



**STOGIT**

**RIPALTA  
NOTA SISMICITA'**

0

# **Concessione Ripalta Stoccaggio NOTA SULLA SISMICITA' DELL'AREA**

**Data di emissione: Luglio 2012**

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



## SOMMARIO

**INTRODUZIONE**

**INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE**

**SISMICITA' NATURALE DELL'AREA**

**MONITORAGGIO MICROSISMICO**

**MONITORAGGIO DELLE PRESSIONI**

**EVENTI SISMICI E TENUTA DEI GIACIMENTI**



STOGIT

RIPALTA  
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.

## INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

I giacimenti di stoccaggio gestiti da Stogit in Lombardia, fra cui quello di Ripalta, appartengono a formazioni geologiche di età compresa, dal punto di vista stratigrafico, tra il Pliocene Inferiore e il Messiniano (parte più recente del Miocene). Tutti i giacimenti sono caratterizzati dalla presenza di una estesa coltre argillosa di copertura (Formazione Argille del Santerno - Pliocene), con spessore di alcune centinaia di metri e con ampia continuità laterale.

Le conoscenze geologiche acquisite nel corso di decenni grazie alle prospezioni geofisiche e alle stratigrafie dei pozzi perforati per la ricerca di idrocarburi hanno consentito di ricostruire



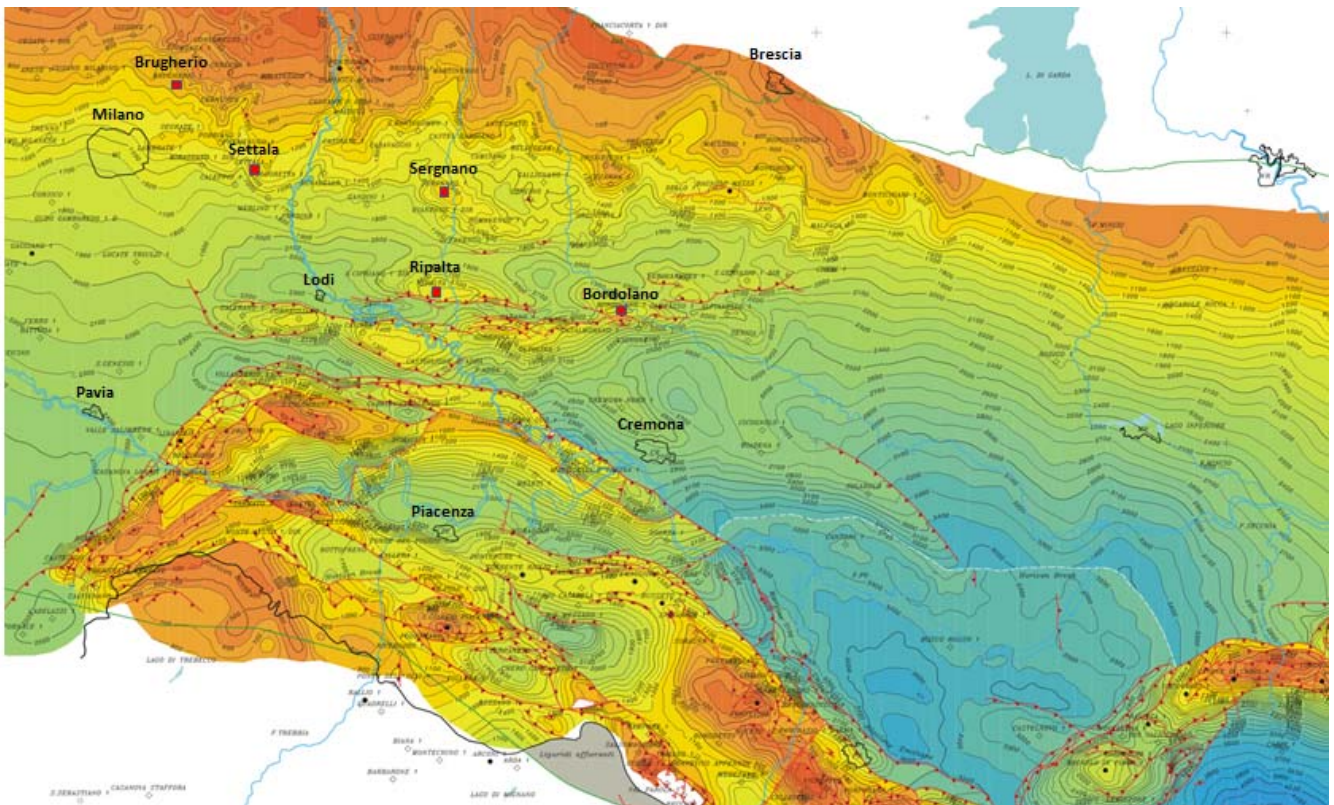
STOGIT

# RIPALTA NOTA SISMICITA'

0

in dettaglio l'assetto stratigrafico e strutturale del sottosuolo della pianura lombarda in cui sono collocati questi giacimenti.

La figura seguente presenta una mappa strutturale dell'area, nella quale è indicato con linee di pari profondità (isobate) l'andamento dei livelli riferiti all'intervallo stratigrafico al passaggio tra Pliocene e Miocene.



La lettura della mappa, nella quale è riportata l'ubicazione dei giacimenti Stogit, evidenzia come tutta la parte settentrionale dell'area sia caratterizzata da un'estesa monoclinale, in cui si osserva un graduale e progressivo approfondimento dei livelli sedimentari in direzione sud, fino a raggiungere nel Lodigiano profondità superiori a 2000 metri.

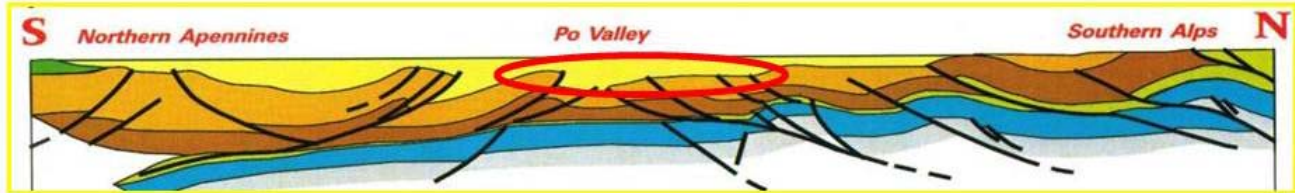
Più a sud si estende una fascia ad andamento longitudinale, che si protende verso est attraverso il Cremasco e la pianura cremonese e bresciana, caratterizzata dalla presenza di lineamenti tettonici; si tratta di fronti strutturali sepolti ad opposta vergenza (indicata dalla disposizione dei triangoli), collegati alle spinte compressive che hanno generato il sollevamento delle adiacenti catene alpina ed appenninica, come illustrato nella seguente sezione geologica schematica a scala regionale.



STOGIT

RIPALTA  
NOTA SISMICITA'

0



Accanto alle notevoli analogie ricordate i giacimenti lombardi presentano anche alcuni aspetti che permettono di differenziarli ed inquadrarli in contesti diversificati per caratteristiche legate alle tipologie delle trappole che hanno generato gli accumuli primari di idrocarburi.

#### **Trappole stratigrafiche (Brugherio, Settala, Sergnano)**

I tre giacimenti ubicati nella fascia settentrionale con disposizione degli strati a monoclinale sono associati a trappole di tipo stratigrafico, e pertanto caratterizzati dall'assenza di faglie e lineamenti tettonici significativi, eventualmente confinati al sottostante substrato profondo.

In particolare il giacimento di Settala è costituito da livelli sabbiosi pliocenici con assetto a "pinch-out", interamente inglobati all'interno di depositi argillosi impermeabili, mentre quelli di Brugherio e di Sergnano sono rappresentati da depositi porosi residuali ("remnants") di età messiniana, anch'essi sigillati superiormente e lateralmente dai medesimi litotipi argillosi.

#### **Trappole strutturali (Ripalta, Bordolano)**

I due giacimenti più meridionali, che rientrano nella fascia interessata dai lineamenti compressivi, sono associati a trappole di tipo strutturale, in cui anche la presenza di faglie controlla assetto e chiusura mineraria dei livelli mineralizzati.

In particolare, il giacimento di Ripalta è costituito ad una semplice anticlinale delimitata verso sud da una faglia inversa a veergenza alpina, mentre quello di Bordolano, collocato in corrispondenza nel settore di convergenza tra fronti alpini ed appenninici, presenta una maggiore complessità tettonica.

In entrambi i giacimenti si osserva comunque come tutte le faglie che interessano le strutture si esauriscono entro la formazione argillosa di copertura immediatamente soprastante e non si estendono pertanto verso i livelli porosi più superficiali.



STOGIT

RIPALTA  
NOTA SISMICITA'

0			
---	--	--	--

### 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:

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

I comuni ricadenti all'interno della concessione di stoccaggio di Ripalta rientrano nella Zona 4 a minor rischio sismico.

### MONITORAGGIO MICROSISMICO

L'attività di monitoraggio dei giacimenti in sovrappressione prevede la sorveglianza degli aspetti di carattere microsismico, mirata alla detezione della sismicità naturale del sito e alla verifica di microsismi eventualmente associabili all'esercizio del giacimento a seguito delle variazioni di pressione indotte dal gas-cycling.

Il monitoraggio microsismico può essere condotto secondo due differenti modalità operative, la cui integrazione è in grado di fornire un quadro esaustivo ai fini della caratterizzazione sismotettonica del sito indagato:

- microsismica di superficie: consiste nell'installazione di una rete di stazioni fisse dotate di sensori sismometrici 3D opportunamente dislocate sul territorio nell'area da indagare e fornisce indicazioni soprattutto sulla sismicità locale naturale del sito, associabile ad eventi generati da dislocazioni tettoniche poste anche ad elevata profondità (> 10 km);
- microsismica di pozzo: si basa sui dati acquisiti attraverso l'installazione in pozzi geognostici dedicati di apposita strumentazione dotata di sismometri e geofoni triassiali. Questa attività fornisce indicazioni relative sia alla sismicità naturale del sito che





STOGIT

**RIPALTA**  
**NOTA SISMICITA'**

0

soprattutto ad eventi microsismici localizzati nell'intorno del giacimento e a profondità modeste (ordine di pochi chilometri)

Nella Concessione Ripalta Stoccaggio è in programma l'installazione di una serie di moduli strumentali nel pozzo Ripalta 63 dir, espressamente dedicato al monitoraggio del giacimento, L'installazione in pozzo di strumentazione microsismica consiste nella posa di geofoni triassiali e di inclinometri per il controllo geodetico della variazione di inclinazione della formazione in esame, integrati in una serie di "moduli strumentati" distanziati di alcune decine di metri e posti lungo la parte inferiore del pozzo. Questa tecnologia consente di effettuare un monitoraggio accurato della microsismicità indotta dall'attività di stoccaggio nella roccia di copertura del giacimento. I vantaggi derivabili dall'utilizzo della microsismica di pozzo riguardano i seguenti aspetti:

- sensori collocati in ambiente protetto, con rimozione completa del disturbo associato al rumore superficiale
- sensori posizionati in prossimità o all'interno del giacimento, con elevata precisione nella localizzazione
- elevato contenuto spettrale (fino a 250 Hz)
- rilevazione di sismi a bassissima energia ( $ML \geq -4$ )

### **MONITORAGGIO DELLE PRESSIONI**

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.

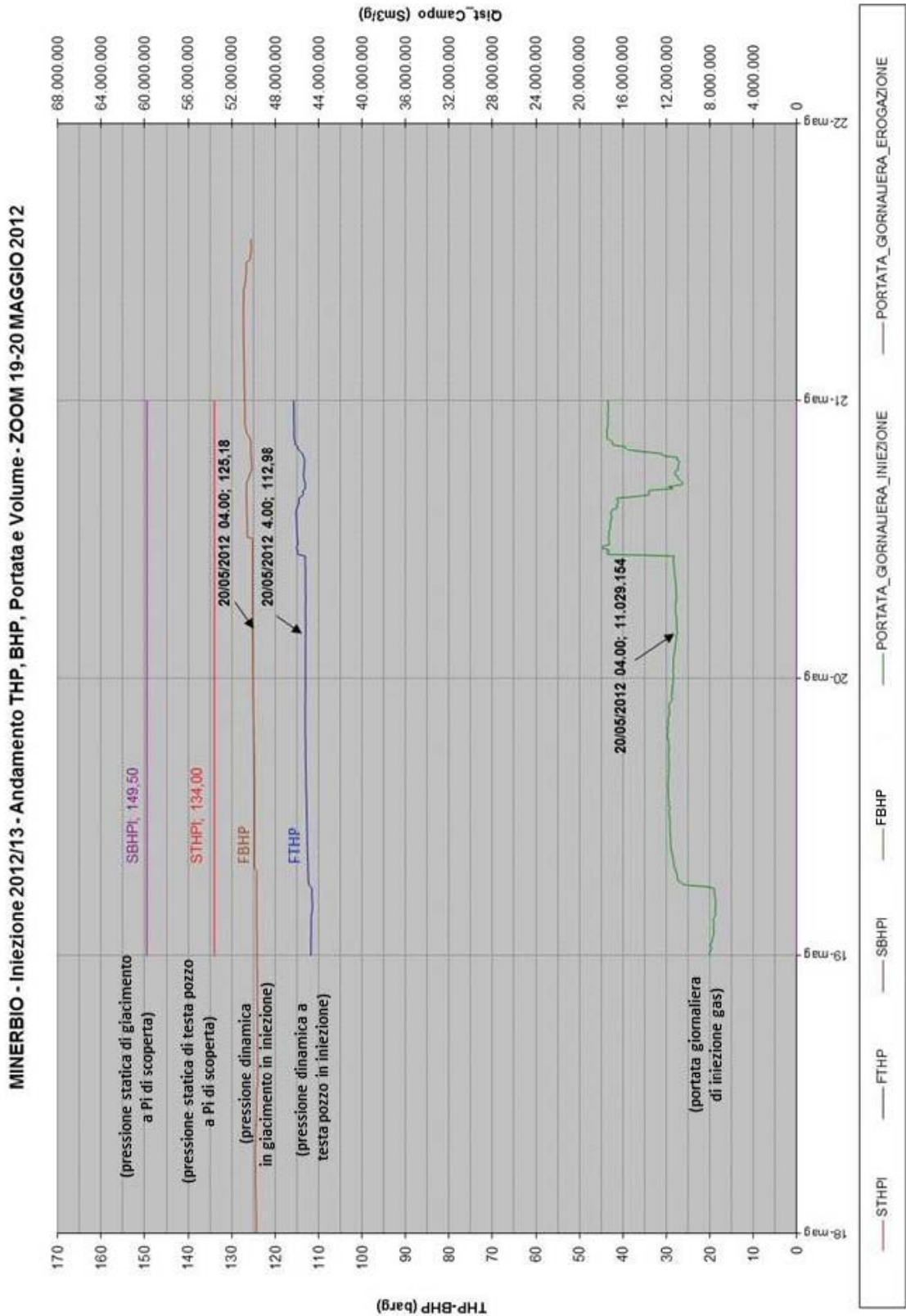
Questi monitoraggi, che prevedono la misurazione in continuo dei valori di pressione, effettuate sia a testa-pozzo che al fondo, rappresentano uno strumento di controllo utile anche per valutare eventuali anomalie nel regime idraulico complessivo del giacimento conseguenti ad eventi sismici naturali

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.

A titolo di esempio si riportano nei grafici seguenti i valori di pressione e di portata misurati nel campo di Minerbio 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.





## 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 Ripalta.

### ***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 Ripalta, 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 Ripalta 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'innesco di fenomeni di microfratturazione tali da generare eventuali fughe di gas all'esterno del giacimento.

Anche alla base del giacimento 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.

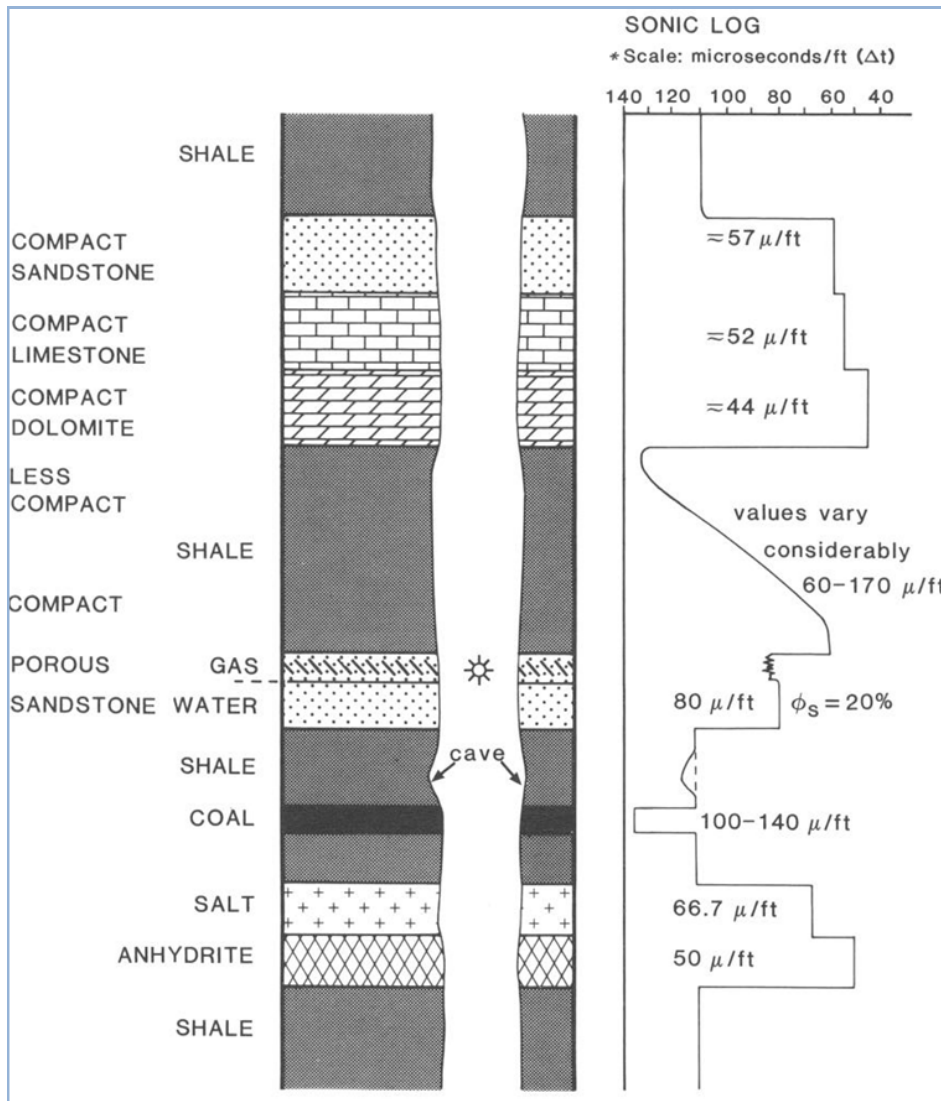
### ***Presenza di livelli a gas***

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  $\mu\text{sec}/\text{ft}$  = microsecondi /piede).



La figura successiva mostra uno schema stratigrafico semplificato dei giacimenti di stoccaggio della Pianura Padana, con una rappresentazione indicativa delle misure da Sonic

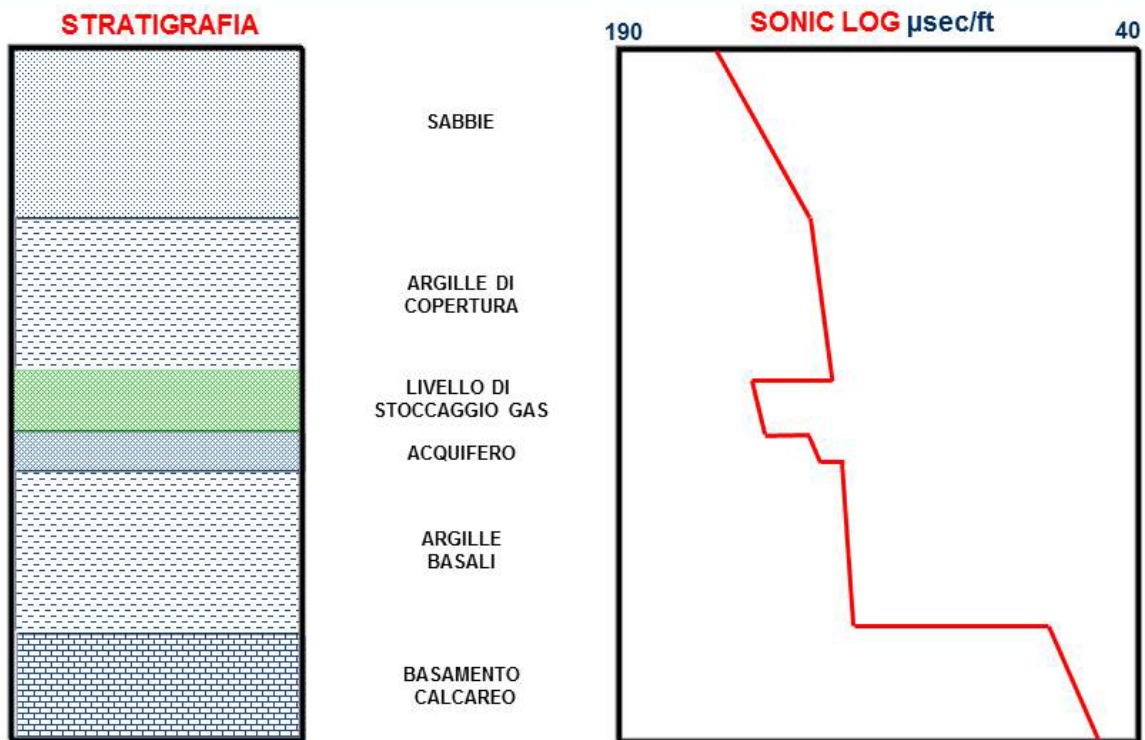


STOGIT

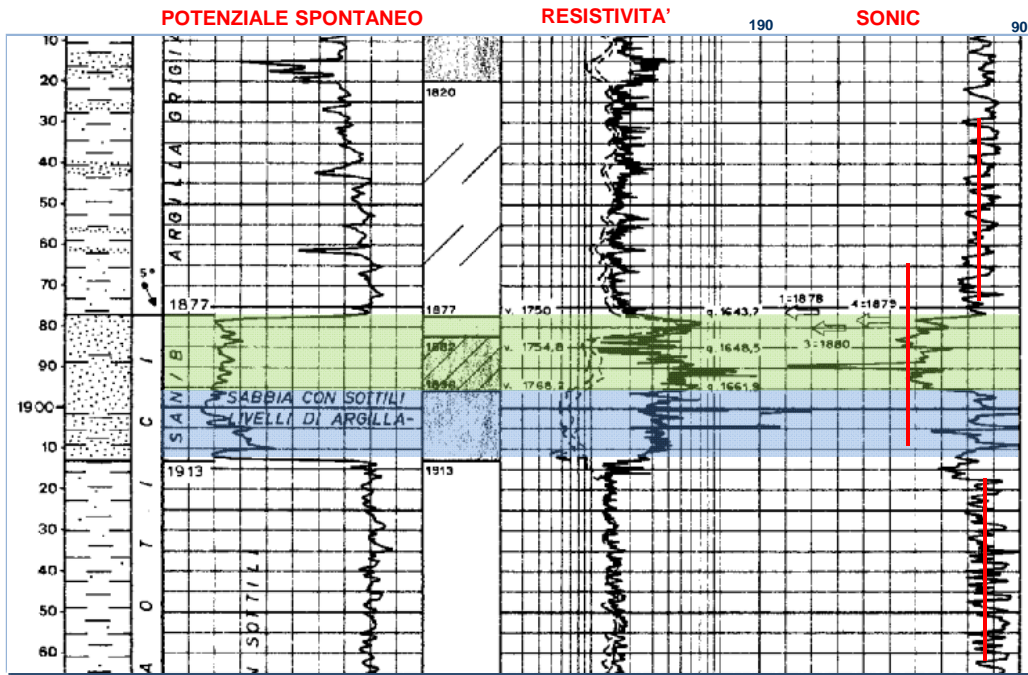
RIPALTA  
NOTA SISMICITA'

0

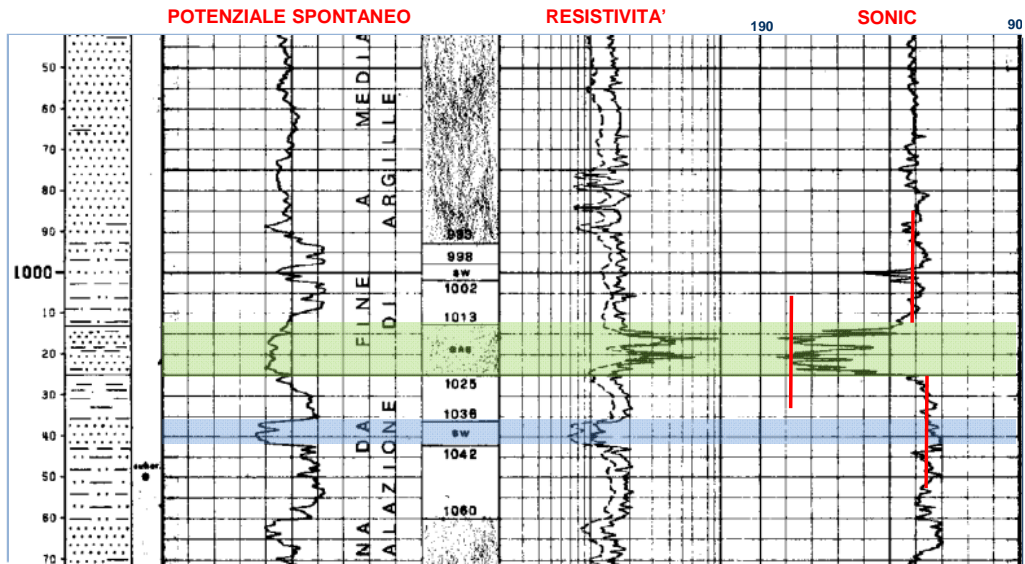
Log. Si evidenzia come i livelli porosi utilizzati per lo stoccaggio del gas (colore verde) presentino valori di Sonic più elevati, che indicano tempi di transito delle onde acustiche inferiori rispetto ai livelli soprastanti e sottostanti.



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 Merlino 4X dir) e di Alfonsine (pozzo Valle Dane 1), in un contesto geologico analogo a quello di Ripalta. 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.



MERLINO 4X DIR



VALLE DANE 1