e il Ponte museo. 1, Complesso detritico con grado di permeabilità relativa medio alto per porosità e Coefficiente di Infiltrazione Potenziale 0,80 - 0,90 (Olocene); 2, Complesso delle lave con grado di permeabilità relativa per fessurazione e fratturazione da medio alto a basso e Coefficiente di Infiltrazione Potenziale 0,65 (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore); 3, Complesso del Flysch con grado di permeabilità relativa per fratturazione da molto basso a nullo e Coefficiente di Infiltrazione Potenziale < 0,5 (Cretacico superiore - Eocene); 4, torrente; 5, punti di captazione 1 - 5 delle vene di acqua del ramo Cinque Bottini (CB) e 1- 4 del ramo Trinità (T); 6, opera di presa terminale dei punti 1 - 5 del ramo Cinque Bottini (CB) e 1 - 4 del ramo Trinità (T); 7, pozzo; 8, vasca di raccolta dell'acqua che proviene dai due rami dell'acquedotto; 9, tracciato dell'acquedotto di Traiano non osservabile lungo la strada interpoderale; 10, tracciato dell'acquedotto di Traiano riconosciuto lungo la strada interpoderale (v. Figura 7 e 9); 11, cunicolo drenante del ramo Trinità.

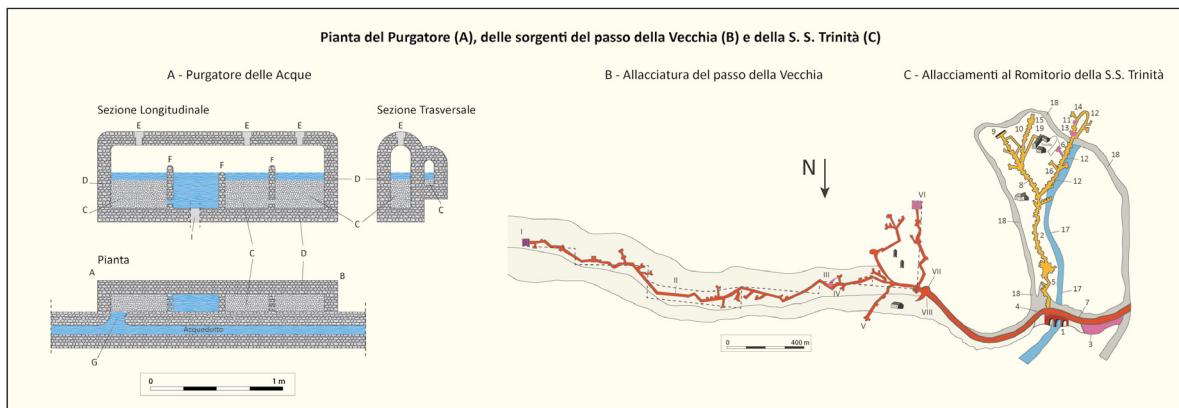
alterazione superficiale secondaria, che le rende molto friabili e di colore bianco N 9 con chiazze e venature di colore giallo chiaro arancione 10YR 8/6. Negli affioramenti di lava non alterata la roccia è molto compatta, di colore grigio chiaro N 7, e mostra in alcune zone fessure verticali o molto inclinate per lo più aperte, connesse alla contrazione della lava durante il raffreddamento, e fratture verticali dovute alle fasi della tettonica distensiva del Pliocene e Pleistocene.

L'alterazione delle lave dell'Unità di Allumiere produce estese coperture costituite da suoli e depositi colluviali. La ricerca geopedologica e forestale di Alessandrini et al. (2008) nel versante settentrionale di M. Piantangeli, circa 1 km a SE di Tolfa, evidenzia che i suoli, caratterizzati da tessitura franca e franco sabbiosa, humus acido con sostanza organica tipo *moor*, buon contenuto di sostanza organica e di azoto, pH acido e differente saturazione in basi, sono di tipo *Xeroubret andico* e *Haploxeralfultic* secondo la Soil Taxonomy (Usda, 1975 - 1999). La sostanziale omogeneità della composizione mineralogica dell'Unità di Allumiere, suggerisce che questi tipi di suoli sono diffusi

e vallecole. Lo spessore dell'Unità di Allumiere raggiunge il massimo di circa 250 m nell'area di Allumiere, e l'età è Pliocene superiore - Pleistocene inferiore (Lombardi et al., 1974; De Rita et al., 1997).

Le unità sopra descritte corrispondono a due complessi idrogeologici: il Complesso detritico e il Complesso delle lave (Fig. 2). Il Complesso detritico, che comprende i suoli e i depositi colluviali, è caratterizzato da permeabilità relativa medio alta per porosità con Coefficiente di Infiltrazione Potenziale (C.I.P.) (Celico, 1988; Civita, 2005) = 0,80 - 0,90. Il Complesso delle lave, costituito dall'Unità di Allumiere, mostra un grado di permeabilità relativa per fessurazione e fratturazione variabile, in generale da medio alto a basso e da zona a zona. Infatti, la disomogenea distribuzione delle fessure e fratture suddivide l'ammasso roccioso di questo complesso in compartimenti con un grado di permeabilità relativa medio alto sovrapposti e/o contigui a quelli caratterizzati da un grado di permeabilità relativa basso, separati tramite un *limite di permeabilità indefinito* (Civita, 2005, Chiocchini et al., 2023), che controlla la quota delle sorgenti compresa tra 175 m s.l.m. e 535 m s.l.m. Pertanto,

in tutta l'area costituita dalle lave trachitico andesitiche. Inoltre, l'alterazione produce depositi colluviali costituiti da sabbie grossolane eterometriche e ghiaie in matrice sabbiosa e più raramente limoso-argillosa, di colore moderatamente rosso arancione 10R 6/6, con frammenti grossolani di lava alterata di colore bianco N 9, il cui spessore arriva a circa 6-10 m in alcuni versanti, valli,

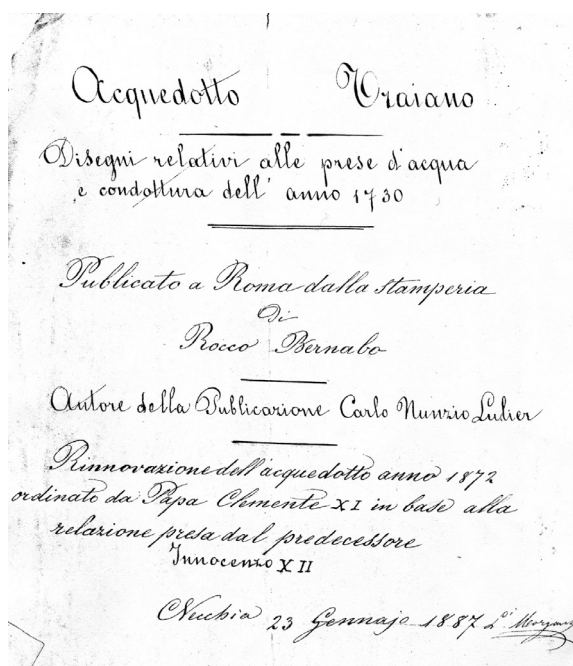


**Figura 3.** La mappa di Lulier (1887) che illustra il tracciato dei due rami dell'acquedotto Cinque Bottini e Trinità nella legenda è stato conservato il testo originale di Lulier (1887). **A Purgatore delle acque:** AB Dimostra la lunghezza del purgatore di piedi 50 largo piedi 7 fondo più dell'acquedotto di piedi 8; C Massiccio di manufatto nel fondo del purgatore della misura come sopra in pietra viva; D Muri che ricingono il suddetto purgatore grossi piedi 2 e alti 5 sopra al massiccio fino all'imposta della volta; E Volta sopra il purgatore grossa nella cima piedi 20 in pietra a tutto sesto con fori per i chiusini; F Tramezzi grossi una testa di mattoni formanti vani interni del purgatore, cioè il 1° e il 3° alto piedi 8 e il 2° piedi 6, nei due primi vi sono tre fori ognuno di piedi 9/4 e dal piano alto piedi 1/2; G Buca nel muro entro l'acquedotto per l'acqua entro il purgatore; I Apertura nel muro alla estremità inferiore del purgatore per rimettere l'acqua nel suo acquedotto dopo essersi purificata. Tutto l'interno è rivestito di intonaco a cocchiopesto ed incollato con malta e pozzolana. **B Allacciatura del passo della Vecchia:** I Prima sorgente al passo della Vecchia; II Condotto che riceve i braccioli laterali allacciati; III Fontanella lasciata per un comodo dei pastori; IV Muro di rifolta; V Monte della Sibilla con 1 grosso capo d'acqua; VI Monte dei Lecini con due grossi capi d'acqua; VII Botte antica con grosso muro di rifolta; VIII Principio del grande acquedotto. **C Allacciamenti al Romitorio della Santissima Trinità:** 1 Ponte museo; 2 Acquedotto intermedio; 3 Guado della Carbonara; 4 Purgatore; 5 Guado dell'acque bianche; 6 Botte con due purgatori; 7 Muraglione di sostegno; 8 Primo braccio; 9 Botte ove sono le sorgive; 10 Secondo braccio; 11 Altra botte con sorgenti; 12 Terzo braccio; 13 Bottino per unire l'acqua; 14 Braccio che va verso l'alberi; 15 Botti ove sono altre sorgive; 16 Braccio con suoi braccioli; 17 Fosso superiore dell'acquedotto; 18 Strada del Romitorio; 19 Chiesa del Romitorio.

la conseguente anisotropia idraulica dell'intero ammasso roccioso suggerisce che il CIP di questo complesso è mediamente 0,65 (Celico, 1988; Civita, 2005). Il Complesso delle lave costituisce un acquifero fessurato e fratturato, sostenuto dai complessi del Flysch e delle argille, caratterizzati, rispettivamente, da permeabilità relativa molto bassa e bassissima o nulla e C.I.P. < 0,5 e 0,15 (Boni et al., 1986; Piscopo et al., 2006; Chiocchini et al., 2022, 2023), tranne lungo le fasce cataclastiche delle faglie, e da corpi idrici sospesi a quote differenti di limitata estensione, che emergono in sorgenti minori con portata < 1 L/s e maggiori con portata > 5 L/s (sorgenti Cinque Bottini e Trinità) (Chiocchini et al., 2022, 2023).

### Il tracciato dell'acquedotto tra le opere di presa terminali dei rami Cinque Bottini e Trinità, e il Ponte museo

La Figura 3 mostra la mappa di Lulier (1887) (Fig. 4) con il tracciato dei due rami dell'acquedotto che provengono da Cinque Bottini e Trinità. Si evidenzia che l'Autore ha scritto numeri romani nella legenda di "B" della figura originale, mentre lungo il tracciato dell'acquedotto ha inserito



**Figura 4.** Frontespizio della mappa di Lulier (1887).

numeri arabi. Nella Figura 3 si è preferito riportare i numeri romani rispettando la legenda originaria. Dalla mappa di Lulier risulta che: (i) il canale principale (“condotto”) dei due rami riceve, da destra e sinistra, diversi contributi di acqua da rami secondari denominati “braccioli”, “botti”, e “grossi capi d’acqua”; (ii) sono presenti un “purgatore” (depuratore) e una “botte con due purgatori”. La natura dell’acquifero del Complesso delle lave, sopra descritta, suggerisce che i contributi di acqua sono forniti dalla captazione delle sorgenti Cinque Bottini e Trinità tramite i cunicoli drenanti, cioè i rami secondari o “braccioli”, come evidenziato da Chiochini et al. (2023). Al riguardo è necessario ricordare che il sistema dei cunicoli drenanti è stato utilizzato anche nello scavo delle rocce piroclastiche presso il Lago di Bracciano, circa 20 km a est di Allumiere, per il condotto principale, il ramo di adduzione di Vicarello, il ramo delle Sette Botti, e il sistema del Fosso della Calandrina dell’acquedotto che Traiano fece costruire nel 109 – 114 A.D. (Aqua Traiana; a cura di Cifarelli & Marcelli, 2022), cioè poco dopo la costruzione dell’acquedotto per il porto di *Centumcellae*. Il controllo sul terreno del tracciato dei due rami dell’acquedotto è risultato molto difficile a causa della copertura del bosco spesso comprendente zone con densa vegetazione arbustiva<sup>3</sup>. Pertanto, è stato possibile riconoscere le seguenti parti dei due rami dell’acquedotto nella mappa di Lulier (Fig. 3), iniziando dalla zona Cinque Bottini:

- i punti di captazione delle vene di acqua 1 - 5 (Fig. 5) e l’opera di presa terminale del ramo Cinque Bottini (Fig. 6), coincidente con “VII Botte antica” in B della mappa di Lulier;
- il tratto del canale dell’acquedotto lungo 8 m (Fig. 7), con la calotta rotta, la sezione larga 0,55 m e alta 0,60 m, e un pozzo di ispezione con dimensioni 0,57 x 0,53 m, situato sulla strada interpoderale tra Il Ponte museo e Cinque Bottini;
- la vasca di raccolta dell’acqua che proviene dai due rami dell’acquedotto (Fig. 8), attigua al Ponte museo, lunga 3,42 m, larga 3,04 m, alta 1,45 m, e coincidente con “4 Purgatore” in C della mappa di Lulier;
- un tratto del canale dell’acquedotto lungo 8,5 m, quasi completamente coperto da una muratura in conci di lava (Fig. 9), con sezione larga 0,55 m e alta 0,60 m, ubicato tra la sorgente Trinità e la vasca di raccolta dell’acqua che proviene dai due rami dell’acquedotto coincidente con “4 Purgatore” in C della mappa di Lulier;

<sup>3</sup> La vegetazione arbustiva copre densamente il suolo solo dopo il taglio degli alberi perché al sottobosco arriva più luce.

- il ponte costituito da tre archi e lungo 35 m che scavalca il torrente tributario di sinistra del Fosso della Botte (Fig. 10), cioè “1 Ponte museo” in C della mappa di Lulier;
- l’ingresso di un cunicolo drenante (Fig. 11) alla base di “8 Primo braccio” in C della mappa di Lulier;
- i punti di captazione delle vene di acqua 1 – 4 (Fig. 12) e l’opera di presa terminale del ramo Trinità (Fig. 13).

Il ramo proveniente da Cinque Bottini, lungo 2,5 km segue quasi fedelmente il tracciato della strada interpoderale tra Cinque Bottini e il Ponte museo. Il ramo Trinità nella mappa di Lulier (1887) (Fig. 3) è caratterizzato da un primo tratto con andamento leggermente curvo lungo circa 300 m, che, poco a monte, mostra una doppia diramazione con forma di Y: una segue sulla destra il torrente affluente di sinistra del Fosso della Botte, l’altra diramazione si sviluppa a est di Trinità, a sua volta con forma di una seconda Y. La lunghezza dei rami della prima Y è di circa 200 e 250 m, quella della seconda Y è circa 100 e 150 m. Il dislivello, definito mediante gli elementi Allumiere e La Farnesiana della CTR del Lazio e il barometro altimetrico olosterico compensato, tra la parte superiore dei due rami a quota, rispettivamente, 375 m e 385 m s.l.m., e la vasca di raccolta dell’acqua che proviene dai due rami dell’acquedotto (“4 Purgatore” in C della mappa di Lulier, 1887), attigua alla spalla sudorientale del Ponte museo a quota 299,4 m s.l.m., è compreso tra 75,6 e 85,6 m. Si deve ritenere che le opere di captazione mediante i cunicoli drenanti indicati nella mappa di Lulier (1887) abbiano mantenuto una pendenza idonea per una lunghezza complessiva di 500 e 550 m per il ramo della prima Y, di 400 e 450 m per il ramo della seconda Y.

I dettagliati sopralluoghi su tutto il ramo Trinità sopra descritto hanno consentito di riconoscere l’ingresso di un cunicolo drenante e i punti di captazione 1 – 4 (Fig. 2).

### Le modalità costruttive del canale dell’acquedotto

I tecnici romani, seguendo le indicazioni del libro VIII, VI del *De Architectura* scritto dal grande maestro e ingegnere (*magister et machinator*) Marco Vitruvio Pollione, hanno costruito il canale dell’acquedotto “in solida muratura con una pendenza tra un quarto e un mezzo piede<sup>4</sup> ogni cento, dotata di una copertura a volta per proteggere l’acqua dal sole”. Per la posa in opera della muratura è stata utilizzata la malta costituita da frammenti di pietra con

<sup>4</sup> Un piede (*pes*) = 0,2964 m.



**Figura 5.** Punto 3 di captazione di vena acqua nel ramo Cinque Bottini.



**Figura 6.** Opera di presa terminale del ramo Cinque Bottini. Da Chiocchini et al. (2023).



**Figura 7.** Tratto del canale dell'acquedotto lungo 8 m sulla strada interpoderale tra il Ponte museo e Cinque Bottini. A sinistra si vede il pozzo di ispezione. L'asta è lunga 0,80 m.



**Figura 9.** Tratto del canale dell'acquedotto lungo 8,5 m sulla strada interpoderale tra la sorgente Trinità e la vasca di raccolta dell'acqua che proviene dai due rami dell'acquedotto coincidente con "4 Purgatore" in C della mappa di Lulier. L'asta è lunga 0,80 m.



**Figura 8.** Vasca di raccolta dell'acqua che proviene dai due rami dell'acquedotto, corrispondente a "4 Purgatore" in C della mappa di Lulier (v. Fig. 3).



**Figura 10.** La foto mostra due dei tre archi del Ponte museo che scavalca il torrente tributario di sinistra del Fosso della Botte.





**Figura 11.** Ingresso di un cunicolo drenante alla base di “12 terzo braccio” della mappa di Lulier (v. Fig. 3), di fronte all'opera di presa terminale Trinità. Da Chiocchini et al. (2023).

granulometria sabbiosa fino a granulo e da legante (calce e pozzolana) che li amalgama, producendo la loro perfetta coesione e, quindi, la solidità e durata della muratura. Infatti, la malta è stata usata dai tecnici romani per realizzare moltissime opere di ingegneria civile (strade, ponti, edifici pubblici, templi, terme, ecc.) e di ingegneria idraulica (acquedotti, cisterne). Vitruvio descrive nel libro VIII del *De Architectura* le tecniche costruttive delle opere murarie *opus incertum* e *opus reticulatum*, fornendo le indicazioni precise per i materiali che si devono usare nella preparazione della malta: sabbia, calce, e pozzolana. E' suggerita “la sabbia di cava nera, bianca, rossa e rosso scura, e, in assenza di cave, la sabbia di fiume”, mentre per



**Figura 12.** Punto “1” di captazione di vena di acqua nel ramo Trinità.

la sabbia di mare occorre molta cautela. “La calce (*calx* o *calcis*) si ottiene mediante la cottura (calcinazione) di pietra bianca; quella ricavata da una pietra dura è adatta per la struttura muraria, mentre quella ottenuta da una pietra porosa va bene per l'intonaco. Quando la calce è raffreddata, si mescola con la sabbia con rapporto di uno a tre se la sabbia è di cava, di uno a due se la sabbia è di fiume, e il risultato sarà migliore se alla sabbia di fiume si aggiunge la terza parte di frammenti di coccio pestato e setacciato”. Tuttavia, poichè l'indurimento della malta avviene con molta lentezza, Vitruvio suggerisce l'uso della “polvere di Baia nelle diffuse zone delle campagne dei municipi che esistono intorno al Vesuvio, perché, mi-

sta a calce e pietre, non solo rende estremamente solidi i vari tipi di costruzioni, ma anche le strutture dei moli sotto l'acqua”. Pertanto, l'uso della “polvere di Baia”, cioè la pozzolana, e del cocciopesto consentiva alla malta di fare presa e indurire anche in acqua mediante una malta con elevata resistenza. La calcinazione della pietra avveniva in appositi forni con tre diversi sistemi: cottura con focolare alla base; cottura per impilamento di strati di pietre calcaree e combustibile a lenta ignizione o carbone di legna (cottura “a fiamma corta”);



**Figura 13.** Opera di presa terminale del ramo Trinità. Da Chiocchini et al. (2023).



**Figura 14.** Tratto di canale sulla strada Allumiere – La Farnesiana, circa 250 m a NO del Ponte museo, ricostruito utilizzando conci di calcare marnoso del Flysch della Tolfa.

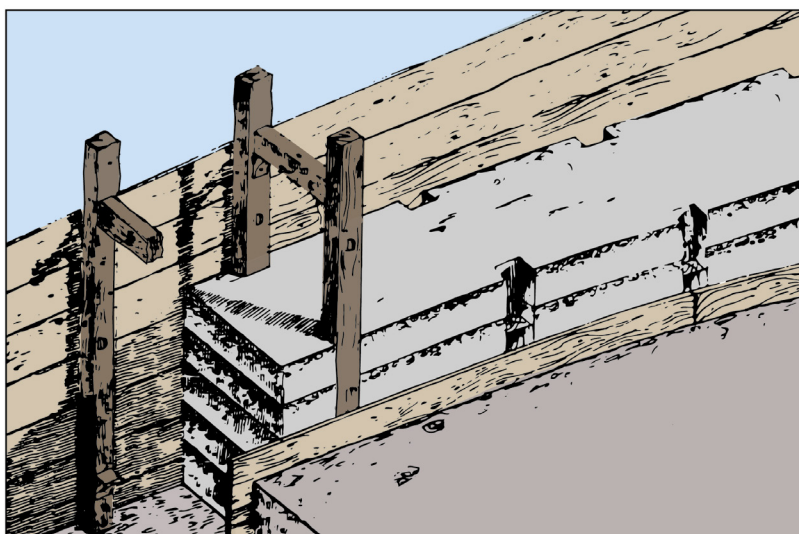
cottura in area scoperta (Adam, 2011).

In base alle osservazioni dirette, risulta che la malta mostra i seguenti caratteri macroscopici uniformi: è dura; di colore grigio chiaro N 7 e grigio medio chiaro N 6 per la subordinata frazione silicatica costituita da frammenti di minerali neri (anfibioli e/o pirosseni); gli inerti sono costituiti da sabbia molto grossolana (1 - 2 mm) e granuli (2 - 4 mm); le prove con acido cloridrico diluito al 10 % indicano che è molto ricca in calcite. Al riguardo, si deve tenere presente che, a seguito dei lavori di restauro dell'intero trecciato dell'acquedotto eseguiti da Papa Innocenzo XII nel 1756-1758, alcuni tratti del canale sono stati ricostruiti utilizzando una muratura costruita con i litotipi calcarei del Flysch della Tolfa (Fig. 14). Secondo il libro VIII del *De Architettura* la conduzione dell'acqua dalle sorgenti alle città può avvenire mediante tre tipi di condotti: canali in muratura con copertura a volta, tubi di piombo o di terracotta. Qualora l'acquedotto debba attraversare zone montuose,

come nel caso in esame, la canalizzazione dovrà essere sotterranea, costruita in modo da avere la pendenza opportuna. Il canale potrà essere scavato direttamente in substrati rocciosi consistenti, mentre in presenza di suoli naturali profondi o sabbiosi la galleria nel cui interno scorrerà l'acqua avrà una sua struttura muraria con pavimentazione, pareti e soffitto a volta (Fig. 3 A). La muratura era realizzata in calcestruzzo versando all'interno

di casseforme di legno (Fig. 15) strati alternati di pietrame e di malta ottenuta con le modalità e i materiali sopra descritti, che garantiva la fabbricazione di strutture con rilevanti caratteristiche meccaniche e di durabilità, anche a contatto con l'acqua, come evidenziato da Seymour et al. (2023).

Un altro materiale che i tecnici romani hanno abbondantemente impiegato per la costruzione delle varie parti dell'acquedotto in questione è stato il legname, utilizzato in particolare per le casseforme e come combustibile



**Figura 15.** Esempio di cassaforma romana per la costruzione di opere murarie.

per la produzione della malta. Certamente, il legno non mancava nell'ambiente dei Monti della Tolfa, anche oggi molto ricco di boschi costituiti in gran parte da querceti e castagneti con lembi di faggeta nella parte più alta dei rilievi collinari e in fondo alle valli più profonde dove si realizza il fenomeno dell'inversione termica (Di Pietro et al., 2010; Chiocchini et al., 2023). E' probabile che nel periodo della costruzione dell'acquedotto (102 – 110 A.D.) le querce come il leccio (*Quercus ilex*) e il cerro (*Q. cerris*), il castagno (*Castanea sativa*) e il faggio (*Fagus sylvatica*) (Fig. 16), in quanto specie a temperamento mesofilo, fossero ancora più dominanti di quanto non lo siano oggi a motivo del clima mite e umido che caratterizzò il Mediterraneo in quell'epoca favorendo il progresso economico e demografico dell'Impero Romano grazie ad un optimum climatico durato fino al 150 d.C. (Harper, 2019). Insedimenti umani erano presenti sui Monti della Tolfa fin dall'epoca etrusca (D'Ascenzo, 2013; Stracci, 2019) e il loro successivo sviluppo ha sicuramente determinato il progressivo disboscamento di parte del territorio per la coltivazione agricola, e lo sfruttamento dei boschi rimanenti per l'approvvigionamento di legname (*silva cedua*) e il pascolo del bestiame (*silva fructifera*) che hanno dato forma nel corso del tempo all'attuale paesaggio (Agnoletti, 2018). La composizione e la struttura dei popolamenti forestali erano allora molto meno uniformi di oggi ma era già iniziato il processo di coltivazione del bosco che nei secoli ha portato a favorire specie di maggiore valore economico quali, appunto, le querce, il castagno e il faggio (Agnoletti, 2018). In particolare, il castagno era solo una componente di boschi misti con le querce o il faggio a seconda di altitudine ed esposizione dei versanti boscati e ancora non formava gli estesi popolamenti monospecifici oggi presenti anche sui Monti della Tolfa (Conedera et al., 2004).

Si può, quindi, ipotizzare che per le casseforme e le strutture di supporto sia stato utilizzato principalmente legno di faggio e di castagno, meno duro e più facilmente lavorabile di quello delle querce che è, invece, molto adatto, unitamente a quello di faggio, alla produzione di carbone a elevato potere calorifico da impiegare per la calcinazione.

## Discussione e Conclusioni

I rilievi collinari dei Monti della Tolfa, costituiti in gran parte dal Flysch della Tolfa con prevalenti litotipi argillosi, e dalle lave dell'Unità di Allumiere, sono caratterizzati da corsi d'acqua con regime torrentizio ed elevato gradiente.

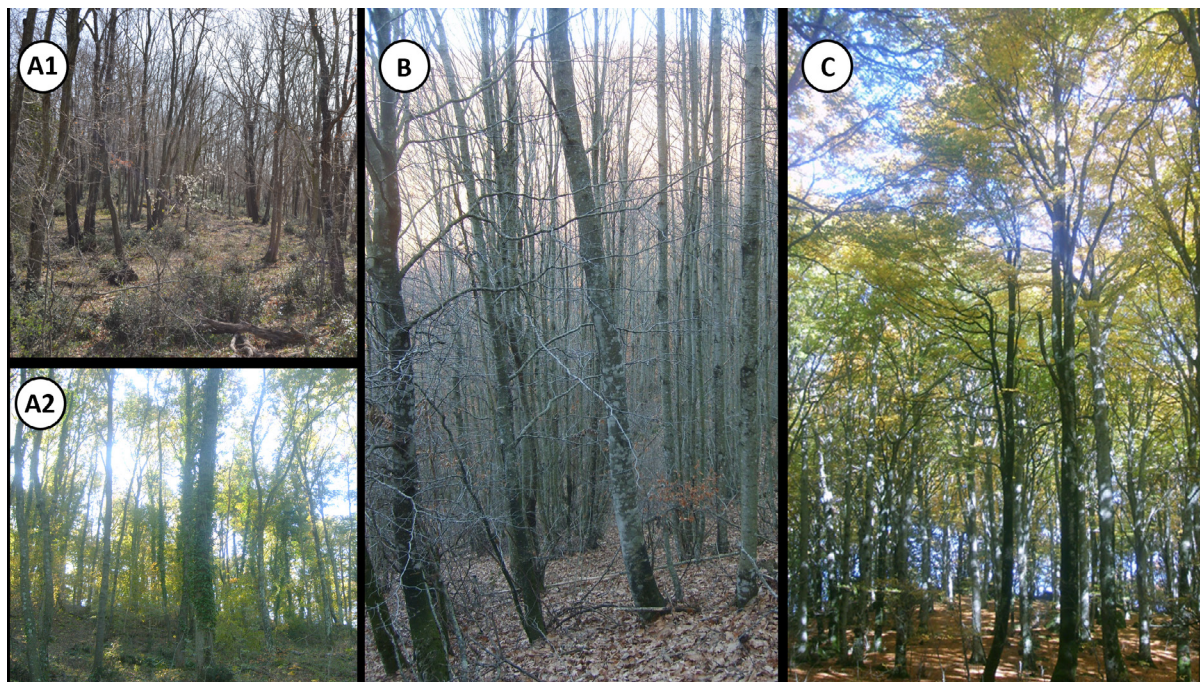
Questo contesto geomorfologico, che agevola l'erosione lineare con il relativo trasporto del carico solido e lo sviluppo di movimenti franosi in molte aree del territorio comunale di Allumiere e Tolfa, e la copertura boschiva, probabilmente più estesa di quella attuale nei Monti della Tolfa, sono stati oggetto di adeguata valutazione da parte dei tecnici romani che hanno progettato ed eseguito i lavori per la costruzione dell'acquedotto.

L'apertura dei cantieri dell'acquedotto è stata preceduta dalle opere preliminari, come le strade di servizio, la livellazione del tracciato dell'acquedotto tramite il *corobate*<sup>5</sup>, il taglio del bosco nei primi sei chilometri del tracciato. Inoltre, si è dovuto provvedere alla estrazione del materiale lapideo, sabbioso, e argilloso, indispensabile per la produzione degli inerti, della calce, dei mattoni, e alla preparazione del calcestruzzo e della malta idraulica (*opus signinum*). A tale scopo, sia i depositi colluviali, dovuti alla alterazione delle lave dell'Unità di Allumiere, sia le rocce calcaree e marnose del Flysch della Tolfa, facilmente disponibili, sono stati utilizzati in larga misura.

Per la captazione delle vene di acqua delle sorgenti Cinque Bottini a quota 310 m s.l.m. e Trinità a quota 303 m s.l.m. è stato adottato il metodo dei cunicoli drenanti con le loro diramazioni convogliate in tre cunicoli con i contenitori per la raccolta dell'acqua, dei quali uno comprende il depuratore. Con questo sistema, l'acqua defluisce nel sottosuolo in canalette con base in laterizio e perviene nel recapito dei bottini di presa delle sorgenti Cinque Bottini e Trinità. Il cantiere relativo alla costruzione e alla sistemazione della forma del canale e della cisterna terminale è stato organizzato in trincea e/o a cielo aperto per agevolare l'approvvigionamento del materiale e la progressione della costruzione dal basso verso l'alto. Le pareti della sezione interna del canale con forma geometrica a volta e della cisterna terminale sono rivestite con la malta idraulica (*opus signinum*). Per predisporre le casseforme necessarie alla produzione del calcestruzzo, le centine per costruire gli archi dei ponti, e le paratie per il contenimento provvisorio di scavi con dimensioni rilevanti, come quello in trincea di M. Rovello e per l'alloggiamento della cisterna terminale, è stato utilizzato l'abbonante legname derivato dal taglio del bosco. Quest'ultimo è servito anche per alimentare le fornaci necessarie alla produzione della calce.

I boschi dei Monti della Tolfa hanno generosamente contribuito alla realizzazione dell'acquedotto fornendo

<sup>5</sup> Vitruvio illustra il *corobates* nell'ambito dei sistemi di livellamento in *De Architectura* VIII, 5, 1.



**Figura 16.** I querceti erano utilizzati per la produzione di legna da ardere e carbone (A1) o per il pascolo animale (A2), a seconda della densità e delle dimensioni degli alberi. Il castagno forniva legname per pali e travi (B). Il faggio era apprezzato per la falegnameria e il carbone (C). Le foto A1 e A2 sono state scattate nell'area dei Monti della Tolfa (Macchia del Quartaccio e Monte Piantangeli), mentre le foto B e C si riferiscono ai domi vulcanici dei Monti Cimini in provincia di Viterbo, dove le condizioni climatiche e pedologiche sono molto simili a quelle dei Monti della Tolfa.

centinaia di alberi, soprattutto querce, castagni e faggi per le varie esigenze strutturali ed energetiche del cantiere. Oggi il bosco è tornato a crescere sopra diversi tratti del tracciato dell'acquedotto contribuendo a nascondere parzialmente alla vista degli abitanti e dei visitatori dei Monti della Tolfa un'opera idraulica che ha fornito acqua a Civitavecchia fino alla fine degli anni Cinquanta e dovrebbe essere ricordata ed oggetto di appropriata manutenzione lungo tutto il suo tracciato, al pari di molte altre opere di ingegneria civile e idraulica, come ulteriore testimonianza dell'ingegno e della tecnica costruttiva del popolo romano.

### Ringraziamenti

La ricerca è stata supportata dall'Associazione Nazionale per gli Interessi del Mezzogiorno d'Italia (ANIMI). Gli Autori sono grati ad Alida Ceccarelli per la disponibilità della documentazione di suo marito Ennio Brunori; a Francesco Madonna e Giovanni Savarese per la informatizzazione delle figure.

### ORCID

Ugo Chiocchini: <http://orcid.org.0000-0003-4106-3350>

### Contributo degli Autori

Ugo Chiocchini ha progettato e supervisionato la ricerca, ha eseguito il rilevamento geologico e idrogeologico dei Monti della Tolfa, ha controllato, insieme ad Angelo Regnani, il tratto del tracciato dell'acquedotto compreso tra le opere di presa terminali delle sorgenti Cinque Bottini e Trinità e il Ponte museo. Luigi Portoghesi ha svolto l'indagine sulla copertura boschiva dell'Unità di Allumiere e sul legname utilizzato dai tecnici romani per le casseforme necessarie alla produzione della malta. Franco Portoghesi ha fornito il supporto per quanto riguarda la progettazione del canale dell'acquedotto. Tutti gli autori hanno collaborato alla revisione del manoscritto.

### Riferimenti bibliografici

- Abbate E., Sagri M. (1970) The eugeosynclinal sequences. *Sedimentary Geology*, 4, 251 – 340.
- Adam J.P. (2011) *L'arte di costruire presso i romani - Materiali e tecniche*. X edizione. Longanesi, pp. 369.

- Agnoletti M. (2018) Storia del bosco. Il paesaggio forestale italiano. Editori Laterza, Bari, 368 p.
- Alberti A., Bertini M., Del Bono G., Nappi G., Salvati L. (1970) Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. alla scala 1: 100.000. Foglio 136 Toscana. Foglio 142 Civitavecchia. Servizio Geologico d'Italia. Poligrafico & Cartevalori, Ercolano (Napoli), 141 p.
- Bertini M., D'Amico C., Deriu M., Tagliavini S., Vernia A. (1971) Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000. Foglio 143 Bracciano. Servizio Geologico d'Italia. Nuova Tecnica Grafica, 77 p.
- Baldi P., Decandia F.A., Lazzarotto A., Calamai A. (1974) Studio geologico del substrato della copertura vulcanica nella zona dei laghi di Bolsena, Vico e Bracciano. Mem. Soc. Geol. It., 13, 575 – 606.
- Boccaletti M., Decandia F.A., Gasperi G., Gelmini R., Lazzarotto A., Zanzucchi G. (1987) Carta strutturale dell'Appennino Settentrionale. Pubbl. 429, Note illustrative. CNR Progetto Finalizzato Geodinamica, Tipografia Senese.
- Boni C., Bono P., Capelli G. (1986) Schema idrogeologico dell'Italia centrale. Mem. Soc. Geol. It., 35, 991 – 1012.
- Celico P. (1988) Prospezioni idrogeologiche. Vol. II. Liguori Editore, Napoli.
- Chiocchini U., Cipriani N., Gisotti G., Macioce A., Manna F., Bolasco A., Lucarini C., Patrizi G.M. (1996) Aree costiere a rischio ambientale: l'esempio di Santa Marinella, provincia di Roma. Geologia Tecnica & Ambientale, 1, 35 – 50.
- Chiocchini U., Manna F., Portoghesi L. (2023) L'acquedotto dell'imperatore Traiano per il porto di Centumcellae, oggi Civitavecchia, nel contesto ambientale dei Monti della Tolfa, Italia centrale. Geologia Tecnica & Ambientale, 1, 41 – 72.
- Cifarelli F. M., Marcelli M. a cura di (2022) Aqua Traiana. Le indagini fra Vicarello e Trevignano Romano. Gangemi Editore, 256 p.
- Civita M. (2005) Idrogeologia applicata e ambientale. Casa Editrice Ambrosiana, 794 p.
- Civitelli G., Corda L. (1993) The Allochthonous Succession. Sabatini Volcanic Complex. Edited by M. Di Filippo. Quaderni de La Ricerca Scientifica, 114, Progetto Finalizzato Geodinamica – Monografie Finali, Vol. II, 19 – 28.
- Conedera M., Krebs P., Tinner W., Pradella M., Torriani D. (2004) The cultivation of *Castanea sativa* (Mill.) in Europe, from its origin to its diffusion on a continental scale. *Veget. Hist. Archaeobot.*, 13, 161 – 179.
- Cortéz Pérez J., de Sanjosé Blasco J.J., Atkinson D.J., del Rio Pérez L.M. (2018) Assessment of the Structural Integrity of the Roman Bridge of Alcantara (Spain) using the TLS and GPR. *Remote Sensing*, 10, 387. doi: 10.3390/rs10030387.
- D'Ascenzo A. (2013) Sorgenti e acquedotti elementi tangibili nella ricostruzione dell'organizzazione del territorio. Il caso di Civitavecchia. Atti 17° Conferenza Nazionale ASITA – Riva del Garda 5-7 novembre 2013, 521 – 528.
- De Rita D., Bertagnini A., Carboni M.G., Ciccacci S., Di Filippo M., Faccenna C., Fredi P., Funicello R., Sciacca P., Vannucci N., Zarlenga F. (1994) Geological-petrographical evolution of the Ceriti Mountains area (Latium, Central Italy). *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, 49, 291 – 322.
- De Rita D., Bertagnini A., Faccenna C., Landi P., Rosa C., Zarlenga F., Di Filippo M., Carboni M.G. (1997) Evoluzione geopetrografica-strutturale dell'area tolfetana. *Boll. Soc. Geol. It.*, 116, 143 – 175.
- Devoto G., Lombardi G. (1977) Le formazioni sedimentarie ed eruttive del settore Tolfetano-Cerite (Lazio nord-occidentale). *Quad. Acc. Naz. Lincei*, 227 (2), 1 – 35.
- Di Pietro R., Azzella M., Facioni L. (2010) The forest vegetation of the Tolfa-Ceriti mountains (Northern Latium – Central Italy). *Hacquetia*, 9 (1), 91 – 150.
- Ferrini V., Lombardi G., Morbidelli L., Negretti G.C. (1970) Studio geopetrografico del complesso vulcanico tolfetano-cerite (Lazio). VI. Le manifestazioni ipoabissali. Istituto di Petrografia. Università di Roma.
- Harper K. (2019) Il destino di Roma. Clima, epidemie e la fine di un impero. Einaudi, Torino, 520 p.
- Karkanas P. (2007) Identification of lime plaster in prehistory using petrographic methods: A review and reconsideration of the data on the basis of experimental and case studies. *Geoarchaeology*, 22, 775 – 796. <https://doi.org/10.1002/gea.20186>.
- ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia (2016) Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50.000. Foglio 355 Ronciglione. D.R.E. Am Italia.
- ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia. Carta Geologica d'Italia in scala 1: 50.000. Foglio 344 Toscana, Foglio 345 Viterbo, Foglio 353 Montalto di Castro, Foglio 354 Tarquinia. In attesa di stampa.
- Lauro C., Negretti G.C., Morbidelli L., Lombardi G. (1965) I. Studio geopetrografico del complesso vulcanico tolfetano-cerite. Lineamenti geotutturali della Tuscia Romana centro-occidentale, con particolare riguardo alle regioni tolfetana, cerite e manziate, e notizie bibliografiche. Istituto di Petrografia Università di Roma, 53 p.
- Lauro C., Negretti G.C. (1969) Il vulcanismo della tuscia romana: le manifestazioni vulcaniche acide del settore centro-occidentale. Istituto di Petrografia Università di Roma.
- Lombardi G., Morbidelli L., Negretti G.C. (1965 a) Lineamenti geopetrografici e strutturali degli affioramenti vulcanici del settore tolfetano (Lazio). *Rend. Soc. Min. Ital.*, 21, 151 – 156.
- Lombardi G., Morbidelli L., Negretti G.C. (1965 b) Gli affioramenti eruttivi della Tolfaccia (Monti della Tolfa). *Rend. Soc. Min. Ital.*, 21, 157 – 164.
- Lombardi G., Morbidelli L., Negretti G.C. (1974) Età delle vulcaniti acide dei complessi Tolfetano, Cerite e Manziate (Lazio Nord-occidentale). *Per. di Min.*, 43, 181 – 204.
- Lugli G (1957) La Tecnica Edilizia Romana Con Particolare Riguardo a Roma e Lazio. Volume I, 743 p., Volume II Tavole. Giovanni Bardi Editore, Roma.
- Negretti G.C., Lombardi G., Morbidelli L. (1966) Studio geopetrografico del complesso Tolfetano-Cerite. IV. Le manifestazioni vulcaniche acide del settore Cerite. Istituto di Petrografia Università di Roma.
- Negretti G.C., Morbidelli L. (1963) Studio geopetrografico del complesso Tolfetano-Cerite. III. Le manifestazioni vulcaniche acide del settore civitavecchiese-tolfetano. Istituto di Petrografia Università di Roma.
- Palozza F. (2019) Studio mineralogico/petrografico di due campioni di lava dell'apparato tolfetano. Tesi di Laurea. Corso di Laurea Triennale in Scienze Geologiche. Università degli Studi Roma Tre, 42 p.
- Peccerillo A., Donati C. (2003) The Tuscan Magmatic Province. *Per. Mineral.*, 72, Special Issue, 27 – 39.
- Peccerillo A. (2005) Plio-Quaternary volcanism in Italy. *Petrology, Geochemistry, Geodynamics* (Vol. 365). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Pinarelli L. (1991) Geochemical and isotopic (Sr, Pb) evidence of crust-mantle interaction in acid melts – Tolfa – Cerveteri - Manziana volcanic complex (central Italy): a case story. *Chemical Geology*, 92, 177 – 195.
- Serri G., Innocenzi F., Manetti P., Tonarini S., Ferrara G. (1992) Il magmatismo neogenico-quaternario dell'area toscano-laziale-umbra: implicazioni sui modelli di evoluzione geodinamica dell'Appennino settentrionale. *Studi Geologici Camerti*, volume speciale, 1991/1, 429 – 463.
- Servizio Geologico d'Italia (1969) Carta Geologica d'Italia scala 1: 100.000. Foglio 142 Civitavecchia. Poligrafica & Cartevalori – Ercolano (Napoli).

- Servizio Geologico d'Italia (1971) Carta Geologica d'Italia scala 1: 100.000. Foglio 143 Bracciano. Reparto Riproduzione e Stampa E.I.R.A. Firenze.
- Seymour L. M., Maragh J., Sabatini P., Di Tommaso M., Weaver J. C. (2023) Hot mixing: mechanistic insights into the durability of ancient Roman concrete. *Sciences Advances*, 9, 1 - 13. <http://www.science.org/doi/10.1126/siadv.add602>.
- Stracci G. (2019) Etruria meridionale. Gli Etruschi della facies tolfetana. *Bollettino Società storica civitavecchiese*, 29, isbn 9788898293230.
- Taylor H.P., Turi B. (1976) High  $^{18}\text{O}$  igneous rocks from the Tuscan magmatic province, Italy. *Contr. Miner. Petr.*, 55, 33-54.
- Van Bergen M.J. (1984) Magmas and inclusions of Monte Amiata, Tuscany, Italy. *Geologica Ultraiectina*, 37, 175 p.
- Vollmer R. (1977) Isotopic evidence for genetic relations between acid and alkaline rocks in Italy. *Geoch. Cosm. Acta*, 40, 283 - 29.