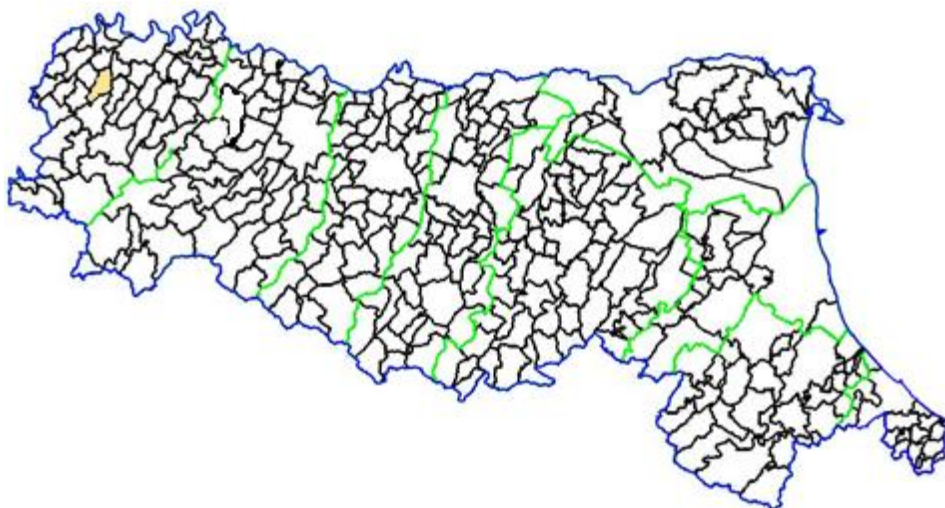


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n .77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Regione Emilia-Romagna Comune di Gazzola



|         |   |                                 |
|---------|---|---------------------------------|
| Regione | <p>Soggetto realizzatore</p> <p><br/>geologia tecnica e ambientale</p> <p>Via E. Fermi, 113 - Loc. Trevozzo<br/>29031 Alta Val Tidone (PC)<br/>Tel: 348-5107263<br/>e-mail: info@geotestsrl.com<br/>PEC: geotest@sicurezzapostale.it</p> <p>Dott. Geol. Adriano Baldini<br/>Dott. Geol. Alberto Lepori<br/>Dott. Geol. Sara Bozzini<br/>Dott. Geol. Carlo Magistrali</p> | <p>Data</p> <p>Ottobre 2024</p> |
|---------|---|---------------------------------|

|            |  |
|------------|--|
| UBICAZIONE | REGIONE EMILIA ROMAGNA   |
|            | <b>COMUNE DI GAZZOLA</b>   |
| OGGETTO    | <b>STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA</b><br><br>ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N. 77 |

|   |  |
|---|--|
| <b>DIREZIONE TECNICA</b><br><br>Dott. Adriano Baldini | <b>REDAZIONE</b><br><br>Dott. Geol. Alberto Lepori<br>Dott. Geol. Sara Bozzini<br>Dott. Geol. Carlo Magistrali |
|---|--|

| ELABORATO   | DESCRIZIONE  |                  |            |               |                            |                    |
|-------------|--|------------------|------------|---------------|----------------------------|--------------------|
| <b>RI</b>   | <b>RELAZIONE ILLUSTRATIVA</b> <span style="color: red;"><b>Rev.01</b></span> |                  |            |               |                            |                    |
|             |  |                  |            |               |                            |                    |
|             |  |                  |            |               |                            |                    |
|             |  |                  |            |               |                            |                    |
| 01          | 11/2018  | A. Lepori        | S. Bozzini | C. Magistrali | A. Baldini                 | Emissione          |
| <b>REV.</b> | <b>DATA</b>  | <b>REDAZIONE</b> |            |               | <b>APPROV.</b>             | <b>DESCRIZIONE</b> |
| <b>FILE</b> |  |                  |            |               | <b>RESP. ARCHIVIAZIONE</b> |                    |
| RI.doc      |  |                  |            |               | AB                         |                    |

**INDICE**

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUZIONE .....</b>   | <b>2</b>   |
| 1.1      | RIFERIMENTI NORMATIVI NAZIONALI.....  | 6          |
| 1.2      | RIFERIMENTI NORMATIVI REGIONALI.....  | 7          |
| <b>2</b> | <b>DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....</b>        | <b>9</b>   |
| 2.1      | EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI GAZZOLA.....                       | 9          |
| 2.2      | SISMICITA' STORICA.....   | 15         |
| 2.3      | SISMICITA' RECENTE .....  | 21         |
| 2.4      | ZONAZIONE SISMOGENETICA.....  | 23         |
| <b>3</b> | <b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO<br/>GENERALE.....</b> | <b>26</b>  |
| 3.1      | ASSETTO STRUTTURALE GENERALE .....  | 33         |
| 3.2      | ASSETTO STRATIGRAFICO GENERALE.....   | 39         |
| <b>4</b> | <b>MICROZONAZIONE SISMICA .....</b>   | <b>45</b>  |
| 4.1      | GAZZOLA.....  | 48         |
| 4.2      | TUNA .....  | 56         |
| 4.3      | CANNETO.....  | 62         |
| 4.4      | RIVALTA.....  | 68         |
| 4.5      | CROARA .....  | 77         |
| 4.6      | CA.NA RAVIOLA.....  | 83         |
| 4.7      | BOSCO DI SOPRA.....   | 87         |
| 4.8      | CASTELLETTO .....   | 92         |
| 4.9      | MOMELIANO.....  | 96         |
| 4.10     | TORRAZZO .....  | 103        |
| 4.11     | REZZANELLO .....  | 108        |
| 4.12     | BOFFALORA .....   | 117        |
| 4.13     | MONTE TRAVO-MONTICELLO-CA' DEL GUERRA .....   | 124        |
| <b>5</b> | <b>INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE .....</b>  | <b>129</b> |
| <b>6</b> | <b>ELABORATI CARTOGRAFICI .....</b>   | <b>131</b> |
| 6.1      | CARTA DELLE INDAGINI .....  | 131        |
| 6.2      | CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA.....                                | 133        |
| 6.3      | CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SIMICA .....                                | 142        |
| 6.4      | CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA.....  | 158        |
| 6.5      | COMMENTI FINALI E CRITICITA' .....  | 160        |

**ALLEGATI**

1. DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI INDAGINE
2. ELABORAZIONE DELLE INDAGINI MASW
3. ELABORAZIONE DELLE ANALISI DEI MICROTREMORI HVSR

## 1 INTRODUZIONE

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Gazzola (Determinazione Dirigenziale n° 117 del 28.08.2017) è stata redatta la presente Relazione illustrativa in cui vengono descritte le attività svolte ed i risultati ottenuti nel corso dello Studio di microzonazione sismica di livello 2 del Comune di Gazzola – Provincia di Piacenza.

Lo studio di microzonazione sismica è stato revisionato ed integrato ai fini di rispondere alle richieste ricevute in fase di approvazione del PUG. L'integrazione consiste nella produzione di n.5 tavole aggiuntive ed i relativi paragrafi di descrizione, aggiunti all'interno del testo:

- Carta di microzonazione sismica (Livello 2) – F.A.  $S_A$   $0,1s < T_0 < 0,5s$ ;
- Carta di microzonazione sismica (Livello 2) – F.A.  $S_A$   $0,4s < T_0 < 0,8s$ ;
- Carta di microzonazione sismica (Livello 2) – F.A.  $S_A$   $0,7s < T_0 < 1,1s$ ;
- Carta della distribuzione dei valori di  $H_{SM}$ ;
- Carta di sovrapposizione CLE-MS( $H_{SM}$ ).

Gli studi di microzonazione sismica consentono di definire le aree soggette ad amplificazioni dello scuotimento sismico o deformazioni permanenti del suolo in caso di terremoto.

L'entità dei danni provocati alle costruzioni e alle infrastrutture conseguenti un evento sismico, infatti, non è sempre correlabile alla distanza del centro abitato dall'epicentro, in alcuni sono stati osservati crolli e danni notevoli in località ubicate anche a grandi distanze dalla zona epicentrale.

Sicuramente la qualità delle costruzioni può influire sull'entità del danno, ma spesso le cause vanno ricercate in una differente pericolosità sismica locale, determinata anche dal diverso modo in cui si propaga il terremoto o dall'instabilità del suolo: le caratteristiche locali del territorio possono alterare in maniera evidente l'azione sismica.

Tutto ciò è oggetto degli studi di **Microzonazione Sismica (MS)**, attraverso i quali è possibile individuare e caratterizzare le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale e le zone soggette a instabilità, quali frane, rotture della superficie per faglie e liquefazioni dinamiche del terreno. La microzonazione sismica (MS), rappresenta la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento; costituisce quindi un supporto fondamentale agli strumenti di pianificazione urbanistica comunale per indirizzare le scelte urbanistiche verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione per l'emergenza e per la ricostruzione post sisma.



Nella pianificazione territoriale, in funzione delle varie scale e dei vari livelli di intervento, gli studi di Microzonazione Sismica sono condotti su quelle aree per le quali il quadro normativo consenta o preveda l'uso a scopo edificatorio o per infrastrutture, la loro potenziale trasformazione a tali fini, o ne preveda l'uso ai fini di protezione civile.

Gli studi di MS sono di fondamentale importanza nella pianificazione al fine di:

- orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti
- definire gli interventi ammissibili in una data area
- programmare le indagini e i livelli di approfondimento
- stabilire orientamenti e modalità di intervento nelle aree urbanizzate
- definire priorità di intervento.

Nella pianificazione d'emergenza, sia di livello comunale che provinciale, gli studi di MS consentono una migliore e consapevole individuazione degli elementi strategici di un piano di emergenza ed in generale delle risorse di protezione civile contribuendo a:

- scegliere aree e strutture di emergenza ed edifici strategici in zone stabili;
- individuare, in caso di collasso, i tratti "critici" delle infrastrutture viarie e di servizio e le opere rilevanti per le quali potrebbero essere necessarie specifiche valutazioni di sicurezza.

Nella fase della ricostruzione la Microzonazione Sismica:

- contribuisce a scegliere le aree per le abitazioni temporanee;
- fornisce elementi ai tecnici e amministratori, sull'opportunità di ricostruire gli edifici non agibili;
- contribuisce a scegliere nuove aree edificabili.

Nella progettazione di nuove opere o di interventi su opere esistenti, gli studi di Microzonazione Sismica evidenziano la presenza di fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche dell'area e di fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma.

Gli studi di Microzonazione Sismica, quindi, possono offrire elementi conoscitivi utili per la progettazione di opere, con differente incisività in funzione del livello di approfondimento e delle caratteristiche delle opere stesse, indirizzando alla scelta delle indagini di dettaglio.

Lo studio di Microzonazione Sismica ha differenti livelli di approfondimento in funzione del contesto territoriale e degli obiettivi da perseguire, con complessità ed impegno crescenti, passando dal livello 1 fino al livello 3:

- il **livello 1** costituisce un livello propedeutico ai successivi livelli di approfondimento. Consiste nell'elaborazione di un quadro conoscitivo generale, tramite una raccolta di dati preesistenti, in cui le varie parti del territorio vengono suddivise in microzone qualitativamente omogenee rispetto alla suscettibilità ad effetti locali in cui effettuare le successive indagini di MS;
- il **livello 2** oltre a definire e confermare le condizioni di pericolosità del precedente livello 1, fornisce quantificazioni numeriche (con metodi semplificati) dei fenomeni di modificazione locale del moto sismico e dei fenomeni di deformazione permanente e definisce la Carta di microzonazione sismica;
- il **livello 3** restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari, non risolvibili con l'uso di metodologie speditive.

Il livello di approfondimento dello Studio di MS relativo al Comune di Gazzola, per il quale sono stati richiesti e assegnati i contributi (Determinazione Dirigenziale n. 8756 del 05. 06. 2017) di cui all'OCDPC 344/2016 *“contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2013”*, è il **Livello 2** come riportato nell'Allegato A della D.G.R 241/20178.

Quale riferimento tecnico per la realizzazione dello studio e per la redazione degli elaborati richiesti, è stato inoltre fatto specifico riferimento agli *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008) ed alla Deliberazione dell' Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2 maggio 2007: *Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”*.

È stata inoltre considerata la “D.G.R 21 dicembre 2015, 2193” che costituisce l'aggiornamento della precedente D.G.R n.112 del 2 maggio 2007.

La presente relazione descrive le fasi di studio, le indagini pregresse e quelle realizzate ex-novo, i dati acquisiti, le elaborazioni e i risultati dello studio, relativi alle aree urbanizzate e in quelle suscettibili di trasformazioni urbanistiche indicate dall'Amministrazione Comunale di Gazzola.

Nello specifico, ad integrazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili, sono state realizzate:

- n. 13 prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).
- n. 40 analisi dei microtremori a stazione singola (HVSr).

A corredo della relazione illustrativa è stata redatta inoltre la seguente cartografia, che costituisce lo standard richiesto per l'approvazione dello studio:

- Tav. 01 – Carta delle indagini;
- Tav. 02 – Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica;
- Tav. 03 – Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello1);
- Tav. 04 – Carta delle frequenze;
- Tav. 05 – Carta delle velocità delle onde di taglio S;
- Tav. 06 – Carta di microzonazione sismica (Livello 2) - F.A. P.G.A.;
- Tav. 07 – Carta di microzonazione sismica (Livello 2) - F.A.<sub>SI</sub>  $0,1s < T_0 < 0,5s$ ;
- Tav. 08 – Carta di microzonazione sismica (Livello 2) - F.A.<sub>SI</sub>  $0,5s < T_0 < 1,0s$ ;
- Tav. 09 – Carta di microzonazione sismica (Livello 2) – F.A.<sub>SA</sub>  $0,1s < T_0 < 0,5s$ ;
- Tav. 10 – Carta di microzonazione sismica (Livello 2) – F.A.<sub>SA</sub>  $0,4s < T_0 < 0,8s$ ;
- Tav. 11 – Carta di microzonazione sismica (Livello 2) – F.A.<sub>SA</sub>  $0,7s < T_0 < 1,1s$ ;
- Tav. 12 – Carta della distribuzione dei valori di  $H_{SM}$ ;
- Tav. 13 – Carta di sovrapposizione CLE-MS( $H_{SM}$ ).

## 1.1 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 14 gennaio 2008**, Approvazione 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 microzonazione 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".

**Decreto del Ministro delle infrastrutture 17 gennaio 2018**, Aggiornamento alle norme tecniche per le costruzioni.

## 1.2 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 21 dicembre 2015, 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".

**Delibera Giunta regionale n. 630 del 29 aprile 2019**, Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017).

**DGR n° 476/2021 (e integrazione DGR 564/2021)**, aggiornamento parziale del solo Allegato 4.

Nel rispetto dei riferimenti tecnici sopra elencati, lo studio è stato articolato in due differenti fasi di approfondimento:

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica (litologia, stratigrafia, tettonica e loro rapporti geometrici).
- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- Suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica.
- Conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

## 2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 EVOLUZIONE DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI GAZZOLA

Nell'ambito della classificazione sismica dell'intero territorio nazionale emanata a partire dal 1909, il Comune di Gazzola, come la gran parte dei territori della Regione Emilia-Romagna, è stato classificato sismico solo a partire dal 1998 "Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi".

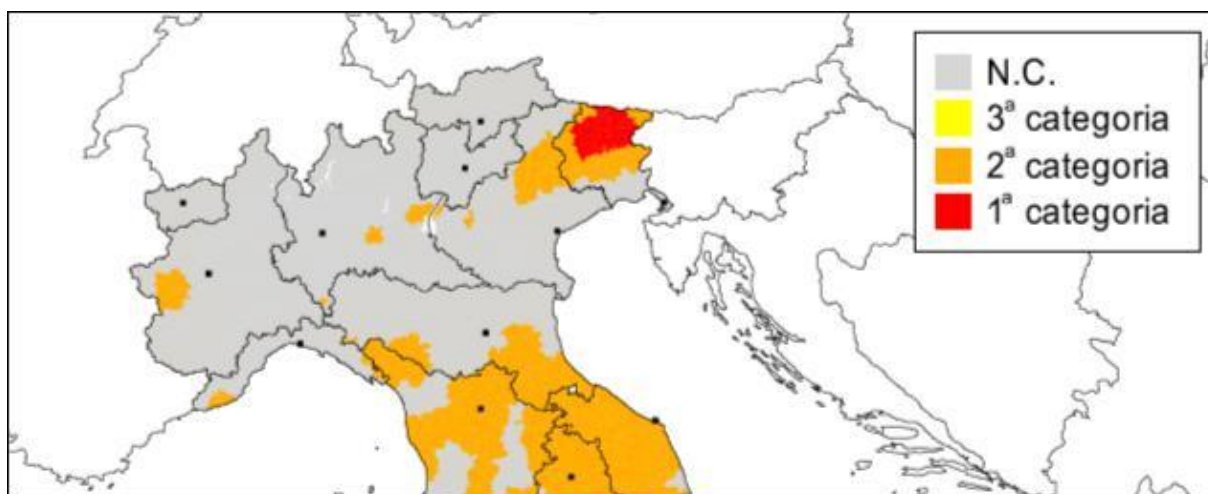


Figura 1: Classificazione sismica del territorio italiano (1984). Decreto MLP del 14/07/1984 e decreti successivi.

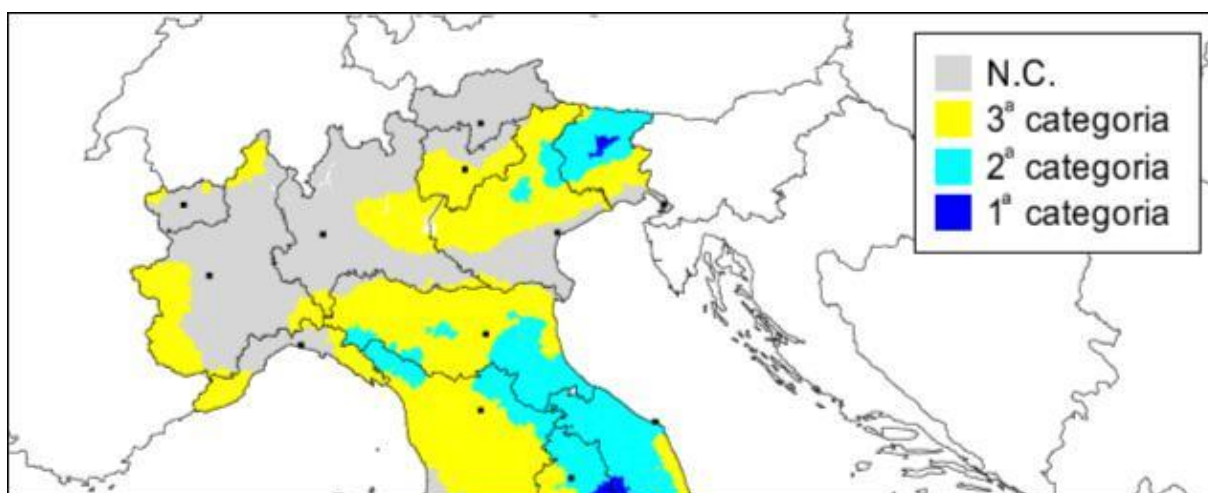


Figura 2: Proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano (1998) a cura del Gruppo di Lavoro ING-GNDT-SSN costituito dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi.

La classificazione approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica" suddivide il territorio nazionale in 4 zone con livelli decrescenti di pericolosità sismica:

- **Zona 1** - È la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta
- **Zona 2** - In questa zona forti terremoti sono possibili
- **Zona 3** - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2
- **Zona 4** - È la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

In zona 4, è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

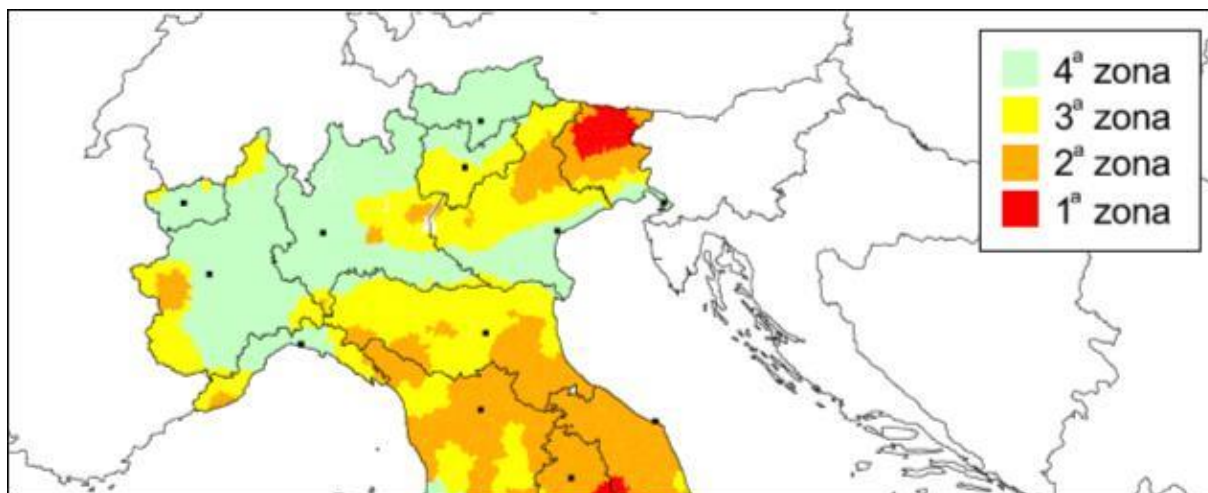


Figura 3: Zone sismiche del territorio italiano (2003). Ordinanza PCM 3274 del 20/03/2003.

Con Delibera 1435 del 21 luglio 2003 "Prime disposizioni di attuazione dell'ordinanza del PCM n. 3274/2003 recante "primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", la Regione Emilia Romagna, sentiti le Province e i Comuni interessati, ha provveduto all'individuazione delle zone sismiche nonché alla formazione e all'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone, ribadendo sostanzialmente quanto riportato nell'OPCM 3274/2003.



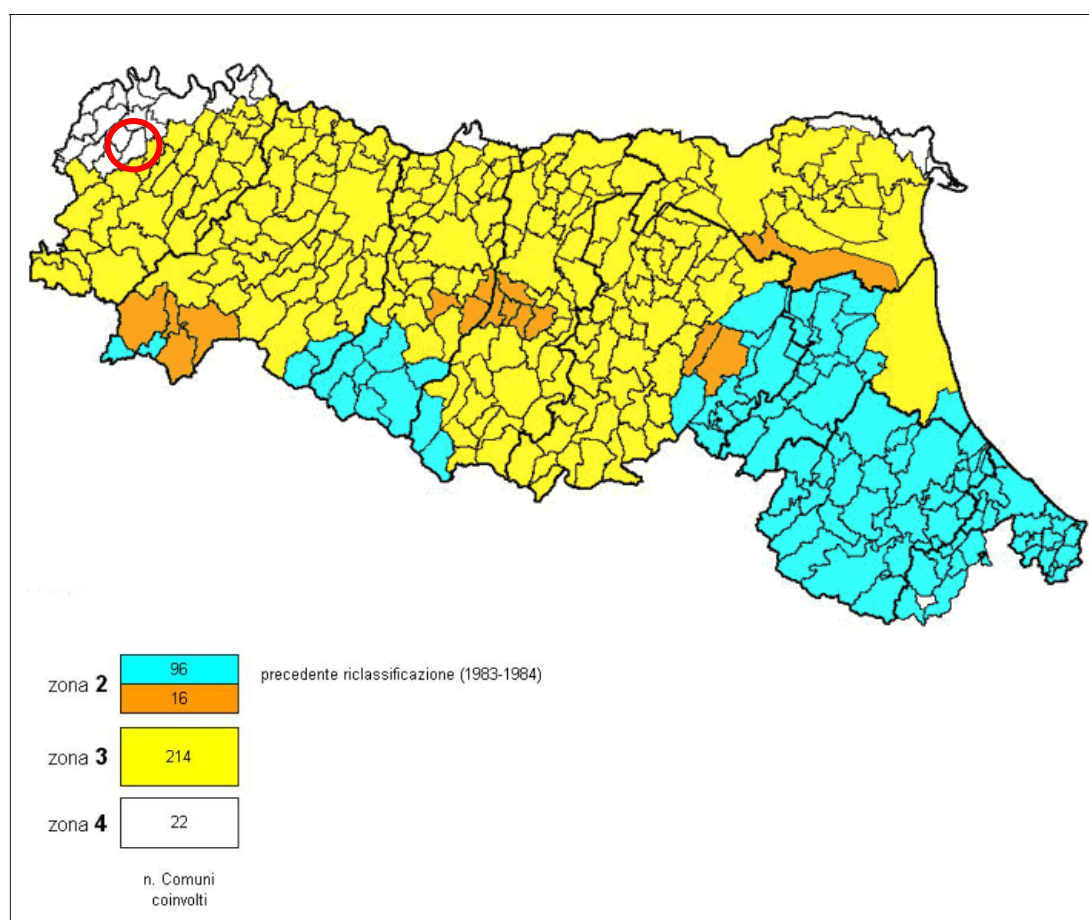


Figura 4: Zone sismiche del territorio italiano con recepimento delle variazioni operate dalle singole Regioni (fino a marzo 2004)

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Le 4 zone, pertanto, avranno livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale ( $a_g/g$ ) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g/g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

| Zona | Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ ) |
|------|---|
| 1    | $>0.25$   |
| 2    | $0.15-0.25$   |
| 3    | $0.05-0.15$   |
| 4    | $<0.05$   |

Tabella 1: Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)

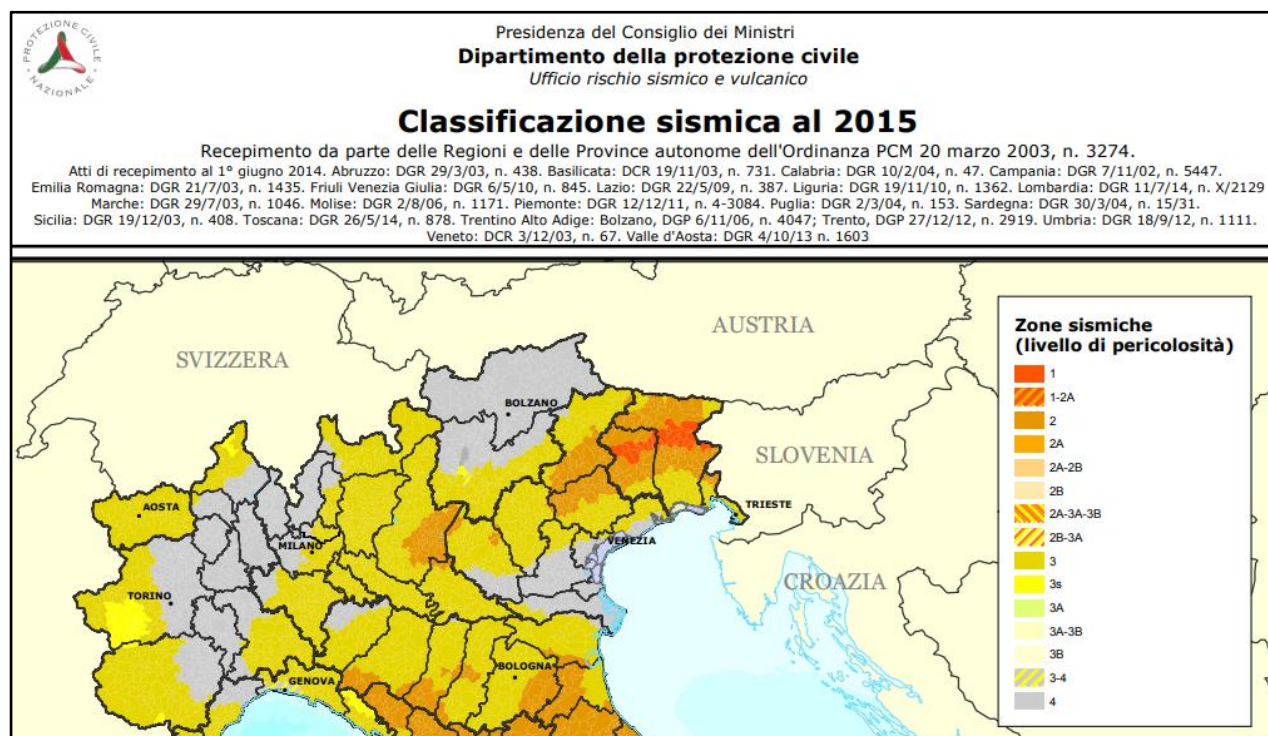


Figura 5: Mappa di Classificazione sismica aggiornata a marzo 2015

Il territorio comunale di Gazzola sarebbe classificato in zona 4, con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, < 0,05 (ag). Tali valori d'accelerazione sono relativi al bedrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale 23 luglio 2018, n. 1164 (pubblicata nel Bollettino Ufficiale delle Regione Emilia-Romagna n. 263 del 08/08/2018 -parte seconda), viene approvato l'aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell'Emilia-Romagna, disposta con propria deliberazione n. 1435 del 2003, con riferimento al passaggio dei 20 Comuni dalla zona 4 alla zona 3, come elencati nell'allegato A (classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna) e rappresentati nella cartografia di cui all'allegato B, parti integranti e sostanziali della presente deliberazione.

Tale aggiornamento è stato necessario per omogeneizzare territorialmente la classificazione sismica dei Comuni emiliani contermini alle Regioni Lombardia e Veneto. Sono state recepite, inoltre, le variazioni intervenute a seguito delle fusioni amministrative che hanno determinato la cancellazione di 27 vecchi Comuni e la nascita di 10 nuovi Comuni e il passaggio, nel 2010, dei 7 Comuni dell'Alta Val Marecchia dalla Provincia di Pesaro-Urbino alla Provincia di Rimini.

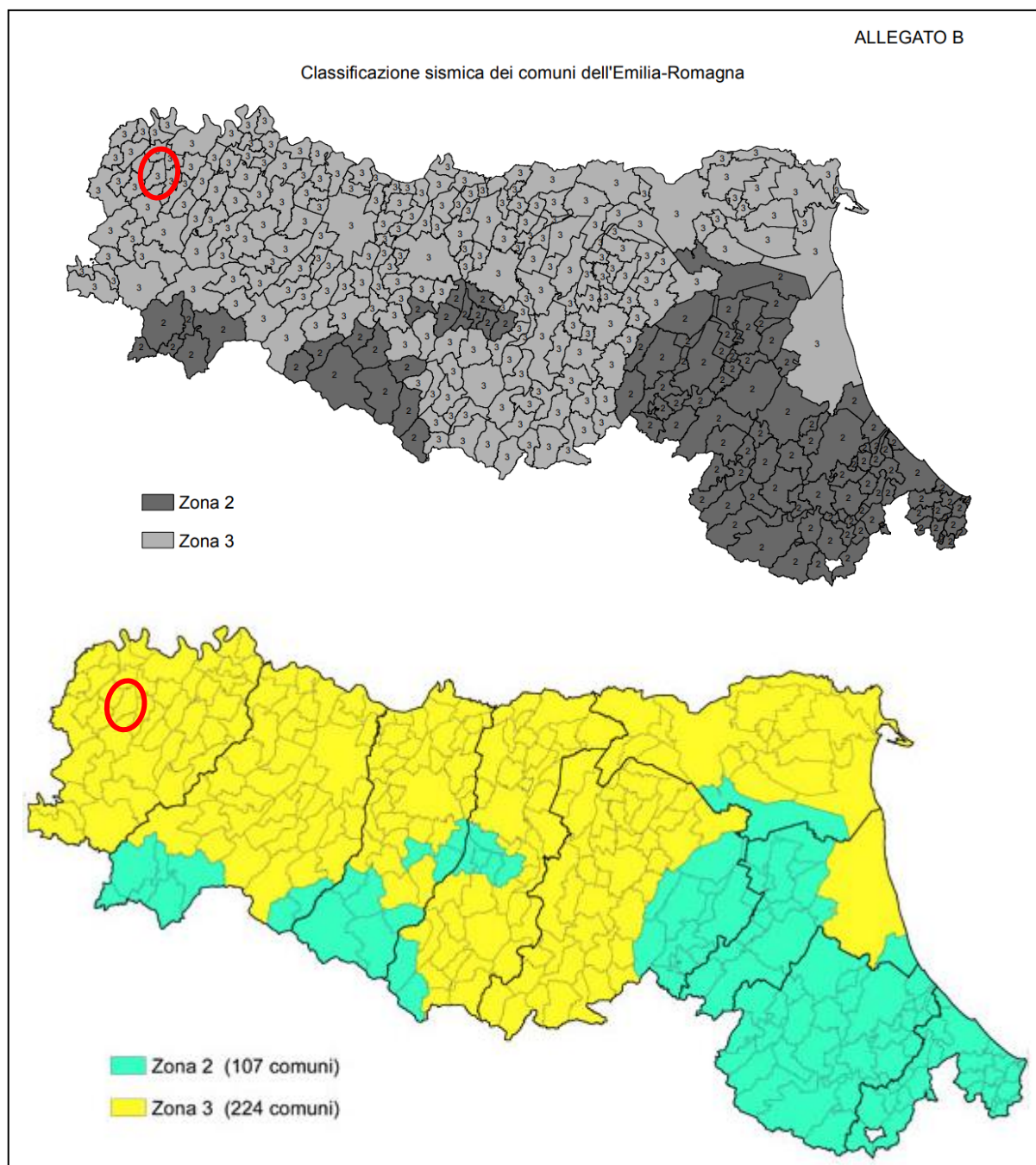


Figura 6: Classificazione sismica dei comuni dell'Emilia-Romagna. Allegato B del D.G.R. 1164 del 23/07/2018

A seguito del presente provvedimento, il territorio comunale di Gazzola ricade in **zona 3**, a cui corrisponde un'accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compreso tra 0,05 - 0,15.

L'evoluzione normativa in materia sismica, con l'emanazione delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) ed aggiornamento (D.M. 17 gennaio 2018), ha fatto sì che i dati e le procedure necessari ai fini strettamente progettuali, siano svincolati dalla classificazione sismica del territorio, con alcune limitate eccezioni, prevedendo l'uso diretto dei parametri sismici del sito in oggetto.

Le norme tecniche forniscono le forme spettrali in funzione di tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  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.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento (cfr. Figura 7), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2475 anni).

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

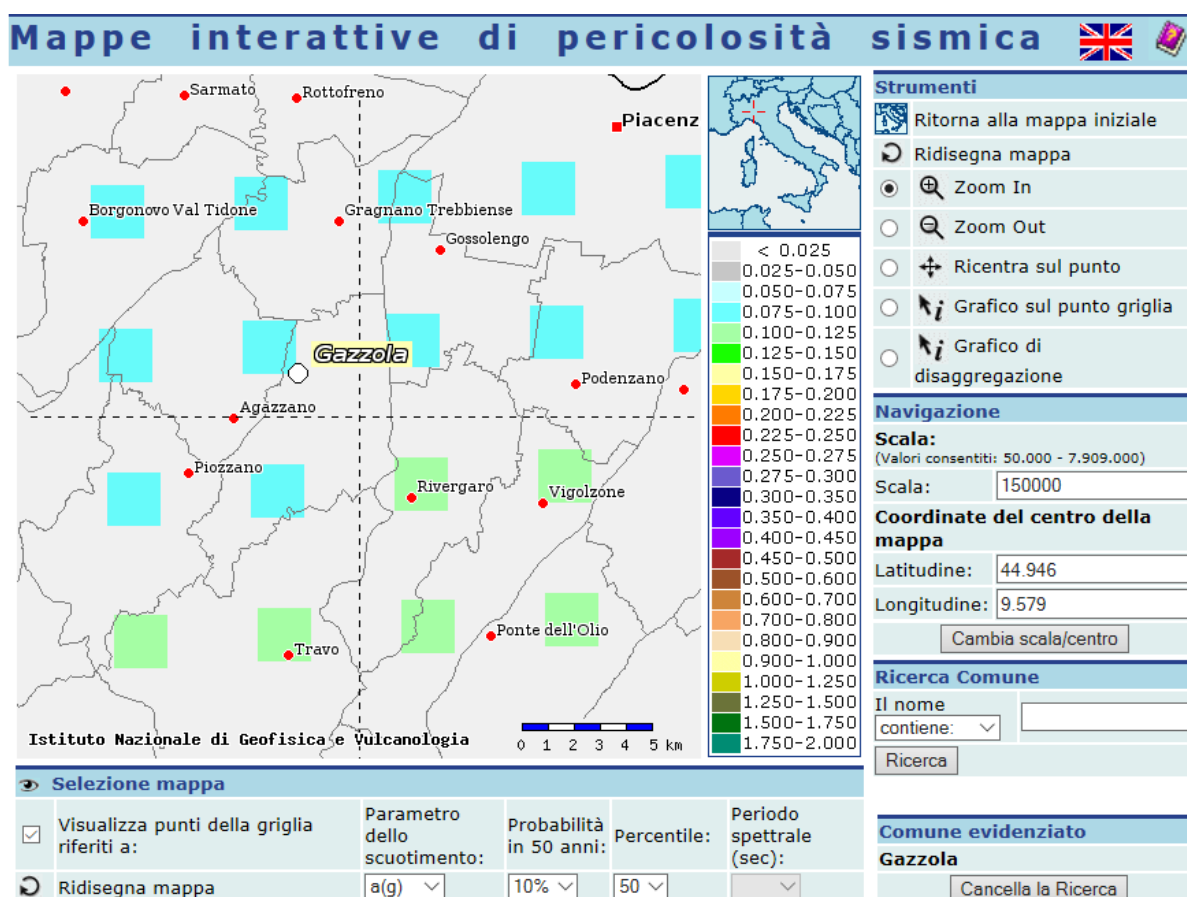


Figura 7: Mappatura dell'accelerazione orizzontale massima del terreno ( $a_g$ ) con tempi di ritorno di 475 anni



Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni hanno quindi modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona (e quindi territorio comunale) precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti.

## 2.2 SISMICITA' STORICA

La distribuzione della sismicità storica italiana degli ultimi mille anni è consultabile tramite il Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI11 (a cura di A. Rovida, R. Camassi, P. Gasperini e M. Stucchi, 2011), e CPTI15 (a cura di A. Rovida, M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, P. Gasperini, 2016) consultabili rispettivamente al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/> e <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

La Regione Emilia-Romagna, in relazione alla situazione nazionale, è interessata da una "sismicità media" che caratterizza soprattutto la Romagna dove, storicamente, sono avvenuti i terremoti più forti.

L'area del Comune di Gazzola (PC) è localizzata in un contesto sismo-tettonico caratteristico del margine appenninico-padano e della pianura padano-emiliana ed è caratterizzata da strutture compressive (faglie inverse – thrust) di cui *"presentano evidenze di attività tettonica recente le faglie che non coincidono con il margine ma quelle strutture che corrispondono al fronte sepolto delle Pieghe Emiliane"* (Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna – Note Illustrative).

In figura 8 sono riportate schematicamente le principali strutture tettoniche che condizionano l'attività sismica locale.

Si tratta principalmente di sovrascorrimenti con thrust nordvergenti (tra cui Faglia Vidiano, Trebbia ovest, Centora, Trebbia est), oltre al fronte di accavallamento sepolto della successione carbonatica meso-cenozoica.

Queste discontinuità, tuttavia, non si trovano nel territorio comunale ma più a nord a sud e ad est, nei comuni di Gragnano T.se., Rivergaro, Travo e Piozzano (ad esclusione di un breve tratto del settore meridionale del comune il quale risulta interessato da una struttura tettonica sovrascorrente).

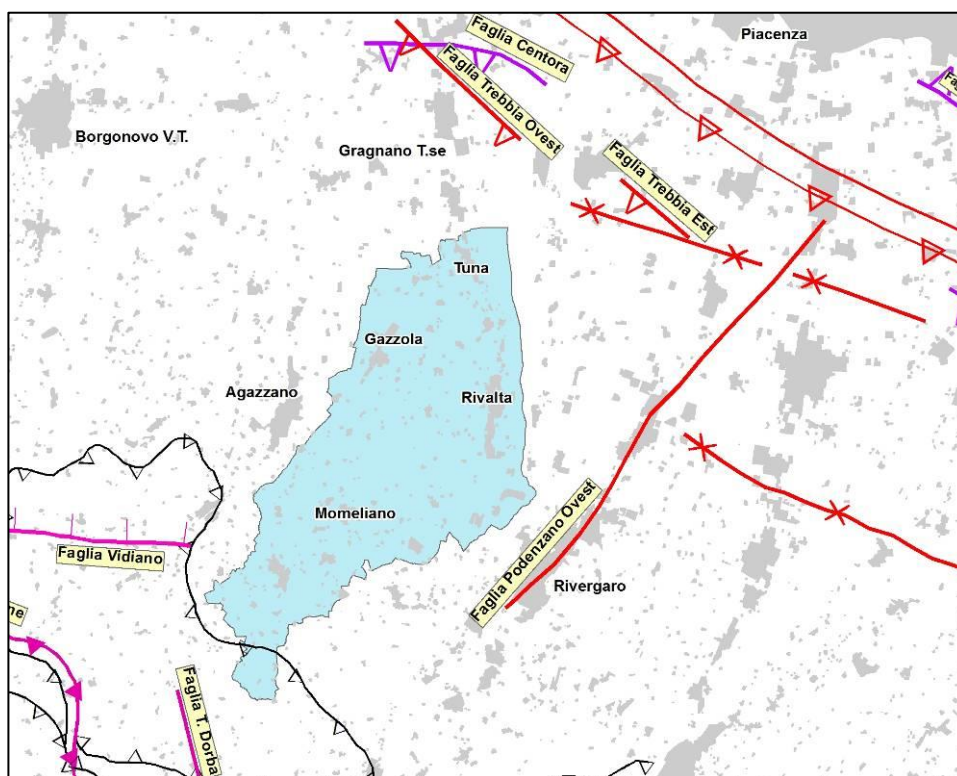


Figura 8: Mappatura delle strutture tettoniche principali condizionanti l'attività sismica locale

La sismicità del territorio della Regione Emilia-Romagna in generale, e della provincia di Piacenza in particolare, risulta essere caratterizzata da elevata frequenza di accadimento ma da magnitudo al massimo di 6.0, decisamente inferiori a quelle di altre aree del territorio italiano, quale la parte meridionale dell'Appennino, che a volte raggiunge e supera valori di 7.0.

Nella tabella seguente è riportata una selezione dei terremoti storici caratterizzati da una Intensità Macrosismica in Piacenza non minore di 5.

| DATA |      |        |            | INTENSITÀ                                       | in occasione del terremoto di: |  |                        |
|------|------|--------|------------|---|--------------------------------|--|------------------------|
| Anno | Mese | Giorno | Ora Minuto | <u>Is</u><br>(intensità al sito)<br>(scala MCS) | Area epicentrale               | <u>Io</u><br>(intensità epicentrale MCS) | Mw (magnitudo momento) |
| 1117 | 01   | 03     | 15 15      | 8   | VERONESE                       | 9-10                                     | 6.69 ±0.20             |
| 1738 | 11   | 05     | 00 30      | 7   | PARMA                          | 7  | 5.14 ±0.34             |
| 1786 | 04   | 07     | 00 25      | 6   | PIANURA PADANA                 | 6  | 5.05 ±0.56             |
| 1901 | 10   | 30     | 14 49      | 6   | SALO`                          | 8  | 5.70 ±0.10             |
| 1951 | 05   | 15     | 22 54      | 6   | LODIGIANO                      | 6-7                                      | 5.39 ±0.14             |
| 1980 | 12   | 23     | 12 01      | 6   | PIACENTINO                     | 6-7                                      | 4.60 ±0.09             |
| 1887 | 02   | 23     | 05 21      | 5-6   | LIGURIA OCCIDENTALE            |  | 6.97 ±0.15             |
| 1304 | 10   | 23     | 00 45      | 5   | PIANURA PADANA                 | 5  | 5.11 ±0.72             |
| 1348 | 01   | 25     | 15 30      | 5   | CARINZIA                       | 9-10                                     | 7.02 ±0.18             |
| 1438 | 06   | 10     | 02 00      | 5   | PARMENSE                       | 8  | 5.57 ±0.34             |
| 1511 | 03   | 26     | 14 40      | 5   | SLOVENIA                       | 9  | 6.98 ±0.17             |
| 1779 | 07   | 14     | 19 30      | 5   | BOLOGNESE                      |  |                        |
| 1828 | 10   | 09     | 02 20      | 5   | VALLE STAFFORA                 | 8  | 5.76 ±0.15             |
| 1885 | 02   | 26     | 20 48      | 5   | SCANDIANO                      | 6  | 5.19 ±0.15             |
| 1920 | 09   | 07     | 05 55      | 5   | GARFAGNANA                     | 10                                       | 6.48 ±0.09             |

Tabella 2: Osservazioni sismiche disponibili per Piacenza (DBMI 11)

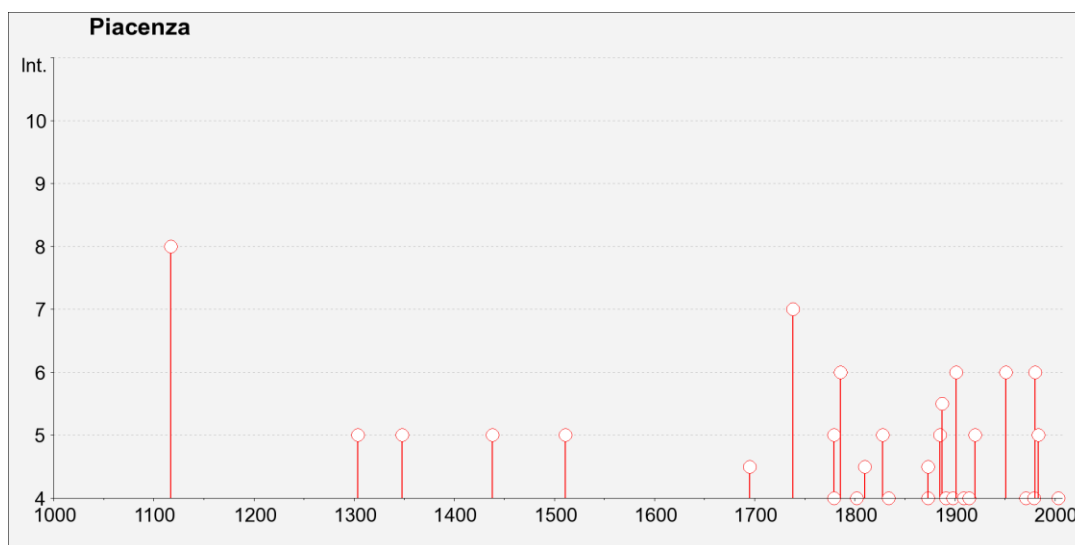


Figura 9: Distribuzione degli eventi sismici di Piacenza dal 1000 al 2000 (DBMI 11)

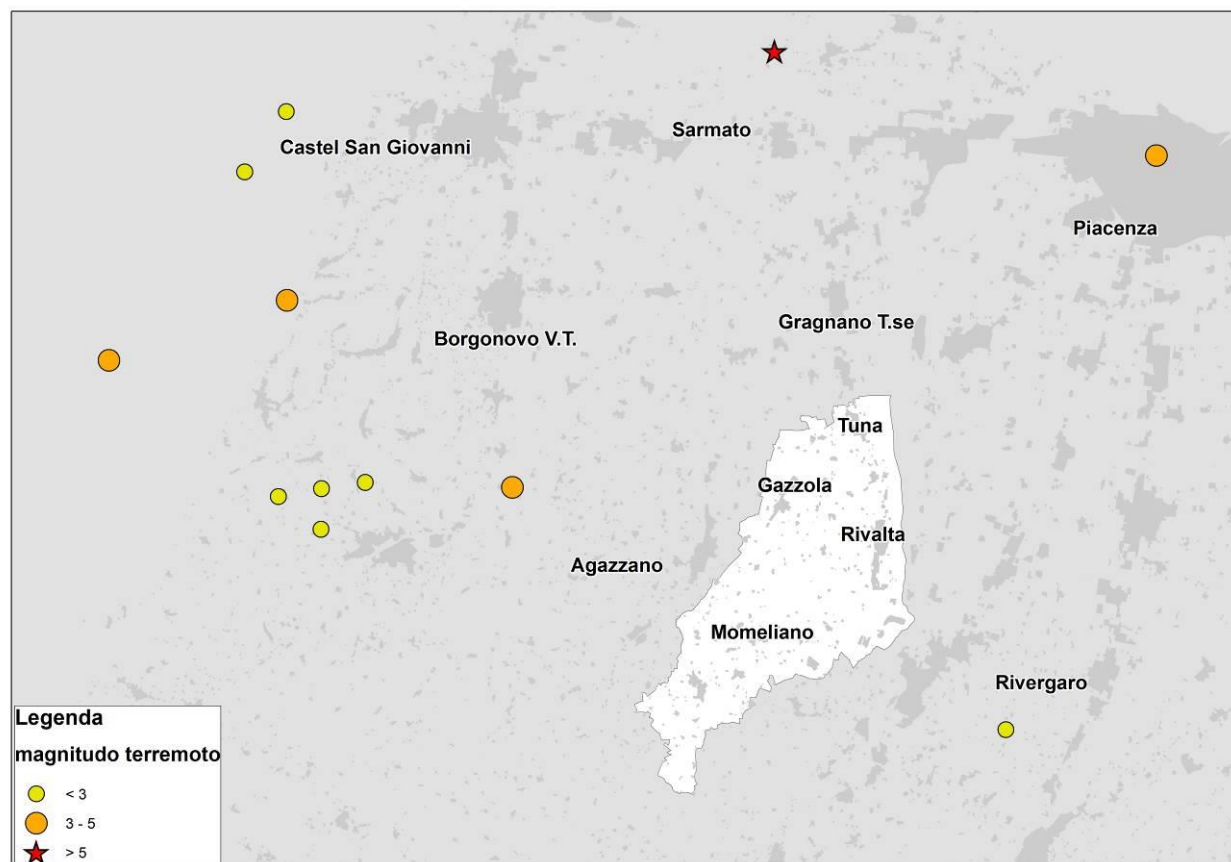


Figura 10: Carta dei terremoti registrati. La stella rossa evidenzia l'evento di magnitudo 5,1 del 1276.

Il territorio comunale di Gazzola è quindi caratterizzato da una sismicità storica moderata confrontabile con quella di altri settori della pianura e del pedeappennino piacentino, che negli ultimi anni hanno avuto terremoti relativamente frequenti di magnitudo compresa fra 4.0 e 5.5.

La sismicità storica del Comune di Gazzola è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Il database DBMI15, realizzato nell'ambito delle attività del Tema Trasversale Coordinato INGV.



"Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015" e "Database Macrosismico Italiano 2015" sono consultabili al sito <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>.

In figura 11 si riporta la rappresentazione della storia sismica dal 1300 al 2014 relativa ad un areale con raggio pari a 50 km rispetto all'evento del 1 ottobre 1912 con area epicentrale a Piacenza.

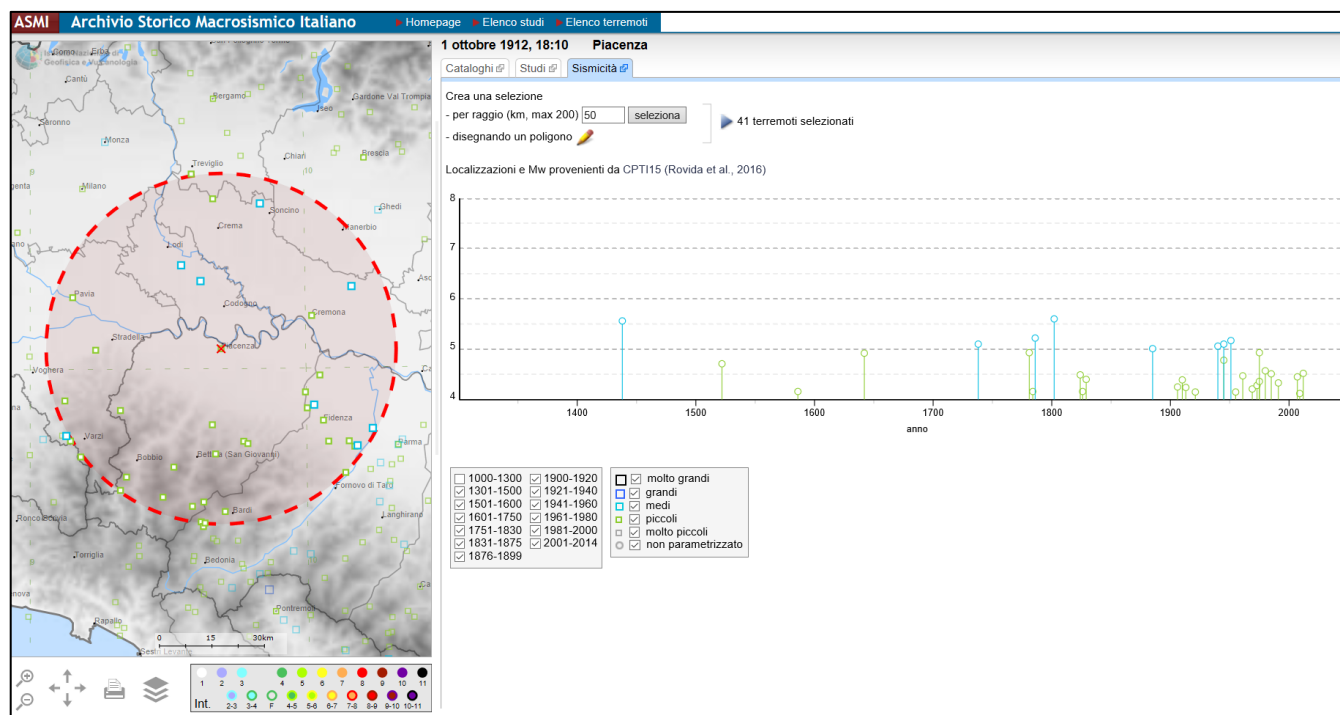


Figura 11: Storicità sismica dal 1300 al 2014. Raggio di 50 km dal l'evento del 1 ottobre 1912 – Piacenza.

Relativamente al territorio comunale di Gazzola, per l'intervallo di tempo compreso tra gli anni 1000 e 2018, il DBMI15 riporta la storia sismica riferita alle località Gazzola, Momeliano e Rezzanello (figura 12).

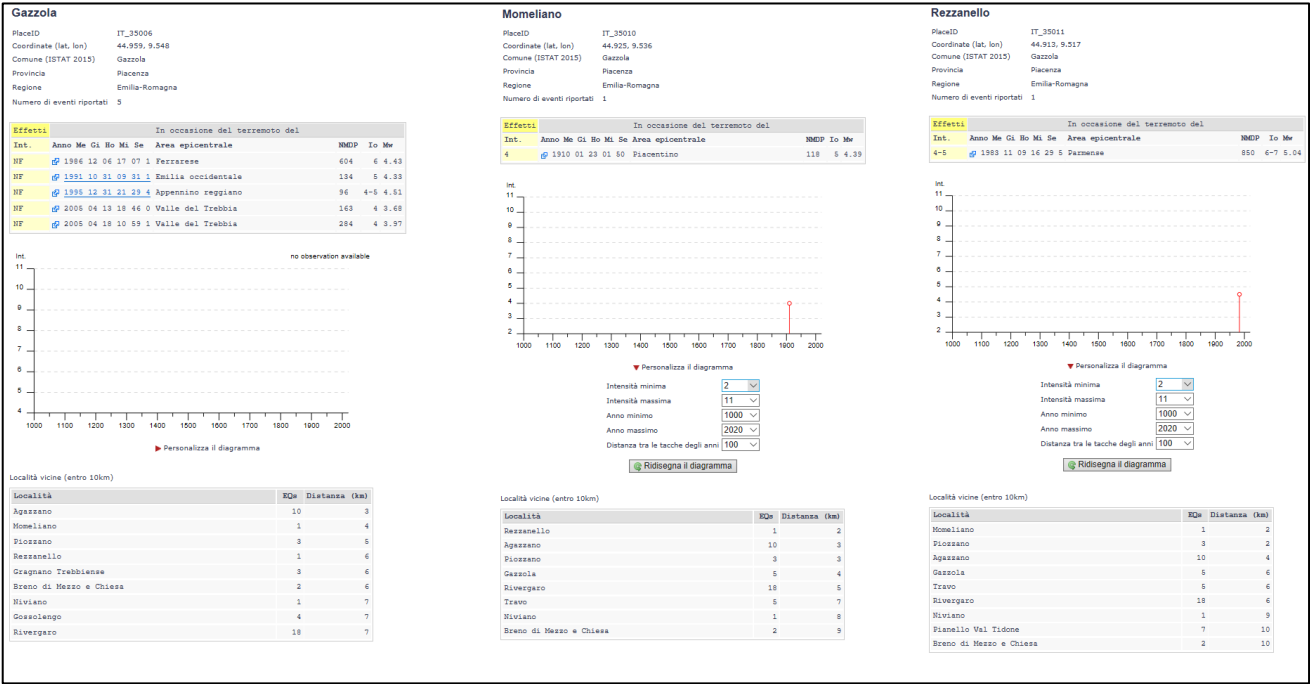


Figura 12: Diagramma rappresentante la storia sismica del Comune di Gazzola (Località Gazzola, Momeliano, Rezzanello)

Dall'esame dei diagrammi di Figura 12, si nota la presenza di due episodi, quello del 1983 (Rezzanello) e del 1910 (Momeliano), che però non risultano particolarmente significativi.

## 2.3 SISMICITÀ RECENTE

La sismicità recente che ha interessato il territorio comunale di Gazzola è stata desunta dal Bollettino Sismico Italiano elaborato da ISIDe Working Group (2016) version 1.0, DOI: 10.13127/ISIDe, Italian Seismological Instrumental and parametric database: <http://cnt.rm.ingv.it/iside>.

Nello specifico sono stati ricercati i terremoti aventi una magnitudo minima pari a 4.0, registrati nell'intervallo di tempo tra il 01/01/2000 e il 02/10/2018, in un raggio di 100 Km dal Comune di Gazzola.

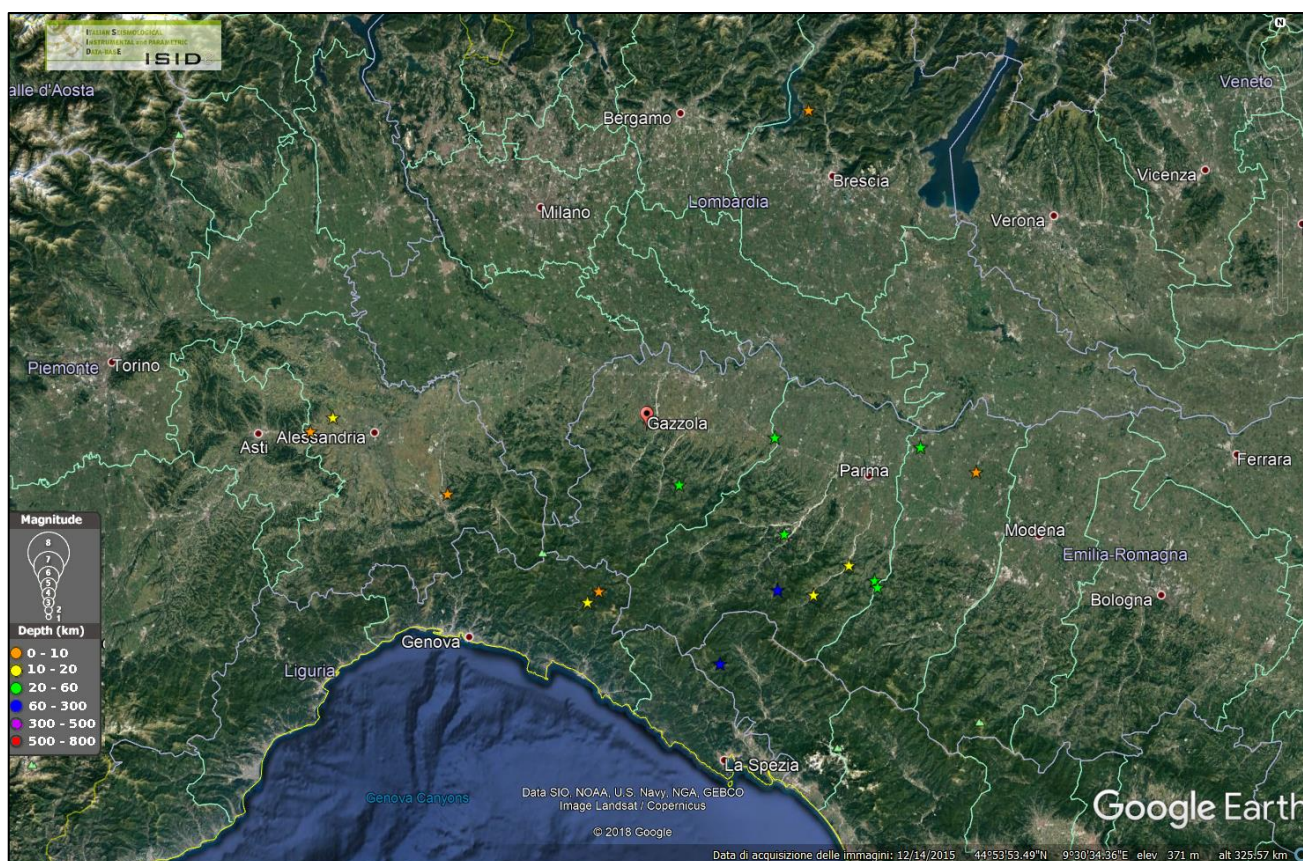


Figura 13: Eventi sismici recenti registrati in un raggio di 100 Km dal Comune di Gazzola.

I principali eventi sismici registrati dal 2000 ad oggi (ottobre 2018) sono riassunti nella seguente Tabella 3.

| Tempo Origine (UTC)        | Latitudine   | Longitudine  | Profondità | Magnitudo     |
|----------------------------|--------------|--------------|------------|---------------|
| 2017-11-19 13:37:44        | 44.66        | 10.03        | 22         | Mw 4.4        |
| 2013-06-21 14:12:39        | 44.16        | 10.14        | 8          | Mw 4.0        |
| 2012-10-03 16:41:29        | 44.78        | 9.67         | 24         | Mw 4.3        |
| 2012-03-05 16:15:06        | 44.49        | 9.35         | 11         | Mw 4.0        |
| <b>2012-01-27 15:53:12</b> | <b>44.52</b> | <b>10.01</b> | <b>72</b>  | <b>Mw 4.9</b> |
| <b>2012-01-25 09:06:37</b> | <b>44.87</b> | <b>10.51</b> | <b>29</b>  | <b>Mw 4.9</b> |
| 2011-10-20 08:11:18        | 44.52        | 9.39         | 5          | ML 4.0        |
| 2008-12-24 00:37:06        | 44.58        | 10.26        | 19         | ML 4.0        |
| 2008-12-23 22:58:26        | 44.53        | 10.36        | 24         | Mw 4.4        |
| <b>2008-12-23 16:24:21</b> | <b>44.54</b> | <b>10.35</b> | <b>23</b>  | <b>Mw 4.9</b> |
| 2008-03-26 10:19:30        | 44.34        | 9.81         | 72         | Mw 4.0        |
| 2007-12-28 05:05:43        | 44.51        | 10.13        | 20         | ML 4.1        |
| 2007-07-30 21:05:43        | 44.90        | 10.00        | 21         | Mw 4.2        |
| 2003-04-11 11:26:57        | 44.76        | 8.87         | 8          | Md 4.5        |
| 2002-11-13 11:48:03        | 45.70        | 10.13        | 5          | Md 4.2        |
| 2001-07-19 00:47:11        | 44.94        | 8.47         | 10         | Md 4.0        |
| <b>2000-08-21 19:14:28</b> | <b>44.91</b> | <b>8.39</b>  | <b>5</b>   | <b>Md 4.8</b> |
| 2000-06-18 09:42:07        | 44.81        | 10.70        | 5          | Md 4.5        |

Tabella 3: Eventi sismici recenti registrati in un raggio di 100 Km dal Comune di Gazzola

Come si evince dalla Tabella 3, gli eventi principali registrati nel raggio di 100 Km dal Comune di Gazzola sono stati i terremoti di gennaio del 2012 con epicentro nell'area di Berceto (PR) e Brescello (RE), del dicembre 2008 con epicentro nell'area di Neviano degli Arduini (PR) ed agosto 2000, più superficiale dei precedenti e con epicentro sito a circa 2 km W di Quattordio (AL).



## 2.4 ZONAZIONEISMOGENETICA

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sulla base dell'impianto generale della ZS4 e recependo le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche messe a disposizione da DISS 2.0, ha elaborato lo strato informativo relativo alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale. Quest'ultima tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale (Gruppo di lavoro per la "Redazione della mappa di pericolosità sismica" prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274).

Il modello sismogenetico suddivide il territorio italiano 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).

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

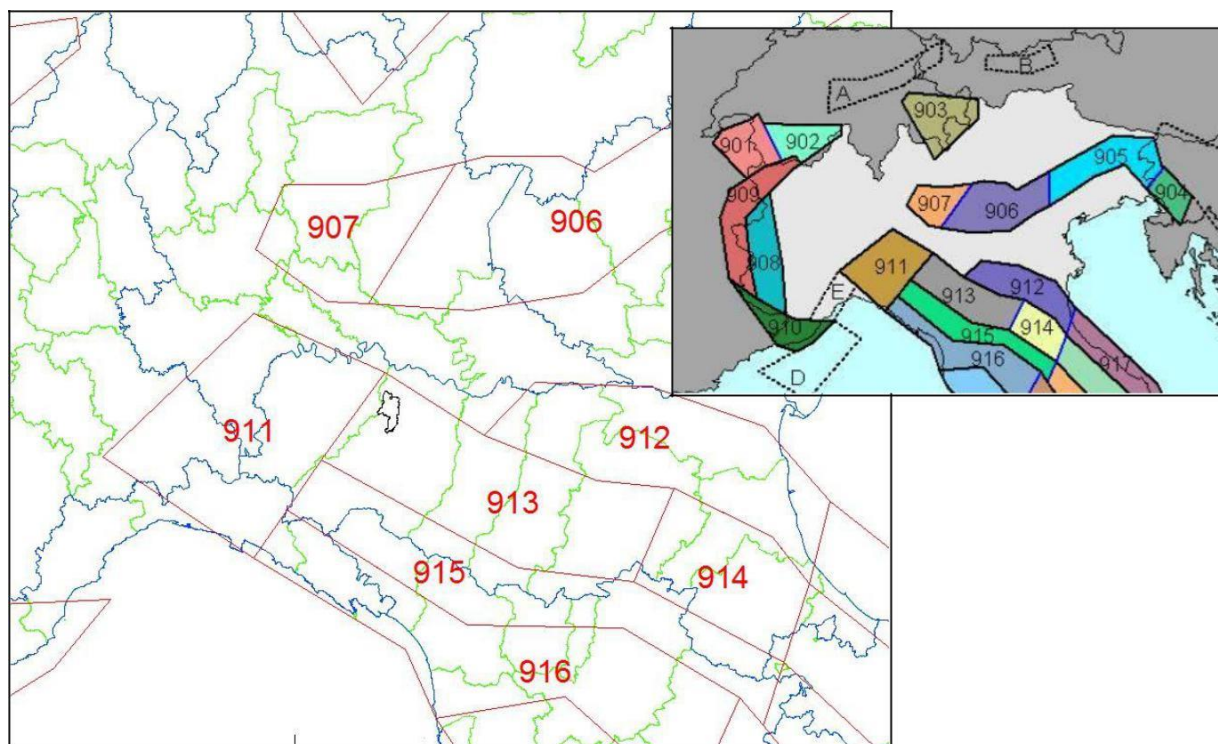


Figura 14: Zonizzazione sismogenetica ZS9 ridisegnata

Dall'esame della Figura 14 si evince che il Comune di Gazzola ricade all'interno della Zona Sismogenetica 911 la quale fa parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale" (zone che vanno dalla 911 alla 923).

Tali zone ricadono in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

Tutto l'arco appenninico settentrionale, in relazione al contenuto informativo di DISS 2.0, è stato riorganizzato secondo cinque fasce parallele longitudinali alla catena.

L'arco è limitato a Nord, dalla zona 911 (la quale costituisce l'unione delle zone 25 e 26 di ZS4, opportunamente ristrette) che comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative. In realtà, si suppone che la funzione delle strutture comprese all'interno della 911 sia di "svincolo" cinematico del sistema ipotizzato in migrazione, ovvero svincolo tra il sistema alpino ed il sistema appenninico.

La zona Sismogenetica 911 rappresenta pertanto la porzione più esterna ed occidentale della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale, caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a  $M_d = 4,1$ ; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a  $M_{wmax2} = 6,14$ .

Con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione Assemblea Legislativa n. 112/2007 (e aggiornamento D.G.R. 21 dicembre 2015, 2193), ha approvato l'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

Scopo di tale documento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e per la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica. In esso si afferma che la componente pericolosità del rischio sismico dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica di base") sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica locale").

Conseguentemente gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione dei terremoti attesi possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine o "Analisi della Risposta Sismica Locale" (RSL);
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale o Microzonazione Sismica (MS).

Detti studi vanno condotti a diversi livelli di approfondimento a seconda delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

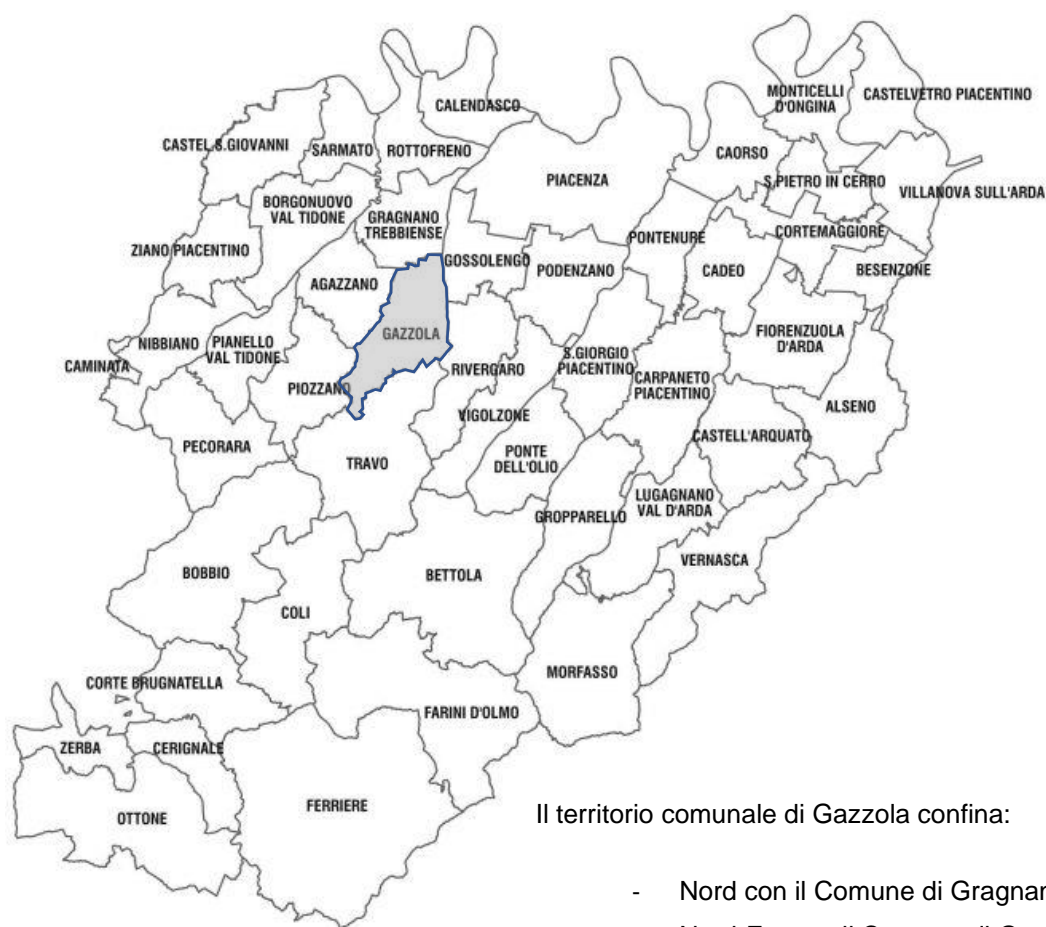
L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta – soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili - in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

L'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico di cui alla DAL 112/2007 è stato recentemente aggiornato con D.G.R. 21.12.2015, n° 2193.

### 3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED ASSETTO GEOLOGICO GEOMORFOLOGICO GENERALE

L'area comunale di Gazzola è piuttosto vasta (superficie di circa 45 km<sup>2</sup>), e si colloca nel settore nord occidentale della provincia di Piacenza, in particolare è ubicata a circa 20 km da Piacenza in direzione Sud-Ovest. Il territorio comunale è distribuito tra la bassa collina, nella zona dei Colli piacentini e la Pianura padana. La parte occidentale è situata in Val Luretta, mentre quella orientale è compresa nel bacino del fiume Trebbia.



Il territorio comunale di Gazzola confina:

- Nord con il Comune di Gragnano Trebbiense,
- Nord-Est con il Comune di Gossolengo,
- Est con il Comune di Rivergaro,
- Sud con il Comune di Travo,
- Sud-Ovest con il Comune di Piozzano,
- Ovest con il Comune di Agazzano.



| COMUNE DI GAZZOLA – CARATTERISTICHE TERRITORIALI |  |   |
|--|--|---|
| POPOLAZIONE                                      | 2.056 abitanti (istat 01/01/2016)  |   |
| SUPERFICIE                                       | 44.48 km <sup>2</sup>  |   |
| DENSITÀ  | 46.23 ab./km <sup>2</sup>  |   |
| ALTITUDINE                                       | 139 m s.l.m. (min. 91 – max 625)   | Misura espressa in metri sopra il livello del mare del punto in cui è situata la Casa Comunale, con l'indicazione della quota minima e massima sul territorio comunale. |
| COORDINATE GEOGRAFICHE                           | <i>Sistema Sessagesimale</i><br>44° 57' 39,60" N<br>9° 33' 0,00" E<br><i>Sistema Decimale</i><br>44,9610° N<br>9,5500° E   | I valori numerici sono riportati utilizzando sia il sistema sessagesimale DMS (Degree, Minute, Second), che il sistema decimale DD (Decimal Degree).                    |
| LOCALITÀ<br>FRAZIONI E<br>NUCLEI ABITATI         | Arola, Balletta, Boffalora, Cà del Guerra, <b>Canneto Sopra</b> , <b>Canneto Sotto</b> , <b>Castelletto</b> , <b>Croara</b> , Fragola, Lisignano, <b>Momeliano</b> , Monte Bissago, Monte Raschio, Monte Travo, <b>Monticello</b> , Pretta, <b>Rezzanello</b> , <b>Rivalta</b> , Torrazzo, <b>Tuna</b> . | In evidenza le frazioni comunali  |
| ZONA SISMICA                                     | 3  |   |
| ZONA CLIMATICA                                   | E  |   |
| ZONA CLIMATICA                                   | E  |   |
| PRINCIPALI CORSI D'ACQUA                         | Torrente Luretta<br>Fiume Trebbia  |   |

Tabella 4: Caratteristiche territoriali generali del Comune di Gazzola

In accordo con la posizione geografica, la morfologia territoriale risulta prevalentemente pianeggiante e sub-pianeggiante nella porzione settentrionale, mentre appare più ondulata in quella meridionale, dove il paesaggio diventa tipicamente collinare con quote che non superano però i 500-600 m s.l.m. (esempio M. Travo ed altri rilievi localizzati a sud di Rezzanello).

La caratterizzazione geologica, morfologica e strutturale che seguirà fa riferimento alle ricerche bibliografiche e d'archivio disponibili nonché agli studi ed alle analisi eseguite nell'ambito del presente studio di microzonazione sismica e dell'elaborazione del PSC.

Dal punto di vista geolitologico, il territorio comunale può essere schematicamente suddiviso in due aree distinte e caratterizzate dalla presenza di formazioni geneticamente e litologicamente differenti: l'area settentrionale, modellata in depositi quaternari continentali alluvionali e l'area meridionale, impostata in terreni terziari di origine marina riferibili quasi esclusivamente alle successioni fliscioidi della *Formazione di Val Luretta* (appartenente all'Unità Tettonica di Bettola).

Quella di Val Luretta è una formazione torbidity arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa di bacino relativamente profondo suddivisibile, su base litologica, nei Membri di Poviago (Daniano-Thaletiano), Monteventano (Thaletiano-Ypresiano) e Genepreto (Luteziano).

Della successione Epiligure si rinviene solamente un piccolo lembo di territorio ubicato all'estremità meridionale del Comune ed impostato nelle Marne di Monte Piano (Luteziano-Priaboniano).

Le formazioni citate corrispondono a depositi di età paleocenico-eocenica (più precisamente la Formazione di Val Luretta ha età compresa tra il Daniano ed il Luteziano e le Marne di Monte Piano sono riferibili al Luteziano terminale-Priaboniano), ovvero relativi al periodo compreso all'incirca tra 65 e 40 milioni di anni fa.

Per quel che concerne la Formazione di Val Luretta, il suo membro basale, ovvero quello di Poviago, è costituito da torbiditi arenaceo-pelitici a stratificazione prevalentemente medio-spessa e talora molto spessa, con presenza di strati calcarei e calcareo-marnosi da medi a spessi verso il basso stratigrafico; il Membro di Monteventano, stratigraficamente soprastante al precedente, è invece contraddistinto da prevalenti alternanze arenaceo-pelitiche che si associano (più frequentemente andando verso l'alto stratigrafico) a calcari, calcari marnosi, marne e marne calcaree in strati da medi a molto spessi o in banchi; il membro sommitale della formazione, quello di Genepreto, ha invece natura prevalentemente calcarea, essendo costituito da calcari micritici e marnosi talora a base calcarenitica – associati a marne e marne calcaree - a stratificazione da media a molto spessa, talora in banchi; nell'ambito del Membro di Genepreto si segnalano localmente anche livelli di arenarie a grana media e grossolana in strati medi e di marne e marne argillose in strati da spessi a molto spessi.

La formazione delle Marne di Monte Piano, discordante sulla Formazione di Val Luretta, è invece costituita da marne ed argille pelagiche a stratificazione spesso poco distinguibile; più nel dettaglio all'interno di essa si distinguono due diverse litofacies: una inferiore caratterizzata da alternanze di argille, argille marnose, marne e marne siltose ed una superiore con marne e marne siltose - con sporadiche intercalazioni lenticolari siltoso-arenacee - con locali orizzonti più cementati ed a frattura scheggiata.

L'assetto geometrico delle successioni marine terziarie è disturbato, nel settore centrale del territorio comunale, dalla presenza di alcune faglie ad andamento circa E-W. L'elemento tettonico più significativo nell'ambito dell'area indagata, è però il sovrascorrimento che nella porzione sud del comune porta i terreni del Membro di Poviago a sovrapporsi a quelli del Membro di Genepreto.

Le caratteristiche litologiche, l'assetto giaciturale ed il grado di tettonizzazione delle assise rocciose entro cui è modellato il territorio collinare, costituiscono naturalmente un insieme di fattori condizionanti l'evoluzione morfologica dei locali versanti collinari: i banchi calcareo-marnosi ed arenacei della Formazione di Val Luretta - assai rigidi e permeabili (permeabilità secondaria per fessurazione) - rappresentano siti di infiltrazione preferenziale delle acque meteoriche, che poi fuoriescono al contatto con i sottostanti litotipi impermeabili, determinandone la plasticizzazione. Ciò favorisce l'innescio di frane di scivolamento, talora assai imponenti.

Più in generale, il più o meno marcato grado di tettonizzazione del substrato geologico ha determinato la formazione di una più o meno spessa coltre di copertura eluvio-colluviale, ricca di minerali argillosi plasticizzabili, la cui locale mobilitazione gravitativa ha determinato l'innescio di movimenti franosi di varia tipologia o portata (sia attualmente in evoluzione che complessivamente quiescenti talora soggetti a localizzate riprese gravitative).

Sotto l'aspetto morfologico, è da rilevare come l'azione fluviale operata dal Trebbia, dal Luretta e da altri corsi d'acqua abbia determinato, attraverso successive fasi deposizionali ed erosive, la costruzione di vari ordini di terrazzi, la cui età decresce andando da sud a nord e verso gli assi vallivi, limitati da scarpate di altezza variabile (diverse decine di metri per i terrazzi antichi, 2-3 m per quelli che bordano l'alveo attuale del F. Trebbia nella porzione settentrionale del territorio comunale).

I depositi quaternari continentali del margine appenninico padano, entro cui è modellato il settore nord del territorio comunale, sono costituiti da bancate sub-orizzontali blandamente immergenti verso la pianura. In direzione sud essi poggiano direttamente sui termini marini della Formazione di Val Luretta con contatto discordante talora ben osservabile lungo le incisioni di alcuni corsi d'acqua minori nella fascia di passaggio dagli alti terrazzi alla collina.

Poche centinaia di metri dal limite nord dell'area di diffusione del flysch, la copertura alluvionale raggiunge spessori superiori ai 100 m. Tale dato è supportato, oltre che dall'osservazione diretta delle scarpate al margine dei terrazzi fluviali più elevati, anche dalle stratigrafie di vari pozzi profondi trivellati in zona per ricerche d'acqua e di idrocarburi.

Dal punto di vista litologico, i depositi alluvionali presenti nel territorio di Gazzola sono costituiti da materiali prevalentemente ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e limoso-ghiaiosi o limoso-sabbiosi; se si escludono le alluvioni dei ripiani di divagazione dei principali corsi d'acqua, essi sono generalmente ricoperti da coltri limose che possono raggiungere spessore anche piuttosto significativi; nei ripiani alluvionali più antichi lo spessore della copertura limosa (loess) è di 2 m circa.

Le unità alluvionali terrazzate più diffuse (con riferimento all'estensione areale di superficie occupata), sono riconducibili al Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup.- Olocene) e di Villa Verrucchio (Pleistocene sup.) le quali, in particolare, interessano prevalentemente il settore centrale e settentrionale del territorio comunale. Nella zona tra il Rio Gandore ed il Trebbia, al passaggio tra le due unità in questione, sono invece presenti i terreni del Subsistema di Agazzano.

Lungo il tratto più settentrionale del corso del Rio Gandore e nella zona tra Tuna e Canneto Sotto si rinvencono ancora terreni del Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup.-Olocene), così come in corrispondenza di un paleoalveo del T. Luretta individuabile immediatamente ad est di Gazzola capoluogo.

Depositi alluvionali attuali e recenti occupano invece le zone a ridosso dell'alveo del Trebbia risultando caratterizzati prevalentemente da litologie ghiaioso-sabbiose con assenza di coltre di copertura limosa. Tali depositi rappresentano l'ossatura del ripiano dell'alveo fluviale attuale da cui, attraverso una serie di ripiani e scarpate, si passa al terrazzo più elevato del citato Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore. Lungo le principali scarpate di terrazzo alluvionale sono spesso presenti estese coperture detritiche colluviali limoso-terrose (talora a scheletro ghiaioso) dovute ad alterazione in loco e successiva mobilitazione degli stessi materiali alluvionali costituenti il substrato. Tali accumuli sono spesso presenti anche lungo i fianchi delle aste vallive secondarie come, ad esempio, lungo le valli del T. Gandore e del Rio Gerosa.

L'azione di trasporto delle acque incanalate, ha localmente portato alla formazione di piccole conoidi di deiezione allo sbocco nelle vallate principali, tra cui si può ricordare quello posto sulla destra del T. Luretta a monte del Castello di Lisignano.



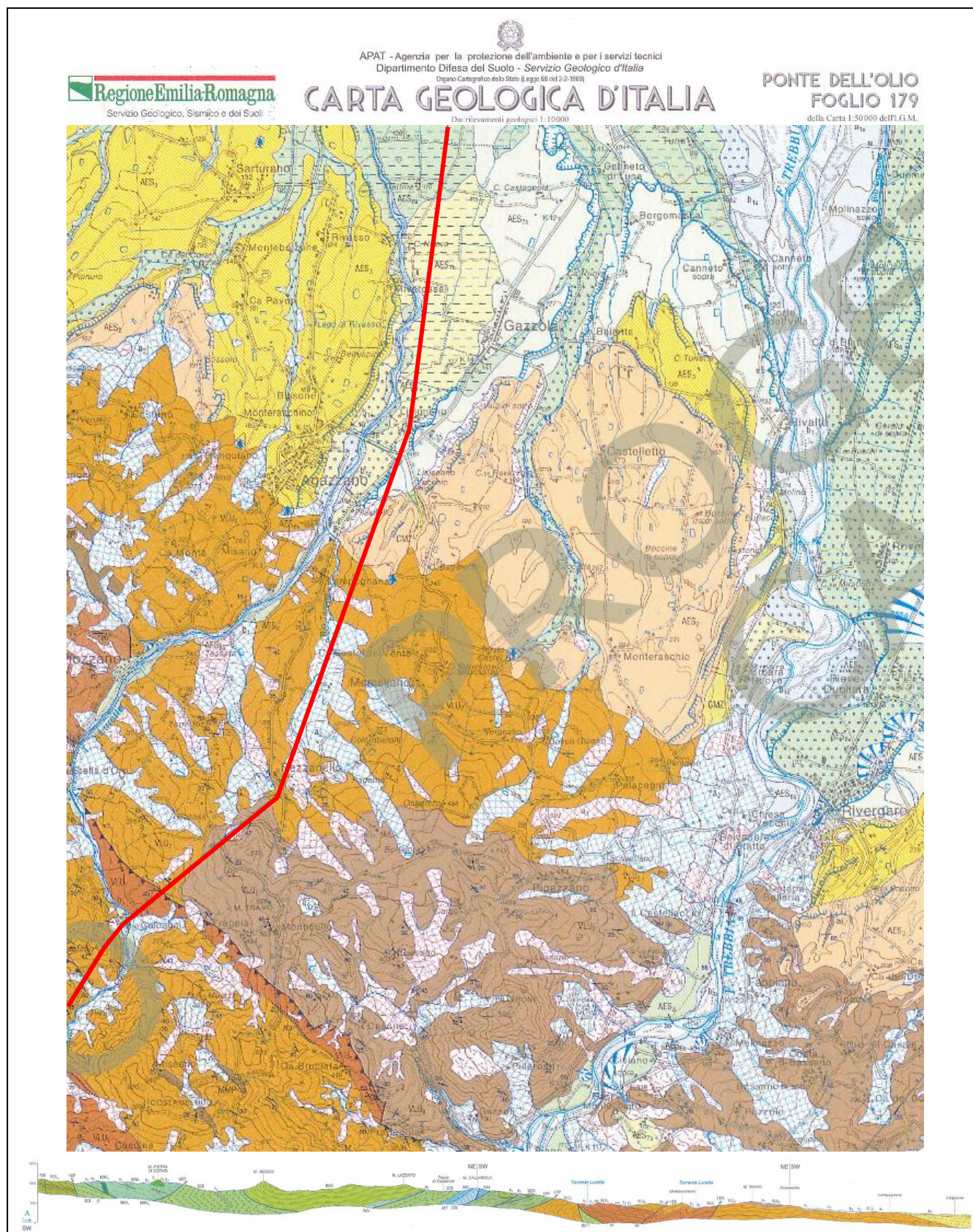


Figura 15: Estratto della Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50.000 – Foglio n. 179 "Ponte dell'Olio".  
 In rosso si evidenzia la traccia di sezione geologica sotto riportata.



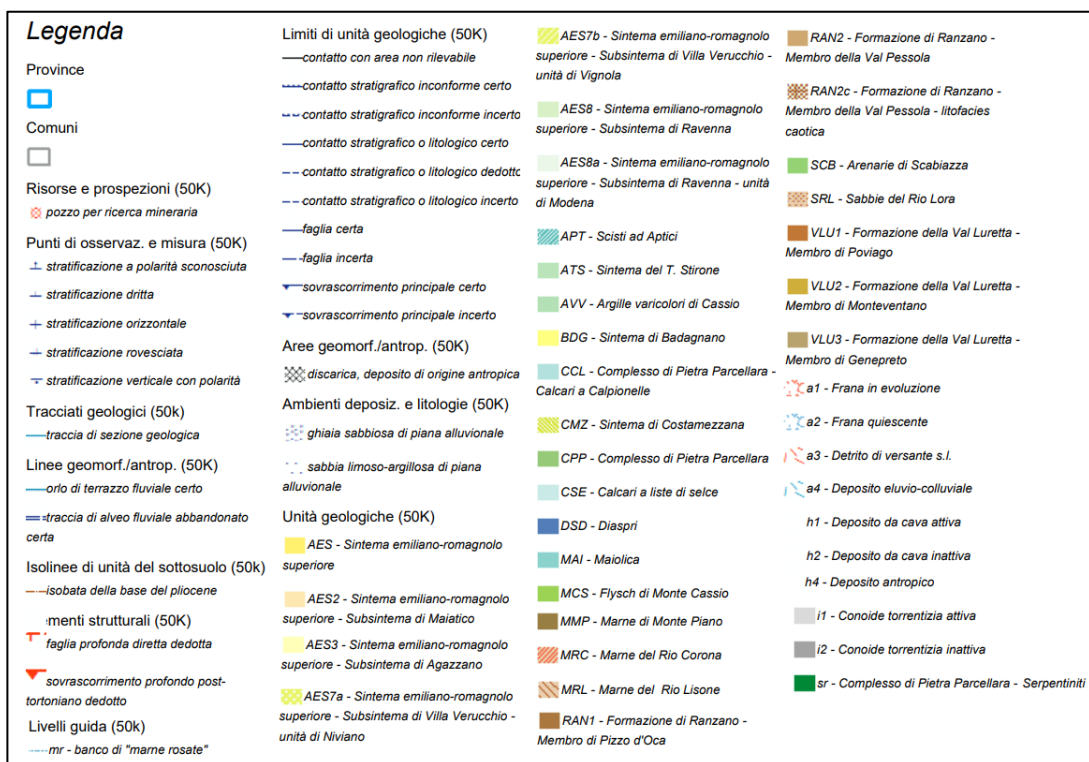


Figura 16: Estratto Cartografia Geologica della Regione Emilia-Romagna da geoportale consultabile al sito [https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia](https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia).

### 3.1 ASSETTO STRUTTURALE GENERALE

L'assetto geologico-strutturale del territorio comunale di Gazzola va inquadrato all'interno del più generale contesto regionale di cui è parte.

Di fatto si pone al passaggio tra le unità geologiche del Dominio Ligure (e in subordine della successione Epiligure), che occupano il settore meridionale del territorio, e quelle del Dominio Padano-Adriatico presenti nella parte settentrionale, appartenenti alla successione neogenico-quaternaria del margine appenninico padano.

Le prime, deposte in ambiente marino, di prevalente origine torbiditica, sono state sollevate e deformate nel corso dell'evoluzione tettonica della catena appenninica, mentre le seconde sono costituite dai più recenti depositi continentali di tipo alluvionale, messi in posto nella fase di relativa calma tettonica che ha visto il riempimento sedimentario dell'antico golfo attualmente rappresentato dalla pianura padana.

La figura seguente ne illustra la collocazione areale a scala regionale:

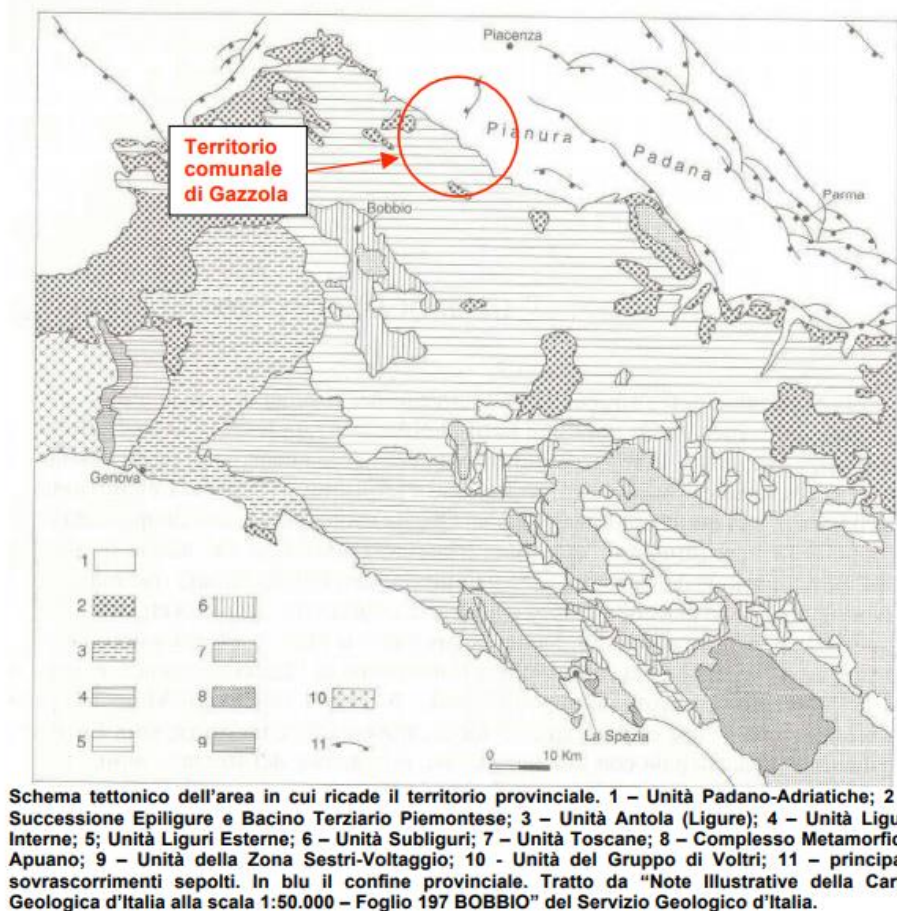


Figura 17: Schema dei rapporti tettonici - Foglio n. 197 "Bobbio".



Nella figura che segue, estratta dalla cartografia geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio n. 179 "Ponte dell'Olio", vengono rappresentati i principali rapporti tettonici fra le diverse unità ed i lineamenti geologico-strutturali della zona, i quali sono costituiti essenzialmente da numerose superfici di sovrascorrimento post-tortoniane sepolte e disposte in senso Nord-Sud.

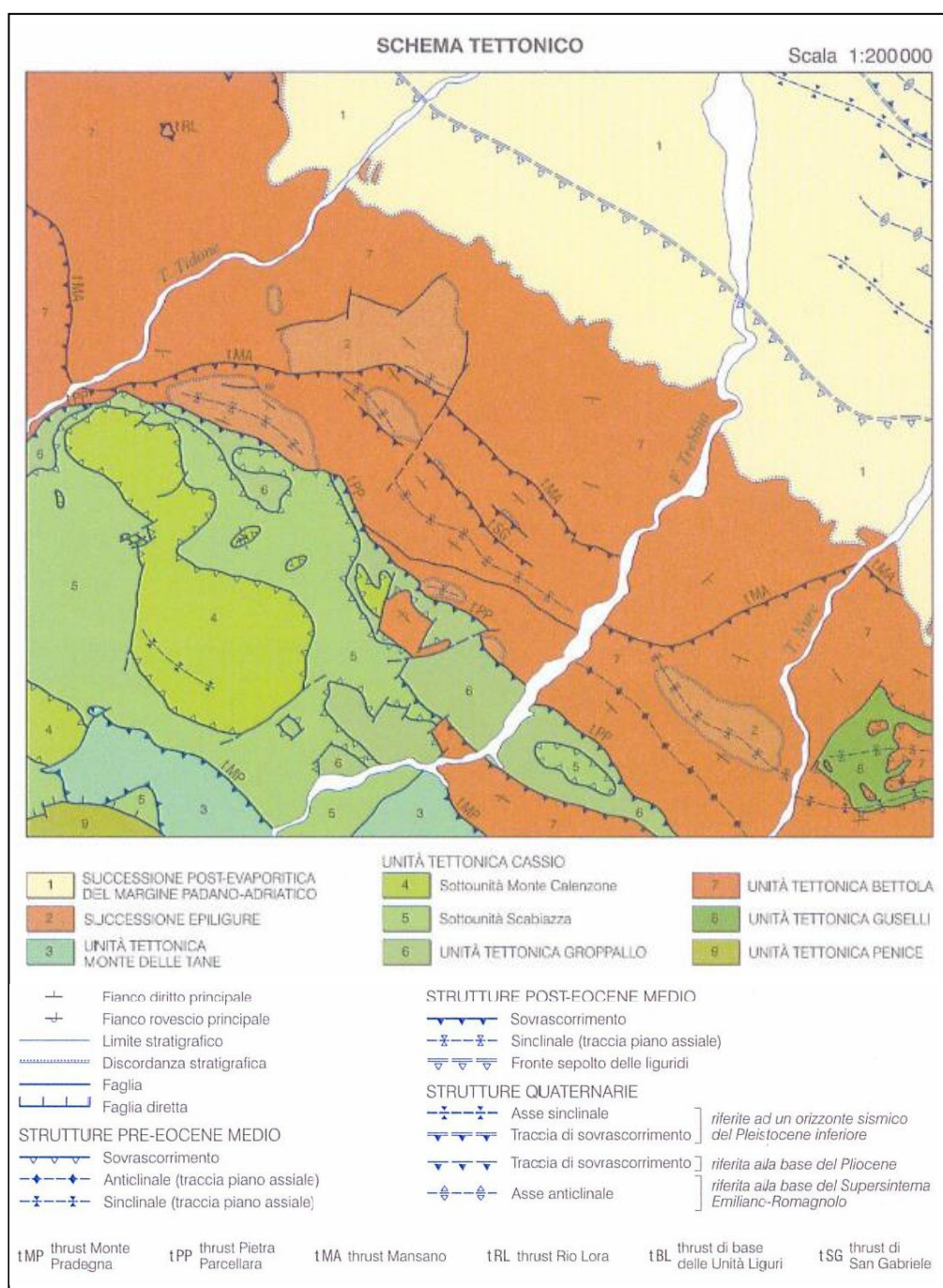


Figura 18: Schema dei rapporti tettonici da Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio n. 179 "Ponte dell'Olio".



La porzione settentrionale del territorio comunale di Gazzola è riconducibile ad un ambito costituito, come detto, da depositi continentali indifferenziati e subordinati a depositi marini (Olocene - Pleistocene sup.). In questo settore di pianura, la base Pliocenica giace ad una profondità dell'ordine di 500 m circa, decrescendo rapidamente da Nord verso Sud. Tale variazione di profondità è strettamente connessa alla presenza, più a nord, di una struttura negativa ("sinclinale del Po"), che si sviluppa all'incirca lungo l'allineamento Cremona - Codogno - S. Colombano. La "sinclinale del Po" può essere assimilabile, dal punto di vista strutturale, ad un bacino di tipo piggy-back formatosi a tergo del fronte sepolto dell'"arco strutturale emiliano", allungato in senso appenninico. Nella parte meridionale del territorio, è inoltre evidenziata la successione appenninica settentrionale Creta - Miocenica (rappresentata dalle Unità Epiliguri, Liguri e Sub-liguri) collegata alla pianura dalle Unità del Margine.

Nella figura seguente si illustra uno schema tridimensionale della distribuzione verticale e orizzontale dei domini sopra citati nel settore appenninico a cui appartiene il territorio piacentino, nel cui contesto strutturale si colloca l'area in studio.

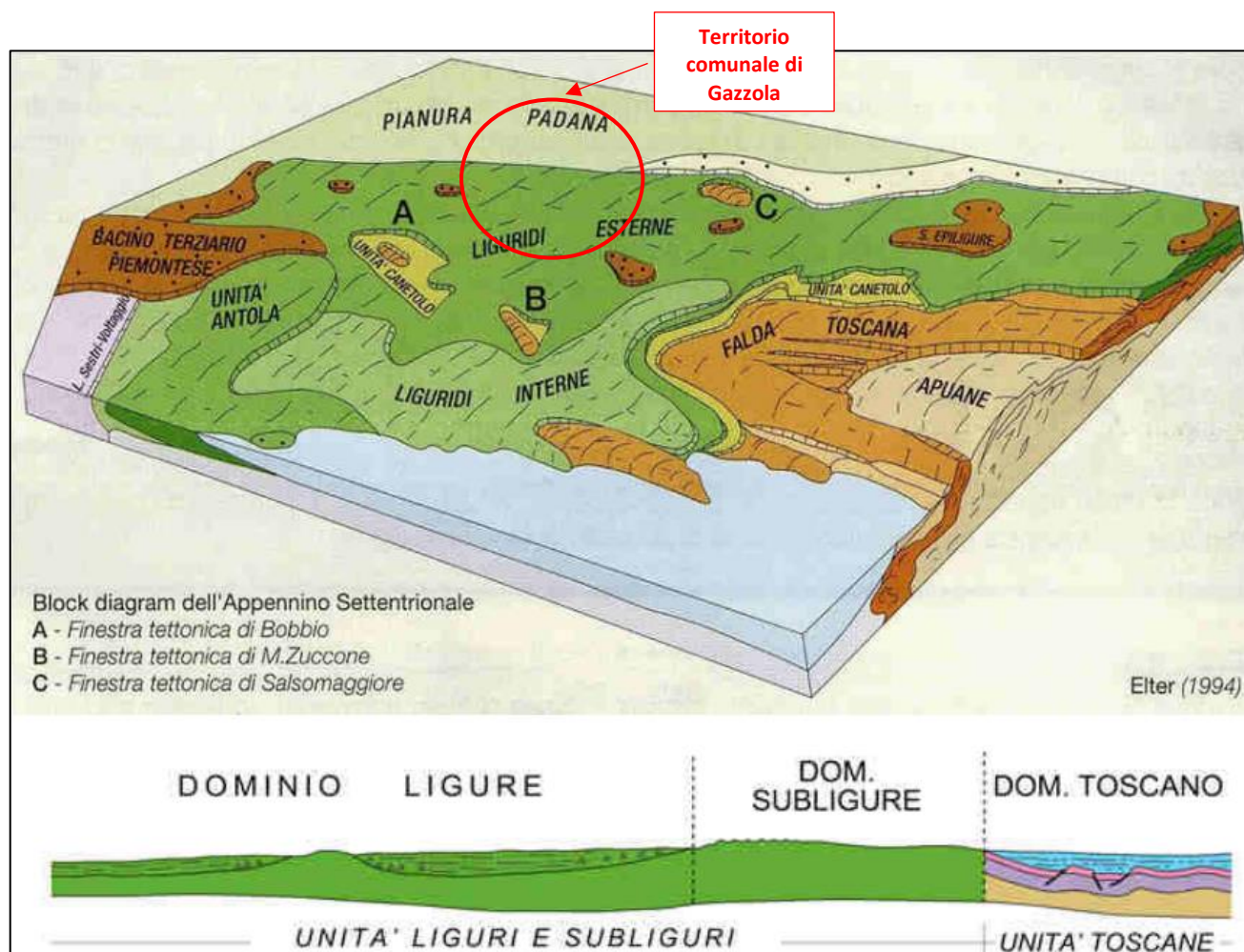


Figura 19: Blocco tridimensionale schematico dell'Appennino settentrionale. Il Dominio Toscano è rappresentato in arancio, il Dominio Subligure in giallo ("Unità Canetolo"), il Dominio Ligure in verde, l'Epiligure in marrone e il Dominio Padano-Adriatico in verde chiaro. In blu il confine provinciale. Modificato da Elter (1994) in "Itinerari geologico-ambientali nella Val Trebbia", scala 1:30.000, Regione Emilia-Romagna (2002).



### 3.1.1 STRUTTURE ATTIVE E NEOTETTONICA

L'analisi della sismotettonica dell'Emilia-Romagna, condotta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione, ha messo in evidenza come parte delle strutture sepolte che interessano il riempimento sedimentario Plio-Pleistocenico, siano caratterizzate da attività molto recente ed attuale. Per quanto concerne il territorio comunale di Gazzola, è stato individuato un sovrascorrimento principale riconducibile a strutture tettoniche sepolte e riportato anche nella carta geolitologica del PSC.

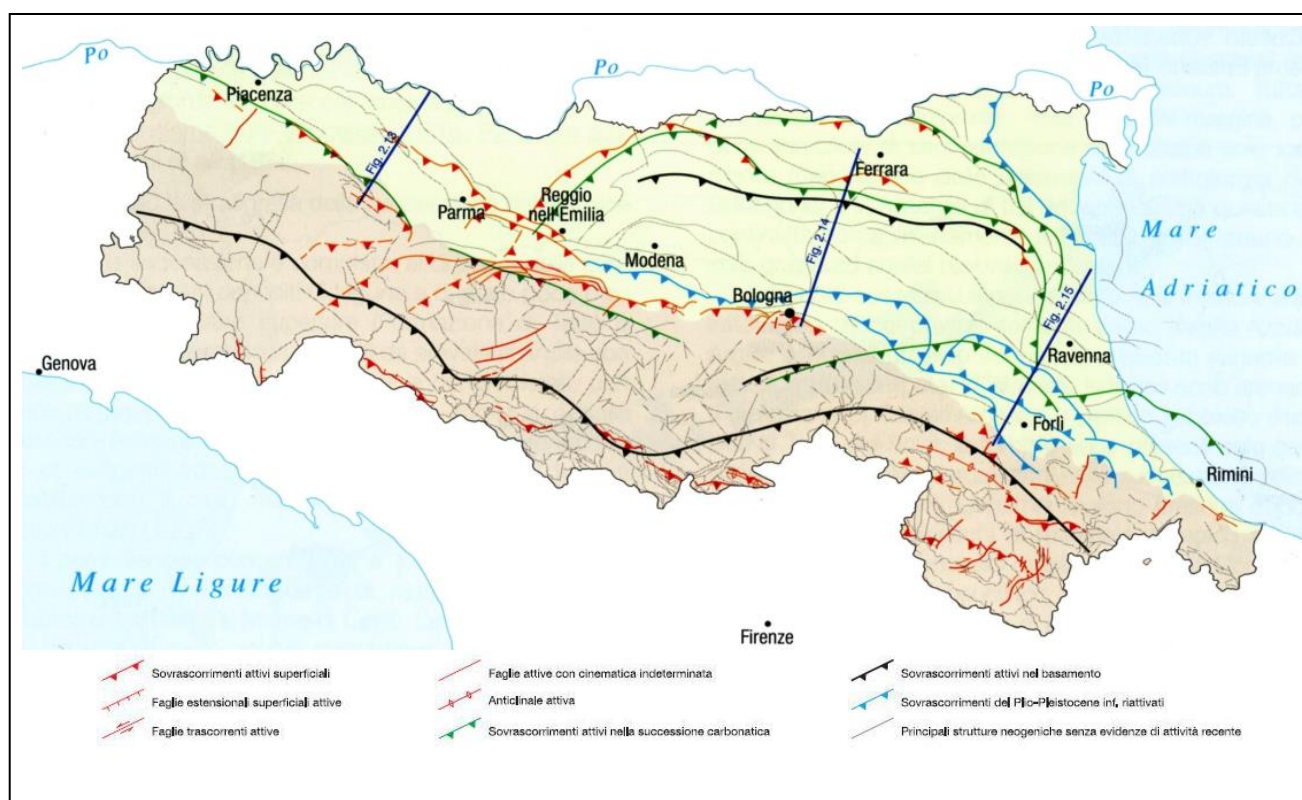


Figura 21: Strutture attive della Regione Emilia-Romagna (Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:250.000 – SGSS Regione Emilia-Romagna a cura di M. Boccaletti e L. Martelli)

Nel territorio comunale di Gazzola è possibile individuare due principali contesti neotettonici tra loro differenti: la porzione settentrionale è situata nell'avanfossa, fortemente deformata nel Pliocene e nel Quaternario; la porzione meridionale, invece, ricade all'interno della catena appenninica, fortemente deformata a seguito di un sollevamento Pliocenico-Quaternario quasi continuo.

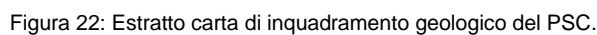
L'area di avanfossa si distingue per l'intenso abbassamento dei bacini asimmetrici longitudinali interposti tra le culminazioni localmente interessate da prevalente sollevamento, con la costituzione di forti deformazioni per faglie, pieghe e sovrascorrimenti. In particolare, le deformazioni hanno interessato in modo vistoso le successioni del Pliocene medio-sup., attenuandosi nel quaternario e diventando praticamente trascurabili (o mal rilevabili) a partire dall'orizzonte a *Hyalinea balthica* (700.000 anni b.p.). La subsidenza media pliocenica (0.4-0.7 mm/a) e quella quaternaria (0.6-0.9 mm/a) sono confrontabili, tuttavia, nel lasso di tempo considerato, il decorso subsidente ha avuto delle blande fluttuazioni nel Pliocene ed un'accelerazione del fenomeno geologico dall'inizio del Quaternario. Tuttora l'area presenta una subsidenza negativa con velocità pari a 0.6 mm/a ed il suo decorso nel tempo sembra avere i caratteri di un fenomeno regolare e relativamente tranquillo.

Altri due contesti neotettonici con evoluzione differente e di minor rilevanza rispetto a quelli appena descritti (zona di avanfossa e di catena appenninica), sono individuabili agli estremi settentrionale e meridionale. Il settore più settentrionale è caratterizzato da una forte deformazione della catena alpina riferibile al Pliocene e Quaternario, con movimenti alternati di sollevamento e di abbassamento ma con tendenza generale al sollevamento. Quello meridionale, invece, è caratterizzato da abbassamenti durante il Pliocene e da sollevamenti nel Pleistocene, in corrispondenza dell'avanfossa che evolve in catena.

### 3.2 ASSETTO STRATIGRAFICO GENERALE

Le unità litologiche e stratigrafiche riscontrabili nel territorio comunale di Gazzola vengono di seguito descritte. In particolare, si riportano i litotipi e le formazioni geologiche sia affioranti che sepolte, comprese entro i limiti amministrativi comunali. La distribuzione areale è rappresentata nella carta geologica del PSC riportata di seguito, mentre la descrizione tipologica riprende quella contenuta nella Legenda Geologica redatta a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.







### 3.2.1 DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI

#### a1 - a2 - Deposito di frana attiva (a1) o quiescente (a2)

*Se attiva: deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto o recenti, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici.*

*Se quiescente: deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti ma con possibilità di riattivazione, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici.*

*La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente e risulta costituita, in prevalenza, da clasti di dimensioni variabili immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.*

#### a3 - Deposito di versante s.l.

*Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo presenta una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili, immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.*

#### a4 - Deposito eluvio-colluviali

*Coltre di materiale detritico, generalmente fine (sabbie, limi e peliti), prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.*

#### b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

*Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (b1a).*

### 3.2.2 SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA DEL MARGINE APPENNINICO PADANO

#### AES - Sintema emiliano-romagnolo Superiore

*Si tratta di un'unità alluvionale, terrazzata di età compresa tra il pleistocene medio e l'Olocene. Dal punto di vista litologico è costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza dei principali apparati fluviali (depositi di conoide e intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con locali intercalazioni sabbioso-ghiaiose nelle aree di interconoide.*

Il Sintema emiliano-romagnolo Superiore risulta suddivisibile in Subsintemi ed Unità.

Di seguito si riporta una sintetica descrizione dei Subsintemi e delle Unità appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore affioranti nel territorio comunale di Gazzola:

#### AES8a – Unità di Modena

*Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intervallivi, terrazzati, e di conoide. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm). Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Olocene.*

#### AES8 – Subsintema di Ravenna

*Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi: depositi intravallivi terrazzati e di conoide ghiaiosa. Limi e limi sabbiosi: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri.*

*Pleistocene superiore - Olocene; post circa 18.000 anni B.P.*

#### AES7 – Subsintema di Villa Verrucchio (Pleistocene superiore)

#### AES7b - Unità di Vignola

*Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intervallivi terrazzati. Il profilo di alterazione presenta uno spessore fino a 1,5-2 m. lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 m. Pleistocene superiore.*

AES7a - Unità di Niviano

*Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 4-5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri; il profilo di alterazione è molto evoluto. Lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri. Pleistocene sup.*

AES3 – Subsintema di Agazzano

*Ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti: depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa; sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie e sabbie, localmente stratificati: depositi di interconoide. I depositi intravallivi sono spesso terrazzati. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri contenenti manufatti del Paleolitico medio. Il suo profilo di alterazione è molto evoluto. Il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche. Spessore variabile da alcuni metri a 25-30 m. Pleistocene medio.*

AES2 – Subsintema di Maiatico

*Ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, localmente cementate: depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa, spesso terrazzati; limi argillosi e sabbie con subordinati livelli di ghiaie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri contenenti manufatti del Paleolitico medio. Il suo profilo di alterazione è molto evoluto. Il contatto di base è generalmente erosivo e discordante su unità più antiche. Lo spessore è variabile da alcuni metri a 30-40 metri. Pleistocene medio.*

CMZ - Sintema di Costamezzana

*Limi, limi sabbiosi e sabbie limose grigio-azzurri, giallo ocracei all'alterazione; frequenti i livelli ricchi in frustoli vegetali ed in sostanza organica. Ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, spesso cementate, grigio-verdastre, ocracee all'alterazione. In corrispondenza dei paleo-apparati fluvio-deltizi maggiori (Tebbia) i depositi grossolani diventano predominanti. Contatto basale erosivo o netto e discordante sulle unità sottostanti. Spessore variabile da alcuni metri a qualche centinaio di metri. Pleistocene inferiore.*

### 3.2.3 SUCCESSIONE EPILEGURE

#### MMP - Marne di Monte Piano

*Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, marne e marne siltose grigie, grigio-verdi, talora rosate, nella parte superiore della successione. Sedimentazione di tipo pelagico. Il limite inferiore è discordante sulle unità liguri. La potenza affiorante è non superiore a 180 m. Eocene medio-sup.: Luteziano – Priaboniano.*

### 3.2.4 UNITÀ LIGURI

#### VLU - Formazione di Val Luretta

*Formazione arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa, suddivisibile, sulla base delle litologie dominanti, in tre membri. Torbiditi di bacino relativamente profondo. Paleocene inf. - Eocene medio.*

#### VLU3 - Membro di Genepreto

*Alternanze di calcari e calcari marnosi grigiobiancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scuri, in strati medi e di argille marnose rosso vinate, o areniti e peliti marnose grigio scuri in set di strati sottili e medi. Passaggio per alternanza a VLU2. Spessore parziale del membro valutabile in 450 m circa. Luteziano.*

#### VLU2 - Membro di Monteventano

*Alternanze decametriche di pacchi di strati medi arenaceo-pelitici (arenarie medie e fini, grigie, talora ricche in frustoli carboniosi e marne siltose nocciola) e di pacchi prevalentemente calcareo marnosi in strati medi e spessi, più frequenti verso il tetto del membro (calcari micritici grigio-biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, con locali intercalazioni di arenarie grigie). Contatto su VLU1. Spessore del membro valutabile in 230 m circa. Thanetiano – Ypresiano.*

#### VLU1 - Membro di Poviago

*Arenarie grigio-nocciola, medie e fini, talora gradate e marne siltose in strati medi e spessi. È stata localmente distinta una litofacies arenaceo-pelitica (VLU1a). Il membro è caratterizzato dalla presenza di banchi di marne rosate, spesso a base calcarenitica (biocalcareni nocciola, grossolane e medie, a Nummuliti e Discocicline) (VLU1b - litofacies marnosa). Spessore del membro valutabile in 450 m circa. Daniano – Thanetiano.*

#### 4 MICROZONAZIONE SISMICA

La disamina della documentazione tecnica fornita dalla Regione, unitamente alla ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, ha consentito sia l'esame delle numerose relazioni geologico-tecniche che l'acquisizione di copia delle indagini geognostiche pregresse eseguite a corredo di varianti agli strumenti urbanistici, di progetti edilizi, di PUA e di opere pubbliche.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS. A tal proposito sia i dati di base che i dati elaborati, sono stati organizzati in formato vettoriale (shapefile).

Tali indagini, unitamente alle informazioni presenti in letteratura ed ai sopralluoghi in sito, hanno permesso di ricostruire il modello geologico delle aree interessate dallo studio di microzonazione sismica.

I dati esistenti sono stati poi integrati mediante progettazione e conseguente esecuzione di una specifica campagna di indagini consistita in:

- n° 40 prove geofisiche di sismica passiva mediante misure di ascolto delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSR a stazione singola. Le misure HVSR sono state condotte utilizzando un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY". Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le 40 registrazioni hanno avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz. Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri delle singole componenti (componente del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni).
  
- n° 13 prospezioni sismiche tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) e/o Re.Mi. (Refraction Microtremor) basate sull'analisi delle onde di superficie secondo metodologia rispettivamente "attiva" (energizzazione) o "passiva" (rumore ambientale).  
Si tratta di tecniche di indagine non invasive che consentono di elaborare il profilo delle onde di taglio attraverso l'analisi delle onde di Rayleigh che giungono ai geofoni disposti secondo stendimenti lineari e poggianti direttamente sulla superficie di campagna.  
Le due tecniche si differenziano per le modalità di energizzazione da cui ne consegue una diversa interpretazione dello spettro acquisito dai sismogrammi e procedure leggermente differenti per l'estrazione della curva di dispersione sperimentale. L'elaborazione dei dati consente la definizione del profilo verticale di velocità delle di taglio (onde S - Vs) e l'acquisizione di utili informazioni sulle caratteristiche geomeccaniche del sottosuolo.

L'acquisizione dei dati è avvenuta tramite un sismografo modulare a 24 bit (Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali) caratterizzato da elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento) ed ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec). In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.

Il sismografo è collegato a geofoni GS20DX, 2.0 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP.

Per le 13 prove sono stati utilizzati stendimenti costituiti da allineamenti di 15-19 geofoni spazati di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.250 ms. L'energizzazione, realizzata a distanze di 5 e 10 metri dal primo geofono, è stata ottenuta con una massa battente di 10 Kg.

Le aree oggetto del presente studio di microzonazione sismica sono state identificate in termini di ambiti territoriali selezionati in riferimento alle zone individuate come territorio urbanizzato ed urbanizzabile suscettibile di trasformazioni urbanistiche secondo quanto indicato dal Piano Strategico Comunale (PSC) approvato con Delibera di Consiglio Comunale n°7 del 20 aprile 2012 e sua Variante 2017.



Gli ambiti territoriali considerati sono i seguenti:

1. GAZZOLA
2. TUNA
3. CANNETO
4. RIVALTA
5. CROARA
6. C.NA RAVIOLA
7. BOSCO DI SOPRA
8. CASTELETTO
9. MOMELIANO
10. TORRAZZO
11. REZZANELLO
12. BOFFALORA
13. MONTE TRAVO-MONTICELLO-CA' DEL GUERRA

Di seguito si riportano le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche degli ambiti territoriali considerati, con riferimento alla descrizione della Relazione Illustrativa – Fattibilità Geologica per le azioni di Piano del PSC 2012 e variante 2017 relativa al contesto in cui sono inseriti.

## 4.1 GAZZOLA (ambito n. 1)

### 4.1.1 Assetto geologico e geomorfologico

L'abitato di Gazzola ricade in un settore impostato nei depositi alluvionali molto antichi che costituiscono il ripiano inferiore del sistema terrazzato "prewürmiano" del pedemonte; si tratta di depositi attribuibili alle unità del Subsistema di Villa Verrucchio (AES7) e in subordine al Subsistema di Ravenna (AES8). L'ossatura di tale ripiano è costituita da prevalenti ghiaie ad elementi calcarei, arenacei ed ofiolitici, alquanto alterate ed immerse in una matrice limoso-sabbiosa, che nei livelli profondi risultano variamente cementate ed interessate spesso dalla presenza di intercalazioni sabbioso-limose. Tali depositi ghiaiosi sono ricoperti in superficie da uno strato (talora discontinuo) di materiali limosi bruno o bruno-giallastri (di probabile natura loessica) dello spessore di almeno 1-2 m.

Dal punto di vista litostratigrafico il substrato è costituito quindi da depositi incoerenti prevalentemente ghiaiosi immersi in abbondante matrice limoso-sabbiosa, ricoperti da una coltre di materiali limosi da compatti a molto compatti dello spessore di qualche metro. I depositi limosi di copertura sono di per sé dotati di buone caratteristiche geotecniche, ma, in caso di impregnazione idrica, possono perdere di consistenza e peggiorare sensibilmente il loro comportamento geomeccanico.

Sotto il profilo morfologico l'area risulta subpianeggiante, debolmente immergente verso NE, dove il ripiano risulta delimitato da una blanda scarpata morfologica affacciata ad un corso d'acqua minore affluente del Rio Gandore, che si è impostato in corrispondenza di un antico tracciato del T. Luretta, abbandonato in seguito per effetto delle divagazioni del torrente. Ai margini sudorientali dell'abitato, il tracciato del paleoalveo risulta evidenziato da una morfologia blandamente conchiforme.

L'idrografia dell'area, oltre ai canali della rete irrigua e di scolo, è caratterizzata dal Rio Gazzola, nel settore NW dell'abitato, e dall'affluente minore del Rio Gandore, ad E. Ai margini del territorio urbanizzato sono inoltre presenti alcuni piccoli invasi artificiali ad uso irriguo.

Dal punto di vista idrogeologico, la falda freatica ha soggiacenza superiore a 10 m dal p.c.

La vulnerabilità idrogeologica dell'area è nel complesso medio-bassa, in ragione della soggiacenza della falda e della presenza di una coltre di copertura costituita da depositi limosi, a bassa permeabilità, anche se localmente discontinua.

#### Pericolosità sismica locale

L'ambito territoriale in esame ricade in un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (presenza di depositi alluvionali terrazzati).

#### 4.1.2 Indagini pregresse

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo informazioni dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente da Geotest S.r.l. o dall'Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola.

Nel dettaglio, le indagini raccolte, sono costituite da n. 4 stratigrafie di pozzi per acqua, n. 2 prove penetrometriche statiche CPT, n. 2 prove penetrometriche dinamiche e da indagini geofisiche tipo MASW (n. 1).

#### 4.1.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS

L'ubicazione spaziale delle indagini di nuova esecuzione è stata predisposta al fine di una caratterizzazione territoriale complessiva e rappresentativa. Allo scopo di ottenere, per l'areale considerato, una copertura informativa completa, il programma di indagini è stato redatto successivamente alla disamina delle prove geotecniche pregresse (verificando preventivamente l'affidabilità delle stesse) nonché l'individuazione di edifici strategici e/o di interesse comunitario.

Pertanto, come già introdotto, in base alla densità dei dati provenienti da indagini geotecniche in sito e considerando il grado di "complessità" geologica e geotecnica dell'area, nel presente Studio di MS si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di n. 2 prove MASW e n. 6 analisi dei microtremori HVSr.

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 e/o della VsH.

Per quanto riguarda le analisi dei microtremori, l'ubicazione è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle frequenze; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della frequenza fondamentale del sito. I valori numerici di  $f_0$  sono riportati in carta utilizzando il colore rosso e rappresentazione mediante cerchi il cui diametro è proporzionale all'ampiezza del picco di risonanza; nei siti in cui sono stati individuati 2 picchi chiari nei rapporti H/V il valore numerico della seconda frequenza è stata riportata in carta utilizzando il colore blu ed indicata in tabella come  $f_1$ .

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)         | $f_1$ (Hz) |
|----------|--------------------|------------|
| HVSR 23  | $f_0 = 6.7$ (2.9)  |            |
| HVSR 24  | $f_0 = 13$ (3.3)   |            |
| HVSR 25  | $f_0 = 12.7$ (2.8) |            |
| HVSR 26  | $f_0 = 11.9$ (3.0) |            |
| HVSR 27  | $f_0 = 6.9$ (4.1)  |            |
| HVSR 32  | $f_0 = 6.2$ (4.1)  |            |

Tabella 5: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.1.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Dai profili di velocità delle onde "S", risulta come la copertura fine più superficiale, caratterizzata da valori di  $V_s$  inferiore a 200 m/s, abbia spessore di circa 2/3 metri.

Oltre a tale profondità, fino a circa 5/10 metri, le velocità aumentano in corrispondenza di materiale leggermente più compatto.

Un incremento netto nei valori di velocità si registra oltre i 5/10 metri in corrispondenza di materiale prevalentemente ghiaioso, con possibili intercalazioni fini, ben addensato.

Il "Bedrock" sismico non è stato individuato entro i primi 35 metri.

Le due prove MASW hanno consentito di calcolare i valori di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. Considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 30 m per entrambe le prove, si ottengono i seguenti risultati:

MASW 9 :  $V_sH = 420$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**  
MASW 10 :  $V_sH = 367$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

Alle indagini MASW di neo esecuzione, si affiancano le sei prove HVSR di cui segue l'interpretazione. Le prove n. 24, 25 e 26 (ubicate nel settore sud-est dell'area identificante l'ambito in esame) presentano un andamento molto simile tra loro, con frequenza di risonanza compresa nell'intervallo 12-13 Hz. Tali frequenze indicano spessori della coltre di copertura modesti (inferiori a 5 metri).

Le prove n. 23, 27 e 32 (caratterizzanti la porzione occidentale e più settentrionale dell'areale), segnalano, viceversa, frequenze inferiori collocabili fra i 6 e i 7 Hz. Tali frequenze indicano spessori della coltre di copertura maggiori (7-9 metri).

I valori del rapporto H/V, localmente piuttosto elevati, indicano forti contrasti d'impedenza sismica.

Per quanto riguarda i fattori di amplificazione dell'area, come per tutti gli altri ambiti, è stata effettuata una stima mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa **21 Dicembre 2015, n. 2193/2015** *"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"*.

I FA sono relativi a due parametri rappresentativi dello scuotimento sismico. Il primo è l'accelerazione di picco orizzontale (PGA), il secondo è l'intensità spettrale:

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

dove PSV è il pseudo-spettro di risposta in velocità,  $T_0$  è il periodo proprio e  $\xi$  è lo smorzamento.

È 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 :  $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$

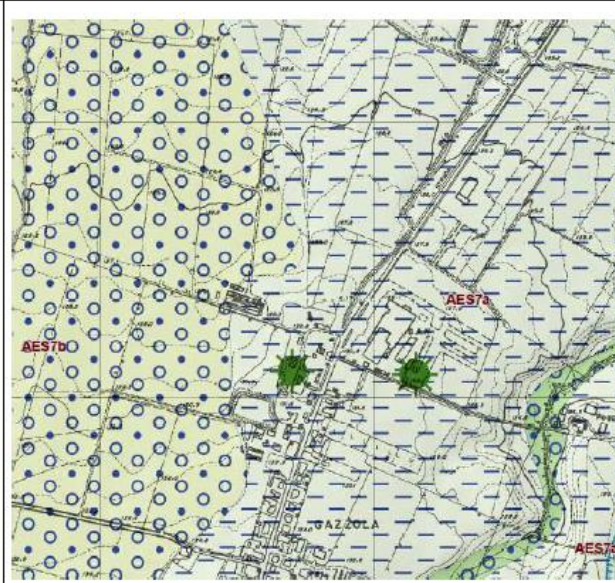
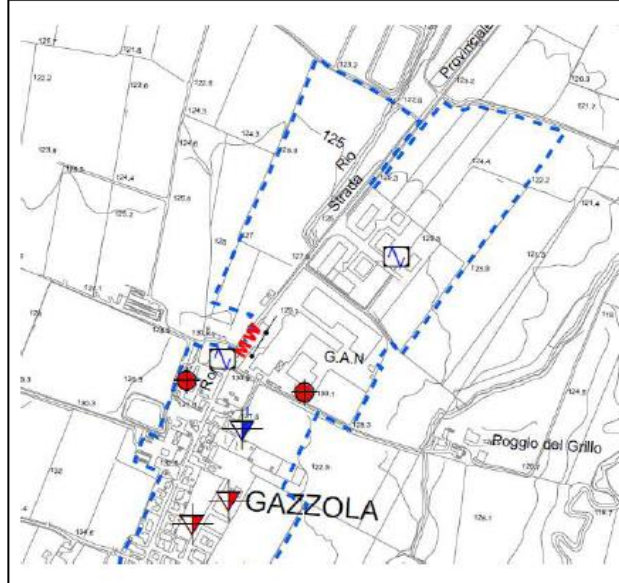
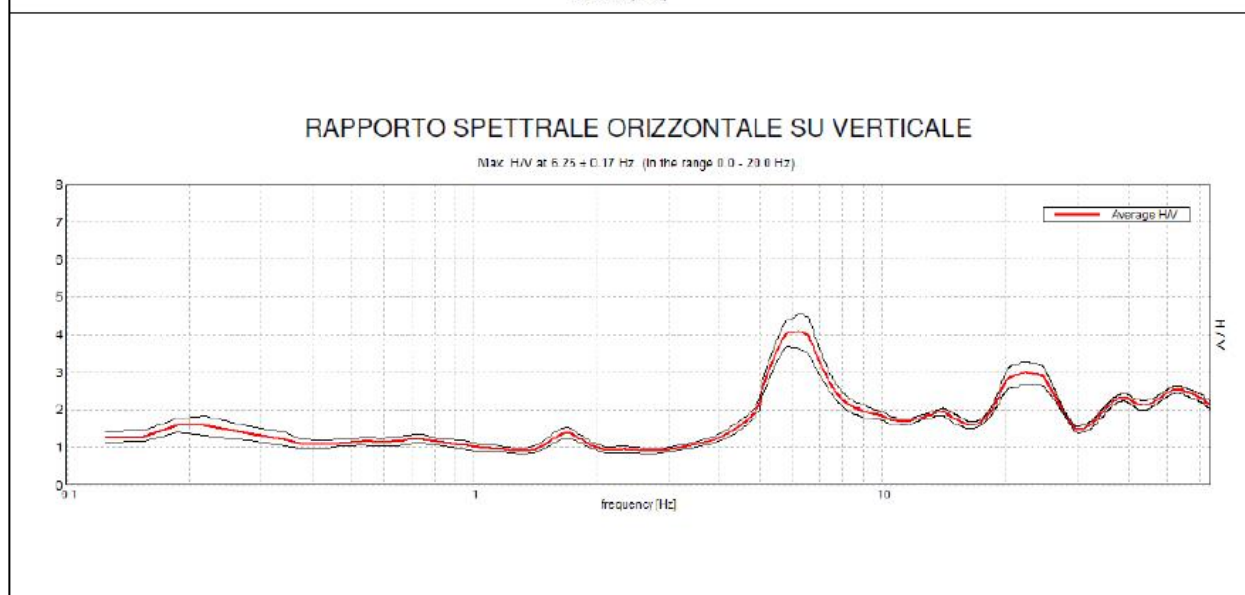
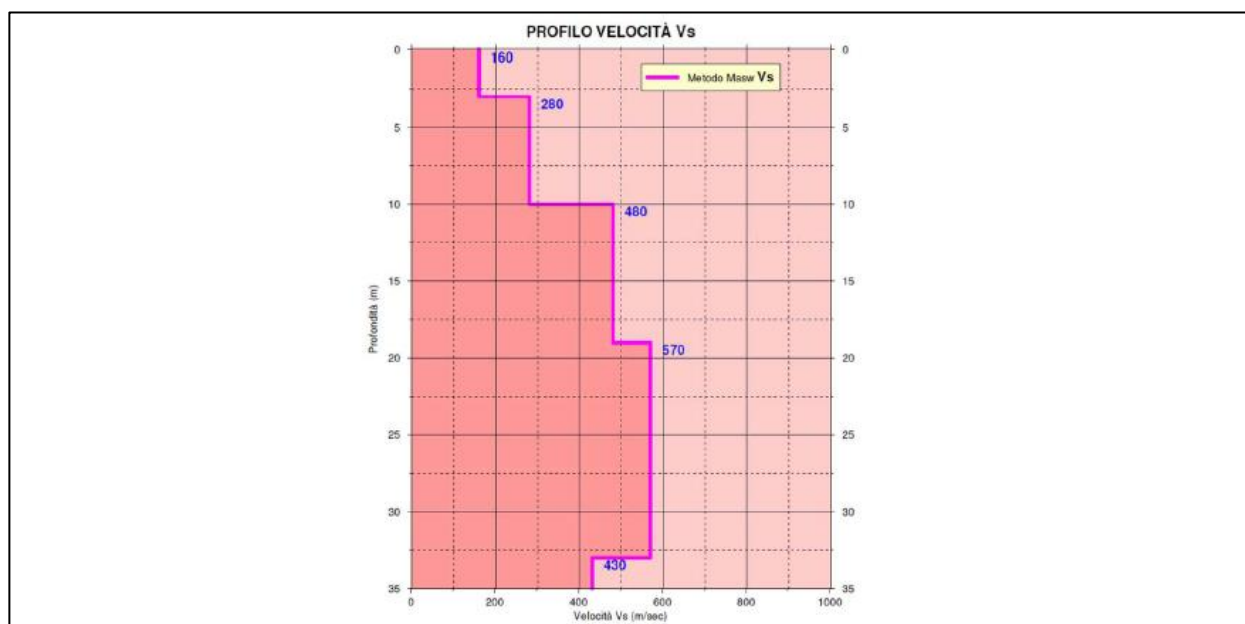
SI3 :  $0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$

Nel caso specifico, per il calcolo dei fattori di amplificazione  $F_{PGA}$ , FASI1  $0.1-0.5s$  e FASI2  $0.5-1s$ , sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Pianura 2**.

Non si è considerato il fattore d'amplificazione FASI3  $0.5-1.5s$  in quanto ritenuto poco significativo per il territorio del comune di Gazzola.

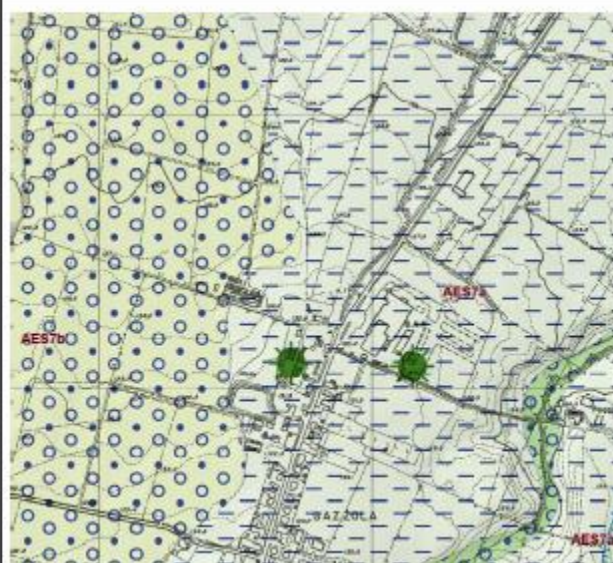
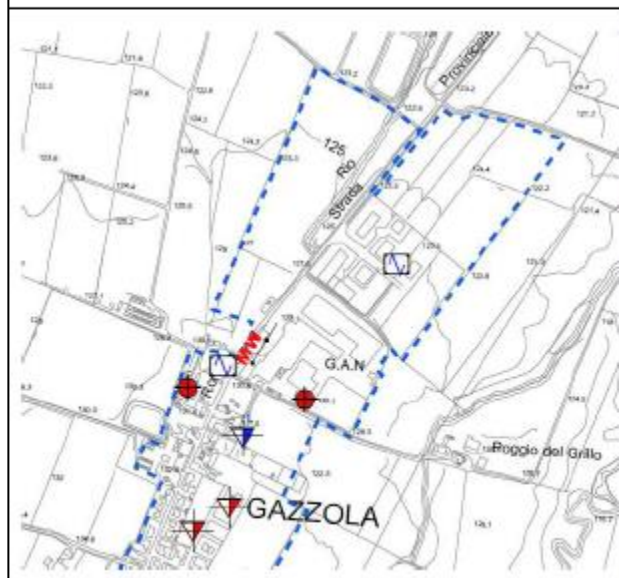
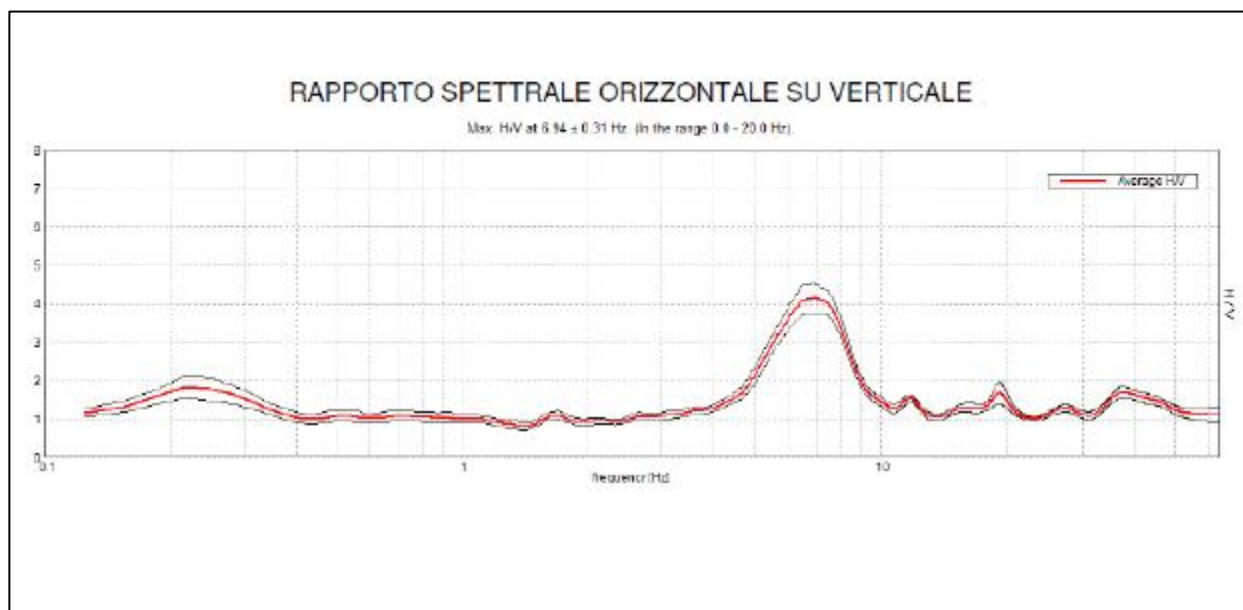
Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  $F_{PGA} = 1,5 - FASI1_{0.1-0.5s} = 1,6 \div 1,65 - FASI1_{0.5-1s} = 2,0 \div 2,05$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti all'interno dell'area del capoluogo di Gazzola, sono state realizzate n. 4 schede comprensive dei profili di velocità delle onde di taglio VS e dei diagrammi del rapporto spettrale H/V ricavati dalle indagini sismiche realizzate ex-novo.

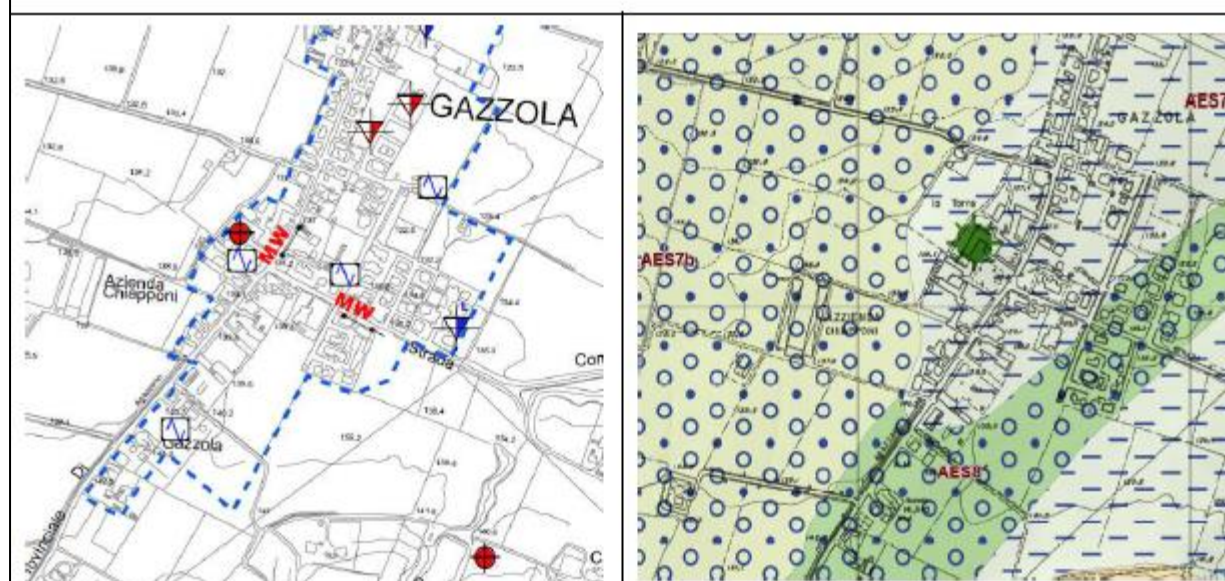
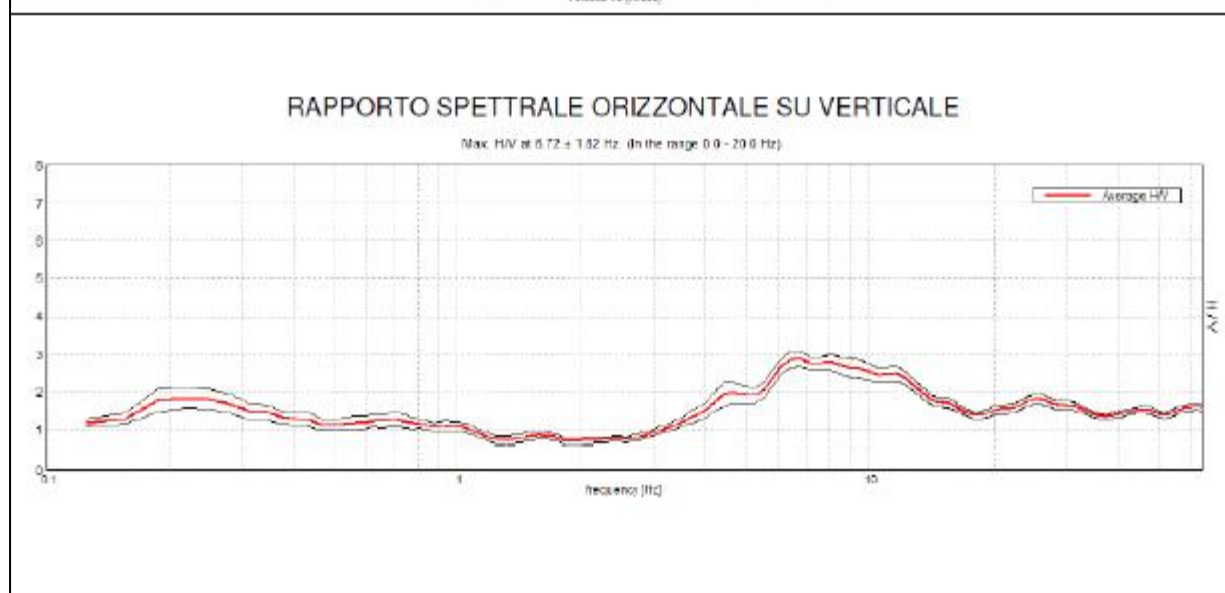
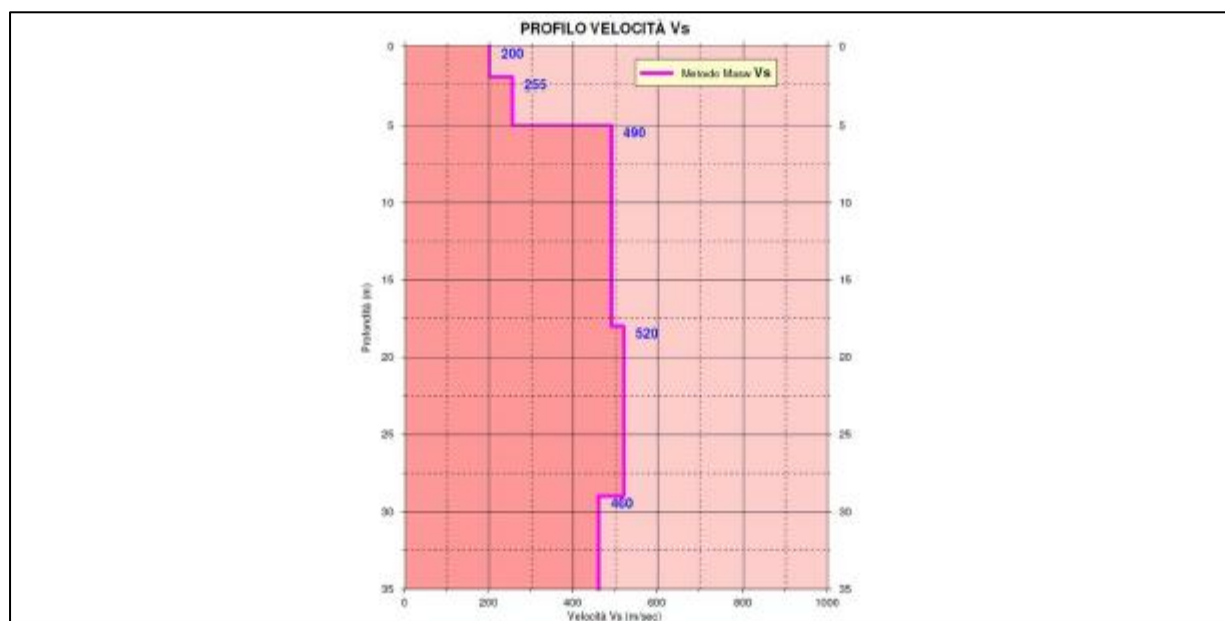


Scheda riassuntiva Ambito 1 (Gazzola Nord)



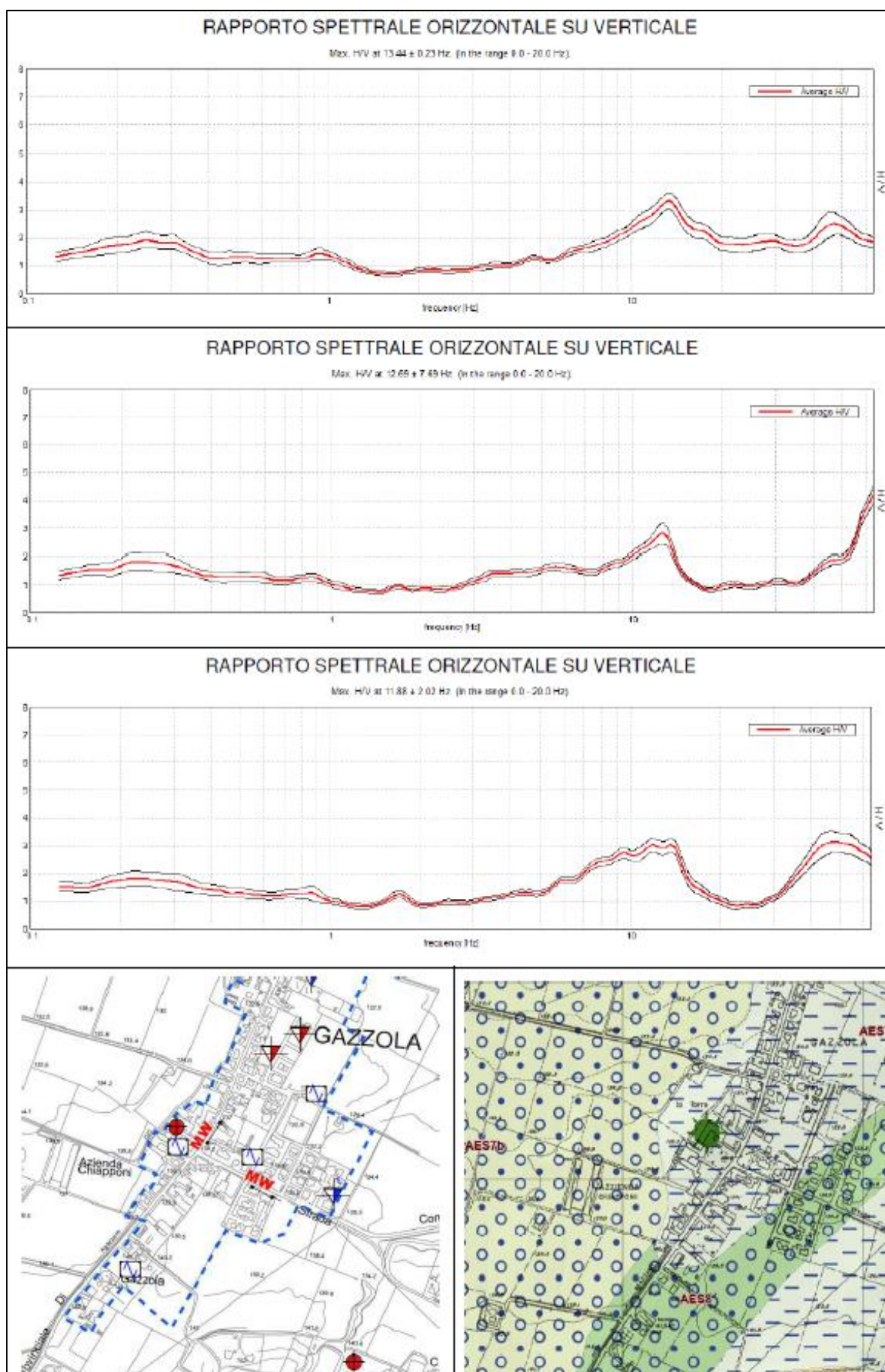


Scheda riassuntiva Ambito 1 (Gazzola Nord)



Scheda riassuntiva Ambito 1 (Gazzola Sud)





Scheda riassuntiva Ambito 1 (Gazzola Sud)

## 4.2 TUNA (ambito n. 2)

### 4.2.1 Assetto geologico e geomorfologico

L'abitato di Tuna ricade in un settore impostato nei depositi alluvionali medio-antichi dell'Olocene, riconducibili a depositi di conoide ghiaiosa, attribuibili alle unità del Subsistema di Ravenna (AES8). L'ossatura di tale ripiano è costituita da depositi caratterizzati da successioni di ghiaie prevalentemente a matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colore variabile da bruno a bruno-giallastro scuro, talora bruno-grigiastro scuro.

Sotto il profilo morfologico l'area si presenta subpianeggiante con quote che decrescono blandamente andando verso NNE; verso W una rottura di pendenza segna il passaggio ai depositi alluvionali recenti dell'Olocene dell'area ex-golenale del Trebbia, fissati dalla vegetazione.

L'ambito territoriale non è interessato da corsi d'acqua significativi, se si esclude il Rio Vescovo Contrebbia che corre circa parallelo alla strada per Statto per poi dirigersi verso l'agglomerato di Cà dei Guanti; per il resto sono presenti solo canali minori della rete irrigua e di scolo. Nella zona ad E dell'abitato sono presenti alcuni laghetti artificiali. La superficie della falda freatica è posta a profondità superiore ai 5 m dal p.c. (da misurazioni in pozzi presenti nella zona di interesse in data sett.- ott. '77, mag.- giu. '78, giu. '06).

La vulnerabilità idrogeologica dell'area è nel complesso alta, in ragione della ridotta soggiacenza della falda e della presenza di un substrato costituito da depositi ghiaiosi prevalenti, sebbene in matrice limoso-sabbiosa, cui è possibile attribuire un grado di permeabilità medio-alto.

Il ripiano in cui si colloca l'area in esame, sub-pianeggiante e privo di evidenti irregolarità morfologiche, risulta dotato di ottime caratteristiche di stabilità.

Dal punto di vista litologico il substrato è impostato in depositi incoerenti costituiti da ghiaia e ciottoli poligenici ed eterometrici immersi in matrice sabbiosa leggermente limosa, talora ricoperti da una coltre limoso-argillosa di spessore comunque in genere non rilevante.

#### Pericolosità sismica locale

L'ambito territoriale in esame ricade in un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (presenza di depositi alluvionali terrazzati).

#### 4.2.2 Indagini pregresse

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo informazioni dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente da Geotest S.r.l. o dall'Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola.

Le indagini pregresse disponibili nell'area sono le seguenti: n. 4 stratigrafie di pozzi per acqua, n. 2 trincee esplorative (ubicate in adiacenza all'ambito in esame), n. 1 prova penetrometrica statica CPT, ed indagini geofisiche tipo MASW (n. 1) e HVSR (n. 1).

#### 4.2.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS

L'ubicazione spaziale delle indagini di nuova esecuzione è stata predisposta al fine di una caratterizzazione territoriale complessiva e rappresentativa. Allo scopo di ottenere, per l'areale considerato, una copertura informativa completa, il programma di indagini è stato redatto successivamente alla disamina delle prove geotecniche pregresse (verificando preventivamente l'affidabilità delle stesse) nonché l'individuazione di edifici strategici e/o di interesse comunitario.

Pertanto, come già introdotto, in base alla densità dei dati provenienti da indagini geotecniche in sito e considerando il grado di "complessità" geologica e geotecnica dell'area, nel presente Studio di MS si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di n. 1 prova MASW e n. 4 analisi dei microtremori HVSR.

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 e/o della VsH.

Per quanto riguarda le analisi dei microtremori, l'ubicazione è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle frequenze; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della frequenza fondamentale del sito. I valori numerici di  $f_0$  sono riportati in carta utilizzando il colore rosso e rappresentazione mediante cerchi il cui diametro è proporzionale all'ampiezza del picco di risonanza; nei siti in cui sono stati individuati 2 picchi chiari nei rapporti H/V il valore numerico della seconda frequenza è stata riportata in carta utilizzando il colore blu ed indicata in tabella come  $f_1$ .

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.



Per la descrizione della metodologia d'indagine, della strumentazione utilizzata e dei software di elaborazione dei dati acquisiti, si rimanda alla descrizione contenuta negli allegati.

| Indagine | $f_0$ (Hz)         | $f_1$ (Hz)        |
|----------|--------------------|-------------------|
| HVSR 30  | $f_0 = 9.2$ (7.1)  |                   |
| HVSR 31  | $f_0 = 9.4$ (3.0)  |                   |
| HVSR 33  | $f_0 = 14.6$ (2.3) | $f_1 = 7.5$ (2.2) |
| HVSR 36  | $f_0 = 8.7$ (3.3)  |                   |

Tabella 6: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.2.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Dai profili di velocità delle onde "S", risulta che la copertura fine più superficiale, caratterizzata da valori di  $V_s$  inferiore a 200 m/s, abbia spessore di circa 2 metri.

Oltre a tale profondità, fino a circa 5 metri, le velocità aumentano segnalando la presenza di materiale leggermente più compatto.

Un incremento netto nei valori di velocità si osservano oltre i 5 metri in corrispondenza di materiale ghiaioso molto compatto con probabile presenza di livelli conglomeratici.

Il "Bedrock" sismico è stato individuato a 9 metri dal p.c.

La prova MASW ha consentito di calcolare i valori di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. Considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 9 m si ottiene il seguente risultato:

MASW 12 :  $V_sH = 368$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

All'indagine MASW di neo esecuzione, si affiancano quattro prove HVSR le quali presentano un andamento piuttosto simile.

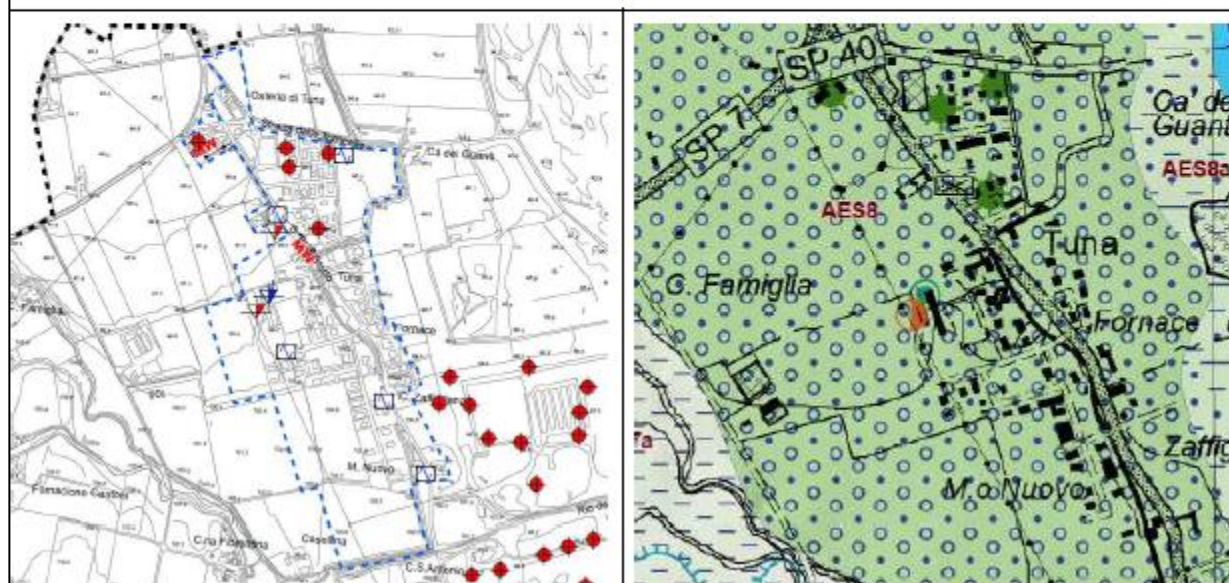
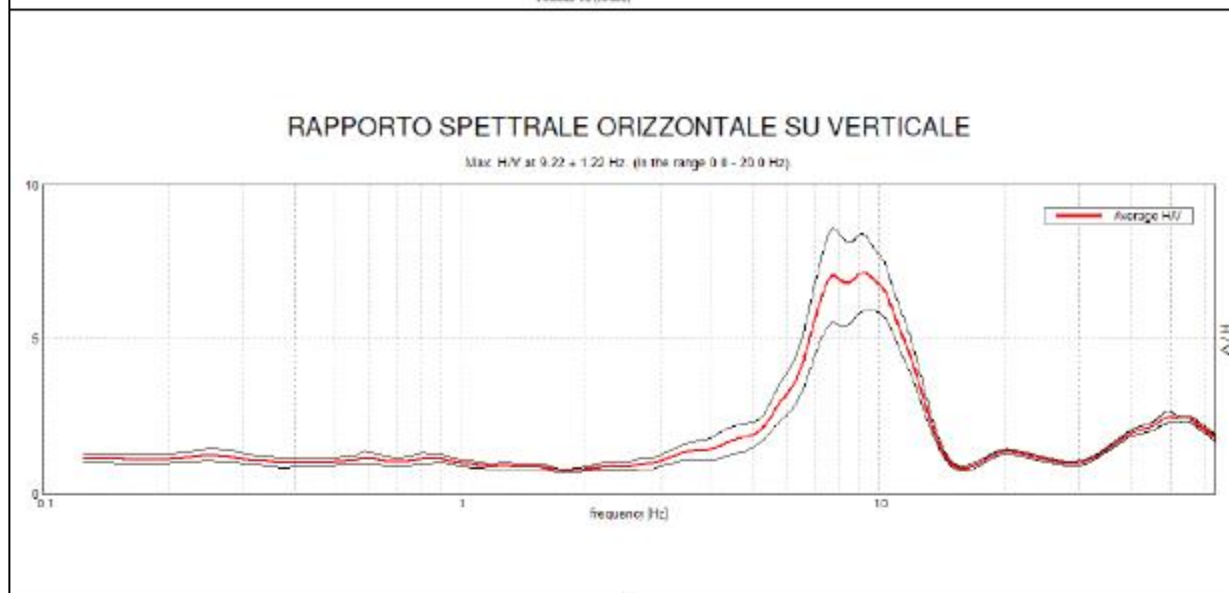
La frequenza di risonanza si imposta su valori intorno ai 9 Hz indicando spessori della coltre di copertura modesti (inferiori a 5 metri).

I valori del rapporto H/V, risultano piuttosto elevati indicano significativi contrasti d'impedenza sismica.

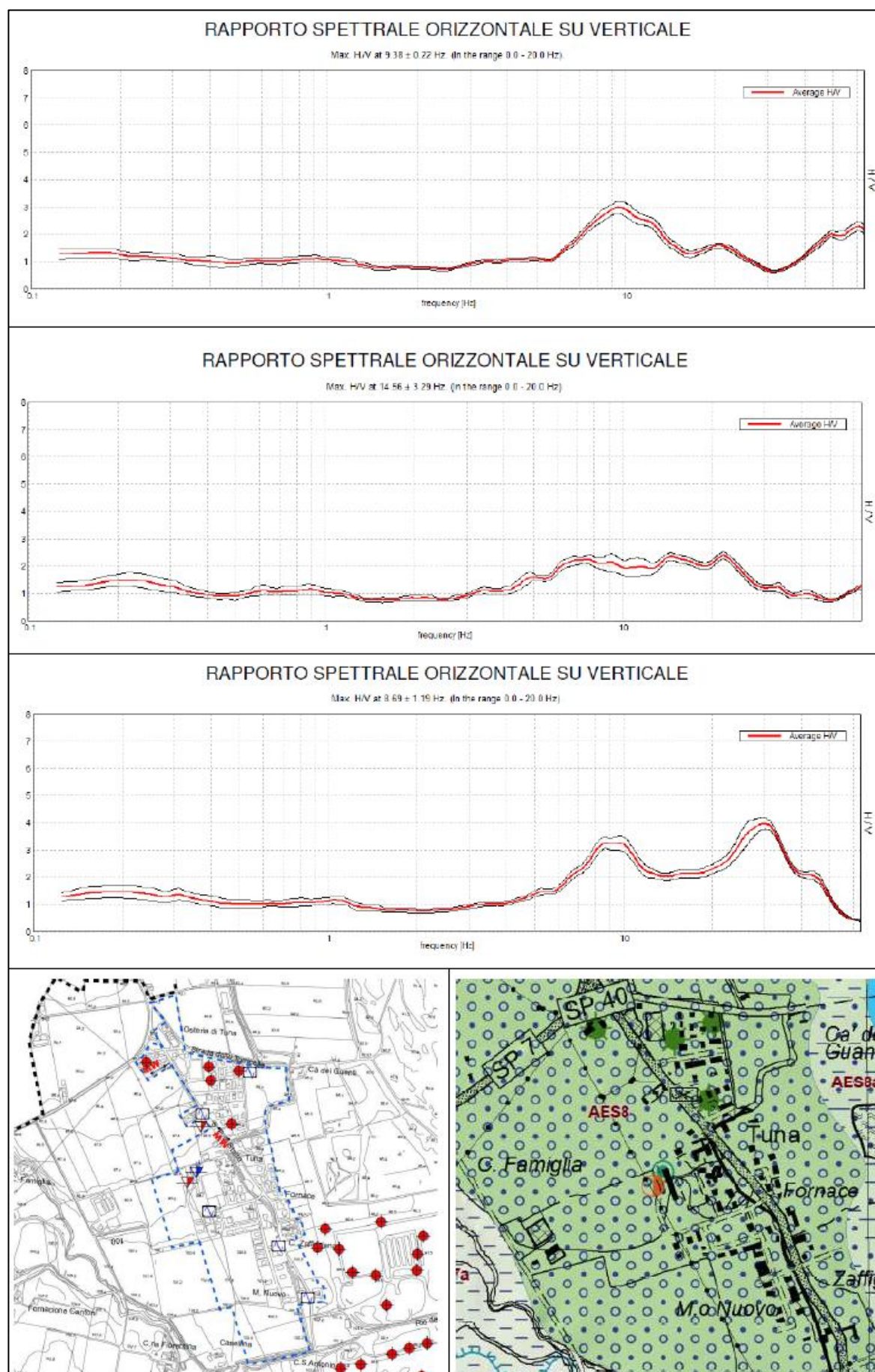
Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Pianura 2**.

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  $F_{APGA} = 1,5$  – FAS11  $0,1-0,5S = 1,6$  – FAS11  $0,5-1S = 2,0$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti all'interno dell'area di Tuna, sono state realizzate n. 2 schede riportanti il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  ed i diagrammi del rapporto spettrale H/V ricavati dalle indagini sismiche realizzate ex-novo.



Scheda riassuntiva Ambito 2 (Tuna)



Scheda riassuntiva Ambito 2 (Tuna)



### 4.3 CANNETO (ambito n. 3)

#### 4.3.1 Assetto geologico e geomorfologico

Gli agglomerati di Canneto ricadono in un settore impostato nei depositi alluvionali molto antichi che costituiscono il ripiano inferiore del sistema terrazzato “prewürmiano” del pedemonte.

Trattasi di depositi attribuibili all'unità di Niviano del Subsistema di Villa Verrucchio (AES7) per Canneto di Sopra e, verso E, dei depositi alluvionali medio-antichi dell'Olocene riconducibili a depositi di conoide ghiaiosa attribuibili al Subsistema di Ravenna (AES8) per Canneto di Sotto.

La transizione tra AES7 e AES8 non risulta tuttavia segnata da chiare evidenze morfologiche. L'ossatura del substrato nei ripiani più antichi è costituita da prevalenti ghiaie ad elementi calcarei, arenacei ed ofiolitici, alquanto alterate ed immerse in una matrice limoso-sabbiosa, che nei livelli profondi risultano variamente cementate ed interessate spesso dalla presenza di intercalazioni sabbioso-limose. Tali depositi ghiaiosi sono ricoperti in superficie da uno strato (talora discontinuo) di materiali limosi bruno o bruno-giallastri (di probabile natura loessica) dello spessore di almeno 1-2 m.

Nei ripiani più recenti il substrato è costituito da successioni di ghiaie prevalentemente a matrice limosa o limoso-sabbiosa, ricoperte in superficie da una coltre limoso-argillosa di colore variabile da bruno a bruno-giallastro scuro, talora brunogrigiastro scuro.

Sotto il profilo morfologico l'area si presenta subpianeggiante con quote che decrescono blandamente andando verso NE. L'area in esame non è interessata da corsi d'acqua significativi: oltre ai canali della rete irrigua e di scolo, si segnala il Canale Comune, di competenza del Consorzio di Bonifica Tidone-Trebbia, che attraversa l'ambito territoriale in esame. Vi sono inoltre laghetti artificiali ad uso ricreativo localizzati a valle di Canneto di sotto, all'interno dei ripiani dell'ex golena del f. Trebbia. Al margine NW del nucleo di Canneto di sopra è inoltre presente un piccolo invaso artificiale ad uso irriguo.

La superficie della falda freatica è in genere posta a profondità superiore ai 10 m dal p.c. (da misurazioni in pozzi presenti nella zona di interesse in data sett.- ott. '77, mag.- giu. '78, giu. '06); solo nella fascia di territorio di pertinenza di Canneto di sotto la soggiacenza della falda si riduce per effetto del raccordo con le acque di subalveo del F. Trebbia. A tale assetto idrogeologico corrisponde una vulnerabilità nel complesso alta nei ripiani più antichi ed elevati, che diventa elevata nella fascia dei ripiani più prossimi all'alveo del F. Trebbia, in ragione della ridotta soggiacenza della falda.

La morfologia dell'ambito territoriale in esame è caratterizzata da una blanda acclività e dall'assenza di irregolarità morfologiche, a testimonianza di ottime caratteristiche di stabilità.

Dal punto di vista litologico la locale superficie alluvionale è impostata in depositi incoerenti costituiti da ghiaia e ciottoli molto alterati immersi in abbondante matrice limoso-sabbiosa, in genere ricoperti da una coltre limosa di spessore alquanto variabile.

### Pericolosità sismica locale

L'ambito territoriale in esame ricade in un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (presenza di depositi alluvionali terrazzati).

#### **4.3.2 Indagini pregresse**

Per quanto concerne l'ambito territoriale "Canneto", dalla ricerca bibliografica e d'archivio non sono emerse indagini pregresse condotte entro il perimetro delimitante l'ambito stesso; tuttavia, si dispone di tre stratigrafie di pozzi per acqua ubicati nelle vicinanze della località in oggetto.

#### **4.3.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS**

L'ubicazione spaziale delle indagini di nuova esecuzione è stata predisposta al fine di una caratterizzazione territoriale complessiva e rappresentativa. Allo scopo di ottenere, per l'areale considerato, una copertura informativa completa, il programma di indagini è stato redatto successivamente alla disamina delle prove geotecniche pregresse (verificando preventivamente l'affidabilità delle stesse) nonché l'individuazione di edifici strategici e/o di interesse comunitario.

Pertanto, come già introdotto, in base alla densità dei dati provenienti da indagini geotecniche in sito e considerando il grado di "complessità" geologica e geotecnica dell'area, nel presente Studio di MS si è ritenuto opportuno integrare i dati pregressi mediante la realizzazione di n. 1 prova MASW e n. 3 analisi dei microtremori HVSr.

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 e/o della VsH.

Per quanto riguarda le analisi dei microtremori, l'ubicazione è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle frequenze; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della frequenza fondamentale del sito. I valori numerici di  $f_0$  sono riportati in carta utilizzando il colore rosso e rappresentazione mediante cerchi il cui diametro è proporzionale all'ampiezza del picco di risonanza; nei siti in cui sono stati individuati 2 picchi chiari nei rapporti H/V il valore numerico della seconda frequenza è stata riportata in carta utilizzando il colore blu ed indicata in tabella come  $f_1$ .

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.



| Indagine | $f_0$ (Hz)         | $f_1$ (Hz) |
|----------|--------------------|------------|
| HVSR 28  | $f_0 = 10.2$ (3.0) |            |
| HVSR 29  | $f_0 = 20$ (2.6)   |            |
| HVSR 35  | $f_0 = 11.9$ (3.2) |            |

Tabella 7: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.3.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Dal profilo di velocità delle onde "S", risulta che la copertura fine più superficiale e poco addensata, caratterizzata da valori di  $V_s$  inferiore a 300 m/s, abbia spessore di circa 3 metri.

Oltre a tale profondità, fino a circa 8 metri, le velocità aumentano in corrispondenza di materiale leggermente più compatto e caratterizzato da una percentuale più elevata nella componente attritiva dei costituenti (sabbia e ghiaia).

Un incremento netto nei valori di velocità, si registra oltre gli 8 metri di profondità per la presenza di materiale prevalentemente ghiaioso, molto compatto ed addensato, con la probabile presenza di livelli conglomeratici.

Il "Bedrock" sismico è stato individuato a circa 27 metri di profondità dal p.c.

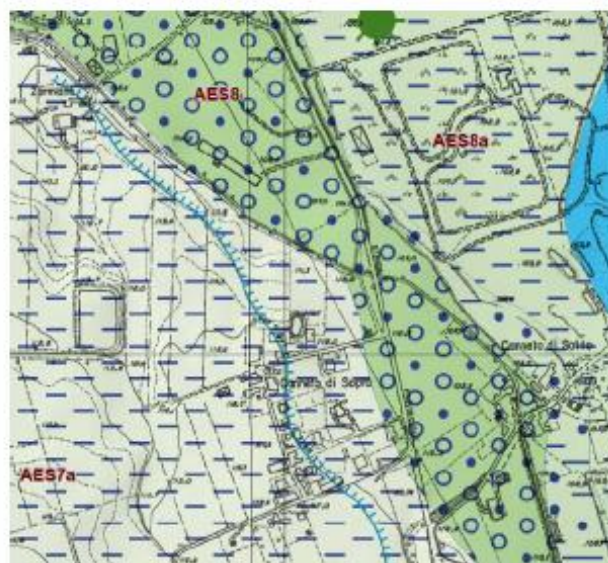
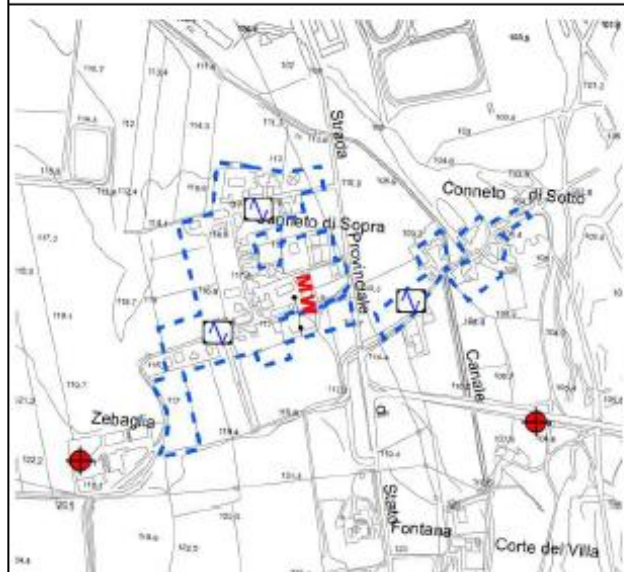
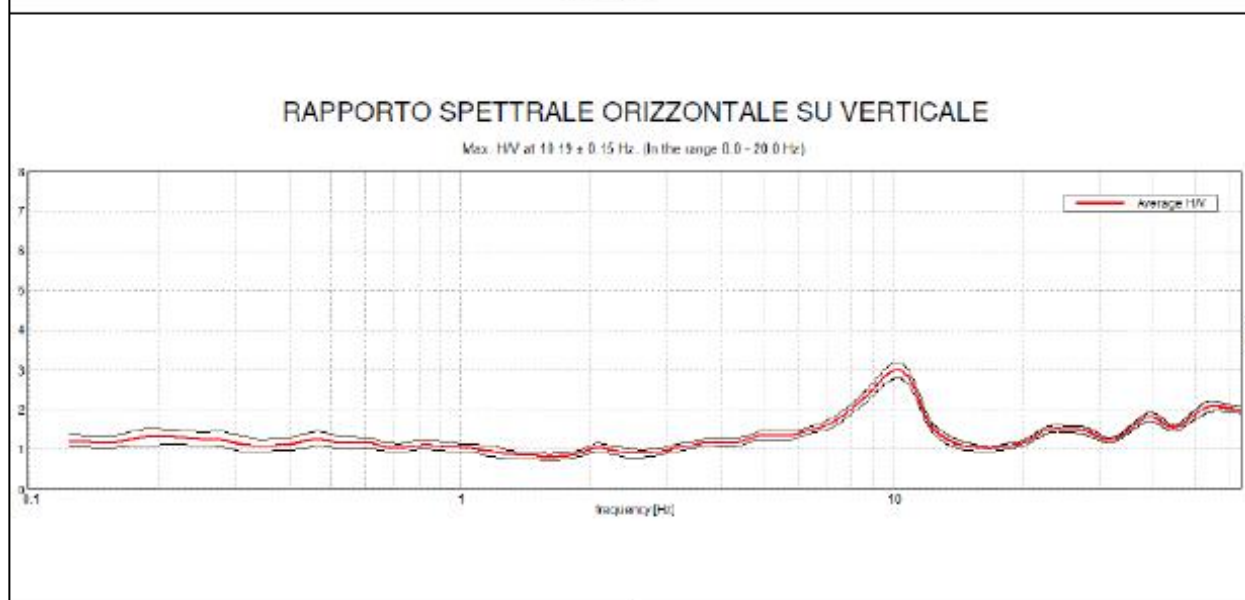
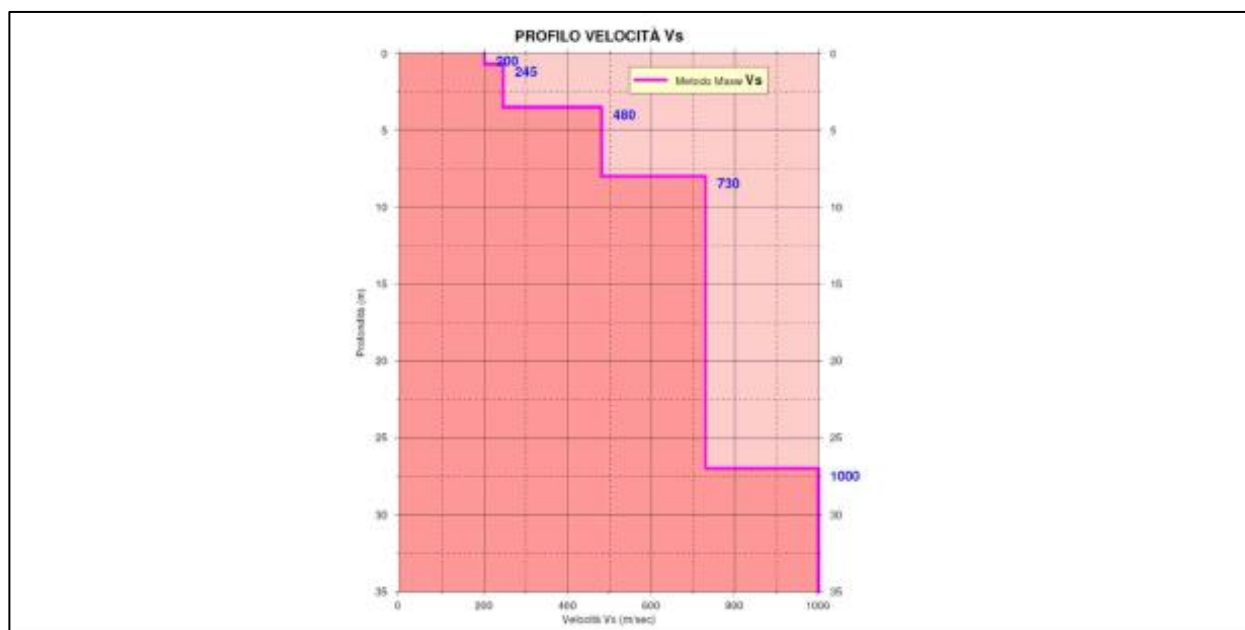
La prova MASW ha consentito di calcolare i valori di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. Considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 27 m, si ottiene il seguente risultato:

MASW 11 :  $V_sH = 523$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

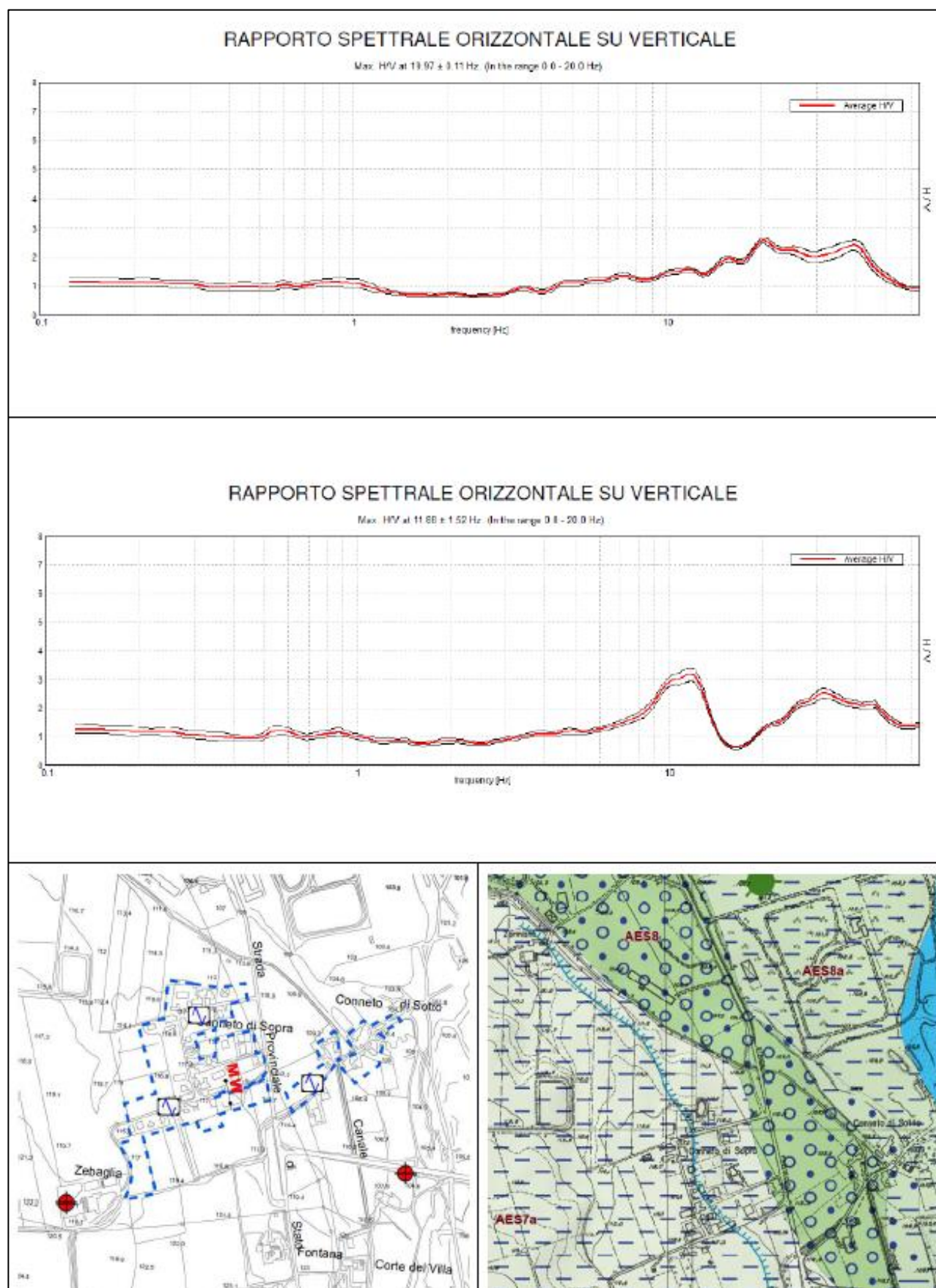
All'indagine MASW di neo esecuzione, sono state affiancate quattro prove HVSR dalle quali si evince che lo spessore della coltre di copertura sia modesto (inferiore a 5 metri). In particolare, le prove n. 28 e 35 (Canneto di Sopra) presentano frequenza di risonanza con valori compresi nell'intervallo 10-12 Hz, la prova n. 29 (Canneto di Sotto) ha frequenza di risonanza intorno a 20 Hz (a cui corrisponde un contrasto di impedenza acustica più superficiale). I valori del rapporto H/V, essendo piuttosto elevati, indicano significativi contrasti d'impedenza sismica nella successione stratigrafica.

Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Pianura 1**.  
Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  
 $F_{PGA} = 1,5 - FASl1_{0.1-0.5S} = 1,6 - FASl1_{0.5-1S} = 2,0$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti all'interno della frazione di Canneto, sono state realizzate due schede riportanti il profilo di velocità delle onde di taglio VS ed i diagrammi del rapporto spettrale H/V ricavati dalle indagini sismiche realizzate ex-novo.



Scheda riassuntiva Ambito 3 (Canneto)



Scheda riassuntiva Ambito 3 (Canneto)



#### **4.4 RIVALTA (ambito n. 4)**

##### **4.4.1 Assetto geologico e geomorfologico**

L'ambito territoriale di Rivalta si colloca a cavallo della fascia di transizione tra il ripiano dell'alveo attuale e recente del F. Trebbia e il terrazzo più elevato del sistema terrazzato "prewürmiano" del pedemonte (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore).

Tale transizione è segnata quindi dal succedersi di ripiani delimitati da scarpate più o meno acclivi, allungate circa parallelamente all'adiacente fondovalle del Trebbia. È possibile riconoscere il ripiano inferiore del sistema terrazzato "prewürmiano" del pedemonte; si tratta di depositi attribuibili all'unità di Niviano del Subsintema di Villa Verrucchio (AES7) su cui si appoggiano, verso E, i depositi alluvionali medioantichi dell'Olocene, riconducibili a depositi di conoide ghiaiosa, la cui transizione è marcata da una evidente scarpata di erosione fluviale. Procedendo verso S, si osserva il graduale passaggio alle unità intermedia e superiore del sistema terrazzato, attribuite rispettivamente al Subsintema di Agazzano (AES3) e Subsintema di Maiatico (AES2). Solo la transizione verso E tra quest'ultima unità e la sottostante unità di Niviano è segnata da una evidente scarpata di terrazzo, parzialmente mascherata al piede da depositi di versante. L'ossatura dei ripiani è costituita da depositi caratterizzati da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate al tetto, con relativa frequenza di un paleosuolo fersiallitico lisciviato di colore rosso; localmente è presente una copertura loessica di spessore variabile da pochi dm ad oltre 2 m, pedogenizzata, di colore bruno giallastro. L'area in esame è interessata al margine W dalla vallecchia del Rio Bozza (affluente di destra del Rio Gerosa), delimitata da una evidente scarpata di terrazzo; sono inoltre presenti alcuni corsi d'acqua minori che, dai ripiani più elevati, raggiungono in direzione NE il ripiano di fondovalle del Trebbia. Si segnalano inoltre alcuni piccoli invasi ad uso irriguo, posti al margine dell'abitato.

La superficie della falda freatica risulta localizzata a profondità in media superiore ai 15 m, come desumibile dalle misure effettuate in passato (settembre-ottobre '77 e maggio-giugno '78) sui pozzi prossimi a questo settore.

La vulnerabilità idrogeologica dell'area è nel complesso alta in ragione della natura dei depositi alluvionali presenti, costituiti da prevalenti ghiaie, anche se in matrice limoso-sabbiosa, cui è possibile attribuire un grado di permeabilità medio-alto. Solo in corrispondenza delle sommità dei ripiani più elevati dove la copertura loessica raggiunge potenze significative, la permeabilità è più ridotta e la vulnerabilità, di conseguenza, si riduce diventando bassa o, più correttamente, bassa localmente media.

I ripiani in cui si colloca l'ambito in esame, in gran parte subpianeggianti o comunque a ridotta acclività, privi di irregolarità morfologiche, risultano dotati di discrete caratteristiche di stabilità.

Solo le zone di scarpata o comunque a sensibile pendenza, marginali ai ripiani alluvionali, impostate in depositi prevalentemente ghiaiosi o in depositi ghiaioso-sabbiosi a matrice argilloso-limosa, pur contraddistinte di per sé da un buon grado di stabilità, possono risultare potenzialmente soggette, soprattutto in corrispondenza dei tratti di versante più acclivi, a localizzati fenomeni di erosione accelerata associati a fenomeni di decorticazione ed asportazione degli orizzonti più superficiali del terreno.

Dal punto di vista litologico, l'ossatura del substrato è costituita da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate al tetto.

#### Pericolosità sismica locale

L'ambito territoriale in esame ricade in un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (presenza di depositi alluvionali terrazzati, versanti acclivi e crinali).

#### **4.4.2 Indagini pregresse**

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo informazioni dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente da Geotest S.r.l. o dall'Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola.

Nel dettaglio, le indagini raccolte, sono costituite da n. 5 stratigrafie di pozzi per acqua, n. 3 prove penetrometriche statiche CPT, n. 8 prove penetrometriche dinamiche e da indagini geofisiche tipo MASW (n. 2) e HVSr (n. 3).

#### **4.4.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS**

Ad integrazione delle indagini disponibili, si è ritenuto opportuno eseguire n. 2 prove MASW e n. 6 analisi dei microtremiti HVSr.

L'ubicazione delle indagini MASW è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle Velocità delle onde S; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della Vs30 e/o della VsH.



Per quanto riguarda le analisi dei microtremori, l'ubicazione è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle frequenze; in quest'ultima, oltre all'ubicazione della prova, è riportato anche il valore della frequenza fondamentale del sito. I valori numerici di  $f_0$  sono riportati in carta utilizzando il colore rosso e rappresentazione mediante cerchi il cui diametro è proporzionale all'ampiezza del picco di risonanza; nei siti in cui sono stati individuati 2 picchi chiari nei rapporti H/V il valore numerico della seconda frequenza è stata riportata in carta utilizzando il colore blu ed indicata in tabella come  $f_1$ .

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)          | $f_1$ (Hz)        |
|----------|---------------------|-------------------|
| HVSR 14  | $f_0 = 6.75$ (3.9)  |                   |
| HVSR 15  | $f_0 = 10.5$ (2.5)  |                   |
| HVSR 16  | $f_0 = 19.97$ (2.9) | $f_1 = 9.2$ (2.9) |
| HVSR 17  | $f_0 = 9.4$ (2.3)   |                   |
| HVSR 40  | $f_0 = 7.2$ (3.0)   |                   |
| HVSR 41  | $f_0 = 9.3$ (2.3)   | $f_1 = 6.8$ (2.0) |

Tabella 8: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.4.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Dai profili di velocità delle onde "S", risulta che la copertura fine più superficiale, caratterizzata da valori di  $V_s$  inferiori a 200 m/s, abbia uno spessore di circa 1 metro.

Oltre a tale profondità, fino a circa 12 metri, le velocità aumentano per la presenza di materiale leggermente più compatto e caratterizzato da una percentuale più elevata nella componente attritiva dei costituenti (sabbia e ghiaia).

In corrispondenza dei 12 metri di profondità si registra un primo netto incremento nei valori di velocità. Un secondo aumento significativo caratterizzante il profilo  $V_s$ , lo ritroviamo anche a circa 24 - 25 m in corrispondenza del Bedrock sismico. Verosimilmente a partire da circa 12 m dal p.c. il materiale diventa prevalentemente ghiaioso e molto compatto con la probabile presenza, più in profondità, di livelli conglomeratici.

Le due prove MASW hanno consentito di calcolare i valori di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. Nella prova n. 5 è stato considerato un intervallo dal p.c. di 0 / - 25 m, nella prova n. 6 invece l'intervallo considerato è di 0 / - 24 m; di seguito i risultati:

MASW 5 :  $V_sH = 456$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

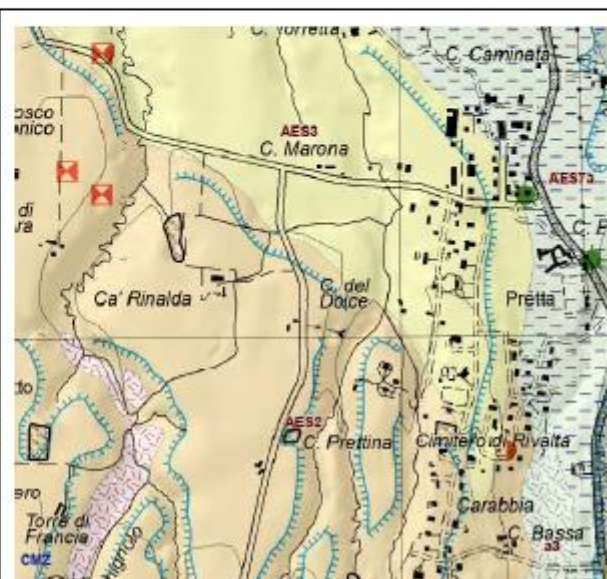
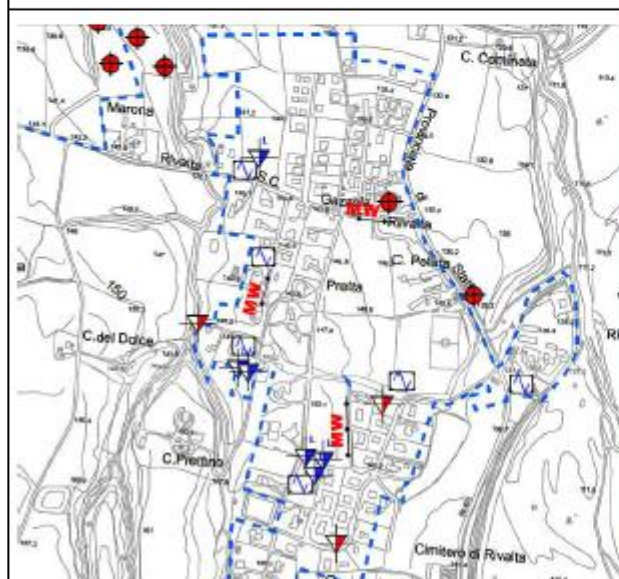
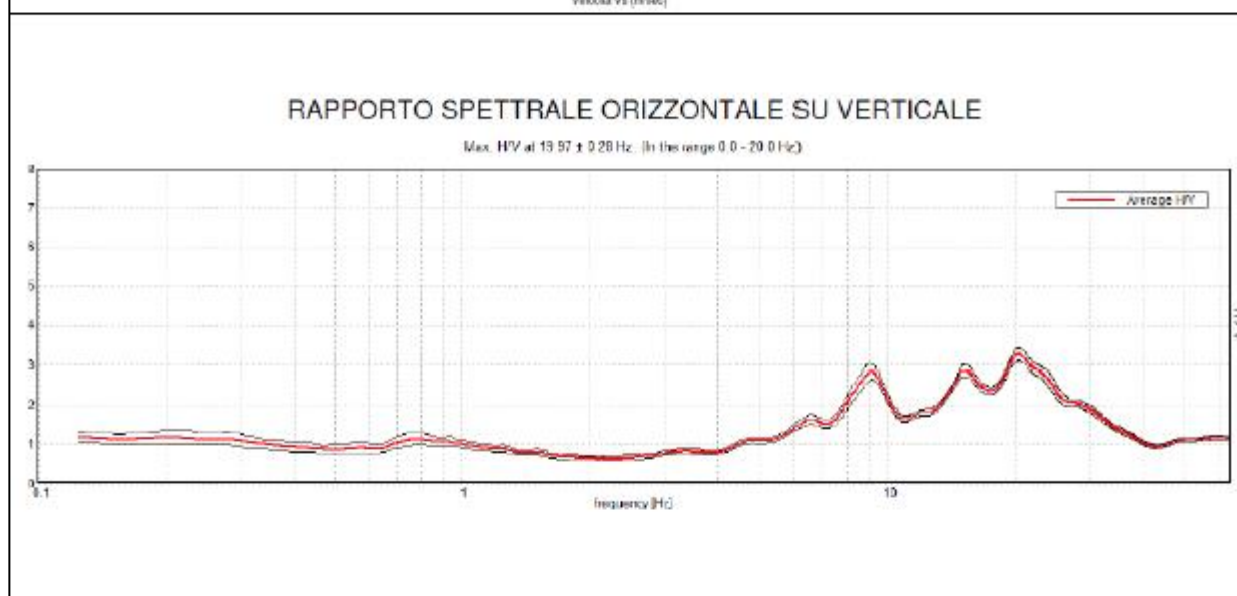
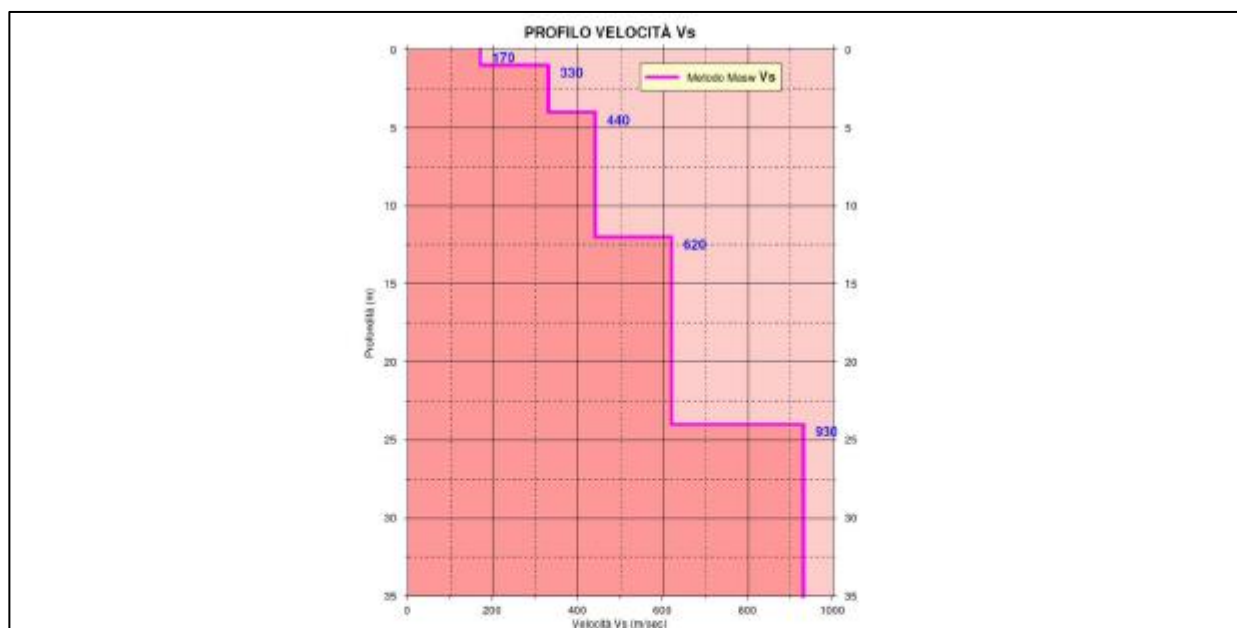
MASW 6 :  $V_sH = 457$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

Nell'ambito territoriale di Rivalta, sono state condotte anche n. 6 prove HVSR le quali mostrano frequenze di risonanza con valori generalmente compresi nell'intervallo 7-9 Hz a cui corrisponderebbero spessori della coltre di copertura dell'ordine di 6-8 metri. La frequenza di risonanza individuata nella prova n. 16 a circa 20 Hz indicherebbe (in accordo con le risultanze MASW), un contrasto di impedenza acustica molto superficiale (a circa 1 metro dal p.c.), riconducibile al passaggio stratigrafico fra copertura limoso-argillosa ed il sottostante materiale più addensato.

I contrasti di impedenza sismica possono considerarsi significativi dati i valori del rapporto H/V localmente piuttosto elevati.

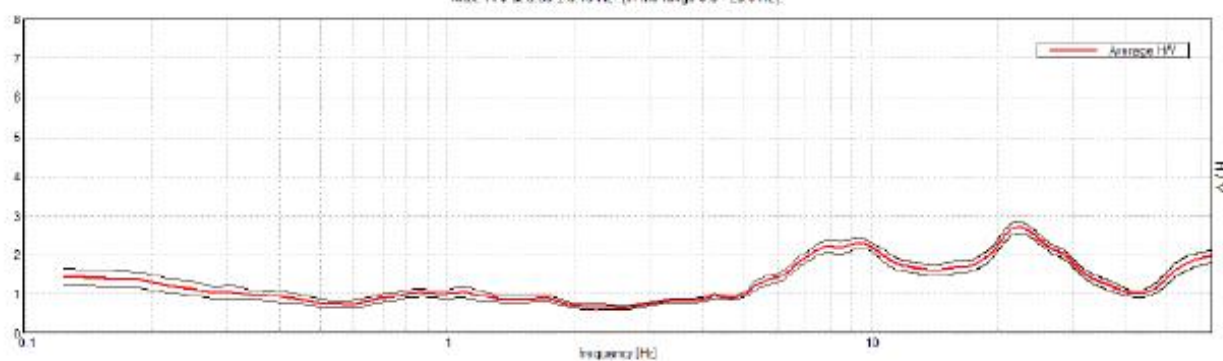
Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Pianura 1**.  
Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  
 $F_{PGA} = 1,5 - FAS1_{0.1-0.5S} = 1,5 - 1,6 - FAS1_{0.5-1S} = 2,0 - 2,1$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti all'interno della frazione di Rivalta, si riportano di seguito quattro schede riassuntive.

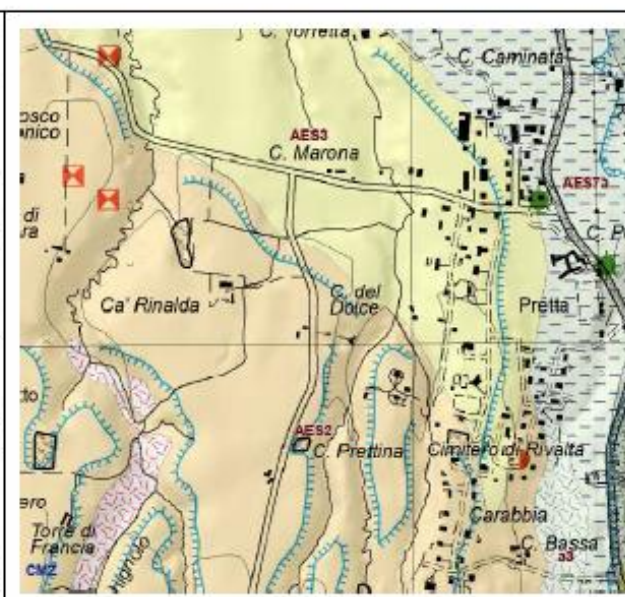
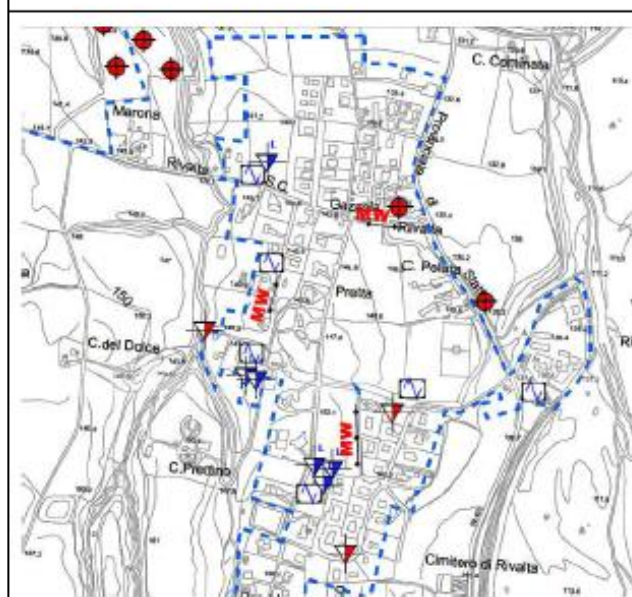
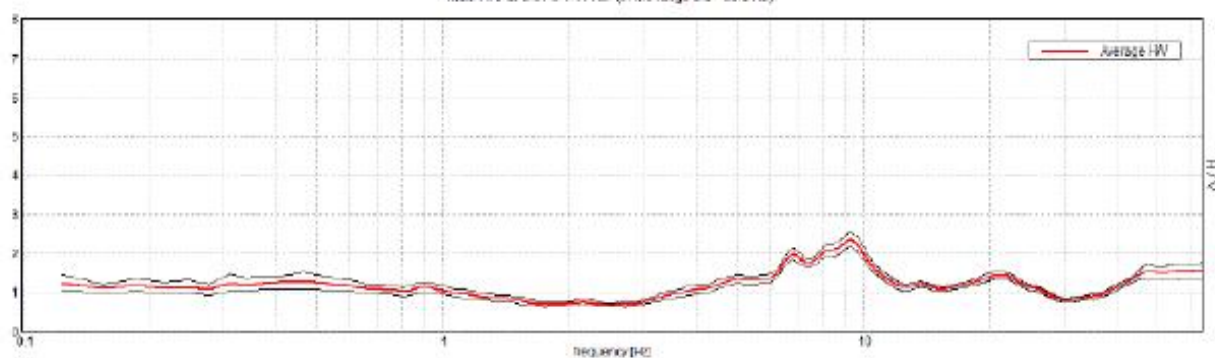


Scheda riassuntiva Ambito 4 (Rivalta - Nord)

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

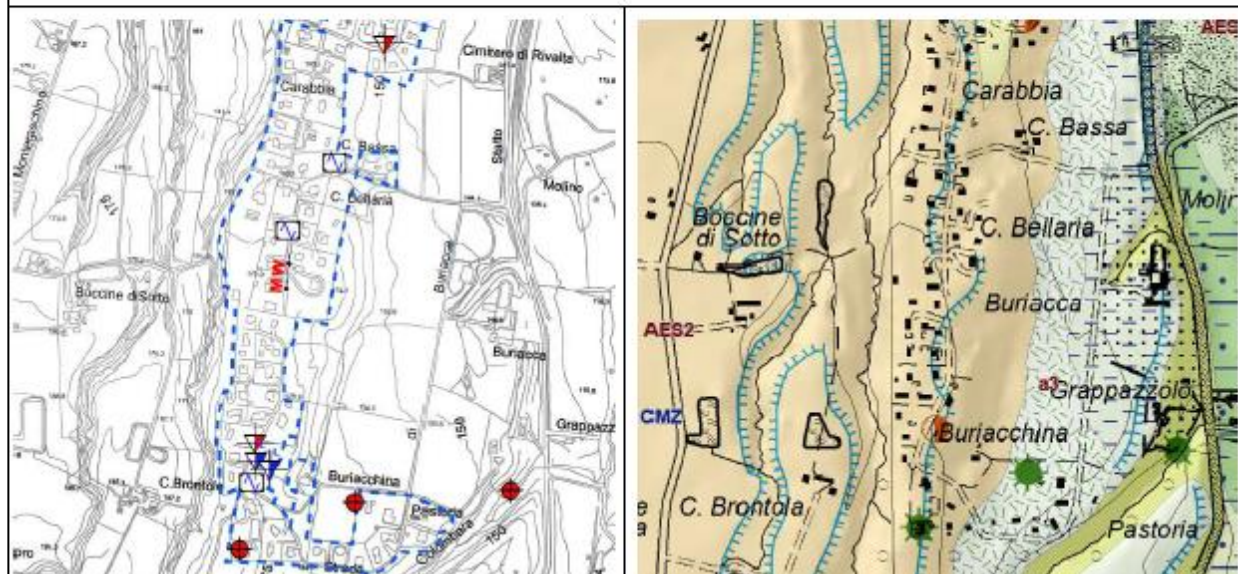
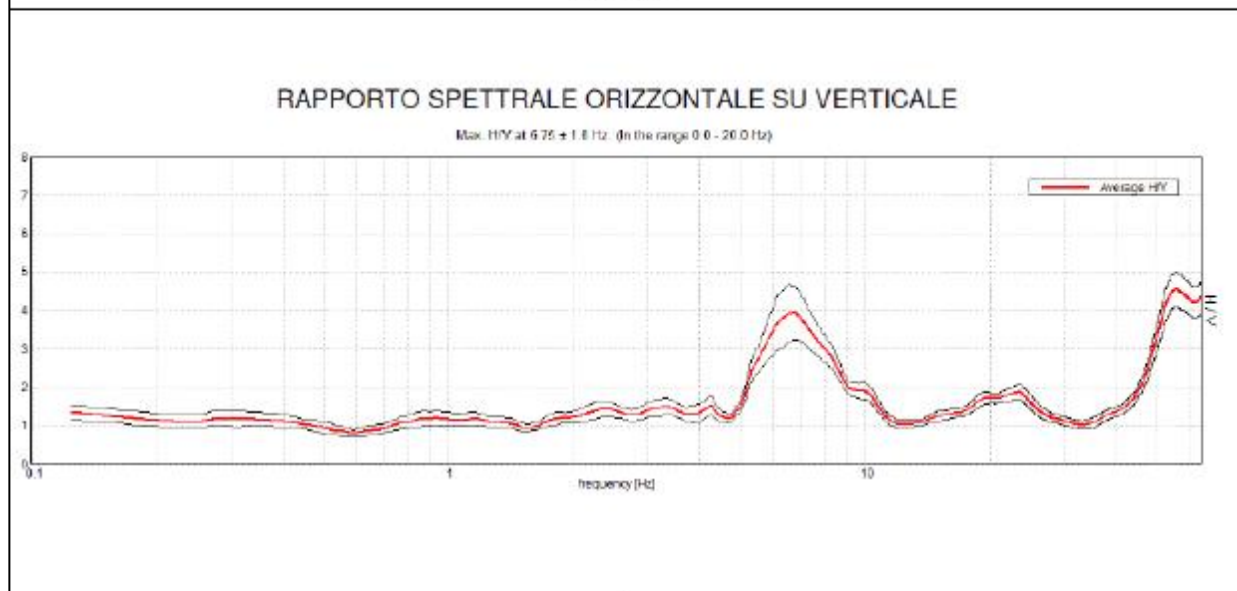
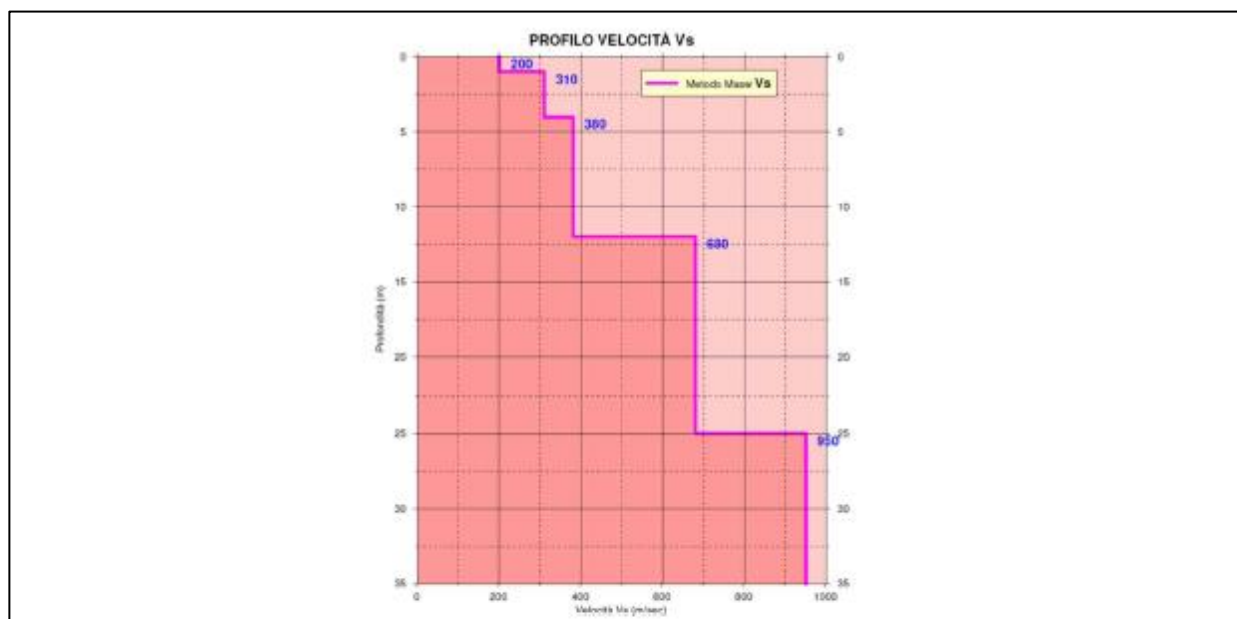
Max. H/V at  $9.33 \pm 5.43$  Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $9.34 \pm 1.41$  Hz. (in the range 0.0 - 30.0 Hz).

Scheda riassuntiva Ambito 4 (Rivalta - Nord)



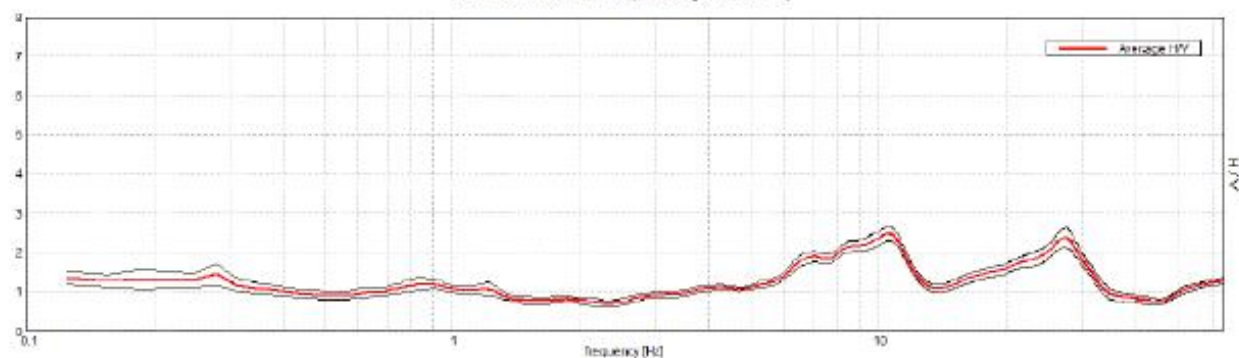


Scheda riassuntiva Ambito 4 (Rivalta - Sud)



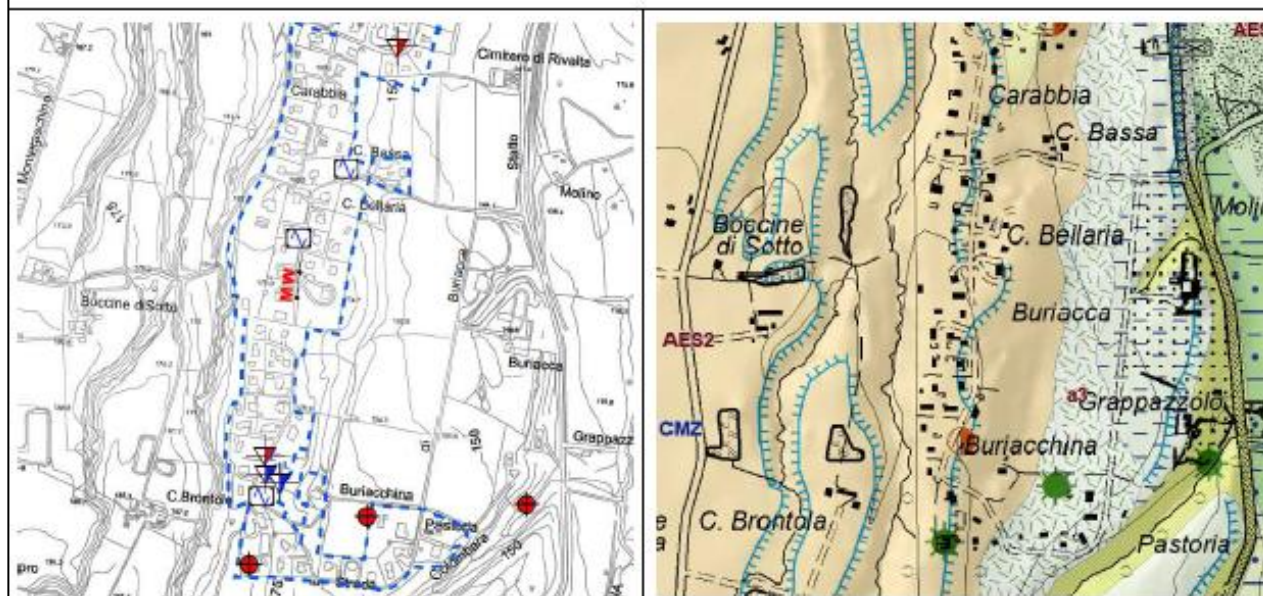
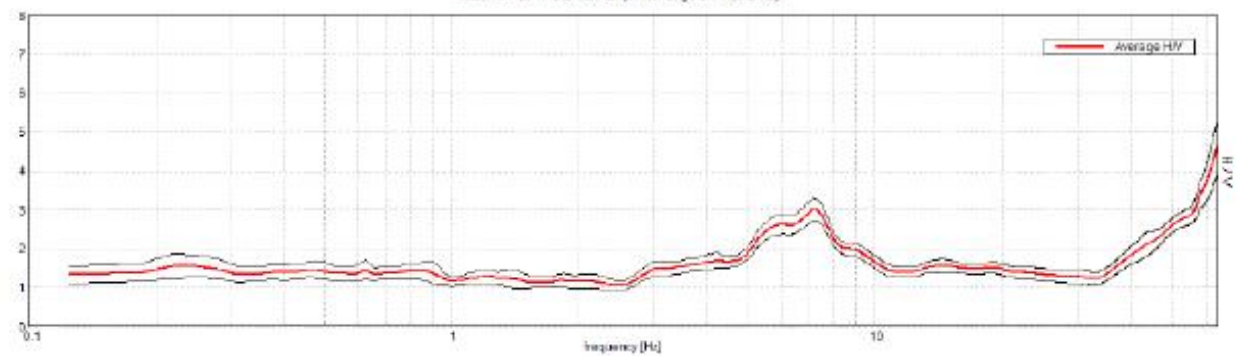
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. HV at 10.53  $\pm$  0.85 Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz)



### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. HV at 7.15  $\pm$  0.2 Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz)



Scheda riassuntiva Ambito 4 (Rivalta - Sud)

## 4.5 CROARA (ambito n. 5)

### 4.5.1 Assetto geologico e geomorfologico

L'ambito territoriale di Croara si colloca, come quello di Rivalta, a cavallo della fascia di transizione tra il ripiano dell'alveo attuale e recente del F. Trebbia e il terrazzo più elevato del sistema terrazzato "prewürmiano" del pedemonte (Sintema Emiliano- Romagnolo Superiore).

Tale transizione è segnata quindi dal succedersi di ripiani delimitati da scarpate più o meno acclivi, allungate, in genere, circa parallelamente all'adiacente fondovalle del Trebbia.

Nell'area di Croara si individuano, in primo luogo, il ripiano inferiore del sistema terrazzato "prewürmiano" del pedemonte, rappresentato dai terreni dell'Unità di Vignola del Subsintema di Villa Verrucchio (AES7), su cui appoggiano, andando verso E, i depositi alluvionali medio-antichi dell'Olocene, riconducibili a depositi di conoide ghiaiosa ed attribuibili al Subsintema di Ravenna (AES8), separati dai precedenti da una evidente scarpata di erosione fluviale.

Procedendo verso W, si passa all'unità superiore del sistema terrazzato attribuibile al Subsintema di Maiatico (AES2), attraversando una fascia intermedia, in prevalente scarpata, di terreni riferibili al Sintema di Costamezzana (CMZ), di età pleistocenica inferiore. L'ossatura dei ripiani è costituita da depositi caratterizzati da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate al tetto, con relativa frequenza, in corrispondenza delle superfici più vecchie (Subsintema di Maiatico) di un paleosuolo fersiallitico lisciviato di colore rosso e di una copertura loessica di spessore variabile da pochi dm ad oltre 2 m, pedogenizzata, di colore bruno giallastro.

Nelle zone di prevalente scarpata impostate nel Sintema di Costamezzana aumenta sensibilmente la frequenza dei livelli limosi o a prevalente componente limosa presenti all'interno delle successioni alluvionali. L'area in oggetto è interessata al margine W dalla vallecchia, a direzione SSWNNE, del Rio Colombara (che confluisce nel Trebbia a valle di Croara Vecchia), delimitata da evidenti scarpate di terrazzo; un'evidente incisione valliva a direzione WE è presente anche al suo margine S, un'altra, meno sviluppata in lunghezza e a direzione SW-NE ; il limite E dell'area è segnato dall'alveo attivo del Trebbia. Sulla destra della vallecchia del Rio Colombara è segnalato un piccolo laghetto artificiale. Escludendo le zone ricadenti nell'ambito del ripiano alluvionale olocenico posto in fregio all'alveo del Trebbia, dove la soggiacenza è inferiore ai 5 m, la superficie della falda freatica risulta localizzata a profondità in media superiore ai 15 m, come desumibile dalle misure effettuate in passato (settembre-ottobre '77 e maggio-giugno '78) su pozzi posti in analoghi ed adiacenti contesti morfologici.

La vulnerabilità idrogeologica dell'area è nel complesso alta in ragione della natura dei depositi localmente presenti costituiti da ghiaie prevalenti, sebbene in matrice limoso-sabbiosa, cui è possibile attribuire un grado di permeabilità medio-alto; diventa elevata in corrispondenza dei ripiani alluvionali più prossimi all'alveo del Trebbia, ovvero quelli a valle delle aree attualmente urbanizzate, dove la soggiacenza si riduce per via del raccordo con le acque di alveo e subalveo (si tratta di aree comunque non edificabili).

I ripiani in cui si colloca l'ambito in esame, in gran parte subpianeggianti o comunque a ridotta acclività, privi di irregolarità morfologiche, risultano dotati di discrete caratteristiche di stabilità. Solo le zone di scarpata o comunque a sensibile pendenza, marginali ai ripiani alluvionali, impostate in depositi prevalentemente ghiaiosi o in depositi ghiaioso-sabbiosi a matrice argilloso-limosa (o con più frequenti livelli limosi o a prevalente componente limosa), pur contraddistinte di per sé da un buon grado di stabilità, possono risultare potenzialmente soggette, soprattutto in corrispondenza dei tratti di versante più acclivi, a localizzati fenomeni di erosione accelerata associati a fenomeni di decorticazione ed asportazione degli orizzonti più superficiali del terreno.

Dal punto di vista litologico, l'ossatura del substrato è costituita, in genere, da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate al tetto.

Nell'ambito della zona di diffusione del Sintema di Costamezzana, presente nel settore S dell'area in esame, potrebbero risultare di natura limosa non solo gli orizzonti più superficiali, ma anche quelli più profondi costituenti l'ossatura del rilievo locale.

#### Pericolosità sismica locale

L'ambito territoriale in esame ricade in un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (presenza di depositi alluvionali terrazzati, versanti acclivi e crinali).

#### **4.5.2 Indagini pregresse**

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo informazioni dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente da Geotest S.r.l. o dall'Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola.

Le indagini raccolte sono costituite da n. 16 trincee esplorative e n. 1 stratigrafia di pozzo per acqua.

#### 4.5.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS

Ad integrazione delle indagini disponibili, nell'ambito del presente Studio di MS, si è ritenuto opportuno eseguire una prova MASW e due analisi dei microtremori HVSr; le indagini sono state eseguite congiuntamente al fine di ottenere il confronto diretto dei dati.

Per la descrizione della metodologia d'indagine, della strumentazione utilizzata e dei software di elaborazione dei dati acquisiti, si rimanda alla descrizione contenuta negli Allegati.

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)       | $f_1$ (Hz)         |
|----------|------------------|--------------------|
| HVSr 12  | $f_0 = 23$ (3.2) | $f_1 = 0.72$ (1.9) |
| HVSr 13  | Nessun picco     |                    |

Tabella 9: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.5.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Il profilo di velocità ottenuto dall'elaborazione della prova MASW mostra valori piuttosto elevati di  $V_s$  già dalla superficie, segno dell'assenza di una copertura di materiale fine significativa.

Con la profondità i valori di velocità seguono un trend crescente collocandosi sui 560-700 m/s per la presenza di materiali in prevalenza ghiaiosi molto addensati.

In particolare,  $V_s$  tende ad aumentare dai 4 m fino ai 18 m circa per poi subire una leggera inversione fino ai 28 m ed aumentare nuovamente collocandosi sui 700 m/s per profondità maggiori senza però intercettare il "Bedrock" sismico (non individuato entro i primi 35 m).

Dalla prova MASW è stato possibile calcolare il valore di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. In particolare, è stato considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 30 m ottenendo il seguente risultato:

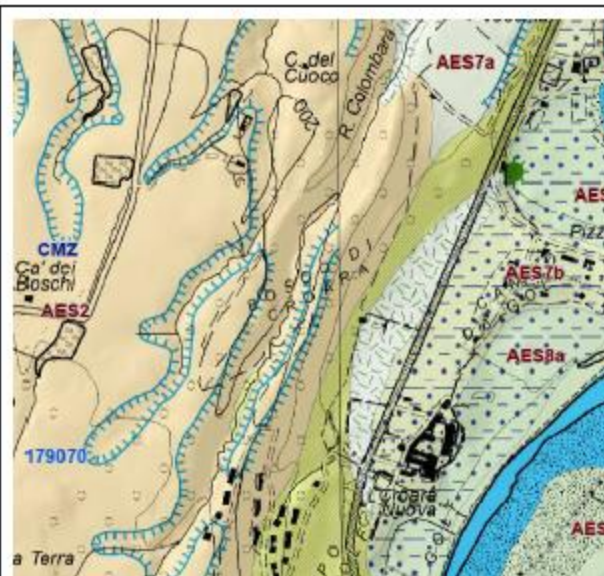
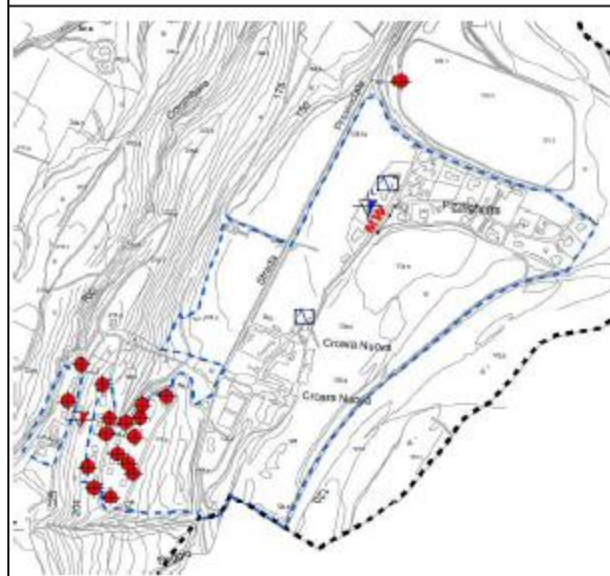
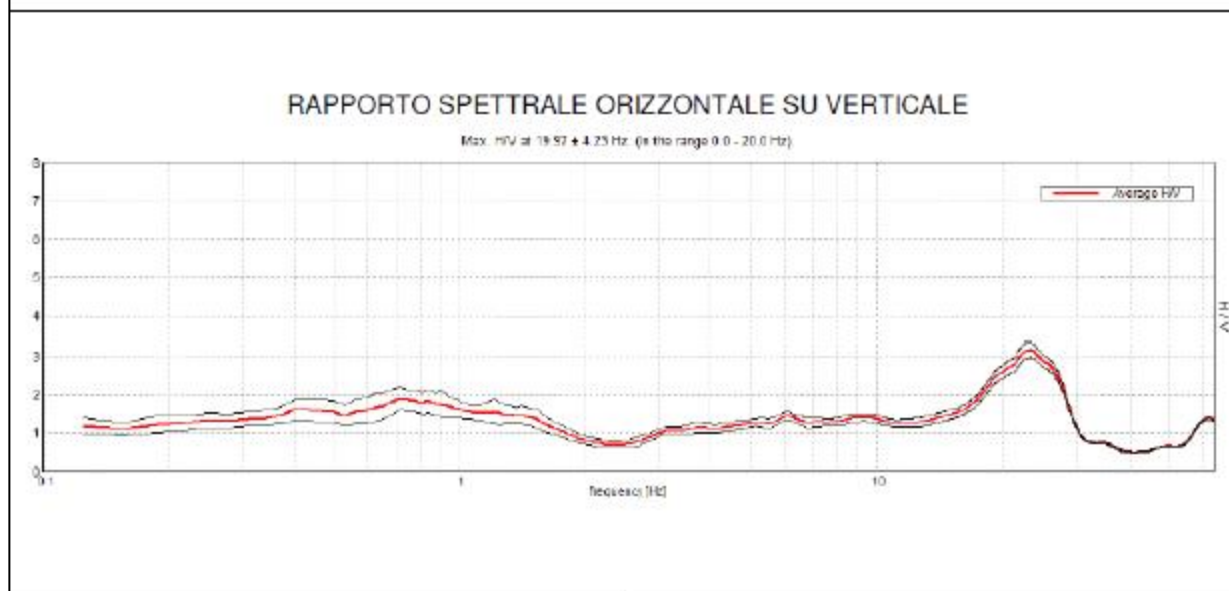
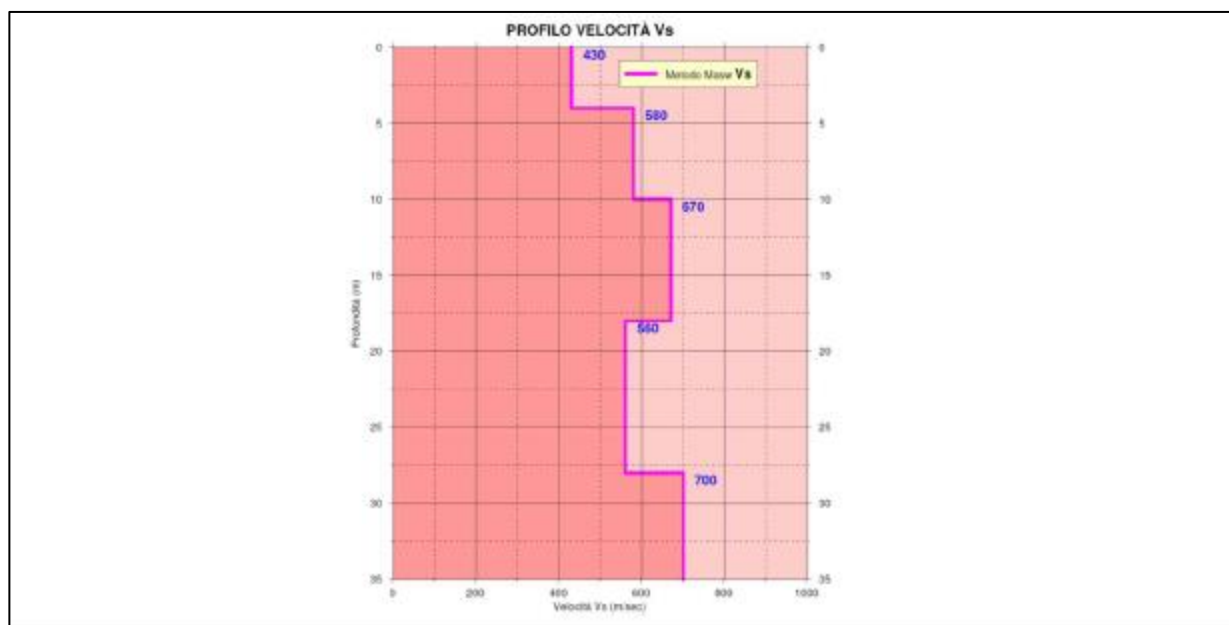
MASW 4 :  $V_{sH} = 570$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

Le due prove HVSr appaiono coerenti con quanto emerso dall'interpretazione dell'indagine MASW, segnalando l'assenza di una significativa coltre di copertura superficiale allentata. La frequenza di risonanza individuata nella prova 12 a circa 23 Hz, indica infatti un passaggio a circa 1 m dal p.c. fra la copertura limoso-argillosa ed il sottostante materiale ghiaioso. La prova n. 13 invece, non evidenzia frequenze di risonanza significative.

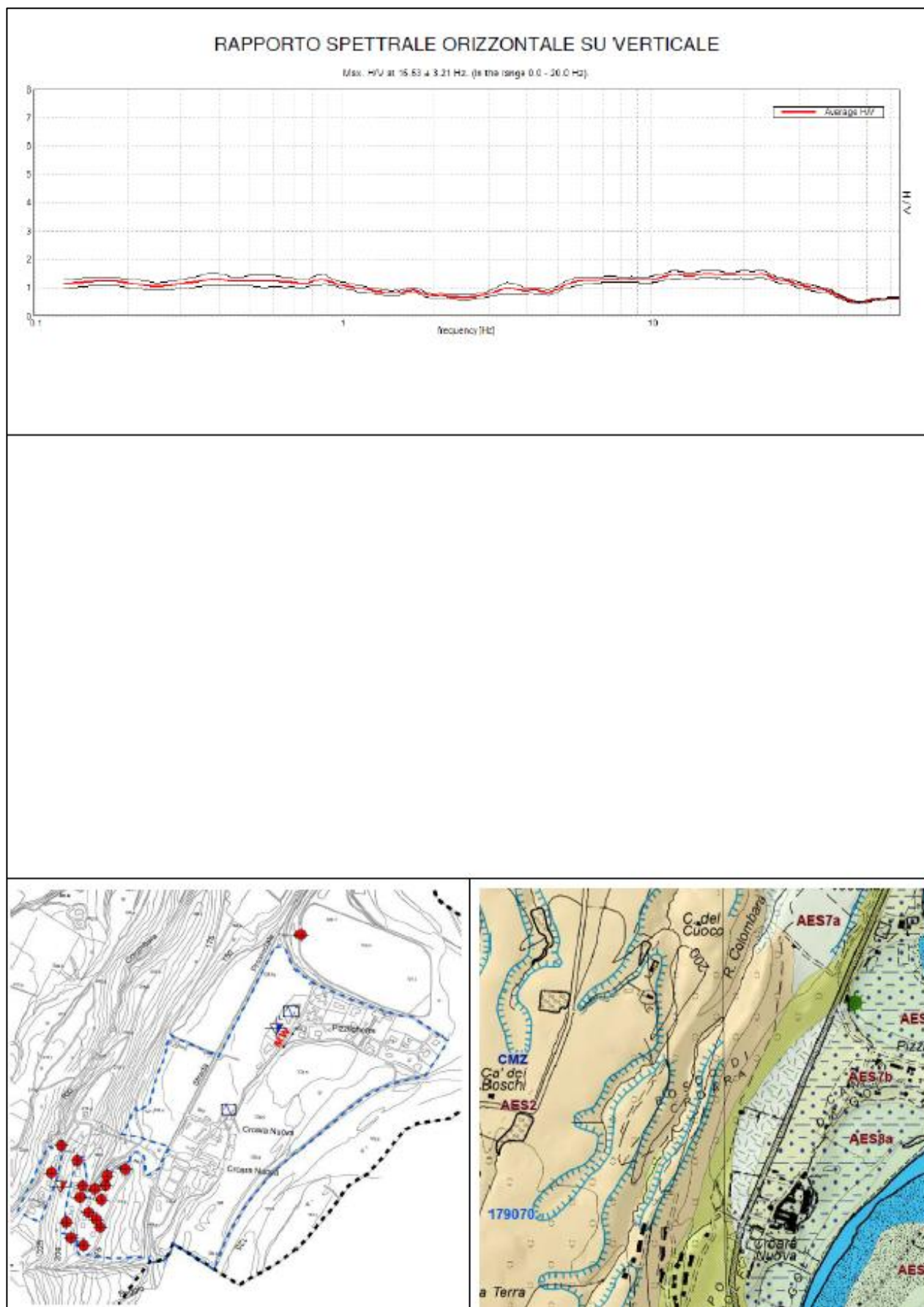
Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Pianura 1**. Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  $F_{APGA} = 1,5 - FAS11_{0,1-0,5S} = 1,5 - FAS11_{0,5-1S} = 2,1$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti all'interno dell'area di Croara, sono state realizzate n. 2 schede riportanti il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  ed i diagrammi del rapporto spettrale H/V ricavati dalle indagini sismiche realizzate ex-novo.





Scheda riassuntiva Ambito 5 (Croara)



Scheda riassuntiva Ambito 5 (Croara)

## 4.6 CA.NA RAVIOLA (ambito n. 6)

### 4.6.1 Assetto geologico e geomorfologico

L'ambito territoriale di C.na Raviola coincide con una propaggine del ripiano intermedio del sistema terrazzato "prewürmiano" del pedemonte, delimitata ad W dalla vallecchia incisa dal Rio Gerosa e ad E da quella del Rio Bozza (affluente di destra del Rio Gerosa stesso); si tratta di depositi pleistocenici attribuibili al Subsistema di Agazzano (AES3).

I terreni che caratterizzano quest'ambito sono costituiti in prevalenza da ghiaie a matrice limoso-sabbiosa, ricoperte, sulle superfici semipianeggianti, da limi gialloarancio con spessore variabile da 1 a 5 m (che dovrebbero corrispondere a coltri di löess); essi risultano ferrettizzati per spessori notevoli (da 5 a oltre 6 m), ove non siano intervenuti processi erosivi recenti. Il grado di cementazione del materiale è variabile.

La morfologia originaria del ripiano è stata profondamente modificata a seguito dell'attività estrattiva che si è sviluppata in due cave distinte oggi in fase di completamento: ad W la cava dell'ambito estrattivo "C.na Raviola", ad E quella dell'ambito "C.na Torretta". In entrambi gli ambiti l'escavazione ha comportato il rimodellamento del "pianalto" con il progressivo arretramento dell'originaria scarpata di terrazzo.

L'area in esame è delimitata dalle vallecchie di due corsi d'acqua, il Rio Gerosa ad W e il Rio Bozza ad E, che ne assicurano buone condizioni di drenaggio. Nei pressi di C.na Raviola si segnala un ampio bacino ad uso irriguo (lago della Raviola).

La superficie della falda freatica è posta a profondità superiore ai 15 m dal p.c. (misurazioni pregresse effettuate in pozzi presenti nella zona di interesse: sett.- ott. '77, mag.- giu. '78 e giugno '06 ).

Riguardo alla vulnerabilità idrogeologica, essa risulta bassa o medio-bassa in corrispondenza dei pianalti e diventa alta in corrispondenza delle zone di scarpata generalmente prive di coperture a ridotta permeabilità. I ripiani in cui si colloca l'ambito in esame, in gran parte subpianeggianti o comunque a ridotta acclività, privi di irregolarità morfologiche, risultano dotati di discrete caratteristiche di stabilità. Solo le zone di scarpata, marginali ai ripiani alluvionali (e i fronti finali di cava), più acclivi, pur contraddistinte di per sé da un buon grado di stabilità, possono risultare potenzialmente soggette, soprattutto in corrispondenza dei tratti di versante a maggiore pendenza, a localizzati fenomeni di erosione accelerata associati a fenomeni di decorticazione ed asportazione degli orizzonti più superficiali del terreno.

Dal punto di vista litologico, l'ossatura del substrato è costituita da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate a tetto.

Pericolosità sismica locale

L'ambito territoriale in esame ricade in un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (presenza di depositi alluvionali terrazzati, versanti acclivi).

**4.6.2 Indagini pregresse**

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo informazioni dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente da Geotest S.r.l. o dall'Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola.

Le indagini raccolte sono costituite da n. 7 trincee esplorative.

**4.6.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS**

Ad integrazione delle indagini disponibili, nell'ambito del presente Studio di MS, si è ritenuto opportuno eseguire la sola analisi dei microtremitori HVSR.

Per la descrizione della metodologia d'indagine, della strumentazione utilizzata e dei software di elaborazione dei dati acquisiti, si rimanda alla descrizione contenuta negli Allegati.

Di seguito si riporta il valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) e rispettiva ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)        | $f_1$ (Hz) |
|----------|-------------------|------------|
| HVSR 34  | $f_0 = 7.8$ (2.1) |            |

Tabella 10: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremitori

#### 4.6.4 Elaborazione dei dati

La caratterizzazione dell'ambito territoriale "Cascina Raviola", è stata eseguita congiuntamente a quella dell'adiacente ambito "Rivalta" in considerazione delle forti analogie che li accomunano sia in termini di affinità del contesto geologico-geolitologico di sito, sia per similitudine nei risultati ottenuti in fase di elaborazione delle indagini sismiche condotte nell'ambito del lavoro di MS.

Nel dettaglio, entro il perimetro identificante l'ambito in oggetto, è stata condotta n. 1 prova HVSR in cui i valori del rapporto H/V relativamente a ciascuna frequenza del range considerato, individuano una curva (e rispettiva dispersione) paragonabile a quelle dei rapporti spettrali ottenuti per "Rivalta".

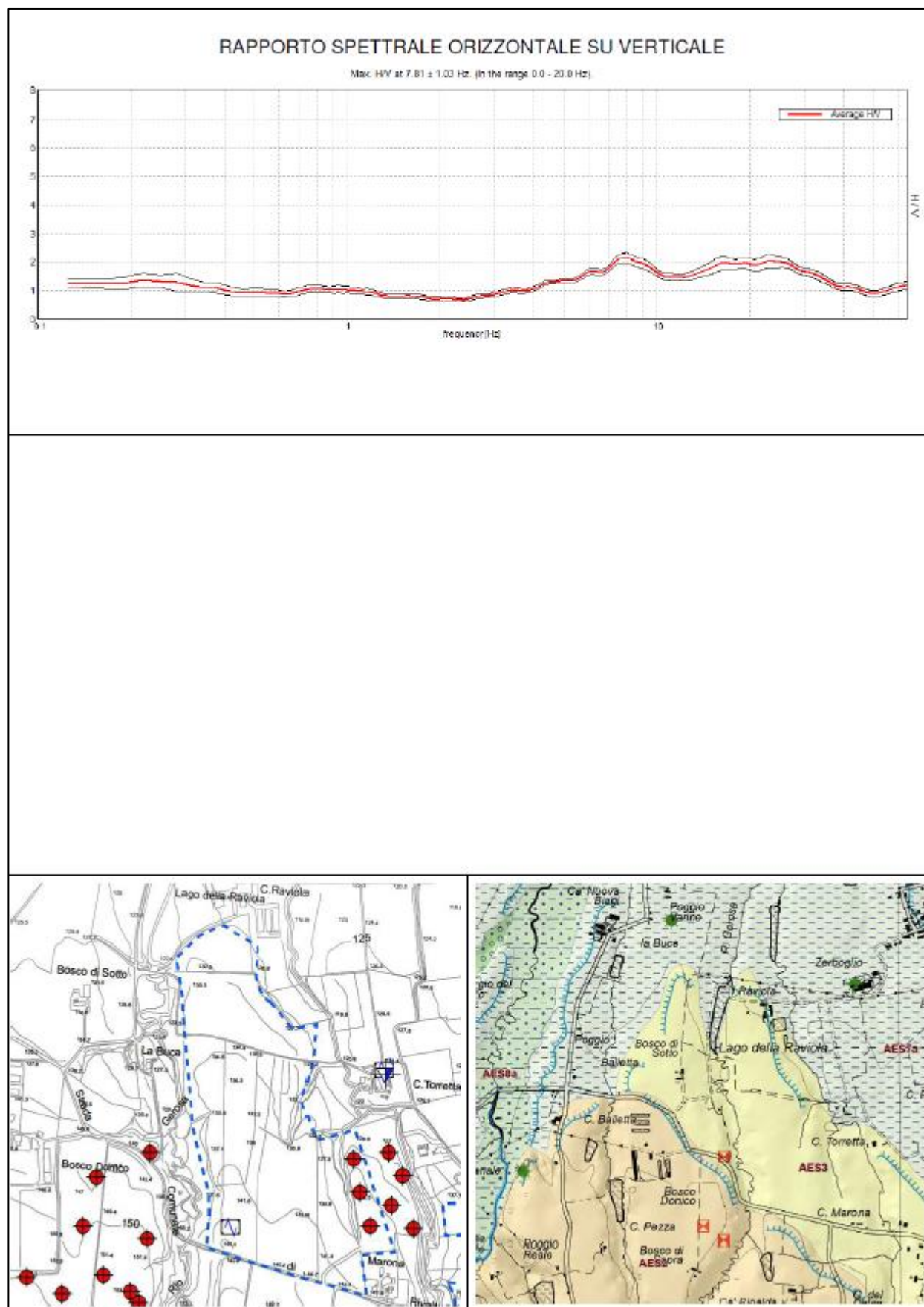
La frequenza di risonanza individuata a circa 7.8 Hz, indica uno spessore della coltre di copertura dell'ordine di 6-8 m, mentre il valore del rapporto H/V piuttosto elevato, è segno di un contrasto d'impedenza sismica significativo.

Per i valori dei fattori di amplificazione, in assenza di prove Masw, si può fare riferimento, per assonanza delle caratteristiche geologico-sismiche ai valori calcolati per gli ambiti Bosco di Sopra e Rivalta.

FAPGA = 1,5 – FAS1 0.1- 0.5S = 1,5 - 1,6 – FAS1 0.5-1S = 2,0 -2,1.

Di seguito la scheda riassuntiva che schematizzare in forma sintetica i dati raccolti in Località C.na Raviola.





Scheda riassuntiva Ambito 6 (Cascina Raviola)

## 4.7 BOSCO DI SOPRA (ambito n. 7)

### 4.7.1 Assetto geologico e geomorfologico

L'ambito territoriale di Bosco di Sopra coincide con un'estesa propaggine del ripiano superiore del sistema terrazzato "prewürmiano" del pedemonte, delimitata a W dalla vallecola incisa dal Rio Riazolo e ad E da quella del Rio Gerosa; si tratta di depositi pleistocenici attribuibili al Subsistema di Maiatico (AES2).

L'ossatura del ripiano è costituita, pertanto, da depositi caratterizzati da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate al tetto, con relativa frequenza di un paleosuolo fersiallitico lisciviato di colore rosso; localmente è presente una copertura loessica di spessore variabile da pochi dm ad oltre 2 m, pedogenizzata, di colore bruno giallastro.

Sotto il profilo morfologico l'area risulta in generale subpianeggiante, in quanto si colloca all'interno di un ripiano delimitato verso E e verso W dalle incisioni vallive del Rio Riazolo e del Rio Gerosa. Su tale pianalto si segnala una blanda depressione, con asse disposto in senso N-S.

Nel settore di diretto interesse sono presenti esclusivamente alcuni canali campestri secondari di scolo delle acque di pertinenza degli appezzamenti di terreno; il pianalto è inoltre delimitato dal Rio Gerosa e dal Rio Riazolo, che scorrono in direzione circa S-N, a E ed a W dell'area oggetto di indagine. Da segnalare inoltre una blanda depressione a conformazione valliforme che da Bosco di Sopra si sviluppa verso Bosco Donico, e che confluisce nella vallecola del rio Gerosa appena a valle della strada comunale. Il Rio Riazolo, circa all'altezza della località Bosco Donico, risulta interessato da uno sbarramento artificiale che permette l'accumulo di discreti quantitativi d'acqua ad uso irriguo, vista soprattutto la sua estensione areale (circa 6.000 mq).

La superficie della falda freatica risulta localizzata a profondità in media superiore ai 25 m, come desumibile dalle misure effettuate in passato in questo settore durante l'esecuzione di sondaggi nell'ambito delle indagini per la "Realizzazione di una discarica controllata di R.S.U. e assimilabili in località Bosco di Sopra" del giugno 1987.

La vulnerabilità idrogeologica risulta bassa o medio-bassa in corrispondenza del pianalto e diventa alta in corrispondenza delle zone di scarpata che lo delimitano generalmente prive di coperture a ridotta permeabilità. Il ripiano in cui si colloca l'area in esame, data la sua conformazione morfologica complessiva, risulta dotato di discrete caratteristiche di stabilità. Solo le zone di scarpata che lo delimitano, più acclivi, pur contraddistinte di per sé da un buon grado di stabilità, possono risultare potenzialmente soggette, soprattutto in corrispondenza dei tratti di versante a maggiore pendenza, a localizzati fenomeni di erosione accelerata associati a fenomeni di decorticazione ed asportazione degli orizzonti più superficiali del terreno.

Dal punto di vista litologico, l'ossatura del substrato è costituita da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate al tetto.

### Pericolosità sismica locale

L'ambito territoriale in esame ricade in un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (presenza di depositi alluvionali terrazzati, versanti acclivi).

#### **4.7.2 Indagini pregresse**

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo informazioni dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente da Geotest S.r.l. o dall'Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola.

Nel dettaglio, le indagini raccolte, sono costituite da n. 8 trincee esplorative, n. 3 sondaggi a carotaggio continuo.

#### **4.7.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS**

Ad integrazione delle indagini disponibili, nell'ambito del presente Studio di MS, si è ritenuto opportuno eseguire una prova MASW e due analisi dei microtremori HVSR; le indagini sono state eseguite congiuntamente al fine di ottenere il confronto diretto dei dati.

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)         | $f_1$ (Hz) |
|----------|--------------------|------------|
| HVSR 42  | $f_0 = 7.1$ (3.8)  |            |
| HVSR 43  | $f_0 = 6.25$ (3.2) |            |

Tabella 11: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.7.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Dal profilo di velocità delle onde "S", risulta che lo spessore della copertura fine più superficiale caratterizzata da valori di  $V_s$  inferiori a 300 m/s, sia di circa 3-4 metri.

Fra 3-4 m e 11-12 m, le velocità aumentano collocandosi su valori di circa 400/410 m/s in corrispondenza di materiale leggermente più compatto rispetto a quello soprastante e caratterizzato da una probabile percentuale più elevata nella componente attritiva dei costituenti (sabbia e ghiaia).

Oltre gli 11-12 metri, le velocità aumentano in modo più netto in corrispondenza di materiale ghiaioso molto compatto con la probabile presenza di livelli conglomeratici.

Il "Bedrock" sismico è stato individuato a 25 metri dal p.c.

La prova MASW ha consentito di calcolare i valori di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. In particolare è stato considerato un intervallo dal p.c. di 0 / - 25 m, ottenendo il seguente risultato:

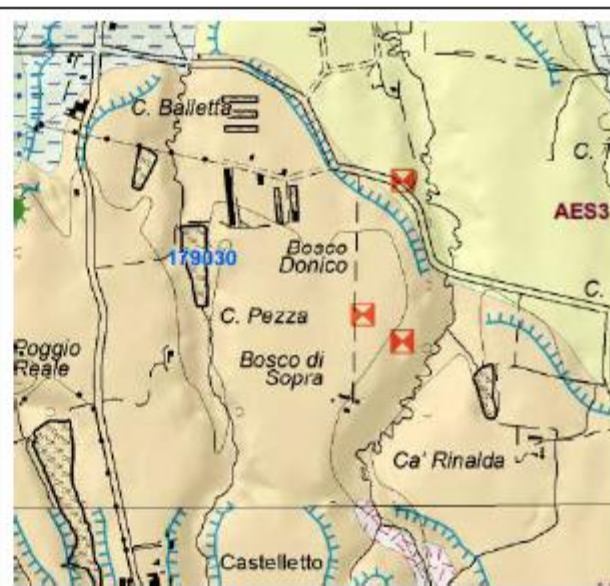
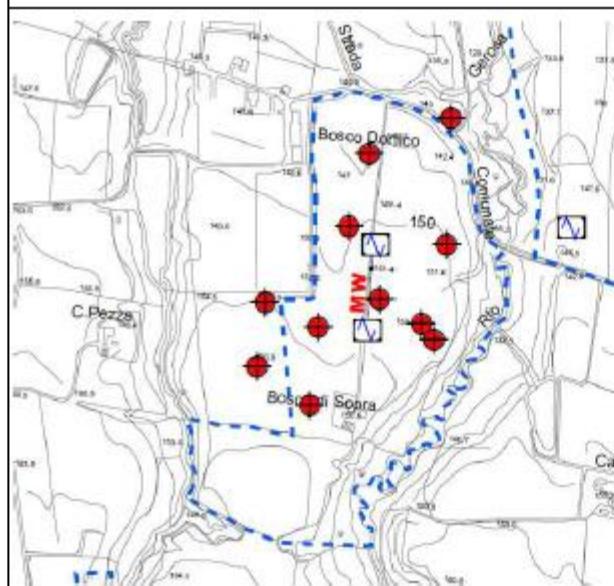
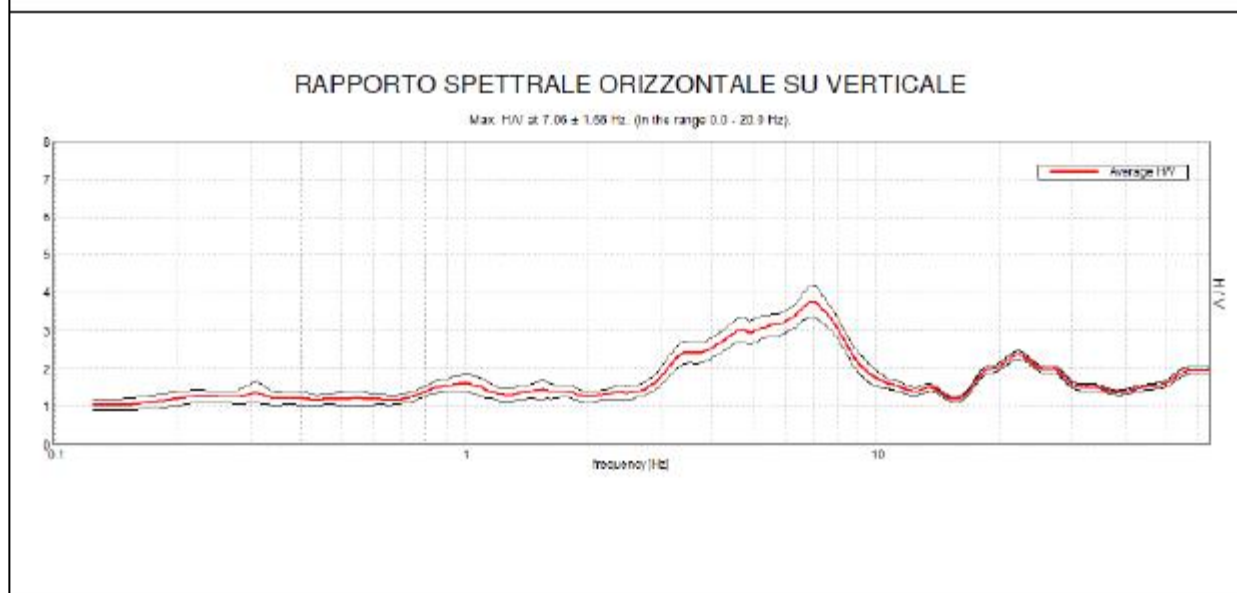
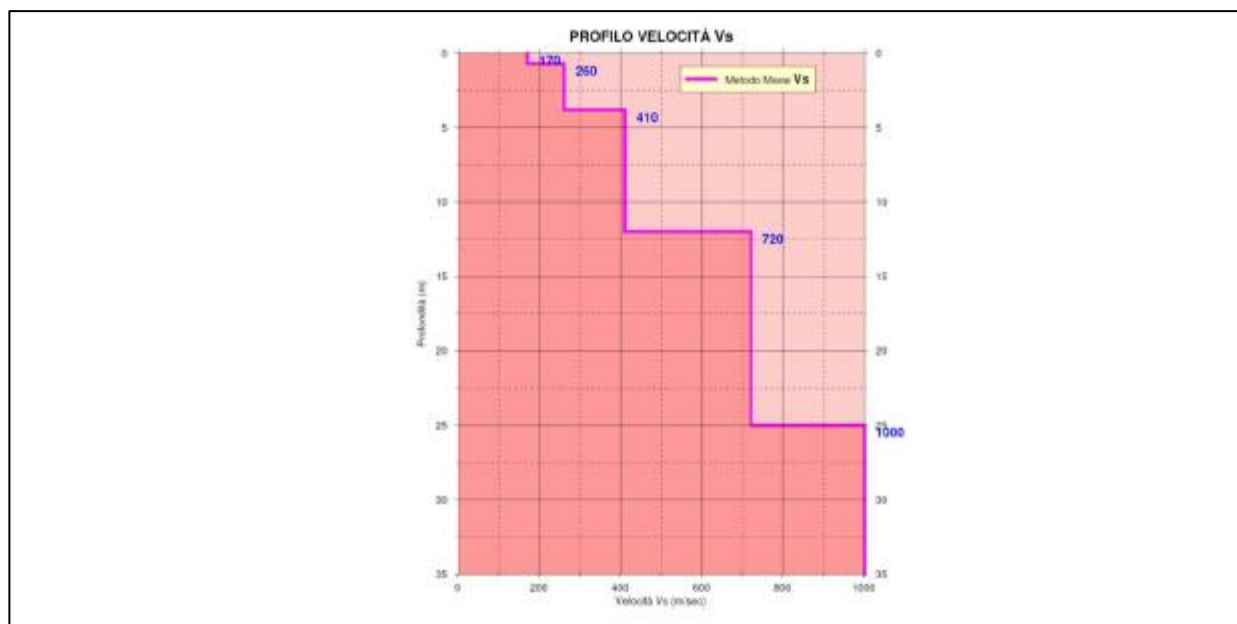
MASW 13 :  $V_sH = 462$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

All'indagine MASW sono state affiancate anche n. 2 prove HVSR le quali presentano un andamento molto simile, con valori di frequenza di risonanza compresi nell'intervallo 6.25-7.06 Hz indicanti spessori della coltre di copertura significativi, dell'ordine della decina di metri.

I contrasti di impedenza sismica possono considerarsi significativi dati i valori del rapporto H/V localmente piuttosto elevati.

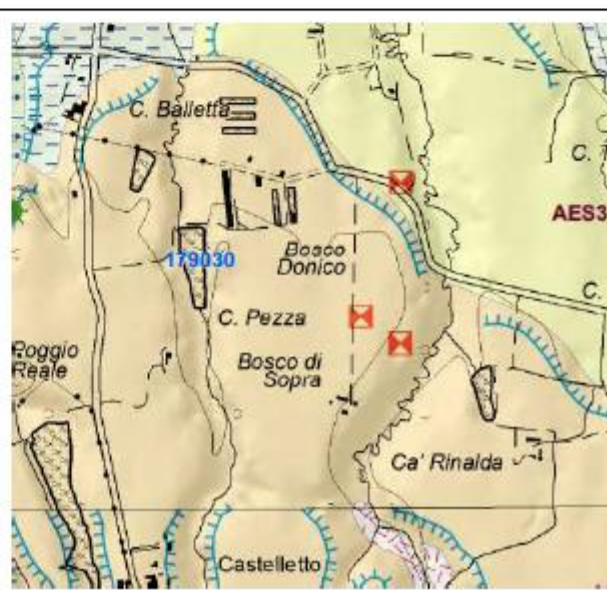
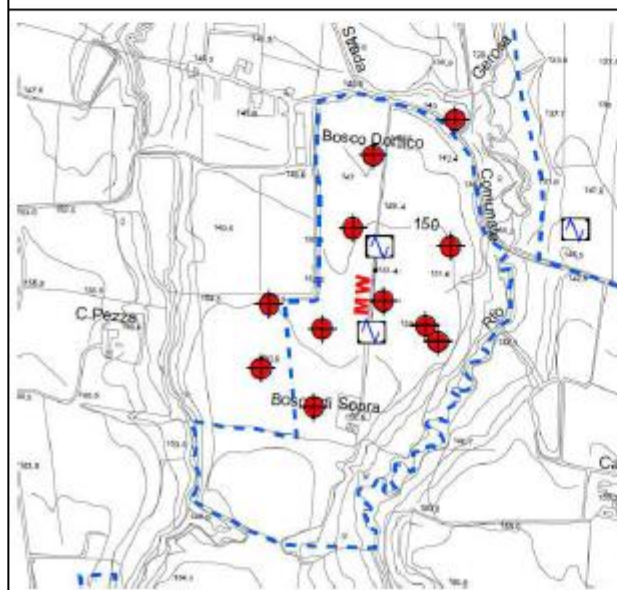
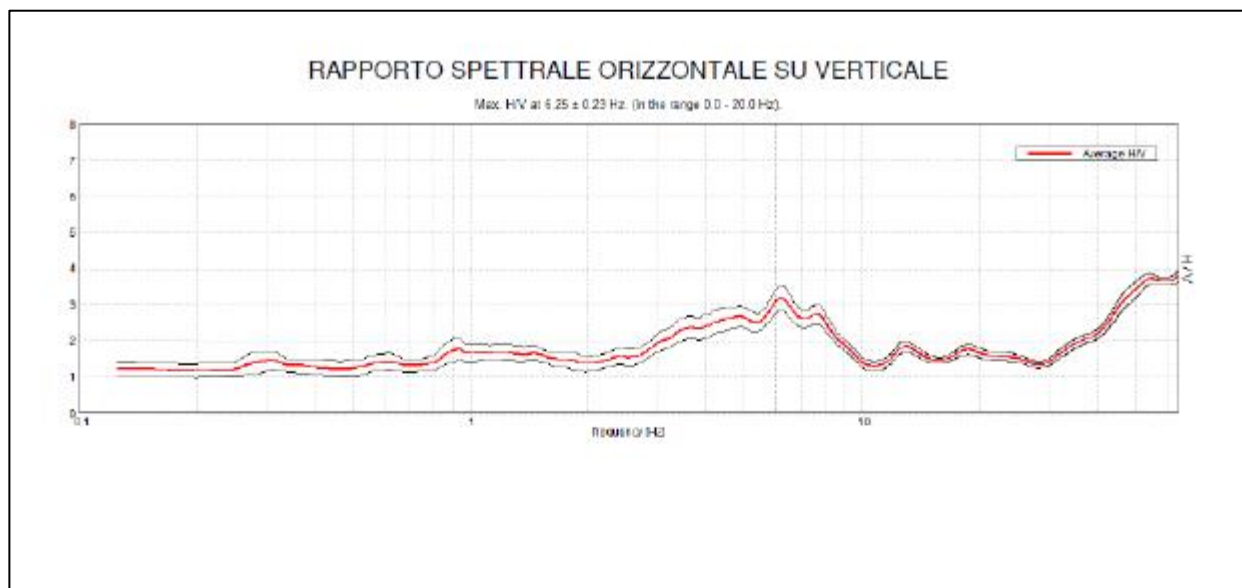
Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Pianura 1**. Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  $F_{APGA} = 1,5$  –  $F_{AS11\ 0.1-0.5S} = 1,5$  –  $F_{AS11\ 0.5-1S} = 2,1$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti in Località Bosco di Sopra, si riportano di seguito le due schede riassuntive.



Scheda riassuntiva Ambito 7 (Bosco di Sopra)





Scheda riassuntiva Ambito 7 (Bosco di Sopra)

## 4.8 CASTELLETTO (ambito n. 8)

### 4.8.1 Assetto geologico e geomorfologico

L'ambito territoriale di Castelletto si colloca all'interno del ripiano superiore del sistema terrazzato "prewürmiano" del pedemonte, impostato in depositi pleistocenici attribuibili al Subsistema di Maiatico (AES2). L'ossatura del ripiano è costituita, pertanto, da depositi caratterizzati da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate al tetto, con relativa frequenza di un paleosuolo fersiallitico lisciviato di colore rosso; localmente è presente una copertura löessica di spessore variabile da pochi dm ad oltre 2 m, pedogenizzata, di colore bruno giallastro.

Sotto il profilo morfologico l'area risulta in generale subpianeggiante, con una blanda pendenza verso N, in quanto si colloca all'interno di un ripiano delimitato verso E dall'incisione valliva del Rio Riazolo e verso W da quella occupata da un ampio bacino irriguo. Su tale pianalto si segnala una blanda depressione, con asse disposto in senso SN, occupata da un asse di compluvio secondario.

Nel settore in cui si colloca il territorio urbanizzato si segnala un asse di compluvio secondario, che esercita l'azione di scolo delle acque di pertinenza degli appezzamenti di terreno a monte; il pianalto è inoltre delimitato dal Rio Riazolo a E e dall'incisione valliva di un tributario di destra del Rio Gandore a W, che scorrono in direzione circa SN. Da segnalare come quest'ultima incisione sia occupata, nel tratto adiacente all'area d'interesse, da un ampio bacino irriguo. Il Rio Riazolo, nel tratto a monte dell'abitato di Castelletto, risulta interessato da alcuni sbarramenti artificiali che permettono l'accumulo di discreti quantitativi d'acqua ad uso irriguo.

La superficie della falda freatica risulta localizzata a profondità in media superiore ai 25 m, come desumibile dalle misure effettuate in passato in un settore del tutto adiacente.

Il ripiano in cui si colloca l'area in esame, data la sua conformazione morfologica complessiva, risulta dotato di discrete caratteristiche di stabilità. Solo le zone di scarpata che lo delimitano, più acclivi, pur contraddistinte di per sé da un buon grado di stabilità, possono risultare potenzialmente soggette, soprattutto in corrispondenza dei tratti di versante a maggiore pendenza, a localizzati fenomeni di erosione accelerata associati a fenomeni di decorticazione ed asportazione degli orizzonti più superficiali del terreno. Dal punto di vista litologico, l'ossatura del substrato è costituita da ghiaie prevalenti, variamente cementate, con intercalazioni sabbiose e sabbioso-limose, alterate a tetto.

#### Pericolosità sismica locale

L'ambito territoriale in esame ricade in un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche (presenza di depositi alluvionali terrazzati, versanti acclivi).

#### 4.8.2 Indagini pregresse

Le ricerche bibliografiche e d'archivio non hanno evidenziato, sia entro il perimetro identificante l'ambito territoriale in oggetto sia nell'intorno dello stesso, la presenza di prove pregresse.

#### 4.8.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS

Nell'ambito del presente Studio di MS sono state eseguite una prova MASW e una analisi dei microtremori HVSr; le due indagini sono state eseguite congiuntamente al fine di ottenere il confronto diretto dei dati.

Di seguito si riporta il valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) con la rispettiva ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)        | $f_1$ (Hz) |
|----------|-------------------|------------|
| HVSr 22  | $f_0 = 7.9$ (2.4) |            |

Tabella 12: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.8.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Il profilo di velocità ottenuto dall'elaborazione della prova MASW mostra la presenza di una coltre di copertura più superficiale caratterizzata da valori di  $V_s$  inferiori a 300 m/s, avente spessore pari a circa 2.5 m.

A partire da tale profondità fino a circa 8 m, le velocità subiscono un leggero aumento segnalando la presenza di materiale leggermente più compatto.

Oltre gli 8 metri si registra un netto incremento di  $V_s$  in corrispondenza di materiale ghiaioso molto compatto con la probabile presenza di livelli conglomeratici.

Il "Bedrock" sismico è stato individuato a 21 metri dal p.c.

Dalla prova MASW è stato possibile calcolare il valore di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. In particolare, è stato considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 21 m ottenendo il seguente risultato:

MASW 8 :  $V_sH = 479$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

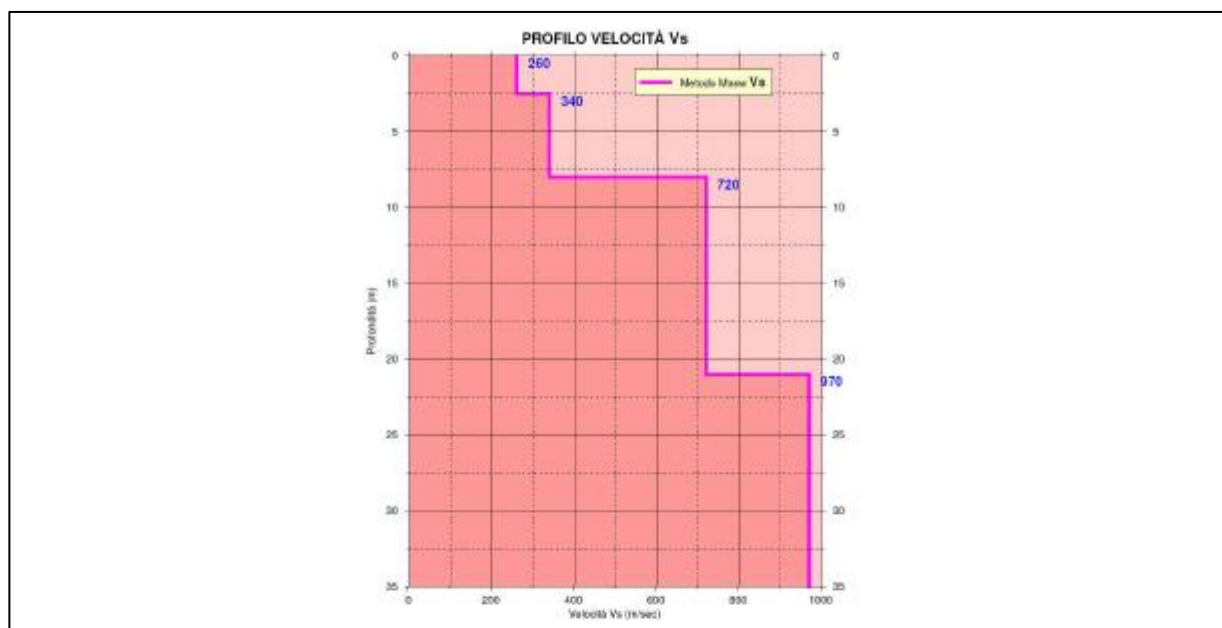
La prova HVSR appare coerente con quanto emerso dall'interpretazione dell'indagine MASW.

La frequenza di risonanza individuata intorno a 8 Hz, indica infatti spessori della coltre di copertura dell'ordine di 6-7 metri.

Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Pianura 1**.

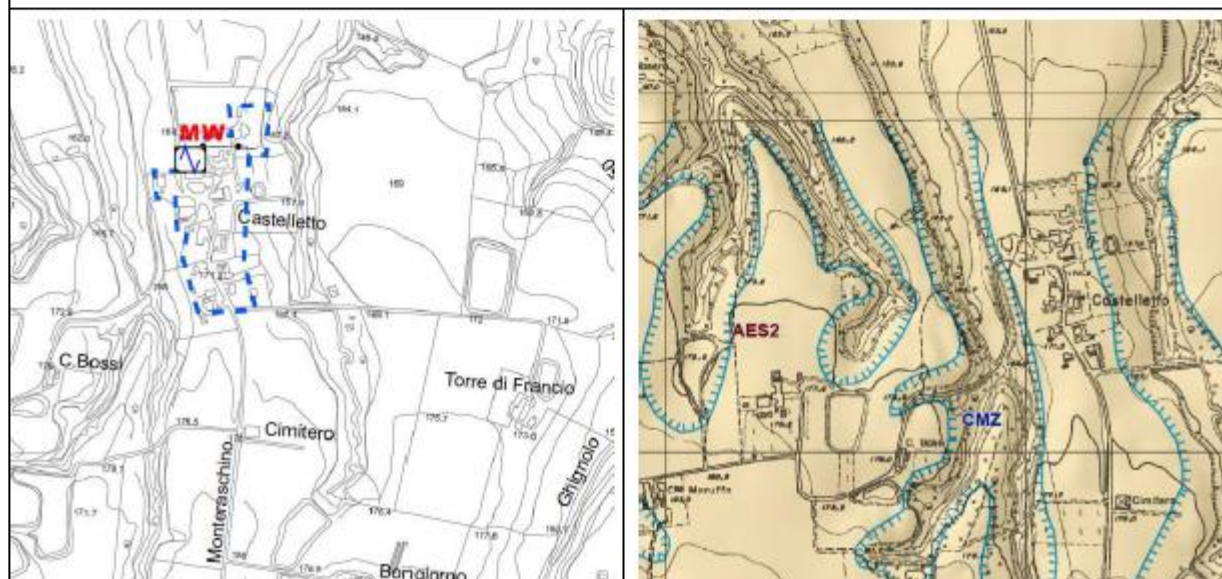
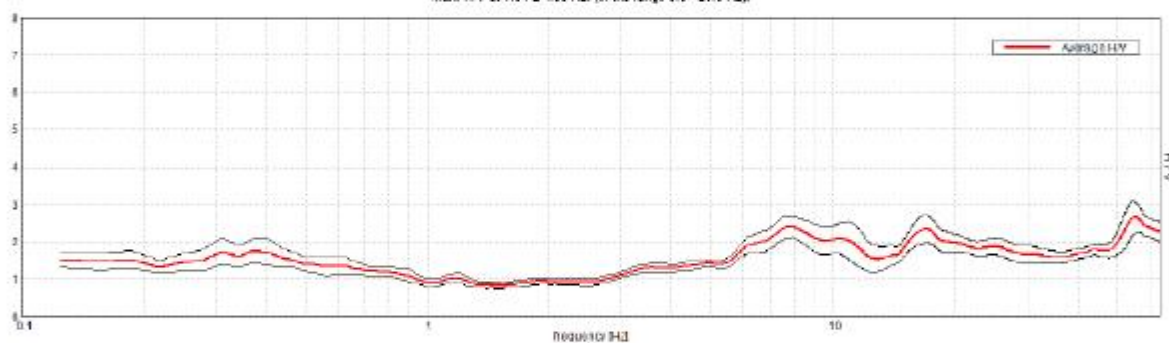
Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  $F_{PGA} = 1,5 - FAS11_{0,1-0,5S} = 1,5 - FAS11_{0,5-1S} = 2,1$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti in Località Castelletto, si riporta di seguito una scheda riassuntiva.



### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max.  $h/V$  at  $7.94 \pm 1.88$  Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



Scheda riassuntiva Ambito 8 (Castelletto)



## 4.9 MOMELIANO (ambito n. 9)

### 4.9.1 Assetto geologico e geomorfologico

Dal punto di vista geologico, l'area di pertinenza dell'abitato di Momeliano risulta modellata nei terreni appartenenti alla litofacies a dominante arenacea della Formazione di Val Luretta (Membro di Monteventano), costituita da sequenze di torbiditi terrigene calcareo-marnose e arenacee, in banchi e strati di spessore variabile da decimetrico a metrico, a giacitura assai irregolare.

Sotto il profilo morfologico, l'agglomerato di Momeliano Borgo si è sviluppato per buona parte su di un crinale, che si allunga in direzione circa NNW-SSE, i cui versanti, mediamente acclivi, risultano localmente interessati da corpi più o meno estesi di paleofrane, parzialmente quiescenti, ma che in alcuni tratti evidenziano segnali di attività, e da fenomeni di creeping superficiale.

Data la conformazione morfologica dell'ambito territoriale in esame, il crinale principale disposto secondo la direzione NNW-SSE risulta ben drenato. Il versante orientale, su cui si è sviluppato in tempi più recenti l'abitato risulta segnato da crinali secondari, ugualmente ben drenati, e da settori a morfologia conchiforme, che, privi di assi di drenaggio veri e propri tendono a raccogliere le acque di scorrimento superficiale, causa predisponente dell'insorgere dei dissesti che caratterizzano l'area.

Per quanto riguarda la presenza di acque sotterranee nell'immediato sottosuolo dell'area di specifico interesse, sulla base delle caratteristiche idro-geomorfologiche osservate e della natura del substrato (che risulta costituito da un substrato roccioso permeabile principalmente per fratturazione), è possibile escludere l'esistenza di falde idriche degne di rilievo, sebbene possano verificarsi stagionalmente emergenze idriche lungo versante, in particolare in corrispondenza dei tratti già interessati da fenomeni di dissesto.

La zona sommitale del crinale principale su cui si è sviluppato l'agglomerato di Momeliano Borgo, modellato in roccia subaffiorante e ben drenato, risulta dotato nel complesso di ottime caratteristiche di stabilità.

Il versante occidentale è segnato tuttavia da un vasto corpo di frana, attivo nella sua porzione settentrionale, la cui zona di testata si spinge in prossimità della zona assiale del crinale. Anche il tratto di versante settentrionale appare interessato da un piccolo corpo di paleofrana che è giunto ad interessare anche il substrato roccioso. Il versante orientale, mediamente acclive, risulta dotato nel complesso di un grado di stabilità soddisfacente, in quanto impostato in un tratto di versante modellato in roccia stratificata, subaffiorante e sufficientemente integra nelle porzioni più prossime all'asse del crinale principale e in corrispondenza dei dossi secondari che da questo si sviluppano.

Solamente in corrispondenza della porzione centro-orientale dell'area (in località Casa Gabbana) il grado di stabilità si riduce sensibilmente (area poco stabile o potenzialmente instabile) in quanto tale zona si affaccia ad un tratto di versante che oltre ad essere caratterizzato da una morfologia conchiforme con presenza di una potente coltre terroso-detritica di copertura, risulta essere già stato interessato da fenomeni gravitativi che sono giunti ad interessare anche lo stesso substrato roccioso.

Il substrato delle zone localizzate nella zona assiale del crinale principale e in subordine di quelli minori che modellano il versante orientale, è costituito da roccia subaffiorante, sebbene localmente fortemente disarticolata per effetto della presenza di piani di taglio dovuti al riflesso di movimenti gravitativi (settore settentrionale e occidentale).

Per ciò che concerne le caratteristiche di resistenza geomeccanica del substrato roccioso, nel complesso buone, si sottolinea l'importanza che può assumere la sua frequente ed incipiente fratturazione.

I versanti sono invece caratterizzati dalla presenza di una coltre eluvio-colluviale di natura prevalentemente argillosa, con frequenti frammenti litoidi arenaceo-marnosi, di potenza variabile, che aumenta allontanandosi dalla zona sommitale del versante. Le caratteristiche geomeccaniche di tale coltre non sono in generale ottimali e possono scadere sensibilmente a seguito di impregnazione idrica.

#### Pericolosità sismica locale

La zona assiale del crinale su cui si è sviluppato il nucleo storico di Momeliano Borgo è un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche morfologiche e topografiche.

Da rilevare che i settori che direttamente o indirettamente interessano le zone già urbanizzate di Momeliano coinvolti da zone di dissesto, attive e/o quiescenti, sono potenzialmente soggetti ad effetti di amplificazione per caratteristiche litologiche ed instabilità di versante.

Gli approfondimenti del terzo livello, che servirebbero per la caratterizzazione sismica di dettaglio dei corpi di frana attivi e quiescenti, non sono previsti in questa fase di lavoro.

#### **4.9.2 Indagini pregresse**

La raccolta delle indagini disponibili è stata effettuata attingendo informazioni dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente da Geotest S.r.l. o dall'Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola.

Nel dettaglio, le indagini raccolte, sono costituite da n. 1 trincee esplorative e n. 1 prova sismica REMI.

#### 4.9.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS

Nell'ambito del presente Studio di MS sono state eseguite una prova MASW e n. 4 analisi dei microtremori HVSR.

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)        | $f_1$ (Hz)        |
|----------|-------------------|-------------------|
| HVSR 18  | $f_0 = 7.7$ (3.1) | $f_1 = 3.3$ (2.5) |
| HVSR 19  | Nessun picco      |                   |
| HVSR 20  | $f_0 = 1.9$ (2.4) |                   |
| HVSR 37  | $f_0 = 9.9$ (2.2) |                   |

Tabella 13: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.9.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Nel caso specifico sono stati ottenuti due profili di velocità delle onde Vs: uno deriva dall'elaborazione della prova MASW, l'altro, invece, è stato ricavato dall'inversione della prova HVSR 18.

La prova MASW è stata condotta in corrispondenza del dissesto gravitativo (attivo) rappresentato nella cartografia tematica di cui ne segue uno stralcio (settore centro-orientale dell'ambito - località Casa Gabbana). L'interpretazione del contenuto informativo che ne deriva avverrà, pertanto, in coerenza con il locale contesto geologico-geomorfologico.

Contrariamente, la prova HVSR 18 da cui scaturisce il profilo Vs tramite inversione, delinea principalmente i caratteri sismo-elastici in condizioni di sito stabile (assenza di fenomeni di dissesto).

Il profilo di velocità riconducibile all'elaborazione della prova MASW mostra la presenza di una coltre di copertura più superficiale di natura argilloso-limosa poco addensata con valori di  $V_s$  inferiori a 200 m/s, avente spessore pari a circa 2.5 m.

A partire da tale profondità fino a circa 15 m, le velocità subiscono un leggero incremento (250-300 m/s) segnalando la presenza di materiale più compatto rispetto all'orizzonte sovrastante, ma comunque di natura prevalentemente limoso-argillosa.

I dati sismici ottenuti, supportati dalle indicazioni bibliografiche identificanti un dissesto attivo sull'area in oggetto ed unitamente ai risultati derivanti da attività di perforazione realizzate nelle immediate vicinanze dalla ditta GeoTest s.r.l., indicherebbero la presenza di un corpo di frana avente spessore medio di circa 15 m.

Oltre tale profondità, la  $V_s$  subisce un netto incremento impostandosi su valori di circa 620 m/s a cui corrisponderebbe la porzione più superficiale del substrato lapideo (bedrock litologico ma non sismico) "Flysch di Val Luretta". L'aumento più significativo di velocità con la profondità segnala una diminuzione progressiva del grado di alterazione e fratturazione della roccia in posto, la quale assume l'identità di bedrock sismico a partire da circa 23 m dal p.c.

Dalla prova MASW è stato possibile calcolare il valore di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. In particolare, è stato considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 23 m ottenendo il seguente risultato:

MASW 7 :  $V_sH = 306$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **E**

Dal profilo di velocità ottenuto tramite processo di inversione della prova HVSR 18 condotta su sito stabile, emerge quanto segue.

Il materiale a medio basso grado di addensamento con valori di  $V_s$  che non superano i 300-350 m/s, si sviluppa per una potenza media di circa 5.0-7.0 m; trattasi verosimilmente di copertura eluvio-colluviale di natura argilloso-limosa.

Da 7.0 m circa l'incremento di  $V_s$  appare netto con valori che raggiungono i 550 m/s identificando la porzione più superficiale del substrato lapideo (bedrock litologico ma non sismico) "Flysch di Val Luretta" che nella zona vede prevalere la facies pelitica.

Oltre i 19-20 metri l'aumento più significativo dei valori di velocità segnala una diminuzione del grado di alterazione e fratturazione della roccia in posto, la quale assume anche l'identità di bedrock sismico.

Il valore di velocità equivalente calcolato ed a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione considera un intervallo dal p.c. di 0 / - 19 m:

HVSR 18 :  $V_sH = 424$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

Il rilievo dei microtremori realizzato ex-novo, non ha individuato entro il campo di frequenze d'interesse ingegneristico (normalmente 1-10/15 Hz), picchi elevati del rapporto H/V. I picchi rilevati sono di modesta entità (ad eccezione della prova 18), ed indicano il passaggio fra copertura e substrato e/o aumenti di compattezza all'interno del substrato (Flysch di Val Luretta).

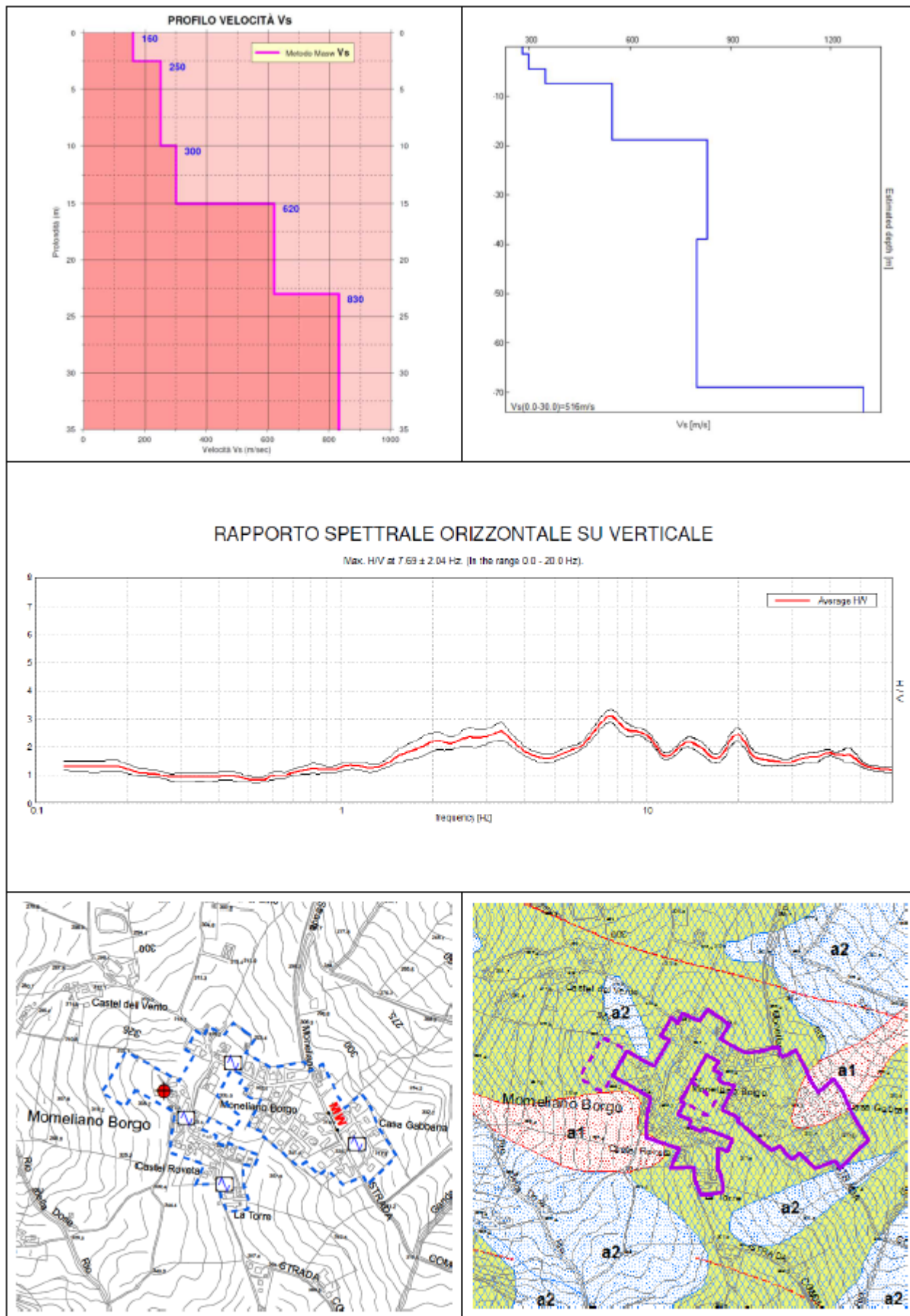
Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Appennino** con substrato caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s.

I risultati ottenuti dall'indagine effettuata restituiscono amplificazioni caratterizzate da  $FAPGA = 1,95$  –  $FASI1\ 0.1-0.5S = 2,1$  –  $FASI1\ 0.5-1S = 1,3$ . Tuttavia, è da precisare che, nel caso specifico, l'indagine MASW è stata realizzata in corrispondenza di un corpo di frana. Per questo motivo, i valori ottenuti possono considerarsi rappresentativi per quella sola area e non per l'intero abitato di Momeliano.

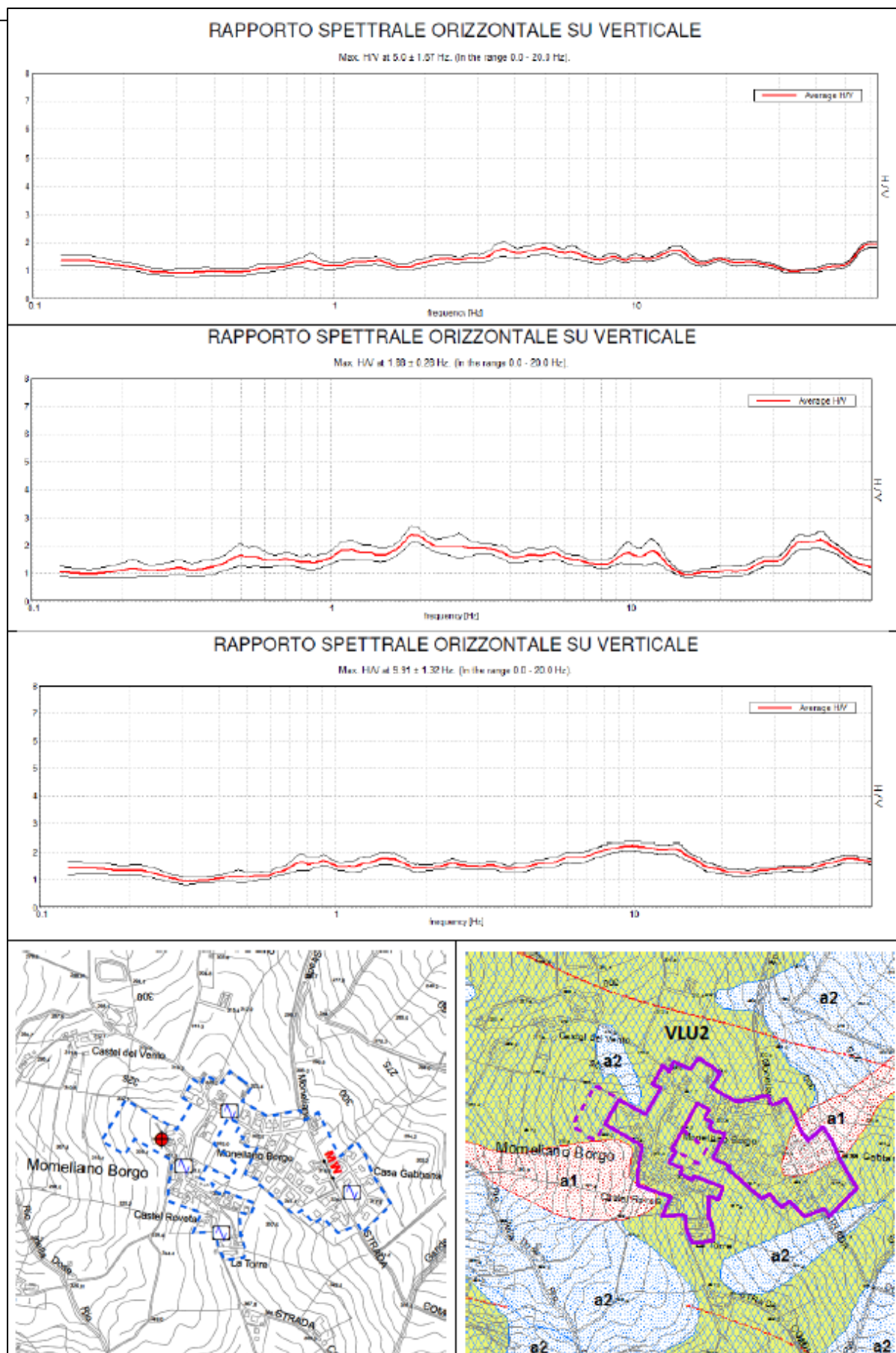
In considerazione di ciò si è pertanto ritenuto opportuno, far riferimento ed adottare i valori dei fattori di amplificazione calcolati per l'ambito Boffalora, in coerenza con l'affinità e l'assonanza delle caratteristiche geologico-sismiche dei luoghi:  $FAPGA = 1,6$  –  $FASI1\ 0.1-0.5S = 1,5$  –  $FASI1\ 0.5-1S = 1,1$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti in Località Momeliano, si riportano di seguito due schede riassuntive.





Scheda riassuntiva Ambito 9 (Momeliano)



Scheda riassuntiva Ambito 9 (Momellano)

#### **4.10 TORRAZZO (ambito n. 10)**

##### **4.10.1 Assetto geologico e geomorfologico**

Dal punto di vista geologico, l'area di pertinenza dell'agglomerato di Torrazzo risulta modellata nei terreni appartenenti alla litofacies a dominante arenacea della Formazione di Val Luretta (Membro di Monteventano), costituita da sequenze di torbiditi terrigene calcareo-marnose e arenacee, in banchi e strati di spessore variabile da decimetrico a metrico, a giacitura assai irregolare.

Sotto il profilo morfologico, l'abitato si è sviluppato lungo un tratto di versante, mediamente acclive, esposto a NE, la cui regolarità morfologica è segnata da crinali secondari, più o meno marcati, modellati nel substrato roccioso affiorante o subaffiorante, e da corpi più o meno estesi di paleofrane, parzialmente quiescenti, ma che in alcuni tratti evidenziano segnali di attività, e da fenomeni di creeping superficiale.

Data la conformazione morfologica dell'ambito territoriale in esame, il versante nel suo complesso può essere considerato ben drenato, sebbene localmente siano presenti settori a morfologia irregolare, conchiforme o con contropendenze, che, privi di assi di drenaggio veri e proprie tendono a raccogliere le acque di scorrimento superficiale, causa predisponente dell'innescare dei dissesti che li caratterizzano. Da segnalare la presenza di un piccolo invaso di raccolta delle acque per uso irriguo.

Per quanto riguarda la presenza di acque sotterranee nell'immediato sottosuolo dell'area di specifico interesse, sulla base delle caratteristiche idro-geomorfologiche osservate e della natura del substrato (che risulta costituito da un substrato roccioso permeabile principalmente per fratturazione), è possibile escludere l'esistenza di falde idriche degne di rilievo, sebbene possano verificarsi stagionalmente emergenze idriche lungo versante, in particolare in corrispondenza dei tratti già interessati da fenomeni di dissesto.

Le zone del tratto di versante impostate in corrispondenza dei crinali secondari o, in generale, a morfologia dossiforme, modellate in roccia subaffiorante e ben drenate, risultano dotate nel complesso di più che discrete caratteristiche di stabilità. Il versante è segnato tuttavia da due corpi di paleofrana che delimitano a W e a SE il settore su cui si è sviluppato il nucleo residenziale. Si tratta di dissesti parzialmente quiescenti o con lembi soggetti a riattivazione, come si può osservare in particolare nel tratto di versante posto a N dell'agglomerato di Torrazzo di sotto.

Il substrato delle zone localizzate nelle zone di crinale o a morfologia dossiforme che modellano il versante, è impostato in roccia subaffiorante, sebbene localmente essa risulti fortemente disarticolata sia per la prossimità a linee di discontinuità tettonica (piani di faglia e fratturazioni) sia per effetto della presenza di piani di taglio dovuti al riflesso dei movimenti gravitativi che interessano lo stesso versante. Per ciò che concerne le caratteristiche di resistenza geomeccaniche del substrato roccioso, nel complesso buone, si sottolinea l'importanza che può assumere la frequente ed incipiente fratturazione che interessa il substrato roccioso. In tali condizioni l'applicazione di carichi sul terreno mobilita prevalentemente la resistenza al taglio disponibile lungo le superfici di discontinuità preesistenti. I tratti di versante adiacenti sono invece caratterizzati dalla presenza di una coltre eluvio-colluviale di natura prevalentemente argillosa, con frequenti frammenti litoidi arenaceo-marnosi, di potenza variabile, che aumenta allontanandosi dalla zona assiale dei dossi e crinali secondari. Le caratteristiche geomeccaniche di tale coltre non sono in generale ottimali e possono scadere sensibilmente a seguito di impregnazione idrica.

#### Pericolosità sismica locale

L'estremo settore sud-orientale dell'ambito, interessato da corpi di frana attivi e/o quiescenti, è potenzialmente soggetto ad effetti di amplificazione per caratteristiche litologiche ed instabilità di versante.

Gli approfondimenti del terzo livello, che servirebbero per la caratterizzazione sismica di dettaglio dei corpi di frana attivi e quiescenti, non sono previsti in questa fase di lavoro.

#### **4.10.2 Indagini pregresse**

Le ricerche bibliografiche e d'archivio non hanno evidenziato, sia entro il perimetro identificante l'ambito territoriale in oggetto sia nell'intorno dello stesso, la presenza di prove pregresse.

#### 4.10.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS

Nell'ambito del presente Studio di MS sono state eseguite una prova MASW e una analisi dei microtremori HVSR; le due indagini sono state eseguite congiuntamente al fine di ottenere il confronto diretto dei dati.

Di seguito si riporta il valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) e rispettiva ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)         | $f_1$ (Hz) |
|----------|--------------------|------------|
| HVSR 09  | $f_0 = 12.1$ (2.0) |            |

Tabella 14: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori



#### 4.10.4 Elaborazione dei dati

Le indagini condotte ex-novo entro l'ambito territoriale "Torrazzo", sono consistite in n. 1 prova MASW ed n. 1 prova HVSr i cui risultati vengono illustrati schematicamente di seguito.

Il profilo di velocità ottenuto dall'elaborazione della prova MASW mostra la presenza di una coltre di copertura più superficiale di natura argilloso-limosa poco addensata, con valori di  $V_s$  intorno ai 200-210 m/s, avente spessore pari a circa 2.5 m.

A partire da tale profondità, i valori di velocità aumentano in modo progressivo pur mantenendosi sempre piuttosto bassi. Il "Bedrock" sismico non è stato individuato entro i primi 35 metri.

In accordo con il contesto geologico di sito, supportato dalle risultanze ottenute in fase di elaborazione delle prove, si può quindi verosimilmente affermare che in tale luogo il substrato lapideo "Flysch di Val Luretta" sia sub affiorante e sovrastato da un esiguo spessore di materiale eluvio-colluviale (circa 2.5 m) localmente instabile e/o potenzialmente instabile. La natura pelitica della facies prevalente, unitamente all'intenso grado di alterazione che contraddistingue il bedrock litologico, conferiscono a quest'ultimo valori di velocità estremamente bassi che, nemmeno per profondità più elevate dove l'alterazione tende a ridursi, lo avvicinano alla valenza di bedrock sismico.

Dalla prova MASW è stato possibile calcolare il valore di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. In particolare, è stato considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 30 m ottenendo il seguente risultato:

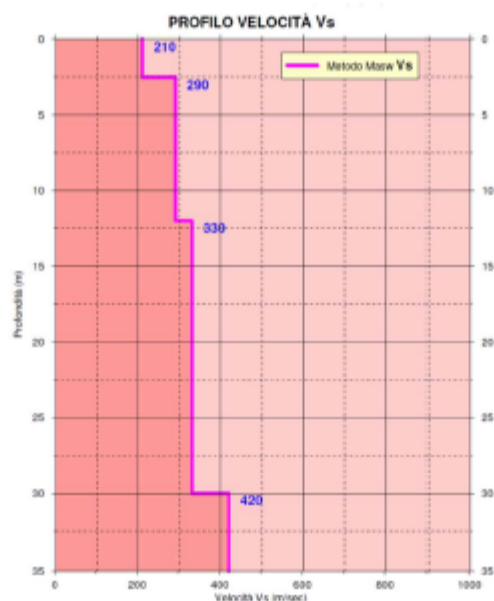
MASW 3 :  $V_{sH} = 302$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **C**

La prova HVSr appare coerente con quanto emerso dall'interpretazione dell'indagine MASW individuando una frequenza di risonanza intorno a 12 Hz, indicante il passaggio fra copertura e substrato.

Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Appennino** con substrato caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s.

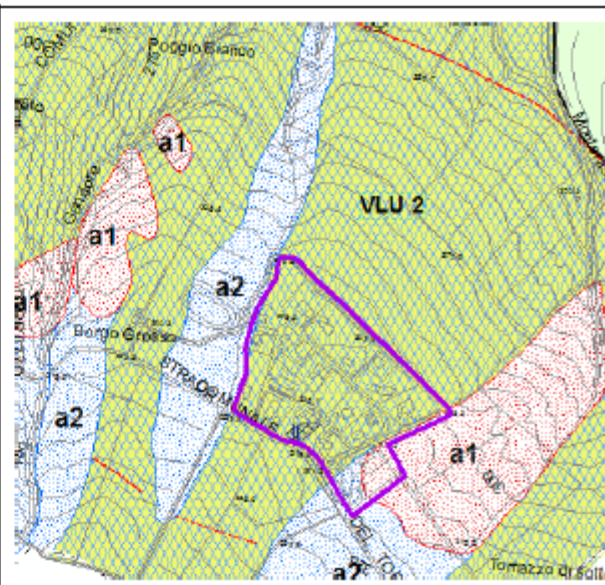
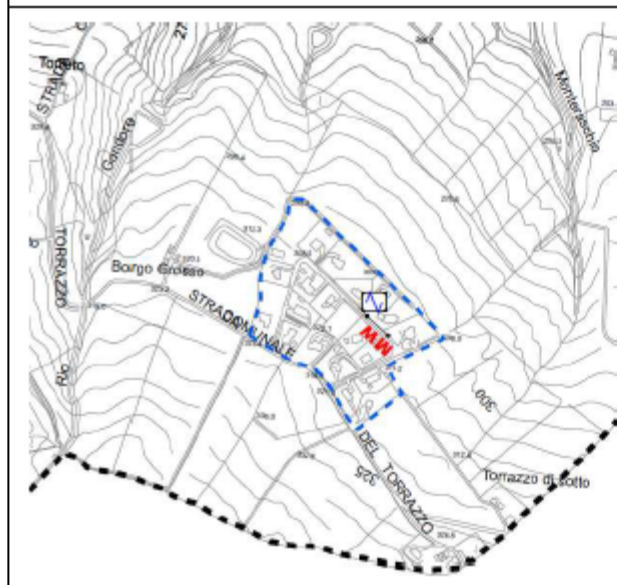
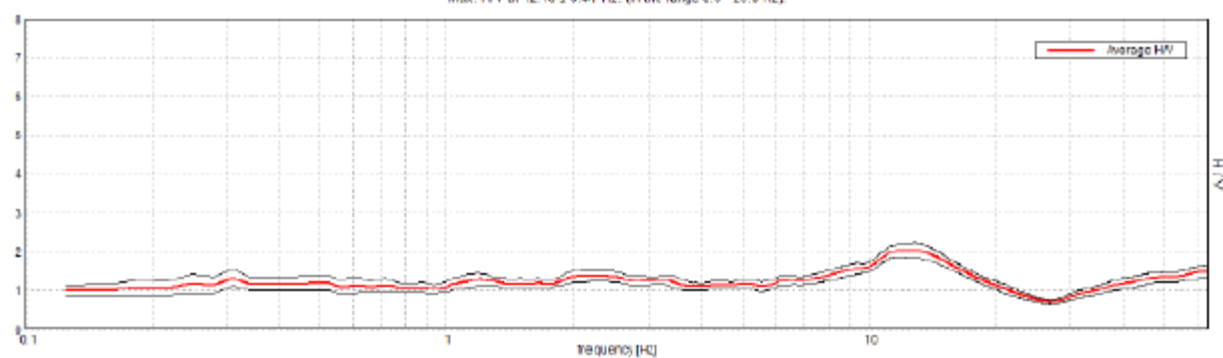
Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  $F_{APGA} = 1,9$  –  $F_{AS11\ 0.1-0.5S} = 2,1$  –  $F_{AS11\ 0.5-1S} = 2,3$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti in Località Torrazzo, si riporta di seguito una scheda riassuntiva.



### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $12.16 \pm 0.47$  Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz)



Scheda riassuntiva Ambito 10 (Torrazzo)

#### 4.11 REZZANELLO (ambito n. 11)

##### 4.11.1 Assetto geologico e geomorfologico

Dal punto di vista geologico, l'area di localizzazione dell'abitato di Rezzanello e di altri centri minori limitrofi risulta modellata quasi interamente nei terreni appartenenti alla litofacies a dominante arenacea della Formazione di Val Luretta (Membro di Monteventano), costituita da sequenze di torbiditi terrigene calcareo-marnose e arenacee, in banchi e strati di spessore variabile da decimetrico a metrico, a giacitura assai irregolare; solo i tratti di versante posti a S e SW di Rezzanello (zone di C. se Ribolini, di Tagliaferri e quelle a NW di tale località) sono impostati nei terreni riferibili alla litofacies a dominante calcareo-marnosa (Membro di Genepreto) della stessa formazione geologica, costituite da alternanze di calcari, calcari marnosi e marne calcaree con intercalazioni di arenarie.

Sotto il profilo morfologico, l'agglomerato di Rezzanello si colloca in un contesto alquanto articolato. Il nucleo storico dell'abitato (castello, chiesa e caseggiati vicini) si sviluppa prevalentemente in corrispondenza di un crinale che si allunga circa in direzione N-S; il resto dell'abitato, di più recente impostazione, si sviluppa sul tratto di versante compreso tra tale crinale e la vallecchia del Rio Tarone, caratterizzato da media acclività e interessato, verso il corso del citato rio, dallo sviluppo di estesi corpi di frana sia quiescenti (paleofrane) - che in alcuni tratti evidenziano segnali di attività e sono interessati da fenomeni di creeping superficiale - che attivi (v. porzione di valle del nucleo abitato recente).

Per quanto riguarda la zona di crinale sede del vecchio nucleo di Rezzanello, essa risulta, vista la sua conformazione morfologica, sufficientemente ben drenata. Altrove la situazione risulta però diversa ed il drenaggio è, in genere, più difficoltoso, anche se bisogna fare distinzione tra le zone a conformazione più o meno blandamente dossiforme o relativamente acclivi, sicuramente meglio drenate, e quelle prive di assi di richiamo idrico e localmente a conformazione conchiforme che tendono a raccogliere le acque di scorrimento superficiale, causa di innesco dei dissesti che caratterizzano l'area in studio. L'unico corso d'acqua di un certo interesse nella zona di Rezzanello è il Rio Tarone che scorre, con direzione circa N-S, ad E del nucleo abitato e ne segna il limite; si possono comunque individuare anche altri assi minori di compluvio dotati di una certa continuità.

In zona si possono osservare anche alcuni piccoli invasi artificiali ad uso irriguo, localizzati nell'ambito o al margine di corpi di frana.

Per quanto riguarda la presenza di acque sotterranee nell'immediato sottosuolo dell'area di specifico interesse, sulla base delle caratteristiche idro-geomorfologiche osservate e della natura del substrato (che risulta costituito da un substrato roccioso permeabile principalmente per fratturazione), è possibile escludere l'esistenza di falde idriche degne di rilievo, sebbene possano verificarsi stagionalmente emergenze idriche lungo versante, in particolare in corrispondenza dei tratti già interessati da fenomeni di dissesto.

La zona sommitale del crinale su cui si sviluppato il nucleo vecchio di Rezzanello, modellato in roccia subaffiorante e sufficientemente ben drenato, risulta dotato nel complesso di ottime caratteristiche di stabilità. Lo stesso vale per il piccolo crinale posto a SW del castello di Rezzanello.

Condizioni di stabilità soddisfacenti caratterizzano anche i tratti di versante posti a ridosso di tale crinale, interessati da coltri di copertura eluvio-colluviale relativamente potente, ma da acclività generalmente contenuta - che possono comunque essere localmente interessate dalla presenza di localizzati movimenti franosi di carattere superficiale, quali fenomeni di creeping, di soliflusso o scivolamenti, corrispondenti alla mobilitazione, per eccessiva imbibizione idrica, della coltre superficiale - nonché i tratti di versante ad elevata acclività impostati in roccia subaffiorante (zona ad W di Tagliaferri), dove sussiste il rischio di fenomeni di erosione accelerata associati a localizzati fenomeni di decorticazione ed asportazione degli orizzonti più superficiali del terreno e talora a piccoli crolli o, al limite, anche piccoli fenomeni franosi di carattere superficiale.

Le zone poste a contorno dei corpi di frana segnalati nell'area di Rezzanello sono invece da classificare come aree da poco stabili a potenzialmente instabili in quanto interessate, in genere, da potenti coperture detritiche eluvio-colluviali mobilizzabili in presenza d'acqua, contraddistinte da morfologia irregolare che rende difficoltoso il drenaggio, nonché spesso già interessate da localizzati movimenti franosi di carattere prevalentemente superficiale (creeping, soliflussi o scivolamenti).

Buona parte del nucleo abitato più recente di Rezzanello è localizzato in area a stabilità precaria; più specificatamente lungo il fianco vallivo sinistro del Rio Tarone è presente un grosso e complesso corpo di frana, con parti sia attive che quiescenti, la cui zona di testata si spinge fino in prossimità della cima del Monte Travo, che corrisponde all'estesa e profonda movimentazione della locale potente coltre eluvio-colluviale di copertura del substrato (altri grossi corpi di frana caratterizzano il contesto rappresentato in carta).

Parte degli edifici ricade, ad eccezione del settore meridionale cartografato in frana attiva, in area di frana complessivamente stabilizzata, anche per effetto di interventi di salvaguardia idrogeologica eseguiti in passato (quali drenaggi sotterranei); peraltro alcuni settori di tali zone di frana stabilizzate, in quanto contraddistinte da una morfologia dossiforme favorente il drenaggio delle acque superficiali e/o prive di indizi di movimenti gravitativi più o meno recenti, possono essere considerate siti contraddistinti da condizioni geostatiche sicuramente migliori delle aree circostanti.

Il substrato delle zone assiali di crinale è costituito da roccia subaffiorante che risulta comunque con probabilità localmente più o meno disarticolata per effetto della presenza di piani di taglio dovuti al riflesso di movimenti gravitativi che interessano le aree adiacenti.

Per ciò che concerne le caratteristiche di resistenza geomeccanica del substrato roccioso, nel complesso buone, si sottolinea l'importanza che può assumere la sua frequente ed incipiente fratturazione. In tali condizioni l'applicazione di carichi sul terreno mobilita prevalentemente la resistenza al taglio disponibile lungo le superfici di discontinuità preesistenti.

I versanti sono invece caratterizzati dalla presenza di una coltre eluvio-colluviale di natura prevalentemente argillosa, con frequenti frammenti litoidi arenaceo - marnosi, di potenza variabile, che aumenta allontanandosi dalle zone sommitali di crinale. Le caratteristiche geomeccaniche di tale coltre non sono in generale ottimali e possono scadere sensibilmente a seguito di impregnazione idrica.

#### Pericolosità sismica locale

I settori che direttamente o indirettamente interessano le zone già urbanizzate di Rezzanello coinvolti in zone di dissesto, attive e/o quiescenti, sono potenzialmente soggetti ad effetti di amplificazione per caratteristiche litologiche ed instabilità di versante.

Gli approfondimenti del terzo livello, che servirebbero per la caratterizzazione sismica di dettaglio dei corpi di frana attivi e quiescenti, non sono previsti in questa fase di lavoro.

Altri settori dell'area rappresentata in carta, per lo più coincidenti con tratti di versante a sensibile acclività e subordinatamente con dorsali (crinali) allungate sono potenzialmente soggetti ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche morfologiche e topografiche.

#### **4.11.2 Indagini pregresse**

Le ricerche bibliografiche e d'archivio non hanno evidenziato, sia entro il perimetro identificante l'ambito territoriale in oggetto sia nell'intorno dello stesso, la presenza di prove pregresse.

#### **4.11.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS**

Nell'ambito del presente Studio di MS sono state eseguite una prova MASW e n. 4 analisi dei microtremori HVSr.

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.



| Indagine | $f_0$ (Hz)         | $f_1$ (Hz)        |
|----------|--------------------|-------------------|
| HVSR 06  | $f_0 = 15.6$ (3.1) | $f_1 = 8.2$ (2.3) |
| HVSR 07  | $f_0 = 3.9$ (2.2)  | $f_1 = 2.5$ (1.8) |
| HVSR 08  | $f_0 = 3.1$ (2.8)  | $f_1 = 1.7$ (2.0) |
| HVSR 39  | Nessun picco       |                   |

Tabella 15: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.11.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Nel caso specifico sono stati ottenuti tre profili di velocità delle onde Vs: uno deriva dall'elaborazione della prova MASW, gli altri due, invece, sono stati ricavati invertendo le prove HVSR n. 7 e n. 8.

Quest'ultime sono state condotte in corrispondenza di dissesti gravitativi cartografati rispettivamente in condizioni cinematiche di tipo attivo (HVSR 7) e quiescente (HVSR 8). Di seguito si riporta uno stralcio cartografico. L'interpretazione del contenuto informativo che ne deriva avverrà, pertanto, in coerenza con il locale contesto geologico-geomorfologico.

Contrariamente, il profilo di Vs relativo alla prova MASW delinea principalmente i caratteri sismo-elastici in condizioni di sito stabile (assenza di fenomeni di dissesto).

Nel dettaglio, mostra la presenza di una coltre di copertura più superficiale di natura argilloso-limosa poco addensata, con valori di Vs intorno ai 200 m/s, e spessore pari a circa 5.0 m.

A partire da tale profondità fino a circa 11 m, le velocità aumentano segnalando la presenza di materiale più compatto, riconducibile alla porzione più superficiale fortemente alterata e fratturata, del substrato lapideo "Flysch di Val Luretta".

Oltre gli 11 metri l'aumento dei valori di Vs risulta più netto segno che il substrato, con l'aumentare della profondità, diventa progressivamente più compatto raggiungendo valori superiori agli 800 m/s (Bedrock sismico) intorno ai 26 m dal p.c.

Dalla prova MASW è stato possibile calcolare il valore di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. In particolare, è stato considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 26 m ottenendo il seguente risultato:

MASW 2 :  $V_sH = 387$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

I profili di velocità ottenuti tramite inversione delle prove HVSR (n. 7 e n. 8) condotte in corrispondenza di zone interessate da dissesti rispettivamente di tipo attivo e quiescente, evidenziano la presenza di materiale a medio basso grado di addensamento con potenza significativa.

In particolare, i valori di  $V_s$  non superano i 300-330 m/s entro i primi 7 m circa di profondità, identificando la porzione più superficiale ed allentata del corpo di frana.

Da 7.0 m circa fino a 33 – 37 m circa aumenta il grado di addensamento del materiale con valori di velocità  $V_s$  che si portano sui 450-490 m/s individuando verosimilmente la porzione più profonda del corpo di frana.

Un netto incremento di  $V_s$  si registra oltre i 33 – 37 m per la presenza del substrato lapideo (bedrock litologico e sismico) "Flysch di Val Luretta".

Fanno seguito i valori di velocità equivalente calcolati considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 30 m ( $V_{s30}$ ) e corrispondente categoria di suolo fondazionale:

HVSR 7 :  $V_sH = 414$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

HVSR 8 :  $V_sH = 395$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

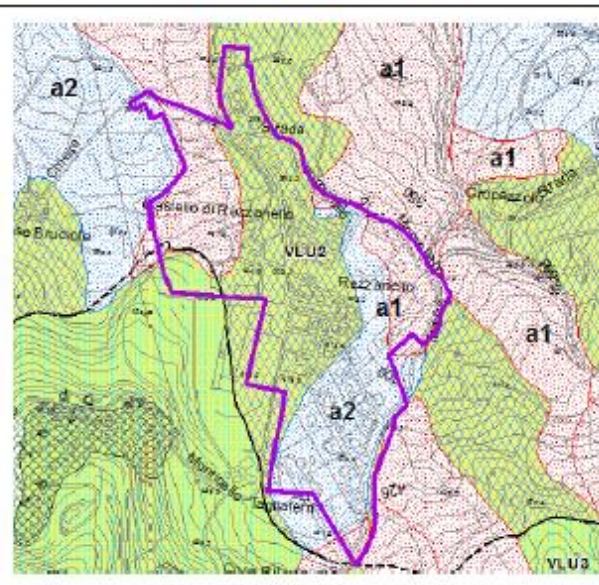
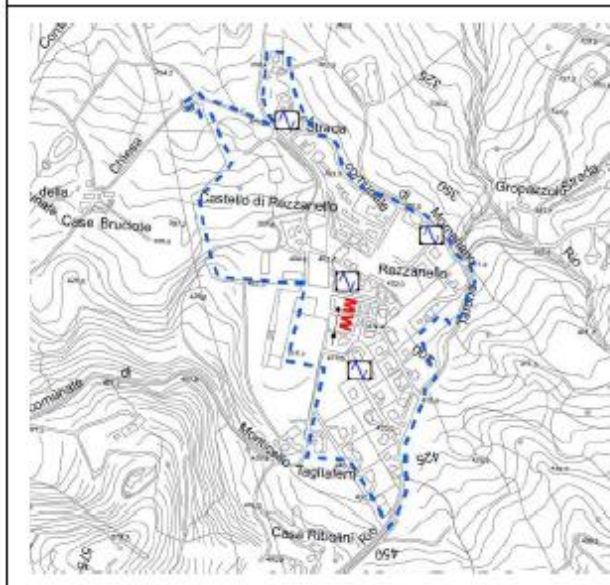
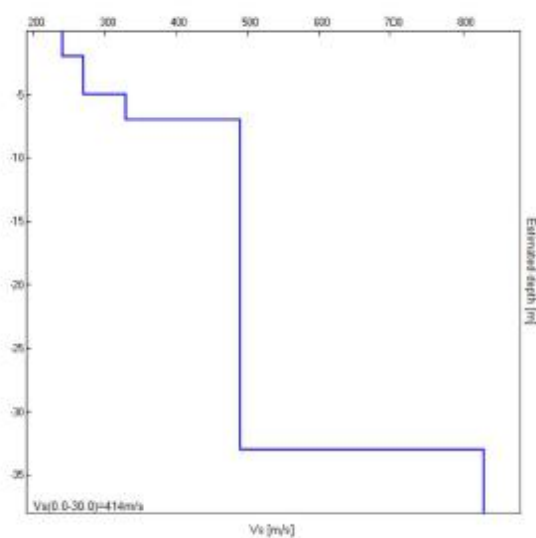
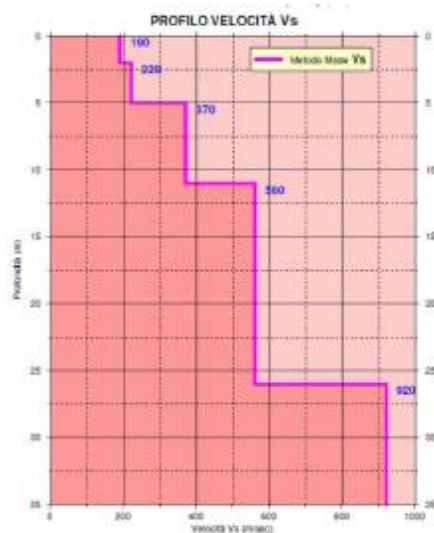
Nell'ambito territoriale in esame, come precedentemente introdotto, sono state realizzate n. 4 prove HVSR. La frequenza di risonanza della prova n. 6 (15 Hz) indica il passaggio, piuttosto superficiale, fra copertura e substrato (in accordo con le risultanze della prova MASW). Nelle prove n. 7 e n. 8 invece, i picchi sono stati individuati nell'intervallo compreso tra 3.0-3.8 Hz, indicando contrasti di impedenza sismica con profondità maggiore rispetto a quello della prova n. 6.

Pur non escludendo, in ambito interpretativo, la possibilità di ricondurre tali contrasti ad un aumento di consistenza all'interno del substrato lapideo (Flysch di Val Luretta), appare più verosimile e coerente con il contesto geologico e geomorfologico locale caratterizzato dalla presenza di fenomeni gravitativi e forme di dissesto idrogeologico che modellano la morfologia del paesaggio, ricondurre tali contrasti di impedenza (e consistenza) al passaggio tra il materiale allentato caratterizzante un corpo di frana ed il sottostante Flysch di Val Luretta.

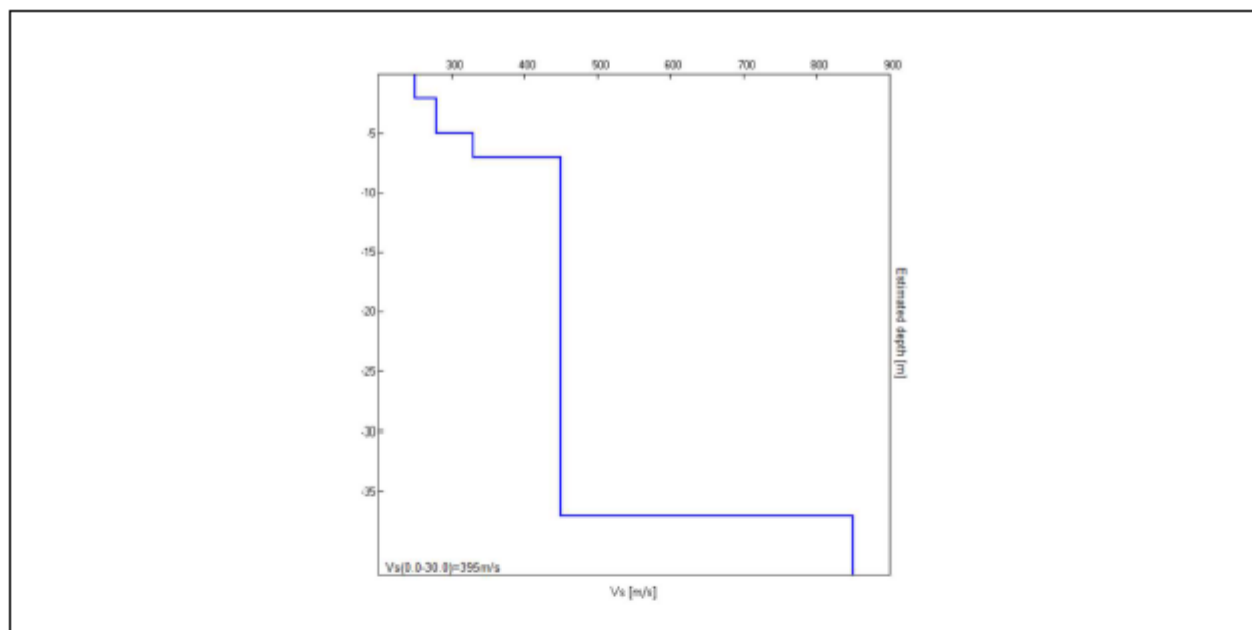
Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Appennino** con substrato caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s.

Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area stabile studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  $F_{APGA} = 1,8$  –  $F_{ASI1\ 0.1-0.5S} = 1,8$  –  $F_{ASI1\ 0.5-1S} = 1,2$ . Le aree instabili invece hanno due distinte caratterizzazioni. Per quanto concerne il dissesto quiescente le amplificazioni sono caratterizzate da  $F_{APGA} = 1,7$  –  $F_{ASI1\ 0.1-0.5S} = 2,0$  –  $F_{ASI1\ 0.5-1S} = 1,5$ , mentre nelle aree caratterizzate da dissesti attivi da  $F_{APGA} = 1,65$  –  $F_{ASI1\ 0.1-0.5S} = 1,8$  –  $F_{ASI1\ 0.5-1S} = 1,3$

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti in Località Rezzanello, si riportano di seguito tre schede riassuntive.

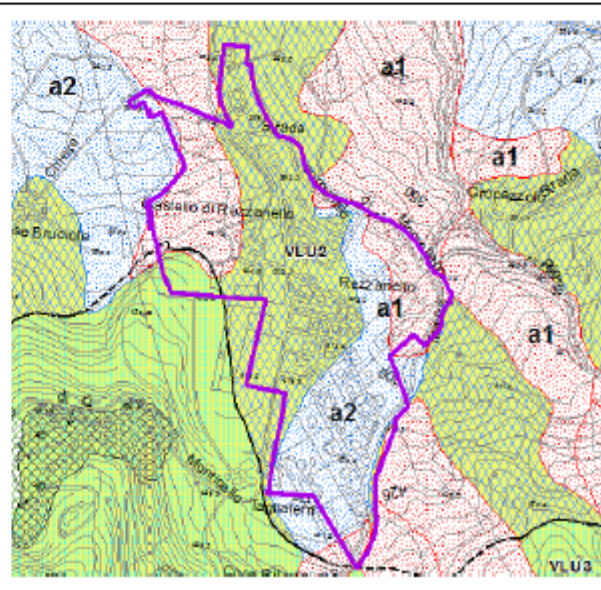
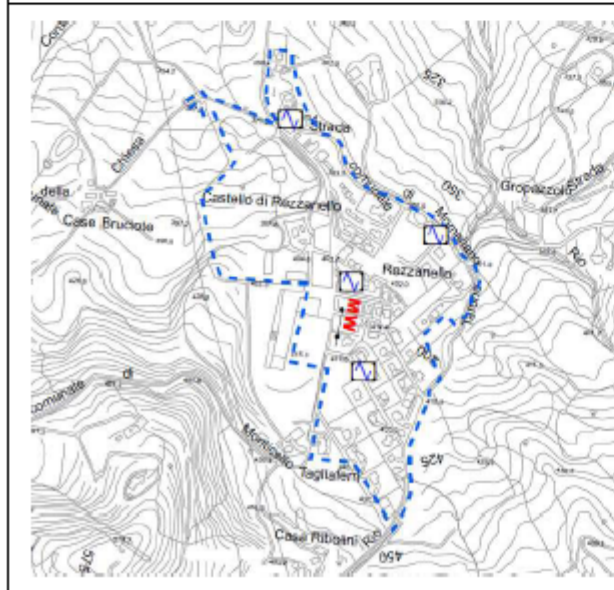
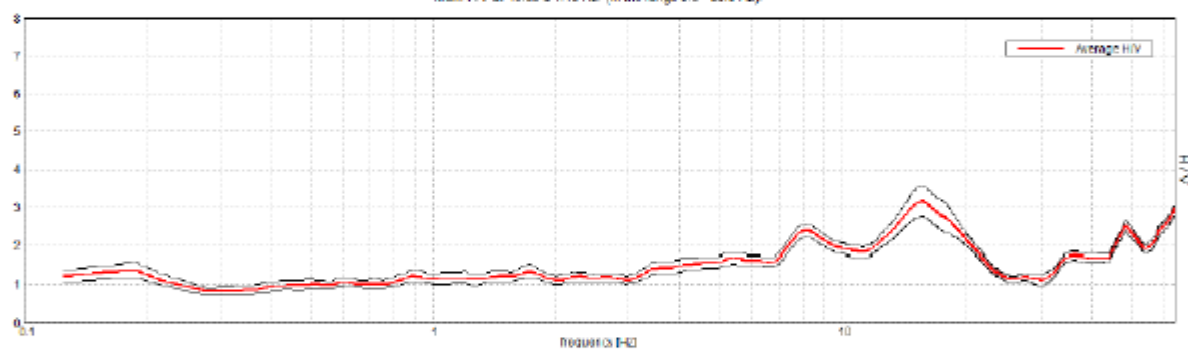


Scheda riassuntiva Ambito 11 (Rezzanello)



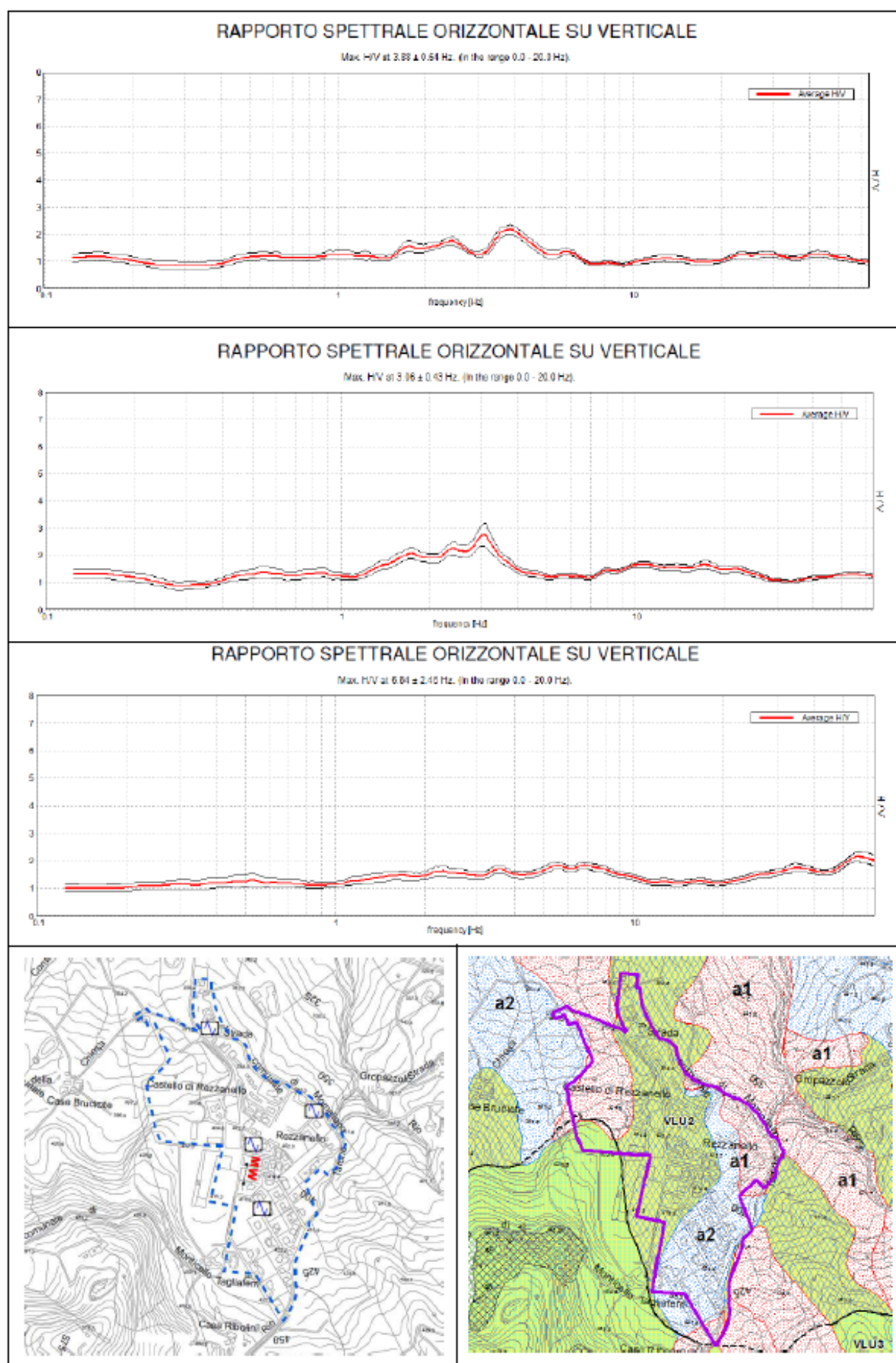
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. HV at 15.63  $\pm$  1.48 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz)



Scheda riassuntiva Ambito 11 (Rezzanello)





Scheda riassuntiva Ambito 11 (Rezzanella)

## 4.12 BOFFALORA (ambito n. 12)

### 4.12.1 Assetto geologico e geomorfologico

L'ambito territoriale in esame, caratterizzato da una forma allungata, si estende in corrispondenza di un crinale che a partire dal Monte Boffalora si allunga verso NW interessando le località Paderna, Colombarola e Cà del Verme.

Dal punto di vista geologico, l'area risulta modellata nei terreni appartenenti alla Formazione di Val Luretta, costituita nella porzione intermedia e di valle del versante da litofacies a dominante arenacea (Membro di Monteventano), rappresentate da sequenze di torbiditi terrigene calcareo-marnose e arenacee, in banchi e strati di spessore variabile da decimetrico a metrico, a giacitura assai irregolare; nella porzione topograficamente più elevata, si osserva il passaggio alle litofacies a dominante calcareo-marnosa (Membro di Genepreto), costituite da alternanze di calcari, calcari marnosi e marne calcaree con intercalazioni di arenarie.

Sotto il profilo morfologico, l'area risulta, come detto, impostata in prossimità di un crinale, avente direzione circa NW-SE, che divide il bacino del Rio di Scorticavacca a E da quello del Rio dei Tre Peri ad W. All'interno dei solchi vallivi dei due corsi d'acqua sopra citati sono presenti corpi di paleofrane, parzialmente quiescenti o con lembi soggetti a riattivazione, di notevole estensione complessiva, che si sviluppano a partire circa dalla zona di crinale fino al fondovalle del Rio Tarone.

All'esterno dei suddetti corpi di frana si osservano, a diverse quote, locali fenomeni di creeping superficiale, dovuti alla notevole "forza di richiamo" che esercitano i corpi di frana più estesi sui terreni circostanti.

Nel settore di diretto interesse sono presenti piccoli fossi ed alcuni canali campestri secondari di scolo delle acque verso il Rio dei Tre Peri, affluente di destra del Rio Tarone, la cui zona di testata è prossima all'area indagata. All'interno dell'ambito territoriale di più diretto interesse sono presenti locali contropendenze che determinano un deflusso lento e/o difficoltoso delle acque superficiali talora creando delle vere e proprie zone di ristagno idrico. Da segnalare inoltre, la presenza di alcuni bacini idrici ad uso prevalentemente irriguo.

Per quanto riguarda la presenza di acque sotterranee nell'immediato sottosuolo dell'area di specifico interesse, sulla base delle caratteristiche idro-geomorfologiche osservate e della natura del substrato (che risulta costituito da un substrato roccioso permeabile principalmente per fratturazione), è possibile escludere l'esistenza di falde idriche degne di rilievo, sebbene possano verificarsi stagionalmente emergenze idriche lungo versante, in particolare in corrispondenza dei tratti già interessati da fenomeni di dissesto.

Il settore in cui si colloca l'area in esame, mediamente acclive, risulta dotato di un grado di stabilità molto variabile. In generale possono essere distinte tre fasce, circa parallele tra loro, a decrescente grado di stabilità man mano che ci si allontana dalla zona assiale del crinale secondario.

In effetti il grado di stabilità è da considerare più che soddisfacente in corrispondenza del crinale, data la presenza di un substrato roccioso stratificato a tratti affiorante o subaffiorante, relativamente integro.

Il settore occidentale ricade viceversa al margine di un tratto di versante a morfologia irregolare, già interessato da fenomeni gravitativi più o meno estesi. Analoghe condizioni si osservano sul versante che si sviluppa a W del crinale secondario.

Il substrato risulta impostato in roccia subaffiorante nei settori impostati in corrispondenza del crinale, sebbene con probabilità fortemente disarticolata per effetto della presenza di piani di taglio dovuti al riflesso dei movimenti gravitativi (osservabili sia ad E che ad W).

Per ciò che concerne le caratteristiche di resistenza geomeccanica del substrato roccioso, nel complesso buone, si sottolinea l'importanza che assume la sua frequente ed incipiente fratturazione. In tali condizioni l'applicazione di carichi sul terreno mobilita prevalentemente la resistenza al taglio disponibile lungo le superfici di discontinuità preesistenti. I versanti adiacenti sono invece caratterizzati dalla presenza di una coltre eluvio-colluviale di natura prevalentemente argillosa, con frequenti frammenti litoidi arenaceo-marnosi, di potenza variabile, che aumenta allontanandosi dalla zona assiale del crinale. Le caratteristiche geomeccaniche di tale coltre non sono in generale ottimali e possono scadere sensibilmente a seguito di impregnazione idrica.

#### Pericolosità sismica locale

Il tratto di versante localizzato ad W del crinale secondario, dotato di una potente coltre detritica, è un settore potenzialmente soggetto ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche litologiche; anche nei pressi della località di Scorticavacca, sono presenti tratti di versante acclivi, potenzialmente soggetti ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche morfologiche e topografiche.

Da rilevare che i settori coinvolti da zone di dissesto, attive e/o quiescenti, individuate ai margini dell'area di più diretto interesse, sono potenzialmente soggetti ad effetti di amplificazione per caratteristiche litologiche ed instabilità di versante.

Gli approfondimenti del terzo livello, che servirebbero per la caratterizzazione sismica di dettaglio dei corpi di frana attivi e quiescenti, non sono previsti in questa fase di lavoro.

#### 4.12.2 Indagini pregresse

La raccolta delle indagini disponibili, è stata effettuata attingendo informazioni dagli archivi del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (SGSS) e dalle elaborazioni di indagini fornite direttamente da Geotest S.r.l. o dall'Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola.

Nel dettaglio le indagini raccolte consistono solamente in n. 1 trincea esplorativa e n. 2 prove penetrometriche dinamiche.

#### 4.12.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS

Nell'ambito del presente Studio di MS sono state eseguite una prova MASW e n. 3 analisi dei microtremori HVSR.

Di seguito si riporta una sintesi delle misure effettuate all'interno dell'area di studio, comprensive del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) ed eventuali altri picchi significativi ( $f_1$ ); tra parentesi viene inoltre indicata l'ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)        | $f_1$ (Hz)        |
|----------|-------------------|-------------------|
| HVSR 04  | $f_0 = 7.5$ (2.1) | $f_1 = 2.7$ (2.0) |
| HVSR 05  | $f_0 = 8.0$ (2.5) |                   |
| HVSR 38  | $f_0 = 4.4$ (2.7) |                   |

Tabella 16: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.12.4 Elaborazione dei dati

I dati provenienti dalle indagini in sito consentono di effettuare alcune considerazioni generali relativamente alle caratteristiche sismo-elastiche dei terreni sub-superficiali (30 - 40 m di profondità di indagine).

Di seguito vengono illustrati schematicamente i risultati derivanti dall'elaborazione ed interpretazione delle prove eseguite in riferimento all'ambito territoriale in oggetto.

Il profilo di velocità ottenuto dall'elaborazione della prova MASW mostra la presenza di una coltre di copertura più superficiale di natura argilloso-limosa poco addensata (localmente instabile e/o potenzialmente instabile) con valori di  $V_s$  inferiori a 250 m/s, avente spessore pari a circa 2.0/2.5 m.

A partire da tale profondità fino a circa 6 m, le velocità subiscono un leggero aumento impostandosi su valori di circa 300 m/s, segno della presenza di materiale più compatto della cui natura, però, è difficile fornire una valutazione interpretativa univoca. Un'attribuzione verosimile potrebbe ricondurre tale materiale alla copertura eluvio-colluviale prevalentemente limoso-argillosa (localmente instabile e/o potenzialmente instabile) sovrastante il bedrock litologico "Flysch di Val Luretta". Dati geognostici d'archivio (n. 2 penetrometrie dinamiche e n. 1 pozzo idrico) sembrano però attribuire tale materiale al cappellaccio di alterazione della roccia in posto, ovvero alla porzione più superficiale del substrato lapideo che si presenta intensamente alterato e fratturato. Le stratigrafie interpretate, infatti, individuano il tetto della formazione "Val Luretta" intorno ai 2.0/4.5 m dal p.c.

Dai 6 m ai 10 m si riduce il ventaglio di incertezza interpretativa in quanto l'aumento di  $V_s$  registrato è facilmente attribuibile al substrato lapideo (bedrock litologico ma non sismico) "Flysch di Val Luretta" il cui grado di alterazione e fratturazione tende a ridursi con la profondità; tant'è che oltre i 10 metri le velocità aumentano in modo più netto in corrispondenza del substrato progressivamente più compatto fino a raggiungere valori di  $V_s$  tali da individuare il bedrock sismico a partire dai 24 m di profondità circa.

Dalla prova MASW è stato possibile calcolare il valore di velocità equivalente a cui corrisponde una determinata categoria di suolo di fondazione. In particolare, è stato considerando un intervallo dal p.c. di 0 / - 24 m ottenendo il seguente risultato:

MASW 1 :  $V_sH = 456$  m/sec a cui corrisponde una Categoria di sottosuolo di tipo **B**

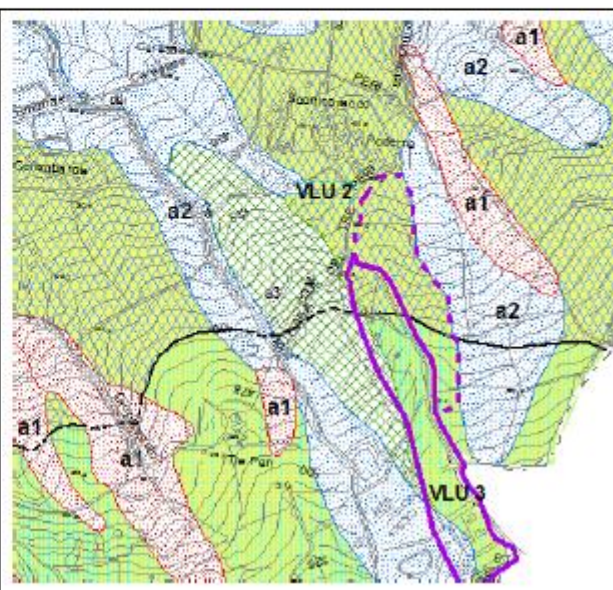
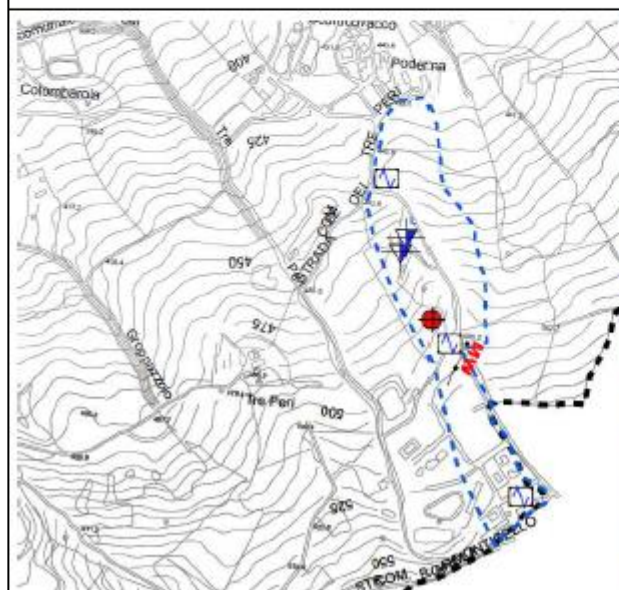
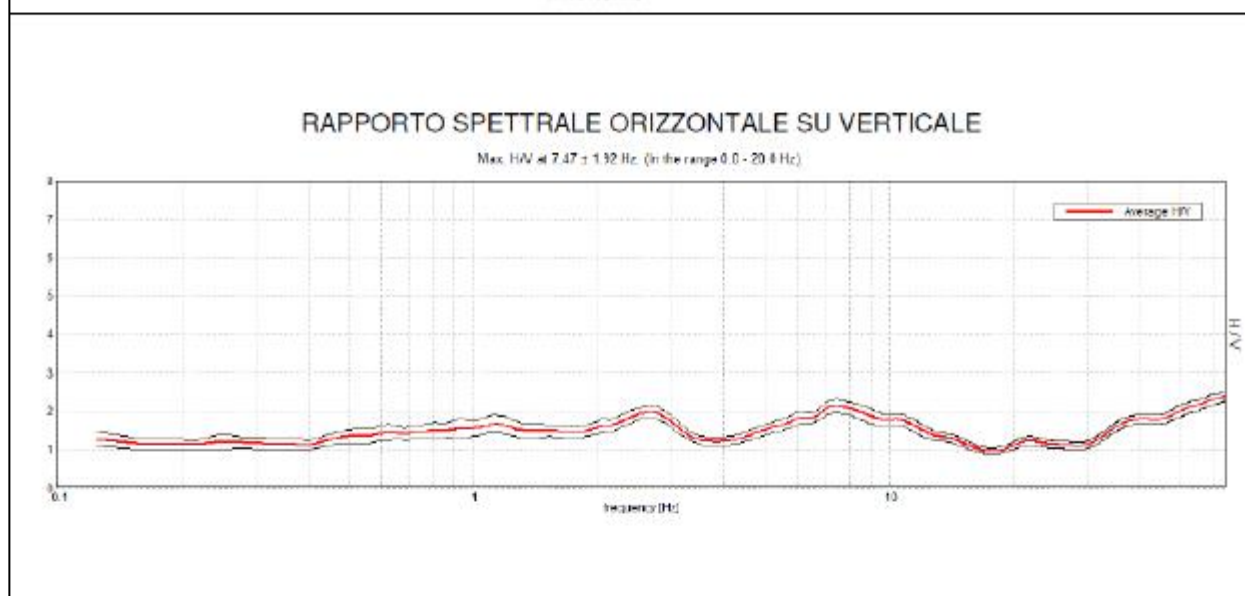
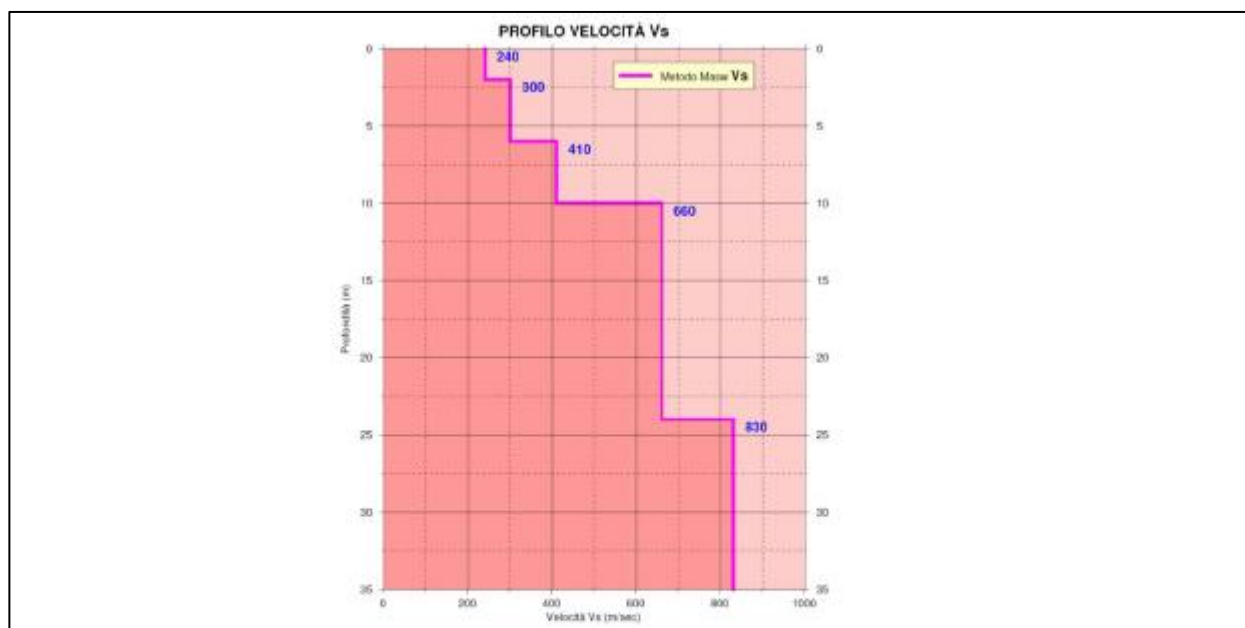


Il rilievo dei microtremori realizzato ex-novo, non ha individuato entro il campo di frequenze d'interesse ingegneristico (normalmente 1-10/15 Hz), picchi elevati del rapporto H/V. I picchi rilevati sono di modesta entità (ad eccezione della prova 38), ed indicano il passaggio fra copertura e substrato e/o aumenti di compattezza all'interno del substrato (Flysch di Val Luretta).

Per il calcolo dei fattori di amplificazione sono stati considerati gli abachi relativi all' **Ambito Appennino** con substrato caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s.

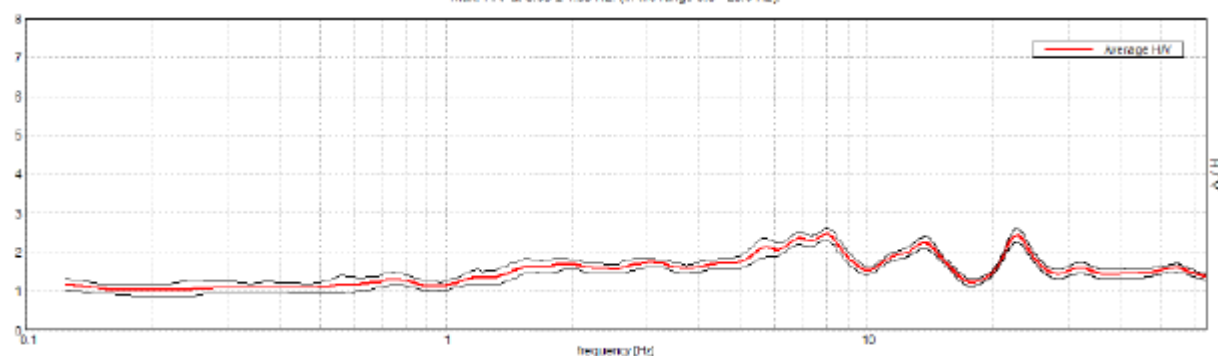
Dai risultati ottenuti si evince che tutta l'area studiata è suscettibile di amplificazioni caratterizzate da  $F_{APGA} = 1,6$  –  $F_{AS11\ 0.1-0.5S} = 1,5$  –  $F_{AS11\ 0.5-1S} = 1,1$ .

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti in Località Boffalora, si riportano di seguito due schede riassuntive.

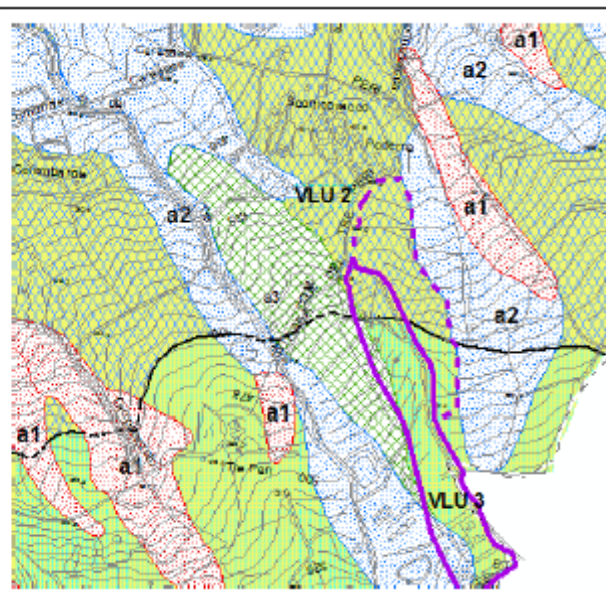
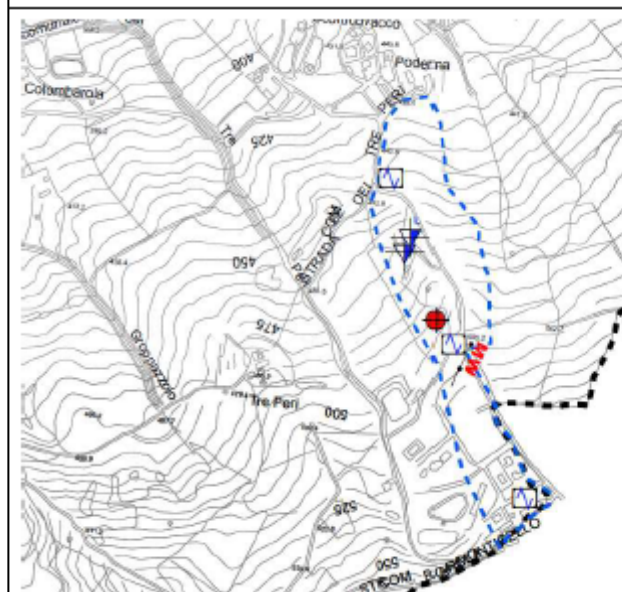
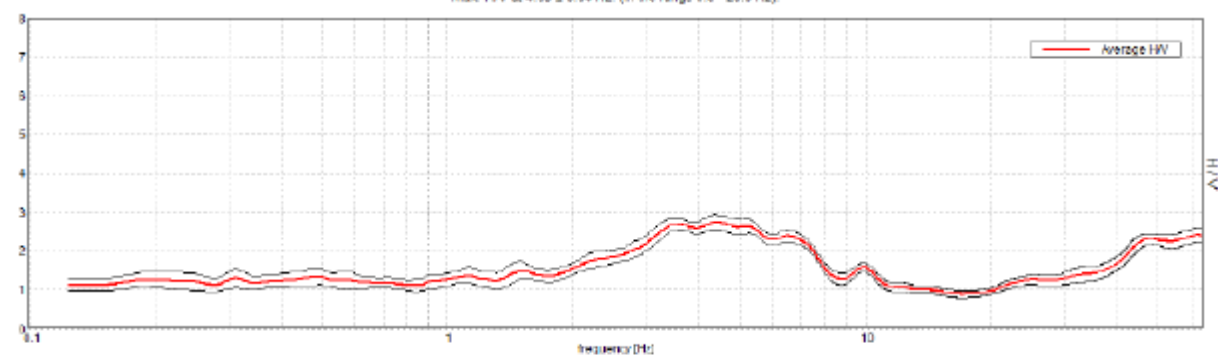


Scheda riassuntiva Ambito 12 (Boffalora)

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $0.03 \pm 1.30$  Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

## RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at  $4.38 \pm 0.34$  Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Scheda riassuntiva Ambito 12 (Boffalora)

#### **4.13 MONTE TRAVO-MONTICELLO-CA' DEL GUERRA (ambito n. 13)**

##### **4.13.1 Assetto geologico e geomorfologico**

Dal punto di vista geologico, le aree di pertinenza degli abitati di Monte Travo, Monticello e Ca' del Guerra, localizzati nella parte meridionale del Comune di Gazzola risultano tutte e tre modellate in terreni riferibili alla Formazione di Val Luretta; più specificatamente le aree di Monte Travo e Monticello sono ricomprese nella zona di diffusione della litofacies a dominante calcareo-marnosa nota come Membro di Genepreto, costituita da alternanze di calcari, calcari marnosi e marne calcaree con intercalazioni di arenarie, mentre quella di Ca' del Guerra è interessata sia dalle litofacies arenacee e marnoso-siltose (nel cui ambito si possono ulteriormente distinguere una litofacies arenaceo-pelitica ed una litofacies con caratteristiche marne rosate a base calcarenitica) dei Membri di Poviago e a dominante arenacea del Membro di Monteventano.

Sotto il profilo morfologico, i centri abitati di interesse sono ubicati in prossimità e/o corrispondenza di assi di crinale o del culmine di cucuzzoli del locale rilievo. Gli adiacenti versanti sono contraddistinti da acclività variabile, ma in genere non particolarmente elevata, e sono localmente sede, a valle o anche parzialmente in corrispondenza dei siti di interesse, di corpi franosi quiescenti (ad eccezione di quello presente a nord dell'abitato di Monte Travo) che in alcuni tratti possono evidenziare segnali di attività come fenomeni di creeping superficiale.

Gli ambiti territoriale in esame, coincidenti con zone sommitali di rilievo o comunque ad esse limitrofe risultano generalmente ben drenati. Per quel che riguarda le aree ricadenti nei perimetri dell'urbanizzato, le condizioni di drenaggio sono relativamente difficoltose solo in corrispondenza del compluvio sede del caseggiato di Monte Travo (zona di valle dell'abitato), a morfologia da sub-pianeggiante a blandamente conchiforme.

Le aree rappresentate in carta, in quanto poste a ridosso di dossi spartiacque, coincidono con le zone di testata dei bacini dei collettori idrici locali, il cui corso si delinea più verso valle; sono presenti quindi solo pochi fossi con prevalente funzione di scolo.

Per quanto riguarda la presenza di acque sotterranee nell'immediato sottosuolo dell'area di specifico interesse, sulla base delle caratteristiche idro-geomorfologiche osservate e della natura del substrato (che risulta costituito da un substrato roccioso permeabile principalmente per fratturazione), è possibile escludere l'esistenza di falde idriche degne di rilievo, sebbene possano verificarsi stagionalmente emergenze idriche lungo versante, in particolare in corrispondenza dei tratti già interessati da fenomeni di dissesto.

Le zone sommitali di crinale, si tratti sia di crinali principali che secondari, su cui si sviluppano gli agglomerati di Monte Travo, Monticello e Ca' del Guerra, sono modellate in roccia subaffiorante e ben drenate e risultano, di conseguenza, dotate nel complesso di buone caratteristiche di stabilità.

Discrete condizioni di stabilità contraddistinguono anche le aree a ridosso dei crinali in quanto, seppur interessate da coperture detritiche eluvio-colluviali di potenza variabile (comunque generalmente non elevata), sono contraddistinte da acclività non elevata, ma comunque tale da favorire il drenaggio; gode di discrete condizioni di stabilità anche il tratto di versante ad elevata acclività impostato in roccia subaffiorante posto a NE di Monte Travo dove sussiste il rischio di fenomeni di erosione accelerata associati a localizzati fenomeni di decorticazione ed asportazione degli orizzonti più superficiali del terreno e talora a piccoli crolli o, al limite, anche piccoli fenomeni franosi di carattere superficiale:

Nelle zone poste più a valle di quelle sinora considerate, dove lo spessore della coltre detritica eluvio-colluviale aumenta fino a diventare anche localmente piuttosto considerevole e sono spesso segnalati sia dissesti di carattere superficiale che vere e proprie frane, le condizioni geostiche sono meno favorevoli. Le aree di frana, sono da considerare a stabilità precaria, quelle ad esse marginali, di transizione tra zone stabili di crinale o zone mediamente stabili prossime a crinali, da poco stabili a potenzialmente instabili.

Per quanto riguarda i corpi di frana, sono da segnalare la frana attiva che parte dalla zona di valle dell'abitato di Monte Travo, che si allunga poi verso nord sul fianco sinistro del Rio Tarone, fino a valle di Rezzanello (andando a coinvolgere anche porzioni di tale abitato), e le paleofrane presenti ad W di Monticello e Ca' del Guerra (quella ad W di quest'ultima località giunge a lambire il locale caseggiato).

Il substrato delle zone localizzate nella zona assiale del crinale principale e in subordine di quelli minori che modellano il versante orientale, è costituito da roccia subaffiorante, sebbene localmente più o meno disarticolata per effetto della presenza di piani di taglio dovuti al riflesso di movimenti gravitativi.

Per ciò che concerne le caratteristiche di resistenza geomeccanica del substrato roccioso, nel complesso buone, si sottolinea ancora l'importanza che può assumere la sua frequente ed incipiente fratturazione. In tali condizioni l'applicazione di carichi sul terreno mobilita prevalentemente la resistenza al taglio disponibile lungo le superfici di discontinuità preesistenti.

I versanti sono invece caratterizzati dalla presenza di una coltre eluvio-colluviale di natura o matrice prevalentemente argillosa, con frequenti frammenti litoidi arenaceo-marnosi, di potenza variabile, che aumenta allontanandosi dalla zona sommitale del versante. Le caratteristiche geomeccaniche di tale coltre non sono in generale ottimali e possono scadere sensibilmente a seguito di impregnazione idrica.

#### Pericolosità sismica locale

Ampi settori delle tre zone di interesse, per lo più coincidenti con dorsali (crinali) allungate e tratti di versante a sensibile acclività, sono potenzialmente soggetti ad amplificazione degli effetti sismici per caratteristiche morfologiche e topografiche.



#### 4.13.2 Indagini pregresse

Le ricerche bibliografiche e d'archivio non hanno evidenziato, sia entro il perimetro identificante l'ambito territoriale in oggetto sia nell'intorno dello stesso, la presenza di prove pregresse.

#### 4.13.3 Indagini geofisiche realizzate ex novo nell'ambito del presente Studio di MS

Nell'ambito del presente Studio di MS sono state eseguite n. 3 analisi dei microtremori HVSR, i cui risultati vengono schematizzati di seguito mediante tabulazione del valore della frequenza fondamentale ( $f_0$ ) e rispettiva ampiezza massima del picco di risonanza.

| Indagine | $f_0$ (Hz)         | $f_1$ (Hz) |
|----------|--------------------|------------|
| HVSR 01  | $f_0 = 19.2$ (2.5) |            |
| HVSR 02  | Nessun picco       |            |
| HVSR 03  | Nessun picco       |            |

Tabella 17: Sintesi delle elaborazioni delle misure dei microtremori

#### 4.13.4 Elaborazione dei dati

L'ambito territoriale n. 13 comprende le Località M. Travo, Monticello e Cà del Guerra. Nel presente studio di MS sono state condotte n. 3 indagini ex-novo consistite nella determinazione dei microtremori mediante esecuzione di prove HVSr.

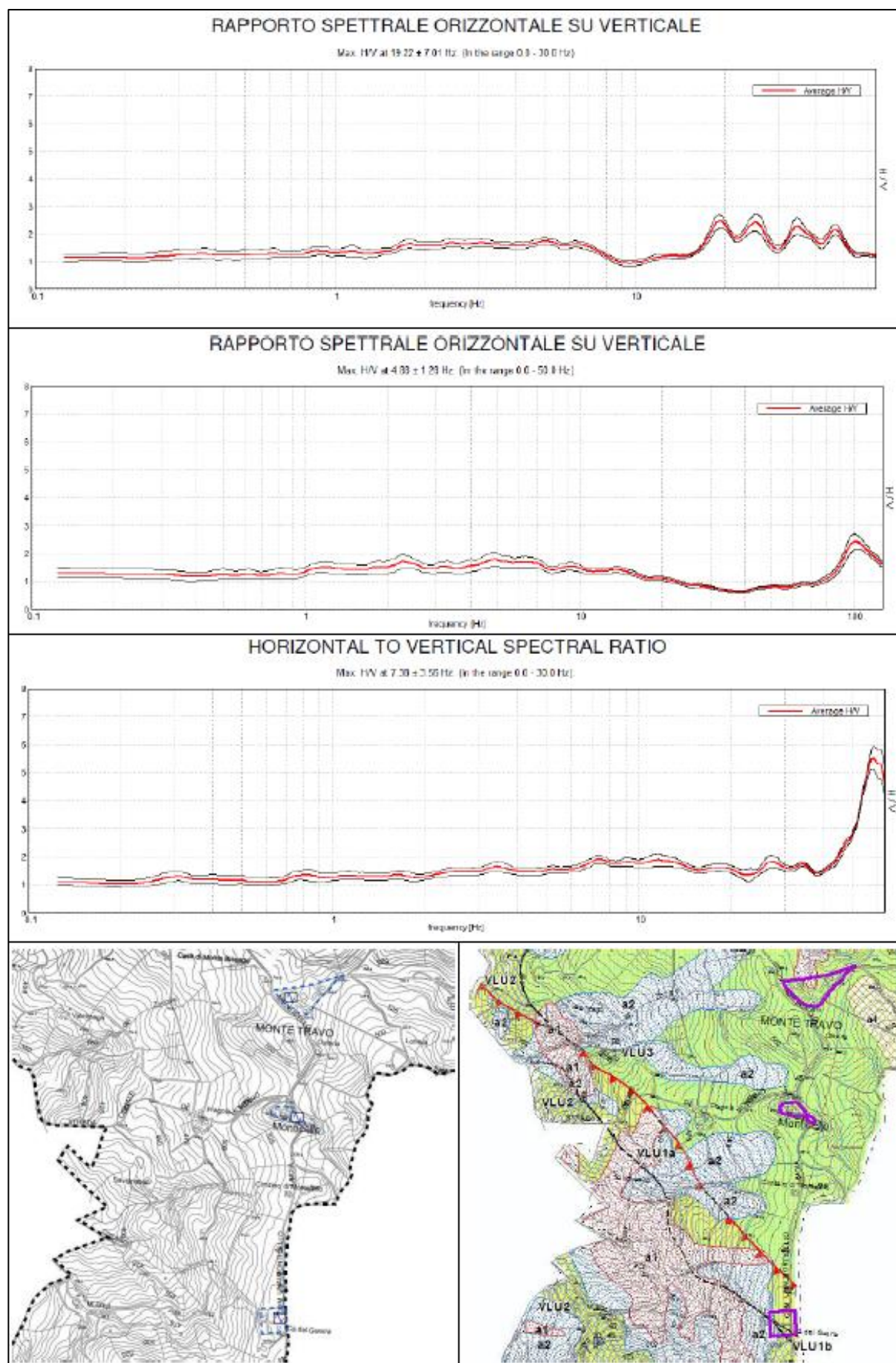
Analizzando i risultati ottenuti, si nota che nel campo delle frequenze d'interesse ingegneristico (normalmente 1-10/15 Hz), non sono stati individuati picchi elevati del rapporto H/V; ciò significa che non sono presenti significativi contrasti di impedenza acustica nel range di frequenze considerato.

La prova HVSr n. 1 registra un primo picco significativo per valori di frequenza intorno a 19.2 Hz indicando un contrasto sismico superficiale di rilevanza stratigrafica e riconducibile verosimilmente al passaggio tra copertura e substrato (Flysch di Val Luretta).

In tale ambito territoriale il materiale superficiale poco addensato (localmente instabile e/o potenzialmente instabile) presenta spessori limitati (stimabili intorno ai 2.5 m) rendendo il substrato roccioso flyschoidale sub affiorante.

In assenza di prove che consentano la ricostruzione del profilo Vs in modo affidabile si è preferito non determinare i fattori di amplificazione.

Per riassumere e schematizzare in forma sintetica i dati raccolti nelle Località costituenti il presente ambito territoriale, si riporta di seguito una scheda riassuntiva.



Scheda riassuntiva Ambito 13 (Monte Travo – Monticello – Ca' del Guerra)

## 5 INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Lo studio di microzonazione sismica condotto sul territorio comunale di Gazzola è consistito in una preliminare ricerca bibliografica finalizzata alla definizione ed all'inquadramento del contesto geologico territoriale; a seguire è stato condotto uno studio di approfondimento con disamina e valutazione delle informazioni d'archivio disponibili, comprensive di prove ed indagini pregresse geologico-tecniche di sito.

Sulla base della densità e qualità dei dati reperiti, si è poi proceduto alla programmazione e conseguente esecuzione di indagini sismiche ex novo organizzate in modo da assicurare un'adeguata copertura informativa territoriale, indispensabile per procedere alle analisi sismiche di approfondimento richieste nella microzonazione del Comune di Gazzola.

I risultati ottenuti a seguito del presente studio, basatosi su di un approccio metodico di tipo scientifico, sono per definizione accompagnati da un certo grado di incertezza.

Tali incertezze hanno componenti intrinseche di varia natura: soggettività interpretativa dei dati acquisiti, errori strumentali, metodologia di esecuzione delle indagini, rappresentano solamente alcune delle tipologie costituenti.

Per quanto esposto si comprende quindi che, nonostante la buona densità di dati disponibili, permangono livelli di incertezza non trascurabili; a tal proposito, da segnalare sono quelli concernenti la definizione della stratigrafia profonda, basata principalmente sulle stratigrafie speditive di pozzi idrici e di alcuni sondaggi disponibili nella Banca Dati della Regione.

Tali incertezze risultano particolarmente influenti nella determinazione della profondità e dell'andamento del limite bedrock sismico-coperture che caratterizza il moto di input sismico del sistema.

Relativamente al bedrock sismico, appare chiaro che nel settore più settentrionale del territorio comunale, la sua collocazione risulti molto complessa e di difficile interpretazione a causa dell'assenza di un substrato geologico rigido ben identificabile (a differenza delle aree territoriali meridionali).

Dalle interpretazioni delle prove geofisiche eseguite si è riscontrato come, nel settore settentrionale del territorio comunale, contrasti di impedenza significativi in grado di provocare forti amplificazioni del moto sismico in superficie, possano essere associabili alla presenza di corpi ghiaioso-sabbiosi aventi spessore di oltre 20 metri, sovrastati da una copertura superficiale fine. In zona di Tuna e nella porzione più orientale del comune, il bedrock sismico è verosimilmente determinato dalla presenza, entro l'orizzonte ghiaioso, di probabili livelli conglomeratici.

Nell'area collinare (settore meridionale del territorio comunale) il limite bedrock sismico-copertura si configura più nettamente grazie alla presenza superficiale del substrato geologico, riconducibile alla Formazione Flysch di Val Luretta.

Per caratteristiche geomeccaniche (litologia, fratturazione e alterazione) il substrato assume un comportamento non rigido ( $V_s < 800$  m/s) fino a profondità medie di 23-26 metri.

In generale, in questo settore, non sono presenti forti contrasti d'impedenza sismica, con un "graduale" aumento di addensamento in profondità.

Per quanto riguarda la determinazione dei fattori di amplificazione sono stati utilizzati gli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici previsti nell'Allegato A2 della Delibera dell'assemblea legislativa 21 dicembre 2015, n 2193/2015.

In generale l'utilizzo di tale procedura semplificata è ritenuto corretto in considerazione dell'assetto geologico del sottosuolo, assimilabile ad un modello fisico monodimensionale; tuttavia, la sua applicazione risulta a volte difficoltosa e oggetto di possibili diverse interpretazioni relativamente alla tipologia di abachi da utilizzare, soprattutto nelle aree di studio poste nella fascia di transizione tra le zone di pianura e di margine appenninico.

Anche le fasi di acquisizione, successiva elaborazione ed interpretazione dei dati derivanti dalle indagini di nuova esecuzione, sono accompagnate da un certo grado di incertezza della quale si dovrà tenere conto per valutare l'affidabilità dei risultati derivanti da ogni singola prova, anche se in generale i dati acquisiti sono da ritenersi di ottima qualità.

Considerando, per esempio, le indagini di sismica passiva HVSR, al fine di determinare la qualità delle singole misure effettuate, le prove sono state valutate in accordo con i principi su cui si basa la tecnica di indagine stessa. Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle dove i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005) risultavano soddisfatti (criteria for a reliable H/V curve). Per ogni singola acquisizione è stato inoltre valutato l'andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

In fase di elaborazione, sfruttando le possibilità di analisi direzionale e temporale del software utilizzato (GRILLA® – Micromed), è stata valutata la stazionarietà temporale dei rapporti spettrali misurati, in riferimento alle variazioni azimutali di ampiezza, nel rispetto della condizione di isotropia del segnale.

Quanto ai criteri delle linee guida SESAME 2005 relativi alla "chiarezza" del picco di possibile risonanza, in alcuni casi non risultano soddisfatti per i motivi da ricercarsi principalmente nelle caratteristiche geologiche del territorio esaminato.



## 6 ELABORATI CARTOGRAFICI

### 6.1 CARTA DELLE INDAGINI

Nella carta delle indagini, sviluppata in n. 4 tavole distinte al fine di assicurare la copertura completa dell'intero territorio comunale, viene riportata per l'appunto, l'ubicazione di tutte le indagini geognostiche utilizzate nell'ambito del presente Studio di Microzonazione sismica, siano esse pregresse che di nuova esecuzione.

La raccolta delle indagini pregresse disponibili è stata effettuata considerando l'intero territorio comunale, il cui sviluppo areale appare ben più esteso in relazione alle sole porzioni di territorio oggetto di studio. Tale approccio è giustificato dallo scopo di comprendere e documentare il modello geologico preliminare nonché i fenomeni naturali che possono riguardare le aree di interesse ed avere implicazioni nella MS.

Nel dettaglio, sono state raccolte ed analizzate tutte le pregresse indagini messe a disposizione dalle seguenti fonti:

1. Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna;
2. Ufficio Tecnico del Comune di Gazzola;
3. Ditta GeoTest S.r.l.

Per la raccolta totale di:

- n. 83 Sondaggi a carotaggio continuo / trincea esplorativa / Pozzi per acqua;
- n. 5 Prove geofisiche HVSR (analisi dei microtrempi);
- n. 5 Indagini geofisiche tipo MASW;
- n. 1 Indagini geofisiche tipo REMI;
- n. 18 Prove penetrometriche dinamiche;
- n. 12 Prove penetrometriche statiche;

Le indagini pregresse sopra citate, sono state integrate con prove realizzate ex-novo durante lo sviluppo del presente Studio di Microzonazione Sismica, e consistite in:

- n. 13      Indagini geofisiche tipo MASW;
- n. 40      Indagini geofisiche tipo HVSR.

In cartografia, le indagini vengono riportate mediante rappresentazione simbolica a forme diverse per tipologia, le quali sono indicate nella legenda della Carta delle indagini del Documento “Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.0”.

La scala di rappresentazione della Carta delle Indagini, coerentemente a quanto previsto per gli studi di MS, è 1:10.000.

## 6.2 CARTA GEOLOGICO TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

Nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, idrogeologia) tratte dalle seguenti cartografie ed elaborati esistenti:

- Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Carta Geologica in scala 1:50.000 della Regione Emilia-Romagna;
- Carta Provinciale del Dissesto Idrogeologico della Provincia di Piacenza;
- Cartografia del sistema naturale e ambientale – aspetti geologici e morfologici (PSC)
- Banca Dati Geognostica della Regione Emilia-Romagna.

La scala di rappresentazione della Carta Geologico tecnica è 1:10.000.

Coerentemente a quanto previsto per gli studi di MS, le unità geologico-litotecniche individuate sono state distinte tra terreni di copertura e substrato geologico.

Per la descrizione della litologia delle coperture è stato utilizzato il metodo *Unified Soil Classification System* (leggermente modificato, ASTM, 1985).

La rappresentazione, in forma simbolica per tipologia, è stata realizzata seguendo lo schema della Legenda relativa alla Carta Geologico tecnica del Documento "Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.0".

Al fine di migliorare la comprensione del modello geologico locale e degli aspetti litostratigrafici caratterizzanti il sottosuolo, vengono di seguito proposte n. 5 sezioni la cui rappresentazione planimetrica delle tracce è riportata in fig. 23.

Di queste 5 sezioni, una corrisponde alla sezione riportata nella Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50.000 - Foglio n. 179 "Ponte dell'Olio", mentre le altre quattro sono sezioni idrogeologiche realizzate da Geoinvest s.r.l. (anno 1999) nell'ambito della caratterizzazione del sistema idrogeologico per lo studio delle risorse e potenzialità idriche delle conoidi del F. Trebbia e del T. Nure.

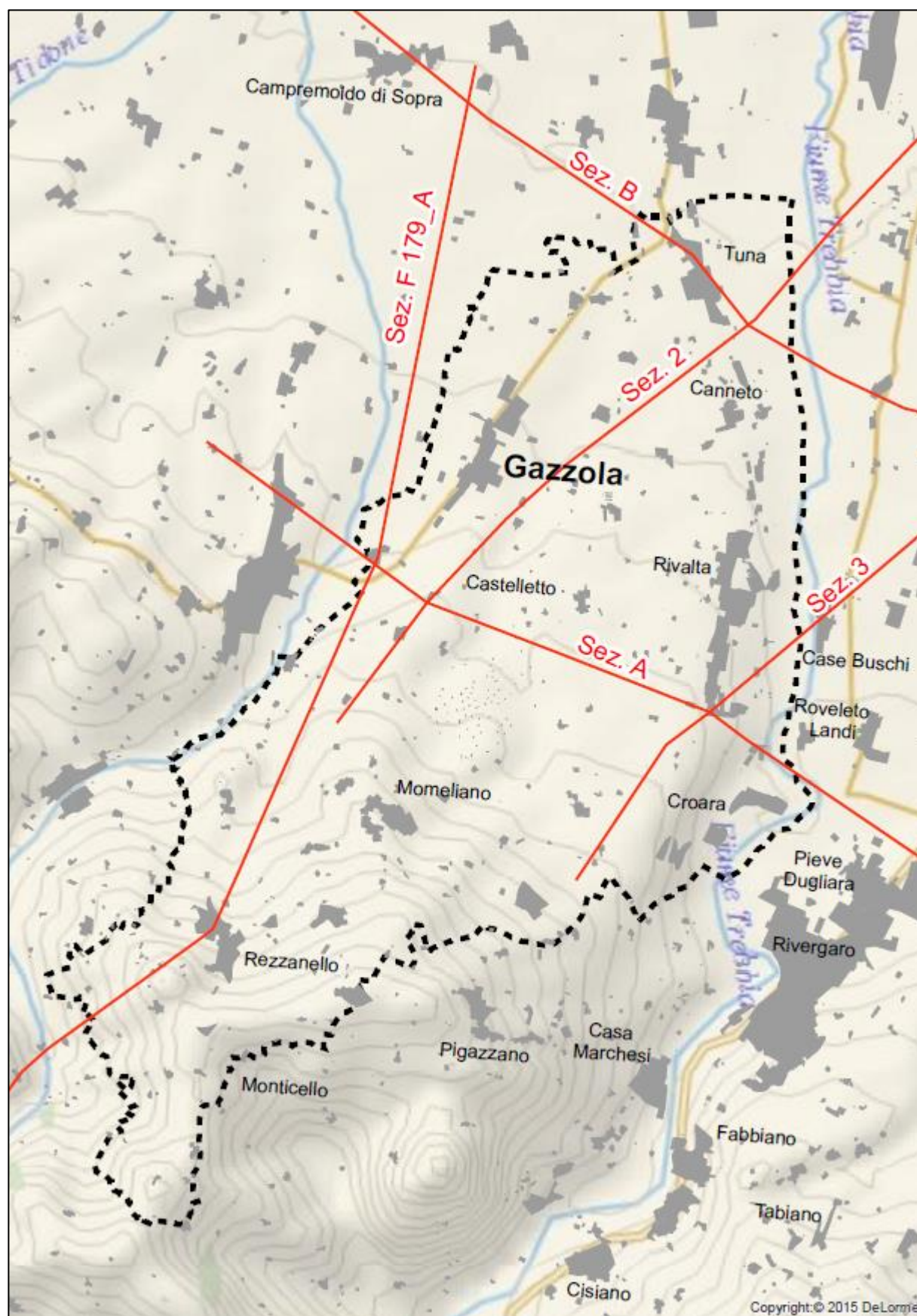


Figura 23: Rappresentazione planimetrica delle tracce delle sezioni.



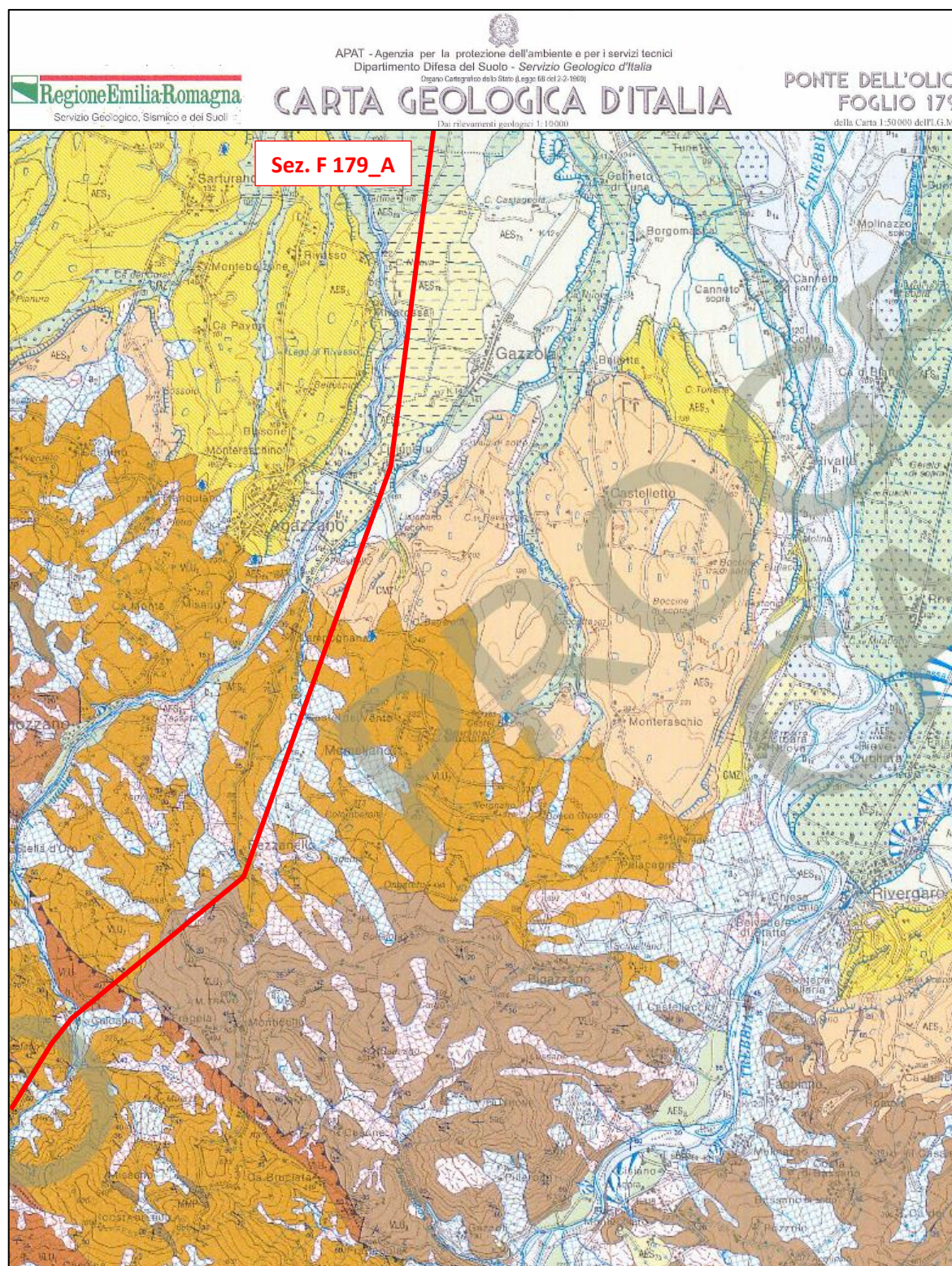
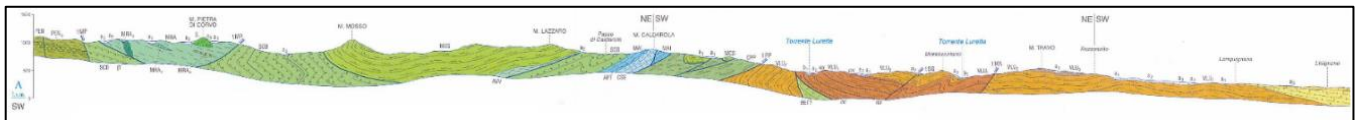


Figura 24: Traccia della sezione estratta dalla Carta Geologica d'Italia in scala 1 : 50.000 – Foglio n. 179 "Ponte dell'Olio".









**LEGENDA**



| UNITA' STRATIGRAFICHE   | UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE |                        |                   |                    |
|---|---------------------------|------------------------|-------------------|--------------------|
|   | GRUPPO ACQUIFERO          | COMPLESSO ACQUIFERO    | SISTEMA ACQUIFERO | SISTEMA ACQUITARDO |
| Sistema Emiliano Romagnolo Superiore<br>Pleistocene medio-Olocene                                 |                           |                        |                   |                    |
| Budrio, Idice; Carestia   |                           | Acquifero superficiale |                   |                    |
| Niviano a   |                           | A1                     |                   |                    |
| Niviano b   | A                         | A2                     |                   |                    |
| Agazzano a  |                           | A3                     |                   |                    |
| Agazzano b  |                           | A4                     |                   |                    |
| Sistema Emiliano Romagnolo Inferiore<br>Pleistocene medio   | B                         | B1-B4                  |                   |                    |
| Formazione di Zaffignano<br>Formazione di Castell'Arquato<br>Pliocene medio-sup.-Pleistocene inf. | C                         | C1-C5                  |                   |                    |
| Fyllsch di Val Luretta<br>Paleocene-Eocene medio  |                           |                        |                   |                    |









 Limite di Gruppo Acquifero  
 Limite di Complesso Acquifero  
 Limite acqua dolce-salmastro e/o di bacino idrogeologico  
 Faglia o contatto tettonico

**P155** Pozzo utilizzato  
**(P028)** Pozzo proiettato  
**P203** Pozzo pubblico

**S021** Sondaggio Elettrico Verticale  
**(S021)** S.E.V. Proiettato  
 Limite elettrostratigrafico  
**320** Valore di resistività in ohm.m  
 Livello piezometrico medio anno 1998

**LITOLOGIE PRINCIPALI**

|   |                     |
|---|---------------------|
|  | Ghiaia              |
|  | Ghiaia e Argilla    |
|  | Ghiassetto e Sabbia |
|  | Sabbia              |
|  | Argilla e Ghiaia    |
|  | Sabbia e Argilla    |
|  | Argilla             |
|  | Filtri              |

**PRINCIPALI PARAMETRI IDRAULICI E CHIMICI**

|                     |          |
|---------------------|----------|
| DATA                | 31/07/98 |
| Q <sub>0</sub>      | 2.800    |
| T                   | 0.004    |
| PH                  | 7.540    |
| C                   | 518.000  |
| D <sub>05</sub> Tot | 34.510   |
| Ca                  | 74.804   |
| Mg                  | 38.392   |
| Am                  | N.R.     |
| NH <sub>4</sub>     | 33.780   |
| Fe                  | 0.006    |
| Mn                  | N.R.     |
| SO <sub>4</sub>     | 27.330   |
| Cl                  | 228.000  |

136

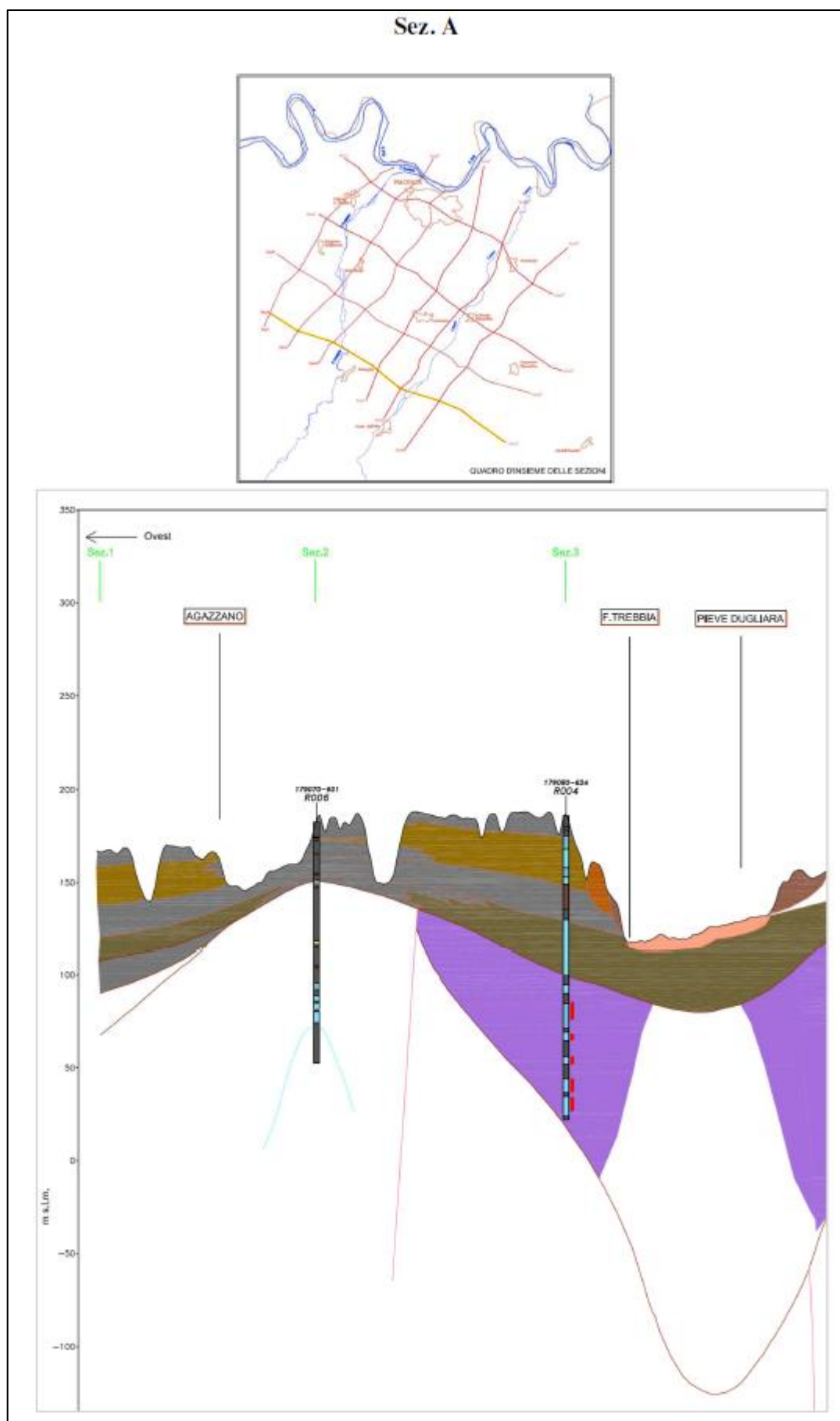


Figura 27: Sezione Idrogeologica "A" - da Geoinvest s.r.l. (anno 1999).

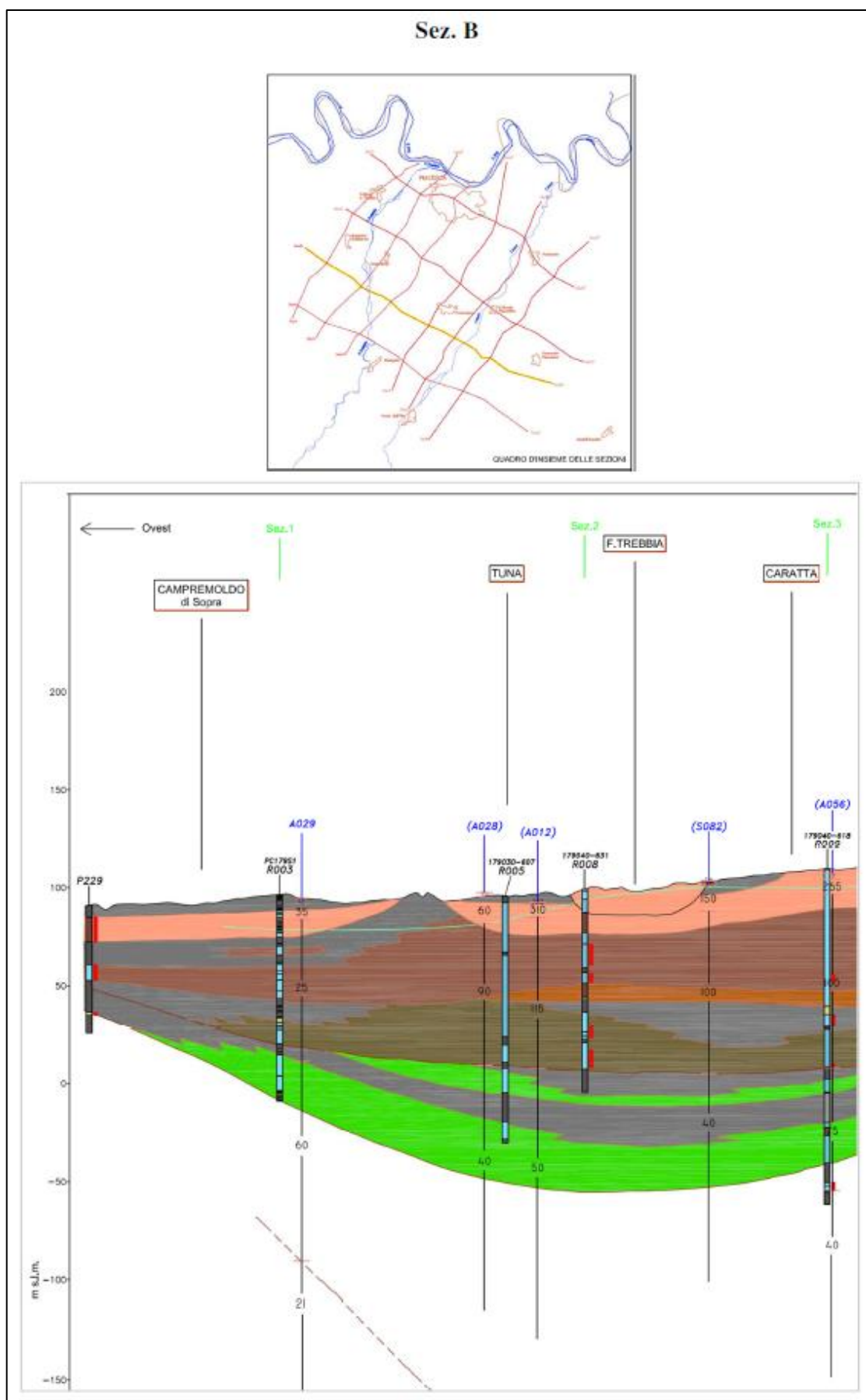
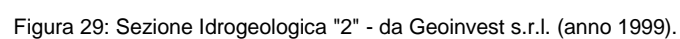


Figura 28: Sezione Idrogeologica "B" - da Geoinvest s.r.l. (anno 1999).



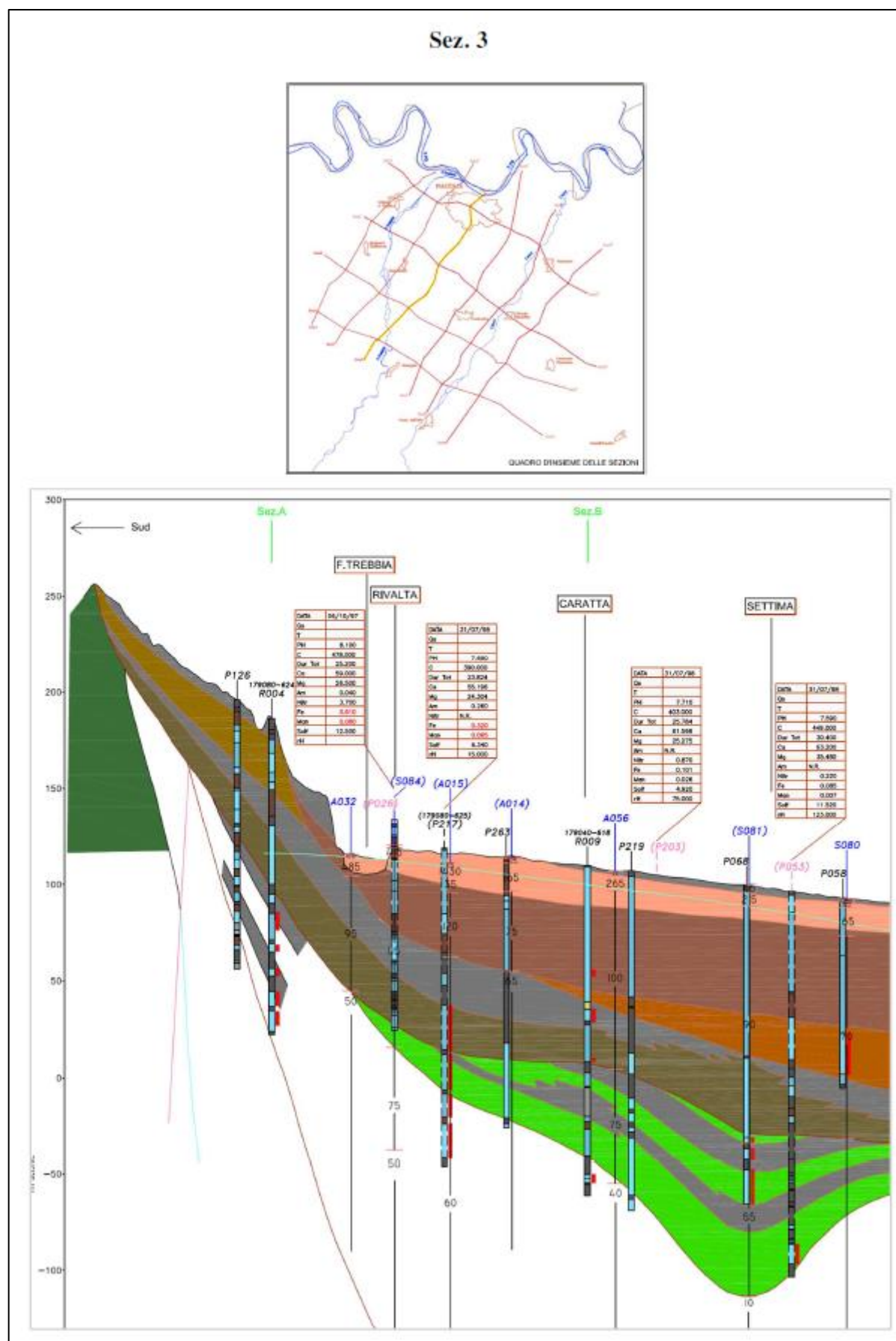


Figura 30: Sezione Idrogeologica "3" - da Geoinvest s.r.l. (anno 1999).



Come si evince dalla Carta Geologico tecnica e dalle sezioni sopra riportate (illustranti i rapporti stratigrafici - strutturali tra le varie unità geologiche, idrostratigrafiche, stratigrafiche e litologiche presenti nel sottosuolo), nel territorio comunale si distingue l'area settentrionale, modellata in depositi continentali alluvionali della successione neogenico-quadernaria, e l'area meridionale, impostata in terreni terziari di origine marina riferibili quasi esclusivamente alle successioni flisciodi della *Formazione di Val Luretta* (appartenente all'Unità Tettonica di Bettola), spesso sede di dissesti idrogeologici con fenomeni a stato sia attivo che quiescente.

Sintetizzando schematicamente quanto mostrato dalle sezioni, si nota, da monte (zona sud) verso valle (zona nord), una variazione del contesto geologico e delle unità costituenti, tradotta in un altrettanto differente ruolo idrogeologico. Procedendo da sud verso nord, si assiste ad uno sviluppo verticale incrementale nello spessore della copertura alluvionale, accompagnata da una conseguente definizione sempre più chiara e netta della sovrapposta alternanza di acquiferi ed acquitardi descritti nelle varie stratigrafie di pozzi idrici e/o sondaggi profondi come alternanze stratificate di depositi più fini e poco permeabili di natura argillosa - limosa, e più grossolani nonché permeabili di ghiaia e sabbie.

Nella legenda a corredo delle sezioni idrogeologiche viene inoltre esplicitata la corrispondenza tra unità idrostratigrafiche ed unità stratigrafiche.

### 6.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica costituisce il documento fondamentale del Livello 1 di approfondimento degli studi di MS.

La Carta è stata elaborata sulla base dei dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici, geofisici riportati nella Carta Geologico tecnica e nella Carta delle indagini, descritte nei capitoli precedenti.

In base ai dati raccolti, il territorio comunale è stato suddiviso in categorie che presentano caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e geomeccaniche simili, in grado di fornire risposte sismiche locali assimilabili.

La legenda della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, indicata nel Documento "Microzonazione sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.0" prevede la suddivisione del suolo in tre classi differenti:

- a) **Zone stabili:** nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura ed in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive);
- b) **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello;
- c) **Zone suscettibili di instabilità:** affiorano materiali con caratteristiche geotecniche scadenti o mediocri e gli effetti sismici attesi e predominanti possono condurre a deformazioni permanenti del territorio, indurre instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni, cedimenti differenziali e ovviamente a fenomeni di amplificazione del moto. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Le aree urbanizzate ed urbanizzabili oggetto del presente studio sono riconducibili, per la quasi totalità della loro estensione, alla categoria "b" - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali. Alcuni settori degli ambiti territoriali esaminati, presentano tuttavia zone di attenzione per instabilità legata principalmente alla presenza di dissesti idrogeologici sia di tipo attivo che quiescente. Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, le distinzioni settoriali operate si traducono nell'identificazione di n. 14 microzone omogenee, ciascuna con un proprio profilo stratigrafico tipo.

Come anticipato, solo limitatamente ad alcune porzioni dei perimetri areali oggetto di microzonazione, sono presenti zone di attenzione per instabilità, riconducibili quindi alla categoria "c" di cui sopra, indotte dalla presenza di aree interessate da fenomeni franosi (quiescenti o attivi). L'analisi di secondo livello operata nell'ambito del presente studio, ha consentito di indentificare con miglior definizione tali areali, per la cui caratterizzazione però, si rimanda ad un approfondimento di terzo livello.

Di seguito vengono presentate le 14 microzone omogenee in cui è stato suddiviso il territorio indagato:

- **Zona 1:** aree caratterizzate dalla presenza di una copertura superficiale costituita da depositi alluvionali prevalentemente fini (argilla e limo in percentuali variabili), avente spessore di circa 3 m. Oltre a tale profondità, fino a circa 7 – 10 m, il materiale diventa più compatto e caratterizzato dalla presenza di intercalazioni sabbioso-ghiaiose localizzate a profondità variabile. Oltre i 7 – 10 m i depositi diventano prevalentemente grossolani con ghiaia ben addensata e subordinate intercalazioni limoso-argillose localizzate a profondità variabile.

Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici.

A tale area appartiene la porzione settentrionale dell'abitato di Gazzola.

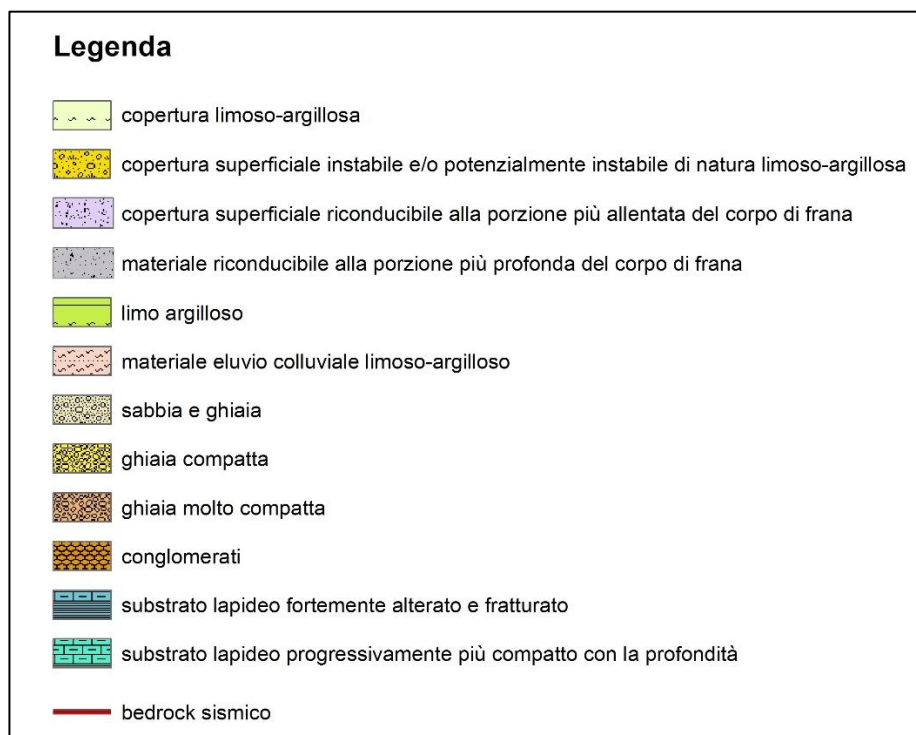


Figura 31: Legenda delle unità stratigrafiche relative alle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

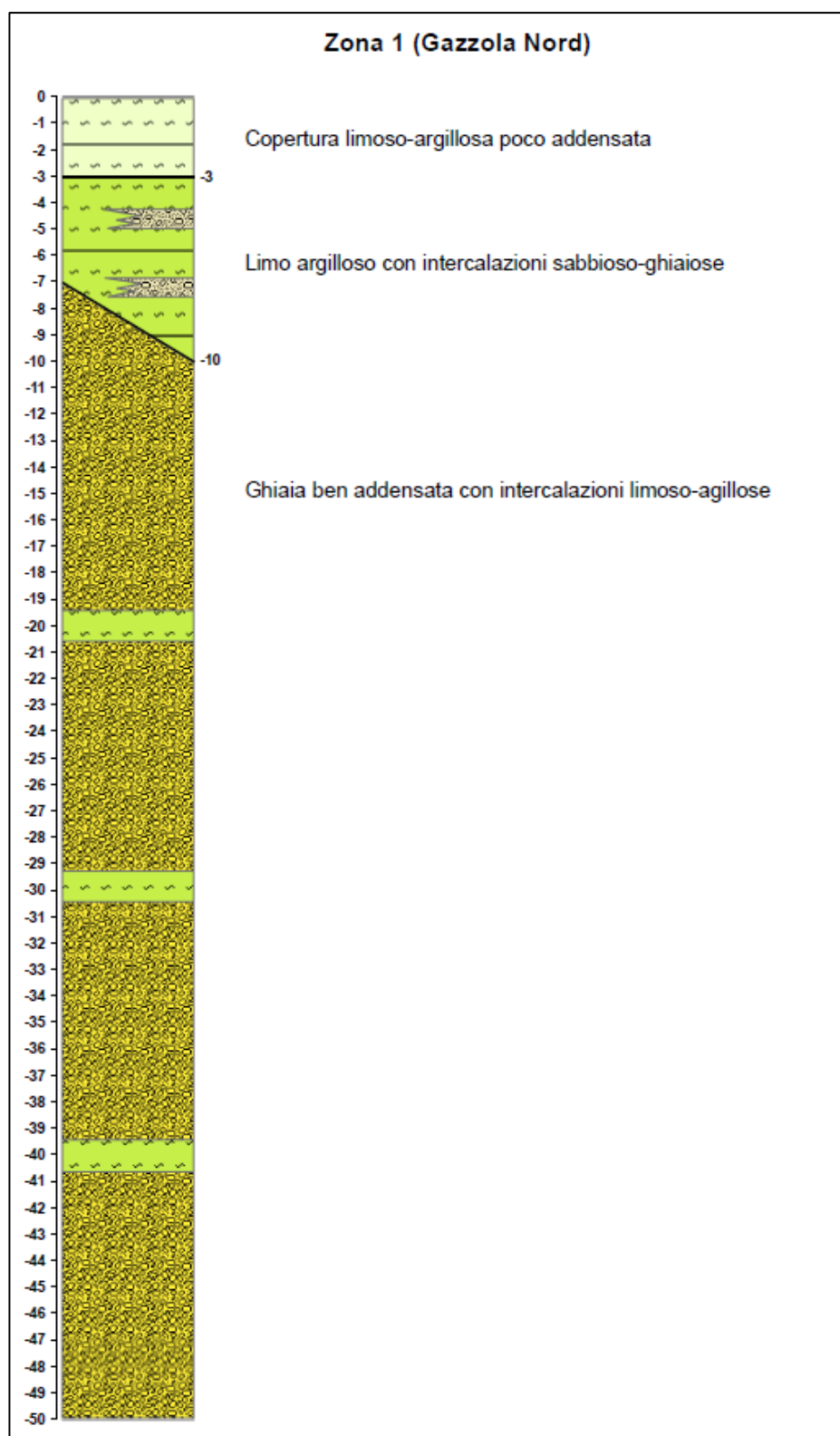


Figura 32: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 1 (Cod. 2001).

- **Zona 2:** aree caratterizzate dalla presenza di una copertura superficiale costituita da depositi alluvionali prevalentemente fini (argilla e limo in percentuali variabili) avente spessore di circa 2 - 3 m. Oltre a tale profondità, fino a circa 5 m, il materiale diventa più compatto e compaiono intercalazioni sabbioso-ghiaiose localizzate a profondità variabile. Dai 5 m circa, i depositi diventano prevalentemente ghiaiosi (ghiaia ben addensata) con la presenza di subordinate intercalazioni limoso-argillose localizzate a profondità variabile.

Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici.

A tale area appartiene la porzione meridionale dell'abitato di Gazzola.

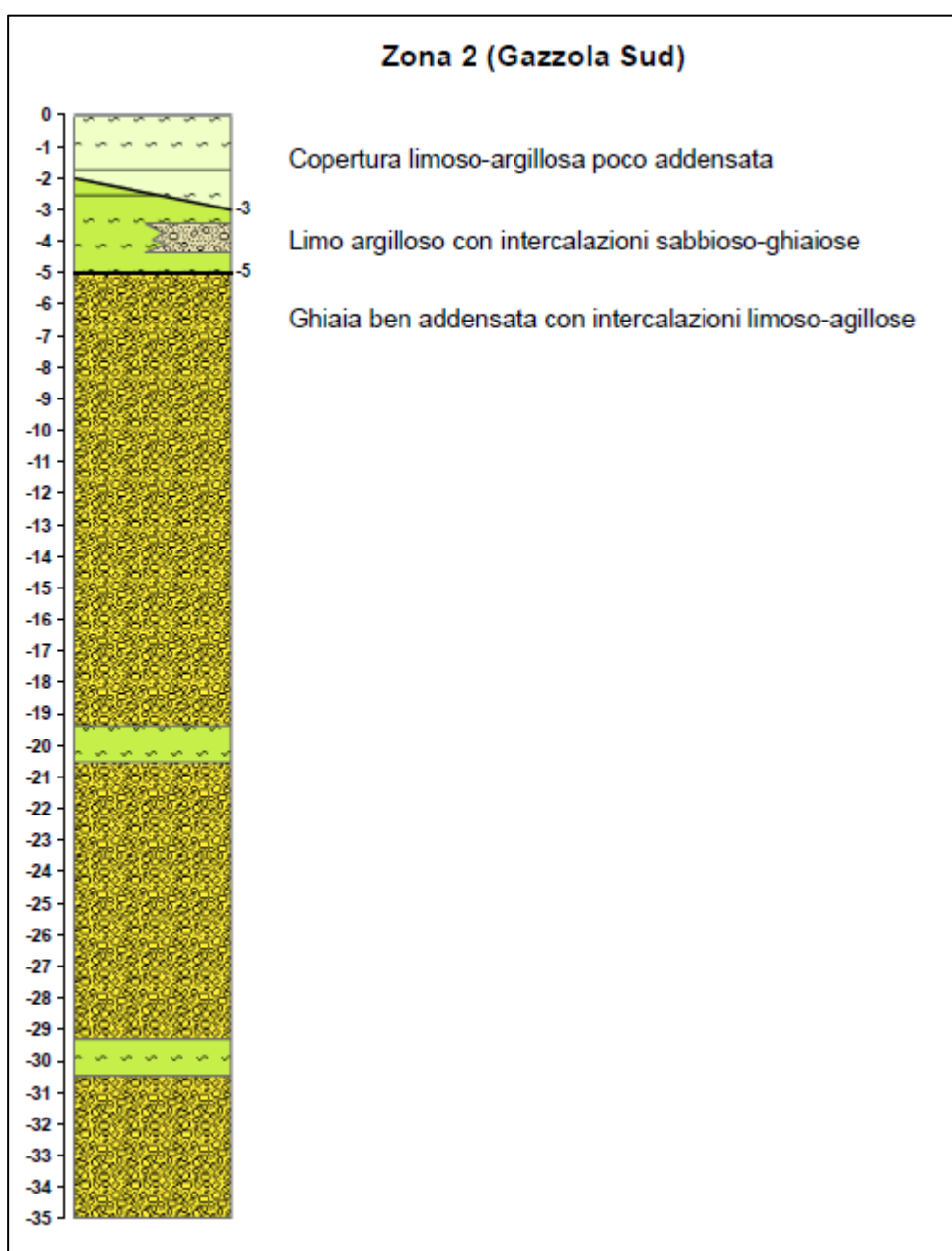


Figura 33: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 2 (Cod. 2002).



- **Zona 3:** aree caratterizzate da copertura superficiale di depositi alluvionali prevalentemente fini (argilla e limo in percentuali variabili) avente spessore variabile da 4 m a 5 m circa, poggianti su terreni granulari costituiti prevalentemente da ghiaia compatta. A partire dalla profondità di circa 9 m il substrato diventa rigido per la presenza di ghiaia molto compatta con probabili livelli conglomeratici. Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartiene l'abitato di Tuna.

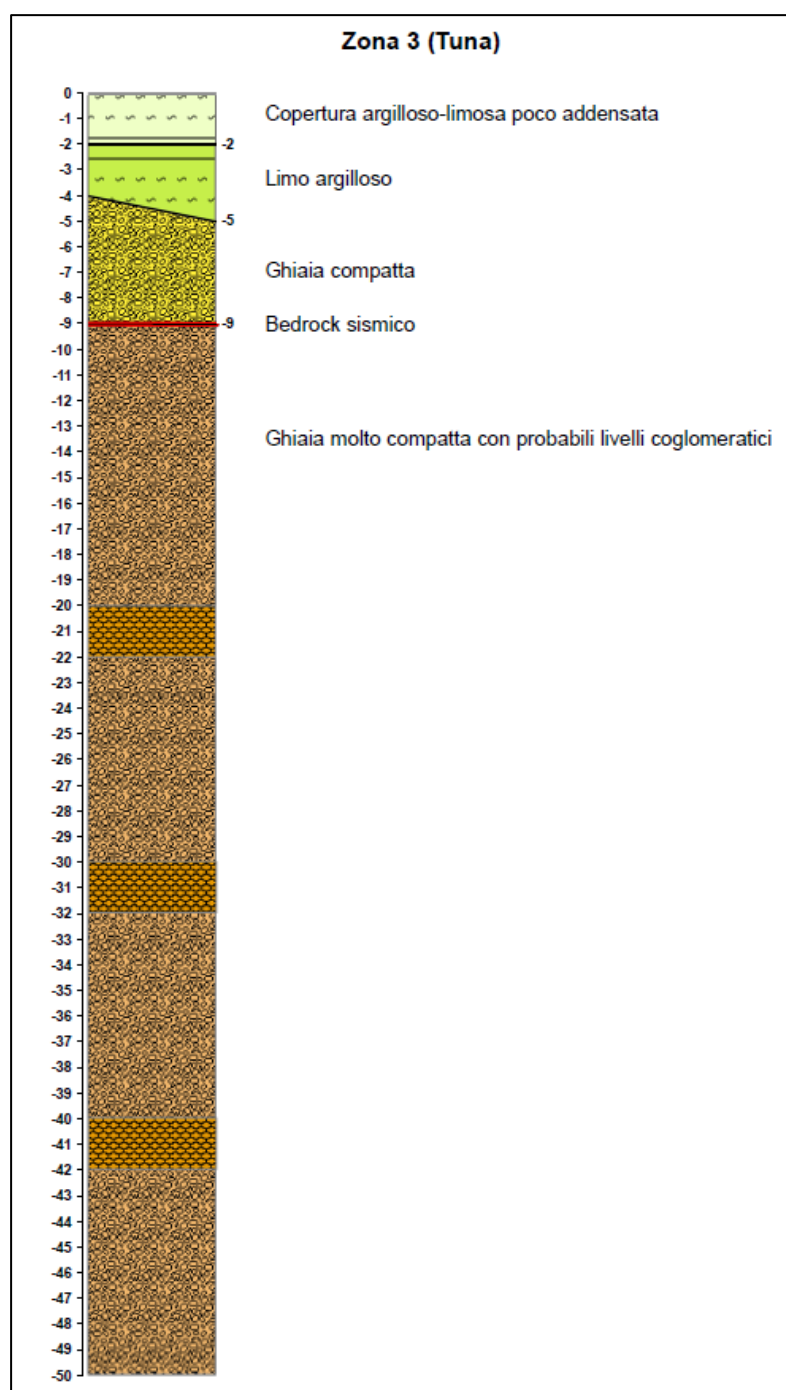


Figura 34: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 3 (Cod. 2003).

- **Zona 4:** aree caratterizzate da copertura superficiale di depositi alluvionali prevalentemente fini (argilla e limo in percentuali variabili) avente spessore variabile da 1 m a 6 m circa, poggianti su terreni granulari costituiti prevalentemente da sabbia e ghiaia con subordinate intercalazioni limoso-argillose localizzate a profondità variabile. Oltre agli 8 – 12 m, si passa a ghiaia compatta che diventa substrato rigido per la presenza di probabili livelli conglomeratici a partire da 21 -27 m. Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartengono le seguenti località: Rivalta, C.na Raviola, Canneto, Castelletto, Bosco di Sopra e la porzione occidentale di Croara.

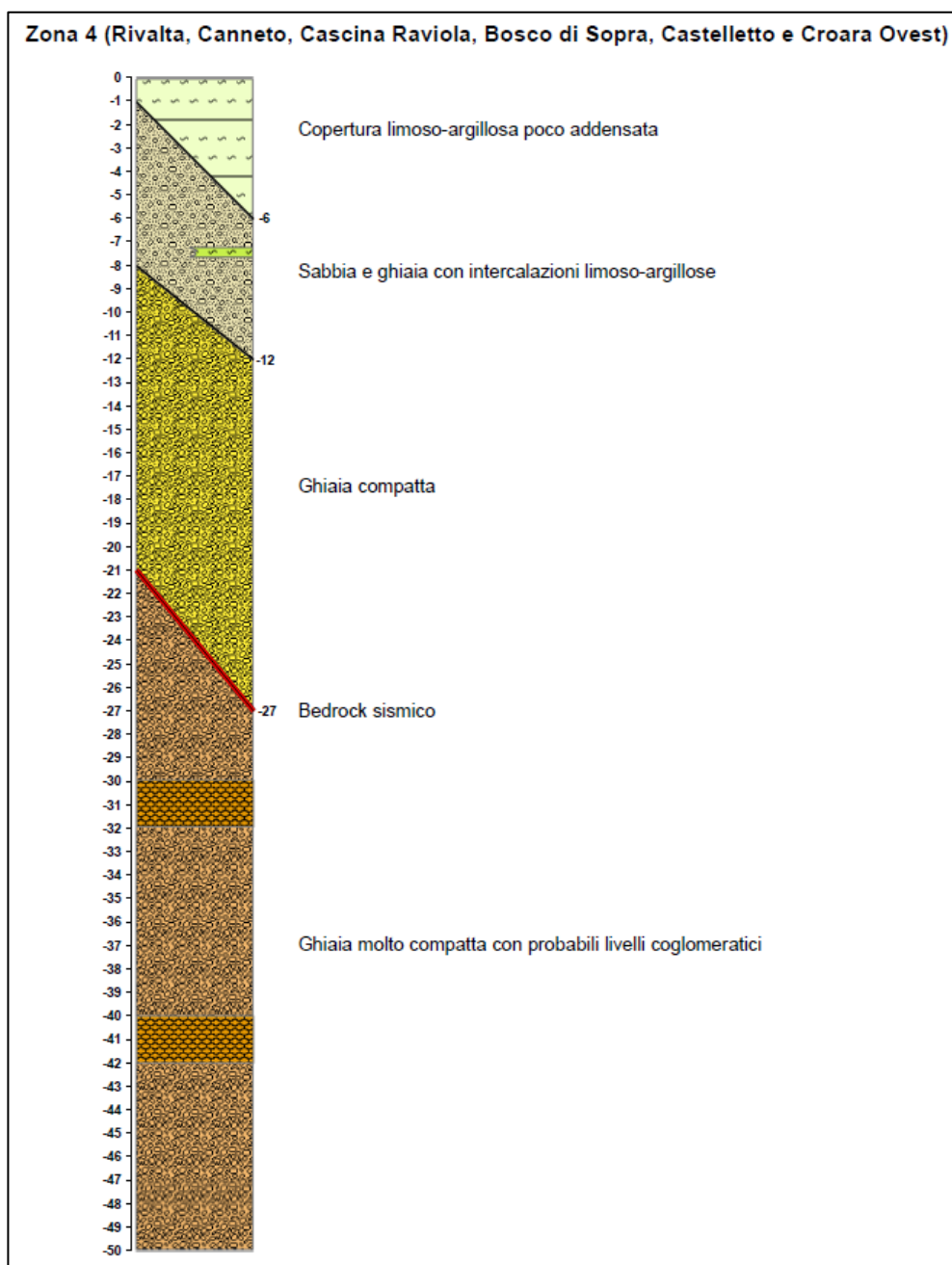


Figura 35: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 4 (Cod. 2004).

- **Zona 5:** aree caratterizzate da esigua copertura superficiale di depositi alluvionali prevalentemente fini (argilla e limo in percentuali variabili) avente spessore pari a circa 1 m, poggianti su terreni granulari costituiti prevalentemente da sabbia e ghiaia con subordinate intercalazioni limoso-argillose localizzate a profondità variabile. Oltre i 4 – 5 m, si passa a ghiaia compatta molto addensata. Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartiene la porzione orientale dell'abitato di Croara.

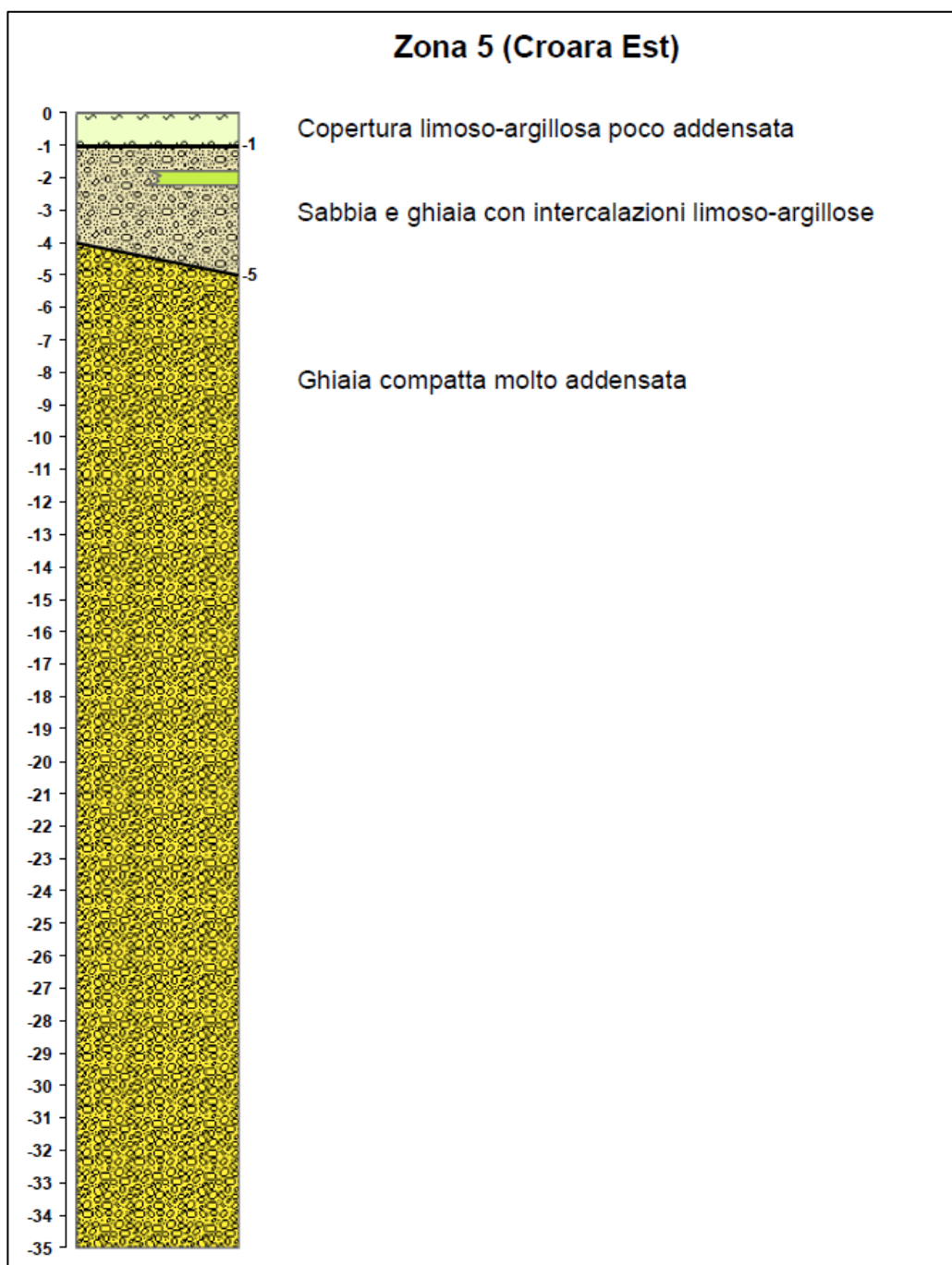


Figura 36: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 5 (Cod. 2005).

- **Zona 6:** aree caratterizzate dalla presenza di una coltre di copertura eluvio-colluviale poco addensata di natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili) con spessore di circa 5 m, poggiante su di un substrato non rigido riconducibile alla Formazione di Val Luretta. La porzione alterata e fratturata a probabile componente pelitica prevalente, si sviluppa fino a circa 11 m di profondità oltre ai quali il substrato diventa progressivamente più compatto e rigido (bedrock sismico) a partire dai 26 m circa. Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartengono le seguenti località: Rezzanello, M. Travo, Monticello, Cà del Guerra.

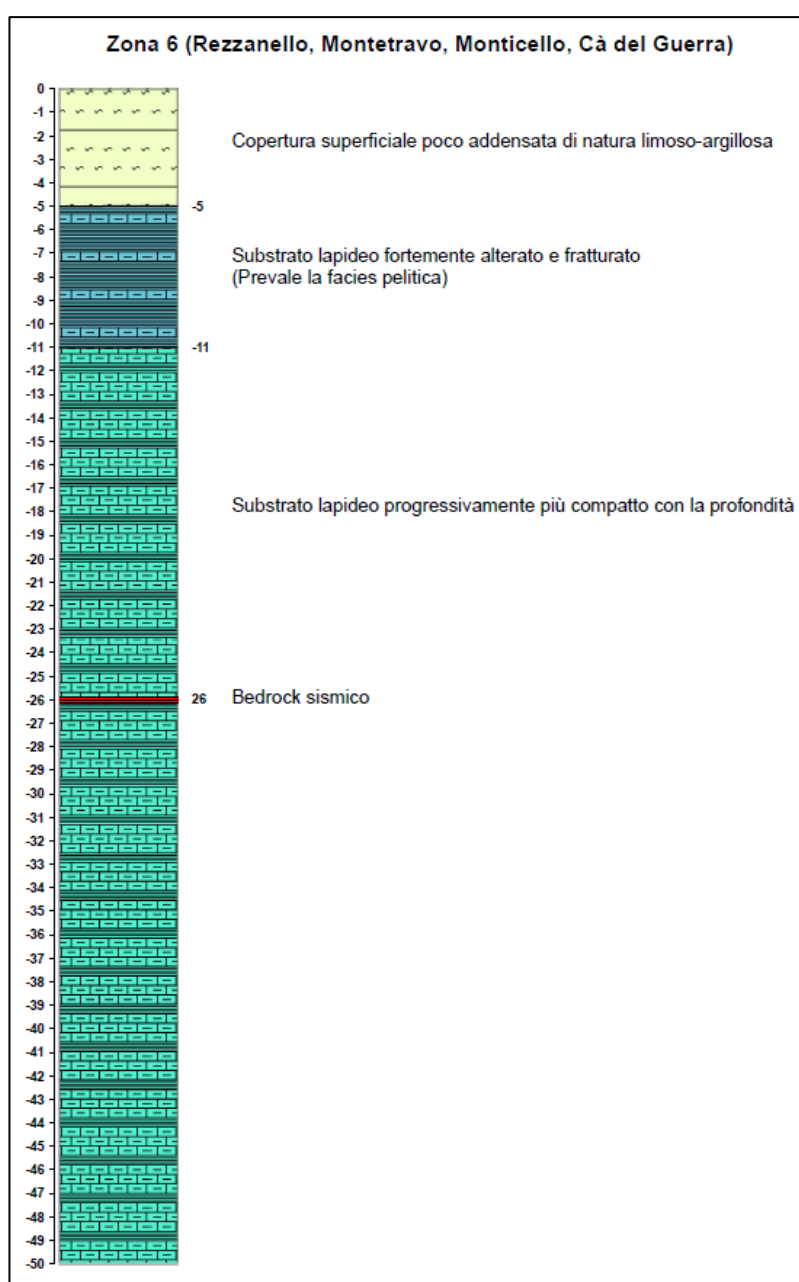


Figura 37: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 6 (Cod. 2006).

- **Zona 7:** aree caratterizzate dalla presenza di una coltre di copertura eluvio-colluviale di natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili) con spessore variabile da 4 m a 6 m circa, poggiante su di un substrato non rigido riconducibile alla Formazione di Val Luretta. La porzione alterata e fratturata, si sviluppa fino a circa 10 m di profondità oltre ai quali il substrato diventa progressivamente più compatto e rigido (bedrock sismico) a partire dai 23-24 m circa. Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartengono le località di Momeliano e Boffalora.

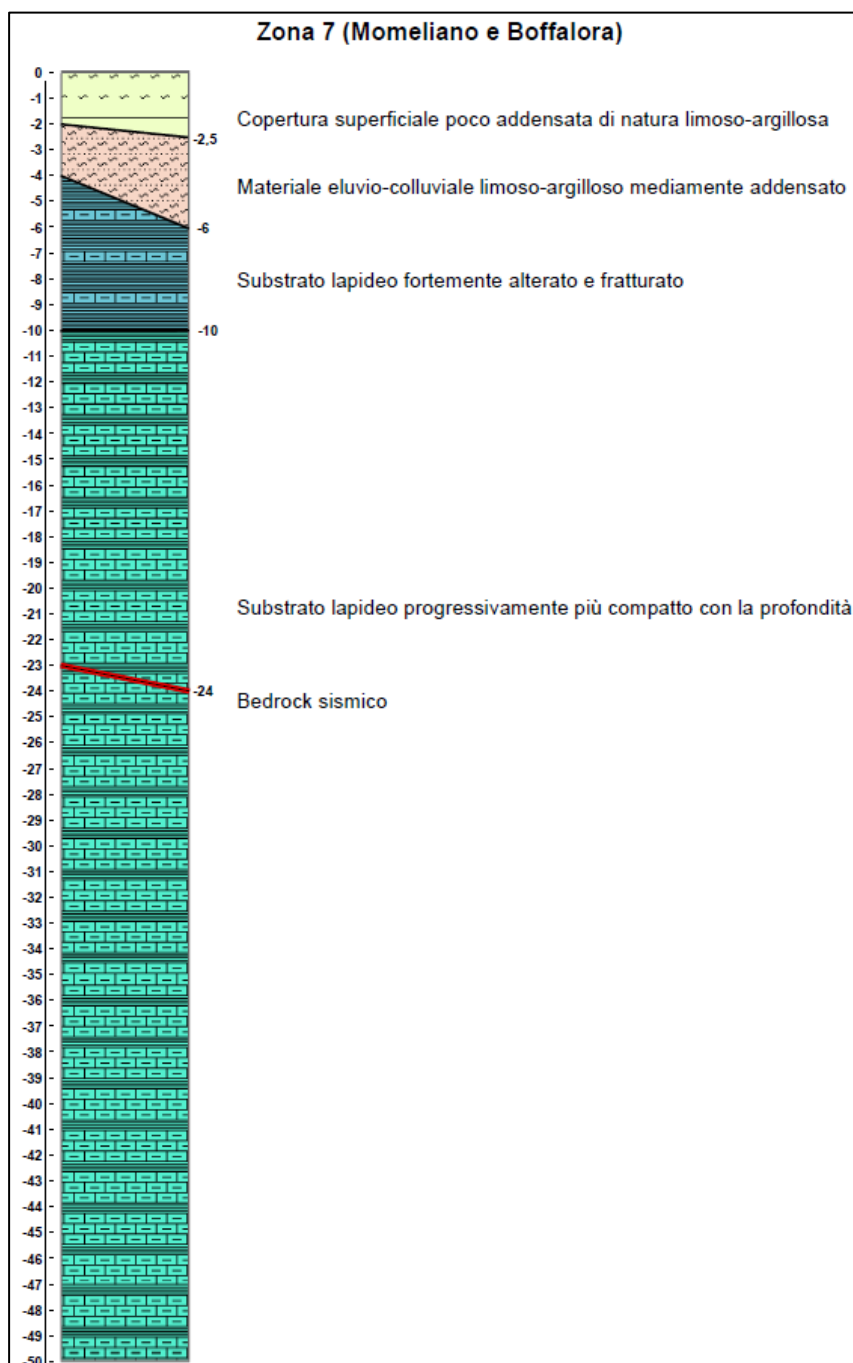


Figura 38: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 7 (Cod. 2007).



- **Zona 8:** aree caratterizzate dalla presenza di una esigua coltre di copertura eluvio-colluviale (spessore di circa 2.5 m) poco addensata a natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili), poggianti su di un substrato non rigido (entro i primi 35 m) riconducibile alla Formazione di Val Luretta. La porzione alterata e fratturata a probabile componente pelitica prevalente, si sviluppa fino a circa 12 m dal p.c. oltre i quali il substrato diventa progressivamente più compatto pur non indentificando la presenza del bedrock sismico entro i primi 35 m. Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartiene la località Torrazzo.

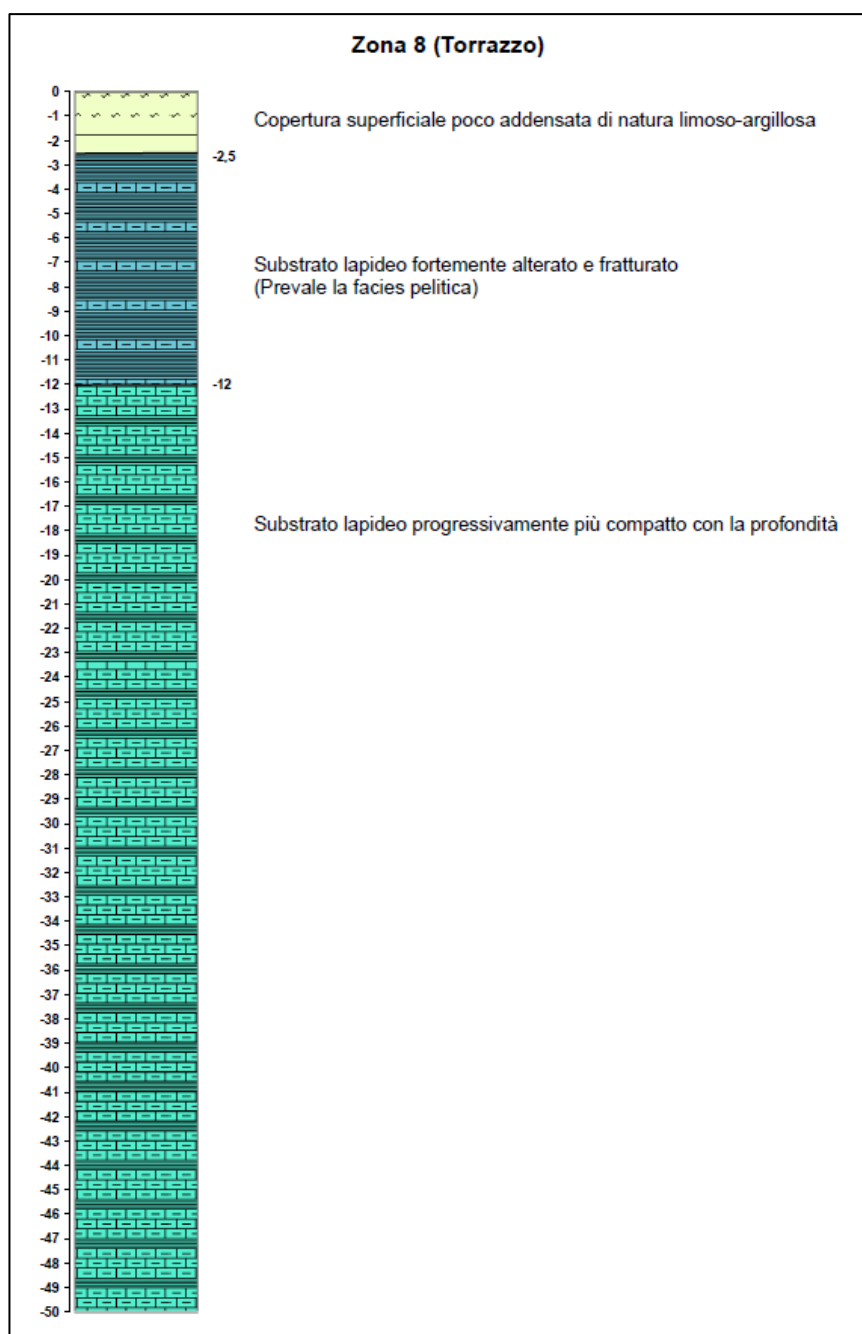


Figura 39: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 8 (Cod. 2008).

- **Zona 9:** aree caratterizzate dalla presenza di una coltre di copertura superficiale instabile e/o potenzialmente instabile, poco addensata e di natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili) con spessore di circa 5 m, poggianti su di un substrato non rigido riconducibile alla Formazione di Val Luretta. La porzione alterata e fratturata a probabile componente pelitica prevalente, si sviluppa fino a circa 11 m di profondità oltre ai quali il substrato diventa progressivamente più compatto e rigido (bedrock sismico) a partire dai 26 m circa. Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartengono le seguenti località: M. Travo e Cà del Guerra.

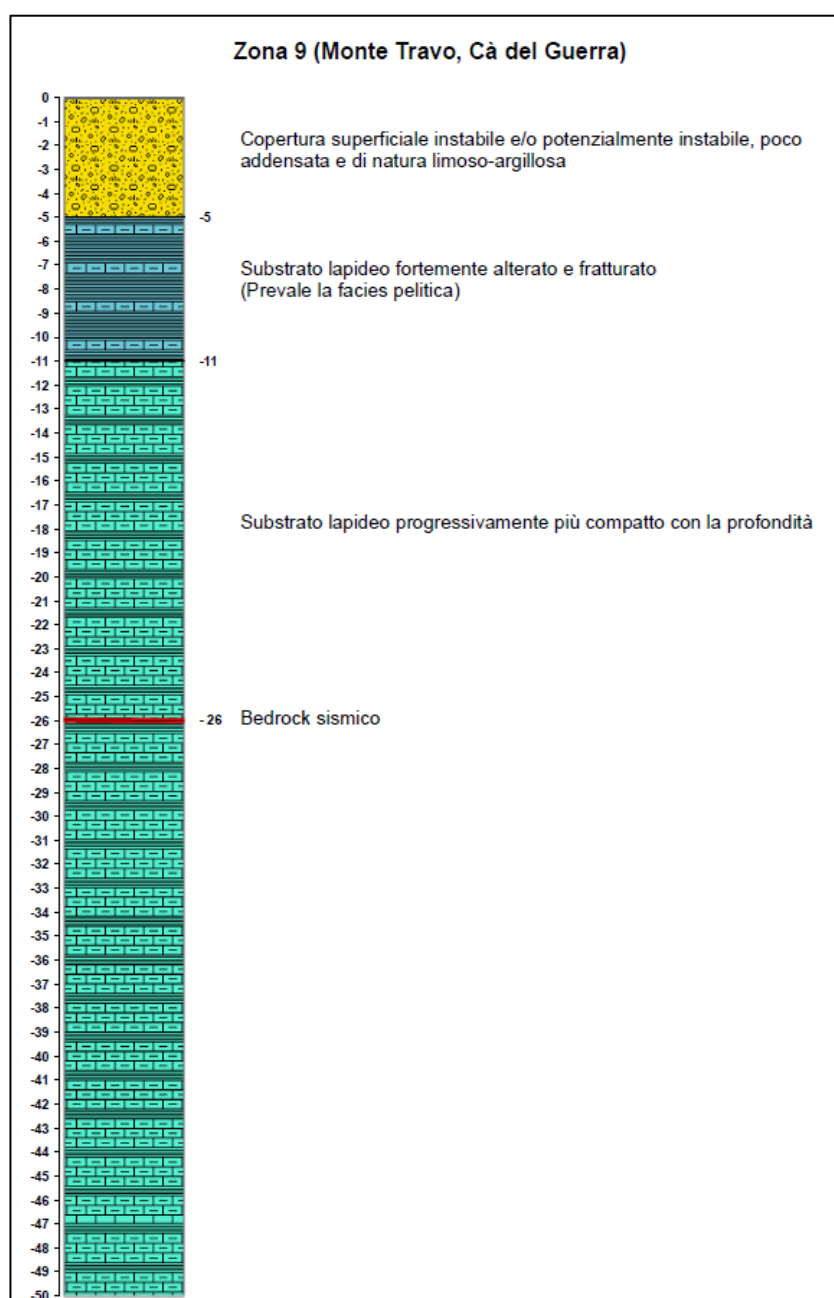


Figura 40: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 9 (Cod. 2009).

- **Zona 10:** aree caratterizzate dalla presenza di materiale a medio basso grado di addensamento riconducibile ad un corpo di frana con spessore medio pari a circa 37 m. In particolare si riconosce una coltre più superficiale poco addensata di natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili) con spessore di circa 7 m costituente la porzione più allentata del corpo di frana, passante a materiale mediamente addensato riconducibile invece alla porzione più profonda del dissesto. Il deposito di frana poggia sul sottostante substrato rigido (bedrock sismico) riconducibile alla Formazione di Val Luretta. La stima del fattore di amplificazione si basa su metodo semplificato (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. Gli approfondimenti del terzo livello, che servirebbero per la caratterizzazione sismica di dettaglio dei corpi di frana attivi e quiescenti, non sono previsti in questa fase di lavoro. A tale area appartengono le seguenti località: Rezzanello.

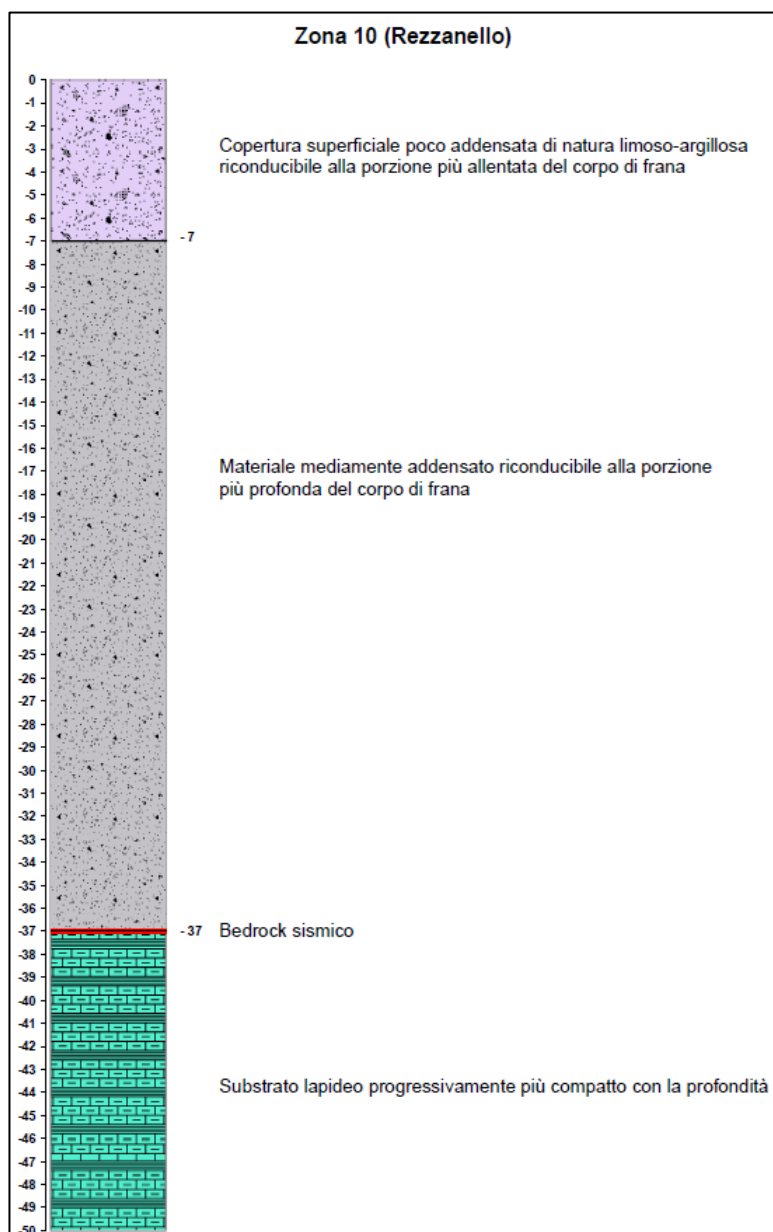


Figura 41: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 10 (Cod. 2010).

- **Zona 11:** aree caratterizzate dalla presenza di materiale a medio basso grado di addensamento riconducibile ad un corpo di frana con spessore medio pari a circa 33 m. In particolare si riconosce una coltre più superficiale poco addensata di natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili) con spessore di circa 7 m costituente la porzione più allentata del corpo di frana, passante a materiale mediamente addensato riconducibile invece alla porzione più profonda del dissesto. Il deposito di frana poggia sul sottostante substrato rigido (bedrock sismico) riconducibile alla Formazione di Val Luretta. La stima del fattore di amplificazione si basa su metodo semplificato (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. Gli approfondimenti del terzo livello, che servirebbero per la caratterizzazione sismica di dettaglio dei corpi di frana attivi e quiescenti, non sono previsti in questa fase di lavoro. A tale area appartengono le seguenti località: Rezzanello.

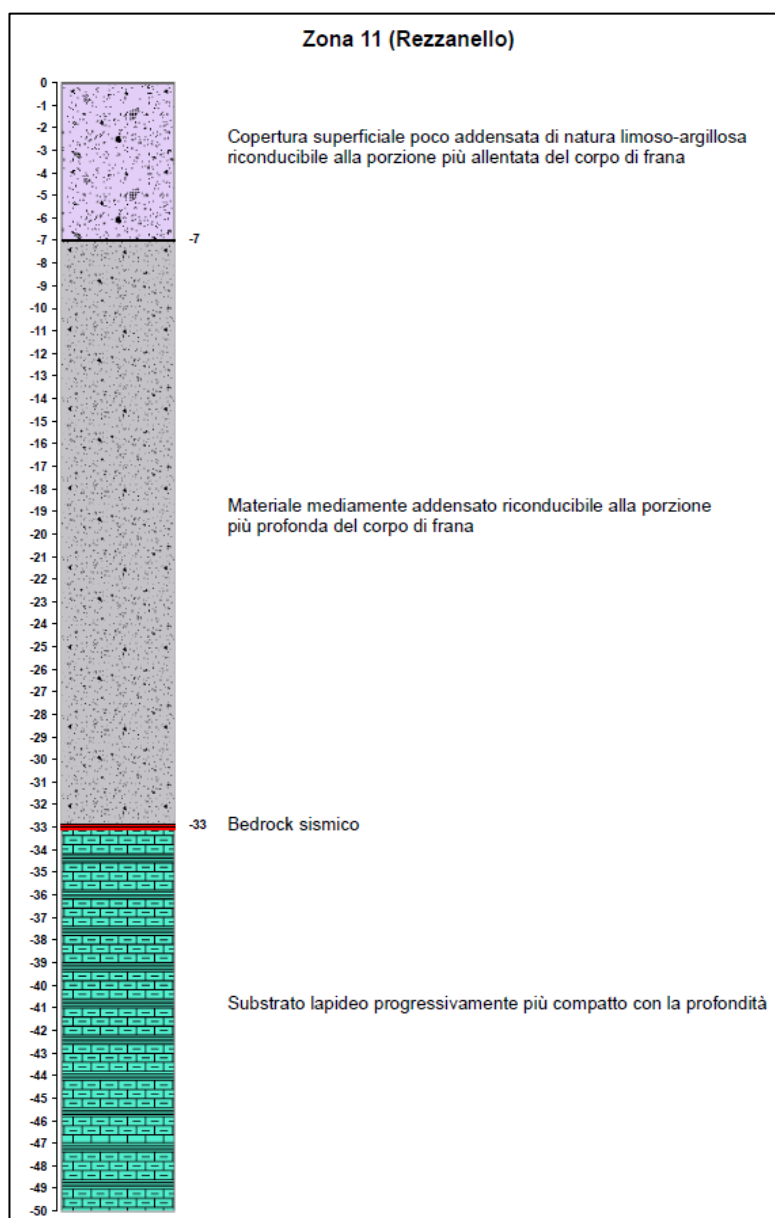


Figura 42: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 11 (Cod. 2011).

- **Zona 12:** aree caratterizzate dalla presenza di una coltre di copertura superficiale instabile e/o potenzialmente instabile di natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili) con spessore variabile da 4 m a 6 m circa, poggianti su di un substrato non rigido riconducibile alla Formazione di Val Luretta. La porzione alterata e fratturata, si sviluppa fino a circa 10 m di profondità oltre ai quali il substrato diventa progressivamente più compatto e rigido (bedrock sismico) a partire dai 23-24 m circa.

Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartiene la località Boffalora.

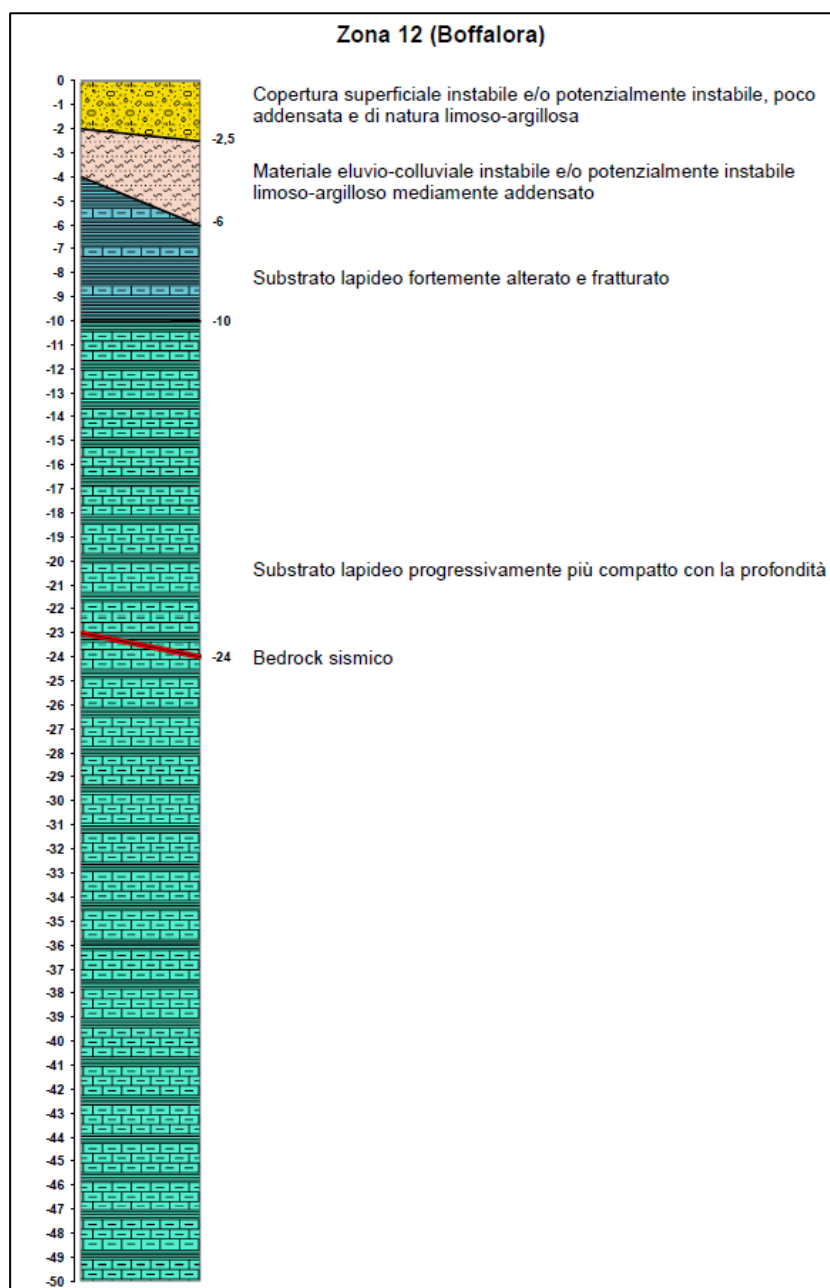


Figura 43: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 12 (Cod. 2012).



- **Zona 13:** aree caratterizzate dalla presenza di materiale a natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili) da poco a mediamente addensato riconducibile ad un corpo di frana avente spessore medio pari a circa 15 m. Il deposito di frana poggia su di un substrato non rigido riconducibile alla Formazione di Val Luretta il cui grado di alterazione e fratturazione si riduce con la profondità diventando progressivamente più compatto e rigido (bedrock sismico) a partire dai 23 m circa. La stima del fattore di amplificazione si basa su metodo semplificato (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. Gli approfondimenti del terzo livello, che servirebbero per la caratterizzazione sismica di dettaglio dei corpi di frana attivi e quiescenti, non sono previsti in questa fase di lavoro. A tale area appartengono le seguenti località: Momeliano.

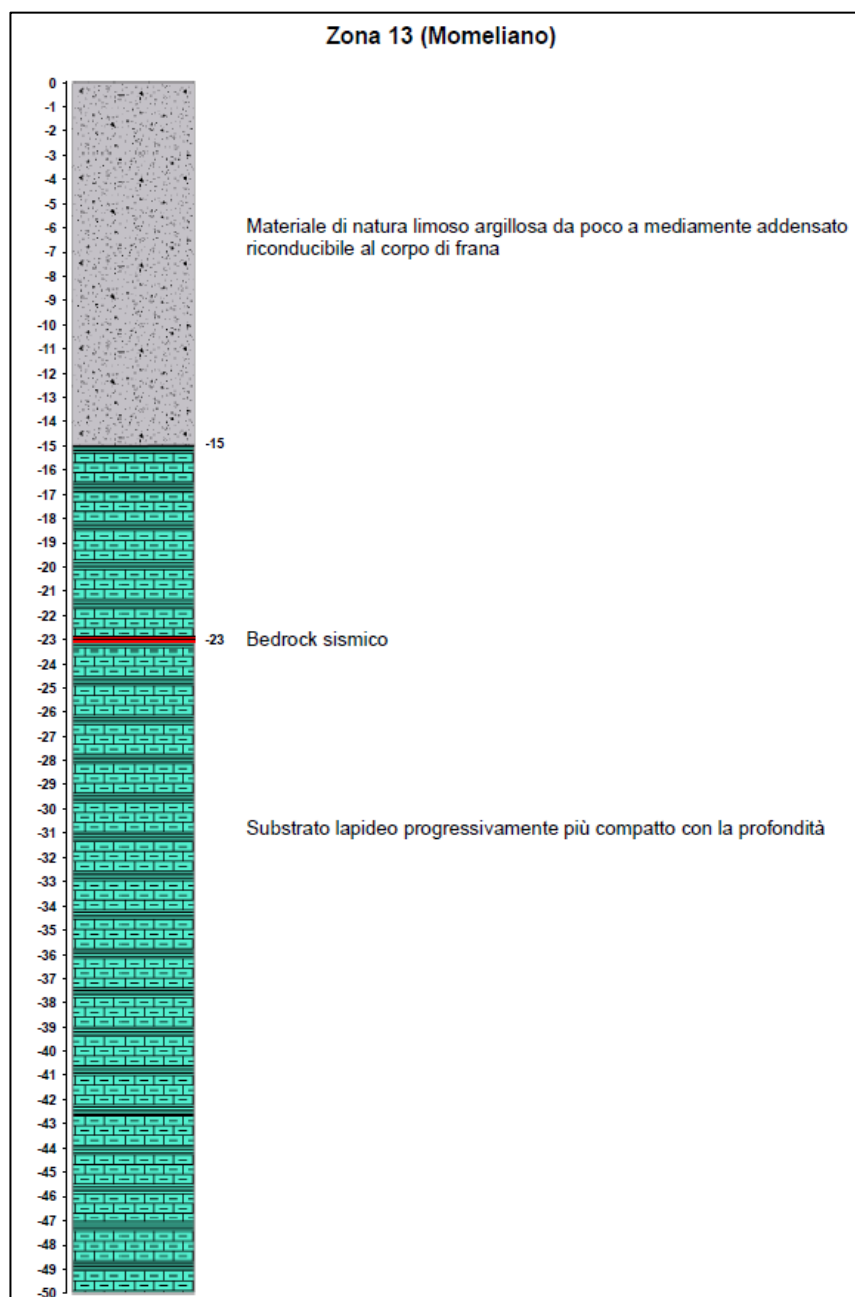


Figura 44: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 13 (Cod. 2013).

- **Zona 14:** aree caratterizzate dalla presenza di una esigua coltre di copertura superficiale instabile e/o potenzialmente instabile (spessore di circa 2.5 m) poco addensata e di natura prevalentemente fine (argilla e limo in percentuali variabili), poggiante su di un substrato non rigido (entro i primi 35 m) riconducibile alla Formazione di Val Luretta. La porzione alterata e fratturata a probabile componente pelitica prevalente, si sviluppa fino a circa 12 m dal p.c. oltre i quali il substrato diventa progressivamente più compatto pur non indentificando la presenza del bedrock sismico entro i primi 35 m. Si ritiene sufficiente la stima del fattore di amplificazione con metodi semplificati (secondo livello di approfondimento) in considerazione di suscettibilità di amplificazione locale per effetti stratigrafici. A tale area appartiene la località Torrazzo.

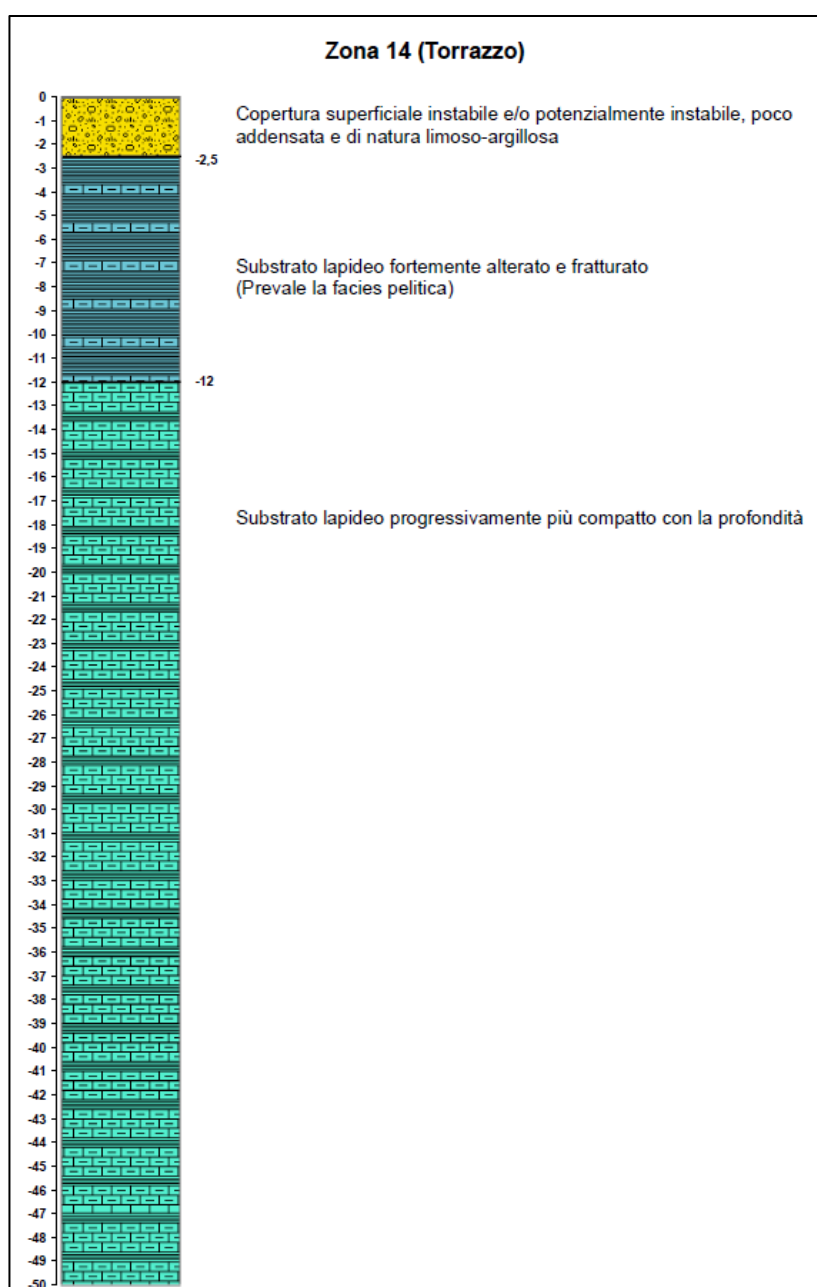


Figura 45: Successione stratigrafica rappresentativa della Zona 14 (Cod. 2014).

## 6.4 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta di microzonazione sismica (Livello 2) è stata elaborata tenendo conto delle indicazioni della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Livello 1) e della valutazione degli FA ottenuti mediante l'utilizzo degli abachi di riferimento per gli effetti litostratigrafici. Ai fini dell'integrazione, per quanto riguarda le  $FA_{SA}$ , sono stati utilizzati gli abachi previsti nell'Allegato A2 della DGR 476/2021.

Sulla base dei dati ottenuti, il territorio è stato suddiviso in zone omogenee con uguale fattore di amplificazione FA. I coefficienti di amplificazione sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA0) sia di Intensità di Housner (SI/SI0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA0 e SI0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze calcolate alla superficie dei siti esaminati.

### 6.4.1 F.A. P.G.A.

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state suddivise in funzione del valore di amplificazione sismica FA nelle seguenti microzone:

- $FA_{PGA} = 1.5$ : caratterizza gli ambiti territoriali della porzione nordorientale del territorio comunale coinvolgendo le località di Gazzola, Tuna, Croara, Rivalta, Canneto, C.na Raviola, Castelletto e Bosco di Sopra;
- $FA_{PGA} = 1.8$ : caratterizza le località di Rezzanello, M. Travo, Monticello e Cà del Guerra;
- $FA_{PGA} = 1.6$ : caratterizza le località di Momeliano, M. Boffalora ed alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello;
- $FA_{PGA} = 1.9$ : caratterizza la località di Torrazzo e le aree instabili di Momeliano;
- $FA_{PGA} = 1.7$ : caratterizza alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello.

### 6.4.2 F.A. INTENSITÀ SPETTRALE (SI) di risposta in velocità $0.5s < T_0 < 1.0s$

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state suddivise in funzione del valore di amplificazione sismica FA (SI)  $0.5s < T_0 < 1.0s$  nelle seguenti microzone:

- $FA_{SI \ 0.5s < T_0 < 1.0s} = 2.05$ : caratterizza l'abitato di Gazzola;
- $FA_{SI \ 0.5s < T_0 < 1.0s} = 2$ : caratterizza l'abitato di Tuna;
- $FA_{SI \ 0.5s < T_0 < 1.0s} = 2.1$ : caratterizza le località di Croara, Rivalta, Canneto, C.na Raviola, Castelletto e Bosco di Sopra;
- $FA_{SI \ 0.5s < T_0 < 1.0s} = 1.2$ : caratterizza le località di Rezzanello, M. Travo, Monticello e Cà del Guerra;
- $FA_{SI \ 0.5s < T_0 < 1.0s} = 1.1$ : caratterizza le località di Momeliano e M. Boffalora;
- $FA_{SI \ 0.5s < T_0 < 1.0s} = 2.3$ : caratterizza la località di Torrazzo;
- $FA_{SI \ 0.5s < T_0 < 1.0s} = 1.3$ : caratterizza le aree instabili di Momeliano e alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello;
- $FA_{SI \ 0.5s < T_0 < 1.0s} = 1.5$ : caratterizza alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello.

**6.4.3 F.A. INTENSITÀ SPETTRALE di risposta in velocità (SI)  $0.1s < T_0 < 0.5s$** 

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state suddivise in funzione del valore di amplificazione sismica FA (SI)  $0.1s < T_0 < 0.5s$  nelle seguenti microzone:

- $FA_{SI} 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.65$ : caratterizza l'abitato di Gazzola;
- $FA_{SI} 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.6$ : caratterizza le località di Tuna, Croara Ovest, Rivalta, Canneto, C.na Raviola, Castelletto e Bosco di Sopra;
- $FA_{SI} 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.5$ : caratterizza le località di Croara Est, Momeliano e Boffalora;
- $FA_{SI} 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.8$ : caratterizza le località di Rezzanello, M. Travo, Monticello e Cà del Guerra;
- $FA_{SI} 0.1s < T_0 < 0.5s = 2.1$ : caratterizza la località di Torrazzo e le aree instabili di Momeliano;
- $FA_{SI} 0.1s < T_0 < 0.5s = 2$ : caratterizza alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello.

**6.4.4 F.A. INTENSITÀ SPETTRALE di risposta in accelerazione (SA)  $0.1s < T_0 < 0.5s$** 

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state suddivise in funzione del valore di amplificazione sismica FA (SA)  $0.1s < T_0 < 0.5s$  nelle seguenti microzone:

- $F_{SA} 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.6$ : caratterizza gli ambiti territoriali della porzione nordorientale del territorio comunale coinvolgendo le località di Gazzola, Tuna, Croara, Rivalta, Canneto, C.na Raviola, Castelletto e Bosco di Sopra
- $F_{SA} 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.8$ : caratterizza le località di Rezzanello, M. Travo, Monticello e Cà del Guerra;
- $F_{SA} 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.5$ : caratterizza le località di Momeliano e M. Boffalora;
- $F_{SA} 0.1s < T_0 < 0.5s = 2$ : caratterizza la località di Torrazzo;
- $F_{SA} 0.1s < T_0 < 0.5s = 2$ : caratterizza le aree instabili di Momeliano e alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello;
- $F_{SA} 0.1s < T_0 < 0.5s = 1.7$ : caratterizza alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello.

**6.4.5 F.A. INTENSITÀ SPETTRALE di risposta in accelerazione (SA)  $0.4s < T_0 < 0.8s$** 

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state suddivise in funzione del valore di amplificazione sismica FA  $0.4s < T_0 < 0.8s$  nelle seguenti microzone:

- $F_{SA} 0.4s < T_0 < 0.8s = 1.3$ : caratterizza gli ambiti territoriali della porzione nordorientale del territorio comunale coinvolgendo le località di Gazzola, Tuna, Croara, Rivalta, Canneto, C.na Raviola, Castelletto e Bosco di Sopra;
- $F_{SA} 0.4s < T_0 < 0.8s = 1.6$ : caratterizza le località di Rezzanello, M. Travo, Monticello e Cà del Guerra;
- $F_{SA} 0.4s < T_0 < 0.8s = 1.4$ : caratterizza le località di Momeliano e M. Boffalora;
- $F_{SA} 0.4s < T_0 < 0.8s = 2.5$ : caratterizza la località di Torrazzo;
- $F_{SA} 0.4s < T_0 < 0.8s = 1.7$ : caratterizza le aree instabili di Momeliano e alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello;
- $F_{SA} 0.4s < T_0 < 0.8s = 1.7$ : caratterizza alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello.

#### 6.4.6 F.A. INTENSITÀ SPETTRALE di risposta in accelerazione (SA) $0.7s < T_0 < 1.1s$

Le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali sono state suddivise in funzione del valore di amplificazione sismica  $FA_{0.7s < T_0 < 1.1s}$  nelle seguenti microzone:

- $FA_{SA\ 0.7s < T_0 < 1.1s} = 1.1$ : caratterizza gli ambiti territoriali della porzione nordorientale del territorio comunale coinvolgendo le località di Gazzola, Tuna, Croara, Rivalta, Canneto, C.na Raviola, Castelletto e Bosco di Sopra;
- $FA_{SA\ 0.7s < T_0 < 1.1s} = 1.4$ : caratterizza le località di Rezzanello, M. Travo, Monticello e Cà del Guerra;
- $FA_{SA\ 0.7s < T_0 < 1.1s} = 1.3$ : caratterizza le località di Momeliano e M. Boffalora;
- $FA_{SA\ 0.7s < T_0 < 1.1s} = 1.8$ : caratterizza la località di Torrazzo;
- $FA_{SA\ 0.7s < T_0 < 1.1s} = 1.2$ : caratterizza le aree instabili di Momeliano e alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello;
- $FA_{SA\ 0.7s < T_0 < 1.1s} = 1.5$ : caratterizza alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello.

#### 6.4.6 Carte della distribuzione dei valori di $H_{SM}$

È stata infine prodotta una carta della distribuzione sul territorio dei valori di  $H_{SM}$ , parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in %g), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity ( $ASI_{UHS}$ ), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ , diviso per  $\Delta T$  (in questo caso pari a 0,4 s), per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodo.

I valori di  $ASI_{UHS}/\Delta T$  derivano dal file all\_4\_coord.kmz messo a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. I valori puntuali della griglia di riferimento RER sono stati interpolati linearmente al fine di creare un grid continuo e quindi interrogati in funzione del centroide calcolato per ogni area omogenea.

- $H_{SM} = 0.35$ : caratterizza gli ambiti territoriali della porzione nordorientale del territorio comunale coinvolgendo le località di Gazzola, Tuna, Croara, Rivalta, Canneto, C.na Raviola, Castelletto e Bosco di Sopra;
- $H_{SM} = 0.36$ : caratterizza la località di Croara;
- $H_{SM} = 0.40$ : caratterizza le località di Rezzanello, M. Travo, Monticello e Cà del Guerra;
- $H_{SM} = 0.33$ : caratterizza le località di Momeliano e M. Boffalora;
- $H_{SM} = 0.49$ : caratterizza la località di Torrazzo;
- $H_{SM} = 0.44$ : caratterizza le aree instabili di Momeliano e alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello;
- $H_{SM} = 0.37$ : caratterizza alcune porzioni delle aree instabili di Rezzanello.



## 6.5 COMMENTI FINALI E CRITICITÀ

Nei capitoli precedenti, è stato ampiamente evidenziato come l'assetto geologico delle aree indagate sia tale per cui la risposta sismica locale risulti condizionata da vari fattori, spesso di non facile definizione, con le informazioni litostratigrafiche e sismiche, sia già disponibili che reperibili a costi sostenibili, primo fra tutti la definizione della profondità del bedrock sismico (sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio Vs maggiore o uguale a 800 m/s).

Per l'intero territorio urbanizzato ed urbanizzabile, è stato possibile effettuare, tramite procedure semplificate, una microzonazione con attribuzione dei fattori di amplificazione.

Il presente studio di microzonazione sismica del Comune di Gazzola, sulla base delle indagini e delle analisi eseguite, consente di effettuare le seguenti considerazioni relative al comportamento dei terreni durante un evento sismico:

1. Gli studi effettuati confermano il rischio di amplificazione sismica in tutte le aree considerate dal presente Studio di MS dovuto principalmente ad effetti stratigrafici.
2. Il bedrock sismico, inteso come corpo geologico caratterizzato da valori di Vs significativamente maggiori (maggiore o uguale a 800 m/s secondo normativa) di quelli dei terreni soprastanti e crescenti in modo graduale con la profondità, è stato identificato nella maggior parte delle aree investigate. Nel settore collinare meridionale del comune è riconducibile alla Formazione di Val Luretta, mentre nelle aree territoriali caratterizzate da depositi continentali di tipo alluvionale è associabile a corpi ghiaiosi molto compatti con probabili livelli conglomeratici.
3. La profondità del bedrock sismico risulta variabile e compresa tra 23 e 26 m nelle aree collinari mentre tra i 9 e 27 m in quelle pianeggianti. In alcune località, come Gazzola, Croara, Torrazzo, la sua profondità supera i 35 m.
4. In generale il Flysch di Val Luretta, per caratteristiche geomeccaniche (litologia, fratturazione e alterazione) assume un comportamento **non rigido** ( $V_s < 800$  m/s) fino a profondità medie di 23-26 metri.
5. In relazione alla profondità del bedrock sismico ed ai profili di velocità delle onde di taglio ricostruiti, i valori dell'amplificazione in termini di PGA (calcolati tramite l'utilizzo degli abachi dell'A2.1.1 degli Indirizzi Regionali), risultano maggiori nelle aree collinari rispetto alle aree del settore settentrionale di pianura caratterizzati dalla presenza nel sottosuolo di depositi prevalentemente ghiaiosi ben addensati.
6. Nelle aree caratterizzate dalla presenza di dissesti, occorrerà procedere con un'analisi di terzo livello finalizzata ad approfondire i caratteri sismici dei luoghi.

7. Per quanto riguarda possibili fenomeni di liquefazione, in relazione alle stratigrafie desunte dai dati bibliografici esistenti che evidenziano una predominanza di materiale ghiaioso con intercalazioni di materiale fine a comportamento coesivo, e dai profili di velocità delle onde di taglio con valori di velocità piuttosto elevati, si ritiene che il rischio all'interno del territorio comunale di Gazzola possa essere considerato molto basso.
8. In linea di massima, nel settore settentrionale di pianura, dato l'assetto sismo-stratigrafico, con frequenze di risonanza ben definite e piuttosto elevate (6-12 Hz), gli edifici potenzialmente interessati da fenomeni di risonanza sono quelli bassi e rigidi (generalmente 1, 2 piani).
9. Nel settore meridionale, in cui affiora la "Formazione di Val Luretta", i contrasti d'impedenza sismica sono generalmente inferiori e/o assenti e non emerge con chiarezza una frequenza di risonanza ben definita.

**ALLEGATO 1**

**DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI INDAGINE**

**MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**

Il metodo MASW consente di ottenere una curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel range di frequenza compreso tra 5 e 70 Hz. Tramite un processo di inversione iterativo è possibile risalire, a partire dalla curva di dispersione di sito, al profilo verticale delle velocità delle onde di taglio nei primi 20-30 m di profondità (onde S).

Le misure realizzate ex novo hanno coinvolto i 13 ambiti territoriali individuati e sono state progettate al fine di assicurare un'adeguata copertura informativa territoriale definendo un'ubicazione compatibile a quella delle indagini geotecniche pregresse (delle quali è stata verificata l'affidabilità) e/o congiuntamente ad un'indagine di tipo HVSR.

L'ubicazione delle indagini effettuate è riportata in Tav. 01 - Carta delle indagini e in Tav. 05 - Carta delle Velocità delle onde di taglio, in quest'ultima tavola oltre all'ubicazione della prova è riportato anche il valore della Vs30 ottenuto.

**Strumentazione Utilizzata**

Il "Geode" è un sismografo modulare a 24 bit che rappresenta l'ultima frontiera dei sistemi di registrazione sismica combinando il meglio dei tradizionali sismografi Geometrics con la flessibilità di un sistema ripartito in unità distinte. Geode è un sismografo ad elevata dinamica (144 dB di range dinamico totale – 105 dB istantanei a 2 msec di campionamento). Grazie all'ampia banda d'ingresso (1.75 Hz – 20 kHz, con velocità di campionamento da 0.02 msec a 16 msec), esso è perfettamente idoneo per un'ampia gamma di applicazioni: sismica a rifrazione, sismica a riflessione (anche ad altissima risoluzione), monitoraggio di vibrazioni, applicazioni sismologiche, downhole e VSP. In acquisizione sono disponibili tutte le funzioni di filtri, pre-amplificazione, line-test e instrument-test, tipiche dei sistemi di registrazioni evoluti.



Figura 40: Sismografo "Geode" collegato al pc

L'attrezzatura utilizzata è composta da:

- Sismografo modulare Geode 3-1000+ canali,
- Massa battente da 10 Kg,
- Piastra di battuta in alluminio 15x15x2,5cm,
- Batteria ricaricabile 12 V,
- Cavo per sismica a rifrazione stranded, 130 mt con 24 takeouts SPT-21 a 5 metri di intervallo e due code da 7.5 mt l'una terminate con connettore Bendix 61S,
- Geofoni GS20DX, 2.0 Hz verticali, 395 Ohm con puntale da 3" ed 1,5 mt di cavo terminato con mueller clip singola MC-20-SP,
- Computer portatile ACER.

### ***Cenni Metodologici***

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi.

Le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate lungo uno stendimento lineare di sensori.

Il metodo consente generalmente, di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente, nel range di frequenze compreso tra 5 Hz e 70 Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 20 - 30 m, in funzione della rigidezza del suolo. L'elaborazione dei dati con il metodo MASW prevede tre fasi di lavoro:



- la prima fase prevede il calcolo dello spettro di velocità di fase apparente relativo ai sismogrammi registrati,
- la seconda fase consiste nell'estrapolare dallo spettro di velocità, la curva di dispersione sperimentale,
- la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore  $h$  e la velocità  $V_s$  degli strati. Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità  $V_s$  e degli spessori  $h$ , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

#### **Modalità esecutive delle prove "MASW"**

Per le 13 prove sono stati utilizzati stendimenti costituiti da allineamenti di 15-19 geofoni spazati di 5 m. La lunghezza delle registrazioni è stata di 1 sec, con un passo di campionamento di 0.250 ms. L'energizzazione, realizzata a distanze di 5 e 10 metri dal primo geofono, è stata ottenuta con una massa battente di 10 Kg.

***Elaborazione dei Dati***

Il software utilizzato per l'elaborazione dei dati è il "winMASW" Academy della EliaSoft. In una prima fase è stato calcolato lo spettro di velocità, in una seconda fase è stata estrapolata dallo spettro di velocità, la curva di dispersione sperimentale. Nella terza ed ultima fase si è individuato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , modificando opportunamente lo spessore  $h$ , le velocità delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  (o in maniera alternativa alle velocità  $V_p$  è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di velocità assegnato.

***ANALISI DEI MICROTREMORI (horizontal to vertical spectral ratio - HVSR)***

Nelle aree di indagine sono state condotte acquisizioni con tecnica HVSR tramite registrazione con tromografo di rumore sismico ambientale di fondo (microtremore). L'indagine si pone come obiettivo preminente l'individuazione delle diverse frequenze di risonanza del terreno, nell'ottica di valutare eventuali fenomeni di amplificazione del moto sismico nel terreno d'indagine.

La registrazione di rumore sismico ambientale è stata effettuata utilizzando un tromografo digitale Tromino della Micromed s.r.l.

Le acquisizioni effettuate hanno una durata di circa 16-20 min ciascuna.

Le registrazioni sono state eseguite su terreni mediamente compatti; a tal proposito si specifica che sono stati eliminati i primi centimetri di terreno pulendo e regolarizzando il piano di posa al fine di un corretto posizionamento/funzionamento dello strumento.

L'ipotesi alla base della metodologia di elaborazione è che, essendo i microtremori causati prevalentemente dalle onde di Rayleigh, la componente verticale del moto non subisce fenomeni di amplificazione in corrispondenza di marcati contrasti di impedenza sismica, mentre detto fenomeno avviene per le componenti orizzontali, soprattutto in corrispondenza della frequenza fondamentale di risonanza ( $F_0$ ) dei terreni indagati. Eseguendo quindi il rapporto tra gli spettri di frequenza orizzontale e verticale (H/V) si ottiene un grafico in cui si evidenziano le frequenze in cui si hanno i maggiori effetti di amplificazione locale.

### ***Cenni Metodologici***

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione (HVSR) è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della Terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

È interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da Nakamura (Nakamura, Y., 1989) per lo studio delle amplificazioni di sito, assume che i microtremori consistano principalmente di onde di Rayleigh che si propagano in un singolo strato soffici su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono le seguenti:

- I microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;
- Le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;
- La componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;
- Il picco visibile nei rapporti H/V (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde S verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le principali applicazioni delle prove H/V si possono così sintetizzare:

- Misura delle frequenze di risonanza dei suoli;
- Effetti di sito e microzonazione sismica (curve H/V, metodo di Nakamura);
- Stratigrafia sismica passiva;
- Vs30 da fit vincolato della curva H/V;
- Segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze H/V, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione  $f_0$ .

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde S tramite la relazione:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove  $V_s$  è la velocità media delle onde di taglio, e  $H$  è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di un solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle  $V_s$  ottenute da misure Masw / Esac-ReMi. o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della Vs30.

### **Strumentazione Utilizzata e Modalità di acquisizione**

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta Micromed S.r.L modello "Tromino ENGY", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 256 Hz. In questo caso le 40 registrazioni hanno avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

***Elaborazione ed Analisi dei Dati***

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software "Grilla".

Il programma consente di effettuare:

- Analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- Procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- Test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri Sesame);
- Determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- Creazione di un report automatico con tabelle e illustrazioni.



**ALLEGATO 2**

ELABORAZIONE DELLE INDAGINI MASW

**ALLEGATO 3**

ELABORAZIONE DELLE ANALISI DEI MICROTREMORI HVSR