



STOGIT

MINERBIO

NOTA SISMICITA'

0

**Concessione Minerbio Stoccaggio
NOTA SULLA SISMICITA' DELL'AREA**

Data di emissione: Luglio 2012

		E. Cairo		
		M. Liberati		
		A. Mantegazzi		D. Marzorati
	AGGIORNAMENTI	PREPARATO DA	IL RESPONSABILE	



STOGIT

**MINERBIO
NOTA SISMICITA'**

0			
---	--	--	--

SOMMARIO

INTRODUZIONE

SISMICITA' NATURALE DELL'AREA

MONITORAGGIO MICROSISMICO

MONITORAGGIO DELLE PRESSIONI

EVENTI SISMICI E TENUTA DEI GIACIMENTI



STOGIT

MINERBIO

NOTA SISMICITA'

0

INTRODUZIONE

I giacimenti di stoccaggio utilizzati da Stogit appartengono alla categoria dei giacimenti a gas in fase di esaurimento (Depleted Field), ossia sfruttati in passato come produzione primaria e successivamente convertiti all'attività di stoccaggio, a seguito di una serie di studi e di valutazioni tecniche di idoneità. Questi giacimenti, ubicati nel sottosuolo a profondità comprese tra 1000 e 1500 metri, sono costituiti da un sistema geologico in cui si individuano:

- livelli porosi e permeabili (sabbie e ghiaie) adibiti, grazie alle loro proprietà petrofisiche, a serbatoi 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.

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 rimasti intrappolati nel sottosuolo per milioni di anni.

I giacimenti attualmente gestiti da Stogit, originariamente scoperti e messi in produzione nel corso della seconda metà del '900, 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.

SISMICITA' NATURALE DELL'AREA

La Pianura Padana è caratterizzata da una sismicità relativamente moderata, concentrata prevalentemente lungo il margine pedeappenninico emiliano-romagnolo e con terremoti meno frequenti e più sparsi arealmente a nord del Fiume Po.

Il livello di rischio sismico del territorio è definito, a seguito di specifici provvedimenti legislativi (ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003), sulla base di una classificazione in quattro categorie, conseguente alla valutazione della frequenza degli eventi e della loro intensità. La zonazione, effettuata su base comunale e in fase di continuo aggiornamento, prevede il seguente schema di classificazione:



STOGIT

MINERBIO

NOTA SISMICITA'

0

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

I comuni ricadenti all'interno delle concessioni di stoccaggio di Minerbio rientrano nella Zona 3 a basso rischio sismico.

La sismicità che caratterizza il settore dell'alta pianura del Modenese e del Ferrarese trae origine dalla particolare situazione geologica di questa porzione del sottosuolo padano.

Le prospezioni geofisiche e le stratigrafie dei pozzi profondi perforati negli scorsi decenni per la ricerca di idrocarburi evidenziano infatti la presenza di grandi strutture tettoniche (pieghe e faglie), presenti in profondità e direttamente collegate all'orogenesi della adiacente catena appenninica.

La mappa strutturale della figura seguente riporta una carta geologica semplificata dell'area appenninica e rappresenta anche i lineamenti sepolti dell'adiacente area padana, con evidenza delle strutture tettoniche responsabili dei sismi; su questa immagine sono state inoltre indicate le ubicazioni dei giacimenti di stoccaggio di Minerbio, Sabbioncello e Cortemaggiore.

Sotto l'effetto delle spinte compressive, il substrato carbonatico, composto da rocce di natura calcarea e dolomitica con comportamento reologico di tipo rigido, si trova nel sottosuolo modenese e ferrarese a profondità insolitamente ridotte (circa 3.000 m), generando fronti strutturali sepolti noti nella letteratura geologica come "Dorsale Ferrarese", messa in evidenza nel riquadro della figura che segue. Conseguentemente in quest'area i soprastanti sedimenti terrigeni con comportamento di tipo elastico presentano spessori inferiori rispetto ad altre zone della Pianura Padana.

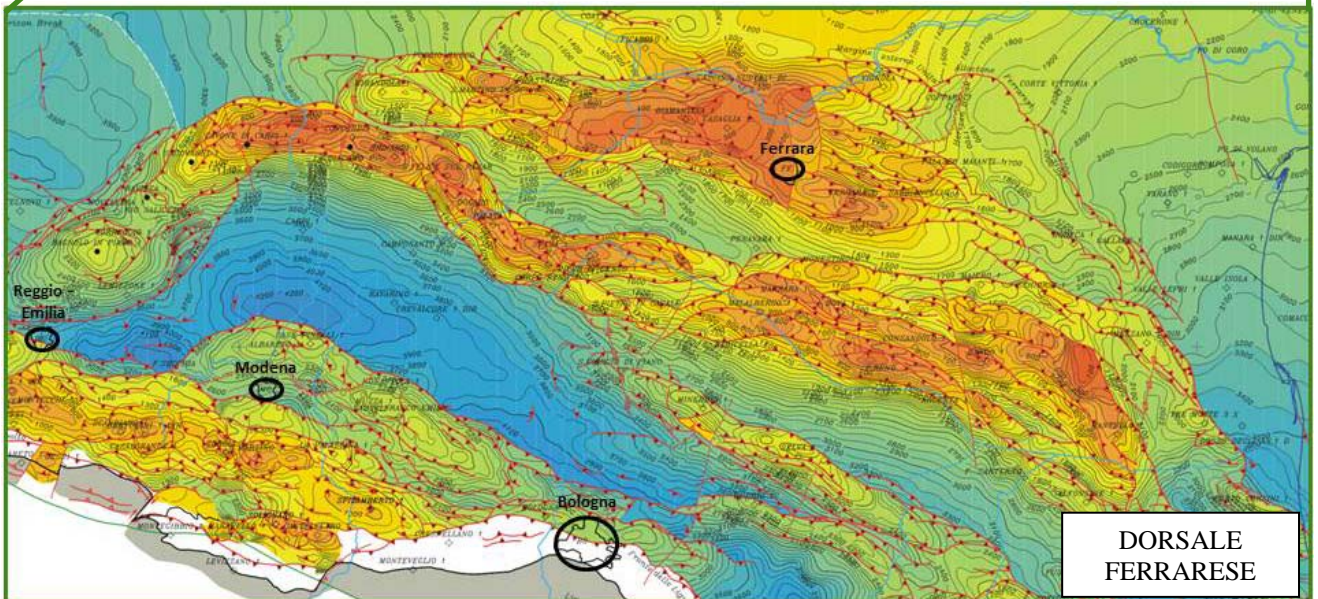
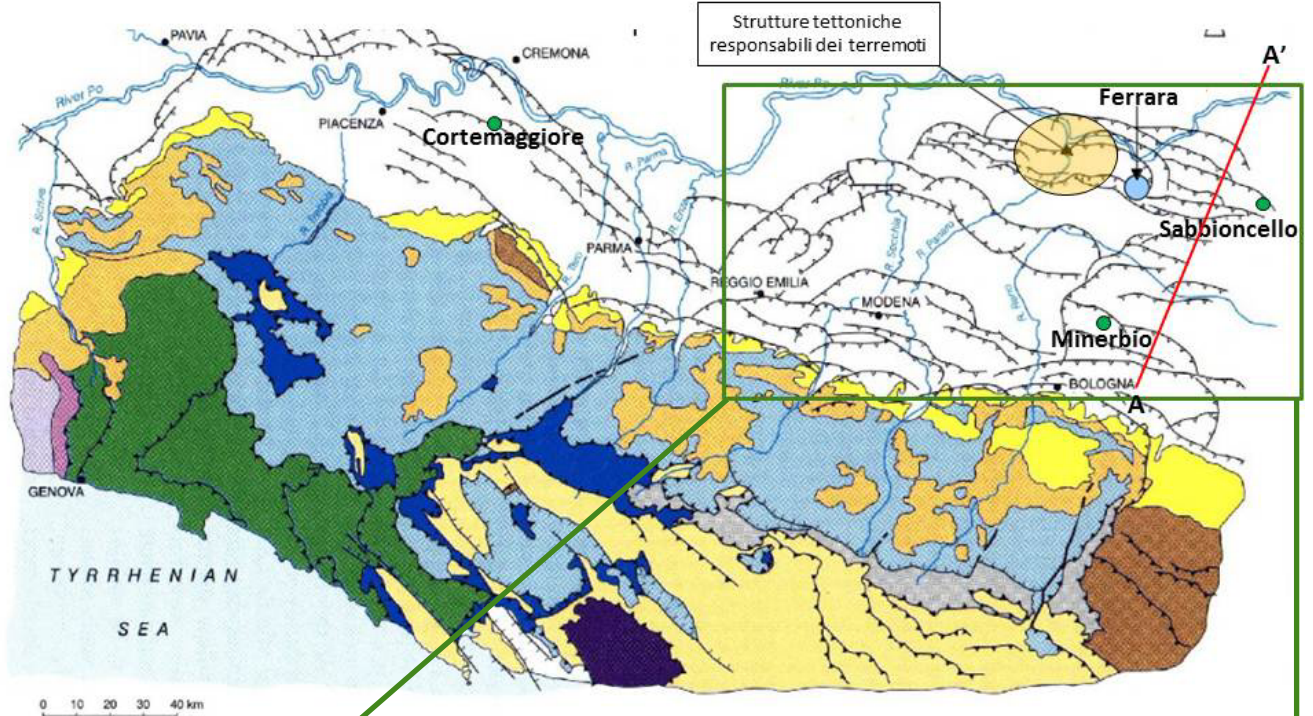


STOGIT

MINERBIO

NOTA SISMICITA'

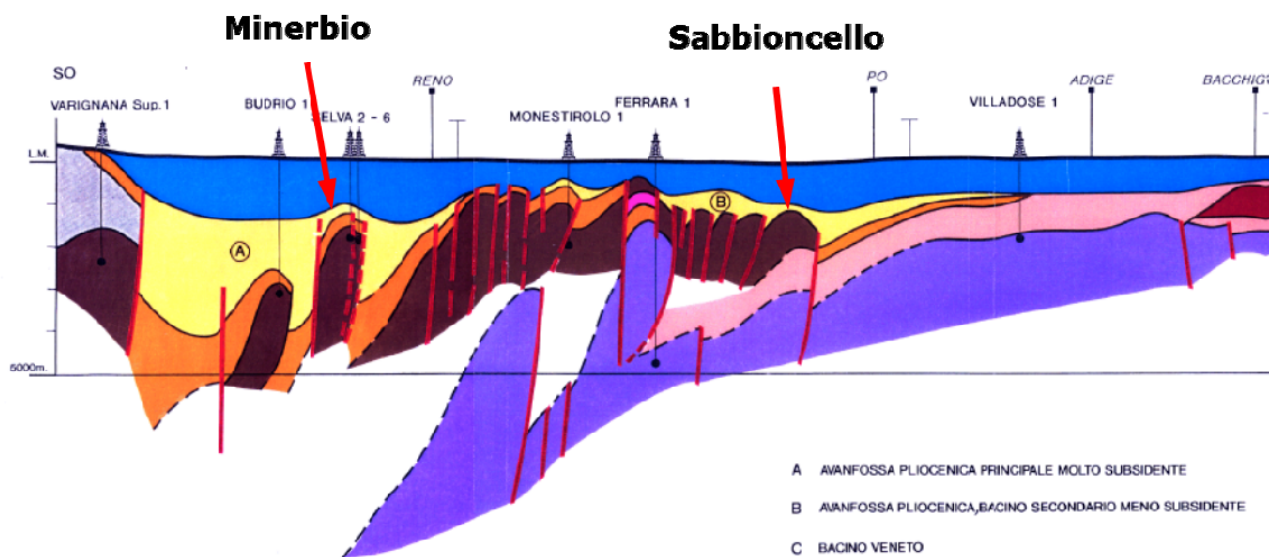
0



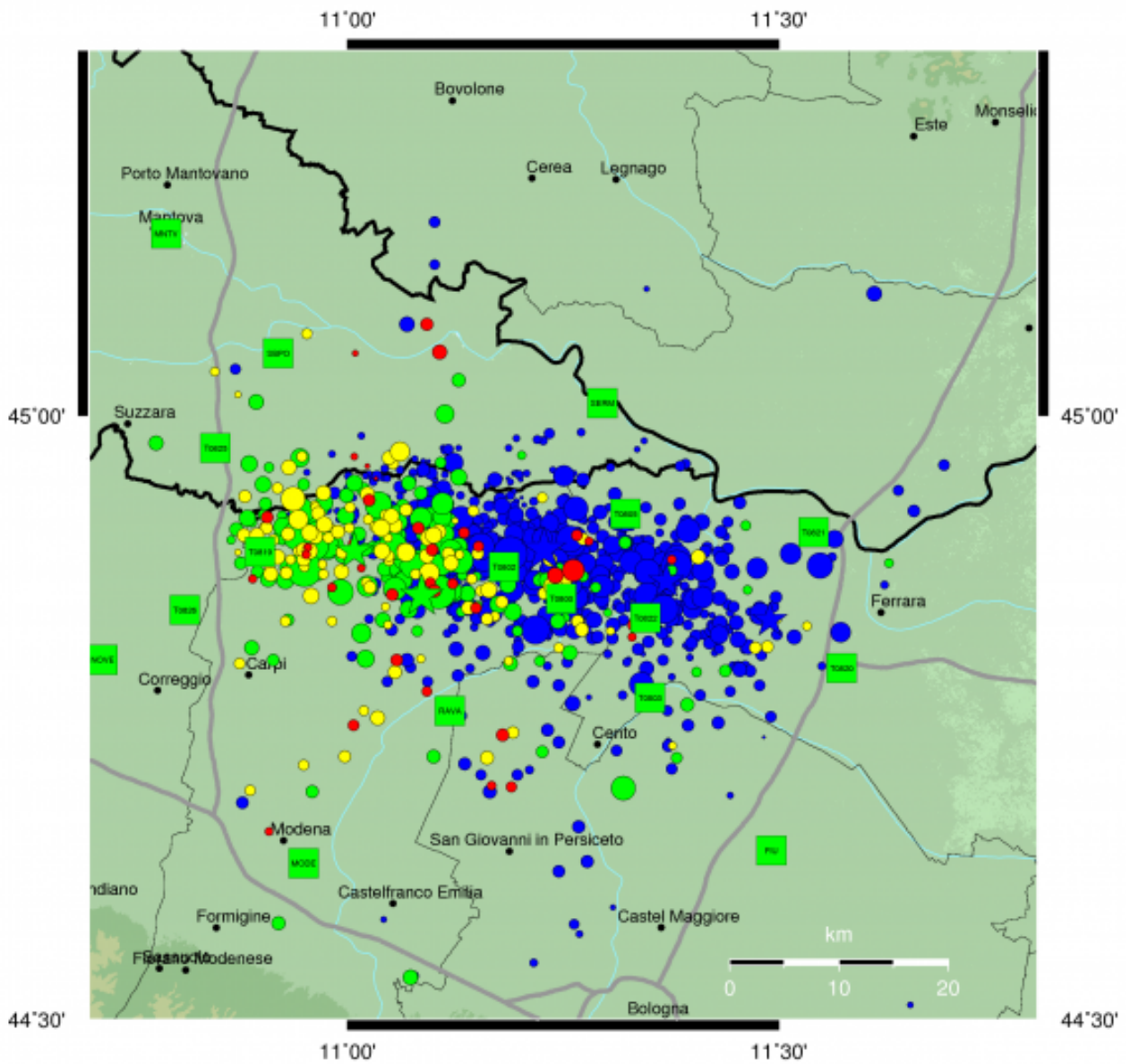


A

A'



I sismi del maggio 2012 indicano che la porzione frontale nordorientale di queste strutture è tuttora in evoluzione. La distribuzione in pianta degli epicentri e le profondità ipocentrali implicano probabilmente che più faglie inverse si siano riattivate in corrispondenza della porzione frontale dell'Appennino sepolto. Nella figura seguente, estrapolata dal sito INGV, è evidenziata la distribuzione epicentrale della sequenza sismica sviluppatasi in Emilia nel periodo 16-31 maggio 2012, che non ha interessato l'area di Minerbio.



Aggiornata al 2012-05-31,05:45:01 UTC, numero di eventi 1103

	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	● 37	● 114	● 114	● 669
3.0 ≤ MI < 4.0	● 1	● 10	● 52	● 77
4.0 ≤ MI < 5.0	● 0	● 0	● 8	● 16
MI ≥ 5.0	★ 0	★ 0	★ 2	★ 3

Stato della rete

■ Funzionante
 ■ Parzialmente funzionante
 ■ Guasta

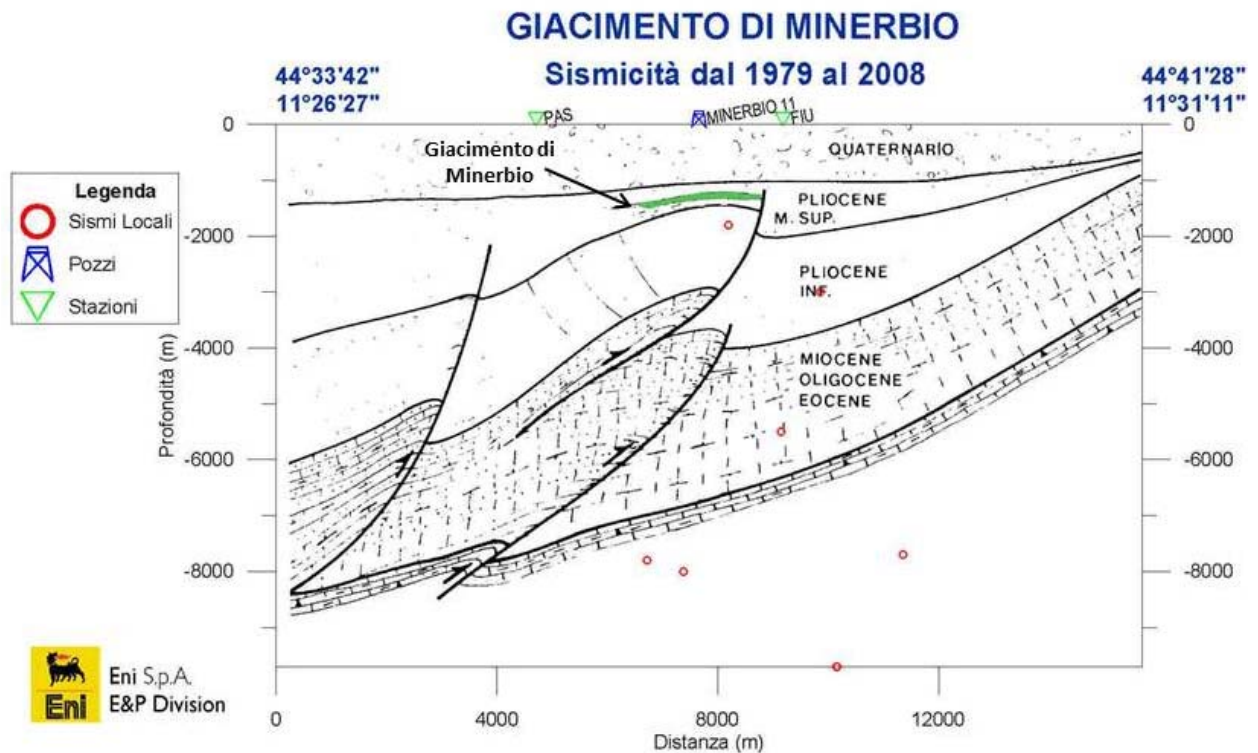
(<http://iside.rm.ingv.it>)



MONITORAGGIO MICROSISMICO

Nell'area di Minerbio è stata installata fin dal 1979 una rete di monitoraggio microsismico di superficie attualmente composta da 3 stazioni: la prima denominata FIU dedicata al monitoraggio dell'attività di stoccaggio, le altre due, PAS e TOR, per il controllo della sismicità naturale. Le stazioni, di cui si riporta nella figura seguente l'ubicazione, sono dotate di strumentazione di tecnologia moderna digitale e dotate di sismometri a tre componenti.

La figura successiva riporta la localizzazione degli ipocentri calcolati in una sezione geologica dell'area del giacimento (in verde nella figura).



Gli ipocentri degli eventi sismici rilevati sono prevalentemente a profondità ben superiori a quella del giacimento, di conseguenza gli eventi sismici sono riferibili all'attività tettonica delle vicine strutture appenniniche e quindi riconducibili alla sismicità naturale dell'area.

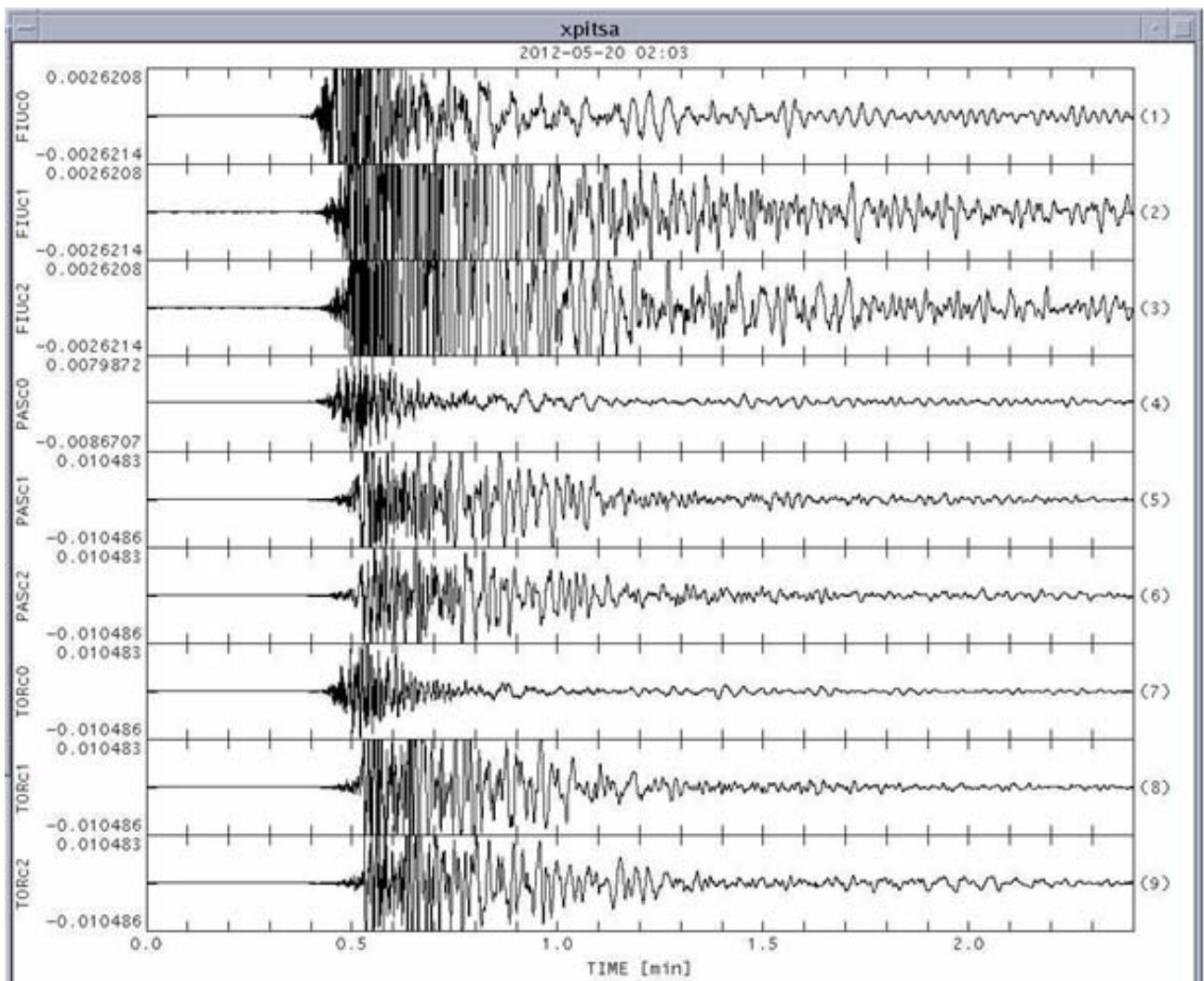
La rete microsismica ha registrato anche i recenti terremoti di maggio 2012, di cui vengono riportati solo i sismi caratterizzati da valori di magnitudo > 4, estratti dal sito INGV:

DATA	Ora (UTC)	Lat.	Long.	Prof. (km)	Mag.	Distretto Sismico
2012/05/29	11:07:05	44.88	11.08	15.0	4.0	Pianura_padana_emiliana
2012/05/29	11:00:25	44.88	10.95	5.4	5.2	Pianura_padana_emiliana
2012/05/29	11:00:02	44.87	10.95	11.0	4.9	Pianura_padana_emiliana
2012/05/29	10:55:57	44.89	11.01	6.8	5.3	Pianura_padana_emiliana
2012/05/29	09:30:21	44.89	11.05	1.2	4.2	Pianura_padana_emiliana
2012/05/29	08:40:58	44.89	10.96	5.3	4.2	Pianura_padana_emiliana
2012/05/29	8:27:23	44.85	11.11	10.0	4.7	Pianura_padana_emiliana
2012/05/29	08:25:51	44.90	10.94	3.2	4.5	Pianura_padana_lombarda
2012/05/29	07:09:54	44.93	11.04	10.4	4.1	Pianura_padana_lombarda
2012/05/29	07:07:21	44.85	10.99	10.0	4.0	Pianura_padana_emiliana
2012/05/29	07:00:03	44.85	11.09	10.2	5.8	Pianura_padana_emiliana
2012/05/27	18:18:45	44.882	11.158	4.7	MI: 4	Pianura_padana_emiliana
2012/05/21	16:37:31	44.851	11.348	10.4	MI: 4.1	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	17:37:14	44.88	11.38	3.2	MI: 4.5	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	13:21:06	44.882	11.383	2.4	MI: 4.1	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	13:18:02	44.831	11.49	4.7	MI: 5.1	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	13:18:02	44.831	11.49	4.7	MI: 5.1	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	13:18:02	44.831	11.49	4.7	MI: 5.1	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	03:02:50	44.86	11.1	10	MI: 4.9	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	02:39:10	44.89	11.26	5.2	MI: 4	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	02:35:37	44.88	11.55	10	MI: 4	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	02:12:42	44.82	11.22	20.4	MI: 4.3	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	02:11:46	44.84	11.37	7.8	MI: 4.3	Pianura_padana_emiliana
2012/05/20	02:03:52	44.89	11.23	6.3	MI: 5.9	Pianura_padana_emiliana
2012/05/19	23:13:27	44.898	11.258	6.2	MI: 4.1	Pianura_padana_emiliana

A titolo esemplificativo si riporta nella figura seguente la schermata della registrazione acquisita dalle tre stazioni in occasione della scossa principale del 20 maggio 2012 ore 04.03 (ore 02:03 UTC) di magnitudo 5.9, il cui epicentro è localizzato a circa 30 km dal sito, mentre la profondità dell'ipocentro è di 6,3 km. Per ciascuna stazione sono riportate le tracce delle tre componenti rilevate dai sismometri (ch0: verticale; ch1 e ch2: orizzontali) ed i relativi valori di ampiezza espressi in m/s.



Osservando i dati, si nota che le componenti orizzontali mostrano valori di ampiezza maggiori rispetto a quelli verticali, effetto imputabile alla tipologia di onde sismiche: onde di compressione sulla verticale, onde "P", più veloci e onde di taglio sull'orizzontale, onde "S". Delle tre stazioni, quella FIU, mostra la saturazione dei segnali in quanto tarata su una dinamica di ampiezza idonea alla rilevazione di anomalie sismiche solo di tipo strumentale (magnitudo < 3); le altre due hanno una dinamica completa anche per ampiezze superiori a magnitudo > 3.





STOGIT

MINERBIO

NOTA SISMICITA'

0

MONITORAGGIO DELLE PRESSIONI

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 di un 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.

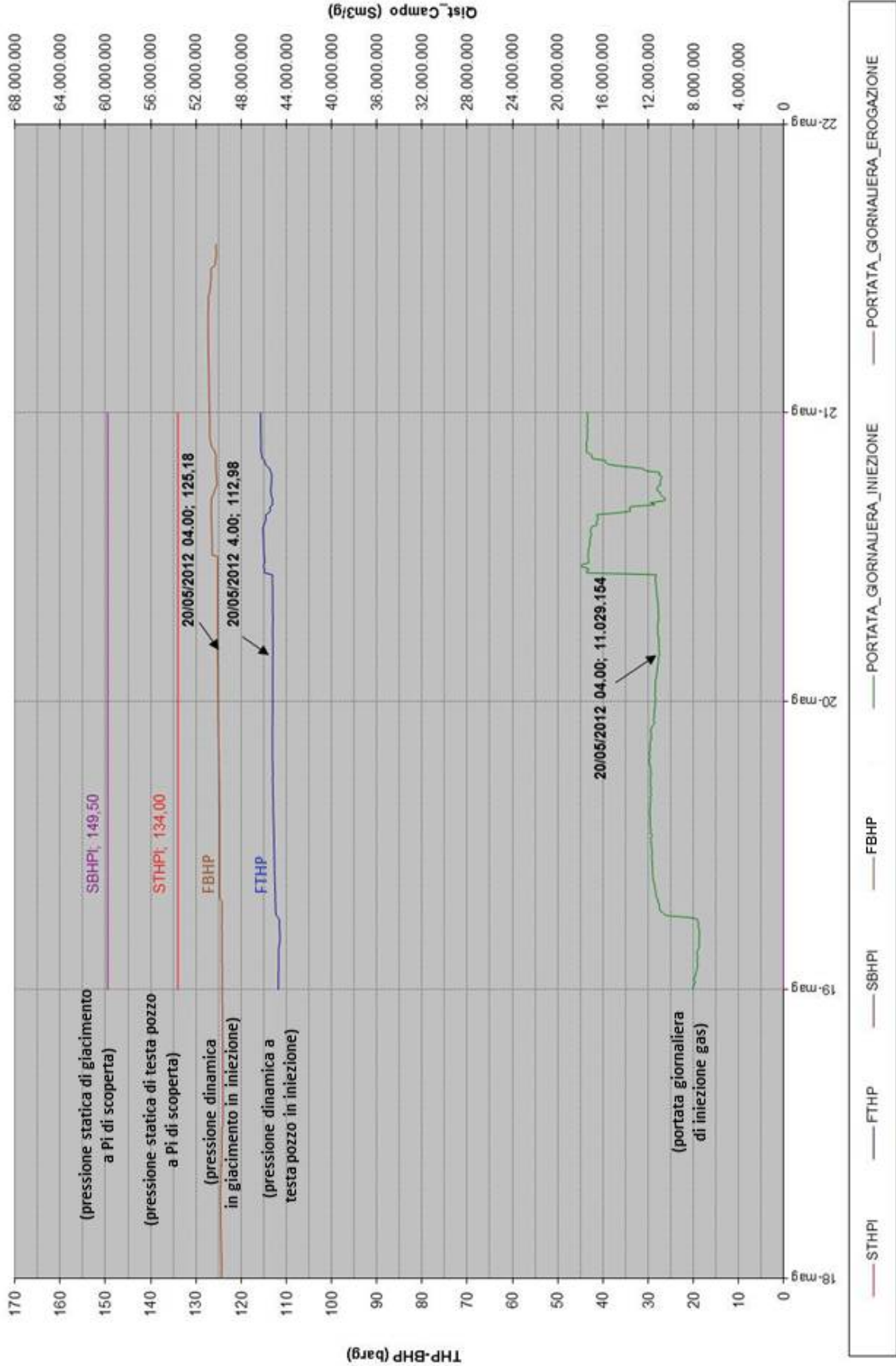
Questi monitoraggi, che prevedono la misurazione in continuo dei valori di pressione, effettuate sia a testa-pozzo che al fondo, rappresentano uno strumento di controllo utile anche per valutare eventuali anomalie nel regime idraulico complessivo del giacimento conseguenti ad eventi sismici naturali

Un'eventuale microfratturazione della roccia di copertura durante l'esercizio allo stoccaggio, comporterebbe infatti una diminuzione della pressione, a parità di portata, causata da fughe di gas dal giacimento.

Si riportano nei grafici seguenti i valori di pressione e di portata misurati nel campo di Minerbio relativi ai giorni 19 e 20 maggio. 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





STOGIT

MINERBIO

NOTA SISMICITA'

0

EVENTI SISMICI E TENUTA DEI GIACIMENTI

Con riferimento ad alcuni aspetti in grado di influenzare le condizioni di sicurezza dei giacimenti di stoccaggio in relazione alla sismicità naturale, si evidenziano alcuni elementi propri dei giacimenti depletati, incluso quello di Minerbio.

Efficienza della trappola geologica

I giacimenti utilizzati in Italia per l'attività di stoccaggio sono il risultato di una complessa evoluzione geologica dei bacini sedimentari in cui sono inseriti, che ha permesso la formazione e la preservazione di accumuli di idrocarburi rimasti intrappolati nel sottosuolo per milioni di anni. Questa considerazione evidenzia la comprovata efficienza geologica delle trappole associate a questi giacimenti, che hanno superato indenni le complesse vicende legate agli eventi sismici e tettonici succedutisi in questo lungo arco di tempo.

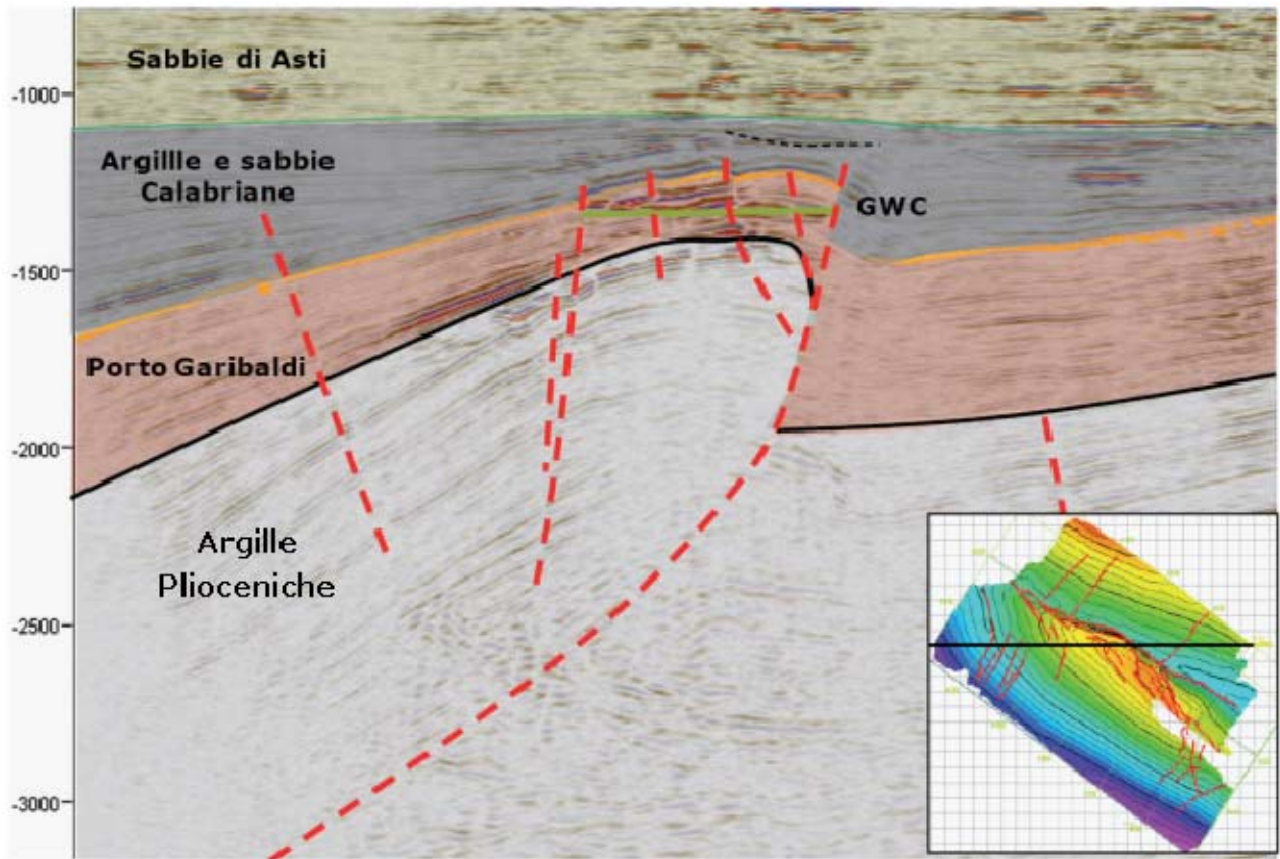
Assetto strutturale

I giacimenti utilizzati da Stogit sono associati a contesti strutturali privi di faglie sismogenetiche, cioè in grado di generare terremoti. Le trappole che ospitano il gas sono infatti legate a semplici elementi stratigrafici (variazioni laterali di porosità dei sedimenti) o, come nel caso di Minerbio, sono delimitati da faglie marginali la cui attività sismica si è espletata solo nel lontano passato geologico, durante la formazione della struttura.

Argille di copertura e argille basali

Il giacimento di Minerbio è caratterizzato dalla presenza al di sopra del reservoir di una formazione di copertura impermeabile di natura argillosa (Argille del Santerno), che presenta spessori elevati (fino ad alcune centinaia di metri) ed è dotata di proprietà geomeccaniche che assicurano un comportamento di tipo elastico, comprovato dalle analisi eseguite in laboratorio su campioni di questa formazione e dai monitoraggi relativi ai movimenti del suolo. Queste caratteristiche geomeccaniche inibiscono l'innescò di fenomeni di microfratturazione tali da generare eventuali fughe di gas all'esterno del giacimento.

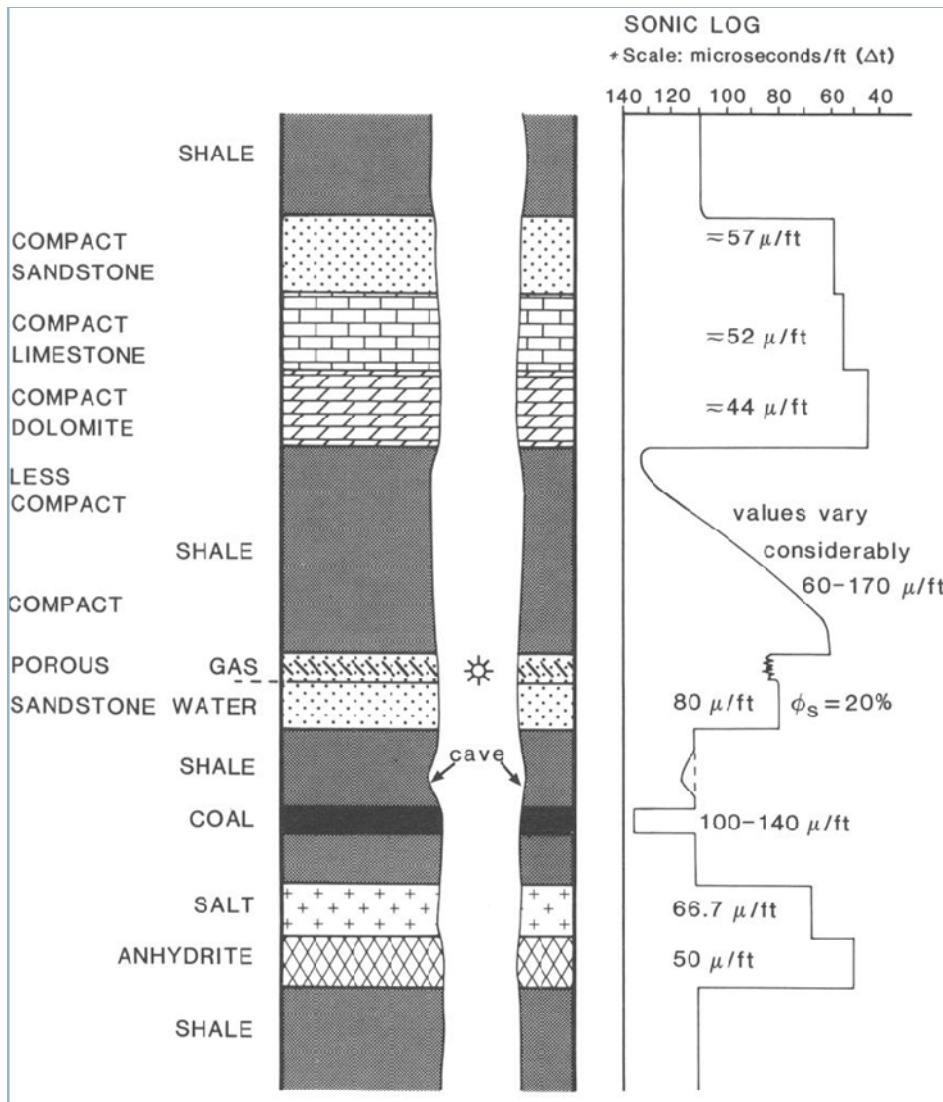
Anche alla base del giacimento, come evidenziato nella figura seguente, è presente una formazione di tipo argilloso di elevato spessore, che contribuisce ulteriormente ad isolare dal punto di vista geodinamico la roccia-serbatoio utilizzata per lo stoccaggio del gas, preservandola anche da sollecitazioni legate ad eventi sismici generati in profondità.



Presenza di livelli a gas

La presenza di livelli porosi saturi in gas esercita un effetto di attenuazione di velocità e di propagazione dell'energia delle onde acustiche generate dai sismi naturali. Queste proprietà dei fluidi gassosi intrappolati nei sedimenti si evidenziano in particolare a seguito della registrazione di log geofisici denominati "Sonic Log". Queste misurazioni, eseguite in alcuni pozzi per acquisire informazioni sulle caratteristiche geologiche dei livelli attraversati, si basano sull'emissione e sulla ricezione di onde acustiche ad opera di piccoli sensori appositamente calati in pozzo.

In particolare i Sonic Log misurano le velocità di transito delle onde acustiche attraverso una formazione geologica, condizionata da fattori quali litologia, grado di compattazione e di cementazione, tipologia dei fluidi interstiziali (acqua, gas). Nella figura seguente è riportato uno schema esemplificativo che mostra le variazioni di velocità delle onde sismiche in relazione ai principali fattori sopra citati (l'unità di misura utilizzata è solitamente espressa in una scala inversa alla velocità, cioè in $\mu\text{sec}/\text{ft} = \text{microsecondi}/\text{pie}$).



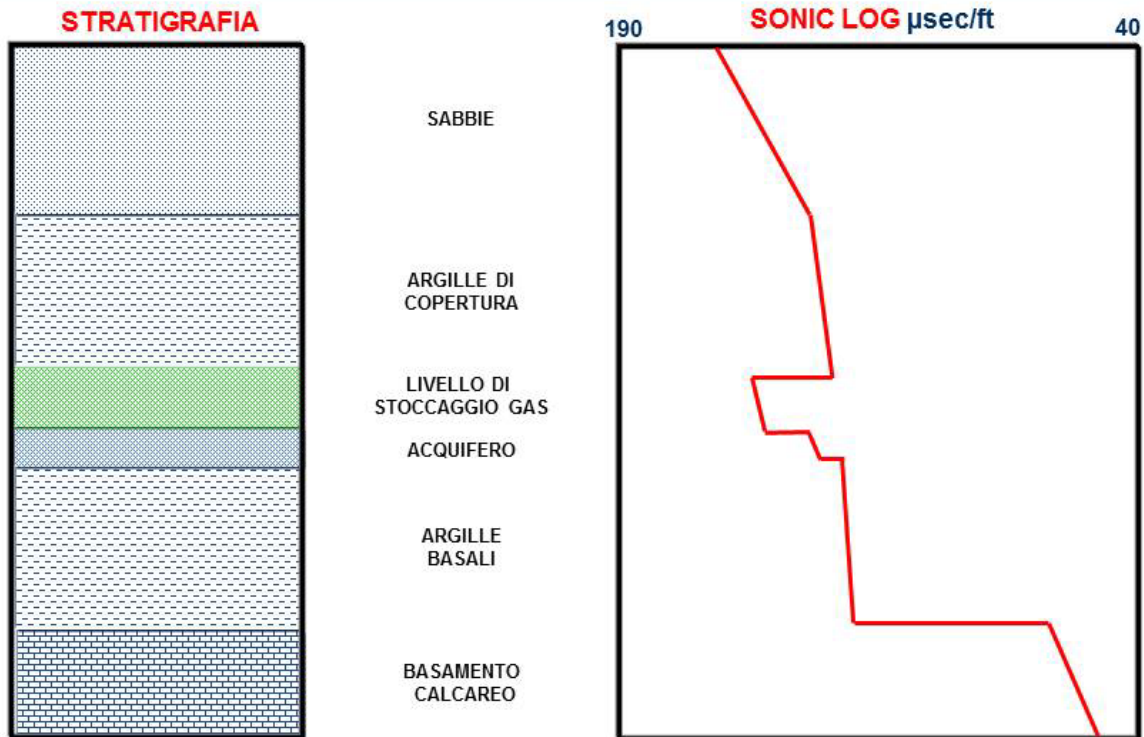
La figura successiva mostra uno schema stratigrafico semplificato dei giacimenti di stoccaggio della Pianura Padana, con una rappresentazione indicativa delle misure da Sonic Log. Si evidenzia come i livelli porosi utilizzati per lo stoccaggio del gas (colore verde) presentino valori di Sonic più elevati, che indicano tempi di transito delle onde acustiche inferiori rispetto ai livelli soprastanti e sottostanti.



STOGIT

MINERBIO
NOTA SISMICITA'

0

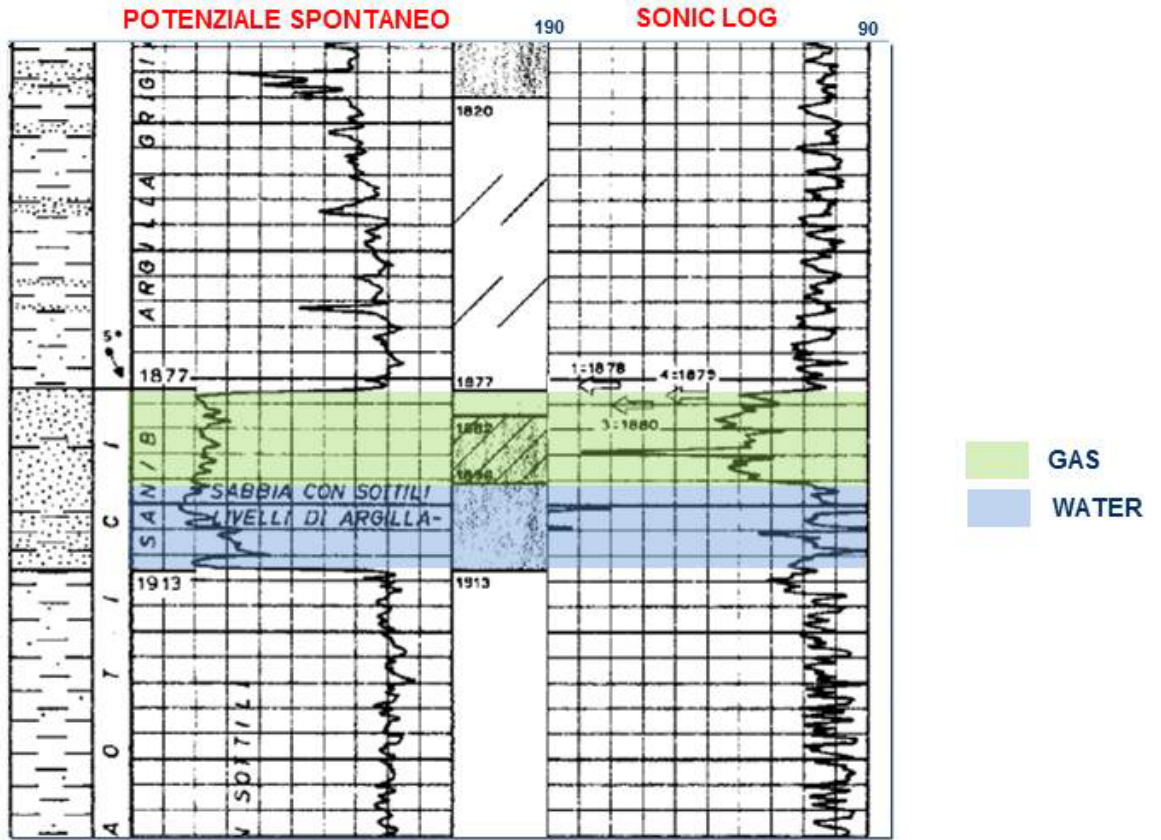


A titolo esemplificativo, nelle figure seguenti sono riportati gli stralci di due Sonic Log acquisiti in pozzi di giacimenti nelle concessioni di stoccaggio di Settala (pozzo Merlinò 4X dir) e di Alfonsine (pozzo Valle Dane 1). Dall'analisi dei log si nota come in corrispondenza del livello sabbioso mineralizzato a gas (verde) si verifichi un marcato rallentamento delle onde acustiche, sia rispetto ai livelli argillosi che lo includono, generando un fenomeno di attenuazione dell'energia associata alle onde acustiche.

Osservando i log si nota come in corrispondenza del livello di stoccaggio di gas (verde) si verifichi un marcato rallentamento delle onde acustiche, sia rispetto ai livelli argillosi che lo includono che rispetto ai sottostanti livelli porosi con acquifero (colore blu), generando un fenomeno di attenuazione dell'energia associata alle onde acustiche.



MERLINO 4X DIR



VALLE DANE 1

