

**CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO****Ciclo di stoccaggio 2020-2021****MONITORAGGIO MICROSISMICO****(Aggiornamento dati al 31 Dicembre 2020)**

<b>Febbraio 2021</b>	S. Del Gaudio	A. Mantegazzi	C. Coti
	M. Liberati	G. Tango	
DATA DI EMISSIONE	PREPARATO	VERIFICATO	APPROVATO



## SOMMARIO

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2. SISMICITÀ NATURALE DELL'AREA</b>	<b>4</b>
2.1 SISMICITÀ STORICA E RECENTE	4
2.2 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO	5
2.3 ZONAZIONE SISMOGENETICA	6
2.4 SORGENTI SISMOGENETICHE	7
2.5 PERICOLOSITÀ SISMICA	8
<b>3. CONFIGURAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO</b>	<b>9</b>
3.1 GEOMETRIA DELLA RETE	9
3.2 STRUMENTAZIONE	10
3.3 SISTEMI DI TRASMISSIONE E ACQUISIZIONE DEI DATI	11
<b>4. RISULTATI DEL MONITORAGGIO</b>	<b>12</b>
4.1 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI	12
4.2 OPERATIVITÀ DELLA RETE	13
4.3 ANALISI DEI DATI	14
4.4 INTERPRETAZIONE DEI DATI	15
<b>5. CONCLUSIONI</b>	<b>16</b>
<b>ALLEGATO 1 - MONOGRAFIE DELLE STAZIONI</b>	<b>18</b>
<b>ALLEGATO 2 – ELENCO DEI SISMI REGIONALI REGISTRATI NEL 2020</b>	<b>25</b>



## 1. INTRODUZIONE

L'esercizio del giacimento di Bordolano (CR), attivato allo stoccaggio nel corso del 2016, prevede l'ottemperanza ad una serie di adempimenti e di prescrizioni contenute nei provvedimenti ministeriali di autorizzazione dell'attività. In particolare, i decreti di VIA (MATTM, 2009 e 2014) e il decreto di approvazione del programma lavori (MiSE-MATTM, 2011) prescrivono l'esecuzione di alcuni monitoraggi di natura geologica e dinamica per la verifica dei seguenti aspetti:

- gestione dei fluidi e misura delle pressioni di esercizio del giacimento;
- spostamenti dell'acquifero di fondo;
- analisi dei movimenti del suolo;
- analisi della microsismicità.

Questa relazione tecnica intende riscontrare in particolare le prescrizioni riguardanti le attività di monitoraggio microsismico, ossia:

- Punto A8) del decreto DVA-DEC-0001633 del 12.11.2009: *"Dovrà essere predisposta a carico del Proponente una rete di monitoraggio dei potenziali disturbi microsismici prodotti dall'esercizio dell'impianto; le stazioni, la strumentazione e il programma di misure dovranno essere concordati con ARPA Lombardia"*.
- Art. 1, comma 3, del decreto MiSE-MATTM del 28.12.2011: *"La documentazione prodotta in ottemperanza alle prescrizioni nn. A7), A8) e A9) del decreto del Ministero dell'ambiente 12 novembre 2009, n. 1633 dovranno essere inoltrate anche alla Divisione II – Sezione UNMIG di BOLOGNA e alla Divisione VII del Ministero dello sviluppo economico"*.
- Prescrizione 1) del Decreto DVA-2014-0014583 del 16.05.2014, che definisce i seguenti parametri che la rete deve essere in grado di soddisfare:
  - o Soglia di localizzazione con magnitudo minima 0.9 in tutta la proiezione in superficie del limite del giacimento;
  - o Registrare sismi in un raggio di 5 km dai fondo-pozzo, ovvero 5 km arealmente e fino a circa 7 km in profondità (considerando la profondità media di circa 1,7 km del giacimento) senza limite di magnitudo.

Il piano di monitoraggio, messo a punto da Stogit e concordato con ARPA Lombardia per la verifica di questi aspetti, si basa sull'installazione di una rete di superficie composta da sette stazioni. La rete è operativa dal 19 dicembre 2013, con le prime tre stazioni collocate in aree di proprietà Stogit/Snam; una quarta stazione è stata installata nel luglio 2014. A completamento della rete ulteriori tre stazioni, poste in terreni di proprietà privata, sono state attivate nel corso del 2016.

In riferimento alla prescrizione 1h) del decreto U. Prot. DVA-2014-0014583 del 16.5.2014, a gennaio 2020 è stata effettuata la ridiscesa e la reinstallazione della strumentazione in pozzo, ma con esito negativo a



causa del ripresentarsi delle medesime problematiche già riscontrate nel 2019, che hanno richiesto una ulteriore reingegnerizzazione della strumentazione. Nei mesi di settembre e ottobre 2020 il fornitore incaricato ha concluso i test sul dispositivo reingegnerizzato, effettuando due prove di installazione in un pozzo a sua disposizione, collocato in Francia, avente caratteristiche simili a quelle di Bordolano 1 Dir A. Entrambi i test, tuttavia, hanno dato nuovamente esito negativo.

Ciò premesso, il fornitore non si è dimostrato in grado di porre rimedio alle problematiche rilevate, né è stato in grado di fornire idonee garanzie sul buon esito di un eventuale ulteriore piano di risoluzione delle stesse. Alla luce di tale aspetto, Stogit, al fine di ottemperare nel più breve tempo possibile alla prescrizione vigente, ha precauzionalmente verificato se, rispetto al momento in cui è stato affidato l'incarico all'attuale fornitore, esistano sul mercato altri soggetti in grado di realizzare la strumentazione prescritta, che, come noto, è caratterizzata da elevata complessità tecnica e caratteristiche prototipali.

L'indagine svolta ha permesso di individuare un operatore che tra il 2018 e il 2019 ha installato nel mondo tre strumenti con caratteristiche analoghe a quelle richieste. Stogit ha quindi avviato una nuova gara al fine di rendere disponibile lo strumento il prima possibile, comunque non prima di fine 2021.

Questa relazione contiene nella prima parte una serie di informazioni sulla sismicità naturale dell'area; successivamente sono presentati i risultati dell'interpretazione dei dati microsismici aggiornati al 31 dicembre 2020.

## 2. SISMICITÀ NATURALE DELL'AREA

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

Il settore di pianura lombarda in cui è ubicata la Concessione Bordolano Stoccaggio è infatti caratterizzato storicamente da un'attività sismica di origine tettogenetica molto ridotta, in quanto i principali lineamenti tettonici sono posti a profondità elevata, molto superiore a quella del giacimento di stoccaggio.

### 2.1 Sismicità storica e recente

La raccolta di dati sulla sismicità storica e recente dell'area si è basata su informazioni disponibili in rete e su specifiche consultazioni dei cataloghi di INGV. In particolare, per quanto riguarda l'analisi della sismicità storica, sono stati utilizzati il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani ver. 3.0 del 2021 (CPTI15) ed il Database Macrosismico Italiano ver. 3.0 del 2021 (DBMI15): ciò ha consentito l'analisi e la stima della macrosismicità storica in un arco di tempo compreso tra l'anno 1000 e l'anno 2006. Nella tabella seguente è riportato l'elenco dei sismi storici con epicentri posti entro un raggio di 20 km dal Comune di Bordolano (CR), di cui vengono indicati la data, l'area epicentrale e i valori di magnitudo (Mw).



Data ed Ora (UTC)	Area Epicentrale	Magnitudo (Mw)
12 maggio 1802	Valle dell'Oglio	5.60
6 settembre 1829	Cremona	4.40
26 febbraio 1885	Pianura Padana	5.01

Ad integrazione di queste informazioni è stata effettuata sul sito INGV (<http://cnt.rm.ingv.it/>) una ricerca sulla sismicità recente, considerando sempre un raggio di 20 km dal Comune di Bordolano (CR).

Estraendo i dati disponibili dal database ISIDE, è stata eseguita un'indagine per il periodo compreso tra il 2006 e il 2020, i cui risultati hanno evidenziato una sismicità naturale ridotta caratterizzata da sismi che ricadono unicamente all'esterno della concessione a profondità comprese tra 4 e 38 km, ben superiori a quelle del giacimento (ubicato ad una profondità media di 1.700 m s.l.m.).

L'indagine eseguita ha evidenziato come l'area appartenente alla Concessione Bordolano Stoccaggio sia caratterizzata da un tasso di sismicità naturale ridotto. Le profondità degli ipocentri dei sismi sono solitamente molto superiori a quelle del giacimento e ricollegabili ad assestamenti tettonici profondi dell'area.

## 2.2 Classificazione del rischio sismico

Sulla base di specifici provvedimenti legislativi (O.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

A seguito di delibera della Regione Lombardia (D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129), entrata in vigore il 16 aprile 2016, tutti i Comuni ricadenti all'interno della Concessione Bordolano Stoccaggio sono classificati in Zona 3 (Fig. 1), quindi a bassa sismicità.

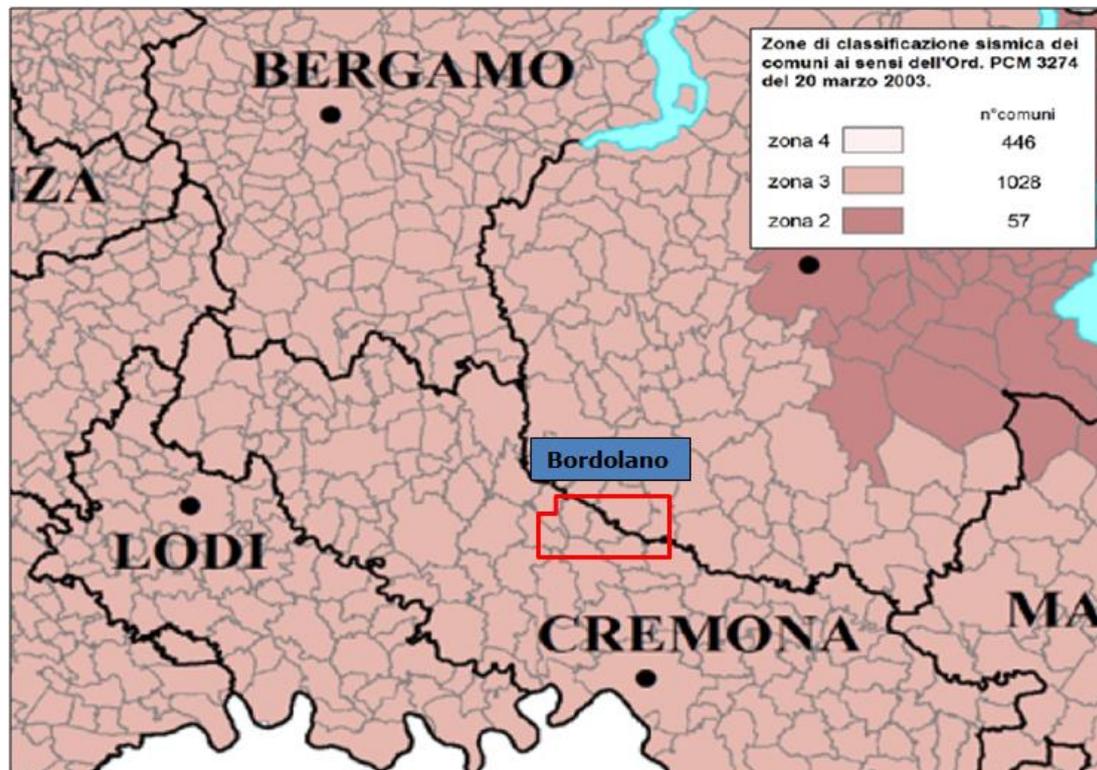


Fig. 1

### 2.3 Zonazione sismogenetica

In base ad uno studio condotto da INGV (Meletti e Valensise, 2004) sono state individuate nel territorio nazionale una serie di 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 su dati derivanti dal catalogo dei terremoti e dalla localizzazione delle sorgenti sismogenetiche (faglie attive) ed è quindi coerente ed aggiornato con il quadro sismotettonico del territorio nazionale ad oggi disponibile.

Nel dettaglio, la Fig. 2 mostra che la Concessione di Bordolano risulta ubicata all'esterno delle zone sismogenetiche (ZS906 e ZS907). La sorgente sismogenetica della zona 906 è costituita dal sistema delle Giudicarie distante da Bordolano più di 60 km; la zona 907 è caratterizzata da una sismicità medio-bassa, con la sola eccezione del terremoto di Soncino del 1802 ( $M 5,6$ ), la cui distanza epicentrale da Bordolano è di oltre 20 km.

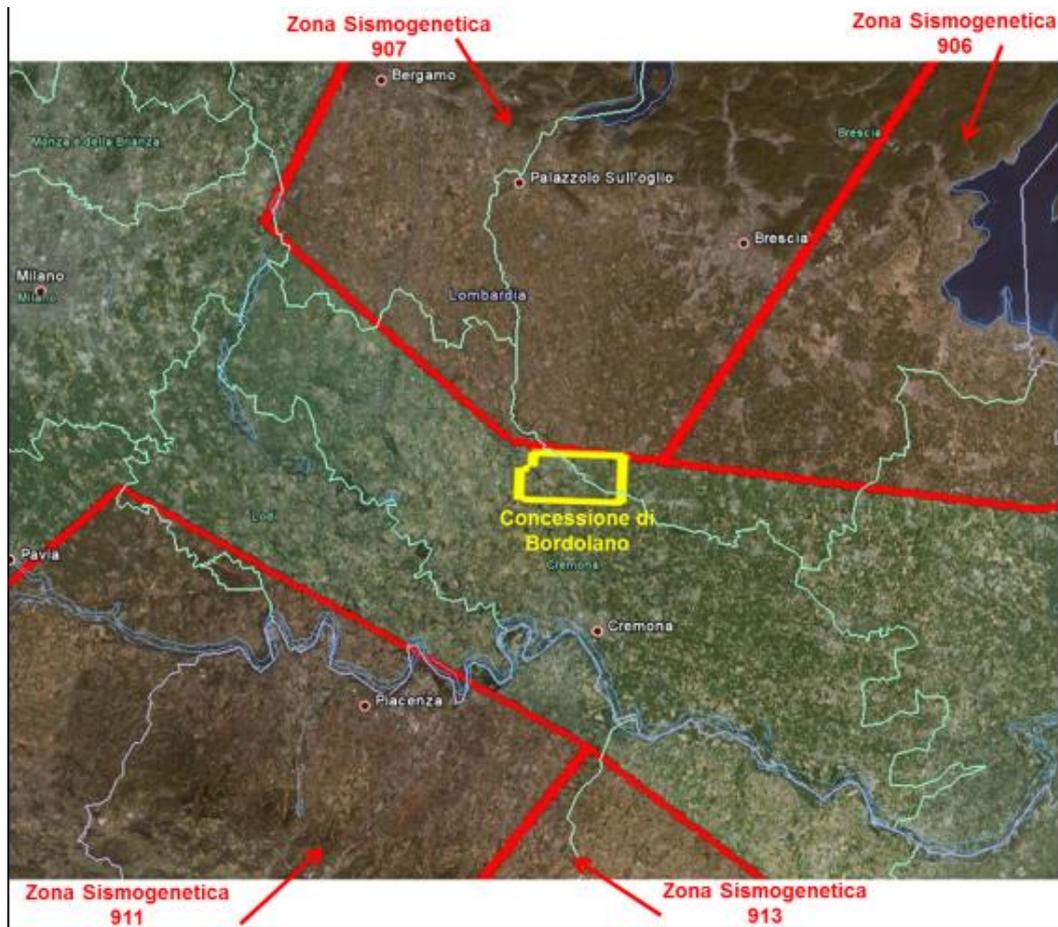


Fig. 2

## 2.4 Sorgenti sismogenetiche

Verso la fine degli anni '90, INGV ha avviato uno studio volto alla creazione di un catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (DISS, "Database of Individual Seismogenic Sources", INGV). Questo catalogo viene continuamente aggiornato e l'ultima versione è stata rilasciata ad aprile 2018 (DISS 3.2.1).

Il giacimento di Bordolano non è interessato dalla presenza di sorgenti sismogenetiche come si nota dalla Fig. 3 (in blu la proiezione in superficie del contatto gas-acqua originale e in arancione la proiezione in superficie delle sorgenti sismogenetiche composite).

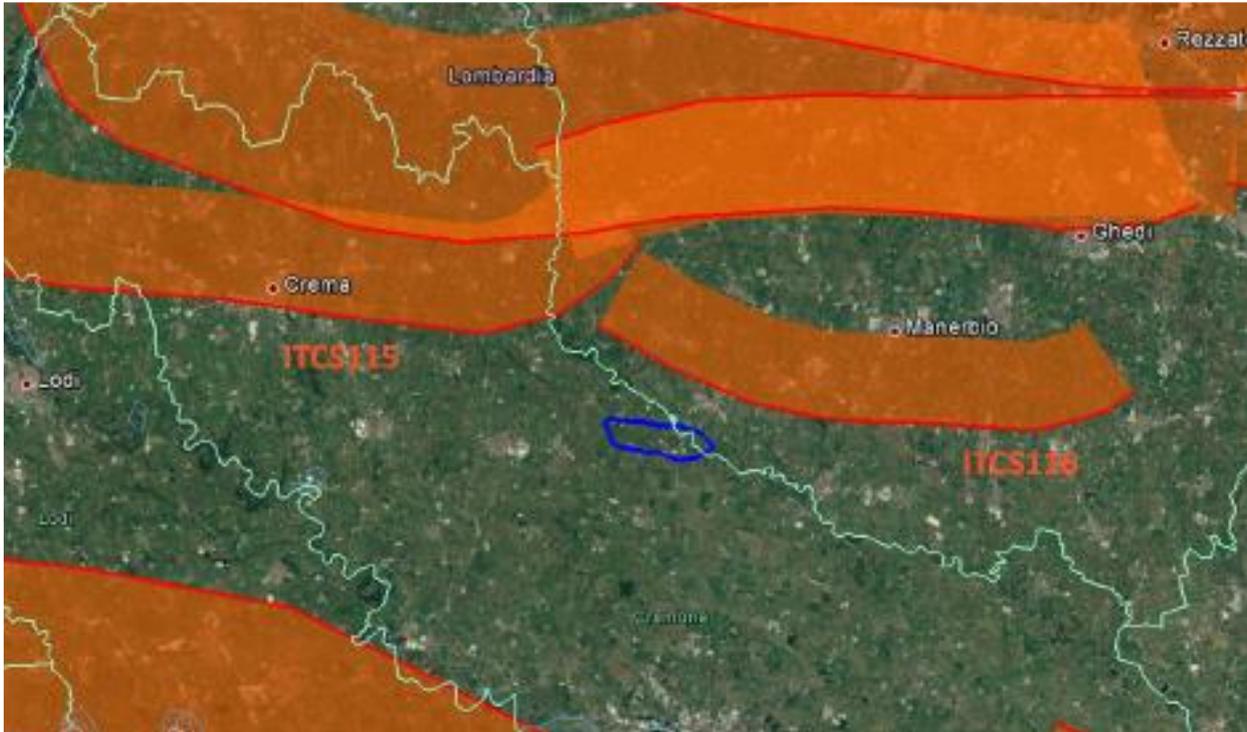


Fig. 3

## 2.5 Pericolosità sismica

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 (catalogo dei terremoti, zone sorgenti, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (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. 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.

Nella Fig. 4 è riportata la mappa probabilistica simulata relativa al sito di stoccaggio di Bordolano, che riporta il parametro dello scuotimento  $a(g)$  (accelerazione orizzontale massima del suolo), elaborata 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.

I valori di  $a(g)$  attesi nell'area della Concessione di Bordolano sono compresi tra 0,075 e 0,125, per cui essa risulta essere classificata come area a bassa pericolosità sismica.

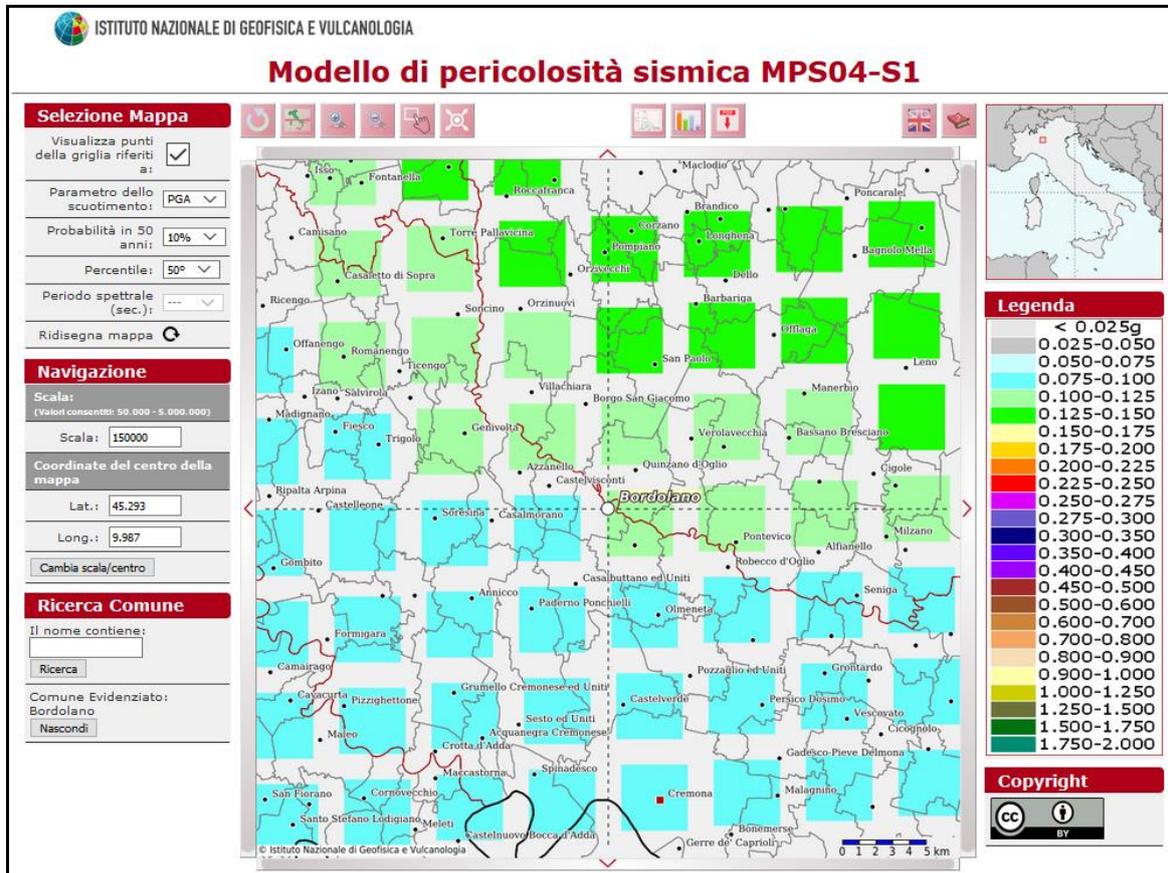


Fig. 4

### 3. CONFIGURAZIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO

#### 3.1 Geometria della rete

La rete di monitoraggio microsismico di Bordolano è situata nella pianura lombarda, al confine tra le province di Cremona e Brescia, in un contesto ambientale prevalentemente agricolo, con numerosi centri abitati in genere di limitata dimensione. La zona, appartenente al bacino idrografico del Fiume Oglio, è caratterizzata da depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi.

La rete di monitoraggio presenta un'estensione di circa 9 km in direzione W-E e di circa 5 km in direzione N-S. La Fig. 5 evidenzia l'ubicazione delle sette stazioni e riporta inoltre il limite della concessione di stoccaggio (linea gialla) e la proiezione in superficie del limite del giacimento (linea blu).

In allegato a questa nota tecnica sono fornite le schede monografiche delle sette stazioni.

Questo documento è di proprietà Snam-Stogit e i suoi contenuti hanno carattere di riservatezza.

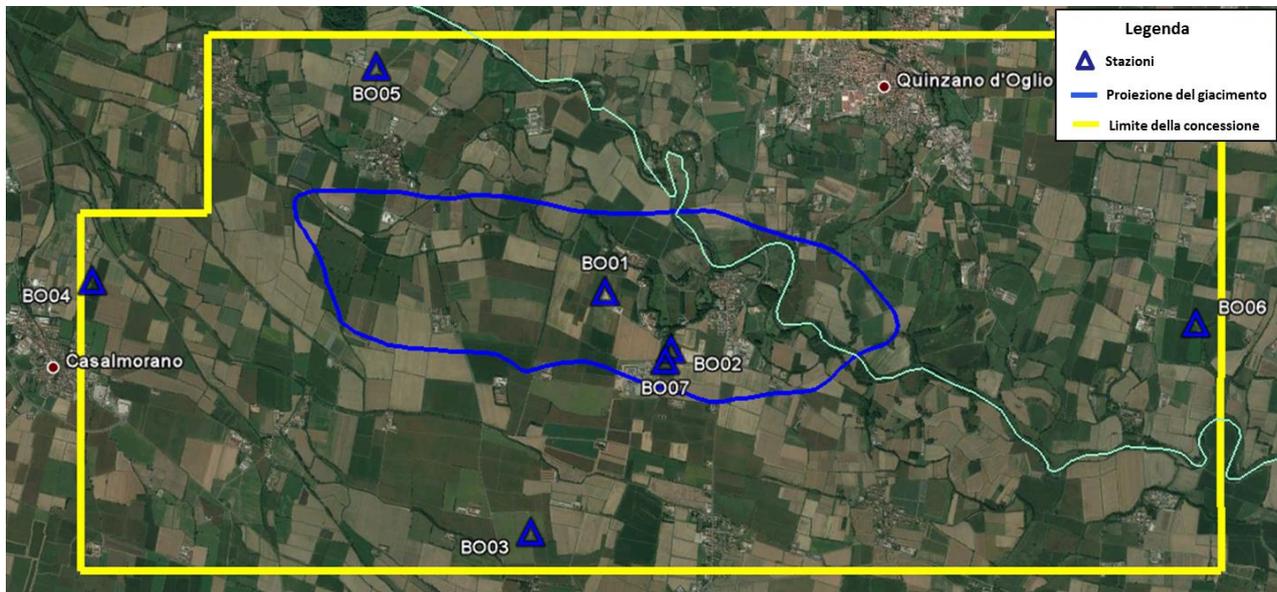


Fig. 5

La realizzazione della rete di superficie di Bordolano è stata preceduta da uno studio di fattibilità mirato ad individuare la configurazione ottimale per gli scopi prefissati.

I siti idonei per l'installazione delle stazioni sono stati individuati esclusivamente entro la concessione di stoccaggio, valutando le condizioni ambientali, geologiche e logistiche della zona d'interesse, tenendo anche in considerazione la loro accessibilità in condizioni meteorologiche sfavorevoli e la lontananza da fonti di disturbo antropico in grado di compromettere la qualità del segnale.

Le stazioni BO02 e BO05 sono dotate di pozzetto per l'alloggiamento del sismometro a profondità di 70 metri; questo espediente consente di acquisire segnali di migliore qualità, meno affetti dal disturbo superficiale di origine antropica, garantendo una più elevata sensibilità della rete e una riduzione della soglia di detezione.

### 3.2 Strumentazione

Le stazioni di monitoraggio microsismico sono ubicate in aree recintate di circa 50 mq, all'interno delle quali è collocato un pozzetto che ospita la strumentazione, costituita da:

- sismometro a 3 componenti a corto periodo
- registratore/Digitizer a 24 bit DYMAS24 (SolGeo s.r.l.) con dinamica >132 dB
- frequenza di campionamento a 100 Hz, con banda utile di segnale pari a 1-40 Hz
- antenna GPS per l'estrazione del segnale temporale
- sistema di alimentazione
- batterie tampone

Questo documento è di proprietà Snam-Stogit e i suoi contenuti hanno carattere di riservatezza.

Nel corso del 2017 si è provveduto all'installazione nella stazione BO02 di un sensore accelerometrico di superficie Mod. SA/10 con le seguenti caratteristiche tecniche:

- n. 3 canali
- fondo-scala in accelerazione: 2g
- fondo-scala in tensione: 10V differenziale
- sensibilità: 5V/g differenziale
- damping: 0,707
- frequenza di campionamento: 100 Hz

### 3.3 Sistemi di trasmissione e acquisizione dei dati

Le stazioni di monitoraggio sono raggiungibili da remoto come una normale macchina di rete, consentendo di verificarne lo stato di funzionamento e di variare i parametri della strumentazione direttamente dal centro di controllo.

Il protocollo di trasmissione dati (Fig. 6), valutato attentamente in fase di progettazione di dettaglio, è basato sul sistema SeedLink e trasmette i file in formato internazionale standard Miniseed. Gli elementi principali del sistema sono:

- server per la gestione dell'acquisizione
- server per l'acquisizione e pre-processing automatico
- sistema di storage dei dati raw online e relativo back-up

Il server di elaborazione provvede a gestire lo storage dei dati, sia raw che elaborati.

I dati delle singole stazioni sono trasmessi in continuo, tramite modem di tipo UMTS, al centro di controllo presso gli uffici della Sede Operativa Stogit di Crema (Unità Giacimenti), che ne gestisce il flusso svolgendo il pre-processing automatico per l'individuazione di possibili eventi significativi e la successiva elaborazione manuale degli eventi d'interesse.

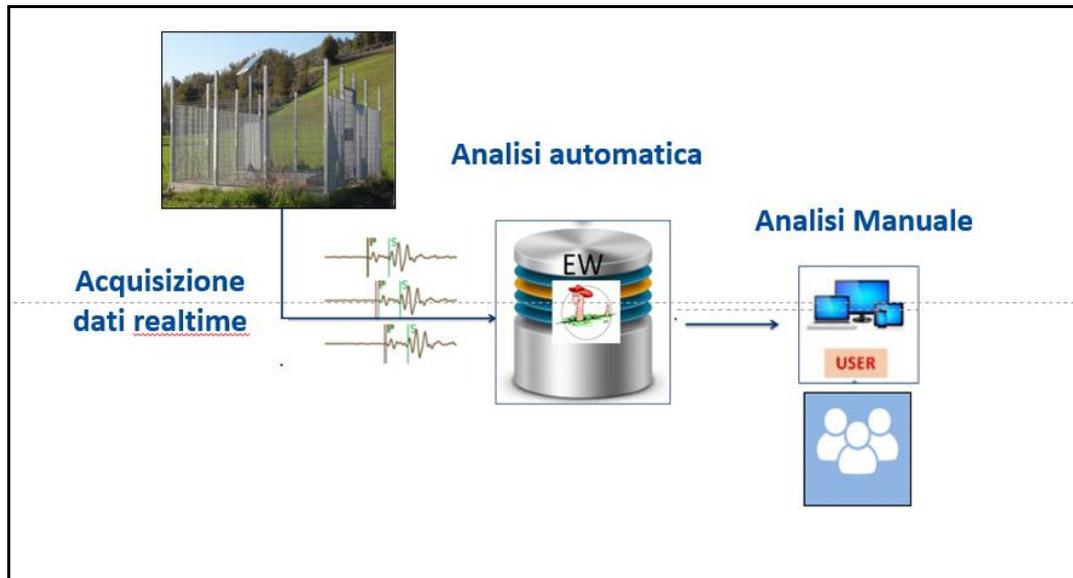


Fig. 6

## 4. RISULTATI DEL MONITORAGGIO

### 4.1 Analisi ed elaborazione dei segnali

L'analisi dei segnali acquisiti fino al 31 dicembre 2020 è stata eseguita secondo due modalità fra loro complementari:

- analisi automatica dei dati in arrivo dalle stazioni remote, per identificare e segnalare possibili eventi di interesse;
- analisi manuale a cura dell'operatore per validare ed elaborare in dettaglio gli eventi individuati, definendone ipocentro e magnitudo.

L'approccio metodologico seguito si è articolato nelle seguenti fasi:

- discriminazione del rumore dai segnali sismici effettivi
- individuazione della tipologia di sisma e selezione dei tempi di primo arrivo delle onde P e delle onde S (per i soli sismi "Locali" e "Regionali", successivamente descritti nel paragrafo 4.3)
- elaborazione dei segnali di tipo locale, procedendo al calcolo dell'ipocentro e della magnitudo
- acquisizione dal sito internet INGV delle informazioni in merito a ipocentro e magnitudo per gli eventi di tipo regionale, registrati dalla rete di Bordolano

Il processing e l'analisi dei dati microsismici vengono effettuati attraverso l'utilizzo di un software sviluppato internamente, in cui è stato implementato un sistema di allerta automatico che, nel caso di evento sismico, provvede all'invio di mail. La localizzazione automatica (calcolata sulla base dei tempi dei primi arrivi delle fasi P ed S alle singole stazioni) viene successivamente raffinata manualmente



dall'operatore utilizzando il programma hypoinverse, che minimizza i residui temporali per il modello di velocità a strati orizzontali.

Attualmente, per il giacimento di Bordolano è stato messo a punto un modello di velocità a strati piani e paralleli, il cui rapporto di velocità tra le onde P e le onde S è posto uguale a 1.73. Tale modello è costruito sulla base di dati di letteratura ed è propedeutico al funzionamento degli algoritmi di localizzazione automatica del software. Ad oggi non è mai stata registrata sismicità locale, tale da richiederne un dettaglio maggiore e tecniche di analisi avanzate.

La magnitudo locale (ML) viene calcolata, attraverso il programma localmag, nelle sole stazioni con un buon rapporto segnale/rumore, dall'ampiezza massima delle onde S: viene applicata la relazione di Hatton-Boore (1984) al segnale convertito per la risposta del sismografo Wood-Anderson. Per quanto riguarda i sismi classificati come "regionali" (ossia esterni al DE, fino ad una distanza massima di 50 km dalla rete come definito al successivo paragrafo 4.3), vengono riportate nel bollettino Stogit la localizzazione ed il valore di magnitudo calcolati da INGV, disponibili dal loro sito internet. Infatti, lo scopo della rete di Bordolano è quello di registrare gli eventi eventualmente indotti dall'attività di stoccaggio e non quello di registrare la sismicità naturale a livello nazionale, compito proprio di enti pubblici quali ad esempio INGV.

#### 4.2 Operatività della rete

Durante il periodo di osservazione la rete di Bordolano ha fornito dati con continuità e con un buon tasso di operatività. In particolare, la rete ha sempre assicurato la copertura della disponibilità dei dati, con il contemporaneo funzionamento di minimo 3 stazioni durante tutti i giorni dell'anno.

Tale condizione di operatività assicura la disponibilità annua dei dati elaborabili riferiti all'intera rete. La ridondanza della strumentazione della rete permette, infatti, di compensare la mancanza temporanea di alcuni punti registrazione.

Inoltre, è stato effettuato a gennaio 2019 un intervento di integrazione e di potenziamento dei pannelli fotovoltaici che ha permesso di ridurre i problemi di mancata alimentazione delle stazioni.

Più in dettaglio, le singole stazioni nel corso del 2020 hanno avuto una percentuale di funzionamento **superiore al 95%**. La tabella seguente riepiloga la situazione annuale della diagnostica delle singole stazioni.

2020	BO01	BO02	BO03	BO04	BO05	BO06	BO07
<b>GENNAIO-DICEMBRE % DATI DISPONIBILI</b>	100,00%	98,90%	97,26%	96,99%	96,72%	96,72%	97,81%

### 4.3 Analisi dei dati

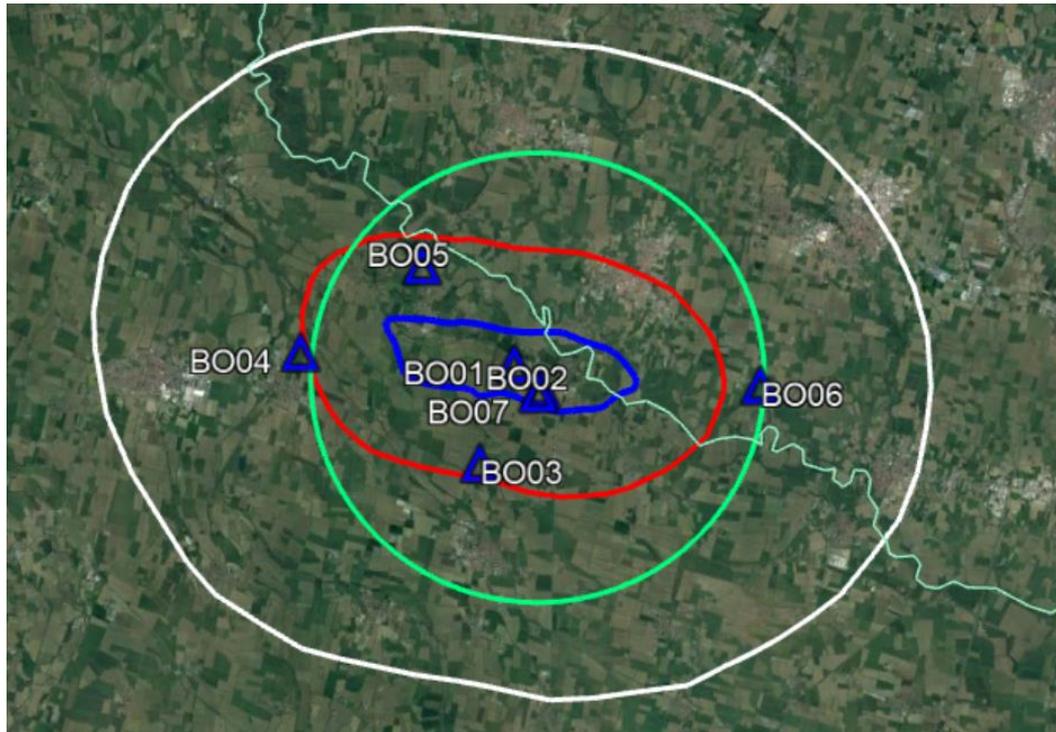
Gli eventi sismici identificati sono stati classificati in base alla distanza minima dell'epicentro rispetto al centro del giacimento, adottando il seguente schema di riferimento:

- Sismi Locali: eventi con epicentro ricadente all'interno dell'area interessata dalla prescrizione ("*raggio di almeno di 5 km dai fondo pozzo*") ed eventi con epicentro ricadente entro i domini di rilevazione Di e DE definiti nel documento tecnico "Indirizzi e Linee-guida per i monitoraggi" pubblicato dal MiSE nel mese di novembre 2014, di seguito descritti:
  - Dominio Interno di rilevazione (DI) - Volume all'interno del quale si ritiene che possano verificarsi fenomeni di sismicità indotta o di deformazione del suolo associati all'attività svolta. Esso rappresenta il volume di riferimento per il quale saranno identificati, monitorati e analizzati con la massima sensibilità i fenomeni di sismicità e deformazione del suolo. Per le attività di stoccaggio, è il volume che comprende la zona mineralizzata (giacimento usato per lo stoccaggio), come ricostruita dallo studio geologico preliminare, e un'ulteriore fascia nell'intorno del giacimento fino ad una distanza di 2-3 km, in funzione dell'estensione del giacimento.
  - Dominio Esteso di rilevazione (DE) - Volume circostante il Dominio Interno di rilevazione che comprende una porzione maggiore di sottosuolo, al fine di definire e contestualizzare al meglio i fenomeni monitorati. Per tutte le attività si suggerisce che esso si estenda oltre il Dominio Interno di rilevazione per una fascia di ampiezza compresa tra 5-10 km, tenendo conto delle dimensioni del giacimento e della tipologia di attività.

Per il giacimento di Bordolano, di cui si dispone di una sismica 3D ad alta risoluzione, di modelli geodinamici e geomeccanici di dettaglio, sono da considerarsi valide le distanze di 2 km per il DI e di 5 km per il DE, in coerenza con quanto definito dalla prescrizione ministeriale vigente su Bordolano ("*registrare sismi in un raggio di almeno di 5 km dai fondo pozzo*", evidenziato con linea verde in Fig. 7). Nella Fig. 7 è inoltre identificato il DI con linea rossa (distanza di 2 km oltre la proiezione in superficie del giacimento), mentre il DE è identificato con linea bianca (distanza di 5 km oltre l'estensione del Dominio Interno).

- Sismi Regionali: eventi con epicentro esterno ai domini di rilevazione fino ad una distanza di 50 km dal centro del giacimento, ritenuta congrua per una caratterizzazione sismologica dell'area a scala regionale (contesto di "avampaese" appenninico, noto in base alle ricostruzioni geologico-strutturali del sottosuolo lombardo, caratterizzato da strutture sepolte in gran parte disattivate dal punto di vista tettonico). Tale distanza è superiore all'area di interesse oggetto della prescrizione ministeriale ("*registrare sismi in un raggio di almeno di 5 km dai fondo pozzo*") ma viene tenuta in considerazione a

dimostrazione del corretto funzionamento della rete ed in accordo con i criteri di progettazione della rete stessa. Per i motivi sopra detti, non si ritiene opportuna un'estensione superiore a 50 km dell'area di indagine regionale. La rete di monitoraggio di Bordolano è stata infatti progettata con l'obiettivo di monitorare fenomeni locali.



**Fig. 7**

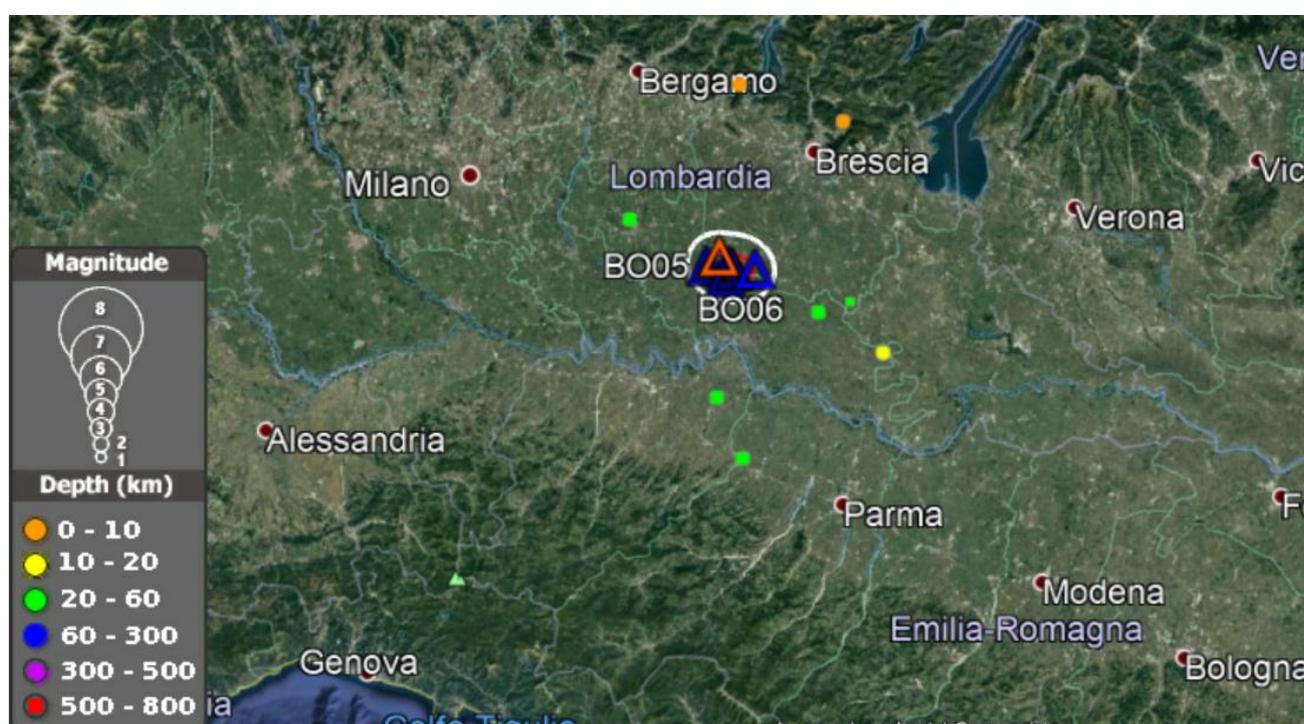
#### **4.4 Interpretazione dei dati**

La rete **non ha registrato sismi locali, ossia ricadenti entro un raggio di 5 km ed entro i limiti definiti dai domini di rilevazione DI e DE**. I sismi più prossimi presentano distanza epicentrale superiore a 23 km dal centro del giacimento (di coordinate LAT 45.29° e LONG 9.96°), come riportato in Fig. 8, che evidenzia la posizione in mappa degli eventi regionali. Nel complesso i dati acquisiti evidenziano un tasso di sismicità naturale molto ridotto nell'area di Bordolano.

Le simulazioni condotte circa la capacità di rilevazione degli eventi da parte della rete hanno dimostrato che i risultati sono coerenti con quanto la rete sia stata effettivamente in grado di registrare nel periodo in esame, compatibilmente con il grado di magnitudo e la distanza considerata degli eventi stessi. Ciò a dimostrazione del corretto funzionamento della rete microsismica di Bordolano, nel rispetto dei criteri di progettazione.

In allegato a questa nota tecnica, vista l'assenza di sismi locali, è fornito l'elenco completo dei sismi regionali (ricadenti entro una distanza di 50 km) registrati dalla rete di Bordolano durante il periodo di osservazione, con indicazione delle rispettive date, localizzazioni (coordinate e indicazioni a livello provinciale), profondità degli ipocentri, valori di magnitudo e distanze rispetto al centro del giacimento.

La Fig. 8 evidenzia la posizione in mappa degli eventi regionali rilevati dalle stazioni microsismiche di Bordolano nel corso del 2020.



**Fig. 8**

## 5. CONCLUSIONI

In ottemperanza alle prescrizioni ministeriali per l'esercizio del giacimento di Bordolano, Stogit ha provveduto all'acquisizione ed all'interpretazione di dati microsismici provenienti da una rete di superficie composta da sette stazioni. Le attività di monitoraggio hanno avuto inizio in data 19 dicembre 2013. Il Piano di monitoraggio è stato approvato da ARPA Lombardia (Prot. 0023980 del 23.2.2015).

La rete Stogit è stata progettata nel rispetto delle prescrizioni ministeriali vigenti ed è in grado di registrare eventi anche a distanze maggiori dell'area di interesse per magnitudo più elevate. Ciò, benché



non sia di interesse ai fini del monitoraggio dell'attività di stoccaggio, a dimostrazione della validità della rete stessa.

I dati acquisiti fino al 31 dicembre 2020 evidenziano un tasso di sismicità naturale molto ridotto. La rete non ha registrato alcun evento sismico nell'area di interesse oggetto della prescrizione ministeriale (*"registrare sismi in un raggio di almeno di 5 km dai fondo pozzo"*), in accordo con la rete nazionale INGV, né ha registrato sismi con epicentri posti all'interno dei domini DI e DE.

I sismi più prossimi presentano distanza epicentrale superiore a 23 km dal centro del giacimento. La sismicità registrata dalla rete di Bordolano, fino ad una distanza di 50 km, è in linea con le capacità di detezione della rete stessa, a riprova che la rete ha funzionato correttamente, nel rispetto dei criteri di progettazione.

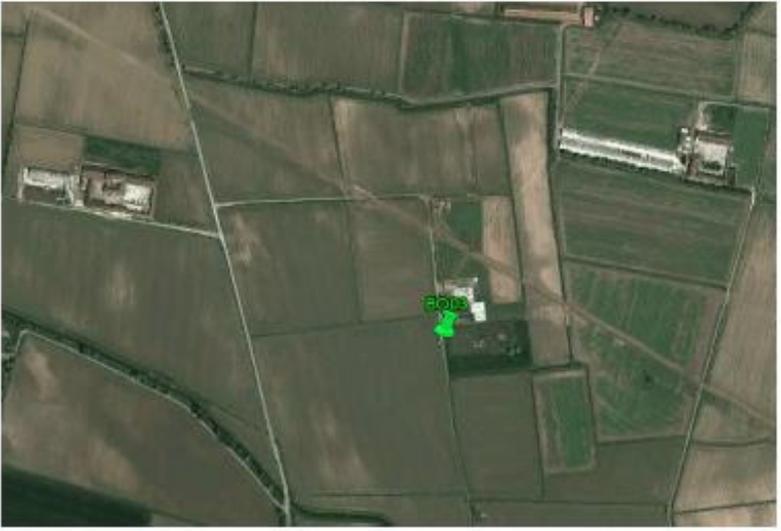
I dati registrati non evidenziano inoltre eventi riconducibili all'attività di stoccaggio e confermano pertanto l'idoneità tecnica e le condizioni di sicurezza nell'esercizio del giacimento di Bordolano Pool B.

ALLEGATO 1 - MONOGRAFIE DELLE STAZIONI

<p><b>BO01</b></p>																								
<p><b>Bordolano</b></p>																								
<p>Coordinate:</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">GEOGRAFICHE WGS84</td> </tr> <tr> <td>LAT.</td> <td>45° 17' 36.2801"</td> </tr> <tr> <td>LONG.</td> <td>9° 58' 15.4017"</td> </tr> <tr> <td>Q. ELL.</td> <td>104.29</td> </tr> <tr> <td colspan="2">PIANE GAUSS-BOAGA</td> </tr> <tr> <td>NORD</td> <td>5016023,274</td> </tr> <tr> <td>EST</td> <td>1576161,012</td> </tr> <tr> <td>Q.S.L.M.</td> <td>64,50</td> </tr> <tr> <td colspan="2">MONTE MARIO 40</td> </tr> <tr> <td>LAT.</td> <td>45° 17' 33,8564"</td> </tr> <tr> <td>LONG.</td> <td>9° 58' 16,4515"</td> </tr> </table>		GEOGRAFICHE WGS84		LAT.	45° 17' 36.2801"	LONG.	9° 58' 15.4017"	Q. ELL.	104.29	PIANE GAUSS-BOAGA		NORD	5016023,274	EST	1576161,012	Q.S.L.M.	64,50	MONTE MARIO 40		LAT.	45° 17' 33,8564"	LONG.	9° 58' 16,4515"	
GEOGRAFICHE WGS84																								
LAT.	45° 17' 36.2801"																							
LONG.	9° 58' 15.4017"																							
Q. ELL.	104.29																							
PIANE GAUSS-BOAGA																								
NORD	5016023,274																							
EST	1576161,012																							
Q.S.L.M.	64,50																							
MONTE MARIO 40																								
LAT.	45° 17' 33,8564"																							
LONG.	9° 58' 16,4515"																							
<p>COROGRAFA 1:10000</p>		<p>PLANIMETRIA 1:2000</p> <p>COM. DI BORDOLANO F. 2</p>																						

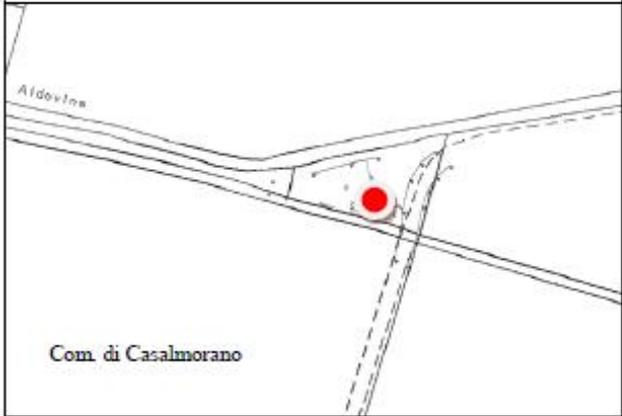
<p><b>BO02</b></p>																									
<p><b>Bordolano</b></p>																									
<p>Coordinate:</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="2">GEOGRAFICHE WGS84</td> </tr> <tr> <td>LAT.</td> <td>45° 17' 17.1040"</td> </tr> <tr> <td>LONG.</td> <td>9° 58' 46.6330"</td> </tr> <tr> <td>Q. ELL.</td> <td>103.72</td> </tr> <tr> <td colspan="2">PIANE GAUSS-BOAGA</td> </tr> <tr> <td>NORD</td> <td>5015439,753</td> </tr> <tr> <td>EST</td> <td>1576848,471</td> </tr> <tr> <td>Q.S.L.M.</td> <td>63.95</td> </tr> <tr> <td colspan="2">MONTE MARIO 40</td> </tr> <tr> <td>LAT.</td> <td>45° 17' 14.6811"</td> </tr> <tr> <td>LONG.</td> <td>9° 58' 47.6816"</td> </tr> </table>			GEOGRAFICHE WGS84		LAT.	45° 17' 17.1040"	LONG.	9° 58' 46.6330"	Q. ELL.	103.72	PIANE GAUSS-BOAGA		NORD	5015439,753	EST	1576848,471	Q.S.L.M.	63.95	MONTE MARIO 40		LAT.	45° 17' 14.6811"	LONG.	9° 58' 47.6816"	
GEOGRAFICHE WGS84																									
LAT.	45° 17' 17.1040"																								
LONG.	9° 58' 46.6330"																								
Q. ELL.	103.72																								
PIANE GAUSS-BOAGA																									
NORD	5015439,753																								
EST	1576848,471																								
Q.S.L.M.	63.95																								
MONTE MARIO 40																									
LAT.	45° 17' 14.6811"																								
LONG.	9° 58' 47.6816"																								
<p>COROGRAMA 1:10000</p> 		<p>PLANIMETRIA 1:2000</p>  <p>COM. DI BORDOLANO F. 3</p>																							



<p><b>BO03</b></p>																								
<p>Casalbuttano</p>																								
<p>Coordinate:</p> <table border="1"><tr><td colspan="2">GEOGRAFICHE WGS84</td></tr><tr><td>LAT.</td><td>45° 16' 15.4902"</td></tr><tr><td>LONG.</td><td>9° 57' 40.3497"</td></tr><tr><td>Q. ELL.</td><td>101.11</td></tr></table> <table border="1"><tr><td colspan="2">PIANE GAUSS-BOAGA</td></tr><tr><td>NORD</td><td>5013520.983</td></tr><tr><td>EST</td><td>1575427.298</td></tr><tr><td>Q.S.L.M.</td><td>61.54</td></tr></table> <table border="1"><tr><td colspan="2">MONTE MARIO 40</td></tr><tr><td>LAT.</td><td>45° 16' 13.0680"</td></tr><tr><td>LONG.</td><td>9° 57' 41.4027"</td></tr></table>	GEOGRAFICHE WGS84		LAT.	45° 16' 15.4902"	LONG.	9° 57' 40.3497"	Q. ELL.	101.11	PIANE GAUSS-BOAGA		NORD	5013520.983	EST	1575427.298	Q.S.L.M.	61.54	MONTE MARIO 40		LAT.	45° 16' 13.0680"	LONG.	9° 57' 41.4027"		
GEOGRAFICHE WGS84																								
LAT.	45° 16' 15.4902"																							
LONG.	9° 57' 40.3497"																							
Q. ELL.	101.11																							
PIANE GAUSS-BOAGA																								
NORD	5013520.983																							
EST	1575427.298																							
Q.S.L.M.	61.54																							
MONTE MARIO 40																								
LAT.	45° 16' 13.0680"																							
LONG.	9° 57' 41.4027"																							
<p>COROGRAMA 1:10000</p> 	<p>PLANIMETRIA 1:2000</p> <p>F. 2</p>  <p>COM. DI CASALBUTTANO ED UNITI F. 4</p>																							

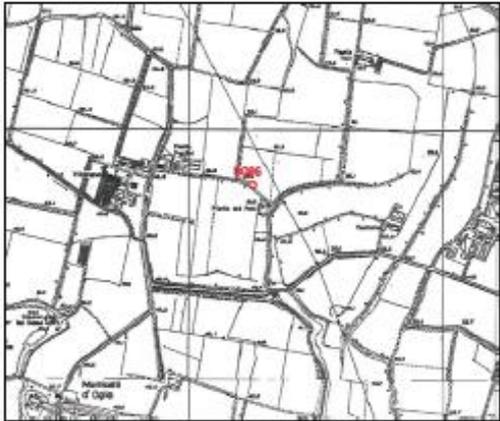


STOGIT-GIAC

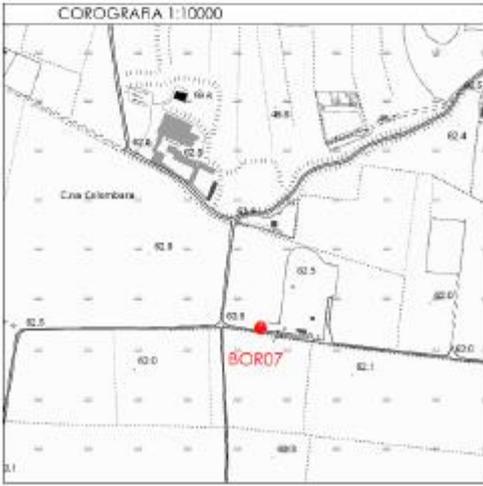
<p><b>BO04</b></p>																						
<p>Casalmorano</p>																						
<p>Coordinate:</p> <table border="1"><thead><tr><th colspan="2">GEOGRAFICHE WGS84</th></tr></thead><tbody><tr><td>NORD</td><td>45° 17' 39.77"</td></tr><tr><td>EST</td><td>9° 54' 12.74"</td></tr><tr><td colspan="2">PIANE GAUSS-BOAGA</td></tr><tr><td>NORD</td><td>5016070</td></tr><tr><td>EST</td><td>1570879</td></tr><tr><td>Q.S.L.M.</td><td>69.0</td></tr><tr><td colspan="2">MONTE MARIO 40</td></tr><tr><td>LAT.</td><td>45° 17' 37.36"</td></tr><tr><td>LONG.</td><td>9° 54' 14.02"</td></tr></tbody></table>		GEOGRAFICHE WGS84		NORD	45° 17' 39.77"	EST	9° 54' 12.74"	PIANE GAUSS-BOAGA		NORD	5016070	EST	1570879	Q.S.L.M.	69.0	MONTE MARIO 40		LAT.	45° 17' 37.36"	LONG.	9° 54' 14.02"	
GEOGRAFICHE WGS84																						
NORD	45° 17' 39.77"																					
EST	9° 54' 12.74"																					
PIANE GAUSS-BOAGA																						
NORD	5016070																					
EST	1570879																					
Q.S.L.M.	69.0																					
MONTE MARIO 40																						
LAT.	45° 17' 37.36"																					
LONG.	9° 54' 14.02"																					
 <p>CASALMORANO</p> <p>SCALA 1:25000</p>	 <p>Aldovino</p> <p>Com. di Casalmorano</p>																					

<b>BO05</b>		
Castelvisconti		
Coordinate:		
GEOGRAFICHE WGS84		
NORD	45° 18' 52.25"	
EST	09° 56' 26.57"	
PIANE GAUSS-BOAGA		
NORD	5018340	
EST	1573768	
Q.S.L.M.	49.9	
MONTE MARIO 40		
LAT.	45° 18' 49.84"	
LONG.	09° 56' 27.85"	
SCALA 1:25000		



<b>BO06</b>		
Verolavecchia		
Coordinate:		
<b>GEOGRAFICHE WGS84</b>		
NORD	45° 17' 25.92"	
EST	10° 02' 54.27"	
<b>PIANE GAUSS-BOAGA</b>		
NORD	5015780	
EST	1582244	
Q.S.L.M.	52.3	
<b>MONTE MARIO 40</b>		
LAT.	45° 17' 23.51"	
LONG.	10° 02' 55.52"	
		



<p><b>BO07</b></p>																							
<p><b>Bordolano</b></p>																							
<p>Coordinate:</p> <table border="1"><tr><td colspan="2">GEOGRAFICHE WGS84</td></tr><tr><td>LAT.</td><td>45° 17' 13.1935"</td></tr><tr><td>LONG.</td><td>9° 58' 43.9709"</td></tr><tr><td>Q. ELL.</td><td>103.21</td></tr></table> <table border="1"><tr><td colspan="2">PIANE GAUSS-BOAGA</td></tr><tr><td>NORD</td><td>5015318.373</td></tr><tr><td>EST</td><td>1576791.949</td></tr><tr><td>Q.S.L.M.</td><td>63.46</td></tr></table> <table border="1"><tr><td colspan="2">MONTE MARIO 40</td></tr><tr><td>LAT.</td><td>45° 17' 10.7707"</td></tr><tr><td>LONG.</td><td>9° 58' 45.0197"</td></tr></table>	GEOGRAFICHE WGS84		LAT.	45° 17' 13.1935"	LONG.	9° 58' 43.9709"	Q. ELL.	103.21	PIANE GAUSS-BOAGA		NORD	5015318.373	EST	1576791.949	Q.S.L.M.	63.46	MONTE MARIO 40		LAT.	45° 17' 10.7707"	LONG.	9° 58' 45.0197"	
GEOGRAFICHE WGS84																							
LAT.	45° 17' 13.1935"																						
LONG.	9° 58' 43.9709"																						
Q. ELL.	103.21																						
PIANE GAUSS-BOAGA																							
NORD	5015318.373																						
EST	1576791.949																						
Q.S.L.M.	63.46																						
MONTE MARIO 40																							
LAT.	45° 17' 10.7707"																						
LONG.	9° 58' 45.0197"																						
																							

**ALLEGATO 2 – ELENCO DEI SISMI REGIONALI REGISTRATI DALLA RETE DI BORDOLANO NEL 2020**

Nell'elenco sono riportati tutti gli eventi regionali registrati dalla rete Stogit di Bordolano, per i quali si riportano in tabella le localizzazioni ed i valori di magnitudo estratti dal sito internet di INGV.

I tempi sono riferiti all'ora di Greenwich.

Le distanze sono calcolate dal centro del giacimento, di coordinate LAT 45.29° e LONG 9.96°.

Gli eventi indicati con l'asterisco (\*) sono eventi che non sono stati individuati in automatico, in quanto registrati da un numero limitato di stazioni, in coerenza con i dati progettuali della rete per tali distanze e valori di magnitudo. Detti eventi sono stati comunque oggetto di analisi manuale.

DATA	ORA	ML	Provincia Epicentro	LATITUDINE (Gradi decimali)	LONGITUDINE (Gradi decimali)	Prof. (km)	Distanza (km)
07/02/2020*	05:24:13	1.8	Brescia	45.228700°	10.332200°	38	29
10/04/2020	23:29:14	2.1	Cremona	45.123300°	10.434500°	18	41
02/05/2020*	10:49:14	2.4	Parma	44.892200°	10.028800°	32	45
02/05/2020*	20:19:25	2.4	Cremona	45.204500°	10.239300°	30	23
28/05/2020	01:46:41	2.1	Piacenza	45.018500°	9.946700°	27	31
21/10/2020	19:06:58	2.7	Brescia	45.607300°	10.294700°	9	43
26/10/2020*	09:40:02	2.1	Bergamo	45.678300°	9.981800°	9	44
14/12/2020*	14:14:42	2.0	Cremona	45.386300°	9.669300°	35	26