

Concessione

“SAN POTITO & COTIGNOLA STOCCAGGIO”

PROVE DI STOCCAGGIO IN SOVRAPPRESSIONE NEL
GIACIMENTO DI SAN POTITO

**Programma delle Prove e
Rendicontazione dei Risultati**

Milano – 04 aprile 2023

Sommario

1	Introduzione.....	5
2	Obiettivo delle Prove.....	6
3	Attività propedeutiche alla prima fase di prove.....	6
4	Programma del Primo Anno di Prove.....	7
5	Programma dei Monitoraggi.....	10
5.1	Monitoraggio delle emissioni dal suolo.....	11
5.2	Monitoraggio delle deformazioni del suolo.....	12
5.3	Monitoraggio microsismico.....	14
5.4	Monitoraggio delle pressioni di poro.....	16
5.5	Cronoprogramma delle attività di controllo.....	17
6	Procedure di Controllo in Fase di Prova.....	18
7	Rendicontazione dei risultati delle prove.....	21
	Allegato 1: Pressioni Statiche Originarie e Quote di Misura.....	24
	Allegato 2: Calcolo delle Pressioni Statiche al Datum.....	25
	Allegato 3: Previsione degli Spostamenti al Suolo Durante le Prove.....	26
	Allegato 4: Lista di Distribuzione degli Elaborati Tecnici Previsti nel Corso dell Prove.....	33

Indice delle Figure

	Figura 1: Posizione dei pozzi al tetto del giacimento BB1 di stoccaggio.....	5
	Figura 2: Posizione dei punti di misura delle pressioni statiche di giacimento.....	6
	Figura 3: Pressioni statiche al datum nel corso del primo anno di prove in sovrappressione nel BB1 Upper (punti: pressione media sull'intero BB1 Upper; linea rossa: media delle pressione ai pozzi spia SP-6D e SP-3d).....	9

Figura 4: Pressioni statiche al datum nel corso del primo anno di prove in sovrappressione nel BB1 Lower (punti: pressione media sull'intero BB1 Lower; linea rossa: media delle pressione ai pozzi spia SP-6D e SP-3d)	10
Figura 5: Ubicazione delle misure di flusso di CO2 e CH4 eseguite presso l'area di San Potito (ott-nov 2018).....	11
Figura 6: Permanent Scatter selezionati per il monitoraggio delle deformazioni su base mensile	14
Figura 7: Stazioni della rete di monitoraggio microsismico di San Potito e Cotignola.....	15
Figura 8: Incremento di pressione statica media in funzione del volume di gas iniettato nel BB1 Upper.....	20
Figura 9: Incremento di pressione statica media in funzione del volume di gas iniettato nel BB1 Lower.....	20
Figura 10: Pressioni statiche originarie e quote top spari nei pozzi di controllo delle pressioni	24
Figura 11: Traccia del giacimento di San Potito e bersagli fissi (PS) i cui movimenti verranno monitorati mediante immagini satellitari (tecnica InSAR).....	26
Figura 12: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS1 (in alto) e del PS2 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a P _{MAX} =107%P _i , cioè P _{MAX} =214 bar.....	27
Figura 13: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS3 (in alto) e del PS4 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a P _{MAX} =107%P _i , cioè P _{MAX} =214 bar.....	28
Figura 14: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS5 (in alto) e del PS6 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a P _{MAX} =107%P _i , cioè P _{MAX} =214 bar.....	29
Figura 15: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS7 (in alto) e del PS8 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a P _{MAX} =107%P _i , cioè P _{MAX} =214 bar.....	30
Figura 16: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS9 (in alto) e del PS10 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a P _{MAX} =107%P _i , cioè P _{MAX} =214 bar.....	31
Figura 17: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS11 (in alto) e del PS12 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a P _{MAX} =107%P _i , cioè P _{MAX} =214 bar.....	32

Indice delle Tabelle

Tabella 1: Quote di riferimento per le misure di pressione di giacimento.	17
Tabella 2: Cronoprogramma attività di monitoraggio ambientale e rendicontazione risultati nell'ambito del primo anno di prove di sovrappressione sul giacimento di San Potito	18

Acronimi e Definizioni

ARPAE	Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna
Barsa	Bar assoluti (unità di misura delle pressioni nel sistema CGS (1 Bar è equivalente a 0.9869 atm, 10^5 Pa, 1.01972 kg/cm ² , 14.5038 psi)

Datum	Profondità a cui vengono riferite le pressioni di giacimento, solitamente nella mezzeria della zona a gas (per San Potito il datum è a 1833 m s.l.m.)
GWC_i	Gas Water Contact initial - contatto gas-acqua originario
InSAR	Interferometric Synthetic-Aperture Radar – tecnica che utilizza più immagini satellitari per generare mappe di deformazione del suolo o spostamenti nel tempo di specifici bersagli (Permanent Scatter) posti sulla superficie terrestre.
m MDRT	metri misurati lungo la traiettoria del pozzo a partire dalla Tavola Rotary
m s.l.m.	metri sotto il livello del mare
MATTM	Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
MASE	Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica
P_i	Pressione originaria del giacimento - antecedente alla produzione primaria
RER	Regione Emilia Romagna
RT	Rotary Table - piano di lavoro durante la perforazione dei pozzi - di solito elevato rispetto al piano campagna
Top Spari	Punto più alto (a minor profondità rispetto al suolo) dell'intervallo in profondità che mette in comunicazione idraulica il pozzo con il giacimento.
AT	Anno termico, 1 aprile – 31 marzo.

1 Introduzione

Il presente documento illustra il programma dettagliato delle attività previste nell'ambito del **primo anno di prove in sovrappressione**, che verranno condotte nel giacimento BB1 di San Potito a partire dalla prossima campagna di iniezione.

Lo stoccaggio nel giacimento di San Potito viene esercito mediante tre pozzi per la movimentazione del gas (SP-A1d, SP-A2d e a partire dal 2023 SP1-dirST) e due pozzi di monitoraggio delle pressioni di poro (SP-6d, SP-3d), la cui ubicazione in corrispondenza del tetto del serbatoio di stoccaggio è rappresentata in **Figura 1**.

Il pozzo di stoccaggio SP-A1d è completato in singolo selettivo con tubino da 3"1/2 sugli intervalli BB1 Upper e BB1 Lower (1 singolo tubino per entrambi gli intervalli), il SP-A2d presenta un completamento doppio con 2 tubini da 3"1/2 (1 per il BB1 Upper e per il BB1 Lower) e il SP1dST è completato con tubino da 3"1/2 sull'intervallo BB1 Upper.

Il pozzo di monitoraggio SP-6d consente il controllo delle pressioni nel settore occidentale del giacimento, mentre il pozzo SP-3d controlla le pressioni nel settore orientale dello stesso. I punti di misura delle pressioni sono rappresentati nella sezione di **Figura 2**.

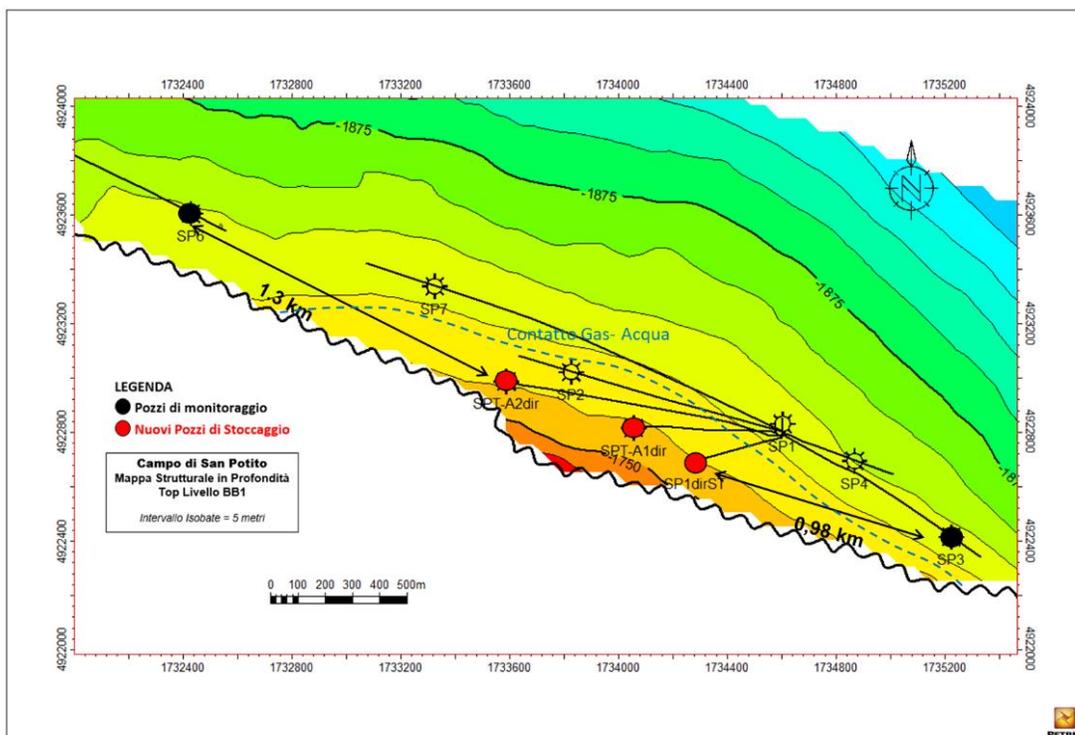


Figura 1: Posizione dei pozzi al tetto del giacimento BB1 di stoccaggio

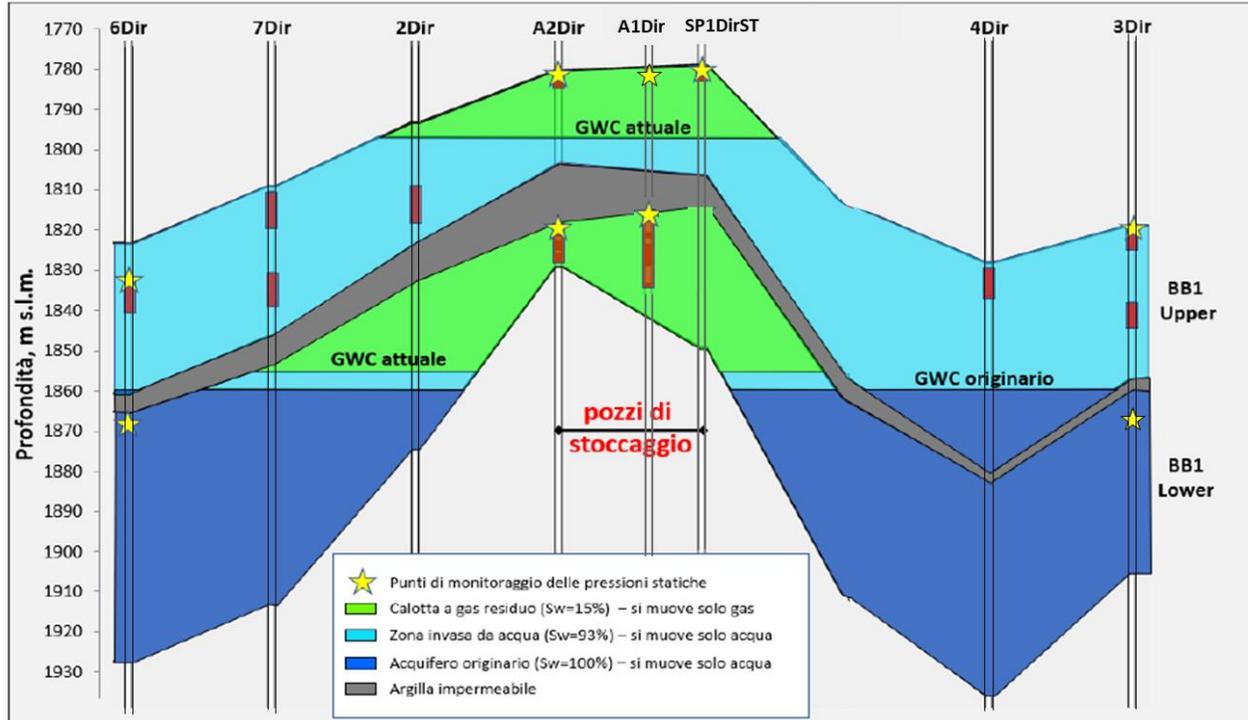


Figura 2: Posizione dei punti di misura delle pressioni statiche di giacimento

2 Obiettivo delle Prove

L'obiettivo principale delle prove di iniezione in sovrappressione statica è, in linea con quanto stabilito nell'Art. 13, comma 2 del D.D. 4 febbraio 2011 (Disciplinare Tipo), quello di accertare la fattibilità dell'ampliamento della capacità di stoccaggio, in modo sicuro e compatibile con le caratteristiche geomeccaniche del giacimento e le diverse componenti ambientali impattate dalla sperimentazione.

Nel caso specifico di San Potito, tale accertamento verrà realizzato su di un arco temporale di due anni (AT 2023/2024 - AT2024/2025) prevedendo di raggiungere nell'AT 2023/2024 un primo livello di sovrappressione pari al +7% della pressione statica originaria, mentre per il 2024/2025 il livello di sovrappressione sarà definito, di comune accordo con gli Enti preposti, sulla base dei risultati del primo anno di sperimentazione.

3 Attività propedeutiche alla prima fase di prove

Per il periodo 2018-2023 sono già state realizzate le seguenti attività, propedeutiche al miglior svolgimento delle prove:

- aggiornamento del modello 3D di giacimento e simulazione dello scenario $P_{max}=1.07P_i$;
- selezione e monitoraggio con tecniche InSAR di un numero discreto di bersagli superficiali (Permanent Scatter) posti in corrispondenza del campo di San Potito. Questi dati sono integrati nelle relazioni semestrali che vengono inviate alla Regione Emilia-Romagna e al MASE nell'ambito della

Prescrizione n.8 del decreto di compatibilità ambientale n.773 del 8 ottobre 2007 relativo al progetto di Concessione di stoccaggio gas in sottterraneo “San Potito e Cotignola Stoccaggio”. Delibera della Giunta Regionale Emilia-Romagna n. 2020 del 29/12/2006 Sistema di monitoraggio della subsidenza;

- c) simulazione geomeccanica degli spostamenti previsti al suolo nello scenario $P_{max}=1.07P_i$, con specifico riferimento ai movimenti previsti nei punti bersaglio selezionati per il monitoraggio satellitare;
- d) registrazione dei gradienti statici nei pozzi di stoccaggio SP-A1d, SP-A2d con cadenza semestrale.
- e) registrazione dei gradienti statici nei pozzi di osservazione SP6dir e SP3dir e nel nuovo pozzo di stoccaggio SP-1dirST nei primi giorni di aprile 2023.
- f) N.4 **campagne di misura del soil gas** condotte nel periodo ottobre 2018 – novembre 2019 nell’area della centrale e nel perimetro sovrastante il giacimento di San Potito, con lo scopo di acquisire valori di fondo delle emissioni naturali di metano all’interfaccia aria-suolo;
- g) **Installazione della stazione di misura delle emissioni gassose** (Soil Gas) con monitoraggio in continuo del metano nell’aria, al suolo e in falda (operativa a partire da aprile 2021);
- h) **Installazione di una rete microsismica** costituita da n.15 stazioni, di cui n.8 in pozzo e registrazione dei dati in continuo da novembre 2018 ad oggi. **La rete microsismica è stata progettata e realizzata da SOLGEO Srl e validata da DICAM-UniBo.**
- i) Intervento di workover tramite sidetrack del pozzo SP1 nel 2022, come da programma lavori autorizzato, e la sua messa in esercizio nel 2023 congiuntamente ai relativi impianti di superficie;
- j) Intervento di workover del pozzo di monitoraggio SP-3d nel 2022, con l’installazione dei sensori permanenti per il monitoraggio continuo ed in tempo reale delle pressioni di poro e delle temperature nel settore orientale del giacimento. Allo stato attuale, è quindi possibile monitorare la pressione di poro del giacimento in tempo reale mediante acquisizione in continuo dei dati dai pozzi SP-3d e SP6.
- k) Per la concessione di San Potito, a partire dal 2019, al fine di incrementare il monitoraggio di tutte le componenti ambientali che possono potenzialmente essere impattate dalla sperimentazione, sono stati intensificati, rispetto ai requisiti legislativi, le verifiche relative ad emissioni in atmosfera, scarichi idrici ed emissioni acustiche.

4 Programma del Primo Anno di Prove

Le prove in sovrappressione verranno eseguite indicativamente a partire da giugno dalla campagna di iniezione AT 2023/2024, che avrà avvio nel mese di aprile 2023 e durerà sino al mese di ottobre 2023 a cui farà seguito, a partire da novembre 2023, la campagna di erogazione che durerà sino ad aprile 2024.

Il programma è stato redatto eseguendo la simulazione, mediante modello numerico di giacimento (ECLIPSE), dello scenario che a fine iniezione (15 ottobre 2023) porta a raggiungere una pressione

statica massima in giacimento di circa **214 Barsa**, pari al 7% in più della pressione statica originaria ($P_{max}=1.07 \times 199.7= 213.6$ Barsa – **Allegato 1**), con un volume complessivamente iniettato di gas stimato in circa 140 MSm³.

Quanto sopra nell'ipotesi di ricevere l'autorizzazione finale del MASE entro il 1° maggio e poter avviare le prove il 1° luglio 2023. Laddove l'inizio delle prove avvenisse successivamente, le previsioni da modello presentate qui di seguito dovranno essere aggiornate di conseguenza.

La successiva fase di estrazione prenderà indicativamente il via al 1° novembre 2023 e si concluderà il 15 aprile 2024, con estrazione di tutto il volume di gas precedentemente iniettato.

Le principali ipotesi utilizzate per la simulazione delle prove mediante il modello 3D di giacimento sono riassunte qui di seguito:

Pozzi utilizzati per l'iniezione	SP-A1d - iniezione su entrambi gli intervalli BB1 Upper e BB1Lower in simultanea attraverso l'unico tubino (commingle) SP-A2d - iniezione su entrambi gli intervalli BB1 Upper e BB1 Lower attraverso i 2 tubini dedicati SP-1dST - iniezione su livello BB1 Upper
Inizio campagna di iniezione	1 aprile 2023
Fine campagna di iniezione AT 2023/2024	15 ottobre 2023
Inizio campagna di estrazione	1° novembre 2019
Fine campagna di estrazione	15 aprile 2020
Conduzione pozzi di iniezione	dal 1 aprile - pressione statica del giacimento non superiore alla pressione statica originaria (ca. 200 Barsa) dal 1° luglio (sub. autorizzazione MASE) al 15 ottobre 2023 inizio delle prove in sovrappressione statica , fermo restando che la pressione statica in giacimento non supererà mai +7% (214 Barsa)
Massima pressione statica media in giacimento	7% in più della pressione statica originaria

La modellazione è stata realizzata con step di calcolo giornalieri. Per ogni step di calcolo, il modello applica ai pozzi iniettori le pressioni dinamiche quindi, a seconda delle caratteristiche petrofisiche della formazione, valuta la portata iniettabile in ogni pozzo e il conseguente incremento di pressione statica in tutti i punti del giacimento. Tale processo di calcolo si ripete iterativamente per ogni giorno del periodo di iniezione fino a 15 ottobre 2023, quando ai pozzi iniettori viene imposto il comando di chiusura.

Dalle modellazioni eseguite si stima che il raggiungimento della pressione statica originaria avverrà dopo aver iniettato circa 65 MSm³ nel BB1 Upper e circa 10 MSm³ nel BB1 Lower. Di conseguenza, le date di superamento della pressione statica originaria, nei due intervalli BB1 Upper e BB1 Lower, **potranno essere definite solo in in corso d'opera** in funzione:

- della data di inizio della sperimentazione (subordinata al rilascio dell'autorizzazione finale da parte del MASE), al momento ipotizzata essere il 1° luglio 2023;
- dalle prestazioni dei pozzi in fase di iniezione in sovrappressione;
- dalle portate giornaliere di gas che verranno rese disponibili dagli utenti dello stoccaggio durante la campagna di iniezione (nomine giornaliere).

La pressione statica media calcolata sull'intero volume dei due serbatoi di stoccaggio durante la fase di iniezione (punti asterisco) è riportata in **Figura 3** (BB1 Upper) e **Figura 4** (BB1 Lower), insieme all'andamento della media aritmetica delle pressione statica calcolate in corrispondenza dei pozzi spia (linea rossa).

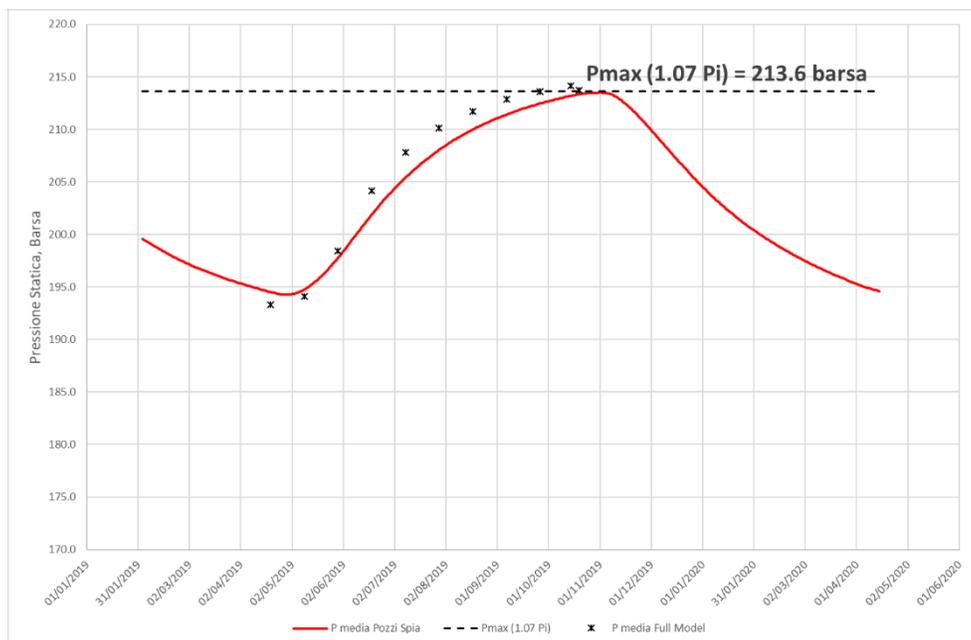


Figura 3: Pressioni statiche al datum nel corso del primo anno di prove in sovrappressione nel BB1 Upper (punti: pressione media sull'intero BB1 Upper; linea rossa: media delle pressione ai pozzi spia SP-6D e SP-3d)

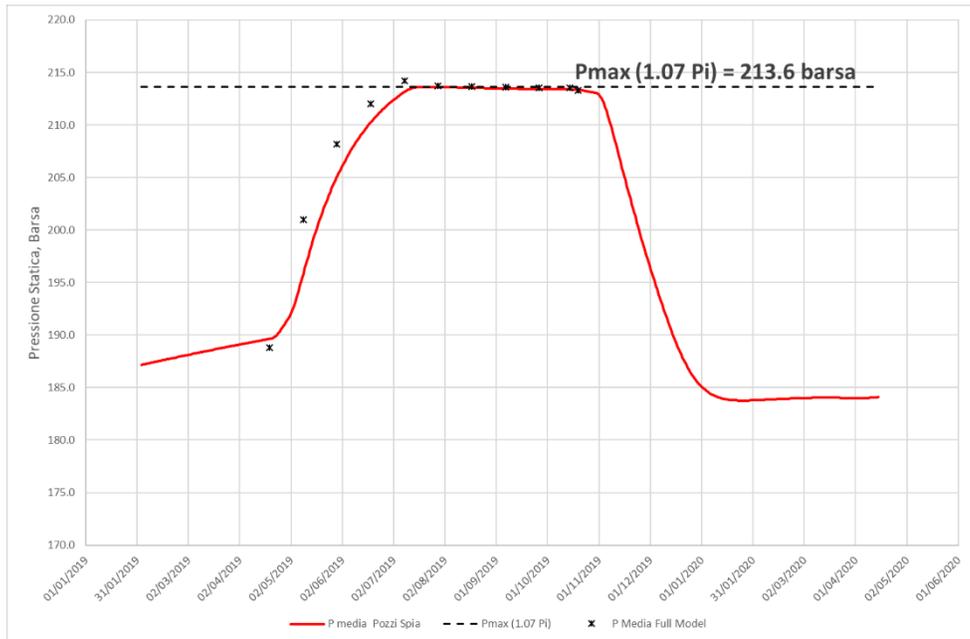


Figura 4: Pressioni statiche al datum nel corso del primo anno di prove in sovrappressione nel BB1 Lower (punti: pressione media sull'intero BB1 Lower; linea rossa: media delle pressione ai pozzi spia SP-6D e SP-3d)

Dalle due figure che precedono, si evince che la media aritmetica delle pressioni calcolate in corrispondenza dei pozzi spia è rappresentativa della pressione statica media sull'intero volume dei due serbatoi BB1 Upper BB1 Lower.

Da quanto sopra, si propone di utilizzare la media delle pressioni statiche misurate nei pozzi spia, riportate al datum secondo la procedura di calcolo riportata in **Allegato 2**, come valido indicatore della pressione statica media del BB1 Upper e BB1 Lower.

5 Programma dei Monitoraggi

Nell'ambito delle prove di stoccaggio in sovrappressione nel giacimento BB1 di San Potito verrà attuato un piano di monitoraggio di tutte le componenti ambientali che si ritiene possano potenzialmente essere impattate dalla sperimentazione.

Le attività di monitoraggio riguarderanno sia il periodo che precede l'inizio delle prove (fase "ante operam") che il periodo stesso di prova.

La descrizione completa di tutte le attività di monitoraggio previste, sia prima che durante le prove, è riportata nel documento di integrazione "INT-005 Ottobre 2018", trasmesso al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare in data 22.10.2018

Di seguito si fornisce il dettaglio delle attività di controllo previste in relazione alle componenti ambientali di maggior rilievo nell'ambito dell'esecuzione delle prove in sovrappressione.

Al fine di discriminare le attività “ante operam” da quelle previste in corso di prova, si è assunto che l’inizio della sperimentazione avvenga a partire dal 1° luglio del 2023.

5.1 Monitoraggio delle emissioni dal suolo

- **Periodo “ante operam”:** a gennaio 2019 è stato completato il lavoro di mappatura – avviato ad ottobre 2018 - delle emissioni di metano e anidride carbonica all’interfaccia suolo-atmosfera su una superficie totale di circa 60 km², soprastante il giacimento BB1 di San Potito. In circa 20 giorni di rilievo, sono state complessivamente effettuate 4023 misure puntuali di flusso di CH₄ e CO₂, secondo una maglia di 50x50 m nelle aree interne e di 100x100 m e di 200x200 m nelle aree più esterne rispetto alla proiezione in superficie del giacimen (**Figura 5**).

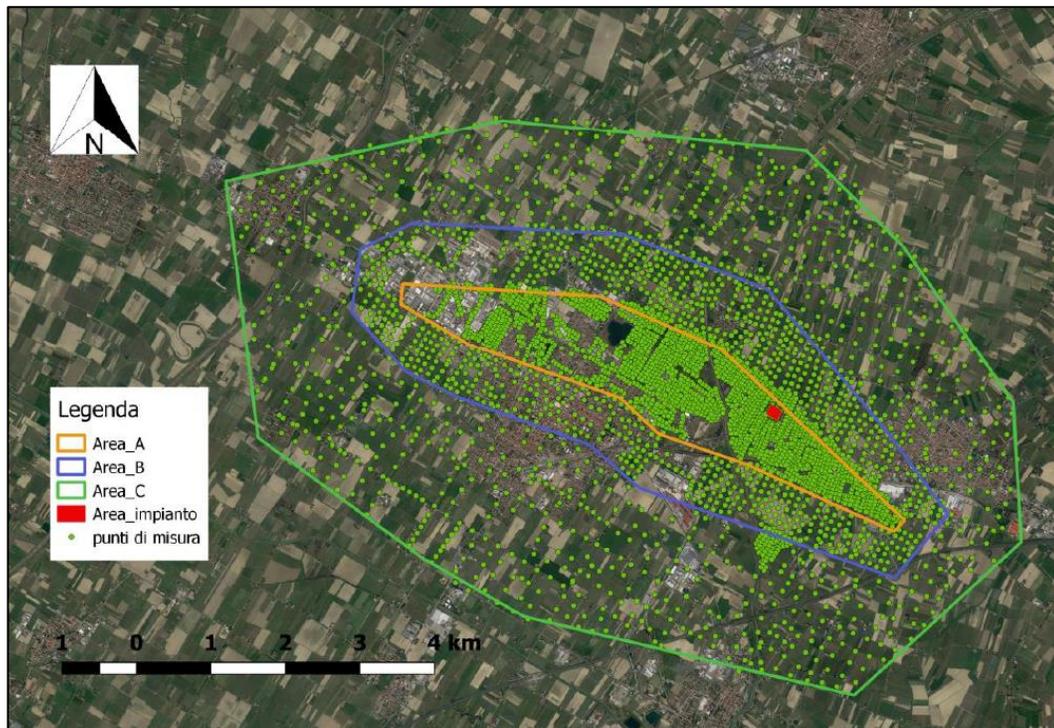


Figura 5: Ubicazione delle misure di flusso di CO₂ e CH₄ eseguite presso l’area di San Potito (ott-nov 2018)

La relazione tecnica relativa al rilievo eseguito è stata inviata nei primi giorni di febbraio 2019 agli uffici competenti della Regione Emilia Romagna per opportuna valutazione.

Così come concordato il 15 febbraio 2019 nel corso della riunione svoltasi presso la Regione Emilia Romagna, il monitoraggio delle emissioni dal suolo è stato realizzato con campagne di misura analoghe a quella già effettuata nel 2018, ma su un numero di siti più limitato, in corrispondenza del giacimento di stoccaggio, tre rilievi: uno ad aprile 2019, uno ad agosto 2019 e uno a novembre 2019 - a serbatoi pieni - alla fine della campagna di iniezione in sovrappressione. I risultati di tali rilievi sono stati comunicati e discussi nei mesi immediatamente successivi alle campagne di misura.

Sulla base dei risultati dei rilievi è stato possibile definire l'ubicazione del sito nell'area della Centrale di San Potito in cui installare una stazione permanente per il monitoraggio geochimico-ambientale delle matrici suolo, aria ed acque di falda nell'area dello stoccaggio.

L'ubicazione della stazione è stata sottoposta il 5 febbraio 2020 all'approvazione del Servizio geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia-Romagna, di Arpaè – Direzione tecnica e di INGV, ottenendo il riscontro positivo in data 05/03/2020.

La stazione è entrata in esercizio a marzo 2021 con la registrazione continua di dati che vengono sintetizzati e discussi mediante report trimestrali.

- **Periodo di prova in sovrappressione:** Con l'attivazione della stazione permanente si dispone di un sistema di monitoraggio in continuo dei valori di concentrazione del metano in atmosfera e del gas disciolto nelle acque sotterranee (prima falda) nonché della misura del rateo di emissione di gas naturale all'interfaccia suolo atmosfera: in tal modo sarà possibile valutare l'evoluzione temporale di tali parametri, dando quindi la possibilità di discriminare eventuali emissioni nell'ambiente di gas naturale a seguito delle attività di stoccaggio.

I dati rilevati dalla stazione permanente saranno comunicati agli Enti con cadenza trimestrale a partire dal quarto mese dall'inizio delle prove (ottobre 2023). Si valuterà inoltre, con il fornitore e di concerto con gli Enti, la possibilità di accesso ai dati attraverso apposito portale web.

5.2 Monitoraggio delle deformazioni del suolo

Il **monitoraggio delle deformazioni del suolo**, come da Progetto approvato dalla Regione Emilia-Romagna, sul campo di San Potito è stato avviato alla fine del 2013 tramite la misura degli spostamenti verticali e orizzontali del suolo mediante l'analisi InSAR di immagini acquisite dai satelliti TerraSAR-X e Sentinel-1 su orbite ascendenti e discendenti.

Le misure InSAR sono opportunamente integrate con le misure fornite dalla stazione GNSS installata sul sito di Cotignola nel gennaio 2014 e, a partire da novembre 2018, dalla nuova stazione GNSS installata in Località Pozzarda, nel comune di Bagnacavallo (in corrispondenza della stazione microsismica SP12).

Il sistema di monitoraggio si compone inoltre di 2 pozzi piezometrici e 1 pozzo assestometrico – situati all'interno del cluster C di Cotignola - in grado di fornire informazioni circa le variazioni di quota delle falde ed i tenori di compattazione/dilatazione dei primi 300 metri della copertura sedimentaria.

Dal 2013, i risultati del monitoraggio delle deformazioni del suolo sono comunicati con frequenza semestrale al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, alla Regione Emilia Romagna e ARPAE.

Da novembre del 2018 la stazione permanente GNSS di Cotignola è stata integrata in una rete di monitoraggio geodetico più ampia, costituita da 11 stazioni GNSS di cui una a doppia frequenza a dieci a monofrequenza, collocate con quelle microsismiche (fig. 7) e realizzate in conformità con quanto

stabilito 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” (ILG), redatto nel 2014 dal Gruppo di Lavoro istituito dalla Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie del Ministero dello Sviluppo Economico (MSE).

In relazione alle prove in oggetto si propone quanto segue:

- **Periodo “ante operam”:** nel prossimo mese di maggio 2023 verranno preparate e rese disponibili agli Enti di cui sopra, le relazioni tecniche (Analisi InSAR e Analisi Integrata con i dati GPS, piezometrici ed assestometrici) di aggiornamento sulle deformazioni del suolo alla data del 31 marzo 2023. Per le analisi dei dati “ante operam”, sono disponibili report semestrali dal 2013 ad oggi.
- **Periodo di prova in sovrappressione:** le relazioni tecniche sul monitoraggio delle deformazioni del suolo verranno preparate e rese disponibili agli Enti con frequenza trimestrale (a partire da ottobre 2023). Resta inteso che ogni relazione conterrà le misure aggiornate all’ultimo giorno del mese che precede l’emissione del report.

In aggiunta alle relazioni trimestrali, sono stati scelti 12 punti bersaglio (Permanent Scatter) posti sulla verticale del giacimento (**Figura 6**) attraverso i quali verranno monitorate le deformazioni verticali tramite tecnica InSAR (grafico spostamento vs. tempo), su base mensile.

Inoltre, qualora nel corso del monitoraggio delle deformazioni del suolo si dovessero registrare scostamenti significativamente superiori a quelli previsti (vedi Appendice 3), Edison Stoccaggio provvederà a rendere disponibile in tempi brevi una specifica relazione tecnica.

Tutte le misure InSAR saranno rese disponibili su un portale web dedicato. Gli Enti interessati possono fare richiesta a Edison Stoccaggio per ricevere le credenziali di accesso al sito.

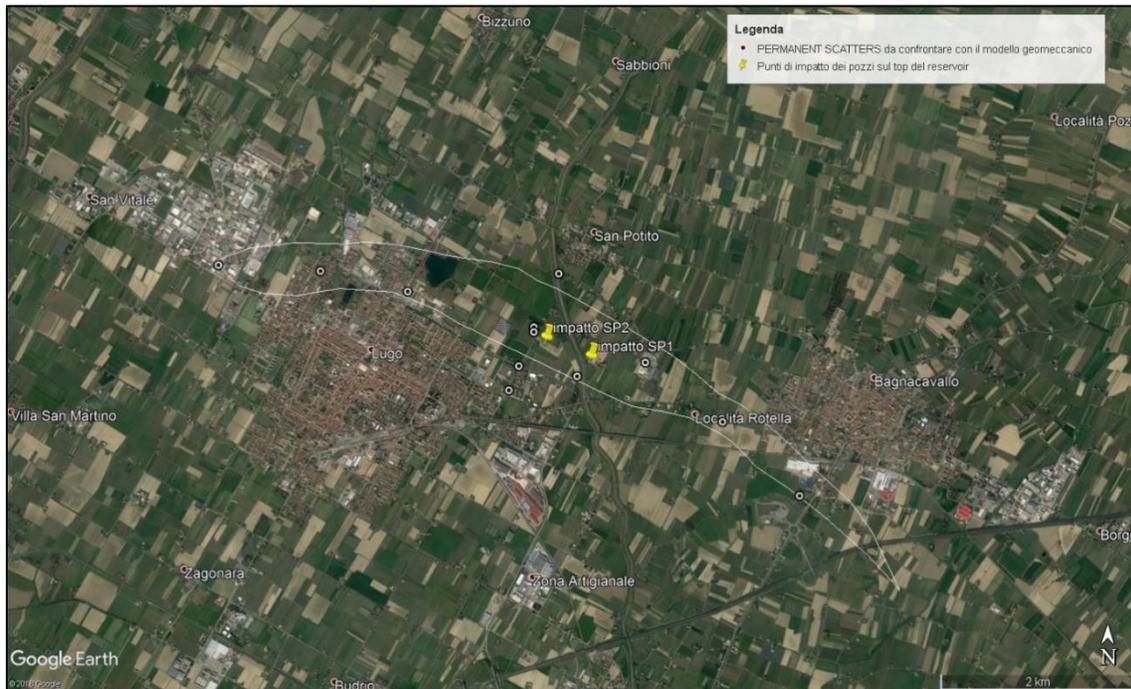


Figura 6: Permanent Scatter selezionati per il monitoraggio delle deformazioni su base mensile

5.3 Monitoraggio microsismico

Il **monitoraggio microsismico** sul campo di San Potito è stato avviato a luglio 2017 con 6 stazioni superficiali, diventate 11 superficiali + 1 in pozzo da gennaio 2018.

Da novembre 2018 è in esercizio la rete di monitoraggio sismico **permanente** (Figura 7), che consta di 15 stazioni sismiche (8 in pozzo + 7 superficiali) distribuite sul territorio ed equipaggiate con adeguata strumentazione in conformità con quanto stabilito 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” (ILG), redatto nel 2014 dal Gruppo di Lavoro istituito dalla Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie del Ministero dello Sviluppo Economico (MSE).

In 11 delle 15 stazioni sismiche sono state inoltre installate delle antenne GPS che andranno a raffittire la rete di monitoraggio geodetico già esistente.

- **Periodo “ante operam”**: le misure della sismicità naturale di fondo in condizioni “non perturbate”, sono in essere da luglio 2017. Le relazioni tecniche sul monitoraggio sismico nel periodo luglio - novembre 2017 e dicembre 2017 - giugno 2018 sono stati trasmessi al Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare come allegati nel documento di integrazione “INT-002 Ottobre 2018”.

A partire da aprile 2018 vengono prodotte con cadenza semestrale le relazioni contenenti le informazioni circa l’operatività della rete e l’analisi dei dati microsismici. La prossima relazione è programmata per maggio 2023.

In relazione alle prove in oggetto si propone quanto segue:

Prima dell'inizio delle prove in sovrappressione, a maggio 2023 verranno trasmesse tutte le relazioni tecniche semestrali prodotte a partire dal 2018 agli Enti di controllo interessati.

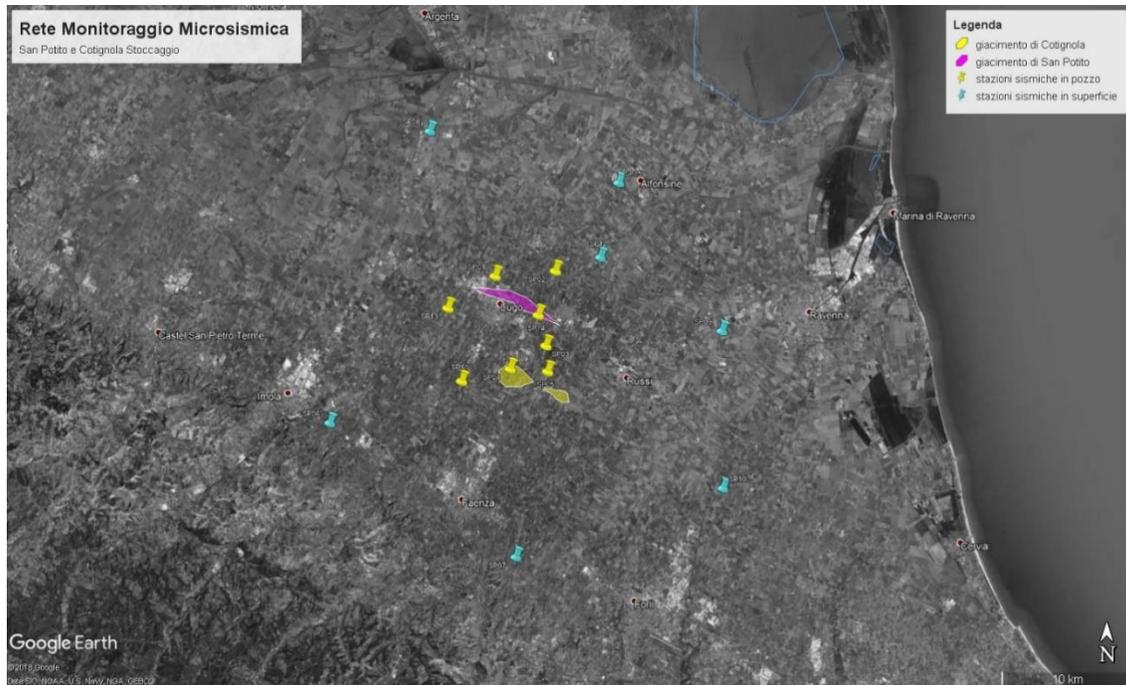


Figura 7: Stazioni della rete di monitoraggio microsismico di San Potito e Cotignola

- **Periodo di prova in sovrappressione:** il monitoraggio microsismico verrà garantito dalle 15 stazioni definitive della rete. Si prevede l'emissione di una relazione tecnica sugli esiti del monitoraggio con frequenza trimestrale a partire da ottobre 2023.

I dati di monitoraggio saranno condivisi con gli Enti interessati entro due settimane dall'acquisizione. L'accesso ai dati avverrà tramite protocollo ftp, digitando "nome utente" e "password" che Edison Stoccaggio provvederà ad assegnare agli interessati. I dati saranno in formato "miniseed" (un file per ogni canale). In genere si tratterà di file giornalieri, ma nel caso in cui manchi anche solo un campione, il file verrà interrotto e ne verrà creato uno nuovo. Si potranno quindi avere anche più di un file per canale per giorno. L'utente accederà con un qualunque client ftp e vedrà una struttura ad albero del tipo: anno/mese/rete/stazione/location.

Inoltre, qualora nel corso del monitoraggio sismico si registrassero eventi di particolare rilievo per il territorio, Edison Stoccaggio provvederà a rendere disponibile in tempi brevi una specifica relazione tecnica, come già sperimentato, ad esempio, con la sequenza sismica nel ravennate del gennaio 2019.

5.4 Monitoraggio delle pressioni di poro

Il monitoraggio delle pressioni statiche nel livello di stoccaggio viene attualmente realizzato nei pozzi spia SP-6d e SP-3d ed ovviamente nei pozzi di stoccaggio SP-A1d, SP-A2d e SP-1dirST durante i periodi di chiusura degli stessi. La posizione dei pozzi di monitoraggio in corrispondenza del tetto del giacimento BB1 e le profondità di monitoraggio delle pressioni in ogni pozzo, sono riportate in **Figura 1** e **Figura 2**, rispettivamente.

Nel pozzo SP-6d si esegue un monitoraggio in continuo ed in tempo reale delle pressioni statiche di fondo nel settore occidentale del giacimento, mediante due sensori permanenti. I due sensori sono installati a 1827.5 m s.l.m. e consentono di ricavare le pressioni al top spari (profondità in cui il pozzo comunica con il giacimento) del BB1 Upper a 1830.6 m s.l.m. e del BB1 Lower a 1868.2 m s.l.m.

Nel pozzo SP-3d si eseguirà un monitoraggio in continuo ed in tempo reale delle pressioni statiche di fondo nell'intervallo BB1 Upper, nel settore orientale del giacimento, mediante due sensori permanenti. I due sensori sono installati a 1769,8m s.l.m. e consentono di ricavare le pressioni al top spari (profondità in cui il pozzo comunica con il giacimento) del BB1 Upper a 1817,4 m s.l.m. e del BB1 Lower a 1887 m s.l.m.

Nel pozzo “SPT A1dir” la pressione di fondo viene monitorata in continuo ed in tempo reale mediante un unico sensore a fibra ottica installato permanentemente a fondo pozzo e verificata con misure “spot” mediante gradienti statici in pozzo. Il pozzo è completato per lo stoccaggio selettivo nel BB1 Upper o nel BB1 Lower oppure in simultanea su entrambi gli intervalli. L'unico sensore installato a 1737.8 m s.l.m. consente quindi di ricavare le pressioni al top spari del BB1 Upper a 1778.5 m s.l.m. o al top spari del BB1 Lower a 1813.5 m s.l.m., oppure le pressioni ad una quota media tra i due livelli a seconda della configurazione di stoccaggio utilizzata.

Nel pozzo “SPT A2dir” la pressione di fondo viene monitorata di continuo ed in tempo reale mediante due sensori a cavo elettrico installati permanentemente a fondo pozzo sia nella string corta che nella string lunga. Le misure di pressione sono verificate con misure “spot” mediante gradienti statici in pozzo. I due sensori sono installati a 1730.3 m s.l.m. e consentono di ricavare le pressioni al top spari (profondità in cui il pozzo comunica con il giacimento) del BB1 Upper a 1778.6 m s.l.m. e del BB1 Lower a 1817.1 m s.l.m.

Nel pozzo “SP 1dirST” la pressione di fondo viene monitorata in continuo ed in tempo reale mediante un unico sensore a fibra ottica installato permanentemente a fondo pozzo e verificata con misure “spot” mediante gradienti statici in pozzo. Il pozzo è completato per lo stoccaggio soltanto sul livello BB1 Upper in quanto il BB1 Lower non presenta in questa zona di giacimento le caratteristiche petrofisiche adatte allo stoccaggio. Il sensore installato a 1676.4 m s.l.m. consente quindi di ricavare le pressioni al top spari del BB1 Upper a 1773.6 m s.l.m.

In relazione alle prove in oggetto si propone quanto segue:

- **Periodo “ante operam”:** i dati di pressione verranno comunicati agli Enti a maggio 2023 mediante grafici che riportano gli andamenti delle pressioni statiche nel tempo registrate sui pozzi spia e sui pozzi di stoccaggio. I dati sono acquisiti con frequenza oraria.

- **Periodo di prova** in sovrappressione: è prevista una comunicazione con frequenza trimestrale a partire dal quarto mese dall'inizio delle prove. Nell'ipotesi che le prove possano avere inizio a luglio del 2023, la prima comunicazione in corso di prova sarà effettuata a ottobre 2023, quindi a gennaio 2023 e a seguire con frequenza trimestrale. L'andamento delle pressioni saranno sempre presentati su base oraria. Si prevede inoltre di rendere disponibili, agli Enti interessati, gli andamenti grafici delle pressioni su apposito **portale, con aggiornamenti bi-settimanali**.

Il riepilogo delle quote di misura delle pressione e delle profondità del top spari degli intervalli BB1 Upper e BB1 Lower nei pozzi di monitoraggio e di stoccaggio è riportato in **Tabella 1**. Poiché i pozzi non sono verticali, le profondità riportate in tabella sono espresse sia in metri misurati lungo la traiettoria del pozzo (m MDRT), sia in metri misurati sulla verticale rispetto al livello del mare (m s.l.m.).

Pozzo	Tipologia	Livello	Quota sensori		Top Spari	
			m MDRT	m s.l.m.	m MDRT	m s.l.m.
SP-A1d	stoccaggio	Upper	1901,5	1737,8	1942,2	1778,5
		Lower			1977,2	1813,5
SP-A2d	stoccaggio	Upper	2222,2	1730,3	2270,5	1778,6
		Lower			2309,0	1817,1
SP-1dST	stoccaggio	Upper	1759,8	1676,4	1857,0	1773,6
SP-3d	monitoraggio	Upper	1965,3	1769,8	2017,5	1817,4
		Lower			2096,0	1887,0
SP-6d	monitoraggio	Upper	2385,0	1827,5	2389,0	1830,6
		Lower			2437,5	1868,2

 top ubicato al di sotto del contatto GWCi = 1858m s.l.m.

Tabella 1: Quote di riferimento per le misure di pressione di giacimento.

5.5 Cronoprogramma delle attività di controllo

Relativamente al primo anno di prove, in **Tabella 2** è riportato il cronoprogramma della attività di monitoraggio su tutte le componenti ambientali con le relative tempistiche di report / rilevamento dati e comunicazione dei risultati ai vari Enti interessati, nell'ipotesi che la sperimentazione possa essere avviata a luglio del 2023, previa autorizzazione MASE.

Edison Stoccaggio, avendo già attivato dal 2019 un cronoprogramma delle attività di controllo in linea con i principi della presente relazione, nella citata Tabella 2, vengono riportate anche le attività eseguite dal 2019 a oggi.

In particolare, l'andamento delle pressioni statiche di giacimento verrà controllato con riferimento al **volume cumulativo di gas iniettato**, mentre gli spostamenti del suolo verranno controllati, sui 12 bersagli selezionati, in relazione alla **variazione di pressione statica di giacimento**.

Ad ogni modo, le previsioni da modello sono comunque condizionate dalla data di inizio delle prove (post autorizzazione MASE), in quanto il raggiungimento dell'obiettivo del +7% è legato alla necessità di iniettare un certo volume di gas entro e non oltre il 15 ottobre 2023. E' evidente che se le prove dovessero iniziare troppo tardi l'obiettivo del +7% potrebbe essere mancato.

Le previsioni da modello, che ad oggi prevedono l'inizio delle prove al 15 giugno 2023, verranno aggiornate in funzione dell'effettiva data di inizio prove.

Pressioni statiche di giacimento

Con riferimento alla **pressione statica di giacimento**, si prevede il monitoraggio dei sottolivelli BB1 Upper e BB1 Lower mediante misure di fondo nei pozzi spia SP-6d e SP-3d, nonché nei pozzi di stoccaggio SP-A1d, SP-A2d e SP-1dST durante i periodi di chiusura.

Riprendendo quanto esposto nel Capitolo 5, la **media delle pressioni statiche misurate nei pozzi spia** nel corso delle prove è rappresentativa della pressione statica media sull'intero volume dei due sottolivelli BB1 Upper e BB1 Lower. La pressione statica media del giacimento (P_s) verrà quindi calcolata a partire dalle pressioni misurate nei 2 pozzi spia SP-6d e SP-3d, che verranno in prima istanza estrapolate alla quota di riferimento di 1833 m s.l.m. (vedi procedura in **Allegato 2**), poi mediate aritmeticamente per fornire il valore di P_s .

La pressione statica media così misurata verrà comparata con i valori previsti dal modello di giacimento, utilizzando dei grafici in cui viene riportato l'incremento di pressione indotto dal progressivo aumento dei volumi di gas iniettato (**Figura 8** e **Figura 9**, nell'ipotesi di inizio prove al 1° maggio 2019). Analoga procedura verrà adottata durante la fase di estrazione, utilizzando dei grafici che mostrano il calo della pressione con il procedere dell'estrazione di gas. I grafici di riferimento per la fase di estrazione verranno messi a disposizione su portate web entro ottobre 2023, prima dell'inizio dell'erogazione.

Il grado di scostamento tra previsioni da modello e dati misurati fornirà un indice di affidabilità del modello 3D in relazione alla rappresentazione delle pressioni statiche del giacimento.

- Nell'ipotesi di poter iniettare un volume di gas di circa 140 MSm³, gli studi effettuati tramite il modello di giacimento indicano che, a fine iniezione (15 ottobre 2023) la pressione statica media in giacimento sarà di 214 Barsa, pari al +7% della pressione statica originaria P_i (con $P_i = 200$ Barsa).

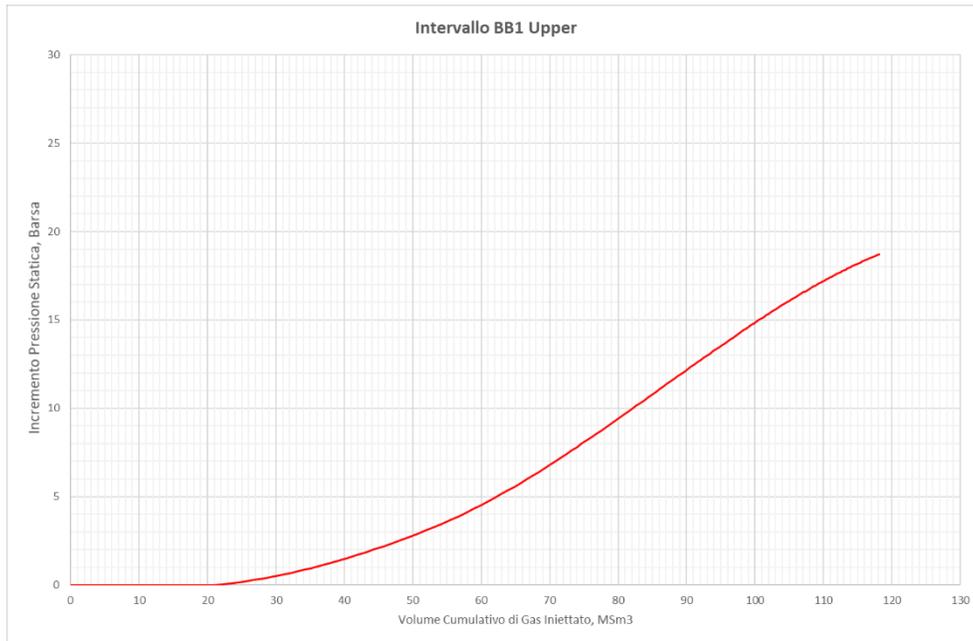


Figura 8: Incremento di pressione statica media in funzione del volume di gas iniettato nel BB1 Upper

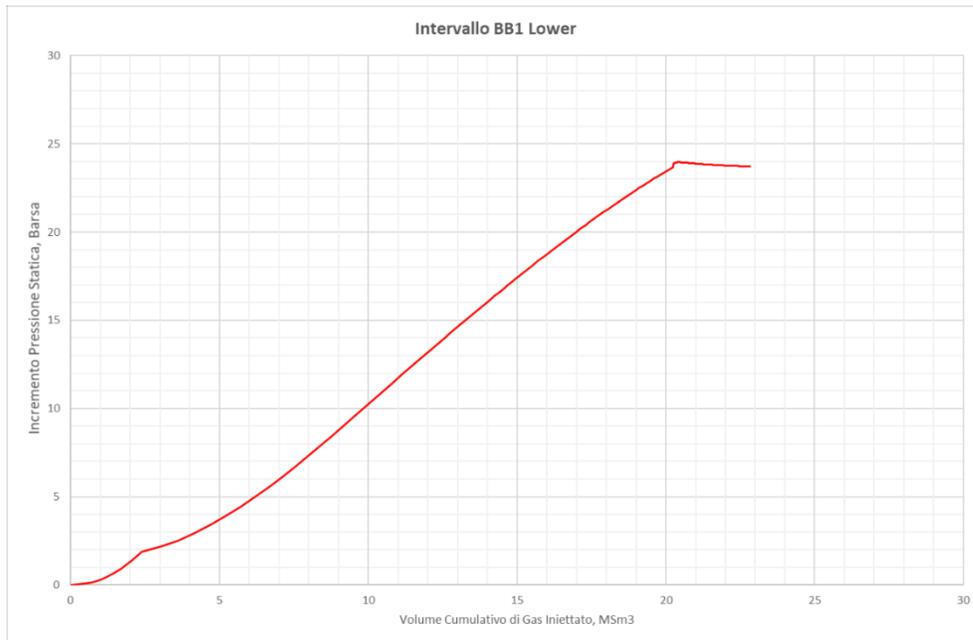


Figura 9: Incremento di pressione statica media in funzione del volume di gas iniettato nel BB1 Lower

Movimenti del suolo

Con riferimento ai **movimenti del suolo**, si prevede il monitoraggio mediante elaborazione di immagini satellitari (tecnica InSAR) di 12 bersagli fissi (Permanent Scatter) situati in superficie in corrispondenza del giacimento di San Potito.

I movimenti rilevati dal satellite sui 12 bersagli verranno confrontati con i movimenti previsti sugli stessi bersagli dal modello geomeccanico 3D, nello scenario di iniezione sino ad una pressione massima pari al +7% (ca. 214 Barsa) della pressione statica originaria.

Il confronto verrà eseguito utilizzando i grafici riportati in **Allegato 3** (da **Figura 12** a **Figura 17**) dove verrà riportato lo spostamento misurato tramite immagini da satellite per ogni singolo bersaglio in funzione della pressione statica media raggiunta dal giacimento durante la fase di iniezione. Analoga procedura verrà adottata durante la fase di estrazione, utilizzando dei grafici che mostrano l'abbassamento dei singoli bersagli in relazione al calo di pressione statica in giacimento. I grafici di riferimento per la fase di estrazione verranno messi a disposizione su portate web entro ottobre 2023, prima dell'inizio dell'erogazione.

Il grado di scostamento tra previsioni da modello e dati misurati fornirà un indice di affidabilità del modello geomeccanico 3D, in relazione alla rappresentazione dei movimenti del suolo nei dintorni del giacimento.

- Nell'ipotesi che la pressione statica a fine prove raggiunga i 214 Barsa, pari al +7% della pressione statica originaria P_i (con $P_i = 200$ Barsa), gli studi effettuati tramite il modello geomeccanico indicano che, a fine iniezione (15 ottobre 2023) gli spostamenti verticali in superficie dei 12 bersagli fissi selezionati per il monitoraggio delle deformazioni del suolo (vedi **Allegato 3**) saranno contenuti entro il centimetro.

7 Rendicontazione dei risultati delle prove

Una prima valutazione dell'esito delle prove in sovrappressione sarà possibile verso la fine del 2023 e sarà oggetto di una relazione tecnica a inizio 2024 i cui contenuti verranno condivisi con gli Enti preposti al fine anche di valutare le modalità di esecuzione del secondo anno di prove.

La rendicontazione dei risultati dei monitoraggi nel primo anno di prove in sovrappressione, avverrà mediante elaborati tecnici (relazioni e grafici) nei tempi indicati nel documento di integrazione "INT-005 Ottobre 2018".

Nell'ipotesi che le prove possano avere inizio nel mese di luglio 2023, il calendario delle comunicazioni verso gli Enti interessati è presentato nel cronoprogramma di dettaglio riportato nel paragrafo 5.5.

Per quanto riguarda le componenti di microsismicità, deformazioni del suolo e pressioni di poro, è prevista una rendicontazione sullo stato dei monitoraggi "ante operam", nei mesi aprile - maggio 2023, mentre nel corso delle prove è prevista una rendicontazione con frequenza trimestrale a partire dal quarto mese dall'inizio delle prove (ottobre 2023).

Qualora si registrassero delle situazioni anomale sui trend di deformazione, sull'andamento delle pressioni di giacimento o derivanti da eventuali eventi sismici nell'area di interesse, Edison Stoccaggio provvederà a rendere disponibile in tempi brevi una specifica relazione tecnica con l'indicazione delle eventuali azioni correttive che verranno adottate.

A titolo di consultazione, i dati del monitoraggio microsismico, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro verranno resi disponibili su un portale web dedicato a cui gli Enti interessati potranno accedere, in sola visualizzazione, mediante credenziali di accesso fornite da Edison Stoccaggio.

Tutto gli elaborati tecnici di rendicontazione verranno inviati per posta elettronica certificata agli enti interessati riportati in **Allegato 4**.

ALLEGATI

Allegato 1: Pressioni Statiche Originarie e Quote di Misura

La pressione statica all'interno di un fluido (P) varia in funzione del suo peso specifico (γ) e della profondità (H), come descritto dalla legge di Bernoulli ($P = \gamma H$). Nel giacimento BB1 di San Potito, l'andamento delle pressioni statiche originarie in funzione della profondità è rappresentato in **Figura 10**. La pressione statica iniziale è pari 199.7 Barga al datum di 1833 m s.l.m.. Il contatto iniziale gas-acqua è stato individuato a 1858 m s.l.m.. Nella figura sono riportate le profondità del top spari dei pozzi dove si esegue il monitoraggio in profondità delle pressioni.

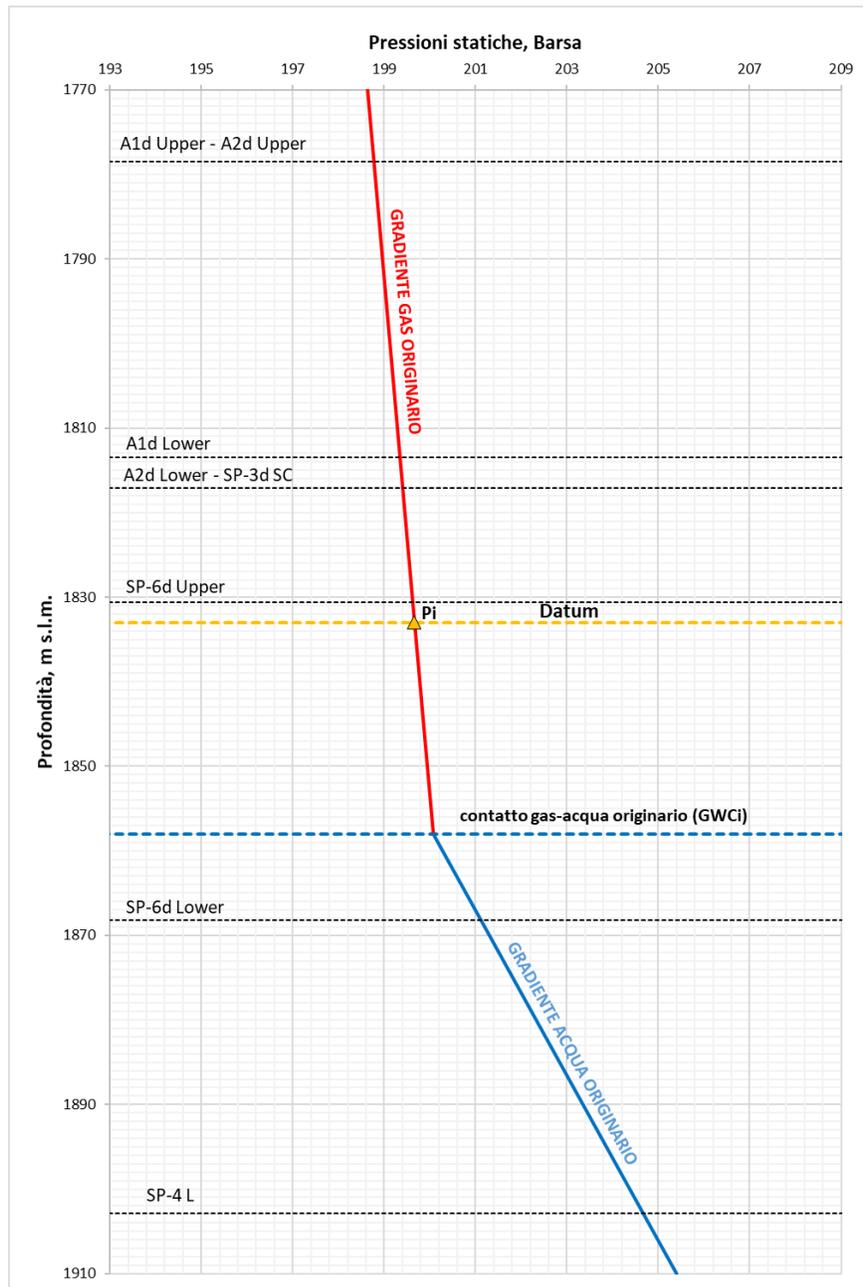
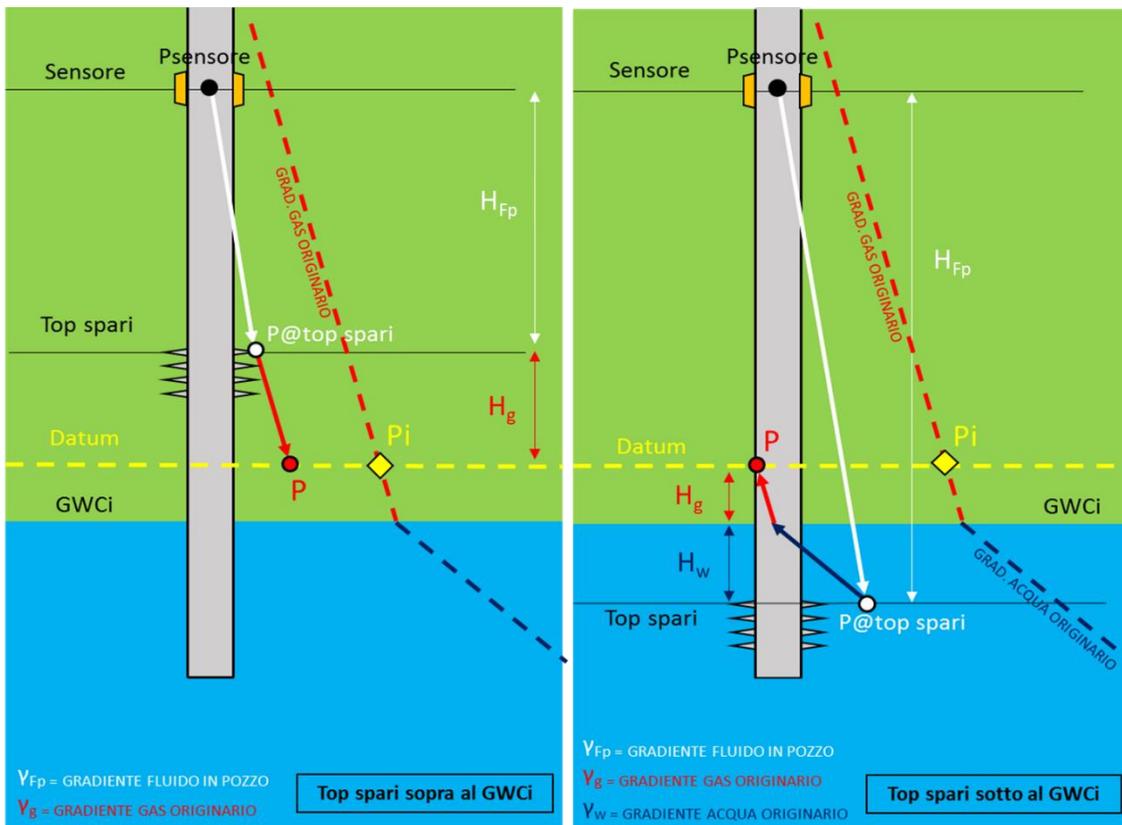


Figura 10: Pressioni statiche originarie e quote top spari nei pozzi di controllo delle pressioni

Allegato 2: Calcolo delle Pressioni Statiche al Datum

Per eseguire la comparazione delle misura effettuate a diverse profondità e diverse zone del giacimento è necessario che le pressioni statiche siano riportate alla stessa profondità di riferimento (c.d. datum). Nel giacimento di San Potito, il datum è fissato alla profondità di 1833 m s.l.m., dove la pressione statica originaria è pari a 199.7 Barsa (203.6 kg/cm²a). Le misure di pressione vengono effettuate a fondo pozzo, ma a quote generalmente differenti dal datum, per cui sorge la necessità di estrapolare la misura fatta alla profondità di riferimento. Le procedure di estrapolazione al datum differiscono in relazione alla profondità del top spari rispetto alla quota del contatto gas-acqua originario.

- **Top spari al di sopra del contatto GWCI:** le pressioni rilevate dal sensore sono riportate al top spari utilizzando il gradiente idrostatico del fluido presente nel pozzo (γ_{Fp}), che viene misurato con specifiche misure di pressione a diverse profondità (c.d. gradienti statici). Successivamente le pressioni sono riportate dal top spari al datum utilizzando gradiente idrostatico del gas originariamente in posto ($\gamma_g = 0.01667 \text{ kg/cm}^2/\text{m}$).
- **Top spari al di sotto del contatto GWCI** (pozzi SP-6d Lower e SP-4L): in maniera analoga al caso precedente le pressioni rilevate dal sensore sono riportate al top spari utilizzando il gradiente idrostatico del fluido presente nel pozzo. Per riportare il valore di pressione dal top spari al datum si utilizza il gradiente idrostatico originario dell'acqua ($\gamma_w = 0.10450 \text{ kg/cm}^2/\text{m}$) fino al contatto gas-acqua originario e quindi il gradiente idrostatico originario del gas (γ_g) dal contatto al datum.



$$P_{\text{datum}} = P_{\text{sensore}} + \gamma_{Fp} * H_{Fp} + \gamma_g * H_g$$

$$P_{\text{datum}} = P_{\text{sensore}} + \gamma_{Fp} * H_{Fp} - \gamma_w * H_w - \gamma_g * H_g$$

Allegato 3: Previsione degli Spostamenti al Suolo Durante le Prove

Gli spostamenti previsto al suolo nel corso delle prove a $P_{max}=1.07P_i$ sono stati valutati mediante modello geomeccanico 3D, imponendo l'andamento delle pressioni statiche ricavato dal modello 3D di giacimento durante la fase storica di produzione primaria e stoccaggio e la prevista fase di prove in sovrappressione. La variazione di pressione in giacimento durante ciascun ciclo di stoccaggio/erogazione è pari a 25-30 bar.

Al fine del confronto tra spostamenti previsti e spostamenti misurati tramite immagini satellitari, sono stati selezionati 12 bersagli fissi (PS: *Permanent Scatter*) situati in superficie in corrispondenza del giacimento di San Potito (**Figura 11**). Per ogni PS è stato calcolato lo spostamento verticale previsto durante la fase di iniezione in sovrappressione e la successiva fase di svaso.

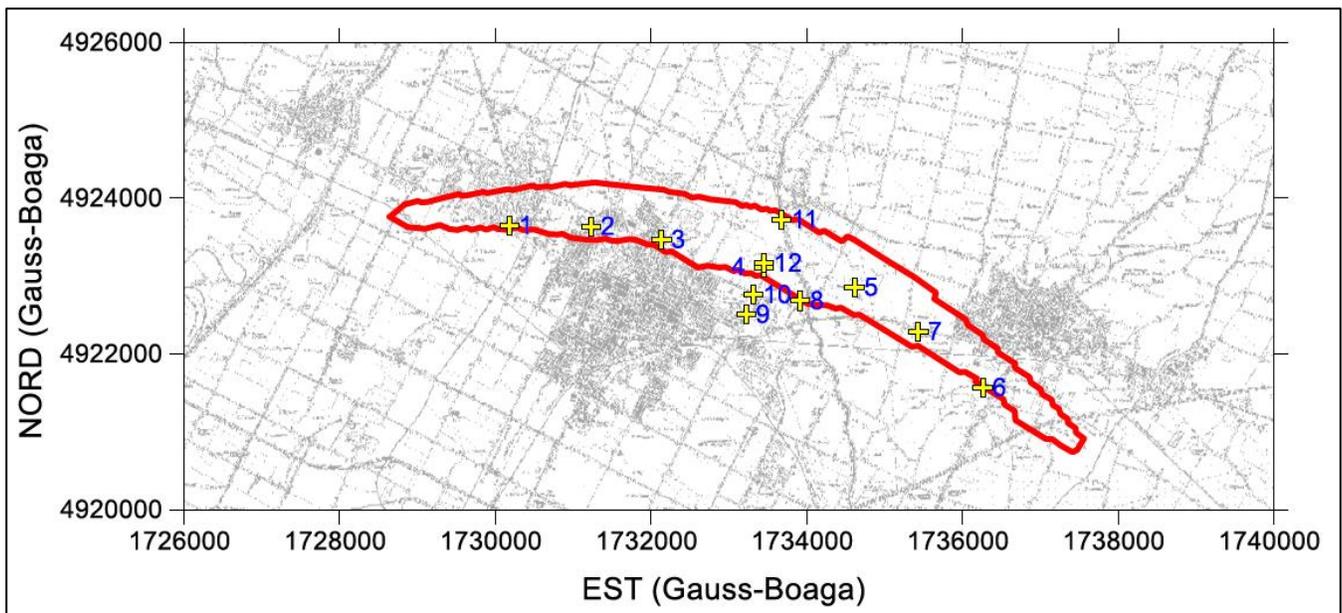


Figura 11: Traccia del giacimento di San Potito e bersagli fissi (PS) i cui movimenti verranno monitorati mediante immagini satellitari (tecnica InSAR)

Gli spostamenti previsti in superficie sono correlati alla pressione presente in giacimento, la quale - a sua volta - è funzione del volume cumulato di gas iniettato. Non potendo stabilire a priori l'evoluzione temporale dei volumi iniettati (incertezze sulle prestazioni del giacimento in iniezione e sulla data di inizio delle prove), gli **spostamenti previsti** durante la fase di iniezione in sovrappressione per i 12 PS sono forniti nelle figure che seguono direttamente in funzione dell'incremento di pressione statica di giacimento (**quasi tutti ampiamente sotto il centimetro**). I grafici relativi ai movimenti dei PS durante la fase di estrazione saranno forniti su portale web nel mese di ottobre 2023, prima dell'inizio dell'erogazione.

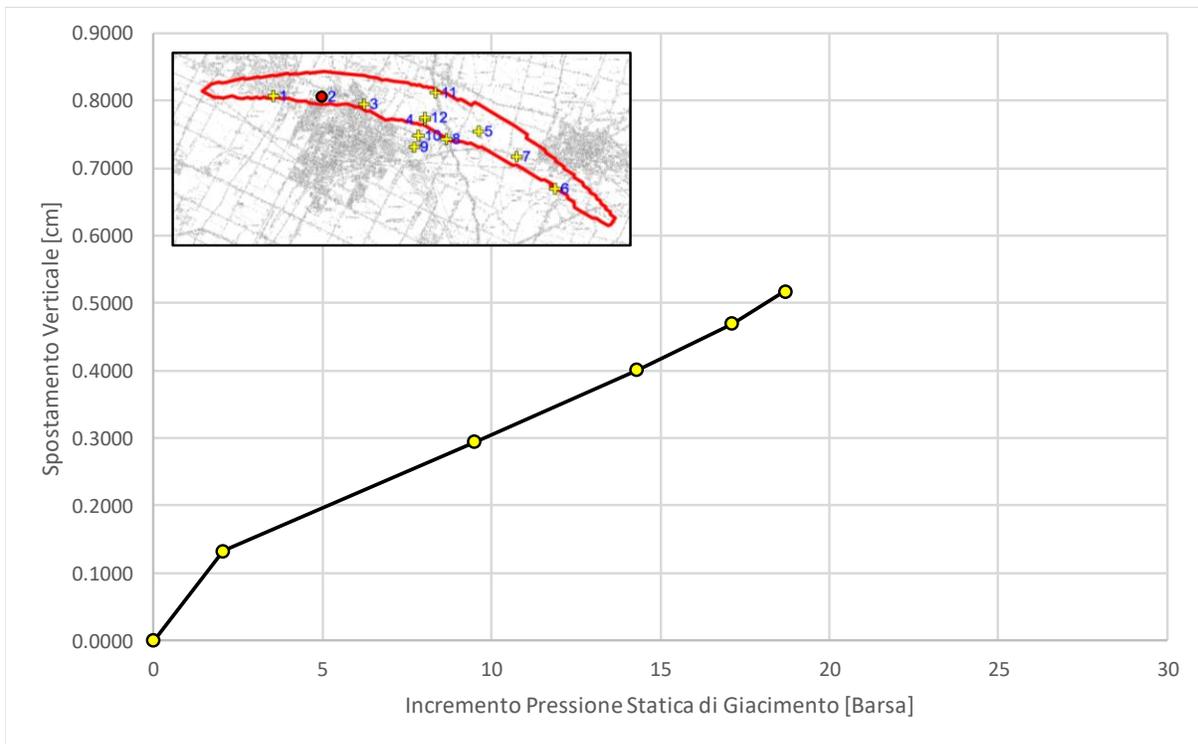
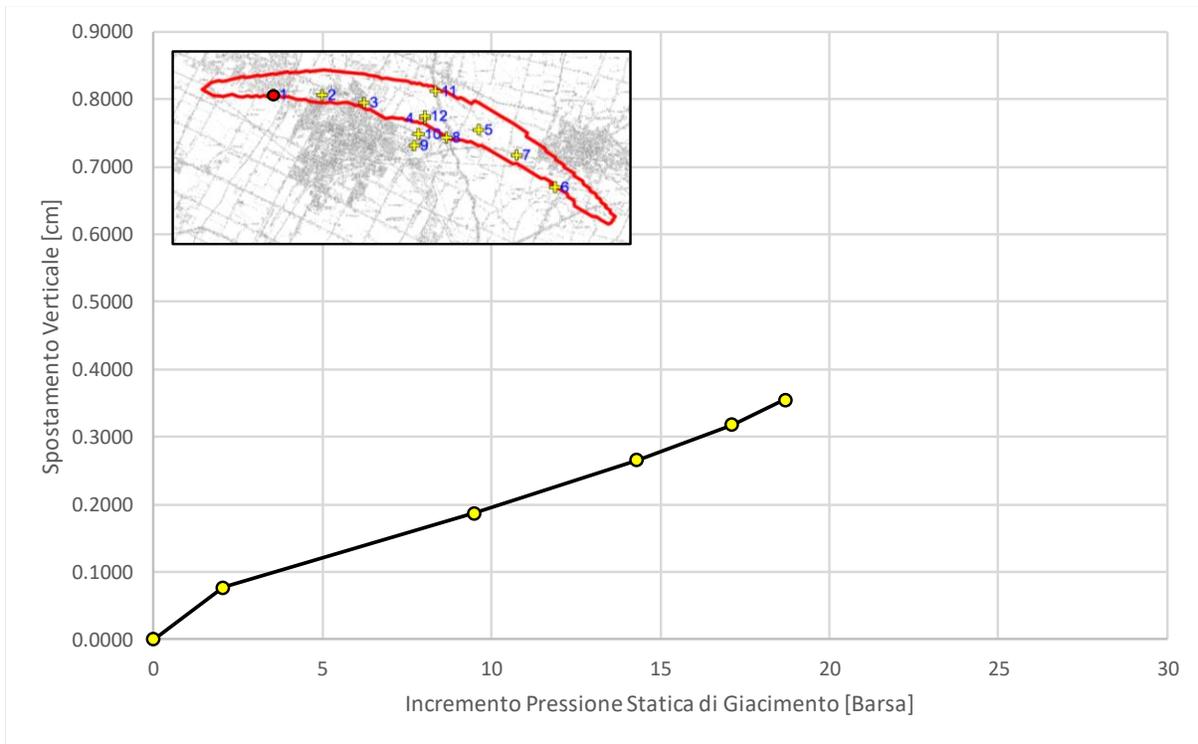


Figura 12: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS1 (in alto) e del PS2 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a $P_{MAX}=107\%P_i$, cioè $P_{MAX}=214$ bar.

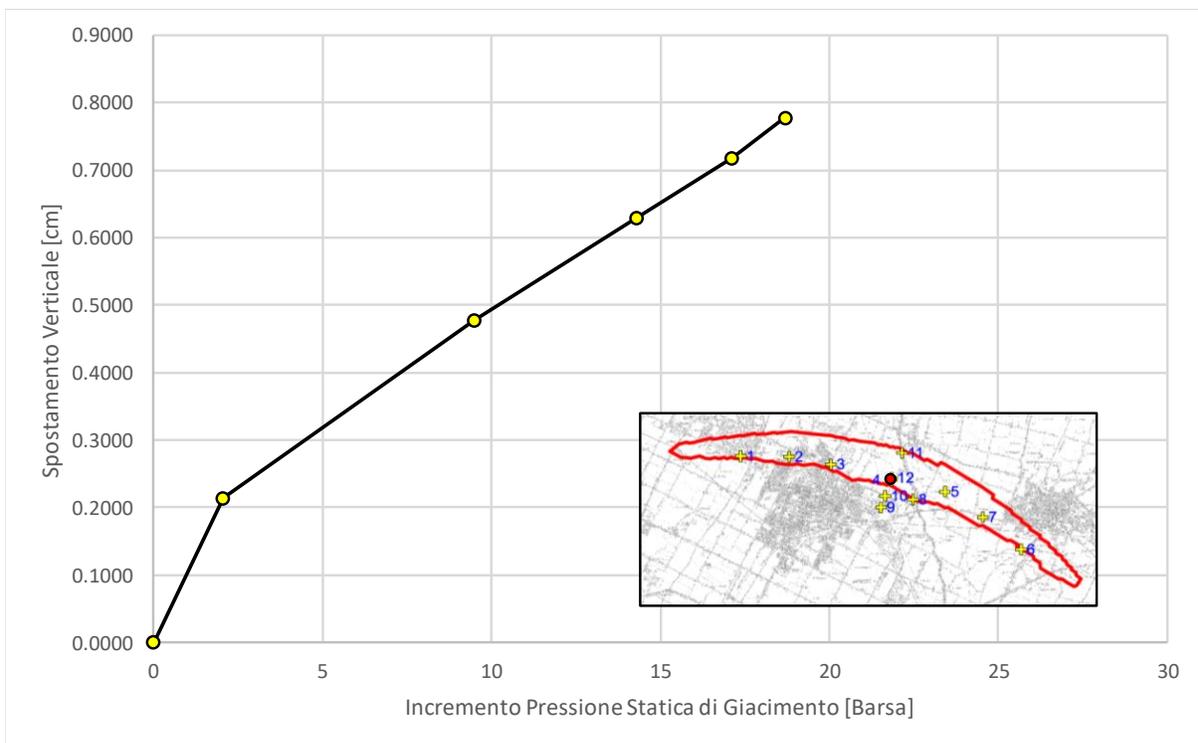
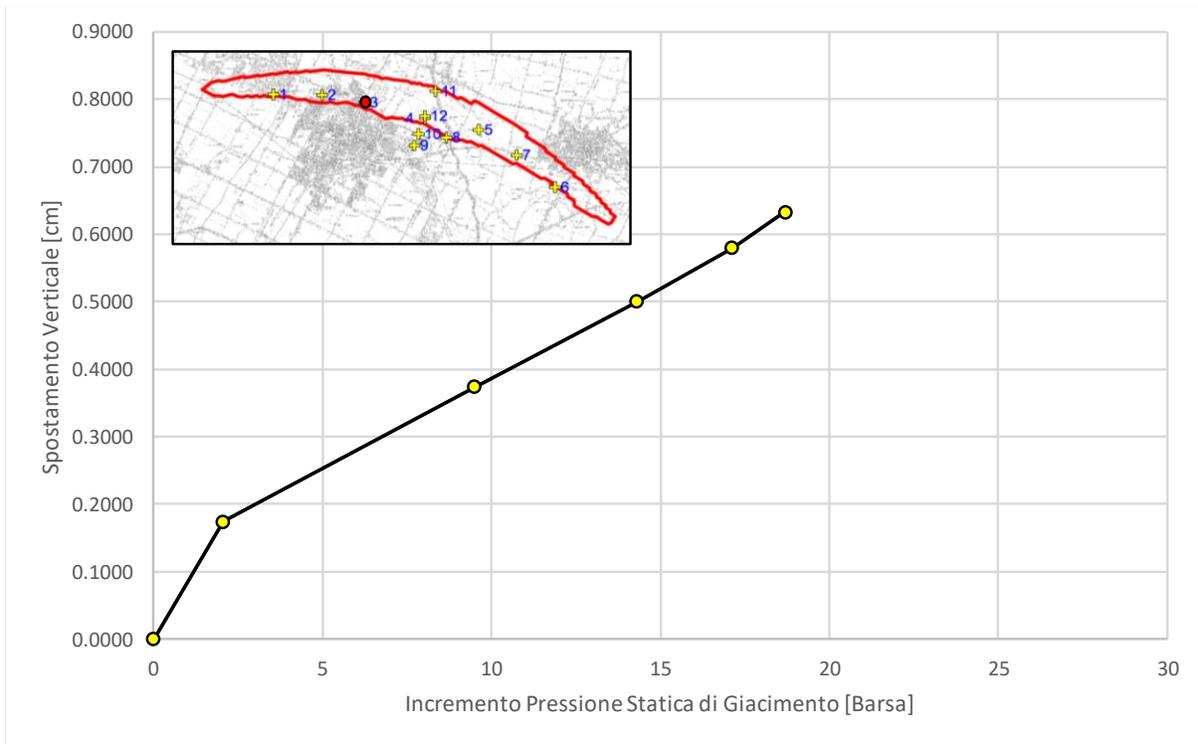


Figura 13: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS3 (in alto) e del PS4 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a $P_{MAX}=107\%P_i$, cioè $P_{MAX}=214$ bar.

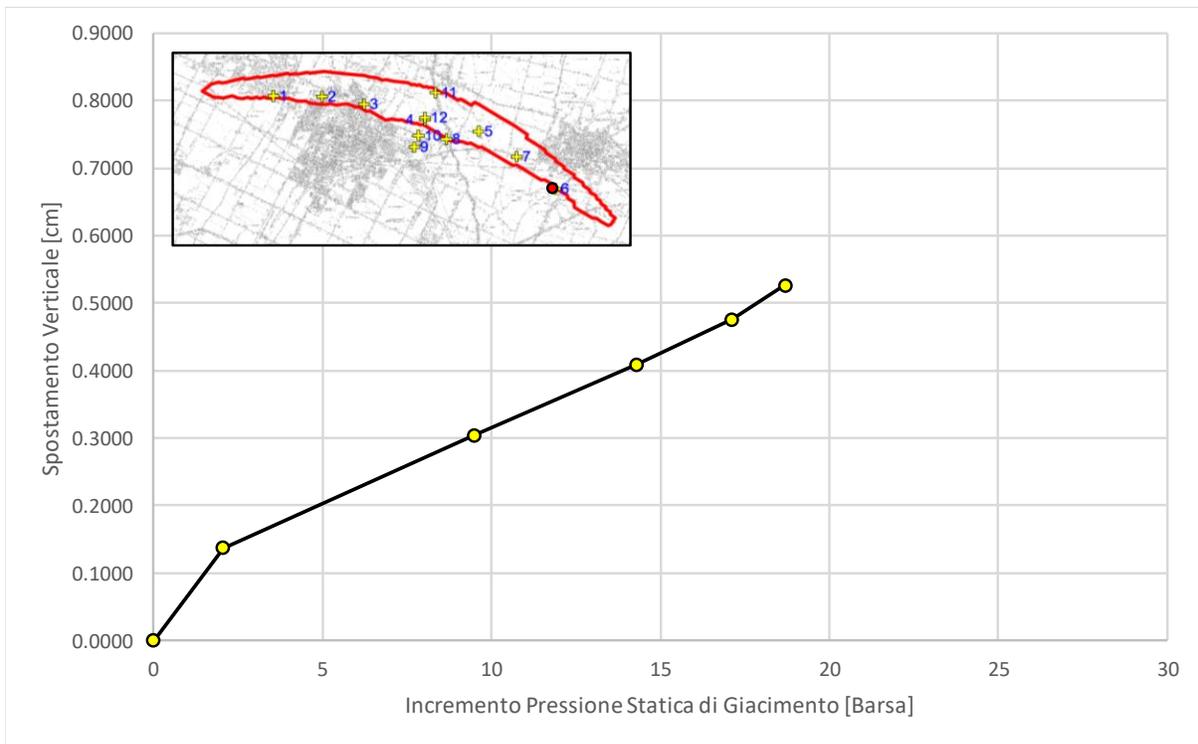
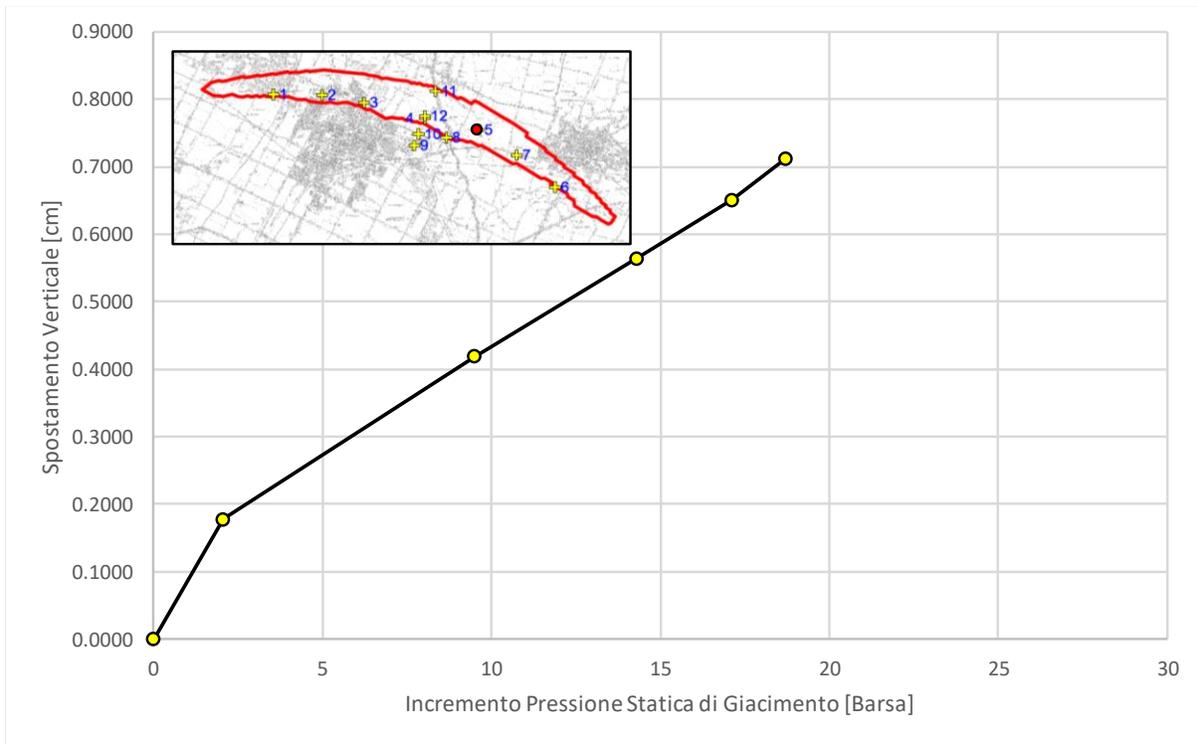


Figura 14: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS5 (in alto) e del PS6 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a $P_{MAX}=107\%P_i$, cioè $P_{MAX}=214$ bar.

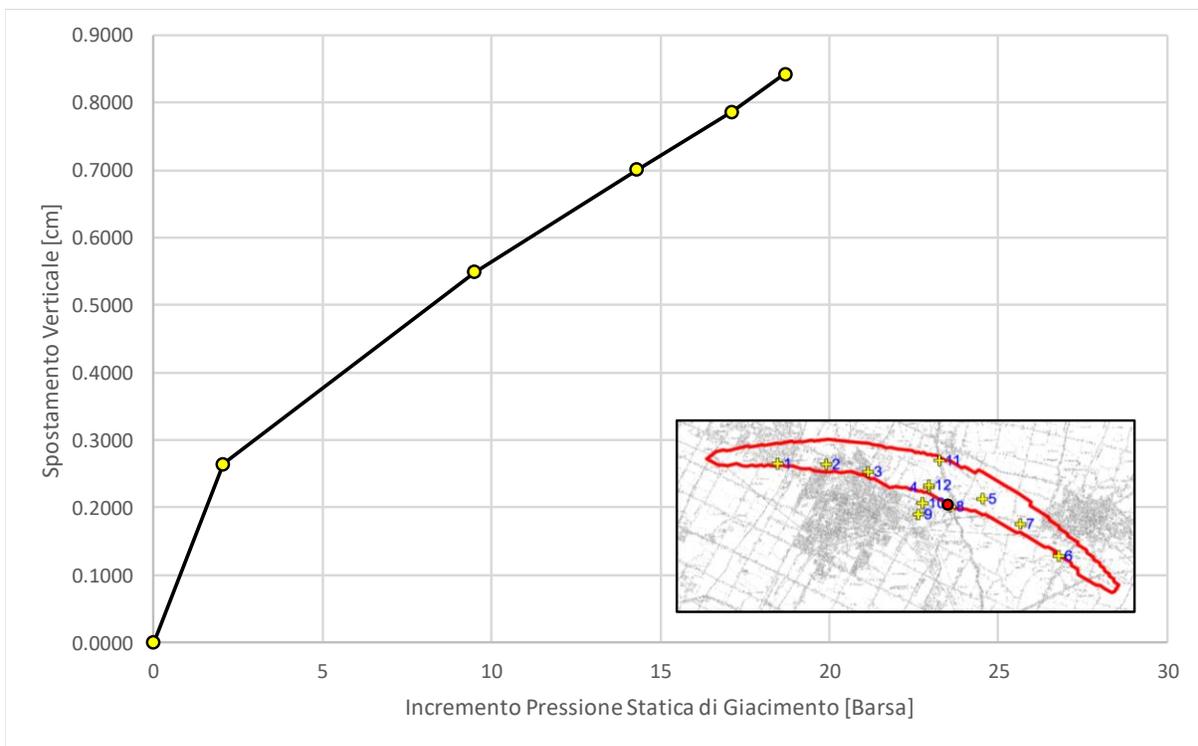
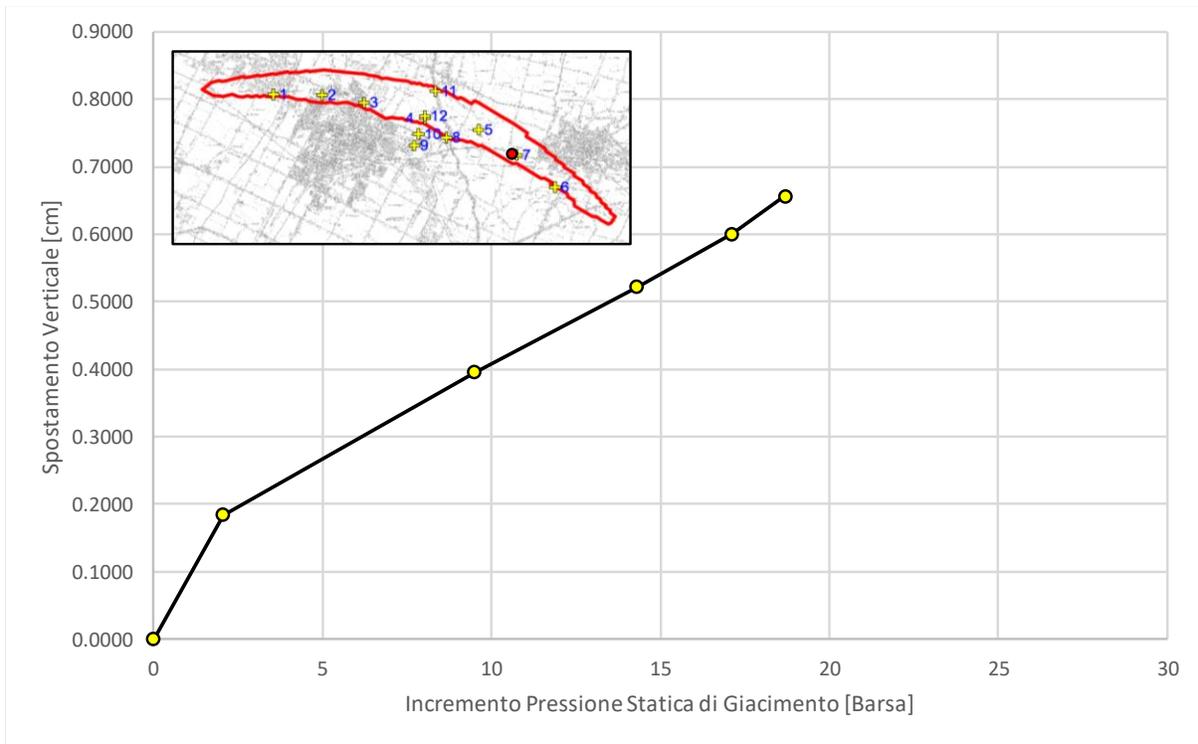


Figura 15: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS7 (in alto) e del PS8 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a $P_{MAX}=107\%P_i$, cioè $P_{MAX}=214$ bar.

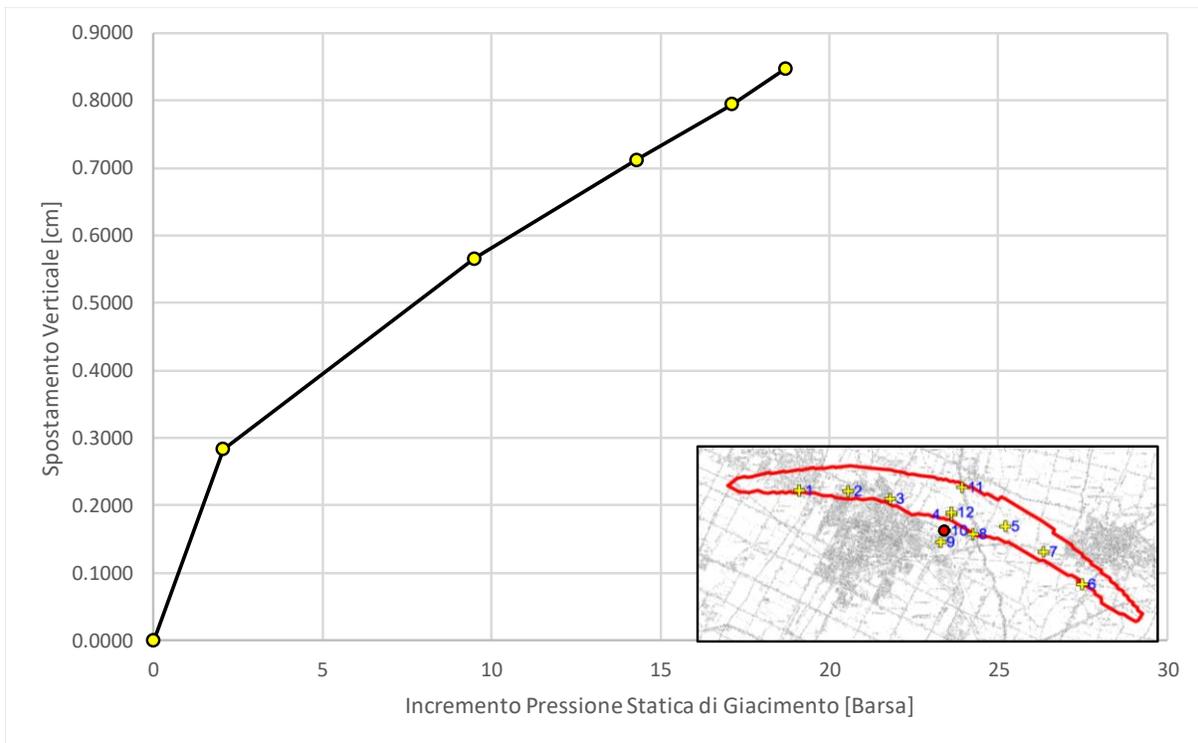
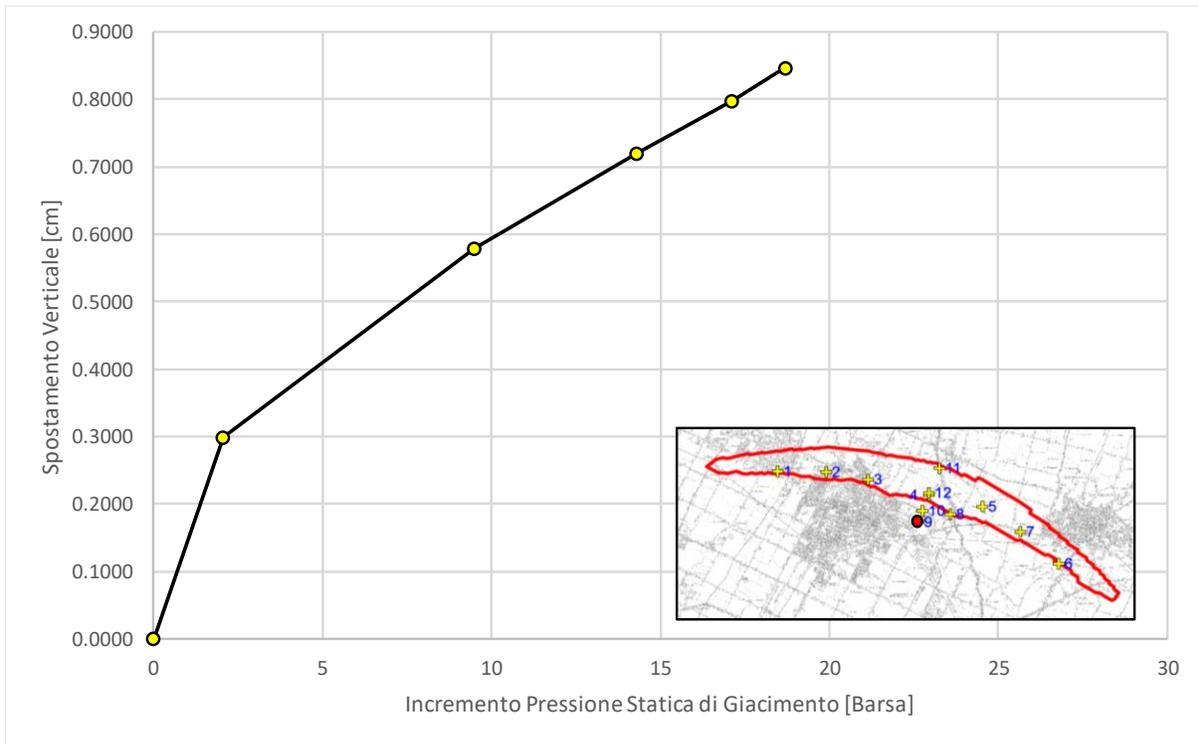


Figura 16: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS9 (in alto) e del PS10 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a $P_{MAX}=107\%P_i$, cioè $P_{MAX}=214$ bar.

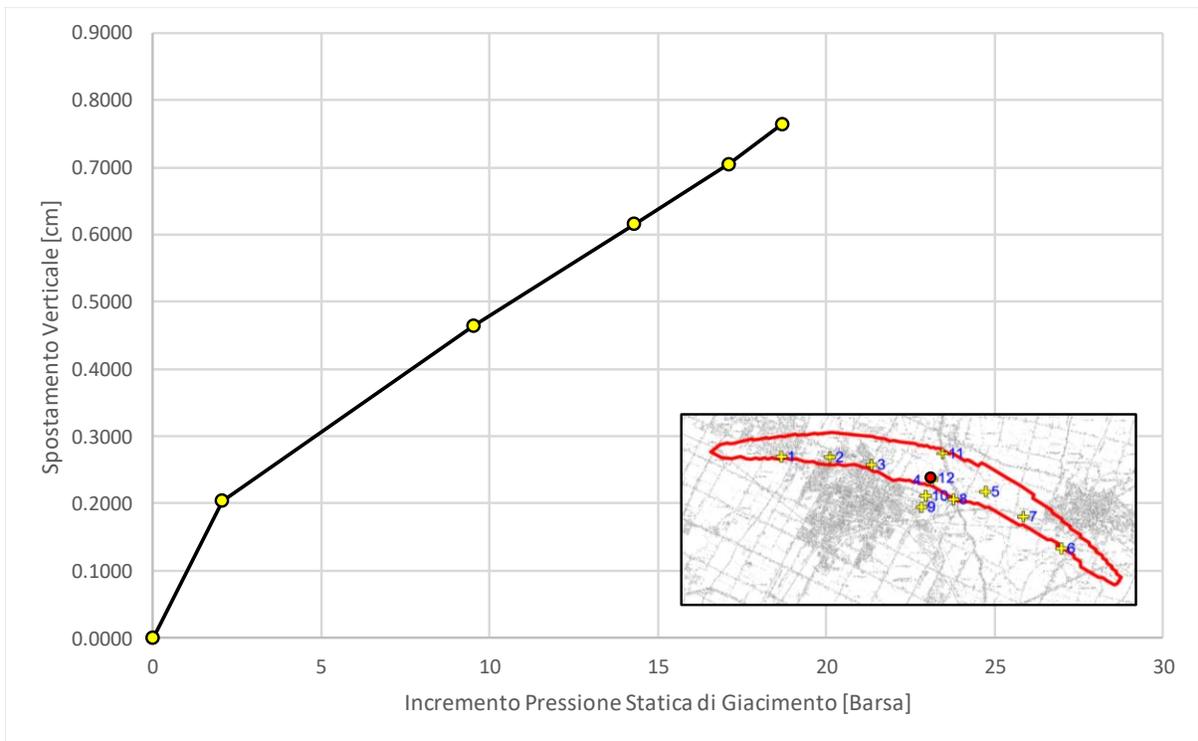
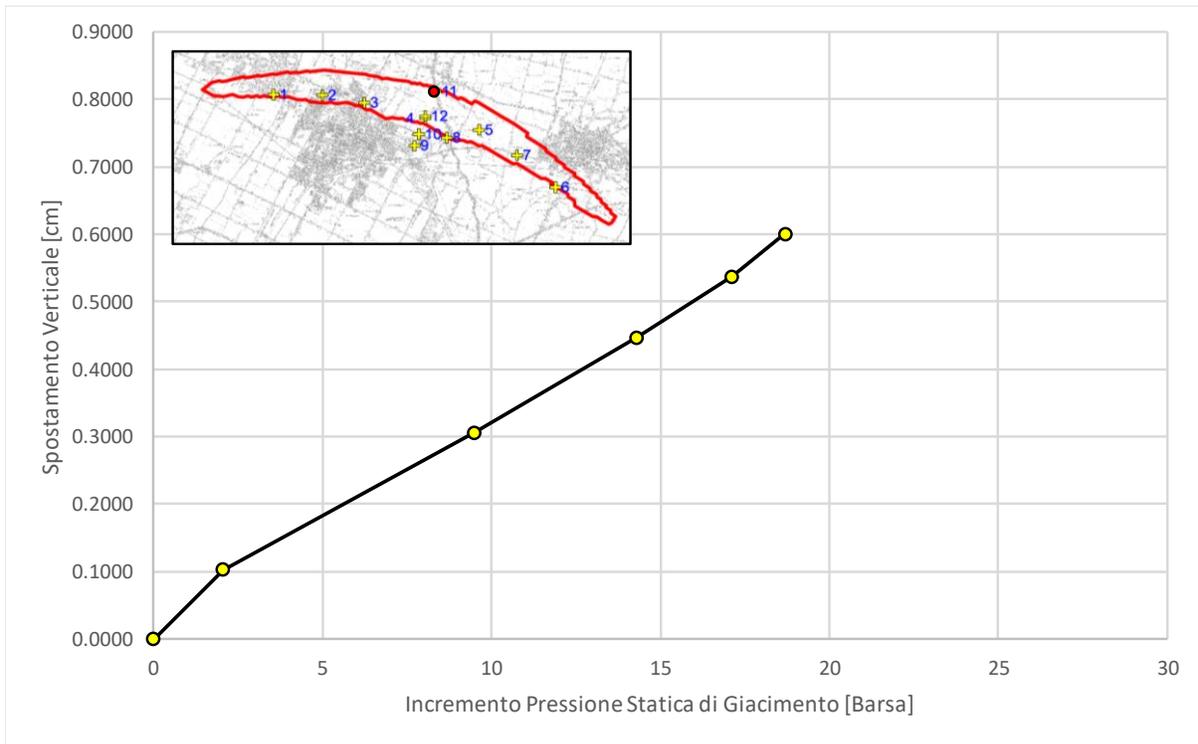


Figura 17: Spostamento Verticale [cm] in corrispondenza del PS11 (in alto) e del PS12 (in basso) durante il ciclo di stoccaggio a $P_{MAX}=107\%P_i$, cioè $P_{MAX}=214$ bar.

Allegato 4: Lista di Distribuzione degli Elaborati Tecnici Previsti nel Corso dell Prove

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

Direzione Generale Infrastrutture e Sicurezza (IS)

Direttore: Dott.ssa Marilena Barbaro

Pec: IS@Pec.Mite.Gov.it

Div 3 – Sicurezza approvvigionamenti

PEC: Dgjis.div03@Pec.Mase.Gov.it

Dipartimento Energia (DiE)

Direzione Generale Infrastrutture e Sicurezza (IS)

Divisione VI – Sezione UNMIG dell'Italia Settentrionale

c.a. Ing. A. Agazzani

PEC : unmig.bologna@pec.mase.gov.it

Direzione generale valutazioni ambientali (VA)

Divisione V – Procedure di valutazione VIA e VAS

c.a. Dott.ssa Orsola Renata Maria Reillo

PEC: VA@pec.mite.gov.it

Regione Emilia – Romagna

Area Valutazione Impatto Ambientale e Autorizzazioni

c.a. Ing. Denis Barbieri, Dott. Ruggero Mazzoni

PEC: vipsa@postacert.regione.emilia-romagna.it

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Sezione di Bologna

c.a. Dott.sa Micol Todesco

PEC : aoo.bologna@pec.ingv.it