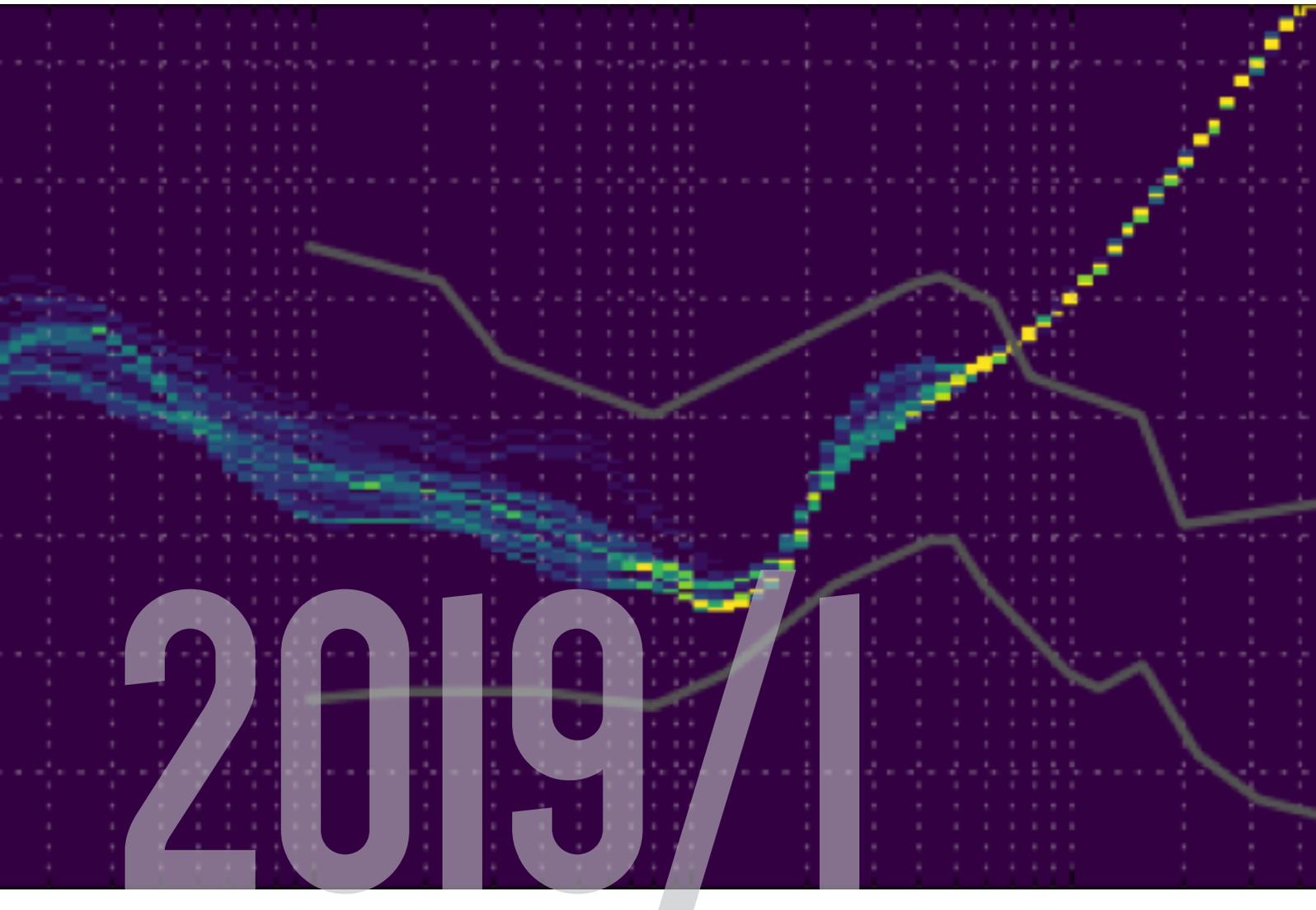


Accordo Quadro 2017
MiSE, Regione Basilicata, INGV, ENI

PROGETTO DI MONITORAGGIO CONCESSIONE **VAL D'AGRI**

Responsabili di Progetto: Thomas Braun e Stefania Danesi

Autori: Thomas Braun, Stefania Danesi e Daniela Famiani



2019/1



indice

1_Premessa	3
Stato dell'arte	3
Il Progetto di monitoraggio della Concessione Val d'Agri: cronologia e contesto di relazione tra soggetti coinvolti	4
Il Centro di Monitoraggio per il Sottosuolo: organizzazione e contesto interno all'INGV	4
2_Management	6
3_Trasferimento dati pregressi da ENI a INGV	8
4_Acquisizione e archiviazione dati	9
Configurazione della rete di monitoraggio sismico ENI	9
Allestimento Centro di acquisizione ed elaborazione dati	12
Acquisizione dati sismici	13
5_Controllo qualità e validazione	18
Validazione preliminare della configurazione della rete sismica	18
Dati sismologici	21
6_Monitoraggio e analisi dati	25
Dati sismologici	25
Dati di pressione e portata	32
7_Comunicazione e disseminazione	32
8_Road Map	34
Glossario	36
Bibliografia	36

Accordo Quadro 2017
MiSE, Regione Basilicata, INGV, ENI

PROGETTO DI MONITORAGGIO CONCESSIONE VAL D'AGRI

Relazione semestrale 2019/I

Thomas Braun^{1,3}, **Stefania Danesi**² e **Daniela Famiani**³

¹ INGV, Osservatorio Sismologico Arezzo, Italia; ² INGV, Sezione di Bologna, Italia;

³ INGV, Sezione di Roma 1, Italia

25 ottobre 2019; aggiornato 13 novembre 2019

1_PREMESSA

Stato dell'arte

In Italia, una discussione puntuale sulla sismicità di origine antropogenica è iniziata nel 2012, a seguito del terremoto $M_w = 6$ in Emilia-Romagna. La vicinanza dell'epicentro ai siti di produzione di idrocarburi (per esempio, la Concessione di estrazione di olio Mirandola-Cavone) ha sollevato la questione circa la possibilità che le perturbazioni di stress indotte dall'attività di sfruttamento abbiano potuto innescare tali eventi. Come prima azione, è stata nominata una commissione internazionale - ICHESE (*International Commission on Hydrocarbon Exploration and SEismicity*) - con il compito di esprimere un parere su tale questione. ICHESE concludeva che le variazioni di stress introdotte dall'attività industriale non erano probabilmente sufficienti per indurre sismicità; Astiz et al. (2014) hanno in seguito escluso definitivamente tale ipotesi. Nel 2014, l'ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione dell'Ambiente) ha pubblicato un rapporto su casi documentati o ipotizzati di sismicità indotta e/o innescata in Italia.

Sulla base di tale rapporto - e su richiesta del DGS-UNMIG - il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) ha nominato un gruppo di esperti nazionali, per la redazione degli *Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche* (ILG) nel 2014. Gli ILG regolano le modalità di monitoraggio delle pressioni di poro, della sismicità e della deformazione del sottosuolo per le attività di sfruttamento di georisorse, stabilendo ruoli e responsabilità tra soggetti (pubblici e privati) coinvolti nell'attività industriale e di sicurezza e tutela.

Gli ILG vengono applicati durante una fase di sperimentazione in quattro aree test:

- I. Casaglia (Emilia-Romagna) per produzione di energia geotermica a bassa entalpia
- II. Minerbio (Emilia-Romagna) per stoccaggio di gas
- III. Cavone (Emilia-Romagna) per esplorazione di idrocarburi e reiniezione di acque reflue
- IV. Val d'Agri (Basilicata) per esplorazione di idrocarburi e reiniezione di acque di strato.

Il Progetto di monitoraggio della Concessione Val d'Agri: cronologia e contesto di relazione tra soggetti coinvolti

La presente relazione intende descrivere le attività di avanzamento del Progetto di monitoraggio che l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) è designato a svolgere in conformità agli ILG nell'area di concessione della Val d'Agri.

Per completezza si ripercorre la cronologia essenziale:

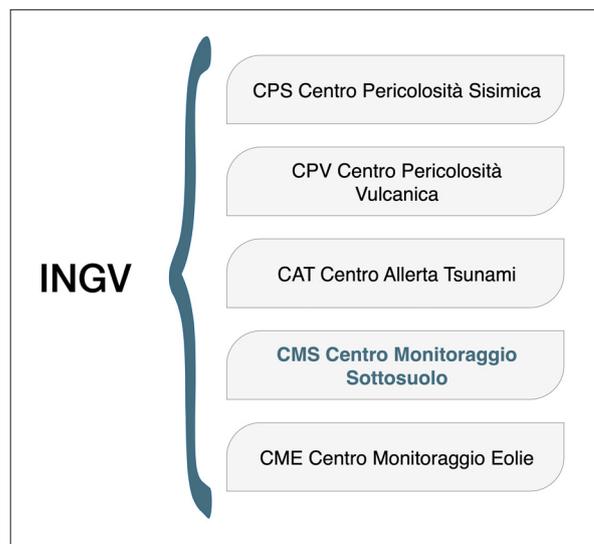
- in data 25/01/2017 è stato sottoscritto l'Accordo Quadro (AQ Rep n. 28) tra il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE), Regione Basilicata (RB) e INGV nel quale INGV viene nominato Struttura preposta al monitoraggio (SPM) da intendersi come da ILG. Il suddetto AQ veniva firmato da ENI S.p.A. per accettazione
- in data 26/05/2017 si è tenuta la riunione di insediamento del Comitato presso il MiSE, presenti i rappresentanti di MiSE, RB, INGV ed ENI
- in data 16/06/2017 INGV ha trasmesso ai membri del Comitato il Documento Tecnico Allegato 1 (Allegato_DTA1 PGU n. 7696; vedilo in coda alla presente Relazione) che definisce le modalità di esecuzione del Progetto di monitoraggio e sulla base del quale viene definita una valutazione economica
- in data 29/11/2017 la Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie (CIRM) del MiSE ha approvato la valutazione economica redatta da INGV in qualità di SPM (prot. MiSE 0030381 del 22/12/2017)
- in data 06/12/2017, con DGR n. 1330, RB ha approvato l'Addendum al suddetto AQ di cui diventa parte integrante
- in data 27/06/2018 il Comitato ha approvato e sottoscritto il Regolamento di Funzionamento del Comitato e il Protocollo di Trasmissione Dati
- in data 8/11/2018 la RB ha trasmesso il Protocollo d'Intesa che regola i rapporti tra RB e INGV in relazione al trasferimento di risorse finanziarie previste per l'attuazione dell'AQ, sottoscritto e repertoriato al n. REP. 886
- in data 26/04/2019, in concomitanza con la data del primo trasferimento di fondi da RB a INGV, in accordo con quanto concordato in seno al Comitato in data 27/06/2018, ha formalmente inizio la sperimentazione.

Il Centro di monitoraggio per il sottosuolo: organizzazione e contesto interno all'INGV

Le procedure di monitoraggio permanente da adottarsi in ottemperanza alle direttive espresse negli ILG per il dominio della Concessione Val d'Agri, così come per tutte le aree di concessione per le quali INGV è stato nominato SPM, si attuano nell'ambito di operatività del Centro di Monitoraggio delle attività di Sottosuolo (CMS), struttura di cui l'INGV si è dotato con approvazione del CdA tramite le Delibere 359/2017 e 428/2017.

Figura 1.

I centri costituiti all'interno dell'INGV.



Il CMS è la struttura dedicata alla raccolta, analisi, interpretazione e modellazione di dati relativi alle aree del territorio nazionale interessate da attività antropiche di sfruttamento di georisorse o legate ad altri rischi antropogenici.

In conformità con gli ILG messi a punto dal Gruppo di lavoro della CIRM del MiSE, il CMS opera attraverso protocolli operativi formulati secondo la miglior scienza ed esperienza e sottoposti all'approvazione del CdA dell'INGV.

Limitatamente alle aree di competenza

per le quali l'INGV sia stato nominato SPM, il CMS svolge le seguenti attività:

1. Monitoraggio della sismicità, deformazioni del suolo e delle pressioni di poro
2. Stesura di linee guida, mansionari e protocolli interni per il monitoraggio
3. Formazione del personale coinvolto nelle attività di monitoraggio, prevedendo l'organizzazione di corsi di formazione e aggiornamento tecnico
4. Sviluppi metodologici per lo sviluppo delle conoscenze circa i fenomeni geofisici legati alle attività antropiche e naturali; sui metodi di monitoraggio; sulla valutazione dei rischi attesi.
5. Relazioni nazionali e internazionali con altri centri e strutture preposti al monitoraggio, progettualità e interazione con partner scientifici.
6. Divulgazione dei risultati di monitoraggio nel rispetto delle direttive indicate negli ILG.

La direzione e la gestione delle attività del CMS sono affidate ad un Responsabile e ad un Comitato direttivo. Alla data di stesura del presente documento, il Responsabile del CMS è individuato nella persona del Dott. Andrea Morelli, Dirigente di ricerca dell'INGV. Il Comitato direttivo è composto dal Responsabile del CMS e dai Responsabili di tutti i progetti di monitoraggio per i quali l'INGV è nominato dal MiSE Struttura preposta al monitoraggio.

Il CMS dispone di un centro di Calcolo ed Elaborazione Dati dedicato, ubicato presso la Sezione INGV di Bologna, che provvede all'immagazzinamento dei dati di monitoraggio su scala nazionale e ne supporta l'analisi, curando affidabilità, backup, manutenzione e funzionamento. La raccolta dei dati di monitoraggio del CMS è intenzionalmente distinta e completamente indipendente dall'acquisizione dei dati della Rete Sismica Nazionale (RSN) che invece avviene presso la sede centrale INGV di Roma. Le attività di monitoraggio del CMS prevedono un servizio di reperibilità coordinato a scala nazionale, comprendendo personale che afferisce ai Progetti di monitoraggio del Centro.

L'INGV si impegna ad integrare i dati delle stazioni della propria rete nazionale (pubblica) nell'elaborazione dei dati del CMS; viceversa, i dati raccolti dal CMS sono vincolati alle clausole di riservatezza definite nei rispettivi Protocolli di Trasmissione Dati e non vengono resi disponibili alla comunità INGV. Solo il personale afferente al Centro di monitoraggio ha accesso ai dati di monitoraggio nell'ambito dei turni di reperibilità ed è comunque vincolato a sottoscrivere un documento che regola le condizioni di utilizzo dei dati trasmessi da Società titolari di concessioni. Per l'utilizzo dei dati della Concessione Val d'Agri, il documento in discorso è allegato come All1_Condizioni_Utilizzo_VdA (vedilo in coda alla presente Relazione).

2 MANAGEMENT

In accordo con quanto previsto nell'Allegato 1 (PGU 7696 del 16/06/2017)) all'Accordo Quadro, i Responsabili della sperimentazione hanno coordinato le attività del Progetto sia internamente all'Ente di appartenenza che esternamente nei rapporti nazionali e internazionali.

In particolare i Responsabili hanno avuto un ruolo rilevante internamente all'INGV nelle seguenti attività:

- supporto alla Dirigenza dell'Ente per l'istituzione e l'organizzazione del Centro di Monitoraggio del Sottosuolo
- stesura dei protocolli operativi e dei mansionari destinati a disciplinare compiti, ruoli, responsabilità delle figure coinvolte nel monitoraggio quasi real-time (Figura 2)
- coordinamento con la Sala operativa dell'INGV in caso di eventi sismici di competenza comune. In particolare, con il Responsabile della Sala operativa di Roma e con il Direttore dell'Osservatorio Nazionale Terremoti, è stato definito un piano d'azione per integrare i dati delle stazioni sismiche della RSN nelle aree di competenza del CMS, e coordinare le comunicazioni ufficiali alle rispettive istituzioni (DPC e MiSE) (Tabella 1)
- interazione nelle attività di analisi di dati offline in accordo con unità funzionali interne all'INGV
- stesura del piano assunzionale (definizione di profili professionali, bandi di concorso) relativamente alle attività del CMS
- definizione e pianificazione delle spese relativamente alle attività del CMS.

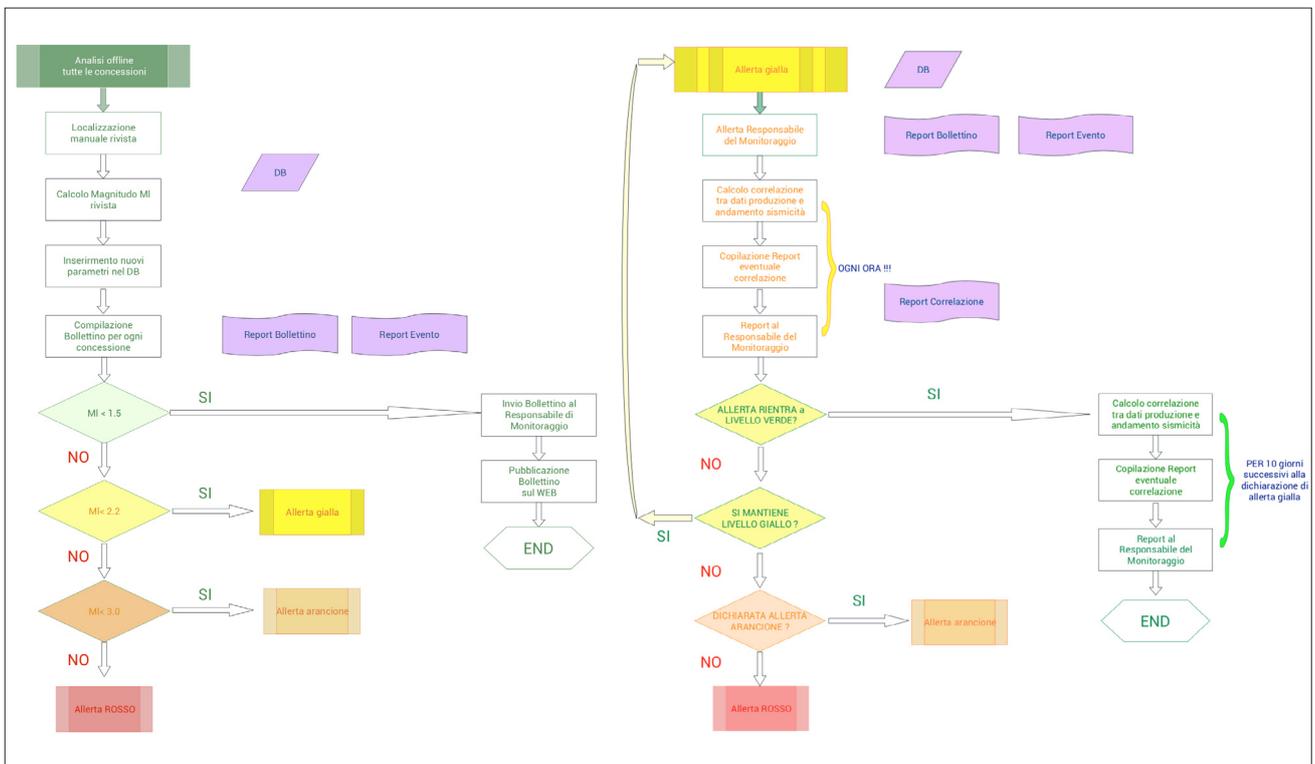


Figura 2.

Diagrammi di flusso che descrivono le attività del turnista sismologo nel caso di situazione ordinaria (green) e in caso di allerta (yellow) in accordo con quanto previsto dagli ILG. La descrizione analitica delle mansioni dell'analista in turno presso il Centro di Acquisizione Dati è riportata nei mansionari in corso di redazione e soggetti all'approvazione del CdA dell'INGV.

- CSUR - Banff 2018 International Induced Seismicity Workshop, Canadian Society for Unconventional Resources
- Convegno G.N.G.T.S., 19-21 novembre 2018, Bologna
- Workshop der Arbeitsgruppe Induzierte Seismizität (AGIS), Geozentrum, Hannover
- Workshop: Seismicity in the Val d'Agri area, Uni Basilicata, Potenza, 6 dicembre 2018
- 27. IUGG General Assembly, 8-18 luglio 2019, Montreal (CA)
- pubblicazioni articoli scientifici su riviste internazionali peer-review:
 - “Application of monitoring guidelines to induced seismicity in Italy” sottomesso a Journal of Seismology
 - autori T. Braun , S. Danesi, A. Morelli.

3 TRASFERIMENTO DATI PREGRESSI DA ENI A INGV

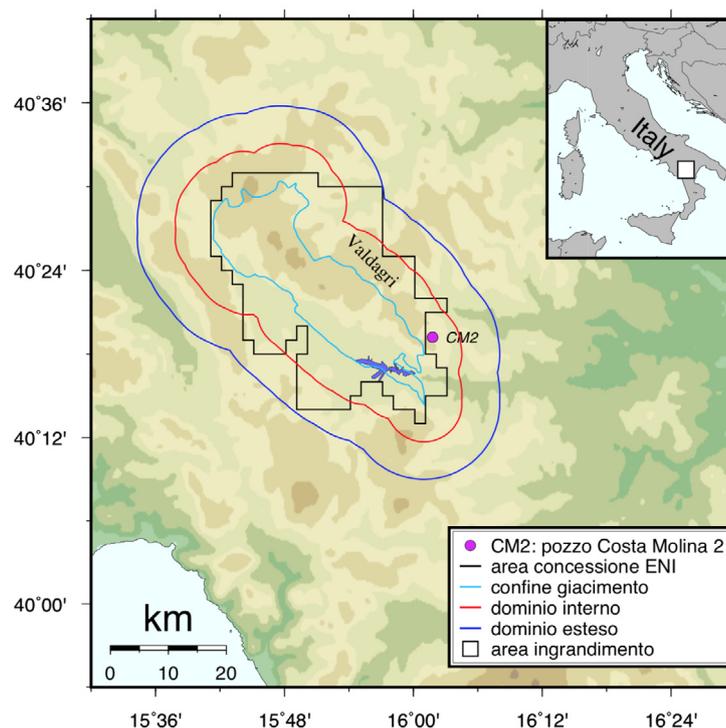
Come stabilito nel Protocollo di Trasmissione Dati sono stati ufficialmente trasmessi da ENI a INGV i dati pregressi registrati in Val d'Agri dalla rete micro-sismica di ENI nel periodo 2001-2018.

Dati industriali e geologici

- Dati di produzione dall'inizio delle operazioni nel campo di Val d'Agri (volume estratto/tassi di produzione, pressione di poro), di tutti i pozzi, alla risoluzione temporale più alta possibile (almeno giornaliera);
- Dati di iniezione di acque di formazione a Costamolina2 (*injection rate*, volumi, pressione): la risoluzione temporale con più dettaglio possibile (almeno giornaliera).
- Coordinate dei pozzi di produzione e di iniezione (x, y, z)
- Catalogo di eventuali faglie identificate da rilievi geologici.

Figura 4.

Area di concessione ENI, confini del giacimento (*oil water contact*) e dominio interno e dominio esteso secondo le definizioni degli ILG.



Dati sismologici

- Catalogo di sismicità dall'inizio delle attività di monitoraggio: tempi origine, localizzazioni, magnitudo, *picking*
- Forme d'onda degli eventi al punto 2.1, compresi metadati (*dataless*)
- Monografie o fogli stazione (coordinate, tempi di operatività, strumentazione, metadati)
- Risposta strumentale di tutte le stazioni
- Modello di velocità usato per le localizzazioni al punto 2.1, e informazione sull'algoritmo usato per le localizzazioni
- Registrazione in continuo, ove possibile, delle stazioni sismiche già adeguate allo standard ILG. Metadati e risposte strumentali.

Dati Global Navigation Satellite System e InSAR

- Dati giornalieri in formato RINEX con campionamento a 30 secondi per ognuna delle stazioni per tutto l'intervallo di tempo disponibile
- Log-file delle stazioni GNSS in formato IGS, e se non disponibile in formato tabellare, con indicazioni della strumentazione installate (ricevitore, antenna, altezza della antenna, eventuale duomo)
- Monografie o schede relative alle stazioni GNSS installate
- Eventuali prodotti geodetici già elaborati come serie temporali di spostamento del suolo
- Dati InSar finora acquisiti e prodotti dell'analisi di dati InSAR finora elaborati.

Dati pressione di poro

- Registrazione dei profili statici
- Misure di pressione da sensori permanenti (*downhole permanent gauges*)
- Misure di pressione da sensori temporanei (*memory gauges*).

È pianificata una visita a tutte le stazioni della rete microsismica ENI entro la primavera del 2020 compatibilmente con gli impegni pregressi e le condizioni di raggiungibilità dei siti.

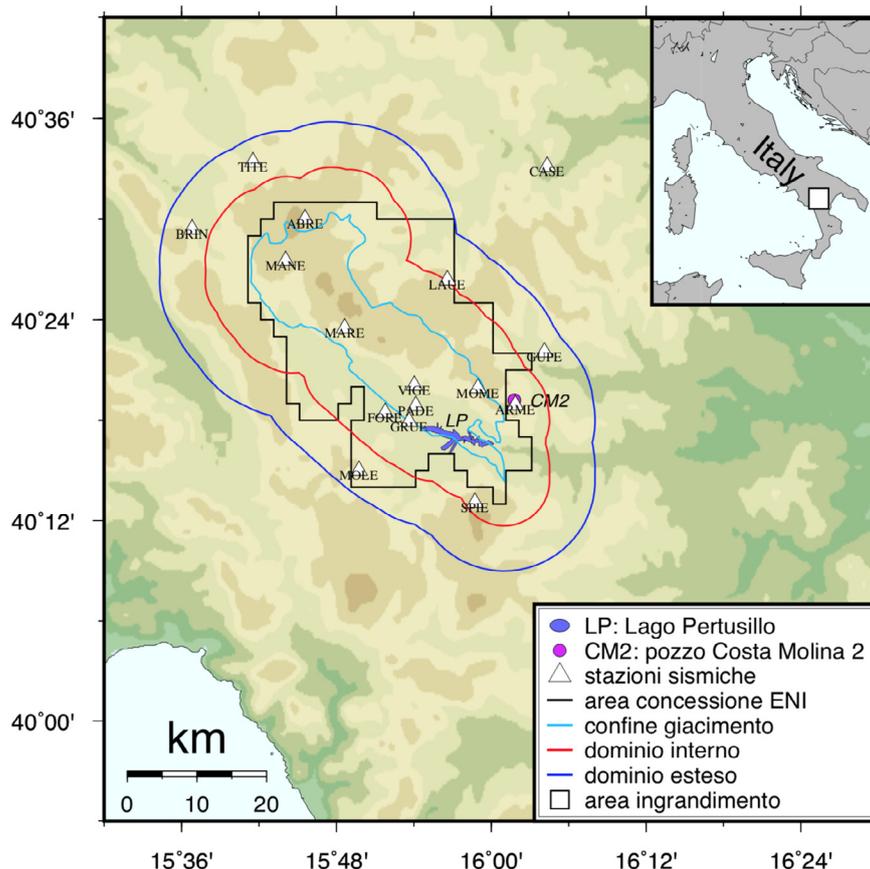
4_AQUISIZIONE E ARCHIVIAZIONE DATI

Configurazione della rete di monitoraggio sismico ENI

Dall'inizio dell'operatività (2001) fino a ottobre 2018, l'acquisizione dei dati della rete microsismica è stata un'acquisizione *a trigger*. In termini sismologici ciò significa che il sistema di acquisizione e registrazione della stazione si attiva solo al superamento di una soglia di velocità di spostamento del suolo percepito dal sensore. L'acquisitore non archivia il segnale in continuo sicché l'archivio dei dati fino al 2018 è costituito di segmenti di tracce sincronizzate con il tempo standard UTC. Dal giorno 17/10/2018 sono stati sostituiti gli acquisitori di tutte le stazioni operanti in Val d'Agri e l'acquisizione avviene *in continuo*, ossia la traccia dello spostamento del suolo nelle 3 componenti viene archiviata senza interruzioni h24/365.

Figura 5.

posizione geografica delle stazioni sismiche della rete sismica di ENI in Val d'Agri rispetto ai confini definiti nella Figura 4.



Strumentazione

La Rete di monitoraggio sismico in Val d'Agri (Basilicata) è attualmente costituita da 17 stazioni sismiche installate in superficie, di cui una stazione (PADE/PADH) a 6 canali con un sensore sismico aggiuntivo in pozzo (BH). Tutte le stazioni sono dotate di velocimetri con caratteristiche identiche: periodo 1s e voltaggio di uscita di 400 Vs/m, modelli: Le3D MkII, Le3D-BH (PADH) e SolGeo Veloget 3D-1s (ARMT). A settembre del 2019 le stazioni ARME e MANE sono state equipaggiate con un sensore a larga banda, modello Sara SS08. La Tabella 2 riassume le caratteristiche tecniche degli acquisitori usati.

Tabella 2.

Caratteristiche tecniche della strumentazione in uso.

Modello di acquisitore	Caratteristiche tecniche	N° stazioni
Lennartz Mars 88 Acquisizione a trigger (2001 – 16/10/2018)	20 Bit (120 dB); sincronizzazione DCF77; LSB= $8 \cdot 10^{-06}$ V/cts campionamento a 62.5 Hz (dal 2001 - 16/09/2012); campionamento a 125 Hz (dal 17/09/2012-16/10/2018)	a 3 canali 14
Lennartz M24-compact Acquisizione in continuo	24 bit (144 dB), sincronizzazione GPS; LSB = $4.567 \cdot 10^{-09}$ V/cts campionamento fino a 125 Hz (dal 01/11/2005-16/09/2012)	a 3 canali 1 (PADE)
Dymas24 Acquisizione in continuo a sostituzione di Lennartz	24 Bit (144 dB); sincronizzazione GPS; LSB = $1.192 \cdot 10^{-06}$ V/cts campionamento a 200 Hz (dal 10/07/2018) campionamento a 200 Hz (dal 17/10/2018)	a 3/6 canali 2 (PADE/PADH) 14

Rete sismica ENI - acquisizione a trigger (2001-2018)

geographical		geographical coordinates					instrumentation						datastream		smp		disinstallation date		
location	station name	Latitude [°N]	Longitude [°E]	altit. [m]	altit. [m]	altit. [m]	digitizer model	dyna [bit]	LSB [V/cts]	scale factor [cts/V]	gain [cts/V]	Sensortype seismometer	Gain [Vs/m]	code	rate [Hz]	installation date	on	off	
Abriola		40,500000	15,759444	1542	40° 30' 00"N	15° 45' 34"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA ABRE	00 SH*	62,5	29-07-02	16-09-12	
Armento		40,315278	16,031111	989	40° 18' 55"N	16° 01' 52"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA ARME	00 SH*	62,5	29-06-01	16-09-12	
Brienza		40,496944	15,614722	1002	40° 29' 49"N	15° 36' 53"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA BRIE	00 SH*	62,5	29-06-01	03/11/2009	
Brienza New		40,490000	15,613611	935	40° 29' 24"N	15° 36' 49"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA BRIN	00 SH*	62,5	20-06-12	16-09-12	
Castelmezzano		40,552222	16,072222	703	40° 33' 08"N	16° 04' 20"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA CASE	00 SH*	62,5	13-12-01	16-09-12	
Corleto Perticara		40,382778	16,069167	805	40° 22' 58"N	16° 04' 09"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA COPE	00 SH*	62,5	29-06-01	16-09-12	
Grumento Nova		40,307500	15,863056	570	40° 18' 27"N	15° 51' 47"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA FORE	00 SH*	62,5	25-10-11	16-09-12	
Grumento Nova		40,298611	15,893889	550	40° 17' 55"N	15° 53' 38"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA GRUE	00 SH*	62,5	25-10-11	16-09-12	
Laurenzana		40,439444	15,943333	1090	40° 26' 22"N	15° 56' 36"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA LAUE	00 SH*	62,5	30-07-02	16-09-12	
Marsico Vetere		40,391667	15,810556	1061	40° 23' 30"N	15° 48' 38"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA MARE	00 SH*	62,5	29-06-01	16-09-12	
Moliterno		40,250000	15,829167	1153	40° 15' 00"N	15° 49' 45"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA MOLE	00 SH*	62,5	29-06-01	16-09-12	
Montemurro		40,331944	15,982778	1152	40° 19' 55"N	15° 58' 58"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA MOME	00 SH*	62,5	17-12-02	16-09-12	
CO Viggiano		40,314444	15,902500	610	40° 18' 52"N	15° 54' 09"E	M24 comp.	24(32)	4,66E-09	1	214748365	Le3D-MKII	400	VA PADE	00 EH*	125	16-11-05	10-07-18	
Spinoso		40,218056	15,978889	1319	40° 13' 05"N	15° 58' 44"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA SPIE	00 SH*	62,5	29-06-01	16-09-12	
Tito		40,556667	15,692222	676	40° 33' 24"N	15° 41' 32"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA TITE	00 SH*	62,5	29-06-01	16-09-12	
Viggiano		40,334722	15,900556	816	40° 20' 05"N	15° 54' 02"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA VIGE	00 SH*	62,5	29-06-01	16-09-12	

geographical		geographical coordinates					instrumentation						datastream		smp		disinstallation date		
location	station name	Latitude [°N]	Longitude [°E]	altit. [m]	altit. [m]	altit. [m]	digitizer model	dyna [bit]	LSB [V/cts]	scale factor [cts/V]	gain [cts/V]	Sensortype seismometer	Gain [Vs/m]	code	rate [Hz]	installation date	on	off	
Abriola		40,500000	15,759444	1542	40° 30' 00"N	15° 45' 34"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA ABRE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Armento		40,315278	16,031111	989	40° 18' 55"N	16° 01' 52"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA ARME	00 EH*	125	17-09-12	15-10-18	
Brienza New		40,490000	15,613611	935	40° 29' 24"N	15° 36' 49"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA BRIN	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Castelmezzano		40,552222	16,072222	703	40° 33' 08"N	16° 04' 20"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA CASE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Corleto Perticara		40,382778	16,069167	805	40° 22' 58"N	16° 04' 09"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA COPE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Grumento Nova		40,307500	15,863056	570	40° 18' 27"N	15° 51' 47"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA FORE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Grumento Nova		40,298611	15,893889	550	40° 17' 55"N	15° 53' 38"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA GRUE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Laurenzana		40,439444	15,943333	1090	40° 26' 22"N	15° 56' 36"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA LAUE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Marsico Vetere		40,391667	15,810556	1061	40° 23' 30"N	15° 48' 38"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA MARE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Moliterno		40,250000	15,829167	1153	40° 15' 00"N	15° 49' 45"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA MOLE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Montemurro		40,331944	15,982778	1152	40° 19' 55"N	15° 58' 58"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA MOME	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
CO Viggiano		40,314444	15,902500	610	40° 18' 52"N	15° 54' 09"E	DYMAS24	24	1,19E-06	1	838860,8	Le3D-MKII	400	VA PADE	00 EH*	200	10-07-18	16-10-18	
CO Viggiano BH		40,314444	15,902500	470	40° 18' 52"N	15° 54' 09"E	DYMAS24	24	1,19E-06	1	838860,8	Le3D-BH	400	VA PADH	00 EH*	200	10-07-18	16-10-18	
Spinoso		40,218056	15,978889	1319	40° 13' 05"N	15° 58' 44"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA SPIE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Tito		40,556667	15,692222	676	40° 33' 24"N	15° 41' 32"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA TITE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	
Viggiano		40,334722	15,900556	816	40° 20' 05"N	15° 54' 02"E	Le-Mars88	20	6,25E-08	128	125000	Le3D-MKII	400	VA VIGE	00 EH*	125	17-09-12	16-10-18	

registrazione a trigger
registrazione continua

- a) ultimo evento registrato il 19/3/2009
- b) PADE ha registrato solo 25 eventi
- c) sostituito di seguito con GUPE
- d) stazione in pozzo (BH)

Rete sismica ENI - acquisizione in continuo (2018-2019)

geographical		geographical coordinates					instrumentation						datastream		smp		disinstallation date		
location	station name	Latitude [°N]	Longitude [°E]	altit. [m]	Latitude [°N]	Longitude [°E]	digitizer model	dyna [bit]	LSB [V/cts]	scale factor [cts/V]	gain [cts/V]	Sensortype seismometer	Gain [Vs/m]	code	rate [Hz]	installation date	on	off	
Abriola		40,500000	15,759444	1542	40° 30' 00"N	15° 45' 34"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA ABRE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Armento		40,315278	16,031111	989	40° 18' 55"N	16° 01' 52"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Sara S508	1500	VA ARME	00 EH*	200	18-09-19	open	
Armento Temp		40,315833	16,031944	1002	40° 18' 57"N	16° 01' 55"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Sol Veloget3D	400	VA ARMT	0 EH*	200	17-10-18	18-09-19	
Brienza New		40,490000	15,613611	935	40° 29' 24"N	15° 36' 49"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA BRIN	00 EH*	200	17-10-18	open	
Castelmezzano		40,552222	16,072222	703	40° 33' 08"N	16° 04' 20"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA CASE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Grumento Nova		40,307500	15,863056	570	40° 18' 27"N	15° 51' 47"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA FORE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Grumento Nova		40,298611	15,893889	550	40° 17' 55"N	15° 53' 38"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA GRUE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Guardia Perticara		40,367778	16,068611	674	40° 22' 04"N	16° 04' 07"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA GUPE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Laurenzana		40,439444	15,943333	1090	40° 26' 22"N	15° 56' 36"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA LAUE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Marsico Nuovo		40,458611	15,734444	1188	40° 27' 31"N	15° 44' 04"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Sara S508	1500	VA MAME	00 EH*	200	19-09-19	open	
Marsico Vetere		40,391667	15,810556	1061	40° 23' 30"N	15° 48' 38"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA MARE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Moliterno		40,250000	15,829167	1153	40° 15' 00"N	15° 49' 45"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA MOLE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Montemurro		40,331944	15,982778	1152	40° 19' 55"N	15° 58' 58"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA MOME	00 EH*	200	17-10-18	open	
CO Viggiano		40,314444	15,902500	610	40° 18' 52"N	15° 54' 09"E	DYMAS24	24	1,19E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA PADE	00 EH*	200	17-10-18	open	
CO Viggiano BH		40,314444	15,902500	470	40° 18' 52"N	15° 54' 09"E	DYMAS24	24	1,19E-06	1	838861	Le3D-BH	400	VA PADH	00 EH*	200	17-10-18	open	
Spinoso		40,218056	15,978889	1319	40° 13' 05"N	15° 58' 44"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA SPIE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Tito		40,556667	15,692222	676	40° 33' 24"N	15° 41' 32"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA TITE	00 EH*	200	17-10-18	open	
Viggiano		40,334722	15,900556	816	40° 20' 05"N	15° 54' 02"E	DYMAS24	24	1,192E-06	1	838861	Le3D-MKII	400	VA VIGE	00 EH*	200	17-10-18	open	

registrazione in continuo

Lennartz M24-compact a 125 Hz.

In concomitanza con l'installazione del sensore in pozzo (PADH) in data 10/07/2018, il campionamento è stato incrementato a 200 Hz.

Allestimento Centro di acquisizione ed elaborazione dati INGV Bologna

Le attività del CMS prevedono la realizzazione di un Centro di Acquisizione Dati presso la sede dell'INGV di Bologna (CAD-BO) per il monitoraggio della microsismicità in Val d'Agri in tempo quasi reale. Il processo di realizzazione, piuttosto complesso, è pianificato come segue:

1. Acquisto *Hardware*: server collegato ad un sistema di archiviazione dati (mass storage)
 - Bandi di gara/acquisti secondo normativa PA
 - Sistema modulare ed espandibile
 - n. 2 Server multiblade + chassis
 - Continuità Operativa (Disaster Recovery, Assistenza 5dx8h)
 - Ridondanza
 - Green Computing (sostenibilità ambientale, efficienza energetica, costo di smaltimento e riciclaggio)
 - Compatibilità Free/Libre e Open Source Software, Componenti Intel
 - Storage Array SCv3000
 - #2 controller
 - #2 power supplies
 - #2 10GBASE-T with RJ45 connectivity per controller
 - #16 8TB, SAS, 12Gb, 7.2K, 3.5" HDD
2. Acquisto Software: SeisComp3 (SC3)
 - Acquisto Software
 - Licenze binarie per SeisComp3 + moduli aggiuntivi
 - Supporto da remoto
 - Installazione, configurazione, test
 - Caratteristiche SC3
 - Acquisizione datastream dei segnali sismici in tempo reale
 - Analisi automatica di dati (parametri ipocentrali, Magnitudo) in tempo quasi reale
 - Rielaborazione manuale (revisione parametri, calcolo meccanismo focale, PGV, PGA)
 - Reportistica
 - WEB
3. Training I livello (febbraio 2019).

In relazione al punto (1) le procedure di acquisto sono state avviate (pubblicazione del bando, assegnazione del RUP, valutazione delle offerte, assegnazione). Ad oggi è stata stipulata l'assegnazione definitiva per l'acquisto dello Storage Array, e l'assegnazione provvisoria per i Server. A seguito della fornitura dell'*hardware* possono essere configurati i server e installato il software Seiscomp3.

Relativamente ai punti (2) e (3), a febbraio del 2019 è stato organizzato presso la sede dell'INGV di Bologna

un corso di SC3, tenuto da GEMPA, per la formazione del personale tecnico scientifico e per l'installazione del software SC3 su una macchina provvisoria, completo dei seguenti moduli aggiuntivi:

Tabella 5.

Modulo	Funzione
CAPS	Multi-format acquisition server
SCANLOC	Cluster-search based earthquake detection algorithm using automatic P- and S- phases
NPEVAL	Network performance evaluation
GDS	Template-based dissemination system for sending earthquake bulletins via email, twitter or sms
GAPS	web based graphical user interface including EQView, StationView, TraceView, Webscolv

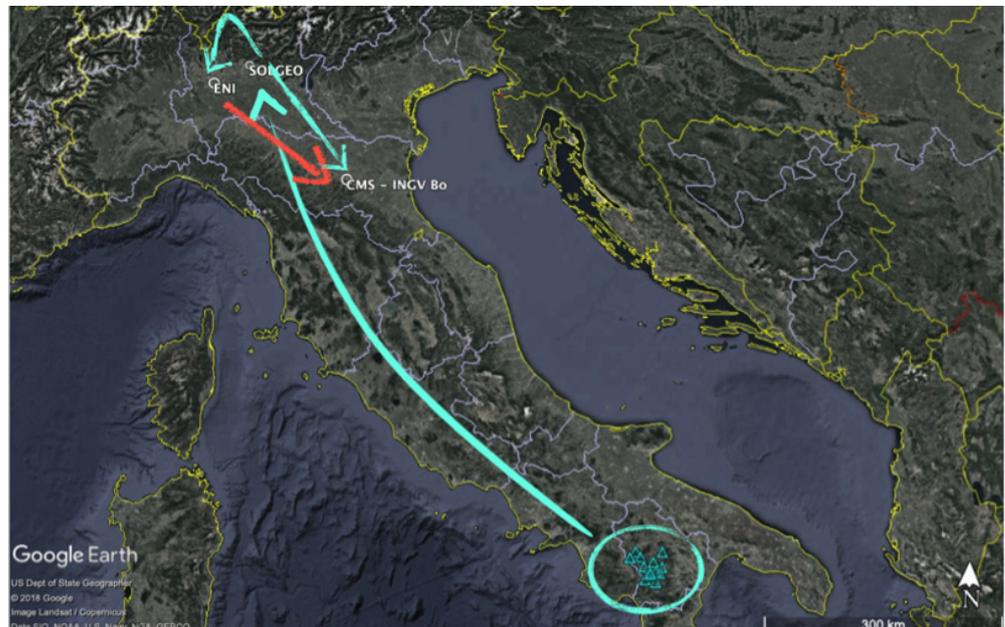
Acquisizione dati sismici

Schema di acquisizione

Attualmente i dati registrati in Val d'Agri dalla rete sismica di ENI vengono inviati in tempo reale ai server della ditta SolGeo (Bergamo) dove avviene l'archiviazione dei datastream in formato *miniseed*. Al fini del monitoraggio sismico (localizzazione ipocentrale, Magnitudo, PGA, PGV) le sale di controllo dell'ENI (San Donato Milanese) e dell'INGV-CMS (Bologna) ricevono in tempo reale il flusso di dati per effettuare l'analisi (Figura 6).

Figura 6.

Flusso dei dati sismici dalle singole reti locali a SolGeo che inoltra in tempo reale alle sale di controllo dei concessionari (freccia azzurra) e, offline, al CMS (freccia rossa) in attesa che il sistema di acquisizione real-time del CMS sia operativo.



Nomenclatura dei codici dei datastream

Le reti sismiche (permanenti o temporanee) riconosciute a livello internazionale per standard di qualità e affidabilità, sono identificate da un codice di 2 lettere registrato presso la *International Federation of Digital*

Seismographic Network (FDSN), e associate ad un *digital object identifier* (doi).

Su richiesta di ENI (proprietario della rete) a FDSN, alla rete di Val d'Agri è stato assegnato il codice di rete "VA", lo stesso già precedentemente utilizzato dalla Società dall'inizio dell'acquisizione nel 2001.

Figura 7.

Registrazione del codice di rete VA presso la banca dati internazionale FDSN (IRIS), <https://www.fdsn.org/networks/>.

VA: VAL D'AGRI NETWORK

FDSN Network Information Are you the operator of this network? [Update this information.](#)

FDSN code	VA	Operated by	Eni spa
Network name	VAL D'AGRI NETWORK (VDAN)	Deployment region	Italy
Start date	2001-07-01	End date	-
Short description	The Val d'Agri seismic network is a private network managed by the Italian oil company Eni. It is located in Italy in the Basilicata Region near the city of Potenza. It is aimed to monitor the High Agri Valley where the company is cultivating the major onshore oilfield in Europe.		

Citation Information

Digital Object Identifier (DOI)	https://doi.org/10.7914/SN/VA
Citation	Eni spa (2001): VAL D'AGRI NETWORK. International Federation of Digital Seismograph Networks. Dataset/Seismic Network. 10.7914/SN/VA

Analogamente, per rispondere agli standard di qualità e di fruibilità e per essere riconosciuta a livello internazionale, il codice di ogni stazione sismica è stato registrato presso l'*International Seismological Centre* (ISC) (Figura 8).

Figura 8.

Esempio di stazione sismica della rete Val d'Agri registrata presso l'ISC, <http://www.isc.ac.uk>.

International Registry of Seismograph Stations
maintained jointly by
International Seismological Centre & World Data Center for Seismology, Denver

Code	Station name/Region	Latitude	Longitude	Elevation	Depth	Prime	Status
ABRI	Abriola Italy	40.50081	15.76011	1542.0			

International Seismological Centre
Pipers Lane, Thatcham, Berkshire
United Kingdom RG19 4NS
voice: +44 (0)1635 861022
fax: +44 (0)1635 872351
web site: <http://www.isc.ac.uk/>
e-mail: station_reg@isc.ac.uk

Le operazioni preliminari di registrazione di codice_stazione e codice_rete, presso i centri internazionali preposti, sono necessarie per poter avviare una procedura standard di analisi dei dati, con metodologie e software riconosciute a livello internazionale.

Inoltre è necessario che le stazioni e la rete sismica siano entrambe inserite nei circuiti internazionali degli organismi sismologici preposti, in vista del passaggio di proprietà della rete microsismica ENI a INGV.

I *datastream* (flussi di dati) vengono archiviati secondo lo standard sismologico *Standard for the Exchange of Earthquake Data* (SEED) del consorzio *Incorporated Research Institutions for Seismology* (IRIS), che prevede la seguente nomenclatura dei data-files:

NW . STAT . LOC . CH . D . YYYY . JJJ

- NW - Network code (codice rete)
- STAT - Station code (codice stazione)
- LOC - Location code (codice sito)

CH - Channel code (codice canale)
 D - datastream type code (codice datastream)
 YYYY - Year (anno)
 JJJ - Julian day (giorno giuliano)

VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.090

Esempio di nomenclatura di traccia verticale (EHZ *Extremely short period, High gain seismometer, Z component*) registrata alla stazione VIGE, rete sismica VA, il 30/03/2018 (Figura 9).

Figura 9.

Struttura del database miniseed per i dati sismologici a trigger registrati da ENI in Val d'Agri nel periodo 2001-2018; esempio di nomenclatura di tracce verticali registrate dalla stazione VIGE nel periodo 08/01/2018 - 30/03/2018.

2001	VA	ABRE	EHE.D	VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.008
2002		ARME	EHN.D	VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.014
2003		BRIN	EHZ.D	VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.016
2004		CASE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.020
2005		COPE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.022
2006		FORE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.024
2007		GRUE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.029
2008		LAUE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.036
2009		MARE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.044
2010		MOLE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.047
2011		MOME		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.049
2012		PADH		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.053
2013		SPIE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.063
2014		TITE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.066
2015		VIGE		VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.069
2016				VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.072
2017				VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.081
2018				VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.084
				VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.085
				VA.VIGE.00.EHZ.D.2018.090

Test di connettività ai server

Sono stati effettuati dei test di connettività dal CAD-BO ai server della ditta SolGeo che attualmente gestisce l'acquisizione dei dati sismici in tempo reale proveniente dalla rete sismica di ENI in Val d'Agri. Dopo l'esito positivo della ricezione dei *datastream* attraverso SC3 sulle macchine STARTREK e SPOCK (con indirizzo IP pubblico) del CAD-BO è partita la continua ma preliminare acquisizione dei dati in tempo reale. L'acquisizione dati potrà essere considerata definitiva solamente in seguito alla consegna del server e dello storage presso il CAD-BO e l'installazione definitiva di SC3.

Archiviazione dei dati

Nel periodo di registrazione trigger (06/2001 - 16/10/2018) - oltre il formato *raw* - i dati registrati da acquisitori Mars88 e M24-compact sono stati archiviati da ENI e trasmessi a INGV CMS nei formati *RAW* e *GSE2*, utile per successiva elaborazione ENI con il software SEISAN. Considerando che per l'analisi dati il CMS utilizza il software SC3, è stato deciso: (i) di creare un unico file *station.xml* che contiene di tutti i metadati storici e attuali delle stazioni sismiche della rete ENI in Val d'Agri, e (ii) di convertire tutti i dati *GSE2* in formato *miniseed* e archivarli secondo gli standard sismologici, in una struttura del tipo:

~/archive/YYYY/NW/STAT/EH?/

I dati forniti da ENI su 7 CD (disc1-disc7) sono strutturati come segue:

```

~/ENI/M88/disc1/2001/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2002/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2003/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2004/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2005/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2006/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2007/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2008/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2009/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2010/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2011/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
/2012/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
~/ENI/M88/disc2/2013/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
~/ENI/M88/disc3/2014/mars88/m_5***raw
~/SISMI/14gen-dic/rea/
~/wav/2014-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
~/ENI/M88/disc4/2015/mars88/m_5***raw
~/SISMI/15gen-dic/rea/
~/wav/2015-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
~/ENI/M88/disc5/2016/mars88/m_5***raw
~/SISMI/16gen-dic/rea/
~/wav/2016-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
~/ENI/M88/disc6/mars88/m_5***raw
/SISMI/17gen-dic/rea/
~/wav/2017-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2
~/ENI/M88/disc7/mars88/m_5***raw
/SISMI/17gen-dic/rea/
~/wav/2017-09-12-0530_00_490_[0-2].gse2

```

I dati *GSE2* e i *header* sono stati convertiti in formato standard miniseed utilizzando delle routine di **Pyrocko** e **ObsPy**.

Lo schema di archiviazione dati descritto sopra viene realizzata secondo gli standard sismologici, utilizzati tra l'altro in automatico da SC3 in una struttura ad albero del tipo:

```
~/archive/YYYY/NW/STAT/EH?/
```


Log Book

Tabella 6.

Data	Evento
7 giugno 2019	Test di acquisizione di dati sismici in tempo reale sulla macchina INGV Startrek direttamente dai seguenti server di SolGeo: - Cavone/Val d'Agri - Tempa Rossa
14 giugno 2019	Consegna <i>Hard Disk</i> dati ENI Val d'Agri Gen-Mag 2019 (Lagomarsino Daniela)
20 giugno 2019	Restituzione <i>Hard Disk</i> dati ENI Gen-Mag 2019 (Lagomarsino Daniela)
Il settembre 2019	Richiesta INGV a SolGeo di aprire l'accesso ai dati anche all'IP della macchina Spok per acquisizione ridondante
26 settembre 2019	Richiesta INGV a SolGeo di intervento per problemi tecnici di acquisizione: da questa data entrambe le macchine (Spok e Startrek) acquisiscono regolarmente
Il ottobre 2019	Consegna <i>Hard Disk</i> dati ENI Val d'Agri Giu-Ago 2019 (Lagomarsino Daniela)
16 ottobre 2019	Consegna dei dati 2019 di pressioni di testa pozzo e di portata del Costa Molina 2

5_CONTROLLO DI QUALITÀ E VALIDAZIONE

Validazione preliminare della configurazione della rete sismica

Gli ILG richiedono alla SPM che le caratteristiche tecniche delle reti microsismiche, debbano essere perseguite alla luce del principio di "valorizzazione dell'esistente" e quindi prevedere, a seguito di opportuna valutazione, un eventuale adeguamento della rete già attiva per ottenere le prestazioni richieste.

Per quanto riguarda la **strumentazione** delle stazioni sismiche, l'adeguamento della rete sismica - secondo le prescrizioni degli ILG - è attualmente in corso da parte di ENI. La valutazione finale da parte della SPM relativo all'adempimento degli ILG sarà quindi oggetto di future relazioni.

Relativamente alla **configurazione della rete di monitoraggio**, gli ILG (p.11, §5.3) prescrivono i seguenti requisiti :

1. nel dominio interno di rilevazione, rilevare e localizzare i terremoti a partire da magnitudo locale M_L compresa tra 0 e 1 ($0 \leq M_L \leq 1$) e con incertezza nella localizzazione dell'ipocentro di alcune centinaia di metri;
2. nel dominio esteso di rilevazione, migliorare di circa 1 unità il livello di magnitudo di completezza delle rilevazioni effettuate dalle reti nazionali o regionali che svolgono servizio di monitoraggio sismico per finalità di protezione civile a livello nazionale o regionale, con incertezza nella localizzazione dell'ipocentro contenuta entro circa 1 km;
3. determinare l'accelerazione e la velocità del moto del suolo provocata da eventuali terremoti (deboli e

forti) presso i punti di misurazione;

4. integrarsi opportunamente con le reti di monitoraggio esistenti (ovvero: rete nazionale, reti regionali e ulteriori eventuali reti locali) al fine di migliorare l'accuratezza e la completezza della rilevazione della sismicità.

Gli ILG raccomandano inoltre alcune caratteristiche di tipo progettuale e geometrico (a-g) che le reti di monitoraggio dovrebbero soddisfare, come per esempio:

(a) Verrà utilizzata un'interdistanza tra le stazioni indicativamente di circa 3-5 km nell'area superficiale del dominio interno di rilevazione DI che verrà aumentata progressivamente procedendo verso il bordo esterno del dominio esteso DE.

A causa delle considerevoli dimensioni del giacimento di idrocarburi in Val d'Agri (OWC) e dei domini di rilevazione (DE=1500 km², vedi la Figura 4) la raccomandazione (a) degli ILG di tipo progettuale/geometrico non è, e non può, essere rispettata in senso stretto con l'attuale numero di stazioni impiegate in Val d'Agri. Tuttavia, si può validare la configurazione della rete ENI sulla base di criteri prestazionali, anche sulla base della minima magnitudo rilevabile. A tale scopo sono stati realizzati i primi test sintetici utilizzando un software commerciale MDesign sviluppato dall'istituto norvegese NORSAR (<https://www.norsar.no/mdesign/category999.html>) che stima la capacità di detezione di una rete sismica, basandosi su un metodo di Freudenreich et al. (2012). Per il calcolo sintetico della capacità di detezione sono stati assunti i seguenti parametri:

- livello di rumore medio ad ogni stazione: 1 e-7 m/s
- corner Frequency: 10 Hz
- Q omogeneo: 2000
- topografia non considerata
- modello di velocità 1D (Tabella 7).

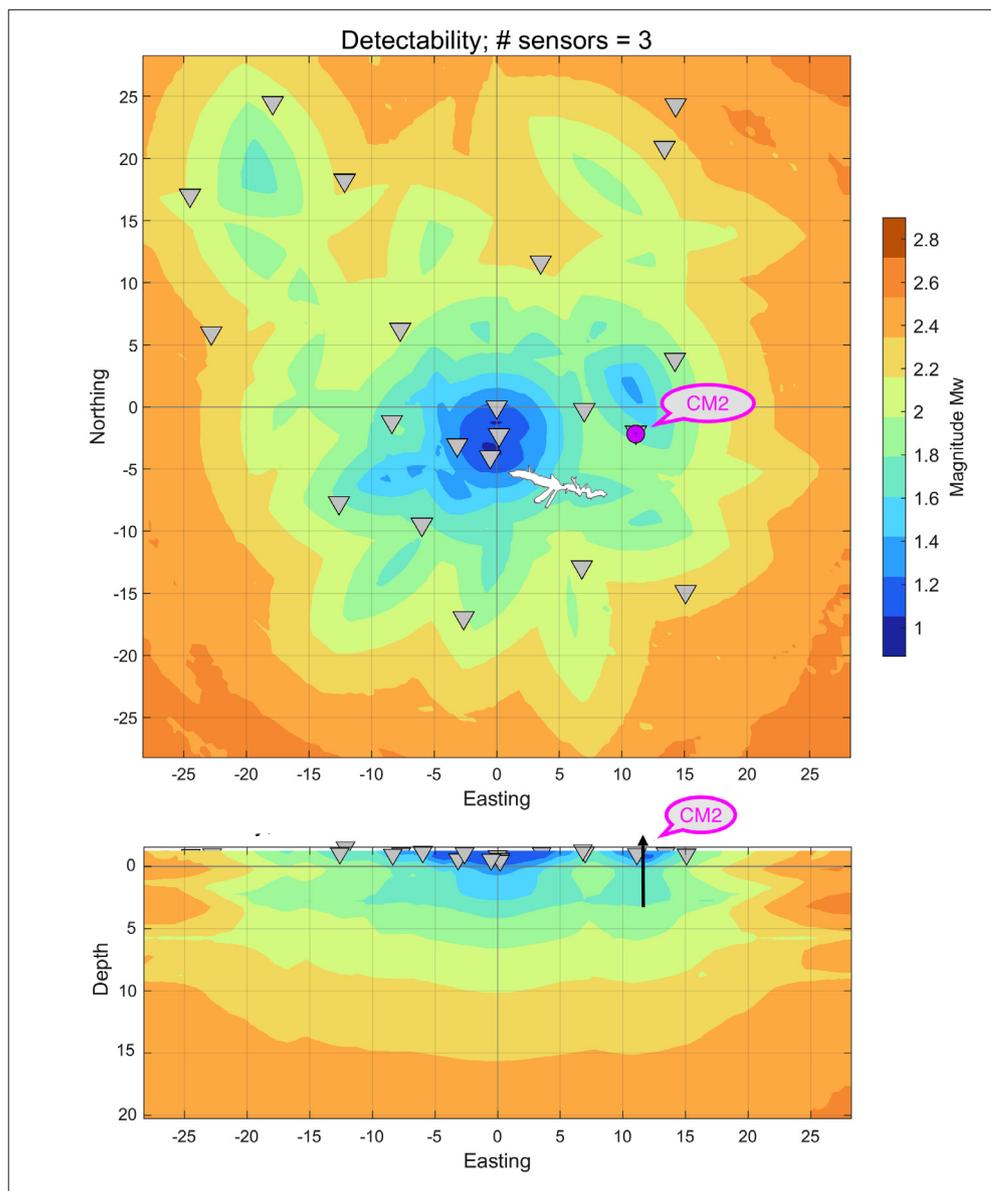
Tabella 7.

Modello 1D di velocità delle onde sismiche P ed S fornito da ENI: Vp=velocità onde P, Dh=spessore dello strato, Profondità Z=top strato rispetto al livello del mare, Vp/Vs= rapporto tra Vp e Vs (Bollettino ENI 10/2019).

Profondità (km/SL)	Dh (km)	Vp Modello lento (km/s)	Vp Modello veloce (km/s)	Vp/Vs
-1.6	1.6	3.6	4.0	1.90
0	3.0	4.3	5.1	1.90
3	3.0	6.0		1.90
6	3.0	6.5		1.82
9	3.0	6.9		1.78
12	3.0	7.1		1.80
15	20.0	7.3		1.80
35	semispazio	8.0		1.80
		ARME, CASE, GUPE, FORE, GRUE, LAUE, MARE, PADE, VIGE	ABRE, BRIN, MANE, MOLE, MOME, SPIE, TITE	

Figura 11.

Mappa e sezione (in direzione Ovest - Est) dei limiti di detezione in termini di Magnitudo di completezza intorno alla rete sismica di ENI integrata con RSN in Val d'Agri. L'invaso di Pertusillo è sovrapposto in mappa come superficie bianca (a SE dal centro); il pozzo di reiniezione CM2 è indicato come cerchio magenta (mappa) e come linea nera nel profilo.

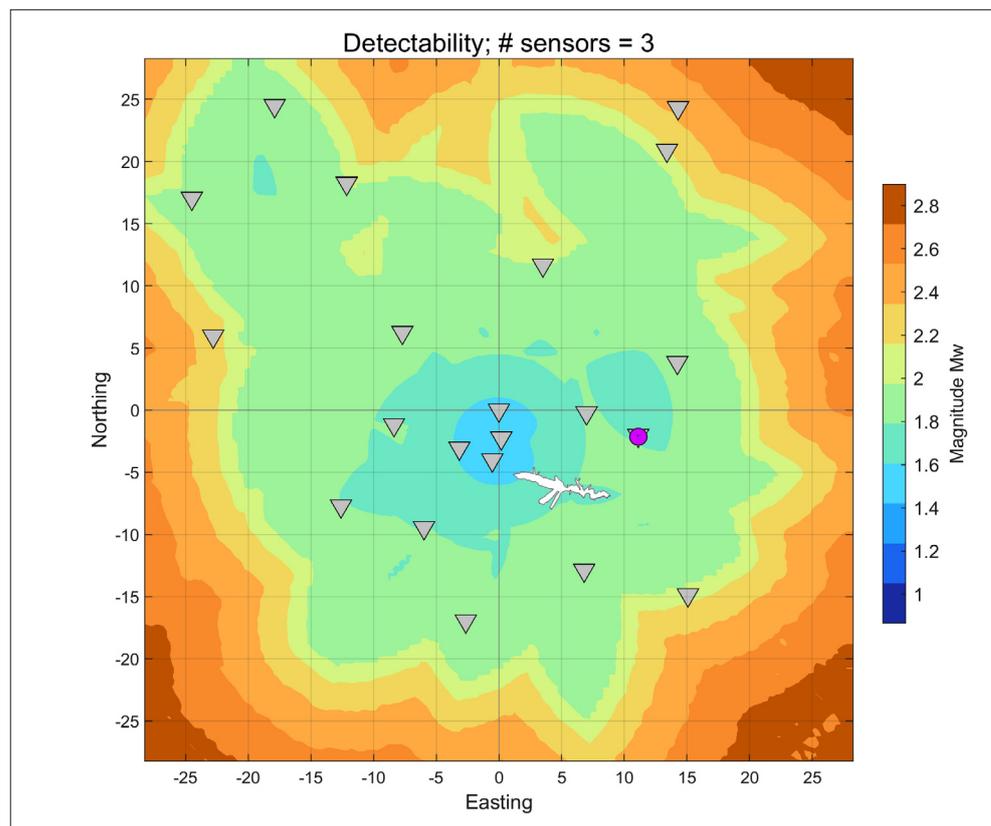


La Figura 11 mostra il risultato per un numero minimo di 3 stazioni triggeranti. Vengono illustrate in mappa e sezione i limiti relativi della capacità di detezione (*detectability limits*). Sia al centro della rete, sia intorno al pozzo di reiniezione CM2 la Magnitudo di completezza arriva a $M_w=1$. È da sottolineare che i valori indicati nella Figura 11 sono più alti rispetto alle magnitudo attualmente calcolate da ENI. Questo è in parte dovuto alla magnitudo di completezza espressa in M_w , che dovrà essere calibrata con la M_L calcolata da ENI; i valori di M_w alti dipendono inoltre dalle assunzioni dei valori sintetici, di cui sopra. Appena i parametri teorici (livello di rumore individuale per ogni stazione, Q , corner frequency, rapporto S/N) verranno sostituiti da valori misurati, può essere fatta la validazione definitiva della rete ENI.

Allo stato attuale l'interpretazione dei test sintetici può avere una validità in senso qualitativo, date le assunzioni teoriche sui parametri spettrali e sulle caratteristiche di rumore attestati su livelli medi. Il settore a SE del pozzo di reiniezione CM2 e dell'invaso del Pertusillo sembrerebbe meno illuminato rispetto ai settori più centrali anche a causa della maggiore spazatura azimutale delle stazioni sismiche presenti. In linea teorica, tuttavia, il gap azimutale può essere parzialmente risolto integrando nell'analisi anche le stazioni della Rete Sismica Nazionale, in particolare il sito di San Chirico Raparo SCHR che si trova peraltro all'interno del Dominio Esterno DE.

Figura 12.

Mappa dei limiti di deteazione in termini di Magnitudo di completezza intorno alla rete sismica di ENI in Val d'Agri per una profondit  in 2.5 km.



Dati sismologici

Spettri di rumore

Per valutare il livello assoluto dell'energia sismica per unit  di tempo sono stati calcolati gli spettri di potenza (PSD - Power Spectral Density) alle singole stazioni sismiche. La Figure 13 riporta i plot degli spettri di potenza determinati per un giorno di rumore sismico registrato dalla componente verticale di tutte le stazioni della rete. Le curve in grigio rappresentano rispettivamente il massimo (NHNM - *New High Noise Model*) e minimo (NLNM - *New Low Noise Model*) livello di ampiezza di riferimento proposto da Peterson (1993). Si possono osservare delle fluttuazioni delle diverse curve al di sotto di 1 s di periodo che dimostrano la variazione giornaliera del livello di energia del segnale, soprattutto ad alcune stazioni. Le figure sono state generate con il software **GeoPSY** (<http://www.geopsy.org>).

Analisi del rumore sismico ambientale ed informazioni sulle stazioni della rete

L'analisi dei rapporti spettrali, oltre che una tecnica per identificare eventuali effetti di amplificazione del moto del suolo dovuti alle caratteristiche del sito in cui   installata la stazione sismica,   un metodo utile per mettere in evidenza le caratteristiche del rumore ambientale di un sito. Questa tecnica consiste nel selezionare finestre comuni di segnale per le 3 componenti dello spazio (E/W, N/S, Verticale), trasformare il segnale dal dominio del tempo a quello delle frequenze (attraverso la FFT), mediare le componenti orizzontali del moto e dividere il valore risultante per la componente verticale. Infine viene calcolata la media di tutte le curve calcolate per la singola finestra temporale selezionata fino ad ottenere una curva statisticamente significativa. In generale possibili effetti legati alle caratteristiche del sottosuolo sulla risposta del sito sono principalmente identificabili come un aumento dell'ampiezza delle curve H/V intorno ad una frequenza che risulta essere proporzionale alla profondit  del principale contrasto di velocit  delle

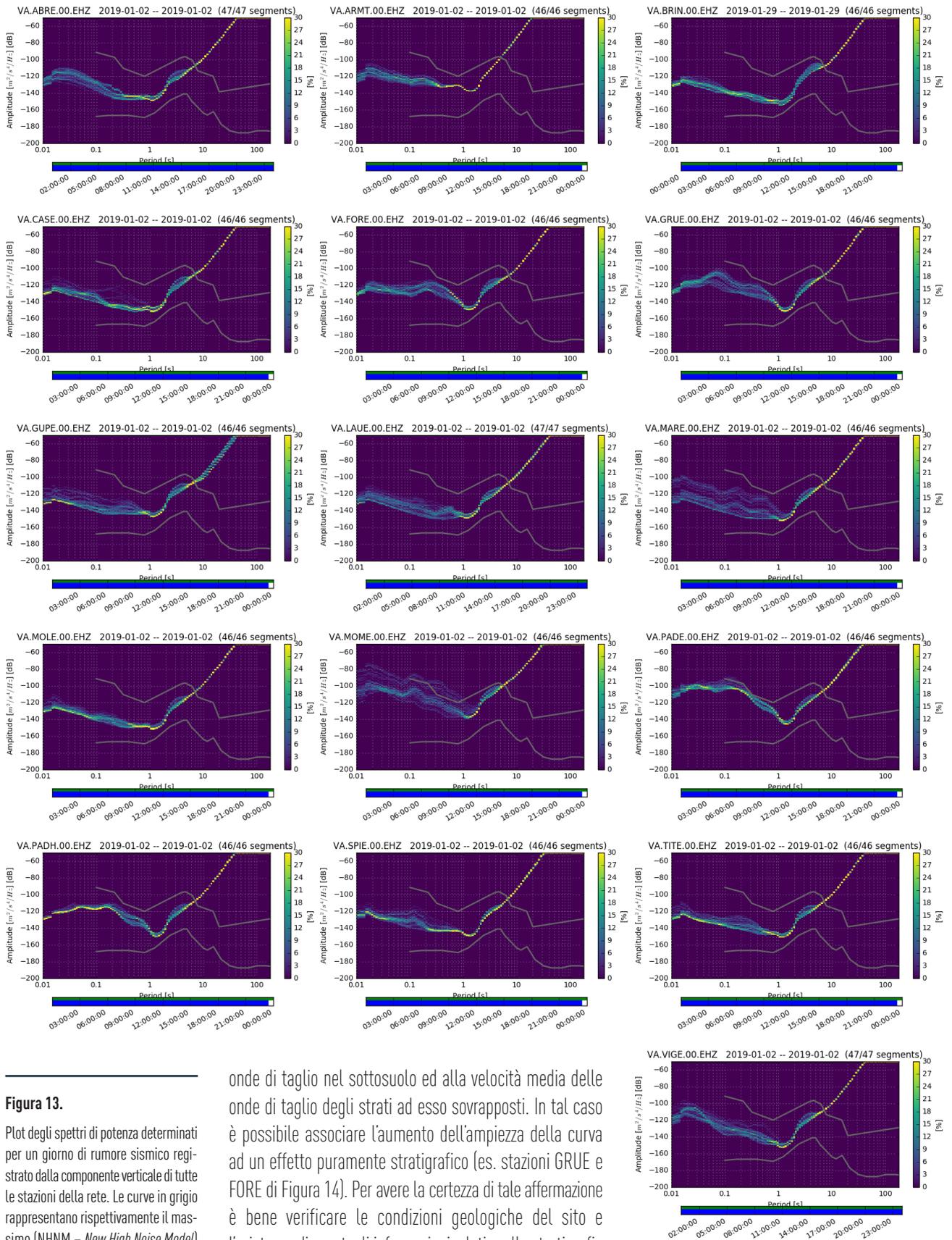


Figura 13.

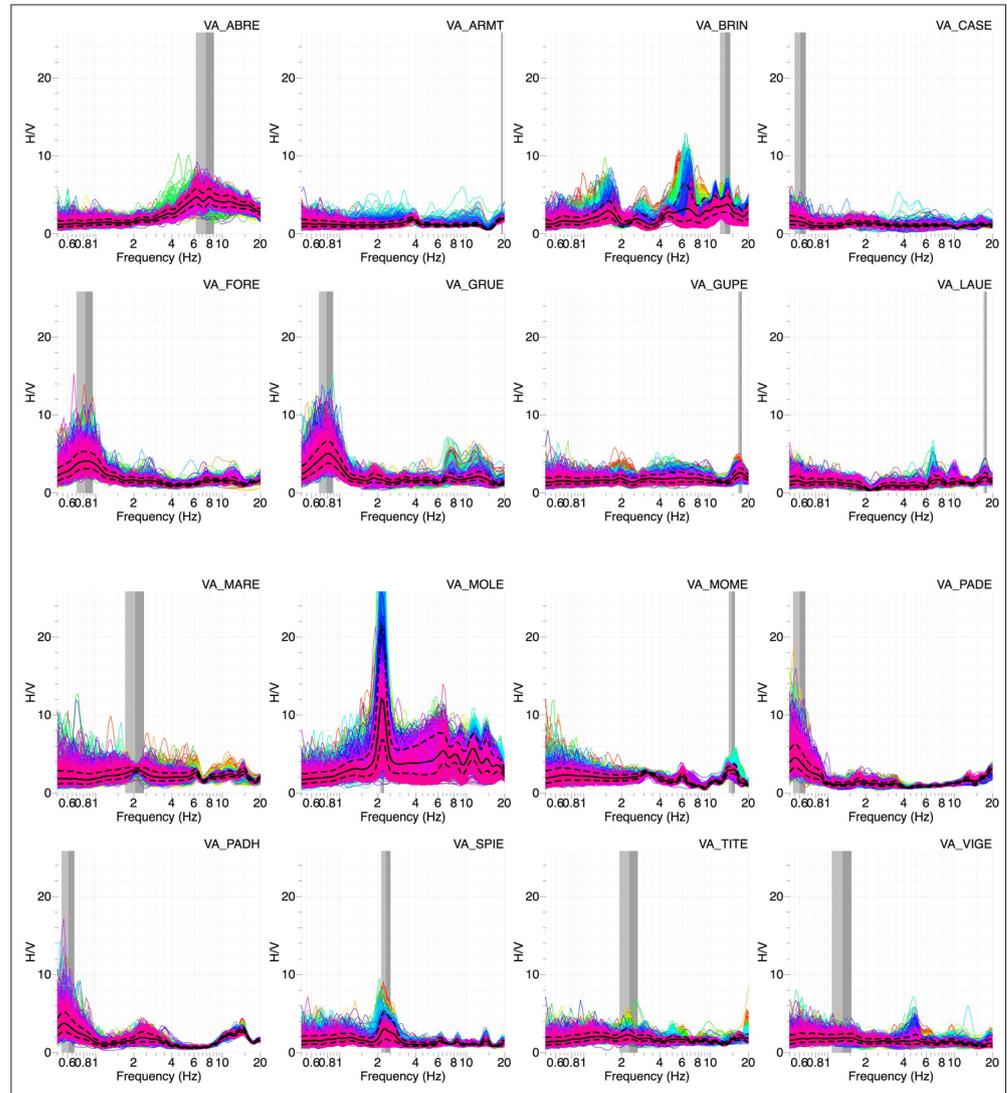
Plot degli spettri di potenza determinati per un giorno di rumore sismico registrato dalla componente verticale di tutte le stazioni della rete. Le curve in grigio rappresentano rispettivamente il massimo (NHNM – *New High Noise Model*) e minimo (NLNM – *New Low Noise Model*) livello di ampiezza di riferimento proposto da Peterson (1993).

onde di taglio nel sottosuolo ed alla velocità media delle onde di taglio degli strati ad esso sovrapposti. In tal caso è possibile associare l'aumento dell'ampiezza della curva ad un effetto puramente stratigrafico (es. stazioni GRUE e FORE di Figura 14). Per avere la certezza di tale affermazione è bene verificare le condizioni geologiche del sito e l'esistenza di eventuali informazioni relative alla stratigrafia del sottosuolo prodotte per esempio in seguito all'esecuzione di sondaggi geognostici. Quando il picco generato risulta molto ristretto e concentrato intorno ad una specifica frequenza (es. stazione MOLE di Figura 14), tale

aumento delle ampiezze delle curve è più probabilmente associato alle caratteristiche del rumore legato alle attività antropiche dell'area che ha un elevato contenuto energetico intorno ad una frequenza ben definita. Per verificare questa seconda ipotesi è buona norma calcolare gli spettri delle componenti orizzontali ruotate ogni 10 gradi da 0 a 180 gradi per eventuali correlazioni tra la variazione dell'ampiezza delle curve spettrali e l'azimuth di provenienza del segnale.

Figura 14.

Rapporti spettrali medi HV calcolati sul rumore sismico a tutte le stazioni utilizzando una intera giornata di registrazione (4 gennaio 2019). La curva nera rappresenta il valor medio e quelle tratteggiate la deviazione standard. Sono rappresentate inoltre le singole curve HV calcolate per ciascuno finestra di segnale selezionata considerata pari a 40 secondi. Le curve hanno colori differenti in funzione nel momento della giornata a cui appartiene la finestra analizzata. In generale si può osservare con colori rosso e blu le curve HV calcolate per le ore centrali della giornata che, per siti più influenzati da disturbi antropici, mostrano ampiezze superiori rispetto alle curve magenta che invece sono state ottenute considerando finestre di segnale a fine giornata.



Analisi degli spettri delle componenti orizzontali in funzione dell'azimuth

In conclusione, l'applicazione di questi tipo di analisi permette di osservare che esiste una certa variabilità giornaliera dei livelli dell'energia del campo d'onda del rumore sismico rappresentativo dell'area che ospita la rete. Dall'analisi dei rapporti spettrali medi è possibile identificare siti con possibile amplificazione legata alla struttura del sottosuolo (da verificare tramite il riscontro di indagini geognostiche) ed altri siti in cui è presente energia direzionale e viene registrata dalle stazioni. I livelli di tale energia variano nell'arco della giornata e hanno direzioni ben precise, identificate tramite l'analisi degli spettri ruotati. Quello che si osserva dagli spettri delle componenti verticali sono delle somiglianze nell'andamento delle curve spettrali per le stazioni allineate lungo la direttrice NW-SE (BRIN, MARE, MOME) con 3 picchi energetici alle frequenze rispettivamente di 2 Hz e di circa 8 e 10 Hz, con valori di ampiezze relative crescenti in direzione SE (avvicinandosi al pozzo CM2). Le stazioni MOME e SPIE, pur essendo relativamente più distanti, mostrano lo stesso tipo di andamento dello spettro verticale,

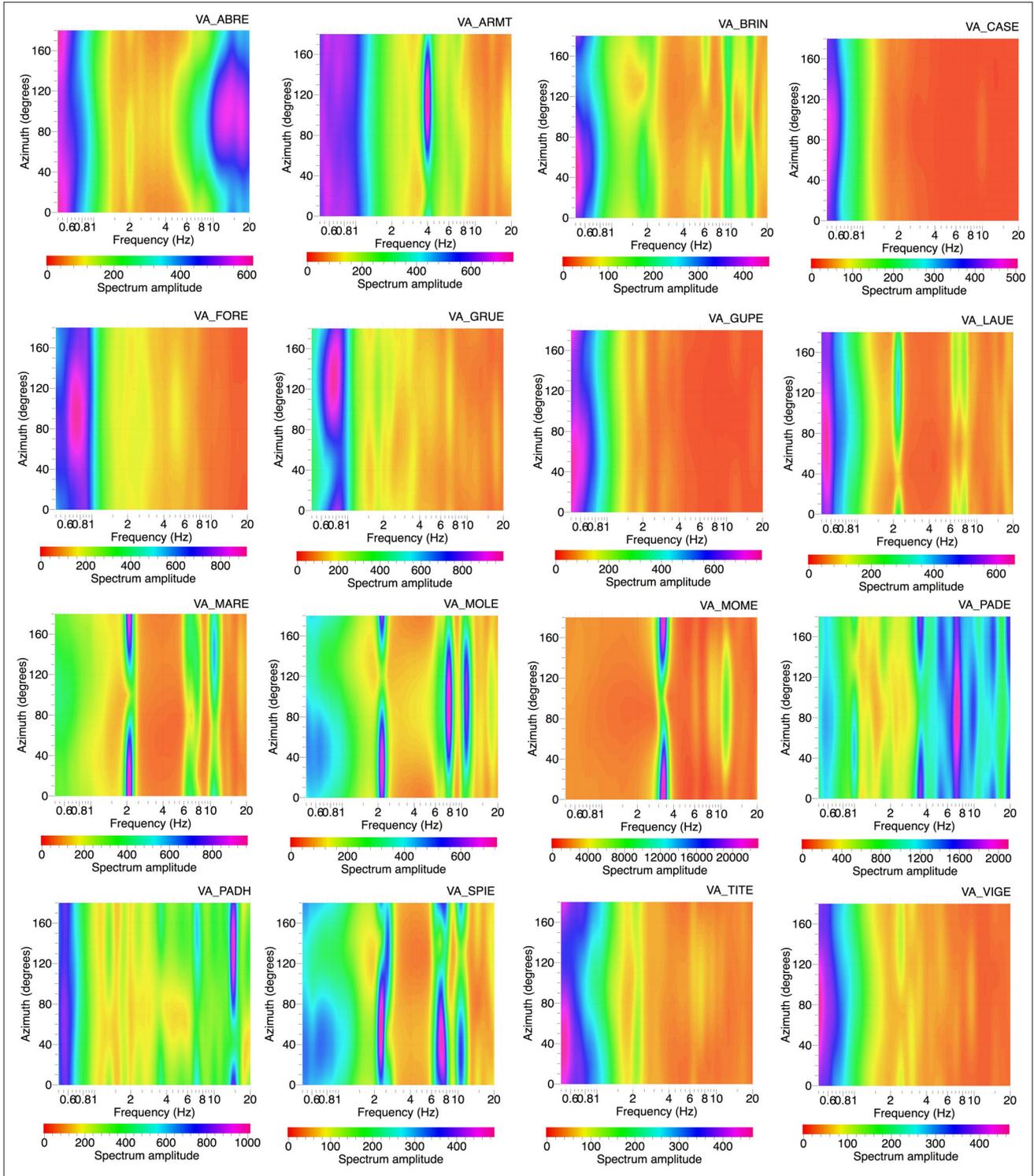


Figura 15.

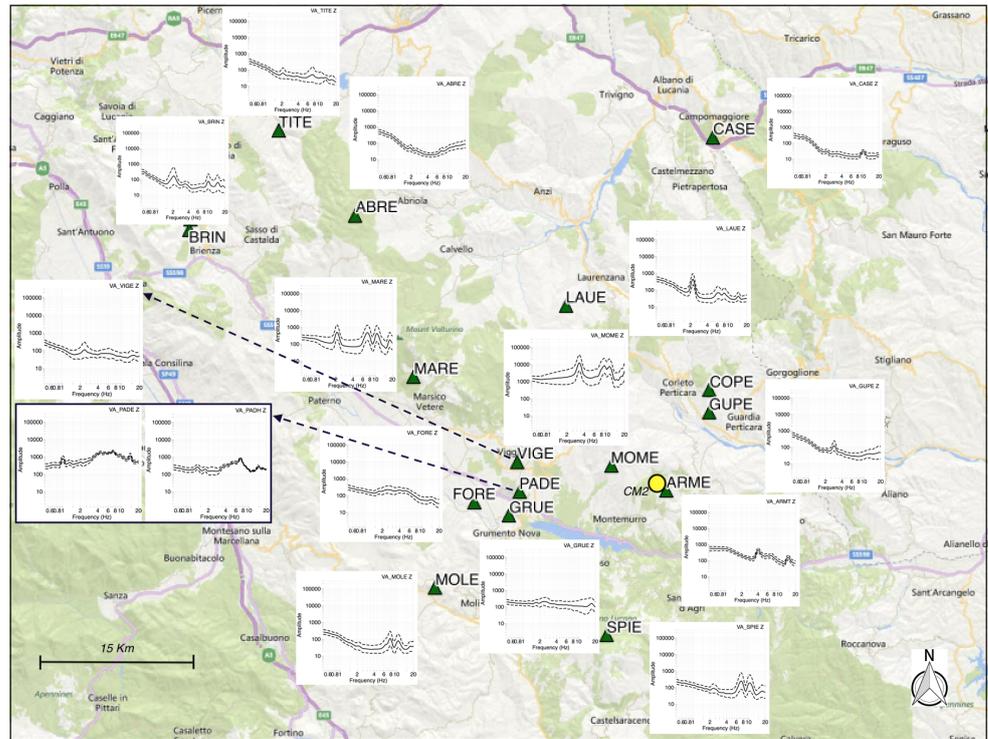
Plot degli spettri delle componenti orizzontali per ogni singola stazione della rete calcolati in funzione dell'azimut ruotando la coppia delle componenti orizzontali da 0 a 180 gradi con step di 10 gradi. La scala di colori rappresenta l'ampiezza del rapporto HV.

seppur con ampiezze ridotte. La stazione più vicina a tale pozzo (ARMT/ARME) non mostra significativi disturbi nella componente verticale ma dall'analisi degli spettri ruotati si osserva un lieve incremento nel contributo energetico del rumore ambientale intorno alla frequenza di 4 Hz con direzione preferenziale intorno a 120 gradi o (120+180) gradi, compatibile con la posizione del CM2 nonché con il sito del parco eolico di Montemurro. Si può anche osservare che le stazioni CASE, GUPE, FORE e GRUE registrano i livelli più bassi delle ampiezze dell'energia prodotta dal rumore ambientale e l'influenza delle componenti antropiche risulta meno rilevante rispetto alle stazioni precedentemente citate. Si ipotizza che il picco accentuato che si osserva alla stazione MOLE per

frequenze intorno a 2 Hz possa essere legato probabilmente ad attività di cava provenienti da un sito non troppo distante dalla stazione in questione. Le stazioni intorno al centro olio Viggiano mostrano un picco a frequenze inferiori a 1 Hz che, sebbene al limite con la frequenza caratteristica dei sensori utilizzati, possono risultare rappresentativi delle condizioni geologiche del sito. Si noti che gli intervalli di frequenza in discorso rientrano nella banda caratteristica dei segnali sismici di origine locale.

Figura 16.

Plot degli spettri delle componenti verticali prodotti analizzando un giorno di dati (4 gennaio 2019).



6_MONITORAGGIO E ANALISI DATI

Dati sismologici

Sismicità locale registrata e localizzata da ENI (2001–2019)

Nella fase attuale dell'allestimento del CAD-BO, la SPM non è ancora nella condizione di analizzare i dati sismici provenienti dalla rete ENI in Val d'Agri. Attualmente il calcolo degli ipocentri e della magnitudo, nonché di PGV e PGA viene realizzato dall'unità GEOM (Geodinamica e Monitoraggio Geofisico) del "servizio di Geologia e di Geofisica" presso la sede ENI a San Donato Milanese. I dati sismologici brevemente riassunti di seguito rappresentano fondamentalmente i risultati delle analisi in forma rivista dal bollettino mensile di GEOM.

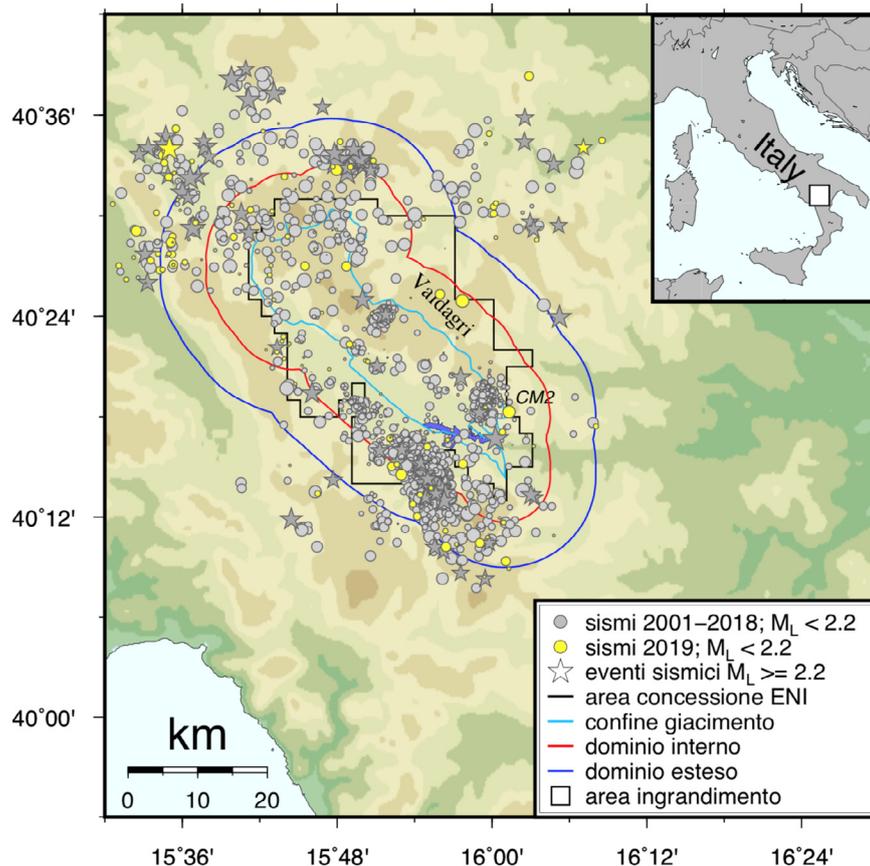
Dall'inizio dell'anno corrente fino a fine settembre 2019 non sono state registrate sequenze sismiche in Val d'Agri; la sismicità è stata piuttosto diffusa in tutta l'area monitorata (Figura 17, e Tabella 9).

I due eventi più forti, rispettivamente di $M_L=3.3$ (11/07/2019) e $M_L=2.2$ (20/02/2019), sono stati localizzati rispettivamente nel comune di Tito (ca 5 km NW dal DE) e di Oliveto Lucano a circa 20 km E rispetto al bordo orientale del DE.

L'evento sismico più significativo con epicentro all'interno del DI è di $M_L=1.9$ (n° 132, Tabella 9) ed è stato registrato in data 22/07/2019 (ore 00:48 UTC) nelle vicinanze del pozzo di reiniezione CM2; i parametri ipocentrali dell'evento, calcolati da ENI, collocano la sua profondità tuttavia al di fuori dei domini DI e DE di rilevazione.

Figura 17.

Epicentri localizzati in VA dal concessionario dalla rete sismica ENI: i cerchi $M_L < 2.2$ e gli asterischi ($M_L \geq 2.2$) indicano gli epicentri nel periodo 2001–2018 (grigio) e 2019 (giallo), vedi Tabella 9.



Nel caso la variazione tra livelli di allerta a semaforo dovesse automaticamente attivarsi al superamento di soglie di magnitudo stabilite (ILG, §9.4), un evento di magnitudo $M_L = 1.9$ in prossimità del pozzo CM2 prevederebbe il passaggio a livello di allerta giallo.

Tabella 8.

Livello di attivazione	Semaforo	M_{max}	PGA (% g)	PGV (cm/s^2)
0	Verde	$M_{max} \leq 1.5$	-	-
1	Giallo	$M_{verde} \leq M_{max} \leq 2.2$	0.5	0.4
2	Arancio	$M_{giallo} \leq M_{max} \leq 3.0$	2.4	1.9
3	Rosso	$M_{arancio} < M_{max}$	6.7	5.8

Ne risulterebbe uno scenario di azioni (vedi ILG, §9.3):

- (a) La SPM effettua un'analisi delle variazioni dei parametri monitorati verificandone, ove possibile, l'eventuale correlazione con i dati di produzione/reiniezione/stoccaggio.
- (b) La SPM informa immediatamente il Concessionario, l'UNMIG e la Regione.
- (c) Il Concessionario fornisce eventuali ulteriori dati sulla produzione, re-iniezione o stoccaggio.
- (d) Nel caso sia esclusa, ovvero riscontrata, una correlazione tra le variazioni dei parametri monitorati e i dati di produzione/reiniezione/stoccaggio, si attua, rispettivamente, il rientro al livello 0 di ordinarietà o UNMIG, Regione e il Concessionario, sulla base delle analisi della SPM, fanno una valutazione complessiva delle informazioni disponibili e stabiliscono se ridurre progressivamente (livello di attivazione 2) o sospendere (livello 3) le attività in corso.

Nel caso non sia possibile verificare l'eventuale correlazione, UNMIG, Regione e il Concessionario, ciascuno per quanto di propria responsabilità e sulla base delle analisi della SPM, stabiliscono se permanere al livello 1 o passare al livello 2.

Tabella 9.

(qui sotto e pagine seguenti)

Sismicità localizzata in Val d'Agri secondo il Bollettino ENI (10/2019).

Nel primo semestre del progetto, non essendo la SPM nelle condizioni di regime tecniche e logistiche per poter effettuare il monitoraggio secondo le prescrizioni degli ILG, anche le analisi dell'evento n°132, come anche i punti (a-c) di cui sopra, sono stati effettuati da ENI. Dalla Tabella 9 si evince che l'evento sismico è stato un episodio isolato senza ulteriori scosse a seguito. Come evidente dalla Figura 21, il livello del volume delle acque di strato reiniettato è rimasto stabile durante i mesi estivi, intorno al livello di 2000 Sm³, come raccomandato da Dieterich et al. (2018).

N°	DATA	ORA UTC	LATT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	PROF. (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	GAP (°)	Num. Fasi	M _L	Err. M _L	PGV (m/sec)	Epicentro (tav IGM 1:25000)
1	03/01/2019	5:26:58	40°32.34'	15°43.92'	0.4	16.0	0.4	0.32	205	12	1.0	0.3	2.59E-06	Pignola
2	11/01/2019	8:54:47	40°27.23'	15°36.20'	0.1	6.0	0.2	0.3	93	18	0.9	0.1	5.61E-06	Brienza
3	15/01/2019	12:49:49	40°21.48'	15°43.90'	0.4	6.2	0.5	0.05	180	15	0.6	0.4	2.34E-06	Marsico Vetere
4	15/01/2019	9:14:10	40°18.43'	15°49.51'	NC	3.9	NC	0.04	273	6	0.3	0.3	2.83E-06	Tramutola
5	18/01/2019	10:38:23	40°27.04'	15°42.88'	0.8	6.0	0.7	0.05	168	7	0.6	0.3	2.24E-06	Marsico Nuovo
6	18/01/2019	19:44:13	40°17.08'	15°55.49'	0.4	9.3	0.6	0.07	97	11	0.3	0.3	1.17E-06	Grumento Nova
7	19/01/2019	3:40:6	40°16.21'	15°52.51'	0.6	3.9	0.4	0.08	214	8	-0.1	0.2	1.41E-06	Grumento Nova
8	21/01/2019	5:35:13	40°28.77'	15°44.16'	0.3	8.6	0.2	0.08	114	22	0.8	0.2	4.05E-06	Marsico Nuovo
9	21/01/2019	13:32:1	40°27.38'	15°33.48'	1.1	-0.3	0.7	0.41	297	10	1.0	0.4	3.24E-05	Atena Lucana
10	23/01/2019	8:11:35	40°11.17'	15°56.40'	0.4	6.3	0.8	0.04	264	11	0.8	0.3	7.44E-06	Moliterno
11	27/01/2019	22:19:9	40°33.29'	15°50.81'	0.5	1.4	0.5	0.09	279	11	0.9	0.3	2.16E-06	Anzi
12	30/01/2019	4:24:39	40°30.91'	15°59.08'	0.2	12.6	0.3	0.15	143	13	0.7	0.3	2.16E-06	Trivigno
13	30/01/2019	8:11:21	40°30.14'	16°00.13'	0.1	11.3	0.3	0.12	86	27	1.1	0.2	6.50E-06	Trivigno
14	30/01/2019	8:11:41	40°30.55'	16°00.14'	0.2	13.0	0.3	0.09	86	23	1.0	0.2	1.75E-06	Trivigno
15	30/01/2019	8:28:52	40°28.71'	16°00.30'	0.3	-0.1	0.3	0.1	165	10	0.6	0.3	1.60E-06	Laurenzana
16	31/01/2019	1:53:37	40°32.74'	15°47.96'	0.1	14.9	0.3	0.19	86	30	1.7	0.4	1.92E-05	Pignola
17	31/01/2019	2:49:0	40°32.92'	15°49.03'	0.2	12.1	0.3	0.27	138	28	0.9	0.2	1.74E-06	Pignola
18	03/02/2019	7:36:54	40°22.35'	15°49.34'	0.7	4.7	0.7	0.05	157	10	0.5	0.3	1.82E-06	Marsico
19	04/02/2019	24:58:51	40°28.28'	15°35.08'	0.9	1.9	0.4	0.27	307	8	1.1	0.5	4.03E-05	Brienza
20	04/02/2019	15:39:33	40°28.04'	15°56.36'	1.0	8.7	0.4	0.06	250	8	0.1	0.2	3.52E-07	Calvello
21	08/02/2019	17:47:33	40°21.06'	15°45.28'	0.3	3.6	1.3	0.1	211	12	0.4	0.3	1.28E-06	Marsico Vetere
22	11/02/2019	24:59:38	40°26.75'	15°34.27'	0.5	1.5	0.4	0.18	290	8	1.2	0.4	6.60E-05	Atena Lucana
23	14/02/2019	20:7:3	40°21.37'	15°50.18'	0.5	3.2	3.6	0.03	291	8	0.6	0.1	2.12E-06	Viggiano
24	18/02/2019	24:58:17	40°27.71'	15°35.22'	0.6	-1.6	0.5	0.12	118	16	1.1	0.4	3.68E-05	Brienza
25	20/02/2019	24:53:44	40°24.33'	15°39.59'	0.6	3.8	3.9	0.06	241	10	0.4	0.1	1.44E-06	Sala Consilina
26	20/02/2019	16:32:43	40°34.06'	16°07.08'	0.1	36.0	0.2	0.32	113	38	2.2	0.3	2.52E-05	Oliveto Lucano
27	26/02/2019	2:33:6	40°13.33'	15°55.02'	0.3	8.9	0.3	0.02	198	8	0.4	0.2	1.99E-06	Moliterno
28	26/02/2019	4:18:5	40°13.34'	15°54.44'	0.1	10.2	0.3	0.2	97	24	0.9	0.4	1.14E-05	Moliterno
29	26/02/2019	4:20:41	40°13.98'	15°54.54'	NC	6.8	NC	0.01	180	4	-0.2	0.1	6.18E-07	Moliterno
30	26/02/2019	23:48:9	40°16.21'	15°54.99'	0.2	3.6	0.3	0.04	116	11	1.1	0.3	1.98E-05	Grumento Nova
31	27/02/2019	4:31:29	40°33.62'	15°34.51'	0.2	13.6	0.2	0.14	201	23	1.5	0.0	6.29E-06	Polla
32	27/02/2019	7:53:54	40°32.32'	15°34.94'	0.1	12.1	0.2	0.23	151	31	1.2	0.2	9.37E-06	Tito
33	27/02/2019	7:54:57	40°33.89'	15°34.80'	0.2	14.0	0.2	0.1	161	26	1.5	0.3	1.55E-05	Tito
34	28/02/2019	11:54:13	40°22.00'	15°42.50'	0.1	1.5	0.1	0.15	85	21	0.4	0.2	1.10E-06	Marsico Vetere
35	28/02/2019	24:29:3	40°16.71'	15°52.10'	0.2	2.7	0.2	0.06	125	11	1.0	0.4	1.81E-05	Grumento Nova
36	28/02/2019	23:10:59	40°28.76'	15°35.24'	0.1	7.4	0.2	0.19	131	29	1.1	0.2	1.67E-05	Brienza
37	01/03/2019	24:57:1	40°27.10'	15°35.30'	0.1	1.2	0.2	0.23	107	16	1.3	0.4	5.10E-05	Brienza
38	01/03/2019	21:54:1	40°29.59'	15°37.03'	NC	27.6	NC	0.08	181	4	0.9	0.0	7.52E-07	Brienza
39	02/03/2019	10:42:6	40°30.75'	16°00.31'	NC	37.1	NC	0.01	180	4	0.8	0.0	7.56E-07	Trivigno
40	06/03/2019	9:0:53	40°29.10'	15°32.44'	NC	2.0	NC	0.11	360	4	1.6	0.7	3.61E-06	Atena Lucana
41	12/03/2019	3:43:37	40°34.50'	16°08.54'	0.5	19.6	0.4	0.15	301	14	1.0	0.3	1.35E-06	Oliveto Lucano
42	14/03/2019	5:24:10	40°12.77'	15°53.87'	0.1	8.4	0.2	0.12	100	29	1.0	0.4	2.22E-05	Moliterno
43	14/03/2019	22:6:19	40°32.46'	15°49.43'	0.7	9.5	0.4	0.1	245	11	0.2	0.4	6.19E-07	Pignola
44	24/03/2019	3:47:30	40°20.69'	15°46.01'	0.5	2.5	0.2	0.08	205	10	0.1	0.2	6.59E-07	Marsico Vetere
45	24/03/2019	3:47:36	40°30.71'	15°30.60'	1.3	0.0	10.0	0.08	327	6	0.7	0.2	4.51E-06	Polla
46	24/03/2019	4:57:6	40°23.87'	15°50.39'	0.3	15.5	0.2	0.15	179	16	0.3	0.3	9.29E-07	Viggiano
47	31/03/2019	23:39:25	40°32.07'	15°35.67'	1.1	11.1	1.1	0.14	271	7	-0.1	0.2	2.45E-07	Tito

N°	DATA	ORA UTC	LATT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	PROF. (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	GAP (°)	Num. Fasi	M _L	Err. M _L	PBV (m/sec)	Epicentro (tav IGM 1:25000)
48	02/04/2019	19:10:3	40°09.35'	16°01.08'	0.1	1.7	0.1	0.23	92	34	1.4	0.4	2.73E-05	Latronico
49	04/04/2019	14:0:0	40°28.43'	15°35.12'	0.1	7.2	0.2	0.25	71	36	1.5	0.3	6.27E-05	Brienza
50	07/04/2019	12:48:3	40°29.58'	15°53.60'	1.5	14.6	1.4	0.01	212	6	0.0	0.0	2.28E-07	Calvello
51	08/04/2019	21:34:33	40°28.58'	16°03.46'	0.6	8.2	0.9	0.16	204	15	0.7	0.4	1.26E-06	Laurenzana
52	10/04/2019	18:29:20	40°31.60'	15°44.79'	0.9	13.2	0.4	0.02	214	7	0.2	0.2	5.63E-07	Pignola
53	11/04/2019	17:2:9	40°22.52'	15°43.73'	0.6	7.5	0.5	0.16	199	13	0.6	0.4	3.16E-06	Marsico Vetere
54	13/04/2019	12:13:23	40°24.92'	15°57.72'	0.1	12.4	0.2	0.19	85	39	2.0	0.3	1.48E-04	Corleto Perticara
55	14/04/2019	8:23:30	40°16.62'	15°56.56'	0.2	7.2	0.5	0.07	98	13	0.7	0.4	8.22E-06	Grumento Nova
56	22/04/2019	2:46:17	40°30.34'	15°35.84'	0.3	16.1	0.4	0.03	273	8	0.4	0.3	1.31E-06	Tito
57	23/04/2019	11:24:8	40°34.90'	15°59.79'	0.5	17.0	0.6	0.06	246	14	0.9	0.3	1.52E-06	Trivigno
58	26/04/2019	1:22:27	40°24.18'	15°50.70'	0.9	6.1	1.8	0.03	177	8	0.5	0.2	1.15E-06	Viggiano
59	26/04/2019	22:1:46	40°29.03'	15°46.22'	2.2	3.2	0.6	0.09	186	8	0.4	0.2	4.94E-06	Marsico Nuovo
60	01/05/2019	10:19:58	40°10.21'	15°56.44'	0.1	2.1	0.1	0.22	134	24	1.5	0.3	2.31E-05	Moliterno
61	05/05/2019	19:31:16	40°34.42'	15°48.24'	0.3	18.1	0.3	0.16	243	15	0.9	0.2	7.22E-06	Pignola
62	06/05/2019	13:2:44	40°10.80'	15°59.66'	0.5	6.0	0.2	0.04	316	9	0.6	0.2	2.60E-06	S.Martino d'Agri
63	07/05/2019	2:11:2	40°13.55'	15°58.99'	1.0	2.0	0.5	0.04	179	8	0.4	0.1	7.87E-06	S.Martino d'Agri
64	09/05/2019	9:43:54	40°28.74'	15°39.98'	0.2	10.2	0.2	0.21	76	24	1.1	0.2	5.84E-06	Brienza
65	09/05/2019	10:55:2	40°30.36'	15°41.28'	0.3	14.9	0.3	0.23	93	24	1.0	0.3	4.92E-06	Tito
66	11/05/2019	5:1:50	40°22.72'	15°57.31'	0.8	0.3	7.9	0.12	273	5	0.3	0.2	2.73E-06	Corleto Perticara
67	12/05/2019	20:23:15	40°10.37'	15°57.25'	0.5	1.7	0.1	0.16	285	16	0.6	0.3	4.24E-06	S.Martino d'Agri
68	12/05/2019	21:38:41	40°21.83'	15°56.25'	0.1	3.5	0.5	0.26	84	17	0.2	0.4	8.85E-06	Viggiano
69	14/05/2019	24:1:40	40°26.22'	15°31.66'	NC	-1.0	NC	0.03	305	8	0.8	0.6	1.67E-05	Atena Lucana
70	15/05/2019	14:5:52	40°17.44'	16°08.06'	0.4	16.6	0.4	0.02	309	10	0.8	0.6	4.57E-06	Galicchio
71	15/05/2019	23:23:14	40°30.33'	15°48.23'	0.5	8.6	0.4	0.2	181	16	0.2	0.3	5.64E-07	Pignola
72	17/05/2019	19:43:46	40°31.33'	15°46.65'	0.2	12.5	0.2	0.48	231	8	0.0	0.2	1.02E-06	Pignola
73	19/05/2019	5:44:7	40°13.74'	15°55.27'	0.2	4.5	0.5	0.02	183	11	0.7	0.5	1.77E-05	Moliterno
74	19/05/2019	23:48:42	40°22.03'	15°51.65'	0.6	3.8	1.4	0.03	111	12	0.1	0.3	1.17E-06	Viggiano
75	20/05/2019	2:46:27	40°10.88'	15°57.96'	0.8	2.8	0.5	0.02	288	8	0.3	0.3	8.06E-07	S.Martino d'Agri
76	20/05/2019	7:43:56	40°27.00'	15°45.50'	0.2	9.6	0.3	0.11	73	32	1.3	0.2	8.45E-06	Marsico Nuovo
77	20/05/2019	21:11:46	40°26.47'	15°42.77'	0.5	7.9	0.7	0.09	148	14	0.7	0.2	2.13E-06	Marsico Nuovo
78	21/05/2019	24:9:25	40°27.74'	15°34.12'	NC	1.4	NC	0.03	294	6	0.8	0.5	1.19E-05	Atena Lucana
79	24/05/2019	4:25:41	40°19.97'	15°44.75'	0.8	5.0	0.6	0.08	293	9	0.5	0.2	1.73E-06	Tramutola
80	25/05/2019	14:1:36	40°21.87'	15°43.33'	0.2	0.9	0.2	0.09	182	17	0.7	0.3	2.79E-06	Marsico Vetere
81	27/05/2019	8:43:58	40°22.80'	15°43.84'	0.5	14.0	0.5	0.07	289	10	0.8	0.2	1.49E-06	Marsico Vetere
82	28/05/2019	24:51:36	40°26.54'	15°40.45'	0.3	6.1	1.1	0.05	200	8	0.4	0.1	1.85E-06	Brienza
83	29/05/2019	2:53:14	40°32.93'	15°47.66'	0.2	15.8	0.4	0.12	109	22	0.7	0.2	3.21E-06	Pignola
84	30/05/2019	6:6:33	40°26.67'	15°39.76'	0.9	6.1	1.3	0.04	206	11	0.3	0.1	1.39E-06	Brienza
85	30/05/2019	14:18:12	40°35.04'	15°42.26'	1.8	22.0	0.6	0.06	289	7	0.6	0.0	5.72E-07	Potenza
86	31/05/2019	12:10:25	40°21.79'	15°50.45'	0.1	1.5	0.2	0.09	158	13	0.1	0.4	3.19E-06	Viggiano
87	05/06/2019	3:5:36	40°26.80'	15°34.48'	0.4	1.6	0.2	0.13	288	10	0.8	0.4	2.98E-05	Atena
88	06/06/2019	19:24:5	40°21.31'	15°50.38'	0.1	2.2	0.1	0.1	66	29	0.7	0.3	1.07E-05	Viggiano
89	07/06/2019	5:12:44	40°11.68'	16°00.90'	0.2	6.9	0.2	0.06	285	13	0.8	0.2	4.92E-06	S.Martino d'Agri
90	07/06/2019	11:26:13	40°38.33'	16°02.87'	0.2	24.4	0.3	0.33	109	32	1.4	0.3	5.04E-06	Albano di Lucania
91	09/06/2019	3:58:52	40°11.95'	16°00.59'	0.3	7.2	0.2	0.06	282	10	0.4	0.2	2.06E-06	S.Martino d'Agri
92	10/06/2019	3:31:53	40°20.84'	15°47.39'	0.7	8.2	0.8	0.07	188	10	0.5	0.4	8.33E-06	Marsico Vetere
93	10/06/2019	5:14:50	40°16.25'	16°03.25'	0.3	6.2	0.4	0.05	221	12	0.5	0.5	7.39E-06	Montemurro
94	10/06/2019	6:54:53	40°31.07'	15°47.64'	0.6	10.3	0.3	0.03	226	8	0.2	0.3	2.22E-06	Pignola
95	11/06/2019	20:8:12	40°27.81'	15°42.98'	0.5	12.4	0.6	0.12	154	10	-0.2	0.2	2.57E-07	Marsico Nuovo
96	12/06/2019	2:16:2	40°21.55'	15°45.41'	0.4	10.3	0.4	0.17	289	7	0.3	0.4	1.25E-06	Marsico Vetere

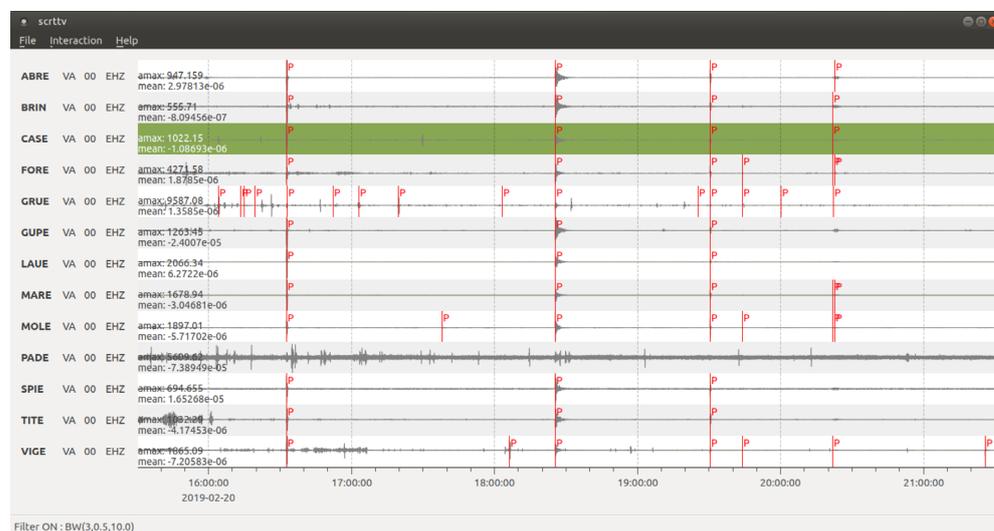
N°	DATA	ORA UTC	LATT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	PROF. (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	GAP (°)	Num. Fasi	M _L	Err. M _L	PBV (m/sec)	Epicentro (tav IGM 1:25000)
97	13/06/2019	20:45:15	40°31.07'	15°45.72'	0.8	4.9	0.2	0.09	173	9	0.1	0.3	2.16E-06	Pignola
98	17/06/2019	24:37:27	40°16.30'	16°00.35'	1.1	6.4	1.8	0.04	176	7	0.1	0.3	1.19E-06	Montemurro
99	20/06/2019	24:8:12	40°27.03'	15°31.08'	0.8	0.4	0.8	0.14	307	8	0.9	0.4	1.43E-05	Atena Lucana
100	22/06/2019	4:56:59	40°29.18'	15°47.94'	0.7	1.1	0.9	0.2	162	9	0.4	0.2	5.39E-07	Marsico Nuovo
101	22/06/2019	4:59:27	40°29.15'	15°47.64'	0.7	3.7	0.8	0.15	220	8	0.2	0.2	4.01E-07	Marsico Nuovo
102	24/06/2019	13:34:36	40°17.18'	15°54.47'	0.3	4.8	0.4	0.04	148	10	0.3	0.3	6.53E-06	Grumento Nova
103	25/06/2019	11:40:10	40°15.65'	15°54.60'	1.8	6.5	2.7	0.11	266	7	0.2	0.2	1.42E-06	Grumento Nova
104	25/06/2019	15:21:47	40°29.33'	15°37.54'	0.9	16.0	0.7	0.03	152	8	0.4	0.2	7.85E-07	Brienza
105	27/06/2019	5:46:37	40°13.31'	15°57.67'	NC	18.4	NC	0.01	180	4	0.1	0.3	4.11E-07	S.Martino d'Agri
106	27/06/2019	17:42:7	40°25.86'	15°41.81'	0.8	5.0	0.5	0.02	244	7	-0.1	0.1	3.45E-07	Brienza
107	28/06/2019	24:26:39	40°30.27'	15°42.95'	0.3	11.0	0.5	0.1	117	9	0.7	0.2	1.80E-06	Pignola
108	30/06/2019	5:58:51	40°25.11'	15°53.72'	0.5	0.4	3.6	0.02	112	7	0.2	0.1	1.62E-06	Calvello
109	01/07/2019	2:6:29	40°22.24'	15°44.21'	0.2	0.4	0.2	0.03	172	18	0.4	0.2	1.01E-06	Marsico Vetere
110	02/07/2019	10:43:16	40°22.37'	15°44.31'	0.4	0.3	2.1	0.08	196	9	0.5	0.2	9.44E-07	Marsico
111	03/07/2019	24:1:48	40°27.52'	15°32.23'	1.3	0.6	1.3	0.11	303	8	0.6	0.4	8.10E-06	Atena Lucana
112	03/07/2019	23:25:15	40°12.05'	15°54.20'	0.1	8.4	0.2	0.14	94	36	1.2	0.4	2.35E-05	Moliterno
113	04/07/2019	1:42:41	40°12.48'	15°57.99'	0.4	1.3	0.2	0.07	248	8	0.2	0.2	6.42E-06	S.Martino d'Agri
114	04/07/2019	24:5:5	40°27.07'	15°35.31'	0.8	0.6	1.0	0.23	277	7	0.5	0.4	1.19E-05	Brienza
115	06/07/2019	4:4:21	40°26.99'	15°48.72'	0.1	5.0	0.1	0.16	63	43	1.5	0.3	2.03E-05	Marsico Nuovo
116	07/07/2019	15:37:42	40°13.41'	15°46.49'	0.4	9.4	0.4	0.04	277	11	0.9	0.3	4.91E-06	Rocca Rossa
117	08/07/2019	5:28:7	40°17.52'	15°52.69'	0.2	5.2	0.2	0.02	160	6	0.3	0.3	4.48E-06	Grumento Nova
118	09/07/2019	19:21:7	40°33.25'	15°36.75'	3.5	24.6	1.5	0.02	268	6	0.7	0.6	1.43E-06	Tito
119	10/07/2019	14:1:17	40°30.96'	15°35.63'	0.5	19.9	0.7	0.08	271	9	0.5	0.1	1.29E-06	Tito
120	11/07/2019	21:50:36	40°33.98'	15°35.01'	0.1	16.4	0.1	0.2	47	61	3.3	0.3	1.21E-03	Tito
121	11/07/2019	21:54:42	40°33.15'	15°34.60'	0.1	17.6	0.2	0.25	89	42	1.1	0.4	1.77E-05	Polla
122	11/07/2019	22:4:47	40°32.56'	15°35.37'	0.2	15.4	0.2	0.13	156	21	0.6	0.3	2.55E-06	Tito
123	13/07/2019	19:54:34	40°35.21'	15°35.50'	0.2	3.0	0.1	0.18	78	35	1.2	0.3	1.15E-05	Picerno
124	14/07/2019	13:30:31	40°18.49'	15°50.58'	1.7	5.2	0.6	0.02	228	6	-0.1	0.4	3.05E-06	Grumento Nova
125	15/07/2019	18:46:11	40°27.67'	15°47.20'	0.6	6.9	0.7	0.13	129	8	-0.1	0.2	6.42E-07	Marsico Nuovo
126	16/07/2019	11:37:5	40°17.08'	16°00.81'	0.1	6.8	0.2	0.2	175	22	1.0	0.4	2.20E-05	Montemurro
127	18/07/2019	13:14:0	40°16.87'	16°02.67'	0.2	8.3	0.3	0.08	234	9	0.4	0.4	2.13E-06	Montemurro
128	18/07/2019	16:10:50	40°16.31'	16°01.57'	0.2	5.0	0.4	0.11	195	9	0.1	0.4	2.50E-06	Montemurro
129	19/07/2019	21:3:24	40°19.37'	15°51.38'	0.1	5.7	0.1	0.12	116	17	0.4	0.4	8.53E-06	Grumento Nova
130	21/07/2019	11:21:42	40°27.34'	15°33.55'	0.1	0.3	0.1	0.35	63	31	1.1	0.3	4.31E-05	Atena Lucana
131	21/07/2019	19:6:59	40°10.45'	15°59.07'	0.1	2.5	0.1	0.25	78	37	1.4	0.4	5.40E-05	S.Martino d'Agri
132	22/07/2019	12:48:9	40°18.29'	16°01.34'	0.1	15.0	0.1	0.16	125	41	1.9	0.5	2.51E-04	Montemurro
133	22/07/2019	16:57:23	40°21.49'	15°50.31'	0.2	1.8	0.2	0.06	144	14	-0.1	0.4	2.08E-06	Viggiano
134	24/07/2019	2:27:14	40°23.59'	15°43.06'	0.4	-1.6	0.5	0.06	193	8	0.1	0.1	5.51E-07	Marsico Vetere
135	24/07/2019	8:40:28	40°19.16'	15°49.38'	1.0	3.2	2.8	0.03	176	7	0.0	0.3	1.80E-06	Tramutola
136	27/07/2019	7:20:36	40°29.81'	15°54.69'	0.4	5.4	0.3	0.07	149	12	0.6	0.2	9.32E-07	Calvello
137	27/07/2019	10:53:24	40°27.75'	15°34.96'	0.6	-1.6	0.3	0.18	289	10	0.7	0.3	1.20E-05	Brienza
138	27/07/2019	11:16:40	40°17.76'	15°51.57'	0.3	4.4	0.4	0.01	166	6	0.1	0.3	1.80E-06	Grumento Nova
139	31/07/2019	24:26:2	40°14.55'	15°52.98'	0.1	1.9	0.0	0.32	83	34	1.7	0.5	1.42E-04	Moliterno
140	31/07/2019	14:8:4	40°15.23'	15°54.73'	0.2	0.4	3.1	0.03	142	6	0.2	0.4	2.35E-06	Grumento Nova
141	04/08/2019	6:17:27	40°26.28'	15°42.76'	0.4	7.8	0.7	0.03	231	8	0.0	0.1	3.63E-07	Marsico Nuovo
142	05/08/2019	15:51:5	40°28.80'	15°48.82'	1.9	1.1	4.0	0.06	232	5	-0.1	0.2	2.70E-06	Marsico Nuovo
143	06/08/2019	20:7:53	40°28.01'	15°46.33'	0.5	1.8	0.2	0.09	157	13	0.5	0.2	8.69E-06	Marsico Nuovo
144	08/08/2019	12:46:52	40°19.15'	15°56.07'	0.3	10.2	0.5	0.05	130	12	0.1	0.3	1.67E-06	Grumento Nova
145	10/08/2019	6:14:39	40°30.62'	15°39.84'	0.1	13.4	0.2	0.25	53	35	0.7	0.4	6.89E-06	Tito

N°	DATA	ORA UTC	LATT. N	LONG. E	Err. Epic. (km)	PROF. (km)	Err. Prof. (km)	RMS (s)	GAP (°)	Num. Fasti	M _L	Err. M _L	PGV (m/sec)	Epicentro (tav IGM 1:25000)
146	10/08/2019	15:46:11	40° 28.42'	15° 35.26'	0.3	-1.6	0.3	0.23	263	8	0.3	0.2	5.97E-06	Brienza
147	13/08/2019	19:42:18	40° 34.30'	15° 59.53'	0.4	19.2	0.4	0.16	212	18	0.5	0.2	6.39E-07	Trivigno
148	13/08/2019	21:54:37	40° 24.80'	15° 42.76'	2.4	0.6	1.1	0.06	164	10	0.3	0.1	9.01E-07	Marsico Vetere
149	15/08/2019	5:31:58	40° 22.33'	15° 48.96'	0.1	2.4	0.1	0.3	84	34	1.0	0.3	1.08E-05	Marsico Vetere
150	15/08/2019	7:55:22	40° 19.22'	15° 48.75'	0.7	2.5	1.1	0.03	189	9	0.3	0.3	2.98E-06	Tramutola
151	15/08/2019	22:47:7	40° 22.27'	15° 49.73'	0.2	2.1	0.1	0.06	146	16	0.2	0.3	1.27E-06	Viggiano
152	20/08/2019	9:47:53	40° 25.32'	15° 55.98'	0.1	5.0	0.1	0.22	73	40	1.5	0.3	2.44E-05	Calvello
153	20/08/2019	11:19:55	40° 30.19'	15° 34.00'	0.2	14.7	0.2	0.16	105	28	0.9	0.3	7.88E-06	Polla
154	20/08/2019	21:25:51	40° 25.71'	15° 43.66'	0.6	10.3	0.6	0.09	185	8	0.0	0.1	3.66E-07	Marsico Nuovo
155	21/08/2019	2:6:30	40° 22.51'	15° 45.25'	1.1	12.8	1.9	0.04	273	5	0.4	0.2	5.17E-07	Marsico Vetere
156	23/08/2019	5:19:29	40° 18.37'	15° 48.39'	2.2	4.7	2.9	0.07	265	7	0.3	0.3	2.28E-06	Tramutola
157	28/08/2019	3:2:3	40° 22.11'	15° 49.06'	1.2	8.5	0.8	0.01	171	5	-0.2	0.4	4.56E-07	Marsico Vetere
158	28/08/2019	18:23:8	40° 10.90'	16° 04.81'	0.6	3.2	4.3	0.07	316	7	0.4	0.3	8.77E-07	Castronuovo di S. Andrea
159	29/08/2019	9:53:44	40° 18.46'	15° 51.79'	NC	5.9	NC	0.01	359	4	0.2	0.3	1.51E-06	Grumento Nova
160	29/08/2019	17:42:26	40° 18.87'	15° 51.07'	0.9	6.2	0.5	0.01	143	7	0.3	0.4	3.04E-06	Grumento Nova
161	30/08/2019	3:6:44	40° 08.43'	15° 59.42'	0.8	2.4	0.3	0.17	315	7	0.5	0.5	8.96E-07	Latronico
162	31/08/2019	11:55:37	40° 15.03'	15° 52.22'	0.1	3.8	0.2	0.18	71	29	1.3	0.5	1.12E-04	Grumento Nova
163	31/08/2019	24:33:23	40° 16.78'	15° 52.13'	NC	5.5	NC	0.06	180	4	0.2	0.2	2.11E-06	Grumento Nova
164	31/08/2019	24:35:58	40° 15.15'	15° 52.63'	0.1	4.6	0.3	0.18	152	17	0.9	0.5	3.42E-05	Grumento Nova
165	03/09/2019	6:31:25	40° 18.67'	15° 51.50'	0.3	3	0.2	0.01	275	6	-0.2	0.4	3.41E-06	Grumento_Nova
166	03/09/2019	19:28:33	40° 15.11'	15° 44.35'	0.7	9.4	1	0.05	281	9	0.4	0.3	1.35E-06	Tramutola
167	04/09/2019	4:7:59	40° 13.17'	15° 56.99'	0.7	3.7	0.5	0.02	195	6	0	0.3	1.19E-06	Moliterno
168	04/09/2019	19:40:44	40° 08.91'	16° 01.32'	0.5	2.4	0.2	0.08	314	8	0.6	0.2	2.00E-06	Latronico
169	06/09/2019	18:28:11	40° 18.58'	15° 59.51'	0.2	3.9	0.2	0.08	108	17	0.6	0.4	2.03E-05	Montemurro
170	14/09/2019	3:39:56	40° 24.21'	15° 46.83'	0.5	9.3	0.4	0.05	157	10	0.5	0.2	9.01E-07	Marsico Vetere
171	15/09/2019	10:52:39	40° 25.99'	15° 33.16'	0.3	16.8	0.6	0.1	268	12	0.3	0.1	5.07E-07	Atena Lucana
172	17/09/2019	19:19:49	40° 34.75'	15° 45.88'	0.4	19.9	0.6	0.1	248	8	0.1	0.1	1.93E-07	Pignola
173	18/09/2019	4:50:52	40° 21.19'	15° 52.85'	0.2	11.2	0.4	0.11	162	11	0.1	0.3	1.50E-06	Viggiano
174	18/09/2019	13:26:28	40° 24.99'	15° 43.10'	0.3	8.7	0.3	0.06	160	18	0.6	0.3	1.93E-06	Marsico Vetere
175	20/09/2019	15:46:31	40° 15.19'	15° 57.76'	0.2	14.9	0.2	0.32	120	30	1.4	0.4	2.32E-05	Montemurro
176	22/09/2019	16:40:33	40° 23.44'	15° 42.33'	0.6	7.7	0.7	0.02	236	8	0	0.1	4.65E-07	Marsico Vetere
177	22/09/2019	20:17:56	40° 16.87'	15° 52.06'	0.5	4.3	0.4	0	174	6	0	0.2	1.28E-06	Grumento Nova

Analisi dati con SC3

Figura 18.

Esempio di schermata di registrazione della rete Val d'Agri in modalità "autotopick".



Il sistema di acquisizione e analisi **SeisComp3** è attualmente operativo in fase di test su due server temporanei (ridondanti) presso il CAD-BO. Il software permette acquisire in tempo reale i dati sismologici da tutte le stazioni di interesse ed effettua una individuazione automatica e real time degli eventi che avvengono in una certa regione (Figura 18).

Gli eventi così individuati vengono poi rivisti manualmente da un sismologo che localizza l'evento e lo inserisce definitivamente nel database e nel bollettino sismico.

Figura 19.

Ingrandimento delle Fig. 3.4. Esempio di associazione automatica delle fasi P (primi arrivi) ad un evento locale. Se il tempo di arrivo della fase P è riconosciuto ad almeno 4 stazioni della rete tramite un algoritmo di clustering, in un intervallo di tempo dell'ordine dei secondi calcolato come tempo di propagazione previsto tra le stazioni, il sistema definisce un nuovo evento che in seguito può essere localizzato. Il tempo di propagazione previsto è calcolato in modo sintetico sulla base del modello di velocità delle onde P ed S definito nella regione in esame.

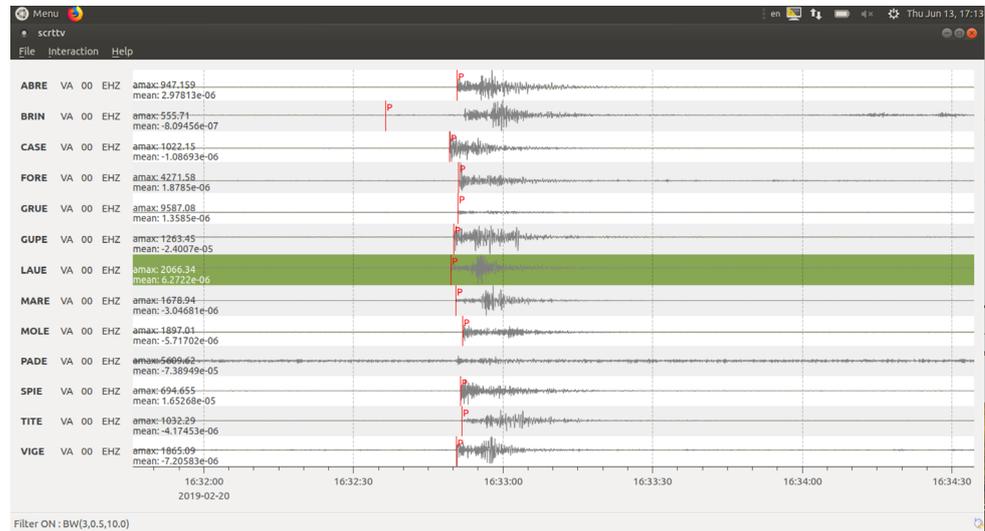
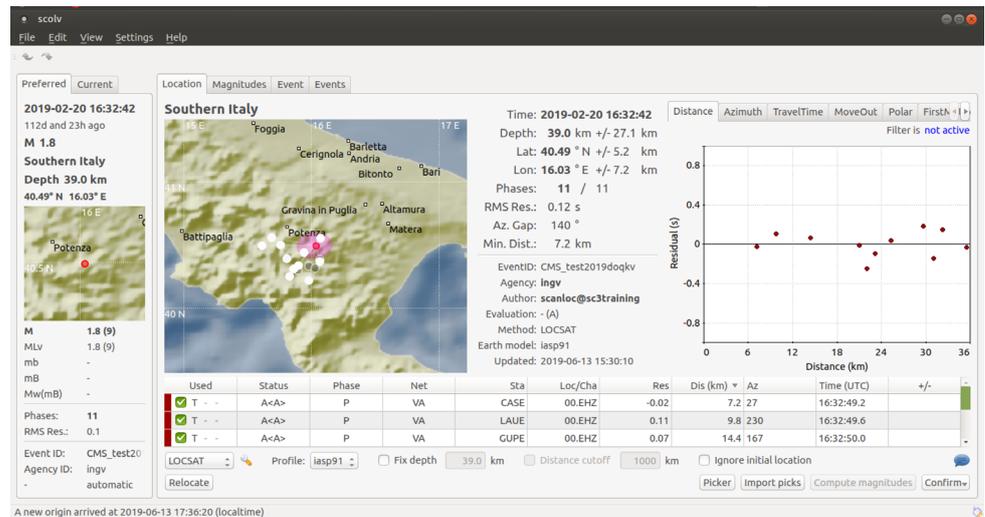


Figura 20.

Tramite uno strumento grafico interattivo, il sismologo può rivedere, re-visualizzare ed integrare i tempi di arrivo automaticamente individuati (*pick*) e rilocalizzare l'evento in coordinate geografiche e magnitudo.



Sulla base dei primi test di revisione degli eventi già localizzati dalla Società, riteniamo di dover sottolineare alcune criticità che dovranno essere considerate nella stesura del Documento di Gestione Operativa del Monitoraggio (DGOM). Poiché l'eventuale variazione dei livelli di allerta è basata principalmente sul calcolo di alcuni parametri di natura sismologica, è necessario che la definizione di tali parametri sia univoca e condivisa tra i soggetti interessati al monitoraggio.

In particolare:

- è opportuno discutere e calibrare la scala di magnitudo sulla quale definire le soglie di livello di allerta
- è opportuno valutare gli intervalli di incertezza nel calcolo dei parametri sismologici di interesse, soprattutto in caso di avvicinamento o superamento delle soglie di allerta

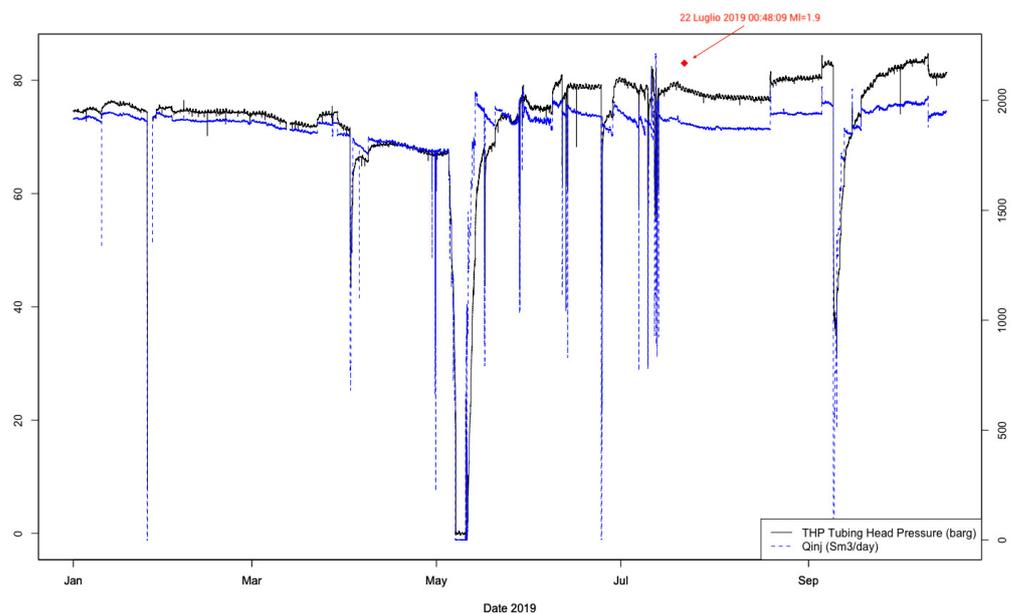
- è opportuno definire scenari e protocolli di azioni da intraprendere quando eventi significativi vengano localizzati nei domini di monitoraggio, eventualmente sovrapposti, di concessioni adiacenti
- è opportuno discutere le modalità di attivazione degli scenari previsti dal sistema a semaforo, eventualmente superando l'attivazione automatica a favore di scelte di contesto condivise nell'ambito del Comitato.

Dati di pressione e portata

Di seguito sono riportati gli andamenti relativi all'anno 2019 per la pressione di testa pozzo (*Tubing Head pressure - barg*) e per la Portata (*Qinj - Sm³/day*) per il pozzo di reiniezione Costa Molina 2. Entrambe le misure sono acquisite ad intervalli regolari di 5 minuti. Si nota la chiusura programmata del pozzo CM2 per manutenzione dal giorno 04/05/2019. La Società aveva preventivamente comunicato l'inizio delle operazioni di manutenzioni alla SPM, come concordato. In rosso è indicato il tempo origine dell'evento di $M_L=1.9$ (secondo Bollettino ENI) avvenuto il giorno 22/07/2019 ore 00:48:09 UTC ad una distanza di circa 3.5 km dal pozzo di reiniezione CM2 (riportato nella Tabella 9 e in Figura 17).

Figura 21.

Andamento di portata e di pressione a testa pozzo al CM2 registrate a intervalli di 5 minuti dal 01/01/2019 00:00 al 16/08/2019 14:05 UTC. Il riquadro rosso indica l'occorrenza dell'evento più rilevante avvenuto all'interno del dominio interno il giorno 22/07/2019.

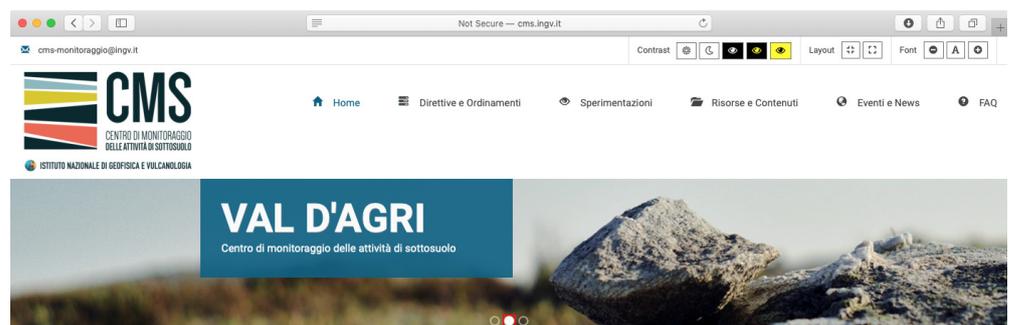


Modellizzazioni teoriche della variazione di stress di Coulomb, supportate da misure di sismicità osservata nei pressi del pozzo di reiniezione CM2 a partire dal 2006 (Dieterich et al., 2018), indicano che un tasso di iniezione fino a 2000 m³/day è sostenibile dal contesto geologico senza (ri-)attivare sismicità significativa (Dieterich et al., 2018, p. 219).

7 COMUNICAZIONE E DISSEMINAZIONE

Figura 22.

Home page del sito cms.ingv.it.



Uno dei principi fondamentali degli ILG risiede nell'intenzione di garantire trasparenza di informazioni nell'ambito della sicurezza e del monitoraggio delle attività antropiche. Grande attenzione viene riservata alla disseminazione e comunicazione dei risultati dei monitoraggi, sia nei confronti delle Istituzioni coinvolte, sia nei confronti del pubblico generico.

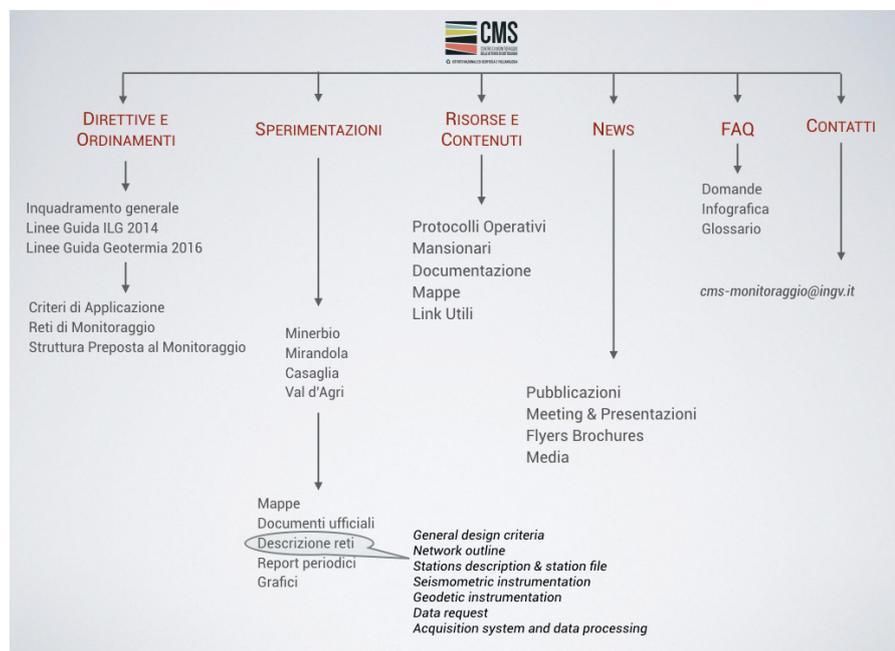
Sulla base delle indicazioni chiaramente definite al capitolo 8 degli ILG, è in corso di realizzazione un sito web dedicato alla disseminazione delle informazioni sulle attività in corso e sui risultati del monitoraggio <http://cms.ingv.it>.

Lo stesso indirizzo sarà raggiungibile anche dal portale generale dell'INGV <http://www.ingv.it> dal menù Risorse e Servizi - Centri secondo il layout grafico INGV.

Lo schema concettuale del sito, conforme alle direttive ILG, è presentato nella Figura 23.

Figura 23.

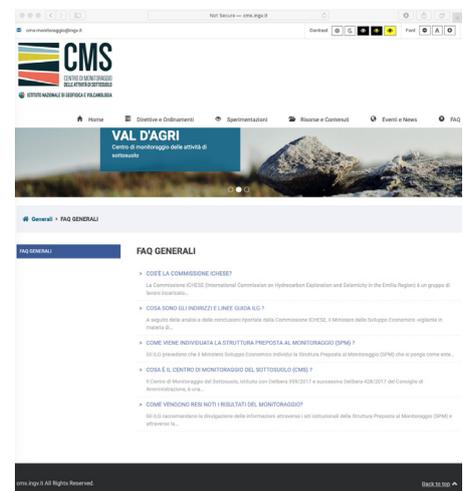
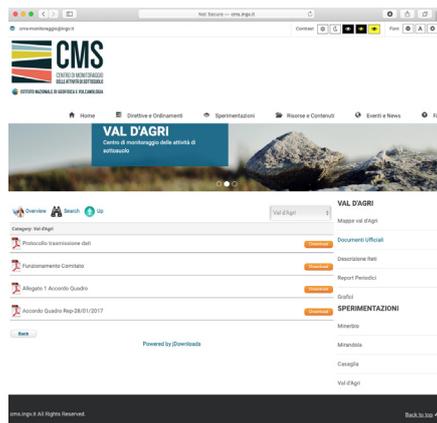
Mapa analitica del sito web del Centro di Monitoraggio del Sottosuolo. La lista dei contenuti è conforme a quanto espressamente previsto dagli ILG.



Relativamente alla sperimentazione Val d'Agri sono attualmente pubblicati alcuni documenti già approvati e sottoscritti: Accordo Quadro, Funzionamento del Comitato, Protocollo di Trasmissione Dati (Figura 24). È stata parzialmente popolata la sezione FAQ che dovrà ospitare anche una sezione di infografica. (Figura 25).

Figura 24 (a sinistra).

Figura 25 (a destra).



8_ROAD MAP

Concordemente con quanto previsto dagli ILG in merito agli incarichi della SPM e dal documento Allegato 1 all'AQ, le attività di monitoraggio previste per il successivo semestre si concentreranno principalmente sulle funzioni seguenti:

Redazione mansionari e protocolli operativi

È in corso di elaborazione il contributo della SPM per la redazione del DGOM, come pianificato tra le attività imminenti del Comitato.

È stata predisposta una bozza del Mansionario che regolerà l'operato dei turnisti e dei reperibili durante il monitoraggio h24 a regime. Il testo finale dovrà essere approvato dai vertici dell'INGV e l'assetto definitivo verrà preceduto da un periodo di test presso il CAD-BO, presumibilmente della durata di alcune settimane.

Operatività a regime del sistema di acquisizione di dati sismologici

Le procedure di acquisto del sistema *hardware* e software per l'acquisizione e l'archiviazione dei dati sismologici in tempo reale sono in fase conclusiva di aggiudicazione. Prevediamo nel prossimo semestre di configurare le macchine dedicate all'acquisizione, alla elaborazione dei dati e al popolamento dei bollettini e dati di archivio.

Validazione quantitativa della rete microsismica

Negli ILG non è esplicitamente definito il metodo per il calcolo della magnitudo, che viene volutamente rimandato alla valutazione specifica dell'area in esame da parte della SPM. Nei bollettini sismici forniti da ENI la magnitudo viene storicamente (dal 2001) riportata in M_L ; per gli eventi più significativi viene calcolata anche la Magnitudo momento (M_w) che, come prevedibile, assume valori leggermente più alti ($M_w = M_L + 0.4$).

Le possibili, conseguenti, incongruenze nei valori della magnitudo assumono particolare importanza in ottica di validazione della capacità di detezione della rete sismica locale (vedi capitolo "Validazione preliminare della configurazione della rete sismica") nonché in ottica di parametrizzazione di eventi sismici che raggiungano o superino le soglie di allerta definite dagli ILG.

Il calcolo della M_L è associato a incertezze significative per distanze epicentro-stazione inferiori a 50 km (Bormann et al., 2012). Questa limitazione è stata recentemente confermata nella sismicità osservata nell'area geotermica di Torre Alfina/Castel Giorgio, confrontando i valori M_L calcolata con la rete di monitoraggio locale con i valori delle M_L stimati dalla rete nazionale. Tali differenze sono dovute a leggi di attenuazione e fattori di correzioni imprecise, specialmente per distanze epicentrali locali che possono essere inferiori alla profondità ipocentrale (Braun et al., 2018a). In questi casi le soglie di M_L definite negli ILG possono essere affette da intervalli di errore rilevanti e potrebbero essere sostituite dai più significativi valori di valori di velocità e accelerazione del suolo misurati o attesi (PGA, PGV).

Analisi delle deformazioni del suolo

Mentre per le serie sismiche sono essenziali i dati puntuali per la definizioni dei parametri di interesse, l'elaborazione delle serie temporali di deformazione acquista affidabilità se è garantita continuità di osservazioni, soprattutto se la deformazione attesa è dell'ordine di valori sub-centimetrici.

Prevediamo quindi di configurare uno standard di elaborazione dei dati provenienti dalla rete CGPS ed elaborazioni di immagini da satellite nel corso dei mesi a venire che possa usufruire di opportuni dataset di misure.

Popolamento e pubblicazione online del sito Web

Il sito Web <http://cms.ingv.it> è in corso di perfezionamento e di adeguamento al layout INGV. Prevediamo di pubblicare sia le informazioni generali che riguardano gli ILG, sia quelle specifiche relative ad ogni sperimentazione entro poche settimane, corredate di mappe, grafici, infografica e reportistica.

Glossario

AQ:	Accordo Quadro.
BA:	Sigla rete (NW-code) Uni Basilicata.
CAD-BO:	Centro Acquisizione Dati - Bologna.
CIRM:	Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie.
CMS:	Centro di Monitoraggio per le attività di Sottosuolo.
DE:	Dominio Esteso.
DI:	Dominio Interno.
ILG:	Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche.
INGV:	Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
MISE:	Ministero dello Sviluppo Economico.
NW:	Network.
PGA, PGV:	Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity.
RB:	Regione Basilicata.
RSN:	Rete Sismica Nazionale (INGV).
SC3:	Seiscomp3.
SPM:	Struttura preposta al monitoraggio.
VA:	Val d'Agri.

Bibliografia

Astiz L., Dieterich J., Frohlich C., Hager B., Juanes R., Shaw, J. (2014). On the Potential for Induced Seismicity at the Cavone Oilfield: Analysis of Geological and Geophysical Data, and Geomechanical Modeling. Technical Report. Report for the Laboratorio di Monitoraggio Cavone; <http://labcavone.it/documenti/32/allegatrapportostudiogiacimiento.pdf>.

Bollettino ENEL (2019): Bollettino microsismico Val d'Agri: Analisi dei segnali, gennaio-settembre 2019. ENI, Servizio Geologia e Geofisica, Unità GEOM - Geodinamica e Monitoraggio geofisico. Doc. N° GEOM-2019001-MS-SAL-09 , 58 pp.

Bormann P. (2012): Magnitude calibration formulas and tables, comments on their use and complementary data. - In: Bormann, P. (Ed.), *New Manual of Seismological Observatory Practice 2 (NMSOP-2)*, Potsdam : Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 1–19; doi: http://doi.org/10.2312/GFZ.NMSOP-2_DS_3.1

Braun T., Caciagli M., Carapezza M., Famiani D., Gattuso A., Lisi A., Marchetti A., Mele G., Pagliuca N.M., Ranaldi M., Sortino F., Tarchini L., Kriegerowski M., Cesca S. (2018a). The seismic sequence of 30th May - 9th June 2016 in the geothermal site of Torre Alfina (central Italy) and related variations in soil gas emissions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 359, 21–36; doi: 10.1016/j.jvolgeores.2018.06.005.

Braun T., Cesca S., Kühn D., Martirosian-Janssen A., Dahm. T. (2018b). Anthropogenic seismicity in Italy and its relation to tectonics: State of the art and perspectives. *Anthropocene*, 21, 80–94; doi:10.1016/j.ancene.2018.02.001.

Braun T., Danesi S., Morelli A., Cesca S. (2018c). Monitoraggio di Sismicità Antropogenica. Atti 37. Convegno G.N.G.T.S., 19–21 Nov. 2018, Bologna/Italy, 228–230; doi: 10.13140/RG.2.2.13535.92323.

Braun T., Danesi S., Morelli A. (2019). Application of monitoring guidelines to induced seismicity in Italy. Submitted to *J. Seismology*.

- Dahm T., Cesca S., Hainzl S., Braun T., Krüger F. (2015). Discrimination between induced, triggered and natural earthquakes close to hydrocarbon reservoirs: A probabilistic approach based on the modeling of depletion-induced stress changes and seismological source parameters. *J. Geophys. Res.*, B2 120, 2491–2509; doi: 10.1002/2014JB011778.
- Dieterich J.H., Frohlich C., Hager B.H., Juanes R., Shaw J.H. (2018). Report on the potential for induced seismicity at the Val d'Agri oilfield. 277 pp.
- Freudenreich Y., Oates S.J., Berlang W. (2012): Microseismic feasibility studies – assessing the probability of success of monitoring projects. *Geophysical Prospecting*, 60, 1043–1053; doi: 10.1111/j.1365-2478.2012.01066.x.
- ILG (2014): Dialuce G., Chiarabba C., Di Bucci D., Doglioni C., Gasparini P., Lanari R., Priolo E., Zollo, A. (2014). Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche. GdL MiSE, Roma. unmig.mise.gov.it/unmig/agenda/upload/85_238.pdf. (ultimo accesso, ottobre 2019).
- ISPRA (2014). Rapporto sullo Stato Delle Conoscenze Riguardo Alle Possibili Relazioni Tra Attività Antropiche e Sismicità Indotta/Innescata in Italia. Technical Report ISPRA, Roma, Italy, 71 pp; http://www.isprambiente.gov.it/files/notizie-ispra/notizia-2014/rapporto-sismicita-indotta-innescata-initalia/Rapporto_sismicita_indotta_innescata_in_italia.pdf.
- Peterson J. (1993). Observations and modelling of seismic background noise. U.S. Geological Survey, Open-File Report 93–322, 91 pp.
- SEED-Reference Manual (2012). Standard for the Exchange of Earthquake Data, SEED Format Version 2.4, August 2012. International Federation of Digital Seismograph Networks (FDSN), Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS), United States Geological Survey, T.K. Ahern and B. Dost, 224 pp.



Allegati



INGV
terremoti
vulcani
ambiente

ISTITUTO NAZIONALE
DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Istituto Nazionale di Geofisica
e Vulcanologia
AOO INGV

Protocollo Generale U
N. 0007696
del 16/06/2017



Alla c.a. **Dott.ssa Iaria Antoncecchi**
Direzione Generale per la Sicurezza-UNMIG
dgsunmig.dg@pec.mise.gov.it

Alla c.a. **Ing. Silvia Grandi**
Direzione Generale per la Sicurezza-UNMIG
dgsunmig.dg@pec.mise.gov.it

Alla c.a. **Ing. Marco Miletì**
Società ENI s.p.a.
up_coord_attivita_italia_e_adriatico@pec.eni.com

Alla c.a. **Dott.ssa Emilia Piemontese**
Regione Basilicata
dg.ambiente.energia@cert.regione.basilicata.it

Alla c.a. **Ing. Maria Felicia Marino**
Regione Basilicata
maria.marino@supporto.regione.basilicata.it

Bologna, 15 giugno 2017

Oggetto: Trasmissione documentazione - Allegato 1 AQ

Come da accordi intercorsi durante la riunione di insediamento del Comitato, tenutasi presso la Direzione Generale MISE il giorno 26 maggio u.s., alleghiamo il documento tecnico Allegato 1 all'Accordo Quadro per l'applicazione degli Indirizzi e Linee Guida alla concessione Val d'Agri.

Restiamo a disposizione per ogni eventuale ulteriore approfondimento in merito.

I RAPPRESENTANTI INGV (SPM)
Thomas Braun, Stefania Danesi

Sezione di BOLOGNA

Via Donato Creti, 12

40128 BOLOGNA | Italia

Tel.: +39 0514151411

Fax: +39 0514151498

ao0.bologna@pec.ingv.it

www.bo.ingv.it

Allegato 1 all'Accordo Quadro per l'applicazione degli ILG alla Concessione Val d'Agri.

Premessa

Il presente documento definisce le modalità di esecuzione e di verifica delle attività di sperimentazione che INGV è designato a svolgere in qualità di Struttura Preposta al Monitoraggio (SPM), in linea con quanto definito negli "Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" (ILG) emesse dal MiSE nel Novembre 2014 e in linea con l'Accordo Quadro (AQ) del 27/02/2017.

Questo documento, redatto congiuntamente da SPM e Titolare e valido per i primi 24 mesi della sperimentazione, è oggetto di approvazione del Comitato e potrà subire modifiche, cancellazioni o integrazioni in base ad eventuali sviluppi del progetto, su proposta di INGV o di una delle parti del Comitato e previo consenso del Comitato stesso.

Questo documento ha lo scopo di specificare le attività relative (i) all'adeguamento delle reti di acquisizione da parte del Titolare, (ii) all'implementazione dei sistemi di archiviazione, analisi e di localizzazione in tempo quasi-reale.

Si precisa che il monitoraggio sismico in tempo quasi-reale potrà essere operativo solo dopo che i sistemi di acquisizione e il controllo di qualità saranno stati effettivamente validati dalla SPM. Si ritiene opportuno un pronunciamento del Comitato all'ottenimento di tale risultato intermedio. Nella fase successiva alla convalida, potrà essere attivato un sistema di acquisizione e localizzazione in tempo quasi-reale (differito di 24h rispetto alla ricezione dati).

Al termine dei primi 24 mesi di sperimentazione si potrà attivare un monitoraggio in tempo quasi-reale, prevedendo eventualmente un sistema di reperibilità h24.

A regime, ossia nella fase successiva alla convalida dei sistemi di acquisizione e del controllo di qualità, il lavoro della SPM sarà organizzato nei seguenti Work Packages, i cui risultati saranno periodicamente condivisi con il Comitato, secondo quanto previsto nell'art.8 dell'AQ. Durante i primi 24 mesi saranno effettivamente operativi i WP1, WP2, WP3, WP5 e progressivamente operativo il WP4.

WP1: Management

Programmazione e coordinamento delle attività

Partecipazione al Comitato

Redazione dei rapporti periodici

Supporto amministrativo

Supporto legale

WP2: Acquisizione e archiviazione dati

Implementazione e manutenzione dell'infrastruttura informatica hardware e software.

Gestione dei protocolli e del sistema di acquisizione e archiviazione secondo le modalità definite nel Protocollo di Trasmissione Dati.

WP3: Controllo di qualità e validazione

Validazione del programma di adeguamento delle reti di monitoraggio predisposto dal Titolare e supervisione della realizzazione nel rispetto delle specifiche degli ILG.
Verifica continua delle prestazioni del parco strumentale secondo quanto previsto dagli ILG.

WP4: Monitoraggio e analisi

[da intendersi subordinato all'operatività dei WP2 e WP3]

Nel dominio di interesse definito negli ILG 5.1, l'analisi sarà integrata in ogni caso con i dati, raw ed elaborati, provenienti dalla rete di monitoraggio gestita dal Titolare.
I risultati dell'analisi, opportunamente redatti in forma di Report, saranno trasmessi dalla SPM a tutti i soggetti del Comitato.

Monitoraggio sismico

- Implementazione di procedure per il riconoscimento, la localizzazione ipocentrale e il calcolo della magnitudo degli eventi sismici, secondo quanto indicato dagli ILG art 5.4 nella Configurazione 0 e, progressivamente nel corso dei 24 mesi, nella Configurazione 1
- Determinazione di accelerazione e velocità di picco del moto del suolo.
- Redazione periodica del catalogo sismico.

Monitoraggio dati di deformazione

- Analisi dei dati GPS per la stima delle velocità e dei campi di spostamento.
- Analisi dei dati Sar per la stima delle deformazioni del suolo.

Monitoraggio pressioni di poro

- Analisi relativi alle rilevazioni delle pressioni di poro e dei dati di produzione.

Analisi off-line

- Analisi periodica dell'evoluzione spazio-temporale dei livelli di sismicità, delle deformazioni del suolo, delle variazioni nelle pressioni di poro.
- Analisi integrata dei dati geologici di sottosuolo e di superficie, dei dati strutturali e di geometria delle faglie, della sismicità locale, dei campi di deformazione e spostamento, delle variazioni delle pressioni di poro.

Redazione dei Report periodici che riportino i risultati del monitoraggio e la sintesi delle attività

WP5: Disseminazione

Redazione dei Report periodici che riportino i risultati del monitoraggio e la sintesi delle attività

Distribuzione ai componenti del Comitato

- della Relazione periodica con i risultati del monitoraggio
- dei dati grezzi ed elaborati, anche in forma aggregata
- di database georeferenziati che contengano i risultati delle analisi

Realizzazione e manutenzione del portale web ufficiale della SPM dedicato alla

- descrizione dello stato di esercizio della rete
- pubblicazione dei dati sismici e GPS (off-line)
- pubblicazione della sismicità locale con differimento di 24h
- pubblicazione ordinaria e straordinaria di reports sull'attività sismica nei domini soggetti a sperimentazione
- divulgazione delle informazioni al pubblico



**CONDIZIONI DI UTILIZZO DEI DATI DELLA CONCESSIONE VAL D'AGRI
NELL'AMBITO DELLE ATTIVITÀ DEL CENTRO DI MONITORAGGIO DELLE ATTIVITÀ DI SOTTOSUOLO**

Il presente documento definisce le condizioni di utilizzo dei dati trasmessi da Società titolari di concessioni per lo sfruttamento di geo-risorse nel territorio italiano all'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), nell'ambito del funzionamento del Centro di Monitoraggio delle attività di Sottosuolo (CMS).

CONSIDERATO che

- nel mese di Novembre 2014 il Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE) ha pubblicato gli *Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche* (ILG);
- con la Delibera del Consiglio di Amministrazione n. 428/2017, l'INGV ha definito i compiti e l'organizzazione del CMS, il quale opera al fine di dare attuazione agli ILG;
- in data 25/01/2017 è stato sottoscritto l'Accordo Quadro tra MiSE, Regione Basilicata (RB) e l'INGV (REP n.28), attraverso cui sono state definite le modalità di conferimento dell'incarico alla Struttura preposta al Monitoraggio (SPM);
- in data 06/12/2017 è stato approvato, con Delibera di Giunta Regionale n. 1330 della RB, l'Addendum al predetto Accordo Quadro per l'applicazione degli ILG, alla concessione Val D'Agri, secondo la formulazione riportata al presente atto di cui costituisce parte integrante e sostanziale;
- in data 27/06/2018 il Protocollo di Trasmissione Dati è stato sottoscritto dai componenti del Comitato in rappresentanza di MiSE, RB, INGV e Titolare della Concessione (ENI S.p.A.);
- in data 08/11/2018 è stato sottoscritto il Protocollo d'Intesa tra la RB e INGV (REP n. 886);

SI CONVIENE QUANTO SEGUE

- 1) Le informazioni rilasciate dal Titolare della Concessione a INGV saranno utilizzate nell'ambito del progetto di monitoraggio definito nell'Accordo Quadro sopra citato.
- 2) Le informazioni in oggetto riguardano precisamente la trasmissione
 - dei dati, precedenti e successivi alla data di sottoscrizione dell'AQ, acquisiti per il monitoraggio sismico, per le deformazioni del suolo e per la variazione della pressione di poro così come definiti all'art. 8 degli ILG;
 - dei dati geologici, di giacimento, di produzione e del sottosuolo storici ed attuali, precedenti e successivi alla data di sottoscrizione dell'AQ, così come definiti all'art. 8 degli ILG.



- 3) Ogni persona autorizzata all'accesso ai dati s'impegna a rispettare quanto stabilito nei su citati Accordo Quadro e Protocollo di Trasmissione Dati, nonché il contenuto del presente documento.

Resta comunque inteso che:

- Il Titolare della Concessione è proprietario dei dati e delle informazioni in accordo con quanto definito nel Protocollo di Trasmissione Dati sopra citato;
- l'INGV ha accesso alle informazioni in quanto nominato SPM secondo la definizione riportata all'art. 9 dei sopra riportati Indirizzi e Linee Guida, e dunque i dati devono essere utilizzati unicamente ai fini del monitoraggio, ovvero per migliorare la qualità del monitoraggio;
- è fatto divieto di utilizzare i dati in contesti diversi dalle attività del CMS, ovvero per scopi diversi da quelli definiti nell'AQ e successive integrazioni;
- è fatto divieto il trasferimento delle informazioni a soggetti esterni alla SPM o a chiunque (anche dipendente INGV) non abbia sottoscritto le presenti Condizioni di Utilizzo;
- qualsiasi diritto di proprietà intellettuale esistente prima della sottoscrizione del presente accordo, o sviluppato esternamente allo stesso, comprendente ogni tipologia di *background*, modello o *know-how* elaborato da un soggetto, rimarrà di proprietà esclusiva di tale soggetto;
- i dati e i risultati conseguiti a seguito dell'elaborazione delle informazioni in oggetto potranno essere pubblicati o divulgati, previo riconoscimento della proprietà del dato e del contesto di utilizzo, dopo presa visione da parte del proprietario del dato e con l'autorizzazione dei Responsabili INGV del Monitoraggio.

Le presenti condizioni di utilizzo dei dati della Concessione Val D'Agri s'intendono valide a decorrere dalla sottoscrizione delle stesse e senza limiti di tempo.

Luogo e data,

Firma per accettazione

Firma Responsabile del Monitoraggio
