



IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO TORRE ALFINA
Studio di Impatto Ambientale

ALLEGATO I
PROGRAMMA DI MONITORAGGIO GEOCHIMICO E
SISMICO

Aggiornamento Marzo 2015



Impianti geotermici pilota di Castel Giorgio e di Torre Alfina

Programma di monitoraggio geochimico e sismico

1. Premessa

Conformemente alle prescrizioni dell'art. 9 del D. Legs. 3 marzo 2011 n. 28, gli impianti geotermici pilota devono essere a emissione nulla e con reiniezione totale del fluido estratto nella formazione geologica di provenienza. Impianti di questo tipo richiedono pertanto la messa a punto, installazione e gestione di strumenti idonei al controllo delle eventuali emissioni di fluido endogeno associate all'intero processo industriale che prevede l'estrazione del fluido geotermico da pozzi di produzione, la generazione di elettricità in impianti binari di tipo ORC e la reiniezione del fluido. Il progetto di ITW&LKW Geotermia Italia SpA (nel seguito ITW) prevede la realizzazione di due impianti geotermici pilota, ubicati uno nel Comune di Castel Giorgio (Umbria) e l'altro in quello di Acquapendente (indicato nel seguito come impianto di Torre Alfina, Lazio). Le informazioni tecniche relative sono state sintetizzate nei rispettivi Progetti Definitivi.

Il serbatoio geotermico della zona è ospitato nelle rocce carbonatiche mesozoiche della serie Toscana, permeabili per fratturazione e la copertura impermeabile è assicurata da rocce flyschoidi delle unità Liguri e austroalpine e dalle argille neogeniche sovrastanti. L'esplorazione geotermica condotta da Enel negli anni '70 e '80 (Buonasorte et al., 1988) ha mostrato che alla sommità dell'alto strutturale del serbatoio geotermico di Torre Alfina, esiste una cappa di gas (essenzialmente CO₂) che è stato estratto fino a pochi anni fa a scopo industriale nel pozzo A13 (Figg. 1 e 2).

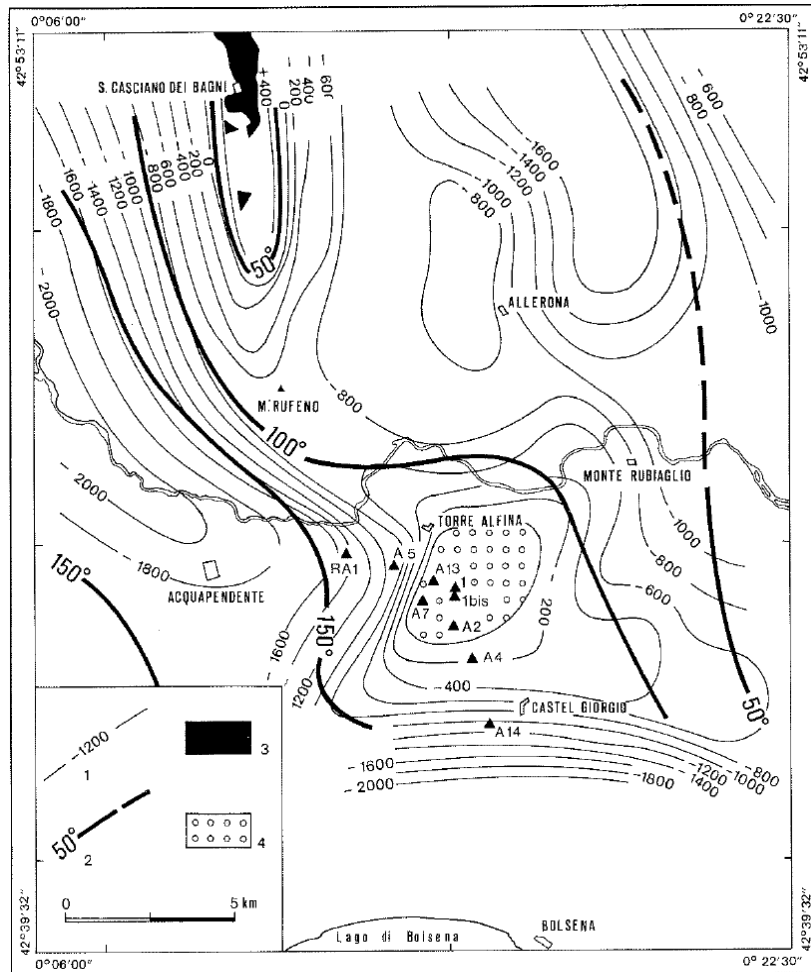


Fig. 1. Profondità del top del serbatoio carbonatico e limiti approssimativi della cappa di gas (4) (da Buonasorte et al., 1988).

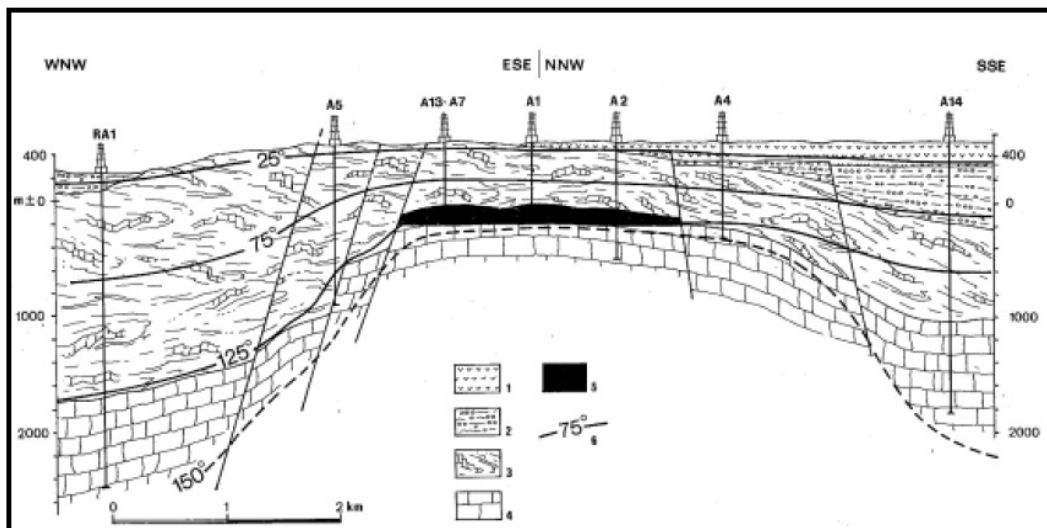


Fig. 2. Sezione geologica attraverso il campo geotermico di Torre Alfina (da Buonasorte et al., 1988). 1. Complesso vulcanico; 2. Complesso dei depositi marini pliocenici; 3. Complesso in facies ligure ed australpina interna; 4. Complesso in facies toscana; 5. Estensione della cappa di gas; 6. Isotherme in °C.

Il contenuto di CO₂ disciolta nell'acqua del serbatoio geotermico è riportato intorno al 2%. Il gas rilasciato dai pozzi perforati dall'Enel era costituito essenzialmente da CO₂ (fino a circa il 99 vol.%) con bassissimi tenori di N₂ (max 1,6 vol.%), H₂S (max 0,91 vol.%) e CH₄ (max 0,2 vol.%) (Buonasorte et al., 1988). La composizione è molto simile a quella del gas della manifestazione naturale che si trova a sud del centro di Torre Alfina, vicino al pozzo A13 (Carapezza et al., 2014a).

Nella perforazione del pozzo profondo A15 sono riportate emissioni di gas da una profondità di 4.600 m fino a fondo pozzo (4.826 m) consistenti essenzialmente di CO₂ (Buonasorte et al., 1991).

2. Controllo delle emissioni di fluido geotermico

Sia nel progetto di Castel Giorgio che in quello di Torre Alfina si prevede che il fluido geotermico estratto dai pozzi di produzione (acqua a circa 140°C) venga convogliato, attraverso tubi interrati, alla centrale elettrica ORC e da qui, dopo l'utilizzazione di parte del suo calore, venga inviato, sempre attraverso tubi interrati, ai pozzi di reiniezione.

L'ubicazione dei pozzi produttivi e di reiniezione, delle centrali ORC e i percorsi delle tubazioni sono stati definiti nel Progetto Definitivo relativo rispettivamente all'impianto di Castel Giorgio e a quello di Torre Alfina.

Nel progetto Castel Giorgio, per evitare emissione di gas dal fluido geotermico estratto, in tutto il circuito dai pozzi di produzione a quelli di reiniezione verrà mantenuta una pressione sufficiente a mantenere tutto il gas in soluzione nel liquido (circa 45 bar, da stimare con precisione quando si disporrà di nuovi dati più precisi sul chimismo del fluido del serbatoio geotermico). Questo verrà assicurato mediante l'impiego di pompe sommerse inserite nei pozzi produttivi.

Il progetto di Torre Alfina prevede invece la produzione di una miscela bifase (acqua e vapore + gas) ottenuta dal flashing del fluido nei pozzi, e il suo trasporto fino in prossimità dell'impianto ORC dove la fase gassosa verrà separata da quella liquida. Dopo lo sfruttamento termico le due fasi saranno nuovamente miscelate e avviate ai pozzi di reiniezione.

Il primo e più importante controllo delle eventuali emissioni di gas riguarda la verifica delle perdite lungo tutto il circuito del fluido dall'estrazione alla reiniezione. Nel Progetto Definitivo relativo a ciascun progetto è descritto il sistema di controllo delle eventuali perdite delle condotte di trasporto del fluido geotermico che permetterà l'immediata interruzione dell'erogazione del fluido e l'identificazione dell'ubicazione della perdita. Analogo sistema di controllo verrà realizzato anche per le condotte di trasporto del fluido geotermico della centrale di Torre Alfina.

2.1 Controllo delle emissioni di gas dal suolo

Allo scopo di identificare la presenza eventuale di zone di rilascio naturale di gas dal serbatoio geotermico dell'area di Castel Giorgio-Torre Alfina, nel maggio-giugno 2011 è stata eseguita per conto di ITW una dettagliata campagna di misure del flusso di CO₂ dal suolo (1.336 misure su 12,2 km²) con camera di accumulo (Carapezza et al., 2011a e 2014a).

I risultati, riportati in Fig. 3, indicano chiaramente che nella maggior parte dell'area indagata il rilascio di CO₂ dal suolo è basso, inferiore a 48 g/m²giorno (valore assunto come soglia di background dell'area), a conferma dell'efficacia della copertura impermeabile sopra il serbatoio geotermico. Il maggior rilascio di gas dal suolo avviene in corrispondenza della manifestazione naturale delle Solfanare, vicina al pozzo A13 (flusso di CO₂ da 100 a 30.250 g/m²giorno). Questa è l'unica zona del progetto dove è presente una frattura che collega il serbatoio geotermico con la superficie (Carapezza et al., 2014a).

Il totale del flusso naturale diffuso di CO₂ di origine endogena (trascuando l'emissione viscosa della manifestazione) dall'area indagata varia da 101,9 a 368,5 ton/giorno a seconda che si consideri una soglia di background di 48 o di 20 g/m²giorno (Carapezza et al., 2011a).

E' da sottolineare tuttavia che il flusso naturale di CO₂ dal suolo di aree vulcaniche o geotermiche varia nel corso del tempo anche di oltre un ordine di grandezza (Carapezza et al., 2011b).

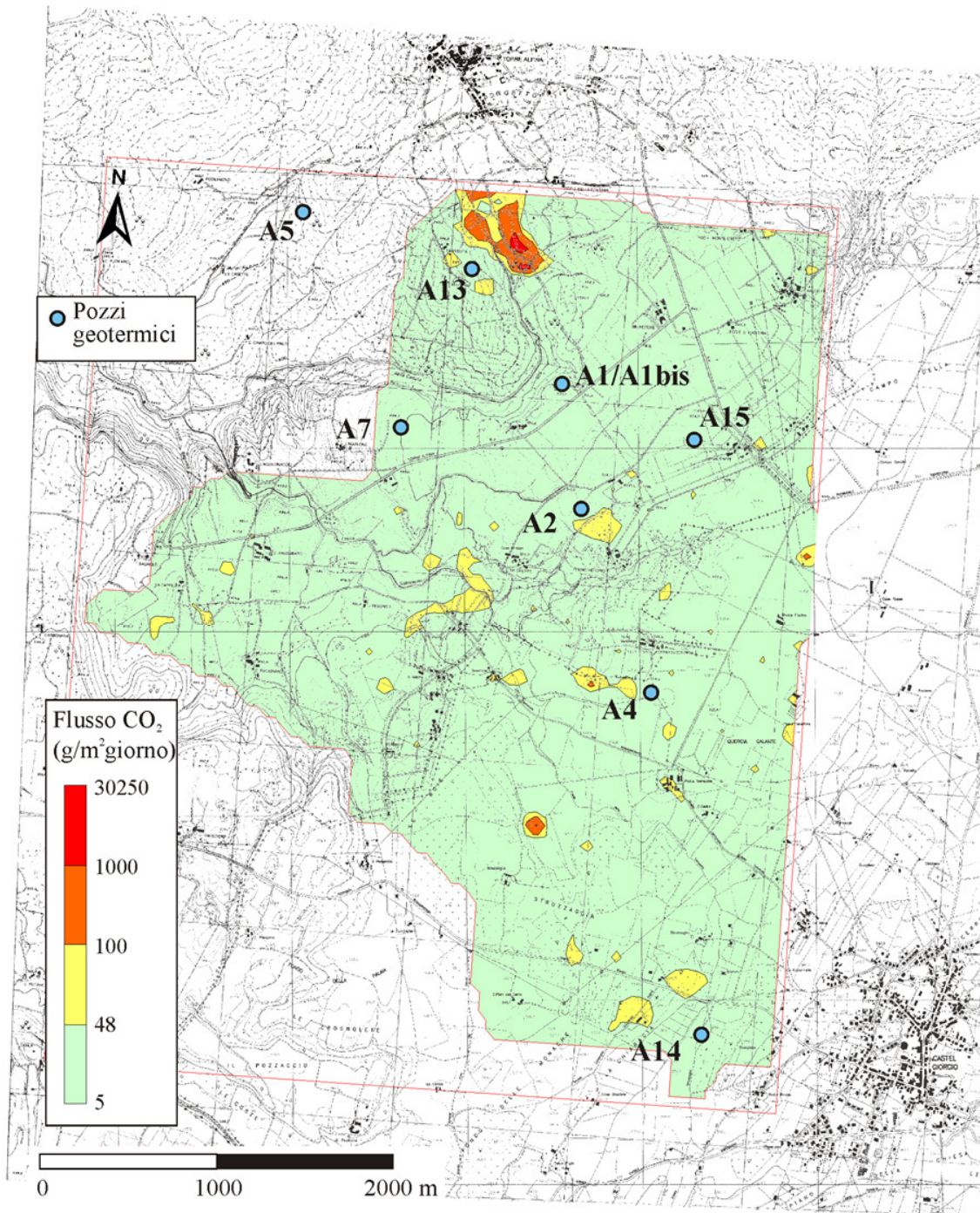


Fig. 3. Mappa del flusso di CO₂ dal suolo dell'area di Torre Alfina-Castel Giorgio con soglia di background di 48 g/m² giorno (survey del maggio–giugno 2011; da Carapezza et al., 2011a).

Nel marzo 2013 è stata stipulata una convenzione di ricerca tra ITW e INGV, nell'ambito della quale l'INGV si impegna a realizzare campagne periodiche di misura del flusso di CO₂ dal suolo su tre aree target ubicate in prossimità dei pozzi Enel A2, A4 e A14. Nel giugno 2014 ITW ha richiesto a INGV di modificare il perimetro delle aree A2 e A4 e di iniziare il monitoraggio anche di tre nuove aree target denominate A1, A7 e AT₀.

La prima campagna di misura del flusso di CO₂ da queste nuove aree è stata eseguita nel luglio 2014 (Carapezza et al., 2014b). In questo modo le aree target coprono tutte le zone dove saranno perforati i pozzi produttivi e reiniettivi sia del progetto Castel Giorgio, sia del progetto Torre Alfina.

I risultati del monitoraggio del flusso di CO₂ dal suolo delle aree target sono presentati nell'Allegato L dello SIA. Essi confermano l'efficacia della copertura impermeabile situata sopra il serbatoio geotermico della zona di Torre Alfina che è connesso alla superficie solo dalla faglia delle Solfanare. Il monitoraggio delle aree target continuerà regolarmente con tre campagne di misura per anno.

Allo scopo di avere una "fotografia" oggettiva delle emissioni naturali prima dell'esercizio industriale degli impianti di Castel Giorgio e di Torre Alfina, verrà eseguita anche una campagna di misura del flusso di CO₂ dal suolo su punti spazati circa 20m lungo tutto il percorso delle tubazioni prima che in esse venga immesso il fluido geotermico.

Queste campagne verranno effettuate almeno un mese dopo la messa in sito delle condotte, in modo da consentire il ripristino di condizioni standard nel suolo dopo l'escavazione.

Ugualmente, allo scopo di controllare l'eventuale presenza di zone di rilascio di gas endogeno, nei due siti dove verranno realizzate le centrali elettriche sarà eseguita una fitta campagna di misure del flusso di CO₂ dal suolo una volta ultimati i lavori preparatori del terreno.

2.2 Controllo della concentrazione in aria di H₂S nelle centrali elettriche

Le due centrali elettriche ORC che saranno ubicate rispettivamente nel territorio del Comune di Castel Giorgio e in quello del Comune di Acquapendente (Torre Alfina), sono altri siti dove è possibile che avvenga un eventuale rilascio di gas geotermico. È infatti in queste centrali che avviene lo scambio termico tra fluido geotermico e fluido organico di servizio; il fluido geotermico raffreddato viene poi avviato alla reiniezione.

Poichè l'idrogeno solforato (H_2S), anche se in abbondanza molto minore della CO_2 , è il più caratteristico dei gas geotermici e ha concentrazione nell'aria normale pari a zero (contro i circa 350 ppm della CO_2) e non ha altre sorgenti naturali, all'interno di ciascuna delle centrali elettriche verrà installato uno strumento per la misura automatica della concentrazione di H_2S in aria. 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 al minuto. I dati verranno registrati in situ e teletrasmessi automaticamente all'INGV, dove verranno analizzati, processati e inseriti in una banca dati. Verrà creato un segnale di allarme che avverta con immediatezza l'eventuale raggiungimento di una concentrazione prefissata di H_2S in aria.

Lo strumento è già stato ripetutamente utilizzato dall'INGV in attività di monitoraggio della concentrazione indoor di H_2S in aree geotermiche del Lazio e a Vulcano (Carapezza et al., 2011b e 2012) e ha dimostrato la sua ottima affidabilità.

3. Monitoraggio sismico

Lo scopo principale del monitoraggio sismico da realizzare nell'area dove sorgeranno gli impianti geotermici pilota di Castel Giorgio e di Torre Alfina è il controllo dell'eventuale sismicità indotta o innescata dalle operazioni di reiniezione.

Per ciascuno dei progetti Castel Giorgio e Torre Alfina sono previsti quattro pozzi reiniettori, uno verticale e tre deviati, perforati tutti dalla stessa piattaforma, denominata rispettivamente polo di reiniezione CG14 e AP4. La profondità prevista è di 2300 metri verticali per i pozzi CG14 e di 1500 metri verticali per i pozzi AP4, con scostamento dalla verticale dei pozzi deviati rispettivamente di 950 m e di 400 m, a fondo pozzo (vedi Progetto Definitivo).

Il modello sismico ricavato da un profilo di sismica a rifrazione attraverso il campo geotermico di Torre Alfina (Biella et al., 1987) è caratterizzato da velocità delle onde compressionali relativamente elevate (4,1-4,5 km/s) in un livello superficiale costituito dalle rocce vulcaniche e dalle formazioni flyschoidi (il metodo usato non consente di discriminare tra i due livelli). Nel livello successivo, corrispondente principalmente alle rocce carbonatiche del serbatoio geotermico, la velocità cresce a valori di 5,4-5,6 km/s e infine sale ulteriormente a 6,8-7,1 km/s nel sottostante livello costituito probabilmente da rocce metamorfiche, il cui top è intorno a 5 km di profondità (mai raggiunto dalle perforazioni). Nella zona è stato perforato da Enel nel 1987 un pozzo molto profondo (A15, prof 4.826 m) che ha

incontrato, al di sotto del flysch ligure, tre scaglie tettoniche sovrapposte di rocce carbonatiche a serie Toscana non metamorfiche che a loro volta ricoprono rocce carbonatiche a facies umbra (Buonasorte et al., 1991) dimostrando che il serbatoio geotermico della zona ha uno spessore notevole (almeno 3.700 m). Un log sismico nel pozzo ha trovato una velocità circa costante intorno a 6-6,1 km/s nelle rocce carbonatiche, con valori che scendono a 5-5,5 km/s nelle intercalazioni marnose o dei cosiddetti “scisti policromi” (velocità più elevata di quella trovata nel profilo sismico prima citato) (vedi Relazione Geologica e Modello Geotermico, Allegata al Progetto Definitivo).

3.1 Sismicità naturale della zona di Torre Alfina-Castel Giorgio

La sismicità storica e recente dell’area geotermica di Torre Alfina è stata oggetto di uno specifico studio condotto dall’INGV per conto di ITW nell’aprile 2013 e riportato nell’Allegato 4 del Progetto Definitivo.

3.2 La rete di monitoraggio microsismico

Nel raggio di circa 20 km dai limiti del permesso di ricerca geotermico Castel Giorgio-Torre Alfina, si trovano quattro stazioni sismiche appartenenti alla rete nazionale permanente dell’INGV (LATE, MCIV, SACS, MGAB) e una gestita dalla Regione Umbria (Castel Viscardo) (Fig. 4).

Le stazioni sismiche della rete dell’Osservatorio sismico Bina di Perugia si trovano invece tutte molto al di fuori dell’area del progetto e pertanto non si prestano allo studio della microsismicità dell’area di interesse.

Nell’ambito della Convenzione sopracitata fra ITW e INGV, quest’ultimo ha avuto l’incarico di realizzare una rete microsismica per monitorare la sismicità dell’area geotermica di Castel Giorgio – Torre Alfina. Dopo una lunga fase di studi per la ricerca dei siti ottimali, sono state installate tra maggio e luglio 2014 le prime 5 stazioni, più una sesta a larga banda di proprietà dell’INGV utilizzata per lo studio della risposta dei siti. L’ubicazione di queste stazioni è indicata in Fig.4.

Le stazioni sismiche sono state acquisite direttamente da ITW dalla Sara Electronic Instrument Srl di Perugia.

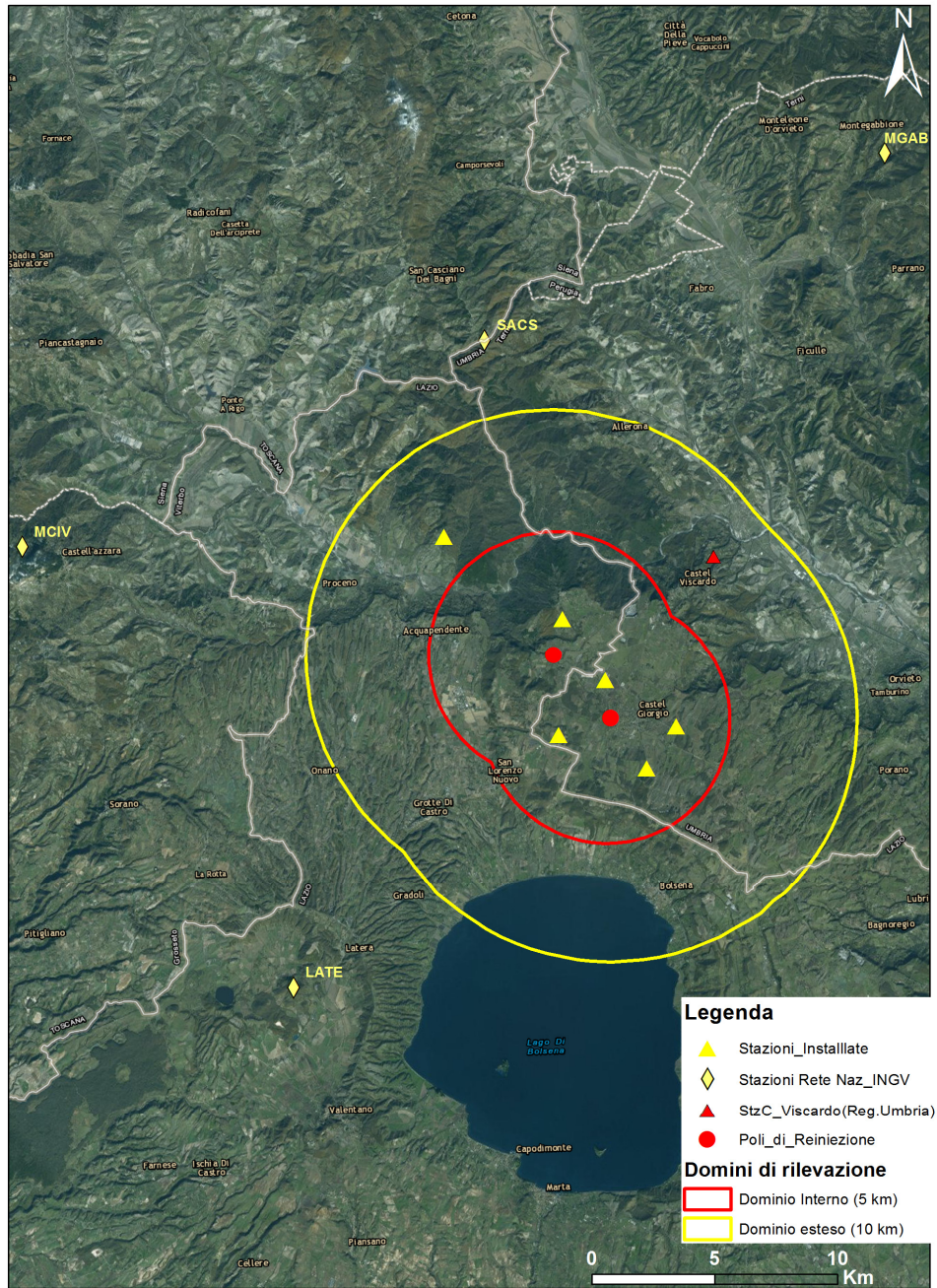


Fig. 4. Ubicazione delle stazioni sismiche già installate per il controllo della microsismicità nell'area dei progetti geotermici Castel Giorgio e Torre Alfina (triangoli gialli). Sono indicate anche le stazioni più vicine della rete sismica permanente dell'INGV (losanghe bianche) e la stazione di Castel Viscardo della Regione Umbria. Con linee rossa e gialla sono indicati i limiti del dominio interno di rilevazione e del dominio esteso di rilevazione disegnati in conformità con le indicazioni del MISE. I cerchietti rossi indicano i poli di reiniezione dei due progetti.

La rete microsismica già realizzata è costituita da:

- 5 stazioni equipaggiate con geofoni a tre componenti con frequenza naturale di 2 Hz;
- 1 stazione broad-band equipaggiata con velocimetro con banda passante 0,025-50 Hz;
- digitalizzatori a 24 bit in grado di registrare eventi con un passo di campionamento di 200 Hz;
- antenna GPS per sincronizzazione delle stazioni;
- regolatore di carica;
- batteria da 60 Ah;
- pannelli fotovoltaici;
- sistema wi-fi di trasmissione.

Al momento gli eventi vengono registrati in situ nella memoria dell'acquisitore della stazione sismica. Una volta completati gli studi di sito si provvederà alla sistemazione definitiva delle stazioni e ad attivare la teletrasmissione dei dati.

La strumentazione verrà in parte installata all'interno di uno shelter di piccole dimensioni (circa 1x1,5 m), con all'esterno due pannelli fotovoltaici. Per ridurre l'effetto del vento che produce fenomeni di risonanza e ridurre il livello di rumore ad alte frequenze, la strumentazione sarà ospitata in un vicino pozzetto di circa 2 metri di profondità, con una piccola gettata di cemento nel fondo e opportuno drenaggio. Il tutto sarà recintato.

I dati sismici acquisiti dalla rete verranno inoltrati tramite telemetria wi-fi ad una postazione computer ubicata nella centrale elettrica di Castel Giorgio dove saranno memorizzati in un apposito database, disponibile su un PC appositamente dedicato, per poi essere trattati con un adeguato software al fine di ricavare i vari parametri utili al monitoraggio dei fenomeni sismici (variazioni temporali nell'attività sismica, distribuzione delle magnitudo degli eventi registrati, localizzazione degli eventi nello spazio e nel tempo e informazioni circa i meccanismi della sorgente). Nel periodo antecedente la realizzazione della centrale elettrica di Castel Giorgio, i dati verranno centralizzati in un sito ubicato in prossimità della centrale e dotato di energia elettrica e collegamento internet.

I dati acquisiti dalle stazioni della rete microsismica saranno integrati con quelli delle stazioni sismiche della rete nazionale permanente dell'INGV operanti entro un raggio di circa 20 km dall'area in esame, per migliorare le informazioni sulle caratteristiche sismo-strutturali di questa regione.

3.3 Adeguamento della rete microsismica alle Linee Guida del MISE sul monitoraggio

Nella Fig.4 sono indicati i limiti del dominio interno di rilevazione (5 km) e del dominio esteso di rilevazione (10 km) definiti recentemente nelle Linee Guida elaborate dall'apposito GdL del MISE per indicare le aree soggette a monitoraggio sismico (e delle deformazioni del suolo) degli impianti di idrocarburi e geotermici e le caratteristiche delle relative reti di monitoraggio. Risulta evidente che l'ubicazione delle stazioni sismiche già installate corrisponde bene alla copertura del dominio interno. Nello sviluppo futuro della rete si provvederà a installare altre 5-6 stazioni dotate di velocimetro e accelerometro e a distribuirle in maniera opportuna nei domini di osservazione, in armonia con le Linee Guida del MISE.

3.4. Processamento dei dati e bollettini sismici durante la gestione operativa degli impianti geotermici

Le stazioni della rete permanente INGV presenti in prossimità della zona di interesse (Fig. 4) verranno utilizzate per il monitoraggio in tempo reale della sismicità.

Nel caso di insorgenza di sismicità anomala all'interno dei domini di osservazione (definito "stato di allarme" solo ai fini interni) si procederà al processamento immediato dei dati della rete microsismica locale provvedendo alla redazione di un bollettino sismico con frequenza da giornaliera a settimanale a seconda della frequenza di accadimento delle scosse. Contemporaneamente verrà realizzata una campagna di misura dell'emissione di CO₂ dal suolo nelle aree target indicate nel paragrafo 2.1.

In caso di assenza di attività sismica anomala nell'area di interesse, verrà elaborato un bollettino trimestrale entro le prime due settimane del mese successivo al trimestre.

4. Riferimenti bibliografici

Batini F., Cameli G. M., Carabelli E., Fiordelisi A. (1980) – *Seismic monitoring in Italian geothermal areas. II Seismic activity in the geothermal fields during exploration*. Second DOE-ENEL Workshop for cooperative research in geothermal energy, Berkeley (California).

Biella G., De Franco R., Lozey A., Amato A. (1987) – *Is there a shallow body of lower crust under the Vulsinian volcanic complex?* Per. Mineral. 56, 303-318.

Buonasorte G., Cataldi R., et al. (1988) – *Ricerca ed esplorazione nell'area geotermica di Torre Alfina*

(Lazio – Umbria). Boll. Soc. Geol. It. 107, 265-337.

Buonasorte G., Pandeli E., Fiordelisi A. (1991) – *The Alfina 15 well: deep geological data from northern Latium (Torre Alfina geothermal area)*. Boll. Soc. Geol. It 110, 823-831.

Carapezza M. L. et al. (2011a) – *Studio del flusso diffuso di CO₂ e H₂S nell'area geotermica di Torre Alfina-Castel Giorgio (Lazio e Umbria)*. Rapporto finale della Convenzione di ricerca fra ITW Geotermia Italia e INGV.

Carapezza M. L., F. Barberi, M. Ranaldi, T. Ricci, L. Tarchini, A. Gattuso, et al. (2011b). *Diffuse CO₂ soil degassing and CO₂ and H₂S concentrations in air and related hazards at Vulcano Island (Aeolian arc, Italy)*. J. Volcanol. Geotherm. Res., doi: 10.1016/j.jvolgeores.2011.06.010.

Carapezza M. L., F. Barberi, M. Ranaldi, T. Ricci, L. Tarchini, et al. (2012) - *Hazardous gas emissions from the flanks of the quiescent Colli Albani volcano (Rome, Italy)*. Appl. Geochem. 27, 1767-1782.

Carapezza M.L., Gattuso A., Pagliuca N., Ranaldi M., Tarchini L., (2013) – *Seconda campagna di misura del flusso di CO₂ su aree target in prossimità dei pozzi A2, A4 e A14 – settembre 2013*. Rapporto scientifico INGV per ITW&LKW Geotermia Italia SpA.

Carapezza M.L., RANALDI M., GATTUSO A., PAGLIUCA N., TARCHINI L., (2014a)- *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.

Carapezza M.L., Gattuso A., Pagliuca N., Ranaldi M., Tarchini L., (2014b) – *Area geotermica di Castel Giorgio – Torre Alfina. Campagna di misura del flusso di CO₂ dal suolo – luglio 2014*- Rapporto scientifico INGV per ITW&LKW Geotermia Italia SpA.