

Alla scoperta del paesaggio modellato dai vulcani: lave, scorie, ignimbriti e caldere dei Vulsini

**Un percorso didattico
dai libri di testo all'esperienza diretta**

PARTE 2. Percorso e osservazioni

a cura di:

Gioncada A.¹, Montomoli C.¹, Iaccarino S.¹
Bonaccorsi E.¹, Pieraccioni F.^{1,2}, Ragaini L.¹

1:Dipartimento di Scienze della Terra Università di Pisa

2: Scuola Toscana di Dottorato - Scienze della Terra XXX ciclo, Univ. Pisa

**PIANO NAZIONALE
LAUREE SCIENTIFICHE**



1° Giorno

Stop 1 - Belvedere di Orvieto

Primo incontro con le ignimbriti..... 1

Stop 2 - Panorama del lago di Bolsena 3

Stop 3a - Bolsena, Chiesa del Giglio 3

Stop 3b - Bolsena, Chiesa del Giglio 4

Stop 4 - Pietre Lanciate..... 6

Stop 5a - Montefiascone 8

Stop 5b - Montefiascone..... 9

2° Giorno

Stop 1 - Civita di Bagnoregio 10

Stop 2 - Valentano..... 12

Stop 3 - Valentano..... 14

Stop 4 - Panorama di Latera..... 14

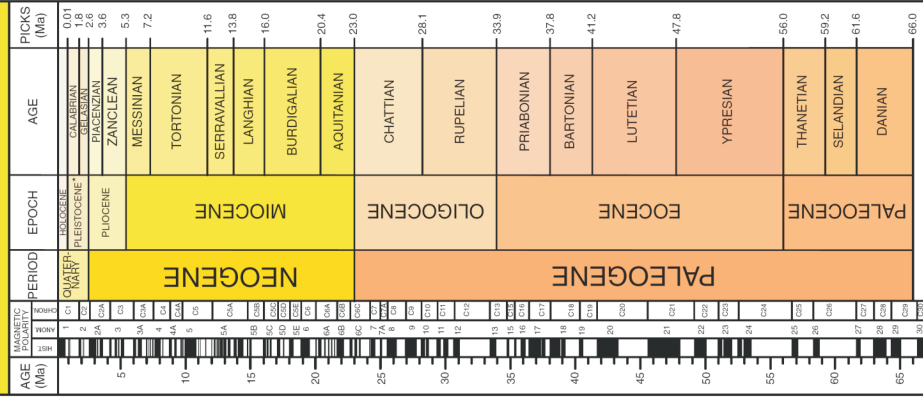
3° Giorno

Stop 1 - Acquapendente..... 15

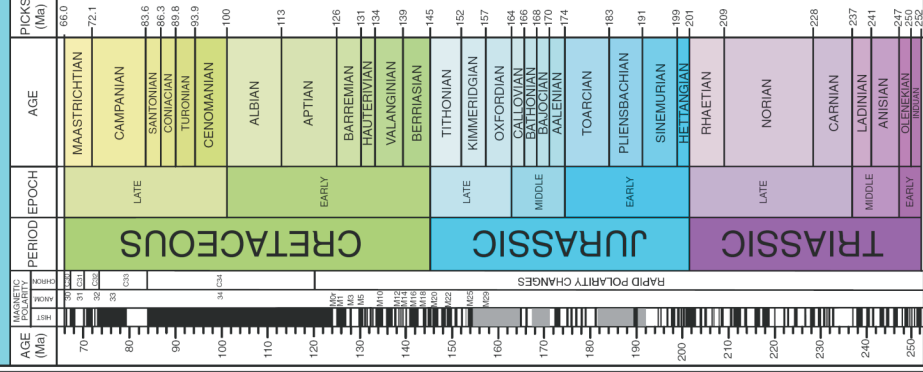
Stop 2 - Torre Alfina..... 15

Stop 3 - Bagni San Filippo..... 16

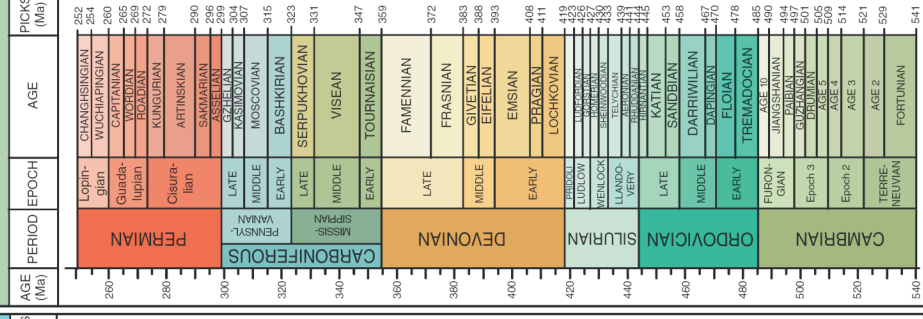
CENOZOIC



MESOZOIC



PALEOZOIC



1° giorno



STOP 1 **Belvedere di Orvieto** **Localizzazione GPS** **42.71368, 12.08311**

PRIMO INCONTRO CON LE IGNIMBRITI

Dal belvedere si può riconoscere la morfologia pressoché orizzontale del paesaggio creata dagli espandimenti ignimbritici. Si tratta dell'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio, che prende il nome dai paesi di Orvieto e Bagnoregio che sono stati costruiti su di essa. La valle che abbiamo di fronte incide l'ignimbrite e i depositi sottostanti. Al di sotto delle vulcaniti, le incisioni prive di vegetazione (calanchi) rivelano una successione sedimentaria di argille marine, depositata nel Pliocene.

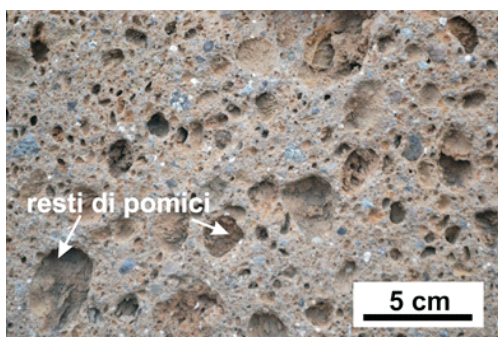


Panoramica di Orvieto. La città poggia letteralmente sulle ignimbriti.

Ora spostiamo l'attenzione sulle pietre che sono state utilizzate per la costruzione del belvedere: quanti tipi diversi di rocce possiamo riconoscere? Ben tre diversi tipi di rocce sono stati usati come materiale da costruzione nella muratura e nella pavimentazione. I conci dei muretti

sono blocchi di una **ignimbrite non saldata**, che potrebbe appartenere all'attività di Latera. Molti dei “buchi”, soprattutto i più grandi, sono quello che resta dell'erosione delle pomici, i componenti più fragili. I frammenti non vescicolati e di vario colore e tessitura sono litici (cioè frammenti di rocce preesistenti strappate dal magma durante l'eruzione). La matrice che contiene questi clasti è costituita da ceneri vulcaniche ed è litificata grazie alla formazione di minerali durante il lento raffreddamento del deposito. Le lastre a coprire i muretti sono invece realizzate con una **ignimbrite ben saldata** (Peperino del Cimino?), in cui si riconoscono delle pomici schiacciate (fiamme). Si parla di saldatura perché i diversi piroclasti si schiacciano uno contro l'altro e si saldano tra loro. La saldatura si verifica, in ignimbriti molto spesse che collassano per il proprio peso, quando i piroclasti sono ancora a temperature tanto elevate da avere comportamento plastico (cioè a temperature più elevate di quelle a cui avviene la transizione a vetro). Ignimbriti molto saldate sono a volte difficilmente distinguibili da lave, in quanto il magma, prima frammentato, tende a tornare “continuo”.

Infine, la pavimentazione è realizzata con i noti blocchetti di “porfido”



del nord Italia, una roccia compatta e resistente all'usura e all'alterazione: anche in questo caso si tratta di **ignimbriti molto ben saldate**.



Ignimbriti in opera in una muratura: in alto una ignimbrite non saldata, in basso una ben saldata, in cui sono riconoscibili le caratteristiche “fiamme”.



STOP 2

Panorama del lago di Bolsena

Localizzazione GPS

42.64944, 11.98906

Il belvedere sul lago permette di fare una serie di osservazioni: le dimensioni della struttura calderica di Bolsena; i gradoni che formano i bordi calderici, originati dalle faglie che hanno causato lo sprofondamento, e i piccoli centri vulcanici lungo le faglie; l'asimmetria della caldera, con bordi calderici più ripidi e definiti a N e E rispetto a quelli S e W. Infine le isole Martana e Bisentina, che rappresentano due piccoli centri vulcanici formatisi durante l'attività finale del distretto, avvenuta nel lago: Martana è un cono di piroclastiti surtseyano; Bisentina ha la stessa origine, ma presenta anche una colata di lava finale.

Sosta all'Hotel Ai Platani



STOP 3a

Bolsena, Chiesa del Giglio

Localizzazione GPS

42.64711, 11.99344

Stiamo osservando la base dell'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio. Siamo a pochi km dalla zona di emissione del magma, quindi si tratta di depositi cosiddetti “prossimali”. In generale, l'aspetto dei depositi piroclastici cambia allontanandosi dalla bocca eruttiva.

L'affioramento mostra, a partire dal basso, diversi livelli di piroclastiti stratificate della granulometria di lapilli e di ceneri. Queste sono seguite da una sequenza che comprende un livello di lapilli di circa 30 cm, privo di matrice fine e con gradazione diretta, seguito da un deposito di oltre un metro di spessore e di cui non si vede il tetto, il quale inizia con ceneri alla base e passa a lapilli pomicei e blocchi in abbondante matrice fine. Questa sequenza rappresenta la deposizione dei prodotti dell'eruzione di Orvieto-Bagnoregio.

1° giorno

3

- Il livello di lapilli con gradazione diretta è un deposito di caduta originato dall'instaurarsi della colonna eruttiva; la mancanza di una matrice cineritica è dovuta al fatto che i piroclasti sono selezionati, nel trasporto nella nube eruttiva, sulla base della granulometria e della densità, con la conseguenza che i piroclasti più fini vengono trasportati più lontano mentre i lapilli si depositano già a poca distanza dal cratere; la gradazione diretta è dovuta al fatto che piroclasti più grandi cadono prima di quelli di dimensioni via via minori.

- I depositi che contengono lapilli e blocchi dispersi e sostenuti in una abbondante matrice a granulometria delle ceneri sono i depositi di flusso piroclastico originati dal collasso della colonna eruttiva che si era formata nelle prime fasi dell'eruzione. Poiché siamo alla base e in prossimale sono abbondanti i blocchi, molti dei quali sono litici (frammenti di rocce preesistenti presi in carico dal magma in risalita nel condotto o durante la craterizzazione).

Una eruzione come quella dell'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio può durare al massimo alcuni giorni. La prima parte dell'eruzione, nella quale si è alzata la colonna eruttiva a cui è legato il livello di caduta di lapilli, può essere durata alcune ore.



STOP 3b

Bolsena, Chiesa del Giglio

Localizzazione GPS

42.64711, 11.99344

In questo affioramento si riconosce, sulla destra, la parte basale dell'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio e le piroclastiti sottostanti viste allo Stop 3a. La sequenza è ribassata da una faglia diretta che porta a contatto con l'ignimbrite le piroclastiti stratificate superiori (visibili nella parte sinistra dell'affioramento in foto). La parte alta dell'ignimbrite compare alla base delle piroclastiti stratificate superiori. Il rigetto della faglia è stimabile, tenendo presente lo spessore dell'ignimbrite in questa zona, in circa una decina di metri.

Le piroclastiti stratificate superiori visibili in questo affioramento sono originate da numerosi eventi eruttivi di tipo esplosivo i cui centri si trovavano nell'area di Bolsena, ai quali sono intercalati prodotti di centri eruttivi nell'area di Latera, a circa 20 km. Ad esempio, i livelli con spessori di alcuni centimetri di ceneri fini massive (= non stratificate) potrebbero rappresentare la deposizione delle ceneri “co-ignimbriche” di qualcuna delle numerose eruzioni ignimbriche di Latera, il cui deposito ignimbrico si ritrova disperso altrove.

La deposizione delle sequenze vulcaniche è episodica e tra un episodio e il successivo possono avvenire processi di erosione e risedimentazione, dando origine a depositi rimaneggiati.



Aspetto in affioramento del deposito prossimale dell'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio intercalato in piroclastiti stratificate; i depositi della successione sono dislocati da una faglia normale.

Come si presentava il paesaggio dopo una grossa eruzione esplosiva come quella di Orvieto-Bagnoregio? E dopo uno degli eventi esplosivi di tipo pliniano o subpliniano?

Un flusso piroclastico paragonabile a quelli dei Vulsini ha un effetto totalmente distruttivo su decine di km, depositando una copertura di

ceneri e gas incandescenti. La *Valle dei diecimila fumi* è il nome che i primi visitatori dettero alla valle di 60 km² che era stata coperta dai flussi piroclastici dell'eruzione del Novarupta, in Alaska, del 1912. Non si trattava di fumarole, ma dei gas vulcanici e dell'acqua infiltrata e riscaldata che continuavano a fuoriuscire, dopo anni, dalle ceneri vulcaniche.

Tuttavia, anche solo pochi mm di cenere di caduta, accompagnata da fluoro e cloro sui pascoli, provocano gravi danni a diverse specie animali (Lonquimay, Cile, 1988). Inoltre, le ceneri ed i gas vulcanici sospesi a lungo nell'atmosfera schermano le radiazioni solari per lungo tempo, provocando carestie (Tambora, 1815).



STOP 4

Pietre Lanciate

Localizzazione GPS
42.63264, 11.99698

Questo affioramento di lave del complesso di Bolsena rappresenta un bell'esempio di strutture colonnari di raffreddamento. La colata di lava è stata prodotta dall'emissione effusiva di un magma di composizione intermedia da una frattura lungo il bordo della caldera.

L'orientazione delle strutture colonnari indica che la lava fluiva su un pendio. Infatti, le strutture colonnari derivano dalla formazione di fratture perpendicolari alle superfici di raffreddamento della colata, ovvero la superficie superiore e la superficie di appoggio. Dalla superficie, le fratture si propagano verso l'interno man mano che il magma raffredda e solidifica, accompagnate da una segmentazione delle colonne per lo sviluppo di nuove fratture ortogonali, visibili anche nell'affioramento di Bolsena.

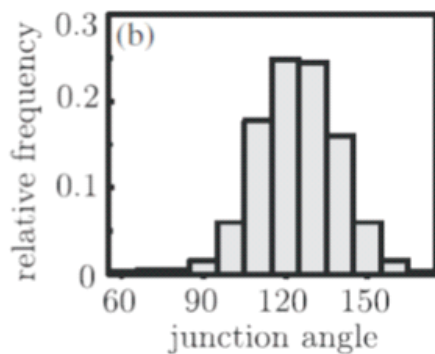
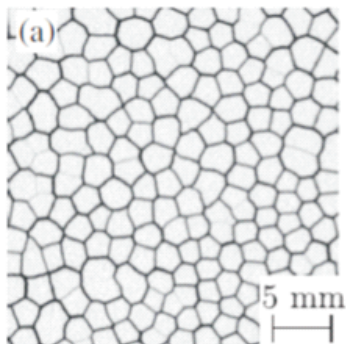


Fessurazione colonnare presso Pietre Lanciate

Si osserva anche in questo affioramento la tendenza della fratturazione a formare colonne di sezione regolare e prevalentemente esagonale. L'esempio nella figura in questa pagina riporta un esempio reale di lava (da Fisher e Schmincke, 1987) e mentre la foto nella pagina seguente mostra il raffreddamento di un materiale analogo alla lava, in un esperimento che dimostra che l'angolo tra due fratture adiacenti tende a 120° . L'ultima foto mostra una enorme struttura colonnare in un lago di lava solidificato alle Hawaii. Lo sviluppo di strutture di raffreddamento colonnari non è limitato alle lave, ma si ritrova anche in alcuni depositi piroclastici di ceneri, ben saldati.



Fessurazione colonnare in lave (Fisher e Schmincke, 1987)



Misura dell'angolo sviluppato dalla fratturazione per raffreddamento in un materiale analogo alla lava (Hofmann et al., 2015)



*Esempio di spettacolare fratturazione colonnare in un lago di lava
(<http://volcano.oregonstate.edu/columnar-jointing>)*

1° giorno

∞



STOP 5a Montefiascone

Localizzazione GPS
42.53617, 12.02637

Il paese di Montefiascone è costruito su un cono di scorie situato proprio sul bordo calderico. Dal belvedere è possibile osservare la piccola struttura calderica quasi perfettamente circolare, formatasi contemporaneamente alle fasi finali dell'attività del complesso di Bolsena. Come si può capire dalle piccole dimensioni della caldera, il sistema magmatico di Montefiascone era relativamente piccolo. Oltre la caldera si vede il lago di Bolsena e sulla sinistra i coni di scorie di

Valentano, che marciano il bordo meridionale della caldera di Latera. Oltre il lago, sulla destra (verso nord), si vedono tre rilievi: uno è l'Amiata; il secondo ha una particolare forma tozza ed è il vulcano Radicofani, o meglio i resti del vulcano del quale sono stati erosi gran parte dei fianchi; il terzo, sebbene abbia forma conica, non è un vulcano, ma è il monte Cetona.



*Vista panoramica dal belvedere del paese di Montefiascone,
della relativa depressione calderica.*



STOP 5b
Montefiascone
Localizzazione GPS
42.53617, 12.02637

Proseguendo dopo il belvedere si trova, lungo la strada che scende, un affioramento di lapilli del cono di scorie di Montefiascone. Osservandoli da vicino si nota che i lapilli sono principalmente clasti vescicolati. E' comune che un deposito piroclastico contenga, oltre ai lapilli e ceneri vetrosi e vescicolati, anche cristalli dei minerali magmatici, che durante la frammentazione esplosiva sono stati quasi liberati dal magma. Questo affioramento però è peculiare per le dimensioni ragguardevoli dei cristalli di pirosseno che contiene! La maggior parte di essi sono rotti proprio a causa del processo esplosivo di frammentazione del magma, ma con un po' di fortuna si possono trovare cristalli quasi interi.

2° giorno



STOP 1

Civita di Bagnoregio

Localizzazione GPS

42.62565, 12.10697

Il paese di Civita di Bagnoregio è costruito sopra i depositi piroclastici del complesso di Bolsena. Il paese poggia direttamente sull'ignimbrite, che ha uno spessore variabile perché essendosi messa in posto come un flusso tende a riempire le valli. L'ignimbrite poggia su delle piroclastiti stratificate (depositi sia di flusso che di caduta), che rappresentano il risultato di moltissime eruzioni esplosive avvenute nella zona di Bolsena. Nella valle si riconoscono invece le formazioni sedimentarie che costituivano il paesaggio prima dell'inizio dell'attività vulcanica: si tratta di argille Plioceniche.



*Panoramica del paese di Civita di Bagnoregio
e delle rocce vulcaniche e sedimentarie sottostanti.*

L'ignimbrite mostra una fessurazione verticale (un abbozzo di fratturazione colonnare sviluppata al momento del raffreddamento). L'erosione delle argille dà invece luogo a calanchi. Man mano che le argille vengono erose, anche i livelli vulcanici sovrastanti diventano instabili. L'ignimbrite mantiene versanti verticali al procedere dell'erosione a causa della fessurazione verticale del deposito. Scendendo per andare verso il paese, si possono osservare da vicino i depositi distali dell'attività vulcanica di Bolsena. L'ignimbrite presenta nella parte superiore (la prima che incontriamo scendendo le scalette) delle scorie nere. Si tratta di materiale “juvenile”, ovvero brandelli del magma che ha originato l'eruzione che non si sono ulteriormente frammentati. Se questo deposito avesse subito saldatura (vedi stop 1 del giorno 1) questi piroclasti si sarebbero appiattiti e avrebbero dato origine alle fiamme. Più in basso nell'affioramento l'ignimbrite presenta, al posto delle scorie nere, una maggior quantità di clasti pomicei di colore più chiaro: questo è un indizio di una variazione della composizione del magma.

Al di sotto dell'ignimbrite, lungo la strada per Civita, incontriamo le piroclastiti stratificate, nelle quali si riconoscono dei bei livelli di caduta.



L'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio a Civita di Bagnoregio (depositi distali)



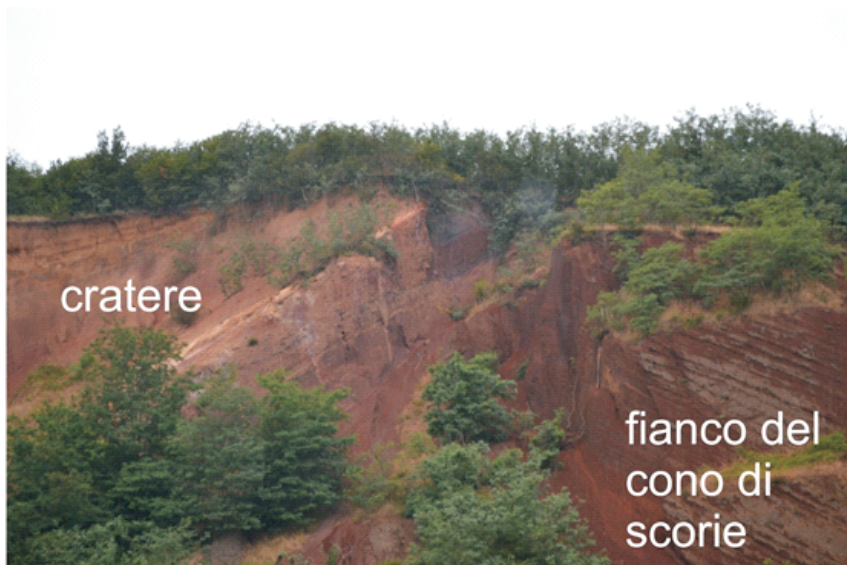
Piroclastiti stratificate sotto l'ignimbrite



STOP 2 Valentano

**Localizzazione GPS
42.55961, 11.81632**

A Valentano visitiamo una cava in uno dei coni di scorie dell'attività finale di Latera. L'attività estrattiva ha scavato il cono rendendone visibile una sezione, che ci permette di riconoscere il cratere, in cui un livello giallo-chiaro segnala con tutta probabilità gli effetti del degassamento magmatico, e un fianco, in cui si può notare che i lapilli sono ben stratificati.



In alto: aspetto del cono di scorie sezionato grazie all'attività estrattiva. In basso: grosso blocco eruttato durante l'attività esplosiva



STOP 3 Valentano

Localizzazione GPS
42.57923, 11.83236

Lungo la strada affiorano dei livelli di piroclastiti che formano dei pacchi di spessore metrico di lapilli con granulometria abbastanza omogenea. Depositi di questo genere sono il risultato dell'accumulo di lapilli di caduta (fallout) da una colonna eruttiva sostenuta. Perciò l'eruzione responsabile di questi depositi non era di tipo stromboliano come quella del cono di lapilli dello stop precedente, ma di tipo subpliniano o pliniano. Si tratta ancora dell'attività esplosiva di Latera (sequenza di Onano). Poiché non coprono i coni di scorie di Valentano, si deve trattare di eruzioni precedenti alla costruzione dei coni di scorie.



STOP 4 Panorama di Latera

Localizzazione GPS
42.63239, 11.83295

Dal punto panoramico sul bordo orientale della caldera di Latera, che taglia i bordi calderici di Bolsena, è possibile vedere oltre il paese di Latera dei piccoli rilievi, costruiti dall'attività vulcanica intracalderica. Sulla sinistra si vedono i coni di scorie di Valentano che marciano i bordi calderici meridionali di Latera. L'attività di Latera marca la fine del vulcanismo ai Vulsini.



*L'intersezione tra i bordi calderici di Latera (in rosso)
e quelli di Bolsena (in giallo).*

3° giorno



STOP 1 **Acquapendente**

Localizzazione GPS
42.7494, 11.8625

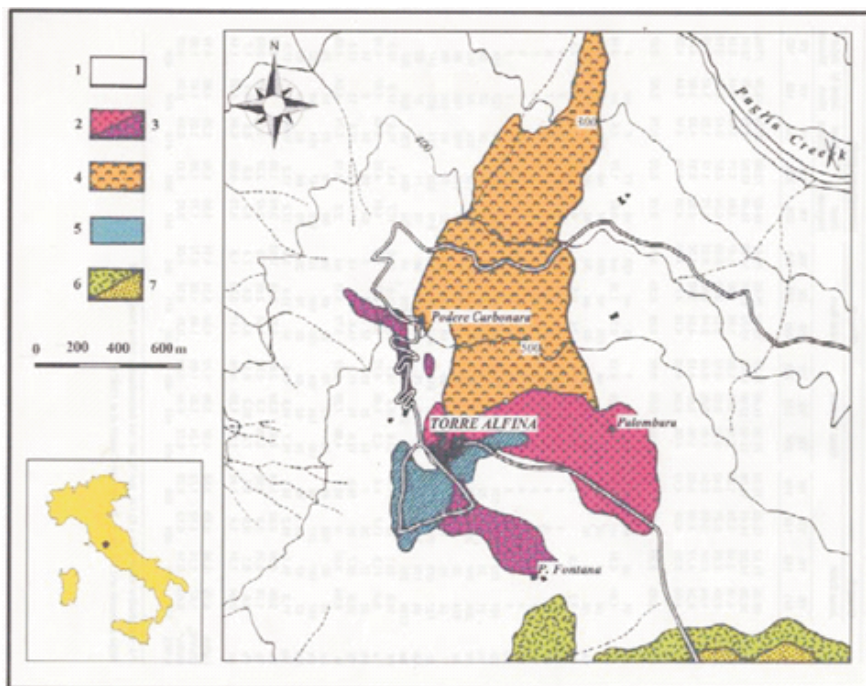
Ad Acquapendente ci fermiamo lungo la strada per vedere da vicino degli affioramenti di lave del complesso di Bolsena. Queste lave sono diverse da quelle delle Pietre Lanciate: sono porfiriche, con evidenti cristalli centimetrici di leucite.



STOP 2 **Torre Alfina**

Localizzazione GPS
42.75517, 11.94471

Il vulcano Torre Alfina si trova pochi km a nord del distretto Vulsino. I prodotti vulcanici consistono soltanto in alcune colate laviche allungate verso la valle del fiume Paglia, oggi poco visibili a causa dell'erosione e della copertura da parte della vegetazione. Si doveva quindi trattare di un vulcano di piccole dimensioni, che è stato attivo per un breve tempo intorno a 800.000 anni fa, con attività di tipo effusivo e con minore attività stromboliana. Alcune delle lave di Torre Alfina contengono abbondanti xenoliti (frammenti estranei al sistema magmatico strappati dal magma che si apre la strada verso la superficie) di dimensioni centimetriche di origine crostale, costituiti in buona parte da quarzo, e di origine mantellica, costituiti in larga parte da minerali mafici, in particolare olivina (peridotiti). Le xenoliti portati alla superficie dai vulcani sono fonti di informazioni rilevanti per i geologi.



Carta geologica del complesso di Torre Alfina. 1: rocce carbonatiche ed argillose del Cretacico appartenenti alle Unità Liguri; 2: colate laviche a blocchi olivin-latitici; 3-4: flussi lavici poco viscosi olivin-latitici; 5: Lapilli e scorie; 6: Flussi lavici da tefritici a fonolitici a leucite, appartenenti al complesso dei Vulsini; 7: Depositi piroclastici da tefritici a fonolitici a leucite, appartenenti al complesso dei Vulsini. Da Conticelli (1998)



STOP 3 Bagni San Filippo

Localizzazione GPS
42.92665, 11.70069

Bagni San Filippo è un piccolo centro termale, situato nel Comune di Castiglione d'Orcia, di cui si hanno notizie sin dall'XI secolo, quando era conosciuto con il nome di Petra. Il paese è molto suggestivo per i bianchi depositi calcarei che si formano dalle acque geotermiche. Queste vengono a giorno grazie alla conformazione geologica dell'area che

permette alle rocce calcaree del serbatoio di affiorare. Il fluido idrotermale, arrivando alla superficie, deposita strati successivi di carbonato di calcio ricoprendo anche piccole foglie e rametti. Col passare del tempo queste concrezioni diventano rocce caratterizzate da piccole cavità derivate dalla decomposizione della vegetazione ricoperta in precedenza; questa roccia prende il nome di Travertino. In questa zona si osservano depositi con la forma suggestiva di grandi cascate bianche.

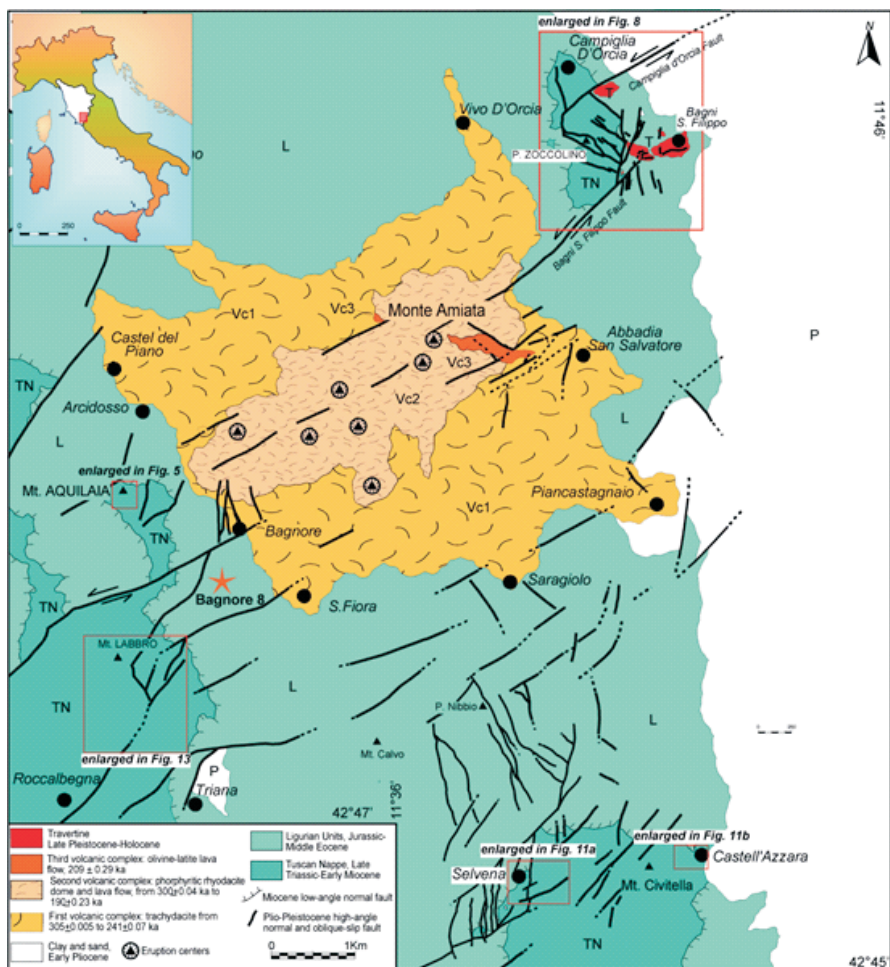
Le terme erano molto apprezzate anche nel Medioevo e nel Rinascimento per le loro acque, ricche di zolfo, calcio e magnesio che sgorgano a 52°C. La loro notorietà si fa risalire al XIII secolo, quando Filippo Benizzi, medico fiorentino, le utilizzò per operare guarigioni. Ne beneficiarono anche molti illustri personaggi, fra cui Lorenzo il Magnifico.

La struttura geologica di Bagni San Filippo fa parte del sistema vulcanico del Monte Amiata. Tale sistema vulcanico si è messo in posto su una crosta continentale assottigliata ad una profondità di circa 6-7 chilometri nel Pliocene inferiore. L'attività vulcanica è avvenuta tra 300 e 190 ka.

Come si nota dalla carta geologica schematica (pagina seguente) i centri vulcanici sono allineati in direzione SW-NE. Questa “orientazione preferenziale” è dovuta ad un controllo strutturale sulla localizzazione dei centri vulcanici e relative eruzioni ed è legato alla presenza di strutture estensionali lungo le quali il magma si mette in posto. La stessa orientazione è individuabile lungo due faglie principali che deformano il substrato: la faglia di Bagnore e la faglia di Bagni San Filippo localizzate rispettivamente a W e a E dell'edificio vulcanico.

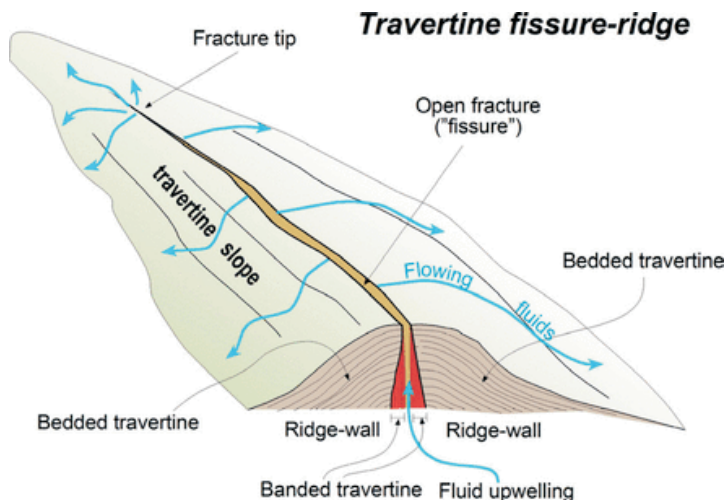
La faglia di Bagni San Filippo ha un'estensione di circa 4 chilometri, è molto inclinata ed immerge verso SE. Gli indicatori cinematici indicano un movimento sinistro della faglia associato a transtensione. Lungo la Faglia di Bagni San Filippo si osserva la formazione di travertini dal tardo Pleistocene fino all'attuale. La faglia testimonia un'intensa attività idrotermale legata alla presenza di depositi di solfuri di mercurio coltivati per tutto il secolo scorso.

Faglie minori, orientate E-W deformano anche i depositi di travertino dando origine a “fissure ridge”

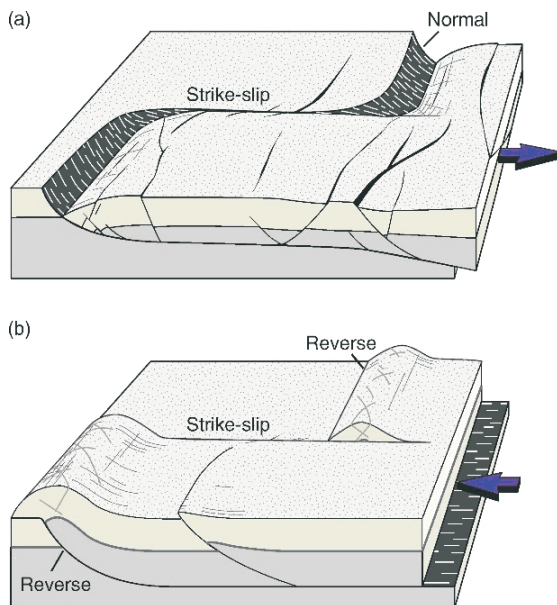


*Carta geologica schematica dell'area del Monte Amiata
(da Brogi et al., 2015 *It. J. Geoscience*)*

La Faglia di Bagni San Filippo e le faglie minori ad essa correlate, con orientazioni SW-NE, sono state interpretate come faglie di trasferimento all'interno dei sistemi di faglie principali NW-SE associate all'estensione presente in tutta la catena appenninica.



*Esempio di fissure ridge
(Da Brogi et al., 2014 Geological Society of London)*



Esempio di faglie di trasferimento (strike slip) legate all'attività di faglie dirette (a) e faglie inverse (b) (Da Fossen 2015)

[illegible]



Questa piccola guida didattica alla geologia dei Vulsini è stata preparata nell'ambito del PLS (Progetto Lauree Scientifiche) finanziato dal MIUR.