



energy to inspire the world

Crema, 06.02.2020
Prot. 67/OPER/CV

Spett.le

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e
del Mare

Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali

Divisione II - Sistemi di Valutazione Ambientale

Via Cristoforo Colombo, 44

00147 – ROMA

PEC: DGSalvaquardia.Ambientale@PEC.minambiente.it

**Alla presente PEC non seguirà invio dell'originale (ex art. 6 L.412/91 e artt. 38 – 43 D.P.R. 445/2000)*

Integrazione della partecipazione istruttoria dei Comuni di Azzanello e Verolavecchia nel procedimento di valutazione di compatibilità ambientale del progetto di realizzazione di un nuovo impianto di stoccaggio gas ricadente nell'ambito della concessione di stoccaggio "Bordolano stoccaggio" avviato con istanza di pronuncia di compatibilità ambientale presentata dalla società STOGIT in data 07.07.2008 e acquisita al protocollo di questo Ministero con DSA-2008-0019343 del 11.07.2008.

Stogit S.p.A., società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A., società con socio unico, avente sede legale in San Donato Milanese (MI), Piazza Santa Barbara,7, e sede operativa in Crema (CR) via Libero Comune 5, qui rappresentata da ing. Cesare Giulio Vecchietti nella sua qualità di Direttore Operations (di seguito anche solo "Stogit"),

trasmette

le controdeduzioni alle osservazioni presentate dal Comune di Verolavecchia ed i relativi allegati di seguito riportati:

- Isamego, 2020 – Concessione di Bordolano. Valutazione delle performance della rete di monitoraggio microsismico.
- Stogit, 2020 – Concessione Bordolano Stoccaggio – Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018.

Il Direttore Operations
Ing. Cesare Giulio Vecchietti

stogit S.p.A.
Sede Operativa
Via Libero Comune, 5
26013 Crema CR
Tel. centralino + 39 0373.892.1
www.snam.it

stogit S.p.A.
Sede legale: San Donato Milanese (MI), Piazza Santa Barbara, 7
Capitale Sociale: Euro 152.205.500 i.v.
Codice Fiscale e iscrizione al Registro Imprese della CCIAA
di Milano, Monza Brianza, Lodi n. 13271380159
R.E.A. Milano n. 1633445, Partita IVA n. 13271380159
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di snam S.p.A.
Società con unico socio




CONCESSIONE BORDOLANO
STOCCAGGIO

Analisi cataloghi sismici area Bordolano
2013-2018

Data di emissione: 6 febbraio 2020

Redatto da: Stogit

	Concessione Bordolano Stoccaggio	PAG 2 DI 30
	Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018	Rev. 0

Indice

1.	Introduzione.....	3
2.	Esercizio centrale di stoccaggio di Bordolano (dicembre 2016 – dicembre 2018).....	8
2.1	Analisi catalogo OGS (dicembre 2016 - dicembre 2018).....	11
2.2	Analisi catalogo INGV (dicembre 2016 - dicembre 2018)	13
2.3	Analisi catalogo PAT (dicembre 2016 - dicembre 2018).....	15
2.4	Eventi ricadenti effettivamente entro una distanza ipocentrale di 30 km (dicembre 2016 - dicembre 2018)	17
2.5	Eventi con magnitudo maggiore di 2 (dicembre 2016 - dicembre 2018).....	18
3.	Periodo di bianco (19 dicembre 2013 – novembre 2016).....	19
3.1	Analisi catalogo INGV (dicembre 2013 - novembre 2016)	23
3.2	Eventi ricadenti effettivamente entro una distanza ipocentrale di 30 km (dicembre 2013 - novembre 2016)	25
3.3	Eventi con magnitudo compresa tra 2 e 2.9 (dicembre 2013 - novembre 2016)	27
3.4	Confronto localizzazioni OGS vs INGV (dicembre 2013 - novembre 2016).....	28

1. Introduzione

Si premette che l'entrata in esercizio dell'operatività della centrale di Bordolano è avvenuta a dicembre 2016 e non a dicembre 2013, come erroneamente riportato nel documento redatto da OGS. Contestualmente all'effettivo avvio dell'attività di stoccaggio, la rete microsismica era composta da 7 stazioni di monitoraggio, secondo la configurazione attuale.

Si precisa, comunque, che la rete è stata avviata a dicembre 2013 con la realizzazione delle prime 3 stazioni ed aveva l'unica funzione di registrare il rumore di fondo e la sismicità naturale dell'area ante-operam (la rete è stata estesa progressivamente con l'aggiunta di 4 ulteriori stazioni, portandola alla configurazione attuale a dicembre 2016).

In tutto il periodo relativo al funzionamento della rete (dicembre 2013 – dicembre 2018), la rete Stogit 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 non solo con la rete nazionale INGV ma anche con la rete stessa OGS e la rete della Provincia Autonoma di Trento, di seguito PAT (Fig. 1). Inoltre, non è stato registrato alcun evento microsismico anche nell'area più estesa fino a 12 km, superiore quindi alle estensioni massime dei domini definiti negli Indirizzi e Linee Guida del MISE (di seguito ILG).

Il monitoraggio a 30 km di distanza, così come suggerito nel documento redatto da OGS, non ha rilevanza ai fini del monitoraggio prescritto e non vi è alcuna motivazione né tecnica né normativa che giustifichi una tale estensione dell'area di monitoraggio, che quindi risulta essere stata individuata da OGS in modo totalmente arbitrario, orientata ad un monitoraggio della sismicità regionale/nazionale, compito di enti pubblici quali ad esempio INGV.

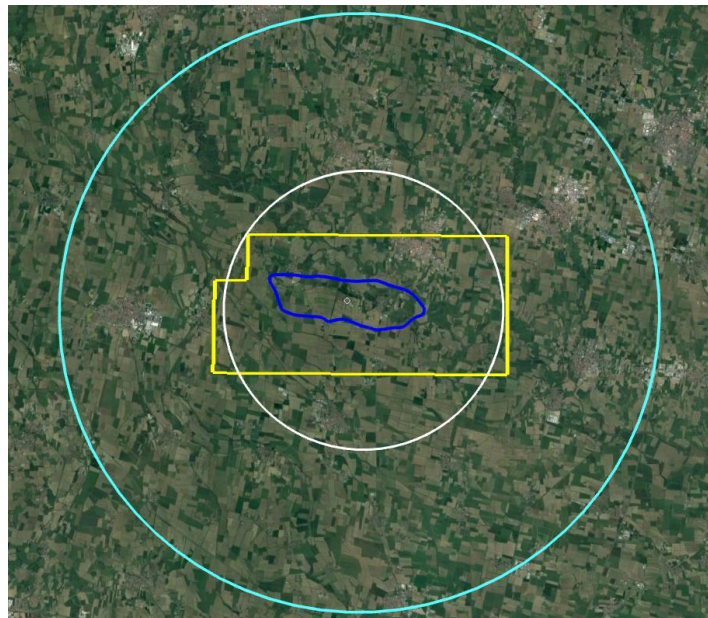


Fig. 1: immagine raffigurante la proiezione in superficie del giacimento (blu), la Concessione di stoccaggio di Bordolano (giallo), il raggio di 5 km raffigurante l'area sottoposta a prescrizione ministeriale (cerchio bianco), il raggio di 12 km raffigurante l'area entro cui non sono stati registrati eventi, nel periodo dicembre 2013 – dicembre 2018 (cerchio azzurro).

Ad ulteriore precisazione di quanto sopra evidenziato, si fa presente che:



- gli stessi ILG introducono come aree di monitoraggio il Dominio Interno, il cui raggio deve essere compreso tra i 2 ed i 3 km, e il Dominio Esteso, il cui raggio deve essere compreso tra i 5 ed i 7 km;
- per i giacimenti come Bordolano, di cui si dispone di una sismica 3D, di modelli geodinamici e geomeccanici di dettaglio, sono da considerarsi validi i range di 2 km per il Dominio Interno e di 5 km per il Dominio Esteso, in coerenza con quanto definito dalla prescrizione attiva su Bordolano (*“registrare sismi in un raggio di almeno di 5 km dai fondo pozzo”*).

Premesso quanto sopra, per completezza di informazione ed a titolo di chiarimento al documento “Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano” redatto da OGS, si riporta di seguito un’analisi contestualizzata ad un raggio superiore all’area oggetto del monitoraggio, esteso fino a 30 km.

In primo luogo, l’indagine si concentra nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018, in quanto va specificato che il confronto in merito alla reale potenzialità della rete Stogit dovrebbe essere effettuato solo a partire da dicembre 2016, in concomitanza con l’entrata in esercizio dell’operatività della centrale di Bordolano.

In secondo luogo, l’evoluzione nel tempo della rete di monitoraggio OGS, con l’aggiunta progressiva di nuove stazioni ed il progressivo miglioramento della copertura areale (considerando anche l’ipotesi di integrazione della rete di Cornegliano Laudense, informazione non deducibile da quanto pubblicato sul portale OGS OASIS), suggerisce che solo a partire da gennaio 2017 le localizzazioni possano essere ritenute maggiormente affidabili, in quanto solo a partire da questa data la rete OGS ha raggiunto una sufficiente copertura. Al contrario, fino al dicembre 2016, la copertura risulta inadeguata ad effettuare delle localizzazioni di precisione in tutta l’area considerata (per ulteriori dettagli ed approfondimenti si veda il report redatto dalla società Isamgeo).

Si precisa, inoltre, che le informazioni sulle reti gestite ed utilizzate da OGS sono disponibili sul portale OASIS (<http://oasis.crs.inogs.it/>), tab “Sites”. Dalle informazioni presenti, sembra che la localizzazione degli eventi venga effettuata utilizzando esclusivamente dati delle reti gestite direttamente da OGS. Si osservi peraltro che la finalità del monitoraggio sismico condotto in autonomia da OGS è quella di coprire l’Italia del Nord-Est. Lo stesso sito internet deputato a riportare gli eventi rilevati (<http://rts.crs.inogs.it/it/home.html>) mostra che la concessione di Bordolano è esterna all’area di interesse, definita dal poligono di colore rosso nella Fig. 2 (per i dettagli si veda il report redatto dalla società Isamgeo).

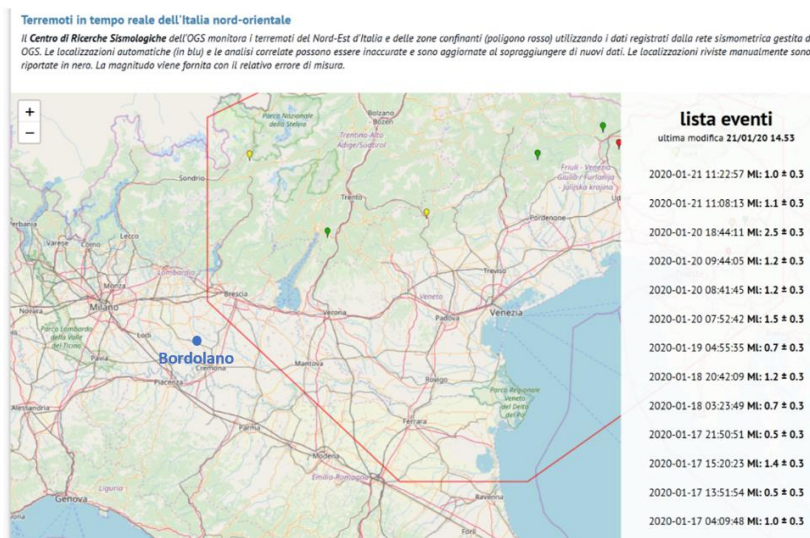



Fig. 2: immagine estratta dal sito <http://rts.crs.inogs.it/>. Il poligono rosso rappresenta l’area monitorata da OGS; è stata aggiunta manualmente la posizione di Bordolano.

	Concessione Bordolano Stoccaggio	PAG 5 DI 30
	Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018	Rev. 0

Quanto registrato dalla rete Stogit e dai cataloghi OGS, INGV e PAT nel periodo dicembre 2016-2018 (con la rete di Bordolano a 7 stazioni) **risulta comparabile fino a 30 km** di distanza dal centro del giacimento. I 3 eventi registrati dalla rete Stogit sono infatti gli eventi più vicini dei 9 eventi indicati nel documento di OGS (distanza ipocentrale minima di 26 km), mentre i restanti 6 eventi indicati nei cataloghi sono in realtà ad una distanza ipocentrale superiore a 30 km dal centro del giacimento. Inoltre, a 30 km di distanza la rete Stogit, nello scenario più rumoroso, ha una soglia di localizzazione superiore a Magnitudo 2.2 per profondità superiori ai 20 km, quindi, **coerentemente con i criteri di progettazione** della rete di Bordolano gli eventi di magnitudo inferiore a 2.2 ubicati oltre i 20 km di distanza dal giacimento possono non essere registrati.

Si ricorda, infine, che lo scopo della rete 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.

In conclusione, la rete Stogit rispetta le prescrizioni vigenti ed è in grado di registrare eventi 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.

Per completezza di informazioni, si è provveduto ad analizzare anche il periodo di bianco (19 dicembre 2013 – novembre 2016), durante il quale lo scopo della rete microsismica era unicamente di registrare il rumore di fondo e la sismicità naturale dell'area.

Durante il periodo in esame, le reti OGS, INGV e Stogit, come già evidenziato, non hanno registrato e localizzato eventi entro l'area sottoposta a prescrizione ministeriale (*"un raggio di 5 km dal fondo pozzo"*), come riportato in Fig.1.

L'evento più vicino registrato tra dicembre 2013 e dicembre 2016 è l'evento del 23.12.2013 ore 10:51:51 UTC, localizzato dalla rete OGS (distanza ipocentrale di 14 km). Il medesimo evento è stato registrato anche da INGV e localizzato ad una distanza ipocentrale di 22 km. Tali differenze nella localizzazione degli eventi sono dovute ad una differente copertura areale delle reti OGS e INGV in quel periodo, che vede presenti stazioni di INGV, ma non di OGS, ad ovest di Bordolano (Fig. 3a e 3b).

Ciò fa sì che possano essere erroneamente stati localizzati da OGS eventi in un raggio di 30 km di distanza da Bordolano (per i dettagli si veda il report redatto dalla società Isamgeo).

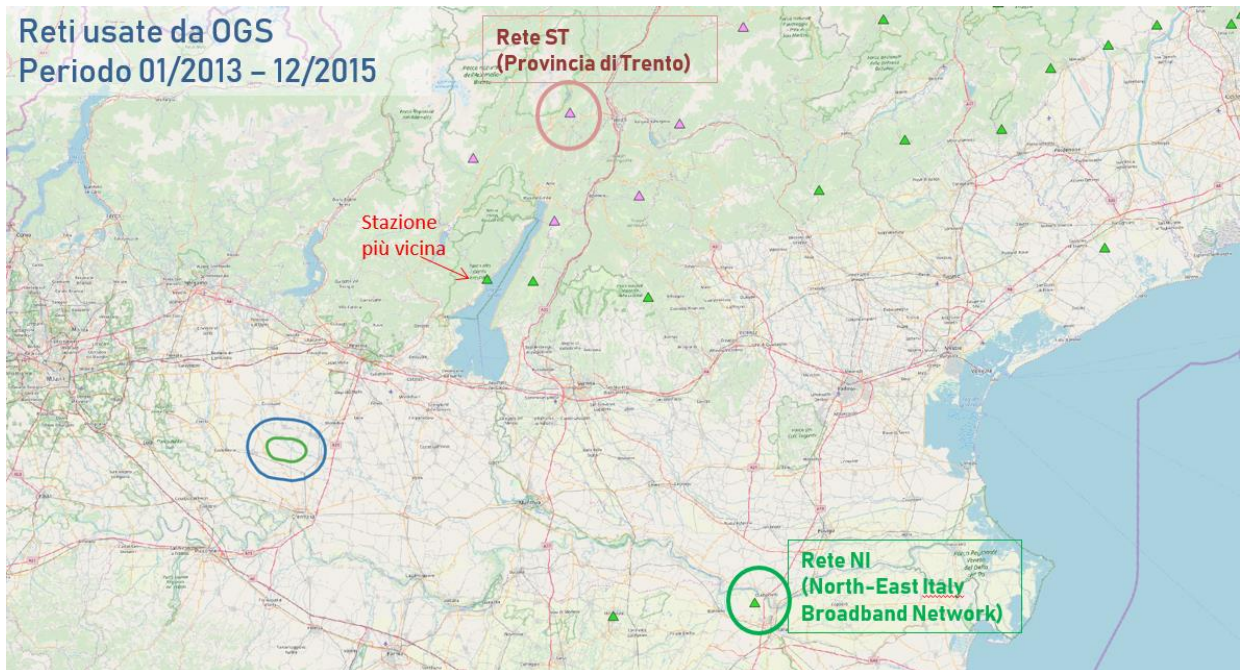


Fig. 3a: immagine raffigurante le reti usate da OGS utilizzate nel periodo gennaio 2013 – dicembre 2015.

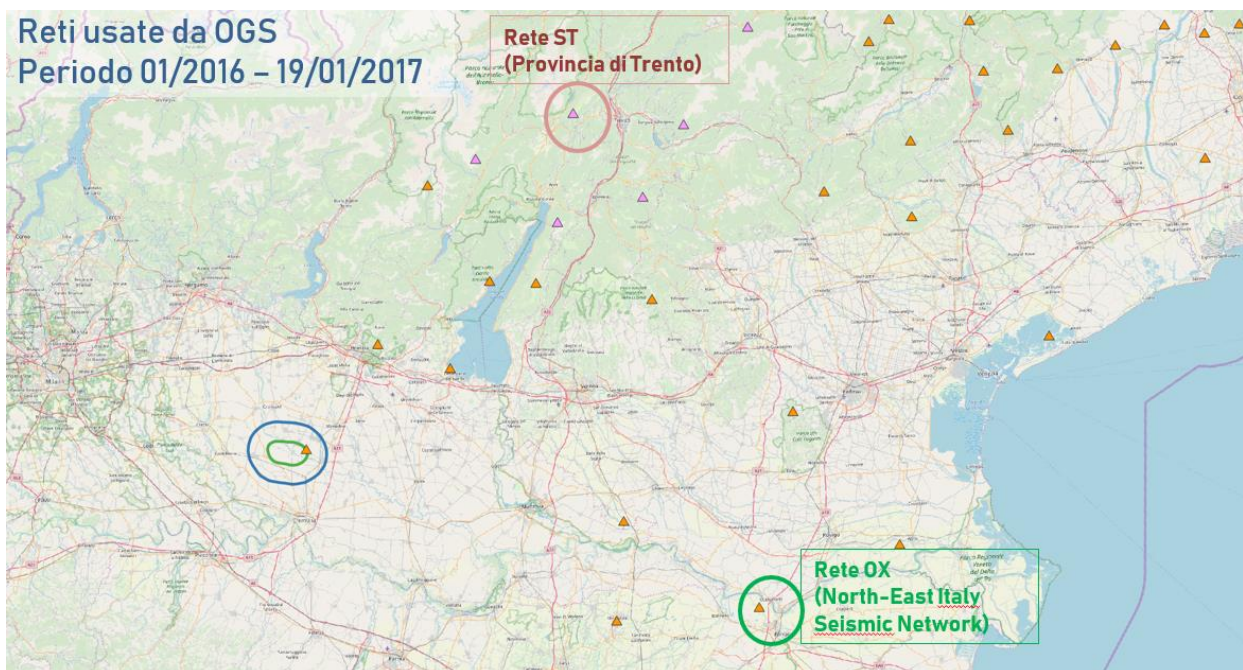



Fig. 3b: immagine raffigurante le reti usate da OGS utilizzate nel periodo gennaio 2016 – gennaio 2017.

Un'analisi comparata tra i cataloghi OGS, INGV e quanto registrato dalla rete Stogit, nell'intero periodo dal 2013, **risulta comparabile fino a una distanza ipocentrale di 14 km** dal giacimento.

Nel periodo 2013-2016 si può valutare che la rete fosse in grado di registrare, nei momenti di rumore medio, a distanze epicentrali comprese tra 15 e 30 km, eventi di ML 1.4 - 1.6 per ipocentri tra 10 e 15 km di

	Concessione Bordolano Stoccaggio	PAG 7 DI 30
	Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018	Rev. 0

profondità, ed eventi di ML maggiore di 1.6 per profondità maggiori. Nello scenario con livelli di rumore più elevati, le simulazioni suggeriscono che la rete fosse in grado di identificare eventi di ML 2.4-2.8 per ipocentri a 15-30 km di distanza e profondità indicativa di 10 km, e ML maggiori di 2.7 per eventi più profondi alle stesse distanze. **I risultati della modellazione sono quindi coerenti con quanto la rete sia stata in grado di registrare durante il periodo di bianco.**

In generale si può concludere che a scala regionale, durante il periodo di registrazione del bianco (baseline del rumore ambientale e della sismicità naturale ante-operam) la performance della rete Stogit era in linea con quelli che erano stati i criteri di progettazione. La rete aveva una buona capacità di detezione degli eventi locali, mentre alla scala regionale, data la natura della rete, solo gli eventi sismici di maggiore intensità avevano una buona probabilità di essere identificati.

In conclusione, la rete STOGIT nel periodo di “bianco”, ovvero prima della messa in funzione del campo di stoccaggio aveva caratteristiche tali da garantire il rispetto delle prescrizioni imposte dal decreto ministeriale DVA-2014-0018804 del 16.05.2014. La rete STOGIT era cioè in grado di registrare eventi di magnitudo locale (ML) 0.9 o inferiore in corrispondenza del giacimento, e migliorava significativamente (anche di 1 unità di ML) la magnitudo di completezza della rete nazionale nel raggio di 5 km dal fondo pozzo.

Di seguito si riporta un’analisi di dettaglio dei cataloghi relativa all’intero periodo di funzionamento della rete (2013-2018), distinto in:

- ✓ Esercizio centrale di stoccaggio di Bordolano (dicembre 2016 – dicembre 2018)
- ✓ Periodo di bianco (19 dicembre 2013 – novembre 2016)

Si evidenzia che le distanze epicentrali ed ipocentrali sono calcolate partendo dal centro del giacimento di coordinate pari a 45.29° LAT 9.96° LONG, considerato come effettivo punto di riferimento per l’indagine e quindi posso differire da quanto calcolato dal report OGS il cui punto di riferimento è di coordinate 45.29° LAT 9.99° LONG, non rappresentativo del giacimento.



2. Esercizio centrale di stoccaggio di Bordolano (dicembre 2016 – dicembre 2018)

Considerando un raggio di 30 km da Bordolano, durante il periodo in esame le reti OGS, INGV e PAT hanno registrato 9 eventi, di cui la rete Stogit ne ha registrati 3, e non 2 come erroneamente riportato nella tabella riepilogativa estratta dal documento “Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano”, redatto da OGS (Fig. 4):

CONFRONTO TRA CATALOGHI: STOGIT, INGV, OGS, PAT
SELEZIONE: raggio 30 km con centro Bordolano
Per ogni catalogo sono indicati gli ID dell'evento trovato. Data e ora come da catalogo dell'OGS e in subordine dell'INGV (in questo caso sono indicati i decimali del secondo).

#	DATA	ORA (UTC)	STOGIT (#)	INGV (#)	OGS (#)	PAT (#)	ML
S36	01/02/17	10:29:51	–	–	32	nr	0,8
S37	14/03/17	10:41:39	–	–	33	nr	1,4
S38	11/10/17	17:37:54,75	–	14	–	nr	2,0
S39	30/01/18	09:09:53	–	–	34	nr	1,4
S40	08/06/18	16:49:26	–	–	35	nr	2,0
S41	09/12/18	20:27:22	3	15	36	1	2,3-2,7
S42	09/12/18	23:18:50,85	4	16	–	2	2,3-2,5
S43	23/12/18	15:06:11.81	–	–	–	3	1,8
S44	26/12/18	20:50:59.06	X	–	–	4	1,5


Fig. 4: immagine estrapolata dal documento “Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano” redatto da OGS, a pag. 9. La crocetta verde è stata aggiunta manualmente per evidenziare che la rete Stogit ha registrato e localizzato anche l’evento del 26.12.2018.

La rete Stogit, infatti, ha registrato tutti gli eventi posti più vicini, nonostante siano posizionati in un’area non oggetto del monitoraggio prescritto, e registrato anche l’evento identificato con ID # S44 nella tabella sopra riportata, come OGS stesso riporta, nella tabella seguente:

CATALOGO: STOGIT
SELEZIONE: raggio 30 km con centro Bordolano
FONTE: Relazioni monitoraggio sismico 2016, 2017 e 2018

#	ID (Località)	DATA	ORA (UTC)	LAT (gradi)	LON (gradi)	PROF (km)	ML
1	Brescia	23/12/13	03:17:---	45°29'38,40"N	10° 6'21,60"E	14,0	3,2
2	Brescia	23/12/13	09:51:---	45°29'45,60"N	10° 6'50,40"E	10,3	3,2
3	Brescia	09/12/18	20:27:26	45°30'55,80"N	9°53'58,92"E	10,0	2,6
4	Bergamo	09/12/18	23:18:55	45°28'11,28"N	9°53' 8,88"E	16,0	2,5
5	Brescia	26/12/18	20:51:03	45°30'42,59"N	9°54'54,61"E	4,0	1,7

Fig. 5: immagine estrapolata dal documento “Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano” redatto da OGS, a pag. 11.

	Concessione Bordolano Stoccaggio	PAG 9 DI 30
	Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018	Rev. 0

I restanti 6 eventi, che non sono stati registrati dalla rete Stogit, considerando tutte localizzazioni OGS, INGV e PAT, hanno le seguenti caratteristiche:

- magnitudo comprese tra 0.8 e 2.0
- ipocentri localizzati tra 10 e 35 km di profondità, (molto superiore a quelle del giacimento)
- distanza epicentrale compresa tra 26 e 31 km
- distanza ipocentrale superiore ai 30 km

I dettagli delle suddette considerazioni sono riportati nelle tabelle seguenti:

OGS (dicembre 2016 - dicembre 2018)			Rete Stogit
Event id,Date,Lat,Lon,Depth,Mag,Location	Distanza epicentrale centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	
2017_00163,2017-02-01 10:29:51,45.4720,10.2240,12.1,0.8,Castenedolo, Lombardia	28	31	
2017_00458,2017-03-14 10:41:39,45.4840,10.2470,9.9,1.4,Castenedolo, Lombardia	30	32	
2018_00131,2018-01-30 09:09:53,45.4890,10.2370,10.9,1.4,Castenedolo, Lombardia	30	32	
2018_01041,2018-06-08 16:49:26,45.5290,9.9380,20.5,2.0,Chiari, Lombardia	26	33	
2018_02105,2018-12-09 20:27:22,45.5080,9.9410,17.2,2.7,Castelcovati, Lombardia	24	29	X

Tabella 1: eventi localizzati dalla rete OGS, per ciascuno dei quali è stata calcolata la distanza epicentrale ed ipocentrale dal centro del giacimento. La colonna “Rete Stogit” identifica quali, degli eventi in tabella, la rete microsismica di Bordolano ha registrato.

INGV (dicembre 2016 - dicembre 2018)			Rete Stogit
Event id,Date,Lat,Lon,Depth,Mag,Location	Distanza epicentrale centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	
17306201, 2017-10-11 17:37:54, 45.1172, 10.2728,25.8,2.0,Ca d'Andrea (Cremona)	31	40	
21205591, 2018-12-09 20:27:21,45.5125,9.9053,9.9,2.6,Urago d'oglio (Brescia)	25	27	X
21206011, 2018-12-09 23:18:50,45.4993,9.8937,10.5,2.5,Rudiano (Brescia)	24	26	X

Tabella 2: eventi localizzati dalla rete INGV, per ciascuno dei quali è stata calcolata la distanza epicentrale ed ipocentrale dal centro del giacimento. La colonna “Rete Stogit” identifica quali, degli eventi in tabella, la rete microsismica di Bordolano ha registrato.

PAT Rete Provincia Autonoma di Trento (dicembre 2016 - dicembre 2018)			Stogit
Event id,Date,Lat,Lon,Depth,Mag,Location	Distanza epicentrale centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	
181209202521, 2018-12-09 20:27:22, 45.555, 9.952,14.2,3, Coccaglio, Lombardia	29	32	x
181209231721, 2018-12-09 23:18:50, 45.546, 9.950,12.6,2.3, Chiari, Lombardia	28	31	x
181223150521, 2018-12-23 15:06:11, 45.432, 9.690,35.1,1.8, Sergnano, Lombardia	27	44	
18122604921, 2018-12-26 20:50:59, 45.535, 9.952,0.8,1.5, Chiari, Lombardia	27	27	x (localizzato rete Stogit: prof. 4 km; ML 1.7; dist. 24 km)

Tabella 3: eventi localizzati dalla rete PAT, per ciascuno dei quali è stata calcolata la distanza epicentrale ed ipocentrale dal centro del giacimento. La colonna “Rete Stogit” identifica quali, degli eventi in tabella, la rete microsismica di Bordolano ha registrato.

Si evidenzia che l’evento del 26.12.2018 ore 20:50:59 UTC, registrato dalla rete Stogit, non è registrato da INGV; OGS l’ha registrato, ma a distanze superiori ai 30 km, per cui non presente nell’elenco riportato nel documento “Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano” redatto da OGS.

La Fig. 6 rappresenta tutti e 9 gli eventi registrati e singole localizzazioni delle reti OGS, INGV e PAT, nel periodo di riferimento dicembre 2016 – dicembre 2018.

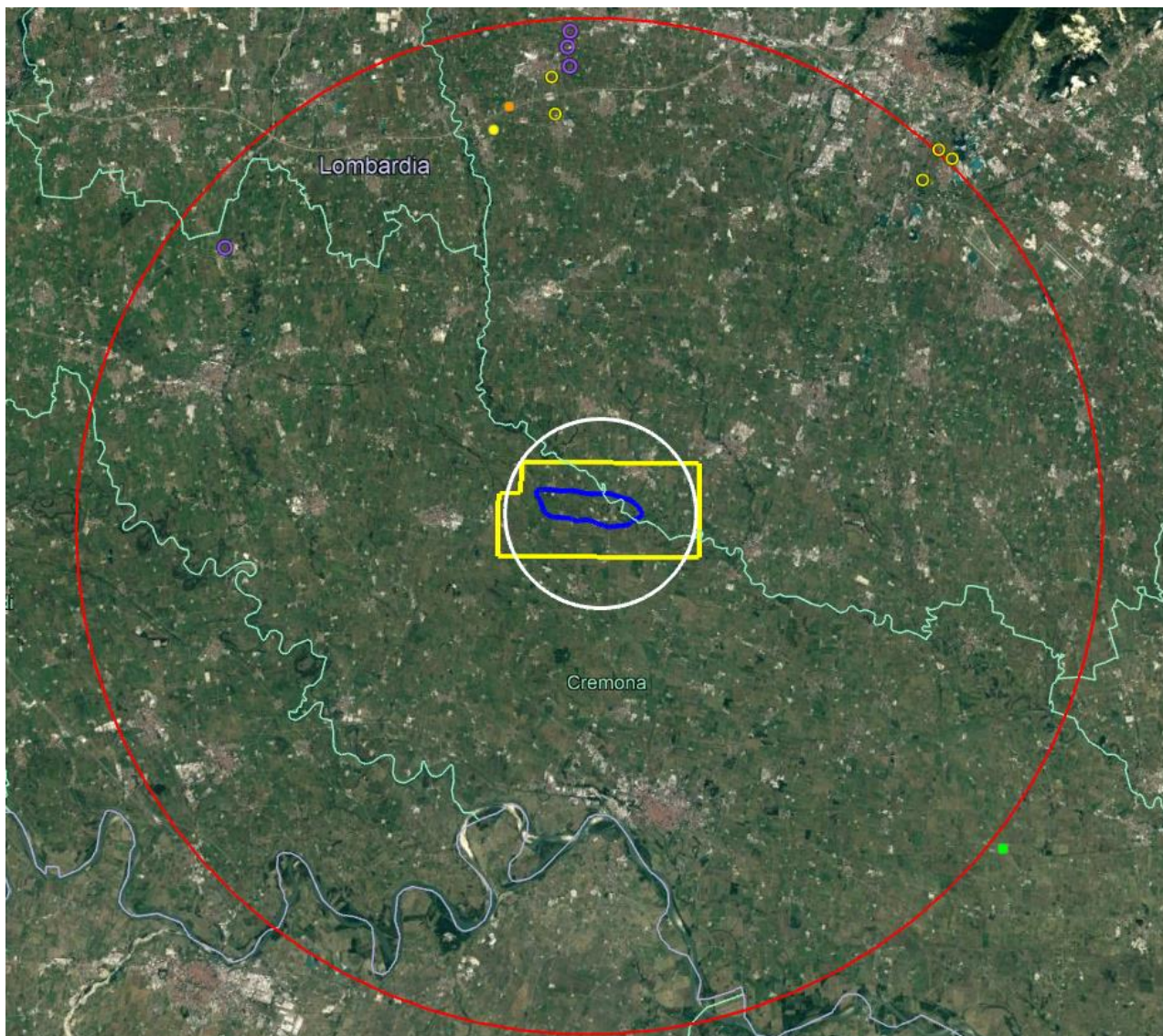


Fig. 6: immagine raffigurante tutte le singole localizzazioni dei 9 eventi delle reti OGS, INGV e PAT, nel periodo di riferimento dicembre 2016 – dicembre 2018. Il cerchio rosso rappresenta il raggio di 30 km. I cerchi gialli sono eventi OGS, i pallini colorati sono eventi INGV, i cerchi viola sono eventi PAT.

Di seguito si riporta una visualizzazione di dettaglio, attraverso immagini satellitari, di quanto registrato dalle singole reti, nel periodo di interesse ed entro un raggio di 30 km da Bordolano.

2.1 Analisi catalogo OGS (dicembre 2016 - dicembre 2018)

- N. eventi localizzati: 5 (Fig. 7-8; Tabella 4)
- Evento più vicino: distanza epicentrale 24 km e distanza ipocentrale 29 km, rispetto al centro del giacimento di coordinate LAT 45.29° LONG 9.96° (evento registrato dalla rete Stogit)

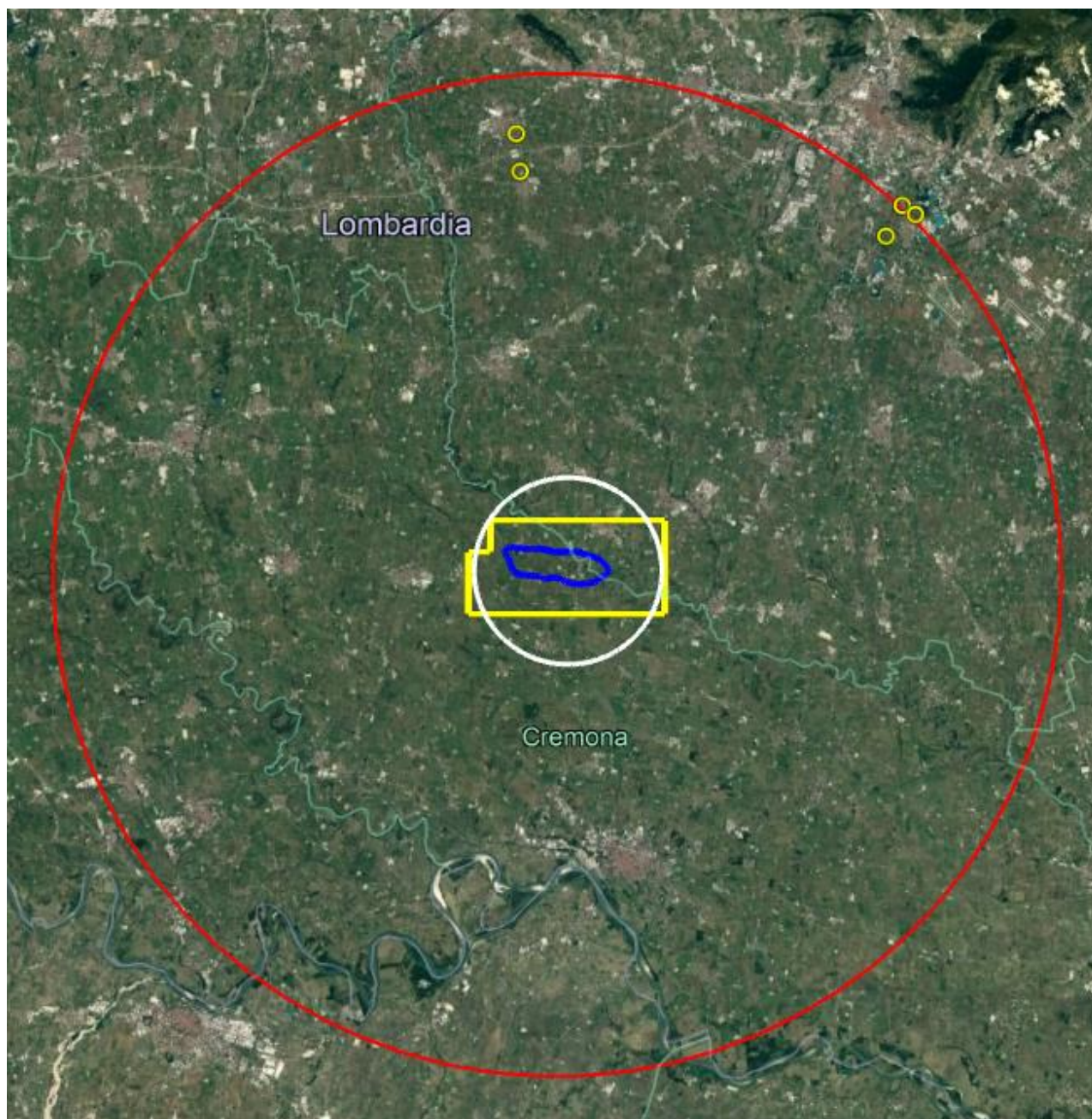


Fig. 7: eventi registrati dalla rete OGS nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018 (cerchi gialli). Sono rappresentati la proiezione in superficie del giacimento (blu), la Concessione di stoccaggio di Bordolano (giallo), il cerchio di raggio di 5 km raffigurante l'area sottoposta a prescrizione ministeriale (cerchio bianco), il cerchio di raggio di 30 km (cerchio rosso).

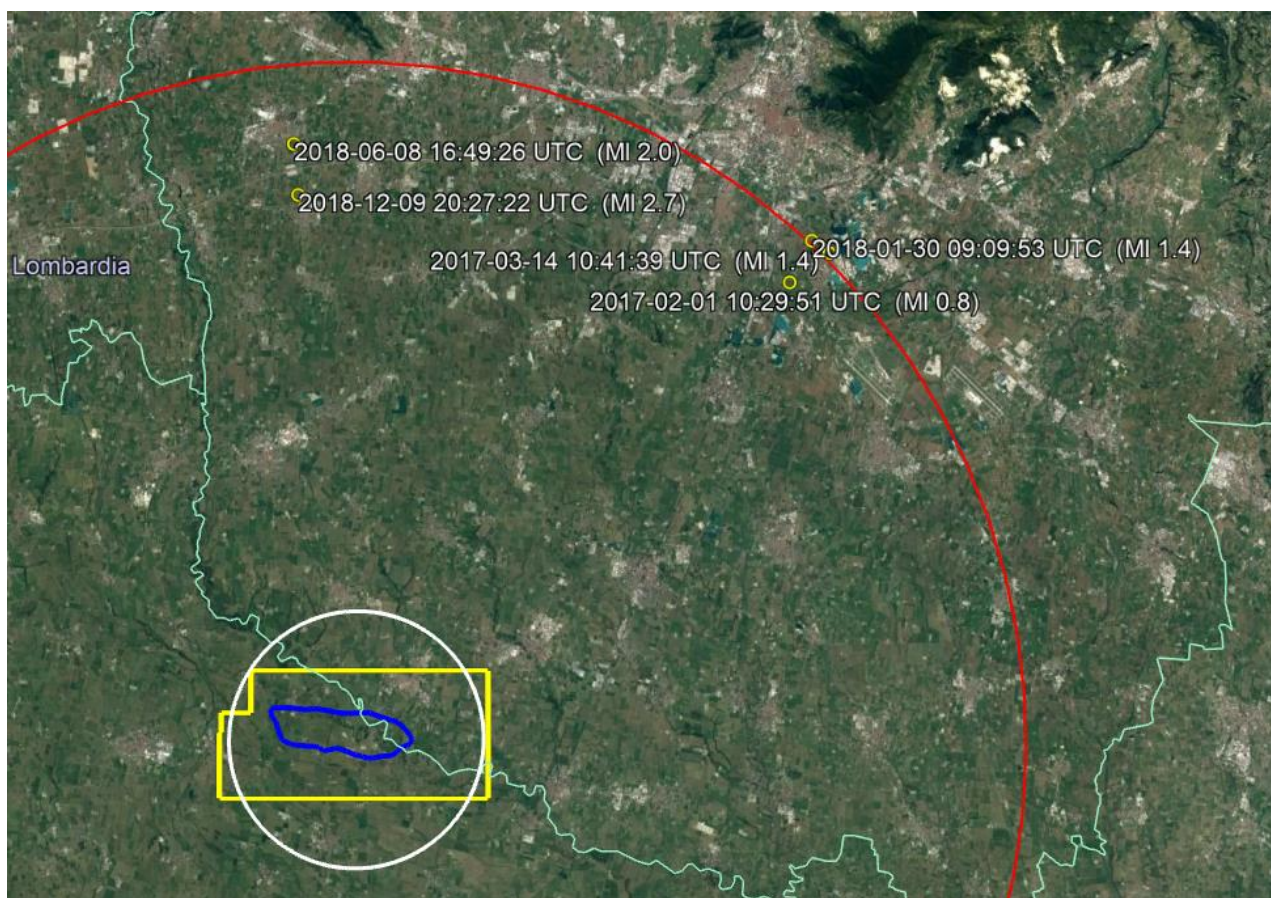


Fig. 8: zoom degli eventi riportati anche in Fig. 7 ed elencati in Tabella 4.

RETE OGS (dicembre 2016 – dicembre 2018)							
DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Rete Stogit
2017-02-01 10:29:51	45.4720	10.2240	12.1	0.8	28	31	
2017-03-14 10:41:39	45.4840	10.2470	9.9	1.4	30	32	
2018-01-30 09:09:53	45.4890	10.2370	10.9	1.4	30	32	
2018-06-08 16:49:26	45.5290	9.9380	20.5	2.0	26	33	
2018-12-09 20:27:22	45.5080	9.9410	17.2	2.7	24	29	x

Tabella 4: eventi registrati dalla rete OGS nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018. La colonna "Rete Stogit" indica quali degli eventi elencati sono stati registrati anche dalla rete microsismica di Bordolano.

2.2 Analisi catalogo INGV (dicembre 2016 - dicembre 2018)

- N. eventi localizzati: 3 (Fig. 9-.10; Tabella 5)
- Evento più vicino: distanza epicentrale 24 km e distanza ipocentrale 26 km, rispetto al centro del giacimento di coordinate LAT 45.29° LONG 9.96° (evento registrato dalla rete Stogit)

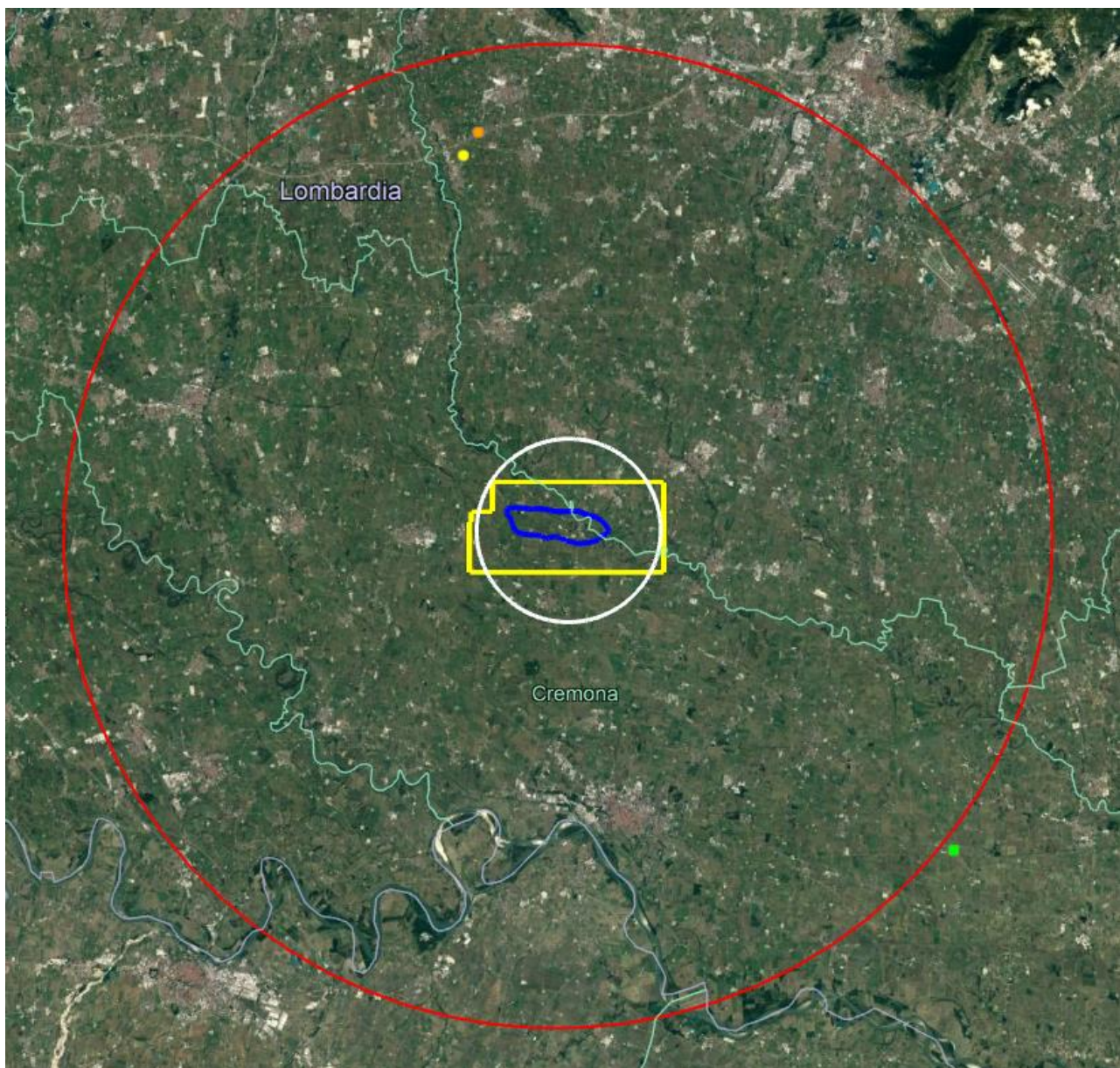


Fig. 9: eventi registrati dalla rete INGV nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018. Sono rappresentati la proiezione in superficie del giacimento (blu), la Concessione di stoccaggio di Bordolano (giallo), il cerchio di raggio di 5 km raffigurante l'area sottoposta a prescrizione ministeriale (cerchio bianco), il cerchio di raggio di 30 km (cerchio rosso).


 Fig. 10: zoom degli eventi riportati anche in Fig. 9 ed elencati in Tabella 5.

RETE INGV (dicembre 2016 – dicembre 2018)							
DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Rete Stogit
2017-10-11 17:37:55	45.1172	10.2728	25.8	2.0	31	40	
2018-12-09 20:27:22	45.5125	9.9053	9.9	2.6	25	27	x
2018-12-09 23:18:50	45.4993	9.8937	10.5	2.5	24	26	x

Tabella 5: eventi registrati dalla rete INGV nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018. La colonna "Rete Stogit" indica quali degli eventi elencati sono stati registrati anche dalla rete microsismica di Bordolano.

2.3 Analisi catalogo PAT (dicembre 2016 - dicembre 2018)

- N. eventi localizzati: 4 (Fig. 11-12; Tabella 6)
- Evento più vicino: distanza epicentrale 27 km e distanza ipocentrale 27 km, rispetto al centro del giacimento di coordinate LAT 45.29° LONG 9.96° (evento registrato dalla rete Stogit; peraltro, lo stesso evento del 26.12.2019 è stato localizzato dalla rete OGS al di fuori dell'area di raggio di 30 km)

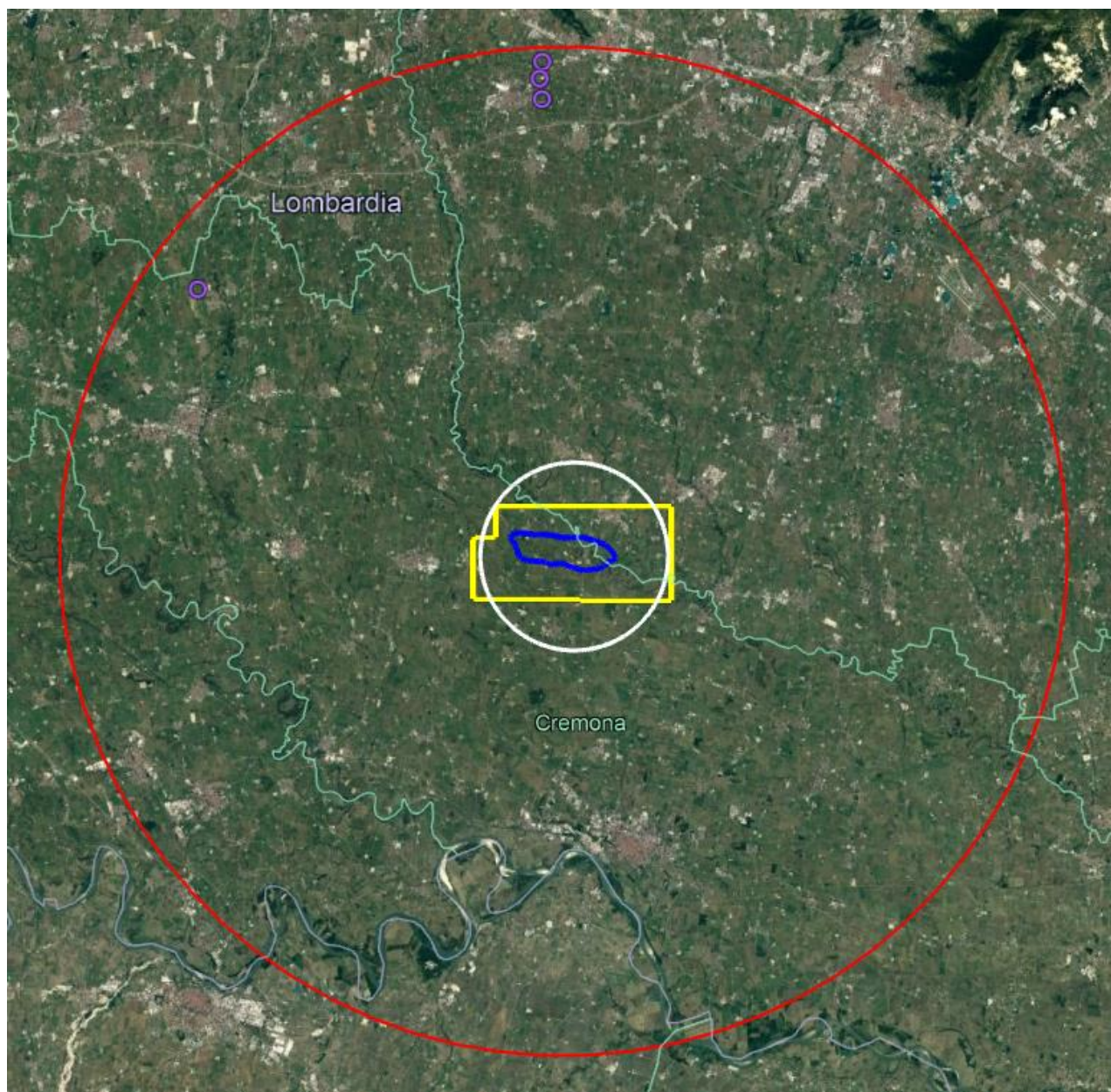
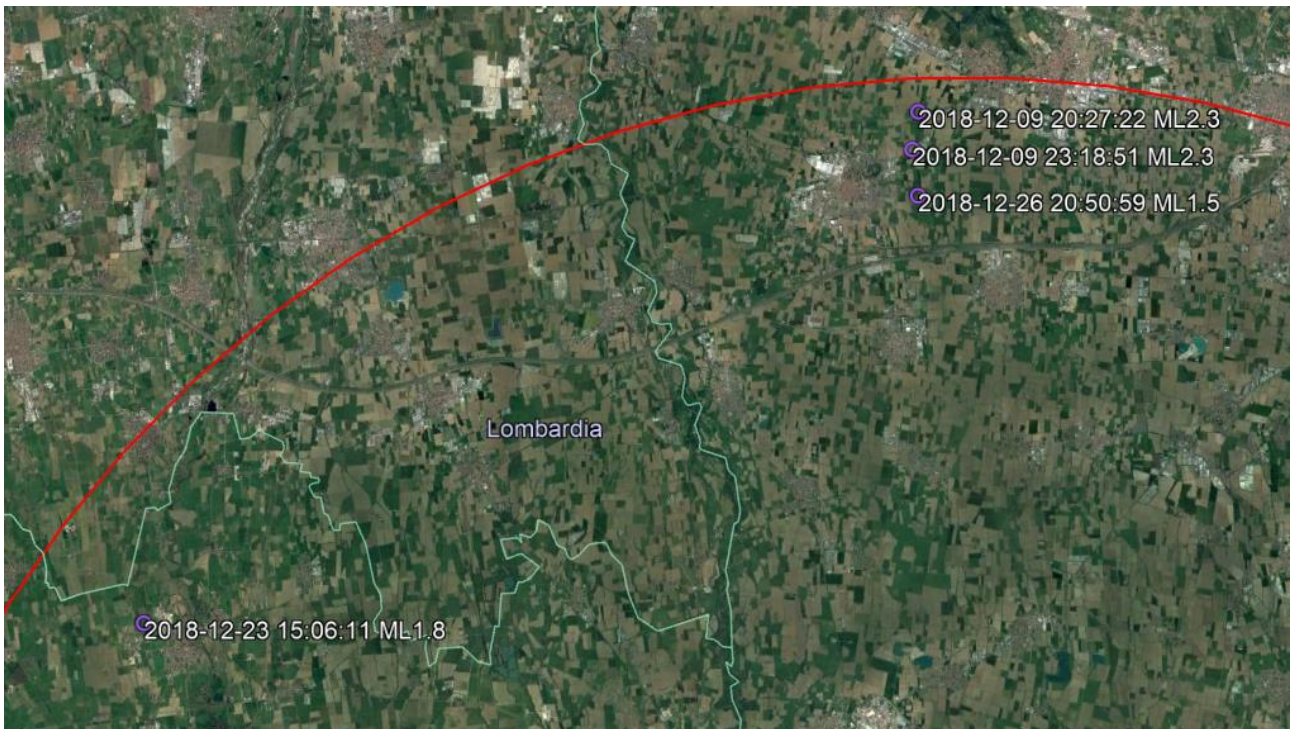



Fig. 11: eventi registrati dalla rete PAT nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018 (cerchi viola). Sono rappresentati la proiezione in superficie del giacimento (blu), la Concessione di stoccaggio di Bordolano (giallo), il cerchio di raggio di 5 km raffigurante l'area sottoposta a prescrizione ministeriale (cerchio bianco), il cerchio di raggio di 30 km (cerchio rosso).


 Fig. 12: zoom degli eventi riportati anche in Fig. 11 ed elencati in Tabella 6.

RETE PAT (dicembre 2016 – dicembre 2018)							
DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Rete Stogit
2018-12-09 20:27:22	45.555	9.952	14	2.3	29	32	x
2018-12-09 23:18:50	45.546	9.950	12.6	2.3	28	31	x
2018-12-23 15:06:11	45.432	9.690	35.1	1.8	27	44	
2018-12-26 20:50:59	45.535	9.952	0.8	1.5	27	27	x

Tabella 6: eventi registrati dalla rete PAT nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018. La colonna “Rete Stogit” indica quali degli eventi elencati sono stati registrati anche dalla rete microsismica di Bordolano.

	Concessione Bordolano Stoccaggio	PAG 17 DI 30
	Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018	Rev. 0

2.4 Eventi ricadenti effettivamente entro una distanza ipocentrale di 30 km (dicembre 2016 - dicembre 2018)

Nella Tabella 7 si riportano gli eventi individuati nel documento redatto da OGS, ricadenti entro una distanza ipocentrale di 30 km rispetto al centro del giacimento. Tutti e 3 gli eventi elencati sono stati registrati anche dalla rete Stogit. L'evento più vicino è del 09.12.2018 ore 23:18:50 UTC localizzato dalla rete INGV (distanza ipocentrale di 26 km) e riportato in Fig. 13.

DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Rete Stogit
Localizzazione OGS							
2018-12-09 20:27:22	45.5080	9.9410	17.2	2.7	24	29	x
Localizzazione INGV							
2018-12-09 20:27:22	45.5125	9.9053	9.9	2.6	25	27	x
2018-12-09 23:18:50	45.4993	9.8937	10.5	2.5	24	26	x
Localizzazione PAT							
2018-12-26 20:50:59	45.535	9.952	0.8	1.5	27	27	x

Tabella 7: eventi registrati dalle reti OGS, INGV e PAT, le cui localizzazioni ricadono entro una distanza ipocentrale di 30 km, nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018. La colonna “Rete Stogit” indica quali degli eventi elencati sono stati registrati anche dalla rete microsismica di Bordolano.

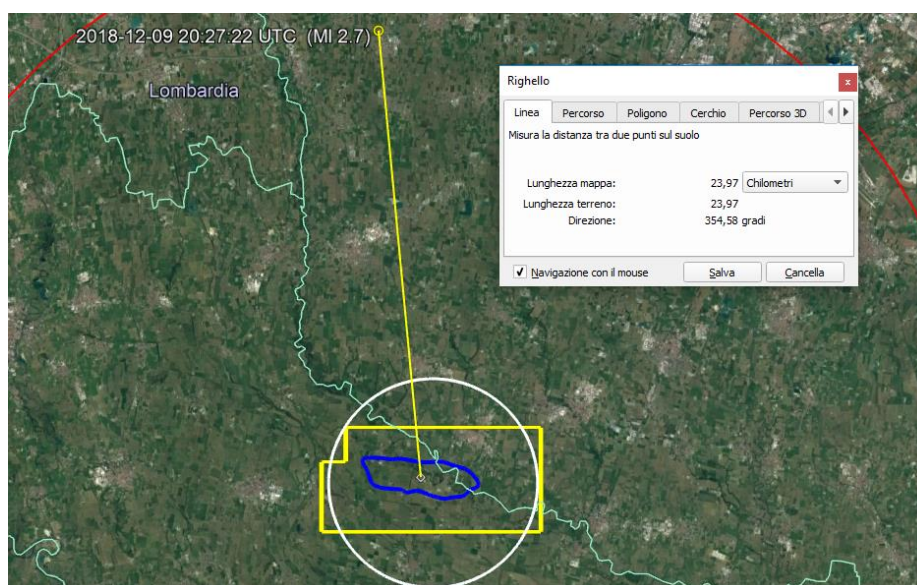


Fig. 13: evento del 09.12.2018 ore 23:18:50 UTC, localizzato a 10.5 km di profondità e ad una distanza epicentrale di 24 km ed ipocentrale di 26 km (ML 2.5).

2.5 Eventi con magnitudo maggiore di 2 (dicembre 2016 - dicembre 2018)

Tutti gli eventi con magnitudo superiore a 2, entro un raggio ipocentrale di 30 km rispetto al centro del giacimento, sono stati registrati dalla rete Stogit.

Coerentemente con i criteri di progettazione della rete di Bordolano alcuni eventi con valori di magnitudo maggiori o uguali a 2, ad una distanza ipocentrale superiore ai 30 km, non sono stati rilevati dalla rete di Bordolano. Tali eventi sono:

- evento di INGV dell'11.10.2017 ore 17:37:55 UTC di magnitudo 2.0, localizzato a 26 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 31 km e ad una distanza ipocentrale di 40 km (Tabella 8; Fig. 14)
- evento di OGS del 08.06.2018 ore 16:49:26 UTC di magnitudo 2.0, localizzato a 21 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 26 km e ad una distanza ipocentrale di 33 km (Tabella 8; Fig. 15); anche INGV non ha registrato questo evento

DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Rete	Rete Stogit
2017-10-11 17:37:55	45.1172	10.2728	25.8	2.0	31	40	INGV	
2018-06-08 16:49:26	45.5290	9.9380	20.5	2.0	26	33	OGS	

Tabella 8: eventi registrati dalle reti OGS e INGV, di magnitudo maggiori o uguali a 2, le cui localizzazioni ricadono ad una distanza ipocentrale superiore ai 30 km, nel periodo dicembre 2016 – dicembre 2018. La colonna “Rete Stogit” indica che detti eventi non sono stati registrati dalla rete microsismica di Bordolano.

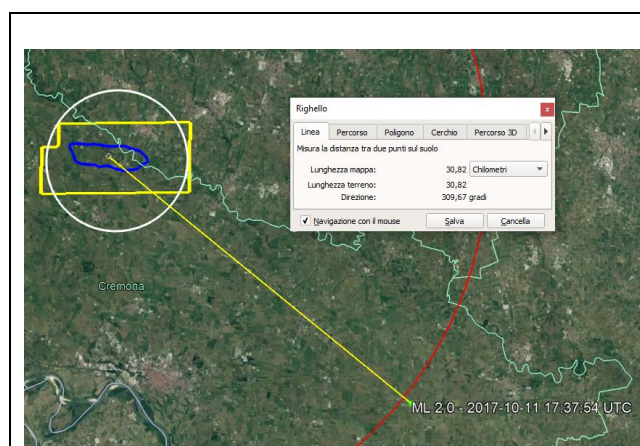


Fig. 14: evento INGV dell'11.10.2017 ore 17:37:55 UTC, localizzato a 26 km di profondità e ad una distanza epicentrale di 31 km ed ipocentrale di 40 km (ML 2.0).

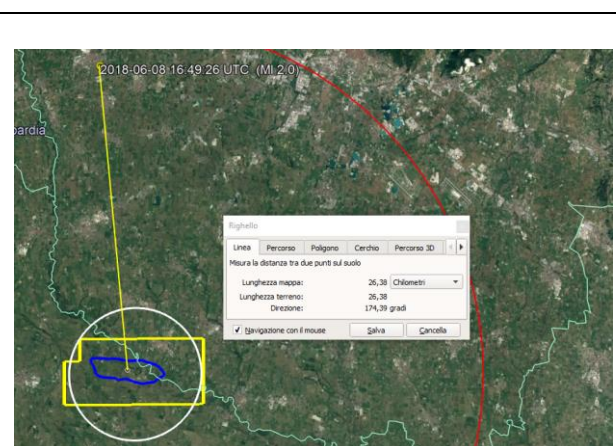



Fig. 15: evento OGS del 08.06.2018 ore 16:49:26 UTC, localizzato a 21 km di profondità e ad una distanza epicentrale di 26 km ed ipocentrale di 33 km (ML 2.0).

	Concessione Bordolano Stoccaggio	PAG 19 DI 30
	Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018	Rev. 0

3. Periodo di bianco (19 dicembre 2013 – novembre 2016)

Nel presente paragrafo si riporta, per completezza di informazioni, l'analisi del periodo di bianco (19 dicembre 2013 – novembre 2016), il cui scopo della rete era unicamente di registrare il rumore di fondo e la sismicità naturale dell'area.

Durante il periodo in esame, le reti OGS, INGV e Stogit non hanno registrato e localizzato eventi entro l'area sottoposta a prescrizione ministeriale (*"un raggio di 5 km dai fondo pozzo"*), come riportato in Fig.1. Inoltre, un'analisi comparata tra i cataloghi OGS, INGV e quanto registrato dalla rete Stogit, **risulta comparabile fino a una distanza ipocentrale di 14 km** dal giacimento.

Nel periodo 2013-2016 si può valutare che la rete fosse in grado di registrare, nei momenti di rumore medio, a distanze epicentrali comprese tra 15 e 30 km, eventi di ML 1.4 - 1.6 per ipocentri tra 10 e 15 km di profondità, ed eventi di ML maggiore di 1.6 per profondità maggiori. Nello scenario con livelli di rumore più elevati, le simulazioni suggeriscono che la rete fosse in grado di identificare eventi di ML 2.4-2.8 per ipocentri a 15-30 km di distanza e profondità indicativa di 10 km, e ML maggiori di 2.7 per eventi più profondi alle stesse distanze. I risultati della modellazione sono quindi coerenti con quanto la rete sia stata in grado di registrare durante il periodo di bianco. **I risultati della modellazione sono quindi coerenti con quanto la rete sia stata in grado di registrare durante il periodo di bianco.**

A scala regionale e nel periodo di bianco, coerentemente con i dati di progetto, alcuni eventi possono non essere stati registrati per distanze epicentrali in gioco superiori ai 15 km e per magnitudo inferiori alle soglie sovra definite (anche di magnitudo intorno a 2).

Considerando un raggio di 30 km da Bordolano, durante il periodo in esame le reti OGS e INGV hanno registrato 35 eventi, di cui la rete Stogit ne ha registrati 7, e non 2 come erroneamente riportato nella tabella riepilogativa estratta dal documento "Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano", redatto da OGS (Fig. 16).

Dei 35 eventi, soltanto 6 eventi ricadono entro una distanza ipocentrale di 20 km, ma comunque superiore a 14 km, quindi maggiore non solo dell'area oggetto di monitoraggio, ma anche delle dimensioni massime dei domini (interno ed esteso) degli ILG.

Si ricorda che l'evento più vicino indicato da OGS a una distanza ipocentrale di 14 km e ad una profondità di circa 6 km risulta localizzato da INGV a 22 km come distanza ipocentrale e ad oltre 12 km di profondità (vedasi paragrafo 3.5 "Confronto localizzazioni OGS vs INGV (dicembre 2013 - novembre 2016). Tale evento di ML 1.6, coerentemente con i valori di progetto della rete, non è stato registrato dalla rete Stogit.

Per completezza di analisi vengono considerati tutti gli eventi riportati nel catalogo del documento redatto da OGS. Si fa presente, però, che in questo periodo è il catalogo INGV che va preso come riferimento nei confronti tra diversi cataloghi, in quanto le localizzazioni OGS non possono essere ritenute affidabili, vista la copertura areale delle stazioni in detto periodo (per approfondimenti si veda il rapporto redatto da Isamgeo).

#	DATA	ORA (UTC)	STOGIT (#)	INGV (#)	OGS (#)	PAT (#)	ML
S1	23/12/13	03:17:10	1	1	1	nr	3,2-3,3
S2	23/12/13	04:57:11	-	2	2	nr	1,5-2,2
S3	23/12/13	05:07:25	-	-	3	nr	0,0
S4	23/12/13	09:51:36	2	3	4	nr	3,1-3,2
S5	23/12/13	10:42:25	-	4	5	nr	1,8-2,2
S6	23/12/13	10:51:51	-	5	6	nr	1,6-1,8
S7	24/12/13	08:10:13	-	-	7	nr	1,8
S8	28/12/13	06:40:16	-	-	8	nr	1,8
S9	28/12/13	06:55:40	-	-	9	nr	1,8
S10	19/01/14	01:26:15,36	-	6	-	nr	2,1
S11	26/02/14	00:12:06	-	-	10	nr	1,7
S12	22/07/14	15:11:34	X	7	11	nr	2,4-2,5
S13	23/07/14	21:22:53	X	8	12	nr	1,7-2,2
S14	24/07/14	08:11:54	-	-	13	nr	1,6
S15	31/07/14	00:25:08	-	-	14	nr	1,4
S16	20/05/15	12:34:43	-	-	15	nr	1,2
S17	03/06/15	09:13:54	-	-	16	nr	1,3
S18	08/06/15	07:39:44	-	-	17	nr	1,5
S19	18/06/15	07:26:02	-	-	18	nr	1,5
S20	23/06/15	04:03:28	-	-	19	nr	1,5
S21	13/09/15	19:08:32	-	-	20	nr	1,8
S22	03/11/15	05:53:38	X	9	21	nr	1,6-2,2
S23	08/12/15	14:02:04,43	X	10	-	nr	2,1
S24	23/03/16	09:50:02	-	-	22	nr	1,3
S25	11/04/16	07:52:54	-	-	23	nr	1,5
S26	26/04/16	12:55:26	-	-	24	nr	1,6
S27	27/04/16	07:28:57	-	-	25	nr	1,2
S28	15/05/16	20:19:21,91	X	11	-	nr	2,2
S29	14/06/16	07:53:14	-	-	26	nr	1,3
S30	28/06/16	09:28:19	-	-	27	nr	1,2
S31	29/06/16	11:31:22	-	12	28	nr	2,2-2,6
S32	27/07/16	21:17:30,39	-	13	-	nr	1,7
S33	15/08/16	05:52:58	-	-	29	nr	1,5
S34	19/08/16	08:38:42	-	-	30	nr	1,3
S35	23/09/16	08:27:19	-	-	31	nr	1,2

Fig. 16: immagine estrapolata dal documento "Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano", a pag. 9. Le crocette verdi sono state aggiunte manualmente per evidenziare che la rete Stogit ha registrato anche gli eventi del 22.07.2014, 23.07.2014, 03.11.2015, 08.12.2015 e 15.05.2016.

La rete Stogit, infatti, ha registrato anche gli eventi identificati con ID # S12, # S13, # S22, # S23, # S28 nella tabella sopra riportata, come contenuto nella relazione STOGIT (2017a). Concessione Bordolano Stoccaggio – Monitoraggio microsismico (Aggiornamento dati a Dicembre 2016). STOGIT, marzo 2017. <https://va.minambiente.it/File/Documento/341375>, presente nella bibliografia a pag. 30 del documento "Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano", redatto da OGS. I restanti 30 eventi, che non sono stati registrati dalla rete Stogit, considerando sia localizzazioni OGS e INGV, hanno le seguenti caratteristiche:

- magnitudo comprese tra 0.0 e 2.6
- ipocentri localizzati tra 4.5 e 42 km di profondità, superiore a quella del giacimento
- risultano ad una distanza epicentrale compresa tra 12 e 31 km
- risultano ad una distanza ipocentrale compresa tra 14 e 47 km



I dettagli delle suddette considerazioni sono riportati nelle tabelle seguenti:

OGS (dicembre 2013 - novembre 2016)			Rete Stogit
Event id,Date,Lat,Lon,Depth,Mag,Location	Distanza epicentrale centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	
2013_01635,2013-12-23 03:17:10,45.4840,10.1680,13.6,3.3,Bagnolo Mella, Lombardia	26	29	X
2013_01636,2013-12-23 04:57:11,45.4800,10.0950,8.2,2.2,Bagnolo Mella, Lombardia	23	24	
2013_01637,2013-12-23 05:07:25,45.4140,10.0690,6.3,0.0,Borgo S. Giacomo, Lombardia	15	17	
2013_01640,2013-12-23 09:51:36,45.4760,10.1610,15.8,3.1,Bagnolo Mella, Lombardia	25	30	X
2013_01642,2013-12-23 10:42:25,45.4390,10.0470,5.1,2.2,Orzivecchi, Lombardia	17	18	
2013_01643,2013-12-23 10:51:51,45.3980,10.0290,5.9,1.8,Borgo S. Giacomo, Lombardia	12	14	
2013_01649,2013-12-24 08:10:13,45.3810,10.0680,9.3,1.8,Borgo S. Giacomo, Lombardia	12	15	
2013_01663,2013-12-28 06:40:16,45.4620,10.2610,14.3,1.8,Castenedolo, Lombardia	29	33	
2013_01664,2013-12-28 06:55:40,45.4430,10.1970,12.5,1.6,Bagnolo Mella, Lombardia	24	27	
2014_00202,2014-02-26 00:12:06,45.4130,10.0790,10.7,1.7,Manerbio, Lombardia	16	19	
2014_01090,2014-07-22 15:11:34,45.4760,10.1340,15.4,2.5,Bagnolo Mella, Lombardia	24	29	X
2014_01098,2014-07-23 21:22:53,45.4420,10.1840,14.2,2.2,Bagnolo Mella, Lombardia	23	27	X
2014_01101,2014-07-24 08:11:54,45.3940,10.1530,9.9,1.6,Manerbio, Lombardia	18	21	
2014_01139,2014-07-31 00:25:08,45.3960,10.1600,10.9,1.4,Manerbio, Lombardia	19	22	
2015_00919,2015-05-20 12:34:43,45.4870,10.2240,10.8,1.2,Castenedolo, Lombardia	29	31	
2015_01006,2015-06-03 09:13:54,45.490,10.225,11.4,1.3,Castenedolo, Lombardia	29	32	
2015_01031,2015-06-08 07:39:44,45.4850,10.2100,10.7,1.5,Castenedolo, Lombardia	28	30	
2015_01089,2015-06-18 07:26:02,45.4680,10.2610,7.7,1.5,Castenedolo, Lombardia	30	31	
2015_01115,2015-06-23 04:03:28,45.395,10.309,32.3,1.5,Leno, Lombardia	29	43	
2015_01751,2015-09-13 19:08:32,45.4990,10.1240,18.1,8,Bagnolo Mella, Lombardia	26	31	
2015_02086,2015-11-03 05:53:38,45.3010,10.2460,13.8,2.2,Pralboino, Lombardia	22	26	X
2016_00442,2016-03-23 09:50:02,45.4900,10.1900,10.7,1.3,Bagnolo Mella, Lombardia	28	30	
2016_00553,2016-04-11 07:52:54,45.4740,10.2600,9.6,1.5,Castenedolo, Lombardia	30	32	
2016_00675,2016-04-26 12:55:26,45.4620,10.0900,13.7,1.6,Bagnolo Mella, Lombardia	21	25	
2016_00679,2016-04-27 07:28:57,45.515,10.1880,11.1,2,Travagliato, Lombardia	30	32	
2016_00981,2016-06-14 07:53:14,45.4760,10.2570,8.4,1.3,Castenedolo, Lombardia	30	31	
2016_01057,2016-06-28 09:28:19,45.4420,10.2420,5.7,1.2,Castenedolo, Lombardia	27	27	
2016_01065,2016-06-29 11:31:22,45.231,10.231,42.2,2.6,Gabbioneta Minanuova, Lombardia	22	47	
2016_01319,2016-08-15 05:52:58,45.4560,9.9840,8.4,1.5,Orzivecchi, Lombardia	18	20	
2016_01337,2016-08-19 08:38:42,45.5010,10.2180,10.9,1.3,Brescia, Lombardia	30	32	
2016_01518,2016-09-23 08:27:19,45.5050,10.2010,9.2,1.2,Travagliato, Lombardia	30	31	

Tabella 9: eventi localizzati dalla rete OGS, per ciascuno dei quali è stata calcolata la distanza epicentrale ed ipocentrale dal centro del giacimento. La colonna "Rete Stogit" identifica quali, degli eventi in tabella, la rete microsismica di Bordolano ha registrato.

INGV (dicembre 2013 - novembre 2016)			Rete Stogit
Event id,Date,Lat,Lon,Depth,Mag,Location	Distanza epicentrale centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	
2838581,2013-12-23 03:17:10,45.4935,10.1058,14.3,2,Torbole Casaglia (Brescia)	25	28	X
2839611,2013-12-23 04:57:11,45.5083,10.1107,8.0,1.5,Torbole Casaglia (Brescia)	26	27	
2841961,2013-12-23 09:51:36,45.4957,10.1138,10.3,3.2,Torbole Casaglia (Brescia)	25	27	X
2842241,2013-12-23 10:42:25,45.5003,10.1083,9.3,1.8,Torbola Casaglia (Brescia)	25	27	
2842321,2013-12-23 10:51:51,45.4427,10.0723,12.8,1.6,Longhena (Brescia)	18	22	
2980461,2014-01-19 01:26:15,45.5075,10.0452,4.5,2.1,Berlingo (Brescia)	24	25	
3664171,2014-07-22 15:11:34,45.4883,10.1500,5.9,2.4,Castel Mella (Brescia)	26	26	X
3968961,2014-07-23 21:22:53,45.4917,10.1258,7.3,1.7,Castel Mella (Brescia)	25	26	X
6207621,2015-11-03 05:53:38,45.3280,10.3667,7.5,1.6,Visano (Brescia)	31	32	X
6293011,2015-12-08 14:02:04,45.1082,9.8297,26.8,2.1,Meleti (Brescia)	23	36	X
6709751,2016-05-15 20:19:21,45.4918,9.7563,34.9,2.2,Fara Olivana con Sola (Bergamo)	28	44	X
6885011,2016-06-29 11:31:22,45.2177,10.2087,37.8,2.2,Gabbioneta Minanuova (Cremona)	21	43	
69751611,2016-07-27 21:17:30,45.5520,9.9973,32.9,1.7,Rovato (Brescia)	29	44	

Tabella 10: eventi localizzati dalla rete INGV, per ciascuno dei quali è stata calcolata la distanza epicentrale ed ipocentrale dal centro del giacimento. La colonna "Rete Stogit" identifica quali, degli eventi in tabella, la rete microsismica di Bordolano ha registrato.

La Fig. 17 rappresenta tutti e 35 gli eventi registrati e le singole localizzazioni delle reti OGS e INGV, nel periodo di riferimento dicembre 2013 – novembre 2016.

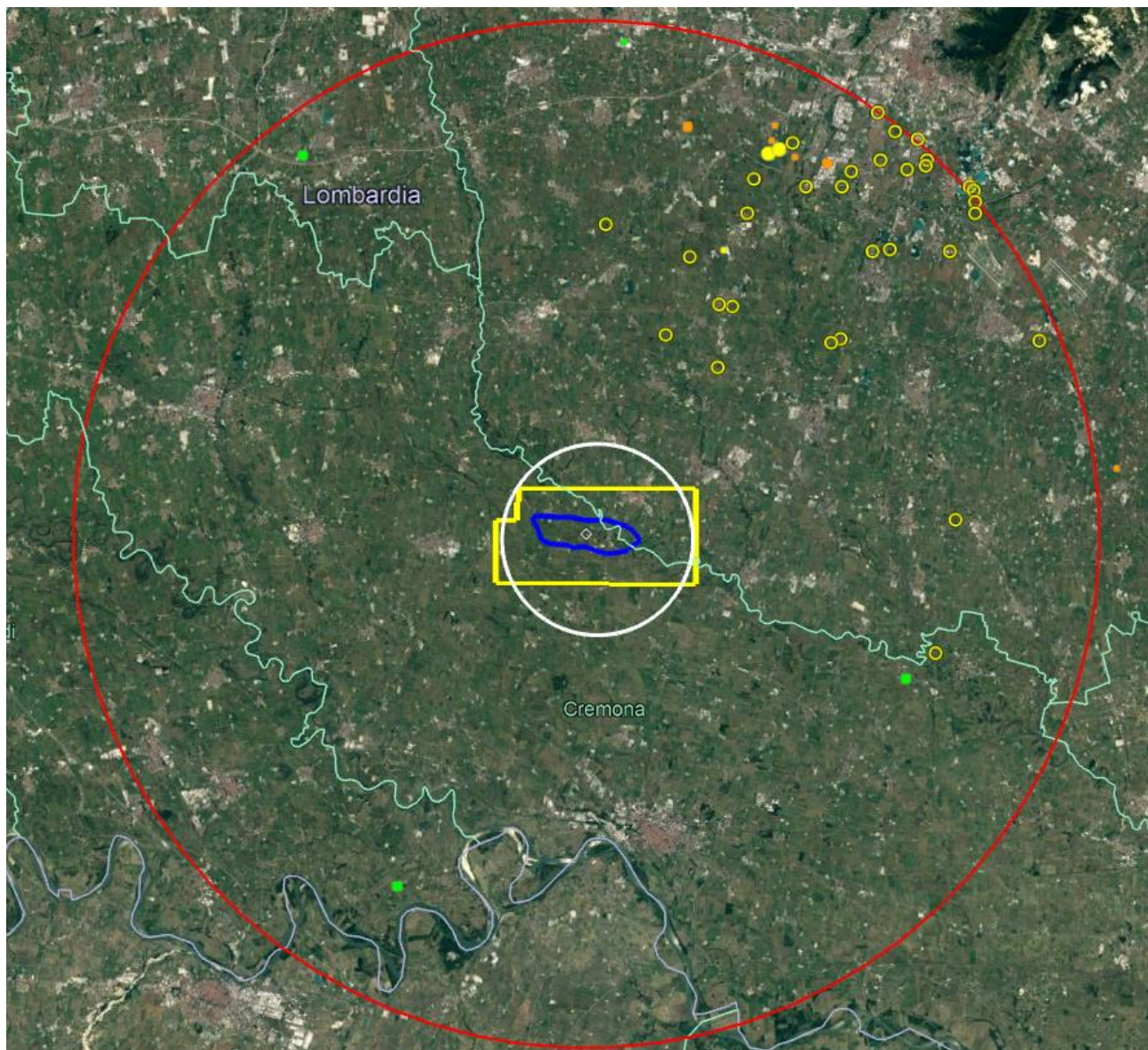


Fig. 17: immagine raffigurante tutte le singole localizzazioni dei 35 eventi delle reti OGS e INGV, nel periodo di riferimento dicembre 2013 – novembre 2016. Il cerchio rosso rappresenta il raggio di 30 km.

Di seguito si riporta una visualizzazione di dettaglio, attraverso immagini satellitari, di quanto registrato da INGV, nel periodo di interesse.

3.1 Analisi catalogo INGV (dicembre 2013 - novembre 2016)

- N. eventi localizzati: 13 (Fig. 20-21; Tabella 12).
- Dei 13 eventi registrati da INGV, la rete Stogit ne ha registrati 7 **coerentemente con i criteri di progettazione**; si fa presente che, del catalogo INGV, un solo evento (“tra quelli non registrati”) poteva essere registrato dalla rete Stogit, come verrà di seguito chiarito.
- Evento più vicino: distanza epicentrale 18 km e distanza ipocentrale 22 km, rispetto al centro del giacimento di coordinate LAT 45.29° LONG 9.96°.

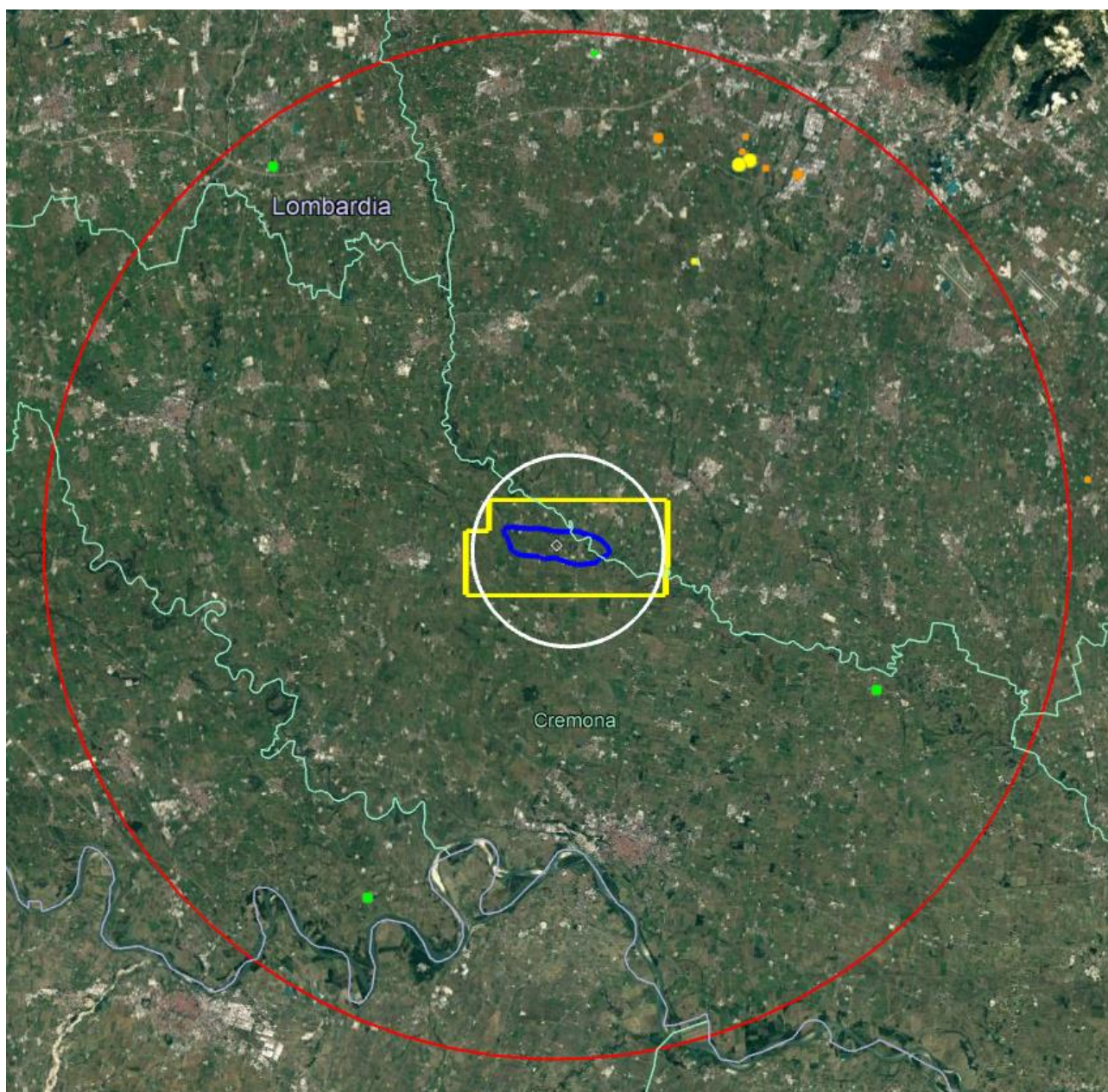


Fig. 20: eventi registrati dalla rete INGV nel periodo dicembre 2013 – novembre 2016. Sono rappresentati la proiezione in superficie del giacimento (blu), la Concessione di stoccaggio di Bordolano (giallo), il cerchio di raggio di 5 km raffigurante l'area sottoposta a prescrizione ministeriale (cerchio bianco), il cerchio di raggio di 30 km (cerchio rosso).

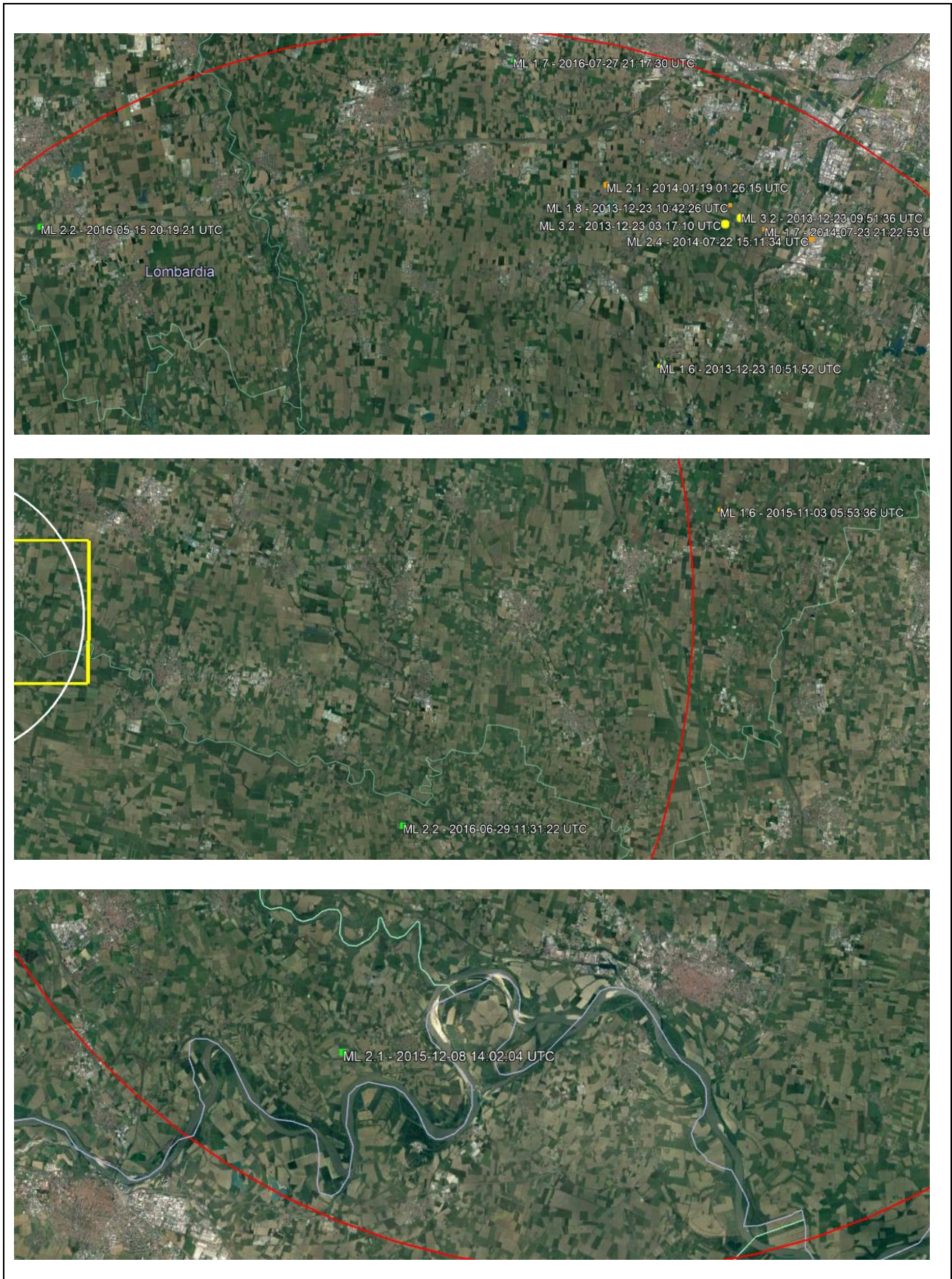


Fig. 21: zoom degli eventi riportati anche in Fig. 20 ed elencati in Tabella 12.



RETE INGV (dicembre 2013 – novembre 2016)

DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Rete Stogit
2013-12-23 03:17:10	45.4935	10.1058	14	3.2	25	28	x
2013-12-23 04:57:11	45.5083	10.1107	8.0	1.5	26	27	
2013-12-23 09:51:36	45.4957	10.1138	10.3	3.2	25	27	x
2013-12-23 10:42:25	45.5003	10.1083	9.3	1.8	25	27	
2013-12-23 10:51:51	45.4427	10.0723	12.8	1.6	18	22	
2014-01-19 01:26:15	45.5075	10.0452	4.5	2.1	24	25	
2014-07-22 15:11:34	45.4883	10.1500	5.9	2.4	26	26	x
2014-07-23 21:22:53	45.4917	10.1258	7.3	1.7	25	26	x
2015-11-03 05:53:38	45.3280	10.3667	7.5	1.6	31	32	x
2015-12-08 14:02:04	45.1082	9.8297	26.8	2.1	23	36	x
2016-05-15 20:19:21	45.4918	9.7563	34.9	2.2	28	44	x
2016-06-29 11:31:22	45.2177	10.2087	37.8	2.2	21	43	
2016-07-27 11:31:22	45.5520	9.9973	32.9	1.7	29	44	

Tabella 12: eventi registrati dalla rete OGS nel periodo dicembre 2013 – novembre 2016. La colonna “Rete Stogit” indica quali degli eventi elencati sono stati registrati anche dalla rete microsismica di Bordolano.

3.2 Eventi ricadenti effettivamente entro una distanza ipocentrale di 30 km (dicembre 2013 - novembre 2016)

La Tabella 13 riporta gli eventi individuati nel documento “Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano” redatto da OGS, ricadenti entro una distanza ipocentrale di 30 km rispetto al centro del giacimento. In particolare, gli eventi a distanza di 30 km, per OGS sono 19 dei 31 totali, mentre per INGV sono 8 di 13. L’evento più vicino è l’evento del 23.12.2013 ore 10:51:51 UTC, localizzato dalla rete OGS (distanza ipocentrale di 14 km) e riportato in Fig. 22a. Il medesimo evento, registrato anche da INGV, è localizzato ad una distanza ipocentrale di 22 km (Fig. 22b).

Si ricorda che, del catalogo INGV, un solo evento (“tra quelli non registrati”) poteva essere registrato dalla



rete Stogit, come verrà di seguito chiarito.

DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Rete Stogit
Localizzazione OGS							
2013-12-23 03:17:10	45.4840	10.1680	13.6	3.3	26	29	x
2013-12-23 04:57:11	45.4800	10.0950	8.2	2.2	23	24	
2013-12-23 05:07:25	45.4140	10.0690	6.3	0.0	15	17	
2013-12-23 09:51:36	45.4760	10.1610	15.8	3.1	25	30	x
2013-12-23 10:42:25	45.4390	10.0470	5.1	2.2	17	18	
2013-12-23 10:51:51	45.3980	10.0290	5.9	1.8	12	14	
2013-12-24 08:10:13	45.3810	10.0680	9.3	1.8	12	15	
2013-12-28 06:55:40	45.4430	10.1970	12.5	1.6	24	27	
2014-02-26 00:12:06	45.4130	10.0790	10.7	1.7	16	19	
2014-07-22 15:11:34	45.4760	10.1340	15.4	2.5	24	29	x
2014-07-23 21:22:53	45.4420	10.1840	14	2.2	23	27	x
2014-07-24 08:11:54	45.3940	10.1530	9.9	1.6	18	21	
2014-07-31 00:25:08	45.3960	10.1600	10.9	1.4	19	22	
2015-06-08 07:39:44	45.4850	10.2100	10.7	1.5	28	30	
2015-11-03 05:53:38	45.3010	10.2460	13.8	2.2	22	26	x
2016-03-23 09:50:02	45.4900	10.1900	10.7	1.3	28	30	
2016-04-26 12:55:26	45.4620	10.0900	13.7	1.6	21	25	
2016-06-28 09:28:19	45.4420	10.2420	5.7	1.2	27	27	
2016-08-15 05:52:58	45.4560	9.9840	8.4	1.5	18	20	
Localizzazione INGV							
2013-12-23 03:17:10	45.4935	10.1058	14	3.2	25	28	x



2013-12-23 04:57:11	45.5083	10.1107	8.0	1.5	26	27	
2013-12-23 09:51:36	45.4957	10.1138	10.3	3.2	25	27	x
2013-12-23 10:42:25	45.5003	10.1083	9.3	1.8	25	27	
2013-12-23 10:51:51	45.4427	10.0723	12.8	1.6	18	22	
2014-01-19 01:26:15	45.5075	10.0452	4.5	2.1	24	25	
2014-07-22 15:11:34	45.4883	10.1500	5.9	2.4	26	26	x
2014-07-23 21:22:53	45.4917	10.1258	7.3	1.7	25	26	x

Tabella 13: eventi registrati dalle reti OGS, INGV e PAT, le cui localizzazioni ricadono entro una distanza ipocentrale di 30 km, nel periodo dicembre 2013 – novembre 2016. La colonna “Rete Stogit” indica quali degli eventi elencati sono stati registrati anche dalla rete microsismica di Bordolano.

3.3 Eventi con magnitudo compresa tra 2 e 2.9 (dicembre 2013 - novembre 2016)

Di tutti i 35 eventi citati nel documento “Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano”, redatto da OGS, per OGS soltanto 6 eventi hanno valori di magnitudo compresa tra 2 e 2.9; di questi 6 eventi, per INGV 4 eventi hanno magnitudo inferiore a 2. In funzione della magnitudo e delle distanze, in coerenza con le prestazioni della rete Stogit di quel periodo, tali eventi potevano non essere registrati.

I restanti 2 eventi, di cui INGV “conferma” il valore di magnitudo superiore a 2, sono collocati:

- ad una distanza ipocentrale di 26 km (22.07.2014 ore 15:11:34 UTC, registrato anche dalla rete Stogit)
- ad una distanza ipocentrale di oltre 40 km (29.06.2016 ore 11:31:22 UTC, non registrato dalla rete Stogit)

Quindi, la rete Stogit ha registrato tutti gli eventi con magnitudo superiore a 2, in coerenza con i criteri di progettazione, ad eccezione di un solo evento del 19.01.2014: in tale data, corrispondente ad un mese dall’avvio della rete stessa, si era reso necessario un intervento di manutenzione.

Gli eventi con valori di magnitudo compresi tra 2 e 2.9 (considerando sia le localizzazioni OGS che INGV), non rilevati dalla rete di Bordolano, sono i seguenti (Tabella 14):

- ✓ l’evento di OGS del 23.12.2013 ore 04:57:11 UTC di magnitudo 2.2, localizzato a 8 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 23 km e ad una distanza ipocentrale di 24 km; tale evento è stato localizzato anche da INGV: magnitudo 1.5, localizzato a 8 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 26 km e ad una distanza ipocentrale di 27 km
- ✓ l’evento di OGS del 23.12.2013 ore 10:42:25 UTC di magnitudo 2.2, localizzato a 5 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 17 km e ad una distanza ipocentrale di 18 km; tale evento è stato localizzato anche da INGV: magnitudo 1.8, localizzato a 9 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 25 km e ad una distanza ipocentrale di 27 km



- ✓ l'evento di INGV del 19.01.2014 ore 01:26:15 UTC di magnitudo 2.1, localizzato a 4.5 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 24 km e ad una distanza ipocentrale di 25 km (non registrato dalla rete Stogit in quanto, ad un mese dall'avviamento, si era reso necessario un intervento di manutenzione)
- ✓ l'evento di OGS del 29.06.2016 ore 11:31:22 UTC di magnitudo 2.6, localizzato a 42 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 22 km e ad una distanza ipocentrale di 47 km; tale evento è stato localizzato anche da INGV: magnitudo 2.2, localizzato a 38 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 21 km e ad una distanza ipocentrale di 43 km

DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Rete	Rete Stogit
* ¹ 2013-12-23 04:57:11	45.4800	10.0950	8.2	2.2	23	24	OGS	
* ² 2013-12-23 10:42:25	45.4390	10.0470	5.1	2.2	17	18	OGS	
* ³ 2014-01-19 01:26:15	45.5075	10.0452	4.5	2.1	24	25	INGV	
2016-06-29 11:31:22	45.2310	10.2310	42.2	2.6	22	47	OGS	
2016-06-29 11:31:22	45.2177	10.2087	37.8	2.2	21	43	INGV	

Tabella 14: eventi registrati dalle reti OGS e INGV, di magnitudo superiore a 2, le cui localizzazioni ricadono entro una distanza ipocentrale superiore ai 30 km, nel periodo dicembre 2013 – novembre 2016. La colonna "Rete Stogit" indica che detti eventi non sono stati registrati dalla rete locale di Bordolano. Gli eventi identificati come *¹ e *², localizzati anche da INGV, ricadono entro una distanza inferiore di 30 km, ma i valori di ML, per INGV, risultano rispettivamente di 1.5 e 1.8, quindi inferiori a ML 2.0. L'evento identificato come *³, localizzato da INGV e di ML 2.1, non è stato registrato dalla rete microsismica di Bordolano in quanto, ad un mese dall'avviamento, si era reso necessario un intervento di manutenzione.

3.4 Confronto localizzazioni OGS vs INGV (dicembre 2013 - novembre 2016)

A titolo di esempio, per evidenziare la minore accuratezza delle localizzazioni della rete OGS rispetto a quelle della rete INGV, si riporta il confronto di due eventi localizzati da entrambe le reti; in particolare, il primo è l'evento più vicino e già citato in precedenza, il secondo, pur non rientrando nel raggio di 30 km considerato, può risultare esemplificativo per la valutazione della diversa sensibilità delle due reti nell'area di analisi.

- ✓ evento: 23.12.2013 ore 10:51:51 UTC (Tabella 15)
 - localizzazione OGS: Borgo San Giacomo (BS), ad una distanza epicentrale di 13 km (Fig. 22a)
 - localizzazione INGV Longhena (BS), ad una distanza epicentrale di 18 km (Fig. 22b)

DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	RETE
2013-12-23 10:51:51	45.3980	10.0290	5.9	1.8	12	14	OGS
2013-12-23 10:51:51	45.4427	10.0723	12.8	1.6	18	22	INGV

Tabella 15: confronto tra le localizzazioni di OGS ed INGV del medesimo evento verificatosi il 23.12.2013 ore 10:51:51 UTC.

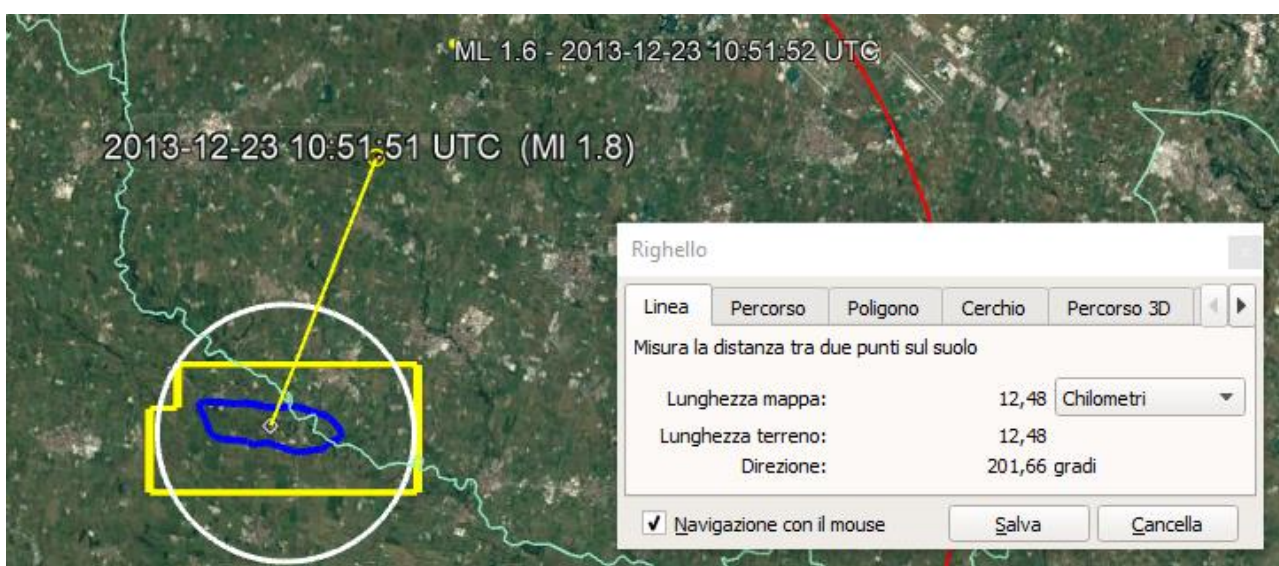



Fig. 22a: evento del 23.12.2013 ore 10:51:51 UTC, localizzato da OGS a 6 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 13 km ed ipocentrale di 14 km.



Fig. 22b: evento del 23.12.2013 ore 10:51:51 UTC, localizzato da INGV a 13 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 18 km ed ipocentrale di 22 km.

	Concessione Bordolano Stoccaggio	PAG 30 DI 30
	Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018	Rev. 0

- ✓ evento: 22.09.2015 ore 12:41:10 UTC (Tabella 16)
 - localizzazione OGS: Bagnolo Cremasco (CR), ad una distanza epicentrale di 29 km (Fig. 23a)
 - localizzazione INGV Segrate (MI), ad una distanza epicentrale di 60 km (Fig. 23b)

DATA e ORA (UTC)	LAT	LONG	DEPTH	ML	Distanza epicentrale (km) centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	Distanza ipocentrale (km) 3D centro giacimento (LAT 45.29° LONG 9.96°)	RETE
2015-09-22 12:41:10	45.3510	9.6130	27	2.8	29	40	OGS
2015-09-22 12:41:08	45.4722	9.2577	48	2.3	60	77	INGV

Tabella 16: confronto tra le localizzazioni di OGS ed INGV del medesimo evento verificatosi il 22.09.2015 ore 12:41:08 UTC.

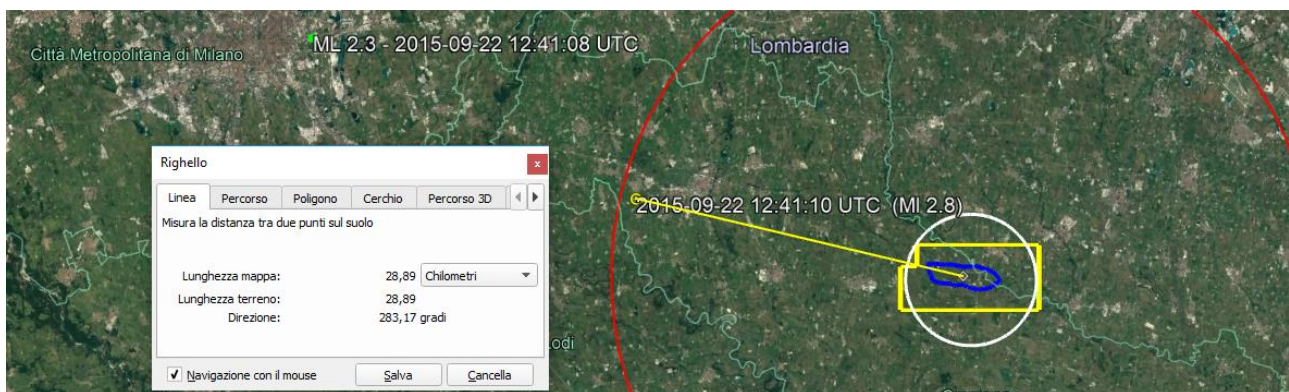


Fig. 23a: evento del 22.09.2015 ore 12:41:10 UTC, localizzato da OGS a 27 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 29 km ed ipocentrale di 40 km.

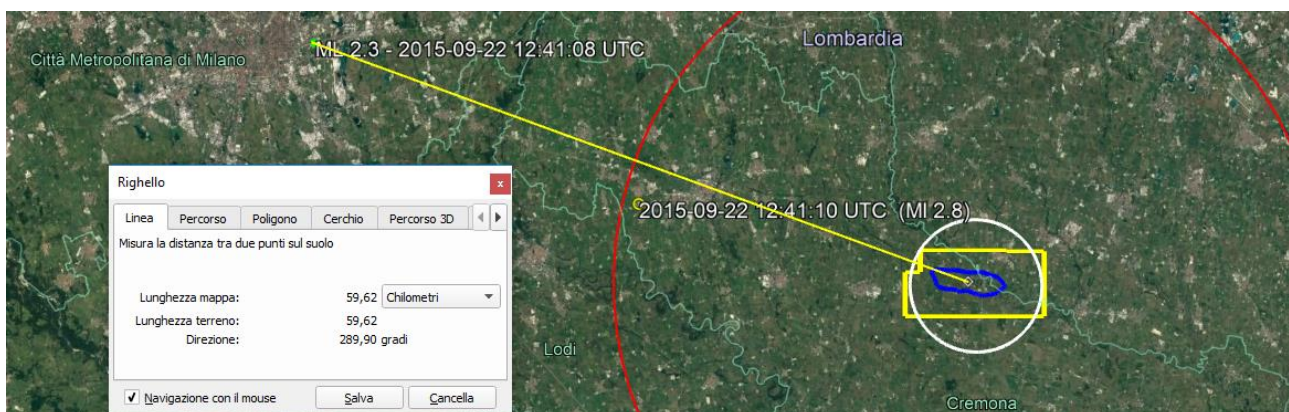
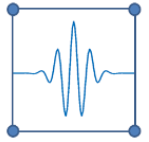


Fig. 23b: evento del 22.09.2015 ore 12:41:08 UTC, localizzato da INGV a 48 km di profondità, ad una distanza epicentrale di 60 km ed ipocentrale di 77 km.

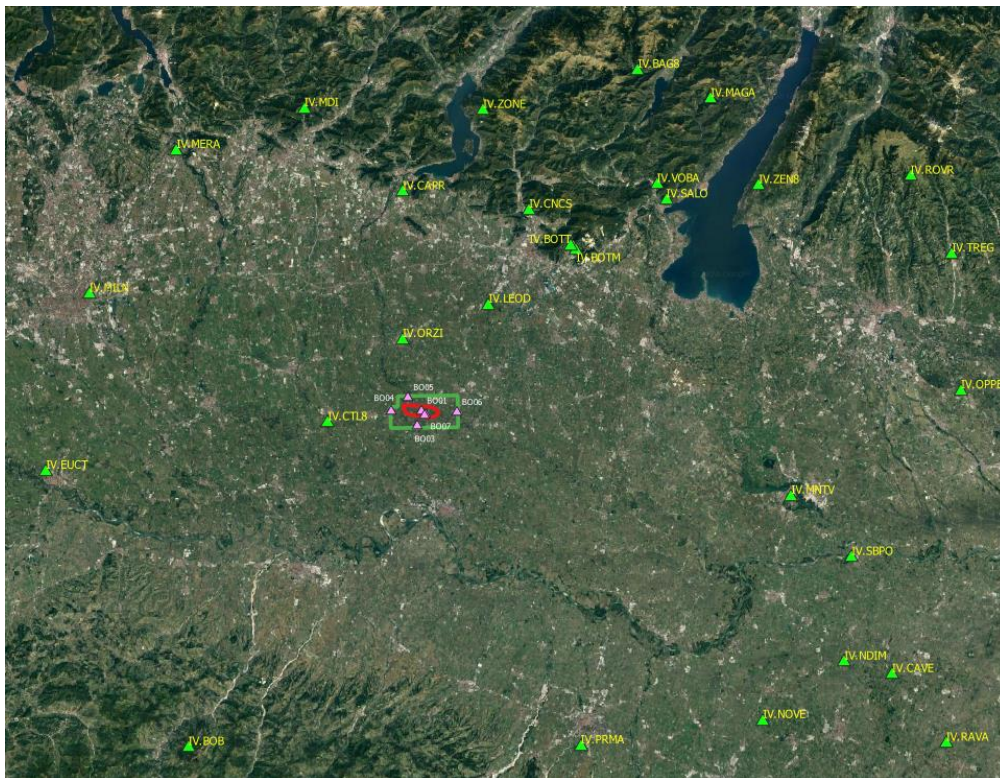
Tali differenze nell'ubicazione degli eventi e nella relativa incertezza delle reti dovuta alla loro localizzazione all'area obiettivo dell'analisi, fa sì che possano erroneamente essere stati localizzati eventi nei 30 km, ma che in realtà potrebbero non esserlo.

Riferimenti: Isamgeo – Valutazione performance della rete di monitoraggio microsismico di Bordolano.



Concessione di Bordolano

Valutazione delle performance della rete di monitoraggio microsismico



04 febbraio 2020

Alessandro Brovelli

Alessandro Brovelli

Amministratore Unico

ISAMGEO ITALIA SRL

Via Arno 1 - 21021 Angera - VA - Italy

Registro Imprese VA

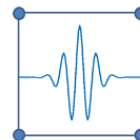
Cod. Fisc. e P.IVA 03170720126

e-mail: isamgeoitalia@legalmail.it

Redatto da: Isamgeo Italia Srl

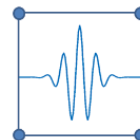
Isamgeo Italia srl, Via Arno 1, 21021 Angera (VA) - Italy

Tel/fax: +39 0331 960122, E-mail (pec): isamgeoitalia@legalmail.it



Indice

1. Introduzione	4
2. Considerazioni sulle reti INGV e OGS nell'area di studio per la concessione di Bordolano	7
2.1. La rete INGV.....	7
2.2. La rete OGS	9
2.3. Discussione	13
3. Valutazione dei livelli di rumore ambientale della rete di Bordolano.....	14
3.1. Livelli di rumore nel 2015	14
3.2. Livelli di rumore nel 2018	18
4. Analisi delle performance della rete di Bordolano.....	21
4.1. Metodologia	21
4.2. Scelta dei parametri geofisici	22
4.3. Modello locale	25
4.3.1. Risultati per la rete 2013 – 2016	26
4.3.2. Risultati per la configurazione attuale della rete	34
4.4. Modello regionale	43
4.4.1. Risultati per la rete di Bordolano del periodo 2013 – 11/2016.....	43
4.4.2. Risultati per la configurazione attuale.....	49
5. Conclusioni	57
6. Bibliografia.....	59



Executive summary

Questo studio è stato commissionato da STOGIT per la concessione di stoccaggio Bordolano. Il presente studio valuta:

- 1) le performance della rete di monitoraggio microsismico installata da STOGIT a partire dal 2013 sul campo di Bordolano, in relazione alle prescrizioni vigenti;
- 2) la copertura delle reti di monitoraggio sismico di OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica) e di INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) nell'intorno della concessione di Bordolano.

Per quanto riguarda il confronto delle reti OGS-INGV, un'analisi della configurazione delle reti e della disposizione spaziale delle stazioni, basata sui dati pubblici presenti sui siti internet dei rispettivi enti, mostra che:

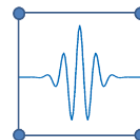
- a. La rete INGV, nel periodo 2013-2018, aveva una copertura da buona ad ottima, che è variata di poco nel tempo. Ci si può dunque attendere che le localizzazioni degli eventi effettuate da INGV con la propria rete siano ragionevolmente accurate con un basso livello di incertezza nell'area di studio;
- b. La rete OGS ha avuto una graduale evoluzione nel tempo, partendo da una rete del tutto inadeguata nel 2013. La copertura dell'area di Bordolano è tutt'oggi non del tutto soddisfacente, poiché l'area circostante la concessione di Bordolano è esterna all'area effettivamente monitorata da OGS. Solo a partire dal 2017 si può ritenere che l'accuratezza di localizzazione da parte di OGS nell'area di Bordolano sia divenuta parzialmente soddisfacente.

Si può quindi concludere che il catalogo INGV sia idoneo per un confronto con la rete locale installata da STOGIT presso il campo di Bordolano, mentre il catalogo OGS è affetto da grosse incertezze, soprattutto fino a tutto il 2016.

La valutazione della rete locale di monitoraggio installata da STOGIT SpA è stata condotta mediante una metodologia utilizzata e riconosciuta nella letteratura scientifica internazionale. L'analisi si compone di due fasi, ovvero: (a) la valutazione dei livelli di rumore ambientale e (b) la simulazione dello spettro di ampiezza di ipotetici eventi sismici, che vengono successivamente confrontati con i livelli di rumore di cui sopra.

La rete locale di monitoraggio di STOGIT SpA ha avuto nel tempo due configurazioni. Una prima configurazione tra il 2013 e novembre 2016, più semplice, avente lo scopo di registrare la baseline del rumore e la sismicità naturale ante-operam, ed una seconda configurazione completata a Dicembre 2016, attivata contestualmente all'effettivo avvio dell'attività di stoccaggio.

Le simulazioni effettuate mostrano che entrambe le configurazioni della rete, anche in presenza di elevati livelli di rumore caratteristici delle aree fortemente antropizzate, **sono in grado di rispettare le prescrizioni dettate in fase di VIA, ovvero contenute nel decreto DVA-2014-0018804 del 16.05.2014**. In aggiunta, è stato effettuato un confronto con i contenuti indicati negli **Indirizzi-Linee Guida MISE (2014), che indica come la rete di Bordolano sia totalmente confacente alle indicazioni fornite da queste ultime, in termini di soglie di localizzabilità degli eventi sismici**.



1. Introduzione

Questo studio è stato commissionato da STOGIT per la concessione di stoccaggio di Bordolano con lo scopo di approfondire e stimare la capacità di identificazione e localizzazione degli eventi sismici da parte della rete di monitoraggio microsismico installata da STOGIT presso la concessione. Obiettivo di queste analisi è quello di valutare se la rete, durante le diverse fasi di sviluppo e messa in attività del campo, fosse rispondente alle richieste contenute nella prescrizione DVA-2014-0018804 del 16.05.2014 e, più in generale, stimare la soglia minima di magnitudo locale degli eventi sismici che la rete è oggi in grado di identificare e localizzare, anche in funzione dei livelli di rumore ambientale presenti sul sito.

In aggiunta, è stato effettuato un confronto tra le reti di monitoraggio sismico di INGV ed OGS nell'area circostante la concessione, con l'obiettivo di comprendere quale delle due reti avesse il miglior grado di copertura dell'area oggetto dello studio e dunque fosse in grado di fornire le localizzazioni (parametri focali degli eventi, ovvero posizione dell'ipocentro e tempo origine) e magnitudo più affidabili. Questa esigenza è sorta in seguito alle significative differenze emerse nel confronto dei cataloghi sismici prodotti da INGV ed OGS, e contenuto nella relazione di OGS a firma del Dott. Priolo ed allegata al materiale relativo alla riapertura della procedura di VIA (*"Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano"*).

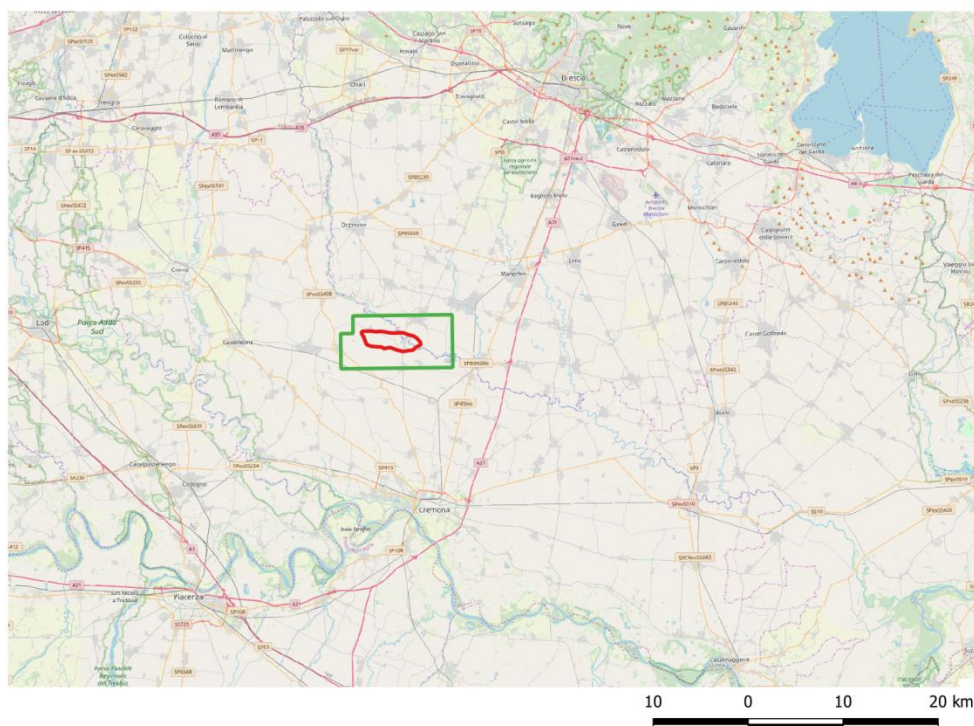


Figura 1.1. Posizione della concessione di Bordolano (rettangolo verde) nella porzione centrale della Pianura Padana. La linea rossa indica la proiezione del giacimento (OGWC) in superficie.

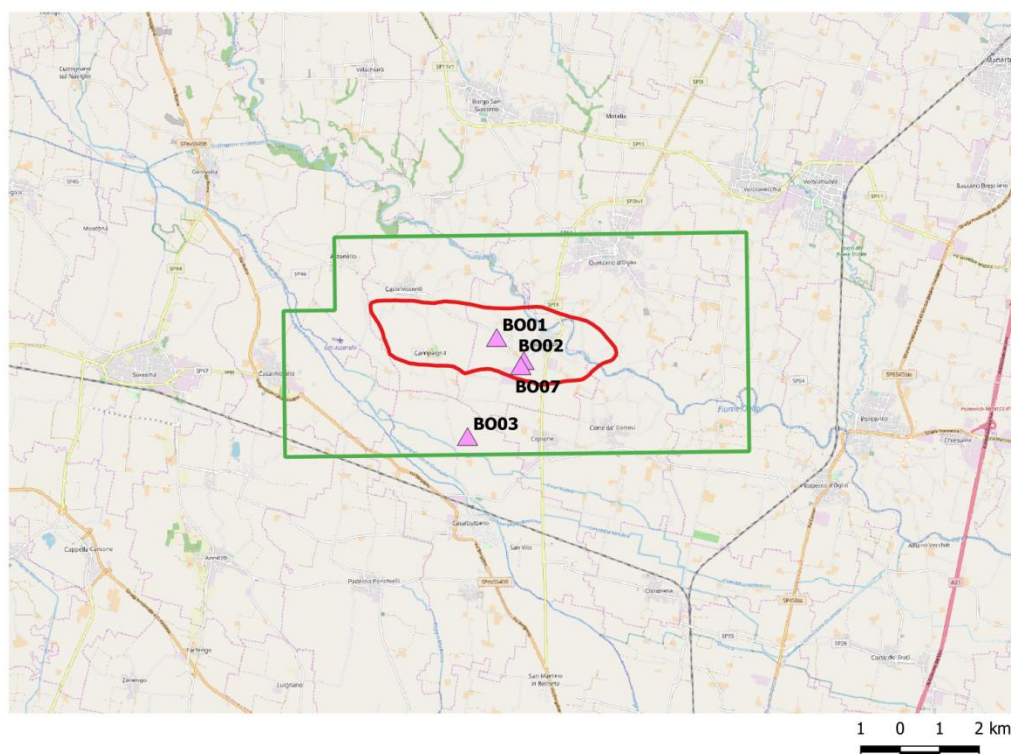
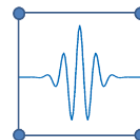


Figura 1.2. Configurazione della rete di monitoraggio microsismico nel periodo 2013 – 11/2016. La stazione in pozzetto a 70m di profondità è la BO02.

La Fig. 1.1 mostra la posizione della concessione di Bordolano nella porzione centrale della Pianura Padana, ad una distanza approssimativa di 34 km a sud di Brescia e 18 km a nord di Cremona. Il giacimento a gas, depletato, oggi usato come serbatoio per lo stoccaggio del gas, ha un'estensione di 6 km in direzione E-W e 2 km in direzione N-S, ed è posto a circa 1700 m di profondità.

La rete di monitoraggio gestita da Stogit S.p.A. per la concessione di Bordolano ha avuto due distinte fasi di sviluppo. In una prima fase (Fig. 1.2), durata dal 2013 a novembre 2016, e corrispondente al periodo di misura della baseline (o 'bianco') del rumore ambientale e della sismicità naturale, la rete era composta da 4 stazioni, di cui una in pozzetto a 70m di profondità. In questa prima fase non erano presenti attività di stoccaggio di gas nel campo. La rete è stata estesa progressivamente con l'aggiunta di 3 ulteriori stazioni, di cui una seconda in pozzetto (70 m di profondità). Nella seconda fase, iniziata a dicembre 2016 in corrispondenza della messa in attività del campo di stoccaggio e della centrale, la rete era quindi composta da 7 stazioni di monitoraggio, dotate di sismometri triassiali a corto periodo (frequenza propria di 1Hz). Una stazione è inoltre equipaggiata con un accelerometro di tipo force-balance. Il segnale viene acquisito in continuo e trasmesso in tempo reale ad un sistema di registrazione ed elaborazione per l'identificazione automatica e manuale degli eventi utilizzando all'occorrenza, in un'ottica di integrazione tra reti, i dati proveniente dalla rete sismica nazionale gestita da INGV. Un sistema di segnalazione automatica consente di informare gli analisti di potenziali eventi microsismici di interesse per effettuare eventuali analisi e approfondimenti di dettaglio.

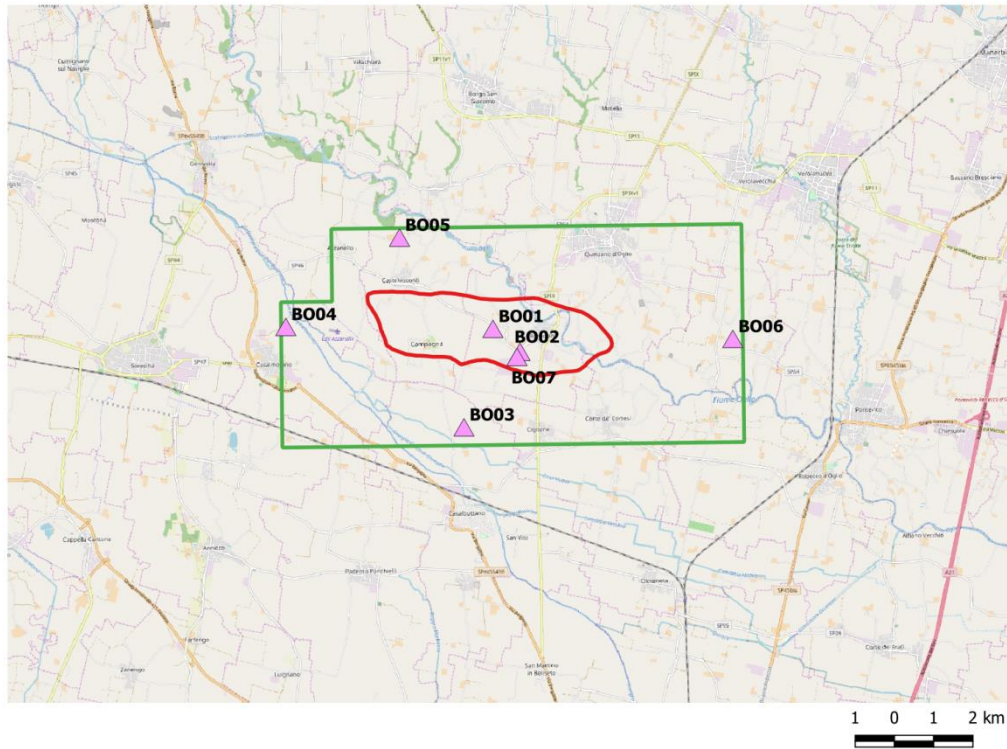
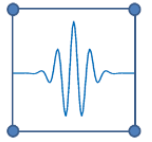
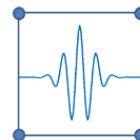


Figura 1.3. Configurazione delle stazioni della rete di monitoraggio sismico a partire da dicembre 2016 e tutt'ora in attività. Le stazioni in pozzetto a 70m di profondità sono la BO02 e BO05.



2. Considerazioni sulle reti INGV e OGS nell'area di studio per la concessione di Bordolano

L'analisi del Dott. Priolo evidenzia una discrepanza tra i cataloghi sismici predisposti da OGS e da INGV nel periodo 2013 – 2018 ed il corrispondente catalogo Stogit relativo alla concessione di Bordolano. In particolare, il catalogo OGS riporta un numero maggiore di eventi nel raggio di 30km da Bordolano, rispetto sia al catalogo INGV che al catalogo Stogit. Si osservi come tale distanza di 30 km sia stata scelta dal dott. Priolo in modo totalmente arbitrario, in quanto non sussistono motivazioni né tecniche né normative per giustificarla.

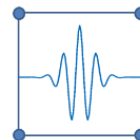
Un'analisi più dettagliata rivela che, all'interno del catalogo OGS, una larga parte degli eventi il cui epicentro è posto all'interno della regione di 30 km sono precedenti al 2016. Più in dettaglio, si evidenzia che tutti gli eventi più prossimi al campo (8 eventi), con epicentro a distanze comprese tra 12 e 20 km dal centro del giacimento (45.29 LAT 9.96 LONG.), sono stati identificati nel periodo 2013-2015. Al contrario, il catalogo INGV posiziona un solo evento nell'intero periodo 2013-2018 ad una distanza (di poco) inferiore ai 20km.

In questo contesto appare interessante comparare le capacità delle reti INGV e OGS utilizzate per compilare i relativi cataloghi, essendo evidente la discrepanza tra i risultati delle due reti, e non discusso nell'analisi del dott. Priolo. Per valutare quale dei due cataloghi sia più accurato, è opportuno analizzare le configurazioni delle reti, per verificare se le discrepanze osservate possano essere dovute a differenze nella geometria delle reti stesse. È importante però sottolineare che l'analisi e localizzazione dei terremoti da parte di INGV è condotta, sulla base della missione statutaria di INGV, su tutto il territorio nazionale.

2.1. La rete INGV

Ci si limita in questo paragrafo alla analisi della sola rete INGV (codice IV). Nelle regioni con poca copertura da parte della rete IV, tale ente utilizza anche dati di reti locali, tra cui buona parte della stessa rete OGS, e talvolta di stazioni temporanee. La Fig. 2.1 mostra la configurazione della rete INGV nell'area intorno alla concessione di Bordolano. La posizione delle stazioni è indicata dai triangoli verdi, le linee continue indicano la proiezione in superficie del giacimento (linea rossa). La linea tratteggiata rosa indica la regione nel raggio di 30 km dal Bordolano arbitrariamente introdotta dal Dott. Priolo. Come si vede, la rete INGV ha numerose stazioni nell'area, anche a distanze inferiori ai 30km dal campo di Bordolano. Secondo le informazioni disponibili sul portale INGV, le stazioni più prossime (IV.CTL8, IV.LEOD, ed IV.ORZI) sono attive da prima del 2013, ed in generale la maggior parte delle stazioni dell'area era già installata prima del 2013.

L'area colorata e sovrainposta alla mappa mostra infine la copertura azimutale della rete INGV per l'area oggetto dello studio. Quest'area è costituita da un quadrato di lato di 60km, centrato sulla concessione di Bordolano, ed esteso ulteriormente di 10km verso N e verso E. La scala di colori riporta il gap azimutale di un ipotetico evento all'interno dell'area, a seconda della posizione dell'epicentro. Per la rete INGV, il gap azimutale varia nell'intervallo 27-103 gradi per l'intero periodo 2013 – 2018.



Il gap azimutale (GA) è una metrica (puramente geometrica) che consente di stimare la bontà di una localizzazione, ovvero di stimare a priori se una rete di monitoraggio abbia sufficiente copertura per garantire che gli eventi sismici identificati in una certa area possano essere localizzati con sufficiente precisione. In particolare, per una rete di almeno 4 stazioni, il gap azimutale ottimale è inferiore a 90-110 gradi, la localizzazione è accettabile se il gap è inferiore a 180 gradi, ed è da scartare se maggiore di questo valore, perché la precisione che la rete consente è nettamente insufficiente. Si vedano a questo proposito per es. Bondár et al., 2004; D'Alessandro et al., 2011; Valtonen et al., 2013.

Nel caso della rete INGV, la copertura azimutale è da buona ad ottima ($GA < 90^\circ$), con numerose stazioni che coprono la zona più a nord dell'area considerata, nella fascia prealpina in prossimità della città di Brescia. In quest'area si può prevedere un'ottima capacità di detezione di eventi sismici e localizzazioni con elevato grado di accuratezza.

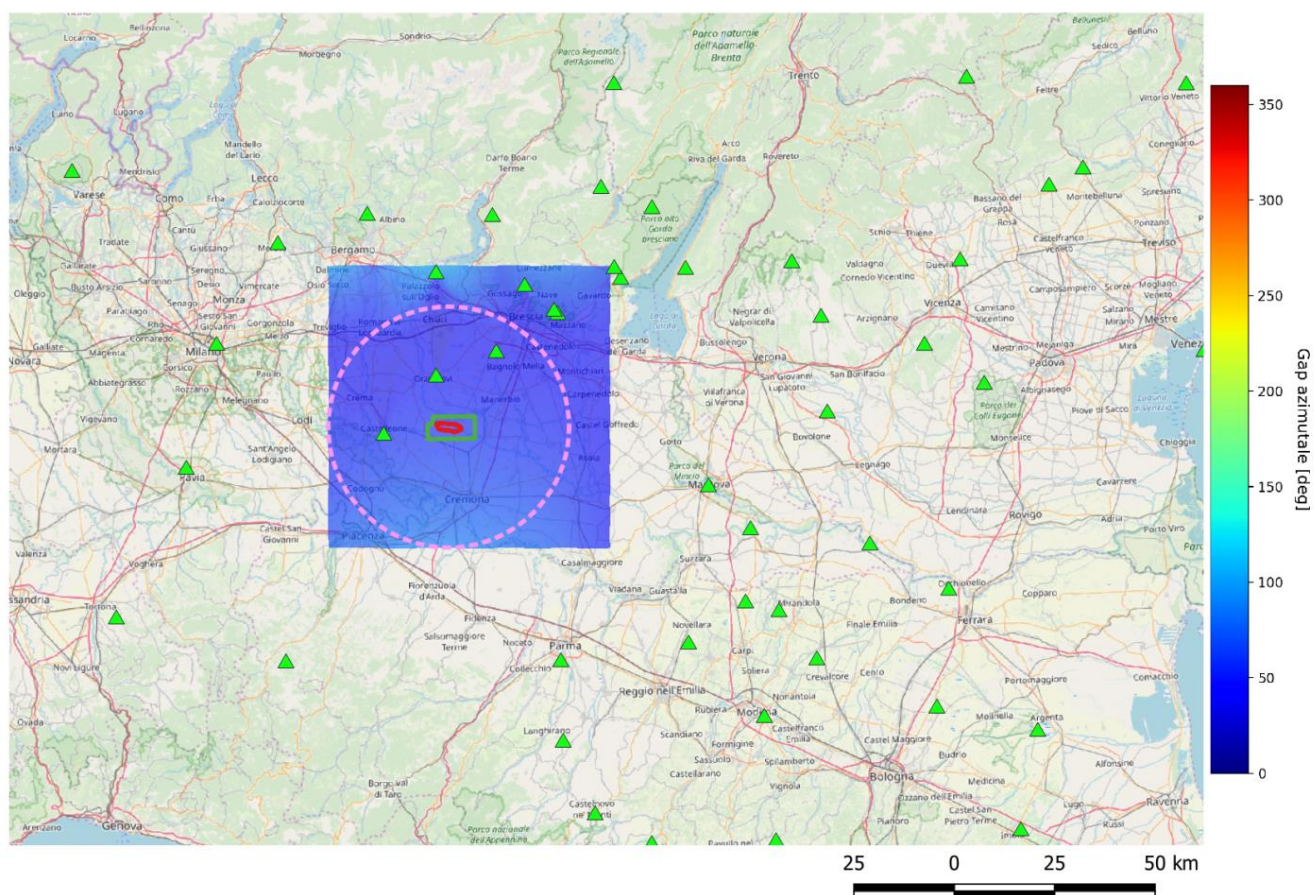
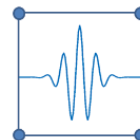


Figura 2.1. La rete INGV e la mappa del gap azimutale nella regione intorno a Bordolano. Le stazioni INGV sono indicate dai triangoli verdi.



2.2. La rete OGS

Le informazioni sulle reti gestite ed utilizzate da OGS sono disponibili sul portale OASIS (<http://oasis.crs.inogs.it/>), tab “Sites”. Dalle informazioni presenti, sembra che la localizzazione degli eventi venga effettuata utilizzando esclusivamente dati delle reti gestite direttamente da OGS. Si osservi peraltro che la finalità del monitoraggio sismico condotto in autonomia da OGS è quella di coprire l’Italia del Nord-Est. Lo stesso sito internet deputato a riportare gli eventi rilevati (<http://rts.crs.inogs.it/it/home.html>) mostra che la concessione di Bordolano è esterna all’area di interesse, definita dal poligono di colore rosso in Fig. 2.2.

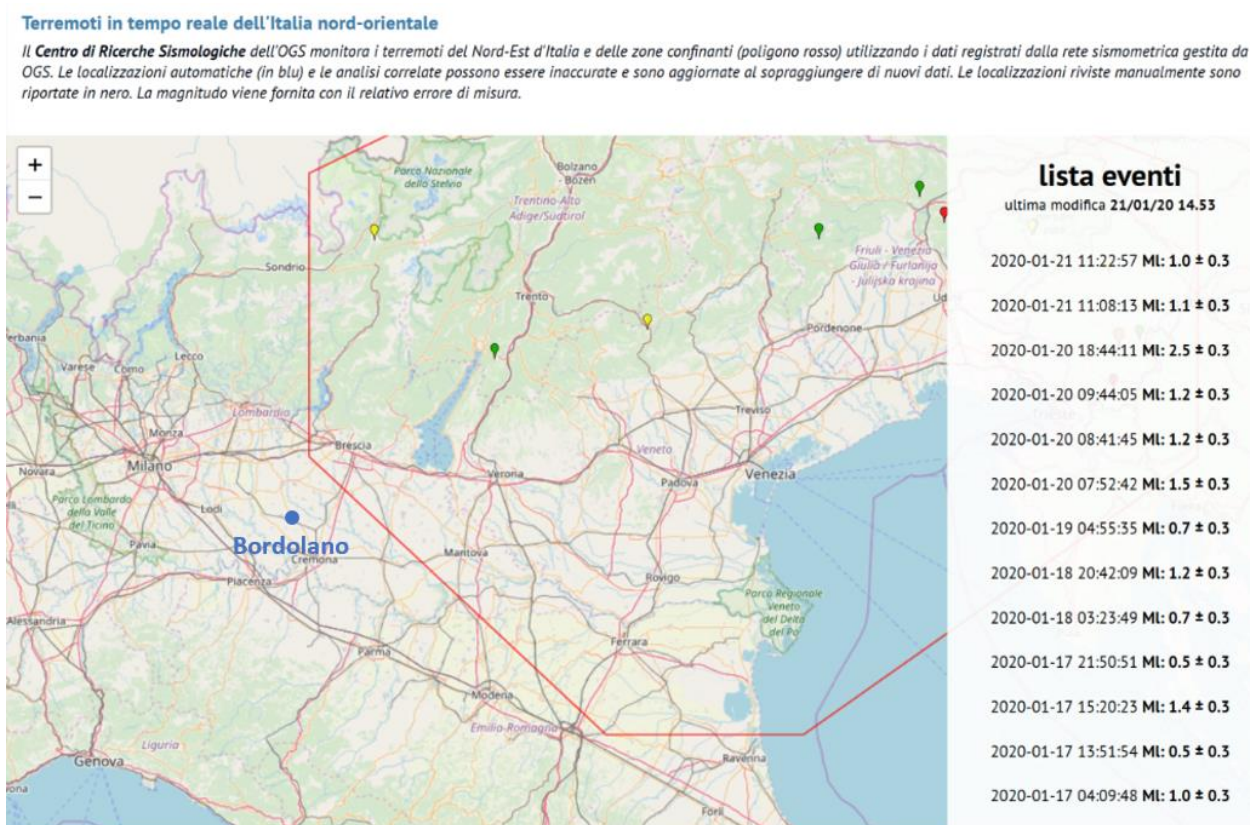
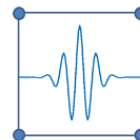


Figura 2.2 – Area monitorata dalla rete OGS al 21 gennaio 2020. Screenshot preso dal portale RTS-OGS (<http://rts.crs.inogs.it/>). Si osservi che la concessione di Bordolano è tutt’ora esterna all’area oggetto del monitoraggio da parte di OGS.

Sulla base delle informazioni ricavabili dal portale OASIS, appare come la rete gestita da OGS abbia subito alcune trasformazioni nel corso degli anni. In particolare, la copertura della zona di interesse per questo studio, a sud di Brescia, è variata negli anni recenti oggetto della relazione del Dott. Priolo. Nel periodo 2013 – 2018 si possono identificare tre fasi distinte:

- **Periodo 2013 – 2015:** L’area di interesse poteva essere monitorata tramite le reti “North-East Italy Broadband Network”, codice “NI”, e la rete della Provincia Autonoma di Trento, codice “PAT”. La geometria complessiva della rete, e la relativa copertura azimutale nell’area oggetto del presente studio sono riportate in Fig. 2.3. Le stazioni della rete NI sono riportate con i simboli triangolari di



colore giallo, mentre quelle della rete PAT sono in rosa. La mappa mostra chiaramente che la copertura sull'area a sud-ovest del lago di Garda era molto scarsa, con un gap azimutale indicativamente compreso tra 220 e 290 gradi. In queste condizioni, l'accuratezza delle localizzazioni degli eventi sismici è estremamente bassa ed inaffidabile in questa specifica zona.

- **Periodo 2016 – 01/2017:** A gennaio 2016 la rete "NI" è stata dismessa ed è stata rimpiazzata dalla rete denominata "North-East Italy Seismic Network", codice "OX". Molti dei siti della rete "NI" sono stati riutilizzati nella nuova rete, che è però stata anche integrata da ulteriori stazioni (Fig. 2.4). La copertura azimutale dell'area oggetto di studio è migliorata in prossimità della città di Brescia ed il lago di Garda, con valori di Gap azimutale (di seguito GA) localmente inferiori a 90°, mentre a sud-ovest a partire dalla concessione di Bordolano la copertura rimane scarsa (GA dell'ordine dei 290°). In altre parole, nel 2016 la rete OGS si può ipotizzare fosse in grado di localizzare accuratamente solo gli eventi posti nel settore nord orientale (Lago di Garda e città di Brescia).
- **Periodo 01/2017 – 2018:** La rete OGS è stata probabilmente ulteriormente integrata tramite l'installazione di una nuova rete locale volta al monitoraggio della sismicità nell'intorno di un altro campo di stoccaggio non gestito da STOGIT. Si tratta della rete di Cornegliano Laudense, codice "OL" (triangoli azzurri in Fig. 2.5). Con questa integrazione (l'effettiva integrazione di tali stazioni non è sicura in quanto non deducibile dalle informazioni pubblicate sul portale OGS OASIS), la copertura azimutale della rete OGS sull'area di Bordolano verrebbe migliorata, tuttavia nella zona intorno al campo sarebbe comunque eterogenea e compresa tra 90° e 160°, mentre oltre tenderebbe a raggiungere valori di gap azimutale elevato.

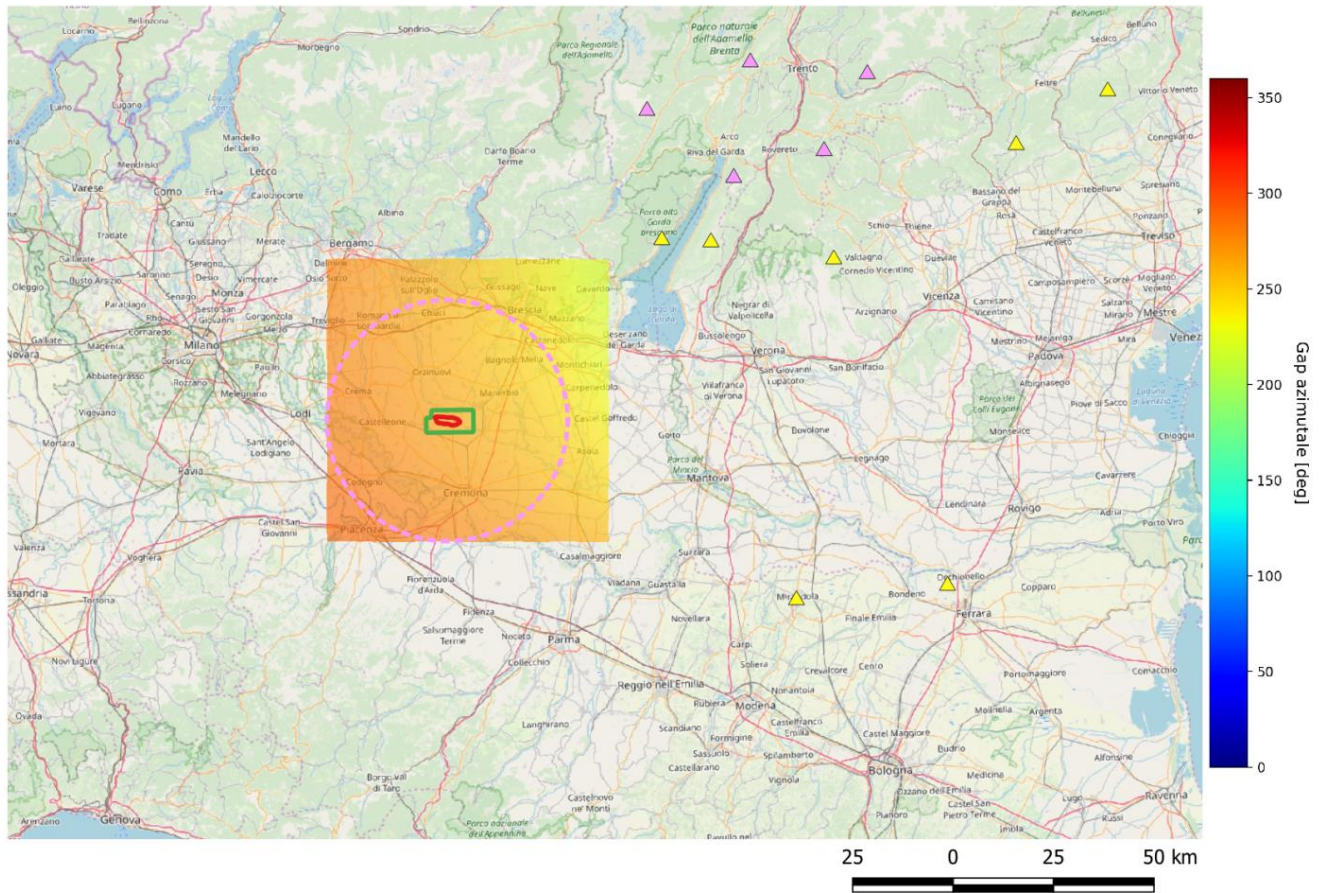
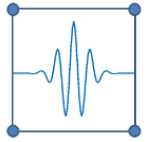


Figura 2.3. La rete utilizzata da OGS nel periodo 2013-2015 e la relativa mappa di gap azimutale nella regione intorno a Bordolano. Le stazioni della rete "NI" sono indicate dai triangoli gialli, quelli della rete "PAT" dai triangoli rosa.

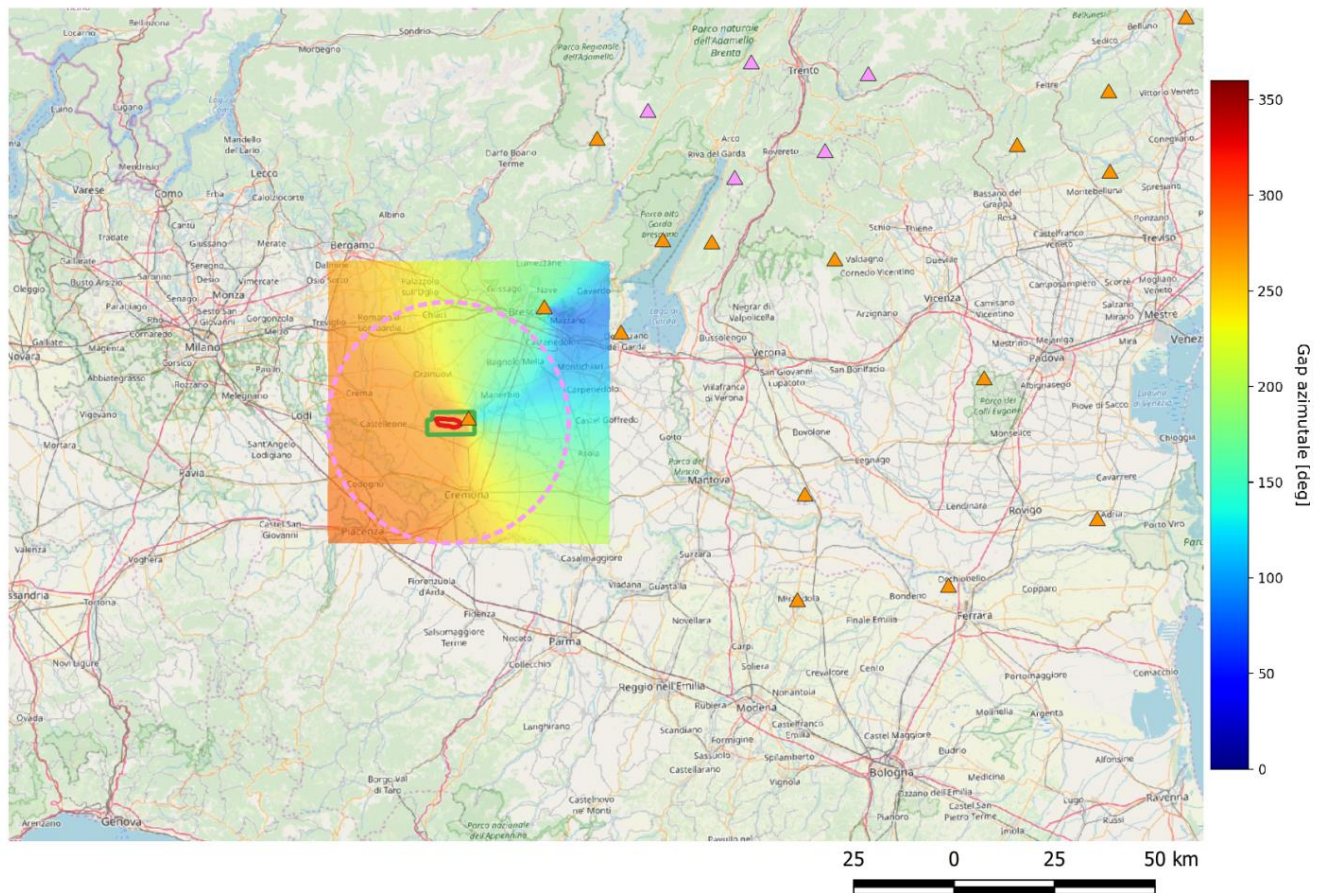
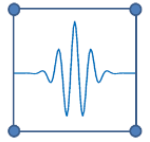


Figura 2.4. La rete OGS nel 2016 e la relativa mappa di gap azimutale nella regione intorno a Bordolano. Le stazioni della rete "OX", che ha rimpiazzato la rete "NI" al 01/01/2016 sono indicate dai triangoli arancioni, quelli della rete "PAT" dai triangoli rosa.

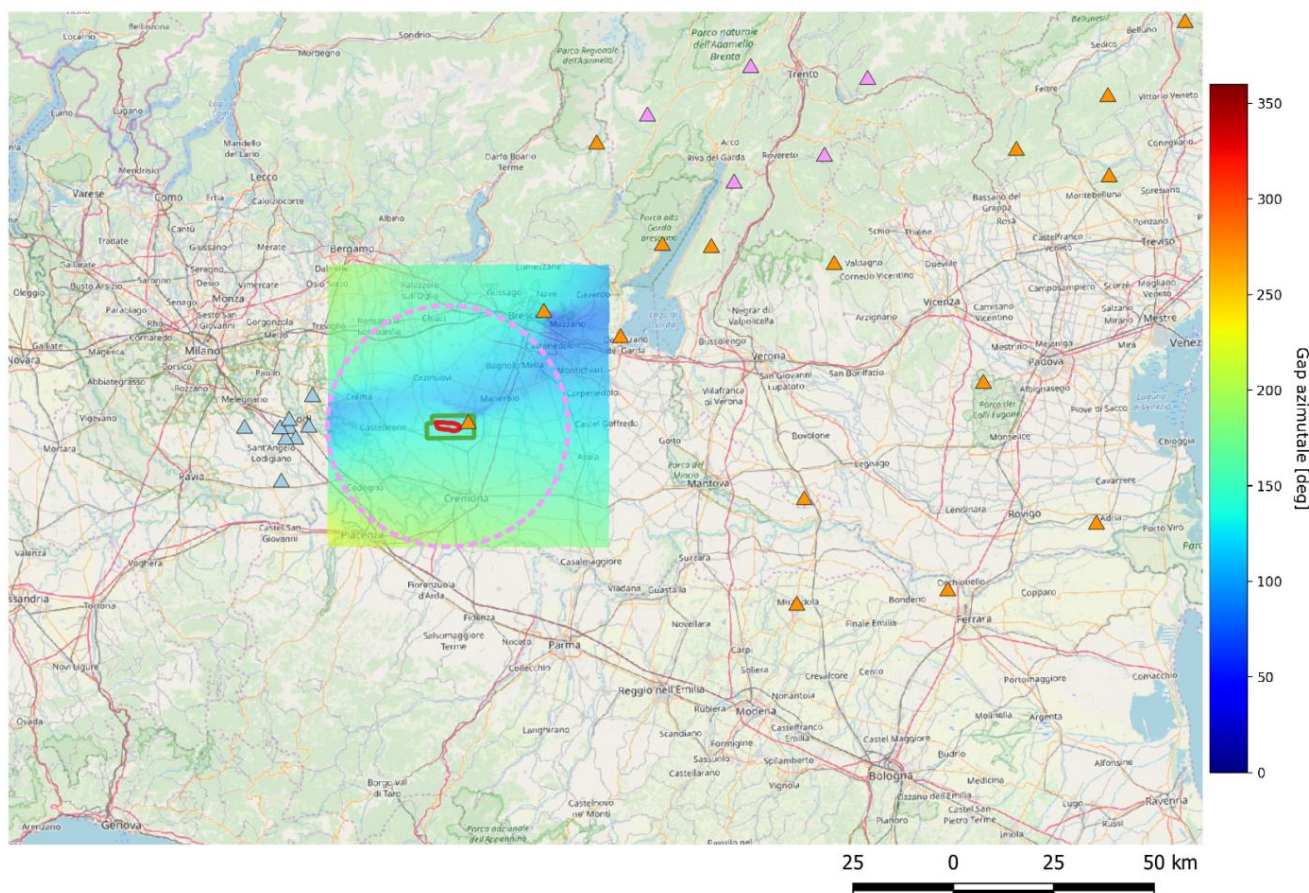
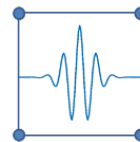
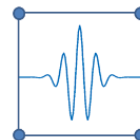


Figura 2.5. La rete OGS a partire dal 2017, e la mappa del gap azimutale nella regione intorno a Bolognina. Le stazioni della rete "OL", sono state attivate il 20 gennaio 2017 e sono indicate dai triangoli azzurri.

2.3. Discussione

Il confronto tra le reti utilizzate da INGV ed OGS suggerisce che la rete INGV ha consentito, per l'area oggetto dello studio e per l'intero periodo 2013-2018, una accuratezza complessiva delle localizzazioni da buona a ottima. Il catalogo INGV dovrebbe quindi essere preso come riferimento nei confronti tra diversi cataloghi. Questo dovrebbe essere tenuto presente anche in linea generale, essendo INGV l'ente che per normativa svolge il monitoraggio della sismicità nazionale (si veda decreto legislativo che istituisce INGV, 29 settembre 1999, n. 381, art.2 comma 1c).

Relativamente agli eventi sismici del catalogo OGS i cui epicentri sono situati all'interno dell'area di studio, l'evoluzione nel tempo della rete di monitoraggio OGS, con l'aggiunta progressiva di nuove stazioni e soprattutto il miglioramento della copertura azimutale, suggerisce che solo a partire dal gennaio 2017 le localizzazioni possano essere ritenute affidabili (se viene considerata l'effettiva integrazione della rete di Cornigliano Laudense), in quanto la rete in questa data ha raggiunto una sufficiente copertura. Al contrario, fino al dicembre 2016, la copertura appare inadeguata ad effettuare delle localizzazioni di precisione nell'area oggetto del presente studio.



3. Valutazione dei livelli di rumore ambientale della rete di Bordolano

La valutazione della sensitività di una rete di monitoraggio sismico richiede *in primis* la caratterizzazione del rumore ambientale *in-situ*. L'approccio adottato in questo studio è stato di utilizzare i dati acquisiti in campo dalle stazioni della rete, e calcolare tramite queste registrazioni le densità dello spettro di potenza (*probabilistic power spectral densities*, PPSD) secondo l'approccio classico di McNamara e Buland (2004), come implementato nella libreria ObsPy (Beyreuther et., 2010, Krischer et al., 2015). Tale tipologia di approccio viene comunemente usato a livello internazionale da enti pubblici e istituti di ricerca del settore, a tal proposito si rimanda per esempio ai risultati della sperimentazione degli indirizzi e linee guida effettuata sul campo di stoccaggio di Minerbio dall'istituto nazionale di geofisica e vulcanologia (*Concessione di stoccaggio di gas naturale "Minerbio stoccaggio" (BO) Struttura Preposta al Monitoraggio, Relazione Finale, Luglio 2019*).

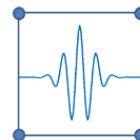
Sono stati analizzati due periodi di un mese ciascuno, corrispondenti al mese di maggio 2015 e ottobre 2018. Questi due periodi sono stati scelti perché, da un lato sono rappresentativi delle due configurazioni della rete di Bordolano (la rete per l'acquisizione del 'bianco' a 4 stazioni nel 2015 e la rete di monitoraggio con 7 stazioni nel 2018) e dall'altro presentano elevata continuità nei dati ed al tempo stesso il numero di eventi sismici naturali rilevati è basso. La scelta di due periodi diversi e distanti tra loro consente inoltre di valutare se e come siano variati nel tempo i livelli di rumore.

Le successive sezioni riportano i grafici dei risultati dell'analisi relativi alla componente orizzontale est (E) per i due periodi temporali scelti. Tutte le componenti sono state analizzate: quella qui riportata si ritiene la più indicativa in quanto le successive analisi di sensitività della rete sono eseguite considerando le fasi S, che sono normalmente identificabili sulle componenti orizzontali dei sismogrammi. I risultati sono presentati in termini di PPSD, confrontate con le curve standard di riferimento NHHM (New High Noise Model) e NLNM (New Low Noise Model) di Peterson (1993), rappresentate come linee continue di colore grigio nei diagrammi della PPSD. I risultati dell'analisi sono inoltre mostrati in termini di evoluzione nel tempo dell'ampiezza spettrale per alcune bande di frequenza di interesse.

3.1. Livelli di rumore nel 2015

Questa sezione riporta i livelli di rumore ottenuti analizzando i dati di maggio 2015. La Tab. 3.1 riporta in dettaglio i valori di ampiezza spettrale, alla frequenza di 5 Hz (scelta perché rappresentativa della frequenza d'angolo di eventi di bassa magnitudo) per diversi valori di probabilità (dal 25esimo al 90esimo percentile). Le Fig. 3.1 e 3.3 mostrano un esempio di PPSD di una stazione in pozzetto e una in superficie, mentre le Fig. 3.2 e 3.4 illustrano la variazione nel tempo dell'ampiezza (giorno/notte, giorni feriali/festivi).

Dall'analisi effettuata emerge che in tutte le stazioni di superficie (BO01, BO03 e BO07) i valori siano elevati, prossimi o superiori alla curva di riferimento NHHM per frequenze non di interesse per eventi microsismici. L'evoluzione temporale delle ampiezze mostra come il disturbo sia di origine prevalentemente antropica, dal momento che è chiaramente concentrato durante le ore lavorative dal lunedì al venerdì. La variabilità giorno/notte è elevata, eccedente in alcuni casi i 50dB, in tutti i range di



frequenza considerati. Per la stazione in pozzetto con sensori a 70m di profondità (BO02, Fig. 3.3 e 3.4) questa variabilità è in parte attenuata, almeno durante le ore diurne. Il guadagno rispetto ad una stazione di superficie si aggira indicativamente sui 10dB nelle ore diurne ma arriva in alcuni casi fino a 20dB, mentre durante la notte è inferiore, mediamente 5dB. I valori di rumore riscontrati sono tipici di aree altamente antropizzate, il livello di rumore è comunque tale da garantire il rispetto delle performance richieste dalle prescrizioni vigenti sul campo di stoccaggio come è osservabile dalle modellazioni effettuate a scala locale e presentate nel seguito (Cap. 4).

Tabella 3.1. Caratterizzazione dell'intensità del rumore ambientale nel mese di maggio 2015 per la frequenza di riferimento di 5Hz delle due stazioni di riferimento nel periodo 2013-11/2016. Sono riportati i valori ottenuti per diversi livelli di probabilità pari al 25-, 50-, 75- e 90-esimo percentile (rispettivamente colonne p25, p50, p75 e p90).

Stazione	Canale	Intensità del rumore a 5Hz, [$\text{m}^2/\text{s}^4/\text{Hz}$][dB]			
		p25	p50	p75	p90
BO02	S1Z	-124	-117	-101	-97
	S1E	-127	-121	-105	-102
	S1N	-126	-121	-105	-101
BO03	S1Z	-112	-108	-102	-99
	S1E	-112	-108	-101	-98
	S1N	-113	-109	-102	-99

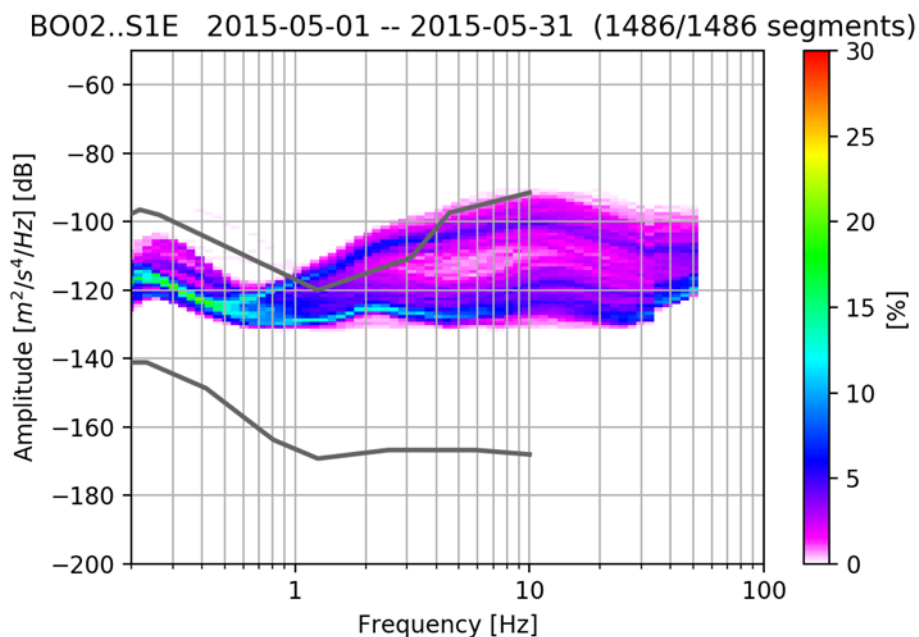
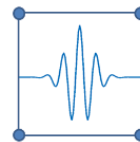


Figura 3.1 Diagramma della PPSD per la stazione BO02, canale S1E, relativo al mese di maggio 2015

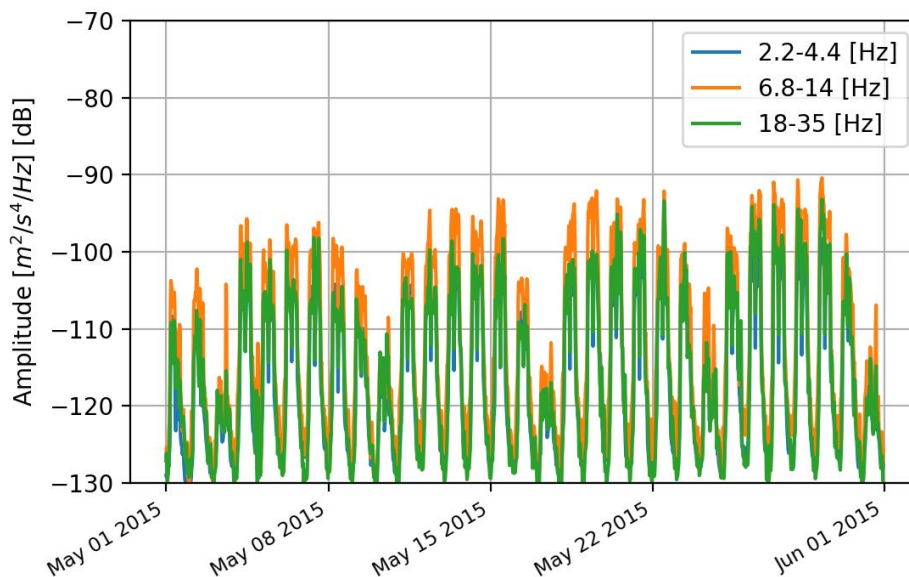


Figura 3.2 Grafico dell'andamento temporale dell'intensità del rumore per 3 intervalli di frequenza e per il periodo di maggio 2015, stazione BO02, canale S1E

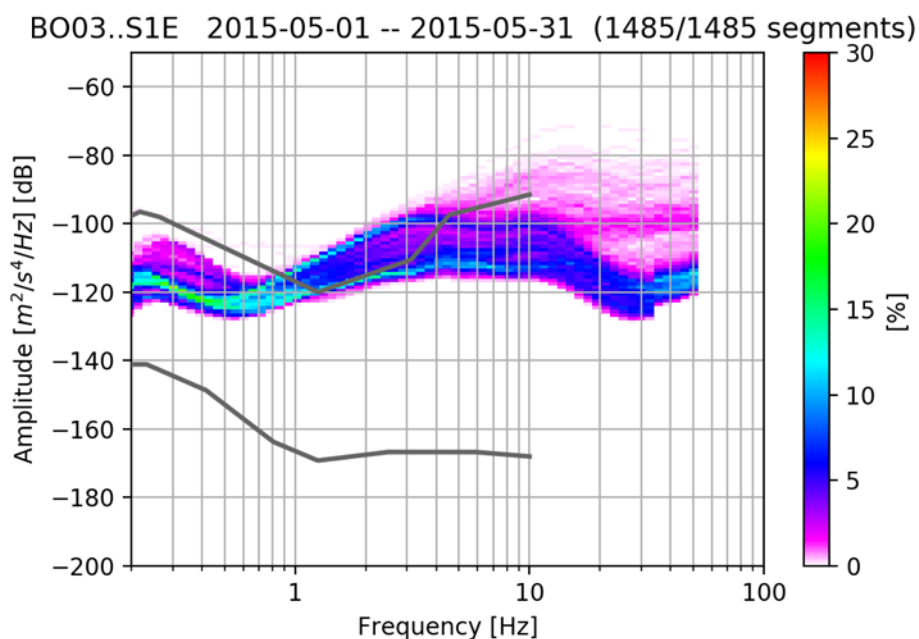
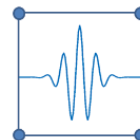


Figura 3.3 Diagramma della PPSD per la stazione BO03, canale S1E, relativo al mese di maggio 2015

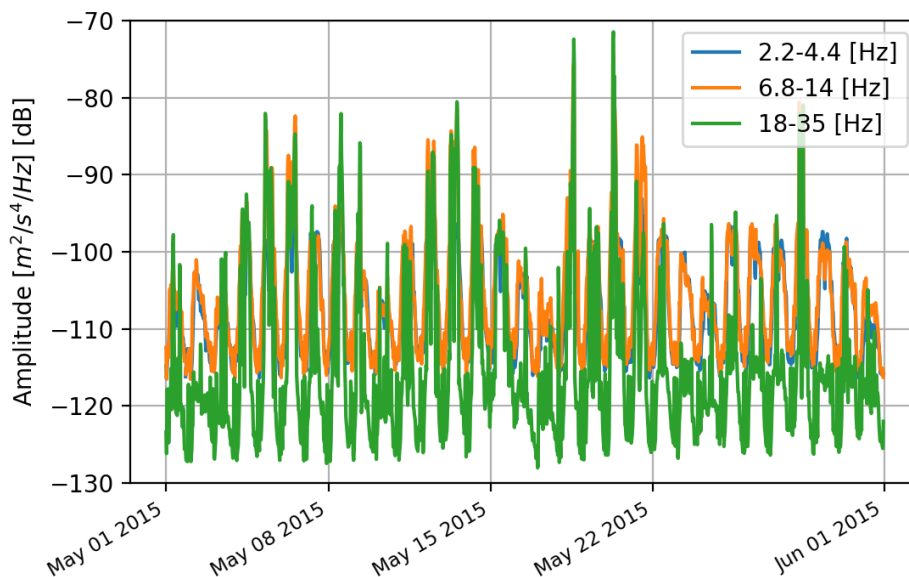
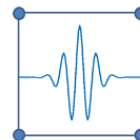


Figura. 3.4 Grafico dell'andamento temporale dell'intensità del rumore per 3 intervalli di frequenza e per il periodo di maggio 2015, stazione BO03, canale S1E



3.2. Livelli di rumore nel 2018

Questa sezione riporta i livelli di rumore ottenuti analizzando le registrazioni di Ottobre 2018. La Tab. 3.2 riporta in dettaglio i valori di ampiezza spettrale, alla frequenza di 5Hz per diversi livelli di probabilità, che possono essere confrontati con quanto riportato in Tab. 3.1 per valutare le differenze. Le Fig. 3.5 e 3.7, mostrano invece a titolo di esempio le PSD di una stazione in superficie ed una in pozzetto, mentre le Fig. 3.6 e 3.8 illustrano la variazione nel tempo dell'ampiezza (giorno/notte, giorni feriali/festivi).

I valori massimi (caso p90) sono in questo periodo ridotti rispetto al 2015, anche di 15dB rispetto a maggio 2015. Un confronto puntuale può essere fatto confrontando i valori di Tab. 3.1 e 3.2. Durante la notte, o comunque nei periodi più tranquilli, i livelli di rumore scendono, ma si attestano mediamente su valori uguali o leggermente superiori a quelli del maggio 2015. In altre parole, le analisi indicano che il livello di rumore diurno era superiore a maggio 2015 rispetto a ottobre 2018, mentre durante la notte i livelli medi sono leggermente maggiori nel 2018.

Tabella 3.2. Caratterizzazione dell'intensità del rumore ambientale nel mese di ottobre 2018 per la frequenza di riferimento di 5Hz per le 3 componenti di due stazioni della rete attiva a Bordolano nel periodo 2017-2018. Sono riportati i valori ottenuti per diversi livelli di probabilità pari al 25-, 50-, 75- e 90-esimo percentile (rispettivamente colonne p25, p50, p75 e p90).

Stazione	Canale	Intensità del rumore a 5Hz, [m ² /s ⁴ /Hz][dB]			
		p25	p50	p75	p90
BO02	S1Z	-122	-117	-111	-109
	S1E	-125	-121	-116	-114
	S1N	-124	-121	-115	-114
BO03	S1Z	-111	-107	-102	-99
	S1E	-112	-108	-103	-101
	S1N	-111	-108	-103	-100

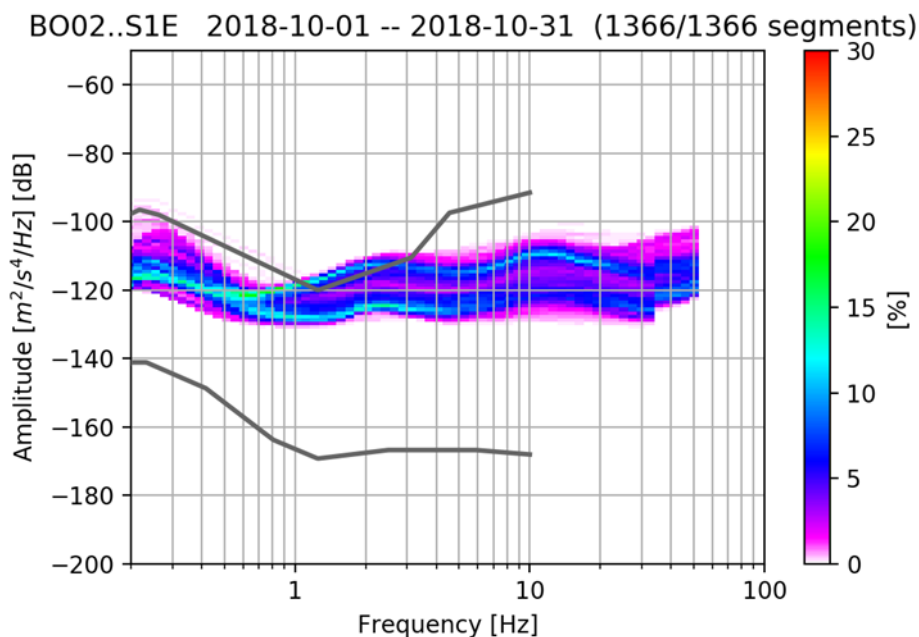
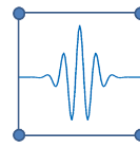


Figura 3.5 Diagramma della PPSD per la stazione BO02, canale S1E, relativo al mese di ottobre 2018

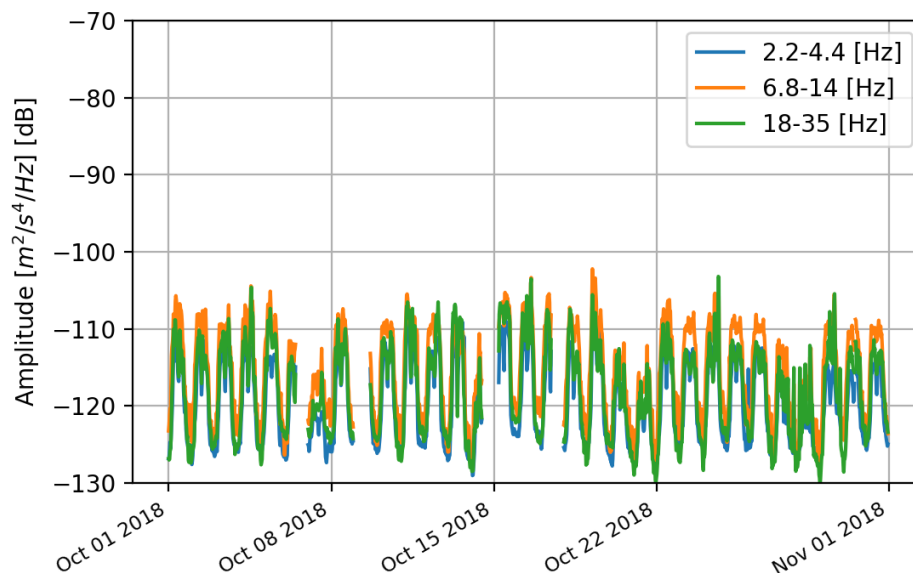


Figura 3.6 Grafico dell'andamento temporale dell'intensità del rumore per 3 intervalli di frequenza e per il periodo di ottobre 2018, stazione BO02, canale S1E

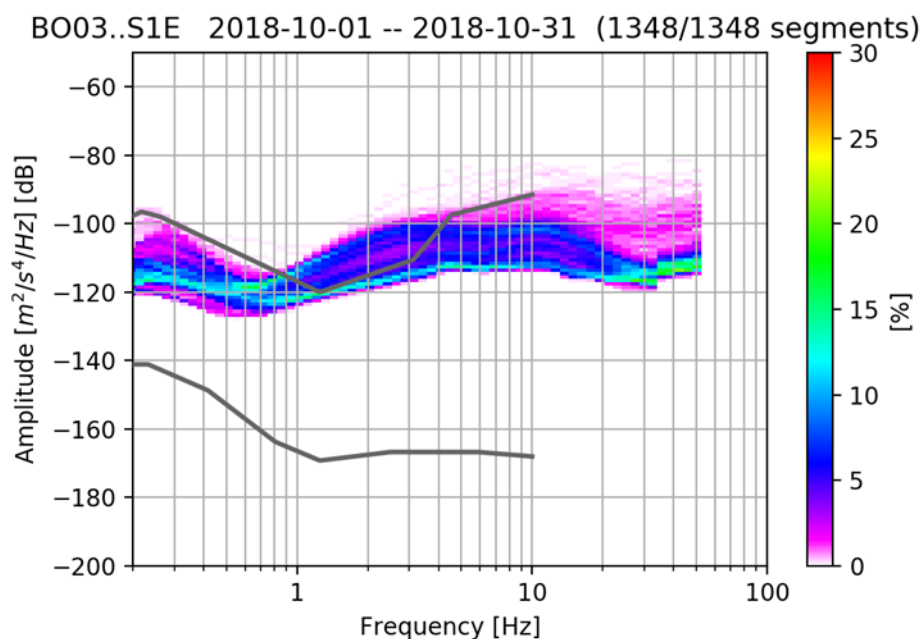
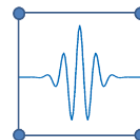


Figura 3.7 Diagramma della PPSD per la stazione BO03, canale S1E, relativo al mese di ottobre 2018

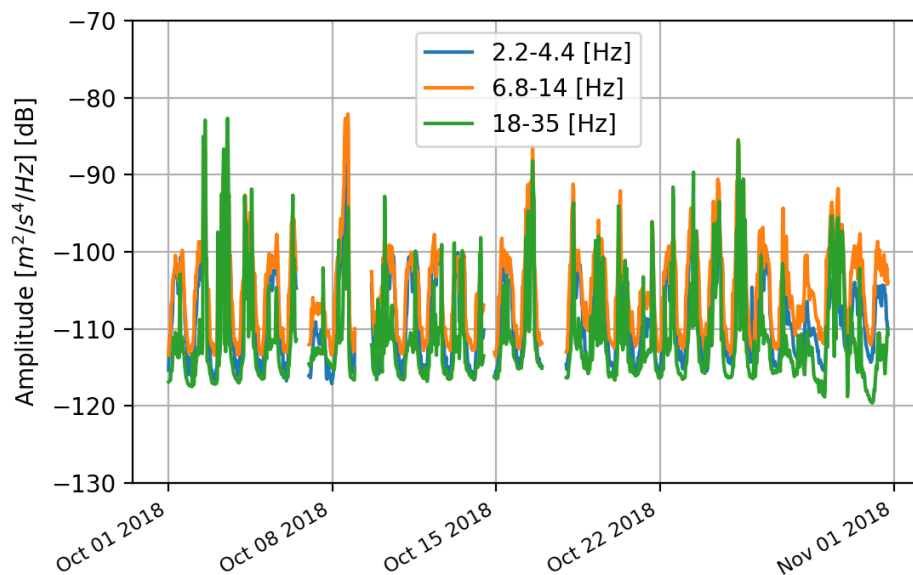
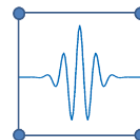


Figura 3.8 Grafico dell'andamento temporale dell'intensità del rumore per 3 intervalli di frequenza e per il periodo di ottobre 2018, stazione BO03, canale S1E



4. Analisi delle performance della rete di Bordolano

4.1. Metodologia

L'obiettivo della modellizzazione è quello di simulare eventi sismici di magnitudo non particolarmente elevata ($ML = 0 \div 3$), in cui lunghezza e larghezza della superficie di faglia risultano confrontabili.

La metodologia utilizzata per le simulazioni è ben conosciuta, è stata descritta e discussa nella letteratura nazionale ed internazionale (es., D'Alessandro et al., 2011, Kraft et al., 2013, Stabile et al., 2013, Carannante et al., 2017) ed è stata usata ampiamente per la progettazione ed analisi di sensitività di reti di monitoraggio sismico a differenti scale (per es. D'Alessandro et al., 2010, Kraft et al., 2013, INGV 2015a, 2015b, 2017).

La metodologia può essere sintetizzata come segue,

1. Calcolare i tempi di transito sorgente-ricevitore e la lunghezza del relativo percorso per una griglia regolare di ipocentri a diverse distanze e diverse profondità;
2. Calcolare l'ampiezza dello spettro di spostamento simulato ai ricevitori per ciascun ipocentro, utilizzando il modello sorgente di Brune (1970), nonché i modelli di spreading e attenuazione locali;
3. Confrontare lo spettro di spostamento simulato con i livelli di rumore misurati (ottenuti come PPSD, si veda il Cap. 3)

Terremoti di moderata magnitudo presentano valori di $\Delta\sigma$ compresi nello stretto range 1-10 MPa (D'Alessandro et al., 2010). Si assume nel seguito $\Delta\sigma = 1$ MPa come valore rappresentativo della caduta di sforzo di eventi sismici di magnitudo inferiore a 3.0. Tramite il modello a sorgente puntiforme di Brune (1970; 1971) si calcola lo spettro di Fourier in velocità β delle onde S registrate a distanza ipocentrale R dalla sorgente, secondo le relazioni:

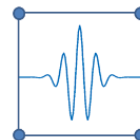
$$V(f) = \frac{CM_0}{R} \frac{2\pi f}{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^2} e^{\left(\frac{\sum -\pi R_i}{\beta_i Q_{o_i}}\right)} e^{-k\pi f}$$

$$f_c = \beta \left(\frac{\Delta\sigma}{8.47M_0}\right)^{1/3} \quad C = \frac{F_S R \theta \omega}{4\pi Q \beta^3}$$

ove la costante C dipende dalla velocità β , dalla densità del mezzo, ρ , dal fattore di forma della radiazione, $R\theta\omega$ e dal fattore F_S che rappresenta l'amplificazione di superficie libera. Per la sorgente si utilizza un modello di faglia circolare di raggio R sulla quale agisce uno stress di taglio impulsivo. La dimensione del raggio di faglia R è determinata dalla Magnitudo locale che si vuole considerare tramite il momento sismico scalare $M_0 = 10^{(1.5ML+9.1)}$ e dallo Stress Drop statico $\Delta\sigma$ (Madariaga, 1976, Hanks and Kanamori, 1979).

L'attenuazione infine viene parametrizzata utilizzando un fattore di qualità Q(f) dipendente dalla frequenza secondo la relazione $Q(f) = Q_0 f$ (Lay e Wallace 1995) e il parametro k di decadimento spettrale (Anderson e Hough, 1984).

Lo spettro in velocità dell'evento simulato viene confrontato con i livelli di rumore ambientale ottenuti dalle PPSD, opportunamente convertite. Un evento è considerato identificabile sul sismogramma solo se il



rapporto segnale rumore è maggiore di un valore soglia, preso pari a 3 in questo studio. In letteratura è stato indicato che già un rapporto segnale/rumore di 2 sia sufficiente per identificare manualmente le fasi, sebbene la precisione del picking sia minore (Steck et al. 2001, Stabile et al., 2013).

Un evento è considerato localizzabile quanto viene identificato da un certo numero di stazioni (≥ 4). Maggiore è il numero di stazioni che rilevano l'evento, più è stabile e precisa è la localizzazione.

4.2. Scelta dei parametri geofisici

I parametri geofisici da inserire nel modello volto a stimare le performance della rete sono la velocità delle onde di taglio, β , ed i parametri che controllano l'attenuazione delle onde, ovvero il fattore di qualità Q_0 e di decadimento spettrale, k .

Informazioni relative alla velocità delle onde S possono essere estratte da alcuni lavori recenti relativi all'intera pianura padana. In particolare, Molinari et al. (2015) e successivamente Berbellini et al., (2017) hanno realizzato dei modelli di velocità di dettaglio che si estendono fino ad alcune decine di km di profondità. I due modelli sono denominati MAMBo (Molinari et al., 2015) e MAMBo-E (Berbellini et al., 2017). Berbellini et al., (2017) riporta per entrambi i modelli una sezione verticale lungo un profilo approssimativamente est-ovest, passante in prossimità della concessione di Bordolano (si veda la Fig. 4.1). Tale sezione può essere usata per stimare un valore medio di velocità delle onde di taglio per le simulazioni di sensitività della rete di monitoraggio (i cui risultati sono illustrati nelle successive Sez. 4.3 e 4.4). In particolare (Fig. 4.2), si osserva come in entrambi i modelli sia presente una interfaccia ad alto contrasto di velocità ad una profondità di circa 6km. Le formazioni più superficiali (per profondità inferiori a 6km) hanno velocità relativamente basse e sebbene ci siano alcune differenze tra i due modelli, i valori sono compresi tra 750 e 2300 m/s. A profondità maggiori di 6 km invece i valori sono superiori ai 3000 m/s. I profili di velocità in corrispondenza di alcune stazioni della rete sismica nazionale riportati in Berbellini et al., (2017) indicano un valore di β pari a circa 4000 m/s a 30 km di profondità.

Per quanto riguarda il fattore di qualità Q, uno studio di Del Pezzo et., (2011), relativo alla porzione centrale della Pianura Padana (la Fig. 4.3 riporta l'area interessata dallo studio) indica un valore regionale del fattore di qualità nel range compreso tra 125 e 160. Questo range è coerente con i risultati sia di Morasca et al., 2010, condotto però ad una scala più ampia, sia di Castro et al., (2008) relativo alla regione circostante il lago di Garda. Cautelativamente, poiché i valori di letteratura sono delle medie regionali che prendono in considerazione anche i livelli più profondi, il valore più basso tra quelli osservati in letteratura è stato scelto, ed è stato ulteriormente ridotto sulla base delle stime di errore: **dunque si ritiene che i risultati ottenuti siano conservativi, ovvero tendano a sottostimare le soglie di magnitudo che possono essere effettivamente identificate, soprattutto per eventi a grande profondità.**

Il parametro di decadimento spettrale k può variare tra un valore di 0.01s per siti rocciosi e 0.12 s per sedimenti alluvionali. In questo studio, coerentemente con precedenti analisi sempre condotte nella Pianura Padana (Carannante et al., 2016, INGV, 2017), è stato scelto seguendo un approccio cautelativo.

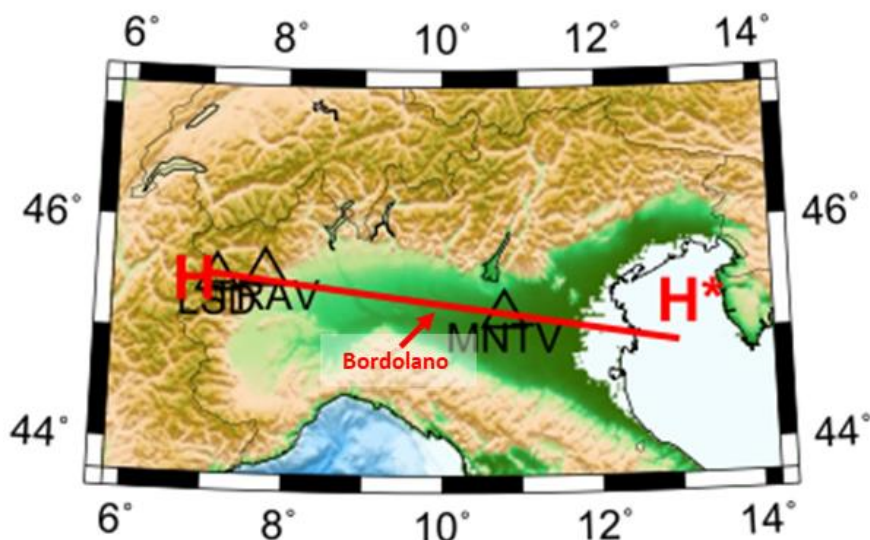
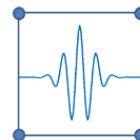


Figura 4.1 Posizione del profilo H-H* lungo il quale Berbellini et al., (2017) hanno estratto un profilo verticale fino a 10km di profondità del modello di velocità delle onde S. Sovrainposta è la posizione approssimativa della concessione di Bordolano, posta ad una distanza di 65km dalla stazione IV.MNTV in direzione ovest rispetto a questa. Immagine riprodotta e modificata da Berbellini et al., (2017).

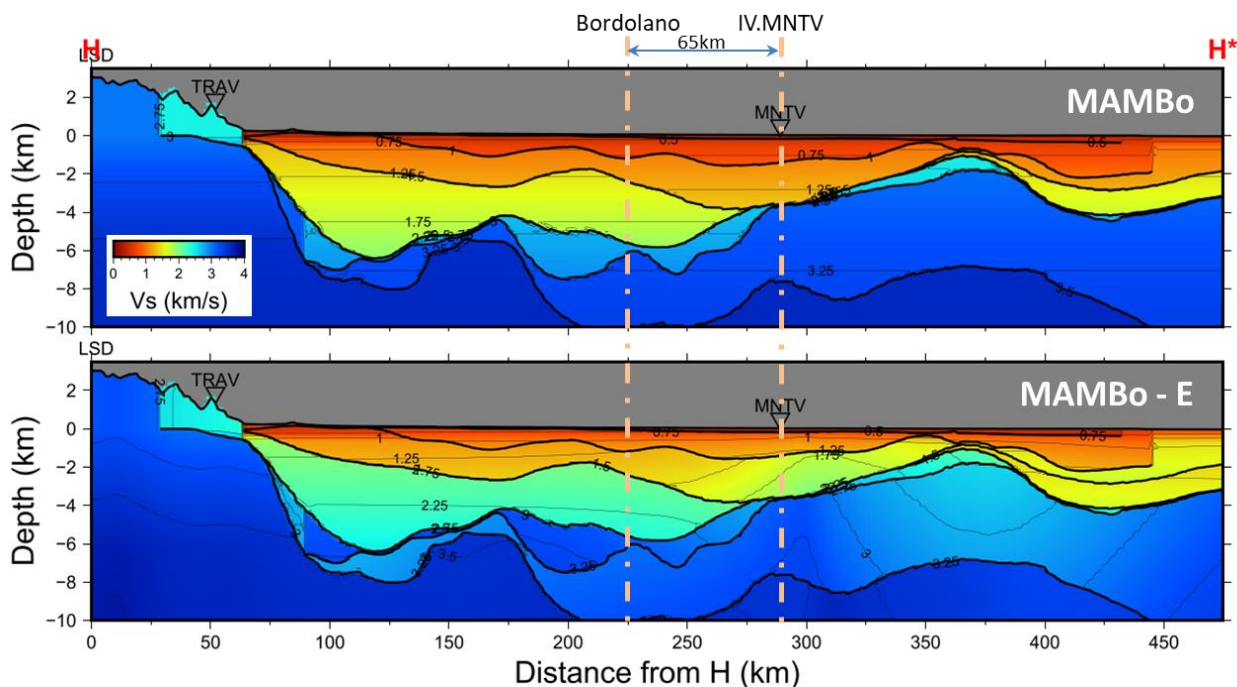


Figura 4.2 Sezione verticale del modello di Vs lungo il profilo H-H* per relativo ai modelli MAMBo e MAMBo-E. E' indicata la posizione approssimativa del campo di Bordolano, posto 65km a ovest della stazione IV.MNTV. Figura riprodotta e modificata da Berbellini et al., (2017).

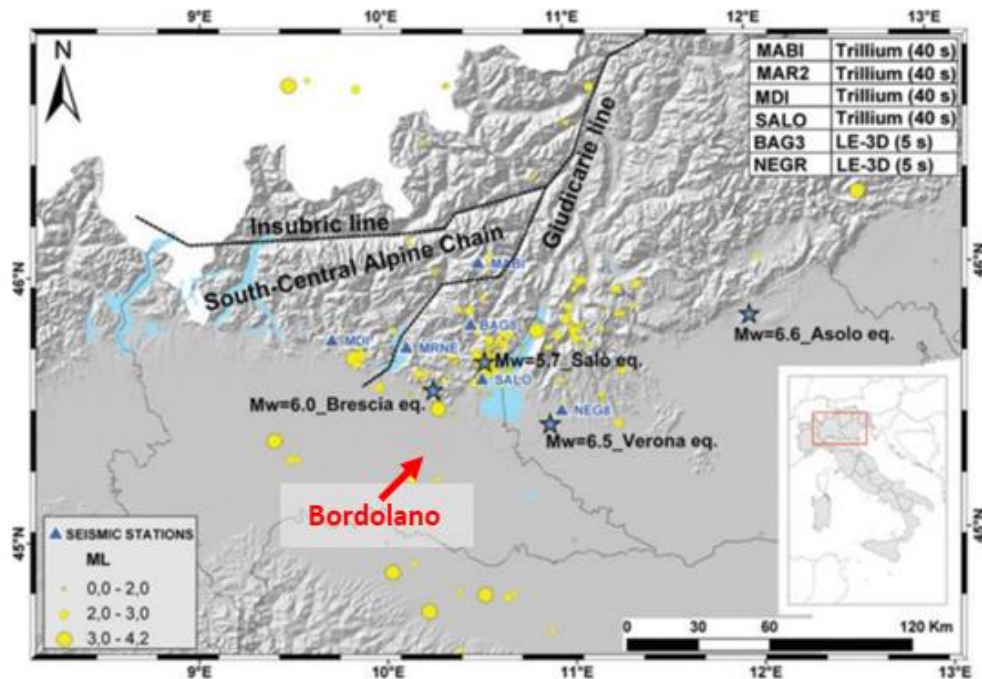
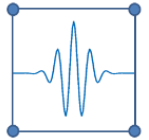
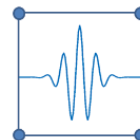


Figura 4.3 Area interessata dallo studio di Del Pezzo et al., (2011) per la stima dei coefficienti di attenuazione sismica. La freccia indica la posizione del campo di Bordolano. Figura riprodotta e modificata da Del Pezzo et al., (2011).



4.3. Modello locale

La modellistica alla scala locale ha l'obiettivo di stimare l'intensità minima degli eventi che possono essere identificati e localizzati dalla rete nelle vicinanze del giacimento e nell'area soggetta a prescrizione ministeriale DVA-2014-0018804 del 16.05.2014 (*"dovrà essere predisposta una rete di monitoraggio microsismico in grado di determinare la massima accelerazione del suolo provocata da un terremoto riconducibile alle attività di stoccaggio, ed in grado di ubicare i sismi fino a Magnitudo pari a 0.9; a tale rete dovrà essere associato un sistema di riconoscimento ed ubicazione degli eventi, anche tramite le «forme d'onda», tale da consentire una valutazione in tempo sufficientemente breve della microsismicità significativa; la rete microsismica dovrà coprire un'area tale comprendere almeno tutta la proiezione in superficie del giacimento e le stazioni di misura dovranno essere in grado di registrare sismi in un raggio di almeno di 5 km dai fondo-pozzo"*). Per completezza di analisi l'area di modellazione è stata estesa anche ai domini di rilevazione definiti dagli indirizzi e linee guida per i monitoraggi emanati dal Ministero dello Sviluppo Economico (si precisa che tali linee guida non hanno carattere prescrittivo e non sono applicate al campo di Bordolano). Le linee guida indicano che l'obiettivo della rete dovrebbe essere quello di identificare eventi di magnitudo locale inferiore ad 1 nel Dominio Interno (DI) e migliorare di 1 ordine di grandezza nel Dominio Esteso la magnitudo di completezza della rete sismica nazionale, che in questa zona, è compresa tra 2 e 2.5 (Schorlemmer et al., 2010) a seconda del livello di confidenza scelto e della profondità degli eventi.

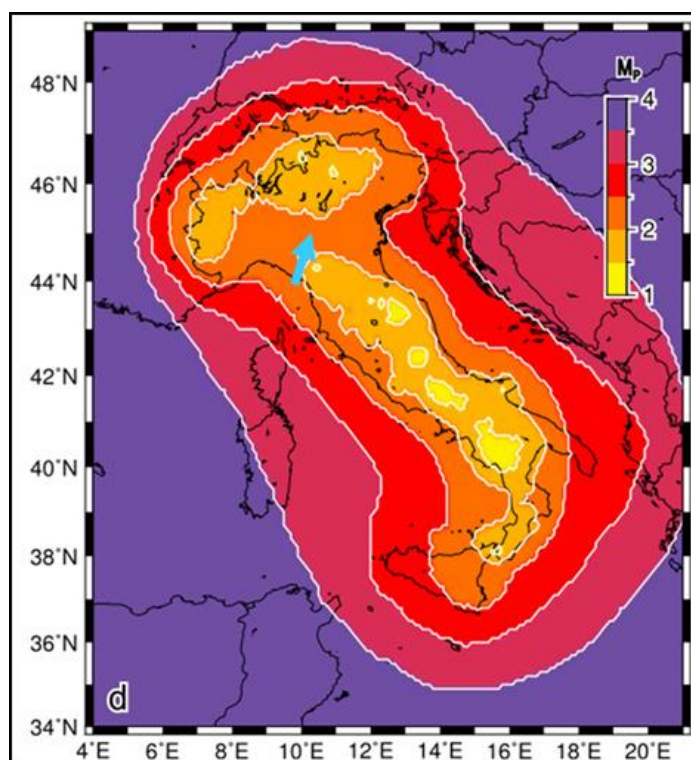
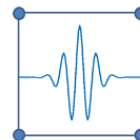


Figura 4.4 Mappa di valutazione della magnitudo di completezza per eventi a profondità 0km e probabilità $P=0.999$ secondo Schorlemmer et al., 2010 (loro Fig. 4, pannello d). La freccia azzurra aggiunta indica la posizione approssimativa della concessione di Bordolano.



L'analisi sulla sensitività della rete di monitoraggio di Bordolano alla scala locale è stata condotta considerando una regione quadrata di lato 24km, estesa fino alla profondità di 12km. La velocità media delle fasi S alla sorgente è stata scelta coerentemente con le velocità indicate dai modelli regionali per le zone più superficiali (si vedano Molinari et al., 2015; Berbellini et al., 2017, oltre alla precedente Sez 4.2).

Tutte le mappe di questa sezione sono state realizzate utilizzando la stessa scala di colori per facilitare il confronto, le linee nelle mappe rappresentano:

- Proiezione in superficie del giacimento (linea rossa continua)
- Limite della prescrizione di 5 km (linea rosa)
- Limiti del dominio interno (linea gialla continua) e del dominio esteso (linea bianca).

4.3.1. Risultati per la rete 2013 - 2016

L'analisi di sensitività della rete locale nella configurazione esistente fino a novembre 2016 è stata effettuata considerando 4 distinti scenari: 3 di questi scenari hanno livelli di rumore differenti, pari rispettivamente al 50-, 75- e 90-esimo percentile (denominati p50 rumore medio, p75 rumore medio alto e p90 rumore alto e caso estremamente cautelativo) considerando che 4 stazioni contribuiscano alla localizzazione dell'evento (eventualmente anche con 3 sole stazioni è possibile localizzare un evento sismico, sebbene con una accuratezza inferiore).

Si ricorda che la finalità della rete nel periodo 2013-2016 era quella di registrare la baseline del rumore e valutare la sismicità locale naturale ante operam (lo stoccaggio è iniziato a Dicembre 2016).

I risultati per i tre scenari sono riportati nelle Fig. 4.5 – 4.9 per lo scenario p50, 4.10 – 4.14 per lo scenario p75 e 4.15 – 4.19 per lo scenario p90.

Le figure illustrano la magnitudo minima localizzabile per eventi a diverse distanze dalla concessione e per profondità fissate a 2-5-7-10-12 Km, tali profondità comprendono le aree soggette a prescrizione ministeriale e le aree indicate all'interno degli indirizzi e linee guida.

I risultati della simulazione indicano che la rete di monitoraggio di Bordolano, nel periodo 2013-2016, considerata la scelta conservativa dei parametri geofisici (le performance reali della rete sono probabilmente in qualche misura superiori, vedi Sez. 4.2), rispettava quanto richiesto dalla prescrizione DVA-2014-0018804 del 16.05.2014:

- In corrispondenza del giacimento, per eventi nello stesso range di profondità della roccia serbatoio (circa 2km), la rete mostra una capacità di localizzare eventi nel range di magnitudo locale prossima allo 0.0 nel caso con bassi livelli di rumore (scenario p50) e 0.9 (scenario p90).
- Per quanto riguarda la capacità di detezione e localizzazione nel raggio di 5km da fondo pozzo, nella situazione limite con sorgenti alla profondità di 7km e distanza epicentrale di 5km, le simulazioni indicano valori nel range di ML compreso tra 0.4 e 1.4, a seconda dello scenario. Questi valori sono sicuramente compatibili con la finalità della rete, ovvero registrare i livelli di rumore e sismicità naturale di base, in quanto, anche nello scenario peggiore, la rete era in grado di migliorare decisamente la capacità di detezione e localizzazione rispetto ai valori attesi per la rete sismica nazionale nell'intorno del giacimento.

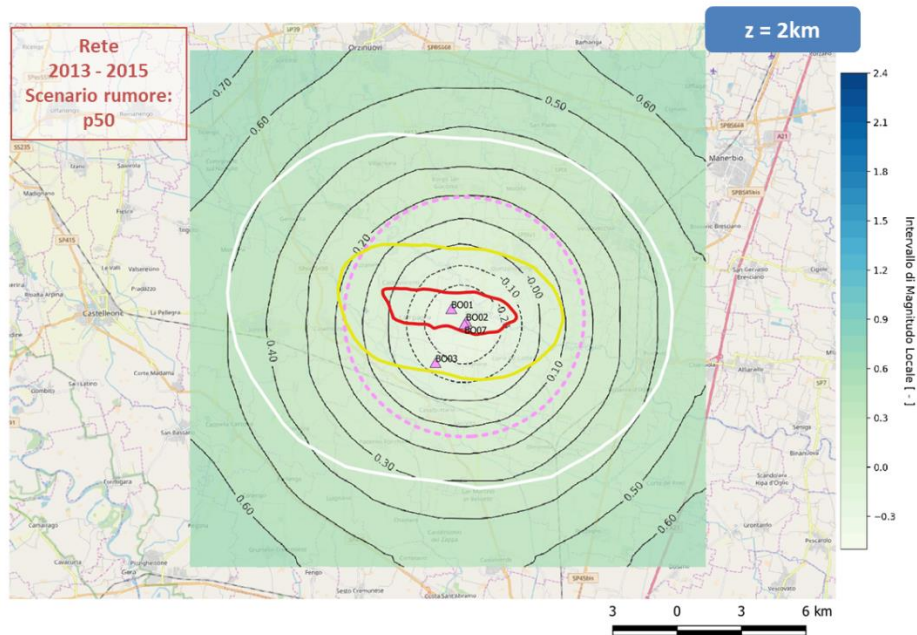
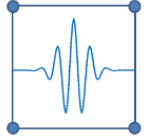


Figura 4.5 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 2km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

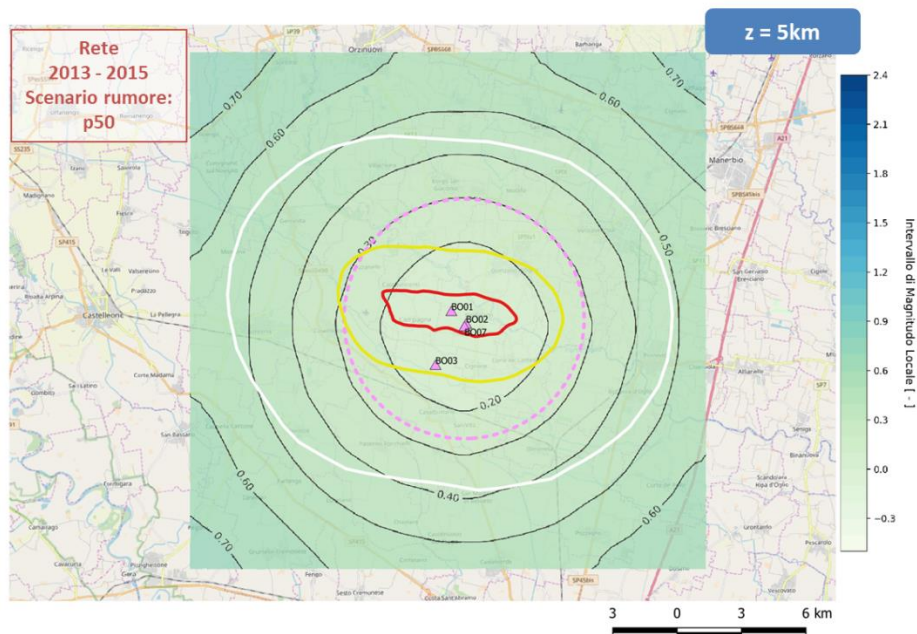


Figura 4.6 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 5km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

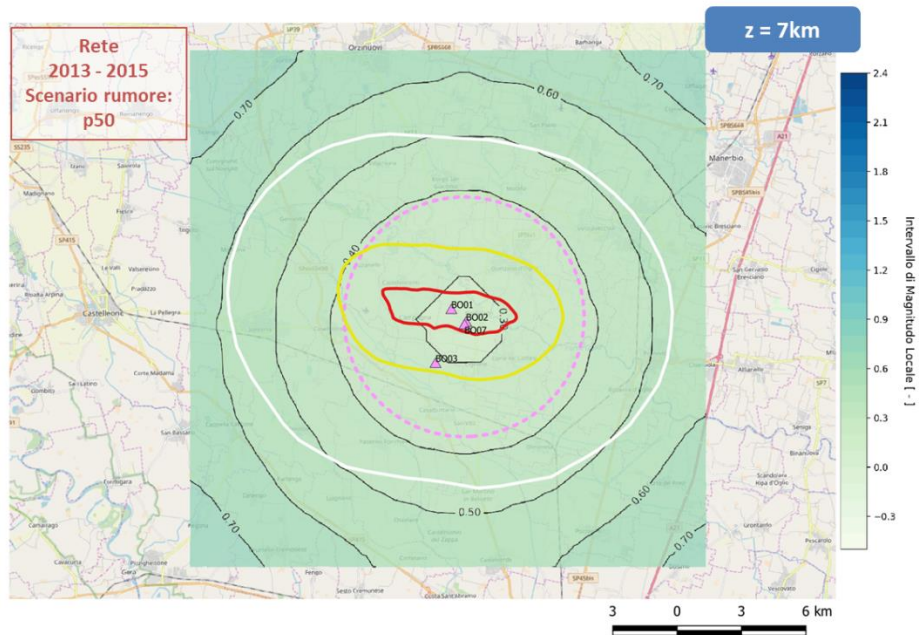
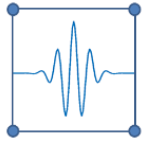


Figura 4.7 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 7km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

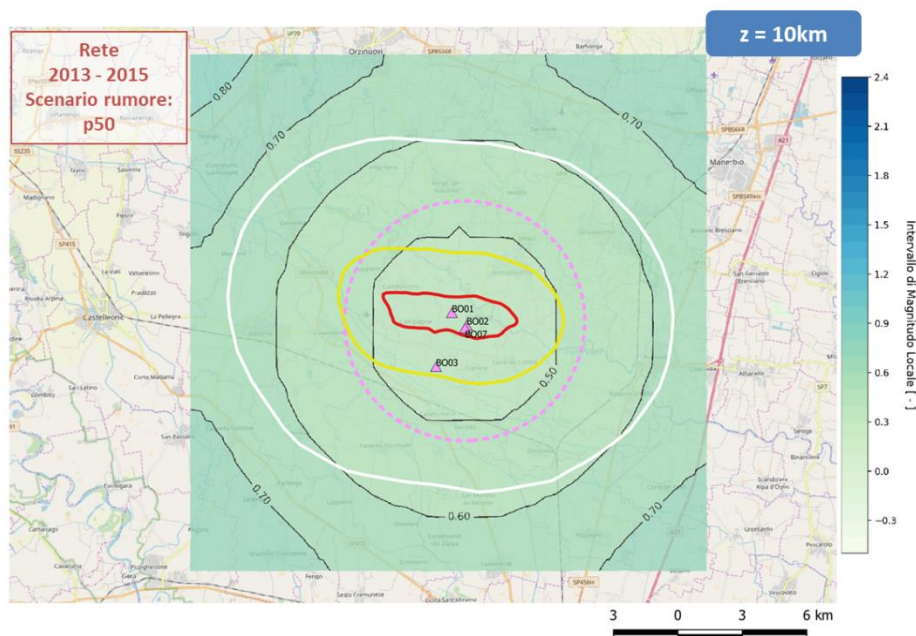


Figura 4.8 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

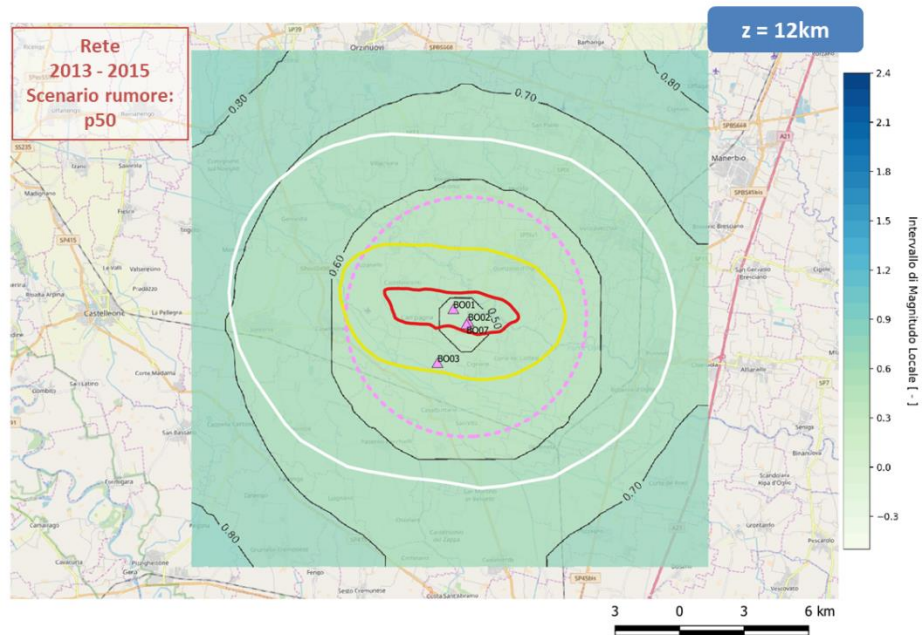
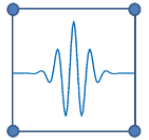


Fig.4.9 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 12km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

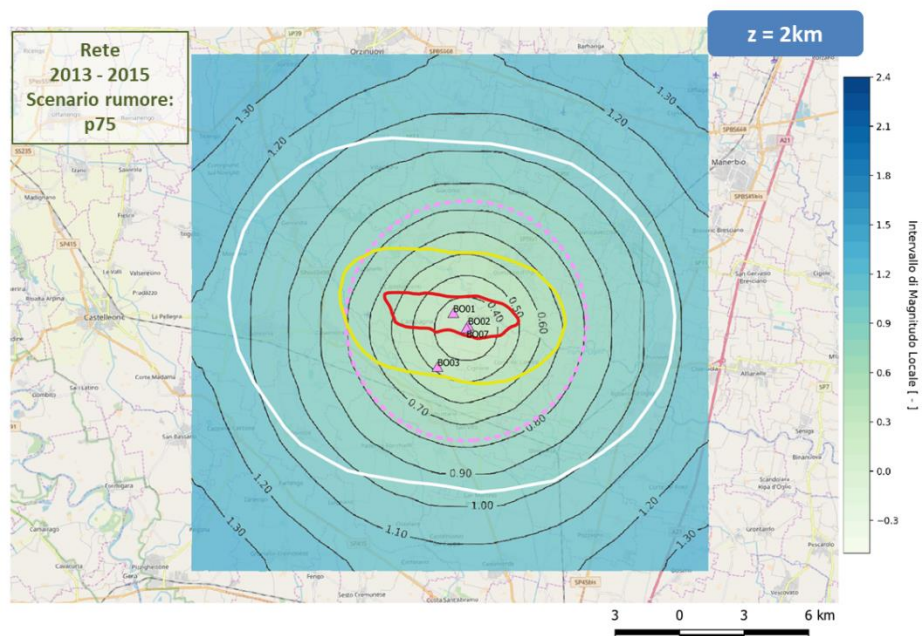


Figura 4.10 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 2km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

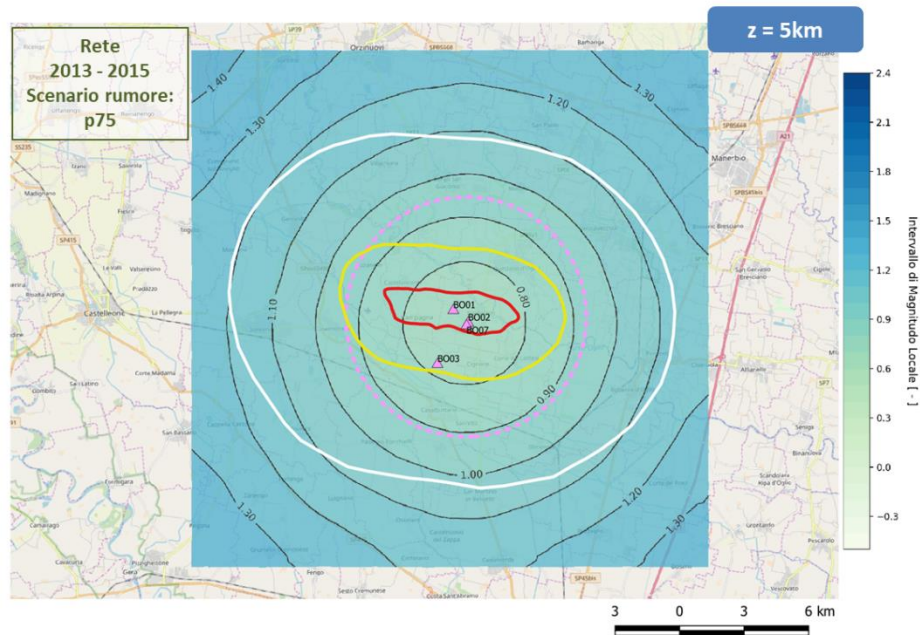
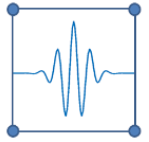


Figura 4.11 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 5km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

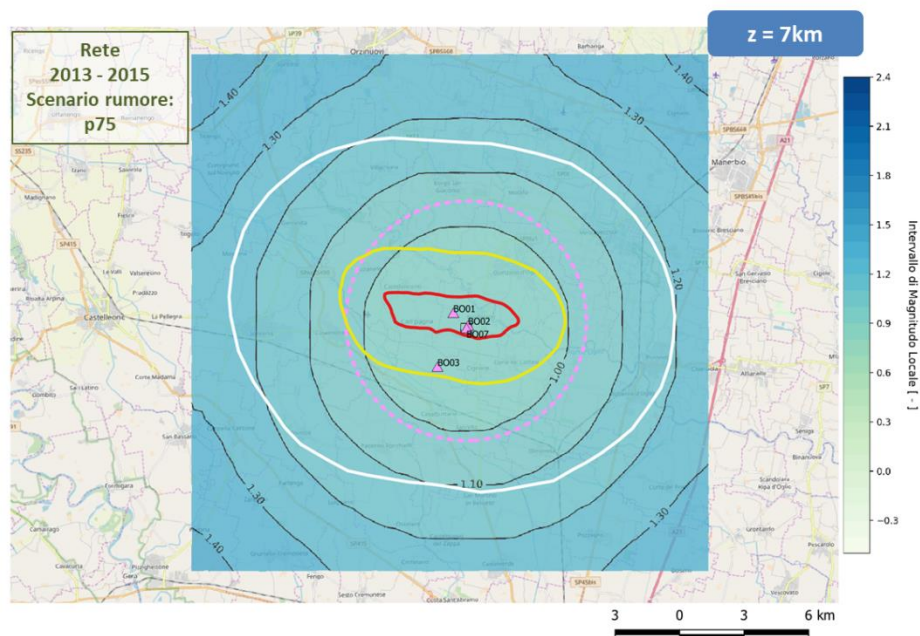


Figura 4.12 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 7km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

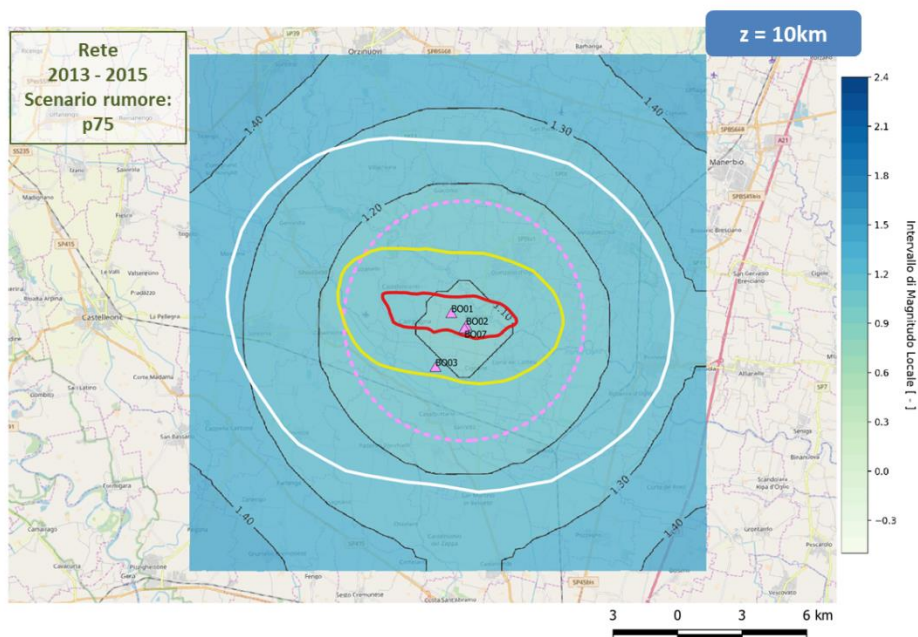
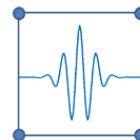


Figura 4.13 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

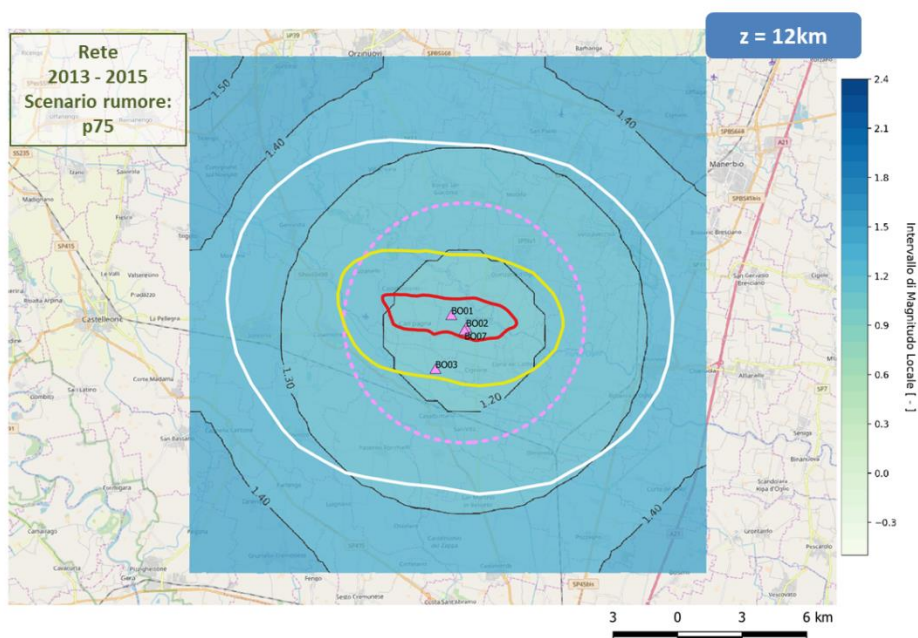


Figura 4.14 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 12km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

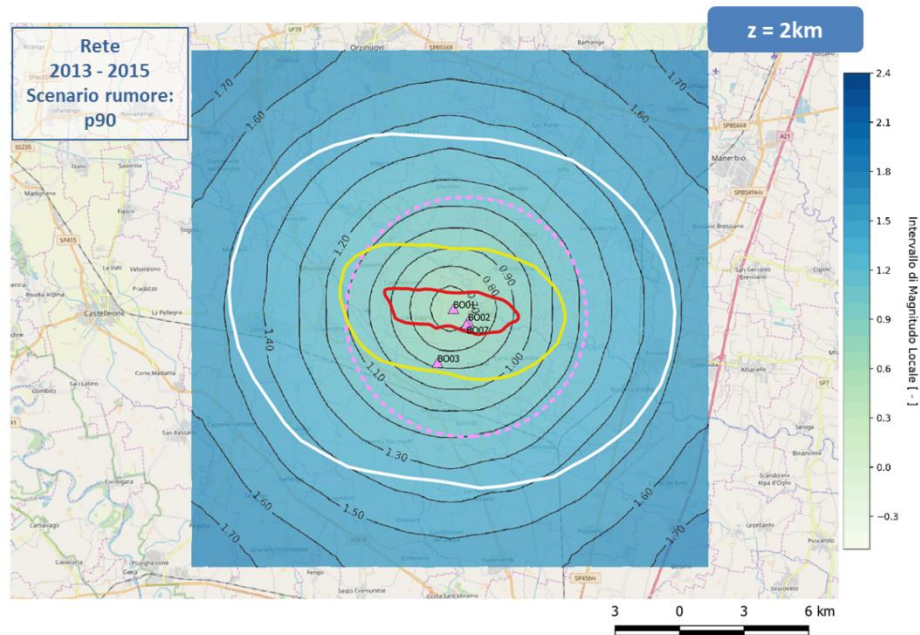
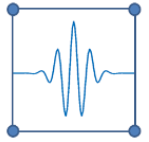


Figura 4.15 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 2km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

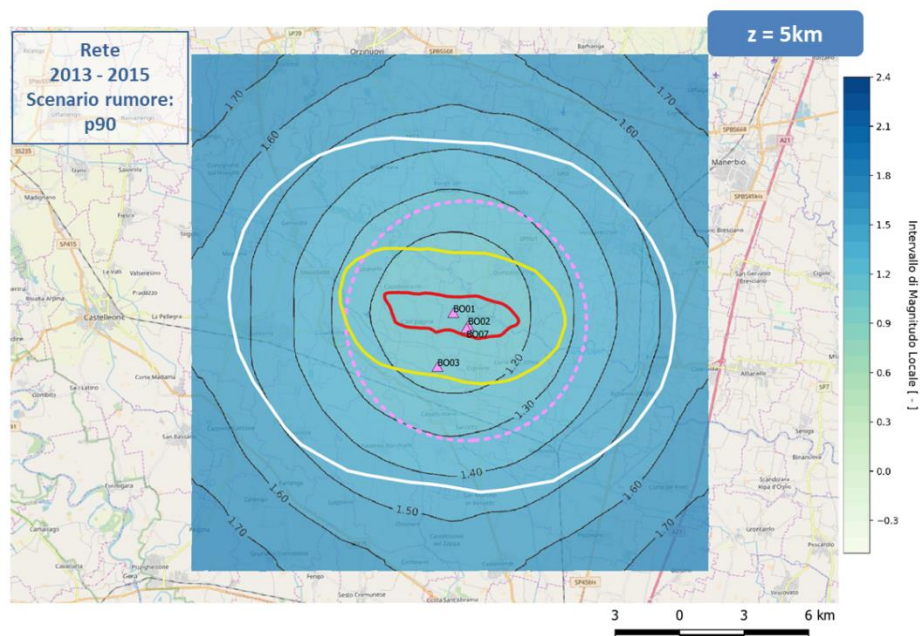


Figura 4.16 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 5km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

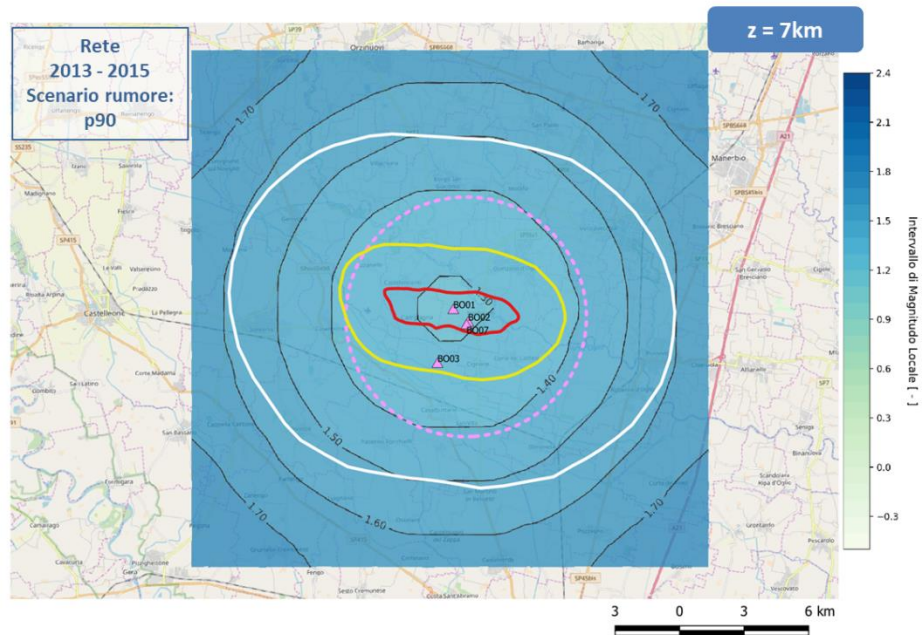
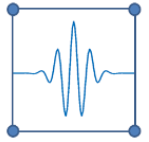


Figura 4.17 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 7km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

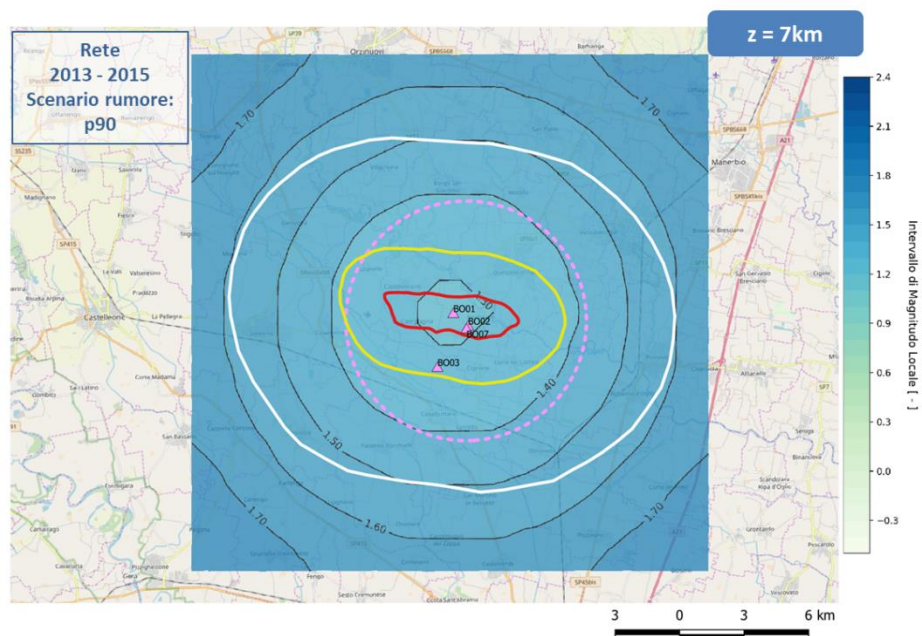


Figura 4.18 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

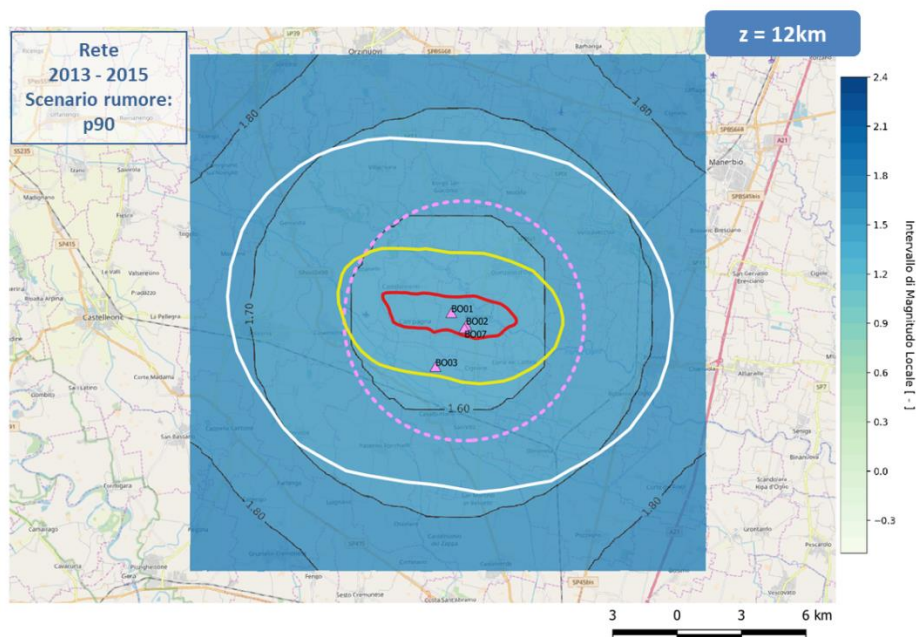
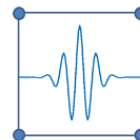


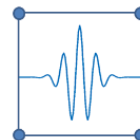
Figura 4.19 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 12km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

4.3.2. Risultati per la configurazione attuale della rete

La rete, nella sua configurazione attuale, attiva a partire da Dicembre 2016, è composta da 7 stazioni, di cui 2 in pozzetto a 70m di profondità, per aumentare ulteriormente la copertura dell'area e quindi per migliorare la capacità di detezione e localizzazione di eventi sismici di bassa intensità. I risultati modellistici riportati nelle mappe seguenti (Fig. 4.20 – 4.34) forniscono indicazioni sulla capacità di localizzazione della rete, sia in termini di intensità minima sia sui pattern spaziali. In tutti gli scenari riportati sono stati considerati i livelli di rumore registrati ad ottobre 2018. Le Fig. da 4.20 a 4.24 sono relative allo scenario p50, le Fig. 4.25 – 4.29 allo scenario p75 ed infine le Fig. 4.30 – 4.34 allo scenario p90, dove p50, p75 e p90 indicano il 50-,75- e 90-esimo percentile. La velocità media delle fasi S alla sorgente è stata scelta coerentemente con le velocità indicate dai modelli regionali per le formazioni più profonde.

In analogia alle simulazioni effettuate sul periodo di bianco i risultati devono essere contestualizzati in relazione alle richieste contenute nella prescrizione DVA-2014-0018804 del 16.05.2014 e solo a scopo di maggior dettaglio con gli ILG – MISE.

I risultati indicano che ad una distanza tra 5 e 7 km dal centro della concessione, quindi a distanza di 5km dal fondo pozzo ed al bordo del DI o al suo esterno, la magnitudo locale minima identificabile per eventi a 7km di profondità, nello scenario peggiore e maggiormente cautelativo (alto rumore p90) è pari a ML 0.8, e migliora fino a ML 0.3 nello scenario p50 (medio rumore). Questo risultato indica che la rete ha una sensibilità e capacità di localizzazione superiore (ovvero migliore) di quella richiesta dalle prescrizioni vigenti. Per quanto riguarda il dominio esteso (DE), la rete ha una capacità di localizzare eventi sismici di ML



1.1 -1.2 per ipocentri a profondità fino a 10km nello scenario con rumore ambientale più elevato, mentre – alla stessa profondità – la sensibilità aumenta fino a eventi di ML 0.4-0.5 nello scenario mediano (p50). In ogni caso quindi è possibile affermare che la rete, oltre ad avere una sensibilità migliore di quanto richiesto dalla prescrizione vigente, è anche perfettamente rispondente alle indicazioni delle linee guida, in quanto consente di identificare eventi ML inferiore a 0.9 nel DI, e migliora di circa 1 ordine di grandezza la magnitudo di completezza della rete sismica nazionale (ricordiamo che l'unico studio disponibile sulla RSN – Schorlemmer et al., 2010 – indica per l'area una magnitudo di completezza compresa tra 2 e 2.5 a seconda della profondità degli eventi sismici e del livello di confidenza considerato).

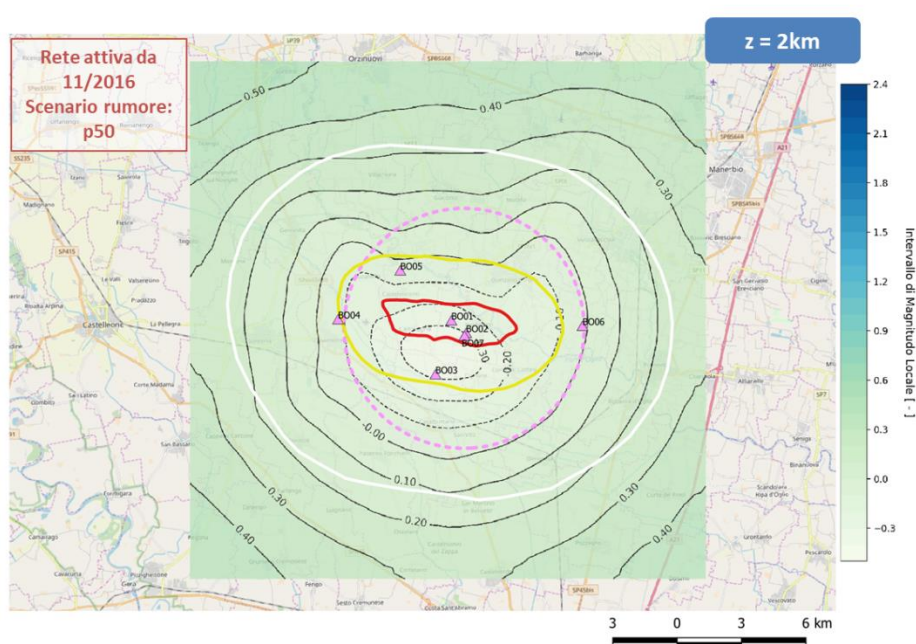


Figura 4.20 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 2km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

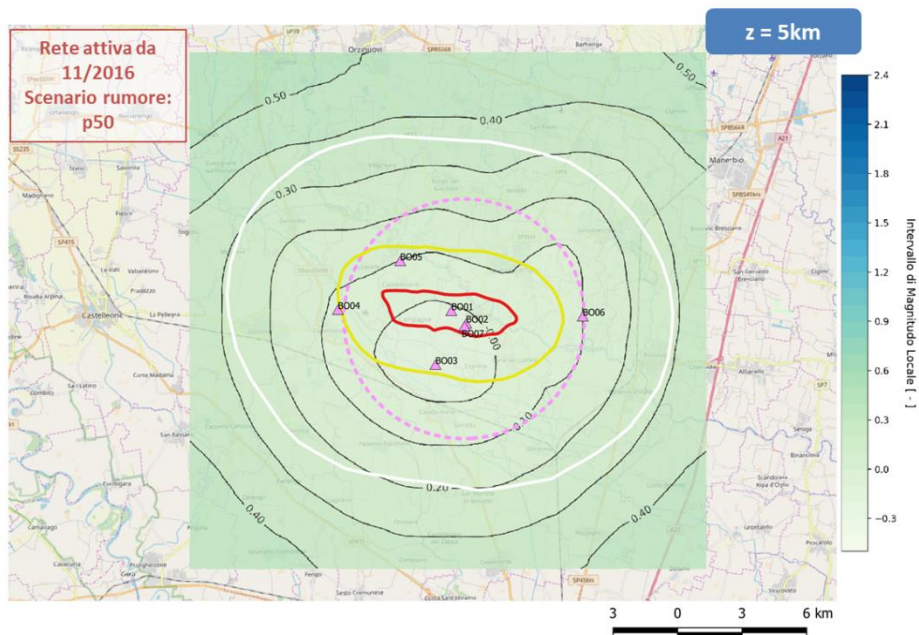
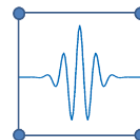


Figura 4.21 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 5km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

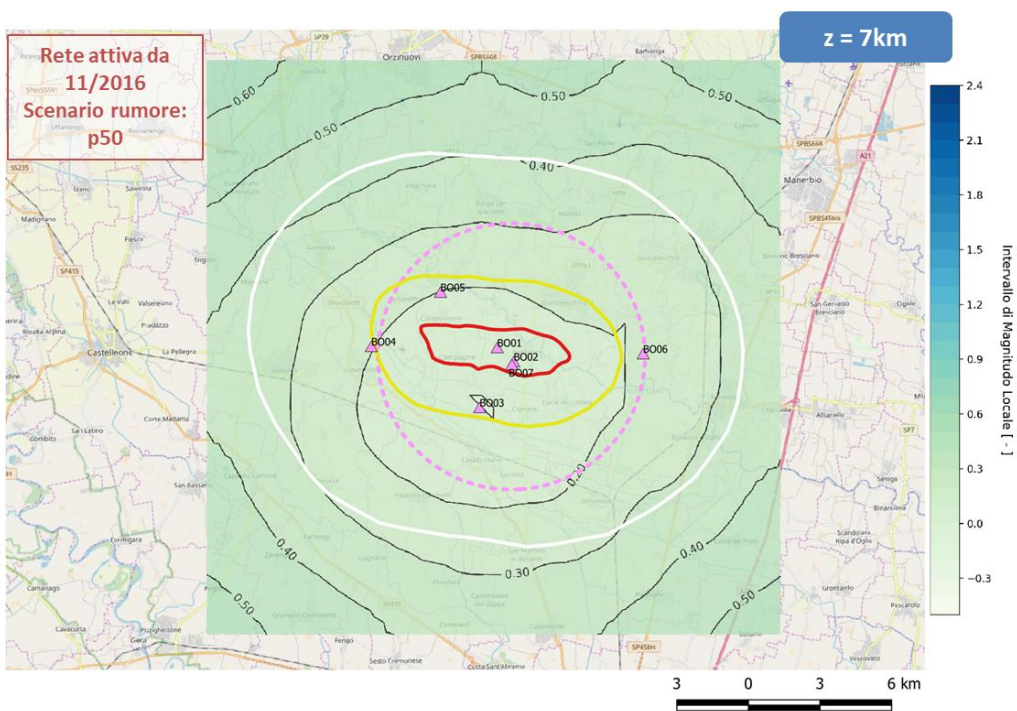


Figura 4.22 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 7km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

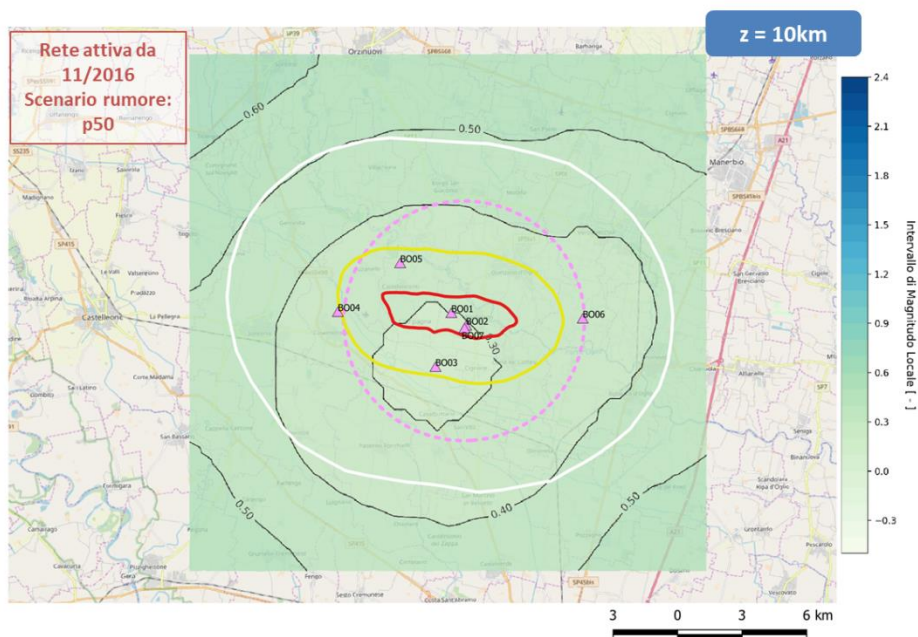
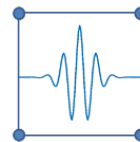


Fig.4.23 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

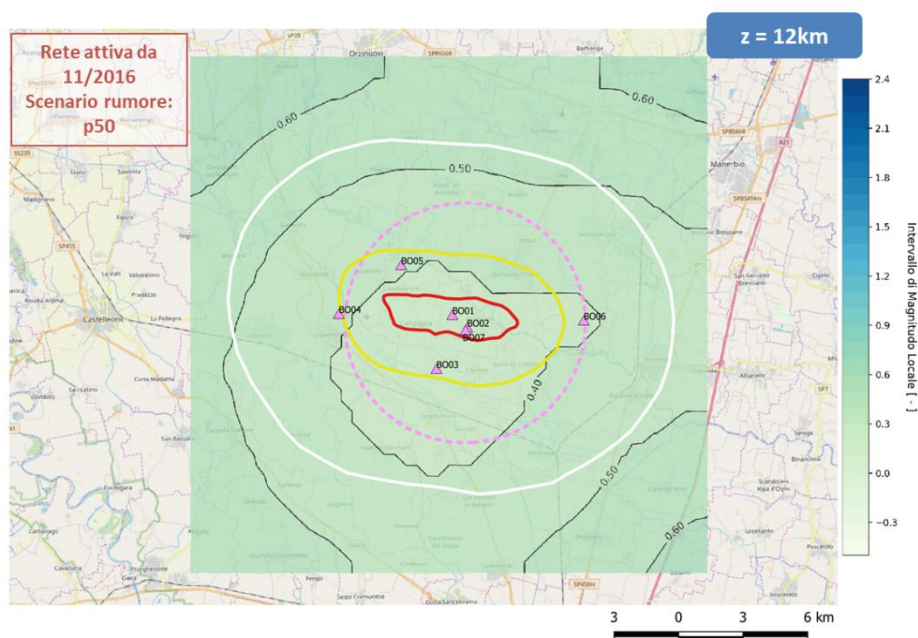


Figura 4.24 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 12km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

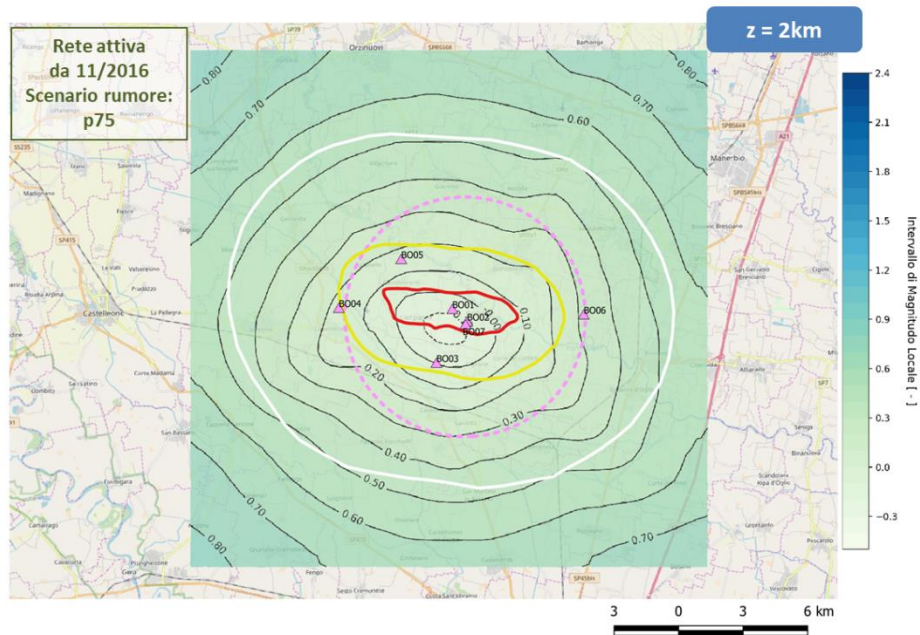
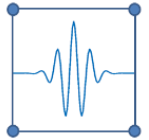


Figura 4.25 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 2km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

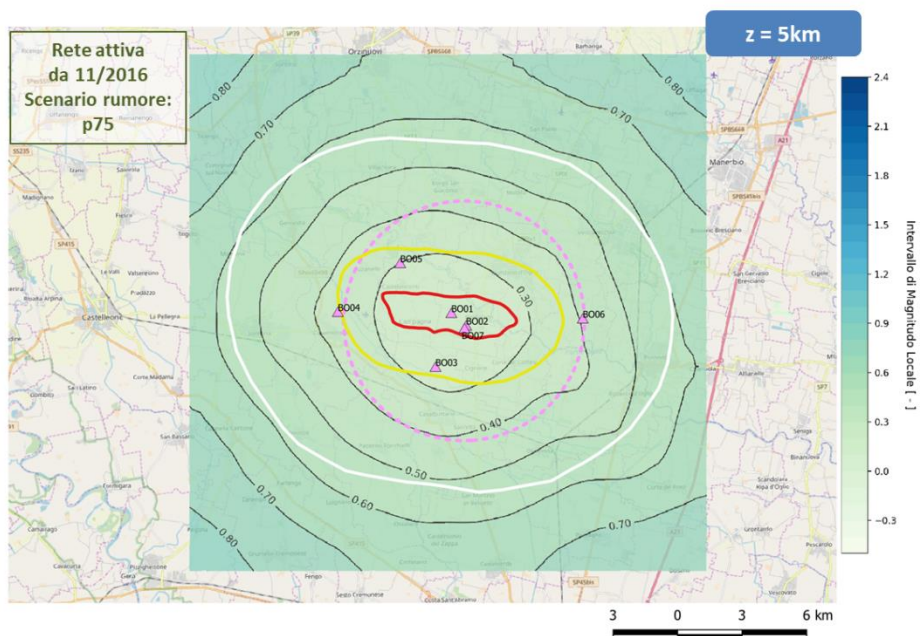


Figura 4.26 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 5km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

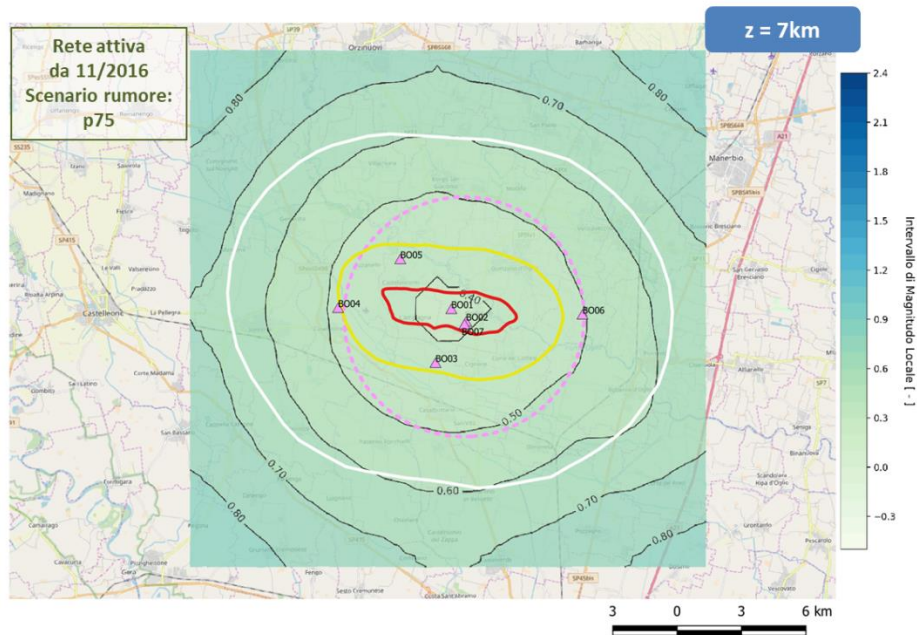
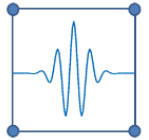


Figura 4.27 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 7km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

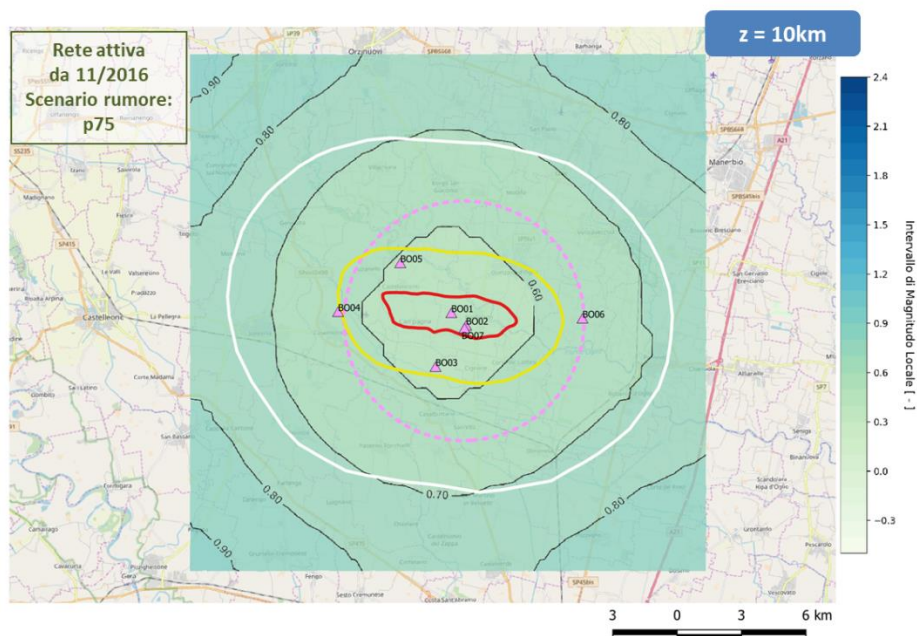


Figura 4.28 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

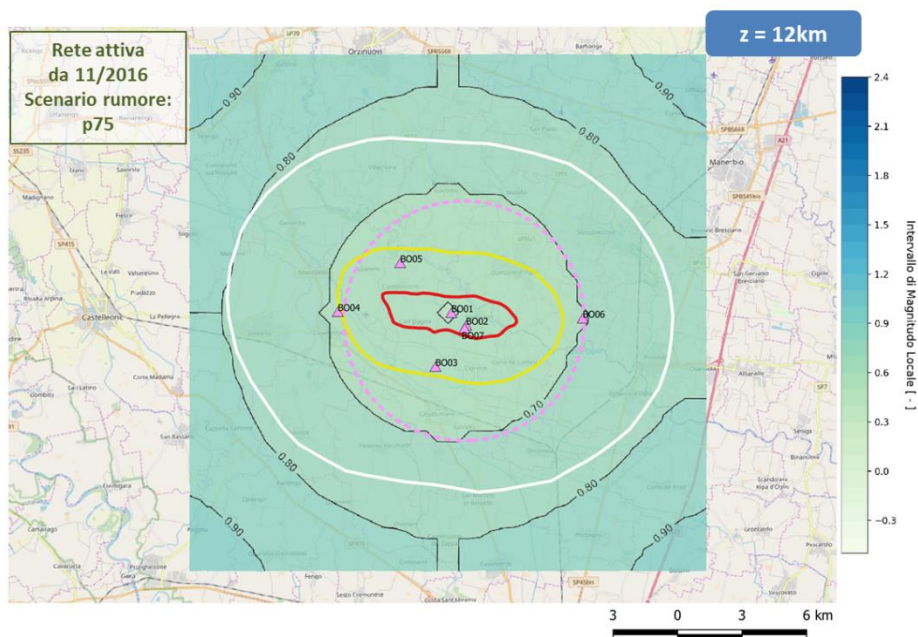
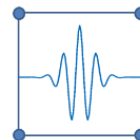


Figura 4.29 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 75esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 12km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

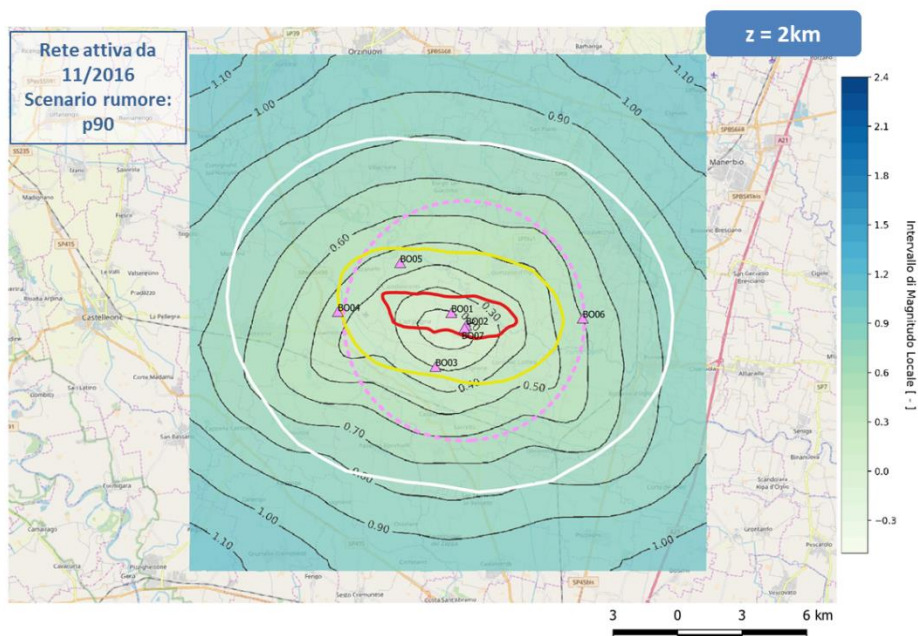


Figura 4.30 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 2km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

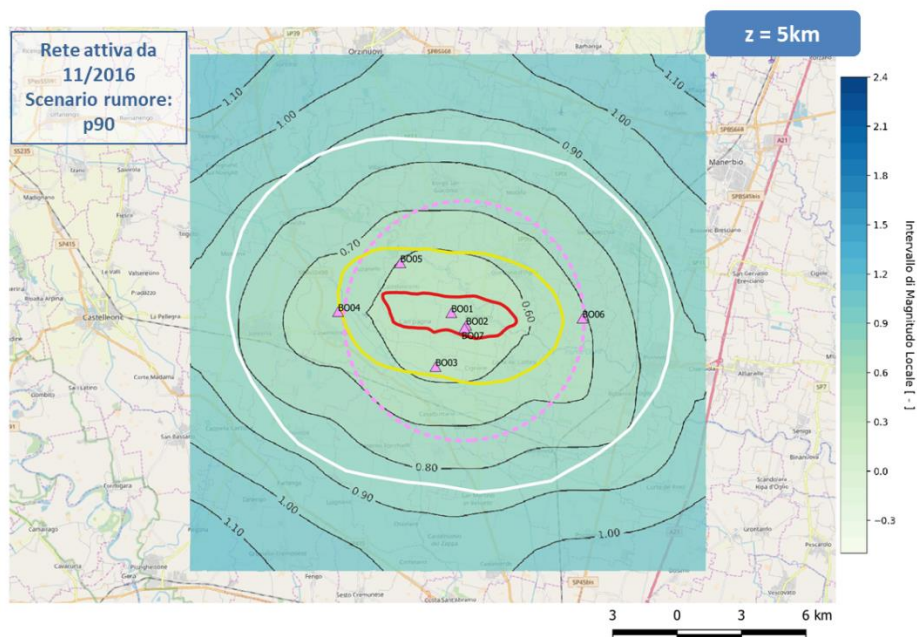
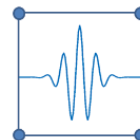


Figura 4.31 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 5 km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

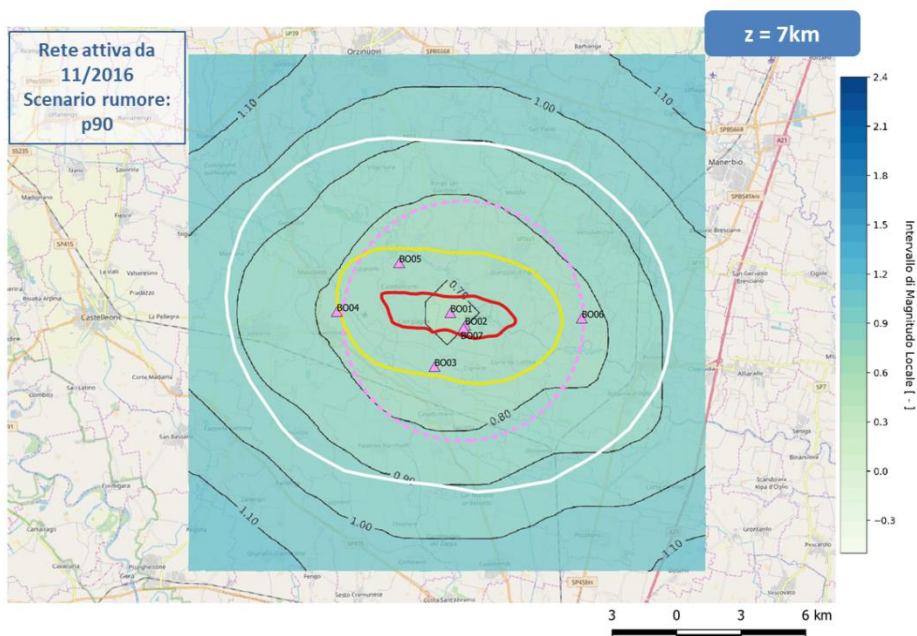


Figura 4.32 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 7 km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

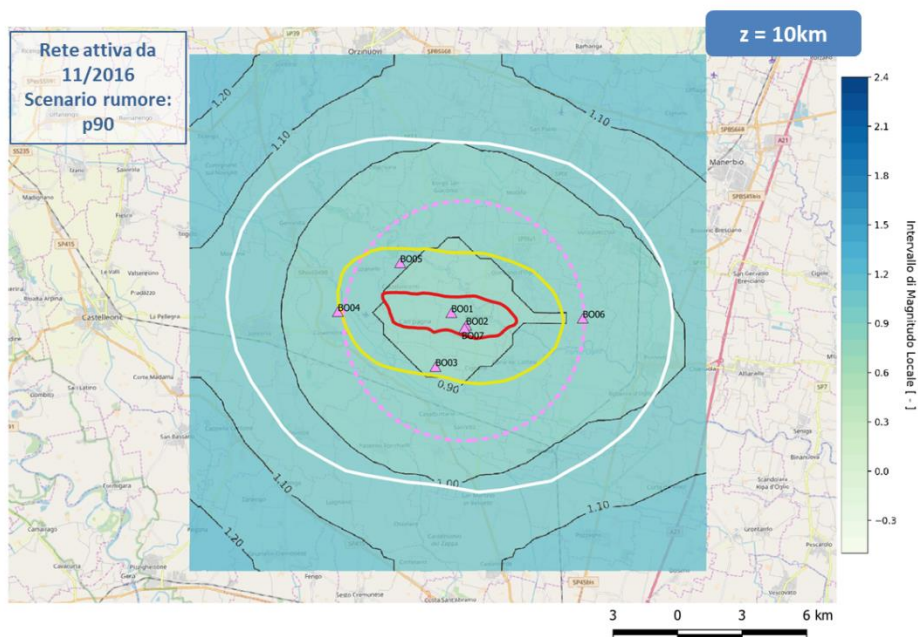
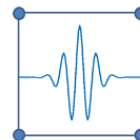


Figura 4.33 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.

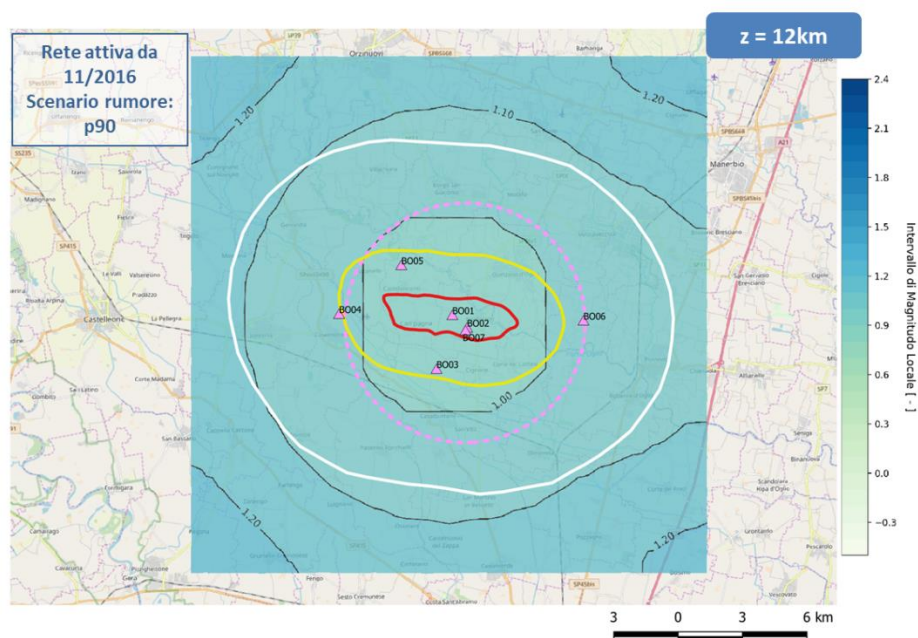
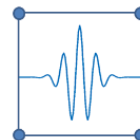


Figura 4.34 Risultati per la modellistica a scala locale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 12km. L'evento è localizzabile se rilevato da 4 stazioni.



4.4. Modello regionale

Nella sezione precedente sono state stimate le soglie di magnitudo minima utile per la localizzazione degli eventi alla scala locale da parte della rete di Bordolano, ovvero a pochi chilometri di distanza da pozzi, distanza alla quale nessuna rete regionale (INGV, OGS, PAT, etc) ha rilevato eventi sismici. Si è quindi provveduto ad effettuare una serie di simulazioni a più larga scala, considerando un dominio di calcolo di lato pari a 60 km e centrato sulla concessione di Bordolano. Nelle figure seguenti viene indicata la distanza di 30 km dal centro del giacimento di Bordolano con una linea tratteggiata di colore rosa. Il dominio di calcolo all'interno del quale sono state eseguite le simulazioni si estende fino ad una profondità di 30 km. Sono stati utilizzati gli stessi parametri geofisici usati nell'analisi locale, con l'eccezione della velocità delle onde S alla sorgente, in accordo con la velocità media degli strati più profondi dei precedenti desunta dai modelli regionali (Molinari et al., 2015; Berbellini et al., 2017).

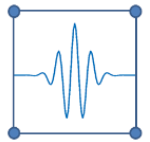
Va sottolineato che i risultati di tale modellazione non sono del tutto rappresentativi delle performance della rete nelle zone immediatamente circostanti il giacimento (a cui si applica invece la modellazione locale riportata in Sez. 4.3) in quanto le velocità sismiche delle onde S utilizzate rappresentano esclusivamente le condizioni regionali per ipocentri a profondità maggiore di 7-8 km (profondità degli eventi identificati dalla rete INGV ed indicati dal Dott. Priolo nella sua relazione), poiché circa a questa profondità si ha una significativa variazione della velocità delle onde S (Molinari et al., 2015; Berbellini et al., 2017).

Per facilitare il confronto, tutte le mappe nel seguito sono prodotte con la stessa scala cromatica, che però è diversa da quella utilizzata in precedenza per il modello locale. Inoltre, per il motivo appena illustrato, sono mostrate solo le magnitudo maggiori di 1.0, per l'area estesa fino a 10 km dal giacimento si deve far riferimento alle immagini riportate nella Sez. 4.3 delle analisi locali.

4.4.1. Risultati per la rete di Bordolano del periodo 2013 - 11/2016

Le immagini da 4.35 a 4.44 mostrano i risultati della previsione modellistica regionale finalizzata a stimare la soglia di localizzazione attesa per la rete di Bordolano nella configurazione iniziale (2013-11/2016) con 4 stazioni, il cui obiettivo era di misurare i livelli di rumore in-situ (periodo di bianco), prima dell'inizio delle attività di stoccaggio del gas. In particolare, le figure da 4.35 a 4.39 mostrano le soglie di localizzazione attese per eventi a diversa profondità (da 10 a 30km) nello scenario con i livelli di rumore pari al 50esimo percentile delle PSD misurate (p50: condizioni di rumore ambientale medio), mentre le figure da 4.40 a 4.44 riportano mappe analoghe ma con livelli di rumore pari al 90esimo percentile (p90: condizioni di alto rumore ambientale).

Osservando le immagini si può valutare che la rete fosse in grado, nei momenti di rumore medio (p50, indicativamente valido per i periodi notturni), a distanze epicentrali comprese tra 15 e 30km, di registrare eventi di ML 1.3 - 1.6 per ipocentri tra 10km e 15km di profondità, ed eventi di ML maggiore di 1.6 per profondità maggiori. Nello scenario con livelli di rumore più elevati (P90, periodi diurni: Fig. 4.40 - 4.44), le simulazioni suggeriscono che la rete fosse in grado di identificare eventi di ML 2.4-2.8 per ipocentri a 15-30km di distanza e profondità indicativa di 10km, e ML maggiori di 2.7 per eventi più profondi alle stesse distanze.



In generale si può concludere che la rete, a scala regionale, abbia avuto durante il periodo di registrazione del bianco (baseline del rumore ambientale e della sismicità naturale ante operam) delle performance perfettamente in linea con quelli che erano stati i criteri di progettazione. La rete aveva una buona capacità di detezione e localizzazione degli eventi locali, mentre alla scala regionale data la natura della rete solo gli eventi sismici di maggiore intensità avevano una buona probabilità di essere identificati e localizzati.

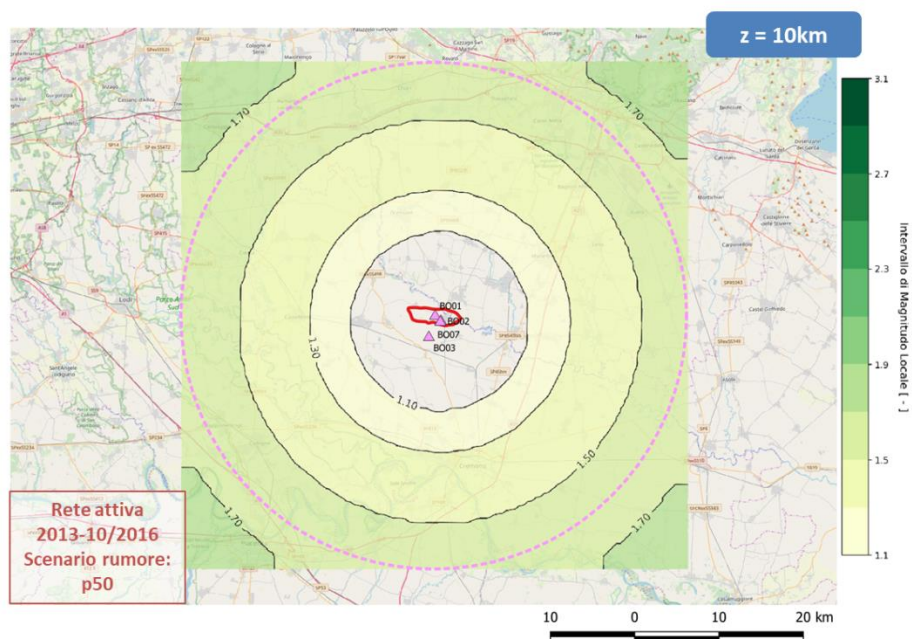


Figura 4.35 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km.

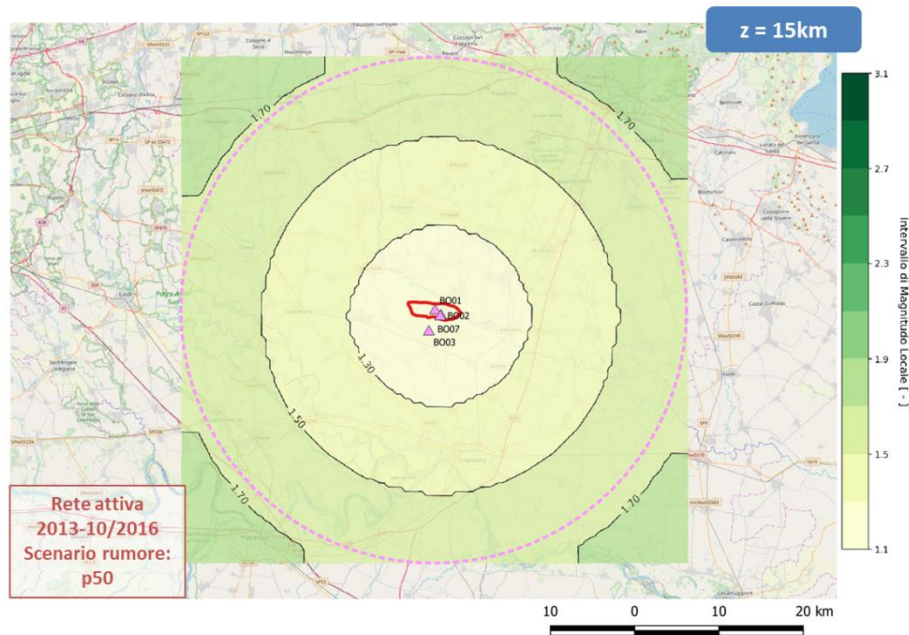
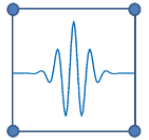


Figura 4.36 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 15km.

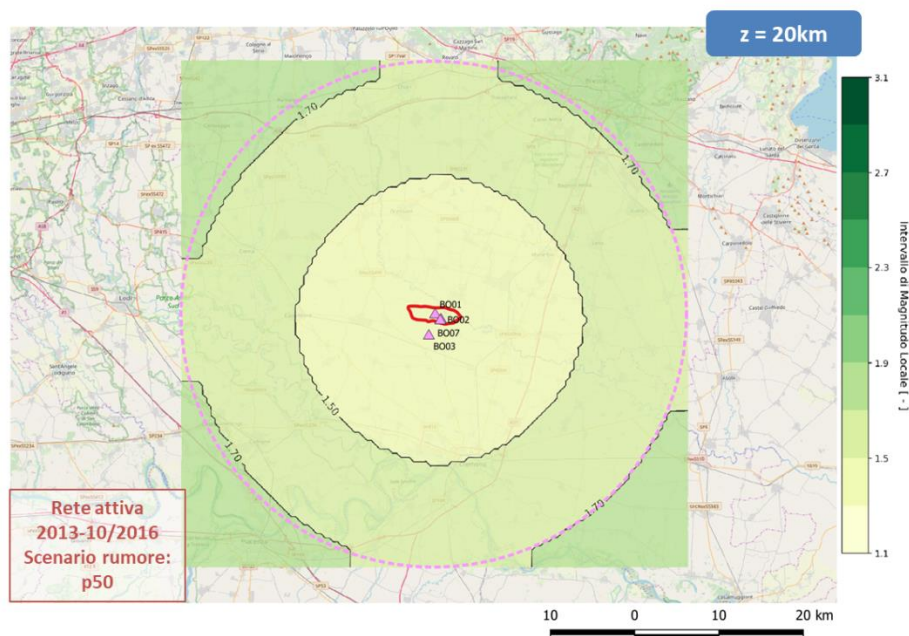


Figura 4.37 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 20km.

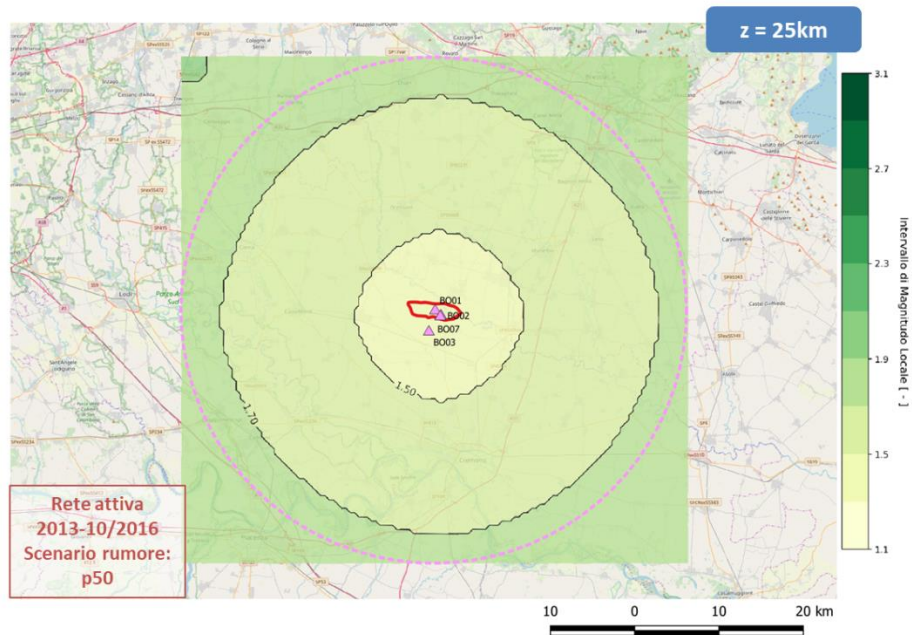
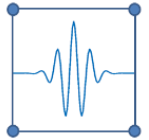


Figura 4.38 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 25km.

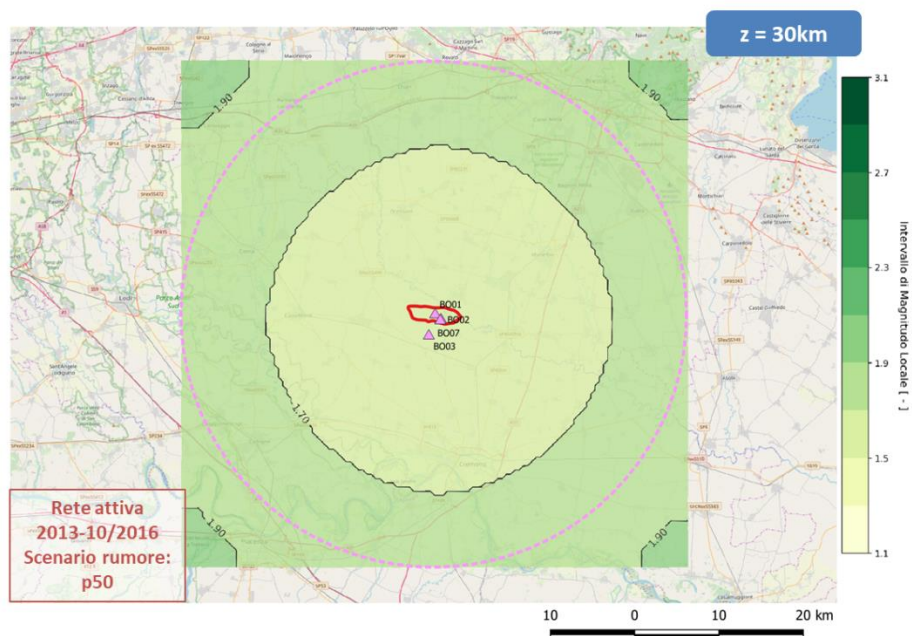


Figura 4.39 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 30km.

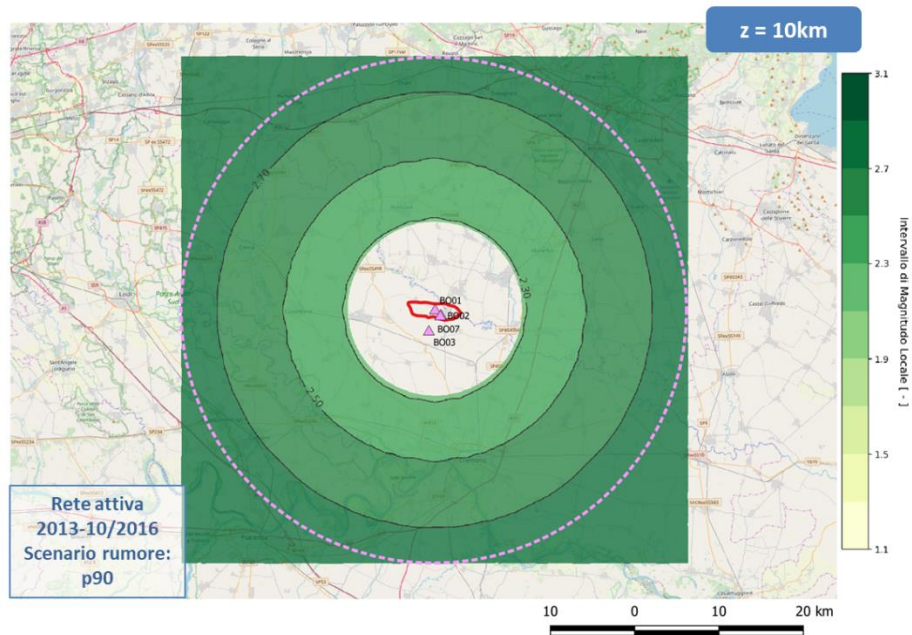
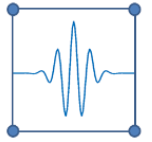


Figura 4.40 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km.

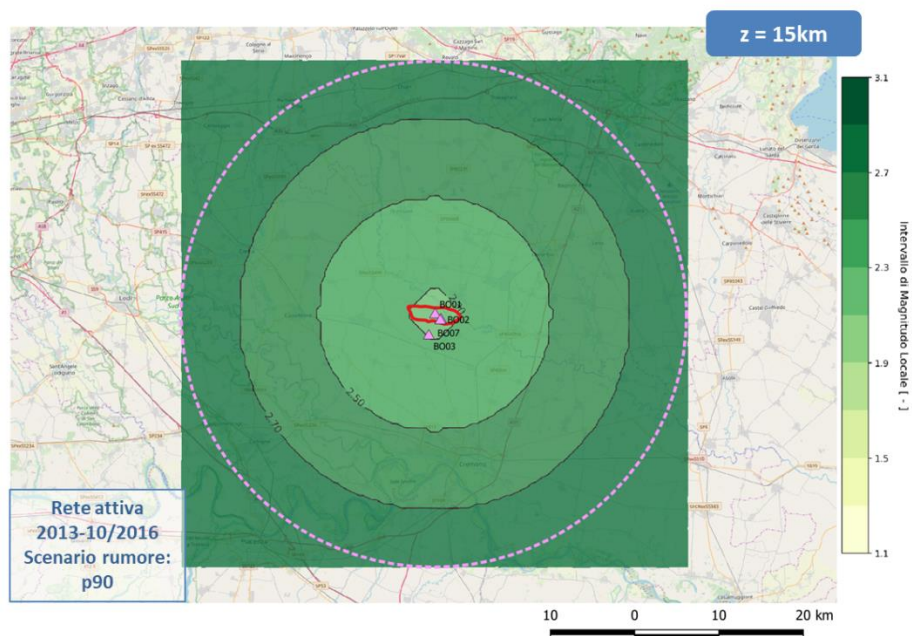


Figura 4.41 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 15km.

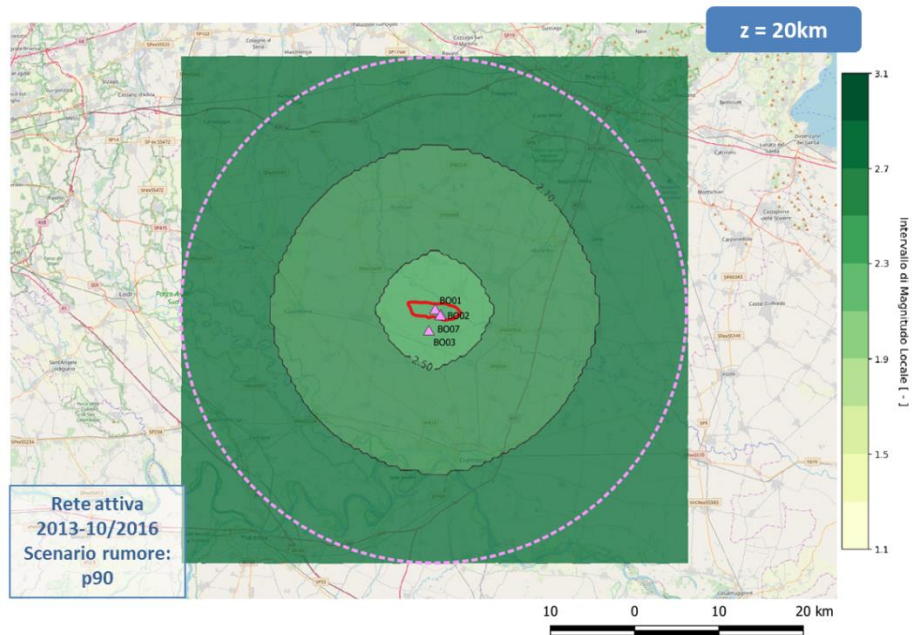
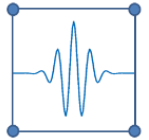


Figura 4.42 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 20km.

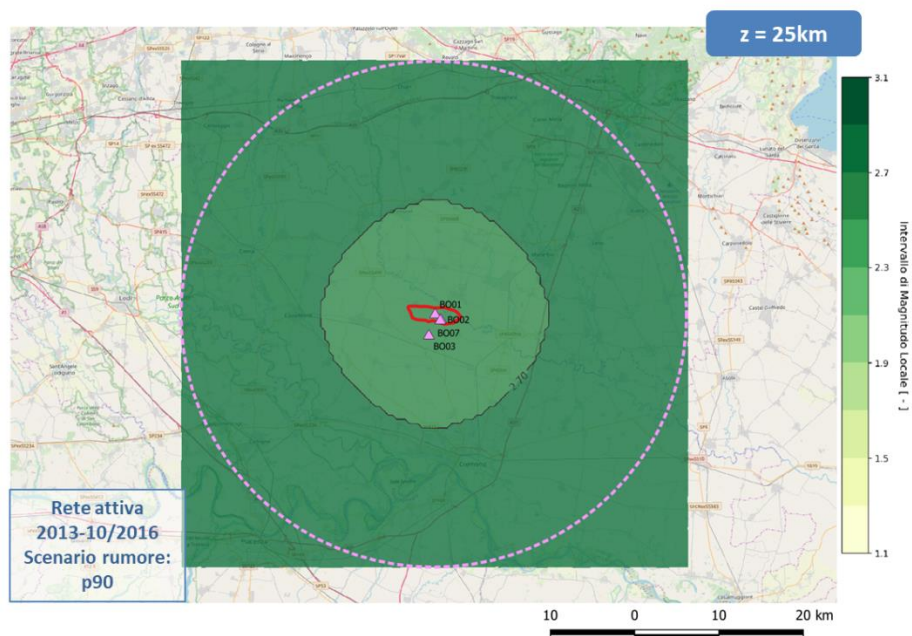


Figura 4.43 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 25km.

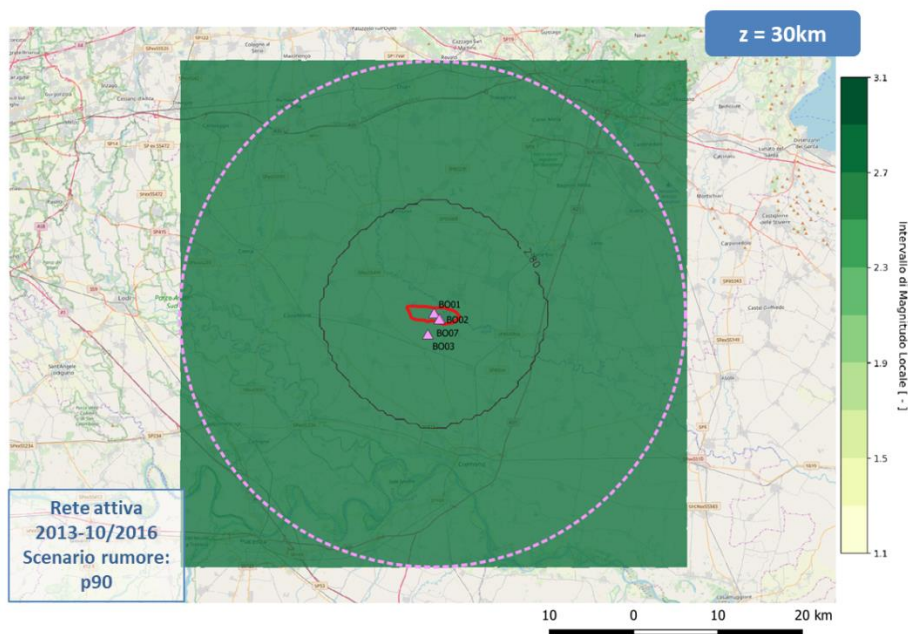
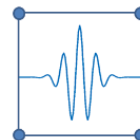


Figura 4.44 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2015. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 30km.

4.4.2. Risultati per la configurazione attuale

A partire da Dicembre 2016 la rete di monitoraggio del campo di Bordolano era composta da 7 stazioni (configurazione di progetto), con conseguente significativo miglioramento delle performance della rete. Allo stesso tempo, il completamento delle attività di costruzione della centrale di stoccaggio ha causato un abbassamento dei livelli di rumore massimi. Tutto questo si traduce in un miglioramento della capacità di detezione della rete anche alla scala regionale. Le figure da 4.45 a 4.54 illustrano i risultati delle simulazioni nelle condizioni di configurazione della rete e rumore ambientale del 2018.

Nello scenario in cui viene utilizzato un livello di rumore pari al 50esimo percentile (p50), le soglie di detezione sono pari a ML 1.1 – 1.4 per distanze superiori ai 10 km e profondità focale di 10km e superiori a ML 1.3 per eventi a maggior profondità. Nello scenario più rumoroso invece (p90: 90esimo percentile) i corrispondenti valori si attestano a intensità superiori a ML 1.6 per eventi a 10km e ML 1.9 per eventi a profondità maggiore.

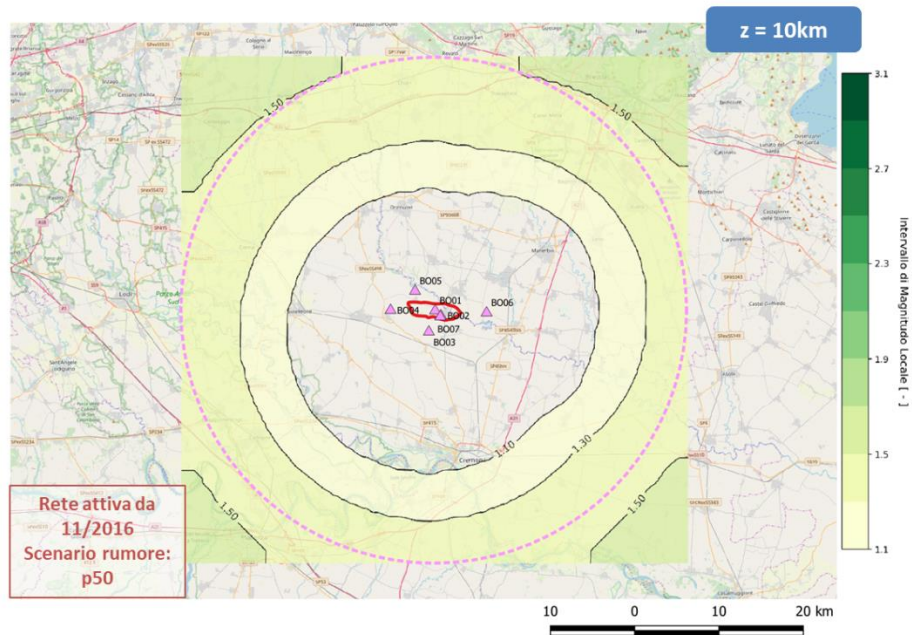
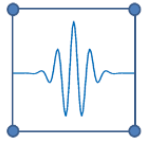


Figura 4.45 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km.

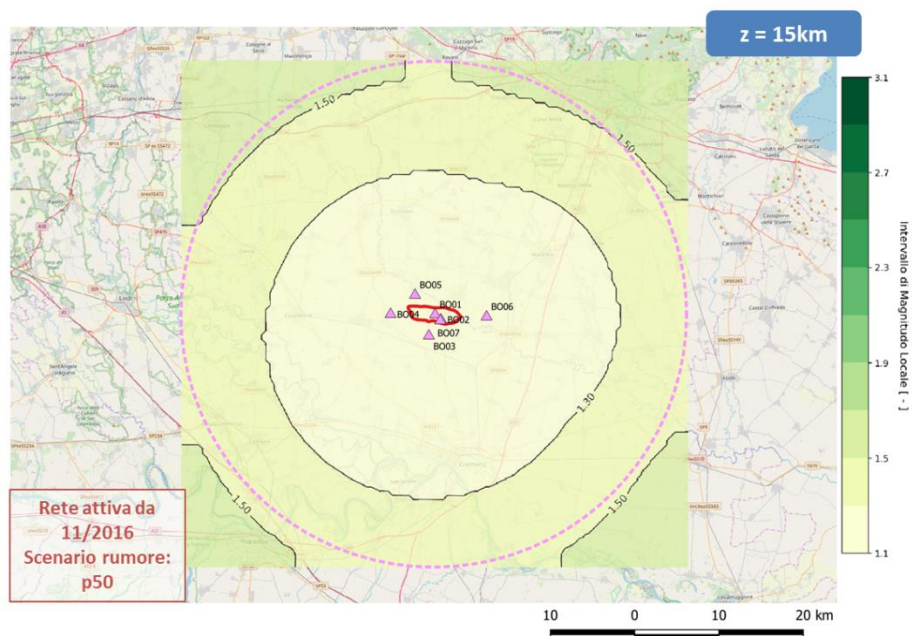


Figura 4.46 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 15km.

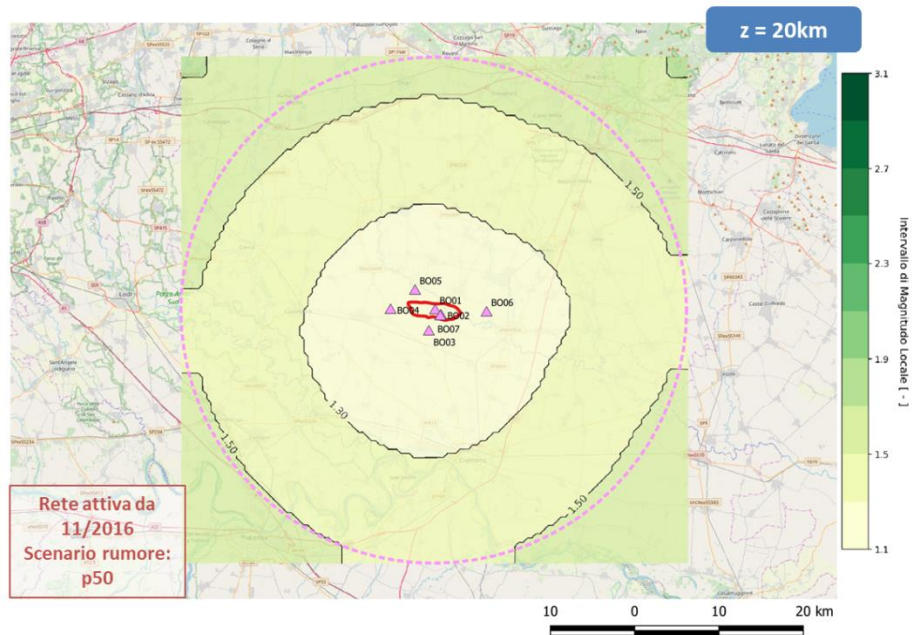
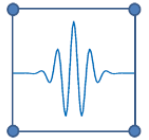


Fig.4.47 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 20km.

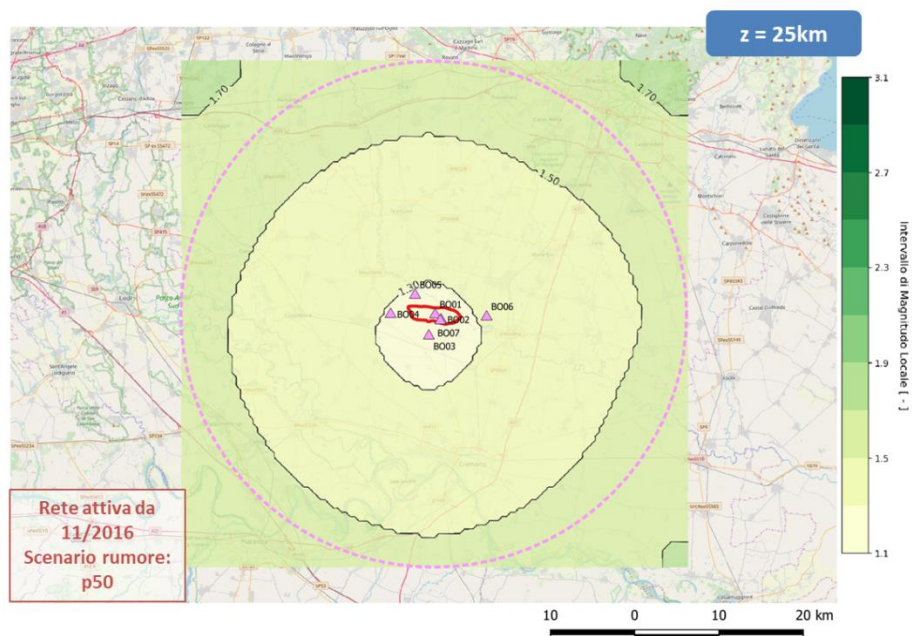


Figura 4.48 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 25km.

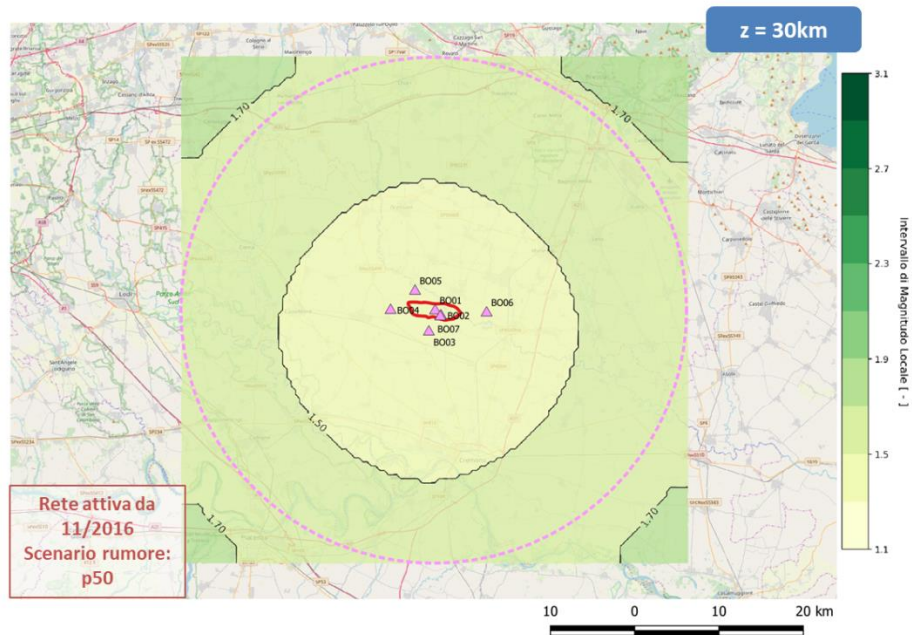
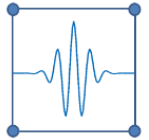


Figura 4.49 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 30km.

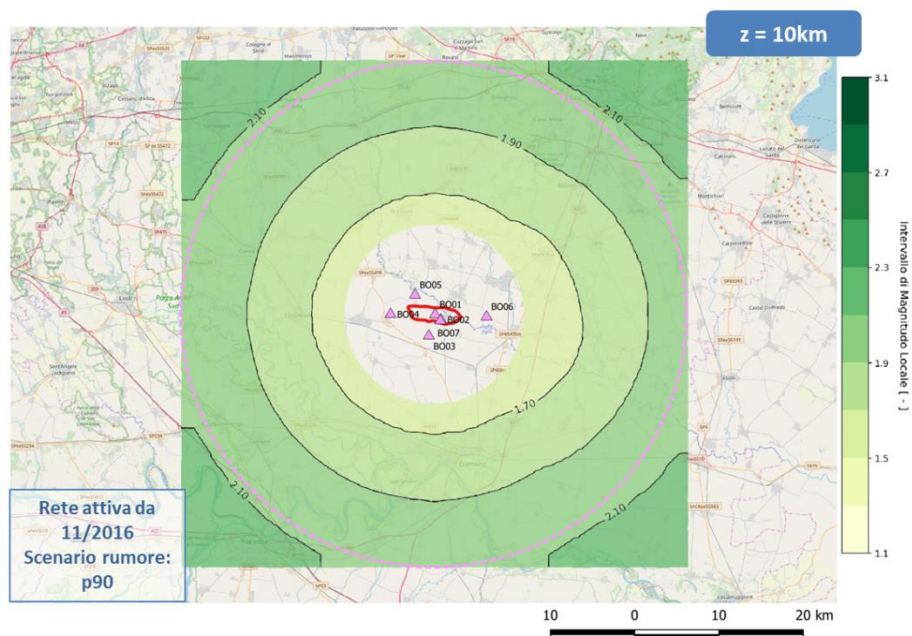


Figura 4.50 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km.

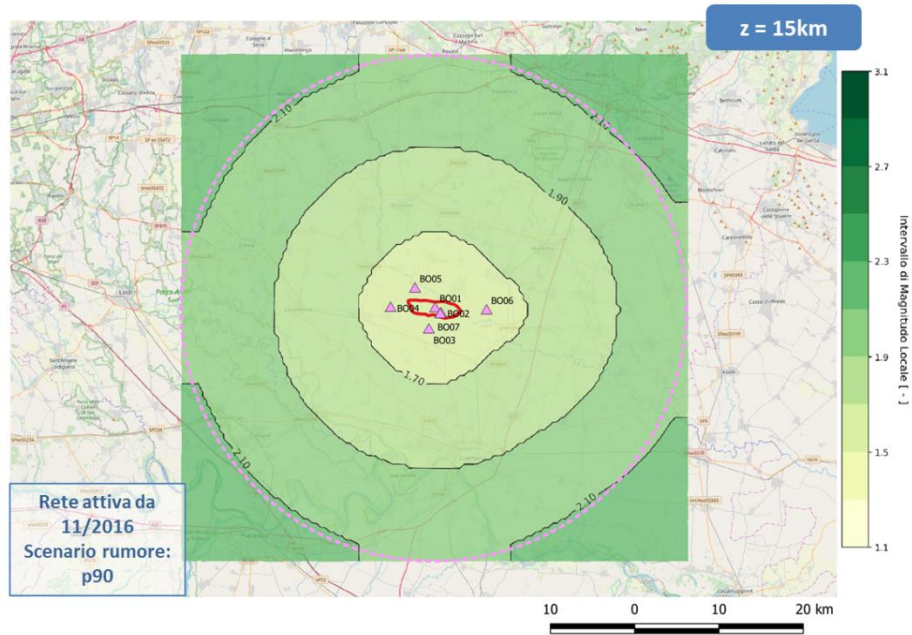
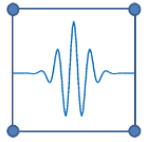


Figura 4.51 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 15km.

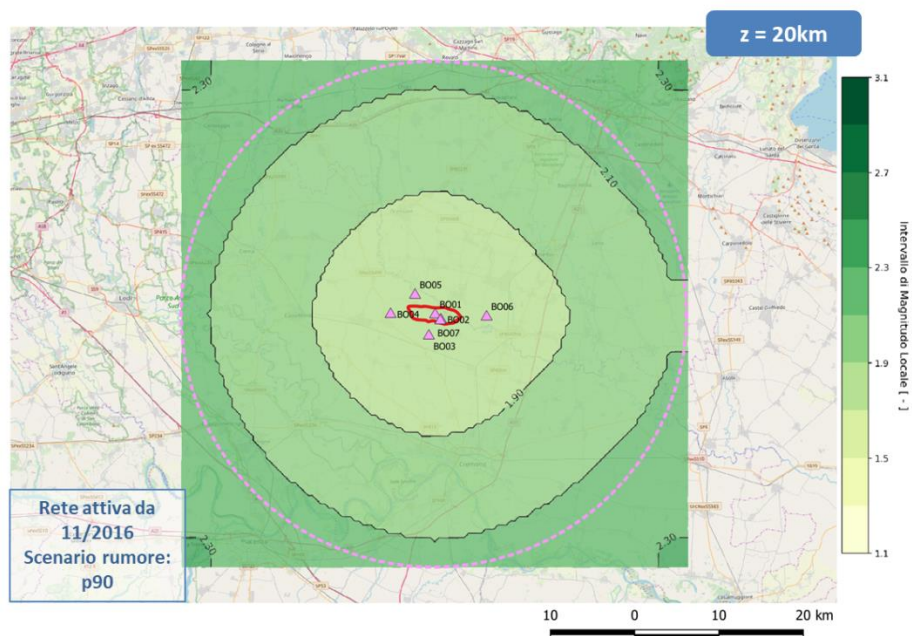


Figura 4.52 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 20km.

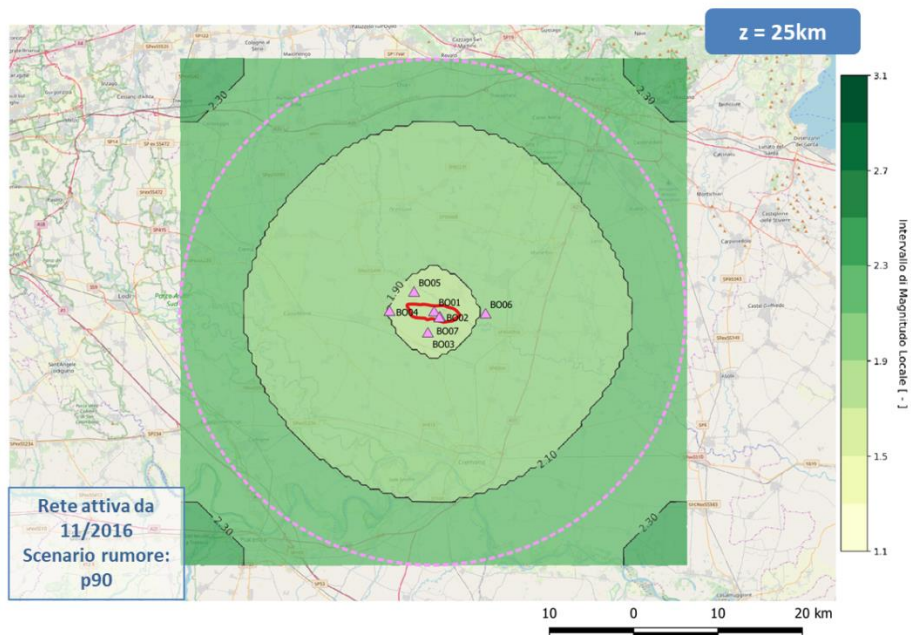
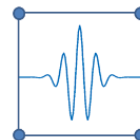


Figura 4.53 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 25km.

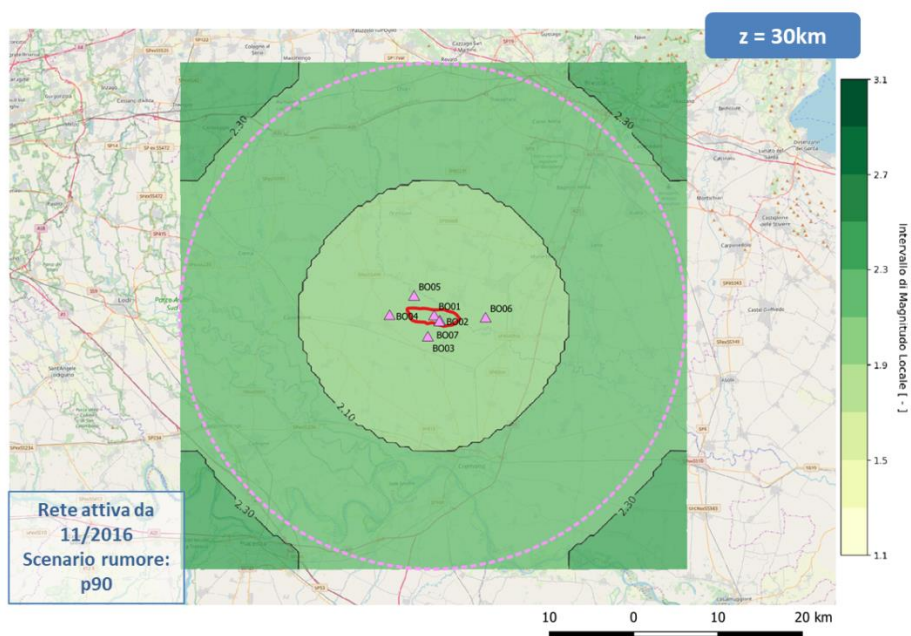
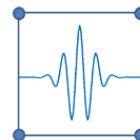


Figura 4.54 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 30km.



Sulle mappe seguenti sono infine riportati gli eventi sismici riconosciuti da INGV nel periodo 2017-2018, confrontati con le soglie di rumore previste dalla simulazione (Fig. 4.55 – 4.56). Come chiarito in precedenza, a causa della scarsa copertura da parte della rete OGS fino a tutto il 2016, la stima dei parametri focali degli eventi con questa rete (posizione dell'ipocentro e magnitudo) ha un grado di incertezza molto elevato, tale da rendere i risultati non affidabili. Al contrario, la rete INGV ha una buona copertura dell'area, e dunque le localizzazioni degli eventi sono ragionevolmente accurate. Si ricorda anche che la zona della concessione di Bordolano è tutt'ora esterna all'area che lo stesso sito del monitoraggio in tempo reale di OGS dichiara di monitorare, mentre l'area è sicuramente di pertinenza per la rete INGV.

Gli eventi sono classificati sulla base dell'intensità (valore di magnitudo locale), e ciascuna classe ha un colore diverso e dimensione dell'indicatore crescente. Gli eventi riconosciuti anche da STOGIT sono indicati attraverso il relativo ID posto a lato del marker sulla mappa. Questo consente un'analisi per confrontare le soglie di localizzazione calcolate con quello che la rete è stata effettivamente in grado di identificare, e dunque fornisce una valutazione, dell'affidabilità delle stime effettuate.

Durante il lasso temporale coperto da queste simulazioni, la rete INGV ha registrato nella zona 2 eventi, entrambi nelle ore notturne registrati anche dalla rete Stogit, ed aventi magnitudo locale di circa 2.5 (Fig. 4.55). Durante le ore diurne, la rete INGV ha registrato in totale 1 evento, poco intenso a profondità pari a 25.8 km e con distanza epicentrale leggermente superiore ai 30km. Le simulazioni (Fig. 4.56) indicano che la soglia di localizzazione era troppo elevata perché la rete Stogit potesse identificare questo debole sisma.

Tabella 4.3 Eventi identificati da INGV nel raggio di 30km dal giacimento di Bordolano durante le ore diurne nel periodo novembre 2016 – dicembre 2018, e riportati nel report a firma del Dott. Priolo. Gli eventi sono ordinati per profondità crescenti. La colonna "STOGIT" indica il numero o di evento, partendo dal più lontano nel tempo, individuato dalla rete STOGIT. Lo stesso ID è riportato nelle mappe e serve a identificare gli eventi che sono stati localizzati dalla rete locale.

Event id	Date	Lat	Lon	Depth (km)	ML	ID STOGIT
17306201	2017-10-11 17:37:54	45.1172	10.2728	25.8	2	\

Tabella 4.4 Eventi identificati da INGV nel raggio di 30km dal giacimento di Bordolano durante le ore notturne nel periodo novembre 2016 – dicembre 2018, e riportati nel report a firma del Dott. Priolo. Gli eventi sono ordinati per profondità crescenti. La colonna "STOGIT" indica il numero di evento, partendo dal più lontano nel tempo, individuato dalla rete STOGIT. Lo stesso ID è riportato nelle mappe e serve a identificare gli eventi che sono stati localizzati dalla rete locale.

Event id	Date	Lat	Lon	Depth (km)	ML	ID STOGIT
21205591	2018-12-09 20:27:21	45.5125	9.9053	9.9	2.6	1
21206011	2018-12-09 23:18:50	45.4993	9.8937	10.5	2.5	2

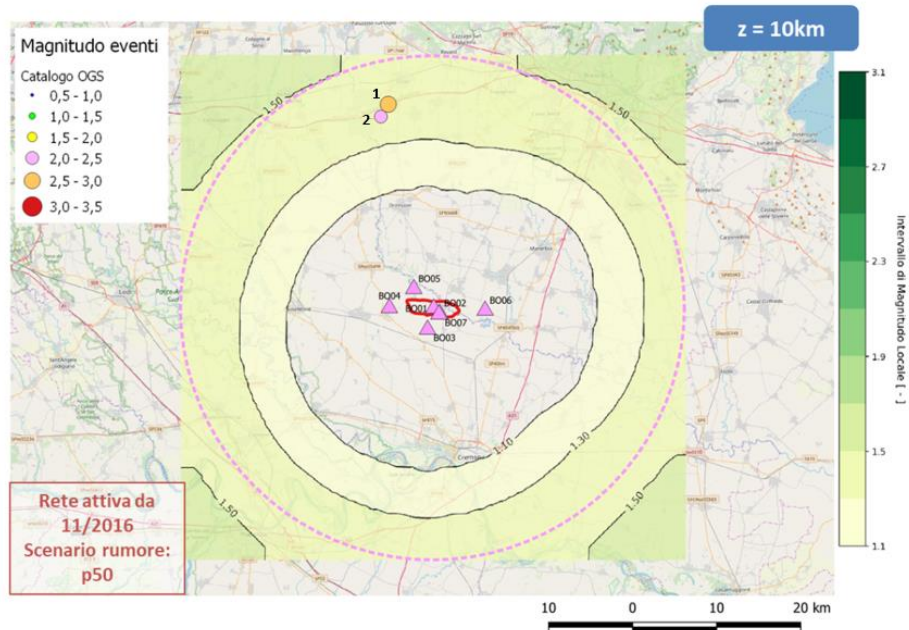
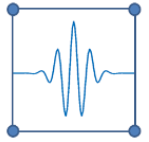


Figura 4.55 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 50esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 10km. Sono inoltre riportati gli eventi identificati da INGV in questo range di profondità durante le ore notturne.

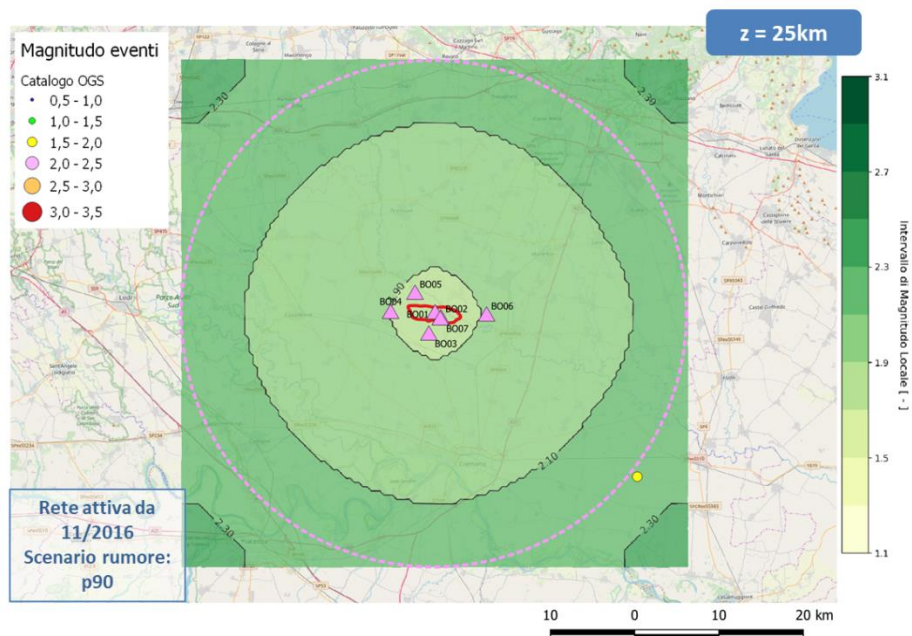
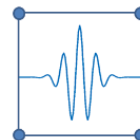


Figura 4.56 Risultati per la modellistica a scala regionale utilizzando il 90esimo percentile relativo ai livelli di rumore registrati nel 2018. Mappa di localizzazione per eventi ad una profondità di 25km. È inoltre riportato l'evento identificato da INGV in questo range di profondità durante le ore diurne.



5. Conclusioni

L'analisi della sensitività della rete STOGIT di Bordolano alla scala locale, ovvero entro i 12km di distanza dal campo, condotta con una metodologia standard ampiamente utilizzata in letteratura, ha mostrato che:

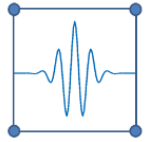
1. La rete STOGIT nel periodo di "bianco" 2013-11/2016, ovvero prima della messa in funzione del campo di stoccaggio aveva caratteristiche tali da garantire il rispetto delle prescrizioni imposte dal decreto ministeriale DVA-2014-0018804 del 16.05.2014. La rete STOGIT era cioè in grado di localizzare eventi di magnitudo locale (ML) 0.9 o inferiore in corrispondenza del giacimento e migliorava significativamente (anche di 1 unità di ML) la magnitudo di completezza della rete nazionale nel raggio di 5km dal fondo pozzo;
2. La rete operativa a partire da dicembre 2016, in concomitanza con l'avvio delle operazioni di stoccaggio, è in grado a sua volta di garantire il rispetto delle prescrizioni, con performance anche superiori a quelle del periodo precedente. Per completezza, sono state confrontate le performance della rete con gli ILG-MISE (2014), ed è stata riscontrata la perfetta rispondenza ai requisiti in termini di soglie di localizzazione.

Per quanto riguarda le reti di monitoraggio gestite da INGV ed OGS si è osservato che:

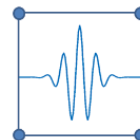
3. La rete regionale gestita da INGV ha una copertura dell'area di Bordolano da buona ad ottima, e tale è rimasta per l'intero periodo 2013 – 2018 oggetto delle valutazioni effettuate dal Dott. Priolo nella relazione prodotta per il Comune di Verolavecchia;
4. Nello stesso periodo, la rete OGS, a partire da una configurazione del tutto inadeguata nel 2013, ha avuto un graduale sviluppo e potrebbe aver migliorato la propria copertura sull'area. Tuttavia, come evidenziato dallo stesso sito internet OGS relativo ai monitoraggi in tempo reale, la zona di Bordolano è esterna alla zona di interesse per OGS.
5. In conseguenza dei due punti precedenti, il confronto tra i cataloghi INGV ed OGS effettuato nell'analisi del Dott. Priolo appare poco proficuo, in quanto è ipotizzabile che prima del gennaio 2017 gli eventi localizzati da OGS avessero una scarsissima accuratezza: gli eventi potevano essere identificati ma la posizione dell'ipocentro e la magnitudo, essendo la sorgente esterna e distante dalla rete OGS, erano inaffidabili.
6. In ogni caso, il riferimento per un eventuale confronto deve essere il catalogo INGV, che per statuto e per normativa è l'ente preposto al monitoraggio sismico del territorio nazionale e quindi anche della parte centrale della Pianura Padana, dove si trova la concessione di Bordolano. Per questo motivo INGV gestisce ed ha gestito in passato una rete che garantisce una buona accuratezza nell'identificazione dei parametri focali nella zona di studio.

È stata successivamente condotta un'analisi della sensitività della rete STOGIT di Bordolano a livello regionale (a distanza di 10-30 km dal campo), ovvero all'esterno del poligono definito dalle sue stazioni, per valutare le performance della rete a questa scala. Si osserva innanzitutto che la distanza di 30km dal campo, scelta arbitrariamente dal Dott. Priolo per le proprie considerazioni, da un punto di vista tecnico-scientifico non ha a nostro avviso alcuna giustificazione.

La rete di monitoraggio microsismico di STOGIT è stata progettata con l'obiettivo di monitorare fenomeni locali e dunque le sue performance evidentemente non possono essere confrontate con quelle di una rete

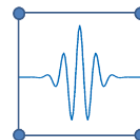


di tipo regionale quale quella INGV. Le simulazioni condotte, che hanno interessato distanze fino a 30 km dal campo, hanno mostrato che gli eventi registrati da INGV nella zona di studio sono stati registrati anche dalla rete STOGIT a 7 stazioni compatibilmente con il grado di magnitudo e la distanza considerata. I risultati della modellazione sono quindi coerenti con quanto effettivamente la rete è stata in grado di registrare. Questo indica che la rete STOGIT ha funzionato correttamente rispetto ai criteri di progettazione, sia nel periodo di bianco, ante-operam, che durante la fase di monitoraggio vero e proprio.



6. Bibliografia

- Anderson J.G., Hough S. (1984). A model for the shape of Fourier amplitude spectrum of acceleration at high frequencies, *Bull. seism. Soc. Am.*, 74, 1969-1994.
- Beyreuther, M., R. Barsch, L. Krischer, T. Megies, Y. Behr and J. Wassermann (2010) ObsPy: A Python Toolbox for Seismology *SRL*, 81(3), 530-533 DOI: 10.1785/gssrl.81.3.530
- Berbellini, A., A. Morelli and A.M.G. Ferreira (2017) Crustal structure of northern Italy from the ellipticity of Rayleigh waves, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 265, 1-14, doi: 10.1016/j.pepi.2016.12.005.
- Bondár, I., Stephen C. Myers, E. Robert Engdahl, Eric A. Bergman, (2004) Epicentre accuracy based on seismic network criteria, *Geophysical Journal International*, Volume 156, Issue 3, Pages 483–496, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02070.x>
- Brune, J. N. (1970): Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes., *J. Geophysical Res.*, 75, 4997-5009.
- Brune, J. N. (1971): Correction, *J. Geophysical Res.*, 76, 5002.
- Carannante, S., D’Alema, E., Lovati, S., Massa, M., Augliera, P., Franceschina, Gianlorenzo, G. (2017): Feasibility study for the microseismic monitoring of the natural gas reservoir of “Sant’Alberto” (Po Plain, Italy). *Annals of Geophysics*, 60, 2.
- D’Alessandro, A., Luzio, D., D’Anna, G., Mangano G. (2010): Valutazione della performance di localizzazione della RSNC-INGV tramite simulazione numerica. *Quaderni di Geofisica*, 83, 31 pp.
- D’Alessandro, A., Luzio, D., D’Anna, G., and Mangano, G (2011) Seismic Network Evaluation through Simulation: An Application to the Italian National Seismic Network, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 101, 1213–1232, doi:10.1785/0120100066
- Hanks T.C., Kanamori H. (1979). A moment magnitude scale, *J. Geophysical Res.*, 84, 2348-2350.
- INGV 2015a Studio di fattibilità per la realizzazione di una rete di monitoraggio microsismico e individuazione di eventuali faglie attive adiacenti o prossime al giacimento di San Pietro in Casale (BO), 51 pp. Istruttoria di VIA per la messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir della concessione “Sant’Alberto”.
- INGV 2015b. Studio di fattibilità per la realizzazione della rete di monitoraggio microsismico del giacimento di Sant’Andrea (TV), 46 pp., Concessione di coltivazione CASA TONETTO: messa in produzione del pozzo Sant’Andrea 1 dir ST
- INGV 2019: *Concessione di stoccaggio di gas naturale “Minerbio stoccaggio” (BO) Struttura Preposta al Monitoraggio, Relazione Finale, Luglio, INGV 2019*).
- Kraft, T., A. Mignan and D. Giardini (2013) Optimization of a large-scale microseismic monitoring network in northern Switzerland, *Geophysical Journal International*, Volume 195, Issue 1, 1 October 2013, Pages 474–490, <https://doi.org/10.1093/gji/ggt225>.
- Krischer, L., T. Megies, R. Barsch, M. Beyreuther, T. Lecocq, C. Caudron, J. Wassermann (2015) ObsPy: a bridge for seismology into the scientific Python ecosystem *Computational Science & Discovery*, 8(1), 014003 DOI: 10.1088/1749-4699/8/1/014003
- Lay, T. and T. C. Wallace (1995). *Modern global seismology*, International Geophysics Series, 58, Academic Press, San Diego (USA), 521 pp.
- Megies, T., M. Beyreuther, R. Barsch, L. Krischer, J. Wassermann (2011) ObsPy – What can it do for data centers and observatories? *Annals Of Geophysics*, 54(1), 47-58 DOI: 10.4401/ag-4838



- ILG-MiSE-DGS-UNMIG (2014). Ministero dello Sviluppo Economico – Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche - Gruppo di lavoro CIRM, Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell’ambito delle attività antropiche, Roma, 24/11/2014.
- Molinari, I., A. Argnani, A. Morelli, P. Basini (2015) Development and testing of a 3D seismic velocity model of the Po Plain sedimentary basin, Italy, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 105 (2a), doi: 10.1785/0120140204;
- Morasca, P., Massa, M., Laprocina, E. et al. (2010) Improved 2-D attenuation analysis for Northern Italy using a merged dataset from selected regional seismic networks *J Seismol* 14: 727. DOI: 10.1007/s10950-010-9194-7
- Peterson, J. (1993). Observation and modeling of seismic background noise, U.S.G.S. Tech. Rept., 93- 322, 1-95
- Schorlemmer, D., F. Mele, and W. Marzocchi (2010) A completeness analysis of the National Seismic Network of Italy, *J. Geophys. Res*, Vol. 115, B04308, doi:10.1029/2008JB006097
- Stabile T. A., G. Iannaccone, A. Zollo, A. Lomax, M. F. Ferulano, M. L. V. Vetri, L. P. Barzaghi, A comprehensive approach for evaluating network performance in surface and borehole seismic monitoring, *Geophysical Journal International*, Volume 192, Issue 2, 1 February 2013, Pages 793–806, <https://doi.org/10.1093/gji/ggs049>
- Steck, L.K., Velasco, A.A., Cogbill, A.H. & Patton, H.J., 2001. Improving regional seismic event location in China, *Pure appl. Geophys.*, 158, 211–240.
- Valtonen, O., Uski, M., Korja, A., Tiira, T., & Kortström, J. (2013). Optimal configuration of a micro-earthquake network. *Advances in Geosciences*, 34, 33-36. <https://doi.org/10.5194/adgeo-34-33-2013>
- Zeiler, C. & Velasco, A.A., 2009. Seismogram picking error from analyst review (SPEAR): single analyst and institution analysis, *Bull. seism. Soc. Am.*, 99(5), 2759–2770.



PROCEDURA DI RIAPERTURA DEL PROCEDIMENTO VIA (ID_VIP:4864)

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

RISPOSTE STOGIT A OSSERVAZIONI COMUNE DI VEROLAVECCHIA

Premessa

Si rileva che il contenuto delle osservazioni è per la gran parte riferito a fatti e argomentazioni riguardanti un periodo di tempo successivo al 2009, che è il momento in cui si era svolta la consultazione con le relative partecipazioni dei soggetti interessati e a cui deve farsi riferimento in virtù degli effetti conformativi sanciti dal parere n. 1901 del 27 giugno 2019 del Consiglio di Stato, recepito con decreto del Presidente della Repubblica del 16 settembre 2019.

Fatto salvo quanto sopra rappresentato, Stogit, in un'ottica di fattiva collaborazione, trasparenza e correttezza del proprio operato procederà di seguito a controdedurre a tali osservazioni che come si potrà evincere sono infondate.

Punto 1: Delibera Consiglio Comunale n. 71 del 16/12/2019 "ESPRESSIONE DEL PARERE, ALLA V.I.A. DEL PROGETTO "CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO" IN SEGUITO ALLA RIAPERTURA DEL PROCEDIMENTO (ID_VIP: 4864)" con richiesta integrazioni Punto A: verifica delle specifiche di progetto del sistema di monitoraggio

Punti 2-3: Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas Bordolano (allegato alla D.C.C. 71/2019)

Come si rileva dallo studio (punto 2) il sistema di monitoraggio sismico è risultato del tutto inaffidabile ed inefficace, non avendo rilevato eventi sismici segnalati da altri centri di monitoraggio (nazionale e regionale) benché il compito di tale rilevazione fosse il monitoraggio di dettaglio della zona. Un'azione di monitoraggio adeguata renderebbe l'attività più sicura, cioè ne ridurrebbe la potenziale pericolosità. Si sottolinea che per il monitoraggio messo in atto a Bordolano non sono state esplicitate le procedure di intervento, ovvero con quali regole /modalità si intende valutare l'eventuale microsismicità locale riscontrata, in base a quali criteri (esplicitati a priori) si potrebbe decidere di ridurre l'attività, nonché chi potrebbe decidere una tale azione una volta riscontrata una certa situazione di potenziale allarme. Il territorio di Verolavecchia è vulnerabile ha avuto danni nel 2012 per un evento importante (classificato medio come energia) ma distante, quindi potrebbe avere danni (più o meno gravi) per un evento vicino moderato, l'attività di stoccaggio aumenta la probabilità di eventi deboli e moderati locali...il monitoraggio serve a tenere sotto controllo la sismicità fin dal suo apparire con eventi micro ma si ritiene che non siano chiare le procedure di eventuale intervento sullo stoccaggio messe in atto sulla base dei dati prodotti dal monitoraggio. Il MISE ha erogato a Stogit un contributo di 2.266.400,00 euro per programma di ricerca aggiuntivo (22% del costo totale del progetto).



RISPOSTA

Il sistema di monitoraggio microsismico è affidabile, efficace ed è stato progettato secondo quanto previsto dalle prescrizioni ministeriali.

Si precisa, a tal proposito, che nelle osservazioni dello studio "Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano" redatto da OGS non vi è mai riferimento alle prescrizioni del Decreto DVA-2013-0018804 del 08.08.2013 come modificato con successivo provvedimento prot. DVA-2014-0014583 del 16.05.2014. Tali prescrizioni definiscono puntualmente i limiti areali entro cui effettuare il monitoraggio in oggetto e le caratteristiche in termini di prestazioni che dovranno essere raggiunte. Pertanto, OGS nel suo documento parte da una assunzione errata.

Come si evince dal testo delle prescrizioni, fino all'emissione del Decreto VIA 2014 sopra citato era richiesto di realizzare un monitoraggio microsismico e di concordarlo con ARPA Lombardia (con prescrizione A8 del Decreto DVA-DEC-0001633 del 12.11.2009), senza specifiche precisazioni in merito alle caratteristiche della rete. Solo dal 2014, con la prescrizione n. 1 del Decreto DVA-2014-0014583, sono stati introdotti i seguenti parametri che la rete deve essere in grado di soddisfare:

- Soglia di localizzazione con magnitudo minima 0.9 in tutta la proiezione in superficie del limite del giacimento;
- 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.

Di seguito si riporta il testo completo delle prescrizioni sopra citate:

Decreto DVA-DEC-0001633 del 12.11.2009

A8) 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.

Decreto DVA-2014-0014583 del 16.05.2014

1) Il progetto della rete di monitoraggio microsismico di cui alla premessa dovrà essere reso coerente alle indicazioni di seguito esposte; qualora dovessero presentarsi delle difficoltà e/o difformità rispetto alle stesse nella realizzazione della predetta rete dovrà essere data tempestiva informazione al Ministero dello Sviluppo Economico ed al Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare.

A spese del Proponente:

- a) *dovrà essere predisposta una rete di monitoraggio microsismico (secondo le indicazioni progettuali presentate dal proponente stesso), condivisa dalle strutture competenti indicate dalla o dalle regioni interessate, in grado di determinare la massima accelerazione del suolo provocata da un terremoto riconducibile alle attività di stoccaggio, ed in grado di ubicare i sismi fino a Magnitudo pari a 0.9; a tale rete dovrà essere associato un sistema di riconoscimento ed ubicazione degli eventi, anche tramite le «forme d'onda», tale da consentire una valutazione in tempo sufficientemente breve della microsismicità significativa;*



d) *la rete microsismica dovrà coprire un'area tale comprendere almeno tutta la proiezione in superficie del giacimento e le stazioni di misura dovranno essere in grado di registrare sismi in **un raggio di almeno di 5 km dai «fondo-pozzo»**. Qualora la **microsismicità riconducibile alle attività di esercizio dello stoccaggio** eguagli o superi la Magnitudo locale di 3.0, dovranno essere adottati dal soggetto gestore responsabile tutti gli accorgimenti opportuni atti a riportare la Magnitudo Locale massima dei sismi inferiori a 2.0; del problema insorto e di tutte le azioni attivate di conseguenza deve essere fornita una reale quanto immediata informazione agli uffici competenti della Regione (o delle regioni) interessata e dello Stato, i quali dovranno essere indicati nel provvedimento di autorizzazione;*

Premesso che la rete di monitoraggio microsismico è stata progettata e realizzata in modo da soddisfare le prescrizioni sopracitate, si evidenzia che:

- **la rete è in grado di ubicare sismi con magnitudo 0.9 nell'area definita dalla proiezione in superficie del giacimento ed è in grado di registrare sismi in un'area di 5 km e di 7 km in profondità;** infatti, i risultati delle simulazioni riguardanti la sensitività della rete di monitoraggio di Bordolano indicano che, ad una distanza tra 5 km e 7 km dal centro del giacimento, la magnitudo locale (ML) minima identificabile per eventi a 5 km di profondità è pari a ML 0.8 nello scenario peggiore e maggiormente cautelativo (con alto rumore) e migliora fino a ML 0.3 negli scenari con rumore più contenuto. Questo risultato indica che la rete ha una sensitività ed una capacità di localizzazione ben superiore (ovvero migliore) di quella richiesta dalle prescrizioni vigenti. Gli approfondimenti in merito alla sensitività della rete sono presenti nel documento redatto dalla società Isamgeo *“Concessione di Bordolano – Valutazione delle performance della rete di monitoraggio microsismico”*, che si trasmette in allegato;
- la rete è stata oggetto di apposita approvazione da parte di ARPA Lombardia in ottemperanza alla prescrizione A8 del 2009 e n.1 del 2014;
- in tutto il periodo dicembre 2013 – dicembre 2018 la rete Stogit 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 non solo con la rete nazionale INGV ma anche con la stessa rete OGS e con la rete della Provincia Autonoma di Trento (PAT). Inoltre, non è stato registrato alcun evento microsismico anche nell'area più estesa fino a 12 km, superiore quindi alle estensioni massime dei domini definiti negli *“Indirizzi e Linee Guida per i monitoraggi”* (ILG) emessi dal MiSE. Anche in questo caso, ulteriori approfondimenti sono presenti nel documento redatto dalla società Isamgeo, che si trasmette in allegato;
- il sistema di monitoraggio microsismico di Stogit è concepito per rilevare eventi microsismici nell'ambito del dominio prescritto e, pur potendo rilevare eventi sismici con soglie differenziate in funzione della distanza, non ha la funzione principale di registrare la sismicità naturale a livello nazionale, compito proprio di enti pubblici quali INGV.

Il monitoraggio a 30 km di distanza, così come suggerito nel documento redatto da OGS, non ha rilevanza ai fini del monitoraggio prescritto e non vi è alcuna motivazione né tecnica né normativa che giustifichi una tale estensione dell'area di monitoraggio, che quindi risulta essere stata individuata da OGS in modo totalmente arbitrario, orientata ad un monitoraggio della sismicità regionale e nazionale che è compito precipuo di enti pubblici quali ad esempio INGV.



Ad ulteriore precisazione di quanto sopra evidenziato, si fa presente che:

- gli stessi Indirizzi e Linee Guida (ILG) introducono come aree di monitoraggio il Dominio Interno, il cui raggio deve essere compreso tra i 2 ed i 3 km, e il Dominio Esteso, il cui raggio deve essere compreso tra i 5 ed i 7 km;
- per i giacimenti come Bordolano, di cui si dispone di una sismica 3D, di modelli geodinamici e geomeccanici di dettaglio, sono da considerarsi validi i range di 2 km per il Dominio Interno e di 5 km per il Dominio Esteso, in coerenza con quanto definito dalla prescrizione attiva su Bordolano (*“registrare sismi in un raggio di almeno di 5 km dai fondo pozzo”*).

Tutto ciò premesso, è quindi errato affermare che ***“il sistema di monitoraggio sismico è risultato del tutto inaffidabile ed inefficace, non avendo rilevato eventi sismici segnalati da altri centri di monitoraggio (nazionale e regionale) benché il compito di tale rilevazione fosse il monitoraggio di dettaglio della zona”***.

Si evidenzia che l'entrata in esercizio dell'operatività della centrale di Bordolano è avvenuta a dicembre 2016 e non a dicembre 2013, come erroneamente riportato a pag. 1 del documento *“Osservazioni alla VIA del progetto di stoccaggio di gas di Bordolano”* redatto da OGS. La rete microsismica è stata avviata nel dicembre 2013 con la realizzazione delle prime 3 stazioni ed aveva l'unica funzione di registrare il rumore di fondo e la sismicità naturale dell'area (periodo di bianco). Contestualmente all'avvio dello stoccaggio è stata completata la realizzazione della rete microsismica, costituita da 7 stazioni.

In data 18.02.2014, con lettera prot. OPER/PERM n. 314/RC, Stogit comunicava agli Enti (ARPA Lombardia, Regione Lombardia, MATTM, MiSE, Provincia di Cremona, Comune di Bordolano) lo start-up del monitoraggio microsismico ante-operam (periodo di “bianco”), avvenuto in data 19.12.2013, con l'attivazione di 3 stazioni.

MATTM comunicava a Stogit con prot. 0015294 del 08.06.2016 che le prescrizioni relative al Decreto DVA-DEC-2009-0001633 del 12.11.2009 e al Decreto DVA-2014-0014583 del 16.05.2014 sono state ottemperate.

Pertanto, gran parte dell'analisi della sismicità condotta da OGS nel documento sopra richiamato, risulta non coerente con il periodo di esercizio del giacimento ed il confronto in merito alla reale potenzialità della rete Stogit dovrebbe essere effettuato solo a partire da dicembre 2016, anno in cui è stata completata la rete con 7 stazioni, in concomitanza con l'entrata in esercizio dell'operatività della centrale di Bordolano.

Peraltro, dalle informazioni presenti sul portale OASIS (<http://oasis.crs.inogs.it/>, tab “Sites”) in merito alle reti gestite ed utilizzate da OGS, appare che la localizzazione degli eventi venga effettuata utilizzando esclusivamente i dati provenienti dalle reti gestite direttamente da OGS. Tuttavia, come si rivelerà in seguito tale assunzione non trova fondamento se non a decorrere dal gennaio 2017. Invero, si osserva che la finalità del monitoraggio sismico condotto in autonomia da OGS è quella di coprire l'Italia del Nord-Est: lo stesso sito web deputato a riportare gli eventi rilevati (<http://rts.crs.inogs.it/it/home.html>) mostra come la concessione di Bordolano sia esterna all'area di interesse, definita dal poligono di colore rosso nella figura sottostante.

Relativamente agli eventi sismici del catalogo OGS i cui epicentri sono situati all'interno di un raggio 30 km, si fa presente come l'evoluzione nel tempo della rete di monitoraggio OGS, con l'aggiunta progressiva di nuove stazioni e soprattutto con il miglioramento della copertura azimutale nel tempo, induce a ritenere che solo a partire dal gennaio 2017 le localizzazioni possano essere ritenute maggiormente affidabili (considerando l'ipotesi di integrazione della rete di Cornegliano Laudense). Solo a partire da questa data la rete OGS ha raggiunto una sufficiente copertura. Al contrario, fino al dicembre 2016, la copertura risulta



inadeguata ad effettuare delle localizzazioni di precisione in tutta l'area considerata. Per maggiori dettagli si veda il report della società Isameo trasmesso in allegato.



Immagine estratta dal sito <http://rts.crs.inogs.it/>. Il poligono rosso rappresenta l'area monitorata da OGS; è stata aggiunta manualmente la posizione di Bordolano.

In ogni caso, quanto registrato dalla rete Stogit e dai cataloghi OGS, INGV e PAT nel periodo dicembre 2016-2018 (con la rete di Bordolano a 7 stazioni) **risulta comparabile fino a 30 km** di distanza dal centro del giacimento. 1 3 eventi registrati dalla rete Stogit sono infatti gli eventi più vicini dei 9 eventi indicati nel documento di OGS (distanza ipocentrale minima di 26 km), mentre i restanti 6 eventi indicati nei cataloghi sono in realtà ad una distanza ipocentrale superiore a 30 km dal centro del giacimento. Inoltre, a 30 km di distanza la rete Stogit, nello scenario più rumoroso, ha una soglia di localizzazione superiore a Magnitudo 2.2 per profondità superiori ai 20 km, quindi, **coerentemente con i criteri di progettazione** della rete di Bordolano gli eventi di magnitudo inferiore a 2.2 ubicati oltre i 20 km di distanza dal giacimento possono non essere registrati e localizzati.

L'analisi di dettaglio dei cataloghi è contenuta nel documento "Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018" di Stogit, trasmesso in allegato. Il dettaglio dei livelli di detezione della rete Stogit è presente nel documento redatto dalla società Isameo, trasmesso in allegato.

Il confronto tra le reti utilizzate da INGV ed OGS suggerisce che la rete INGV ha consentito, per l'area oggetto dello studio e per l'intero periodo 2013-2018, una accuratezza complessiva delle localizzazioni da buona a



ottima. Il catalogo INGV dovrebbe quindi essere preso come riferimento nei confronti tra diversi cataloghi. Questo dovrebbe essere tenuto presente anche in linea generale, essendo INGV l'ente che per normativa svolge il monitoraggio della sismicità nazionale (si veda decreto legislativo che istituisce INGV, 29 settembre 1999, n. 381, art.2 comma 1c).

In conclusione, la rete Stogit rispetta le prescrizioni vigenti ed è in grado di registrare eventi 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.

Più in generale, con riferimento alle ulteriori osservazioni contenute nel documento redatto da OGS e riferite a quanto contenuto negli "Indirizzi e Linee Guida per i monitoraggi" (ILG) e ad una ipotetica area di indagine di 30 km si precisa quanto segue.

Innanzitutto, gli ILG attualmente non hanno valenza prescrittiva per i campi di stoccaggio come Bordolano e la loro applicazione non è quindi vincolante.

Ciò premesso gli ILG prevedono che siano condotte delle sperimentazioni su campi pilota (uno di stoccaggio, uno di produzione primaria e uno geotermico). Stogit si è resa volontariamente disponibile in accordo con il Ministero dello Sviluppo Economico e la Regione Emilia-Romagna a sperimentare gli ILG su un proprio campo di stoccaggio (Minerbio) per oltre due anni. I risultati della sperimentazione saranno utilizzati per un aggiornamento e un adeguamento degli ILG stessi **i quali pertanto si devono considerare non definitivi.**

INGV, avente il ruolo di SPM (struttura preposta al monitoraggio), ha accertato che:

- non è stato registrato alcun evento microsismico riconducibile all'attività di stoccaggio;
- *".. il numero e il posizionamento delle stazioni sismiche consentono infatti, sulla base delle simulazioni effettuate e delle registrazioni ottenute nel corso del progetto, di raggiungere pienamente gli obiettivi prefissati.."*

I criteri utilizzati per la progettazione e la realizzazione della rete microsismica di Bordolano sono analoghi a quelli utilizzati per la rete di Minerbio.

A precisazione di quanto già evidenziato, l'estensione dei domini considerata da Stogit, in accordo con i limiti minimi indicati negli Indirizzi e Linee Guida, risulta correttamente valutata perché:

- l'area risulta ben conosciuta dotata di:
 - modello geologico-strutturale del sottosuolo basato sui dati sismici 2D a scala regionale disponibili e sul dato sismico 3D ad alta risoluzione acquisito sul campo di Bordolano, che definiscono in modo robusto l'assetto strutturale dell'intera area di interesse e sulla base dei quali è stato progettato il sistema di monitoraggio microsismico del campo di Bordolano;
 - modelli statici e dinamici del giacimento;
 - studio geomeccanico di dettaglio a scala regionale
- l'attività di stoccaggio di gas naturale non prevede l'iniezione di fluidi incompressibili;
- l'esito dei monitoraggi non ha evidenziato attività microsismica indotta nei domini.

Si ricorda, inoltre, che tali studi sono stati trasmessi e valutati dalla commissione VIA, che ha espresso parere di ottemperanza positivo.



Inoltre, lo stesso OGS, nel documento predisposto, a pag. 2 afferma che ***“L’inquadramento proposto da STOGIT nei rapporti di monitoraggio microsismico (STOGIT, 2017a-2019a) circa la sismicità dell’area descrive e valuta correttamente questa situazione e la pericolosità sismica per l’area di Bordolano. [...] Dal punto di vista normativo, l’area di Bordolano è inquadrata in zona sismica 3, corrispondente a pericolosità sismica bassa”***.

Relativamente all’osservazione sull’adeguatezza della rete di monitoraggio, si precisa quanto segue:

- mettere tutti gli strumenti in pozzetto non assicura a priori un effettivo miglioramento in termini di qualità delle registrazioni, ma è bensì la corretta ubicazione delle stazioni in aree a basso rumore ambientale a garantire una buona performance della rete di monitoraggio, prediligendo l’installazione di stazioni in pozzetto ove ve ne sia la necessità;
- installare un accelerometro in ciascuna delle stazioni non è necessario, come emerso nel corso della stessa sperimentazione degli ILG a Minerbio. Nella relazione finale predisposta da INGV a chiusura del protocollo di sperimentazione è stato evidenziato come sia di scarso valore aggiunto l’installazione di un accelerometro per ogni stazione. Di seguito si riporta estratto della relazione di INGV sopra citata: *“Pur comprendendo che un approccio cautelativo potrebbe suggerire di installare sensori accelerometrici in ogni postazione (per evitare fenomeni di saturazione per eventi anche di moderata magnitudo se a distanza chilometrica), considerando le relativamente basse distanze tra le varie stazioni, sembrerebbe sufficiente poter disporre di un unico accelerometro, specie se posizionato nel D1”*. Questo perché la finalità del monitoraggio microsismico è rivolta alle basse magnitudo caratterizzate quindi da bassi valori di accelerazione calcolabili dai velocimetri stessi. A fronte dell’occorrenza di fenomeni sismici ad elevata magnitudo si ritiene sufficiente l’installazione di un solo accelerometro ad elevata dinamica per campo. Attualmente in Bordolano è presente una stazione dotata di accelerometro;
- in merito all’osservazione di OGS relativa al broadband, si ritiene non sia necessario in quanto utile ai fini della rilevazione e distinzione degli eventi sismici a grande distanza (telesismi) e non dei microsismi;
- in relazione alla spaziatura e alla geometria della rete, considerando che la dimensione dei domini è direttamente correlata con il numero di stazioni da installare per poter raggiungere le performance richieste, l’adozione di domini più ampi determinerebbe l’installazione di un numero eccessivo di stazioni in assenza di fenomeni di interesse; l’esito della sperimentazione ha evidenziato che, più che l’interdistanza tra le stazioni sismiche il criterio prevalente dovrebbe dunque essere legato alle stime di detezione e alla magnitudo minima di localizzazione;
- la rete Stogit prevede all’occorrenza l’integrazione con i dati di altre stazioni appartenenti alla rete INGV.

Relativamente alla diagnostica delle stazioni costituenti la rete di monitoraggio, INGV, a conclusione della sperimentazione, si è così espressa: *“Il controllo della diagnostica delle reti viene effettuato in real-time con molteplici sistemi di automazione che segnalano anomalie o guasti agli specialisti STOGIT. Ciò premesso garantire la copertura dei dati al 95% del tempo per ogni stazione (come indicato in ILG) è di difficile applicazione in quanto la strumentazione sismica in campo, essendo esposta a condizioni atmosferiche variabili, è soggetta a molteplici guasti e anomalie funzionali. Di conseguenza, un miglior requisito da indicare*



nei futuri ILG è quello di garantire una copertura dei dati al 95% considerando tutta la rete e non la singola stazione, assicurandosi soprattutto di garantire un numero di stazioni sempre funzionanti non inferiore a 4”.

In conclusione, riteniamo opportuno evidenziare che, così come un articolo di giornale, se scritto con certi toni, può generare allarmismo, anche le considerazioni espresse da un soggetto autorevole quale OGS, se mal interpretate, porterebbero analogo effetto.

L’affermazione a pag. 19 del documento di OGS, secondo cui *“In base alle osservazioni fin qui riportate, chi scrive dissente da numerose valutazioni positive espresse dalla Commissione VIA nel Parere n. 2901 del 14/12/2018 (MATTM, 2018b) con cui è dichiarata l’ottemperanza alle prescrizioni del sistema di monitoraggio sismico realizzato. Ciò vale non solo per l’insufficienza della sismicità rilevata, per la quale si nutrono forti dubbi circa la reale efficacia dell’intero sistema”*, è l’espressione di un’opinione, più che di una valutazione tecnica, in quanto la rete Stogit, come evidenziato anche dal documento della società Isamgeo trasmesso in allegato, rispetta pienamente i limiti di detezione prescritti ed è in grado di svolgere la funzione di monitoraggio per la quale è stata progettata. L’affermazione sull’insufficiente sismicità rilevata appare priva di fondamento alla luce del confronto effettuato nel periodo in cui il campo era in esercizio e la rete era completa secondo progetto.

Relativamente all’osservazione secondo cui *“per il monitoraggio messo in atto a Bordolano non sono state esplicitate le procedure di intervento, ovvero con quali regole /modalità si intende valutare l’eventuale microsismicità locale riscontrata, in base a quali criteri (esplicitati a priori) si potrebbe decidere di ridurre l’attività, nonché chi potrebbe decidere una tale azione una volta riscontrata una certa situazione di potenziale allarme”*, si fa presente che Stogit utilizza un sistema di detezione automatico che si basa su molteplici algoritmi che analizzano i dati in real-time in parallelo, dandone immediato riscontro agli specialisti Stogit. A fronte del ricevimento della segnalazione si procede con un’analisi di dettaglio e con il raffinamento delle localizzazioni. La società assicura un monitoraggio giornaliero dei dati registrati dalle proprie reti di monitoraggio. Nel caso in cui un evento venga localizzato nei domini, si procede con la correlazione con i dati di esercizio e, qualora tale evento fosse riconducibile all’attività di stoccaggio, la Società è tenuta ad adottare tutti gli accorgimenti opportuni atti a riportare la Magnitudo Locale massima dei sismi a valori inferiori a 2.0 in conformità con la prescrizione definita dal MATTM; la Società informerà le Autorità competenti sia in merito all’eventuale evento rilevato sia di tutte le azioni attuate di conseguenza.

In relazione al contributo di 2.266.400,00 euro per programma di ricerca aggiuntivo (22% del costo totale del progetto) si fa presente che è riferito all’acquisizione sismica 3D che è stata debitamente realizzata e che costituisce un elemento importante nella definizione della struttura del giacimento. Tale contributo, di cui peraltro Stogit non ha fruito, non è in alcun modo collegato ai monitoraggi microsismici.

Riferimenti:

Isamgeo – Concessione di Bordolano - Valutazione delle performance della rete di monitoraggio microsismico.

Stogit - Analisi cataloghi sismici area Bordolano 2013-2018.

Tali documenti vengono trasmessi in allegato.



Punto 4: E' necessario subordinare l'autorizzazione al miglioramento sismico degli edifici esistenti al fine di renderli sicuri richiedendo alla società di destinare almeno il 10% degli utili annuali al fine di rendere antisismici gli edifici.

RISPOSTA

In letteratura non esistono casi di sismicità indotta in campi depletati (giacimenti di produzione esauriti) con le stesse caratteristiche geologiche dei siti di stoccaggio italiani e in particolare di Bordolano. Si aggiunga a ciò che nel sito di Minerbio è attiva da ben 40 anni una rete di monitoraggio microsismico, recentemente potenziata in ambito dell'attività di sperimentazione delle ILG, che non ha mai registrato alcun evento microsismico in prossimità del giacimento, come verificato anche da INGV. Sulla base di dette evidenze oggettive scientifiche è errato affermare che l'attività di stoccaggio di Bordolano aumenta il rischio sismico.

Stante la mancanza di correlazione tra l'attività di stoccaggio e il rischio sismico sui campi gestiti da Stogit, la richiesta dell'amministrazione comunale non può pertanto essere presa in considerazione.

Punto 5: La concessione di "Bordolano Stoccaggio" scade il 21/11/2021 (D.M. 6 nov. 2001 concessione di "Bordolano Stoccaggio" per 20 anni, all'ENI) il proponente, almeno tre anni prima della scadenza (21/11/2018) avrebbe dovuto presentare al MATTM la documentazione dell'attuazione della dismissione dell'impianto di stoccaggio, chiediamo se è in corso o di conoscere eventuali proroghe rilasciate.

RISPOSTA

Con riferimento all'asserita scadenza della Concessione di Stoccaggio di Bordolano al 21.11.2021, si precisa che con il D.L. del 18.10.2012 n° 179, convertito con modificazioni, con L. del 17.12.2012, n. 221, e nello specifico all'art. 34, comma 18, è stato stabilito che le concessioni di stoccaggio di gas naturale rilasciate a partire dalla data di entrata in vigore del decreto legislativo 23 maggio 2000, n° 164 – come nel caso della Concessione di Stoccaggio di Bordolano, rilasciata il 21/11/2001 – hanno una durata di trenta anni, prorogabile non più di una volta e per dieci anni. Pertanto, la scadenza della citata Concessione di Stoccaggio, fatta salva la possibilità di proroga, è prevista per il 21.11.2031.

Punto 6: Non è stato valutato l'effetto di riscaldamento dell'atmosfera, in considerazione che l'immissione avviene soprattutto nel periodo estivo, quando l'atmosfera è più elevata (potenza turbine n. 2 da 15MW e n. 1 del 25 MW).

RISPOSTA

Premesso che la potenza installata della centrale di Bordolano non corrisponde con la reale potenza normalmente utilizzata per l'esercizio previsto dai giacimenti, di norma la centrale di Bordolano funziona nelle punte con due turbine per brevi periodi e con una sola turbina nei restanti mesi previsti nella campagna di iniezione (sei mesi all'anno). I gas di scarico della turbina escono dal camino ad alta velocità e ad alta temperatura (circa 530°C). L'effetto combinato di temperatura e velocità fa sì che gli effetti al suolo, sia in termini degli inquinanti gassosi (NOx) presenti nei gas sia pure in modestissime concentrazioni, sia, ancor più, in termini di incremento di temperatura siano insignificanti. Peraltro, mai nelle valutazioni di impatto ambientale da camini di turbine a gas si considera l'effetto (nullo a tutti gli effetti) di inquinamento termico.



Risulta francamente improponibile una considerazione di incremento della temperatura visto il rapporto che esiste con la dimensione dell'intera atmosfera terrestre rapportata all'insignificante quantità dei gas di scarico emessa dalle turbine.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "C. Vecchiatti", with a long horizontal line extending to the right.

Ing. Cesare G. Vecchiatti

Senior Vice President Operations

STOGIT SpA - Stoccaggi Gas italia



Via Libero Comune, 5
26013 Crema (CR) - Italy
Phone +39.0373.892219 Fax +39.0373.892317