

# Lo stato dell'arte della risorsa geotermica nelle zone di Tolfa e Civitavecchia, Lazio nord-occidentale, Italia centrale. 1. Stratigrafia e tettonica

## The state of the art of the geothermal resource in the areas of Tolfa and Civitavecchia, north-western Lazio, central Italy. 1. Stratigraphy and tectonics

**Ugo Chiocchini** | Già professore ordinario di Geologia applicata, Università degli Studi della Tuscia, E-mail: luca\_chiocchini@libero.it



**Termini chiave:** Risorsa Geotermica, Tolfa, Civitavecchia, Lazio Nordoccidentale, Monti della Tolfa, Stratigrafia e Tettonica

**Keywords:** Geothermal Resource, Tolfa, Civitavecchia, Northwestern Lazio, Tolfa Mountains, Stratigraphy and Tectonics

### Summary

*The Tolfa and Civitavecchia areas are located in the Tolfa Mountains (north-western Lazio), made up largely of the Tolfa Flysch (upper Cretaceous - Eocene) and the lavas of the Allumiere Unit (upper Pliocene - lower Pleistocene), subordinatedly of the clays of the Fosso di San Savino Unit (lower Pliocene). The structural setting of the Tolfa Mountains is characterized by the tectonic superimposition of the Tolfa Flysch on the Tectonic Unit of the Tuscan Nappe made up of the Massive Limestone (lower Lias) and Cherty Limestone of Limano (lower Lias). This structure is dislocated by normal faults because of the Pliocene - Pleistocene extensional tectonics.*

### Riassunto

Le aree di Tolfa e Civitavecchia sono ubicate nei Monti della Tolfa (Lazio nord-occidentale), costituiti in gran parte dal Flysch della Tolfa (Cretacico superiore - Eocene)

e dalle lave dell'Unità di Allumiere (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore), subordinatamente dalle argille dell'Unità di Fosso di S. Savino (Pliocene inferiore). L'assetto strutturale dei Monti della Tolfa è caratterizzato dalla sovrapposizione tettonica del Flysch della Tolfa sull'Unità Tettonica della Falda Toscana costituita dal Calcarea Massiccio (Lias inferiore) e dal Calcarea Selcifero di Limano (Lias inferiore). Questa struttura è dislocata da faglie dirette della tettonica distensiva del Pliocene - Pleistocene.

### Introduzione

I problemi creati dalla grave crisi energetica, che nel 1973 ha interessato tutto il mondo occidentale, ed in particolare l'Italia, hanno spinto ad affrontare la ricerca di ulteriori fonti energetiche per attenuare la gigantesca entità che l'importazione di greggio petrolifero comportava per la bilancia dei pagamenti italiana. Successivamente, questa necessità, relativa alla risorsa geotermica, è stata trattata

ed approfondita in alcune ricerche degli anni '80 (p. e. Romijn et al., 1985) e '90 (p. e. Forster & Merriam, 1999). L'Italia è stato il primo paese al mondo a coltivare l'energia geotermica come risorsa rinnovabile per usi industriali e la produzione di elettricità: il primo esperimento in tale senso è stato eseguito a Larderello nel 1904. Gli studi sulle risorse geotermiche sono stati sviluppati nel secolo scorso in Italia centrale dalla Società Terni (Conforto, 1954), dall'Enel (Barelli et al., 1975), da Calamai et al. (1970; 1976), Paris (1977), Giunta Regionale Toscana (1977), Cataldi (1967), Cataldi et al. (1978; 1999), Bono, (1981), Boni et al. (1982), Consiglio Nazionale delle Ricerche (1982 a; b), Eni e Agip (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2020; già Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato), Calore et al. (1991 a, b, c, d), Della Vedova et al. (1991), Barberi et al. (1994).

Il regime termico della regione mediterranea occidentale è dovuto ai fenomeni geodinamici e vulcano-tettonici verificatisi negli ultimi milioni di anni, in particolare nel bacino del Mare Tirreno. Questi fenomeni, posteriori alla formazione delle catene delle Alpi e degli Appennini e associati all'apertura del Mare Tirreno, sono caratterizzati dall'assottigliamento della crosta continentale, dalla risalita del mantello, dalle intrusioni di rocce ignee alimentate da quest'ultimo, dalla formazione di batoliti acidi nella crosta superiore a bassa profondità, e da eruzioni vulcaniche in molte aree della Toscana meridionale, del Lazio, della Campania, della Basilicata, e della Sicilia, in connessione con le fasi tettoniche distensive durante il Pliocene-Pleistocene (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1987; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, in preparazione per la stampa). I vulcani Vesuvio, Etna, Stromboli, alcuni apparati vulcanici sommersi nel Mare Tirreno meridionale (Marsili, Palinuro) ed altri minori subaerei sono ancora attivi. Questi dati indicano che si è formata una grande anomalia termica nel Mare Tirreno e nel settore occidentale della penisola italiana con valori del flusso di calore conduttivo tra 30 e 100 mW/m<sup>2</sup> fino a 450 mW/m<sup>2</sup> (Calamai et al., 1976; Cataldi et al., 1999; Barberi et al., 1994; Unione Geotermica Italiana, 2011; 2017). Inoltre, ampie anomalie locali, anche se circoscritte, si aggiungono all'anomalia termica regionale dell'area tirrenica con valori di flusso di 100 - 150 mW/m<sup>2</sup>, in connessione con la risalita del mantello e del conseguente assottigliamento e stiramento della sovrastante crosta. Queste anomalie con flussi di calore fino 200 - 250 mW/m<sup>2</sup> sono dovute alle gigantesche intrusioni magmatiche nelle parti assottigliate della crosta, al di sopra delle

quali si sono formati sistemi idrotermali [1] convettivi con fluidi ad alta temperatura negli ultimi due milioni di anni. Le anomalie di picco possono mostrare valori superiori a 500 mW/m<sup>2</sup> (Unione Geotermica Italiana, 2011; 2017) e corrispondono ad alti strutturali di acquiferi carbonatici confinati molto permeabili, come l'Unità Tettonica della Falda Toscana e la Successione Umbro Marchigiana, in cui la circolazione convettiva di fluidi caldi favorisce la trasmissione del calore verso i livelli più superficiali.

Al contrario, i settori orientale e meridionale della penisola italiana, cioè gli Appennini e l'area adriatico-ionica, mostrano i bassi valori di flusso di calore 20 - 80 mW/m<sup>2</sup> dovuti sia all'ispessimento della crosta verso est, sia all'infiltrazione a notevoli profondità di precipitazioni meteoriche attraverso rocce carbonatiche molto permeabili che affiorano nel settore appenninico centro-meridionale. Gli elevati valori di flusso riscontrati nella fossa del Campidano in Sardegna e a Pantelleria in Sicilia sono connessi alle lacerazioni crostali che hanno favorito la formazione di lunghe e profonde depressioni tettoniche. Si evidenzia altresì che alcune zone di faglie profonde, che hanno agevolato in alcune zone la penetrazione di precipitazioni meteoriche, e la rapida risalita di fluidi caldi in altre, determinano locali anomalie del flusso di calore (Unione Geotermica Italiana, 2011; 2017).

La carta del tetto potenziale e quella delle corrispondenti temperature dell'acquifero serbatoio (Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, già Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, 2020) forniscono la profondità in cui si rinviene la potenziale risorsa geotermica e il suo livello termico. Nella fascia nord-occidentale del Lazio, che comprende i Monti della Tolfa, l'acquifero carbonatico nel sottosuolo è costituito dall'Unità Tettonica della Falda Toscana e dalla Successione Umbro Marchigiana del Mesozoico-Cenozoico con i connessi sistemi idrotermali (Calamai et al., 1976; Buonsorte et al., 1987; Chiocchini et al., 2010; Unione Geotermica Italiana, 2011, 2017; Chiocchini & Manna, 2015; Chiocchini & Savarese 2019, 2020; Chiocchini et al., 2022; 2023). Questo acquifero carbonatico è confinato tra i complessi idrogeologici impermeabili in prevalenza argillosi del

**1** Si tratta di sistemi con circolazione naturale in acquiferi confinati, permeabili per porosità e fratturazione, in aree con rilevante anomalia termica, alimentati da acque meteoriche che percolano nelle aree di ricarica, producendo il carico idrostatico e la circolazione convettiva di acqua nel serbatoio. Nella parte superiore del serbatoio in strutture sollevate si possono formare due sottosistemi: uno con acqua prevalente, l'altro con copertura di vapore (Unione Geotermica Italiana, 2011).

Pliocene – Pleistocene e flyscidi del Cretacico – Eocene a tetto, e il complesso quarzítico filladico del Permiano alla base, e risulta sollevato mediante i sistemi di faglie dirette orientate NO - SE e SO - NE, che favoriscono un elevato flusso di calore e la risalita dei fluidi idrotermali con abbondante CO<sub>2</sub>, e controllano la deposizione del travertino, in particolare nelle aree geotermiche dei Monti Cimini, di Viterbo, e dei Monti della Tolfa (Manfra et al., 1976; Duchi et al., 1985; Duchi & Minissale, 1995; Minissale et al., 2002). I suddetti complessi idrogeologici sono coperti dalle rocce vulcaniche della Provincia Magmatica Romana (distretti Cimino e Vicano; Lauro et al., 1965; Lombardi et al., 1965a, 1965b, 1974; Negretti & Morbidelli, 1963; Negretti et al., 1966; Lauro & Negretti, 1969; Ferrini et al., 1970; Devoto & Lombardi, 1977; Vollmer, 1977; Serri et al., 1992; De Rita et al., 1994, 1997), e, in minore misura, della Provincia Magmatica Toscana (Taylor & Turi, 1976; Poli et al., 1984; Van Bergen, 1984; Villa et al., 1989; Clausen & Holm, 1990; Pinarelli, 1991; Serri et al., 1992; Barberi et al., 1994; Peccerillo & Donati, 2003; Peccerillo, 2005; Palozza, 2019), che comprende il Distretto Tolfetano Cerite nel Lazio e quello del Monte Amiata in Toscana.

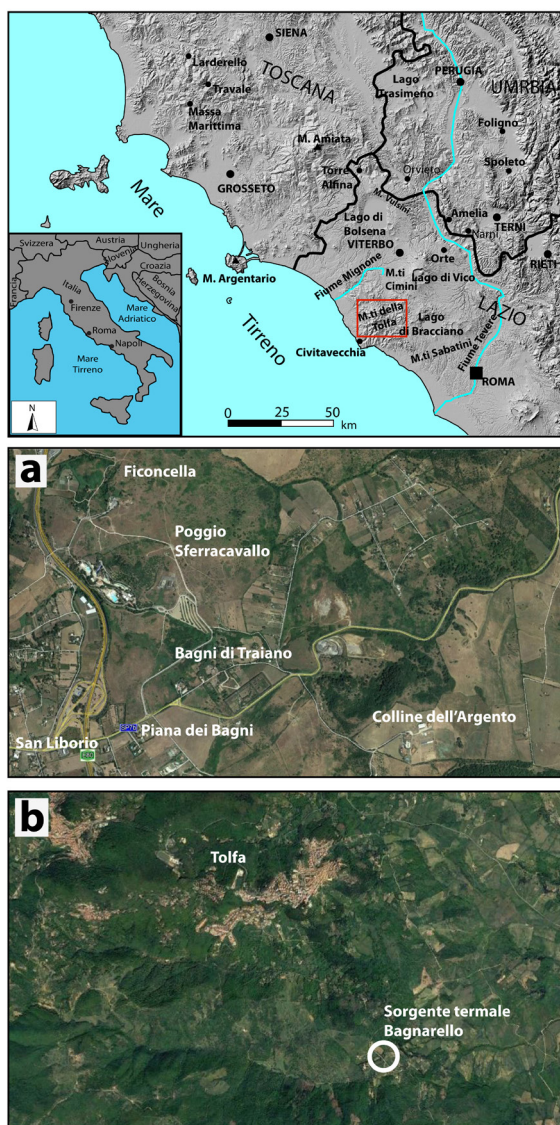
La presente ricerca è compresa nell'ambito dell'attività dell'Associazione Nazionale per gli Interessi del Mezzogiorno d'Italia (ANIMI) – Società Magna Grecia per lo studio delle Terme Taurine (o Bagni di Traiano; nel seguito si userà questo ultimo termine) (Chiocchini et al., 2022) e dell'acquedotto costruito da questo imperatore per il porto di Centumcellae (Chiocchini et al., 2023), e ha lo scopo di valutare lo stato dell'arte della risorsa geotermica e il suo sfruttamento nelle aree di Tolfa e Civitavecchia.

### Ubicazione delle aree di studio

Le aree di studio, ubicate nei rilievi collinari dei Monti della Tolfa, sono due: la prima (Fig. 1 a) comprende i Bagni di Traiano nel territorio comunale di Civitavecchia, circa 3,5 km a NE di quest'ultima (tavoletta IGM II NE Tolfa del Foglio 142 Civitavecchia, e elementi 363062 S. Liborio e 363973 Bagni di Traiano della Carta Tecnica della Regione Lazio in scala 1: 5000); la seconda (Fig. 1 b) è situata nella località Il Bagnarello del territorio comunale di Tolfa, circa 26 km a NE di Civitavecchia (tavoletta IGM III NO Bagni di Stigliano del Foglio 143 Bracciano, e elemento 363084 La Tolficciola della Carta Tecnica della Regione Lazio). I Monti della Tolfa sono compresi nella fascia peri-Tirrenica del Lazio centro occidentale in prossimità del confine con la regione Toscana (Fig. 1).

### Materiali e metodi

Nella prima fase della ricerca è stato acquisito il rilevamento geologico dell'area del territorio comunale di Civitavecchia (Chiocchini et al., 2023) ed è stato svolto il rilevamento geologico dell'area di Bagnarello nel territorio comunale di Tolfa utilizzando l'elemento 363084 La Tolficciola della Carta Tecnica della Regione Lazio. Inoltre, allo scopo di precisare le litofacies dei membri del Flysch della Tolfa e della Unità Tettonica della Falda



**Figura 1.** Ubicazione delle aree studiate. a) area di Civitavecchia; b) area di Tolfa.



Toscana, è stato eseguito il rilevamento geologico dell'area tra Riserva Cinquare e Monte delle Fate, circa 20 km a SE di Civitavecchia, mediante gli elementi 364093 Riserva Cinquare e 364992 Sasso della Carta Tecnica della Regione Lazio. Il rilevamento geologico è stato svolto in base alla normativa della cartografia del Servizio Geologico Nazionale (1992; 1994) e dell'ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico Nazionale (2009). Per definire l'età delle formazioni è stata utilizzata la International Chronostratigraphic Chart della International Stratigraphic Commission aggiornata al 2024, e il colore delle rocce delle formazioni è stato determinato mediante la Rock - Color Chart (Geological Society of America, 1991).

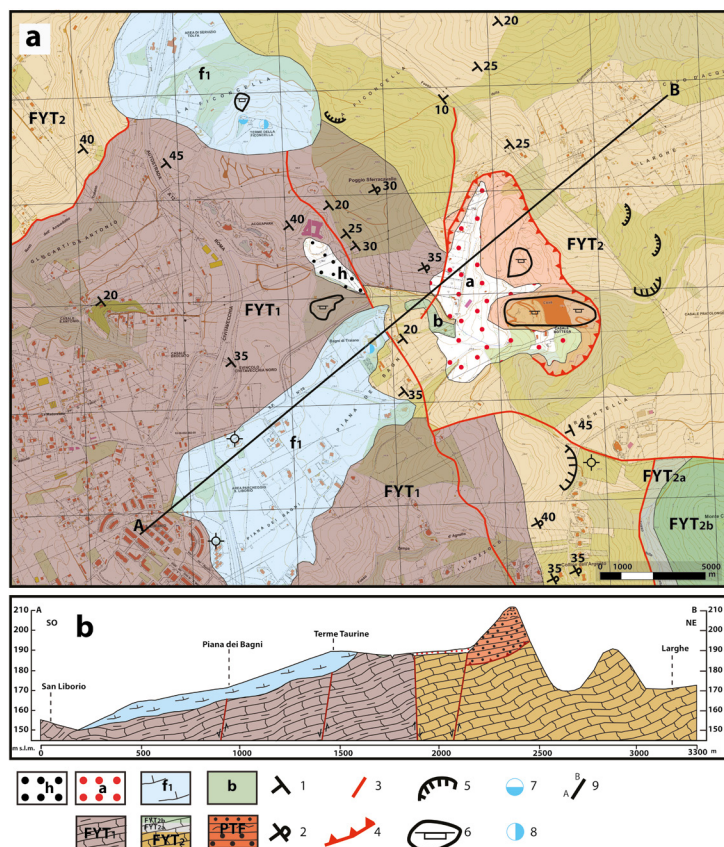
## Risultati

### Stratigrafia e tettonica

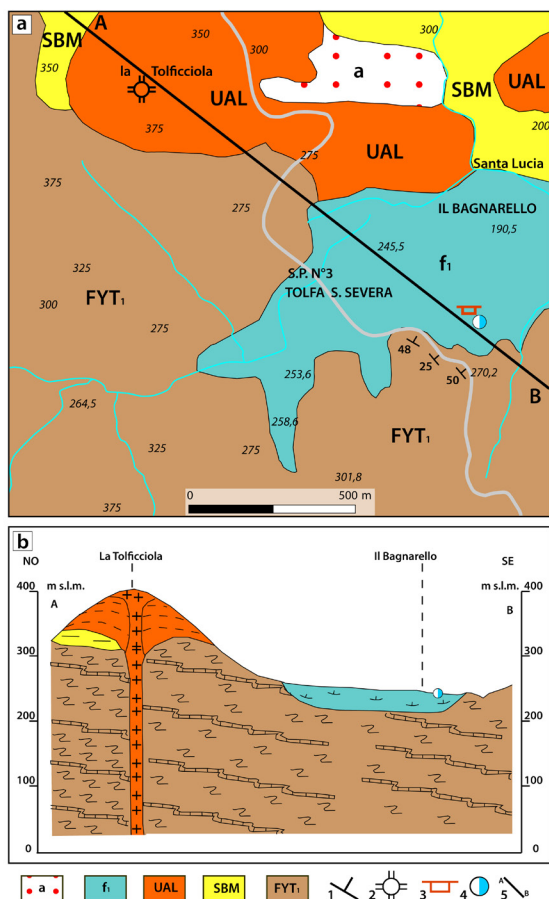
Nelle aree in esame affiorano le seguenti unità: la Pietraforte del Cretacico superiore e il Flysch della Tolfa, che comprende il Membro di Poggio Vivo (FYT<sub>1</sub>) argilloso

calcereo del Cretacico superiore - Paleocene e il Membro del Fosso dell'Anitrella (FYT<sub>2</sub>) calcereo argilloso dell'Eocene (Servizio Geologico d'Italia, 1969; Alberti et al., 1970; Abbate & Sagri, 1970; Servizio Geologico d'Italia, 1971; Bertini et al., 1971; Fazzini et al., 1972; Baldi et al., 1974; Boccaletti et al., 1987; Civitelli & Corda, 1993; De Rita et al., 1993, 1997; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, 2016; in attesa di stampa; Chiocchini et al., 2002; 2023); i depositi argillosi dell'Unità del Fosso di San Savino (SBM) del Pliocene inferiore (Chiocchini & Potetti, 1998; De Rita et al., 1997; ISPRA - Servizio Geologico d'Italia, in attesa di stampa); le lave trachitico dacitiche dell'Unità di Allumiere (UAL) del Pliocene superiore - Pleistocene inferiore connesse alla Provincia Magmatica Toscana (Taylor & Turi, 1976; P-oli et al., 1984; Van Bergen, 1984; Villa et al., 1989; Clausen & Holm, 1990; Pinarelli, 1991; Serri et al., 1992; Barberi et al., 1994; Peccerillo & Donati, 2003; Peccerillo, 2005; Peccerillo, 2005; Palozza, 2019); il travertino (Capezzuoli & Gandin, 2004; Gandin, 2013; Gandin & Capezzuoli, 2014) o travertino stromatolitico (D'Argenio & Ferreri, 1987; 1988; D'Argenio et al., 2013) dell'Olocene (Fig. 2 e 3).

Per quanto riguarda il Membro di Poggio Vivo è necessario precisare che nelle zone Bagni di Traiano (Fig. 2) e Il Bagnarello (Fig. 3), al km 17 circa della Strada Provinciale 3 b Santa Severa - Tolfa, gli affioramenti della parte superiore della successione sono costituiti, rispettivamente, da calcari marnosi di colore grigio medio N 5, grigio molto



**Figura 2.** Carta geologica (a) e sezione (b) dell'area di Civitavecchia. h, deposito antropico (Olocene); a, detrito (Olocene); b, deposito eluvio colluviale (Olocene); f<sub>1</sub>, travertino (Olocene); FYT, Flysch della Tolfa: FYT<sub>1</sub>, Membro di Poggio Vivo (argilliti varicolori con intercalazioni di marne e calcari marnosi in strati medi, di calcari silicei in strati sottili e medi, di calcareniti torbiditiche in strati medi e spessi, di marne e calcari marnosi di colore rosa e grigio chiaro in strati medi e spessi nella parte superiore; Cretacico superiore - Paleocene); FYT<sub>2</sub>, Membro del Fosso dell'Anitrella (marne e calcari marnosi tipo pietra paesina in strati medi, spessi e molto spessi, calcari silicei in strati sottili e medi, calcareniti torbiditiche in strati medi, spessi, e molto spessi con intercalazioni di argilliti; Eocene); PTF, Pietraforte (arenarie medio fini in strati medi e spessi; a tetto argille rosse e verdi con intercalazioni di arenarie fini in strati medi e di siltiti in strati sottili; Cretacico superiore); 1, strati dritti; 2, strati rovesciati; 3, faglia diretta; 4, contatto di sovrapposizione tettonica; 5, nicchia di distacco di paleofrana; 6, cava abbandonata; 7, sorgente termale; 8, sorgente termale estinta; 9, traccia della sezione. Da Chiocchini & Savarese (2022) modificato

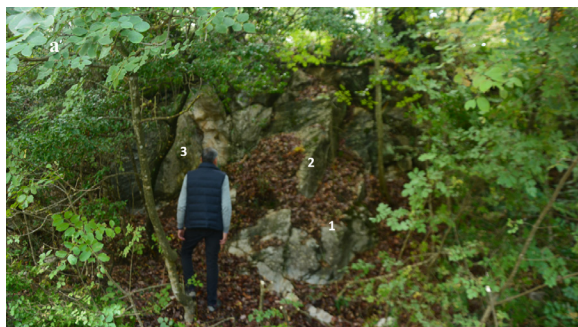


**Figura 3.** Carta geologica (a) e sezione (b) dell'area di Tolfa. a, detrito (Olocene); f<sub>1</sub>, travertino (Olocene); UAL, Unità di Allumiere (lave trachitico dacitiche; Pliocene superiore – Pleistocene inferiore); SBM, Unità del Fosso di San Savino (argille, argille sabbiose e marnose grigie; Zancleano); FYT, Flysch della Tolfa: FYT<sub>1</sub>, Membro di Poggio Vivo (argilliti varicolori, con intercalazioni di marne e calcari marnosi in strati medi, di calcari silicei in strati sottili e medi, di calcareniti torbiditiche in strati medi e spessi, di marne e calcari marnosi di colore rosa e grigio chiaro in strati medi e spessi nella parte superiore; Cretacico superiore – Paleocene); 1, strati dritti; 2, domo; 3, cava inattiva; 4, sorgente termale; 5, traccia della sezione.

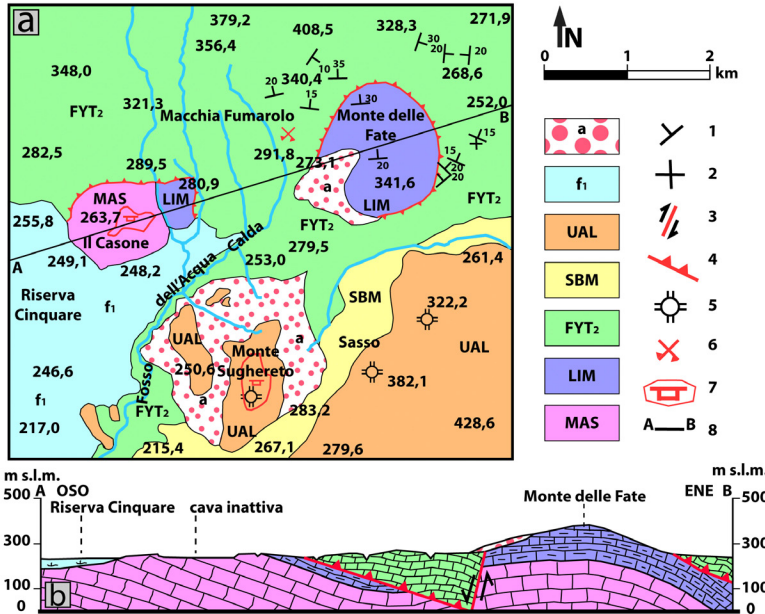
potente alcune decine di metri” a Il Bagnarello, è costituita da “calcari e calcari marnosi di colore rosso o rosa o grigio a volte nodulari con intercalazioni di sottili livelli argillosi rossi in strati di qualche decimetro”.

Inoltre, un terzo affioramento nell'area tra Riserva Cinquare e Monte delle Fate (Fig. 5), circa 17 km a SE dei precedenti, mostra calcari marnosi di colore grigio N 8 o N 6 e marrone chiaro 5 YR 5/6 tipo pietra paesina, calcari silicei di colore grigio scuro N 3, calcareniti torbiditiche di colore grigio chiaro N 7 in strati medi e spessi, marne di colore marrone chiaro 5 YR 5/6, argilliti di colore marrone medio 5YR 4/4 e grigio chiaro N 7, marne e calcari marnosi di colore rosso chiaro 5 R 6/6 e rosa arancione 5 Y 8/4 in strati medi e spessi con intercalazioni di strati molto sottili argillosi (Fig. 5). Questi ultimi litotipi sono simili a quelli descritti dai suddetti Autori (“nella parte inferiore calcari a frana fine a volte leggermente marnosi di colore grigio-rosato o rosa separati da veli argillosi; nella parte superiore calcari via via più marnosi fino a passare a marne rosso-vinate tendenti a fratturarsi in scaglie nella parte superiore, e localmente livelli calcarei nodulari rossi”), che li attribuiscono alla Scaglia toscana del Turoniano – Oligocene superiore. La scaglia rosata del Cretacico era stata riconosciuta anche da Segre (1950). Nella zona di Riserva Cinquare Vighi (1951; 1955) ha descritto la stratigrafia dei sondaggi 1 (profondo 119,42 m) e 2 (profondo 251,30 m) perforati dalla Montecatini S.p.A.,

chiaro N 8, grigio chiaro medio N 6 (Fig. 4 a) tipo pietra paesina, e da calcari marnosi di colore rosso chiaro 5 R 6/6 (Fig. 4 b) in strati medi, spessi, e molto spessi. Nella ricerca sulla geologia dei Monti della Tolfa secondo Fazzini et al. (1972) la successione di questi due affioramenti, che risulta “ridotta” a Bagni di Traiano e mostra “una pila (sic)



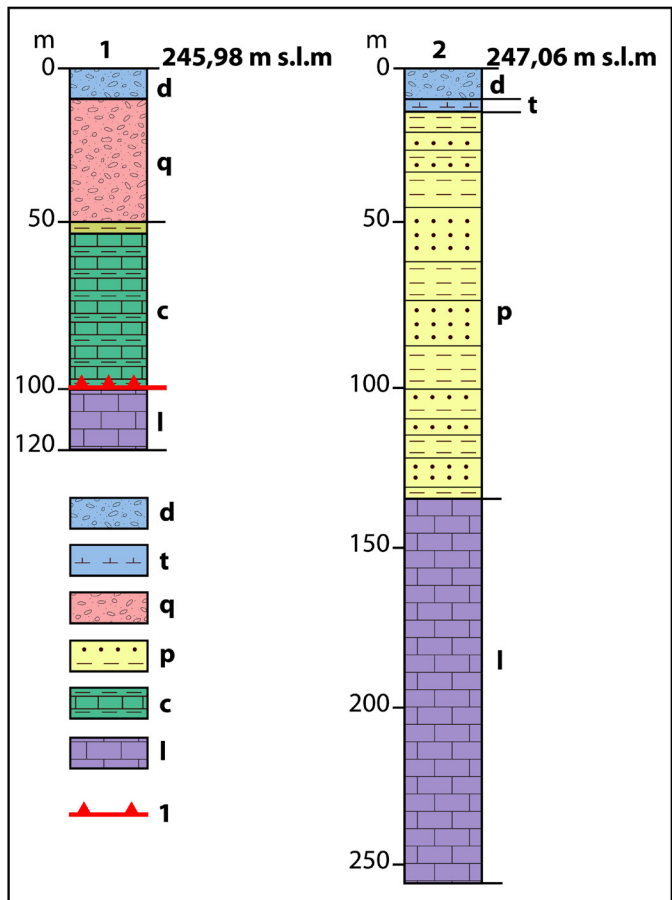
**Figura 4.** a. Successione di tre strati di calcare marnoso grigio del Membro di Poggio Vivo (FYT<sub>1</sub>) con spessore 0,75 m (1), 0,35 m (2), 1,65 m (3) e immersione NE 48° in località Il Bagnarello al km 17 circa della Strada Provinciale 3 b Santa Severa - Tolfa. b. Strato di calcare marnoso di colore rosso chiaro con immersione SO 10° in prossimità dei Bagni di Traiano.



che è stata interpretata (Fig. 6) attribuendo “d, t, q” a depositi del Quaternario, “p” all’Unità del Fosso di San Savino (SBM in Fig. 3 e 5), “c” al Membro del Fosso dell’Anitrella (FYT<sub>2</sub> in Fig. 2, 3, 5) del Flysch della Tolfa, “l” al Calcarea Massiccio (MAS in Fig. 5) dell’Unità Tettonica della Falda Toscana.

Al riguardo si deve evidenziare che: (i) i calcari marnosi e le marne di colore rosso o rosa descritti da Segre (1950) e Fazzini et al. (1972) nelle suddette zone sono presenti anche nei due membri del Flysch della Tolfa sopra ricordati, come riconosciuto da Abbate & Sagri (1970), Alberti et al. (1970), Bertini et al. (1971), Civitelli & Corda (1993), Chiocchini et al. (2022; 2023), Funicello et al. (in attesa di stampa); (ii) la Scaglia toscana, riportata nella cartografia dell’Unità Tettonica della Falda Toscana in diciassette fogli della Carta Geologica d’Italia in scala 1: 50.000,

**Figura 6.** Interpretazione della stratigrafia dei sondaggi 1 e 2 proposta da Vighi (1955), in cui sono state mantenute le lettere originali (d, t, q, p, c, l) degli intervalli litologici perforati. d, depositi alluvionali recenti (Olocene); t, travertino (Olocene); q, materiale argilloso sabbioso con ciottoli di calcari, marne, arenarie (Quaternario); p, argille, argille sabbiose, argille con ciottoli, argille manose, sabbie, ciottoli, arenarie, conglomerati (Pliocene inferiore); c, calcari, calcari marnosi, marne, argille (Eocene; solo nel sondaggio 1); l, calcari grigi talvolta brecciati e molto fratturati (Lias inferiore); 1, contatto di sovrapposizione tettonica.





di cui sedici della regione Toscana<sup>[2]</sup> e uno della regione Lazio (Foglio 344 Toscana) ([www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it); [www.regione.toscana.it](http://www.regione.toscana.it)), è costituita da prevalenti litotipi argillitici (Membro o Formazione di Brolio molto frequente; argilliti e calcareniti di Colle Santa Cristina; argilliti dell'Orecchiella; membro di Monte Filoncio) e marnosi (membro delle marne del Sugame; membro delle marne di Rovaggio), mentre i litotipi calcarei (Calcari di Puglianella; membro delle calcareniti di Montegrossi o Calcareniti di Montegrossi; membro delle calcareniti di Dudda) sono meno frequenti.

Inoltre, secondo Cipollari et al. (2024) nell'area tra Riserva Cinquare (Il Casone) e Monte delle Fate "i rapporti stratigrafici e geometrici di campo indicano blocchi sia di rocce carbonatiche, costituite da calcari di colore grigio scuro, Calcari selciferi e Scaglia toscana, sia di Flysch della Tolfa, distribuiti disordinatamente dentro una matrice argillosa molto deformata". Questo complesso litologico è attribuito all'Olistostroma "Il Casone - Monte delle Fate" del Bartoniano (Eocene medio). I blocchi di rocce dell'olistostroma (olistoliti) hanno "differenti dimensioni (da decimetriche a decametriche), litologie e giaciture", e appartengono al Flysch della Tolfa e alla Successione Toscana Meso - Cenozoica, che, in accordo con i sedici fogli della Carta Geologica d'Italia della regione Toscana sopra ricordati, è attribuita alla Unità Tettonica della Falda Toscana. Gli olistoliti più frequenti sono quelli del Flysch della Tolfa riportati in figura 4 (ventotto blocchi di "mudstones rosastrati e brunastri tipo pietra paesina intercalati a strati di calcareniti torbiditiche con strutture trattive e di calcari marnosi"), e della Scaglia toscana (ventidue blocchi di "calcari micritici rosastrati o biancastrati con abbondanti foraminiferi planctonici del Cretacico superiore ed Eocene"), mentre sono undici gli olistoliti della Successione Toscana Meso - Cenozoica costituiti da Calcare Massiccio (due grainstones massicci biancastrati), Calcari ad Ungulati (quattro micriti massicce grigie), Calcare Selcifero di Limano (tre calcari con selce grigia), Rosso ad Aptici (un calcare marnoso con lamine sottili), e Maiolica (un grainstone biancastro). Al riguardo si deve ricordare che il Flysch della Tolfa e la Successione Toscana Meso - Cenozoica sono soggetti all'erosione, all'alterazione meteorica, e, in particolare, a frequenti estesi movimenti franosi sia

superficiali che profondi nei Monti della Tolfa, illustrati nel Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia; [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)), ed evidenziati da Chiocchini et al. (2023). Di conseguenza il Flysch della Tolfa e la Successione Toscana Meso - Cenozoica mostrano molto spesso, lungo i versanti collinari degli omonimi Monti, coltri detritiche superficiali eterometriche che comprendono anche grossi blocchi di calcari marnosi, calcari silicei, calcareniti, e marne con giacitura disordinata. Inoltre, nella cava inattiva della zona Il Casone (Fig. 5) è presente una rilevante quantità di frammenti di rocce calcaree, con dimensioni da centimetriche a metriche, connessi alla estrazione di Calcare Massiccio.

In base a quanto sopra riportato, i litotipi delle zone Bagni di Traiano, Il Bagnarello, Riserva Cinquare, e Monte delle Fate, che non mostrano caratteri litologici complessivi simili a quelli della Scaglia toscana e di un olistostroma, sono attribuiti al Membro del Fosso dell'Anitrella (FYT<sub>2</sub>) del Flysch della Tolfa.

Circa le lave trachitico dacitiche dell'Unità di Allumiere (UAL) si evidenzia che sono caratterizzate da elevata alterazione superficiale secondaria, che le rende molto friabili, con formazione di estese coltri detritiche, da fessure verticali o molto inclinate per lo più aperte, connesse alla contrazione della lava durante il raffreddamento, e da fratture verticali con identica giacitura dovute alle fasi della tettonica distensiva del Pliocene e Pleistocene. I depositi di travertino di Piana dei Bagni, Poggio Sferacavallo, La Ficoncella (Fig. 2) nella zona di Civitavecchia, e presso Il Bagnarello nella zona di Tolfa (Fig. 3) formano corpi con geometria complessiva di blanda cupola spessa circa 10 m nelle prime tre località e fino a circa 25 m nella quarta.

Le coltri detritiche sono costituite 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 per l'Unità di Allumiere (Fig. 3), mentre il Flysch della Tolfa produce detrito con frammenti lapidei eterometrici in matrice limoso argillosa (a), e un deposito eluvio colluviale composto da sabbie limoso argillose (b) (Fig. 2). Lo spessore di questi sedimenti, riferiti all'Olocene, varia da 6 - 10 m in alcuni versanti, valli, e valleciole per (a), a pochi metri per (b).

L'assetto stratigrafico e strutturale dei Monti della Tolfa, dedotto anche mediante le stratigrafie dei pozzi Pantani 1, Terme dei Papi e Bagnarello 1 (Fig. 7 e 8), è caratterizzato dalla sovrapposizione tettonica del Flysch della

<sup>2</sup> Fogli: 216 Borgo Val di Taro, 234 Fivizzano, 235 Pievepelago, 248 Pontremoli, 249 Massa Carrara, 250 Castelnuovo Garfagnana, 251 Porretta Terme, 260 Viareggio, 261 Lucca, 262 Pistoia, 273 Pisa, 276 Figline Valdarno, 284 Rosignano Marittimo, 297 Asciano, 366 Massa Marittima, 332 Scansano.

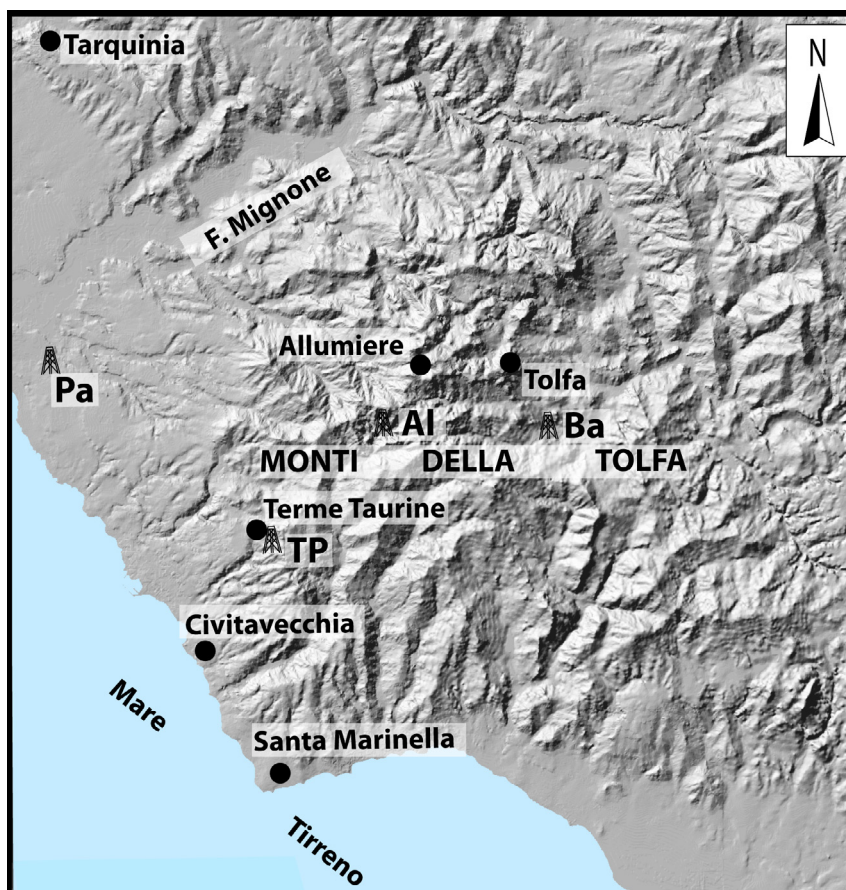
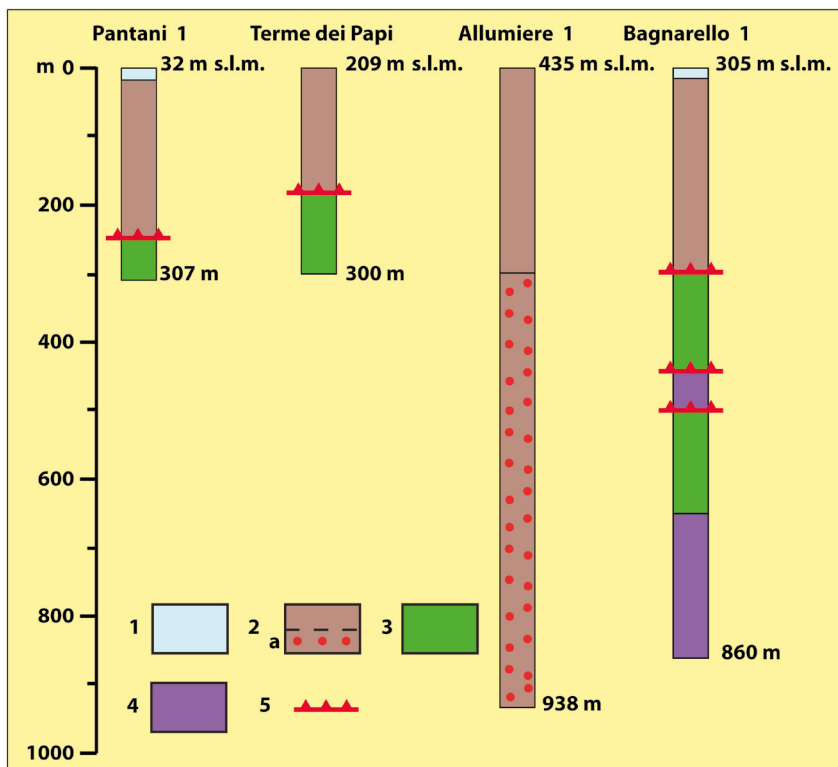


Figura 7. Ubicazione dei pozzi dell'Enel (Pa, Pantani 1; AI, Allumiere 1; Ba, Bagnarello 1) e delle Terme dei Papi (TP).

Tolfa sull'Unità Tettonica della Falda Toscana costituita dal Calcere Selcifero di Limano del Lias inferiore, come chiaramente indicato dal pozzo Terme de Papi. Nel pozzo Bagnarello 1 (Fig. 8) il Calcere Selcifero di Limano sembra costituire una scaglia tettonica, che giace su una ulteriore scaglia tettonica di Calcari e Marne con Rhaetavicula Contorta - Calcere Cavernoso del Norico p. p. - Retico (Triassico superiore) sovrapposta alla successione che comprende il Calcere Selcifero di Limano, i Calcari e Marne con Rhaetavicula Contorta del Retico e il Calcere Cavernoso. Questo assetto stratigrafico strutturale, dovuto alle fasi di deformazione compressiva dell'Oligocene - Miocene inferiore e del Miocene medio superiore che hanno interessato l'Appennino centrale (Kligfield et al., 1986; Boccaletti et al., 1987; Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1990; Brunet et al., 1997; Rossetti et al., 1999; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, in attesa di stampa),

successivamente è stato suddiviso in *horst* e *graben* ad opera delle fasi di deformazione estensionale del Pliocene e Pleistocene (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1987; ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico d'Italia, in attesa di stampa). In tale contesto si inserisce l'attività vulcanica delle lave trachitico dacitiche dell'Unità di Allumiere, che si sono intruse fino a circa 100 m sotto il Flysch della Tolfa (Ferrini et al., 1970; De Rita et al., 1997), e la loro successiva messa in posto nei domi ha provocato il sollevamento del Flysch della Tolfa e dell'Unità del Fosso di San Savino, che mostrano tracce di termometamorfismo in diverse zone. Pertanto, l'area dei Monti della Tolfa è stata sollevata di circa 100 m, raggiungendo il massimo di 200 m nella zona della Tolfaccia (Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1987; Marinelli et al., 1993).





**Figura 8.** Stratigrafia dei pozzi Pantani 1 (1961), Allumiere 1 (1962), Bagnarello 1 (1962) dell'Enel, e delle Terme dei Papi (2019). 1, travertino (Olocene); 2, Flysch della Tolfa: a, con mineralizzazione di pirite (Cretacico superiore – Eocene); Unità Tettonica della Falda Toscana: 3, Calcarea Selcifero di Limano (Lias inferiore), 4, Calcari e Marne con *Rhaeticula Contorta* - Calcarea Cavernoso (Triassico superiore); 5, contatto di sovrapposizione tettonica. Da Chiocchini et al. (2022) modificato.

## Ringraziamenti

La ricerca è stata supportata dall'Associazione Nazionale per gli Interessi del Mezzogiorno d'Italia (ANIMI). L'Autore è grato al Sig. Fausto Sensi, Amministratore Delegato delle Terme dei Papi, per la autorizzazione ad utilizzare i dati relativi al pozzo perforato per la ricerca di acqua termale e alle relative analisi chimico-fisiche; a Francesco Grigioni per l'autorizzazione ad accedere alle aree di proprietà della Società Agricola Aurelia Srl; a Giovanni Savarese per la informatizzazione delle figure.

## ORCID

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

## Riferimenti bibliografici

- Abbate E., Sagri M. (1970) The eugeosynclinal sequences. *Sedimentary Geology*, 4, 251 - 340.
- 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 142 Civitavecchia. Poligrafico & Cartevalori, Servizio Geologico d'Italia. Ercolano (Napoli), 141 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.
- Barberi F., Buonasorte G., Cioni R., Fiordelisi A., Foresi L., Iaccarino S., Laurenzi M.A., Sbrana A., Vernia L., Villa I.M (1994) Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, XLIX, 77 - 134.
- Barelli A., Calami A., Cataldi A. (1975) Estimation of the geothermal potential of the pre-Apennine belt of Central-Southern Italy (abs). 2nd United Nation Symposium on the Development and Use of Geothermal Resources. San Francisco, Abstract, 1 - 3.
- 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.
- 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., Funciello R., Parotto M., Praturlon A., Fanelli M. (1982) Carta delle manifestazioni termali e dei complessi idrogeologici d'Italia. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Progetto Finalizzato Energetica -Sottoprogetto Energia Geotermica.

- Bono P. (1981) Valutazione preliminare del potenziale geotermico della regione laziale. *Geologica Romana*, 20, 69 – 78.
- Brunet C., Moniè P., Jolivet L. (1997) Geodynamic evolution of the Alpine Corsica based on 40Ar/39Ar data (abstract). *Terra Nova* EUG, 9, 93.
- Buonasorte G., Cataldi R., Ceccarelli A., Costantini A., D'Offizi S., Lazzarotto A., Ridolfi A., Baldi P., Barelli A., Bertini G., Beltrami R., Calamai A., Caneli G., Corsi R., D'Acquino C., Fiordelisi A., Ghezzi A., Lovari F. (1987) Ricerca ed esplorazione nell'area geotermica di Torre Alfina (Lazio-Umbria). *Boll. Soc. Geol. It.*, 107, 265 - 337.
- Calamai A., Cataldi R., Squarci P., Taffi L. (1970) Geology, Geophysics and Hydrogeology of the Monte Amiata geothermal fields. *Geothermics*. Special Issue 1. I Maps and Comments.
- Calamai A., Cataldi R., Squarci P., Taffi L. (1976) Distribuzione delle anomalie geotermiche nella fascia preappenninica toscano-laziale. *Simp. Intern. Sobre Energia Geotermica en America Latina, Città del Guatemala* 16/23 ott. 1976, 189 - 229.
- Calore C., Cataldi R., Celati R., Mongelli F., Squarci P., Taffi L., Zito G. (1991 a) Map of the geothermal ranking of the Italian territory to 3 km depth. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- Calore C., Celati R., Squarci P., Taffi L. (1991 b) Temperature map of Italy at 1000 m below ground level. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- Calore C., Celati R., Squarci P., Taffi L. (1991 c) Temperature map of Italy at 2000 m below ground level. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- Calore C., Celati R., Squarci P., Taffi L. (1991 d) Temperature map of Italy at 3000 m below ground level. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- Capezzuoli E., Gandin A. (2004) I “travertini” in Italia: proposta di una nuova nomenclatura basata sui caratteri generici. *Il Quaternario*, 17 (2/1), 273-284.
- Cataldi R. (1967) Remarks on the geothermal research in the region of Monte Amiata (Tuscany - Italy). Reprint from *Bulletin Volcanologique*, Thome XXX, 243 – 270.
- Cataldi R., Lazzarotto A., Muffler L.J.P., Stefani G., Calore G. (1978) Assessment of geothermal potential of central and southern Tuscany. *Geothermics*, 7, 79 – 131.
- Cataldi R., Mongelli F., Squarci P., Taffi L., Zito G., Calore G. (1999) Geothermal ranking of Italian territory. *Geothermics*, 24, 115 - 129.
- Chiocchini U., Castaldi F., Barbieri M., Eulilli V. (2010) A stratigraphic and geophysical approach to studying the deep-circulating groundwater and thermal springs, and their recharge areas, in the Cimino Mountains-Viterbo area, central Italy. *Hydrogeology Journal*, 18, 1319 - 1341.
- Chiocchini U., Manna F. (2015) Un acquifero carbonatico con sistema idrotermale in crisi idrica: il caso di Viterbo. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 1, 39 - 68.
- Chiocchini U., Potetti M. (1998) Caratteri sedimentologici e stratigrafici delle Calcareniti di Tarquinia (Provincia di Viterbo). *Boll. Serv. Geol. d'It.*, CXVII, 33 – 52.
- Chiocchini U., Savarese G. (2019) The Viterbo hydrothermal system and its sustainable exploitation, Central Italy. *Journal of Energy and Power Technology*, Lidsen, V.1, Issue 3. doi 10.219626/jept.1903003.
- Chiocchini U., Savarese G. (2020) Modello idrogeologico concettuale, sorgenti termali estinte e sfruttamento sostenibile del sistema idrotermale di Viterbo. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, 107, 69 – 100.
- Chiocchini U., Savarese G., Seidenari L. (2022) L'approvvigionamento di acqua e il funzionamento delle Terme Taurine, Civitavecchia, Italia centrale. *Geologia Tecnica & Ambientale*, 1, 43 – 66.
- 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.
- Cipollari P., Abbassi A., Cosentino D. (2024) “Il Casone-Monte delle Fate” Olistostrome in the middle Eocene External Ligurian Unit (Monti della Tolfa, northern Latium): new constraints on the geodynamic evolution of the northern Apennines. *Ital. J. Geosci.*, Vol. 14, No 1, 155 - 172.
- Civitelli G., Corda L. (1993) The Allochthonous Succession. In: Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, 114, Progetto Finalizzato “Geodinamica” Monografie Finali, Vol. 11, Sabatini Volcanic Complex, Edited by M. Di Filippo. Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche (1993), 19 – 28.
- Clausen C., Holm P.M. (1990) Origin of acid volcanics of the Tolfa district, Tuscan Province, central Italy: an elemental and Sr-isotopic study. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 105, 403 – 411.
- Conforto B. (1954) Risultati della prima fase di ricerche di forze endogene nel Viterbese. *L'Ingegnere*, A. XXVII, (1), 345 - 350; 521 - 530.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (1982 a) Progetto Finalizzato Energetica. Sottoprogetto Energia Geotermica. Carta del tetto del potenziale serbatoio.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche Autori vari (1982 b) Contributo alla conoscenza delle risorse geotermiche del territorio nazionale, RF 9.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (1987) Progetto Finalizzato Geodinamica. Neotectonic Map of Italy. Vol. 4 Quaderni della Ricerca Scientifica. L.A.C., Firenze.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (1990) Progetto Finalizzato Geodinamica. Sottoprogetto Modello Strutturale Tridimensionale. Structural Model of Italy S.E.L.C.A., Firenze.
- D'Argenio B., Ferreri V. (1987) A brief outline of sedimentary models for Pleistocene travertine accumulation in southern Italy. *Rend. Soc. Geol. It.*, 9, 167 - 170.
- D'Argenio B., Ferreri V. (1988) Ambienti di deposizione e litofacies dei travertini quaternari dell'Italia centro-meridionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 861 - 868.
- D'Argenio B., Ferreri V., Anzalone E. (2013) Travertines of central and southern Italy. *Rend. Online. Soc. Geol. It.*, 27, 4 – 9. doi 10.3301/ROL.2013.16.
- Della Vedova B., Mongelli F., Pellis G., Squarci P., Taffi L., Zito G. (1991) Heat flow map of Italy. *Int. Inst. for Geothermal Research – CNR, Pisa*.
- De Rita D., Di Filippo M., Sposato A. (1993) Geological map of the Sabatini Volcanic Complex (scale 1: 50,000) In: Quaderni de “La Ricerca Scientifica”, 114, Progetto Finalizzato “Geodinamica” Monografie Finali vol. II Sabatini Volcanic Complex, Edited by M. Di Filippo Roma, Consiglio Nazionale delle Ricerche (1993).
- De Rita D., Bertagnini A., Faccenna C., Landi P., Rosa C., Zarlunga 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.
- Duchi V., Minissale A. (1995) Distribuzione delle manifestazioni gassose nel settore peri-tirrenico toscano-laziale e loro interazione con gli acquiferi superficiali. *Boll. Soc. Geol. It.*, 114, 337 - 351.
- Duchi V., Minissale A., Romani L. (1985) Studio geochimico su acque e gas dell'area geotermica Lago di Vico-M. Cimino (Viterbo). *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Serie A*, XCII, 35, 237 - 254.
- Fazzini P., Gelmini R., Mantovani P., Pellegrini M. (1972) Geologia dei Monti della Tolfa (Lazio Settentrionale; provincia di Viterbo e Roma). *Mem. Soc. Geol. It.*, 11 (1), 65 – 144.
- 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.
- Forster A., Merriam D. F. (1999) *Geothermics in Basin Analysis*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 241 p.

- Frondini F, Cardellini C, Caliro S, Chiodini G, Morgantini N. (2012) Regional groundwater flow and interactions with deep fluids in western Apennines: the case of Narni - Amelia chain (Central Italy). *Geofluids*, 12, 182 - 196.
- Funicello R., De Rita D., Sposato A., Esposito A., Fabbri M., Marsili P., Mazzini I., Paccara P., Trigari A. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. Foglio 354 Tarquinia, 170 p. ISPRA - Servizio Geologico d'Italia, in attesa di stampa.
- Gandin A (2013) Classificazione genetica, caratteri petrologici distintivi e valori isotopici correlati di calcari incrostanti depositi da acque scorrenti (Travertini - Calcareous Tufa - Speleotemi). *Rend. Online Soc. Geol. It.*, 27, 10 - 30. doi 10.3301/ROL.2013.17.
- Gandin A., Capezuoli E. (2014) Travertine: distinctive depositional fabrics of carbonates from thermal spring system. *Sedimentology*, 61, 264 - 290.
- Geological Society of America (1991) The Rock-Color Chart.
- Giunta Regionale Toscana (1977) Geotermia e Regioni. Atti del Convegno Nazionale promosso dalle Regioni Toscana, Lazio, Campania. Chianciano 14 - 16 aprile 1977, 446 p.
- ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo - Servizio Geologico Nazionale (2009) Carta Geologica d'Italia - 1: 50.000. Progetto CARG. Modifiche e Integrazioni al Quaderno N. 1/1992. Quaderni Serie III, 12, 3, 54 p.
- 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.
- Kligfield R., Hunziker J., Dallmeyer R.D., Schamel S. (1986) Dating of deformation phases using  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  techniques: results from the Northern Apennines. *Journ. Struct. Geol.*, 8, 781 - 798.
- 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.
- Kligfield R., Hunziker J., Dallmeyer R.D., Schamel S. (1986) Dating of deformation phases using  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  techniques: results from the Northern Apennines. *Journ. Struct. Geol.*, 8, 781 - 798.
- Lauro C., Negretti G.C. (1969) Il vulcanismo della Tuscia Romana: le manifestazioni vulcaniche acide del settore centro-occidentale. Atti 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. It.*, 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.
- Manfra L., Masi U., Turi B. (1976) La composizione isotopica dei travertini del Lazio. *Geologica Romana*, 15, 127 - 174.
- Marinelli G., Barberi F., Cioni (1993) Sollevamenti neogenici e intrusioni acide della Toscana e del Lazio settentrionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 49, 279 - 288.
- Marroni M., Moratti G., Costantini A., Conticelli S., Benvenuti M.G., Pandolfi L., Bonini M., Cornamusini G., Laurenzi M.A. (2005) Geology of the Monte Amiata Region, Southern Tuscany, Central Italy. *Ital. Journ. Geosci.*, 134, n. 2, 171 - 199.
- Minissale A., Kerrich D.M., Magro G., Murell M.T., Paladini M., Rihs S., Sturchio N.C., Tassi F., Vaselli O. (2002) Geochemistry of Quaternary travertins in the region north of Roma (Italy): structural, hydrologic and paleoclimatic implications. *Earth Planet. Sci.*, 203, 709 - 728.
- Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, già Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato (2020) Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali. Rapporti Regionali. 13 Regione Lazio.
- Negretti G.C., Lombardi G., Morbidelli L. (1966) Studio geopetrografico del complesso Tolfetano - Cerite (Lazio). IV. Le manifestazioni vulcaniche acide del settore Cerite. Atti Istituto di Petrografia Università di Roma, 1 - 172.
- Negretti G.C., Morbidelli L. (1963) Studio geopetrografico del complesso Tolfetano - Cerite. III. Le manifestazioni vulcaniche acide del settore Civitavecchiese - Tolfetano. Atti Istituto di Petrografia Università di Roma, 1 - 91.
- Pagano G., Menghini A., Floris G. (1999) Relazione idrogeologica. Progetto delle opere di captazione e distribuzione delle acque termali. Progetto definitivo. Regione Lazio, Comune di Civitavecchia, 59 p.
- Pagano G., Menghini A., Floris G. (2001) Opere di captazione delle acque termali. Le perforazioni. Rapporto definitivo. Regione Lazio, Comune di Civitavecchia, 40 p.
- 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.
- Paris L. (1977) L'energia geotermica ed altre fonti integrative. L'impegno Enel. Atti Convegno Nazionale "Geotermia e Regioni" promosso dalle Regioni Toscana, Lazio, Campania. Chianciano.
- Peccerillo A. (2005) Plio-Quaternary volcanism in Italy. *Petrology, Geochemistry, Geodynamics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 360 p.
- Peccerillo A., Donati C. (2003) The Tuscan Magmatic Province. *Per. Mineral.*, 72, Special Issue, 27 - 39.
- Pinarelli L. (1991) Geochemical and isotopic (Sr, Pb) evidence of crust - mantel interaction in acid melts - The Tolfa - Cerveteri - Manziana complex (central Italy): a case history. *Chemical Geology*, 92 (1 - 3), 177 - 195. doi.org/10.1016/0009-2541(91)90055-V.
- Piscopo V., Barbieri M., Monetti V., Pagano G., Pistoni S., Ruggi E., Stanzione D. (2006) Hydrogeology of thermal waters in Viterbo area, Central Italy. *Hydrogeology Journal*, 8, 1508 -1521.
- Poli G., Frey F.A., Ferrara G. (1984) Geochemical characteristics of the south Tuscany (Italy) Volcanic Province: constraints on lava petrogenesis. *Chem. Geol.*, 43, 203 - 221.
- Romijn E., Groba E., Luttig G., Fiedler K., Laugier R., Lohnert E., Garagunis C. (1985) *Geothermics Thermal - Mineral Waters and Hydrogeology*. Theophrastus Publications S.A. Athens, 264 p.
- Rossetti F., Faccenna C., Jolivet L., Funicello R., Tecce F., Brunet C. (1999) Syn - versus post - orogenic extension: the case study of Giglio Island (Northern Tyrrhenian Sea, Italy). *Tectonophysics*, 304, 71 - 93.
- Segre A.G. (1950) Relazione sommaria dei rilevamenti ai Monti del Sasso e Ceriti. *Boll. Soc. Geol. It.*, Atti, LXIX, 593 - 594.
- Serri G., Innocenzi F., Manetti P., Tonarini S., Ferrara G. (1992) Il magmatismo neogenico-quadernario 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.
- Servizio Geologico Nazionale (1992) Carta Geologica d'Italia - 1:



- 50.000. Guida al Rilevamento. Quaderni Serie III, 1, 203 p.
- Servizio Geologico Nazionale (1994) Carta Geomorfologica d'Italia - 1: 50.000. Guida al Rilevamento. Quaderni Serie III, 4, 42 p.
- Taylor P.H., Turi B. (1976) High 18O igneous rocks from the Tuscan magmatic province, Italy. *Contrib. Mineral. Petrog.*, 55, 33 - 54.
- Unione Geotermica Italiana (2011) Previsioni di crescita della geotermia in Italia fino al 2030. A cura di G. Buonasorte, R. Cataldi, T. Franci, W. Grassi, A. Manzella, C. Meccheri, G. Passaleva. Sito dell'UGI.
- Unione Geotermica Italiana (2017) Stime di crescita della geotermia in Italia 2016 - 2030, con proiezioni al 2050. Sito dell'UGI.
- Van Bergen M.J. (1984) Magmas and inclusions of Monte Amiata, Tuscany, Italy. *Geologica Ultraiectina*, 37, 175 p.
- Vighi L. (1951) Segnalazione di una interessante formazione filoniana di fluorite in comune di Cerveteri (Roma). *Boll. Soc. Geol. It.*, 70, 3, 632 - 637.
- Vighi L. (1955) Su due sondaggi per ricerca d'acqua nella zona di Riserva Cinquare, a nord - est di Santa Severa (prov. di Roma). *Geotecnica*, 5, 217 - 225.
- Villa L.M., Giuliani O., De Grandis G., Cioni R. (1989) Datazioni K-Ar dei vulcani di Tolfa e Manziana. *Boll. GNV*, 1989/2, 1025 - 1026.
- Vollmer R. (1977) Isotopic evidence for genetic relations between acid and alkaline rocks in Italy. *Geoch. Cosm. Acta*, 40, 283 - 295.