

REPORT SU ASPETTI DI GEODINAMICA E SISMICITA' DEL SITO IN CUI SI INSERISCE IL NUOVO IMPIANTO SMALL SCALE LNG

Monte Pallano 1-2 (MP1 and MP2) – Colle Santo gas field

Status	Rev. n.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato
-	00	30/09/2022	EMISSIONE PRELIMINARE PER ENTI	DG Impianti	ITF Cosmep	ITF Cosmep
Rev. Index						

Sommario

1. Introduzione.....	1
1.1 Approccio metodologico	3
1.1.1 Rilevamento geologico e geomorfologico	8
1.1.2 Strutture sismogenetiche e analisi storica degli eventi sismici	9
1.1.3 Valutazione della suscettività del territorio alla franosità sismo-indotta.....	12
1.1.4 Analisi interferometrica.....	15
1.1.5 Modello idrogeologico	17
1.1.6 Indagini geofisiche	19
1.1.7 Indagini Elettriche.....	26
1.1.8 Modello del giacimento e della subsidenza.....	28
1.1.9 Monitoraggi.....	28
1.2 Sintesi della storia mineraria del sito e del percorso autorizzativo	30
2 Caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area.....	35
2.1 Documenti di riferimento.....	35
2.2 Sintesi degli studi pregressi	36
2.3 Criticità emerse.....	39
2.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità.....	39
3 Caratterizzazione stratigrafica, strutturale e petrografica dell'area	41
3.1 Documenti di riferimento.....	41
3.2 Sintesi degli studi pregressi	41
3.3 Criticità emerse.....	44
3.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità.....	45
4 Caratterizzazione idrogeologica del sito.....	47
4.1 Documenti di riferimento.....	47
4.2 Sintesi degli studi pregressi.....	47
4.3 Criticità emerse.....	49
4.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità.....	49
5 Dissesto idrogeologico e presenza di frane sismoindotte	52
5.1 Documenti di riferimento.....	54
5.2 Sintesi degli studi pregressi.....	54

5.3	Criticità emerse.....	56
5.4	Attività proposte per la risoluzione delle criticità.....	58
6	Relazione geotecnica, quadro geomeccanico e liquefazione.....	59
6.1	Documenti di riferimento.....	59
6.2	Sintesi degli studi pregressi.....	59
6.3	Criticità emerse.....	62
6.4	Attività proposte per la risoluzione delle criticità.....	63
7	Strutture sismotettoniche e sismicità indotta e innescata.....	64
7.1	Documenti di riferimento.....	64
7.2	Sintesi degli studi pregressi.....	64
7.3	Criticità emerse.....	68
7.4	Attività proposte per la risoluzione delle criticità.....	70
8	Subsidenza indotta dalle attività di coltivazione.....	73
8.1	Documenti di riferimento.....	73
8.2	Modelli matematici per la valutazione della subsidenza realizzati durante i precedenti percorsi autorizzativi.....	77
8.3	Criticità emerse.....	78
8.4	Attività proposte per la risoluzione della criticità e per il monitoraggio della subsidenza.....	80
9	Interazione tra la coltivazione del giacimento e la diga di Bomba.....	82
9.1	Documenti di riferimento.....	82
9.2	Sintesi degli studi e delle attività pregressi.....	82
9.3	Criticità emerse.....	89
9.4	Attività proposte per la risoluzione delle criticità.....	90
	Bibliografia.....	93
	Sitografia.....	95
	ALLEGATO 1.....	96

1. Introduzione

Il percorso autorizzativo del Progetto di sviluppo del Campo Colle Santo, nei territori della Provincia di Chieti, è iniziato nel 2007, con la perforazione dei pozzi esplorativi Monte Pallano 1 e 2 nel Comune di Bomba, con esito minerario positivo.

Nel corso degli anni, a seguito delle modifiche progettuali e delle richieste specifiche da parte degli enti coinvolti, delle associazioni di cittadini e delle comunità locali, il Proponente ha presentato, anche sotto forma di controdeduzioni e di integrazioni volontarie, numerosi approfondimenti tecnico-scientifici, *in primis* relativi alle problematiche ambientali connesse al contesto geologico, geomorfologico e sismico in cui il progetto di sviluppo si inserisce.

La presente relazione viene, pertanto, predisposta con lo scopo di riesaminare, in maniera unitaria e critica, i numerosi studi ed approfondimenti realizzati da CMI Energia S.p.A. in relazione alle tematiche “geologiche” (geologia, geomorfologia, idrogeologia, geomeccanica, geotecnica, sismologia e geodinamica), verificando e tesaurizzando le indicazioni pervenute durante i pregressi percorsi autorizzativi.

CMI Energia S.p.A. ha ritenuto, infatti, di riesaminare e ridiscutere in maniera ragionata e coordinata i vari contributi proposti nel corso degli anni, al fine di definire e programmare le modalità di ulteriori investigazioni e monitoraggio degli aspetti geologici.

L’obiettivo del Proponente resta, infatti, quello di sviluppare le risorse del giacimento Colle Santo senza pregiudicare la sicurezza del contesto territoriale in cui il progetto si inserirà, con particolare riguardo per la diga di Bomba e delle opere ed infrastrutture superficiali, senza alterare in alcun modo la condizione di stabilità dei versanti presenti nell’area.

Come specificato anche nelle successive sezioni del documento, gli approfondimenti ad oggi realizzati si sono focalizzati su un contesto territoriale molto ampio, consono al precedente Programma Lavori che prevedeva la realizzazione di un progetto di sviluppo indubbiamente più complesso ed esteso territorialmente (perforazione di nuovi pozzi, costruzione ed esercizio di un gasdotto, costruzione ed esercizio di una centrale di trattamento). L’ambito territoriale ed ambientale interessato dal nuovo progetto di sviluppo (Progetto Small Scale LNG) risulta, invece, essere limitato alle aree limitrofe alla postazione esistente Monte Pallano 1-Monte Pallano 2.

L’11 aprile 2018, CMI ha ricevuto dal MATTM il documento ISPRA “Analisi delle criticità. Progetto di sviluppo concessione Colle Santo” (doc. ISPRA RTSIA-3385-DEF del 7 marzo 2018). In tale documento sono discusse ed elencate alcune criticità che ISPRA, in qualità di consulente tecnico-scientifico a supporto delle attività della Commissione VIA/VAS del MATTM, ha evidenziato nell’ambito della corposa documentazione tecnica presentata da CMI.

Sulla base delle tematiche analizzate da ISPRA e delle criticità che ne conseguono, il presente documento è strutturato in capitoli nell'ambito dei quali saranno affrontati i seguenti macrotemi (buona parte dei quali strettamente correlati):

- Caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area
- Caratterizzazione stratigrafica, strutturale e petrografica dell'area
- Caratterizzazione idrogeologica del sito
- Dissesto idrogeologico
- Relazione geotecnica, quadro geomeccanico e fenomeni di liquefazione
- Strutture sismotettoniche e sismicità indotta e innescata
- Subsidenza indotta dalle attività di coltivazione
- Interazioni tra le attività di coltivazione del giacimento e la diga di Bomba

All'interno di ciascun capitolo, dopo aver sinteticamente descritto i contenuti degli studi prodotti nell'ambito dei precedenti percorsi autorizzativi, viene riportata una rapida disamina delle criticità segnalate da ISPRA, seguita da considerazioni relative alla loro possibile risoluzione e alle attività che si intende intraprendere con la presentazione della prossima Istanza di VIA per superare tali criticità.

Alcune criticità possono, ad oggi, considerarsi del tutto superate a seguito della modifica del progetto di sviluppo che non prevede più né la realizzazione della condotta di collegamento alla Centrale di Atessa, né la realizzazione della Centrale (ved. Tabella 1).

Tabella 1 – Descrizione delle Criticità superate a seguito delle modifiche introdotte dal Progetto Small Scale LNG

ID	DESCRIZIONE CRITICITA'	
2	SCELTE PROGETTUALI, ANALISI ALTERNATIVE DI TRACCIATO DEL GASDOTTO	Il progetto Small Scale LNG non prevede la realizzazione di un gasdotto
3	SCELTE PROGETTUALI POZZI E ANALISI ALTERNATIVE	Il progetto Small Scale LNG non prevede la perforazione di ulteriori pozzi oltre quelli già perforati, autorizzati e testati
4	DOCUMENTAZIONE RELATIVA ALLA CENTRALE DI TRATTAMENTO GAS	Il progetto Small Scale LNG non prevede più la costruzione ad Atessa della Centrale di trattamento gas
6	IMPATTI EVENTUALE QUINTO POZZO	Il progetto Small Scale LNG non prevede la perforazione di ulteriori pozzi oltre quelli già perforati, autorizzati e testati
7	QUALITA' DELL'ARIA E CONTRIBUTO DELLA CENTRALE	Il progetto Small Scale LNG non prevede più la costruzione ad Atessa della Centrale di trattamento gas
8	MONITORAGGIO QUALITA' DELL'ARIA	Il progetto Small Scale LNG non prevede più la costruzione ad Atessa della Centrale di trattamento gas
9	OZONO	Il progetto Small Scale LNG non prevede più la costruzione ad Atessa della Centrale di trattamento gas
10	TRAFFICO VEICOLARE E RELATIVE EMISSIONI	Il percorso indicato non farà parte del nuovo PL

ID	DESCRIZIONE CRITICITA'	
11	CAMINO FREDDO	Il progetto Small Scale LNG prevede la modifica dell'assetto dell'area pozzi
12	EMISSIONI FUGGITIVE CONDOTTA GASDOTTO	Il progetto Small Scale LNG non prevede la realizzazione di un gasdotto
13	EMISSIONI DEPOSITO FANGHI DELLA CENTRALE	Il progetto Small Scale LNG non prevede più la costruzione ad Atessa della Centrale di trattamento gas

1.1 Approccio metodologico

L'assetto territoriale in cui il progetto Small Scale LNG si inserisce è indubbiamente caratterizzato da peculiarità geomorfologiche e sismiche e da elementi di instabilità idrogeomorfologica che determinano delle preclusioni. Si intraprende, pertanto, questo nuovo percorso autorizzativo con la consapevolezza che solo ulteriori e più puntuali conoscenze possano consentire di chiarire e rimuovere tali preclusioni.

Per tale motivo, pur riconoscendo l'indubbio valore degli studi specialistici pregressi, si ritiene necessario, innanzitutto, procedere con un approfondimento generale delle conoscenze ad oggi acquisite.

Si confida, inoltre, nella necessità di indagini che si focalizzino in maniera più puntuale sull'area della postazione Monte Pallano 1-Monte Pallano 2 e sui contesti territoriali ad essa prossimi, nell'ambito dei quali saranno realizzati i nuovi impianti.

L'analisi della documentazione ha, infatti, evidenziato la necessità di approfondire con attività sito-specifiche le tematiche sino ad ora oggetto di approfondimento bibliografico e di investigare, in maniera puntuale, le aree direttamente interessate dal nuovo progetto di sviluppo.

Questo approccio di valutazione sito-specifica ben si sposa con il nuovo progetto di sviluppo, che risulta, in ogni caso, essere tecnologicamente differente rispetto ai precedenti, interessando un ambito territoriale ed ambientale certamente più ridotto rispetto a quello interessato dal precedente progetto.

Per questo motivo si è deciso di ripartire da un'osservazione contenuta in una delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo e di intraprendere un percorso di valorizzazione delle osservazioni e dei pareri espressi dai portatori di interesse e dagli enti preposti.

Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 554 del 25.08.2016 - DVA - 2016-0021460 del 29.08.2016 e nota Presidenza Regione DVA-2016-0022213 del 08.09.2016

1. ...*omissis* ... Il Proponente si è limitato a presentare un SIA che "non contempla nessun nuovo lavoro sperimentale, nessun nuovo sondaggio e nessun nuovo lavoro di indagine sul campo, ma una semplice rielaborazione dei dati preesistenti" ...*omissis* ...

Non avendo il Proponente eseguito alcuna ulteriore indagine, secondo il CCR-VIA rimangono le incertezze rispetto alle quali il Consiglio di Stato si è espresso, e dunque le motivazioni della sentenza che giustificano l'adozione del principio di precauzione non possono ritenersi superate.

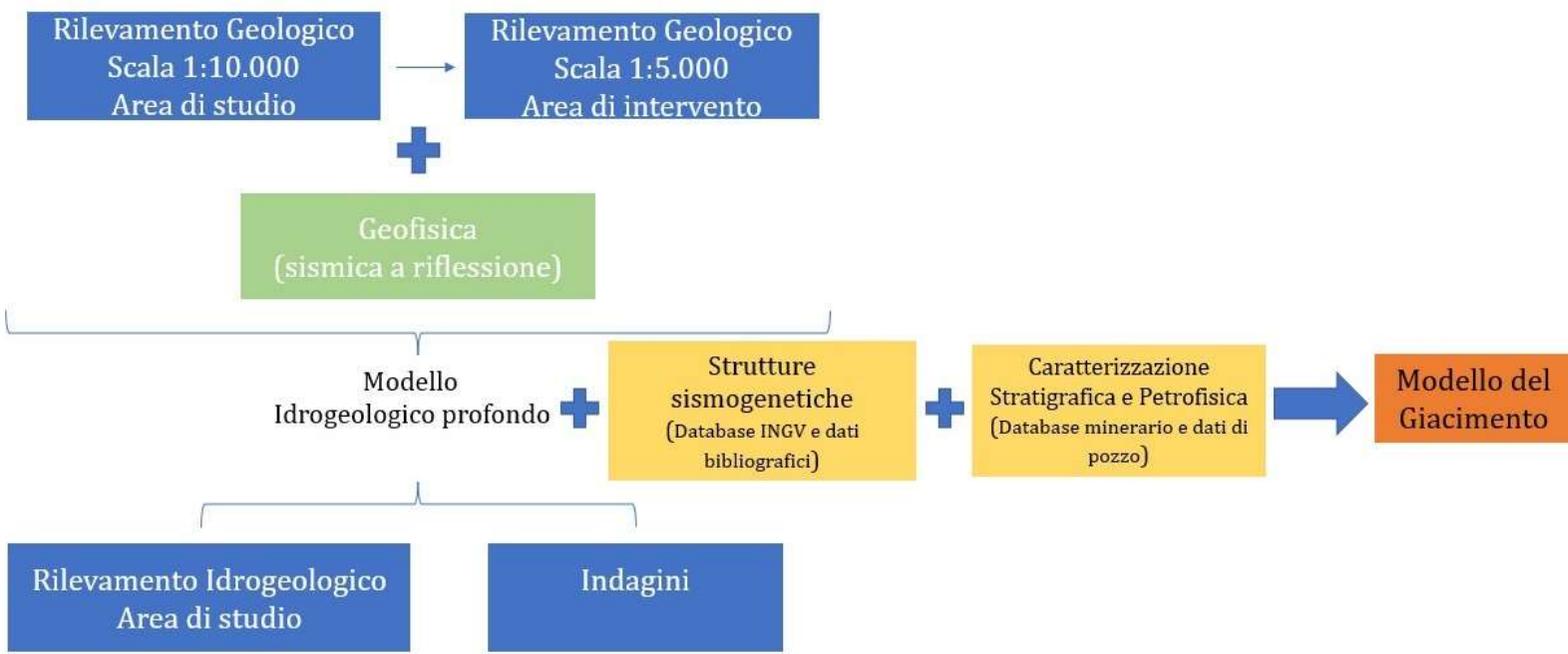
L'approccio che si intende adottare e condividere con gli enti di riferimento sin alle prime fasi di scoping è, dunque, quello di utilizzare le criticità fin qui emerse come base di partenza per impostare il nuovo SIA: gli elementi evidenziati da enti e portatori di interesse saranno approfonditi e chiariti partendo da dati aggiornati e reali, da nuova modellistica e da nuove indagini condotte nell'area di progetto.

Le attività previste, descritte più in dettaglio nei paragrafi successivi, consisteranno in (Figura 1):

- Attività di campo multiscalarari (rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico);
- Esecuzione indagini di approfondimento (indagini geofisiche, analisi interferometriche, prove di carattere idrogeologico);
- Raccolta di dati bibliografici da fonti ufficiali e verifica modello regionale applicabile al contesto geologico in studio;
- Realizzazione di nuovi modelli (per le caratteristiche idrogeologiche delle coperture e profonde, per il giacimento, per la valutazione della suscettività alla franosità sismoindotta e per la subsidenza);
- Esecuzione attività di monitoraggio.



MODELLO DEL GIACIMENTO



SUSCETTIVITÀ E MODELLO DELLA SUBSIDENZA

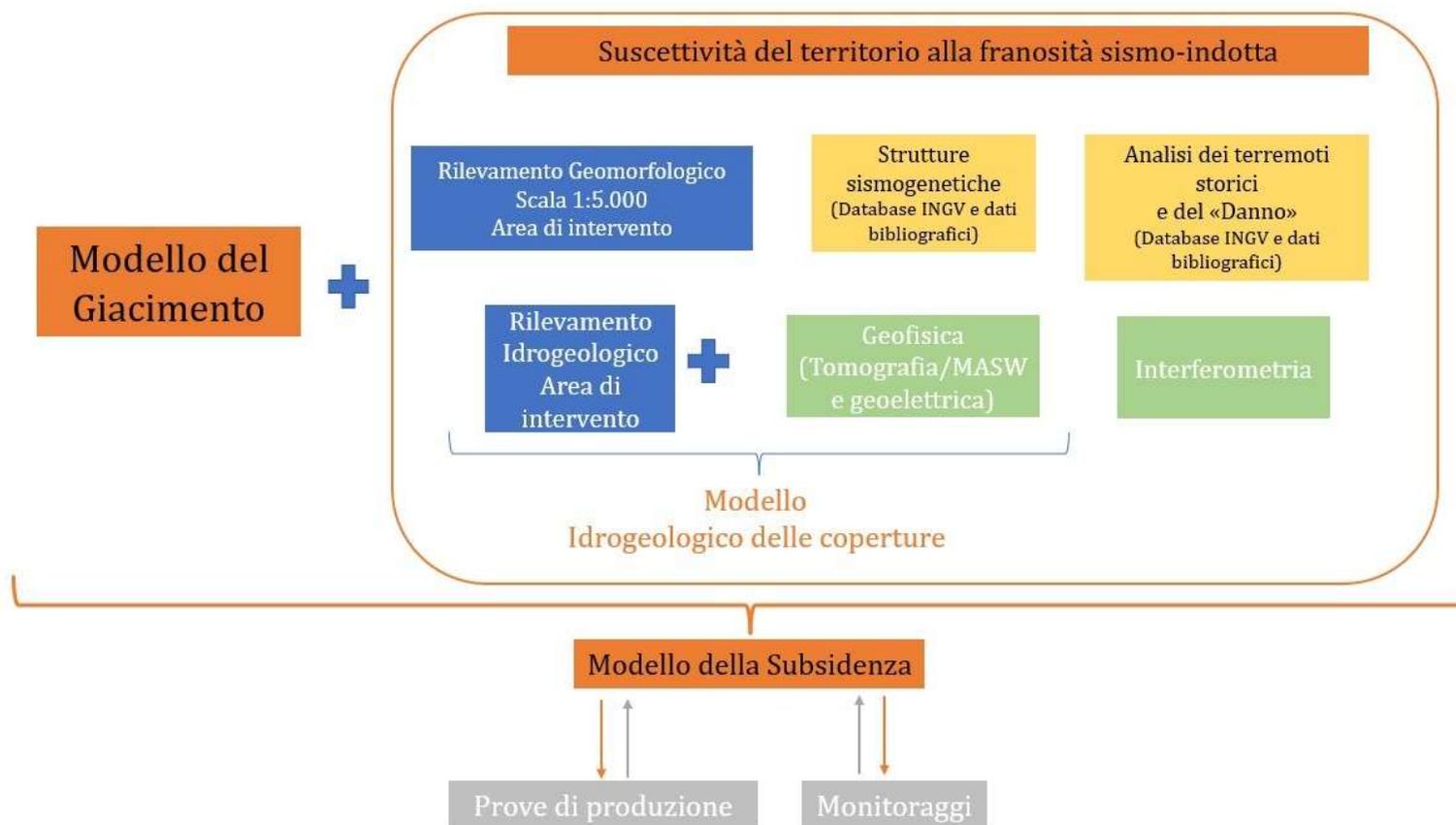


Figura 1 – Diagramma a blocchi descrittivo delle attività necessarie alla predisposizione dei modelli del giacimento e della subsidenza e relativa legenda

L'area di studio sarà incentrata sulla diga di Bomba e comprenderà i territori tra lo spartiacque idrografico in versante destro (tra Monte Pallano e La torretta) e sinistro (tra Colle Santo, Monte Moresco e Pennadomo) del Fiume Sangro, includendo, ovviamente, il sito di estrazione, l'area mineralizzata ed una parte del Lago (Ved. Allegato 1).

Si prevede, inoltre, di realizzare un nuovo modello geodinamico per la valutazione del comportamento del giacimento durante le fasi di coltivazione e per le previsioni sulla subsidenza. Tale modellazione si baserà sulle informazioni derivanti dagli studi sismici, dall'interferometria, dal rilevamento geologico e dagli approfondimenti relativi al contesto idrogeologico.

Si utilizzerà un approccio basato sull'integrazione dei modelli geologico, geomorfologico idrogeologico e geomeccanico.

Per quanto concerne il modello geologico-strutturale regionale cui far riferimento, si concorda nel ritenere che il settore appenninico in esame sia stato oggetto di modelli interpretativi che non hanno fornito un'interpretazione univoca.

Gli approfondimenti proposti non consentiranno di elaborare un nuovo modello strutturale, ma forniranno informazioni puntuali e dati reali, permettendo di verificare in maniera consapevole e ponderata quale o quali modelli già proposti dagli autori possano risultare più congruenti alle osservazioni di campo ed ai risultati delle indagini multiscalarì e multidisciplinari da realizzare. Si riporta, nei paragrafi successivi, una descrizione sintetica delle indagini e degli studi di approfondimento che CMI Energia intende realizzare per la predisposizione della documentazione necessaria all'attivazione della nuova Istanza di VIA.

Il proponente ritiene, in ogni caso, auspicabile poter procedere ad un **periodo di prove di produzione** (di durata pari ad almeno 24 mesi) che possano consentire di validare, in maniera controllata, le conclusioni degli approfondimenti tecnico-scientifici e le informazioni fornite dalla modellistica, monitorando in tempo reale la subsidenza, gli effetti di deformazione del suolo e la sismicità delle aree direttamente interessate dagli effetti potenziali prodotti dalle attività in progetto.

Criticità 18 - Analogie con altri giacimenti

Considerando la variabilità e le incertezze geologico strutturali ed idrogeologiche che caratterizzano lo studio del giacimento in esame e tenuto conto dei diversi contesti geologici dei campi di San Salvo e di Cerro Falcone, ogni supposta analogia dei due giacimenti con quello in esame in termini di subsidenza ed effetti sulle deformazioni del suolo e delle opere limitrofe sono del tutto arbitrari

Il proponente, seppur conscio che, in caso di indicazioni negative in termini di risposta territoriale (andamento della subsidenza, monitoraggio sismico) sarà necessario sospendere le prove ed abbandonare il progetto di sviluppo, si impegnerà ad investire in un impianto per le prove di produzione che possa consentire di valutare, in maniera graduale e controllata, la risposta sito-specifica delle aree interessate; tale approccio, depurato da "arbitrarie analogie" con altri contesti territoriali, fornirà uno strumento di validazione e di aggiornamento dei

risultati ottenuti con la modellazione, consentendo anche la produzione di una minima quantità di gas.

Le prove di produzione saranno realizzate prevedendo, in ogni caso il pieno controllo dell'evoluzione dei fenomeni naturali e, dunque, l'esecuzione, in piena sicurezza delle attività, anche a seguito delle attività di monitoraggio previste.

I dati relativi al monitoraggio degli aspetti legati alla subsidenza e della sismicità dell'area saranno pubblici e fruibili ai portatori di interesse durante l'intero periodo di produzione.

Le prove di produzione rappresenteranno anche un ulteriore strumento di analisi della produttività del giacimento (ricompreso nella fase di ricerca) da realizzare anche contestualmente alla predisposizione dello SIA, per ricomprenderne i primi risultati nell'ambito della documentazione da consegnare agli Enti preposti (anche in forma di integrazioni volontarie).

L'eventuale commercializzazione del gas estratto consentirà di compensare parte degli investimenti sostenuti per gli approfondimenti tecnico-scientifici e per la realizzazione degli impianti necessari.

Si fa presente, peraltro, che, già in passato, fu approvato un progetto comprensivo di attività di prova di produzione (LPT – *Long Production Test*) finalizzate alla verifica dell'attendibilità dei dati ricavati dagli studi pregressi. Il piano di lavoro fu oggetto di VIA Regionale positiva e, già ai tempi del riconoscimento del rinvenimento di Monte Pallano, le prove di produzione di lunga durata erano state valutate come utili ai fini della valutazione della produttività del giacimento.

1.1.1 Rilevamento geologico e geomorfologico

Le ridotte dimensioni delle aree interessate in superficie (si ricorda che è prevista la realizzazione di un Impianto Small Scale LNG in un'area di dimensioni pari a circa 1,5 ettari) e la scelta di non realizzare ulteriori pozzi ma sfruttare i due pozzi già esistenti, rappresentano una semplificazione importante, fondamentale per approfondire le conoscenze del contesto territoriale in maniera puntuale e dedicata.

Per questo si è deciso **di "riniziare"** da un concetto fondamentale: la conoscenza geologica di un territorio così peculiare non può prescindere dal rilevamento geologico e geomorfologico, ripartendo dagli elementi naturali ed antropici più rappresentativi del contesto territoriale.

Dunque, ci si concentrerà

- Sul contesto geologico e geomorfologico;
- Sulle caratteristiche idrologiche dell'area e, in particolare, sul Fiume Sangro;
- Sul modello idrogeologico dell'area profondo e superficiale
- Sulle caratteristiche sismiche del territorio interessato e delle aree limitrofe (verificando da fonti ufficiali le serie storiche dei sismi che hanno prodotto effetti sull'area in esame);
- Sulla Valutazione della suscettività del territorio alla franosità sismo-indotta;
- Sulla Diga di Bomba e sulla sicurezza di tale infrastruttura,

valutando gli effetti potenzialmente inducibili dalle attività previste per lo sviluppo del Campo Colle Santo.

Al rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio (fino alla scala 1:5.000), che rappresenta la base conoscitiva delle aree interessate dal progetto, si affiancheranno anche nuove indagini sismiche ed interferometriche, in grado di valutare le minime variazioni del contesto topografico.

Gli approfondimenti proposti non consentiranno di elaborare un nuovo modello strutturale, ma forniranno informazioni puntuali e dati reali, permettendo di verificare in maniera consapevole e ponderata quale o quali modelli già proposti dagli autori possano risultare più congruenti alle osservazioni di campo ed ai risultati delle indagini multiscalarari e multidisciplinari da realizzare.

1.1.2 Strutture sismogenetiche e analisi storica degli eventi sismici

Le strutture sismogenetiche presenti nell'area di studio e nei contesti limitrofi saranno opportunamente descritte utilizzando i dati bibliografici disponibili (Figura 2÷Figura 4): verranno individuate le sorgenti sismogenetiche più significative (anche non necessariamente prossime all'area di studio) ma che fanno comunque risentire localmente l'azione di propagazione dei sismi. In particolare, sono stati impiegati i database dei progetti ITHACA (catalogo a cura dell'ISPRA che raccoglie le informazioni disponibili sulle faglie cosiddette "capaci", cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione tettonica permanente in superficie, all'interno del territorio italiano) e DISS (Database delle sorgenti sismogenetiche) per l'identificazione di faglie capaci e attive.

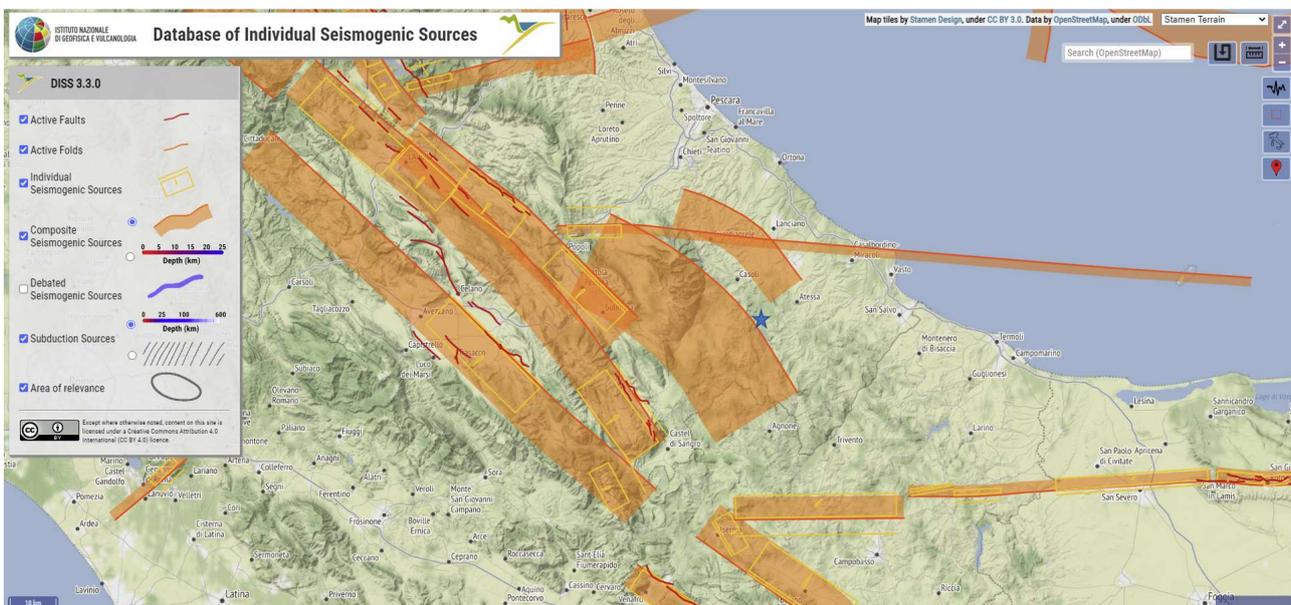


Figura 2 – Strutture sismogenetiche dell'Italia Centrale (Fonte: <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>). La stella azzurra indica l'ubicazione di massima dell'area di studio

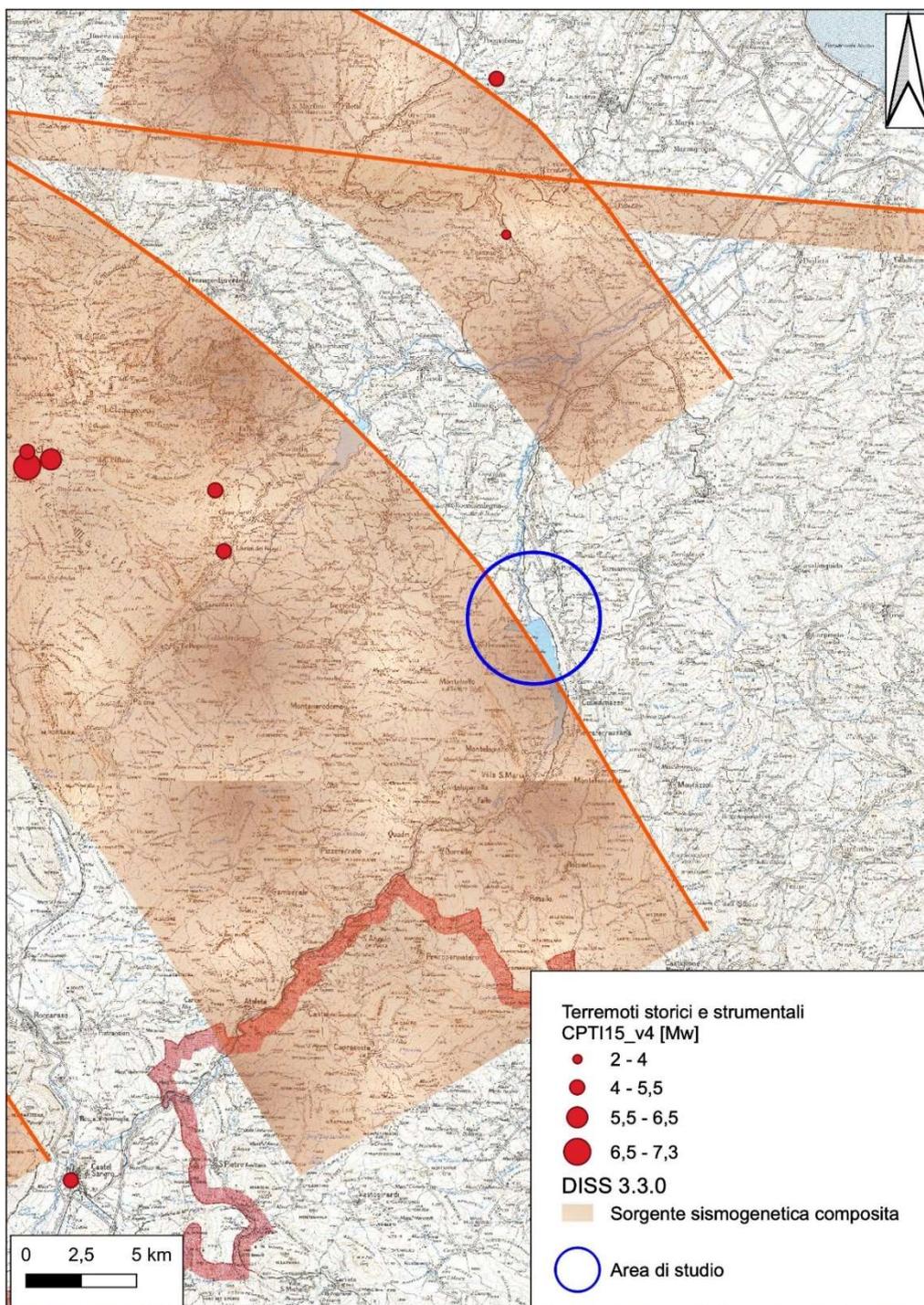


Figura 3 – Terremoti storici e strumentali (Fonte: CPTI15_v.4 Rovida A., Locati M., Camassi R., Lollì B., Gasperini P., Antonucci A. (eds), 2022. Italian Parametric Earthquake Catalogue (CPTI15), version 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>)

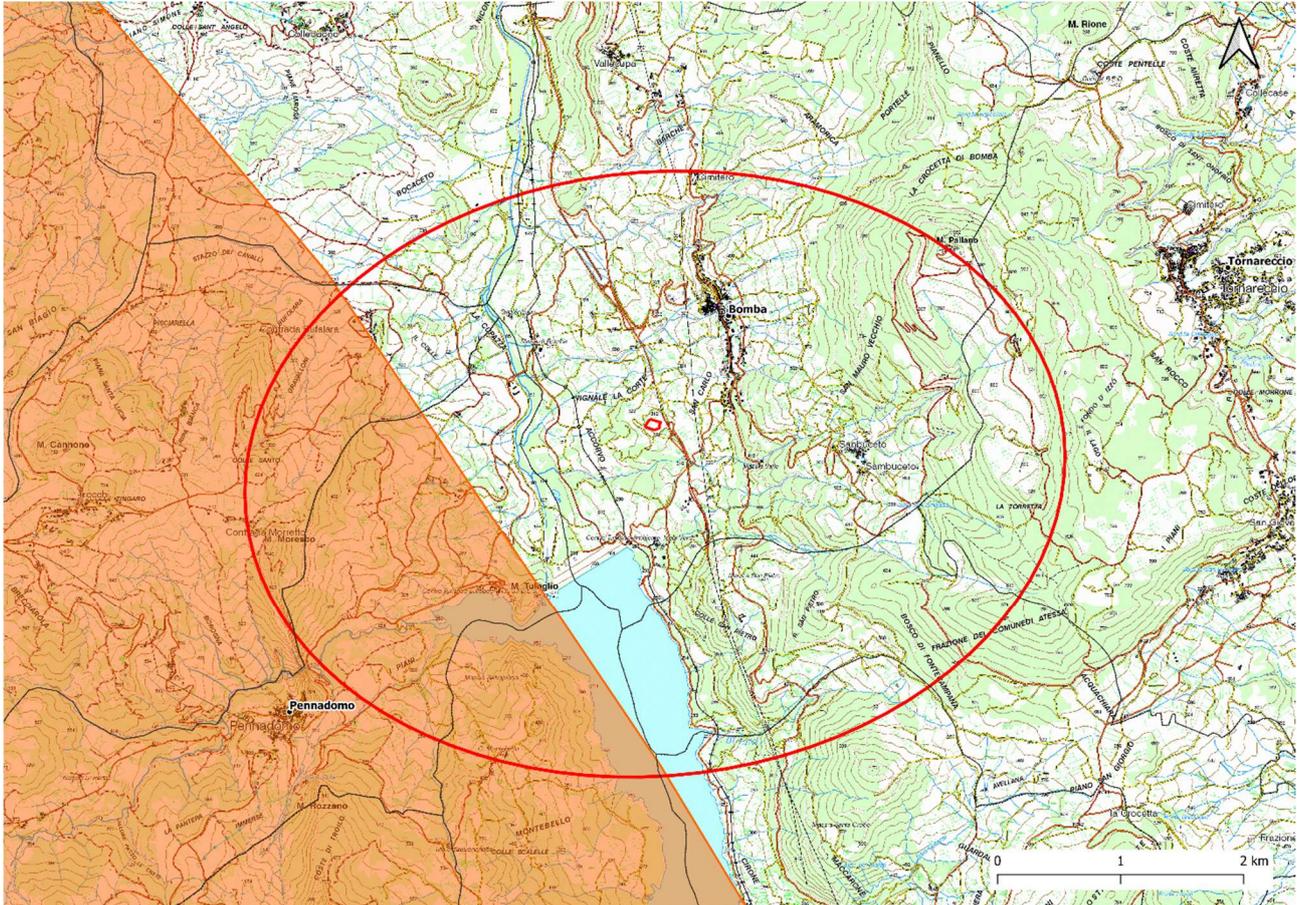


Figura 4 – strutture sismogenetiche

Le informazioni contenute nei database e cataloghi ufficiali (INGV) saranno, inoltre, utili per effettuare un'analisi storica dei terremoti che si sono verificati nell'area di studio e nelle aree limitrofe, ponendo particolare attenzione agli eventi che hanno generato effetti nell'ambito dell'area di studio (Figura 5).

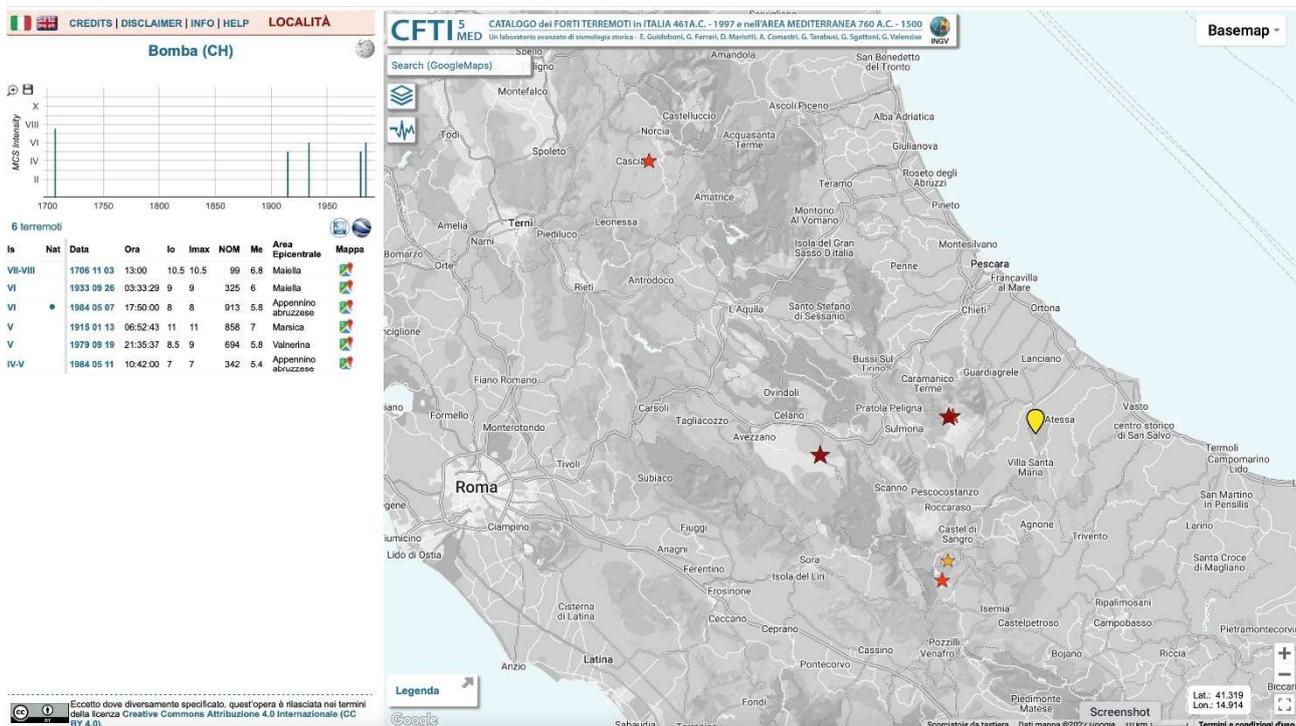


Figura 5 – Individuazione degli eventi sismici

Le indicazioni fornite dall'analisi saranno utilizzate per la valutazione della suscettività del territorio alla franosità e nell'ambito dei nuovi modelli per il giacimento e per subsidenza.

1.1.3 Valutazione della suscettività del territorio alla franosità sismo-indotta

L'instabilità dei versanti è legata alla combinazione di fattori geologici, geomorfologici e climatici e può essere attivata da svariati meccanismi di innesco; tra questi, lo scuotimento sismico che inducendo eventi franosi cosismici e post-sismici, può determinare non solo cambiamenti rilevanti nel paesaggio ma rappresentare anche un pericolo per le popolazioni e per le infrastrutture e le opere antropiche.

Una volta indagate le caratteristiche geologiche e geomorfologiche delle aree di studio ed aver caratterizzato i corpi di frana, sarà pertanto realizzata una di una mappa di suscettività (*Earthquake-Induced Landslides – EIL*) che consentirà di individuare quali corpi di frana potrebbero subire un'attivazione a seguito di eventi sismici.

La mappa sarà realizzata, seguendo un **approccio euristico** (che richiede la combinazione di diversi parametri che contribuiscono a determinare la propensione alla franosità di un'area) combinato con analisi statistica, integrata con tecnologia GIS.

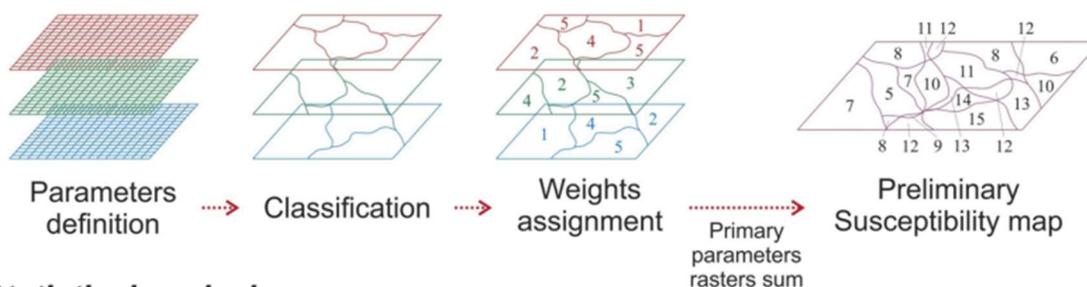
Questo approccio sarà basato all'identificazione di **fattori di instabilità**, analizzati per la realizzazione di mappe tematiche preliminari (Figura 6).

Un elenco dei fattori da considerare per l'area in esame potrebbe essere il seguente:

- acclività,
- caratteristiche topografiche

- caratteristiche litologiche;
- grado di fratturazione delle rocce,
- incidenza carsica,
- distanza da faglie attive,
- distanza dagli epicentri di terremoto
- presenza cavità naturali o antropiche
- vegetazione e uso del suolo
- caratteristiche del drenaggio
- valori di accelerazione al suolo (PGA)

Heuristic analysis



Statistical analysis

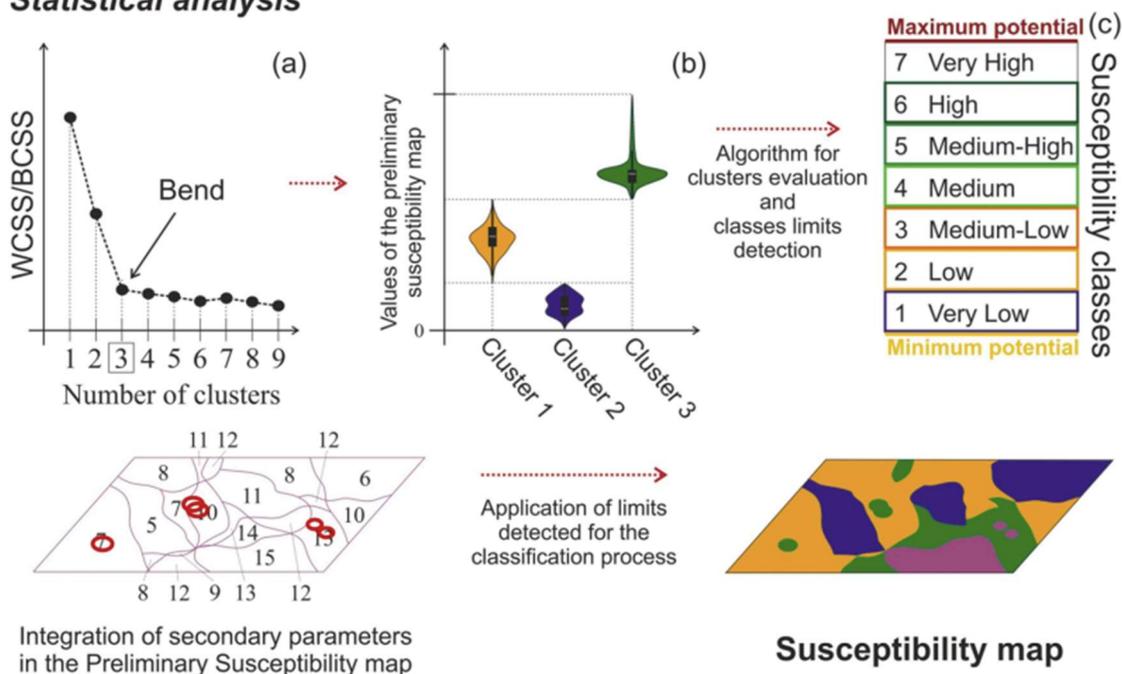


Figura 6- Workflow della metodologia applicata

Ad ogni fattore viene assegnato un peso, basato sulla valutazione critica dei dati della letteratura. Nella mappa preliminare valori numerici alti/bassi corrispondono a un'alta/bassa propensione all'innesco di frane.



Successivamente, sulla base di un'analisi statistica dei valori ottenuti, si ricaveranno le **classi di suscettività** (Figura 7) e si realizza la mappa finale.

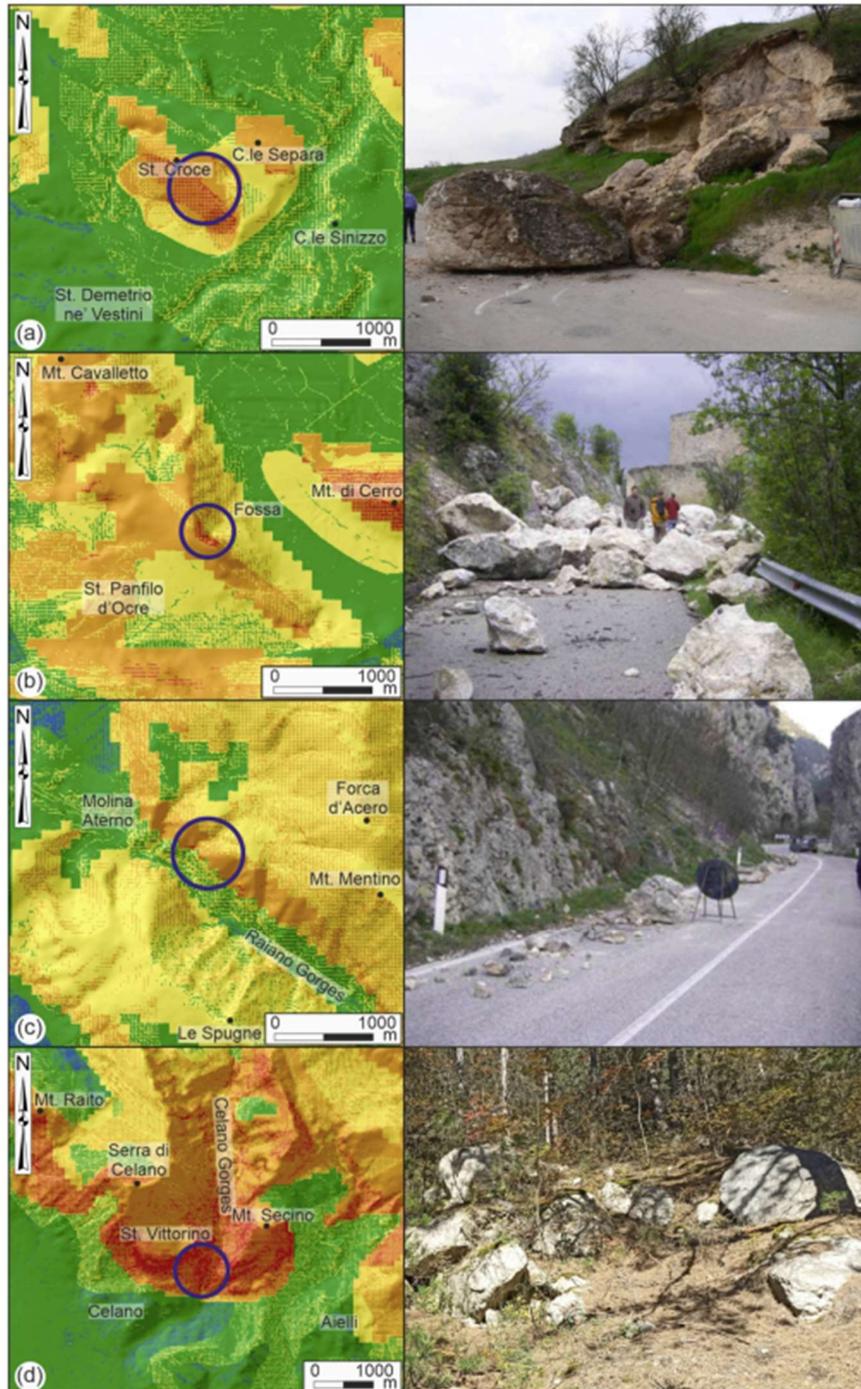


Figura 7- Mappa della suscettività per alcuni siti in Abruzzo

I risultati riportati nelle pubblicazioni scientifiche evidenziano l'affidabilità dell'approccio, anche in aree in cui manca un catalogo dettagliato delle frane.

L'Università di Chieti, e precisamente il Laboratorio di Geomorfologia e GIS, con cui si collaborerà per la predisposizione dello SIA, ha sviluppato tale metodo in collaborazione con l'INGV.

1.1.4 Analisi interferometrica

L'attività consentirà di strutturare l'analisi deformativa dell'area di interesse (area naturale e antropica), mediante interferometria SAR satellitare (InSAR) in un periodo di tempo tra il 2008 (settembre) e il 2022 (ultime immagini disponibili prima dell'avvio delle attività).

Si tratta di un'analisi basata sulla misurazione dello spostamento di punti per i quali sia verificato il requisito di stabilità, nel tempo, della riflessione delle onde radar emesse dai sensori satellitari.

Laddove non dovessero essere disponibili sufficienti punti di riferimento, si potrà prendere in considerazione l'ipotesi di installare alcuni riflettori artificiali (detti "corner reflector") per garantire l'accuratezza di misura anche nei settori caratterizzati da assenza di riflettori naturali e/o antropici (Figura 8).

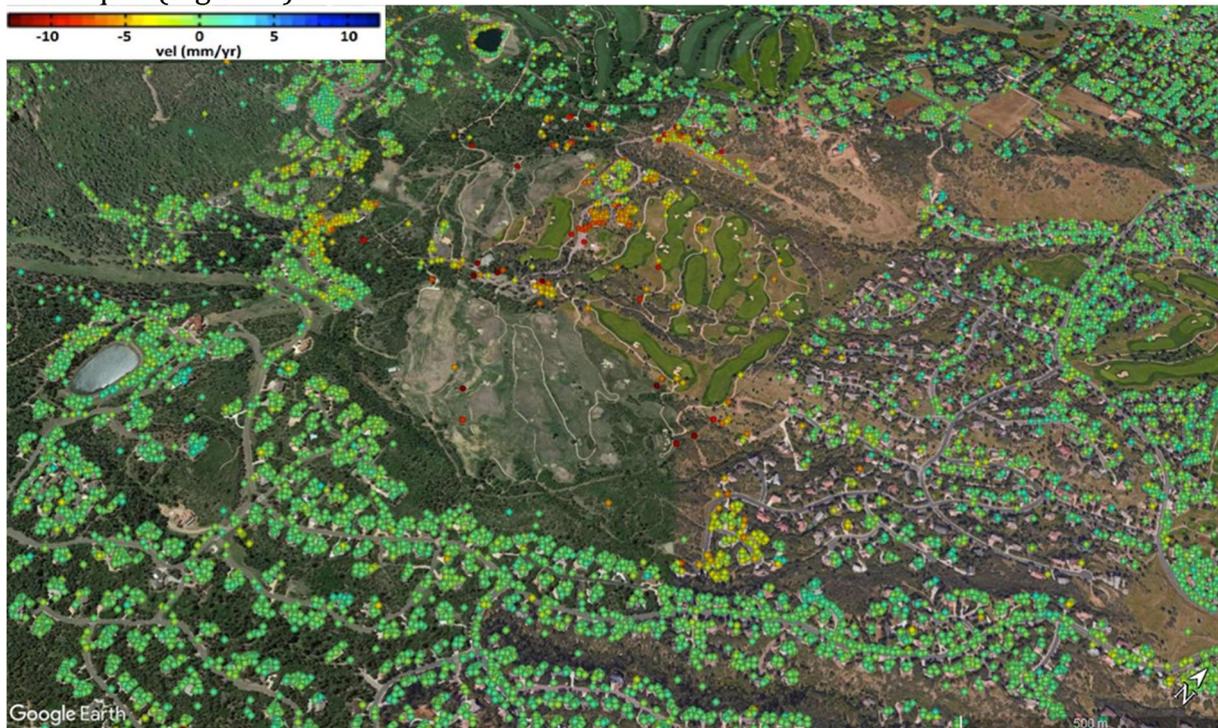


Figura 8 – Individuazione dei punti di riferimento

L'interferometria SAR satellitare (InSAR) consente di individuare gli spostamenti di strutture (o parti di esse), edifici (o parti di esse), affioramenti rocciosi, purché caratterizzati da una buona stabilità nel tempo della riflessione delle onde radar emesse dai sensori installati sui satelliti.

Nel caso di grande disponibilità di immagini è possibile procedere ad analisi interferometriche avanzate (A-DInSAR) che consentono la stima millimetrica delle deformazioni e la ricostruzione del trend deformativo di elementi naturali ed antropici presenti nell'area di studio, senza la necessità di installare sensori o riflettori artificiali.

I risultati derivanti dalle analisi interferometriche SAR satellitari sono relativi a misure eseguite lungo la linea di vista strumentale (*Line Of Sight* – LOS), ovvero lungo il percorso che congiunge il sensore radar al bersaglio riflettente a terra.

In funzione della disponibilità di dati d'archivio sarà possibile eseguire analisi sulla stessa area utilizzando immagini acquisite durante la fase "ascendente" e/o "discendente" del satellite (diverse geometrie orbitali), in modo da osservare il territorio da punti di vista differenti e complementari; tale opportunità consente una migliore caratterizzazione ed interpretazione dei processi deformativi. Tramite la scomposizione vettoriale dei risultati ottenuti dall'analisi in doppia geometria orbitale (ascendente e discendente) è possibile ricavare gli spostamenti verticali e orizzontali (Figura 9).

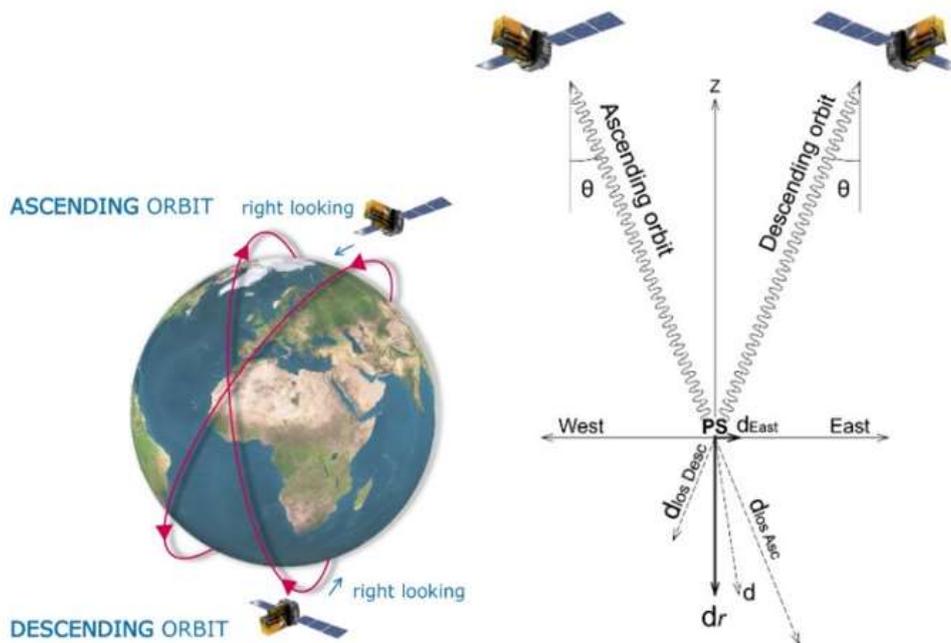


Figura 9 – Geometrie orbitali

Le immagini che si utilizzeranno per l'analisi storica (periodo compreso tra il 2008 e il 2022) sono quelle acquisite nell'ambito della missione COSMO-SkyMed (Agenzia Spaziale Italiana) in doppia geometria orbitale (ascendente e discendente). Le immagini COSMO-SkyMed sono acquisite da sensori ad alta risoluzione spaziale ($\sim 3 \times 3$ metri) operanti in banda X (lunghezza d'onda pari a 3,1 cm).

Entrambe le analisi saranno condotte su doppia geometria orbitale con il metodo avanzato A-DInSAR (*Advanced Differential SAR Interferometry*) basato sulla tecnica PSI (*Persistent Scatterers Interferometry*).

Al fine di ottenere utili informazioni riguardanti lo stato di attività dei processi gravitativi, la presenza di eventuali fenomeni di subsidenza e di cedimenti delle strutture principali presenti nell'area saranno adottati specifici protocolli operativi: tali protocolli operativi, sviluppati per tutte le fasi di analisi, consentiranno di ottenere un'accurata stima delle deformazioni anche in presenza di processi caratterizzati da un comportamento non lineare nel tempo.

Attraverso l'analisi A-DInSAR sarà possibile ottenere informazioni riguardanti gli spostamenti dei punti di riferimento nell'area di interesse, derivando i parametri caratteristici dei punti di misura. Per ciascun punto di misura sarà possibile ottenere le seguenti informazioni:

- ✓ *trend* deformativo di spostamento (lungo la LOS) espresso in mm/y;
- ✓ serie temporale di spostamento (lungo la LOS) espresso in mm;
- ✓ posizione geografica (latitudine, longitudine e quota di ciascun punto).

Le serie temporali di spostamento ottenute mediante le analisi A-DInSAR saranno analizzate al fine di ricostruire i *trend* di deformazione (*Trend Change Detection Analysis*). Le analisi sono finalizzate all'individuazione di incrementi repentini della velocità di deformazione dei fenomeni gravitativi di versante, in grado di determinare condizioni di rischio per gli elementi esposti e saranno dunque utilizzate per verificare ed approfondire quanto emerso a seguito delle attività di rilevamento o evidenziato nella bibliografia ufficiale.

1.1.5 Modello idrogeologico

Il Monte Pallano è costituito, dal punto di vista idrogeologico, da litologie di modesta potenzialità idrica sotterranea. Sia la Formazione delle Argille Varicolori, sia quelle di Tuffillo e Agnone possono essere considerati complessi idrogeologici con permeabilità da medio a bassa, in relazione con la prevalenza della componente calcarea, calcareo-marnosa o di quella più fine pelitico-argillosa. Si tratta di complessi idrogeologici ascrivibili alla categoria degli acquiferi "minori", poiché caratterizzati da una circolazione idrica sotterranea discontinua e, molto verosimilmente, dislocata a varie altezze nella sequenza litologica; ciò per la presenza di livelli dotati di permeabilità ridotta.

Le sorgenti emergenti, pertanto, sono numerose e la loro localizzazione puntuale rappresenta un punto di partenza imprescindibile per la ricostruzione del regime idrogeologico del settore in esame.

Le attività da svolgere in fase di realizzazione dello studio di VIA, per quanto concerne l'ambito idrogeologico, sono sintetizzabili come segue:

- **Rilievo geologico in chiave idrogeologica del Monte Pallano finalizzato all'individuazione dei limiti idrogeologici della idrostruttura e degli aspetti strutturali di interesse idrogeologico.** La scala del rilevamento mirato non può essere circoscritta alla sola area dove insistono i pozzi M1 e M2, ma si deve estendere all'intera unità.
- **Caratterizzazione idrogeologica delle litologie affioranti e produzione di un primo elaborato cartografico tematico: "Carta Idrogeologica"** (in scala non inferiore a 1:25.000) sul quale dovranno essere indicati:

- ✓ Complessi idrogeologici con indicazione del tipo e del grado di permeabilità relativo (valutazione qualitativa)
 - ✓ Sorgenti presenti, con indicazione della portata (storica, medio-annua, rilevata) e relativo utilizzo
 - ✓ Eventuali pozzi presenti nell'area di studio. L'area risulta poco insediata e la parte valliva, prossima al Fiume Sangro, è vocata all'agricoltura: i pozzi, quindi, dovrebbero essere ad uso agricolo, non dovrebbero essere presenti pozzi ad uso potabile ed industriale (ciò andrà verificato sulla base di un censimento *ad hoc*).
 - ✓ Opere di interesse antropico (ad es. condotte idriche, gallerie, ecc. magari connesse con l'invaso di Bomba)
 - ✓ Elementi di superficie (inghiottitoi, doline) che possano rappresentare dei punti di infiltrazione preferenziale delle acque di precipitazione meteorica
 - ✓ Tracciamento di curve isopiezometriche all'interno della coltre alluvionale del Fiume Sangro
- **Monitoraggio delle portate sorgive (idrogeologico e idrogeochimico)**
1. Disponendo del rilievo delle sorgenti si procederà con un monitoraggio delle portate sorgive che possa riguardare sia la fase di ricarica sia quella di esaurimento, compatibilmente alle tempistiche per la predisposizione dello SIA. I dati delle portate saranno graficati e correlati ai dati idrologici, in particolare a quelli delle precipitazioni effettive. A tale proposito saranno acquisiti i dati di pioggia e di temperatura di pluviotermometri (nivografi) ubicati all'interno e nell'intorno dell'unità idrogeologica del Monte Pallano. Laddove non fossero presenti centraline di acquisizione, si potrà valutare di prevederne l'installazione al fine di acquisire dati necessari per le correlazioni suddette.
 2. Le prospezioni idrogeochimiche potranno riguardare, eventualmente, alcune delle sorgenti monitorate (quelle di maggiore interesse idrogeologico - più vicine all'area dell'impianto, quelle eventualmente captate e quelle perenni o di maggiore portata). I parametri investigati sono quelli di cui al D.Lgs 152/2006. I dati acquisiti saranno riportati in appositi grafici di classificazione e di comparazione delle acque sotterranee.
- Lo scopo del monitoraggio è l'acquisizione di informazioni, non altrimenti rinvenibili se non attraverso attività analoghe eseguite in passato, delle quali non è nota l'esistenza, circa le fasi di ricarica/scarico degli acquiferi principali e le modalità di deflusso delle acque (ad esempio litologie attraversate e tempi di interazione acqua/roccia) utili per elaborare un modello di circolazione idrica sotterranea scientificamente sostenibile e basato su una robusta base di dati.
- **Prove di permeabilità in situ** da svolgere su piezometri installati (o da installare se non disponibili), del tipo a cella di Casagrande, caratteristici dei diversi complessi idrogeologici, per la definizione della permeabilità.

- **Prove di pompaggio sui pozzi presenti da elaborare in regime di non equilibrio ed utili per la determinazione della trasmissività e del coefficiente di immagazzinamento dello/degli acquifero/i (attività eventuale).**

Lo scopo di tale attività è la definizione di importanti parametri idrodinamici (K, T e S). Le attività sopra indicate potrebbero essere integrate, laddove ritenuto utile per la configurazione di un quadro di conoscenze più completo della componente “acqua”, da:

- **Bilancio idrologico su base medio-annuo** utilizzando la tecnica del bilancio inverso e funzioni per il calcolo dell’evapotraspirazione reale che tengano in considerazione dell’aspetto vegetazionale dei luoghi. Tale attività consentirebbe di validare il modello di circolazione idrica sotterranea.
- **Prove con traccianti artificiali** (ad. es fluoresceina, tinopal, etc.) da iniettare eventualmente in punti di immissione superficiali, laddove presenti (inghiottitoi), per verificare le caratteristiche della componente del flusso idrico sotterraneo nella frazione più litoidale e fratturata degli acquiferi (quella calcarea e calcarea-marnosa). L’arrivo del tracciante sarà monitorato in continuo attraverso l’utilizzo di fluorocaptori da installare, eventualmente, in associazione a idonei misuratori della portata in corrispondenza delle più importanti emergenze sorgive. Tale attività consentirebbe di individuare le zone di ricarica delle principali sorgenti, di studiare i percorsi effettuati dalle acque sotterranee e le relative velocità di flusso. Il valore aggiunto intrinseco all’attività è una migliore definizione del modello idrico sotterraneo e un’analisi più accurata della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi.
- **Elaborazione della carta della vulnerabilità intrinseca all’inquinamento dell’acquifero**, in idonea scala di rappresentazione, da redigere con specifiche metodologie che saranno da valutare in relazione con la quantità e con la qualità dei dati acquisiti. Potrà essere applicata la metodologia di zonazione per aree omogenee ma, nell’ipotesi di redigere carte con maggiore livello di dettaglio, sarebbe auspicabile l’utilizzo di metodologie parametriche a punteggi e pesi (DRASTIC, SINTACS, SICODE). Lo scopo di tale attività è la redazione di una carta di valutazione della suscettibilità dell’acquifero a subire fenomeni di contaminazione delle acque sotterranee associabili, soprattutto, alla fase di cantierizzazione dell’area.

1.1.6 Indagini geofisiche

Le conoscenze relative alle strutture sepolte ed alle relazioni stratigrafiche e tettoniche saranno approfondite a seguito dell’esecuzione di studi geofisici, per mezzo della **sismica a riflessione e della tomografia sismica, descritte a seguire.**

Indagine Sismica a riflessione

La sismica a riflessione è una tecnica che si basa sulla registrazione dei tempi che intercorrono tra l’istante di generazione di un impulso elastico in superficie e l’istante di ricezione del

relativo impulso generato da una o più riflessioni su altrettante superfici riflettenti poste al di sotto del piano campagna. Si basa, dunque, sulla differenza di contrasto di impedenza dei diversi materiali, di conseguenza, una netta variazione di velocità e/o di densità tra litotipi è sufficiente a determinare una riflessione delle onde elastiche in corrispondenza della superficie di separazione dei due mezzi a diversa impedenza acustica (Figura 10).

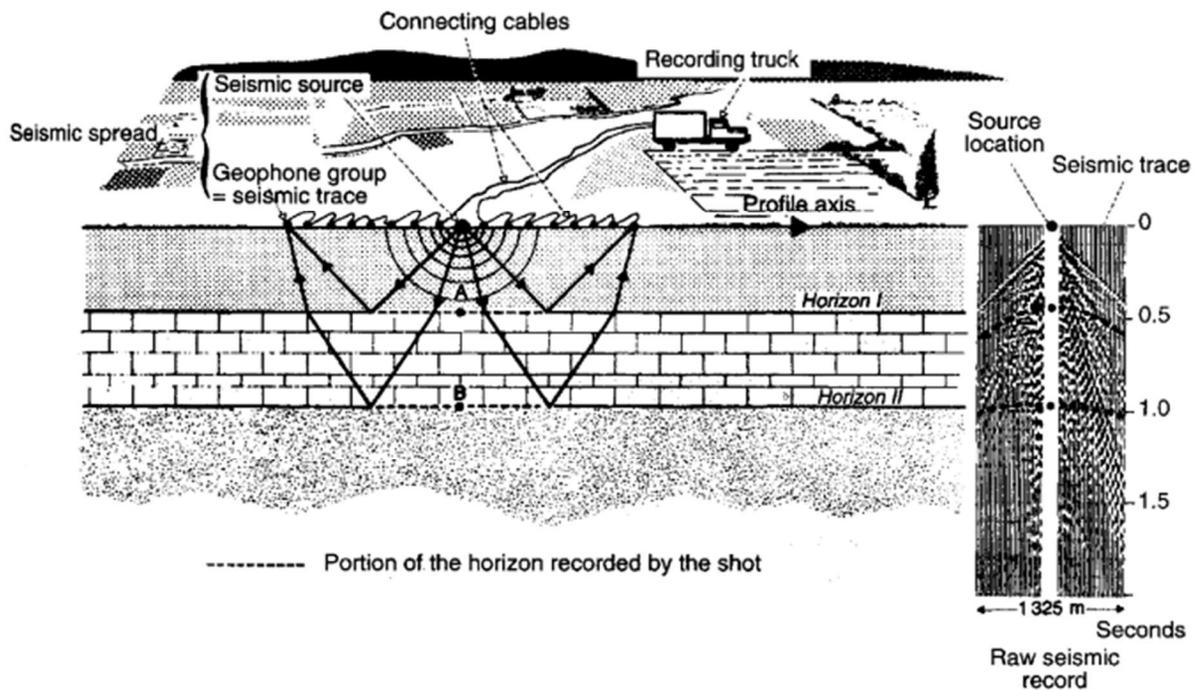


Figura 10 – Schema concettuale del metodo a riflessione

L'acquisizione dati in situ viene eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- **Sistema di acquisizione dati:** costituito da un sismografo digitale (Figura 11)



Figura 11 – Sismografo

- **Sistema di ricezione:** costituito da geofoni, in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente (Figura 12).

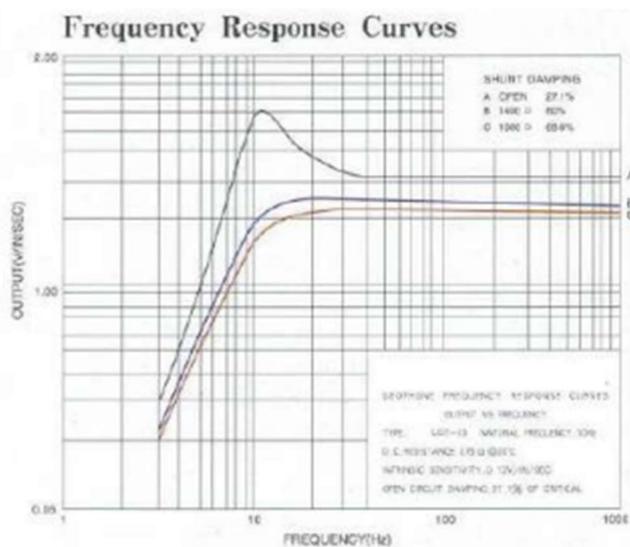


Figura 12 – Geofoni e risposta geofonica dei sensori

- **Sistema trasferimento segnale:** il trasferimento del segnale dal sistema di ricezione (geofono) al sistema di acquisizione dati (sismografo) è effettuato tramite un cavo sismico
- **Sistema di energizzazione per le onde P:** la sorgente è costituita da un esploditore sismico (P-WAVE) calibro 8, equipaggiato con cartucce industriali per generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali.

Durante l'acquisizione (Figura 13), dopo aver posizionato i geofoni sul terreno e aver collegato questi ultimi ai cavi sismici e dopo aver tarato la strumentazione, si procede all'acquisizione dei dati in modo tale che per ogni energizzazione venga registrato il segnale sul sismografo per la successiva elaborazione. Gli impulsi sismici ricevuti dai geofoni vengono acquisiti dal sismografo, tramite il quale, dopo una conversione analogico-digitale, si registra nell'hard disk del computer esterno.



Figura 13 – Acquisizione sismica a riflessione

Indagine di tomografia sismica a rifrazione 2D

L'indagine tomografica consiste nella generazione di un'onda sismica di compressione o di taglio nel terreno attraverso una sorgente di energia, misurando il tempo impiegato da questa a compiere il percorso nel sottosuolo dal punto di energizzazione fino ai geofoni di ricezione seguendo le leggi di rifrazione dell'ottica (Legge di Snell), cioè rifrangendosi sulle superfici di separazione tra due strati sovrapposti di densità (o meglio di modulo elastico) crescente.

Il metodo della tomografia sismica a rifrazione è una tecnica di indagine geofisica che permette l'individuazione delle anomalie di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse. La tecnica operativa utilizzata prevede la disposizione dei trasmettitori (punti di energizzazione) e dei ricevitori (geofoni) posizionati su un profilo rettilineo. Il risultato è una mappa della distribuzione delle velocità sismiche in una sezione contenente le disposizioni delle sorgenti e dei geofoni.

Il sistema di energizzazione è costituito da una mazza del peso di 10 Kg battente verticalmente su una piastra metallica circolare del diametro di 25 cm posta direttamente sul piano campagna. Per ogni shot point viene preparata nel terreno una piazzola, asportando i primi centimetri di suolo vegetale scadente, in cui si posiziona la piastra (Figura 14).



Figura 14 – Fasi della realizzazione della tomografia sismica

I risultati di una campagna di tomografia sismica sono restituiti sottoforma di sezione tomografica di velocità 2D, con l'opportuna scala cromatica che va a descrivere un modello sismo-stratigrafico (Figura 15).

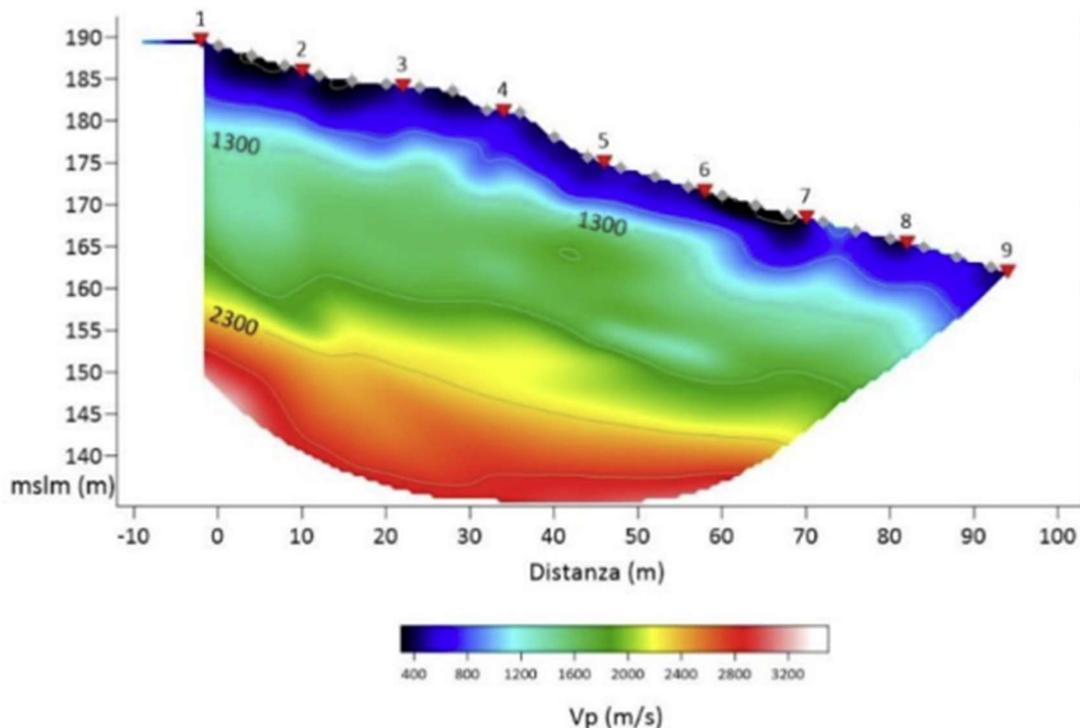


Figura 15 – Esempio di modello 2D e relativa scala di velocità V_p (m/s).

Indagine sismica M.A.S.W 2D

In alternativa alla tomografia sismica (a seconda delle condizioni e delle caratteristiche delle litologie più superficiali) si potrà utilizzare l'indagine sismica M.A.S.W.

Il metodo M.A.S.W (Park et al., 1999) è una tecnica di indagine che consente la definizione del profilo superficiale di velocità delle onde di taglio V_s , basandosi sulla misura della propagazione delle onde di superficie di Rayleigh generate da una sorgente impulsiva verticale, o di Love generate da una sorgente di taglio, registrata da diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

L'indagine sismica tipo M.A.S.W. è un metodo "attivo" in cui le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna che fornisce informazioni sulla parte relativamente più superficiale di sottosuolo.

Il metodo consente di ottenere una sezione sismica 2D che mette in evidenza le variazioni delle velocità delle onde di taglio V_s (m/s) con la profondità.

La strumentazione utilizzata si compone di (Figura 16):

- Sistema di acquisizione dati (sismografo);
- Sistema di ricezione (geofono) in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una specifica sorgente;
- Sistema di trasferimento segnale dal sistema di ricezione (geofono) al sistema di acquisizione dati (sismografo): è un cavo sismico collegato al geofono.
- Sistema di energizzazione per le onde P: la sorgente è costituita da un esploditore sismico (PWAVE) calibro 8, equipaggiato con cartucce industriali (8 Kiln cal.8) per generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, per ottenere onde prevalentemente di compressione, con un incremento del rapporto segnale/rumore.
- Sistema trigger: consiste in circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il colpo viene esploso nella base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

Dopo aver posizionato i geofoni sul terreno, per ogni acquisizione vengono realizzati alcuni shots di prova allo scopo di tarare i parametri di acquisizione del sismografo in termini di determinazione del livello del rumore di fondo e taratura delle amplificazioni dei singoli canali di registrazione.

Terminata la taratura della strumentazione, si procede alla acquisizione dei dati in modo tale che, dopo ogni energizzazione (o somma di energizzazioni) su ciascun punto d'impatto prestabilito, si registra il segnale sul sismografo per la successiva elaborazione. L'istante di tempo zero, in altre parole il segnale d'inizio registrazione, viene inviato allo strumento da uno *shock-sensor* (trigger) posto direttamente sul terreno.

Gli impulsi sismici ricevuti dai geofoni sistemati sulla superficie topografica vengono acquisiti utilizzando il sismografo.



CMI ENERGIA

Engineering
Management
Contracting

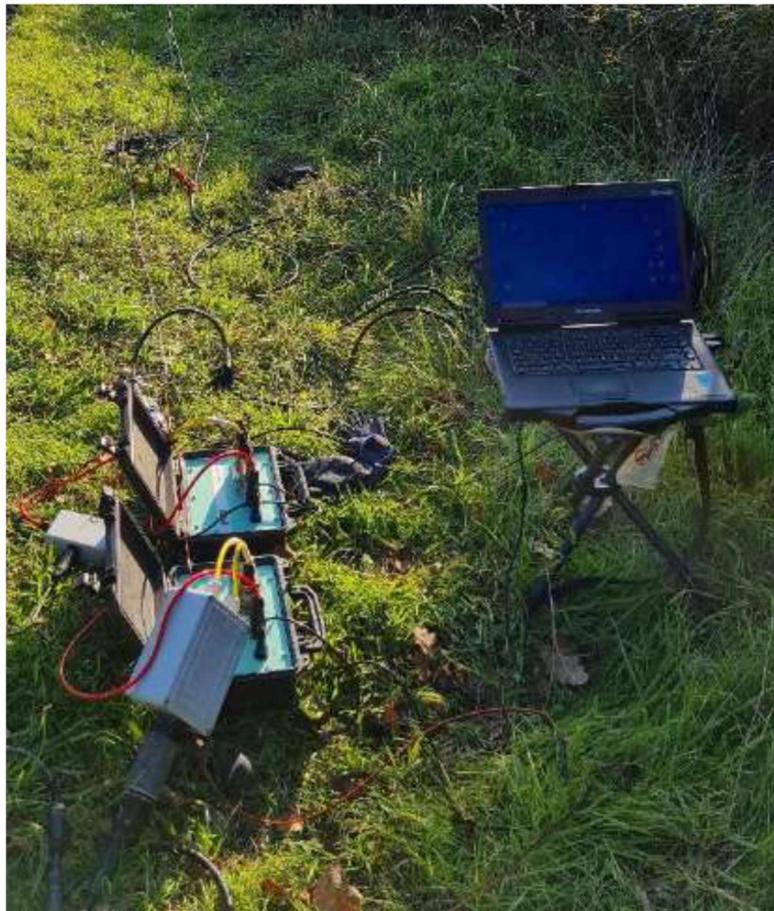


Figura 16 – Strumentazione utilizzata per le indagini sismiche M.A.S.W.

Ambito di indagine

Per mezzo delle indagini sismiche descritte sarà possibile approfondire le conoscenze relative alle strutture sepolte ed alle relazioni stratigrafiche e strutturali che caratterizzano le aree di interesse nei livelli più superficiali del sottosuolo.

Le indagini saranno realizzate lungo due direttrici circa ortogonali (lunghezza pari a circa 1,5 km cad., Figura 17) e raggiungeranno una profondità di investigazione fino a circa 500 m (le profondità raggiunte dipenderanno dalle litologie presenti, dall'eterogeneità dei materiali e delle strutture sepolte; l'ubicazione delle linee potrà subire modifiche in funzione della logistica).

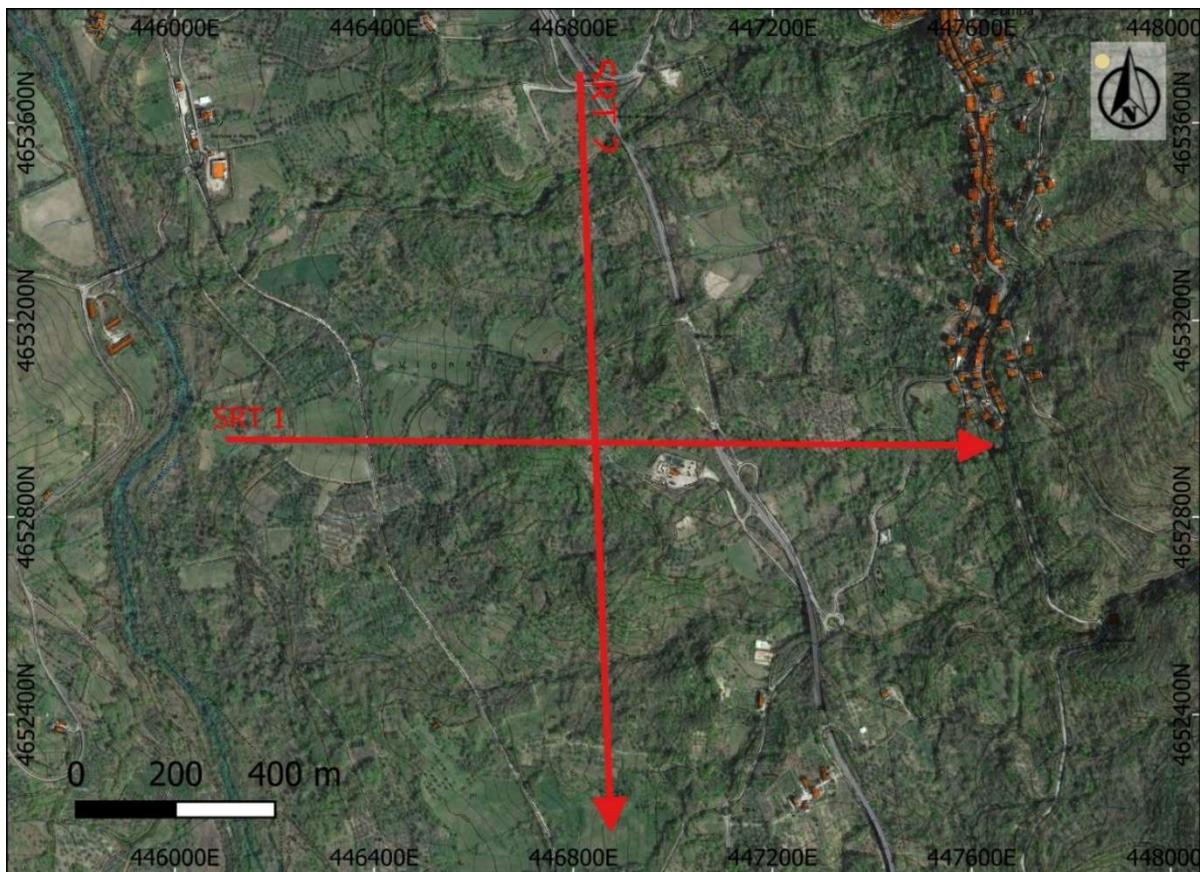


Figura 17 – Ubicazione di massima delle direttrici di studio

1.1.7 Indagini Elettriche

Con le prospezioni geoelettriche si determina il parametro fisico della resistività elettrica relativo alle formazioni che costituiscono il mezzo indagato. La resistività è un parametro indipendente dalle caratteristiche geometriche della formazione litologica cui si riferisce ed è definito come la resistenza elettrica per unità di volume. Mediante l'utilizzo di appropriate strumentazioni si immette corrente elettrica nel terreno e si esegue una successione di misure

in superficie attraverso una serie di elettrodi opportunamente posizionati e infissi nei primi cm di terreno.

La strumentazione per la misura della resistività comprende:

- ✓ un sistema per l'immissione di corrente nel terreno (batteria o generatore di corrente);
- ✓ una serie di elettrodi;
- ✓ un georesistivimetro per la misura dell'intensità di corrente immessa nel terreno mediante gli elettrodi A e B e per la lettura della differenza di potenziale tra i due elettrodi M e N.

La resistività elettrica del mezzo investigato (Figura 18) è controllata principalmente dai seguenti fattori:

- ✓ porosità e grado di saturazione dei pori,
- ✓ salinità del fluido, se presente nei pori,
- ✓ temperatura,
- ✓ eventuale presenza di sostanze organiche (idrocarburi, solventi, ecc.),
- ✓ presenza di argilla,
- ✓ presenza di minerali particolari (ad esempio le miche),
- ✓ grado di compattazione.

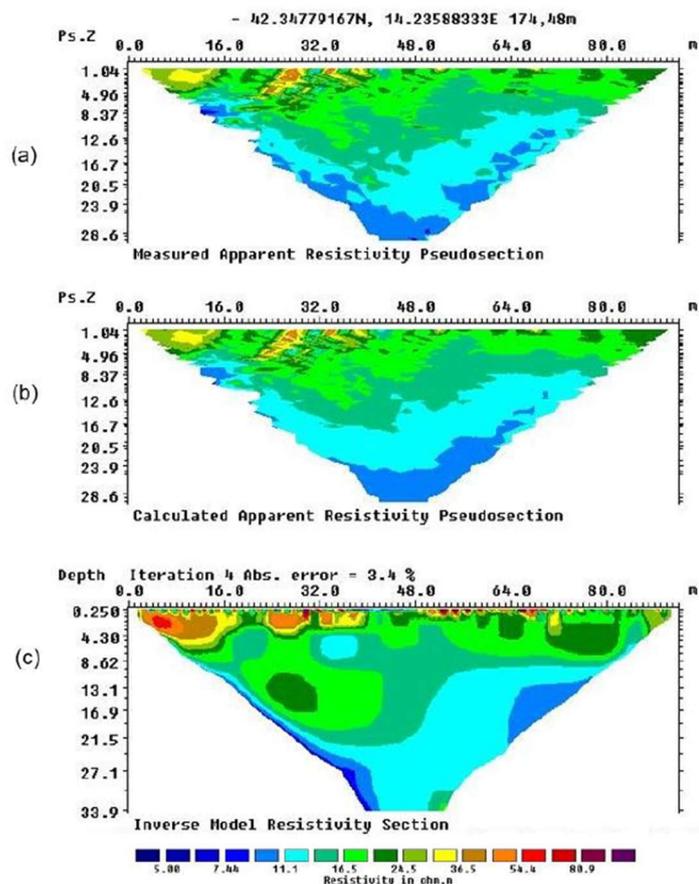


Figura 18- Esempio di un modello 2D di resistività

1.1.8 Modello del giacimento e della subsidenza

Per valutare, in maniera previsionale, l'entità dell'estensione e della magnitudo degli spostamenti indotti dalle attività di coltivazione sul piano campagna, saranno realizzati nuovi modelli del giacimento e della subsidenza che valutino gli effetti della produzione tramite i due pozzi già perforati, MP1 e MP2.

Il modello stratigrafico e geologico 3D sarà ricostruito sulla base dei dati messi a disposizione da CMI Energia e dei dati di pozzo, mentre l'assetto stratigrafico e strutturale sarà modellizzato integrando le informazioni bibliografiche con quelle desunte dai nuovi studi di carattere geologico, idrogeologico, interferometrico e geofisico previsti.

In particolare, saranno verificati:

- Log di pozzo;
- Misure geoelettriche;
- Stratigrafie dei pozzi e loro proiezioni laterali;
- Caratteristiche petrografiche del giacimento e modalità di migrazione dei fluidi all'interno del giacimento e nel dominio interno di rilevazione.

A partire dalle informazioni fornite dai siti ufficiali sarà valutata l'interferenza, a seguito dello sviluppo del giacimento, con le sorgenti sismogenetiche identificate nelle aree di progetto (Deep ACTB) ed in quelle ad esse prossime (Shallow ACTB). Si valuterà, inoltre, nell'ambito delle fasi di modellizzazione del giacimento, se tale interferenza possa tradursi in una condizione di sismicità indotta o innescata.

Analogamente, il modello numerico fluido-dinamico 3D finalizzato alla descrizione del comportamento del giacimento e dell'acquifero verterà su dati messi a disposizione dal proponente, su informazioni bibliografiche e sul modello idrogeologico e le attività di monitoraggio descritti nei paragrafi precedenti.

In ultimo sarà definito il modello geodinamico necessario per valutare l'evoluzione dei campi degli sforzi, delle deformazioni, con particolare riferimento alla diga del Lago di Bomba.

Come evidenziato in precedenza, per convalidare gli esiti della modellistica, il Preponente è disponibile all'avvio di prove di produzione per rilevare, direttamente in campo, input reali ed esaustivi non solo per la coltivazione del giacimento, ma anche per la valutazione delle risposte del contesto territoriale in termini di sismicità e di subsidenza.

Le prove di produzione consentiranno di estrarre, in condizioni di sicurezza e monitorando in continuo, minime quantità di gas, valutando eventuali effetti in termini di subsidenza e di sismicità indotta e innescata.

1.1.9 Monitoraggi

Per gli aspetti relativi alla sismicità, alla subsidenza ed al dissesto geomorfologico CMI Energia ha già proposto un Piano di Monitoraggio continuo (h24), da cui non si ritiene si possa prescindere.

Stando a quanto riportato nel documento “Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche” (di seguito Linee Guida), in particolare:

- mediante il **monitoraggio sismico** si intende individuare e localizzare la sismicità in un volume circostante il luogo delle attività antropiche, anche con l'obiettivo di distinguere la sismicità naturale da quella eventualmente causata da tali attività. Il monitoraggio deve consentire di seguire l'evoluzione spazio-tempo-magnitudo della sismicità al fine, ove occorra, di rimodulare o, nei casi previsti, di sospendere le attività stesse.
- Mediante il **monitoraggio delle deformazioni del suolo** si intende identificare eventuali fenomeni di deformazione superficiale legati alle attività in esame, per misurarne e analizzarne le variazioni spazio-temporali rispetto alle condizioni di fondo.
- Con il **monitoraggio delle pressioni di poro (o di giacimento)** si intende misurare la pressione a fondo pozzo ed effettuare eventuali prove di interferenza con pozzi limitrofi, allo scopo di verificare il modello fluidodinamico del sottosuolo interessato dalle attività antropiche e valutare l'evoluzione nello spazio e nel tempo delle pressioni.

Il piano di monitoraggio è stato allegato all'istanza ai sensi dell'art. 20, d.lgs. n. 152/2006 presentata al MITE (Allegato 8 “Piano di Monitoraggio della sismicità, movimenti del suolo e delle pressioni di poro, conforme alle Linee Guida MiSE 2014 e al Piano di Monitoraggio Acea/MIT del 2010”, a cui si rimanda per eventuali approfondimenti).

Il Piano di Monitoraggio LG si configura come una estensione del Piano di monitoraggio della diga di Bomba predisposto da Acea Electrabel Produzione S.p.A. ad ottobre 2010, per il monitoraggio della diga a seguito dell'avvio della produzione del giacimento Colle Santo. Il Piano di Monitoraggio, conforme alle Linee Guida e al Piano di monitoraggio della diga di Bomba, sarà messo in esercizio sei mesi prima dell'avvio della produzione del giacimento Colle Santo, al fine di avere una congrua lettura di bianco e la conferma dell'affidabilità del sistema. È evidente che un attento monitoraggio delle deformazioni del suolo nelle fasi di pre-esercizio, esercizio e post-esercizio potrà verificare la reale deformazione del suolo e gli eventuali scostamenti rispetto al modello previsionale, permettendo quindi l'adozione di misure atte a ricondurre il sistema (inclusa la diga) in condizioni di sicurezza.

CMI Energia ritiene che le incertezze circa la depressurizzazione del giacimento, la subsidenza e gli effetti sulla sismicità dell'area possano essere risolte esclusivamente attraverso una estensiva attività di monitoraggio da effettuarsi prima e durante la produzione del giacimento. Il Piano di Monitoraggio, conforme agli “Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche” (Linee Guida nel seguito), dovrà essere validato dalla Struttura Preposta al Monitoraggio, che sarà individuata dal Ministero per la Transizione Ecologica di intesa con la Regione Abruzzo nel prosieguo del procedimento di conferimento della concessione di coltivazione.

Per gli aspetti sismici si chiederà al MISE di nominare come SPM l'INGV, alla quale fare eseguire una base-line e affidate il monitoraggio con pubblicazione dei dati h24 per gli Enti e le popolazioni interessate.

La definizione delle SPM è contenuta nelle Linee Guida e recita quanto segue: “La SPM è costituita da una o più Università o Enti di ricerca di comprovate competenze in materia, eventualmente in consorzio tra loro, o anche con strutture private. Per ogni concessione sarà designata una SPM che svolgerà, in via esclusiva, il compito di organo tecnico di supervisione dei progetti, raccolta, trattamento e trasmissione dei dati al MiSE e al Concessionario. Le modalità di conferimento dell’incarico saranno stabilite dal MiSE”.

Il comma 1 dell’art. 13 del DM. del 7 dicembre 2016 sancisce che “Il Ministero, nell’ambito dei provvedimenti di conferimento delle concessioni di coltivazione, prevede l’attuazione di programmi di monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro ed i relativi interventi secondo le specifiche tecniche più avanzate come definite nel decreto direttoriale di cui all’art. 20, comma 6”.

Al comma 2 dell’art. 13 del D.M. del 7 dicembre 2016 si riporta inoltre che “Gli «Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell’ambito delle attività antropiche» predisposto dal Gruppo di lavoro istituito con delibera 27 febbraio 2014 del Presidente della CIRM e pubblicato sul sito internet della DGS-UNMIG sono considerati specifiche tecniche avanzate”.

La SPM designata svolgerà, in via esclusiva, il compito di organo tecnico di supervisione dei progetti, raccolta, trattamento e trasmissione dei dati al MiSE e al Concessionario.

Le modalità di conferimento dell’incarico saranno stabilite dal MiSE.

Il Concessionario, in concerto con la SPM designata, è in carico di predisporre il progetto di monitoraggio, ed è responsabile della realizzazione delle reti (intendendo con ciò l’acquisto, l’installazione o l’eventuale adeguamento della strumentazione), nonché per la loro manutenzione e gestione.

La SPM esamina e valuta il progetto di monitoraggio ai fini della sua approvazione da parte del MiSE ed esegue l’elaborazione, l’analisi e l’interpretazione dei dati.

Con lo scopo di garantire l’efficacia e la trasparenza delle attività svolte, si prevede la realizzazione, su sito internet, di un’apposita area dedicata alla diffusione di informazioni sulle attività in corso e dei dati acquisiti nel corso del monitoraggio.

Una descrizione più approfondita del sistema di monitoraggio è riportata al Cap. 9 del presente documento oltre che nell’Allegato 8 (2022-05 Piano di Monitoraggio conforme a Linee Guida MiSE 2014 e Piano Acea-MIT 2010REV19072022) della documentazione presentata per l’attivazione della fase di Scoping, a cui si rimanda per approfondimenti.

1.2 Sintesi della storia mineraria del sito e del percorso autorizzativo

Il titolo in questione, come Concessione Bomba, ed è stato scoperto dalla società Agip a seguito della perforazione del pozzo Bomba 1 nel 1966. I pozzi Bomba 2, Bomba 3 e Bomba 7, perforati negli anni immediatamente successivi, hanno confermato la presenza di gas naturale, composto principalmente da metano (69%) e azoto (22%) con presenza di H₂S. Il giacimento non è mai



stato messo in produzione e tutti i pozzi perforati da Agip sono stati chiusi da un punto di vista minerario.

Nel 1999 si rinunciò, ritenuta antieconomica la coltivazione del giacimento, nonché ambientalmente complessa per la qualità del gas, soprattutto.

AGIP condusse numerosi studi sulla geologia dell'area interessata, ivi compresa la subsidenza. In tali studi sono state approfondite e valutate le criticità compromissive sia per la sicurezza dei luoghi e sia per la tenuta della Diga di Bomba.

Su richiesta di tre Compagnie in concorrenza tra loro, nel febbraio del 2004, la Forest CMI, si è aggiudicata il conferimento del Permesso di Ricerca cosiddetto Monte Pallano. Il titolo prevedeva un Programma Lavori per la perforazione di due pozzi direzionali MP1 ed MP2. Con l'approvazione delle Amministrazioni coinvolte, soprattutto per la Compatibilità Ambientale e l'Intesa da parte della Regione Abruzzo con propri Atti Deliberativi richiamati nello stesso Permesso di Ricerca, la Forest CMI procedeva a perforare i due pozzi esplorativi con successo e il riconoscimento da parte di UNMIG del rinvenimento minerario.

Nel Programma Lavori approvato nel Permesso di Ricerca era prevista una lunga Prova di Produzione per almeno due anni per verificare l'areale del giacimento. La Forest CMI ritenne, all'epoca, di disporre dei dati necessari per chiedere direttamente la Concessione e differire la lunga Prova di Produzione a Concessione rilasciata.

Forest CMI S.p.A. nel 2007 ha ripreso il progetto, perforando e testando due pozzi direzionali, Monte Pallano 1 (di seguito MP1) e Monte Pallano 2 (di seguito MP2) in comune di Bomba (CH), con esito minerario positivo, rinvenendo gas naturale in reservoir carbonatico fratturato (i test eseguiti hanno confermato una buona produttività).

Nel febbraio 2008 il Ministero dello Sviluppo Economico ha riconosciuto il rinvenimento di un giacimento di gas nell'ambito del Permesso "MONTE PALLANO" facendo presente alla Soc Forest-CMI che, ai sensi dell'Art. 39, comma 2 del Disciplinare Tipo, approvato con D.M. 6 agosto 1991, avrebbe dovuto provvedere a presentare idonea istanza di concessione di Coltivazione entro un anno dalla data del riconoscimento.

Facendo seguito a questa comunicazione e, dunque, dando seguito a quanto previsto dal Disciplinare Tipo e a quanto richiesto dal MISE, il 20 febbraio 2009, Forest CMI presentava istanza di concessione con il seguente Programma Lavori:

- A. Perforazione del pozzo Monte Pallano 3, a partire dall'area pozzi in Bomba
- B. Costruzione della Centrale di Raccolta e Trattamento gas in un'area adiacente alla postazione dei pozzi Monte Pallano, in comune di Bomba

- C. Costruzione da parte di Snam Rete gas del metanodotto di circa 7.5 km di allacciamento della Centrale di Raccolta e Trattamento gas con la rete di trasporto esistente, in comune di Gessopalena
- D. Messa in produzione del campo con i pozzi Monte Pallano 1, 2 e 3
- E. Successiva perforazione e messa in produzione dei pozzi Monte Pallano 4 e 5.

Il 15 marzo 2010 Forest CMI ha avviato presso la Regione Abruzzo (ente allora competente) il procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale relativo al progetto di sviluppo Colle Santo.

Nel Dicembre 2010 la Direzione Generale delle Dighe del Ministero Infrastrutture e Trasporti, competente per la diga di Bomba insieme al concessionario Acea Electrabel Produzione S.p.A., ha rilasciato il proprio nulla osta al rilascio della concessione mineraria sul presupposto della compatibilità dell'attività estrattiva con la diga esistente, imponendo un stringente Piano di Monitoraggio e riservandosi una serie di misure nel caso emergessero fenomeni non compatibili con la sicurezza dell'invaso, concertate con Acea Electrabel Produzione S.p.A..

Negli anni 2012-2013, la Statunitense Geocomp, per conto di Forest CMI, condusse Studi sulla subsidenza attraverso l'installazione di stazioni GPS con rilevamento di dati con frequenza quadrimestrale. Dai risultati anche la Geocomp non ha mai rilevato pericoli per la stabilità dei luoghi e della Diga. Ma, in assenza di dati da input reali, la Commissione per la VIA, allora preposta, invocò il Principio della Precauzione. Provvedimento rigettato dal TAR del Lazio e ripristinato dal Consiglio di Stato nel 2015.

Nel mese di luglio 2011 il Comitato per gli Idrocarburi (CIRM) del Ministero dello Sviluppo Economico ha approvato a sua volta il progetto di sviluppo Colle Santo, con un quadro prescrittivo imperniato sul Piano di Monitoraggio.

Nel mese di aprile 2012 il Comitato VIA Regionale (CCR-VIA) con giudizio n. 1929 del 10.4.2012 ha espresso parere negativo.

Nel maggio 2012 la Direzione Generale delle Dighe del Ministero Infrastrutture e Trasporti approvava una integrazione al Piano di Monitoraggio disposto nel 2010, confermando quindi il proprio nulla osta.

La società proponente FOREST CMI impugnava dinanzi al TAR Abruzzo il già menzionato giudizio negativo n. 1929/2012; a seguito di apposita ordinanza del TAR Abruzzo (n. 151 del 26.07.2012) si svolgeva un riesame ad esito del quale il CCR-VIA formulava due ulteriori giudizi negativi, n.2139 del 21 febbraio 2013 e n.2315 del 20 novembre 2013.

A conclusione del giudizio, il Tar Abruzzo, con la sentenza n. 229 del 22.05.2014, annullava i predetti giudizi non favorevoli del Comitato VIA ordinando la rinnovazione dell'integrale procedimento.

La Regione Abruzzo ha quindi impugnato la sentenza TAR n.229/2014 innanzi al Consiglio di Stato, il quale con sentenza n.2495 del 18 maggio 2015 ha riformato la sentenza del TAR Abruzzo n.229/2014 e, per l'effetto, rigettato il ricorso di primo grado proposto dalla Forest CMI avverso i giudizi CCR-VIA n. 1929 del 10 aprile 2012, n. 2139 del 21 febbraio 2013 e n. 2315 del 20 novembre 2013.

CMI Energia S.p.A. (nuova denominazione di Forest CMI a seguito di cambio di management e proprietà), subentrata nel 2015, ha presentato il 25 giugno 2016 al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Istanza di avvio della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale per il progetto denominato "Progetto di Sviluppo Concessione Colle Santo" che prevedeva la coltivazione del giacimento di gas naturale "Colle Santo" attraverso:

- A. Costruzione della Centrale di Raccolta e Trattamento all'interno dell'area industriale di Atesa/Paglieta, in comune di Paglieta
- B. Costruzione di una condotta di collegamento tra l'area pozzi e la Centrale, lunga circa 21 km, di diametro nominale pari a 8" (DN200)
- C. Collegamento con la rete Snam già presente nella zona industriale in prossimità della Centrale, in comune di Paglieta
- D. Messa in produzione del giacimento con i due pozzi esistenti Monte Pallano 1 e 2
- E. Perforazione e completamento di due nuovi pozzi di sviluppo Monte Pallano 3 e 4 durante il secondo anno di produzione del campo. I nuovi pozzi sarebbero entrati in produzione a partire dal terzo anno di produzione del campo, e perforati a partire dalla area pozzi esistente, in comune di Bomba.
- F. Eventuale perforazione e completamento di un ulteriore pozzo di sviluppo Monte Pallano 5 durante la vita del giacimento, a partire dall'area pozzi esistente.

Il Ministero della Transizione Ecologica (MITE) Con Decreto n. DM-2021-406 del 06.10.2012 ha espresso giudizio negativo di compatibilità ambientale.

Alla luce di ciò e delle intervenute circostanze normative, come la Transizione Ecologica, la necessità di ridurre le emissioni dei gas serra, il PNRR e il PNIEC, la CMI ritiene di presentare un nuovo Progetto compatibile con la Transizione e il PNIEC, per il quale ha proposto in via preliminare lo Scoping.

Il nuovo progetto di coltivazione si realizzerà all'interno dei limiti amministrativi del Comune di Bomba, fatta eccezione per i tragitti delle autobotti deputate al trasporto del Gas liquefatto e prevede (Figura 19):

1. La messa in produzione dei Pozzi MP1 e MP2

2. La realizzazione dell'impianto Small Scale LNG (destinato alla liquefazione del gas estratto e produzione con stoccaggio in loco di GNL) nell'area adiacente la postazione pozzi MP1 e MP2
3. Il trasporto del GNL tramite autobotti.

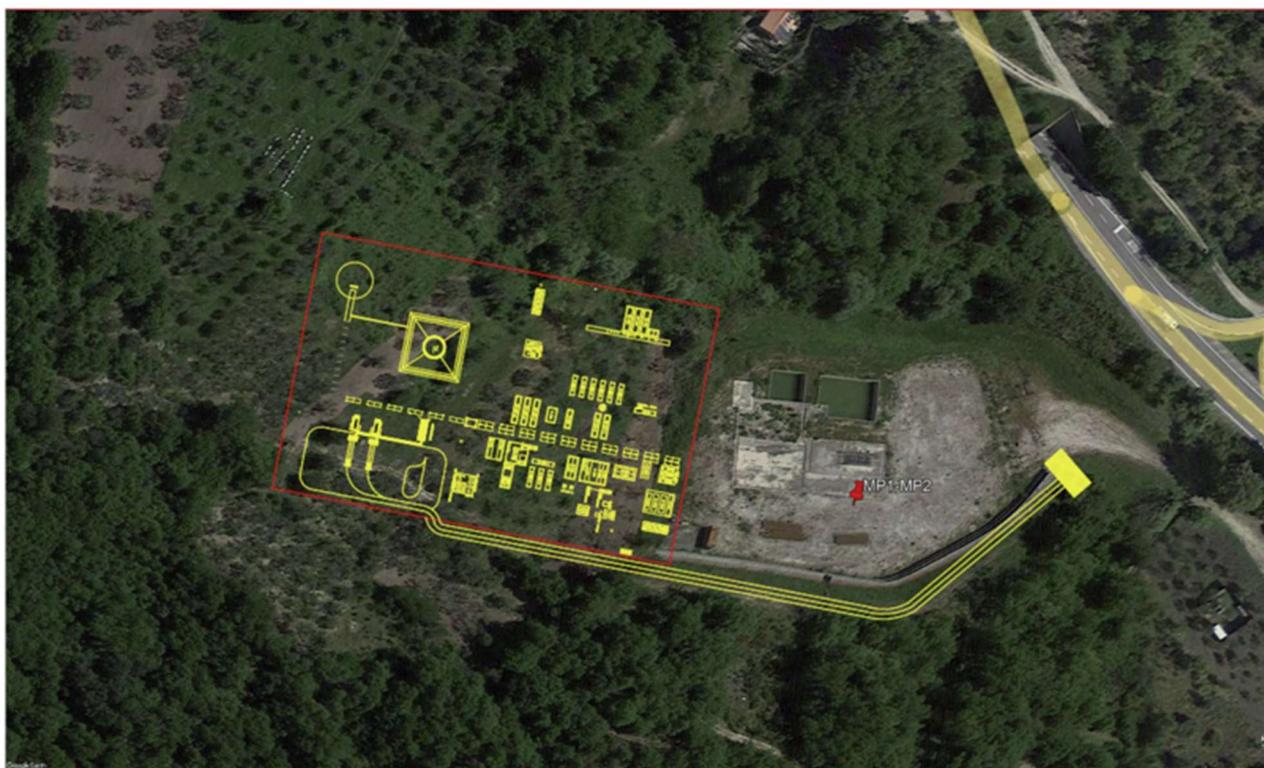


Figura 19 – Layout preliminare dell'impianto Small Scale LNG

Sulla base di questo nuovo progetto di sviluppo sono state presentate, in data 15 giugno 2022, istanze ai sensi dell'Art. 6 Comma 9 e dell'Art. 20 del D.Lgs. 152/2006 e, a seguito della dichiarazione di procedibilità e verifica amministrativa da parte della Direzione Generale per la VIA, in data 11 agosto 2022 è iniziata la valutazione preliminare da parte della Commissione VIA, finalizzata a definire la portata e il livello di dettaglio delle informazioni necessarie da considerare per la redazione dello studio di impatto ambientale.

In data 5 settembre 2022 si è svolta una video-conferenza tra membri della Commissione e rappresentanti del Proponente. A seguito della quale, in considerazione degli argomenti discussi, il Proponente ha richiesto una proroga della procedura in essere per integrare il Documento di Scoping con le presenti informazioni.

Il progetto di sviluppo del campo Colle Santo garantirebbe il 20% circa della produzione nazionale di LNG, che oggi si attesta su 250.000 ton. Quello dell'LNG è, peraltro, un mercato in crescita: per il 2025 si stima un mercato per 450.000 ton.

2 Caratterizzazione geologica e geomorfologica dell'area

2.1 Documenti di riferimento

Il presente paragrafo tiene conto, oltre che del SIA, dei seguenti documenti di approfondimento predisposti dal Proponente CMI:

- a. *A Mosconi – AGIP (1987). Studio fotogeologico sulla stabilità dei versanti nell'area limitrofa al giacimento di Bomba (CH)*
- b. *A. Ercoli GEOMAP (2005). Caratterizzazione geomorfologica dell'area del Permesso di Ricerca "Monte Pallano" (Allegato 7) [Studio geomorfologico]*
- c. *Prof. Massimo Mattei¹, Prof.ssa Sveva Corrado¹, Dott. Giandomenico Fubelli¹, Dott.ssa Sabina Bigi² (2011). Relazione tra geodinamica e morfostruttura e rapporto tra i piani di scollamento profondi e le strutture superficiali delle nuove opere in progetto" [Relazione per Forest CMI S.p.A.]. Roma: Università Roma TRE (1) e Università Roma "La Sapienza" (2)*
- d. *DREAM in collaborazione con il Politecnico di Torino (2016). "CAMPO DI COLLE SANTO - Studio della subsidenza indotta dalla futura produzione del campo" (Allegato 14) [Modello della subsidenza]*
- e. *CMI Energia S.p.A. (2017). "Progetto di sviluppo concessione "Colle Santo", Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale – Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017". Cap. 16 Integrazione nn. 19, 24 e Cap. 18 Integrazione nn. 21,22*
- f. *Tea Engineering (2017). Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – Allegato 5 "Relazione Idrogeologica" [Approfondimento tecnico]*
- g. *Dott. Geol. M. Pellegrini - Tea Engineering (2017). Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – Allegato E "Relazione geologica e sulla sismicità" [Approfondimento tecnico]*
- h. *DREAM (2017). "Campo di Colle Santo - Integrazioni al quadro geologico e sismotettonico (punto 21a)" (Allegato G) [Approfondimento tecnico]*
- i. *STRATA GeoResearch Srl, Spin Off Università Chieti Pescara (2018) "Istanza di Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata COLLE SANTO – Revisione critica e omogenizzazione di elaborati geologici relativi al progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale denominato "Colle Santo", parte della documentazione allegata all'istanza di VIA" [rapporto tecnico]*
- j. *CMI Energia (2018). "Chiarimenti e commenti al documento "Analisi delle criticità" redatto da ISPRA, del 7-3-2018" [Controdeduzioni]*

2.2 Sintesi degli studi pregressi

Il sito in cui sarà realizzato l'impianto Small Scale LNG è stato oggetto di approfondimenti per valutarne in maniera esaustiva le caratteristiche geologiche, strutturali e geomorfologiche: per le analisi aggiuntive ci si è avvalsi di informazioni sulla geologia regionale derivanti da diverse fonti disponibili appartenenti alla bibliografia più recente.

Nel presente paragrafo si riporta una sintesi di tali approfondimenti.

L'area dei pozzi Monte Pallano (MP 1-2) è ubicata nel comune di Bomba, in un settore di media collina posto a quota 320 m s.l.m. lungo il versante ovest che, con una pendenza media di circa il 13%, scende progressivamente dal centro abitato di Bomba verso il fondovalle del F. Sangro. L'esame della cartografia di Figura 20 consente di porre in evidenza la netta distinzione tra i termini che costituiscono questo fianco occidentale del rilievo di Monte Pallano: una porzione inferiore costituita da terreni delle Argille Varicolori (Argille Scagliose delle Unità Sicilidi), ed una unità sovrastante costituita dalle alternanze calcareo-marnose del Flysch di Agnone, su cui a sua volta poggia tettonicamente la formazione del Tufillo, anch'essa appartenente alle Unità Molisane.

L'area risulta caratterizzata da estese coperture detritiche e da sedimenti quaternari, di deposito continentale lacustre e fluviale, che giacciono sul fondo dei principali impluvi all'intorno.

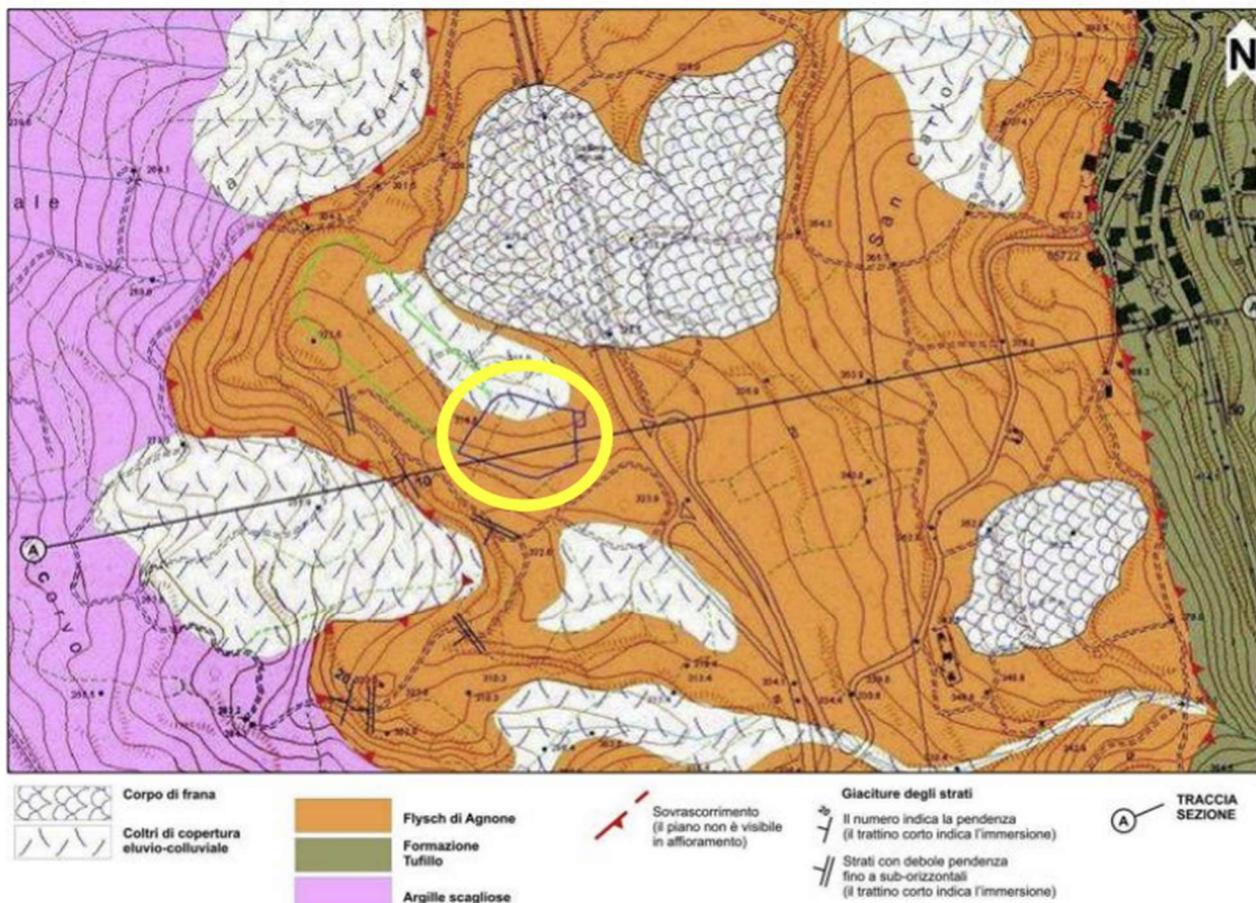


Figura 20 – Assetto geologico dell'area in esame (nel cerchio giallo l'area pozzi MP1 e MP2)

Come riportato nella Relazione geologica sismica, con riferimento all'area in cui sono stati realizzati i pozzi esplorativi e ad un intorno significativo, il quadro geologico evidenzia la sovrapposizione tettonica della Formazione Tufillo (formazione di mare profondo pre-terrigena) sul Flysch di Agnone (unita terrigena bacinale messiniana), entrambe ascritte alle Unità Molisane. Il Flysch di Agnone, a sua volta, è in contatto tettonico con le Argille scagliose delle Unità Sicilidi. Più specificamente l'area dei pozzi è ubicata sulla formazione Flysch di Agnone. L'assetto geologico dell'area è illustrato nella sezione di Figura 21.

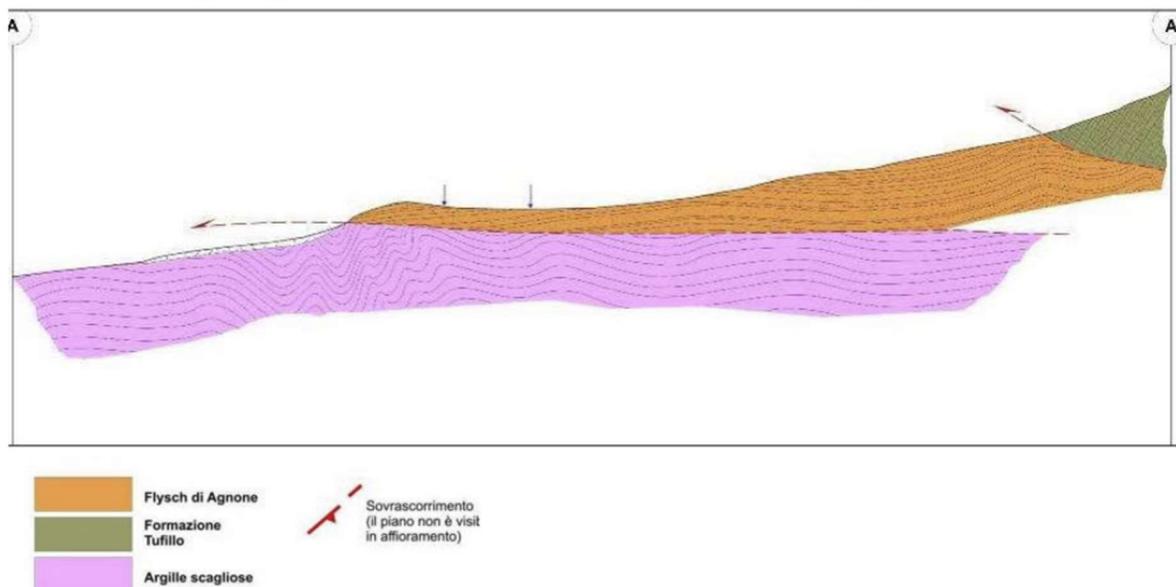


Figura 21 – Sezione geologica

Il versante orientale della valle del F. Sangro, nel settore comprendente il paese di Bomba e il Monte Pallano, è caratterizzato da strutture tettoniche a prevalente andamento meridiano, delimitate da faglie trasversali che ne interrompono la continuità longitudinale (Figura 22). La successione stratigrafica, costituita dalle Argille varicolori, dai carbonati dell'unità litostratigrafica Tufillo e dalle peliti e arenarie del Flysch di Agnone, è generalmente immergente verso i quadranti orientali, con un assetto generale di tipo monoclinico. L'assetto strutturale è tuttavia complicato dalla presenza di un sistema di faglie ad alto angolo, ad andamento N-S, che genera numerose ripetizioni della successione affiorante. Il versante in destra idrografica del Fiume Sangro risulta, come il precedente, interessato da numerosi fenomeni di dissesto (Figura 22).

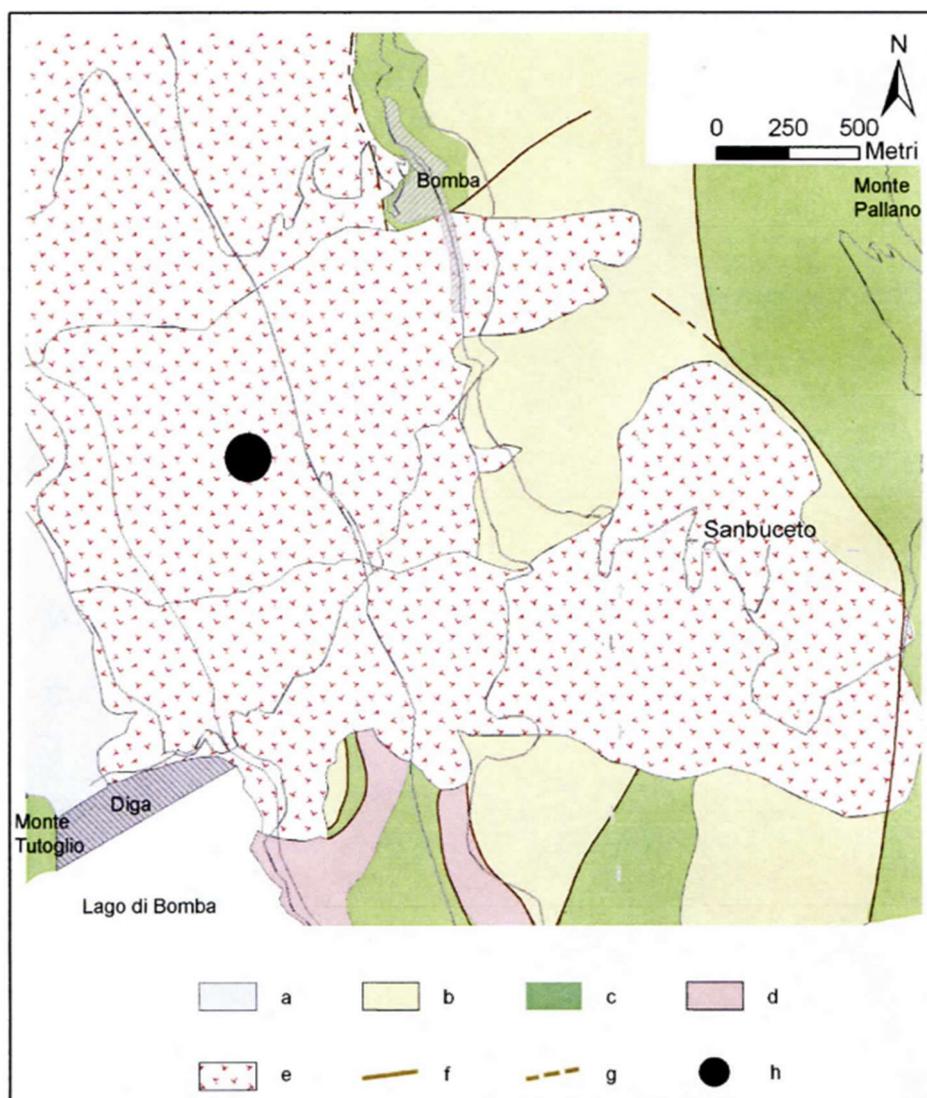


Figura 22 - Schema tettonico dell'area compresa tra Monte Pallano e la spalla destra della diga di Bomba; a) depositi alluvionali recenti; b) unità pelitico-arenacee del Flysch di Agnone; c) unità calcaree e calcareo-marnose della Formazione Tuffillo; d) unità pelitiche delle Argille varicolori; e) dissesto franoso; f) faglia; g) foglia presunta; h) ubicazione indicativa del nuovo impianto

Gli studi prodotti hanno consentito di rivedere criticamente e discutere i diversi modelli proposti in letteratura sull'evoluzione tettonica dell'area e sono stati analizzati in dettaglio i sistemi deformativi che interessano la falda molisana e la struttura apula profonda.

Sono stati, inoltre, descritti in dettaglio i principali sistemi di faglie affioranti nell'area e le loro relazioni con i fenomeni di dissesto ampiamente riconosciuti lungo i versanti della valle del F. Sangro. Le analisi si sono basate, oltre che sulla revisione e discussione critica dei dati esistenti, sui risultati di nuove osservazioni speditive di terreno e sullo studio di foto aeree effettuate nel luglio-agosto 2011 allo scopo specifico di definire le relazioni tra assetto tettonico e caratteri geomorfologici dell'area d'interesse.

Come evidenziato nel rapporto tecnico di STRATA, gli schemi geologici presentati e la letteratura citata mostrano un quadro geologico complesso e dei modelli interpretativi non univoci, sia per le strutture di superficie che per quelle più profonde. Le principali cause della pluralità delle interpretazioni e dei modelli esistenti in letteratura risiedono:

- nella scarsa qualità del dato di sottosuolo,
- nella mancanza di vincoli adeguati per la taratura degli orizzonti sismici in profondità
- nelle diversità dell'approccio allo stile deformativo (scuole di pensiero) a cui fanno riferimento gli autori degli articoli scientifici da cui i modelli derivano.

STRATA evidenzia anche che la scelta del modello geologico-strutturale a scala regionale proposto da Calamita et al. (2009; 2011) appare coerente e che, in ogni caso, il modello "alternativo" di Patacca et al. (2008) non risulterebbe avere implicazioni significative ai fini della costruzione del modello geologico 3D esteso e quindi per la caratterizzazione del comportamento geomeccanico a scala regionale, essendo le principali differenze tra i due modelli associate a strutture esterne all'area del giacimento o profonde.

I lineamenti tettonici individuati all'interno della struttura Casoli-Bomba hanno un diverso coinvolgimento nella costruzione dei modelli geologici 3D statici e dinamici a scala del giacimento e delle successioni limitrofe potenzialmente interessate da variazioni di pressione. Il *back-thrust* t3, riscontrato negli elaborati di CMI Energia, sulla cui presenza la letteratura scientifica è concordante, delimita l'estensione giacimento a O e a SO, mentre il *thrust* t6, presente nei lavori di Calamita e coautori, assente in Patacca et al (2008), esterno al giacimento, è considerato come bordo orientale dell'acquifero limitrofo, ad esso idraulicamente connesso.

Gli studi elaborati hanno approfondito l'analisi geodinamica e morfostrutturale come rapporto tra i piani di scollamento profondi e le strutture superficiali delle opere a suo tempo in progetto. Sono stati analizzati e descritti i rapporti geometrici e cinematici tra i principali elementi tettonici e l'assetto morfostrutturale dell'area, con particolare riguardo ai settori destinati alla messa in opera dei manufatti previsti dal precedente progetto.

2.3 Criticità emerse

Criticità 14 – Caratterizzazione geologica e strutturale

Anche considerando la complessità geologico-strutturale del settore appenninico in esame, si evidenzia che il proponente non ha eseguito i necessari approfondimenti rispetto ai diversi schemi forniti dalla letteratura, di valenza regionale. Inoltre, i lineamenti tettonici presi a riferimento nel modello 3D sviluppato per la modellizzazione della subsidenza sono difficilmente contestualizzabili rispetto ai predetti schemi, mentre sussistono incertezze sulla cinematica degli elementi strutturali (*thrust*) che borderebbero il giacimento minerario, aspetto che pone dubbi sull'attendibilità del modello medesimo

2.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità

Come evidenziato in precedenza, l'approccio conoscitivo adottato per la predisposizione della documentazione di approfondimento delle tematiche geologiche s.l. sarà di tipo sito-specifico e verterà sul rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio delle aree prossime all'area di progetto (partendo da una scala 1:10.000 fino alla scala 1:5.000 per l'area del sito in cui sarà realizzato l'impianto).

Le conoscenze relative alle strutture profonde ed alle relazioni stratigrafiche e tettoniche saranno approfondite a seguito dell'esecuzione di studi geofisici (tomografia sismica o indagini MASW, sismica a riflessione e geoelettrica) da realizzare su due direttrici circa ortogonali (lunghezza pari a circa 1,5 km cad. e profondità di investigazione fino a circa 500 m).

Per quanto concerne il modello di riferimento nella simulazione, si concorda nel ritenere che il settore appenninico in esame sia stato oggetto di modelli interpretativi che non hanno fornito un'interpretazione univoca. Gli approfondimenti proposti non consentiranno di elaborare un nuovo modello strutturale, ma forniranno informazioni puntuali e dati reali, permettendo di verificare in maniera consapevole e ponderata quale o quali modelli già proposti dagli autori possano risultare più congruenti alle osservazioni di campo ed ai risultati delle indagini multiscalari e multidisciplinari da realizzare.

I lineamenti tettonici da prendere a riferimento nel modello 3D per la subsidenza saranno opportunamente contestualizzati rispetto allo schema strutturale regionale saranno superate le incertezze sulla cinematica degli elementi strutturali (*thrust*) utilizzati nel modello.

Sulla base delle informazioni acquisite, saranno realizzate la nuova modellazione relativa al comportamento del giacimento durante le fasi di coltivazione del Campo Colle Santo e la modellazione della subsidenza, utilizzando informazioni reali ed aggiornate (Cap. 8).

3 Caratterizzazione stratigrafica, strutturale e petrografica dell'area

3.1 Documenti di riferimento

Il presente paragrafo tiene conto dei seguenti documenti di approfondimento predisposti dal Proponente CMI:

- a. DREAM in collaborazione con il Politecnico di Torino (2016). *“CAMPO DI COLLE SANTO - Studio della subsidenza indotta dalla futura produzione del campo”* (Allegato 14) [Modello della subsidenza]
- b. Dott. Geol. M. Pellegrini - Tea Engineering (2017). *Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – Allegato E “Relazione geologica e sulla sismicità”* [Approfondimento tecnico]
- c. DREAM s.r.l. (2017). *Campo di Colle Santo -Integrazioni al quadro Geomeccanico (punti 21b e 21c)* [Studio e modellistica].
- d. Tea Engineering (2017). *Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – Allegato 6 “Relazione Geologica e sulla Sismicità”* [Approfondimento tecnico]
- a. Tea Engineering (2017). *Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – Allegato 5 “Relazione Idrogeologica”* [Approfondimento tecnico]
- b. STRATA GeoResearch Srl, Spin Off Università Chieti Pescara (2018) *“Istanza di Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata COLLE SANTO – Revisione critica e omogenizzazione di elaborati geologici relativi al progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale denominato “Colle Santo”, parte della documentazione allegata all’istanza di VIA”* [rapporto tecnico]
- c. CMI Energia (2018). *“Chiarimenti e commenti al documento “Analisi delle criticità” redatto da ISPRA, del 7-3-2018”* [Controdeduzioni]
- d. *“Monte Pallano field – 3d reservoir simulation study”*

3.2 Sintesi degli studi pregressi

Il giacimento di Colle Santo si colloca all'interno dei depositi carbonatici di piattaforma riferiti alle Unità Apulo-Adriatiche deformate dell'Appennino Meridionale. Tali unità, già deformate in regime estensionale durante il Messiniano-Pliocene, sono state successivamente coinvolte negli eventi tettonici appenninici plio-quadernari (Figura 23).

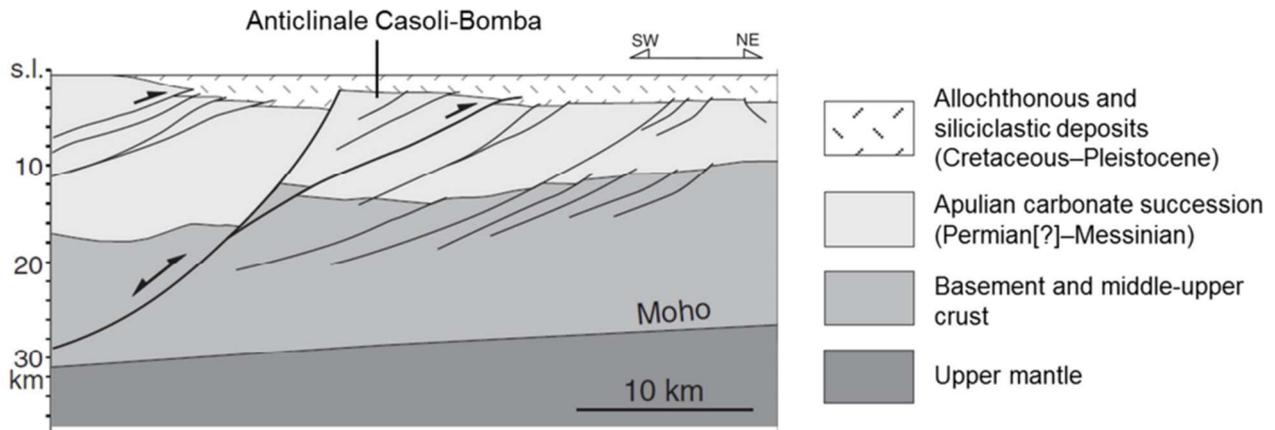


Figura 23 – Sezione geologica derivata dall'interpretazione del profilo sismico CROP11 (modif. da Calamita et al., 2011)

Il giacimento è costituito da una trappola strutturale di tipo anticlinale fagliata verso ovest. Il culmine della struttura è localizzato ad una profondità di circa 1000 m TVDss. La zona circostante al campo è caratterizzata da discontinuità tettoniche che coinvolgono sia le formazioni sottostanti che quelle sovrastanti il giacimento, fino alla successione alloctona. La roccia di copertura che sigilla la mineralizzazione è composta da calcari argilloso-marnosi con spessori di 20-25 m e risulta continua al di sopra di tutto il giacimento. Dal punto di vista litostratigrafico il reservoir rappresenta un intervallo carbonatico di età Cretaceo superiore-Miocene medio-superiore riferibile alla successione indifferenziata di avampaese Apulo (Cretaceo superiore) e alla Formazione Bolognano (Serravalliano-Tortoniano). La roccia di copertura del giacimento (*cap rock*) è costituita da un intervallo di calcare argilloso-marnoso appartenente alla Formazione Bolognano (DREAM, 2012).

Sulla base dell'analisi del dato di pozzo, la successione stratigrafica dell'area è stata suddivisa in 7 unità litostratigrafiche, dall'alto verso il basso stratigrafico (Figura 24):

1. **Depositi marini e alluvioni** (Quaternario-Recente), corrispondenti a sabbie (depositi marini) e sabbie ciottolose-siltose (depositi alluvionali);
2. **Alloctono** (Cretaceo-Miocene), corrispondente a prevalenti marne e marne calcaree (Unità Molisane) e subordinate argille scagliose (Unità sicilidi);
3. **Argille** (Pliocene inf.), corrispondenti a prevalenti argille e argille siltose appartenenti alla Formazione Argille del Santerno;
4. **Evaporiti** (Miocene sup.), corrispondenti a gessi e marne gessose appartenenti alla Formazione Gessoso-solfifera;
5. **Cap Rock** (Miocene medio-sup.), corrispondente a calcari argilloso-marnosi appartenenti alla Formazione Bolognano;
6. **Reservoir** (Cretaceo sup.-Miocene), corrispondente a calcari fratturati (Unità Apulo-Adriatiche deformate) e calcareniti fratturate (Formazione Bolognano);
7. **Calcari** (Cretaceo) corrispondenti alla successione carbonatica indifferenziata di piattaforma (Unità Apulo-Adriatiche deformate).

ETA'	ZONA DI MODELLO	LITOLOGIA	
Quaternario - Recente	Depositi marini e alluvioni	Sabbie e sabbie ciottolose-siltose	Depositi marini e alluvioni
Cretaceo - Miocene	Alloctono	Marne e marne calcaree con subordinate argille	Alloctono
Pliocene inferiore	Argille	Argille prevalenti	Argille
Miocene superiore	Evaporiti	Gessi e anidriti con subordinate marne	Evaporiti
Cretaceo - Miocene	Cap rock	Calcari argilloso - marnosi	Cap rock
	RESERVOIR	Calcari e calcareniti fratturati	////
	Calcari	Calcari	Calcari e calcareniti

Figura 24 – Zonazione stratigrafica dell'area di progetto

Nello studio di DREAM, il modello stratigrafico è stato ricostruito attraverso 22 pozzi (di cui 6 intercettano il giacimento e 16 sono esterni) e sulla base dei modelli a scala regionale. La caratterizzazione petrofisica è stata effettuata dai valori medi per pozzo/livello/reservoir riportati negli studi precedenti e riassunti in una tabella dove per la porosità sono riportati i valori minimo, medio e massimo per livello (Tabella 2)

Tabella 2 – Valori petrofisici utilizzati per la caratterizzazione del giacimento

LIVELLO	Porosità [%]			NTG [%]	S _{wi} [%]
	Min	Media	Max		
A1a	3.1	7.4	10.6	49	20.9
A1b	7.6	10.3	11.8	56	20.9
A2a	6.2	9.3	10.6	52	20.9
A2b	7.7	9.0	9.9	46	20.9
B tight	-	-	-	-	-
C1a	3.9	10.0	12.1	54	20.9
C1b	7.0			57	20.9
C1c	7.6			55	20.9
C tight	-	-	-	-	-
C2	4.3	10.0	11.5	51	20.9

La distribuzione spaziale per porosità è stata realizzata con tecniche geostatistiche nel campo della modellistica statica (*Sequential Gaussian Simulation*), e sono state realizzate sulla base dei parametri variografici e parametri statistici (Figura 25).

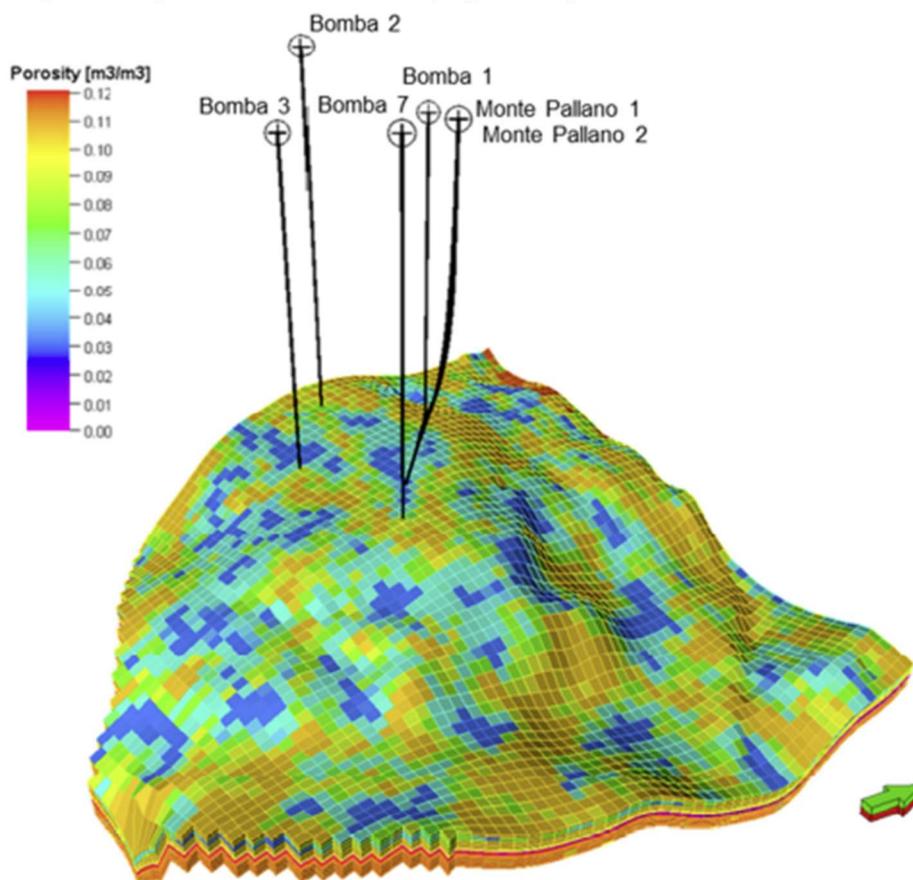


Figura 25 – Distribuzione di porosità del modello 3D (Fonte: Allegato 14)

3.3 Criticità emerse

Criticità 14 – Caratterizzazione geologica e strutturale

Anche considerando la complessità geologico-strutturale del settore appenninico in esame, si evidenzia che il proponente non ha eseguito i necessari approfondimenti rispetto ai diversi schemi forniti dalla letteratura, di valenza regionale. Inoltre, i lineamenti tettonici presi a riferimento nel modello 3D sviluppato per la modellizzazione della subsidenza sono difficilmente contestualizzabili rispetto ai predetti schemi, mentre sussistono incertezze sulla cinematica degli elementi strutturali (*thrust*) che borderebbero il giacimento minerario, aspetto che pone dubbi sull'attendibilità del modello medesimo

Criticità 15 – Caratterizzazione petrografica

... *Omissis* ... nell'Allegato 14 manca qualsiasi accenno alla caratterizzazione delle litofacies dei calcari cretaci serbatoio definiti genericamente come calcari e calcareniti fratturate, né aiuta la stratigrafia dei pozzi perché le descrizioni risultano illeggibili e incomplete ... *Omissis* ...

Le successioni di margine di scarpata sono caratterizzate da una forte variabilità delle litofacies e della loro porosità primaria oltre che dalla presenza di possibili cavità paleocarsiche legate alle fasi di emersione della piattaforma. Tale variabilità doveva essere tenuta in considerazione ... *Omissis* ...

La possibilità di sviluppo di fenomeni di subsidenza innescati da estrazioni in reservoir carbonatici e la loro entità è, soprattutto, funzione del grado di porosità secondaria delle rocce ospiti. Tale porosità è legata essenzialmente al grado di fratturazione delle rocce che, come evidente nelle successioni carbonatiche affioranti, è fortemente variabili in dipendenza del grado di tettonizzazione.

Considerando l'assetto strutturale che si evince dalle figure presentate, la struttura carbonatica dovrebbe risultare molto fratturata, in particolare in corrispondenza delle varie discontinuità tettoniche. Tale anisotropia nella fratturazione viene considerata solo nelle integrazioni e limitatamente alle supposte faglie che bordano il reservoir. ... *Omissis* ...

La caratterizzazione petrofisica del giacimento risulta lacunosa, tenuto conto che è stata sviluppata da dati di letteratura e di 6 perforazioni pregresse e sulla base dello studio "Monte Pallano field - 3d *reservoir simulation study*" che non risulta allegato alla documentazione presentata. Notevoli sono le incertezze, legate in parte alla non caratterizzazione delle litofacies e della loro porosità primaria ma, soprattutto, alla non precisa definizione della porosità secondaria, legata al grado di tettonizzazione che, come evidente dagli schemi geologico- strutturali, è notevole nell'area in esame

Sig. Angelo di Matteo – DVA-2016-0021502 del 30.08.2016

Nella letteratura specialistica sono disponibili diverse sezioni interpretative del sistema *thrust* Maiella-Bomba. I risultati finali possono essere infatti molto diversi in funzione delle assunzioni di base che sono state adottate. Questa variabilità ha implicazioni fondamentali per l'architettura strutturale ed idraulica del giacimento di Bomba

Prof. Francesco Brozzetti – Geologo, università D'Annunzio di Chieti

Sul modello dinamico del giacimento, non è chiaro in base a quale considerazione le faglie con rigetto significativo vadano considerate a trasmissività nulla, mentre è assunta un'alimentazione a scala regionale da parte della Maiella quale meccanismo di ripristino progressivo delle pressioni interstiziali. Considerato anche che le interpretazioni geologico strutturali sono molteplici, e che talune sembrano suggerire un isolamento del giacimento, manca un'adeguata discussione idrogeologica-strutturale per la modellazione dinamica.

3.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità

Gli studi idrogeologici consentiranno di fornire ulteriori dati di input in relazione ai meccanismi di ripristino progressivo e delle pressioni interstiziali necessarie per la predisposizione del modello del giacimento e della subsidenza.

Saranno, inoltre descritte le litofacies dei calcari serbatoio e riproposta la stratigrafia complete di dettaglio dei pozzi anche al fine di verificare la presenza di cavità paleocarsiche legate all'emersione della piattaforma cui le litofacies individuate appartengono.

In particolare, saranno verificati:

- Log di pozzo;
- Misure geoelettriche;
- Stratigrafie dei pozzi e loro proiezioni laterali;
- Caratteristiche petrografiche del giacimento e modalità di migrazione dei fluidi all'interno del giacimento e nel dominio interno di rilevazione;

Gli approfondimenti consentiranno di dettagliare le informazioni relative alla porosità primaria e secondaria.

Ulteriori indicazioni perverranno anche dalla prospezione geofisica e geoelettrica e, analogamente, dagli approfondimenti di superficie che permetteranno di predisporre una carta geomeccanica da sovrapporre agli elementi sismici dell'area.



Le strutture sismogenetiche presenti nell'area di studio e nei contesti limitrofi saranno opportunamente descritte utilizzando i dati bibliografici disponibili: verranno individuate le sorgenti sismogenetiche più significative (anche non necessariamente prossime all'area di studio) ma che fanno comunque risentire localmente l'azione di propagazione dei sismi e saranno valutati gli elementi strutturali che caratterizzano il giacimento minerario (*thrust*). Tali informazioni, insieme all'individuazione di faglie attive adiacenti (entro 3 km) o prossime (entro 15 km) al giacimento e ai dati interferometrici e sismologici disponibili, saranno utilizzate nell'ambito del nuovo modello del giacimento per la valutazione della risposta durante le fasi di coltivazione e del modello geodinamico per le previsioni sulla subsidenza. A partire dalle informazioni fornite dai siti ufficiali sarà valutata, a seguire, l'interferenza, a seguito dello sviluppo del giacimento, con le sorgenti sismogenetiche identificate nelle aree di progetto (*Deep ACTB*) ed in quelle ad esse prossime (*Shallow ACTB*). Si valuterà, inoltre, nell'ambito delle fasi di modellizzazione del giacimento se tale interferenza possa tradursi in una condizione di sismicità indotta o innescata (ved. Capitolo 7).

4 Caratterizzazione idrogeologica del sito

4.1 Documenti di riferimento

Il presente paragrafo tiene conto dei seguenti documenti di approfondimento predisposti dal Proponente CMI:

- a. Prof. Massimo Mattei¹, Prof.ssa Sveva Corrado¹, Dott. Giandomenico Fubelli¹, Dott.ssa Sabina Bigi², *Relazione tra geodinamica e morfostruttura e rapporto tra i piani di scollamento profondi e le strutture superficiali delle nuove opere in progetto* [Relazione per Forest CMI S.p.A.]. Roma: Università Roma TRE (1) e Università Roma “La Sapienza” (2), 2011.
- b. CMI Energia S.p.A. (2017). *“Progetto di sviluppo concessione “Colle Santo”, Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale – Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017”*. Cap. 16 Integrazione nn. 19, 24 e Cap. 18 Integrazione nn. 21,22
- c. STRATA GeoResearch Srl, Spin Off Università Chieti Pescara (2018) *“Istanza di Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata COLLE SANTO – Revisione critica e omogenizzazione di elaborati geologici relativi al progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale denominato “Colle Santo”, parte della documentazione allegata all’istanza di VIA”* [rapporto tecnico]
- d. CMI Energia (2018). *“Chiarimenti e commenti al documento “Analisi delle criticità” redatto da ISPRA, del 7-3-2018”* [Controdeduzioni]

Le analisi svolte hanno consentito di inquadrare da un punto di vista idrogeologico l’area interessata dal progetto.

4.2 Sintesi degli studi pregressi

L’analisi bibliografica sull’assetto idrogeologico ha consentito di individuare, all’interno dei terreni flyschoidi affioranti nel settore del campo pozzi, fenomeni di circolazione idrica; è, tuttavia, da ritenere che tali meccanismi siano modesti e strettamente subordinati alle oscillazioni stagionali.

Le sorgenti più prossime al sito in esame si trovano circa 2 km ad est, in una fascia del M. Pallano posta a maggior quota; corrispondono alle sorgenti di S. Mauro e di Cannella, la cui venuta a giorno è da ricondurre all’infiltrazione di acque meteoriche che percolano nelle fratture dei livelli lapidei flyschoidi andando poi a riemergere generando sorgenti di contatto quando la formazione acquifera viene a contatto con il substrato impermeabile. Oltre a queste emergenze naturali, i punti d’acqua più significativi della zona si trovano a notevole distanza, a partire da circa 3 km più a valle, e sono rappresentati dai pozzi perforati nelle alluvioni del Sangro.

La presenza di una, seppur modesta, circolazione idrica all’interno del flysch è dimostrata anche dalla misura dei livelli di falda eseguita nel corso di una campagna di rilevamento piezometrico effettuata il 02.12.2008 nell’ambito degli studi eseguiti dalla Forest Oli CMI S.p.A. a supporto del SIA presentato nel 2010.

In tale data sono stati ispezionati e misurati, mediante freaticometro, i piezometri che in, fase di cantiere, erano stati ottenuti attrezzando con tubo aperto cinque dei nove sondaggi eseguiti nell'intorno dell'area dei pozzi MP1-2 (Figura 26).

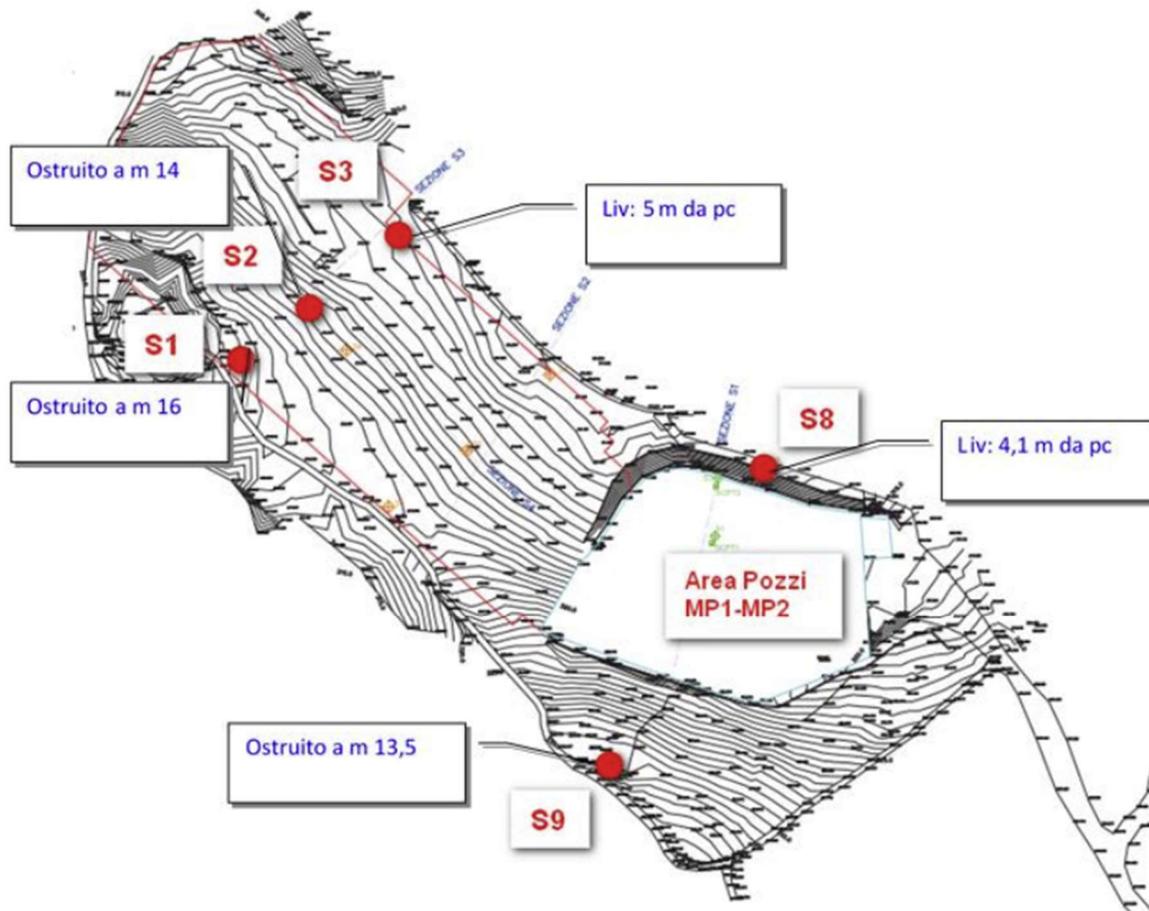
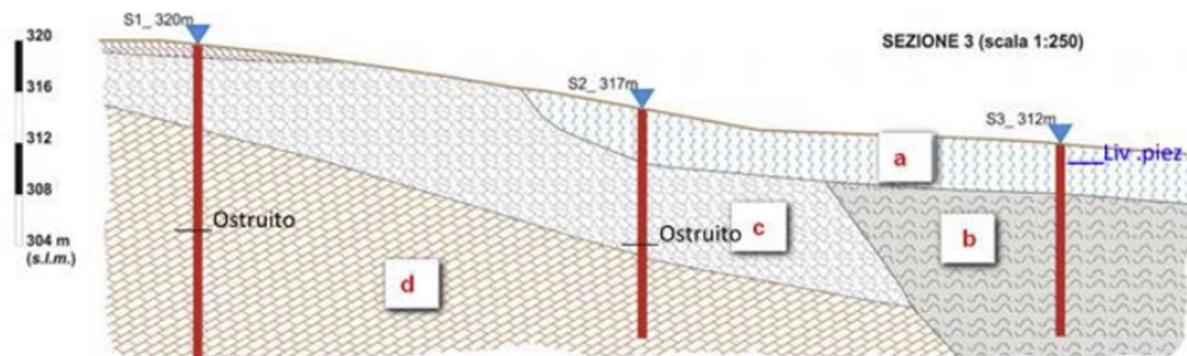


Figura 26 - Ubicazione dei piezometri nell'intorno dell'area di progetto

A quella data non è stato possibile misurare tutti i livelli, in quanto alcuni tubi sono stati trovati ostruiti. In particolare, sono stati rilevate ostruzioni, a profondità comprese tra i 13 ed i 16 m dal piano campagna, in tutti e tre i piezometri perforati nelle arenarie, mentre sono stati misurati livelli piezometrici con soggiacenze rispettivamente pari a 4,1 ed a 5 m nei due piezometri (S8 ed S9) realizzati nelle argilliti/argille (Figura 27).



Legenda:

- a – Argilla limosa brunastra, torbosa, scarsamente compatta
- b – Argilla limosa brunastra, moderatamente compatta
- c – Arenaria in matrice limo-argillosa
- d -- Arenaria biancastra fortemente fratturata

Figura 27 – Sezione idrogeologica

4.3 Criticità emerse

Criticità 16 – Caratterizzazione idrogeologica

Le carenze nella elaborazione del modello strutturale e le relative incertezze si riflettono nel modello idrogeologico, per cui il fenomeno di ripressurizzazione dell'acquifero assunto nella modellizzazione della subsidenza, quale meccanismo di parziale recupero degli abbassamenti del suolo, non appare supportato da elementi oggettivi

Criticità 25 – Franosità e vulnerabilità degli acquiferi

Relativamente alla franosità ed alla vulnerabilità degli acquiferi, a fronte rispettivamente della dichiarata pericolosità Elevata di frana P2 dell'area pozzi e di alcuni tratti del gasdotto e della alta vulnerabilità degli acquiferi in estesi settori attraversati dalla condotta e dall'area della centrale, il proponente non ha presentato gli elaborati previsti dalla norma e comunque necessari, nel contesto territoriale in esame, per valutare le interferenze della fase di cantiere e di esercizio del progetto

Sig. Angelo di Matteo – DVA-2016-0021502 del 30.08.2016

L'istanza non risulta essere corredata da alcuno specifico studio di carattere idrogeologico

Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 30 del 24.01.2018 – DVA – 2018-0001743 del 25.01.2018 e DVA-2018-0001902 del 26.01.2018

Si ribadisce la necessità di ricostruire la circolazione idrica sotterranea e le oscillazioni della falda al fine di verificare le interazioni del progetto.

4.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità

Le attività da svolgere in fase di realizzazione dello studio di VIA, per quanto concerne l'ambito idrogeologico, sono sintetizzabili come segue:

- **Rilievo geologico in chiave idrogeologica del Monte Pallano finalizzato all'individuazione dei limiti idrogeologici della idrostruttura e degli aspetti strutturali di interesse idrogeologico.**
- **Caratterizzazione idrogeologica delle litologie affioranti e produzione della "Carta Idrogeologica"** con informazioni relative a:
 - ✓ Complessi idrogeologici con indicazione del tipo e del grado di permeabilità relativo (valutazione qualitativa);
 - ✓ Sorgenti presenti, con indicazione della portata (storica, medio-annua, rilevata) e relativo utilizzo;
 - ✓ Eventuali pozzi presenti nell'area di studio;
 - ✓ Opere di interesse antropico (ad es. condotte idriche, gallerie, ecc. magari connesse con l'invaso di Bomba);
 - ✓ Elementi di superficie (inghiottitoi, doline);
 - ✓ Tracciamento di curve isopiezometriche all'interno della coltre alluvionale del Fiume Sangro
- **Monitoraggio delle portate sorgive (idrogeologico e idrogeochimico).** Lo scopo del monitoraggio è l'acquisizione di informazioni circa le fasi di ricarica/scarico degli acquiferi principali e le modalità di deflusso delle acque (ad esempio litologie attraversate e tempi di interazione acqua/roccia) utili per elaborare un modello di circolazione idrica sotterranea scientificamente sostenibile e basato su una robusta base di dati.
- **Prove di permeabilità in situ.**
- **Prove di pompaggio sui pozzi presenti da elaborare in regime di non equilibrio ed utili per la determinazione della trasmissività e del coefficiente di immagazzinamento dello/degli acquifero/i (attività eventuale).**

Lo scopo di tale attività è la definizione di importanti parametri idrodinamici (K, T e S) Le attività sopra indicate potrebbero essere integrate, laddove ritenuto utile per la configurazione di un quadro di conoscenze più completo della componente "acqua", da:

- **Bilancio idrologico su base medio-annuo** utilizzando la tecnica del bilancio inverso e funzioni per il calcolo dell'evapotraspirazione reale che tengano in considerazione dell'aspetto vegetazionale dei luoghi. Tale attività consentirebbe di validare il modello di circolazione idrica sotterranea.
- **Prove con traccianti artificiali** (ad. es fluoresceina, tinopal, etc.) da iniettare eventualmente in punti di immissione superficiali, laddove presenti (inghiottitoi), per verificare le caratteristiche della componente del flusso idrico sotterraneo nella frazione più litoidale e fratturata degli acquiferi (quella calcarea e calcareo-marnosa). L'arrivo del tracciante sarà monitorato in continuo attraverso l'utilizzo di fluorocaptori da installare, eventualmente, in associazione a idonei misuratori della portata in corrispondenza delle più importanti emergenze sorgive.
- **Elaborazione della carta della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento dell'acquifero**, in idonea scala di rappresentazione, da redigere con specifiche metodologie che saranno da valutare in relazione con la quantità e con la qualità dei dati acquisiti.



L'approfondimento idrogeologico consentirà di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo al settore in esame, necessario anche per la modellizzazione del giacimento e della subsidenza.

Lo studio geologico e geomorfologico a corredo consentirà, inoltre, di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni presenti che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

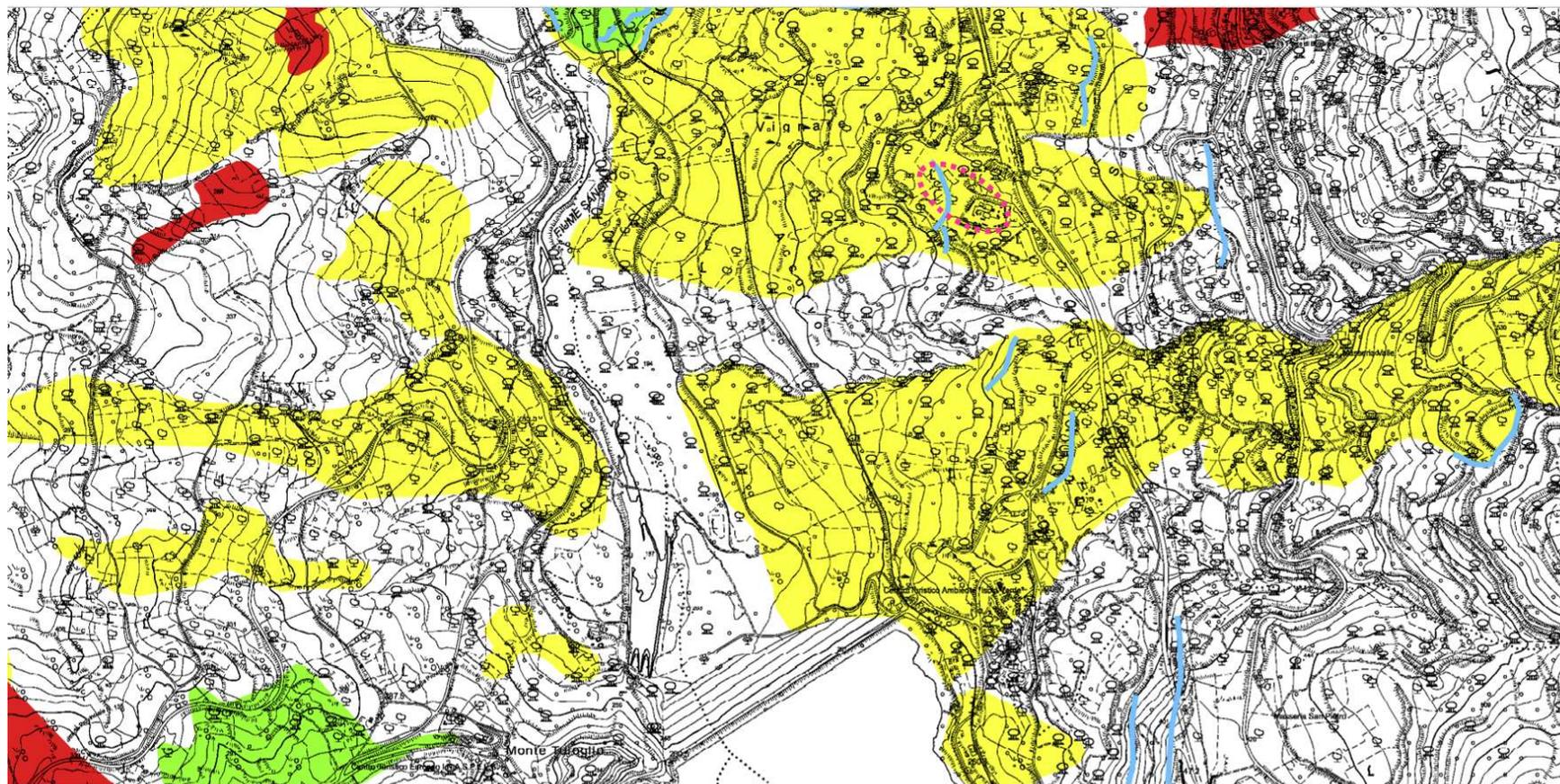
Gli approfondimenti saranno prodotti avvalendosi della consulenza e della supervisione di figure accademiche e di professionisti esperti in materia.

5 Dissesto idrogeologico e presenza di frane sismoindotte

Dal punto di vista geomorfologico, il territorio interessato dal progetto e le aree limitrofe sono caratterizzate dalla presenza di fenomeni gravitativi riconducibili principalmente a:

- corpi di frana di genesi complessa;
- corpi di frana di colamento;
- deformazioni superficiali lente;
- corpo di frana di scorrimento rotazionale

L'area di progetto è all'interno di un corpo di frana individuato nell'ambito della Cartografia del Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Centrale, Tavola 3710 - Scala 1: 25.000). La classe di pericolosità è la P2, Pericolosità elevata, ovvero "*Aree interessate da dissesti con alta possibilità di riattivazione*" ed è la stessa classe di pericolosità in cui ricadono le frane dei territori limitrofi (Figura 28).



CLASSI DI PERICOLOSITA'



P1 PERICOLOSITA' MODERATA
Aree interessate da Dissesti con bassa possibilità di riattivazione.



P3 PERICOLOSITA' MOLTO ELEVATA
Aree interessate da Dissesti in attività o riattivati stagionalmente.



P2 PERICOLOSITA' ELEVATA
Aree interessate da Dissesti con alta possibilità di riattivazione.



PS PERICOLOSITA' DA SCARPATA
Aree interessate da Dissesti generati da Scarpate.



Area di Progetto

Figura 28 – Stralcio della Carta da pericolosità da frana (Fonte: Piano Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico - TAV. 3710)

5.1 Documenti di riferimento

Il presente paragrafo tiene conto dei seguenti documenti di approfondimento predisposti dal Proponente CMI:

- a. A Mosconi – AGIP (1987). *Studio fotogeologico sulla stabilità dei versanti nell'area limitrofa al giacimento di Bomba (CH)*
- b. A. Ercoli GEOMAP (2005). *Caratterizzazione geomorfologica dell'area del Permesso di Ricerca "Monte Pallano" (Allegato 7) [Studio geomorfologico]*
- c. Prof. Massimo Mattei¹, Prof.ssa Sveva Corrado¹, Dott. Giandomenico Fubelli¹, Dott.ssa Sabina Bigi², *Relazione tra geodinamica e morfostruttura e rapporto tra i piani di scollamento profondi e le strutture superficiali delle nuove opere in progetto* [Relazione per Forest CMI S.p.A.]. Roma: Università Roma TRE (1) e Università Roma "La Sapienza" (2), 2011.
- d. CMI Energia S.p.A. (2017). *"Progetto di sviluppo concessione "Colle Santo", Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale – Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017"*. Cap. 16 Integrazione nn. 19, 24 e Cap. 18 Integrazione nn. 21,22
- e. STRATA GeoResearch Srl, Spin Off Università Chieti Pescara (2018) *"Istanza di Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata COLLE SANTO – Revisione critica e omogenizzazione di elaborati geologici relativi al progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale denominato "Colle Santo", parte della documentazione allegata all'istanza di VIA" [rapporto tecnico]*
- f. CMI Energia (2018). *"Chiarimenti e commenti al documento "Analisi delle criticità" redatto da ISPRA, del 7-3-2018" [Controdeduzioni]*

Le analisi svolte hanno consentito di descrivere le caratteristiche geomorfologiche dell'area interessata dal progetto.

5.2 Sintesi degli studi pregressi

Gli studi hanno avuto lo scopo di documentare la situazione geomorfologica esistente nell'area coperta dal permesso in oggetto, specialmente in relazione ai fenomeni dipendenti dall'azione della gravità, di valutare l'evoluzione dei fenomeni avvenuti in tempi passati e di prevederne, per quanto possibile, quella futura, anche in funzione di caratterizzare più in dettaglio una zona particolare ove è previsto di ubicare un pozzo esplorativo.

È stata eseguita anche un'analisi storica, descritta in seguito, basata sull'analisi di quattro riprese aerofotografiche relative ad un periodo di circa 40 anni. I risultati ottenuti dall'indagine sono stati rappresentati su carte tematiche restituite su base topografica IGM al 25.000 (visione d'insieme di tutta l'area) e su uno stralcio di CTR al 5.000 (caratteristiche dei siti interessati). Gli elementi morfologici desunti dall'analisi fotointerpretativa evidenziano che l'area di studio

è stata ed è attualmente interessata da numerosi fenomeni dovuti all'effetto della gravità, in taluni casi anche molto particolari e di vaste proporzioni, dovuti alla costituzione dei terreni, alle loro caratteristiche tecniche, alla situazione strutturale e all'acclività dei versanti (Figura 29).

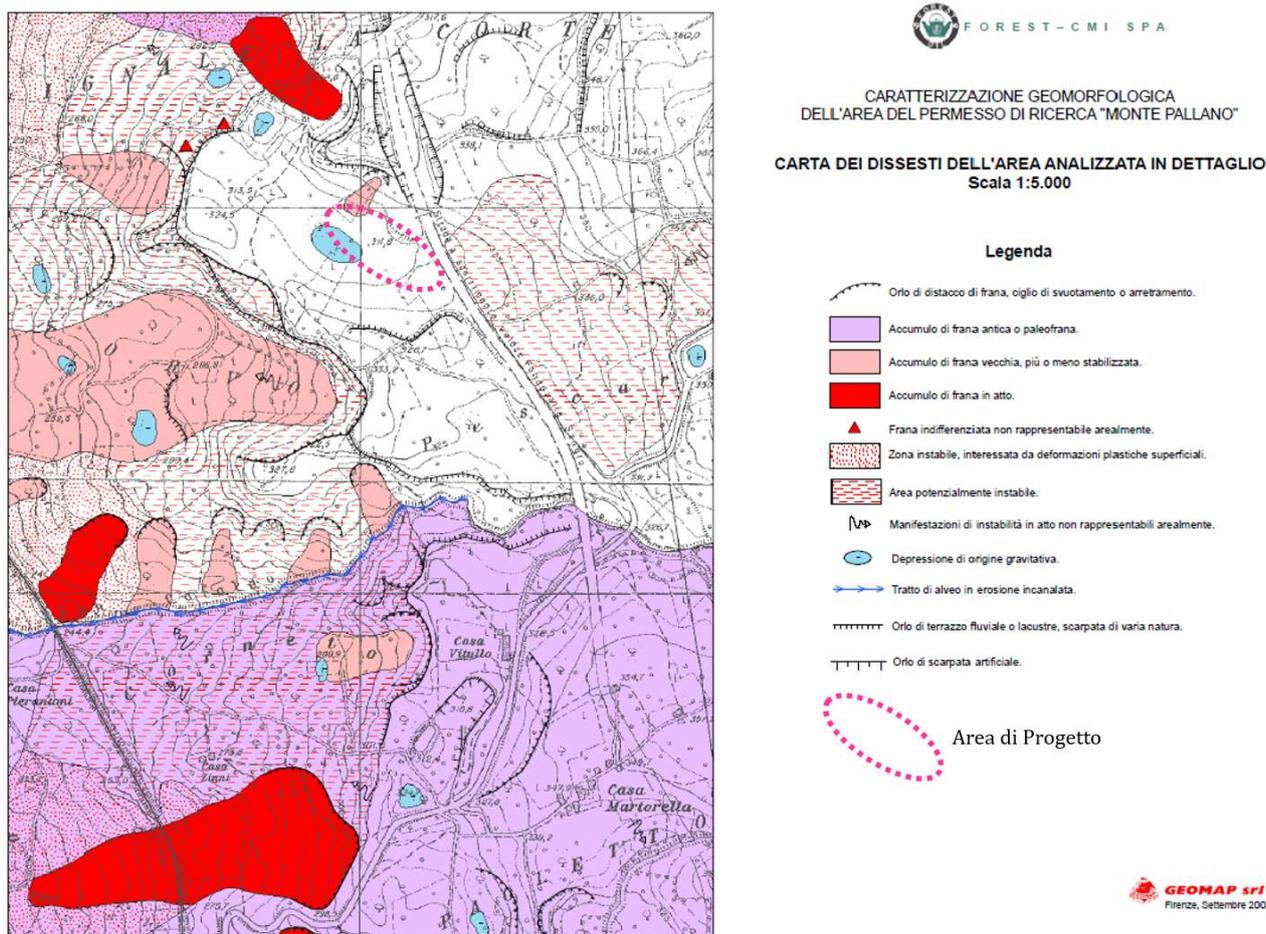


Figura 29 – Carta dei dissesti

Di conseguenza, indipendentemente dalle forme rilevate e dalla loro caratterizzazione, si deve presupporre che quasi ovunque esistono le condizioni favorevoli al verificarsi di riattivazioni parziali o totali nei fenomeni individuati, anche se ritenuti quiescenti, o al verificarsi di nuovi movimenti gravitativi in aree che attualmente sono ritenute abbastanza stabili non presentando particolari sintomi.

Comparando le situazioni documentate dai quattro voli storici è stato rilevato che lo stato di dissesto idrogeologico è in generale relativamente migliorato in questo rappresentativo arco temporale, pur restando identiche le cause che esistono alla base della sua origine, e che in alcune situazioni particolari il miglioramento appare addirittura molto evidente.

Gli approfondimenti realizzati nel corso degli anni hanno consentito di analizzare, inoltre, le relazioni tra assetto tettonico e geodinamico e i caratteri geomorfologici delle aree interessate dalle attività in progetto pervenendo ad una revisione e discussione critica dei dati esistenti a seguito di nuove osservazioni speditive di terreno e sulla base dell'analisi di foto aeree.

Nello studio, condotto nel 2011 dal Dipartimento di Scienze Geologiche dell'università Roma Tre e dall'Università La Sapienza di Roma, è stato possibile pervenire alle seguenti conclusioni (Figura 22):

- 1 L'intera area interessata dal nuovo impianto ed il contesto limitrofo presentano propensione al dissesto per diverse tipologie di frana (scorrimenti rotazionali, colate lente, *lateral spreading* e crolli), con superfici di rottura a diversa profondità e, generalmente, a lenta evoluzione.
- 2 Le superfici di scorrimento di frana non corrispondono alle superfici di contatto tettonico o stratigrafico tra le formazioni presenti, che possono invece talvolta localizzare la corona o i fianchi dei dissesti franosi. A conferma di ciò non sono stati rilevati scorrimenti di tipo planare.
- 3 La presenza di contatti tettonici e di litologie caratterizzate da diversa competenza e permeabilità favorisce la creazione di scarpate ripide, con significativa presenza d'acqua in prossimità dei contatti tra carbonati e depositi pelitici. La concomitanza di questi due fattori predisponenti facilita lo sviluppo di frane in prossimità di tali contatti.

5.3 Criticità emerse

Criticità 25 – Franosità e vulnerabilità degli acquiferi

Relativamente alla franosità ed alla vulnerabilità degli acquiferi, a fronte rispettivamente della dichiarata pericolosità Elevata di frana P2 dell'area pozzi e di alcuni tratti del gasdotto e della alta vulnerabilità degli acquiferi in estesi settori attraversati dalla condotta e dall'area della centrale, il proponente non ha presentato gli elaborati previsti dalla norma e comunque necessari, nel contesto territoriale in esame, per valutare le interferenze della fase di cantiere e di esercizio del progetto

Criticità 21 – Frane sismoindotte

Considerando l'elevata propensione al dissesto delle aree in esame e, fra altri, l'elevata pericolosità di due ampi settori di versante in cui sono ubicati la spalla destra della diga e l'area pozzi, considerando altresì che la massima accelerazione attesa al sito è piuttosto elevata (valori compresi tra 0,100 e 0,175 g), e sussistendo la possibilità che l'area interessata da terremoti forti o moderati, il proponente avrebbe dovuto tener conto di uno degli effetti ambientali cosismici più comuni in aree ad elevata propensione al dissesto gravitativo, ovvero l'innesco di frane sismoindotte

<p>Comune di Atesa: Delibera del Consiglio Comunale n. 48 del 19.08.2016 – DVA – 2016-0021110 del 22.08.2016</p> <p>Comune di Perano: Delibera del Consiglio Comunale n. 52 del 22.08.2016 – DVA – 2016-0021196 del 23.08.2016</p> <p>Comune di Santa Maria Imbaro: Delibera del Consiglio Comunale n. 54 del 23.08.2016 – DVA – 2016-0021269 del 24.08.2016</p> <p>Comune di Paglieta: Delibera del Consiglio Comunale n. 51 del 23.08.2016 – DVA – 2016-0021283 del 24.08.2016</p> <p>Comune di Bomba: Delibera del Consiglio Comunale n. 48 del 19.08.2016 – DVA – 2016-0021411 del 29.08.2016</p> <p>Comune di Altino: Delibera del Consiglio Comunale n. 27 del 25.08.2016 – DVA – 2016-0021412 del 29.08.2016</p> <p>Comune di Roccasalegna: Delibera del Consiglio Comunale n. 26 del 26.08.2016 – DVA – 2016-0021418 del 29.08.2016</p> <p>Comune di Mozzagrogna: Delibera del Consiglio Comunale n. 48 del 25.08.2016 – DVA – 2016-0021422 del 29.08.2016</p> <p>Sig. Ciro Sabatino – DVA -2016-0021117 del 22.08.2016</p> <p>Sig. Daniele Tuse – DVA -2016-0021207 del 23.08.2016</p> <p>Stazione Ornitologica Abruzzese onlus – DVA -2016-0021343 del 25.08.2016</p> <p>Associazione “Nuovo Senso civico” – DVA-2016-0021107 del 22.08.2016 e DVA-2016-0021390 del 29.08.2016</p> <p>Dissesto idrogeologico – I Pozzi sono in area a rischio frana R1 e pericolosità P2 secondo il Piano Stralcio Assetto Idrogeologico ...<i>omissis</i> ...</p> <p>Al riguardo, il progetto rimanda alla fase esecutiva il compimento di studi. Il Proponente ammette che l'estrazione determinerà deformazioni che potrebbero incidere sul precarissimo equilibrio delle frane attive, il cui innesco potrebbe destabilizzare la diga di bomba, contenente 80 milioni di m³ di acqua che si riverserebbero su “l'epicentro industriale dell'Abruzzo, con circa 15.000 abitanti e fabbriche per circa 13.000 operai”</p>
<p>Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 554 del 25.08.2016 – DVA – 2016-0021460 del 29.08.2016 e nota Presidenza Regione DVA-2016-0022213 del 08.09.2016</p> <p>5. Criticità area di intervento – L'intera zona, nella quale si colloca il bacino artificiale con 64 milioni di m³ è a instabilità idrogeologica con frane attive e quiescenti</p>
<p>Comune di Paglieta: Delibera del Consiglio Comunale n. 51 del 23.08.2016 – DVA – 2016-0021283 del 24.08.2016</p> <p>Il Consiglio Comunale, attesa la relazione del Sindaco che ha evidenziato, fra l'altro, il pericolo del cedimento della Diga di Bomba che determinerebbe conseguenze più rilevanti di quelle del Vajont nel 1963, stante il fatto che il progetto non prende in considerazione la situazione idrogeologica</p>
<p>Comune di Archi: Delibera del Consiglio Comunale n. 52 del 22.08.2016 – DVA – 2016-0021435 del 29.08.2016</p> <p>Stabilità pendii area pozzi – Alla destra idrografica del Sangro dove è ubicata l'area pozzi e presente una frana attiva che potrebbe determinare la caduta di materiali nel lago con “Effetto Vajont”</p>

5.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità

A seguito della modifica progettuale, l'area di intervento è stata notevolmente ridotta, rendendo di fatto ipotizzabile un monitoraggio dei fenomeni franosi che la caratterizzano e che interessano i versanti limitrofi.

Per quanto riguarda l'interferenza con le aree caratterizzate da criticità geomorfologica sarà prodotta *ex novo* una carta geomorfologica a scala di dettaglio (fino a 1:5.000 per l'area di intervento) frutto del rilevamento geologico-geomorfologico e i profili necessari alla caratterizzazione delle frane.

Il rilevamento geomorfologico riguarderà una areale più ampio dell'area di intervento (ved. Allegato 1), ricomprendendo anche i versanti in destra e sinistra idrografica del Fiume Sangro e i territori prossimi alla diga (con la restituzione di cartografia alla scala 1:10.000).

Le informazioni fornite dalle indagini geofisiche saranno utilizzate anche per valutare la suscettività all'innescò di frane sismoindotte e realizzarne una carta secondo la metodologia descritta al Par. 1.1.3: tale valutazione consentirà di descrivere uno degli effetti ambientali cosismici più comuni in aree ad elevata propensione al dissesto, ovvero l'innescò di frane sismoindotte.

I territori oggetto di rilevamento saranno, inoltre, caratterizzati per mezzo delle tecniche interferometriche (ved. Par. 1.1.4) che consentiranno sia di effettuare un'analisi storica, sia di monitorare i fenomeni morfologici per un periodo consono.

Gli studi e gli approfondimenti previsti consentiranno di definire geometrie e cinematiche dei singoli corpi di frana ricompresi nell'area di studio ed individuare i contesti caratterizzati da pericolosità per i quali si renderanno doverosi ulteriori approfondimenti necessari a garantire lo svolgimento delle attività di sviluppo in condizioni di sicurezza per il contesto ambientale ed antropico interessati.

Gli approfondimenti saranno prodotti avvalendosi della consulenza e della supervisione di figure accademiche e di professionisti con comprovata esperienza in materia.

CMI Energia ha, inoltre, già proposto un Piano di Monitoraggio dei movimenti del suolo allegandolo all'istanza ai sensi dell'art. 20, d.lgs. n. 152/2006 presentata al MITE (Allegato 8).

6 Relazione geotecnica, quadro geomeccanico e liquefazione

6.1 Documenti di riferimento

Il presente paragrafo tiene conto dei seguenti documenti di approfondimento predisposti dal Proponente CMI:

- e. GeoMap Srl (2005) “Caratterizzazione geomorfologica dell'Area del Permesso di ricerca Monte Pallano” [rapporto tecnico]
- f. Dott. Geol. M. Pellegrini - Tea Engineering (2017). *Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – Allegato D “Relazione Idrogeologica”* [Approfondimento tecnico]
- g. Tea Engineering (2017). *Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – Allegato E “Relazione Geologica e sulla Sismicità”* [Approfondimento tecnico]
- h. STRATA GeoResearch Srl, Spin Off Università Chieti Pescara (2018) “Istanza di Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata COLLE SANTO – Revisione critica e omogenizzazione di elaborati geologici relativi al progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale denominato “Colle Santo”, parte della documentazione allegata all’istanza di VIA” [rapporto tecnico]
- i. CMI Energia (2018). “Chiarimenti e commenti al documento “Analisi delle criticità” redatto da ISPRA, del 7-3-2018” [Controdeduzioni]

6.2 Sintesi degli studi pregressi

Le analisi contenute nella relazione tecnica di approfondimento di Tea Engineering hanno consentito di approfondire gli aspetti relativi agli elementi che sostanzialmente incidono sulla pericolosità sismica locale, ovvero le caratteristiche sismiche e le caratteristiche geologiche, morfologiche e geotecniche del territorio di riferimento.

Le caratteristiche sismiche, che afferiscono alla “pericolosità sismica di base”, dipendono dalla presenza e distanza dalle sorgenti sismiche attive, dall’energia e dal tipo dei terremoti nonché dalla frequenza degli eventi.

Le altre caratteristiche possono influenzare notevolmente gli effetti dell’evento sismico in superficie e costituiscono appunto gli elementi predisponenti al verificarsi dei fenomeni di amplificazione o di instabilità del suolo (cedimenti, frane, liquefazione). Questi aspetti afferiscono alla “pericolosità sismica locale”.

In riferimento all’area interessata dagli interventi, tra le sorgenti sismogenetiche più significative presenti in zona, appare abbastanza significativa in particolar modo il Deep Abruzzo Citeriore Basal Thrust il cui allineamento non è molto distante dalla zona del campo pozzi e dall’impianto Small Scale LNG. Questa struttura si sviluppa a cavallo del massiccio della Maiella, sul versante sud-orientale dell’Appennino centrale. La minima e massima profondità sono ricostruite su dati geologici e sismologici (rispettivamente 8.0 e 18.0 km – Lavecchia, de

Nardis 2009). Il tasso di scorrimento è stimato variabile da 0,1 a 0,5 mm/anno. La massima magnitudine è basata su dati relativi ai sismi più forti sull'area (Mw 6.8).

Tramite la sovrapposizione delle informazioni geomorfologiche disponibili, estrapolate dallo studio di GeoMap del 2005, è stato possibile definire degli scenari di pericolosità locale sulla base dei quali redigere la carta della pericolosità sismica locale in cui sono rappresentate le aree per le quali è prevista una risposta sismica omogenea, ovvero definire le zone ove sono da escludersi fenomeni di amplificazione locale dovuti a dissesti idrogeologici. L'insieme dei dati a disposizione permette un'analisi in tal senso, della zona del campo pozzi e alle aree adiacenti dove, secondo il nuovo progetto, è prevista la realizzazione dell'impianto di trattamento gas. L'esame dell'elaborato grafico, di cui si riporta una copia nella sottostante Figura 30, mostra in corrispondenza delle aree di progetto la sostanziale assenza di elementi in grado di generare fenomeni di amplificazione o di instabilità del suolo; diversamente le aree limitrofe si caratterizzano per la presenza di versanti interessati da fenomeni gravitativi attivi (P1/a), quiescenti (P1/b) o potenzialmente franosi (P1/c) per i quali un evento sismico potrebbe costituire un probabile innesco per la riattivazione dei fenomeni esistenti o l'attivazione di nuovi fenomeni come nel caso del versante immediatamente ad est dell'area pozzi.

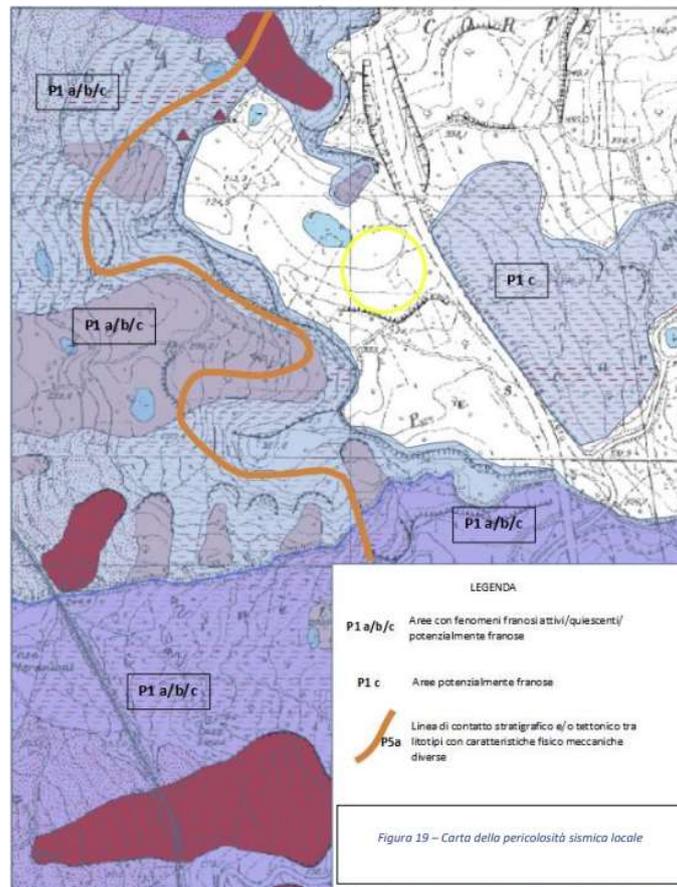


Figura 30 – Carta delle pericolosità sismica locale

Altri fenomeni di amplificazione locale che possono influenzare le caratteristiche dell'evento sismico in superficie sono l'instabilità per cedimenti e/o liquefazioni. Gli scenari che fanno riferimento a questo tipo di fenomeni sono da ricondurre a zone caratterizzate da terreni di fondazione particolarmente scadenti dal punto di vista geotecnico/geomeccanico, quali depositi altamente compressibili, zone con depositi granulari fini e saturi, zone caratterizzate da coltri di terreni di riporto o che hanno subito riempimenti antropici.

In tal senso, nella relazione tecnica di approfondimento di Tea Engineering si riportano in forma sintetica i risultati di indagini geognostiche pregresse realizzate presso l'area dei pozzi e quella adiacente dove, secondo il nuovo progetto, è prevista la realizzazione dell'impianto di trattamento gas.

Le indagini, finalizzate alla ricostruzione stratigrafica dei primi 25-30 m da p.c., sono consistite nella realizzazione di n. 9 sondaggi, due dei quali presso l'area dei pozzi mentre i restanti sette nell'area contigua.

La ricostruzione lito-stratigrafica indica per l'area del campo pozzi la presenza di formazioni di arenarie biancastre con vario grado di fratturazione e argille limose più o meno compatte intervallate da livelletti arenacei nell'area contigua.

Nell'ambito di tali indagini sono stati realizzati n° 3 down-hole, l'interpretazione dei dati ha permesso di evidenziare le caratteristiche sismo-stratigrafiche delle formazioni attraversate, di definirne i moduli elastici e di caratterizzare il sito alla luce dell'O.P.C.M. n° 3274 e s.m.i.

Estrapolando i dati emersi dalle indagini sismiche, la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio è $VS_{30} = 200-270$ m/s corrispondente alla categoria di suolo di tipo C, ovvero depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Lo studio riporta anche, in forma discorsiva, gli esiti delle analisi granulometriche realizzate a partire dai campioni raccolti durante i sondaggi, che evidenziano la presenza di terreni con componente sabbiosa compresa tra 1 e 20% e una frazione argillosa mediamente compresa tra 50% e 80%, ritenendo del tutto improbabile che tali depositi, in virtù della loro granulometria argilloso-limosa, possano dare luogo a fenomeni di liquefazione.

L'altra condizione fondamentale che determina il verificarsi del fenomeno di liquefazione è la presenza acqua nel sottosuolo ovvero la presenza di depositi granulari fini saturi.

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga, 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di

un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Nella relazione idrogeologica di approfondimento redatta da Dott. Geol. M. Pellegrini - Tea Engineering (2017), oltre a delle considerazioni di carattere generale sulle proprietà idrogeologiche delle formazioni presenti nell'area di studio e nel suo intorno, si forniscono riscontri oggettivi circa la presenza di una falda superficiale (4-5 m), seppur modesta, nella formazione del Flysch di Agnone presente in corrispondenza delle aree di interesse.

Lo studio, inoltre, mette in luce come i piezometri installati nelle arenarie, tre dei cinque totali, risultino ostruiti grossomodo alla stessa profondità, quest'ultimo aspetto, come anche la ricostruzione della superficie piezometrica, risultano certamente meritevoli di ulteriore approfondimento.

In linea generale, le considerazioni sugli aspetti riguardanti la risposta sismica locale, pur necessitando di ulteriori indagini volte a confermare e implementare le assunzioni finora presentate, alla luce della rimodulazione del progetto che vede notevolmente ridotta l'area interessata dagli interventi, appaiono meno lacunosi rispetto al passato.

6.3 Criticità emerse

Criticità 24 – Risposta sismica locale

Il proponente non ha implementato in sede di progetto definitivo il richiesto piano di indagini per la valutazione dei fenomeni di liquefazione, né ha predisposto la relazione geotecnica e geomeccanica e la relazione sismica sulle strutture richieste dalla vigente normativa in questa fase progettuale, approfondimenti che rimanda alla fase di progettazione esecutiva. Le considerazioni espressamente riferite alla risposta sismica locale sono circoscritte solamente all'area pozzi e ad un piccolo intorno.

[Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 554 del 25.08.2016 – DVA – 2016-0021460 del 29.08.2016 e nota Presidenza Regione DVA-2016-0022213 del 08.09.2016](#)

11. Impatti sulle acque sotterranee – Il SIA cita i risultati di uno studio idrogeologico che non risulta allegato, così come manca “una relazione geologica sito-specifica contenente indagini geognostiche” necessaria per definire le caratteristiche locali del sottosuolo e valutare le interferenze derivanti dalle opere.

[Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 30 del 24.01.2018 – DVA – 2018-0001743 del 25.01.2018 e DVA-2018-0001902 del 26.01.2018](#)

Il proponente si riserva di produrre in fase di progettazione esecutiva la relazione geotecnica e geomeccanica e la relazione sismica delle strutture, come pure il piano di indagini per la valutazione della liquefazione, anche questo rimandato alla progettazione esecutiva

6.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità

Come evidenziato nella Criticità 24, le considerazioni espressamente riferite alla risposta sismica locale sono già circoscritte all'area pozzi e ad un piccolo intorno della stessa. Il nuovo progetto di sviluppo del Campo Colle Santo, per l'area dell'impianto contigua all'area pozzi già esistente, prevede una serie di indagini utili per ricavare gli input necessari per la redazione dei documenti citati. Le considerazioni espressamente riferite alla risposta sismica locale per l'area pozzi e le aree circostanti, saranno completate con il piano di indagini e prove geotecniche necessari per la predisposizione della relazione geotecnica e geomeccanica di dettaglio, la relazione sismica sulle strutture e gli studi sulla liquefazione. Le stesse saranno estese anche alle aree ed ai versanti prossimi alla Diga di Bomba con particolare attenzione per il versante destro della stessa.

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto possono essere condotte una serie di analisi qualitative basate sulle procedure dettate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

Qualora necessario, saranno realizzate apposite indagini di sito e di laboratorio per una più accurata caratterizzazione dei terreni in esame, in modo da contestualizzare e dettagliare le analisi di liquefazione dinamica; tra i dati di input particolare rilievo riveste il livello piezometrico, come richiesto dalla normativa, per cui non si può prescindere dalla realizzazione di un accurato monitoraggio piezometrico delle aree maggiormente suscettibili alla liquefazione.

7 Strutture sismotettoniche e sismicità indotta e innescata

7.1 Documenti di riferimento

Il presente paragrafo tiene conto dei seguenti documenti di approfondimento predisposti dal Proponente CMI:

- a. DREAM in collaborazione con il Politecnico di Torino (2016). *“CAMPO DI COLLE SANTO - Studio della subsidenza indotta dalla futura produzione del campo”* (Allegato 14) [Modello della subsidenza]
- b. Tea Engineering (2017). *Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – Allegato D “Relazione Geologica e sulla Sismicità”*
- c. Tea Engineering (2017). *Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 – “Relazione Geologica e sulla Sismicità”* (Allegato E) [Approfondimento tecnico]
- d. CMI Energia (2017) *“Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017 Predisposizione di una rete di monitoraggio microsismico nell’area del giacimento di Colle Santo”* (Allegato F) [Descrizione rete di monitoraggio]
- e. DREAM (2017). *“Campo di Colle Santo - Integrazioni al quadro geologico e sismotettonico (punto 21a)”* (Allegato G) [Approfondimento tecnico]
- f. STRATA GeoResearch Srl, Spin Off Università Chieti Pescara (2018) *“Istanza di Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata COLLE SANTO – Revisione critica e omogenizzazione di elaborati geologici relativi al progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale denominato “Colle Santo”, parte della documentazione allegata all’istanza di VIA”* [rapporto tecnico]
- g. CMI Energia (2018). *“Chiarimenti e commenti al documento “Analisi delle criticità” redatto da ISPRA, del 7-3-2018”* [Controdeduzioni]

7.2 Sintesi degli studi pregressi

Negli approfondimenti prodotti, vengono individuate le sorgenti sismogenetiche più significative.

Con riferimento all’area interessata dagli interventi, appaiono abbastanza significative in particolar modo le seguenti sorgenti sismogenetiche composite (Figura 31):

- **Deep Abruzzo Citeriore Basal Thrust (DISS id-ITCS078)** (di seguito Deep ACTB)
Importante thrust fault a basso angolo immergente verso SO. Questa struttura si sviluppa a cavallo del massiccio della Maiella, sul versante sud-orientale dell’Appennino centrale. Questa sorgente di fatto rappresenta l’estensione verso sud del fronte sismogenetico profondo compressivo della fascia pedeappenninica marchigiana. La minima e massima profondità sono ricostruite su dati geologici e sismologici (rispettivamente 8.0 e 18.0 km – Lavecchia, de Nardis 2009). Il tasso di scorrimento è

stimato variabile da 0,1 a 0,5 mm/anno. La massima magnitudine è basata su dati relativi ai sismi più forti sull'area (Mw 6.8).

- **Shallow Abruzzo Citeriore Basal Thrust (DISS id-ITCS079)** (di seguito Shallow ACTB)

Faglia inversa a basso angolo immergente verso SO. Si colloca tra il bordo esterno del Massiccio della Maiella e le strutture costiere. Testimonia i movimenti orogenici compressivi verso Est. La minima e massima profondità sono ricostruite su dati geologici e sismologici (rispettivamente 3.0 e 8.0 km – Lavecchia, de Nardis 2009). Il tasso di scorrimento è stimato variabile da 0,1 a 0,5 mm/anno. La massima magnitudine è basata su dati relativi ai sismi più forti sull'area (Mw 5.6)

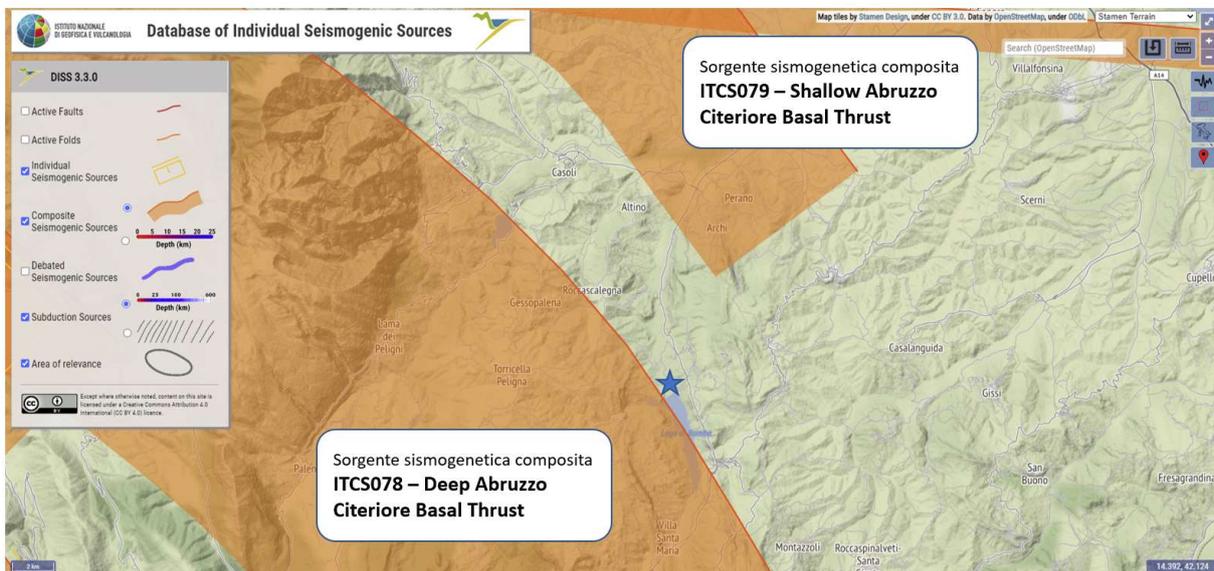


Figura 31 –Strutture sismogenetiche prossime all'area di progetto (Fonte: <https://diss.ingv.it/diss330/dissmap.html>). La stella azzurra indica l'ubicazione di massima dell'area di studio

Nel database DISS il sistema Deep ACBT viene ritenuto responsabile della formazione dell'anticlinale Casoli-Bomba circa 18 km a sud dell'anticlinale della Maiella. Inoltre, viene suggerito che il terremoto del 1706 (M 6.8) sia stato generato in parte proprio da questo sistema composito. La causa del terremoto del 1933 (M 6) è invece ricondotta ad una rottura più superficiale, mentre il secondo sistema composito *Shallow ACTB* è ritenuto responsabile del terremoto del 1881 (M 5.6) nella zona del Chietino.

Vengono poi richiamate i dati disponibili sul database del progetto ITHACA: la verifica non ha evidenziato la presenza di strutture nel raggio di 15 km dalla zona del giacimento.

La sismicità dell'area, per quanto riguarda il dato storico, è stata valutata tramite la consultazione del CPTI15 Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Rovida et al., 2016) e del DBMI15 Database Macrosismico Italiano (Locati et al., 2016). Dalla ricerca è emerso che i terremoti con magnitudo (M) più alta tra quelli estratti dai cataloghi sono quelli del 1706 (M

6.84) e del 1933 (M 5.9) con epicentro nella zona della Maiella. L'intensità del terremoto del 1706 nel comune di Bomba è risultata compresa tra 7-8 mentre nel caso del terremoto del 1933 è stata calcolata una intensità pari a 6.

La sismicità strumentale è stata valutata attraverso l'analisi del database ISIDE (*Italian Seismological Instrumental Database*) che contiene i dati parametrici di tutti i terremoti localizzati dalla sala di sorveglianza sismica dell'INGV di Roma. Si tratta di centinaia di migliaia di eventi avvenuti tra il 1° gennaio 1985 ed oggi.

Si osserva che la zona nell'intorno del giacimento è caratterizzata da un limitato numero di terremoti registrati con magnitudo (M) compresa tra 2 e 4 e profondità variabile da 5 km a 25 km. La sismicità più elevata nella zona dell'Appennino centrale è concentrata nella zona lungo la catena stessa ed è associata a importanti sequenze sismiche (e.g. Isernia 1984, Campobasso 2002, L'Aquila, 2009, Amatrice 2016).

Infine, sono stati illustrati i dati del principale strumento di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici".

Le zone legate all'area interessata dagli interventi sono le zone 918 e 923. Le magnitudo massime attese per queste due zone sono $M_w = 6.37$ zona 918 (medio Marchigiana/Abruzzese) e $M_w = 7.06$ zona 923 (Appennino abruzzese).

Sulla base di tali zonazioni, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica. Con riferimento all'area di interesse (Comune di Bomba) i valori di pericolosità sismica espressi in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni sono compresi tra 0.125 e 0.175 g.

Per ciò che riguarda la tematica della sismicità innescata, sono state chiaramente individuate le attività antropiche che, attraverso i loro meccanismi perturbativi lungo le faglie attive, costituiscono un potenziale innesco di eventi sismici che si sarebbero comunque verificati naturalmente perché alimentati da forze tettoniche già presenti prima della perturbazione antropica. I meccanismi invocati per tenere conto della sismicità "stimolata", includono principalmente i cambiamenti di stress dovuti a variazioni di volume di fluidi iniettati, quindi ai carichi applicati, e aumento della pressione di poro lungo la superficie di faglia (Foulger et al., 2018).

Lo studio, dopo aver individuato i meccanismi, pone in evidenza il fatto che, come ulteriore elemento discriminante, ci sia il dimensionamento delle forze in gioco, strettamente correlato alla dimensione dei giacimenti, del loro volume e delle relative portate di iniezione o di estrazione. Infatti, tutti gli esempi citati sono riferiti a giacimenti di diversi ordini di grandezza più grandi di quelli italiani o che sviluppano tecniche di estrazione diverse da quelle applicate in Italia (es. *high volume-high pressure hydraulic fracking*).

Come definito da Scrocca (2014), “Nei limiti dell’errore nelle localizzazioni epicentrali e della completezza dei database sismologici disponibili, per i principali giacimenti italiani si hanno scarse evidenze di sismicità stimolata chiaramente attribuibile alle attività estrattive”. Inoltre, da un punto di vista qualitativo, è necessario evidenziare che la probabilità di eventi sismici “stimolati” in Italia decresce, rispetto a casi anche conosciuti nel mondo, per i seguenti motivi:

- Assenza di applicazioni di attività di fratturazione idraulica a elevate pressioni ed elevati volumi (*frackings.s.*) per assenza di spessori significativamente economici di “*shale gas*”
- Recupero secondario con iniezione di grandi volumi di acqua non effettuato;
- Per lo sviluppo di significativi effetti poroelastici risulta necessario avere reservoir di porosità elevata e litologie compattabili, in contesti eventualmente associati a presenza di faglie preesistenti, con presenza di formazioni incassanti rigide. In generale, tali condizioni sono assenti nei principali reservoir italiani e in particolare sono assenti nel contesto in cui si sviluppa il reservoir di Colle Santo.
- Per lo sviluppo di significativi effetti dovuti a disequilibrio isostatico, risulta necessario avere giacimenti di dimensioni significative, non presenti in Italia

Come ulteriore argomentazione, sono state illustrate le conclusioni del rapporto ICHESE redatto nel 2014 dall’omonima commissione, istituita a seguito degli eventi sismici in Emilia del 2012 con l’obiettivo di stabilire eventuali correlazioni fra la generazione di quegli eventi sismici e le attività di estrazione/re-iniezione di fluidi dal sottosuolo.

Lo studio conclude anche affermando che “L’esame esaustivo di tutta la letteratura disponibile mostra che la discriminazione tra terremoti naturali e terremoti innescati/indotti è un problema difficile e al momento non dispone di una soluzione affidabile e pronta all’uso”.

Per ciò che concerne la realizzazione della rete di monitoraggio microsismico, nell’allegato F delle integrazioni al VIA presentate nel 2017 viene presentato uno studio di prefattibilità per la predisposizione di una rete di monitoraggio microsismico nell’area del giacimento di Colle Santo. Il rapporto è stato redatto secondo le linee guida del Ministero dello Sviluppo Economico (MISE-DGS-UNMIG, 2014) e dell’esistente piano di monitoraggio (Acea Electrabel Produzione S.p.A., 2010) già approvato dal Ministero delle Infrastrutture (Prot. 0013981- 21/12/2010).”

Nello specifico sono stati valutati i seguenti aspetti:

- Numero e posizione delle stazioni di superficie esistenti appartenenti alla rete nazionale, regionale e locale.
- Individuazione di aree per la possibile ubicazione di stazioni di superficie aggiuntive sulla base delle linee guida fornite dal MISE e dell’esistente piano di monitoraggio.

- Ottimizzazione delle aree per la possibile ubicazione di stazioni di superficie addizionali sulla base della distanza da eventuali faglie attive, sorgenti di rumore antropogenico, accessibilità alle reti elettrica e stradale.
- Valutazione dell'installazione di geofoni anche in pozzo nell'eventualità che la copertura fornita dalla rete di superficie non sia sufficiente.

Inoltre, vengono presentate, ad integrazione dello studio, le seguenti indicazioni:

- Criteri per l'individuazione delle caratteristiche delle eventuali sorgenti sismiche.
- Suggerimenti per l'individuazione dei livelli di soglia del rumore allo scopo di poter determinare la minima magnitudo degli eventi localizzabili.
- Procedura tipo per l'esecuzione di simulazioni numeriche con dati sintetici al fine di stimare l'ampiezza dell'onda sismica attesa ai punti di misura.

7.3 Criticità emerse

Criticità 19 – Strutture sismogenetiche e faglie capaci

A seguito delle integrazioni fornite a novembre 2017, emerge con maggiore chiarezza che i pozzi esistenti e in progetto del sito di Monte Pallano risultino ubicati a distanze indicative dell'ordine di meno di 10 km dalla sorgente sismogenetica ITCS078 - *Deep Abruzzo Citeriore Basal Thrust* (ACTB), ritenuta responsabile del terremoto m 6,8 del 1706. La sorgente sismogenetica ITCS079 - *Shallow Abruzzo Citeriore Basal Thrust*, la cui porzione sud-orientale è ubicata a profondità di 3-8 km sotto la valle del Fiume Sangro nel tratto fra l'area pozzi e la centrale, è ritenuta responsabile del terremoto del 1881 con m 5,6.

Risultando dal catalogo DISS che la sorgente Deep ACTB, che interessa anche l'unità di Casoli Bomba, è attiva, è verosimile che ci siano faglie capaci in superficie, anche se con tutta probabilità si tratta di faglie secondarie (cioè con un rapporto indiretto con la sorgente sismogenetica). Occorre considerare che le faglie capaci di questa zona sono poco conosciute e che in questo settore il database Ithaca di Ispra nella versione pubblicata non è aggiornato

Criticità 20 – Sismicità

Considerando che la massima accelerazione attesa al sito è piuttosto elevata (valori di accelerazione massima su suolo rigido attesi, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, compresi tra 0,100 e 0,175 g), e sussistendo la possibilità che l'area sia interessata da terremoti forti o moderati, con tempi di ritorno dell'ordine delle centinaia di anni, il fatto che la sismicità strumentale, registrante gli eventi dal 1980 in poi, abbia registrato valori massimi di magnitudo inferiori a m3,4 non può far ritenere che la sismicità dell'area di Colle Santo sia bassa

Criticità 22 – Sismicità innescata

Anche a fronte della esplicita richiesta di approfondimento sulle interferenze derivanti dalle attività di estrazione in termini di sismicità innescata, il proponente non ha fornito analisi sui possibili effetti derivanti da dette attività in progetto, tenuto conto della prossimità dei pozzi alla struttura sismogenetica ritenuta responsabile dell'evento sismico del 1706 di magnitudo m 6,8

Criticità 23 – Monitoraggio Sismicità

Il proponente non ha soddisfatto la richiesta del MATTM di definire un progetto per la realizzazione di una rete di monitoraggio microsismico, in particolare riguardo all'estensione della area cui estendere il monitoraggio, al numero e all'ubicazione delle stazioni rispetto ai

domini di rilevazione di cui alle linee guida MISE del 2014, alla magnitudo da rilevare ed alla precisione di localizzazione degli eventi. Non risulta infatti essere stata definita una rete di monitoraggio sismico specificatamente riferita al progetto di estrazione di gas in esame, dal momento che il proponente intende riferirsi al piano di monitoraggio predisposto da ACEA Electrabel nel 2010 per la stabilità della diga, piano in cui peraltro l'estensione del giacimento minerario allora fornita dalla Forest risulta significativamente diversa da quella qui definita dal proponente. Allo stato dello studio di prefattibilità eseguito, la rete di monitoraggio comprende stazioni tutte ubicate all'interno della proiezione in superficie del giacimento, salvo una esterna e compreso nel dominio interno di rilevazione. Le stazioni della rete sismica nazionale sono tutte esterne al dominio esteso. Stazioni aggiuntive saranno ubicate nella fase esecutiva del progetto secondo il proponente, sebbene le medesime linee guida mise prevedano che il monitoraggio sismico debba partire almeno un anno prima dell'inizio della coltivazione

[Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 554 del 25.08.2016 – DVA – 2016-0021460 del 29.08.2016 e nota Presidenza Regione DVA-2016-0022213 del 08.09.2016](#)

2. ...*omissis* ... Il giacimento è stato scoperto da AGIP nel 1966, con riserve accertate di 3,5 miliardi di m³, di cui 2 miliardi producibili in 14*-15 anni, mai sfruttato sia per la presenza di elevate percentuali di impurità, sia per la presenza di vaste aree franose ed importanti dislocazioni tettoniche in concomitanza con la presenza di un invaso naturale. In base a detti riscontri, nel 1992 AGIP ha richiesto al Ministero dell'industria il "rinvio lavori di sviluppo e coltivazione" "per evidenti motivi di sicurezza".

[Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 554 del 25.08.2016 – DVA – 2016-0021460 del 29.08.2016 e nota Presidenza Regione DVA-2016-0022213 del 08.09.2016](#)

17. Analisi effetti indotti dall'attività estrattiva sull'attività sismica – Gli studi sui possibili effetti indotti dall'attività estrattiva sull'attività sismica dell'area di progetto sono valutati come carenti. Detta valutazione è espressa dal CCR-VIA prendendo a riferimento il rapporto della Commissione ICHESE di febbraio 2014, redatto ad esito degli studi sulle possibili relazioni fra le attività di esplorazione e sfruttamento degli idrocarburi nella Pianura Padana e la sequenza asismica emiliana del 2012. In particolare, il rapporto della Commissione ICHESE conclude raccomandando che nuove attività di esplorazione per idrocarburi devono essere precedute da studi teorici preliminari e di acquisizione di dati sul terreno basati su rilievi 3D geofisici e geologici, al fine di determinare i sistemi di faglie con indizi di attività, le loro caratteristiche sismogenetiche e considerando i tempi di ritorno dei terremoti con $ML > 5$ al fine di avere indicazioni sul grado di "maturità" delle strutture medesime. Le attività di sfruttamento devono essere monitorate attraverso apposite reti volte a seguire l'evoluzione nel tempo della microsismicità, delle deformazioni del suolo e della pressione di poro. Riguardo la sismicità, la rete di monitoraggio deve come minimo poter rilevare i terremoti con $ML \geq 0,5$. Relativamente al territorio interferito dalle opere in progetto, i comuni interessati sono caratterizzati in maggioranza da pericolosità sismica medio-alta, secondo la OPCM 3274/2003 e successivi aggiornamenti. A fronte di ciò, il CCR-Via evidenzia che il progetto presentato è carente in relazione agli studi ed indagini effettuati per la caratterizzazione dei sistemi di faglie, mentre mancano riferimenti sui monitoraggi *ante e post operam*, anche in relazione a quanto previsto dalle Linee Guida per il monitoraggio redatte dal MISE a seguito del rapporto della Commissione ICHESE.

[Stazione Ornitologica Abruzzese onlus – DVA -2016-0021458 del 29.08.2016](#)
[Associazione "Nuovo Senso civico" –DVA-2016-0021390 del 29.08.2016](#)

Addendum alle osservazioni in relazione al rischio sismico, frane e sismicità indotta - Il Proponente non descrive la presenza della più importante sorgente sismogenetica, quella composita denominata "ITCS078 - Deep Abruzzo Citeriore Basal Thrust" (Banca dati DISS INGV) che è estesa praticamente sotto al giacimento e, cioè, nella condizione peggiore per quanto riguarda le possibili interazioni con il progetto e l'estrazione del gas in profondità.

L'osservazione riporta poi alcune considerazioni generali sulla sismicità indotta da impianti di estrazione ed iniezione di fluidi, facendo presente inoltre il problema della sismicità innescata ...omissis ...

L'osservazione fa presente infine che il progetto in esame prevede un dimezzamento circa dei valori pressori, da circa 140 bars a 50-70, in un contesto assai più complesso dal punto di vista sismogenetico, essendo peraltro il giacimento delimitato da faglie, come riportato dal Proponente stesso.

[Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 30 del 24.01.2018 - DVA - 2018-0001743 del 25.01.2018 e DVA-2018-0001902 del 26.01.2018](#)

Si richiama il rapporto ISPRA del 2014 (scaturito da tavolo tecnico formato dal DPC, MISE, ISPRA, INGV, CNR-IGAG, OGS) sullo stato delle conoscenze fra attività antropiche e sismicità indotta/innescata, che evidenzia che attività antropiche di estrazione e/o reiniezioni di fluidi possono innescare terremoti di magnitudo anche maggiore di 5 e che in qualche caso, dette attività, in funzione della durata e dell'azione perturbante, possono essere ubicate anche a decine di km di distanza dalla faglia che per dinamiche naturali è prossima all'attivazione. Nel caso in esame, è presente praticamente sotto all'area di studio la sorgente sismogenetica "ITCS078 - Deep Abruzzo Citeriore Basal Thrust", struttura che viene associata a terremoti di Mw 6,8

[Legambiente, Comitato Gestione Partecipata Territorio e WWF - DVA- 2018-0002279 del 30.01.2018](#)

[Nota a firma dei Proff. Giusy Lavecchia e Francesco Stoppa - docenti di Geologia Strutturale e petrologia e Petrografia dell'Università D'Annunzio](#)

L'Interpretazione sismotettonica del proponente "è altamente discutibile ed a nostro avviso sbagliata", dal momento che "l'assenza di sismicità strumentale in area attiva non è in alcun modo indicativa dell'inattività della struttura considerata".

"L'evenienza di una riattivazione dell'ABCT (*Abruzzo Citeriore Basal Thrust*), anche con rilascio di terremoti distruttivi nelle aree prossime al permesso di Ricerca Monte Pallano, non può essere in alcun modo esclusa" e "non si può a priori escludere che mettere in produzione il Campo di Colle Santo possa contribuire a variazioni della pressione dei fluidi e dello stress locali tali da determinare processi di "*Triggered sismicity*", ovvero sia di una anticipazione del naturale tempo di ritorno dei terremoti nell'area.

7.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità

Il Proponente si impegna a riconsiderare la tematica della sismicità in funzione del nuovo progetto di sviluppo, ridimensionato rispetto al precedente, ma pur sempre previsto in un'area caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche.

In questo senso anche le campagne geofisiche (sismica a riflessione e tomografia) forniranno indicazioni sulle strutture sepolte e sull'assetto delle aree di progetto (almeno nei livelli più superficiali - fino a circa 500 m) e consentiranno di pervenire ad un quadro più dettagliato del contesto morfostrutturale.

Anche il nuovo modello del giacimento sarà realizzato valutando il contesto sismico e le caratteristiche delle principali strutture sismogenetiche, qualora rinvenute o segnalate nell'ambito di database e studi specialistici.

Il modello fornirà, inoltre, indicazioni relative al dimensionamento delle forze in gioco, correlato alla dimensione del giacimento, al volume ed alle portate di estrazione valutando opportunamente la possibilità di interazione del giacimento con le principali strutture sismiche e con eventuali strutture secondarie e valutando l'eventualità di determinare condizioni di sismicità indotta o innescata durante la coltivazione.

Le informazioni relative alle sorgenti sismogenetiche ed alla caratterizzazione dei terremoti storici non potranno, in ogni caso, prescindere dai canali e dai siti ufficiali (considerata la tipologia di fenomeni e la necessità di tempi di osservazione piuttosto prolungati): saranno utilizzati i database ed i cataloghi storici messi a disposizione da INGV.

A partire dalle informazioni fornite dai siti ufficiali sarà valutata, a seguire, l'interferenza, a seguito dello sviluppo del giacimento, con le sorgenti sismogenetiche identificate nelle aree di progetto (*Deep ACTB*) ed in quelle ad esse prossime (*Shallow ACTB*). Si valuterà, inoltre, nell'ambito delle fasi di modellizzazione del giacimento se tale interferenza possa tradursi in una condizione di sismicità indotta o innescata.

Considerata la tematica, si ha la consapevolezza, inoltre, di non poter prescindere da un monitoraggio in continuo H24, verificando con il MISE la possibilità di nominare come Società Preposta al Monitoraggio (SPM) l'INGV, alla quale fare eseguire una base-line e affidare il monitoraggio, condividendo i dati h24 con gli Enti e i portatori di interesse.

Una volta che sarà quindi designata dal MiSE la SPM per la Concessione di Coltivazione Colle Santo, dovrà essere cura del Concessionario (CMI Energia) sviluppare, "in concerto con la SPM designata", il progetto definitivo ed esecutivo di monitoraggio.

Per quanto riguarda la Rete Microsismica, nel Piano di Monitoraggio fornito a corredo della documentazione di Scoping vengono sintetizzati le caratteristiche della rete e la strumentazione utilizzata.

La rete di monitoraggio sismico predisposta si configura come una estensione della rete monitoraggio sismico già prevista nel piano di monitoraggio predisposto da Acea Electrabel Produzione S.p.A. ad ottobre 2010 per il monitoraggio della diga di Bomba a seguito dell'avvio della produzione del giacimento Colle Santo.

Il Ministero delle Infrastrutture e Trasporti – Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, ha emanato a dicembre 2010 il proprio nulla osta al rilascio della concessione di coltivazione Colle Santo, con la prescrizione di implementare il Piano di Monitoraggio di Acea Electrabel Produzione Spa. Nel piano di monitoraggio vengono descritti anche i volumi interessati dal monitoraggio sismico, facendo riferimento alla possibilità di integrare i dati della rete locale con quelli della Rete Sismica Nazionale ed alla necessità di equipaggiare le stazioni sismiche con sensori multicomponenti a 1Hz e, laddove necessario, di

alimentarle con pannelli fotovoltaici e relative batterie tampone in accordo con le Linee guida MiSE

Si ribadisce che, ai fini della progettazione finale della rete di rilevamento, sarà necessario uno studio di fattibilità operativo di dettaglio, in cui siano previsti sopralluoghi e misure del rumore ambientale locale (o rumore sismico di fondo).

Stando a quanto riportato nelle Linee Guida del 2014, lo scopo del monitoraggio sismico è di:

- rilevare, localizzare e determinare i principali parametri di sorgente della sismicità e microsismicità verificatasi nei domini di rilevazione;
- migliorare a scala locale il livello di magnitudo di completezza delle rilevazioni nei domini di rilevazione;
- misurare con accuratezza le accelerazioni del suolo prodotte in superficie da terremoti in prossimità dell'area di coltivazione o stoccaggio.

I dati rilevati dovranno dunque anche servire a costruire un catalogo di eventi sismici che possa essere utilizzato per monitorare l'evoluzione nel dominio spazio-tempo-magnitudo della sismicità nei domini di rilevazione, e per le analisi di pericolosità da sismicità indotta e innescata.

Si ribadisce che potrebbe, in tal senso, essere utile poter procedere ad un periodo di prove di produzione (di durata pari ad almeno 24 mesi) che possano consentire di validare, in maniera controllata, le conclusioni degli approfondimenti tecnico-scientifici.

8 Subsidenza indotta dalle attività di coltivazione

Il macro-argomento della subsidenza è stato ampiamente valutato dal proponente nell'ambito di studi di approfondimento, integrazioni, controdeduzioni, modelli agli elementi finiti ed allegati alla documentazione presentata per le procedure di VIA. Considerato il contesto geomorfologico in cui le attività si inseriscono e la presenza della Diga di Bomba a breve distanza dal sito di progetto, sono state molte le osservazioni anche da parte dei portatori di interesse in relazione alla problematica della subsidenza: per tale ragione, la subsidenza resterà un aspetto a cui saranno dedicati, per volontà stessa del proponente, ulteriori studi, approfondimenti e campagne di monitoraggio.

Peraltro, già nel Periodo luglio 2007-gennaio 2009 il piano campagna dell'area di Giacimento Colle Santo è stato sottoposto a monitoraggio topografico per mezzo della rete GPS, a dimostrare l'attenzione verso gli aspetti legati alle deformazioni del terreno: i dati hanno permesso di evidenziare una variazione stagionale ciclica dell'ordine di 25 mm, ragionevolmente imputabile all'effetto della variazione della temperatura.

Il monitoraggio della subsidenza era iniziato già con AGIP, fra il 1976 ed il 1991, ed aveva consentito di elaborare i primi modelli (i cui esiti sono riportati a seguire, nel presente paragrafo).

8.1 Documenti di riferimento

Il presente paragrafo tiene conto dei seguenti documenti di approfondimento predisposti per il Proponente CMI:

- a. W. Allen Marr (Geocomp Corporation), Prof. M.B. Jamiolkowski (Studio Geotecnico Italiano) (2008). *Predicted subsidence from gas extraction Monte Pallano Field - Comune di Bomba (CHIETI), ITALY* [Studio sulla subsidenza e modello]
- b. W. Allen Marr (Geocomp Corporation), Prof. M.B. Jamiolkowski (Studio Geotecnico Italiano) (2009). *Previsione della subsidenza indotta dall'estrazione di gas e valutazione dell'effetto sulle strutture in superficie. giacimento di Monte Pallano Comune di Bomba (Chieti), Italia* [Studio sulla subsidenza e modello]
- c. Acea Electrabel Produzione S.p.A. (2010). *Piano monitoraggio - Diga di Bomba (id. 198/715)*
- d. Forest CMI (2010). *"Controdeduzioni alle osservazioni"*
- e. DREAM s.r.l. in collaborazione con il Politecnico di Torino (2016). *Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo* [Studio e modellistica].
- f. Giani, Gian & Gotta, Andrea & Marzano, Francesco & Rocca, Vera. (2017). *How to Address Subsidence Evaluation for a Fractured Carbonate Gas Reservoir Through a Multi-*

disciplinary Approach. Geotechnical and Geological Engineering. 35. 10.1007/s10706-017-0296-7¹

- g. DREAM s.r.l. (2017). *Campo di Colle Santo -Integrazioni al quadro Geomeccanico (punti 21b e 21c)* [Studio e modellistica].
- h. CMI Energia S.p.A. (2017). Progetto di sviluppo concessione "Colle Santo", Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale – Integrazioni richieste con nota DVA prot. 22746 del 4/10/2017. Cap. 15 Integrazione nn. 17,18 e Cap. 17 Integrazione nn. 20,23, 25 [Controdeduzioni]
- j. Prof. Ing. A. Amorosi, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica - Sapienza Università di Roma (2018). *"Giacimento di gas naturale di "Colle Santo" Interazione tra la coltivazione del giacimento e la diga di Bomba"*
- k. STRATA GeoResearch Srl, Spin Off Università Chieti Pescara (2018) *"Istanza di Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata COLLE SANTO – Revisione critica e omogenizzazione di elaborati geologici relativi al progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale denominato "Colle Santo", parte della documentazione allegata all'istanza di VIA"* [rapporto tecnico]
- l. CMI Energia (2018). *"Chiarimenti e commenti al documento "Analisi delle criticità" redatto da ISPRA, del 7-3-2018"* [Controdeduzioni]
- i. CMI Energia S.p.A. (2022). Progetto di sviluppo concessione "Colle Santo", Piano di Monitoraggio della sismicità, movimenti del suolo e delle pressioni di poro, conforme alle Linee Guida MiSE 2014 e al Piano di Monitoraggio Acea/MIT del 2010 [Piano di monitoraggio]
- j. MISE Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" (http://unmig.mise.gov.it/unmig/agenda/upload/85_238.pdf).

Nel seguito della trattazione si farà riferimento a tale documentazione indicando la rispettiva lettera dell'elenco puntato tra parentesi.

L'area è oggetto di monitoraggio topografico sin dal 1976, con misure ripetute nel 1978, 1980, 1985, 1986, 1988 e 1991 (periodi di sospensione dei lavori previsti nella Concessione). Altra documentazione, relativa a tale monitoraggio eseguito dalla società AGIP ed alle previsioni sulla subsidenza dell'area, è indicata a seguire:

¹ Tale articolo scientifico, pubblicato nel luglio 2017 sulla rivista internazionale Geotechnical and Geological Engineering, è scaturito dallo studio condotto da DREAM ed è stato redatto dal Politecnico di Torino. Come noto prima di tali pubblicazioni un numero sensibile di esperti in ambito internazionale valuta la coerenza dell'articolo con i più rigorosi principi scientifici.

Agip Attività minerarie, esplorazione e produzione idrocarburi (1977). *Campo di Bomba – Previsioni di comportamento mediante modello numerico tridimensionale bifase* [Studio del giacimento]

Agip Geodesia, cartografia, fotointerpretazione – GEOD (1985). *Rapporto sui rilievi plano-altimetrici eseguiti nella zona di Bomba (Chieti)* [Monitoraggio topografico]

Agip SPA - GEDA (1986). *Previsioni preliminari di subsidenza per il campo di Bomba (CH) e aggiornamento studi geomorfologici area di Bomba (CH)* [Studio sulla subsidenza e analisi della geologia di superficie]

Agip S.p.A. - GEDA (1989). *Previsioni preliminari di subsidenza per il campo di Bomba (CH) e Giacimento di Bomba – Previsioni di comportamento (CH)* [Studio sulla subsidenza]

E. Norelli, C. Zoccatelli – AGIP (1989). *Previsioni preliminari di subsidenza per il campo di Bomba* [Nota tecnica]

Agip S.p.A. - GEDA (1990). *Previsioni preliminari di subsidenza per il campo di Bomba per una produzione con portate superiori a 400.000 Sm³/g* [Studio sulla subsidenza]

Agip (1991). *Rilievo plano-altimetrico Zona Bomba- Rilievo 1991* [Rilievo plano-altimetrico]

Woodward-Clyde Consultants (1997). *Preliminary report Bomba gas field geotechnical evaluation of the potential for subsidence due to future gas extraction, and the potential impact on Bomba dam* [Rapporto per Forest Oil Corporation]

Geocomp Consulting, inc. (2012). *Monte Pallano Gas Field - Quarterly GPS Ground Surface Displacement Monitoring Report – Q1/Q2/Q3/Q4 2012* [Monitoraggio topografico]

Geocomp Consulting, inc. (2013). *Monte Pallano Gas Field - Quarterly GPS Ground Surface Displacement Monitoring Report – Q1/Q2/Q3/Q4 2013* [Monitoraggio topografico]

Dal rapporto predisposto dalla Società AGIP sul rilievo planoaltimetrico e livellazione geometrica eseguito tra gli anni 1976 e 1991 si evince che l'altimetria dell'area è variata mediamente meno di un cm nell'arco di 15 anni, con la sola eccezione del caposaldo centrale posto sulla diga, abbassatosi di circa 7 cm; I capisaldi alle estremità della diga, invece, risultano sostanzialmente stabili.

Le previsioni preliminari di subsidenza per il campo di "BOMBA" del 1989 hanno fornito, invece, i valori di subsidenza aggiornati per l'area del giacimento e per quella ad esso circostante, nell'ipotesi di una produzione complessiva di 1.500 milioni di m³ ripartita su un arco di 20 anni: si prevedeva un valore massimo di subsidenza al centro del reservoir pari a 1,5 cm, mentre in corrispondenza della diga il cedimento potenziale veniva stimato pari a circa 1 cm. Poiché secondo l'estensore della nota è ragionevole supporre l'esistenza di una spinta dell'acquifero, il decremento di pressione nei livelli produttivi poteva ridursi a poche atmosfere

e conseguentemente la subsidenza risultare di pochi mm; inferiore, dunque, ai valori misurati attraverso il rilievo piano-altimetrico.

Una nuova analisi della subsidenza del 1991, basata su valori di produzione maggiori di quelli precedentemente impostati, permette di stimare abbassamenti del suolo comunque contenuti entro i 2,3 cm in corrispondenza del culmine strutturale e 1,9 cm sulla diga.

Un'ultima analisi, datata 21/10/1992² ha analizzato l'andamento della subsidenza nel caso di depressurizzazione estesa non soltanto nell'area mineralizzata a gas, bensì fino alla base dell'acquifero. Secondo tale pessimistica ipotesi, la subsidenza massima al centro del campo sarebbe di 25-26 cm, mentre in corrispondenza della diga risulterebbe pari a 20-22 cm.

A seguito di questa ipotesi pessimistica, la società AGIP ha preferito rimandare all'esecuzione di approfondimenti idrodinamici, sismotettonici e morfologici.

Le differenti ipotesi di depressurizzazione del campo, che hanno condotto a risultati diversi delle analisi di subsidenza, sono riepilogate nella seguente tabella (Tabella 3).

Tabella 3 – Quadro sinottico delle diverse ipotesi di depressurizzazione del campo studiate dalla società AGIP

	1° ANALISI	2° ANALISI	3° ANALISI	4° ANALISI
ANNO DI ESECUZIONE	1978	1989	1990	1992
ESTENSIONE DELLA DEPRESSURIZZAZIONE	STRATO MINERALIZZATO 126m	STRATO MINERALIZZATO 126m	STRATO MINERALIZZATO 126m	MINERALIZZATO + ACQUIFERO 526m
COEFFICIENTE DI COMPRESSIBILITA' UNIASIALE (cm ² /KG)	1.0×10^{-4}	1.34×10^{-5}	1.34×10^{-5}	1.34×10^{-5}
PRODUZIONE GIORNALIERA STIMATA (Smc)	200.000	200.000	600.000	600.000-900.000
NUMERO ANNI DI PRODUZIONE	20 - 25	20	15	15
ABBASSAMENTO CORRISPONDENTE AL CENTRO DEL GIACIMENTO (cm)	8	1.5	1.1 - 2.3	25 - 26
ABBASSAMENTO CORRISPONDENTE ALLA DIGA (cm)	5.5	1.0	0.9 - 1.9	20 - 22

² Nota integrativa sulle problematiche geoambientali del campo Bomba

Dai valori riportati si evince che l'abbassamento del suolo, sia sopra l'area centrale del giacimento che all'altezza della diga, è sensibile alle variazioni dei valori di compressibilità della roccia e di estensione dello strato depressurizzato, mentre non sembra molto influenzato dalle variazioni di produzione giornaliera di gas, né dalla durata complessiva della coltivazione.

8.2 Modelli matematici per la valutazione della subsidenza realizzati durante i precedenti percorsi autorizzativi

Già a febbraio 2009, con la presentazione dell'Istanza di concessione, la società Forest CMI ha presentato una previsione della subsidenza e degli effetti sulla diga di Bomba: il modello è stato elaborato da A. Marr (Geocomp) e M. Jamiolkowski (Studio Geotecnico Italiano) e consentiva di affermare la compatibilità dello sfruttamento del giacimento con le condizioni di sicurezza della diga e delle opere ed infrastrutture superficiali e con la stabilità dei versanti.

A seguito dell'avvio presso il Ministero dell'Ambiente del procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale relativo al nuovo piano di sviluppo di Colle Santo, nel mese di giugno 2016, CMI Energia ha commissionato ed allegato allo SIA un nuovo studio sulla subsidenza attesa, essendo variate le previsioni e le modalità di sviluppo del giacimento, oltre che le conoscenze e gli approcci tecnico-scientifici alla modellistica. Tale studio, realizzato in collaborazione con l'Università di Torino, ha valutato i possibili effetti sulla diga di Bomba elaborato dalla società Dream (g).

Si fa, innanzitutto, presente che l'ultimo modello geodinamico realizzato nel 2016 da DREAM s.r.l. in collaborazione con il Politecnico di Torino (g), ha simulato il piano di produzione previsto con l'impiego di 4 pozzi di sviluppo (di cui 2 esistenti): nel nuovo progetto di sviluppo sono previsti solo i due pozzi esistenti. In tutti i casi analizzati i valori delle deformazioni restituiti dal modello sono ampiamente inferiori ai valori ammissibili per la diga in terra di Bomba. Tuttavia, i tassi di subsidenza stimati non tengono conto, per l'impossibilità di quantificarli, gli effetti non imputabili alla produzione, come: attività antropiche di altra natura, processi geologici/strutturali a scala regionale, fenomeni naturali ed effetti dovuti alla produzione di giacimenti limitrofi.

Il modello della subsidenza realizzato è stato sviluppato secondo diversi scenari in funzione della spinta dell'acquifero e dei parametri di deformabilità. La simulazione è stata effettuata per i 15 anni previsti di produzione del gas e per ulteriori 45 anni successivi, al fine di garantire il raggiungimento di un nuovo equilibrio statico.

Per ciò che riguarda gli **effetti attesi della subsidenza indotta sulla diga di Bomba**³, si evidenzia che *"in tutti i casi analizzati i valori delle distorsioni angolari restituiti dal modello sono ampiamente inferiori (fino a 3-4 ordini di grandezza) ai valori ammissibili riportati in Marr e Jamiolkowsky (2009) per la diga in terra di Bomba. Le deformazioni orizzontali in superficie sono anch'esse ampiamente sotto i limiti ammissibili riportati"*. A questo proposito, si evidenzia quanto riportato nel piano di monitoraggio Acea Electrabel Produzione S.p.A.⁴, che indica come del tutto tollerabili per la diga movimenti del versante che insiste sulla spalla destra di

³ Pag. VII dell'All.14

⁴ All.15

20mm/anno, valori ben al di sopra di quanto previsto dal modello di subsidenza, a testimonianza di una elevata duttilità dell'opera.

I risultati del modello hanno evidenziato che la risposta deformativa del sistema si mantiene sempre in campo elastico per tutti gli scenari analizzati e per ogni passo temporale simulato, ovvero le deformazioni e gli spostamenti indotti dalle operazioni di coltivazione sono reversibili.

Lo Studio Dream, inoltre, conferma quanto realizzato da Marre Jamiolkowsky (2009); introduce inoltre il concetto che le possibili deformazioni e gli spostamenti indotti dalle operazioni di coltivazione sono in parte reversibili, elemento questo che contribuisce ad affermare che il corpo diga risulterebbe ancor più in condizioni di sicurezza rispetto alle condizioni di Marre Jamiolkowsky (2009).

Per quanto riguarda gli effetti indotti dalla subsidenza sulla stabilità dei versanti (si veda anche capitolo successivo), si ricorda quanto evidenziato nel SIA (pag.343), che riprende il modello di Marr e Jamiolkowsky (2009) in termini di fenomeni di versante indotti dalla subsidenza, e il documento del precedente operatore, Forest CMI. In questo lavoro, la Forest CMI presentava una analisi delle frane nelle aree affette da subsidenza indotta attesa. Su tutte le frane è stata quindi effettuata una verifica di stabilità alle condizioni pre-coltivazione e alla fine della vita del giacimento, applicando un fattore moltiplicativo arbitrario dei cedimenti del suolo attesi (ovvero con una subsidenza massima totale pari a 76 cm). Il risultato è che i fattori di sicurezza delle frane rimangono di fatto inalterati. Vale in ultimo evidenziare che il movimento franoso (soliflusso superficiale) che insiste sulla spalla destra della diga di Bomba è stato considerato nel piano di monitoraggio Acea Electrabel Produzione S.p.A.: sono stati previsti un caposaldo GPS (CS OLMO) e una stazione microsismica (OLMO) sul corpo cartografato.

8.3 Criticità emerse

Criticità 17 – Modellizzazione subsidenza

I valori di subsidenza ottenuti nei vari studi effettuati nel corso degli anni hanno dato valori fra 1,5 e 26 cm dopo 15 anni di produzione. Stante le carenze relative al modello strutturale ed idrogeologico adottato, l'ipotesi di totale depressurizzazione, che restituisce il valore di subsidenza maggiore, doveva essere opportunamente valutata.

In definitiva si ritiene che le modellazioni della subsidenza proposte dal proponente siano eseguite correttamente dal punto di vista matematico-geostatistico ma, come tutte le modellazioni, la loro effettiva validità sia funzione della correttezza dei dati di input. Anche concordando sulla scarsa probabilità di innesco di gravi fenomeni di subsidenza, le incertezze tuttora esistenti sull'interpretazione delle strutture geologiche profonde e sul grado di fratturazione del reservoir non permettono di escludere con "assoluta certezza" l'interferenza con la diga di Bomba.

Inoltre, le valutazioni di stabilità della diga per effetto dei cedimenti differenziali indotti dalla subsidenza sono state eseguite solo in condizioni statiche e senza tener conto della cinematica specifica dei movimenti franosi che interessano le aree in cui la diga si inserisce.

Criticità 18 – Analogia con altri giacimenti

Considerando la variabilità e le incertezze geologico-strutturali ed idrogeologiche che caratterizzano lo studio del giacimento in esame e tenuto conto dei diversi contesti geologici dei campi di San Salvo-Cupello e di Cerro Falcone, ogni supposta analogia dei due giacimenti con quello in esame in termini di subsidenza ed effetti sulle deformazioni del suolo e delle opere limitrofe sono del tutto arbitrari.

Delibera della Giunta Regionale d’Abruzzo n. 554 del 25.08.2016 – DVA – 2016-0021460 del 29.08.2016 e nota Presidenza Regione DVA-2016-0022213 del 08.09.2016

...omissis... le incertezze relative “all’eventualità di fenomeni di abbassamento che potrebbero innescare eventi irreversibili con conseguenti danni insostenibili sulla sicurezza della collettività locale”

Sig. Angelo di Matteo – DVA-2016-0021502 del 30.08.2016

Lo studio della subsidenza condotto da Dream dichiara che i valori ottenuti dalla modellazione sono stati confrontati con quelli ottenuti dallo studio di Marr e Jamiolkowsky ...omissis... nel merito, il modello di Marr e Jamiolkowsky risulta implementato su valori univoci dei parametri elastici delle rocce (coefficiente di Poisson e modulo di Young) cosa che appare inverosimile, tanto più che i valori che erano stati ottenuti da AGIP su campioni di rocce “presentano un range di variabilità di oltre 10 ordini di grandezza). Anche lo studio di Dream srl assume, “per ciascuna unità litostratigrafica, valori univoci” di parametri di resistenza e di deformabilità (coesione, angolo di attrito e modulo elastico statico dell’ammasso roccioso)”.
Infine, confrontando i valori di subsidenza stimata dai diversi operatori, si ottengono valori di subsidenza al centro del giacimento e alla diga molto diversi fra loro (di circa un ordine di grandezza).

Delibera della Giunta Regionale d’Abruzzo n. 30 del 24.01.2018 – DVA – 2018-0001743 del 25.01.2018 e DVA-2018-0001902 del 26.01.2018

Nello studio Dream si utilizzano i dati GPS 2007-2009, mentre sarebbe stato opportuno utilizzare anche tecniche InSAR avanzate, come richiesto dal MISE nelle Linee Guida del 2014 e richiesto pure nel 2010 nel Piano di Monitoraggio ACE, che evidenzia carenze nel sistema delle stazioni già installate

Delibera della Giunta Regionale d’Abruzzo n. 30 del 24.01.2018 – DVA – 2018-0001743 del 25.01.2018 e DVA-2018-0001902 del 26.01.2018

Il proponente non ha fornito la documentazione integrativa sull’analisi delle conseguenze della subsidenza sulle opere strutturali presenti e in particolare sulla diga. Si forniscono i valori di subsidenza attesi e di distorsione angolare, ma non si descrivono le metodologie di calcolo adottate

Associazione “Nuovo Senso Civico” – DVA-2018-0001597 del 23.01.2018

Per la modellazione della subsidenza, gli studi e i relativi calcoli sono “ripresentati in terza versione senza smentire né criticare le contraddittorie versioni precedenti, sono del tutto carenti di basi e riferimenti tecnico scientifici ...omissis... inoltre si ritiene che sarebbe consigliabile “la consultazione degli studi dei “sinkholes”, per le stringenti analogie sia di eventi sismici che di status geologico, geofisico ed idrogeochimico dei luoghi, ove tali improvvise voragini si sono prodotte (per es. Vittorito), col sito di localizzazione del progetto in esame”

8.4 Attività proposte per la risoluzione della criticità e per il monitoraggio della subsidenza

Nell'ambito della nuova procedura di VIA sarà realizzato un nuovo modello della subsidenza, valutando l'attività estrattiva dai due pozzi già realizzati. Il nuovo modello sarà sviluppato tenendo conto sia di condizioni statiche che dinamiche (considerato il contesto in cui il progetto si inserisce).

Per la realizzazione del modello, come anticipato, si farà riferimento a informazioni di input sito-specifiche e non solo a dati matematici-geostatistici.

È evidente che, al di là dell'attendibilità di qualsiasi modello previsionale, solo un attento monitoraggio delle deformazioni del suolo in fase di pre-esercizio, di esercizio e di post-esercizio potrà verificare la reale deformazione del suolo, permettendo, pertanto, l'adozione di misure atte a ricondurre il "sistema diga" in condizioni di sicurezza.

La progettazione esecutiva di tale monitoraggio dovrà necessariamente conformarsi a quanto previsto dalla normativa e dalle linee guida di riferimento prevedendo lo sviluppo l'esecuzione almeno delle seguenti attività:

- ✓ rete di ricevitori GPS,
- ✓ misure InSAR,
- ✓ *pressure test* periodici ai pozzi).

In ogni caso, sin da ora, per confermare l'evoluzione temporale delle pressioni interstiziali nel volume di interesse, durante la futura produzione del campo si prevede realizzare:

- profili statici di pressione a fondo pozzo con frequenza annuale (sulla base dei tempi di risalita delle pressioni evidenziati durante le prove di produzione dei MP1 e MP2 di ritiene che un tempo di chiusura di almeno 24 h sia sufficiente per ottenere delle misure di pressione relative alla pressione media di giacimento)
- registrazione dei valori di subsidenza mediante la rete di ricevitori GPS o tramite tecnologia SAR (*Synthetic Aperture Radar*) che interpretando dati acquisiti da satellite permette di ottenere mappe di spostamento superficiale con precisione centimetrica e millimetrica.

Il telerilevamento satellitare e l'analisi interferometrica (InSAR e A-DInSAR) sono ottimi strumenti per il monitoraggio delle deformazioni del suolo, nell'ambito delle attività di estrazione di idrocarburi, oltre che un supporto essenziale nella verifica storica delle condizioni di stabilità dei versanti e dei movimenti di massa.

Le attività previste nell'ambito dello studio sono orientate, quindi:

- Alla quantificazione delle deformazioni del suolo tramite analisi InSAR effettuate da dati di archivio degli ultimi 15/20 anni o, comunque, relativi agli ultimi 10 anni con accuratezza dell'ordine di 5-10 mm (per le misure in LOS).
- All'uso della doppia geometria orbitale al fine di ricostruire le componenti orizzontale e verticale dei movimenti.

Nel caso le registrazioni di pressione statica a fondo foro e/o misure di subsidenza evidenziassero uno scostamento significativo rispetto alle previsioni derivanti dalle simulazioni, sarà possibile da un lato calibrare il modello dinamico e il modello geomeccanico (attraverso un processo di *back analysis*) per aggiornare le stime degli spostamenti superficiali attesi e verificarne nuovamente la compatibilità con i valori ammissibili, dall'altro adottare tempestivamente contromisure efficaci per ridurre la diminuzione della pressione di giacimento (ad esempio riducendo la portata di estrazione) e, di conseguenza contenere la subsidenza (l'incremento delle deformazioni si manifesta contemporaneamente alla diminuzione della pressione di giacimento).

Si fa presente che una soluzione per ridurre e, al limite, annullare la caduta di pressione nel giacimento (e, di conseguenza, gli effetti indotti dalla subsidenza sulla superficie) potrebbe essere l'iniezione d'acqua: la fattibilità tecnica ed ambientale di tale pratica sarà oggetto di studio durante l'analisi del giacimento.

Dopo la fine della coltivazione sarà sufficiente procedere alla misurazione di pressione almeno per i primi cinque anni, in uno solo dei pozzi disponibili. Tali registrazioni consentiranno di monitorare la ripressurizzazione del giacimento nel tempo e di verificare la spinta dell'acquifero

Anche in questo caso, si ribadisce che potrebbe, in tal senso, essere utile poter procedere ad un periodo di prove di produzione (di durata pari ad almeno 24 mesi) che possa consentire di validare, in maniera controllata, il modello realizzato.

9 Interazione tra la coltivazione del giacimento e la diga di Bomba

9.1 Documenti di riferimento

Il presente paragrafo tiene conto dei seguenti documenti di approfondimento predisposti dal Proponente CMI:

- a. Acea Electrabel Produzione S.p.A. – AEP / Direzione produzione da fonti rinnovabili 7 Unità Impianti Idroelettrici (2010) *“Piano di monitoraggio Diga di Bomba”* [Piano di monitoraggio]
- b. STRATA GeoResearch Srl, Spin Off Università Chieti Pescara (2018) *“Istanza di Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata COLLE SANTO – Revisione critica e omogenizzazione di elaborati geologici relativi al progetto di sviluppo del giacimento di gas naturale denominato “Colle Santo”, parte della documentazione allegata all’istanza di VIA”* [rapporto tecnico]
- c. Prof. Ing. A. Amorosi, Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica - Sapienza Università di Roma (2018). *“Giacimento di gas naturale di “Colle Santo” Interazione tra la coltivazione del giacimento e la diga di Bomba”*
- d. CMI ENERGIA srl (2022) *“Progetto di sviluppo concessione Colle Santo - Piano di Monitoraggio della sismicità, movimenti del suolo e delle pressioni di poro, conforme alle Linee Guida MiSE 2014 e al Piano di Monitoraggio Acea/MIT del 2010”* [Piano di monitoraggio]
- e. CMI Energia (2018). *“Chiarimenti e commenti al documento “Analisi delle criticità” redatto da ISPRA, del 7-3-2018”* [Controdeduzioni]
- f. CMI Energia (2022). *Piano di Monitoraggio della sismicità, movimenti del suolo e delle pressioni di poro, conforme alle Linee Guida MiSE 2014 e al Piano di Monitoraggio Acea/MIT del 2010* [allegato alla documentazione presentata per la fase di scoping]

9.2 Sintesi degli studi e delle attività pregressi

La diga in terra di Bomba (Figura 32) ricade nei Comuni di Bomba e Pennadomo ed intercetta il fiume Sangro, creando un lago artificiale di volume pari a 83 Ml di m³ utilizzato a scopo idroelettrico. Realizzata nel biennio 1958-60, è classificabile come zonata a nucleo inclinato.

Il rilevato è caratterizzato da un'altezza massima di 59.8 m ed ha richiesto la messa in opera di 3.8 Ml di m³ di terreno opportunamente selezionato e compattato.

Alle estremità il rilevato interagisce con i materiali presenti in posto: in spalla sinistra prevalentemente rocciosi mentre, in spalla destra, costituiti da terreni più deformabili. L'opera, si fonda su una successione caratterizzata, dalla superficie, da terreni a grana grossa, poi a grana fina e, solo a maggiore profondità, da roccia.

La diga è realizzata, per la sua maggior parte, con terreni essenzialmente incoerenti, costituenti i fianchi.



Figura 32 – Panoramica del Lago di Bomba (Fonte: Google Earth)

L'opera è entrata in esercizio negli anni '60 del secolo scorso ed è oggi gestita dal Concessionario ACEA S.p.A. La diga, come tutte quelle della sua categoria, è stata oggetto di una scrupolosa attività di monitoraggio, effettuata dal gestore e vagliata dagli organi ministeriali competenti.

La prevista coltivazione quindicennale del giacimento di gas potrebbe determinare uno spostamento verticale distribuito con intensità differente in un'area relativamente estesa, detto subsidenza. Allo scopo di valutarne l'impatto sulla diga, nel seguito si fa riferimento al più gravoso degli scenari analizzati da Dream s.r.l. nel suo Studio della subsidenza indotta dalla futura produzione del campo, specificamente dedicato all'argomento.

In particolare, l'analisi che determina la massima intensità della subsidenza è quella denominata dagli Autori come Caso C e riferita alle condizioni idrogeologiche di acquifero medio e moduli elastici statici conservativi. Dai risultati dell'analisi ne risulterebbe un

cedimento massimo indotto dalla coltivazione del giacimento pari a 2.8 cm, collocato ad una distanza di 980 m dall'asse centrale della diga.

I dati relativi alla subsidenza prevista lungo tale sezione sono rappresentati nella Figura 33 in cui è evidenziata la traccia della diga: il cedimento massimo indotto nella diga si osserva in spalla destra ed è pari a 2.57 cm.

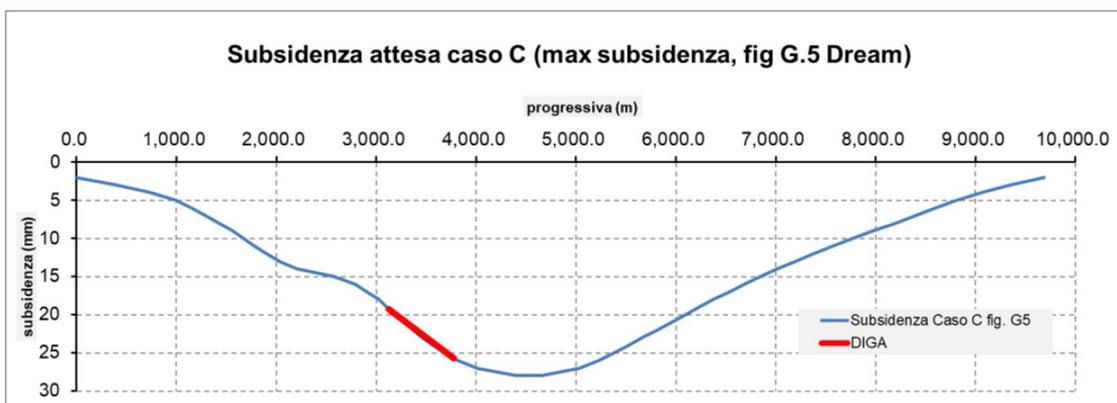


Figura 33 – Analisi della subsidenza indotta dalla coltivazione del giacimento: scenario C di Dream. Sezione passante per la diga di Bomba

Ai fini della stima del possibile danno prodotto dalla subsidenza sulla diga, appare più significativo analizzare il cedimento differenziale massimo indotto nel rilevato dalla coltivazione del giacimento. Esso può essere calcolato a partire dalla Figura 34, che altro non è che una rappresentazione in scala diversa dei dati di Figura 33, limitata ai cedimenti indotti dalla estrazione del gas sulla sola diga. Dalla figura si evince che il valore massimo della distorsione attesa è tra la spalla sinistra e l'asse della diga: tra tali punti è previsto un cedimento differenziale pari a 0.37 cm.

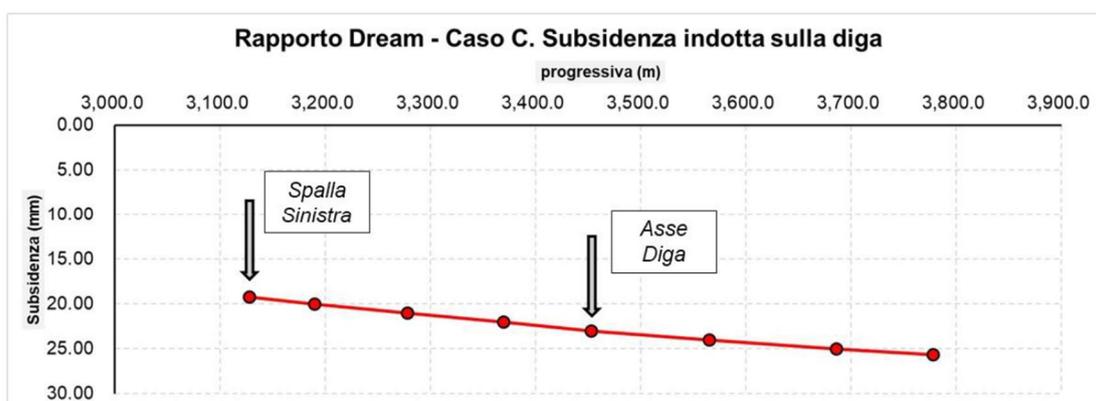


Figura 34 – Analisi della subsidenza indotta dalla coltivazione del giacimento: scenario C di Dream. Sezione passante per la diga di Bomba, dettaglio

In sintesi, il cedimento differenziale indotto nel rilevato dalla coltivazione del giacimento è previsto essere di due ordini di grandezza inferiore a quello già scontato dalla diga per cause proprie (consolidazione per peso proprio e per variazione delle tensioni efficaci indotte dalle fasi di invaso-svaso), senza che, peraltro, quest'ultimo abbia causato danni significativi tali da limitare la funzionalità dell'opera.

Un ulteriore studio è stato condotto sugli effetti della subsidenza indotta dalla coltivazione quindicennale del giacimento sul comportamento ciclico di terreni costituenti la diga.

Il tema in questione è stato studiato attraverso una serie di analisi eseguite alla scala dell'elemento di volume. Queste sono state finalizzate ad illustrare gli aspetti peculiari della risposta ciclica di un provino ideale di terreno, analogo a quello costituente la maggior parte della diga, dopo che esso fosse stato assoggettato a processi deformativi corrispondenti a quelli indotti dalla subsidenza. I risultati delle analisi consentono di concludere che la risposta ciclica dei materiali costituenti la diga, esplorata con riferimento a dieci cicli di ampiezza pari a $\pm 1\%$ (rappresentativi di un evento sismico di notevole intensità), non risulta influenzata in modo apprezzabile dalle deformazioni precedentemente indotte dalla coltivazione del giacimento, né se assunte in quanto tali e neppure quando cumulate con quelle, di due ordini di grandezza maggiori, già scontate ad oggi dall'opera per cause proprie. Infine, è stato analizzato anche un caso estremo corrispondente a uno dei due scenari di seguito indicati:

- a. la subsidenza indotta dalla coltivazione del giacimento è mille volte più grande di quella prevista nel Rapporto Dream;
- b. la diga sconta cedimenti differenziali per cause proprie pari a 3.25 m, invece dei 24 cm osservati.

Anche in questo caso la risposta ciclica non appare apprezzabilmente modificata dalle significative deformazioni preventivamente sperimentate dal materiale, a riprova dell'ampio margine di sicurezza che caratterizza quest'ultimo rispetto ad eventuali problemi di mobilitazione ciclica o collasso.

Per quanto riguarda il **monitoraggio**, il Piano di Acea Electrabel Produzione S.p.A. (2010) ha preso in considerazione i fenomeni che possono creare rischi per la sicurezza della diga di Bomba e delle relative opere accessorie durante le fasi di estrazione del gas a seguito dello sviluppo del Campo Colle Santo. I fenomeni cui si è fatto riferimento ed i parametri da controllare per mezzo degli specifici sistemi di monitoraggio sono riportati nella seguente tabella (Tabella 4).

Tabella 4 – Fenomeni, parametri, sistemi di controllo (Fonte: Piano di monitoraggio Lago di Bomba, 2010)

FENOMENI INDOTTI DALLA ESTRAZIONE DEL GAS	PARAMETRI DA CONTROLLARE	SISTEMA DI MONITORAGGIO
Subsidenza dell'area e dell'opera	Cedimenti uniformi	GPS
	Cedimenti differenziali	
Movimenti sponde	Attività microsismica (localizzazione delle sorgenti sismiche) e movimento nei versanti	GPS e Rete Microsismica
Tenuta idraulica della diga	Perdite e livelli piezometrici	Sistema di monitoraggio della diga

Il monitoraggio delle deformazioni del suolo proposto da CMI Energia verrà effettuato in osservanza al Piano di Monitoraggio redatto da Acea (Ottobre 2010) ed approvato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti – Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, a Dicembre 2010 per mezzo di:

- ✓ Stazioni GPS
- ✓ Assestometro profondo
- ✓ Interferometria satellitare SAR

Per la Rete GPS, come evidenziato nel Piano di Monitoraggio fornito a corredo della documentazione di Scoping, sono già state installate nell'area attorno al giacimento Colle Santo, n. 10 stazioni GPS⁵.

Le stazioni hanno registrato dati di movimento del suolo, in condizioni non perturbate da alcuna attività estrattiva, nel periodo dal 2007 al 2013 (successivamente alcune stazioni sono state vandalizzate, rendendole non più operative).

Il Piano di monitoraggio Acea Electrabel Produzione S.p.A. del 2010 prevede che tale rete GPS venga integrata con n.7 nuove stazioni, da ubicarsi sul coronamento della diga, a valle della diga e sulle sponde. Il Piano prevede, inoltre, che le fondazioni delle stazioni esistenti vengano opportunamente approfondite (fino a 2 m in roccia e 20 m su pali in terreni incoerenti) onde evitare fenomeni di instabilità. In ultimo, si richiede che la rete di rilevazione si basi su almeno n. 3 capisaldi fissi esterni al Campo gas che costituiscano riferimenti assoluti, al fine di minimizzare il rischio di errori

⁵ La progettazione e cura di tale rete è stata effettuata dalla soc. Geocomp (USA)

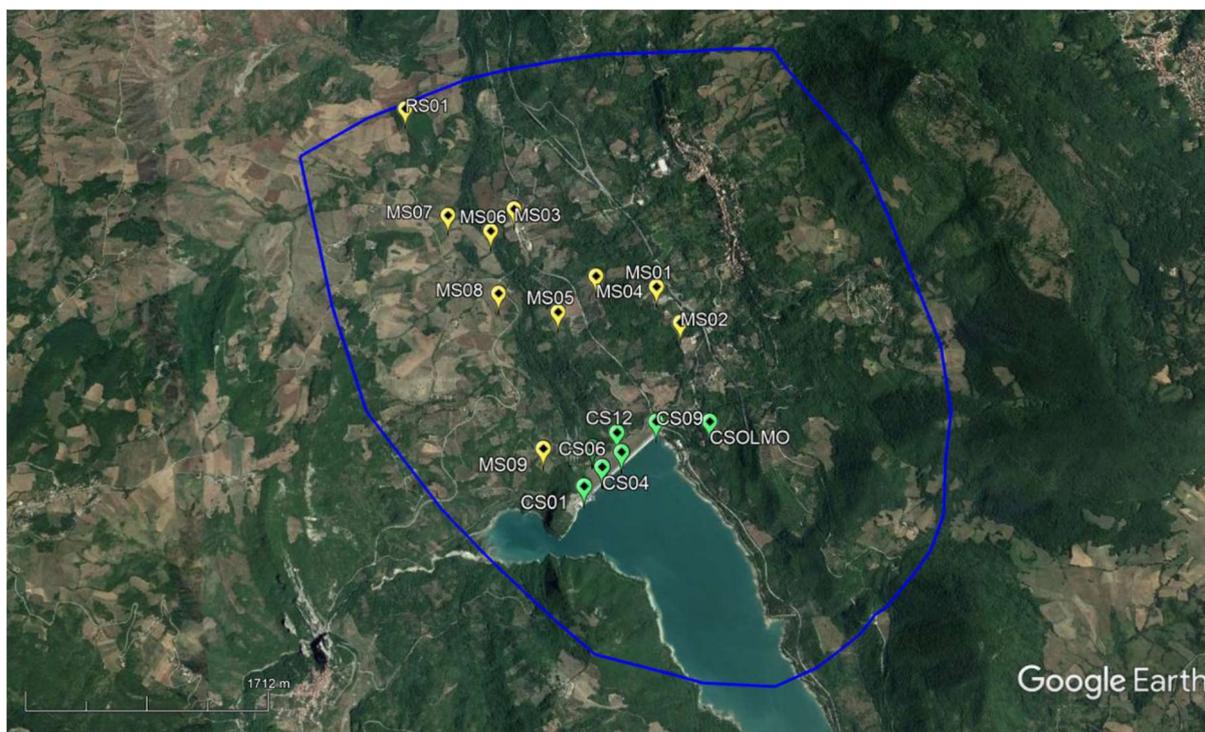


Figura 35 - Ubicazione delle 10 stazioni GPS esistenti (in giallo) e delle ulteriori 7 stazioni GPS da installare

Al fine di poter valutare con maggiore attendibilità la eventuale subsidenza provocata nel tempo dalla produzione di gas dal giacimento Colle Santo, si prevede anche l'installazione di un assestometro profondo in area pozzi.

L'assestometro sarà installato ad una profondità tale da non risentire della variazione di pressione degli acquiferi superficiali, indicativamente alla profondità di circa 150m, o delle variazioni stagionali di umidità del terreno superficiale e del connesso rigonfiamento / sgonfiamento.

Le misure assestimetriche profonde saranno quindi utilizzate per epurare i valori di movimento della superficie dai contributi non collegati con l'attività mineraria.

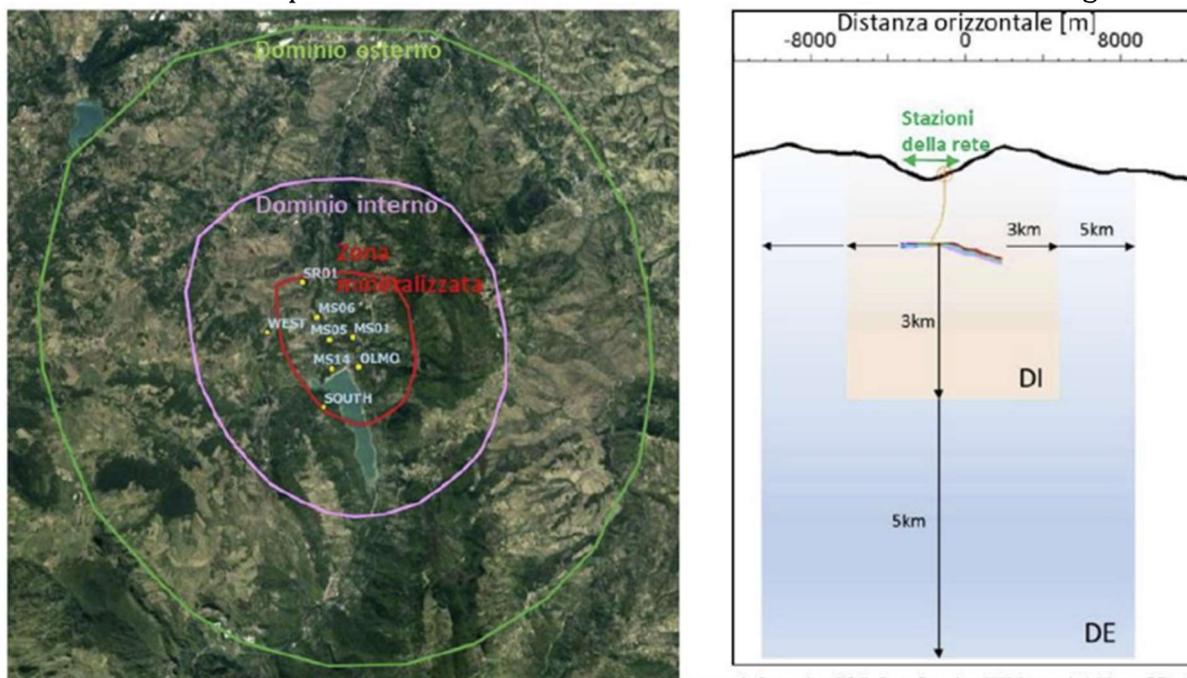
Per quanto riguarda il monitoraggio con interferometria satellitare SAR, l'obiettivo è quello di effettuare un'analisi di subsidenza in tutta l'area interessata dalle attività estrattive mediante un'analisi storica ed un'analisi futura da satellite.

Per quanto riguarda la Rete Microsismica, nel Piano di Monitoraggio fornito a corredo della documentazione di Scoping vengono sintetizzati le attività condotte per la predisposizione di una rete di monitoraggio sismico nell'area della concessione Colle Santo.

La rete di monitoraggio sismico predisposta si configura come una estensione della rete monitoraggio sismico già prevista nel piano di monitoraggio predisposto da Acea Electrabel Produzione S.p.A. ad ottobre 2010 per il monitoraggio della diga di Bomba a seguito dell'avvio della produzione del giacimento Colle Santo.

Il Ministero delle Infrastrutture e Trasporti – Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, ha emanato a dicembre 2010 il proprio nulla osta al rilascio della concessione di coltivazione Colle Santo, con la prescrizione di implementare il Piano di Monitoraggio di Acea Electrabel Produzione Spa.

Nel piano di monitoraggio vengono descritti anche i volumi interessati dal monitoraggio sismico (Dominio Interno e Dominio Esteso) e si fa riferimento alla possibilità di integrare i dati della rete locale con quelli della Rete Sismica Nazionale in accordo con le Linee guida MiSE.



estratto da: Concessione di Colle Santo. Procedura di VIA. Integrazioni. Allegato F. Predisposizione di una rete di monitoraggio microsismico nell'area del giacimento di Colle Santo, novembre 2017, pag. 11

Figura 36 – Definizione dei volumi interessati dal monitoraggio ed ubicazione delle 8 stazioni di monitoraggio

Al fine di soddisfare i requisiti prestazionali richiesti dalle Linee Guida è risultato necessario aggiungere 3 stazioni sismiche a quelle già previste nel piano Acea (2010), ubicate in posizione azimutale tale da ottimizzare la capacità di rilevazione e localizzazione di eventi sismici nei domini individuati.

Si è valutata, inoltre, l'ottimizzazione della geometria precedente, essenzialmente tramite l'esclusione di due stazioni Acea ritenute ridondanti ai fini del monitoraggio. Si è dunque riconosciuto il migliore compromesso tramite l'utilizzo di 3 stazioni microsismiche, da associare a 6 stazioni convenzionali già predefinite sulle localizzazioni dalla rete ACEA.

Ne risulta una rete con 9 stazioni, come illustrato in Figura 37 (Rete ACEA OTTIMIZZATA).

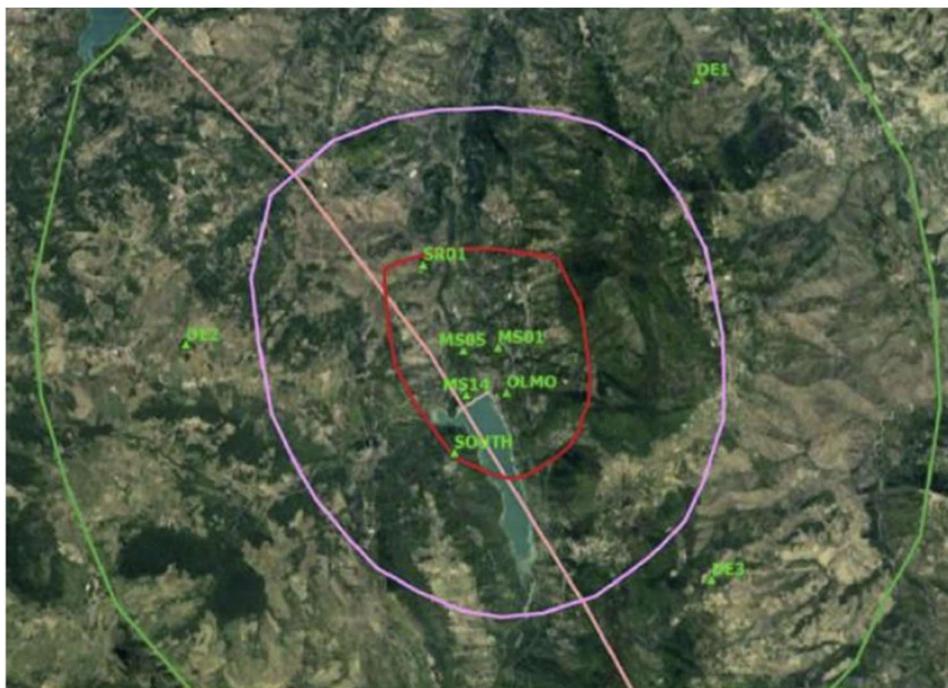


Figura 37 – Geometria di monitoraggio Rete ACEA Ottimizzata a 9 Stazioni

L'installazione della rete di monitoraggio sismico offre la possibilità di realizzare il monitoraggio dinamico della struttura della diga, sia relativamente al suo comportamento in caso di terremoti, sia in generale per quanto riguarda la stabilità e valutazione della condizione generale della struttura. Il monitoraggio dinamico valuta la risposta delle strutture a forzanti esterne, tipicamente sorgenti di vibrazione attive o passive.

Per quanto riguarda il monitoraggio delle pressioni di poro, come indicato dallo studio Dream (2016), il confronto tra le pressioni statiche a fondo pozzo stimate con il modello fluido-dinamico e i valori misurati nei pozzi produttori permetterà di confermare i risultati delle simulazioni in termini di distribuzione spaziale ed evoluzione temporale delle pressioni interstiziali nel volume di interesse.

9.3 Criticità emerse

Criticità 5 – Effetti cumulati sulla stabilità della diga

Le valutazioni di stabilità della diga per effetto dei cedimenti differenziali indotti dalla subsidenza sono state eseguite in condizioni statiche e senza tener conto delle sollecitazioni dinamiche per effetto dei forti terremoti possibili nell'area, senza inoltre considerare gli effetti di instabilità che potrebbero occorrere con l'attivazione sismoindotta o per altre cause, del movimento franoso che interessa il versante in cui la spalla destra della diga si fonda. Non è stata peraltro considerata la possibile tracimazione dell'acqua oltre il coronamento della diga per effetto del riversamento nel bacino idrico dei corpi di altre frane sismoinducibili, fra quelle cartografate a monte del lago medesimo

Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 554 del 25.08.2016 – DVA – 2016-0021460 del 29.08.2016 e nota Presidenza Regione DVA-2016-0022213 del 08.09.2016

17. Analisi effetti indotti dall'attività estrattiva sull'attività sismica – Gli studi sui possibili effetti indotti dall'attività estrattiva sull'attività sismica dell'area di progetto sono valutati come carenti. Detta valutazione è espressa dal CCR-VIA prendendo a riferimento il rapporto della Commissione ICHESE di febbraio 2014, redatto ad esito degli studi sulle possibili relazioni fra le attività di esplorazione e sfruttamento degli idrocarburi nella Pianura Padana e la sequenza asismica emiliana del 2012. In particolare, il rapporto della Commissione ICHESE conclude raccomandando che nuove attività di esplorazione per idrocarburi devono essere precedute da studi teorici preliminari e di acquisizione di dati sul terreno basati su rilievi 3D geofisici e geologici, al fine di determinare i sistemi di faglie con indizi di attività, le loro caratteristiche sismogenetiche e considerando i tempi di ritorno dei terremoti con $ML > 5$ al fine di avere indicazioni sul grado di "maturità" delle strutture medesime. Le attività di sfruttamento devono essere monitorate attraverso apposite reti volte a seguire l'evoluzione nel tempo della microsismicità, delle deformazioni del suolo e della pressione di poro. Riguardo la sismicità, la rete di monitoraggio deve come minimo poter rilevare i terremoti con $ML \geq 0,5$. Relativamente al territorio interferito dalle opere in progetto, i comuni interessati sono caratterizzati in maggioranza da pericolosità sismica medio-alta, secondo la OPCM 3274/2003 e successivi aggiornamenti. A fronte di ciò, il CCR-Via evidenzia che il progetto presentato è carente in relazione agli studi ed indagini effettuati per la caratterizzazione dei sistemi di faglie, mentre mancano riferimenti sui monitoraggi ante e post operam, anche in relazione a quanto previsto dalle Linee Guida per il monitoraggio redatte dal MISE a seguito del rapporto della Commissione ICHESE.

Comune di Paglieta: Delibera del Consiglio Comunale n. 51 del 23.08.2016 – DVA – 2016-0021283 del 24.08.2016

Comune di Roccasalegna: Delibera del Consiglio Comunale n. 26 del 26.08.2016 – DVA – 2016-0021418 del 29.08.2016

Il Consiglio Comunale, attesa la relazione del Sindaco che ha evidenziato, fra l'altro, il pericolo del cedimento della Diga di Bomba che determinerebbe conseguenze più rilevanti di quelle del Vajont nel 1963, stante il fatto che il progetto non prende in considerazione la situazione idrogeologica

Delibera della Giunta Regionale d'Abruzzo n. 30 del 24.01.2018 – DVA – 2018-0001743 del 25.01.2018 e DVA-2018-0001902 del 26.01.2018

Il proponente non ha fornito la documentazione integrativa sull'analisi delle conseguenze della subsidenza sulle opere strutturali presenti e in particolare sulla diga. Si forniscono i valori di subsidenza attesi e di distorsione angolare, ma non si descrivono le metodologie di calcolo adottate

9.4 Attività proposte per la risoluzione delle criticità

Tutte le attività sin qui descritte concorreranno a fornire informazioni più dettagliate sul contesto geologico, geomorfologico, geotecnico e sismico in cui gli interventi in progetto per lo sviluppo del Campo Colle Santo e la diga di Bomba si inseriscono.

L'area di studio è, infatti, incentrata *in primis* sulla diga stessa e sui versanti destro e sinistro del Fiume Sangro (ved. Allegato 1). Gli studi, coadiuvati da verifiche geofisiche, da approfondimenti interferometrici e dal monitoraggio (topografico, interferometrico e sismico), consentiranno di verificare ed approfondire le conoscenze nelle aree prossime alla diga.

Saranno realizzati gli studi teorici preliminari e acquisiti dati sul terreno basati su rilievi geologici e geofisici, al fine di individuare eventuali sistemi di faglie più superficiali e saranno consultati i dati bibliografici messi a disposizione dagli enti preposti per le faglie più profonde. Tutta la caratterizzazione geomorfologica verterà sui corpi di frana ricompresi nell'area di studio, approfondendo, dunque, anche il movimento franoso che interessa il versante su cui la spalla destra della diga si poggia.

Una volta indagate le caratteristiche geologiche e geomorfologiche delle aree di studio ed aver caratterizzato i corpi di frana (compresi quelli prossimi alla diga) la mappa di suscettività (*Earthquake-Induced Landslides* – EIL) consentirà valutare quali corpi di frana potrebbero subire un'attivazione a seguito di eventi sismici. A quel punto si valuterà come gestire le criticità e quali azioni intraprendere.

Si ribadisce che nell'ambito della nuova procedura di VIA saranno realizzati nuovi modelli del giacimento e della subsidenza, valutando l'attività estrattiva dai due pozzi già realizzati. Il nuovo modello sarà sviluppato tenendo conto sia di condizioni statiche che dinamiche (considerato il contesto in cui il progetto si inserisce).

Per la realizzazione del modello, come anticipato, si farà riferimento a informazioni di input sito-specifiche e non solo a dati matematici-geostatistici. Saranno, dunque, riesaminati:

- Log di pozzo;
- Misure geoelettriche;
- Stratigrafie dei pozzi e loro proiezioni laterali;
- Caratteristiche petrografiche del giacimento e modalità di migrazione dei fluidi all'interno del giacimento e nel dominio interno di rilevazione;

Saranno, inoltre, individuate di faglie attive adiacenti (entro 3 km) o prossime (entro 15 km) al giacimento e valutata l'interferenza delle attività di coltivazione con eventuali strutture sismogenetiche.

Saranno inseriti nella modellazione i dati interferometrici e sismologici disponibili a livello bibliografico e resi disponibili a seguito degli approfondimenti tecnico scientifici.

Analogamente, il modello numerico fluido-dinamico 3D finalizzato alla descrizione del comportamento del giacimento e dell'acquifero verterà su dati messi a disposizione dal proponente, su informazioni bibliografiche e sul modello idrogeologico descritti nel capitolo 1.

Anche le attività di monitoraggio sismico e geomorfologico descritte nel paragrafo precedente saranno destinate a garantire il controllo delle aree prossime alla diga stessa.

Il Piano di Monitoraggio presentato per la fase di scoping si configura come una estensione del Piano di monitoraggio della diga di Bomba predisposto da Acea Electrabel Produzione S.p.A. ad ottobre 2010; lo stesso, conforme alle Linee Guida, sarà messo in esercizio sei mesi prima dell'avvio della produzione del giacimento Colle Santo, al fine di avere una congrua lettura di bianco e la conferma dell'affidabilità del sistema. Le attività di monitoraggio della diga proseguiranno a seguito dell'avvio della produzione del giacimento Colle Santo.

È evidente che un attento monitoraggio sismico e delle deformazioni del suolo nelle fasi di pre-esercizio, esercizio e post-esercizio potrà verificare la reale deformazione del suolo e gli



eventuali scostamenti rispetto al modello previsionale, permettendo quindi l'adozione di misure atte a ricondurre il sistema (inclusa la diga) in condizioni di sicurezza.

Come è stato più volte ribadito, qualora durante l'esecuzione degli approfondimenti tecnico-scientifici proposti, si delineasse, a causa della realizzazione del progetto, una condizione pregiudizievole per la sicurezza territoriale, il proponente valuterà anche l'abbandono del progetto stesso.

Mantenere inalterata la condizione di sicurezza della diga è dunque requisito fondamentale per la prosecuzione delle attività di sviluppo.

Nella finalizzazione del progetto definitivo di sviluppo si dovrà naturalmente tener conto degli elementi di pericolosità riconducibili alla presenza della diga, anche qualora gli stessi fossero preesistenti e non riconducibili alle attività in progetto. Si dovranno, dunque, mettere in atto tutte le accortezze progettuali e le misure operative preposte alla gestione di eventuali situazioni di rischio (ad esempio potenziali episodi di tracimazione), garantendo l'incolumità dell'ambiente e della popolazione.

Tutte le attività dovranno, dunque, essere realizzate in coerenza con il Piano di Emergenza della Diga (PED).

Bibliografia

INGV (2004) *“Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’ O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici”*

S. Rusi, M.L. Rainone (2012). *Attività estrattiva di gas dal campo di Monte Pallano. Studio propedeutico sugli effetti sulle sorgenti basali ed in quota della Montagna della Majella”*

Bonini, Lorenzo, Toscani, Giovanni, Seno, Silvio (2014) *“Three-dimensional segmentation and different rupture behaviour during the 2012 Emilia seismic sequence (Northern Italy), Tectonophysics”*, doi: 10.1016/j.tecto.2014.05.006

ISPRA (2014). *“Rapporto sullo stato delle conoscenze riguardo alle possibili relazioni tra attività antropiche e sismicità indotta/innescata in Italia”*

MiSE (2014) *“Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell’ambito delle attività antropiche”*

Giani, Gian & Gotta, Andrea & Marzano, Francesco & Rocca, Vera. (2017). *How to Address Subsidence Evaluation for a Fractured Carbonate Gas Reservoir Through a Multi-disciplinary Approach. Geotechnical and Geological Engineering*. 35. 10.1007/s10706-017-0296-7.

Geosistemi (2017). *“Studio del potenziale di innesco sismico dei dissesti idrogeologici”*

Francesca Bozzano, Cristiano Carabella, Pierfederico De Pari, Marco Emanuele Discenza, Rosanna Fantucci, Paolo Mazzanti, Enrico Miccadei, Alfredo Rocca, Sergio Romano & Nicola Sciarra (2020). *“Geological and geomorphological analysis of a complex landslides system: the case of San Martino sulla Marrucina (Abruzzo, Central Italy)”*, Journal of Maps, 16:2, 126-136, DOI: 10.1080/17445647.2019.1702596

Cristiano Carabella¹, Jacopo Cinosi¹, Valerio Piattelli¹, Pierfrancesco Burrato², Enrico Miccadei^{1,2} (2022). *“Earthquake-induced landslides susceptibility evaluation: A case study from the Abruzzo region (Central Italy)”*

¹Department of Engineering and Geology, Università degli Studi “G. D’Annunzio” of Chieti-Pescara,

²Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione Roma

Benetatos, Christoforos & Codegone, Giulia & Giani, Grazia & Rocca, Vera & Verga, Francesca. (2016). *“Approccio integrato per l’analisi della subsidenza indotta dalla coltivazione dei giacimenti di idrocarburi”*.



PROGETTO SUBSIDENZA - STUDIO MULTIDISCIPLINARE PER LA VALUTAZIONE DELLE DEFORMAZIONI DEL SUOLO FINALIZZATO ALLO SVILUPPO DI UN MODELLO PER IL MONITORAGGIO INTEGRATO Report integrato di fine progetto



Sitografia

DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV): <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A. (eds), 2022. Italian Parametric Earthquake Catalogue (CPTI15), version 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>

Sismicità indotta e innescata: [S2in - Sismicità indotta e innescata \(sismicitaindotta.it\)](http://sismicitaindotta.it)

Ministero dello Sviluppo Economico (MISE): [Ministero dello Sviluppo Economico \(mise.gov.it\)](http://mise.gov.it)

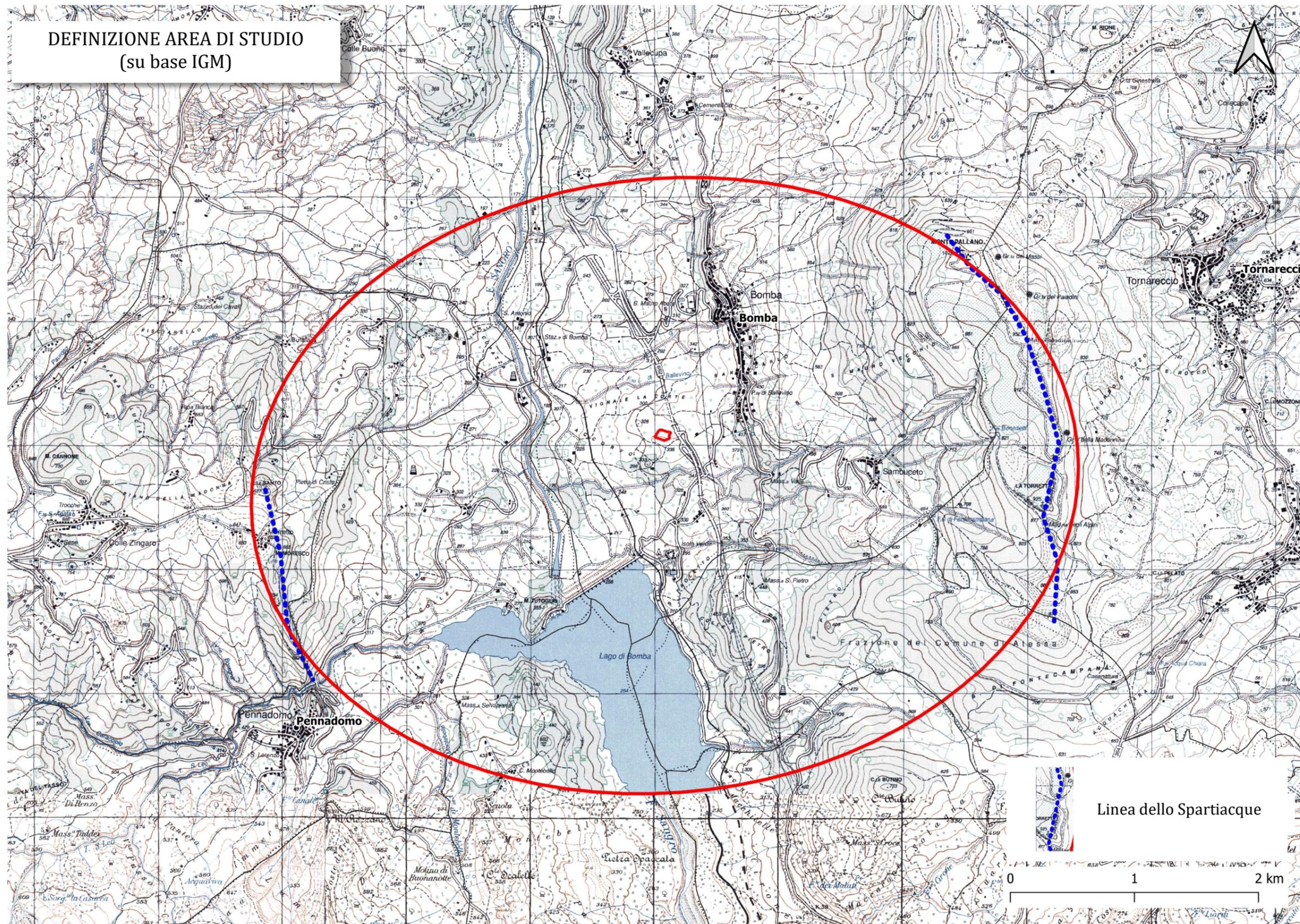
Progetto Subsidenza: <https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/sicurezza/clypea-il-network-per-sicurezza-offshore/subsidenza>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/>



ALLEGATO 1

DEFINIZIONE AREA DI STUDIO
(su base IGM)



DEFINIZIONE AREA DI STUDIO
(su base Ortofoto)

