



STOGIT

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA

0

Concessione Alfonsine Stoccaggio

NOTA SULLA SISMICITA' DELL'AREA

Data di emissione: Maggio 2013

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

</
--

SOMMARIO

INTRODUZIONE

SISMICITA' NATURALE DELL'AREA

SISMICITA' STORICA

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

ZONAZIONE SISMOGENETICA

PERICOLOSITA' SISMICA

MONITORAGGIO MICROSISMICO

MONITORAGGIO DELLE PRESSIONI

EVENTI SISMICI E TENUTA DEI GIACIMENTI

 STOGIT	CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA		
		0	

INTRODUZIONE

I giacimenti di stoccaggio incluso quello di Alfonsine, attualmente in fase di progettazione allo sviluppo, 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.

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.



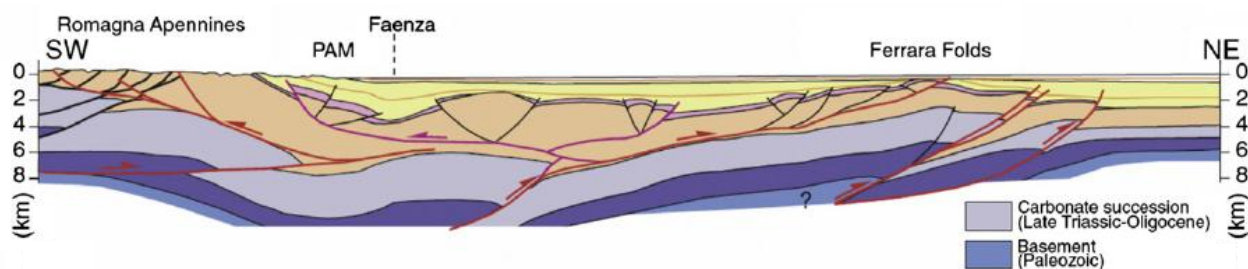
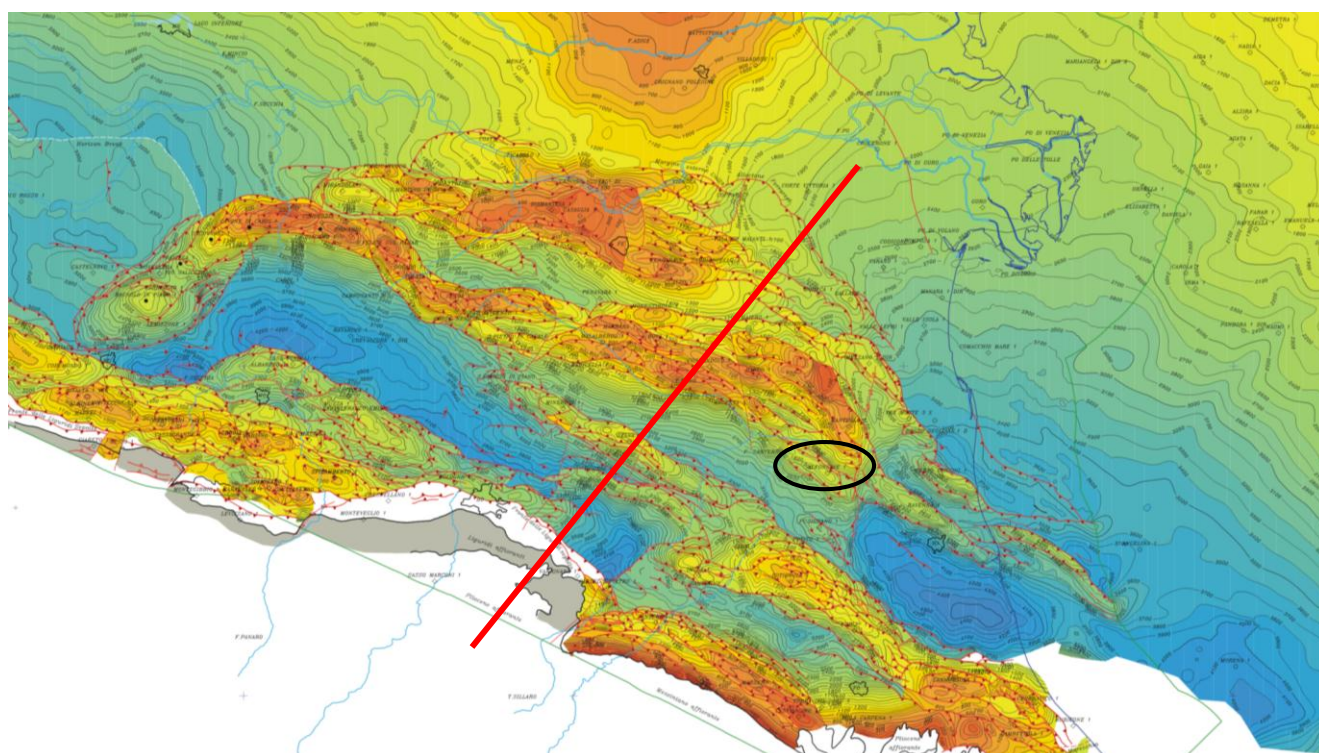
STOGIT

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA

0

La figura seguente riporta una mappa strutturale semplificata dell'area padana emiliano-romagnola e delle strutture tettoniche sepolte, fra cui è evidenziata quella di Alfonsine. I sismi avvenuti nel maggio 2012 sono da porre in relazione alla porzione frontale nordorientale di queste strutture, ubicate in corrispondenza dell'alta pianura del Modenese e del Ferrarese, che manifestano una sismogenesi legata al particolare contesto geologico-strutturale ("Dorsale Ferrarese"), con presenza di faglie inverse che in questo settore del sottosuolo padano si spingono maggiormente verso la superficie, come evidenziato dalla sezione geologica.



 STOGIT	CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO		
	SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA		
	0		

SISMICITÀ STORICA

La raccolta di dati sulla sismicità storica dell'area si è basata su informazioni disponibili in rete e su specifiche consultazioni dei cataloghi di INGV.

Nella tabella seguente è riportato l'elenco dei sismi storici con epicentri nella provincia di Ravenna, di cui vengono indicati sia la data che i valori di magnitudo (Mw).

Data	Area epicentrale	Mw
725	Ravenna	5,57
19 Apr 1509	Faenza	5,17
10 Lug 1591	Russi	5,24
1687	Castel Bolognese	4,83
11 Apr 1688	Cotignola	5,88
11 Ago 1688	Bagnacavallo	5,17
15 Mar 1689	Bagnacavallo	4,83
09 Ago 1732	Faenza	4,83
25 Mag 1780	Ravenna	5,03
04 Apr 1781	Brisighella	5,84
17 Lug 1781	Faenza	5,53
16 Giu 1854	Castel Bolognese	5,17
23 Lug 1880	Brisighella	4,63
12 Feb 1881	Faenza	5,03
01 Ago 1891	Lugo	4,83
05 apr 1931	Brisighella	5,1
05 Giu 1935	Faenza	5,34
03 apr 1960	Brisighella	4,83
18 Dic 1965	Russi	4,95
30 Dic 1967	Alfonsine	5,36
11 Gen 1968	Bagnacavallo	4,58
10 Gen 1969	Russi	4,63
05 Dic 1978	Villanova	4,76
10 Mag 2000	Ponticello	4,9

La figura seguente, che riporta in mappa la localizzazione dei sismi sopra elencati, mostra come gran parte di essi ricadano al margine della fascia appenninica, mentre l'area di Alfonsine risulta priva di epicentri.



STOGIT

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA

0



Sismicità recente

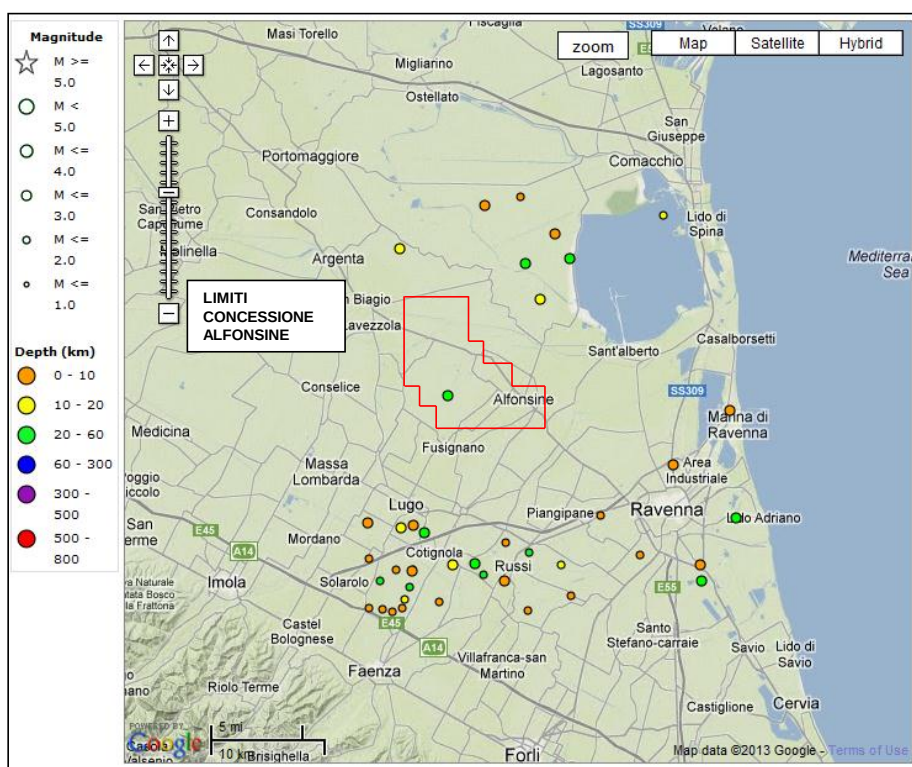
Ad integrazione di queste informazioni è stata effettuata sul sito INGV una ricerca sulla sismicità recente (2005 – 2013), centrata sull'area circostante la Concessione di Alfonsine (area di raggio = 20 km). Estrahendo i dati disponibili dal database ISIDE, sono risultati i seguenti eventi sismici, riportati anche nella mappa successiva:

Data ed Ora (UTC)		Profondità (km)	Magnitudo
2012-11-25	17:03:29	10	2
2012-09-25	17:21:17	10	1.9
2012-06-09	02:13:55	7.2	2.3
2012-06-08	01:11:40	31.9	2.6

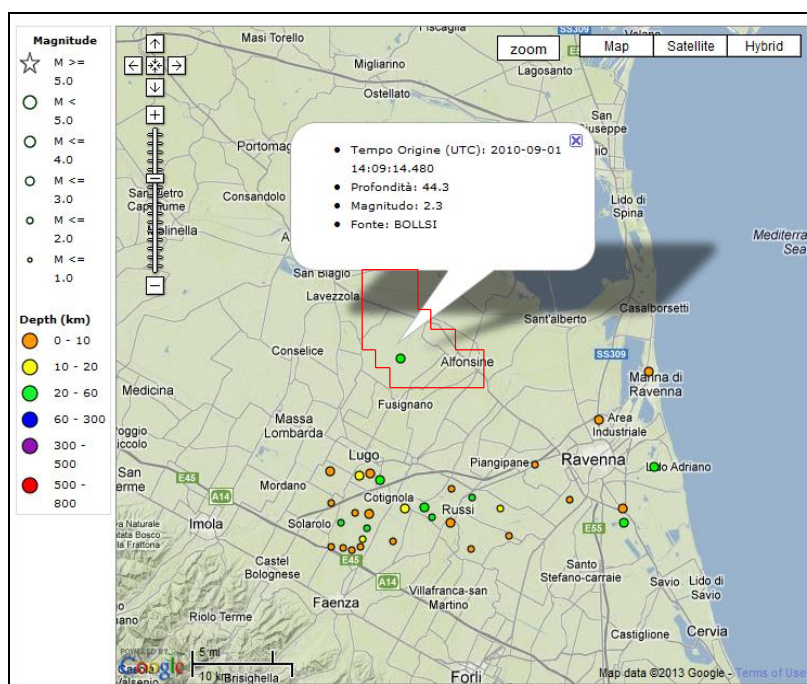
**STOGIT****CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO****SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA****0**

2012-06-06	05:14:46	34.6	2.2
2012-01-13	01:14:44	10.9	2.1
2011-11-06	20:12:07	25.4	1.9
2011-11-06	19:06:41	24.2	1.9
2011-08-27	02:10:27	34.8	1.3
2011-08-11	06:34:55	10	1.4
2011-07-04	15:34:42	23.5	2.1
2010-12-14	03:37:42	15.7	2.3
2010-09-01	14:09:14	44.3	2.3
2010-07-09	11:36:44	10	1.3
2010-06-29	08:05:30	15	1.7
2010-05-22	18:32:35	10	1.2
2010-04-13	07:11:22	10	1.2
2010-03-27	19:48:22	1.3	2.6
2009-12-10	17:02:17	24.8	2.1
2009-09-01	22:07:13	31.7	2.6
2009-07-15	14:47:21	11	0.9
2009-04-06	01:03:34	10	1.4
2009-03-30	17:43:01	8	2
2009-02-23	20:53:26	5	1.5
2009-02-13	19:08:17	1	1.8
2008-07-11	10:30:20	10	1.2
2007-11-02	22:26:46	10	2.1
2007-09-08	20:24:28	7.3	2.2
2007-08-29	23:47:16	10	2.3
2007-08-23	04:52:36	10	1.9
2007-02-18	12:02:01	10	1.5
2007-02-15	23:23:56	29.6	1.3
2007-02-15	00:55:28	10	1.6
2007-02-15	00:27:30	10	2
2007-02-14	23:37:18	10	1.2
2007-02-14	23:24:29	11	1.4
2007-01-24	04:06:00	28.3	2.2
2006-12-12	22:08:25	12.1	2
2006-10-17	23:32:15	2	2.1
2005-09-06	22:17:36	12.5	1.7
2005-04-20	18:31:59	18.8	2.2

SISMICITA' CONCESSIONE ALFONSINE
PERIODO DI RIFERIMENTO: APRILE 2005-MAGGIO 2013
AREA CONSIDERATA: RAGGIO 20 Km DAL COMUNE DI ALFONSINE (RA)



La figura seguente evidenzia le caratteristiche dell'evento il cui epicentro risulta il più vicino alla Concessione di Alfonsine.





STOGIT

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA

0

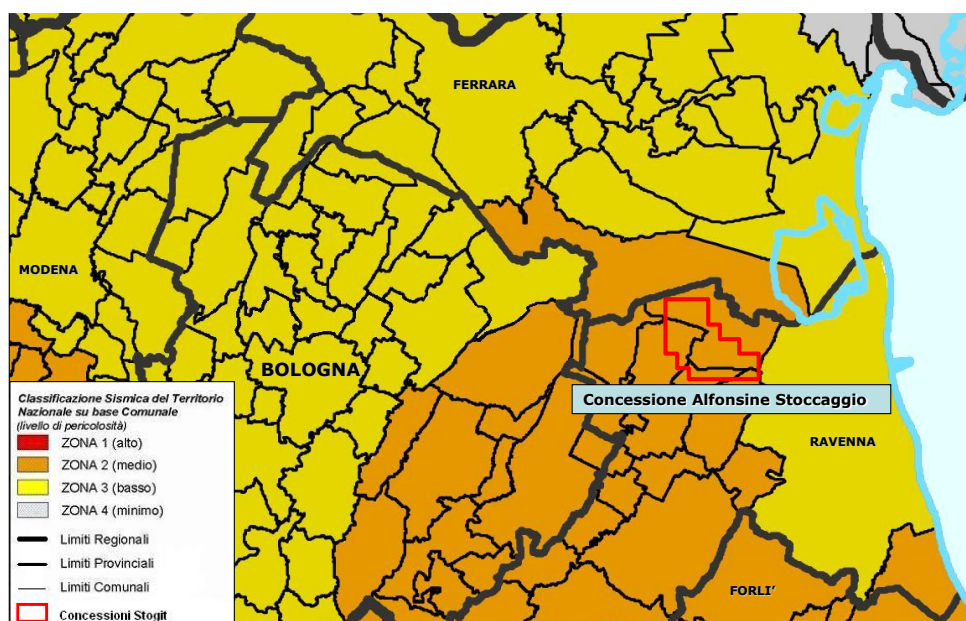
Le informazioni raccolte documentano come l'area appartenente alla Concessione Alfonsine Stoccaggio sia caratterizzata da un tasso di sismicità naturale ridotto. Tutti gli epicentri riscontrati, ad eccezione di quello precedentemente indicato, ricadono in zone esterne alla Concessione, a distanze di almeno 10 km dal giacimento. Le profondità degli ipocentri dei sismi più recenti sono solitamente nell'ordine di 5-30 km, cioè ben superiori a quelle del giacimento che sarà attivato allo stoccaggio.

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

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 Alfonsine Stoccaggio (Alfonsine, Lugo, Bagnacavallo, Fusignano) rientrano nella Zona 2, con rischio sismico medio, come evidenziato nella figura seguente.





STOGIT

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA

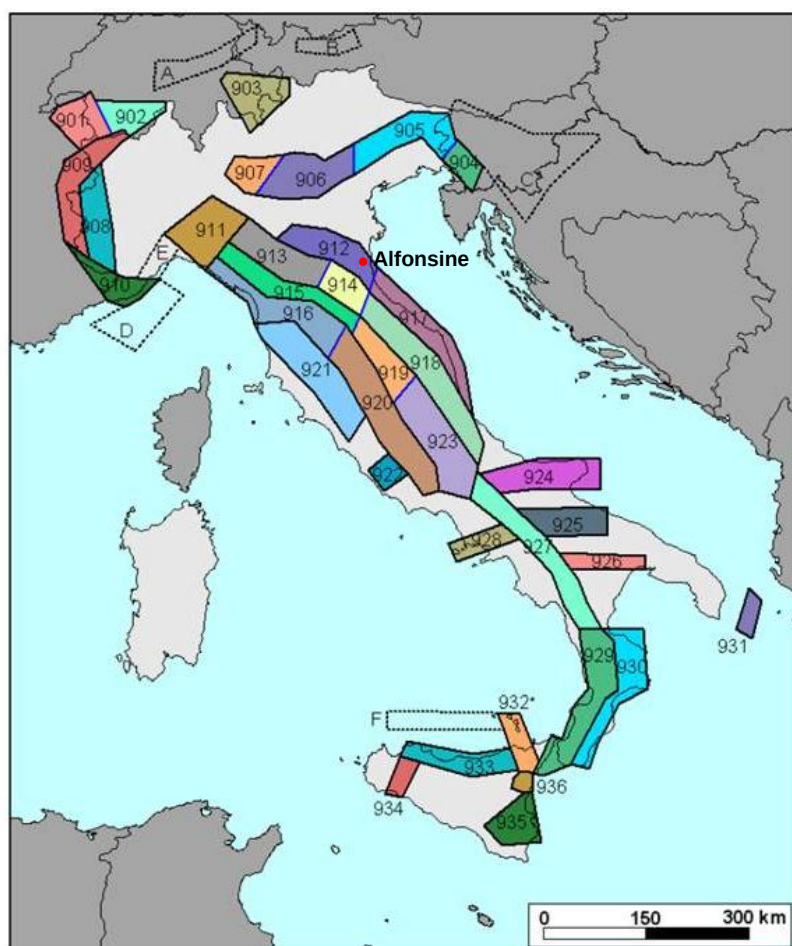
0

ZONAZIONE SISMOGENETICA

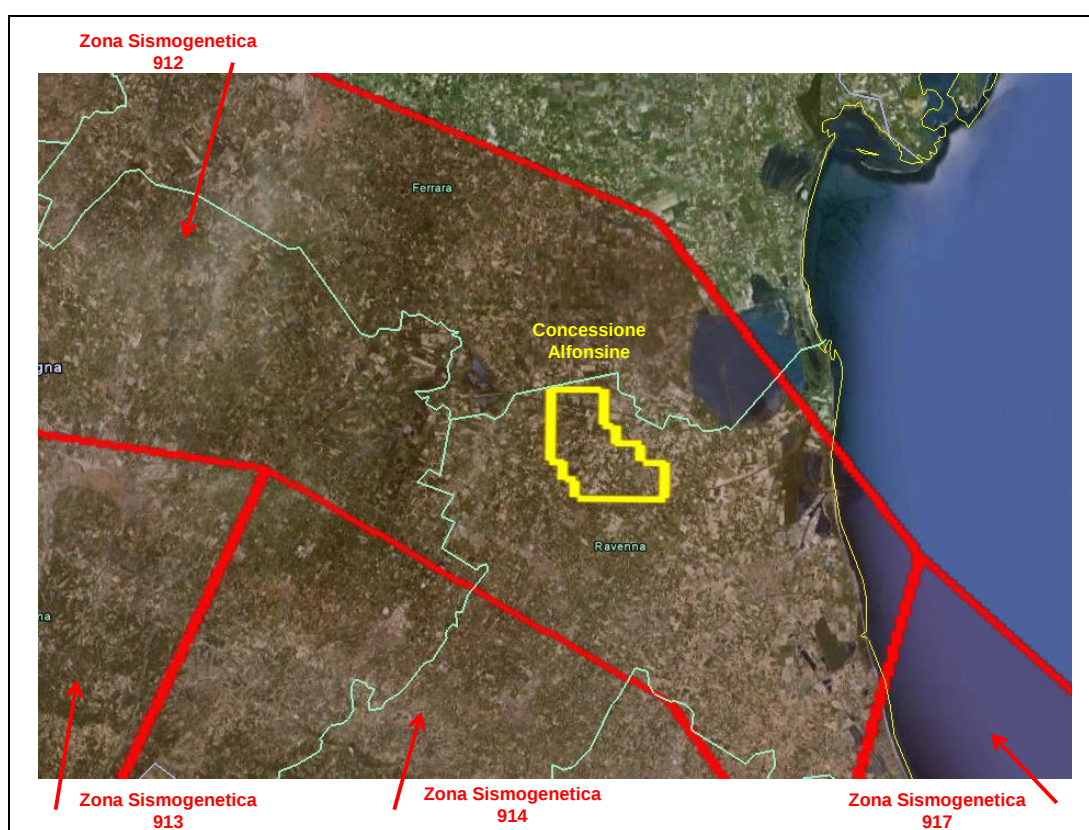
Sulla base di uno studio condotto da INGV (Meletti e Valensise, 2004) sono state individuate nel territorio nazionale alcune aree sismogenetiche, rappresentate da zone nelle quali sono attesi terremoti con magnitudo $M \geq 5$; questa zonazione, denominata ZS9, rappresenta il principale punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica del territorio, in particolare per quanto attiene ai criteri di costruzione degli edifici.

La ZS9 si basa sui dati derivanti dal catalogo dei terremoti, dalla localizzazione delle sorgenti sismogenetiche (faglie attive) ed è quindi coerente ed aggiornato con il quadro sismotettonico del territorio nazionale ad oggi disponibile. Un importante elemento di novità rispetto al passato è rappresentato dall'utilizzo dei meccanismi focali dei terremoti italiani; in particolare, sono stati utilizzati 1051 meccanismi relativi a terremoti avvenuti tra il 1905 ed il 2003, con magnitudo compresa tra 1.9 e 6.6 e profondità ipocentrale media di 11 km.

La mappa seguente evidenzia la localizzazione delle zone sismogenetiche ZS9 con la loro denominazione numerica e l'ubicazione della Concessione di Stoccaggio di Alfonsine.



Nel dettaglio, osservando la figura successiva si nota che la Concessione di Alfonsine ricada all'interno della zona sismogenetica 912, la quale rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale; la sismicità di tale zona sembra evidenziare l'andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po) e si è manifestata in occasione dei recenti terremoti del maggio 2012 nel modenese.



In occasione dei sismi del maggio 2012 del Modenese, Stogit ha provveduto ad un'attenta ricognizione degli impianti di stoccaggio utilizzati per lo stoccaggio del gas naturale, esaminando tutti gli aspetti tecnici, logistici ed operativi connessi con il loro esercizio, sia per quanto riguarda i giacimenti che le strutture di superficie. In particolare le registrazioni delle pressioni di giacimento non hanno evidenziato alcuna variazione, se non quelle relative al normale processo di movimentazione del gas, a conferma della stabilità dell'assetto geologico-strutturale dei giacimenti e della sicurezza degli impianti di superficie ad essi associati.

	CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA					
			0			

PERICOLOSITA' SISMICA

Le analisi di pericolosità sismica possono essere condotte seguendo un approccio di tipo:

- deterministico (basato sull'assunzione di un determinato scenario sismico);
- probabilistico (in cui si tiene conto delle incertezze legate alla "dimensione", localizzazione e tempo di ritorno dell'evento).

Entrambi gli approcci richiedono che siano preliminarmente individuate e caratterizzate le sorgenti sismiche in grado di produrre un significativo risentimento nel sito considerato. A questo scopo è necessaria la conoscenza della sismicità regionale, la quale si basa sull'identificazione delle potenziali sorgenti sismiche e sulla determinazione di alcune caratteristiche della loro attività. In particolare, è necessario avere informazioni inerenti alla geologia strutturale (evidenze geologiche e tettoniche), alle registrazioni strumentali ed alla sismicità storica.

In particolare, la pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgenti, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

La pericolosità sismica di base, ricavata mediante studi di zonazione, può essere rappresentata in mappe di pericolosità sismica, nelle quali vengono riportati i valori di accelerazione massima del suolo.

La figura seguente illustra la mappa di pericolosità sismica dell'intero territorio nazionale (MPS04), espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi di tipo A ($V_{S30} > 800$ m/s).

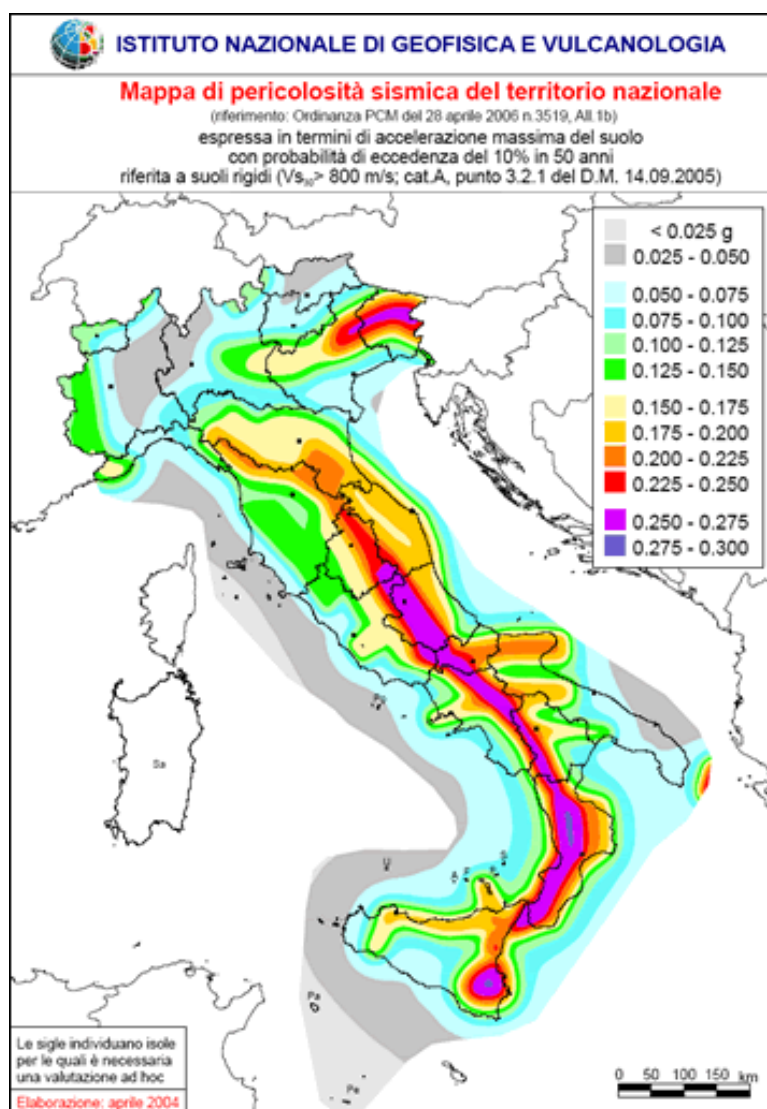


STOGIT

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA

0



Nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007) sono state rilasciate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04. Sul sito INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) sono disponibili tali mappe interattive che permettono, selezionando una serie di parametri, di stimare la pericolosità sismica di un'area definita, con opzione su base comunale.

Nella figura successiva è riportata la mappa probabilistica simulata, relativa al sito di stoccaggio di Alfonsine, che riporta il parametro dello scuotimento $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo), elaborate per una probabilità di accadimento del 10% che nell'arco di 50 anni si verifichi il superamento dei limiti di $a(g)$ stimati, indicati nella mappa con scala cromatica.

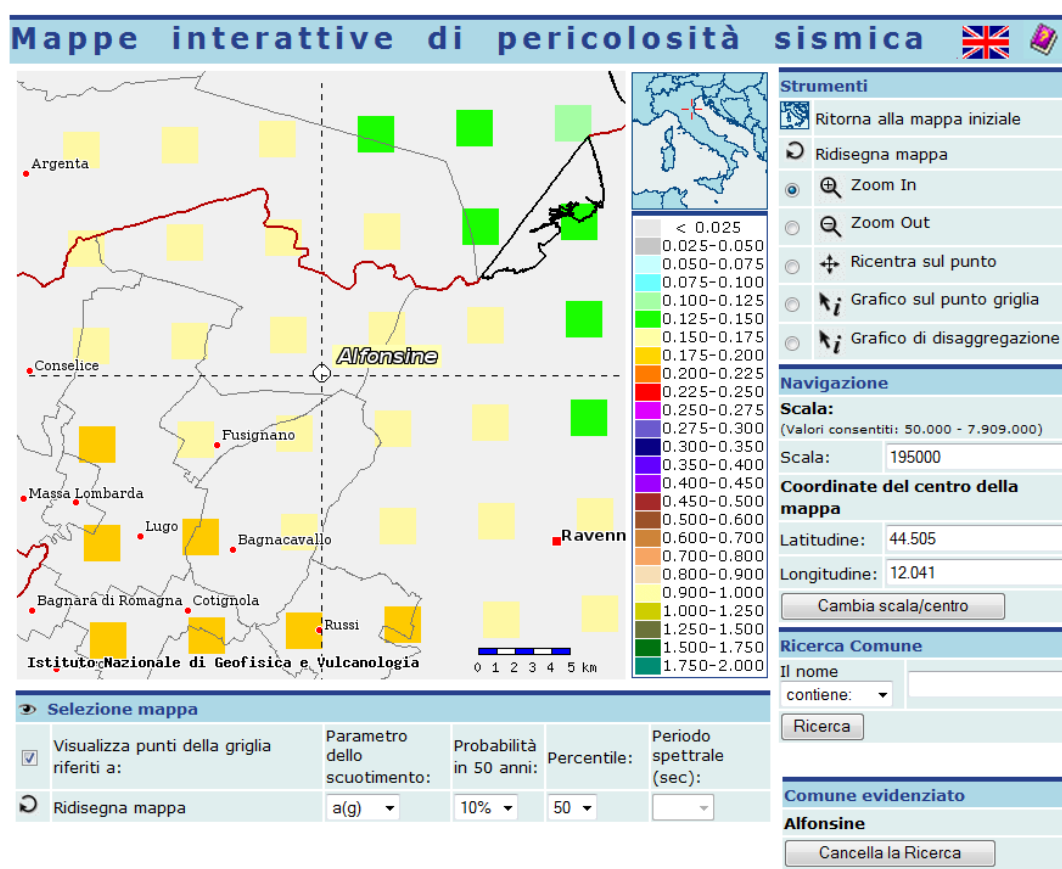


STOGIT

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA

0



La mappa evidenzia come i valori di $a(g)$ massimi attesi siano compresi tra 0,150 e 0,175 rispetto ad una scala che a livello nazionale si può spingere sino ad un massimo di $a(g)$ di 0,35 (OPCM 28 aprile 2006), in sostanziale accordo con quanto evidenziato dalla classificazione del rischio sismico su base comunale del 2003.

EVENTI SISMICI E TENUTA DEI GACIMENTI

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 Sabbioncello.

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

 STOGIT	CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA					
			0			

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 Sabbioncello, 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

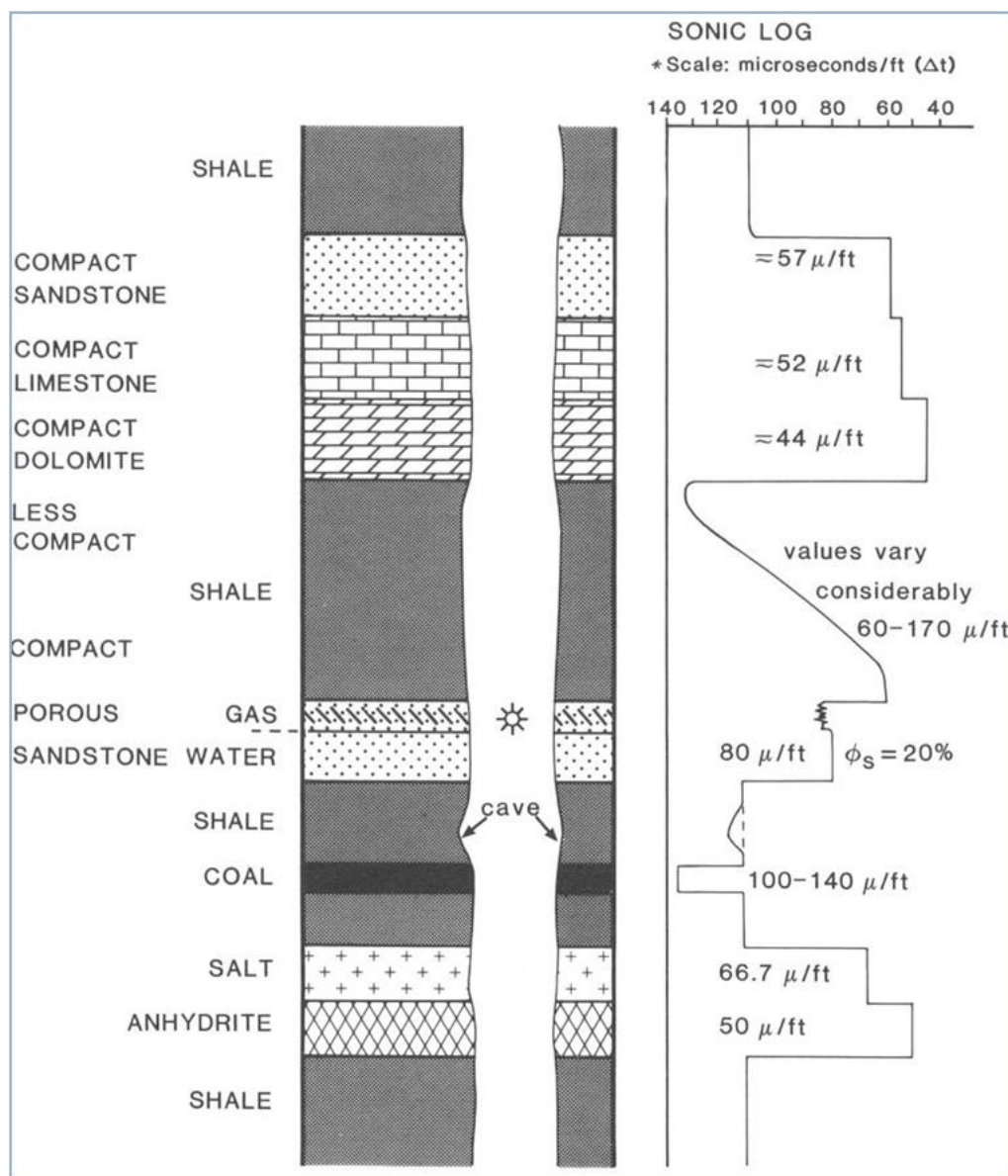
Il giacimento di Sabbioncello è caratterizzato dalla presenza al di sopra del reservoir di una formazione di copertura impermeabile di natura argillosa (Argille del Santerno), che presenta spessori elevati (fino ad alcune centinaia di metri) ed è dotata di proprietà geomeccaniche che assicurano un comportamento 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



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.

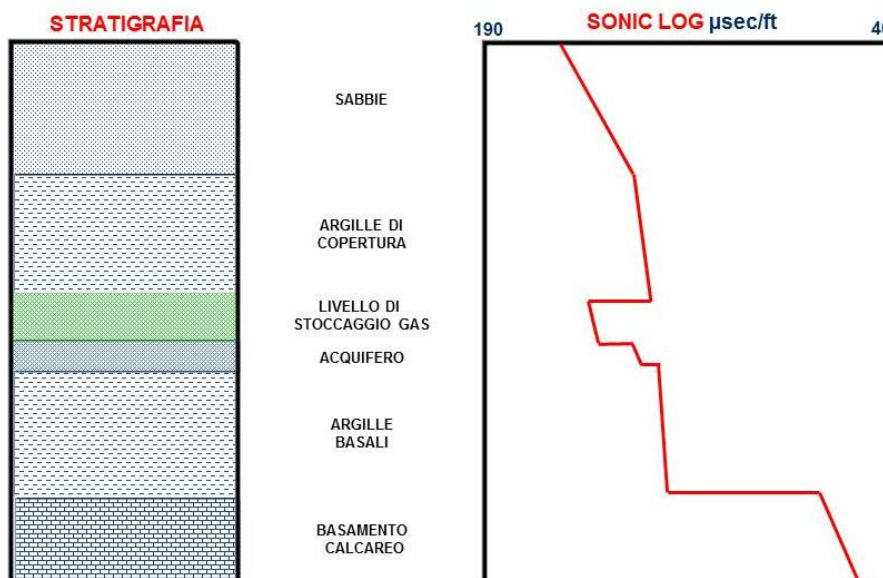


STOGIT

CONCESSIONE ALFONSINE STOCCAGGIO

SISMICITA' NATURALE E SUBSIDENZA

0



A titolo esemplificativo, nelle figure seguenti sono riportati gli stralci di due Sonic Log acquisiti in un pozzo del giacimento della concessione di stoccaggio di Alfonsine (pozzo Valle Dane 1). Osservando il log si nota come in corrispondenza del livello sabbioso a 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.

VALLE DANE 1

