

Datazione U/Th di depositi carbonatici intercalati ai resti della via Portuense antica (Ponte Galeria, Roma): attribuzione storico-archeologica della strada e documentazione cronologica dell'attività idrotermale del fondovalle tiberino

Paola Tuccimei - Michele Soligo - Antonia Arnoldus-Huyzendveld
- Cinzia Morelli - Andrea Carbonara - Marilena Tedeschi - Guido Giordano

Introduzione

Durante i lavori di costruzione della Nuova Fiera di Roma in località Ponte Galeria (Roma - XV Municipio), saggi conoscitivi effettuati dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici di Ostia hanno messo in luce il tracciato della via Portuense antica, per una lunghezza complessiva di 1100 metri; in questo punto la strada corre in direzione NE/SO, a cavallo della via Portuense moderna. Questo asse viario collegava Roma con *Portus* (localizzata ad est dell'attuale Fiumicino) e fu costruito in elevato, mediante un viadotto, per l'impraticabilità del fondovalle. Indizi archeologici e storici fanno ipotizzare che la costruzione della strada sia ascrivibile ad un periodo compreso tra la fine del I e gli inizi del II sec. d.C., cioè all'età traianea.

All'interno del sedimento fluviale sul quale è impostata la struttura, sono state riconosciute delle zone interessate da incrostazioni calcaree, interconnesse con la struttura viaria e interpretate come tracce della fuoriuscita di acque idrotermali dal fondovalle tiberino. Scopo del presente lavoro è la datazione del livello carbonatico più antico, per il quale la strada romana costituisce il termine *ante quem* e di un altro livello contemporaneo all'utilizzo della strada. La metodologia, già applicata con successo a speleotemi (stalattiti o stalagmiti) rinvenuti in cavità artificiali dell'area, viene applicata per la prima volta in un contesto archeologico di età romana ed estesa a materiali carbonatici contaminati da una componente detritica e con una rilevante presenza di materia organica. Il dato cronologico rappresenta motivo di interesse anche nello studio dell'attività idrotermale recente associata al vulcano

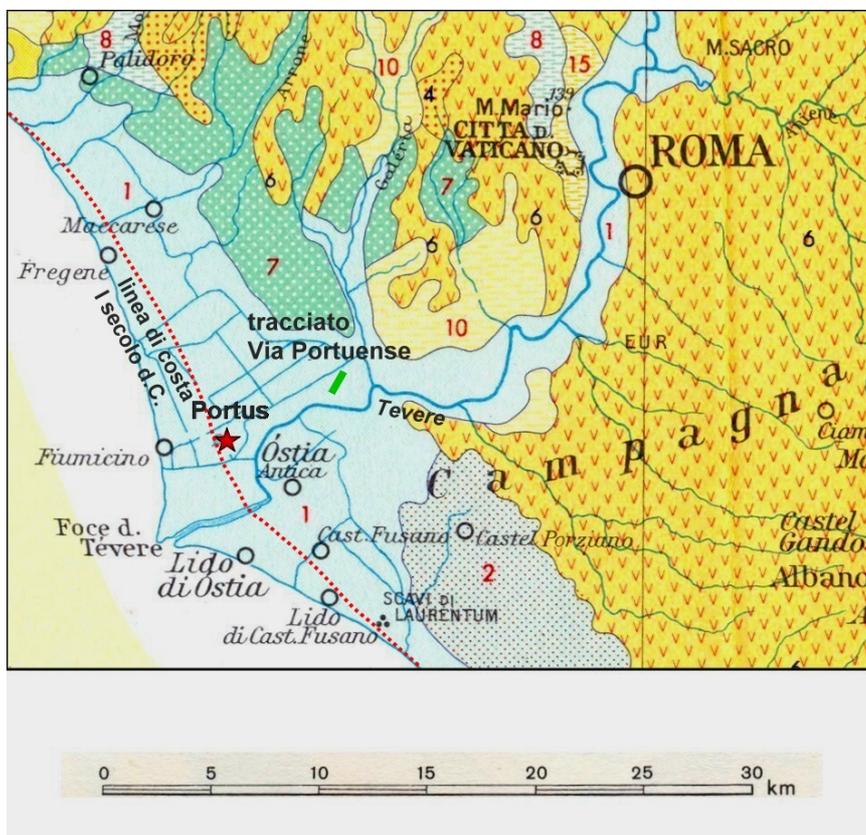


Fig. 1. Carta geologica con ubicazione dell'area studiata (elaborata dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1:500.000, foglio 3). Legenda: 1: depositi alluvionali e fluvio-lacustri olocenici, spiagge attuali; 2: depositi eolici pleistocenici, parzialmente terrazzi costieri; 4, 6: piroclastiti, ignimbriti e lave del Pleistocene medio; 7: sabbie e ghiaie del Pleistocene medio e superiore, parzialmente terrazzi costieri; 8: argille del Pleistocene inferiore; 10: sabbie plio-pleistoceniche; 15: argille plioceniche. Linea verde continua: ubicazione del tracciato indagato della Via Portuense antica; stella: ubicazione di *Portus* e dei porti imperiali; linea rossa puntinata: costa nel I secolo d.C.

dei Colli Albani, ai fini di una valutazione e prevenzione del rischio connesso alle emissioni di gas endogeni in un'area densamente popolata, quale quella della Campagna Romana.

Inquadramento del sito

Inquadramento paleoambientale

Il tratto della Via Portuense antica preso in esame è localizzato nel fondovalle tiberino, a valle della confluenza tra il Tevere ed un suo affluente di destra, il Fosso Galeria. L'area è compresa nella pianura costiera recente della Campagna Romana, composta da depositi marini, dunari, lagunari ed alluvionali dell'Olocene (fig. 1). Il delta tiberino è costituito da un complesso di sedimenti olocenici di notevole spessore (fino a 60 - 70 metri), in contatto erosivo con le sottostanti argille marine plio-pleistoceniche, e riferibile alla trasgressione post-glaciale del Versiliano avvenuta tra 17.000 e 5.000 anni fa¹.

Nell'area di studio, localizzata sul lato destro del Tevere ad una quota di 2 - 5 metri s.l.m., già negli anni '90 furono effettuate prospezioni archeologiche in trincea² che misero in luce, a circa un metro dal piano campagna, il fondovalle di epoca romana. La sua superficie era contrassegnata non solo dai resti delle strutture antiche, ma anche da quelli di un paleosuolo naturale con tracce ferruginose. Successive indagini archeologiche, effettuate tra il 2001 e il 2005, hanno meglio precisato la sequenza stratigrafica.

Al di sotto dello strato di aratura e del moderno strato di riporto, attribuibile alle opere di bonifica, è sempre presente un livello limoso-argilloso grigiastro (spesso 0.60-1.00 metri) ascrivibile alle alluvioni storiche del Tevere che copre ed oblitera le strutture della Via Portuense antica. La struttura stradale è impostata su sedimenti alluvionali precedenti oppure su un paleosuolo pre-romano. Al di sotto dei sedimenti fluviali pre-romani si trova ovunque un'argilla compatta scura, di colore bluastro o nerastro, sede della falda superficiale.

La sequenza sedimentaria è stata interessata dalla formazione di depressioni nel fondovalle, associate alla messa in posto di croste calcaree. Nel corso degli scavi archeologici l'asportazione dello strato superficiale di terreno ha dato luogo alla fuoriuscita di acqua e gas (ca. 25% CO₂) da una piccola polla di forma conica, profonda 50-60 centimetri e attiva fino all'obliterazione definitiva nel 2007.

Nell'area in esame, dunque, in epoca storica risulta essere stato attivo un sistema idrotermale legato probabilmente all'attività finale del vulcano dei Colli Albani, tuttora interessato da intenso degassamento, sia localizzato che diffuso³. Fuoriuscite di anidride carbonica e di acque mineralizzate sono effettivamente state segnalate nella vicinanza dell'area⁴.

Inquadramento archeologico

Intorno alla metà del I sec. d.C. l'imperatore Claudio diede avvio alla costruzione del grande porto marittimo di Roma, collocato tre chilometri a nord della foce del Tevere, ed attualmente inglobato nell'entroterra a seguito dell'avanzamento della linea di costa⁵. Circa 50 anni dopo, sotto il principato di Traiano, la struttura portuale raggiunse il suo assetto definitivo mediante la realizzazione di un nuovo bacino, più interno e protetto, ed un articolato sistema di magazzini ed infrastrutture⁶.

Il collegamento tra i porti imperiali e Roma veniva effettuato essenzialmente attraverso il fiume Tevere, cui il porto stesso era connesso mediante canali artificiali; ma si rese comunque necessario anche un collegamento via terra con la città, che venne garantito da una monumentale viabilità di servizio: la *Via Portuensis*. Tale asse viario, realizzato in epoca traianea, ripercorrendo e riutilizzando un tracciato viario preesistente (la *Via Campana*), collegava Roma al suo porto e proprio ad esso doveva il suo nome.

La strada⁷ era disposta su un viadotto continuo sostruito da due muri di contenimento laterali in cementizio con paramento in opera reticolata di buona fattura con *cubilia* di tufo, in alcuni casi di diverso colore. I due muri di contenimento erano muniti di contrafforti esterni (posti a distanze che variano in media da 4,20 a 4,50 metri) realizzati con la medesima tecnica. Della sede stradale, larga 5,30 metri, non si conserva più l'originaria pavimentazione in basoli di selce (asportata in epoca *post-classica*), ma solo i livelli di preparazione caratterizzati da strati di terra alternati a strati di ghiaia.

¹ BELLUOMINI *et al.* 1986, BELLOTTI *et al.* 1989; BELLOTTI 2000.

² PETRIAGGI *et al.* 1995, 2001.

³ CARAPEZZA *et al.* 2003.

⁴ VENTRIGLIA 1990, pozzi n20/1, N20/7.

⁵ ARNOLDUS-HUYZENDVELD 2005.

⁶ Assai vasta è la bibliografia sui porti di Claudio e Traiano, ci si limita, perciò, a citare da ultimo KEAY *et al.* 2005 con bibliografia precedente.

⁷ SERLORENZI *et al.* 2004, SERLORENZI-DI GIUSEPPE c.s., MORELLI *et al.* 2005.

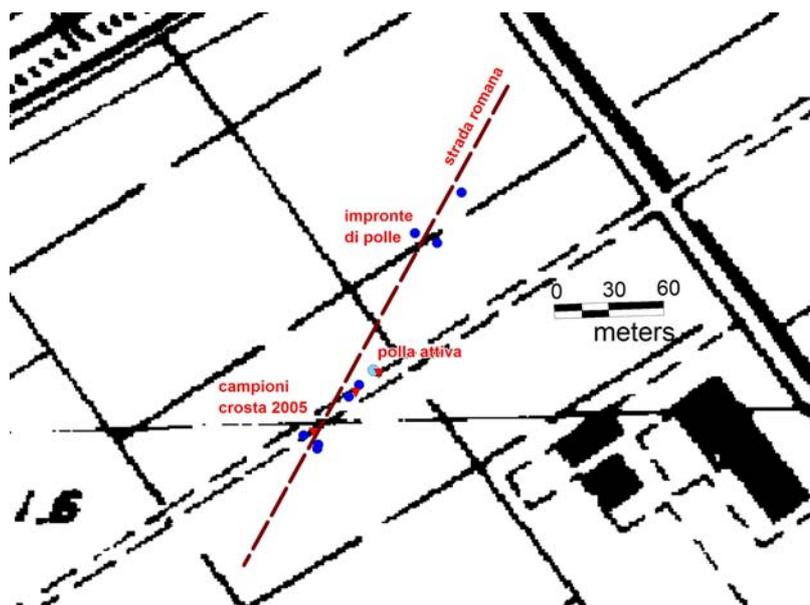


Fig. 2. Ubicazione delle polle (blu) e delle incrostazioni (rosso).



Fig. 3. L'area del ponte IX della via Portuense antica, vista da nord-est. Con la linea gialla tratteggiata è indicato l'andamento della depressione.

nell'ambiente di fondovalle, normalmente pianeggiante o al massimo caratterizzato da lievi dislivelli solo in corrispondenza dei corsi d'acqua, degli argini naturali, delle paludi fluviali o dei meandri abbandonati. E' quindi ragionevole presumere che le depressioni in oggetto siano associate alla fuoriuscita di gas e acqua e che siano state successivamente colmate dai depositi carbonatici, in analogia a quanto osservato attualmente.

Le depressioni sono profonde alcuni metri, larghe una decina e distanti tra loro variabilmente tra 30 e 100 metri (fig. 3). Presentano una forma conica, colmata da un'alternanza di sedimenti di origine fluviale e incrostazioni carbonatiche, riconducibili alla fuoriuscita di acque sovrassature in carbonato di calcio. I depositi, di colore e durezza variabile, presentano localmente una stratificazione interna molto fine (fig. 4), la cui giacitura suggerisce una progressiva colmatatura della depressione.

Tali aree erano presenti anche anteriormente alla costruzione della strada romana, costretta a superare i dislivelli proprio mediante la realizzazione di ponti. In quasi tutti i casi le depressioni risultano colmate da sedimenti limosi,

Le depressioni individuate nel paleosuolo venivano superate dalla via Portuense mediante una serie di ponti che attraversavano il viadotto e che rendono ancor più monumentali i resti riportati in luce. Nel tratto scavato sono stati individuati ben 13 ponti, a uno o due fornici, caratterizzati da spalle in calcestruzzo rivestite internamente da blocchi di tufo; al di sopra dei blocchi si impostava una volta a botte (oggi conservata solo in posizione di crollo) munita di costolature laterizie che la rinforzano. La volta era rifinita in facciata da archi con ghiere, anch'esse in laterizio, di cui rimangono i resti delle reni.

La maggiore depressione che il tracciato stradale attraversava e all'interno della quale sono state evidenziate diverse polle oggetto delle analisi qui riportate, è quella superata dal ponte IX, la cui struttura, nella sua fase più recente, presenta tecnica costruttiva differente dagli altri ponti: la fondazione è realizzata in cassaforma (sono ben evidenti le impronte in negativo dell'uso di tavoloni verticali) mediante una gettata di conglomerato cementizio con *caementa* legati da malta pozzolonica. I danni causati dall'attività idrotermale, testimoniati da diversi interventi di restauro e risistemazione del nucleo cementizio, nonché dal riadattamento del paramento esterno in concomitanza con la limitata conservazione dell'alzato, non consentono di ricostruirne la fisionomia originaria, che comunque doveva presentare due condotti laterali ed una pila centrale in struttura piena forse alleggerita da un occhio.

Il tracciato stradale fu abbandonato definitivamente nel secolo XVI, a seguito delle alluvioni eccezionali del 1530 e/o del 1557.

I depositi carbonatici e le loro relazioni con la struttura viaria

Lungo il tracciato stradale, ed in particolare in corrispondenza dei ponti, sono state riconosciute, come si è detto, alcune depressioni nel fondovalle (finora una decina), riempite da incrostazioni carbonatiche (fig. 2).

Tali depressioni costituiscono un'anomalia



Fig. 4. Dettaglio in piano di una crosta vicino al ponte IX. Si noti la struttura concentrica delle singole lamelle.

cui sono frammisti nei livelli superiori pietrame e materiale da costruzione provenienti dalla strada. Tale fenomeno è imputabile non solo a fattori naturali ma anche a fattori antropici.

In corrispondenza di due polle limitrofe, site nei pressi della struttura di fondazione di uno dei ponti (ponte IX), è stato effettuato uno scavo che ha messo in evidenza la stratigrafia dei depositi sopra descritti. Sono stati riconosciuti quattro diversi livelli di incrostazioni (fig. 5): il più antico tagliato dalle strutture di fondazione della *Via Portuensis* e quindi anteriore ad essa, altri due contemporanei all'utilizzo della strada, ed infine un quarto, successivo all'abbandono definitivo del tracciato nel secolo XVI. Sono stati datati il livello più antico e il più recente tra i due contemporanei all'utilizzo della strada.

Metodo di datazione U/Th e risultati

Differenti subcampioni prelevati dai due livelli in oggetto sono stati analizzati con il metodo U/Th, secondo la procedura della dissoluzione completa del campione (TSD) messa a punto per la datazione di carbonati contaminati da una componente detritica⁸. Il ricorso a questa tecnica è stato preferito all'analisi dei soli lisciviati (LL) poiché quest'ultima produce dei risultati affidabili solo nel caso non avvenga un frazionamento isotopico durante la dissoluzione del campione. L'applicazione del metodo della dissoluzione completa presuppone che: 1) la componente detritica sia omogenea e caratterizzata da un rapporto U/Th costante, o 2) nel caso di natura eterogenea del detrito, il rapporto di attività $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ sia lo stesso in tutte le fasi che lo costituiscono.

I campioni sono stati macinati e lavati agli ultrasuoni in acqua bistillata. I frammenti ottenuti sono stati controllati al microscopio al fine di scartare eventuali porzioni visibilmente ricristallizzate. Circa 200 mg di campione sono stati dissolti con HNO_3 7.5 N e il residuo insolubile è stato attaccato con una miscela di HF e HClO_4 .

⁸ BISCHOFF-FITZPATRICK 1991.

Le due soluzioni sono state successivamente unite e alla soluzione risultante è stato aggiunto circa 1 g di spike contenente $^{236}\text{U} + ^{229}\text{Th}$. La separazione dell'uranio dal torio è stata effettuata attraverso l'utilizzo di resine anioniche (Dowex 1x8). Le soluzioni ottenute sono state essiccate e riprese in circa 1 mL di acido nitrico e misurate con uno spettrometro di massa (NU Instruments Ltd) con sorgente al plasma (ICP MS).

Le età medie del livello carbonatico più antico e del livello più recente tra i due contemporanei all'utilizzo della strada sono risultate rispettivamente pari a 2650 ± 250 e 1025 ± 275 anni. Tali date sono state calcolate misurando i rapporti di attività $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$, $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$, $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ di alcuni subcampioni coevi, allo scopo di ottenere i valori dei rapporti di attività $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ e $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ nella frazione carbonatica pura. Detti rapporti sono stati ricavati rispettivamente dalla pendenza delle rette di regressione tracciate nei diagrammi isocroni $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ versus $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$ e $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$ versus $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ (fig. 6 a, b e fig. 7 a, b) e sono riportati in Tab. 1 e 2. I calcoli sono stati effettuati con il programma ISOPLOT⁹.



Fig. 5. L'area del ponte IX della via Portuense antica, vista da nord. Sono indicate le quattro aree di campionamento delle incrostazioni. I tubi di plastica nascondono i resti di pali lignei utilizzati in tempi storici per il restauro della strada. Il dislivello tra la crosta più bassa e la superficie della strada attualmente conservata è di circa due metri.

Discussione e conclusioni

Le analisi effettuate sui subcampioni provenienti dai due crostoni datati hanno fornito età medie di 2650 ± 250 e 1025 ± 275 anni da oggi. Va specificato, a questo proposito, che i subcampioni analizzati per ogni crostone (spessore complessivo 30 centimetri) provengono da altrettanti sublivelli sovrapposti, che nel loro insieme costituiscono il deposito carbonatico. Anche se i diversi livelli si sono chiaramente depositi in momenti successivi, si ritiene che la loro messa in posto si possa considerare coeva, dal momento che il loro tempo di deposizione è trascurabile rispetto al tempo di dimezzamento del ^{230}Th (circa 75 ka).

Vista la natura estremamente detritica del carbonato analizzato, non è stato possibile definire una cronologia di dettaglio dei singoli sublivelli, come invece viene solitamente realizzato nel caso degli speleotemi. Inoltre poiché l'età ottenuta rappresenta un dato medio tra la deposizione del sublivello più antico e quello più recente, è importante sottolineare che i livelli superiori si sono senza dubbio depositi in un periodo più recente rispetto all'età media calcolata.

Volendo estrapolare il dato cronologico all'intera zona, si è dimostrato, quindi, che nell'area di Ponte Galeria era attivo in tempi assai recenti un sistema idrotermale da ricollegarsi all'attività finale del vulcano dei Colli Albani. Il Vulcano dei Colli Albani è infatti tuttora interessato da intenso degassamento, sia localizzato che diffuso, le cui manifestazioni più evidenti sono presenti nel Bacino delle Acque Albule, nell'area di Cava dei Selci-Lago Albano e nei siti di Trigatoria-Acqua Acetosa Laurentina, Ardea, Zolfiorata di Pomezia e Tor Caldara.

L'attività idrotermale nell'area di Ponte Galeria e la connessa deposizione dei livelli carbonatici è quindi iniziata perlomeno 2650 anni fa ed è perdurata a fasi alterne fino ad oggi. La stratigrafia dei crostoni rispetto alla struttura viaria dimostra che alcune polle si sono mantenute attive durante tutto il periodo in cui la strada è stata utilizzata, come evidenziato dai cedimenti subiti dalla sede stradale, in particolare in prossimità del ponte IX. A tali cedimenti e distruzioni è probabilmente imputabile la realizzazione di deviazioni del tracciato originario. Alcune depressioni del fondovalle sono state, infatti, riempite di materiali inerti e la sommità di tale colmata risulta rivestita da veri e propri pianchiti (realizzati in pezzame di tufo, pozzolana ecc.) utilizzati come percorrenze, in alternativa ai ponti ormai crollati, nelle fasi più tarde di vita della strada. La deposizione carbonatica sembra infine essere continuata

⁹ LUDWIG 1994.

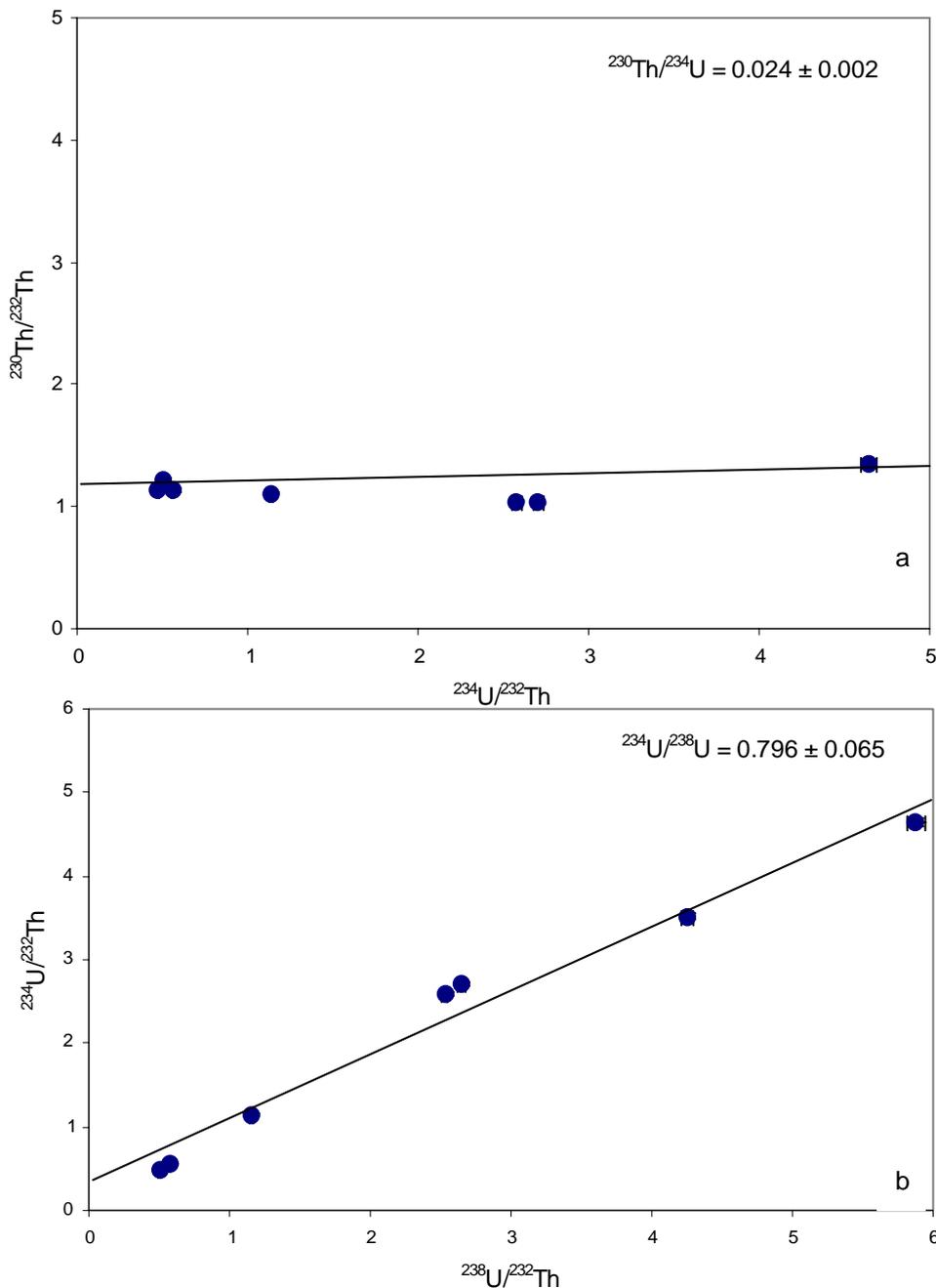


Fig. 6. Diagrammi isocroni $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ versus $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$ (a) e $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$ versus $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ (b) del livello carbonatico più antico. I rapporti isotopici sono indicati come rapporti di attività.

anche dopo l'abbandono della strada dopo il secolo XVI, come confermato dalla presenza del crostone più superficiale che ricopre la struttura viaria e dall'emergenza idrica scaturita durante i lavori di scavo.

Il fenomeno si inquadra in un cospicuo numero di recenti segnalazioni affini nella fascia costiera a nord del Tevere, come le tracce di fuoriuscita di acqua sotto forma di croste calcaree e patine ferruginose nella fascia dunare e la presenza di livelli argillosi bluastri, localmente con deposizione di minerali sulfurei (zolfo, cristalli di gesso) nei sedimenti del fondovalle tiberino. Sotto questo profilo, la profondità dell'incisione del paleo-Tevere raggiunta durante l'ultima fase glaciale avrebbe facilitato, direttamente o indirettamente, la risalita dei gas e delle acque mineralizzate¹⁰. La paleo-incisione si trova a nord dell'attuale Tevere, con un andamento ca. E-W¹¹, ed interseca il tratto della Portuense in esame, in direzione NE-SO.

Nell'ambito dello studio dei fenomeni idrotermali nell'area romana, la datazione dei livelli di accrescimento di alcuni speleotemi presenti in una cavità artificiale (Grotta Centroni) ubicata a SE della città di Roma, ha recentemente consentito di individuare alcune fasi di degassamento, caratterizzate da rilascio di CO_2 di origine profonda, che ha reso sottosature le soluzioni madri degli speleotemi, provocando l'interruzione ciclica della loro deposizione.

Questi episodi di degassamento sembrerebbero essere in relazione con le fasi di fratturazione che precedettero alcuni degli eventi sismici, storicamente documentati negli ultimi 2000 anni nell'area di Roma¹². I nuovi dati presentati in questo lavoro documenterebbero che anche nella valle tiberina, nei pressi di Fiumicino - Ponte Galeria, erano attivi nello stesso periodo fenomeni idrotermali, arricchendo così il record storico sinora disponibile.

In conclusione, lo studio del sito della via Portuense antica rappresenta un chiaro esempio di attività integrata, e interdisciplinare tra archeologia e geocronologia, in quanto fornisce un quadro esauriente dell'uso del territorio nel passato in un'area particolare, caratterizzata dalla presenza di attività vulcanico-idrotermale.

¹⁰ MORELLI *et al.* 2005.

¹¹ BELLOTTI *et al.* 1989.

¹² TUCCIMEI *et al.* 2006.

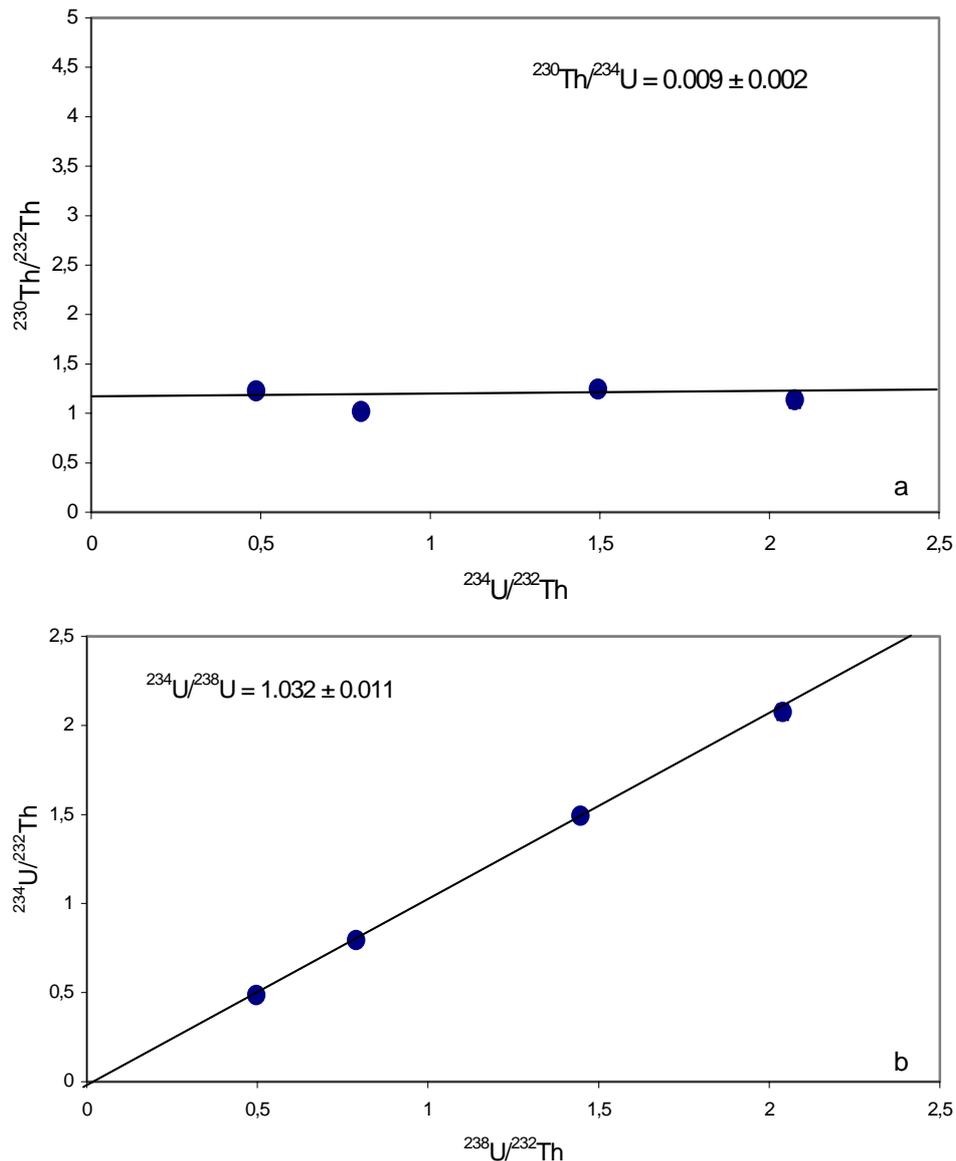


Fig. 7. Diagrammi isocroni $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ versus $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$ (a) e $^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$ versus $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ (b). I rapporti isotopici sono indicati come rapporti di attività.

Sample	ppb U	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (carb.)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (carb.)	Età (anni)
659 D1a	3474 ± 5	1.044 ± 0.009	2.580 ± 0.014	2.529 ± 0.013			
659 D1b	3646 ± 5	1.029 ± 0.013	2.706 ± 0.010	2.652 ± 0.009			
659 D3a	3897 ± 5	1.133 ± 0.010	0.558 ± 0.002	0.575 ± 0.002			
659 D3b	9282 ± 13	1.107 ± 0.014	1.141 ± 0.010	1.155 ± 0.010	0.024 ± 0.002	0.796 ± 0.065	2650 ± 250
659 D3c	5645 ± 6	1.139 ± 0.009	0.473 ± 0.002	0.504 ± 0.003			
659 D3e	3179 ± 4	1.219 ± 0.009	0.503 ± 0.002	0.517 ± 0.002			
659 D4	5477 ± 5	1.353 ± 0.009	4.642 ± 0.072	5.879 ± 0.061			

Tab.1. Dati isotopici dei sette subcampioni coevi ed età del livello carbonatico più antico.

Sample	ppb U	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{234}\text{U}/^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ (carb.)	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (carb.)	Età (anni)
USA 3b	3970 ± 10	1.248 ± 0.010	1.494 ± 0.009	1.447 ± 0.009			
USA 3c	6663 ± 17	1.138 ± 0.011	2.075 ± 0.015	2.040 ± 0.015	0.009 ± 0.002	1.032 ± 0.011	1025 ± 275
USA 3d	3673 ± 9	1.229 ± 0.011	0.487 ± 0.003	0.497 ± 0.003			
USA 3f	2877 ± 7	1.021 ± 0.011	0.796 ± 0.006	0.789 ± 0.006			

Tab. 2. Dati isotopici dei quattro subcampioni coevi ed età del secondo livello carbonatico datato.

Ringraziamenti

Si ringraziano Igor Villa e Jan Kramers del Laboratorio di Geologia Isotopica dell'Università di Berna (Svizzera) per l'ospitalità e il supporto offerto per la preparazione chimica e la datazione dei campioni. Questo lavoro è stato finanziato dall'INGV-DPC 2005-2006, progetto V3-1.05, Resp. Paola Tuccimei.

BIBLIOGRAFIA

- ARNOLDUS-HUYZENDVELD 2005, "The natural environment of the Agro Portuense", in S. KEAY, M. MILLETT, L. PAROLI e K. STRUTT (a cura di), *Portus, an archaeological survey of the port of imperial Rome*, Archaeological Monographs of the British School at Rome 15. London: 14-30.
- BELLOTTI P., 2000, "Il modello morfo-sedimentario dei maggiori delta tirrenici italiani", in *Bollettino della Società Geologica Italiana* 119: 777-792.
- BELLOTTI *et al.* 1989 = P. BELLOTTI, M.G. CARBONI, S. MILLI, P. TORTORA e P. VALERI, "La Piana deltizia del Tevere: analisi di facies ed ipotesi evolutiva dall'ultimo low stand glaciale all'attuale", in *Giornale di Geologia* 51: 71-91.
- BELLUOMINI *et al.* 1986 = G. BELLUOMINI, P. IUZZOLINI, L. MANFRA, R. MORTARI e M. ZALAFFI, "Evoluzione recente del delta del Tevere", in *Geologica Romana* 25: 213-234.
- BISCHOFF J.L.-FITZPATRICK J.A., 1991, "U-series dating of impure carbonates: an isochron technique using total sample dissolution", in *Geochimica Cosmochimica Acta* 55: 543-554.
- CARAPEZZA *et al.* 2003 = M.L. CARAPEZZA, B. BADALAMENTI, L. CAVARRA, A. SCALZO, "Gas hazard assessment in a densely inhabited area of Colli Albani Volcano (Cava dei Selci, Roma)", in *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 123: 81-94.
- KEAY *et al.* 2005 = S. KEAY, M. MILLETT, L. PAROLI e K. STRUTT (a cura di), *Portus, an archaeological survey of the port of imperial Rome*, Archaeological Monographs of the British School at Rome 15, Oxford.
- LUDWIG K.R., 1994, *Isoplot. A plotting and regression program for radiogenic-isotope data*, US Geological Survey. Open File Report: 91-445.
- MORELLI *et al.* 2005 = C. Morelli, A. Arnoldus-Huyzendveld, A. Carbonara e C. Ceracchi, "La viabilità nel territorio portuense", in PAVOLINI *et al.* c.s.
- PAVOLINI *et al.* c.s. = C. PAVOLINI, V. JOLIVET, M.A. TOMEI e R. VOLPE (a cura di), *SUBURBIUM II. Il Suburbio di Roma dalla fine dell'età monarchica alla nascita del sistema delle ville (V-II sec. a.C.)*, Atti del Convegno (Roma 16 novembre, 3 dicembre 2004, 17-18 febbraio 2005).
- PETRIAGGI *et al.* 1995 = R. PETRIAGGI, G. BONACCI, A. CARBONARA, M.C. VITTORI, M.L. VIVARELLI e P. VORI, "Scavi a Ponte Galeria: nuove acquisizioni sull'acquedotto di Porto e sulla topografia del territorio portuense", in *Archeologia Laziale* 12 (*QuadAEl* 24): 361-373.
- PETRIAGGI *et al.* 2001 = R. PETRIAGGI, M.C. VITTORI e P. VORI, "Un contributo alla conoscenza del tracciato della Via Portuense e della viabilità tra Roma e Porto", in *Atlante tematico di topografia antica* 10: 139-150.
- SERLORENZI *et al.* 2004 = M. SERLORENZI, B. AMATUCCI, A. ARNOLDUS HUYZENDVELD, A. DE TOMMASI, H. DI GIUSEPPE, C. LA ROCCA, G. RICCI e E. SPAGNOLI, "Nuove acquisizioni sulla viabilità dell'Agro Portuense. Il rinvenimento di un tratto della via Campana e della via Portuense", in *Bollettino della Commissione Archeologica Comunale di Roma* CV: 47-114.
- SERLORENZI M.-DI GIUSEPPE H., c.s., "La via Campana. Aspetti topografici e rituali", in PAVOLINI *et al.* c.s.

Paola Tuccimei - Michele Soligo - Antonia Arnoldus-Huyzendveld - Cinzia Morelli - Andrea Carbonara - Marilena Tedeschi - Guido Giordano • Datazione U/Th di depositi carbonatici intercalati ai resti della via Portuense antica (Ponte Galeria, Roma): attribuzione storico-archeologica della strada e documentazione cronologica dell'attività idrotermale del fondovalle tiberino

TUCCIMEI *et al.* 2006 = P. TUCCIMEI, G. GIORDANO e M. TEDESCHI, "CO₂ release variations during the last 2,000 years at the Colli Albani volcano (Roma, Italy) from speleothems studies", in *Earth Planetary Science Letters* 243 (3/4): 449-462.

VENTRIGLIA U., 1990, *Idrogeologia della provincia di Roma, Vol. III, La Regione Vulcanica dei Colli Albani*. Amministrazione Provinciale di Roma.

Paola Tuccimei, Michele Soligo, Marilena Tedeschi, Guido Giordano
Dipartimento di Scienze Geologiche, Università "Roma Tre", Roma
tuccimei@uniroma3.it

Antonia Arnoldus-Huyzendveld
Dipartimento di Archeologia e Storia dell'Arte dell'Università di Siena - Sezione di Grosseto
arnoldus@unisi.it

Cinzia Morelli
Soprintendenza per i Beni Archeologici di Ostia
cmorelli@beniculturali.it

Andrea Carbonara
Collaboratore della Soprintendenza per i Beni Archeologici di Ostia
andreacarbonara@tiscali.it