

Richiedente: **LIFENERGY S.r.l.**



**REGIONE VENETO  
PROVINCIA DI VICENZA**

**Permesso di ricerca di risorse geotermiche  
"MONTECCHIO PRECALCINO".**

**Istanza di Verifica di Assoggettabilità a V.I.A.  
per le attività di ricerca bibliografica (a\*), rilievo idrogeologico  
(b\*) ed indagine di sismica passiva (c\*)**

*\* voci del programma lavori*

**2-Relazione geologico-tecnica**

LUGLIO 2014

## Sommario

0 – PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
1 - POSSIBILITÀ TECNICO-ECONOMICHE DI UTILIZZAZIONE DEI FLUIDI GEOTERMICI ED OBIETTIVI FINALI DELLA RICERCA.....	4
2 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DEL PERMESSO DI RICERCA.....	8
2.1 <i>Forme antropiche</i> .....	11
3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE .....	13
3.1 – <i>Tettonica della microplacca Adria</i> .....	13
3.2 - <i>Inquadramento geologico-strutturale</i> .....	14
3.3 – <i>La faglia di Schio-Vicenza</i> .....	18
3.4 – <i>Successione stratigrafica del Recoarese</i> .....	20
3.5 – <i>Litologie nella zona del permesso di ricerca</i> .....	24
4 – CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA.....	27
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTERMICA.....	34
5.1 <i>Circolazione dei fluidi e geochimica delle acque</i> .....	34
5.2 <i>Modello concettuale di riferimento per la ricerca geotermica</i> .....	37
5.3 <i>Dati geofisici disponibili - contributo al modello geotermico preliminare</i> .....	42
6 – DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DEI LAVORI DELLA RICERCA.....	46
6.1 <i>Le opere in progetto</i> .....	51
7 DESCRIZIONE DELLE OPERZIONI SOGGETTE A VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' A V.I.A.....	51
8 DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE .....	56
8.1 <i>Criteri e tecnologie di perforazione</i> .....	57
8.2 <i>Sismicità dell'area</i> .....	61
9 CRONOPROGRAMMA.....	65
BIBLIOGRAFIA e Fonti utilizzate .....	66

## 0 – PREMESSA E RIFERIMENTI NORMATIVI.

Il presente documento, elaborato 2, a corredo dell'istanza per ottenere il permesso di ricerca per risorse geotermiche denominato **“Montecchio Precalcino” (P.R.)**, che si estende in parte del territorio dello stesso **Comune di Montecchio Precalcino, del Comune di Breganze, del Comune di Dueville, del Comune di Sandrigo, del Comune di Sarcedo e del Comune di Villaverla in Provincia di Vicenza** esplicita, ai sensi del D.Lgs. 11 Febbraio 2010 n. 22 e s.m.i., DPR 395/1991 e D.G.R. 985 del 18/06/2013, i contenuti del programma dei lavori di ricerca (elaborato 1 alla domanda del permesso di ricerca).

L'istanza in oggetto è stata presentata alla Regione Veneto in data 5/7/2013 e protocollata al n. 307847 del 18/7/2013. A seguito della pubblicazione del relativo avviso sul Bollettino Ufficiale Regionale n.68 del 9/8/2013, non sono pervenute, entro il termine previsto di 60 gg, domande in concorrenza. Si è proceduto quindi alla stesura della relativa documentazione, finalizzata al rilascio del Permesso di Ricerca "Montecchio Precalcino" da parte dell'autorità competente.

Nel dettaglio, il programma dei lavori comprende quindi anche una relazione tecnica e geologica, con una descrizione degli aspetti geografici e geologico-strutturali specifici dell'area di ricerca. Vengono inoltre esplicitati i temi di ricerca che si intendono sviluppare con il presente P.R., in riferimento al raggiungimento degli obiettivi minerari, all'estensione dell'area richiesta e alla conformazione dei territori interessati. In particolare, le attività di ricerca ai fini del presente studio ambientale, si concretizzano con la realizzazione di approfondimenti bibliografici, realizzazione di un rilievo idrogeologico e di prove geofisiche di sismica passiva, al fine di verificare le condizioni geologico-stratigrafiche dell'area di interesse, da confrontare con i dati bibliografici già presenti relativamente al pozzo profondo Villaverla 1 e di sismica cognitiva, in modo da ricavare un quadro completo dell'esistenza, delimitazione e caratteristiche geostutturali ed idrogeologiche del giacimento del fluido geotermico ricercato. In particolare, l'indagine geofisica oggetto dello studio ambientale attuale, consentirà una migliore definizione delle caratteristiche geologico-strutturali e geotermiche per l'ubicazione del primo pozzo esplorativo profondo che, pur essendo contenuto nel programma dei lavori di ricerca, potrà essere eseguito solo in seguito all'acquisizione di specifica autorizzazione ambientale da richiedere separatamente e successivamente.

Vengono infatti descritti i lavori di ricerca già eseguiti da AGIP (visionati dal progetto VIDEPI e dal sito del ministero UNMIG) che hanno reso disponibile:

- dati di indagini sismiche in prossimità dell'area del P.R.;
- dati provenienti dalla realizzazione del pozzo di ricerca per idrocarburi “Villaverla 1”, che ricade all'interno del P.R., di cui disponiamo di tutta la documentazione tecnica, log geofisico, log stratigrafico e dai quali è possibile ricavare una valutazione della porosità e analisi chimiche del serbatoio superiore;
- dati provenienti dalla realizzazione del pozzo di ricerca per idrocarburi “Vicenza 1” che consentono di attestare una continuità del serbatoio più superficiale per aree piuttosto estese (distanza tra Villaverla1 e Vicenza1 di circa 9 km).

Sono disponibili inoltre numerose pubblicazioni che descrivono le condizioni geologiche strutturali dell'area di interesse, attestando l'isolamento tra il primo e secondo *reservoir*, con tetto rispettivamente a circa 1400 m e 3800 m di profondità, grazie alla presenza di uno spessore di circa 1000 m di trachiti.

Si presentano quindi le condizioni geologico strutturali e geotermiche necessarie all'avvio delle attività di ricerca. Le indagini bibliografiche già condotte e i possibili rilievi geologici e geofisici di superficie, non necessitano di permessi e autorizzazioni particolari data la loro natura assolutamente non impattante con il territorio. In particolare, viene descritto il rilievo geofisico tramite tecniche di *array sismici* (sismica passiva a bassa frequenza).

Tali attività permettono comunque di delineare, in modo esaustivo, le caratteristiche del primo serbatoio e di confermare le caratteristiche ipotizzate del secondo serbatoio.

Vengono inoltre descritte in via preliminare le possibilità tecnico-economiche di utilizzazione dei fluidi geotermici, eventualmente rinvenuti nella ricerca, per la realizzazione di impianti di teleriscaldamento e la produzione di energia elettrica.

Per ogni attività operativa di ricerca proposta vengono infine indicati i mezzi e le tecniche da utilizzare nonché la previsione degli impegni di spesa e dei relativi tempi di esecuzione anche in relazione alla durata richiesta per il permesso.

L'esatta ubicazione del pozzo esplorativo non è puntualmente definita in questa fase, ma sarà stabilita in relazione all'esito dei risultati dei dati raccolti con le prospezioni geofisiche e degli altri dati disponibili, nel rispetto dei vincoli ambientali presenti e che possa soddisfare tutti i requisiti di idoneità necessari per una corretta realizzazione della perforazione. Caratteristiche più dettagliate del progetto di sviluppo geotermico potranno essere definite solo a seguito dell'esito di una perforazione esplorativa profonda. In funzione delle caratteristiche dell'eventuale sistema geotermico individuato, potrà essere valutata la tecnologia utilizzabile e stabilito se avviare progetti di sviluppo geotermico ad alta o media entalpia.

Si precisa che il presente documento rappresenta anche il Progetto Preliminare di ricerca geotermica da realizzarsi nell'ambito del Permesso di Ricerca di risorse geotermiche denominato "Montecchio Precalcino" e contiene i dettagli degli interventi che si intendono autorizzare dal punto di vista ambientale. In tal senso dunque il presente Progetto Preliminare costituisce parte integrante dell'istanza di Verifica di Assoggettabilità alla Valutazione d'Impatto Ambientale presentata da Lifenergy all'autorità competente per il progetto rappresentata dalla Provincia di Vicenza, ai sensi dell'art.20 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., nonché della D.G.R.V. n.575 del 03/05/2013.

## 1 - POSSIBILITÀ TECNICO-ECONOMICHE DI UTILIZZAZIONE DEI FLUIDI GEOTERMICI ED OBIETTIVI FINALI DELLA RICERCA

Il più comune criterio di classificazione delle risorse geotermiche si basa sull'entalpia dei fluidi, che trasferiscono il calore dalle rocce calde profonde alla superficie. L'entalpia, che può essere considerata più o meno proporzionale alla temperatura, è usata per esprimere il contenuto termico (energia termica) dei fluidi, e dà un'idea approssimativa del loro "valore". Le risorse sono divise in risorse a bassa, media ed alta entalpia (o temperatura), secondo diversi criteri. La Tab. 1 riporta le classificazioni proposte da alcuni esperti. Quando si parla di fluidi geotermici è bene, comunque, indicare la loro temperatura, o almeno un intervallo di temperatura, perché i termini bassa, media o alta possono avere significati diversi e creare errori di interpretazione.

**Tab. 1 - Classificazione delle risorse geotermiche in base alla temperatura (°C).**

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
Risorse a bassa entalpia	< 90	<125	<100	=150	=190
Risorse a media entalpia	90-150	125-225	100-200	-	-
Risorse ad alta entalpia	>150	>225	>200	>150	>190

Rif: (a) Muffler and Cataldi (1978). (b) Hochstein (1990). (c) Benderitter and Cormy (1990). (d) Nicholson (1993).  
(e) Axelsson and Gunnlaugsson (2000)

Frequentemente viene fatta una suddivisione tra sistemi geotermici ad acqua dominante e sistemi geotermici a vapore dominante o a vapore secco (White, 1971). Nei sistemi ad acqua dominante, l'acqua liquida è la fase continua, che controlla la pressione. Vapore può essere presente, in forma di bolle. Questi sistemi geotermici, la cui temperatura può andare da 125° a 225°C, sono i più diffusi nel mondo. Essi possono produrre, in funzione dalla loro temperatura e pressione, acqua calda, una miscela di acqua e vapore, vapore umido e, in alcuni casi, vapore secco. Nei sistemi a vapore dominante normalmente coesistono nel serbatoio acqua liquida e vapore, che è la fase continua e controlla la pressione. Sono sistemi ad alta temperatura e normalmente producono vapore secco o surriscaldato. I sistemi geotermici di questo tipo sono piuttosto rari; i più conosciuti sono Larderello in Italia e The Geysers in California.

In riferimento alla classificazione delle risorse geotermiche la normativa vigente in materia ed in particolare il D. Lgs. n. 22 del 11/02/2010 all'art. 1 comma 2 stabilisce quanto segue Tab. 2

**Tab. 2 - Classificazione delle risorse geotermiche in base alla temperatura (°C) da D.Lgs 22/2010.**

Risorse a bassa entalpia	< 90
Risorse a media entalpia	90-150
Risorse ad alta entalpia	>150

Vista la situazione geologica, geostrutturale e geotermica di inquadramento dell'area di ricerca definita nei paragrafi precedenti, la zona ha tutte le caratteristiche per essere presa in considerazione per una ricerca esplorativa che abbia possibilità tecnico-economiche di riuscita.

Il proponente dovrà eseguire una perforazione esplorativa profonda per appurare definitivamente la presenza, la quantità sfruttabile e la qualità della risorsa geotermica.

Il progetto di ricerca in oggetto si pone l'obiettivo di individuare risorse geotermiche di media-alta entalpia ad acqua dominante, ai fini della produzione di energia elettrica o di impianti di teleriscaldamento con temperatura di 130 °C e portate variabili da un minimo di 70 l/s ad un massimo di 140 l/s (comunque sempre da valutare in relazione ai risultati del pozzo esplorativo).

Le stime eseguite sulla base dei dati fino ad ora acquisiti (studi preliminari con valutazioni geologico strutturali, geochimiche e dati di precedenti perforazioni) portano a individuare una profondità massima di 4.300 m la presenza di un *reservoir* geotermico con le caratteristiche entalpiche prima elencate per il raggiungimento degli obiettivi della ricerca di fluidi geotermici per la produzione di energia elettrica.

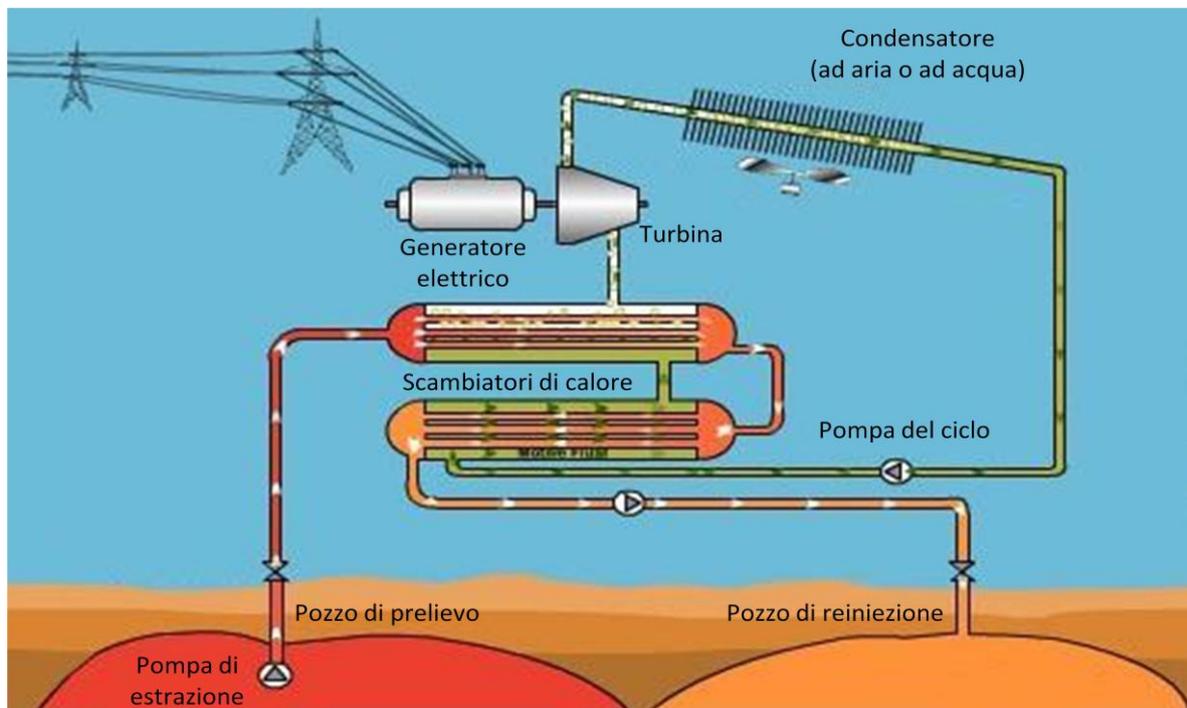
Qualora venga rinvenuta la risorsa e sia economicamente sfruttabile, per ridurre il potenziale impatto sullo sfruttamento del fluido geotermico e sull'ambiente si prevede fin da ora la reimmissione dei fluidi raffreddati con pozzi di resa, da prevedersi eventualmente nella fase di concessione di coltivazione del giacimento.

In via preliminare ed in relazione alle caratteristiche attese dei fluidi geotermici, si ritiene che la tecnologia più appropriata e capace di garantire il minor impatto ambientale per la produzione di energia elettrica, sia quella dei cicli binari di tipo ORC (Organic Rankine Cycle). La tecnologia ORC è una tecnologia ormai matura e collaudata, applicata con successo a partire dagli anni '70. Attualmente si contano più di 200 unità produttive in esercizio in tutto il mondo.

Tali sistemi permettono di sfruttare il calore geotermico per produrre energia elettrica con risorse a liquido dominante a media o ad alta entalpia (temperature normalmente tra i 90° e i 180°).

La valutazione definitiva dovrà comunque essere eseguita in relazione ai risultati della perforazione esplorativa.

In questa tipologia di centrale il fluido geotermico viene prelevato dall'acquifero mediante una pompa di estrazione (Fig. 1).



**Fig. 1 – Schema semplificato del ciclo binario di tipo ORC**

Quest'ultima assolve anche l'importante funzione di mantenere in pressione il fluido, scongiurando il fenomeno del "flashing" ed evitando fenomeni di "scaling" sulle superfici dei componenti. Il fluido caldo cede parte della sua energia termica in una batteria di scambiatori di calore per poi essere reimpresso nel sottosuolo. La pratica della reiniezione integrale nel sottosuolo consente inoltre di mantenere costante la ricarica del serbatoio dal punto di vista idraulico, condizione fondamentale per una corretta e razionale gestione della risorsa geotermica. Il calore prelevato alimenta un ciclo termodinamico tipo Rankine consentendo l'evaporazione di un secondo fluido, detto di lavoro, caratterizzato da favorevoli proprietà che lo rendono vincente per questo tipo di applicazioni. Una volta terminata la vaporizzazione del fluido di lavoro, l'energia del vapore viene convertita in energia meccanica mediante l'espansione in turbina e successivamente in elettrica mediante il generatore. Il vapore scaricato dalla turbina viene poi condensato mediante aria o acqua e riportato alla pressione di lavoro per mezzo di una pompa. Il fluido rientra successivamente nello scambiatore di calore ripercorrendo il ciclo termodinamico.

Tale metodo presenta notevoli vantaggi di tipo ambientale in quanto si tratta di un circuito chiuso con nessuna emissione verso l'atmosfera di gas dannosi e nocivi provenienti dal vapore o dall'acqua del serbatoio geotermico.

Le centrali a ciclo binario offrono numerosi vantaggi:

1. Il minore impatto paesaggistico ed ambientale fra tutti i tipi di centrali geotermiche in quanto il fluido geotermico risulta confinato durante l'intero processo.
2. La scelta di un opportuno fluido di lavoro permette di raggiungere efficienze di conversione energetica relativamente elevate tenuto conto dei livelli termici comunque limitati delle risorse (inferiori a 200 °C).

3. Per la produzione di elettricità possono essere impiegate fonti energetiche anche a media entalpia non utilizzabili dalle centrali a vapore geotermico.
4. Si riducono drasticamente i problemi di incrostazione e di erosione tipici degli impianti geotermoelettrici a vapore a vantaggio della durata e affidabilità dell'impianto. Per evitare lo scaling da carbonati alcalini vengono in genere installate delle pompe sommerse capaci di mantenere il fluido in pressione. Diversamente, le incrostazioni da silice vengono ridotte al minimo controllando opportunamente le proprietà del fluido geotermico durante la cessione dell'energia termica al fluido di lavoro e durante la reiniezione.
5. Possono rivelarsi una scelta tecnica ed economica molto vantaggiosa, nonostante l'elevato costo unitario per la capacità installata, grazie all'elevata producibilità annua, affidabilità, sostenibilità ambientale e alla riduzione dei tempi di costruzione in sito del sistema.

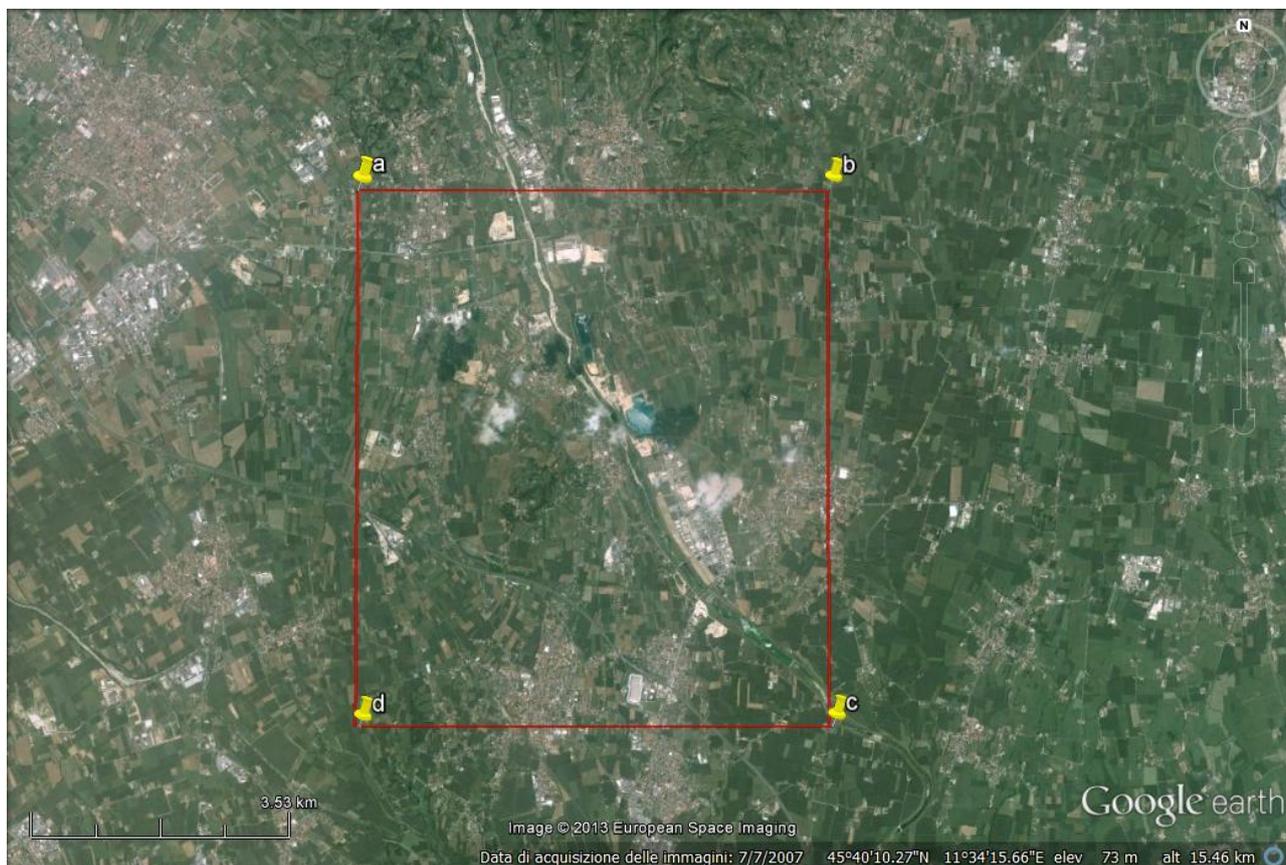
Viste le suddette considerazioni tecniche previsionali preliminari si ritiene che, nel caso siano verificate le condizioni del giacimento alle profondità sopra indicate, sussistano in linea generale buone possibilità tecnico-economiche di utilizzazione dei relativi fluidi per la produzione di energia.

Tale opportunità è coerente con le attuali politiche energetiche di promozione dello sviluppo delle energie rinnovabili, contribuendo a ridurre l'immissione in atmosfera di CO<sub>2</sub> e consentendo allo stesso tempo uno sviluppo economico ed occupazionale del territorio.

La valutazione tecnico economica finale del progetto, che dipende innanzitutto dalla resa termodinamica del fluido geotermico da ricercare, potrà essere comunque verificata e validata solo dopo l'ultimazione della presente fase di ricerca.

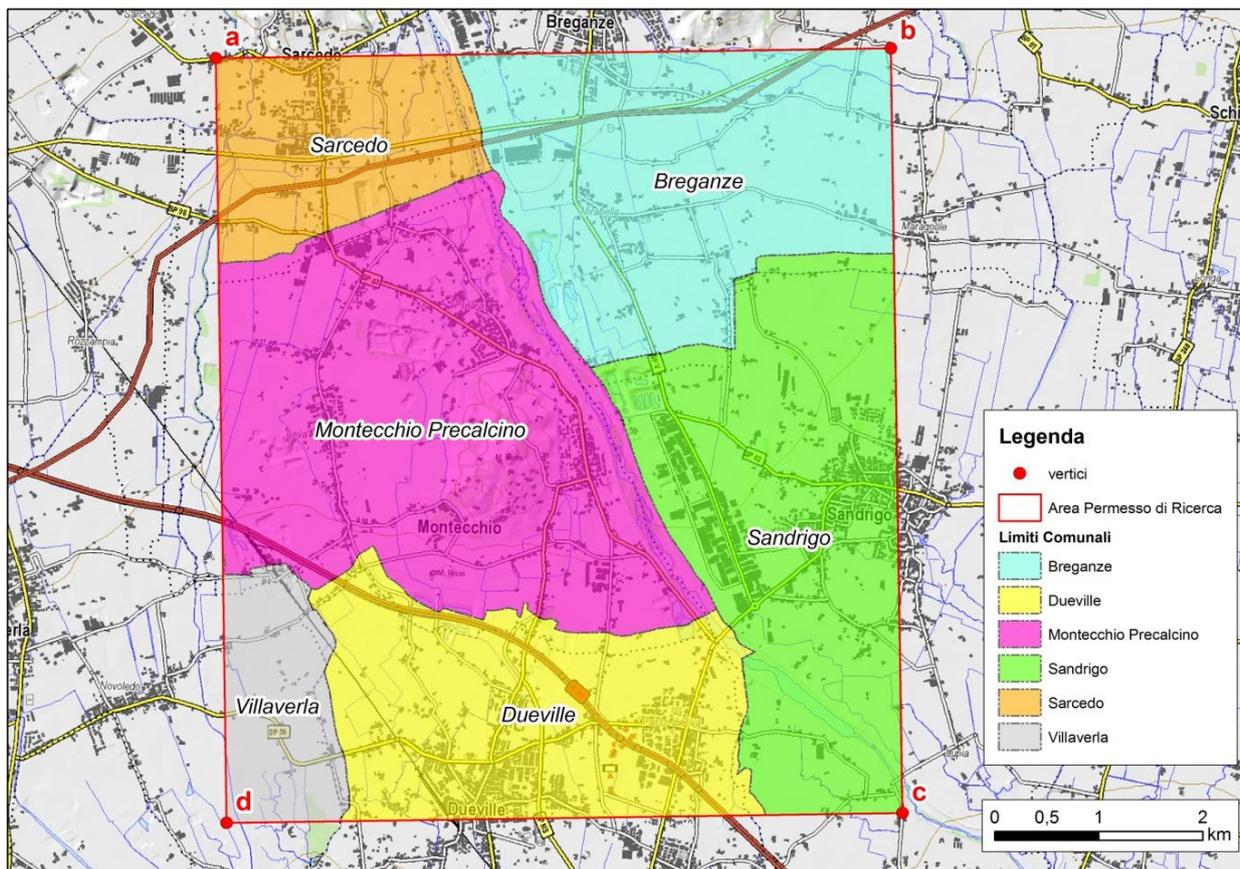
## 2 – INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DEL PERMESSO DI RICERCA.

L'area di ricerca si colloca nella porzione centrale della Regione Veneto ed in particolare a Nord della città di Vicenza, in corrispondenza della valle del Fiume Astico (Fig. 2). I terreni sono prevalentemente pianeggianti fatta eccezione per i modesti rilievi isolati che occupano i territori comunali di Sarcedo e Montecchio Precalcino. In particolare, il Monte Bastia (mt. 160 s.l.m.) si colloca nella parte centrale del permesso richiesto.



**Fig. 2. Area del Permesso di ricerca su immagine da GOOGLE EARTH.**

Nel dettaglio la zona, che si estende per una superficie totale di 48 Km<sup>2</sup>, ricade all'interno del limite amministrativo della Provincia di Vicenza. L'area di ricerca interessa in parte i territori dei seguenti comuni: Sarcedo, Breganze, Montecchio Precalcino, Sandrigo, Villaverla e Dueville in Provincia di Vicenza (Fig. 3).



**Fig. 3. Area del Permesso di ricerca con indicazione dei limiti comunali**

L'area del Permesso di ricerca è stata definita in base ai criteri dell'art. 9 del D.P.R. n.395 del 27/05/1991, che prevede un'area che risulti continua e delimitata da archi di meridiano e di parallelo di lunghezza pari ad un primo o ad un multiplo di esso (comma 1). Nel dettaglio, l'area è definita dai seguenti vertici espressi in coordinate geografiche (Tab. 3 - Sistema di Riferimento Roma 40 e Fig. 4). In ottemperanza alla recente normativa regionale (D.G.R. 985 del 18/06/2013 - Allegato A), i vertici del permesso di ricerca sono riportati anche in coordinate geografiche del Sistema di Riferimento WGS 84 (Tab. 4).

vertice	longitudine E	latitudine N
A	-0° 56' 00"	45° 42' 00'
b	-0° 51' 00"	45° 42' 00"
c	-0° 51' 00"	45° 38' 00"
d	-0° 56' 00"	45° 38' 00"

**Tab. 3. Elenco coordinate dei vertici del permesso di ricerca (Sistema di Riferimento: Roma 40).**

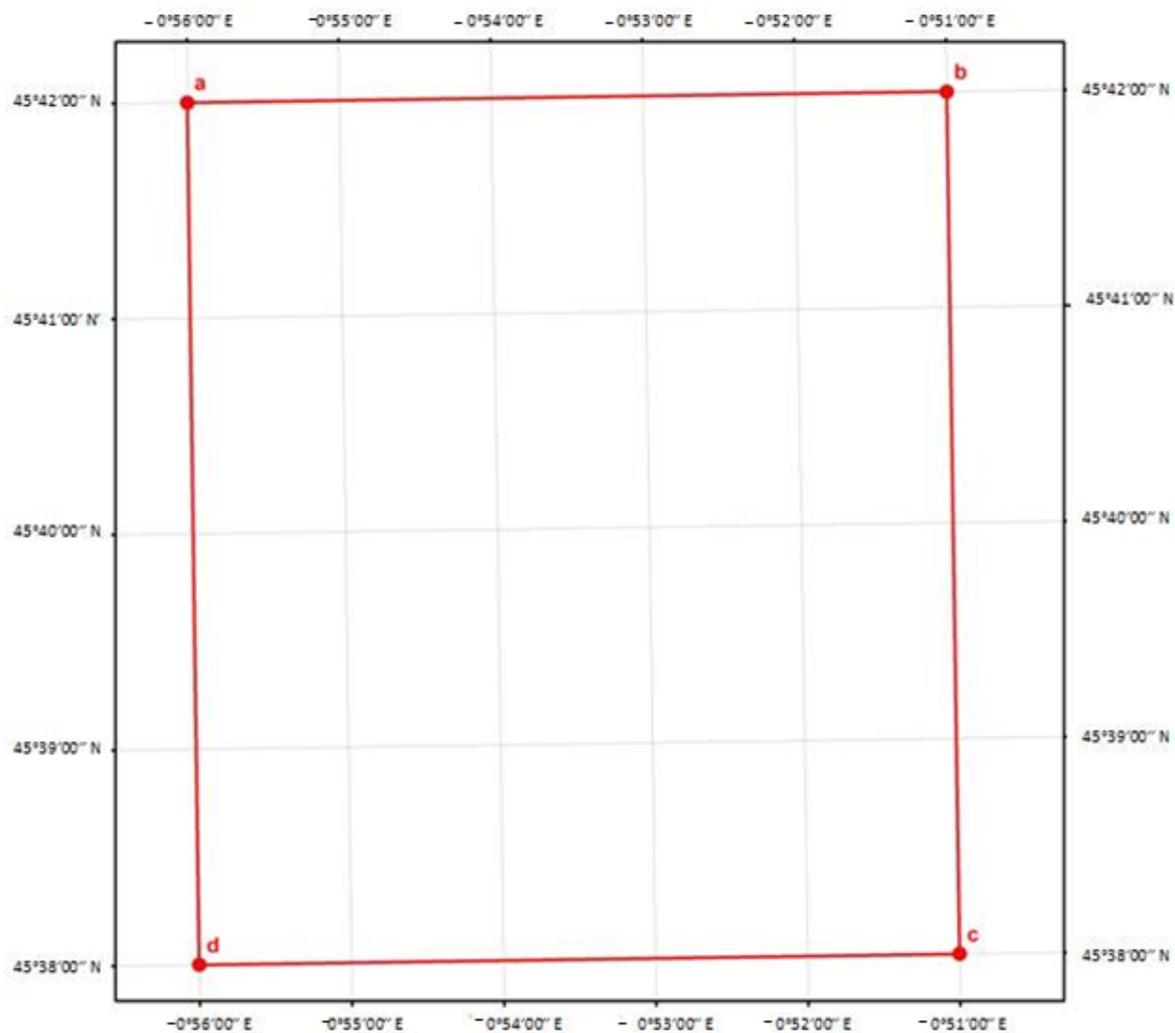
vertice	longitudine E	latitudine N
a	11° 31' 07,6"	45° 42' 02,4"
b	11° 36' 07,6"	45° 42' 02,4"
c	11° 36' 07,6"	45° 38' 02,4"
d	11° 31' 07,6"	45° 38' 02,4"

**Tab. 4. Elenco coordinate dei vertici del permesso di ricerca (Sistema di Riferimento: WGS 84).**

L'area così definita risponde ai requisiti del comma 2 del sopracitato articolo 9 del DPR 395/1991, secondo i quali la distanza tra i vertici estremi del P.R. (9,844 Km) non deve essere superiore a quattro volte la lunghezza media dell'area, intesa come altezza del rettangolo equivalente avente per base tale distanza, nello specifico pari a 4,876 x 4 Km.

Le cartografie IGM in scala 1:100.000 interessate dal presente Permesso di Ricerca sono il Foglio 37 – Bassano del Grappa ed il Foglio 50 - Padova.

Ai sensi del punto e) del comma 2 dell'art. 6 del D.P.R. n° 395 del 27/5/1991 si precisa che il perimetro sopra definito non interseca il perimetro di alcuna concessione di coltivazione di risorse geotermiche o permessi di ricerca già accordati e confermati; non si rilevano inoltre intersezioni con la frontiera dello Stato, né con la linea costiera.



**Fig. 4. Area del Permesso di ricerca con indicazione dei vertici (su reticolo geografico Roma 40).**

L'area del P.R. si estende per una lunghezza massima inferiore a 8 Km in direzione Nord-Sud ed una larghezza massima di circa 6,5 Km in direzione Est-Ovest.

La distanza del P.R. dalla linea di costa attuale del mar Adriatico risulta essere al minimo di circa 65 Km (in linea d'aria) per la porzione Ovest del perimetro del permesso di ricerca.

Dal punto di vista orografico, l'area si estende nella pianura veneta, ai piedi delle Prealpi ed è attraversata dal Torrente Astico, che scorre secondo un asse NNO-SSE, determinando il confine di Sarcedo e Montecchio Precalcino con Breganze.

Dal punto di vista infrastrutturale l'area è attraversata lungo la direzione O-SE dall'autostrada Valdistico A31. Si rileva inoltre una buona viabilità secondaria rappresentata principalmente dalla seguenti strade provinciali:

- S.P. di Novoledo n.50, in direzione O-E, che collega Novoledo a Povolaro;
- S.P. di Fara n.67, in direzione N-SE, che collega Fara Vigentino alla S.S. 248.

Esiste inoltre una rete di viabilità minore facente campo a strade comunali, vicinali e campestri che ben compenetrano il tessuto rurale del territorio.

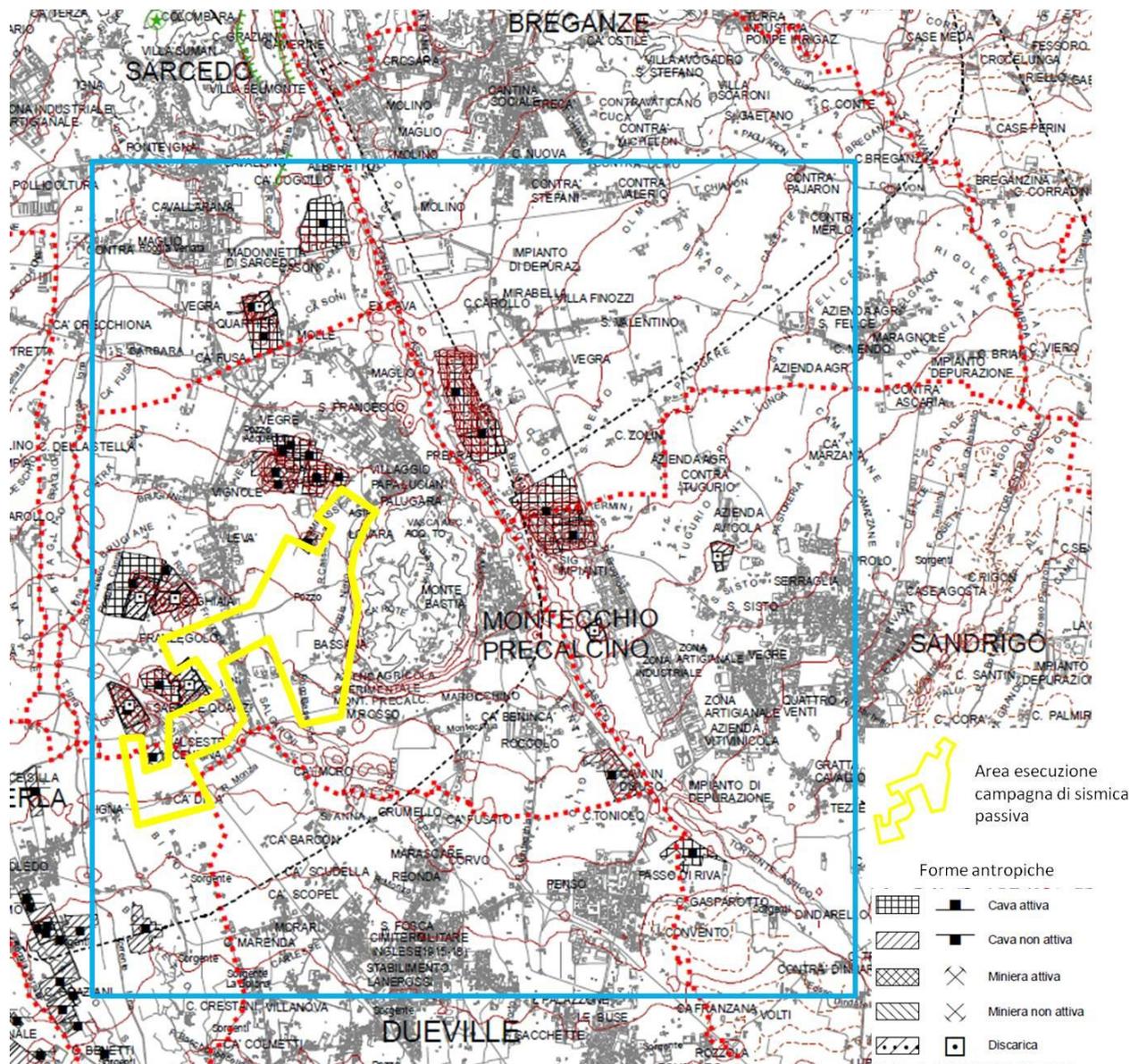
## **2.1 Forme antropiche**

I principali insediamenti antropici nell'area di ricerca sono rappresentati dai centri di Contrà e una piccola porzione a S dell'abitato di Breganze, nella porzione più settentrionale dell'area, e dai paesi di Montecchio Precalcino, Dueville e Sandrigo nella porzione S. Numerose abitazioni sparse e piccoli agglomerati rurali caratterizzano il resto del territorio d'interesse.

Nell'area del P.R. si rilevano numerose attività estrattive, di cui alcune dismesse e altre in piena attività ed aree industriali ed artigianali piuttosto significative e localizzate in gran parte delle porzioni territoriali del P.R.. La Fig. 5 mostra le forme antropiche, cave, miniere e discariche, cartografate ed estratte, per l'area del P.R., dalla carta geomorfologica del PTCP di Vicenza, distinguendole in attive od inattive.

La quasi totalità delle cave presenti, prevalentemente adibite all'estrazione di sabbie, ghiaie e materiali inerti, risultano attive. Si rilevano comunque anche ex aree estrattive alcune delle quali già ripristinate o in fase di ripristino ambientale. Aree adibite allo smaltimento dei rifiuti si concentrano per lo più a W del centro abitato di Montecchio Precalcino, in prossimità del limite W del P.R. stesso. Non sono invece cartografate miniere.

L'area individuata per l'esecuzione delle indagini di sismica passiva (poligono giallo di Fig. 5), non include alcuna delle forme antropiche cartografate.

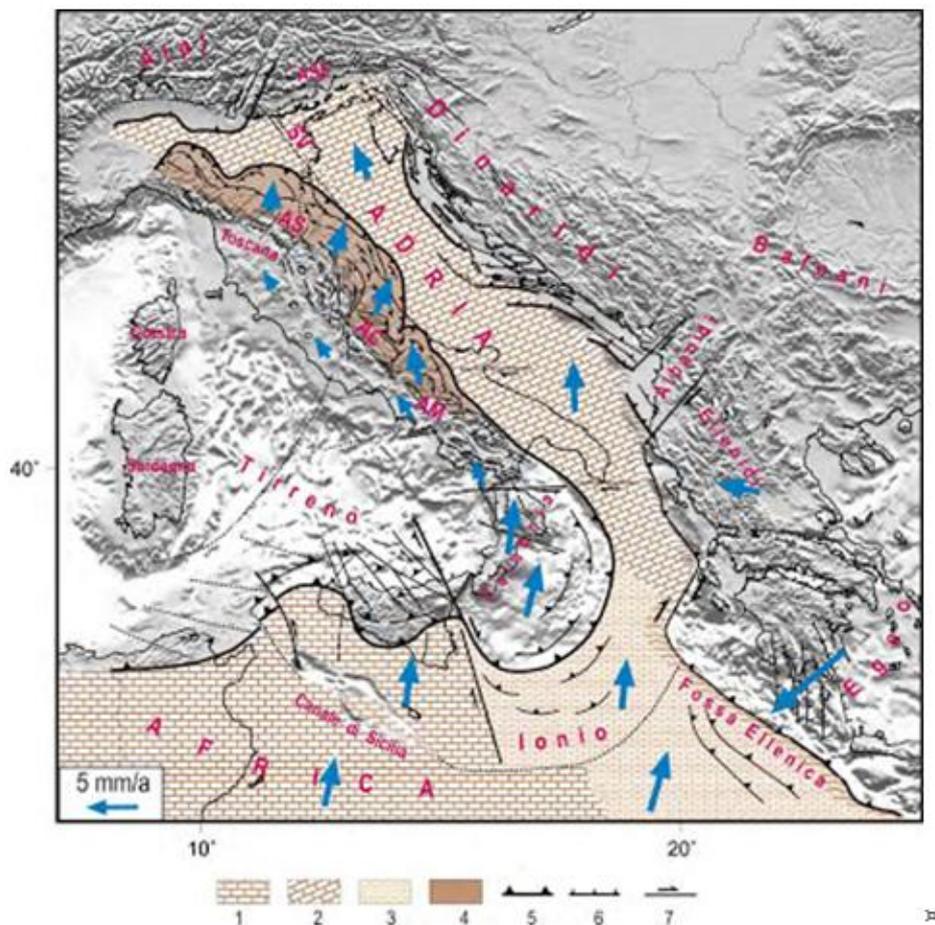


**Fig. 5. Estratto della Carta Geomorfologica del PTCP di Vicenza. Il poligono giallo che delimita l'area individuata per l'esecuzione delle indagini di sismica passiva, non include alcuna delle forme antropiche cartografate.**

### 3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

#### 3.1 – Tettonica della microplacca Adria

L'area del permesso di ricerca si colloca all'interno di un sistema tettonico complesso, conseguenza di stress che coinvolgono a più ampia scala la placca Adria, geograficamente collocata lungo il mar Adriatico, e la pianura Padana-Veneta (Fig. 6).



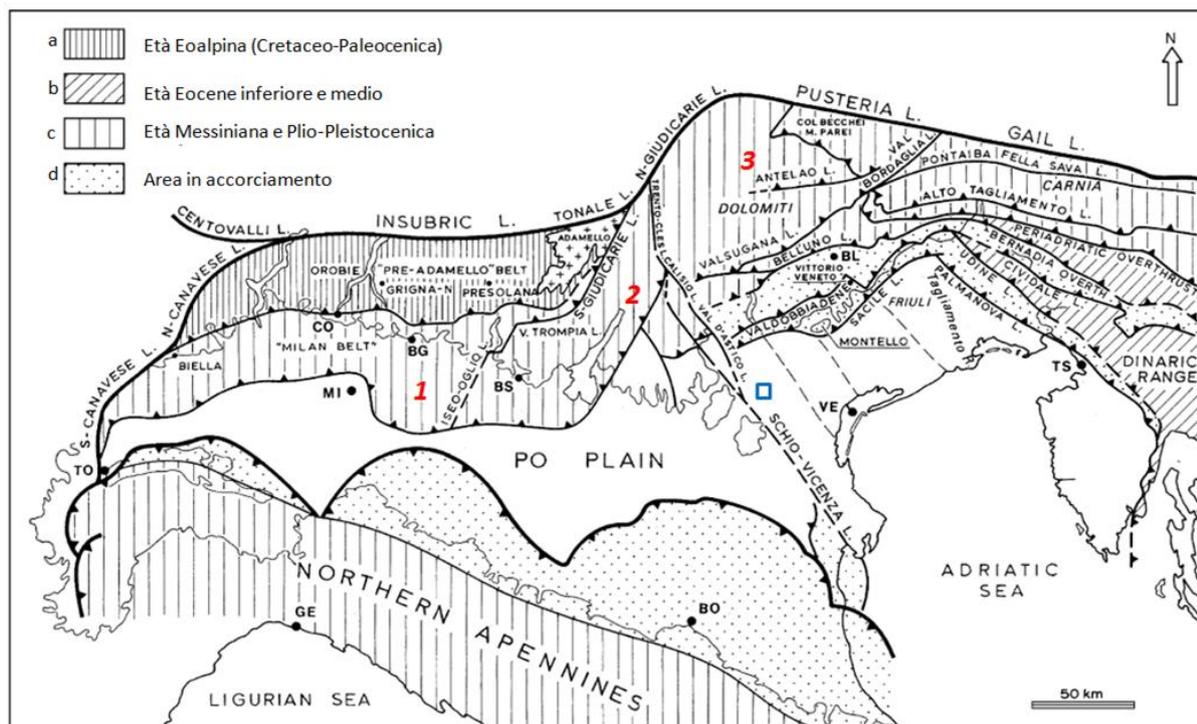
**Fig. 6. Schema tettonico estratto da Balocchi (2012).** Legenda: 1-Placca Africana; 2-Microplacca Adria; 3-Area di transizione; 4-Catena Appenninica; 5-Fronte catena Appenninica; 6-Faglie normali; 7-Faglie trascorrenti (Sv Schio Vicenza)

Secondo Channell (1996), la placca Adria rappresenta un promontorio della placca Africana che, a seguito della collisione continentale a Nord tra la placca Europea e Adria, ha determinato la formazione della catena Alpina, con subduzione a Sud della placca Europea ed il sovrascorrimento della placca Adria (Bally et al., 1985).

La faglia di Schio-Vicenza, una trascorrente sinistra Plio-Quaternaria svolge un ruolo di svincolo cinematico della placca Adria settentrionale, mettendo a contatto le Alpi meridionali orientali a quelle centro occidentali.

Secondo Balocchi (2012), Castellarin et al. (1992), Vignano et al. (2008), Pieri et al. (1981) l'area di interesse si colloca all'interno del Sudalpino separato dal resto delle Alpi dalla Linea Insubrica o Periadriatica. Il suo limite sud rimane invece ricoperto dai sedimenti Plio-Quaternari della Pianura Padana in discordanza con il fronte sepolto dell'Appennino settentrionale.

Il Sudalpino è formato da tre blocchi principali che, da occidente ad oriente, si distinguono nel blocco Lombardo, Trentino-Lessineo e Veneto-Friuliano (Fig. 7).



**Fig. 7. Schema strutturale della microplacca Adria e aree adiacenti (Castellarin et al., 2006 e Balocchi, 2012)**  
 - 1) Blocco Lombardo; 2) Blocco Trentino-Lessineo; 3) Blocco Veneto-Friuliano;  
 con il quadrato blu è indicata la localizzazione del P.R.

Secondo quanto riportato da Balocchi (2012) e autori da esso citati, nel blocco Lombardo, delimitato ad est dalla linea delle Giudicarie, affiorano rocce appartenenti al mantello superiore e del basamento cristallino profondo. Fasi distensive Permo-triassiche e *rifting* Giurassici hanno smembrato e traslato lateralmente l'antica crosta lungo linee a basso angolo. La fase di convergenza alpina ha poi determinato la sua esumazione e assetto stratigrafico attuale.

Procedendo verso est, si ha il passaggio ad un settore meno deformato (Bigi et al. 1990; Castellari et al., 2006; Fantoni e Franciosi, 2009): il blocco Trentino-Lessineo, caratterizzato da strutture orientate in direzione W-E e raccorciamenti modesti e limitato ad ovest dalle Giudicarie e ad est dalla faglia di Schio-Vicenza. Tale settore, che include i Monti Lessini, Berici e i Colli Euganei, è caratteristico quindi dell'autoctona Placca Adria (Marton et al. 2011).

Maggiori deformazioni caratterizzano poi il blocco Veneto-Friuliano con strutture tettoniche che da direzione preferenziale NE-SW nella porzione più occidentale, assumono invece direzione W-E e NW-SE procedendo ad est (Castellarin et al., 1992 e Pontron et al., 2000).

### 3.2 - Inquadramento geologico-strutturale

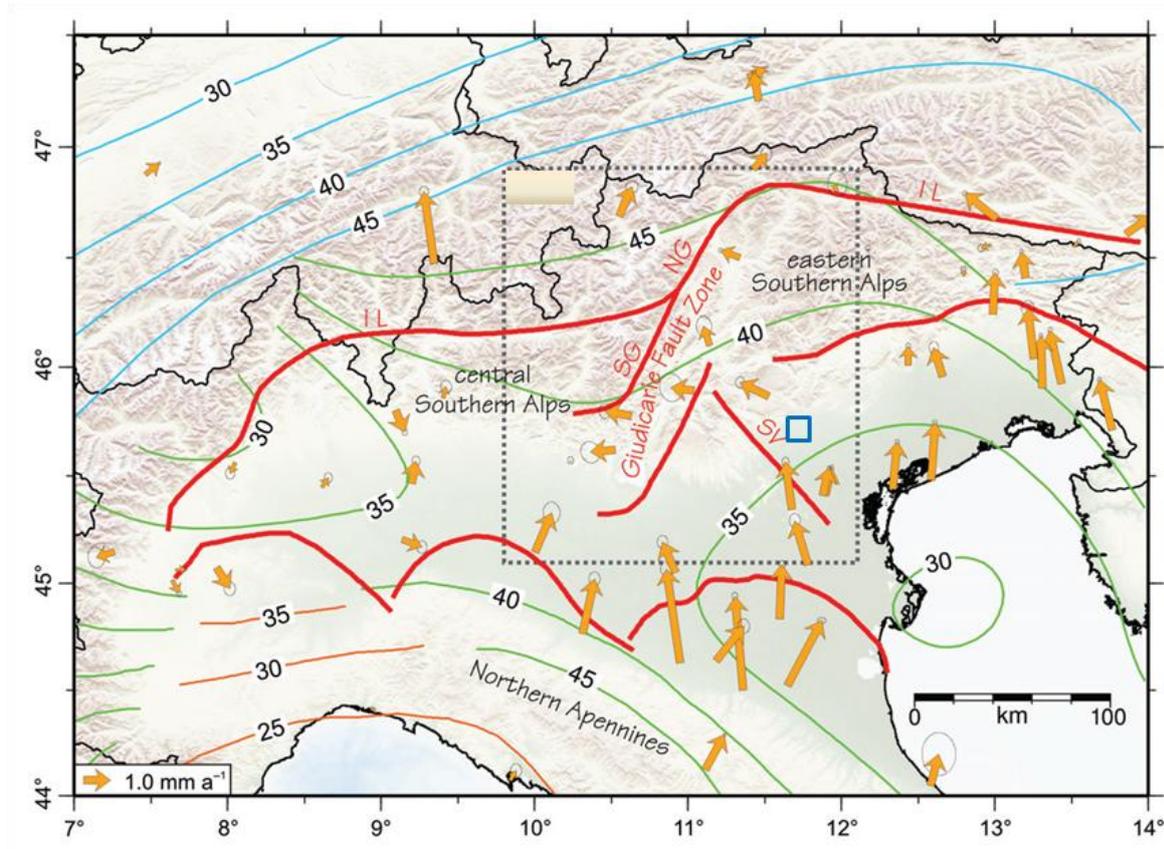
L'evoluzione tettonica Sudalpina è stata studiata e documentata da vari autori (Doglioni e Bosellini 1987, Shonborn 1992, Bertotti et al. 1993, Castellarin e Cantelli 2000, Galadini et al. 2001, Castellarin et al. 2006).

L'assetto geologico strutturale della porzione centro-orientale Sudalpina è il risultato di tre sistemi tettonici principali che hanno agito, a partire dal tardo Permiano, in fasi differenti. Secondo quanto riportato da Castellarin et al. (2006) si individuano i sistemi tettonici di: Valsugana con orientazione ENE-OSO, Giudicarie con orientazione NNE-SSO ed il sistema Schio-Vicenza orientato in direzione NO-SE.

I movimenti tettonici del Mesozoico hanno prodotto faglie estensionali con orientazione N-S che hanno provocato il distacco del bacino Lombardo verso ovest e la piattaforma Veneta verso est. Secondo quanto riportato da Viganò et al. (2013) tali movimenti estensionali hanno determinato successivamente, nel Triassico medio – Tardo Cretaceo, l'originarsi di coperture sedimentarie con spessori variabili.

A partire dal Tardo Cretaceo – Eocene si è manifestata una fase tettonica compressiva che ha lasciato evidenze soprattutto nella porzione est delle Dolomiti (Doglioni e Bosellini, 1987). Altre due successive fasi compressive hanno contribuito alla definizione tettonica delle Sudalpi centro-orientali. Secondo Castellarin e Cantelli (2000) si parla di una prima fase compressiva, nota come la fase Valsugana, di età Medio-Tardo Miocenica e di una seconda fase compressiva di età Tardo Miocenica – Pliocene, nel quale ha assunto un ruolo importante la faglia di Schio-Vicenza.

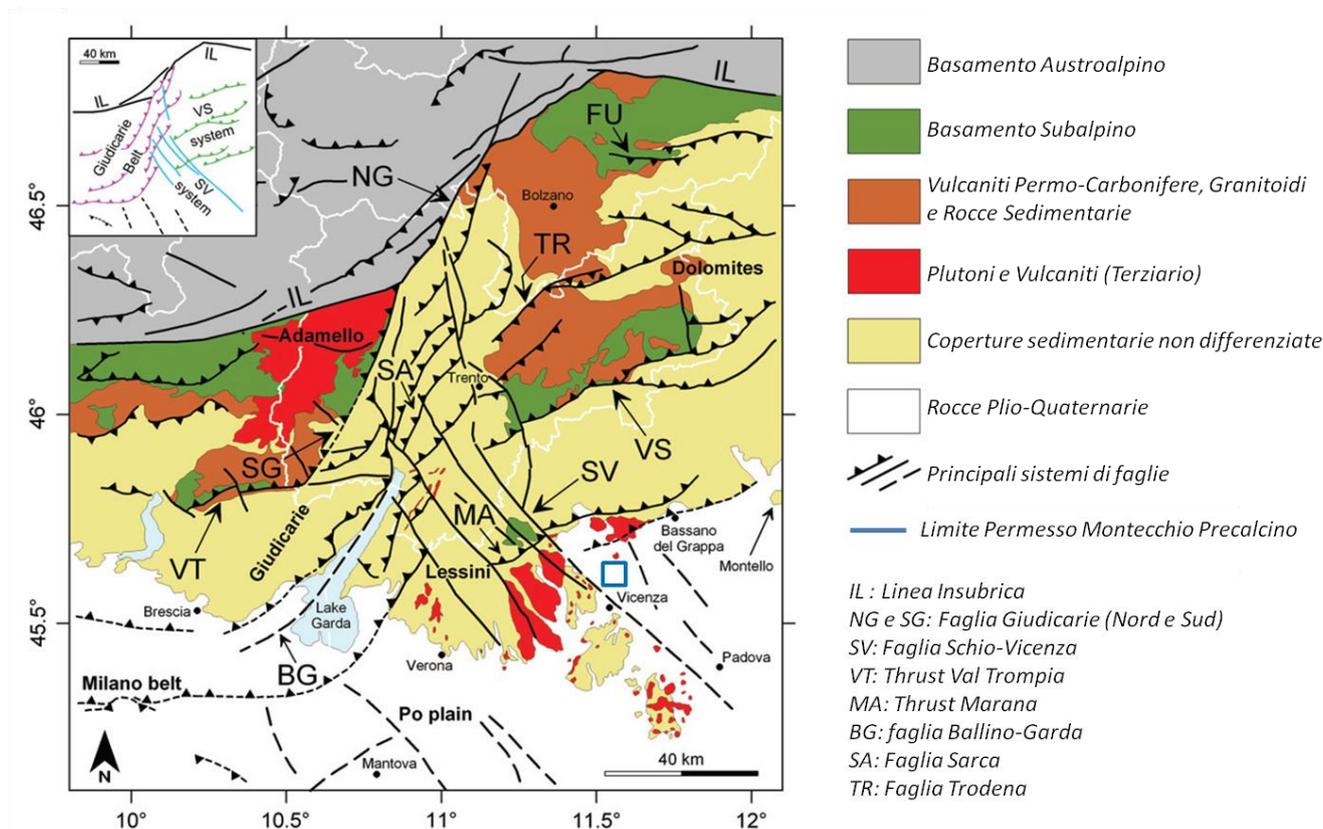
Galadini et al. (2001) evidenziano la presenza di strutture morfologiche e tettoniche che testimoniano la riattivazione recente (Quaternario) di strutture tettoniche appartenenti ai sistemi di Valsugana, Giudicarie e Schio-Vicenza appena descritti.



**Fig. 8. Schema tettonico dei principali lineamenti presenti nelle Alpi Sud:** SG e NG = linea delle Giudicarie rispettivamente a Nord e Sud, SV = faglia di Schio-Vicenza, (estratto da Viganò et al., 2013).  
Con il quadrato blu è indicata la localizzazione del P.R.

Le Fig. 8 e la Fig. 9 mostrano la distribuzione dei principali lineamenti tettonici del Sud delle Alpi.

La mappa di Fig. 9 mostra inoltre la distribuzione di corpi di origine vulcanica nel settore Sudalpino di interesse. Il vulcanesimo veneto incluso quello Euganeo, qualche chilometro più a sud rispetto al permesso di ricerca, è legato alle fasi tettoniche distensive paleogeniche dell'orogenesi alpina (De Vecchi et alii 1995, Marton et al., 2011).



**Fig. 9. Mappa geologica e strutturale semplificata (estratta da Viganò et al., 2013); con il quadrato blu è indicata la localizzazione del P.R.**

La direzione di allungamento dei filoni e dei maggiori corpi eruttivi è stata condizionata da sistemi di frattura già attivi al momento dei fenomeni vulcanici. In particolare, sono considerate due direttrici strutturali fondamentali la faglia Schio-Vicenza e la linea della Riviera dei Berici con allineamento rispettivamente NNO-SSE e NE-SO. Marton et alii (2011) rappresentano lo schema tettonico regionale dell'area secondo la mappa schematica di Fig. 10.

Sassi e Zanettin (1980) schematizzano gli eventi metamorfici e magmatici delle Alpi Orientali (Fig. 11) nei tre cicli Caledoniano, Ercinico ed Alpino e associano a questo ultimo ciclo i corpi sub vulcanici, da riolitici a latitici, della regione Vicentina nonché l'attività vulcanica Terziaria verificatasi nella regione Berico-Lessineo-Euganea. Il vulcanesimo di origine sub crostale ha visto la sua massima attività concentrata in aree limitate da importanti faglie.

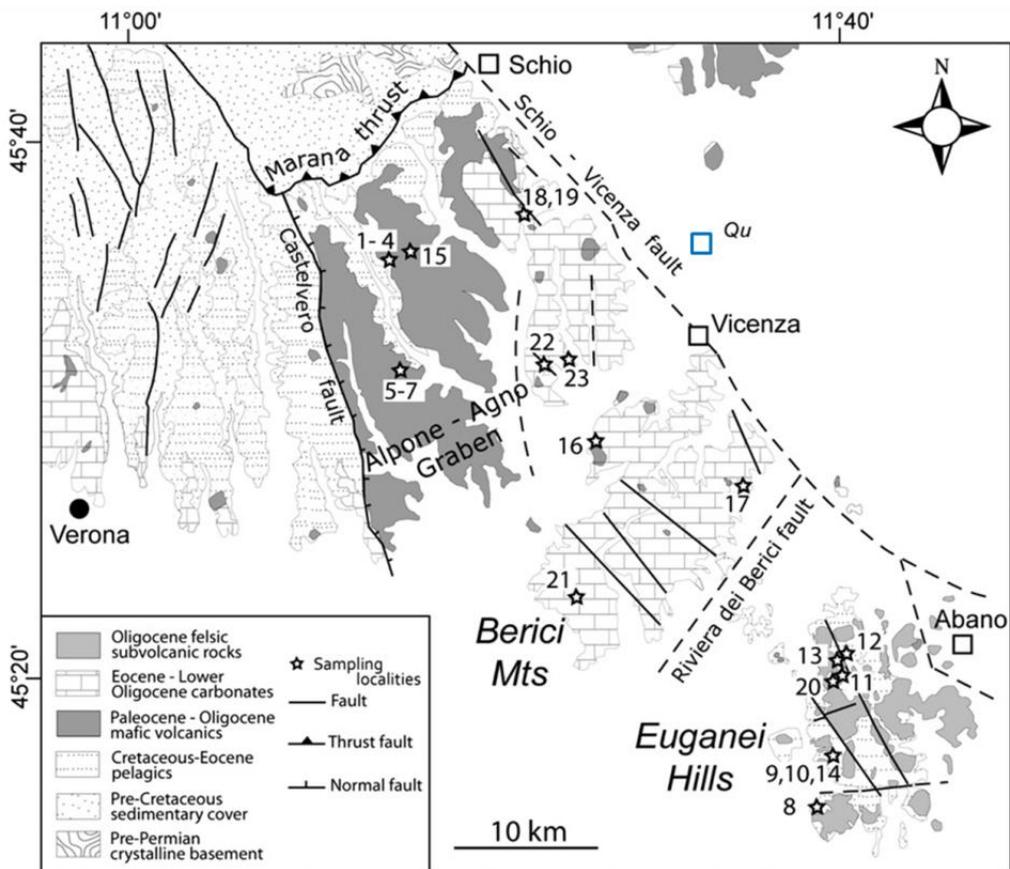


Fig. 10. Schema tettonico secondo Marton et al. 2011; con il quadrato blu è indicata la localizzazione del P.R.

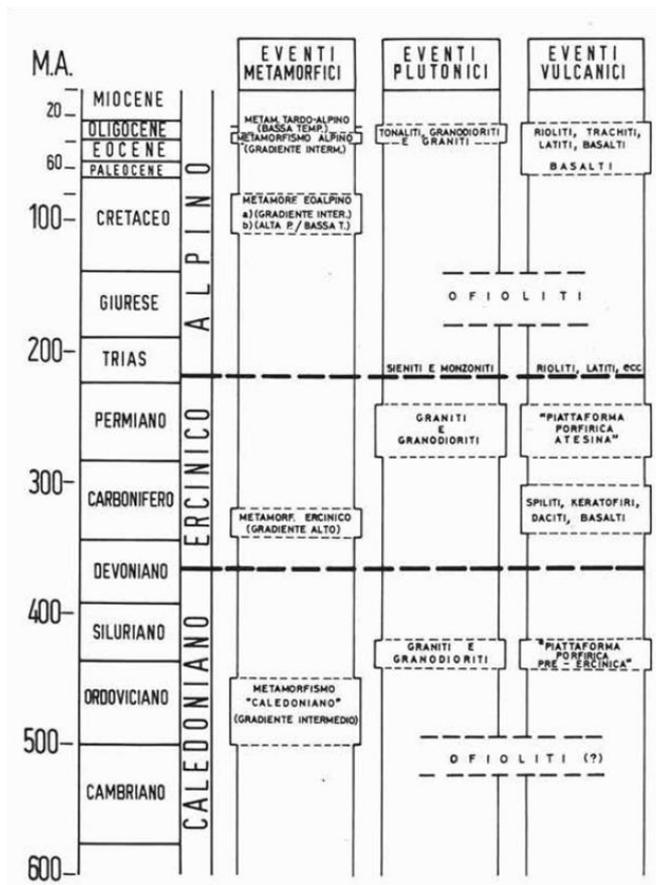
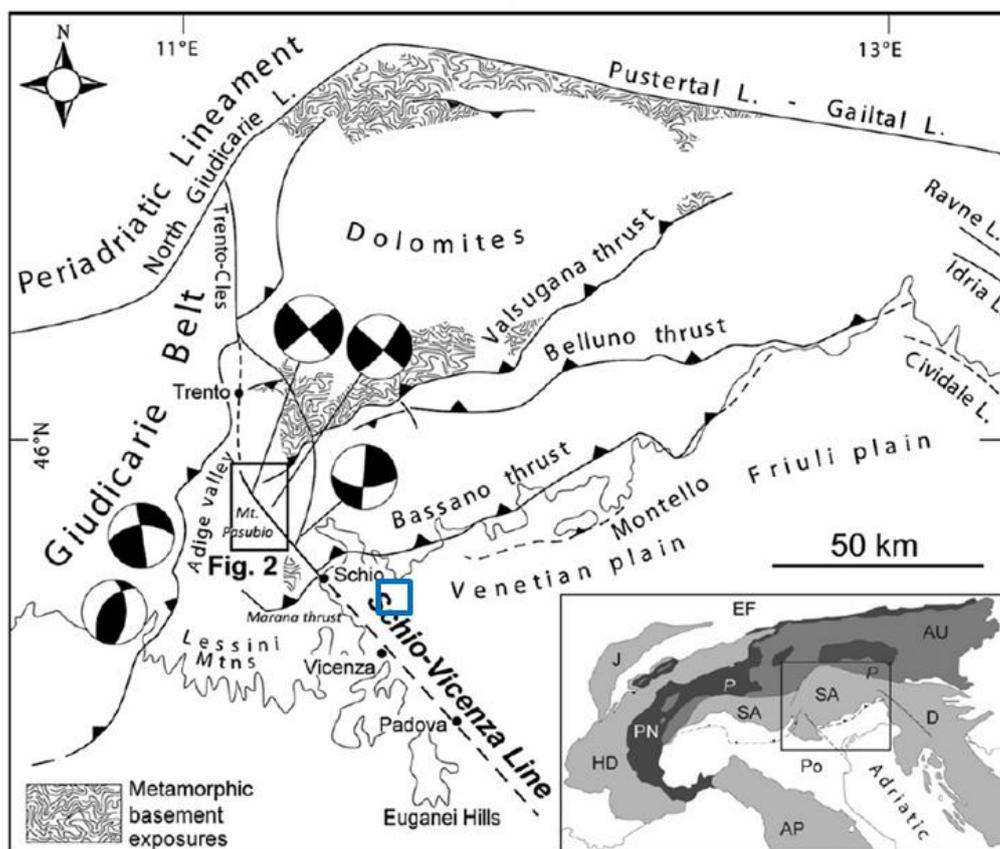


Fig. 11. Schema degli eventi metamorfici e magmatici nelle Alpi orientali (Sassi & Zanettin, 1980)

### 3.3 – La faglia di Schio-Vicenza

Data la vicinanza del lineamento all'area del permesso e l'importanza che numerosi autori (Balocchi, 2012; Marton et al., 2011; Castellarin e Cantelli, 2000; Viganò et al., 2013; Rossato et al., 2013 e citazioni correlate) attribuiscono al ruolo della faglia di Schio-Vicenza nell'evoluzione tettonica delle Prealpi sud-orientali, è stato ritenuto opportuno inserire un paragrafo di approfondimento in merito.

La faglia *strike-slip* di Schio-Vicenza assume importanza a scala regionale con un trend preferenziale ONO-SSE. Si estende per circa 100 km di lunghezza, dal blocco Veneto a sud di Padova fino alla Valle dell'Adige in prossimità di Trento (Fondriest et al., 2012). Ai lineamenti principali è associato un network di strutture secondarie, la cui massima densità si sviluppa in Val Posina (a N-E fuori dal permesso di Montecchio Precalcino) e che manifesta tre orientazioni preferenziali: NO-SE, seguendo più o meno parallelamente la faglia di Schio-Vicenza; E-O e N-S, come il trend principale della zona di danneggiamento della faglia di Borcola, le cui riattivazioni nel tardo-Paleogene sono collegate ai movimenti della vicina faglia di Schio-Vicenza (Fondriest et al., 2012). La faglia di Schio-Vicenza e la zona di danneggiamento della faglia di Borcola risultano inoltre caratterizzati da cluster di terremoti (Galadini e Galli, 1999) con magnitudo bassa (intorno a 4) e con ipocentri localizzati all'interno del basamento cristallino (Viganò et al., 2008). Le risposte dello studio dei meccanismi focali (Fig. 12) sono in accordo con i sistemi di fratture N-S e NO-SE già descritti (Fondriest, 2012 e citazioni correlate).

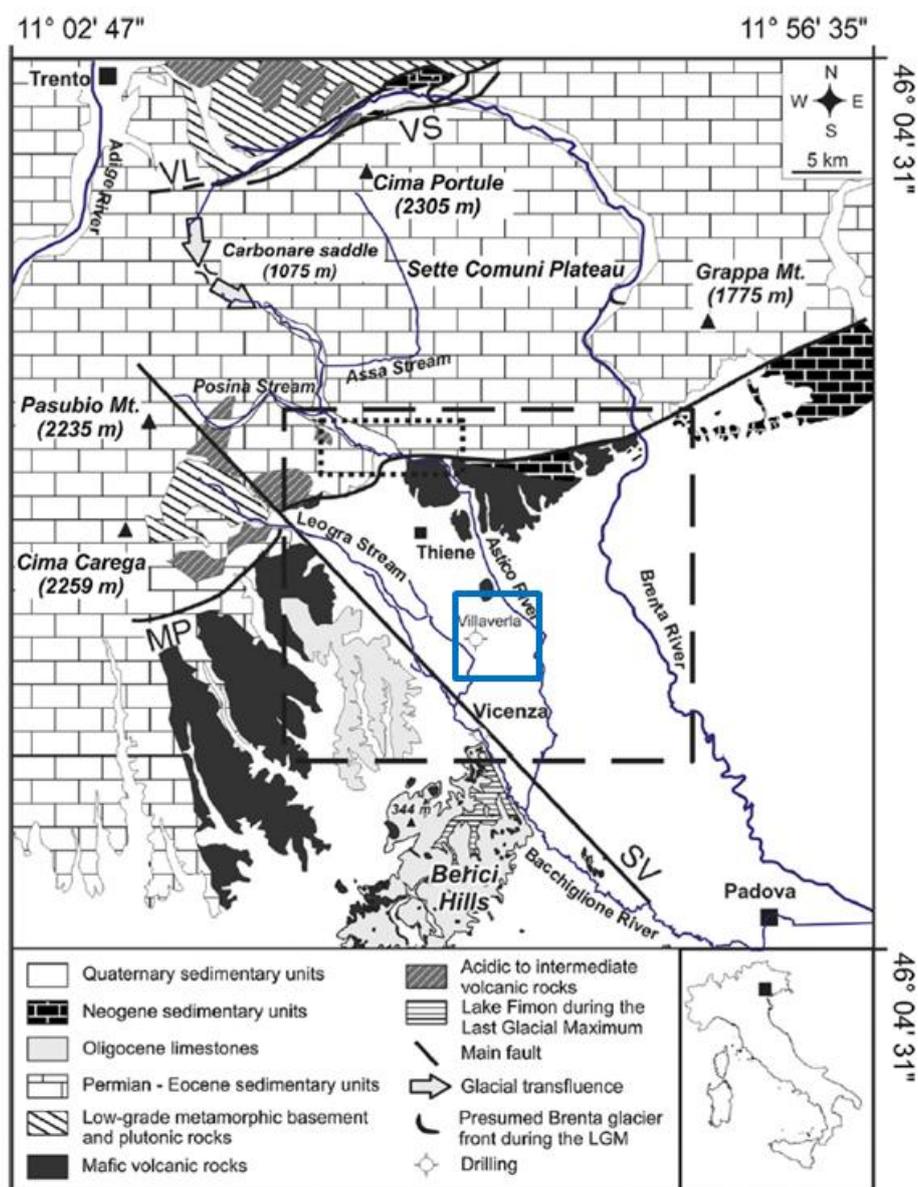


**Fig. 12. Mappa strutturale schematica dei principali lineamenti e delle loro cinematiche (estratto da Fondriest et al., 2012 e citazioni correlate); con il quadrato blu è indicata la localizzazione del P.R.**

Sempre secondo gli stessi autori, le fratture che interessano le formazioni calcaree dolomitiche risultano inoltre interessate da fluidi di circolazione.

Per approfondimenti in merito alla situazione geologica, secondo Rossato et al., 2013 e citazioni correlate, la faglia di Schio-Vicenza separa due blocchi, rispettivamente ad ovest e ad est della faglia, che risultano geologicamente differenti. Il blocco ad ovest è rappresentato dai massicci di Carega e Pasubio, dai Monti Berici e dal basamento metamorfico che affiora lungo la valle del Leogra (Fig. 13). Verso sud, i calcari cretacei sono ricoperti da calcareniti dell'Eocene-Oligocene e da rocce vulcaniche mafiche (Fig. 13).

Il blocco ad est corrisponde al blocco veneto ed è caratterizzato da successioni carbonatiche Triassico – Cretaciche, che affiorano nel bacino del Fiume Astico, e rocce vulcaniche Triassiche affioranti lungo le valli del Posina e dell'Astico. Lungo il *thrust* Marano – Piovene, affiorano inoltre successioni carbonatiche-terrigene talvolta ricoperte da lave mafiche Neogeniche.

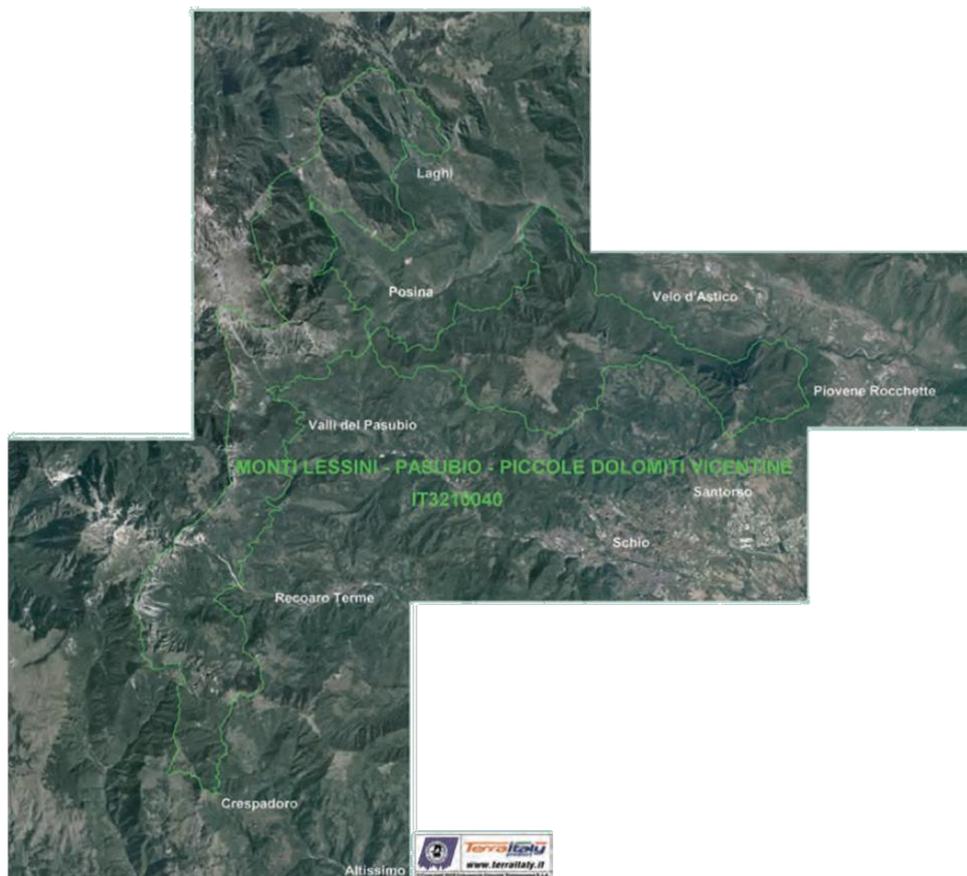


**Fig. 13. Estratto geologico dell'area di interesse estratto da Rossato et al. (2013). Legenda delle strutture tettoniche: MP = Marano-Piovene thrust; SV = Schio-Vicenza Fault; VL = Valsugana Line, VS = Val di Sella Line.; con il quadrato blu è indicata la localizzazione del P.R.**

Descrizione geologiche più circoscritte e limitate al permesso Montecchio Precalcino sono esplicate nei paragrafi successivi.

### 3.4 – Successione stratigrafica del Recoarese

Pochi chilometri ad est del permesso di ricerca si estende la catena prealpina vicentina e veronese che comprende i Monti Lessini, il Monte Pasubio e le Piccole Dolomiti Vicentine. Parte della catena, comunque esterna e molto distante dall'area del P.R. è stata classificata come Sito di Interesse Comunitario S.I.C. e la sua estensione è visibile in Fig. 14.



**Fig. 14. Monti Lessini-Pasubio-Dolomiti Vicentine - I Siti di Importanza Comunitaria della Montagna Vicentina (estratto da pubblicazione realizzata nell'ambito dell'iniziativa comunitaria Leader - G.A.L. Montagna Vicentina)**

La descrizione geologica del sito risulta di notevole aiuto nella comprensione dell'assetto stratigrafico del permesso di ricerca dato che vi si ritrovano, al di sotto della coltre detritica superficiale, le stesse formazioni.

Secondo quanto riportato da Sandri (nella pubblicazione edita da Veneto Agricoltura), la successione stratigrafica del Recoarese, che comprende territorialmente tutte le vette vicentine, è caratterizzata da rocce metamorfiche del basamento cristallino (appartenenti alla formazione più antica che affiora), sulle quali si poggiano le formazioni del Permiano ed in sequenza le formazioni della successione triassica e giurassica. Numerosi depositi vulcanici legati all'attività triassica si trovano inoltre intercalati tra le rocce sedimentarie. Nelle aree limitrofe alle Vette Vicentine si trovano formazioni mesozoiche e terziarie con depositi oligocenici e prodotti del vulcanesimo terziario. Marton et al. (2011), Zampieri (2001) riportano

una descrizione dettagliata delle conseguenze dell'attività vulcanica manifestatasi nei Monti Lessini durante le fasi estensionali del Paleogene, individuando nel graben Alpone-Agno (localizzato tra la porzione est dei M. Lessini e la faglia normale di Castelvero ad ovest - Fig. 10) la più importante struttura estensionale. Durante il tardo Paleocene – tardo Eocene, i Monti Lessini sono stati interessati, nella loro porzione est, da rocce mafiche ed ultramafiche eruttate per lo più in ambienti sottomarini. Nel tardo Eocene, a causa di una regressione marina, si è manifestata deposizione di sedimenti (Marne a Priabona). L'attività vulcanica ha poi proseguito nell'Oligocene ad est di Schio, nei Monti Berici e nei Colli Euganei. Successive fluttuazioni del livello del mare hanno prodotto significative variazioni di facies e spessori, anche a brevi distanze. Durante l'Oligocene infatti, piattaforme carbonatiche, con spessori di circa 200 m, (Calcareniti di Castelgomberto) si sono depositate sulle Marne di Priabona o direttamente sulle vulcaniti. Nel tardo Oligocene le Calcareniti di Castelgomberto, a seguito della loro emersione, sono state interessate da fenomeni carsici e si sono successivamente depositi su tali formazioni le Arenarie e Calcari di S. Urbano e nel Miocene, le Marne argillose del M. Costi.

Per completare il quadro geologico dell'area, è riportata qui di seguito la descrizione stratigrafica delle formazioni geologiche (partendo dalle formazioni più vecchie) secondo il già citato elaborato di Sandri sul SIC delle montagne vicentine e secondo quanto riportato dal PTCP di Vicenza:

- Basamento Cristallino (fine Carbonifero - inizio Permiano)

Ammassi di filladi quarzifere con fitta scistosità da piana a microfogliettata, con strati grigiastri e verdastri con intercalate lenti e letti di quarzo, caratterizzate da notevole scistosità e friabilità. Le filladi infatti mostrano un grado di degradabilità superficiale notevole e generano coltri eluviali e colluviali che possono ricoprire aree con spessori variabili da pochi decimetri a una decina di metri. Il grado di fatturazione è basso, con spaziatura metrica o deca metrica, ma localmente, lungo fasce sottili e non cartografabili, può essere elevato. Affiorano per uno spessore massimo di 500 m in ampi tratti di fondovalle. Il PTCP di vicenza le descrive come "Rocce superficialmente alterate e con substrato compatto".

- Arenarie della Val Gardena (Permiano medio)

Arenarie rossastre ricche di quarzo accompagnate da altre rocce sedimentarie a diversa granulometria e stratigrafia poco evidente, che passano a siltiti fittamente stratificate nella loro parte superiore. Lo spessore complessivo si aggira intorno ai 40-60 m. La fatturazione è modesta, con spaziatura metrica o decametrica. Derivano dall'accumulo in piane alluvionali di conglomerati, sabbie e fanghi trasportati dai corsi d'acqua. Date le loro modeste caratteristiche meccaniche sono state descritte nel PTCP di Vicenza come "Rocce costituite da alternanze di strati o interposizioni tenere e di strati o bancate resistenti".

- Formazione a Bellerophon (Permiano sup.)

Unità dolomica che prende il nome dal mollusco gasteropode caratteristico dei sedimenti antichi. La formazione non supera i 50 m di spessore. Il suo tetto segnala il limite tra l'era Paleozoica e Mesozoica. Alle dolomie e ai calcari dolomitici si alternano, nella porzione inferiore, intercalazioni siltoso-argillose. La fatturazione è modesta con limitata persistenza di giunti. Il PTCP le classifica come rocce costituite da alternanze di strati o interposizioni tenere e di strati o bancate resistenti. Gli

affioramenti più comuni si individuano nei pressi di Recoaro e sul versante sinistro dell'Alta Valle del T. Leogra.

- Formazione di Werfen (Trias)

Siltiti micacee accompagnate da marne, calcari e dolomie. La formazione è caratterizzata da stratificazione spessa, con spessori variabile dai 100 ai 200 m, con fitta laminazione millimetrica. Si individuano strutture sedimentarie (ripple marks e brecce di erosione) a testimonianza di emersione dei fondali del mare triassico con deposizione dei sedimenti.

- Formazione a Gracilis (Terziario medio)

Calcari marnosi, marne, siltiti, argilliti con abbondanti resti fossili di invertebrati. Affioramenti nella Val Rotolon delle Piccole Dolomiti sono presenti estesi depositi di gesso. Al tetto della formazione si incontrano i segni di regressione marina con depositi terrigeni. Il complesso è interessato da una modesta fratturazione minuta con limitata persistenza dei giunti.

- Calcare di Recoaro (Triassico medio)

Calcari grigi o biancastri caratterizzano la parte inferiore mentre dolomie brunastre e prive di stratificazione caratterizzano la parte superiore. Ricca presenza di fossili tipici del Pelsonico. La fatturazione è in genere modesta, con spaziatura metrica o deca metrica a permanenza dei giunti quasi sempre elevata.

- Conglomerato del Tretto (Triassico medio)

E' costituita da calcari dolomitico – siltosi con intercalazioni di arenarie marnose e conglomerati compatti, che localmente possono diventare prevalenti. Presenta spessori variabili da pochi metri a un massimo di 30 m. Compaiono impronte fossili di rettili terrestri testimonianza di regressione marina.

- Calcare di Monte Spitz (Triassico medio)

Calcare bianco di piattaforma carbonatica con spessori variabili da 200 m a pochi metri quasi privi di stratificazione, di aspetto cristallino. Alla sua base si riscontrano quasi ovunque pochi metri di calcari stratificati, mentre la sua sommità può essere caratterizzata da sacche di conglomerati compatti.

- Formazione a Nodolus (Triassico medio)

Calcari nodulari, brecce, arenarie e materiale vulcano detritico. Gli spessori sono irrilevanti dove il Calcare di Monte Spitz si presenta con strati potenti e assumono invece spessori elevati quando la piattaforma carbonatica è esigua. La parte superiore può essere localmente costituita da argille montmorilloniti che, derivanti dall'alterazione di cineriti vulcaniche, con sottili intercalazioni di calcari nodulari. Lo spessore complessivo varia da pochi metri ad un massimo di 100 m.

- Breccia di Fongara (Triassico medio)

Sottile strato di depositi continentali che poggia sulla Formazione di Nodolus ed il Calcare di Monte Spitz.

- Vulcaniti Triassiche (Ladinico Superiore – Triassico medio)

Vulcaniti con chimismo che da acido (rioliti, riodaciti, daciti), passano progressivamente a basico, fino ad emissione finale di basalto. Caratterizzano le vette vicentine sia come prodotti di colata che come filoni, camini vulcanici e laccoliti (intrusi a bassa profondità all'interno degli strati sedimentari)

- Gruppo di Raibl (Triassico sup.)

Deposito di conglomerati e materiali sedimentari originatesi a seguito della regressione marina con susseguente erosione subaerea. E' costituito da dolomie cariate e calcari dolomitici associati a conglomerati compatti, con locali intercalazioni di arenarie, siltiti e rari gessi. Quando compare nelle Prealpi vicentine assume spessori modesti (10-20 m) ed è ricoperto da detriti caduti dalle soprastanti pareti di Dolomia Principale, con cui spesso è cartografato.

- Dolomia Principale (Triassico sup.)

Formazione rocciosa caratterizzata da oltre 600-800 m di spessore dovuti alla lenta deposizione di materiale carbonatico avvenuto in condizioni geodinamiche stabili. E' suddivisa in strati di spessore variabile dagli 1 ai 5 m. La fratturazione è modesta e caratterizzata da spaziatura metrica o decametrica.

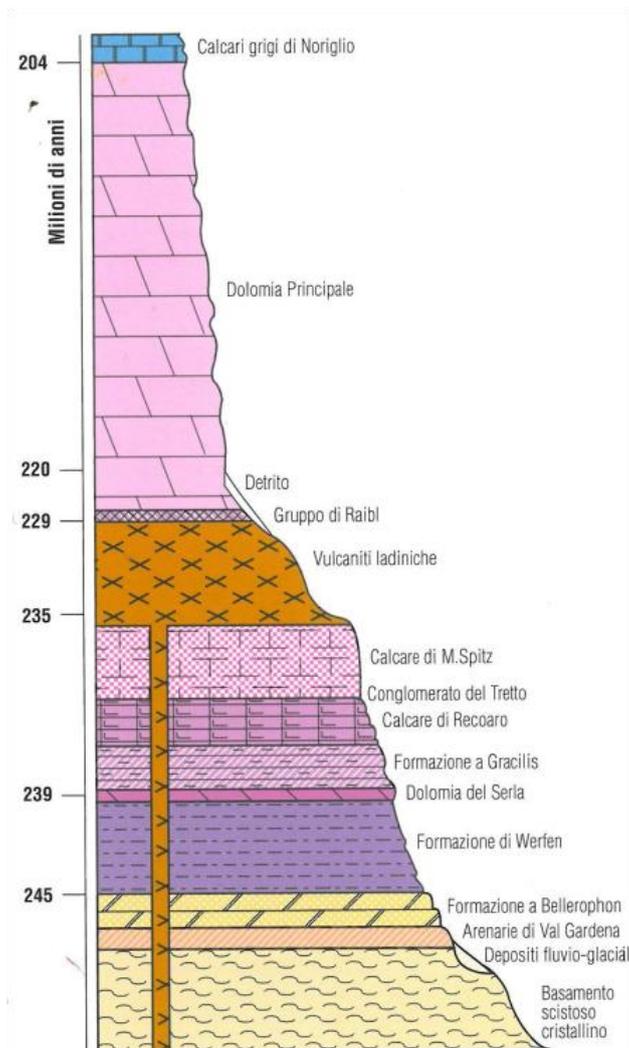
- Calcari Grigi o di Noriglio (Giurassico)

Calcari e calcareniti dalla colorazione grigio cenere o biancastra in relazione al contenuto mineralogico. La potenza complessiva degli strati varia da 150 a 300 m. Localmente possono presentarsi ricristallizzati e privi di stratificazione. La fatturazione è modesta con spaziatura da metrica a decametrica. La parte superiore dei Calcari Grigi contiene spesso intercalazioni marnose.

- Depositi Quaternari

depositi originati da glaciazioni quaternarie e fenomeni erosivi superficiali. Evidenze sul territorio delle vicentino sono: coni detritici, fenomeni di carsismo e masse consistenti di detriti che occupano i fondovalle.

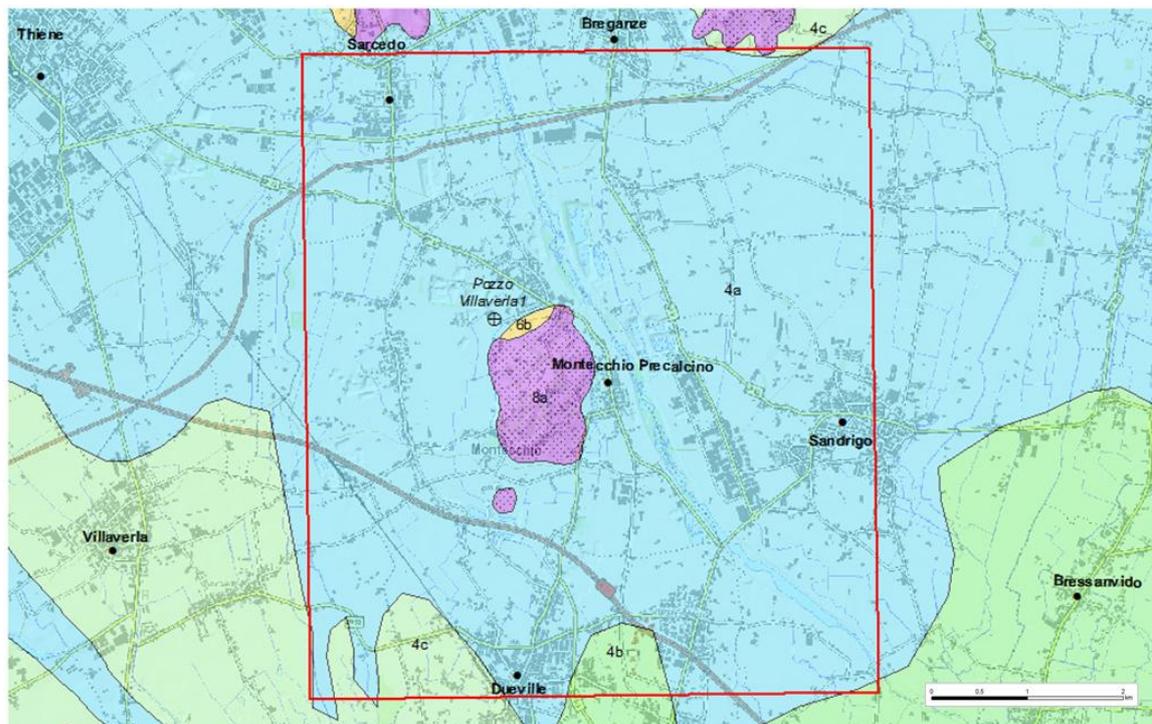
Le formazioni appena descritte sono riconoscibili nello schema stratigrafico morfologico delle formazioni affioranti nell'area di Recoaro di Fig. 15.



**Fig. 15. Schema stratigrafico morfologico delle formazioni affioranti nell'area di Recoaro**

### **3.5 – Litologie nella zona del permesso di ricerca**

Il permesso Montecchio Precalcino ricade all'interno del Foglio CARG 103 Schio, del quale non sono disponibili né la carta geologica, né le note illustrative del Foglio.



### Legenda

- ⊕ Pozzo Villaverla1
- ▭ Area Permesso di Ricerca
- 4 a - Ghiaie e sabbie prevalenti - Quaternario
- 4 c - Limi e argille prevalenti - Quaternario
- 6 b - Conglomerati poligenici, argilliti e arenarie con lenti conglomeratiche, arenarie quarzose e calcaree, arenarie glauconitiche, siltiti e marne - Miocene sup. - Oligocene sup.
- 8 a - Basalti di colata, filoni e camini di lava - Oligocene - Paleocene sup.

**Fig. 16. Informazione vettoriale e legenda litotecnica estratta dal Geoportale della Regione Veneto<sup>1</sup>**

Dal sito ISPRA<sup>2</sup> è stato possibile però consultare le carte geologiche in scala 1:100.000 dei fogli 037 del Grappa e 050 Padova. L'area in esame risulta caratterizzata da una potente serie di depositi alluvionali del quaternario, costituiti per lo più dalla conoide del Fiume Astico poggianti sopra un basamento roccioso terziario. I sedimenti si sono prevalentemente depositi ad opera prima delle glaciazioni alpine e successivamente delle correnti fluvioglaciali.

La legenda della cartografia ISPRA definisce le formazioni affioranti nel permesso di ricerca, descritti in ordine stratigrafico, come segue:

- Depositi Alluvionali (Quaternario)

Alluvioni grossolane, ghiaiose, con livelli conglomeratici, di sovente terrazze specialmente lungo l'Astico (Caltrano), la valle del Piave, del Tegerzo, conoide del Brenta, ecc. Alcuni livelli appartengono alla fase di aumento dell'espansione glaciale Wurmiana, altri sono posteriori.

<sup>1</sup> <http://idt.regione.veneto.it/app/metacatalog/index?deflevel=1>

<sup>2</sup> ([http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/sgilink/map100k\\_page](http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/sgilink/map100k_page))

- Miocene Inferiore (Langhiano) – Marne glauconiose azzurre tenere a *Pecten burdigulensis*. (Aquitaniense) – Starti arenaceo-marnosi con *Pholadomya puschi*. Arenarie calcaree con *Pericosmus montevealensis*, *Scutella subrotundaeformis*, *Amussium cristatum*, ecc.
- Basalti, tufi basaltici e breccie talora fossilifere, per lo più di età oligocenica. Tufi nerastri di Sangosini (oligocene inferiore) con *Turritella incisa* e *Latrunculus caramis*. Filoni basaltici di età terziaria in genere.

Il Geoportale della Regione Veneto consente inoltre di consultare il dato digitale della cartografia litotecnica del territorio regionale.

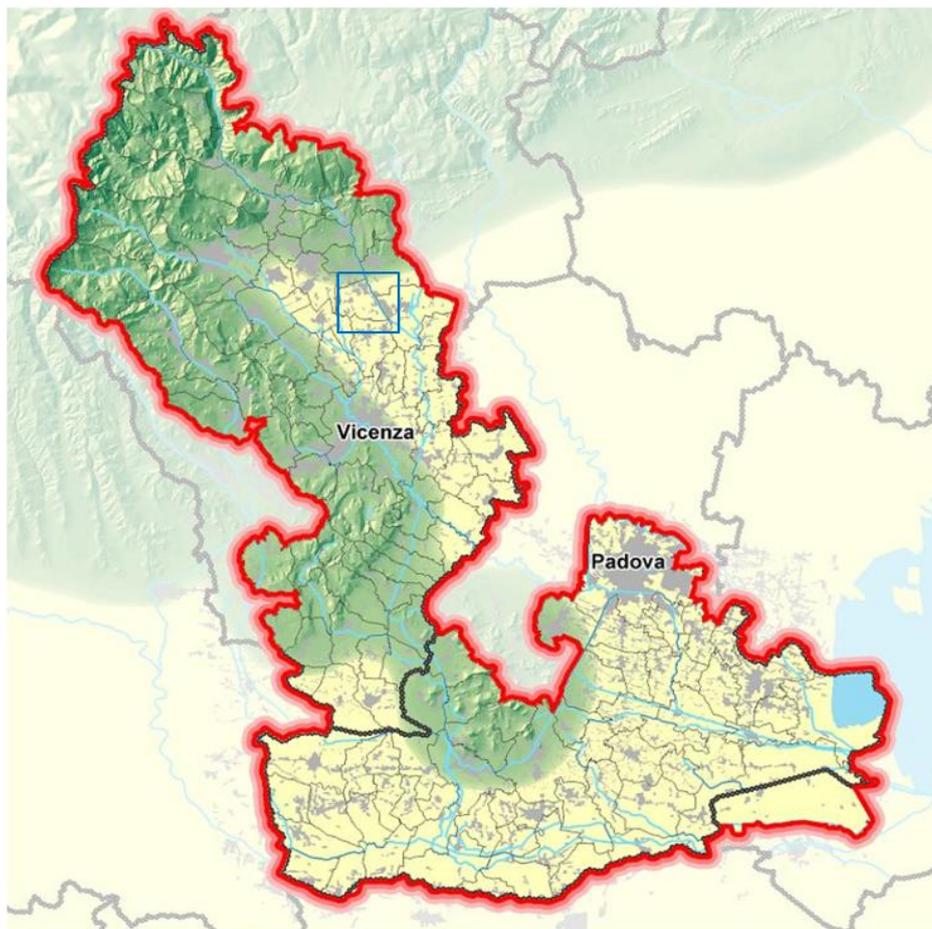
La Fig. 16 è un estratto della banca dati disponibili dal SIT regionale focalizzato sull'area del permesso di ricerca che consente di definire quattro classi litotecniche:

- 4a – Ghiaie e sabbie prevalenti (Quaternario)
- 4c – Limi e argille prevalenti (Quaternario)
- 6b – Conglomerati poligenici, argilliti e arenarie con lenti conglomerati che, arenarie quarzose e calcaree, arenarie glauconiti che, siltiti e marne (Miocene sup. – Oligocene sup.)
- 8a - Basalti di colata, filoni e camini di lava (Paleocene sup.)

Alla mappa di Fig. 16 è stata aggiunta la localizzazione del pozzo Villaverla 1, realizzato da AGIP negli anni '70 per scopi esplorativi. Il pozzo, risultato sterile per scopi minerari (ricerca di idrocarburi), risulta comunque una fonte di informazioni importanti nell'ottica del progetto geotermico.

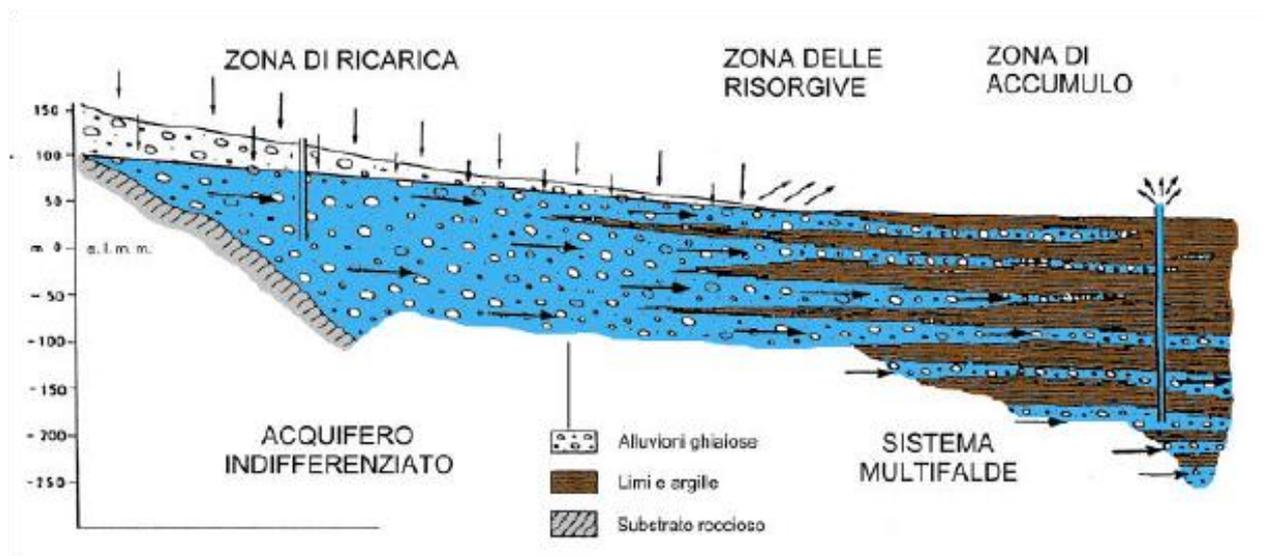
#### 4 – CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

L'area del P.R. ricade all'interno dell'Ambito Territoriale Ottimale (A.T.O.) del Bacchiglione, nella sua porzione nord-orientale (Fig. 17).



**Fig. 17. Inquadramento territoriale dell' A.A.T.O. Bacchiglione estratto dal sito <http://www.atobacchiglione.it>. Il riquadro blu delimita il P.R.**

La parte di monte del bacino del Bacchiglione comprende due sottobacini aventi caratteristiche morfologiche e geotettoniche particolari e uniche: il bacino dell'Astico-Tesina a oriente e quello del Leogra-Timonchio ad occidente.



**Fig. 18. Schema idrogeologico dell'Alta e Media pianura veneta (Rinaldo et al., 2008)**

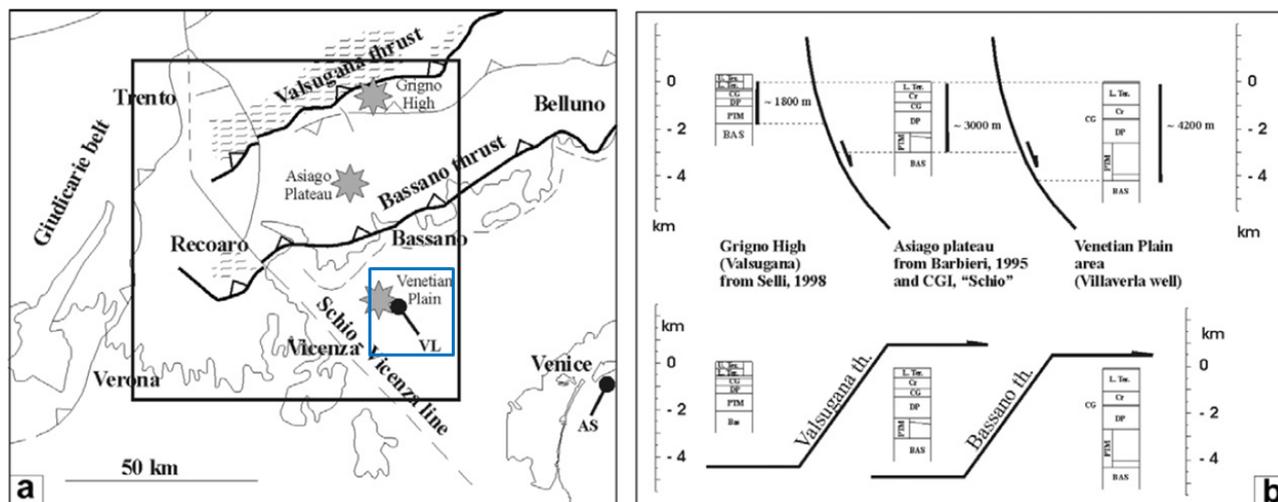
La pianura veneta, per quanto concerne i primi 300 metri dal piano campagna, è caratterizzata da conoidi alluvionali ghiaiose che, nel corso del tempo, si sono sovrapposte e compenstrate lateralmente, determinando un potente spessore di sedimenti. Seguendo una direttrice NO-SE, lo spessore dei depositi ghiaiosi si assottiglia in modo progressivo andando ad esaurirsi all'interno di livelli sabbiosi-limosi e argillosi fino a separare un acquifero libero superficiale da uno più profondo in pressione Fig. 18 (Rinaldo et al., 2008).

Nella zona di transizione tra i due acquiferi, dove la superficie della falda freatica si interseca al piano di campagna dando origine alla fascia delle risorgive, esiste una zona di transizione tra l'omogeneità del mezzo poroso tipico dell'alta pianura ed il progressivo passaggio a livelli impermeabili. Come specificato dal PTCP di Vicenza, i caratteri idrogeologici del territorio possono essere schematizzati in cinque zone che, dalle aree montane al fondovalle assumono le caratteristiche descritte di seguito:

- Zona montana –comprende le vette dai Monti Lessini fino all'Altopiano dei Sette Comuni caratterizzati da sistemi carsici dei massicci calcareo-dolomitici che ospitano potenti acquiferi, alimentati per lo più da afflussi meteorici.
- Aree infra-vallive – prodotte da processi erosivi dei corsi d'acqua e quindi caratterizzati da potenti strati di ghiaie e sabbie, continui fino al substrato roccioso e che contengono falde in sub-alveo, alimentati dagli interscambi con i corsi d'acqua.
- Conoidi di alta pianura – caratterizzati da spessori di circa 150 m di depositi alluvionali che contengono falde freatiche ricchissime di acqua, alimentate da dispersioni dei corsi d'acqua e da afflussi meteorici, che regolano idraulicamente le variazioni delle riserve idriche profonde.
- Zona di media pianura – caratterizzata da livelli ghiaiosi interposti a strati limoso-argillosi. Tali livelli, spessi fino a 250 m e poggiati sul substrato roccioso, sono interessati da acquiferi artesiani multistrato con sistema di falde in pressione. Le falde artesiane più profonde, sono utilizzate per gli usi acquedottistici, garantendo il rifornimento idrico per gli abitanti dei numerosi comuni circoscritti.

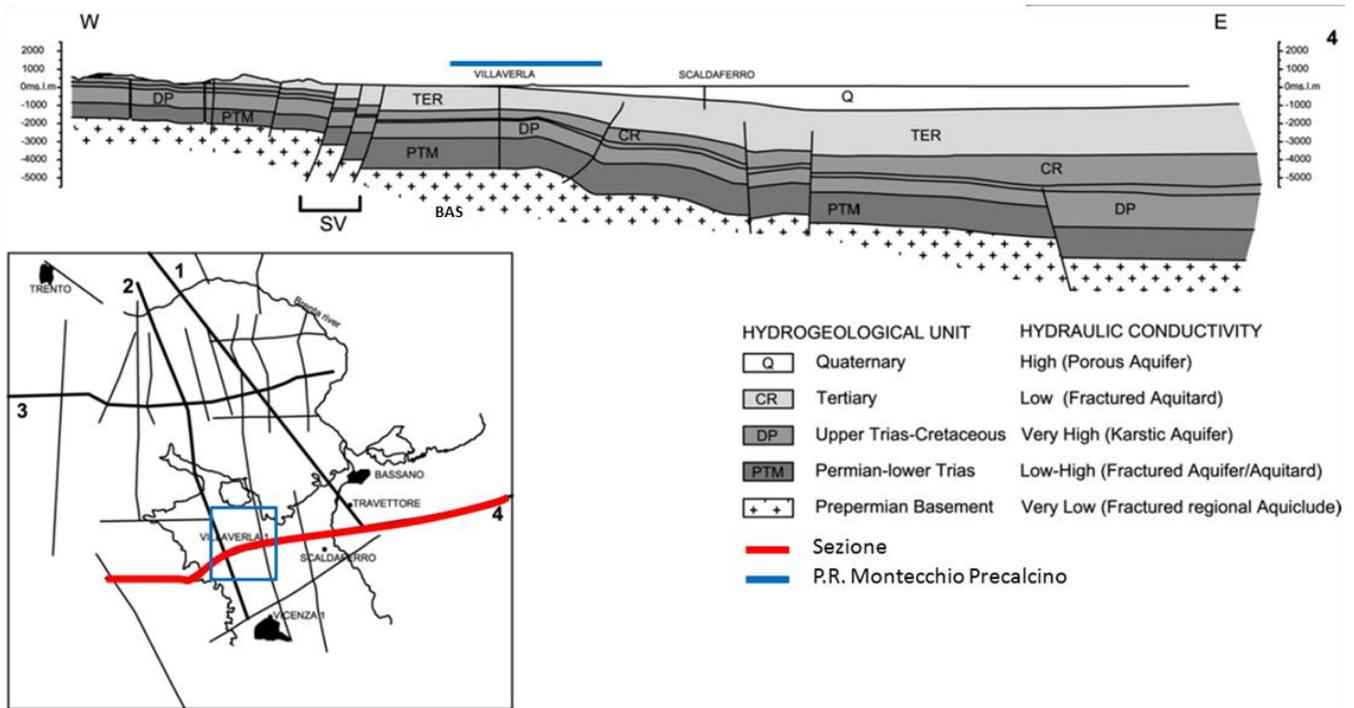
- Zona di bassa pianura – comprende anche i territori che arrivano alla laguna veneta caratterizzati da materiale a bassa permeabilità, rendendo meno interessante questa area per lo sfruttamento della risorsa idrica.

Entrando più nello specifico all'interno del P.R. l'assetto dei principali acquiferi sono individuabili dagli spessori delle colonne stratigrafiche di Fig. 19 e dalla sezione di Fig. 20 (Pilli et al., 2012).

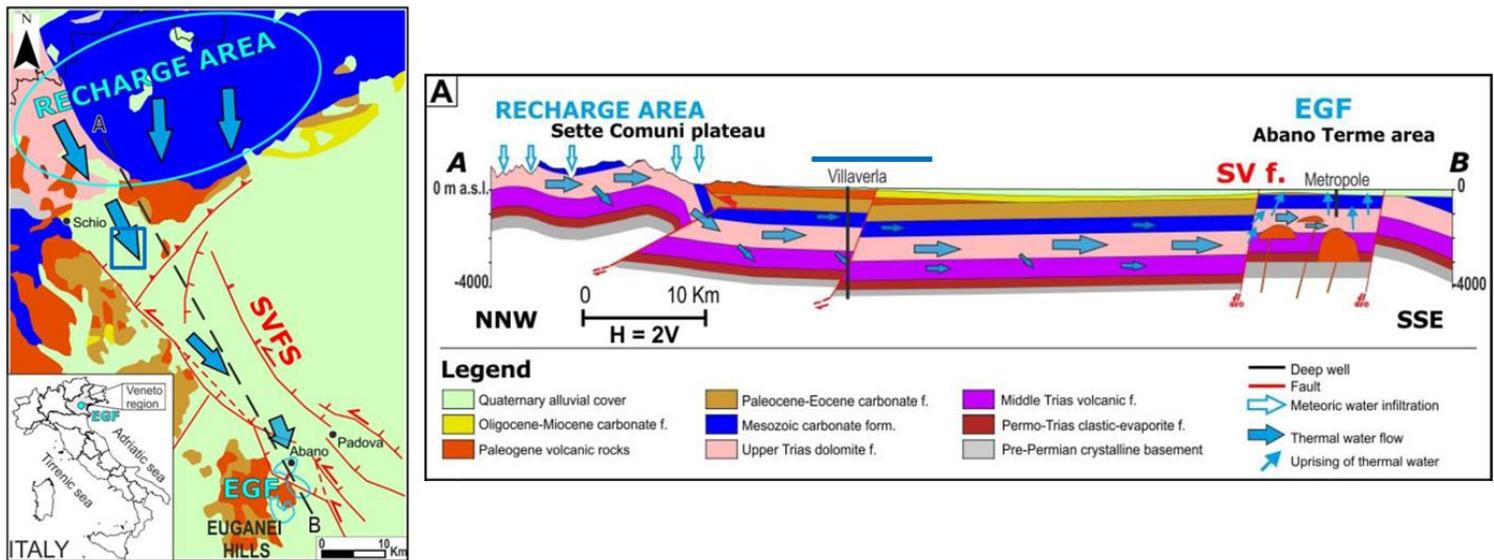


**Fig. 19. a) schema strutturale dell'area (P.R. è indicato con il quadrato azzurro): VL: pozzo di Villaverla; b) Serie sedimentaria da N a S (Pilli et al, 2012)**

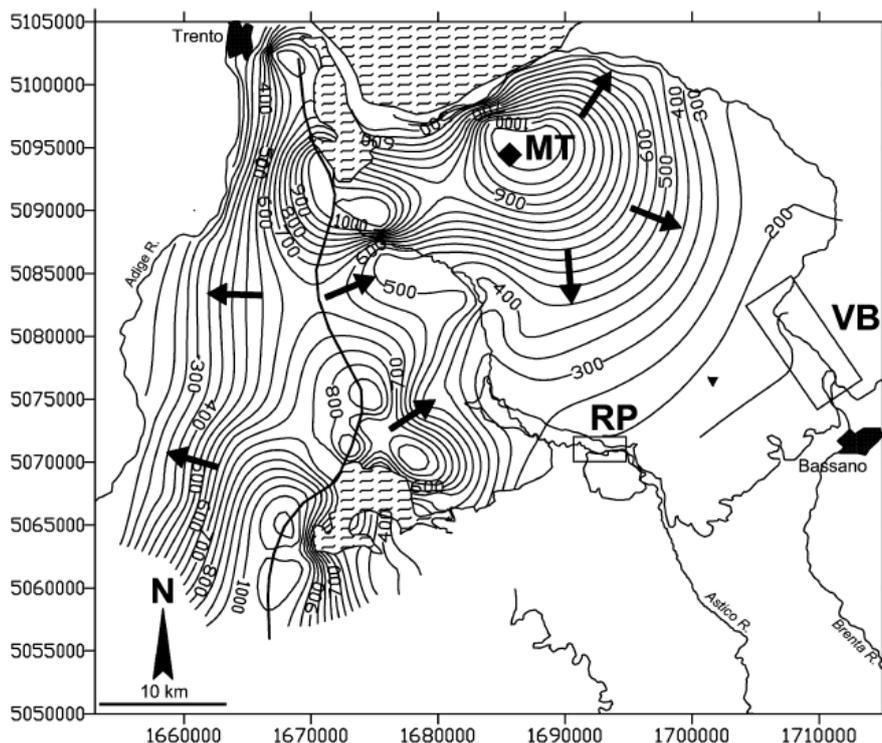
Soffermandoci in prossimità del pozzo Villaverla 1 e dalla ricostruzione idrogeologica eseguita per l'area oggetto d'interesse, gli stessi autori individuano un acquicludo di dimensioni regionali nel basamento metamorfico (BAS e PTM di Fig. 20) a circa 2500 m di profondità ed un'unità idrogeologica carsica prevalentemente nella piattaforma dolomitica (DP e CR di Fig. 20) a circa 1500 m di profondità. Un'importante zona di ricarica dell'area è individuata nelle serie carbonatiche delle Pre-alpi, localizzate ad E della faglia di Schio-Vicenza per lo più in prossimità del plateau dei Sette Comuni-Tonezza, caratterizzato da quote massime di circa 2300 m. La validità di questa ricarica è attestata dai risultati degli studi dei bilanci idrogeologici documentati da Pola et al. (2013) e che ipotizzano una potenziale ricarica elevatissima e pari a circa 230 Mm<sup>3</sup>/y (circa 7,3 m<sup>3</sup>/s).



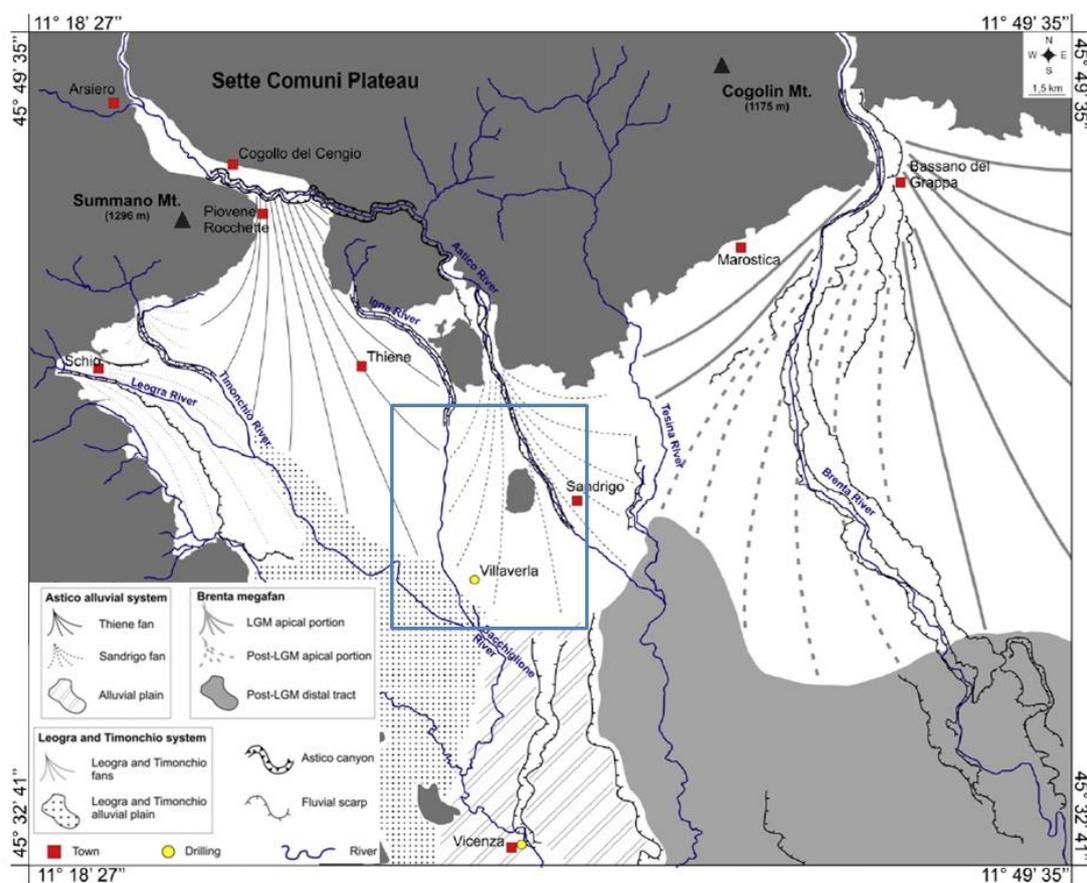
**Fig. 20. Sezione geo-strutturale W-E passante per il pozzo Villaverla 1 (modificata da Pilli et al., 2012).** TER: Successione stratigrafica del terziario; CR: formazioni del Cretaceo; DP: Dolomia Principale; PTM: Micascisti e filladi del basamento metamorfico; BAS: Basamento metamorfico.



**Fig. 21. Modello concettuale e sezione NW-SE estratta e modificata con l'ingombro del P.R. da Pola et al., (2013).**



**Fig. 22. Mappa piezometrica della zona saturata del sistema carsico pre-alpino (Pilli et al., 2012).**  
Le frecce indicano le direzioni di flusso.



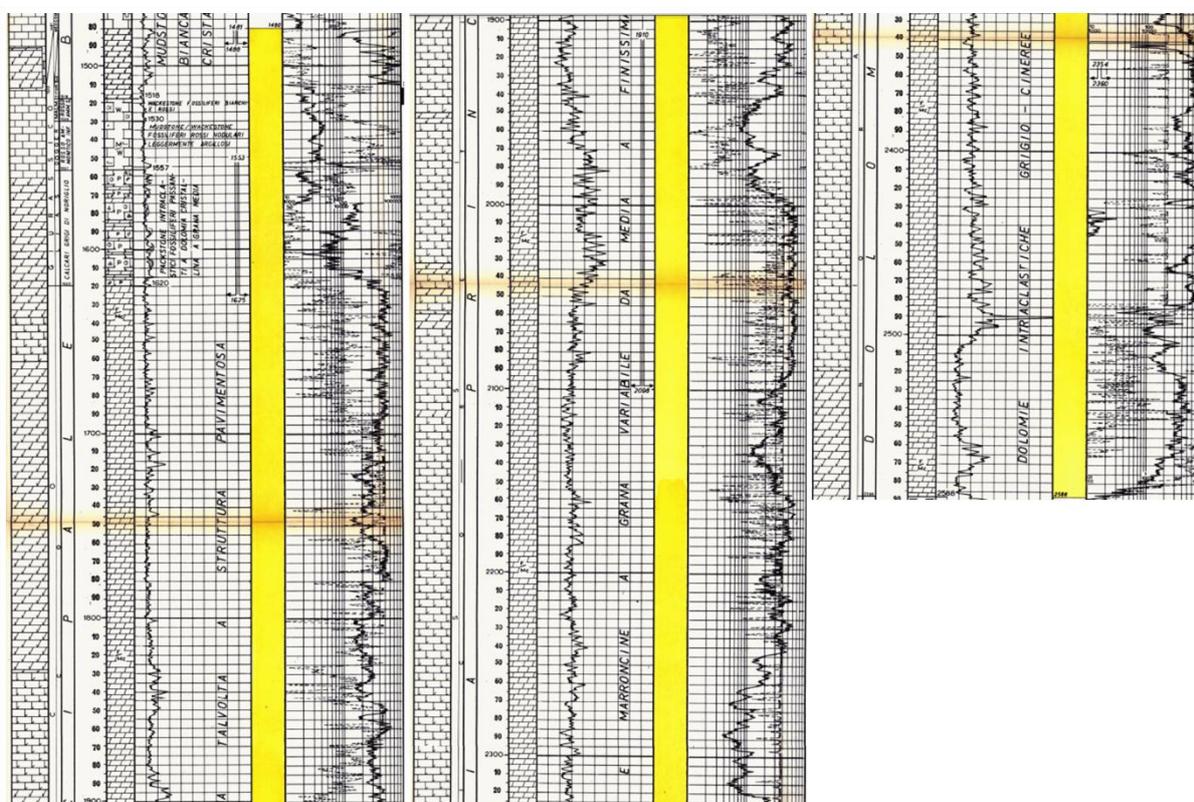
**Fig. 23. Mappa geomorfologica della pianura pedemontana (modificata da Rossato et al., 2013; MURST, 1997; Mozzi, 2005 e Fontana et al., 2008).**

La serie sedimentaria carbonatica risulta infatti molto permeabile date le numerose fratture e le cavità carsiche che lo interessano. La Fig. 22 mostra una ricostruzione della piezometria dello stesso sistema

carsico pre-alpino derivato da dati di sorgenti e affioramenti del basamento pre-permiano indicando le principali direzioni di flusso.

La Fig. 23 schematizza tutte le caratteristiche della pianura pedemontana Vicentina in un'area più circoscritta al P.R. consentendo così di individuare la morfologia delle conoidi e dei depositi alluvionali che derivano dall'apporto sedimentario del reticolo idrografico dell'area.

La stratigrafia di dettaglio conosciuta per il pozzo Villaverla1 ha permesso quindi una ricostruzione precisa del substrato all'interno del P.R. (Fig. 20 e Fig. 21), individuando un orizzonte DP più superficiale che, nonostante l'elevata presenza di fluidi, risulta di minor interesse ai fini dell'esplorazione geotermica in corso, per le basse temperature inferiori a 100 gradi e quindi non adatte per gli impianti a ciclo binario per la produzione di energia elettrica (Fig. 24); ed un orizzonte PTM, più profondo, con temperature attese più elevate (circa 130 gradi) e caratterizzato comunque da forte ricarica idrica e ritenuto per questo il target principale dell'esplorazione (Fig. 25).



**Fig. 24. Estratto del log del pozzo Villaverla 1 nel tratto interessato dal reservoir più superficiale (da 1480 a 2588 m).**

I due *reservoir* che citiamo sono separati da uno spessore di 1242 m della formazione delle porfiriti triassiche, che costituiscono un acquicludo che quindi isola idraulicamente, seguendo la legenda di conduttività idraulica di Fig. 20, l'acquifero acquitardo (CR) e acquifero carsico (DP) rispetto all'acquifero di nostro interesse che si colloca in una porzione fratturata per uno spessore di 375 m, con tetto nella porzione di acquifero dell'unità PTM (acquifero/acquitardo) e base coincidente col tetto del basamento pre-permiano BAS (acquifero/acquicludo), andando così a definire la caratterizzazione geotermica del serbatoio.

In sintesi, in via previsionale si rileva una estesa separazione idraulica tra il primo serbatoio geotermico posto tra -1480 m dal p.c. e -2588 m dal p.c. ed il serbatoio geotermico profondo, di nostro interesse,

posto tra -3830 m dal p.c. e -4205 m dal p.c. con alla base la formazione impermeabile del basamento metamorfico (prof >di 4205 m dal p.c.). La separazione idraulica tra i due suddetti serbatoi geotermici viene determinata dalla presenza continua, sia in affioramento che in tutte le verticali conosciute e citate nei paragrafi precedenti, delle formazioni delle porfiriti triassiche, pressoché impermeabili per uno spessore di circa 1242 m.

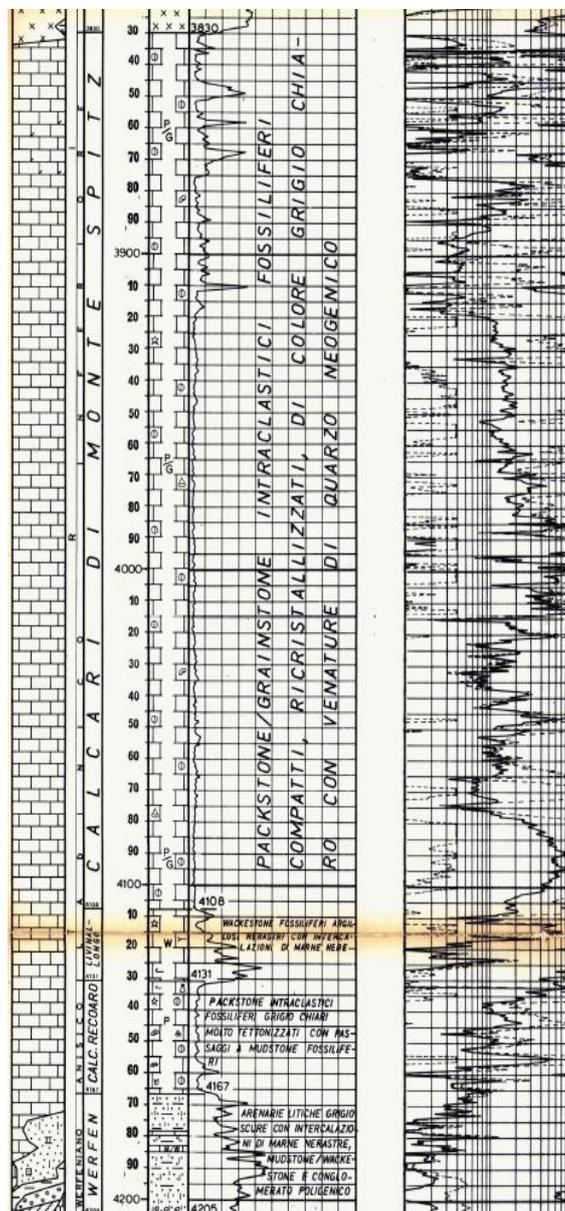


Fig. 25. Estratto del log del pozzo Villaverla 1 nel tratto interessato dal reservoir più profondo (da 3830 a 4205 m).

L'assetto idrogeologico che abbiamo appena descritto è quello che ritroviamo per una vasta area del territorio di interesse, che si estende dai M. Lessini, ad W, fino all'area pedemontana ed anche nella pianura sottostante, ad E con attesa ripetizione di tutta la serie che va dai depositi quaternari, più superficiali, fino al basamento cristallino pre-permiano. Queste caratteristiche strutturali e idrogeologiche sono ritenute favorevoli allo sviluppo di un progetto di sfruttamento geotermico, e sono perciò da imputarsi valide anche per il permesso di ricerca. Sottolineando nuovamente l'immensa risorsa idrica fornita dalle aree di ricarica dai calcari dei M. Lessini – Plateau dei Sette Comuni e da numerose zone di ricarica nella porzione pedemontana, l'estrazione della risorsa geotermica (tutta comunque da verificare inseguito ai lavori di esplorazione de quo), avrebbe effetto trascurabile sul regime idrico descritto.

Per i calcari dei M. Lessini, che comprendono le formazioni calcaree (primo serbatoio geotermico posto tra -1480m. dal p.c. e -2588 m. dal p.c) sovrastanti le vulcaniti triassiche, è stata stimata una ricarica totale di 7.3 m<sup>3</sup>/s (Pola et al., 2013).

Dalla consultazione della carta litotecnica della provincia di Vicenza, è stato stimato per tale primo serbatoio un'estensione areale in affioramento come zona di ricarica, pari a circa 870 km<sup>2</sup>. Per quanto concerne altresì il secondo serbatoio geotermico, separato idraulicamente dal primo dalle stesse vulcaniti triassiche, e trascurando le comunque possibili interconnessioni idrauliche di monte (recharge area) attraverso le faglie e le fasce fratturate connesse, si è stimato un'estensione areale in affioramento come zona di ricarica pari a circa 43,5 km<sup>2</sup>. Considerando un valore di infiltrazione efficace analogo a quello stimato da Pola et al. (2013), e considerando che la superficie di affioramento della ricarica dei serbatoi di nostro interesse (secondo serbatoio geotermico posto tra -3830 m dal p.c. e -4205 m dal p.c.), risulta essere ridotta di circa l'80% rispetto alla precedente (43,5 km<sup>2</sup>/870 km<sup>2</sup>), in via del tutto previsionale sarebbe garantita comunque una ricarica continua stimata di circa 1,46 m<sup>3</sup>/s (1460 l/s).

Da informazioni acquisite presso gli enti di riferimento (Provincia di Vicenza, Genio Civile e Regione Veneto), non risulta ad oggi attivo alcun prelievo dall'acquifero geotermico profondo di interesse nei Calcari di Monte Spitz e formazioni sottostanti con alla base le rocce impermeabili del basamento metamorfico.

## **5. CARATTERIZZAZIONE GEOTERMICA**

### ***5.1 Circolazione dei fluidi e geochimica delle acque***

Sulla base dei dati disponibili ad oggi e provenienti da studi condotti da Agip durante la realizzazione dell'Inventario delle risorse geotermiche nazionali della Regione Veneto, le acque della zona di studio possono essere suddivise in base al loro chimismo, nei tipi: bicarbonato-solfato alcalino-terroso, solfato a tendenza bicarbonato calcica o cloruro sodica, cloruro-solfato-bicarbonato sodica e cloruro sodico.

#### *Acque bicarbonato-solfato alcalino-terroso*

A questa famiglia appartengono le acque da ricondursi prevalentemente a circuiti relativamente superficiali (bassa conducibilità elettrica) e derivate da processi di interazione con minerali carbonatici e, in minor misura, con quelli silicatici. L'origine delle acque è meteorica, con aree di infiltrazione a quote inferiori ai 1000 m. Secondo il rapporto Agip, tali sorgenti sono associate al sistema idrotermale dell'area di Caldiero, nella provincia di Verona. In particolare, nei pressi dei Monti Lessini dove sono note manifestazioni idrotermali. Le acque termali sono contenute nella coltre alluvionale sabbiosa-ghiaiosa che poggia sulle dorsali rocciose, con temperature di circa 30°C. Strettamente connessa alla temperatura che consente un più o meno marcato miscelamento con le acque fredde superficiali, si individua una salinità totale di circa 0.6 g/l.

#### *Acque solfato a tendenza bicarbonato calcica o cloruro sodica*

A questa famiglia appartengono le acque legate alle manifestazioni idrotermali dell'area termale Berica, nella provincia di Vicenza.

Le analisi sulle acque sono state condotte dall'analisi di sorgenti che sgorgano al contatto tra i rilievi collinari e la pianura (portate intorno anche > 10 l/s e temp. di circa 30° C). La salinità è attorno a 1 g/l.

Acque cloruro-solfato-bicarbonato sodica e cloruro sodico

A queste tipologie di acque sono associate le manifestazioni del territorio Euganeo. In particolare, le numerose sorgenti termali e pozzi, con temperature variabili dai 15° C per alcune sorgenti minori ai circa 90° C di alcuni pozzi.

Dall'analisi isotopica, l'origine delle acque di alimentazione è stata definita meteorica e nel loro ciclo geotermale, dovrebbero raggiungere profondità di circa 3000 m. La temperatura delle acque è imputabile al normale flusso geotermico terrestre (3° C ogni 100 m). Sempre seguendo il rapporto Agip, la fascia occidentale e sud-orientale dei colli Euganei è caratterizzata da acque ipomesotermali (25° C – 40° C), cloruro-solfato-bicarbonato sodica con salinità fino a 1.5 g/l; la fascia orientale è invece caratterizzata da acque ipertermali (45° C – 85° C) a chimismo cloruro-sodico e con salinità fino a 6 g/l.

Inquadramento idrogeochimico sulla circolazione delle acque in relazione a recenti pubblicazioni di riferimento

Analisi chimiche sono state effettuate nel bacino del Fiume Brenta allo scopo di verificare la circolazione idrica tra torrenti e falde. I risultati delle indagini sono state pubblicate da Pilli et al. (2012). Data la vicinanza del bacino in esame, ad E rispetto al P.R., è stato ritenuto utile citarne i risultati salienti.

La campagna ha previsto analisi isotopiche (<sup>2</sup>H, <sup>18</sup>O, <sup>13</sup>C, <sup>14</sup>C) su campioni di acqua, riassunti in Fig. 26.

Name	X Gauss-Boaga W	Y Gauss-Boaga W	Elev. m a.s.l.	Deep m	pH	c25 °C	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> μS/cm	Cl <sup>-</sup> mmol/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mmol/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mmol/l	Ca <sup>2+</sup> mmol/l	Mg <sup>2+</sup> mmol/l	Na <sup>+</sup> mmol/l	K <sup>+</sup> mmol/l	<sup>13</sup> C ‰ vs V-PDB	<sup>14</sup> C ‰ vs V-SMOW	<sup>18</sup> O ‰ vs V-SMOW	<sup>2</sup> H ‰ vs V-SMOW
Rivarotta	1709395	5068630	90.8	49.5	7.9	285	2.847	0.060	0.086	0.177	1.361	0.426					-10.19	-70.57
Travettore Sud	1711663	5066862	90	110.0	8.0	260	2.432	0.078	0.082	0.194	1.165	0.387					-10.05	-69.66
Granello	1710876	5064414	81	80.1	8.0	263	2.492	0.077	0.079	0.204	1.224	0.317	0.152	0.026	-7.1		-9.99	-68.94
Cartigliano	1709902	5065679	86	70.0	8.0	261	2.478	0.075	0.077	0.201	1.194	0.311	0.126	0.023			-9.95	-68.20
Melagrani	1711380	5071229	106.18	62.0	7.8	353	3.508	0.103	0.138	0.217	1.398	0.514	0.163	0.031	-11.70	79.6	-9.73	-61.22
Schiavon	1707242	5062376	68.53	10.3	7.9	302	2.860	0.075	0.101	0.176	1.223	0.401	0.115	0.027	-10.20	82.5	-9.46	-63.97
Pozzoleone	1708609	5058406	56	6.3	7.7	447	4.466	0.110	0.228	0.222	1.832	0.627	0.132	0.047	-10.80	77.7	-9.31	-64.42
S. Croce 1	1713178	5069900	113.9	70.3	7.8	364	3.577	0.109	0.180	0.214	1.569	0.579	0.152	0.028			-9.12	-62.15
S. Croce 2	1713209	5069885	114.4	83.1	7.8	351	3.461	0.099	0.158	0.213	1.605	0.550	0.135	0.024	-11.00	79.7	-9.11	-62.55
S. Croce 3	1713209	5069820	114		7.8	331	3.131	0.095	0.154	0.182	1.356	0.488					-8.81	-60.69
Torresin 1	1706834	5065802	82	40.0	7.8	351	3.573	0.096	0.133	0.212	1.697	0.457					-9.07	-61.56
Torresin 2	1706851	5065831	82	76.0	7.9	284	2.781	0.068	0.085	0.200	1.259	0.349	0.105	0.021	-11.30	79.2	-8.78	-60.94
Crocerone	1714489	5068245	105	84.0	7.9	326	3.215	0.124	0.174	0.195	1.284	0.525	0.152	0.028	-7.35	85.4	-8.92	-60.80
Stroppari	1713256	5062549	70	35.0	8.0	260	2.487	0.071	0.080	0.200	1.028	0.385	0.152	0.031	-4.69		-8.92	-62.42
S. Pietro	1713616	5065098	80	46.0	7.7	381	3.695	0.113	0.255	0.206	1.642	0.630					-8.89	-61.11
Cusinati	1716224	5064132	74	84.0	7.8	353	3.426	0.124	0.191	0.222	1.547	0.664	0.150	0.022	-10.50	82.6	-8.75	-59.39
S. Zeno 1	1716352	5069569	105	80.0	7.7	420	4.144	0.116	0.291	0.224	1.610	0.788					-8.30	-57.26
Boscaglie	1708617	5068791	94	68.0	7.8	418	3.872	0.157	0.244	0.196	2.028	0.593			-9.46	89.5	-7.55	-50.17
Barbola 2	1706901	5071147	114	25.0	7.4	456	4.875	0.153	0.138	0.198	2.450	0.240	0.297	0.028	-12.10	75.5	-7.42	-48.72
Barbola 1	1706967	5071133	114	24.0	7.4	466	5.008	0.155	0.134	0.197	2.493	0.243					-7.13	-47.70
Gazzo 2	1705405	5067744	86	37.0	7.3	750	7.279	0.664	0.460	0.356	3.293	0.948	0.850	0.092	-12.90	89.9	-7.04	-48.46
Gazzo 1	1705392	5067736	86	60.0	7.3	748	7.322	0.749	0.480	0.359	3.310	0.935					-7.01	-48.65
Cantarana 1	1704058	5065585	85	60.0	7.3	723	7.115	0.548	0.470	0.345	3.242	0.921					-6.97	-46.76
Cantarana 2	1703815	5065700	82	40.0	7.4	608	6.166	0.464	0.208	0.297	2.460	0.672	1.129	0.030	-13.50	75.4	-6.94	-47.17
Vilux	1704444	5066886	87		7.4	683	6.706	0.549	0.397	0.329	2.804	1.038			-11.9	90.8	-6.68	-47.08
Mai	1717740	5059851													-10.60	83.8		
Romano	1713936	5072283		60.0	7.4	480	5.240	0.200		0.19	3.03	2.63	0.1	0.02				-8.2
Ezz. 46																		
Bassano 47	1712486	5071648		71.0	7.4	270	3.290	0.200		0.16	2.67	1.24	0.006	0.02	-9	74.3	-10.4	
Bassano 48	1713331	5070461																-8.1
Bassano 49	1710536	5067430																-10.2
Bassano 115	1714180	5071648		99.0		500	4.050	1.210		0.830	3.210	2.230	1.190	0.003	-10.6			-9.14
Bassano 155	1712424	5070708			7.7	500	4.600	0.558		0.449	3.780	1.980	0.390	0.002	-12			-9.1

Fig. 26. Analisi isotopica condotta su campioni di acqua (Pilli et al., 2012)

I risultati delle indagini geochimiche sono invece diagrammati in Fig. 27 che individuano principalmente:

- un insieme di campioni (gruppo I) provenienti dal bacino del fiume Astico con valori circa costanti di  $\text{SO}_4^{2-}$  che denotano interconnessioni tra le acque fluviali e di circuito carsico più superficiali;
- un gruppo II, che include quasi la totalità dei campioni prelevati dal bacino del Brenta, che manifestano una buona correlazione tra  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ ; tali valori suggeriscono un contributo di acque mineralizzate provenienti dalla zona saturata profonda.

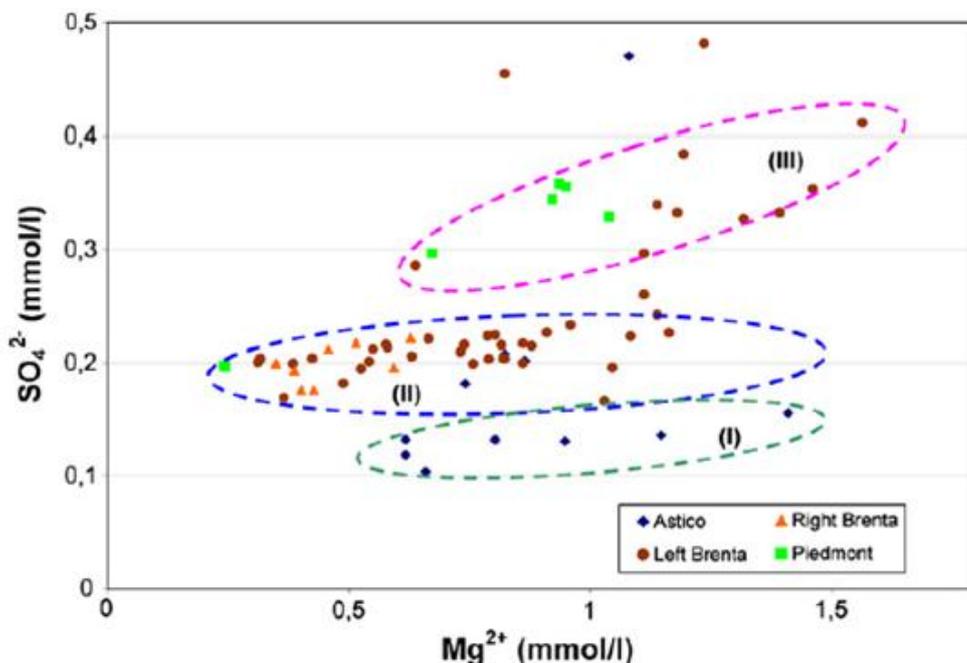


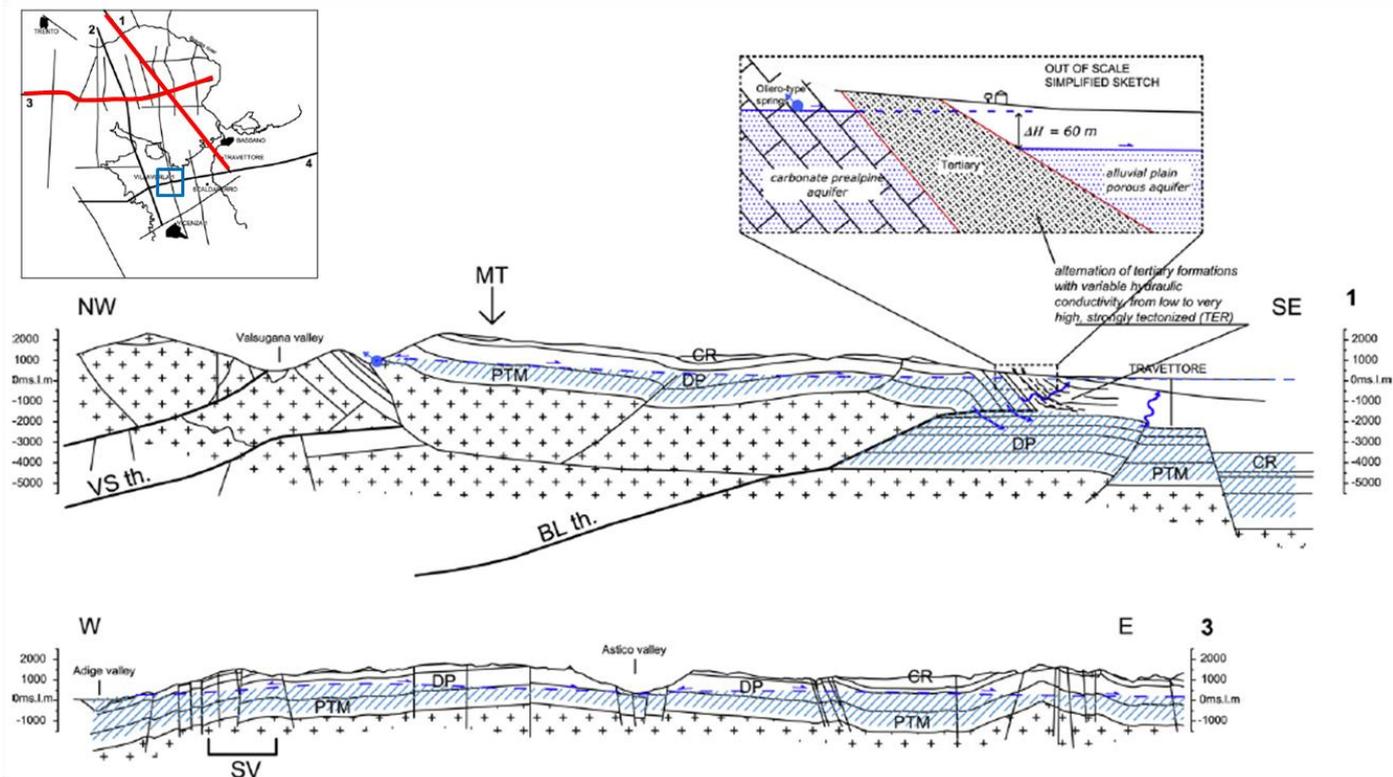
Fig. 27. Dati idrochimici estratti da Pilli et al., (2012).

- Campioni con elevati contenuti di  $\text{SO}_4^{2-}$  che non permettono l'esclusione di influenze antropiche, spesso suggerito da alto contenuto in nitrati.

Inoltre, il confronto tra i dati isotopici di  $\delta^{18}\text{O}$  e  $\delta^2\text{H}$  documentati da Zuppi e Bartolami (1982) per il fiume Brenta e da Longinelli e Selmo (2003) e Longinelli et al. (2006) su acque di precipitazione delle Prealpi, sottolineano la presenza di acque di infiltrazione dal plateau Prealpino.

La distribuzione dei principali ioni ed isotopi del carbonio ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $^{14}\text{C}$  e  $^{13}\text{C}$ ) suggeriscono inoltre il trasferimento di acque carsiche profonde attraverso l'acquifero poroso quaternario. Dato che la presenza di formazioni terziarie con bassa conduttività idraulica, non permette una diretta connessione idraulica tra i due sistemi (deposito quaternario ed acquifero carbonatico), svolgono un ruolo molto importante le faglie pre-Alpine e l'attività tettonica che coinvolge i sedimenti terziari come descritto da Gambillara et al. (2002).

La circolazione delle acque lungo le zone di faglia è favorita dalle variazioni idrostatiche tra sistemi fratturati e porosi secondo un modello idrogeologico concettuale del sistema pre-Alpino schematizzato lungo i profili di Fig. 28.



**Fig. 28. Sezioni idrogeologiche svolte a nord del P.R. raffiguranti i rapporti tra gli acquiferi carsico e poroso. Estratto da Pilli et al., 2012 - Nel riquadro in alto a destra un particolare della connessione idraulica tra i due acquiferi attraverso una formazione terziaria fortemente tettonizzata.**

La permeabilità necessaria per la risalita dei fluidi è direttamente collegata quindi all'attività tettonica delle faglie coinvolte e all'esistenza di strutture di trasferimento, *stepover* estensionali, tra segmenti attivi di faglie trascorrenti (Zampieri et al., 2009).

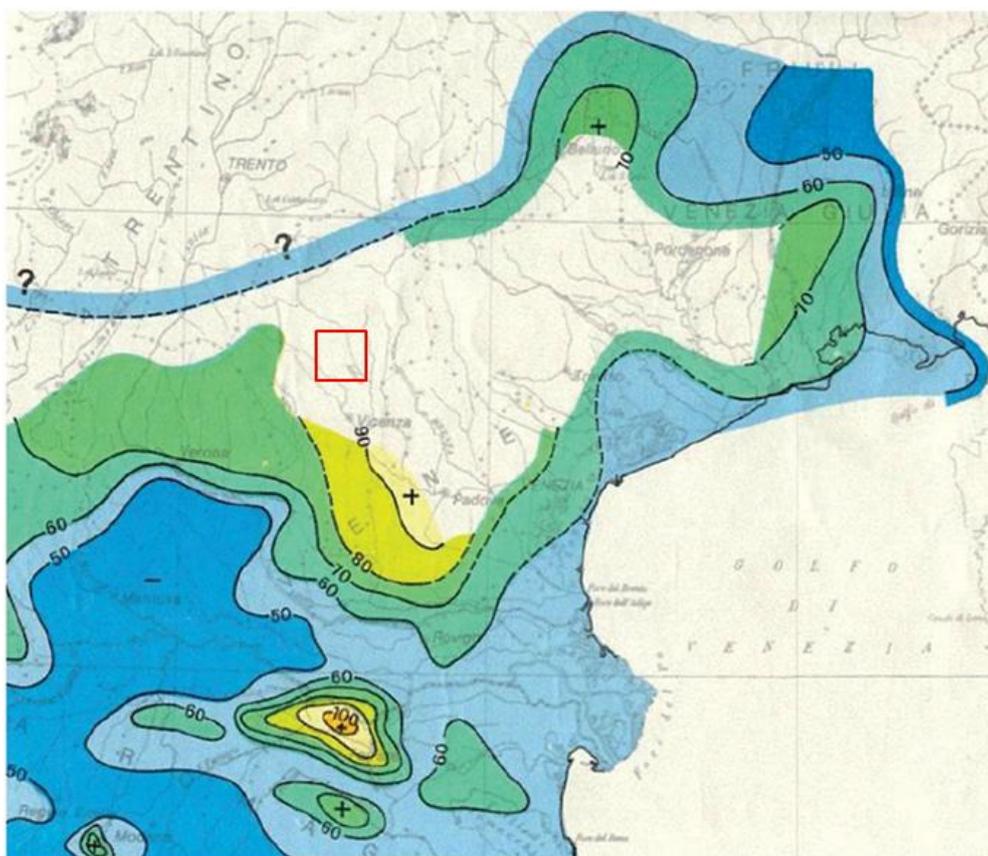
## 5.2 Modello concettuale di riferimento per la ricerca geotermica

### Definizione del modello preliminare

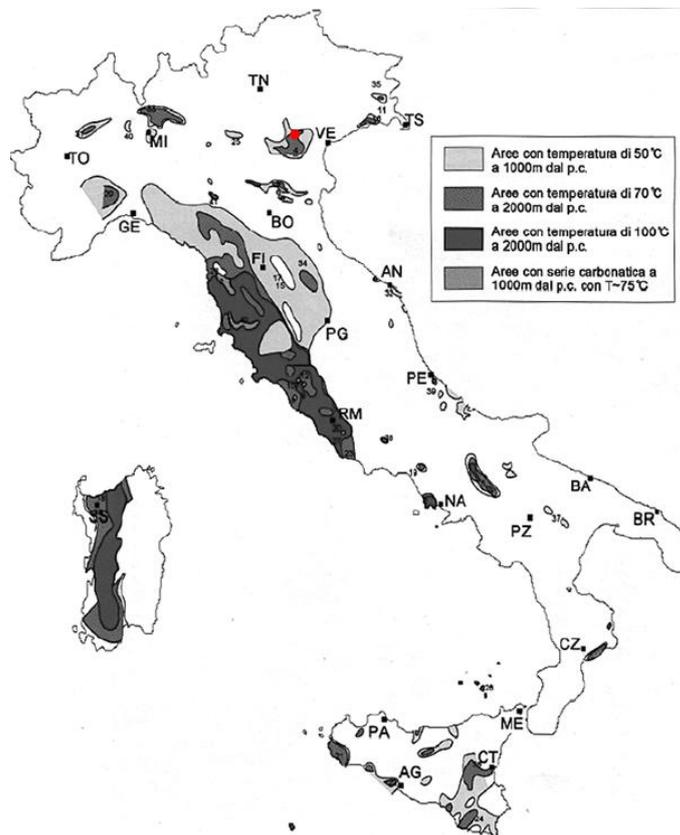
Il P.R. si colloca all'interno del sistema idrotermale del bacino Padano caratterizzato da serbatoi geotermici costituiti da rocce carbonatiche nelle quali l'acqua piovana, infiltrandosi in profondità, si scalda circolando con moti convettivi all'interno degli ammassi rocciosi permeabili (convettivo) a contatto con rocce calde (conduttivo). I fluidi, che circolano nelle fratture e nei pori delle rocce permeabili, vengono riscaldati dal calore proviene dal mantello per effetto del gradiente geotermico terrestre. La presenza di serbatoi carbonatici al di sotto di coltri di sedimenti quaternari, possono determinare locali aumenti di temperatura negli acquiferi freddi contenuti in tali depositi, oppure rappresentare serbatoi geotermici, i cui fluidi caldi, possono risalire verso la superficie attraverso strutture tettoniche profonde determinando l'originarsi di sorgenti termali (Castellaccio & Zorzini, 2012).

Dati di perforazioni Agip eseguite intorno agli anni '80, finalizzati per lo più alla ricerca di idrocarburi, hanno permesso la consultazione di una mole consistente di dati del sottosuolo, confermati anche da informazioni geologiche e bibliografiche al contorno, che hanno consentito l'individuazione di un primo

serbatoio geotermico, localizzato a circa 2000 m di profondità nell'area di intervento, con temperature dell'ordine dei 70/90°C (Fig. 29) e che hanno suscitato così l'interesse ad uno sfruttamento economico della risorsa stessa (usi termali a valle e concessione per teleriscaldamento della Città di Vicenza). Nonostante le caratteristiche dei serbatoi appena descritti presentino aspetti molto diversi rispetto alla geotermia ad alta entalpia, localizzata per lo più nelle regioni Toscana, Lazio e Campania (con serbatoi contenuti all'interno di basamenti metamorfici ed i cui fluidi ricevono calore da corpi magmatici, geologicamente recenti, che determinano temperature in profondità variabili da poche centinaia ad alcune migliaia di metri dell'ordine dei 150 – 350 °C e sfruttati già da anni per la produzione di energia elettrica), anche lo sfruttamento dei serbatoi veneti, rientranti nella categoria a bassa-media entalpia, ha suscitato un forte interesse in quanto ritenuto economicamente vantaggioso.



**Fig. 29. Carta delle isoterme della regione Veneto a – 2000 m di profondità ricavata dai rilievi AGIP del 1967 (Drigo, 2005). In rosso la localizzazione del P.R..**



**Fig. 30. Aree di interesse geotermico in Italia in funzione della temperatura delle rocce a 2000 m di profondità (Rybach, 2007; Castellaccio e Zorzin, 2012). In rosso la localizzazione indicativa del P.R..**

La Fig. 30 mostra una mappa delle aree di interesse geotermico italiano in funzione delle rocce a 2000 m di profondità proposta da Rybach (2007), mettendo in evidenza un’anomalia geotermica significativa nella zona del vicentino, in prossimità del P.R..

Il modello idrotermale che permette di giustificare la presenza di acque calde, può essere quindi schematizzato, secondo i risultati di indagini geochimiche condotte da Sighinolfi et al. (1982), come segue:

- Circuiti geotermici sviluppati in litotipi carbonatici;
- Infiltrazione di acque meteoriche da rilievi pre-alpini (aree di ricarica a 1000-1500 m di quota) che raggiungono fino a 2-4 km di profondità, dove si riscaldano per il normale gradiente geotermico (circa 30°C /km);
- Circolazione e risalita dei fluidi lungo condotti carsici e discontinuità strutturali attive (faglia di Schio-Vicenza), che garantiscono il mantenimento della permeabilità persistente.



**Fig. 31. Localizzazione dei pozzi per l'esplorazione petrolifera (cerchio verde) e geotermica (cerchio rosso) e linee sismiche (linee azzurre) eseguiti in prossimità del P.R. Montecchio Precalcino (quadrato rosso).**

Informazioni più dettagliate relative a: temperature, permeabilità, trasmissività e portate massime sono state ricavate dai dati delle perforazioni Agip condotte in prossimità del P.R. (Fig. 31).

In particolare, valori affidabili di parametri idrodinamici sono limitati ai dati dei pozzi Villaverla 1, ricadente all'interno del P.R., e Vicenza 1, perforato a nord della città di Vicenza. Secondo quanto riportato nell'Inventario delle risorse geotermiche nazionali della regione Veneto (1987), questi pozzi sono stati oggetto di ripetute prove di produzione che hanno mostrato un buon potenziale produttivo, nonché la presenza di acqua dolce fino a notevoli profondità per uno stesso serbatoio continuo nell'areale delle due perforazioni in questione (primo serbatoio geotermico escluso dal nostro interesse minerario riferito al solo secondo serbatoio geotermico). La permeabilità del serbatoio, principalmente dovuta a fratturazione più o meno intensa e a fenomeni di dissoluzione e carsismo, anche se non è risultata eccessiva, sarebbe comunque compensata dal notevole spessore dell'acquifero. Si parla di valori di permeabilità e trasmissività rispettivamente di  $2,7 \cdot 10^{-6}$  m/s e  $5,4 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s per il pozzo Vicenza 1 (primo serbatoio) sul quale sono state effettuate le prove di produzione più esaurienti. Il pozzo Vicenza 1 è inoltre risultato produttivo ad acqua dolce a 2200 m di profondità, con una portata massima di 120 m<sup>3</sup>/h ed una temperatura di fluido di 67°C a testa pozzo.

Il pozzo Villaverla 1 sempre in riferimento al primo serbatoio geotermico escluso dalla ricerca in oggetto, ha restituito valori inferiori per permeabilità e trasmissività rispettivamente dell'ordine dei  $1,1 \cdot 10^{-7}$  m/s e  $1 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s, a causa della presenza di una faglia normale in direzione del flusso che agisce in parte da barriera impermeabile.

Dalla consultazione del sito del Ministero dello Sviluppo Economico (Ufficio nazionale Minerario per gli idrocarburi e le Georisorse – UNMIG e Visibilità dei Dati afferenti all'attività di Esplorazione Petrolifera in Italia – VIDEPI) è stato possibile analizzare i dati dei log dei pozzi Villaverla 1, Scaldaferro 1 e Travettore 1 ed i profili sismici eseguiti in prossimità del P.R. (Fig. 31).

Il log del pozzo Villaverla 1 è indubbiamente la fonte più interessante, dal quale è stato possibile individuare l'esistenza di due *reservoir* geotermici: uno più superficiale, dai 1480 m ai 2588 m di profondità che interessa formazioni calcaree e dolomitiche, al quale si riferiscono i dati sopracitati, ed uno più profondo di nostro interesse, dai 3830 m ai 4205 m di profondità che attraversa formazioni calcaree, calcari di M. Spitz, Calcarea di Recoaro, formazione di Werfen, che si ritrovano anche in serie diretta nei pressi di Recoaro, località a circa 20 km ad ovest del P.R.. Uno spessore di circa 1000-1300 m di rocce effusive e metamorfosate pressoché impermeabili separano i due serbatoi geotermici.

Il pozzo Villaverla 1, risultato sterile ai fini petroliferi, ha però messo in evidenza la presenza di acqua a 75 °C a 2300 m, già stimato da Agip (1981) come interessante per utilizzazioni in eventuali progetti geotermici.

Date le informazioni raccolte siamo quindi in grado di ipotizzare la presenza di un primo serbatoio di oltre 1000 m di spessore, con temperature documentate di circa 70°C e portate minime stimabili, per continuità di serbatoio con i dati provenienti dal pozzo Vicenza 1, intorno ai 40 l/s; ed un secondo serbatoio più profondo e separato idraulicamente da uno spessore maggiore di 1000 m di conduttivo (vulcaniti triassiche), con spessore di circa 400 m, in cui sono verificate temperatura di 130°C a 3500 m di profondità. Non si hanno dati certi sulla portata di esercizio ipotizzabile per il secondo serbatoio.

Allo scopo di individuare caratteristiche più precise in merito alla fratturazione e permeabilità attesa del secondo reservoir, più carente di informazioni, è stata condotta un'analisi più dettagliata sulle misure elettriche e di potenziale del log Villaverla 1 relativamente al secondo acquifero, che hanno messo in evidenza:

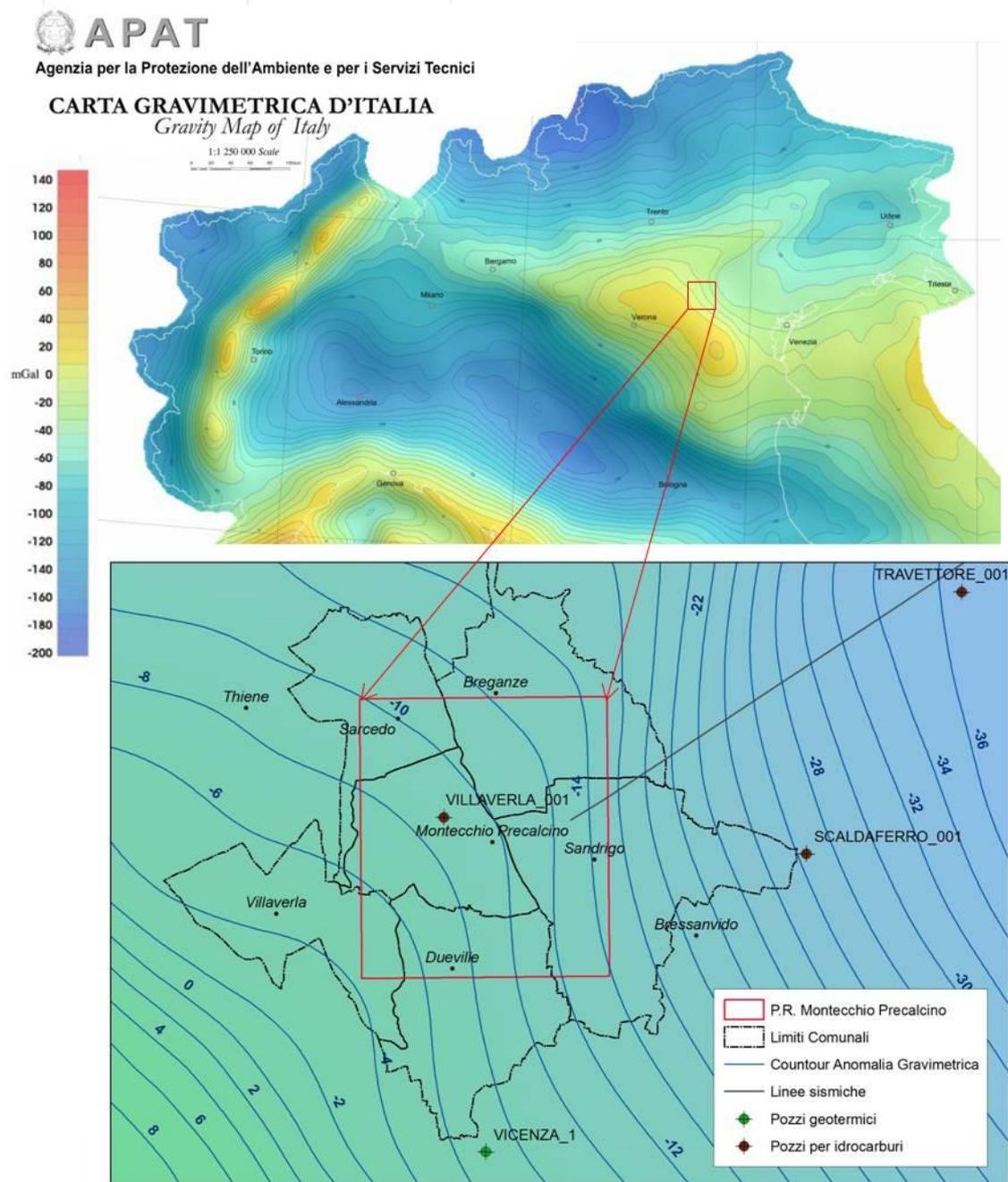
- da 3830 a 3920 m una buona fratturazione ma con presumibili intercalazioni argillitico-marnose e presumibile buona conduttività potenziale;
- da 3920 a 3980 m una porzione più compatta potenzialmente scarsamente produttiva;
- da 3980 a 4075 m una porzione mineralogicamente omogenea, a resistività decrescente con la profondità e con produttività potenzialmente buona;
- da 4075 a 4140 m una porzione più compatta con progressivo aumento di minerali argillosi, potenzialmente a scarsa produttività;
- da 4140 a 4170 m la base dei calcari è associabile ad una riduzione progressiva della resistività indicante un aumento della fratturazione e/o subordinatamente una variazione mineralogica per incremento dei minerali argillosi (almeno nella parte basale); produttività potenzialmente media;
- da 4170 a 4205 m il log interessa la formazione di Werfen costituita da arenarie con intercalazioni marnose; possibile presenza di fratture di buona produttività potenziale.

A seguito di queste informazioni, il secondo serbatoio risulterebbe caratterizzato da fratturazione in grado di garantire la circolazione di fluido geotermico e quindi le condizioni per lo sviluppo di un progetto di estrazione e sfruttamento della risorsa.

Un aspetto che dovrebbe essere approfondito al fine di una corretta pianificazione ingegneristica del progetto di estrazione dei fluidi geotermici nel PR, riguarda le analisi delle acque in modo da caratterizzarne correttamente il chimismo. Dati bibliografici già citati parlano di una salinità dell'acqua, relativamente al primo serbatoio, di circa 0.26 g/l rendendolo ottimale per scopi industriali. Trattandosi infatti di un acquifero ad acqua dolce, l'impatto delle sue acque in termini di corrosione ed incrostazione delle tuberie (fenomeni di scaling) sarebbe ridotto. Il primo serbatoio geotermico inoltre risulta in sovrappressione (+22 m dal piano campagna, corrispondente ad una pressione dinamica di circa 150 bar) a testimonianza di un meccanismo di ricarica efficiente proveniente dal sistema alpino, come già discusso in precedenza. Sono invece al momento più carenti informazioni in merito alla salinità delle acque attese per il secondo serbatoio, che dovranno essere verificate in corso d'opera ed in via preliminare eventualmente reperite presso AGIP, in modo da pianificare correttamente il sistema di reiniezione delle acque nel sottosuolo. Il secondo serbatoio geotermico di nostro interesse risulta, dai dati preliminari disponibili (Fonte UNMIG) avere un livello statico posto a -7 m dal piano campagna, a testimonianza comunque di un meccanismo di ricarica efficiente proveniente dal sistema alpino, come già discusso in precedenza e, sempre dai dati preliminari disponibili con livelli piezometrici differenziati tra il primo serbatoio (+22 m. dal p.c.) ed il secondo (-7 m dal p.c. corrispondente ad una pressione dinamica di 382 bar).

### ***5.3 Dati geofisici disponibili - contributo al modello geotermico preliminare***

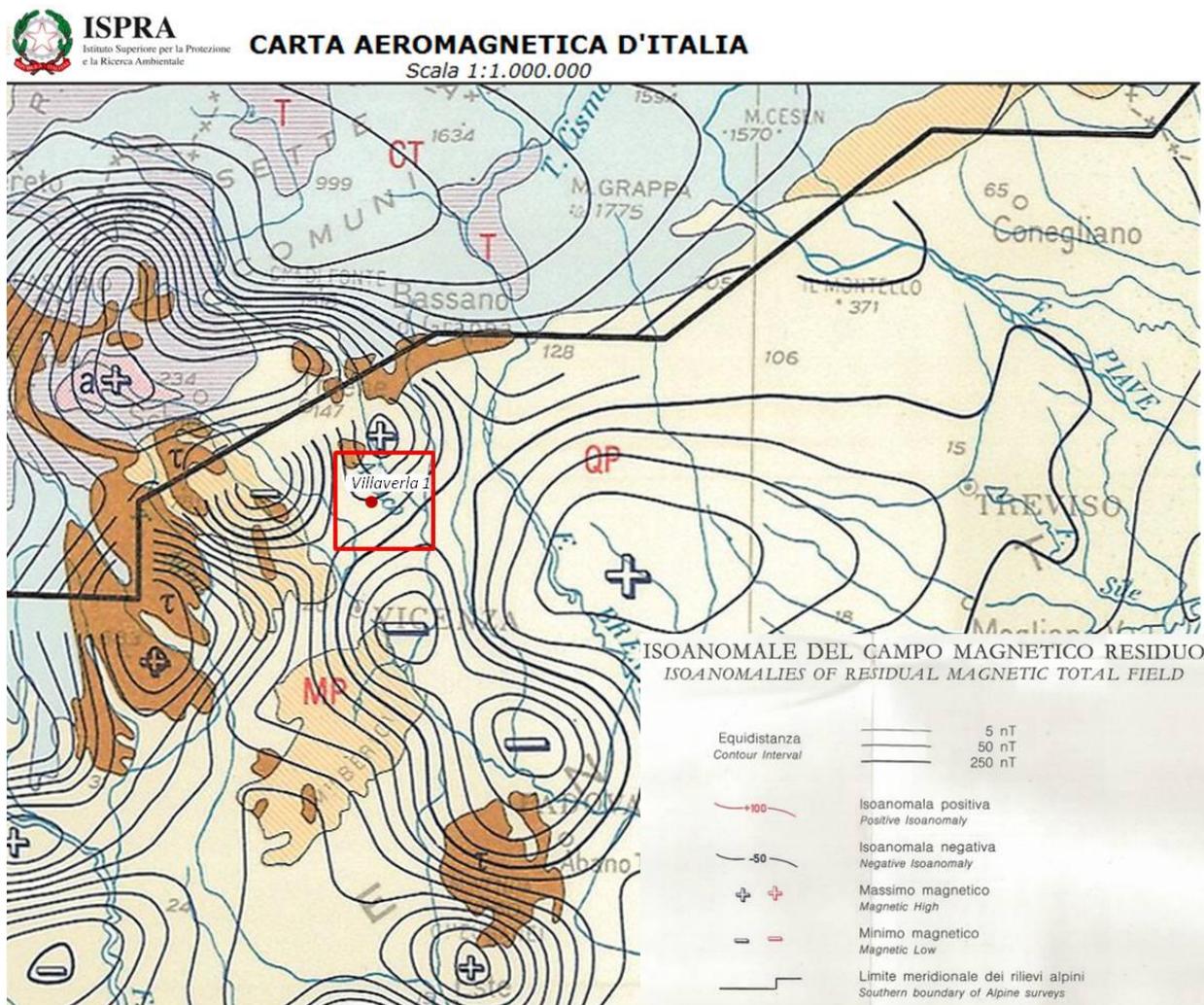
Indagini geofisiche di dettaglio (rilievi gravimetrici, magnetici, sismici e log di pozzo) vengono spesso citati nei rapporti di Agip consultabili dalle banche dati già nominate del Ministero dello Sviluppo Economico e dal sito dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Dalla consultazione di parte di questi dati è stato possibile ottenere un quadro piuttosto esaustivo della distribuzione delle anomalie geofisiche in prossimità del P.R. che ha consentito di ridurre alla sola campagna di sismica passiva, la più ampia campagna di indagini geofisiche preliminari generalmente pianificate a scopo conoscitivo nelle aree da esplorare.



**Fig. 32. Estratto della Mappa Gravimetrica d'Italia per l'Italia settentrionale (in alto) e anomalia gravimetrica all'interno del P.R. (in basso). Dati consultabili e scaricabili dal sito dell'ISPRA.**

La Fig. 32 mostra un estratto della carta gravimetrica d'Italia, per l'Italia settentrionale, e l'anomalia gravimetrica di dettaglio nel P.R. ottenuta con i dati raster e vettoriali scaricabili dal sito ISPRA, che mostrano valori da -4 a -14 mGal.

Le principali anomalie magnetiche sono invece visualizzabili in Fig. 33, che mostra un estratto della carta aeromagnetica d'Italia. Le isoanomale, con segnalati i principali massimi e minimi magnetici dell'area, sono sovrapposte alla geologia dell'area, che figura in sottofondo. Il P.R. indicato con un quadrato rosso in Fig. 33, risulta a cavallo tra un massimo di anomalia magnetica, nella porzione nord dell'area, ed una serie di minimi magnetici che presentano un allineamento preferenziale N-NW / S-SE.



**Fig. 33. Estratto della carta Aeromagnetica d'Italia consultabile dal sito ISPRA.**

Dati geofisici che hanno invece permesso di ricavare informazioni più dettagliate del P.R., in merito all'individuazione dei reservoir geotermici, sono invece i log di pozzo e profili sismici di Fig. 31.

In particolare, l'attenzione si è soffermata sull'osservazione ed interpretazione della linea sismica "VI-310-88", orientata in direzione SW-NE, che taglia il P.R. nel suo margine NE per poco più di un chilometro. Localizzando quindi l'interpretazione a questo tratto della linea sismica, si individuano dei chiari riflettori sismici a diverse profondità (Fig. 34) molto estesi e continui.



di pozzo e che rappresenta il target dell'esplorazione in corso. La discrepanza maggiore rilevata nell'individuazione del secondo reservoir in termini di profondità è da relazionarsi alla presenza di trachiti che si alternano ai calcari, delle quali dovrebbe essere effettuata una stima della velocità più appropriata, in modo da ottenere valori più idonei, per tale tipo di roccia, rispetto a quello utilizzato per il calcolo approssimativo delle profondità dei reservoir geotermici e che si riferisce alle formazioni calcaree.

Considerando che i dati sismici analizzati sono stati acquisiti nel 1988 e che non è stato effettuato nessun re-processing del dato di origine al fine di cercare di migliorare con le tecniche più attuali il rapporto segnale-rumore, i risultati ottenuti sono ritenuti considerevolmente sufficienti a confermare la corretta individuazione dei reservoir. Un dato interessante che si ottiene è, inoltre, la progressiva risalita, all'interno del permesso di ricerca (verso ovest) dei riflettori che consente una maggiore confidenza sulle profondità stimate per il raggiungimento del secondo reservoir, obiettivo della ricerca.

I risultati provenienti da indagini geofisiche di superficie e disponibili presso le banche dati di UNMIG, VIDEPI ed ISPRA, correlati con le informazioni stratigrafiche dei pozzi pre-esistenti in aree limitrofe al P.R. (vedi Fig. 31), con il modello geotermico preliminare e con le indagini geofisiche di pozzo che hanno consentito il confronto tra i valori di permeabilità del primo e del secondo serbatoio, in aggiunta alla valutazione della grande ricarica di 1140 l/s, permettono di ipotizzare in sintesi, le seguenti caratteristiche per il secondo serbatoio:

- temperatura attesa di circa 130°C;
- permeabilità dell'ordine dei  $1,1 \cdot 10^{-7}$  m/s;
- portata attesa (da verificare solo a perforazione conclusa) da 70 a 200 l/s;
- trasmissività dell'ordine  $1 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s;
- ricarica di circa 1140 l/s;
- spessore di 375 m;
- profondità compresa tra -3830 m dal p.c. e 4205 m dal p.c.;
- base impermeabile caratterizzato dal basamento metamorfico;
- tetto impermeabile caratterizzato da strato di vulcaniti triassiche;
- formazione isolante conduttiva tra -2588 m dal p.c. e -3830 m dal p.c. che separa il primo ed il secondo reservoir.

## 6 – DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA DEI LAVORI DELLA RICERCA

In riferimento all'art. 8 del D.P.R. 395/1991 "Programma di lavoro", ed in accordo con il D.G.R. 985 del 18/06/2013, del D. Lgs. 11 febbraio 2010 n. 22, di seguito, si specificano nel dettaglio, nella loro sequenza temporale, le attività di ricerca previste dal proponente.

Si procederà pertanto partendo da un'acquisizione, sistematizzazione ed elaborazione dei dati geologici, sismici, stratigrafici, geochimici e geotermici esistenti in modo da definire il modello geologico e geotermico preliminare di riferimento compreso delle verifiche di campagna senza impatto sul territorio ed

in particolare un censimento dei pozzi presenti nell'area. A tal fine saranno raccolti presso l'archivio ENI (Permesso di ricerca Vicenza) ed interpretati nel dettaglio i dati completi della precedente ricerca di idrocarburi (report completo di perforazione, analisi dei cuttings di perforazione e visione delle carote del serbatoio geotermico di riferimento) ed i relativi profili sismici a riflessione.

Verranno inoltre raccolte tutte le informazioni disponibili presso la Regione Veneto sulle caratteristiche idrogeologiche e sui dati tecnici disponibili riferiti al pozzo che interessa il primo serbatoio del sistema geotermico già sfruttato e concessionato per il teleriscaldamento di Vicenza (pozzo Agip – Vicenza 1).

Tutte le suddette operazioni, ricerche e studi preliminari sono di carattere bibliografico e non hanno nessuna implicazione sul territorio.

Vista la documentazione disponibile e le informazioni sulla presenza del serbatoio geotermico derivanti dalla precedente perforazione Villaverla 1, sarà eseguita la sola fase di campagna di approfondimento geofisico, che prevederà attività di superficie non impattanti, tipo esplorazioni di sismica passiva a bassa frequenza, con scarsissime implicazioni sul territorio e sull'ambiente. Incrociando quindi i dati derivanti dal modello geologico con i dati forniti dall'analisi indiretta delle condizioni geostrutturali ed idrogeologiche ottenute con l'indagine geofisica sarà possibile avere conferma dell'assetto geologico dell'area di interesse a seguito della quale si potrà procedere all'ubicazione e progettazione della principale opera del progetto e cioè il pozzo esplorativo, previsto a profondità massime dell'ordine di alcuni chilometri (circa 4300 m e da verificare comunque in relazione ai risultati delle precedenti fasi di indagine).

Per la fase di perforazione esplorativa verrà presentato un ulteriore e specifico studio di impatto ambientale. In caso di esito favorevole della ricerca si procederà quindi al riconoscimento del carattere nazionale o locale della risorsa ai sensi dell'art. 22 del D.P.R. 395/1991 e art. 5 del D. Lgs. 11 febbraio 2010 n. 22 e della normativa della Regione Veneto (Allegato A alla D.G.R. 985 del 18/06/2013,) e a predisporre la successiva documentazione tecnica e progettuale per la richiesta di concessione di coltivazione ai sensi delle normative sopracitate. L'effettiva reperibilità del giacimento minerario oggetto del permesso di ricerca potrà essere verificata solo a seguito della realizzazione e dell'esito favorevole della perforazione esplorativa.

Di seguito, nella Tab. 5 viene esplicitato nel dettaglio il programma dei lavori, con i relativi tempi necessari, per i costi preventivati si rimanda all'elaborato specifico (Elaborato 1 - Programma dei Lavori).

Nella seguente tabella sono inoltre evidenziati in rosa i punti a), b) e c) corrispondenti ad attività di studio bibliografico, rilievo idrogeologico ed esecuzione di indagine geofisica di sismica passiva, sottoposti a verifica di assoggettabilità a VIA con il seguente elaborato.

<b>SCHEDA DEL PROGRAMMA DEI LAVORI DEL PERMESSO DI RICERCA DI RISORSE                      GEOTERMICHE "MONTECCHIO PRECALCINO"</b>				
voce	DESCRIZIONE DEI LAVORI	TEMPI NECESSARI PER LO SVOLGIMENTO DEI LAVORI (MESI)	TEMPI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI DAL RILASCIO DEL PERMESSO (MESI)	MEZZI DI FINANZIAMENTO
a	Acquisizione, sistematizzazione ed elaborazione dei dati geologici, sismici, stratigrafici, geochimici e geotermici esistenti con particolare riferimento ad acquisizione ed interpretazione dei dati tecnici del pozzo Villaverla 1.	2	2	Mezzi propri
b	Rilievo idrogeologico di dettaglio dell'area del permesso di ricerca, con censimento di pozzi presenti, prelievo di acque superficiali ed analisi chimiche della acque.	2	2	Mezzi propri
c	Esecuzione dell'indagine geofisica attraverso tecniche di array sismici (simica passiva), direzione lavori dell'indagine geofisica, interpretazione dei dati e report finale con verifica del modello geologico-strutturale e geofisico atteso.	1	3	Mezzi propri
d	Redazione del progetto definitivo e procedura di VIA ai sensi del Dlgs 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni per la realizzazione della perforazione esplorativa	7	10	Mezzi propri
e	Redazione del progetto esecutivo della perforazione esplorativa e svolgimento pratiche autorizzative per la realizzazione (art. 16 D.P.R. 395/1991, D.P.R. 380/2001, D.Lgs. 624/1996).	1	11	Mezzi propri
f	Accordi con le proprietà dei fondi, contrattualizzazione dei rapporti, monetizzazione ecc..	1	11	Mezzi propri
g	Affidamento dei lavori di perforazione del pozzo esplorativo, delle opere accessorie e dei noli, contrattualizzazione dei rapporti tra gli operatori.	2	12	Mezzi propri
h	Perforazione esplorativa tramite pozzo profondo circa 4.300 ml dal p.c., comprensivo di allestimento cantiere e condizionamento del perforo, smaltimento rifiuti di perforazione, prove di collaudo. Esecuzione di logs geofisici, prove di produzione, analisi fluidi geotermici.	7	19	Mezzi propri
i	Predisposizione di una rete di monitoraggio sismico, con installazione di 4 stazioni dedicate (ad integrazione della rete sismica nazionale). Si prevede monitoraggio sismico in continuo a partire da 1 mese prima dell'inizio della perforazione fino a 2 mesi oltre il termine delle operazioni di perforazione e delle prove di produzione.	10	21	Mezzi propri
l	Ripristino ambientale parziale dell'area, con smobilitazione del cantiere e smaltimento rifiuti ai sensi del D.Lgs 152/2006 (in caso di esito positivo della ricerca). Eventuale chiusura mineraria della perforazione, previa approvazione del progetto di chiusura e relative autorizzazioni (in caso di esito negativo della ricerca - 4 mesi).	2	23	Mezzi propri
m	Direzione dei lavori ed assistenza tecnica a prove di produzione, log geofisici e analisi dei fluidi geotermici, prove di collaudo.	12	23	Mezzi propri

**Tab. 5. Programma dei lavori del permesso di ricerca. Evidenziati in rosa le voci a), b) e c) per le quali è richiesta Verifica di Assoggettabilità a VIA col presente documento**

a) Acquisizione, sistematizzazione ed elaborazione dei dati geologici, stratigrafici, geochimici e geotermici esistenti con particolare riferimento ad acquisizione ed interpretazione dei dati tecnici del pozzo Villaverla 1. Le attività prevedono l'analisi delle banche dati pubbliche disponibili presso la Regione Veneto, l'UNMIG, l'ENI, l'ISPRA, l'INGV, il CNR, le Università di Padova, di Firenze, l'Istituto di Geoscienze e Georisorse e delle pubblicazioni specialistiche in materia.

b) Rilievo idrogeologico e geochimico dell'area del permesso di ricerca, censimento di pozzi presenti, prelievo di n.6 campioni di acqua ed analisi chimica delle acque. Una volta ricostruito il modello preliminare di cui sopra dell'area di ricerca, sarà eseguita una ricerca idrogeologica specifica (da fonte bibliografica) finalizzata al censimento dei pozzi per acqua presenti e alla ricostruzione della superficie della prima falda con lo scopo di identificare eventuali azioni di tutela verso le acque sotterranee utilizzate e per eventuali e successivi sfruttamenti della risorsa ai fini del sistema di raffreddamento della centrale geotermica (fase di eventuale concessione mineraria).

c) Esecuzione dell'indagine geofisica attraverso tecniche di array sismici (sismica passiva), direzione lavori dell'indagine geofisica, interpretazione dei dati e report finale con verifica del modello geologico-strutturale e geofisico atteso.

La cosiddetta "sismica passiva" è un'indagine di tipo geofisico basata sulla misurazione del rumore sismico, tramite uno strumento portatile di registrazione, che non necessita di una sorgente di energia appositamente creata. La superficie terrestre è infatti costantemente interessata da piccole vibrazioni, i cosiddetti microtremori, noti anche come rumore sismico. I microtremori possono essere di origine antropica, legate ad esempio al traffico, alle industrie, alle attività lavorative, oppure di origine naturale, generate dal flusso dell'acqua dei fiumi, dalle onde che si infrangono sulla costa, dalle correnti oceaniche, dal vento dalle perturbazione e dalle variazioni barometriche.

Questa metodologia, sviluppatasi inizialmente per calcolare l'amplificazione sismica locale (Nakamura, 1989), trova una buona applicazione anche ai fini stratigrafici (Gallipoli et al., 2000; Castellaro et al., 2005), riuscendo ad identificare importanti discontinuità stratigrafiche come ad esempio l'interfaccia sedimento/bedrock fino a profondità anche di alcune centinaia di metri. Maggiori dettagli sulle specifiche tecniche dei sensori utilizzati e sulle metodologie di acquisizione sono riportate nel paragrafo 7.3.

d) Redazione del progetto definitivo e procedura di VIA ai sensi del Dlgs 152/2006 e successive modifiche ed integrazioni per la realizzazione della perforazione esplorativa

Tutti i dettagli delle operazioni finalizzate alla redazione del progetto definitivo e procedura di V.I.A. per la realizzazione del pozzo esplorativo saranno esplicitati nella stesura di un progetto definitivo che rispecchi tutti i vincoli normativi ambientali vigenti e non con il presente documento col quale viene richiesta la verifica di assoggettabilità a VIA per le sole voci a), b) e c) del programma lavori.

e) Redazione del progetto esecutivo della perforazione esplorativa e svolgimento pratiche autorizzative per la realizzazione (art. 16 D.P.R. 395/1991, D.P.R. 380/2001, D.Lgs. 624/1996). Successivamente all'espletamento delle attività precedenti ed una volta acquisita l'autorizzazione ambientale (procedura di assoggettabilità a V.I.A.) richiesta con questo documento per l'esecuzione dei punti a), b) e c) del programma lavori, si procederà alla redazione del progetto esecutivo dell'opera di perforazione ai sensi del D.P.R. 395/1991, ai fini della necessaria autorizzazione mineraria. Saranno nel contempo richieste tutte le autorizzazioni necessarie di supporto. Sarà anche redatto e consegnato agli organi competenti il D.S.S. (Documento Salute e Sicurezza) ai sensi del D.Lgs. 624/1996. Nello specifico il progetto esecutivo dell'opera prevederà un dettagliato schema del cantiere con individuate le opere di movimento terra da eseguire (livellamenti e inghiaatura piazzale), la realizzazione del basamento di cls per la perforatrice, la recinzione dell'area, l'individuazione delle aree di stoccaggio dei materiali e le vasche dei fanghi, le attrezzature ed i luoghi di ricovero per il personale, box ufficio, servizi igienici, spogliatoi, aree di raccolta dei rifiuti di perforazione idoneamente impermeabilizzata ecc.. Il progetto prevederà tutte le fasi ed i mezzi di perforazione con la definizione esatta delle quote degli avanpozzi, le cementazioni, i sistemi di sicurezza (blow-out preventer ecc.), lo schema di condizionamento, le prove da eseguirsi in avanzamento e per la produzione.

Verrà quindi redatto anche il progetto esecutivo per il ripristino definitivo dell'area a seguito della perforazione.

f) Accordi con le proprietà dei fondi, contrattualizzazione dei rapporti, monetizzazione ecc.. A seguito dell'approvazione del progetto esecutivo del pozzo esplorativo saranno formalizzati in via definitiva gli accordi con la proprietà dei fondi individuati per l'ubicazione del pozzo. In particolare si prevederà un indennizzo per la proprietà per il disturbo e per l'occupazione dei terreni improduttivi.

g) Svolgimento della gara d'appalto dei lavori di perforazione del pozzo esplorativo, delle opere accessorie, dei noli e dei services, contrattualizzazione dei rapporti tra le parti. I lavori di perforazione saranno affidati a seguito di esperimento di gara formale tra imprese qualificate con esperienza nel settore delle perforazioni profonde. A base della gara sarà il progetto di cui al punto d) con il relativo computo metrico e capitolato speciale d'appalto.

Una volta scelte le imprese saranno formalizzati i contratti ed affidati i lavori.

h) Perforazione esplorativa tramite pozzo profondo circa 4.300 m dal p.c., comprensivo di allestimento cantiere e condizionamento del perforo, smaltimento rifiuti di perforazione, prove di collaudo. Esecuzione di logs geofisici, prove di produzione, analisi fluidi geotermici. Tutti i dettagli delle operazioni di perforazione saranno esplicitati nella stesura di un progetto esecutivo che rispecchi tutti i vincoli normativi ambientali vigenti e non con il presente documento col quale viene richiesta la verifica di assoggettabilità a VIA per le sole voci a), b) e c) del programma lavori.

i) Predisposizione di una rete di monitoraggio sismico dedicata. Si propone di installare, ad integrazione delle rete sismica nazionale, delle stazioni sismiche all'interno dell'area del permesso di ricerca per un

periodo pre e post-opera. Tutti i dettagli delle operazioni di monitoraggio saranno esplicitati nella stesura di un progetto esecutivo che rispecchi tutti i vincoli normativi ambientali vigenti e non con il presente documento col quale viene richiesta la verifica di assoggettabilità a VIA per le sole voci a), b) e c) del programma lavori.

l) Ripristino ambientale parziale dell'area di cantiere, a perforazione ultimata e prove di produzione eseguite, con smobilitazione del cantiere di perforazione e smaltimento di fanghi e rifiuti ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.. Tali operazioni richiederanno circa 2 mesi. Nell'eventualità che la ricerca geotermica fornisca esito negativo, le operazioni di ripristino ambientale prevedranno anche la chiusura mineraria della perforazione, previa approvazione del progetto di chiusura e ottenimento delle relative autorizzazioni. Tali operazioni richiederanno un tempo di circa 4 mesi.

m) Direzione dei lavori ed assistenza tecnica a prove di produzione, log geofisici e analisi dei fluidi geotermici, prove di collaudo.

Tutti i dettagli delle operazioni finalizzate all'individuazione del sito ritenuto tecnicamente idoneo all'esecuzione della perforazione esplorativa, nonché le operazioni connesse alla realizzazione del pozzo stesso saranno esplicitati nella stesura di un progetto esecutivo che rispecchi tutti i vincoli normativi ambientali vigenti e non con il presente documento col quale viene richiesta la verifica di assoggettabilità a VIA per le sole voci a), b) e c) del programma lavori.

### **6.1 Le opere in progetto**

Il progetto è un'attività mineraria di ricerca di risorse geotermiche e si propone di verificare la presenza della risorsa disponibile nel serbatoio profondo geotermico della piana settentrionale veneta.

Come più volte indicato nei precedenti capitoli, gli interventi proposti per la ricerca comprendono sostanzialmente la realizzazione di una campagna di sismica passiva, che riesca a confermare ed avvalorare i dati bibliografici e di pozzo già disponibili, migliorare la definizione delle caratteristiche geologico-strutturali e geotermiche per l'ubicazione del primo pozzo esplorativo profondo che, pur essendo contenuto nel programma dei lavori di ricerca, potrà essere eseguito solo in seguito all'acquisizione di specifica autorizzazione ambientale da richiedere separatamente e successivamente.

Il pozzo avrà come obiettivo gli orizzonti produttivi profondi, ubicati a circa 3.800-4.200 m di profondità nel potenziale serbatoio geotermico individuato dalla perforazione Villaverla 1.

## **7 DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI SOGGETTE A VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ A V.I.A.**

Secondo quanto già specificato nei paragrafi precedenti, il presente documento richiede la verifica di assoggettabilità a V.I.A.: per l'esecuzione delle attività di: ricerca bibliografica, rilievo idrogeologico e

indagine geofisica di sismica passiva che corrispondono rispettivamente alle voci a), b) e c) del programma dei lavori finalizzato alla ricerca geotermica.

Considerando che le attività sopraelencate in situazioni ordinarie non necessiterebbero di particolari autorizzazioni data la loro semplicità di esecuzione, vogliamo comunque sottolinearne e descriverne gli aspetti caratterizzanti.

### **7.1 Acquisizione, sistematizzazione ed elaborazione dei dati geologici, stratigrafici, geochimici e geotermici esistenti**

L'acquisizione, sistematizzazione ed elaborazione dei dati geologici, stratigrafici, geochimici e geotermici esistenti (fase a) del programma lavori Tab. 5) sarà svolto con particolare riferimento all'acquisizione ed interpretazione dei dati tecnici del pozzo Villaverla 1. Le attività prevedono l'analisi delle banche dati pubbliche disponibili presso la Regione Veneto, l'UNMIG, l'ENI, l'ISPRA, l'INGV, il CNR, le Università di Padova, di Firenze, l'Istituto di Geoscienze e Georisorse e delle pubblicazioni specialistiche in materia.

La ricerca dei dati esistenti riguarderà nello specifico la geologia, la geologia strutturale, la stratigrafia, l'idrogeologia, la geochimica, la geotermia e la sismica con particolare riferimento all'area del permesso di ricerca e alle zone limitrofe (per i riferimenti sugli affioramenti delle formazioni del potenziale serbatoio nella zona sub-alpina). I dati verranno sistematizzati ed elaborati con un maggior approfondimento rispetto ai dati finora disponibili con la finalità di ricostruire un modello geologico-geochimico-strutturale-geotermico preliminare.

### **7.2 Rilievo idrogeologico e geochimico dell'area del permesso di ricerca**

Il rilievo idrogeologico e geochimico all'interno del permesso di ricerca "Montecchio Precalcino" prevederà sostanzialmente il censimento di pozzi presenti ed il prelievo di n.6 campioni di acqua ed analisi chimica delle acque. Come già accennato anche nel paragrafo precedente, una volta ricostruito il modello preliminare di cui sopra dell'area di ricerca, sarà eseguita una ricerca idrogeologica specifica (da fonte bibliografica) finalizzata al censimento dei pozzi per acqua presenti e alla ricostruzione della superficie della prima falda con lo scopo di identificare eventuali azioni di tutela verso le acque sotterranee utilizzate e per eventuali e successivi sfruttamenti della risorsa ai fini del sistema di raffreddamento della centrale geotermica (fase di eventuale concessione mineraria).

Entrando più nel dettaglio delle analisi da svolgere, i campioni d'acqua verranno prelevati in modesta quantità (100-200 cc), filtrati per eliminare impurità e solidi in sospensione e divisi in due - tre contenitori sigillati uno dei quali viene leggermente acidificato per ostacolare la deposizione di alcuni composti. In particolare, in campagna, vengono subito eseguite misurazioni di alcuni parametri fisici (pH, Eh, conducibilità, temperatura, ecc.) e di alcuni anioni e cationi che potrebbero subire alterazioni dal momento del prelievo a quello dell'analisi. A tal fine verrà impiegato un laboratorio portatile in valigetta di campagna

corredato dagli usuali accessori di uso ed eventualmente da apparecchi portatili per la misura dei suddetti parametri fisici. In laboratorio verranno effettuate analisi di maggior dettaglio quali analisi chimiche e fisiche sui componenti maggiori e minori.

Tutti i dati geochimici verranno poi interpretati per caratterizzare le acque, la loro natura e provenienza, il tempo di permanenza nel sottosuolo, le peculiarità delle rocce che hanno attraversato ecc. Dal punto di vista esecutivo, la campagna viene effettuata in situ da personale a piedi (tipicamente 2 persone) con stazionamento presso i siti di campionamento dell'ordine dei minuti e un'occupazione di suolo del tutto trascurabile e limitata al posizionamento della strumentazione portatile delle dimensioni di una valigia di piccola – media taglia.

### **7.3 Esecuzione dell'indagine geofisica attraverso tecniche di array sismici (sismica passiva),**

L'indagine geofisica attraverso tecniche di sismica passiva prevederà anche le attività legate alla direzione dei lavori dell'indagine geofisica e all'interpretazione dei dati e del report finale con verifica del modello geologico-strutturale e geofisico atteso.

Allo scopo di sottoporre a valutazione l'impatto ambientale che una simile indagine può indurre nel territorio di interesse, sottolineando che rilievi di tale natura vengono svolti senza richiesta di particolari autorizzazioni in condizioni ordinarie, si riportano qui di seguito le modalità di esecuzione dell'indagine e le specifiche tecniche della strumentazione prevista per l'esecuzione delle indagini.

La cosiddetta "sismica passiva" è un'indagine di tipo geofisico basata sulla misurazione del rumore sismico, tramite uno strumento portatile di registrazione, che non necessita di una sorgente di energia appositamente creata. La superficie terrestre è infatti costantemente interessata da piccole vibrazioni largamente inferiori alla percezione umana, i cosiddetti microtremori, noti anche come rumore sismico, in quanto rappresentano un fastidioso disturbo nella registrazione dei terremoti. I microtremori possono essere di origine antropica, legate ad esempio al traffico, alle industrie, alle attività lavorative, oppure di origine naturale, generate dal flusso dell'acqua dei fiumi, dalle onde che si infrangono sulla costa, dalle correnti oceaniche, dal vento dalle perturbazione e dalle variazioni barometriche.

Questa metodologia, sviluppatasi inizialmente per calcolare l'amplificazione sismica locale (Nakamura, 1989), trova una buona applicazione anche ai fini stratigrafici (Gallipoli et al., 2000; Castellaro et al., 2005), riuscendo ad identificare importanti discontinuità stratigrafiche come ad esempio l'interfaccia sedimento/bedrock fino a profondità anche di alcune centinaia di metri.

Il microtremore registrato in un dato sito dipende sia dalla forma dell'onda generata, che dal percorso dell'onda fino al sito di registrazione, oltre che dalla funzione di trasferimento dell'onda di misura; nel loro percorso le onde elastiche subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti e attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Ciò significa che è presente comunque una parte del segnale che può essere estratta attraverso opportune tecniche e che contiene informazioni relative alla struttura locale vicino al sensore.

Nello specifico si riportano di seguito le specifiche delle attività di campagna previste nell'area del permesso di ricerca per le indagini di Sismica Passiva a bassa frequenza, per l'esplorazione del sottosuolo fino alla profondità di alcune centinaia di metri e per la verifica del modello geologico-strutturale, geofisico e geotermico atteso.

L'indagine di Sismica Passiva a bassa frequenza prevede la registrazione del rumore sismico ambientale mediante tecnica di array, ovvero simultaneamente su 10 punti di misura (Fig. 35). La scelta dei punti di misura ha escluso tutte le possibili aree soggette a vincolo (come specificato in allegato 3).

La distanza massima tra i punti di misura sarà di circa 1000 m per una profondità di indagine richiesta fino ad alcune centinaia di metri (Tavola 5). La campagna quindi, prevede l'installazione di 10 sensori sismici (Tavola 5) all'interno di un'area di circa 2 x 3 km. Da precisare che nessun cavo sarà steso tra i vari punti di misura. Ciascun sensore sismico sarà posizionato all'interno del terreno ad una profondità di 30-50 cm (Fig. 36) per garantirne l'accoppiamento con il terreno stesso. La campagna di misura avrà una durata massima di 24 ore. L'indagine è quindi da considerarsi speditiva e non invasiva.

La strumentazione che sarà impiegata si compone di sensori sismici (Guralp CMG-6T) a larga banda (0.1-50 Hz), elevata sensibilità ( $2 \times 1200 \text{ V} \cdot \text{s/m}$ ), basso rumore (10-9 m/s ad 1 Hz), 24 bit A/D converter, 100 Hz di campionamento e sincronizzazione dati mediante tecnologia GPS.

La metodologia adottata per questo tipo di indagini consiste nell'analisi della dispersione delle onde sismiche superficiali (Rayleigh and Love), mediante tecniche di autocorrelazione spaziale, che permetteranno di ricostruire con buona approssimazione l'assetto stratigrafico dell'area del permesso di ricerca e determinare il modello geologico-strutturale, geofisico e geotermico preliminare incrociando tali dati con i dati geologico-tecnici e stratigrafici disponibili da precedenti indagini eseguite da Agip (sismica a riflessione e pozzi esplorativi profondi anche 4500 m).



**Fig. 35 – Localizzazione delle stazioni per l'esecuzione del rilievo di sismica passiva.**



**Fig. 36 – Particolare di installazione di sensore sismico**

In particolare, la realizzazione di un'indagine di sismica passiva è stata ritenuta utile al fine di acquisire ulteriori conoscenze di dettaglio del sottosuolo, in modo da verificare le condizioni geologico-stratigrafiche dell'area di interesse, da confrontare con i dati bibliografici già presenti relativamente al pozzo profondo Villaverla 1 e di sismica cognitiva sopradescritti, in modo da ricavare un quadro completo dell'esistenza, delimitazione e caratteristiche geostrutturali ed idrogeologiche del giacimento del fluido geotermico ricercato. Come già ribadito nei vari elaborati annessi alla presentazione della seguente istanza, la presente indagine geofisica oggetto dello studio ambientale attuale, consentirà una migliore definizione delle caratteristiche geologico-strutturali e geotermiche per l'ubicazione del primo pozzo esplorativo profondo che, pur essendo contenuto nel programma dei lavori di ricerca (allegato 1), potrà essere eseguito solo in seguito all'acquisizione di specifica autorizzazione ambientale da richiedere separatamente e successivamente.

## **8 DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI DI PERFORAZIONE**

E' bene precisare, come d'altronde già segnalato in precedenza, che allo stato attuale non è conosciuta l'ubicazione dell'area che dovrà ospitare il cantiere di perforazione, in quanto si ritiene opportuno a tale scopo ultimo, ottenere una migliore definizione delle caratteristiche geologico-strutturali e geotermiche grazie anche all'esecuzione del rilievo di sismica passiva, oggetto della presente richiesta di assoggettabilità a V.I.A..

La descrizione delle operazioni di perforazione, che riportiamo qui di seguito, viene quindi necessariamente riferita ad un cantiere-tipo.

L'ubicazione del piazzale verrà scelta in funzione delle caratteristiche di idoneità idrogeomorfologica del sito, dei vincoli esistenti, della vicinanza o meno dei corsi d'acqua, delle valenze paesaggistiche ed ambientali in genere. Compatibilmente quindi con le necessità di ordine geologico e tecnico-economico, in quanto il piazzale che ospita il cantiere di perforazione deve essere ubicato quanto più possibile sulla verticale della struttura da indagare, verrà scelta un'area che permetta di ottimizzare i parametri progettuali, in particolare che offra le condizioni di sicurezza più favorevoli per la funzionalità delle operazioni, per il personale addetto, per l'ottimizzazione dei percorsi dei mezzi sulla rete viaria in fase sia di allestimento sia di esercizio del pozzo. Risulta chiaro che per la perforazione esplorativa verrà chiesta specifica autorizzazione ambientale.

Le operazioni di perforazione saranno condotte sotto il controllo dei tecnici progettisti, che insieme al permissionario avranno il compito di selezionare e coordinare le società contrattiste, che svolgeranno compiti specifici, quali la preparazione della postazione, la perforazione, la fornitura e l'assistenza dei fluidi di perforazione, la registrazione dei log.

In caso di esito favorevole della ricerca si procederà quindi a predisporre la successiva documentazione tecnica e progettuale per l'eventuale richiesta di concessione di coltivazione ai sensi del Titolo III del D.P.R. 382/1994, D. Lgs. 11 febbraio 2010 n. 22 e s.m.i. e della normativa regionale veneta (D.G.R. 985 del 18/06/2013, del). L'effettiva reperibilità del giacimento minerario oggetto del permesso di

ricerca potrà essere verificata solo a seguito della realizzazione e dell'esito favorevole della perforazione esplorativa progettata.

Di seguito una breve descrizione delle operazioni connesse con la realizzazione di una perforazione esplorativa profonda secondo lo schema di un impianto tipo.

### **8.1 Criteri e tecnologie di perforazione**

#### Postazione

Il pozzo esplorativo verrà effettuato con un impianto di perforazione della capacità di perforazione di almeno 4000 m, e attraverserà le varie formazioni geologiche secondo un preciso programma tecnico che verrà sottoposto all'approvazione degli enti competenti. Una volta installato, l'impianto avrà una propria autonomia sia per l'approvvigionamento di risorse idriche che per i rifornimenti di carburante. L'intero fabbisogno di energia elettrica per le operazioni sarà coperto da generatori diesel-elettrici. La realizzazione della postazione è preceduta da diversi sopralluoghi sul sito scelto per la perforazione, al fine di acquisire informazioni relative a:

- panorama ambientale generale con interventi di mitigazione;
- caratteri territoriali circostanti la postazione;
- dati meteorologici;
- geologia e stabilità;
- idrologia ed idraulica;
- approvvigionamento idrico e smaltimento dei rifiuti di perforazione.

Nel dettaglio, le operazioni di sopralluogo al sito sono finalizzate all'acquisizione di dati relativi a:

- successione litologica dei primi metri;
- portanza del terreno;
- previsione di opere di mitigazione ambientale e/o di adeguamento;
- area destinata ai bacini di contenimento dei rifiuti;
- possibilità di smaltimento dei rifiuti;
- inquinamento acustico, visivo e atmosferico;
- caratterizzazione geotecnica della sezione sottostante all'impianto;
- stabilità dei versanti;
- idrogeologia, idrologia ed idraulica;

- analisi fonometrica e di possibile emissioni di polveri di dettaglio dell'area interessata dalla postazione e dell'area ad essa circostante.

### Preparazione della postazione

La scelta del sito per il piazzale di perforazione, una volta individuata l'area di interesse minerario, dovrà tenere conto di esigenze diverse:

- vincoli ambientali, paesistici, territoriali;
- particolari esigenze logistico-operative;
- sicurezza;
- riduzione al minimo dell'impatto ambientale;
- prevenzione dei rischi ambientali, idraulici, geologici ed idrogeologici.

Nell'area della postazione possono essere individuati due settori:

- zona dell'impianto di perforazione;
- zona destinata ad accogliere i bacini di stoccaggio dei rifiuti.

### Zona impianto

L'allestimento di questa zona prevede i seguenti lavori: sbancamento dell'area per asportare il terreno vegetale superficiale; spianamento con sterri e riporti. Il terreno vegetale asportato viene stoccato in loco e riutilizzato successivamente per i ripristini. Saranno realizzati dei bacini in scavo che saranno adeguatamente impermeabilizzati con telo HDPE per lo stoccaggio dei fluidi di perforazione (o soluzioni simili impermeabili). I bacini saranno adeguatamente recintati per impedire la caduta di cose o persone. Per ridurre modifiche all'ambiente naturale e per minimizzare il volume di sterri e riporti, il profilo del piazzale viene progettato per quanto possibile in aderenza a quello naturale. Formazione di un piazzale in inerti naturali finito in superficie con pietrisco rullato fino a completa chiusura del piano viabile, al fine di permettere l'accesso ai veicoli ed il posizionamento dell'equipaggiamento necessario. Vengono progettate opere drenanti, con recapito nella locale rete idrologica, al fine di non alterare il deflusso naturale delle acque superficiali.

Realizzazione, previo studio geotecnico del terreno, di un solettone (o di diverse solette) in cemento armato al centro del piazzale, in modo da garantire un'efficace distribuzione delle sollecitazioni dei diversi carichi in gioco (torre, batteria delle aste, serbatoi, pompe, gruppi motori), adottando tutte le soluzioni tecniche atte a garantire una adeguata portanza del terreno di fondazione. Questo evita inoltre le possibili infiltrazioni di fluidi dalla zona delle operazioni al sottostante piano di appoggio. Realizzazione di piazzole impermeabilizzate per il posizionamento dei serbatoi del gasolio (a doppia tenuta) e i fusti dell'olio necessari per l'alimentazione dei diversi motori con canalette e pozzetto di raccolta di eventuali liquidi inquinanti accidentalmente sversati. Realizzazione di una piazzola per carico e scarico degli automezzi con pozzetto di raccolta di eventuali liquidi inquinanti accidentalmente sversati. Realizzazione di un

piazzale per automezzi con materiale inerte rullato e vibrato. L'accessibilità al sito da parte di automezzi sarà garantita per quanto possibile dalla viabilità ordinaria, eventualmente adeguando le condizioni delle strade esistenti per permettere il passaggio di mezzi pesanti. Posizionamento di baracche prefabbricate adibite ad uso ufficio, spogliatoi, servizi ed officine, bagni chimici.

Recinzione del cantiere con rete metallica plastificata. La recinzione sarà provvista di cancello in ferro per l'accesso carrabile e di vie di fuga.

#### Zona bacini di stoccaggio dei rifiuti.

La realizzazione di questa zona avverrà con la suddivisione per tipologia dei diversi rifiuti, al fine di consentirne l'eventuale riutilizzo, un trattamento differenziato ed il successivo smaltimento ad idoneo recapito. Sono da prevedere quindi diverse strutture di contenimento dei diversi reflui.

Le dimensioni del piazzale devono essere in definitiva adeguate per ospitare le diverse opere necessarie alla perforazione e al normale lavoro di cantiere.

#### Tecnica di perforazione

La perforazione di un pozzo minerario avviene mediante impianti dotati di una batteria di perforazione che comprende i seguenti elementi:

- lo scalpello, che è l'utensile perforante la roccia;
- le aste di perforazione, che hanno la funzione di:
  - ✓ sostenere i vari attrezzi che vengono calati nel pozzo stesso;
  - ✓ trasmettere allo scalpello il peso necessario all'avanzamento e il moto di rotazione necessario alla frantumazione della roccia;
  - ✓ trasferire il fluido di perforazione al fondo del pozzo.

Il moto di rotazione viene impresso alle aste da dispositivi tipo tavola rotary o top drive.

L'avanzamento della batteria di perforazione all'interno del foro in costruzione avviene, di norma, in presenza di un fluido di perforazione che, iniettato mediante pompe alla testa della batteria, circola attraverso le aste tubolari, fuoriesce allo scalpello e riempie la cavità del pozzo ritornando in superficie. Tale fluido ha numerose funzioni, tra le quali quella principale di riportare in superficie i detriti prodotti dalla frantumazione del terreno, consentendo lo svuotamento della cavità prodotta, sostenere le pareti del foro in attesa dei rivestimenti definitivi, lubrificare e raffreddare lo scalpello.

I fluidi di perforazione normalmente utilizzati possono essere acqua o acqua opportunamente additivata e miscelata con bentonite (argilla con elevate proprietà colloidali).

Al fine di salvaguardare da possibili inquinamenti le falde idriche superficiali (uso industriale) a titolo precauzionale, la perforazione dei terreni permeabili superficiali viene effettuata ad acqua chiara nei primi 100 metri dal p.c..

Durante l'operazione di perforazione, ad intervalli di profondità prestabiliti, si procede al rivestimento del pozzo calando la colonna del casing e cementando l'intercapedine tra questa e la formazione rocciosa per mezzo di malta cementizia.

### Perforazione ad acqua

Durante la perforazione si possono incontrare frequentemente fratture che provocano l'assorbimento del fluido impiegato. In questi casi come fluido di perforazione viene utilizzata solo acqua, reintegrando la parte persa per assorbimento.

### Perforazione ad acqua con bentonite

Questa tecnica viene comunemente utilizzata durante l'attraversamento dei terreni impermeabili. I fluidi di perforazione vengono impiegati utilizzando apposite vasche poste a fianco dell'impianto di perforazione. Questo tipo di perforazione permette un efficace raffreddamento dell'utensile e un'adeguata protezione delle pareti da eventuali distacchi di roccia (franamento).

### Fluidi di perforazione bentonitici

Il fluido normalmente utilizzato nella perforazione dei pozzi è costituito essenzialmente da una miscela di acqua e bentonite, di seguito denominata "fango" che, tra le varie funzioni svolte, permette il trasporto in superficie del detrito della roccia perforata. Il fango viene confezionato sull'impianto, miscelando circa 60 kg di bentonite (argilla montmorillonitica) per metro cubo d'acqua.

In certi casi possono venire utilizzati anche particolari additivi (es. lignosulfonato, polimero, emulsione siliconata, etc. in percentuale inferiore allo 0,5%), aventi lo scopo di mantenere adeguate le caratteristiche del fluido in funzione dei terreni attraversati dallo scalpello. Talora può essere necessario appesantire i fanghi di perforazione per contrastare eventuali sovrappressioni.

Gli appesantimenti dei fanghi di perforazione servono a dare ai fanghi stessi la densità opportuna per controbilanciare con carico idrostatico l'ingresso di fluidi in pozzo; di impiego comune in tali casi è il solfato di bario (da usare eventualmente solo a profondità maggiori di 1.000 m dal p.c.).

Il fango, nella circolazione all'interno del pozzo, viene a contatto con le diverse tipologie di terreno e ritorna in superficie con, in sospensione, i detriti prodotti dall'azione dello scalpello. Questi vengono separati fisicamente con un vibrovaglio, e il fluido riutilizzato nel ciclo di perforazione. Al termine della sua fase di utilizzo il detrito, le cui caratteristiche sono strettamente dipendenti dalla tipologia dei terreni attraversati durante la perforazione, confluisce nella vasca dei reflui depositandosi sul fondo.

### Casing

Durante l'operazione di perforazione, a intervalli di profondità prestabiliti, si procede al rivestimento del pozzo mediante tubi di acciaio (casing) e cementando l'intercapedine tra questa e la formazione rocciosa per mezzo di malta cementizia.

L'operazione di rivestimento dei pozzi geotermici è necessaria per diverse ragioni. Il rivestimento ha infatti la funzione di:

- salvaguardare e isolare dal fluido di perforazione eventuali falde idriche superficiali;
- sostenere le pareti del foro impedendone il franamento nel tempo;
- preservare il pozzo e i suoi livelli produttivi da interferenze con fluidi presenti nei diversi livelli geologici attraversati.

La colonna del casing viene opportunamente vincolata alla roccia mediante iniezione di malta cementizia nell'intercapedine tra il casing e le pareti del pozzo. Per la sicurezza e la gestione del pozzo è necessario che la malta mantenga inalterate nel tempo le proprie caratteristiche, al fine sia di proteggere dalla corrosione il casing, sia di isolare i fluidi presenti nei vari strati geologici attraversati. A tale scopo la malta viene confezionata con additivi appositi. Il cemento utilizzato per la preparazione delle malte è costituito da un clinker ferrico di cemento Portland addizionato a secco con farina di silice (rapporto cemento-silice uguale a 2,5).

Infatti, durante la perforazione si possono incontrare fluidi aggressivi per salinità e temperatura, tali da compromettere nel tempo l'integrità dei materiali costituenti il casing se la malta impiegata non fornisce un isolamento dal terreno sufficientemente continuo e durevole.

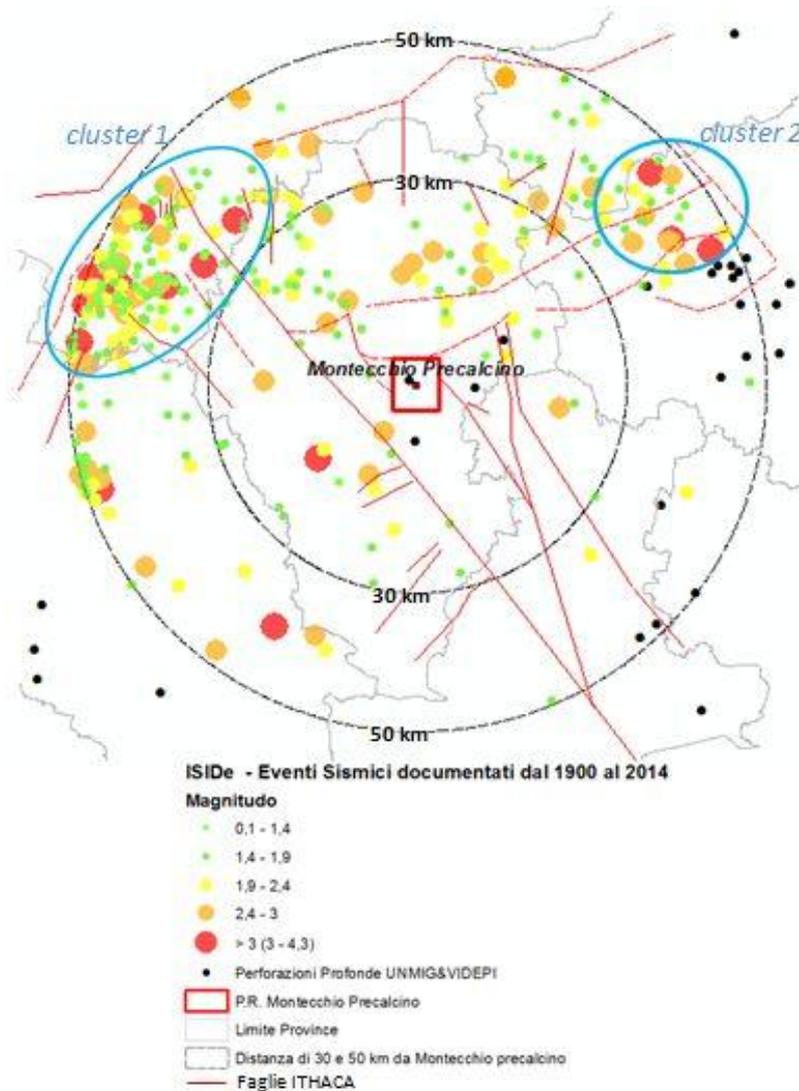
Per ottenere tale prestazione la malta viene confezionata con additivi appositi (agenti antischiuma, fluidificanti, ritardanti del tempo di presa, etc.).

## **8.2 Sismicità dell'area**

L'intero Permesso di Ricerca ricade in un'area definita dalla classificazione sismica visualizzabile sul Geoportale della provincia di Vicenza, in classe di pericolosità sismica 3 (vedi tavola 4). Di conseguenza le attività di ricerca bibliografica, rilievo idrogeologico e survey di sismica passiva, sottoposti a verifica di assoggettabilità a VIA nel seguente documento, saranno svolte in territori classificati con stessa pericolosità sismica.

Nel dettaglio, l'area del P.R. si colloca in prossimità di strutture tettoniche segnalate dalla banca dati "ITHACA" (catalogo delle faglie capaci pubblicate da ISPRA) e definite come lineamenti "capaci", che possono potenzialmente creare deformazione in superficie. Come riportato in Tavola 3, le strutture tettoniche sopracitate risultano cartografate esternamente al P.R., ma è stato ritenuto opportuno segnalarne la presenza data la vicinanza di pochi metri, soprattutto per la faglia cartografata in prossimità del margine ovest del P.R., in modo da sottolineare che non mancheranno, se ritenuti necessari nelle fasi future del progetto, ulteriori verifiche sul terreno in modo da accertarne la precisa localizzazione a terra.

La consultazione delle banche dati disponibili sul sito dell'INGV hanno consentito di effettuare uno studio preliminare sulla storicità degli eventi sismici avvenuti e documentati nell'area di interesse. In particolare, la banca dati ISIDe (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-basE) ha permesso di verificare gli eventi sismici documentati, dal 1900 al 2014, ad una distanza di 50 km dal paese di Montecchio Precalcino che è stato scelto in quanto situato approssimativamente al centro del P.R., non sono documentati eventi precedenti al 1985. Per gli anni successivi, fino al 2014, su 323 eventi documentati solo 19 hanno registrato una magnitudo > 3, con ipocentro a profondità variabile tra 2.2 a 21.6 km. Tutti questi eventi sono localizzati ad una distanza maggiore di circa 30 km da Montecchio Precalcino, ad eccezione di un solo evento, localizzato a 18 km, in direzione SW, rispetto alla stessa località registrato nel 2005 con magnitudo 3.4 (Fig. 37).



**Fig. 37. Localizzazione degli eventi sismici documentati dal 1900 al 2014 nell'intorno di raggio 50 km dal paese di Montecchio Precalcino (banca dati ISIDe) e dei pozzi profondi (banca dati UNMIG&VIDEPI). In azzurro sono evidenziati i maggiori addensamenti di eventi sismici.**

Osservando la distribuzione areale degli eventi documentati da ISIDe rispetto alla localizzazione delle numerose perforazioni profonde (> 2000) effettuate in tutto il territorio nazionale e consultabili dalle banche dati UNMIG e VIDEPI, si nota come il cluster più denso (cluster 1) di eventi sismici, in direzione NW a circa 40 km fuori dal P.R., si manifesti in aree prive di perforazioni profonde (Fig. 37). Un secondo cluster (cluster 2) di concentrazione di eventi sismici è individuato, a circa 50 km fuori dal P.R., in direzione NE. In questo caso, si nota la relativa vicinanza tra perforazioni profonde ed eventi sismici. **La consultazione delle banche dati sopramenzionate, ha consentito di verificare la non diretta correlabilità tra perforazioni profonde, realizzate in loco in un arco temporale che va dal 1960 al 1985, ed eventi sismici documentati invece dal 1993 al 2011 (Fig. 38).**

Un' ulteriore ricerca bibliografica è stata condotta dal sito dell'INGV, consultando le banche dati relative al database macrosismico italiano 2011 (DBMI11 – finestra temporale 1000 – 2006 – num. Osservazioni 86071 e num. Terremoti 1681) e al catalogo parametrico dei territori italiani (CPTI11 – finestra temporale 1000 – 2006 e num. terremoti 3182). Nel dettaglio, contribuiscono alla compilazione delle due banche dati rispettivamente:

- catalogo dei forti terremoti, dal 461 a.C. al 1997; catalogo macrosismico dei terremoti Etnei; Quick Earthquake Survey Team; Banca dati delle osservazioni macrosismiche italiane; Bollettino macrosismico INGV;
- database macrosismico italiano; catalogo della sismicità italiana; bollettino sismico italiano; sismicità della Francia; Earthquake catalog of Switzerland.

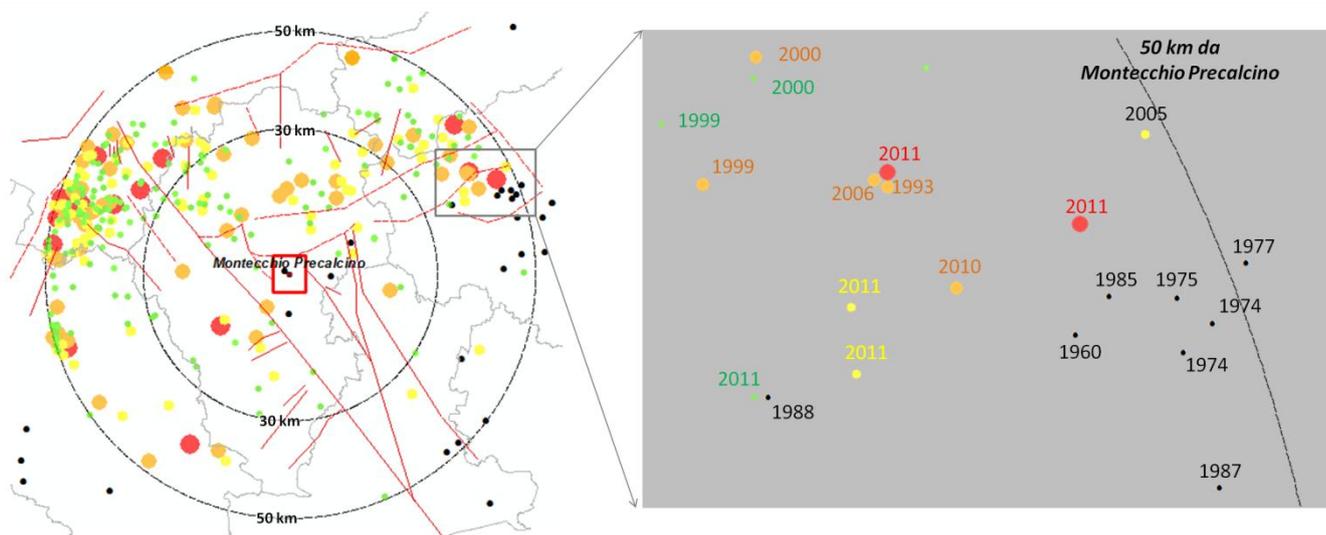


Fig. 38 – Eventi sismici e perforazioni con corrispettive datazioni (per la legenda vedere Fig. 37)

In sintesi, i sismi documentati per i comuni interessati dal P.R. (Dueville, Breganze, Villaverla, Sarcedo, Montecchio Precalcino e Sandrigo) dalla consultazione della DBMI11 sono riassunti in Fig. 39.

**Storia sismica di Breganze  
[45.707, 11.565]**

Numero di eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9 5.86 ±0.06
F	1892 08 09 07:58	Valle d'Alpone	160	6-7 4.91 ±0.11
NF	1894 02 09 12:48	Valle d'Illasi	116	6 4.77 ±0.15
4	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7 4.88 ±0.09
3-4	1998 04 12 10:55	Slovenia	227	5.66 ±0.09

**Storia sismica di Montecchio Precalcino  
[45.665, 11.564]**

Numero di eventi: 3

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5	1891 06 07 01:06	Valle d'Illasi	403	8-9 5.86 ±0.06
4	1895 04 14 22:17	Slovenia	296	8 6.23 ±0.08
4	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7 4.88 ±0.09

**Storia sismica di Sarcedo**  
[45.707, 11.528]

Numero di eventi: 4

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
4-5	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7 4.88 ±0.09
3	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6 5.29 ±0.09
3-4	2001 07 17 15:06	Merano	663	6 4.84 ±0.09
NF	2002 11 13 10:48	Franciacorta	770	5-6 4.29 ±0.09

**Storia sismica di Villaverla**  
[45.652, 11.492]

Numero di eventi: 5

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	1898 01 16 12:10	Romagna settentrionale	73	6-7 4.79 ±0.33
3-4	1987 05 02 20:43	Reggiano	802	6 4.74 ±0.09
4-5	1989 09 13 21:54	PASUBIO	779	6-7 4.88 ±0.09
2-3	1998 04 12 10:55	Slovenia	227	5.66 ±0.09
3-4	2001 07 17 15:06	Merano	663	6 4.84 ±0.09

**Fig. 39 – Eventi sismici registrati dalla banca dati DBMI11 dell’INGV nei comuni che interessano il P.R. (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>).**

I sismi documentati per l’area di Vicenza e del Vicentino dalla consultazione della CPTI11 sono riassunti invece in Fig. 40.

N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Ax	RtM	Np	Imx	LatM	LonM	TLM	Io	MwM	DMwM	TMwM
2185	1956	02	20	01	29	26.00	Vicentino										
38	1242	10	24				Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	45,549	11,549	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx
109	1373	01					Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	45,549	11,549	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx
110	1373	04					Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	45,549	11,549	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx
111	1376	03	12	01	15		Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	6-7	45,549	11,549	Bx	6-7	4,93	0,34	Bx
112	1376	03	15				Vicenza	Guidoboni et al., 2007	1	5-6	45,549	11,549	Bx	5-6	4,51	0,34	Bx

**Fig. 40 - Eventi sismici registrati dalla banca dati CPTI11 dell’INGV nelle aree citate che si localizzano in prossimità del P.R. (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>).**

La lettura delle tabelle di Fig. 39 e Fig. 40 consente di risalire alla data di accadimento degli eventi ed anche in questo caso non sono messe in evidenza correlazioni dirette tra sismicità storica e realizzazione di perforazioni profonde. Concentrandosi più strettamente all’area del P.R. è nota ad esempio, la realizzazione del pozzo Villaverla 1 condotta per conto di Agip nel 1978 che ha raggiunto la profondità di 4235 m dal p.c. ed è altrettanto nota l’assenza di eventi sismici di forte magnitudo documentati in quello stesso periodo. Lo stesso dicasi per gli altri numerosi pozzi profondi documentati in Fig. 38 di cui rappresenta un caso eclatante la perforazione condotta nel 1988 localizzata nelle strette vicinanze di un evento sismico, comunque di magnitudo inferiore a 2, registrato nel 2011. Altri casi sono rappresentati da perforazioni del 1960, 1975 e 1985 localizzati in prossimità di eventi sismici registrati nel 2010 e 2011. Dai dati ad oggi disponibili non si evidenziano quindi, correlazioni tra le attività di perforazioni profonde (fino anche a 4-5000 m) ed eventi sismici significativi.

## 9 CRONOPROGRAMMA

Il presente cronoprogramma evidenzia la durata presunta delle attività di progetto nell'ipotesi di rilascio del nulla osta ambientale al tempo 0.

Da tale milestone, si ritiene di completare le attività di ricerca in circa 23 mesi.

La realizzazione delle attività avverrà secondo il calendario evidenziato in Fig. 41.

Ricordiamo che il presente documento sottopone a verifica di assoggettabilità a VIA solamente le voci a), b) e c) del programma lavori relative ad attività di ricerca bibliografica, rilievi idrogeologici e survey di sismica passiva.

Attività	Mesi																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Attività preventiva bibliografica e di letteratura integrativa e di verifica	■	■																					
Rilievo idrogeologico e censimento pozzi	■	■																					
Indagine geofisica di sismica passiva			■																				
Redazione progetto definitivo e procedura di VIA				■	■	■	■	■	■	■													
Redazione progetto esecutivo										■													
Accordi con proprietà e contrattualizzazione										■													
Svolgimento gara d'appalto										■	■												
Perforazione esplorativa tramite pozzo profondo, compreso allestimento cantiere, condizionamento del perforo e smaltimento rifiuti di perforazione												■	■	■	■	■	■	■	■				
Monitoraggio sismico												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Recupero ambientale parziale dell'area in caso di esito positivo (in caso di esito negativo 4 mesi)																						■	■
Direzione lavori ed assistenza tecnica													■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

**Fig. 41. Cronoprogramma delle attività previste dal progetto. In rosa sono evidenziate le attività da sottoporre a verifica di assoggettabilità a VIA con il presente documento.**

Certaldo, Luglio 2014

**Proponente:**

**Lifenergy Srl**  
L'Amministratore Unico  
**Massimo PIAZZINI**

**Progettazione:**

**IdroGeo Service S.r.l.**  
**Engineering and Consulting**

Direttore tecnico  
**Dott. Geol.**  
**Alessandro MURRATZU**

Progettista  
**Dott. Geol.**  
**Simone FIASCHI**

Collaboratori Tecnici  
**Dott. Geol. Laila TADDEI**  
**Dott. Geol. Alice CIULLI**  
**Ing. Gianfranco MORELLI**  
**Ing. Luca MENINI**  
**Ing. Giorgio CULIVICCHI**

## BIBLIOGRAFIA e Fonti utilizzate

- Agip S.p.a. – Settore Risorse Geotermiche – Servizio Produzione e Utilizzazioni, 1981. Energia - Pozzo Villaverla 1 – Interpretazione delle prove di produzione. Convenzione n.695-79-1 EGI, rapporto finale.
- Axelsson, G. and Gunnlaugsson, E., (convenors) 2000. Long-term Monitoring of high- and low- enthalpy Fields under Exploitation. *International Geothermal Association, World Geothermal Congress 2000 Short Course, Kokonoe, Kyushu District, Japan, May 2000*, 226 pp.
- Bally, A. W., Catalano, R., Oldow, J., 1985, Elementi di tettonica regionale, Pitagora Ed., Bologna
- Benderitter, Y. and Cormy, G. (1990). Possible approach to geothermal research and relative cost estimate. In: *Dickson MH and Fanelli M (eds) Small geothermal resources, UNITARRJNDP Centre for Small Energy Resources, Rome, Italy*, 61-7.
- Bertotti, G., Picotti, V., Bernoulli, D. and Castellarin, A., 1993. From rifting to drifting: tectonic evolution of the South-Alpine upper crust from Triassic to the Early Cretaceous. *Sediment. Geol.*, 86, 53-76.
- Bigi, G., Cosentino, D., Parotto, M., Santori, R., Scandone, P., 1990. Structural model of Italy. Sheet n.1. In: Castellarin, A., Coli, M., Dal Piaz, G.V., Sartori, R., Scandone, P., Vai, G.B. (Eds), Progetto Finalizzato Geodinamica. CNR, Roma.
- Castellaccio, E. & Zorzin, R., 2012. Acque calde e geotermia della provincia di Verona – aspetti geologici ed applicazioni. *Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona-2.serie. Sezione Scienze della Terra – N.8*.
- Castellarin, A., Cancelli, L., Fesce, A. M., Mercier, J.L., Picotti, V., Pini, G. A., Prosser, G., Selli, L., 1992, *Alpine compressional tectonics in the Southern Alps. Relationship with the N-Appennines*. *Annales tectonicae*, 6, pp. 62-94.
- Castellarin, A. and Cantelli, L., 2000. Neo-Alpine evolution of the Southern Eastern Alps. *J. Geodyn.*, 30, 251-274.
- Castellarin, A., Vai, G.B. and Cantelli, L., 2006. The Alpine evolution of the Southern Alps around the Giudicarie faults: a Late Cretaceous to early Eocene transfer zone. *Tectonophysics*, 476, 85-98.
- Castellaro, S., Mulargia, F., Bianconi, L. *Passive Seismic Stratigraphy: A new efficient, fast and economic technique*. t&a luglio/settembre 3/2005.
- Channell J.E.T., 1996, *Paleomagnetism and paleogeography of Adria*. In: *Morris A., Tarlino D. H., Paleomagnetism and tectonics of the Mediterranean Region*. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 105, pp.119-132.
- CNR, ENEA, ENEL, ENI, AGIP, 1987. Inventario delle risorse geotermiche nazionali regione Veneto. Rapporto, Allegato A (Schede Sorgenti).
- De Vecchi, G., De Zanche, V. and Sedea, R., 1974. Osservazioni preliminari sulle manifestazioni magmatiche triassiche nelle Prealpi Vicentine (area di Recoaro-Schio-Posina). *Boll. Soc. Geol. It.*, 93, 397-409.
- De Vecchi G., de Zanche V. & Sedea R. (1995) – The Paleogene Basalts of the Veneto Region (NE Italy). *Mem. Sci. Geol.*, 47, 253-274.
- Dinske, C. & Shapiro S.A., 2013. Seismotectonic state of reservoirs inferred from magnitude distributions of fluid-induced seismicity. *J. Seismol.* DOI 10.1007/s10950-012-9292-9.
- Doglioni, C., and Bosellini, A., 1987. Eoalpine and mesoalpine tectonics in the Southern Alps. *Geol. Rundsch.*, 76, 735-754.
- Drigo V., 2005. L'anomalia geotermica della pianura friuliana e veneta, una ricchezza da utilizzare e conservare. *Rapporto tecnico del Collegio degli Ingegneri di Venezia*.
- Fondriest, M., Smith, S.A.F., Di Toro, G., Zampieri, D. e Mitterpergher, S., 2012. Fault zone structure and seismic slip localization in dolostones, an example from Southern Alps, Italy. *Journal of Structural Geology* 45, pp. 52-67.
- Fontana, A., Mozzi, P., Bondesan, A., 2008. Alluvial megafans in the Veneto-Friuli Plain: evidence of aggrading and erosive phases during Late Pleistocene and Holocene. *Quaternary International* 189, pp. 71-89.

- Galadini, F., Galli, P., 1999. Paleoseismology related to the displace Roman archeological remains at Egna (Adige Valley, northern Italy). *Tectonophysics*, 308, 171-191.
- Galadini, F., Galli, P., Cittadini, A. and Giaccio, B., 2001. Late Quaternary fault movements in the Mt. Baldo-Lessini Mts. Sector of the Southalpine area (northern Italy). *Neth. J. Geosc.*, 80, 187-208.
- Gallipoli, M.R., Lapenna, V., Lorenzo, P., Mucciarelli, M., Perrone, A., Piscitelli, S., Sdao F. *Comparison of geological and geophysical prospecting techniques in the study of a landslide in Southern Italy*. *Europ. Journal of Environmental and engineering geophysics*, 4, 117-128 (1999-2000).
- Gambillara, R., Quattrocchi, F., Massinori, M., Martin, S., 2002. Relationships between groundwater systems and tectonic structures in the western Veneto foothills. *Gruppo Italiano di Geologia Strutturale, riunione annuale 2002*. Pisa 11-12 giugno 2002.
- Hochstein, M.P., 1990. Classification and assessment of geothermal resources. In: *Dickson MH and Fanelli M. (eds) Small geothermal resources, UNITAR/UNDP Centre for Small Energy Resources*, Rome, Italy, 31-59.
- Longinelli, A., Selmo, E., 2003. Isotopic composition of precipitation in Italy: a first overall map. *J. Hydrol.* 270, pp. 75-88.
- Longinelli, A., Anglesio, E., Flora, O., Iacumin, P., Selmo, E., 2006. Isotopic composition of precipitation in Northern Italy: reverse effect of anomalous climatic events. *J. Hydrol.* 329 (3-4), 471-476.
- Marton, E., Zampieri, D., Kazmer, M., Dunkl, I., Frisch, W., 2011. New Paleocene-Eocene paleomagnetic results from the foreland of the Southern Alps confirm decoupling of stable Adria from the African plate. *Tectonophysics* 505, pp. 89-99.
- Mozzi, P., 2005. Alluvial plain formation during the Late Quaternary between the southern Alpine margin and the Lagoon of Venice (northern Italy). *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria (Suppl.7)*, pp 219-230.
- Mucciarelli, M., 2013. Sismicità indotta da attività antropiche e rischio derivante. Articolo in stampa su *Ingegneria Sismica*, Padron editore, bologna.
- MUST, 1997. Geomorphological Map of Po Plain. SELCA, Florence, Italy.
- Muffler, L.J.P., and Cataldi, R., 1978. Methods for regional assessment of geothermal resources: Geothermics (in press).
- Nakamura Y., 1989. *A method for dynamic characteristics estimations of subsurface using microtremors on the ground surface*. Quaterly Report of Railway Technical Res. Inst., Tokyo, 30, 25-33.
- Nicholson, K., 1993. Geothermal fluids. Springer Verlag, Berlin, 1993, XVIII – 264 pp.
- Ortolani, F., Buonomo, V., Petroccelli, G., Pagliuca, S., 2012. Terremoti e attività petrolifere. [www.distar.unina.it](http://www.distar.unina.it).
- Pieri M., Gropi, G., 1981, *Subsurface geological structure of the Po plain, Italy*. Prog. Finalizzato geodinamica C.N.R., Publ., 414.
- Pilli, A., Sapigni, M., Zuppi, G.M., 2012. Karstic and alluvial aquifers: a conceptual model for the plain – prealps system (northeastern Italy). *Journal of Hydrology* 464 – 465, pp. 94-106.
- Pola, M., Fabbri, P., Piccinini, L. e Zampieri, D., 2013. A new hydrothermal conceptual and numerical model of the Euganean Geothermal System – NE Italy. *Rend. Soc. Geol. It.*, Vol. 24, pp. 251-253.
- Pontron, M., Venturini, C., 2000. *La strutturazione post-ercinica delle Alpi e Prealpi Carniche e Giulie*. In: Caruli G.B., Guida alle escursioni dell'80° Riunione Estiva S.G.I., Univ. Trieste.
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della Provincia di Vicenza. Approfondimento tematico Aspetti Geologici. Allegato alla Relazione del PTCP.
- Rinaldo, A., Altissimo, L., Putti, M., Passadore, G., Monego, M., Sottani, A., 2008. Modello matematico di flusso nei sistemi acquiferi dei territori dell'autorità d'ambito territoriale ottimale "A.T.O. Brenta", pp. 1-91.
- Rybach L., 2007. La Geotermia – ieri, oggi, domani, numero speciale del notiziario U.G.I. allegato al n. 1-2/2007 di "Geologia Tecnica & Ambientale", 27-75, Pisa.

- Rossato, S., Monegato, G., Mozzi, P., Cucato, M., Gaudio, B., Miola, A., 2013. Late Quaternary glaciations and connection to the piedmont plain in the prealpine environment: The middle and lower astico valley (NE Italy). *Quaternary International* 288, pp. 8-24.
- Sassi, F. P. & Zanettin, B., 1980, schema degli eventi metamorfici e magmatici nelle Alpi orientali, *Rendiconti Soc. Italiana di Mineralogia e Petrologia*, 36 (1), 1980: pp. 3-7.
- Santoni, R., Franciosi, R., 2009. Mesozoic extension and Cenozoic compression in po Plain and Adriatic foreland. *Rendiconti Online della Società Geologica Italiana* 9, 28-31.
- Schönborn, G., 1992. Alpine tectonics and kinematic models of the Central Southern Alps., 44, 229-393.
- Sighinolfi, G.P., Gorgoni, C., Martinelli, G., Sorbini, L., 1982. Indagine geochimica preliminare sulle acque del sistema termale veronese. *Energia geotermica, CNR, Prog. Fin. Energia*, 3: 13-20, Roma.
- Suckale, J., 2010. Moderate-to-large seismicity induced by hydrocarbon production. *Special Section: Microseismic, The Leading Edge*, pp. 310-319.
- Tanzini, M., 2010. Manuale Geotecnico – Vol.1. Dario Flaccovio Editore.
- Valoroso, L., Improta, L., Chiaraluce, L., Di Stefano, R., Ferranti, L., Govoni, A. and Chiarabba, C., 2009. Active faults and induced seismicity in the val d'Agri area (Southern Appenines, Italy). *Geophys. J. Int.*, 178, 488-502.
- Viganò, A., Scafidi, D., Martin, S., Spallarossa, D., 2013, *Structure and properties of the Adriatic crust in the central-eastern Southern Alps (Italy) from local earthquake tomography*, Terra Nova, 0, 1-9.
- Viganò, A., Bressan, G., Ranalli, G., Martin, S., 2008. Focal mechanism inversion in the Giudicarie-Lessini seismotectonic region (Southern Alps, Italy): insights on tectonic stress and strain. *Tectonophysics* 460, pp. 106-115.
- Viganò, A., Scafidi, D., Martin, S., Spallarossa, D., 2013, *Structure and properties of the Adriatic crust in the central-eastern Southern Alps (Italy) from local earthquake tomography*, Terra Nova, 0, 1-9.
- White, D.E., Muffler, L.J.P., and Truesdell, A. H., 1971. Vapour-dominated hydrothermal systems compared with hot-water systems. *Econ. Geol.*, v.66, p. 75-97.
- Zampieri, D., 2000. Segmentation and linkage of the Lessini Mountains normal faults, Southern Alps, Italy. *Tectonophysics* 319, pp. 19-31.
- Zampieri, D., fabbri, P., Pola, M., 2009. Structural constraints to the Euganean Geothermal Field (NE Italy). *Rendiconti online Soc. Geol. It. V. 5*: 238-240, 3 ff.
- Zuppi, G.M., Bortolami, G.C., 1982. Hydrogeology: a privileged field for environmental stable isotopes applications; Italian examples. *Rend. Soc. It. Min. Petr.* 38, 1197-1212.

#### **Siti internet**

- Geoportale Regione Veneto  
<http://www.regione.veneto.it/Ambiente+e+Territorio/Territorio/Sistema+Informativo+Territoriale+e+Cartografia/Accesso+al+GeoPortale.htm>
- Geoportale Provincia di Vicenza  
<http://geoportale.provincia.vicenza.it/>
- Balocchi P., 2012, Regime dello stress tettonico attuale della microplacca Adria (Pianura Padana-Veneta), GeoBlog  
<http://georcit.blogspot.it/2012/12/regime-dello-stress-tettonico-attuale.html>.
- Sito Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA  
<http://sgi.isprambiente.it/>
- Ufficio nazionale Minerario per gli idrocarburi e le Georisorse – UNMIG <http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/>

- Visibilità dei Dati afferenti all'attività di Esplorazione Petrolifera in Italia – VIDEPI  
<http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/videpi/>
- Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale (A.A.T.O. Bacchiglione)  
[http://www.atobacchiglione.it/copy\\_of\\_ente/territorio/il-consorzio-a-a-t-o-bacchiglione](http://www.atobacchiglione.it/copy_of_ente/territorio/il-consorzio-a-a-t-o-bacchiglione)
- ISIDe (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-basE)  
<http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>
- ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults)  
<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>
- Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia – INGV - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2011 | CPTI11 & Database Macrosismico dei Terremoti Italiani 2011 | DBMI11  
<http://emidius.mi.ingv.it/>