



# IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO "CASTELGIORGIO"

*OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI A1C, A1D E  
A1E DEL MATTM*

Progetto No. P23\_ITW\_044

Doc. No. P23044-X-RL-00-0

REV.	DATA	PREPARATO DA	CONTROLLATO DA	APPROVATO DA
0	24-Nov-2023	A. Fiordelisi	L. Favaro	P. Basile

Preparato per: ITW&LKW Geotermia Italia S.p.a.

**ITW LKW**  
ITW LKW GEOTERMIA ITALIA S.p.A.

STEAM srl  
Via Ponte a Piglieri 8  
Pisa 56121  
ITALY  
VAT no. IT01028420501

1	INTRODUZIONE .....	1
2	RISPOSTA ALLE PRESCRIZIONI.....	3
2.1	A.1.C) REALIZZARE LA RETE DI MONITORAGGIO MICROSISMICO, IN GRADO DI DETERMINARE LA MASSIMA ACCELERAZIONE LA RETE DI MONITORAGGIO MICROSISMICO, IN GRADO DI DETERMINARE LA MASSIMA ACCELERAZIONE DEL SUOLO PROVOCATA DA UN SISTEMA DI MAGNITUDO INFERIORE AD ALMENO 0,5 IN UN RAGGIO DI ALMENO 5 KM DALL'IMPIANTO. PER RAGGIUNGERE QUESTA SENSIBILITÀ IL PROPONENTE DOVRÀ RICORRERE, SE NECESSARIO, A STAZIONI SISMICHE POSTE IN POZZI GEOGNOSTICI PROFONDI. A TALE RETE DOVRÀ ESSERE ASSOCIATO UN SISTEMA DI RICONOSCIMENTO DELL'IPOCENTRO DEGLI EVENTI, ANCHE TRAMITE "FORME D'ONDA", CHE DOVRÀ CONSENTIRE, QUANDO L'IMPIANTO DOVESSE ENTRARE IN ESERCIZIO, UNA VALUTAZIONE IN TEMPO BREVE DEGLI IPOCENTRI E VALUTARE SE L'EVENTUALE SISMICITÀ RILEVATA SIA RICONDUCIBILE OPPURE NO ALLE ATTIVITÀ DELL'IMPIANTO. A.1.D) CON LA RETE MICROSISMICA DESCRITTA SI DOVRÀ ESEGUIRE UN MONITORAGGIO SISMICO DELLA DURATA DI ALMENO 1 ANNO CONSECUTIVO, PRIMA DELL'AVVIO DELLE ATTIVITÀ, AL FINE DI DETERMINARE LA CONDIZIONE DI MICRO SISMICITÀ ANTE-OPERAM. ....	3
2.1.1	FASE 1.....	3
2.1.2	FASE 2.....	6
2.2	A.1.C) SI DOVRÀ CONCORDARE CON ARPA UMBRIA UN PIANO IN CUI SI DEFINISCE: - UNA SOGLIA DI SISMICITÀ ANOMALA RELATIVA AI PARAMETRI DI FREQUENZA DEGLI EVENTI, MAGNITUDO, PROFONDITÀ E COORDINATE EPICENTRALI, MISURATI DALLA RETE REALIZZATA DAL PROPONENTE; UN ROGRAMMA DI RIDUZIONE ED EVENTUALMENTE DI SOSPENSIONE DELL'ATTIVITÀ SINO ALL'ESAURIMENTO DELLA CRISI MICROSISMICA RILEVATA	11

## INDICE FIGURE

Figura 2.1.1.a	Ubicazione delle 10 stazioni sismiche della rete locale ReMoTA (triangoli verdi). I triangoli rossi indicano i siti di stazioni installate solo per un breve periodo a causa dell'alto livello di rumore antropico. I punti rossi indicano i siti di reiniezione programmati. Il quadrato blu è la stazione CVIS della rete accelerometrica regionale dell'Umbria. I rombi azzurri indicano le 4 stazioni permanenti della RSN. Le curve in giallo e in rosso sono i confini del dominio interno ed esterno, con un raggio rispettivamente di 2 km e di 7 km intorno ai pozzi di produzione/reiniezione. ....	4
Figura 2.1.1.b	Mappa della distribuzione epicentrale con i 36 meccanismi focali selezionati (10 appartengono a sismicità non clusterizzata, 8 appartengono al cluster di dicembre 2014, 1 al cluster del 2015, 4 al cluster di febbraio 2016 e 14 al cluster di aprile 2016). ....	5
Figura 2.1.2.a	Schema dell'allestimento di una Stazione di Rilevamento Sismico .....	8
Figura 2.1.2.b	Allestimento finale di una Stazione di Rilevamento Sismico .....	8
Figura 2.1.2.c	Schema a blocchi delle diverse componenti di una Stazione di Rilevamento Sismico (le linee in grigio ed arancione indicano rispettivamente le connessioni dei dati e dell'alimentazione).....	9

## INDICE TABELLE

Tabella 2.2.a	Intervalli o valori indicativi dei parametri di monitoraggio rilevati nel dominio interno di rilevazione (DI) da utilizzare come riferimento per la definizione delle soglie. ...	13
---------------	---	----

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento è redatto al fine di Ottemperare alle prescrizioni A.1.c, A.1.d e A.1.e presenti nel D.M. 59 del 03/04/2014, emesso nell'ambito del procedimento di VIA Ministeriale del progetto pilota geotermico "CastelGiorgio".

Infatti, l'ottemperanza a tali prescrizioni risulta propedeutica all'inizio delle attività.

Di seguito si riportano le menzionate prescrizioni relative al progetto geotermico "CastelGiorgio":

- A.1.c) Realizzare la rete di monitoraggio microsismico, in grado di determinare la massima accelerazione del suolo provocata da un sistema di Magnitudo inferiore ad almeno 0,5 in un raggio di almeno 5 km dall'impianto. Per raggiungere questa sensibilità il proponente dovrà ricorrere, se necessario, a stazioni sismiche poste in pozzi geognostici profondi. A tale rete dovrà essere associato un sistema di riconoscimento dell'ipocentro degli eventi, anche tramite "forme d'onda", che dovrà consentire, quando l'impianto dovesse entrare in esercizio, una valutazione in tempo breve degli ipocentri e valutare se l'eventuale sismicità rilevata sia riconducibile oppure no alle attività dell'impianto. La validazione della rete dovrà essere fatta da ARPA Umbria ed inviata al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- A.1.d) Con la rete microsismica descritta si dovrà eseguire un monitoraggio sismico della durata di almeno 1 anno consecutivo, prima dell'avvio delle attività, al fine di determinare la condizione di micro sismicità ante-operam. I risultati del monitoraggio dovranno essere presentati ad ARPA Umbria, ARPA Lazio ed inviati al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.
- A.1.e) Si dovrà concordare con ARPA Umbria un piano in cui si definisce:
  - Una soglia di sismicità anomala relativa ai parametri di frequenza degli eventi, magnitudo, profondità e coordinate epicentrali, misurati dalla rete realizzata dal Proponente;
  - Un programma di riduzione ed eventualmente di sospensione dell'attività sino all'esaurimento della crisi microsismica rilevataAl Ministero dell'Ambiente dovrà essere presentato il piano, validato da ARPA Umbria

Il progetto in esame consiste nella realizzazione di un impianto geotermoelettrico pilota, con centrale di produzione elettrica a ciclo organico, capace di generare energia elettrica e calore, con assenza di emissioni in atmosfera, sfruttando come fonte di energia primaria fluidi geotermici altamente incrostanti. I fluidi geotermici, una volta utilizzati nell'impianto pilota, verranno reiniettati nelle formazioni di provenienza.

Preme precisare che i documenti predisposti al fine di ottemperare alle richieste di cui sopra erano già stati trasmessi per mezzo pec ad ARPA Umbria (Ente individuato per la verifica), in data 29/12/2017, ma l'ente si è dichiarato NON COMPETENTE in materia sismica.

Pertanto in accordo con il comma 4 dell'art. 17 del D.Lgs 104/2017 (Attuazione della direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014, che modifica la direttiva

2011/92/UE, concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, ai sensi degli articoli 1 e 14 della legge 9 luglio 2015, n. 114.):

*"Qualora i soggetti individuati per la verifica di ottemperanza ai sensi del comma 2 non provvedano entro il termine stabilito dal comma 3, le attività di verifica sono svolte direttamente dall'Autorità competente".*

Infine, si fa presente che al fine di ottemperare alle prescrizioni di cui sopra, la presente società ha affidato i lavori all'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) il quale è stato individuato dallo stesso MATTM, come ente validante le prescrizioni in materia sismica in un analogo procedimento di VIA (Progetto geotermico "Montenero", D.M. 56 del 14/03/2017).

## 2 RISPOSTA ALLE PRESCRIZIONI

**2.1 A.1.C) REALIZZARE LA RETE DI MONITORAGGIO MICROSISMICO, IN GRADO DI DETERMINARE LA MASSIMA ACCELERAZIONE LA RETE DI MONITORAGGIO MICROSISMICO, IN GRADO DI DETERMINARE LA MASSIMA ACCELERAZIONE DEL SUOLO PROVOCATA DA UN SISTEMA DI MAGNITUDO INFERIORE AD ALMENO 0,5 IN UN RAGGIO DI ALMENO 5 KM DALL'IMPIANTO. PER RAGGIUNGERE QUESTA SENSIBILITÀ IL PROPONENTE DOVRÀ RICORRERE, SE NECESSARIO, A STAZIONI SISMICHE POSTE IN POZZI GEOGNOSTICI PROFONDI. A TALE RETE DOVRÀ ESSERE ASSOCIATO UN SISTEMA DI RICONOSCIMENTO DELL'IPOCENTRO DEGLI EVENTI, ANCHE TRAMITE "FORME D'ONDA", CHE DOVRÀ CONSENTIRE, QUANDO L'IMPIANTO DOVESSE ENTRARE IN ESERCIZIO, UNA VALUTAZIONE IN TEMPO BREVE DEGLI IPOCENTRI E VALUTARE SE L'EVENTUALE SISMICITÀ RILEVATA SIA RICONDUCIBILE OPPURE NO ALLE ATTIVITÀ DELL'IMPIANTO. A.1.D) CON LA RETE MICROSISMICA DESCRITTA SI DOVRÀ ESEGUIRE UN MONITORAGGIO SISMICO DELLA DURATA DI ALMENO 1 ANNO CONSECUTIVO, PRIMA DELL'AVVIO DELLE ATTIVITÀ, AL FINE DI DETERMINARE LA CONDIZIONE DI MICRO SISMICITÀ ANTE-OPERAM.**

Per ottemperare alle prescrizioni formulate, di cui sopra, è stato fatto riferimento alle "Linee Guida per l'utilizzazione della Risorsa Geotermica a media e alta entalpia" (LG, emanate dal MISE – MATTM, 2016).

Come definito dalle suddette LG il "Monitoraggio Sismico" deve essere eseguito in due Fasi:

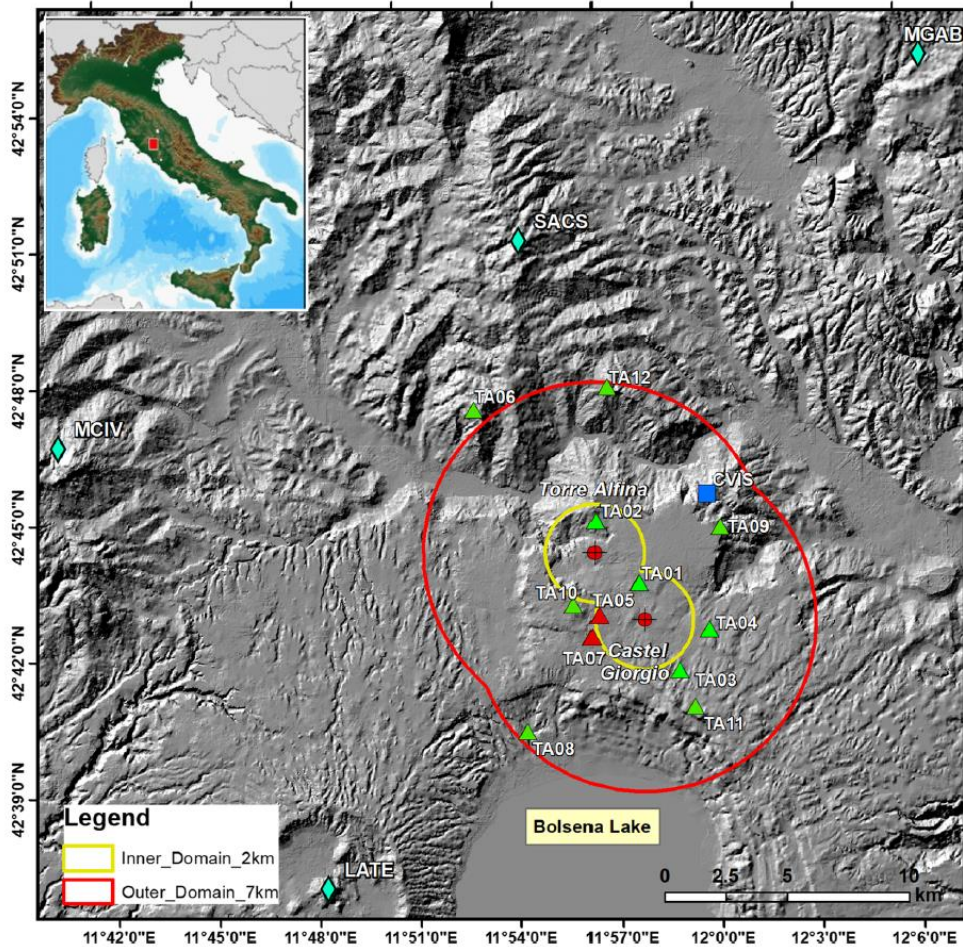
**FASE 1** - il monitoraggio sismico dovrà partire almeno un anno prima dell'inizio dell'attività di coltivazione o reiniezione, al fine di poter verificare e misurare la sismicità naturale di fondo in condizioni "non perturbate".

**FASE 2** - il monitoraggio sismico dovrà proseguire per tutto il tempo dell'attività di coltivazione prevista, e protrarsi per almeno un anno dopo la conclusione delle attività.

### 2.1.1 FASE 1

Nello specifico si fa presente che il monitoraggio della Fase 1 è stato già completamente eseguito, seguendo tutte le indicazioni relative alle caratteristiche strumentali e areali previste dalle LG. Ne fa testo l'esauriente rapporto redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nell'ambito del contratto stipulato tra lo stesso INGV e la Società ITW&LKW Geotermia Italia S.p.A. ("Rapporto finale sul monitoraggio sismico svolto da INGV nel periodo 2014-2016 nell'area di Castel Giorgio-Torre Alfina"), *Allegato 1* al presente documento.

Per tale fase di monitoraggio, l'INGV ha allestito una rete di monitoraggio sismico locale, definita ReMoTa (Braun et al., 2017), consistente in n. 10 stazioni installate fra il giugno 2014 e il dicembre 2015, i cui dati sono stati analizzati congiuntamente a quelli registrati da 4 stazioni permanenti (SACS, LATE, MGAB, MCIV) della rete sismica nazionale (RSN) dell'INGV (Figura 2.1.1.a).

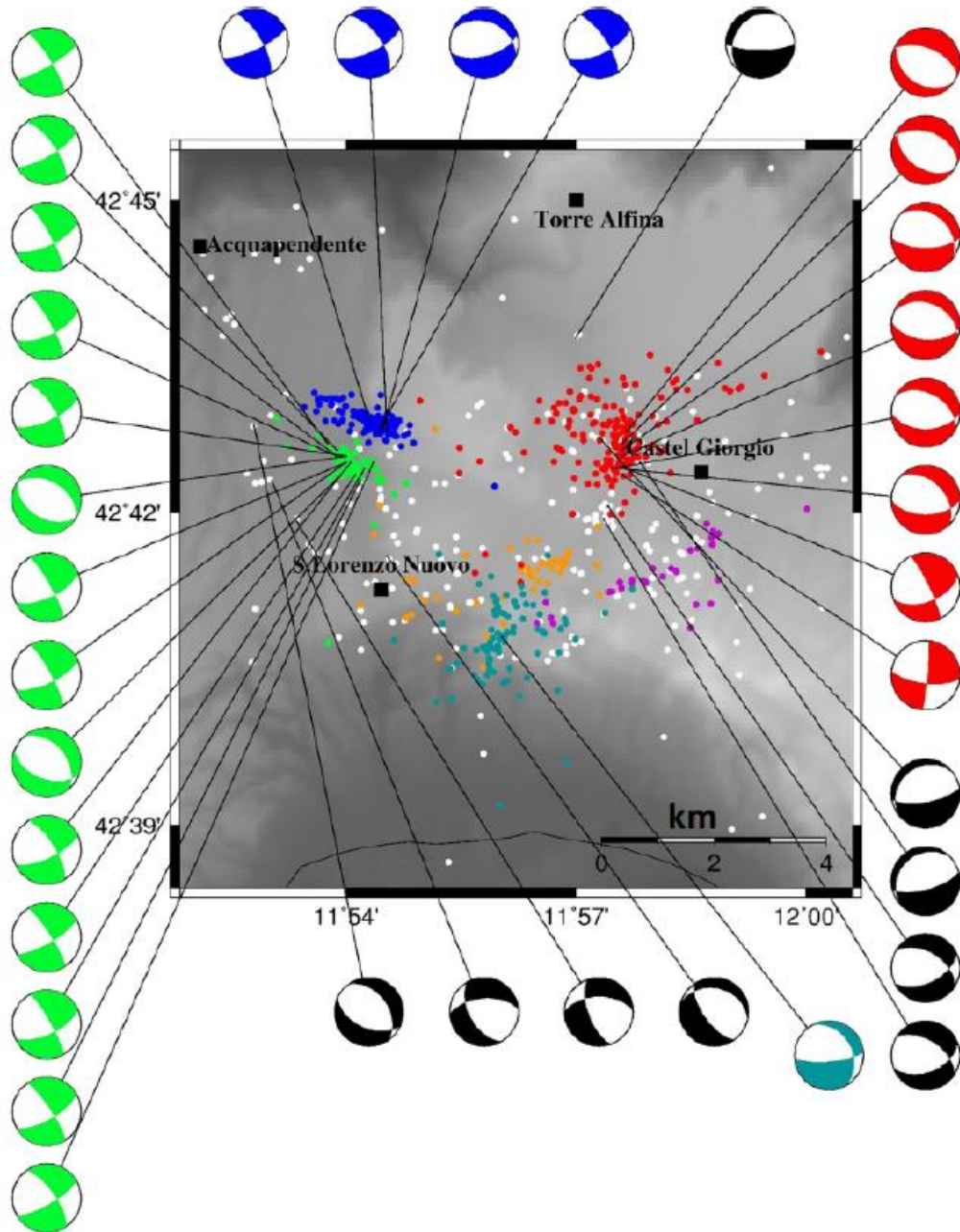


**Figura 2.1.1.a** Ubicazione delle 10 stazioni sismiche della rete locale ReMoTA (triangoli verdi). I triangoli rossi indicano i siti di stazioni installate solo per un breve periodo a causa dell'alto livello di rumore antropico. I punti rossi indicano i siti di reiniezione programmati. Il quadrato blu è la stazione CVS della rete accelerometrica regionale dell'Umbria. I rombi azzurri indicano le 4 stazioni permanenti della RSN. Le curve in giallo e in rosso sono i confini del dominio interno ed esterno, con un raggio rispettivamente di 2 km e di 7 km intorno ai pozzi di produzione/reiniezione.

Le stazioni sismiche ReMoTA sono state equipaggiate con sismometri a tre componenti a corto periodo (9 siti) e una stazione con un sensore sismico a banda larga. Le quattro stazioni permanenti della RSN sono equipaggiate invece con un sensore a banda molto larga e, in tre di esse, è installato anche un accelerometro.

Per la caratterizzazione della sismicità storica dell'area si fa riferimento al rapporto redatto dall'INGV e consegnato a ITW&LKW il 2 maggio 2013, mentre la caratterizzazione della sismicità attuale, grazie ai quasi due anni di monitoraggio, è stata ampia ed esaustiva sia per la quantità e definizione dei parametri degli eventi rilevati (846 eventi sismici con un intervallo di magnitudo compreso tra Md 0.1 e ML 2.8 e con ipocentri compresi tra 4 e 8 km di profondità), sia per la ricostruzione dei principali elementi sismo-strutturali, grazie all'analisi dei principali meccanismi focali (Figura 2.1.1.b)





**Figura 2.1.1.b**

**Mappa della distribuzione epicentrale con i 36 meccanismi focali selezionati (10 appartengono a sismicità non clusterizzata, 8 appartengono al cluster di dicembre 2014, 1 al cluster del 2015, 4 al cluster di febbraio 2016 e 14 al cluster di aprile 2016).**

In definitiva, il rapporto in oggetto conclude che:

- dal confronto dei risultati ottenuti con quanto riportato in letteratura, viene confermato che la regione Alfina, situata al margine settentrionale del distretto vulcanico dei Monti Vulsini e caratterizzata da una moderata microsismicità di fondo, concentrata principalmente entro i 10 km di profondità;
- i meccanismi focali calcolati sono coerenti con l'evidenza geologica dei sistemi di faglie presenti nell'area e le soluzioni del piano di faglia sono una conferma dell'evidenza di un attuale regime deformativo transtensionale in direzione NE-SW.

Alla luce dei dettagliati risultati riportati nel rapporto in oggetto, si ribadisce che il monitoraggio della Fase 1 prevista dalle LG ministeriali è da considerarsi pienamente eseguita.

## 2.1.2 FASE 2

In ottemperanza alle "Linee Guida per l'utilizzazione della Risorsa Geotermica a media e alta entalpia" (LG) emanate dal MISE e MATTM nel 2016, il monitoraggio sismico del PR "Castel Giorgio" per quanto riguarda la Fase 2 sarà eseguito in continuo con elaborazione dei dati in real-time a partire dall'inizio delle attività di perforazione, produzione-reiniezione e per tutto il successivo periodo di coltivazione.

Come da indicazioni delle LG, La Fase 2 si protrarrà per almeno un anno dopo la conclusione delle attività di coltivazione, ma potrebbe essere interrotta anticipatamente nel caso non fosse definitivamente accertata la coltivabilità della risorsa geotermica reperita.

### 2.1.2.1 RETE DI MONITORAGGIO MICROSISMICO DEL PR "CASTEL GIORGIO"

Sulla base di quanto esposto nel rapporto di caratterizzazione della sismicità storica dell'area redatto dall'INGV e consegnato a ITW&LKW (2013), la probabilità che si verifichino eventi sismici con elevato contenuto energetico, associati all'attività di coltivazione della risorsa geotermica, è generalmente bassa. Tuttavia, per approfondire le conoscenze su questo fenomeno è necessario predisporre un adeguato sistema di monitoraggio locale per verificare l'eventuale correlazione spaziale e temporale tra sismicità e attività di coltivazione.

Come formalizzato in recenti convenzioni internazionali (Cladouhos et al., 2010), la progettazione e l'installazione di una rete locale deve essere preceduta da un'attenta e meticolosa attività di scouting per verificare che:

- tutte le stazioni siano ubicate entro una distanza massima di circa 8 km dall'area di produzione/reiniezione, con una stazione posta nelle vicinanze dei poli di reiniezione;
- la configurazione geometrica della rete garantisca una copertura omogenea in termini di distanza ed azimut rispetto al polo di produzione-reiniezione;
- ogni singola stazione sia esposta in modo da consentire l'illuminazione sufficiente all'impianto fotovoltaico di alimentazione;
- ogni singola stazione sia coperta da un buon segnale di telefonia cellulare per la trasmissione dati via telemetria UMTS e da un buon segnale satellitare GPS necessario alla sincronizzazione temporale dei singoli acquisitori;
- la distanza da strade, centri abitati e ogni altra sorgente di rumore antropico o naturale sia di almeno 250-300 m;
- siano evitati siti in zone boschive per il rumore sismico generato dallo scuotimento della vegetazione d'alto fusto causa vento, e per garantire la copertura della radiazione solare ai pannelli fotovoltaici;
- tutte le stazioni siano facilmente accessibili con autoveicoli;
- siano assolutamente evitati siti dalle topografie accidentate.



In sintonia con le LG ministeriali, la rete di monitoraggio locale ha per obiettivo la caratterizzazione e quantificazione della sismicità di fondo, nonché la rilevazione, localizzazione e determinazione di eventi sismici e microsismici e dei relativi parametri sismologici. In particolare, la configurazione e le caratteristiche della rete sono tali da consentire di:

- rilevare e localizzare terremoti con magnitudo locale minima compresa tra  $0 \leq ML \leq 1$ , all'interno di un dominio circolare di 7 km di raggio, centrato sui poli di produzione/reiniezione, che rappresenta il "dominio esterno di rilevamento";
- migliorare a scala locale il livello di magnitudo di completezza delle rilevazioni;
- misurare le accelerazioni del suolo prodotte da terremoti in prossimità dell'area di coltivazione.

Pertanto, sempre come indicato dalle LG, le stazioni della rete locale saranno allestite con sensori triassiali a elevata sensibilità, costituiti da un sismometro a corto periodo ( $T=1s$ ) e intervallo di sensibilità 1-100Hz, e almeno 1 stazione con sismometri triassiali a larga banda, con frequenza di rilevazione estesa nella banda 0.033 - 80 Hz. Inoltre, ogni stazione sarà fornita di:

- sistema di acquisitori/registratori digitali a 24 bit e frequenza di campionamento di 200 Hz;
- sistema di trasmissione dati in tempo reale via telemetria UMTS verso un centro remoto di acquisizione;
- ricevitore GPS per la sincronizzazione dei segnali acquisiti, permettendo l'integrazione con le altre reti esistenti;
- sistema di alimentazione composto da pannello solare, batteria e regolatore di carica.

Già durante il monitoraggio relativo alla Fase 1, l'INGV ha allestito una rete di monitoraggio locale, denominata ReMoTa, in linea con le suddette caratteristiche e costituita da 10 stazioni, 9 delle quali equipaggiate con sismometri a tre componenti a corto periodo e una stazione con un sensore sismico a banda larga. Tale rete locale integra l'esistente rete nazionale gestita dall'INGV che, come noto, è l'organo scientifico nazionale preposto al servizio del monitoraggio in continuo della sismicità sul territorio nazionale, per conto del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile.

Per svolgere tale servizio l'INGV gestisce la Rete Sismica Nazionale (RSN) che, negli ultimi 10 anni è arrivata ad oltre 300 stazioni sismiche, 25 delle quali ubicate in Toscana.

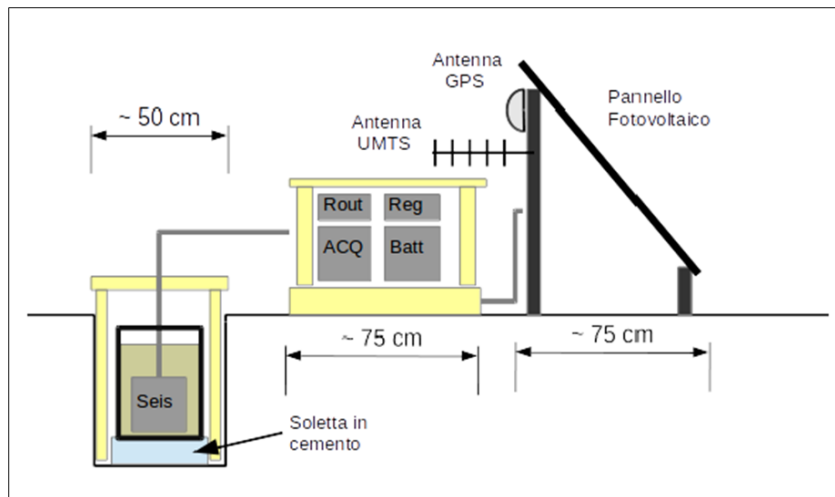
In particolare, nell'area in esame sono posizionate quattro stazioni della RSN (vedi Figura 2.1.1.a) che completeranno la copertura della rete locale e i cui dati saranno integrati nelle procedure di analisi.

Si precisa inoltre che anche le quattro della RSN che integrano la rete locale del PR "Castel Giorgio" (vedi Figura 2.1.1.a) sono equipaggiate con un sensore a banda molto larga e, in tre di esse, è installato anche un accelerometro.

Le caratteristiche tecniche, assolutamente conformi alle indicazioni delle LG, e la buona configurazione della rete sismica utilizzata per il monitoraggio della Fase 1 consigliano di utilizzare la stessa tipologia di rete anche per il monitoraggio della Fase 2.

Mantenere la stessa configurazione di rete utilizzata durante la Fase 1 garantisce una comparazione molto attendibile dei risultati.

Per tutte le stazioni sismometriche saranno realizzate le opere civili necessarie a garantire un'adeguata protezione della strumentazione installata e ogni stazione sarà provvista di un pozzetto parzialmente interrato per l'alloggiamento del sensore, di un box per l'alloggiamento dei sistemi di alimentazione e di acquisizione/trasmisione dati, di una struttura per l'installazione dei pannelli solari (Figura 2.1.2.a). Il tutto, opportunamente recintato (Figura 2.1.2.b), occupa una superficie di 3-4 m<sup>2</sup>.

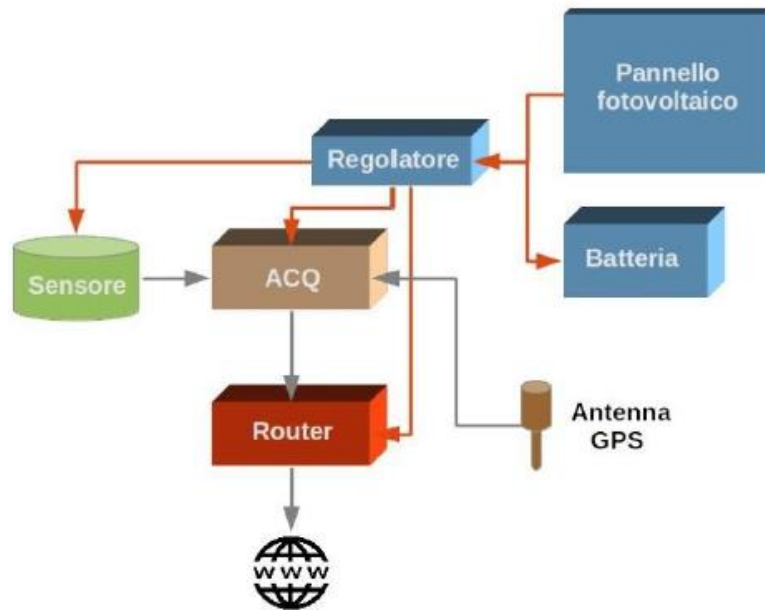


**Figura 2.1.2.a** Schema dell'allestimento di una Stazione di Rilevamento Sismico



**Figura 2.1.2.b** Allestimento finale di una Stazione di Rilevamento Sismico

Lo schema a blocchi delle diverse componenti è riportato in Figura 2.1.2.c.



**Figura 2.1.2.c** *Schema a blocchi delle diverse componenti di una Stazione di Rilevamento Sismico (le linee in grigio ed arancione indicano rispettivamente le connessioni dei dati e dell'alimentazione)*

Come già fatto per la Fase 1 di monitoraggio, sarà predisposta la trasmissione dati mediante lo standard di telefonia mobile UMTS al centro di acquisizione ed elaborazione in tempo reale che sarà allestito presso una struttura da definire con INGV.

In particolare, le stazioni sismiche saranno connesse a router 3G/UMTS Conel UR5iv2, che provvede la connettività Internet utilizzata per la trasmissione dei segnali sismici e per il controllo delle stazioni in tempo reale.

In particolare, sarà realizzata una procedura che interroga da remoto tutti i router ogni 15 minuti, leggendo il valore della tensione di alimentazione. Il monitoraggio in continuo dello stato di carica delle batterie consente, in caso di problemi, un tempestivo intervento di ripristino.

Oltre alla registrazione in locale su schede di memoria, il flusso di dati sismici rilevato dalle singole stazioni sarà trasmesso ad un server sul quale è installato un sistema per l'acquisizione e il trattamento dati, sviluppato dal GFZ (Potsdam - Germania).

La trasmissione dei dati avviene attraverso un protocollo standard (Seedlink) per la distribuzione di dati sismici grezzi, mentre il sistema di acquisizione (Seiscomp3) è strutturato a moduli che consentono l'acquisizione dei segnali e l'archiviazione delle forme d'onda acquisite in real-time.

## 2.1.2.2 ANALISI DEI DATI DURANTE LA FASE 2

Le analisi dei dati da eseguire durante il monitoraggio in corso di coltivazione della risorsa geotermica, saranno articolate in successive procedure "real time" e "off-line" che dovranno portare alla localizzazione e definizione dei parametri ipocentrali in tempo "quasi-reale".

Tali procedure prevedono:

- Trigger e discriminazione eventi via STA/LTA

- Localizzazione automatica ipocentrale mediante inversione dei tempi di arrivo delle fasi P ed S;
- Eventuale Localizzazione in tempo quasi-reale con metodi basati sulla retro-propagazione di funzioni caratteristiche (e.g., Grigoli et al., 2014).
- Integrazione off-line (previo accordo preventivo con INGV) dei segmenti di registrazione delle stazioni RSN di rilevanza per il monitoraggio tramite interrogazione di data server (EIDA-ORFEUS)
- Revisione manuale picking fasi P e S da parte di operatori esperti;
- Ottimizzazione della localizzazione ipocentrale;
- Determinazione della magnitudo locale, utilizzando la medesima scala della RSN;
- Calcolo del meccanismo focale, almeno mediante inversione delle polarità dei primi arrivi, per gli eventi sismici rilevati da un numero sufficiente di stazioni
- Realizzazione del Database parametrico degli eventi sismici in formato QUAKEML;
- Realizzazione del Database delle forme d'onda in formato MSEED accessibile via ftp ad utenti registrati.

Si specifica che per la procedura di autopicking e la conseguente inversione dei tempi per determinare le coordinate spaziali dell'evento, si intende utilizzare metodi probabilistici non-lineari, che permettono una definizione esaustiva delle incertezze della localizzazione conseguenti gli errori sia nel calcolo delle travel time teoriche che nella stima dei tempi di arrivo. Per quanto riguarda la descrizione puntuale di procedure e metodi che si intendono adottare si può ulteriormente specificare che:

- grazie alla trasmissione dei dati in tempo reale verso il centro remoto di tutte le stazioni, l'acquisizione avverrà mediante il software Seiscomp3, permettendo così la rapida integrazione con i dati di altre reti eventualmente presenti sul territorio; tale integrazione potrà avvenire sia in tempo reale, mediante ricezione dei relativi stream, che in tempo differito, mediante aggiunta delle registrazioni nel database del sistema di acquisizione;
- in accordo con gli standard sismologici internazionali, come già detto, i dati saranno memorizzati in formato SEED;
- la valutazione delle buone condizioni di acquisizione delle diverse stazioni e della bontà dei siti prescelti sarà effettuata mediante la produzione continua di spettri di rumore.

Seguendo gli standard in uso nella comunità sismologica internazionale, i dati parametrici della sismicità registrata saranno anche memorizzati nel formato QUAKEML, in modo da consentire una rapida integrazione con quanto prodotto da INGV.

L'analisi congiunta di tutti i dati disponibili di sismicità storica e di quella attuale monitorata durante la Fase 1 ed integrata con i dati INGV sarà finalizzata alla determinazione delle soglie di sismicità anomala.

Infine verrà eseguita la Classificazione dell'evento secondo le seguenti categorie:

- EVENTO SISMICO INTERNO (terremoto a meno di 30 km di distanza dalle stazioni della rete locale, con differenza dei tempi d'arrivo delle onde S e P "TS-TP" < 5s);
- EVENTO NON LOCALIZZABILE (segnale ben riconoscibile, ma con basso rapporto segnale-rumore che non consente una localizzazione affidabile);

- EVENTO SISMICO ESTERNO (a più di 30 km dalle stazioni della rete locale con valore TS-TP > 5s);
- ALTRO (segnali chiaramente visibili a più stazioni, ma con caratteristiche non riconducibili a terremoti).

### 2.1.2.3 REPORTISTICA E DATABASE

Tutti i dati rilevati e analizzati saranno raccolti e illustrati in un Report tecnico prodotto con cadenza trimestrale, al quale sarà allegato un bollettino/catalogo sismico con l'indicazione, per ogni evento rilevato, dei seguenti parametri:

- Tempo origine;
- Coordinate epicentrali e profondità;
- Magnitudo locale e Magnitudo momento;
- Tempi di arrivo a ciascuna stazione;
- Errori di localizzazione;
- PGV (Peak Ground Velocity) e PGA (Peak Ground Acceleration) ai siti di misura.
- Ove calcolabili, parametri del meccanismo focale.

Tutti i dati rilevati e analizzati saranno raccolti e illustrati in un catalogo che sarà aggiornato con cadenza giornaliera.

Inoltre, come indicato nelle LG, tutti i dati acquisiti ed elaborati saranno forniti non solo all'Amministrazione competente e agli Enti eventualmente individuati dalla stessa, ma anche alla struttura preposta al monitoraggio (SPM) di comprovata esperienza in materia indicata dal MASE come proprio organo tecnico. Infine, tutti i risultati riportati nel bollettino sismico verranno comunque inseriti in una banca dati dedicata, il cui accesso verrà consentito a tutte le strutture pubbliche interessate che ne facciano richiesta.

## 2.2 A.1.c) SI DOVRÀ CONCORDARE CON ARPA UMBRIA UN PIANO IN CUI SI DEFINISCE: - UNA SOGLIA DI SISMICITÀ ANOMALA RELATIVA AI PARAMETRI DI FREQUENZA DEGLI EVENTI, MAGNITUDO, PROFONDITÀ E COORDINATE EPICENTRALI, MISURATI DALLA RETE REALIZZATA DAL PROPONENTE; UN PROGRAMMA DI RIDUZIONE ED EVENTUALMENTE DI SOSPENSIONE DELL'ATTIVITÀ SINO ALL'ESAURIMENTO DELLA CRISI MICROSISMICA RILEVATA

La sismicità che normalmente caratterizza le aree geotermiche può rendere difficoltoso riconoscere e discriminare la sismicità eventualmente indotta dalle attività di coltivazione da quella assolutamente naturale.

Un interessante lavoro (*Grigoli et al., 2017*) di analisi delle varie casistiche nazionali ed internazionali di sismicità indotta viene distinta la sismicità "puramente indotta", interamente controllata dalle variazioni di stress provocate dalle attività industriali, da quella "innescata", dove gli stress tettonici naturali giocano un ruolo prioritario. Nel primo caso, il riconoscimento è basato sulla correlazione spaziale e temporale con le attività industriali, nel secondo si riconosce

l'estrema difficoltà e il contesto assolutamente probabilistico nel correlare la sismicità "innescata" con le attività stesse. A tale riguardo si citano vari lavori scientifici che associano ad una stessa fenomenologia sismica una causa indotta ed una assolutamente naturale.

Pertanto, tutti i dati acquisiti ed elaborati, come indicato nelle Linee Guida, saranno messi a disposizione di una SPM (Struttura Preposta al Monitoraggio), soggetto tecnico-scientifico individuato dall'Amministrazione Regionale/Ministeriale competente e costituito da una o più Università o Enti di ricerca di comprovate competenze in materia.

Alla SPM vengono conferiti compiti di raccolta e di analisi dei dati di monitoraggio microsismico e di supporto all'Amministrazione nelle valutazioni conseguenti, anche riguardo alla eventuale necessità di apportare modifiche operative nella modalità di reiniezione dei fluidi.

A tale riguardo le LG ministeriali enunciano che "Per quanto concerne il tema delle decisioni operative e della gestione dei parametri di produzione da adottare in funzione dei risultati del monitoraggio si ritiene tuttavia necessaria una più profonda maturazione delle conoscenze e delle metodologie scientifiche", precisando inoltre che "solo a valle di una adeguata applicazione delle presenti linee guida per l'installazione delle reti di monitoraggio" potrà essere definita "un'opportuna procedura di gestione e controllo delle attività di coltivazione sulla base di adeguati livelli di magnitudo".

L'eventuale sperimentazione del sistema operativo/decisionale definito a semaforo potrebbe essere preliminarmente basata sui valori di Magnitudo ed eventualmente sui valori PGV e/o PGA. Ovviamente, ciò riguarderà la sola sismicità certificata come interna all'area della rete di rilevamento, prossima alle aree di reiniezione e con profondità ipocentrale di attenzione.

I corrispondenti livelli di attivazione e le eventuali azioni da intraprendere nella gestione delle attività di coltivazione andranno comunque discussi con la SPM indicata dall'Amministrazione Regionale competente, specialmente per quanto riguarda la definizione della profondità ipocentrale di attenzione.

Conseguentemente, i parametri di base delle soglie di sismicità anomala saranno accuratamente definiti, in accordo con le Autorità Regionali di competenza e con INGV, sulla base dei parametri rilevati dalla rete di monitoraggio locale quali:

- profondità e coordinate epicentrali;
- magnitudo;
- frequenza di accadimento degli eventi sismici;
- parametri ipocentrali ricavati dai cataloghi storici e strumentali dei sismi rilevati nell'area.

I criteri di definizione delle soglie di sismicità anomala assumono una particolare importanza in quanto il superamento di tali soglie può comportare pesanti ricadute industriali sulla produzione di energia della Centrale Geotermoelettrica Castel Giorgio, potendo prevedere e determinare:

- la riduzione delle attività secondo modalità da definire;
- la sospensione dell'attività di coltivazione sino all'esaurimento della crisi microsismica rilevata.



Nel documento LG sono riportate in dettaglio le attività da intraprendere in relazione ai diversi livelli di attivazione (vedi Cap.9).

In prima applicazione, si propone di sperimentare l'adozione di un sistema a semaforo nel dominio interno di rilevazione dove viene effettuata la reiniezione di fluidi incomprimibili. La variabilità dei contesti geologici, delle profondità e delle modalità con cui le attività sono svolte, della sismicità naturale di fondo e dalla sua profondità, non consentono di stabilire in modo univoco dei valori di soglia per tutti i parametri, ma solo per alcuni di essi. In particolare, le variazioni delle deformazioni e dei relativi ratei devono essere valutate caso per caso in funzione della loro distribuzione spaziale e in riferimento al quadro deformativo di fondo.

La Tabella 2.2.a riporta intervalli o valori di riferimento indicativi che possono essere adottati per la definizione delle relative soglie in funzione delle caratteristiche geologiche del sito e di quanto valutato dalla SPM nel documento di Gestione Operativa del Monitoraggio (DGOM), (vedi Cap. 9).

Livello di attenzione	Semaforo	$M_{max}$	PGA (% g)	PGV (cm/s <sup>2</sup> )
0	Verde	$M_{max} \leq 1.5$	–	–
1	Giallo	$M_{verde} \leq M_{max} \leq 2.2$	0.5	0.4
2	Arancio	$M_{giallo} \leq M_{max} \leq 3.0$	2.4	1.9
3	Rosso	$M_{arancio} < M_{max}$	6.7	5.8

**Tabella 2.2.a** Intervalli o valori indicativi dei parametri di monitoraggio rilevati nel dominio interno di rilevazione (DI) da utilizzare come riferimento per la definizione delle soglie.

I criteri di definizione delle soglie di sismicità anomala saranno comunque concordati con il settore competente delle Regioni/Ministero di Competenza e con INGV (SPM1 – SPM2) durante le fasi operative dell'impianto e sarà sottoposto all'attenzione del "Gruppo di controllo del sistema di monitoraggio della microsismicità".

A tale riguardo, si sottolinea che, ad integrazione del monitoraggio sismico, saranno attentamente monitorati anche i parametri fluido dinamici della reiniezione.

In particolare ogni pozzo di reiniezione sarà testato con aumenti graduali della portata reiniettata e, con la RML sarà possibile studiare il comportamento dei pozzi e l'eventuale microsismicità indotta, anche con perturbazioni minime causate da basse portate di reiniezione.

Il monitoraggio congiunto microsismico e dei parametri di reiniezione sarà lo strumento fondamentale per analizzare l'eventuale correlazione sito specifica tra reiniezione ed eventuale sismicità indotta, per meglio definire livelli di sismicità anomali, ottimizzando la gestione della reiniezione stessa e operando nel massimo livello di sicurezza possibile.