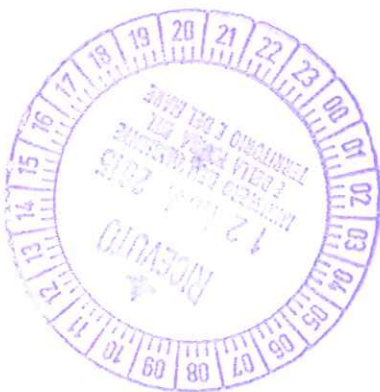


Prot. n. 27.U. del 06/10/2015

Spett.le
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Direzione generale per le valutazioni ambientali
Divisione II - Sistemi di Valutazione Ambientale
Via Cristoforo Colombo, 44
00147 Roma
Fax 06/57225994
dgsalvanguardia.ambientale@pec.miniambiente.it



Spett.le ARPA Umbria
Via Pievaiole 207/B-3
06132 - Perugia
protocollo@cert.arpa.umbria.it

Spett.le ARPA Lazio
Via Boncompagni, 101
00187 - Roma
direzione.gen.rm@arpalazio.it

OGGETTO: Istanza per l'avvio della procedura di verifica di ottemperanza alle prescrizioni A.1 l), A.1 m), A.1 n), A.1 o)

contenute nel provvedimento di VIA n. 0000059 del 3 aprile 2015, ai sensi dell'art.28 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i., relativa al progetto geotermico pilota Castel Giorgio

Il sottoscritto

Giorgio Garrone

in qualità di legale rappresentante dell'Ente/Società

ITW&LKW Geotermia Italia spa

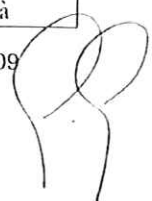
con sede legale in:

*TORINO, P.zza Statuto, 16 - telefono 06.42020461, fax 06.48905185,
indirizzo di posta elettronica certificata: itwgeotermiaitalia@legalmail.it*

richiede l'avvio della procedura in oggetto relativamente alle seguenti prescrizioni contenute nel provvedimento di VIA n.0000059 del 3 aprile2015, la cui verifica è posta a carico di codesta Amministrazione:

ITW LKW GEOTERMIA ITALIA s.p.a. Sede Legale Piazza Statuto, 16 -10122 Torino P.IVA 11173231009
Capitale Sociale EURO 1.000.000,00 I.v. Numero REA: TO- 1144269
Sede amministrativa - Via di Porta Pinciana n. 4 00187 Roma -
Tel +39 06 42020461 Fax +39 06 48905185 E-mail - info@itwlkwgeotermia.it

Prescrizione n.	Testo integrale della prescrizione come riportato nel provvedimento di VIA
A.1 l)	<p>Eseguire il monitoraggio delle acque di falda con scadenza almeno trimestrale a partire da 6 mesi prima dell'inizio dei lavori sino ad almeno un anno dopo l'entrata in funzione della centrale. Data l'importanza del sistema acquifero vulsino per l'approvvigionamento idropotabile dell'area orvietana, il monitoraggio dovrà:</p> <ul style="list-style-type: none"> — essere esteso a tutti i punti di captazione individuati nell'area (pozzi e sorgenti); — misurare tutti i parametri previsti alle parti B e C dell'Allegato I al D.Lgs 31 del 02/02/2001 <p>Un rapporto contenente i risultati del monitoraggio dovrà essere consegnato trimestralmente ad ARPA Umbria e una volta l'anno per i primi 3 anni ad ARPA Lazio e al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.</p> <p>Ad un anno dall'entrata in funzione dell'impianto, se non si sono registrati valori anomali, potrà essere concordato con ARPA Umbria un piano che preveda la riduzione dei punti di campionamento e della frequenza di campionamento che dovrà comunque essere non inferiore ad una volta l'anno. Al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare dovrà essere consegnato un documento con indicate le variazioni concordate.</p>
A.1 m)	<p>La soglia d'attenzione sulle concentrazioni delle acque di falda rilevate nel corso del monitoraggio dovrà essere posta al 70% del valore di guardia. Dovrà essere preparato un piano, concordato con ARPA Umbria e ARPA Lazio in cui si indichino le azioni che saranno immediatamente adottate in caso di superamento della soglia di attenzione, per uno qualsiasi dei parametri monitorati, in attesa della definizione dei rapporti di causa/effetto. Copia del piano dovrà essere consegnato al Al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare</p>
A.1 n)	<p>monitoraggio della CO2: a partire da un anno prima dell'inizio dei lavori si dovrà eseguire, con frequenza trimestrale il monitoraggio delle emissioni di CO2 attorno ai pozzi A2, A4, A14 con le modalità descritte nell'allegato F. Si dovranno scegliere periodi secchi per evitare di falsare le misure. Dovranno anche essere misurati i parametri ambientali, quali Pressione atmosferica, Temperatura dell'aria e del suolo, umidità dell'aria e del suolo. Il risultato dovrà essere presentato. A partire dal terzo anno sentito il parere favorevole di ARPA Umbria la frequenza dei campionamenti potrà</p>



	essere ridotta sino ad un campionamento all'anno
A.1 o)	Monitoraggio H2S si dovranno definire ed inviare ad ARPA Umbria ARPA Lazio ed al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare un piano contenente le soglie di allarme per le concentrazioni di H2S e le azioni che si dovranno fare nel caso questa soglia dovesse essere raggiunta. Sensori di H2S sempre con misure eseguite ogni 30 minuti, dovranno essere messi oltre che nella centrale elettrica sopra tutti i pozzi di produzione e reiniezione

Si trasmettono in allegato alla presente:

- 1) Risposta alla prescrizione A.1 l), m), n), o);

La documentazione trasmessa è composta di 3 copie in formato digitale predisposte conformemente alle "Specifiche tecniche per la predisposizione e la trasmissione della documentazione in formato digitale per le procedure di VAS e VIA ai sensi del D.Lgs 152/2006 e s.m.i." del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare per un totale di n. 3 supporto/i informatico/i e di 1 copia in formato cartaceo.

Il/la sottoscritto/a è consapevole che il Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare pubblicherà sul portale delle Valutazioni ambientali VAS-VIA (www.va.minambiente.it) la documentazione trasmessa con la presente.

ITW & LKW
Geotermia Italia S.p.A.
 Il Presidente
 Dott. Giorgio GARRONE

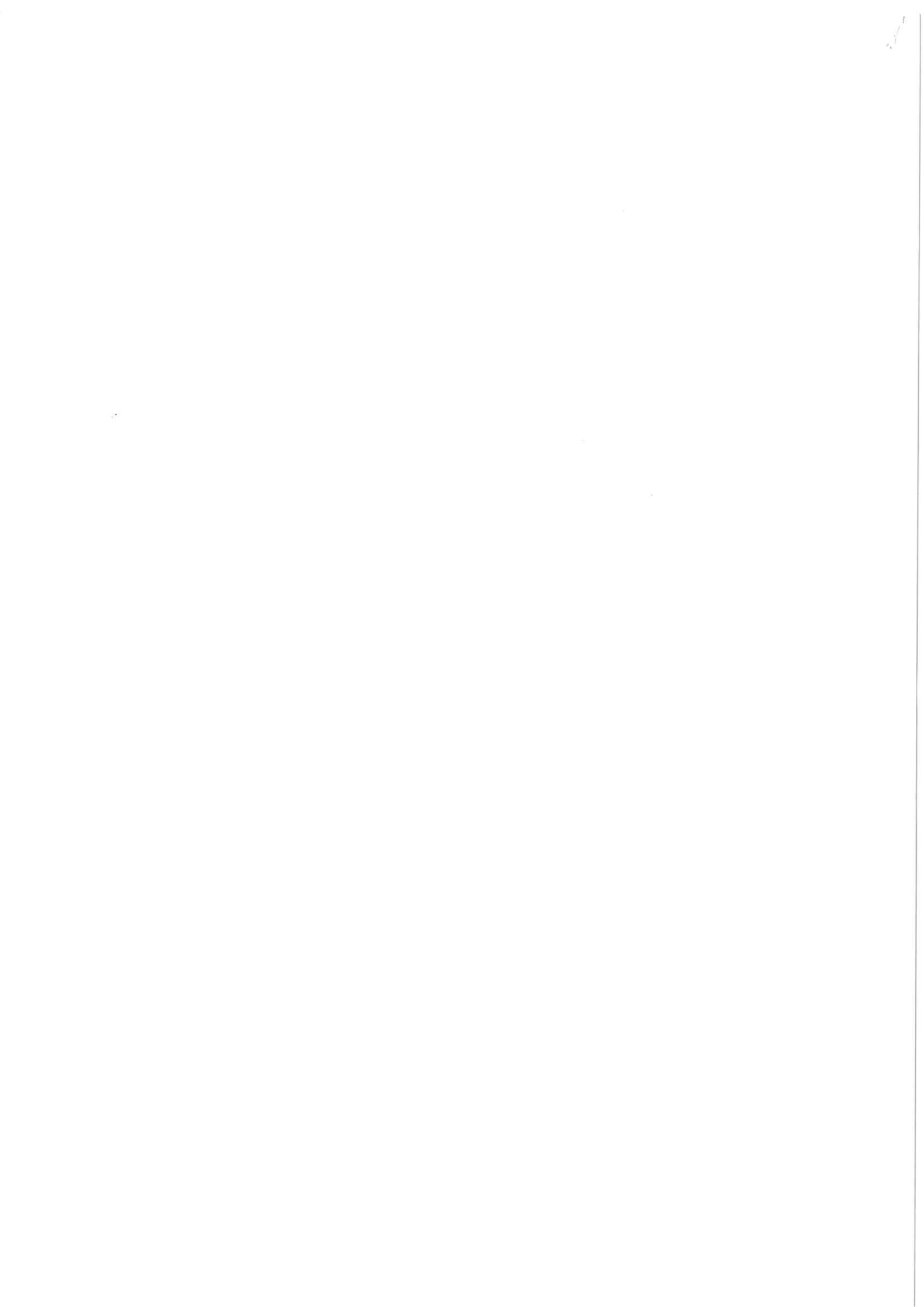


Riferimenti per contatti:

Nome e Cognome: Dr. Diego Righini

Telefono: 3927035794 – 06.42020461 Fax 06.48905185

E-mail: righini@itwlkwgeotermia.it



ALLEGATO
All'istanza verifica ottemperanza alle prescrizioni
A.1 lettere l), m), n), o)



IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO CASTEL GIORGIO

Prescrizioni VIA A.1 lettere l), m), n), o)

Piano di monitoraggio della falda idrica e delle emissioni di CO₂ e H₂S

1. Premessa

Con provvedimento del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), di concerto con il Ministro del Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, registrazione 59 del 3 aprile 2015, è stato approvato, con prescrizioni, il decreto di compatibilità ambientale relativo all'impianto geotermico di Castel Giorgio.

Due di queste prescrizioni, A.1 lettere l) e m), riguardano il monitoraggio dell'acqua di falda; altre due prescrizioni, A.1 lettere n) e o), riguardano rispettivamente il monitoraggio delle emissioni di CO₂ e H₂S. Tutte queste prescrizioni stabiliscono che il principale ente tecnico referente è l'ARPA Umbria.

La presente nota affronta i seguenti temi:

- caratteristiche della falda idrica nella zona del progetto
- misure per la protezione della falda previste nel Progetto Definitivo e Programma Lavori (PDPL) e nello Studio di Impatto Ambientale (SIA)
- piano di monitoraggio della falda
- piano di monitoraggio delle emissioni di CO₂
- piano di monitoraggio delle emissioni di H₂S.

2. Caratteristiche della falda idrica nell'area del progetto

2.1. L'acquifero vulcanico dell'altipiano dell'Alfina

L'area dell'Altipiano dell'Alfina, dove sono localizzate le opere dei progetti geotermici pilota Castel Giorgio e Torre Alfina (il SIA di questo secondo progetto verrà presentato quanto prima al MATTM), appartiene geologicamente all'apparato vulcanico dei Vulsini, il più settentrionale dei complessi alcalino-potassici dell'Italia centrale.

L'assetto geologico è dominato dall'alternanza di litoformazioni laviche e piroclastiche, con frequenti intercalazioni di livelli cineritici, paleosuoli e depositi lacustri prevalentemente diatomitici. Tali sequenze poggiano in trasgressione su depositi sedimentari prevalentemente argillosi e di flysch. La morfologia del substrato prevulcanico si deprime verso la Valle del Tevere e il bacino del Lago di Bolsena.

All'interno dei prodotti vulcanici sono stati riconosciuti tre acquiferi (Capelli e Mazza, 2007): l'acquifero basale di importanza regionale e gli acquiferi intermedio e sommitale. Questi ultimi si manifestano ai margini dell'altipiano con numerose sorgenti, mentre l'acquifero basale emerge a oriente, generando il gruppo sorgivo di Sugano-Tione, e ad ovest, alimentando quello di San Lorenzo – Grotte di Castro.

L'area è stata individuata dagli enti competenti in materia di risorsa idrica come strategica per l'approvvigionamento idropotabile. Infatti, sono presenti numerosi punti di captazione delle sorgenti e delle acque sotterranee, sia nel territorio della Regione Lazio, sia in quello dell'Umbria. I principali pozzi di acqua potabile esistenti emungono la falda basale e probabilmente in parte anche gli acquiferi più superficiali.

Nella Figura 1 sono riportate alcune sezioni interpretative degli acquiferi dell'Altopiano dell'Alfina.

2.2. Modellizzazione della falda

L'andamento delle curve isopiezometriche relative alla falda di base dell'acquifero ospitato nelle vulcaniti dei Vulsini nella zona dell'Altipiano dell'Alfina è riportato nelle Figure 2, 3, 4 e 5, tratte rispettivamente da Pagano et al. (2000), Capelli et al. (2005), Capelli e Mazza (2007), Frondini et al. (2012).

In ciascuna delle figure è riportato il limite dello spartiacque sotterraneo o limite di bacino idrogeologico; come può vedersi, proprio nella zona di interesse del presente progetto (area di Castel Giorgio), questo limite differisce nelle varie carte idrogeologiche.

Vi è un sostanziale accordo tra Pagano et al. (2000), Capelli et al. (2005) e Capelli e Mazza (2007), a parte differenze minori, che il limite idrogeologico passi proprio in prossimità di Castel Giorgio, con andamento circa ovest-est, mentre Frondini et al. (2012) lo collocano a sud di Castel Giorgio (Figura 5).

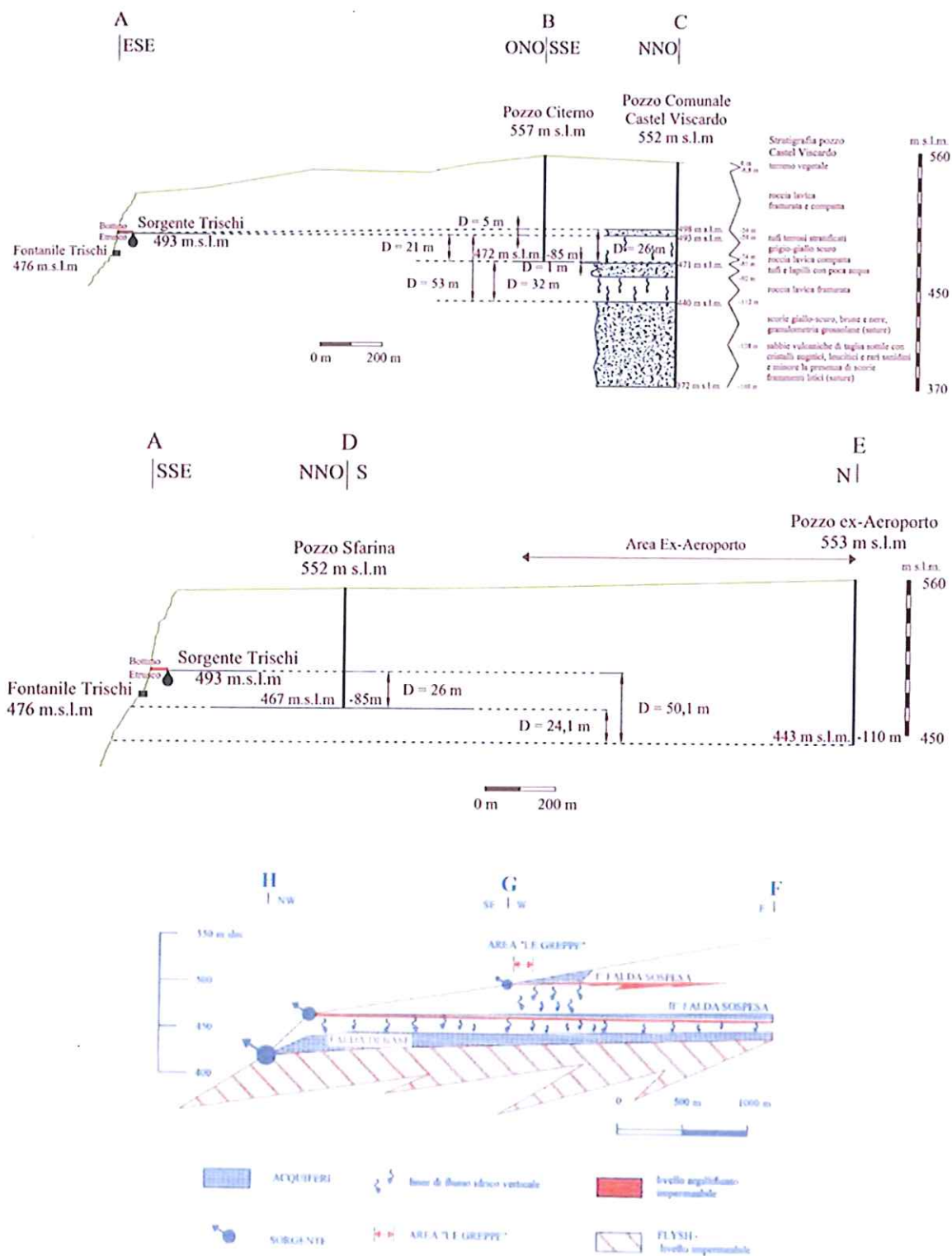


Figura 1. Sezioni Interpretative relative agli Acquiferi dell'Altopiano dell'Alfinia (l'ubicazione è riportata nella Figura 9) (da Capelli e Mazza, 2007)

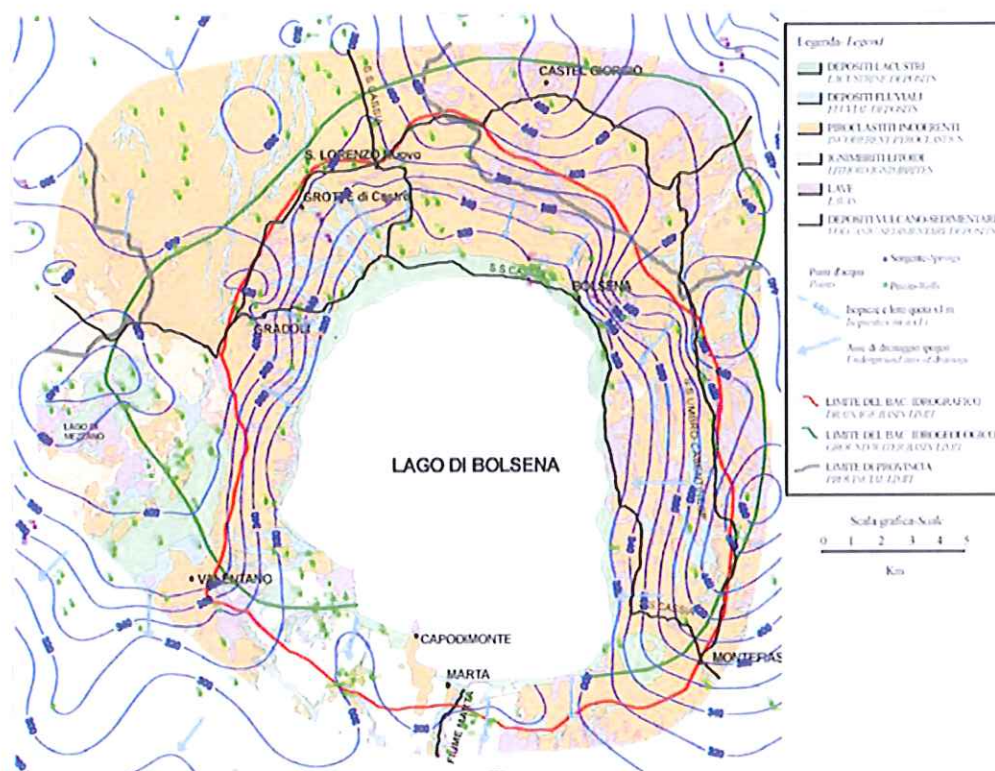


Figura 2. Mappa idrogeologica da Pagano et al. (2000). Con la linea verde è indicato il limite del bacino idrogeologico

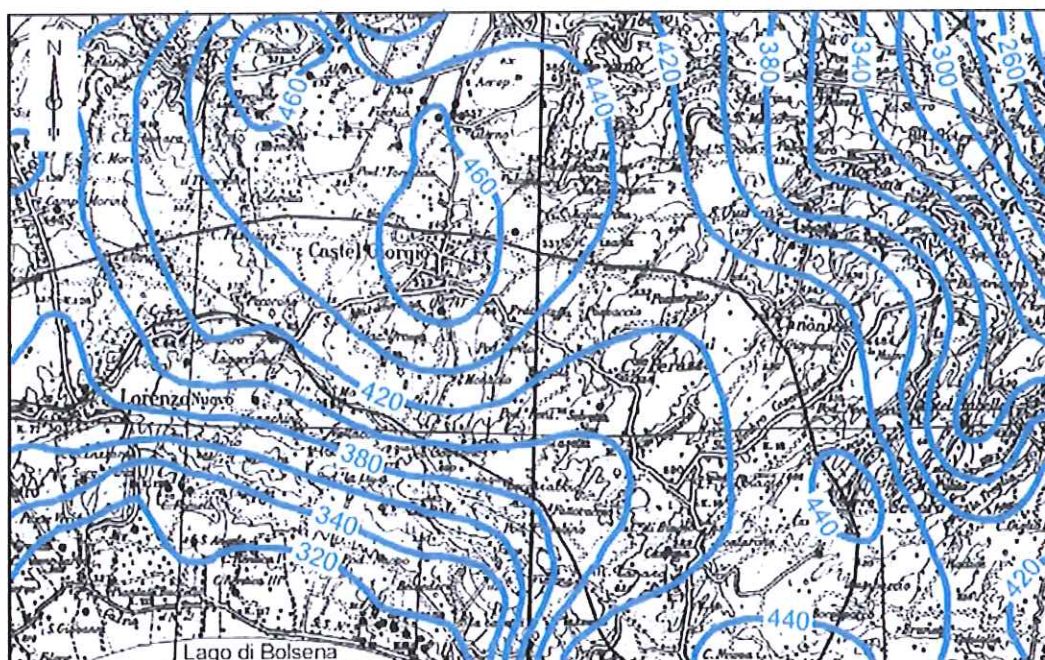


Figura 3. Andamento delle linee isopiezometriche della zona Castel Giorgio – Lago di Bolsena (da Consorzio di Bonifica della Val di Paglia Superiore in Capelli e Mazza, 2007). La linea nera indica il limite del bacino idrogeologico

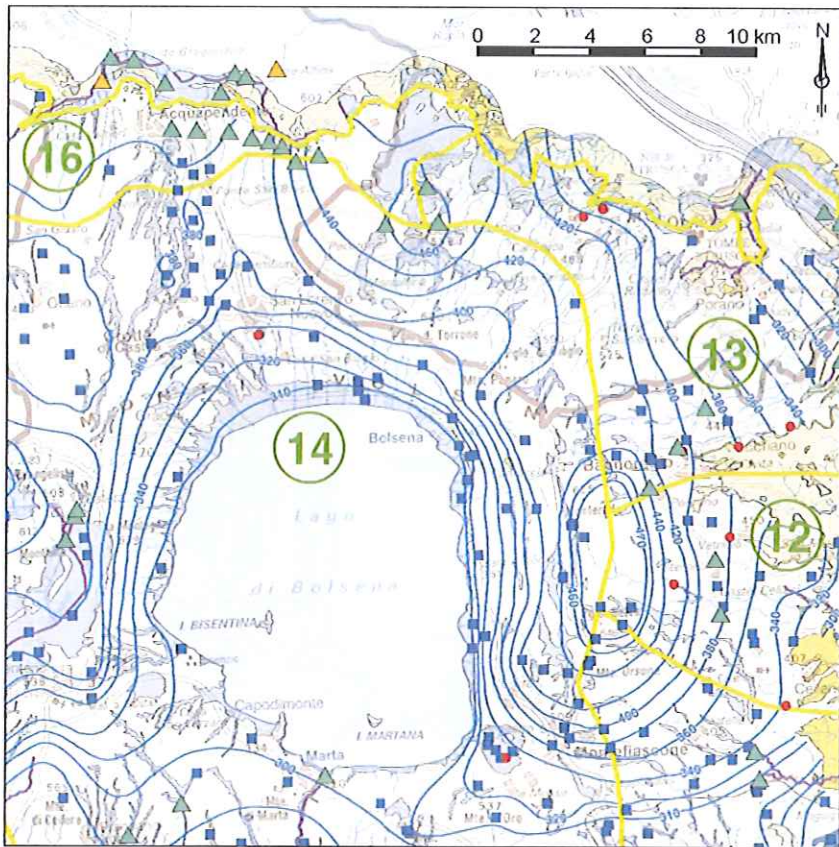


Figura 4. Mappa idrogeologica da Capelli et al. (2005). Le linee gialle indicano i limiti dei bacini idrogeologici

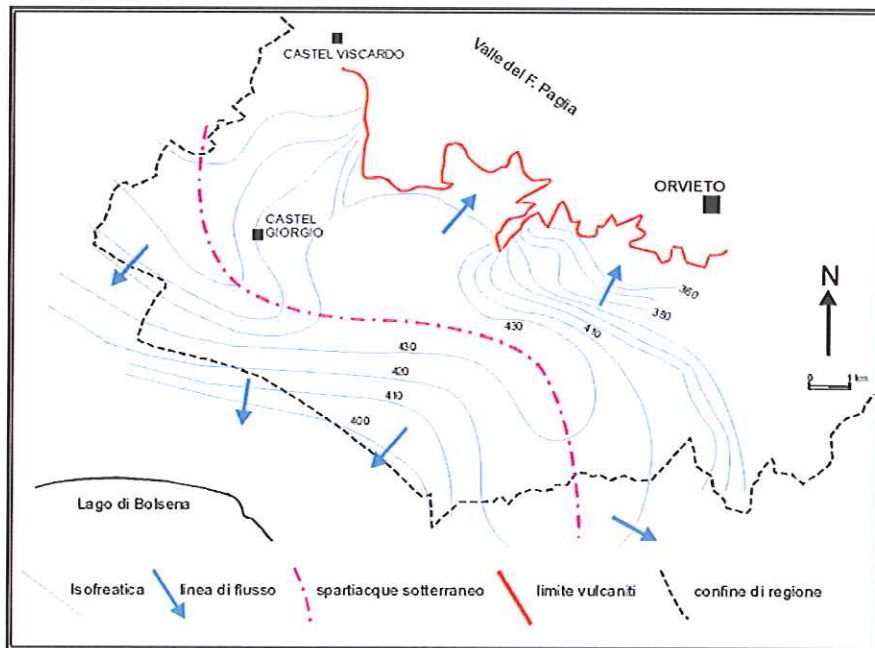


Figura 5. Carta piezometrica schematica dell'acquifero vulcanico dei Monti Vulsini (da Frondini et al., 2012)

Come ben spiegato da Pagano et al. (2000) *“l'esatta delimitazione del limite idrogeologico nel settore nord-occidentale dell'acquifero (l'area di interesse del progetto) è resa quanto mai difficoltosa dal modestissimo gradiente idraulico della falda, per cui non è sempre agevole seguirne le culminazioni piezometriche, nonché dalla presenza di falde sospese più superficiali talora difficilmente distinguibili dalla basale. In questo senso è necessario considerare un certo margine di approssimazione nella delimitazione del bacino, per cui è lecito attendersi discostamenti anche nell'ordine di 1 km rispetto a quanto evidenziato. Va anche tenuto conto del fatto che, per via del modesto gradiente piezometrico, lo spartiacque idrogeologico è soggetto a migrazioni di carattere stagionale, o indotte da intense estrazioni attraverso pozzi, per cui la delimitazione del bacino così come rappresentata, deve essere intesa come condizione media”*.

In ogni caso, tenuto conto della collocazione delle opere (si veda Figura 8) e tralasciando il limite idrogeologico di Frondini et al. (2012) che appare significativamente diverso dagli altri, solo il tratto terminale della tubazione di reiniezione e i pozzi di reiniezione (sito CG14) del Progetto Castel Giorgio si collocano nell'area dove il drenaggio sotterraneo dell'acquifero delle vulcaniti è diretto verso il Lago di Bolsena. I pozzi di produzione di Castel Giorgio (siti CG1, CG2 e CG3) e tutte le opere del Progetto Torre Alfina sono invece ubicati nella zona dove il drenaggio è in direzione opposta, verso il fiume Paglia e poi il Tevere. Questi ultimi non possono pertanto avere alcuna influenza sul bacino idrogeologico del Lago di Bolsena. In ogni caso la valutazione della incidenza ambientale delle opere del progetto nella zona SIC del lago è riportata nello SIA.

2.3. Geochimica delle acque sotterranee

Una descrizione della geochimica delle acque sotterranee della zona è contenuta nel lavoro di Frondini et al. (2012) dal quale sono tratte le seguenti considerazioni.

Le acque che circolano nel sistema vulcanico hanno un chimismo che varia da bicarbonato alcalino a bicarbonato-alcalino terroso. La salinità è bassa, generalmente inferiore a 300 mg/L. La conducibilità elettrica specifica mostra variazioni entro un intervallo limitato, con pochi campioni a conducibilità superiore ai 500 μ S/cm. Il pH presenta valori vicino al punto di neutralità o debolmente alcalini (7-7.5). La pressione parziale di anidride carbonica (pCO_2) varia tra 10-3 e 10-1.5 bar, ed è tipica di acque meteoriche che durante l'infiltrazione disciolgono la CO_2 presente nel suolo.

La composizione delle acque che circolano nelle vulcaniti è legata alle reazioni di alterazione delle rocce vulcaniche, che a partire da un idrotipo bicarbonato calcico, rappresentativo delle acque meteoriche, portano a un idrotipo bicarbonato alcalino, rappresentativo delle acque che hanno significativamente reagito con le rocce del complesso vulcanico. Le reazioni di alterazione dei

minerali e del vetro vulcanico producono nuove fasi solide e portano in soluzione cationi (K, Na, ma anche Mg, Fe e Ca) e acido ortosilicico (H_4SiO_4). La sequenza di reazioni di alterazione prosegue fino a che la soluzione non raggiunge la saturazione in quarzo o in un'altra specie della silice (per motivi cinetici, spesso è la silice amorfa a governare il sistema) e in idrossidi di ferro e alluminio. I calcoli termodinamici indicano che tra le nuove fasi solide prodotte le più importanti sono: caolinite e/o halloysite, alcuni minerali del gruppo delle smectiti (K-beidellite), alcuni tipi di zeoliti e vari idrossidi di Fe e Al (goethite, gibbsite). Gli idrossidi di Fe e Al, precipitano inizialmente come particelle colloidali di dimensioni nanometriche e solo successivamente cristallizzano come fasi cristalline vere e proprie. Durante la flocculazione gli idrossidi possono adsorbire molti metalli sottraendoli alla soluzione.

Il diagramma Na vs K (Figura 6) mostra come il progressivo incremento in metalli alcalini (Na, K) avvenga con un rapporto Na/K quasi costante e molto vicino al rapporto ponderale medio delle rocce vulcaniche della zona. Solo i campioni con i contenuti totali di metalli alcalini più elevati mostrano un rapporto Na/K leggermente più alto. Tale incremento è probabilmente legato all'interazione con i sedimenti Plio-Pleistocenici presenti alla base delle vulcaniti e/o alla rimozione differenziale di K e Na dalla soluzione durante la precipitazione dei minerali di alterazione.

Dallo stesso diagramma non si individuano significativi processi di miscela delle acque circolanti nelle vulcaniti con i fluidi profondi che caratterizzano i sistemi termali-geotermici di Fonti di Tiberio - Torre Alfina (nelle zone più meridionali dei Monti Vulsini, ad esempio nella zona di Latera-Canino, sono invece evidenti i processi di mixing tra acque superficiali e fluidi profondi). Nella parte settentrionale dei Monti Vulsini, l'acquifero vulcanico è quindi completamente isolato rispetto alla circolazione profonda grazie alla presenza dei sedimenti argillosi del Plio-Pleistocene e delle Liguridi che a scala regionale agiscono da acquiclude.

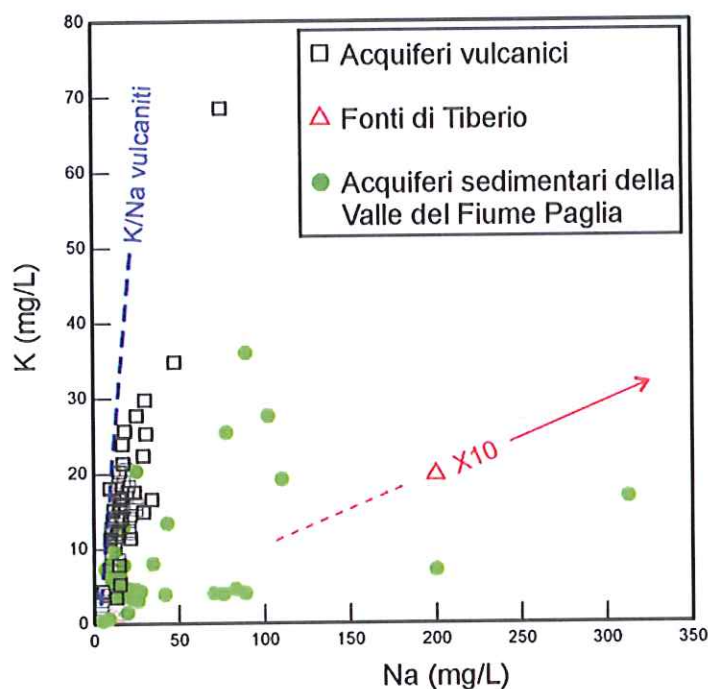


Figura 6. Diagramma Na-K per le Acque degli Acquiferi Vulcanici e Sedimentari della Zona di Torre Alfina (da Frondini et al., 2012)

Nel sistema vulcanico si distinguono una falda di base, che rappresenta il maggior corpo idrico della regione, e alcune piccole falde sospese. Il chimismo dei due tipi di acquiferi è molto simile, le principali differenze sono: un contenuto in silice più elevato e concentrazioni più elevate di Na, Li, F e As nella falda di base. Gli elementi che variano in modo più significativo tra i due tipi di falda sono il litio, che aumenta quasi di un ordine di grandezza passando dalle falde sospese alla falda di base, e il fluoro che aumenta di un fattore 4-5 (Figura 7).

Le differenze osservate sono causate sia dai tempi di interazione più lunghi delle acque che circolano nella falda di base sia dalla presenza dei sedimenti Plio- Pleistocenici alla base dell'acquifero.

Il principale corpo idrico dell'area di studio è la falda di base ospitata dalle vulcaniti Vulsine.

L'acquifero è completamente isolato rispetto alla circolazione profonda grazie alla presenza dei sedimenti argillosi del Plio-Pleistocene e delle Liguridi che a scala regionale agiscono da acquiclude.

Le acque circolanti nel sistema vulcanico sono di buona qualità, grazie alla bassa salinità e a un contenuto medio in nitrati inferiore a 30 mg/L. Solo l'8% dei campioni analizzati supera la concentrazione massima ammissibile di 50 mg/L. I maggiori problemi sono legati a fenomeni naturali e non dipendono da contaminazione antropica.

Molti campioni della falda di base sono infatti caratterizzati da valori di As superiori a 10 µg/l, fatto comune a gran parte degli acquiferi vulcanici dell'Italia centrale. Tali valori, considerati ammissibili

fino al dicembre 2010 grazie a una deroga al D.Lgs 31/2001 sui tenori limite di As nelle acque sotterranee, concessa dal Ministero della Salute, non sono più ammissibili per un uso idropotabile della risorsa. Infatti, scaduta la deroga nel 2010, la concentrazione massima ammissibile di As è passata da 50 µg/l a 10 µg/l e molti campioni, precedentemente in regola con il vecchio valore di parametro (DPR236/1988), risultano ora non conformi con la nuova concentrazione limite definita dal D.Lgs 31/2001.

Un secondo problema riguarda le falde sospese che in occasione di periodi molto piovosi vedono aumentare le concentrazioni di Al molto al di sopra della concentrazione massima ammissibile di 200 µg/l (D.Lgs 31/2001). Non si tratta di alluminio disciolto come ione Al^{+3} ma di idrossidi di alluminio in particelle colloidali di dimensioni nanometriche, che vengono mobilizzate dai livelli superficiali alterati ad opera delle acque meteoriche. Dato che le falde sospese alimentano per drenanza la falda di base, nei periodi di massima contaminazione, anche le sorgenti della falda di base possono superare le concentrazioni massime ammissibili. Il processo di miscela tra acque della falda di base e acque delle falde sospese, varia in funzione della permeabilità locale. Tale processo a scala locale è molto importante per la qualità delle acque, infatti una contaminazione delle falde sospese può portare a un deterioramento della qualità anche nella falda di base, come è avvenuto in occasione della contaminazione da alluminio del 2010.

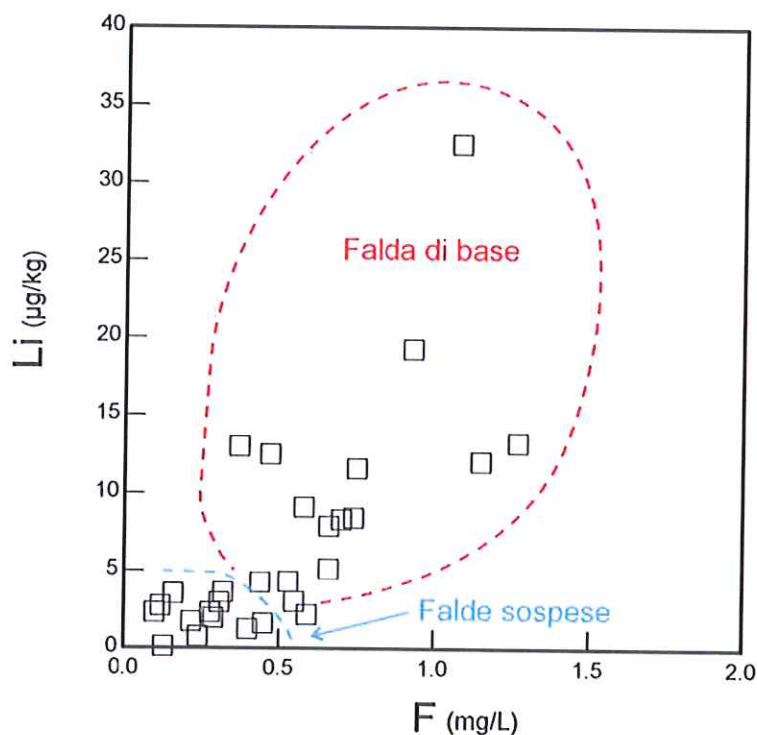


Figura 7. Diagramma Li-F per le Acque dell' Altipiano dell' Alfina (da Frondini et al., 2012)

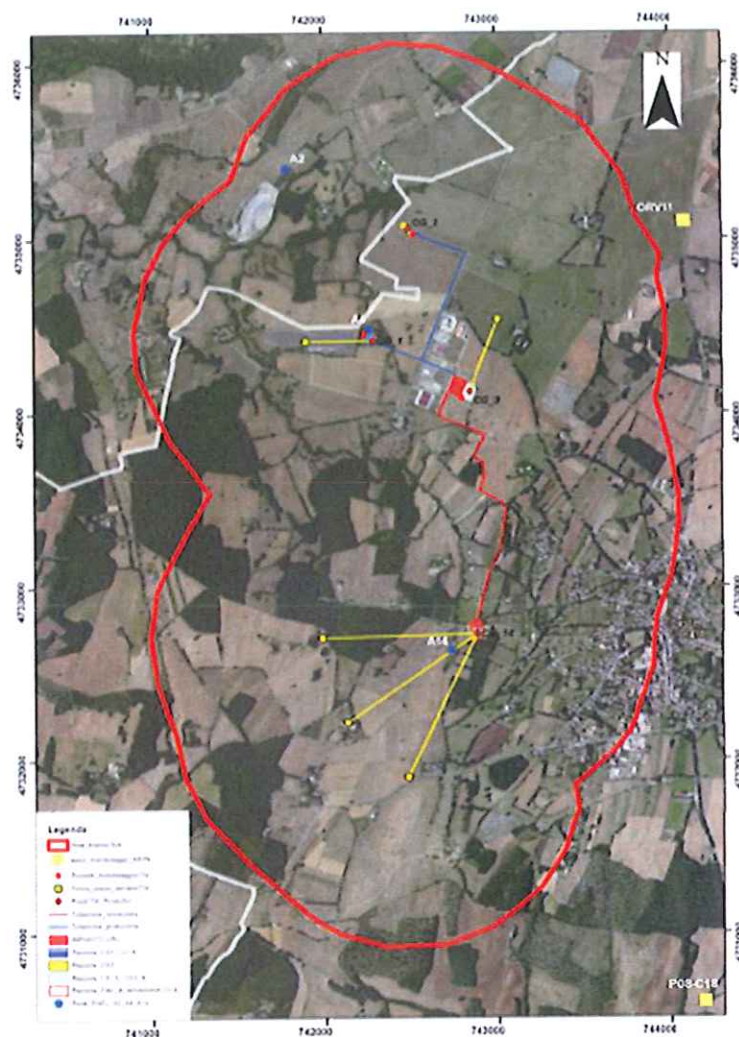


Figura 8. Delimitazione dell'area compresa entro 1 km di distanza dalle installazioni dell'impianto geotermico di Castel Giorgio (sigla pozzi CG). Sono indicati i pozzi di monitoraggio dell'ARPA-Umbria (ORV 11 e P08-C18) e i quattro pozzetti per il monitoraggio della falda previsti nel presente progetto (pallini rossi)

3. Piano di monitoraggio della falda acquifera

3.1. Rete di monitoraggio

L'attività di monitoraggio dei corpi idrici sotterranei condotta dall'ARPA-Umbria comprende anche alcuni punti di monitoraggio dell'acquifero vulcanico nella zona di Castel Giorgio – Castel Viscardo. In particolare questi consistono di 3 pozzetti (ORV3-ORV11-ORV13) per il controllo chimico periodico e di un pozzetto (ORV40) per il controllo continuo del livello della falda mediante piezometro (vedi ubicazione in Figura 9).

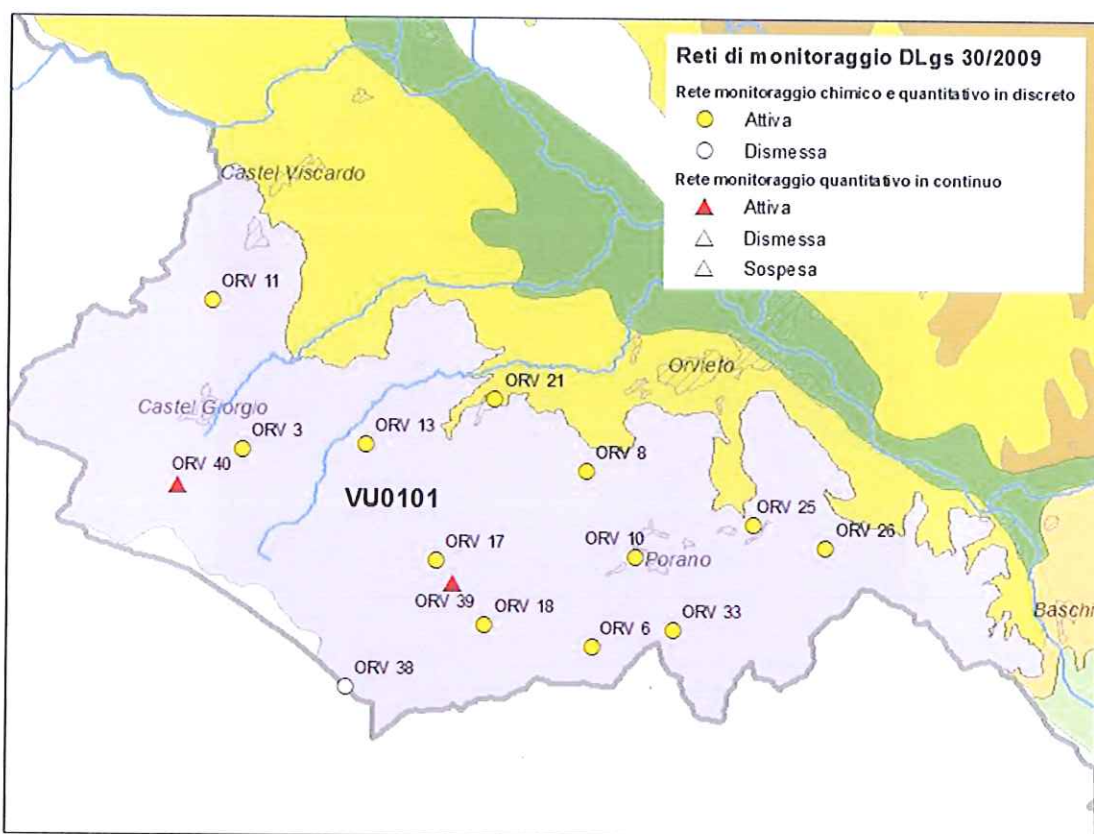


Figura 9. Rete di monitoraggio di ARPA-Umbria degli acquiferi sotterranei nella zona dell'Orvietano

Come già indicato nello SIA del Progetto Castel Giorgio, nella rete di monitoraggio del proponente saranno inclusi tutti i 4 pozzi per l'approvvigionamento idrico che verranno perforati nei pressi dei pozzi profondi (CG1, CG2, CG3, CG14, vedi Figura 8 per ubicazione).

3.2. Articolazione del monitoraggio e durata delle diverse fasi

In ognuno dei pozzi il monitoraggio avrà inizio non appena sarà stata realizzato il pozzetto relativo, quindi prima dell'inizio della perforazione dei pozzi profondi dalla vicina piattaforma. Si possono prevedere, per ogni sito, un campionamento prima dell'inizio delle perforazioni profonde previo spurgo del pozzetto, un secondo alla fine delle perforazioni profonde e infine, a regime, un campionamento ogni tre mesi sempre nello stesso periodo temporale per assicurarsi una similitudine di condizioni di falda. In caso di riscontro di anomalie chimico-fisiche, il campionamento verrà infittito seguendo le indicazioni che verranno fornite dall'ARPA-Umbria. Una volta terminata la perforazione profonda in ognuno

dei pozzetti verrà inserito un piezometro per il controllo delle variazioni temporali del livello della falda.

3.3. Modalità di campionamento e parametri chimico-fisici monitorati

I campioni d'acqua verranno raccolti calando a fondo pozzo un raccoglitore con cavo e arganetto oppure pompando direttamente acqua dal pozzetto, in presenza di pompa sommersa installata nello stesso.

Poiché il monitoraggio ha l'obiettivo di verificare eventuali fenomeni di inquinamento tra l'acquifero superficiale e quello geotermico profondo si prevede il monitoraggio di "traccianti" del sistema profondo. Questi sono costituiti da boro, cloruri e solfati.

Dall'esame delle analisi chimiche del fluido geotermico di Castel Giorgio-Torre Alfina (*Buonasorte et al., 1988*) risulta che esso ha valori elevati di boro e cloruri, ma relativamente bassi di solfati.

Nel primo campionamento verranno analizzati anche gli isotopi deuterio (δD) e ossigeno ($\delta^{18}O$) dell'acqua.

Nei pozzetti indicati verrà quindi eseguito il monitoraggio delle seguenti sostanze:

- Boro totale;
- Cloruri;
- Solfati.

All'atto del campionamento saranno inoltre misurati:

- pH;
- temperatura;
- conducibilità.

Le analisi relative ai campionamenti eseguiti prima delle perforazioni profonde rappresenteranno i valori di fondo di riferimento per il successivo monitoraggio.

3.4. Modalità di acquisizione dei dati e di diffusione dei risultati

La campionatura e le analisi chimico-fisiche all'atto del campionamento e successive di laboratorio saranno effettuate da INGV, Ente pubblico di ricerca, in base ad una Convenzione con il proponente. I risultati saranno trasmessi trimestralmente all'ARPA-Umbria, con la quale l'INGV e il proponente concorderanno preventivamente le modalità di campionamento

e di analisi. I dati analitici acquisiti saranno conservati in una banca dati dedicata che sarà resa accessibile ad ogni Ente Pubblico che ne abbia titolo.

3.5. Individuazione, per ogni parametro monitorato, delle soglie di attenzione e di allarme

Le soglie di attenzione e di guardia verranno stabilite in armonia con le disposizioni normative specifiche (D.Lgs 31/2001 e 152/2006) e d'intesa con l'ARPA-Umbria.

A titolo indicativo, si ricorda che secondo le disposizioni normative citate (Allegato I, parte B e parte C del D.Lgs 31/2001), il valore "soglia di guardia" per i parametri di monitoraggio indicati è il seguente:

- Boro 1,0 mg/l
- Cloruri 250 mg/l
- Solfato 250 mg/l

Il valore "soglia di attenzione" è pari all'80% del valore "soglia di guardia" per ogni parametro; comunque, conformemente alla prescrizione A.1.m) del MATTM, questo valore sarà posto al 70%.

3.6. Piano di intervento

Come ampiamente descritto nello SIA, la possibilità di inquinamento della falda è esclusa alla radice. Tuttavia, qualora si verificasse il superamento della soglia di attenzione per uno dei traccianti principali monitorati verrà adottata la seguente procedura:

- il concessionario, ricevuta la notizia dall'INGV, darà immediata comunicazione all'ARPA-Umbria, del superamento della soglia di attenzione;
- il concessionario, l'INGV e l'ARPA-Umbria stabiliranno i tempi e le ulteriori indagini da eseguire per comprendere le ragioni dell'anomalia e la sua origine (non necessariamente legata all'esercizio degli impianti);
- in seguito alla diagnosi verranno concordate le azioni da intraprendere e l'eventuale piano di intervento.

4. Monitoraggio delle emissioni di CO₂

Nei mesi di maggio e giugno 2011, l'INGV ha eseguito, nell'ambito di una convenzione di ricerca con ITW&LKW Geotermia Italia SpA, una prospezione del flusso di CO₂ dal

suolo nell'area geotermica di Castel Giorgio-Torre Alfina con il metodo della camera di accumulo (1336 misure su 12,2 km²) (Carapezza et al., 2015). Da questo studio è emerso che solo nella zona intorno alla emissione naturale di gas delle Solfanare, a sud di Torre Alfina, si registrano valori anomali di flusso di CO₂ dal suolo fino ad oltre 30.000 g/m² giorno. Il processamento statistico dei dati ha consentito di fissare una soglia di background pari a 48 g/m² giorno (i valori al di sotto di questa soglia sono di probabile origine organica, non geotermica) (Carapezza et al., 2015).

Dopo l'effettuazione di questa prospezione su tutta l'area, è stato affidato all'INGV il compito di monitorare il rilascio diffuso di gas dal suolo su tre aree target ubicate intorno ai siti dove verranno perforati pozzi produttivi (A2, per il futuro progetto Torre Alfina e A4 per il Progetto Castel Giorgio) e reiniettivi (A14 per il progetto Castel Giorgio). Lo scopo di questo monitoraggio, che consiste in due-tre campagne annue di misura del flusso di CO₂ dal suolo su punti fissi, è quello di definire un background dell'emissione naturale di CO₂ dal suolo in quest'area, comprese le sue variazioni stagionali, in modo da disporre di una base conoscitiva utile per identificare eventuali fughe di gas indotte dalla futura attività mineraria.

Su queste aree target sono state eseguite campagne di misura in aprile e settembre 2013 e in marzo, luglio e ottobre 2014.

Nella campagna del luglio 2014 sono state introdotte tre nuove aree target in modo da coprire adeguatamente tutte le zone destinate ad ospitare pozzi produttivi e reiniettivi dei due Progetti geotermici pilota (vedi Figura 10). In particolare l'area A2 è stata leggermente traslata verso sud-ovest; l'area A4 è stata estesa di 500 m verso est; le tre nuove aree target sono: A7, ubicata 300 m a sud del pozzo A7; A1, ubicata ad est del pozzo A1 e AT0, ubicata 400 m a est dell'area target A2 e 300 m a nord della area target A4 (Figura 10). Solo l'area A14 è rimasta immutata.

Una nuova prospezione del flusso di CO₂ dal suolo è stata effettuata nel febbraio 2015.



Figura 10. Aree target per la ripetizione stagionale del flusso di CO₂ dal suolo (rettangoli gialli). I perimetri delle aree target A2 e A4 eseguite da aprile 2013 a marzo 2014 sono in tratteggio arancione.

I risultati di tutte le campagne, sono messi a confronto nel grafico di Figura 11. Risulta evidente dal grafico che, in tutte le aree target, il flusso di CO₂ dal suolo è rimasto in tutte le campagne di misura sostanzialmente al di sotto della soglia di background, a parte pochi punti isolati. Questo monitoraggio indica la presenza di una efficace copertura impermeabile (costituita da rocce argillose del flysch ligure) al di sopra del serbatoio geotermico, che impedisce la fuga verso la superficie dei gas geotermici profondi. Questa avviene solo nella zona delle Solfanare dove è presente una faglia con direzione nord-ovest.

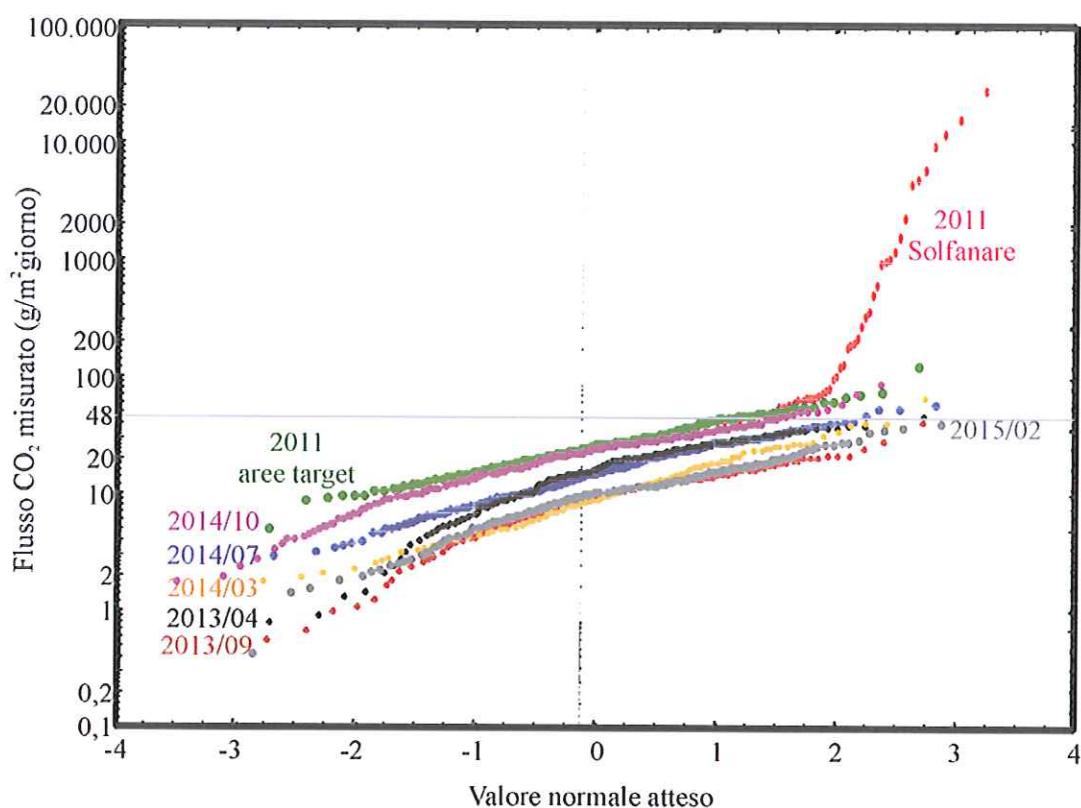


Figura 11. *Normal probability plot* delle misure di flusso di CO₂ dal suolo (scala logaritmica) eseguite nelle campagne da giugno 2011 a febbraio 2015. La linea grigia indica la soglia di *background* (48 g/m²giorno). In rosso le misure del 2011 relative all'area delle Solfanare.

Il monitoraggio delle emissioni di CO₂ dal suolo delle aree target A2, A4 e A14 verrà eseguito con frequenza trimestrale, come richiesto nella prescrizione A.1.n) del MATTM e verranno anche misurati i parametri ambientali.

5. Monitoraggio delle emissioni di H₂S

Nel gas emesso dai pozzi geotermici perforati dall'Enel nella zona di Castel Giorgio-Torre Alfina, la CO₂ è il gas dominante con una concentrazione di 98.1-98.9 vol.% e sono riportate concentrazioni di H₂S tra 520 e 850 ppm (Buonasorte et al., 1988). Sostanzialmente la stessa composizione chimica è trovata anche nei gas emessi dalla manifestazione naturale delle Solfanare, poco a sud di Torre Alfina (Carapezza et al., 2015).

Nella prospezione del flusso di CO₂ dal suolo del 2011, prima ricordata, sono state eseguite anche 331 misure del flusso di H₂S dal suolo. La maggior parte delle misure (90.9 %) è inferiore al limite determinabile con la camera di accumulo impiegata (0.01 g/m² giorno) e il

flusso di H₂S relativo può essere considerato nullo. Solo tre misure hanno dato valori superiori a 0.1 g/m² giorno (massimo 1.63 g/m² giorno) e sono tutte ubicate nella zona della manifestazione delle Solfanare.

Poiché l'idrogeno solforato (H₂S), anche se in abbondanza molto minore della CO₂, è il più caratteristico dei gas geotermici e ha concentrazione nell'aria pulita pari a 0 (contro circa 350 ppm della CO₂) e non ha altre sorgenti naturali, all'interno della centrale elettrica di Castel Giorgio verrà installato uno strumento per la misura automatica (con cella elettrochimica) della concentrazione di H₂S in aria. Lo strumento verrà collocato in prossimità del sito dove avviene lo scambio termico fra il fluido geotermico e quello organico di servizio dell'impianto ORC. Questo tipo di strumento è già stato ripetutamente utilizzato dall'INGV in attività di monitoraggio della concentrazione indoor di H₂S in aree geotermiche del Lazio e a Vulcano (Carapezza et al., 2011 e 2012).

In condizioni normali lo strumento verrà configurato per eseguire una misura ogni 30', con possibilità di aumentare la frequenza in caso di necessità fino a una misura per minuto. Come richiesto nella prescrizione A.1.o) del MATTM, analoghi sensori verranno installati in corrispondenza dei pozzi.

I dati verranno registrati in situ e teletrasmessi automaticamente all'INGV, dove verranno analizzati, processati e inseriti in una banca dati. Un rapporto trimestrale verrà inviato ad ARPA Umbria.

5.1. Soglia di allarme

La soglia potenzialmente letale di concentrazione di H₂S in aria è di 250 ppm (Carapezza et al., 2012 e riferimenti bibliografici ivi contenuti).

Le soglie TWA (Time Weighted Average, 8 ore) e STEL (Short Term Exposure Limit, 15') sono poste rispettivamente a 10 ppm e 15 ppm (NIOSH, 1981; WHO, 1987).

Si propone di utilizzare la soglia TWA (media di 10 ppm in 8 ore) come soglia di attenzione e di dotare lo strumento di un segnalatore acustico che scatti al raggiungimento della soglia STEL (15 ppm), che viene stabilita come soglia di allarme. Questi valori sono largamente cautelativi.

6. Riferimenti bibliografici

- Buonasorte G., Cataldi R., Ceccarelli A., Costantini A., D'Offizzi S., Lazzarotto A., Ridolfi A., Baldi P., Barelli A., Bertini G., Bertrami R., Calamai A., Cameli G., Corsi R., D'acquino C., Fiordelisi A., Ghezzi A., Lovari F. (1988). Ricerca ed esplorazione nell'area geotermica di Torre Alfina (Lazio Umbria). *Boll. Soc. Geol. It.* 107, 265-337.
- Capelli G., Mazza R., Gazzetti C., (Eds)(2005). Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio – Gli acquiferi vulcanici. Quaderno n°78 – Tecniche di protezione ambientale-Sezione: protezione delle acque sotterranee. Pitagora Editrice.
- Capelli G., Mazza R. (2007). Studio Idrogeologico per la predisposizione alla variante del PRG.S del Comune di Orvieto (TR). Sito web: www.comune.orvieto.tr.it.
- Carapezza M.L., Barberi F., Ranaldi M., Tarchini L., Ricci T., Barrancos J., Fischer C., Perez N., Weber K., Di Piazza A., Gattuso A. (2011). Diffuse CO₂ soil degassing and CO₂ and H₂S air concentration and related hazard at Vulcano Island (Aeolian arc, Italy). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 207, 130-144.
- Carapezza M.L., Barberi F., Ranaldi M., Ricci T., Tarchini L., Barrancos J., Fischer C., Granieri D., Lucchetti G., Melian G., Perez N., Tuccimei P., Vogel A., Weber K. (2012). Hazardous gas emissions from the flanks of the quiescent Colli Albano volcano (Rome, Italy). *Appl. Geochem.*, 27, 1767-1782.
- Carapezza M.L., Ranaldi M., Gattuso A., Pagliuca N., Tarchini L. (2015). The sealing capacity of the cap rock above the Torre Alfina geothermal reservoir (Central Italy) revealed by soil CO₂ flux investigation. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2014.12.011.
- Fronzoni F., Francesconi F., Fratini S., Checcucci R. (2012). "Geochimica delle acque sotterranee nel settore settentrionale dei Monti Vulsini". Giornate Itineranti SoGel. La valutazione del rischio geochimico: nuovi strumenti per una gestione sostenibile del territorio. Perugia 5-6 luglio 2012.
- Pagano G., Menghini A., Floris S. (2000). Bilancio idrogeologico del bacino Vulsino. *Geologia Tecnica e Ambientale*, n°3.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health, 1981. Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, DHHS (NIOSH) Publication No. 81-123.
<http://www.cdc.gov/niosh/81-123.html>.

WHO, 1987. Air Quality Guidelines for Europe. World Health Organization, Copenhagen.

