



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Ponte dell'Olio



Soggetto realizzatore

Geol. Emani Emanuele
Via dei Ciliegi, 4 - Villanova sull'Arda
tel. 0523/853200 cell. 335/1281389

Geol. Carpena Andrea

Geol. Ghiselli Irene



GEOLOGIA E GEOFISICA
Sede legale: Via Fioruzzi, 15 - 29121 PC
E-mail: andrea.carpena@georeflex.it
Sito web: www.georeflex.it

Data

Agosto 2018



INDICE

1. INTRODUZIONE	3
1.1 Scopo del lavoro	3
1.2 Definizione microzonazione (livelli di approfondimento)	3
1.3 Riferimenti normativi nazionali	8
1.4 Riferimenti normativi regionali	9
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	10
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
3.1 Quadro geologico e strutturale	13
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	19
4.1 La fascia dei terrazzi e la pianura	19
4.2 La collina e la montagna	20
4.3 Sistema idrografico	21
5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	23
6. VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI	25
7. ASSETTO TETTONICO	28
8. SISMICITA' DEL TERRITORIO	31
8.1 Sismicità di base	33
8.2 Zone sismogenetiche	36
8.3 Definizione della sorgente sismogenetica pertinente	38
9. PERICOLOSITÀ SISMICA	39
10. SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE	43
11. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	43
12. PROVA REFRACTION MICROTREMORS (ReMi)	45
12.1 Descrizione del metodo	45
12.2 Strumentazione e criteri di acquisizione	46
12.3 Elaborazione dei dati	47
13. MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW)	48
13.1 Descrizione del metodo	48
13.2 Strumentazione e criteri di acquisizione	48
13.3 Elaborazione dei dati	49
14. NOTA TECNICA "INDAGINI GEOFISICHE MEDIANTE METODI MASW E REMI"	49
15. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	50



16.	CALCOLO DELLE Vs30	51
17.	INDAGINE TROMOGRAFICA (HVSR)	53
18.	SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	58
19.	SONDAGGI A DISTRUZIONE DI NUCLEO.....	58
20.	POZZI PER ACQUA	58
21.	PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA MECCANICA (CPT).....	59
21.1	Descrizione del metodo	59
21.2	Strumentazione utilizzata.....	61
22.	PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DS)	62
22.1	Descrizione del metodo	62
22.2	Strumentazione utilizzata.....	62
23	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	63
24.	CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE	64
25.	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	66
25.1	Carta delle indagini.....	67
25.2	Carta geologico – tecnica per la microzonazione sismica	74
25.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni.....	76
25.4	Carta delle aree suscettibili di effetti locali.....	76
25.5	Carta delle velocità delle onde di taglio (Vs).....	80
25.6	Carta dei fattori di amplificazione.....	80
26.	BIBLIOGRAFIA	82

ALLEGATI

ALLEGATO 1 – Inquadramento territoriale ed elaborazione delle analisi dei microtremori con metodo REMI

ALLEGATO 2 – Inquadramento territoriale ed elaborazione tromografica (HVSR)

1. INTRODUZIONE

1.1 Scopo del lavoro

Il Comune di Ponte dell'Olio rientra tra i Comuni, caratterizzati da $a_g < 0.125g$, per i quali, con la delibera di Giunta Regionale n. 241/2017, e successiva Determinazione del Responsabile del Servizio Geologico, sismico e dei suoli, è stata prevista la concessione dei contributi per la redazione degli studi di Microzonazione Sismica e l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.

1.2 Definizione microzonazione (livelli di approfondimento)

Gli studi di Microzonazione Sismica si propongono di:

- identificare e perimetrare le aree a differente pericolosità sismica locale (microzone omogenee);
- stimare le risposte dei terreni delle diverse microzone, in modo da stabilire gerarchie di pericolosità e fornire elementi conoscitivi per una pianificazione del territorio e progettazione delle opere, adeguate alla pericolosità sismica del sito.

I livelli di possibile approfondimento sono tre.

Livello 1

Il livello 1 di MS è propedeutico ai veri e propri studi di microzonazione e obbligatorio per affrontare i successivi livelli di approfondimento. Il quadro conoscitivo necessario a realizzare tale livello si basa sulla raccolta dei dati pregressi: rilievi geologici, geomorfologici e geologico – tecnici, sondaggi, indagini geofisiche. La sintesi dei dati e delle cartografie disponibili consente di realizzare i seguenti elaborati:

- carta delle indagini, nella quale sono ubicate e distinte per tipologia tutte le indagini puntuali e lineari disponibili;
- carta geologico tecnica e sezioni, nella quale sono descritte le diverse unità litologiche riconosciute e definiti i rapporti stratigrafici;
- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Mops), scala 1:5000- 1:10.000;
- relazione illustrativa.

Nella “carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica” o “carta di MS di livello 1” troviamo rappresentate:

- Zone stabili, senza effetti di modificazione del moto sismico rispetto ad un terreno rigido ($V_s \geq 800$ m/s) e pianeggiante (pendenza $< 15^\circ$);
- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali: amplificazioni litostratigrafiche per $V_s < 800$ m/s e spessori > 5 m, amplificazioni topografiche su rilievi in roccia;
- Zone suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali).

I limiti di una MS di livello 1 sono rappresentati dalla possibile presenza di litologie delle quali non è noto lo spessore, elementi tettonici da ricostruire nel loro assetto e geometria, dalla presenza di aree instabili la cui geometria e dinamica risultano incerti. Pertanto, tale livello consente solo di definire qualitativamente le zone omogenee per finalità di pianificazione territoriale e risulta utile ad orientare le indagini di approfondimento previste dai livelli di MS successivi.

Livello 2

Per risolvere le incertezze del livello 1, gli ICMS prevedono un livello 2 di approfondimento che, attraverso l'esecuzione di indagini economiche e poco invasive, consente di meglio definire il modello geologico del sottosuolo e di fornire per ciascuna microzona identificata una quantificazione numerica degli effetti, ottenuta con metodi semplificati.

Le indagini sono fondamentalmente indagini di tipo geofisico, quali la sismica a rifrazione, le analisi strumentali con tecniche attive e passive per la stima delle Vs, misurando microtremiti ed eventi sismici.

Quando possibile, in funzione delle risorse a disposizione, possono essere eseguite prove geofisiche in foro (Down Hole, Cross Hole).

Attraverso correlazioni e confronti con i risultati del livello 1, si giunge ad una revisione del modello geologico, e alla realizzazione di una carta di MS nella quale le zone a comportamento omogeneo sono caratterizzate anche da un parametro numerico descrittivo degli effetti attesi (fattore di amplificazione), ottenuto con metodi semplificati. Si distinguono, dunque:

- zone stabili;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, caratterizzate da fattori di amplificazione relativi a due periodi dello scuotimento (FA ed FV);
- zone di deformazione permanente, caratterizzate da parametri quantitativi (spostamenti e aree accumulo per frana, calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione).

I parametri FA ed FV rappresentano il rapporto tra gli spettri di input e di output, rispettivamente in accelerazione e in pseudo velocità, calcolati in un intervallo intorno ai periodi TA e TV dove l'ampiezza è massima. L'intervallo di periodi considerato per FA varia tra 0,1 e 0,3 s (alte frequenze), mentre per gli FV l'intervallo varia tra 0,6 e 1,4 s (basse frequenze).

Gli abachi che consentono di definire il parametro di amplificazione del moto sismico da attribuire a ciascuna MOPS sono costruiti per un modello ideale di sottosuolo, costituito da terreni omogenei a strati orizzontali, piani e paralleli, di estensione infinita e V_s costante, su un bedrock sismico ($V_s = 800$ m/s).

Le tabelle degli abachi contenute negli ICMS, costruiti adottando delle semplificazioni che li rendano applicabili all'intero territorio nazionale, sono ordinate per:

- litotipo (ghiaia, sabbia, argilla);
- tipo di profilo di V_s (costante, gradiente max, gradiente intermedio).

Per trovare il valore di FA o FV devo conoscere:

- ag, accelerazione dell'evento di riferimento. Gli abachi considerano tre livelli di pericolosità, basso, medio ed elevato (0,06-0,18-0,26 g);
- litotipo prevalente della copertura;
- spessore stimato della copertura;
- V_s media della copertura.

Il valore di amplificazione che si ottiene con gli abachi non è affidabile nel caso di:

- amplificazioni topografiche;
- forme sepolte (amplificazioni 2D);
- inversioni di velocità (rigido su soffice);
- presenza di instabilità.

Affinché tale strumento risulti più efficace e aderente ai diversi contesti fisici del territorio, è utile che gli abachi per il livello 2 di MS siano predisposti dalle Regioni a partire da:

- input sismici definiti attraverso studi regionali di pericolosità di base;
- modelli litologici coerenti con l'assetto geologico regionale;
- curve di decadimento della rigidità (G) e di incremento dello smorzamento (D) con la deformazione, per ciascun litotipo, definite da analisi di laboratorio;
- profili di V_s misurati attraverso indagini mirate.

In alternativa e in attesa della loro definizione possono essere utilizzati gli abachi di ICMS validi, come già detto, per l'intero territorio nazionale.

Livello 3

Il livello 3 è il livello di maggiore approfondimento per la definizione e caratterizzazione delle zone suscettibili di amplificazioni o di instabilità, perché consente di risolvere le situazioni geologiche e geotecniche complesse, ad esempio inversioni di velocità, non risolvibili con abachi o metodi semplificati, modificando sostanzialmente le carte di microzonazione di livello 1 e 2.

Il livello 3, naturalmente richiede un impegno di risorse economiche e professionali importante, giustificato, ad esempio, nel caso di una fase di ricostruzione post-terremoto ma anche, in fase preventiva, nelle aree a più elevato rischio sismico. Per raggiungere gli obiettivi del livello 3 occorre:

- un modello del sottosuolo affidabile;
- un evento di riferimento per le simulazioni numeriche;
- simulazioni numeriche per ottenere i parametri di amplificazione.

Il *modello del sottosuolo*, ossia la rappresentazione 3D con elementi quantitativi e qualitativi del sottosuolo, definisce le geometrie delle unità omogenee, l'assetto strutturale, le proprietà fisico meccaniche, la presenza della falda acquifera, il limite tra copertura e bedrock sismico.

Il modello si costruisce attraverso indagini geologiche, geofisiche e geotecniche, che consentono di identificare le unità omogenee, attribuendo loro parametri geotecnici e geofisici.

Le indagini consistono in campagne di acquisizione di dati sismometrici, sondaggi, prove in foro e in superficie per la determinazione di profili di Vs, sismica a rifrazione, prove geotecniche in situ e in laboratorio, analisi di microtremiti.

L'*evento di riferimento*, il cui moto dipende dal meccanismo di sorgente, dalla magnitudo e dalle caratteristiche fisico meccaniche del mezzo attraversato (sorgente-sito), può essere quello di normativa (derivante dalla pericolosità di base) o scelto su base deterministica qualora siano disponibili i dati. In questo caso, il moto (accelerogramma o spettro di risposta) andrà riferito, come previsto dalla normativa, a condizioni di suolo rigido affiorante, in assenza di effetti topografici e riportato alla base della copertura.

Il modello del sottosuolo e l'input sismico sono gli ingredienti necessari allo sviluppo della *analisi numeriche* che consentono di simulare il processo di propagazione delle onde attraverso il substrato e la copertura fino in superficie. Per fare questo si utilizzano codici di calcolo 1D, 2D e 3D (es. ProShake, BeSoil, Quad), lineari o non lineari, che tengono cioè conto delle deformazioni permanenti delle rocce, scelti in funzione del sito da analizzare e delle conoscenze disponibili. Risultato delle analisi sono i valori del parametro scelto per definire la modificazione del moto sismico, in termini di amplificazione e spettro di risposta, associati a ciascuna microzona in cui è stato suddiviso il territorio.

Le elaborazioni descritte consentono di giungere alla realizzazione di una carta di microzonazione sismica di livello 3, che comprende:

- Zone di deformazione permanente;
- Zone stabili suscettibili di amplificazione caratterizzate in funzione di un parametro di amplificazione da analisi numeriche (intervalli o valore medio di FA e FV);
- Zone stabili.

I prodotti realizzati nell'ambito dello studio di II livello sono:

- Carta geologico-tecnica (scala 1:10000) predisposta sulla base dei rilievi geologici e morfologici disponibili.
- Carta delle indagini (scala 1:10000) dove sono state indicate le prove pregresse e quelle di nuova esecuzione; le prove sono divise in due classi (lineari e puntuali) e classificate in base al tipo.
- Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:10000) nella quale sono riportate, con opportuno simbolismo grafico, le prove di sismica passiva a stazione singola (HVSR) e, in formato testo, i valori di frequenza.
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (scala 1:10000) che riporta l'ubicazione degli stendimenti sismici e i valori della velocità media delle onde di taglio dal piano campagna fino alla profondità del bedrock.
- Carta dei fattori di amplificazione ($F_{a_{PGA}}$) (scala 1:5000) con i valori del fattore di amplificazione di PGA (Peak Ground Acceleration, accelerazione sismica di picco al bedrock).
- Carta dei fattori di amplificazione ($F_{a_{0.1-0.5s}}$) (scala 1:5000) con i valori dell'intensità spettrale I_s nell'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.
- Carta dei fattori di amplificazione ($F_{a_{0.5-1s}}$) (scala 1:5000) con i valori dell'intensità spettrale I_s nell'intervallo di periodo 0.5-1 s.
- Carta delle aree suscettibili di effetti locali (scala 1:5000) dove sono indicate le diverse aree suscettibili di amplificazione sismica, dove si ritiene necessario effettuare ulteriori indagini ed analisi e i relativi livelli di approfondimento.
- Banche dati contenenti i dati relativi alle carte prodotte.
- Relazione illustrativa (il presente studio) dove sono descritte in dettaglio le metodologie di studio utilizzate, i risultati ottenuti, le cartografie e le banche dati prodotte.

1.3 Riferimenti normativi nazionali

Legge 2 febbraio 1974, n. 64, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

Legge 10 dicembre 1981, n. 741, Ulteriori norme per l'accelerazione delle procedure per l'esecuzione di opere pubbliche.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 11 marzo 1988, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

Legge 24 febbraio 1992, n. 225, Istituzione del Servizio nazionale della protezione civile.

Decreto del Ministro dei lavori pubblici 16 gennaio 1996, Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Decreto del Ministro dell'interno 13 Febbraio 2001, Adozione dei "Criteri di massima per l'organizzazione dei soccorsi sanitari nelle catastrofi" (pubblicati nella G.U. n. 116 del 12 maggio 2001).

Decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle Regioni ed agli Enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.

Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.

Legge 9 novembre 2001, n. 401, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, recante disposizioni urgenti per assicurare il coordinamento operativo delle strutture preposte alle attività di protezione civile.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274, Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Legge 27 luglio 2004, n. 186, Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, "Disposizioni urgenti per garantire la funzionalità di taluni settori della pubblica amministrazione. Disposizioni per la rideterminazione di deleghe legislative e altre disposizioni connesse".

Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 ottobre 2007, Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni.

Decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018, Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

Dipartimento della Protezione Civile e la Conferenza delle Regioni e Province Autonome 13 novembre 2008; Indirizzi e criteri per la micro zonazione sismica.

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 29 febbraio 2012, n. 4007, Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011".

1.4 Riferimenti normativi regionali

Legge Regionale 24 marzo 2000, n. 20, Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

Delibera dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, 112, Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

Legge Regionale 30 ottobre 2009, n. 19, Norme per la riduzione del rischio sismico.

Delibera della Giunta Regionale 18 luglio 2011, 1051, Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm.

Delibera della Giunta Regionale 10 settembre 2012, 1302, Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti Locali.

Ordinanza n. 70 del 13 novembre 2012, Approvazione Programma per gli studi di microzonazione sismica.

Ordinanza n. 84 del 17 luglio 2013, Criteri e modalità di assegnazione dei contributi per gli studi di microzonazione sismica e le Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) nei Comuni interessati dagli eventi sismici del 20 e 29 maggio 2012 caratterizzati da $a_g < 0,125g$.

Delibera della Giunta Regionale 16 dicembre 2013, n. 1919, Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'OCDPC n. 52/2013 a favore degli Enti Locali.

Delibera della Giunta Regionale 21 dicembre 2015, n. 2193, Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Ponte dell'Olio è delimitato ad occidente dal corso del Torrente Nure, ad oriente da quello del Torrente Riglio e a sud dalle valli del Rio Biana e del Rio Ogone.

La porzione nord – occidentale si sviluppa sull'alta pianura emiliana con quote comprese tra 160 e 200 m s.l.m., mentre quella nord – orientale e centrale corrisponde ad una successione di antichi ripiani terrazzati di origine fluviale, immergenti in modo evidente in direzione NNO e delimitati da scarpate di altezza molto variabile, compresa fra pochi metri e alcune decine di metri.

Il settore meridionale del territorio comunale, invece, è modellato in unità tettoniche di età pre – quaternaria che presentano la tipica morfologia collinare e che culminano a sud con la vetta del Monte Santo ad una quota di 677 m s.l.m.

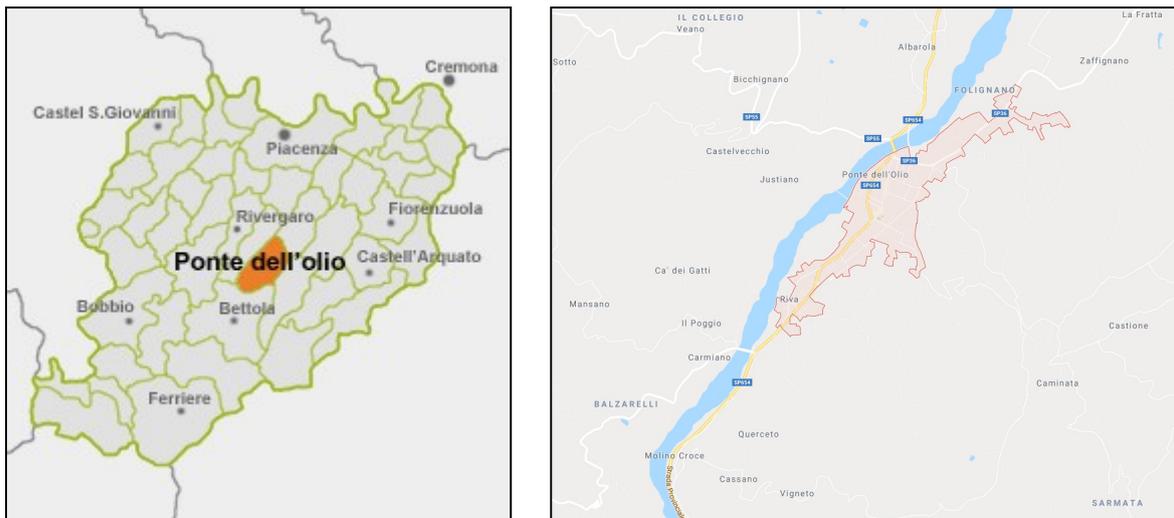


Figure 1-2: Ubicazione del Comune di Ponte dell'Olio nella Provincia di Piacenza (a sinistra); l'abitato di Ponte dell'Olio, le frazioni e le principali arterie stradali (a destra).



L'area è individuabile cartograficamente entro le seguenti Carte Tecniche della Regione Emilia Romagna (scala 1:5000):

- Elemento 179121 "Albarola"
- Elemento 179122 "Ponte dell'Olio"
- Elemento 179123 "Carmiano"
- Elemento 179161 "Monte Santo"
- Elemento 179162 "Cravarezza"
- Elemento 179163 "Missano"
- Elemento 179164 "Cassano"
- Elemento 180053 "Vigolzone"
- Elemento 180091 "Tollara"
- Elemento 180092 "Sariano"
- Elemento 180093 "Castione"
- Elemento 180094 "Zaffignano"

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'assetto fisico del territorio comunale ha seguito le sorti della pianura padana e del fronte Appenninico settentrionale, nel corso della loro storia evolutiva.

Dal Cretaceo (circa 100 MA) fino ai giorni nostri la regione padana ed appenninica è stata soggetta ad alterne fasi di compressione e stasi tettoniche, instaurate dalle interazioni tra la placca africana e la placca euroasiatica e, più in dettaglio, dalla microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale e dalla microplacca Adriatica.

È a partire dall'Oligocene superiore che inizia la formazione della catena dell'Appennino settentrionale attraverso il meccanismo di sovrascorrimento della microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale a scapito della microplacca Adriatica e della sua copertura sedimentaria, che instaura un processo di deformazione continentale polifasica. In particolare, nell'ambito di tale processo, si possono riconoscere due stadi compressivi principali:

▣ primo stadio compressivo: si sviluppa dall'Oligocene superiore al Pliocene inferiore, durante il quale è definita la strutturazione dell'arco dell'Appennino Settentrionale (stadio collisionale) e, in zona antistante (avanfossa padana), la delineazione del bacino perisuturale padano – adriatico (Bally e Snelson 1980); all'inizio del Pliocene tale bacino costituiva un grande golfo invaso dalle acque marine (propaggine occidentale del Mare Adriatico), limitato a nord dalle Alpi, a sud-ovest dagli Appennini e a nord-est dalle Dinaridi (Catena montuosa della Jugoslavia);

▣ secondo stadio compressivo: si sviluppa a partire dal Pliocene medio (circa 5,0 MA) in poi coinvolgendo anche il margine meridionale del bacino perisuturale padano nel processo di strutturazione della catena appenninica (in senso geografico dal margine appenninico settentrionale fino a circa l'asse del Fiume Po); il processo deformativo del margine meridionale del bacino perisuturale si sviluppa attraverso la formazione di sovrascorrimenti, faglie, duplicazioni e pieghe, in parte sepolte dalle coperture alluvionali quaternarie e in parte evidenti lungo il margine morfologico appenninico settentrionale.

Nell'epoca quaternaria, successivamente al pleistocene medio, la crescente estensione di terre emerse e soggette ad erosione consentì ai corsi d'acqua alpini ed appenninici di colmare di sedimenti il bacino padano conferendone l'attuale assetto e morfologia.

3.1 Quadro geologico e strutturale

Il settore in esame, entro il quale si sviluppa il territorio comunale di Ponte dell'Olio, è il risultato dell'impilamento di prismi di accrezione (falde) che si è venuto a formare a seguito dei movimenti ricollegabili alle varie fasi tettoniche: esse si sono sviluppate, a partire dal Cretacico sup., attraverso momenti di culmine rappresentati dalla fase ligure (Eocene medio), subligure (Oligocene sup. – Miocene inf.), burdigaliana e toscana (Tortoniano), per concludersi con i movimenti messiniani e plio – pleistocenici. I terreni interessati dalle deformazioni tettoniche sono di origine marina e hanno subito traslazioni di entità differente a seconda della loro originaria posizione paleogeografica. Le successioni continentali (sostanzialmente quaternarie) non evidenziano, nelle porzioni superficiali affioranti, deformazioni duttili e fragili che sono documentate, invece, nel sottosuolo della pianura.

La continua e progressiva evoluzione geodinamica ha conformato questo settore dell'Appennino settentrionale come un edificio costituito da scaglie sovrapposte che permettono localmente, in corrispondenza di "finestre" tettoniche, l'affioramento dei termini strutturalmente più profondi. A scala locale, tale fenomeno si verifica in modo interessante nel margine meridionale del territorio comunale (Rio Biana), ove affiora l'Unità tettonica Guselli (Cretacico) alla base di un sovrascorrimento. In questa porzione, le Argilliti di Guselli vengono tettonicamente in contatto con la Formazione di Val Luretta (Paleocene inf. – Eocene medio) e, secondo alcuni Autori, potrebbero costituire la base scollata dell'Unità Bettola o le propaggini più esterne del complesso di Pietra Parcellara.

Avvicinandosi progressivamente al margine padano, affiorano unità progressivamente più recenti, appartenenti alla Successione Epiligure e alle Unità tettoniche Liguri Esterne.

La Successione Epiligure si deposita in discordanza sulle Unità Liguri deformate, entro bacini episuturali, dalla complessa architettura fisiografica. A causa dell'originaria articolazione dei bacini di sedimentazione, dell'ingente traslazione subita e della forte erosione che ha accompagnato il sollevamento della catena, la Successione Epiligure affiora oggi in lembi discontinui, anche nel territorio comunale di Ponte dell'Olio (affioramento nell'incisione del ramo orientale del Rio Zaffignano).

Le Unità Liguri Esterne sono di origine alloctona e sono costituite in prevalenza da sedimenti torbiditici di fossa, i cui materiali derivano dallo smantellamento dei margini sovrascorrenti in sollevamento durante la fase di convergenza delle placche; da pelagiti di piana abissale e da scaglie di crosta oceanica (masse ofiolitiche). Nell'area del Comune di Ponte dell'Olio, le Unità Liguri Esterne sono presenti nei termini dell'Unità tettonica Bettola e della già citata Unità tettonica Guselli.

Nel Miocene – Pleistocene, le importanti traslazioni dell'edificio appenninico hanno portato le successioni emiliane ad avanzare verso settentrione, accavallandosi sui depositi del Miocene oggi presenti nel sottosuolo (Pieri e Groppi, 1981). In questo contesto geodinamico le unità emiliane e le loro coperture epiliguri vengono deformate, con la formazione di una serie di strutture di tipo fragile (sovrascorrimenti e faglie inverse) e di tipo duttile (pieghe spesso rovesce) caratteristiche di una tettonica di tipo compressivo con chiare vergenze appenniniche (NO) e assi strutturali NE-SO.

Le successioni marine della zona marginale, che comprendono anche termini plio – pleistocenici, sono infine ricoperte, attraverso una vasta superficie erosionale, da depositi continentali quaternari di piana e conoide alluvionale. Quest'ultimi depositi, affioranti nel settore settentrionale e occidentale del territorio comunale, sono andati progressivamente a suturare i resti del bacino marino padano, attraverso un'alternanza di fasi erosive e deposizionali.

Coinvolte in fasi tettoniche recenti, infine, le unità quaternarie hanno registrato, soprattutto nei processi morfogenetici, chiari fenomeni di sollevamento tettonico che ha dato origine a frequenti forme di ringiovanimento del territorio.

3.2 Stratigrafia

Di seguito sono descritte le unità affioranti sul territorio comunale di Ponte dell'Olio. L'ordine in cui sono presentate le unità rispecchia l'ordine di sovrapposizione tettono – stratigrafica: la Successione post – evaporitica del margine padano – adriatico è la più recente e la più superficiale rispetto all'edificio a falde appenninico, mentre le Unità Liguri sono le più antiche e costituiscono le parti più profonde della catena.

Successione post – evaporitica del margine padano – adriatico

Supersintema Emiliano – Romagnolo

Il Supersintema è suddiviso in due unità principali (Sintema Emiliano – Romagnolo Inferiore e Sintema Emiliano – Romagnolo Superiore), riconosciute e correlate come sequenze deposizionali (sensu Mitchum et alii, 1977) sull'intera pianura emiliano – romagnola. Esse sono separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità caratterizzata da discordanza angolare ed erosione stratigrafica.

Il Sintema Inferiore, costituito da sedimenti deposti in ambiente di piana alluvionale, giace in discordanza sui depositi quaternari continentali e paralici del Sintema di Costamezzana.

Il Sintema Superiore (*il solo presente nell'ambito comunale di Ponte dell'Olio*), invece, è costituito da depositi prevalentemente grossolani di conoide alluvionale, giustapposti a depositi fini di interconoide e, localmente, di piana alluvionale.

Sistema Emiliano – Romagnolo Superiore (AES)

Si tratta di un'unità alluvionale terrazzata, costituita da ghiaie prevalenti (depositi intravallivi terrazzati e di conoide alluvionale) in corrispondenza degli apparati fluviali principali, passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbie e ghiaie nelle aree di interconoide.

L'unità è suddivisa in quattro subsistemi distinti su base morfo – pedostratigrafica (dal più antico): Subsistema di Maiatico, Subsistema di Agazzano, Subsistema di Villa Verrucchio e Subsistema di Ravenna.

I subsistemi sopra elencati sono presenti nel territorio comunale di Ponte dell'Olio, ad esclusione del Subsistema di Maiatico.

Subsistema di Agazzano (AES₃)

Prevalenti depositi di conoide alluvionale ghiaiosa e, localmente, depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore. I primi sono costituiti da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti di colore grigio – nocciola, giallo – rossastro all'alterazione. I depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore sono costituiti, invece, da limi stratificati prevalenti, grigio – nocciola, giallo – ocracei all'alterazione, con subordinato livelli di ghiaie e sabbie. Entrambi i depositi possiedono una copertura fine, limoso – argillosa, di colore giallastro e dello spessore massimo di 4 metri.

Subsistema di Villa Verrucchio (AES₇)

L'unità è costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, con locali intercalazioni di sabbie e limi sabbiosi: depositi intravallivi terrazzati e di conoide alluvionale. Localmente sono presenti limi e limi sabbiosi prevalenti: depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore.

Il Subsistema di Villa Verrucchio è suddiviso, su base morfologica e pedostratigrafica, in: Unità di Niviano (affiorante nella zona valliva del T. Nure nei pressi del capoluogo) e Unità di Vignola (non presente sul territorio comunale).

L'Unità di Niviano (AES_{7a}) è data da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati grigio – nocciola (depositi di conoide alluvionale), limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie (depositi di interconoide). Inoltre, è presente una copertura fine composta, discontinua, dello spessore massimo di 2 metri, composta da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo dell'Unità di Niviano è di poche decine di metri.

Subsistema di Ravenna (AES₈)

In contesto intravallivo il subsistema è costituito da depositi alluvionali terrazzati, mentre in pianura è costituito da depositi di conoide ghiaiosa e da depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore.

I depositi di conoide ghiaiosa sono costituiti da ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, ricoperti da una coltre limoso – argillosa discontinua. I depositi di interconoide e del reticolo idrografico minore, invece, sono costituiti da limi, talora sabbiosi, di limitato spessore (3-4 m). Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri.

Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche.

All'interno del Subsistema di Ravenna viene distinta, su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, l'Unità di Modena (AES_{8a}). Questa è costituita, sia in contesto intravallivo che di pianura, da depositi alluvionali terrazzati, adiacenti all'alveo di piena degli attuali corsi d'acqua.

L'unità è costituita da ghiaie prevalenti con livelli e lenti di sabbie, ricoperte da una coltre limoso – argillosa discontinua. Il fronte di alterazione è di limitato spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di qualche metro.

Successione Epiligure

La Successione Epiligure si deposita in discordanza sulle Unità Liguri deformate, entro bacini episuturali dalla complessa architettura fisiografica. La sedimentazione inizia nell'Eocene medio e perdura, anche se con numerose interruzioni e conseguenti discontinuità stratigrafiche, fino al Miocene superiore; si tratta, quindi, di una successione sin – orogenica, in grado di registrare gli eventi tettonici che hanno interessato il substrato ligure durante l'orogenesi terziaria dell'Appennino. A causa dell'originaria articolazione dei bacini di sedimentazione, dell'ingente traslazione subita e della forte erosione che ha accompagnato il sollevamento della catena, la Successione Epiligure affiora oggi in lembi discontinui e, sul territorio comunale, se ne segnala un ridotto affioramento (Marne di Monte Piano) tra Cà dei Morti e Cà Brigatti.

Marne di Monte Piano (MMP)

Le Marne di Monte Piano sono costituite da marne e argille pelagiche. In genere vi sono rappresentate due litofacies, non distinte cartograficamente: la litofacies inferiore è data da argille, argille marnose, marne e marne siltose; la litofacies superiore, invece, è data da marne e marne siltose grigie, con rarissime intercalazioni di sottili livelli siltosi e arenacei lenticolari.

La potenza della formazione è variabile, da qualche decina di metri a circa 100 m.

Il limite inferiore è generalmente discontinuo, marcato da una lacuna biostratigrafica e, talora, da discordanza angolare sulle Unità Liguri (Formazione di Val Luretta).

Unità tettoniche Liguri Esterne

Unità tettonica Bettola

L'unità tettonica Bettola è generalmente sovrascorsa dalle Unità Groppallo e Cassio e, talora, dall'Unità di Monte delle Tane. Si sovrappone, anche se con rapporti tettonici complessi e non del tutto chiariti, all'Unità Guselli (nel settore tra la Val Nure e la Val Riglio). Sull'Unità Bettola appoggia in discordanza stratigrafica la Successione Epiligure inferiore.

Formazione di Val Luretta (VLU)

Si tratta di una formazione torbiditica arenaceo – marnosa e calcareo – marnosa di età Paleocene inf. – Eocene medio. La Formazione, suddivisa in due membri, è stata oggetto di una rivisitazione, con l'ausilio della biostratigrafia a nanoplancton calcareo, che ha portato alla recente introduzione di un nuovo membro sommitale in aggiunta ai due preesistenti.

Membro di Poviago (VLU₁)

Il membro basale della formazione è costituito prevalentemente da sequenze torbiditiche arenaceo – pelitiche in strati medi e spessi, localmente molto spessi. Tali sequenze sono costituite da arenarie medie e fini, talora gradate, spesso ricche in frustoli vegetali, e da marne e marne siltose grigie e grigio-verdastre. Il rapporto arenaria/pelite è sempre >1. A questi si intercalano quattro livelli distinti di marne rosate, in strati molto spessi e banchi, talora con base a biocalcareni di colore nocciola, medie e grossolane.

Alla base, il membro è caratterizzato dalla presenza di calcari e calcari marnosi bianchi, talora rosati, in strati medi e spessi, talora base calcarenitica grigia, analoghi alla porzione sommitale del sottostante Flysch di Bettola.

Membro di Monteventano (VLU₂)

Il membro intermedio è caratterizzato dalla presenza dominante delle stesse sequenze arenaceo – pelitiche già descritte per il membro di Poviago, prive però dei livelli di marne rosate. A questa litofacies si associano, in misura crescente verso l'alto, calcari e calcari marnosi grigio – biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Localmente (area di M. Santo) è presente una litofacies caratterizzata da un rapporto arenaria/pelite particolarmente elevato.

Il contatto con il sottostante membro di Poviago è netto ed è posto in corrispondenza al tetto dell'ultimo banco di marne rosate. Lo spessore del membro è valutabile in 230 m circa.

Membro di Genepreto (VLU₃)

Il membro è costituito da prevalenti calcari micritici e calcari marnosi grigio – biancastri, talora a base calcarenitica, associati a marne e marne calcaree grigio chiare, a volte nocciola – rosato maculate, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Localmente sono presenti caratteristiche intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio scure, in strati medi, e di marne e marne argillose grigio – verdastre e rosso – vinate, in strati spessi e molto spessi.

Il passaggio al sottostante membro di Monteventano avviene per alternanza nell'ambito di alcune decine di metri. Lo spessore effettivamente misurato è di circa 90 m, mentre lo spessore parziale del membro è stimabile nell'ordine di 250 – 500 m.

Unità tettonica Guselli

L'unità tettonica Guselli è presente tra la Val Nure e la Val Riglio ed è costituita dalle Argilliti di Guselli, affioranti al nucleo di una complessa struttura sinforme (l'asse strutturale coincide indicativamente con il corso del Rio Biana), verosimilmente polifasica, in contatto tettonico con termini diversi appartenenti all'Unità Bettola.

Argilliti di Guselli (GUS)

Si tratta di un'unità prevalentemente pelitica che si presenta intensamente tettonizzata; è costituita da prevalenti argilliti varicolori, grigio – verdastre, grigio scure e rossastre, contenenti marne calcaree grigie ed arenarie grigio – nocciola, in strati medi e sottili, completamente scompagnati. Raramente sono presenti clasti di origini ofiolitica (serpentiniti). Questa unità presenta rapporti tettonici con tutte le formazioni ad essa adiacenti (Flysch di Val Luretta e Flysch di Bettola). Le argilliti di Guselli corrispondono al "Complesso argilloso caotico indifferenziato" di Boni et al. (1971).

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nel territorio comunale di Ponte dell'Olio si trovano diverse fasce altimetriche, partendo dalla media pianura per giungere ai rilievi collinari e montuosi; il raccordo tra la pianura e i rilievi avviene attraverso un articolato sistema di terrazzi.

In particolare è possibile distinguere due fasce con caratteristiche geomorfologiche peculiari, chiaramente distinguibili da nord verso sud:

- la fascia dei terrazzi e della pianura;
- la fascia di collina e di montagna.

4.1 La fascia dei terrazzi e la pianura

Si tratta della zona corrispondente al margine settentrionale dell'Appennino e comprendente i grandi pianalti terrazzati, impostati nei depositi alluvionali più antichi e/o nei sedimenti marini recenti.

Alla macroscala, la fascia dei terrazzi antichi e della pianura tardo pleistocenica – olocenica è il risultato di ripiani morfologici sovrapposti, di altezza variabile, dovuti ad una successione spazio – temporale di episodi alterni di erosione e sedimentazione del T. Nure e, in modo secondario, il T. Riglio.

Nella fascia di pianura sono state distinte le seguenti unità morfologiche (dalla più bassa e più recente):

1. Gli alvei incisi dei principali corsi d'acqua (T. Nure e T. Riglio), interessati dal deflusso in condizioni di piena ordinaria e costituiti dalle forme e dai depositi alluvionali soggetti a rapide modifiche e/o rimaneggiamenti.
2. Il sistema di terrazzi sospesi sull'alveo inciso presente in una fascia discontinua lungo il T. Nure e in parte lungo il T. Riglio e costituito da depositi alluvionali recenti, occasionalmente occupati dal deflusso delle acque durante le piene eccezionali (Olocene medio – recente).
3. L'esteso terrazzo sopraelevato alcuni metri sui ripiani morfologici più recenti dei corsi d'acqua attivi, debolmente immergente in direzione NNE e costituito dai depositi coalescenti delle conoidi fluviali allo sbocco delle principali valli appenniniche (Olocene inferiore – Pleistocene superiore).
4. Il sistema terrazzato costituito da tre ripiani morfologici di origine fluviale immergenti verso NNE, di età pleistocenica media. Il ripiano superiore, quello intermedio e quello inferiore presentano orli di terrazzo di altezza anche decametrica, talora rimaneggiati dall'azione antropica o ridotti a semplici rotture di pendenza del piano di campagna.
5. Un alto ripiano morfologico testimone di un'antica superficie fluviale (Pleistocene inferiore?).

4.2 La collina e la montagna

Sotto questa denominazione viene racchiusa la porzione di territorio posta a sud della congiungente Ponte dell'Olio – Gusano.

Si tratta di rilievi modellati nelle unità pre-quadernarie, la cui conformazione è caratterizzata da lunghi versanti irregolari, in cui si alternano crinali e incisioni del reticolo secondario con forme legate frequentemente a una dinamica gravitativa.

La maggior parte del paesaggio è modellata in terreni scarsamente selettivi nei confronti dei processi erosivi, come la Formazione di Val Luretta (rappresentata per la quasi totalità dai membri di Poviago e Monteventano), il che porta ad avere forme generalmente addolcite, tranne che nei pressi di M. Santo in cui lo scosceso fianco occidentale potrebbe essere riferito all'affioramento del Membro di Monteventano.

Le successioni maggiormente erodibili, rappresentate dai terreni argillosi e marnosi (quali le Argilliti di Guselli), invece, hanno subito fenomeni di erosione accelerata, attraverso una morfogenesi che, in taluni casi, ha prodotto forme pseudo – calanchive (come accade nell'ampia vallata del Rio Biana).

Le aree collinari e montuose del Comune di Ponte dell'Olio sono spesso oggetto di fenomeni di instabilità, dovuti a un insieme di fattori predisponenti e innescanti, tra cui:

- caratteristiche litologiche delle formazioni presenti, a componente prevalentemente pelitica e ricche di minerali argillosi facilmente rigonfiabili e plasticizzabili se posti a contatto con acqua.
- alterazione e disarticolazione indotte nelle successioni stratificate dalle vari fasi orogenetiche e tettonogenetiche.
- infossamento dei corsi d'acqua, fattore che ha modificato l'angolo di "natural declivio" o ha prodotto erosione al piede di tratti di versante
- fenomeni sismici pur di bassa intensità
- interventi antropici sul territorio

La maggior parte delle frane presenti nell'area sono riconducibili a movimenti traslazionali e rototraslativi lenti, legati all'abbondante componente argillosa dei materiali coinvolti; meno frequenti sono le colate di fango (talora la colata è riconducibile ad una evoluzione del movimento franoso quando le componenti fini – limo e argilla – in condizioni di completa saturazione ingenerano fenomeni di sovrappressione).

4.3 Sistema idrografico

L'elemento principale del reticolo idrografico di Ponte dell'Olio è costituito dal Torrente Nure a ovest e il T. Riglio ad est, a cui si aggiunge una fitta rete di corpi idrici secondari.

Il T. Nure è caratterizzata da un alveo inciso nel materasso alluvionale avente una conformazione di drenaggio a canali anastomizzati nella pianura pedemontana meridionale, a canale singolo o doppio con andamento rettilineo nella pianura pedemontana settentrionale (procedendo verso valle) e a meandri nel tratto di pianura a crescita verticale.

Nella pianura pedemontana il corso d'acqua è delimitato da aree interfluviali terrazzate con superfici attestata a quote progressivamente più alte allontanandosi dall'asse fluviale, mentre nella pianura è contornato dagli argini naturali.

Analogamente, nella zona a monte le litologie affioranti sono rappresentate da ghiaie prevalenti, alle quali si associano, procedendo verso valle, sabbie e limi, unitamente ad una netta riduzione dello spessore medio dei ciottoli costituenti le stesse ghiaie.

I corsi d'acqua secondari che solcano la pianura e che incidono con ripide scarpate i piani alti terrazzati della fascia pedecollinare e i retrostanti rilievi sono rappresentati dal Rio Cisiaga, Rio dei Troni e degli Angiolini, Rio Zaffignano, Rio di Torrano, Rio Morto, Rio di Rizzolo, Rio Busone, Rio Rimore, Rio Ogone, Rio Borilli e Rio Biana. Alla rete idrica secondaria appartiene una rete di canali irrigui che solcano la bassa pianura compresa tra la sponda destra del T. Nure e gli abitati di Folignano e Zaffignano e che sono rappresentati dal Rio Rizzolo e dal Rio S. Giorgio.

Il T. Nure e i corsi d'acqua secondari sopra descritti sono oggetto delle norme di tutela delle fasce fluviali descritte sia nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) sia nel PTCP e sintetizzate nella TAV. SA 6 "Aree di pertinenza fluviale" allegata al Piano Strutturale Comunale (2012).

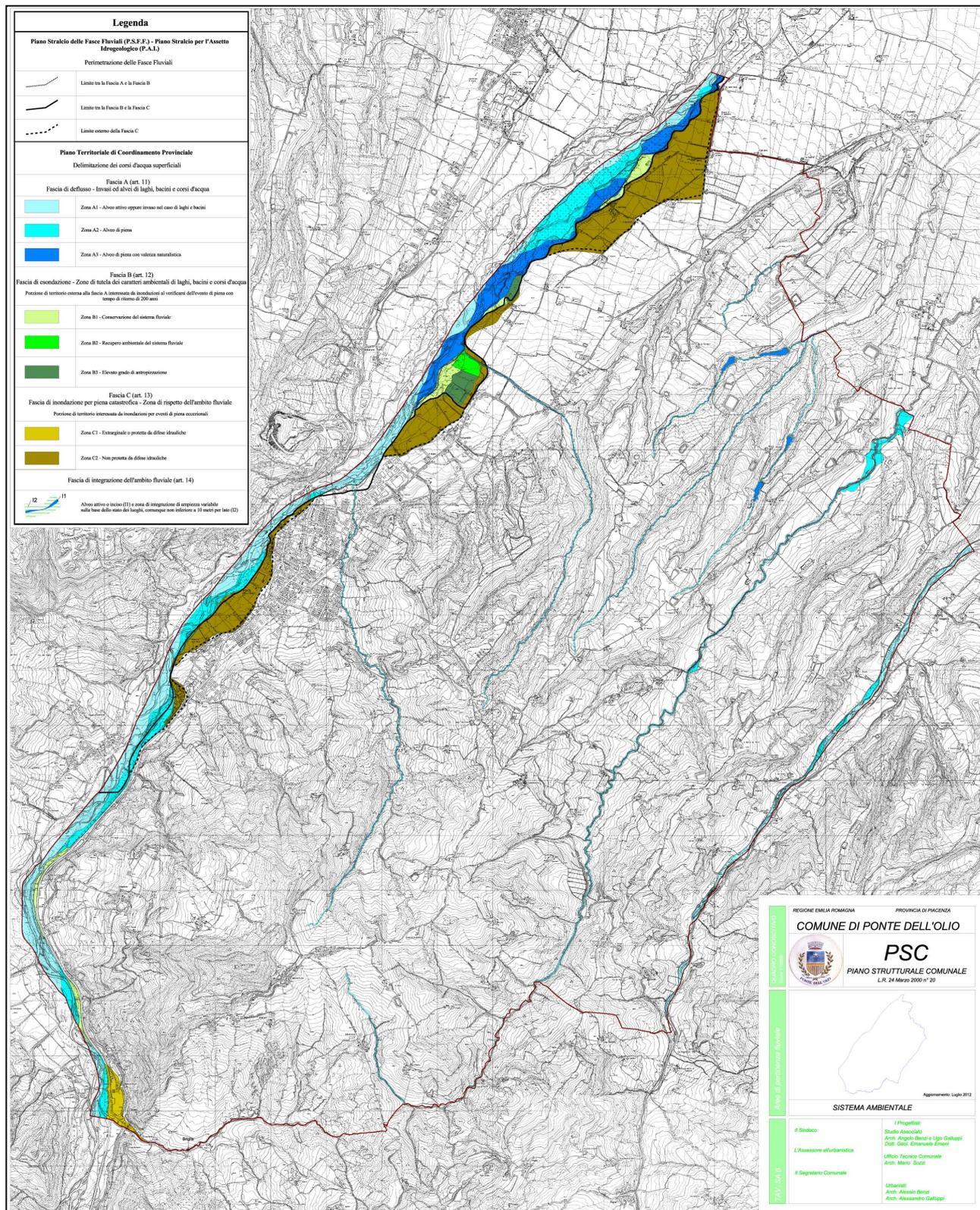


Figura 3: Carta delle aree di pertinenza fluviale allegata al PSC (2012).

5. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Nel territorio comunale, le acque sotterranee sono ospitate in corpi acquiferi costituiti dagli stessi depositi delle unità terziarie e quaternarie, di permeabilità e trasmissività così caratteristiche da assumere anche il connotato di Unità idrogeologiche.

Nell'ambito della stesura del Piano Strutturale Comunale (2012) sono state riconosciute le seguenti Unità, riportate nella TAV. SA 5 "Acque sotterranee":

UNITA' 1 – E' costituita dai depositi tardo – pleistocenici e olocenici del T. Nure (e marginalmente del T. Riglio) di natura prevalentemente ghiaiosa. Lo spessore dell'Unità aumenta progressivamente a partire dal margine pedecollinare; analogamente, le ghiaie (che ospitano le acque sotterranee) affiorano a profondità decrescente dalle zone marginali sino all'asse del T. Nure, in corrispondenza del quale affiorano direttamente a piano campagna.

La falda assume comportamento da freatico a localmente confinato (quest'ultimo caso in presenza di significative coperture fini) e risente dell'effetto drenante esercitato dal T. Nure quando il corso d'acqua si trova in condizioni di morbida. Le superfici di affioramento dei depositi ghiaiosi costituiscono l'area di ricarica dell'Unità Idrogeologica A (Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP, 1998).

Dalla ricostruzione delle isopiezometriche si rilevano linee di flusso con direzione verso quadranti settentrionali o N – occidentali, evidenziando come il T. Nure costituisca l'asse di drenaggio di tutte le acque sotterranee a partire dal suo sbocco in pianura. La situazione, tuttavia, è riferita ad un periodo di magra del corso d'acqua mentre, in occasione delle principali piene, è ipotizzabile che avvenga, almeno localmente, una inversione del regime di alimentazione.

E' quindi evidente come la circolazione idrica sotterranea sia più o meno direttamente collegata alla falda di subalveo del T.Nure solo per il basso terrazzo, che si estende a nord – ovest di Folignano, mentre, per la restante piana alluvionale, le acque sotterranee sembrano influenzate, più che dal livello del Nure, dalla rete idrica secondaria e dagli apporti idrici che avvengono per infiltrazione e/o percolazione dai territori pedecollinari.

UNITA' 2 – E' costituita dai depositi plio – pleistocenici di natura prevalentemente conglomeratica e, in subordine, ghiaiosa, sabbiosa, limosa o argillosa che costituiscono il substrato del sistema dei terrazzi pedecollinari. Le acque sotterranee costituiscono falde generalmente sospese, talora effimere, ospitate in lenti ghiaioso – sabbiose confinate entro i depositi più cementati e meno permeabili; tali acquiferi alimentano pozzi idrici di modeste portate e locali fenomeni sorgentizi lungo le principali scarpate (sorgenti di terrazzo).

In corrispondenza dei terrazzi pedecollinari, inoltre, sono presenti, a quote differenti, orizzonti permeabili saturi che costituiscono falde generalmente sospese, di geometria lenticolare, il cui schema di alimentazione e circolazione segue linee di flusso complesse.

UNITA' 3 – E' costituita da rocce appartenenti alla Formazione di Val Luretta s.l., formata in prevalenza da depositi torbiditici arenaceo – marnosi e calcareo – marnosi ben stratificati. Le caratteristiche strutturali dell'Unità favoriscono una circolazione idrica sotterranea per permeabilità secondaria (giunti di strato, fratture, faglie ecc) alimentanti fenomeni sorgentizi di modesta entità.

UNITA' 4 – E' costituita dalle rocce appartenente all'Unità Tettonica di Guselli, caratterizzata da una diffusa matrice argillitica. I caratteri tessiturali e quelli strutturali dell'Unità sono tali per cui la circolazione idrica può considerarsi nulla, così come i fenomeni di infiltrazione superficiale. La posizione tettonica e stratigrafica di affioramento conferisce all'Unità un comportamento da "substrato impermeabile" favorendo potenziali fenomeni sorgentizi al contatto con rocce più permeabili ad essa sovrastanti.

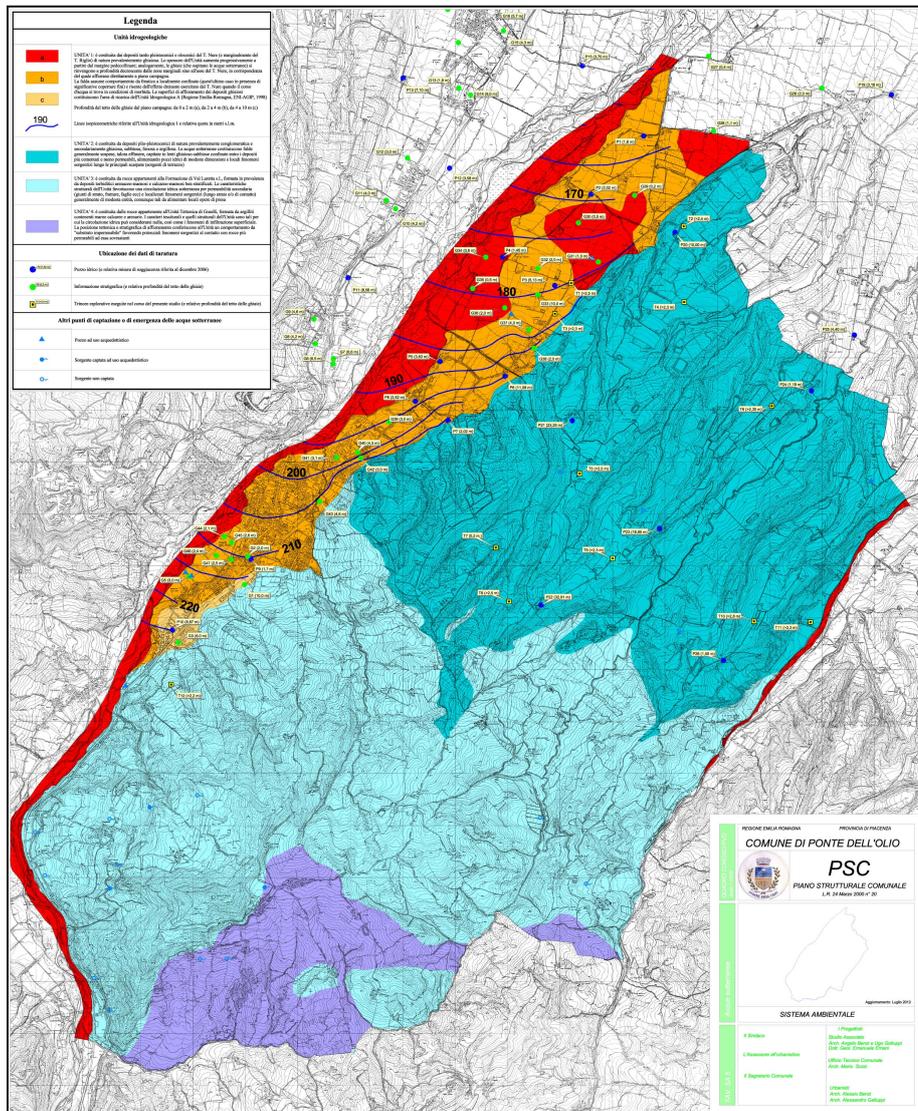


Figura 4: Carta delle acque sotterranee allegata al PSC (2012).

6. VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

La vulnerabilità degli acquiferi è definita dalla possibilità di infiltrazione e propagazione degli agenti inquinanti provenienti dalla superficie o da altre falde più superficiali già compromesse.

Questo concetto implica uno stato di potenziale minaccia della qualità originaria delle acque sotterranee, determinato unicamente dalle condizioni ambientali, sia naturali che antropiche, esistenti e indipendenti dalle sorgenti inquinanti.

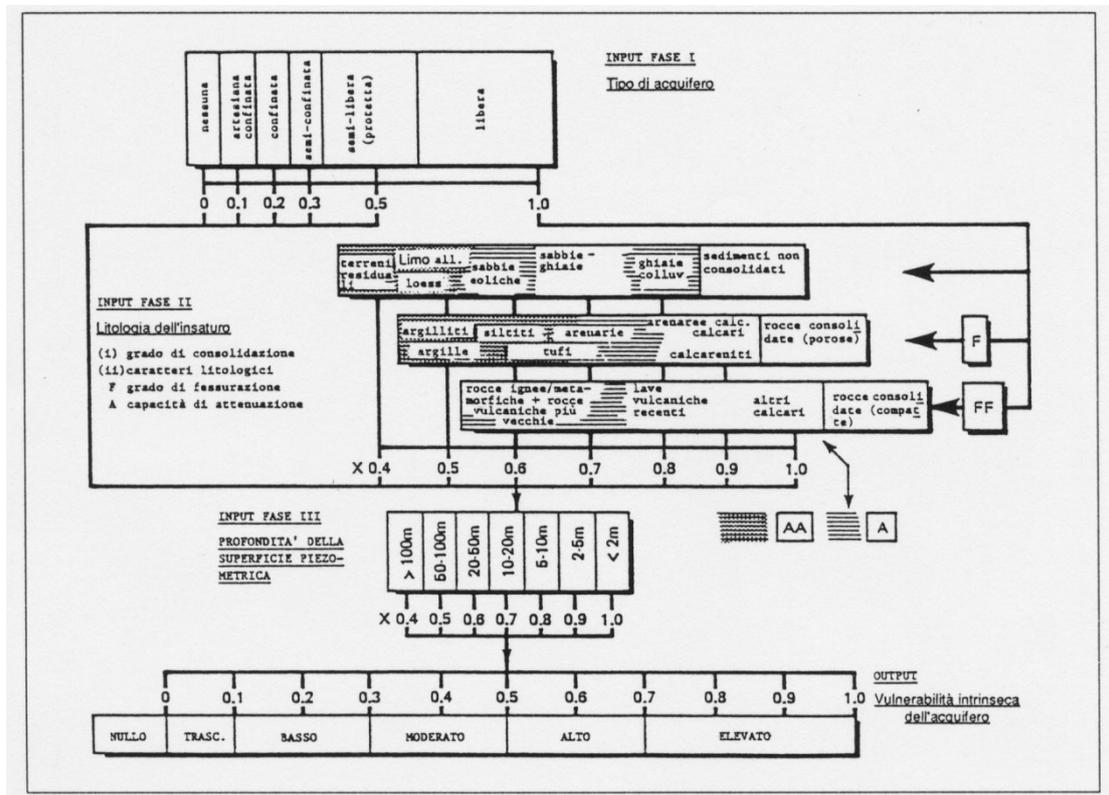
In termini di vulnerabilità, hanno un peso preponderante i seguenti fattori geologici e idrogeologici:

- la idro-litologia, ovvero il tipo e il grado di permeabilità verticale e orizzontale, che determina la velocità di percolazione dell'inquinante e l'azione di attenuazione insita nei diversi terreni;
- il tipo e lo spessore di un'eventuale copertura fine a bassa permeabilità, quale elemento di protezione per l'acquifero sottostante;
- la soggiacenza della superficie piezometrica media dell'acquifero, la quale definisce lo spessore della zona insatura (direttamente proporzionale all'azione di autodepurazione);
- le condizioni di interscambio da parte di corsi d'acqua naturali e di canali artificiali, veicoli di inquinanti.

Nell'ambito dello studio geologico relativo al Piano Strutturale Comunale (2012), la vulnerabilità dell'acquifero è stata definita con il metodo GOD, messo a punto dal British Geological Survey – Foster (1987) e considerato uno dei più importanti ed utili nel settore (Civita, 1994).

Il metodo GOD utilizza come dati d'ingresso tre proprietà dell'acquifero (indicizzate), il cui prodotto ne rappresenta la vulnerabilità; ovviamente la valutazione è solamente di tipo puntuale ma, stimando le condizioni medie, restituisce con affidabilità la vulnerabilità idrogeologica del territorio.

Le tre proprietà indici utilizzate dal metodo GOD sono: il tipo di acquifero, la litologia dell'insaturo e la profondità della superficie piezometrica.



In questo modo sono state individuate 4 classi omogenee, rappresentate graficamente nella TAV. SA 9 "Vulnerabilità degli acquiferi" allegata al Piano Strutturale Comunale (2012):

1. Vulnerabilità elevata – Questa classe è circoscritta ai depositi alluvionali del T. Nure e del T. Riglio, privi di copertura fine, con falda sub – affiorante (soggiacenza generalmente inferiore ai 2 m) in condizioni freatiche (la superficie è in equilibrio con i livelli idrometrici del corso d'acqua).
2. Vulnerabilità da alta a elevata, estesa al ripiano pre – olocenico terrazzato costituente la piana alluvionale ai margini del T. Nure. I depositi di natura ghiaiosa ospitano una falda a comportamento da freatico a localmente confinato. Gli alti indici di vulnerabilità si riducono in presenza di significative coperture a permeabilità ridotta.
3. Vulnerabilità da bassa a moderata – Si tratta della fascia pedecollinare dei terrazzi antichi, in cui le strutture acquifere presentano consistenti coperture impermeabili, salvo locali condizioni (incisioni dei corsi d'acqua minori, scarpate d'erosione ecc.) che riducono lo spessore della copertura incrementando gli indici di vulnerabilità.

4. Discorso a parte, invece, merita la fascia collinare, in cui le condizioni di vulnerabilità sono intimamente connesse con le modalità di alimentazione delle acque sotterranee eventualmente circolanti nei depositi pre – quaternari all'interno di un sistema caratterizzato da permeabilità secondaria. Le ridotte coperture e i tempi di infiltrazione (generalmente più elevati rispetto ai mezzi permeabili per porosità), e conseguentemente gli esigui processi di autodepurazione del sistema acquifero, condizionano indici di vulnerabilità generalmente molto elevati. Da tale classe sono stati ovviamente stralciate le aree di affioramento delle Argilliti di Guselli, in cui le caratteristiche granulometriche, tessiturali e strutturali rendono i depositi impermeabili e non consentono l'infiltrazione (né la circolazione) di acque nel sottosuolo.

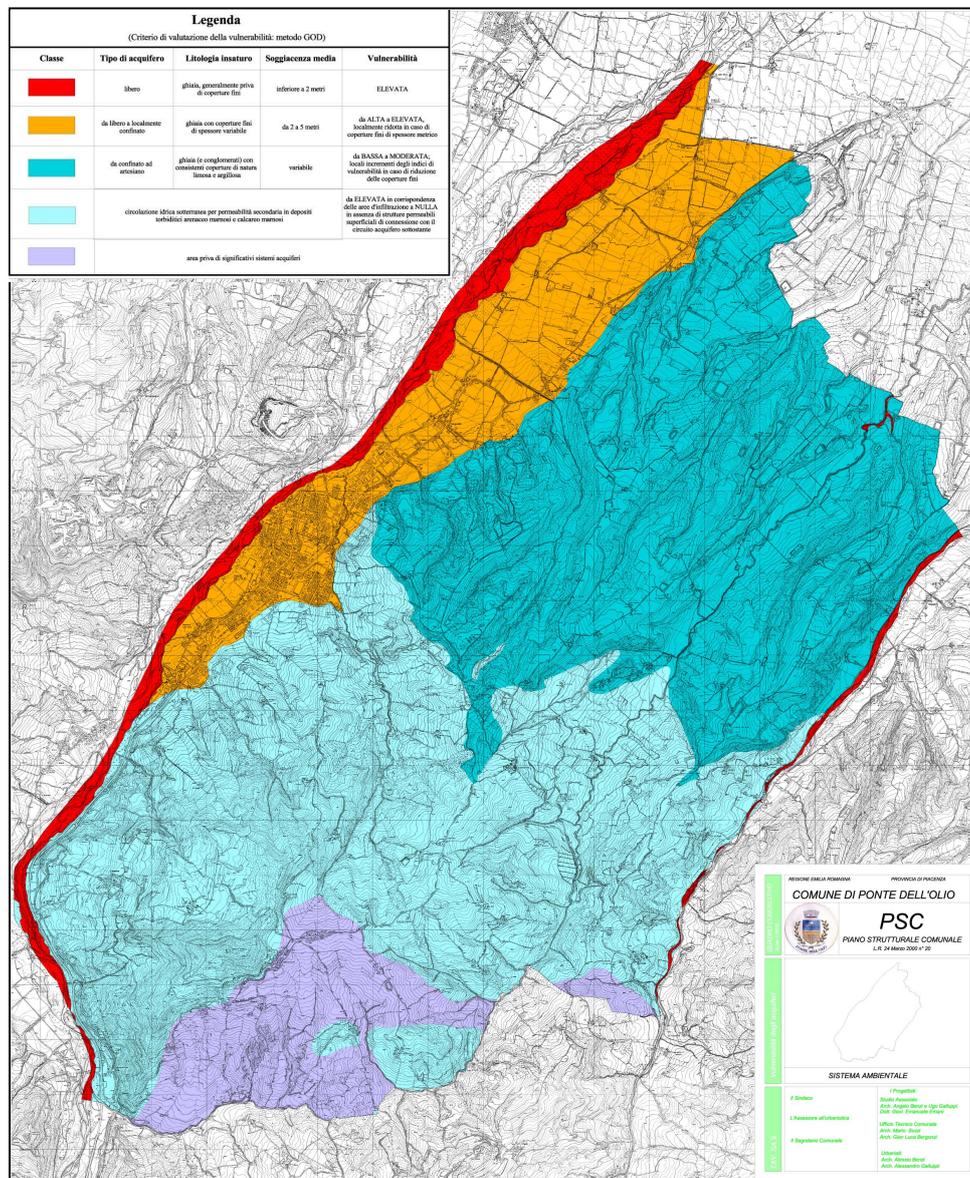


Figura 5: Carta della vulnerabilità degli acquiferi allegata al PSC (2012).

7. ASSETTO TETTONICO

L'Appennino è una catena a *thrust* formatasi principalmente in età neogenica, ma con presenza di strutture e morfologie che testimoniano un'attività recente, accompagnata da una costante sismicità.

Le maggiori evidenze di strutture attive sono state rilevate nel settore del margine appenninico compreso tra Salsomaggiore e la Valle dell'Idice, sul fronte sepolto delle pieghe emiliane, tra Piacenza e Reggio Emilia, e al tetto della dorsale ferrarese, tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio.

L'Appennino piacentino, dato dalla sovrapposizione di unità tettoniche secondo un modello generale di *thrust* NE – vergenti, non mostra chiare evidenze di deformazioni recenti; i depositi della successione del margine si presentano pressoché indeformati e si immergono blandamente sotto i depositi alluvionali padani.

Dai profili sismici risulta che l'unica struttura importante che mostra attività tardo – quaternaria è il fronte sepolto dell'alto di Chero – Carpaneto, che rappresenta la prosecuzione verso SE del *thrust* di Stradella.

La sintesi delle attuali conoscenze in termini di dati sismologici ed elementi strutturali è data dalla Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (2004), a cura del Servizio Sismico e dei Suoli regionale.

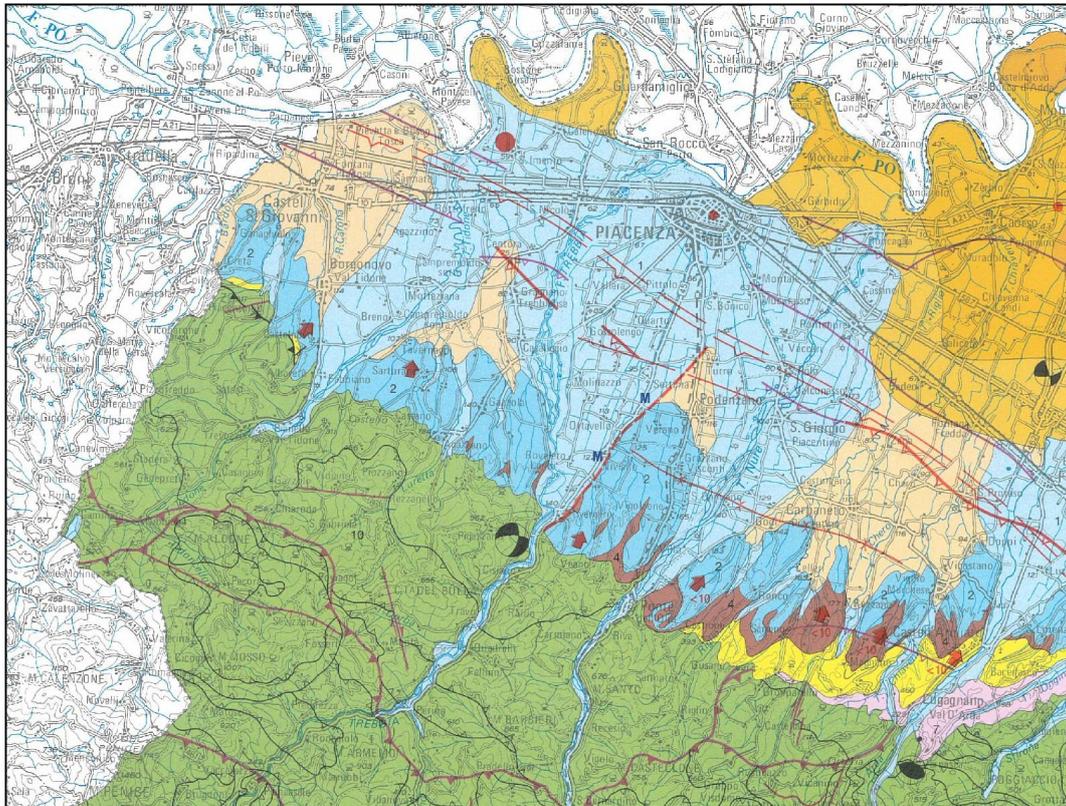


Figure 6: Stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (2004).

- | | |
|----|---|
| 1 | Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)
<i>Alluvial fan and intramountain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)</i> |
| 2 | Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore, 0,8- 0,01 Ma)
<i>Po Plain terraced alluvial deposits (Middle and Late Pleistocene, 0,8 - 0,01 My)</i> |
| 3 | Sabbie di Imola (Pleistocene medio, 0,8 - 0,65 Ma)
<i>Imola Sands (Middle Pleistocene, 0,8 - 0,65 My)</i> |
| 4 | Sabbie gialle (Pleistocene inferiore, 1 - 0,8 Ma)
<i>Yellow sands (Early Pleistocene, 1 - 0,8 My)</i> |
| 5 | Depositi fluvio-lacustri intramontani (Pliocene superiore-Pleistocene medio, 2,1 - 0,2 Ma)
<i>Intramountain fluvio-lacustrine deposits (Late Pliocene-Middle Pleistocene, 2,1 - 0,2 My)</i> |
| 6 | Depositi marini post fase Pliocene inferiore (zona a G. Punctulata) (Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore, 4,5 - 1 Ma)
<i>Post Early Pliocene (G. Punctulata zone) tectonic phase marine deposits (Early Pliocene -Early Pleistocene, 4,5 - 1 My)</i> |
| 7 | Depositi lagunari e marini compresi tra le fasi tettoniche del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore (zona a G. Punctulata) (6,3 - 4,5 Ma)
<i>Late Messinian-Early Pliocene (G. Punctulata zone) lagoonal and marine deposits (6,3 - 4,5 My)</i> |
| 8 | Depositi evaporitici e clastici del Messiniano inferiore e medio (6,8 - 6,3 Ma)
<i>Early and Middle Messinian evaporitic and clastic deposits (6,8 - 6,3 My)</i> |
| 9 | Depositi delle avanfosse dell'Oligocene superiore-Miocene: Macigno, Arenarie del M. Cervarola, Arenarie del M. Falterona, Marnoso-Arenacea (28 - 6,8 Ma)
<i>Foredeep deposits Late Oligocene-Miocene in age: Macigno, Mt Cervarola Sandstones, Mt Falterona Sandstones, Marnoso-Arenacea (28 - 6,8 My)</i> |
| 10 | Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)
<i>Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)</i> |
| 11 | Evaporiti triassiche (220 - 210 Ma)
<i>Triassic evaporites (220 - 210 My)</i> |
- Limite Pliocene-Pleistocene
Pliocene-Pleistocene boundary

Strutture sepolte *Buried structures*

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsol geological data

- | | |
|--|---|
| | Sovrascorrimento
<i>Thrust fault</i> |
| | Anticlinale
<i>Anticline</i> |
| | Sinclinale
<i>Syncline</i> |
| | Fronti di accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica
<i>Meso-Cenozoic carbonates thrust front</i> |
| | Fronte di accavallamento del basamento
<i>Basament thrust front</i> |

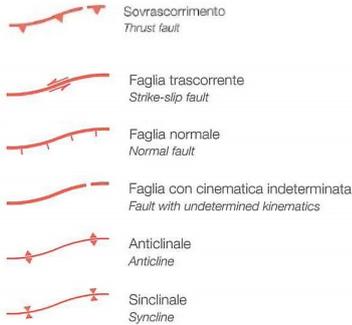
Fronti dei principali sovrascorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)
Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4,5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)

- | | |
|--|--|
| | Sovrascorrimento riattivato
<i>Reactivated thrust fault</i> |
| | Sovrascorrimento con possibili riattivazioni
<i>Thrust faults with possible reactivations</i> |

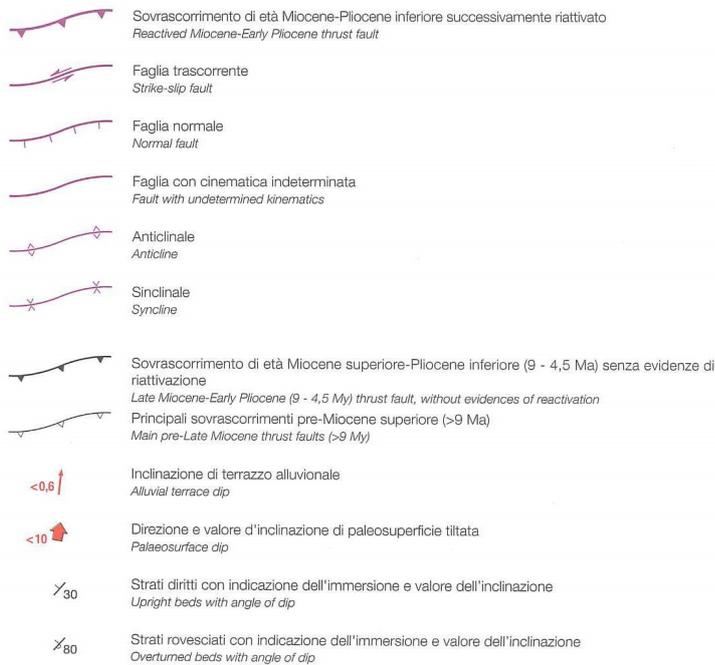
Figure 6(a): Legenda della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (2004).

Strutture affioranti *Outcropping structures*

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data



Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)
Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)



Epicentri dei terremoti *Earthquake epicenters*



Meccanismi focali *Earthquake focal solutions*



Figure 6(b): Legenda (II) della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (2004).

8. SISMICITA' DEL TERRITORIO

La Provincia di Piacenza è soggetta ad un'attività sismica bassa, testimoniata da alcuni terremoti documentati storicamente, con epicentro nell'ambito del territorio provinciale, e da eventi più intensi con epicentro nelle province limitrofe.

Dall'esame delle registrazioni dei terremoti, riportati nella specifica letteratura divulgativa (catalogo ENEL - PFG, bollettino sismico mensile dell'Istituto Nazionale di Geofisica e rapporti sull'attività sismica dell'Istituto di Geofisica e Geodetica dell'Università di Genova), si evince che la sismicità si concentra, in particolare modo, nel settore settentrionale.

Nel complesso il territorio provinciale può essere ritenuto potenzialmente pericoloso, anche se la sismicità è molto bassa. Nell'ambito territoriale della pianura piacentina gli epicentri dei terremoti sono concentrati lungo i piani di rottura del substrato terziario in corrispondenza del fascio di accavallamento dell'*External Thrust Front*.

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla base degli studi effettuati dal Servizio Sismico Nazionale (S.S.N.) e dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (G.N.D.T.), ha suddiviso il territorio nazionali in 4 classi con livelli decrescenti di pericolosità sismica.

Zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (NTC)
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Il territorio comunale è stato classificato, ai sensi dell'Ord. P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 in '**zona 3**' (bassa sismicità), con valori di accelerazione di picco orizzontale al suolo con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni compresa nell'intervallo 0.05 – 0.15 e accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (NTC) pari a 0.15.

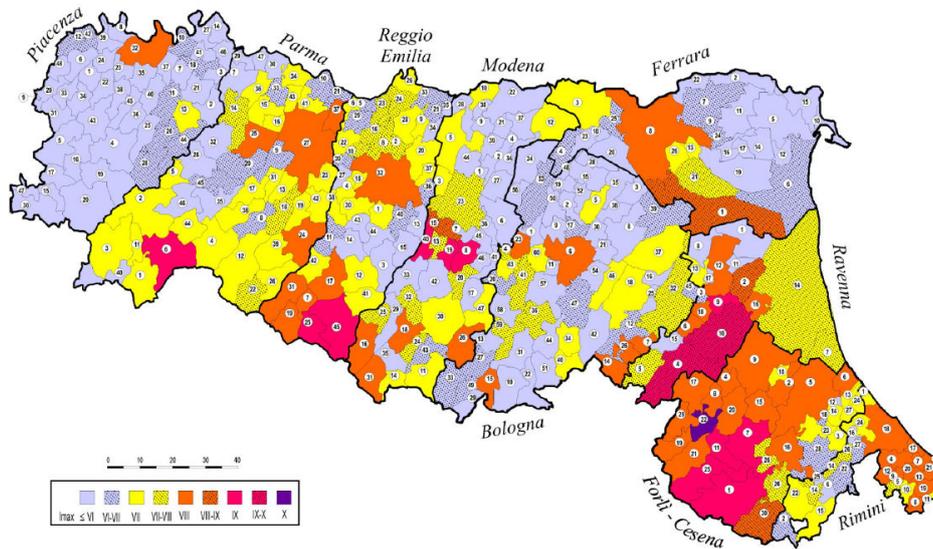


Figura 7: Sintesi in colore delle I_{max} MCS dei comuni dell'Emilia Romagna, prese dal Catalogo di dati macrosismici DBMI11 (Locati et alii, 2011).

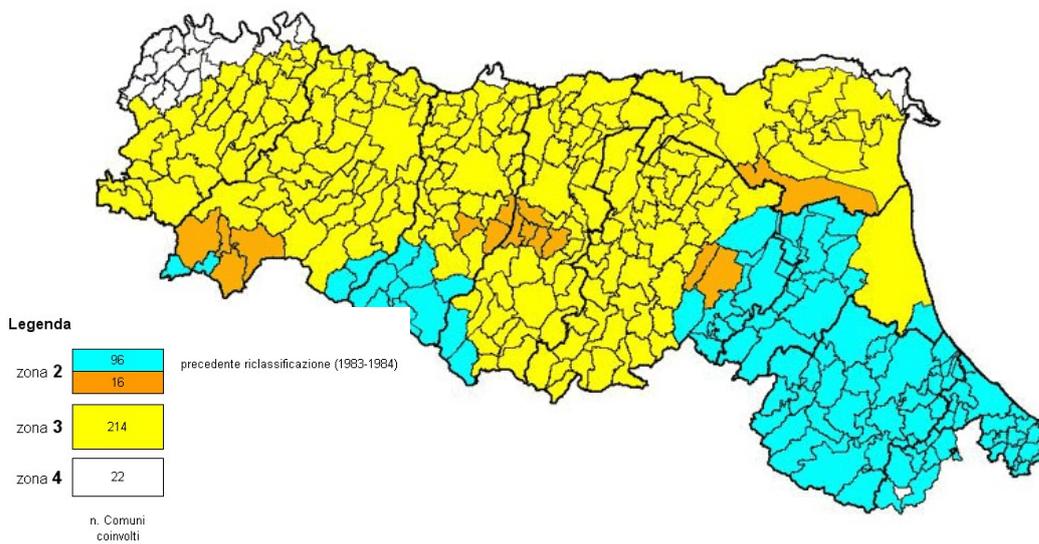


Figura 8: Riclassificazione sismica dell'Emilia Romagna secondo l'Ordinanza del PCM n. 3274/2003.

8.1 Sismicità di base

Le informazioni relative alla sismicità storica del Comune di Ponte dell'Olio sono state desunte dal Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani, redatto grazie all'INGV dal Gruppo di lavoro CPTI nel 2015 (**CPTI-15**), che elenca tutti i terremoti avvenuti dal 1000 al 2014.

La versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11, il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa dal 2006 a tutto il 2014
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15; Locati et al., 2016), significativamente aggiornato
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5-6 e 4.5 rispettivamente)
- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algorithm Boxer
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

I terremoti più prossimi all'area di Ponte dell'Olio, estratti da questo catalogo, sono elencati nella **Tabella 1** in ordine decrescente di Magnitudo (M_w) con epicentro a distanza inferiore ai 40 km dalla superficie comunale e indicati nella mappa riportata in **Figura 9**.

La sismicità è classificabile come medio – bassa e la dimostrazione ci viene fornita dalle osservazioni storiche, dove gli unici eventi di rilievo, ubicati nelle vicinanze di Ponte dell'Olio (**Tabella 1**), non raggiungono mai valori di Magnitudo uguali e/o superiori a 6. Come è possibile osservare nella mappa in **Figura 9**, i terremoti sono prevalentemente ubicati nel Parmense e nella fascia appenninica piacentino – parmense.

Anno	Epicentro	Lat	Lon	Io	I _{max}	M _w
1951	Lodigiano	45,226	9,620	6-7	6-7	5,17
1738	Emilia occidentale	44,906	10,028	7	7	5,10
1975	Appennino piacentino	44,749	9,519	4-5	5-6	4,93
1945	Oltrepò Pavese	44,817	9,146	6-7	6-7	4,78
1522	Pianura Padana	44,982	10,050	5	5	4,71
1927	Alta Val di Taro	44,520	9,590	6	6	4,66
1980	Piacentino	44,808	9,787	6-7	6-7	4,57
2012	Piacentino	44,782	9,670			4,52
1985	Appennino parmense	44,605	9,630	7	7	4,51
2007	Pianura emiliana	44,898	10,003			4,45
1910	Piacentino	44,857	9,659	5	5	4,39
1975	Appennino piacentino	44,659	9,626	5-6	5-6	4,36
1991	Emilia occidentale	44,939	9,997	5	5-6	4,33
1973	Appennino piacentino	44,672	9,479			4,28
1906	Parmense	44,812	10,079	5	5	4,25
1913	Val Trebbia	44,895	9,327	4-5	5	4,24
1586	Parmense	44,866	10,061	5	5	4,16
1784	Oltrepò Pavese	44,776	9,183	5	5	4,16
1921	Val di Taro	44,634	9,703	4	5	4,15
1974	Alta Val di Taro	44,559	9,748	5	6	4,14
2009	Piacentino	44,814	9,772			4,12
2005	Valle del Trebbia	44,724	9,348	4	4	3,97
1971	Oltrepò Pavese	45,050	9,238	4-5	5-6	3,85
1986	Appennino parmense	44,596	9,624	5	6	3,80
1985	Appennino parmense	44,558	9,672	5-6	5-6	3,76
1912	Piacenza	45,052	9,693	4	5	3,70
1954	Appennino piacentino	44,648	9,585	4	5	3,70
2005	Valle del Trebbia	44,690	9,326	4	4	3,68
1985	Appennino parmense	44,608	9,616	5-6	5-6	3,67
1985	Appennino parmense	44,565	9,659	5	6	3,66

Tabella 1: Sismicità storica nell'area di studio.

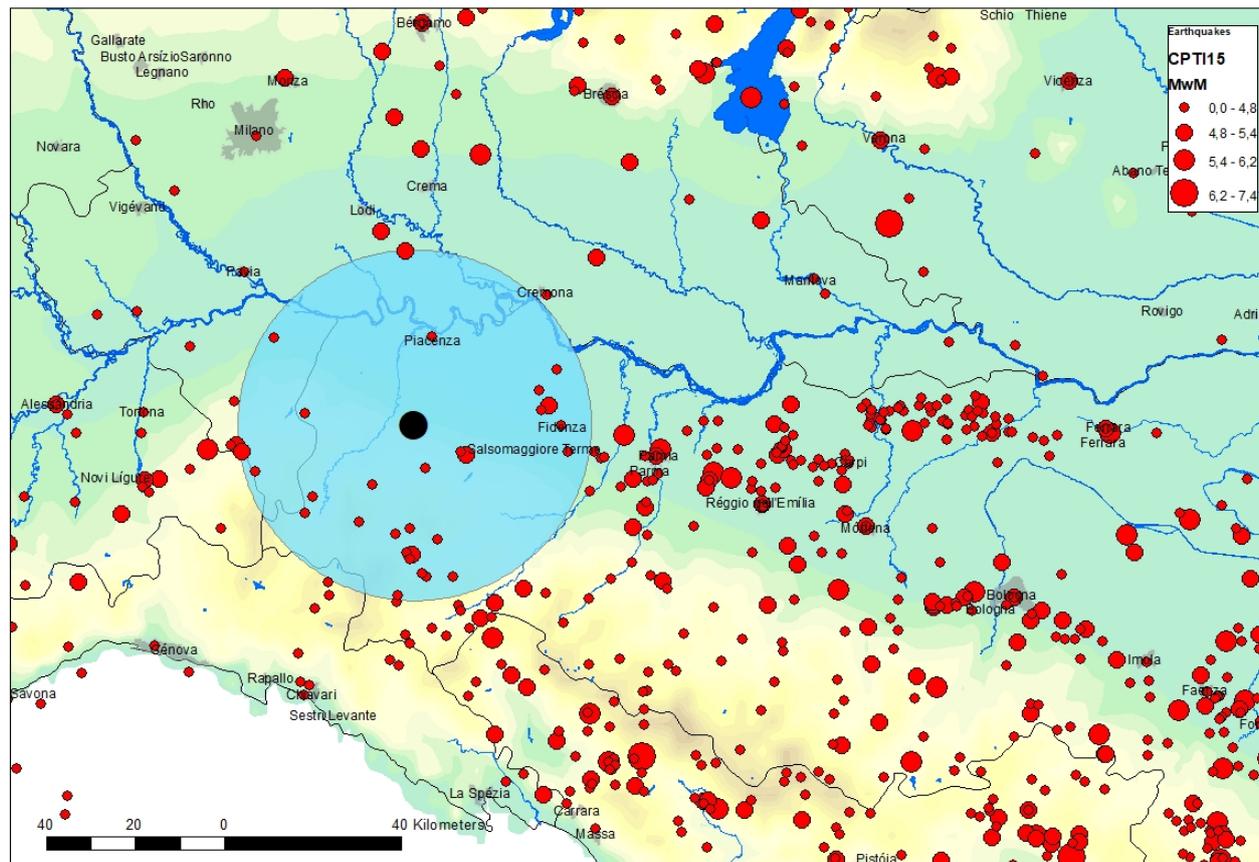


Figura 9: Distribuzione degli eventi sismici estratta dal catalogo parametrico dei terremoti italiani del 2015 (CPT15) che mostra gli epicentri dei terremoti più significativi avvenuti nell'area interessata e zone limitrofe.

8.2 Zone sismogenetiche

L'inquadramento macrosismico di riferimento si basa sulla zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

La zonazione, effettuata con lo scopo di creare una base per la stima della pericolosità sismica (hazard) del territorio nazionale, si fonda su un modello sismotettonico riferibile alla correlazione dei seguenti elementi:

1. Il modello strutturale 3D della penisola italiana e dei mari adiacenti;
2. la distribuzione spaziale dei terremoti storici e attuali per le diverse classi di magnitudo;
3. il modello cinematico dell'area mediterranea centrale, riferito agli ultimi 6 milioni di anni.

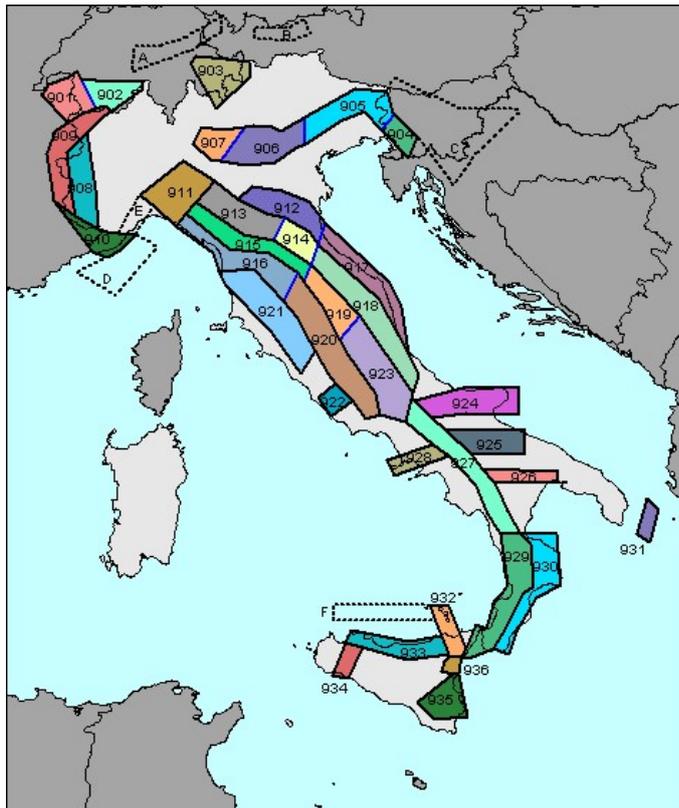


Figura 10: Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

Per zone sorgente, o sismogenetiche, si intendono quelle aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico – strutturale e soprattutto cinematico.

Il nuovo modello sismogenetico usato in Italia, introdotto appositamente per la redazione della mappa di pericolosità 2004, è la cosiddetta zonazione ZS9 per la quale il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F) (**Figura 10**):

- zone da 901 a 910: Arco Alpino (zone legate all'interazione Adria – Europa);
- zone dalla 911 alla 923: Appennino settentrionale e centrale;
- zone dalla 924 alla 928 e 931: Appennino meridionale e avampaese apulo;
- zone 929 e 930: Calabria;
- dalla 932 alla 936: Sicilia.

Per ogni zona sismogenetica è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente; si è valutato, inoltre, il grado di incertezza nella definizione dei limiti delle zone.

L'area, ricadente nel Comune di Ponte dell'Olio, oggetto di studio, ricade all'interno della zona sismogenetica 911 (Tortona – Bobbio). Quest'ultima, comprendente il cosiddetto “arco di Pavia” e le strutture ad esso relative, rappresenta il limite settentrionale dell'arco appenninico, costituendo un ruolo di svincolo tra il sistema alpino e quello appenninico; il meccanismo di fagliazione prevalente è trascorrente.

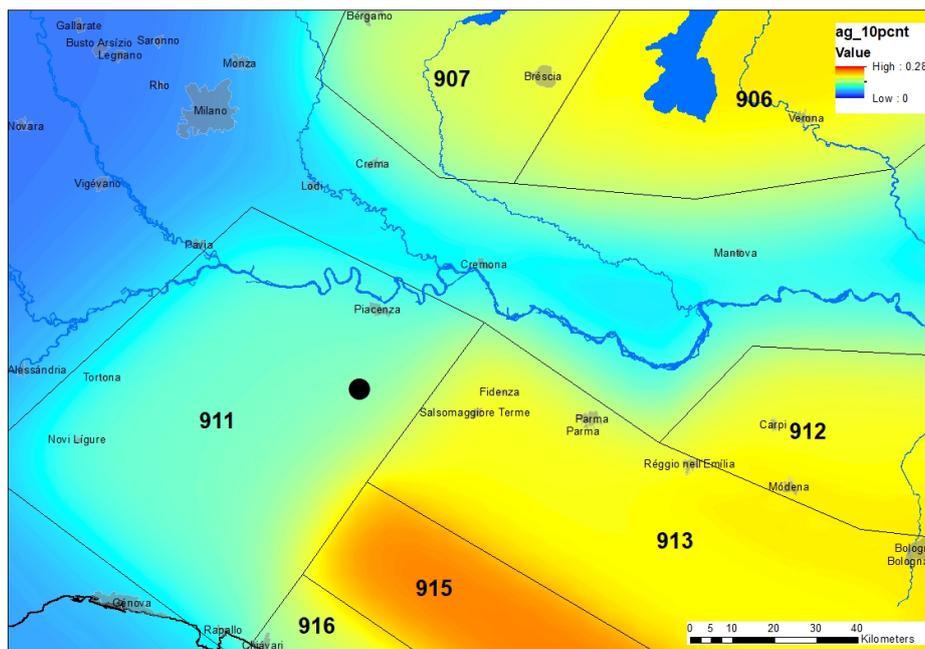


Figura 11: Zonazione sismogenetica ZS9: l'Italia del Nord (da Meletti C. & Valensise G., 2004).

8.3 Definizione della sorgente sismogenetica pertinente

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia mette in rete, nell'ambito del Progetto DISS3, le informazioni (<http://diss.rm.ingv.it>) riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale.

Il territorio di Ponte dell'Olio si trova a ONO rispetto alla sorgente sismogenetica composita classificata come ITCS045 *San Giorgio Piacentino-Fornovo di Taro*. Questa si estende al di sotto dell'area piacentina e parmense ed interessa una fascia di lunghezza pari a circa 42 km e larga circa 16 km. Di seguito sono riportati i parametri che definiscono questa sorgente sismogenetica:

Profondità minima	2.0 (km)	dati geologici da Autori vari
Profondità massima	10.0 (km)	dati geologici da Autori vari
Direzione (strike)	110° - 150°	dati geologici da Autori vari
Immersione (dip)	20° - 40°	dati geologici da Autori vari
Rake/pitch	80° - 100°	dati geologici regionali
Velocità di scorrimento	0.24-0.63 (mm/a)	dati geologici da Ponza et al. (2010) e Gunderson et al. (2013)
Ampiezza massima	5.5 (Mw)	dati sismici regionali

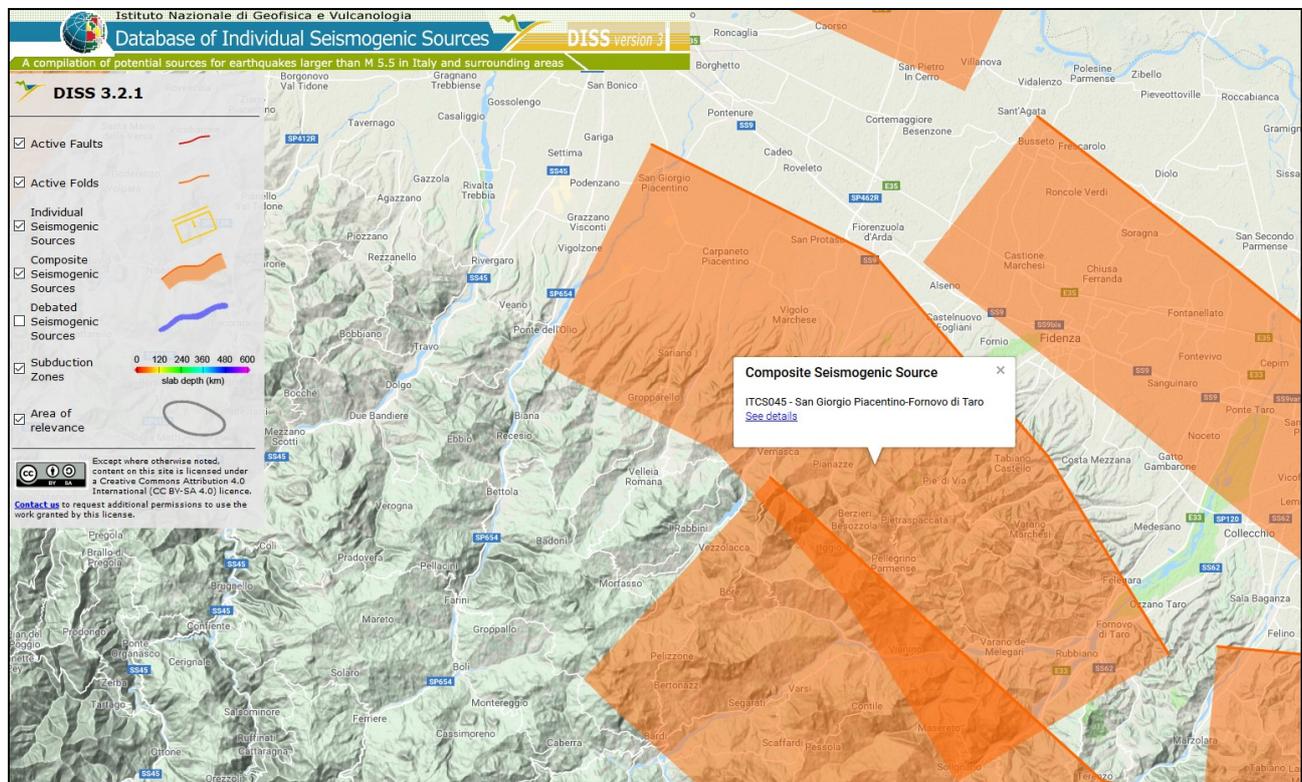


Figura 12: Distribuzione spaziale delle sorgenti sismogenetiche.

9. PERICOLOSITÀ SISMICA

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

In generale, la valutazione della Pericolosità sismica di un sito si realizza attraverso quattro diverse fasi:

- 1) Identificazione e caratterizzazione di tutte le sorgenti di eventi sismici in grado di produrre uno scuotimento significativo al sito. La caratterizzazione delle sorgenti include la definizione di ogni geometria di sorgente e relativo potenziale sismico.
- 2) Individuazione della distribuzione di probabilità dei terremoti o relazione di ricorrenza delle sorgenti considerate, che specifica il tasso medio di superamento di un terremoto di definita magnitudo.
- 3) Valutazione dello scuotimento del suolo prodotto dagli eventi sismici attraverso le relazioni di attenuazione.
- 4) Combinazione delle incertezze per ottenere la probabilità che un parametro descrittivo dello scuotimento del terreno sia superato in un determinato intervallo temporale.

Nuove carte sulla pericolosità sismica sono state recentemente prodotte dall'Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia (INGV); tale cartografia, realizzata per tutto il territorio italiano, si basano quindi su studi accurati che prevedono l'utilizzo dei dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), delle informazioni relative alla più recente Zonazione Sismogenetica ZS9 e dei relativi modelli cinematici di sviluppo della tettonica crostale, ed infine di una serie relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo.

Il valore del parametro di scuotimento fornito dall'analisi di pericolosità sismica non corrisponde quindi ad un particolare evento, ma deve essere considerato come il prodotto, espresso in termini probabilistici, degli effetti combinati di tutti gli eventi di differente magnitudo e distanza rappresentativi dell'intera storia sismica dell'area in esame.

La carta di riferimento per valutazioni di pericolosità sismica (<http://esse1.mi.ingv.it/>) è rappresentata dalla distribuzione probabilistica dell'accelerazione massima al suolo, definita PGA (*Peak Ground Acceleration*) ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità "g", pari a 9,81 m/sec².

Occorre tuttavia sottolineare che i valori di accelerazione massima vengono riferiti a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/sec; Cat. A); per tale motivo, le carte di pericolosità sismica non tengono conto dei possibili fenomeni di amplificazione dovuti a condizioni geologiche locali, che sono invece oggetto delle analisi di risposta sismica locale (RSL).

La “pericolosità sismica di base” è descritta:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

Il valore di riferimento della pericolosità sismica di base impiegato per le costruzioni ordinarie (Stato Limite Ultimo – SLV) è quello delle probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, equivalente a un tempo di ritorno di 475 anni.

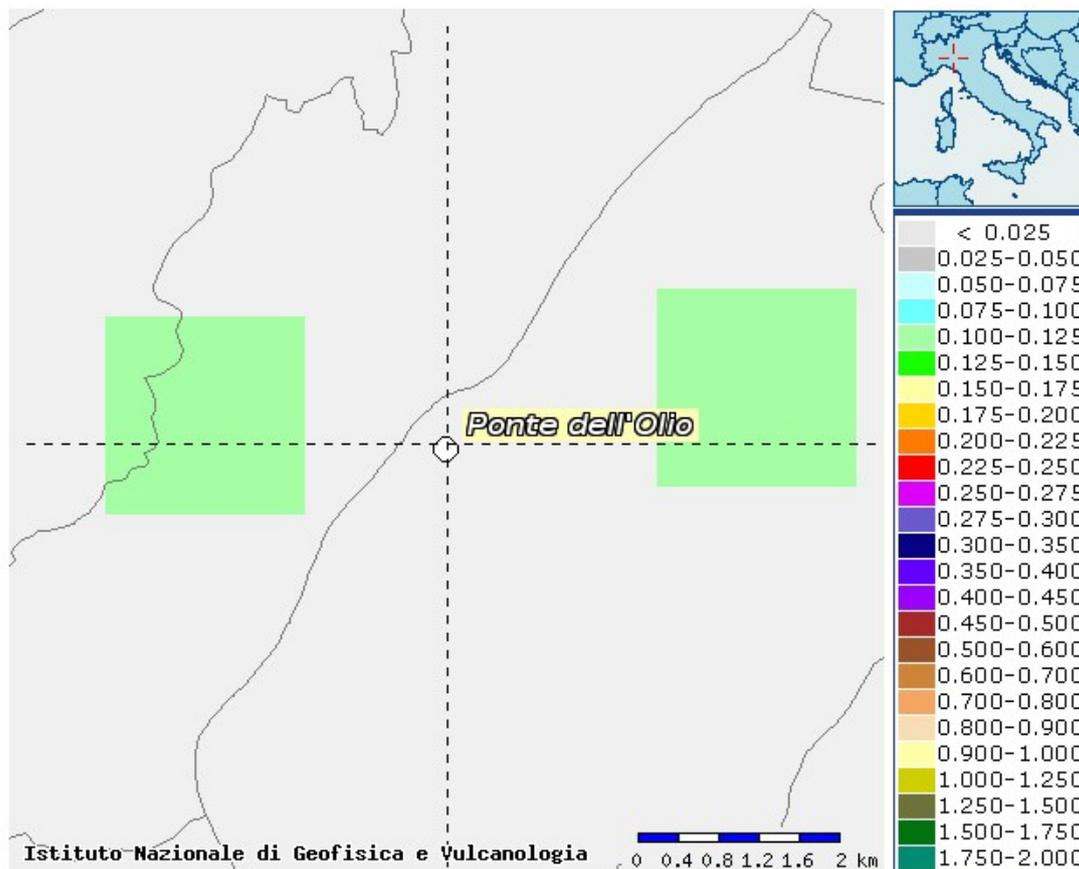


Figura 13: Mappa della pericolosità sismica centrata sul Comune di Ponte dell'Olio.

Nel caso specifico, il Comune di Ponte dell'Olio è caratterizzato da valori di $a(g)$ compresi tra 0.100 e 0.125.

Dai tabulati della Delibera Regionale n. 112 del maggio 2007, è possibile ottenere per il Comune di Ponte dell'Olio un valore di a_{refg} pari a **0,107 g** per un tempo di ritorno di 475 anni.

Inoltre, la documentazione allegata al Nuovo Testo Unico 2008 permette di estrapolare il grafico rappresentativo degli spettri di risposta elastica per determinati tempi di ritorno (**Figura 13**), e i valori di tali parametri esplicitati in tabella.

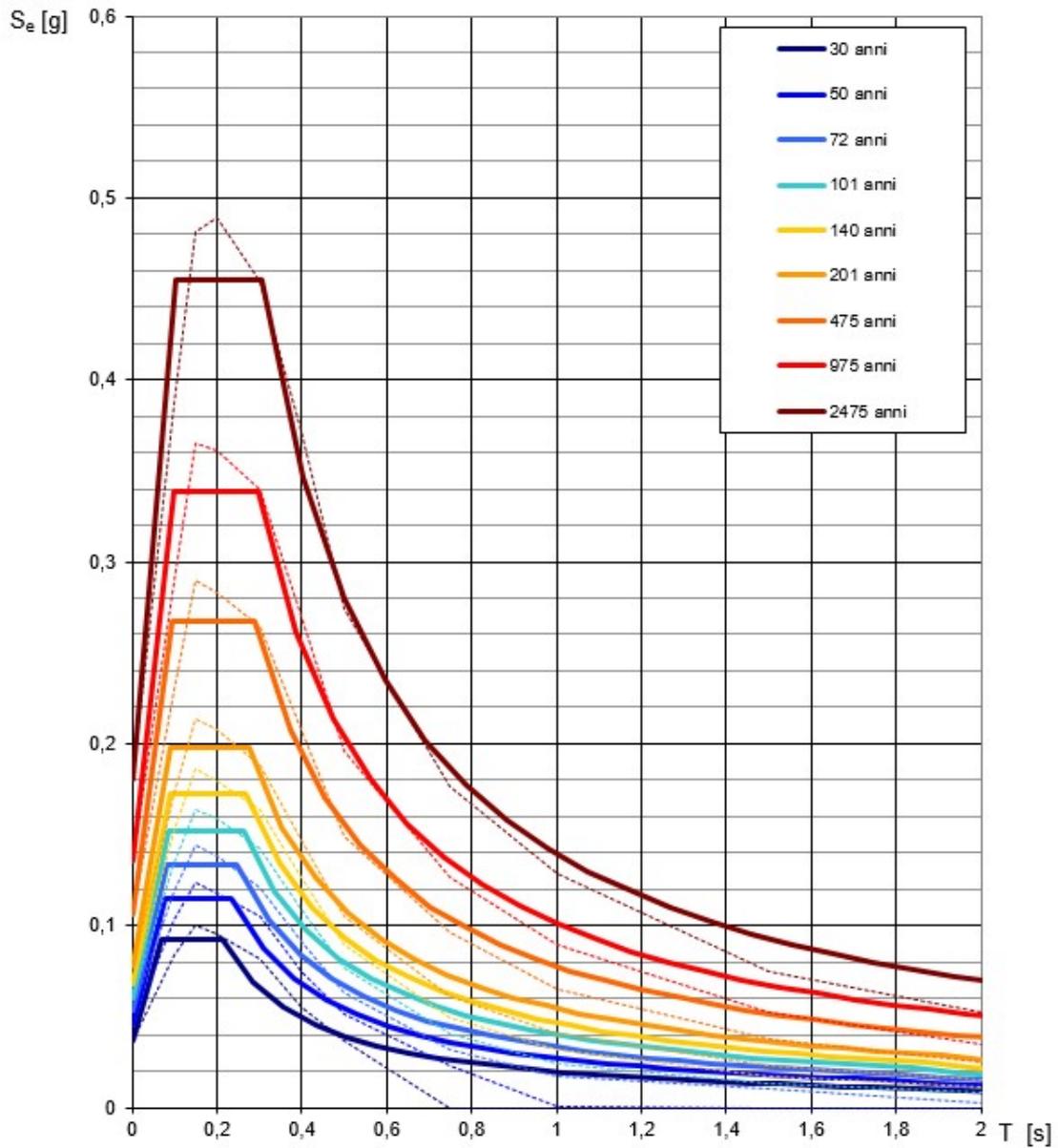
Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,037	2,525	0,211
50	0,046	2,511	0,235
72	0,053	2,533	0,249
101	0,060	2,556	0,262
140	0,068	2,540	0,270
201	0,077	2,550	0,275
475	0,106	2,528	0,291
975	0,135	2,506	0,299
2475	0,181	2,516	0,307

Come si può notare esiste una sostanziale coincidenza con i valori regionali sopra riportati, specificatamente riguardo al valore di a_{refg} per un tempo di ritorno di 475 anni.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 14: Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento.

10. SELEZIONE E DELIMITAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

Le aree di indagine sono state scelte e localizzate in corrispondenza dei centri urbani maggiormente significativi ("Territorio urbanizzato") e degli ambiti di espansione ("Territorio urbanizzabile") che il Comune di Ponte dell'Olio ha perimetrato – secondo i criteri definiti al par. 3.4.2 degli ICMS – così come riportato nei documenti di pianificazione territoriale (Piano Strutturale Comunale 2012).

11. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

In prima battuta sono stati raccolti e analizzati i dati pregressi in possesso dell'Ufficio Tecnico del Comune di Ponte dell'Olio e in particolare le indagini geofisiche, i sondaggi e le prove penetrometriche. Inoltre, il Servizio Geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna ha messo a disposizione le prove (pozzi d'acqua, sondaggi, prove penetrometriche dinamiche) dell'archivio regionale.

I dati pregressi raccolti e archiviati per lo studio di microzonazione possono essere così sintetizzati:

- dati di base allegati al P.S.C. vigente del Comune di Ponte dell'Olio;
- dati raccolti presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Ponte dell'Olio, Pratiche Edilizie private e pubbliche (interventi diretti e piani attuativi), Varianti e le indagini a supporto degli interventi depositati presso l'Ufficio SUAP;
- banca dati del Servizio Geologico, sismico e dei suoli della Regione Emilia Romagna (indagini del sottosuolo, sondaggi profondi, pozzi per acqua).

In particolare sono stati acquisiti nr. 29 dati lineari (nr. 1 ReMi, nr. 20 MASW, nr. 8 indagini di sismica a rifrazione) e nr. 162 dati puntuali (nr. 20 sondaggi, nr. 42 prove penetrometriche dinamiche, nr. 40 prove penetrometriche statiche, nr. 20 pozzi d'acqua, nr. 25 trincee, nr. 15 HVSR).

I dati pregressi sono stati integrati con una serie di nuove indagini, atte a completare l'informazione geotecnica e sismica che permette la caratterizzazione dei terreni. Per meglio definire il modello di sottosuolo sono state realizzate:

- nr. 6 analisi dei microtremori (ReMi)
- nr. 9 registrazioni a stazione singola (HVSr)
- nr. 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- nr. 2 prove penetrometriche dinamiche (DS)

La campagna di indagini geognostiche e geofisiche è stata eseguita dalla società Georeflex srl.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di 178 dati puntuali e di 33 dati lineari, suddivisi e rappresentati, in forma simbolica e per tipologia, secondo la legenda prevista negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica disposti dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (art. 5, comma 7 dell'OPCM 13.11.2010, n. 3907) nella Carta delle Indagini. I dati rappresentati in carta sono affiancati da un record numerico progressivo che ne rappresenta l'identificativo rintracciabile nell'archivio "CdI_Tabelle" creato con il software SoftMS versione 3.0.

Descrizione	Sigla	Quantità
Prova Refraction Microtremors	ReMi	7
Multichannel Analysis Of Surface Waves	MASW	20
Prospezione sismica a rifrazione	SR	8
Analisi di microtremore a stazione singola	HVSr	24
Prova penetrometrica statica	CPT	43
Prova penetrometrica dinamica	DS	44
Sondaggio	S	20
Pozzo per acqua	P	20
Trincea	TR	25

Totale indagini (pregresse + campagna 2017/2018)	211
--	------------

12. PROVA REFRACTION MICROTREMORS (ReMi)

In totale sono state eseguite, sul territorio comunale, nr. 7 analisi dei microtremori con metodo ReMi (Refraction Microtremor). Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche di acquisizione ed elaborazione del dato grezzo.

12.1 Descrizione del metodo

La determinazione delle Vs30 risulta essere fondamentale per la definizione dei suoli secondo l'inquadramento della nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica.

Per tale valutazione, oltre alla sismica in foro (downhole e crosshole) ed alla sismica di superficie (rifrazione e riflessione ad onde S) metodi alternativi di modellazione del sottosuolo basati sull'analisi delle onde superficiali (Rayleigh) hanno assunto importanza progressivamente crescente negli ultimi anni.

Tra le varie tecniche disponibili, l'analisi dei microtremori risulta essere particolarmente soddisfacente sia dal punto di vista dei risultati che dal punto di vista economico, essendo realizzabile con procedure operative molto simili a quelle impiegate per la sismica di superficie convenzionale.

L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 12 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30 s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale.

Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità.

Le metodiche analitiche del sistema rendono possibile operare in ambienti fortemente "inquinati" da rumore urbano e industriale tanto che ogni sito si presta ad essere studiato a patto che ci sia la possibilità di gestire in "sicurezza" uno stendimento complessivo di 50-200 ml.

Osservate le comuni precauzioni che si adottano in qualsiasi campagna sismica (accoppiamento e verticalità dei geofoni, ad es.) si stabilisce la distanza intergeofonica (che sarà funzionale al target e compatibile con l'area disponibile), si impostano i parametri di acquisizione, intervallo di campionamento (sample rate, che varia da 2 a 4 ms) e tempo di registrazione (record length, da 15 a 30 s).

Nel caso in cui si sia in presenza di una sorgente fissa di rumore è consigliabile ruotare di 90° l'intero stendimento e ripetere alcune acquisizioni; l'analisi complessiva del segnale mitiga l'effetto della unidirezionalità della sorgente e evita di incorrere nella sottostima della velocità di fase durante la più delicata operazione di picking.

La spaziatura geofonica rappresenta una sorta di filtro in frequenza per il segnale che può arrivare da tutte le direzioni. E' quindi implicito che maggiore è la spaziatura minore è la frequenza del segnale utile campionabile e di conseguenza maggiore è la profondità di investigazione. Questo fattore diventa interessante, e fondamentale, qualora l'oggetto dell'indagine sia la modellazione profonda, mentre può essere trascurabile se la finalità della misura è la definizione del profilo sismico verticale relativo a poche decine di metri.

Anche se l'esperienza fin qui maturata consente di affermare che la gran parte delle aree di fondovalle o prossime a centri abitati o a vie di comunicazione è in grado di produrre un "noise" utile è tuttavia preferibile poter disporre di una fonte di rumore vicina per arricchire lo spettro di frequenze medio alte (25-35Hz). In questo modo si potrà dettagliare il modello della porzione superficiale di sottosuolo che è quello di maggiore interesse ai fini del calcolo del parametro V_{s30} .

12.2 Strumentazione e criteri di acquisizione

Per l'acquisizione sismica è stato impiegato un sismografo a 24 canali (**GEODE**) facente parte della gamma dei prodotti Geometrics Ltd; questo strumento è dotato di un convertitore analogico – digitale a 24 bit che permette intervalli di campionamento estremamente ridotti (da 0.02 ms a 16 ms), di un *range* dinamico di sistema di ben 144 dB e di un'ampia banda di ingresso (da 1.75 Hz a 20 kHz), in grado di riprodurre in modo molto accurato il segnale sismico.

I sensori disposti sul terreno sono geofoni caratterizzati da una frequenza di smorzamento di 4.5 Hz.

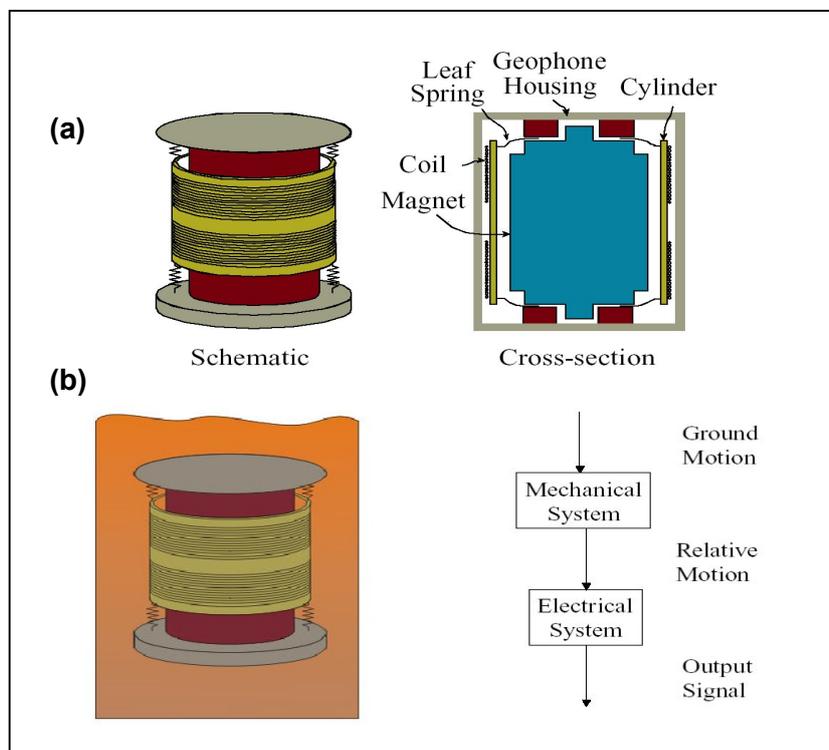


Figura 15: Schema del funzionamento dei geofoni rilevatori.

La geometria di acquisizione in campagna è stata realizzata mediante l'allineamento di nr. 24 geofoni con spaziatura variabile (tra 3 e 5 metri) in base alla disponibilità areale e ai vincoli infrastrutturali. Inoltre, laddove fosse presente una sorgente fissa di rumore (ad esempio arterie ad alto scorrimento), si è cercato di posizionare lo stendimento sismico lungo una direzione perpendicolare ad essa.

In taluni casi i profili ReMi sono stati realizzati anche su terreni duri quali ad esempio le pavimentazioni stradali, adottando dei supporti in teflon.

I parametri di acquisizione, riportati di seguito, sono standard per tutti gli stendimenti:

intervallo di campionamento (sample rate) = 2 ms
tempo di registrazione (record length) = 32.768 s

12.3 Elaborazione dei dati

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "*slowness – frequency*" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentarne lo spettro di potenza su un grafico p-f. A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "*picking*" attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (p o 1/velocità di fase) per alcune frequenze. Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto.

Il software con cui è stato realizzato questo tipo di elaborazione è denominato ReMi e viene prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA).

Per gli stendimenti sismici acquisiti durante la campagna geognostica 2017/2018, nell'**Allegato 1** sono riportati: l'ubicazione su ortofoto, la documentazione fotografica, gli spettri di tipo "*slowness – frequency*" con il *picking*, i grafici illustranti i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata e i profili di velocità Vs in funzione della profondità.

13. MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW)

Nella fase preliminare dello studio di microzonazione di II livello, sono stati presi in considerazione anche i dati relativi a nr. 20 indagini geofisiche con metodo MASW eseguite sul territorio comunale. Di seguito si riporta una descrizione sintetica del metodo.

13.1 Descrizione del metodo

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde di taglio S in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

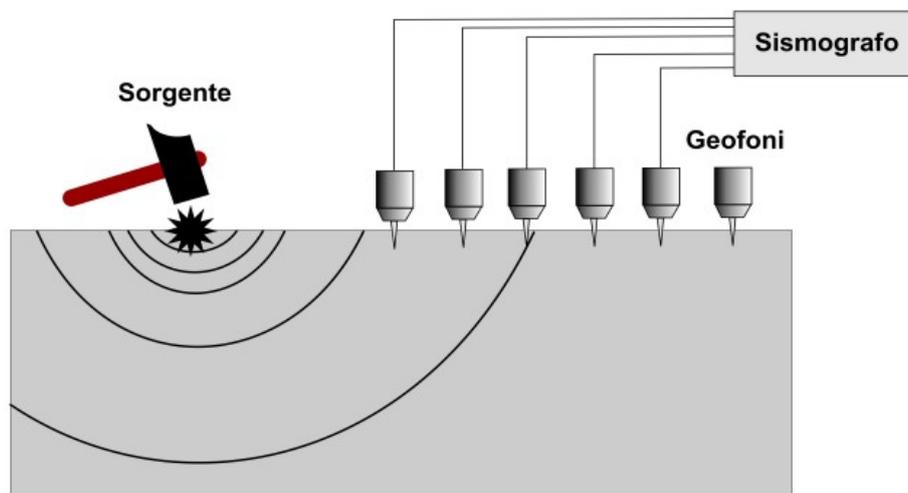
Il metodo di indagine MASW si distingue dal REfraction Microtremors method in quanto le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva posta sulla superficie del suolo e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza.

13.2 Strumentazione e criteri di acquisizione

L'analisi delle onde superficiali, in genere, viene eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un *array* lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 1-5 m.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni orizzontali da 4.5 Hz, viene utilizzato un sismografo a 24 bit.

L'energizzazione necessaria per generare le onde superficiali viene comunemente prodotta mediante un cannoncino sismico calibro 8 o, in alternativa, con un martello sismico da 8-10 kg.



13.3 Elaborazione dei dati

Partendo dal sismogramma registrato mediante sorgente energizzante in asse con lo stendimento, viene eseguita un'analisi spettrale che consente di elaborare un'immagine della distribuzione del segnale di velocità sismica in funzione delle diverse frequenze che lo compongono. Da tale elaborazione, tramite una fase di "picking" del segnale ad elevata intensità si ottiene la "curva di dispersione", dalla cui inversione si calcola il modello sismo stratigrafico espresso in termini di velocità delle onde di taglio (V_s).

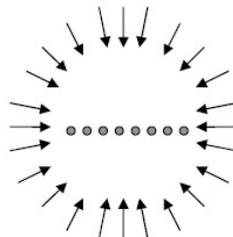
Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(fase)/freq.$, può essere convertito nel profilo $V_s/profondità$. Tale metodo non è univoco e quindi il modello che ne scaturisce è un modello teorico; per questo motivo è preferibile operare in presenza di dati di taratura onde ricavare il modello reale.

14. NOTA TECNICA "INDAGINI GEOFISICHE MEDIANTE METODI MASW E REMI"

MASW e ReMI sono le tecniche principali per la definizione delle V_{s30} .

Le geometrie di acquisizione impiegate sono praticamente le stesse, ciò che cambia è il tipo di onde superficiali registrate. Nel primo caso vengono registrate quelle prodotte artificialmente da sorgenti attive (es. masse battenti); nel secondo si registrano invece quelle derivanti dal rumore ambientale (microtremori).

L'ipotesi alla base del metodo Remi è che i microtremori siano isotropici, cioè omnidirezionali.



La presenza di forti fonti di rumore direzionali (es. impianti industriali) può risultare essere vantaggioso se lo stendimento viene disposto ortogonalmente rispetto alla sorgente. In caso contrario, la stima delle velocità sismiche viene ad essere sovrastimata.

In assenza di fonti di rumore note, ciò che viene registrato è il rumore ambientale generato dall'insieme delle attività umane e dell'attività naturale della terra. L'esperienza ci dice che nella maggioranza dei casi l'omnidirezionalità della sorgente può essere considerata un'ipotesi valida. (risultati comparabili con stendimenti orientati ortogonalmente).

L'acquisizione di dati con doppio stendimento ortogonale, quando possibile, è buona norma.

Sfruttando il rumore ambientale, la tecnica ReMi può disporre delle basse frequenze (1-8 Hz) necessarie per la stima delle Vs30. Sono infatti queste le frequenze che permettono di “indagare” a maggiore profondità.

Le basse frequenze sono tuttavia anche quelle più difficili da generare artificialmente in superficie.

Le tradizionali masse battenti, utilizzate per l'acquisizione dei dati con metodo MASW, generano onde i cui spettri possiedono frequenze dominanti ben superiori (12-20 Hz), le quali sono in grado di dare informazioni di velocità in relazione ai primissimi metri sotto la superficie, ma che difficilmente possono raggiungere i 20-30 metri necessari per la valutazione delle Vs30.

Premesso questo, riteniamo che il Metodo Remi sia preferibile per la definizione delle Vs30 proprio in virtù della possibilità di sfruttare le informazioni fornite delle basse frequenze contenute nel rumore ambientale.

15. PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

In totale sono stati monitorati nr. 8 siti mediante prospezione sismica a rifrazione.

L'indagine sismica a rifrazione ad onde di compressione consiste nell'energizzazione del sottosuolo e nella registrazione degli arrivi delle onde rifratte mediante geofoni in serie infissi nel terreno con interasse tale da costituire uno stendimento, lungo un allineamento prestabilito, la cui lunghezza totale consenta di spingere l'indagine sino alla profondità prevista. In genere è la misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni che consente di ricostruire l'andamento e la profondità del rifratore e permette anche di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

16. CALCOLO DELLE Vs30

L'Ordinanza 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica, che ci adegua allo standard europeo e mondiale. Oltre alle importanti novità relative alle metodologie di calcolo ingegneristico è stata introdotta la classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto in 5 categorie principali (dalla A alla E) sulla base del parametro V_{s30} . Questo rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30m di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 2: Tab. 3.2.II delle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

Sulla base dei dati acquisiti con le indagini geofisiche precedentemente descritte, si è calcolato il parametro V_{s30} , ovvero la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 m di profondità; le risultanze, riportate nella tabella sottostante, mostrano valori di V_{s30} compresi tra 295 e 824 m/sec.

Il territorio indagato del Comune di Ponte dell'Olio, rappresentato dalle aree urbanizzate e di futura urbanizzazione, ricade quasi esclusivamente nella categoria di suolo B. Fanno eccezione – con categoria del suolo C – le località di Zaffignano e Cassano e le aree del capoluogo in prossimità della strada Bernino e della strada dei Pugnetti.

Sigla	Ubicazione	Velocità S nei primi 30 metri [m/sec]
033036L1	Via F. Acerbi	389
033036L2	Via Avv Giorgio Ambrosoli	467
033036L3	località "I Montini"	392
033036L4	Via F. Acerbi	530
033036L5	località "C. Moglia"	401
033036L6	località Vedasca	346
033036L7	località "I Bondini"	328
033036L8	località "Il Chignolo"	450
033036L9	località "La Croce"	824
033036L10	strada dei Pugnetti	524
033036L11	località "Guzzafame"	316
033036L12	località Ronco	377
033036L13	località "La Croce"	305
033036L14	località Cassano	410
033036L15	località Folignano	393
033036L16	località Zaffignano	392
033036L17	località Zaffignano	337
033036L18	strada Bernino	295
033036L19	strada dei Pugnetti	345
033036L20	località "Il Maglio basso"	638
033036L21	località "Il Maglio alto"	529
033036L22	Viale S. Bono	426
033036L23	Via Boggiani	525
033036L24	Via F. Acerbi	438
033036L25		
033036L26		
033036L27		
033036L28		
033036L29	località Torrano	695
033036L30	Via Amedeo Polledir	672
033036L31	località Riva	775
033036L32	località Castione	409
033036L33	località Cassano	308
033036L34	località "i Montini"	409
033036L35	località "Madonna della Neve"	509

17. INDAGINE TROMOGRAFICA (HVSR)

Sul territorio di Ponte dell'Olio sono state monitorate nr. 24 postazioni.

Di seguito viene riportata una breve descrizione del metodo HVSR e dei processi per l'elaborazione delle misure.

17.1 Descrizione del metodo

L'indagine HVSR consente di calcolare la frequenza di risonanza fondamentale del sito investigato.

L'importanza di conoscere la frequenza di risonanza del sito risiede nella necessità di prevedere ed evitare eventuali fenomeni di risonanza tra il suolo e le strutture insistenti durante un terremoto.

Tale informazione, ricercata anche da Nakamura con il metodo HVSR nel 1989, risulta particolarmente preziosa al progettista delle opere civili, in quanto è opportuno dimensionare la struttura e le sue fondazioni in maniera da evitare fenomeni di risonanza tra la struttura e il sito sottostante. Occorre cioè evitare la coincidenza tra le frequenze naturali di vibrazione della struttura (edificio, ponte, torre, opera di sostegno, serbatoi, ecc) e la frequenza di risonanza del sito. Si osservi però che la struttura potrebbe andare in risonanza in corrispondenza di diverse frequenze, corrispondenti ai vari tipi di onde: S, P, Rayleigh (componente orizzontale piuttosto che verticale), Love.

Dato che le strutture sono generalmente più vulnerabili per la componente orizzontale del sisma, piuttosto che per la componente verticale, allora in genere si attribuisce maggiore importanza alla frequenza di risonanza delle onde S verticali.

17.2 Strumentazione e acquisizione

Il Tromometro digitale (Tromino) è costituito da una centralina ed un geofono a tre componenti (velocimetri) per la registrazione dei microtremori ambientali nell'intervallo di frequenze compreso fra 0.1 e 200 Hz.

Tale strumento è inoltre dotato di bussola per orientare l'apparato di registrazione affinché il suo asse maggiore sia parallelo alla direzione N-S (nel caso di misure all'aperto destinate allo studio delle successioni stratigrafiche) oppure parallelo all'asse principale degli edifici (nel caso di misure finalizzate alla stima delle frequenze di risonanza di infrastrutture – DIN4150).



Figura 16: Tromometro digitale: centralina e geofono a tre componenti.

La tecnica, molto rapida ed efficace, è totalmente non invasiva; ciò significa che non necessita di alcun tipo di perforazione e neppure di cavi sismici o sorgenti esterne differenti dal rumore ambientale.



17.3 Elaborazione

I dati acquisiti sono stati elaborati attraverso l'impiego di un software specifico (Geopsy) che consente di analizzare le misure in sito per il calcolo della curva H/V sperimentale e quindi le frequenze di risonanza sperimentali del sito.

Sul grafico del segnale nel dominio del tempo sono visualizzate graficamente le finestre temporali sulle quali il programma Geopsy esegue in automatico l'elaborazione; vengono scartati i transienti più importanti. Al termine dell'elaborazione Geopsy mostra il grafico della curva H/V risultante e colora in modo diverso ogni finestra temporale selezionata.

La curva H/V, detta di ellitticità, rappresenta il rapporto spettrale tra il segnale delle componenti orizzontali e quello della componente verticale.

Nel grafico, la curva nera continua rappresenta il rapporto H/V medio, mentre le curve nere tratteggiate, dette "curve di confidenza", sono il risultato della moltiplicazione (curva superiore) e divisione (curva inferiore) dei valori del rapporto H/V medio per la deviazione standard dei valori delle singole curve H/V.

17.4 Analisi delle risultanze

Di seguito si riporta una sintesi delle misure pregresse – presenti nei documenti archiviati – e delle misure effettuate durante la nuova campagna d'indagini.

Sigla	Ubicazione	Frequenza fondamentale f_0 [Hz]
033036P13	strada Farosa	4.3 ± 1.4
033036P15	località Cassano	6.6 ± 0.1
033036P19	località Panelli di Torrano	5.2
033036P20		
033036P25	loc. La Fornace di S. Maria	0.7 ± 0.8
033036P26		0.7 ± 0.9
033036P30	località Bondini di Riva	-
033036P33	loc. Riva di Ponte dell'Olio	12.3
033036P93	Via Avv. Giorgio Ambrosoli	2.5 – 4.2 – 6.5 – 11.1
033036P94	strada dei Pugnetti	2.0 – 4.4 – 5.3 – 10.8
033036P95	Via Artigianato – S.P.36	2.6 – 7.1 – 12.0
033036P96	S.P.36	3.4 – 6.0 – 10.0 – 11.7
033036P97	località Cassano	4.4 – 6.9 – 9.6 – 12.1
033036P98	Via Vittorio Veneto	2.0 – 9.5 – 13.5
033036P154	Via F. Acerbi	11.4 ± 0.2
033036P165	località Castione	3.8 ± 0.6
033036P168	strada dei Montini	12.5 ± 0.8
033036P169	zona lago comunale	13.2 ± 1.4
033036P171	Via Max e Lina Fioruzzi	5.3 ± 0.9
033036P172	Via Amedeo Polledri	14.8 ± 2.5
033036P174	località Folignano	3.6 ± 0.6
033036P175	località Zaffignano	5.6 ± 0.8
033036P176	località Cassano	3.0 ± 0.4
033036P177	località Cassano	2.4 ± 0.2

Nell'**Allegato 2** sono riportate l'ubicazione del punto di misura, la documentazione fotografica, i grafici del segnale nel dominio del tempo e le curve H/V delle indagini tromografiche integrative, realizzate nel 2017/2018; i risultati delle indagini HVSR sono riportati nella Carta delle frequenze (scala 1:10000).

Le indagini hanno mostrato, in linea generale, la presenza di un picco ad alta frequenza (compreso tra 10.8 Hz e 14.8 Hz) nel capoluogo; fa eccezione l'area in prossimità di Via Max e Lina Fioruzzi, dove si registrano frequenze dell'ordine di circa 4-5 Hz. In località Folignano si ha una frequenza fondamentale pari a 3.6 Hz, mentre a Zaffignano si ha il valore pari a 5.6 Hz di frequenza di risonanza. In località Castione (033036P165) l'elaborazione dei dati tromografici evidenzia un picco di frequenza intorno a 3.8 Hz. Infine, nella frazione di Cassano, le misure effettuate nella nuova campagna d'indagine riportano picchi di frequenza principali a 3.05 Hz e 2.42 Hz; i dati bibliografici sono stati ritenuti ad affidabilità bassa e quindi non presi in considerazione nelle successive valutazioni.

Sulla base delle misure determinate sperimentalmente è possibile fornire indicazioni qualitative sull'entità del contrasto di impedenza responsabile del fenomeno di risonanza e una stima di massima degli spessori delle coperture.

Un abaco utile in questo senso è quello fornito da Albarello D. & Castellaro S. (2011) e riportato qui sotto.

F_0 (Hz)	h (m)
<1	>100
1 -2	50-100
2 -3	30-50
3 -5	20-30
5 -8	10-20
8 -20	5-10
>20	<5

Le misure di frequenza di risonanza comprese tra 10.8 Hz e 14.8 Hz indicano quindi la presenza di un contrasto di impedenza a profondità comprese tra 6 e 8 metri.

La frequenza di risonanza pari a 4-5 Hz, che è stata registrata su alcune postazioni di misura, sta ad indicare un contrasto d'impedenza a profondità di circa 20-25 metri. A Folignano e Zaffignano si ipotizza la presenza di una copertura inferiore a 30 metri, mentre in località Castione le basse frequenze di risonanza stanno ad indicare la presenza di un substrato a circa 24 m da p.c. Infine, nella frazione di Cassano i picchi di frequenza indicano la presenza di un contrasto d'impedenza a profondità di 20-25 metri circa.

18. SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO

Nell'ambito del territorio comunale di Ponte dell'Olio sono stati presi in considerazione nr. 8 profili di sondaggi a carotaggio continuo che presentano profondità variabili da un minimo di 16.9 metri ad un massimo di 35 metri.

Il sondaggio a rotazione a carotaggio continuo è realizzato mediante l'utilizzo di sonde perforatrici che utilizzano attrezzature a rotazione idraulica, con carotieri semplici della lunghezza da 150 cm e di diametro esterno pari a 101 mm. La stabilità delle pareti dei fori è stata assicurata mediante l'impiego di rivestimenti metallici provvisori, i quali seguono immediatamente ogni manovra di avanzamento del carotiere, e sono poi estratti e recuperati a fine perforazione.

19. SONDAGGI A DISTRUZIONE DI NUCLEO

L'archivio regionale fornisce, inoltre, alcuni dati di sondaggi a distruzione di nucleo, precisamente nr. 12 nel territorio comunale di Ponte dell'Olio.

La perforazione a distruzione di nucleo consiste nell'esecuzione di un foro utilizzando un martello fondo-foro (sistema rotopercolazione) o, più raramente, il tricorno (solo rotazione), senza il prelievo di campioni (carote).

Il metodo permette di distinguere vari tipi di terreno in funzione del loro grado di addensamento e quindi della velocità di avanzamento della perforazione.

20. POZZI PER ACQUA

Nel territorio comunale sono disponibili nr. 20 profili stratigrafici che presentano profondità variabili da un minimo di 18.5 metri ad un massimo di 208 metri.

I pozzi idrici sono generalmente realizzati mediante sonda perforatrice a rotazione o a percussione con distruzione di nucleo. La perforazione viene condotta con l'utilizzo di acqua come fluido di circolazione, con una percentuale di recupero limitata (essendo il nucleo completamente distrutto) ma sufficiente per consentire una ricostruzione stratigrafica del sottosuolo, anche se sommaria.

21. PROVA PENETROMETRICA STATICA CON PUNTA MECCANICA (CPT)

Per la definizione stratigrafica e delle caratteristiche geotecniche del terreno, sono state prese in considerazione nr. 40 prove penetrometriche statiche messe a disposizione dall'Ufficio tecnico del Comune di Ponte dell'Olio e, ad integrazione dei dati esistenti, sono state eseguite nr. 3 nuove indagini.

21.1 Descrizione del metodo

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test), che consiste nell'infissione a pressione nel terreno di una punta d'acciaio chiusa di forma conica, ha lo scopo di misurare la forza necessaria alla penetrazione della punta (Q_c) e la forza di attrito laterale tra il terreno ed un manicotto d'acciaio situato al di sopra della punta (Q_s).

La prova penetrometrica statica viene realizzata infiggendo nel terreno, dalla superficie, alla velocità standardizzata di 20 mm/sec, una punta conica collegata ad una batteria di aste. Per determinare separatamente la resistenza alla punta da quella dovuta all'attrito laterale, si agisce su una serie di aste, interne ed indipendenti da quelle principali, che agiscono direttamente solo sulla punta che può penetrare di qualche centimetro prima di trascinare anche le aste esterne.

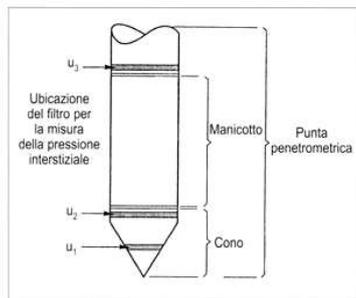


Figura 1. Terminologia di una punta penetrometrica

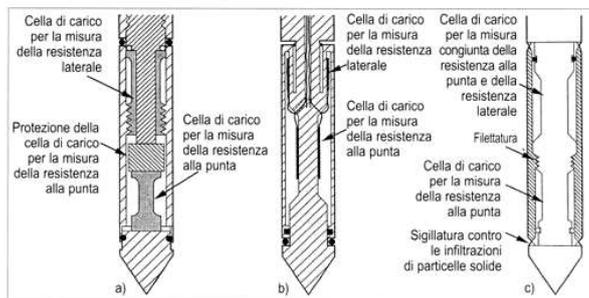


Figura 2. Differenti tipi di punta penetrometrica: a) punta nella quale le celle di carico sono indipendenti e funzionano in compressione, b) punta nella quale la cella per la misura della resistenza alla punta funziona in compressione mentre la cella di carico per la misura della resistenza laterale funziona in tensione, c) punta nella quale la cella di carico per la misura della resistenza laterale, funzionante in compressione, registra la somma della resistenza alla punta più quella laterale

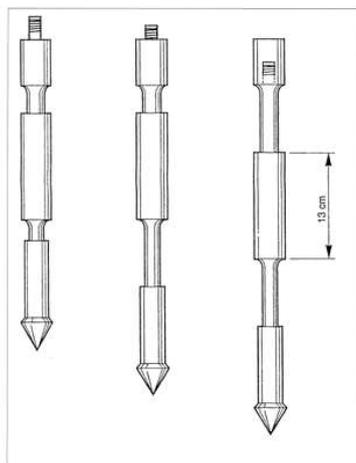


Figura 3. Penetrometro messo a punto da Begemann (Sanglerat, 1972)

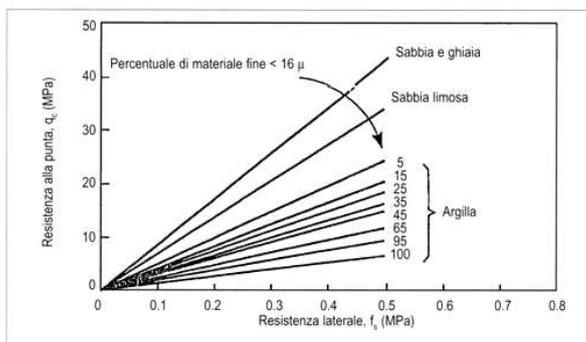


Figura 4. Classificazione dei terreni sulla base della misura della resistenza alla punta e della resistenza laterale (da Begemann, 1965)

Figura 17: Illustrazioni relative alla prova penetrometrica statica (CPT).



La punta meccanica cosiddetta “di Begemann”, dal nome dell'ingegnere che l'ha progettata, è dotata di un manicotto cilindrico, posto sopra la punta. Spingendo sulle aste interne si fa penetrare dapprima la punta (1° lettura); dopo circa 40 mm di penetrazione, viene agganciato anche il manicotto cilindrico e si misura la resistenza alla punta più quella dovuta all'attrito sul manicotto (2° lettura). Per differenza si può ottenere pertanto anche il valore dell'attrito laterale (adesione terreno-acciaio). Spingendo sulle aste esterne, si ricompatta dapprima la punta precedentemente estesa e, insistendo, si può misurare lo sforzo totale necessario per far avanzare la punta, il manicotto e la batteria di aste esterne.

I valori misurati vengono rilevati da una cella di carico che, nel penetrometro Pagani, è elettrica; la cella è collegata ad una unità di acquisizione e trasformazione dei segnali elettrici in sforzi totali o sforzi per unità di superficie.

Le letture vengono eseguite, per praticità, ogni 200 mm di penetrazione.

Le prove penetrometriche statiche costituiscono uno standard ormai consolidato nell'indagine in terreni coesivi come limi e argille e in terreni limoso-sabbiosi. La profondità d'indagine è variabile, dipende dalla resistenza dei terreni incontrati e dalla presenza di orizzonti ghiaiosi e/o litoidi, che ne limitano o ne impediscono l'esecuzione.

I dati acquisiti, oltre a restituire una dettagliata stratigrafia, possono fornire, tramite formule di correlazione, indicazioni su numerosi parametri geotecnici.

21.2 Strumentazione utilizzata

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche (CPT), è stato utilizzato un penetrometro Pagani Tg 63/200 le cui caratteristiche sono riassunte nella tabella seguente:

Rif. Norme: ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica (mm): 35.7
Angolo di apertura punta (°): 60
Area punta (cmq): 10
Superficie manicotto (cmq): 150
Passo letture (cm): 20
Costante di trasformazione Ct: 10



Figura 18: Penetrometro Pagani Tg 63/200 e caratteristiche tecniche.

22. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA (DS)

Congiuntamente ai dati relativi a prove penetrometriche statiche (CPT), sono stati acquisiti anche dati provenienti dall'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche (DS), nel numero di 44. A queste si vanno ad aggiungere nr. 2 prove puntuali eseguite nel capoluogo, con penetrometro attrezzato per prove dinamiche.

22.1 Descrizione del metodo

Le prove penetrometriche dinamiche sono prove geotecniche puntuali e consistono nell'infingere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio. Tale asta è prolungabile tramite una batteria di aste di diametro di 36 mm le quali possono scorrere all'interno ed in modo alternato ad un rivestimento esterno, anch'esso in acciaio, avente un diametro di 48 mm. L'energia di infissione è fornita da un maglio del peso di 63,5 kg che, battendo a caduta libera sulle aste, cade da un'altezza costante di 75,0 cm, per mezzo di un dispositivo di sganciamento automatico compiendo per ogni battuta un lavoro specifico pari a 234 kJ/mq.

Nel corso della prova si rileva il numero di colpi necessari per la penetrazione di 30 cm della punta ed alternativamente del rivestimento. La resistenza del terreno dipende dalle caratteristiche fisico – meccaniche nel quale esso si trova allo stato naturale e pertanto per terreni incoerenti dipende prevalentemente dallo stato di addensamento dei granuli, mentre per terreni coesivi dipende dal contenuto di umidità naturale.

Le informazioni fornite dalle prove penetrometriche dinamiche sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione.

22.2 Strumentazione utilizzata

Nell'ambito della campagna d'indagini 2018 le prove penetrometriche dinamiche sono state eseguite mediante un penetrometro dinamico superpesante (tipo Emilia) modello Pagani Tg 63/200 avente le seguenti caratteristiche:

- Peso del maglio: 63,5 Kg
- Altezza di caduta del maglio: 750 mm
- Ø Aste: 32 mm

23 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Le indagini geognostiche sono state analizzate allo scopo di definire l'andamento stratigrafico e le proprietà fisico – meccaniche del terreno del territorio comunale.

Le indagini eseguite, unitamente ai dati bibliografici in nostro possesso, hanno mostrato una situazione litologica uniforme caratterizzata da **n. 4 unità** con proprietà geomeccaniche relativamente omogenee.

Nel dettaglio è stata riconosciuta la seguente stratigrafia schematica:

- **Unità A** coltre argilloso – terrosa inconsistente con spessore inferiore a 1 metro
- **Unità B** argille, argille limose e limi argillosi da consistenti a molto consistenti, con resistenza media alla punta (Q_c compresa tra 26 e 49 kg/cmq). Lo spessore varia da 1 a 7 metri dal p.c.: lo spessore minimo si ha in corrispondenza della prova 033036P164 (località Castione), mentre lo spessore massimo si ha nel settore centrale del capoluogo.
- **Unità C** limi sabbiosi molto consistenti, sabbie limose e sabbie da poco a moderatamente addensate, caratterizzate da una resistenza media alla punta Q_c compresa tra 64 e 190 kg/cmq; lo spessore è generalmente di 1-2 metri.
- **Unità D** ghiaie addensate a matrice limoso – sabbiosa con interstrati limoso – argillosi a minore resistenza penetrometrica ($Q_c = 106 - 350$ kg/cmq).

24. CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE

La procedura per la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione consiste nella stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a); lo studio di microzonazione di II livello nel Comune di Ponte dell'Olio è stato condotto con metodi quantitativi semplificati, basati, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard.

L'analisi semplificata del secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione F_a sulla base delle velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 metri dalla superficie (V_{s30}), calcolate secondo la seguente formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / V_{s_i}}$$

dove M è il numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di 30 m, h_i = spessore (in m) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m), V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m).

La Delibera Regionale 112/2007 (e s.m.i.), per un'analisi semplificata di secondo livello, propone l'utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di V_{s30} con i fattori di amplificazione. Le varie Tabelle rispecchiano situazioni geologiche tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell'area di studio.

I fattori stimati esprimono l'amplificazione del moto sismico al passaggio dal *bedrock* alla superficie. Essi sono espressi in termini di due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico. Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (**PGA**), il secondo è l'intensità spettrale, così definita:

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV(T_0, \xi) dT_0$$

dove PSV è il pseudospettro di risposta in velocità, T_0 è il periodo proprio e ξ è lo smorzamento. E' stato considerato uno smorzamento $\xi = 5\%$ e tre intervalli di periodo proprio T_0 ottenendo tre valori di intensità spettrale:

SI1 : $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$

SI2 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

SI3 : $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

La tabella di riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione (F_a) per il Comune di Ponte dell'Olio è riportata in **Figura 21**.

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione PGA. Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1
35		2.3	2.3	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione SII ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.6	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
30		2.9	2.3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
35		3.2	2.8	1.9	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	3.1	2.4	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
50		3.2	3.2	2.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1

Fattori di Amplificazione SI2 ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

Figura 21: Tabella $V_{s30}/F.A.$ in relazione al PGA ed alle Intensità Spettrali.

La tabella è relativa ad una stratigrafia associata alla categoria APPENNINO (zone collinari e montane) (**Allegato A2 della D.G.R. 2193 del 21 dicembre 2015**), ovvero in caso di substrato rigido, generalmente caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s, che corrisponde, con le naturali approssimazioni insite in ogni tipo di suddivisione o classificazione, alle conoscenze geologiche disponibili nell'area di studio basate su pregresse indagini geognostiche.

25. ELABORATI CARTOGRAFICI

In base a quanto espresso nell'Allegato A della DGR 2193/2015, per lo studio di microzonazione di II livello, oggetto del presente elaborato, sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

- 1) carta delle indagini
- 2) carta geologico – tecnica
- 3) carta delle frequenze naturali dei terreni
- 4) carta delle velocità delle onde di taglio (V_s)
- 5) carta dei fattori di amplificazione
- 6) carta delle aree suscettibili di effetti locali (*cf*r carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica degli ICMS 2008).

I dati cartografici sono stati realizzati e archiviati secondo le specifiche linee guida emanate dalla Protezione Civile, seguendo, in particolare, quanto riportato negli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" versione 4.0 (giugno 2015).

Il sistema di riferimento utilizzato in tutti i file vettoriali e *raster* è "WGS_1984_UTM_Zone_33N".

25.1 Carta delle indagini

La carta delle indagini, alla scala 1:10000, è stata realizzata ubicando le prove raccolte dai vari archivi e quelle di nuova esecuzione.

Identificativo	Tipo di prova	Ubicazione	Profondità indagine [m]
033036L1	sismica a rifrazione	Via F. Acerbi	-
033036L2	REfraction Microtremors	Via Avv Giorgio Ambrosoli	-
033036L3	MASW	località "I Montini"	-
033036L4	sismica a rifrazione	Via F. Acerbi	-
033036L5	MASW	località "C. Moglia"	-
033036L6	MASW	località Vedasca di S. Maria	-
033036L7	MASW	località "I Bondini"	-
033036L8	MASW	località "Il Chignolo"	-
033036L9	MASW	località "La Croce"	-
033036L10	MASW	strada dei Pugnetti	-
033036L11	MASW	località "Guzzafame"	-
033036L12	MASW	località Ronco	-
033036L13	MASW	località "La Croce"	-
033036L14	MASW	località Cassano	-
033036L15	MASW	località Folignano	-
033036L16	MASW	località Zaffignano	-
033036L17	MASW	località Zaffignano	-
033036L18	MASW	strada Bernino	-
033036L19	MASW	strada dei Pugnetti	-
033036L20	MASW	località "Il Maglio basso"	-
033036L21	MASW	località "Il Maglio alto"	-
033036L22	MASW	Viale S. Bono	-
033036L23	MASW	Via Boggiani	-
033036L24	sismica a rifrazione	Via F. Acerbi	-
033036L25	sismica a rifrazione		-
033036L26	sismica a rifrazione		-
033036L27	sismica a rifrazione		-
033036L28	sismica a rifrazione		-

Identificativo	Tipo di prova	Ubicazione	Profondità indagine [m]
033036L29	sismica a rifrazione	località Torrano	-
033036L30	REfraction Microtremors	Via Amedeo Polledir	-
033036L31	REfraction Microtremors	località Riva	-
033036L32	REfraction Microtremors	località Castione	-
033036L33	REfraction Microtremors	località Cassano	-
033036L34	REfraction Microtremors	località "I Montini"	-
033036L35	REfraction Microtremors	località Madonna della Neve	-
033036P1	CPT	Via F. Acerbi	8.2
033036P2	CPT	Via Martiri della Libertà	9.2
033036P3	CPT		10.4
033036P4	CPT		7.0
033036P5	DS		4.8
033036P6	DS		5.2
033036P7	DS		7.6
033036P8	DS		10
033036P9	DS		Via Max e Lina Fioruzzi
033036P10	CPT	strada Farosa	1.4
033036P11	CPT		3.4
033036P12	CPT		1.4
033036P13	HVSR		-
033036P14	DS	località Cassano	5.0
033036P15	HVSR		-
033036P16	DS	località "I Montini"	5.2
033036P17	CPT	Via F. Acerbi	7.6
033036P18	DS	località Molinazzo	1.5
033036P19	HVSR	località Panelli di Torrano	-
033036P20	HVSR		-
033036P21	DS	loc. Ca' Moglia di Seggiola	3.0
033036P22	CPT		1.8
033036P23	DS	località Stornello di Sopra	7.0
033036P24	CPT	loc. Vedasca di S. Maria	7.0
033036P25	HVSR	loc. La Fornace di S. Maria	-
033036P26	HVSR		-
033036P27	CPT		4.0

Identificativo	Tipo di prova	Ubicazione	Profondità indagine [m]
033036P28	CPT		3.6
033036P29	CPT		1.6
033036P30	HVSR	località Bondini di Riva	-
033036P31	DS		2.7
033036P32	DS	località Bondini di Riva	2.9
033036P33	HVSR	loc. Riva di Ponte dell'Olio	-
033036P34	DS		5.0
033036P35	CPT	località "Il Chignolo"	12.0
033036P36	trincea/pozzetto	località "La Croce"	3.0
033036P37	DS	località Panelli di Torrano	10.2
033036P38	DS		9.9
033036P39	DS		9.0
033036P40	DS		6.9
033036P41	DS		6.2
033036P42	CPT	strada dei Pugnetti	5.0
033036P43	pozzo per acqua		18.5
033036P44	pozzo per acqua	località Madonna della Neve	24.0
033036P45	DS	Via Cisaga	4.4
033036P46	DS		4.5
033036P47	DS		5.1
033036P48	DS		6.0
033036P49	DS		6.0
033036P50	DS		6.0
033036P51	DS		5.8
033036P52	DS		6.0
033036P53	DS		4.9
033036P54	DS	Via Ernesto Confalonieri	6.1
033036P55	DS		6.1
033036P56	DS		6.2
033036P57	sondaggio	Via Guido Rossa	5.0

Identificativo	Tipo di prova	Ubicazione	Profondità indagine [m]
033036P58	sondaggio	Via VIII Marzo	5.0
033036P59	sondaggio	Via Monte Grappa	2.9
033036P60	pozzo per acqua	Via Vaccari	30.0
033036P61	pozzo per acqua	Via Artigianato	45.0
033036P62	sondaggio	località "Ca' del Montano"	4.5
033036P63	sondaggio		29.3
033036P64	sondaggio		4.2
033036P65	sondaggio	località "Ca' del Montano"	25.0
033036P66	sondaggio		4.2
033036P67	sondaggio		25
033036P68	sondaggio		4.3
033036P69	sondaggio		4.3
033036P70	sondaggio		4.0
033036P71	sondaggio		34.0
033036P72	sondaggio	località Zaffignano	2.3
033036P73	sondaggio		1.8
033036P74	sondaggio	località "Ca' del Montano"	35.0
033036P75	pozzo per acqua	località Zaffignano	60.0
033036P76	sondaggio	località "Ca' del Montano"	35.0
033036P77	pozzo per acqua	località Zaffignano	48.0
033036P78	sondaggio	località "Ca' del Montano"	34.5
033036P79	sondaggio	località Zaffignano	2.8
033036P80	sondaggio	località "Ca' del Montano"	16.9
033036P81	pozzo per acqua	località "La Caneva"	208.0
033036P82	pozzo per acqua		38.0
033036P83	pozzo per acqua	località "Il Prato"	95.0
033036P84	pozzo per acqua	località Torrano	178.4
033036P85	pozzo per acqua	località "Mo' dei Fiaschi"	138.0
033036P86	pozzo per acqua	località "La Fratta"	145.0
033036P87	pozzo per acqua	strada del Molinazzo	80.0
033036P88	pozzo per acqua	località Madonna della Neve	35.0
033036P89	pozzo per acqua		24.0

Identificativo	Tipo di prova	Ubicazione	Profondità indagine [m]
033036P91	pozzo per acqua	località "La Caneva"	205.0
033036P92	pozzo per acqua	località "La Fornace"	125.0
033036P93	HVSR	Via Avv. Giorgio Ambrosoli	-
033036P94	HVSR	strada dei Pugnetti	-
033036P95	HVSR	Via Artigianato – S.P.36	-
033036P96	HVSR	Ca' Trioli – S.P.36	-
033036P97	HVSR	località Cassano	-
033036P98	HVSR	Via Vittorio Veneto	-
033036P99	trincea/pozzetto	località Maglio	5.0
033036P100	trincea/pozzetto	località Maglio	5.0
033036P101	DS		7.8
033036P102	DS		8.4
033036P103	CPT	Via G. Panni	7.2
033036P104	CPT	zona lago comunale	4.2
033036P105	DS	Via Boggiani	5.1
033036P106	trincea/pozzetto	Via Max e Lina Fioruzzi	3.0
033036P107	trincea/pozzetto		3.0
033036P108	trincea/pozzetto	Via Cisaga	3.0
033036P109	trincea/pozzetto		3.0
033036P110	trincea/pozzetto	Via Max e Lina Fioruzzi	3.0
033036P111	trincea/pozzetto		3.0
033036P112	CPT	Via Cisaga	14.4
033036P113	CPT	Via Max e Lina Fioruzzi	15.4
033036P114	CPT		15.4
033036P115	DS		7.8
033036P116	DS		9.0
033036P117	DS	Via Cisaga	7.5
033036P118	DS		14.5
033036P119	CPT	Via F. Acerbi	4.4
033036P120	CPT		4.8
033036P121	CPT		4.6
033036P122	CPT		4.8
033036P123	CPT	Via Vittorio Veneto	4.8

Identificativo	Tipo di prova	Ubicazione	Profondità indagine [m]
033036P124	DS		6.4
033036P125	CPT		5.6
033036P126	CPT		5.2
033036P127	DS		6.0
033036P128	CPT	Via F. Acerbi	5.6
033036P129	DS		5.7
033036P130	CPT		5.4
033036P131	DS		5.7
033036P132	trincea/pozzetto	località "La Fratta"	2.5
033036P133	trincea/pozzetto	località Torrano	2.4
033036P134	trincea/pozzetto	S.P.36	2.3
033036P135	trincea/pozzetto	località "I Montini"	2.3
033036P136	trincea/pozzetto	località Campanella	2.5
033036P137	trincea/pozzetto	strada di Tollara	2.3
033036P138	trincea/pozzetto	località "I Gennari di sotto"	2.5
033036P139	trincea/pozzetto	località "Il Palazzo"	2.5
033036P140	trincea/pozzetto	strada di Tollara	2.3
033036P141	trincea/pozzetto	località Colombarone	2.8
033036P142	trincea/pozzetto	località C. Moglia	2.3
033036P143	trincea/pozzetto	strada dei Montini	2.2
033036P144	pozzo per acqua	Via don Eugenio Sidoli	70.0
033036P145	pozzo per acqua	Via G. Bionda	65.0
033036P146	pozzo per acqua	strada Anguillara	80.0
033036P147	CPT	Via Vaccari	3.8
033036P148	CPT	zona lago comunale	3.8
033036P149	CPT		3.5
033036P150	CPT	Via S. Bono	7.2
033036P151	CPT		6.6
033036P152	CPT		6.8
033036P153	CPT	Via F. Acerbi	2.6
033036P154	HVSR		-
033036P155	DS		5.7
033036P156	CPT	zona lago comunale	3.6

Identificativo	Tipo di prova	Ubicazione	Profondità indagine [m]
033036P157	CPT		3.4
033036P158	CPT	strada dei Pugnetti	8.0
033036P159	CPT	Via G. Bionda	15.0
033036P160	trincea/pozzetto		4.5
033036P161	trincea/pozzetto	Via don Eugenio Sidoli	4.5
033036P162	trincea/pozzetto		4.5
033036P163	trincea/pozzetto		4.5
033036P164	CPT	località Castione	1.4
033036P165	HVSR		-
033036P166	CPT	località Cassano	7.4
033036P167	DS	loc. Riva di Ponte dell'Olio	4.0
033036P168	HVSR	strada dei Montini	-
033036P169	HVSR	zona lago comunale	-
033036P170	DS	zona lago comunale	2.4
033036P171	HVSR	Via Max e Lina Fioruzzi	-
033036P172	HVSR	Via Amedeo Polledri	-
033036P173	CPT	località Folignano	3.6
033036P174	HVSR		-
033036P175	HVSR	località Zaffignano	-
033036P176	HVSR	località Cassano	-

Le indagini, ubicate principalmente in corrispondenza delle aree urbanizzate ed urbanizzabili, sono descritte da un identificativo composto da un valore numerico (033036, dove 033 rappresenta la provincia di Piacenza e 036 è il codice del comune di riferimento) seguito da una sigla (P per le indagini puntuali e L per le indagini lineari) e un numero progressivo. Tale identificativo è stato generato dal software SoftMS (versione 3.0), utilizzato per la catalogazione delle indagini e l'annotazione di informazioni relative ad ubicazione e profondità di investigazione.

Qualora disponibili, gli elaborati delle indagini di tipo geotecnico, geologico e geofisico, sono stati memorizzati, in formato pdf, nella cartella Indagini\Documenti all'interno del sistema di archiviazione adottato.

25.2 Carta geologico – tecnica per la microzonazione sismica

La carta geologico – tecnica per la microzonazione sismica è stata realizzata in scala 1:10000, come indicato negli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.0.

Tale elaborato è stata redatto a partire dalla TAV. SA1 “Carta geologica” allegata al “Piano Strutturale Comunale” (2012), in cui sono descritte le unità geologiche e le coperture quaternarie che caratterizzano l’area di studio.

In particolare, si hanno quattro grandi gruppi (dall’alto verso il basso) in cui sono ricomprese le unità del margine appenninico settentrionale:

- 1) i depositi quaternari continentali;
- 2) la Successione neogenico – quaternaria del Margine Appenninico Padano;
- 3) la Successione Epiligure;
- 4) le Unità Liguri.

I depositi quaternari continentali sono costituiti da:

- Depositi alluvionali in evoluzione, costituiti da alluvioni generalmente grossolane (ghiaie prevalenti) presenti all’interno dell’alveo dei principali corsi d’acqua;
- Depositi derivanti da movimenti gravitativi di massa, in atto (depositi di frana attiva) o attualmente inattivi (depositi di frana quiescente); le tipologia di frana più comuni sono:
 - deposito di frana per scivolamento (b)
 - deposito di frana per colamento (d)
 - deposito di frana complessa (g)
- Conoidi alluvionali, cioè forme convesse che si aprono a ventaglio allo sbocco dei corsi d’acqua nella pianura. Si presentano grandi e piatte nel caso di conoidi delle pianure pedemontane, mentre sono piccole e ripide quelle dei torrenti minori, frequenti nelle zone ai margini dei fondovalle alluvionali. Quando le stesse conoidi non sono alimentate da nessun alveo diventano “inattive”, come quelle presenti generalmente nel territorio comunale.
- Deposito di versante s.l., ovvero accumuli caotici di elementi litoidi eterogenei ed eterometrici, spesso in matrice pelitica, di origine pluvio – colluviale e gravitativi. Sono presenti in particolare nel settore centro – meridionale del territorio comunale e nel settore nord – orientale dello stesso. In dettaglio si possono evidenziare estesi deposti presso “I Maioni” e “Ca’ dei Pellegrini” a Nord-Est, presso la congiungente tra i “Miserotti” e “Monte Santo” a Sud e in varie zone perimetrali al capoluogo (vedi zona Est del territorio comunale).

Sono, inoltre, riportati in carta eventuali terreni contenenti resti di attività antropica.

All'interno della Successione neogenico – quaternaria del Margine Appenninico Padano si riconoscono due gruppi stratigrafici principali: il “Supersistema Emiliano – Romagnolo” e il “Supersistema del Quaternario Marino”.

Il Sistema Emiliano – Romagnolo Superiore (AES) si presenta, nel territorio comunale, come un'unità alluvionale terrazzata, costituita da ghiaie prevalenti (depositi intravallivi terrazzati e di conoide alluvionale) in corrispondenza degli apparati fluviali principali; i depositi ghiaiosi passano localmente a limi, con rare intercalazioni di sabbie e ghiaie, nelle aree d'interconoide. Per tale motivo i subsistemi appartenenti ad AES sono stati descritti con le classi GM e GW proposte dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” (versione 4.0). Tali depositi di copertura (Pleistocene medio – Olocene) sono riferibili ad un ambiente genetico – deposizionale di “*terrazzo fluviale*”.

Il “Supersistema del Quaternario Marino” è rappresentato, sul territorio comunale di Ponte dell'Olio, dal Sistema di Costamezzana, il Sistema di Badagnano e il Sistema del Torrente Stirone.

Nell'elaborazione della carta geologico – tecnica le unità sopra riportate sono state trattate come unità di substrato, definite, in base alle caratteristiche tessiturali e geomeccaniche, come “substrato granulare cementato” (GR), in taluni casi stratificato (GRS).

Le Marne di Monte Piano, appartenenti alla Successione Epiligure, sono state rappresentate, nella trasposizione della cartografia geologica, secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.0, come un substrato geologico coesivo sovraconsolidato e stratificato (COS).

La Formazione della Val Luretta e le Argilliti di Guselli, invece, sono date da un'alternanza di litotipi, stratificati (ALS). Di fatti, l'una è costituita da una successione torbidityca arenaceo – marnosa e calcareo – marnosa in strati medi – spessi, mentre l'altra è data da prevalenti argilliti varicolori, contenenti marne calcaree ed arenarie, in strati medi e sottili.

Tutte le unità sopra riportate sono state descritte anche in base allo stato di addensamento o consistenza e, in base allo scenario geologico – geomorfologico proprio del Comune di Ponte dell'Olio, si riconoscono terreni granulari da addensati (substrato granulare, GR e GRS) a sciolti (alluvioni attuali, b1) e depositi di natura coesiva da molto consistente (substrato coesivo, COS) a moderatamente consistente (depositi di frana attiva per colata, a1d).

Dal punto di vista morfologico, sono stati riportati in carta gli orli di terrazzo fluviale e di scarpata di frana.

Infine, in calce alla carta geologica è stata riportata una sezione geologica realizzata in corrispondenza della traccia riportata in carta con direzione ENE – OSO.

25.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

La carta delle frequenze naturali dei terreni riporta, alla scala 1:10000, i punti di misura a stazione singola (HVSR), con identificazione del picco di frequenza fondamentale.

Nel capoluogo si hanno frequenze comprese tra 10.8 Hz e 14.8 Hz, ad eccezione dell'area in prossimità di Via Max e Lina Fioruzzi, dove si registrano frequenze dell'ordine di circa 4-5 Hz. In località Folignano si ha una frequenza fondamentale pari a 3.6 Hz, mentre a Zaffignano si ha il valore pari a 5.6 Hz di frequenza di risonanza. In località Castione (033036P165) l'elaborazione dei dati tomografici evidenzia un picco di frequenza intorno a 3.8 Hz. Infine, nella frazione di Cassano, le misure effettuate nella nuova campagna d'indagine riportano picchi di frequenza principali a 3.05 Hz e 2.42 Hz.

25.4 Carta delle aree suscettibili di effetti locali

Tale elaborato, che corrisponde alla Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica definita negli ICMS del 2008, ha la finalità di individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica e per definire il tipo di effetti attesi.

In particolare, l'obiettivo è individuare le seguenti zone omogenee:

1. **Zone stabili:** sono le zone dove è affiorante il bedrock sismico con morfologia pianeggiante o poco inclinata (pendii con inclinazione inferiore a circa 15°), nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura.
2. **Zone stabili suscettibili di amplificazione,** ovvero zone dove sono attese amplificazione del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafia e morfologica locale; in tali zone sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio ($V_s < 800$ m/s) con spessori superiori ai 5 m.
3. **Zone suscettibili d'instabilità:** si distinguono quattro categorie di effetti deformativi: (1) instabilità di versante; (2) liquefazione; (3) cedimenti differenziali; (4) faglie attive e capaci.

Nel territorio comunale, oggetto di studio, sono state riconosciute nr. 7 zone stabili suscettibili di amplificazione e nr. 4 zone suscettibili di instabilità, definite come segue.

Zone stabili suscettibili di amplificazione

Zona 1: argille limose da consistenti a molto consistenti, passanti a limi sabbiosi molto consistenti, al di sopra di ghiaie molto addensate

Zona 2: sequenze flyschoidi alterate date da argille, argille limose e limi, passanti a limi sabbiosi molto consistenti, sabbie limose da poco a moderatamente addensate e ghiaie addensate

Zona 3: argille e argille limose a consistenza medio – alta passanti a sabbie, limi sabbiosi (localmente) e ghiaie addensate a matrice limo – sabbiosa

Zona 4: al di sotto del terreno agrario, argille e argille limose da consistenti a molto consistenti, passanti a sabbie addensate, sabbie limose e ghiaie; a profondità maggiori di 10 m tipiche alternanze flyschiodi

Zona 5: orizzonte superficiale, costituito da limi e argille sabbiose, che ricopre depositi grossolani, maggiormente addensati

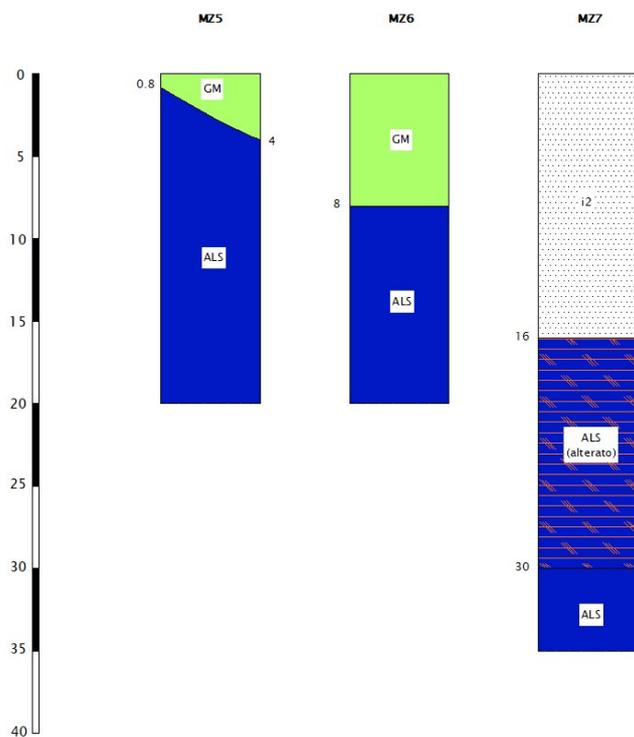
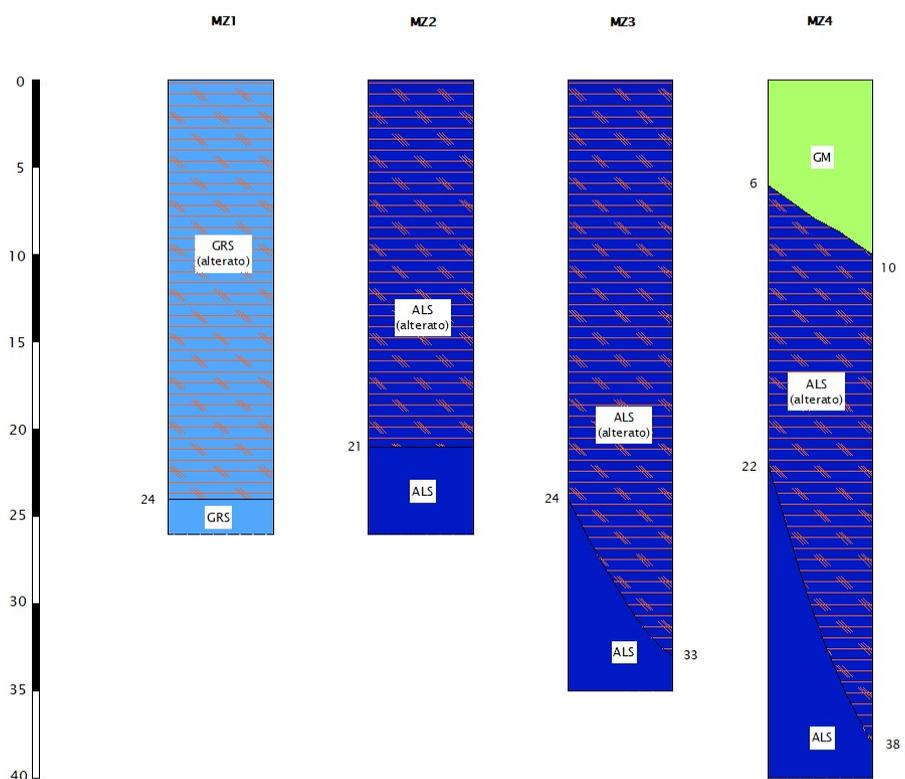
Zona 6: sabbie limose, limi sabbiosi, ghiaie limose; a profondità maggiori di 8 m substrato dato dall'alternanza di litotipi

Zona 7: argille miste a ghiaie; al di sotto di 16 m circa, conglomerati alterati, ghiaie ± argilla

Nella pagina seguente sono riportate le colonnine stratigrafiche proprie di ciascuna microzona omogenea, ricostruite sulla base delle informazioni bibliografiche e dei dati acquisiti durante la campagna geognostica e geofisica.

Le zone omogenee sono definite, inoltre, in termini di spessore della copertura (H) e velocità V_{sH} .

Denominazione	Ubicazione	V_{sH} [m/sec]	H [m]
MZ1	loc. Castione	357	24
MZ2	loc. Cassano	241	21
	Via F. Acerbi	372	27
MZ3	loc. Pugnetti – Ca' Breda	357-482	24-33
MZ4	N-ferrovia, loc. Folignano	382-449	22-38
MZ5	loc. Riva, Madonna della Neve	188	4
MZ6	zona a SE di Folignano	375	8
MZ7	loc. Zaffignano	331	29



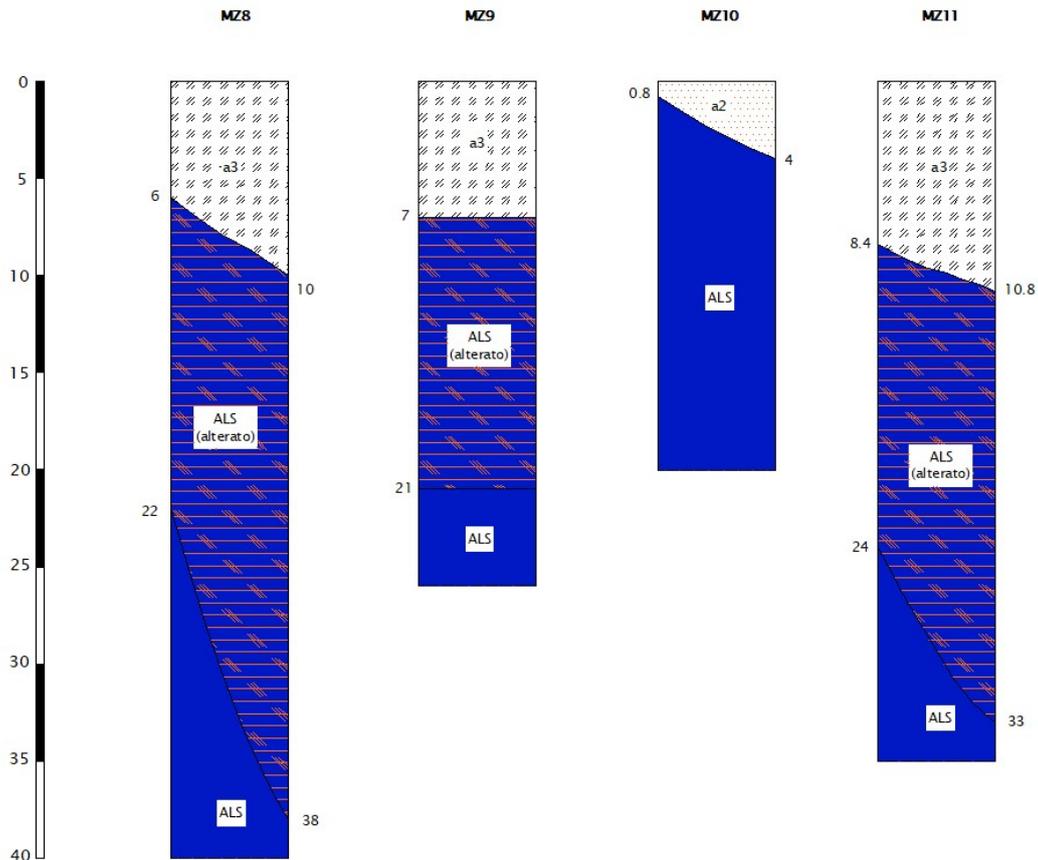
Zone suscettibili di instabilità (di versante)

Zona 8: depositi pleistocenici (spessore < 10 m) del Sintema di Costamezzana interessati, in località Folignano, da prevalenti fenomeni di instabilità non definiti e, in misura minore, da frane attive per scorrimento (a1d); nel capoluogo sono presenti frane quiescenti complesse (a2g)

Zona 9: depositi di versante (spessore < 7 m), che coinvolgono i depositi torbiditici del Membro di Monteventano

Zona 10: depositi di frana quiescente (spessore < 5 m) legati a fenomeni di scorrimento e/o a movimenti di tipo complesso

Zona 11: depositi di versante (8-10 m); localmente frane quiescenti complesse che interessano, in minima parte, i depositi quaternari dell'Unità di Niviano



25.5 Carta delle velocità delle onde di taglio (Vs)

Nell'ambito del presente studio sono state analizzate nr. 35 prove in sito di tipo geofisico (MASW, ReMi, sismica a rifrazione), svolte nel territorio del Comune di Ponte dell'Olio, dalle quali è possibile estrapolare il parametro Vs.

La carta delle velocità delle onde di taglio, a scala 1:10000, riporta l'ubicazione di tutti i punti di misura di Vs con indicazione, per ogni postazione, del valore di VsH espresso in m/sec e di H, ovvero la profondità del tetto del bedrock.

Nel complesso i valori di velocità VsH che si ottengono sono compresi tra 188 m/sec e 529 m/sec.

25.6 Carta dei fattori di amplificazione

In base alle velocità delle onde VsH e alle valutazioni riportate nel capitolo 23, sono state prodotte la carta dei fattori di amplificazione PGA e le carte dei fattori di amplificazione relative agli intervalli di periodi 0.1-0.5 sec e 0.5-1.0 sec.

Tali coefficienti di amplificazione sono stati stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 della DGR 2193/2015 che permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento. Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ($FA\ PGA = PGA/PGA0$) sia di rapporto di Intensità di Housner ($SI/SI0$) per prefissati intervalli di periodi ($FA0,1-0,5s$, $FA0,5-1s$), dove $PGA0$ e $SI0$ sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento ricavabili dal data base regionale (disponibile nel sito internet del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale) e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Nello specifico, la tabella utilizzata per ricavare i fattori di amplificazione sopra descritti è la tabella "Appennino" riportata nel paragrafo A2.1.2 della DGR 2193/2015 e relativa ad un substrato rigido, generalmente caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s. La decisione di utilizzare tale tabella si basa sul fatto che l'area di studio si trova in un settore in cui il substrato geologico, qui rappresentato dalle unità tettoniche liguri esterne e dalla successione epiligure, ha profondità < 100 metri dal p.c. come si evince dall'Allegato B1.5 del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP 2007).

Altri dati a supporto di questo "scenario" sono i dati geologici che caratterizzano l'area di studio e i profili di velocità ricavati dalle indagini geofisiche che confermano V_s elevate a profondità relativamente superficiali.

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1
35		2.3	2.3	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.6	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
30		2.9	2.3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
35		3.2	2.8	1.9	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	3.1	2.4	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
50		3.2	3.2	2.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1

Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

26. BIBLIOGRAFIA

Albarello D. e Castellaro S. Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista trimestrale Ingegneria sismica. Anno XXVIII – n. 2, 2011.

Boccaletti M., Bonini M., Corti G., Gasperini P., Martelli L., Piccardi L., Severi P., Vannucci G., 2004. Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna, scala 1:250.000. S.E.L.C.A. Firenze.

Castenetto S. "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica": un riferimento per la caratterizzazione sismica del territorio. Supplemento alla rivista trimestrale Ingegneria sismica. Anno XXVIII – n. 2, 2011.

Commissione tecnica per la microzonazione sismica, giugno 2015. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, versione 4.0.

Comune di Ponte dell'Olio, 2012. Piano Strutturale Comunale (PSC).

Di Dio G. et Alii, 1998. Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze.

Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, 2008. Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica.

Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica. Conferenza delle Regioni e Province autonome – Dipartimento della Protezione Civile.

Locati M., Camassi R. e Stucchi M., 2011. Database Macrosismico Italiano; versione DBMI11. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>.

Meletti C. e Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al rapporto Conclusivo. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC (2018). Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, Gazzetta Ufficiale n. 42, 20 febbraio 2018, Supplemento Ordinario n. 8.

Provincia di Piacenza, 2007. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP).

Regione Emilia Romagna, Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio geologico d'Italia, 2005. Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e note illustrative. Foglio 179 – Ponte dell'Olio.



Regione Emilia Romagna. Deliberazione dell'assemblea legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2/05/2007: approvazione dell'atto d'indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per pianificazione territoriale ed urbanistica".

Regione Emilia Romagna. Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna n. 2193 del 21/12/2015: approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112.

Regione Emilia Romagna. Ordinanza n. 70 del 13 novembre 2012. Approvazione programma per gli studi di microzonazione sismica.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, la versione 2015 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani.

Geol. Emani Emanuele
Via dei Ciliegi, 4 – Villanova sull'Arda
tel. 0523/853200 cell. 335/1281389



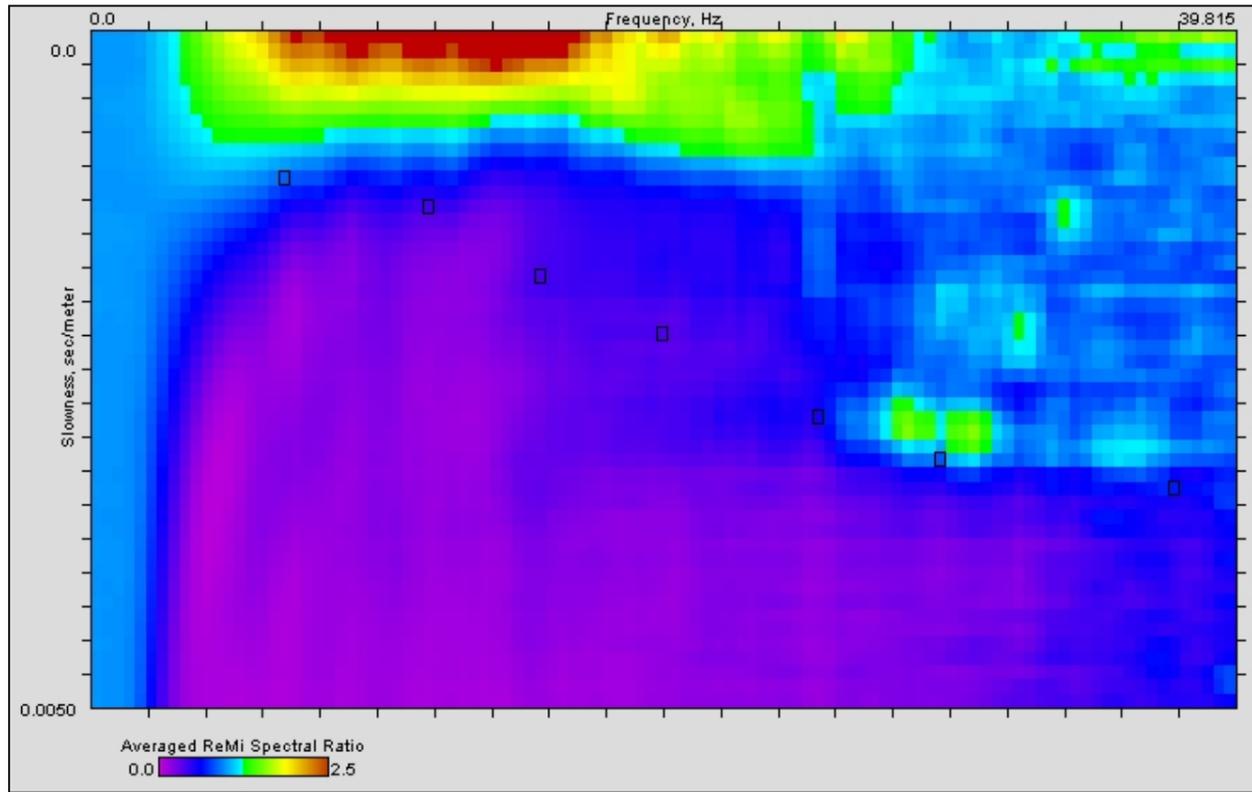
GEOREFLEX s.r.l.
Via Fioruzzi, 15 – 29121 Piacenza
sito web: www.georeflex.it

ALLEGATO 1 – Analisi dei microtremori con metodo REMI

Indagine lineare (REMI) – Rif. 033036L30

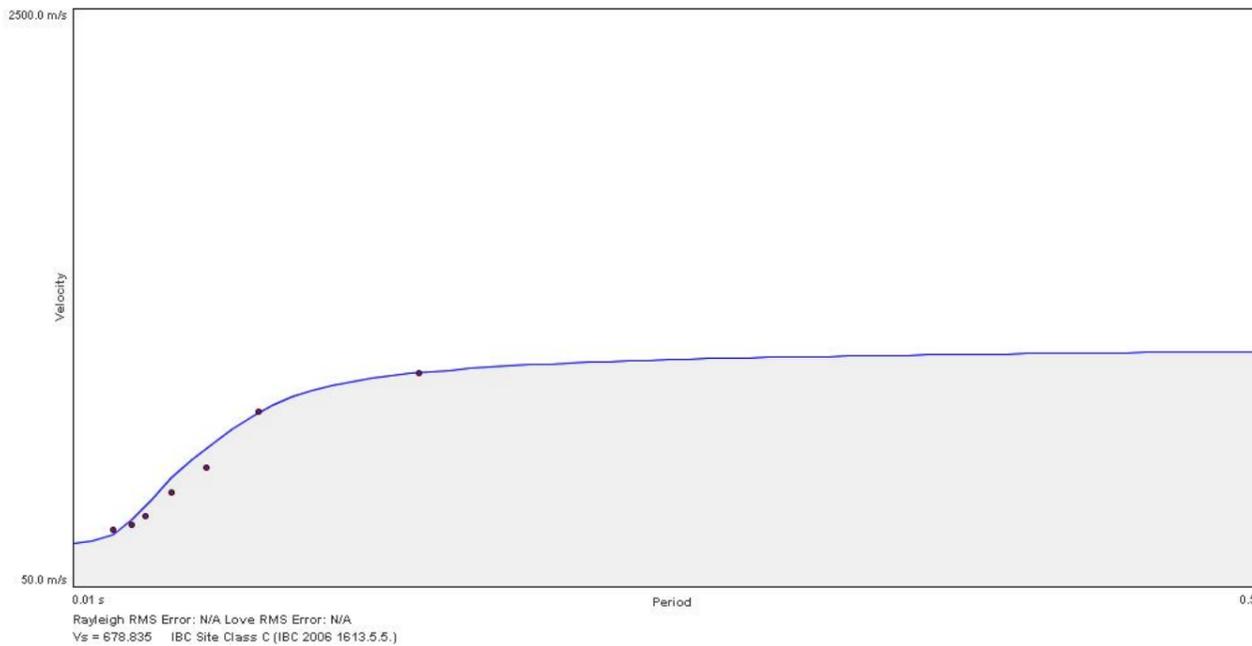
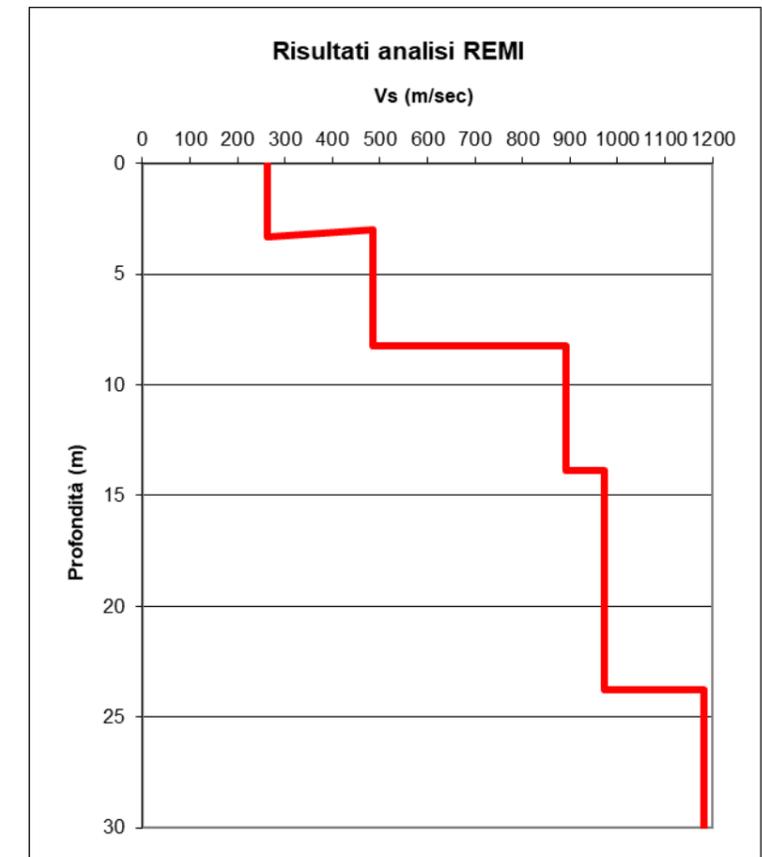


Ubicazione su ortofoto – stendimento a 24 canali (interasse costante = 3 metri)



	Density	Shear Velocity
3.3 m	1.804 g/cc	263.663 m/s
8.25 m	1.89 g/cc	484.448 m/s
13.86 m	2.0 g/cc	890.407 m/s
23.76 m	2.104 g/cc	972.311 m/s
30.0 m	2.147 g/cc	1182.413 m/s

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	3,3	264
2	5,3	484
3	5,6	890
4	9,9	972
5	6,2	1182

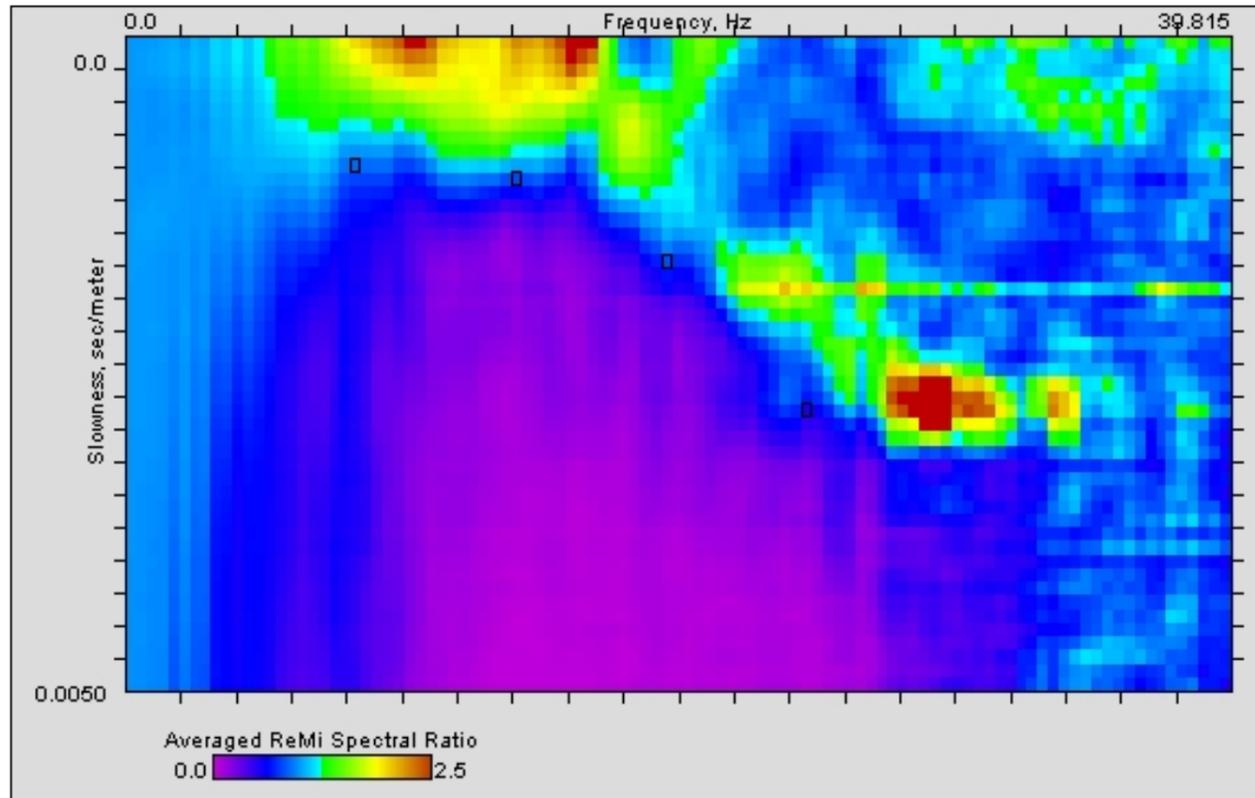


Vs30 = 672 m/sec

Indagine lineare (REMI) – Rif. 033036L31

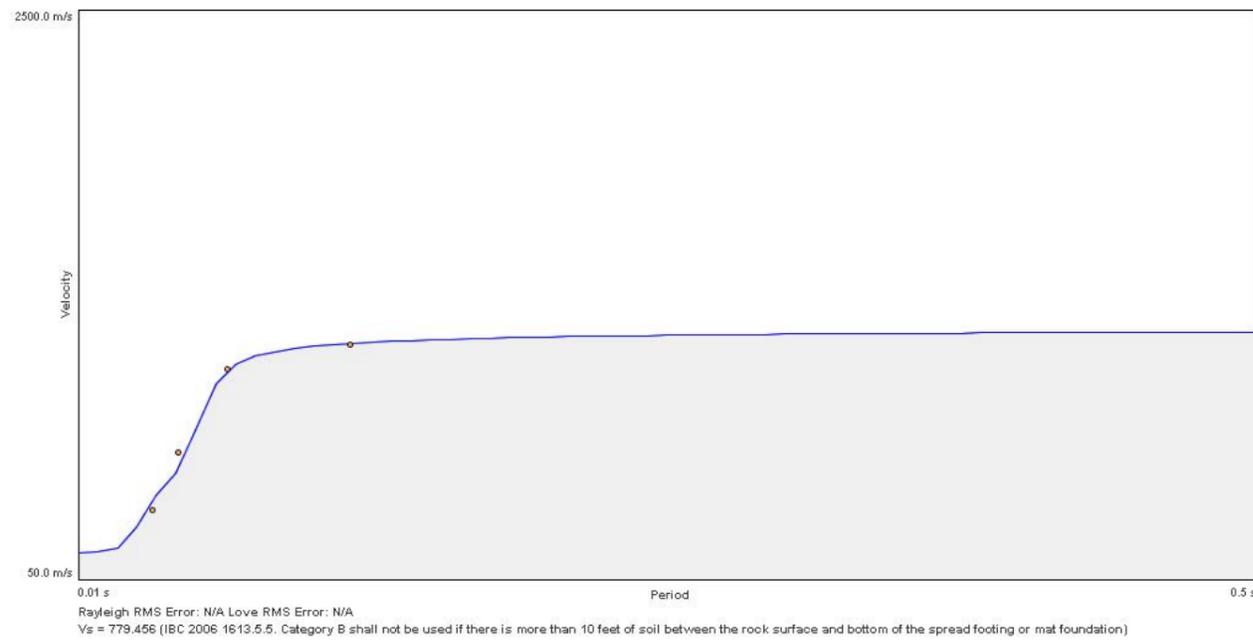
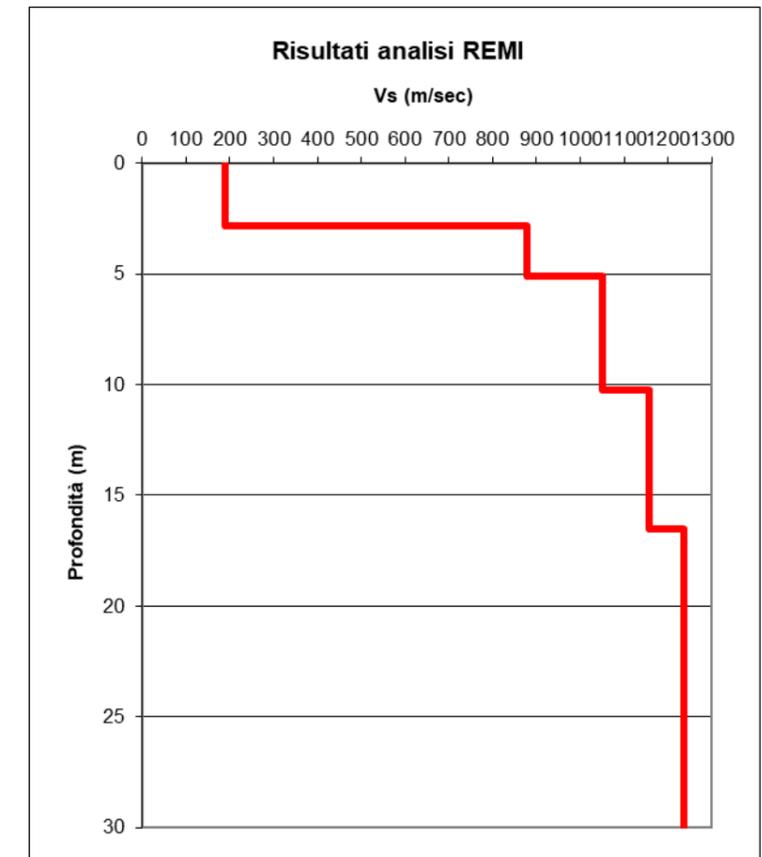


Ubicazione su ortofoto – stendimento a 24 canali (interasse costante = 3 metri)



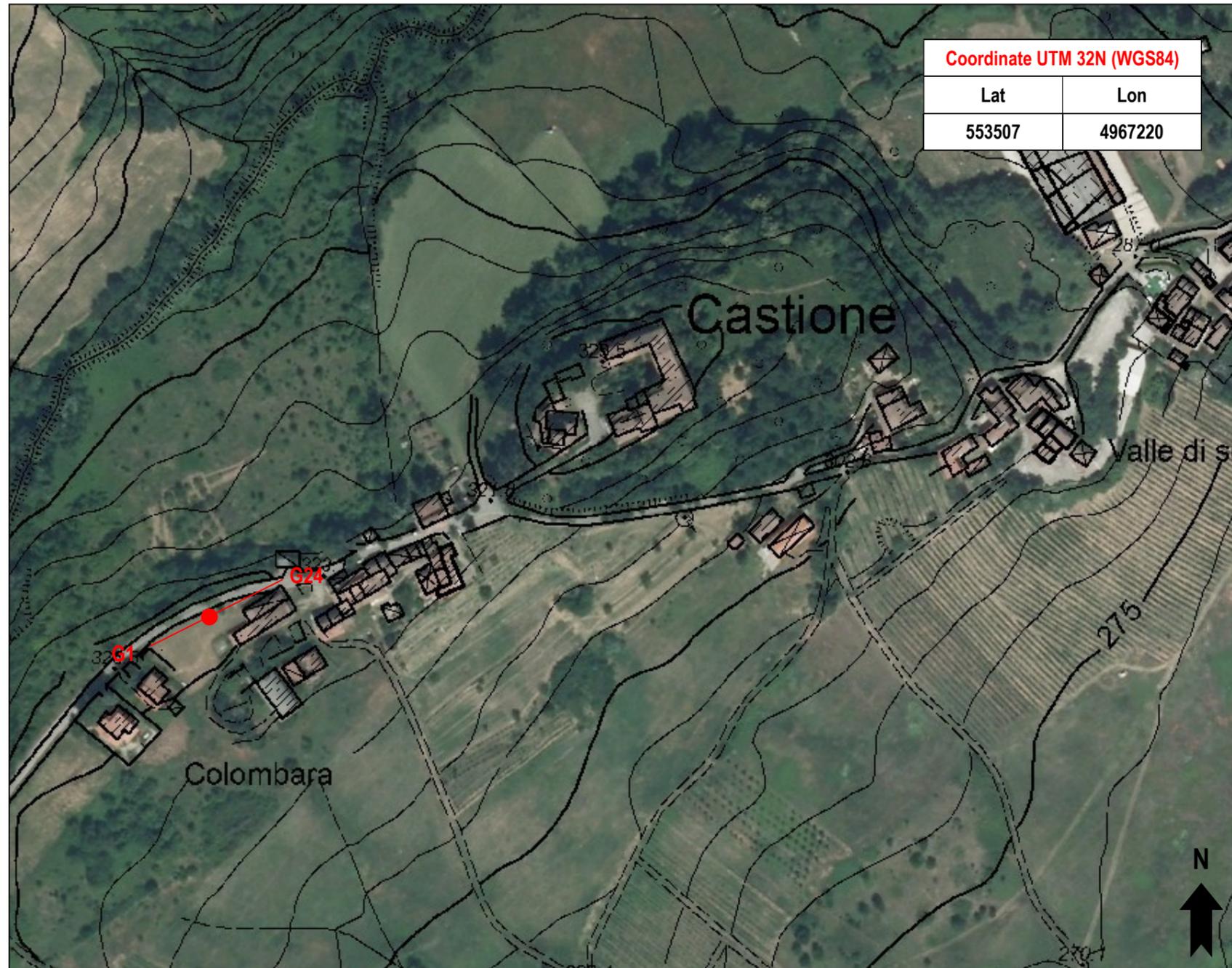
	Density	Shear Velocity
2.805 m	1.822 g/cc	188.498 m/s
5.115 m	1.962 g/cc	877.658 m/s
10.23 m	2.0 g/cc	1049.297 m/s
16.5 m	2.058 g/cc	1157.941 m/s
30.0 m	2.154 g/cc	1237.079 m/s

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	2,8	188
2	2,3	878
3	5,1	1049
4	6,3	1158
5	13,5	1237

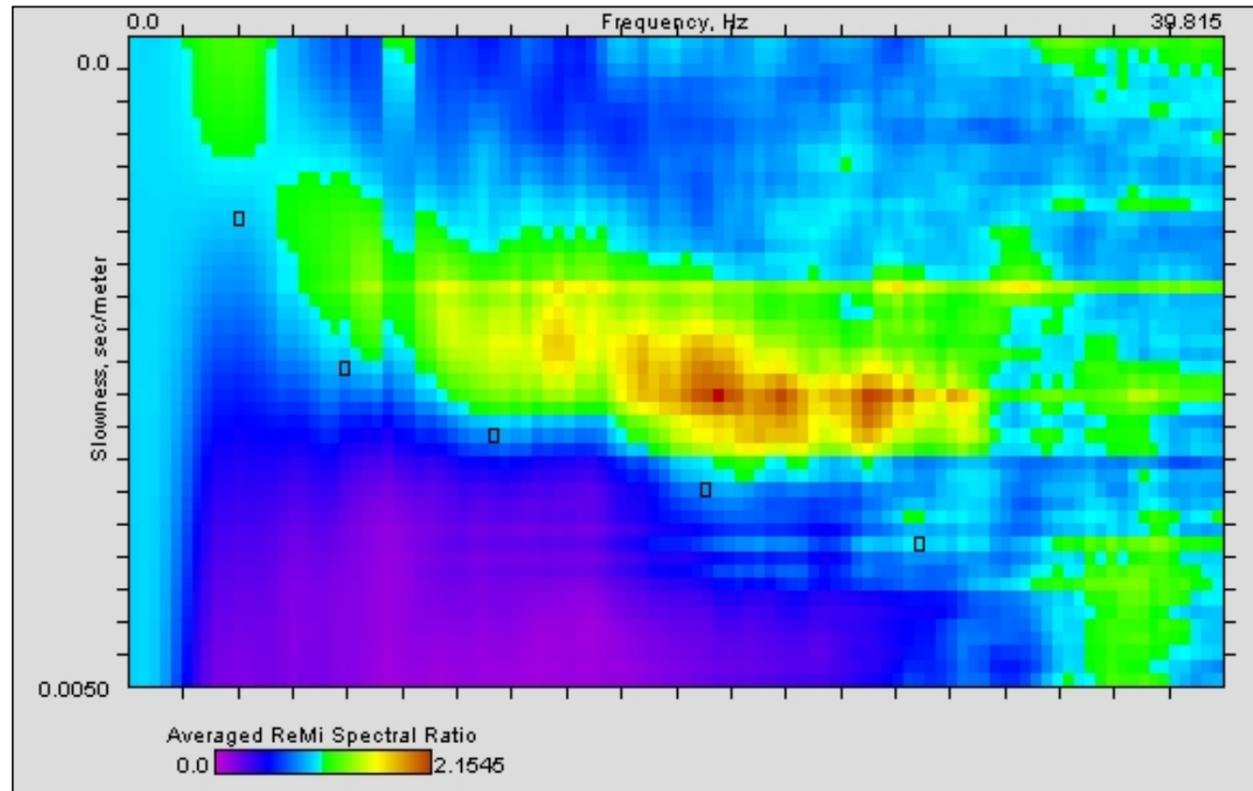


Vs30 = 775 m/sec

Indagine lineare (REMI) – Rif. 033036L32

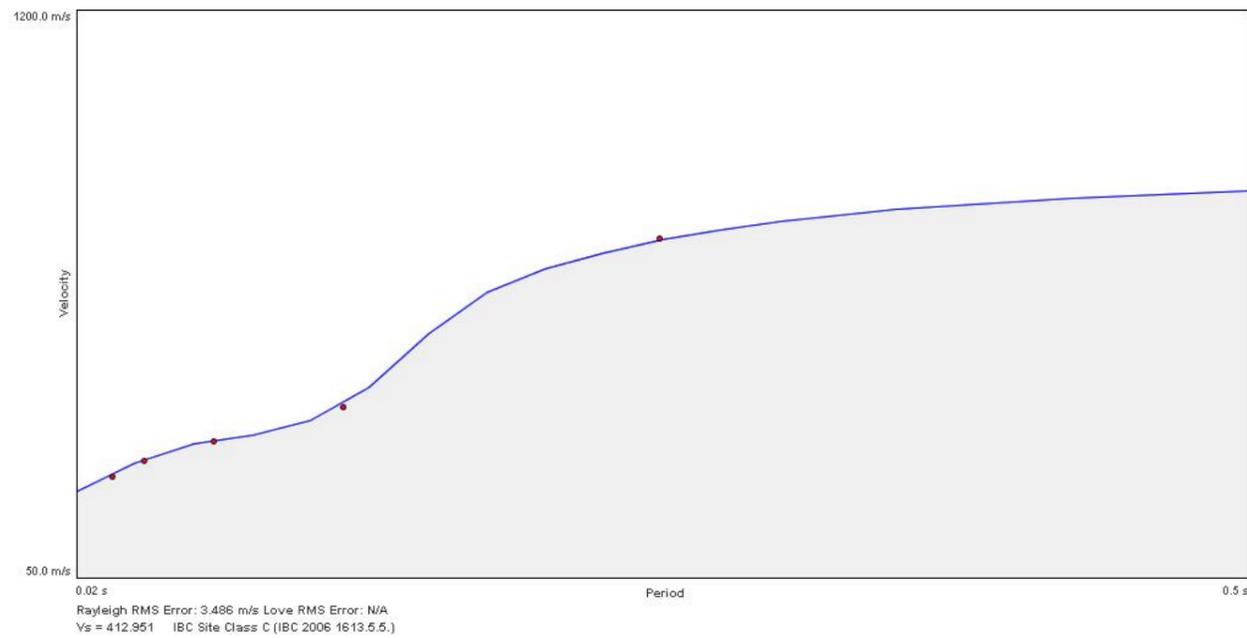
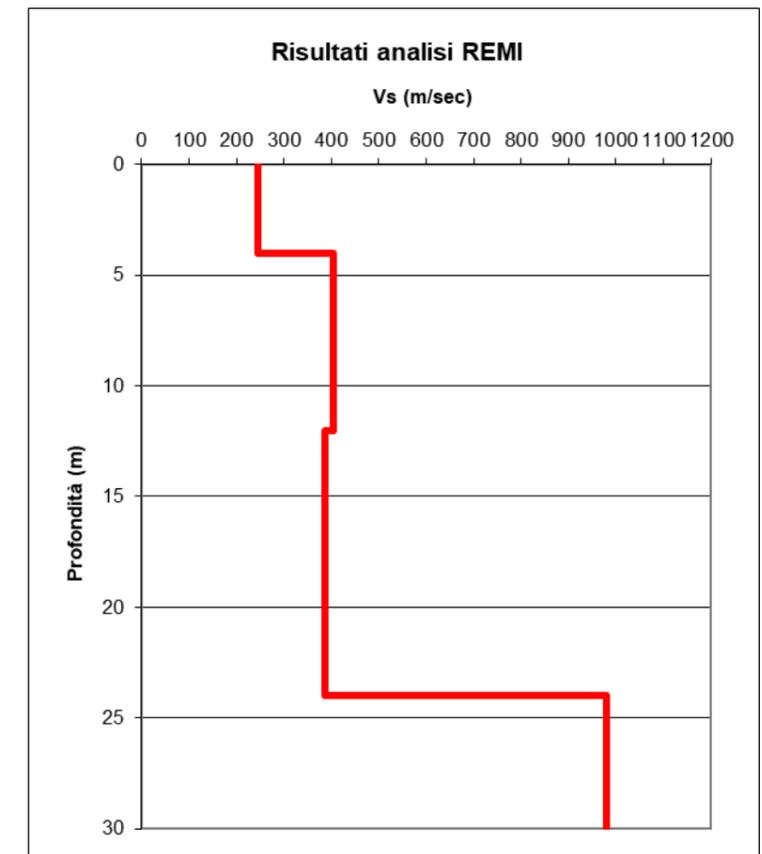


Ubicazione su ortofoto – stendimento a 24 canali (interasse costante = 3 metri)



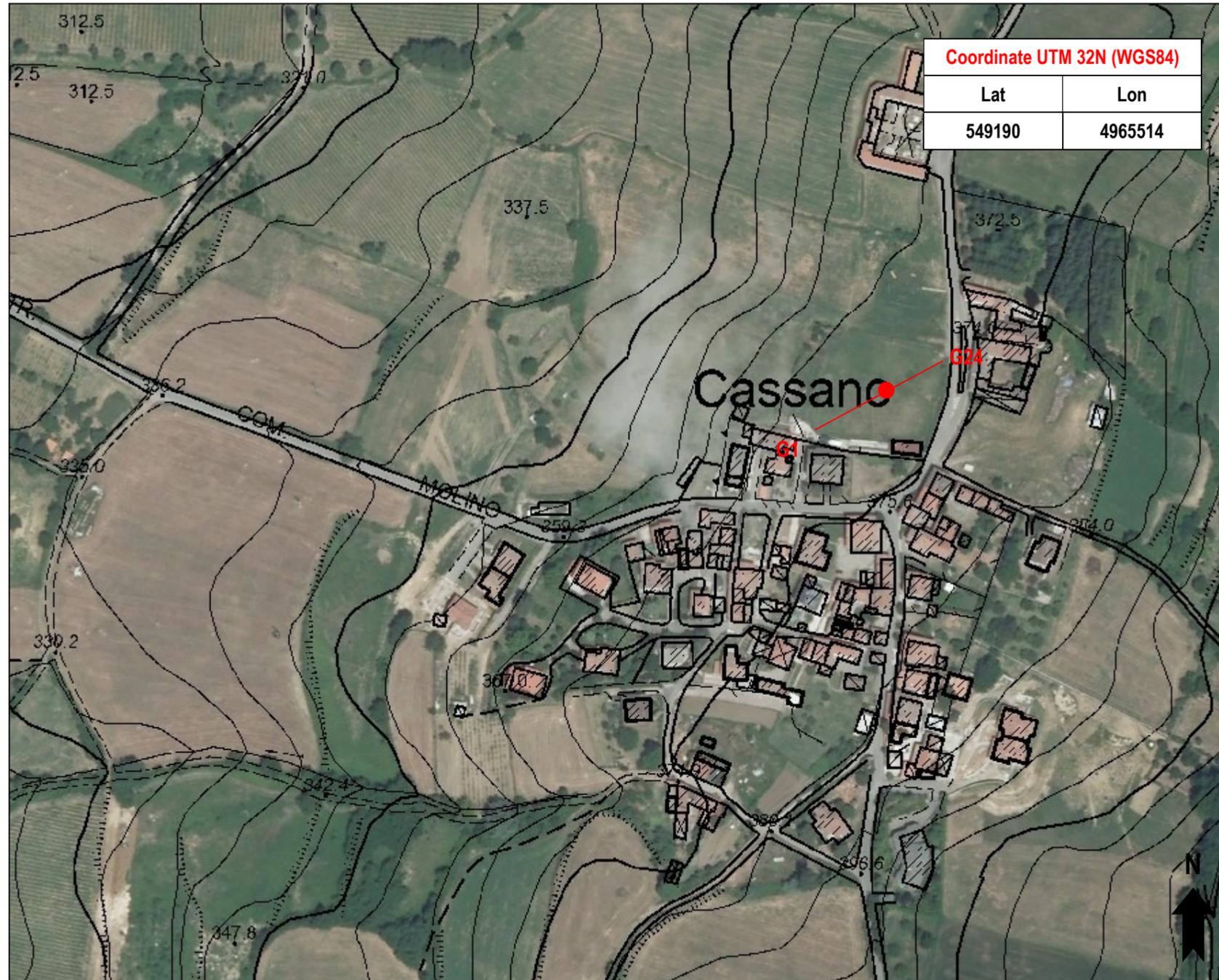
	Density	Shear Velocity
4.0 m	1.782 g/cc	245.307 m/s
12.0 m	1.867 g/cc	404.653 m/s
24.0 m	1.845 g/cc	385.694 m/s
40.0 m	2.079 g/cc	978.974 m/s

Strato	Spessore	Velocità
(n)	(m)	(m/sec)
1	4,0	245
2	8,0	405
3	12,0	386
4	16,0	979

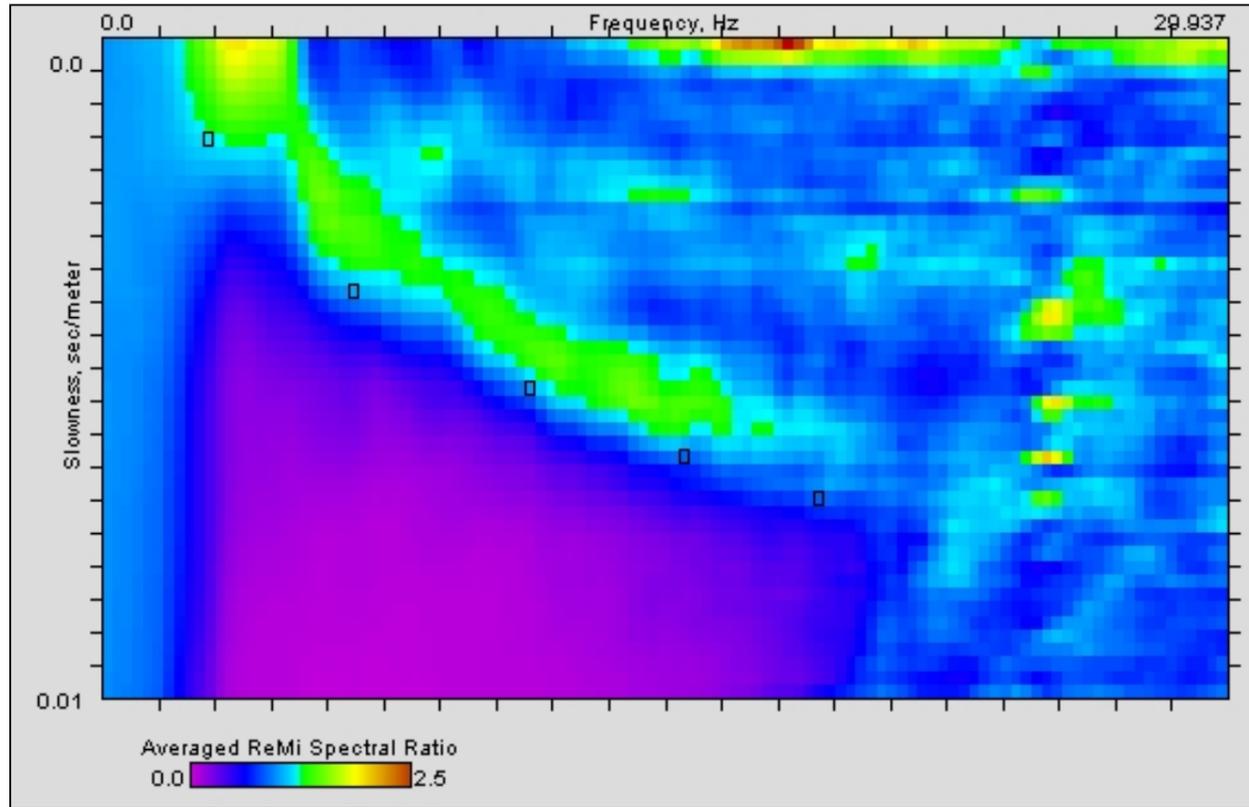


Vs30 = 409 m/sec

Indagine lineare (REMI) – Rif. 033036L33

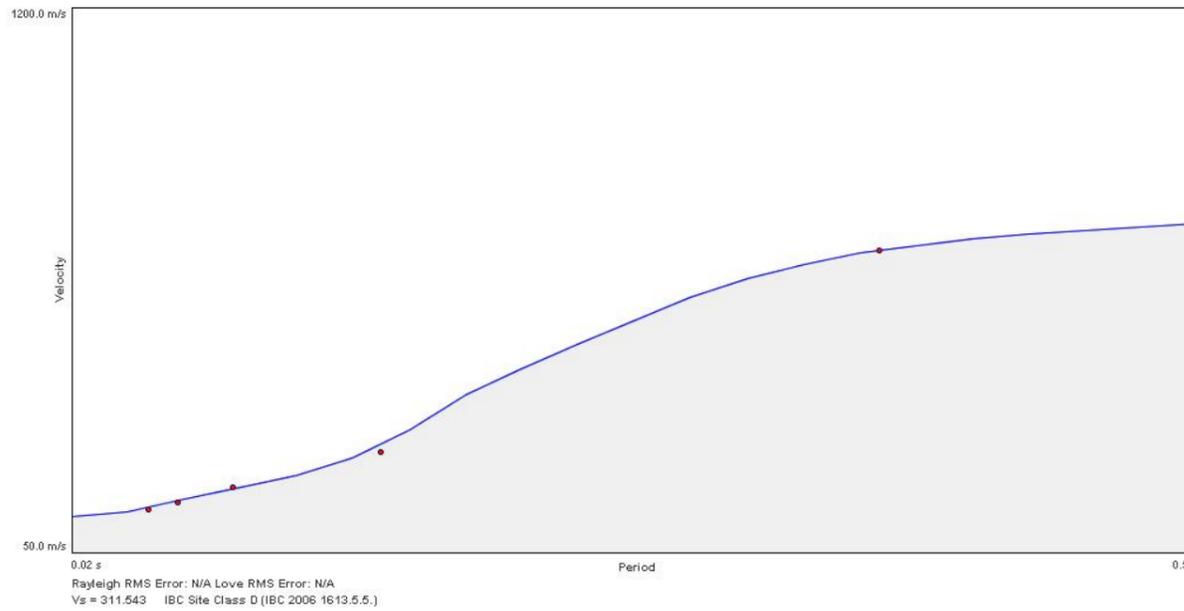
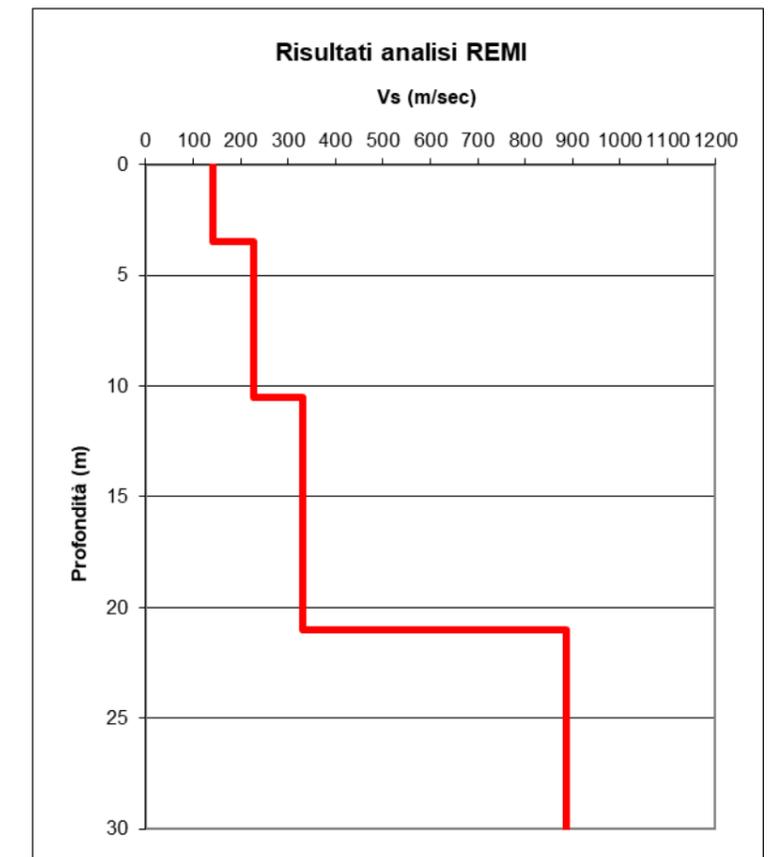


Ubicazione su ortofoto – stendimento a 24 canali (interasse costante = 3 metri)



	Density	Shear Velocity
3.5 m	1.75 g/cc	142.611 m/s
10.5 m	1.836 g/cc	226.746 m/s
21.0 m	1.88 g/cc	330.812 m/s
35.0 m	1.966 g/cc	887.737 m/s

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	3,5	143
2	7,0	227
3	10,5	331
4	14,0	888

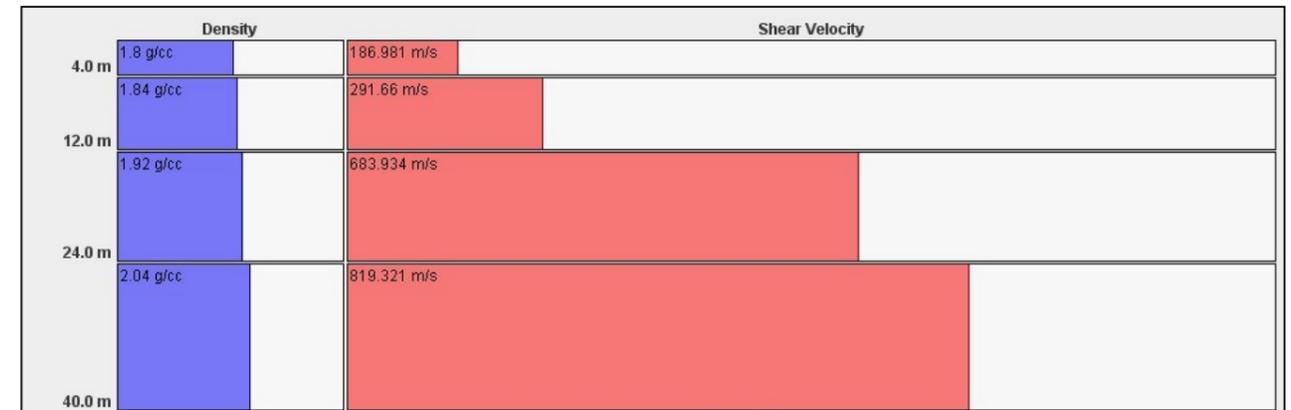
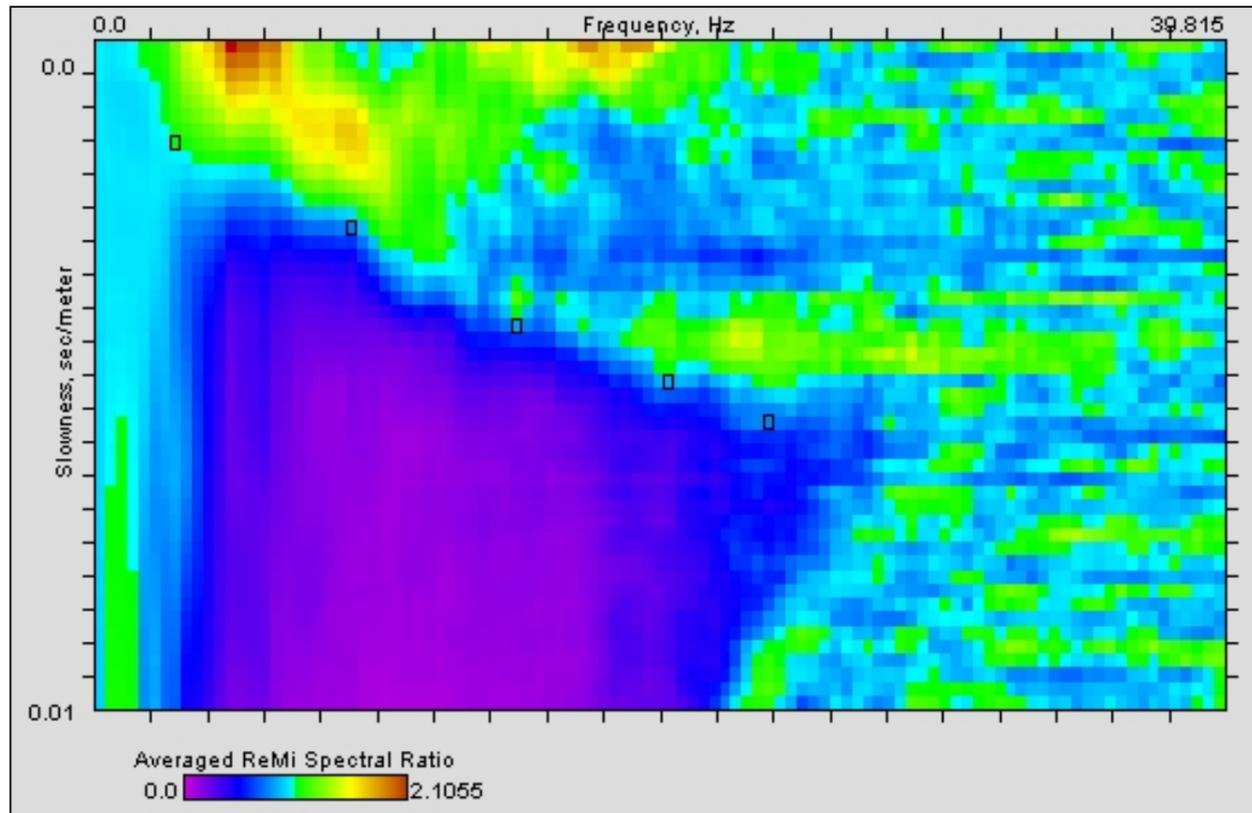


Vs30 = 308 m/sec

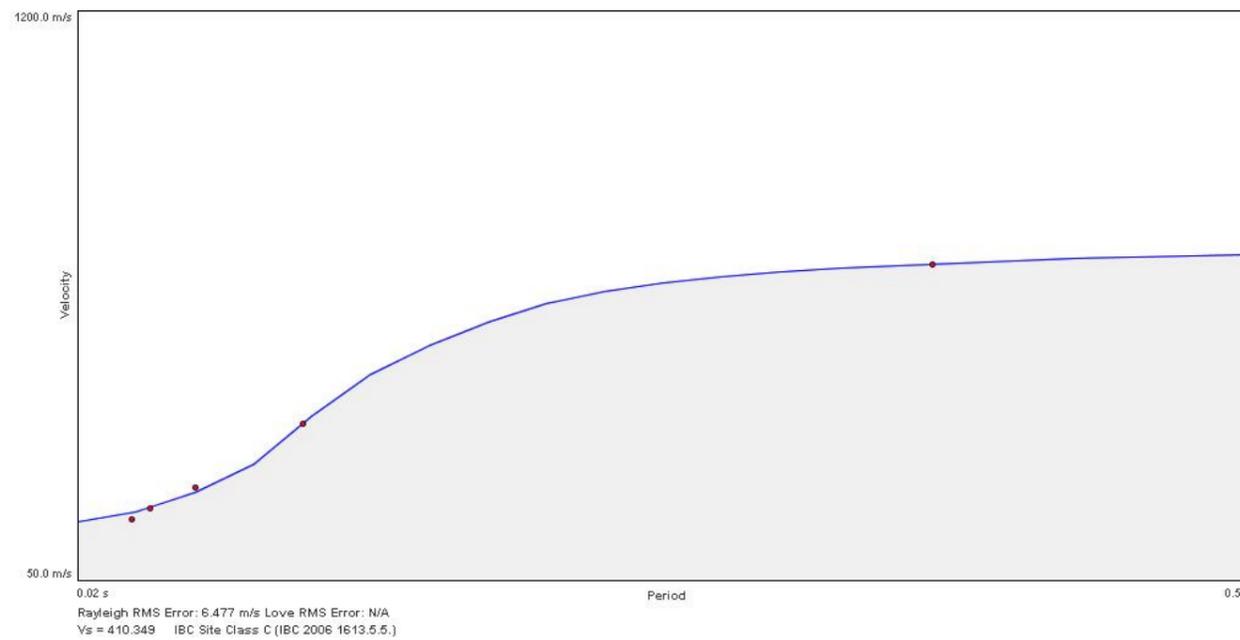
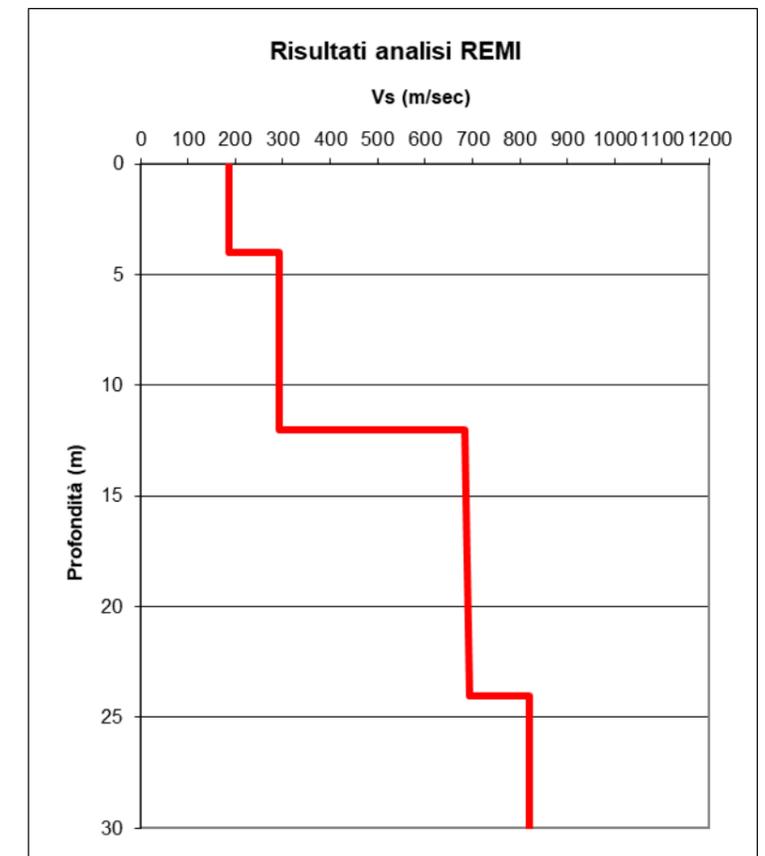
Indagine lineare (REMI) – Rif. 033036L34



Ubicazione su ortofoto – stendimento a 24 canali (interasse costante = 3 metri)



Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	4,0	187
2	8,0	292
3	12,0	694
4	16,0	819



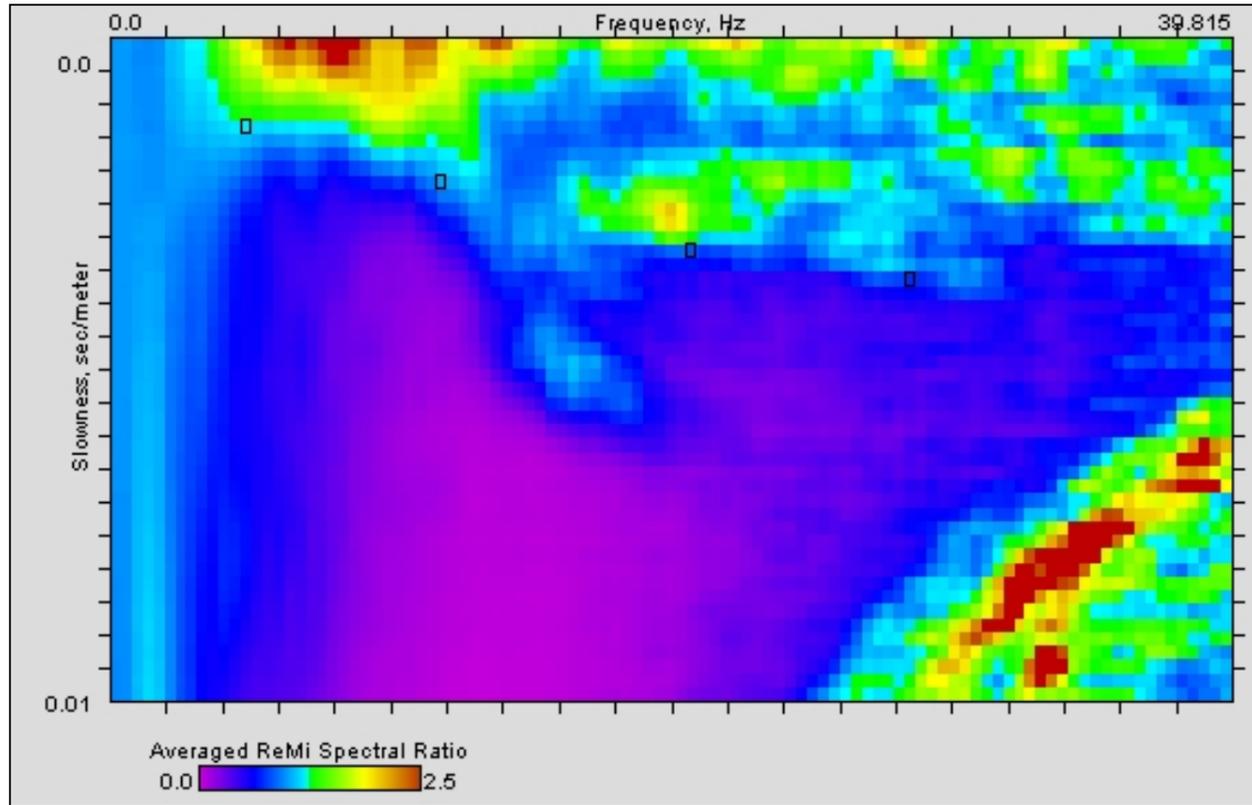
Vs30 = 409 m/sec

Indagine lineare (REMI) – Rif. 033036L35



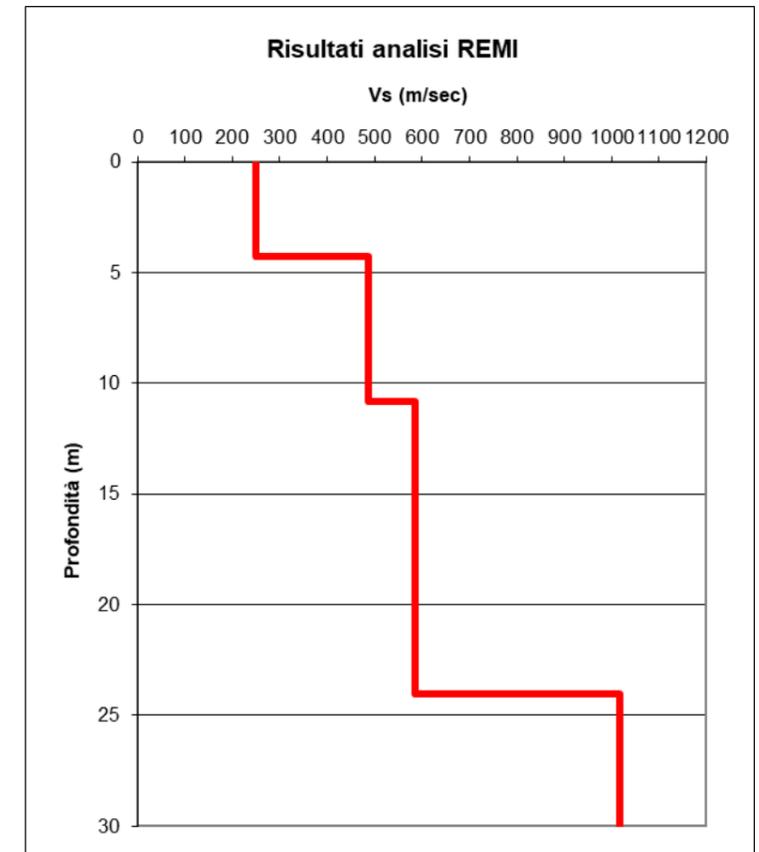
Ubicazione su ortofoto – stendimento a 24 canali (interasse costante = 3 metri)



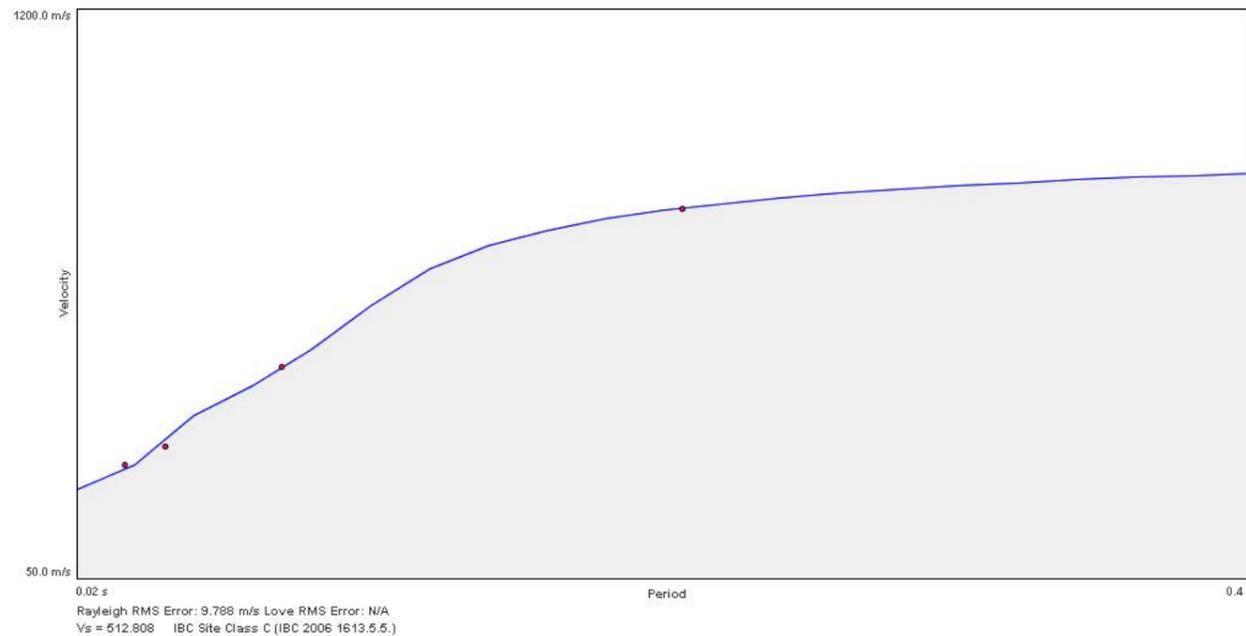


	Density	Shear Velocity
4.291 m	1.801 g/cc	250.281 m/s
10.796 m	1.883 g/cc	487.711 m/s
24.0 m	1.944 g/cc	584.621 m/s
40.0 m	2.088 g/cc	1017.486 m/s

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	4,3	250
2	6,5	488
3	13,2	585
4	16,0	1017



Vs30 = 509 m/sec



Geol. Emani Emanuele
Via dei Ciliegi, 4 – Villanova sull'Arda
tel. 0523/853200 cell. 335/1281389



GEOREFLEX s.r.l.
Via Fioruzzi, 15 – 29121 Piacenza
sito web: www.georeflex.it

ALLEGATO 2 – Indagine tomografica (HVSR)

Indagine puntuale (HVSr) – Rif. 033036P165



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSr

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	1	P65	Vertical	13/04/2018 00:00:00	14h8m	14h28m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	2	P65	North	13/04/2018 00:00:00	14h8m	14h28m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	3	P65	East	13/04/2018 00:00:00	14h8m	14h28m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

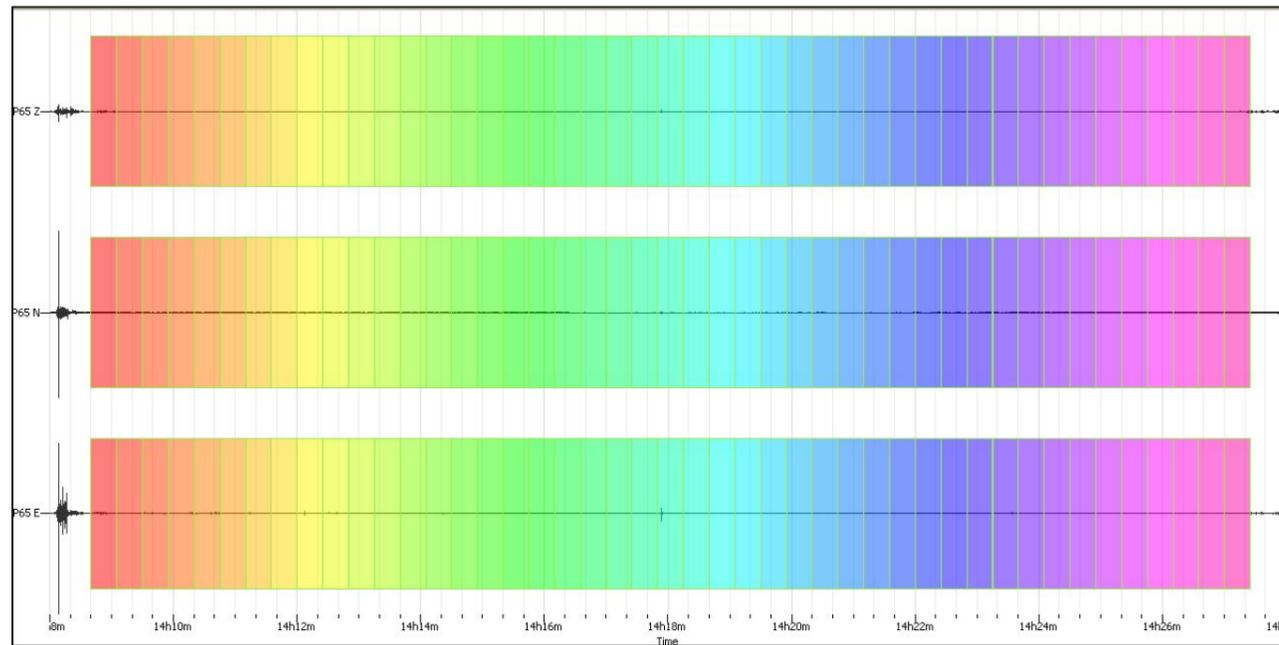
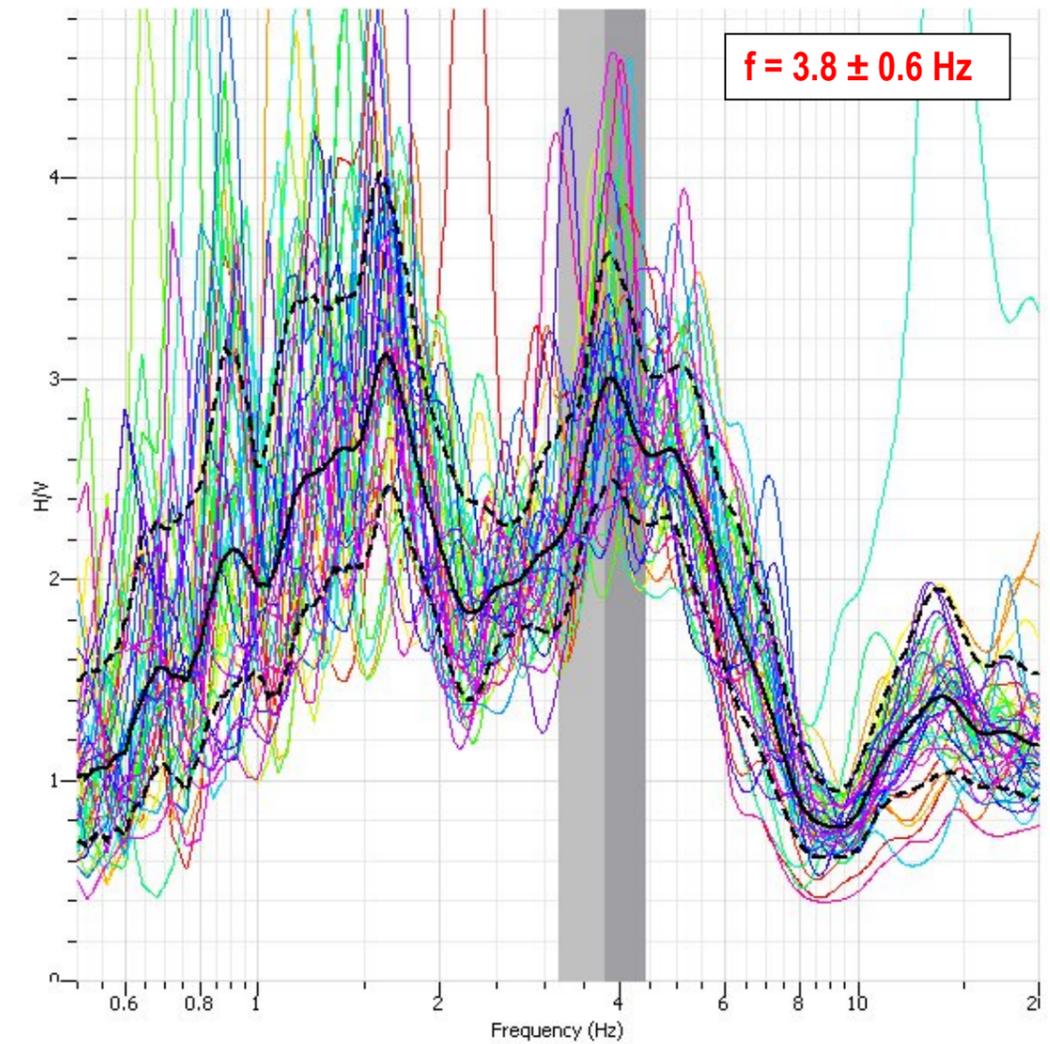
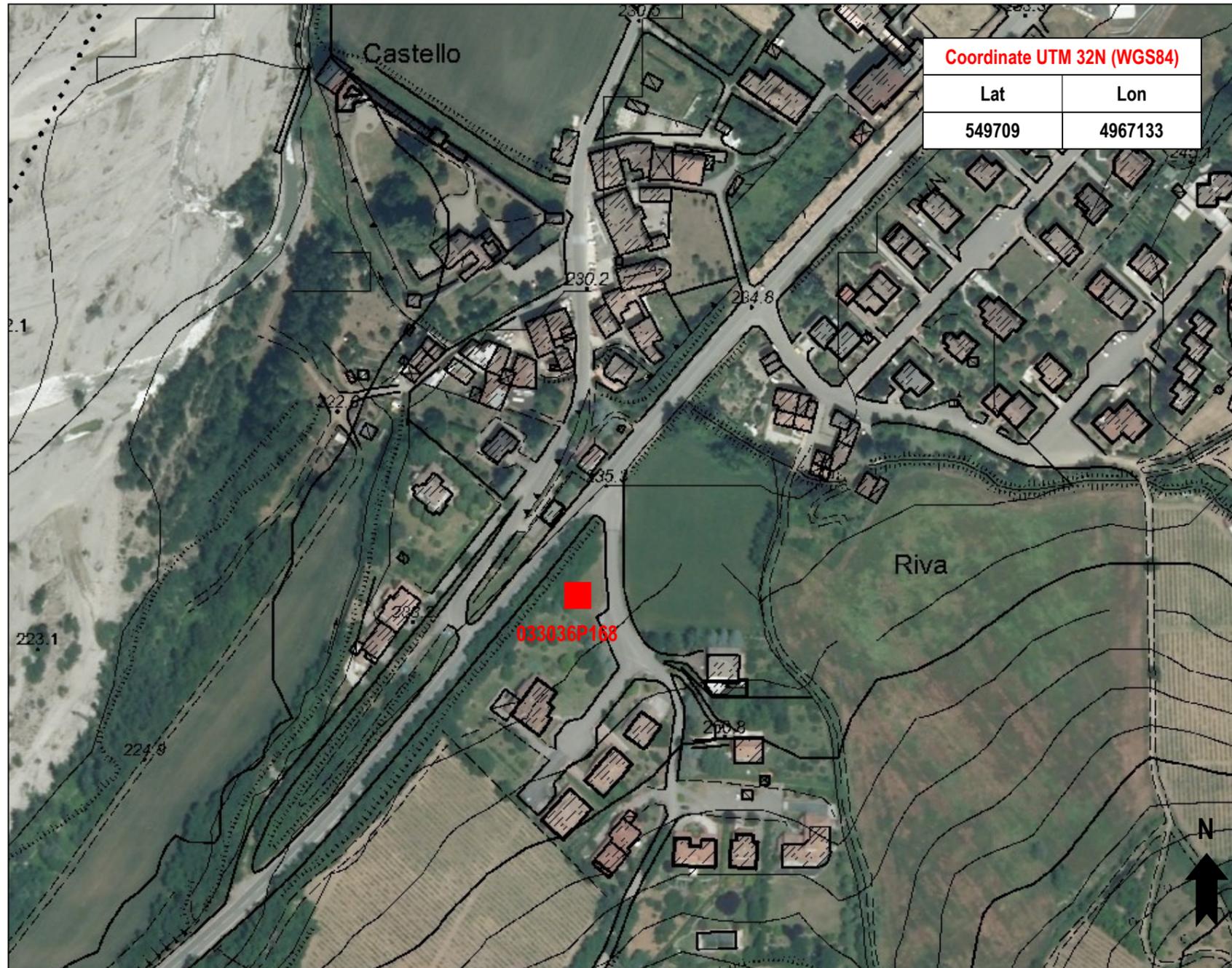


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)

Indagine lineare (HVSr) – Rif. 033036P168



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSr

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	4	P68	Vertical	13/04/2018 00:00:00	14h49m	15h9m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	5	P68	North	13/04/2018 00:00:00	14h49m	15h9m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	6	P68	East	13/04/2018 00:00:00	14h49m	15h9m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

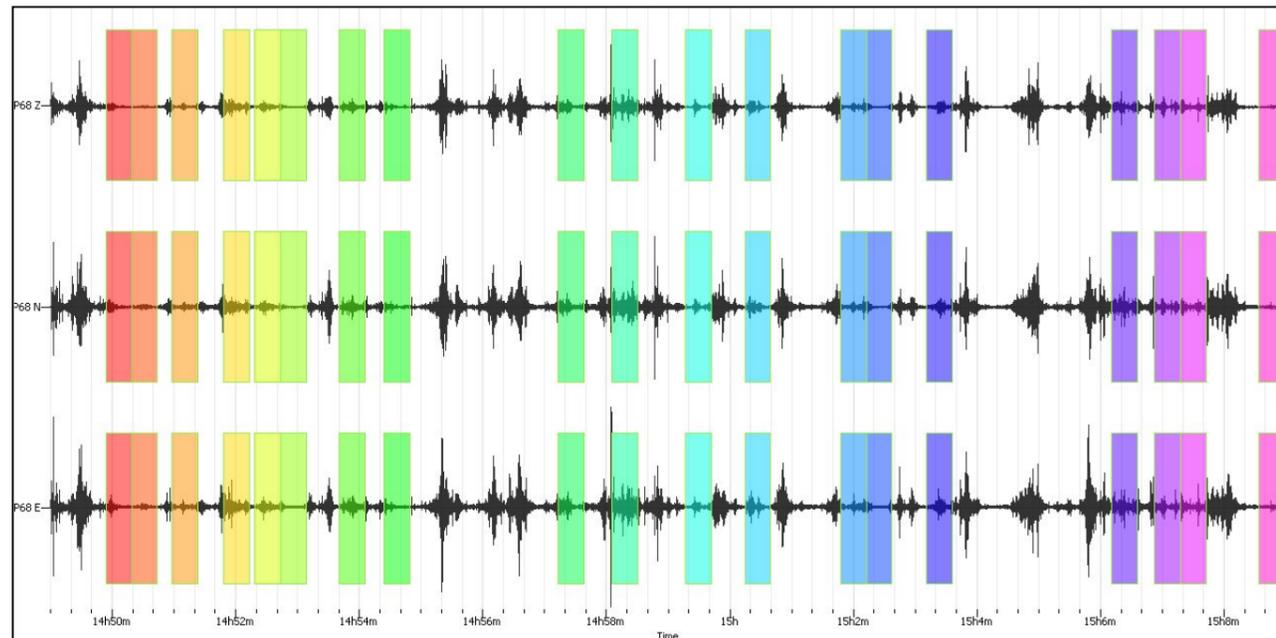
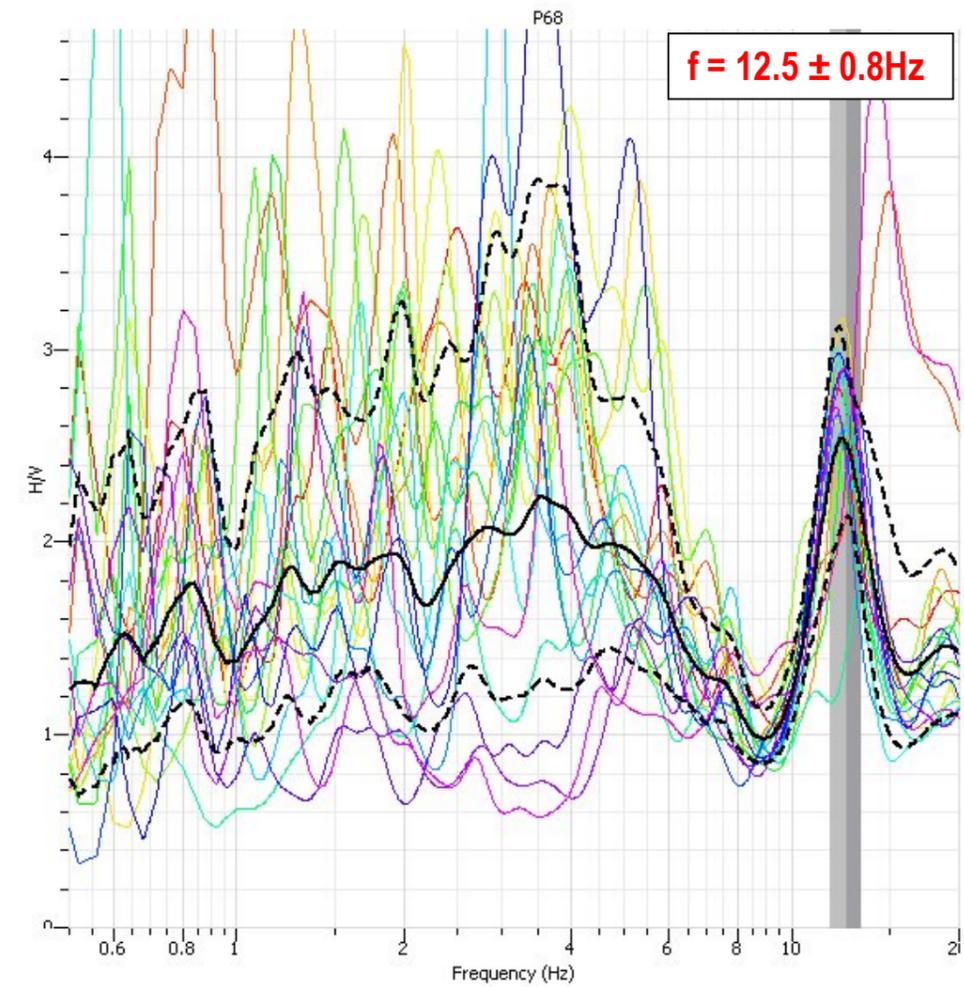


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)

Indagine lineare (HVSr) – Rif. 033036P169



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSr

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	7	P69	Vertical	13/04/2018 00:00:00	15h20m	15h40m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	8	P69	North	13/04/2018 00:00:00	15h20m	15h40m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	9	P69	East	13/04/2018 00:00:00	15h20m	15h40m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

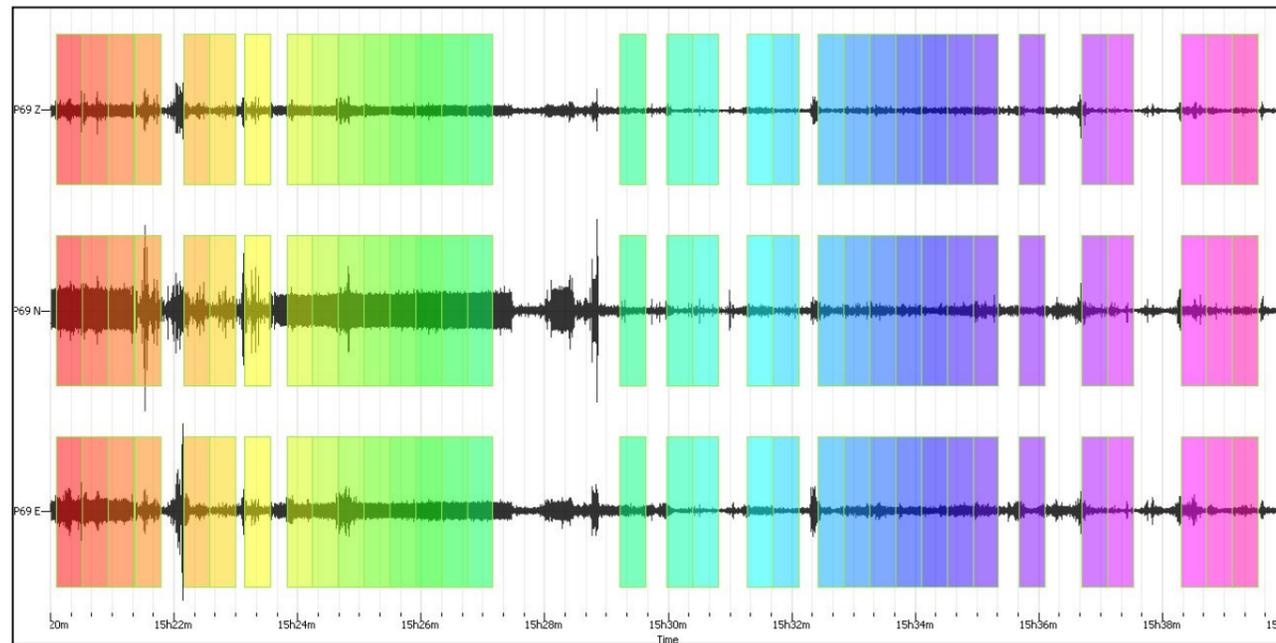
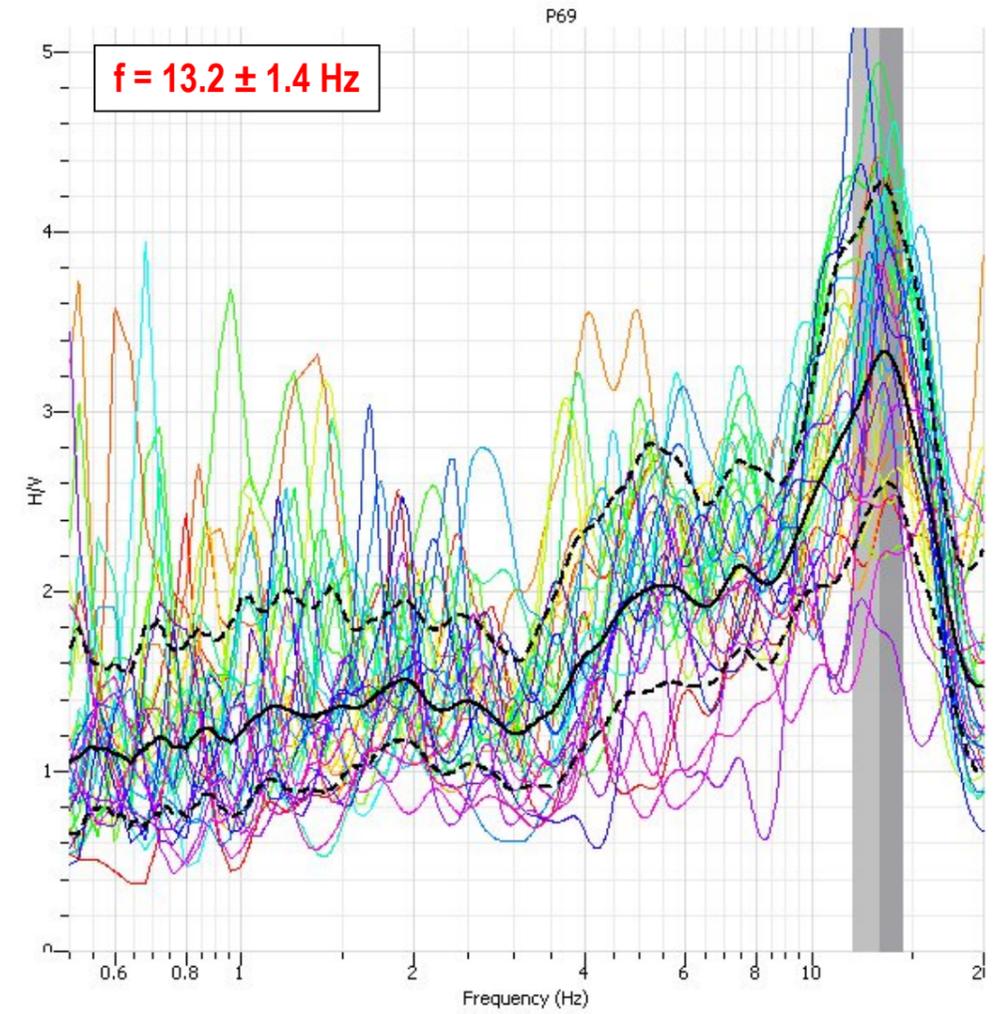


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)

Indagine lineare (HVSr) – Rif. 033036P171



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSr

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	16	P71B	Vertical	14/04/2018 00:00:00	10h23m	10h43m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	17	P71B	North	14/04/2018 00:00:00	10h23m	10h43m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	18	P71B	East	14/04/2018 00:00:00	10h23m	10h43m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

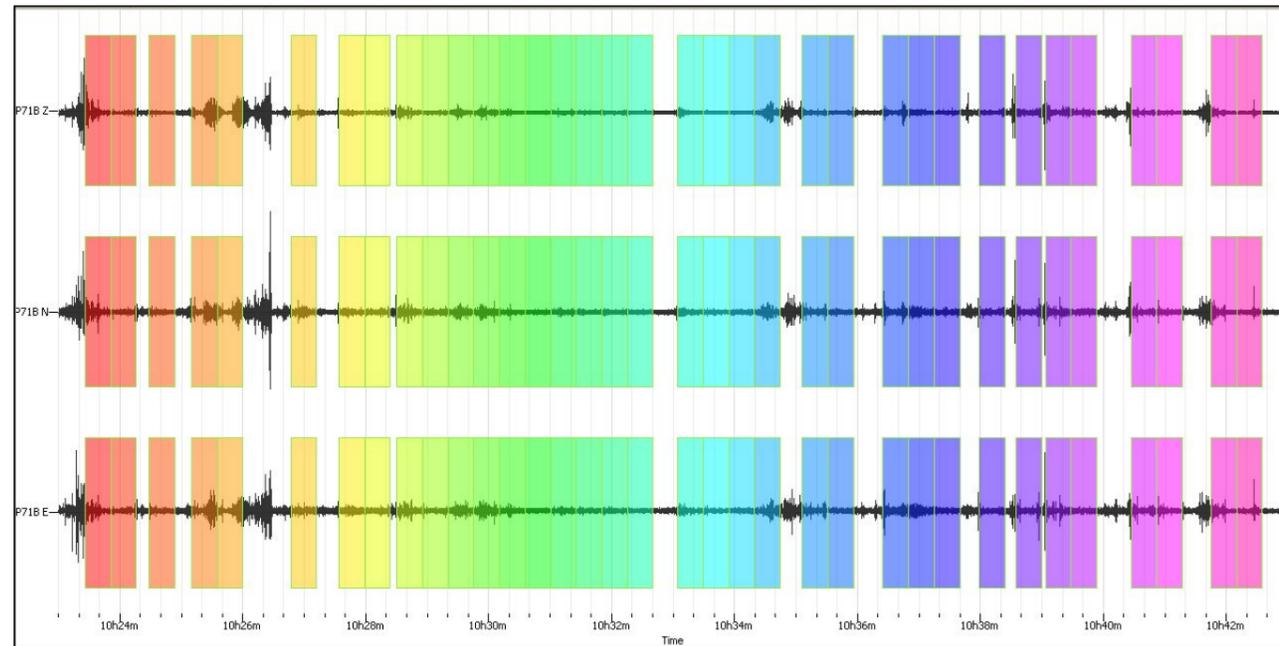
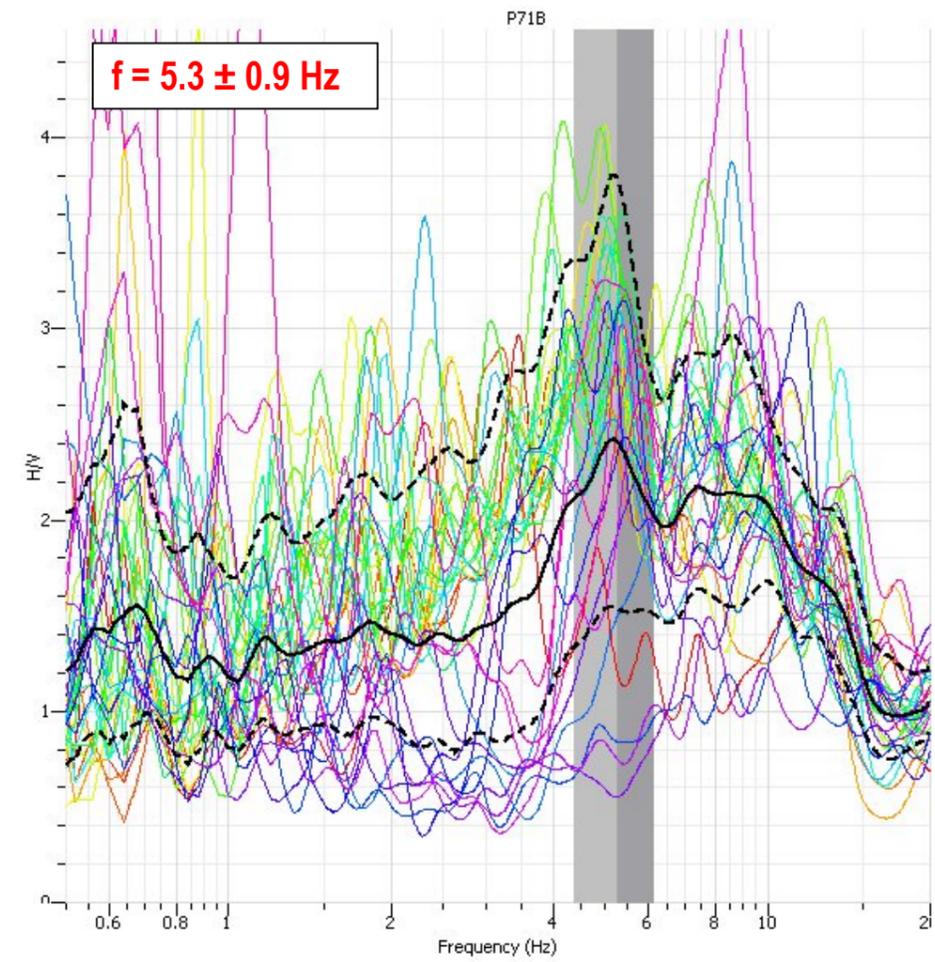


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)

Indagine lineare (HVSr) – Rif. 033036P172



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSr

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	19	P72	Vertical	13/04/2018 00:00:00	9h55m	10h15m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	20	P72	North	13/04/2018 00:00:00	9h55m	10h15m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	21	P72	East	13/04/2018 00:00:00	9h55m	10h15m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

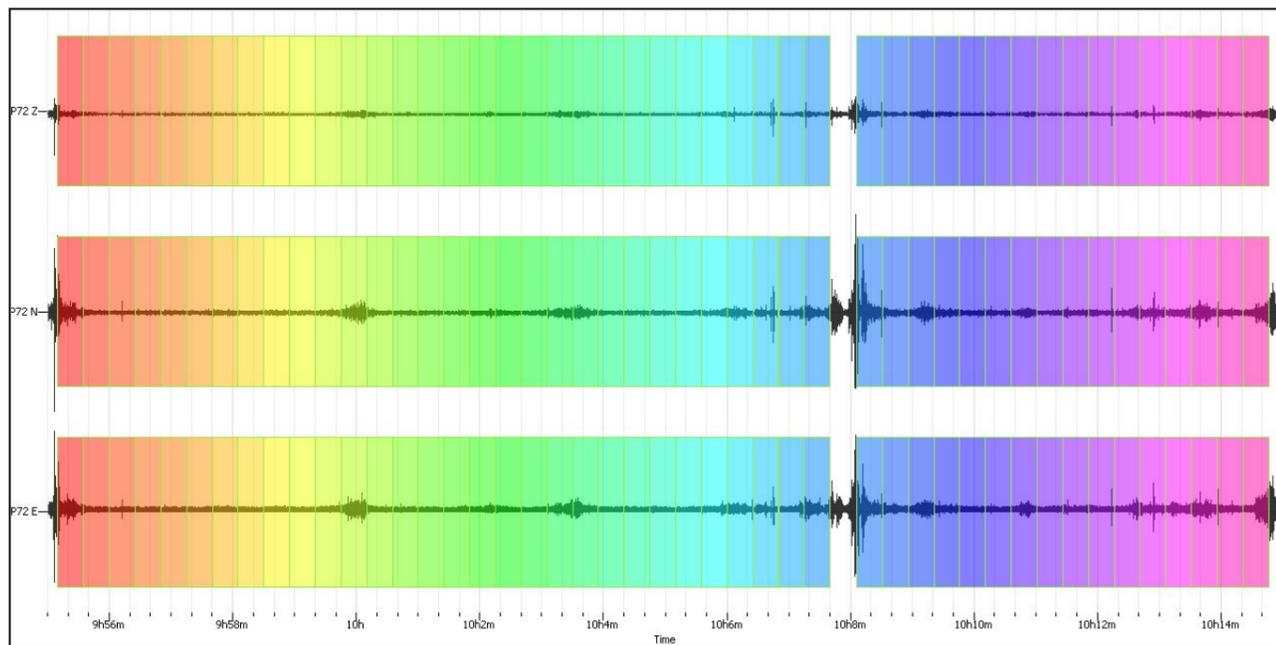
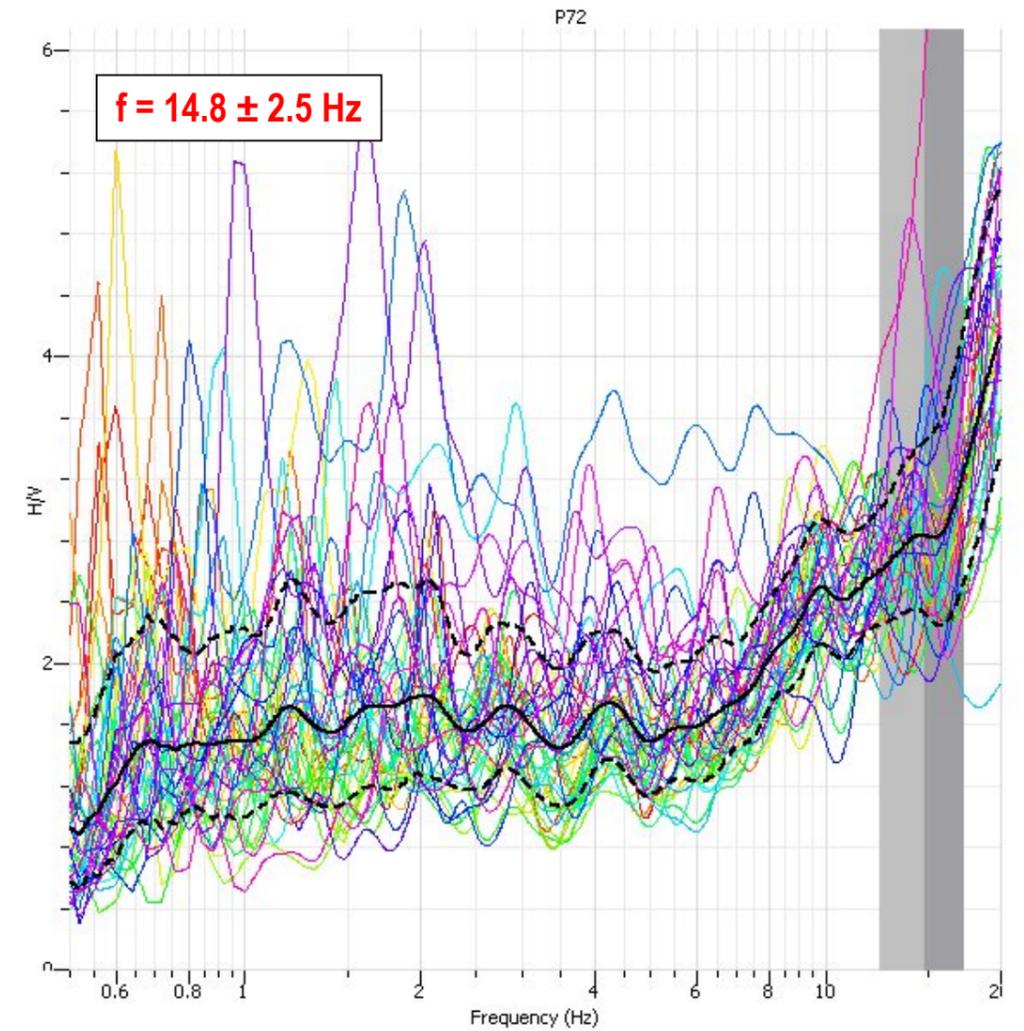
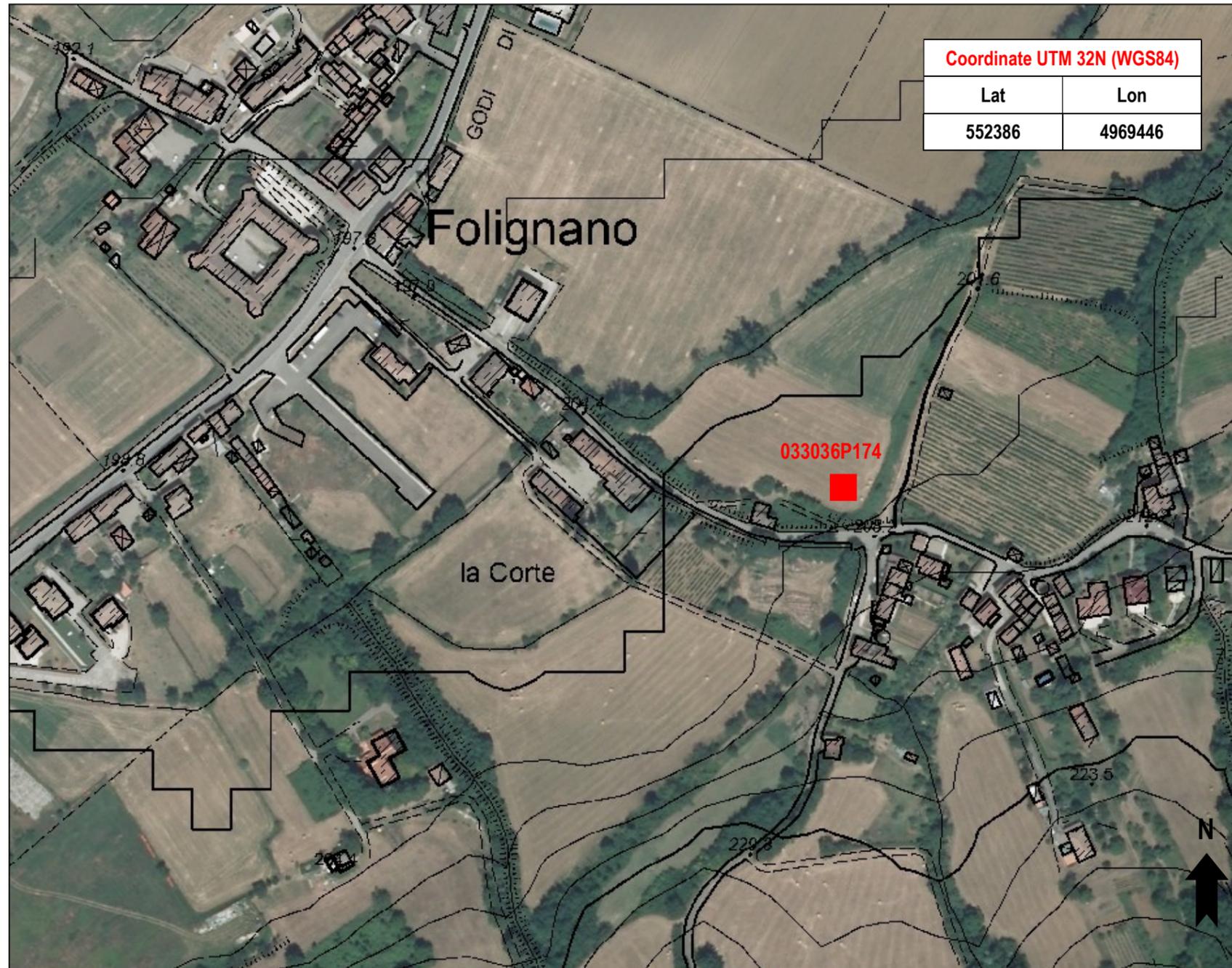


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)

Indagine lineare (HVSR) – Rif. 033036P174



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSR

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	22	P74	Vertical	13/04/2018 00:00:00	16h24m	16h44m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	23	P74	North	13/04/2018 00:00:00	16h24m	16h44m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	24	P74	East	13/04/2018 00:00:00	16h24m	16h44m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

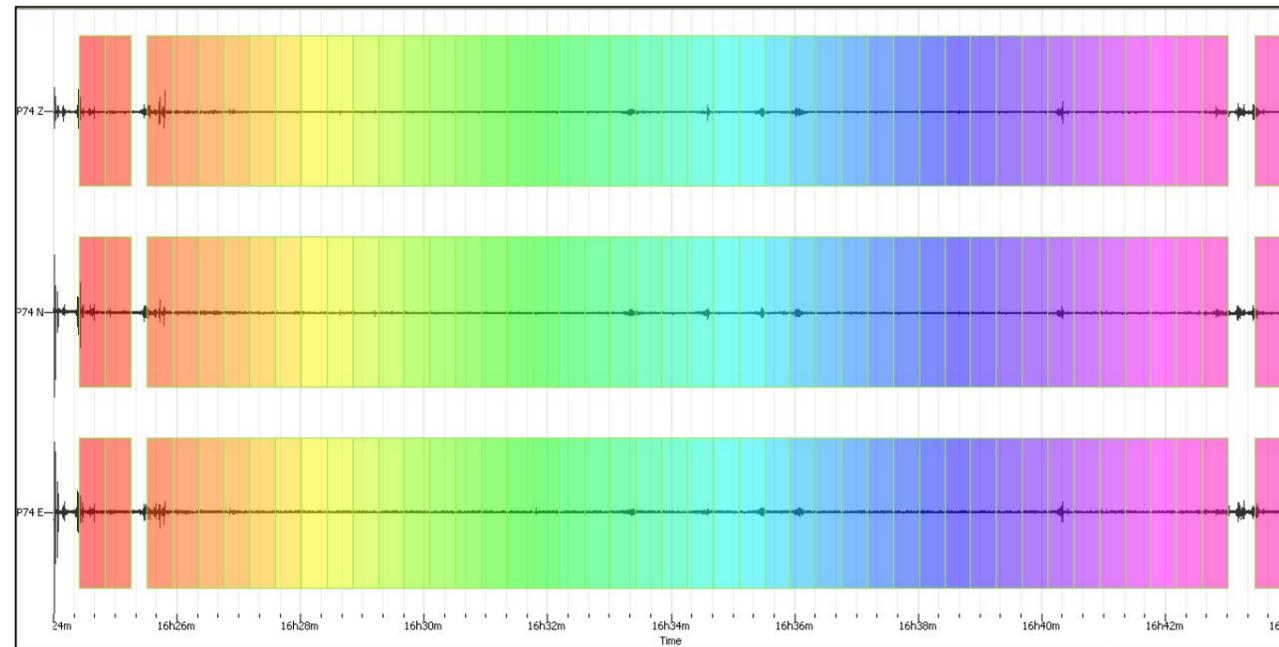
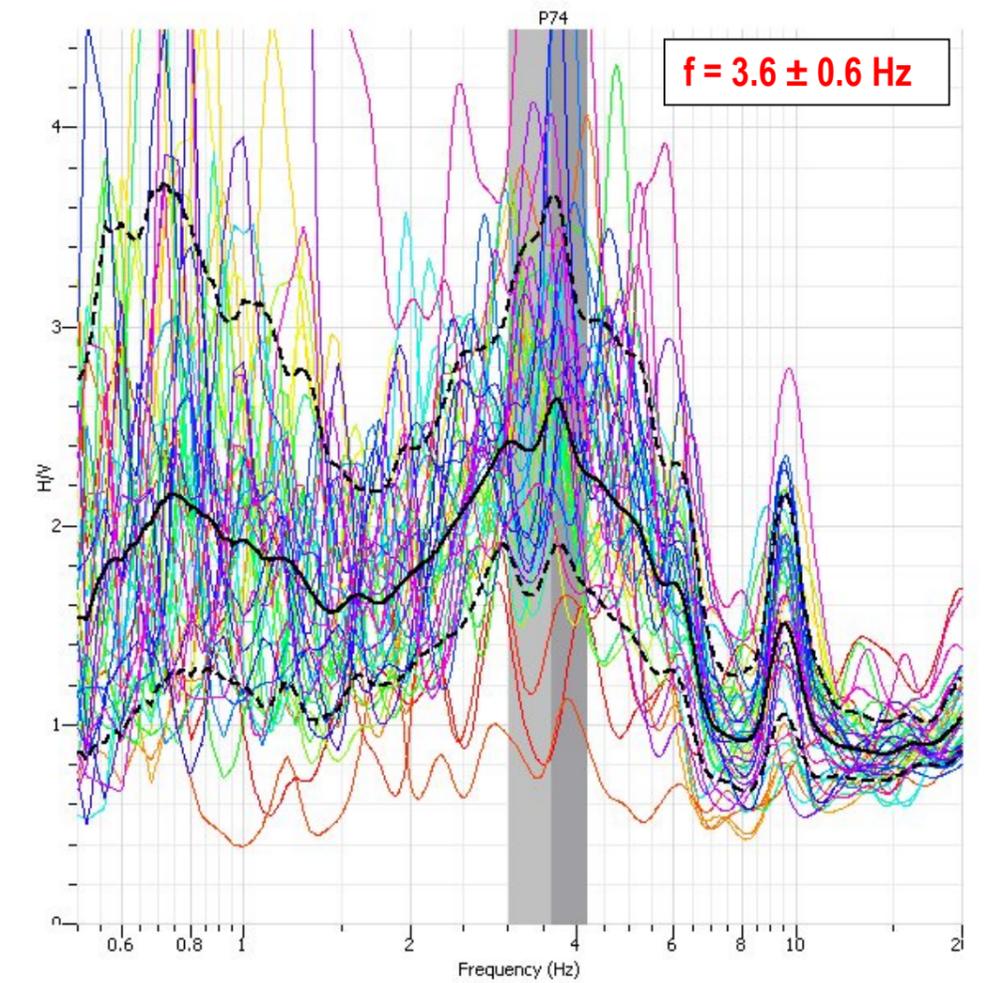
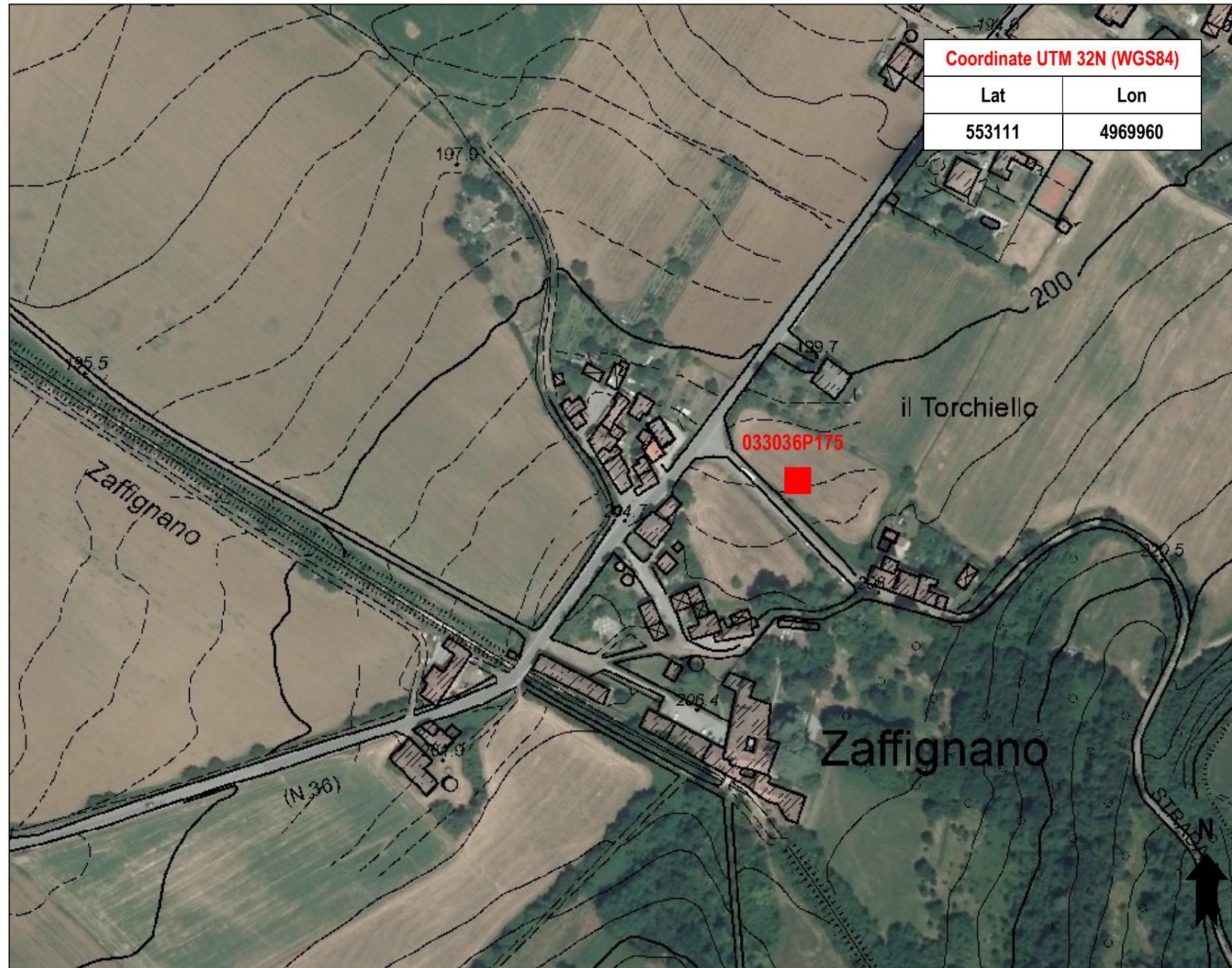


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)

Indagine lineare (HVSR) – Rif. 033036P175



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSR

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	25	P75	Vertical	13/04/2018 00:00:00	16h58m	17h18m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	26	P75	North	13/04/2018 00:00:00	16h58m	17h18m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	27	P75	East	13/04/2018 00:00:00	16h58m	17h18m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

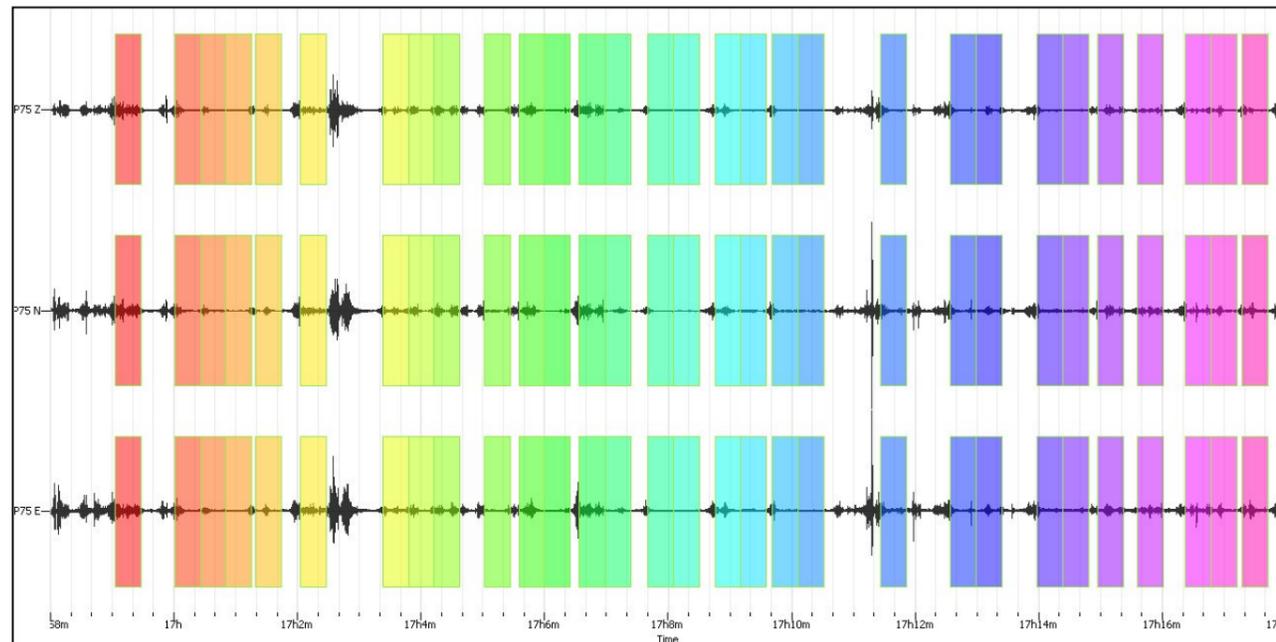
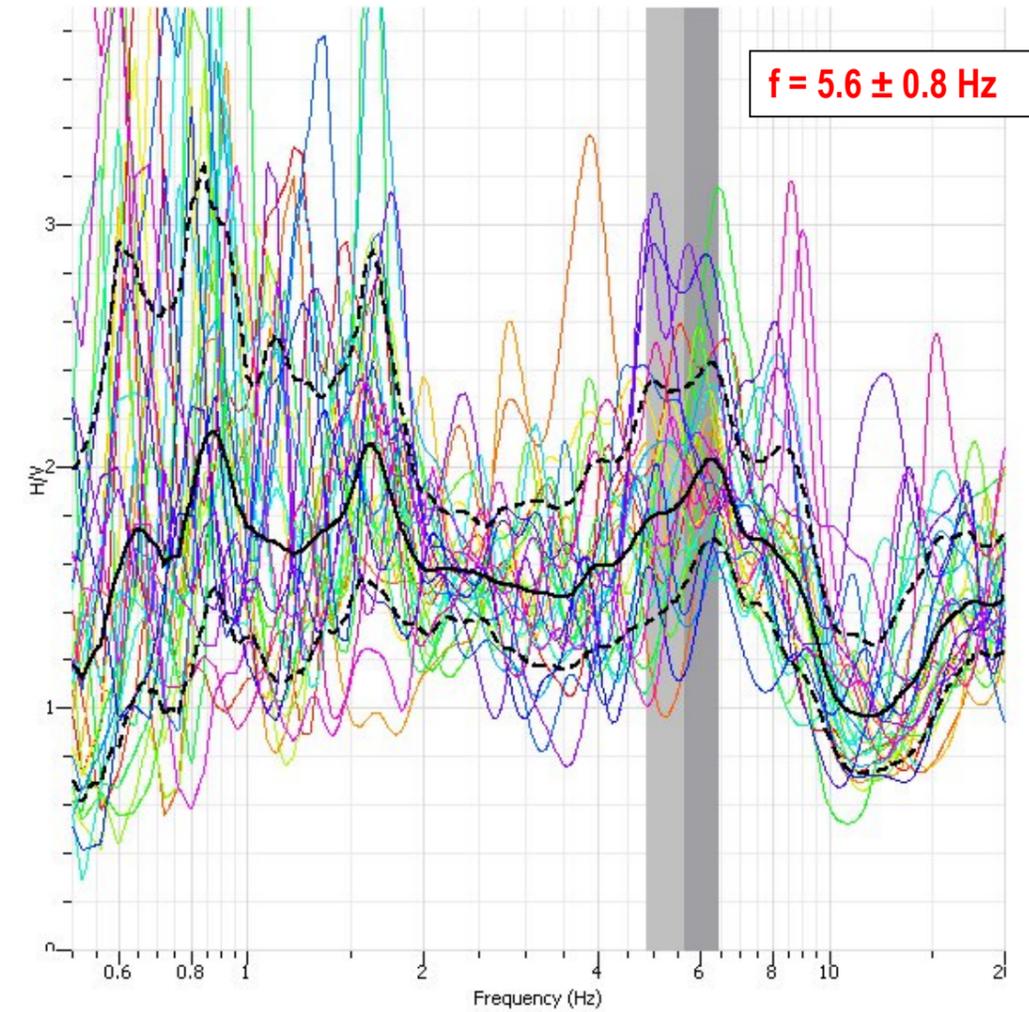
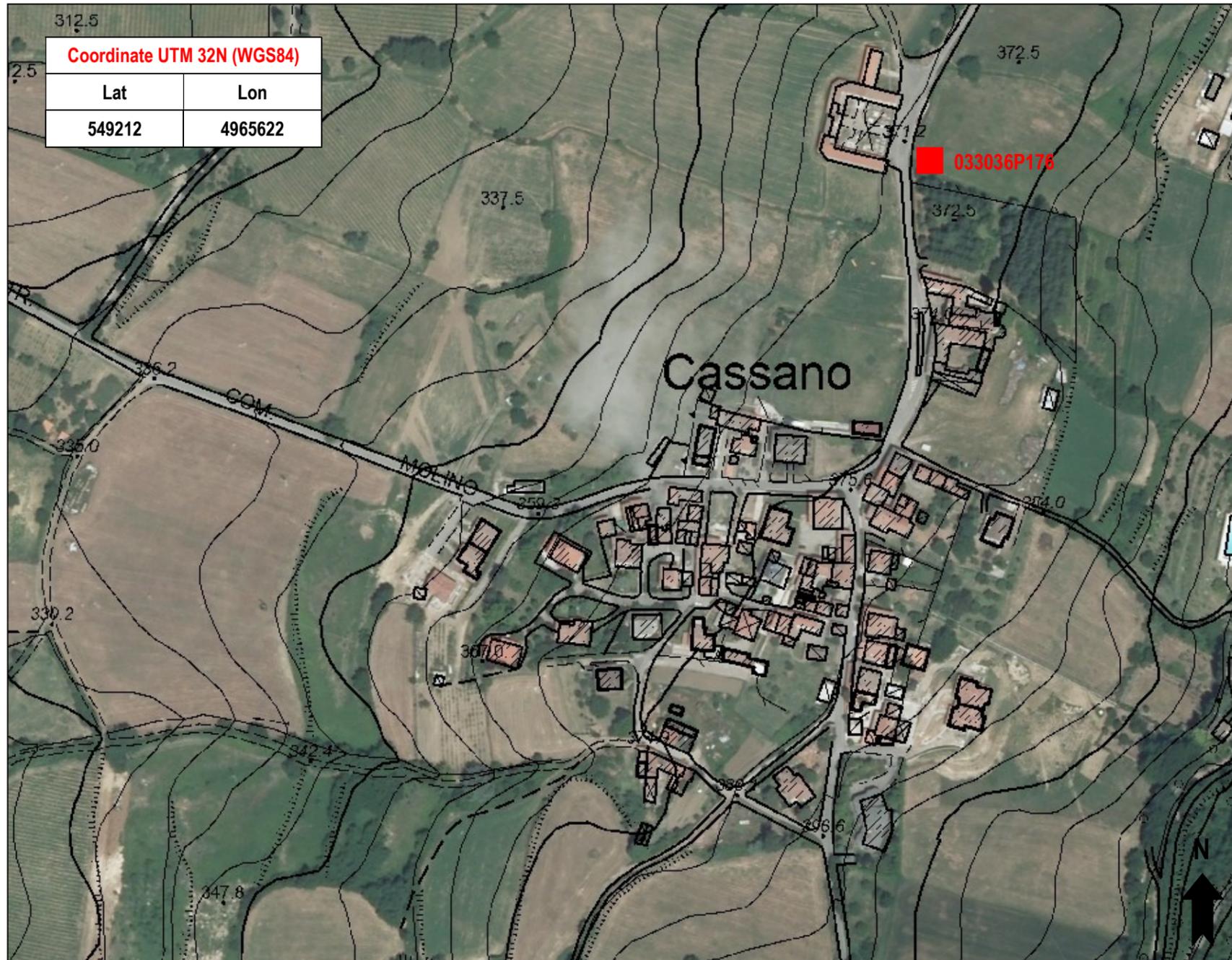


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)

Indagine lineare (HVSr) – Rif. 033036P176



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSr

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	1	R001	Vertical	03/05/2018 00:00:00	8h29m	8h49m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	2	R001	North	03/05/2018 00:00:00	8h29m	8h49m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	3	R001	East	03/05/2018 00:00:00	8h29m	8h49m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

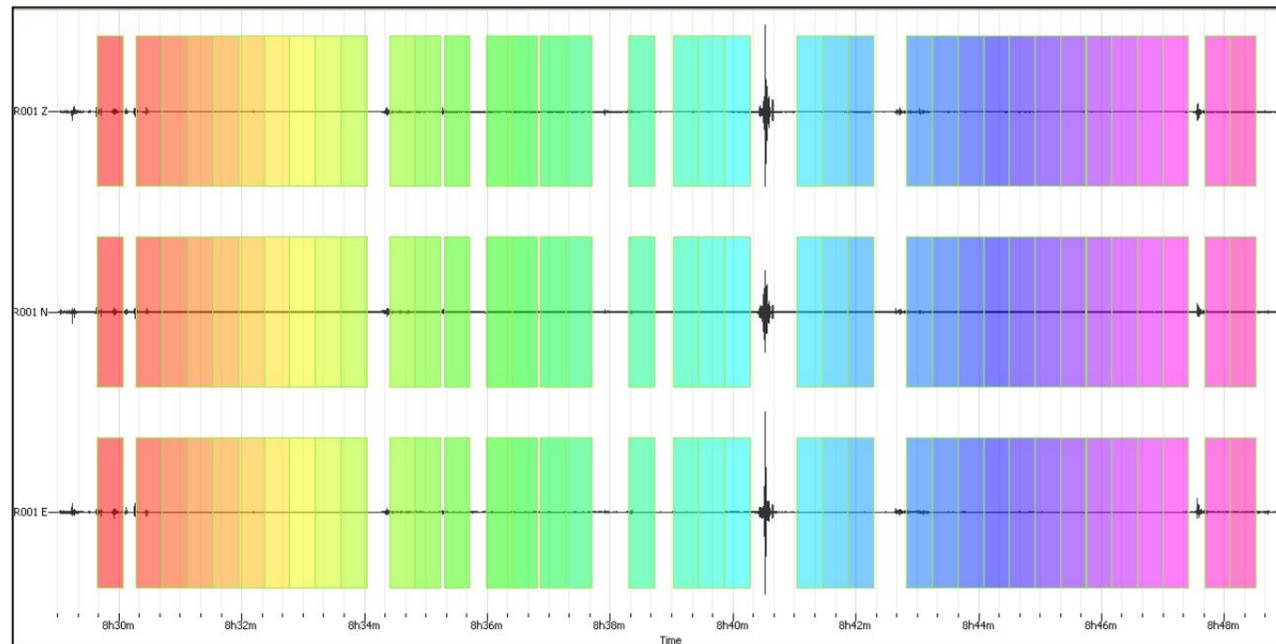
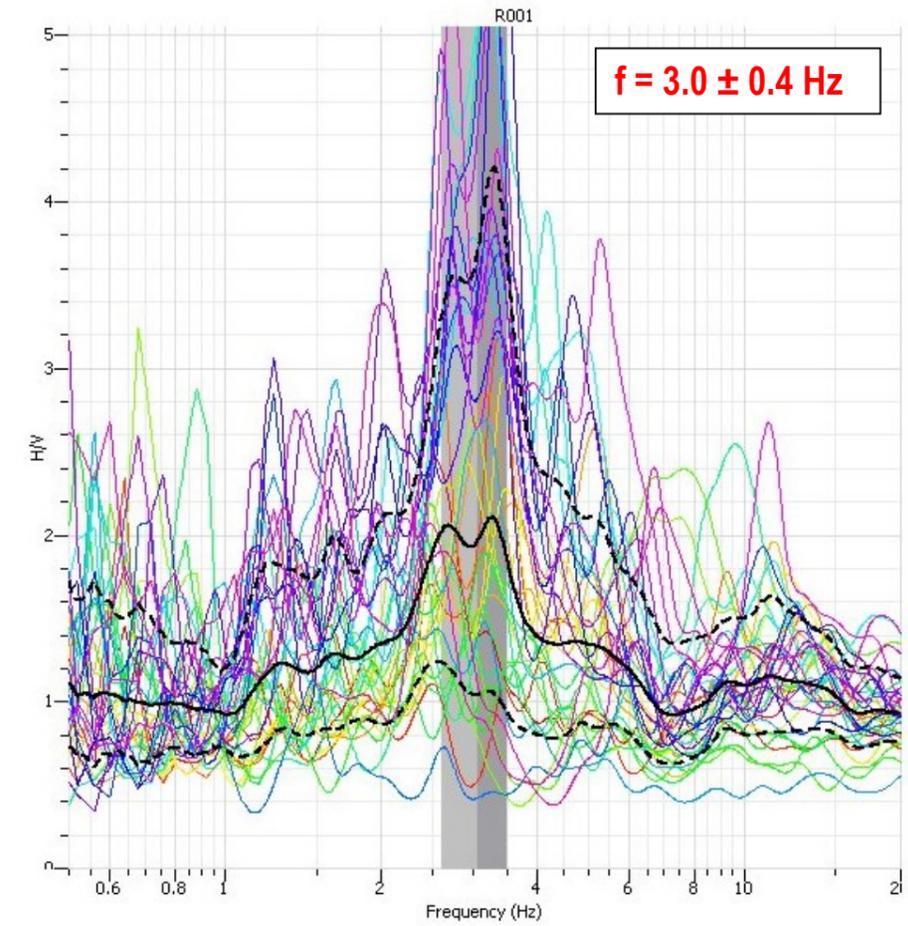


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)

Indagine lineare (HVSR) – Rif. 033036P177



Ubicazione su ortofoto della postazione HVSR

ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type	
1	1	R001	Vertical	07/05/2018 00:00:00	15h48m	16h8m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
2	2	R001	North	07/05/2018 00:00:00	15h48m	16h8m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform
3	3	R001	East	07/05/2018 00:00:00	15h48m	16h8m	155	0.006451612903	186000	20m	0	0	0	Waveform

Dati di registrazione delle tre componenti

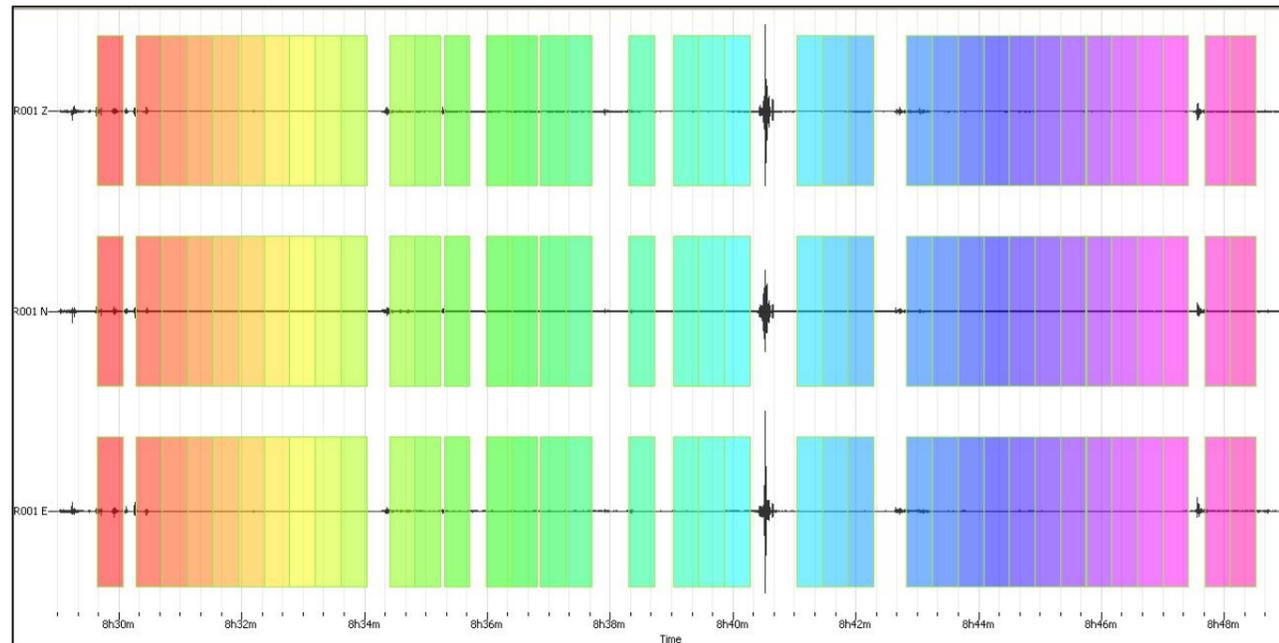
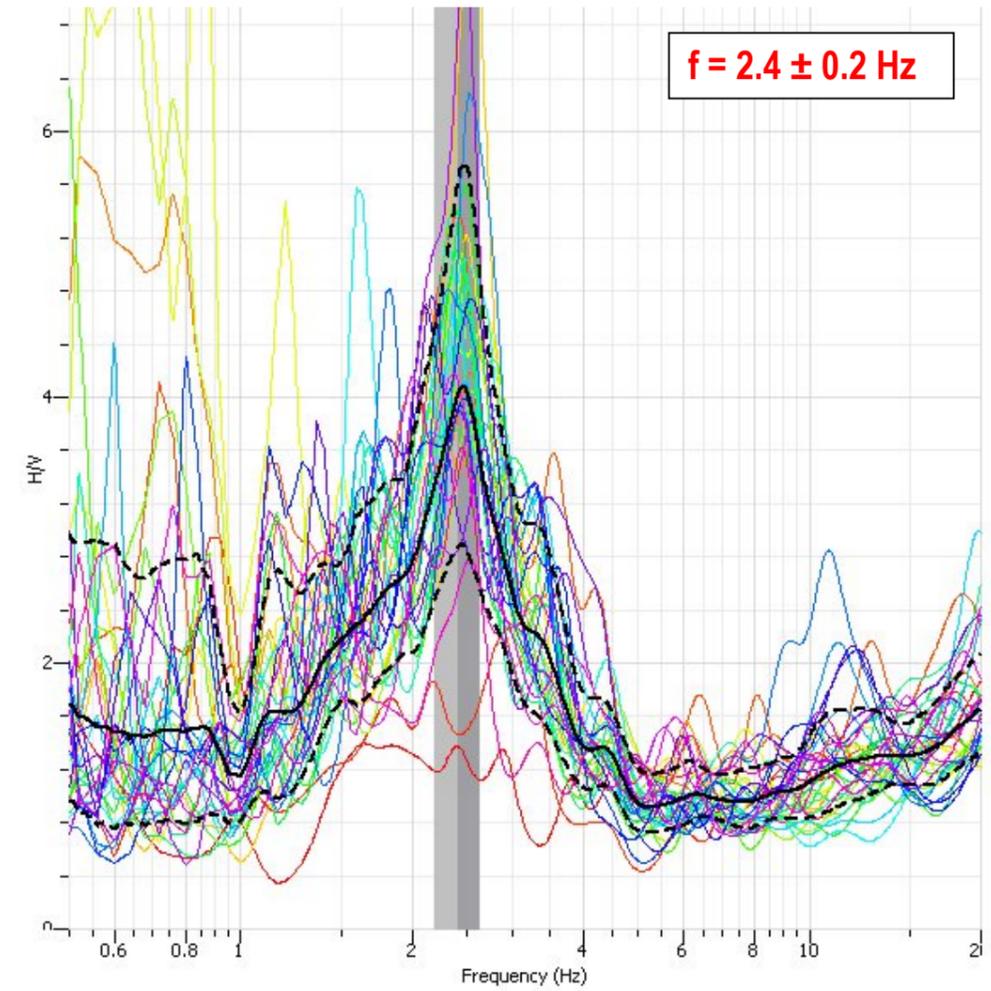


Grafico del segnale nel dominio del tempo



Curva H/V (software Geopsy)