

**NORTHSUN**

**ITALIA S.p.A.**

**CONCESSIONE DI COLTIVAZIONE IDROCARBURI  
“SANT’ALBERTO”**

**POZZO SANTA MADDALENA 1 DIR**

**PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE**

(in ottemperanza alla prescrizione del Decreto di compatibilità ambientale del Ministero dell’Ambiente e per la tutela del territorio e del mare prot.n.243 del 07/09/2016)

Giugno 2018

Comune di S. Pietro in Casale - Provincia di Bologna (BO)

**NORTHSUN ITALIA S.p.A.**

Via Salandra, 18 - 00187 ROMA

P.IVA e C.F. 05296511008

**INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOLOGICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3. QUADRO CONOSCITIVO DEL GIACIMENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>4. QUADRO GENERALE CONOSCITIVO (SUOLO E SOTTOSUOLO) .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1 ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>9</b>
<b>4.2 ASSETTO SISMICO .....</b>	<b>11</b>
<b>4.3 SUBSIDENZA .....</b>	<b>18</b>
<b>5. QUADRO PRESCRITTIVO DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>21</b>
<b>6. PIANO DI MONITORAGGIO .....</b>	<b>27</b>
<b>6.1 CONTROLLO QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE .....</b>	<b>27</b>
<b>6.2 CONTROLLO DIRETTO DELLA SUBSIDENZA.....</b>	<b>29</b>
<b>6.3 MONITORAGGIO DEFORMAZIONI SUPERFICIALI.....</b>	<b>32</b>
<b>6.4 CONTROLLO DELLA MICROSISMICITÀ.....</b>	<b>35</b>
<b>7. PREDISPOSIZIONE DI SISTEMA INFORMATIVO PUBBLICO .....</b>	<b>41</b>

## 1. PREMESSA

La Concessione di Coltivazione in terraferma denominata "Sant'Alberto", copre un'area di 19,51 kmq localizzata in Provincia di Bologna interessando pro parte i comuni di Galliera, Malalbergo e San Pietro in Casale.

L'area si localizza a circa 25 chilometri da Bologna ed a circa 15 chilometri da Ferrara.

L'area di Concessione di Coltivazione denominata "Sant'Alberto" deriva da originaria area di Permesso di Ricerca denominato convenzionalmente "San Vincenzo" intestata pro quota alle Società Po Valley Operations Pty Ltd e Northsun Italia S.p.A. .

A seguito della avvenuta perforazione del pozzo "Santa Maddalena 1Dir", effettuata nell'anno 2004, che ha rinvenuto una mineralizzazione a gas metano, la Società operatrice Po Valley Operations Pty Ltd ha proceduto alla presentazione di Istanza di Concessione di Coltivazione presentata in data 01 luglio 2012.

Successivamente, in data 10 ottobre 2016, la Società Po Valley Operations Pty Ltd ha quindi presentato richiesta di autorizzazione al trasferimento delle proprie quote di titolarità alla Società Northsun Italia S.p.A. che ha pertanto assunto anche qualità di unico titolare e Rappresentante Unico della originaria istanza.

L'istruttoria di rilascio del titolo di Concessione di Coltivazione è stata completata con rilascio alla Società Northsun Italia S.p.A. del Decreto Direttoriale 12/10/2017, tenuto conto dell'avvenuto completamento presso il Ministero dell'Ambiente e per la Tutela del Territorio e del Mare della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, terminata con emissione del Decreto di Pronuncia Compatibilità Ambientale n. 243 del 07/09/2016 con il quale è stata espressa la "compatibilità ambientale del progetto relativo alla messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1dir nell'ambito della concessione di coltivazione di idrocarburi denominata "Sant'Alberto".

Nell'ambito di tale provvedimento (art. 1) veniva altresì fornito uno specifico quadro prescrittivo di cui risulta utile, ai fini del presente rapporto, il richiamo agli specifici contenuti nelle seguenti sezioni:

### **Decreto di Pronuncia Compatibilità Ambientale n. 243 del 07/09/2016**

**Sezione A – Prescrizioni della Commissione Tecnica di verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS**

**Sezione C – Prescrizioni della Regione Emilia Romagna di cui alla Delibera di Giunta Regionale n. 891/2016 del 13/06/2016 ad eccezione di quelle già ricomprese o in contrasto con le prescrizioni di cui alle lettere A e C del decreto di VIA.**

Di tali prescrizioni si fornisce evidenza di dettaglio nel successivo Capitolo 5 – “Quadro prescrittivo di riferimento”.

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E GEOLOGICO

Il progetto riguarda la richiesta di Concessione di Coltivazione di gas naturale per la messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1dir ricadente nel Comune di S. Pietro in Casale, Provincia di Bologna (BO).

Nella successiva Figura 1 di inquadramento generale, si evidenzia la posizione della piazzola pozzo (punto rosso), unitamente al perimetro di giacimento (perimetro verde chiaro) ed al limite di concessione di coltivazione (rettangolo verde).

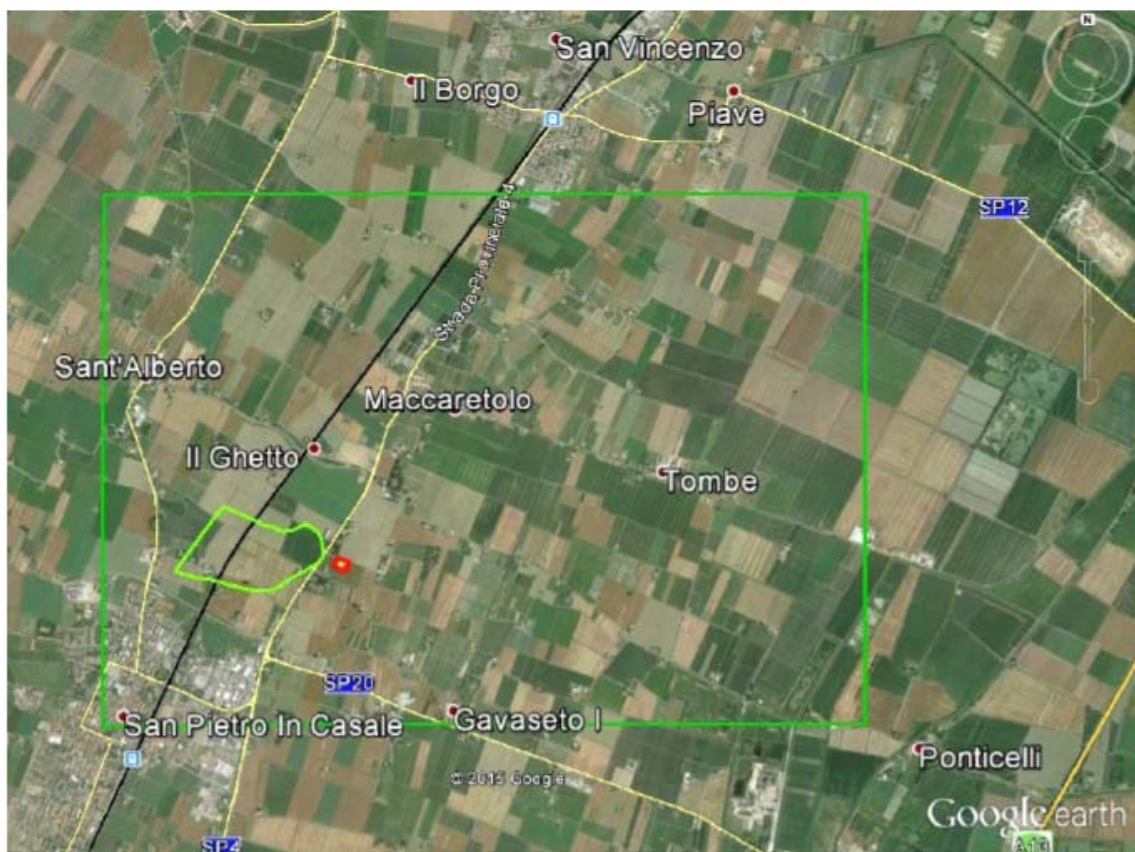


Fig. 1: Concessione di coltivazione idrocarburi “S. Alberto” (rettangolo verde) e proiezione in superficie del reservoir (linea chiusa verde chiaro) interessato dalla messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir (in rosso viene evidenziata l’area pozzo). L’area della concessione ha dimensioni 5.3 x 3.7 kmq

A seguire sono riportate rispettivamente le figure 2 (immagine satellitare) e figura 3 (planimetria schematica degli ingombri esistenti) illustrative delle condizioni attuali dell'area Pozzo Santa Maddalena 1dir.



Figura 2: immagine satellitare piazzale pozzo Santa Maddalena così come appare oggi

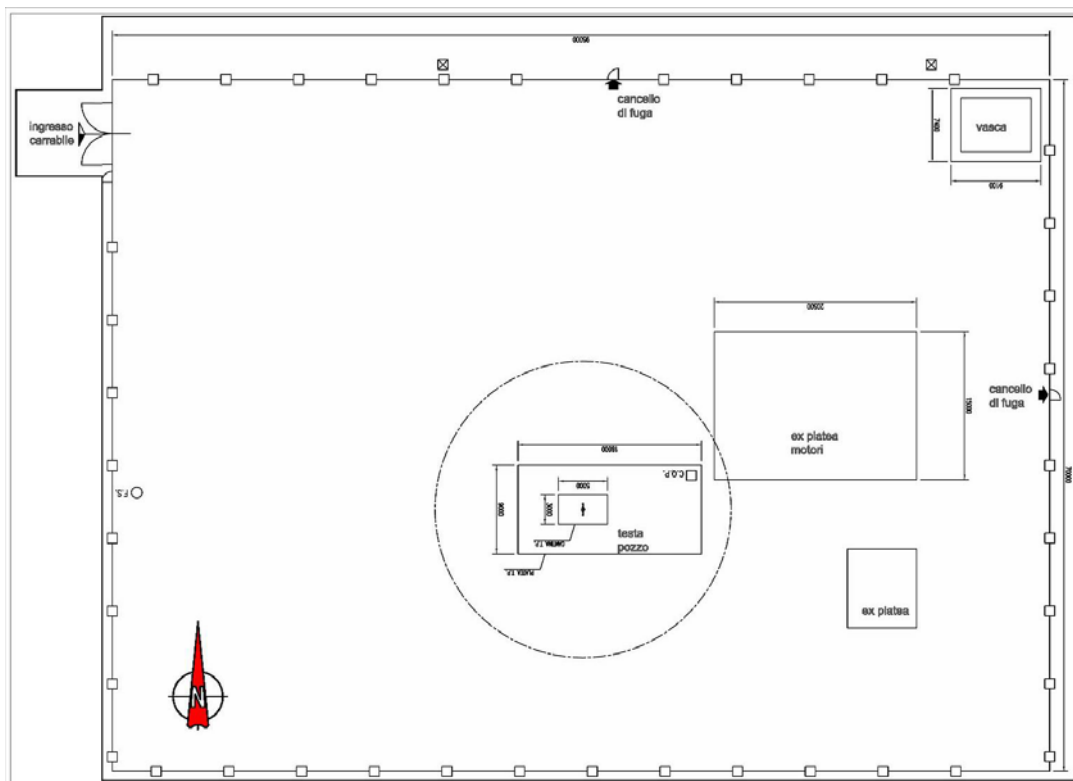


Figura 3: planimetria stato attuale

### 3. QUADRO CONOSCITIVO DEL GIACIMENTO

Il giacimento si colloca all'interno della avanfossa padana plio-pleistocenica, in prossimità del settore centrale della Dorsale Ferrarese. I livelli mineralizzati a gas appartengono alla parte sommitale della Formazione Porto Corsini, costituita da una successione arenaceo-pelitica di origine torbidityca deposta lungo il fronte dei thrust appenninici sepolti e nell'offshore adriatico durante il Pliocene.

La successione terrigena di avanfossa è caratterizzata da una porzione basale prevalentemente argillosa (pliocene inferiore) passante verso l'alto a depositi torbidityci caratterizzati da prevalenti argille con subordinate intercalazioni di livelli sabbiosi discontinui (Pliocene inferiore e medio superiore).

La successione prosegue nel Pleistocene inferiore con depositi di ambiente marino di piattaforma composti da sabbie con intercalazioni argillose, successivamente passanti nel Pleistocene superiore e nell'Olocene a depositi continentali di piana alluvionale.

Per quanto riguarda la storia del giacimento, è utile ricordare che il pozzo esplorativo Santa Maddalena 1dir è stato perforato nell'anno 2004, con obiettivo l'identificazione di riserve residuali riferibili al vicino giacimento di San Pietro in Casale (pozzi SPC) già oggetto di precedente attività di coltivazione da parte di AGIP nel periodo compreso tra gli anni 1960 e 1976.

Il pozzo Santa Maddalena 1 è stato eseguito nel maggio-giugno 2004 ed ha raggiunto il principale obiettivo rappresentato dalla "Formazione Porto Corsini" (liv. PL1-H) a profondità di m 917,9 da piano campagna; in considerazione delle condizioni di giacimento conseguite, è stato successivamente impostato in "side-track" il pozzo Santa Maddalena 1dir, con un angolo di inclinazione di circa 45°, con lo scopo di raggiungere l'obiettivo principale in una posizione strutturale più alta, al di sopra della tavola d'acqua.

Il pozzo deviato, perforato fino ad una profondità di 1347,5 m TR (1081,7 m s.l.m.), con punto d'arrivo circa 70 metri a N del pozzo SPC-1, ha intersecato livelli sabbiosi pliocenici (livelli PL1-H2, PL1-H1, PL2-C) mineralizzati a gas (metano > 99%), riferibili alla Formazione Porto Corsini. In particolare, il livello PL1-H è risultato ad una quota più alta di circa 20 metri rispetto al pozzo SPC-1.

I livelli di interesse minerario si trovano pertanto a profondità comprese tra 750 e 1050 metri rispetto al piano campagna, con serbatoio principale (PL1-H) riferibile ad una trappola strutturale nella Formazione sabbiosa Porto Corsini.

La serie di sedimenti grossolani della parte alta del Pliocene inferiore è stata interessata da notevoli e repentine variazioni di facies a discapito della mineralizzazione, mentre la forte erosione

subita ha fatto sì che in molti pozzi venisse a mancare tutta la parte alta delle sabbie. Proprio in considerazione di questa forte eterogeneità, il livello PL1-H può essere considerato la superficie morfologica del Pliocene Inferiore.

La copertura è assicurata da setti argillosi assimilabili alla F.ne delle Argille del Santerno che regionalmente fa da copertura ai livelli porosi, ove presenti.

Dopo la perforazione dei pozzi SM1 e 1dir è stata elaborata una nuova classificazione degli orizzonti del livello PL1-H, con l'introduzione di un sotto-livello superiore (PL1-H1) ed uno inferiore (PL1-H2), separati da un sottile strato di argilla, ma dinamicamente in continuità.

Il livello PL1-H, all'interno del Blocco 5 è articolato secondo due culminazioni (zona A e B) separate da una sella. Le due zone si possono considerare idraulicamente connesse, poiché non si ha evidenza di faglie o barriere. La porzione di struttura mineralizzata ha dimensioni pari a circa 3,2 x 2,0 km, e costituisce parte residua di preesistente giacimento a gas denominato San Pietro in Casale, già in passato oggetto di produzione.

La struttura attualmente oggetto di messa in produzione risulta correlabile con una anticlinale ad asse ONO-ESE delimitata a nord da un thrust a vergenza nord orientale e a sud da un backthrust, entrambi di importanza regionale. Verso est e ovest tale trappola è delimitata da due faglie di importanza locale, perpendicolari ai thrust principali.

La copertura del giacimento è costituita da argille pleistoceniche della Formazione Argille del Santerno, in giacitura continua al di sopra del giacimento, con spessori medi di circa 95 metri nella zona del reservoir.

Il reservoir principale, rappresentato dal livello PL1-H è già stato oggetto a partire dal 1960 di produzione attraverso i pozzi San Pietro in Casale 1-4-8 e 9.

Alla data della scoperta del campo la pressione iniziale della formazione PL1-H (statica di fondo) alla profondità di 856 metri era pari a 99,5 bars. Il contatto gas/acqua originale è stato individuato alla profondità di 907 metri.

Il giacimento di San Pietro in Casale ha prodotto, tra il luglio 1959 e l'ottobre 1993, un volume di 502 milioni di smc di gas metano, da tutti i blocchi costituenti l'intera struttura del giacimento. Dal solo blocco orientale (blocco 5 del Santa Maddalena 1dir), isolato idraulicamente dai restanti blocchi, è stato prodotto, nella pregressa storia produttiva cessata nel 1976, un volume di 178 milioni di smc di gas, con una portata media superiore ai 30.000 smc/giorno.

Attualmente, è stato valutato un volume complessivo di gas metano residuo pari a pari a circa 50 milioni di standard metri cubi; la produzione è prevista svolgersi su un arco temporale di circa 14 anni, con una produzione media di esercizio di 20.000 smc/giorno, a fronte di una portata

massima prevedibile pari a 25.000 smc/giorno, attraverso un singolo completamento realizzato con due selettivi.

Nella successiva figura 4 è rappresentata planimetria generale della organizzazione dell'area pozzo durante la fase di produzione.

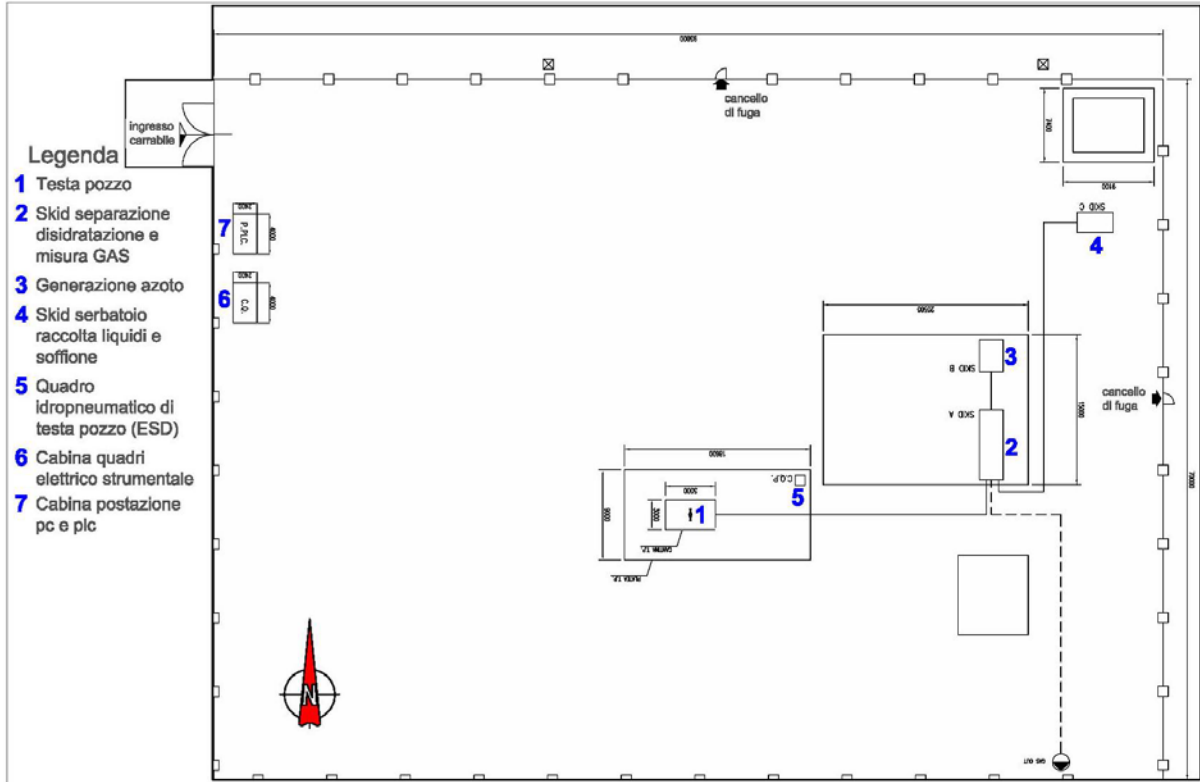


Fig. 4: planimetria impianto di produzione da progetto



#### **4. QUADRO GENERALE CONOSCITIVO (SUOLO E SOTTOSUOLO)**

##### **4.1 ASSETTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO**

L'area di studio si colloca nella fascia di bassa pianura, circa 6 km a sud del corso del Fiume Reno, nella fascia planiziale olocenica che ha subito le divagazioni del Reno e di altri alvei fluviali tra il Subsistema ad Argini naturali ed il Subsistema a Bacini interfluviali.

Tale collocazione trova riscontro nell'assetto morfologico dell'area che risulta essere interessata da morfostrutture positive allungate e costituite da insiemi di antichi alvei fluviali (argini naturali), cui si alternano morfostrutture negative (topograficamente più depresse) variamente allungate, con profilo concavo e gradienti generalmente più bassi (bacini interfluviali).

Dal punto di vista delle unità geologiche (rif. doc. Progetto CARG) l'area ricade in ambiti riferibili a "AEs - Sistema emiliano-romagnolo superiore – Subsistema di Ravenna".

Tale unità è costituita da ghiaie sabbiose, sabbie elimi ricoperte da una coltre argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto, l'unità presenta spesso un suolo parzialmente decarbonatato non molto sviluppato di colore giallo-bruno. La tessitura è a sabbia limosa, tipica di depositi di canale, argine e rotta fluviale in ambiente di piana alluvionale.

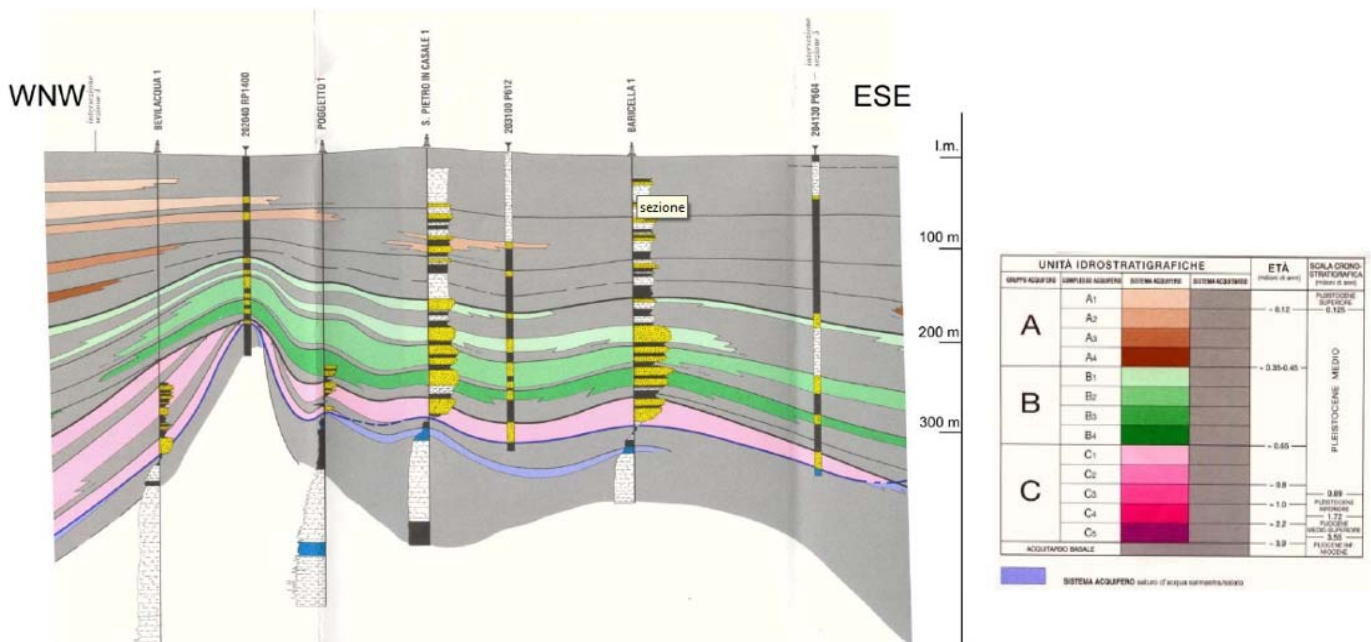


Figura 5 – Schema Sezione Idrogeologica e profilo interpretativo illustrativo delle condizioni generali di sottosuolo nell’area, con inserimento della stratigrafia superficiale pozzo San Pietro in Casale 1 (da Regione Emilia Romagna – ENI Agip 1998)

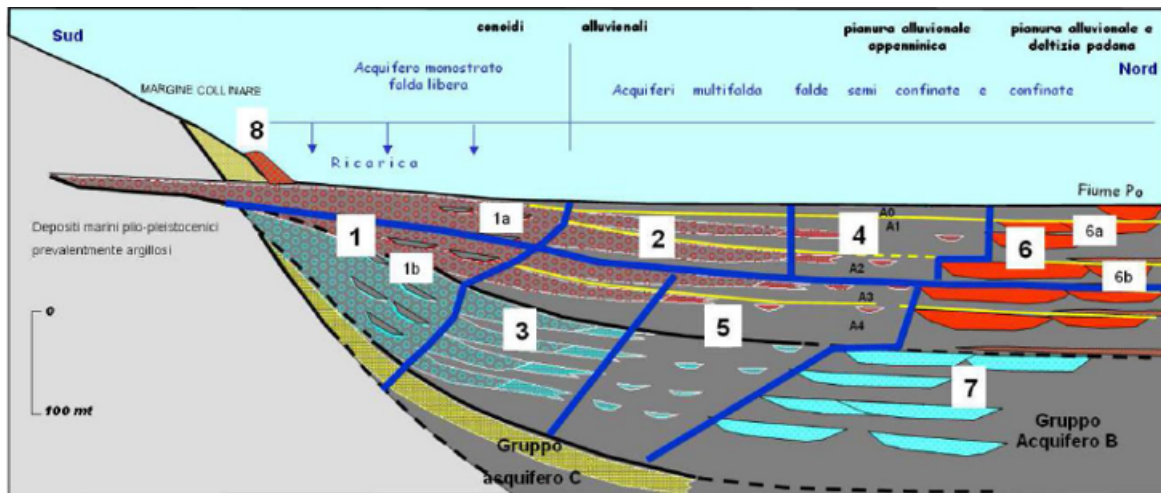
Nello specifico, l’area in esame risulta ricadere entro un unico sistema idrogeologico denominato “Sistema idrogeologico delle Alluvioni Recenti” al cui letto si localizza un complesso di formazioni geologiche compresa tra il Messiniano e il Pleistocene, virtualmente impermeabili, costituenti il “Sistema Idrogeologico Collinare”.

Il sistema idrogeologico delle Alluvioni Recenti è formato dai sedimenti alluvionali ed al successivo post glaciale fino ad oggi, con interessamento degli acquiferi dei primi 100 metri circa di sottosuolo.

L’approvvigionamento idrico di tali acquiferi avviene a fronte di ricarica dal margine appenninico, dai fondovalle e conoidi appenninici, dai corsi d’acqua di superficie in tutta la porzione di Alta Pianura ed infine anche dalla infiltrazione superficiale.

Le direttrici prevalenti di deflusso sotterraneo risultano sostanzialmente direzionate da sud – sud ovest verso nord – nord est, in quanto condizionate sia dalla situazione di alimentazione sotterranea presente verso sud in relazione alla presenza del substrato roccioso costituente gli estradossi della catena appenninica, sia dalla azione drenante dei corsi d’acqua presenti a nord, tra cui importante risulta il Fiume Reno.

Per quanto riguarda la zona di transizione acque dolci – acque salate, le informazioni desumibili dai pozzi di ricerca idrocarburi perforati nella zona, localizzano tale orizzonte a profondità variabili tra i 300 ed i 350 metri da p.c.



**Note:** 1: Conoidi alluvionali "amalgamate" – acquifero libero;  
 2: Conoidi alluvionali "multistrato" - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2);  
 3: Conoidi alluvionali "multistrato" - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)  
 4: Pianura alluvionale appenninica - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2)  
 5: Pianura alluvionale appenninica - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)  
 6: Pianura alluvionale e deltizia padana - acquiferi confinati superiori (acquiferi A1 ed A2, rispet. 6a e 6b)  
 7: Pianura alluvionale e deltizia padana - acquiferi confinati inferiori (acquiferi A3 - C)  
 8: Conoidi alluvionali pedemontane

Figura 6 – Schema geologico illustrativo (SW-NE) della tipologia e distribuzione della tipologia di unità litologiche sede di acquiferi

## 4.2 ASSETTO SISMICO

Il quadro generale di assetto sismico dell'area è stato approfondito a cura di INGV sezione di Milano attraverso uno specifico studio preliminare svolto nel Luglio 2015 a supporto dello svolgimento delle fasi di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto. A tale documento si fa pertanto riferimento per l'inquadramento delle condizioni di sismicità dell'area.

L'intera Pianura padana è stata storicamente interessata da sismicità diffusa. Analisi di dettaglio in merito alla rilocalizzazione degli eventi della sequenza sismica del 2012 in Emilia Romagna hanno aggiunto importanti informazioni riguardanti la geometria dell'arco esterno dei fronti di sovrascorrimento dell'Appennino settentrionale.

Queste ultime sono utilizzabili per cercare di associare con maggiore risoluzione gli eventi sismici alle strutture di thrust attivate durante la sequenza.



Fig. 7: Impostazione strutturale nell'intorno della zona di interesse (rettangolo rosso). Sono riportate le isobate della base delle unità plioceniche sotto tutta la Pianura Padana (Consiglio Nazionale delle Ricerche 1992), i principali lineamenti tettonici sono estratti da Fantoni e Franciosi (2010), le sezioni geologiche di interesse da Fantoni e Franciosi (2009)

Le recenti interpretazioni sismotettoniche condotte successivamente alla sequenza sismica dell'Emilia del 2012 hanno tentato di associare gli eventi registrati (e le loro differenti localizzazioni nel tempo) alle geometrie dei principali fronti di sovrascorrimento riconoscibili nel sottosuolo di questa area delle Pianura padana.

Generalmente si è ipotizzato che gli eventi della sequenza si sono concentrati all'interno delle unità carbonatiche mesozoico-terziarie. Anche se con un rilevante grado di incertezza, si può affermare che la posizione ipocentrale dell'evento principale del 20 maggio 2012 abbia attivato il sistema di thrust intermedi del settore dell'arco ferrarese, e che uno dei tre segmenti del sistema Ferrara abbia accomodato la maggior parte della compressione osservata anche attraverso dati geodetici.

L'associazione tra la struttura di sovrascorrimento e l'evento principale del 29 maggio 2012 è invece complicata dalla mancanza in profondità di informazioni sismiche nel footwall della rampa frontale del sistema di Mirandola.

Gli aftershocks di questo evento principale sono confinati all'interno delle unità carbonatiche mesozoiche e si sono verificati sia sul lato hangingwall, che nel footwall, del frontale di spinta Mirandola, compatibilmente con l'attivazione del sistema thrust di Mirandola.

L'evento di Magnitudo Mw 5.8 del 29 maggio 2012 sembra anche essere stato originato dalla riattivazione di una struttura normale preesistente nel basamento, dovuta alla tettonica distensiva Mesozoico nel basamento, invertita durante la tettonica compressiva.

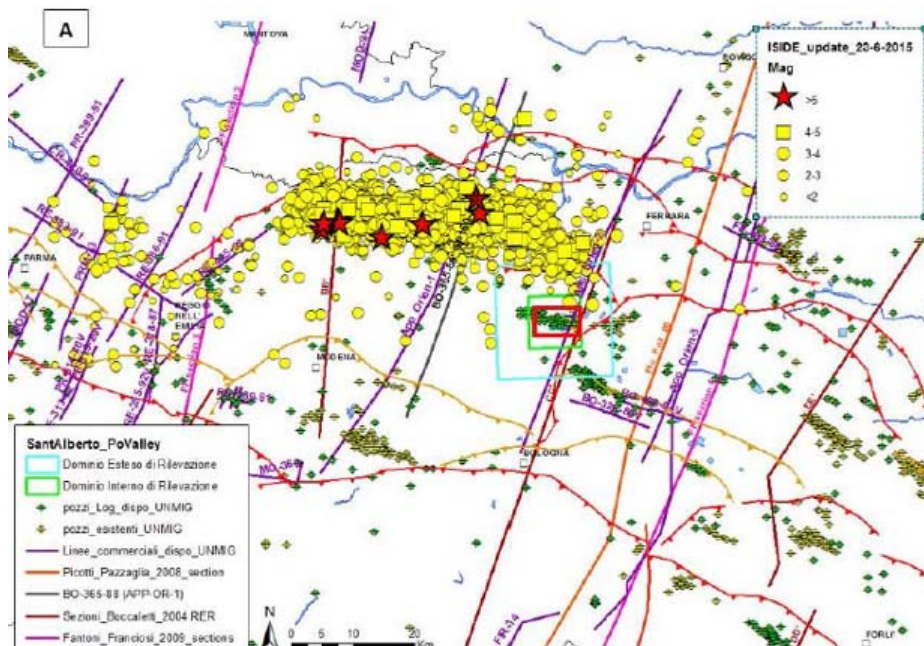


Figura 8a

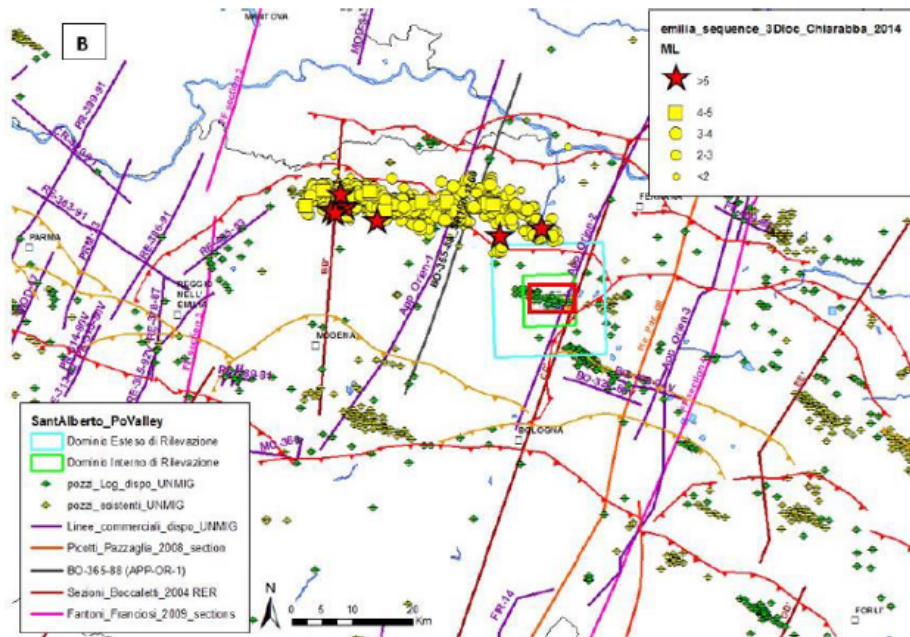


Fig. 8b

**Fig.8. A)** Eventi sismici nell'area dell'arco ferrarese dell'appennino settentrionale estratti dal catalogo ISIDE dell'INGV; **B)** analisi di dettaglio sulla rilocalizzazione degli eventi sismici della sequenza emiliana estratti dal lavoro di Chiarabba et al. (2014). Nel rettangolo rosso la zona del Giacimento di San Alberto. I rettangoli Azzurro e Verde definiscono i Domini di Rilevazione Interno ed Esteso nell'intorno del Giacimento

La comparazione con la distribuzione della sismicità registrata durante la sequenza (fig. 8a e 8b) mette in evidenza l'interessamento della sorgente sismogenetica di Mirandola da parte dell'evento del 29 maggio 2012 e l'apparente non interessamento della sorgente individuale di Ferrara da partire dell'intera sequenza. Entrambi le sorgenti individuali sono comunque contenute all'interno di sorgenti composite caratterizzate da specifici parametri di sismogenicità (fig. 9) che contengono anche l'area in esame del Giacimento di Sant'Alberto.



Fig. 9: Definizione delle strutture sismogenetiche sia individuali (ISsources) che composite (CSsources) estratte dal database DISS 3.1.1 di produzione INGV. Nel rettangolo rosso l'area di interesse.

In questo contesto regionale, l'area di concessione si localizza in un comparto in cui la Rete Sismica Nazionale (RSN) consente di ottenere una magnitudo minima di localizzazione pari a 2.0 con una probabilità inferiore al 50 % di localizzare eventi di magnitudo locale pari a 1.5.

In un'area di dimensioni 100 x 100 km, centrata attorno alla proiezione in superficie del giacimento, si trovano attualmente 12 stazioni della RSN delle quali 3 dotate di sensore velocimetrico, 3 dotate di sensore accelerometrico, 6 dotate di entrambi i tipi di sensore e 1 con doppia installazione (in superficie e in pozzo). La minima distanza di interstazione è mediamente di circa 21 km. In figura10 vengono mostrate le distribuzioni delle stazioni esistenti e la posizione della Concessione di Coltivazione Sant'Alberto insieme alla proiezione superficiale del reservoir.

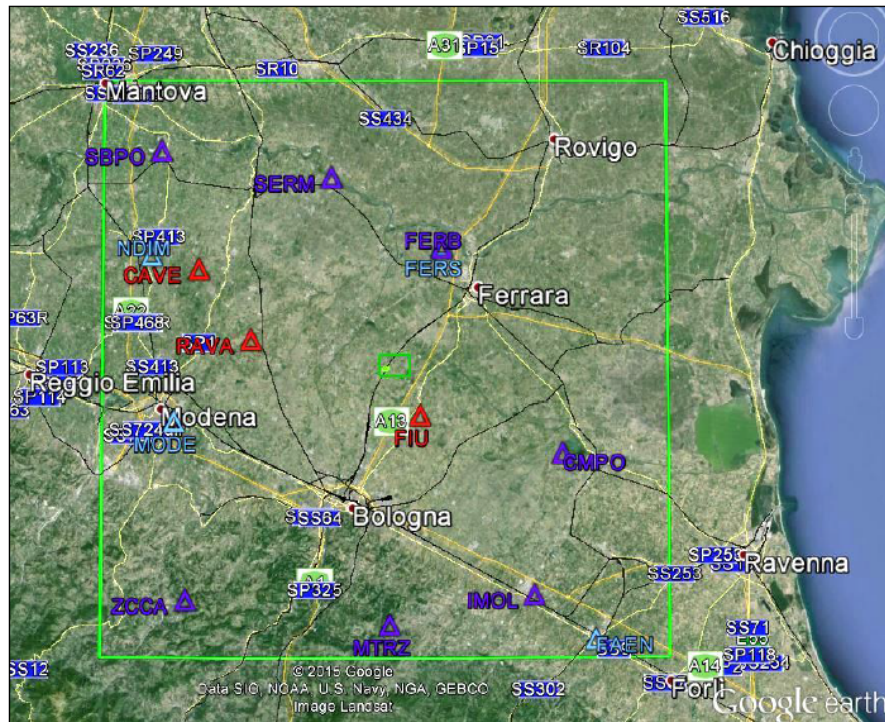


Fig. 10 Concessione di coltivazione idrocarburi "S.Alberto" (rettangolo verde scuro al centro della figura) e distribuzione delle stazioni della Rete Sismica Nazionale in un'area di dimensioni 100x100 km<sup>2</sup> (quadrato verde chiaro). In rosso le stazioni equipaggiate solo con sensore velocimetrico (CAVE, RAVA, FIU); in azzurro le stazioni equipaggiate solo con accelerometro (FAEN, MODE, NDIM, FERS) e in blu le stazioni dotate di entrambi i tipi di sensore (MTRZ, IMOL, ZCCA, CMPO, FREB, SERM, SBPO). Il centro dell'area considerata per selezionare le stazioni della RSN corrisponde alla proiezione in superficie del *reservoir* (simbolo verde chiaro all'interno dell'area della concessione).

Come suggerito nel documento MISE-DGRME (2014), tali stazioni andranno ad integrare la rete microsismica che dovrà essere installata nei domini di rilevazione allo scopo di aumentare la capacità di rilevazione, soprattutto nel dominio esteso.

Secondo le indicazioni di MISE-DGRME (2014) il Dominio Interno di rilevazione (DI) definisce il volume crostale all'interno del quale si ritiene possano verificarsi fenomeni di sismicità indotta.

Esso rappresenta pertanto il volume di riferimento per il quale devono essere monitorati e analizzati con la massima sensibilità i fenomeni di sismicità.

Per le situazioni di sola coltivazione di gas, il Dominio Interno si estende dalla superficie fino alla profondità del giacimento e per una ulteriore fascia che si estende 3 km sotto il giacimento stesso e ai lati del medesimo.

La Figura 11 mostra la proiezione in superficie del "Dominio Interno" di rilevazione, definito secondo le indicazioni contenute in MISE-DGRME (2014), che copre un'area di dimensioni 8,6 x 8,6 km corrispondente ad un volume crostale che si estende fino a 4 km di profondità. Sulla base di detta zonazione, si intende pertanto valutare la possibilità di rilevare e localizzare eventi sismici in DI a



partire da magnitudo locale 0.5 con incertezza nella localizzazione dell'ipocentro di alcune centinaia di metri.

Con riguardo al "Dominio Esteso" di rilevazione, questo viene invece introdotto allo scopo di contestualizzare la sismicità rilevata in DI.

La rete microsismica che ne consegue, integrata con eventuali reti regionali operanti nell'area, dovrebbe migliorare di circa una unità il livello di magnitudo di completezza delle rilevazioni già effettuate con le altre reti. Nel caso specifico si tratta quindi di ottenere anche in DE una magnitudo minima di rilevazione pari a 1.0.

Per l'estensione, in MISE-DGRME (2014) viene suggerita per ogni tipo di attività antropica una fascia compresa tra 5 e 10 km oltre il Dominio Interno.

Considerate le limitate dimensioni del giacimento in esame, si è ritenuto ragionevolmente rappresentativo definire un Dominio Esteso limitato ad una fascia di 5 km oltre DI. In figura 11 viene mostrata la proiezione in superficie del Dominio Esteso avente dimensioni 18,6 x 18,6 kmq al cui interno risulta compresa la stazione FIU (Fondo Fiumicello) della RSN.

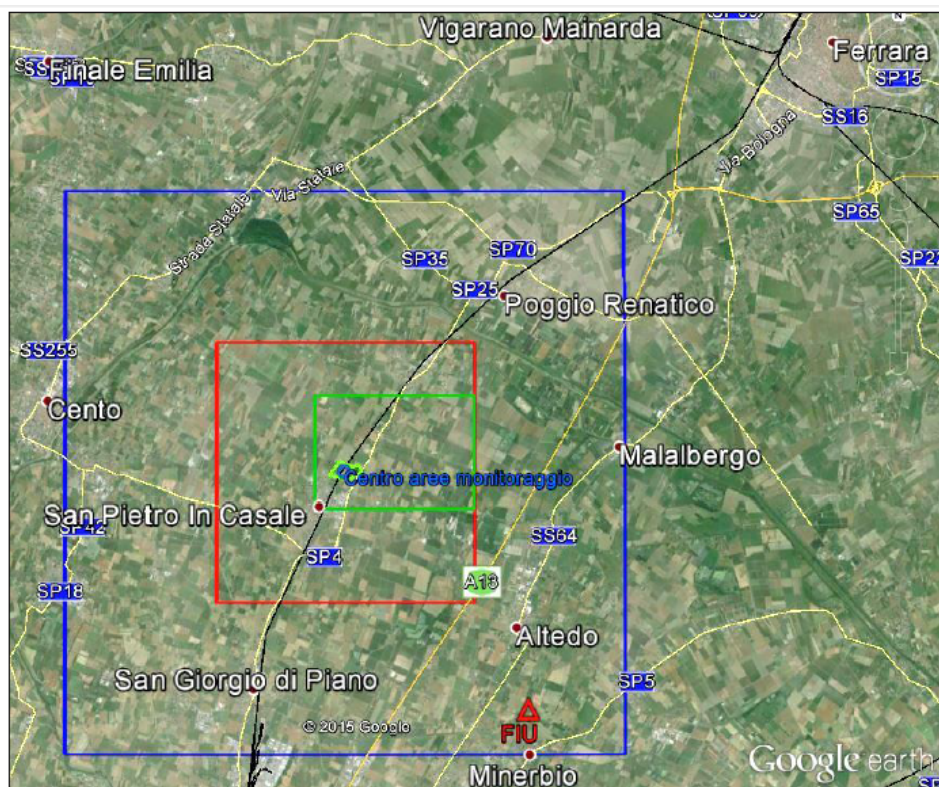


Fig. 11:

Fig.4: Dominio Esteso di rilevazione (DE) (linea blu) e Dominio Interno di rilevazione (DI) (linea rossa). Vengono mostrate anche la proiezione in superficie del *reservoir* (linea chiusa verde chiaro) interessato dalla messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir, la Concessione di coltivazione idrocarburi "Sant'Alberto" (rettangolo verde) e la posizione dell'unica stazione della RSN installata nel Dominio Esteso, FIU (Fondo Fiumicello). DE ha dimensioni: 18.6 x 18.6 x 9.0 km<sup>3</sup>.

#### 4.3 SUBSIDENZA

Nel territorio della pianura emiliana, la subsidenza naturale è un fenomeno strutturalmente presente ed attivo in quanto direttamente correlabile con le caratteristiche litologiche e di scarso addensamento della spessa sequenza di sedimenti di colmatazione recente depositati nell'area.

In tempi relativamente recenti, a tale scenario, si è sommato l'innescò di situazioni di subsidenza antropica che si è resa manifesta soprattutto a partire dalla metà del secolo scorso, raggiungendo i suoi valori massimi negli anni 60-80, rimanendo tutt'oggi evidente seppure rilevando una generale forte riduzione.

In questo caso, le cause antropiche prevalenti sono riconducibili a diversi fattori di cui quello più rilevante risulta riferito al consistente prelievo di acque dal sottosuolo e, in particolare, al consistente emungimento esercitato sulle falde dei sistemi acquiferi relativamente più superficiali.

Sulla base del monitoraggio della subsidenza eseguito storicamente da Regione Emilia Romagna e da Arpa, successivamente dettagliato negli anni 2006-2011 anche mediante utilizzo di tecniche interferometriche da immagini radar satellitari, il territorio della pianura Bolognese si conferma, anche rispetto ai precedenti periodi di monitoraggio, come il territorio più subsidente, nonostante risulti evidente la tendenza, già in atto da alcuni decenni, verso una progressiva riduzione degli abbassamenti. Tale situazione trova evidente riscontro nell'elevato grado di sfruttamento degli acquiferi superficiali correlabile con l'elevato grado di antropizzazione dell'area.

Per quanto riguarda nel dettaglio la porzione di pianura dove si inserisce l'ambito di sottosuolo entro cui ricade il giacimento in esame, questa risulta caratterizzata da valori di abbassamento compresi tra le isocinetiche di - 2,5 e - 5 mm/anno, seppure in posizione marginale e prossima ad aree caratterizzate da relativa minore subsidenza. Sulla base dello scenario noto sopra evidenziato si può pertanto ragionevolmente ritenere che l'area entro cui si localizza il giacimento in esame sia caratterizzata da condizioni di subsidenza naturale nell'ordine di circa 2,5 mm/anno.

In questo contesto, in relazione alle operazioni di messa in produzione del giacimento in esame, uno specifico studio condotto dalla Società DREAM srl nel mese di Ottobre 2014 nell'ambito dello svolgimento delle fasi di Valutazione di Impatto Ambientale del progetto, ha consentito di delineare in forma modellistica il quadro generale di subsidenza attesa. A tale documento si fa pertanto riferimento per l'inquadramento preliminare delle condizioni di subsidenza attese.

A fronte di una dimensione di giacimento di circa 3,2 x 2,0 km, equivalente ad una estensione areale di circa 6,7 kmq, il modello geologico esteso è stato impostato su una dimensione areale pari a 24 x 24,5 kmq, con interessamento di una sequenza verticale di 4,5 km; detta estensione complessiva

ha consentito, in fase di simulazione geomeccanica, di garantire condizioni di bordo completamente indisturbate.

Durante la futura produzione del giacimento tramite il pozzo Santa maddalena 1dir (su un periodo previsto in 14 anni) è prevista una depletion massima di circa 10 bar e, di conseguenza, uno spostamento massimo inferiore a quello della fase storica e pari a 1,85 mm secondo valutazione su modello statico (conservativo) e 0,67 mm nel caso di valutazione secondo modello dinamico (utilizzando parametri di deformabilità "dinamici").

A riguardo risulta utile ricordare il fatto che, la successiva ripressurizzazione del campo, che avrebbe luogo già durante la seconda metà di periodo di produzione, per continuare poi anche dopo la cessazione delle attività di coltivazione, è prevista riportare la quota altimetrica ad una situazione prossima a quella di inizio produzione del giacimento dal pozzo Santa Maddalena 1dir (fermo restando gli effetti indotti dai trend naturali di subsidenza già in atto).

Sulla base di tali elementi, l'estensione del cono di subsidenza è stata delimitata in fase previsionale assumendo una soglia minima di spostamento verticale pari a 1 mm.

Nel caso statico (maggiormente conservativo) si ha un raggio massimo pari a 2 km; nel caso dinamico i valori di spostamento verticale risultano sempre minori della soglia minima assunta.

I risultati di subsidenza ottenuti a seguito dello svolgimento delle attività di modellizzazione non contemplano gli effetti imputabili sia ad attività antropiche di natura diversa da quella di produzione gas dal giacimento Santa Maddalena, sia a processi geologici/strutturali attivi a scala regionale, né eventuali effetti dovuti alla produzione di altri futuri giacimenti individuati nell'area.

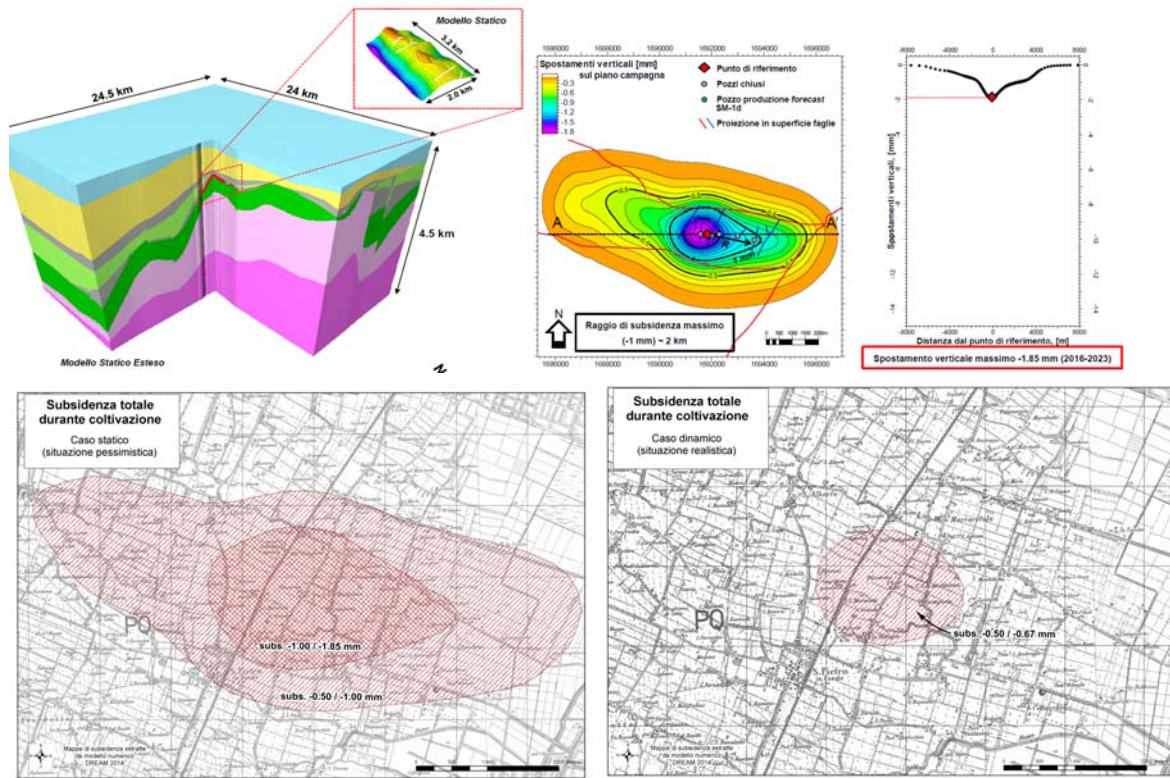


Fig. 12: modello numerico previsionale subsidenza

## 5. QUADRO PRESCRITTIVO DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta per esteso il quadro prescrittivo fornito, relativamente alle componenti acque sotterranee, subsidenza e sismicità, dal Decreto di Pronuncia Compatibilità Ambientale n. 243 del 07/09/2016.

### Sezione A – Prescrizioni della Commissione Tecnica di verifica dell’Impatto Ambientale VIA e VAS

#### A1 – Monitoraggio Ambientale (ambiente idrico)

- a) *Venga realizzato un pozzo pilota piezometrico superficiale con installati piezometri e strumenti che monitorino in continuo la variazione della falda (tra acque dolci ed acque profondità, temperatura, composizione chimico-fisica delle acque) fino all’acquifero della zona di transizione tra acque dolci ed acque salate, per evidenziare eventuali variazioni non legate al ciclo idrologico naturale e/o contaminazioni accidentali.*
- b) *Il proponente dovrà concordare con ARPA Emilia Romagna un opportuno piano di monitoraggio e di allarme in caso di contaminazioni accidentali.*

#### A2 – Monitoraggio Ambientale (suolo e sottosuolo)

- a) *Dovrà essere predisposto ed attuato, con congruo anticipo rispetto all’inizio dell’attività di coltivazione, un piano di monitoraggio della subsidenza indotta dalla attività di coltivazione secondo le indicazioni contenute negli “Indirizzi e Linee Guida pe nell’ambito delle attività antropiche” predisposti dal Ministero dello Sviluppo Economico – DGS-UNMIG 2014.*
- b) *I dati derivanti dal monitoraggio della subsidenza dovranno essere forniti sotto forma di report periodici all’Ente Vigilante, con periodicità stabilita nel piano di cui alla lettera a) e concordata in fase di verifica di ottemperanza della medesima prescrizione.*
- c) *I risultati del monitoraggio dovranno essere divulgati al pubblico, anche in forma di report/documenti in linguaggio non tecnico, attraverso un adeguato sistema informativo che dovrà essere predisposto dal Proponente in accordo con la Regione Emilia Romagna.*
- d) *Il piano di monitoraggio dovrà contenere opportune indicazioni per l’attuazione di eventuali interventi compensativi strutturali che tutelino la funzionalità delle reti di scolo di bonifica nel caso in cui nel lungo termine si verificchino effetti subsidenti superiori a quelli prospettati.*
- e) *Al fine di valutare le componenti più superficiali relative alla subsidenza dovrà essere effettuato un monitoraggio assestimetrico e piezometrico in continuo per una profondità tale*

*da poter misurare la compattazione dovuta al prelievo dalle falde idriche ed alla evoluzione altimetrica dei primi metri di terreno dovuta alla stagionalità, secondo le seguenti modalità:*

- 1) Al piezometro di cui alla prescrizione n. 1 dovrà essere accompagnato un assestometro attraverso la fuoriuscita dal terreno di una barra metallica, ancorata a fondo pozzo ad una profondità che raggiunga il limite inferiore degli acquiferi. Questo comporterà la messa in opera, oltre al pozzo di cui alla prescrizione n. 3, di due assestometri ed altrettanti piezometri, progettazione dei quali dovrà essere concordata con il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della regione Emilia Romagna.*

#### A3 –Monitoraggio Ambientale (microsismicità)

- a) Dovrà essere predisposta e resa operativa una rete di monitoraggio microsismico in grado di garantire un adeguato livello di rilevazione di eventi sismici nei volumi crostali, secondo le indicazioni contenute negli "Indirizzi e Linee Guida pe nell'ambito delle attività antropiche" predisposti dal Ministero dello Sviluppo Economico – DGS-UNMIG 2014 e nello studio di fattibilità per la realizzazione di una rete di monitoraggio microsismico e individuazione di eventuali faglie attive adiacenti o prossime al giacimento di San Pietro in Casale, redatto da INGV Sezione di Milano.*
- b) Le stazioni che compongono la rete di monitoraggio microsismico dovranno trasmettere i dati in tempo reale al centro di acquisizione e dovranno essere integrate con le stazioni sismiche già presenti sul territorio dedicate al monitoraggio nazionale e/o regionale.*
- c) Al fine di valutare le variazioni giorno notte dei livelli medi di rumore sismico ambientale, dovrà essere tenuta attiva la stazione sismica già installata all'interno del pozzo Santa Maddalena 1dir, collegata in tempo reale con la Sezione INGV di Milano.*
- d) I risultati del monitoraggio microsismico dovranno essere divulgati al pubblico anche in forma di report/documenti in linguaggio non tecnico, attraverso un adeguato sistema informativo che dovrà essere predisposto dal Proponente, in accordo con il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.*

#### **Sezione C – Prescrizioni della Regione Emilia Romagna**

*Sono da ottemperare le prescrizioni dettate dalla Regione Emilia Romagna di cui alla Delibera di Giunta Regionale n. 891/2016 del 13/06/2016 ad eccezione di quelle già ricomprese o in contrasto con le prescrizioni di cui alle lettere A e C del decreto di VIA.*

In particolare risulta utile richiamare le seguenti prescrizioni, in quanto complementari con quelle puntualmente definite dal decreto VIA:

punto 6 (pag. 39 di DGR) – acque sotterranee

- Dovrà essere realizzato un piezometro con installati strumenti che monitorino in continuo le variazioni della falda (profondità, temperatura, composizione chimico-fisica delle acque); la profondità del piezometro dovrà essere tale da interessare tutto lo spessore degli acquiferi dolci captati nell'intorno della zona di interesse, fino, eventualmente, a spingersi nella zona di transizione tra acque dolci e acque salate; il monitoraggio dovrà permettere di evidenziare eventuali variazioni non legate al ciclo idrologico naturale e/o contaminazioni accidentali e di verificare gli andamenti della piezometria rispetto agli spostamenti del suolo evidenziati dagli assestimetri di cui al successivo punto 12

punto 7 (pag. 40 di DGR) – acque sotterranee

- Il proponente dovrà concordare con l'ARPAE Emilia Romagna un opportuno piano di monitoraggio e di allarme in caso di contaminazioni accidentali

punto 8 (pag. 40 di DGR) – subsidenza

- Dovrà essere concordato con l'Ente vigilante, e successivamente attuato con congruo anticipo rispetto all'inizio dell'attività di coltivazione, un piano di monitoraggio della subsidenza indotta dalle attività di coltivazione secondo le indicazioni contenute negli "Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" predisposte dal Ministero dello Sviluppo Economico – DGS-UNMIG (2014), attraverso l'utilizzo di tecniche InSAR avanzate, integrate dalla elaborazione di stazioni GPS in continuo; il Piano di Monitoraggio dovrà contenere anche l'indicazione dell'Ente cui si intende affidare la reportistica di cui al punto successivo.

punto 9 (pag. 40 di DGR) – subsidenza

- I dati derivanti dal monitoraggio della subsidenza dovranno essere forniti sotto forma di report periodici all'Ente di Vigilanza, con la periodicità stabilita nel piano di cui al punto precedente.

punto 10 (pag. 40 di DGR) – subsidenza

- I risultati del monitoraggio dovranno essere divulgati al pubblico, anche in forma di report documenti in linguaggio non tecnico, attraverso un adeguato sistema informativo che dovrà essere predisposto dal Proponente in accordo con la Regione Emilia Romagna.

punto 11 (pag. 40 di DGR) – subsidenza

- Il piano di monitoraggio dovrà contenere opportune indicazioni per l'attuazione di eventuali interventi compensativi strutturali che tutelino la funzionalità della rete di scolo di bonifica nel caso in cui nel lungo termine si verificano effetti subsidenti superiori a quelli prospettati.

punto 12 (pag. 40 di DGR) – subsidenza

- Al fine di valutare le componenti più superficiali relative alla subsidenza, il sistema di monitoraggio di cui al punto 8 dovrà essere integrato con un monitoraggio assestometrico e piezometrico in continuo per una profondità tale da poter misurare la compattazione dovuta al prelievo delle falde idriche, ed alla evoluzione altimetrica dei primi strati di terreno dovuta alla stagionalità, secondo le seguenti modalità:
  - a) Dovrà essere realizzato un assestometro di profondità analoga a quella del piezometro di cui al punto 6;
  - b) Dovranno essere realizzati un piezometro ed un assestometro profondi entrambi una ventina di metri.

punto 13 (pag. 41 di DGR) – subsidenza

- La progettazione di piezometri ed assestimetri dovrà essere concordata con il Servizio geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna.

punto 14 (pag. 41 di DGR) – sismica

- Dovrà essere predisposta e resa operativa una rete di monitoraggio microsismico in grado di garantire un adeguato livello di rilevazione degli eventi sismici nei volumi crostali, secondo le indicazioni contenute negli "Indirizzi e Linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" predisposti dal Ministero dello Sviluppo Economico – DGS-UNMIG (2014) e nello studio di fattibilità per la realizzazione di una rete di monitoraggio microsismico e individuazione di eventuali faglie attive adiacenti o prossime al giacimento di San Pietro in Casale (Bo), redatto dall'INGV, sezione di Milano.

punto 15 (pag. 41 di DGR) – sismica

- Le stazioni che compongono la rete di monitoraggio microsismico dovranno trasmettere i dati in tempo reale al centro di acquisizione e dovranno essere integrate con le stazioni sismiche già presenti sul territorio dedicate al monitoraggio nazionale e/o regionale.

punto 16 (pag. 41 di DGR) – sismica

- Al fine di valutare le variazioni giorno-notte dei livelli medi di rumore sismico ambientale, dovrà essere tenuta attiva la stazione sismica già installata all'interno dell'area del pozzo Santa Maddalena 1dir, collegata in tempo reale con la Sezione di Milano dell'INGV.

punto 17 (pag. 41 di DGR) – sismica

- I risultati del monitoraggio microsismico dovranno essere divulgati al pubblico, anche in forma di report/documenti in linguaggio non tecnico, attraverso un adeguato sistema informativo che dovrà essere predisposto da Proponente, in accordo con MATTM



punto 19 (pag. 42 di DGR) – monitoraggio

- Il piano di monitoraggio della subsidenza e della sismicità dovrà essere realizzato ai sensi degli Indirizzi e Linee Guida MISE da un Ente di comprovata competenza in materia tecnico-scientifica; i dettagli del piano di monitoraggio e la tempistica di elaborazione e trasmissione dei dati dovranno essere concordati con il Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna e con ARPAE – Direzione Tecnica, prima del rilascio della concessione e dell'intesa tra RER e MISE.

A completamento dell'elenco complessivo delle prescrizioni formulate nell'ambito del richiamato Decreto di Compatibilità Ambientale e della richiamata DGR Regione Emilia Romagna risulta infine utile riportare:

- la precisazione formulata da Regione Emilia Romagna - Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli in risposta a specifico quesito formulato da Po Valley Operations (prot. PVO 68/16 EVpp del 22/12/2016) al fine di dimensionare correttamente i piezometri previsti per il monitoraggio della subsidenza. A tal fine viene comunicato che: "come si vede la profondità massima raggiunta dai pozzi presenti nella zona in analisi è 205 metri, questa, pertanto, dovrà essere presa come riferimento per il dimensionamento dei monitoraggi in questione".

- La precisazione formulata da regione Emilia Romagna – Giunta Regionale, nell'ambito della Delibera n. 1338 del 19.09.2017, avente ad oggetto "Intesa Stato-Regione al conferimento della Concessione di Coltivazione Idrocarburi denominata S. Alberto, in Provincia di Bologna" (rif. pag. 6 e 11) dove viene specificato che il monitoraggio idrochimico effettuato attraverso la posa di sonda parametrica si deve intendere "rilevato ogni ora" e non "rilevato giornalmente".
- la comunicazione istruttoria pervenuta da ARPAE (prot. 16836/2017) dove, con riguardo al monitoraggio delle acque sotterranee, dove viene indicata:
  - a) la utilità di due diverse tipologie di centraline automatiche, una per la sola misura del livello e una multiparametrica per la misura della temperatura e conducibilità termica;
  - b) la profondità di installazione delle sonde multiparametriche dovrà essere per quanto possibile, prossima alla profondità dei relativi tratti filtranti dei due piezometri;
  - c) i valori di temperatura dovranno essere acquisiti con una risoluzione di almeno un decimo di grado centigrado, quelli di conducibilità con una risoluzione di almeno  $10 \mu\text{S}/\text{cm}$ ;
  - d) la soggiacenza della falda dovrà essere condotta con risoluzione massima di 1 centimetro e frequenza oraria;
  - e) il monitoraggio idrochimico è opportuno che venga realizzato con cadenza semestrale (primavera e autunno);

- f) i dati dovranno essere consegnati con cadenza periodica semestrale (autunnale-primaverile) ad ARPAE e, nello specifico, per i monitoraggi ad alta frequenza con sonde automatiche si richiede di fornire, oltre ai raw data, una elaborazione complessiva in formato excel/dat, possibilmente diagrammata;
- g) la collocazione dei piezometri a nord rispetto al pozzo;
- h) i criteri di definizione delle soglie di allarme con utilizzo, per gli elementi chimici, dei limiti di legge di cui alla Tabella 2, allegato 5, Titolo V, parte IV, D. Lgs 152/06, salvo occorrenza di valori di fondo giustificativi. Per Conducibilità e Temperatura si consiglia il riferimento ai valori medi del piezometro profondo interessante acquifero più protetto e quindi dotato di maggiore stabilità chimico-fisica. A riguardo viene segnalata come significativa una variazione dei parametri superiore al 30 %.

## 6. PIANO DI MONITORAGGIO

A partire dalla sintesi delle indicazioni sopra formulate, emerge la necessità di esecuzione delle attività di monitoraggio di seguito descritte.

### 6.1 CONTROLLO QUALITA' DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Si prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- Perforazione e posa di n. 1 piezometro superficiale - profondità 10 metri
- Perforazione e posa di n. 1 piezometro profondo - profondità 205 metri
- Installazione su ciascun piezometro di sonda di registrazione dei livelli piezometrici-parametrici

La posa dei piezometri è prevista avvenire all'interno di singoli fori di sondaggio realizzati a distruzione di nucleo fino a profondità finale di almeno 10 m e 205 metri da p.c. cercando di attestare la fine della perforazione in livelli fini limoso-argillosi; qualora dovessero essere presenti livelli sabbiosi si approfondirà il foro fino ai successivi livelli fini.

Entrambe i piezometri verranno attrezzati con tubo piezometrico microfessurato in PVC atossico diam. 3", prevedendo la posa degli intervalli fenestrati alle seguenti profondità:

- piezometro superficiale: da quota -3 m a quota -10 m da p.c.
- piezometro profondo: da quota -185 m a quota -205,00 metri da p.c.

In considerazione della utilità di procedere alla localizzazione dei piezometri in posizione posta a "valle" rispetto ai deflussi sotterranei come attesi, i piezometri verranno localizzati in corrispondenza del lato nord di piazzola, in prossimità della recinzione di bordo della via di fuga, come identificato nella successiva planimetria di Appendice 1.

Per evitare possibili fenomeni di messa in comunicazione tra le diverse falde attraversate e/o di possibile infiltrazione di eventuali contaminanti provenienti dalla superficie è prevista la esecuzione di completa cementazione dell'interforo in corrispondenza dei tratti ciechi mediante impiego di miscela cemento/bentonite e/o compactonit.

### Misurazione dei livelli piezometrici - Trasduttori di pressione

Per rendere automatica la misura piezometrica, all'interno di ciascun piezometro verrà inserito un trasduttore elettrico, posto sotto al livello piezometrico in modo che le variazioni di livello possano essere rilevate come variazione della pressione di battente.

I sensori saranno pertanto posati ad una profondità non inferiore ai 5 metri rispetto al livello piezometrico registrato su ciascun piezometro, come segue:

- Piezometro superficiale: quota posa -9 metri da bocca pozzo
- Piezometro profondo: quota posa – 20 metri da bocca pozzo o, comunque, ad una quota di – 5 metri da quota livello statico registrato dopo perforazione.

I sensori sono costituiti da diaframmi con degli estensimetri a essi solidali. La deformazione del diaframma provocata dal carico idraulico si trasforma in un segnale elettrico proporzionale al carico indotto. Si prevede l'utilizzo di trasduttori di pressione di tipo assoluto di 5 bar di fondo scala; si prevede un grado di precisione della misura con risoluzione massima di 1 cm e una frequenza oraria. Il dato rilevato verrà registrato sulla memoria interna del sensore. Lo scaricamento dei dati è previsto avvenire direttamente su computer portatile con cadenza periodica (semestrale) nel corso delle visite finalizzate al campionamento diretto delle acque per il controllo stagionale dei parametri idrochimici, o attraverso sistema di teletrasmissione tramite telefono cellulare GSM con modem incorporato utile a garantire, da remoto ed in qualsiasi momento, la possibilità di interrogazione della strumentazione e di scarico dei dati.

### Monitoraggio idrochimico – campionature dirette

Il monitoraggio idrochimico è previsto avvenire mediante campionatura diretta attraverso pompa sommersa e analisi diretta presso laboratorio di fiducia.

La prima campionatura è prevista, a seguito dell'avvenuto completamento delle operazioni di perforazione e spurgo dei piezometri. Successivamente è prevista una ulteriore campionatura ante operam, prima dell'avvio delle operazioni di produzione.

Le campionature in corso di produzione saranno condotte con cadenza semestrale (primavera e autunno), prevedendo il controllo dei seguenti parametri:

- pH, Conducibilità, Ossidabilità, Cloruri, Solfati, Solfuri, Solfiti, Azoto Ammoniacale, Sodio, Bario, Idrocarburi disciolti (n-esano), Carbonio Organico Totale (TOC), Glicole, Anidride carbonica libera.

Quale riferimento di valutazione dei dati di laboratorio, in assenza di riscontrate anomalie naturali verificate a partire dalla effettuazione delle analisi ante operam (presenza di valori di fondo

giustificativi, con particolare riferimento a As), ci si riferirà ai limiti di legge di cui alla Tabella 2, allegato 5, Titolo V, parte IV, D. Lgs 152/06.

#### Monitoraggio idrochimico – sonda multiparametrica

Oltre alle campionature, in ogni piezometro è prevista la installazione di una sonda multiparametrica che misuri in continuo i valori: conducibilità e temperatura. Come per le misure di pressione, il dato rilevato con cadenza oraria viene registrato sulla memoria interna del sensore e periodicamente scaricato su pc.

La profondità di installazione delle sonde multiparametriche dovrà essere per quanto possibile prossima alla profondità dei relativi tratti filtranti dei due piezometri.

I valori di temperatura saranno acquisiti con una risoluzione di almeno un decimo di grado centigrado, quelli di conducibilità con una risoluzione di almeno i 10 microS/cm.

I valori di conducibilità e temperatura rilevati nel piezometro superficiale devono essere riferiti agli analoghi valori rilevati nel piezometro profondo, poiché la falda profonda è ritenuta essere chimicamente più stabile e nel complesso di più elevata qualità. Quale soglia di riferimento verranno pertanto assunti i valori medi calcolati sulla sequenza storica disponibile, segnalando come significativi scostamenti superiori al 30%.

Lo scaricamento dei dati è previsto avvenire direttamente su computer portatile con cadenza periodica (semestrale) nel corso delle visite finalizzate al campionamento diretto delle acque per il controllo stagionale dei parametri idrochimici, o attraverso sistema di teletrasmissione tramite telefono cellulare GSM con modem incorporato utile a garantire, da remoto ed in qualsiasi momento, la possibilità di interrogazione della strumentazione e di scarico dei dati.

I dati raccolti saranno quindi:

- archiviati presso server scelto dall'Azienda;
- consegnati con cadenza semestrale (autunnale-primaverile) ad ARPAE fornendo, oltre ai raw data, anche una elaborazione complessiva in formato excel/dat, possibilmente diagrammata.

## 6.2 CONTROLLO DIRETTO DELLA SUBSIDENZA

Il monitoraggio della subsidenza è articolato secondo modalità atte a rilevare sia gli spostamenti complessivi della superficie topografica (GPS e InSAR), sia gli spostamenti verticali che si generano nei primi 200 m circa di spessore e causati dalle variazioni di pressione degli acquiferi (assestimetri a 10 m e 205 m). Questi ultimi spostamenti non sono correlati con le attività di coltivazione del giacimento.

Si prevede la realizzazione delle seguenti opere/attività:

- Perforazione e posa di n. 1 assestimetro superficiale – profondità 10 metri
- Perforazione e posa di n. 1 assestimetro profondo – profondità 205 metri
- Posa su ciascun assestimetro di sensori di temperatura
- Installazione su ciascun assestimetro di stazione di registrazione dei movimenti verticali
- Collegamento a impianto di trasmissione dati
- Posa stazione GPS (vedi paragrafi successivi)
- Realizzazione di attività di monitoraggio radar satellitare (vedi paragrafi successivi)

#### Realizzazione Assestimetri

La strumentazione sarà costruita ed installata all'interno di fori di sondaggio, eseguiti a cura di Northsun Italia S.p.A. a distruzione di nucleo, in conformità alle specifiche che saranno fornite dalla società specializzata che provvederà alla progettazione esecutiva dell'impianto e alla installazione delle strumentazioni.

In via preliminare si prevede la realizzazione dei fori di sondaggio con diametro utile alla posa di tubi guida diam. 3". La misurazione degli assestamenti verrà effettuata attraverso posa di assestimetro a barre in corrispondenza del foro superficiale e di assestimetro a filo in corrispondenza del foro profondo (la scelta di utilizzo di assestimetro a filo rende possibile la installazione a fondo foro di punti di ancoraggio multipli utilizzabili nel caso di rottura dello strumento di misura).

L'ancoraggio al fondo delle strutture di misura sarà realizzato con intestazione su terreni fini più consolidati e pertanto meno soggetti a variazioni connessi con i regimi di falda.

Pertanto, qualora alle profondità previste dovessero essere trovati terreni sabbiosi, ogni foro potrebbe essere approfondito fino al raggiungimento di primo orizzonte fine utilizzabile.

Per l'assestimetro profondo è prevista la messa in opera di una bilancia di tesatura ubicata a boccaforo, con la funzione di garantire il corretto stato di tensione e di scorrimento del cavo di acciaio destinato alla misurazione degli spostamenti.

I dati di spostamento vengono acquisiti tramite trasduttori elettrici (potenziometrici) e registrati in continuo da uno specifico sistema di acquisizione.

Si prevede la posa di un sensore di temperatura (termoresistenza) su ogni assestimetro, per garantire la compensazione dell'eventuale influenza del gradiente termico sulla struttura in metallo.

La termoresistenza sarà collegata alla unità di acquisizione dati e sono acquisiti con le stesse modalità utilizzate per i sensori di spostamento.

#### Attività di posa in opera

I due assestimetri saranno installati ciascuno in una propria perforazione, per un totale di 2 perforazioni da eseguirsi a distruzione di nucleo con diametro utile alla posa di tubo strumentazione diam. 3". La relativa ubicazione prevista è illustrata in Appendice 1.

Verificata la rispondenza dei fori di sondaggio alle specifiche di progetto, le attività di posa in opera della strumentazione assestimetrica sarà eseguita direttamente a cura di società specializzata che provvederà anche alla installazione della unità di acquisizione dati, dei cablaggi, ed alla realizzazione di tutta la parte sensoristica e di trasmissione dati. A cura della medesima società contrattista saranno anche le attività di collaudo e avviamento dell'intero sistema.

Le operazioni di posa in foro saranno condotte secondo specifiche fasi operative e la posa strumentazione viene avviata, terminata la perforazione, in condizioni di foro rivestito per i soli intervalli utili a garantire la stabilità del tratto superficiale.

#### Acquisizione e teletrasmissione dati

Lo scaricamento dei dati potrà avvenire sia direttamente su computer portatile con cadenza periodica (semestrale), sia attraverso l'utilizzo di apparecchiatura di acquisizione dati automatica tipo MINIRADAS, multicanale ed in grado di acquisire segnali di tipo diverso, a cui collegare i sensori elettrici (temperatura, trasduttori di spostamento, sensori di pressione, sensori multiparametrici).

Nel caso di impossibilità di collegamento alla rete elettrica, l'apparecchiatura sarà alimentata mediante pannello solare e batterie ricaricabili.

La memorizzazione dei dati viene effettuata su RAM tamponata con possibilità di scarico su PC portatile attraverso uscita seriale o attraverso sistema di teletrasmissione tramite telefono cellulare GSM con modem incorporato utile a garantire, da remoto ed in qualsiasi momento, la possibilità di interrogazione della strumentazione e di scarico dei dati.

La strumentazione è di tipo programmabile via software, attraverso programma dedicato, oppure da tastiera; si prevede di poter variare pertanto, a seconda delle esigenze, sia la frequenza di acquisizione sia la gestione di eventuali soglie di allarme.

#### Restituzione dei dati

I dati raccolti saranno quindi archiviati presso server scelto dall'Azienda.

Al termine di ogni anno solare è prevista la redazione di rapporto di sintesi illustrativo dei dati rilevati che verranno riportati anche in forma numerica che diagrammata. Tale rapporto verrà

trasmesso con cadenza annuale alle Amministrazioni interessate (ARPAE-REGIONE) e verrà altresì pubblicato su apposita sezione all'interno del sito web aziendale.

### 6.3 MONITORAGGIO DEFORMAZIONI SUPERFICIALI

Il monitoraggio delle deformazioni superficiali del suolo verrà eseguito mediante Interferometria SAR Satellitare Avanzata (A-DInSAR) su di un'area di interesse di circa 100 km<sup>2</sup>; in aggiunta, si prevede di eseguire un monitoraggio diretto da terreno con tecnologia GNSS mediante l'installazione, presso il sito di produzione, di una stazione ad alta sensibilità con acquisizione in continuo.

Le attività di progettazione e gestione del monitoraggio verranno condotte a cura di società specializzata.

I dati raccolti saranno quindi archiviati presso server scelto dall'Azienda.

E inoltre prevista la redazione di rapporto di sintesi illustrativo delle attività svolte e dei dati rilevati che verrà trasmesso con cadenza annuale alle Amministrazioni interessate (ARPAE-REGIONE).

#### Monitoraggio InSAR

La tecnica è finalizzata ad individuare i processi di spostamento di terreno e di strutture presenti nel territorio a partire dal rilievo della riflessione delle onde radar emesse dai sensori satellitari.

Ove integrato dall'uso delle immagini SAR satellitari d'archivio, è inoltre possibile conoscere le deformazioni storiche subite dal terreno in periodi anteriori all'avvio delle operazioni di monitoraggio in sito.

I risultati derivanti da analisi interferometriche SAR satellitari sono relativi a misure eseguite lungo la cosiddetta linea di vista strumentale (Line Of Sight – LOS), ovvero il percorso congiungente il sensore al bersaglio a terra.

In funzione della disponibilità di dati d'archivio o di nuova acquisizione, è possibile eseguire analisi su una stessa area con immagini acquisite da diverse geometrie orbitali (orbita "ascendente" e "discendente"), così da osservare il territorio da punti di vista differenti e complementari, consentendo una più corretta interpretazione dei processi deformativi.

Il monitoraggio delle deformazioni superficiali mediante InSAR sarà articolato in due fasi:

- Una prima fase prevede l'analisi delle deformazioni storiche precedenti la messa in produzione del pozzo; tale analisi avverrà mediante la selezione dei dati SAR acquisiti dal satellite Sentinel, con riferimento al periodo ante operam 2014-2017. Tali dati acquisiti da



sensori in banda C (lunghezza d'onda pari a ~5,6 cm) con risoluzione geometrica a terra pari a circa 5x20 m. Questa fase dell'analisi prevede l'elaborazione dei dati mediante tecniche InSAR in "doppia geometria".

- La seconda fase prevede il monitoraggio periodico per l'intero periodo di coltivazione del giacimento, in grado di fornire informazioni sull'evoluzione deformativa durante l'esercizio delle attività di coltivazione del giacimento. L'attività verrà svolta nel corso dei mesi antecedenti l'inizio dell'attività, con l'elaborazione dei dati mediante tecniche InSAR in "doppia geometria" il primo anno e in "singola geometria" negli anni successivi. In questa fase, saranno selezionate le immagini satellitari in grado di garantire le migliori performance in termini di risoluzione spaziale, accuratezza della misura degli spostamenti, copertura temporale (tempo di rivisita). La selezione dei dati di base, pertanto, sarà operata anche sulla base della continuità delle serie temporali di immagini effettivamente acquisite nel corso dei mesi antecedenti l'inizio delle attività.

In linea generale, l'elaborazione dei dati sarà condotta con tecniche interferometriche differenziali DInSAR (Differential SAR Interferometry) e con metodi A-DInSAR (Advanced Differential SAR Interferometry) basati sulla tecnica Persistent Scatterers Interferometry (PSI), sia in modalità standard (per fornire informazioni circa i trend di spostamento di lungo periodo), sia con analisi a scala locale, utili a ottenere serie temporali di spostamento molto accurate e in grado di mettere in luce eventuali fenomeni deformativi caratterizzati da comportamenti non lineari nel tempo.

Più in dettaglio, per ciascun punto di misura si prevede di ottenere le seguenti informazioni:

- posizione geografica (ovvero, le coordinate in latitudine, longitudine e quota);
- trend deformativo di spostamento (lungo la linea di vista – LOS) in millimetri/anno;
- la serie temporale di spostamento (lungo la LOS) in millimetri.

I risultati derivanti dalle analisi interferometriche saranno sottoposti a processo di validazione a partire dal confronto con i dati GPS e mediante sopralluoghi nell'area di interesse per il controllo a terra di eventuali evidenze principali e dei processi deformativi osservati nei dataset più recenti e nel corso delle analisi relative al monitoraggio (durante le fasi di produzione).

I risultati conseguiti saranno infine sottoposti ad un processo di interpretazione finalizzato ad una più immediata lettura e comprensione del dato, sia per quanto riguarda la individuazione di eventuali processi deformativi che la analisi della loro evoluzione nel tempo.

Al termine delle attività, sia relativamente alla analisi storica, sia al termine di ogni anno di monitoraggio, si prevede la trasmissione a REGIONE ed ARPAE di relazione tecnica illustrativa delle seguenti tematiche:

- Tipologia e caratteristiche dei dati satellitari e dei dati ausiliari utilizzati
- Tipologia di analisi eseguite
- Localizzazione delle aree soggette e eventuale spostamento durante il periodo analizzato, derivanti da analisi interferometriche standard
- Mappe dei punti di misura caratterizzati da trend deformativi di lungo periodo.
- Serie temporale di spostamento dei punti più significativi
- Validazione e interpretazione dei risultati
- Schede di sintesi contenenti i risultati suddivisi per aree di interesse con localizzazione dei punti di misura, eventuali serie temporali di spostamento e relative note

#### Monitoraggio con sistema GNSS permanente

A integrazione del sistema di monitoraggio degli spostamenti del suolo, si prevede l'installazione di un sistema di monitoraggio diretto di sito composto da un ricevitore GNSS a doppia frequenza (tipo Leica Geosystems GM30 o altro con analoghe prestazioni), specificamente progettato per applicazioni di monitoraggio.

La strumentazione verrà installata all'interno dell'area pozzo, su basamento in cemento costituito secondo le specifiche che verranno fornite dalla società contrattista che provvederà alla successiva fase di installazione e gestione. L'ubicazione indicativa è riportata in Appendice 1.

In via preliminare, si prevede che la gestione delle attività di controllo diretto a mezzo GPS e quelle di controllo indiretto a mezzo analisi radar verranno svolte a cura di medesima società specializzata al fine di miglior sintesi e coerenza dei dati prodotti.

Le caratteristiche tecniche del ricevitore che si intende installare sono le seguenti:

- Segnali GNSS: GPS (L1, L2P(Y), L2C, L5); GLONASS (L1, L2P, L2C)2; Galileo (E1, E5a, E5b, AltBOC); BeiDou (B1, B2)3; QZSS (L1, L2C, L5); SBAS (WAAS, EGNOS, GAGAN, MSAS)
- Numero di canali: 555 universal tracking channels.
- Tempo di inizializzazione: <40s (Cold start); <30s (Hot start).
- Riacquisizione di segnale: <1s.

Lo strumento è in grado di acquisire dati di posizionamento in modo autonomo e continuo e di memorizzarli all'interno di scheda di memoria interna, con elevate prestazioni ed affidabilità nel tempo. L'elaborazione dei dati avverrà in modo manuale e periodico sulla base delle informazioni inviate via protocollo ftp con l'utilizzo di un software dedicato (Leica Infinity o equivalente).

I dati saranno corretti attraverso l'uso delle stazioni della rete Smartnet Italpos (Leica Geosystems) e il ricevitore, sarà configurato per intervalli di misura prolungati (6-12h, o superiori) in modo da correggere al meglio gli errori di misura.

Tale approccio permetterà di ottenere un'accuratezza di ordine centimetrico (in funzione dell'esatta lunghezza della baseline da elaborare, ovvero della distanza tra il ricevitore e la stazione di riferimento).

Il sistema comprende la messa in opera di armadietto tecnologico contenente le componenti necessari a garantire la funzionalità del sistema secondo standard di robustezza e sicurezza (alloggiamenti, connettori, alimentazione con batteria, connessioni) e la continuità delle comunicazioni (router e adattatori).

La installazione del sistema di rilevamento dei movimenti verticali (GSNN), la successiva gestione e controllo dell'impianto e le conseguenti fasi di validazione e conversione in forma numerica dei dati registrati saranno affidati a ditta specializzata.

I dati raccolti saranno quindi archiviati presso server scelto dall'Azienda.

Al termine di ogni anno solare è prevista la redazione di rapporto di sintesi illustrativo dei dati rilevati che verranno riportati anche in forma numerica che diagrammata. Tale rapporto verrà trasmesso con cadenza annuale alle Amministrazioni interessate (ARPAE-REGIONE).

#### 6.4 CONTROLLO DELLA MICROSISMICITÀ

Sulla base delle indicazioni preliminari fornite dal rapporto INGV redatto nell'anno 2015, si prevede la realizzazione delle seguenti opere:

- Mantenimento della stazione sismica esistente
- Definizione della nuova rete di monitoraggio sismico
- Perforazione e posa di n. 1 sismografo in foro profondità 200 metri
- Realizzazione di n. 4 stazioni superficiali
- Fornitura ed installazione degli apparati funzionali alla gestione della rete sismica
- Collegamento a impianto di trasmissione dati

Anche in questo caso, la progettazione e la installazione del sistema di monitoraggio verranno condotte a cura di società specializzata che curerà anche la successiva fase di acquisizione e gestione dei dati.

Mantenimento della stazione sismica esistente

L'analisi del rumore sismico ambientale, è stata avviata in data 12/06/2015 con svolgimento di una prima fase conoscitiva condotta su breve periodo, successivamente si è proceduto alla installazione di stazione fissa con avvio delle operazioni di registrazione in data 23 agosto 2016.

La stazione è attrezzata con acquisitore Reftek-130 a 24 bit, accoppiato ad un sensore velocimetrico Lennartz 5sec ed alloggiata all'interno di box a tenuta stagna, in rispetto alle vigenti norme di sicurezza.

La sincronizzazione del segnale di tempo avviene tramite segnale GPS, mentre il sistema di alimentazione è costituito da batteria tampone 12V di 65.

Il segnale sismico acquisito con frequenza di campionamento 100Hz viene attualmente trasmesso in tempo reale alla sala sismica dell'Università di Genova, attraverso router UMTS UR5.

La misurazione del rumore ambientale è pertanto stata svolta in continuo a partire da tale data ed è tutt'ora in corso.

In Allegato 1 sono riportati i seguenti rapporti di sintesi fino ad oggi prodotti:

- Installazione stazione sismica di monitoraggio del rumore sismico ambientale (Agosto 2016)
- Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo Santa Maddalena 1Dir – (Maggio 2017)
- Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo Santa Maddalena 1Dir – Report conclusivo (Ottobre 2017)
- Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo Santa Maddalena 1Dir – Periodo Agosto 2017 – febbraio 2018 - (Maggio 2018)

Nel complesso i report di monitoraggio in continuo coprono un periodo di 18 mesi, monitoraggio svolto in forma continuativa ha coperto un periodo complessivo pari a quasi 2 anni.

I dati rilevati hanno evidenziato una sostanziale situazione di stabilità delle condizioni di rumore ambientale di sito che evidenziano *“un livello di rumore mediamente elevato, soprattutto per frequenze maggiori di 1 Hz, in cui si concentra il rumore di origine antropica. Non a caso i livelli di maggiore rumore sono riscontrabili nella fascia oraria diurna, tra le 6.00 e le 18.00. Tali risultati confermano quanto preliminarmente individuato nello studio di fattibilità redatto dall'Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia – Sezione di Milano per conto di Po Valley Operations PTY LTD nel periodo Giugno 2015”*.

Definizione della nuova rete di monitoraggio sismico

Per quanto riguarda la definizione della nuova rete di monitoraggio microsismico si ritiene di attenersi alle indicazioni fornite da INGV Sezione di Milano, nell'ambito di proprio rapporto redatto nell'anno 2015.

In particolare, risulta utile ricordare che il criterio adottato in tale sede, risultava finalizzato a consentire la localizzazione di eventi fino ad una soglia di magnitudo compresa tra 0 e 1 nel Dominio Interno (DI) di rilevazione, conformemente a quanto indicato dalle richiamate Linee Guida MISE-DGRME (2014) che suggeriscono che nell'area superficiale del Dominio Interno le stazioni installate abbiano inter-distanze comprese tra 3 e 5 km.

E' stata pertanto prevista una rete microsismica composta da 5 stazioni installate rispettivamente al centro dell'area superficiale del Dominio Interno (nell'area pozzo Santa Maddalena 1dir – Stazione SPCA) e nelle vicinanze dei 4 vertici della medesima area (Stazioni POV1, POV2, POV3, POV4). Le distanze da SPCA sono comprese tra 2,8 e 4,7 km. A completamento della nuova rete, si considera inoltre anche la stazione FIU della Rete Sismica Nazionale, che ricade nel Dominio Esteso a 9,4 km da SPCA.

La stazione sismica esistente sarà pertanto rimossa con l'installazione della rete di monitoraggio, con la quale si proseguirà nel monitoraggio anche del rumore sismico di fondo.

Nella successiva figura 13 viene identificata la distribuzione dei punti di controllo come in precedenza definita (la distribuzione delle stazioni NSI è da ritenersi indicativa in relazione alla necessità di procedere alla definizione della disponibilità di idonea area).

In questa proposta si è ipotizzata quindi una rete costituita dai medesimi siti stazione utilizzati durante le fasi di studio preliminare, ma con livelli di rumore definiti solo per PVO1, PVO2, PVO3, PVO4 e FIU, mentre per SPCA è stata considerata la necessità di procedere alla installazione in pozzo a 200 metri di profondità al fine di garantire un tasso di diminuzione del rumore ambientale pari a 0,1 dB/m.

In tale situazione, l'abbassamento della soglia di acquisizione è evidente anche fino a 4 km di profondità. In particolare, con una installazione in pozzo, la stazione SPCA sarebbe in grado di rilevare eventi fino a magnitudo -0,3 in corrispondenza del giacimento di giacimento in esame e di contribuire in maniera decisiva al generale abbassamento della soglia di localizzazione.

Per quest'ultima si ottengono in questo caso valori compresi tra 0,7 a 0,8 passando da 1 a 4 km di profondità.

In corrispondenza del giacimento è previsto il raggiungimento di una soglia di localizzazione pari a 0,6.

Per quanto riguarda il bottom di DE, si ottiene una soglia di localizzazione compresa tra 0,9 e 1 nella zona SE del dominio, anche grazie alla presenza di FIU. A NW invece la soglia di localizzazione è compresa tra 1,0 e 1,1.

Nella figura seguente sono mostrati i potenziali siti selezionati, a seguito di sopralluoghi sul terreno e accordi con i comuni, per la preliminare ubicazione delle stazioni sismiche. I siti POV1 e POV2 ricadono nel comune di Galliera, mentre i POV3 e POV4 nel comune di San Pietro in Casale. L'ubicazione di dettaglio avverrà a seguito degli accordi con i proprietari dei terreni interessati.



Fig. 13: siti selezionati per stazioni sismiche esterne all'area pozzo

Per quanto riguarda le attività di installazione, manutenzione e gestione della rete di monitoraggio microsismico, nonché le relative fasi di monitoraggio ordinario della microsismicità, queste verranno condotte a cura di società specializzata.

Perforazione e posa di n. 1 sismografo in foro profondità 200 metri

Si prevede l'esecuzione di n. 1 foro a distruzione di nucleo, ubicato all'interno della piazzola pozzo Santa Maddalena 1dir, come illustrato nell'Appendice 1, con successivo allestimento per la installazione di un sensore sismico in foro.

Le indicazioni specifiche di realizzazione del foro di alloggiamento verranno fornite a cura della società incaricata della progettazione finale del sistema di monitoraggio e che provvederà anche alla posa della strumentazione in foro.

La perforazione è prevista avvenire mediante distruzione di nucleo, fino a profondità di 200 metri con eventuale utilizzo di rivestimento provvisorio, secondo diametro utile alla successiva installazione di tubo in PVC o acciaio zincato diam. 3", successiva cementazione laterale del foro e posa dei tappi di testa e di fondo foro.

Ove le condizioni locali e di foro lo consentano, la relativa estrazione di eventuale rivestimento verrà eseguita unicamente mediante trazione e senza rotazione.

L'iniezione della malta cementizia è prevista avvenire a bassa pressione, con risalita dal basso, mediante iniezione da fondo foro con uno o due tubi ausiliari.

Preventivamente alla posa della strumentazione, la società incaricata provvederà alla verifica di verticalità del sondaggio (differenza in gradi sessagesimali tra la direzione verticale e l'asse del sondaggio in corrispondenza della profondità di installazione del sensore non superiori valori di 1-1,5°, ovvero al massimo 5°.) e di completa rispondenza ai requisiti di ottimale gestione del sistema.

#### Realizzazione di n. 4 stazioni sismiche superficiali

In primo luogo è prevista la identificazione di aree logisticamente idonee alla installazione a medio lungo termine delle stazioni di controllo, anche in relazione alla necessità di conseguire la relativa disponibilità; in particolare dette aree dovranno essere il più possibile coerenti con le indicazioni preliminari fornite da INGV.

L'installazione delle stazioni di controllo sarà conseguita mediante realizzazione di piazzole recintate aventi dimensione indicativa di 4,00 x 4,00 metri o, comunque, idonee, all'alloggiamento delle strutture tecnologiche di stazione. La recinzione è prevista in rete metallica, con altezza 2 metri fissata su cordolo in cemento munita di cancelletto pedonale laterale di 1m x 2m chiuso da lucchetto. All'interno della piazzola è prevista la messa in opera di:

- pozzetto stazione, da ubicarsi su piattaforma/pilastrino in cemento vibrocompresso prefabbricato con spessore di 60 cm e superficie di 1,2 x 1,2 mq, ancorato al terreno mediante barre inox 316 del diametro di 30 mm e lunghezza 1 metro e doppia griglia elettrosaldata. I pilastri saranno protetti esternamente con blocco cavo quadrato in cemento precompresso di lato 1,2 metri e con un coperchio stagno di cm 120 x 120 in alluminio verniciato (spessore 1,2 cm).
- basamento base in calcestruzzo avente spessore di 10 cm per l'appoggio dei pannelli fotovoltaici di alimentazione.

Fornitura ed installazione degli apparati funzionali alla gestione della rete sismica

E' prevista la fornitura della seguente strumentazione utile sia alla gestione ordinaria della rete sismica sia a garantire la effettuazione di eventuali interventi urgenti in caso di malfunzionamento:

- n. 5 (4 per installazione + 1 di riserva in caso di guasto) acquisitori tipo Lunitek Mod. ATLAS-E3S/T equipaggiati con ricevitore GPS per la sincronizzazione del segnale tempo.
- N. 1 velocimetro tipo Lennartz LE-3D/BHs, compatibile, per caratteristiche tecniche, con quanto indicato dalle Linee Guida MISE DGRME (2014).
- N. 5 sistemi di alimentazione ciascuno composto da impianto fotovoltaico con 2 pannelli in silicio monocristallino (da 100 Wp ciascuno) e sistema di emergenza a batterie (si prevede su ciascun sito 4 batterie da 65 Ah o 3 da 100 Ah), qualora non disponibile il collegamento alla rete elettrica.
- N. 6 modem UMTS (di cui uno di riserva da impiegarsi in caso di guasto) tipo DIGICOM 8E4506 3G INDUSTRIAL PRO RS4852 per la trasmissione dati al Centro Elaborazione incaricato

La descrizione di cui sopra è indicativa e non esclude la scelta di altre soluzioni ingegneristiche, sempre e comunque condivise prima con la società incaricata del monitoraggio sismico.

Monitoraggio e gestione dati

Anche in questo caso, la progettazione e la installazione del sistema di monitoraggio e la successiva gestione e controllo della funzionalità dell'impianto ed alle fasi di validazione e conversione dei dati registrati secondo format utilizzabile dall'Ente (SPM) preposto alla elaborazione e sintesi rispetto ai dati di rete Sismica Nazionale, verranno condotte a cura di società specializzata.

L'attività sarà effettuata mediante controllo giornaliero del dato registrato prevedendo la verifica dello stato di funzionamento della rete, la individuazione di eventuali anomalie, la verifica dello stato on/off quotidiano delle stazioni e del livello del segnale/rumore di fondo con registrazione delle eventuali anomalie rilevate.

In relazione alla tipologia di monitoraggio ed alla utilità di una immediata e completa sintesi dei dati locali con quelli di altre stazioni di vigilanza poste sul territorio di area vasta, è prevista la trasmissione diretta dei dati in modalità "real-time" all'Ente (SPM) preposto alla elaborazione e sintesi rispetto ai dati di rete Sismica Nazionale (come individuato dal Ministero), anche ai fini di adeguata integrazione con le stazioni sismiche già presenti sul territorio in quanto dedicate al monitoraggio nazionale e/o regionale.



I dati sismici raccolti saranno inoltre trasmessi ed archiviati presso server scelto dall'azienda, in vista di eventuali successive verifiche che si rendessero necessarie a fronte di eventi ritenuti significativi.

Al termine di ogni anno solare è prevista la redazione di rapporto di sintesi illustrativo delle condizioni di funzionalità del sistema di rilevazione e di tabelle relative ai fenomeni sismici rilevati nella zona desumibile a partire dai dati pubblicati da INGV. Tale rapporto verrà trasmesso con cadenza annuale alle Amministrazioni interessate (ARPAE-REGIONE).

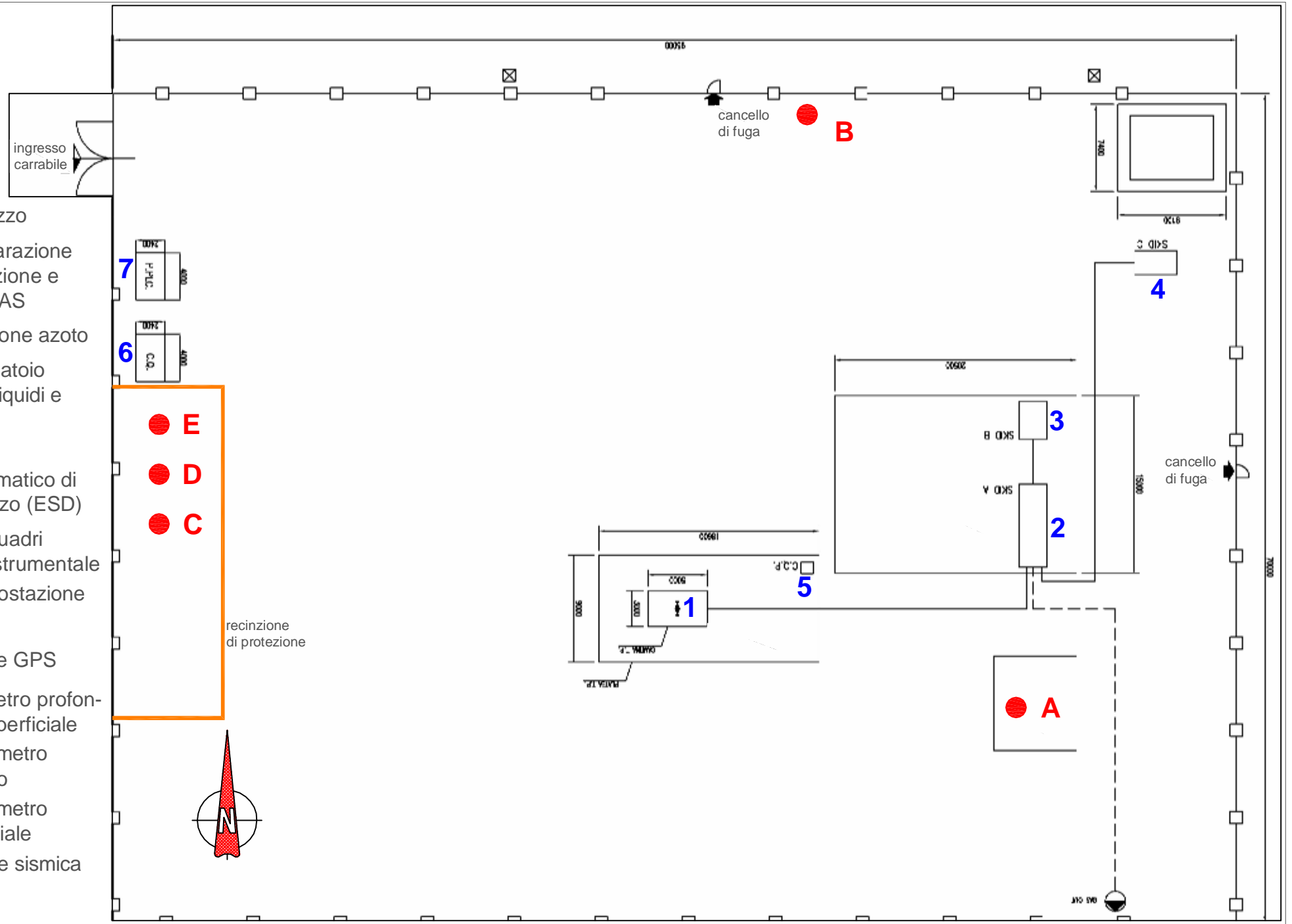
## **7. PREDISPOSIZIONE DI SISTEMA INFORMATIVO PUBBLICO**

Riguardo ai risultati relativi all'andamento della subsidenza ed agli aspetti generali di sismicità dell'area, si prevede di procedere alla predisposizione di un adeguato sistema di informazione pubblica, mediante realizzazione di apposita finestra sul sito web aziendale.

## **APPENDICE 1**

## Legenda

- 1** Testa pozzo
- 2** Skid separazione disidratazione e misura GAS
- 3** Generazione azoto
- 4** Skid serbatoio raccolta liquidi e soffione
- 5** Quadro idropneumatico di testa pozzo (ESD)
- 6** Cabina quadri elettrico strumentale
- 7** Cabina postazione pc e plc
- A** Stazione GPS
- B** Piezometro profondo e superficiale
- C** Assestimetro profondo
- D** Assestimetro superficiale
- E** Stazione sismica in foro



**Allegato 1**

**Report Monitoraggio Sismico Rumore Ambientale**

Installazione stazione sismica di monitoraggio del rumore sismico ambientale (Agosto 2016)

Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo Santa Maddalena 1Dir – (Maggio 2017)

Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo Santa Maddalena 1Dir – Report conclusivo  
(Ottobre 2017)

Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo Santa Maddalena 1Dir – Periodo Agosto  
2017 – febbraio 2018 - (Maggio 2018)

**Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo  
Santa Maddalena 1dir all'interno del giacimento di  
idrocarburi "Sant'Alberto", nel Comune di S.Pietro in  
Casale (BO)**

–

**Installazione della stazione sismica di monitoraggio del  
rumore sismico ambientale**



A cura di	Firma	Data
Dott. Roberto De Ferrari		26 Agosto 2016
Ph.D. Simone Barani		26 Agosto 2016

Approvato da	Firma	Data
Dott. Roberto De Ferrari		26 Agosto 2016

## Indice

Introduzione _____	1
Installazione Stazione Sismica _____	1
Segnale sismico _____	4
Conclusioni _____	5

## Indice delle figure

Figura 1 Stazione sismica SM1N completa di apparato di alimentazione con pannelli fotovoltaici .	2
Figura 2 Punto di installazione stazione sismica all'interno dell'area del pozzo S.Maddalena 1dir	2
Figura 3 Particolari dell'installazione: Box di protezione con acquirente GAIA con GPS e modem UR5.	3
Figura 4 Particolari dell'installazione: Batterie da 65 Ah.	3
Figura 5 Stazione sismica con apparato di alimentazione.	4
Figura 6 Finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di 5 minuti	4
Figura 7 Finestra relativa all'evento sismico Mw 6.0 del 24 Agosto ore 3:36 in provincia di Rieti	5



## Introduzione

Il report descrive le fasi di installazione della stazione sismica presso il pozzo S.Maddalena 1dir in località S.Pietro in Casale e mostra alcune registrazioni inviate nei primi giorni di monitoraggio dalla stazione al Centro Elaborazioni Dati (CED) dell'Università di Genova. La stazione installata è costituita da un apparato di acquisizione del segnale sismico, un sistema di trasmissione in tempo reale del segnale registrato e da un sistema di alimentazione. Durante i mesi di monitoraggio saranno eseguiti back-up giornalieri delle registrazioni inviate al CED su una macchina dedicata e saranno analizzati mediante opportuni software i file allo scopo di valutare le variazioni giorno notte dei livelli medi di rumore ambientale presso il sito monitorato.

Il monitoraggio proposto andrà a ottemperare a quanto indicato nella Prescrizione 8 espressa nel parere rilasciato dalla Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS della Regione Emilia Romagna del progetto di messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir. Le attività proposte andranno ad integrare quanto svolto dall'Istituto di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Milano per conto di Po Valley Operations PTY LTD nel periodo giugno 2015 e sono svolte secondo le indicazioni contenute nel documento redatto dal Ministero dello Sviluppo Economico " Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" (MISE-DGRME, 2014).

Di seguito sono brevemente descritte le fasi di installazione e le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata e sono mostrate alcune registrazioni inviate al CED nei primi giorni di attività della stazione.

## Installazione Stazione Sismica

La stazione, denominata SM1N, (Figura 1) è stata installata in corrispondenza di una piazzola in cemento all'interno dell'area del pozzo S.Maddalena 1dir (Figura 2). In dettaglio, essa consiste in:

- **Sismometro:** sensore velocimetrico Lennartz 3D/5s.
- **Acquisitore:** acquisitore GAIA 8 canali a 24 bit, sviluppato presso l'INGV, dal Laboratorio di Sismologia del Centro Nazionale Terremoti impostato con frequenza di campionamento pari a 100Hz
- **Sistema di trasmissione:** modem UMTS per trasmissione dati tipo 3G UMTS/HSDPA Router UR5
- **Sistema di alimentazione:** n.2 batterie da 65 Ah e n.3 pannelli fotovoltaici da 55W ciascuno



**Figura 1** Stazione sismica SM1N completa di apparato di alimentazione con pannelli fotovoltaici .

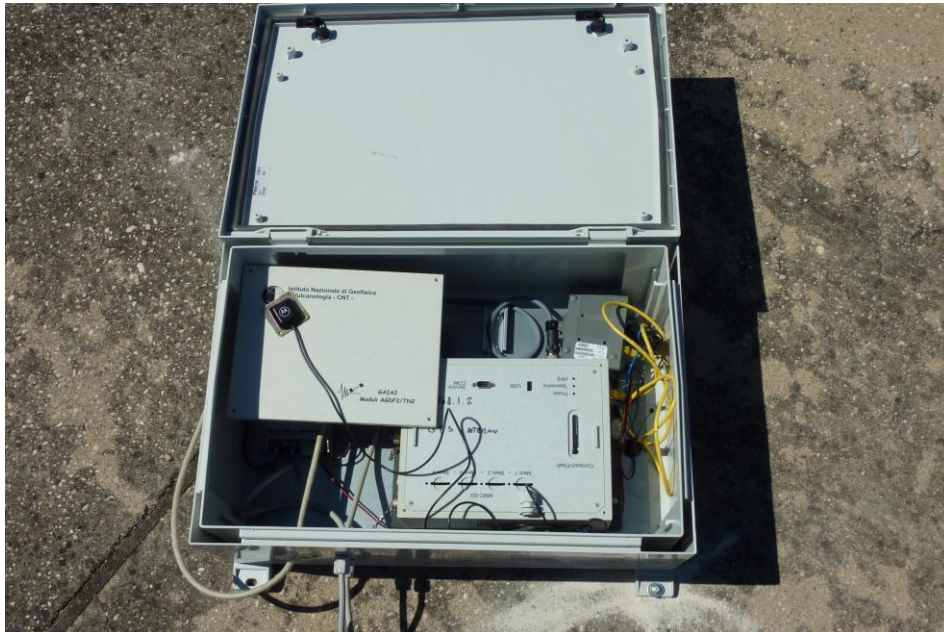
L'installazione del sensore velocimetrico ha previsto la messa in opera di un sistema di protezione costituito da un pozzetto cubico in cemento di lato 40cm opportunamente forato per il passaggio del cavo di collegamento con l'acquisitore.

L'acquisitore GAIA, completo di sistema GPS per la sincronizzazione del segnale di tempo, e il modem per la trasmissione via rete UMTS dei dati sono stati protetti all'interno di un box in PVC e fibra di vetro a tenuta stagna. Allo stesso modo sono state protette le batterie da 65 Ah ciascuna (Figura 3 - 4 ).



**Figura 2** Punto di installazione stazione sismica all'interno dell'area del pozzo S.Maddalena 1dir

La messa in opera del sistema di alimentazione con n.3 pannelli fotovoltaici ha previsto il montaggio di un supporto in barre di alluminio opportunamente ancorato al terreno mediante viti di fissaggio tipo "Fischer" a cui sono stati ancorati pannelli con l'utilizzo di opportune sistemi a vite (Figura 4 - 5).



**Figura 3** Particolari dell'installazione: Box di protezione con acquirente GAIA con GPS e modem UR5.



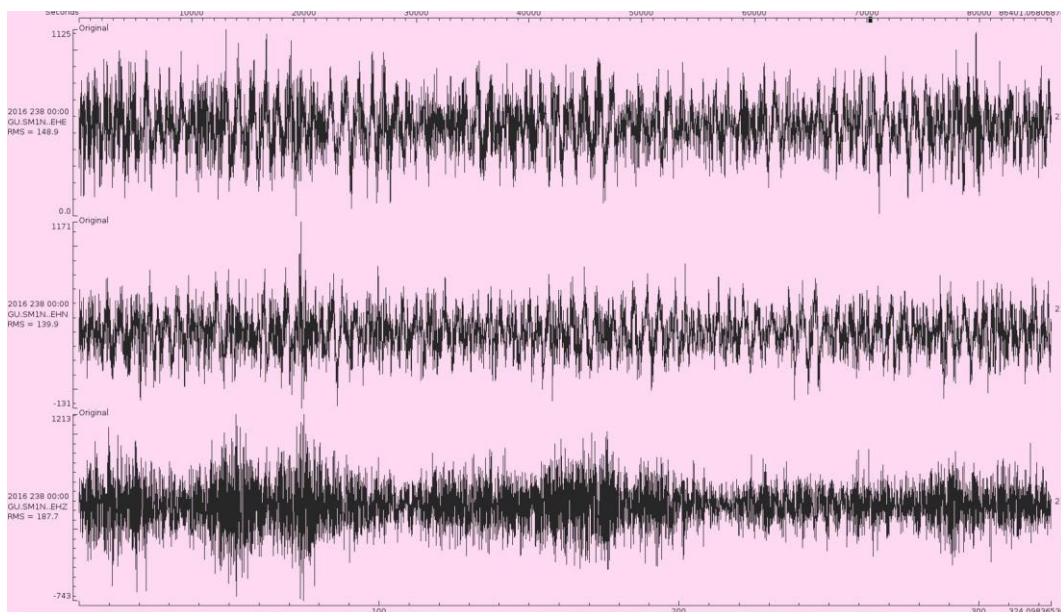
**Figura 4** Particolari dell'installazione: Batterie da 65 Ah.



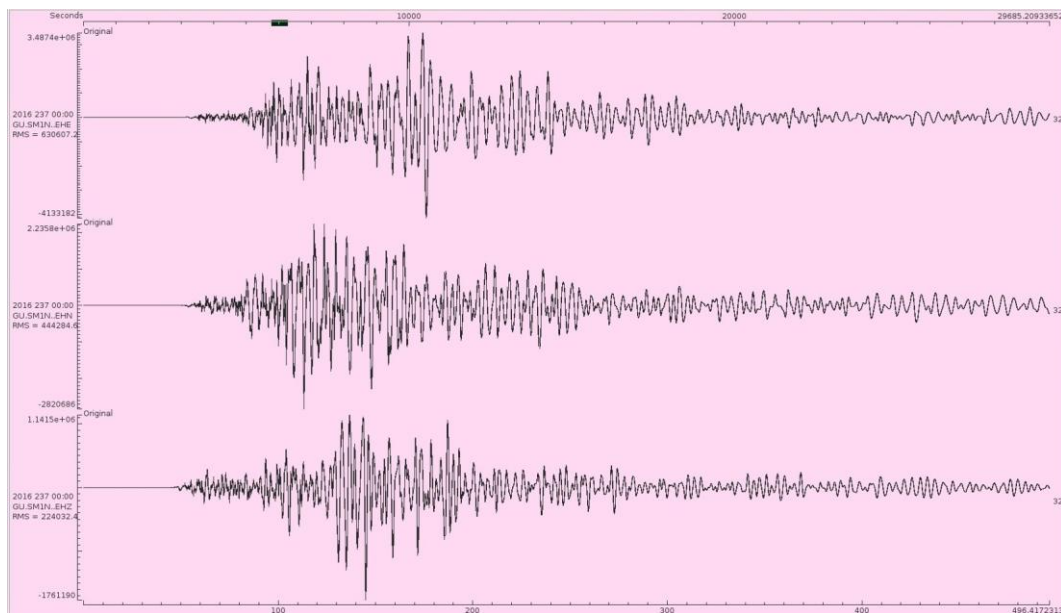
**Figura 5** Stazione sismica con apparato di alimentazione.

## Segnale sismico

A partire dalle 16:00 circa (ora locale) del 23 Agosto 2016 è iniziata l'acquisizione e la trasmissione del segnale registrato al CED dell'Università di Genova. Di seguito sono mostrate a titolo di esempio la registrazione di una finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di circa 5 minuti (Figura 6) e la registrazione dei primi 5 minuti di segnale associati al terremoto di magnitudo Mw 6.0 con epicentro in Provincia di Rieti delle ore 3:36 del 24 Agosto 2016 (Figura 7).



**Figura 6** Finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di 5 minuti



**Figura 7** Finestra relativa all'evento sismico Mw 6.0 del 24 Agosto ore 3:36 in provincia di Rieti

## Conclusioni

Il report descrive le fasi di installazione della stazione sismica presso il pozzo S.Maddalena 1dir in località S.Pietro in Casale e mostra alcune registrazioni inviate nei primi giorni di monitoraggio dalla stazione al Centro Elaborazioni Dati (CED) dell'Università di Genova.

La stazione installata è costituita da un apparato di acquisizione del segnale sismico, un sistema di trasmissione in tempo reale del segnale registrato e da un sistema di alimentazione. L'acquisizione e la trasmissione del dato al CED è iniziata dal pomeriggio del 23 Agosto 2016 e proseguirà per 8 mesi secondo quanto indicato nella Prescrizione 8 espressa nel parere rilasciato dalla Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS della Regione Emilia-Romagna del progetto di messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir. Le analisi del segnale acquisito finalizzate alla valutazione delle variazioni giorno notte dei livelli medi di rumore ambientale presso il sito monitorato saranno eseguite durante il periodo di monitoraggio e saranno riportate su successivi report.

**Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo  
Santa Maddalena 1dir all'interno del giacimento di  
idrocarburi "Sant'Alberto", nel Comune di S. Pietro in  
Casale (BO)**



A cura di	Firma	Data
Dott. Roberto De Ferrari		8 Maggio 2017
Ph.D. Simone Barani		8 Maggio 2017

Approvato da	Firma	Data
Dott. Roberto De Ferrari		8 Maggio 2017

## Indice

0. Introduzione	1
1. Installazione e Manutenzione della Stazione Sismica	1
2. Esempi di Segnale sismico	4
3. Valutazione del livello di rumore sismico	5
4. Conclusioni	9



## Indice delle figure

Figura 1 Stazione sismica SM1N.	2
Figura 2 Area di installazione.	2
Figura 3 Box di protezione con acquisitore GAIA, GPS e modem UR5.	3
Figura 4 Batterie tampone da 65 Ah.	3
Figura 5 Apparato di alimentazione.	4
Figura 6 Finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di 5 minuti.	4
Figura 7 Registrazione del terremoto del 24 Agosto, ora UTC 01:36, di $M_w$ 6.	5
Figura 8 Livello di rumore complessivo per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.	6
Figura 9 Livello di rumore mensile per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.	6
Figura 10 Livello di rumore settimanale per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.	6
Figura 11 Finestre di rumore (componente EHE)	7
Figura 12 Finestre di rumore maggiori o uguali al NHHM	8
Figura 13 Finestre di rumore comprese tra le curve corrispondenti al NLNM e al NHHM	9

## 1 Introduzione

Il report descrive gli esiti del monitoraggio del rumore sismico-ambientale presso il pozzo S. Maddalena 1dir in località S. Pietro in Casale allo scopo di esaminare il livello di rumore, in condizioni diurne e notturne, presso il suddetto sito.

Il monitoraggio fino a qui eseguito va ad ottemperare a quanto indicato nella Prescrizione 8 espressa nel parere rilasciato dalla Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS della Regione Emilia Romagna del progetto di messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir. Il monitoraggio è stato svolto secondo le indicazioni contenute nel documento redatto dal Ministero dello Sviluppo Economico "Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" (MISE-DGRME, 2014).

Lo studio ha previsto l'installazione di una stazione sismica di tipo velocimetrico comprensiva di un apparato di acquisizione, un sistema di trasmissione in tempo reale e un sistema di alimentazione. La stazione è stata installata in data 23 Agosto 2016, data a partire dalla quale il segnale registrato è stato inviato al Centro Elaborazione Dati (CED) della Rete Sismica dell'Italia Nord-occidentale (RSNI) dell'Università degli Studi di Genova.

L'analisi del livello del rumore sismico è stato condotto a partire da un dataset di registrazioni relative al periodo Agosto 2016 – Aprile 2017. Il livello di rumore, calcolato in termini di densità di potenza spettrale (PSD – *Power Spectral Density*), è stato quindi messo a confronto con le curve di riferimento rappresentative del "*low noise level*" NLNM e del NHNM "*high noise level*" (Perterson, 1993).

## 2 Installazione e Manutenzione della Stazione Sismica

La stazione, denominata SM1N, (Figura 1) è stata installata in corrispondenza di una piazzola in cemento all'interno dell'area del pozzo S. Maddalena 1dir (Figura 2). In dettaglio, essa consiste in:

- **Sismometro:** sensore velocimetrico Lennartz 3D/5s
- **Acquisitore:** nel periodo dal 23 agosto - 19 ottobre 2016 era funzionante un acquisitore GAIA 8 canali a 24 bit, sviluppato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), impostato con frequenza di campionamento pari a 100Hz; a causa di problemi di affidabilità, detto strumento è stato sostituito da un acquisitore Lunitek Mod. ATLAS-E3S/T 6 canali (anch'esso impostato con frequenza di campionamento pari a 100Hz), operante per tutto il periodo 19 Ottobre 2016 - 24 Aprile 2017; in entrambi i casi, gli acquisitori erano provvisti di antenna GPS per la definizione della posizione e la sincronizzazione di tempo dei segnali registrati
- **Sistema di trasmissione:** modem/Router per trasmissione dati tipo 3G UMTS/HSDPA Advantech UR5
- **Sistema di alimentazione:** n. 2 batterie al piombo da 65 Ah e n. 3 pannelli fotovoltaici da 55W ciascuno



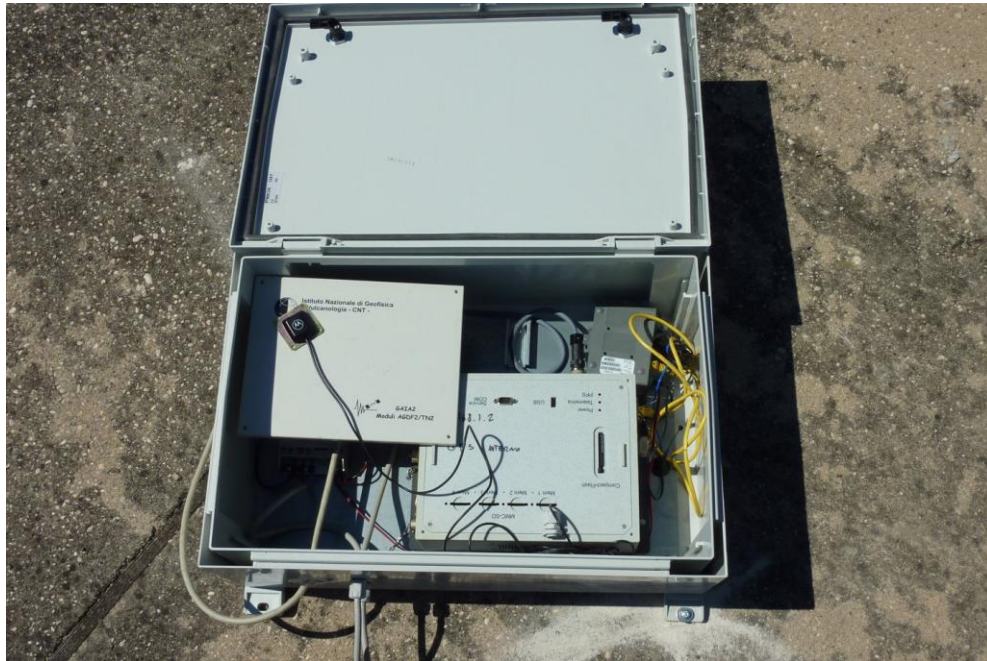
**Figura 1** Stazione sismica SM1N.



**Figura 2** Area di installazione.

L'installazione del sensore velocimetrico ha previsto la messa in opera di un sistema di protezione costituito da un pozzetto cubico in cemento di lato 40cm opportunamente forato per il passaggio del cavo di collegamento con l'acquisitore. L'acquisitore e il modem per la trasmissione dati via rete UMTS sono stati protetti all'interno di un box in PVC e fibra di vetro a tenuta stagna. Allo stesso modo sono state protette le batterie di alimentazione (Figura 3 - 4).

La messa in opera del sistema di alimentazione con n. 3 pannelli fotovoltaici ha previsto il montaggio di un supporto in barre di alluminio opportunamente ancorato al terreno mediante viti di fissaggio tipo "Fischer" a cui sono stati ancorati i pannelli con l'utilizzo di opportuni sistemi di serraggio a vite (Figura 4 - 5).



**Figura 3** Box di protezione con acquirente GAIA, GPS e modem UR5.



**Figura 4** Batterie tampone da 65 Ah.



Figura 5 Apparato di alimentazione.

### 3 Esempi di Segnale sismico

A partire dalle 16:00 circa (ora locale) del 23 Agosto 2016 è iniziata l'acquisizione e la trasmissione del segnale registrato al CED dell'Università di Genova. Di seguito sono mostrate a titolo di esempio la registrazione di una finestra notturna di rumore sismico-ambientale della durata di circa 5 minuti (Figura 6) e la registrazione dei primi 5 minuti di segnale associati al terremoto di magnitudo  $M_w$  6 con epicentro in Provincia di Rieti delle ore 3:36 (ora locale) del 24 Agosto 2016 (Figura 7).

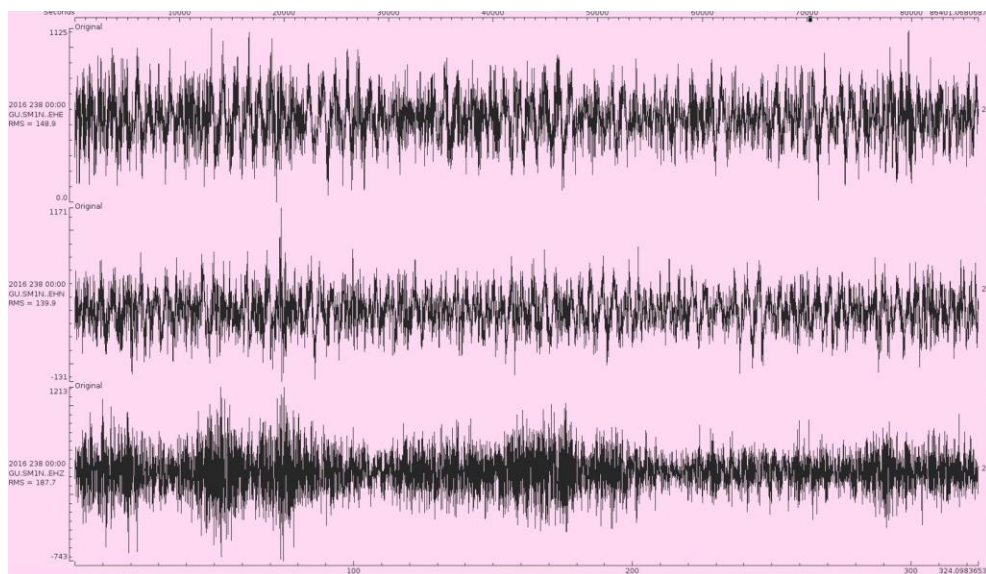
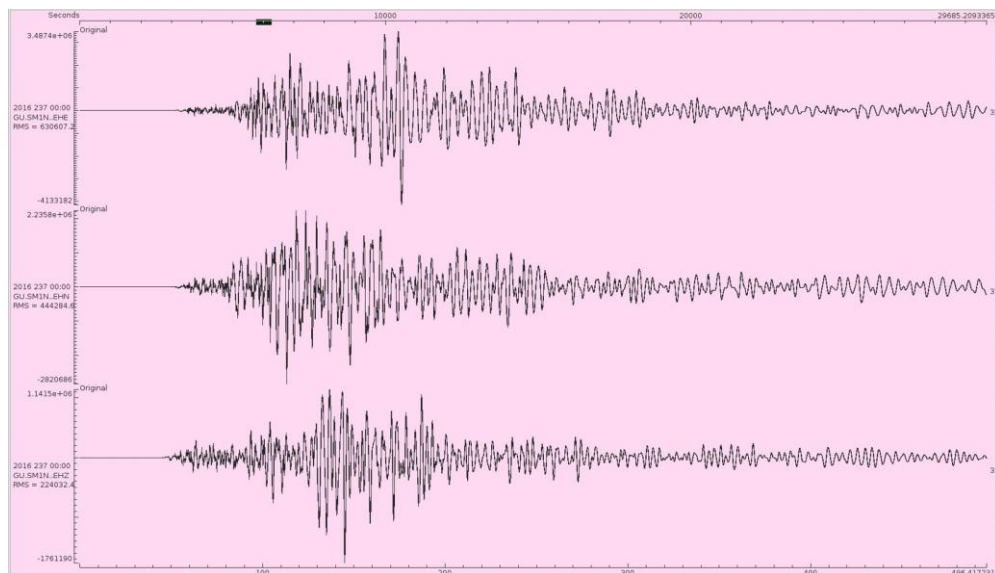


Figura 6 Finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di 5 minuti.



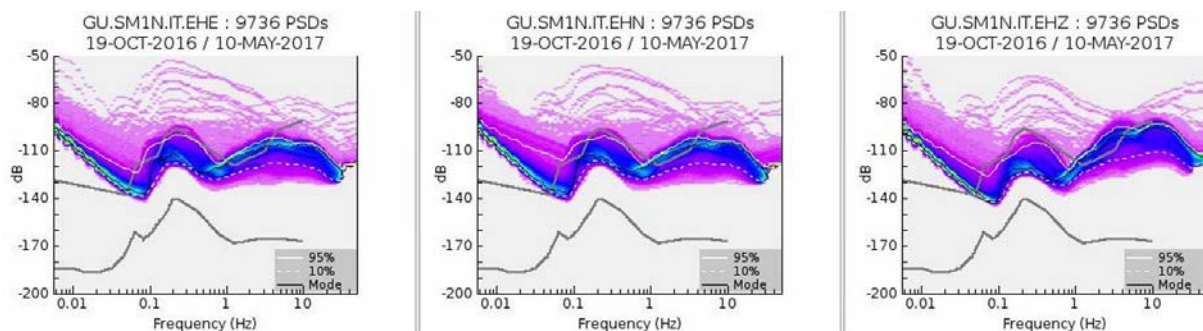
**Figura 7** Registrazione del terremoto del 24 Agosto, ora UTC 01:36, di  $M_w$  6 avvenuto in Provincia di Rieti.

#### 4 Valutazione del livello di rumore sismico

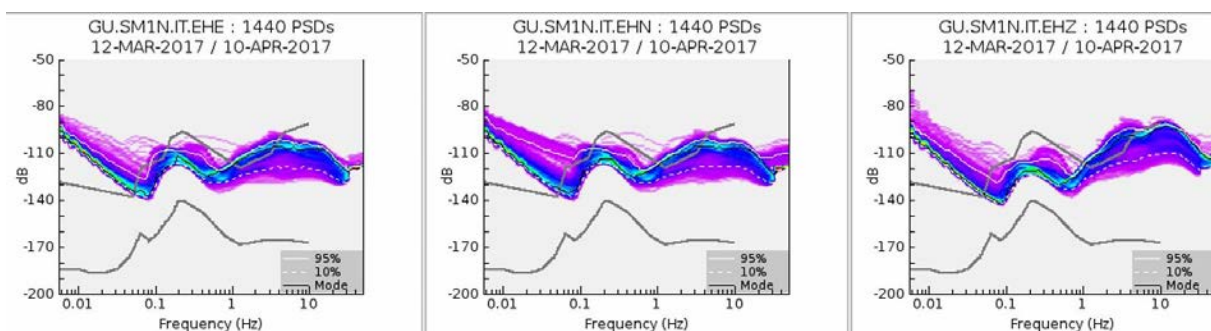
Il rumore sismico-ambientale è stato analizzato mediante il *software* “PQLX”, impiegato da numerose reti sismiche in tutto il mondo. Operativamente, per ogni segnale sismico, il *software* “PQLX” calcola e visualizza in un grafico la distribuzione della densità di potenza spettrale (PSD), in termini di funzione di densità di probabilità (PDF – *Probability Density Function*), in funzione della frequenza. L’analisi si basa sugli algoritmi di calcolo di McNamara and Buland (2004).

Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati di tale analisi riportanti le PDF del livello di *rumore* (in decibel dB) per tutto il periodo Ottobre 2016 – Maggio 2017, quelle per una finestra mensile (dal 12 Marzo al 10 Aprile 2017) e quelle ottenute per una finestra settimanale (dal 27 Aprile al 3 Maggio 2017) così da valutare la stazionarietà del segnale registrato. Nei grafici, ciascuna linea colorata rappresenta i valori di PSD per 30 minuti di segnale sismico.

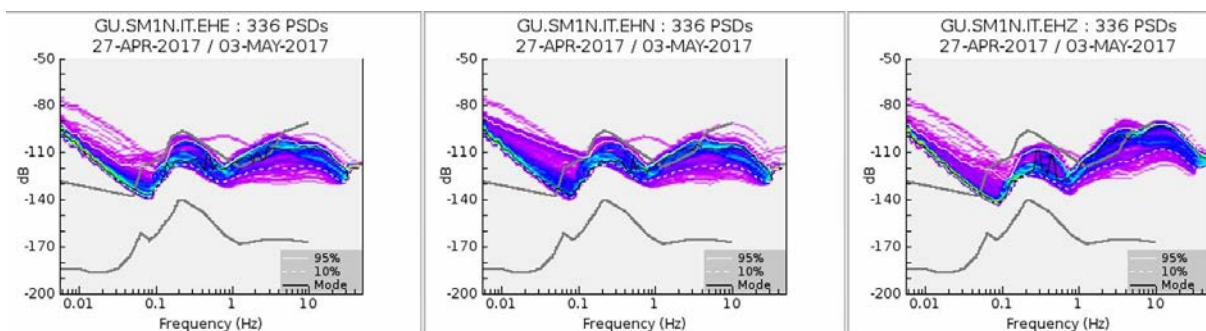
A più bassi valori di disturbo, espressi in dB, corrisponderà una migliore qualità della registrazione. Tali valori, a meno di situazioni particolari, dovrebbero comunque essere compresi entro le due curve grigie rappresentative del NLNM (New Low Noise Model, curva grigia in basso) e NHNM (New High Noise Model, curva grigia in alto) definite dall’Albuquerque Seismological laboratory (Peterson, 1993). I valori modali calcolati su tutte le PSD sono indicati dalla linea nera, che permette di valutare in modo speditivo le condizioni generali di rumore ambientale. In generale, l’andamento delle curve di PSD intorno a periodi prossimi a 0.1 secondi (frequenza di 10Hz) permette di capire quale sia il livello di rumore antropico, mentre intorno a periodi di circa 10 secondi (0.1Hz) è indicativo del livello di microsisma, cioè del rumore di fondo naturale legato a sorgenti lontane (es. il moto ondoso). Nelle Figure 8, 9 e 10 sono riportati i grafici relativi alle tre componenti (le due orizzontali EHE e EHN e quella verticale EHZ) del segnale sismico.



**Figura 8** Livello di rumore complessivo per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.

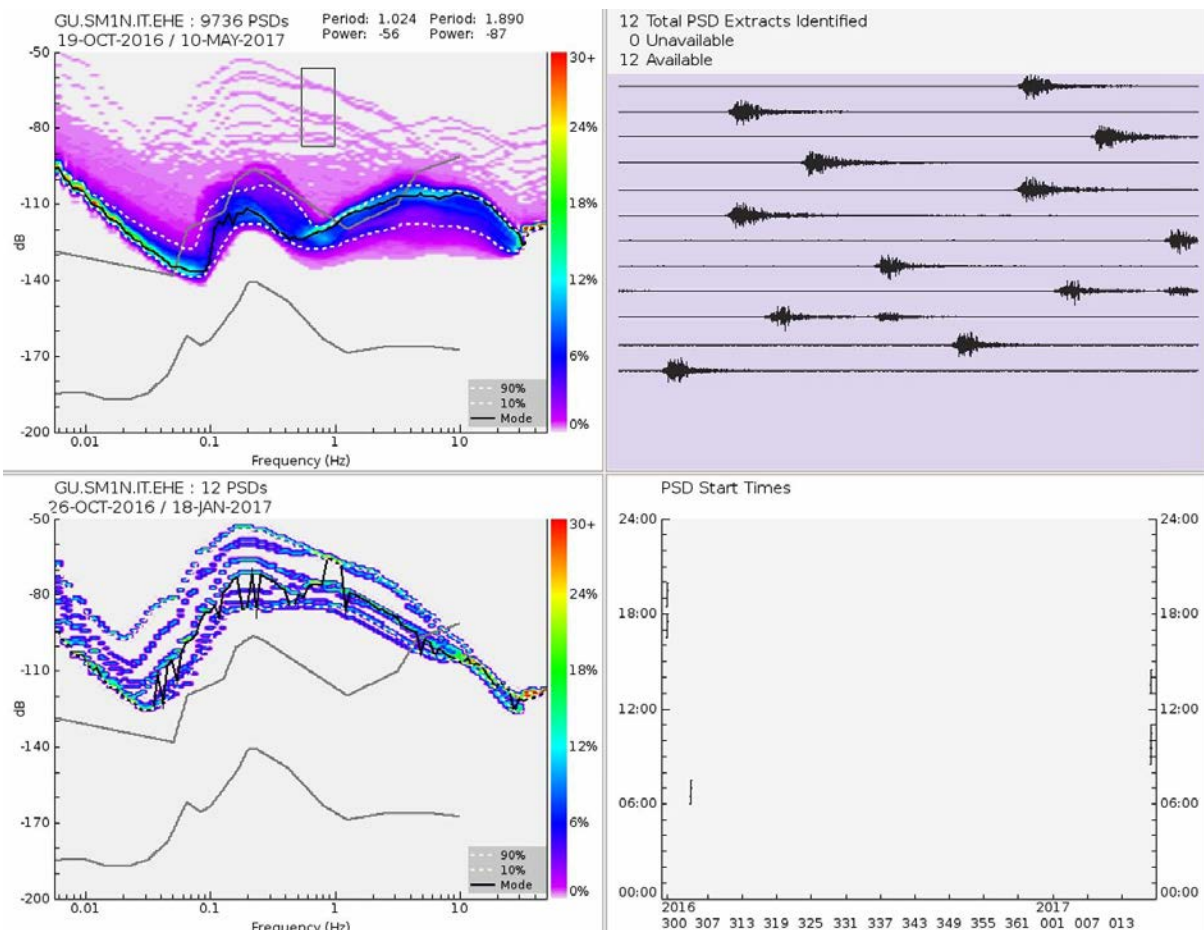


**Figura 9** Livello di rumore mensile per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.



**Figura 10** Livello di rumore settimanale per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.

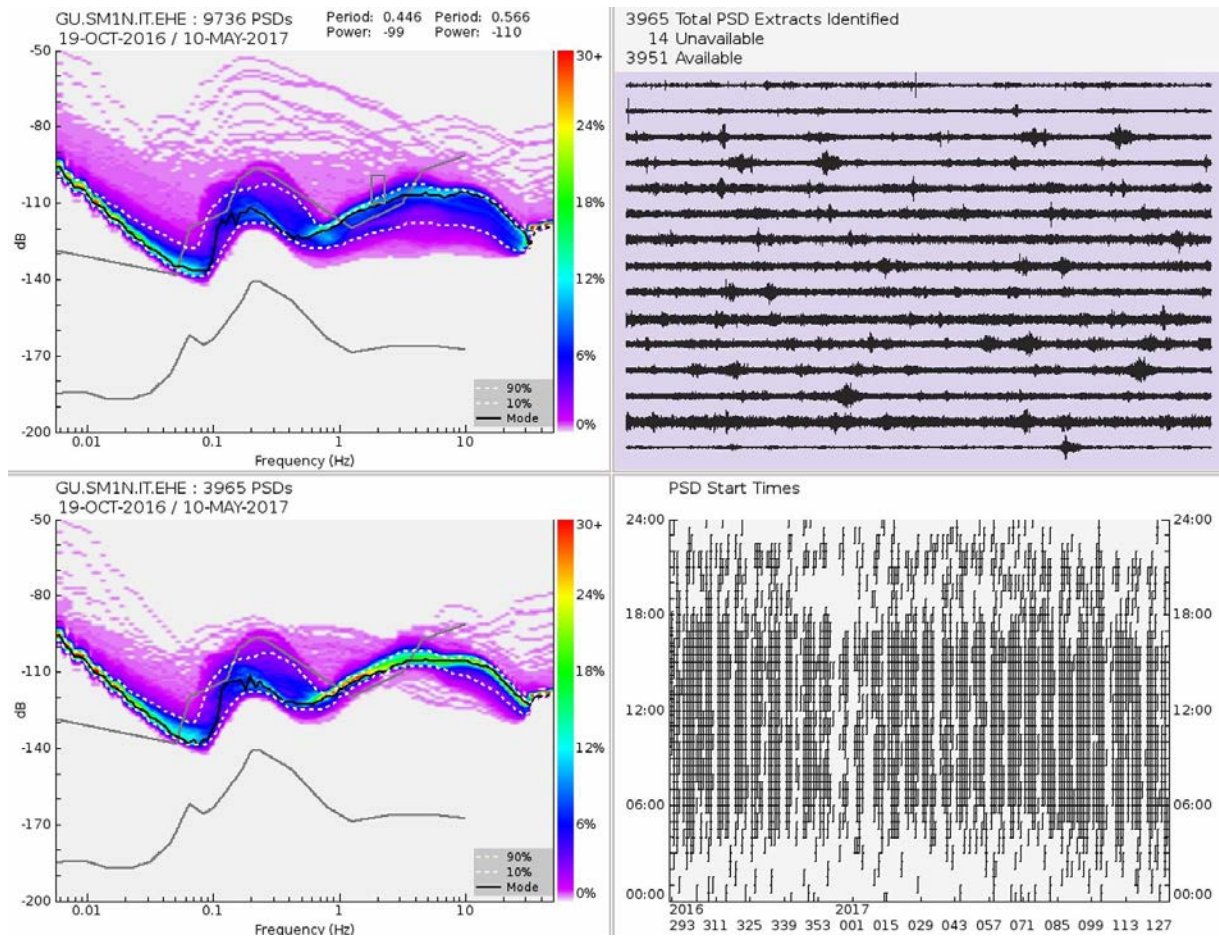
In generale, dalle figure precedenti, il sito di studio può essere considerato mediamente rumoroso dal punto di vista sismologico, in linea con quanto noto in letteratura per stazioni installate nell'area della Pianura Padana (Franceschina et al. 2015). Il livello di rumore risulta abbastanza elevato per frequenze maggiori di 1Hz dove la curva modale (in nero) tende a sovrapporsi a quella corrispondente al NHNM. Le variazioni più significative rispetto al trend medio mostrato dalle PSD sono associabili alle registrazioni dei terremoti della sequenza dell'Appennino Centrale nel periodo Agosto-Ottobre 2016, periodo in cui sono stati registrati numerosi terremoti con magnitudo significativa (maggiore di 4.5). A tal proposito, Figura 11 evidenzia le curve PSD per alcune finestre di segnale in cui sono stati registrati i terremoti della sequenza sopra menzionata.



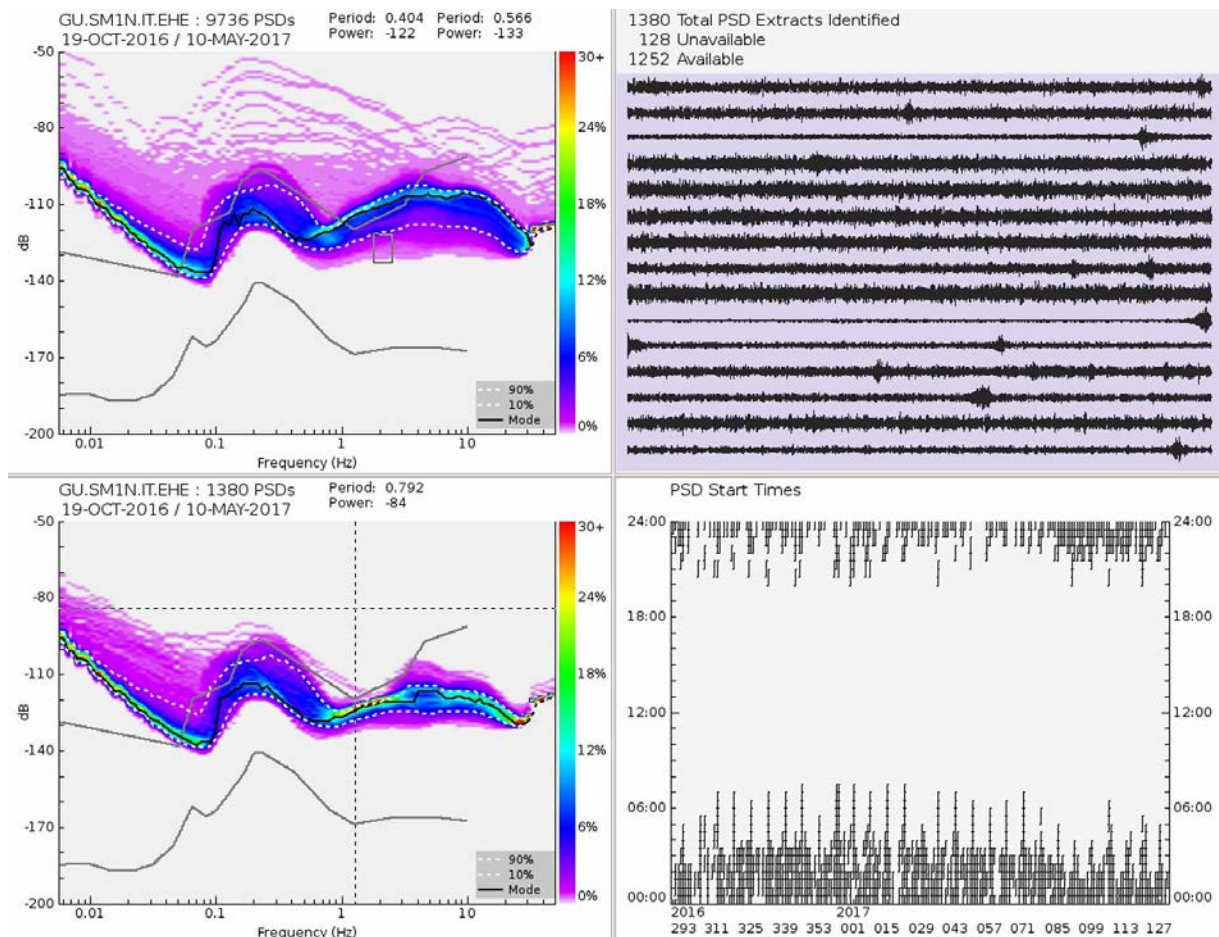
**Figura 11** Finestre di rumore (componente EHE) comprendenti alcuni eventi sismici avvenuti nel periodo Ottobre 2016 - maggio 2017. I pannelli in basso mostrano le PSD degli eventi selezionati nel rettangolo grigio nella figura in alto a sx.

Al fine di valutare la variazione giorno/notte del livello di rumore ambientale, sono state analizzate distintamente le finestre di segnale con PSD superiore alla curva corrispondente al NHNM, ovvero inferiore, nell'intervallo di periodo compreso tra circa 0.4s e 0.6s. Da tale analisi appare evidente come le finestre con valori di PSD superiori alla curva di riferimento sono prevalentemente concentrate nel periodo diurno compreso tra le 06:00 e le 18:00 (Figura 12); di contro, le finestre meno rumorose, con valori di PSD inferiori al livello definito dal NHNM, sono quelle notturne comprese nell'intervallo 18:00 e 06:00 (Figura 13).





**Figura 12** Finestre di rumore maggiori o uguali al NHNM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) nel periodo Ottobre 2016 – maggio 2017 per la componente orizzontale EHE.



**Figura 13** Finestre di rumore comprese tra le curve corrispondenti al NLNM e al NHNM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) registrate nel periodo Ottobre 2016 – maggio 2017 per la componente orizzontale EHE.

## 5 Conclusioni

Il report ha mostrato i risultati dell'analisi del livello di rumore sismico-ambientale registrato dalla stazione velocimetrica installata presso il pozzo S. Maddalena 1dir in località S. Pietro in Casale. L'acquisizione, iniziata in data 23 Agosto 2016, è proseguita per 8 mesi secondo quanto indicato concordato tra le parti per ottemperare a quanto richiesto nella Prescrizione 8 espressa nel parere rilasciato dalla Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS della Regione Emilia-Romagna del progetto di messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir.

Dall'analisi del segnale registrato si è potuto evincere che il sito di studio è caratterizzato da un livello di rumore mediamente elevato, soprattutto per frequenze maggiori di 1Hz, in cui si concentra il rumore di origine antropica. Non a caso i livelli maggiori di rumore sono riscontrabile nella fascia orario diurna, tra le 06:00 e le 18:00. Tali risultati confermano quanto preliminarmente individuato nello studio di fattibilità redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Milano per conto di Po Valley Operations PTY LTD nel periodo giugno 2015 .

## **Bibliografia**

Franceschina G., Augliera, P., Lovati, S., & Massa, M. (2015). Surface seismic monitoring of a natural gas storage reservoir in the Po Plain (Northern Italy). *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* Vol. 56, n. 4, pp. 489-504; December 2015

MISE-DGRME (2014). Ministero dello Sviluppo Economico - Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche - Gruppo di lavoro CIRM, Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche, Roma 24/11/2014

[http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/151\\_238.pdf](http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/151_238.pdf)

McNamara, D.E. and R.P. Buland (2004). Ambient Noise Levels in the Continental United States, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 4, 1517-1527

Perterson (1993). Observation and modeling of seismic background noise. *U.S. Geol. Surv. Tech. Rept.*, 93-322, 1-95,

**Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo  
Santa Maddalena 1dir all'interno del giacimento di  
idrocarburi "Sant'Alberto", nel Comune di S. Pietro in  
Casale (BO) - Report Conclusivo**



A cura di	Firma	Data
Dott. Roberto De Ferrari		30 Ottobre 2017
Ph.D. Simone Barani		30 Ottobre 2017

Approvato da	Firma	Data
Dott. Roberto De Ferrari		30 Ottobre 2017

## Indice

1	Introduzione	1
2	Installazione e Manutenzione della Stazione Sismica	1
3	Esempi di Segnale sismico	4
4	Valutazione del livello di rumore sismico	5
5	Conclusioni	12

## Indice delle figure

Figura 1 Stazione sismica SM1N. _____	2
Figura 2 Area di installazione. _____	2
Figura 3 Box di protezione con acquirente GAIA, GPS e modem UR5. _____	3
Figura 4 Batterie tampone da 65 Ah. _____	3
Figura 5 Apparato di alimentazione. _____	4
Figura 6 Finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di 5 minuti. _____	4
Figura 7 Registrazione del terremoto del 24 Agosto, ora UTC 01:36, di $M_w$ 6 avvenuto in Provincia di Rieti. _____	5
Figura 8 Livello di rumore complessivo per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ nel periodo ottobre 2016 - maggio 2017. _____	6
Figura 9 Livello di rumore complessivo per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ nel periodo aprile 2017 - agosto 2017. _____	6
Figura 10 Livello di rumore mensile per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ nel periodo 23 luglio - 23 agosto 2017. _____	6
Figura 11 Livello di rumore settimanale per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ nel periodo 10 - 17 agosto 2017. _____	6
Figura 12 Finestre di rumore (componente EHE) comprendenti alcuni eventi sismici avvenuti nel periodo Ottobre 2016 - maggio 2017. I pannelli in basso mostrano le PSD degli eventi selezionati nel rettangolo grigio nella figura in alto a sx. _____	7
Figura 13 Finestre di rumore maggiori o uguali al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) nel periodo Ottobre 2016 – maggio 2017 per la componente orizzontale EHE. _____	8

Figura 14 Finestre di rumore maggiori o uguali al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) nel periodo Aprile 2017 – Agosto 2017 per la componente orizzontale EHE. \_\_\_\_\_ 9

Figura 15 Finestre di rumore comprese tra le curve corrispondenti al NLNM e al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) registrate nel periodo Ottobre 2016 – maggio 2017 per la componente orizzontale EHE. \_\_\_\_\_ 10

Figura 16 Finestre di rumore comprese tra le curve corrispondenti al NLNM e al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) registrate nel periodo Aprile 2017 – Agosto 2017 per la componente orizzontale EHE. \_\_\_\_\_ 11



## 1 Introduzione

Il report descrive gli esiti del monitoraggio del rumore sismico-ambientale presso il pozzo S. Maddalena 1dir in località S. Pietro in Casale allo scopo di esaminare il livello di rumore, in condizioni diurne e notturne, presso il suddetto sito.

Il monitoraggio fino a qui eseguito va ad ottemperare a quanto indicato nella Prescrizione 8 espressa nel parere rilasciato dalla Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS della Regione Emilia Romagna del progetto di messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir. Il monitoraggio è stato svolto secondo le indicazioni contenute nel documento redatto dal Ministero dello Sviluppo Economico "Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" (MISE-DGRME, 2014).

Lo studio ha previsto l'installazione di una stazione sismica di tipo velocimetrico comprensiva di un apparato di acquisizione, un sistema di trasmissione in tempo reale e un sistema di alimentazione. La stazione è stata installata in data 23 Agosto 2016, data a partire dalla quale il segnale registrato è stato inviato al Centro Elaborazione Dati (CED) della Rete Sismica dell'Italia Nord-occidentale (RSNI) dell'Università degli Studi di Genova.

L'analisi del livello del rumore sismico è stato condotto a partire da un dataset di registrazioni relative al periodo Agosto 2016 – Agosto 2017. Il livello di rumore, calcolato in termini di densità di potenza spettrale (PSD – *Power Spectral Density*), è stato quindi messo a confronto con le curve di riferimento rappresentative del "*low noise level*" NLNM e del NHNM "*high noise level*" (Perterson, 1993).

## 2 Installazione e Manutenzione della Stazione Sismica

La stazione, denominata SM1N, (Figura 1) è stata installata in corrispondenza di una piazzola in cemento all'interno dell'area del pozzo S. Maddalena 1dir (Figura 2). In dettaglio, essa consiste in:

- **Sismometro:** sensore velocimetrico Lennartz 3D/5s
- **Acquisitore:** nel periodo dal 23 agosto - 19 ottobre 2016 era funzionante un acquisitore GAIA 8 canali a 24 bit, sviluppato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), impostato con frequenza di campionamento pari a 100Hz; a causa di problemi di affidabilità, detto strumento è stato sostituito da un acquisitore Lunitek Mod. ATLAS-E3S/T 6 canali (anch'esso impostato con frequenza di campionamento pari a 100Hz), operante per tutto il periodo 19 Ottobre 2016 - 31 Agosto 2017; in entrambi i casi, gli acquisitori erano provvisti di antenna GPS per la definizione della posizione e la sincronizzazione di tempo dei segnali registrati
- **Sistema di trasmissione:** modem/Router per trasmissione dati tipo 3G UMTS/HSDPA Advantech UR5
- **Sistema di alimentazione:** n. 2 batterie al piombo da 65 Ah e n. 3 pannelli fotovoltaici da 55W ciascuno



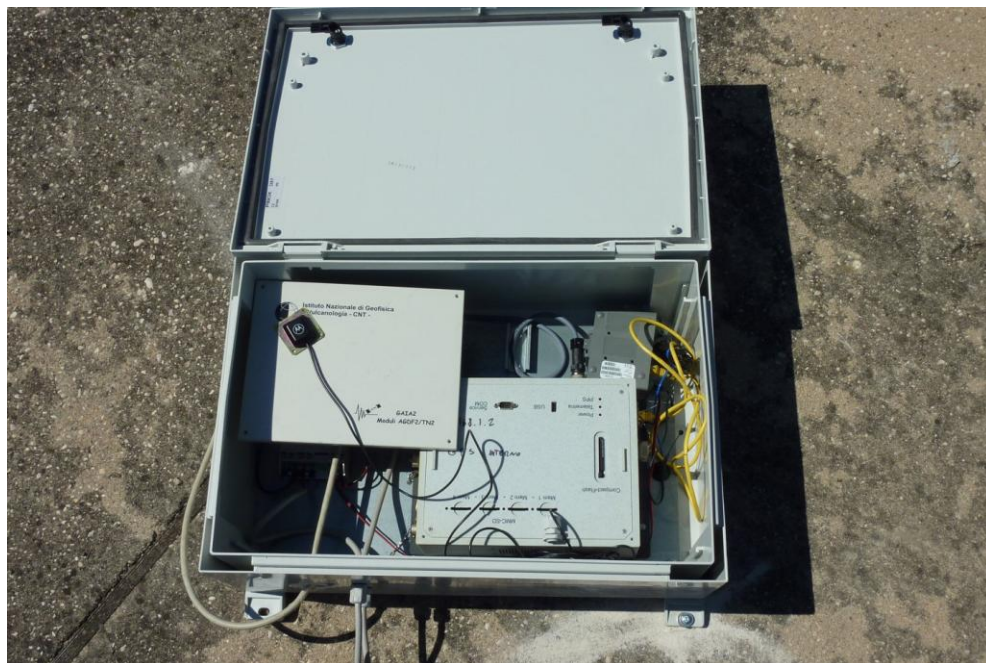
**Figura 1** Stazione sismica SM1N.



**Figura 2** Area di installazione.

L'installazione del sensore velocimetrico ha previsto la messa in opera di un sistema di protezione costituito da un pozzetto cubico in cemento di lato 40cm opportunamente forato per il passaggio del cavo di collegamento con l'acquisitore. L'acquisitore e il modem per la trasmissione dati via rete UMTS sono stati protetti all'interno di un box in PVC e fibra di vetro a tenuta stagna. Allo stesso modo sono state protette le batterie di alimentazione (Figura 3 - 4).

La messa in opera del sistema di alimentazione con n. 3 pannelli fotovoltaici ha previsto il montaggio di un supporto in barre di alluminio opportunamente ancorato al terreno mediante viti di fissaggio tipo "Fischer" a cui sono stati ancorati i pannelli con l'utilizzo di opportuni sistemi di serraggio a vite (Figura 4 - 5).



**Figura 3** Box di protezione con acquirente GAIA, GPS e modem UR5.



**Figura 4** Batterie tampone da 65 Ah.



Figura 5 Apparato di alimentazione.

### 3 Esempi di Segnale sismico

A partire dalle 16:00 circa (ora locale) del 23 Agosto 2016 è iniziata l'acquisizione e la trasmissione del segnale registrato al CED dell'Università di Genova. Di seguito sono mostrate a titolo di esempio la registrazione di una finestra notturna di rumore sismico-ambientale della durata di circa 5 minuti (Figura 6) e la registrazione dei primi 5 minuti di segnale associati al terremoto di magnitudo  $M_w$  6 con epicentro in Provincia di Rieti delle ore 3:36 (ora locale) del 24 Agosto 2016 (Figura 7).

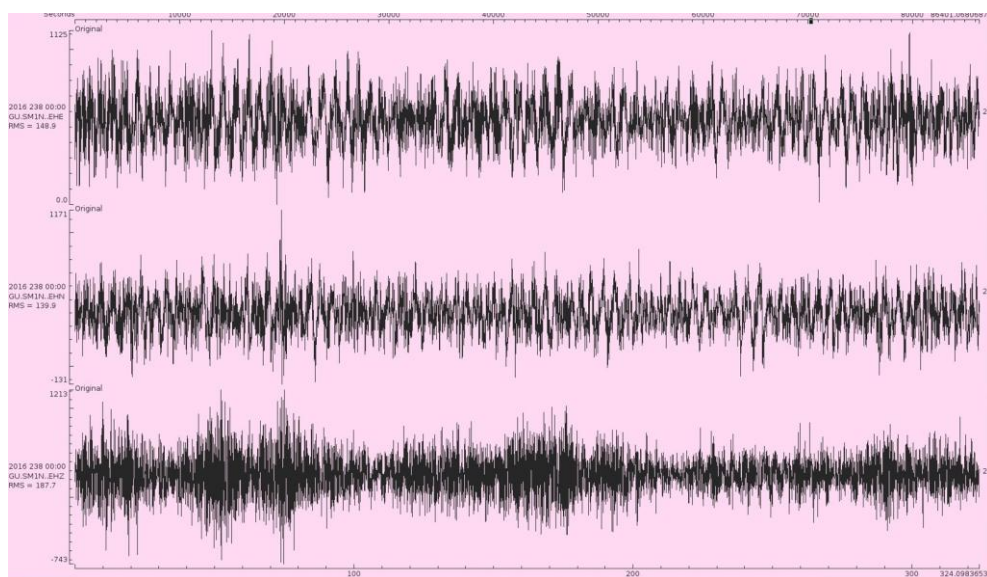


Figura 6 Finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di 5 minuti.

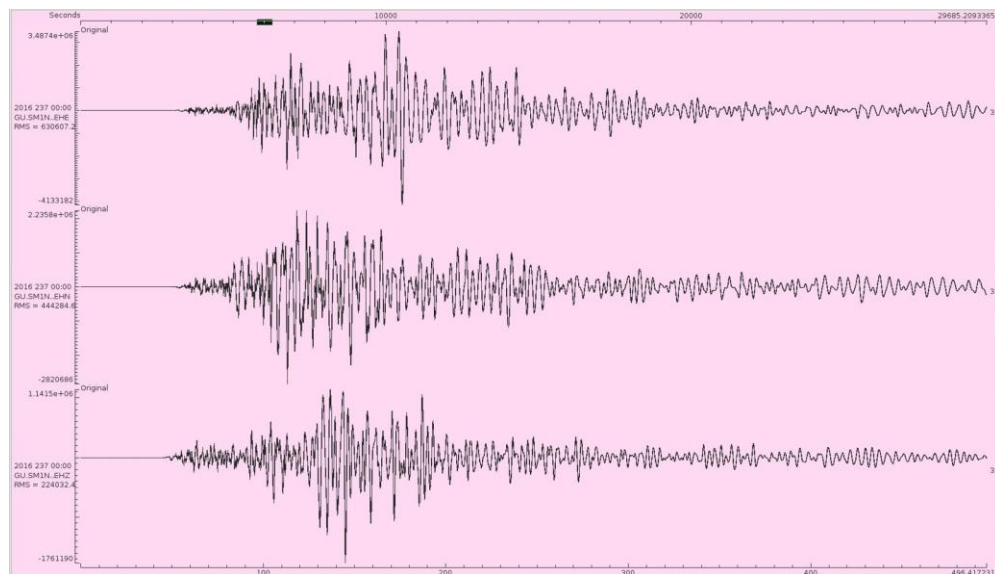


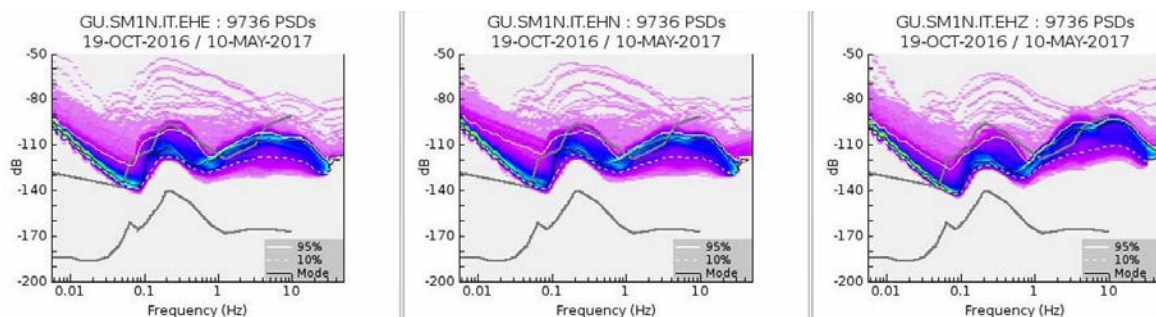
Figura 7 Registrazione del terremoto del 24 Agosto, ora UTC 01:36, di  $M_w$  6 avvenuto in Provincia di Rieti.

#### 4 Valutazione del livello di rumore sismico

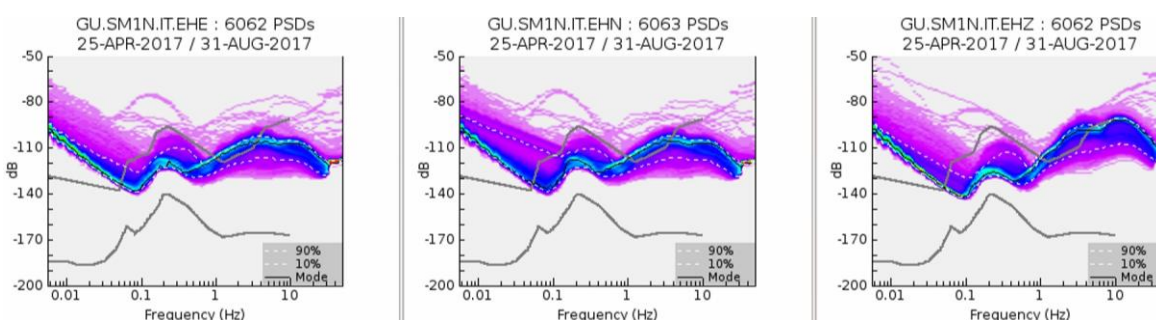
Il rumore sismico-ambientale è stato analizzato mediante il software “PQLX”, impiegato da numerose reti sismiche in tutto il mondo. Operativamente, per ogni segnale sismico, il software “PQLX” calcola e visualizza in un grafico la distribuzione della densità di potenza spettrale (PSD), in termini di funzione di densità di probabilità (PDF – *Probability Density Function*), in funzione della frequenza. L’analisi si basa sugli algoritmi di calcolo di McNamara and Buland (2004).

Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati di tale analisi riportanti le PDF del livello di rumore (in decibel dB) per tutto il periodo Ottobre 2016 – Agosto 2017, quelle per una finestra mensile (dal 23 Luglio al 23 Agosto 2017) e quelle ottenute per una finestra settimanale (dal 10 Agosto al 17 Agosto 2017) così da valutare la stazionarietà del segnale registrato. Nei grafici, ciascuna linea colorata rappresenta i valori di PSD per 30 minuti di segnale sismico.

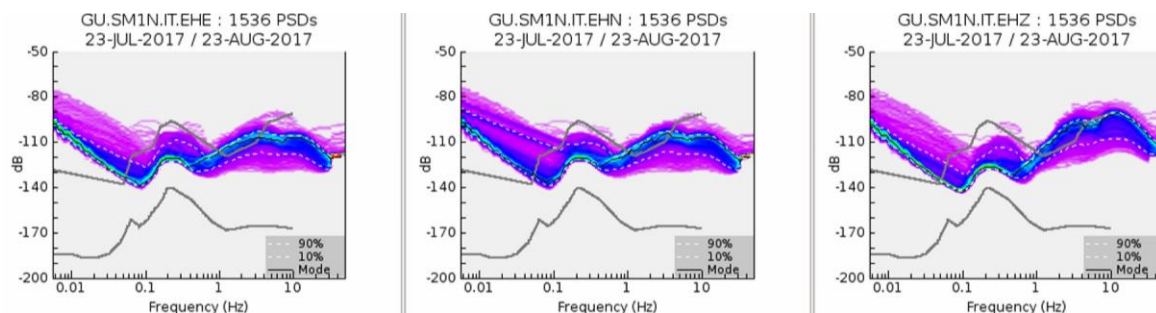
A più bassi valori di disturbo, espressi in dB, corrisponderà una migliore qualità della registrazione. Tali valori, a meno di situazioni particolari, dovrebbero comunque essere compresi entro le due curve grigie rappresentative del NLNM (New Low Noise Model, curva grigia in basso) e NHNM (New High Noise Model, curva grigia in alto) definite dall’Albuquerque Seismological laboratory (Peterson, 1993). I valori modali calcolati su tutte le PSD sono indicati dalla linea nera, che permette di valutare in modo speditivo le condizioni generali di rumore ambientale. In generale, l’andamento delle curve di PSD intorno a periodi prossimi a 0.1 secondi (frequenza di 10Hz) permette di capire quale sia il livello di rumore antropico, mentre intorno a periodi di circa 10 secondi (0.1Hz) è indicativo del livello di microsisma, cioè del rumore di fondo naturale legato a sorgenti lontane (es. il moto ondoso). Nelle Figure 8, 9, 10 e 11 sono riportati i grafici relativi alle tre componenti (le due orizzontali EHE e EHN e quella verticale EHZ) del segnale sismico.



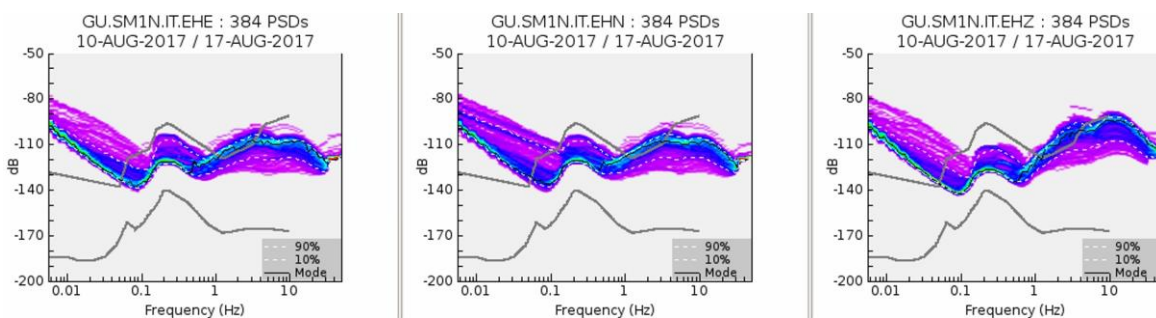
**Figura 8** Livello di rumore complessivo per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ nel periodo ottobre 2016 - maggio 2017.



**Figura 9** Livello di rumore complessivo per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ nel periodo aprile 2017 - agosto 2017.

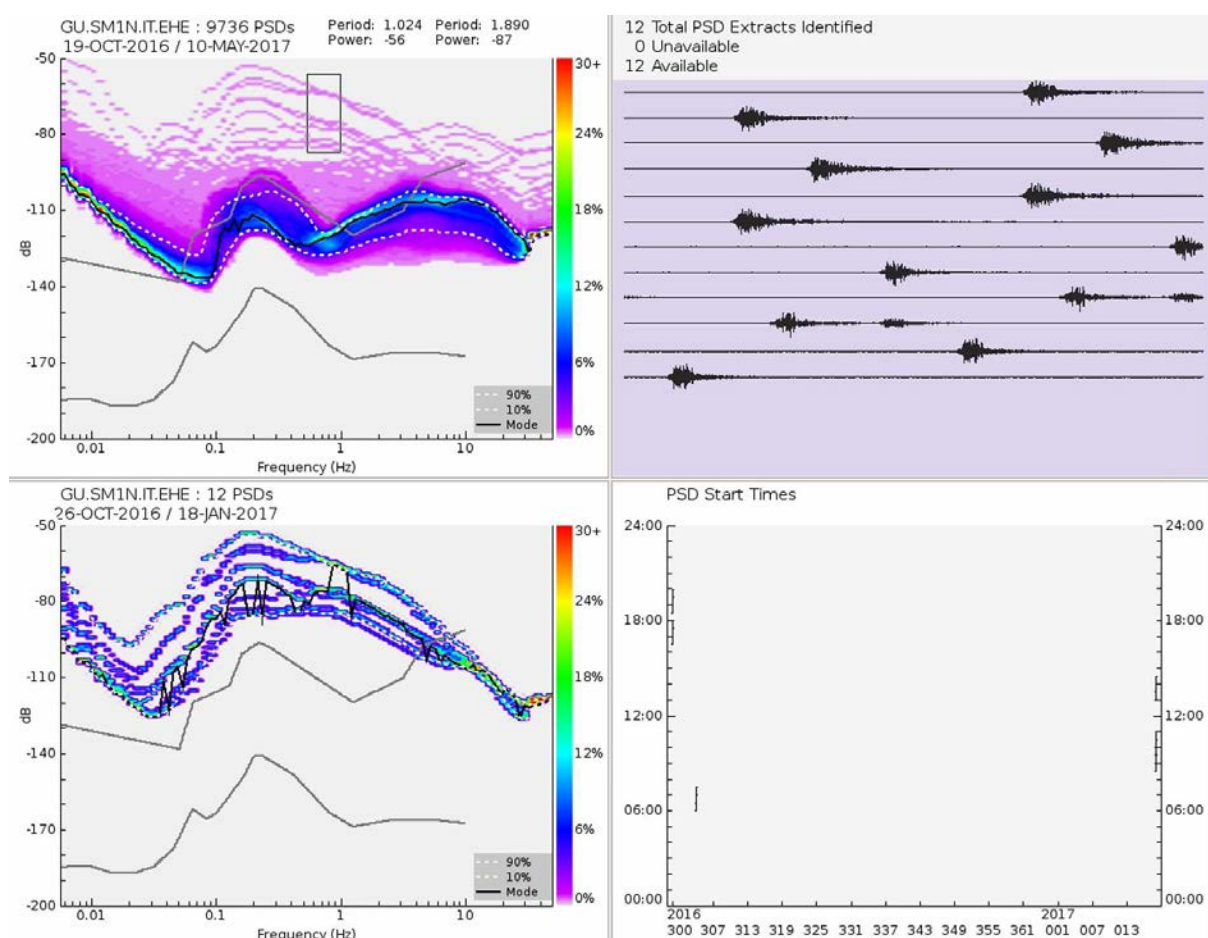


**Figura 10** Livello di rumore mensile per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ nel periodo 23 luglio - 23 agosto 2017.



**Figura 11** Livello di rumore settimanale per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ nel periodo 10 - 17 agosto 2017.

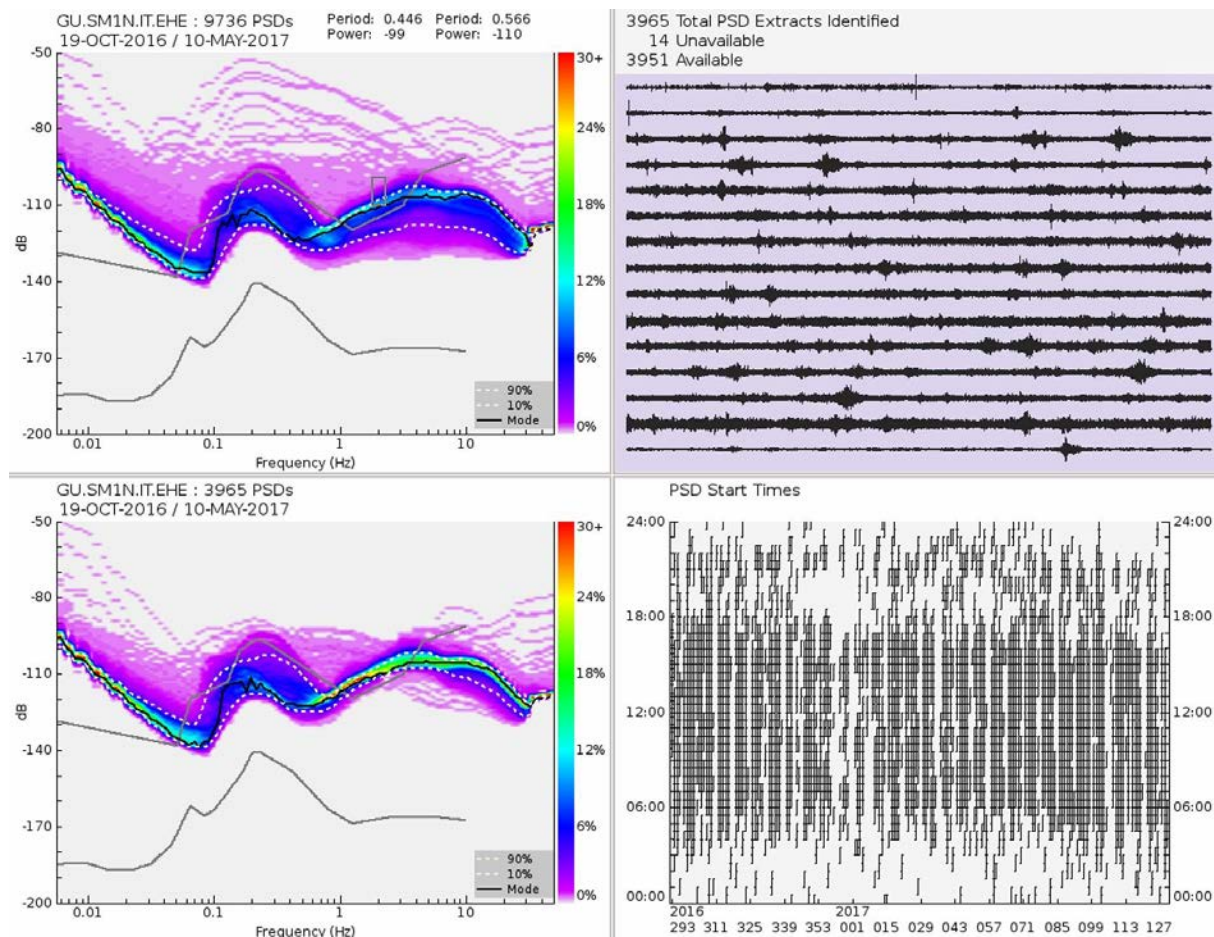
In generale, dalle figure precedenti, il sito di studio può essere considerato mediamente rumoroso dal punto di vista sismologico, in linea con quanto noto in letteratura per stazioni installate nell'area della Pianura Padana (Franceschina et al. 2015). Il livello di rumore risulta abbastanza elevato per frequenze maggiori di 1Hz dove la curva modale (in nero) tende a sovrapporsi a quella corrispondente al NHNM. Le variazioni più significative rispetto al trend medio mostrato dalle PSD sono associabili alle registrazioni dei terremoti della sequenza dell'Appennino Centrale nel periodo Agosto-Ottobre 2016, periodo in cui sono stati registrati numerosi terremoti con magnitudo significativa (maggiore di 4.5). A tal proposito, Figura 12 evidenzia le curve PSD per alcune finestre di segnale in cui sono stati registrati i terremoti della sequenza sopra menzionata.



**Figura 12** Finestre di rumore (componente EHE) comprendenti alcuni eventi sismici avvenuti nel periodo Ottobre 2016 - maggio 2017. I pannelli in basso mostrano le PSD degli eventi selezionati nel rettangolo grigio nella figura in alto a sx.

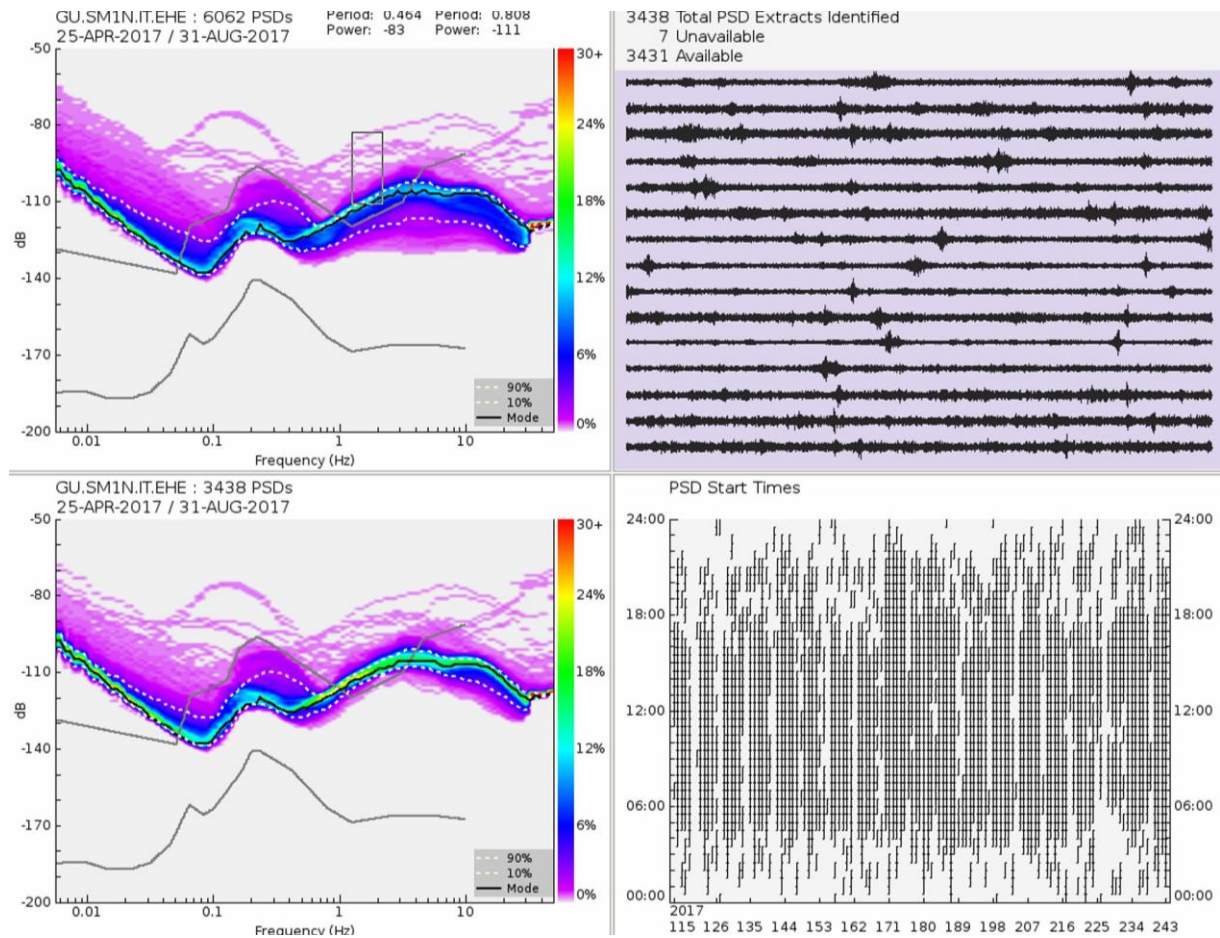
Al fine di valutare la variazione giorno/notte del livello di rumore ambientale, sono state analizzate distintamente le finestre di segnale con PSD superiore alla curva corrispondente al NHNM, ovvero inferiore, nell'intervallo di periodo compreso tra circa 0.4s e 0.6s. Da tale analisi appare evidente come le finestre con valori di PSD superiori alla curva di riferimento sono prevalentemente concentrate nel periodo diurno compreso tra le 06:00 e le 18:00

(Figura 13 e 14); di contro, le finestre meno rumorose, con valori di PSD inferiori alla livello definito dal NHNM, sono quelle notturne comprese nell'intervallo 18:00 e 06:00 (Figura 15 e 16). Tale risultato è stato ottenuto sia considerando i dati relativi al periodo di monitoraggio ottobre 2016 - maggio 2017 che per il periodo aprile 2017 - agosto 2017.

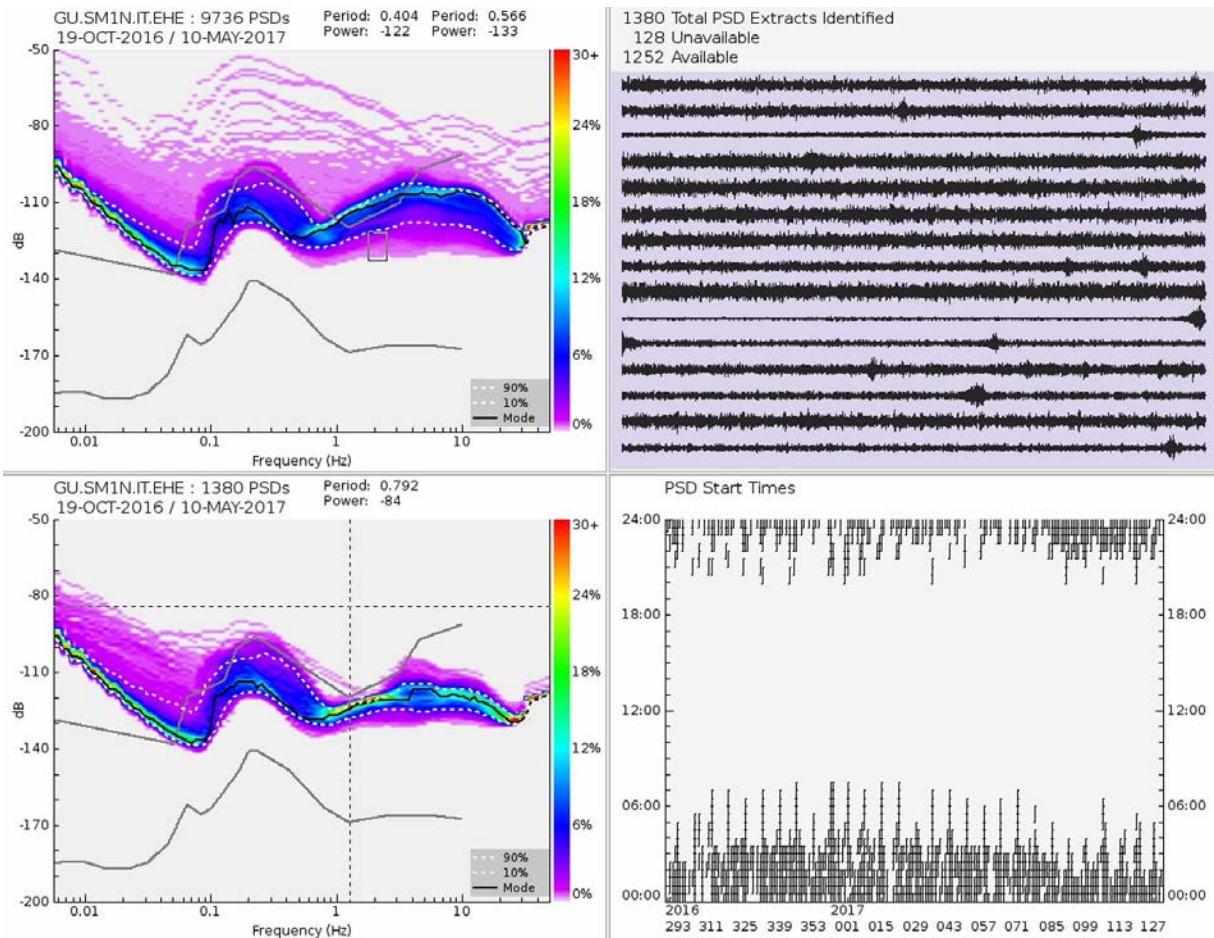


**Figura 13** Finestre di rumore maggiori o uguali al NHNM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) nel periodo Ottobre 2016 – maggio 2017 per la componente orizzontale EHE.

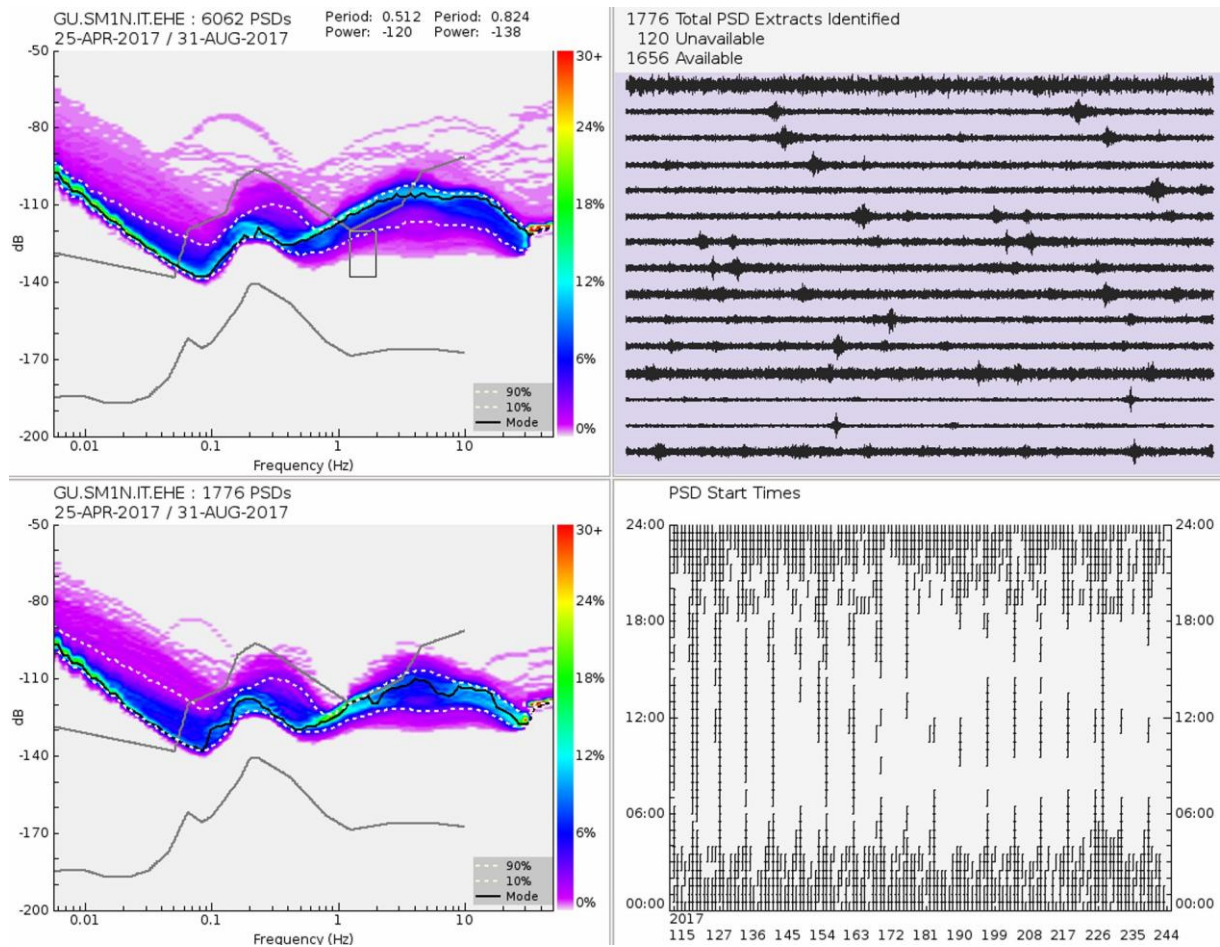




**Figura 14** Finestre di rumore maggiori o uguali al NHNM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) nel periodo Aprile 2017 – Agosto 2017 per la componente orizzontale EHE.



**Figura 15** Finestre di rumore comprese tra le curve corrispondenti al NLNM e al NHNM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) registrate nel periodo Ottobre 2016 – maggio 2017 per la componente orizzontale EHE.



**Figura 16** Finestre di rumore comprese tra le curve corrispondenti al NLNM e al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) registrate nel periodo Aprile 2017 – Agosto 2017 per la componente orizzontale EHE.

## 5 Conclusioni

Il report ha mostrato i risultati dell'analisi del livello di rumore sismico-ambientale registrato dalla stazione velocimetrica installata presso il pozzo S. Maddalena 1dir in località S. Pietro in Casale. L'acquisizione, iniziata in data 23 Agosto 2016, è proseguita per 12 mesi secondo quanto indicato concordato tra le parti per ottemperare a quanto richiesto nella Prescrizione 8 espressa nel parere rilasciato dalla Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS della Regione Emilia-Romagna del progetto di messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir.

Dall'analisi del segnale registrato si è potuto evincere che il sito di studio è caratterizzato da un livello di rumore mediamente elevato, soprattutto per frequenze maggiori di 1Hz, in cui si concentra il rumore di origine antropica. Non a caso i livelli maggiori di rumore sono riscontrabili nella fascia oraria diurna, tra le 06:00 e le 18:00. Tali risultati confermano quanto preliminarmente individuato nello studio di fattibilità redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Milano per conto di Po Valley Operations PTY LTD nel periodo giugno 2015.

Quanto ottenuto dall'analisi eseguita sui dati relativi ad un intervallo di tempo pari a 12 mesi appare esaustivo ai fini della definizione del livello di rumore sismico-ambientale e delle variazioni diurne notturne dell'area presso il pozzo S. Maddalena 1dir in località S. Pietro in Casale.

Si può pertanto concludere che i risultati di questo monitoraggio confermano i livelli di rumore sismico sulla base dei quali è stata definita la geometria della rete sismica nello studio di fattibilità redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Milano per conto di Po Valley Operations PTY LTD nel periodo giugno 2015.

## **Bibliografia**

Franceschina G., Augliera, P., Lovati, S., & Massa, M. (2015). Surface seismic monitoring of a natural gas storage reservoir in the Po Plain (Northern Italy). *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* Vol. 56, n. 4, pp. 489-504; December 2015

MISE-DGRME (2014). Ministero dello Sviluppo Economico - Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche - Gruppo di lavoro CIRM, Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche, Roma 24/11/2014

[http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/151\\_238.pdf](http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/151_238.pdf)

McNamara, D.E. and R.P. Buland (2004). Ambient Noise Levels in the Continental United States, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 4, 1517-1527

Perterson (1993). Observation and modeling of seismic background noise. *U.S. Geol. Surv. Tech. Rept.*, 93-322, 1-95,

**Analisi del rumore sismico ambientale presso il pozzo  
Santa Maddalena 1dir all'interno del giacimento di  
idrocarburi "Sant'Alberto", nel Comune di S. Pietro in  
Casale (BO) - Periodo Agosto 2017 - Febbraio 2018**



A cura di	Firma	Data
Dott. Roberto De Ferrari		21 Maggio 2017
Ph.D. Simone Barani		21 Maggio 2017

Approvato da	Firma	Data
Dott. Roberto De Ferrari		21 Maggio 2017

## Indice

1	Introduzione	1
2	Installazione e Manutenzione della Stazione Sismica	1
3	Esempi di Segnale sismico	4
4	Valutazione del livello di rumore sismico	5
5	Conclusioni	7



## Indice delle figure

Figura 1 Stazione sismica SM1N. _____	2
Figura 2 Area di installazione. _____	2
Figura 3 Batterie tampone da 65 Ah. _____	3
Figura 4 Apparato di alimentazione. _____	3
Figura 5 Finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di 5 minuti. _____	4
Figura 6 Registrazione del terremoto del 19 Novembre, ora UTC 12:37, di $M_w$ 4.4 avvenuto in Provincia di Parma. _____	4
Figura 7 Livello di rumore complessivo per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ. _____	5
Figura 8 Livello di rumore mensile per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ. _____	5
Figura 9 Livello di rumore settimanale per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ. _____	6
Figura 10 Finestre di rumore maggiori o uguali al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) nel periodo Settembre 2017 – Febbraio 2017 per la componente orizzontale EHE. _____	6
Figura 11 Finestre di rumore comprese tra le curve corrispondenti al NLNM e al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) registrate nel periodo Settembre 2017 – Febbraio 2018 per la componente orizzontale EHE. _____	7

## 1 Introduzione

Il report descrive gli esiti del monitoraggio del rumore sismico-ambientale presso il pozzo S. Maddalena 1dir in località S. Pietro in Casale allo scopo di esaminare il livello di rumore, in condizioni diurne e notturne, presso il suddetto sito.

Il monitoraggio fino a qui eseguito va ad ottemperare a quanto indicato nella Prescrizione 8 espressa nel parere rilasciato dalla Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS della Regione Emilia Romagna del progetto di messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir. Il monitoraggio è stato svolto secondo le indicazioni contenute nel documento redatto dal Ministero dello Sviluppo Economico "Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche" (MISE-DGRME, 2014).

Lo studio ha previsto l'installazione di una stazione sismica di tipo velocimetrico comprensiva di un apparato di acquisizione, un sistema di trasmissione in tempo reale e un sistema di alimentazione. La stazione è stata installata in data 23 Agosto 2016, data a partire dalla quale il segnale registrato è stato inviato al Centro Elaborazione Dati (CED) della Rete Sismica dell'Italia Nord-occidentale (RSNI) dell'Università degli Studi di Genova.

In questo report sono presentati i risultati dell'analisi del livello del rumore sismico ambientale relativa al periodo Agosto 2017 – Febbraio 2018. Il livello di rumore, calcolato in termini di densità di potenza spettrale (PSD – *Power Spectral Density*), è stato messo a confronto con le curve di riferimento rappresentative del "low noise level" NLNM e del NHNM "high noise level" (Perterson, 1993).

## 2 Installazione e Manutenzione della Stazione Sismica

La stazione, denominata SM1N, (Figura 1) è stata installata in corrispondenza di una piazzola in cemento all'interno dell'area del pozzo S. Maddalena 1dir (Figura 2). In dettaglio, essa consiste in:

- **Sismometro:** sensore velocimetrico Lennartz 3D/5s
- **Acquisitore:** Lunitek Mod. ATLAS-E3S/T 6 canali (impostato con frequenza di campionamento pari a 100Hz), operante per tutto il periodo Agosto 2017 - 28 Febbraio 2018; l'acquisitore è provvisto di antenna GPS per la definizione della posizione e la sincronizzazione di tempo dei segnali registrati
- **Sistema di trasmissione:** modem/Router per trasmissione dati tipo 3G UMTS/HSDPA Advantech UR5
- **Sistema di alimentazione:** n. 2 batterie al piombo da 65 Ah e n. 3 pannelli fotovoltaici da 55W ciascuno



**Figura 1** Stazione sismica SM1N.



**Figura 2** Area di installazione.

L'installazione del sensore velocimetrico ha previsto la messa in opera di un sistema di protezione costituito da un pozzetto cubico in cemento di lato 40cm opportunamente forato per il passaggio del cavo di collegamento con l'acquisitore. L'acquisitore e il modem per la trasmissione dati via rete UMTS sono stati protetti all'interno di un box in PVC e fibra di vetro a tenuta stagna. Allo stesso modo sono state protette le batterie di alimentazione (Figura 3).

La messa in opera del sistema di alimentazione con n. 3 pannelli fotovoltaici ha previsto il montaggio di un supporto in barre di alluminio opportunamente ancorato al terreno mediante viti di fissaggio tipo "Fischer" a cui sono stati ancorati i pannelli con l'utilizzo di opportuni sistemi di serraggio a vite (Figura 3 - 4).



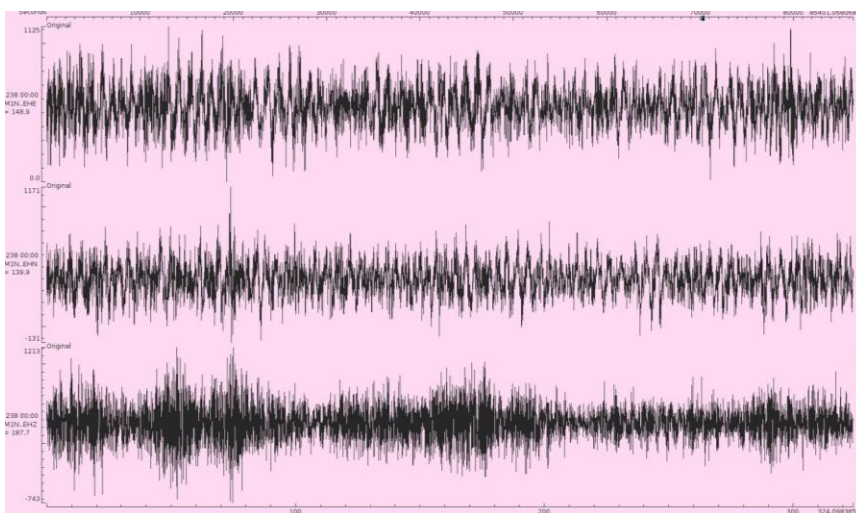
**Figura 3** Batterie tampone da 65 Ah.



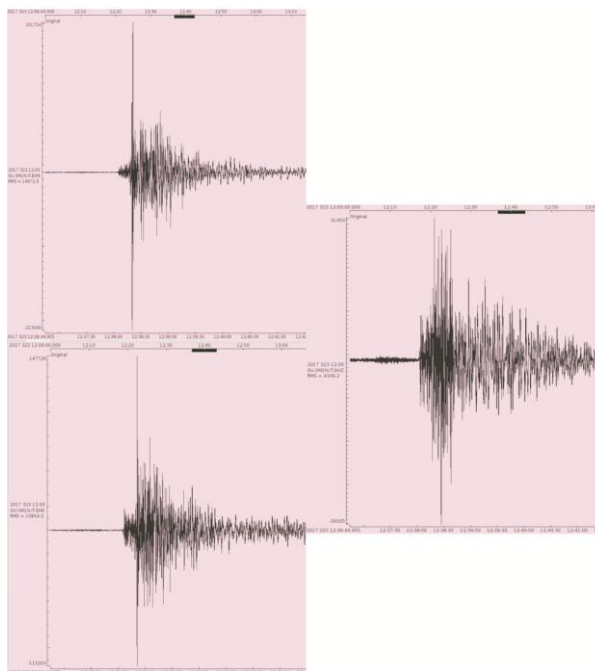
**Figura 4** Apparato di alimentazione.

### 3 Esempi di Segnale sismico

Nel periodo 23 Agosto 2017 al 28 Febbraio 2018 è proseguito il monitoraggio del rumore sismico ambientale basato su acquisizione e trasmissione del segnale registrato al CED dell'Università di Genova. Di seguito sono mostrate a titolo di esempio la registrazione di una finestra notturna di rumore sismico-ambientale della durata di circa 5 minuti (Figura 5) e la registrazione dei primi 5 minuti di segnale associati al terremoto di magnitudo  $M_w$  4.4 con epicentro in Provincia di Parma delle ore 13:37 (ora locale) del 19 Novembre 2017 (Figura 6).



**Figura 5** Finestra notturna di rumore sismico ambientale della durata di 5 minuti.



**Figura 6** Registrazione del terremoto del 19 Novembre, ora UTC 12:37, di  $M_w$  4.4 avvenuto in Provincia di Parma.

## 4 Valutazione del livello di rumore sismico

Il rumore sismico-ambientale è stato analizzato mediante il software “PQLX”, impiegato da numerose reti sismiche in tutto il mondo. Operativamente, per ogni segnale sismico, il software “PQLX” calcola e visualizza in un grafico la distribuzione della densità di potenza spettrale (PSD), in termini di funzione di densità di probabilità (PDF – *Probability Density Function*), in funzione della frequenza. L’analisi si basa sugli algoritmi di calcolo di McNamara and Buland (2004).

Nelle figure sottostanti sono riportati i risultati di tale analisi riportanti le PDF del livello di rumore (in decibel dB) per il periodo 01 Settembre 2017 – 27 Febbraio 2018, quelle per una finestra mensile (dal 01 Gennaio al 31 Gennaio 2018) e quelle ottenute per una finestra settimanale (dal 01 Gennaio al 8 Gennaio 2018) così da valutare la stazionarietà del segnale registrato. Nei grafici, ciascuna linea colorata rappresenta i valori di PSD per 30 minuti di segnale sismico.

A più bassi valori di disturbo, espressi in dB, corrisponderà una migliore qualità della registrazione. Tali valori, a meno di situazioni particolari, dovrebbero comunque essere compresi entro le due curve grigie rappresentative del NLNM (New Low Noise Model, curva grigia in basso) e NHNM (New High Noise Model, curva grigia in alto) definite dall’Albuquerque Seismological laboratory (Perterson, 1993). I valori modalî calcolati su tutte le PSD sono indicati dalla linea nera, che permette di valutare in modo speditivo le condizioni generali di rumore ambientale. In generale, l’andamento delle curve di PSD intorno a periodi prossimi a 0.1 secondi (frequenza di 10Hz) permette di capire quale sia il livello di rumore antropico, mentre intorno a periodi di circa 10 secondi (0.1Hz) è indicativo del livello di microsisma, cioè del rumore di fondo naturale legato a sorgenti lontane (es. il moto ondoso). Nelle Figure 7, 8 e 9 sono riportati i grafici relativi alle tre componenti (le due orizzontali EHE e EHN e quella verticale EHZ) del segnale sismico.

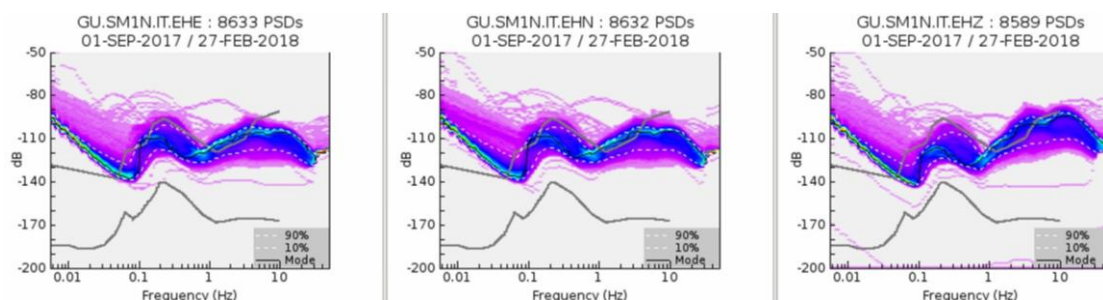


Figura 7 Livello di rumore complessivo per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.

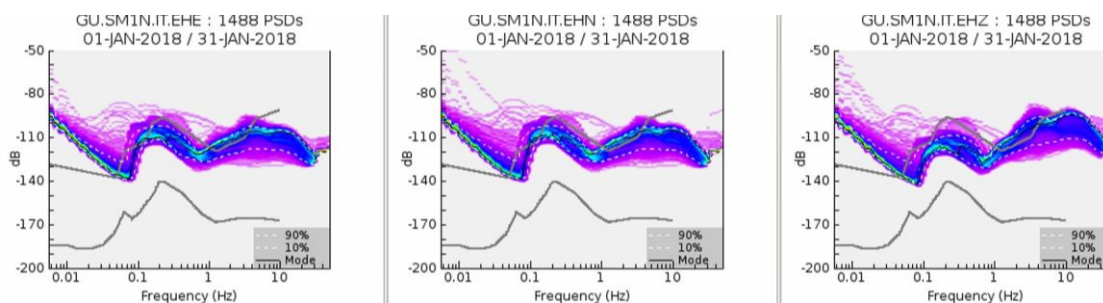
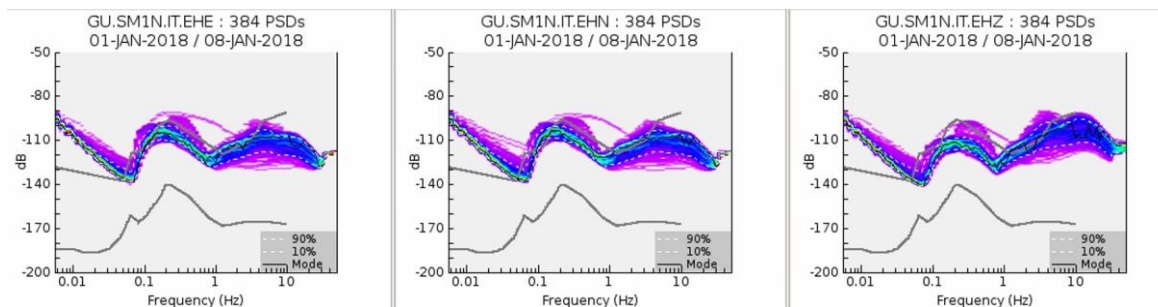
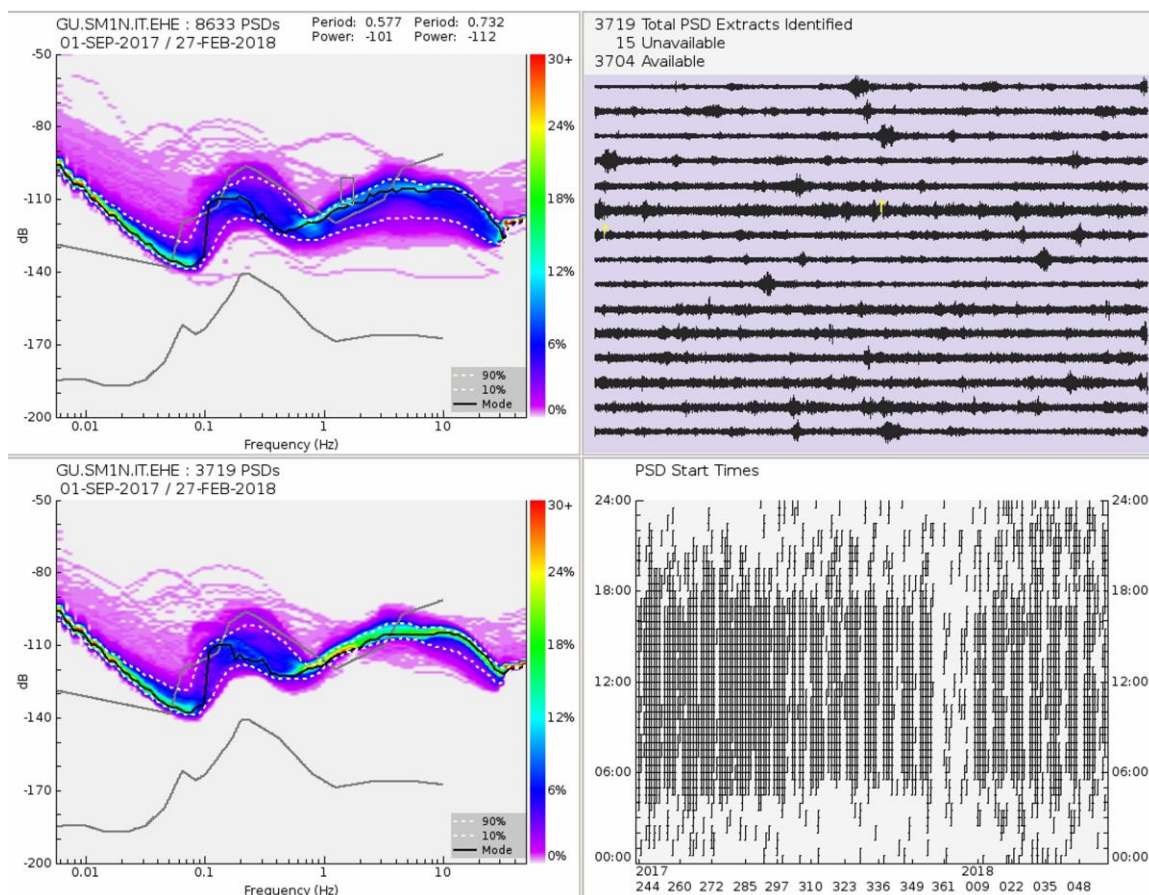


Figura 8 Livello di rumore mensile per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.



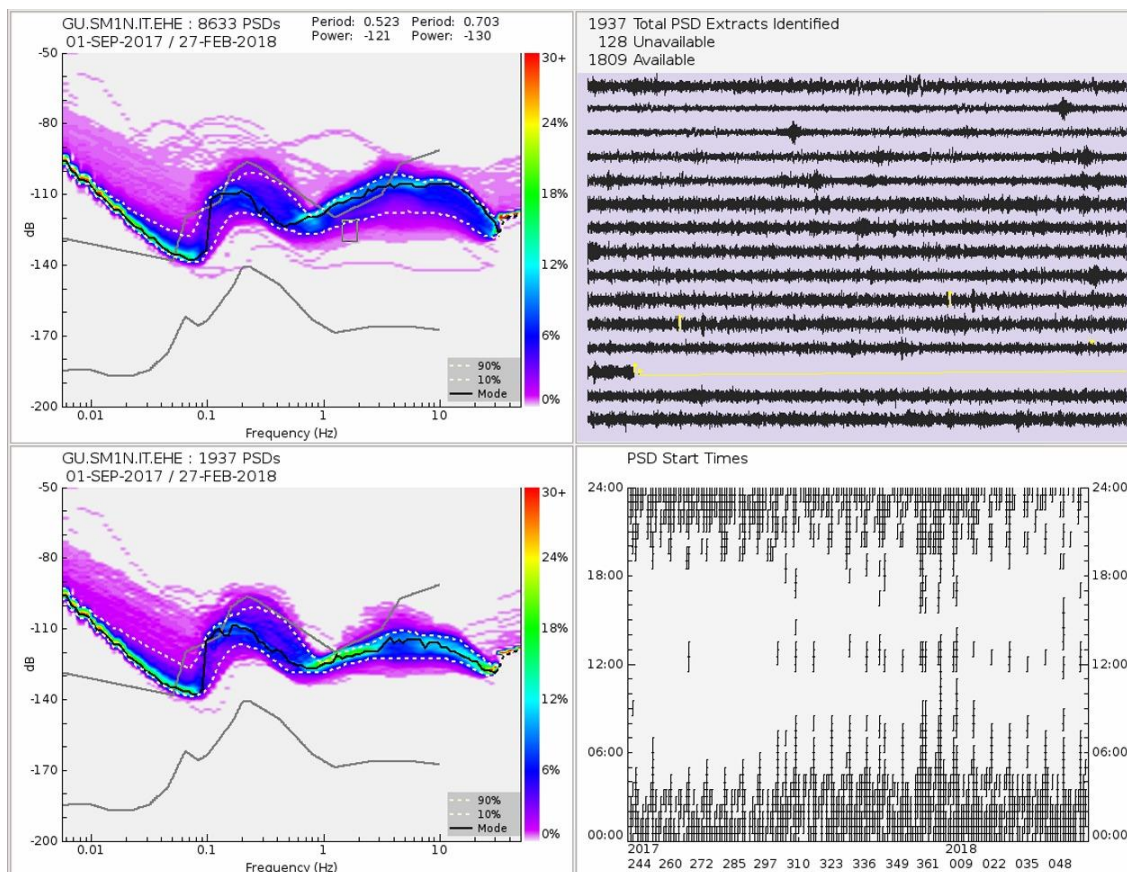
**Figura 9** Livello di rumore settimanale per le tre componenti EHE, EHN ed EHZ.

In generale, dalle figure precedenti, il sito di studio può essere considerato mediamente rumoroso dal punto di vista sismologico, in linea con quanto noto in letteratura per stazioni installate nell'area della Pianura Padana (Franceschina et al. 2015). Il livello di rumore risulta abbastanza elevato per frequenze maggiori di 1Hz dove la curva modale (in nero) tende a sovrapporsi a quella corrispondente al NHHM. Le variazioni più significative rispetto al trend medio mostrato dalle PSD sono associabili alle registrazioni dei terremoti regionali con magnitudo significativa (maggiore di 4.0) di cui in Figura 6 si riporta un esempio.



**Figura 10** Finestre di rumore maggiori o uguali al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) nel periodo Settembre 2017 – Febbraio 2017 per la componente orizzontale EHE.

Al fine di valutare la variazione giorno/notte del livello di rumore ambientale, sono state analizzate distintamente le finestre di segnale con PSD superiore alla curva corrispondente al NHHM, ovvero inferiore, nell'intervallo di periodo compreso tra circa 0.4s e 0.6s. Da tale analisi appare evidente come le finestre con valori di PSD superiori alla curva di riferimento sono prevalentemente concentrate nel periodo diurno compreso tra le 06:00 e le 18:00 (Figura 10); di contro, le finestre meno rumorose, con valori di PSD inferiori al livello definito dal NHHM, sono quelle notturne comprese nell'intervallo 18:00 e 06:00 (Figura 11).



**Figura 11** Finestre di rumore comprese tra le curve corrispondenti al NLNM e al NHHM (selezionate nel rettangolo in grigio nella figura in alto a sx) registrate nel periodo Settembre 2017 – Febbraio 2018 per la componente orizzontale EHE.

## 5 Conclusioni

Il report ha mostrato i risultati dell'analisi del livello di rumore sismico-ambientale registrato dalla stazione velocimetrica installata presso il pozzo S. Maddalena 1dir in località S. Pietro in Casale nel periodo 23 Agosto 2017- 28 Febbraio 2018. L'acquisizione, iniziata in data 23 Agosto 2016, è proseguita per 18 mesi fino a Febbraio 2018 secondo quanto indicato concordato tra le parti per ottemperare a quanto richiesto nella Prescrizione 8 espressa nel parere rilasciato dalla Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS della Regione Emilia-Romagna del progetto di messa in produzione del pozzo Santa Maddalena 1 dir.



Dall'analisi del segnale registrato si è potuto evincere che il sito di studio è caratterizzato da un livello di rumore mediamente elevato, soprattutto per frequenze maggiori di 1Hz, in cui si concentra il rumore di origine antropica. Non a caso i livelli maggiori di rumore sono riscontrabile nella fascia orario diurna, tra le 06:00 e le 18:00. Tali risultati confermano quanto preliminarmente individuato nello studio di fattibilità redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Sezione di Milano per conto di Po Valley Operations PTY LTD nel periodo giugno 2015 .

## **Bibliografia**

Franceschina G., Augliera, P., Lovati, S., & Massa, M. (2015). Surface seismic monitoring of a natural gas storage reservoir in the Po Plain (Northern Italy). *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* Vol. 56, n. 4, pp. 489-504; December 2015

MISE-DGRME (2014). Ministero dello Sviluppo Economico - Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche - Gruppo di lavoro CIRM, Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche, Roma 24/11/2014

[http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/151\\_238.pdf](http://unmig.sviluppoeconomico.gov.it/unmig/agenda/upload/151_238.pdf)

McNamara, D.E. and R.P. Buland (2004). Ambient Noise Levels in the Continental United States, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 4, 1517-1527

Perterson (1993). Observation and modeling of seismic background noise. *U.S. Geol. Surv. Tech. Rept.*, 93-322, 1-95,