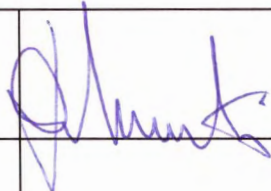
	<p>Sede Operativa di Crema GIAC - Giacimenti</p>
---	--

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

TECNICHE E PROGRAMMA  
DI MONITORAGGIO

					
0	Emissione		E. Cairo M. Liberati A. Mantegazzi	D. Marzorati	Dicembre 2013
REV.	DESCRIZIONE		PREPARATO	APPROVATO	DATA

## **SOMMARIO**

**INTRODUZIONE**

**MONITORAGGIO DELLA PRESSIONE DI GICIMENTO**

**MONITORAGGIO DELLA SATURAZIONE IN GAS-ACQUA**

**MONITORAGGIO MICROSISMICO DI SUPERFICIE**

**MONITORAGGIO DEI MOVIMENTI DEL SUOLO**

**MONITORAGGIO GEOCHIMICO-AMBIENTALE**

**MONITORAGGIO SISTEMA POZZI**

**INTRODUZIONE**

La scoperta del giacimento di Alfonsine 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 8.531 MSmc di gas.

Nelle tabelle seguenti vengono evidenziati i volumi di gas prodotti, presenti ancora in giacimento al termine della produzione primaria (Riserve primarie residue a 15 barsa) e i volumi di Working gas e Cuschion gas, parimenti a quanto già riportato nello Studio di Impatto Ambientale (vol.I, sez. IIIb, par. 2.3.2) :

Concessione	S.B.H.Pi	GOIP	Riserve Originarie producibili a F.T.H.P. = 45 Barsa	Incremento Riserve Originarie producibili a F.T.H.P. = 15 Barsa	Gas prodotto totale	Riserve Primarie residue a F.T.H.P. = 15 Barsa
	kg/cm <sup>2</sup> <sub>ass.</sub>	MSm <sup>3</sup>	(a) MSm <sup>3</sup>	(b) MSm <sup>3</sup>	(c) MSm <sup>3</sup>	d=(a+b-c) MSm <sup>3</sup>
Alfonsine	170,1	12.717**	10.039,3	520	8.538,3	2.021

WG ciclo ordinario @ F.T.H.P. = 70 Barsa		WG massimo @ F.T.H.P. = 45 Barsa	Cushion gas @ F.T.H.P. = 70 Barsa
	MSm <sup>3</sup>	MSm <sup>3</sup>	MSm <sup>3</sup>
	P=100%Pi	P=100%Pi	
	1.960*	-	3.253

La determinazione delle riserve è stata effettuata utilizzando i pozzi che ancora producevano alla data del 31/12/2000, quando la produzione primaria è stata interrotta. Ipotizzando una prosecuzione della produzione fino al 30/11/2007, le riserve @ 15 Barsa sono risultate pari a 2.021 MSmc.

Nell'ambito di un piano di potenziamento complessivo degli stoccaggi di gas naturale, il giacimento di Alfonsine, a seguito della acquisizione del rilievo geofisico a riflessione 3D nel 2008, è stato individuato idoneo per la realizzazione di un progetto di conversione all'attività di stoccaggio del gas naturale.

Questa nota è stata predisposta con la finalità di illustrare il programma di monitoraggio per il controllo di parametri riguardanti sia il giacimento che gli aspetti di carattere ambientale, ritenuto in grado di garantire un corretto e sicuro esercizio nell'attività di stoccaggio fino ad una pressione non superiore a quella originaria di scoperta (P=Pi).

Le metodologie prese in considerazione, ad elevato contenuto tecnologico, sono inserite in un progetto integrato in grado di fornire un panorama completo sia per quanto riguarda il contesto geologico che quello ambientale ed antropico.

Il programma di monitoraggio, calibrato in base alle principali caratteristiche geologico-strutturali e dinamiche del giacimento e alla pressione di esercizio prevista ( $P=P_i$ ), intende verificare il contenimento del gas all'interno del giacimento di stoccaggio in tutte le condizioni di funzionamento previste.

Il programma operativo messo a punto per l'esercizio del giacimento si avvale delle seguenti metodologie di indagine:

- MONITORAGGIO DELLA PRESSIONE DI GIACIMENTO
- MONITORAGGIO DELLA SATURAZIONE IN GAS-ACQUA
- MONITORAGGIO MICROSISMICO DI SUPERFICIE
- MONITORAGGIO DEI MOVIMENTI DEL SUOLO
- MONITORAGGIO GEOCHIMICO-AMBIENTALE
- MONITORAGGIO SISTEMA POZZI

### **MONITORAGGIO DELLA PRESSIONE DI GIACIMENTO**

Il monitoraggio in continuo dell'andamento delle pressioni di giacimento, vincolo imposto dal Ministero dello Sviluppo Economico tramite il disciplinare che regola l'attività di stoccaggio (D.M. del 4 febbraio 2011), è considerato un valido strumento di analisi delle dinamiche di migrazione dei fluidi in giacimento, utile anche ai fini della calibrazione della modellistica numerica di reservoir.

L'attività di monitoraggio consiste nell'acquisizione periodica di profili statici della pressione del giacimento in pozzi dedicati, avendo cura di raggiungere preventivamente condizioni stabilizzate. L'iniezione del gas viene periodicamente interrotta per un tempo sufficiente a consentire la rilevazione in condizioni stabilizzate della pressione del giacimento.

I controlli sono particolarmente accurati durante il primo ciclo di iniezione, durante il quale si realizzano per la prima volta le condizioni operative di progetto, allo scopo di verificare che il comportamento delle formazioni in termini di incrementi di pressione sia conforme a quello previsto.

Il programma messo a punto prevede l'acquisizione di misure di pressione in alcuni pozzi selezionati in base alla loro posizione strutturale, ubicati sia in prossimità della zona di culmine che nei settori marginali del giacimento.

Il programma delle operazioni previste per la realizzazione del progetto di sviluppo comprende una serie di interventi finalizzati ad adibire alcuni pozzi esistenti (ex-produzione primaria) all'attività di monitoraggio delle pressioni di giacimento. In particolare i pozzi individuati a tale scopo sono Valledane 1, Alfonsine 9, Alfonsine 15 e Alfonsine 18; si riporta nella figura seguente (fig. 1) l'inquadramento territoriale delle aree di ubicazione dei suddetti quattro pozzi.



Fig. 1

## MONITORAGGIO DELLA SATURAZIONE IN GAS-ACQUA

Il monitoraggio delle variazioni di saturazione in gas-acqua nel livello adibito allo stoccaggio del gas naturale (Pool B) viene condotto per verifiche e valutazioni sugli spostamenti di quota della tavola d'acqua del giacimento.

Le modalità di acquisizioni dei dati prevedono la registrazione periodica, alla fine della campagna di iniezione, di appositi log registrati in foro tubato, denominati RST; la loro interpretazione a cura di petrofisici specializzati permette di monitorare la posizione del contatto gas-acqua nel tempo e di osservare eventuali variazioni nella distribuzione dei fluidi in giacimento a seguito dei ripetuti cicli di iniezione ed erogazione del gas.

Il programma di acquisizione predisposto per il campo di Alfonsine prevede la registrazione di log RST in alcuni pozzi collocati in posizione strutturale favorevole per valutare questi aspetti legati alla dinamica di movimento dei fluidi, in particolare Alfonsine 15, Alfonsine 18 e Valle Dane 1.

## MONITORAGGIO MICROSISMICO DI SUPERFICIE

Il programma di monitoraggio messo a punto in previsione dell'esercizio allo stoccaggio del giacimento di Alfonsine prevede anche la sorveglianza degli aspetti legati alla sismicità del sito. La Concessione di Alfonsine ricade all'interno della zona sismogenetica 912, che rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale in pianura padana; in tale contesto geologico-strutturale ("Dorsale Ferrarese"), la zona è caratterizzata dalla presenza nel sottosuolo di faglie inverse e da superficie di scorrimento legate alla spinta delle falde appenniniche in direzione nordorientale. Il parametro dello scuotimento  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo), presenta valori compresi tra 0,150 e 0,175 (OPCM 28 aprile 2006, tab. 1), classificando l'area in zona 2, in sostanziale accordo con la classificazione del rischio sismico su base comunale del 2003.

Zona Sismica	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g$ )
1	$0,25 < a_g < 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g < 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g < 0,15$ g	0,15 g
4	$\leq 0,05$ g	0,05 g

Tab. 1

A tal fine si è preferito studiare la fattibilità d'installazione di una rete microsismica di superficie per cercare di monitorare eventi sismici anche a profondità elevate. Per tale rete si presterà particolare attenzione ad alcuni aspetti, ritenuti fondamentali per distinguere i sismi profondi e/o distanti da quelli con profondità equiparabili a quella del giacimento, che si trova a 1600 – 1700 m l.m.

I criteri progettuali saranno finalizzati ad ottenere la miglior definizione della stima ipocentrale, attraverso una geometria della rete guidata da una serie di criteri già utilizzati per altre reti analoghe già attivate in concessioni di stoccaggio Stogit. In particolare, si opererà in modo tale da:

- contornare con le stazioni l'area d'interesse,
- disporre alcune stazioni al centro di essa,
- dimensionare la rete in modo che la distanza media tra le stazioni sia circa il doppio della profondità di interesse,
- evitare configurazioni orientate lungo una direzione preferenziale.

I siti idonei per l'installazione delle singole stazioni saranno individuati all'interno della concessione di stoccaggio, valutando le condizioni ambientali, geologiche e logistiche della zona d'interesse, tenendo anche in considerazione la loro accessibilità in condizioni meteo sfavorevoli e la lontananza da fonti di disturbo antropico in grado di compromettere la qualità del segnale; a tale proposito al fine di ottenere un aumento della sensibilità della rete riducendo l'effetto del rumore ambientale, si prevede la possibilità di installazione in almeno due stazioni di sismometri alloggiati in appositi pozzetti a qualche decina di metri in profondità in culmine di struttura.

Una possibile configurazione di massima della rete, composta da 6 stazioni, è riportata nella figura seguente (fig. 2), in cui sono anche indicati il perimetro della concessione di stoccaggio e la proiezione in superficie del limite del giacimento.

Le dimensioni caratteristiche della rete sono indicativamente:

- estensione Sud Ovest – Nord Est: circa 7 km;
- estensione Nord Ovest – Sud Est: circa 12 km;
- distanza minima tra due stazioni adiacenti: circa 3.5 km;
- distanza massima tra due stazioni adiacenti: circa 7 km;
- distanza minima dal giacimento delle stazioni esterne: circa 1-2 km;
- distanza massima dal giacimento delle stazioni esterne: circa 3 km.

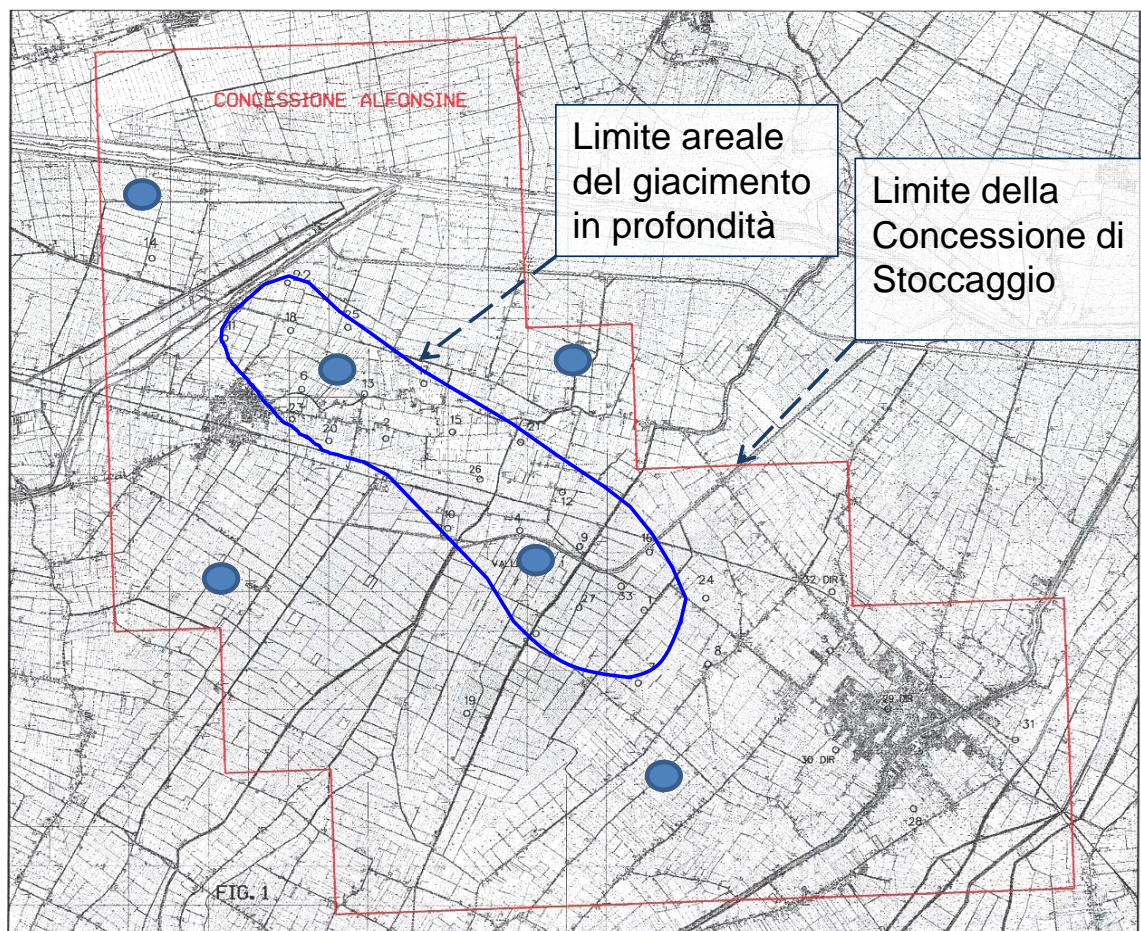


Fig. 2

## MONITORAGGIO DEI MOVIMENTI DEL SUOLO

Obiettivo di questo monitoraggio è la misura diretta delle deformazioni dei terreni, operata attraverso i movimenti dei *Permanent Scatters* (PS), utilizzando dati satellitari Radar ad Apertura Sintetica (SAR).

La Tecnica dei Diffusori Permanenti (Permanent Scatterers, PS) è uno strumento estremamente efficace per il monitoraggio con accuratezza millimetrica di fenomeni di deformazione della superficie terrestre, basato sull'impiego di serie temporali di immagini radar satellitari.

I PS sono “bersagli radar” privilegiati, che l'occhio del satellite identifica sul territorio, con caratteristiche tali da permettere misure accurate della loro distanza dal sensore, con la possibilità di apprezzare spostamenti di frazioni di centimetro. I Permanent Scatterers sono parti di edifici, strutture metalliche, rocce esposte, le cui caratteristiche elettromagnetiche non variano sensibilmente nel corso del tempo.



Si può immaginare la griglia di PS come una rete di stazioni GPS (Global Positioning System) naturali, utilizzabili per il monitoraggio di vaste aree di interesse con una frequenza di aggiornamento del dato mensile e con una densità spaziale di punti di misura estremamente elevata (in aree urbane 100-300 PS/kmq).

Dall'elaborazione dei dati si ricava un modello digitale di elevazione del terreno e si calcola la differenza di quota tra punti vicini. Utilizzando poi un punto di riferimento all'interno dell'area esaminata, di cui è nota la quota, è possibile ottenere una misura assoluta di elevazione. I valori di velocità dei dati SAR sono riferiti ad un punto origine a cui viene assegnato il valore zero. Questa approssimazione non permette di utilizzare i valori di velocità forniti come valori assoluti a meno di un'integrazione con altri dati di monitoraggio.

Il programma di monitoraggio dei movimenti del suolo prevede un aggiornamento dei dati con report a cadenza annuale, predisposti a seguito dell'acquisizione e dell'interpretazione delle immagini satellitari disponibili relative al sito.

L'acquisizione dei dati PS sarà inoltre integrata con quelli provenienti da una stazione CGPS da installare presso gli impianti Stogit. Il GPS è un sistema di radioposizionamento composto da 24 satelliti distribuiti su orbite ad oltre 20.000 km di altezza sulla superficie terrestre, i cui dati consentono di ottenere misure relative dei movimenti del suolo di elevata precisione, sia per gli spostamenti altimetrici che planimetrici.

Una stima accurata delle misure si ottiene dopo un periodo di osservazione sufficientemente prolungato, tale da permettere di valutare correttamente i dati acquisiti. Le stazioni CGPS rappresentano pertanto, grazie all'acquisizione di dati "in continuo", punti di riferimento e di taratura affidabili per la calibrazione con valori assoluti delle informazioni periodiche ottenute attraverso l'interpretazione di immagini radar satellitari.

## **MONITORAGGIO GEOCHIMICO-AMBIENTALE**

Il monitoraggio geochimico-ambientale è finalizzato alla verifica dell'assenza di diffusione del gas stoccato in giacimento (fenomeni di "leakage"), nelle falde acquifere superficiali, nei suoli e nell'aria.

L'obiettivo del monitoraggio è quello di riconoscere e distinguere chimicamente il gas naturale eventualmente presente nelle matrici ambientali superficiali da quello iniettato in giacimento per lo stoccaggio tramite una stazione di rilevamento in continuo.

La stazione costituisce un sistema di monitoraggio avanzato con il compito di rilevare la qualità dell'aria, del suolo e dell'acqua di falda superficiale durante l'esercizio allo



stoccaggio del campo di Alfonsine alle massime condizioni di pressione operative discriminando tra le componenti "naturale locale" ed "indotta dal sito".

Lo scopo del sistema nel suo complesso è quello di studiare i pattern di migrazione del gas naturale nei vari mezzi, la loro evoluzione nel tempo, la loro associabilità alle fonti di origine.

L'eventuale migrazione di gas naturale dal giacimento verso la superficie, oltre le formazioni di copertura, sia che avvenga attraverso le formazioni geologiche sovrastanti sia lungo pozzi con problemi di tenuta, interesserà gli acquiferi presenti negli strati permeabili sovrastanti il giacimento e gli strati di suolo in superficie, oppure potrà diffondersi in atmosfera.

L'obiettivo della stazione geochimica-ambientale è di acquisire le seguenti informazioni e di monitorare in continuo i seguenti parametri:

- contenuto di CH<sub>4</sub> in aria;
- contenuto di CH<sub>4</sub> nel gas nel suolo;
- contenuto di CH<sub>4</sub> nel gas disciolto in acqua (il pozzo di campionamento acque verrà scavato sino al raggiungimento della prima falda);
- misure meteo tramite tacogonioanemometro, termoigrometro, pluviometro, barometro e radiometro;
- misure accessorie (stato di funzionamento e diagnostiche).

**MONITORAGGIO SISTEMA POZZI**

Il monitoraggio del sistema pozzi è finalizzato alla verifica dello stato di corrosione dei materiali metallici e al controllo e manutenzione delle varie attrezzature, al fine di garantirne l'integrità meccanica. Un pozzo è considerato meccanicamente integro se non si verificano perdite significative di fluidi attraverso il rivestimento e il completamento. I test d'integrità meccanica interna devono inoltre verificare che gli elementi di completamento del pozzo siano in grado di contenere il gas alle condizioni di progetto.

Sulla base di queste verifiche si ottiene una valutazione su eventuali perdite di pressione, con indicazioni sulla necessità di programmare interventi operativi mirati a ripristinare le condizioni originarie.

L'integrità meccanica del pozzo viene verificata in occasione di operazioni di *workover*, con la valutazione tramite prove di pressione idraulica o con altri metodi alternativi (rilevamenti di temperatura, noise log, casing inspection log).