



STOGIT

TIPO DOCUMENTO:

Relazione tecnica (Allegato al Rapporto Preliminare di Sicurezza)

TITOLO:

Progetto Alfonsine
"Relazione di inquadramento dei rischi connessi al giacimento di gas naturale"

NOTE:



STOGIT

Il Direttore Operations
Davide Ball'Olivo

DATA EMISSIONE: maggio 2013

Rev.

Redatto da:

00

GIAC
Enrico CAIRO

Enrico Cairo

Approvato da:

GIAC
Daniele MARZORATI

Daniele Marzorati

**INDICE**

1. PREMESSA.....	3
2. I GIACIMENTI DI STOCCAGGIO IN CAMPI A GAS IN FASE DI ESAURIMENTO	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	6
4. CARATTERISTICHE DEL GIACIMENTO	7
5. POTENZIALI FATTORI DI RISCHIO E ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E PREVENZIONE	7
5.1 FUGHE DI GAS VERSO LA SUPERFICIE	8
5.2 SISMICITA' NATURALE.....	9
5.3. PRESENZA DI “SOSTANZE PERICOLOSE” IN GIACIMENTO.....	13



1. PREMESSA

Stogit, partendo dall'esperienza maturata nell'ambito dell'Eni in oltre 40 anni di attività, si caratterizza per la competenza tecnica, la qualità del servizio e la ricerca continua dell'efficienza nella gestione dei propri 8 campi di stoccaggio distribuiti sul territorio nazionale con più di 400 pozzi. Le conoscenze geologiche, di valutazione del rischio minerario e le competenze maturate nella gestione sinergica dell'insieme delle prestazioni dei singoli giacimenti, sono un punto di forza nel garantire i livelli di sicurezza richiesti dalle Direttive Europee nell'ambito della prevenzione dei rischi di incidente rilevante.

Alla luce delle recenti disposizioni di Legge dettate dalla Circolare interministeriale MSE-MATTM-MI “Seveso-ter per stoccaggi” (“Indirizzi per l'applicazione del decreto legislativo 17 agosto 1999, n.334, in materia di controllo dei pericoli di incidenti rilevanti, agli stoccaggi sotterranei di gas naturale in giacimenti o unità geologiche profonde”), nell'ambito della valutazione dei potenziali rischi connessi al giacimento e al suo esercizio la presente relazione allegata al Rapporto Preliminare di Sicurezza ai sensi del D.Lgs. 334/99 e s.m.i. è stata redatta per inquadrare i rischi connessi al giacimento di gas naturale derivanti dalla futura messa in esercizio della Centrale di Alfonsine nell'ambito delle attività di stoccaggio sotterraneo di gas naturale in giacimento.

Dopo una parte introduttiva, che presenta le caratteristiche generali dei giacimenti di stoccaggio utilizzati da Stogit, segue una descrizione specifica del giacimento di Alfonsine, comprensiva di un inquadramento geologico dell'area e di note che illustrano le principali caratteristiche geologico-minerarie e la storia produttiva del giacimento.

Il capitolo conclusivo è dedicato a considerazioni riguardanti i potenziali fattori di rischio individuati per il giacimento (fughe di gas verso la superficie, sismicità naturale, presenza di “sostanze pericolose”), alla loro valutazione e alle azioni di controllo e prevenzione messe in atto.

2. I GIACIMENTI DI STOCCAGGIO IN CAMPI A GAS IN FASE DI ESAURIMENTO

I giacimenti di stoccaggio gestiti da Stogit sono inseriti in titoli minerari di proprietà dello Stato italiano, la cui titolarità è affidata al gestore in regime di concessione, a seguito di un procedimento amministrativo disciplinato da apposita normativa (D.M. 26 agosto 2005). La concessione viene rilasciata a seguito della presentazione di uno specifico Programma Lavori, la cui realizzazione richiede l'approvazione da parte di una apposita commissione tecnica costituita da rappresentanti del Ministero dello Sviluppo Economico, degli enti locali competenti per territorio e di consulenti universitari. I progetti per la realizzazione delle attività vengono inoltre sottoposti all'approvazione da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, per le opportune verifiche di compatibilità ambientale, in cui sono coinvolte anche le amministrazioni regionali e provinciali competenti.

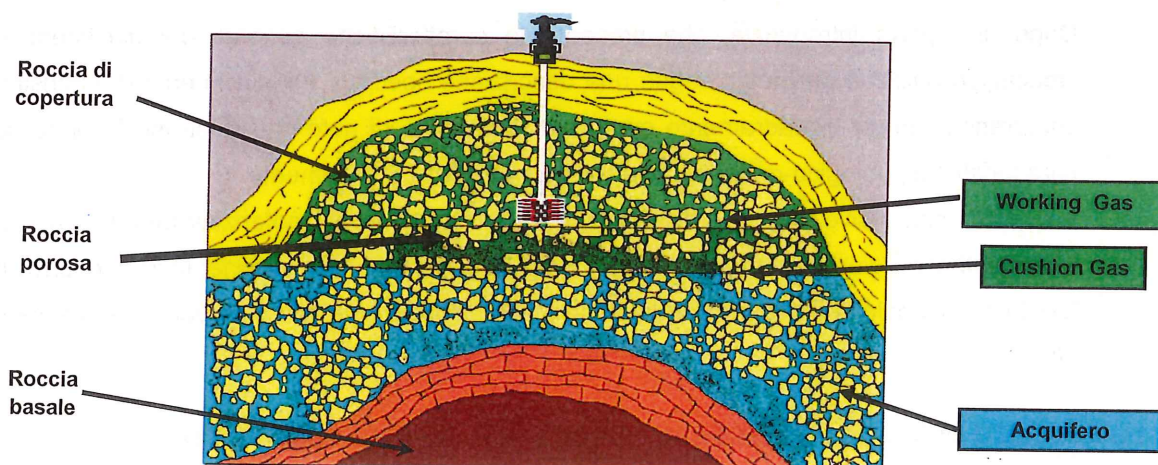
I progetti e le attività operative da realizzare vengono sottoposte a specifiche autorizzazioni rilasciate da UNMIG, con coinvolgimento dei Dipartimenti territoriali del Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco per quanto riguarda gli aspetti legati alla Sicurezza.

Nella successiva fase di esercizio le attività sono soggette al controllo da parte degli uffici minerari periferici del Ministero dello Sviluppo Economico (UNMIG).

Il giacimento di Alfonsine, al pari degli altri gestiti da Stogit, rientra nella tipologia dei giacimenti di idrocarburi in fase di esaurimento (Depleted Field). Questi giacimenti, ubicati nel sottosuolo a profondità di 1000-1500 metri, sono naturali e costituiti da un sistema geologico in cui si individuano:

- livelli porosi e permeabili adibiti, grazie a queste proprietà petrofisiche, a reservoir per lo stoccaggio del gas naturale
- una soprastante formazione impermeabile di natura argillosa, che garantisce la tenuta idraulica del sistema verso la superficie
- una conformazione geologica degli strati “a trappola”, tale cioè da assicurare la chiusura del giacimento anche in senso laterale e da impedire quindi eventuali fughe di gas in ogni altra direzione.

La figura sotto riportata rappresenta, in veste grafica, il concetto di giacimento idoneo allo stoccaggio di gas naturale.



Sulla base di questi requisiti geologici si può pertanto definire il giacimento come un accumulo naturale di idrocarburi in rocce porose e permeabili, propiziato dalla concomitanza di una serie di condizioni stratigrafiche e strutturali favorevoli.

I giacimenti descritti sono pertanto il risultato di una complessa evoluzione geologica e strutturale dei bacini sedimentari in cui sono inseriti, che ha permesso la formazione e la preservazione di accumuli di idrocarburi gassosi di interesse economico, rimasti intrappolati nel sottosuolo per tempi dell'ordine di milioni di anni.

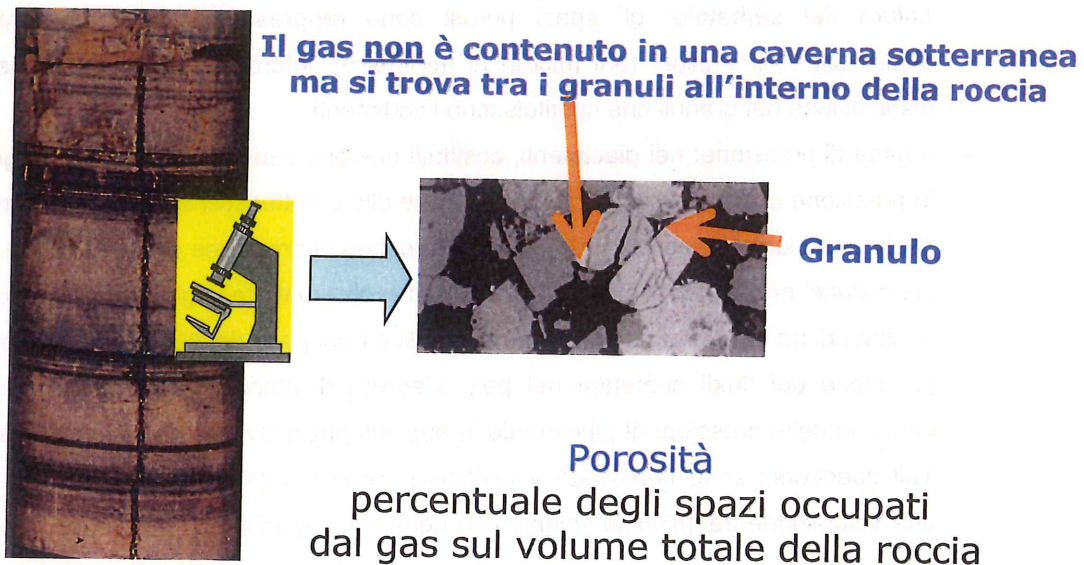
Con particolare riferimento ad alcuni aspetti in grado di influenzare le condizioni di sicurezza nell'esercizio dell'attività di stoccaggio, si evidenziano i seguenti elementi propri dei giacimenti di idrocarburi depletati, che li differenziano in modo significativo da altre tipologie



di serbatoi utilizzati per il medesimo scopo in alcuni paesi dell'UE (acquiferi, salt caverns, LNG):

- natura del serbatoio: gli spazi porosi sono rappresentati da vuoti “naturali” di piccolissime dimensioni (dai micron al millimetro), interconnessi fra loro e legati alla disposizione dei granuli che costituiscono i sedimenti
- regime di pressione: nei giacimenti, costituiti da corpi sedimentari a tessitura granulare, la pressione si distribuisce in modo conforme alle caratteristiche petrofisiche proprie dei sedimenti (porosità, permeabilità); l'attuale regime di pressione del giacimento riflette la condizione originaria, frutto ed eredità dell'evoluzione geologica del bacino, ed è il risultato di un equilibrio geodinamico e idraulico tra il peso dei sedimenti soprastanti e la pressione dei fluidi contenuti nei pori. L'attività di stoccaggio prevede un accurato controllo delle pressioni di giacimento in appositi pozzi dedicati (pozzi di monitoraggio). Tali operazioni sono finalizzate a verificare il corretto esercizio dell'attività attraverso una valutazione del bilancio volumetrico dei fluidi in giacimento al termine di ogni ciclo di stoccaggio
- roccia di copertura: i giacimenti, originariamente sede di accumuli naturali di idrocarburi, sono caratterizzati dalla presenza al di sopra del reservoir di una formazione di copertura impermeabile, prevalentemente di natura argillosa, che presenta solitamente spessori elevati ed è dotata di proprietà geomeccaniche che assicurano un comportamento di tipo elastico, inibendo l'insorgere di fenomeni di microfratturazione e precludendo eventuali fughe di gas all'esterno del giacimento; studi geomeccanici e idraulici della roccia di copertura dimostrano che la tenuta del serbatoio con esercizio dello stoccaggio in regime di sovrappressione ($P > P_i$) viene garantita con condizioni di sicurezza fino a valori almeno nell'ordine del 130–140% della pressione originaria
- attività dell'acquifero: i giacimenti sono caratterizzati dalla presenza di un acquifero che esercita una pressione di fondo e/o laterale, che contribuisce a mantenere un equilibrio nel volume dei fluidi presenti in giacimento e nel regime idrodinamico complessivo, costituendo una barriera dinamica naturale che limita la dimensione areale e volumetrica del giacimento; periodiche operazioni in appositi pozzi di monitoraggio prevedono la registrazione di log elettrici finalizzati alla verifica degli spostamenti della tavola d'acqua e delle modalità di movimentazione dei fluidi all'interno del giacimento.

Il giacimento: come è costituito



Per quanto riguarda in particolare i giacimenti attualmente gestiti da Stogit, originariamente scoperti e messi in produzione nel corso della seconda metà del '900, occorre inoltre far presente che essi sono conosciuti in modo molto approfondito sia dal punto di vista geologico che dinamico, essendo stati oggetto fin dalla loro scoperta di numerosi studi multidisciplinari, grazie dapprima alla notevole mole di informazioni acquisite durante la fase di coltivazione, e successivamente alle conoscenze relative all'attività di stoccaggio, che per alcuni di essi si protrae ininterrottamente da oltre 40 anni.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

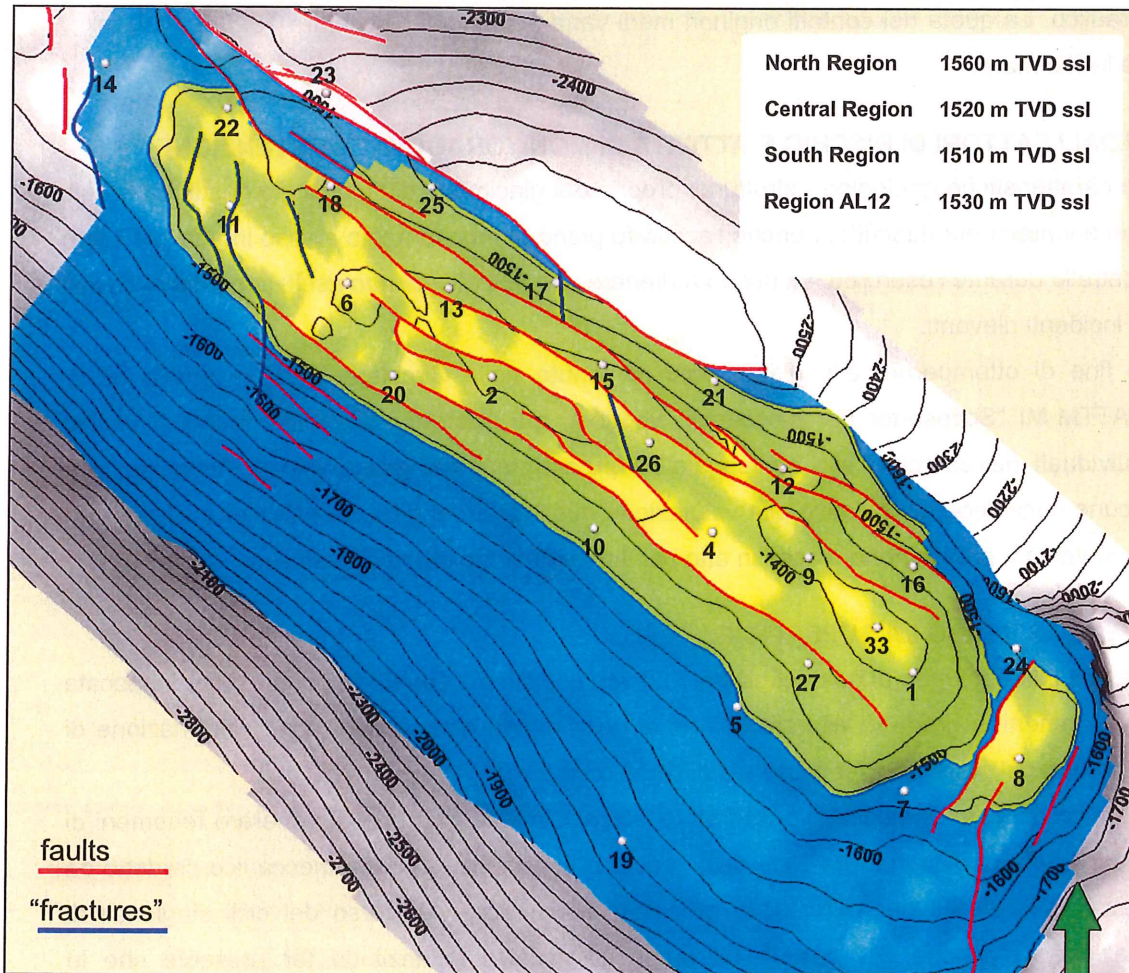
Il giacimento di Alfonsine, ubicato circa 20 km a NW di Ravenna, è situato nella zona sud-orientale della Pianura Padana, in un settore in cui la deformazione dei sedimenti pliocenici e quaternari a seguito della strutturazione degli Appennini ha determinato la formazione di pieghe sepolte orientate in direzione NW-SE, la cui messa in posto è avvenuta prevalentemente nel corso del Pliocene Superiore e del Pleistocene. In particolare la struttura di Alfonsine è associata ad un'anticlinale scomposta da lineamenti tettonici sia compressivi che distensivi, situata nel sistema delle pieghe ferraresi-romagnole che sovrascorrono sull'adiacente monoclinale pedealpina ed adriatica. L'anticlinale di Alfonsine è costituita da un thrust frontale orientato NW-SE, cui sono associati numerosi splays secondari con medesimo andamento, e da un backthrust che delimita la piega nell'area meridionale del giacimento. Inoltre nell'area di culmine dell'anticlinale sono presenti delle faglie interpretate come rilasci crestali, che hanno comunque dei rigetti molto modesti.



Dal punto di vista geologico si tratta di un giacimento con assetto di tipo multilayer, in cui cioè la successione sedimentaria comprende fitte alternanze di litotipi con differenti caratteristiche petrofisiche.

Le mappe strutturali evidenziano sistemi di faglie che scompongono l'area in blocchi tettonici differenziati e che determinano una conseguente compartimentazione del giacimento anche dal punto di vista idraulico e dinamico.

La mappa del top del giacimento Pool B è riportata nella figura seguente.



4. CARATTERISTICHE DEL GIACIMENTO

La scoperta del giacimento risale al 1953; complessivamente sono stati perforati 33 pozzi, di cui 24 mineralizzati. La fase di produzione primaria si è protratta dal 1957 fino al 2000, con una produzione cumulativa pari a 8531 MSmc di gas. Attualmente risultano aperti 11 pozzi, di cui 10 completati nel Pool B. Questo livello, principale reservoir del giacimento posto mediamente a profondità di circa 1500 m, è costituito da depositi di natura torbidaica appartenenti alla Formazione Porto Corsini (Pliocene Inferiore), con livelli sabbiosi fittamente intercalati da litotipi argilloso-siltosi. I valori medi di porosità delle sabbie variano dal 20 al 28%, mentre la permeabilità è compresa tra 20 e 120 mD. La copertura del giacimento è assicurata da depositi argillosi (F.ne Porto Garibaldi eq. -



Pliocene Medio e Superiore), che ricoprono l'intera struttura con uno spessore nell'ordine di 100-120 m.

La pressione statica iniziale di fondo SBHP@datum 1497 m slm era pari a 166,8 barsa, mentre la pressione di abbandono a fine produzione è risultata pari a 84,4 barsa.

La quota della tavola d'acqua originaria, determinata in base dei dati dei pozzi verticali perforati durante la fase di produzione primaria, è differenziata nei singoli blocchi del giacimento, che risulta conseguentemente compartimentato dal punto di vista fisico ed idraulico. La quota dei contatti originari medi varia nei singoli blocchi tra 1520 e 1560 m da livello mare.

5. POTENZIALI FATTORI DI RISCHIO E ATTIVITÀ DI MONITORAGGIO E PREVENZIONE

Le caratteristiche geologico - strutturali proprie dei giacimenti di stoccaggio gestiti da Stogit, precedentemente descritte, nonché l'accurato piano di monitoraggio messo in atto per il loro controllo durante l'esercizio, inducono a ritenere che tale attività non risulti soggetta al rischio di incidenti rilevanti.

Al fine di ottemperare alle disposizioni contenute nella Circolare interministeriale MSE-MATTM-MI “Seveso-ter per stoccaggi”, vengono qui illustrati i potenziali fattori di rischio individuati nell'esercizio allo stoccaggio (in programma) del giacimento di Alfonsine, con alcune considerazioni relative alla valutazione qualitativa del pericolo effettivo e alle misure di controllo e prevenzione messe in atto per il monitoraggio del rischio stesso.

5.1 FUGHE DI GAS VERSO LA SUPERFICIE

L'eventualità di fughe di gas del giacimento verso livelli più superficiali può essere innescata da fenomeni in grado di alterare l'efficacia della tenuta geomeccanica della formazione di copertura del reservoir, per presenza di faglie o fratture.

In un giacimento di stoccaggio un fattore potenzialmente in grado di generare fenomeni di cedimento e di microfratturazione nella roccia di copertura è l'effetto meccanico prodotto da elevati differenziali nei valori delle pressioni di esercizio nel corso dei cicli stagionali di iniezione/erogazione del gas. A tal proposito occorre innanzitutto far presente che le formazioni argillose di copertura dei livelli da adibire allo stoccaggio nel giacimento di Alfonsine mostrano un comportamento reologico di tipo elastico, come documentano numerose analisi di laboratorio condotte su campioni di carote di fondo prelevate nei pozzi. Grazie a queste proprietà, evidenziate in modo particolare in studi di caratterizzazione e di modellizzazione geomeccanica della Formazione Argille del Santerno, la roccia di copertura è in grado di assorbire le sollecitazioni prodotte dagli effetti del gas-cycling e di inibire l'insorgere di microfratturazioni e la conseguente creazione di potenziali vie di fuga del gas verso l'esterno del giacimento. Si ricorda anche che la formazione citata presenta un elevato spessore, nell'ordine di alcune centinaia di metri, e una continuità laterale estesa a tutta l'area del giacimento.



Fenomeni analoghi a quelli descritti possono essere teoricamente generati dall'esercizio dell'attività di stoccaggio in regime di sovrappressione ($P > P_i$), peraltro non prevista per il giacimento di Alfonsine. Anche in questo caso gli studi condotti in giacimenti Stogit affini per contesto geologico a quello in esame hanno tuttavia dimostrato, attraverso simulazioni numeriche su modelli geomeccanici, che eventuali fenomeni di leakage nella formazione di copertura risulterebbero del tutto trascurabili, interessando solo una porzione molto limitata di roccia sopra il reservoir (< 10 m), anche con pressioni di esercizio superiori del 30% a quella originaria di scoperta del giacimento.

Un potenziale fattore di rischio per il gas proveniente dal giacimento è la migrazione verso livelli più superficiali a causa di anomalie della cementazione dei pozzi che viene effettuata nello spazio racchiuso tra il casing e la formazione rocciosa adiacente. Tali anomalie possono essere rilevate, e di conseguenza gestite, attraverso un piano di monitoraggio delle pressioni nelle intercapedini dei pozzi ed eventuali interventi operativi.

5.2 SISMICITA' NATURALE

L'eventualità legata all'occorrenza di eventi sismici rappresenta un potenziale fattore di rischio, la cui entità è da mettere strettamente in relazione al livello di sismicità naturale della zona interessata dal giacimento. A seguito di specifici provvedimenti legislativi (ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003) il territorio nazionale è stato classificato in quattro categorie a differente rischio sismico, calcolato sia in base alla frequenza degli eventi che alla loro intensità.

La zonazione, effettuata su base comunale e in fase di continuo aggiornamento, prevede il seguente schema di classificazione:

- Zona 1: sismicità alta
- Zona 2: sismicità media
- Zona 3: sismicità bassa
- Zona 4: sismicità molto bassa

L'area di occupazione degli impianti di superficie dello stoccaggio di gas riguarda peraltro solo il comune di Alfonsine, che è incluso nella zona a sismicità media (Zona 2).

Come evidenziato in una apposita nota abbinata a questo documento, la Concessione Alfonsine Stoccaggio è caratterizzata da un tasso di sismicità naturale ridotto. Gli epicentri riscontrati in base all'analisi storica condotta ricadono solitamente in zone esterne alla Concessione, a distanze di almeno 10 km dal giacimento. Inoltre le profondità degli ipocentri dei sismi più recenti sono nell'ordine di 5-30 km, cioè ben superiori a quella di interesse del giacimento che sarà attivato allo stoccaggio.

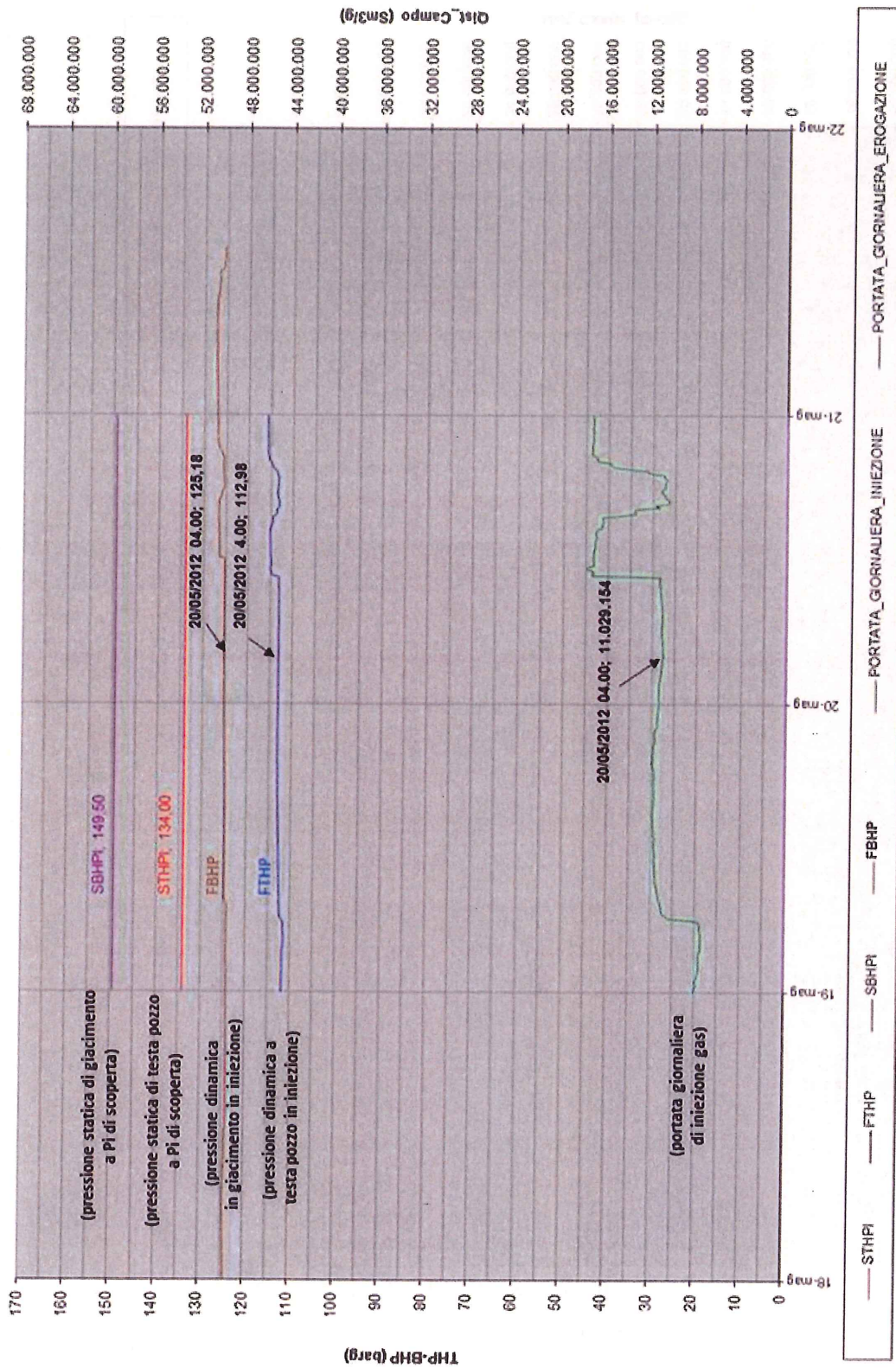
Il monitoraggio in continuo dei valori di pressione del giacimento in pozzi opportunamente selezionati, con misurazioni effettuate sia a testa-pozzo che al fondo, rappresenta un ulteriore strumento di controllo per valutare eventuali anomalie nel regime idraulico complessivo del giacimento stesso.



A titolo di esempio si riportano nei grafici seguenti i valori di pressione e di portata misurati nei giacimenti di stoccaggio di Minerbio (BO) e di Sabbioncello (FE), relativi ai giorni 19 e 20 maggio 2012, in occasione del sisma di Magnitudo 6 che ha colpito la vicina pianura modenese. Le curve che registrano l'andamento delle pressioni di giacimento correlate alle portate in iniezione durante la fase di ricostituzione non evidenziano alcuna anomalia (caduta repentina di pressione), a conferma della tenuta del sistema giacimento e della roccia di copertura.

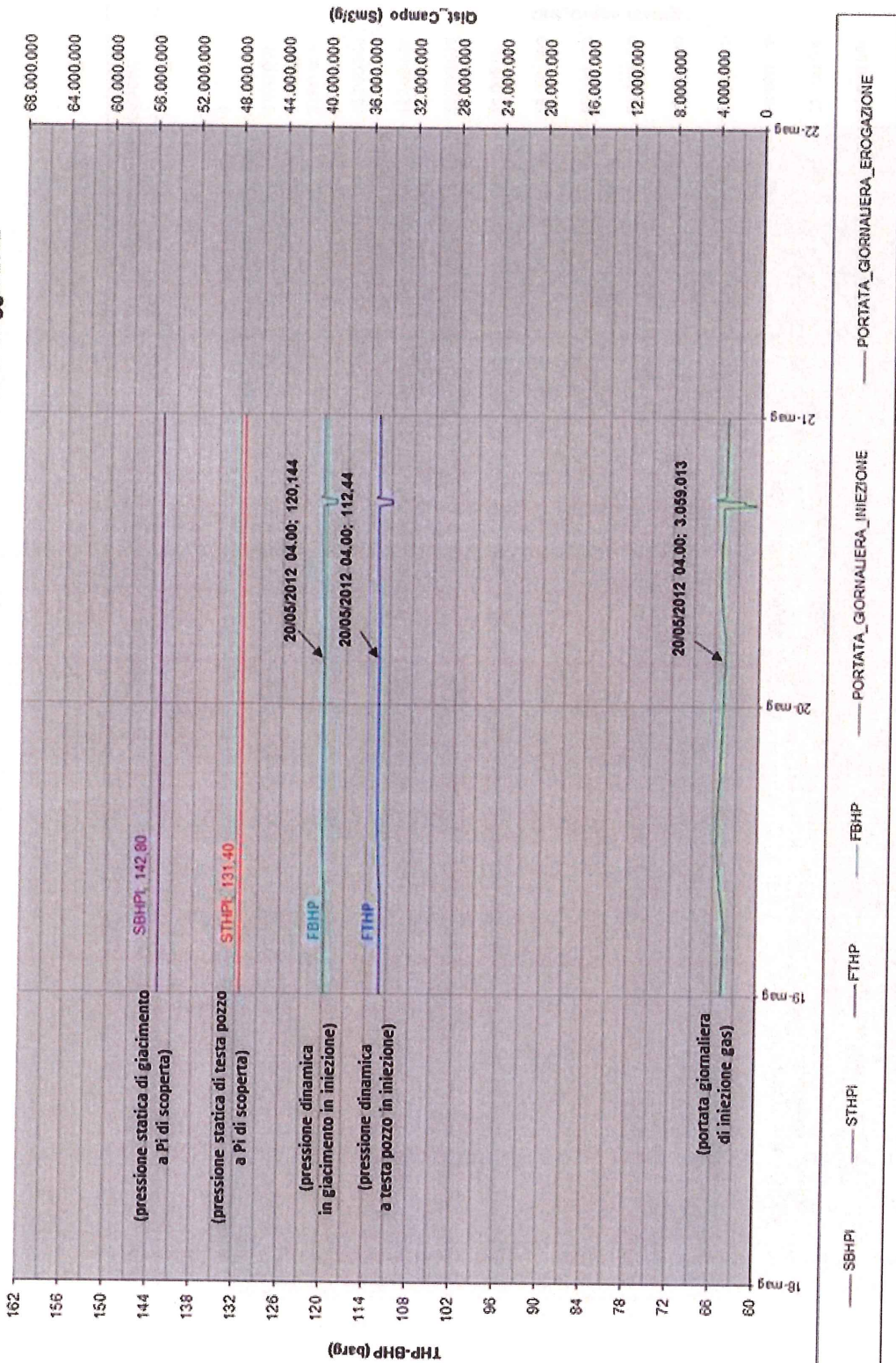


MINERBIO - Iniezione 2012/13 - Andamento THP, BHP, Portata e Volume - ZOOM 19-20 MAGGIO 2012





SABBIONCELLO - Iniezione 2012/13 - Andamento THP, BHP, Portata - ZOOM 19-20 Maggio 2012





Il piano di monitoraggio comprende inoltre un accurato controllo dei movimenti del suolo e dei fenomeni di deformazione dei terreni superficiali, attuato attraverso l'interpretazione di immagini radar satellitari, in grado di rilevare misure altimetriche con precisione di ordine millimetrico.

Per quanto riguarda infine le misure di sicurezza dei pozzi, le attrezzature adottate sono rappresentate da un'apposita strumentazione, che consiste in un sistema di valvole di tenuta, sia in superficie che a fondo pozzo, preposto a prevenire il rischio di eventuali incidenti dovuti ad anomalie di pressione.

5.3. PRESENZA DI “SOSTANZE PERICOLOSE” IN GIACIMENTO

Il gas naturale è incluso nella Parte I dell'Allegato I del D. Lgs. 334/99 e s.m.i. sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti.

Per una valutazione del potenziale rischio legato alla presenza in giacimento del gas sono state definite le opportune modalità di computo dei volumi interessati. In riferimento a quanto previsto dal D. Lgs. 334/99 e alla sua applicazione ai giacimenti di stoccaggio, si è valutato di considerare i seguenti volumi di gas:

- Working gas: è il massimo volume erogabile per ogni ciclo di stoccaggio alla massima pressione di esercizio dal giacimento, in modo stabile nel tempo
- Cushion gas: è il volume necessario immobilizzato nel giacimento per contenere la pressione dell'acquifero e fornire energia per la movimentazione del working gas; il cushion si distingue in:
 - a) volume di gas rimanente in giacimento al termine della produzione primaria (escluso dal computo ai fini di questa valutazione)
 - b) volume di gas immesso in giacimento per consentire di raggiungere la quantità necessaria finale per l'esercizio allo stoccaggio.

Sia il Working gas che il Cushion gas totale vengono definiti tramite appositi studi con simulazioni matematiche volumetriche 3D.

Nei capitoli introduttivi del presente documento è evidenziata graficamente la configurazione del cushion e del working gas.

Il rischio di formazione di miscela esplosiva in giacimento è da escludersi a priori poiché, per le condizioni proprie dei giacimenti minerari di sottosuolo, non si riscontra presenza di ossigeno allo stato libero, precludendo in tal modo la formazione di miscele esplosive legate alla combinazione di CH_4 e O_2 .

Nel giacimento di Alfonsine, attualmente **non attivo allo stoccaggio**, sono stati computati i seguenti quantitativi di gas (MSmc):



VOLUMI	Progetto MINI	Complementare Progetto completo	Progetto completo
Working gas @68 bar @ P=Pi	150	1.810	1.960
Cushion gas non recuperabile	2.158	0	2.158
Cushion gas recuperabile	2.211 (di cui 190 da iniettare)	1.042 (tutto da iniettare)	3.253
TOTALE GAS IN GIACIMENTO	4.519	2.852	7.371