

# IL BACINO TERMALE EUGANEO: LO STATO DELL'ARTE

Paolo Fabbri <sup>(a, b)</sup>, Marco Pola <sup>(a, b)</sup>, Leonardo Piccinini <sup>(a, b)</sup>, Dario Zampieri <sup>(a, b)</sup>

<sup>(a)</sup> Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova. Via G. Gradenigo, 6. 35131. Padova. Italy. E-mail dell'autore di riferimento: [paolo.fabbri@unipd.it](mailto:paolo.fabbri@unipd.it)

<sup>(b)</sup> Idrostrutture di Sistemi Geotermici (GSH), Centro Studi Interdipartimentale di Economia e Tecnica dell'Energia "Giorgio Levi Cases", Università di Padova

## INTRODUZIONE

Il Bacino Termale Euganeo (BTE) è una delle aree termali più note dell'Italia settentrionale e con i suoi 95 stabilimenti di cura dotati di oltre 200 piscine rappresenta la più grande stazione termale d'Europa. Il campo termale si estende nella parte centrale del Veneto lungo una fascia pedecollinare localizzata ad oriente dei Colli Euganei e a sud-ovest di Padova (**Error! Reference source not found.**A). L'area coperta è di circa 25 km<sup>2</sup> e interessa principalmente i comuni di Abano Terme e Montegrotto Terme, nella parte settentrionale, e i comuni di Battaglia Terme e Galzignano Terme, nella porzione meridionale (Fig. 1B).

Le sorgenti termali dell'area euganea erano note già in epoca romana e le acque che ne sgorgavano naturalmente venivano usate per scopi terapeutici. A partire dal XX secolo si iniziarono a perforare i primi pozzi per aumentare la disponibilità di acque termali. I primi pozzi si spingevano solo fino a pochi metri nel sottosuolo e, per soddisfare le richieste crescenti dell'industria turistica, furono perforati più di 400 pozzi nell'intera zona mineraria con un forte incremento nelle decadi 1960-1970. Attualmente il BTE è suddiviso in 140 concessioni minerarie per l'utilizzo delle risorse termali (

Figura ) di cui il 54% ad Abano Terme, il 29% a Montegrotto Terme, il 7% a Battaglia Terme, il 5% a Galzignano Terme e il restante 5% nei comuni limitrofi. Nel 2014 i pozzi attivi nell'area termale erano 145 e sono stati estratti circa  $14 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/anno di acque ad elevata temperatura. Le acque estratte vengono utilizzate principalmente per scopi terapeutici e balneologici, ma talvolta trovano impiego per il riscaldamento delle strutture alberghiere e per la floricultura.

A partire dagli anni 70 sono stati effettuati numerosi studi di carattere geologico, idrogeologico e geochimico per comprendere l'origine dei fluidi termali e la loro circolazione nel sottosuolo (Piccoli et al., 1973; Norton & Panichi, 1978; Antonelli et al., 1993; Fabbri, 1997; Gherardi et al., 2000; Fabbri, 2001; Fabbri & Trevisani, 2005; Pola et al., 2014a; Pola et al., 2015a). Queste informazioni sono state utilizzate per proporre un modello concettuale regionale per la circolazione dell'acque termali euganee (Pola et al., 2015b) di carattere multidisciplinare e in accordo con le più recenti conoscenze geologico strutturali. Il modello concettuale è stato successivamente validato attraverso una modellazione numerica con un software per la modellazione di sistemi idrogeologici a densità variabile (Pola et al., 2015b). Il presente lavoro ha lo scopo di fornire un quadro generale sulle attuali conoscenze riguardo al Sistema Geotermale Euganeo (SGE), nonché di illustrare alcuni risultati delle ricerche in corso di svolgimento per migliorare le conoscenze

idrogeologiche del BTE e raggiungere uno sfruttamento sempre più oculato e sostenibile della risorsa termale.

## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO**

### **Inquadramento geologico**

La successione stratigrafica delle formazioni geologiche che si riscontrano nel sottosuolo del BTE è stata ricostruita a partire dagli anni Novanta grazie allo studio sedimentologico di campioni di roccia prelevati durante le numerose perforazioni effettuate, che raggiungono anche 1 km di profondità (Antonelli et al., 1993; Rosignoli, 2003). Il termine più superficiale della successione stratigrafica euganea è rappresentato da un'alternanza di sabbie, argille e limi di età Quaternaria con spessore variabile da alcune decine di metri (Battaglia Terme, Galzignano Terme e localmente a Montegrotto Terme) fino ad oltre 200 metri (Abano Terme). Al di sotto del materasso alluvionale quaternario, è stata riconosciuta una successione di rocce sedimentarie carbonatiche e dolomitiche del Mesozoico e Cenozoico interrotte localmente dalla presenza di rocce magmatiche del Paleogenico. Le formazioni geologiche rinvenute sono, dal termine più superficiale a quello più profondo: formazione di Torreglia (Eocene Inferiore - Oligocene Inferiore; anche nota come formazione delle Marne Euganee), formazione della Scaglia Rossa (Cretaceo Superiore - Eocene Inferiore), formazione della Scaglia Variegata Alpina (Cretaceo Inferiore - Cretaceo Superiore), formazione della Maiolica (Giurassico Superiore - Cretaceo Inferiore), formazione del Rosso Ammonitico (Giurassico Superiore), formazione dei Calcari Grigi (Giurassico Inferiore - Medio), formazione della Dolomia Principale (Triassico Superiore). Le rocce magmatiche (Eocene Superiore - Oligocene Inferiore) invece sono costituite principalmente da rioliti e trachiti, ed in minor misura da latiti e basalti. Le formazioni geologiche rinvenute sono perciò analoghe a quelle che costituiscono parte della successione stratigrafica del Veneto e che affiorano sui Colli Euganei (Cucato et al., 2011). Si può quindi supporre che al di sotto di esse si trovino le altre formazioni fino al Basamento Cristallino del Permiano come osservato nella perforazione del pozzo profondo Legnaro 1 situato a Sud di Padova.

Le stratigrafie dei pozzi hanno permesso inoltre di ricostruire l'assetto geologico-strutturale del sottosuolo dell'area termale. Il substrato roccioso è suddiviso in un mosaico di blocchi da tre sistemi di faglie normali con direzione NNE-SSO, E-O e NNO-SSE. Queste faglie sono parallele alle fratture osservate in affioramento sul colle di travertino del Montirone di Abano Terme (direzioni principali: NNE-SSO, ONO-ESE, NO-SE; Pola et al., 2014a) e sono riconducibili all'interazione fra le faglie del sistema di faglie della Schio-Vicenza in prossimità del BTE. Il sistema di faglie della Schio-Vicenza si estende al di sotto della copertura alluvionale della pianura

veneta per circa 120 km dal piede delle Prealpi fino al delta del Po. Esso è composto da faglie ad alto angolo con direzione prevalente NO-SE o NNO-SSE che frammentano il substrato in un mosaico di blocchi che si approfondiscono andando verso Est (Pola et al., 2014b). Il sistema di faglie si è formato durante il Mesozoico a causa della tettonica estensionale che interessava l'area veneta (Zampieri, 1995; Masetti et al., 2012). Successivamente è stato riattivato durante i cicli flessurali che hanno interessato la pianura veneto-friulana (Fantoni et al., 2002) ed è stato particolarmente attivo durante l'ultimo ciclo flessurale del Pliocene-Quaternario. In particolare, esso ha accomodato sia una flessurazione verso Sud attraverso un movimento verticale "a forbice" sia il movimento verso Nord della parte orientale della placca Adria con una cinematica trascorrente o transtensiva sinistra (Pola et al., 2014b).

Si può supporre una relazione diretta fra il sistema di faglie della Schio-Vicenza e il Sistema Geotermale Euganeo (Zampieri et al., 2009). Infatti le faglie sono considerate le zone preferenziali per il flusso di fluidi nel sottosuolo (Curewitz & Karson 1997; Faulkner et al., 2010), poiché la zona di danneggiamento di una faglia è composta da faglie e fratture secondarie interconnesse che aumentano la permeabilità locale della roccia.

### **Inquadramento idrochimico e idrogeologico**

Le acque termali euganee (Norton & Panichi, 1978; Gherardi et al., 2000) sono fluidi caratterizzati da: i) elevata temperatura compresa fra 60°C a 86 °C; ii) pH leggermente acido da 6,3 a 7,4 ed indipendente dalla temperatura; iii) elevata salinità da 3,5 a 6 g/l, con i composti chimici principali rappresentati da Na<sup>+</sup> e Cl<sup>-</sup> e secondariamente da SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> e SiO<sub>2</sub>; iv) composizione degli isotopi stabili dell'ossigeno e dell'idrogeno che suggeriscono un'origine meteorica dei fluidi termali ed una quota di infiltrazione di circa 1500 m s.l.m.; v) l'assenza di Tritio che indica un'età delle acque maggiore di 90 anni. In particolare, l'elevata salinità delle acque e la relazione diretta con la loro temperatura sono caratteristiche peculiari di fluidi geotermicamente "maturi" che hanno circolato per lungo tempo all'interno delle formazioni sedimentarie del serbatoio. Inoltre, il rapporto Ca/SO<sub>4</sub> all'incirca costante (0,46±0,4), e in accordo con il rapporto di riferimento per l'anidrite (~0,42), suggeriscono una circolazione dei fluidi attraverso le formazioni evaporitiche, che si rinvengono al di sotto delle formazioni carbonatiche del Mesozoico.

Le acque termali euganee vengono estratte da alcuni livelli fratturati ad elevata permeabilità situati nelle formazioni carbonatiche del Mesozoico, che costituiscono la successione stratigrafica del sottosuolo del BTE. L'acquifero attualmente più sfruttato si

trova ad una profondità compresa fra 300 m e 500 m dal piano campagna all'interno della formazione della Maiolica. L'assetto idrogeologico di questo acquifero è stato studiato in dettaglio mediante mappe di trasmissività (Fabbri, 1997) e di temperatura (Fabbri, 2001; Fabbri & Trevisani, 2005). Il livello potenziometrico di questo acquifero è attualmente alcuni metri al di sotto del piano campagna e mostra variazioni stagionali riconducibili all'estrazione dei fluidi termali e alle stagioni turistiche (Pola et al., 2015a). Inoltre, i sondaggi più profondi hanno permesso di evidenziare la presenza di un altro acquifero termale situato ad una profondità compresa fra 800 m e 1000 m nelle formazioni dei Calcari Grigi e della Dolomia Principale. L'acquifero profondo, a causa del suo modesto sfruttamento, è caratterizzato da un livello potenziometrico solitamente al di sopra del piano campagna ed una temperatura superiore a quella dell'acquifero soprastante. L'assetto idrogeologico di questo acquifero è stato studiato marginalmente a causa della scarsità di pozzi che lo attraversano ed è oggetto delle ricerche in corso di svolgimento. Infine, sono stati rinvenuti alcuni acquiferi termali discontinui all'interno degli orizzonti sabbiosi del materasso alluvionale quaternario. La temperatura delle acque ospitate all'interno di questi acquiferi, attualmente non sono più sfruttati, è inferiore rispetto a quella delle acque negli acquiferi in roccia. Tutti gli acquiferi presentano variazioni stagionali di livello potenziometrico analoghe, suggerendo una connessione idraulica fra i vari acquiferi.

## **IL SISTEMA GEOTERMALE EUGANEO**

### **Modello concettuale**

Le conoscenze geologiche e idrogeologiche sul Bacino Termale Euganeo (BTE) e le caratteristiche idrochimiche dei fluidi termali sono state utilizzate per proporre un modello di circolazione delle acque euganee (Fig. 3; Pola et al., 2015b). Questo modello si basa sull'assunzione, largamente comprovata nella letteratura scientifica, che faglie e fratture costituiscono delle vie preferenziali per il flusso di fluidi ad elevata temperatura nel sottosuolo (Curewitz & Karson 1997; Faulkner et al., 2010).

Si può osservare che il BTE è situato in corrispondenza di una zona in cui le faglie del sistema Schio-Vicenza si sovrappongono costituendo una zona di interazione. Questa particolare struttura geologica favorisce la fratturazione del substrato, l'incremento della permeabilità locale delle formazioni geologiche nel sottosuolo e la risalita dei fluidi termali da elevate profondità. La risalita dal serbatoio geotermico profondo avviene probabilmente lungo fratture aperte con orientazione ESE-ONO, analoghe a quelle osservate sul colle del Montirone (Pola et al., 2014a). La presenza di questa via preferenziale per il flusso è stata evidenziata anche dall'anisotropia del variogramma superficiale della trasmissività studiato per l'acquifero termale più sfruttato (Fabbri,

1997). Questa anisotropia indica una direzione in cui la trasmissività ha valori simili e quindi verosimilmente delle fratture aperte nel sottosuolo. I fluidi termali risalgono lungo le fratture e successivamente si espandono lateralmente in orizzonti permeabili per fratturazione localizzati ad una profondità compresa fra 300 e 1000 m nelle formazioni della Maiolica, dei Calcari Grigi e della Dolomia Principale. La risalita dalle zone più profonde avviene in un tempo abbastanza breve vista la differenza minima fra la temperatura massima delle acque misurata nei pozzi e la temperatura stimata nel serbatoio geotermico. L'espansione laterale si osserva principalmente nell'acquifero situato a 300-500 m di profondità, poiché si misurano temperature più basse allontanandosi dalle principali vie di risalita (Gherardi et al., 2000; Fabbri, 2001). Inoltre, approfondendo le perforazioni nelle zone a temperatura minore, si rinvenivano comunque fluidi ad alta temperatura. La presenza di condotti e cavità carsiche, rinvenute nelle formazioni calcaree, e di corpi magmatici intrusi nella successione sedimentaria aumentano le discontinuità del substrato e favoriscono la risalita dei fluidi termali. Localmente le acque termali possono risalire ulteriormente verso la superficie formando degli acquiferi termali a temperature "basse" all'interno degli orizzonti sabbiosi della copertura alluvionale. In particolare, sono state osservate temperature di 48°C a 56 m dal piano campagna e 79°C a 136 m dal piano campagna. Non esiste quindi un unico acquifero situato nel basamento roccioso ma un insieme di orizzonti parzialmente comunicanti tra loro. La loro connessione idraulica è dimostrabile grazie dalla corrispondenza fra le variazioni stagionali di livello potenziometrico osservate nei differenti acquiferi.

Oltre allo sviluppo della zona di interazione fra faglie nel sottosuolo del BTE, il sistema di faglie della Schio-Vicenza esercita un ruolo molto importante nella parte mediana del circuito idrotermale. E' ampiamente accettato nella letteratura scientifica che la permeabilità della zona di danneggiamento di una faglia è di due o tre ordini di grandezza maggiore rispetto alla roccia indeformata a causa della presenza di faglie e fratture secondarie che ne incrementano la permeabilità locale (Faulkner et al., 2010). Nella zona deformata dalla faglia Schio-Vicenza, è plausibile pensare che le formazioni carbonatico-dolomitiche mesozoiche dell'acquifero termale siano caratterizzate da un'elevata permeabilità e che la loro fratturazione favorisca il flusso delle acque dalla zona di ricarica fino all'area euganea. In questa parte del circuito le formazioni che costituiscono il serbatoio termale sono localizzate ad una profondità compresa fra 2 e 3 km. Quindi tenendo conto della presenza di un flusso di calore normale, ma dell'elevata permeabilità del sottosuolo, le

acque in profondità potrebbero raggiungere anche temperature oltre i 100°C, creando nell'area euganea un gradiente anomalo.

Procedendo ulteriormente verso Nord dalla zona interessata dal sistema di faglie della Schio-Vicenza, si riscontra un'area delle Prealpi venete in cui affiorano le formazioni carbonatico-dolomitiche del Mesozoico e che quindi potrebbe essere la zona di ricarica del sistema termale. Quest'area è costituita dall'altopiano dei Sette Comuni e di Tonezza e dai rilievi limitrofi, che presentano un'altitudine compresa fra 87 m s.l.m. e 2341 m s.l.m. (altitudine media di 1317 m s.l.m.). Si tratta di un massiccio dalla forma quadrangolare delimitato da un sistema di grandi scarpate e caratterizzato dall'assenza di una rete di corsi d'acqua perenni, pur in presenza di apporti meteorici consistenti (circa 1500 mm/anno). Infatti l'acqua piovana si infiltra rapidamente nel sottosuolo attraverso le numerose cavità carsiche e gran parte delle acque infiltrate sono drenate dal sistema di sorgenti situate nella valle del Brenta con una portata media complessiva di circa 15 m<sup>3</sup>/s. Dal bilancio idrologico dell'area (Aurighi et al., 2004), risulta un disequilibrio fra la portata in uscita dalle sorgenti (860 mm/anno) e le precipitazioni che si infiltrano nel sottosuolo (1120 mm/anno): la parte di infiltrazione non bilanciata è pari a 260 mm/anno e parte di essa potrebbe costituire la ricarica del sistema termale euganeo. Inoltre, l'altitudine media dell'area è comparabile con la quota di infiltrazione di circa 1500 m s.l.m. stimata mediante gli isotopi stabili dell'ossigeno e dell'idrogeno nelle acque termali, corroborando l'ipotesi effettuata.

Schematizzando il modello concettuale proposto, le acque meteoriche precipitano sull'altopiano dei Sette Comuni e di Tonezza e si infiltrano grazie all'elevata fratturazione delle rocce affioranti. Dalla zona di ricarica, fluiscono verso Sud guidate dall'elevata fratturazione/permeabilità delle rocce serbatoio, collegabile alla zona di danneggiamento del sistema di faglie della Schio-Vicenza. In particolare la faglia Schio-Vicenza potrebbe agire da principale struttura di circolazione per le acque termali euganee. Le acque raggiungono una profondità di 2-3 km, raggiungendo elevate temperature legate ad un flusso termico normale ma ad una elevata permeabilità del sottosuolo euganeo. In corrispondenza del BTE, i fluidi termali intercettano una struttura di interazione fra faglie che favorisce la risalita veloce dei fluidi termali da zone profonde. Le acque risalgono attraverso le fratture e si espandono lateralmente in orizzonti fratturati situati ad una profondità compresa fra 1000 m e 300 m. Allo stato attuale delle conoscenze nessuna indicazione precisa può essere fatta riguardo al tempo di circolazione dei fluidi termali. L'elevata salinità delle acque suggerisce un lungo tempo di circolazione delle acque termali, stimabile sicuramente in maggiore di 90 anni (analisi di <sup>3</sup>H) e probabilmente di alcune migliaia di anni (analisi di <sup>14</sup>C; Boaretto et al., 2003).

Il modello concettuale descritto è quindi un modello a scala regionale, che si estende per una lunghezza di circa 80 km, una larghezza di circa 15 km e fino a 4 km nel sottosuolo. In particolare, nella sezione geologica tipo del circuito termale (Fig. 3B), si può notare la continuità delle formazioni carbonatico-dolomitiche del Mesozoico dalla zona di ricarica fino alla zona di risalita dei fluidi termali.

## **CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DI DETTAGLIO DEL BACINO TERMALE EUGANEO**

Le ricerche in fase di svolgimento sul Sistema Geotermale Euganeo vengono condotte sia a scala regionale, con lo scopo di comprendere la circolazione dei fluidi termali, che a scala locale, per migliorare la caratterizzazione idrogeologica dell'area di recapito dei fluidi termali.

L'attività di ricerca più importante, anche per la quantità e qualità dei dati a disposizione, è rappresentata dal monitoraggio in continuo del livello potenziometrico dell'acquifero termale più sfruttato posto da 300 m a 500 m di profondità dal piano campagna (Pola et al., 2015a). La quota della falda termale viene misurata da metà degli anni Settanta per mezzo di una rete di monitoraggio composta da nove idrometrografi (5 ad Abano Terme, 3 a Montegrotto Terme e 1 a Galzignano Terme) installati all'interno di altrettanti pozzi termali in disuso. La rete di monitoraggio del livello è stata integrata, a partire dagli anni Ottanta, con una rete di misuratori di portata installati su tutti i pozzi attivi dell'area termale per quantificare l'emungimento dei fluidi. L'analisi dei dati mostra una variazione stagionale di livello riconducibile ai differenti volumi estratti durante l'anno (**Error! Reference source not found.**). Il regime naturale è perciò fortemente condizionato dall'azione antropica ed è caratterizzato da due massimi e tre minimi nell'arco dell'anno. I periodi di maggiore livello potenziometrico si osservano in estate ed inverno, ovvero nei periodi di bassa stagione alberghiera caratterizzati da una riduzione dei volumi estratti. Al contrario i periodi in cui il livello è minore si riscontrano ad inizio gennaio, ad inizio primavera (o fine inverno) ed autunno, cioè nei periodi di alta stagione alberghiera interessati da una maggiore estrazione di fluidi. E' evidente perciò che nei periodi in cui si registra una maggiore affluenza negli stabilimenti termali si osserva anche una diminuzione del livello della falda termale, seguito da un recupero di livello nei mesi in cui l'affluenza diminuisce. Una relazione analoga fra livello ed emungimento è stata osservata per tutte le serie temporali a disposizione, ed in particolar modo per gli idrometrografi localizzati nella parte centrale di Abano Terme caratterizzata da un'estrazione maggiore. Dopo uno sfruttamento intensivo della risorsa termale negli anni Settanta con una perdita di carico di

circa 2,5 m ogni anno, negli anni Ottanta si è registrata una sostanziale stabilità di livello seguita da un trend di recupero a partire dagli anni Novanta fino ad oggi. In particolare, le medie annuali di livello dell'idrometrografo Barillari 2 di Abano Terme mostrano una relazione lineare con i volumi di fluidi estratti nell'area termale. Questi valori sono stati utilizzati per calcolare il livello potenziometrico che si raggiungerebbe con una portata di  $0,01 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$  corrispondente alla portata che fuoriusciva dalle sorgenti termali prima dell'estrazione forzata dei fluidi. E' stato così stimato un livello potenziometrico naturale di 22 m s.l.m. (circa 11 m sopra il piano campagna), analogo al livello misurato attualmente dall'idrometrografo di Galzignano Terme situato al di fuori delle zone di estrazione dei fluidi termali.

La relazione fra livello ed emungimento evidenziata puntualmente mediante la rete di monitoraggio, è in corso di validazione per tutta l'area termale. A questo scopo, sono state effettuate 5 campagne di monitoraggio areali, a partire da novembre 2014, in periodi di massima e minima estrazione. Durante le campagne sono stati misurati il livello, la temperatura delle acque e la portata di circa 130 pozzi termali con diverse profondità distribuiti fra Abano Terme e Montegrotto Terme. I valori misurati hanno permesso di costruire delle mappe di livello potenziometrico e di temperatura sia dell'acquifero situato da 300 m a 500 m di profondità che dell'acquifero da 800 m a 1000 m. I primi risultati ottenuti indicano che la relazione fra il livello potenziometrico e l'emungimento osservata puntualmente può essere in buona approssimazione applicabile per tutta l'area termale. Questo studio ha permesso inoltre di porre le basi per la caratterizzazione idrogeologica dell'acquifero profondo. E' infatti la prima volta che il livello, la temperatura e le portate estratte di questo acquifero vengono monitorate con una certa continuità permettendo di effettuare alcune ipotesi sulle sue caratteristiche idrogeologiche. L'acquifero profondo sarà oggetto in futuro di studi più approfonditi per caratterizzarne la trasmissività attraverso prove di portata e la temperatura in profondità attraverso sondaggi verticali di temperatura. Questi ultimi, uniti ai sondaggi di temperatura effettuati in passato su pozzi più superficiali, permetteranno di analizzare la distribuzione della temperatura nel sottosuolo in tre dimensioni e non solo arealmente come è stato effettuato fino ad ora (Fabbri, 2001; Fabbri & Trevisani, 2005). I dati ottenuti dagli studi locali verranno utilizzati come input del modello numerico a scala del solo Bacino Termale Euganeo e per validarne i risultati.

## **CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE**

Il Bacino Termale Euganeo e le sue acque ad elevata temperatura sono una risorsa naturale ed economica di primaria importanza per la regione del Veneto. Lo studio di tipo multidisciplinare

effettuato nel corso degli ultimi trent'anni sia a scala regionale che a scala locale ha permesso di ottenere un quadro dettagliato del sistema termale ad essa collegato. Inoltre il quantitativo di informazioni geologiche, idrogeologiche e idrochimiche a disposizione rende l'area termale euganea un'ottima zona per testare nuovi approcci metodologici per lo studio delle acque termali. In questo ambito rientrano ad esempio le modellazioni numeriche a diverse scale che sono in corso di svolgimento. I risultati di questi modelli, assieme al controllo dei livelli, potranno essere di ausilio per razionalizzare la gestione della risorsa termale.

## BIBLIOGRAFIA

ANTONELLI R., CALLEGARI E., FABBRI P. & SEDEA R. (1993) - Recenti contributi alla conoscenza dell'idrostruttura del Bacino Termale Euganeo (Padova). *GEAM*, **79**, pp. 49-55.

AURIGHI M., CISOTTO A., DAL PRÁ A., JANZA M., MARIANI R., NORDICO M., SOCCORSO C., STECCANELLA D. & BARBIERI G. (2004) - Carta idrogeologica dell'Altopiano dei Sette Comuni. *Regione Veneto, Giunta Regionale*, 31pp.

BOARETTO E., CARMÍ I., FABBRI P., HEINEMEIER J., SARTORI S., SVEINBJORNSDOTTIR A.E. & YECHIELI Y. (2003) - Radiocarbon in thermal and fresh groundwater in Veneto Region, Northern Italy. *Proceedings of the XVIII International Radiocarbon Conference*.

CUCATO M., DE VECCHI GP., MOZZI P., ABBÀ T., PAIERO G. & SEDEA R. (2011) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 147 Padova Sud. *LTS Land Technology & Services Padova e Treviso*, 215 pp.

CUREWITZ D. & KARSON J.A. (1997) - Structural settings of hydrothermal outflow: Fracture permeability maintained by fault propagation and interaction. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **79**, pp. 149-168.

FABBRI P. (1997) - Transmissivity in the Euganean Geothermal Basin: a geostatistical analysis. *Groundwater*, **35**, pp. 881-887.

FABBRI P. (2001) - Probabilistic assessment of temperature in the Euganean geothermal area (Veneto region, NE Italy). *Mathematical Geology*, **33**, pp. 745-760.

FABBRI P. & TREVISANI S. (2005) - Spatial distribution of temperature in the geothermal Euganean field (NE, Italy): a simulated annealing approach. *Geothermics*, **34**, pp. 617-631.

FANTONI R., CATELLANI D., MERLINI S., ROGLEDI S. & VENTURINI S. (2002) - La registrazione degli eventi deformativi cenozoici nell'avampaese veneto-friulano. *Memorie Società Geologica Italiana*, **57**, pp. 301-313.

FAULKNER D.R., JACKSON C.A.L., LUNN R.J., SCHLISCHE R.W., SHIPTON Z.K., WIBBERLEY C.A.J. & WITHJACK M.O. (2010) - A review of recent developments concerning the structure, mechanics and fluid flow properties of fault zones. *Journal of Structural Geology*, **32**, pp. 1557-1575.

GHERARDI F., PANICHI C., CALIRO S., MAGRO G. & PENNISI M. (2000) - Water and gas geochemistry of the Euganean and Berician thermal district (Italy). *Applied Geochemistry*, **15**, pp. 455-474.

KIPP K.L., HSIEH P.A. & CHARLTON S.R. (2008) - Guide to the revised groundwater flow and heat transport simulator - HYDROTHERM-3. *U.S.G.S. Techniques & Methods*, **6-A25**, 160 pp.

MASETTI D., FANTONI R., ROMANO R., SARTORIO D. & TREVISANI E. (2012) - Tectonostratigraphic evolution of the Jurassic extensional basins of the eastern southern Alps and Adriatic foreland based on an integrated study of surface and subsurface data. *AAPG bulletin*, **96**, pp. 2065-2089.

NORTON D. & PANICHI C. (1978) - Determination of the sources and circulation paths of thermal fluids: the Abano region, northern Italy. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **42**, pp. 1283-1294.

PICCOLI G., DAL PRÀ A., SEDEA R., BELLATI R., DI LALLO E., CATALDI R., BALDI P. & FERRARA G.C. (1973) - Contributo alla conoscenza del sistema idrotermale Euganeo-Berico. *Atti Accademia Nazionale Lincei*, **9**, pp. 103-131.

POLA M., FABBRI P., PICCININI L., MARCOLONGO E., ROSIGNOLI A., ZAMPIERI D., ROGHEL A., ONISTO S. & ZAMPIERI E. (2015a) - Anthropogenic impact on thermal aquifer: the case study of the Euganean Geothermal Field (NE Italy). *Rendiconti online Società Geologica Italiana*, **35**, pp. 240-243.

POLA M., FABBRI P., PICCININI L. & ZAMPIERI D. (2015b) - Conceptual and numerical models of a tectonically controlled geothermal system: a case study of the Euganean Geothermal System, Northern Italy. *Central European Geology*, **58**, pp. 129-151.

POLA M., GANDIN A., TUCCIMEI P., SOLIGO M., DEIANA R., FABBRI P. & ZAMPIERI D. (2014a) - A multidisciplinary approach to understanding carbonate deposition under tectonically controlled hydrothermal circulation: a case study from a recent travertine mound in the Euganean Hydrothermal System, northern Italy. *Sedimentology*, **61**, pp. 172-199.

POLA M., RICCIATO A., FANTONI R., FABBRI P. & ZAMPIERI D. (2014b) - Architecture of the western margin of the North Adriatic foreland: the Schio-Vicenza fault system. *Italian Journal of Geoscience*, **133**, pp. 223-234.

ROSIGNOLI A. (2003) - Studio geologico ed idrogeologico dei campi idrotermali di Galzignano ed Abano Terme. *Tesi di laurea inedita, Università di Padova*.

ZAMPIERI D. (1995) - Tertiary extension in the southern Trento Platform, southern Alps, Italy. *Tectonics*, **14**, pp. 645-657.

ZAMPIERI D., FABBRI P. & POLA M. (2009) - Structural constraints to the Euganean Geothermal Fields (NE Italy). *Rendiconti online Società Geologica Italiana*, **5**, pp. 238-240.

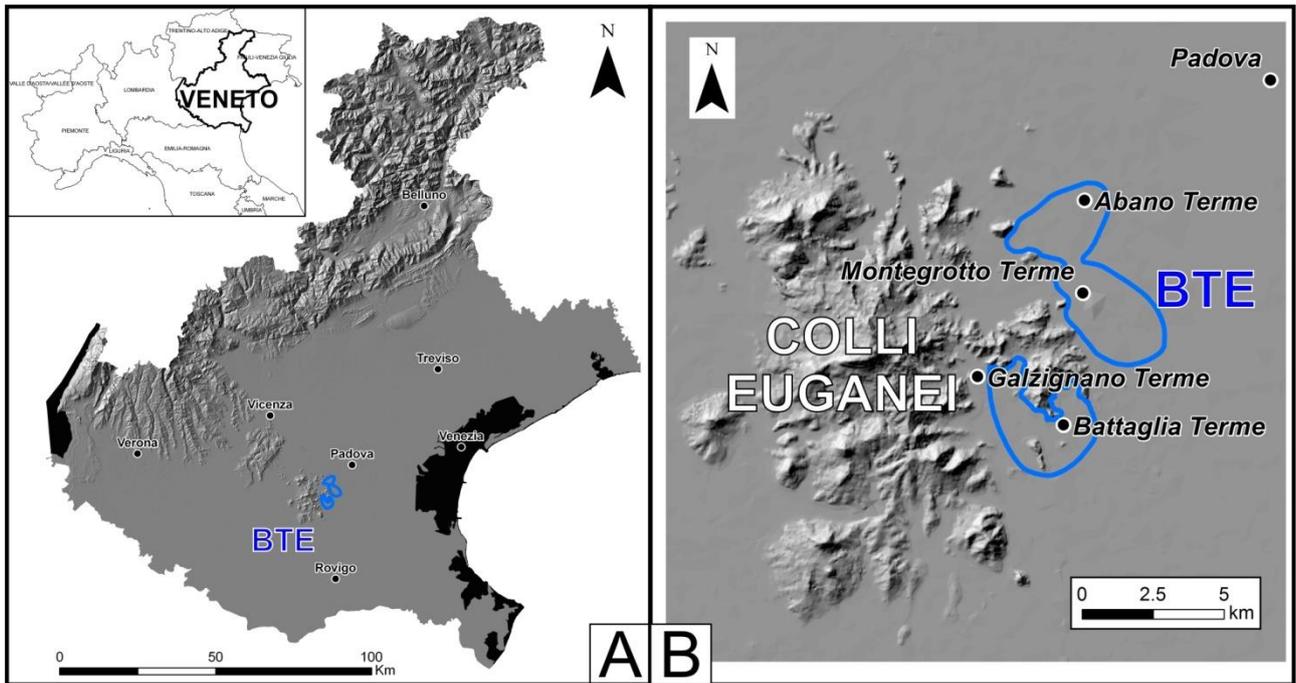


Figura 1 - Inquadramento geografico del Bacino Termale Euganeo. L'area termale è situata nella parte centrale del Veneto (A) ad Est dei colli Euganei e a Sud-Ovest di Padova (B).

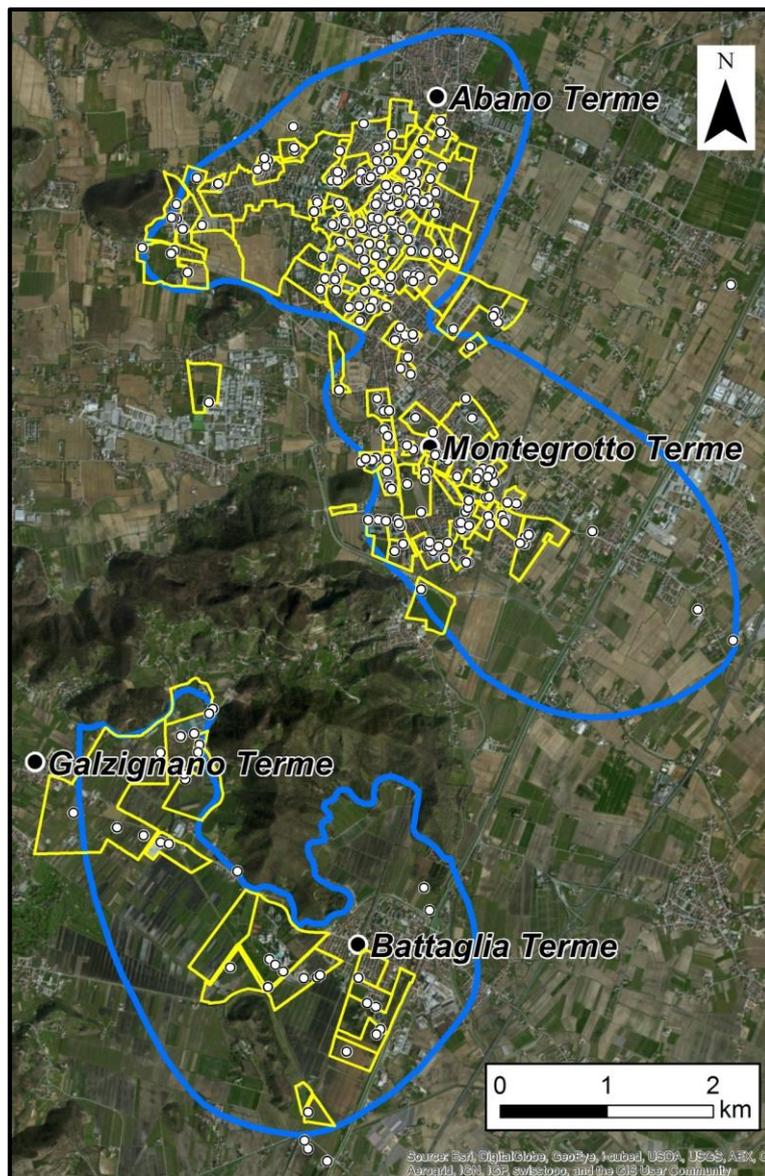


Figura 2 - Il Bacino Termale Euganeo è costituito da due aree termali principali (Abano Terme - Montegrotto Terme, a Nord, e Battaglia Terme - Galzignano Terme, a Sud) e copre un'area complessiva di 25 km<sup>2</sup>. Nella figura vengono riportate le numerose concessione minerarie (zone bordate di giallo) che interessano l'area termale e i numerosi pozzi perforati (in bianco).

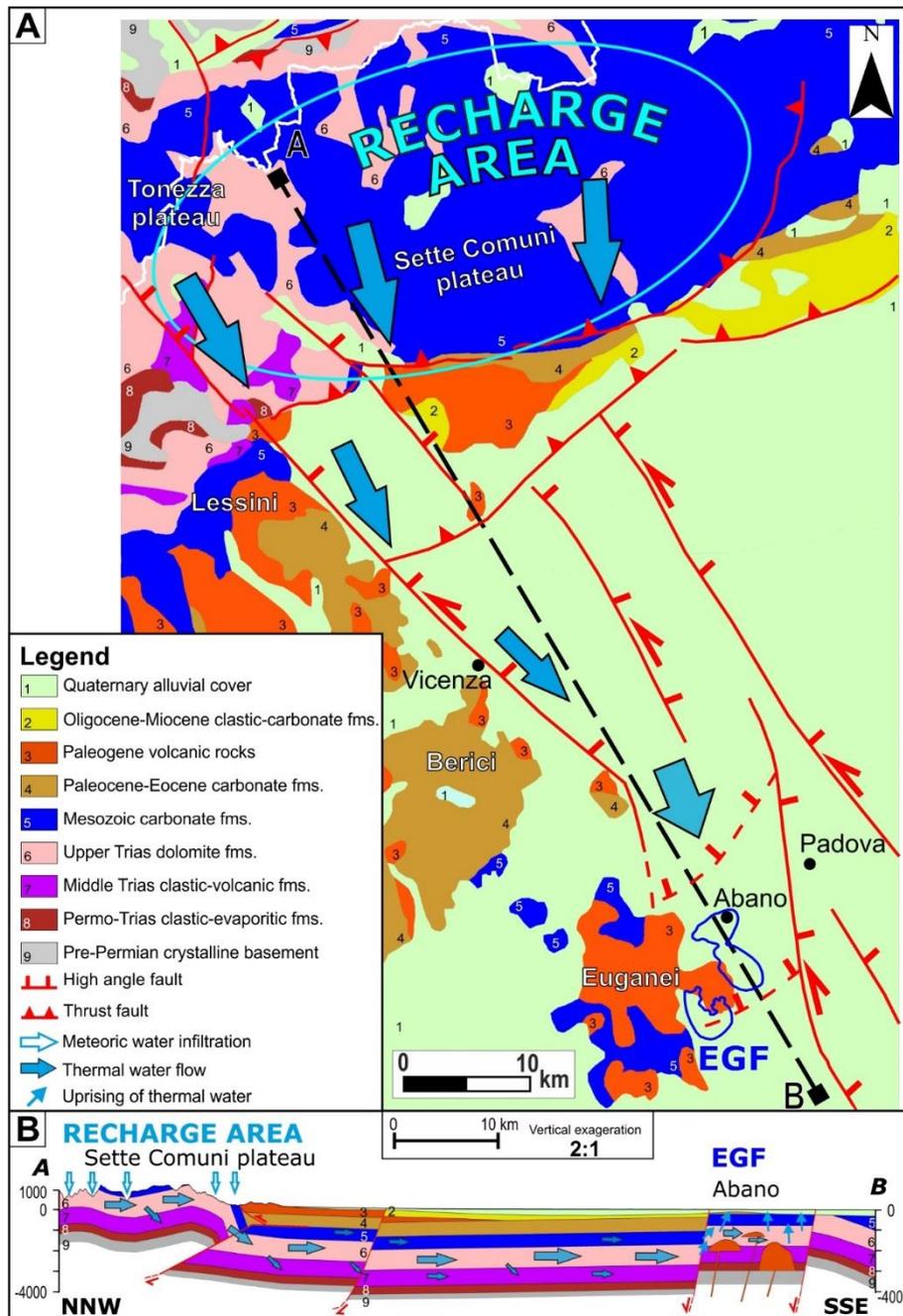


Figura 3 (tratta da Pola et al., 2015b) - Modello concettuale di circolazione del Sistema Geotermale Euganeo in pianta (A) e in sezione (B). Si noti l'influenza della faglia Schio-Vicenza nello sviluppo del sistema termale (A) e la continuità delle formazioni carbonatiche Mesozoiche dalla zona di ricarica alla zona di captazione dei fluidi termali (B). L'acronimo EGF in entrambe le immagini indica il Bacino Termale Euganeo.

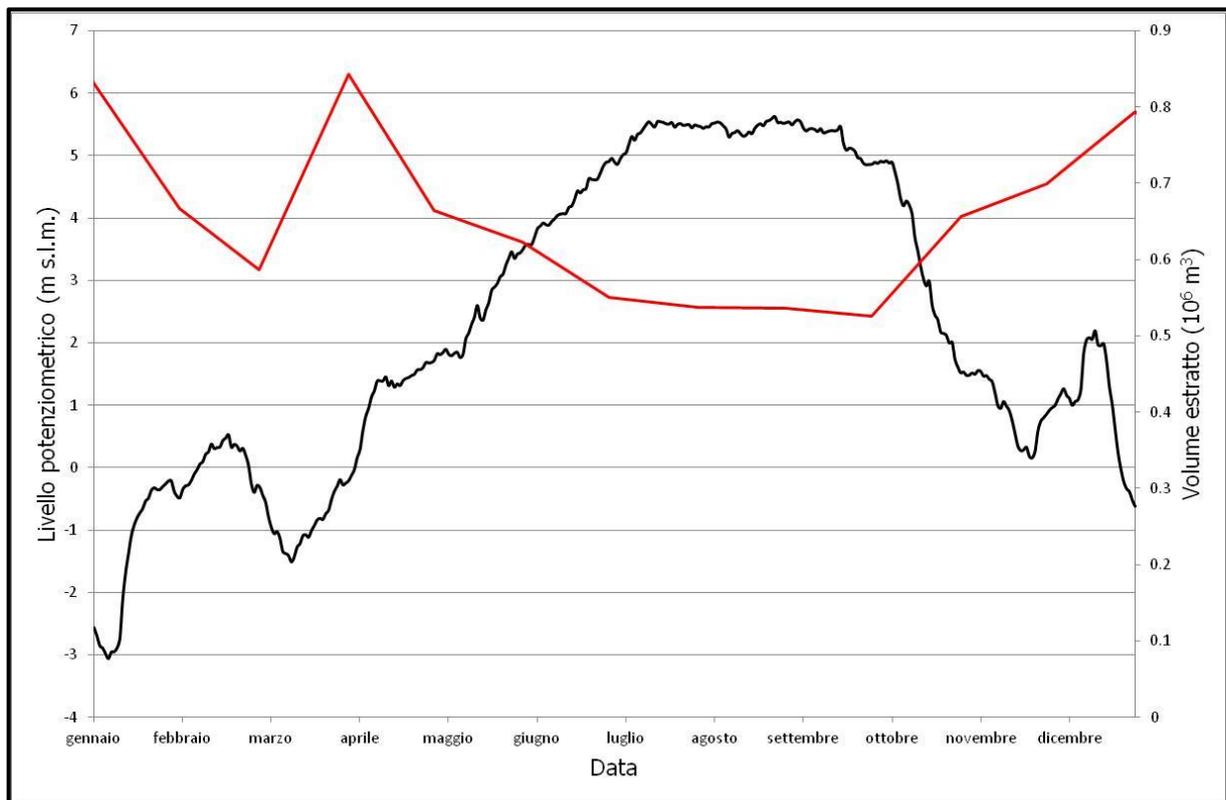


Figura 4 (tratta da Pola et al., 2015a) - Regime annuale del livello potenziometrico nel Bacino Termale Euganeo. Nel grafico è stato utilizzato il livello registrato dell'idrometrografo Rigati 2 (linea nera) e i consumi mensili dell'area termale Abano Terme relativi (linea rossa) nel 2011.