

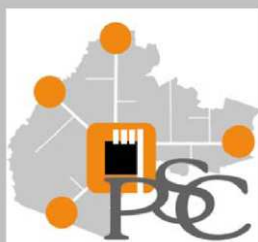


**COMUNE DI FONTANELLATO**



**PROVINCIA  
DI PARMA**

PIANO  
STRUTTURALE  
COMUNALE



VARIANTE  
GENERALE

## **Studio di Microzonazione Sismica** (secondo livello di approfondimento)

**OPCM n° 3907/2010 e s.m.i.**

**Decreto del Capo Dipartimento  
Protezione Civile n° 8422 del 10.12.2010**

**Delibera G.R. n° 1051 del 18.07.2011**

## **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

il tecnico incaricato  
*dott. geol. Stefano Castagnetti*



il collaboratore  
*dott. geol. Marco Baldi*



**Con il supporto operativo e consulenziale del Servizio Programmazione e Pianificazione  
Territoriale della Provincia di Parma**

**Febbraio 2012**



## INDICE

1. PREMESSE.....	1
2. METODOLOGIA DI LAVORO .....	3
3 MICROZONAZIONE SISMICA .....	11
3.1 FONTANELLATO – PRIORATO – GHIARA.....	11
3.2 ALBARETO .....	23
3.3 CANNETOLO .....	31
3.4 PAROLETTA .....	37
3.5 TOCCALMATTO .....	43
3.6 CASALBARBATO.....	48
3.7 PAROLA.....	54
3.8 SANGUINARO .....	62

## 1. PREMESSE

Su incarico del Comune di Fontanellato<sup>1</sup> (Provincia di Parma) è stato eseguito uno studio di analisi del rischio sismico, finalizzato alla MICROZONAZIONE SISMICA del territorio comunale.

Lo studio è stato realizzato nel rispetto delle seguenti disposizioni normative:

- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvato con Delibera dell'Assemblea Legislativa Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;
- Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri n° 3970 /2010 e ss.mm. e relativo Decreto del Capo Dipartimento Protezione Civile n° 8422 del 10.12.2010;
- D.G.R. 18 luglio 2011, n° 1051: "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm." e relativi allegati tecnici.

Per gli aspetti tecnici si è fatto riferimento al documento "*Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*" (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni<sup>2</sup>.

Il lavoro è stato condotto in stretto raccordo con il Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma ed in particolare con il funzionario di riferimento per le questioni di carattere geologico, che ha fornito un fondamentale supporto sia in termini strumentali, che consulenziale.

Il presente studio si pone in diretta continuità con le analisi geologiche condotte nel 2010 a supporto della stesura del Quadro conoscitivo e del Documento preliminare del nuovo Piano Strutturale Comunale, successivamente adottato con Delibera di G.C. n° 44 del 31.03.2011 e per il quale si sta concludendo la Conferenza di Pianificazione.

In quella fase, che non aveva potuto avvalersi delle analisi prodotte a corredo del PTCP, in quanto la Provincia di Parma non aveva al tempo adeguato il proprio strumento di pianificazione ai contenuti dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico di cui alla DAL 112/2007, era stato svolto un approfondimento di PRIMO LIVELLO ed era stata prodotta la Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali alla scala 1:14.000 (Tav. 6 – Studio generale PSC) estesa all'intero territorio comunale di Fontanellato.

---

<sup>1</sup> Determina Dirigenziale n° 333 del 05/09/2011

<sup>2</sup> Gruppo di lavoro MS, 2008. "*Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica*". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. ([http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833))

Tale elaborato indicava, sulla base delle caratteristiche sismiche del substrato, della natura e dello spessore dei depositi di copertura e della morfologia del terreno, quali erano gli effetti di sito attesi, gli studi necessari per la valutazione di tali effetti e il livello richiesto di microzonazione sismica.

Pertanto in occasione del presente studio è stato condotto l'approfondimento di SECONDO LIVELLO, così come definito dall'Allegato "B" alla D.G.R. 18 luglio 2011, n° 1051 *"Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm."*.

L'approfondimento è stato sviluppato ed esteso a tutti i centri abitati (Capoluogo e Frazioni) (cfr. Tav. 1 – Mappa indice), in modo da caratterizzare tutte le aree urbanizzate e supportare le scelte negli ambiti di trasformazione previsti dallo strumento di pianificazione urbanistica.

Gli obiettivi del lavoro sono stati i seguenti:

- conferma delle condizioni di pericolosità indicate dalle precedenti analisi ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica (vedi Tav. 1);
- determinazione delle frequenze naturali dei terreni, ai fini della individuazione di fenomeni di risonanza significativi;
- 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 primo livello di approfondimento, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello, con indicazione delle indagini e delle analisi da effettuare.

## **2. METODOLOGIA DI LAVORO**

Il lavoro è stato condotto nel rispetto delle indicazioni contenute nell'allegato B della citata DGR 1051/2011 e secondo le fasi di seguito descritte.

### **2.1 PRIMA FASE: RICERCA DI ARCHIVIO**

Nella prima fase di lavoro sono acquisiti numerosi dati bibliografici e di archivio, a partire dal Database geognostico fornito dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Inoltre, grazie alla fattiva collaborazione del Personale dell'Ufficio Tecnico Comunale, è stato possibile consultare le Relazioni geologiche depositate presso l'archivio dell'Ufficio Edilizia privata e Lavori Pubblici del Comune di Fontanellato, con particolare attenzione per quelle prodotte a supporto della progettazione di opere pubbliche e per quelle a corredo dei Piani Urbanistici Attuativi (PUA) a partire dall'entrata in vigore della DGR 1667/2005.

La ricerca ha consentito l'acquisizione di numerose indagini geognostiche e geofisiche fatte eseguire a supporto delle Relazioni geologiche di cui sopra; successivamente le stesse 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) secondo le indicazioni dell'Allegato C *“Struttura della banca dati per gli studi di microzonazione sismica (secondo livello di approfondimento), di cui all'OPCM 3907/2010 e s.m.i., e al Decreto n°8422 del 10.12.2010 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile”*.

### **2.2 SECONDA FASE: ESECUZIONE CAMPAGNA DI INDAGINI**

Dal momento che per le aree oggetto di studio è emersa la disponibilità di numerose prove pregresse, che consentivano di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo sino alla profondità di interesse, a supporto del presente studio si è ritenuta sufficiente l'esecuzione di indagini geofisiche finalizzate alla definizione dei profili di Vs e alla misura delle frequenze naturali dei terreni, ritenendo viceversa superflua l'esecuzione di prove geotecniche in sito.

L'individuazione delle nuove indagini è stata fatta sulla base delle previsioni contenute nel nuovo PSC relativamente alle aree di nuova urbanizzazione e a quelle in cui sono previste sostanziali trasformazioni urbanistiche.

Più in particolare sono state eseguite n°39 indagini di sismica passiva mediante misure delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSR a stazione singola e n° 12 indagini geofisiche tipo MASW (Multichannel Spectral Analysis of Waves).

Le misure HVSR a stazione singola sono state eseguite impiegando il tromografo digitale portatile messo a disposizione dalla Provincia di Parma. L'interpretazione e la restituzione delle prove è stata curata direttamente dal personale del Servizio Programmazione e Pianificazione Territoriale.

Viceversa le prove MASW sono state commissionate alla società TECNOGEOFISICA S.n.c. con sede a Carpi (MO).

Le risultanze delle misure HVSR sono state riportate nell'Allegato n° 1, mentre le metodologie di esecuzione e le risultanze delle prove MASW sono state riportate nell'Allegato n°2.

Al termine della campagna di misure HVSR, al fine di determinare la qualità delle singole misure H/V effettuate e la loro relativa affidabilità, necessaria per una corretta fase interpretativa, si è provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in materia<sup>3</sup>, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri di SESAME 2004 relativi alla *robustezza statistica* del segnale. Inoltre, per ogni singola acquisizione è stato 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, prestando inoltre particolare attenzione alle variazioni azimuthali di ampiezza, nel rispetto della condizione di *isotropia* del segnale

In conclusione, verificati i criteri SESAME 2004 relativi alla "chiarezza" del picco di possibile risonanza, per le prove che hanno mostrato particolari evidenze di rumore elettromagnetico nella banda di frequenza di interesse, si è provveduto ad effettuare ulteriori acquisizioni.

---

<sup>3</sup> Rif. *TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA (2011) D. Albarello, S. Castellaro, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 – 2011, Appendice I e II, pp 50-62.*

Ogni singola prova HVSR utilizzata nel presente studio, a prescindere dalle verifiche sopra descritte, è stata confrontata con le risultanze di quelle adiacenti e riferite al medesimo contesto litostratigrafico e geomorfologico. Inoltre il loro utilizzo e la loro interpretazione è stata supportata dal confronto e dalla relativa taratura con altre prove geofisiche (MASW) e profili stratigrafici derivanti da sondaggi geognostici disponibili.

### 2.3 TERZA FASE: PRODUZIONE ELABORATI CARTOGRAFICI

L'interpretazione dei dati acquisiti nelle fasi precedenti ha consentito la produzione dei seguenti elaborati:

- 1) **Carta delle indagini.** In questa cartografia sono state riportate tutte le prove disponibili differenziando tra quelle pregresse e quelle di nuova esecuzione (Fig. 1).

Tutte le prove sono state classificate in base alla tipologia (indagini geognostiche: prova penetrometrica statica, prova penetrometrica dinamica, sondaggio a rotazione, perforazione per ricerche idrocarburi e perforazione pozzo idrico; indagini geofisiche: MASW, RE.MI., HVSR) e alla profondità raggiunta, distinguendole tra 4 classi:  $p < 10$  m,  $10 < p < 20$  m,  $20 < p < 30$  m,  $p > 30$  m).

Circa le indagini HVSR è stata operata una suddivisione in classi di qualità (A = affidabile, B = da interpretare, C = di difficile interpretazione) e della presenza o meno di picchi evidenti (1 = presenta almeno un picco evidente; 2 = non presenta picchi evidenti).

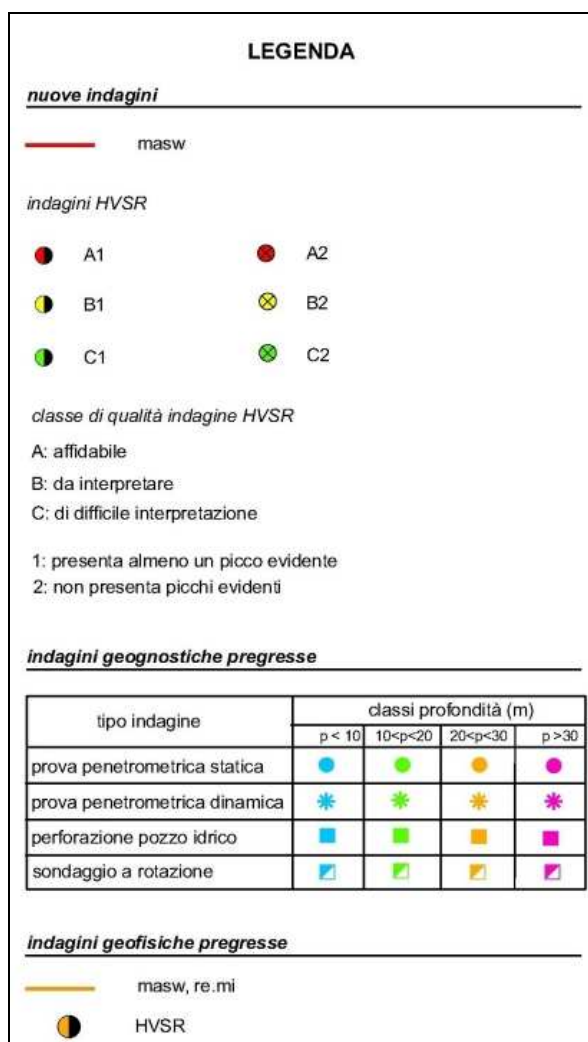


Fig. 1 – legenda della Carta delle indagini

2) **Carta delle frequenze naturali dei terreni**<sup>4</sup>. Si tratta di una carta derivata dalle indagini speditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali). In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di  $F_0$  del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di eventuali altri picchi significativi a più alta frequenza) (Fig. 2).

Le misure sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze ( $F_0 < 0,5$  Hz;  $0,5 < F_0 \leq 1,0$  Hz;  $1 < F_0 \leq 2$  Hz;  $2 < F_0 \leq 3$  Hz;  $3 < F_0 \leq 5$  Hz;  $5 < F_0 \leq 8$  Hz;  $F_0 > 8$  Hz) e dell'ampiezza del picco che individua contrasti di impedenza alti (picco HVSR > 3) o bassi (picco HVSR < 3).

I tematismi di cui sopra sono stati "appoggiati" su alcuni elementi della Carta lito-morfologica, in modo da mettere in risalto i rapporti con la geologia del sottosuolo.

<sup>4</sup> Si tratta di un elaborato che andrebbe eseguito nel primo livello di approfondimento, ma dal momento che nel corso delle analisi condotte nel 2010 non era stato predisposto, è stato prodotto in questa fase.



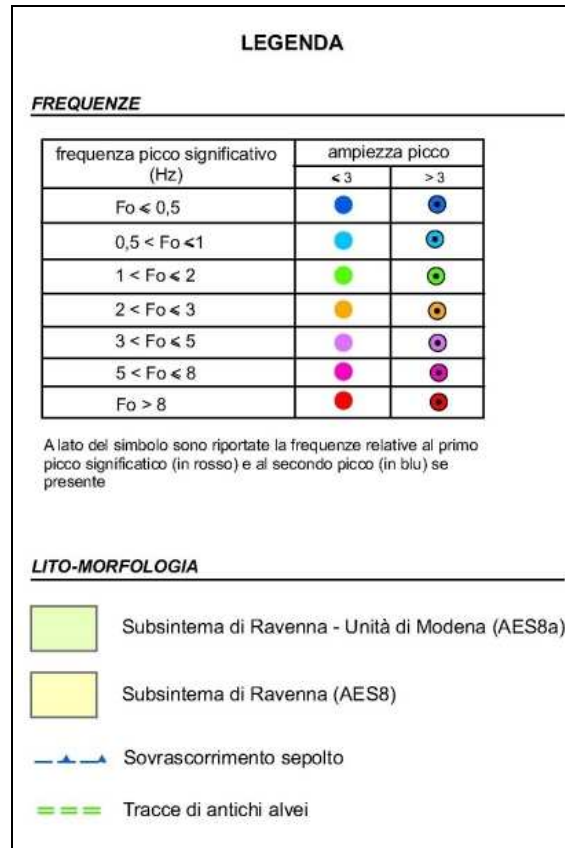


Fig. 2 – legenda della carta delle frequenze naturali dei terreni

3) **Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)**. In questa carta sono stati riportati i punti di misura di Vs con indicazione del valore di Vs<sub>30</sub> o di Vs<sub>H</sub> (entrambi in m/s).

Sono state altresì distinte le misure di Vs sulla base della tecnica impiegata: a stazione singola HVSR oppure MASW, Re.Mi, ecc. (Fig. 3).



Fig. 3 – legenda della Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

È opportuno sottolineare che, in accordo con quanto riportato in bibliografia, frequentemente le misure di  $V_s$  eseguite tramite MASW hanno restituito valori leggermente più alti (mediamente 20÷30 m/s in più) rispetto alle misure eseguite tramite prova HVSR a stazione singola.

4) **Carta dei Fattori di amplificazione.** L'amplificazione è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ) e di rapporto di Intensità spettrale o di Housner ( $SI/SI_0$ ) per prefissati intervalli di periodi ( $0.1s < T_0 < 0.5s$  e di  $0.5s < T_0 < 1.0s$ ), dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  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.

Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali.

Più in particolare per gli areali di Fontanellato – Priorato – Ghiara, Albareto, Casalbarbato Parola e Sanguinaro è stata impiegata la tabella degli indirizzi regionali denominata “*Pianura 1*”, in quanto ricadono in un ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (<100 m da p.c.), qui costituito dal tetto dei depositi sepolti del Quaternario Marino

Viceversa per gli areali di Cannello, Paroletta e Toccalmatto è stata impiegata la tabella degli indirizzi regionali denominata “*Pianura 2*”, in quanto ricadono in un ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (>100 m da p.c.).

Dal momento che il territorio del Comune di Fontanellato ricade in un contesto di pianura non sono stati considerati fattori di amplificazione per motivi topografici.

Per facilitare la comprensione delle relazioni esistenti tra le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo e i fattori di amplificazione, per ciascuna zona indagata sono state riportate le colonne stratigrafiche tipo.

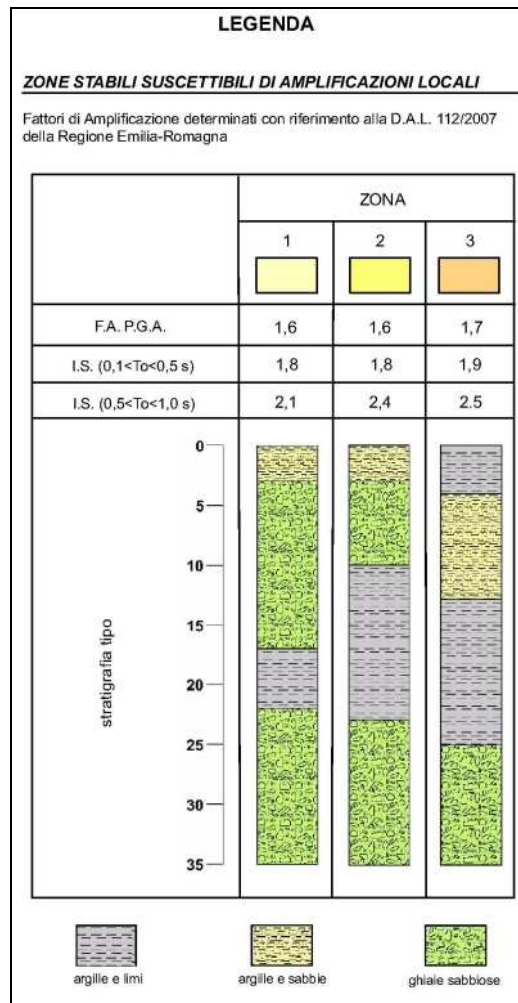


Fig. 4 – Legenda della Carta dei fattori di amplificazione

Nel presente studio gli abachi e le tabelle degli ICMS sono risultati inapplicabili per le aree esaminate, in quanto:

- non è stato possibile individuare la profondità del basamento sismico con  $V_s > 800$  m/s e, conseguentemente, il tipo di profilo di  $V_s$  sino a tale profondità;
- i contrasti di velocità in corrispondenza di orizzonti abbastanza rigidi con  $600 < V_s < 800$  m/s, sono risultati quasi sempre inferiori a 2.

Nei capitoli seguenti vengono descritti per ciascun area in studio i risultati delle indagini, le elaborazioni e le indicazioni per i successivi approfondimenti.

A livello generale si ritiene che gli studi condotti risultino conformi alle indicazioni normative e metodologiche e abbiano adeguatamente caratterizzato il territorio comunale, a supporto della pianificazione urbanistica di livello strutturale (PSC).

Successivamente in fase di POC e, a maggior ragione a corredo dei piani attuativi (PUA), dovranno essere eseguiti approfondimenti volti ad accertare l'esistenza dei fenomeni di inversione di velocità delle onde di taglio e le possibili implicazioni sotto il profilo della RSL.

### 3 MICROZONAZIONE SISMICA

#### 3.1 FONTANELLATO – PRIORATO – GHIARA

##### 3.1.1 Inquadramento geografico

L'areale in studio si colloca al centro del territorio comunale e comprende Fontanellato Capoluogo e i centri abitati di Ghiara e di Priorato; quest'ultimo risulta separato dal Capoluogo dal corridoio infrastrutturale costituito dall'A1 "Autostrada del Sole", dalla Linea ferroviaria ad alta velocità e dalla nuova tangenziale sud (cfr. Tav. 1).

##### 3.1.2 Geologia e geomorfologia

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla nuova "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono costituiti da sedimenti alluvionali della conoide del F. Taro appartenenti all'unità stratigrafica del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore.

Più in particolare il settore più occidentale, su cui sorge il Capoluogo e l'abitato di Priorato, ricade su terreni attribuiti al Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Viceversa i terreni affioranti nel settore orientale, su cui sorge l'abitato di Ghiara, sono riferibili all'Unità di Modena (*Post-VI secolo d.C.*).

Si tratta di alternanze di argille, argille limose e ghiaie, connesse alla sedimentazione operata nel corso dell'Olocene dal F. Taro, il cui attuale corso si colloca a circa 5,5 km ad est del Capoluogo. L'Unità Modena si differenzia dagli altri depositi per la presenza di un suolo di ridotto spessore (inferiore a 100 cm), caratterizzato da un grado di alterazione molto basso, data l'età più recente di deposizione.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Dal punto di vista strutturale l'areale ricade in prossimità dei sovrascorrimenti sepolti che danno origine al *Fronte di accavallamento esterno* (External Thrust Front = ETF), costituito da un sistema di thrust ciechi ed arcuati in pianta, interessati da discontinuità trasversali con probabile componente di movimento trascorrente. Si tratta di strutture anticlinaliche, associate a piani di scollamento ed accavallamento (*thrusts*) immergenti generalmente verso SW con inclinazioni comprese tra 20° e 30°, separati da ampie zone sinc linaliche fortemente subsidenti.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 50 e 40 m s.l.m., mostra una pendenza generale verso il quadrante nord-orientale.

Il settore meridionale è attraversato in senso diagonale dai tracciati paralleli dell'autostrada del Sole e della linea ferroviaria ad alta velocità, che nel tratto prospiciente il Capoluogo si sviluppa all'interno di una galleria artificiale della lunghezza di circa 1 km.

L'abitato di Priorato è delimitato ad ovest e a nord dal tracciato della nuova viabilità di circonvallazione.

L'idrografia locale è rappresentata, procedendo da ovest verso est, dalla Fossaccia Scannabecco, dal Canale Grande, dal Cavo Ramazzone, dal Canale Vecchio e dal Cavo la Gaiffa, tutti disposti con asse circa SSW-NNE.

### **3.1.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, corrispondente al Sintema Emiliano-romagnolo Sup., il cui livello basale si colloca a profondità variabili da circa -45 m nella zona di Priorato, sino a -70 m nel settore settentrionale del Capoluogo. L'ispessimento dei depositi continentali spostandosi verso nord è determinato dalle strutture sepolte (sovrascorrimenti), che determinano un innalzamento dei depositi quaternari marini (Sintema di Costamezzana) in prossimità del Capoluogo e un marcato abbassamento degli stessi nella zona a valle (Fig. 5).

Con riferimento allo *“Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche”* a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -2.00÷4.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.



**Fig. 5** – Stralcio della Sezione Geologica n. 87, ubicata parallelamente al F. Taro. Fonte: "Servizio Geologico, Sismico e dei Suoi della Regione Emilia-Romagna"

### 3.1.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche disponibili presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ed eseguite in passato nell'areale a corredo della progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi (Tav. 2A). A tal proposito un'importante mole di dati è costituita dalle indagini eseguite a supporto della Linea ferroviaria ad alta velocità.

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav. 2A).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n° 6 indagini geofisiche sismiche di tipo MASW (MW\_1, MW\_3, MW\_4, MW\_5, MW\_8 e MW\_9) e n° 15 misure HVSR a stazione singola (Tav. 2A).

### 3.1.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine di natura argillosa-sabbiosa nei settori orientale e centrale e di natura argilloso-limosa nel settore occidentale (Fig. 6).

Tali settori sono stati denominati "Zona 1", "Zona 2" e "Zona 3" procedendo da est verso ovest e costituiscono le aree di microzonazione rappresentate in Tav. 2D.

Nel settore orientale (Zona 1) al di sotto della copertura fine di ridotto spessore, prevalgono termini grossolani (ghiaie prevalenti ed in subordine sabbie) sino alla profondità di circa -35.00÷-38.00 m da p.c., fatta salva l'intercalazione di un orizzonte fine argilloso-limoso generalmente localizzato tra -17.00 e -22.00 m dal p.c.. Si tratta infatti di una zona caratterizzata da tracce di alvei fluviali abbandonati, riconducibili alle divagazioni del F. Taro avvenute nel corso dell'Olocene (Unità di Modena). Ulteriori livelli ghiaiosi sono localizzati tra le profondità di -45.00 e -65.00 e tra -85.00 e 95.00 m da p.c.. Alla profondità di circa -95.00 m da p.c. è presente il tetto dei depositi di origine marina del Pleistocene inf., costituiti in prevalenza da sabbie del Sistema di Costamezzana.

Il medesimo assetto litostratimetrico si osserva nel settore centrale (Zona 2), su cui sorge l'abitato di Ghiara, dove tuttavia l'orizzonte ghiaioso superficiale tende a ridursi di spessore, mentre quello fine presenta maggiore potenza ed è rilevabile tra le profondità di -8.00 e -23.00 m dal p.c.. Si tratta infatti della fascia di transizione tra la Zona 1 e la Zona 3, dove la sedimentazione di alta energia indotta dalle divagazioni del F. Taro diventa meno frequente.

Infine nel settore occidentale (Zona 3), su cui sorgono gli abitati di Priorato e Fontanellato, al di sotto dei depositi argilloso-limosi di copertura affiorano depositi argillosi e argilloso-sabbiosi sino



alla profondità di circa -24÷26 m dal p.c., dove è presente il primo orizzonte ghiaioso avente uno spessore di circa 10 metri. Infatti in questo settore risulta assente l'orizzonte grossolano superficiale che caratterizza le zone descritte in precedenza.

Confrontando gli assetti litostratigrafici tipo nei tre settori (cfr. Fig. 6) emerge che nei primi 30 m di profondità nel settore occidentale (Zona 3) vi è una prevalenza di depositi fini, mentre nei restanti settori prevalgono depositi grossolani.

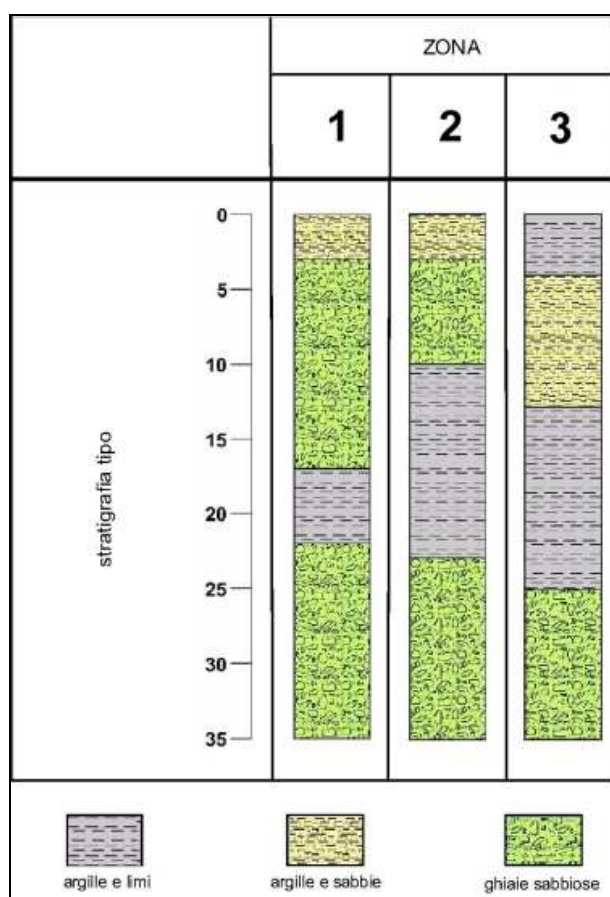


Fig. 6 – Colonne stratigrafiche tipo dell'areale "Fontanellato – Priorato – Ghiara"

### 3.1.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 2B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, rispettivamente indice di zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

L'esame dei valori di frequenza del picco principale evidenzia una buona correlazione con le caratteristiche stratigrafiche delle zone in cui è stato suddiviso l'areale oggetto di studio.

In particolare la Zona 1 è caratterizzata da picchi ad alta frequenza (17.7÷12.9 Hz) con ampiezza della curva H/V compresa tra 3 e 4 (Fig. 7), indotti dalla presenza di un primo livello ghiaioso superficiale di spessore >10 m, il cui tetto si colloca a profondità variabili da -1.00 a -3.00 m da p.c.. Un ulteriore picco, di minor ampiezza, è presente a frequenze variabili da 2.3 a 3.6 Hz, riconducibile ai livelli ghiaiosi sottostanti.

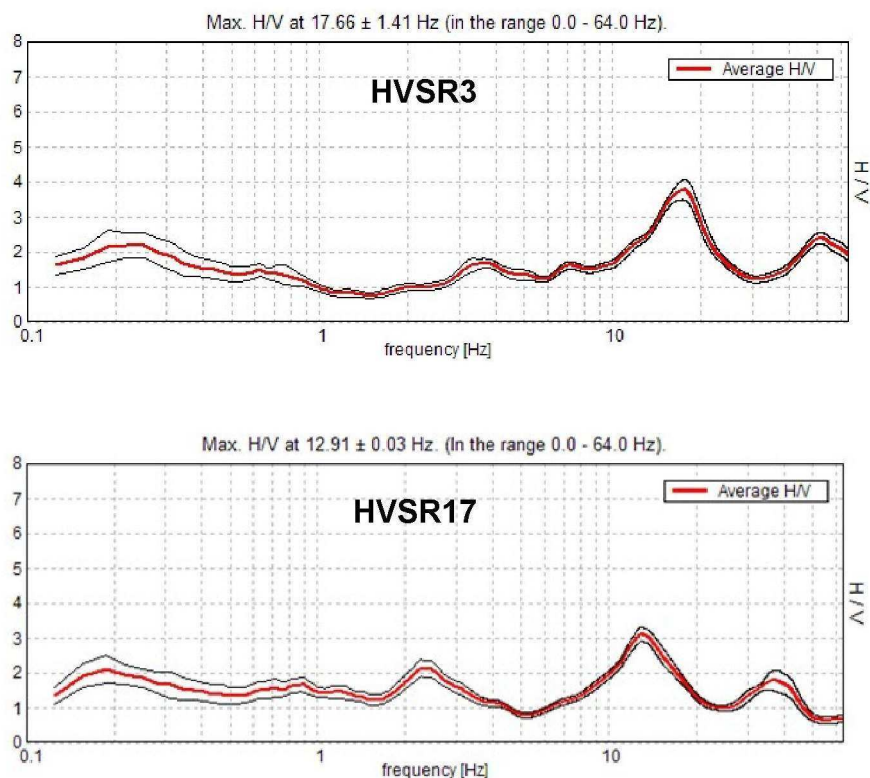


Fig. 7 – Curve H/V delle indagini eseguite nella Zona 1 di Fontanellato

La Zona 2, che costituisce l'areale intermedio in cui il livello ghiaioso superficiale tende a ridursi in termini di spessore ed ad approfondirsi spostandosi verso occidente, è caratterizzata a luoghi da picchi ad alta frequenza (6÷12 Hz) a cui si affiancano, e talvolta prevalgono in ampiezza, ulteriori picchi ricadenti tra le frequenze 2÷4 Hz (Fig. 8). Queste frequenze più basse sono attribuibili ai contrasti di impedenza generati dai livelli grossolani con tetto a quote comprese tra -20.00 e -25.00 m da p.c..

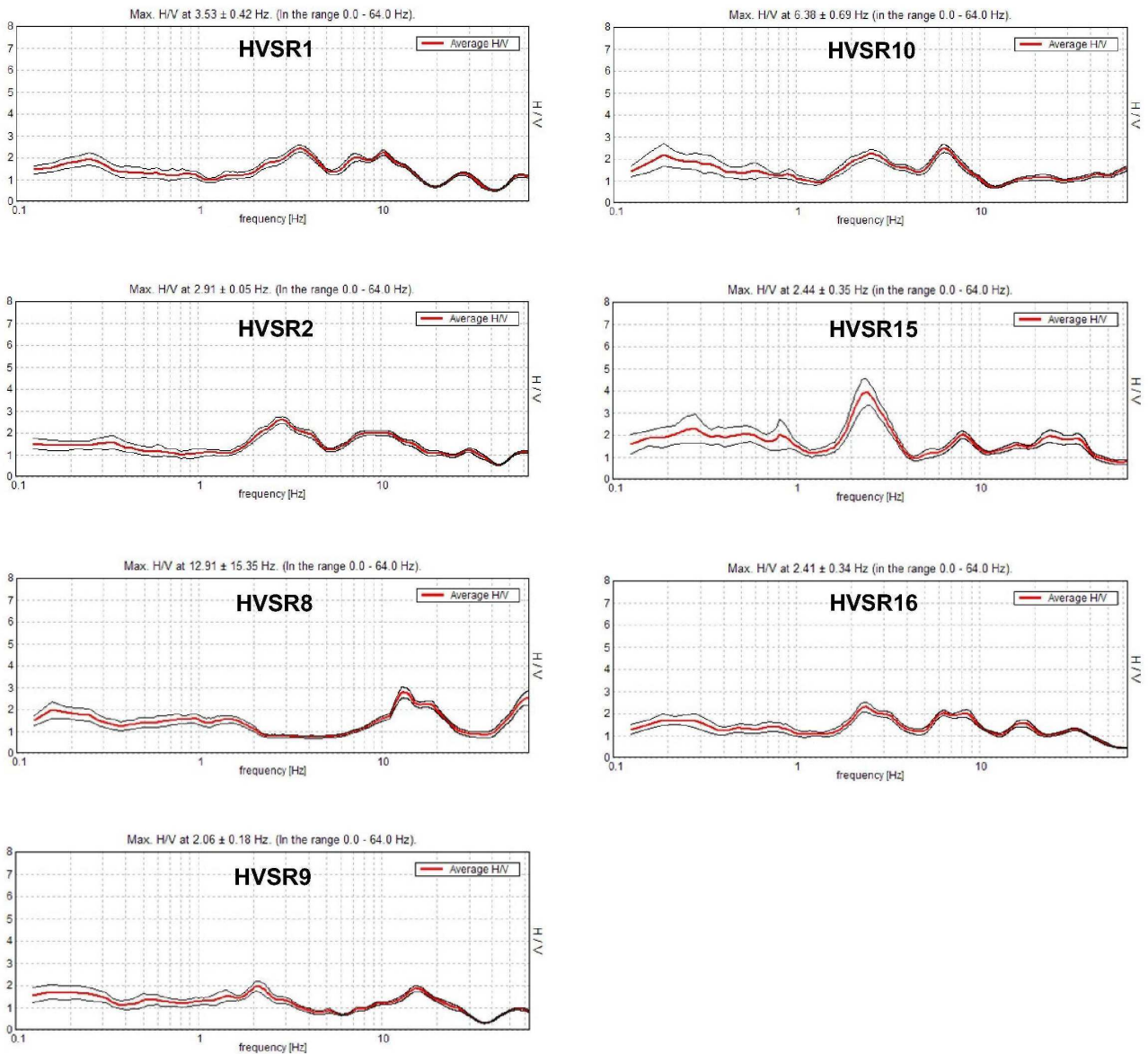


Fig. 8 – Curve H/V delle indagini eseguite nella Zona 2 di Fontanellato

Nella Zona 3, in cui risulta assente il livello ghiaioso superficiale, il picco principale ricade tra le frequenze di 2 e 3 Hz, con ampiezza della curva H/V di circa 3.5 (Fig. 9), generato dallo strato ghiaioso presente alla profondità di circa -25.00 m da p.c..

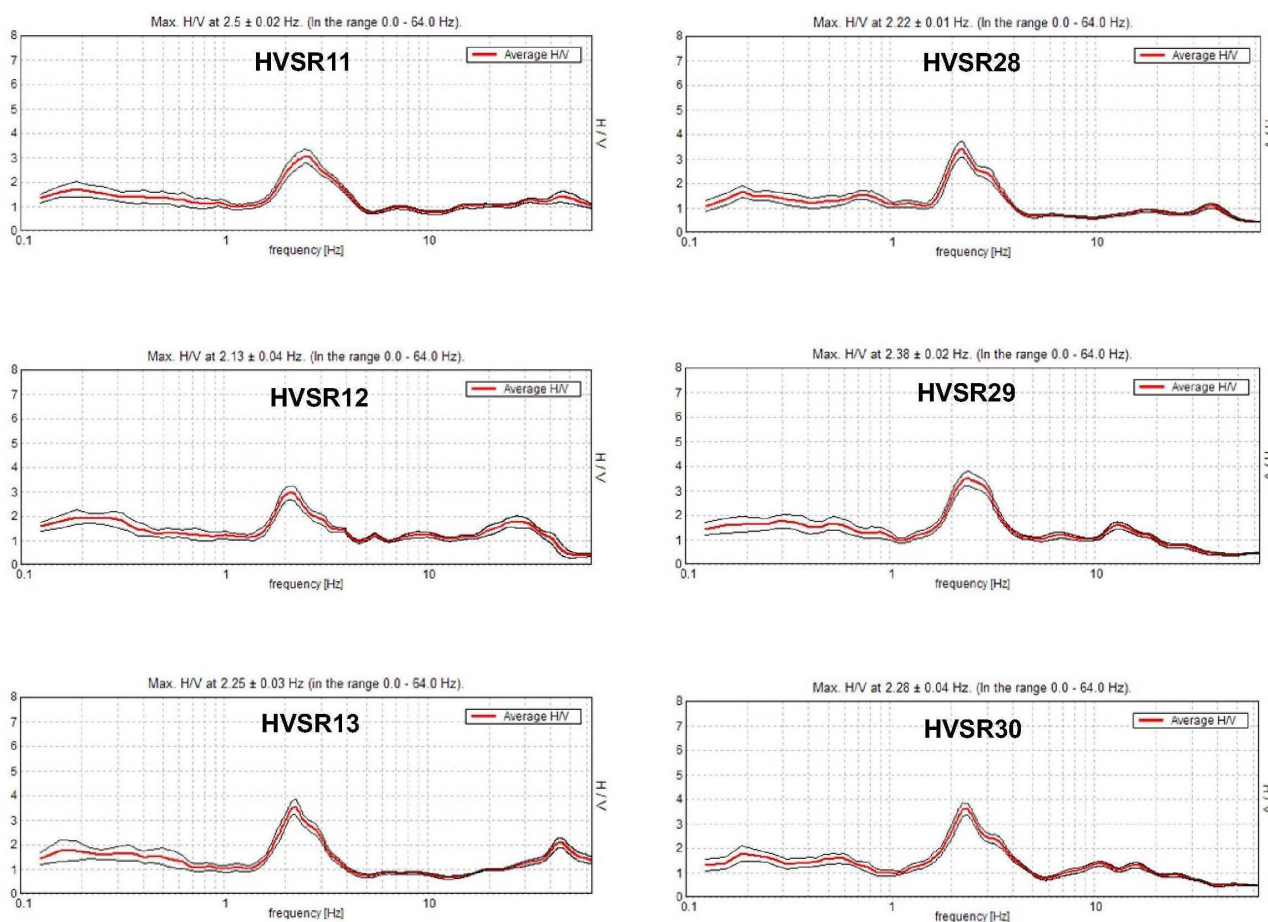


Fig. 9 – Curve H/V delle indagini eseguite nella Zona 3 di Fontanellato

### 3.1.7 Velocità delle onde di taglio

I profili di velocità delle onde di taglio, ottenuti attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW (cfr. Fig. 10) e tramite interpretazione delle prove HVSR, evidenziano sostanziali differenze della risposta sismica locale tra i depositi presenti nel sottosuolo del settore occidentale, rispetto a quelli del settore orientale dell'areale in esame, in accordo con quanto evidenziato nel precedente paragrafo relativo alle frequenze fondamentali dei terreni.

Nel settore orientale (Zona 1) le prove MW\_1 e MW\_5 evidenziano velocità di Vs di 400÷450 m/s a soli -2.00÷3.00 m di profondità, che viene mantenuta sino a -8.50÷11.00 m, dove si manifesta una riduzione a 320÷380 m/s (fenomeno di inversione di velocità) sino a -18.50÷19.50 m di profondità, dove si registra un nuovo incremento con superamento dei 500 m/s.

Le prove MW\_3, MW\_4 e MW\_8, eseguite nel settore occidentale (Zona 3), mostrano la presenza in copertura di terreni fini caratterizzati da basse velocità di Vs (circa 100-250 m/s), che

si incrementano bruscamente a quote comprese tra 18-21 m dal p.c., dove raggiungono velocità di circa 450-500 m/s in corrispondenza dei sedimenti grossolani.

Infine la prova MW\_9 (Zona 2) presenta un comportamento intermedio tra i raggruppamenti descritti in precedenza, caratterizzandosi per un netto incremento di velocità a circa –20.00 m di profondità, dove si passa da valori di Vs di circa 250 m/s, a quasi 600 m/s.

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) sono risultati i seguenti (Tab. 1):

n°MASW	Settore di riferimento	$V_{s30}$ (m/sec)
1	Fontanellato sud – “Dulevo”	365
3	Priorato Sud	236
4	Priorato Nord	233
5	Ghiara – “Boschi”	326
8	Fontanellato nord-ovest – “Conad”	254
9	Fontanellato sud – “Eiffel”	307

Tab. 1 – valori di Vs30 nell’areale “Fontanellato – Priorato – Ghiara” misurati tramite prove MASW

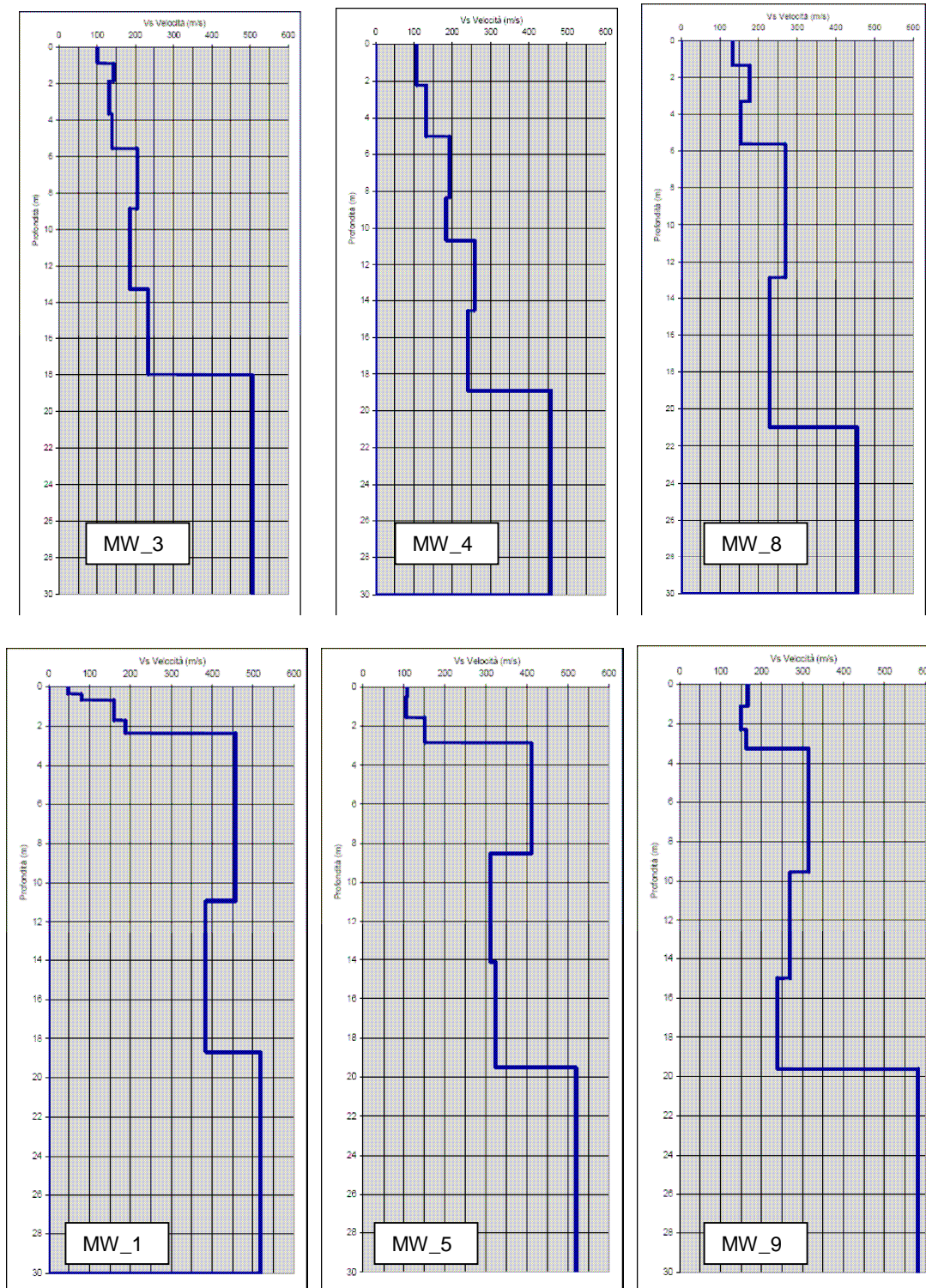


Fig. 10 – Profilo di velocità delle onde di taglio prove MASW areale di “Fontanellato – Priorato – Ghiara”

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, il settore in cui è stata eseguita la prova MW\_1 (settore sud-est) può essere attribuito alla

categoria “**B**”, pur ricadendo in prossimità del limite di soglia con la categoria inferiore, mentre i restanti settori possono essere attribuiti alla categoria “**C**”.

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 2C unitamente ai valori di Vs30 ricavati tramite le misure HVSR a stazione singola e ai valori di altre prove acquisite mediante la ricerca d'archivio. Con l'eccezione di alcuni valori anomali spiegabili con disturbi locali, i dati mostrano una discreta correlazione con le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo.

### **3.18 Effetti sismici locali**

L'areale in studio è caratterizzato da tre distinte microzone omogenee, costituite da aree stabili suscettibili di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici (Tav. 2D).

#### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

#### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell'areale, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

#### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.

#### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, rende improbabile l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Tuttavia considerato il limitato numero di dati disponibili, in sede di attuazione delle previsioni urbanistiche, il progettista dovrà verificare mediante l'esecuzione di ulteriori indagini puntuali adeguatamente spinte in profondità, l'effettiva occorrenza di tale fenomeno o la sua esclusione. In caso positivo l'area dovrà essere assoggettata ad approfondimento di III livello.

### 3.1.9 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione

L'area in oggetto ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da tre zone distinte (Tav. 2D).

Per ciascuna zona sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ ), analizzando sia i valori derivanti dalle indagini MASW che quelli ottenuti dalle prove HVSR tramite il metodo di inversione dei rapporti spettrali. Laddove prove MASW e HVSR contigue hanno fornito valori differenti di  $V_{s30}$ , nella scelta del parametro si è dato maggior peso al dato derivante dalle indagini MASW.

Per le tre zone i valori di riferimento delle  $V_{s30}$ , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell' Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono i seguenti:

- Zona 1 →  $V_{s30} = 350$  m/s
- Zona 2 →  $V_{s30} = 300$  m/s
- Zona 3 →  $V_{s30} = 250$  m/s

Assumendo come bedrock sismico il tetto dei depositi sepolti del Quaternario Marino (Sintema di Costamezzana), la cui profondità risulta inferiore a 100 m ed utilizzando la tabella "Pianura 1" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 2:

	ZONA		
	1	2	3
<b>F.A. P.G.A.</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>	<b>1.7</b>
<b>F.A. Is (0.1s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 0.5s)</b>	<b>1.8</b>	<b>1.8</b>	<b>1.9</b>
<b>F.A. Is (0.5s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 1.0s)</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>	<b>2.5</b>

Tab. 2 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di "Fontanellato – Priorato – Ghiara"

Successivamente, in fase di predisposizione dei Piani Urbanistici Attuativi, dovranno essere eseguiti approfondimenti volti ad accertare l'esistenza dei fenomeni di inversione di velocità delle onde di taglio e le possibili implicazioni sotto il profilo della RSL.



## 3.2 ALBARETO

### 3.2.1 Inquadramento geografico

L'areale in studio si colloca nel settore orientale del territorio comunale, sviluppandosi lungo la strada comunale di Bianconese immediatamente a nord del tracciato dell'Autostrada del Sole e della Linea ferroviaria ad alta velocità (cfr. Tav. 1).

### 3.2.2 Geologia e geomorfologia

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono attribuiti al Sintema Emiliano-Romagnolo, Subsintema di Ravenna - Unità di Modena (Olocene; post IV-VII sec. d.C.).

Si tratta di ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, connesse alla sedimentazione operata nel corso dell'Olocene dal F. Taro, il cui attuale corso si colloca circa 2 km ad est di Albareto. Il suolo presenta un ridotto spessore (inferiore a 100 cm) ed è caratterizzato da un grado di alterazione molto basso.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Dal punto di vista strutturale l'areale ricade in prossimità dei sovrascorrimenti sepolti che danno origine al *Fronte di accavallamento esterno* (External Thrust Front = ETF), costituito da un sistema di thrust ciechi ed arcuati in pianta, interessati da discontinuità trasversali con probabile componente di movimento trascorrente. Si tratta di strutture anticlinaliche, associate a piani di scollamento ed accavallamento (*thrusts*) immergenti generalmente verso SW con inclinazioni comprese tra 20° e 30°, separati da ampie zone sinc linaliche fortemente subsidenti.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 45 e 42 m s.l.m., mostra una pendenza generale verso il quadrante nord-orientale. L'idrografia locale è rappresentata dal Canale Bianconese, che in questa zona risulta per lungo tratto tombinato.

### 3.2.3 Idrogeologia

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, corrispondente al Sintema Emiliano-romagnolo Sup., il cui livello basale si colloca alla profondità di circa -170 m.

Lo spessore dei depositi continentali è determinato dalle strutture sepolte (sovrascorrimenti), che determinano un innalzamento dei depositi quaternari marini (Sintema di Costamezzana) in prossimità del Capoluogo e un marcato abbassamento degli stessi nella zona a valle (Fig. 5).

Con riferimento allo *“Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche”* a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell’acquifero A0 sono compresi tra -5.00÷6.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.

### **3.2.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini**

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell’areale per la progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi disponibili presso l’UTC. A tal proposito un’importante mole di dati è costituita dalle indagini eseguite a supporto della Linea ferroviaria ad alta velocità.

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav. 3A).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l’esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°1 indagine geofisica sismica di tipo MASW (MW\_2) e n°4 misure HVSR a stazione singola (Tav. 3A)

### **3.2.5 Litostratimetria**

L’assetto litostratimetrico dell’areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine di natura argillosa-sabbiosa di ridotto spessore (Fig. 11).

Al di sotto della copertura fine prevalgono termini grossolani (ghiaie prevalenti ed in subordine ghiaie argillose) sino a profondità superiori a -100 m da p.c., come evidenziato dalla stratigrafia di una perforazione per ricerca idrocarburi eseguita nell’areale (Fig. 12).

Si tratta infatti di una zona caratterizzata in superficie da tracce di alvei fluviali abbandonati, riconducibili alle divagazioni del F. Taro avvenute nel corso dell’Olocene (Unità di Modena).

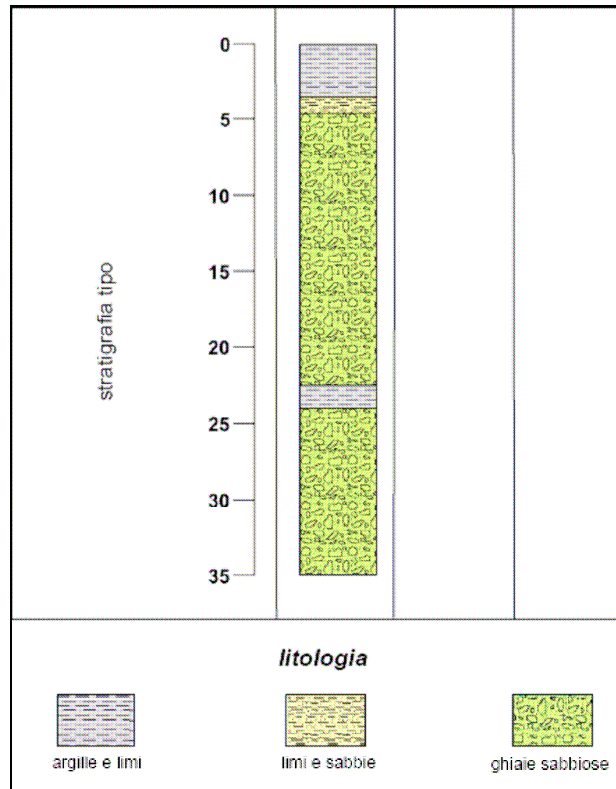





Fig. 11 – Colonna stratigrafica tipo dell'areale di Albareto

Comune: FONTANELLATO  
 (PARMA)  
 I.G.M. F° 73 I.S.O.  
 Lat. 44° 52' 01"  
 Long. 2° 14' 03",5 Ovest da Monte Mario

Quota del piano campagna: + m 50




ELEMENTI DI VALUTAZIONE

-  Mancanti
-  Insufficienti
-  Incerti




LITOLOGIA

-  Ciottoli e ghiaia
-  Sabbia
-  Argilla
-  Macrofossili
-  Torba

FLUIDI IN STRATO

-  Acqua dolce
-  Acqua salmastra
-  Acqua salata

PERMEABILITÀ

-  Buona
-  Discreta
-  Nulla

\* Le profondità sono riferite al piano campagna

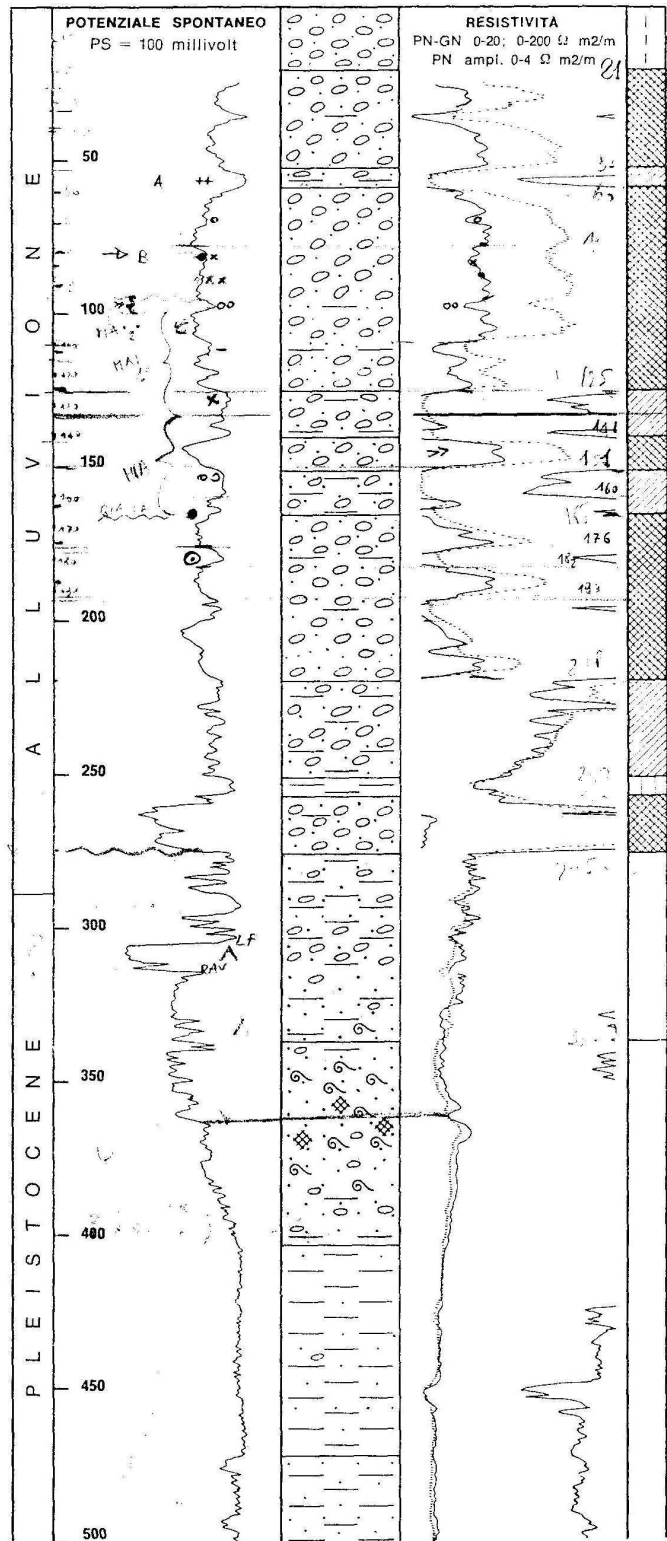


Fig. 12 – Stratigrafia pozzo per ricerca idrocarburi (cod. 181110G067)

### 3.2.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 3B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, rispettivamente indice di zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi ad alta frequenza (9.5÷11 Hz) con ampiezza della curva H/V compresa tra 2 e 3 (Fig. 13), indotti dalla presenza di un primo livello ghiaioso superficiale di spessore >10 m, il cui tetto si colloca a ridotta profondità rispetto al piano campagna.

Ulteriori picchi di minore ampiezza sono presente a frequenze minori comprese tra 2 e 8 Hz, riconducibili ai livelli ghiaiosi sottostanti.

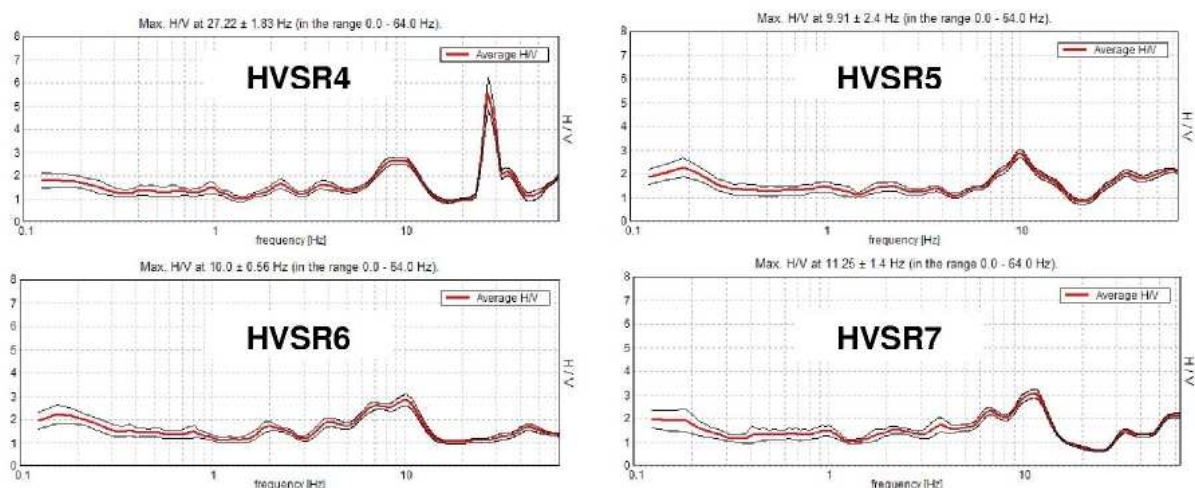


Fig. 13 – Curve H/V delle indagini eseguita nell'areale di Albareto

Nella prova HVR4 è presente un picco cuspidato in corrispondenza di circa 12 Hz interpretabile con un probabile disturbo di natura elettromagnetica, che tuttavia non inficia la validità della misura in quanto riguarda frequenze che non hanno rilevanza sotto il profilo ingegneristico.

### 3.2.7 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio, ottenuto attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW (Fig. 14) e tramite interpretazione delle prove HVSR (Fig. 15), evidenzia un graduale

aumento della velocità con valori iniziali di circa 200 m/s nella copertura fine, sino ad arrivare a valori massimi di 650 m/s alla profondità di -19.00 m dal p.c..

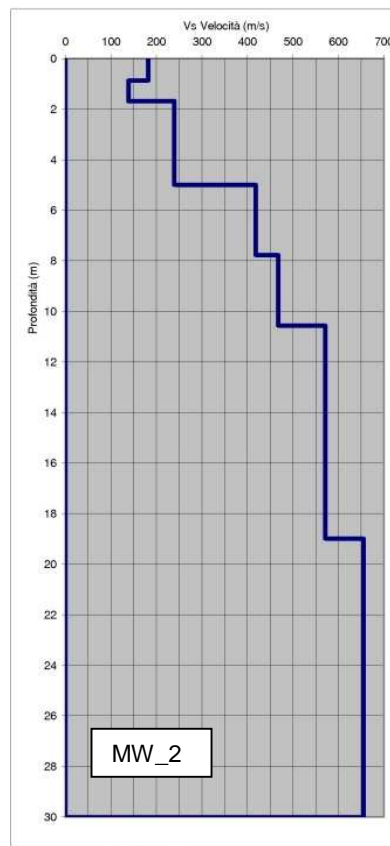


Grafico velocità/profondità onde di taglio Vs

Fig. 14 – Profilo di velocità delle onde di taglio prova MASW\_2 - areale di Albareto

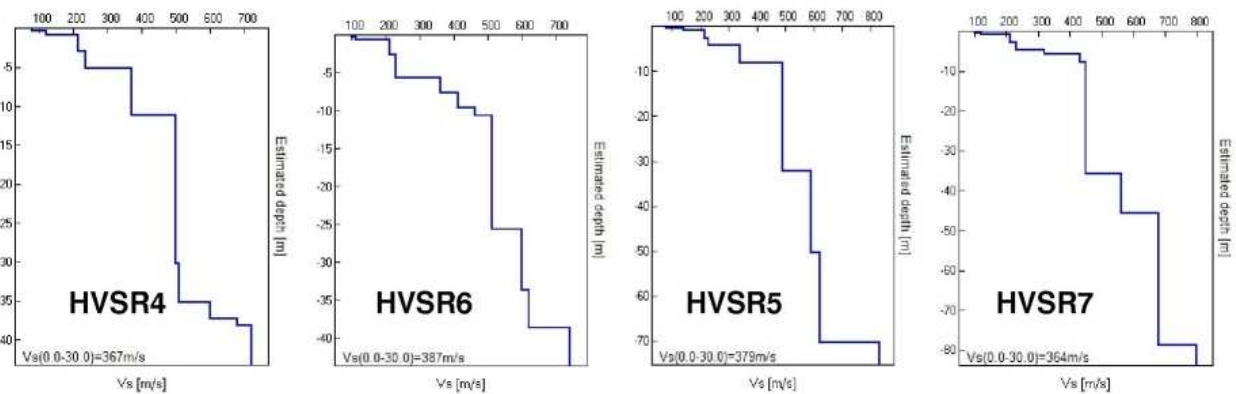


Fig. 15 – Profilo di velocità delle onde di taglio misure HVSR - areale di Albareto

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSR sono compresi tra un minimo di 364 m/s e un massimo di 387 m/s, mentre la prova MW\_2 ha restituito una velocità pari a 437 m/s.

Valori pari agli 800 m/s e quindi considerabili a tutti gli effetti “bedrock sismico” sono raggiunti a profondità di circa 70÷80 m dal p.c..

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “*Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni*”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l'areale di Albareto può essere attribuito alla categoria “**B**”.

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 3C unitamente ai valori di Vs30 ricavati tramite le misure HVSR a stazione singola e ai valori di altre prove acquisite mediante la ricerca d'archivio. Fatta eccezione per le minori velocità di Vs30 fatte riscontrare dalle prove HVSR rispetto alla prova MASW, i dati mostrano una discreta omogeneità sull'areale in studio.

### **3.2.8 Effetti sismici locali**

#### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

#### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell'areale, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

#### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.

#### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da limitati spessori e da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, rende improbabile l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

### **3.2.9 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione**

L'area in oggetto ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da un'unica zona (Tav. 3D).

Sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ ), analizzando sia i valori derivanti dall'indagine MASW che quelli ottenuti dalle prove HVSR tramite il metodo di inversione dei rapporti spettrali. In considerazione del fatto prove MASW e HVSR contigue hanno fornito valori differenti di  $V_{s30}$ , nella scelta del parametro si è operato in termini cautelativi, dando maggior peso al dato derivante dalle indagini MASW.

I valori di riferimento delle  $V_{s30}$ , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell' Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono pari a 400 m/s.

Assumendo come bedrock sismico i depositi ghiaiosi che alla profondità di -70÷80 m dal p.c. hanno fornito valori di  $V_s$  prossimi a 800 m/s ed utilizzando la tabella "Pianura 1" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 3:

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>1.6</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math>)</b>	<b>1.7</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1.0s</math>)</b>	<b>1.9</b>

Tab. 3 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di Albareto



### **3.3 CANNETOLO**

#### **3.3.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca in posizione occidentale rispetto al Capoluogo, sviluppandosi lungo la Strada comunale di Cannetolo, in posizione immediatamente a nord del tracciato dell'Autostrada del Sole e della Linea ferroviaria ad alta velocità (cfr. Tav. 1).

#### **3.3.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono attribuiti al Sintema Emiliano-Romagnolo, Subsintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Si tratta di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con copertura di limi argillosi, connesse alla sedimentazione operata dai corsi d'acqua di origine appenninica. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1.00 m ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. 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.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per trascinamento avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 51 e 48 m s.l.m., mostra una pendenza generale verso il quadrante nord-orientale. L'idrografia locale è rappresentata dalla Fossetta di Cannetolo.

#### **3.3.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa -40 m da p.c..

Con riferimento allo "Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche" a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -2.00÷4.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.

### 3.3.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'areale per la progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi disponibili presso l'UTC. A tal proposito un'importante mole di dati è costituita dalle indagini eseguite a supporto della Linea ferroviaria ad alta velocità.

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav. 4A).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n° 1 indagini geofisica sismica di tipo MASW (Mw\_6) e n° 3 misure HVSR a stazione singola (Tav. 4A)

### 3.3.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine di natura argillosa-limosa, che ricopre depositi argillosi e argilloso-limosi sino alla profondità di circa -26.00 m dal p.c., dove è presente un orizzonte ghiaioso con una potenza di circa 7 m (Fig. 16).

Al di sotto sono presenti ulteriori depositi fini argilloso-limosi e limoso sabbiosi, che risultano preponderanti sino ad oltre 100 m di profondità, con subordinate intercalazioni di ghiaie di spessore inferiore a 10 metri.

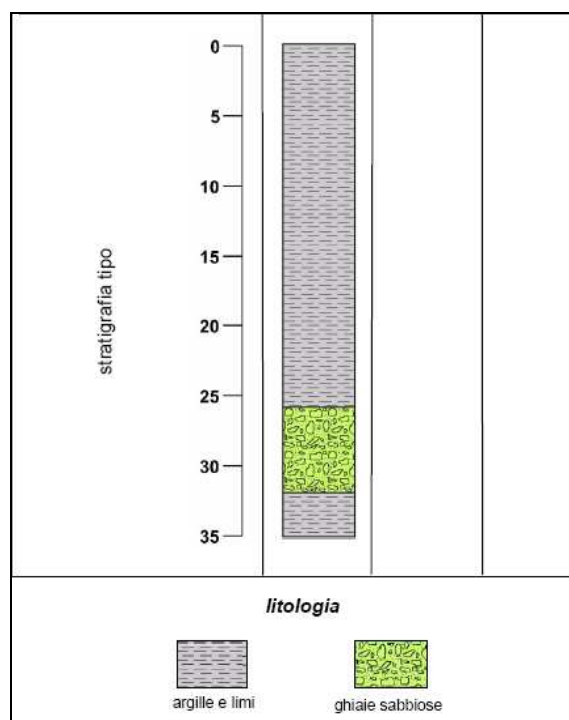


Fig. 16 – Colonna stratigrafica tipo dell'areale di Cannetolo

### 3.3.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 4B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, rispettivamente indice di zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi a bassa frequenza (circa 2 Hz) con ampiezza della curva H/V compresa tra 2 e 3 (Fig. 17), indotti dalla presenza di un livello ghiaioso il cui tetto si colloca a circa 25 m di profondità rispetto al piano campagna.

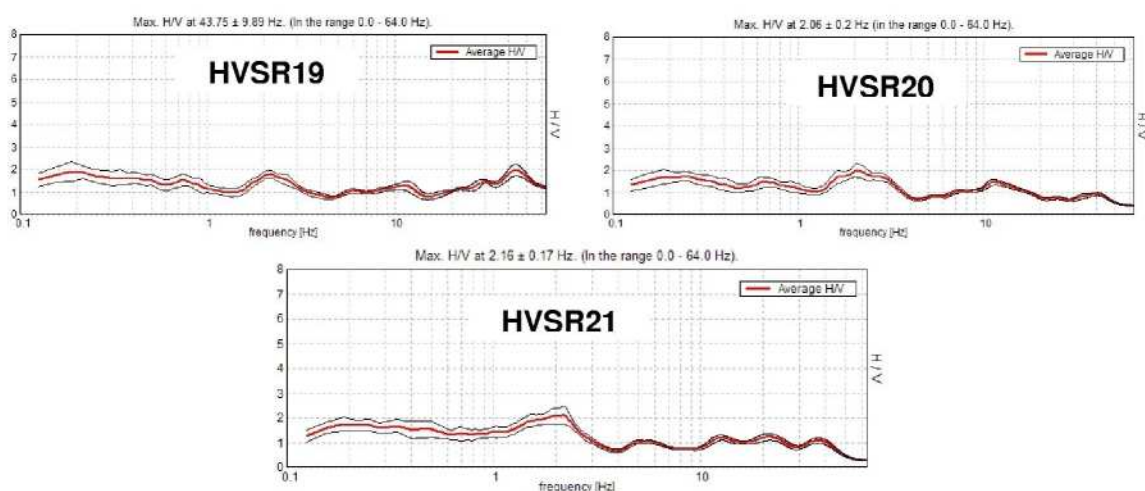


Fig. 17 – Curve H/V delle indagini eseguita nell'areale di Cannetolo

### 3.3.7 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio, ottenuto attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW (Fig. 18), evidenzia un graduale aumento della velocità con valori iniziali di circa 140 m/s sino ad arrivare a valori massimi di circa 500 m/s alla profondità di -21.00 m dal p.c..

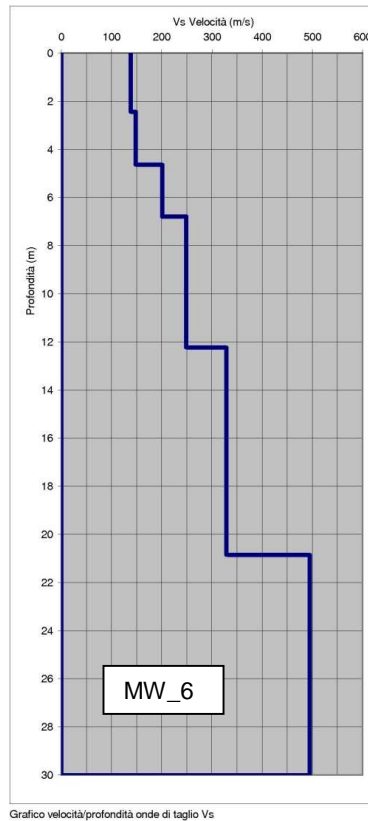


Fig. 18 – Profilo di velocità delle onde di taglio prova MASW\_2 areale di Cannelolo

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSR (Fig. 19) sono compresi tra un minimo di 251 m/s e un massimo di 265 m/s, mentre la prova MW\_6 ha restituito una velocità pari a 273 m/s.

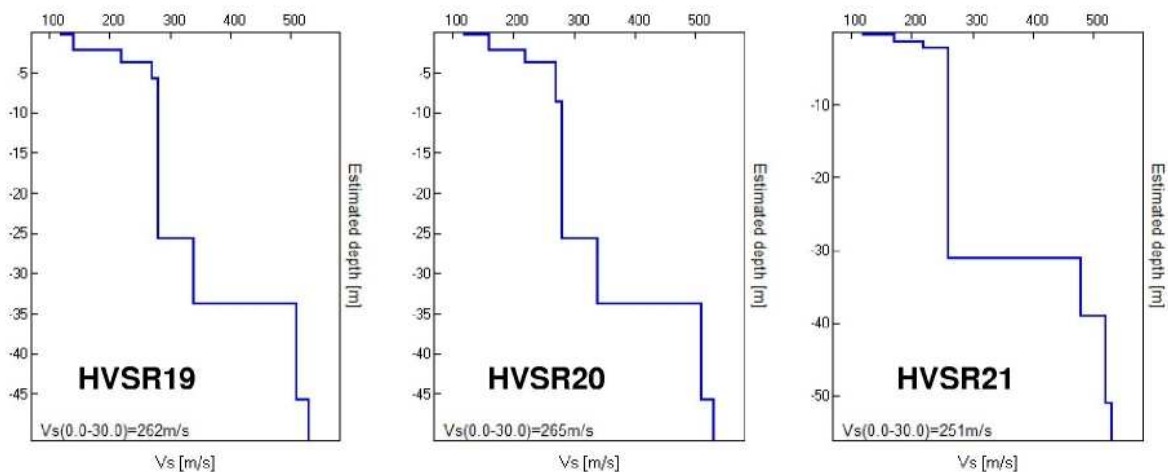


Fig. 19 – Profilo di velocità delle onde di taglio misure HVSR - areale di Cannelolo

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l’areale in cui è stata eseguita la prova MW\_2 può essere attribuito alla categoria “C”.

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 4C unitamente ai valori di Vs30 ricavati tramite le misure HVSR a stazione singola e ai valori di altre prove acquisite mediante la ricerca d'archivio. I dati mostrano un'ottima omogeneità sull'areale in studio.

### **3.3.8 Effetti sismici locali**

#### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

#### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell'areale, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

#### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.

#### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, rende improbabile l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Tuttavia considerato il limitato numero di dati disponibili, in sede di attuazione delle previsioni urbanistiche, il progettista dovrà verificare mediante l'esecuzione di ulteriori indagini puntuali adeguatamente spinte in profondità, l'effettiva occorrenza di tale fenomeno o la sua esclusione. In caso positivo l'area dovrà essere assoggettata ad approfondimento di III livello.

### **3.3.9 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione**

L'area in oggetto ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da un'unica zona (Tav. 4D).

Sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ ), analizzando sia i valori derivanti dall'indagine MASW che quelli ottenuti dalle prove HVSR tramite il metodo di inversione dei rapporti spettrali.

I valori di riferimento delle  $V_{s30}$ , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono pari a 250 m/s.

Come bedrock sismico è stato assunto il tetto dei depositi sepolti del Quaternario Marino (Sintema di Costamezzana).

Sebbene la profondità di tale tetto risulti di poco inferiore a 100 m, vista la prevalenza di depositi fini nel sottosuolo, si è deciso di utilizzare la tabella "Pianura 2" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 4:

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>1.5</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math>)</b>	<b>1.8</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1.0s</math>)</b>	<b>2.3</b>

Tab. 4 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di Cannetolo

## **3.4 PAROLETTA**

### **3.4.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca nel settore settentrionale del territorio comunale, sviluppandosi lungo la Strada Provinciale n° 11 di Busseto e la strada comunale Pincolino (cfr. Tav. 1).

### **3.4.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono attribuiti al Sistema Emiliano-Romagnolo, Subsystema di Ravenna - Unità di Modena (Olocene; post IV-VII sec. d.C.).

Si tratta di ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa, connesse alla sedimentazione operata dai corsi d'acqua di origine appenninica ed in particolare, in questo settore di territorio, dal T. Rovacchia – T. Parola. Il suolo presenta un ridotto spessore (inferiore a 100 cm) ed è caratterizzato da un grado di alterazione molto basso.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per trascinamento avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata alla quota di circa 42÷45 m s.l.m., mostra una pendenza generale verso il quadrante orientale. L'idrografia locale è rappresentata dalla Fossaccia Scannabecco che scorre poco ad est dell'area in questione.

### **3.4.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa -60 m da p.c..

Con riferimento allo "Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche" a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -3.00÷4.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.

### 3.4.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'areale per la progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi disponibili presso l'UTC.

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav. 5A).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n° 1 indagini geofisica sismica di tipo MASW (Mw\_7) e n° 2 misure HVSR a stazione singola (Tav. 5A).

### 3.4.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine di natura argillosa-limosa e argilloso-sabbiosa, che si spinge sino a circa - 34.00 m dal p.c., dove ricopre un orizzonte grossolano a ghiaie prevalenti dello spessore di 3÷4 metri (Fig. 20).

Al di sotto sono presenti ulteriori depositi fini argilloso-limosi e limoso sabbiosi, che risultano preponderanti sino ad oltre 100 m di profondità, con subordinate intercalazioni di ghiaie di spessore inferiore a 10 metri.

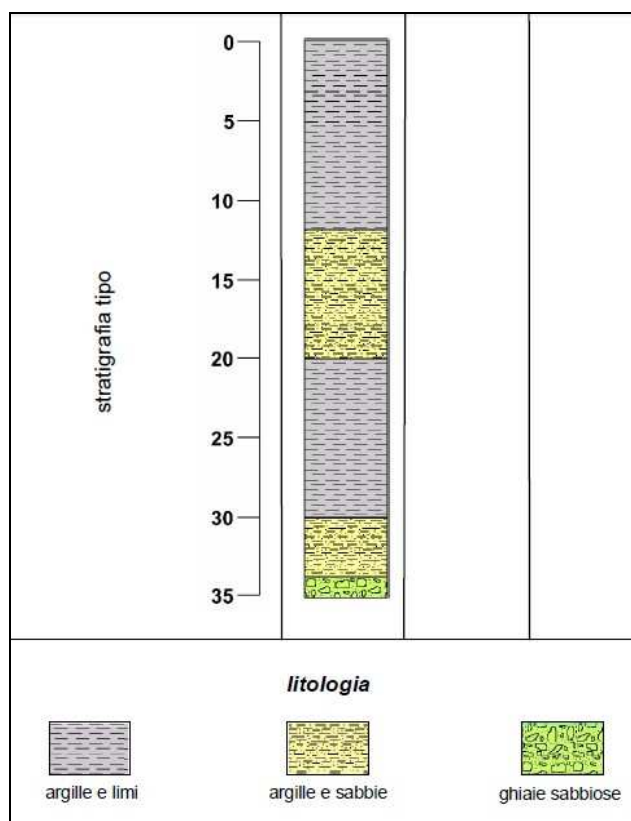


Fig. 20 – Colonna stratigrafica tipo dell'areale di Paroletta



### 3.4.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione unica è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 5B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, rispettivamente indice di zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi a bassa frequenza (1.4÷1.8 Hz), poco significativi, con ridotta ampiezza della curva H/V compresa tra 1 e 2 (Fig. 21), che possono essere associati alle modeste intercalazioni ghiaiose presenti entro i depositi fini che caratterizzano gran parte del sottosuolo.

In HVSR31 è presente un ulteriore picco di modesta ampiezza (<2) ad alta frequenza (circa 11 Hz), riconducibile a un modesto contrasto di impedenza superficiale.

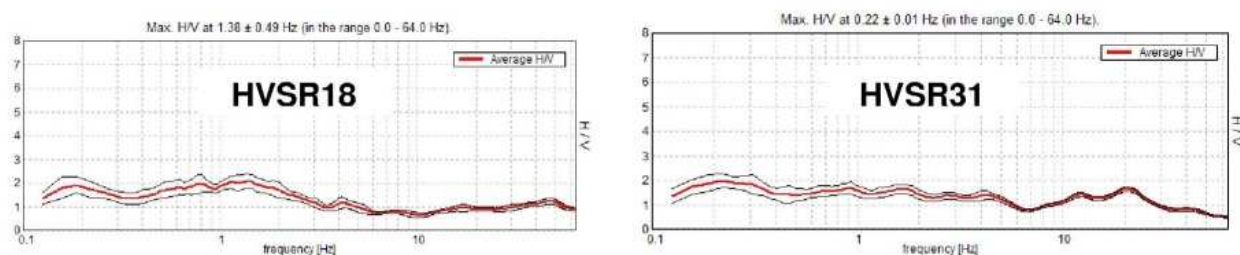


Fig. 21 – Curve H/V delle indagini eseguita nell'areale di Paroletta

### 3.4.7 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio, ottenuto attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW (Fig. 22), evidenzia un graduale e modesto aumento della velocità sino a circa 5.00 m di profondità, con valori iniziali di circa 150 m/s sino ad arrivare a valori massimi di circa 250 m/s. Tale velocità viene mantenuta con piccole oscillazioni sino alla profondità di -30.00 m dal p.c..

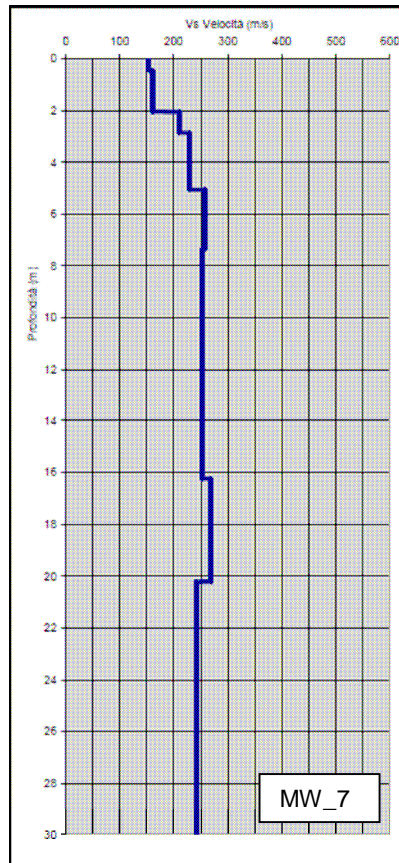


Fig. 22 – Profilo di velocità delle onde di taglio prova MASW\_7 areale di Paroletta

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSr (Fig. 23) sono rispettivamente pari a 252 e 255 m/s, mentre la prova MW\_7 ha restituito una velocità pari a 238 m/s.

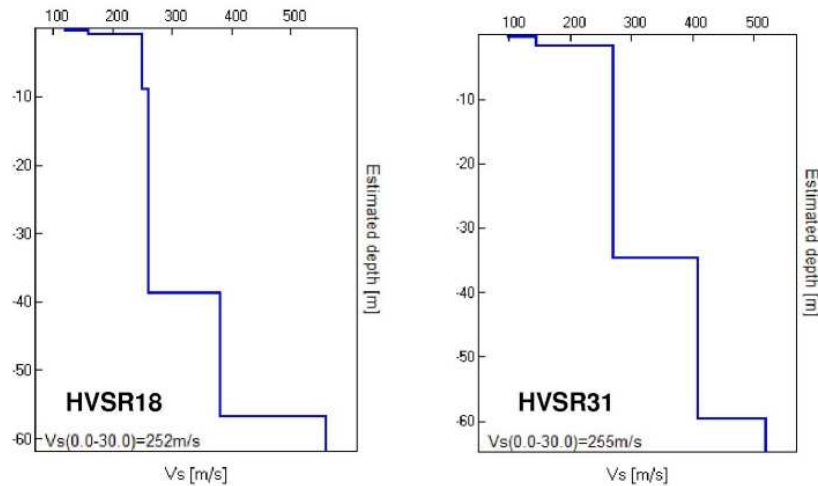


Fig. 23 – Profilo di velocità delle onde di taglio misure HVSr - areale di Paroletta

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “*Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni*”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l’areale in cui è stata eseguita la prova MW\_2 può essere attribuito alla categoria “**C**”.

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 5C unitamente ai valori di Vs30 ricavati tramite le misure HVSR a stazione singola e ai valori di altre prove acquisite mediante la ricerca d’archivio. I dati mostrano una discreta omogeneità sull’areale in studio.

### **3.4.8 Effetti sismici locali**

#### Amplificazione stratigrafica

L’areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

#### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell’areale, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

#### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l’assenza di depositi sabbiosi di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.

#### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, rende improbabile l’eventualità dell’occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Tuttavia considerato il limitato numero di dati disponibili, in sede di attuazione delle previsioni urbanistiche, il progettista dovrà verificare mediante l’esecuzione di ulteriori indagini puntuali adeguatamente spinte in profondità, l’effettiva occorrenza di tale fenomeno o la sua esclusione. In caso positivo l’area dovrà essere assoggettata ad approfondimento di III livello.

### **3.4.9 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione**

L’area in oggetto ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da un'unica zona (Tav. 5D).

Sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ ), analizzando sia i valori derivanti dall'indagine MASW che quelli ottenuti dalle prove HVSR tramite il metodo di inversione dei rapporti spettrali.

I valori di riferimento delle  $V_{s30}$ , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell' Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono pari a 250 m/s.

Come bedrock sismico è stato assunto il tetto dei depositi sepolti del Quaternario Marino (Sintema di Costamezzana), situato a profondità superiore a -100 m da p.c..

Con riferimento alla tabella "Pianura 2" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 5:

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>1.5</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math>)</b>	<b>1.8</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1.0s</math>)</b>	<b>2.3</b>

Tab. 5 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di Paroletta

## **3.5 TOCCALMATTO**

### **3.5.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca nell'estremo settore occidentale del territorio comunale, sviluppandosi lungo la Strada Comunale Mirandola immediatamente a sud del tracciato dell'Autostrada del Sole e della Linea ferroviaria ad alta velocità (cfr. Tav. 1).

### **3.5.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono attribuiti al Sintema Emiliano-Romagnolo, Subsintema di Ravenna - Unità di Modena (Olocene; post IV-VII sec. d.C.).

Si tratta di ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa, connesse alla sedimentazione operata dai corsi d'acqua di origine appenninica ed in particolare, in questo settore di territorio, dal T. Rovacchia – T. Parola. Il suolo presenta un ridotto spessore (inferiore a 100 cm) ed è caratterizzato da un grado di alterazione molto basso.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per trascinamento avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 60 e 56 m s.l.m., mostra una pendenza generale verso il quadrante nord-orientale. L'idrografia locale è rappresentata dal T. Rovacchia che scorre circa 300 m ad ovest del centro frazionale.

### **3.5.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa -40.00 m da p.c..

Con riferimento allo "Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche" a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -4.00÷5.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.

### 3.5.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'areale per la progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi disponibili presso l'UTC.

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav. 6A).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°3 misure HVSR a stazione singola (Tav. 6A)

### 3.5.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato dalla presenza di una potente coltre fine di natura argillosa-limoso (oltre 30 m), con locali e sottili intercalazioni di depositi sabbioso-limosi (Fig. 24).

Le stratigrafie profonde disponibili indicano che il primo livello significativo di ghiaie si riscontra alla profondità di circa -60÷-65 m da p.c., con spessore di circa 15.00 metri.

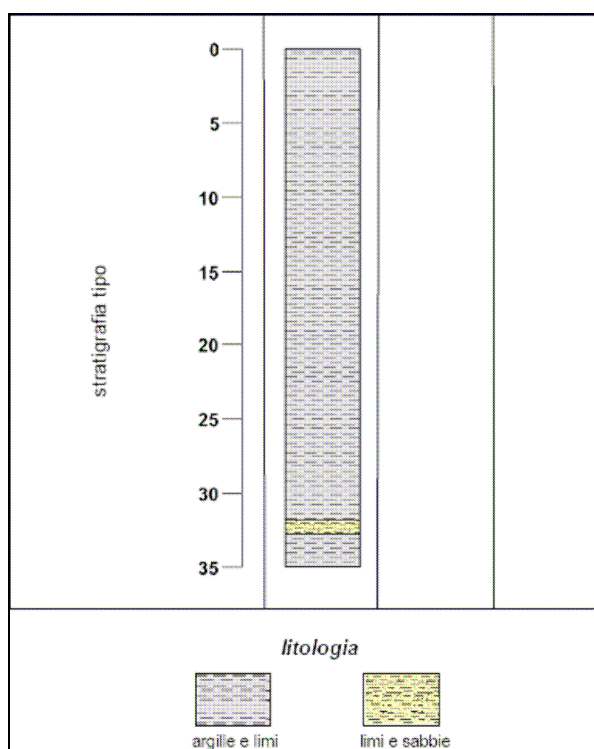


Fig. 24 – Colonna stratigrafica tipo dell'areale di Toccalmatto

### 3.5.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione unica è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 6B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, rispettivamente indice di zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi a bassa frequenza ( $1 \div 1.6$  Hz) con ampiezza compresa tra 1 e 2, indotti dalla presenza di un livello ghiaioso il cui tetto si colloca a circa 60 m di profondità rispetto al piano campagna.

Inoltre sono distinguibili picchi ad elevata frequenza (circa  $10 \div 14$  Hz) con ampiezza della curva H/V inferiore a 2 (Fig. 25), ben visibile nella prova HVSR27, probabilmente indotta da una sporadica lente ghiaiosa superficiale.

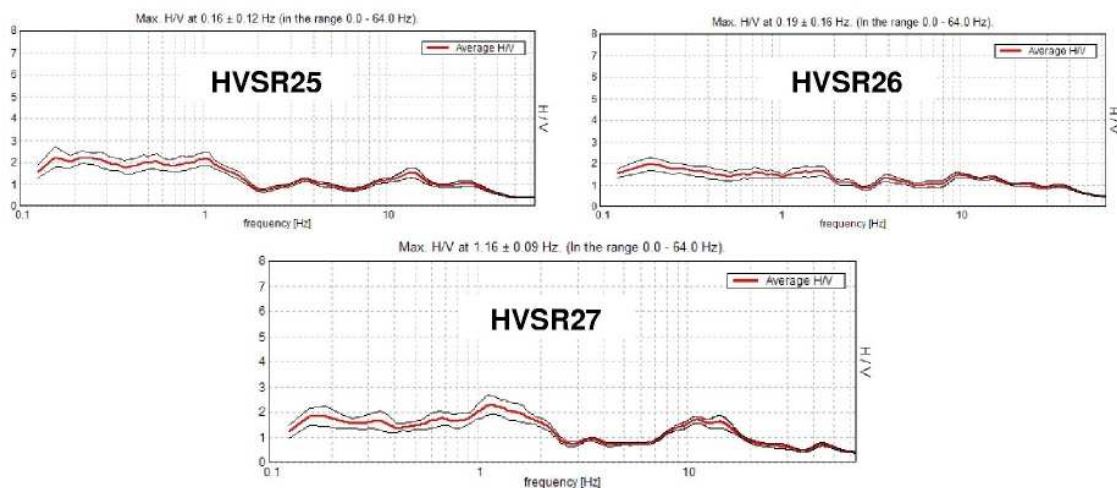


Fig. 25 – Curve H/V delle indagini eseguita nell'areale di Toccalmatto

### 3.5.7 Velocità delle onde di taglio

I profili di velocità delle onde di taglio, ottenuti attraverso le prove HVSR (Fig. 26), evidenziano un graduale aumento della velocità con valori iniziali di circa 100 m/s sino a circa  $220 \div 250$  m/s a soli  $3 \div 4$  m di profondità, per mostrare un ulteriore incremento a circa 400 m/s a profondità di circa 20 m dal p.c..

Al di sotto si osserva una generale riduzione di velocità (fenomeno di inversione), per poi mantenersi costante sino alla profondità di circa  $60 \div 70$  m dal p.c., dove si osserva un nuovo e

netto incremento di velocità con valori prossimi a 600 m/s, corrispondente al primo livello grossolano significativo.

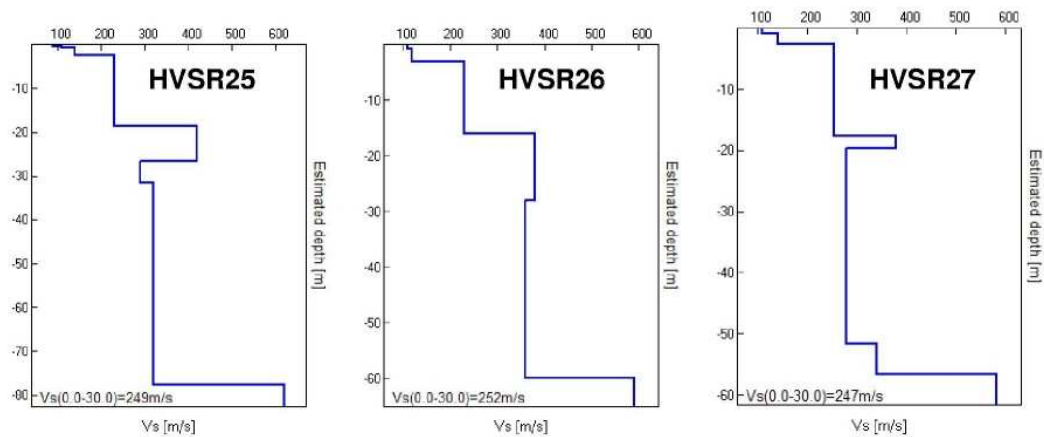


Fig. 26 – Profilo di velocità delle onde di taglio misure HVSR - areale di Toccalmatto

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSR sono compresi tra un minimo di 247 m/s e un massimo di 252 m/s.

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l’areale in cui è stata eseguita la prova MW\_12 può essere attribuito alla categoria “C”.

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 6C unitamente ai valori di  $V_{s30}$  ricavati tramite le misure HVSR a stazione singola e ai valori di altre prove acquisite mediante la ricerca d’archivio. I dati mostrano una buona omogeneità sull’areale in studio.

### 3.5.8 Effetti sismici locali

#### Amplificazione stratigrafica

L’areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

#### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell’areale, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

#### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l’assenza di depositi sabbiosi di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.



### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, rende improbabile l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

### **3.5.9 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione**

L'area in oggetto ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da un'unica zona (Tav. 6D).

Sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ ), analizzando sia i valori ottenuti dalle prove HVSR tramite il metodo di inversione dei rapporti spettrali.

I valori di riferimento delle  $V_{s30}$ , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell' Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono pari a 250 m/s.

Come bedrock sismico è stato assunto il tetto dei depositi sepolti del Quaternario Marino (Sintema di Costamezzana).

Sebbene la profondità di tale tetto risulti di poco inferiore a 100 m, vista la netta prevalenza di depositi fini nel sottosuolo, si è deciso di utilizzare la tabella "Pianura 2" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 6:

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>1.5</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math>)</b>	<b>1.8</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1.0s</math>)</b>	<b>2.3</b>

Tab. 6 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di Toccalmatto

Successivamente, a livello di predisposizione dei Piani Urbanistici Attuativi, dovranno essere eseguiti approfondimenti volti ad accertare l'esistenza dei fenomeni di inversione di velocità delle onde di taglio e le possibili implicazioni sotto il profilo della RSL.

## **3.6 CASALBARBATO**

### **3.6.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca nel settore sud-occidentale del territorio comunale, sviluppandosi lungo le strade comunali di Casalbarbato e di Moreni (cfr. Tav. 1).

### **3.6.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono attribuiti al Sintema Emiliano-Romagnolo, Subintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Si tratta di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con copertura di limi argillosi, connesse alla sedimentazione operata dai corsi d'acqua di origine appenninica. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1.00 m ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. 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.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 60 e 55 m s.l.m., mostra una pendenza generale verso il quadrante nord-orientale. L'idrografia locale è rappresentata dal Cavo Gambino.

### **3.6.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla quota di circa -35.00 m da p.c..

Con riferimento allo "Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche" a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -2.00÷3-00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.

### 3.6.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'areale per la progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi disponibili presso l'UTC.

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav. 7a).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°1 indagini geofisica sismica di tipo MASW (MW\_12) e n°3 misure HVSR a stazione singola (Tav. 7A)

### 3.6.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una potente coltre fine di natura argillosa-limosa (circa 25 m), in ricoprimento di un orizzonte ghiaioso-sabbioso che si spinge sino alla profondità di circa -32 m dal p.c..

Al di sotto si riscontra la presenza di un ulteriore livello argilloso-limoso (Fig. 27), mentre un successivo orizzonte grossolano è situato a profondità comprese tra -50.00 e -65.00 m da p.c..

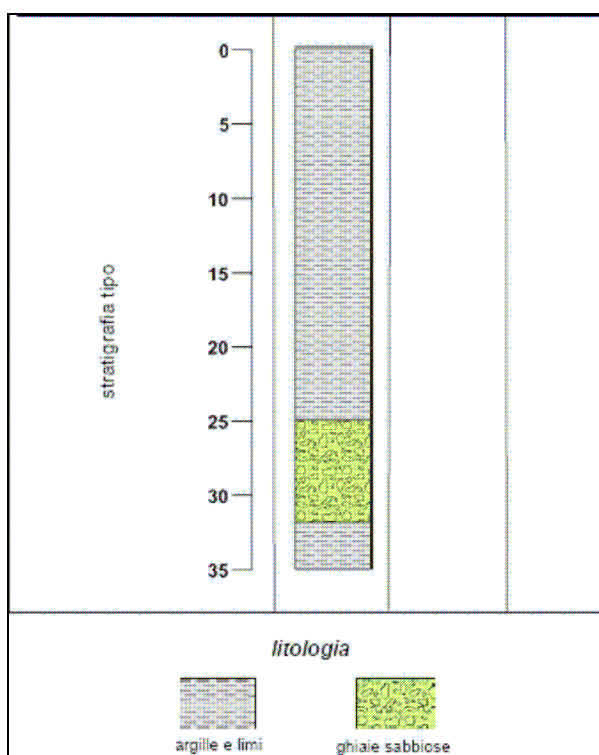


Fig. 27 – Colonna stratigrafica tipo dell'areale di Casalbarbato

### 3.6.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione unica è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 7B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, rispettivamente indice di zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi a bassa frequenza (circa 3 Hz) con ampiezza compresa tra 1 e 3, indotti dalla presenza di un livello ghiaioso il cui tetto si colloca a circa 20-25 m di profondità rispetto al piano campagna (Fig. 28).

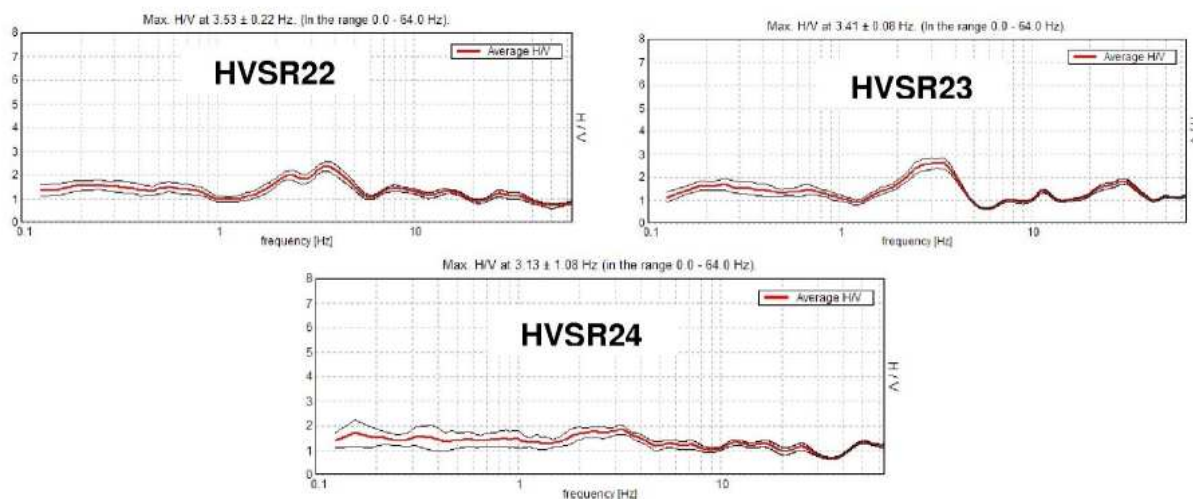


Fig. 28 – Curve H/V delle indagini eseguita nell'areale di Casalbarbato

### 3.6.7 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio, ottenuto attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW (Fig. 29), evidenzia un graduale aumento della velocità con valori iniziali di circa 100 m/s sino ad arrivare a valori massimi di circa 500 m/s alla profondità di circa -22.00 m dal p.c..

Il valore delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) è risultato pari a 266 m/s.

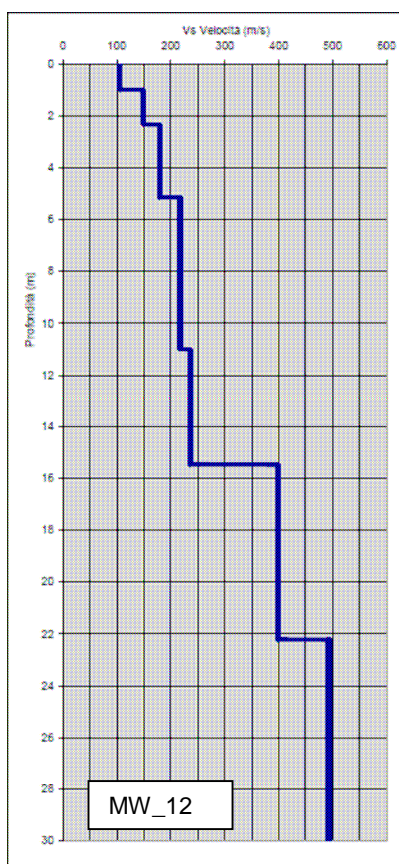


Fig. 29 – Profilo di velocità delle onde di taglio prova MASW\_2 areale di Casalbarbato

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSr (Fig. 30) sono rispettivamente pari a 252 e 255 m/s.

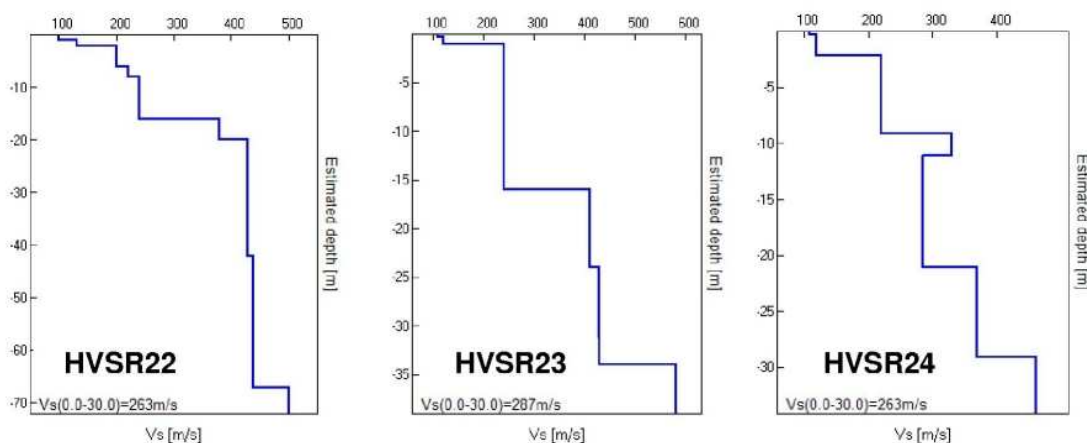


Fig. 30 – Profilo di velocità delle onde di taglio misure HVSr - areale di Casalbarbato

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l’areale può essere attribuito alla categoria “C”.

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 7C unitamente ai valori di Vs30 ricavati tramite le misure HVSR a stazione singola. I dati mostrano una discreta omogeneità sull'areale in studio.

### **3.6.8 Effetti sismici locali**

#### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

#### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell'areale, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

#### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.

#### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, rende improbabile l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

Tuttavia considerato il limitato numero di dati disponibili, in sede di attuazione delle previsioni urbanistiche, il progettista dovrà verificare mediante l'esecuzione di ulteriori indagini puntuali adeguatamente spinte in profondità, l'effettiva occorrenza di tale fenomeno o la sua esclusione. In caso positivo l'area dovrà essere assoggettata ad approfondimento di III livello.

### **3.6.9 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione**

L'area in oggetto ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

In considerazione delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, l'areale in questione risulta caratterizzato da un'unica zona sotto il profilo della microzonazione (Tav. 7D).

Sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ ), analizzando sia i valori ottenuti dalle prove HVSR tramite il metodo di inversione dei rapporti spettrali.

I valori di riferimento delle  $V_{s30}$ , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell' Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono pari a 250 m/s.

Assumendo come bedrock sismico il tetto dei depositi sepolti del Quaternario Marino (Sintema di Costamezzana), la cui profondità risulta inferiore a 100 m ed utilizzando la tabella "Pianura 1" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 7:

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>1.7</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.1s &lt; T_0 &lt; 0.5s</math>)</b>	<b>1.9</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner (<math>0.5s &lt; T_0 &lt; 1.0s</math>)</b>	<b>2.5</b>

Tab. 7 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di Casalbarbato

## **3.7 PAROLA**

### **3.7.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca all'estremità sud-occidentale del territorio comunale, nel settore di confine con i territori del Comune di Fidenza ad ovest e del Comune di Noceto a sud (cfr. Tav. 1). Oltre al centro abitato di Parola l'areale in studio è stato esteso alla fascia a prevalente destinazione produttiva compresa tra la via Emilia e il tracciato storico della linea ferroviaria "Milano – Bologna".

### **3.7.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono attribuiti al Sistema Emiliano-Romagnolo, Subsistema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Si tratta di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con copertura di limi argillosi, connesse alla sedimentazione operata dai corsi d'acqua di origine appenninica ed in particolare, in questo settore di territorio, dal T. Parola. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1.00 m ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. 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.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 72 e 65 m s.l.m., mostra una pendenza generale verso il quadrante nord-orientale. L'idrografia locale è rappresentata dal T. Parola ad ovest e dal Rio Gambino.

### **3.7.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla quota di circa -25.00 m da p.c..

Con riferimento allo "Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche" a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -4.00÷5.00 m dal p.c..



La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.

### **3.7.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini**

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'areale per la progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi disponibili presso l'UTC.

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav. 8A).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n° 2 indagini geofisiche sismiche di tipo MASW (MW\_10 e MW\_11) e n° 4 misure HVSR a stazione singola (Tav. 8A)

### **3.7.5 Litostratimetria**

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una spessa coltre fine di natura argilloso-limosa (Fig. 31).

Nell'estremo settore sud-orientale dell'areale in studio la coltre si arresta ad una profondità di circa -11.00 m dal p.c., mentre nel resto dell'areale prosegue sino ad oltre -25.00 m dal p.c. fatta eccezione per un sottile orizzonte ghiaioso-sabbioso presente a profondità indicativamente comprese tra -14.00 e -16.0 m dal p.c..

Tali settori sono stati denominati "Zona 1" e "Zona 2" procedendo da est verso ovest e costituiscono le aree di microzonazione rappresentate in Tav. 8D.

Nel settore sud-orientale (Zona 1) al di sotto della coltre fine prevalgono depositi grossolani. Più in particolare tra -11 e -25 m dal p.c. si osserva la presenza di depositi ghiaioso-argillosi che ricoprono un orizzonte di ghiaie sabbiose, che si spinge sino a circa -30 m dal p.c., dove compaiono altri depositi ghiaioso-argillosi.

Nella restante porzione di areale (Zona 2) si rinviene un orizzonte ghiaioso-sabbioso a profondità comprese tra -27 e -32 m dal p.c., in ricoprimento di ulteriori depositi fini argilloso-limosi.

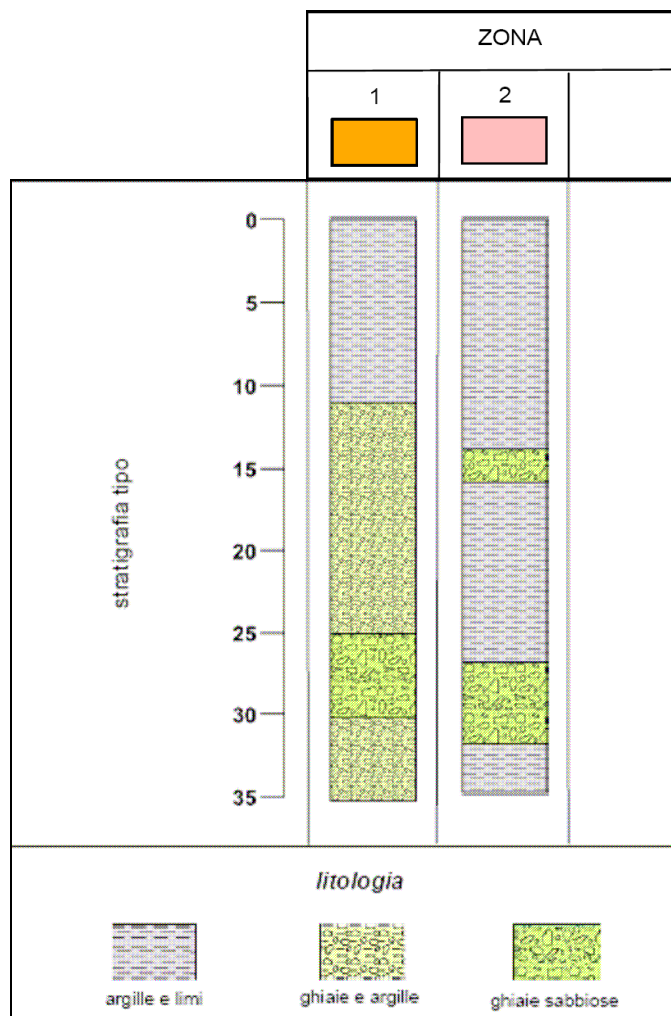


Fig. 31 – Colonne stratigrafiche tipo dell’areale di Parola

### 3.7.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione unica è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 8B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell’eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l’ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, rispettivamente indice di zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi a bassa frequenza (2.1÷2.8 Hz) con ampiezza compresa tra 2 e 3, indotti dalla presenza di un livello ghiaioso il cui tetto si colloca a circa 25-30 m di profondità rispetto al piano campagna (Fig. 32).

Inoltre localmente sono distinguibili picchi a maggiore frequenza (5.2÷11 Hz) con ampiezza della curva H/V inferiore a 3, registrati nella prova HVSR35 eseguita in prossimità del T. Rovacchia

e, presumibilmente, indotti da intercalazioni lentiformi di materiali grossolani entro i primi 10 m di profondità.

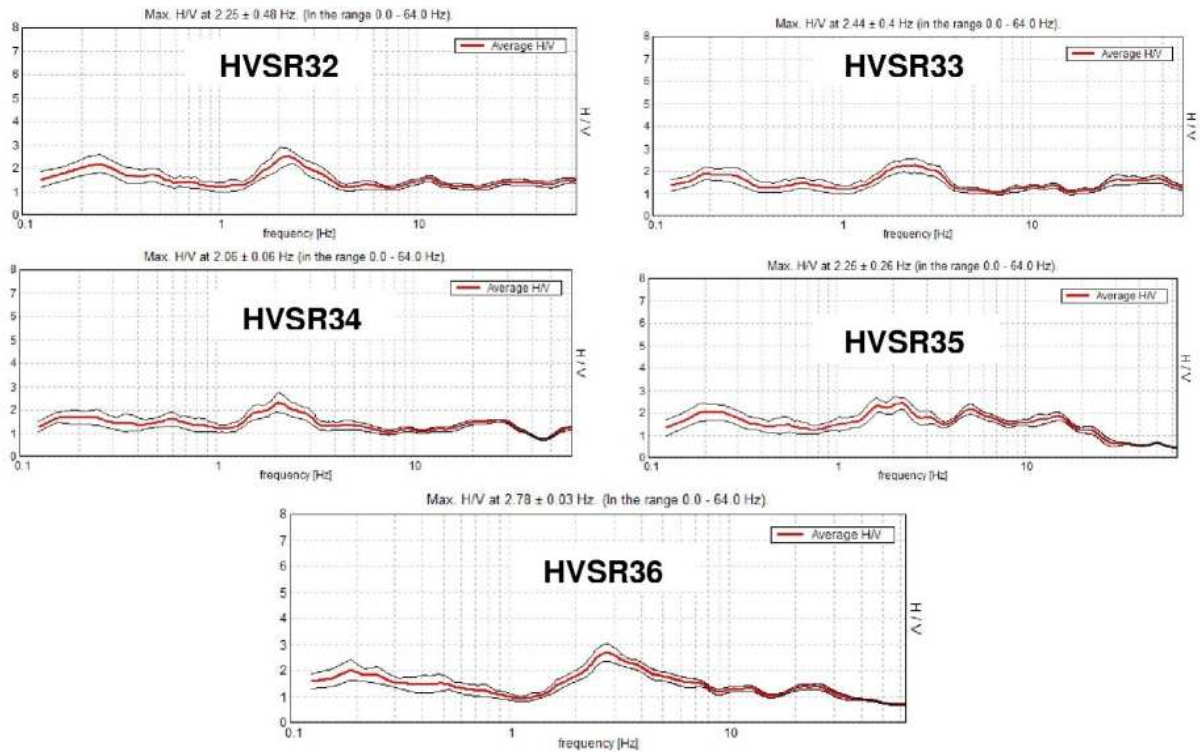


Fig. 32 – Curve H/V delle indagini eseguita nell'areale di Parola

### 3.7.7 Velocità delle onde di taglio

Il profilo di velocità delle onde di taglio, ottenuto attraverso i rilievi sismici con metodologia MASW (Fig. 33), evidenzia un graduale aumento della velocità, con valori iniziali di circa 100 m/s sino ad arrivare a valori massimi di circa 500÷550 m/s alla profondità di circa -21.00÷22.00 m dal p.c.. Tale velocità viene mantenuta sino alla profondità di -30.00 m dal p.c..

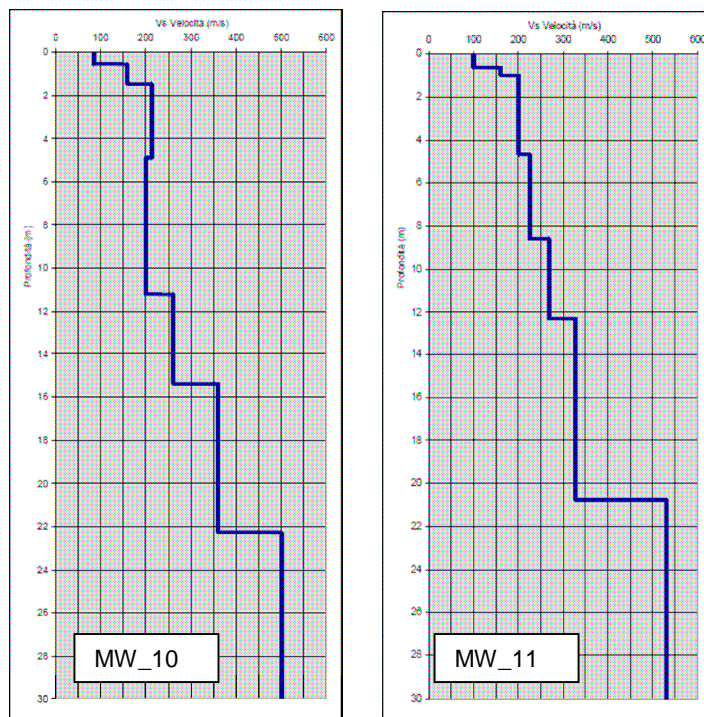


Fig. 33 – Profilo di velocità delle onde di taglio prove MASW nell'areale di Parola

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSR (Fig. 34) sono compresi tra un minimo di 225 m/s (HVSR32 e HVSR33) e un massimo di 298 m/s (HVSR35), mentre le prove MASW hanno restituito velocità pari a 271÷296 m/s.

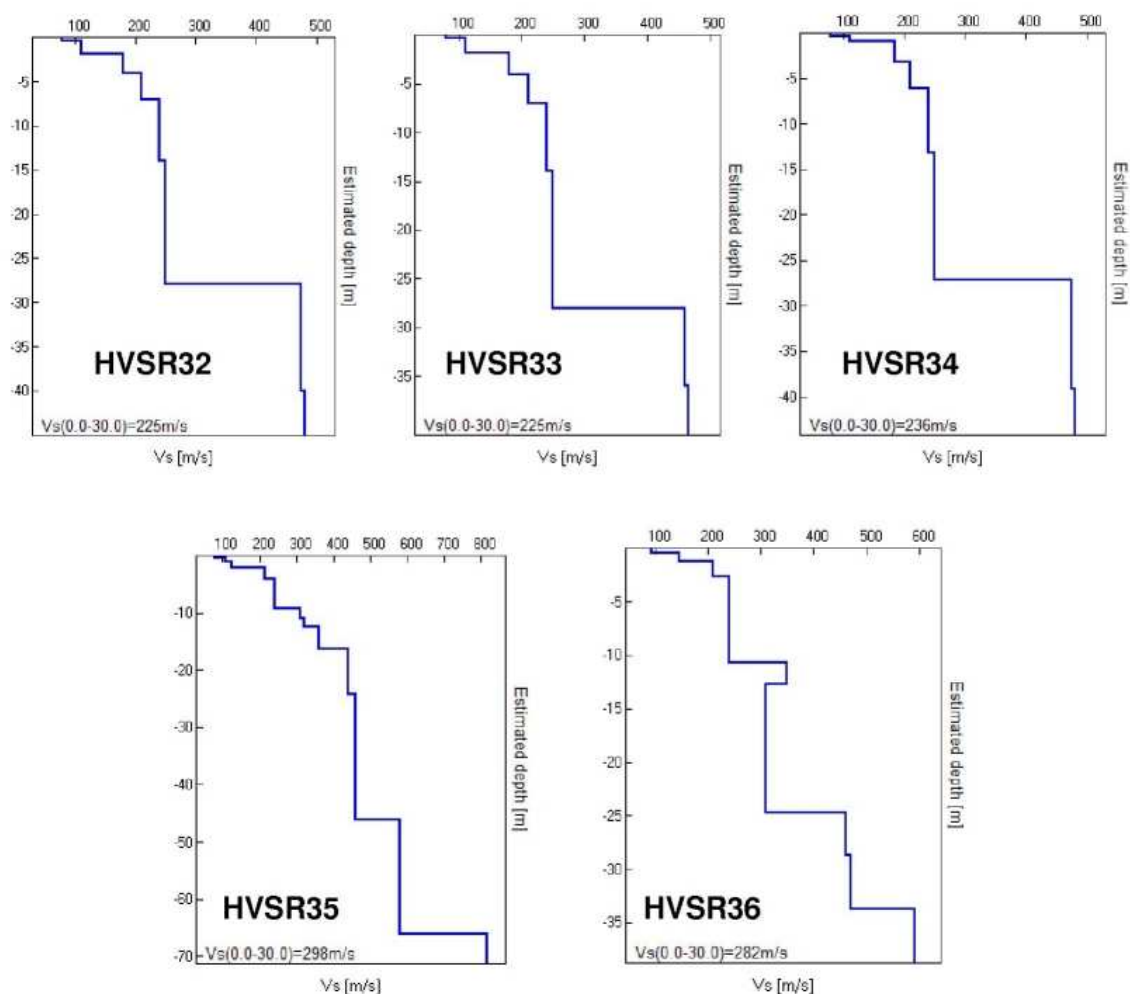


Fig. 34 – Profilo di velocità delle onde di taglio misure HVSr - areale di Parola

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 “Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni”, sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l'areale può essere attribuito alla categoria “C”.

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 8C unitamente ai valori di  $V_{s30}$  ricavati tramite le misure HVSr a stazione singola e ai valori di altre prove acquisite mediante la ricerca d'archivio. Fatta eccezione per le minori velocità di  $V_{s30}$  fatte riscontrare dalle prove HVSr rispetto alle prove MASW, i dati mostrano una discreta omogeneità sull'areale in studio.

### 3.7.8 Effetti sismici locali

#### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell'areale, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.

### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, rende improbabile l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

## **3.7.9 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione**

L'area in oggetto ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da due zone distinte (Tav. 8D).

Per ciascuna zona sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ ), analizzando sia i valori derivanti dalle indagini MASW che quelli ottenuti dalle prove HVSR tramite il metodo di inversione dei rapporti spettrali.

Per le due zone i valori di riferimento delle  $V_{s30}$ , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell' Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono i seguenti:

- Zona 1 →  $V_{s30} = 300$  m/s
- Zona 2 →  $V_{s30} = 250$  m/s

Assumendo come bedrock sismico il tetto dei depositi sepolti del Quaternario Marino (Sintema di Costamezzana), la cui profondità risulta pari a circa -80 m da p.c. ed utilizzando la tabella "Pianura 1" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 8:

	ZONA	
	1	2
<b>F.A. P.G.A.</b>	<b>1.6</b>	<b>1.7</b>
<b>F.A. Is (0.1s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 0.5s)</b>	<b>1.8</b>	<b>1.9</b>
<b>F.A. Is (0.5s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 1.0s)</b>	<b>2.4</b>	<b>2.5</b>

Tab. 8 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di Parola

## **3.8 SANGUINARO**

### **3.8.1 Inquadramento geografico**

L'areale in studio si colloca nell'estremo settore meridionale del territorio comunale, sviluppandosi immediatamente a nord della via Emilia (cfr. Tav. 1).

### **3.8.2 Geologia e geomorfologia**

Sotto il profilo geologico, con riferimento alla "Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG", i depositi affioranti sono attribuiti al Sintema Emiliano-Romagnolo, Subintema di Ravenna (Pleistocene sup. – Olocene; post circa 20.000 anni b.p.).

Si tratta di ghiaie sabbiose, sabbie e limi con copertura di limi argillosi, connesse alla sedimentazione operata dai corsi d'acqua di origine appenninica. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1.00 m ed i suoli presentano gli orizzonti superficiali decarbonatati o parzialmente decarbonatati. 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.

I depositi presentano una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Sotto il profilo geomorfologico l'area, situata a quote comprese tra 65 e 60 m s.l.m., mostra una pendenza generale verso il quadrante nord-orientale. L'idrografia locale è rappresentata dalla Fossaccia Scannabecco e dal Canale Grande.

### **3.8.3 Idrogeologia**

Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici l'area insiste su depositi appartenenti al Gruppo Acquifero A, il cui livello basale si colloca alla profondità di circa -60.00 m da p.c..

Con riferimento allo "Studio della conoide alluvionale del Fiume Taro per la realizzazione di un modello idrogeologico per la gestione sostenibile delle risorse idriche" a cura di Gianmarco Di Dio, 2007 - Servizio Tecnico di Bacino Affluenti Po - Regione Emilia-Romagna, i valori di minima soggiacenza dell'acquifero A0 sono compresi tra -5.00÷6.00 m dal p.c..

La direzione del flusso della falda sotterranea è orientata verso il quadrante nord-orientale.



### 3.8.4 Dati geognostici di riferimento e nuove indagini

Per la definizione delle caratteristiche del sottosuolo si è fatto riferimento ad indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'areale per la progettazione di opere pubbliche e interventi edilizi disponibili presso l'UTC.

Inoltre si è fatto riferimento ai dati stratigrafici contenuti nel database geognostico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna (Tav. 9A).

I dati acquisiti dalla ricerca di archivio sono stati integrati con l'esecuzione di nuove indagini e più in particolare da n°3 misure HVSR a stazione singola (Tav. 9A)

### 3.8.5 Litostratimetria

L'assetto litostratimetrico dell'areale è caratterizzato in superficie dalla presenza di una coltre fine di natura argillosa-limosa, che ricopre un substrato grossolano (Fig. 35).

Nel settore centrale ed orientale la coltre presenta uno spessore di circa 7.00 m, mentre nel settore occidentale si spinge ad una profondità di circa -10.00 m dal p.c..

Tali settori sono stati rispettivamente denominati "Zona 1" e "Zona 2" procedendo da est verso ovest e costituiscono le aree di microzonazione rappresentate in Tav. 9D.

Nella Zona 1 al di sotto della coltre fine di copertura affiorano depositi ghiaioso-argillosi, che si spingono sino a circa -13 m dal p.c. dove compaiono depositi ghiaioso-sabbiosi, la cui continuità è stata accertata sino ad oltre 35 m di profondità (Fig. 35).

Viceversa nella Zona 2 l'orizzonte costituito da ghiaie e argille presenta una maggiore potenza e raggiunge la profondità di circa -22 m dal p.c., laddove ricopre depositi ghiaioso-sabbiosi.

Al di sotto si rinviene un ulteriore orizzonte ghiaioso-argilloso (Fig. 35).

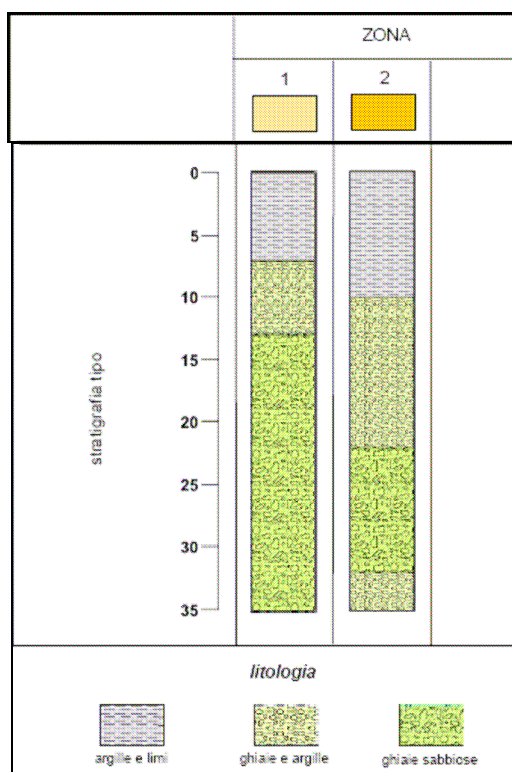


Fig. 35 – Colonne stratigrafiche tipo dell'areale di Sanguinaro

### 3.8.6 Frequenze naturali dei terreni

Sulla base delle misure HVSR a stazione unica è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni (Tav. 9B).

Per ciascuna misura è stato riportato il valore in Hz del picco principale e dell'eventuale picco secondario. Inoltre con apposita simbologia è stato indicato se l'ampiezza del picco principale è risultata inferiore o maggiore di 3, rispettivamente indice di zone con bassi o alti contrasti di impedenza alla base delle coperture.

Il settore di territorio in esame è caratterizzato da picchi a frequenze comprese tra 3.1 e 5 Hz, con ampiezza della curva H/V compresa tra 4 e 6 (Fig. 36), indotti dalla presenza dei depositi ghiaiosi di significativo spessore e con elevato contrasto di impedenza, il cui tetto tende a risalire spostandosi da ovest verso est.

Ulteriori picchi di minore ampiezza sono individuabili a frequenze maggiori (9÷10 Hz), riconducibili ai livelli ghiaioso-argillosi superficiali.

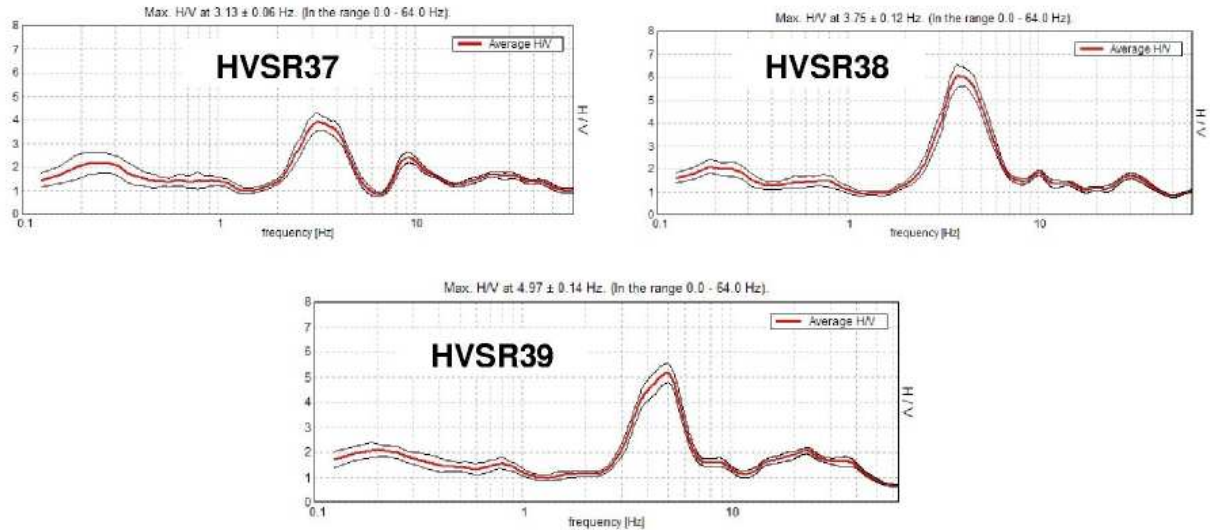


Fig. 35 – Curve H/V delle indagini eseguita nell’areale di Sanguinaro

### 3.8.7 Velocità delle onde di taglio

I profili di velocità delle onde di taglio, ottenuti attraverso le prove HVSR (Fig. 37), evidenziano un graduale aumento della velocità passando da valori superficiali compresi tra 100 e 200 m/s sino a circa 250 m/s a soli 3÷4 m di profondità in HVSR38 e HVSR39, mentre in HVSR37 si raggiungono valori di 350 m/s, con un tratto di ridotto spessore (alcuni metri) a velocità maggiore (circa 450 m/s).

A profondità comprese tra 15 e 25 m dal p.c. si osserva un brusco incremento di velocità, con il raggiungimento di valori compresi tra un minimo di 580 m/s in HVSR39 e un massimo di 700 m/s in HVSR37.

Più in profondità di osservano ulteriori incrementi di entità più contenuta.

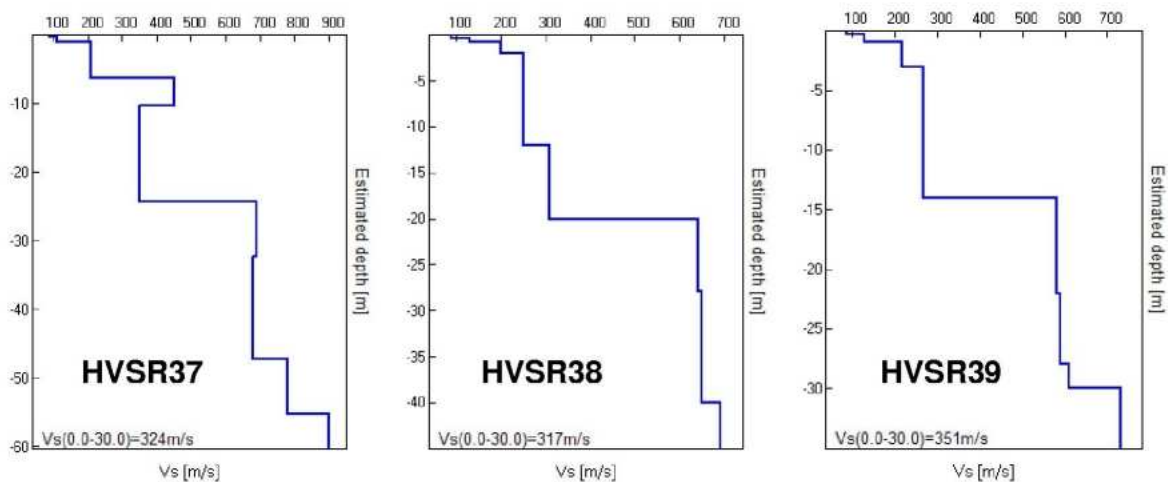


Fig. 37 – Profilo di velocità delle onde di taglio misure HVSR - areale di Sanguinaro

I valori delle velocità delle onde entro i primi trenta metri di profondità ( $V_{s30}$ ) stimati dalle prove HVSR (Fig. 37) sono compresi tra un minimo di 317 m/s (HVSR38) e un massimo di 351 m/s (HVSR39). Tali risultati sono in accordo con i valori di  $V_{s30}$  derivanti da prove MASW pregresse eseguite nell'area in studio (v. Tav. 9C).

In riferimento alla categoria di sottosuolo di fondazione di cui al D.M. 14.01.2008 "Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni", sulla base delle indagini geofisiche eseguite, l'areale può essere attribuito alla categoria "C".

I dati di cui sopra sono stati inseriti in Tav. 9C unitamente ai valori di  $V_{s30}$  ricavati tramite le misure HVSR a stazione singola e ai valori di altre prove acquisite mediante la ricerca d'archivio. I dati mostrano una discreta omogeneità sull'areale in studio.

### **3.8.8 Effetti sismici locali**

#### Amplificazione stratigrafica

L'areale risulta essere soggetto ad amplificazione di tipo stratigrafico del segnale sismico, derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

#### Amplificazione topografica

La morfologia subpianeggiante dell'areale, permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

#### Occorrenza di fenomeni di liquefazione

La possibilità che si verifichino fenomeni di liquefazione può essere esclusa, in quanto è stata accertata l'assenza di depositi sabbiosi di spessore significativo entro i primi 20 metri di sottosuolo.

#### Fenomeni di cedimento postsismico

La presenza nel sottosuolo di depositi fini caratterizzati da spessori modesti e da valori di coesione in genere superiori a 70 kPa, rende improbabile l'eventualità dell'occorrenza di cedimenti post-sismici, dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulate durante il terremoto.

### **3.8.9 Microzonazione Sismica e Fattori di amplificazione**

L'area in oggetto ricade in una zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per motivi litologici e stratigrafici.

Con riferimento all'Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, geomeccaniche e di risposta sismica locale dei terreni, sotto il profilo della microzonazione l'areale in questione risulta caratterizzato da due zone distinte (Tav. 9D).

Sono state definite le velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ ), analizzando sia i valori ottenuti dalle prove HVSR tramite il metodo di inversione dei rapporti spettrali.

Per le due zone i valori di riferimento delle  $V_{s30}$ , determinati sulla base dei classi di velocità contenuti nelle tabelle dell' Allegato A2 degli indirizzi regionali, sono i seguenti:

- Zona 1 →  $V_{s30} = 350$  m/s
- Zona 2 →  $V_{s30} = 300$  m/s

Assumendo come bedrock sismico il tetto dei depositi sepolti del Quaternario Marino (Sintema di Costamezzana), la cui profondità risulta pari a circa -60.00 m da p.c. ed utilizzando la tabella "Pianura 1" dell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, i fattori di amplificazione (F.A.) per l'areale in esame sono riportati in Tab. 9:

	ZONA	
	1	2
<b>F.A. P.G.A.</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>
<b>F.A. Is (0.1s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 0.5s)</b>	<b>1.8</b>	<b>1.8</b>
<b>F.A. Is (0.5s &lt; T<sub>0</sub> &lt; 1.0s)</b>	<b>2.1</b>	<b>2.4</b>

Tab. 9 - valori dei Fattori di Amplificazione sismica per l'areale di Sanguinaro