

Commento all'articolo "Modello idrogeologico concettuale, sorgenti termali estinte e sfruttamento sostenibile del sistema idrotermale di Viterbo" di U. Chiocchini e G. Savarese, pubblicato in Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 107 (2020), pp. 69-100

Comment on the paper "Conceptual hydrogeological model, dried thermal springs and sustainable exploitation of the hydrothermal system of Viterbo" by U. Chiocchini and G. Savarese, published in Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 107 (2020), pp. 69-100

PISCOPO VINCENZO

RIASSUNTO - Questa breve nota riporta un commento all'articolo "Modello idrogeologico concettuale, sorgenti termali estinte e sfruttamento sostenibile del sistema idrotermale di Viterbo" di U. CHIOCCHINI e G. SAVARESE, pubblicato in Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 107 (2020). Le tre principali tesi sostenute dagli Autori, cioè che 1) il sistema idrotermale di Viterbo è alimentato dai rilievi appenninici in sinistra Tevere, 2) la portata delle acque termali di Viterbo è diminuita nel tempo e 3) il ruolo di impermeabile delle unità flyschoidi, sono discusse sulla base dei risultati di studi e progetti condotti del gruppo di idrogeologia dell'Università degli Studi della Tuscia. La finalità del commento è quella di presentare ai lettori di questa rivista una visione diversa e quindi più completa circa l'idrogeologia del sistema idrotermale di Viterbo.

PAROLE CHIAVE: acque termali, idrogeologia, modello idrogeologico concettuale, Viterbo.

Abstract

This brief note concerns a comment on the article "Conceptual hydrogeological model, dried thermal springs and sustainable exploitation of the hydrothermal system of Viterbo" by U. CHIOCCHINI and G. SAVARESE, published in Mem. Descr. Carta Geol. d'It. 107 (2020). The three main arguments put forward by the Authors, namely that 1) the hydrothermal system of Viterbo is recharged by the Apennine reliefs located on the left side of the Tiber River, 2) the flow of the thermal

waters of Viterbo decreased over time and 3) the role of aquiclude of the flysch units, are discussed on the basis of the results of studies and projects conducted by the hydrogeology group of the University of Tuscia. The purpose of the comment is to provide readers of this journal with a different and therefore more complete view of the hydrogeology of the hydrothermal system of Viterbo.

KEY WORDS: thermal waters, hydrogeology, conceptual hydrogeological model, Viterbo.

L'articolo di CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) ripropone con qualche modifica gli stessi argomenti riportati in CHIOCCHINI *et alii* (2010), CHIOCCHINI e MANNA (2015). L'oggetto di questi articoli è lo schema idrogeologico dell'area idrotermale di Viterbo che viene sempre contrapposto a quello presentato in altri lavori di cui lo scrivente è coautore (PISCOPO *et alii* 2006; BAIOCCHI *et alii* 2012; 2013). La discussione dei metodi, dei dati e dei risultati presentati sull'argomento dai differenti Autori è stata anch'essa ampiamente trattata, in PISCOPO (2011), CHIOCCHINI *et alii* (2011), CHIOCCHINI (2016), BAIOC-

CHI *et alii* (2016), con commenti e risposte. Ancora per completezza di informazione, gli studi condotti dall'Università degli Studi della Tuscia per la Regione Lazio (Università degli Studi della Tuscia 2008-2010; 2017), citati in CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) ma non riportati in bibliografia, sono consultabili sul sito della Regione Lazio (cfr. Bibliografia).

Dall'esame della precedente e completa bibliografia il lettore potrà avere un quadro certamente più completo sullo schema idrogeologico dell'area idrotermale di Viterbo, rispetto a quello presentato in CHIOCCHINI e SAVARESE (2020). In particolare, potranno essere esaminati direttamente i dati presentati, prescindendo dalle interpretazioni che possono essere in alcuni casi soggettive.

Sintetizzando, CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) ripropongono principalmente le seguenti tesi:

il sistema idrotermale di Viterbo è alimentato dai rilievi appenninici in sinistra Tevere;

la portata delle acque termali di Viterbo è diminuita nel tempo;

il ruolo di impermeabile delle unità flyschoidi.

Come già discusso in PISCOPO (2011) e BAIOCCHI *et alii* (2016), queste tre tesi sono contestabili sulla base di semplici osservazioni e dei dati disponibili.

In merito al punto 1), diversi argomenti non sostengono la tesi di CHIOCCHINI e SAVARESE (2020).

Come è stato già fatto notare in PISCOPO (2011), uno dei recapiti della circolazione idrica sotterranea dei rilievi dell'Appennino, le sorgenti dello Stifone, è ubicato a quote comprese tra 65 e 75 m s.l.m., mentre le acque termali di Viterbo scaturiscono o si livellano nei pozzi artesiani a quote comprese tra 230 e 320 m s.l.m. Il Fiume Tevere che separa l'Appennino dall'area idrotermale di Viterbo è ubicato a quote ancora più basse delle sorgenti dello Stifone (a circa 50 m s.l.m.). Quindi i flussi idrici sotterranei dai rilievi appenninici verso l'area idrotermale di Viterbo non sarebbero guidati dal gradiente idraulico. Anche considerando l'espansione termica delle acque dovute all'elevato flusso di calore che interessa l'area vulcanica del Cimino-Vico (100-200 mW/m²), bisognerebbe comunque ammettere un flusso idrico sotterraneo da zone con carico idraulico minore verso zone con carico idraulico maggiore per l'attra-

versamento del graben del Tevere, dove invece il flusso di calore è basso (<60 mW/m²); ciò ovviamente non è possibile secondo le basilari leggi dell'idraulica e della fisica. Peraltro, CHIOCCHINI e SAVARESE (2020), a pag. 84, confondono il gradiente topografico con il gradiente idraulico, per giustificare la differenza di carico idraulico tra l'acquifero carbonatico appenninico e quello delle acque termali di Viterbo.

Anche il confronto del chimismo delle sorgenti del Nera con quello delle acque termali di Viterbo citato dagli Autori per supportare la loro tesi, in effetti la contraddicono, essendo le prime clorurato-alcaline (pag. 91 di CHIOCCHINI e SAVARESE 2020), le seconde solfato-alcalino-terrose (pag. 90 di CHIOCCHINI e SAVARESE 2020), quindi chimicamente molto diverse.

Inoltre, dalle analisi degli isotopi stabili dell'ossigeno e dell'idrogeno, come si può vedere in Figura 1, risulta che le acque termali di Viterbo e quelle fredde campionate dall'acquifero vulcanico superficiale nella stessa area idrotermale hanno composizione poco diversa tra loro e come è noto queste ultime hanno la loro area di ricarica nei rilievi vulcanici del Cimino-Vico (PISCOPO *et alii* 2006; BAIOCCHI *et alii* 2012).

In merito al punto 2), in tabella 1 sono riportati i dati delle portate delle acque termali da sorgenti e

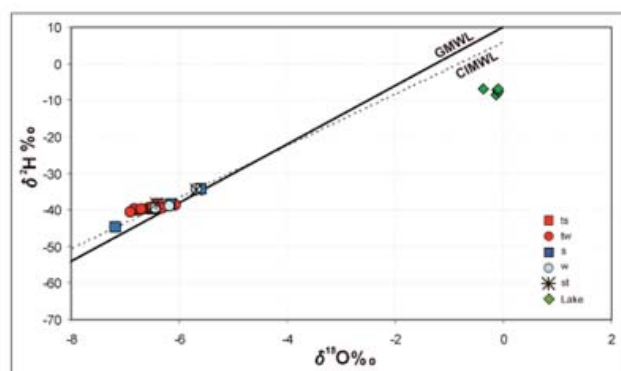


Fig. 1 - Diagramma $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^2\text{H}$ delle acque termali (ts and tw), di alcuni pozzi (w) e sorgenti (s) dell'acquifero vulcanico superficiale e torrenti (st) dell'area idrotermale di Viterbo, e delle acque del Lago di Vico (lake). Nel diagramma sono riportate anche le rette meteoriche globale (GMWL) e dell'Italia centrale (CIMWL) (BAIOCCHI *et alii* 2012).

- $\delta^{18}\text{O}$ versus $\delta^2\text{H}$ in thermal waters (ts and tw), some wells (w) and springs (s) of shallow volcanic aquifer and stream waters (st) of the hydrothermal area of Viterbo, and waters of Vico Lake. The global meteoric (GMWL) and central Italy meteoric water lines (CIMWL) are also shown (BAIOCCHI *et alii* 2012).

pozzi con temperatura superiore a 30 °C rilevate dall'Università degli Studi della Tuscia nel corso di alcune campagne di misura (Università degli Studi della Tuscia 2008-2010; 2017) con gli stessi strumenti e nelle stesse sezioni di misura. Secondo quanto riportato nella Tabella 1 di CHIOCCHINI e SAVARESE (2020), il totale delle portate delle acque termali da sorgenti e pozzi è di 69 L/s per il 2010 e di 60.9 L/s per il 2017, per quest'ultimo periodo però gli Autori non tengono conto del pozzo Paliano attivo dal 2009 ed avente una portata di 8.7 L/s nel 2016. Quindi nel periodo di circa 8 anni se si tiene conto solo delle sorgenti e dei pozzi non risulta nessun decremento delle portate delle acque termali.

Un'analisi della variazione delle portate delle acque termali è riportata nel Rapporto Tecnico dell'Università degli Studi della Tuscia (2017). Questa è stata condotta considerando tutti dati disponibili in letteratura e tutti quelli misurati, ricostruendo la portata delle acque termali in periodi definiti in fun-

zione dei principali eventi che hanno avuto un potenziale o sicuro impatto sulla portata delle sorgenti naturali (quali, per esempio, la realizzazione di perforazioni e pozzi eseguiti negli anni '50, '60, '80 e '90). In funzione di questi eventi e dei dati disponibili sono stati considerati i seguenti periodi: pre-1952, 1953-1993, 1994-2006, 2007-2016. Per questi periodi sono stati presi in esame il valore o il valore medio delle portate dello stesso punto d'acqua o del gruppo di punti d'acqua ricadenti in un ambito relativamente circoscritto. I risultati di queste stime sono riportati in tabella 2.

Per i periodi 1994-2006 e 2007-2016, le stime sono relativamente più affidabili, avendo informazioni più complete sui diversi punti d'acqua ed essendo specificati i metodi di misura delle portate. Per i periodi precedenti (pre-1952 e 1953-1993), le stime sono nettamente meno affidabili, anzi in alcuni casi le portate sono state stimate senza specificare il metodo di misura o addirittura esse sono state ricostruite. Se si con-

Tab. 1 - Portate delle acque termali in L/s misurate nel 2008-2009 e nel 2016 per i diversi gruppi di sorgenti e/o pozzi (Università degli Studi della Tuscia 2008-2010).

- Flow rate of thermal waters in L/s from the different groups of springs and/or wells measured in 2008-2009 and 2016 (Università degli Studi della Tuscia 2008-2010).

Periodo	Bagnaccio	Bullicame	Urcionio	Asinello	Bagnarello	Totale
2008-2009	9.5	28.6	21.0	1.5	3.3	63.9
2016	8.0	28.7	22.9	0.6	9.7	69.9

Tab. 2 - Confronto delle portate delle venute di acqua termale dai diversi gruppi di sorgenti e/o pozzi in L/s dagli anni '50 al 2016 (Università degli Studi della Tuscia 2017).

- Comparison of flow rate of thermal waters in L/s from the different groups of springs and/or wells from the 1950s to 2016 (Università degli Studi della Tuscia 2017).

Gruppo di sorgenti	Pre-1952	1953-1993	1994-2006	2007-2016
Bagnaccio	23.5	24.1	9.3	9.5
Bullicame	46.8	46.6	28.5	31.0
Urcionio	16.3	32.2	26.9	26.4
Asinello	0.80	3.7	1.8	1.5
Bagnarello	8.00	7.4	5.9	12.4
Totale	95.4	114.0	72.4	80.8

frontano i dati dei periodi relativamente più affidabili (1994-2006 e 2007-2016), non si riscontrano significative variazioni della portata totale. Valori di portata totale più elevati si riscontrano per i due periodi precedenti, ma in questo caso bisogna tener conto della minore affidabilità dei dati di base, oltre che delle possibili variazioni della ricarica. In merito a quest'ultimo aspetto, si può considerare la dipendenza della ricarica dalle precipitazioni e dalla temperatura dell'aria (influenzando quest'ultima l'evapotraspirazione), osservando, a titolo di esempio, che per la stazione meteorologica di Viterbo in media le precipitazioni e la temperatura dell'aria sono state di 871 mm e 14.8 °C nel periodo 1924-1952, 839 mm e 14.1 °C nel periodo 1953-1993, 746 mm e 15.4 °C nel periodo 1994-2006 e 829 mm e 15.4 °C nel periodo 2007-2015. Confrontando questi dati per il periodo precedente al 1993, risulta una più alta precipitazione ed una più bassa temperatura dell'aria che potrebbero far pensare ad una ricarica relativamente più elevata rispetto ai periodi successivi. Ciò potrebbe giustificare la più alta portata pre-1993, ammettendo la confrontabilità dei dati di portata pre- e post-1993.

Quindi quanto desunto da SAVARESE e CHIOCCHINI (2020) circa la diminuzione della portata delle acque termali dell'area di Viterbo è opinabile, in quanto basato su stime delle portate, dati incompleti e senza una specifica analisi della variazione dei fattori che incidono sulla ricarica degli acquiferi. Un esempio della scarsa affidabilità dei dati presentati da CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) si ritrova anche in Figura 11, dove per il pozzo Bagnaccio vengono messi a confronto le portate di 100 L/s e 40 L/s con altri dati la cui fonte non è specificata, ma i valori di 100 e 40 L/s sono relativi a prove di produzione e di pompaggio, eseguite rispettivamente negli anni '50 e nel 2009, e non certamente a valori di funzionamento del pozzo. Anche facendo affidamento sui dati riportati dagli Autori in Figura 11, risulterebbe che il pozzo Bagnaccio ha incrementato la portata nel 2010 del 300% rispetto al periodo 1980-2000, ciò è in contraddizione con quanto sostengono gli Autori circa il decremento della portata e con quanto riportato in Tabella 1 dello stesso articolo circa la portata dei pozzi nella zona del Bagnaccio.

In merito al punto 3), cioè il ruolo del flysch nell'ospitare acque termali, nella Figura 9 di CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) sono gli stessi Autori che indicano il flysch quale orizzonte dove è stata intercettata l'acqua termale, anche se nella figura riportano come quote piezometriche delle acque termali quelle del piano campagna dove sono ubicati i pozzi. Questo errore, insieme a quello di trascurare alcuni punti d'acqua termali ed i torrenti alimentati anche da acque termali, determina la piezometria dell'acquifero termale riportata in Figura 4 di CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) che non corrisponde al reale flusso delle acque termali. Queste osservazioni allo schema idrogeologico riproposto in CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) sono già state pubblicate in BAIOCCHI *et alii* (2016). In quest'ultima nota sono riportati anche i due esempi di idrostratigrafia e di quote piezometriche mostrati in Figura 2, dove è evidente anche l'*aquitard* presente tra l'acquifero superficiale e l'acquifero termale; d'altra parte, senza questo semipermeabile non si spiegherebbe il gradiente idraulico lungo la verticale tra i due acquiferi sovrapposti. Anche la presenza dell'*aquitard* viene negata in CHIOCCHINI e SAVARESE (2020).

Gli altri spunti di critica riportati in CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) degli studi di PISCOPO *et alii* (2006), Baiocchi *et al.* (2012; 2013) e dell'Università degli Studi della Tuscia (2008-2010; 2017) si basano su citazioni non sempre appropriate o su interpretazioni non sempre corrispondenti a quanto riportato negli studi criticati. Il lettore troverà riscontro nella lettura dei lavori originali. Per esempio, a pag. 91, CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) riportano i valori degli isotopi stabili dell'ossigeno e dell'idrogeno delle acque termali citando LONGINELLI e SELMO (2003); invece, i valori sono quelli riportati in BAIOCCHI *et alii* (2012), la citazione di Longinelli e Selmo (2003) non è pertinente in quanto la ricerca di questi ultimi Autori riguarda le rette meteoriche degli isotopi dell'Italia. Un altro esempio è a pag. 93, dove CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) attribuiscono a "Kalf e Volley" (2005) (peraltro la citazione corretta è Kalf e Woolley 2005) concetti mai espressi da questi Autori. In particolare si parla di rendimento massimo sostenibile delle acque sotterranee, concetto che CHIOCCHINI e SAVA-

RESE (2020) riducono alla somma delle portate delle emergenze termali. Se il lettore vorrà approfondire troverà in Università degli Studi della Tuscia (2017) che l'argomento è ben più complesso e richiede approcci e conoscenze che non risultano in CHIOCCHINI e SAVARESE (2020).

Infine, uno degli Autori di CHIOCCHINI e SAVARESE (2020) nella nota di pag. 60 sostiene di avere attualmente in corso una collaborazione con l'Università

degli Studi della Tuscia: ciò non risulta da nessun documento presente presso l'Ateneo. Nei ringraziamenti gli Autori affermano che il loro studio è stato finanziato dall'Università degli Studi della Tuscia (ex Quota 60%) e dalle Terme dei Papi. A parte che i fondi "ex Quota 60% dell'Università degli Studi della Tuscia" non sono più attivi da almeno 10 anni, eventuali residui sono solo nella disponibilità di ricercatori attualmente in servizio presso l'Ateneo e

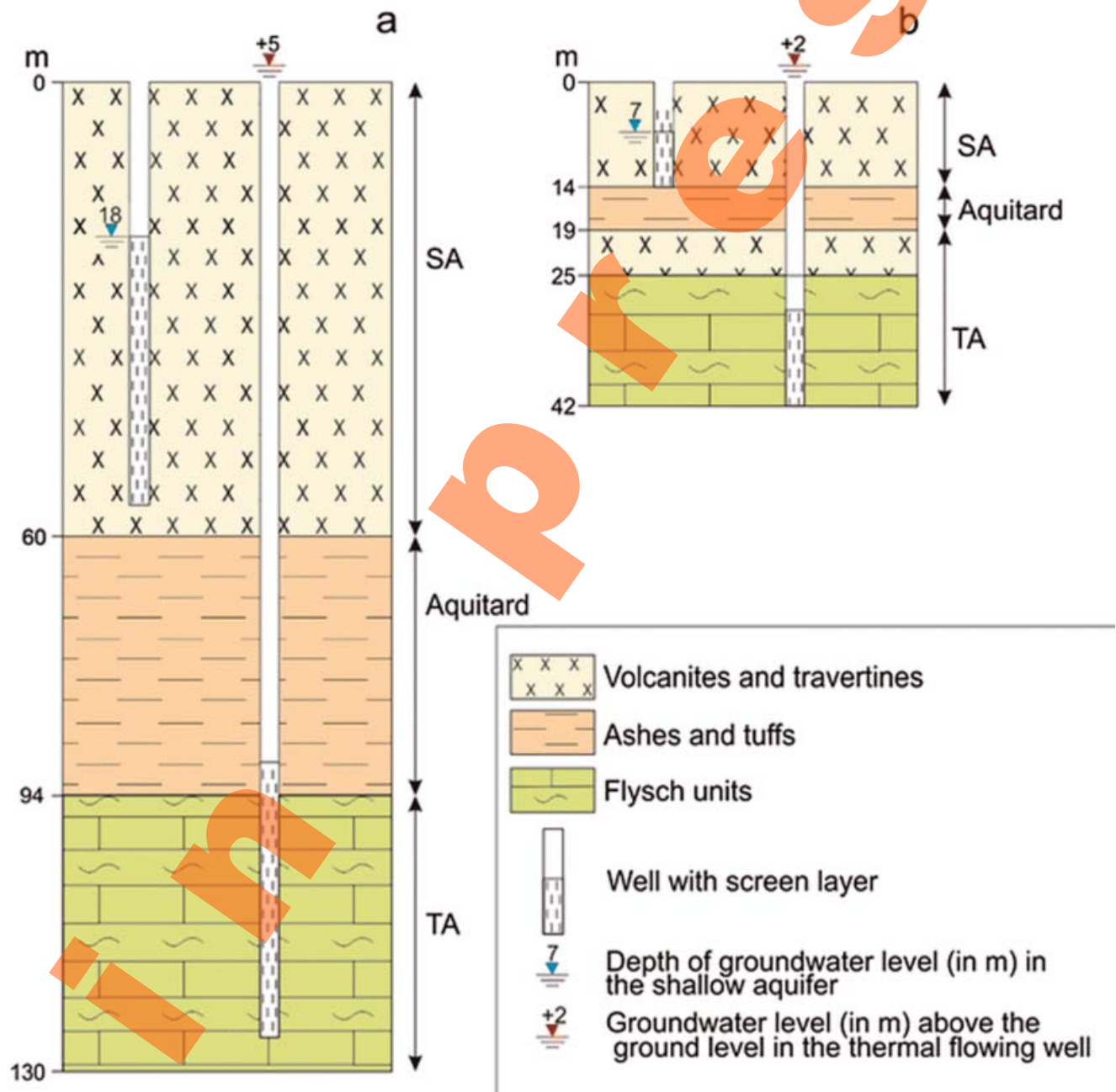


Fig. 2 - Idrostratigrafia e livelli piezometrici di pozzi ubicati nel settore meridionale (a) e settentrionale (b) dell'area idrotermale di Viterbo (BAIOCCHI *et alii* 2016).
- Hydrostratigraphy and groundwater levels of wells located in (a) southern zone and (b) northern zone of the Viterbo hydrothermal area (BAIOCCHI *et alii* 2016).

nessuno dei due Autori ricade in questa categoria. Peraltro, risulterebbe molto strano un finanziamento dell'Ateneo della Tuscia alla ricerca di CHIOCCHINI e SAVARESE (2020), insieme ad uno dei sub-concessionari delle acque termali, quando questi Autori, a pag. 97 (ma non solo), suggeriscono alla Regione Lazio, ente che rilascia le concessioni, di non tener conto dei risultati degli studi prodotti dalla stessa Università degli Studi della Tuscia (Università degli Studi della Tuscia 2017) per la Regione Lazio.

BIBLIOGRAFIA

- BAIOCCHI A., LOTTI F. & PISCOPO V. (2012) - *Conceptual hydrogeological model and groundwater resource estimation in a complex hydrothermal area: the case of the Viterbo geothermal area (central Italy)*. J. Water Resour. Protect., **4**: 231-247.
- BAIOCCHI A., LOTTI F. & PISCOPO V. (2013) - *Impact of groundwater withdrawals on the interactions between overlapping aquifers in the Viterbo geothermal area (Central Italy)*. Hydrogeol J., **21**: 1339-1353.
- BAIOCCHI A., LOTTI F. & PISCOPO V. (2016) - *Reply to Comment on "Impact of groundwater withdrawals on the interaction of multi-layered aquifers in the Viterbo geothermal area (central Italy)": report published in Hydrogeology Journal (2013) 21:1339-1353, by Antonella Baiocchi, Francesca Lotti and Vincenzo Piscopo*. Hydrogeol J., **24**: 541-545.
- CHIOCCHINI U. (2016) - *Comment on "Impact of groundwater withdrawals on the interaction of multi-layered aquifers in the Viterbo geothermal area (central Italy)": report published in Hydrogeology Journal (2013) 21:1339-1353, by Antonella Baiocchi, Francesca Lotti and Vincenzo Piscopo*. Hydrogeol J., **24**: 535-539.
- CHIOCCHINI U., CASTALDI F., BARBIERI M. & EULLILLI V. (2011) - *Reply to comment on "A stratigraphic and geophysical approach to studying the deep-circulating groundwater and thermal springs, and their recharge areas, in Cimini Mountains-Viterbo area, central Italy": paper published in Hydrogeology Journal (2010) 18:1319-1341, by Ugo Chiocchini, Fabio Castaldi, Maurizio Barbieri, Valeria Eullilli*. Hydrogeol J., **19**: 949.
- 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. & 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.
- KALF R.P. & WOOLLEY D.R. (2005) - *Applicability and methodology of determining sustainable yield in groundwater systems*. Hydrogeol J., **13**: 29-312.
- LONGINELLI A. & SELMO E. (2003) - *Isotopic composition of precipitation in Italy, a first overall map*. J. Hydrology, **270**: 75-88.
- PISCOPO V. (2011) - *Comment on "A stratigraphic and geophysical approach to studying the deep-circulating groundwater and thermal springs, and their recharge areas, in Cimini Mountains-Viterbo area, central Italy": paper published in Hydrogeology Journal (2010) 18:1319-1341, by U. CHIOCCHINI, F. CASTALDI, M. BARBIERI, V. EULLILLI*. Hydrogeol J., **19**: 945-947.
- PISCOPO V., BARBIERI M., MONETTI V., PAGANO G., PISTONI S., RUGGI E. & STANZIONE D. (2006) - *Hydrogeology of thermal waters in Viterbo area, central Italy*. Hydrogeol J., **14**: 1508-1521
- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA (2008-2010) - *Valorizzazione dei materiali di cava del Comune di Viterbo. Studio delle eventuali interferenze con le risorse idrotermali del bacino minerario di Viterbo. Delimitazione delle aree di tutela e protezione tenuto conto delle attività estrattive in atto*. Rapporti I, II, III e IV. Regione Lazio. http://www.regione.lazio.it/rl_amministrazione_trasparente/?vw=contenutiDettaggio&cat=1&id=150 (Visitato in gennaio 2021).
- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA (2017) - *Studio su ipotesi operative di utilizzo delle risorse idriche del sistema idrotermale dell'area viterbese e programmazione dei relativi metodi e tecniche di monitoraggio*. Regione Lazio. http://www.regione.lazio.it/rl_amministrazione_trasparente/?vw=contenutiDettaggio&cat=1&id=150 (Visitato in gennaio 2021).