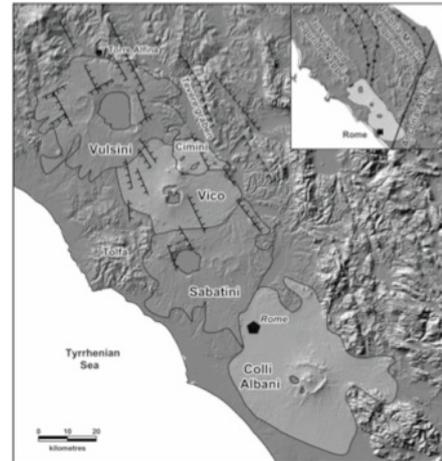


## - APPENDICE STUDIO GEOLOGICO : le lave di Sugano

### Il complesso vulsino

L'altopiano di lava che è stato oggetto della produzione di macine romane di Orvieto appartiene al complesso vulcanico vulsino la cui estensione raggiunge i 2.200 km<sup>2</sup> attorno al lago di Bolsena, tra i fiumi Paglia e Flora. L'insieme procede, con i complessi del lago di Vico, dei Monti Sabatini e dei Colli Albani alla provincia magmatica di Roma (FIG.1 – PECERILLO).

Cronologicamente, il complesso vulsino si è formato tra -600.000 e -200.000 anni, in seguito a fasi di distensione tettonica con apertura del mar tirreno nel corso della cerniera Plio-Pleistocene. È marcato da più collassi calderici. Il complesso di Bolsena al quale appartiene il settore di Sugano-Orvieto viene datato ad una fase media, tra - 490 e - 320.000 anni.



### Tipo di vulcanismo e depositi

Si tratta di un vulcanismo prevalentemente esplosivo (eruzioni di tipo pliniane e stromboliane) che da luogo al deposito, a partire di una nuvola di proiezioni e gas, di prodotti piroclastici che si agglomerano in seguito (ignimbrite) con più o meno coesione. La formazione principale risulta costituita da tufi vulcanici che formano i pianori di Orvieto Pitigliano o Bagnoregio. Le lave, marginale in questo vulcanismo, sono però a volte importanti come ad esempio ad Ovest di orvieto, nella zona delle falesie di Sugano (altopiano dell'Alfina). La colata culmina a m 450 SLM.



La composizione geochimica delle rocce della provincia vulcanica romana è caratterizzata da un elevato contenuto in potassio (K). Il minerale più tipico è la leucite ( $KAlSi_2O_6$ ), che si presenta sotto forma di cristalli bianchi facilmente riconoscibili. In presenza di Na la leucite può evolvere in  $NaAlSi_2O_6 + H_2O$  con la sostituzione del potassio dal sodio.

### 1-stratificazione piroclastica in cima al plateau

#### La roccia di Orvieto

La lava in cui sono ricavate le macine antiche di Orvieto appartiene a queste leucititi. Viene generalmente chiamata fonolite con leucite. Si tratta di una colata massiccia inserita dentro episodi piroclastici (PHOTO 1) che tra l'altro sembrano comportare episodi basaltici. Questa formazione viene descritta sotto i termini  $\lambda$  e  $\lambda_1$  nel commento alla mappa geologica di Orvieto (JACOBACCI ET AL. 1970, 106-107).



**base della colata di leucitite (Est di Sugano- foto ACH) -2**

**3- leucitite massiva** ad Est di Sugano (zona archeologica B -foto ACH)



**4- leucitite alterata** presa dentro tufi superiori. I cristalli di leucite sembrano dissolti (ambiente acido?), la roccia si sgretola toccandola. (foto ACH)



Una proporzione non indifferente (67%) delle macine in leucitite rinvenute nella Gallia Narbonense si sgretola (Longepierre 2012, p. 114), trovandosi a questo stato impropria all'uso molare. Si tratta probabilmente di un'alterazione legata alle condizioni tafonomiche, tuttavia molto variabili, e questo sgretolarsi potrebbe eventualmente essere causato alla natura stessa della roccia. Buffone et al. 1999, p. 122 segnala più volte l'alterazione dei fenocristalli di leucite. La ricerca dovrà determinare se si tratta in effetti di

un'alterazione post-deposizionale o indipendente, e quali elementi riguarda (leucite sola a quanto pare ma l'eventualità di un deterioramento del cemento microcristallino sarà forse anche preso in considerazione). Le analisi dovranno d'altronde determinare se questa alterazione si aggancia ad un faciès particolare della leucitite di Orvieto o se si tratti di una leucitite estranea alla colata Suganiana (cfr. però conclusione *infra*).

### Caratterizzazione & provenienza: il ruolo dell'archeometria

Il materiale del distretto vulsino è molto ricco in Torio, Uranio o Rubidio (ciò che gli conferisce una radioattività naturale abbastanza elevata). Altri elementi-traccia sono presenti: il Fluoro e l'Arsenico. Indipendentemente da questi, le leucititi sono strutturalmente distinte in seno alle lave da la loro posizione sul diagramma TAS (bilancia tra alcali  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  e la silice  $\text{SiO}_2$  -ad es. ANTONELLI LAZZARINI 2010 Fig. 3 qui sopra). Questo consente anche di separarle chimicamente

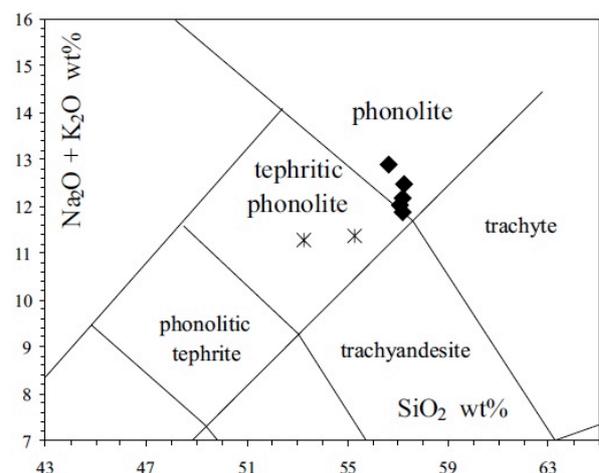


Fig. 3 – Total Alkali vs Silica (TAS) classification diagram (Le Bas et al., 1986) for the volcanic rock artefacts of Ostia Antica. Symbols: full diamond = Pompeyan-style rotary millstones; asterisk = kneading-machines.

dalle altre lave massicce alcaline quali le tefriti o le trachite (basalti ed andesiti sono ancora più lontane dalle leucitite a causa della loro ricchezza in silice et del loro debole tenore in alcali).



Leucitite di Orvieto (settore di Sugano) – foto ACH

### Petrografia & Geochimica

Una tra le domande di base poste all'archeologia dei mulini sta nel determinare la provenienza delle macine, nella speranza di avvicinare da una parte il numero, a cronologia e l'importanza relativa dei diversi centri produttivi o la loro parte nella tipologia e le evoluzioni tecniche, d'altra parte nella speranza di definire i circuiti commerciali e l'intensità della diffusione dei prodotti molari.

La roccia deve dunque essere considerata petrograficamente e/o geochimicamente e quindi assegnata ad uno o più aree di origine geografica. In effetti, in seno alle diverse province vulcaniche italiane diverse sono quelle che hanno potuto fornire macine leucitiche: i Colli Euganei, Roma, la Sardegna, il Vesuvio, il Vulture e l'Etna (ANTONELLI LAZZARINI 2010, p. 2083).

L'esame visuale e persino la petrografia in sezione sottile non appaiono sufficienti a separare le leucititi in diverse aree provenienziali. Gli studi archeometrici mireranno di conseguenza a distinguere le popolazioni di macine in gruppi a secondo del



loro spettro di componenti principali e soprattutto di elementi-traccia (si realizza sia in spettrometria sia in diffrazione RX).

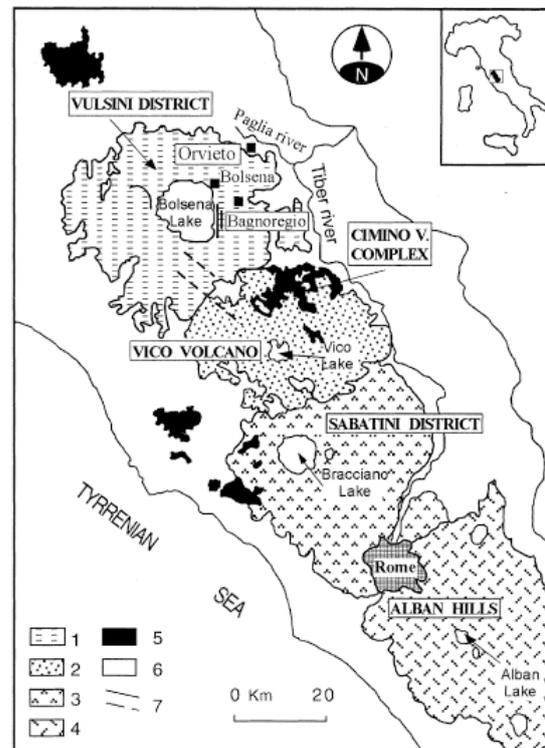
## Rapido bilancio archeometrico

Ad occhio nudo, la leucite di Sugano appare dura, grigia con cristalli bianchi facettati. Peacock aggiunge che si vedono da lontano i fenocristalli di leucite (“leucitofora”) che così distinguono nettamente la roccia di Orvieto -“dalle insolite caratteristiche” – dalle altre leucititi.

**Buffone et. al 1999**, studiando le macine biconiche di Pompei, descrive molto chiaramente la leucite di Orvieto che si colloca al limite delle tefriti-fonoliti (cfr. diagr. TAS *supra*). La sua tessitura appare nettamente porfidica (micro-cristalli presi dentro in impasto). I cristalli di leucite ci appaiono ben sviluppati e di dimensione frequente 0,5-1 cm. Sono a volte alterati (p. 122). Sul piano geochemico, questa formazione si contraddistingue dalle altre leucititi (ad es. le trachiti-andesiti basaltiche del complesso vesuviano), la sua composizione basica essendo la seguente :  $\text{SiO}_2$  al 57% ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  al 21% ;  $\text{K}_2\text{O}$  al 9%. Come componenti secondari si hanno i seguenti : ferro al 3% (la leucite non è però magnetica) ;  $\text{NaO}$  al 3% ;  $\text{CaO}$  al 3% con 0,4% gli ossidi di Titanio e al 0,3% quelli di Magnesio<sup>1</sup>.

Gli elementi traccia tra i più caratteristici dal loro valore sono i Bario (1800 ppm), lo Stronzio (2000 ppm), lo Zirconio (680 ppm), il Cesio (370 ppm) infine la scarsità del Nickel (3 ppm). Secondo Buffone et al. l'attitudine molitoria della roccia di Orvieto proviene dal fatto che i cristalli di leucite sono meno duri dello sfondo fonolitico, caratteristica che a loro sembra rimpiazzare quelle delle vesciche.

**Antonelli et al. 2001** allarga la ricerca ad un ampio campione di macine antiche delle rive del Mediterraneo e paragona le leucititi di diverse regioni italiane, evidenziando così dallo studio geochemico la leucite di Orvieto in mezzo a quelle dei 4 distretti vulcanici della provincia magmatica di Roma (FIG. accanto) : il distretto vulsino, quello di Vico quello dei Monti Sabatini a Nord di Roma e finalmente il distretto dei Colli Albani a Sud. Questo studio sottolinea la forte frequenza degli elementi-traccia quali il Lantano (200 ppm), il Torio (136 a 220 ppm) ed il Niobio (45 ppm). Separa su questa base geochemica le varie leucititi dei 4 distretti. Riferendosi a Morelli 1957, ANTONELLI 2001 punta, alcuni anni prima della ripresa degli scavi, l'importanza del sito di Pagliano “principale porto antico di Orvieto” nel suo ruolo nel trasporto delle macine sul Tevere.

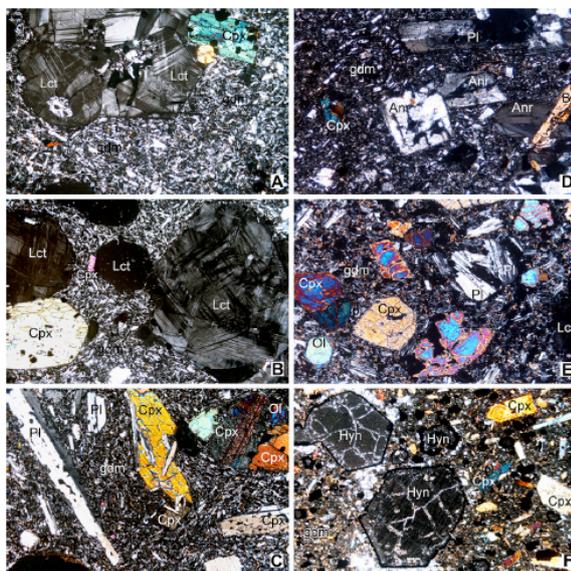


**Santi, Antonelli 2003** torna sulla fonolite di Orvieto adoperata in particolare per i mulini di Ostia, trattando della loro utilizzazione quanto carico o zavorra, e affronta la questione della loro diffusione. Le analisi trattano di un gruppo di mulini (in fonolite leucitica ossia in inglese LP) e di uno di impastatrici (in fonolite leucitica a tendenza tefritica ossia LTP). Passando sottolinea (in seguito allo sviluppo dei lavori durante gli anni 1980-2000 sulle relazioni tra magma e zone tettoniche) che la forte ratio  $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$  evidenzia l'appartenenza alla provincia magmatica di Roma e che le anomalie negative sui tenori in Bario, Niobio, Tantale, Fosforo e Titanio sono la firma geochemica di un formarsi di queste lave

<sup>1</sup> media sorprendente del 0,13% in Antonelli 2003, p.63

del distretto NW nella zona di subduzione. L'eccellente abrasività di queste fonoliti a leucite viene attribuita all'abbondanza dei feldspath, vicini alla durezza del quarzo (scala CAI Cerchar Abrasivity Index o coeff. di abrasione San Fedelino probabilmente vicino al 0,54 – p. 65). La roccia di Orvieto si separa dalle LP dei distretti di Vico e dei Monti Sabatini da un suo più forte tenore in Stronzio (Sr), Lantane (La), Torio (Th) e Bario (Ba). Una produzione orvietana viene esclusa per le impastatrici analizzate, realizzati in una LTP piuttosto corrente ma di provenienza ancora sconosciuta. Per finire Antonelli 2003 fornisce una mappa delle macine in leucitite di Orvieto identificate nell'Italia (Fig. 9).

**Antonelli, Lazzarini 2010** tratta, su un piano riccamente geochimico, della commercializzazione delle macine nell'Impero romano e definisce le 7 aree italiane avendo prodotto nell'Antichità macine in pietra vulcanica, a leucite o senza: le Na-trachititi del distretto terziario dei Colli Euganei di Padova, le leucititi del distretto vulsino, le trachi-andesiti basaltiche con leucite del complesso Somma-Vesuvius, un'alava insaturata (tefriti-foidite) del Monte Vulture, un'ignimbrite riolitica rossiccia di Mulargia in Sardegna, delle rocce basiche dell'Etna (hawaite, mugeariti e basalti)



**FIG. accanto : petrografia in sezione sottile (Antonelli et al. 2010)**

- A/ leucitite di Orvieto (Lct = leucite)**
- B/ macine di Djemila**
- C/ mugearite dell'Etna**
- D/ trachite euganea di Monte Rosso**  
(cpx = clinopirosseni)
- E/ trachi-andesite basaltica del Vesuvio**
- F/ tefrite del Vulture con hauynite (Hyn)**

ed un'altra dell'isola siciliana di Pantelleria di fronte alla Libia (cfr. prima mappa *supra*). Gli autori indicano una diffusione ampia e media per i prodotti vesuviani e di Sardegna, un raggio medio a locale per le macine Euganee o quelle di Orvieto e alquanto locale per il Vulture,

precisando tuttavia che le macine di Orvieto sono le più diffuse (p. 2084). Si interrogano su questa preminenza che le sole qualità tecniche o il collegamento dal Tevere non le sembrano sufficienti a spiegare, le macine di Orvieto dominando spesso i prodotti locali nelle stesse regioni di produzione quali il Vesuvio. Invocano ragioni storiche, simboliche o la rinomanza, spiegazioni che sembrano girare attorno al mito pliniano delle origini. Uno potrebbe tuttora interrogarsi sull'eventuale implicazione di grandi famiglie o dello stesso impero in questa supremazia. L'articolo fornisce una nuova mappa della diffusione delle macine in leucitite di Orvieto, ormai arricchita per la Spagna, la Cirenaica e l'Istria.

Per l'area vesuviana, i cui prodotti sono di diffusione regionale, gli autori insistono sull'importanza della zona estrattiva di Castello di Cisterna individuata dall'archeometria. Per la Sardegna sottolineano l'ampia diffusione africana ed occidentale delle macine in pietra di Mulargia, spesso fortemente concorrenti delle macine regionali ed anche sul ruolo possibilmente ridistributivo di Cartagine, come quello svolto da Ostia per i prodotti orvietani. Per quanto riguarda le rocce del Vulture esse sono molto specifiche per causa dei cristalli di hauynite.

Questo articolo, apparso nel 2010, intende dimostrare che la base dati costituita sin dalla fine degli anni 1980 consente, incrociando geochimica e petrografia, di assegnare una provenienza alla maggioranza delle macine del tipo pompeiano. Quelle in leucitite di Orvieto appaiono alla volta singolarizzate e molto omogenei (a tal punto che l'archeometria usa per

Orvieto una composizione media). Da Peacock in poi, nessun'altra fonte viene menzionata per queste LP al di fuori di quella della colata di Sugano-Buonviaggio : se vero che nessun altro affioramento è stato campionato, nessun sotto-faciès mineralogico o geochimico è stato finora definito in seno al gruppo delle macine in roccia di Orvieto.

---

## Bibliografia :

**Antonelli, Nappi, Lazzarini 2001** : ANTONELLI (F.), NAPPI (G.), LAZZARINI (L.). – Roman millstones from Orvieto (Italy) : petrographic and geochemical data for a new archaeometric contribution. *Archaeometry*, t. 43-2. 2001, p. 167-189.

**Antonelli, Santi et al. 2003** : Patrizia SANTI, Fabrizio ANTONELLI, Alberto RENZULLI, Patrizio PENSABENE – Leucite phonolite millstones from the Orvieto production centre: new data and insights into the Roman trade, *Per. Mineral.*, 73, 2003, p. 57-69

**Antonelli Lazzarini 2010** : ANTONELLI (F.), LAZZARINI (L.). – Mediterranean trade of the most widespread Roman volcanic millstones from Italy and petrochemical markers of their raw materials. *Journal of Archaeological Science*, 37. 2010, p. 2081-2092.

**Buffone et al. 1999** : BUFFONE (L.), LORENZONI (S.), PALLARA (M.), ZANETTIN (E.) – *Le macine rotatorie in rocce vulcaniche di Pompei*, Roma, *RSP*, 10, 1999, p. 117-130

**Giampaolo et al. 2000** : GIAMPAOLO (C.), DI PACE (A.), BARTOLINI (G.), ADANTI (B.) — Italithos; [www.italithos.uniroma3.it](http://www.italithos.uniroma3.it). (abrasivité)

**Jacobacci et al. 1970** : JACOBACCI et al. 1970 – *Note illustrative della carta geologica d'Italia. Fogli 115 Città di Castello, 122 Perugia e 130 Orvieto*. Ercolano, Poligrafica & Cartevalori, 1970, 151 p.

**Peacock 1986** : PEACOCK (D.P.S) – The production of Roman millstones near Orvieto, Umbria, Italy. *Antiquaries Journal*, t. 66. 1986, p. 45-51.

**Peccerillo 2008** : PECCERILLO Angelo – *Geologia e origini dei vulcani vulsini, Italia centrale* (inedito [www.unipg](http://www.unipg))