
GIUSEPPE STEFANINI INGEGNERE

I via Bergonzi 4 - Parma
T 0521 959199
M giuseppe.stefanini@libero.it

Titolo progetto

RIQUALIFICAZIONE E AMPLIAMENTO
CENTRO CIVICO PESCHIERA
realizzazione di laboratori CoWorking
e sala prove Banda Musicale

Indirizzo

Centro Civico Peschiera
Parco Cattaneo
43041 Bedonia PR

Committente

Comune di Bedonia

Oggetto

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE GEOLOGICA
E GEOTECNICA

Timbro



Elaborato

FEBBRAIO 2023

R.GEO.

RELAZIONE GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

In quanto di seguito riportato viene fatto esplicito riferimento alle seguenti Normative:

- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988.** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1** - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1** - "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5** - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione (inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento) si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il "meccanismo generale" e quello di "punzonamento". Il primo è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento: il terreno sottostante la fondazione rifluisce lateralmente e verso l'alto, conseguentemente il terreno circostante la fondazione è interessato da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo è caratterizzato dall'assenza di una superficie di scorrimento ben definita: il terreno sotto la fondazione si comprime ed in corrispondenza della superficie del terreno circostante la fondazione si osserva un abbassamento generalizzato. Quest'ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite in quanto la curva cedimenti-carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Vesic ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo caso il fenomeno risulta retto da un indice di rigidezza " I_r " così definito:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot \tan(\varphi)}$$

Per la determinazione del modulo di rigidezza a taglio si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \quad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \quad k_0 = 1 - \sin(\varphi).$$

L'indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico " $I_{r,crit}$ ":

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cdot \tan \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}}{2}$$

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidezza è minore di quello critico. Tale teoria comporta l'introduzione di coefficienti correttivi all'interno della formula trinomia del carico limite detti "coefficienti di punzonamento" i quali sono funzione dell'indice di rigidezza, dell'angolo d'attrito e della geometria dell'elemento di fondazione. La loro espressione è la seguente:

- se $I_r < I_{r,crit}$ si ha :

$$\Psi_\gamma = \Psi_q = e^{\left[\left(0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \cdot \tan(\varphi) + \frac{3.07 \cdot \sin(\varphi) \log_{10}(2 \cdot I_r)}{1 + \sin(\varphi)} \right]} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \tan(\varphi)} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \log_{10}(I_r)$$

- se $I_r > I_{r,crit}$ si ha che $\Psi_\gamma = \Psi_q = \Psi_c = 1$.

Il significato dei simboli adottati nelle equazioni sopra riportate è il seguente:

- E_{ed} modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione
- ν coefficiente di Poisson del terreno sottostante la fondazione
- k_0 coefficiente di spinta a riposo del terreno sottostante la fondazione
- φ angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa
- c' coesione (espressa in termini di tensioni efficaci)
- σ' tensione litostatica effettiva a profondità $D+B/2$
- L luce delle singole travi di fondazione
- D profondità del piano di posa della fondazione a partire dal piano campagna
- B larghezza della trave di fondazione

Definito il meccanismo di rottura, il calcolo del carico limite viene eseguito modellando il terreno come un mezzo rigido perfettamente plastico con la seguente espressione:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \Psi_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \Psi_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma.$$

Il significato dei termini presenti nella relazione trinomia sopra riportata è il seguente:

- N_q, N_c, N_γ , fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno φ del terreno
- s_q, s_c, s_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di forma
- d_q, d_c, d_γ , coefficienti che rappresentano il fattore dell'approfondimento
- i_q, i_c, i_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di inclinazione del carico
- γ_1 peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa
- γ_2 peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa

Per fondazioni aventi larghezza modesta si dimostra che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di "B", sia secondo Vesic che secondo de Beer, il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. Bowles per fondazioni di larghezza maggiore di 2.00 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \cdot \log_{10} \left(\frac{B}{2} \right) \quad \text{dove "B" va espresso in metri.}$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso (platee e simili), caso nel quale il terzo termine dell'equazione trinomia è predominante.

Nel caso di carico eccentrico Meyerhof consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto (A_f) tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

Formulazione di Hansen (1970)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg \left(\frac{D}{B} \right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{\alpha_1} \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{\alpha_2} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Formulazione di Vesic (1975)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione di Brinch-Hansen

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot tg(\varphi)}$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione Eurocodice 7

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \sin(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

- se H è parallela al lato B si ha:

$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^3 \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^3 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se H è parallela al lato L si ha:

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \quad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Si ricorda che per le relazioni sopra riportate nel caso in cui $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0$, $N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$.

Il significato dei termini presenti nelle relazioni su descritte è il seguente:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- α_1, α_2 esponenti di potenza che variano tra 2 e 5

Nel caso in cui il cuneo di fondazione sia interessato da falda idrica il valore di γ_2 nella formula trinomia assume la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot tg\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- γ peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa
- γ_{sat} peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa
- z profondità della falda dal piano di posa
- h_c altezza del cuneo di rottura della fondazione

Tutto ciò che è stato detto sopra è valido nell'ipotesi di terreno con caratteristiche geotecniche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre composti, o comunque riconducibili, a formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono (caso di terreni stratificati). In queste condizioni i parametri vengono determinati con la seguente procedura:

- viene determinata l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati; quindi si determina il numero degli strati interessati da esso
- in corrispondenza di ogni superficie di separazione, partendo da quella immediatamente sottostante il piano di posa della fondazione, fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato come somma di due valori: il primo dato dall'applicazione della formula trinomia alla quota i -esima dello strato; il secondo dato dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame

- il minimo di questi due valori sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata

Si può formulare il procedimento anche in forma analitica:

$$q'_{ult} = [q''_{ult} + q_{resT}]_{\min} = \left[q''_{ult} + \frac{p}{A_f} (P_V \cdot K_s \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + d \cdot c) \right]_{\min}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q''_{ult} carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato
- p perimetro della fondazione
- P_V spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato
- K_s coefficiente di spinta laterale del terreno
- d distanza dal piano di posa allo strato interessato

VERIFICA A ROTTURA PER SCORRIMENTO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa bisogna effettuare anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti: la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale, oltre a queste due componenti, può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione fino ad un massimo del 30%. La formulazione analitica della verifica può essere esposta nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \operatorname{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- T_{Sd} componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- N_{Sd} componente verticale del carico agente sulla fondazione
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- δ angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% dell'angolo di attrito)
- S_p spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione
- f_{Sp} percentuale di partecipazione della spinta passiva
- A_f superficie di contatto del piano di posa della fondazione

La verifica deve essere effettuata sia per componenti taglianti parallele alla base della fondazione che per quelle ortogonali.

DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI INDOTTE NEL TERRENO

Ai fini del calcolo dei cedimenti è essenziale conoscere lo stato tensionale indotto nel terreno a varie profondità da un carico applicato in superficie. Tale determinazione viene eseguita ipotizzando che il terreno si comporti come un mezzo continuo, elastico-lineare, omogeneo e isotopo. Tale assunzione, utilizzata per la determinazione della variazione delle tensioni verticali dovuta all'applicazione di un carico in superficie, è confortata dalla letteratura (Morgenstern e Phukan) perché la non linearità del materiale poco influenza la distribuzione delle tensioni verticali. Per ottenere un profilo verticale di pressioni si possono utilizzare tre metodi di calcolo: quello di Boussinesq, quello di Westergaard oppure quello di Mindlin; tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il metodo di Westergaard differisce da quello di Boussinesq per la presenza del coefficiente di Poisson "u", quindi si adatta meglio ai terreni stratificati. Il metodo di Mindlin differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico mentre i primi due lo pongono esclusivamente sulla frontiera quindi si presta meglio al caso di fondazioni molto profonde. Nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico il metodo di Mindlin risulta equivalente a quello di Boussinesq. Le espressioni analitiche dei tre metodi di calcolo sono:

$$\text{Boussinesq} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2 \cdot \pi \cdot (r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad \text{Westergaard} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \frac{\sqrt{\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu}}}{\left(\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu} + \frac{r^2}{z^2} \right)^{\frac{3}{2}}}$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera del mezzo

- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

$$\text{Mindlin} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot (1-\nu) \cdot D^2} \left(-\frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{A^3} + \frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{B^3} - \frac{3 \cdot (m-1)^3}{A^5} - \frac{30 \cdot m \cdot (m+1)^3}{B^7} - \frac{3 \cdot (3-4 \cdot \nu) \cdot m \cdot (m+1)^2 - 3 \cdot (m+1) \cdot (5 \cdot m-1)}{B^5} \right)$$

$$n = \frac{r}{D}; \quad m = \frac{z}{D}; \quad A^2 = n^2 + (m-1)^2; \quad B^2 = n^2 + (m+1)^2$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera o all'interno del mezzo
- D proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dalla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

Basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, l'algoritmo implementato esegue un'integrazione delle equazioni di cui sopra lungo la verticale di ogni punto notevole degli elementi fondali estesa a tutte le aree di carico presenti sulla superficie del terreno; questo consente di determinare la variazione dello stato tensionale verticale " $\Delta\sigma_v$ ". Bisogna sottolineare che, nel caso di pressione, " Q " va definito come "pressione netta", ossia la pressione in eccesso rispetto a quella geostatica esistente che può essere sopportata con sicurezza alla profondità " D " del piano di posa delle fondazioni. Questo perché i cedimenti sono causati solo da incrementi netti di pressione che si aggiungono all'esistente pressione geostatica.

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna
- Dia. Eq. diametro del cerchio equivalente alla superficie dell'elemento
- Spessore spessore dell'elemento
- Superficie superficie dell'elemento
- Vert. Elem. Numero dei vertici che costituiscono l'elemento
- Macro nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta il numero del macroelemento

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Press. N1 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento
- Press. N2 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento
- Press. N3 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento
- Press. N4 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento
- S.Taglio X sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse X del riferimento globale
- S.Taglio Y sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse Y del riferimento globale

Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico
- Qlim capacità portante totale data dalla somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres P (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile)
- Qlim q termine relativo al sovraccarico della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim g termine relativo alla larghezza della base di fondazione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim c termine relativo alla coesione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qres P termine relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Diverso da zero solo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qmax / Qlim rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale ed il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).
- TBlim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- TB / TBlim rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- TLlim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- TL / TLlim rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Sgm. Lt. tensione litostatica agente alla quota del piano di posa dell'elemento fondale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un'ulteriore riga nella quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

PARAMETRI DI CALCOLO

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Per terreni sciolti: Vesic
- Per terreni lapidei: Terzaghi

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si
- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20,0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20,0 %

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza Fc (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fq (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fg (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza Fc (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza Fq (sismico): 3,00
- Coeff. parziale di sicurezza Fg (sismico): 3,00

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per Tan ϕ (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per Cu (statico): 1
- Coeff. M1 per Tan ϕ (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per Cu sismico): 1
- Coeff. R3 capacità portante (statico e sismico): 2,30
- Coeff. R3 scorrimento (statico e sismico): 1,10

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- Fattore per l'adesione ($6 < Ca < 10$): 8
- Fattore per attrito terreno-fondazione ($5 < Delta < 10$): 7
- Frazione di spinta passiva fSp: 50,00 %
- Coeff. resistenza sulle sup. laterali: 1,30

Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali:

- Metodo di calcolo tensioni superficiali: Boussinesq
- Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali: Boussinesq
- Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno: cedimenti edometrici

ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Nuova stratigrafia n. 1

Numero strati: 3

Profondità falda: assente

Strato n. Neg.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito
1	da 0,0 a -120,0 cm	120,0 cm	001 / terreno semioesivo	Assente
2	da -120,0 a -360,0 cm	240,0 cm	002 / coesivo	Assente
3	da -360,0 a -500,0 cm	140,0 cm	003 / coesivo	Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: **001 / terreno semioesivo**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
1,800 E-3	2,000 E-3	0,640	29,000	64,000	60,0	0,500	0,49

Indice / Descrizione terreno: **002 / coesivo**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
1,600 E-3	2,000 E-3	0,400	7,000	35,000	33,0	0,320	0,00

Indice / Descrizione terreno: **003 / coesivo**

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	Poisson	C. Ades.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%	
2,050 E-3	2,100 E-3	1,470	34,000	122,000	90,0	0,300	0,00

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Dia. Eq. cm	Spessore cm	Superficie cm ²	Vertici n. per elem.	Macro n.
Platea n. 7	Platea	001	20.000	72.323	40.000	4108.098	4	3
Platea n. 8	Platea	001	20.000	18.414	40.000	266.298	4	3
Platea n. 9	Platea	001	20.000	73.472	40.000	4239.668	4	3
Platea n. 10	Platea	001	20.000	73.472	40.000	4239.668	4	3
Platea n. 11	Platea	001	20.000	73.472	40.000	4239.668	4	3
Platea n. 12	Platea	001	20.000	73.472	40.000	4239.668	4	3
Platea n. 13	Platea	001	20.000	73.472	40.000	4239.668	4	3
Platea n. 16	Platea	001	20.000	70.723	40.000	3928.336	4	3
Platea n. 17	Platea	001	20.000	60.894	40.000	2912.332	4	3

Platea n. 19	Platea	001	20.000	92.892	40.000	6777.114	4	3
Platea n. 20	Platea	001	20.000	75.645	40.000	4494.165	4	3
Platea n. 21	Platea	001	20.000	75.245	40.000	4446.820	4	3
Platea n. 22	Platea	001	20.000	81.563	40.000	5224.929	4	3
Platea n. 23	Platea	001	20.000	77.222	40.000	4683.547	4	3
Platea n. 28	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.000	4	3
Platea n. 41	Platea	001	20.000	82.997	40.000	5410.165	4	3
Platea n. 42	Platea	001	20.000	82.997	40.000	5410.167	4	3
Platea n. 43	Platea	001	20.000	74.464	40.000	4355.000	4	3
Platea n. 44	Platea	001	20.000	82.204	40.000	5307.378	4	3
Platea n. 48	Platea	001	20.000	82.204	40.000	5307.378	4	3
Platea n. 49	Platea	001	20.000	47.469	40.000	1769.727	4	3
Platea n. 51	Platea	001	20.000	74.967	40.000	4413.933	4	3
Platea n. 52	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.554	4	3
Platea n. 53	Platea	001	20.000	77.552	40.000	4723.590	4	3
Platea n. 54	Platea	001	20.000	77.552	40.000	4723.590	4	3
Platea n. 55	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.553	4	3
Platea n. 56	Platea	001	20.000	80.786	40.000	5125.805	4	3
Platea n. 57	Platea	001	20.000	74.036	40.000	4305.021	4	3
Platea n. 58	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.235	4	3
Platea n. 59	Platea	001	20.000	87.605	40.000	6027.662	4	3
Platea n. 60	Platea	001	20.000	87.605	40.000	6027.700	4	3
Platea n. 61	Platea	001	20.000	78.599	40.000	4852.073	4	3
Platea n. 64	Platea	001	20.000	86.769	40.000	5913.155	4	3
Platea n. 67	Platea	001	20.000	90.101	40.000	6376.061	4	3
Platea n. 68	Platea	001	20.000	86.769	40.000	5913.155	4	3
Platea n. 69	Platea	001	20.000	50.123	40.000	1973.135	4	3
Platea n. 70	Platea	001	20.000	55.890	40.000	2453.332	4	3
Platea n. 71	Platea	001	20.000	61.417	40.000	2962.520	4	3
Platea n. 72	Platea	001	20.000	61.417	40.000	2962.566	4	3
Platea n. 73	Platea	001	20.000	61.417	40.000	2962.566	4	3
Platea n. 74	Platea	001	20.000	61.417	40.000	2962.520	4	3
Platea n. 75	Platea	001	20.000	63.978	40.000	3214.829	4	3
Platea n. 76	Platea	001	20.000	58.633	40.000	2700.039	4	3
Platea n. 77	Platea	001	20.000	61.311	40.000	2952.301	4	3
Platea n. 78	Platea	001	20.000	69.379	40.000	3780.444	4	3
Platea n. 79	Platea	001	20.000	69.379	40.000	3780.490	4	3
Platea n. 80	Platea	001	20.000	62.247	40.000	3043.141	4	3
Platea n. 83	Platea	001	20.000	68.717	40.000	3708.634	4	3
Platea n. 86	Platea	001	20.000	79.735	40.000	4993.300	4	3
Platea n. 87	Platea	001	20.000	68.717	40.000	3708.634	4	3
Platea n. 88	Platea	001	20.000	39.695	40.000	1237.518	4	3
Platea n. 89	Platea	001	20.000	90.865	40.000	6484.573	4	3
Platea n. 90	Platea	001	20.000	90.865	40.000	6484.538	4	3
Platea n. 91	Platea	001	20.000	94.655	40.000	7036.806	4	3
Platea n. 92	Platea	001	20.000	86.746	40.000	5910.004	4	3
Platea n. 93	Platea	001	20.000	90.708	40.000	6462.170	4	3
Platea n. 94	Platea	001	20.000	102.644	40.000	8274.858	4	3
Platea n. 95	Platea	001	20.000	102.645	40.000	8274.959	4	3
Platea n. 96	Platea	001	20.000	92.093	40.000	6661.006	4	3
Platea n. 99	Platea	001	20.000	101.665	40.000	8117.676	4	3
Platea n. 102	Platea	001	20.000	98.320	40.000	7592.364	4	3
Platea n. 103	Platea	001	20.000	101.665	40.000	8117.676	4	3
Platea n. 104	Platea	001	20.000	58.727	40.000	2708.752	4	3
Platea n. 109	Platea	001	20.000	101.366	40.000	8069.936	4	3
Platea n. 110	Platea	001	20.000	101.366	40.000	8069.938	4	3
Platea n. 111	Platea	001	20.000	101.366	40.000	8069.936	4	3
Platea n. 121	Platea	001	20.000	77.552	40.000	4723.570	4	3
Platea n. 122	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.529	4	3
Platea n. 123	Platea	001	20.000	80.786	40.000	5125.817	4	3
Platea n. 124	Platea	001	20.000	74.036	40.000	4305.021	4	3
Platea n. 125	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.235	4	3
Platea n. 126	Platea	001	20.000	87.605	40.000	6027.651	4	3
Platea n. 127	Platea	001	20.000	87.606	40.000	6027.724	4	3
Platea n. 128	Platea	001	20.000	78.599	40.000	4852.073	4	3
Platea n. 131	Platea	001	20.000	86.769	40.000	5913.155	4	3
Platea n. 134	Platea	001	20.000	90.186	40.000	6388.113	4	3
Platea n. 135	Platea	001	20.000	86.769	40.000	5913.155	4	3
Platea n. 136	Platea	001	20.000	50.123	40.000	1973.135	4	3
Platea n. 137	Platea	001	20.000	77.553	40.000	4723.733	4	3
Platea n. 138	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.529	4	3
Platea n. 139	Platea	001	20.000	80.786	40.000	5125.817	4	3
Platea n. 140	Platea	001	20.000	74.036	40.000	4305.021	4	3
Platea n. 141	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.235	4	3
Platea n. 142	Platea	001	20.000	87.605	40.000	6027.651	4	3
Platea n. 143	Platea	001	20.000	87.606	40.000	6027.724	4	3

Platea n. 144	Platea	001	20.000	78.599	40.000	4852.073	4	3
Platea n. 147	Platea	001	20.000	86.769	40.000	5913.155	4	3
Platea n. 150	Platea	001	20.000	90.186	40.000	6388.111	4	3
Platea n. 151	Platea	001	20.000	86.769	40.000	5913.155	4	3
Platea n. 152	Platea	001	20.000	50.123	40.000	1973.135	4	3
Platea n. 153	Platea	001	20.000	75.860	40.000	4519.760	4	3
Platea n. 154	Platea	001	20.000	90.864	40.000	6484.440	4	3
Platea n. 155	Platea	001	20.000	90.864	40.000	6484.507	4	3
Platea n. 158	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.464	4	3
Platea n. 159	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.537	4	3
Platea n. 160	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.464	4	3
Platea n. 161	Platea	001	20.000	77.553	40.000	4723.700	4	3
Platea n. 162	Platea	001	20.000	98.321	40.000	7592.403	4	3
Platea n. 163	Platea	001	20.000	49.658	40.000	1936.751	4	3
Platea n. 164	Platea	001	20.000	40.957	40.000	1317.461	4	3
Platea n. 165	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.235	4	3
Platea n. 166	Platea	001	20.000	61.311	40.000	2952.301	4	3
Platea n. 167	Platea	001	20.000	90.708	40.000	6462.170	4	3
Platea n. 168	Platea	001	20.000	92.892	40.000	6777.114	4	3
Platea n. 169	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.235	4	3
Platea n. 170	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.235	4	3
Platea n. 171	Platea	001	20.000	75.596	40.000	4488.314	4	3
Platea n. 172	Platea	001	20.000	73.320	40.000	4222.145	4	3
Platea n. 173	Platea	001	20.000	73.319	40.000	4222.079	4	3
Platea n. 174	Platea	001	20.000	76.378	40.000	4581.660	4	3
Platea n. 175	Platea	001	20.000	69.996	40.000	3848.000	4	3
Platea n. 176	Platea	001	20.000	73.193	40.000	4207.515	4	3
Platea n. 177	Platea	001	20.000	82.825	40.000	5387.756	4	3
Platea n. 178	Platea	001	20.000	82.825	40.000	5387.821	4	3
Platea n. 179	Platea	001	20.000	74.310	40.000	4336.977	4	3
Platea n. 182	Platea	001	20.000	82.034	40.000	5285.415	4	3
Platea n. 185	Platea	001	20.000	90.186	40.000	6388.073	4	3
Platea n. 186	Platea	001	20.000	82.034	40.000	5285.415	4	3
Platea n. 187	Platea	001	20.000	47.387	40.000	1763.667	4	3
Platea n. 188	Platea	001	20.000	75.113	40.000	4431.212	4	3
Platea n. 189	Platea	001	20.000	73.321	40.000	4222.308	4	3
Platea n. 190	Platea	001	20.000	73.193	40.000	4207.515	4	3
Platea n. 191	Platea	001	20.000	23.948	40.000	450.434	3	3
Platea n. 192	Platea	001	20.000	81.563	40.000	5224.929	4	3
Platea n. 193	Platea	001	20.000	81.563	40.000	5224.848	4	3
Platea n. 194	Platea	001	20.000	84.965	40.000	5669.832	4	3
Platea n. 195	Platea	001	20.000	77.866	40.000	4761.923	4	3
Platea n. 196	Platea	001	20.000	81.422	40.000	5206.825	4	3
Platea n. 197	Platea	001	20.000	92.137	40.000	6667.379	4	3
Platea n. 198	Platea	001	20.000	92.137	40.000	6667.460	4	3
Platea n. 199	Platea	001	20.000	82.665	40.000	5367.035	4	3
Platea n. 202	Platea	001	20.000	91.257	40.000	6540.731	4	3
Platea n. 205	Platea	001	20.000	90.186	40.000	6388.112	4	3
Platea n. 206	Platea	001	20.000	91.257	40.000	6540.731	4	3
Platea n. 207	Platea	001	20.000	52.715	40.000	2182.548	4	3
Platea n. 208	Platea	001	20.000	81.422	40.000	5206.825	4	3
Platea n. 209	Platea	001	20.000	82.641	40.000	5363.911	4	3
Platea n. 210	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.000	4	3
Platea n. 211	Platea	001	20.000	78.181	40.000	4800.532	4	3
Platea n. 212	Platea	001	20.000	82.958	40.000	5405.189	4	3
Platea n. 213	Platea	001	20.000	82.958	40.000	5405.189	4	3
Platea n. 214	Platea	001	20.000	82.958	40.000	5405.188	4	3
Platea n. 215	Platea	001	20.000	82.958	40.000	5405.190	4	3
Platea n. 216	Platea	001	20.000	53.710	40.000	2265.700	4	3
Platea n. 217	Platea	001	20.000	53.710	40.000	2265.687	4	3
Platea n. 218	Platea	001	20.000	53.710	40.000	2265.700	4	3
Platea n. 219	Platea	001	20.000	53.710	40.000	2265.700	4	3
Platea n. 220	Platea	001	20.000	92.979	40.000	6789.913	4	3
Platea n. 221	Platea	001	20.000	92.979	40.000	6789.914	4	3
Platea n. 222	Platea	001	20.000	92.979	40.000	6789.912	4	3
Platea n. 223	Platea	001	20.000	92.980	40.000	6789.915	4	3
Platea n. 224	Platea	001	20.000	88.516	40.000	6153.667	4	3
Platea n. 225	Platea	001	20.000	79.570	40.000	4972.636	4	3
Platea n. 226	Platea	001	20.000	84.162	40.000	5563.229	4	3
Platea n. 227	Platea	001	20.000	84.162	40.000	5563.229	4	3
Platea n. 230	Platea	001	20.000	98.611	40.000	7637.292	4	3
Platea n. 236	Platea	001	20.000	92.979	40.000	6789.913	4	3
Platea n. 237	Platea	001	20.000	92.979	40.000	6789.914	4	3
Platea n. 238	Platea	001	20.000	92.979	40.000	6789.912	4	3
Platea n. 239	Platea	001	20.000	92.980	40.000	6789.915	4	3
Platea n. 248	Platea	001	20.000	58.554	40.000	2692.817	4	3

Platea n. 249	Platea	001	20.000	58.554	40.000	2692.831	4	3
Platea n. 250	Platea	001	20.000	58.554	40.000	2692.818	4	3
Platea n. 251	Platea	001	20.000	90.441	40.000	6424.166	4	3
Platea n. 252	Platea	001	20.000	90.441	40.000	6424.167	4	3
Platea n. 253	Platea	001	20.000	90.441	40.000	6424.166	4	3
Platea n. 254	Platea	001	20.000	101.366	40.000	8069.936	4	3
Platea n. 255	Platea	001	20.000	101.366	40.000	8069.938	4	3
Platea n. 256	Platea	001	20.000	101.366	40.000	8069.936	4	3
Platea n. 257	Platea	001	20.000	53.659	40.000	2261.426	4	3
Platea n. 258	Platea	001	20.000	84.162	40.000	5563.229	4	3
Platea n. 259	Platea	001	20.000	84.162	40.000	5563.226	4	3
Platea n. 260	Platea	001	20.000	66.652	40.000	3489.166	4	3
Platea n. 261	Platea	001	20.000	77.552	40.000	4723.569	4	3
Platea n. 262	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.527	4	3
Platea n. 263	Platea	001	20.000	80.786	40.000	5125.815	4	3
Platea n. 264	Platea	001	20.000	74.036	40.000	4305.020	4	3
Platea n. 265	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.233	4	3
Platea n. 266	Platea	001	20.000	87.605	40.000	6027.649	4	3
Platea n. 267	Platea	001	20.000	87.606	40.000	6027.722	4	3
Platea n. 268	Platea	001	20.000	78.599	40.000	4852.071	4	3
Platea n. 271	Platea	001	20.000	86.769	40.000	5913.152	4	3
Platea n. 274	Platea	001	20.000	98.320	40.000	7592.363	4	3
Platea n. 275	Platea	001	20.000	86.769	40.000	5913.152	4	3
Platea n. 276	Platea	001	20.000	50.123	40.000	1973.134	4	3
Platea n. 277	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.233	4	3
Platea n. 278	Platea	001	20.000	77.550	40.000	4723.431	4	3
Platea n. 279	Platea	001	20.000	77.551	40.000	4723.537	4	3
Platea n. 280	Platea	001	20.000	57.048	40.000	2556.021	4	3
Platea n. 281	Platea	001	20.000	89.631	40.000	6309.599	4	3
Platea n. 282	Platea	001	20.000	76.042	40.000	4541.487	4	3
Platea n. 302	Platea	001	20.000	70.828	40.000	3940.027	4	3
Platea n. 400	Platea	001	20.000	84.990	40.000	5673.129	4	3
Platea n. 401	Platea	001	20.000	92.744	40.000	6755.552	4	3
Platea n. 402	Platea	001	20.000	92.746	40.000	6755.815	4	3
Platea n. 403	Platea	001	20.000	92.747	40.000	6756.009	4	3
Platea n. 404	Platea	001	20.000	85.076	40.000	5684.594	4	3
Platea n. 405	Platea	001	20.000	85.077	40.000	5684.754	4	3
Platea n. 406	Platea	001	20.000	85.078	40.000	5684.883	4	3
Platea n. 407	Platea	001	20.000	85.079	40.000	5685.085	4	3
Platea n. 408	Platea	001	20.000	83.505	40.000	5476.598	4	3
Platea n. 409	Platea	001	20.000	75.066	40.000	4425.623	4	3
Platea n. 410	Platea	001	20.000	79.399	40.000	4951.367	4	3
Platea n. 411	Platea	001	20.000	79.400	40.000	4951.490	4	3
Platea n. 418	Platea	001	20.000	65.450	40.000	3364.410	4	3
Platea n. 419	Platea	001	20.000	81.422	40.000	5206.825	4	3
Platea n. 420	Platea	001	20.000	82.958	40.000	5405.197	4	3
Platea n. 421	Platea	001	20.000	66.685	40.000	3492.594	4	3
Platea n. 422	Platea	001	20.000	82.958	40.000	5405.165	4	3
Platea n. 423	Platea	001	20.000	66.685	40.000	3492.552	4	3
Platea n. 424	Platea	001	20.000	82.958	40.000	5405.196	4	3
Platea n. 425	Platea	001	20.000	66.685	40.000	3492.594	4	3
Platea n. 426	Platea	001	20.000	82.959	40.000	5405.198	4	3
Platea n. 427	Platea	001	20.000	66.685	40.000	3492.594	4	3
Platea n. 428	Platea	001	20.000	90.441	40.000	6424.154	4	3
Platea n. 429	Platea	001	20.000	72.699	40.000	4150.985	4	3
Platea n. 430	Platea	001	20.000	90.441	40.000	6424.188	4	3
Platea n. 431	Platea	001	20.000	90.441	40.000	6424.155	4	3
Platea n. 432	Platea	001	20.000	72.700	40.000	4151.027	4	3
Platea n. 433	Platea	001	20.000	72.699	40.000	4150.986	4	3
Platea n. 434	Platea	001	20.000	66.622	40.000	3486.000	4	3
Platea n. 435	Platea	001	20.000	82.880	40.000	5395.000	4	3
Platea n. 448	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.228	4	3
Platea n. 449	Platea	001	20.000	62.231	40.000	3041.586	4	3
Platea n. 450	Platea	001	20.000	62.231	40.000	3041.598	4	3
Platea n. 451	Platea	001	20.000	61.311	40.000	2952.301	4	3
Platea n. 452	Platea	001	20.000	49.284	40.000	1907.641	4	3
Platea n. 453	Platea	001	20.000	90.708	40.000	6462.170	4	3
Platea n. 454	Platea	001	20.000	72.914	40.000	4175.556	4	3
Platea n. 455	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.233	4	3
Platea n. 456	Platea	001	20.000	62.231	40.000	3041.597	4	3
Platea n. 457	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.235	4	3
Platea n. 458	Platea	001	20.000	77.417	40.000	4707.235	4	3
Platea n. 459	Platea	001	20.000	73.193	40.000	4207.515	4	3
Platea n. 460	Platea	001	20.000	58.835	40.000	2718.702	4	3
Platea n. 461	Platea	001	20.000	62.231	40.000	3041.598	4	3
Platea n. 480	Platea	001	20.000	79.401	40.000	4951.608	4	3

Platea n. 481	Platea	001	20.000	93.034	40.000	6797.852	4	3
Platea n. 482	Platea	001	20.000	62.884	40.000	3105.738	4	3
Platea n. 483	Platea	001	20.000	82.880	40.000	5395.000	4	3
Platea n. 484	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.016	4	3
Platea n. 485	Platea	001	20.000	58.957	40.000	2730.004	4	3
Platea n. 488	Platea	001	20.000	67.114	40.000	3537.660	4	3
Platea n. 489	Platea	001	20.000	70.828	40.000	3940.029	4	3
Platea n. 490	Platea	001	20.000	56.092	40.000	2471.122	4	3
Platea n. 491	Platea	001	20.000	82.987	40.000	5408.936	4	3
Platea n. 492	Platea	001	20.000	70.828	40.000	3940.029	4	3
Platea n. 493	Platea	001	20.000	70.828	40.000	3940.029	4	3
Platea n. 512	Platea	001	20.000	79.404	40.000	4951.977	4	3
Platea n. 513	Platea	001	20.000	75.228	40.000	4444.776	4	3
Platea n. 514	Platea	001	20.000	102.690	40.000	8282.158	4	3
Platea n. 515	Platea	001	20.000	112.056	40.000	9861.844	4	3
Platea n. 546	Platea	001	20.000	66.963	40.000	3521.755	4	3
Platea n. 547	Platea	001	20.000	74.492	40.000	4358.193	4	3
Platea n. 548	Platea	001	20.000	75.898	40.000	4524.233	4	3
Platea n. 549	Platea	001	20.000	75.897	40.000	4524.206	4	3
Platea n. 550	Platea	001	20.000	75.898	40.000	4524.233	4	3
Platea n. 551	Platea	001	20.000	75.898	40.000	4524.234	4	3
Platea n. 552	Platea	001	20.000	82.743	40.000	5377.117	4	3
Platea n. 553	Platea	001	20.000	82.743	40.000	5377.145	4	3
Platea n. 554	Platea	001	20.000	82.743	40.000	5377.118	4	3
Platea n. 555	Platea	001	20.000	75.826	40.000	4515.698	4	3
Platea n. 567	Platea	001	20.000	112.055	40.000	9861.712	4	3
Platea n. 568	Platea	001	20.000	112.053	40.000	9861.383	4	3
Platea n. 569	Platea	001	20.000	102.782	40.000	8297.084	4	3
Platea n. 570	Platea	001	20.000	102.781	40.000	8296.921	4	3
Platea n. 571	Platea	001	20.000	102.780	40.000	8296.658	4	3
Platea n. 572	Platea	001	20.000	102.779	40.000	8296.591	4	3
Platea n. 573	Platea	001	20.000	100.874	40.000	7991.936	4	3
Platea n. 574	Platea	001	20.000	90.678	40.000	6457.988	4	3
Platea n. 577	Platea	001	20.000	95.911	40.000	7224.875	4	3
Platea n. 578	Platea	001	20.000	95.911	40.000	7224.750	4	3
Platea n. 579	Platea	001	20.000	95.910	40.000	7224.628	4	3
Platea n. 580	Platea	001	20.000	112.374	40.000	9917.892	4	3
Platea n. 581	Platea	001	20.000	75.954	40.000	4531.001	4	3
Platea n. 582	Platea	001	20.000	95.907	40.000	7224.265	4	3
Platea n. 583	Platea	001	20.000	90.861	40.000	6484.063	4	3
Platea n. 603	Platea	001	20.000	76.500	40.000	4596.346	4	3
Platea n. 605	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.000	4	3
Platea n. 606	Platea	001	20.000	82.997	40.000	5410.165	4	3
Platea n. 607	Platea	001	20.000	82.997	40.000	5410.167	4	3
Platea n. 608	Platea	001	20.000	74.464	40.000	4355.000	4	3
Platea n. 609	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.000	4	3
Platea n. 610	Platea	001	20.000	58.957	40.000	2730.000	4	3
Platea n. 611	Platea	001	20.000	80.461	40.000	5084.594	4	3
Platea n. 612	Platea	001	20.000	74.478	40.000	4356.571	4	3
Platea n. 613	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.000	4	3
Platea n. 614	Platea	001	20.000	82.997	40.000	5410.165	4	3
Platea n. 615	Platea	001	20.000	82.997	40.000	5410.167	4	3
Platea n. 616	Platea	001	20.000	74.464	40.000	4355.000	4	3
Platea n. 617	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.000	4	3
Platea n. 618	Platea	001	20.000	58.957	40.000	2730.000	4	3
Platea n. 619	Platea	001	20.000	76.500	40.000	4596.346	4	3
Platea n. 621	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.000	4	3
Platea n. 622	Platea	001	20.000	82.997	40.000	5410.165	4	3
Platea n. 623	Platea	001	20.000	82.997	40.000	5410.167	4	3
Platea n. 624	Platea	001	20.000	74.464	40.000	4355.000	4	3
Platea n. 625	Platea	001	20.000	73.345	40.000	4225.000	4	3
Platea n. 626	Platea	001	20.000	58.957	40.000	2730.000	4	3
Platea n. 627	Platea	001	20.000	26.498	40.000	551.467	4	3
Platea n. 628	Platea	001	20.000	20.015	40.000	314.629	4	3
Platea n. 629	Platea	001	20.000	29.194	40.000	669.404	4	3
Platea n. 630	Platea	001	20.000	34.934	40.000	958.484	4	3
Platea n. 631	Platea	001	20.000	36.949	40.000	1072.249	4	3
Platea n. 632	Platea	001	20.000	35.028	40.000	963.628	4	3
Platea n. 633	Platea	001	20.000	36.991	40.000	1074.690	4	3
Platea n. 634	Platea	001	20.000	28.934	40.000	657.516	4	3
Platea n. 637	Platea	001	20.000	70.181	40.000	3868.323	4	3
Platea n. 638	Platea	001	20.000	65.602	40.000	3380.075	4	3
Platea n. 639	Platea	001	20.000	60.680	40.000	2891.843	4	3
Platea n. 640	Platea	001	20.000	52.166	40.000	2137.298	4	3
Platea n. 641	Platea	001	20.000	64.943	40.000	3312.524	4	3
Platea n. 642	Platea	001	20.000	48.957	40.000	1882.452	4	3

Platea n. 643	Platea	001	20.000	67.284	40.000	3555.596	4	3
Platea n. 644	Platea	001	20.000	75.287	40.000	4451.682	4	3
Platea n. 645	Platea	001	20.000	74.318	40.000	4337.918	4	3
Platea n. 646	Platea	001	20.000	65.712	40.000	3391.372	4	3
Platea n. 647	Platea	001	20.000	63.333	40.000	3150.310	4	3
Platea n. 648	Platea	001	20.000	51.369	40.000	2072.484	4	3
Platea n. 764	Platea	001	20.000	35.260	40.000	976.481	3	3
Platea n. 769	Platea	001	20.000	36.654	40.000	1055.167	4	3
Platea n. 770	Platea	001	20.000	38.689	40.000	1175.589	4	3
Platea n. 771	Platea	001	20.000	30.639	40.000	737.302	4	3
Platea n. 772	Platea	001	20.000	45.330	40.000	1613.849	4	3
Platea n. 773	Platea	001	20.000	38.688	40.000	1175.576	4	3
Platea n. 774	Platea	001	20.000	38.688	40.000	1175.576	4	3
Platea n. 775	Platea	001	20.000	36.577	40.000	1050.776	4	3
Platea n. 776	Platea	001	20.000	40.690	40.000	1300.342	4	3
Platea n. 777	Platea	001	20.000	38.688	40.000	1175.575	4	3
Platea n. 778	Platea	001	20.000	36.654	40.000	1055.167	4	3
Platea n. 779	Platea	001	20.000	36.654	40.000	1055.167	4	3
Platea n. 780	Platea	001	20.000	36.654	40.000	1055.167	4	3
Platea n. 781	Platea	001	20.000	16.827	40.000	222.383	4	3
Platea n. 782	Platea	001	20.000	32.563	40.000	832.784	4	3
Platea n. 783	Platea	001	20.000	48.434	40.000	1842.415	4	3
Platea n. 792	Platea	001	20.000	46.052	40.000	1665.637	4	3
Platea n. 793	Platea	001	20.000	46.052	40.000	1665.637	4	3
Platea n. 794	Platea	001	20.000	36.471	40.000	1044.660	4	3
Platea n. 795	Platea	001	20.000	53.957	40.000	2286.614	4	3
Platea n. 796	Platea	001	20.000	46.052	40.000	1665.636	4	3
Platea n. 797	Platea	001	20.000	43.539	40.000	1488.813	4	3
Platea n. 798	Platea	001	20.000	46.052	40.000	1665.637	4	3
Platea n. 799	Platea	001	20.000	43.629	40.000	1495.000	4	3
Platea n. 800	Platea	001	20.000	43.629	40.000	1495.000	4	3
Platea n. 801	Platea	001	20.000	43.629	40.000	1495.000	4	3
Platea n. 802	Platea	001	20.000	43.629	40.000	1495.000	4	3
Platea n. 803	Platea	001	20.000	21.043	40.000	347.794	4	3
Platea n. 804	Platea	001	20.000	38.219	40.000	1147.206	4	3

Elemento n.	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon. cm	Base Eq. cm	Spessore cm	Lung. Eq. cm	Lung. Travata Eq. cm
Macro n. 3	Macro-Platea	001	20.000	798.545	40.000	1266.151	1266.151

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

Ai fini dei calcoli di portanza le sollecitazioni sismiche saranno considerate moltiplicate per un coef. $\Gamma_{RD} = 1.10$

La verifica nei confronti dello Stato Limite di Danno viene eseguita determinando il carico limite della fondazione per le corrispondenti azioni di SLD, impiegando i coefficienti parziali γ_R di cui alla tabella 7.11.II.

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportati solo i casi maggiormente gravosi per ogni tipo di combinazione e le relative verifiche.

Macro platea: 3

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0360 daN/cm²

$Q_{lim} = Q_{lim\ c} + Q_{lim\ q} + Q_{lim\ g} + Q_{res\ P} = 1.0561 + 0.0157 + 0.0000 + 0.1136$

$Q_{max} / Q_{lim} = 0.5614 / 1.1854 = 0,474$ Ok (Cmb. n. 003)

$TB / T_{lim} = 0.0 / 430084.9 = 0,000$ Ok (Cmb. n. 003)

$TL / T_{lim} = 0.0 / 424567.1 = 0,000$ Ok (Cmb. n. 003)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ²	T.T. max daN/cm ²
003	SLU STR	No	35.824	-19.569	0.0	0.0	-679698.9	-0.2836	-0.5614

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0360 daN/cm²

$Q_{lim} = Q_{lim\ c} + Q_{lim\ q} + Q_{lim\ g} + Q_{res\ P} = 0.9803 + 0.0157 + 0.0000 + 0.1136$

$Q_{max} / Q_{lim} = 0.5749 / 1.1096 = 0,518$ Ok (Cmb. n. 023)

$TB / T_{lim} = 47954.7 / 316436.8 = 0,152$ Ok (Cmb. n. 023)

$TL / T_{lim} = 54565.2 / 324274.8 = 0,168$ Ok (Cmb. n. 037)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
-----	------	-------	--------	--------	-------------	-------------	------------	----------	----------

n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
023	SLV A1	Si	113.565	32.793	43595.2	23225.3	-427971.4	-0.0488	-0.5227
037	SLV A1	Si	85.068	69.147	20279.9	49604.7	-425274.8	-0.0970	-0.4603

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLD sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0360 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 0.9740 + 0.0157 + 0.0000 + 0.1136

Qmax / Qlim = 0.5859 / 1.1033 = 0,531 Ok (Cmb. n. 055)

TB / TBlim = 50841.6 / 309891.0 = 0,164 Ok (Cmb. n. 055)

TL / TLlim = 57853.6 / 318487.3 = 0,182 Ok (Cmb. n. 069)

Sollecitazioni:

Cmb n.	Tipo	Sism.	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm ²	T.T. max daN/cm ²
055	SLD	Si	117.908	35.031	46219.6	24632.6	-428298.3	-0.0413	-0.5326
069	SLD	Si	87.733	73.577	21507.2	52594.2	-425439.4	-0.0925	-0.4680

PROVINCIA DI PARMA COMUNE DI BEDONIA

STUDIO GEOLOGICO-SISMICO RELATIVO ALL'INTERVENTO DI RIPRISTINO E MANUTENZIONE DELLA PASSERELLA DI ATTRAVERSAMENTO CICLO-PEDONALE DEL T. PELPIRANA



AREA "GIARDINI PUBBLICI"

RELAZIONE GEOLOGICO – SISMICA

Committente:
Comune di Bedonia

Redazione:
Dott. Geol. Gabriele Oppo



Vicolo San Clemente N° 1, Borgo Val di Taro (PR)

Agosto 2019

INDICE

1 - PREMESSA	5
2 - ASSETTO GEOLOGICO DELL' AREA STUDIATA	11
3 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	13
3.1 - STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA	13
4 - SISMICITÀ	23
4.1 - QUADRO SISMOTETTONICO DELL' APPENNINO SETTENTRIONALE	23
4.2 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	26
4.2.1 - PRINCIPI BASE DELLE METODOLOGIE SISMICHE UTILIZZATE	27
4.2.2 - PARAMETRO V_s , eq	31
4.2.3 - CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	34
4.2.4 - FREQUENZA DI RISONANZA IN SITO	35
4.3 - ANALISI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	36
4.3.1 - COMUNE DI BEDONIA	37
4.3.2 - AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	43
4.4 - VERIFICA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE	48
CONCLUSIONI	49
ALLEGATI	53

- **ALLEGATO A - DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**
- **ALLEGATO B - INDAGINI PENETROMETRICHE**
- **ALLEGATO C - PROSPEZIONE GEOFISICA**
- **ALLEGATO D - SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO**
- **TAVOLA 1 - C.T.R (scala 1:5.000);**
- **TAVOLA 2 - VINCOLO IDROGEOLOGICO (scala 1:25.000)**
- **TAVOLA 4 - ORTOFOTO AGEA 2011 (scala 1:2.000);**
- **TAVOLA 5 - CARTA DEL DISSESTO (scala 1:5.000).**
- **TAVOLA 6 - CARTA GEOLOGICA (scala 1:5.000).**

1 - PREMESSA

Il presente studio è volto ad approfondire le caratteristiche geologico-sismiche di un'area di proprietà del **Comune di Bedonia**, sita in corrispondenza della passerella di attraversamento ciclo-pedonale del T. Pelpirana (Fig. 1.1) in cui è previsto un intervento di manutenzione e ripristino (L.R. n. 6 del 06/07/2009).

La seguente relazione non è necessaria al conseguimento dell'autorizzazione per operare sui detti terreni, ai sensi del R. D. N°3267 del 31/12/1923 e della successiva L. R. N°47 del 07/12/1978, dal momento che l'area di interesse è esclusa dalle zone sottoposta al "*Vincolo Idrogeologico*" (TAVOLA 2); viene inoltre espressa una valutazione generale sulla fattibilità geologica dell'intervento previsto.



Fig. 1. 1 - Panoramica sull' area comunale interessata dall'intervento di manutenzione e ripristino: "Area Giardini Pubblici - Campo Breje".

Si è proceduto all'esecuzione d'indagini geognostiche di varia natura, come previsto dal D.M. 11.3.88, dal D.M. 14.1.2008 e dal D.M. 17.01.2018.

In particolare sono state eseguite:

- **n°3 indagini penetrometriche DPSH-CPTM** con penetrometro dinamico/statico super pesante.

Tali indagini hanno consentito di definire le unità geotecniche presenti e hanno permesso la caratterizzazione fisico meccanica dei terreni di fondazione.

Inoltre, per verificare il comportamento sismico dell'area, ottemperando a quanto previsto dalle NTC18, si è fatto riferimento alle indagini geofisiche eseguite nello "*Studio di Microzonazione Sismica di 3° livello*" del territorio comunale, approvato dal Dipartimento di Protezione Civile nel (OCDPC 344/2016 (DGR 2188/2016, DD 8757/2017); approvato nel Maggio 2019.

Tali indagini hanno consentito di stabilire la risposta sismica locale in sito, definendo il profilo di velocità delle onde sismiche di taglio (V_s , eq) e la categoria sismica del suolo di fondazione.

La modellazione geologica ha infine permesso di analizzare ed evidenziare l'esistenza di eventuali criticità o di rischi di tipo idrogeologico o geomorfologico.

Ulteriori informazioni sulla stabilità idrogeologica e sulle caratteristiche di portanza dei terreni interessati, sono state ricavate dall'osservazione diretta sulle condizioni della viabilità locale e degli edifici presenti negli intorni dell'area oggetto di studio.

Cartograficamente, l'area in esame è compresa nel:

- Foglio n°215 - "Bedonia" (scala 1:50.000), Regione Emilia Romagna;
- Tavola C.T.R n°215NE "Bedonia" (scala 1:25.000), Regione Emilia Romagna;
- Sezione C.T.R. 215080 - "Bedonia" (scala 1:10.000), Regione Emilia Romagna;
- Elemento 215082 - "Bedonia" (scala 1:5.000), Regione Emilia Romagna;

Il lotto di terreno qui indagato è individuabile in dettaglio nelle tavole presentate in allegato a corredo della seguente relazione (TAVOLA 1-6).

In particolare l'area di interesse:

- rientra in una "**zona di tutela ambientale ed idraulica dei corsi d'acqua**" (Tavola C1-8 del P.T.C.P.), essendo classificata come:
 - "**Ambito A1 - Alveo**";
 - "**Ambito A2**" (art. 12 e 13 del P.T.C.P.);
 - "**Area di inondazione per piena catastrofica**" (Fascia C);
 - "**Corso d'acqua meritevole di tutela**".
- non è considerata fra le aree soggette al "*Vincolo Idrogeologico*" (ai sensi del R. D. N°3267 del 31/12/1923 e della successiva L. R. N°47 del 07/12/1978);
- non risulta iscritta fra le aree della "*Rete Natura 2000*" (SIC e ZPS);
- non fa parte di "*Aree boscate*" (Tavole C3-8 della "*Carta forestale del P.T.C.P.*").

Analizzando nel dettaglio la "*Carta del Dissesto della Provincia di Parma*" allegata al P.T.C.P. (Tavola C2 - Sezione C.T.R. 215080 - "Bedonia"; TAVOLA 5), si può notare come la zona oggetto dell'intervento sia stata classificata "**a pericolosità geomorfologica moderata**", pertanto andranno adottate misure tali da adempiere quanto indicato nelle "N.T.A - Norme Tecniche di Attuazione" del P.T.C.P (**Art. 22 bis**).

Dall'analisi della "*Carta del rischio ambientale e dei principali interventi di difesa*" (Tavola C4-2 del P.T.C.P. - "Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale") si può osservare come la suddetta area non presenti condizioni particolari di rischio idrogeologico e idraulico, né tantomeno condizioni di rischio ambientale e inquinamento dato dalla presenza di attività antropiche; tuttavia particolare attenzione è stata posta nella definizione della risposta sismica locale e nella classificazione sismica del sottosuolo, dal momento che il Comune di **Bedonia** rientra fra i comuni dichiarati sismici (**Zona 2** - All. A all All.1 dell Ord. 3274/2003).

A seguito della consultazione delle tavole a corredo del P.S.C. comunale vigente (Tavola 9), disponibile online al seguente indirizzo internet:

- <http://www.comune.bedonia.pr.it/tag/urbanistica>;

l'area viene classificata come:

- AC - AMBITI URBANI CONSOLIDATI (art. 5);
 - AC-1 - Ambiti urbani consolidati del capoluogo.
- AVN - AMBITO DI VALORE NATURALE ED AMBIENTALE (art. 11);
 - Subambito della tutela fluviale: fasce di tutela fluviale;
 - Limite della Fascia – A.
- ARN - AREE INTERESSATE DA RISCHI NATURALI (art. 12);
 - Ambiti a rischio di inondazione;

Nei successivi capitoli dell'elaborato vengono presentati:

- **Modello stratigrafico** → Inquadramento geologico dell'area e il suo assetto stratigrafico-strutturale (Cap. 2);
- **Modello geologico-geotecnico** → Risultati delle indagini geognostiche e la parametrizzazione geotecnica dei terreni (Cap. 3);
- **Modello sismico** → Caratterizzazione sismica dei terreni e l'analisi di pericolosità sismica dell'area (Cap. 4).
- **Eventuali verifiche** → Calcolo di stabilità del pendio, ecc... (Cap. 5 e successivi)

Infine, nelle **Conclusioni** si esprime una valutazione sommaria sulle caratteristiche dell'area da un punto di vista geologico-geomorfologico e sismico, in base a quanto si è potuto desumere dallo studio di dettaglio.

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

R.D. n. 3267 del 30 dicembre 1923 "*Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani*"; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 17 maggio 1924, n. 117.

D.M. 11 marzo 1988 "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*"; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 1 Giugno 1988 - Suppl. Ordinario n. 127.

Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24 settembre 1988 "*Istruzioni relative alle D.M. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*.

Legge 18 maggio 1989, n. 183 *"Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"*; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 25 maggio 1989, n. 120.

D.M. 14 febbraio 1997 *"Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione, da parte delle Regioni, delle aree a rischio idrogeologico"*; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 6 marzo 1997, n. 54.

D.L. 11 giugno 1998, n. 180 *"Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania"*; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale dell'11 giugno 1998, n. 134.

D.P.R. 5 giugno 2001, n. 328 pubblicata nella G.U. n. 190 del 17-8-2001-Suppl. Ordinario n.212).*"Regolamento attuativo dell'art. 1, comma 18 della legge 4/99 - Modifiche e integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove delle professioni di dottore agronomo e dottore forestale, agrotecnico, architetto, assistente sociale, attuario, biologo, chimico, geologo, geometra, ingegnere, perito agrario, perito industriale, psicologo, nonché della disciplina del relativo ordinamento"*; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del del 17 agosto 2001, n. 190 - Suppl. Ordinario n.212.

D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 *"Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"*; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 20 ottobre 2001, n. 245 - Suppl. Ordinario n. 239

Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*."; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del n. 105 del 8 maggio 2003 - Suppl. Ordinario n. 72.

Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003 *"Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003"*; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 10 ottobre 2003, n. 236.

D.M. 14 Gennaio 2008 *"Nuove Norme tecniche per le costruzioni "*.;
Circ. 2 febbraio 2009 n. 617 C.S. LL. PP. - *"Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"*; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29.

D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle *Norme tecniche per le costruzioni*"; pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018, n. 8.

Normativa di riferimento regionale - Regione Emilia Romagna.

2 - ASSETTO GEOLOGICO DELL' AREA STUDIATA

Le Unità affioranti nell'area di studio (TAVOLA 6) appartengono al Dominio Ligure e al Dominio Padano-Adriatico. Le Unità Liguridi sono costituite da torbiditi calcaree del Campaniano-Maastrichtiano comunemente indicate con il nome di “*Flysch ad elmintoidi*”, e/o da torbiditi e depositi clastici grossolani conosciuti in letteratura come “*Complessi di Base*”.

In questo settore di Appennino Settentrionale, sulla base dell'età e della composizione mineralogica, è possibile distinguere queste caratteristiche successioni in almeno quattro unità tettoniche:

- Unità Ottone;
- Unità Monte delle Tane;
- Unità Orocco;
- Unità Media Val Taro.

I rapporti strutturali tra queste unità risultano di difficile riconoscimento e interpretazione a causa dalla presenza di più fasi deformative.

Il “*Flysch ad elmintoidi*” affiorante in carta (TAVOLA 6), appartiene esclusivamente all'Unità Ottone OTO (vedi Foglio 215) che nella **Sezione C.T.R. 215080 - “Bedonia”** viene genericamente indicata come Unità Caio – CAO.

Il settore occidentale di TAVOLA 6 è caratterizzato dalla presenza delle “**Argille a Palombini di Monte Rizzone - AMR**”, appartenenti all' “**Unità Media Val Taro**”, che sono in sovrascorrimento sull' “**Unità Caio - CAO**”;

A NE affiora invece una considerevole porzione del “**Sintema di Compiano - SCM**”, appartenente alla “Successione continentale Plio-Pleistocenica”.

Quest'ultimo, insieme alle unità liguridi, sono in contatto erosivo con i soprastanti terrazzi alluvionali appartenenti al “Supersintema Emiliano-Romagnolo” quali “**Subsintema di Ravenna - AES8**” e “**Unità di Modena - AES8a**”, che li sigillano e tendono a riempire le depressioni vallive.

In ultimo si possono riconoscere i depositi recenti privi di una formale connotazione stratigrafica legati essenzialmente a fenomeni gravitativi e a processi di dinamica fluviale recente.

Per i dettagli specifici relativi alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche delle varie unità, ed i loro rapporti strutturali, si rimanda alla consultazione della:

- “**Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000**”:

Foglio n°215 - “Bedonia” (scala 1:50.000) consultabile al seguente indirizzo internet:

- Carta Geologica

http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/215_BEDONIA/Foglio.html

- Note Illustrative:

http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/215_Bedonia.pdf

- **Carta geologica della Sezione C.T.R. 215080 - “Bedonia”** (scala 1:10.000), Regione Emilia Romagna, consultabili al seguente indirizzo internet:

https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss/user/viewer.jsp?service=geologia

CONSIDERAZIONI

L'area di studio è situata nella porzione SE del territorio comunale di Bedonia, circa 100m a S rispetto al centro storico del capoluogo.

Analizzando nel dettaglio la sezione geologica di interesse alla scala 1:10.000, si evidenzia come il sito si vada a localizzare sul fondovalle, al di sopra dei depositi alluvionali classificati come appartenenti all'Unità di Modena (AES8a).

Il particolare, il lotto si colloca ad una quota di circa 497m s.l.d.m in corrispondenza di Via Piave/Via dello Sport, nell'area di accesso meridionale ai giardini pubblici comunali.

In generale, gli impluvi raccolgono e drenano le acque meteoriche verso il collettore principale della rete idrica superficiale, rappresentato dal T. Pelpirana, immissario in sinistra orografica del F. Taro; in particolare, sul versante in destra orografica, viene favorito lo sviluppo di una serie di rii, canali e fossi a direzione circa NW-SE ed W-E.

I depositi gravitativi di versante, come già accennato in precedenza, molto spesso interessano la coltre superficiale più intensamente alterata delle unità presenti, soprattutto in corrispondenza degli impluvi dove la componente argillosa è prevalente; i depositi alluvionali recenti si sviluppano unicamente in corrispondenza dell'alveo in evoluzione del T. Pelpirana.

Il locale assetto strutturale delle unità cartografate può essere così definito: il substrato geologico è costituito dalla unità liguridi del "Flysch di M. Caio". In sinistra orografica del T. Pelpirana, al di sopra di queste unità liguridi è sedimentata la successione continentale plio-pleistocenica del "Sintema di Compiano", poi a sua volta sovraincisa ed erosa dalle unità più recenti del "Sintema Emiliano Romagnolo Superiore" (AES); in destra orografica invece, i depositi del "Sintema di Compiano" non sono affioranti (almeno in questo settore) mentre è presente un sovrascorrimento delle "Argille a Palombini di Monte Rizzone" al di sopra del Flysch di M.Caio - CAO" (entrambe di derivazione liguride).

Non si riscontrano segni di recente instabilità nelle infrastrutture viarie e nelle abitazioni della zona, né tantomeno fenomeni rilevanti di dissesto idrogeologico

Diverse sono le indagini geognostiche realizzate nell'intorno dell'area di studio, e in particolare durante la "Microzonazione sismica di 3° livello" del territorio comunale, approvata dal DPC nel Maggio 2019.

Alcune di queste sono servite per verificare gli spessori delle varie unità tettonico-stratigrafiche in corrispondenza del fondovalle, consentendo anche una classificazione sismica del sottosuolo, ma vista la tipologia di intervento che si prospettava, si è ritenuto indispensabile procedere con un ulteriore approfondimento per definirne con maggior dettaglio le proprietà geotecniche degli intervalli litologici attesi.

3 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

La campagna geognostica (Fig. 3.1) è stata finalizzata alla definizione dell'assetto stratigrafico, nonché alla caratterizzazione geotecnica dei terreni nei primi metri di sottosuolo, al fine della progettazione dell'opera. Le metodologie di indagine e la loro distribuzione areale sul lotto di interesse, sono state scelte in funzione dello scopo che si prefiggeva il presente studio, sulla base del modello geologico atteso.

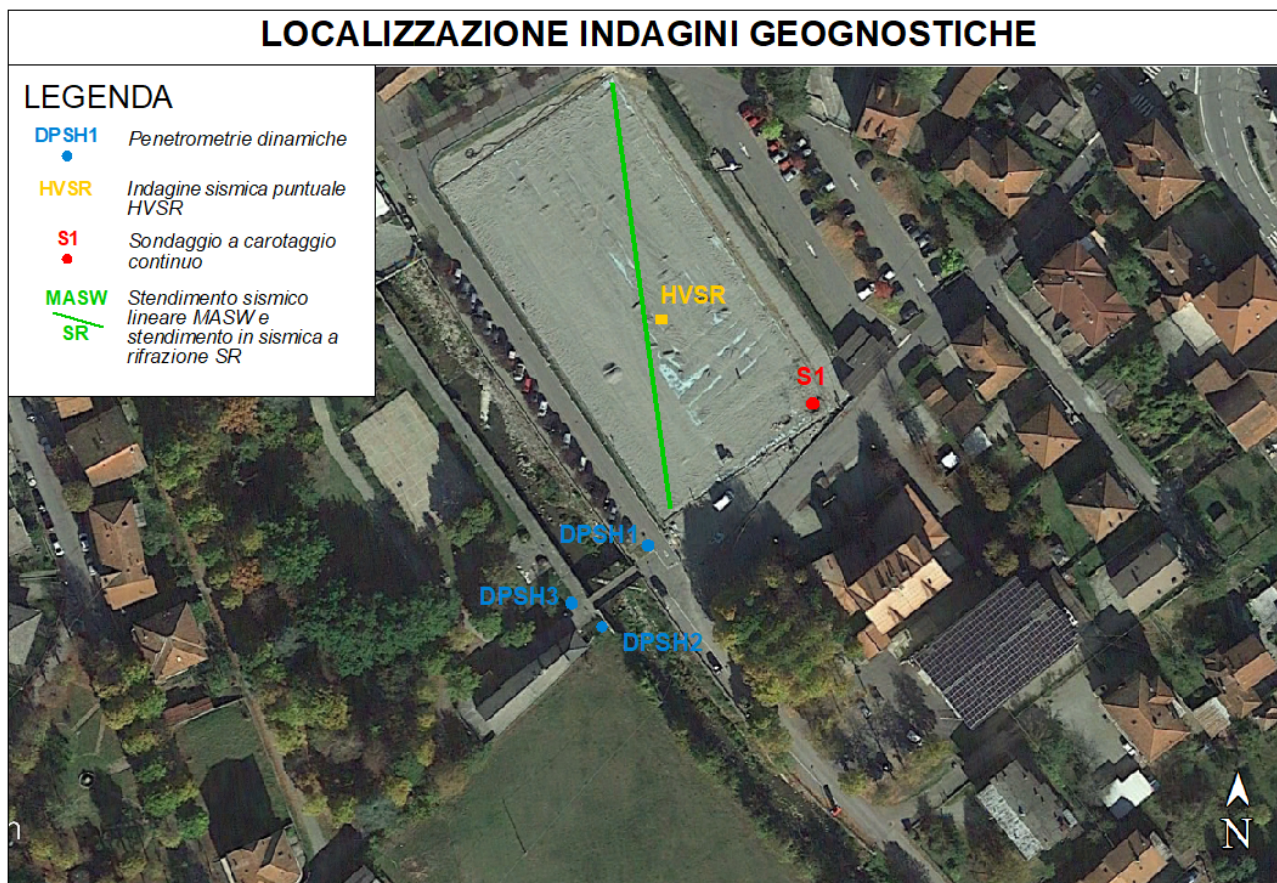


Fig. 3. 1 - Foto aerea con localizzazione dell'area di intervento edilizio e delle indagini geognostiche realizzate per la caratterizzazione del terreno (ALLEGATI B-C-D).

In particolare si è proceduto con la realizzazione di:

- **n. 3** indagini penetrometriche dinamiche (**DPSH1- DPSH2- DPSH3**), eseguite in data **10 Luglio 2019**, col fine di ricavare i parametri geotecnici rappresentativi.

3.1 - STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Le successive elaborazioni ed interpretazioni dei dati hanno consentito di definire il modello geologico del terreno attraversato, separando fra loro gli strati con comportamento litotecnico differente. Questo ha consentito di definire una stratigrafia di base, attribuendo a ciascun orizzonte individuato dei valori rappresentativi dei principali parametri geotecnici del terreno, indispensabili per le successive valutazioni di carattere applicativo. I riferimenti riguardanti le correlazioni utilizzate per calcolare i suddetti parametri sono presentati anch'essi in ALLEGATO B.

Per l'elaborazione dei dati ricavati dalle indagini penetrometriche statiche e dinamiche è stato utilizzato il software "P.G.S - Versione 2.1.1" presente nel volume redatto da A. Bruschi, "Interpretazione di prove geotecniche in sito", Dario Flaccovio Editore".

CONSIDERAZIONI

Sulla base del sondaggio a carotaggio continuo eseguito nello studio di "Microzonazione sismica di 3° livello" (ALLEGATO D) si è raggiunta la profondità di circa 20m da p.c., con uno spessore dell'alluvione che si attestava a circa 3m e la presenza di un livello di ghiaie a circa 2,20m da p.c.. Con la campagna di indagini penetrometriche eseguite (DPSH1-DPSH2 e DPSH3)(ALLEGATO B) non ci si è spinti fino a questa profondità, ma si è comunque stati in grado di definire con maggior dettaglio la stratigrafia esistente, andando in parte a confermare quanto si prospettava dai dati preliminari.

Dal momento che le litostratigrafie desunte non erano correlabili fra loro (se non unicamente per il **LIVELLO A**, che molto probabilmente rappresenta del terreno di riempimento, si è scelto di analizzare separatamente l'indagine DPSH1, eseguita in sponda sinistra, dalle indagini DPSH2-DPSH3, eseguite in sponda destra, fornendo in ultimo due "modelli geotecnici" distinti.

Le indagini geognostiche effettuate in corrispondenza dell'area di studio, sono rappresentative di una situazione in cui si evidenzia la presenza di **unità litotecniche (LIVELLI A-B-C-D)** che possono essere distinte l'una dall'altra per il differente grado di addensamento e consistenza raggiunto, come testimoniato dai valori caratteristici (**Tabella 3.1; Tabella 3.2; Tabella 3.3 Tabella 3.4**) (ALLEGATO B) di :

- Rp-RI misurati e dai valori di Qc, Fs e Fr calcolati per le indagini penetrometriche statiche;
- Qd e Rd calcolati per le indagini penetrometriche dinamiche.

I punti di indagine possono ragionevolmente considerarsi alla stessa quota.

La **DPSH1** si è spinta fino alla profondità di -8,4 m da p.c., ed è poi stata interrotta.

La **DPSH2** si è spinta fino alla profondità di -4,2m da p.c., andando a rifiuto.

La **DPSH3** si è spinta fino alla profondità di -6,0 m da p.c., andando a rifiuto.

Nelle tre prove eseguite non si è incontrata la falda.

Lungo la verticale DPSH1 si è incontrato il **LIVELLO B** di natura granulare approssimativamente alla profondità che indicava il sondaggio (2,60 m invece di 2,20), mentre lo stesso non è avvenuto lungo le verticali DPSH2-3; questo indica una ridotta continuità laterale del corpo ghiaioso più superficiale in corrispondenza della sponda destra.

Per l'elaborazione del "Modello geotecnico di sintesi - Sponda destra T.Pelipirana", si è ritenuta più attendibile l'indagine DPSH3, in virtù del fatto che, l'indagine DPSH2 è stata realizzata a ridosso del muro, e potrebbe essere andata a rifiuto in corrispondenza del piede del muro stesso

Per i dettagli di ciascuna indagine si rimanda alle **Tabelle 3.1 e 3.3** mentre in **Tabella 3.2 e 3.4** viene presentato il "**Modello geotecnico di sintesi**" a cui fare riferimento.

La recente normativa tecnica impone che i parametri determinati nella modellizzazione del terreno (**Tabella 3.1; Tabella 3.2**) vengano ricavati dai valori medi degli stessi con associata una possibilità di non superamento del 5%.

Per ottenere i parametri di progetto da utilizzare nelle verifiche agli SLU e SLE, a questi andranno applicati i coefficienti parziali specifici per l'opera da realizzarsi, come indicato nel D.M. 17/01/2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni) (vedi per esempio *Tabella 6.2.II e Tabella 6.4.I e 6.4.II*).

Il Progettista si assume la responsabilità per ogni decisione definitiva in merito all'utilizzo dei suddetti parametri, nonché alla tipologia di fondazione da adottare in fase di progettazione.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 3.1 - Parametrizzazione geotecnica relativa agli intervalli stratigrafici identificati - Sponda sinistra orografica T. Pelpirana

PARAMETRI	DPSH1		VALORI RAPPRESENTATIVI													
	Stessa quota rispetto altre indagini		LITOSTRATIGRAFIA DI SINTESI													
Profondità Rd γ φ φ v.c. Id Cu Md E G0	Livello 1a - Semicoesivo Litotipo ML	da 0,0 a -2,6m 3,9 MPa 17,5 (kN/m3) - - - 60 KPa 7,5 MPa 2,9 MPa 46 Mpa	LIVELLO A	ML Semicoesivo	← Vedi a Lato 3,9 MPa 17,5 (kN/m3) - - - 60 KPa 7,5 MPa 2,9 MPa 46 Mpa											
Profondità Rd γ φ φ v.c. Id Cu Md E G0		Livello 1b - Granulare Litotipo GM			da -2,6 a -5,0m 8,9 MPa 18,0 (kN/m3) 32° 28° 33% - 11 MPa 9,6 MPa 65 Mpa	LIVELLO B	GM Granulare	← Vedi a Lato 8,9 MPa 18,0 (kN/m3) 32° 28° 33% - 11 MPa 9,6 MPa 65 Mpa								
Profondità Rd γ φ φ v.c. Id Cu Md E G0					Livello 1c - Coesivo Litotipo ML-CL			da -5,0 a -7,4m 4,3 MPa 19,5 (kN/m3) - - - 140 KPa 11 MPa 2,2 MPa 78 Mpa	LIVELLO C	ML-CL Coesivo	← Vedi a Lato 4,3 MPa 19,5 (kN/m3) - - - 140 KPa 11 MPa 2,2 MPa 78 Mpa					
Profondità Rd γ φ φ v.c. Id Cu Md E G0								Livello 1d - Coesivo Litotipo ML-CL			da -7,4 a -8,4m 8,9 MPa 21,0 (kN/m3) - - - 240 KPa 21,5 MPa 3,6 MPa 125 Mpa	LIVELLO D	ML-CL Coesivo	← Vedi a Lato 8,9 MPa 21,0 (kN/m3) - - - 240 KPa 21,5 MPa 3,6 MPa 125 Mpa		
											Interruzione a - 8,4 m Falda assente					

γ = peso di volume (kN/mc), Rd = resistenza dinamica (MPa), φ = angolo d'attrito di picco (°), φ v.C. = angolo d'attrito a volume costante (°), Id = indice di densità (%), Cu = resistenza al taglio non drenata (kPa), Md = modulo confinato (MPa), E = modulo di Young (MPa), Go = modulo di taglio (MPa)

Conversioni:

- 1 kN/m³ = 0,101937 kg/m³;
- 1 MPa = 10,197 kg/cm² e 1 Kg/cm² è circa 0,1 Mpa per l'esattezza 0,09806 MPa
- 1 kPa = 0,010197 kg/cm² e 1 Kg/cm² è circa 100 Kpa per l'esattezza 98,06 Kpa

* I valori asteriscati inseriti fra parentesi sono rappresentativi di suoli la cui natura non è stata verificata da un raffronto visivo di terreno, motivo per cui vanno utilizzati con le dovute cautele del caso. Nell' indecisione si consiglia comunque di optare per il valore più basso.

L'angolo d'attrito a volume costante "fcv" rappresenta la resistenza al taglio alla condizione di stato critico, in corrispondenza della quale ulteriori deformazioni avvengono senza variazioni di volume.

L'angolo d'attrito di picco è la somma del contributo dovuto al solo attrito fra i grani (stato critico) e quello dovuto all'energia spesa sotto forma di dilatanza necessaria a vincere il mutuo incastro tra i grani.

Nel campo dell'applicazione pratica è prassi comune, ribadita anche nelle normative europee (EC7) e nazionali (NTC08), utilizzare il valore dell'angolo d'attrito di picco nelle analisi di capacità portante di fondazioni superficiali e nelle verifiche di stabilità, e dell'angolo d'attrito a volume costante nelle verifiche dello slittamento sul piano orizzontale (Circolare LLPP2009, paragrafo 6.2.2).

Ancora incerto è quale angolo utilizzare nelle analisi delle fondazioni profonde; alcuni Autori in considerazione che la portata di un palo è governata principalmente dal cedimento, utilizzano l'angolo d'attrito a volume costante.

Per quanto riguarda il "Modulo Elastico" (E) e il "Modulo confinato" (Md), in termini pratici si consiglia l'utilizzo di E quando lo spessore del terreno è grande rispetto alla larghezza della fondazione; di Md quando si verifica il caso opposto.

Il valore di OCR nei terreni coesivi va considerato solo come una prima stima indicativa in quanto il valore della "qc" andrebbe corretto per la pressione interstiziale; la correlazione diretta potrebbe quindi essere utilizzata solo per le prove con piezocono.

Il coefficiente (o indice) di compressibilità è un parametro fondamentale per il calcolo del cedimento primario nei terreni coesivi con il metodo classico di Terzaghi

Tabella 3.2 – “MODELLO GEOTECNICO DI SINTESI” realizzato sulla base degli intervalli stratigrafici identificati sulle verticali di indagine.

MODELLO GEOTECNICO DI SINTESI - SPONDA SINISTRA T. PELPIRANA						
PROFONDITÀ	LIVELLO	NATURA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	N Colpi	VALORI RAPPRESENTATIVI LITOSTRATIGRAFIA DI SINTESI	
da 0,0 a -2,6m	LIVELLO A	Coesiva	<p><i>Terreno di riporto rappresentato da limi argillosi e sabbiosi.</i></p> <p><i>La porzione superficiale (20-30 cm), meno consistente, presenta un più elevato contenuto di materia organica.</i></p> <p><i>Mediamente consistente</i></p>	1-19	γ φ <i>Cu</i> <i>Md</i>	<p>17,5 (kN/m³)</p> <p>* 27-28°</p> <p>60 kPa</p> <p>7,5 MPa</p>
da -2,2 a -3,4m	LIVELLO B	Granulare	<p><i>Ghiaie in matrice limoso-argillosa.</i></p> <p><i>Da poco a mediamente addensato</i></p>	12-24	γ φ <i>Cu</i> <i>Md</i>	<p>18,0 (kN/m³)</p> <p>32°</p> <p>-</p> <p>11 MPa</p>
da -3,4 a -5,8m	LIVELLO C	Coesiva	<p><i>Argilla limosa a tratti sabbiosa di colorazione grigio/verdastra con presenza di concrezioni carbonatiche.</i></p> <p><i>Molto consistente</i></p>	6-10	γ φ <i>Cu</i> <i>Md</i>	<p>19,5 (kN/m³)</p> <p>* 29-32°</p> <p>140 kPa</p> <p>11 MPa</p>
da -5,8 a -7,6m	LIVELLO D	Granulare	<p><i>Argilla limosa a tratti sabbiosa di colorazione grigio/verdastra con presenza di concrezioni carbonatiche.</i></p> <p><i>Estremamente consistente</i></p>	9-18	γ φ <i>Cu</i> <i>Md</i>	<p>21,0 (kN/m³)</p> <p>* >34°</p> <p>240 kPa</p> <p>21,5 MPa</p>

* I valori asteriscati inseriti fra parentesi sono rappresentativi di suoli aventi tipicamente natura coesiva o granulare, motivo per cui rappresentano stime secondo quanto documentato in letteratura e vanno utilizzati con le dovute cautele del caso.

In particolare:

- per i terreni a comportamento più marcatamente coesivo si è cercato di stimare il valore di angolo d'attrito interno;
- per terreni a comportamento granulare si è cercato di fornire un valore della coesione drenata.

Tabella 3.1 - Parametrizzazione geotecnica relativa agli intervalli stratigrafici identificati - Sponda destra orografica T. Pelpirana

PARAMETRI	DPSH2		DPSH3		VALORI RAPPRESENTATIVI																	
	Stessa quota rispetto altre indagini		Stessa quota rispetto altre indagini		LITOSTRATIGRAFIA DI SINTESI																	
Profondità Rd γ φ φ v.c. Id Cu Md E G0	Livello 1a - Semicoesivo Litotipo ML	da 0,0 a -2,8m 3,8 MPa 17,5 (kN/m3) - - - 75 KPa 7,0 MPa 2,0 MPa 49 Mpa	Livello 2a - Semicoesivo Litotipo ML	da 0,0 a -2,8m 5,2 MPa 18,0 (kN/m3) - - - 64 KPa 6,4 MPa 2,9 MPa 44 Mpa	LIVELLO A	ML Semicoesivo	← Vedi a Lato 5,2 MPa 18,0 (kN/m3) - - - 64 KPa 6,4 MPa 2,9 MPa 44 Mpa															
Profondità Rd γ φ φ v.c. Id Cu Md E G0		Livello 1b - Granulare Litotipo GM		da -2,8 a -4,0m 11,2 MPa 21,0 (kN/m3) 42° 32° 60% - 31,6 MPa 27,9 MPa 128 Mpa			Livello 2b - Coesivo Litotipo ML-CL	da -2,8 a -4,2m 1,6 MPa 16,0 (kN/m3) - - - 40 KPa 3,5 MPa 0,7 MPa 30 Mpa	LIVELLO B	ML-CL Coesivo	← Vedi a Lato 1,6 MPa 16,0 (kN/m3) - - - 40 KPa 3,5 MPa 0,7 MPa 30 Mpa											
Profondità Rd γ φ φ v.c. Id Cu Md E G0				Livello 1c - Granulare Litotipo GM				da -4,0 a -4,4m 38,0 MPa 21,0 (kN/m3) 55° 37° 90-100% - 106,9 MPa 88,7 MPa 310 Mpa			Livello 2c - Coesivo Litotipo ML-CL	da -4,2 a -5,4m 7,5 MPa 20,5 (kN/m3) - - - 147 KPa 12,2 MPa 3,4 MPa 82 Mpa	LIVELLO C	ML-CL Coesivo	← Vedi a Lato 7,5 MPa 20,5 (kN/m3) - - - 147 KPa 12,2 MPa 3,4 MPa 82 Mpa							
Profondità Rd γ φ φ v.c. Id Cu Md E G0															Livello 2d - Granulare Litotipo GM	da -5,4 a -6,0m 18,5 MPa 21,0 (kN/m3) 36° 31° 43% - 21,4 MPa 16,5 MPa 108 Mpa	LIVELLO D	GM Granulare	← Vedi a Lato 18,5 MPa 21,0 (kN/m3) 36° 31° 43% - 21,4 MPa 16,5 MPa 108 Mpa			
												Rifiuto strumentale a - 4,2 m Falda assente				Rifiuto strumentale a - 6,0 m Falda assente						

γ = peso di volume (kN/mc), Rd = resistenza dinamica (MPa), φ = angolo d'attrito di picco (°), φ v.c. = angolo d'attrito a volume costante (°), Id = indice di densità (%), Cu = resistenza al taglio non drenata (kPa), Md = modulo confinato (MPa), E = modulo di Young (MPa), Go = modulo di taglio (MPa)

Conversioni:

- 1 kN/m³ = 0,101937 kg/m³;
- 1MPa = 10,197 kg/cm² e 1 Kg/cm² è circa 0,1 Mpa per l'esattezza 0,09806 MPa
- 1kPa = 0,010197 kg/cm² e 1 Kg/cm² è circa 100 Kpa per l'esattezza 98,06 Kpa
-

* I valori asteriscati inseriti fra parentesi sono rappresentativi di suoli la cui natura non è stata verificata da un raffronto visivo di terreno, motivo per cui vanno utilizzati con le dovute cautele del caso. Nell' indecisione si consiglia comunque di optare per il valore più basso.

L'angolo d'attrito a volume costante "fcv" rappresenta la resistenza al taglio alla condizione di stato critico, in corrispondenza della quale ulteriori deformazioni avvengono senza variazioni di volume.

L'angolo d'attrito di picco è la somma del contributo dovuto al solo attrito fra i grani (stato critico) e quello dovuto all'energia spesa sotto forma di dilatanza necessaria a vincere il mutuo incastro tra i grani.

Nel campo dell'applicazione pratica è prassi comune, ribadita anche nelle normative europee (EC7) e nazionali (NTC08), utilizzare il valore dell'angolo d'attrito di picco nelle analisi di capacità portante di fondazioni superficiali e nelle verifiche di stabilità, e dell'angolo d'attrito a volume costante nelle verifiche dello slittamento sul piano orizzontale (Circolare LLPP2009, paragrafo 6.2.2).

Ancora incerto è quale angolo utilizzare nelle analisi delle fondazioni profonde; alcuni Autori in considerazione che la portata di un palo è governata principalmente dal cedimento, utilizzano l'angolo d'attrito a volume costante.

Per quanto riguarda il "Modulo Elastico" (E) e il "Modulo confinato" (M_d), in termini pratici si consiglia l'utilizzo di E quando lo spessore del terreno è grande rispetto alla larghezza della fondazione; di M quando si verifica il caso opposto.

Il valore di OCR nei terreni coesivi va considerato solo come una prima stima indicativa in quanto il valore della " q_c " andrebbe corretto per la pressione interstiziale; la correlazione diretta potrebbe quindi essere utilizzata solo per le prove con piezocono.

Il coefficiente (o indice) di compressibilità è un parametro fondamentale per il calcolo del cedimento primario nei terreni coesivi con il metodo classico di Terzaghi

Tabella 3.2 – “MODELLO GEOTECNICO DI SINTESI” realizzato sulla base degli intervalli stratigrafici identificati sulle verticali di indagine.

MODELLO GEOTECNICO DI SINTESI - SPONDA DESTRA T. PELPIRANA						
PROFONDITÀ	LIVELLO	NATURA	DESCRIZIONE LITOLOGICA	N° colpi	VALORI RAPPRESENTATIVI LITOSTRATIGRAFIA DI SINTESI	
da 0,0 a -2,8m	LIVELLO A	Semicoesiva	<p><i>Terreno di riporto rappresentato da limi argillosi e sabbiosi.</i></p> <p><i>La porzione superficiale (20-30 cm), meno consistente, presenta un più elevato contenuto di materia organica.</i></p> <p><i>Mediamente consistente</i></p>	3-12	γ φ <i>Cu</i> <i>Md</i>	<p>18,0 (kN/m³)</p> <p>* 27-28°</p> <p>64 kPa</p> <p>6,4 MPa</p>
da -2,8 a -4,2m	LIVELLO B	Coesiva	<p><i>Argille limose e Limi argillosi</i></p> <p><i>Da poco a mediamente consistente</i></p>	1-3	γ φ <i>Cu</i> <i>Md</i>	<p>16,0 (kN/m³)</p> <p>* 24-26°</p> <p>40 kPa</p> <p>3,5 MPa</p>
da -4,2 a -5,4m	LIVELLO C	Coesiva	<p><i>Argille limose e Limi argillosi</i></p> <p><i>Molto consistente</i></p>	8-17	γ φ <i>Cu</i> <i>Md</i>	<p>20,5 (kN/m³)</p> <p>* 32-34°</p> <p>147 kPa</p> <p>12,2 MPa</p>
da -5,4 a -6,0m	LIVELLO D	Granulare	<p><i>Ghiaie in matrice limoso-argillosa.</i></p> <p><i>Addensate</i></p>	21-50	γ φ <i>Cu</i> <i>Md</i>	<p>21,0 (kN/m³)</p> <p>36°</p> <p>-</p> <p>21,4 MPa</p>

* I valori asteriscati inseriti fra parentesi sono rappresentativi di suoli aventi tipicamente natura coesiva o granulare, motivo per cui rappresentano stime secondo quanto documentato in letteratura e vanno utilizzati con le dovute cautele del caso.

In particolare:

- per i terreni a comportamento più marcatamente coesivo si è cercato di stimare il valore di angolo d'attrito interno;
- per terreni a comportamento granulare si è cercato di fornire un valore della coesione drenata.

4 - SISMICITÀ

4.1 - QUADRO SISMOTETTONICO DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE

L'Appennino settentrionale sta subendo un raccorciamento parallelo alla catena a seguito del regime compressivo longitudinale indotto dal contesto geodinamico esistente (Fig. 4.1) (Mantovani et alii, 2009a, b, c; Viti et alii, 2011). Si assiste quindi ad un intenso fenomeno deformativo, dato da un insieme di processi tettonici responsabili dell'estrusione, il sollevamento e la deformazione interna di cunei, prevalentemente costituiti dalla copertura sedimentaria.

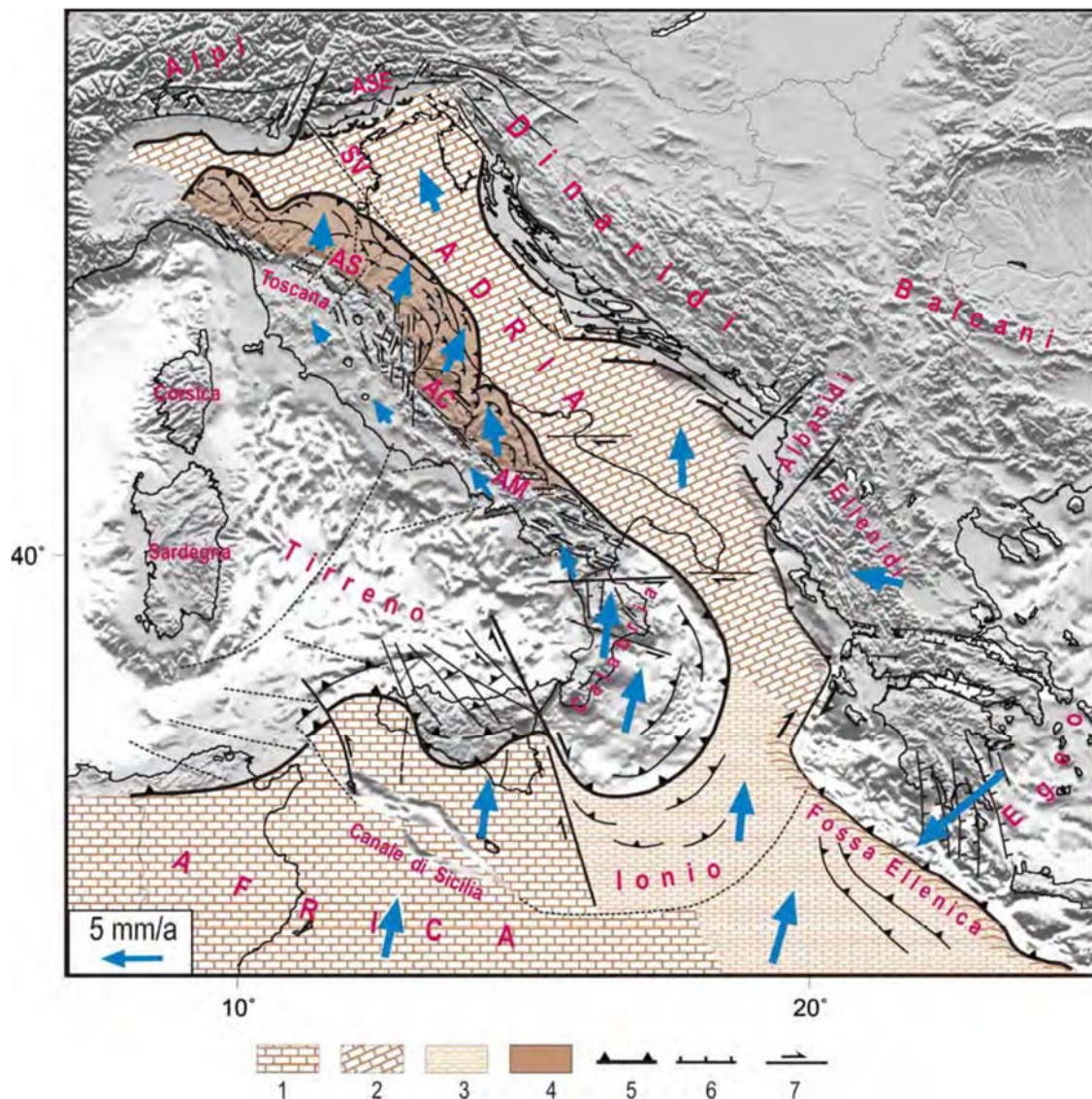


Fig. 4. 1 - Assetto tettonico e cinematica dei blocchi nel Mediterraneo centrale compatibili con il complesso delle deformazioni post-Pleistocene medio (Mantovani et alii, 2009a,b,c). 1-2) domini continentali africano e adriatico 3) dominio oceanico ionico 4) settore esterno della catena appenninica trasportato dalla placca adriatica 5,6,7) principali lineamenti tettonici compressionali, estensionali e trascorrenti. Le frecce blu indicano il quadro cinematica di lungo termine (post-Pleistocene medio) rispetto all'Eurasia. AM=Appennino Meridionale, AC=Appennino Centrale, AS=Appennino Settentrionale, ASE=Alpi Sudorientali, SV=Sistema di faglie Schio-Vicenza.

Dal punto di vista tettonico, l'Appennino settentrionale può essere suddiviso in due parti: il cuneo Romagna-Marche-Umbria (RMU) e il cuneo Tosco-Emiliano (TE) (Fig. 4.2). In particolare, il cuneo Tosco-Emiliano, a seguito della spinta longitudinale del cuneo RMU, tende ad estrudere verso la Val Padana (Fig. 4.2), coinvolgendo prevalentemente la copertura sedimentaria disaccoppiatasi dal suo basamento crostale mediante una faglia a basso angolo (Liguride) immergente verso NE (Fig. 4.3) (e.g., Bernini e Papani, 2002, Argnani et alii, 2003).

Lo spostamento è però fortemente ostacolato dalla presenza nella zona frontale di strutture più profonde, fortemente radicate nel sistema crosta-mantello superiore (Monferrato-Langhe-Alpi Marittime, e.g., Costa, 2003; Mosca et alii, 2010) che si oppongono all'avanzamento del cuneo TE. Questo ha comportato la generazione di un sistema transpressivo in grado di trasferire lateralmente parte del raccorciamento imposto, a partire dalla zona di Compiano, dove sono evidenziate deformazioni transpressive (Bernini et alii, 1994), proseguendo molto probabilmente lungo la direttrice Bedonia-Varzi fino a raggiungere la zona sismotettonica Villalvernia-Varzi (Cattaneo et alii, 1986, Tomaselli et alii, 1992, Meisina e Piccio, 2003).

Deformazioni a carattere compressivo si registrano anche lungo il bordo esterno padano (e.g., Benedetti et alii, 2003; Boccaletti e Martelli, 2004; Pierdominici et alii, 2003; Bonini, 2007; Boncio e Bracone, 2009; Wilson et alii, 2009).

Al retro della catena appenninica si registra invece un processo estensionale, responsabile della formazione del sistema di fosse della Val Magra-Val di Vara e Garfagnana.

Il non allineamento fra le direzioni di spinta del cuneo RMU e la resistenza opposta dal sistema Monferrato-Langhe-Alpi Marittime può avere creato una deformazione interna al blocco Tosco-Emiliano in corrispondenza della zona di transizione tra pieghe ferraresi ed emiliane, con la generazione della discontinuità trasversale che si sviluppa nella zona dei fiumi Enza e Taro (Bernini e Papani, 1987; Vescovi, 1988; Boccaletti e Martelli, 2004).

L'Appennino nord occidentale (Fig. 4.4) è interessato da una sismicità moderata. Questa tende a localizzarsi in corrispondenza di zone di accavallamento al fronte del margine appenninico, seguendo una fascia ad andamento NW-SE che si estende con buona continuità dalla zona di Varzi sino a Borgo Val di Taro, per proseguire poi al retro della catena appenninica nella fossa tettonica della Lunigiana e nella Garfagnana.

Inoltre si evidenziano due settori posti trasversalmente alla catena, in corrispondenza della Val Taro e della Val Parma, in cui i sismi tendono a localizzarsi con direzione circa NE-SW, in corrispondenza della Val Taro e della Val Parma. Storicamente, l'attività sismica dell'area è già documentata a partire dall'XI secolo. Da citare il terremoto del 1438 fra Parma e Piacenza (intensità dell'VIII MCS, scala Mercalli-Cancani-Siedberg), di Stazzano (1541), di Borgo Val di Taro (1545), di Godiasco-Varzi (1828 e 1945), della area della Cisa (1834) e di Parma (1971).

Non dimentichiamo il più recente terremoto di **Magnitudo 5.4**, avvenuto alle ore 15:53:13 italiane del giorno 27 gennaio 2012, localizzato dalla Rete Sismica Nazionale dell'INGV nel distretto sismico: Frignano (PR).

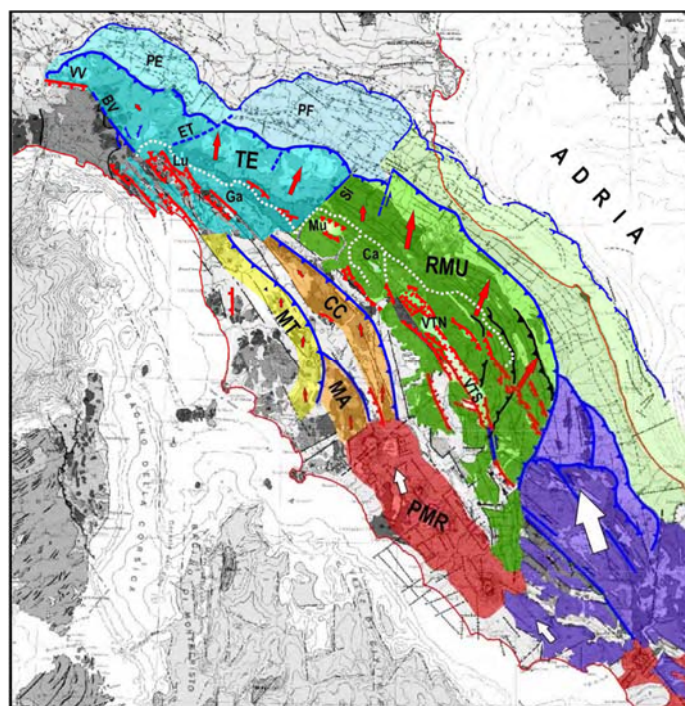


Fig. 4. 2 - Schema tettonico/cinematico dell'Appennino settentrionale. sono evidenziati in colore i due settori principali in cui l'Appennino settentrionale è suddiviso: cuneo Romagna-Marche -Umbria (RMU, verde) e cuneo Tosco-Emiliano (TE, azzurro). Il raccorciamento longitudinale di questo sistema strutturale orogenico è causato dalla spinta longitudinale (freccia grande bianca) della parte orientale della piattaforma Laziale-Abruzzese (viola), nell'ambito geodinamico a larga scala illustrato in figura 3.1. Chianti-Cetona=CC; Montalcino-Amiata=MA, Medio Toscana=MT), BV=zona sismica Bedonia-Varzi, Ca= Casentino, ET=sistema di faglie Enza-Taro, Ga=Garfagnana, Lu=Lunigiana, Mu=Fossa del Mugello, PE, PF =Complessi sepolti delle Pieghe Emiliane e Ferraresi, PMR=Provincia Magmatica Romana, Si=Linea del Sillaro, VTN, VTS= Val Tiberina Nord e Sud, VV= Zona sismica Villalvernia-Varzi.

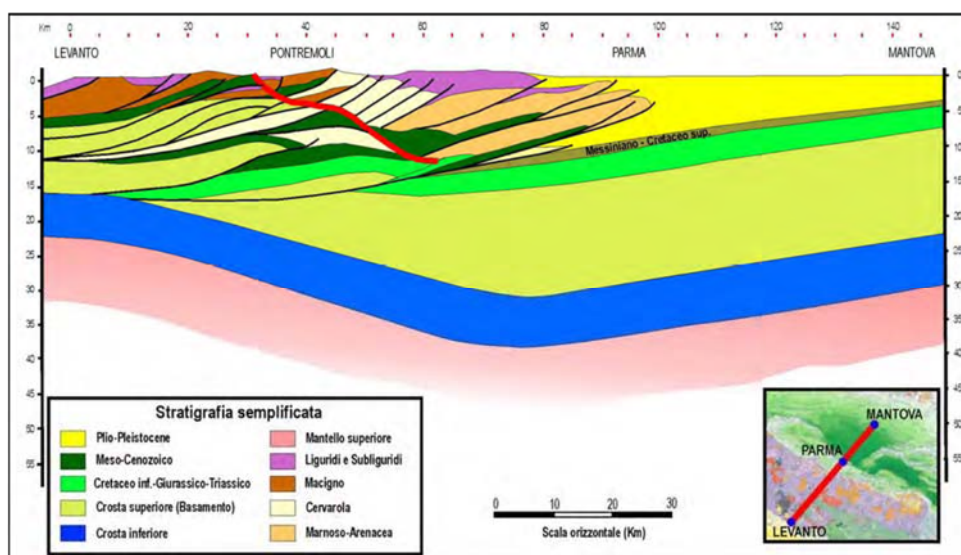


Fig. 4. 3 - Sezione sismogeologica attraverso l'Appennino toso-emiliano lungo la direttrice Levanto-Parma-Mantova (da Finetti, Lectio Magistralis tenuta durante il convegno GNGTS 2010, Prato, semplificata). La linea rossa mette in evidenza la faglia a basso angolo (Liguride) che disaccoppia il cuneo TE dal suo basamento. La faglia si immerge verso NE in corrispondenza delle fosse Lunigiana-Garfagnana, tagliando tutte le strutture sedimentarie.

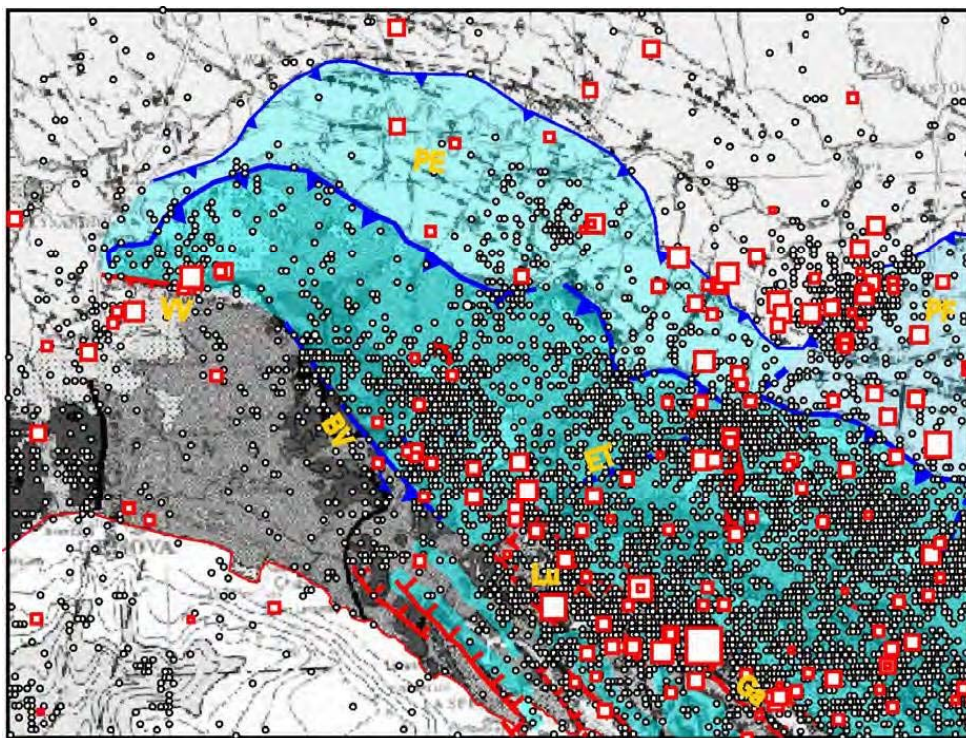


Fig. 4. 4 - Sismotettonica del bordo più occidentale del cuneo TE. La distribuzione dei terremoti (quadrati rossi per terremoti storici ($M > 4$) e pallini bianchi per terremoti strumentali), indica una concentrazione di scosse nelle zone Bedonia-Varzi (BV) e Villavernia-Varzi (VV). ET=sistema di faglie Enza-Taro, Ga=Garfagnana, Lu=Lunigiana, PE=Pieghe Emiliane, PF=Pieghe Ferraresi.

4.2 - CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

A seguito della classificazione operata dall' O.P.C.M. 3274/2003, l'area oggetto di studio, ricadente nel Comune di **Parma** (PR), è classificata in "**Zona sismica 3**". Pertanto, in ottemperanza alla normativa vigente, nonché alle disposizioni contenute nel più recente D.M. del 17 Gennaio 2018 "*Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni*", si è provveduto alla caratterizzazione sismica dei terreni (ALLEGATO C) grazie ad una serie di prospezioni geofisiche in sito (Fig. 3.1; TAVOLA 3).

In particolare, sono state realizzate le seguenti indagini:

- **Mercoledì 12 Luglio 2018:**
 - n. 1 profilo sismico a rifrazione in onde P e onde Sh (SR);
 - n. 1 acquisizione con metodologia sismica attiva multicanale (MASW);
 - n. 1 acquisizione con metodologia sismica passiva a stazione singola (HVSr).

Tale indagini hanno consentito di stabilire la risposta sismica locale in sito, definendo il profilo di velocità delle onde sismiche di taglio (V_s , eq) e la categoria sismica del suolo di fondazione. L'elaborazione dei dati ha in seguito consentito di ricavare una microzonazione sismica e la definizione della categoria di sottosuolo relativamente all'area di studio investigata.

I risultati del rilievo sismico sono riportati in ALLEGATO C.

4.2.1 - PRINCIPI BASE DELLE METODOLOGIE SISMICHE UTILIZZATE

Di seguito si riassumono brevemente i principi base relativi alle metodologie sismiche più utilizzate nella determinazione dei parametri sismici di sottosuolo.

4.2.1.1 - Metodologia Sismica Attiva M.A.S.W.

Il metodo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è un metodo di caratterizzazione sismica basato sull'analisi della dispersione geometrica delle onde superficiali.

Esistono due tipi fondamentali di onde sismiche (Fig. 4.5) che rivestono un ruolo fondamentale nella perturbazione del segnale sismico in superficie:

- Le onde di Rayleigh:
si muovono su un piano radiale secondo un moto detto retrogrado; hanno una componente verticale e una parallela alla direzione di propagazione (radiale);
- Le onde di Love:
si muovono solamente sul piano orizzontale con un'oscillazione la cui direzione è perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

Il principio che sta alla base della metodologia è che le modalità di propagazione delle onde di superficie sono intrinsecamente determinate dalle proprietà del mezzo in profondità (in particolare dalle sue variazioni verticali), per cui analizzando in dettaglio la dispersione delle onde di Rayleigh e di Love si possono ricavare alcune importanti informazioni sulle caratteristiche del terreno. L'utilizzo della metodologia sismica attiva MASW, può essere applicata a entrambi i tipi di onda, quindi, in base a come si generano e registrano le onde di superficie in fase di acquisizione, sarà possibile analizzare le curve di dispersione generate delle prime o delle seconde (MASW in onde di Rayleigh e MASW in onde di Love).

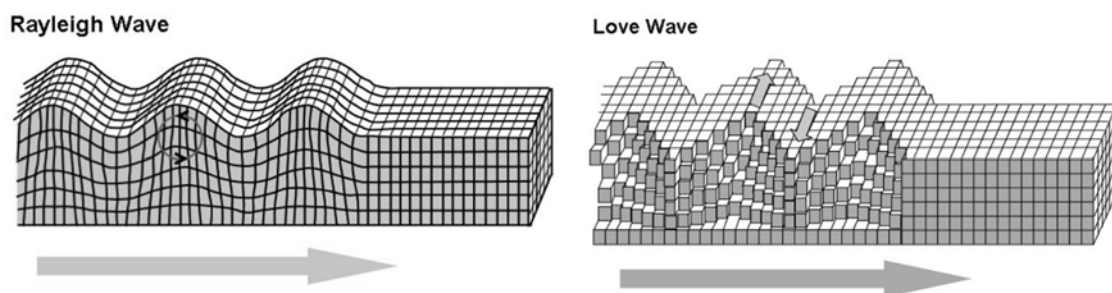


Fig. 4. 5 - Schema rappresentativo illustrante la modalità di propagazione delle “Onde di Rayleigh” e delle “Onde di Love”

Procedura di acquisizione in sismica attiva M.A.S.W.

Nella metodologia di analisi sismica MASW adottata, per prima cosa si stabilisce come orientare lo stendimento sismico nell'area da investigare, scegliendo un'opportuna direzione in modo che siano minimizzate eventuali variazioni laterali nel sottosuolo; inoltre va stabilita la lunghezza dello stendimento sismico in funzione della profondità di indagine che si vuole raggiungere.

Si procede poi con l'accoppiamento fra geofoni e terreno. Nel nostro caso è stato utilizzato un unico geofono triassiale con sensori da 2 Hz (GEMINI 2 - PASI s.r.l. - per maggiori dettagli vedi dati tecnici della strumentazione in ALLEGATO B). Il geofono viene collegato tramite un apposito cavo USB al PC. Questo cavo è dotato di un ulteriore ingresso per la connessione del cavo trigger, che a sua volta va al geofono starter opportunamente posizionato nel punto di energizzazione.

Completata questa operazione di terreno si procede alla configurazione dei seguenti parametri grazie all'utilizzo del computer:

- **Offset Minimo:** distanza minima fra il punto di energizzazione e la sorgente.
- **Incremento:** distanza fra i diversi punti di energizzazione o anche **distanza intergeofonica** (nel caso di acquisizioni con sismografi multicanale tradizionali).
- **Tracce:** numero di tracce creabili attraverso la procedura guidata, selezionabile da un numero minimo di 2 a fino ad un massimo di 24. La lunghezza totale dello stendimento viene calcolata automaticamente moltiplicando il numero di tracce per l'incremento selezionato in precedenza.
- **Tipo di Onda:** selezionabili onde di Rayleigh, onde di Love e onde di Rayleigh + onde di Love. A seconda dell'onda che si va ad acquisire, sarà necessario effettuare i dovuti accorgimenti relativi all'orientamento della sorgente energizzante rispetto al geofono triassiale.
- **Lunghezza dell'acquisizione:** valore selezionabile tra 0,5s, 1s, 2s, 5s.
- **Periodo di campionamento:** indicato in millisecondi (ms); selezionabile tra 0,5ms, 1ms, 2ms, che corrispondono rispettivamente a 2KHz, 1KHz, 500Hz.
- **Stacking**, corrisponde alla somma di più acquisizioni in uno stesso punto di misura, con valori selezionabili da 1 fino a 6.

In ALLEGATO B si riportano i dati riassuntivi relativi all'indagine eseguita.

Al termine di questa operazione si prosegue, iniziando ad acquisire i dati. Si generano una serie di energizzazioni (mazza battente o fucile sismico) a varie distanze dal geofono triassiale (che resta fisso), a seconda del numero di tracce che si desidera acquisire, partendo dalla massima distanza e avvicinandosi progressivamente al punto di registrazione in base al valore della distanza intergeofonica stabilita in partenza. Quando viene fatta una battuta nel punto sorgente, il geofono starter invia un l'input al calcolatore per registrare la perturbazione sismica generata. Così facendo si raggiunge il valore dell'offset minimo. Per ogni punto di energizzazione possono essere effettuate più battute in modo da sommare algebricamente i segnali ottenuti (stacking), rendendo in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore di fondo. Le acquisizioni effettuate, vengono salvate automaticamente sul computer nella cartella di progetto selezionata all'inizio di ogni schermata di acquisizione. La fase di acquisizione può considerarsi terminata.

I dati registrati vengono poi analizzati ed elaborati. Nel caso seguente si è utilizzato il software "WinMASW 3C Versione 6.0". Le singole tracce acquisite alle varie distanze dal punto di registrazione vengono poi affiancate e combinate una all'altra per restituire quanto registrato lungo l'intero stendimento. Nella cartella di lavoro si troveranno ora tre nuovi files (in formato sgy e Matlab) (riferiti alle tre componenti del geofono triassiale): componente radiale (R), verticale (V) e trasversale (T).

Se la sorgente utilizzata era una forza verticale (VF) si avranno allora i seguenti dati:

- RVF (componente radiale delle onde di Rayleigh)
- ZVF (componente verticale delle onde di Rayleigh)

- TVF (qualcosa di non troppo lontano da un'onda di Love)

e così via in base al tipo di sorgente utilizzata.

Le tracce, una volta sommate, vengono processate ed elaborate per ottenere gli spettri di velocità. In questo modo si passa dal dominio $x-t$ "offset- tempo" al dominio $f-v$ "frequenze-velocità". Una volta ottenuti gli spettri di velocità, si può procedere con:

- Un metodo di inversione diretto, basato sulla stima del profilo di velocità V_s , introducendo i valori di velocità media V_s e i relativi spessori degli strati, per individuare il modello avente le curve di dispersione più coerenti allo spettro.
- Un metodo di inversione basato sul "picking" delle curve di dispersione e la successiva elaborazione delle curve "piccate" per individuare il modello che meglio approssima il dato di input.

Entrambi i metodi permettono di determinare:

- un profilo relativo alla velocità di propagazione delle onde S in caso monodimensionale (1D) a circa metà dello stendimento;
- lo spessore degli strati
- il "Parametro V_s , eq oppure V_{s30} " per ogni profilo
- Una stima del "Modulo di rigidezza al taglio dinamico" G_0 in funzione della profondità.

4.2.1.2 - Metodologia sismica attiva "HS - Holisurface"

La metodologia "Holisurface" è in linea di principio del tutto simile alla metodologia MASW, con la differenza che in questo caso si acquisisce una sola traccia.

È importante che il software di acquisizione del sismografo utilizzato consenta di effettuare lo stack verticale dei dati. È naturalmente possibile acquisire sia le onde di Rayleigh che quelle di Love. Se effettuiamo prima un'acquisizione per le onde di Rayleigh (quindi con martellata verticale o sorgente esplosiva) otterremo un primo file in cui la prima traccia rappresenta la componente verticale delle onde di Rayleigh mentre la seconda la componente radiale (la terza traccia può essere ignorata). Se poi effettuiamo una seconda acquisizione per le onde di Love (chiaramente utilizzando una sorgente orizzontale) otterremo un secondo file in cui la terza traccia (quella trasversale) conterrà appunto i dati relativi alle onde di Love (in questo caso ignoreremo le prime due tracce).

Nel caso seguente, per l'elaborazione e l'analisi dei dati viene utilizzato il software "Holisurface Versione 4.0". Con lo strumento "assemble", potremo unire i due files registrati ed ottenere così un unico file in cui le prime due tracce rappresentano il moto delle onde di Rayleigh, mentre la terza quello delle onde di Love.

In questo caso la sismica attiva è essenzialmente svolta analizzando gli spettri di velocità di gruppo delle varie componenti verticale (ZVF), radiale (RVF) e trasversale (THF).

Ciò che si va ad analizzare è sempre legato alla propagazione delle onde di superficie e ciò che si ottiene permette, anche in questo caso di determinare:

- un profilo relativo alla velocità di propagazione delle onde S in caso monodimensionale (1D) a circa metà dello stendimento;
- lo spessore degli strati;

- il “Parametro **Vs, eq** oppure **Vs30**” per ogni profilo
- Una stima del “Modulo di rigidezza al taglio dinamico” **G0** in funzione della profondità.

4.2.1.3 - Metodologia sismica passiva HVSR

L'apparecchiatura utilizzata per tali misurazioni è del tutto simile a quella utilizzata per la sismica attiva (GEMINI 2 - PASI s.r.l. - per maggiori dettagli vedi dati tecnici della strumentazione in ALLEGATO B) anche se con alcune sostanziali differenze:

- non si genera la perturbazione come nella sismica attiva, ma si registrano i micro-tremori indotti nel terreno;
- I tempi di registrazione sono decisamente più lunghi.

Procedura di acquisizione in sismica passiva H.V.S.R.

Una volta posizionato lo strumento sul terreno, questo, grazie a tre sensori elettrodinamici ortogonali fra loro (velocimetri), inizia a registrare i microtremori indotti nel terreno lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z) su un ampio range frequenziale (0,1-500 Hz) per una durata sufficientemente lunga di registrazione (mediamente 15-20 minuti). Le misure registrate vengono poi processate ed elaborate con un programma di calcolo che consente la restituzione grafica del segnale sottoforma di:

- spettri delle singole componenti (componente verticale del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni;
- spettri H/V (rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale in funzione della frequenza.

Nel caso seguente, come per le acquisizioni in sismica attiva, si è utilizzato il software “WinMASW 3C Versione6.0”.

L' HVSR rappresenta una metodologia in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza in sito.

Inoltre, nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati da indagini di altra natura, il valore del rapporto H/V viene correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza acustica (velocità delle onde e densità del materiale) tramite la seguente relazione:

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

Questo permette di determinare la velocità media delle onde di taglio Vs per ogni singolo strato.

Le frequenze di risonanza possono poi essere convertite in stratigrafia a condizione che sia disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche. Questo fa sì che, con le opportune precauzioni necessarie, il metodo HVSR possa essere in linea di principio utilizzato come strumento stratigrafico.

Dalle acquisizioni HVSR si riesce così a determinare

- la frequenza di risonanza dei terreni (Nakamura Y., 1989).
- Una stima approssimativa della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s (Castellaro S e Mulargia F., 2009).

4.2.2 - PARAMETRO $V_{s,eq}$

Il D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni) disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, oltre alla valutazione della sicurezza e degli interventi di adeguamento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni.

La definizione dell'azione sismica a cui gli edifici sono soggetti è legata alla determinazione di alcuni fattori importanti per l'edificio stesso, tra i quali la classificazione del suolo di fondazione su cui l'edificio verrà costruito.

La normativa, al capitolo 3.2.2, cita:

Categorie di sottosuolo

“...Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

h_i	spessore dell'i-esimo strato;
$V_{S,i}$	velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N	numero di strati;
H	profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità

è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

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

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle presenti norme. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.”

Il parametro $V_{s,eq}$ (Tabella 4.1) è stato calcolato correlando i dati acquisiti tramite indagine MASW-HS e HVSR (ALLEGATO C).

In particolare, in corrispondenza del versante indagato, il modello sismico determinato restituisce un valore di $V_{s,eq} = V_{sH}$ (nel caso in esame $H=15,0$ m) riferita a p.c. di 270 m/s, che permette di attribuire ai terreni in esame:

- “la categoria di sottosuolo E” (Tabella 3.2.II dell’“Aggiornamento delle N.T.C. 2018”):
“E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.”

Il parametro **Vs30** è inoltre stato calcolato per profondità variabili fino -5m da p.c. (Tabella 4.2).

Vs Profile → MASW-HS & HVSr

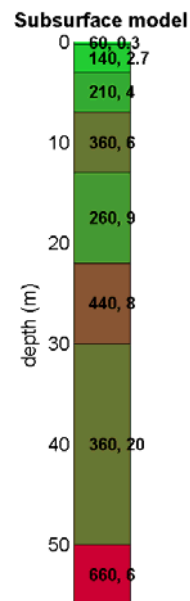
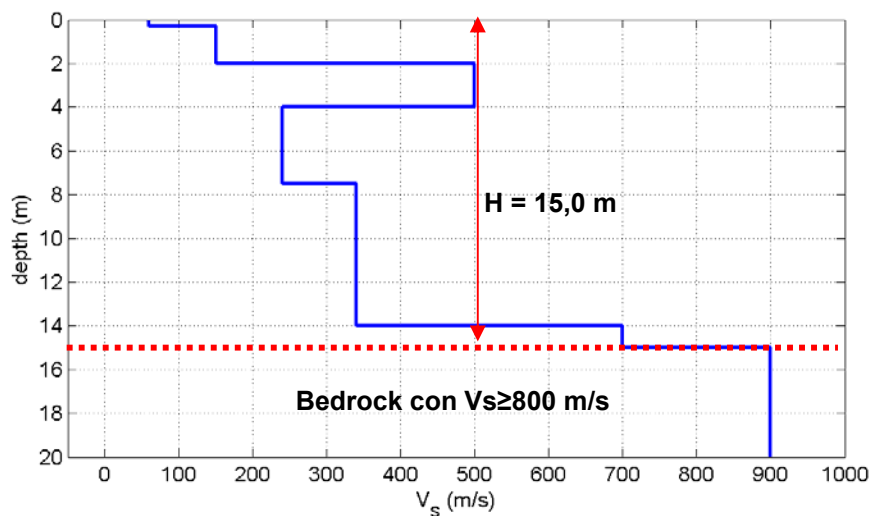


Tabella 4.1 - Stratigrafia sismica e parametri determinati.

MASW - HS & HVSr

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	0,3	60
2	0,3	1,7	150
3	2,0	2,0	500
4	4,0	3,5	240
5	7,5	6,5	340
6	14,0	1,0	700
7	15,0	Inf.	900

CATEGORIA E

Vs, eq = VsH (m/s): 270

Tabella 4.2 - Calcolo VsH-Vs30 per i primi 5 metri dalla profondità di appoggio della fondazione.

DETERMINAZIONE Vs, eq = VsH		
Identificativo	Profilo sismico MASW-HS-HVSr	
Profondità appoggio fondazione	Vs, eq = VsH [m/s]	Categoria di sottosuolo corrispondente
P.C.	270	E
-1m	306	E
-2m	332	E
-3m	323	E
-4m	313	E
-5m	323	E

4.2.3 - CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La già citata normativa, al capitolo 3.2.2, riporta:

“Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.”

Nel caso in esame possono essere trascurati gli effetti di amplificazione topografica.

Nel caso in esame, la configurazione geometrica ricade nella

- **“Categoria topografica T1”** (Tabella 3.2.III dell’“Aggiornamento delle N.T.C. 2018”):

4.2.4 - FREQUENZA DI RISONANZA IN SITO

Nonostante non sia espressamente contemplata nel D.M. 17/01/2018 (Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni), vengono di seguito presentate alcune considerazioni in merito al fenomeno della interazione dinamica terreno-struttura.

Da recenti studi si è potuto dimostrare come in caso di terremoto, il fenomeno della doppia risonanza possa causare una locale amplificazione in grado di determinare un incremento dell'azione sismica sulla struttura. La possibilità che si verifichi o meno un fenomeno di un accoppiamento struttura-terreno può essere scongiurata comparando la frequenza naturale dei terreni di fondazione con quella dell'edificio presente o in costruzione. Inoltre l'analisi del fenomeno può essere di aiuto in situazioni post-sisma col fine di individuare le anomalie e le variazioni di comportamento sismico degli edifici associate a fenomeni di danneggiamento. A seguito delle prove HVSR eseguite mediante geofono digitale tricomponente, si è verificato che il sito in esame presenta picchi di buona rilevanza nell'intervallo di frequenza considerato (**Tabella 4.3**) (ALLEGATO C).

Picco principale $F_0 \rightarrow 6$ Hz

Picco secondario $F_1 \rightarrow 16-20$ Hz

Tabella 4.3 - Picchi delle frequenze di risonanza determinate dalle prove HVSR-RVSR negli intervalli di frequenze di interesse ingegneristico.

PICCHI DELLA FREQUENZA IN SITO (da 0, 5 a 20 Hz) DA PROVE HVSR						
N°PROVA	CRITERI SESAME <i>Reliable H/V Curve</i>	CRITERI SESAME <i>Clear H/V Peak</i>	PICCHI <i>PRINCIPALE: F0 SECONDARIO: F1</i>	FREQUENZA <i>[Hz]</i>	VALORE DEL RAPPORTO <i>H/V</i>	QUALITÀ MISURA
HVSR1	3 su 3	4 su 6	F0 F1	6,0 +/- 6,1 ~16-20	5,2 +/- 0,5 ~5,0	B1

4.3 - ANALISI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

Per analisi di pericolosità sismica si intende una procedura che, basandosi su conoscenze di geologia strutturale e su dati relativi alla sismicità storica, consente di quantificare il livello di scuotimento, cioè l'entità del moto del suolo, che ci si può attendere per una data area.

Determinazioni di questo tipo sono caratterizzate dalla definizione e l'analisi di sintesi di tre elementi fondamentali:

- il catalogo degli eventi sismici, dove per ciascun evento considerato viene data una serie di informazioni tra le quali sono essenziali gli indicatori di severità: l'intensità epicentrale e la magnitudo;
- la zonazione sismogenetica, per la quale ogni zona sismogenetica individuata, è caratterizzata da una propria sismicità definita attraverso la distribuzione degli eventi in base alla loro severità.
- le leggi di attenuazione, mediante le quali si analizzano le modalità di propagazione di un evento sismico con la distanza dall'epicentro e, di conseguenza, il variare dei parametri che ne definiscono la severità.

Per quanto concerne il territorio nazionale, in seguito all'emanazione O.P.C.M del 20.3.2003, n. 3274 – *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica* -, l'INGV ha redatto un documento indicato come “*Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04)*” che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante. La mappa MPS04 è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006) (Fig. 4.6 a).

Inoltre, con la realizzazione della “*Mappa di pericolosità sismica 2004 (MPS04)*” è stato introdotto appositamente un nuovo modello sismogenetico. È la cosiddetta “zonazione ZS9” per la quale il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F) (Fig. 4.6b). Ogni zona sismogenetica è definita da aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico strutturale e soprattutto cinematico. Per ciascuna di esse è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente. Come ricordato in precedenza, a seguito dell'emanazione dell'OPCM n° 3274 del 20 marzo 2003 tutti i comuni del territorio nazionale sono stati classificati sismici con diverso grado di sismicità. Sono state definite quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA (cfr. **Tabella 4.4**).

Precedentemente all'emanazione di tale norma, in Emilia Romagna erano classificati in “Zona 2” solamente i comuni in azzurro, (Fig. 4.7) mentre i restanti comuni del territorio regionale risultavano “non classificati”.

A seguito della classificazione operata dall'OPCM 3274/2003 sono stati classificati sismici in “Zona 2” numerosi altri comuni, mentre i restanti sono stati classificati sismici in “Zona 3” o “4”. Più in dettaglio, nella Provincia di Parma è stata attribuita la categoria “2” ai comuni montani di Albareto, Bedonia, Borgo Val di Taro, Compiano, Monchio delle Corti, Palanzano e Tornolo.

Tabella 4.4 - Valori di P.G.A. - “Peak Ground Acceleration” per le varie zone

VALORI LIMITE DI P.G.A. DEFINITI PER LE VARIE ZONE		
Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [Ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico – Norme tecniche [Ag/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

4.3.1 - COMUNE DI BEDONIA

La sismicità storica del Comune di **Bedonia** è stata estrapolata dal Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15, Locati et al., 2016), redatto nell'ambito delle attività del *Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici"*, in cui sono stati classificati e catalogati 122701 dati di intensità per 3212 terremoti. I dati derivano da 185 tra studi, database, rapporti e bollettini pubblicati fino al 2016. Il numero di terremoti supportati da dati di intensità è quasi raddoppiato rispetto alla precedente versione (DBMI11 - da 1681 a 3212, pari rispettivamente al 53% e al 70% dei terremoti in catalogo) che fanno parte del “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani” (CPTI15).

La sismicità del territorio comunale di **Bedonia** è riassunta graficamente nel diagramma di Fig. 4.7. Nella tabella a fianco sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Oltre alla stessa intensità al sito (*I_s*), sono indicati l'anno, il mese, il giorno e l'ora in cui si è verificato, il numero dei dati puntuali d'intensità disponibili (*N_p*), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (*I_o*), e la magnitudo momento (*M_w*).

Il territorio del Comune di **Bedonia** ricade nella zona sismogenetica 915 caratterizzata da terremoti di magnitudo medio-bassa. La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona, avvengono a profondità comprese tra 8 e 12 km.

Il primo riferimento per una stima della pericolosità sismica di base è rappresentato dalla “*Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale*” (MPS04 - edizione aprile 2004). Successivamente tale Mappa è stata revisionata e quella definitiva è stata approvata con OPCM n° 3519 del 28 aprile 2006 (all. 1b) e pubblicata in G.U. n° 108 del 11.05.2006. In questa mappa sono indicati i valori di accelerazione di picco al suolo *a(g)* con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (corrispondente ad un Tempo di ritorno di 475 anni) riferita a suoli molto rigidi (*V_{s30}* > 800 m/s, Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005) per l'intero territorio nazionale (Fig. 4.6a). L'accelerazione orizzontale massima del suolo corrisponde a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA. A questo sono seguiti altri progetti, tra cui quello che ha portato alla consultazione interattiva della MPS04 stessa.

Consultando il sito dell'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>) si può accedere ad un sistema che consente di visualizzare e interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°.

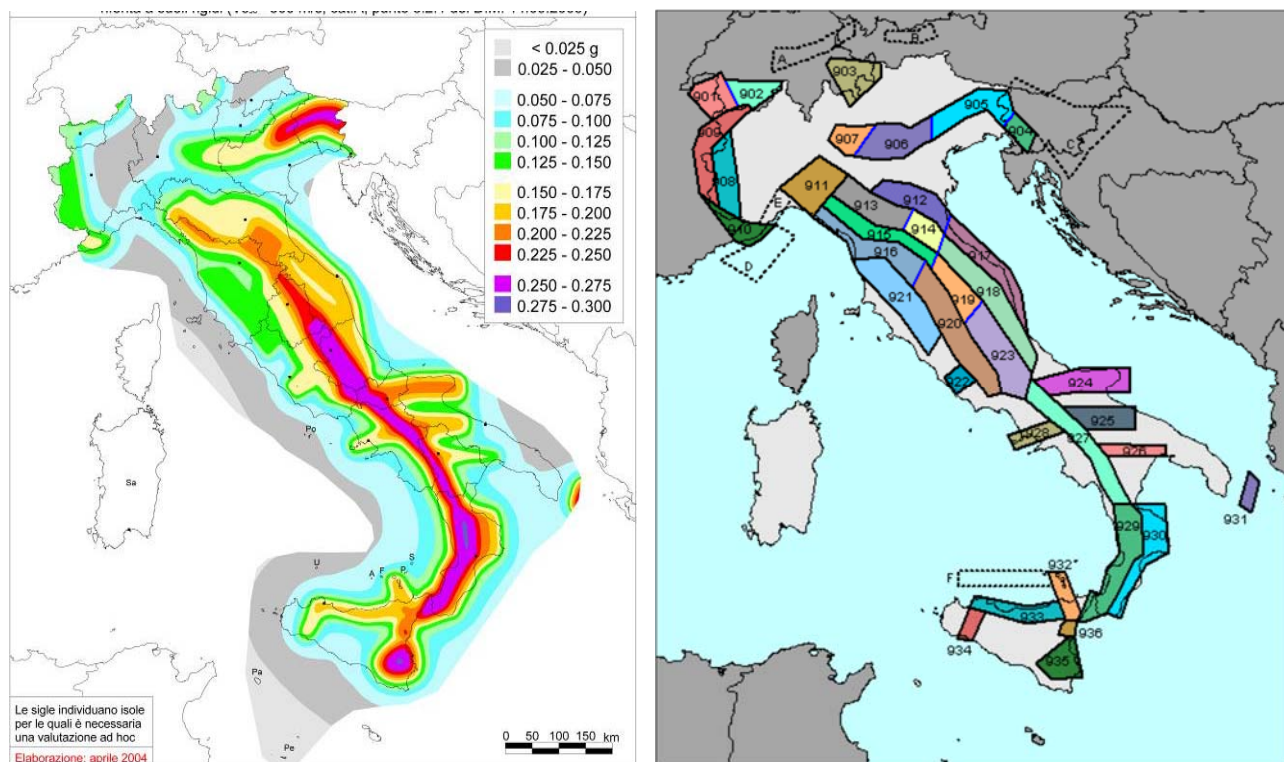


Fig. 4.6 - a) Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s, Cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005); b) Zonazione Sismogenetica ZS9 del territorio nazionale Fonte dati: INGV.

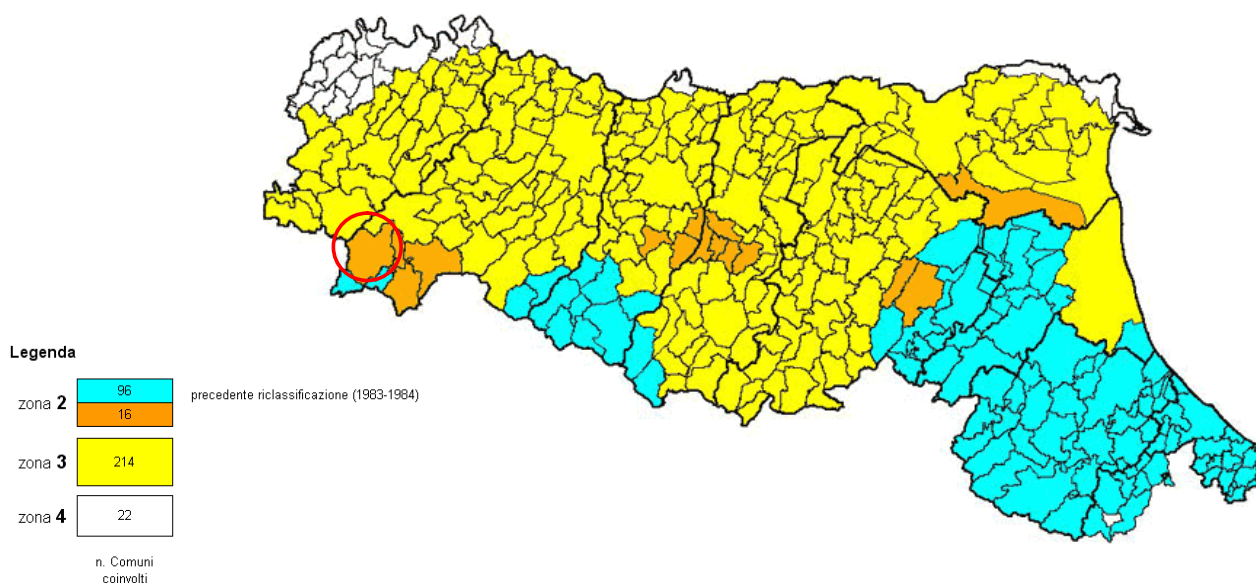


Fig. 4.7 - Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna a seguito dell'OPCM n° 3274/2003. Regione Emilia-Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. Il cerchio rosso individua il territorio comunale di Bedonia (PR).

Storia sismica di Bedonia [44.503, 9.629]



Numero di eventi: 31

Effetti	Data	Ax	In occasione del terremoto del:	Mp	Io Msr
I [MCS]	1834 02 14 13:15	Valle del Taro-Lunigiana	112	9 5.83 ±0.15	
5-6	1835 04 25 02:45	Borgotaro	6	5-6 4.63 ±0.65	
4-5	1878 09 10 13:31	LUNIGIANA	12	6-7 5.06 ±0.57	
F	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	44	6 4.70 ±0.24	
5	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516	6.97 ±0.15	
3	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8 5.41 ±0.09	
4	1903 07 27 03:46	LUNIGIANA	79	7-8 5.25 ±0.17	
NF	1904 11 17 05:02	Pistoiese	204	7 5.15 ±0.14	
6	1906 11 10 17:55	Appennino ligure	49	5-6 4.44 ±0.28	
4	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09	
4-5	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7 5.76 ±0.09	
7	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10 6.48 ±0.09	
6	1927 10 28 21:49	BEDONIA	51	6 4.88 ±0.21	
5	1928 02 21 04:37	VARESE LIGURE	8	5 4.39 ±0.25	
6	1928 07 20 19:53	ALTA VAL DI TARO	20	6 4.46 ±0.30	
2	1929 04 10 05:43	Bolognese	87	7 5.03 ±0.13	
4	1929 04 19 04:15	Bolognese	82		
4	1929 04 20 01:09	Bolognese	109	7 5.34 ±0.13	
2	1929 04 28 19:39	Bolognese	20		
3	1929 04 29 18:35	Bolognese	45		
3-4	1929 05 11 19:22	Bolognese	64		
5	1934 06 13 09:06	BORGO VAL DI TARO	29	6 4.99 ±0.24	
3	1936 10 18 03:10	BOSCO CANSIGLIO	267	9 6.12 ±0.09	
3	1939 10 15 14:05	Garfagnana	62	6-7 5.08 ±0.16	
5	1971 07 15 01:33	Farmense	229	8 5.64 ±0.09	
4	1983 11 09 16:29	Farmense	850	6-7 5.06 ±0.09	
5	1985 08 15 18:58	Appennino ligure	7	7 4.53 ±0.18	
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6 4.61 ±0.10	
4	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7 4.85 ±0.09	
NF	2005 04 13 18:46	Valle del Trebbia	165	5 4.05 ±0.18	
NF	2005 04 18 10:59	Valle del Trebbia	286	5 3.98 ±0.09	

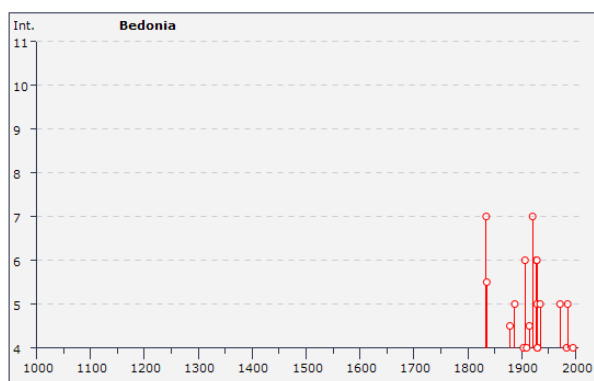


Fig. 4. 8 - a) Diagramma della storia sismica di Bedonia, limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4-5; b) Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Parma tra il 1000 e il 2011. Fonte dati: INGV Database Macrosismico Italiano 2011 - <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>

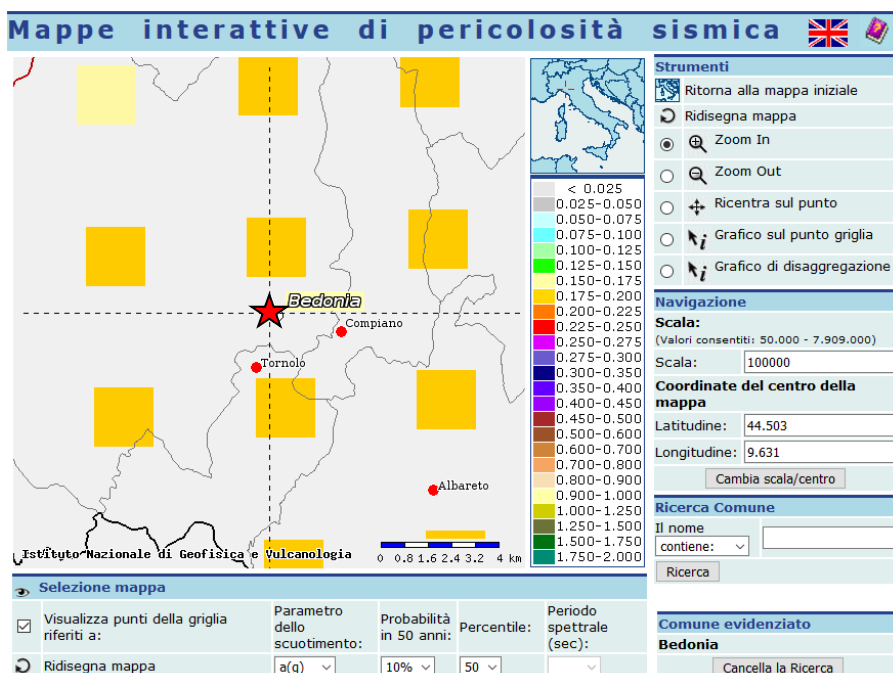


Fig. 4. 9 - Mappa di pericolosità sismica per il territorio del Comune di Bedonia espressa in termini di a(g) e probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR = 475 anni) (INGV); gli assi sono centrati sul sito di interesse.

Le mappe riportano due distinti parametri dello scuotimento: **a(g)** (accelerazione orizzontale massima del suolo) e **Se(T)** (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T, in accelerazione). Si è quindi provveduto a visualizzare e consultare le mappe relative al Comune di **Bedonia** (Fig. 4.8).

Dalla carta si evince che il territorio del Comune di **Bedonia** ricade in un areale in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo (a_{max}) pari a **0.175÷0.200 g**. Tali valori sono coerenti con quanto riportato nell'Allegato A4 della D.A.L. Regione Emilia-Romagna n° 112 del 2.5.2007, che attribuisce al Comune di **Bedonia** un valore di accelerazione di picco al suolo (cioè per $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g_{refg} , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) di **0.189 g**.

Secondo le N.T.C aggiornate al 2018, a partire dalla pericolosità sismica di base relativa individuata per una data località di viene valutata l'azione sismica sulle costruzioni.

Per la determinazione delle azioni di progetto si è fatto riferimento al software GEOSTRU, nella quale sono stati introdotti alcuni parametri di calcolo che dovranno comunque essere verificati dal progettista strutturale.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali, in funzione dei tre parametri definiti in corrispondenza dei punti del reticolo di riferimento:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Vengono quindi valutate le diverse probabilità di superamento in 50 anni per periodi di ritorno variabili tra 30 e 2475 anni.

Il tempo di ritorno (T_R) viene determinato introducendo nell'espressione:

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

il periodo di riferimento della costruzione V_R (definito sulla base delle caratteristiche dell'opera in progetto) e la probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} .

Il **Periodo di riferimento** della costruzione è dato da:

$$V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1 = 50 \text{anni}$$

- Vita nominale dell'Opera (V_n):

La "Vita nominale" viene stimata in base al Tipo d'opera

nel caso in esame si è considerata $V_n \geq 50$ anni per "Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale" (come definito dalla Tab. 2.4.I del D.M. 17/01/2018 - Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni) .

➤ Coefficiente d'uso (C_u):

Il Coefficiente d'uso viene stimato in base alla Classe d'uso;

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel caso in esame si è considerata **$C_u=1.00$** per **Classe II**

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Per quanto riguarda le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , sono stati assunti i valori indicati nell' "Aggiornamento delle N.T.C. 2018" (Tab. 3.2.I del Paragrafo 3.2.1):

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il sito in esame, (**Lat 44.501645° - Long 9.630274 - Coordinate WGS84**) non ricade nei nodi del reticolo di riferimento, pertanto i valori dei parametri a_g , F_0 , e T_c^* sono stati determinati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Alla luce dei dati descritti sopra, i valori dei tre parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche, calcolate in riferimento alla "*Stabilità dei pendii e delle fondazioni*" sono riportati nella **Tabella 4.5**.

Tabella 4.6 – Valori dei parametri a_g, F_0, T_c^* per i tempi di ritorno associati a ciascun stato limite e coefficienti sismici determinati per il sito in esame.

Parametri sismici introdotti	
Categoria Sottosuolo	E
Categoria Topografica	T1
Periodo di riferimento	50 anni
Coeff. Cu	1,0



Stati Limite		Probabilità di superamento	Tempo di ritorno T_R (anni)	a_g (g)	F_0	T_c^* (s)
Stati limite d'esercizio	SLO	81%	30	0,053	2,398	0,234
	SLD	63%	50	0,070	2,427	0,244
Stati limite ultimi	SLV	10%	475	0,188	2,443	0,271
	SLC	5%	975	0,244	2,438	0,276

COEFFICIENTI SISMICI DETERMINATI				
	SLO:	SLD:	SLV:	SLC:
Amplificazione stratigrafica S_s	1,60	1,60	1,50	1,35
Coeff. funz. Categoria C_c	2,06	2,02	1,94	1,92
Amplificazione Topografica S_t	1,0	1,0	1,0	1,0
Componente Orizzontale K_h	0,017	0,022	0,068	0,092
Componente verticale K_v	0,008	0,011	0,034	0,046
Acceleraz. Max attesa in sito A_{max} :	0,825	1,095	2,763	3,232
Beta:	0,200	0,200	0,240	0,280

4.3.2 - AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Questo livello di approfondimento si pone come obiettivo principale la quantificazione numerica dell'amplificazione del segnale sismico in superficie, ottenibile attraverso metodi semplificati che prevedono l'utilizzo di abachi regionalizzati.

Con la Delibera n. 630 del 29 aprile 2019, la Giunta Regionale ha approvato l'aggiornamento degli *"Indirizzi regionali per studi di microzonazione sismica (MS) per la pianificazione urbanistica"*, atto d'indirizzo ai sensi dell'art. 16 della LR 20/2000 (Deliberazione dell'Assemblea Legislativa n. 112 del 2 maggio 2007).

In particolare, per il sito di interesse (Fig. 4.10), gli abachi da utilizzare sono riportati di seguito (**Tabella 4.6**):

- APPENNINO (zone collinari e montane).

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (F.A.) richiesti nell'analisi semplificata si sono realizzate indagini geognostiche (ALLEGATO B; ALLEGATO C; ALLEGATO D) che hanno consentito:

- Una stima dello spessore del deposito di copertura e della profondità del bedrock (H);
- Una stima della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}) nel deposito di copertura ;

secondo le formule di seguito riportate:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

Dove:

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*;

h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino al *bedrock*);

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al *bedrock*).

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

Dove:

h_i = spessore (in metri) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m);

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino alla profondità di 30 m).

Ulteriori possibili informazioni che hanno permesso una taratura della profondità del substrato marino, sono state estrapolate visionando sul portale cartografico della Regione Emilia Romagna i dati relativi alle indagini eseguite nell'intorno dell'area (<http://geo.regione.emilia-romagna.it/geocatalogo/index.htm>).

Il Fattore di Amplificazione (F.A.) è riferito alla "Categoria di Sottosuolo A" come previsto dall'Eurocodice 8, parte 1, e dal D.M. 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", punto 3.2.1., e viene definito come il rapporto fra il valore della P.G.A. in superficie e il valore della P.G.A0 al bedrock:

$$F.A = PGA_{superficie} / PGA_{0bedrock}$$

Per l'individuazione della “*profondità H*” corrispondente all'interfaccia “depositi di *copertura / substrato*”, si è considerato il contrasto di impedenza più significativo sul profilo di velocità V_s , in accordo col modello stratigrafico ipotizzato.

In, particolare, a circa **15 m da p.c.** si dovrebbe già incontrare un substrato rigido (*Sintema di Compiano SCM*), con V_s stimata di circa **900 m/s**, pertanto si ritiene più verosimile considerare le tabelle relative al caso in cui il Substrato marino ha $V_s \geq 800$ m.

A parità di H considerata, un aumento della velocità V_sH della copertura determina una diminuzione del *F.A.* “*Fattore di Amplificazione*” (freccia blu in figura).

Invece a parità di V_sH considerata, non è necessariamente detto che un aumento dello *spessore della copertura H* corrisponda a un incremento del *F.A.* “*Fattore di Amplificazione*”.

Osservando i dati in tabella si registrano infatti dei trend di aumento e di diminuzione di *F.A.* in funzione dello spessore H .

Nel caso specifico si è considerato uno spessore H della copertura compreso di **15 m** e un **V_sH di 270 m/s**.

I valori ottenuti sono messi in evidenza qui sotto con il rettangolo rosso e vengono di seguito sintetizzati in **Tabella 4.7**, insieme ai parametri di input.

In **Tabella 4.8**, per un rapido confronto vengono invece presentati i valori ottenuti dal calcolo della “**Risposta Sismica Locale - RSL**” a seguito dello studio di “**Microzonazione Sismica di 3° livello**” del Comune di **Bedonia**, approvato e certificato dal Dipartimento di Protezione Civile nel Maggio 2019.

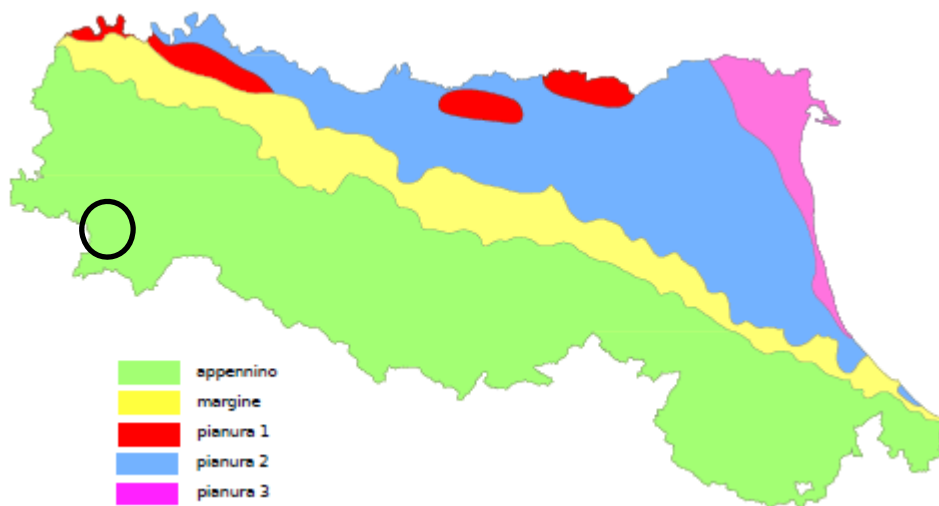


Fig. 4. 10 - Suddivisione del territorio regionale dell'Emilia Romagna in ambienti geomorfologici e litostratigrafici: per ogni tipologia di ambiente identificato esistono degli abachi di riferimento da adottare per il calcolo semplificato dei “*Fattori di amplificazione*”. Il cerchio in nero indica la localizzazione del sito di interesse.

Tabella 4.6 - Abachi da utilizzare per il calcolo dei Fattori di Amplificazione PGA, SA1, SA2, SA3, SI1, SI2 in ambiente tipo "Appennino".

Substrato marino caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s

DIMINUZIONE →

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,8	1,7	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
15	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,0
20	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,0
25	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5	1,3	1,0
30		1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,2
35		1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2
40		1,9	1,9	1,9	1,9	1,7	1,6	1,4	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,4	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione PGA

DIMINUZIONE →

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	1,5	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	2,2	1,8	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	2,8	2,5	1,9	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
25	2,9	2,8	2,4	1,7	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
30		3,0	2,7	2,0	1,7	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0
35		3,1	2,9	2,4	1,9	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1
40		3,1	3,0	2,6	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1
50		2,9	2,9	2,7	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA2 ($0,4s \leq T \leq 0,8s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,7	1,4	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	2,1	2,0	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
15	2,2	2,2	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
20	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	1,1
25	2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,1
30		2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	1,2
35		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5	1,2

Fattore di Amplificazione SA1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	2,0	1,5	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	2,7	1,9	1,5	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
30		2,5	1,8	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
35		3,1	2,3	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0
40		3,4	2,9	1,9	1,5	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
50		3,5	3,3	2,8	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,1

Fattore di Amplificazione SA3 ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

DIMINUZIONE →

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	2,1	2,0	1,6	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	2,4	2,3	2,1	1,7	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0
20	2,4	2,4	2,3	2,0	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0
25	2,4	2,4	2,4	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,0
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,1
35		2,3	2,3	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SI1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,6	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	2,6	1,9	1,5	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	2,9	2,5	1,9	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0
30		2,9	2,3	1,6	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
35		3,2	2,8	1,9	1,5	1,4	1,2	1,1	1,1	1,0
40		3,4	3,1	2,4	1,8	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0
50		3,2	3,2	2,9	2,2	1,9	1,6	1,4	1,3	1,1

Fattore di Amplificazione SI2 ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

Substrato marino caratterizzato da $V_s \ll 800$ m/s

DIMINUIZIONE →

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione PGA

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

DIMINUIZIONE →

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SA2 ($0,4s \leq T \leq 0,8s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione SA3 ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

DIMINUIZIONE →

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SI1 ($0,1s \leq T \leq 0,5s$)

V_{SH} (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione SI2 ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

Tabella 4.7 - Valutazione del fattore di amplificazione tramite procedura semplificata - Allegato A2 della D.A.L n°112 del 2007.

VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE F. A. (procedura semplificata con abachi)			
<i>Parametri di Input</i>	<i>H(m)</i>	<i>V_{SH} (m/s)</i>	<i>V_{S30} (m/s)</i>
Caso Considerato	15,0	270	416
RISULTATI ANALISI SEMPLIFICATA			
APPENNINO Substrato marino con V _s ≥ 800 m/s	<i>F.A. PGA</i>	<i>F.A. SI1</i> (0.5s<T ₀ <1.0s)	<i>F.A. SI2</i> (0.5s<T ₀ <1.0s)
	2,0	2,1	1,2
	<i>F.A. SA1</i> (0.1s<T ₀ <0.5s)	<i>F.A. SA2</i> (0.4s<T ₀ <0.8s)	<i>F.A. SA3</i> (0.7s<T ₀ <1.1s)
	2,0	1,4	1,1

Tabella 4.8 - Valutazione del fattore di amplificazione tramite “Risposta Sismica Locale - RSL”, secondo quanto definito nello studio di Microzonazione Sismica di 3° livello effettuato sul territorio comunale e certificato dal Dipartimento di Protezione Civile.

VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE F. A. (da R.S.L. - Microzonazione 3° livello)			
RISULTATI DA RISPOSTA SISMICA LOCALE - R.S.L			
APPENNINO Substrato marino con V _s ≥ 800 m/s	<i>F.A. PGA</i>	<i>F.A. SI1</i> (0.5s<T ₀ <1.0s)	<i>F.A. SI2</i> (0.5s<T ₀ <1.0s)
	1,9-2,0	1,9-2,0	1,3-1,4
	<i>F.A. SA1</i> (0.1s<T ₀ <0.5s)	<i>F.A. SA2</i> (0.4s<T ₀ <0.8s)	<i>F.A. SA3</i> (0.7s<T ₀ <1.1s)
	-	-	-

Si considerano trascurabili gli effetti legati all'amplificazione topografica, pertanto l'entità dell'amplificazione sismica è imputabile ai soli fattori stratigrafici.

4.4 - VERIFICA DEI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione riguarda depositi sabbiosi e/o sabbioso-limosi (depositi granulari non coesivi) sciolti e saturi. In condizioni statiche, ossia di applicazione lenta del carico, la permeabilità di questi materiali consente il deflusso dell'acqua interstiziale, evitando l'insorgenza di pressioni neutre, e il carico viene trasferito direttamente dai granelli di sabbia. Durante un terremoto, invece, il rapido aumento ciclico delle pressioni neutre interstiziali può superare la capacità del materiale di drenare l'acqua e, quindi, di dissipare le sovrappressioni stesse. In altre parole il drenaggio è impedito perché, anche se la permeabilità è elevata, il tempo che l'acqua ha a disposizione è insufficiente per un drenaggio completo. Di conseguenza, si verifica un progressivo aumento delle pressioni neutre e una cospicua riduzione della resistenza al taglio del terreno: se la pressione neutra eguaglia quella totale, la resistenza al taglio del terreno si annulla. In tali condizioni si possono verificare importanti cedimenti (in fase di sisma e post sisma), e i manufatti e le infrastrutture possono subire danni rilevanti.

Studi sperimentali hanno dimostrato che, affinché abbia luogo il fenomeno della liquefazione, è necessaria la concomitanza di determinate condizioni al contorno di carattere geologico- tecnico e il verificarsi di azioni sismiche particolari, definite in termini di durata, intensità e frequenza dominante.

Le condizioni geotecniche riguardano la composizione granulometrica, lo stato di addensamento e lo stato tensionale effettivo iniziale della sabbia. Influenza sul fenomeno hanno anche la struttura ed età del deposito e la storia tensionale e di deformazione. Se la porzione di suolo sopra le sabbie soggette a liquefazione lo consente, avviene il fenomeno dell'espulsione della miscela acqua-sabbia dallo strato "liquefatto" attraverso gli strati più superficiali, originando caratteristici coni di sabbia lungo degli allineamenti.

Per le proprietà granulometriche-tessiturali dei terreni caratterizzanti l'area di studio e per l'assenza di una falda superficiale, si ritiene il fenomeno della liquefazione in caso di evento sismico molto poco probabile o del tutto improbabile.

CONCLUSIONI

Dallo studio geologico-sismico, l'area di proprietà del Comune di Bedonia appare idonea ad accogliere l'intervento previsto.

In particolare l'area di interesse:

- rientra in una **“zona di tutela ambientale ed idraulica dei corsi d'acqua”** (Tavola C1-8 del P.T.C.P.), essendo classificata come:
 - **“Ambito A1 - Alveo”**;
 - **“Ambito A2”** (art. 12 e 13 del P.T.C.P.);
 - **“Area di inondazione per piena catastrofica”** (Fascia C);
 - **“Corso d'acqua meritevole di tutela”**.
- non è considerata fra le aree soggette al **“Vincolo Idrogeologico”** (ai sensi del R. D. N°3267 del 31/12/1923 e della successiva L. R. N°47 del 07/12/1978);
- non risulta ascritta fra le aree della **“Rete Natura 2000”** (SIC e ZPS);
- non fa parte di **“Aree boscate”** (Tavole C3-8 della **“Carta forestale del P.T.C.P.”**).

Dall'estratto della **“Carta del Dissesto della Provincia di Parma”** allegata al P.T.C.P. (TAVOLA 5), si denota come la suddetta proprietà si trovi in una porzione di versante caratterizzata da **“Pericolosità geomorfologica moderata”**, pertanto sarà necessario attenersi a quanto disposto dalle N.T.A - “Norme Tecniche di Attuazione” del P.T.C.P (Art. 22 Bis).

Sulla base di quanto emerso dalla campagna geognostica eseguita, vanno fatte alcune considerazioni.

Le indagini geotecniche effettuate hanno permesso di delineare la presenza di unità litotecniche sovrapposte, distinguibili l'una dall'altra per il differente grado di addensamento/consistenza raggiunto.

Per i dettagli si rimanda a:

- **Modello Geotecnico di Sintesi** (Cap 3; Tabella 3.2; Tabella 3.4):

Per quanto riguarda la pericolosità sismica (Cap. 4), l'area in esame ricade nei confini territoriali del Comune di **Bedonia**, pertanto è classificata come **“Zona sismica 2”**. Tale classificazione è indotta dalla localizzazione degli epicentri e dalla stima d'intensità d'eventi sismici verificatisi all'interno dei confini provinciali e nelle zone limitrofe extra-provinciali strettamente a ridosso di questi.

- Calcolando la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio (V_s , eq) secondo la metodologia descritta, in relazione a profondità variabili **da 0 a -5 m** della base di appoggio della fondazione, si è ottenuto un valore di V_s , eq = V_sH compreso fra **270 e 323 m/s**, che permette di attribuire ai terreni in esame:
 - la **“Categoria di sottosuolo E”** a profondità comprese fra 0 e -5m da p.c..
- Le indagini HVSR realizzate hanno evidenziato la presenza di possibili picchi delle frequenze di risonanza nell'intervallo di interesse ingegneristico (0,5-20 Hz), pertanto, sebbene non

espressamente richiesto nelle N.T.C. 2018 vigenti, in fase progettuale potranno essere fatte valutazioni di carattere ingegneristico che tengano in considerazione possibili effetti di accoppiamento terreno-struttura.

Si lascia al progettista la discrezionalità sull'utilizzo di questi parametri.

Picco principale **$F_0 \rightarrow 6 \text{ Hz}$**

Picco secondario **$F_0 \rightarrow 16-20 \text{ Hz}$**

- La valutazione del Fattore di Amplificazione sismica (F.A.) con metodologia semplificata, ha permesso di quantificare una
 - **F.A. PGA** di **2,0**;
 - **F.A. SA1 ($0.1s < T_0 < 0.5s$)** di **2,0**;
 - **F.A. SA2 ($0.4s < T_0 < 0.8s$)** pari a **1,4**
 - **F.A. SA3 ($0.7s < T_0 < 1.1s$)** di **1,1**;
 - **F.A. SI1 ($0.5s < T_0 < 1.0s$)** pari a **2,1**
 - **F.A. SI2 ($0.1s < T_0 < 0.5s$)** di **1,2**;

Tali valori derivano dall'aver considerato lo spessore "*H*" uguale a **15m** con una velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato **V_sH** di circa **270 m/s**.

Queste stime non possono essere utilizzate in fase operativa, essendo state calcolate tramite procedura semplificata. I valori di amplificazione, per poter essere utilizzati secondo N.T.C. 2018, vanno determinati tramite studio della RSL di 3° livello, ma dal momento che per le opere in progetto non è necessario un grado di approfondimento di questo tipo, i valori determinati sono da considerarsi semplicemente come uno studio puntuale di microzonazione sismica.

- I valori ottenuti dal calcolo della "**Risposta Sismica Locale - RSL**" a seguito dello studio di "**Microzonazione Sismica di 3° livello**" del Comune di **Bedonia**, approvato e certificato dal Dipartimento di Protezione Civile nel Maggio 2019, sono i seguenti:
 - **F.A. PGA** di **1,9-2,0**;
 - **F.A. SI1 ($0.5s < T_0 < 1.0s$)** pari a **1,9-2,0**
 - **F.A. SI2 ($0.1s < T_0 < 0.5s$)** di **1,3-1,4**;

Si considerano trascurabili

- gli effetti di amplificazione locale dell'accelerazione sismica dovuti all'assetto topografico (pendenza $< 15^\circ$)
- il possibile rischio di liquefazione.

Si raccomanda quanto di seguito prescritto:

- Si consiglia un uso attento e cautelativo dei parametri geotecnici determinati, lasciando al progettista il compito di valutare le possibili interazioni fra terreno, fondazione e carichi previsti; questo consentirà di stabilire la migliore tipologia di intervento volta alla preservazione del manufatto nel tempo.
- Si dovranno limitare al minimo indispensabile i volumi di scavo, cercando di non alterare la locale situazione di equilibrio, evitando così l'innescare di possibili fenomeni di instabilità.
- Si consiglia la realizzazione dei lavori in un periodo siccitoso.
- Se durante gli scavi si verificassero precipitazioni estremamente intense, si dovrà ricorrere ad ulteriori accorgimenti atti ad allontanare le acque dall'area di scavo, evitando ristagni e assicurando la stabilità generale delle pareti del canale.
- Si dovrà provvedere alla protezione dell'area di cantiere secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia.
- Le acque piovane dovranno essere tenute lontano dalle fondazioni dei fabbricati ed essere opportunamente raccolte e convogliate verso la rete idrica esistente.
- Attenta regimazione delle acque superficiali.
- Raccolta delle acque generate dai manufatti realizzati.

Si rimanda al progettista la responsabilità per ogni decisione definitiva in merito all'utilizzo dei parametri geotecnici calcolati, alla tipologia di fondazione da adottare in fase di progettazione, nonché alle prescrizioni e ai consigli sopra riportati ai quali sarebbe bene attenersi.

In conclusione, possiamo affermare che l'area appare sufficientemente stabile e idonea da un punto di vista geomorfologico ad accogliere l'intervento edificatorio previsto; essa è infatti caratterizzata da assetto plano-altimetrico favorevole, che la natura e tipologia dell'intervento non andranno a modificare ed alterare, preservando l'attuale equilibrio geostatico. Occorre tuttavia che la progettazione tenga conto delle condizioni geomorfologiche esistenti e ponga in essere tutti gli accorgimenti necessari al mantenimento e se possibile al miglioramento dello stato di equilibrio attuale, sia durante i lavori che dopo la loro ultimazione.

Borgo Val di Taro, Agosto 2019

IL GEOLOGO
Dott. Gabriele Oppo



ALLEGATI

ALLEGATO A

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura A. 1 - Panoramica da SE in sponda sinistra della passerella di attraversamento ciclo-pedonale interessata dall'intervento di ripristino.



Figura A. 2 - Altro scorcio da N in sponda sinistra della passerella.

ALLEGATO B

INDAGINI PENETROMETRICHE

PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DPSH (S. Heavy)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

CARATTERISTICHE TECNICHE : DPSH (S. Heavy)

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 30,00 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 50,50 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,00 cm ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 90^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 8,00 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) \Rightarrow Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	NO
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A δ) = 11,91 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,521$ (teoricamente : Nspt = β_t N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

Rpd = resistenza dinamica punta [area A]
e = infissione per colpo = δ / N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' di MISURA (conversioni)
1 kg/cm ² = 0.098067 MPa
1 MPa = 1 MN/m ² = 10.197 kg/cm ²
1 bar = 1.0197 kg/cm ² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg



Figura B. 1 - Indagine penetrometrica DPSH1.



Figura B. 2 - Indagine Penetrometrica DPSH/CPT2.



Figura B. 3 - Indagine Penetrometrica DPSH3.

Committente: Comune di Bedonia				Comune di Bedonia (PR)							
Data esecuzione: 10/07/2019				Località: Area "Giardini Pubblici"							
INDAGINI PENETROMETRICHE											
INDAGINE 1				INDAGINE 2				INDAGINE 3			
Profondità (metri)	Rp	RI	N° colpi	Profondità (metri)	Rp	RI	N° colpi	Profondità (metri)	Rp	RI	N° colpi
0,00				0				0			
0,20			1	0,2			1	0,2			3
0,40			5	0,4			3	0,4			11
0,60			10	0,6			7	0,6			12
0,80			15	0,8			13	0,8			6
1			8	1			6	1			5
1,20			19	1,2			6	1,2			5
1,40			10	1,4			4	1,4			3
1,60			5	1,6			7	1,6			2
1,80			4	1,8			4	1,8			7
2			3	2			4	2			10
2,20			9	2,2			8	2,2			9
2,40			13	2,4			7	2,4			5
2,60			8	2,6			5	2,6			9
2,80			12	2,8			4	2,8			6
3			15	3			13	3			3
3,20			19	3,2			22	3,2			2
3,40			19	3,4			25	3,4			2
3,60			15	3,6			19	3,6			2
3,80			17	3,8			20	3,8			1
4			24	4			26	4			1
4,20			14	4,2			>50	4,2			2
4,40			12	4,4				4,4			9
4,60			14	4,6				4,6			13
4,80			12	4,8				4,8			17
5			8	5				5			12
5,20			6	5,2				5,2			8
5,40			7	5,4				5,4			12
5,60			6	5,6				5,6			21
5,80			8	5,8				5,8			33
6			10	6				6			>50
6,20			9	6,2				6,2			
6,40			9	6,4				6,4			
6,60			9	6,6				6,6			
6,80			8	6,8				6,8			
7			8	7				7			
7,20			7	7,2				7,2			
7,40			8	7,4				7,4			
7,60			9	7,6				7,6			
7,80			12	7,8				7,8			
8			15	8				8			
8,20			18	8,2				8,2			
8,40			18	8,4				8,4			
8,60				8,6				8,6			
8,80				8,8				8,8			
9				9				9			
9,20				9,2				9,2			
9,40				9,4				9,4			
9,60				9,6				9,6			
9,80				9,8				9,8			
10				10				10			

ANALISI PROVE STATICHE CON PENETROMETRO MECCANICO [CPT]

Programma P.G.S.

c) Alberto Bruschi - Dario Flaccovio Editore

Dati del Penetrometro:

DPSH Pesante (ISSMFE/Emilia)

W	H	A	D	Wa	Wc
63,5	75,0	90,0	50,5	8,0	30,0

W = peso del maglio (Kg)

H = altezza di caduta (cm)

A = Angolo d'apertura del cono (°)

D = Diametro di base del cono (mm)

Wa = peso delle aste (Kg/m)

Wc = peso della cuffia (Kg)

Passo delle misure = 20,00 cm.

Profondità iniziale della prova = 0,2 m.

Profondità della falda = 20,0 m.

Fattore di conversione da N(DP) a N(SPT) = 1,500

PROVA PENETROMETRICA n. DPSH1

VALORI DI N

z (m)	N	N60	N1(60)	Nr
0,2	1	2	4	0
0,4	5	11	22	0
0,6	10	15	46	0
0,8	15	19	68	0
1,0	8	21	36	0
1,2	19	19	86	0
1,4	10	16	44	0
1,6	5	14	20	0
1,8	4	14	15	0
2,0	3	13	11	0
2,2	9	14	31	0
2,4	13	18	42	0
2,6	8	23	25	0
2,8	12	9	13	0
3,0	15	10	15	0
3,2	19	11	19	0
3,4	19	12	18	0
3,6	15	13	14	0

3,8	17	12	16	0
4,0	24	11	24	0
4,2	14	11	14	0
4,4	12	11	11	0
4,6	14	9	13	0
4,8	12	8	11	0
5,0	8	22	20	0
5,2	6	19	15	0
5,4	7	17	17	0
5,6	6	18	14	0
5,8	8	20	18	0
6,0	10	22	23	0
6,2	9	24	23	0
6,4	9	25	23	0
6,6	9	24	22	0
6,8	8	23	19	0
7,0	8	23	19	0
7,2	7	23	16	0
7,4	8	25	19	0
7,6	9	29	21	0
7,8	12	35	27	0
8,0	15	41	33	0
8,2	18	51	39	0
8,4	18	51	39	0

z = profondità

N = numero colpi originale

N60 = numero colpi standardizzato

N1(60) = numero dei colpi corretto per la pressione litostatica

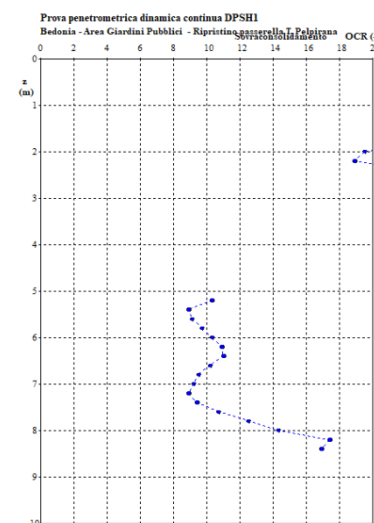
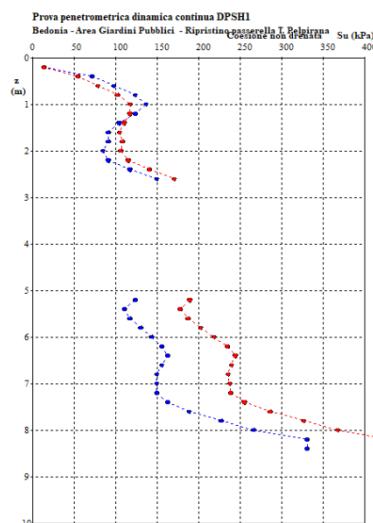
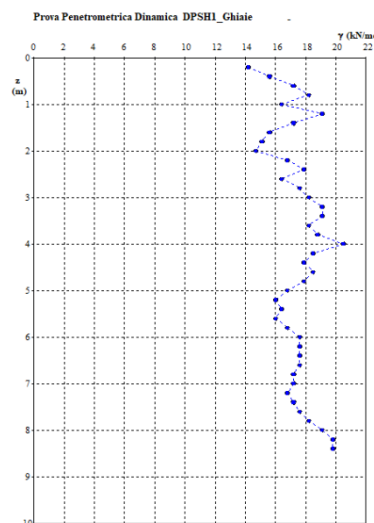
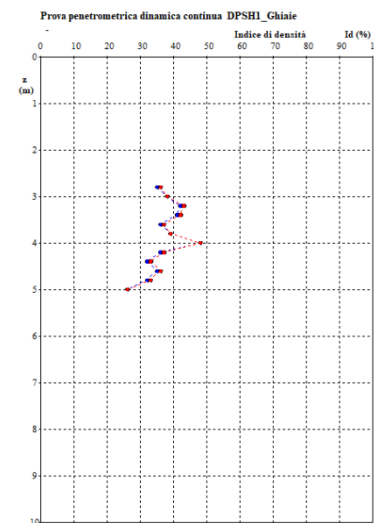
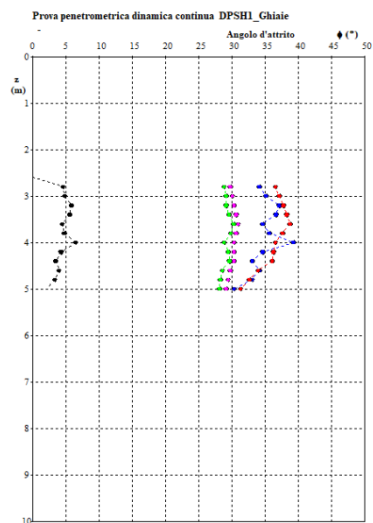
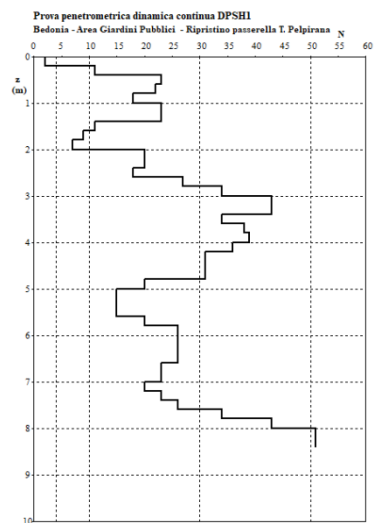
Nr = numero colpi del rivestimento: nessun rivestimento

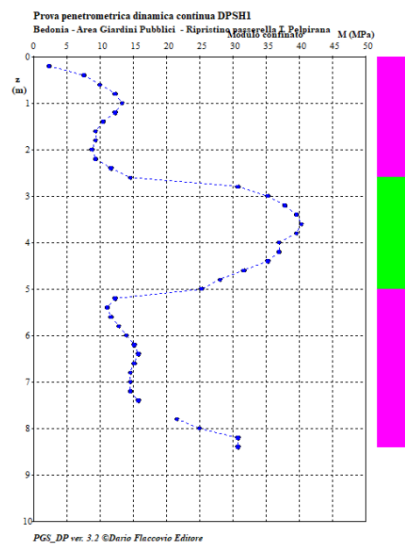
TABELLA RIASSUNTIVA: DPSH1

z	L	N60	Qd (Mpa)	g (kN/mc)	ld (%)	fi (°)	ficv (°)	OCR (-)	Su (kPa)	mu (-)	M (MPa)	E (MPa)	Go (MPa)	Vs (m/s)	Kw (Kg/cm ²)
0,2	Limo	2	1,2	14,7				38,7	12,9	0,5	2,3	0,5	14,8	57	0,39
0,4	Limo	11	5,7	18,2				95,1	62,5	0,5	7,5	2,9	46,7	87	11,05
0,6	Limo	15	11,1	21				79,1	87,5	0,5	9,9	6,1	59,5	99	12,18
0,8	Limo	19	16,2	21				72,1	112,3	0,5	12,2	9	70,3	109	13,31
1	Limo	21	8,5	20,1				62,8	126,6	0,5	13,3	4,8	75,4	116	13,88
1,2	Limo	19	19,7	21				46,5	119,9	0,5	12,2	11,4	72,5	118	13,31
1,4	Limo	16	10,1	21				33,2	106,6	0,5	10,4	5,8	66,1	118	12,46
1,6	Limo	14	5	18,2				25,6	97,4	0,5	9,3	2,6	59,7	118	11,9
1,8	Limo	14	3,9	17,6				23	99,2	0,5	9,3	2	59,9	121	11,9
2	Limo	13	2,9	16,8				19,5	94,9	0,5	8,7	1,4	57,2	122	11,62
2,2	Limo	14	8,4	20,5				18,9	102,7	0,5	9,3	4,1	63,3	126	11,9
2,4	Limo	18	11,9	21				22,1	128,4	0,5	11,6	5,6	74,7	134	13,03
2,6	Limo	23	7,2	20,1				26	159,6	0,5	14,5	3,3	86,2	142	14,44
2,8	Ghiaia	9	10,6	17,6	36	33,4	28,8	1		0,226	12,1	10,6	62,7	177	1,8
3	Ghiaia	10	13	18,2	38	34	29,1	1		0,235	13,2	12,1	68,3	183	2
3,2	Ghiaia	11	16,1	19,1	43	35	29,1	1		0,25	14,3	14,5	74,1	188	11,05
3,4	Ghiaia	12	15,8	19,1	42	35,1	29,5	1		0,2515	15,3	14,3	78,4	193	11,33
3,6	Ghiaia	13	12,3	18,2	37	34,7	30,2	1		0,2455	16,4	12,2	80,8	198	11,62
3,8	Ghiaia	12	13,7	18,8	39	34,6	29,8	1		0,244	15,3	13,2	79,3	197	11,33
4	Ghiaia	11	19	20,5	48	35,3	28,8	1		0,2545	14,3	17,5	79,8	196	11,05
4,2	Ghiaia	11	10,9	18,5	37	33,7	29,4	1		0,2305	14,3	11,9	76,6	198	11,05
4,4	Ghiaia	11	9,2	17,9	33	33,1	29,6	1		0,2215	14,3	10,2	76,2	200	11,05
4,6	Ghiaia	9	10,6	18,5	36	32,5	28,5	1		0,2125	12,1	11	70,5	195	1,8
4,8	Ghiaia	8	8,9	17,9	33	31,6	28,2	1		0,199	11	9,6	65,6	192	1,59
5	Ghiaia	7	5,8	16,8	26	30,2	28,1	1		0,178	9,8	7	59,8	189	1,39
5,2	Limo	19	4,3	19,4				10,3	155,8	0,5	12,2	2	81,9	157	13,31
5,4	Limo	17	5	20,1				8,9	143,7	0,5	11	2,2	78	155	12,75
5,6	Limo	18	4,2	19,4				9,1	151,5	0,5	11,6	1,8	79,9	157	13,03
5,8	Limo	20	5,5	20,5				9,7	165,7	0,5	12,8	2,4	86,7	161	13,59
6	Limo	22	6,8	21				10,3	180,2	0,5	13,9	3	92,7	165	14,16

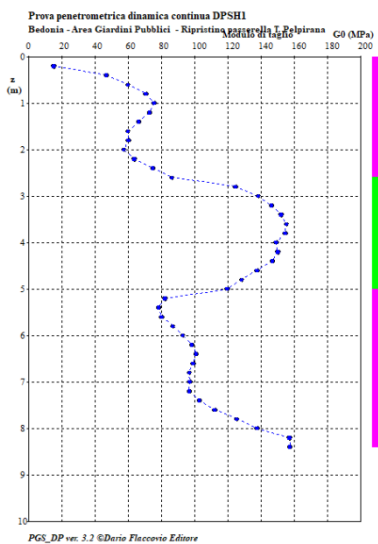
6,2	Limo	24	6	21	10,9	194,9	0,5	15,1	3	98,1	169	14,72
6,4	Limo	25	5,9	21	11	202,8	0,5	15,7	3	100,7	171	15,01
6,6	Limo	24	5,9	21	10,2	197,3	0,5	15,1	2,9	98,8	171	14,72
6,8	Limo	23	5,1	21	9,5	192	0,5	14,5	2,5	96,5	170	14,44
7	Limo	23	5,1	21	9,2	192,9	0,5	14,5	2,5	96,9	171	14,44
7,2	Limo	23	4,4	20,5	8,9	193,6	0,5	14,5	2,1	96,5	172	14,44
7,4	Limo	25	4,9	21	9,4	208,2	0,5	15,7	2,5	102,5	176	15,01
7,6		29	5,5	21	10,7	236,8	0,5	0	0	111,8	181	16,14
7,8	Limo	35	7,2	21	12,5	276,5	0,5	21,5	3,6	125,1	188	17,83
8	Limo	41	8,9	21	14,3	316,3	0,5	24,9	4,3	137,4	194	19,52
8,2	Limo	51	10,5	21	17,4	380,2	0,5	30,7	5,2	156,8	203	22,35
8,4	Limo	51	10,4	21	16,9	381,4	0,5	30,7	5,2	157,2	204	22,35

z = profondità (m)
 Qc = resistenza alla punta (MPa)
 Fs = resistenza d'attrito (kPa)
 Rf = rapporto delle resistenze (%)
 L = litologia (criterio di Schmertmann, 1976)
 g = peso di volume (kN/mc)
 sv = tensione litostatica totale (kPa)
 sv' = tensione litostatica effettiva (kPa)
 Uo = pressione nei pori (kPa)
 Il modulo di Young si riferisce al 25% dello sforzo deviatorico nei terreni incoerenti e a E non drenato nei terreni coesivi
 CF = contenuto di fine [passante al 200] (%)
 Id = indice di densità (%)
 f_p = angolo d'attrito di picco (°)
 f_vc = angolo d'attrito a volume costante (°)
 Su = resistenza al taglio non drenata (kPa)
 OCR = grado di sovraconsolidamento
 E = modulo elastico operativo E25 (MPa)
 M = modulo confinato (MPa)
 mu = coefficiente di Poisson (-)
 Cc = indice di compressibilità (-)
 Go = modulo di taglio (MPa)
 Vs = velocità onde di taglio (m/s)
 (*): utilizzare il parametro con cautela

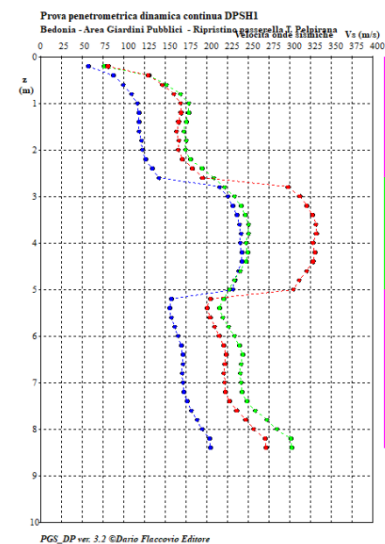




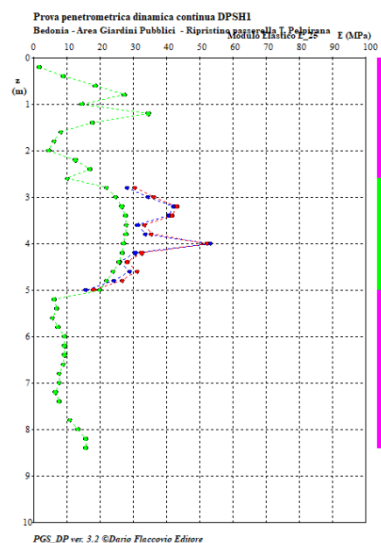
• (Olayne & Frost, 1988) per terreni incoerenti
(Schulze & Menzenbach, 1961) per terreni coesivi



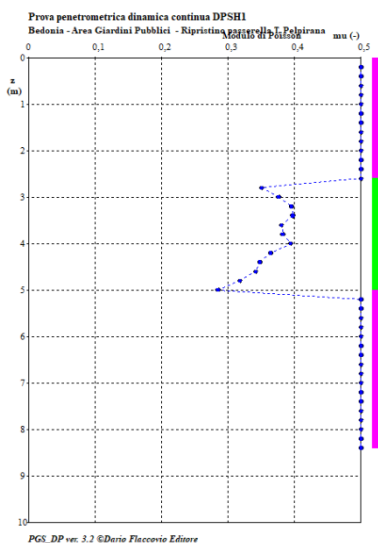
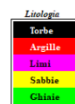
• (Sabatini et al., 2002)



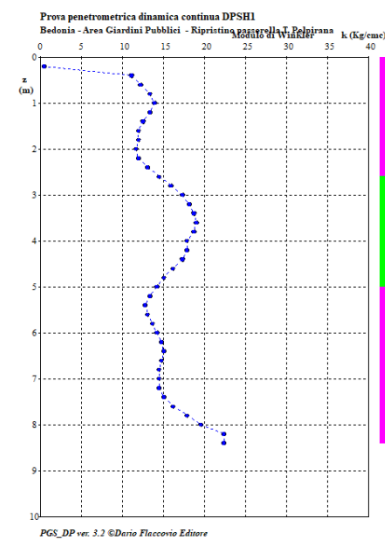
• (Ohta & Goto, 1978)
• (Yoshida & Monotoni, 1988)
• (Andrus et al., 2003)



• (Stroud, 1989) per terreni incoerenti
• (Jamiolkowski, 1988) per terreni coesivi
• dalla legge di decadimento del modulo
(Ohta & al., 1982) per terreni coesivi = Eu



• (Trautman & Kulkaway, 1987)



• (Terzaghi, 1983 [N < 10] - Moayed, 2006 [N > 10])



ANALISI PROVE STATICHE CON PENETROMETRO MECCANICO [DPSH/CPT2]

Programma P.G.S.

c) Alberto Bruschi - Dario Flaccovio Editore

W	H	A	D	Wa	Wc
63,5	75,0	90,0	50,5	8,0	30,0

W = peso del maglio (Kg)

H = altezza di caduta (cm)

A = Angolo d'apertura del cono (°)

D = Diametro di base del cono (mm)

Wa = peso delle aste (Kg/m)

Wc = peso della cuffia (Kg)

Passo delle misure = 20,00 cm.

Profondità iniziale della prova = 0,2 m.

Profondità della falda = 20,0 m.

Fattore di conversione da N(DP) a N(SPT) = 1,500

PROVA PENETROMETRICA n. DPSH2

VALORI DI N

z (m)	N	N60	N1(60)	Nr
-------	---	-----	--------	----

0,2	1	2	4	0
0,4	3	7	14	0
0,6	7	11	32	0
0,8	13	13	58	0
1,0	6	13	28	0
1,2	6	12	28	0
1,4	4	11	18	0
1,6	7	10	29	0
1,8	4	10	16	0
2,0	4	10	15	0
2,2	8	10	28	0
2,4	7	10	24	0
2,6	5	14	16	0
2,8	4	22	12	0
3,0	13	10	14	0
3,2	22	12	23	0
3,4	25	14	25	0
3,6	19	16	18	0
3,8	20	22	19	0
4,0	26	27	27	0
4,2	50	43	50	0
4,4	50	43	49	0

z = profondità

N = numero colpi originale

N60 = numero colpi standardizzato

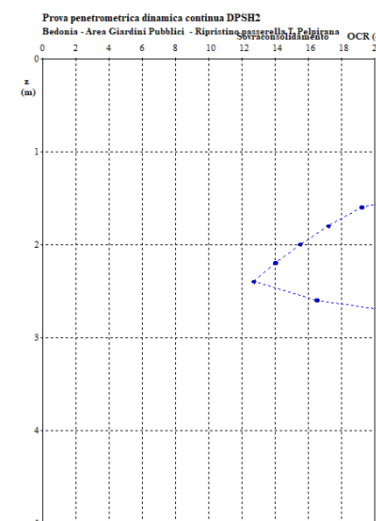
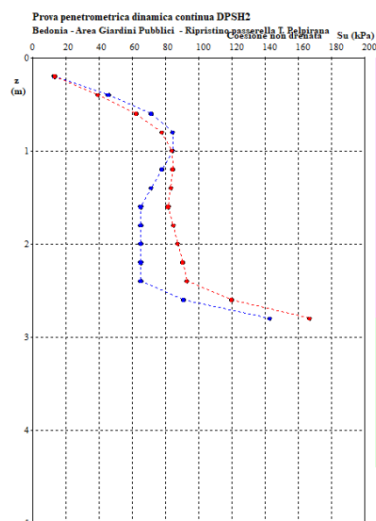
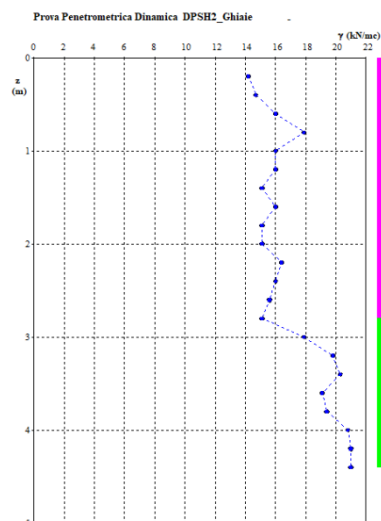
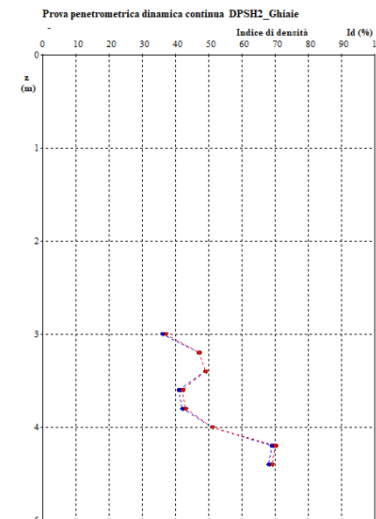
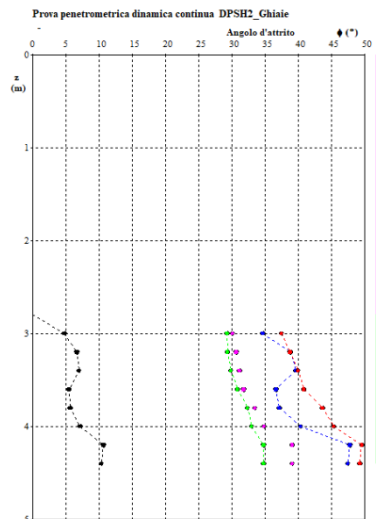
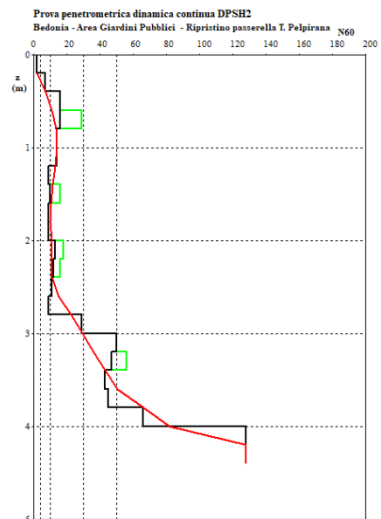
N1(60) = numero dei colpi corretto per la pressione litostatica

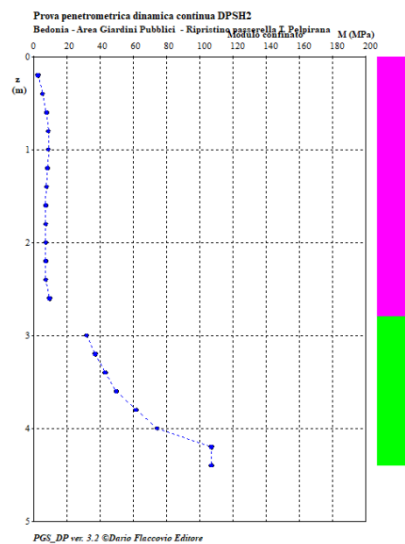
Nr = numero colpi del rivestimento: nessun rivestimento

PROVA PENETROMETRICA STATICA n. CPT2

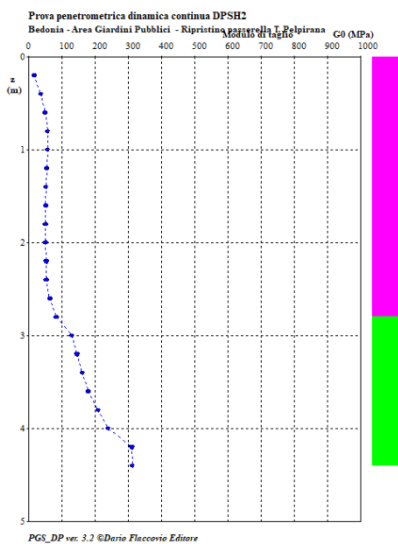
TABELLA RIASSUNTIVA: DPSH2

z	L	N60	Qd (Mpa)	g (kN/mc)	Id (%)	fi (°)	ficv (°)	OCR (-)	Su (kPa)	mu (-)	M (MPa)	E (MPa)	Go (MPa)	Vs (m/s)	Kw (Kg/cmc)
0,2	Limo	2	1,2	14,7				38,7	12,9	0,5	2,3	0,5	14,8	57	0,39
0,4	Limo	7	3,4	16,8				63,2	42,1	0,5	5,2	1,8	34,6	80	1,39
0,6	Limo	11	7,7	19,6				61,2	66,6	0,5	7,5	4,2	48,5	94	11,05
0,8	Limo	13	14,1	21				51,2	80,8	0,5	8,7	7,7	55,6	102	11,62
1	Limo	13	6,3	19,1				40,5	83,9	0,5	8,7	3,7	55,6	107	11,62
1,2	Limo	12	6,2	19,1				30,9	80,9	0,5	8,1	3,7	53,7	109	11,33
1,4	Limo	11	4	17,6				24,4	77,1	0,5	7,5	2,4	50,7	111	11,05
1,6	Limo	10	6,9	19,6				19,2	73,1	0,5	7	3,8	49,7	112	2
1,8	Limo	10	3,9	17,6				17,2	74,6	0,5	7	2,1	48,8	114	2
2	Limo	10	3,8	17,6				15,5	75,9	0,5	7	2	49,3	116	2
2,2	Limo	10	7,5	20,1				14	77,5	0,5	7	3,7	51,7	119	2
2,4	Limo	10	6,4	19,6				12,7	78,6	0,5	7	3,1	51,8	121	2
2,6	Limo	14	4,5	18,2				16,5	105,2	0,5	9,3	2,1	62,4	130	11,9
2,8		22	3,5	17,6				24,2	154,6	0,5	0	0	81,7	142	14,16
3	Ghiaia	29	11,2	21	61	42,1	32,6	1		0,3565	31,6	27,9	128,6	220	16,14
3,2	Ghiaia	35	18,7	21	79	45,1	32,1	1		0,4015	36,9	41,8	143,9	230	17,83
3,4	Ghiaia	42	20,8	21	82	46,1	32,7	1		0,4165	42,9	45,2	160,4	240	19,81
3,6	Ghiaia	50	15,6	21	70	46,6	35,7	1		0,424	49,5	37,8	178,1	250	22,07
3,8	Ghiaia	65	16,1	21	71	48,6	37,6	1		0,454	61,3	40,3	207,5	264	26,3
4	Ghiaia	82	20,6	21	85	51	37,4	1		0,49	74,2	53,6	238,4	278	31,1
4,2	Ghiaia	128	38,9	21	109	55,1	37,1	1		0,5515	106,9	88,7	309	303	44,09
4,4	Ghiaia	128	38,3	21	108	55	37,4	1		0,55	106,9	87	311	306	44,09

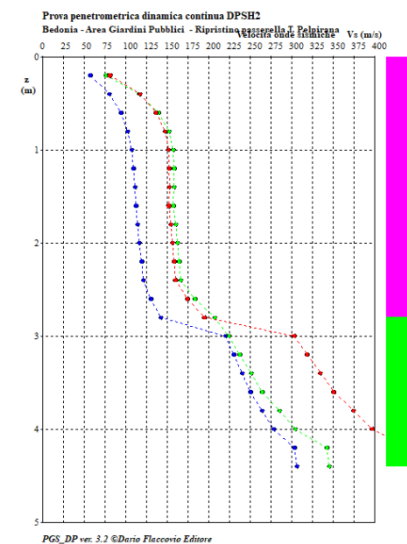




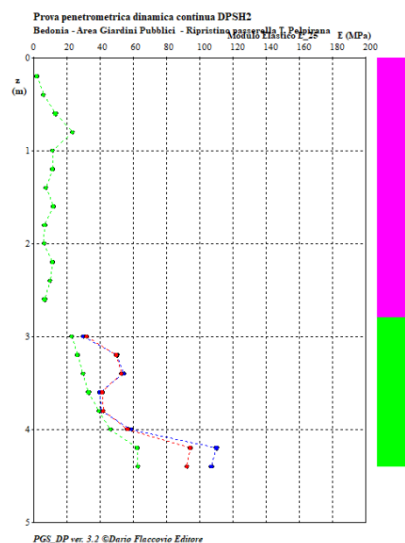
• (Mayne & Frost, 1988) per terreni incoerenti
(Schulze & Menzenbach, 1961) per terreni coesivi



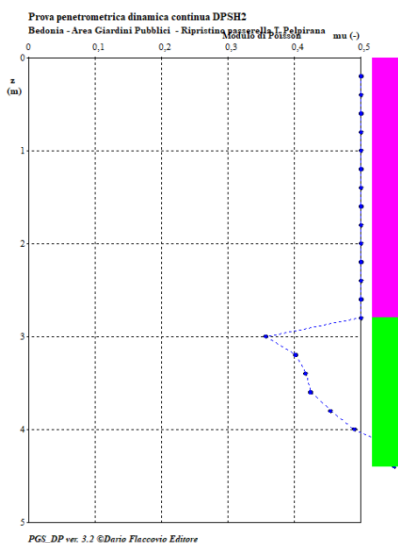
• (Sabatini et al., 2002)



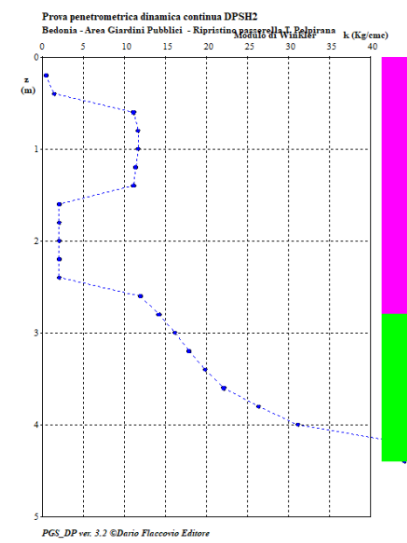
• (Ohta & Goto, 1978)
• (Yoshida & Monotari, 1988)
• (Andrus et al., 2003)



• (Stroud, 1989) per terreni incoerenti
• (Jamiolkowski, 1988) per terreni coesivi
• dalla legge di decadimento del modulo (Ohya & al., 1982) per terreni coesivi = Eu



• (Trautman & Kulkaway, 1987)



• (Terzaghi, 1983 [N < 10] - Moayed, 2006 [N > 10])



ANALISI PROVE STATICHE CON PENETROMETRO MECCANICO [DPSH/CPT2]

Programma P.G.S.

c) Alberto Bruschi - Dario Flaccovio Editore

Dati del Penetrometro:

DPSH Pesante (ISSMFE/Emilia)

W	H	A	D	Wa	Wc
63,5	75,0	90,0	50,5	8,0	30,0

W = peso del maglio (Kg)

H = altezza di caduta (cm)

A = Angolo d'apertura del cono (°)

D = Diametro di base del cono (mm)

Wa = peso delle aste (Kg/m)

Wc = peso della cuffia (Kg)

Passo delle misure = 20,00 cm.

Profondità iniziale della prova = 0,2 m.

Profondità della falda = 20,0 m.

Fattore di conversione da N(DP) a N(SPT) = 1,500

VALORI DI N

z (m)	N	N60	N1(60)	Nr
0,2	3	7	14	0
0,4	11	25	50	0
0,6	12	16	54	0
0,8	6	17	28	0
1,0	5	14	22	0
1,2	5	9	22	0
1,4	3	10	14	0
1,6	2	11	9	0
1,8	7	12	27	0
2,0	10	13	37	0
2,2	9	14	31	0
2,4	5	14	16	0
2,6	9	12	28	0
2,8	6	10	19	0
3,0	3	8	9	0
3,2	2	7	6	0
3,4	2	4	6	0
3,6	2	4	6	0
3,8	1	4	2	0
4,0	1	7	3	0
4,2	2	13	6	0
4,4	9	19	26	0
4,6	13	25	36	0
4,8	17	28	45	0
5,0	12	29	32	0
5,2	8	33	20	0
5,4	12	10	11	0
5,6	21	18	19	0
5,8	33	28	28	0
6,0	50	43	43	0

TABELLA RIASSUNTIVA: DPSH3 da DPSH

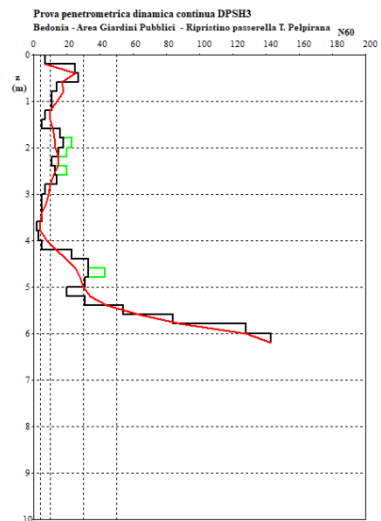
z	L	N60	Qd (Mpa)	g (kN/mc)	Id (%)	fi (°)	ficv (°)	OCR (-)	Su (kPa)	mu (-)	M (MPa)	E (MPa)	Go (MPa)	Vs (m/s)	Kw (Kg/cmc)
0,2	Limo	7	3,5	16,8				118,5	38,5	0,5	5,2	1,8	33,4	70	1,39
0,4	Limo	25	12,5	21				188,1	130,2	0,5	15,7	6,6	80,1	100	15,01
0,6	Limo	16	13,3	21				77,4	93,6	0,5	10,4	7,2	61,9	100	12,46
0,8	Limo	17	6,5	19,1				62	102,7	0,5	11	3,7	64,5	107	12,75
1	Limo	14	5,3	18,2				41,4	90	0,5	9,3	2,9	57,6	108	11,9
1,2	Limo	9	5,2	18,2				22,4	64,1	0,5	6,4	2,9	44,6	104	1,8
1,4	Limo	10	3	16,8				21,7	71,6	0,5	7	1,8	47,4	109	2
1,6	Limo	11	2	16				21,2	79	0,5	7,5	1,2	50,1	113	11,05
1,8	Limo	12	6,8	19,6				20,4	86,7	0,5	8,1	3,6	56	118	11,33
2	Limo	13	9,5	21				19,7	94,8	0,5	8,7	4,9	60,4	122	11,62
2,2	Limo	14	8,4	20,5				19,1	102,6	0,5	9,3	4,1	63,3	126	11,9
2,4	Limo	14	4,6	18,2				17,5	104	0,5	9,3	2,1	62	128	11,9
2,6	Limo	12	8,1	20,5				13,8	93,2	0,5	8,1	3,7	58,7	126	11,33
2,8		10	5,3	19,1				10,6	81,4	0,5	0	0	52,2	124	2
3	Limo	8	2,6	16,8				8	68,9	0,5	5,8	1,2	44,5	121	1,59
3,2	Limo	7	1,7	16				6,6	62,5	0,5	5,2	0,7	40,9	120	1,39
3,4	Limo	4	1,7	16				3,6	40,7	0,5	3,5	0,7	29,8	110	0,79
3,6	Limo	4	1,6	16				3,4	41	0,5	3,5	0,7	30	111	0,79
3,8	Limo	4	0,8	14,7				3,2	41	0,5	3,5	0,2	29,5	113	0,79
4	Limo	7	0,8	15,1				5,5	65,1	0,5	5,2	0,3	41,2	125	1,39
4,2	Limo	13	1,6	16				9,8	107,8	0,5	8,7	0,7	60,7	141	11,62
4,4	Limo	19	6,9	21				13,5	147,8	0,5	12,2	3,4	82,3	152	13,31
4,6	Limo	25	9,8	21				16,9	186,9	0,5	15,7	4,8	96,8	160	15,01
4,8	Limo	28	12,6	21				18,1	207,2	0,5	17,4	6	104,1	165	15,85
5	Limo	29	8,8	21				17,9	215,1	0,5	18	4,2	106,6	167	16,14
5,2	Limo	33	5,8	20,5				19,5	241	0,5	20,3	2,6	114,7	172	17,26
5,4	Limo	44	8,5	21				24,9	307,9	0,5	26,7	4,1	137,4	182	20,37
5,6	Ghiaia	18	15,9	20,1	43	36,3	31,1	1		0,2695	21,4	16,5	108,7	228	13,03
5,8	Ghiaia	28	24,7	21	52	39,8	33	1		0,322	30,7	23,4	140,8	248	15,85
6	Ghiaia	43	36,9	21	65	44,1	34,9	1		0,3865	43,7	33,5	177,8	269	20,09

6	Ghiaia	43	36,9	21	65	44,1	34,9	1	0,3865	43,7	33,5	177,8	269	20,09
---	--------	----	------	----	----	------	------	---	--------	------	------	-------	-----	-------

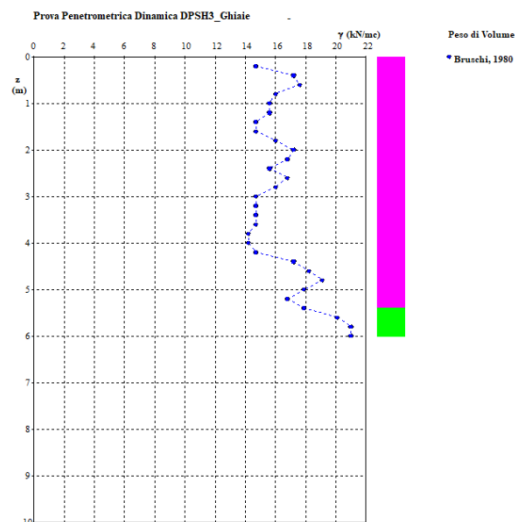
z = profondità (m)
 N60 = numero dei colpi standardizzato
 g = peso di volume (kN/mc) - da Bruschi, 1998
 Rd = resistenza dinamica (MPa) - (formula degli Olandesi)
 Id = indice di densità (%) - da Kulhavy & Mayne, 1990 e Cubrinowski & Ishihara, 1990 - mediate
 f'_p = angolo d'attrito di picco (°) - da Schnertmann, 1975 e Hatanaka & Uchida, 1996 - mediate
 f'_cv = angolo d'attrito a volume costante (°) - dalla procedura di Horwath, 2000 e 2002
 mu = coefficiente di Poisson (Trautman & Kulhawy, 1987)
 OCR = grado di preconsolidamento - da Mayne & Kemper, 1988
 Su = resistenza al taglio non drenata (kPa) - da Terzaghi & Peck, 1948; Bruschi, 2004 e da Sotelo & Bosch, 1999; Bruschi, 2009 - mediate
 mu = coefficiente di Poisson - da Trautmann & Kulhawy, 1987
 M = modulo confinato (MPa) - da Mayne & Frost, 1980 (incoerente) e Schultze & Menzenbach, 1961 (coesivi)
 E25 = modulo di elasticità a livello operativo (25%) - da Jamiolkowski, 1988, Stroud, 1989 e dalla legge di decadimento del modulo - mediate
 Go = modulo di taglio (MPa) - dalla velocità delle onde sismiche e da Sabatini, 2002 - mediate
 Vs = velocità onde di taglio (m/s) - da Ohta & Goto, 1978 e Yoshida e Monotori, 1988 - mediate
 k = modulo di Winkler (Kg/cmc) - da Terzaghi, 1983 (N<=10); Moayed, 2006 - Bruschi, 2011 (N>10)

Il modulo di Young si riferisce al 25% dello sforzo deviatorico nei terreni incoerenti e a E non drenato nei terreni coesivi

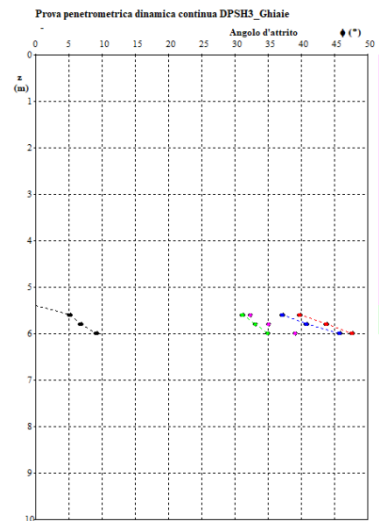
(*): utilizzare il parametro con cautela



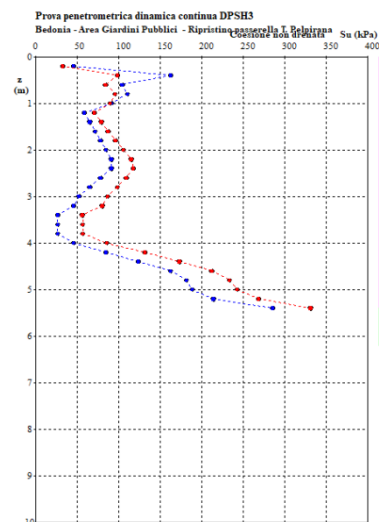
PGS_DP ver: 3.2 ©Dario Fiacco Editore



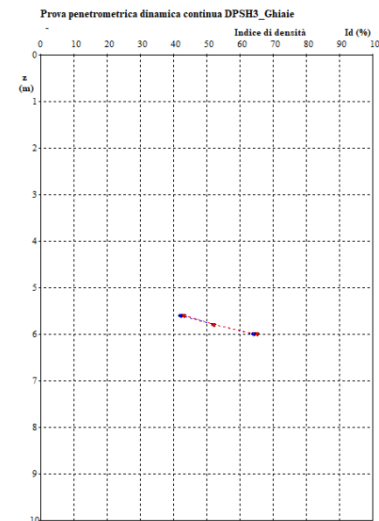
PGS_DP ver: 3.2 ©Dario Fiacco Editore



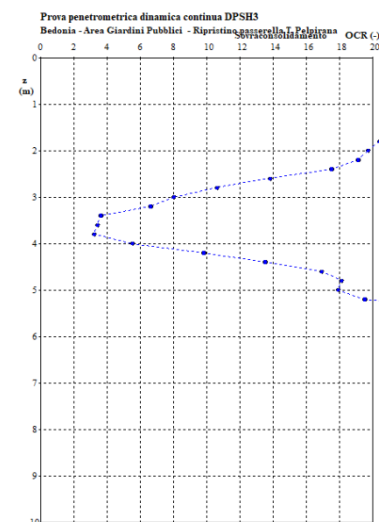
PGS_DP ver: 3.2 ©Dario Fiacco Editore



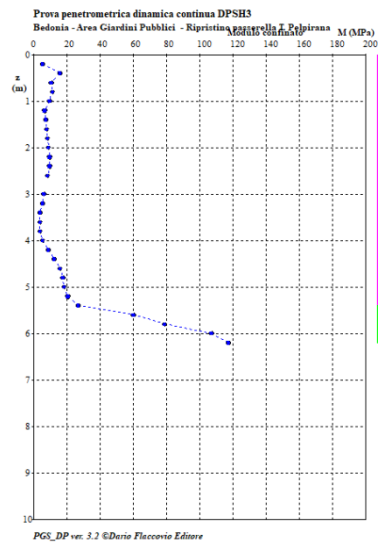
PGS_DP ver: 3.2 ©Dario Fiacco Editore



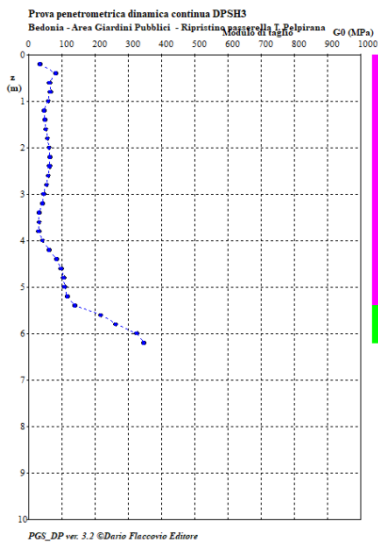
PGS_DP ver: 3.2 ©Dario Fiacco Editore



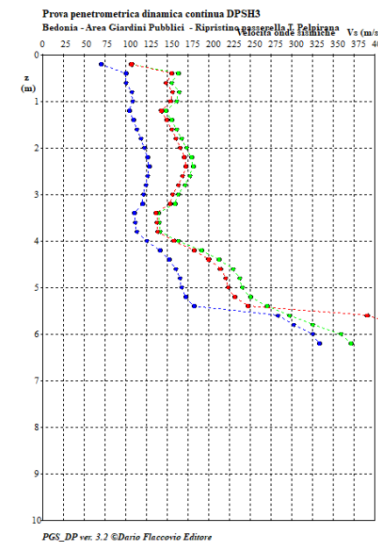
PGS_DP ver: 3.2 ©Dario Fiacco Editore



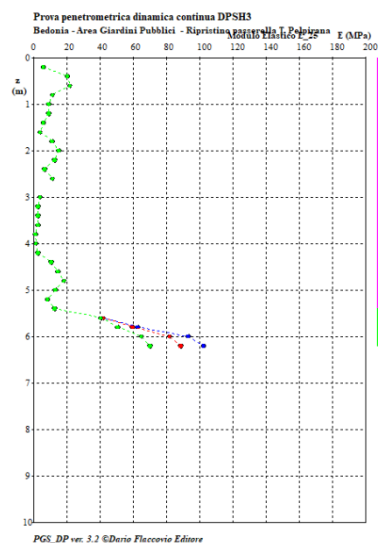
• (Mayne & Frost, 1988) per terreni incoerenti
(Schulze & Menzenbach, 1961) per terreni coesivi



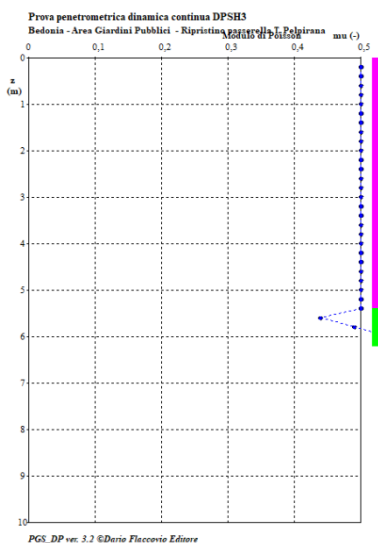
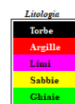
• (Sabatini et al., 2002)



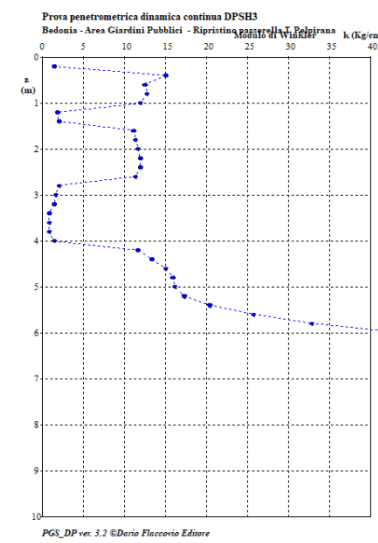
• (Ohta & Goto, 1978)
• (Yoshida & Monotori, 1988)
• (Andrus et al., 2003)



• (Stroud, 1989) per terreni incoerenti
• (Jamiolkowski, 1988) per terreni incoerenti
• dalla legge di decadimento del modulo (Ohta & al., 1982) per terreni coesivi = Eu



• (Trautman & Kulkaway, 1987)



• (Terzaghi, 1983 [N < 10] - Moayed, 2006 [N > 10])



ALLEGATO C

PROSPEZIONE GEOFISICA CON METODOLOGIA SISMICA ATTIVA A RIFRAZIONE /MASW E METODOLOGIA SISMICA PASSIVA HVSR

Indagine SR2

LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

LOCALITA': Via Sport - Campo Breia

COMUNE: Bedonia (PR)

DATA ACQUISIZIONE: 12 07 2018

ORA: 14.50



PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE



Figura A. 1 - Stendimento sismico a rifrazione realizzato in corrispondenza dell'area di studio.

Indagine SR2

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE

Tabella A - Dati riassuntivi relativi all'acquisizione in sismica attiva a rifrazione in onde P

DATI RIASSUNTIVI - ACQUISIZIONE IN SISMICA ATTIVA A RIFRAZIONE - ONDE P	
Operatore in campagna	Dott. Geol. Gabriele Oppo
Lunghezza Stendimento	112 metri
Distanza intergeofonica	4 metri
N° tracce	24
Tipo di Onda	Rayleigh; Forza Verticale: - battuta su piattello in alluminio
Lunghezza dell'acquisizione	2 secondi
Intervallo di Campionamento	0.001 secondi
Stacking	3 battute per punto sorgente: 3 Verticali
Punti di Shot	in metri rispetto al geofono n°1 <ul style="list-style-type: none"> ➤ Shot1: -10m ➤ Shot2: -2m ➤ Shot3: +22m ➤ Shot4: +46m ➤ Shot5: +70m ➤ Shot6: +94m ➤ Shot8: +102m

Indagine SR2

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE

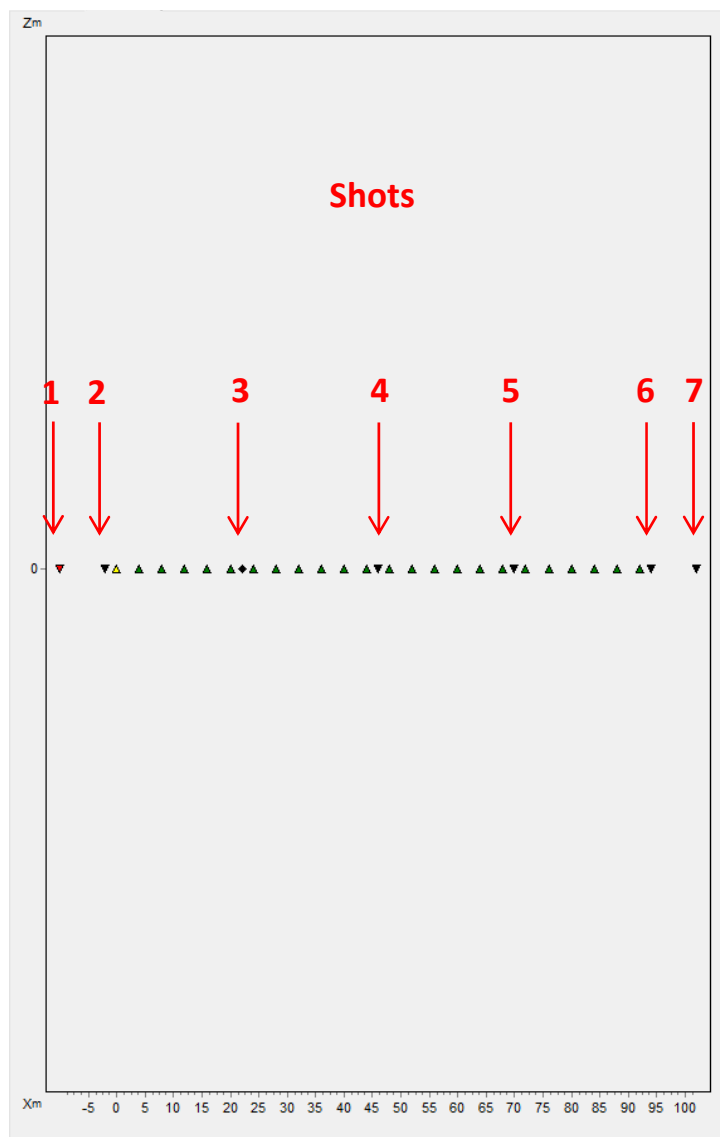
Tabella B - Dati riassuntivi relativi all'acquisizione in sismica attiva a rifrazione in onde S

DATI RIASSUNTIVI - ACQUISIZIONE IN SISMICA ATTIVA A RIFRAZIONE - ONDE P	
Operatore in campagna	Dott. Geol. Gabriele Oppo
Lunghezza Stendimento	112 metri
Distanza intergeofonica	4 metri
N° tracce	24
Tipo di Onda	Love; Forza Trasversale: - battuta di taglio su traversina in legno
Lunghezza dell'acquisizione	2 secondi
Intervallo di Campionamento	0.001 secondi
Stacking	6 battute per punto sorgente: 3 Orizzontali Sx + 3 Orizzontali Dx
Punti di Shot	in metri rispetto al geofono n°1 <ul style="list-style-type: none"> ➤ Shot1: -10m ➤ Shot2: -2m ➤ Shot3: +22m ➤ Shot4: +46m ➤ Shot5: +70m ➤ Shot6: +94m ➤ Shot8: +102m

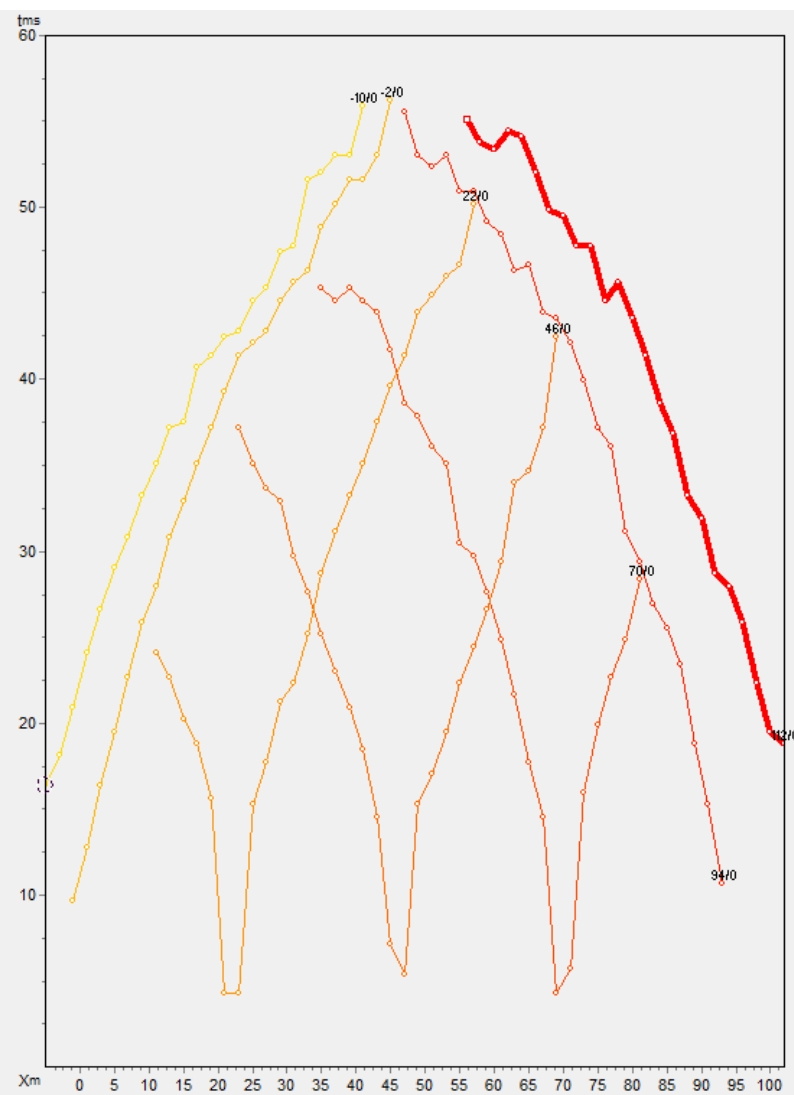
Indagine SR2

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE P

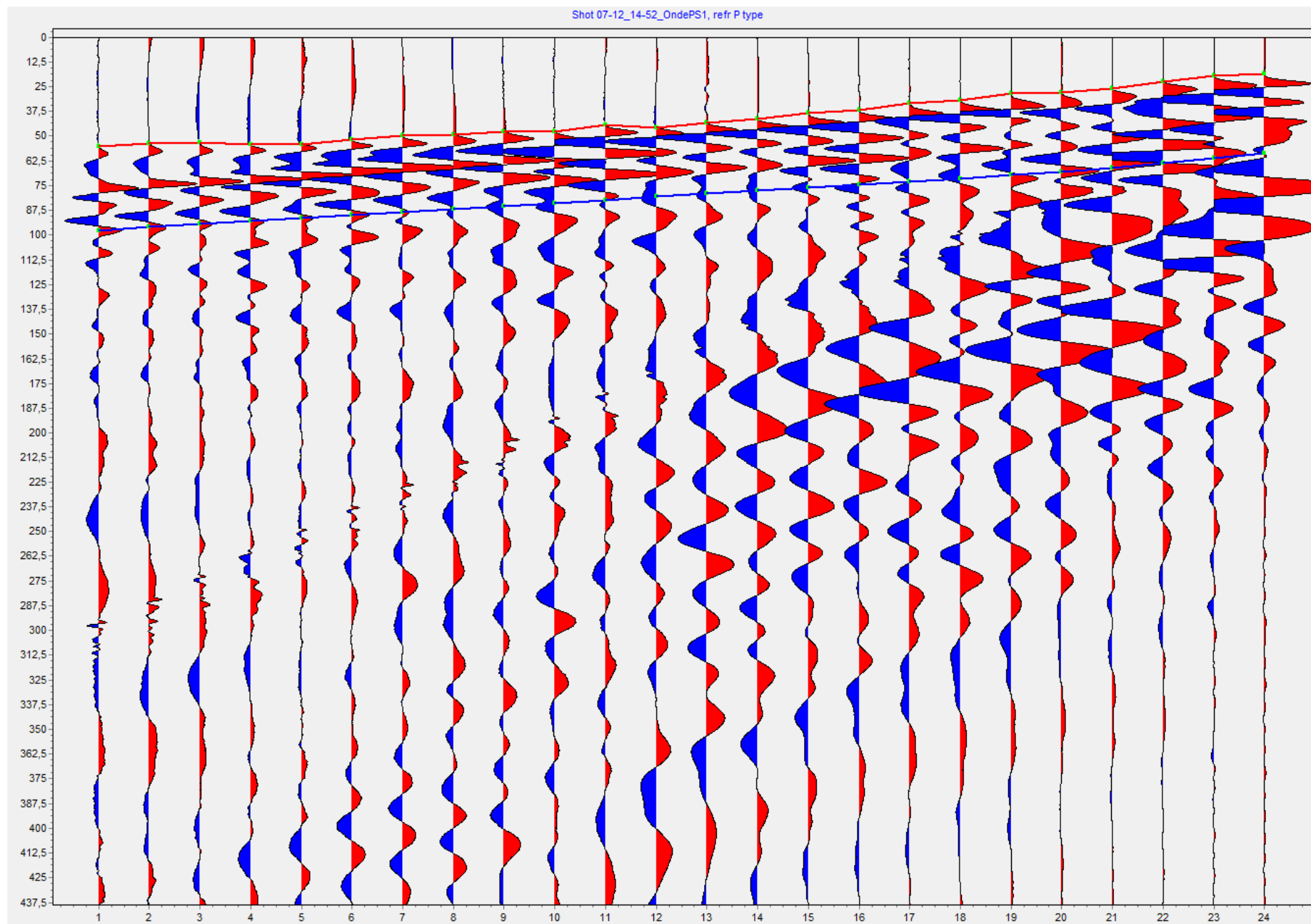
Array



Hodographs

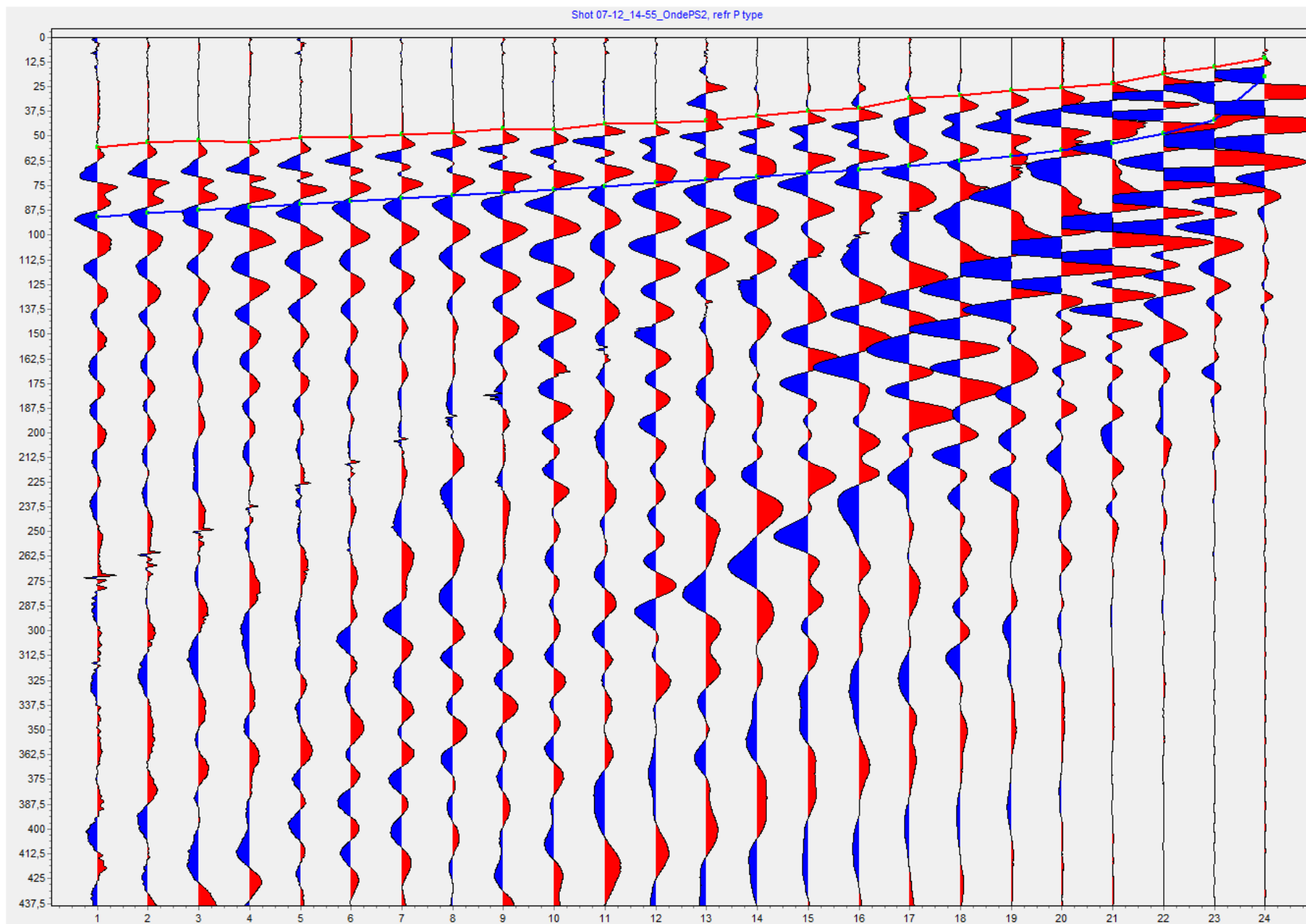


Indagine SR2



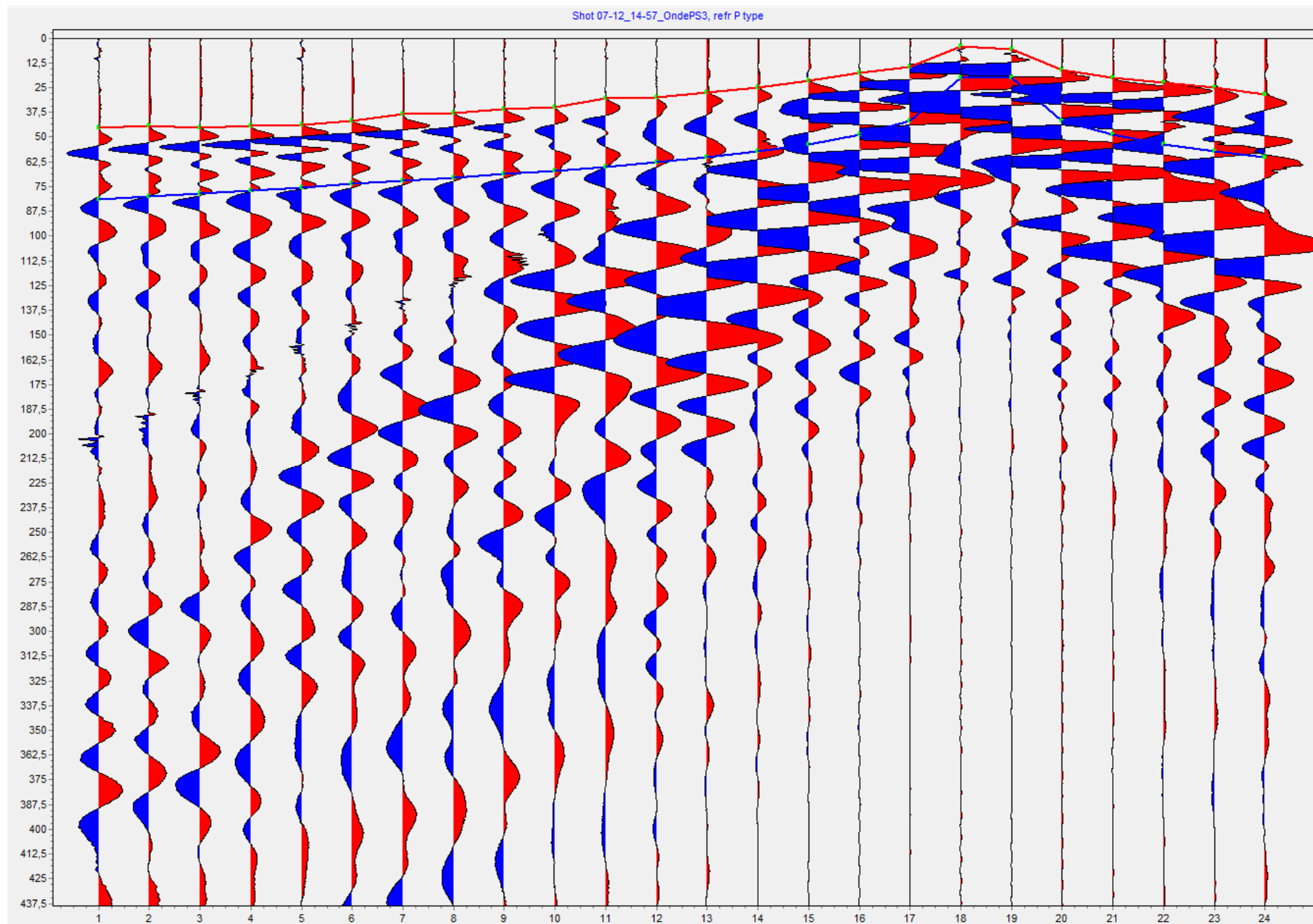
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



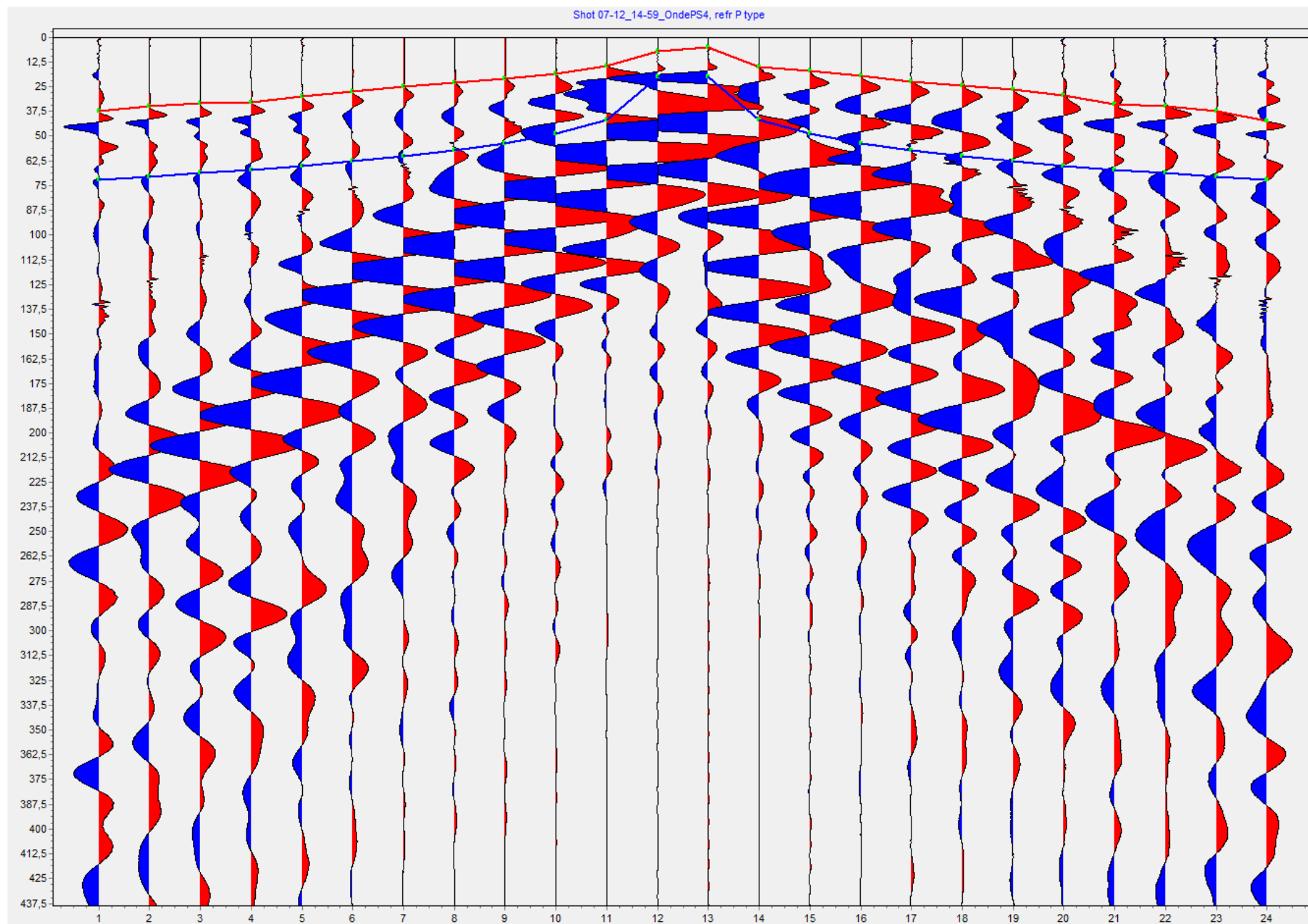
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



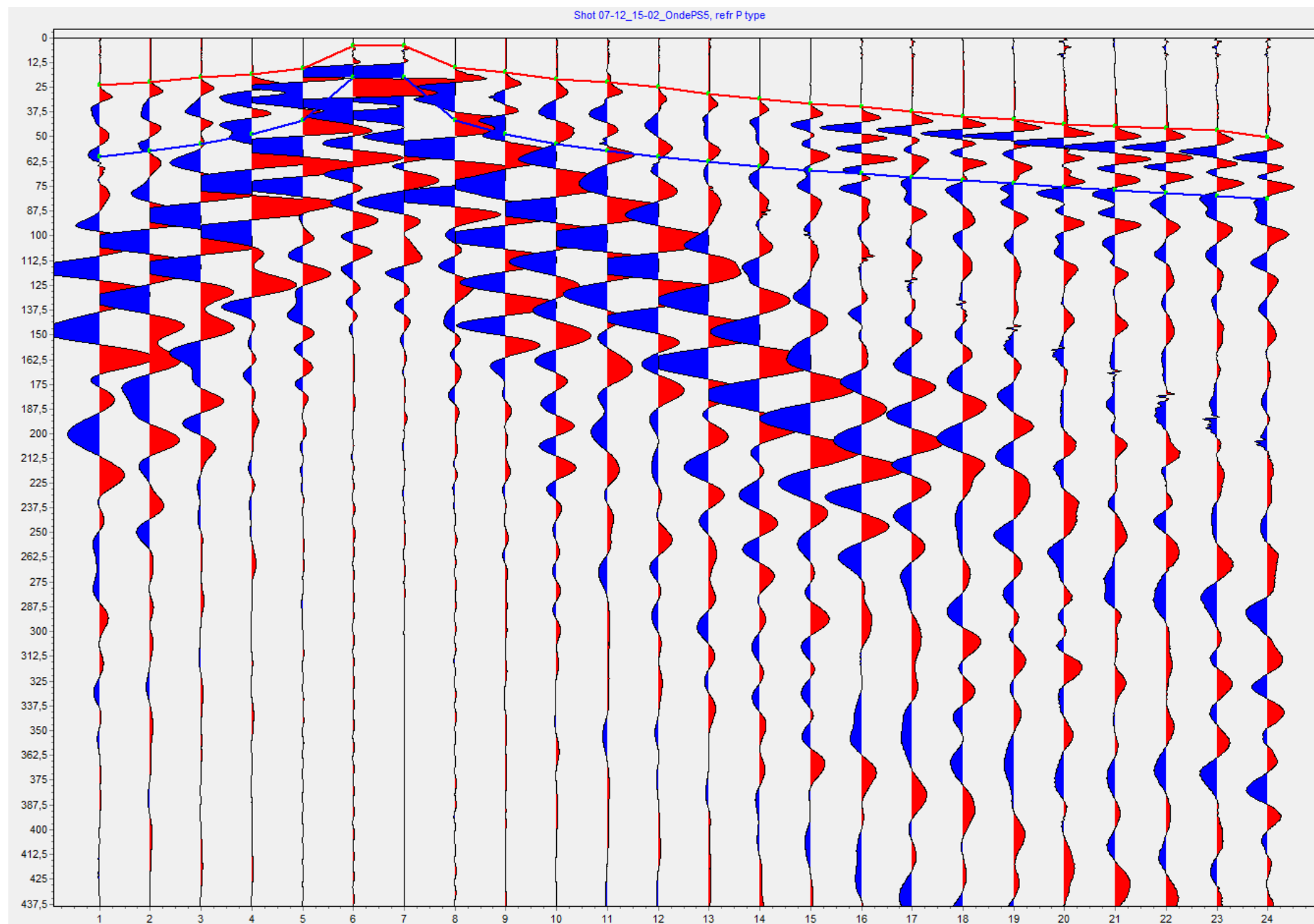
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



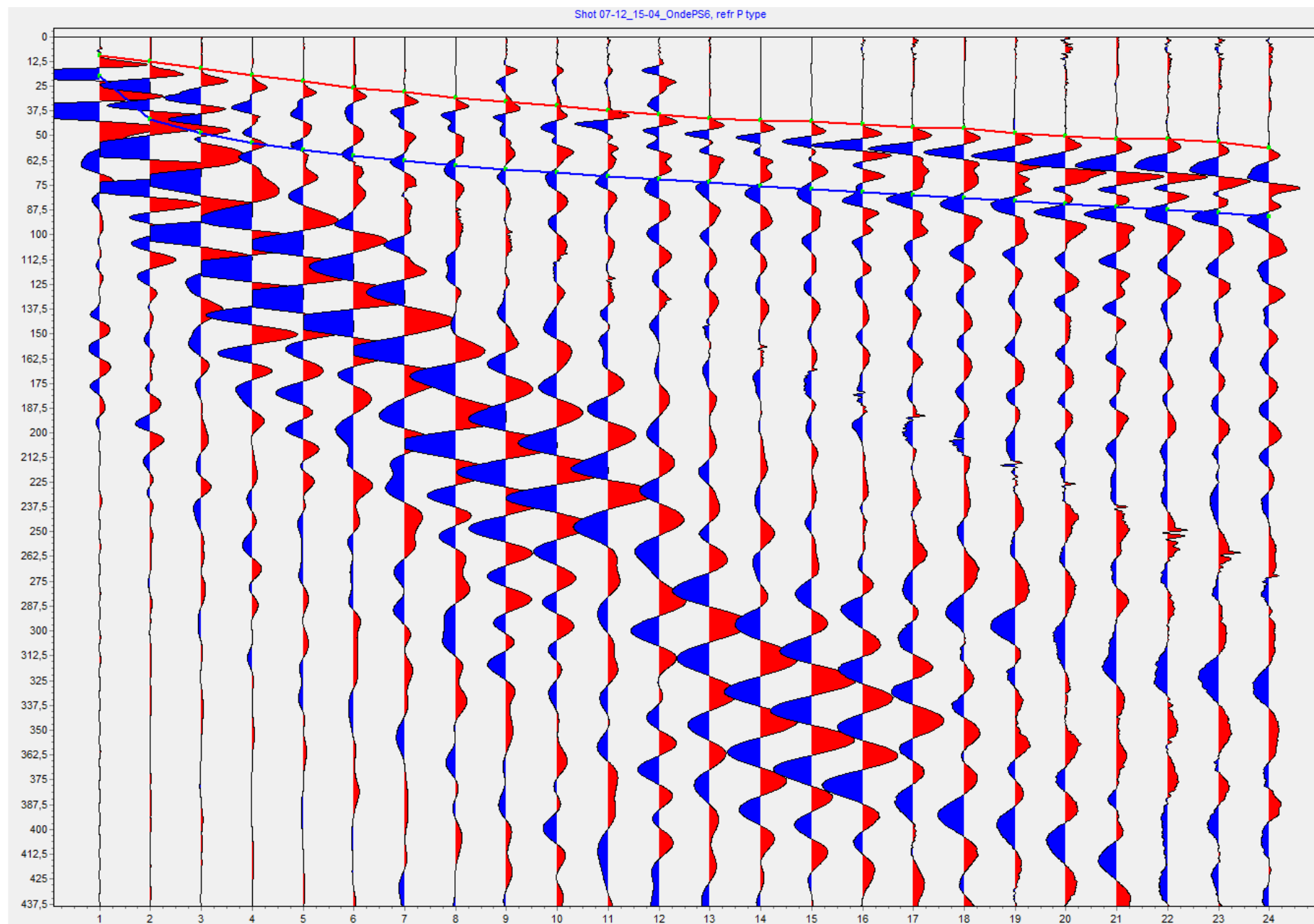
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



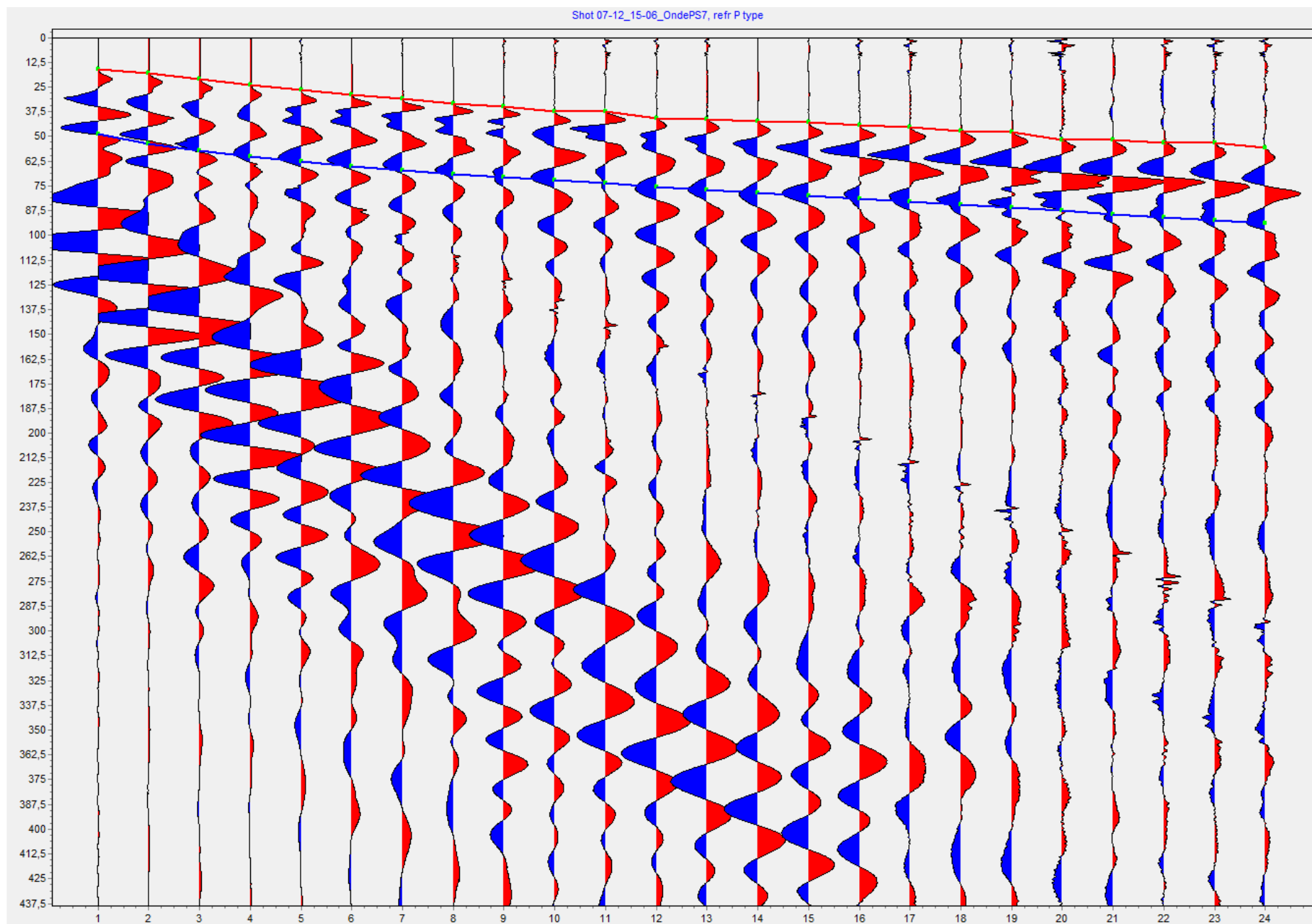
Dott. Geol. Gabriele Oppò, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



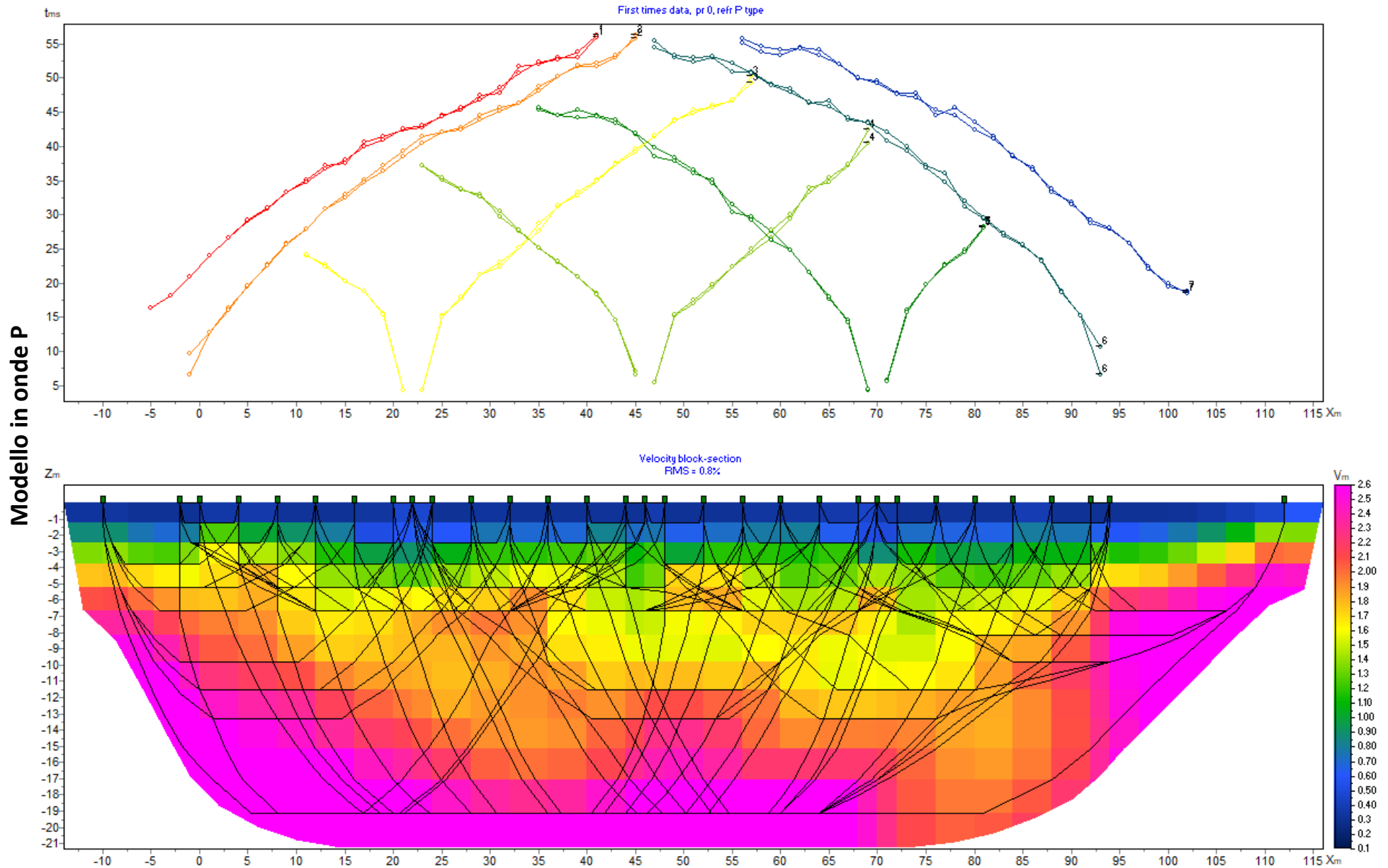
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

N

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE P - MESH SECTION

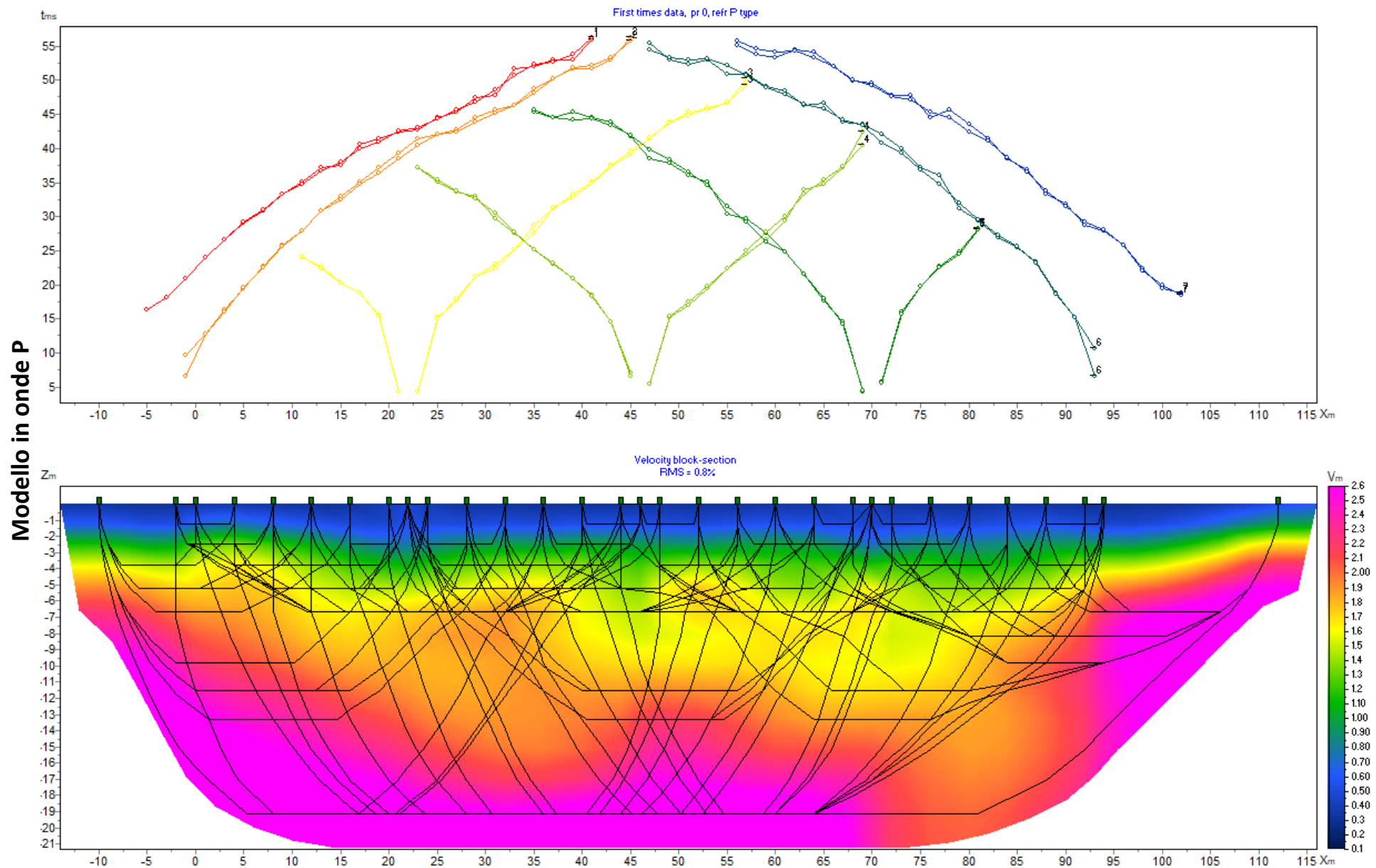
S



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

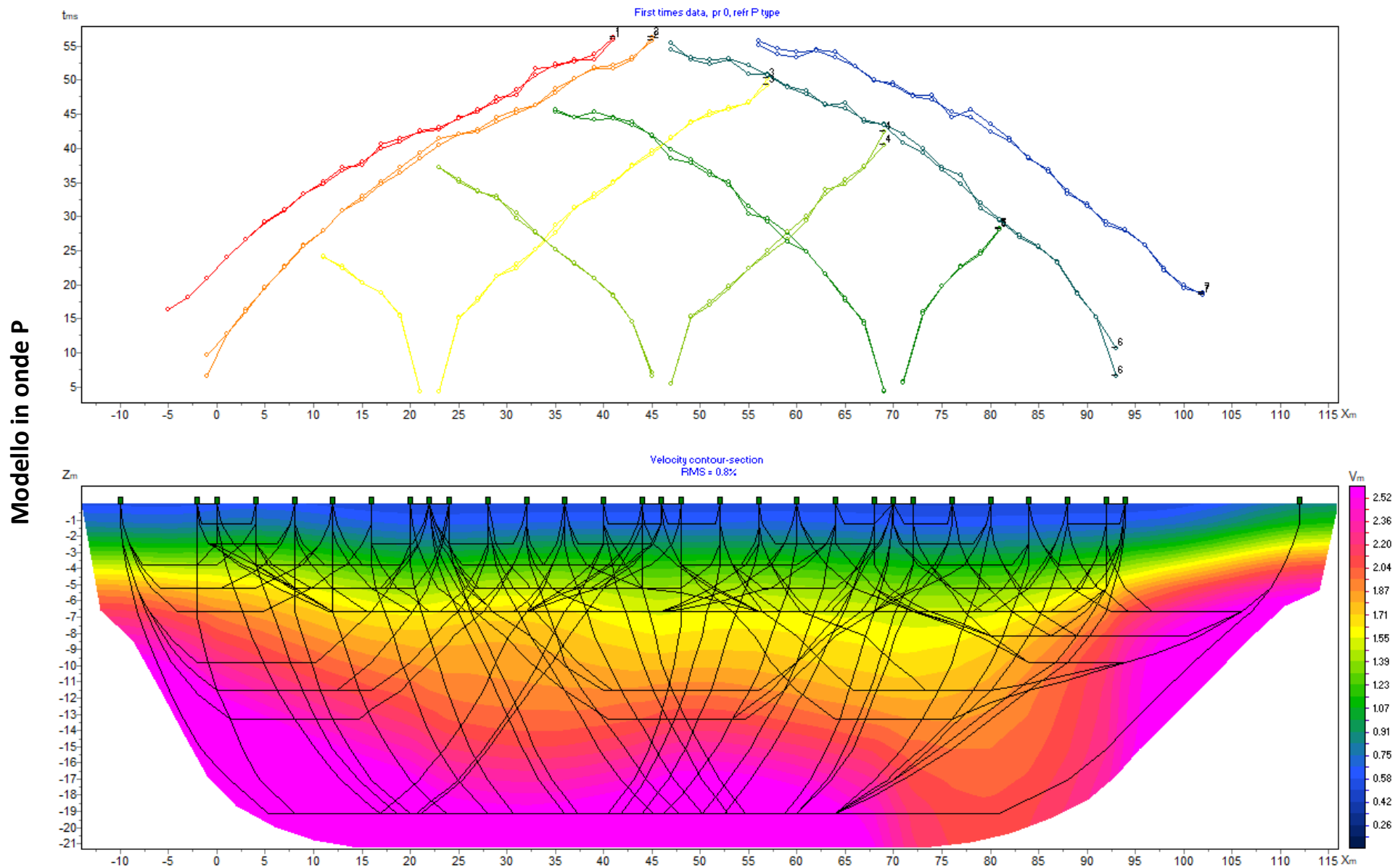
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE P - SMOOTH SECTION



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleooppo.geo@libero.it

Indagine SR2

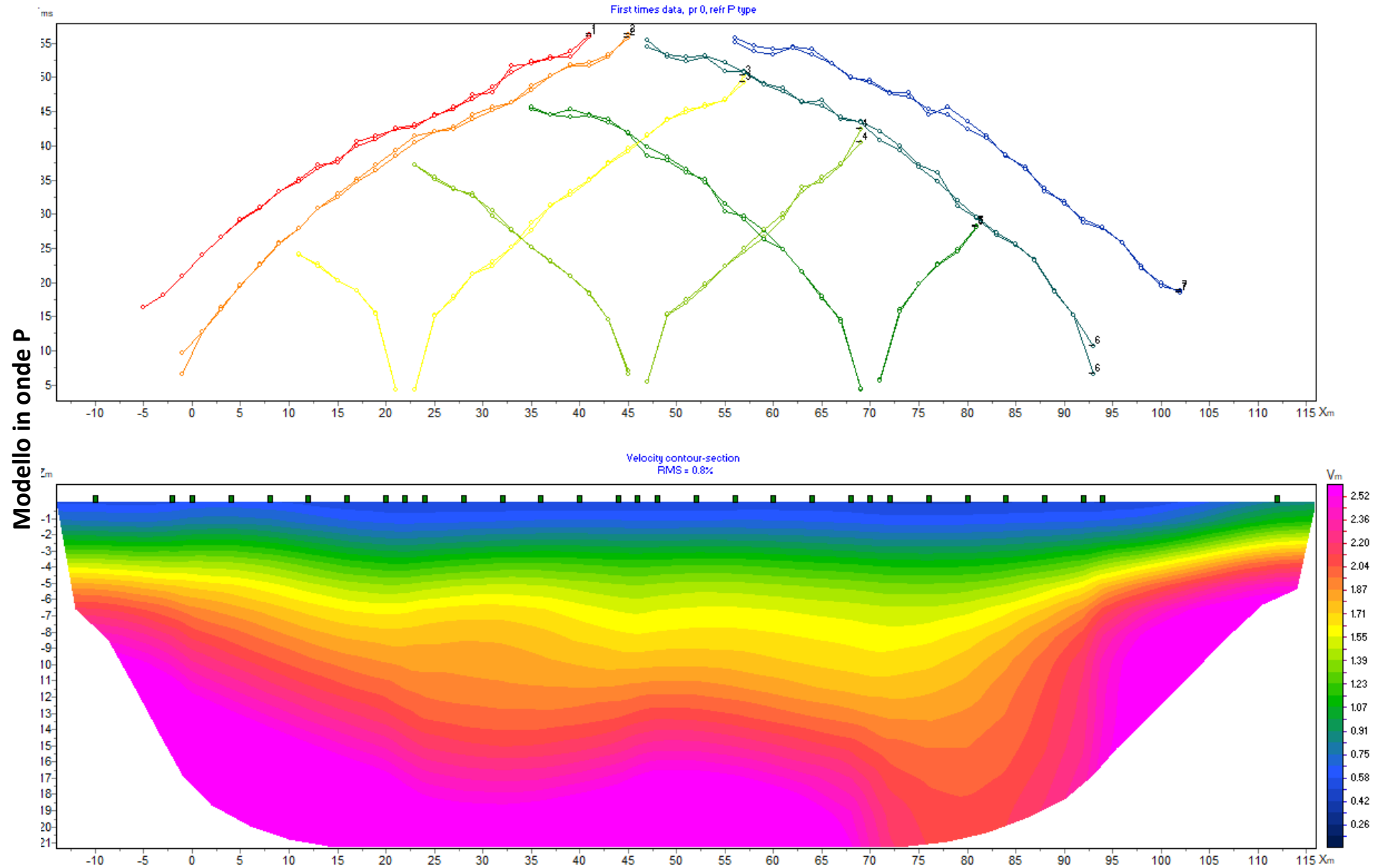
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE P - CONTOUR SECTION WITH RAY PATHS



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

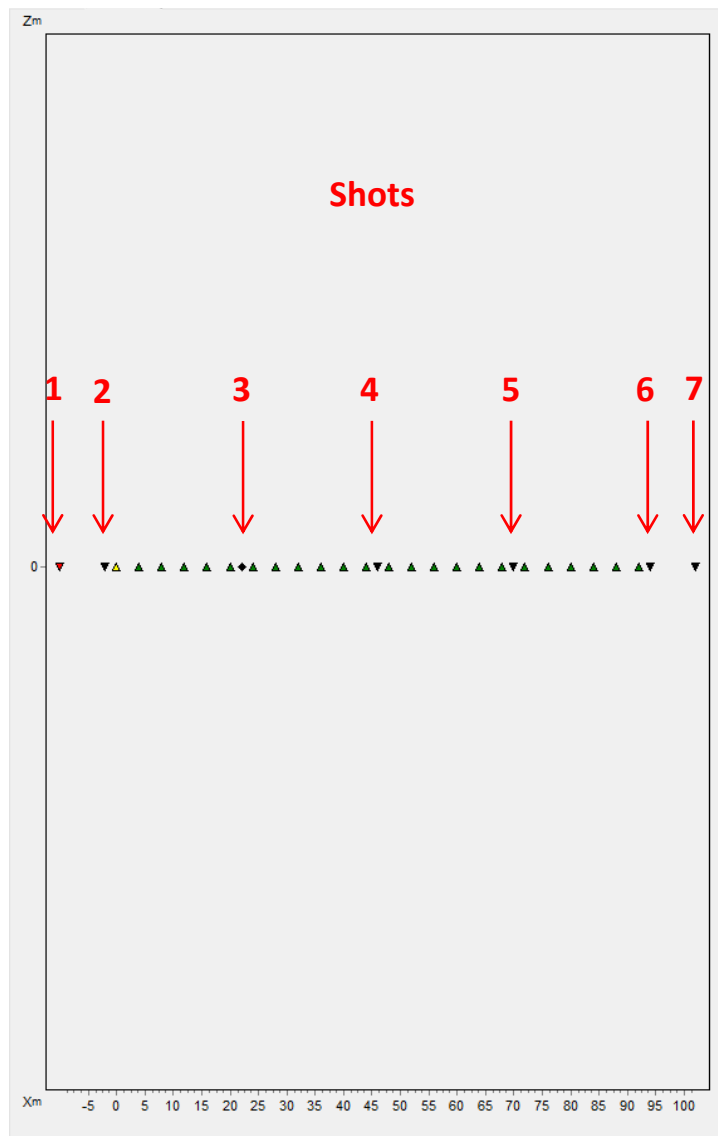
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE P - CONTOUR SECTION WITHOUT RAY PATHS



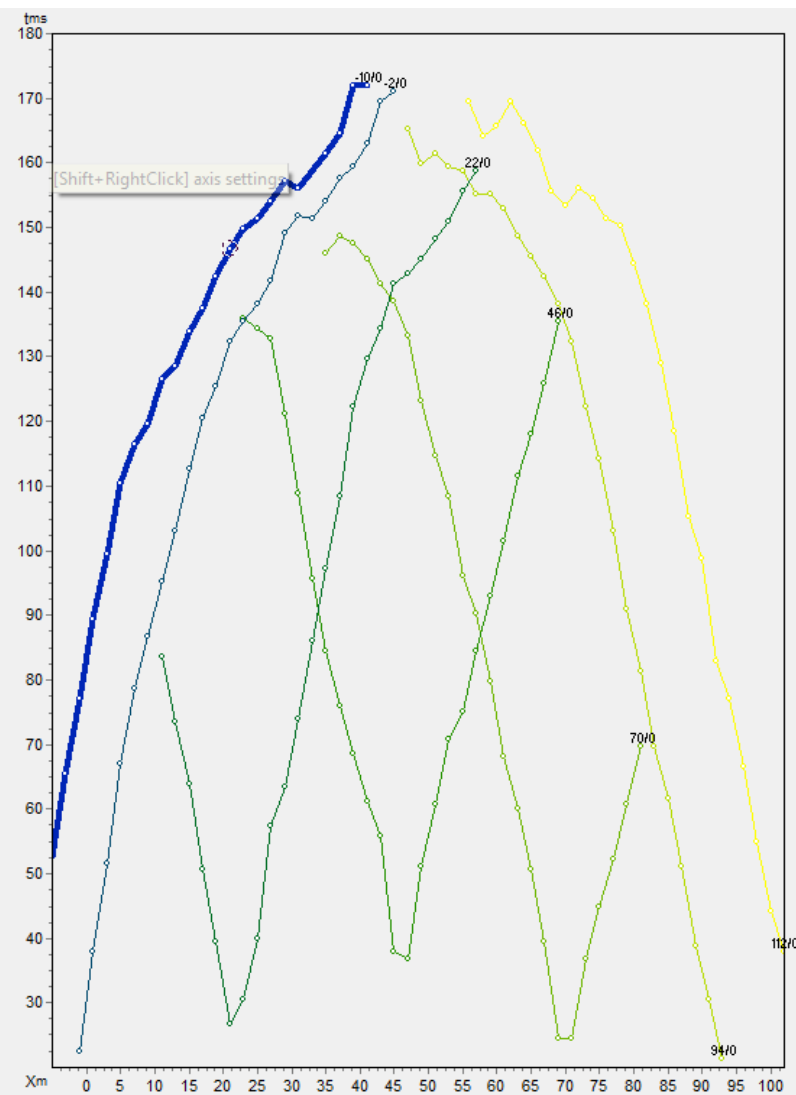
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
 Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
 E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

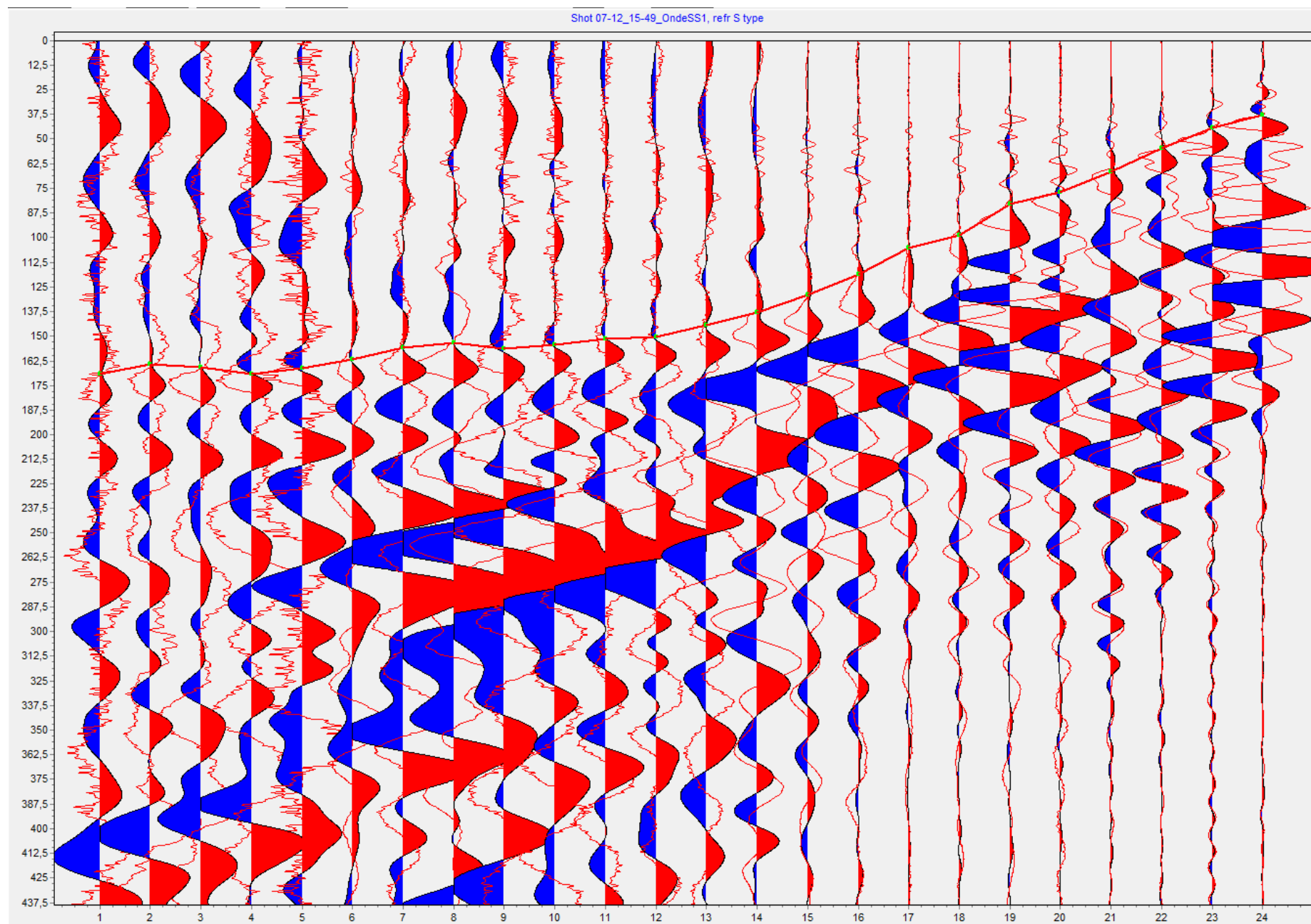
Array



Hodographs

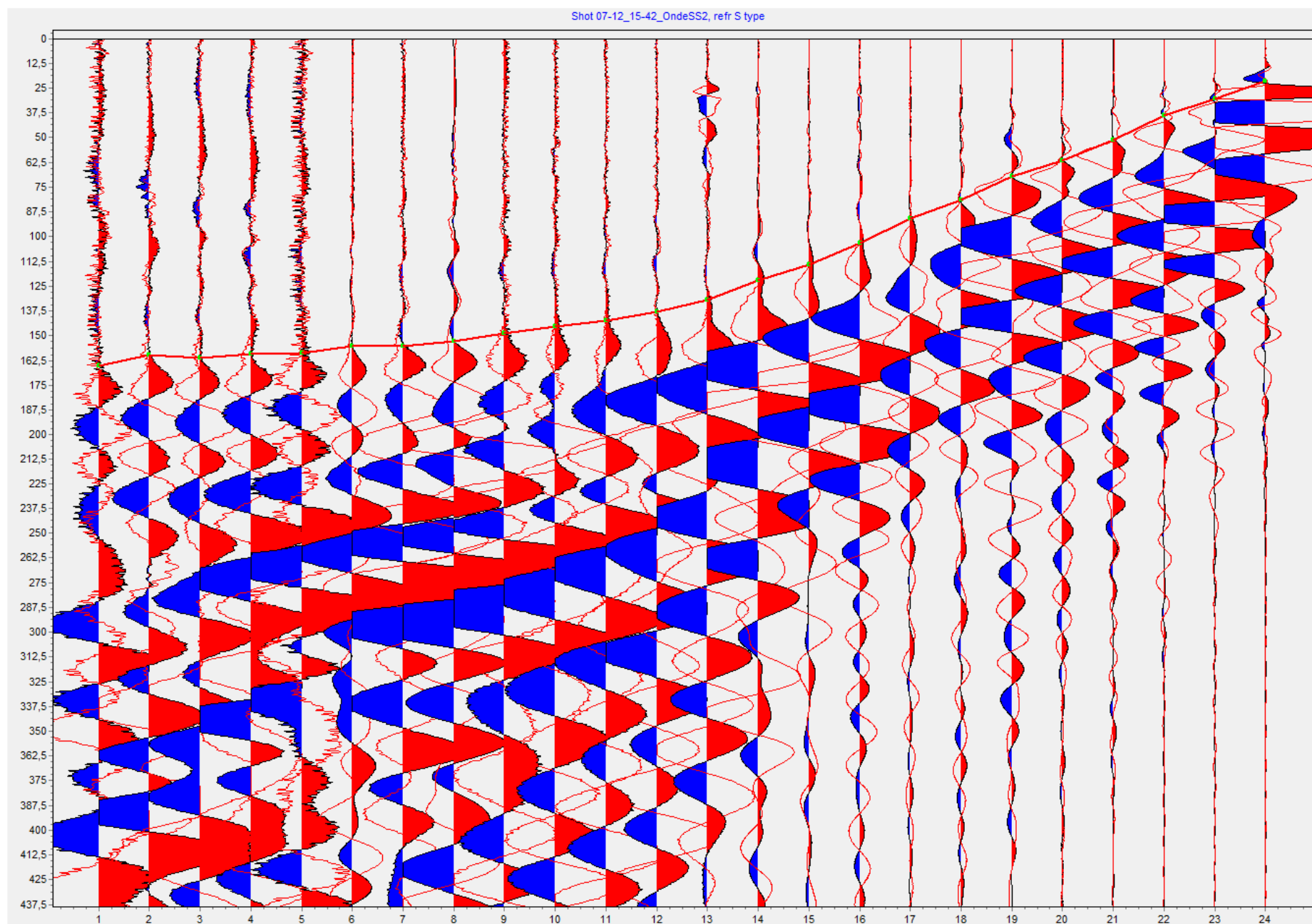


Indagine SR2



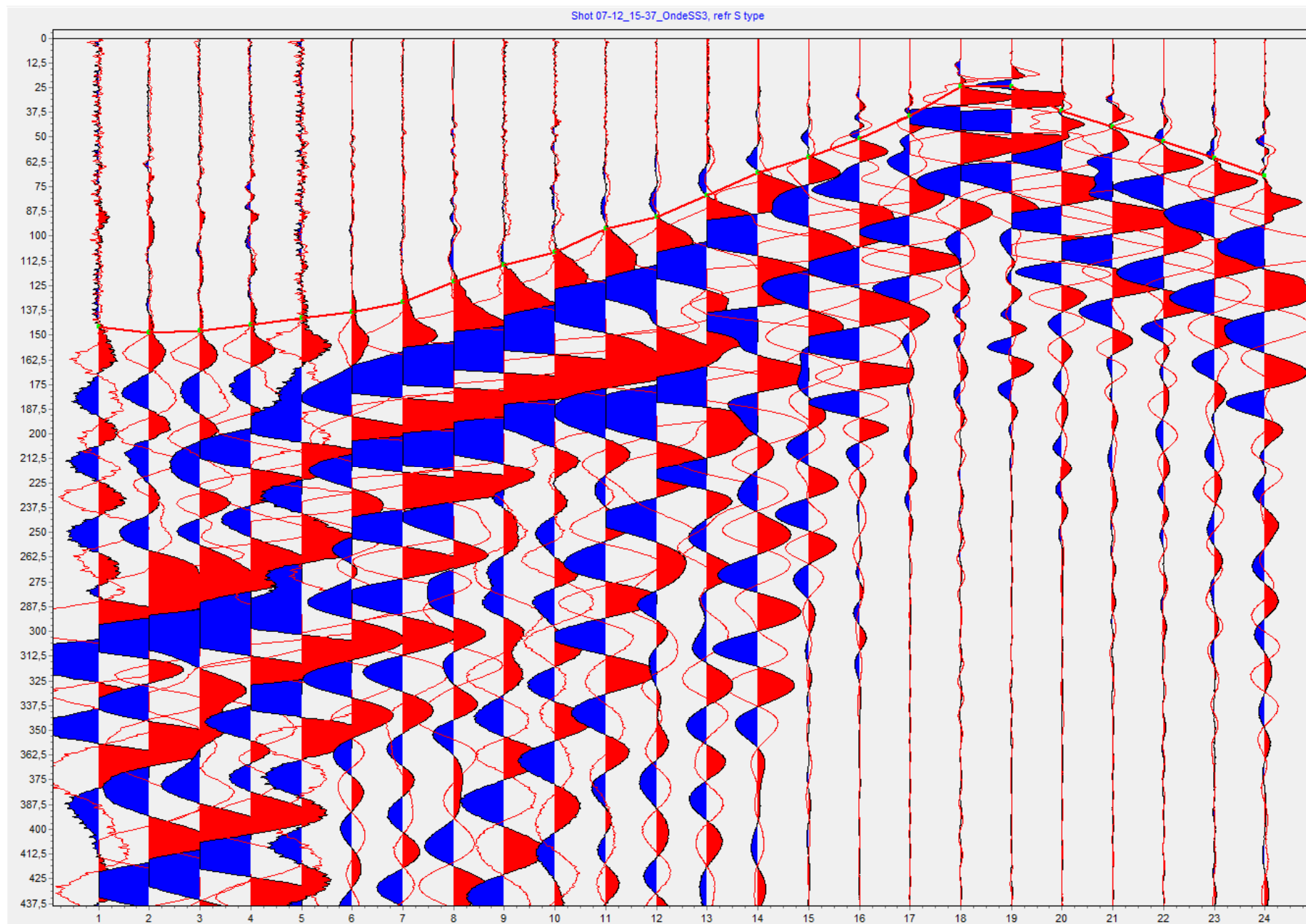
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



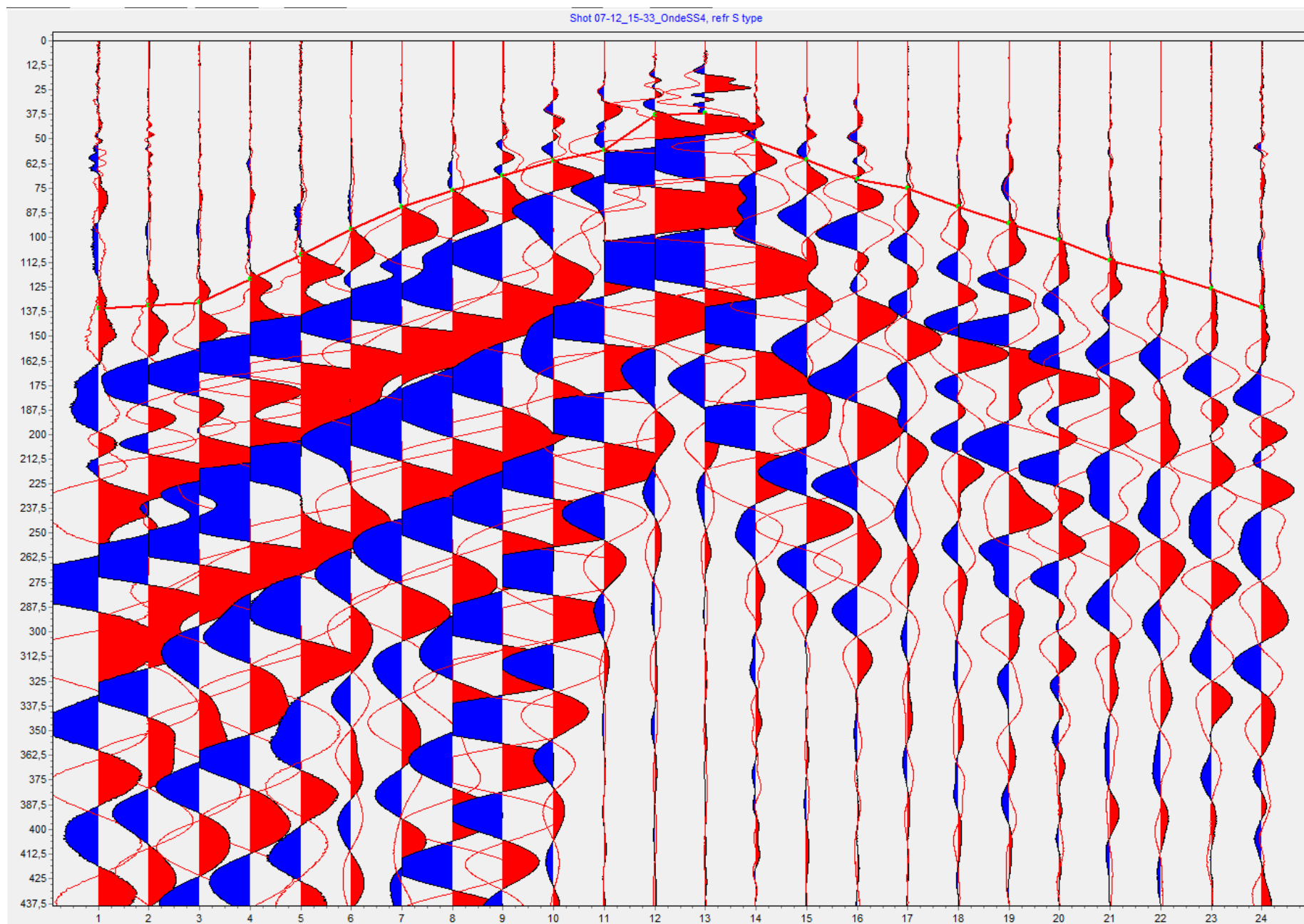
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



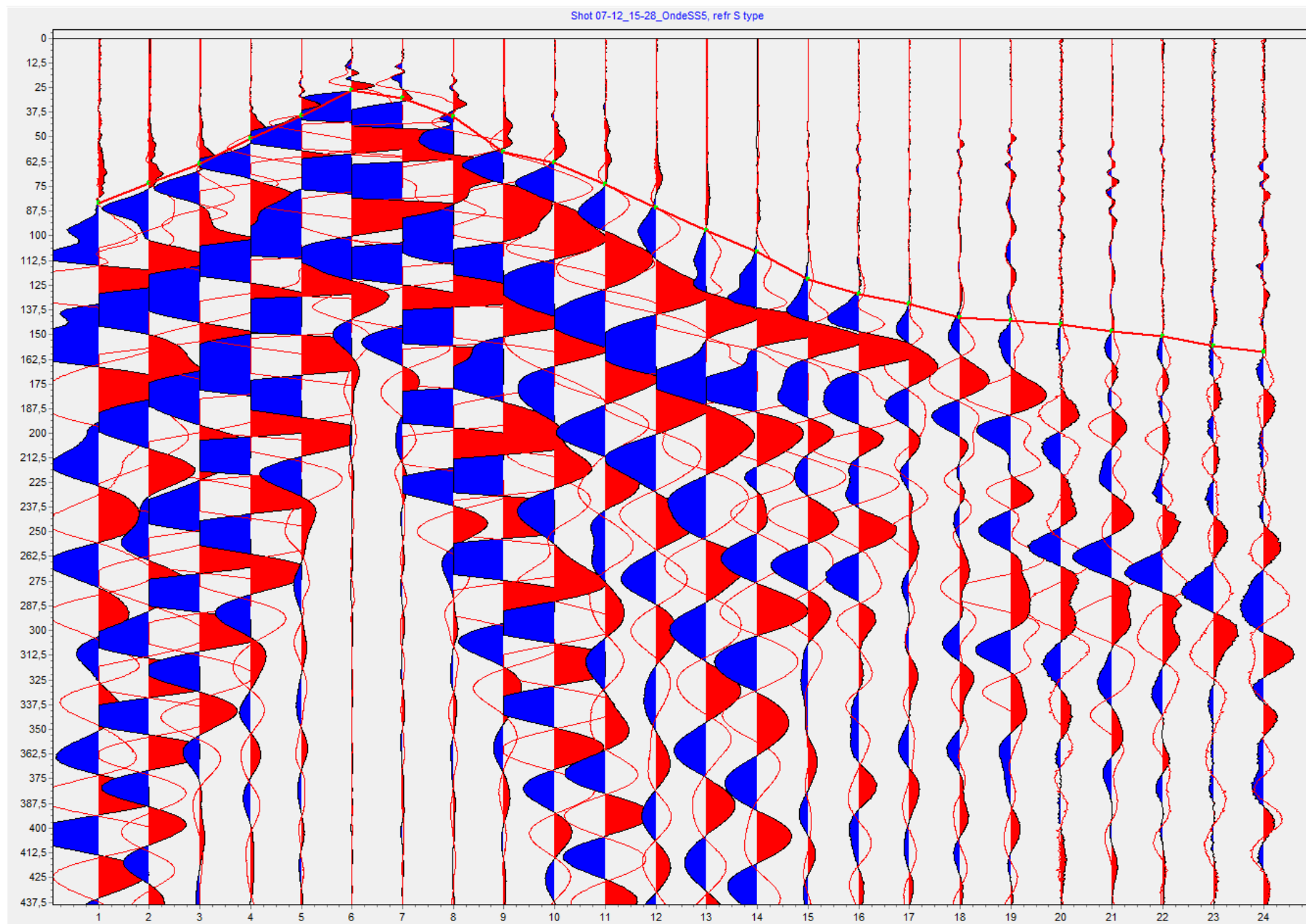
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



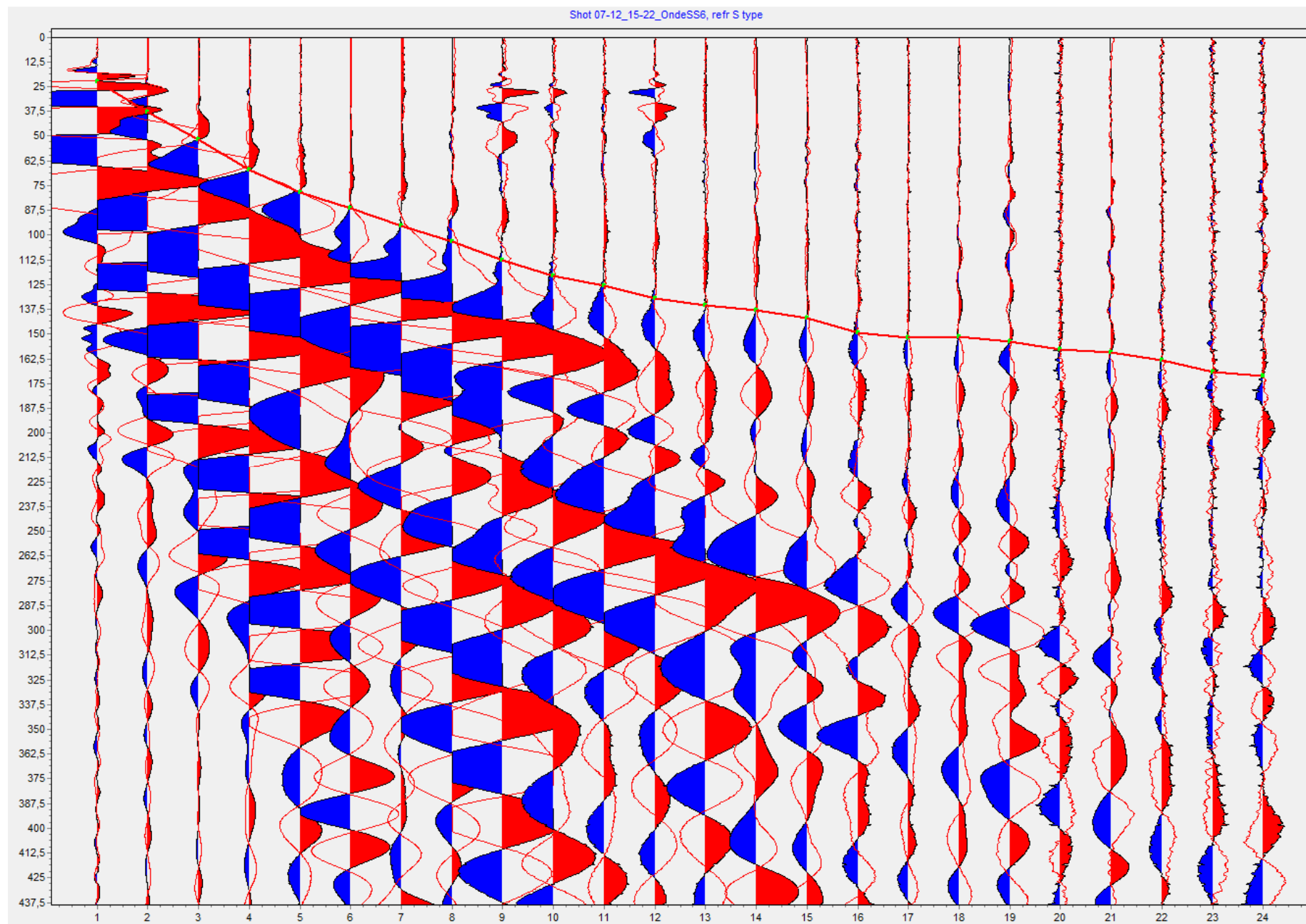
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



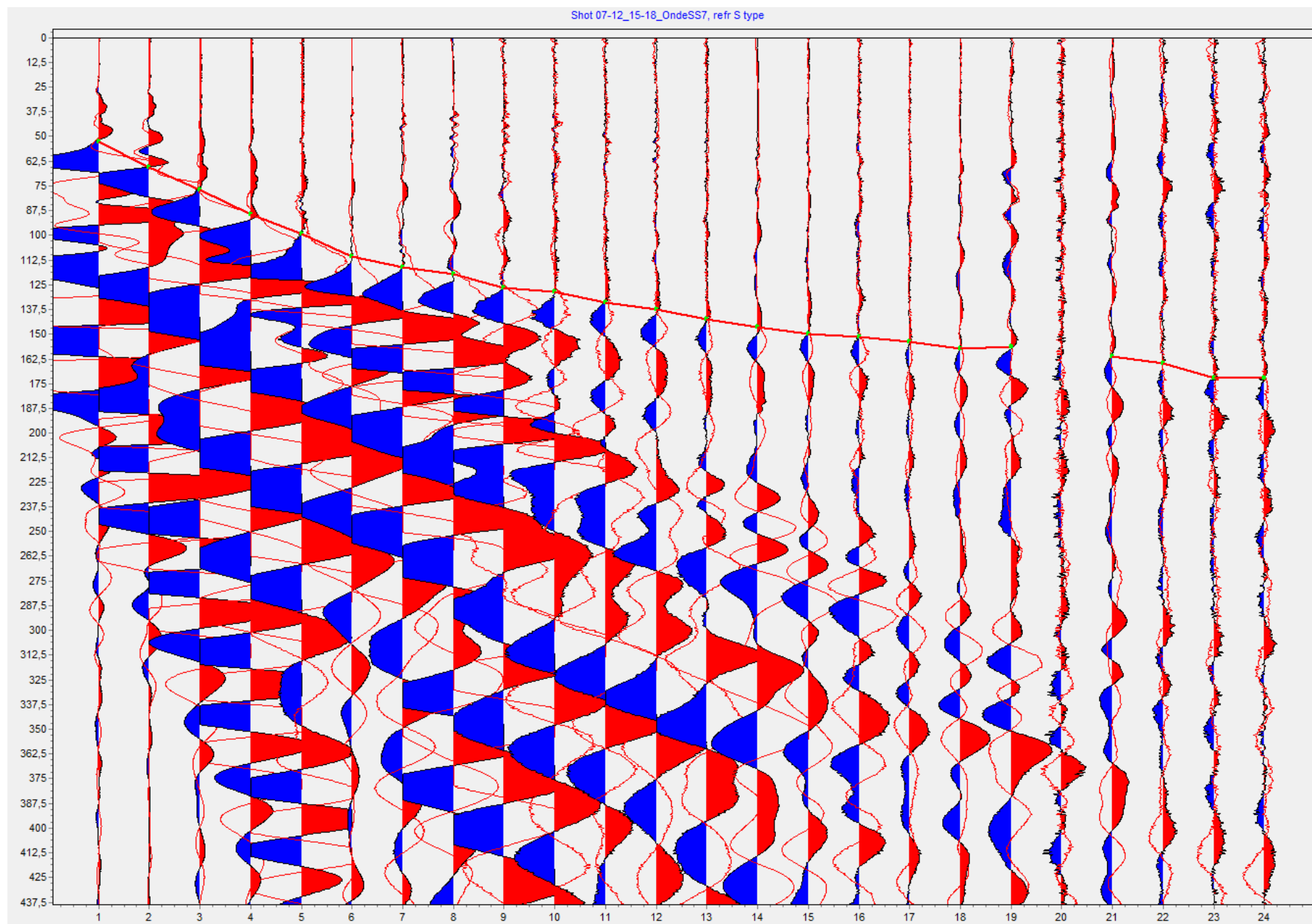
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2



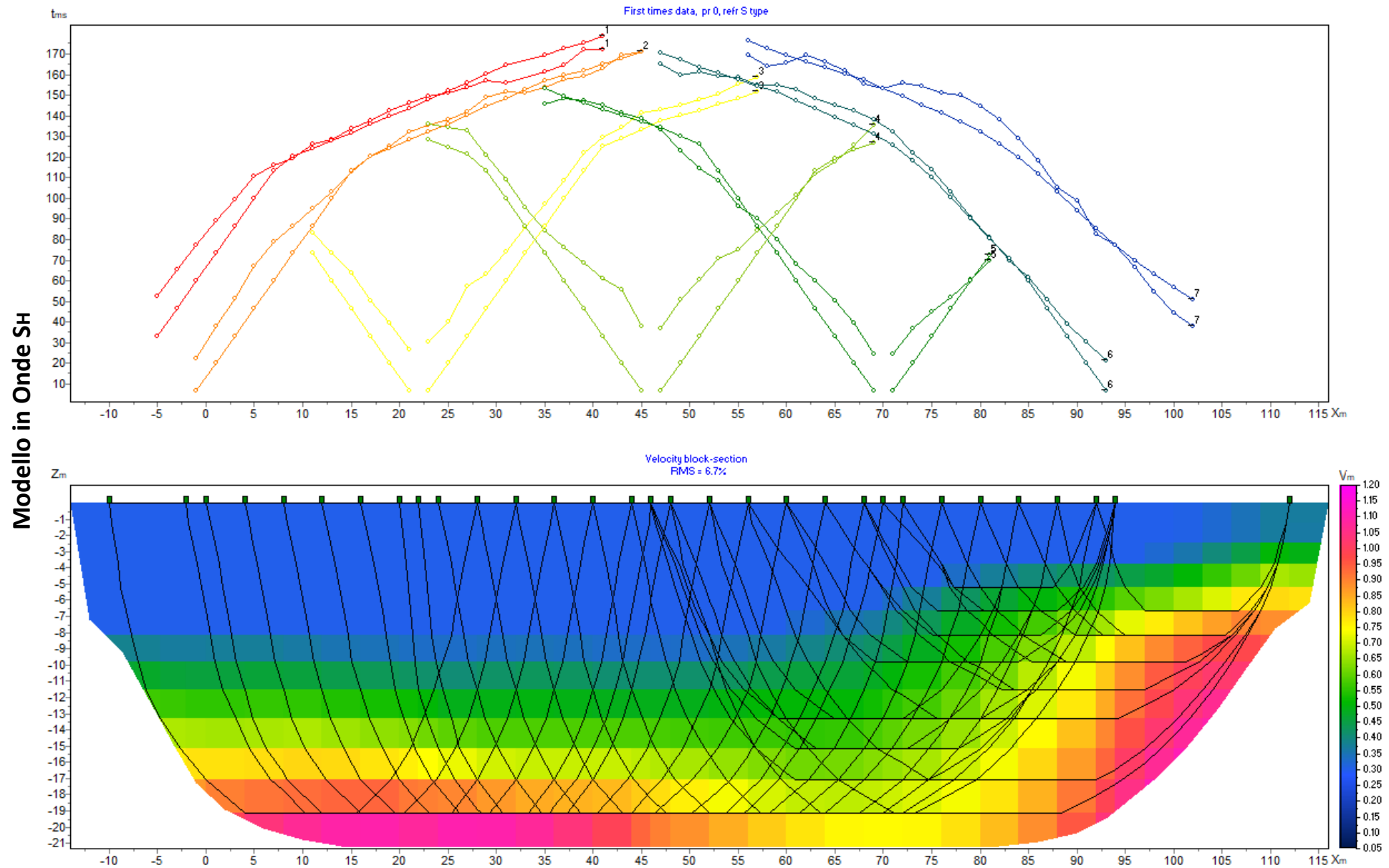
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

N

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE SH - MESH SECTION

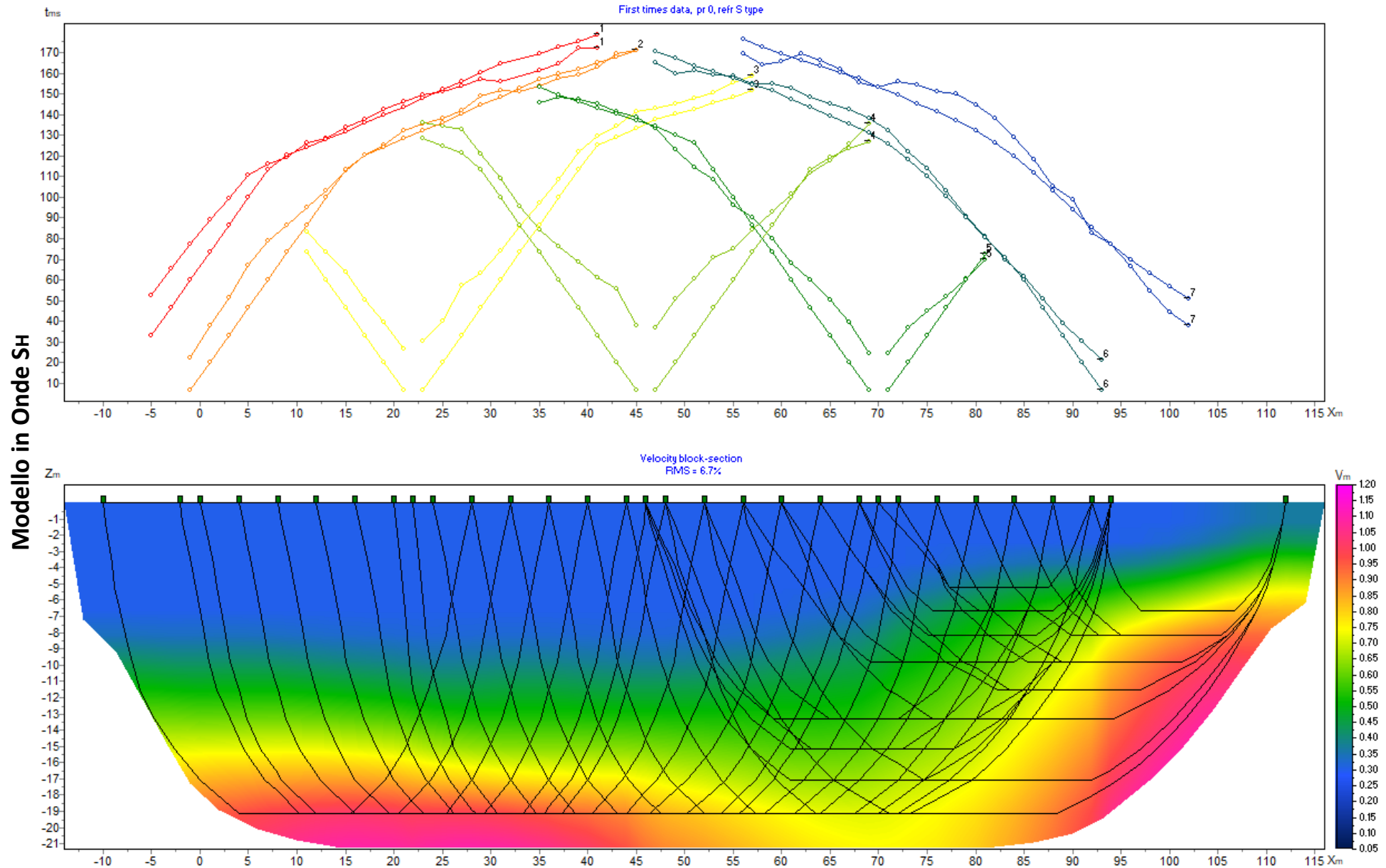
S



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleooppo.geo@libero.it

Indagine SR2

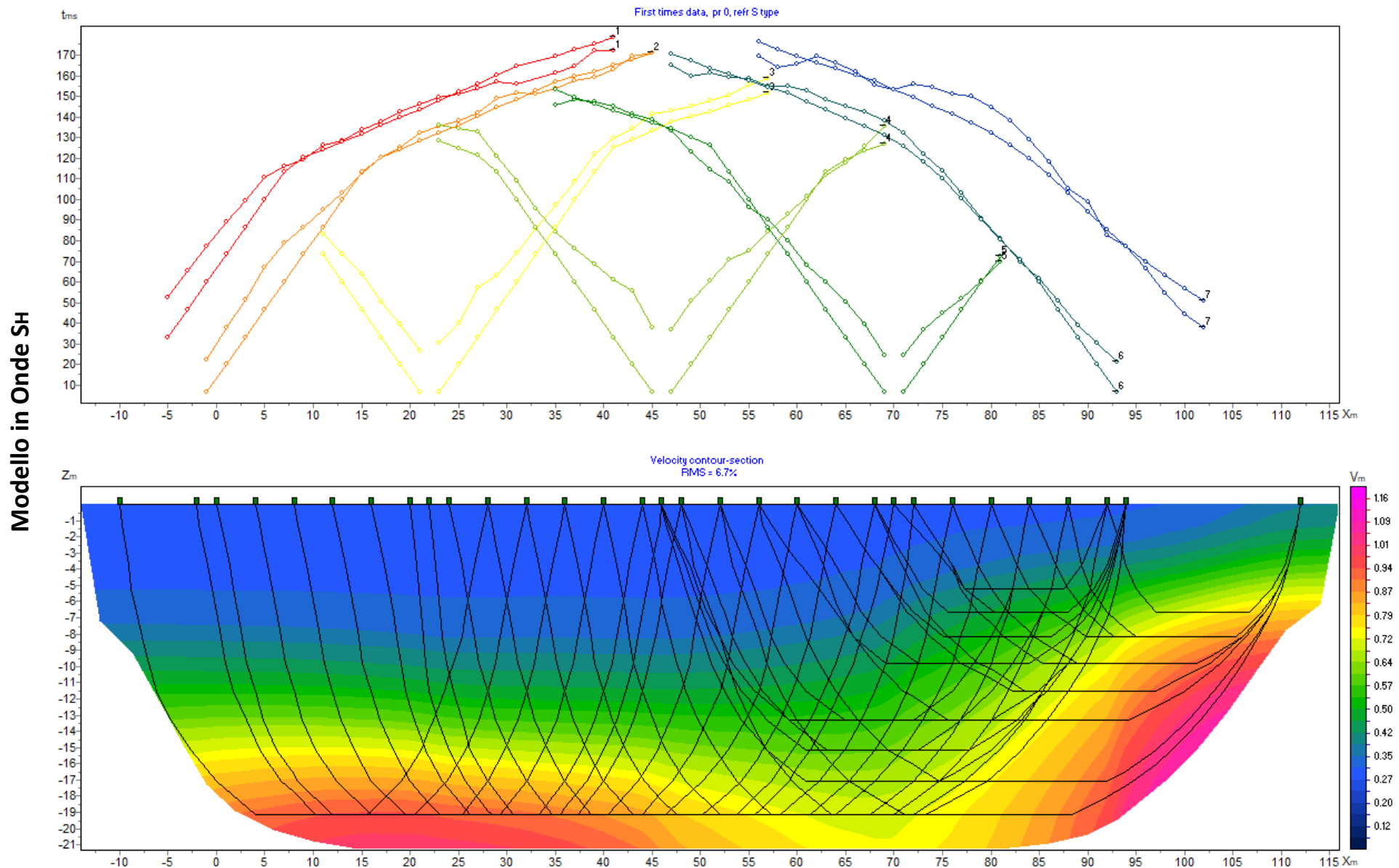
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE SH - SMOOTH SECTION



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

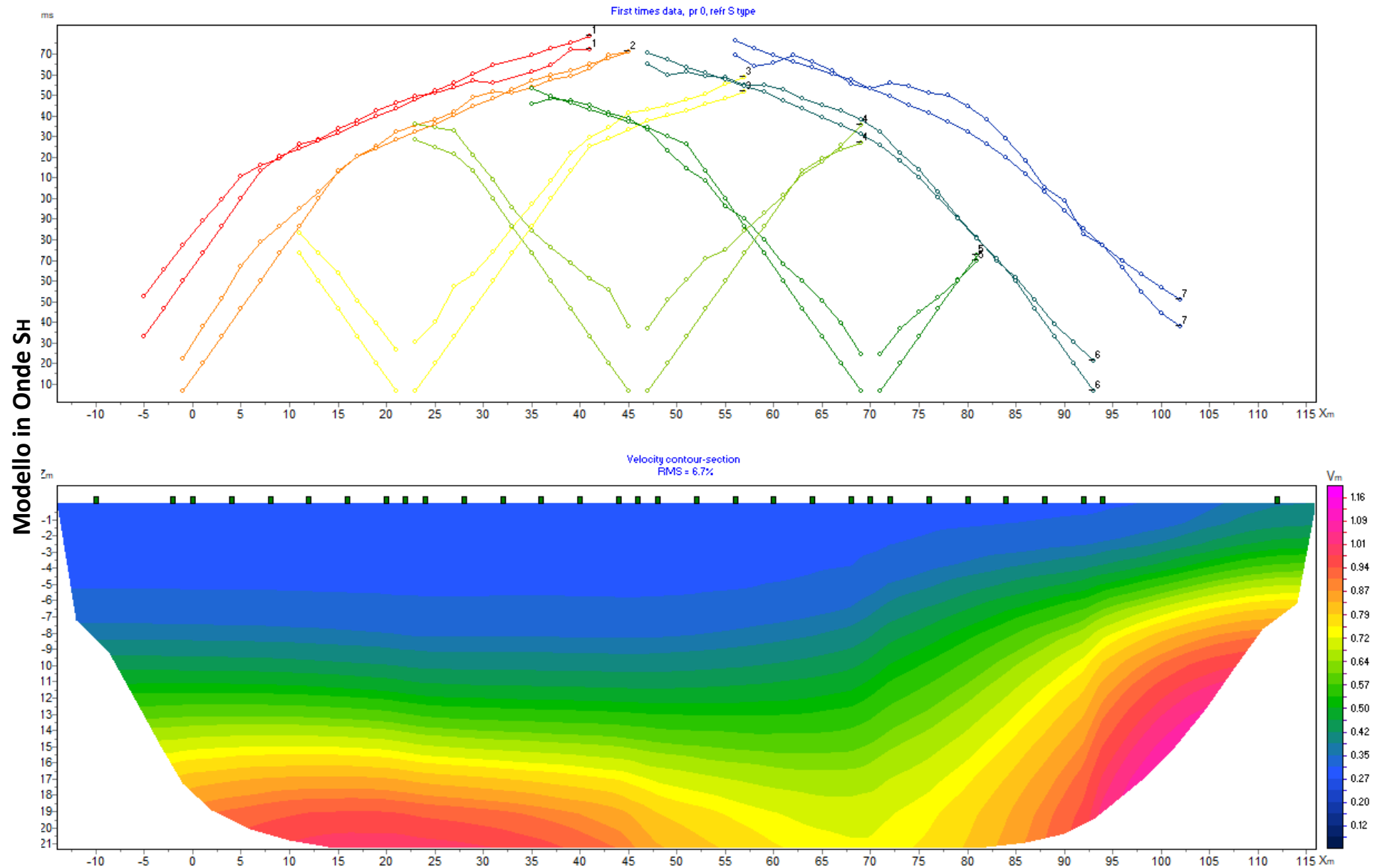
PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE SH - CONTOUR SECTION WITH RAY PATHS



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
 Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
 E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE - ONDE SH - CONTOUR SECTION WITHOUT RAY PATHS



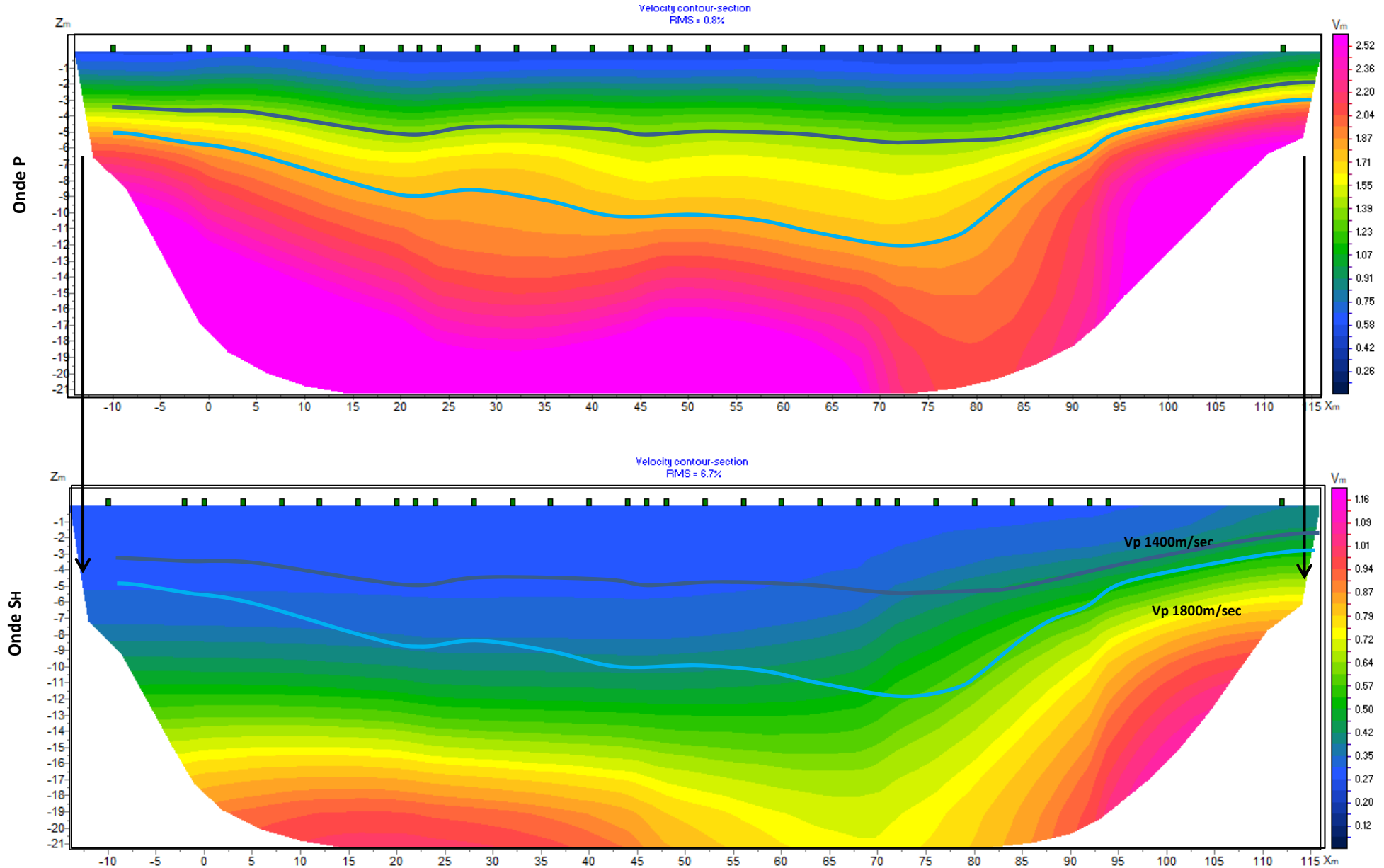
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

N

CONFRONTO Vp-Vsh - CONTOUR SECTION WITHOUT RAY PATHS - DEPTH 21m

S



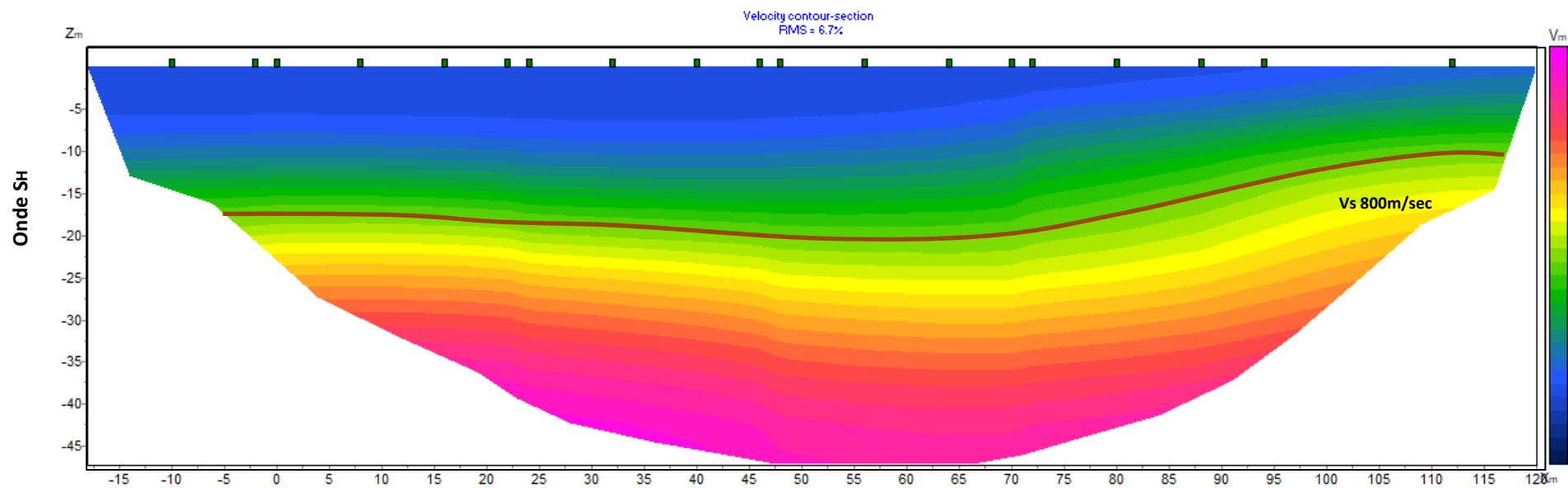
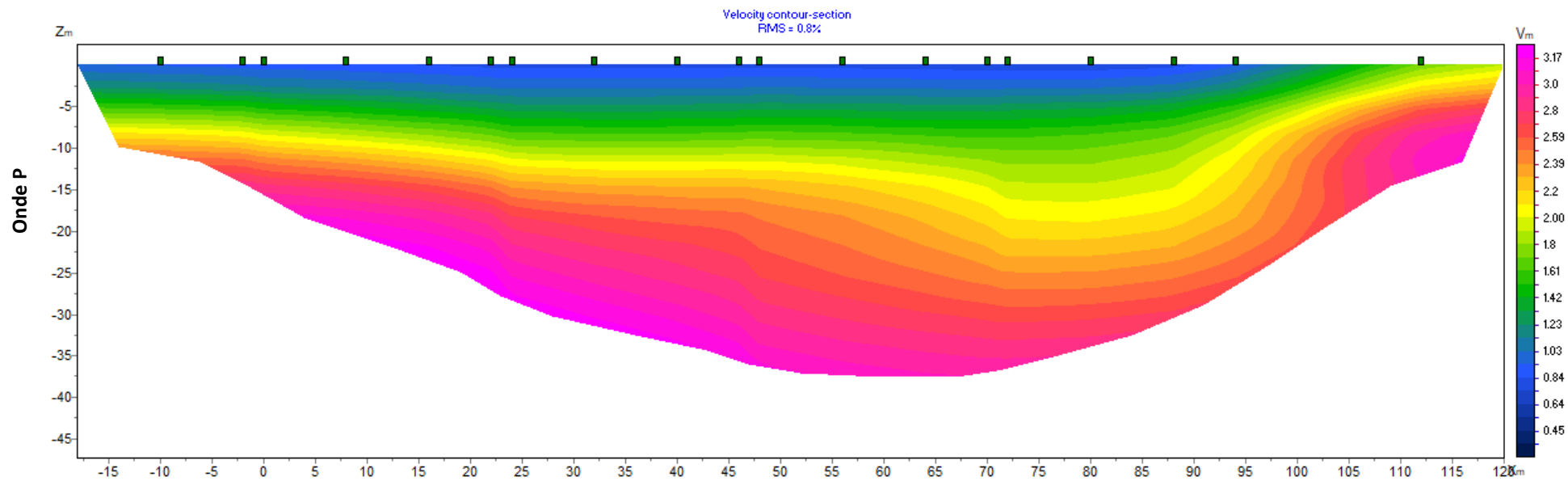
Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine SR2

N

CONFRONTO V_p - V_{SH} - CONTOUR SECTION WITHOUT RAY PATHS - DEPTH 45m

S



Dott. Geol. Gabriele Oppo, Vicolo San Clemente N°1, 43043 Borgo Val di Taro (PR).
Tel. 0525/97798; cell. 320 -2180522
E-mail: gabrieleoppo.geo@libero.it

Indagine MASW4

LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

LOCALITA': Via Sport - Campo Breia

COMUNE: Bedonia (PR)

DATA ACQUISIZIONE: 12 07 2018

ORA: 14.50



Subsurface model

Vs (m/s): 60 150 500 240 340 700 900

Thickness (m): 0.3 1.7 2.0 3.5 6.5 1.0

Density (gr/cm³): 1.59 1.77 2.06 1.89 1.97 2.15 2.18

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 6 40 516 109 228 1051 1766

Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs, eq = VsH (m/s): 270

CATEGORIA E

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Picchi di interesse ingegneristico fra 0,5-20 Hz:

F0 → 6 Hz

F1 → 16-20 Hz

Indagine MASW4

ACQUISIZIONE MASW



Figura A. 1 - Stendimento sismico MASW realizzato in corrispondenza dell'area di studio.

Indagine MASW4

ACQUISIZIONE MASW

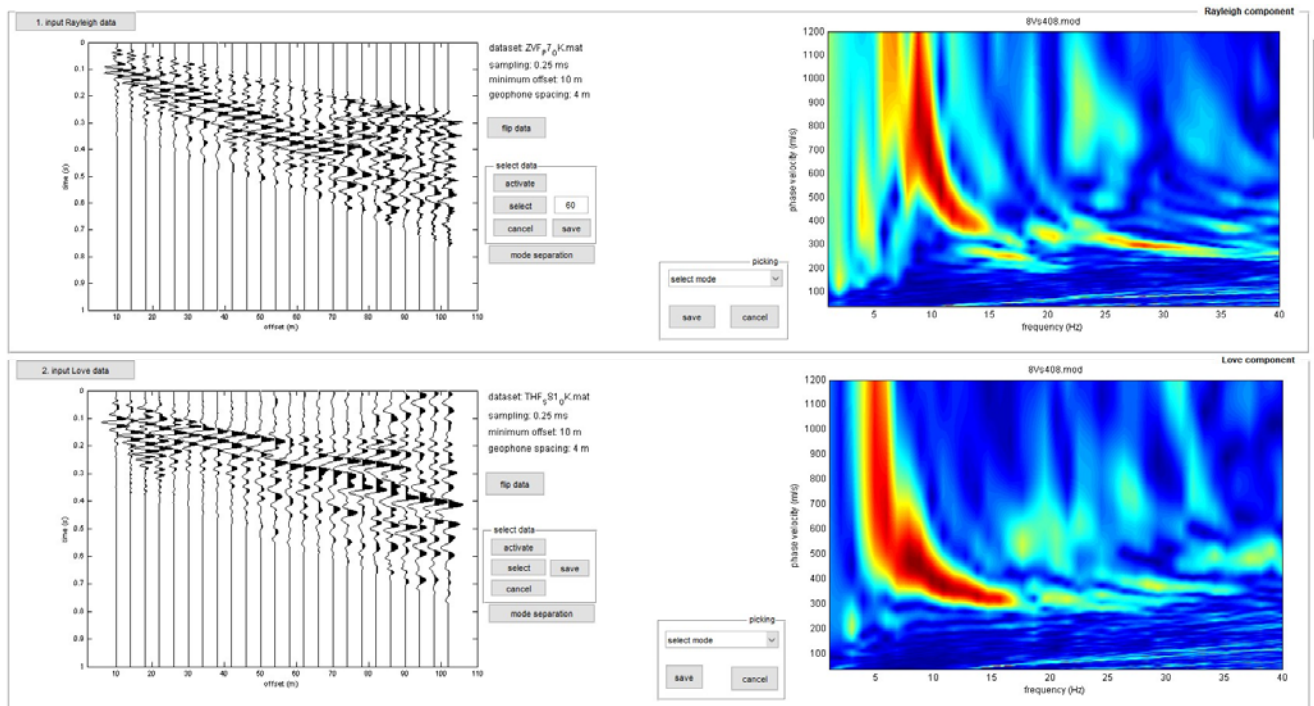
Tabella A - Dati riassuntivi relativi all'acquisizione in sismica attiva

DATI RIASSUNTIVI - ACQUISIZIONE IN SISMICA ATTIVA M.A.S.W.	
Operatore in campagna	Dott. Geol. Gabriele Oppo
Lunghezza Stendimento	112 metri
Offset Minimo	10 metri
Incremento	4 metri
N° tracce	24
Tipo di Onda	Rayleigh; Forza Verticale: - battuta su piattello in alluminio
	Love; Forza Trasversale: - battuta di taglio su traversina in legno
Lunghezza dell'acquisizione	2 secondi
Intervallo di Campionamento	0.001 secondi
Stacking	9 battute per punto sorgente: 3Sx+ 3Dx Orizzontali + 3 Verticali

Indagine MASW4

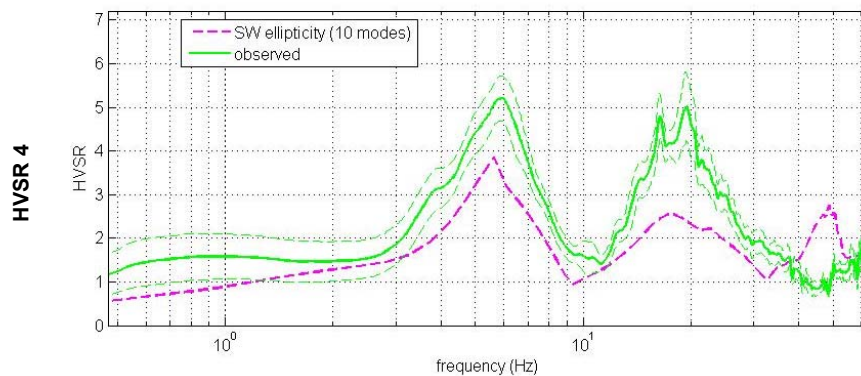
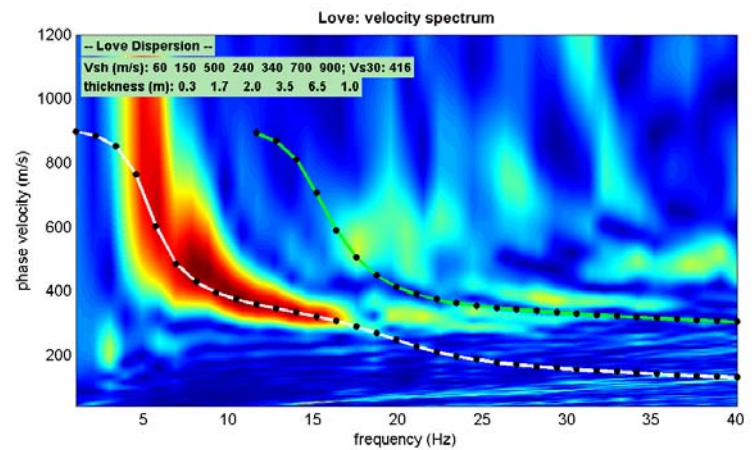
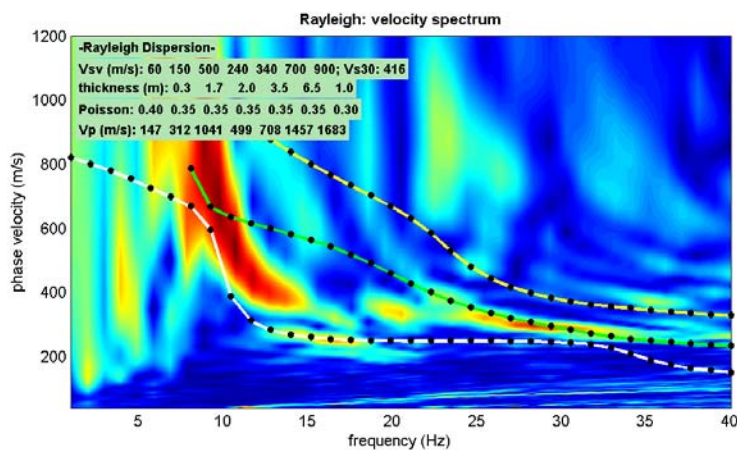
Joint Analysis of Rayleigh Wave Dispersion in ZVF - THF & HVSr

ACQUISIZIONE MASW



ZVF

THF



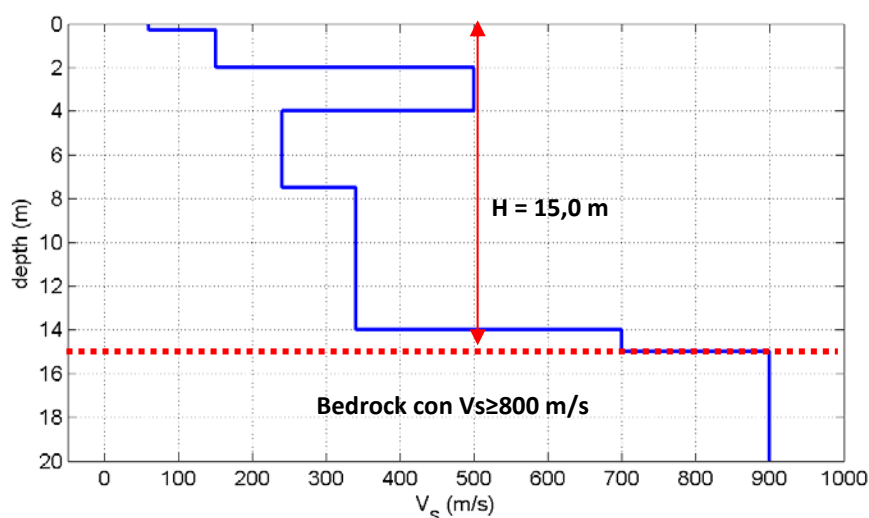
Il modello elaborato risulta compatibile col dato MASW e con l'HVSr, a conferma di una sua attendibilità.

Indagine MASW4

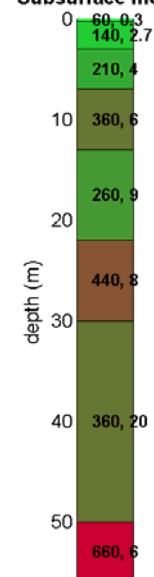
Tabella D - Stratigrafia sismica e parametri determinati.

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio	Rapporto di Poisson
1	0	0,3	60	0,40
2	0,3	1,7	150	0,35
3	2,0	2,0	500	0,35
4	4,0	3,5	240	0,35
5	7,5	6,5	340	0,35
6	14,0	1,0	700	0,35
7	15,0	Inf.	900	0,30

VS Profile



Subsurface model



CATEGORIA E

Vs, eq = VsH (m/s): 270

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella E - Calcolo Vs30 per i primi 5 metri dalla profondità di appoggio della fondazione.

DETERMINAZIONE Vs, eq = VsH (m/s)		
Profondità appoggio	Vs, eq = VsH (m/s)	Categoria di sottosuolo
P.C.	270	E
-1m	306	E
-2m	332	E
-3m	323	E
-4m	313	E
-5m	323	E

Indagine HVSUR4

LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOFISICHE

LOCALITA': Via Sport - Campo Breia

COMUNE: Bedonia (PR)

DATA ACQUISIZIONE: 16 08 2018

ORA: 13.29



Subsurface model

Vs (m/s): 60 150 500 240 340 700 900

Thickness (m): 0.3 1.7 2.0 3.5 6.5 1.0

Density (gr/cm³): 1.59 1.77 2.06 1.89 1.97 2.15 2.18

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 6 40 516 109 228 1051 1766

Poisson: 0.40 0.35 0.35 0.35 0.35 0.35 0.30 0.20

Vs30 (m/s): 416

CATEGORIA B

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Picchi di interesse ingegneristico fra 0,5-20 Hz:

F0 → 6 Hz

F1 → 16-20 Hz





**Indagine HVSR4
ACQUISIZIONE HVSR**



Figura A. 2 - Acquisizione HVSR realizzata in corrispondenza dell'area di studio.

Indagine HVSR4

ACQUISIZIONE HVSR4

CLASSE DI QUALITÀ DELLA MISURA				
Descrizione delle Classi	CLASSE A: Prova affidabile ed interpretabile	CLASSE B1: Prova da interpretare che presenta almeno un picco chiaro	CLASSE B2: Prova da interpretare che non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenze considerato	CLASSE C: Prova scadente difficile da interpretare

SESAME HVSR MEASUREMENT FIELD SHEET			
Comune: Bedonia (PR)		Indirizzo: Via Sport - Campo Breia	
Attività da svolgere: Indagine HVSR		Data: 16/08/2018	Ora: 13.29
DATI TECNICI			
Operatore: Geol. Gabriele Oppo		Prova n° HVSR4	Codice file /
Strumento: Geofono triassiale da 2 Hz "GEMINI 2" <i>PASI Instruments</i>		Freq. Campionamento: 200 Hz	Durata (min): 20 min

CONDIZIONI ATMOSFERICHE

Vento	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> moderato	<input type="checkbox"/> forte
Pioggia	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> moderata	<input type="checkbox"/> forte

TERRENO DI PROVA

Suolo	<input type="checkbox"/> argilloso limoso soffice	<input checked="" type="checkbox"/> argilloso limoso duro	<input checked="" type="checkbox"/> con erba	<input type="checkbox"/> senza erba
	<input type="checkbox"/> ghiaia	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> sabbia e ghiaia	<input type="checkbox"/> roccia
Pavimentazione artificiale	<input type="checkbox"/> rilevato in ghiaia	<input type="checkbox"/> cemento/cls	<input type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> sabbia
Accoppiamento sensore	<input checked="" type="checkbox"/> piedini infissi	<input type="checkbox"/> accoppiamento artificiale	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> altro
	<input type="checkbox"/> piedini da pavimento			

STRUTTURE CIRCOSTANTI

Abitazioni	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Fabbriche	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Piante	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Ponti.	<input checked="" type="checkbox"/> Assenti		<input type="checkbox"/> Presenti	
Strutt.sottterr.	<input checked="" type="checkbox"/> Assenti		<input type="checkbox"/> Presenti	

SORGENTI DI RUMORE

Disturbo discontinuo	Assente	Raro	Moderato	Forte	Molto forte	Distanza (m)
	auto	✗				
	mezzi pesanti	✗				
	passanti	✗				
	altro	✗				
Disturbo continuo	✗ Assenti			☐ Presenti		

Indagine HVSR4

ACQUISIZIONE HVSR4

Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: SITE20180816_1329HVSR1_BEDONIA_CampoBreia.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 9.3

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 5

=====

In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 6.0 (± 6.1)

Peak HVSR value: 5.2 (± 0.5)

=== Criteria for a reliable H/V curve =====

#1. $[f_0 > 10/Lw]$: $6.0 > 0.5$ (OK)

#2. $[nc > 200]$: $6449 > 200$ (OK)

#3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)

=== Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

#1. [exists f- in the range $[f_0/4, f_0]$ | $AH/V(f_-) < A_0/2$]: yes, at frequency 3.5Hz (OK)

#2. [exists f+ in the range $[f_0, 4f_0]$ | $AH/V(f_+) < A_0/2$]: yes, at frequency 8.1Hz (OK)

#3. $[A_0 > 2]$: $5.2 > 2$ (OK)

#4. $[f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)

#5. $[\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)]$: $6.056 > 0.299$ (NO)

#6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.514 < 1.58$ (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change

Indagine HVSR4

ACQUISIZIONE HVSR4

show data reset show location

step1 (optional) - decimate
(128 Hz) new frequency resample

step2 - HV computation
remove events (only for 128 Hz) clean axes
window length (s): 20 tapering (%): 10
5% spectral smoothing (triangular window)
☐ show particle motion (raw data)
☒ full output compute

step3a (optional) - directivity analysis
compute max freq: 32 Hz

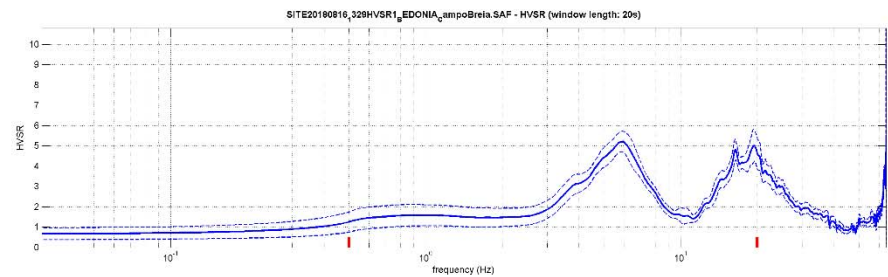
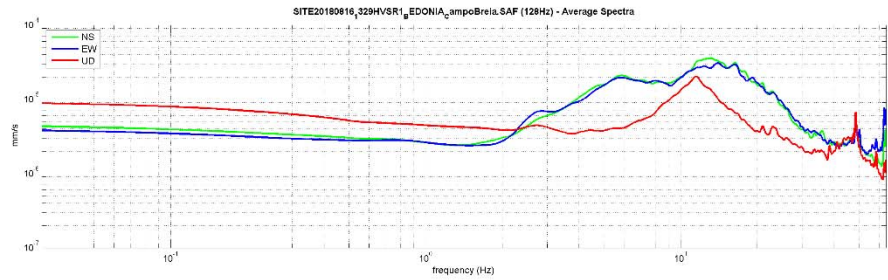
step3b (optional) - directivity over time
directivity as time time step: 60 s

save - optional: save HVSR as it is
Save HV file: 0.45 10 64 -2
save HV curve (as it is)

save - optional: picking HV curve
pick HV curve save picked HV
compute SESAME for picked curve

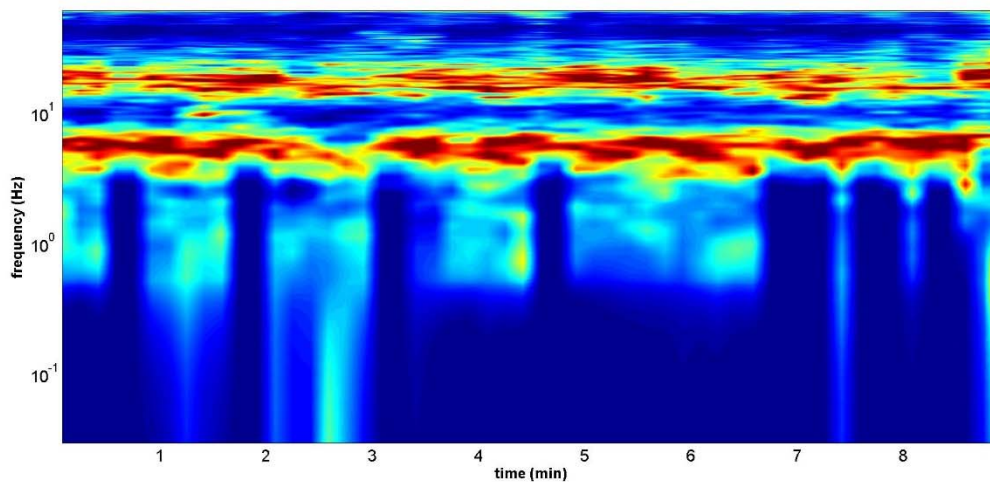
quick analysis (if-Via-III)
average V_{rs} (m/s)
(from surface to bedrock)
20 depth of the bedrock (m)
1000 V_{rs} of the bedrock
clean compute

www.winmasw.com

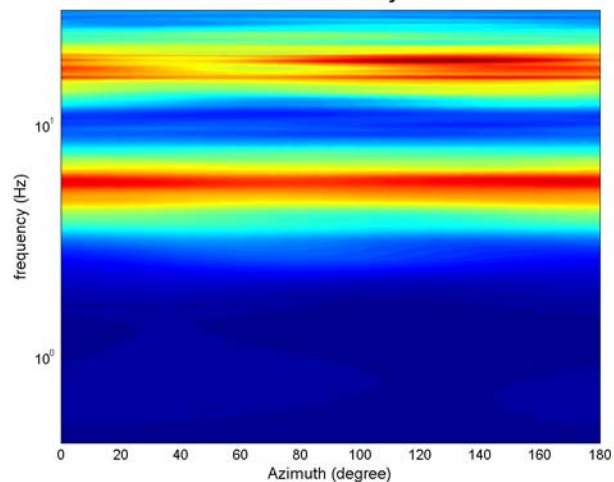


To model the HVSR (also jointly with MASV or RoMESAC data), save the HV curve to the "Velocity Spectrogram, Modeling & Picking" panel and upload the saved HV curve

HVSR vs Time



HVSR: directivity



Indagine HVSR4

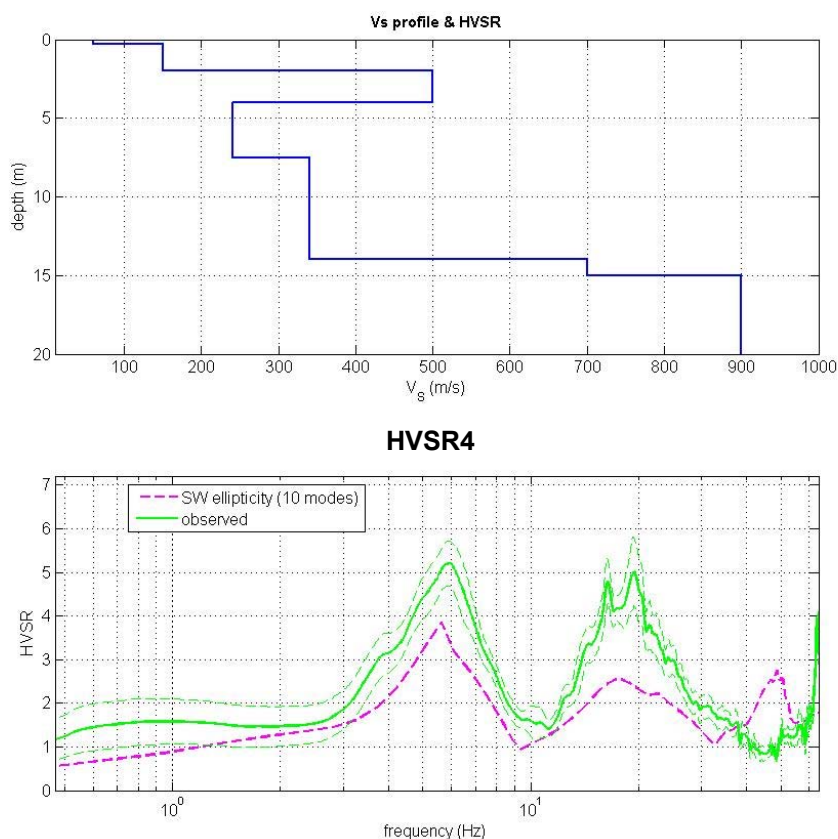


Tabella C - Picchi delle frequenze di risonanza determinate dalle prove HVSR negli intervalli di frequenze di interesse ingegneristico.

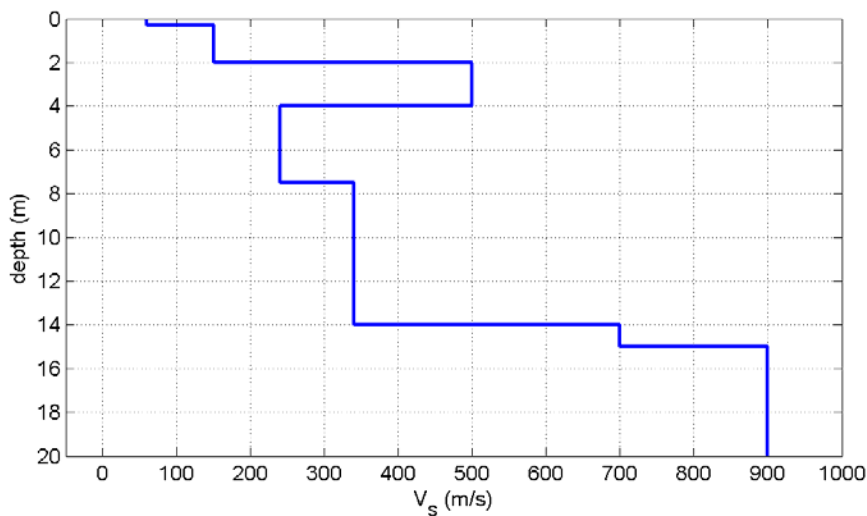
PICCHI DELLA FREQUENZA IN SITO (da 0, 5 a 20 HZ) DA PROVE HVSR						
N°PROVA	CRITERI SESAME Reliable H/V Curve	CRITERI SESAME Clear H/V Peak	PICCHI PRINCIPALE: F0 SECONDARIO: F1	FREQUENZA [Hz]	VALORE DEL RAPPORTO H/V	QUALITÀ MISURA
HVSR4	3 su 3	4 su 6	F0 F1	6,0 +/- 6,1 ~16-20	5,2 +/- 0,5 ~5	B1

Indagine HVSr4

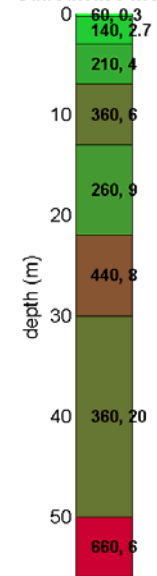
Tabella D - Stratigrafia sismica e parametri determinati.

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio	Rapporto di Poisson
1	0	0,3	60	0,40
2	0,3	1,7	150	0,35
3	2,0	2,0	500	0,35
4	4,0	3,5	240	0,35
5	7,5	6,5	340	0,35
6	14,0	1,0	700	0,35
7	15,0	Inf.	900	0,30

VS Profile



Subsurface model



CATEGORIA B

Vs30 (m/s): 416

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tabella E - Calcolo Vs30 per i primi 5 metri dalla profondità di appoggio della fondazione.

DETERMINAZIONE Vs30		
Profondità appoggio	Vs30 [m/s]	Categoria di sottosuolo
P.C.	416	B
-1m	472	B
-2m	517	B
-3m	525	B
-4m	533	B
-5m	564	B

ALLEGATO D

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

COMMITTENTE: Dott. Geol. Gabriele Oppo

CANTIERE: Indagini per la MZS di comuni della Montagna Ovest Parmense - Località: Strada Provinciale N° 90 - Bedonia (PR)

PERFORAZIONE: S2

C. SITO N°: S180495

PROFONDITA': 20 m

Indisturbato

S S.P.T

ESECUZIONE: 19-20/06/20

OPERATORE: COCCO

RIVESTIMENTO: 17 m

Rimaneggiato

L Lefranc

COMMESSA: 17884/18

RESPONSABI MAGHINI

QUOTA:

Ambientale

V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA	
				TPO	NUM.	PROF.			TPO	NUM.	PROF.			
	0.25		Terreno vegetale marrone scuro											
1							225	125						
			Limo argilloso sabbioso, marrone				175	80						
2							175	75						
	2.20													
			Ghiaia (dimensioni massime 3 cm) in matrice limoso-sabbiosa marrone											
3														
	3.15													
			Argilla limosa con ghiaia marrone-verdastra				>500							
4							375	180						
	3.90													
5			Argilla limosa a tratti sabbiosa marrone-verdastra, compatta, con presenza di concrezioni carbonatiche				400	195						
	6.45						>500							
7			Limo argilloso - sabbioso grigio/marrone				200	95						
	7.35						175	90						
	7.75		Limo sabbioso grigio				400	205						
8							375	185						
			Argilla limosa grigia, compatta, con presenza di concrezioni carbonatiche tra 8,90 e 9.15 e tra 10.30 e 10,40				350	175						
9							325	175						
							325	175						
10														

COMMITTENTE: Dott. Geol. Gabriele Oppo

CANTIERE: Indagini per la MZS di comuni della Montagna Ovest Parmense - Località: Strada Provinciale N° 90 - Bedonia (PR)

PERFORAZIONE: S2

C. SITO N°: S180495

PROFONDITA': 20 m

Indisturbato

S S.P.T

ESECUZIONE: 19-20/06/20

OPERATORE: COCCO

RIVESTIMENTO: 17 m

Rimaneggiato

L Lefranc

COMMESSA: 17884/18

RESPONSABILI MAGHINI

QUOTA:

Ambientale

V Vane Test

METRI	METRI da P.C.	LITOLOGIA	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	CAMPIONI			P.P. kPa	T.V. kPa	PROVE			METODO E UTENSILE	FALDA	
				TIPO	NUM.	PROF.			TIPO	NUM.	PROF.			
			Argilla limosa grigia, compatta, con presenza di concrezioni carbonatiche tra 8,90 e 9.15 e tra 10.30 e 10,40				325	165						
11	10.70		Limo sabbioso - argilloso, grigio scuro				325	160						
	11.35		Argilla limosa grigia				350	175						
12	12.00		Limo argilloso - sabbioso grigio scuro				200	105						
	12.55		Argilla limosa grigia con diffuse concrezioni carbonatiche e livelli torbosi nerastri a 13,00, 13,10 e 13,15m				200	100						
13	13.25		Argilla limosa grigia con concrezioni carbonatiche				225	110						
	13.80		Argilla limosa grigio - verdastra con concrezioni carbonatiche				300	155						
14							325	165						
	15.40		Argilla limosa grigio - verdastra, compatta				500							
16							500							
							350	180						
17							375	195						
							350	185						
18														
	18.60		Argilla limosa, diagenizzata, scagliosa, a bande marroni e grigio - bluastra.											
19														
20														
			FINE SONDAGGIO				>500							

COMMITTENTE: Dott. Geol. Gabriele Oppo

CANTIERE: Indagini per la MZS di comuni della Montagna Ovest Parmense - Località: Strada Provinciale N° 90 - Bedonia (PR)

PERFORAZIONE: S2 C. SITO N°: S180495

PROFONDITA': 20 m

Indisturbato S S.P.T

ESECUZIONE: 19-20/06/20

OPERATORE: COCCO

RIVESTIMENTO: 17 m

Rimaneggiato L Lefranc

COMMESSA: 17884/18 RESPONSABILI MAGHINI

QUOTA:

Ambientale V Vane Test

UBICAZIONE

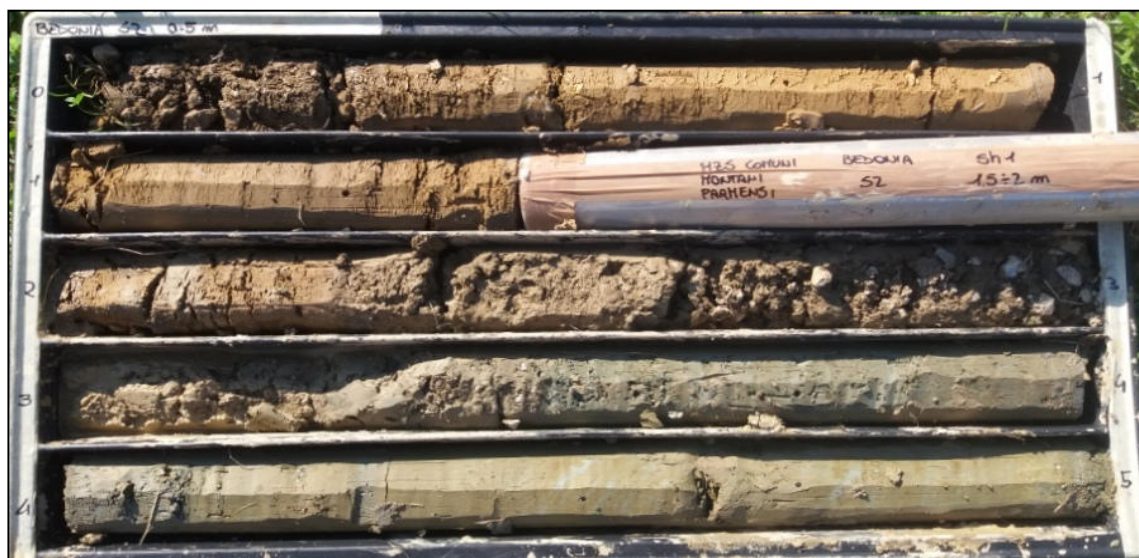
LOCALITA': Indagini e prove per la MZS di comuni della Montagna Ovest Parmense - Località: Strada Provinciale N°90 - Bedonia (PR)

UBICAZIONE: Lat.: 44.502003°

Long.: 9.630879°



Ubicazione del sondaggio



Cassa 1 : 0-5 m

COMMITTENTE: Dott. Geol. Gabriele Oppò

CANTIERE: Indagini per la MZS di comuni della Montagna Ovest Parmense - Località: Strada Provinciale N° 90 - Bedonia (PR)

PERFORAZIONE: S2

C. SITO N°: S180495

PROFONDITA': 20 m

Indisturbato

S S.P.T

ESECUZIONE: 19-20/06/20

OPERATORE: COCCO

RIVESTIMENTO: 17 m

Rimaneggiato

L Lefranc

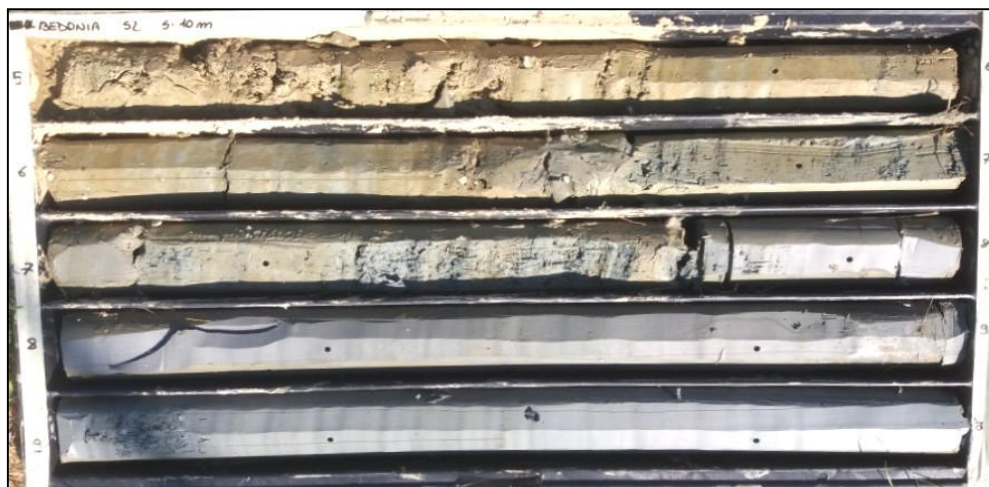
COMMESSA: 17884/18

RESPONSABI MAGHINI

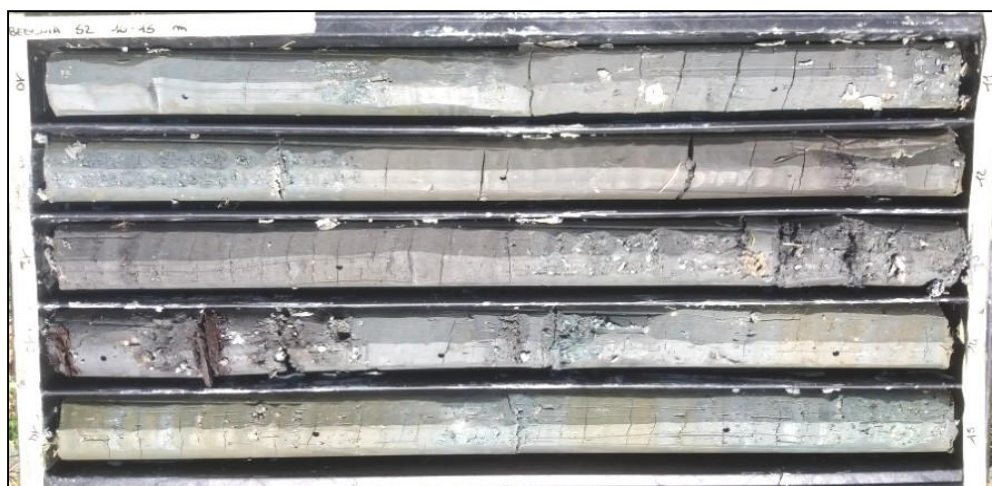
QUOTA:

Ambientale

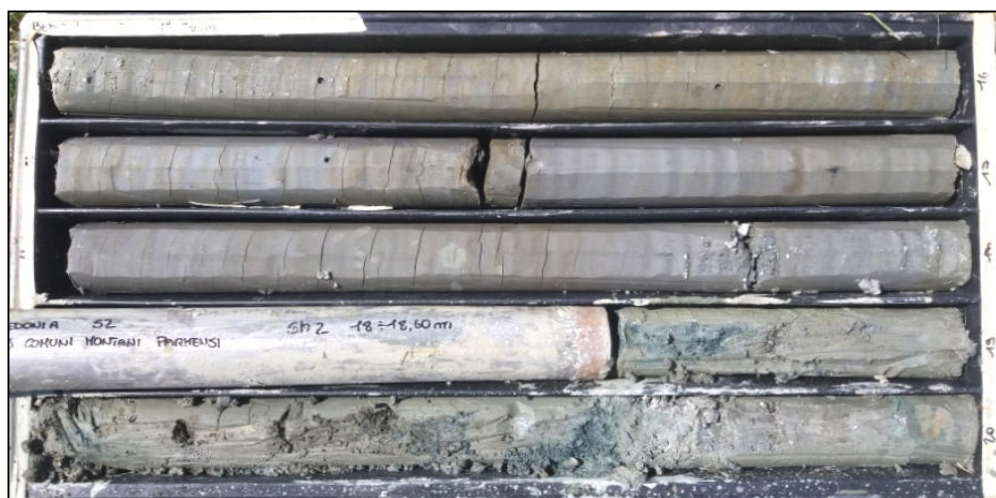
V Vane Test



Cassa 2 : 5-10 m



Cassa 3 : 10-15 m

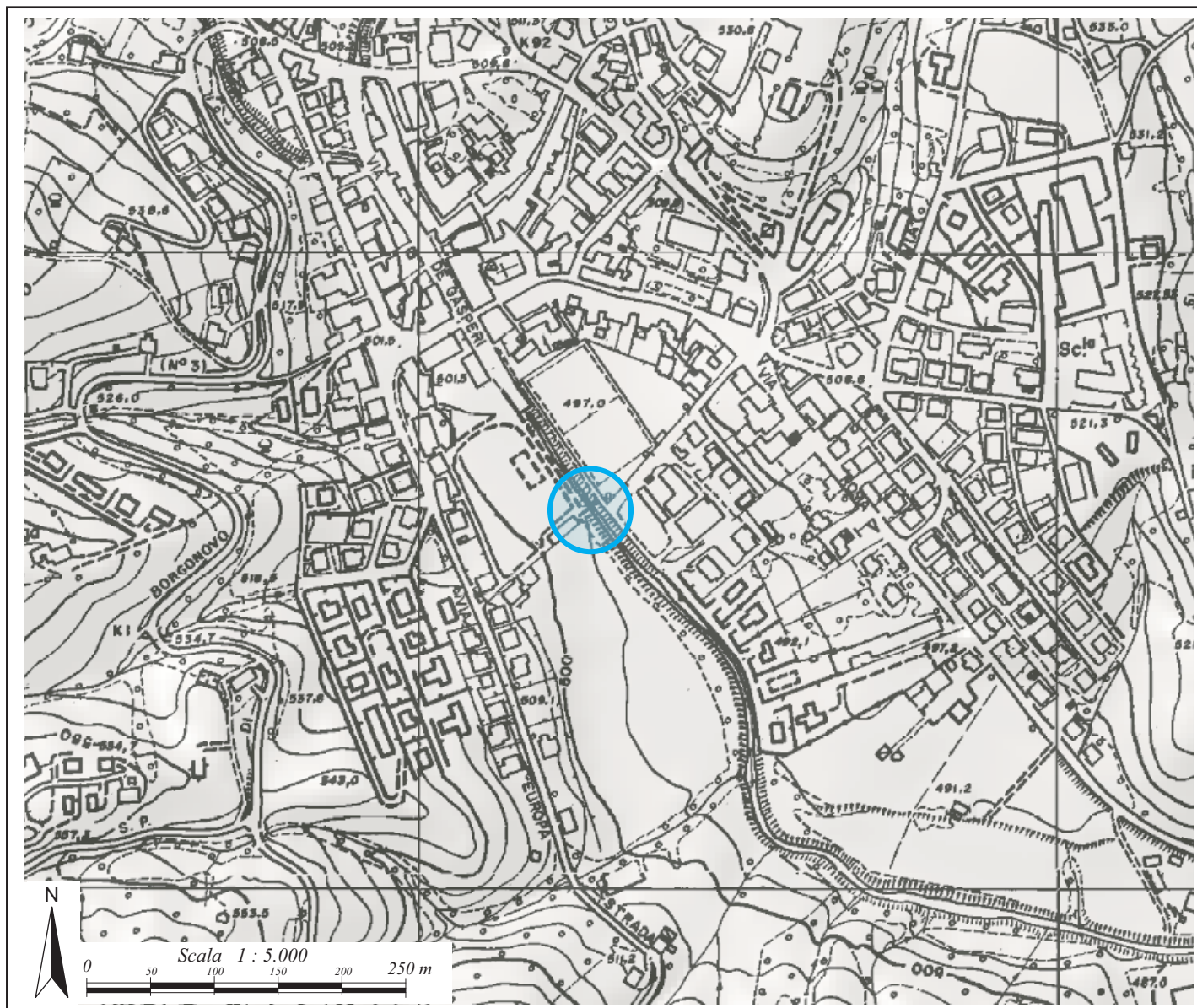


Cassa 4 : 15-20 m

TAVOLA 1

C.T.R. DBTR 2013

Da Regione Emilia Romagna
Scala 1:5.000 - Elemento 215082 "Bedonia"



LEGENDA


 Ubicazione dell'area di Studio

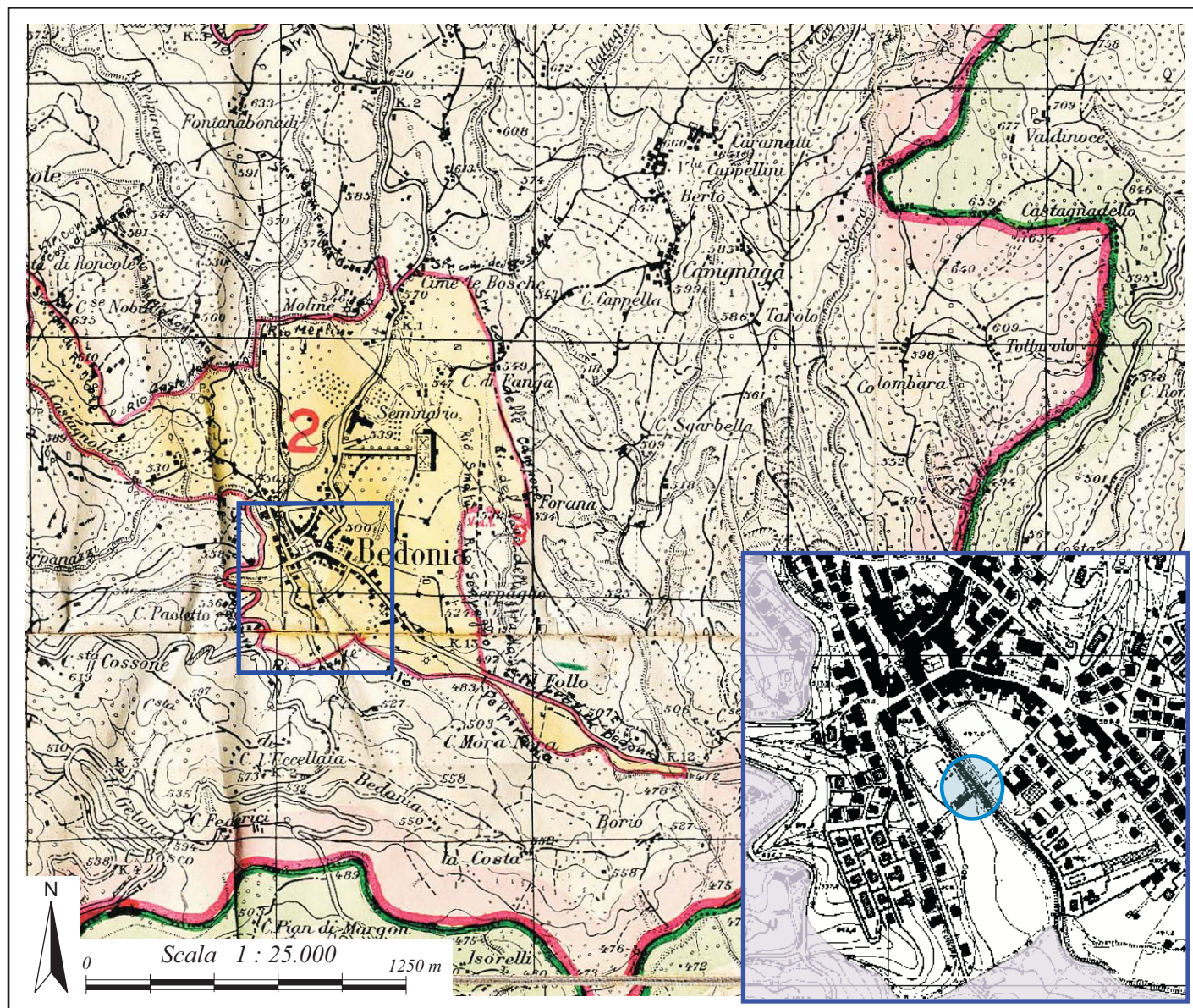
TAVOLA 2

VINCOLO IDROGEOLOGICO

Scala 1:25000

"MINISTERO DELL'AGRICOLTURA E FORESTE"
CORPO FORESTALE DELLO STATO

Estratto da: **VINCOLO DI TERRENI**
per scopi idrogeologici
ai sensi dell'articolo I del R.D. 30 Dicembre 1923 N.3267



LEGENDA



Ubicazione dell'area di studio



Dettaglio dell'area di studio



Confine territoriale del Comune



Confine di "COMPLESSO VINCOLATO"



Linea di divisione fra le "ZONE VINCOLATE"



"SOTTOZONA" di terreni esclusi dal vincolo

1

Numeri che distinguono le sottozone non vincolate



Numeri che distinguono le zone assoggettate al vincolo

TAVOLA 4

ORTOFOTO AGEA 2011

Scala 1:2000

Regione Emilia Romagna



LEGENDA


 Ubicazione dell'area di studio

TAVOLA 5

CARTA DEL DISSESTO

Scala 1:5000

da "CARTA DEL DISSESTO" della Provincia di Parma
P.T.C.P

Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

Scala 1:10.000 - Sezione 216080 "Bedonia"



LEGENDA

AREE A PERICOLOSITA' GEOLMORFOLOGICA
MOLTO ELEVATA. Art.21 N.T.A.

 Frana Attiva

AREE A PERICOLOSITA' GEOLMORFOLOGICA
MODERATA. Art.22 bis N.T.A.

 Depositi alluvionali

 Detrito di versante


 Ubicazione dell'area di Studio

TAVOLA 6

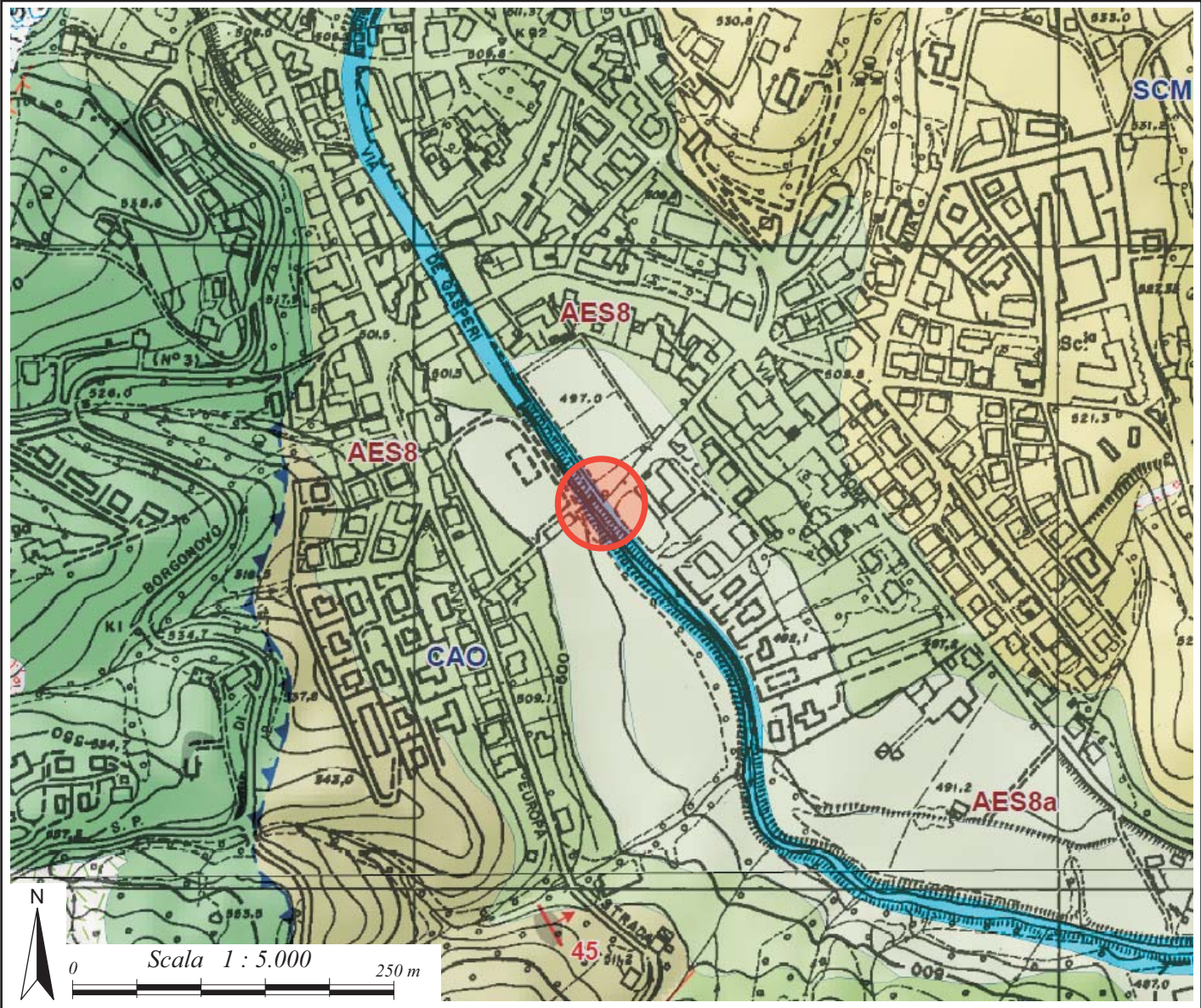
CARTA GEOLOGICA

Scala 1:5000

da "CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA"

Scala 1:10.000

Sezione 215082 "Bedonia"



CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO

Scala 1:2000

da "CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA"

Scala 1:10.000

Sezione 215082 "Bedonia"



LEGENDA

SUCCESSIONE NEOGENICO-QUATERNARIA

Sintema Emiliano Romagnolo Superiore

- Unità di Modena (AES8a)**
Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso-argillosa discontinua; depositi alluvionali intravallivi
(Olocene)
- Subsintema di Ravenna (AES8)**
Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi; depositi intravallivi terrazzati
(Pleistocene Sup. - Olocene)
- Sintema di Compiano (SCM)**
Conglomerati in banchi più o meno massivi a cui si intercalano peliti giallastre lenticolari, livelli discontinui ricchi di lignite e argille siltose azzurrognole; depositi di ambiente fluvio-lacustre con tipica coltre di alterazione.
(Pleistocene Inf. - Pleistocene Medio)

DOMINIO LIGURE

Unità Media Val Taro

- Argille a palombini (APA)**
Argilliti o argilliti siltose grigio scure, talvolta verdi, ocracee e rossastre, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre o giallastre.
(Berriasiano-Santoniano p.p.)

Unità Caio / Ottone

- Flysch di Monte Caio (CAO)**
Torbiditi calcareo-marnose, grigio-scure, in strati da medi a molto spessi con una base arenitica media o fine passante a marna
(Campaniano Sup.-Maastrichtiano Inf.)

DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

Frane-Alluvioni

- Deposito di frana attiva/quiescente per scivolamento (a1b)/(a2b)
- Deposito di frana attiva/quiescente per colamento di fango (a1d)/(a2d)
- Deposito di frana attiva/quiescente complessa (a1g)/(a2g)
- Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV (a2h)
- Deposito di versante s.l.(a3) / Deposito eluvio-colluviale (a4)
- Till indifferenziato (c)/Deposito glaciale e periglaciale (c3)
- Zona di affioramento
- Deposito alluvionale in evoluzione
- Conoide torrentizia in evoluzione
- Orlo di terrazzo fluviale
- Ubicazione dell'area di Studio
- Sovrascorrimento
- Faglia incerta
- Strati diritti
- Strati rovesci