

Associazione
Valle dell'Idice



Valle Idice è un'idea

PIANIFICAZIONE IN FORMA ASSOCIATA DEI COMUNI DI
Castenaso, Ozzano dell'Emilia, San Lazzaro di Savena
Provincia di Bologna

COMUNE DI CASTENASO

P O C

2009/2013

PIANO OPERATIVO COMUNALE

(L.R. 24 marzo 2000, n. 20 - art. 30)

Relazione Geologica e Sismica

Adozione D.C.C. n. 20 del 15/04/2009	Approvazione D.C.C. n.16 del 25/03/2010
--------------------------------------	---

il Sindaco

Stefano SERMENGHI

l'Assessore all'Urbanistica

Stefano SERMENGHI

il Segretario Generale

Andrea FANTI

Tecnicoop soc. coop

Luca BIANCUCCI (Progettista Responsabile)

Rudi FALLACI (Consulenza Urbanistica)

Sabrina GUIZZARDI (Cartografia)

Comune di Castenaso

Fabrizio RUSCELLONI

Claudia NICODEMO

Andrea MATTEUZZI


Via Lasie n.10/L
40026 Imola - BOLOGNA



Studio Viel & Sangiorgi
Geologia Applicata

Samuel SANGIORGI

Venusia FERRARI

Via Lasie n.10/L
40026 Imola - BOLOGNA



Studio Viel & Sangiorgi
Geologia Applicata

Comune:

COMUNE DI CASTENASO (BO)

Oggetto:

***RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA
per gli Ambiti edificabili inseriti nel P.O.C.***

Stesura:

febbraio 2009

Elaborazione:

**Dott. geol. Giovanni Viel
Dott. geol. Samuel Sangiorgi
Dott. geol. Venusia Ferrari**

Committente:

Comune di Castenaso (BO)

tel. 0542 640279 fax 0542 647385 mail viel@studioviel.it sangiorgi@studioviel.it

www.studioviel.it



INTRODUZIONE	1
1. METODO DI LAVORO	3
1.1 INDAGINI DI REPERTORIO	3
1.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE	3
1.3 GEOTECNICA	4
1.4 PERICOLOSITÀ SISMICA	5
1.4.1 ANALISI SEMPLIFICATE (D.M.14/01/2008 E DELIB.REG. 112/2007)	6
1.4.2 MODELLAZIONE MONODIMENSIONALE DI RISPOSTA SISMICA	9
1.4.3 VERIFICHE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	10
2. AMBITO ANS C2.1 (CAPOLUOGO)	12
3. AMBITO ANS C3.3 (CAPOLUOGO)	20
4. AMBITO “AREA GOLF” (CAPOLUOGO)	25
5. AMBITI FRAZIONE MARANO	33
6. PROPOSTA NORMATIVA	38

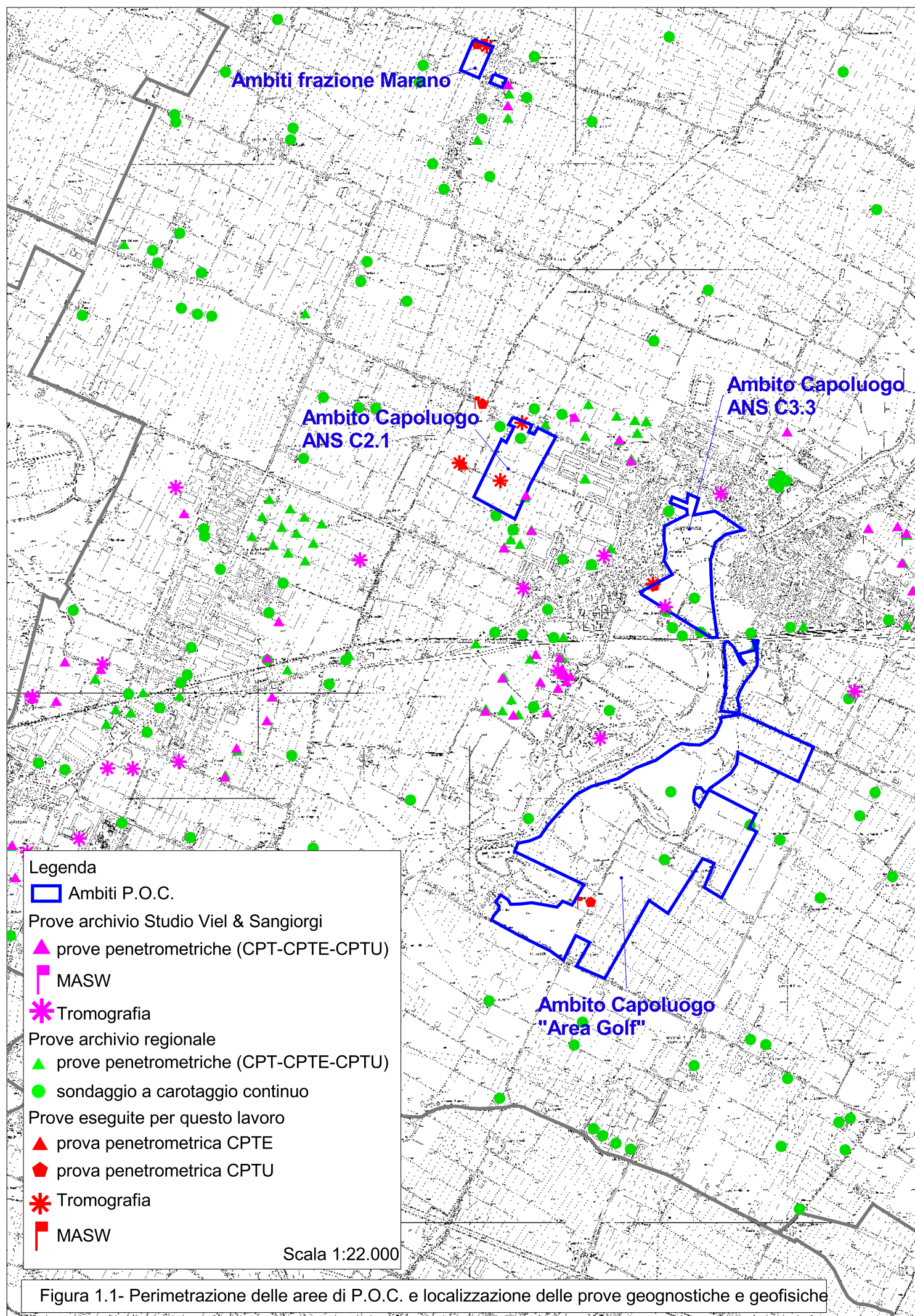
ALLEGATI

INTRODUZIONE

La Regione Emilia-Romagna ha recentemente emesso una delibera applicativa in merito agli <<Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica>> (Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007). In sintesi, queste nuove istruzioni chiedono che per l'approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale, vengano affrontati studi di pericolosità e di microzonazione sismica, per livelli di approfondimento differenziati a seconda delle fasi di pianificazione e del contesto di pericolosità locale riscontrato.

Nel caso di Castenaso, che viene inserito nella “zona 3” di pericolosità sismica (ai sensi della classificazione Opcm 3274/2003 recepita dalla nostra Regione), l'approvazione del PS comunale, è stata quindi subordinata anche all'elaborazione di cartografie di microzonazione di <<secondo livello>>. In questo senso, le tavole Ca.B.1.6a e Ca.B.1.6b del Quadro Conoscitivo relativo al P.S. Comunale di Castenaso, hanno espletato l'approfondimento dello studio di pericolosità sismica, elaborato per le zone di espansione contenute nel Piano e per i principali nuclei urbanizzati e produttivi (Villanova di Castenaso, Marano di Castenaso, Canova e Capoluogo).

Per l'elaborazione del P.O.C., che rappresenta la ulteriore fase di pianificazione comunale (ai sensi della L.R. n.20/2000) si è quindi affrontato un ulteriore lavoro di caratterizzazione edificatoria degli Ambiti inseriti, che ha compreso anche un più approfondito studio di caratterizzazione sismica locale sulla scorta degli esiti delle nuove indagini eseguite nelle aree. Lo studio definisce per ogni ambito, oltre al secondo livello di approfondimento richiesto dalla delibera regionale, anche uno schema generale di applicazione del terzo livello, che può consentire di tarare al meglio le scelte progettuali alla scala di PUA, e di indirizzare le più dettagliate analisi geologiche che dovranno accompagnare le fasi progettuali di massima ed esecutive. La figura 1.1 localizza le aree inserite nel P.O.C. oggetto dello studio.



1 – METODO DI LAVORO

1.1 Indagini di repertorio

Per lo studio dei singoli ambiti del P.O.C. si sono rese indispensabili nuove indagini geognostiche e geofisiche eseguite nelle aree in questione, oltre all'utilizzo delle informazioni ricavate da un vasto repertorio di prove pregresse e da quelle già effettuate per il Piano Strutturale Comunale (2008). Per ogni ambito studiato si allega relativa figura con le localizzazioni delle prove geognostiche e geofisiche utilizzate per la caratterizzazione dell'area di progetto.

Tra le conoscenze pregresse, particolare importanza rivestono le prove geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo e stratigrafie di pozzi, penetrometrie) effettuate dalla Regione Emilia-Romagna. Le prove geognostiche e geofisiche relative allo conoscitivo per il P.S.C. sono state invece effettuate a cura dello Studio scrivente. Queste ultime sono consistite in ulteriori prove C.P.T.U. spinte fino a 30 metri di profondità, indagini geofisiche MASW (Multi-channel Analysis of Surface) e tomografiche. In appendice al testo si allegano grafici, tabelle e certificati dei risultati anche delle prove di repertorio utilizzate per lo studio dei singoli ambiti.

1.2 Indagini geognostiche e geofisiche eseguite

Nelle aree di previsione edificatoria inserite nel P.O.C., si sono eseguite le seguenti ulteriori prove integrative:

- cinque prove penetrometriche CPTU → Le prove sono state eseguite con un penetrometro dotato di spinta da 300 kN sulla punta tipo "Gouda", montato su sottocarro con ancoraggi laterali per incrementare il contrasto durante la penetrazione profonda. La punta utilizzata presenta le dimensioni standard europee: apertura di 60°, diametro di 35,7 mm e area di 10 cm² per la misura della pressione di rottura (Qc), manicotto di attrito per la misurazione delle resistenze di attrito laterale (fs) con superficie di 150 cm², velocità di penetrazione della punta-manicotto pari a 2 cm/sec. La speciale attrezzatura utilizzata permette l'acquisizione dei dati ogni 2 cm di avanzamento (50 letture ogni metro), attraverso sensori di pressione elettrici (CPTU), e di filtro per le pressioni neutre: piezocono (CPTU). Inoltre erano attivi anche due inclinometri posti a 90°, per il controllo della deviazione delle aste dalla verticale (essenziale per prove in profondità), ed un sensore di temperatura (essenziale per correggere i valori di "Qc" ed "fs" dal cambiamento di geometria della punta, imputabile alla deriva termica per attrito, durante la prova di penetrazione).
- due prove Multi-channel Analysis of Surface Waves (MASW) e due prove Re.Mi → per il calcolo della velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (Vs), utile per la classificazione del sottosuolo di fondazione prevista dalla normativa vigente. La masw e la Re.mi. sono metodologie non invasive che utilizzano le onde di Rayleigh, componente principale delle onde superficiali, e per questo poco soggetta ai rumori ambientali; l'analisi delle onde S viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma. La strumentazione utilizzata è composta dal sismografo a 24 canali << Abem-Ras-24 >> con convertitore del segnale A/D a 24 bit. Lo stendimento è stato configurato con 24 geofoni da 4,5 Hz, posti alla distanza di 3 m. La sorgente

di rumore attiva (per Masw) è stata fornita da tre colpi su una piastra con una mazza battente da 10 Kg, alle seguenti distanze dal primo geofono dell'allineamento: 5m – 17m – 30m; per le Re.mi. la sorgente è fornita dal microtremore del sottosuolo. L'acquisizione dei dati è avvenuta con doppia registrazione, con tempi di 4 secondi, ed un intervallo di campionamento rispettivamente di 1ms (Masw) e 2ms (Re.Mi).

I risultati ottenuti, riportati singolarmente in appendice, dopo il confronto con i risultati delle analoghe prove di repertorio, delle prove penetrometriche e di quelle ricavate dal tromografo, hanno consentito di tarare le velocità delle onde di taglio da inserire nei modelli sismici, e per la classificazione del "suolo di fondazione".

- cinque indagini con tromografo digitale → misure puntuali speditive ad alta risoluzione, del microtremore sismico, finalizzate all'elaborazione degli spettri di base ed analisi HVSR del sottosuolo. L'acquisizione dei dati è stata effettuata con una frequenza di 256 Hz e con un tempo di registrazione di 12 minuti. La discrepanza tra localizzazione delle analisi tromografiche e disposizione degli ambiti di POC è dovuta alla modificazione delle scelte di piano intervenute durante l'esecuzione della campagna geognostica. Questo tipo di analisi ha tuttavia il compito soprattutto di controllare le correlazioni tra punti di conoscenza distanti, e di indagare, a bassa frequenza, le colonne litologiche della pianura, alla ricerca del bedrock sismico; in questa prospettiva la dispersione dei punti di analisi ha comunque svolto il suo ruolo.

1.3 Geotecnica

Le conoscenze di sottosuolo acquisite con le prove consentono di estrapolare per ogni ambito studiato le caratteristiche geologiche generali, la caratterizzazione geotecnica e di pericolosità sismica.

Per la caratterizzazione geotecnica, in assenza di ogni riferimento progettuale, decisamente prematuro in questa fase di pianificazione, si è proceduto calcolando la pressione ammissibile (Q_{ad}) dai parametri meccanici fondamentali (γ , c_u , O.C.R., ϕ' , D.R.) ricavati dagli esiti delle prove penetrometriche eseguite (Q_c , f_s) e di repertorio. La formula di calcolo utilizzata è quella classica di Terzaghi:

$$Q_{ult} = C N_c + \gamma D N_q + 0,5 \gamma B N_{\gamma} \quad (1)$$

valida per condizioni drenate (angolo di attrito interno $\phi \neq 0$), cioè per la stabilità nel lungo periodo in sedimenti granulari; nei sedimenti coesivi la stessa equazione si semplifica dell'ultimo termine, che si annulla per ϕ tendente a 0. Ora si è dimostrato che, nei sedimenti coesivi, le condizioni più cautelative per la stima delle pressioni di rottura sono quelle calcolate per la stabilità nel breve periodo (condizioni non drenate). Infatti la misura dell'angolo di attrito interno efficace nelle argille drenate, non può essere effettuata se non falsando le condizioni di esecuzione della misura, e l'esito contiene sempre una componente ascrivibile invece alla coesione non drenata. La semplice considerazione della coesione non drenata (c_u), come valore riassuntivo dei due parametri drenati (taglio e coesione efficaci), riesce a stimare meglio il comportamento reale dell'ammasso di sedimenti coesivi. Così la relazione (1) diviene:

$$Q_{ult} = 5,14 c_u + 1 \gamma D \quad (2)$$

La spessore di sedimenti coinvolti nella "rottura" per fondazioni a trave rovescia, è stimato pari a circa 0,60 m, sotto la profondità d'incastro della struttura. Il calcolo della pressione ultima (Qult), è stato effettuato utilizzando parametri mediamente validi per lo spessore di 60 cm, considerato a partire da 1,4 metri dal p.c, quota d'incastro solitamente utilizzata per semplici fondazioni a nastro superficiali; il valore del carico ammissibile (Qad) si è ricavato adottando il coefficiente di sicurezza 3, di legge.

Occorre però precisare che in realtà è improprio ritenere che il risultato del calcolo della pressione ultima (Qult), e la pedissequa applicazione del coefficiente di sicurezza di legge (3), fornisca la Qad. Infatti, l'ammissibilità della pressione di esercizio di un edificio dipende anche e soprattutto dall'entità dell'interazione struttura-sedimenti, in altre parole dal valore del cedimento assoluto e differenziale in relazione alle caratteristiche della struttura. Pertanto i valori di Qad riportati nelle tabelle devono essere considerati come risultati preliminari e generici, la stima della reale Qad dovrà essere fatta per ogni situazione, una volta noti i dati progettuali e l'entità dei cedimenti effettivamente accettabili dalle strutture.

Come detto, le informazioni di base da inserire nella funzione di calcolo, e la scelta tra l'equazione (1) o (2), derivano direttamente dagli esiti delle prove penetrometriche effettuate per questo lavoro, o dal repertorio geognostico più volte citato. La trasformazione dei dati numerici nei parametri riportati nelle tabelle è stata effettuata con le seguenti relazioni:

- i valori di ϕ' (angolo di attrito efficace), ottenuti tramite Durgunoglu e Mitchell, 1973, Meyerhof, 1951-1976, De Beer 1965-67, testate per sabbie N.C e S.C.;
- la densità relativa (D.R.), correlazioni di Schmertmann (1976) ben testate da Baldi (1978) e Lancellotta (1983);
- i valori di c_u , possono essere ricavati anch'essi da varie correlazioni empiriche, in particolare qui si adottano quelle di Terzaghi, Lunne-Robertson-Powel (1977), Baligh et all. (1980), tra le più note e cautelative in termini di risultati forniti;
- i valori di OCR (grado di sovraconsolidazione), che permettono di ricostruire lo stato tensionale dell'intervallo roccioso attraversato, Ladd e all. (1977), Piacentini-Righi (1978).

I risultati ottenuti, relativi ai primi 5 metri di sottosuolo, vengono sono riportati per ogni comparto nelle relative tabelle di sintesi.

1.4 Pericolosità sismica

Il panorama legislativo in materia sismica, è stato profondamente trasformato dalle recenti normative nazionali (Ordinanza PCM. n. 3274/2003, D.M. 159/2005, Ordinanza PCM. n. 3519/2006, infine dalle recentissime nuove Norme Tecniche per le costruzioni con D.M. del 14/01/2008), attualmente ancora in regime di applicazione transitorio. Le principali novità introdotte da queste nuove leggi, sono state riassunte e descritte nella <<Relazione Geologica – Microzonazione Sismica>> (2008), allegata al quadro conoscitivo del P.S.C. di Castenaso ed elaborata dallo Studio scrivente. Si rimanda quindi al lavoro citato per un preliminare approfondimento.

Oltre alla normativa nazionale citata, la Regione Emilia-Romagna, ha elaborato

ed approvato (con Delibera Regionale n. 112 del maggio 2007) gli << Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica>>, elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione Emilia-Romagna ha effettuato nel territorio regionale. La delibera fornisce tabelle e formule propedeutiche alla valutazione semplificata dell'amplificazione locale, dati che tengono conto delle caratteristiche sismiche riscontrate nel contesto regionale.

Ciò detto, nel presente lavoro si sono prodotti:

- la stima di risposta sismica semplificata, secondo i criteri nazionali (D.M. 2008) e regionali (Delib. Reg. 112/2007), con esiti riportati per ogni singolo ambito studiato nel relativo paragrafo;
- l'insieme delle informazioni geognostiche e geofisiche hanno permesso una ulteriore caratterizzazione sismica degli ambiti di P.O.C. attraverso l'elaborazione di specifici modelli monodimensionali di risposta sismica, uno per ogni area (ad esclusione di Marano, ove è stato elaborato un solo modello per i due vicini comparti), tutti ottenuti dal software Shake2000.

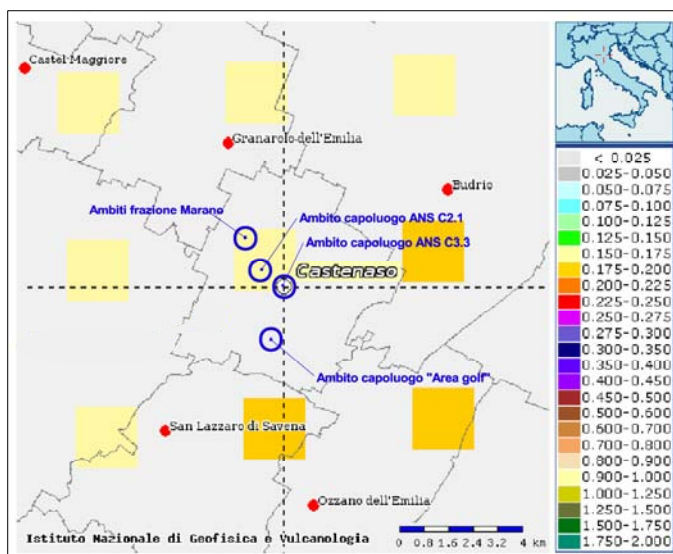
Questa procedura permette di offrire per ogni ambito, oltre al secondo livello di approfondimento, richiesto dalla delibera regionale, anche uno schema generale di applicazione del terzo livello, che può consentire di tarare al meglio le scelte progettuali alla scala di PUA, e di indirizzare le più dettagliate analisi geologiche che dovranno accompagnare le fasi progettuali di massima ed esecutive;

- la stima relativa alla propensione alla liquefazione degli intervalli granulari attraversati dalle penetrometrie eseguite negli ambiti di progetto.

1.4.1 Analisi semplificate (D.M. 14/01/08 e Delib. Reg. 112/2007)

Il D.M. 14/01/2008 ha introdotto un nuovo approccio di verifica dell'azione sismica nella progettazione basato su precisi criteri prestazionali delle opere da progettare, e valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle ormai note "categorie di sottosuolo" e della definizione di una <<pericolosità di base>> fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale.

Figura 1.2 – Pericolosità sismica relativa al territorio di Castenaso, appoggiata al reticolo di riferimento nazionale (dal sito www.esse1-gis.mi.ingv.it)



Ai punti del reticolo vengono attribuiti, per differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali “parametri spettrali” riferiti all’accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell’azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica sono forniti dall’INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

La figura 1.2 propone la sovrapposizione del territorio comunale di Castenaso con il reticolo di riferimento, estratta dal sito dell’INGV. A questi sono stati ulteriormente sovrapposte le localizzazioni puntuali delle aree di P.O.C. studiate.

Ciò detto, sono stati valutati speditamente con il software “NTCSISMA” i parametri a_g , F_0 , T^*_c da adottare nelle verifiche di progetto dell’azione sismica, riferiti a congrui casi esemplificativi di costruzioni di classe d’uso I, II e III, relativi ai rispettivi stati limite da considerare.

Il software consente l’aggancio automatico delle coordinate inserite ai punti del reticolo più vicini. Le variabili utilizzate per la valutazione della <<pericolosità di base>> sono:

- Classe d’uso delle costruzioni, suddivisa a sua volta in : I<< costruzioni con presenza solo occasionale di persone>>; II << costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l’ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali>>; III << costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi - industrie con attività pericolose per l’ambiente>>; ognuna delle classi sopraindicate è caratterizzata da un coefficiente d’uso C_U ;
- Vita nominale V_N variabile e congrua a seconda della classe d’uso dell’opera; nel nostro caso si sono considerati i seguenti periodi: esempio classe I $\rightarrow V_N = 10$ anni; esempi classe II $\rightarrow V_N = 50$ e 100 anni; esempio classe III $\rightarrow V_N = 100$ e 200 anni;
- Periodo di riferimento V_R , parametro direttamente proporzionale alla vita nominale come indicato nella formula sottostante:

$$V_R = V_N * C_U$$
- Stati limite del manufatto, riferiti alle prestazioni della costruzione nel suo complesso (strutturale, non strutturale, impiantistica) nei confronti dell’azione sismica. Gli stati limite sono suddivisi in <<stati limite di esercizio>> SLO – SLD e <<stati limite ultimi>> SLV – SLC;
- Parametri che definiscono le forme spettrali: a_g – accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale e T^*_c – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri sopra descritti consentono la definizione degli spettri di risposta di progetto relativi ad ognuno degli stati limite di legge. I parametri relativi alla costruzione di classe II con $V_N/V_R = 50$ anni vengono generalmente assunti per le verifiche di riferimento relative alle costruzioni ordinarie. In questo senso, come ulteriore esempio, per ogni ambito oggetto di edificazione si sono costruiti gli spettri

elastici della componente orizzontale riferiti allo stato limite di progetto SLV¹ per una costruzione di classe II con VN e VR = 50 anni, condizioni che consentono anche una equiparazione della Ag massima al suolo² e del tempo di ritorno (T.R.) per la definizione dell'azione sismica di progetto con il T.R. degli input sismici di riferimento assunti anche dalla Regione Emilia-Romagna: rispettivamente 0,175g e 475 anni con smorzamento del 5%).

Gli spettri di legge sono stati calcolati per le categorie di sottosuolo rispettivamente rappresentative del territorio studiato infine sono stati graficamente sovrapposti, per confronto, agli spettri elastici ricavati dalle nostre elaborazioni di risposta sismica locale effettuate con SHAKE 2000.

Per quanto riguarda la Delibera regionale, essa propone la definizione delle amplificazioni locali sulla base delle tabelle allegate in appendice al documento e riferite a grandi situazioni morfologico-stratigrafiche ("secondo livello" di analisi). Nel caso del territorio di Castenaso, i valori medi delle velocità delle onde di taglio devono essere riferiti ai primi 30 metri – Vs30 (pianura) e calcolati tramite le prove geognostiche e geofisiche eseguite e di repertorio. Le Vs sono state implementate nelle tabelle regionali per la stima delle amplificazioni assumendo i valori relativi al contesto <Pianura 1> ottenendo i relativi coefficiente di amplificazione F.A.

Le variabili, ricavabili dalle tabelle, utilizzate per la stima dell'amplificazione locale sono:

- F.A. P.G.A. → rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido (amax,r) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito (amax,s) alla frequenza f. Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento D e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito.
- F.A. S.I. - Intensità spettrale di Housner → indicatore della pericolosità sismica, è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità, nel nostro caso per i due intervalli di frequenze, rispettivamente da 0.1<T0<0.5 s e da 0.5<T0<1 s.

Per ogni area studiata vengono dunque proposti in forma tabulare i relativi esiti di amplificazione semplificata calcolati come sopra descritto.

¹ SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita): <<a seguito del terremoto la costruzione subisce danni non strutturali ed impiantistici ma conserva ancora resistenza e rigidità per azioni verticali ed un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali>>.

² Le Ag ricavate secondo la normativa semplificata nazionale, con la configurazione sopra citata, risultano: ambiti frazione Marano = 0,171g ambito ANS C2.1 (capoluogo) = 0,172g ambito ANS C3.3 (capoluogo) = 0,174g ambito "Area Golf" (capoluogo) = 0,175g

1.4.2 Modellazione monodimensionale di risposta sismica

Il modello geologico di sottosuolo e la correlabilità tra gli esiti litologici e meccanici ottenuti dalle prove geognostiche e geofisiche eseguite e di repertorio, consentono l'elaborazione di modellazioni numeriche locali di risposta sismica. In questo senso lo Studio scrivente dispone di SHAKE 2000, software di calcolo realizzato per verifiche monodimensionali, in grado di raggiungere, tramite una sequenza di analisi lineare completa, valori di rigidezza G e di smorzamento D compatibili con le caratteristiche delle colonne litologiche oggetto di studio.

In questo modo, abbiamo offerto per ogni ambito edificabile, oltre al secondo livello di approfondimento richiesto dalla delibera regionale, anche uno schema generale di applicazione del terzo livello, che può consentire di tarare al meglio le scelte progettuali alla scala di PUA, e di indirizzare le più dettagliate analisi geologiche che dovranno accompagnare le fasi progettuali di massima ed esecutive.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di SHAKE 2000 si compone di due fasi: elaborazione del modello (effettuata sulla base della variazione locale di due insiemi di parametri fondamentali: definizione delle V_s e del bedrock sismico) e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (V_s). Le stratigrafie che caratterizzano i diversi modelli per i primi 30 m derivano dagli esiti delle prove geognostiche e geofisiche eseguite per questo lavoro e di repertorio; le stratigrafie più profonde (oltre 30 m) sono estrapolate o dai sondaggi della Banca Dati Geognostica della R.E.R, o dalle analisi con tomografo digitale.

Per l'elaborazione del modello di simulazione sismica occorre l'inserimento dei dati (accelerazione, intervalli di tempo) relativi ai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" e forniti dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di sismi che possono verificarsi nel territorio del comune oggetto di studio. Questi tre segnali, già "scalati" rispetto al comune a cui si riferiscono, sono rappresentati da tre differenti accelerogrammi di progetto:

- impulsivo
- con ampio contenuto in frequenze
- con componente predominante alle alte frequenze

Per il Comune di Castenaso, i dati fondamentali del sisma forniti dalla Delibera Regionale sono: magnitudine 5,5 e accelerazione al substrato $a_g = 0,175g$.

La seconda fase di elaborazione permette di ottenere tre differenti "spettri di risposta", ognuno dei quali descrive il diverso comportamento relativo ad ogni singolo strato della colonna litologica tipo, rispetto all'input sismico utilizzato. Questi "spettri" vengono ripresi nell'ambito della progettazione per la verifica sismica delle strutture.

Il primo spettro ottenuto riguarda la PSA. Viene mostrato il comportamento dell'accelerazione spettrale attraverso i diversi strati che compongono la colonna litologica tipo utilizzata nella modellizzazione per diversi valori di periodo: da 0 a 3

secondi (valori equiparabili ad edifici di varia altezza da un piano a torri molto alte).

Il secondo spettro ottenuto riguarda la PSV, ossia la pseudovelocità. Questo mostra il comportamento della velocità spettrale, in funzione del periodo (T) compreso tra 0 e 3 secondi, nei diversi layers della colonna litologica, in base all'input sismico applicato. I risultati di questa analisi sono utilizzabili per il calcolo del fattore SI-Intensità spettrale di Housner, richiesto nel terzo livello di caratterizzazione (Delibera regionale n 112/2007). L'intensità di Housner-SI è un indicatore della pericolosità sismica ed è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità in un intervallo prefissato di frequenze. Questa grandezza è direttamente correlabile all'energia che viene dissipata nelle strutture durante un terremoto e quindi espressione del possibile grado di danneggiamento subito dagli edifici.

Il terzo spettro ottenuto riguarda l'amplificazione locale. Per amplificazione si intende il rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido (a_{maxr}) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito (a_{maxs}) alla frequenza "f". Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento D e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito. La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione A(f) del deposito. Il moto sismico può essere amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali "f_n" di vibrazione del deposito; molto importante risulta la prima frequenza naturale di vibrazione: "f 1" denominata frequenza fondamentale, in corrispondenza della quale la funzione di amplificazione assume un valore massimo.

Al primo spettro di risposta elaborato, si è inoltre graficamente sovrapposto, per confronto, lo spettro elastico della componente orizzontale, calcolato per ogni area di progetto secondo la nuova normativa nazionale (DM 14/01/2008) sulla scorta della "pericolosità di base" e riferito allo scenario di progetto descritto al paragrafo 1.4.1.

Per lo studio delle aree di P.O.C. sono stati elaborati quattro modelli di risposta locale: due simulazioni relative all'ambito ANS C2.1 (Capoluogo), una simulazione rispettivamente per gli ambiti "Area Golf" (Capoluogo), e per gli ambiti della frazione Marano. Gli esiti delle simulazioni vengono riportati in forma tabulare e grafica in calce ai paragrafi relativi alla caratterizzazione dei singoli ambiti di progetto.

1.4.3 Verifiche della suscettibilità alla liquefazione

Le verifiche effettuate per l'elaborazione più dettagliata del PSC hanno permesso di proporre nuove delimitazioni delle aree con possibilità di liquefazione, come riportato nella figura 1.5.1, e nelle tavole Ca.B.1.6a e Ca.B.1.6b allegate alla Relazione Geologica e Microzonazione sismica a cui si rimanda per ogni approfondimento. Lo studio conoscitivo e le relative indagini geologiche effettuate per il P.S.C., si sono concentrate attorno alle aree indicate nel PSC, che costituiranno i futuri POC/PUA. La ricostruzione delle geometrie dei paleoalvei con propensione alla liquefazione è stata realizzata sulla scorta delle conoscenze di sottosuolo già acquisite (Banca dati della Regione Emilia-Romagna, archivi dei comuni, inventario dello stesso Studio scrivente) e da prove geognostiche eseguite per il P.S.C.

La suscettibilità alla liquefazione dei sedimenti rappresenta un parametro

importante da valutare in sede progettuale, anche a piccola scala. In questo senso, le misure di resistenza alla punta normalizzate, ottenute dalle prove penetrometriche CPTE/U, effettuate per questo lavoro, consentono di ottenere indirettamente una ulteriore stima della possibile liquefazione dei sedimenti saturi attraversati, sottoposti ad impulsi ciclici. Per questa stima si è ricorsi alle proiezioni logaritmiche di Robertson (1996) e di Olsen, Koester & Hynes (1996): gli esiti ottenuti dalla punta strumentata, durante la penetrazione nel sedimento, sono proiettati nel diagramma che integra i logaritmi dei valori di “Qc”, con i logaritmi dei valori della “Fr”.

Per ogni ambito edificabile di questo P.O.C., vengono riprodotti i diagrammi che rappresentano gli esiti delle proiezioni sopra citate, ottenute con i dati meccanici delle prove penetrometrie CPTE/U eseguite nelle aree. I diagrammi forniscono dati per ogni intervallo di 10 cm (media di 5 valori misurati dalla punta elettrica durante la penetrazione dello strumento). Il colore dei punti plottati è riferito alla profondità dal p.c., il numero di punti per ogni colore indica lo spessore complessivo dell'insieme di intervalli considerati, l'addensamento o la diffusione dei punti colorati nei vari campi fornisce l'immagine dell'uniformità od eterogeneità di comportamento in relazione ai parametri considerati. I punti plottati nella proiezione di Robertson (1996) possono ricadere nei seguenti campi identificati con lettere maiuscole:

campo A = liquefazione ciclica possibile, in dipendenza dall'ampiezza e dal tempo del carico ciclico;

campo B = liquefazione improbabile, I_c (Indice di Comportamento) $>2,6$;

campo C = liquefazione fluida ciclica possibile, in dipendenza dall'ampiezza e dal tempo del carico ciclico dalla plasticità e sensitività.

Nella seconda proiezione (Olsen e Mitchell, 1995; Olsen et al, 1996) si possono leggere i valori ricavati per CRR (Cyclic Resistance Ratio), oltre alle tessiture ed al grado di consolidazione dei sedimenti attraversati.

In conclusione, l'insieme dei due diagrammi consente di avere una percezione visiva e sintetica delle condizioni di liquefacibilità calcolate per le verticali indagate.

2. AMBITO ANS C2.1 (CAPOLUOGO)

Nell'area studiata sono previsti interventi di edificazione. La figura 2.1 propone la perimetrazione del comparto e la localizzazione delle prove geognostiche e geofisiche utilizzate per lo studio di caratterizzazione.

2.1 Inquadramento geologico

Nel sottosuolo è stato individuato (vedi tavole Ca.B.1.6a e Ca.B.1.6b – P.S.C. Castenaso, 2008) il passaggio di un antico alveo del Savena – Zena, le due penetrometrie (CPTU2, CPTU3) eseguite per il POC hanno pienamente confermato questa localizzazione. La presumibile età del corso fluviale è romana (alveo dei 4 – 5 metri di profondità) e alto medioevale (abbandono dell'alveo 2,5 -3,5 m di profondità). Le prime fasi di formazione del paleo-alveo sono con probabilità neolitiche (olocene sup, 4÷5.000 anni fa), la profondità massima dell'alveo si aggira attorno ai 10 metri dal p.c.

Questo quadrante dell'alta pianura era già stato interessato dal passaggio di un alveo dell'antico Idice di un'età con probabilità corrispondente al passaggio tra le ultime fasi fredde del Würm ed i primi periodi umidi post glaciali (Pleistocene sup – Olocene inferiore). Il confronto tra CPTU2 e CPTU3 dimostra infatti che in entrambe le prove sono presenti sedimenti granulari con un gradiente altimetrico corrispondente allo 0,8%÷1% a profondità superiori a 23 metri dal p.c. La direzione di questo più antico alveo pare sia più decisamente S – N di quelle generalmente seguite dal Savena (SW – NE).

Queste considerazioni hanno rilevanza solamente per l'alveo più superficiale (Olocene) che può determinare problemi di liquefazione dei sedimenti sabbiosi del paleoalveo del Savena. Questi sedimenti infatti sono stati già sottoposti ad una specifica analisi compiuta per il Comune di Granarolo (Sangiorgi, Ferrari, Viel, 2008 – PSC Granarolo dell'Emilia), il cui esito ha dimostrato la liquefacibilità di queste sabbie per sismi di magnitudo (M) 6, cioè di poco superiori al limite massimo atteso nella nostra regione (M=5,57).

2.2 Caratterizzazione geotecnica

Le prove penetrometriche eseguite fino a 25,3 m (CPTU2) ed a 29,7 m (CPTU3) mostrano nel primo intervallo di 15 metri, più significativo per gli scopi geomeccanici legati alla definizione delle strutture di fondazione, due situazioni molto diverse. La CPTU2 sotto i 4,2 metri presenta sedimenti praticamente incompressibili (dotati di moduli edometrici (E) mediamente elevati: superiori a 250 daN/cm²), mentre la CPTU3 è caratterizzata da sedimenti fini (argille e limi) per tutto l'intervallo (E mediamente bassi, circa eguali a 100 daN/cm²).

Sapendo che le zone di transizione dai paleoalvei alla piana fangosa circostante sono piuttosto rapide, ciò significa la possibilità di cedimenti differenziali di entità considerevole. Un elemento, quindi, da tenere in debita considerazione all'atto di programmare le indagini geognostiche che dovranno precedere le fasi di massima della progettazione.

La seguente tabella riporta solamente le considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche medie dell'intervallo di sottosuolo interferito da eventuali fondazioni superficiali a "nastro", secondo le specifiche descritte al paragrafo 1.3; inoltre si è considerato un peso di volume medio sul primo metro di 16 kPa, ed una

profondità della falda pari a -2 metri dal p.c.

Sigla prova	Intervallo sottosuolo (m)	Note	c_u [kPa]	ϕ' [°]	D.R. %	Qad [kPa]
CPTU2	1,4 ÷ 2,0	Argille limose e limi argillosi di consistenza dura per essiccamento Falda rilevata a -2 metri	75	--	--	115
	2,0 ÷ 2,5		90	--	--	
	2,5 ÷ 3,3		--	30	41	
	3,3 ÷ 4,2		--	34	52	
	4,2 ÷ 5,0		--	40	81	
CPTU3	1,4 ÷ 1,7	Alternanza di limi e argille plastici	75	--	--	115
	1,7 ÷ 2,9		65	--	--	
	2,9 ÷ 3,5		70	--	--	
	3,5 ÷ 4,2		60	--	--	
	4,2 ÷ 5,0		75	--	--	

2.3 Pericolosità sismica

2.3.1 Stima delle Vs

La valutazione delle velocità delle onde di taglio dei sedimenti (parametro fondamentale per qualsiasi approccio di analitico di risposta sismica) è impostata sulla scorta degli esiti di due stendimento geofisici (MASW3 e MASW2-PSC) e di due acquisizioni tomografiche (TR1, TR2, TR2a). Le verifiche geofisiche sono state opportunamente calibrate con i dati diretti di sottosuolo disponibili (penetrometrie CPTU2 e CPTU3, stratigrafie regionali). In allegato si riportano i grafici relativi alla distribuzione delle Vs nel sottosuolo delle prove MASW, alle acquisizioni tomografiche ed alle penetrometrie citate.

2.3.2 Analisi semplificate:

La pericolosità sismica locale, stimata sulla base della nuova normativa nazionale (D.M. 14/01/2008) presuppone la determinazione della “categoria di sottosuolo”, valutata sulla scorta della Vs media relativa ad un intervallo di 30 metri di sedimenti (Vs30). In questo senso, le prove MASW già citate stimano rispettivamente la Vs30 pari a 220 m/s e 280 m/s, consentendo di estrapolare tutta l’area studiata alla categoria di sottosuolo “C”. Si sono quindi calcolati i parametri spettrali riferiti all’accelerazione orizzontale, da adottare nelle verifiche di progetto dell’azione sismica e riferiti a congrui casi esemplificativi di costruzioni di classe d’uso I, II e III, secondo le specifiche descritte al paragrafo 1.4.1. La tabella 2.1 riassume gli esiti relativi agli scenari di progetto considerati.

Per quanto attiene la definizione risposta sismica locale sulla scorta dei criteri semplificati (secondo livello), riportati nella Delibera regionale, la Vs30 della prova MASW3 è stata implementata nelle tabelle regionali per la stima delle amplificazioni assumendo i valori relativi ai contesti di <Pianura 1> ottenendo i coefficienti di amplificazione F.A. più cautelativi, prodotti nella tabella 2.2

Classe d'uso	Vita nominale V_N	Periodo di riferimento V_R	Tempo di ritorno T_R	Stato limite	a_g	F_0	T_c
I	10	35	30	SLO	0.054	2.469	0.259
			35	SLD	0.058	2.468	0.263
			332	SLV	0.150	2.395	0.302
			682	SLC	0.195	2.415	0.311
II	50	50	30	SLO	0.054	2.469	0.259
			50	SLD	0.068	2.465	0.272
			475	SLV	0.172	2.395	0.309
			975	SLC	0.220	2.435	0.313
	100	100	60	SLO	0.073	2.467	0.275
			101	SLD	0.091	2.459	0.285
			949	SLV	0.218	2.434	0.313
			1950	SLC	0.276	2.434	0.320
III	100	150	90	SLO	0.087	2.462	0.283
			151	SLD	0.109	2.430	0.289
			1424	SLV	0.249	2.435	0.317
			2475	SLC	0.299	2.433	0.322
	200	300	181	SLO	0.118	2.408	0.291
			302	SLD	0.145	2.395	0.300
			2475	SLV	0.299	2.433	0.322
			2475	SLC	0.299	2.433	0.322

Tabella 2.1 – Tabella dei parametri di progetto che definiscono l'azione sismica per alcuni scenari di progetto considerati (D.M. 14/01/2008)

V_s (m/s)	Contesto morfologico	F.A.PGA	Intensità spettrale S.I.	F.A. S.I.
200 < V_{s30} < 250	Pianura	1.7	0.1 s < T_0 < 0.5 s	1.9
			0.5 s < T_0 < 1.0 s	2,5

Tabella 2.2 – Tabella riassuntiva dei fattori di amplificazione (Delibera RER n.112/2007) estrapolabili per gli ambiti di studio

2.3.3 Modellazione monodimensionale

La stratigrafia e le relative velocità delle onde sismiche di taglio implementate nella modellazione (vedi figura 2.2 e 2.2bis) derivano per i primi 30 m dagli esiti tessiturali delle prove CPTU2 e CPTU3, la stratigrafia più profonda (oltre i 30 metri) fino al bedrock sismico è invece estrapolata dalla Banca Dati Geognostica della R.E.R. (prove repertorio P675, P642, P693, P619 e P660) e dagli esiti delle indagini geofisiche già citate (figura 2.1). La presenza del paleoalveo sabbioso nei primi 10-12 metri, rilevato nella porzione meridionale dell'area studiata, ha consigliato l'elaborazione di due distinte simulazioni sismiche: modello senza paleoalveo e

modello bis con paleoalveo.

Sia il primo modello (senza paleoalveo), sia il modello bis (con paleoalveo superficiale) sono stati elaborati impostando i seguenti litotipi variamente ripetuti:

- argille con indice di plasticità IP compreso tra 20÷40
- argille con indice di plasticità IP compreso tra 40÷80
- sabbie a matrice limosa con valori intermedi di densità relativa ($Dr \approx 50\%$)
- sabbie e ghiaie con valori medio-alti di densità relativa ($Dr 50\div 70\%$)
- ghiaie utilizzate come bedrock sismico

Viene assunto come pseudobedrock il tetto dell'intervallo ghiaioso collocato alla profondità di 70 metri dal p.c., per le sue caratteristiche di potenza, età deposizionale, profondità, grado di addensamento, rigidità. A conferma di quanto assertato, l'intervallo ghiaioso è rilevato anche nelle stratigrafie regionali P619, P675 e nelle acquisizioni tomografiche TR1, TR2, TR2a (gli esiti relativi alle componenti di moto separati indicano un netto incremento delle Vs alla frequenze di circa 1,45 Hz che concordano con la profondità attribuita al pseudobedrock.

Le figure 2.4-2.5-2.6-2.7-2.8-2.9 (modello senza paleoalveo) e le figure 2.4bis-2.5bis-2.6bis-2.7bis-2.8bis-2.9bis (modello bis, con paleoalveo) riportano gli esiti degli effetti di amplificazione (pseudoaccelerazione spettrale PSA, pseudovelocità spettrale PSV) rispetto ai tre input sismici regionali che sono stati utilizzati per l'elaborazione dei due modelli (vedi § 1.4.2). I diagrammi di figura 2.3 e 2.3bis rappresentano invece le rispettive funzioni di amplificazione locale (F.A. di PGA/PGA_0). L'andamento delle accelerazione PSA nei due modelli è stato confrontato con lo spettro di risposta di legge (D.M. 14/01/2008), relativo allo scenario di progetto descritto al paragrafo 1.4.1, con categoria di suolo di fondazione C.

Dalle funzioni di amplificazione ottenute risulta che la frequenza fondamentale assume un valore locale di 0,88 Hz, il fattore di amplificazione (FA) relativo risulta pari a 2,1 (figura 4.3), mentre nel modello bis (con il paleoalveo) la frequenza fondamentale risulta 0,85 per un amplificazione di 1,83. La tabella seguente riporta i valori dei picchi di amplificazione (PGA/PGA_0) ottenuti per le diverse frequenze:

	Frequenze [Hz]	Periodi [s]	F.A.
	0,88	1,14	2,01
	2,25	0,44	1,79
	3,75	0,26	1,13
	5,25	0,19	1,08
Modello bis	Frequenze [Hz]	Periodi [s]	F.A.
	0,85	1,18	1,83
	2,50	0,40	1,36

Entrambi i modelli forniscono una curva FA simili con amplificazioni significative per frequenze inferiori a 3Hz. Considerando che al periodo è fatto corrispondere (in prima approssimazione) il numero di piani degli edifici, si può sostenere che per costruzioni relativamente alte (edifici di circa 11÷12 piani con $T=1,1-1,2$ s) saranno sottoposti all'amplificazione massima, pari rispettivamente a 2,01 e 1,83 (modello bis), gli edifici di 4÷5 piani ($T=0,4-0,5$ s) saranno sottoposti ad un'amplificazione di circa 1,8. L'elaborazione degli spettri di risposta PSV consentono di desumere

anche i fattori di amplificazione SI (Spectral Intensity) di Housner per i due intervalli di periodo richiesti nella delibera regionale. La tabella seguente mostra le amplificazioni ottenute dal rapporto tra le superfici spettrali della PSV per i tre input sismici che costituiscono il riferimento regionale.

	FA S.I. di Housner	0,1s<T₀<0,5s	0,5s<T₀<1s
	S.I. INPUT 000046	1,20	1,33
	S.I. INPUT 0000126	1,27	1,34
	S.I. INPUT 0000354	1,29	1,31
	FA S.I. di Housner	0,1s<T₀<0,5s	0,5s<T₀<1s
Modello bis	S.I. INPUT 000046	1,29	1,65
	S.I. INPUT 0000126	1,32	1,71
	S.I. INPUT 0000354	1,22	1,60

4.3.4 Verifiche della liquefazione

Il diagrammi di verifica alla liquefazione secondo Robertson – 1996 (a sinistra) e di Olsen, Koester & Hynes – 1996 (a destra), ottenuti plottando gli esiti delle resistenze alla punta delle prova CPTU3, non traducono possibilità di liquefazione dei sedimenti attraversati fino a 20 metri dal p.c., come d'altronde si attende per l'assenza di sedimenti granulari fino a questa quota nella verticale indagata.

Fig. 2.10 - Proiezione dei dati meccanici relativi alla CPTU2 nei diagrammi di identificazione indiretta della liquefazione e del CRR.

Solamente pochi punti, non significativi, risultano interni al campo liquefacibile "A" rappresentativi soprattutto dei livelli granulari attraversati a quote sottostanti i 22 m circa dal p.c. Opposto risultato è ottenuto dalla prova CPTU2: punti rappresentativi dell'intervallo granulare saturo attraversato fino a 12 metri dal p.c., corrispondente al paleoalveo olocenico del Savena, ricadono nel "campo A" liquefacibile.

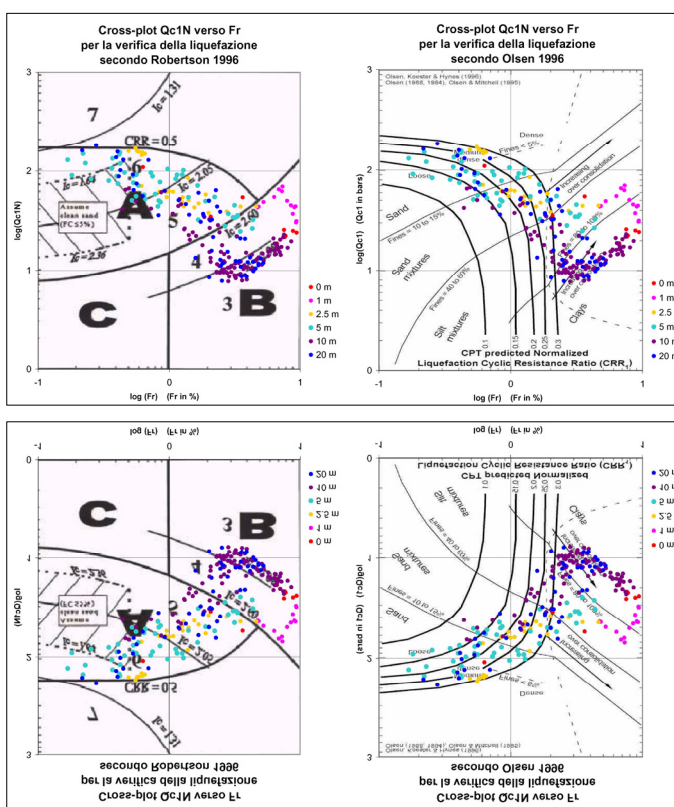
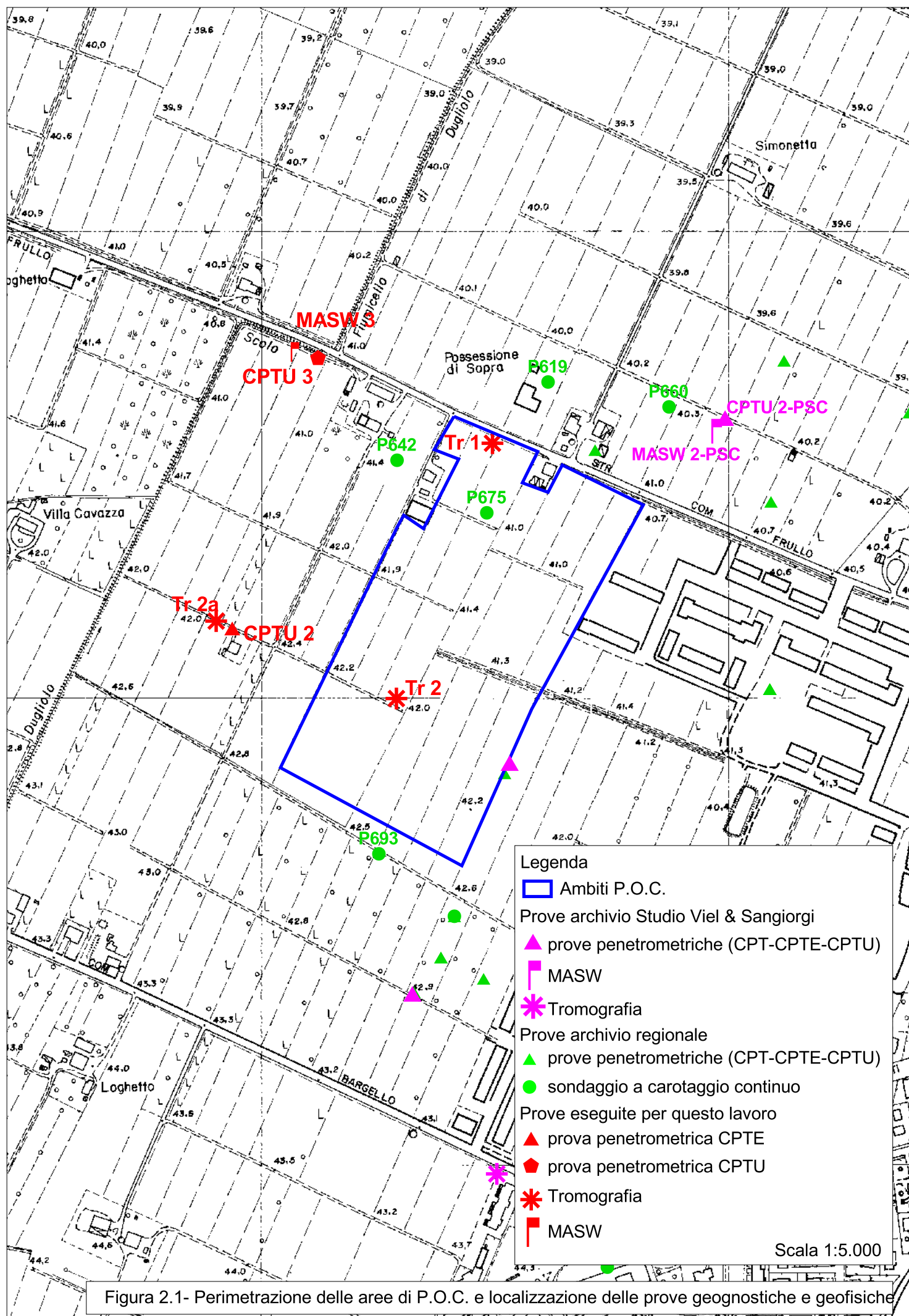


Fig. 2.11 - Proiezione dei dati meccanici relativi alla CPTU3 nei diagrammi di identificazione indiretta della liquefazione e del CRR.

Questa situazione, alla luce degli esiti per analoghe sabbie del Savena a Granarolo, impone una analisi più dettagliata e completa da effettuarsi una volta note le localizzazioni degli edifici e le loro caratteristiche progettuali.



COMUNE DI CASTENASO

Modello “Ambito ANS C2.1- Capoluogo”

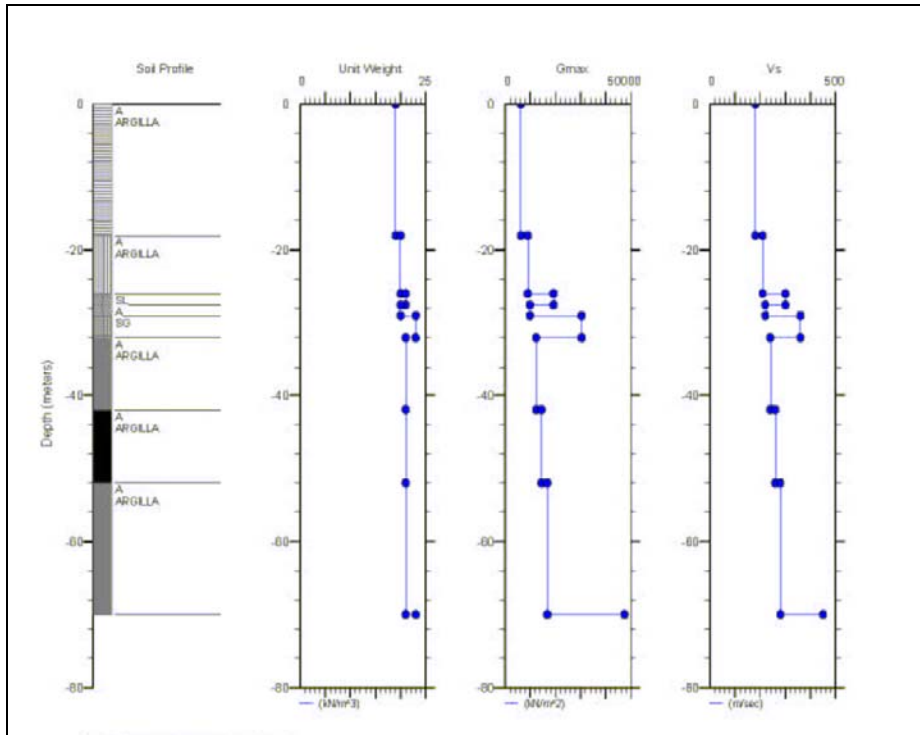


Figura2.2 stratigrafia di riferimento schematica utilizzata per la modellizzazione sismica

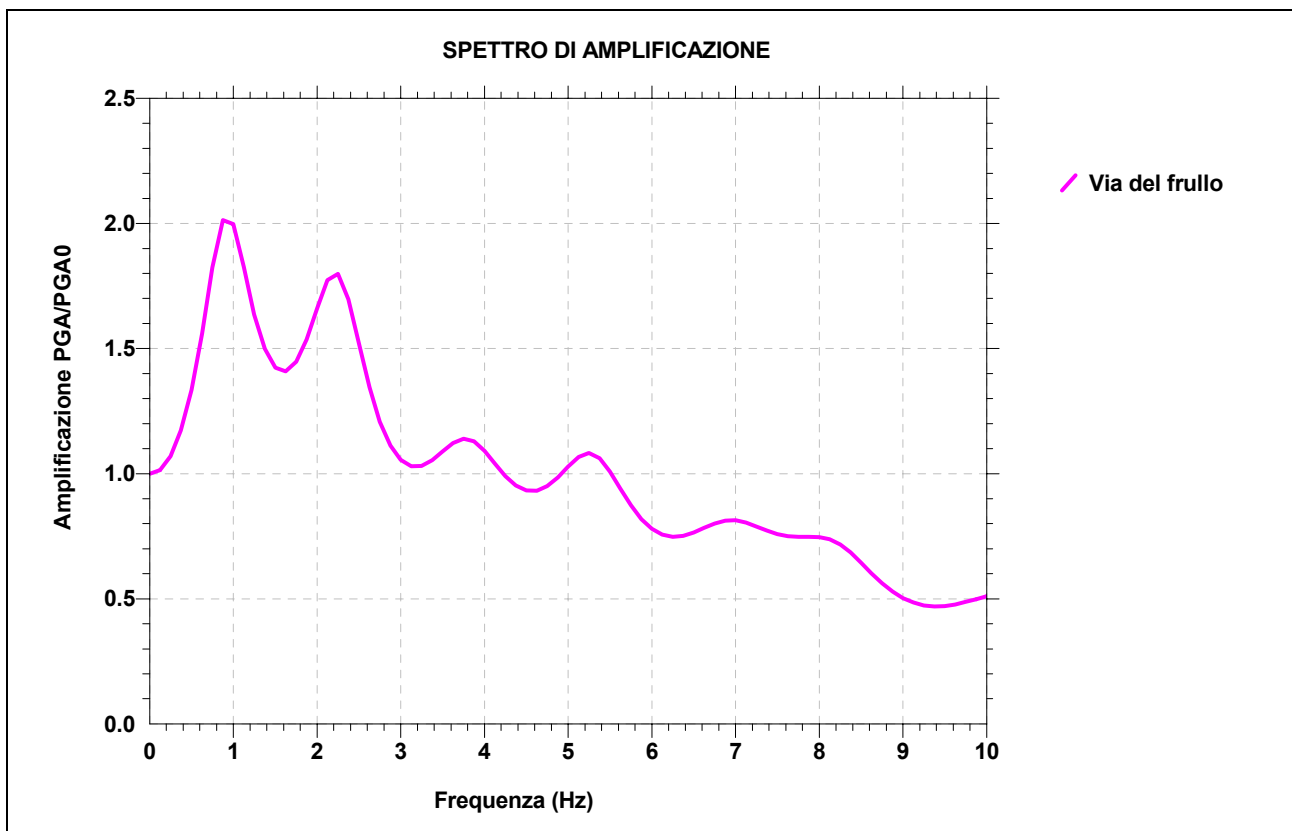


Figura2.3 Funzione di trasferimento del moto oscillatorio del sisma lungo tutta la colonna litologica tipo

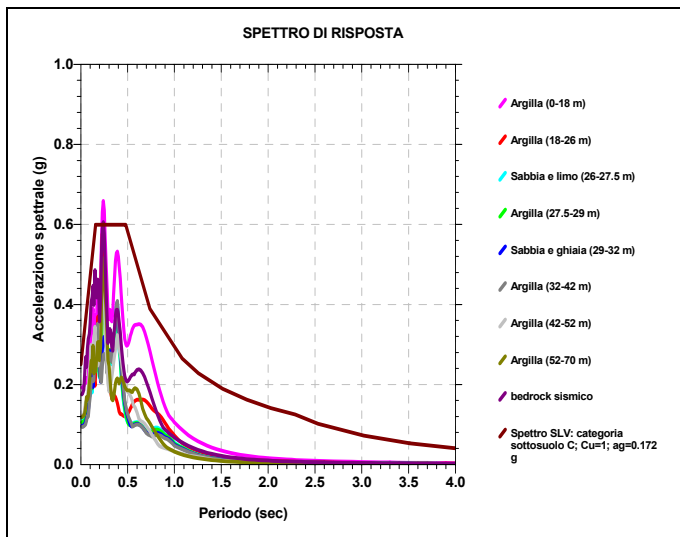


Figura2.4 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000046

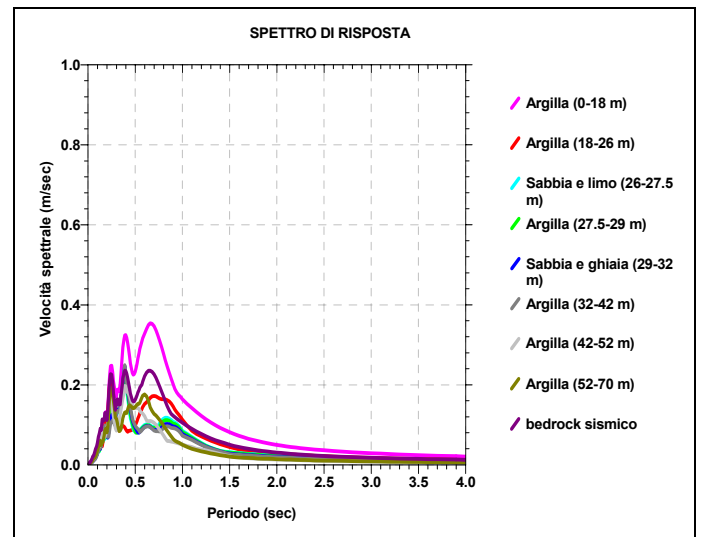


Figura2.5 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000046

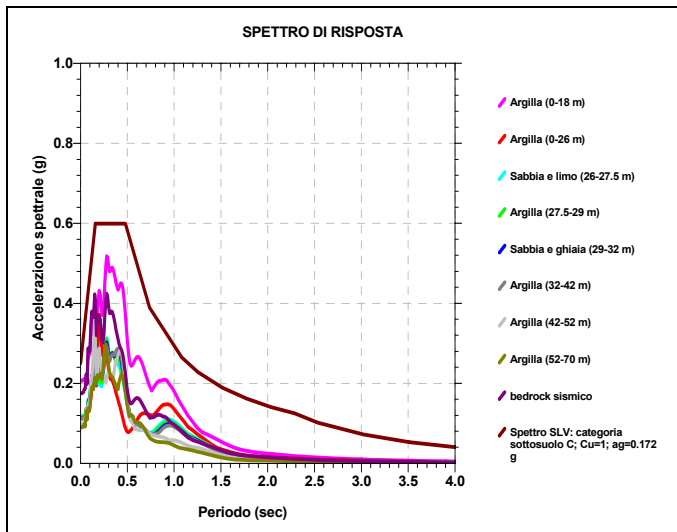


Figura2.6 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000126

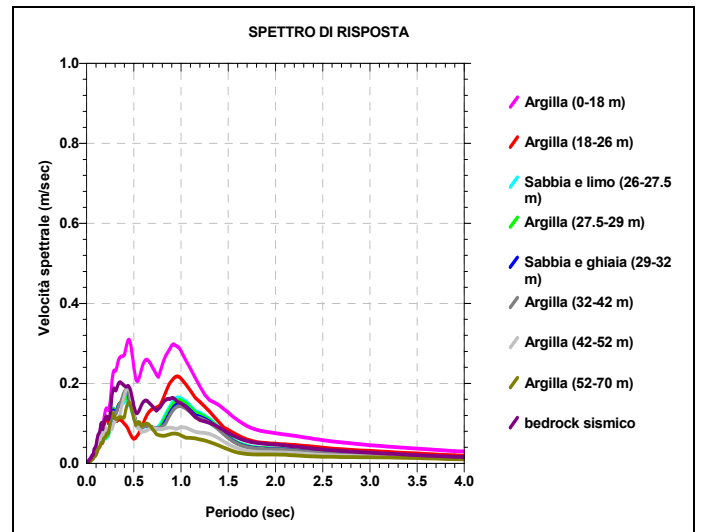


Figura2.7 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000126

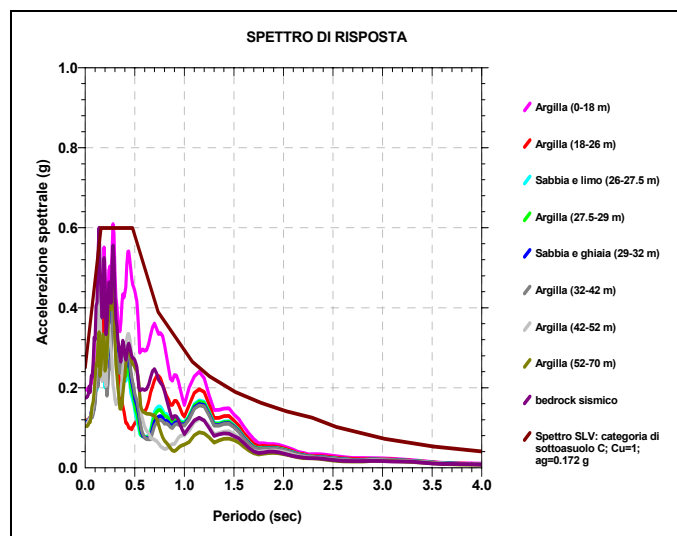


Figura2.8 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000354

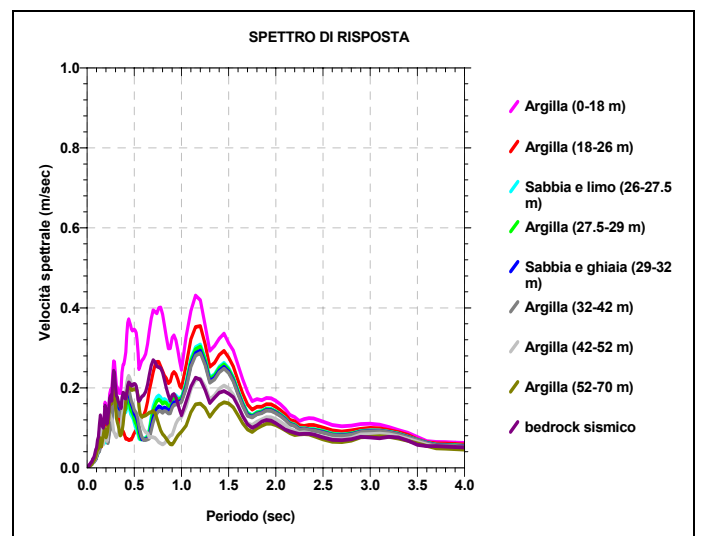


Figura2.9 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000354

COMUNE DI CASTENASO

Modello “Ambito ANS C2.1- Capoluogo bis”

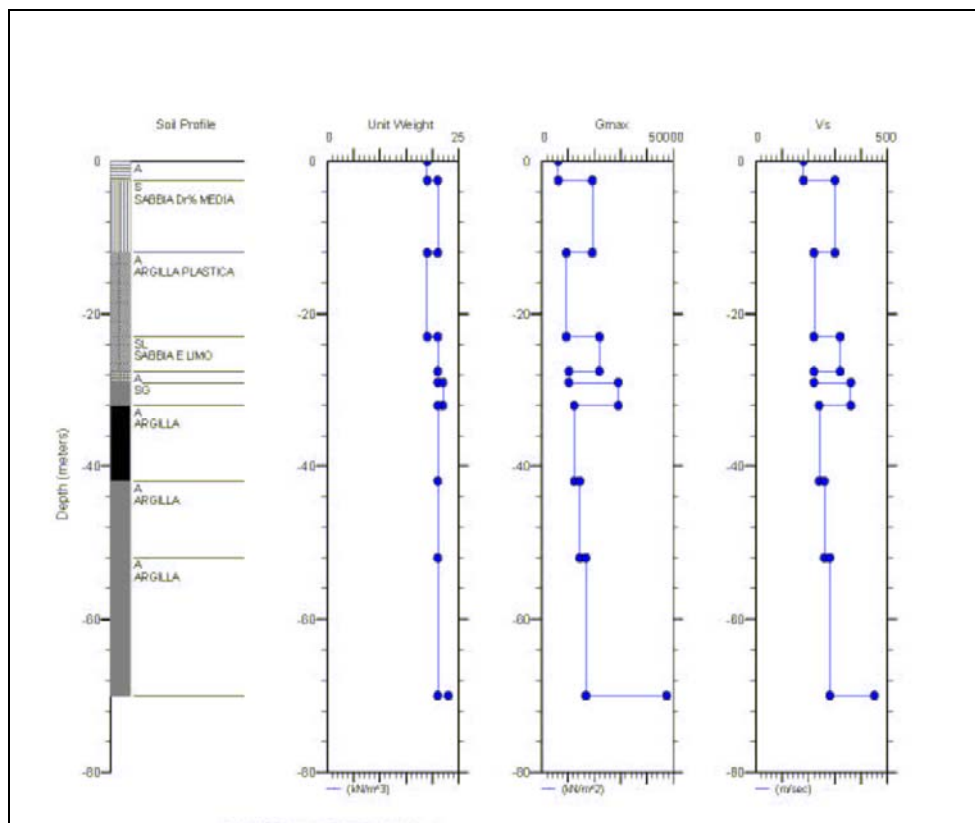


Figura 2.2bis stratigrafia di riferimento schematica utilizzata per la modellizzazione sismica

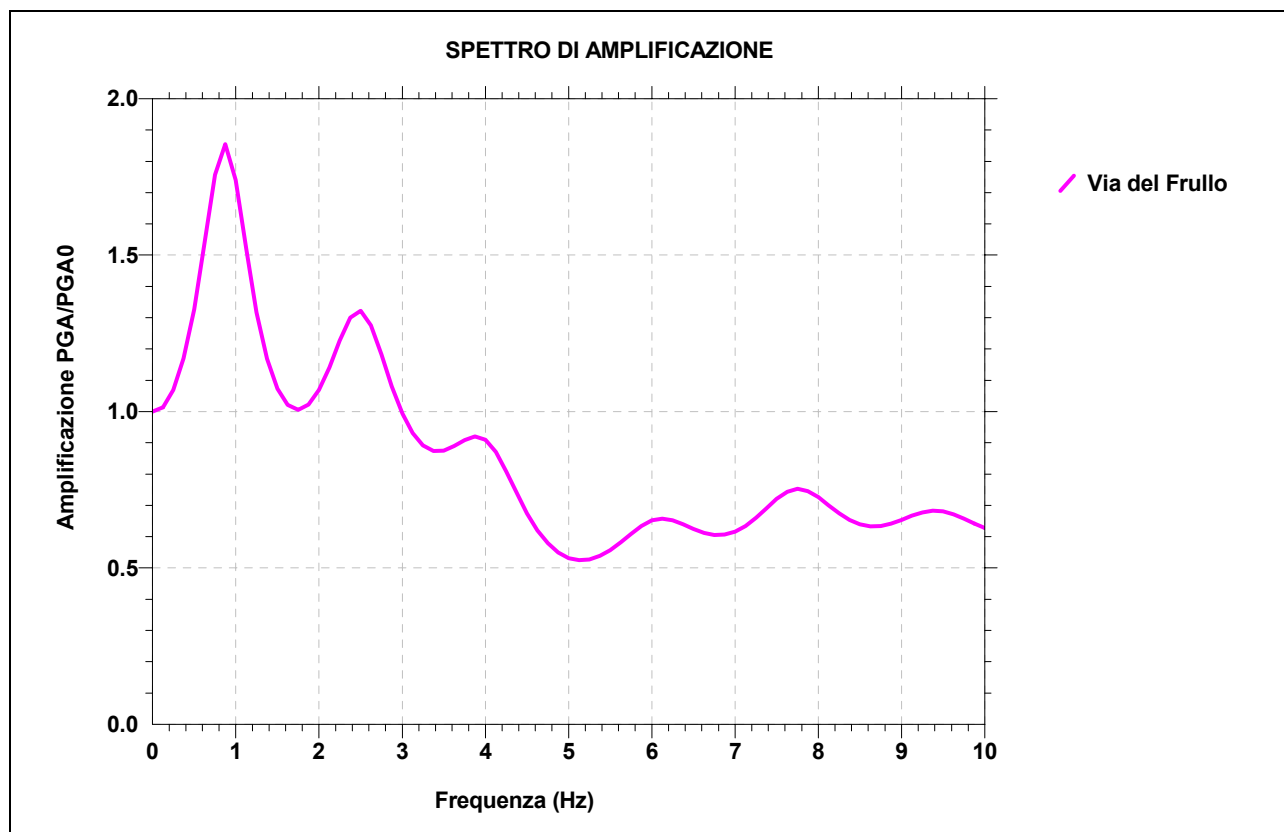


Figura 2.3bis Funzione di trasferimento del moto oscillatorio del sisma lungo tutta la colonna litologica tipo

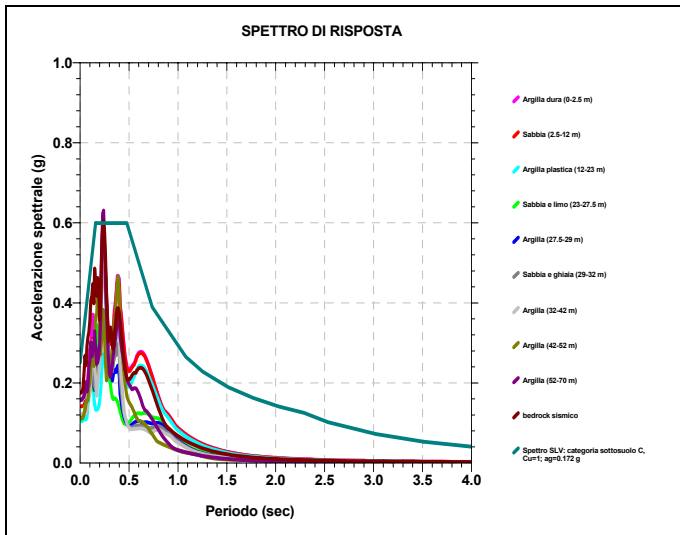


Figura2.4bis Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000046

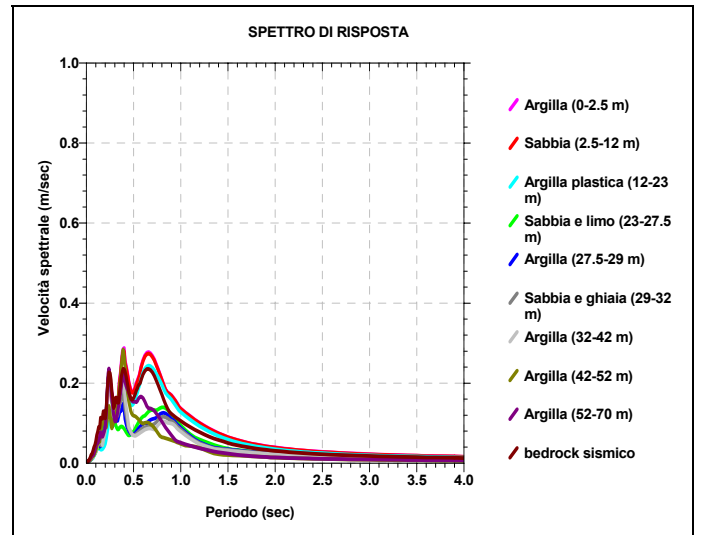


Figura2.5bis Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000046

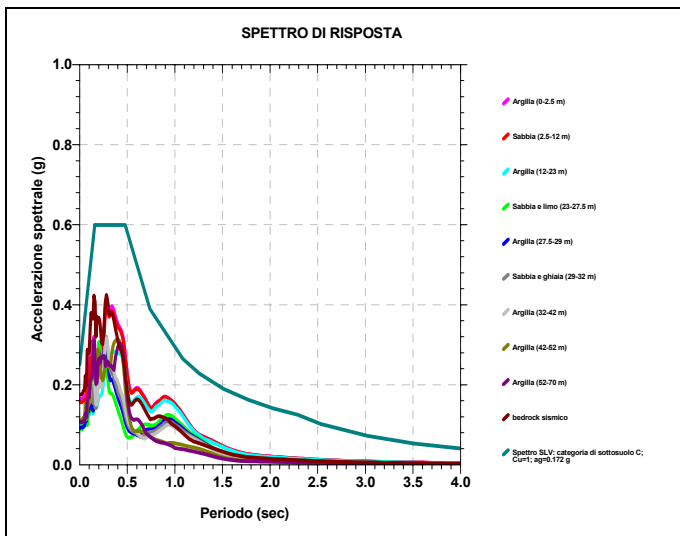


Figura2.6bis Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000126

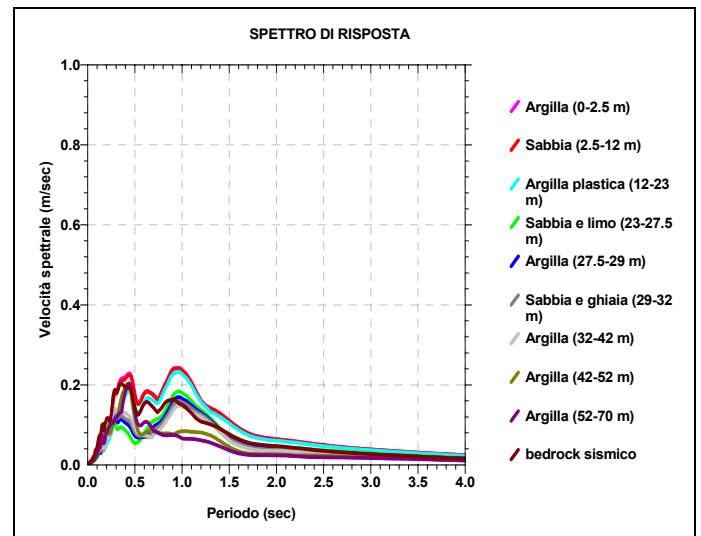


Figura2.7bis Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000126

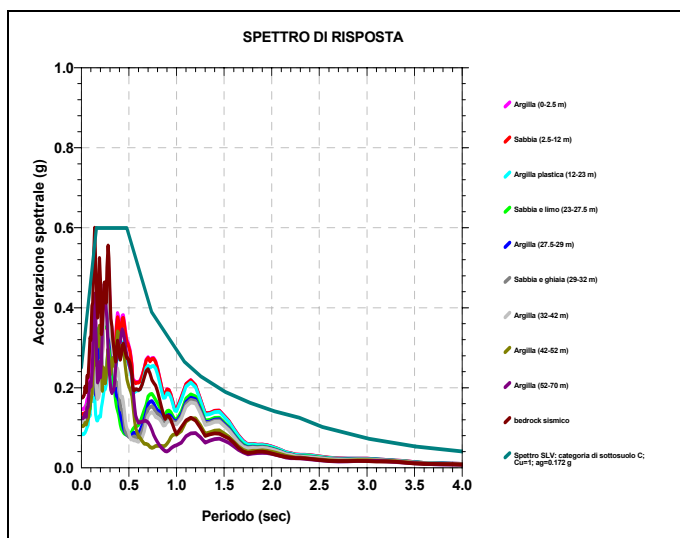


Figura2.8bis Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000354

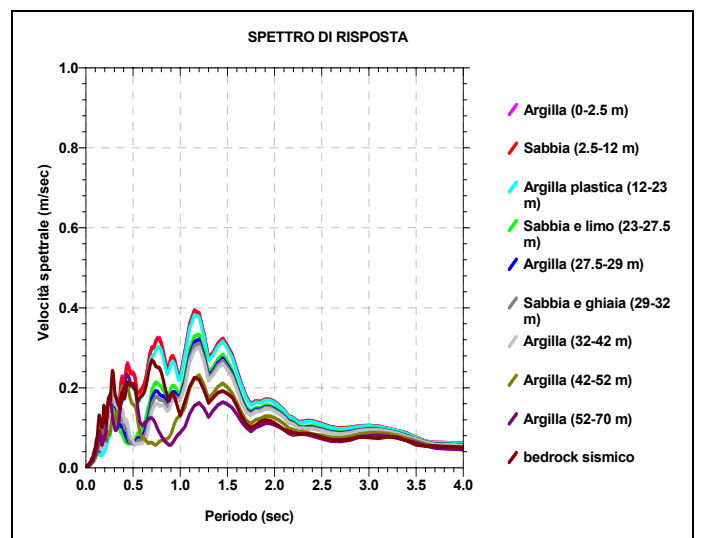


Figura2.9bis Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000354

3. AMBITI ANS C3.3 (CAPOLUOGO)

Le aree in questione sono state destinate alla realizzazione di un parco fluviale. La figura 3.2 propone la perimetrazione del comparto e la localizzazione delle prove geognostiche e geofisiche utilizzate per lo studio di caratterizzazione.

3.1 Inquadramento geologico

La morfologia è quella di un tratto di conoide alluvionale esterna, in condizioni di incisione fluviale: l'Idice, in questi ultimi secoli, ha spostato verso nord la zona di deposito, la zona cioè in cui si dovrebbe aprire sulla pianura per formare un nuovo conoide. Il sottosuolo di un'area di conoide esterno in erosione può essere costituita da zone di canale sabbioso ghiaioso e di zone di intercanale più limose, i passaggi saranno relativamente veloci (in prevalenza moderatamente erosivi).

La topografia dell'ambito mostra i segni dell'avvenuta erosione della pianura, con le differenze di quota presenti tra la porzione più lontana dal corso d'acqua. I gradienti sono anche tanto elevati da mostrare ancora i segni del percorso fluviale del passato: in corrispondenza di località S. Giovanni Battista l'ansa di meandro dell'Idice è ancora ben percepibile. La penetrometria CPTU4 è stata eseguita nella porzione più preservata della pianura alluvionale, fuori della zona di meandro fossilizzata nella morfologia, circa 11 metri sopra il livello d'acqua nel T. Idice, la falda, rinvenuta nel foro di prova a 8,2 metri dal p.c. ha quindi una funzione di ravvenamento del corso d'acqua.

E' quindi possibile che siano frequenti i passaggi di facies tessiturali non solo in senso verticale, ma anche in planimetria. La ricostruzione di sottosuolo fatta per il PSC individua, al margine di questo ambito la presenza di un paleoalveo dell'Idice a quote relativamente superficiali (entro 15 metri dal p.c.), la penetrometria eseguita (CPTU4) ha attraversato depositi granulari a quote comprese tra 13,6 m e 16 metri circa, arrestandosi per rifiuto alla penetrazione a 16 metri. Le quote verificate sono leggermente più profonde di quelle rilevate con le prove di repertorio. Tuttavia una costante dell'ambito pare sia la presenza, nei primi tre o quattro metri di sedimenti a tessitura fine.

3.2 Caratterizzazione geotecnica

La penetrometria CPTU4 dimostra la continuità verticale nella presenza di depositi fini, fino a 13 metri, ove incontra le sabbie e le sabbie ghiaiose di un paleoalveo dell'Idice. Le caratteristiche meccaniche di questi sedimenti non sono estrapolabili con certezza ad un ambito così ampio e così complesso sul piano delle variazioni di facies. Tuttavia, la situazione morfologica testimonia della presenza di un ampio terrazzo alluvionale certamente costituito da alluvioni granulari dotati di caratteristiche meccaniche migliori.

E' probabile che, allo stato delle conoscenze, i dati riportati in tabella possano essere considerati quelli mediamente peggiori dell'intera area. Solamente una campagna geognostica potrà definire esattamente l'assetto geomeccanico medio del comparto.

La seguente tabella riporta solamente le considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche medie dell'intervallo di sottosuolo interferito da eventuali fondazioni superficiali a "nastro", secondo le specifiche descritte al paragrafo 1.3

Sigla prova	Intervallo sottosuolo (m)	Note	c _u [kPa]	φ' [°]	D.R. %	Qad [kPa]
CPTE4	1,4 ÷ 3,8	Argille limose e limi argillosi plastiche.	75	--	--	115
	3,8 ÷ 4,1	Sabbie limose	--	31	36	
	4,1 ÷ 5,0	Argille - argille limose plastiche	70	--	--	

3.3 Pericolosità sismica

3.3.1 Stima delle Vs

La valutazione delle velocità delle onde di taglio dei sedimenti (parametro fondamentale per qualsiasi approccio di analitico di risposta sismica) è stata impostata sulla scorta degli esiti di uno stendimento geofisico Masw (MASW 4), ed una tromografia eseguita (TR3) ed una di repertorio (TR17-POC) con esiti opportunamente calibrati con i dati diretti di sottosuolo disponibili (penetrometria CPTU4, stratigrafie regionali), consentendo una stima di buona qualità delle Vs fino a 30 metri di profondità. In allegato è riportato il grafico della distribuzione delle Vs nel sottosuolo ricavata dalle prove citate.

3.3.2 Analisi semplificate:

La pericolosità sismica locale, stimata sulla base della nuova normativa nazionale (D.M. 14/01/2008) presuppone la determinazione della “categoria di sottosuolo”, valutata sulla scorta della Vs media relativa ad un intervallo di 30 metri di sedimenti (Vs30). In questo senso, la prova MASW4 effettuata nell’ambito, stima una Vs30 pari a 190 m/s, consentendo di estrapolare a tutta l’area studiata la categoria di sottosuolo “C”. Si sono quindi calcolati i parametri spettrali riferiti all’accelerazione orizzontale, da adottare nelle verifiche di progetto dell’azione sismica e riferiti a congrui casi esemplificativi di costruzioni di classe d’uso I, II e III, secondo le specifiche descritte al paragrafo 1.4.1. La tabella 3.1 riassume gli esiti relativi agli scenari di progetto considerati.

Per quanto attiene la definizione di risposta sismica locale sulla scorta dei criteri semplificati (secondo livello), riportati nella Delibera regionale, la Vs30 è stata implementata nelle tabelle regionali per la stima delle amplificazioni assumendo i valori relativi ai contesti di <Pianura 1> ed ottenendo i coefficienti di amplificazione F.A. prodotti nella tabella 3.2. Occorre precisare che l’area studiata può essere caratterizzata da frequenti passaggi di facies tessiturali: la prova CPTU4 e la prova MASW sono state eseguite esternamente al meandro fossile e la stima della Vs30 media ottenuta è leggermente superiore rispetto alla velocità media imputata all’area dal P.S.C. rimanendo comunque in categoria C.

Classe d'uso	Vita nominale V_N	Periodo di riferimento V_R	Tempo di ritorno T_R	Stato limite	a_g	F_0	T_c
I	10	35	30	SLO	0.055	2.468	0.259
			35	SLD	0.059	2.466	0.263
			332	SLV	0.151	2.394	0.302
			682	SLC	0.196	2.410	0.311
II	50	50	30	SLO	0.055	2.468	0.259
			50	SLD	0.069	2.461	0.272
			475	SLV	0.174	2.393	0.309
			975	SLC	0.221	2.428	0.314
	100	100	60	SLO	0.074	2.463	0.275
			101	SLD	0.091	2.457	0.285
			949	SLV	0.219	2.427	0.314
			1950	SLC	0.277	2.435	0.321
III	100	150	90	SLO	0.087	2.460	0.282
			151	SLD	0.110	2.429	0.288
			1424	SLV	0.250	2.432	0.318
			2475	SLC	0.300	2.437	0.324
	200	300	181	SLO	0.119	2.408	0.291
			302	SLD	0.146	2.394	0.300
			2475	SLV	0.300	2.437	0.324
			2475	SLC	0.300	2.437	0.324

Tabella 3.1 – Tabella dei parametri di progetto che definiscono l'azione sismica per alcuni scenari di progetto considerati (D.M. 14/01/2008)

V_s (m/s)	Contesto morfologico	F.A.PGA	Intensità spettrale S.I.	F.A. S.I.
250 < V_{s30} < 300	Pianura	1.6	0.1 s < T_0 < 0.5 s	1.8
			0.5 s < T_0 < 1.0 s	2,4

Tabella 3.2 – Tabella riassuntiva dei fattori di amplificazione (Delibera RER n.112/2007) estrapolabili per gli ambiti di studio

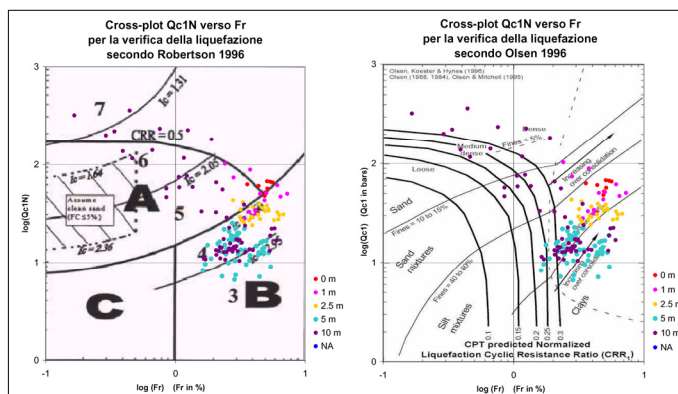
3.3.3 Verifiche della liquefazione

Il diagrammi di verifica alla liquefazione secondo Robertson – 1996 (a sinistra) e di Olsen, Koester & Hynes – 1996 (a destra), ottenuti plottando gli esiti delle resistenze alla punta della prova CPT4, non traducono possibilità di liquefazione dei sedimenti attraversati fino a 10 metri, come d'altronde si attende per l'assenza di sedimenti granulari fino a questa quota nella verticale indagata. I pochi punti interni al campo liquefacibile "A" sono invece rappresentativi di alcuni intervalli granulari attraversati a quote sottostanti i 13,8 metri dal p.c., con potenziali effetti di

liquefazione che dovrebbero essere scarsamente risentiti da fondazioni superficiali.

Ciò detto, sebbene le preliminari informazioni indichino la non propensione alla liquefazione dei sedimenti, la notevole estensione dell'area di previsione e la possibilità che siano comunque presenti barre sabbiose relativamente potenti nel primo sottosuolo, non può portare ad escludere la possibilità di locali fenomeni liquefazione/addensamento. In conclusione, occorreranno ulteriori ricerche locali da eseguirsi in sede di PUA o con la fase preliminare di progettazione in sede di discussione relativa alla localizzazione della nuova edificazione.

Fig. 3.3 - Proiezione dei dati meccanici relativi alla CPTU4 nei diagrammi di identificazione indiretta della liquefazione e del CRR.



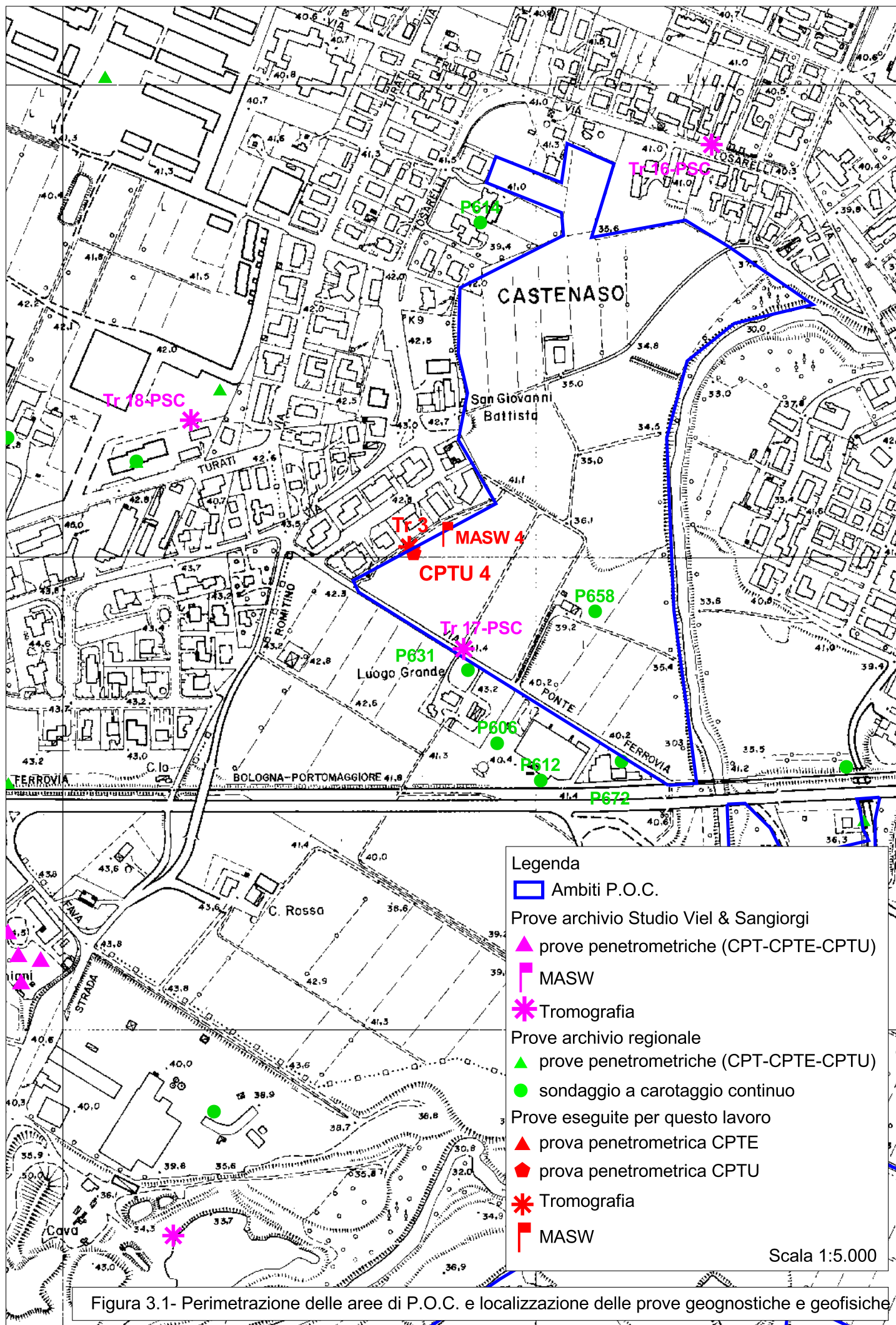


Figura 3.1- Perimetrazione delle aree di P.O.C. e localizzazione delle prove geognostiche e geofisiche

4. AMBITO “AREA GOLF” (CAPOLUOGO)

Per l'area già trasformata a campo golf è prevista un ulteriore ampliamento con interventi edificatori che complessivamente dovrebbero occupare circa 1.500 fuori terra e circa 3.000 mq per opere/vani interrati. La figura 4.1 propone la perimetrazione del comparto e la localizzazione delle prove geognostiche e geofisiche utilizzate per lo studio di caratterizzazione.

4.1 Inquadramento geologico

La morfologia dell'ampissimo ambito registra sia la traccia dell'incisione di un antico corso dell'Idice, in un'epoca in cui il suo corso aveva un andamento meandriforme, sia la traccia delle attività estrattive che hanno interessato le alluvioni granulari più recenti, deposte nell'incisione scavata entro le alluvioni antiche di questo settore di pianura. Il PSC (Sangiorgi, Ferrari e Viel, 2008) indica i perimetri presunti delle cave, e ricostruisce le forme meandriformi fossilizzate nelle scarpate della zone periferica dell'alveo.

Il sottosuolo proposto dalla CPTU5 rappresenta la situazione esterna all'ampia zona di incisione e deposizione recente del T. Idice, si tratta di sedimenti fini di piana alluvionale intercanale o comunque relativamente distali rispetto alle zone di trasporto ed accumulo dei granulari. Si tratta di sedimenti di piana alluvionale fangosa intercanale, ripresi dall'erosione in un momento dell'Olocene in cui le condizioni meteorologiche erano caratterizzate da un incremento nelle portate liquide (pluviali).

La penetrometria è dunque rappresentativa della situazione di sottosuolo esterna alla traccia di alveo dell'Idice segnata dalle scarpate sospese di perialveo.

4.2 Caratterizzazione geotecnica

Nell'ampia area di previsione, in assenza di una più precisa localizzazione degli interventi edificatori, si fornisce una preliminare caratterizzazione meccanica relativamente ai primi 5 metri di sedimenti (vedi § 1.3) attraversati dalla prova penetrometrica statica CPTU5 e la stima della portanza ammissibile (Q_{ad}) per una semplice fondazione a trave rovescia incastrata a -1 metro dal p.c. attuale. La penetrometria, conclusa a -27 metri dal p.c. fornisce dunque la stima indiretta dei seguenti principali parametri meccanici:

Id prova	Intervallo sottosuolo (m)	Note	c_u [kPa]	ϕ' [°]	D.R. %	Q_{ad} [kPa]
CPTU5	1,4 ÷ 3,1	Argille dure (essiccate)	62	--	--	100
	3,1 ÷ 6,2	Falda rilevata a -8,2 metri	75	--	--	

4.3 Pericolosità sismica

4.3.1 Stima delle Vs

La valutazione delle velocità delle onde di taglio dei sedimenti (parametro fondamentale per qualsiasi approccio di analitico di risposta sismica) è stata

impostata sulla scorta degli esiti di uno stendimento geofisico Re.Mi. Gli esiti della indagine geofisica (REMI2) sono stati opportunamente calibrati con i dati diretti di sottosuolo disponibili (penetrometria CPTU5, stratigrafie regionali), consentendo una stima di buona qualità delle Vs fino a circa 60 metri di profondità. In allegato si riporta il grafico della distribuzione delle Vs nel sottosuolo ricavata dalla prova Re.Mi.

4.3.2 Analisi semplificate:

La pericolosità sismica locale, stimata sulla base della nuova normativa nazionale (D.M. 14/01/2008) presuppone la determinazione della “categoria di sottosuolo”, valutata sulla scorta della Vs media relativa ad un intervallo di 30 metri di sedimenti (Vs30). In questo senso, la prova Re.Mi. effettuata nell’ambito, stima una Vs30 pari a 292 m/s, consentendo di estrapolare a tutta l’area studiata la categoria di sottosuolo “C”. Si sono quindi calcolati i parametri spettrali riferiti all’accelerazione orizzontale, da adottare nelle verifiche di progetto dell’azione sismica e riferiti a congrui casi esemplificativi di costruzioni di classe d’uso I, II e III, secondo le specifiche descritte al paragrafo 1.4.1. La tabella 4.1 riassume gli esiti relativi agli scenari di progetto considerati.

Per quanto attiene la definizione risposta sismica locale sulla scorta dei criteri semplificati (secondo livello), riportati nella Delibera regionale, la Vs30 è stata implementata nelle tabelle regionali per la stima delle amplificazioni assumendo i valori relativi ai contesti di <Pianura 1> ottenendo i coefficienti di amplificazione F.A. prodotti nella tabella 4.2

Classe d'uso	Vita nominale V_N	Periodo di riferimento V_R	Tempo di ritorno T_R	Stato limite	a_g	F_0	T_c
I	10	35	30	SLO	0.055	2.467	0.259
			35	SLD	0.059	2.464	0.263
			332	SLV	0.153	2.390	0.301
			682	SLC	0.197	2.402	0.312
II	50	50	30	SLO	0.055	2.467	0.259
			50	SLD	0.070	2.467	0.259
			475	SLV	0.175	2.383	0.309
			975	SLC	0.222	2.421	0.315
	100	100	60	SLO	0.075	2.458	0.275
			101	SLD	0.093	2.457	0.284
			949	SLV	0.220	2.419	0.315
			1950	SLC	0.276	2.438	0.324
III	100	150	90	SLO	0.089	2.458	0.282
			151	SLD	0.111	2.429	0.287
			1424	SLV	0.250	2.430	0.320
			2475	SLC	0.297	2.445	0.327
	200	300	181	SLO	0.120	2.410	0.289
			302	SLD	0.147	2.391	0.299
			2475	SLV	0.297	2.445	0.327

			2475	SLC	0.297	2.445	0327
--	--	--	-------------	------------	-------	-------	------

Tabella 4.1 – Tabella dei parametri di progetto che definiscono l'azione sismica per alcuni scenari di progetto considerati (D.M. 14/01/2008)

V_s (m/s)	Contesto morfologico	F.A.PGA	Intensità spettrale S.I.	F.A. S.I
250<V_{s30}< 300	<i>Pianura</i>	1.6	$0.1\text{ s} < T_0 < 0.5\text{ s}$	1.8
			$0.5\text{ s} < T_0 < 1.0\text{ s}$	2,4

Tabella 4.2 – Tabella riassuntiva dei fattori di amplificazione (Delibera RER n.112/2007) estrapolabili per gli ambiti di studio

4.3.3 Modellazione monodimensionale

La stratigrafia che caratterizza il modello (vedi figura 4.2), per i primi 30 m deriva dagli esiti tessiturali della prova penetrometrica CPTU5, la stratigrafia più profonda (da circa -30 m fino al bedrock sismico è invece estrapolata dalla Banca Dati Geognostica della R.E.R. (prove repertorio P624, P626, P632, P651, P636) e dagli esiti delle indagini geofisiche (Remi2. e tromografie TR7-PSC e TR13-PSC (figura 4.1).

Il modello è stato elaborato impostando i seguenti litotipi, variamente ripetuti:

- argille con indice di plasticità IP compreso tra 40÷80
- ghiaia e sabbia con valori intermedi di densità relativa ($D_r \approx 50\%$)
- ghiaia e sabbie utilizzate come bedrock sismico

Per l'attribuzione della velocità delle onde sismiche di taglio V_s , relativa ai differenti layer della colonna sismica, si sono considerati gli esiti della prova Re.mi e delle tromografie adiacenti l'area studiata. Il tetto dell'intervallo ghiaioso, collocato alla profondità di -59 m dal p.c., per le sue caratteristiche di potenza, età deposizionale, profondità, grado di addensamento, rigidità, viene assunto come pseudobedrock nell'elaborazione del modello sismico. A conferma di quanto assertato, l'intervallo ghiaioso è rilevato anche nelle stratigrafie regionali P624 e P636, e nelle acquisizioni tromografiche già citate TR7-PSC e TR13 -PSC (con un significativo incremento della V_s alla frequenza di 1,30 Hz, coerente con la quota di imposta del pseudobedrock).

Le figure 4.4-4.5-4.6-4.7-4.8-4.9 riportano gli esiti degli effetti di amplificazione (pseudoaccelerazione spettrale PSA, pseudovelocità spettrale PSV) rispetto ai tre input sismici regionali che sono stati utilizzati per l'elaborazione (vedi § 1.4.2). Il diagramma di figura 4.3 rappresenta invece la funzione di amplificazione locale (F.A. di $PGA(PGA_0)$). L'andamento dell'accelerazione PSA è stato confrontato con lo spettro di risposta di legge (D.M. 14/01/2008), relativo allo scenario di progetto descritto al paragrafo 1.4.1, con categoria di suolo di fondazione C.

Dalle funzioni di amplificazione ottenute risulta che la frequenza fondamentale assume un valore locale di 3,75 Hz, il fattore di amplificazione (FA) relativo risulta pari a 1,54 (figura 4.3). La tabella seguente riporta i valori dei picchi di amplificazione (PGA/PGA_0) ottenuti per le diverse frequenze:

Frequenze [Hz]	Periodi [s]	F.A.
1,50	0,66	1,45
3,75	0,26	1,54
6,86	0,15	1,34

Considerando che al periodo è fatto corrispondere (in prima approssimazione) il numero di piani degli edifici, si può sostenere che gli edifici di 2÷3 piani ($T=0,25$, ossia $f = 4$ Hz) saranno sottoposti all'amplificazione massima pari a 1,54, gli edifici di 6÷7 piani ($T=0,6\div0,7$ s) saranno sottoposti ad un'amplificazione di circa 1,45.

L'elaborazione degli spettri di risposta PSV consente di desumere anche i fattori di amplificazione SI (Spectral Intensity) di Housner per i due intervalli di periodo richiesti nella delibera regionale. La tabella seguente mostra le amplificazioni ottenute dal rapporto tra le superfici spettrali della PSV per i tre input sismici che costituiscono il riferimento regionale.

FA S.I. di Housner	$0,1s < T_0 < 0,5s$	$0,5s < T_0 < 1s$
S.I. INPUT 000046	1,19	1,34
S.I. INPUT 0000126	1,20	1,39
S.I. INPUT 000354	1,22	1,38

4.3.4 Verifiche della liquefazione

Il diagrammi di verifica alla liquefazione secondo Robertson – 1996 (a sinistra) e di Olsen, Koester & Hynes – 1996 (a destra), ottenuti plottando gli esiti delle resistenze alla punta della prova CPT5, non traducono possibilità di liquefazione dei sedimenti attraversati fino a 20 metri dal p.c., come d'altronde si attende per l'assenza di sedimenti granulari fino a questa quota nella verticale indagata. I pochi punti interni al campo liquefacibile "A" sono invece rappresentativi dei livelli granulari attraversati a quote sottostanti i 27 metri dal p.c., con potenziali effetti di liquefazione.

I dati stratigrafici recuperati dalle prove di repertorio (pozzi della B/D regionale, non riportano mai intervalli granulari nei primi 20 metri, ad esclusione della sola verticale P624 (di cui resta ignota l'attendibilità) che rileva comunque ghiaie tra 14 e 18 metri dal p.c. Ciò detto, sebbene le preliminari informazioni indichino la non propensione alla liquefazione dei sedimenti, la notevole estensione dell'area di previsione e la possibilità che siano comunque presenti barre sabbiose relativamente potenti nel primo sottosuolo, non può portare ad escludere la possibilità di locali fenomeni liquefazione o addensamento.

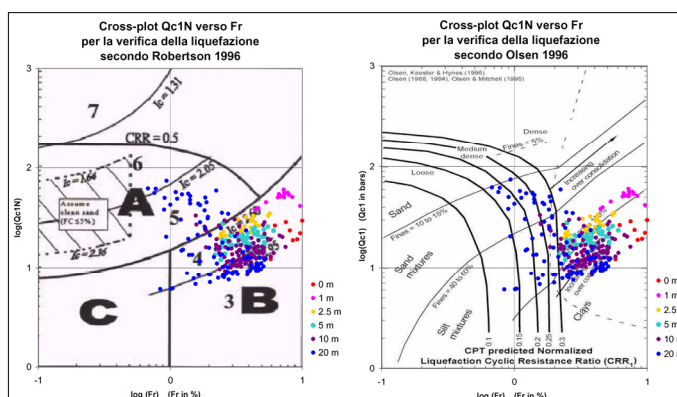


Fig. 4.10 - Proiezione dei dati meccanici relativi alla CPTU5 nei diagrammi di identificazione indiretta della liquefazione e del CRR

In conclusione, occorreranno ulteriori ricerche locali da eseguirsi in sede di PUA o con la fase preliminare di progettazione in sede di discussione relativa alla localizzazione della nuova edificazione.

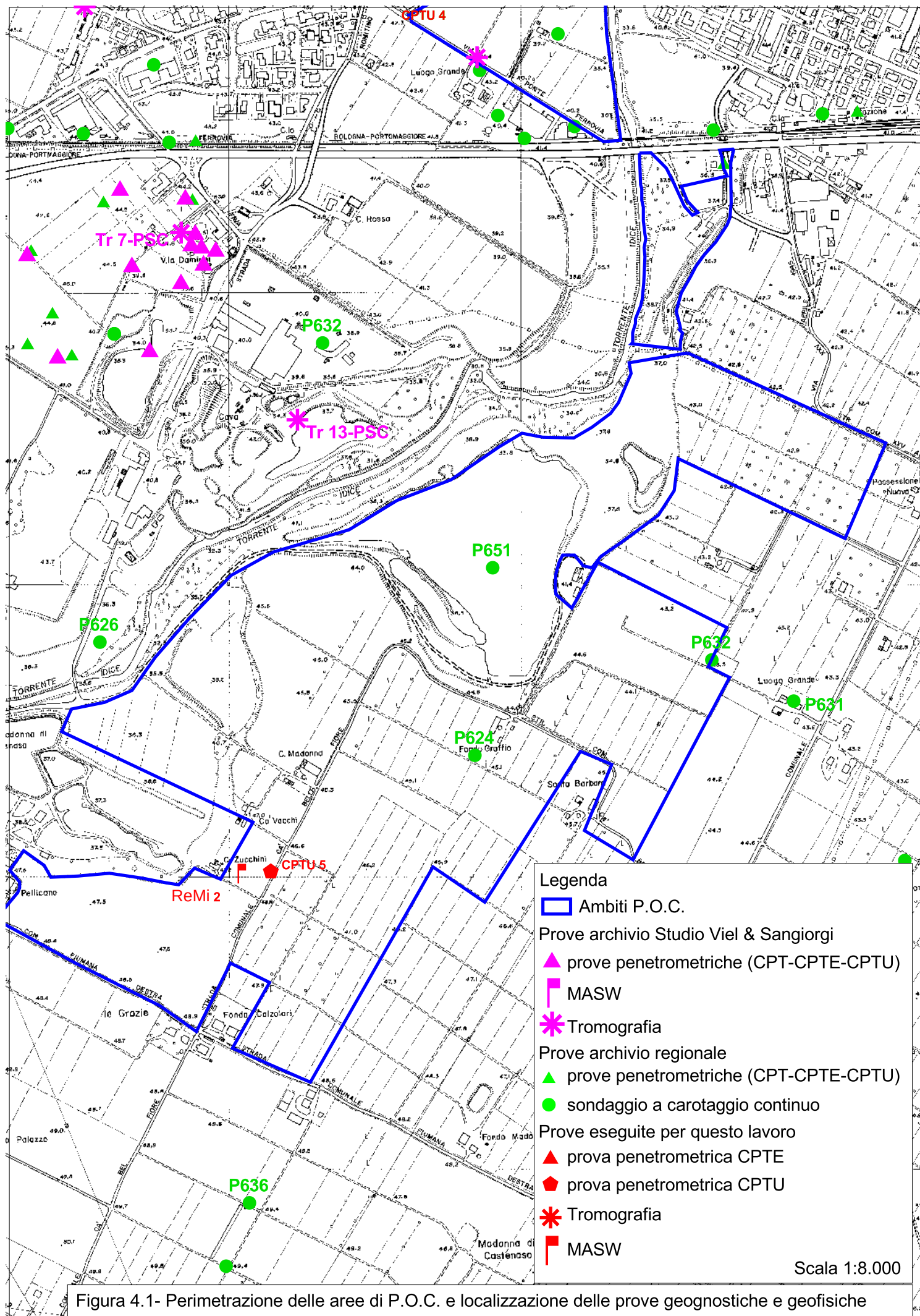


Figura 4.1- Perimetrazione delle aree di P.O.C. e localizzazione delle prove geognostiche e geofisiche

Modello “Ambito Capoluogo Area Golf”

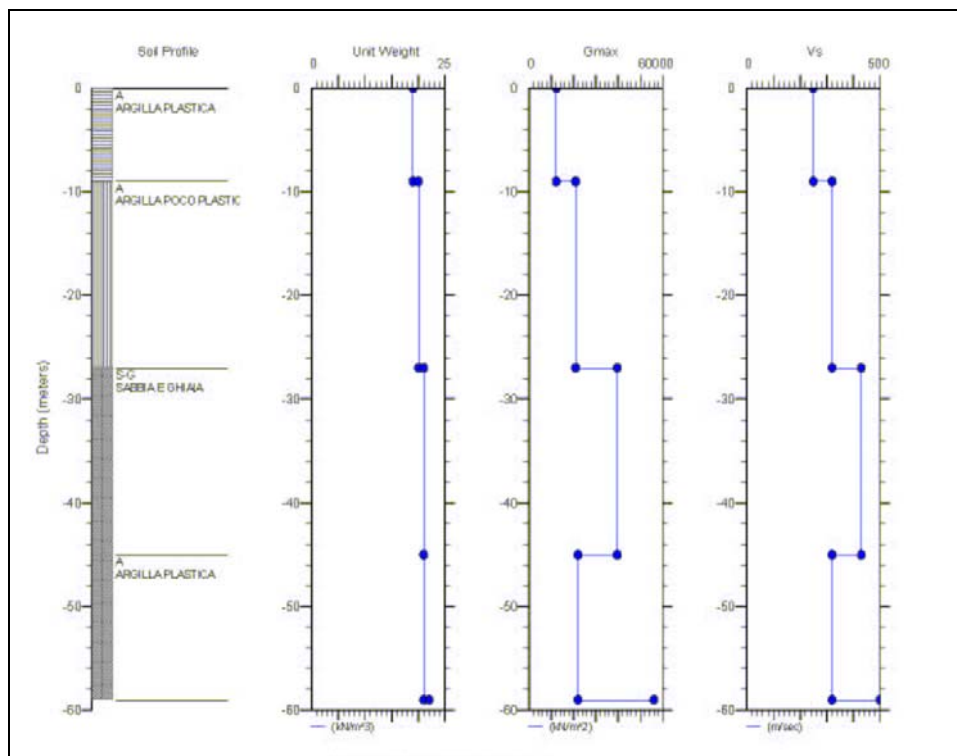


Figura 4.2 stratigrafia di riferimento schematica utilizzata per la modellizzazione sismica

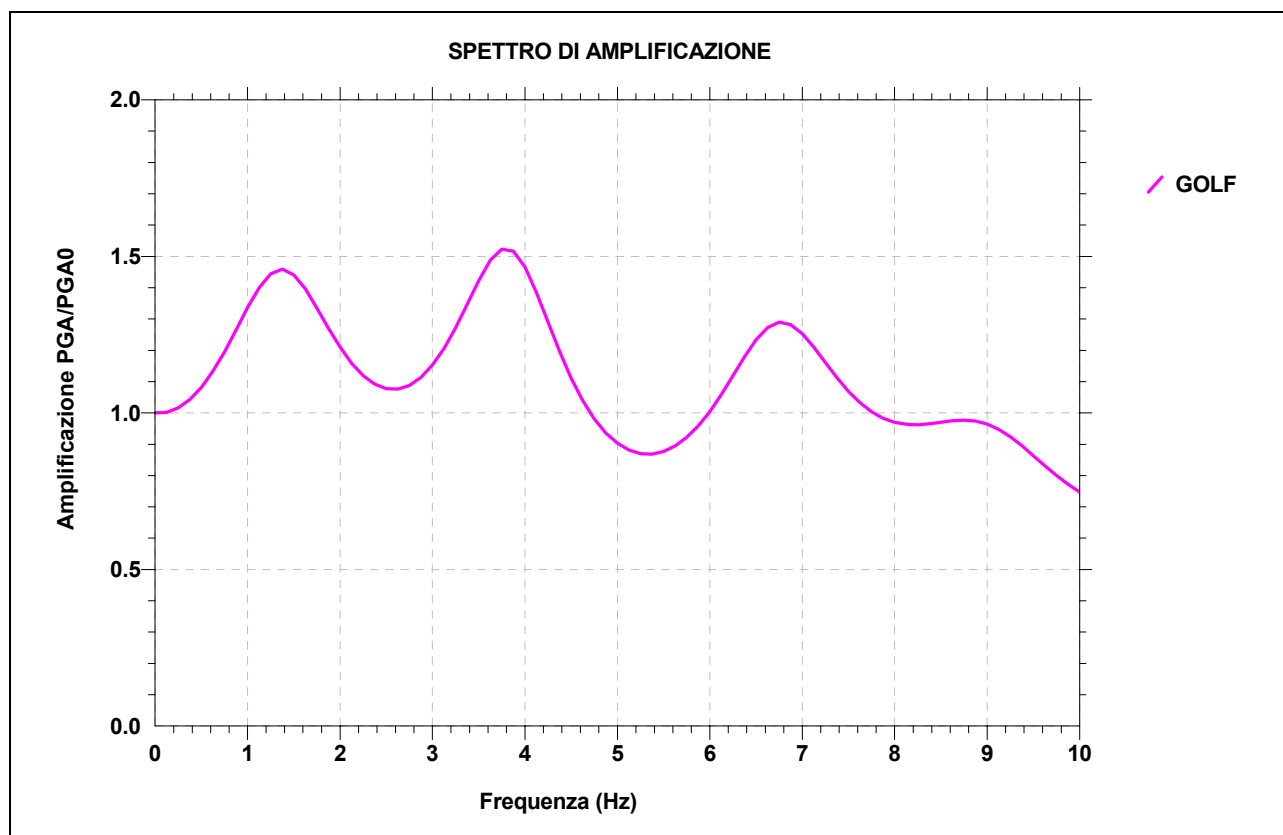


Figura 4.3 Funzione di trasferimento del moto oscillatorio del sisma lungo tutta la colonna litologica tipo

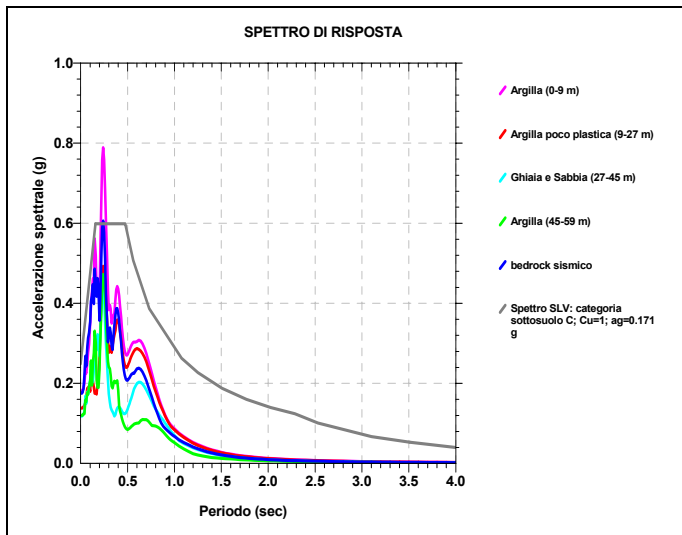


Figura4.4 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000046

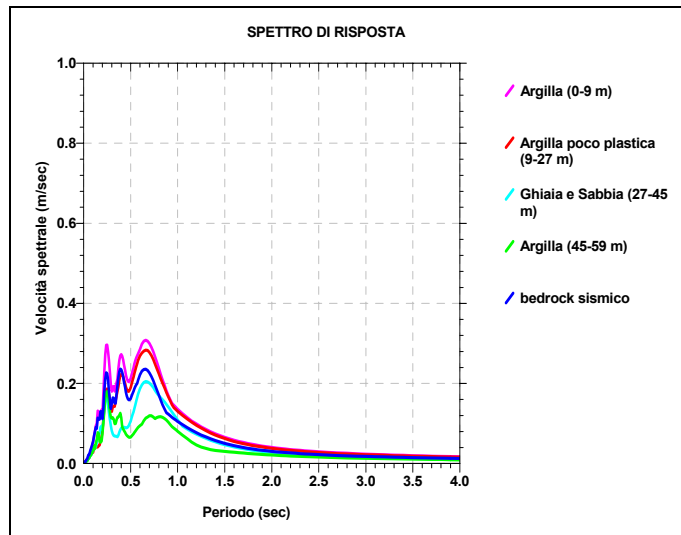


Figura4.5 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000046

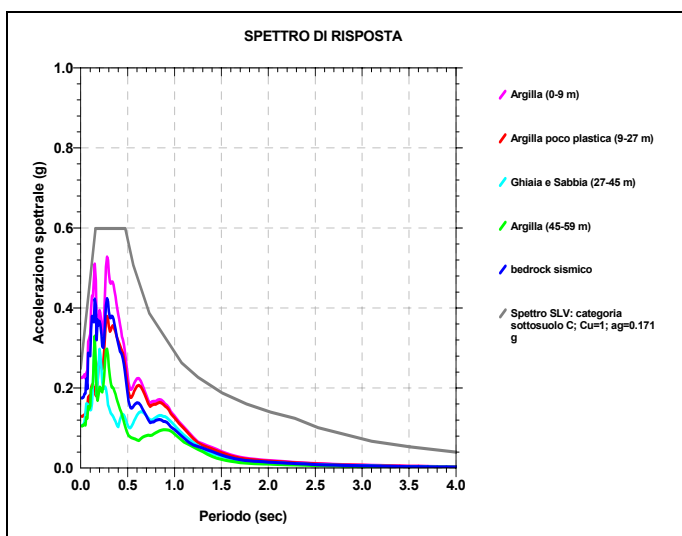


Figura4.6 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000126

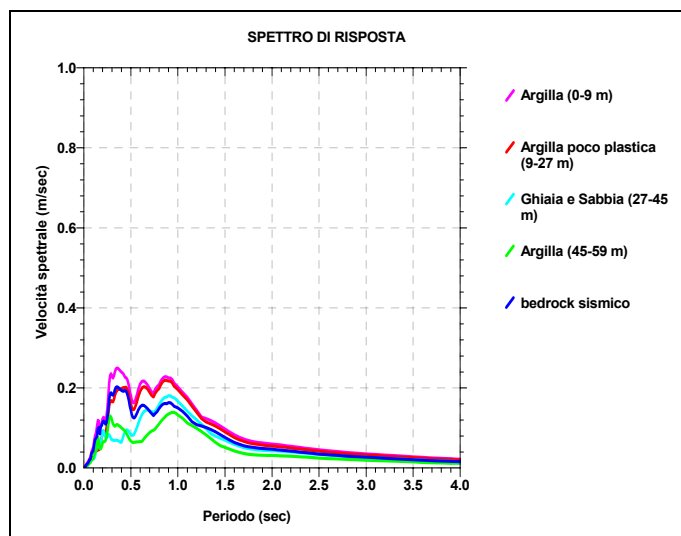


Figura4.7 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000126

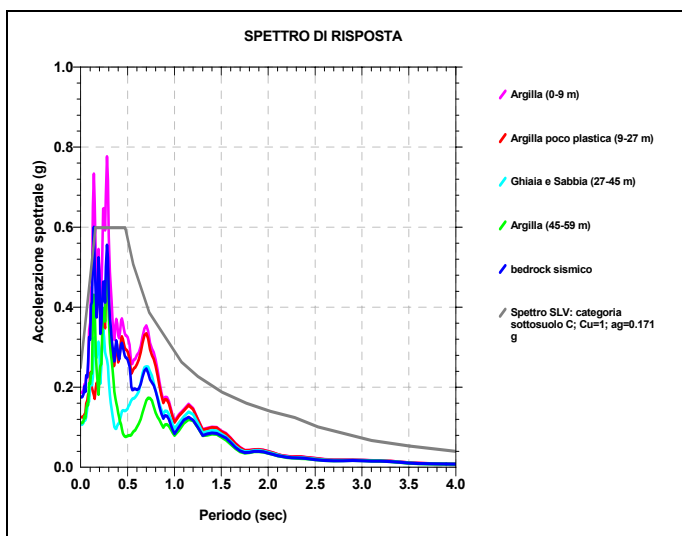


Figura4.8 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000354

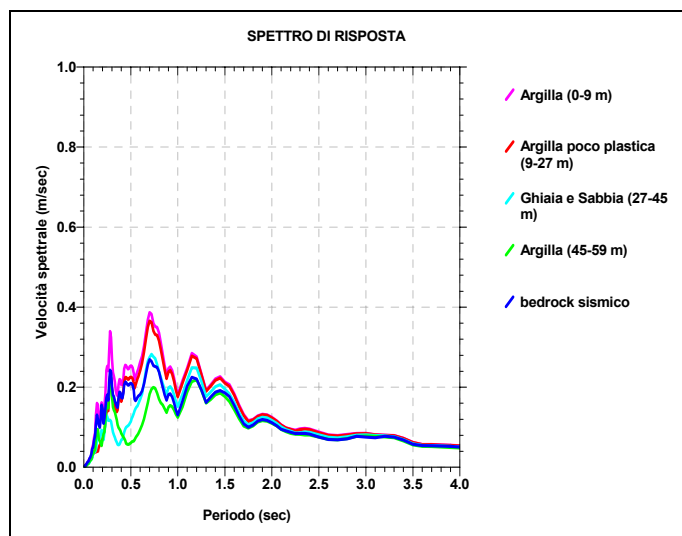


Figura4.9 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000354

5. AMBITI FRAZIONE MARANO

Nelle aree studiate sono previsti interventi di edificazione. La figura 5.1 propone la perimetrazione degli ambiti e la localizzazione delle prove geognostiche e geofisiche utilizzate per lo studio di caratterizzazione.

5.1 Inquadramento geologico

La geologia della pianura più distale è caratterizzata dalla estesa presenza di sedimenti fini, il cui spessore tende ad aumentare procedendo verso nord; i depositi di tessitura granulare concentrati (paleo alvei) sono meno frequenti e più difficili da rinvenire con la normale geognostica. Nella cartografia di PSC non erano indicati paleoalvei, nemmeno le prove di repertorio e le stratigrafie dei pozzi per acqua denunciavano la presenza di alvei sepolti.

La penetrometria CPTU1 ha attraversato due alvei, con probabilità antichi percorsi del T. Savena) potenti circa tre metri l'uno, disposti tra 12 e 15,4 metri, e tra 23,9 e 27 metri dal p.c. Tutte le penetrometrie limitrofe hanno esplorato solamente i primi 10 metri di sottosuolo, confermando l'assenza di sedimenti granulari, le stratigrafie dei sondaggi e dei pozzi resterebbe confermato solamente l'alveo più profondo, posto sotto i 25 metri di profondità.

Solamente un piano d'indagini con maggiore densità d'indagine potrà verificare la direzione degli alvei, e verificare la qualità delle sabbie presenti nel più superficiale dei corpi geologici.

5.2 Caratterizzazione geotecnica

La penetrometria CPTU1 dimostra la continuità verticale nella presenza di depositi fini, fino a 10 metri esatti, ove incontra i sedimenti granulari di un paleoalveo dell'Idice. Si può quindi sostenere che la porzione di sottosuolo più significativa per la prospettiva geomeccanica è costituita da sedimenti fini con comportamento tipicamente coesivo. Solamente nel caso di strutture di fondazioni profonde (pali) vi potrebbero essere interferenze con il complesso di strati sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi.

Tuttavia la presenza di un intervallo potente oltre 5 metri di rocce dotate di moduli edometrici elevati (maggiori di 250 daN/cm^2) costituisce un elemento da valutare nel calcolo dei cedimenti per edifici di un certo impegno se dotati di fondazioni a platea o a reticolato di travi, in cui la distribuzione delle sovrappressioni imposte nel sottosuolo può interessare volumi considerevoli di roccia.

In questa fase, ancora assai lontana dalla progettazione edilizia, la stima dell'edificabilità è riferita in sostanza ad edifici di normale impegno costruttivo, la cui interferenza con il sottosuolo si esaurisce interamente nell'ambito dei primi 10 metri. La tabella seguente sintetizza le caratteristiche dei primi metri di sottosuolo, in cui si evidenzia la presenza di argille molto molli relativamente superficiali. Questo intervallo potrà condizionare le scelte strutturali nel caso di edifici in cui le pressioni di esercizio siano concentrate (plinti), o distribuite in modo disomogeneo.

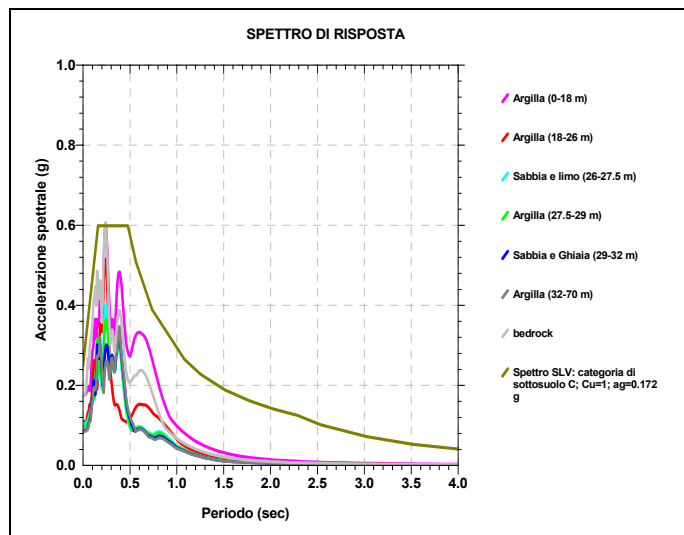


Figura6.4 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000046

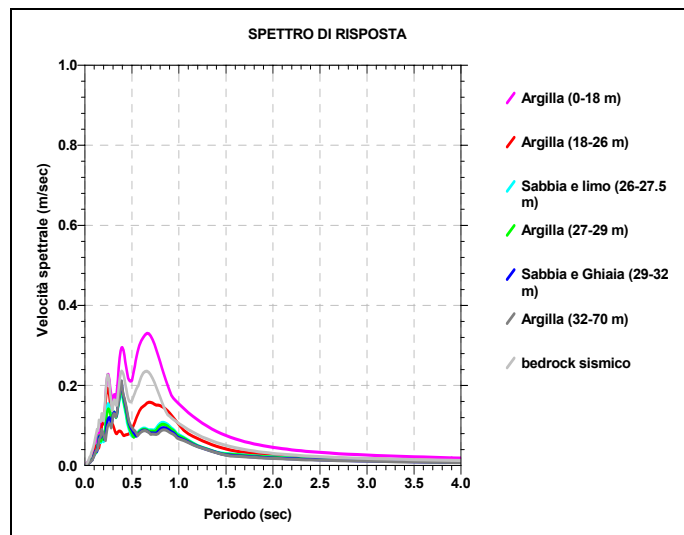


Figura6.5 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000046

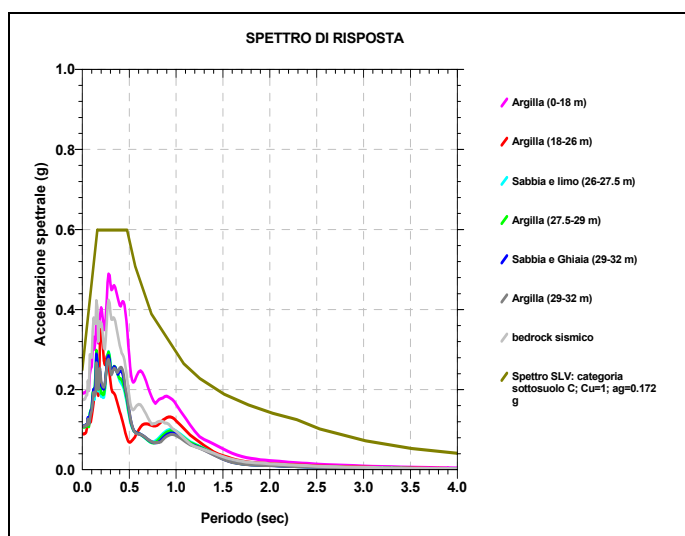


Figura6.6 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000126

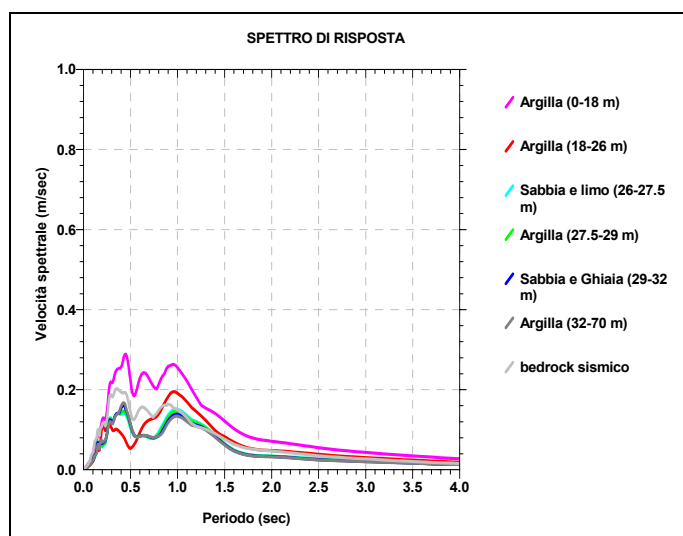


Figura6.7 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000126

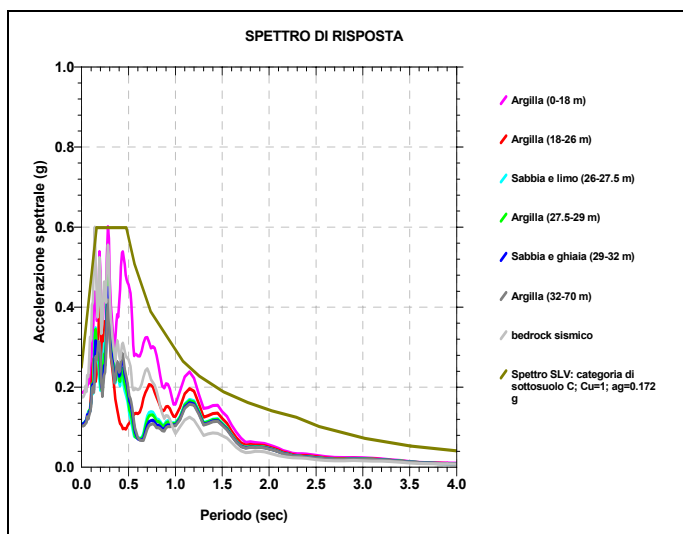


Figura6.8 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000354

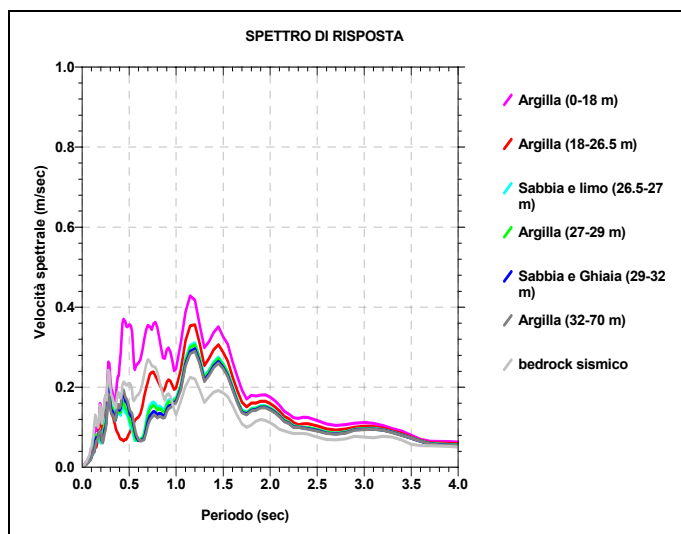


Figura6.9 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000354

Id prova	Intervallo sottosuolo (m)	Note	c_u [kPa]	φ' [°]	D.R. %	Qad [kPa]
CPTU1-PSC	1,4 ÷ 1,6	Argilla- rgilla limosa, plastica.	62	--	--	100
	1,6 ÷ 2,3	Limi argillosi-falda a -2 m	74	--	--	
	2,3 ÷ 4,4	Argille - argille limose molli	55	--	--	
	4,4 ÷ 5,0	Argille molto soffici	30	--	--	

5.3 Pericolosità sismica

5.3.1 Stima delle Vs

La valutazione delle velocità delle onde di taglio dei sedimenti (parametro fondamentale per qualsiasi approccio analitico di risposta sismica) è stata impostata sulla scorta degli esiti di uno stendimento geofisico Masw (MASW1) e una tomografia (TR4), con esiti opportunamente calibrati con i dati diretti di sottosuolo disponibili (penetrometria CPTU1, stratigrafie e penetrometrie regionali P640, P641, P646, P648, P655, P656). In allegato si riporta il grafico della distribuzione delle Vs nel sottosuolo ricavata dalla prova citata.

5.3.2 Analisi semplificate:

La pericolosità sismica locale, stimata sulla base della nuova normativa nazionale (D.M. 14/01/2008) presuppone la determinazione della “categoria di sottosuolo”, valutata sulla scorta della Vs media relativa ad un intervallo di 30 metri di sedimenti (Vs30). In questo senso, la prova MASW1 stima una Vs30 pari a 191 m/s, consentendo di estrapolare tutta l’area studiata alla categoria di sottosuolo “C”. Si sono quindi calcolati i parametri spettrali riferiti all’accelerazione orizzontale, da adottare nelle verifiche di progetto dell’azione sismica e riferiti a congrui casi esemplificativi di costruzioni di classe d’uso I, II e III, secondo le specifiche descritte al paragrafo 1.4.1. La tabella 5.1 riassume gli esiti relativi agli scenari di progetto considerati.

Per quanto attiene la definizione risposta sismica locale sulla scorta dei criteri semplificati (secondo livello), riportati nella Delibera regionale, la Vs30 è stata implementata nelle tabelle regionali per la stima delle amplificazioni assumendo i valori relativi ai contesti di <Pianura 1> ottenendo i coefficienti di amplificazione F.A. prodotti nella tabella 5.2.

Classe d’uso	Vita nominale V_N	Periodo di riferimento V_R	Tempo di ritorno T_R	Stato limite	a_g	F_0	T_c
I	10	35	30	SLO	0.053	2.470	0.259
			35	SLD	0.057	2.471	0.263
			332	SLV	0.149	2.406	0.299
			682	SLC	0.194	2.425	0.306
	50	50	30	SLO	0.053	2.470	0.259
			50	SLD	0.067	2.472	0.272
			475	SLV	0.171	2.408	0.305

	100	100	975	SLC	0.202	2.441	0.308
			60	SLO	0.072	2.472	0.275
			101	SLD	0.089	2.460	0.285
			949	SLV	0.218	2.440	0.308
			1950	SLC	0.278	2.446	0.316
III	100	150	90	SLO	0.085	2.464	0.283
			151	SLD	0.170	2.431	0.289
			1424	SLV	0.250	2.433	0.312
			2475	SLC	0.301	2.421	0.319
	200	300	181	SLO	0.116	2.413	0.291
			302	SLD	0.143	2.405	0.298
			2475	SLV	0.301	2.421	0.319
			2475	SLC	0.301	2.421	0.319

Tabella 5.1 – Tabella dei parametri di progetto che definiscono l'azione sismica per alcuni scenari di progetto considerati (D.M. 14/01/2008)

V_s (m/s)	Contesto morfologico	F.A.PGA	Intensità spettrale S.I.	F.A. S.I
$V_{s30} < 200$	Pianura	1.7	$0.1 s < T_0 < 0.5 s$	1.9
			$0.5 s < T_0 < 1.0 s$	2,6

Tabella 5.2 – Tabella riassuntiva dei fattori di amplificazione (Delibera RER n.112/2007) estrapolabili per gli ambiti di studio

5.3.3 Modellazione monodimensionale

La stratigrafia che caratterizza il modello (vedi figura 5.2), per i primi 30 m deriva dagli esiti tessiturali della prova penetrometrica CPTU1, la stratigrafia più profonda (da circa -30 m fino al bedrock sismico è invece estrapolata dalla Banca Dati Geognostica della R.E.R. (prove repertorio P624, P626, P632, P651) e dagli esiti delle indagini geofisiche: REMI1 e tromografia TR4 (figura 4.1).

Il modello è stato elaborato impostando i seguenti litotipi, variamente ripetuti :

- argille con indice di plasticità IP compreso tra 40÷80
- sabbia con valori intermedi di densità relativa ($D_r \approx 50\%$)
- sabbia con ghiaia
- ghiaia e sabbie utilizzate come bedrock sismico

Per l'attribuzione della velocità delle onde sismiche di taglio V_s , relativa ai differenti layer della colonna sismica, si sono considerati gli esiti della prova REMI1 e della tromografia TR4. Viene assunto come pseudobedrock nell'elaborazione del modello sismico il tetto dell'intervallo ghiaioso, collocato alla profondità di -50 m dal p.c., per le sue caratteristiche di potenza, età deposizionale, profondità, grado di addensamento, rigidità. A conferma di quanto assertato, l'intervallo ghiaioso è

rilevato anche nelle acquisizioni tomografiche TR4 (con un significativo incremento delle Vs alla frequenza di 1,47 Hz,).

Le figure 5.4-5.5-5.6-5.7-5.8-5.9 riportano gli esiti degli effetti di amplificazione (pseudoaccelerazione spettrale PSA, pseudovelocità spettrale PSV) rispetto ai tre input sismici regionali che sono stati utilizzati per l'elaborazione (vedi § 1.4.2). Il diagramma di figura 5.3 rappresenta invece la funzione di amplificazione locale (FA di PGA/PGA_0). L'andamento dell'accelerazione PSA è stato confrontato con lo spettro di risposta di legge (D.M. 14/01/2008), relativo allo scenario di progetto descritto al paragrafo 1.4.1, con categoria di suolo di fondazione C.

Dalle funzioni di amplificazione ottenute risulta che la frequenza fondamentale assume un valore locale di 3,87 Hz, il fattore di amplificazione (FA) relativo risulta pari a 2,12 (figura 5.3). La tabella seguente riporta i valori dei picchi di amplificazione (PGA/PGA_0) ottenuti per le diverse frequenze:

Frequenze [Hz]	Periodi [s]	F.A.
1,62	0,62	1,78
3,87	0,26	2,12
6,38	0,16	1,40

In conclusione, si hanno amplificazioni fino a frequenze inferiori 7 Hz. Considerando che al periodo è fatto corrispondere (in prima approssimazione) il numero di piani degli edifici, si può sostenere che gli edifici di circa 2÷3 piani ($T=0,25$, ossia $f = 4$ Hz) saranno sottoposti all'amplificazione massima pari a 2,12 circa, mentre gli edifici di 5÷6 piani ($T=0,5÷0,6s$) saranno sottoposti ad un'amplificazione di circa 1,8.

L'elaborazione degli spettri di risposta PSV consente di desumere anche i fattori di amplificazione SI (Spectral Intensity) di Housner per i due intervalli di periodo richiesti nella delibera regionale. La tabella seguente mostra le amplificazioni ottenute dal rapporto tra le superfici spettrali della PSV per i tre input sismici che costituiscono il riferimento regionale.

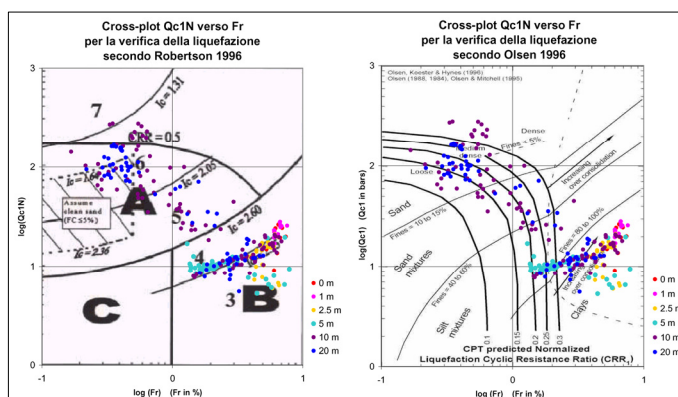
FA S.I. di Housner	$0,1s < T_0 < 0,5s$	$0,5s < T_0 < 1s$
S.I. INPUT 000046	1,53	1,63
S.I. INPUT 000126	1,49	1,60
S.I. INPUT 000354	1,57	1,62

5.3.4 Verifiche della liquefazione

Il diagrammi di verifica alla liquefazione secondo Robertson – 1996 (a sinistra) e di Olsen, Koester & Hynes – 1996 (a destra), ottenuti plottando gli esiti delle resistenze alla punta della prova CPTU1-PSC, non traducono possibilità di liquefazione dei sedimenti attraversati fino alla profondità di 10 metri dal p.c., come d'altronde si attende per l'assenza di sedimenti granulari fino a tale quota nella verticale indagata. I punti interni al campo liquefacibile "A" sono invece rappresentativi dei livelli granulari attraversati a quote comprese tra 10 e 15,4 metri circa ed oltre i 20 metri. La profondità dell'intervallo granulare saturo meno profondo (10 metri) dovrebbe portare a scarsi effetti di liquefazione/addensamento in superficie, in particolare per sismi caratterizzati dalle magnitudo massime statisticamente attese nel territorio di Castenaso. In ogni caso, la possibilità che siano comunque presenti barre sabbiose relativamente potenti nel primo

sottosuolo, non può portare ad escludere la necessità di ulteriori ricerche locali da eseguirsi in sede di PUA o con la fase preliminare di progettazione, note le localizzazioni delle nuove edificazioni.

Fig. 5.10 - Proiezione dei dati meccanici relativi alla CPTU1-PSC nei diagrammi di identificazione indiretta della liquefazione e del CRR



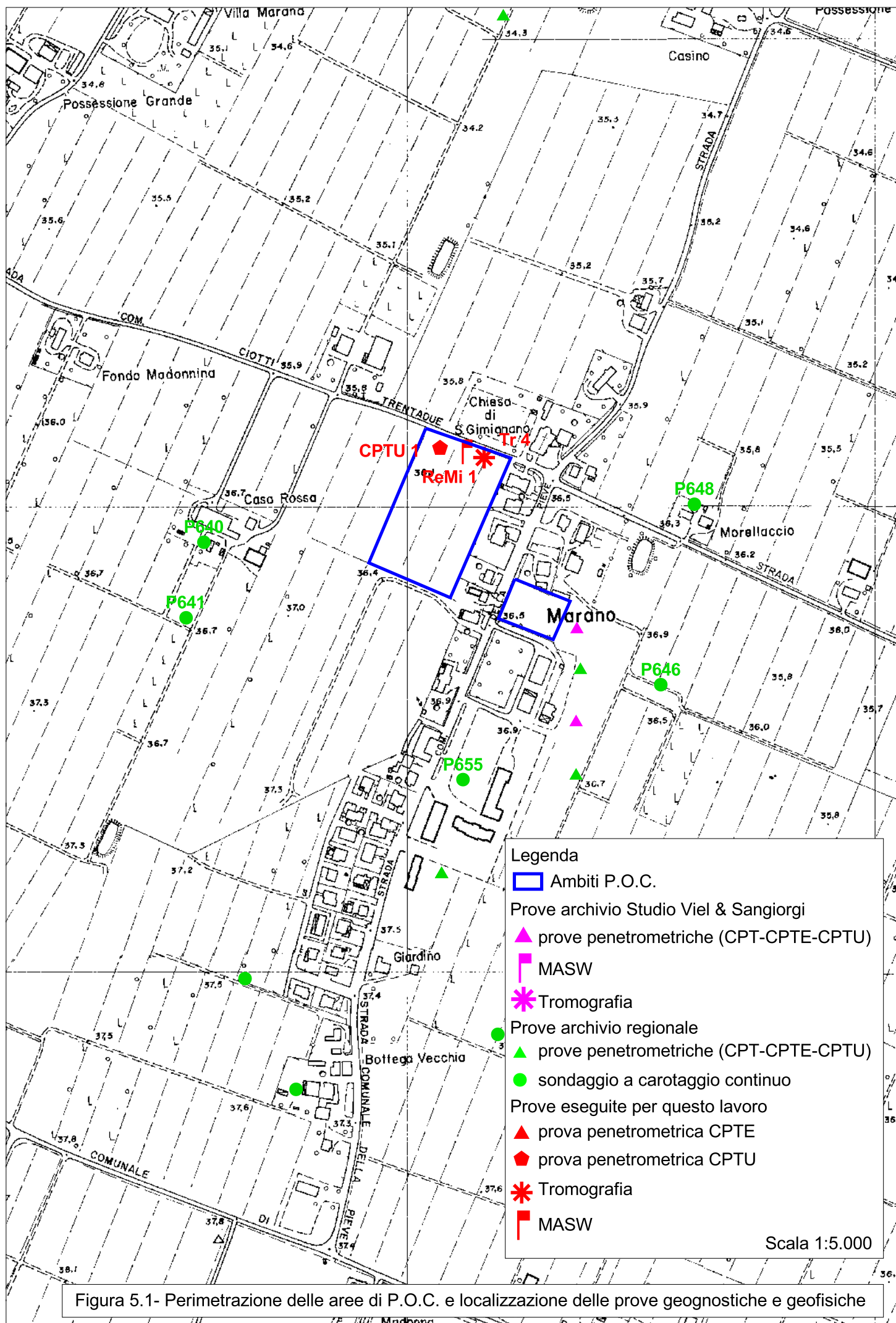


Figura 5.1- Perimetrazione delle aree di P.O.C. e localizzazione delle prove geognostiche e geofisiche

Modello “Ambito frazione Marano”

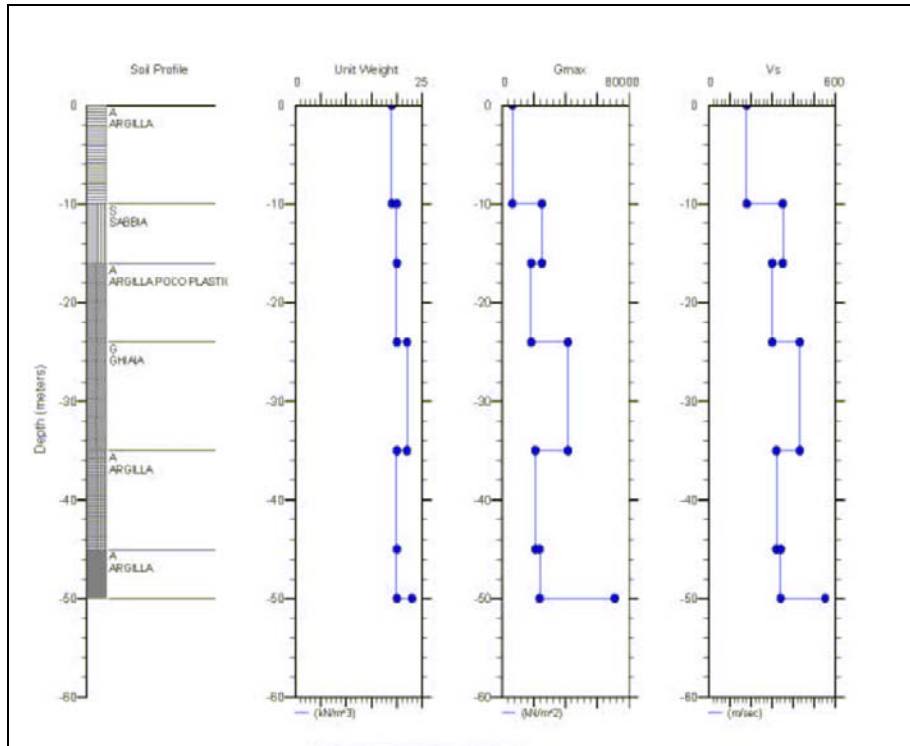


Figura 5.2 stratigrafia di riferimento schematica utilizzata per la modellizzazione sismica

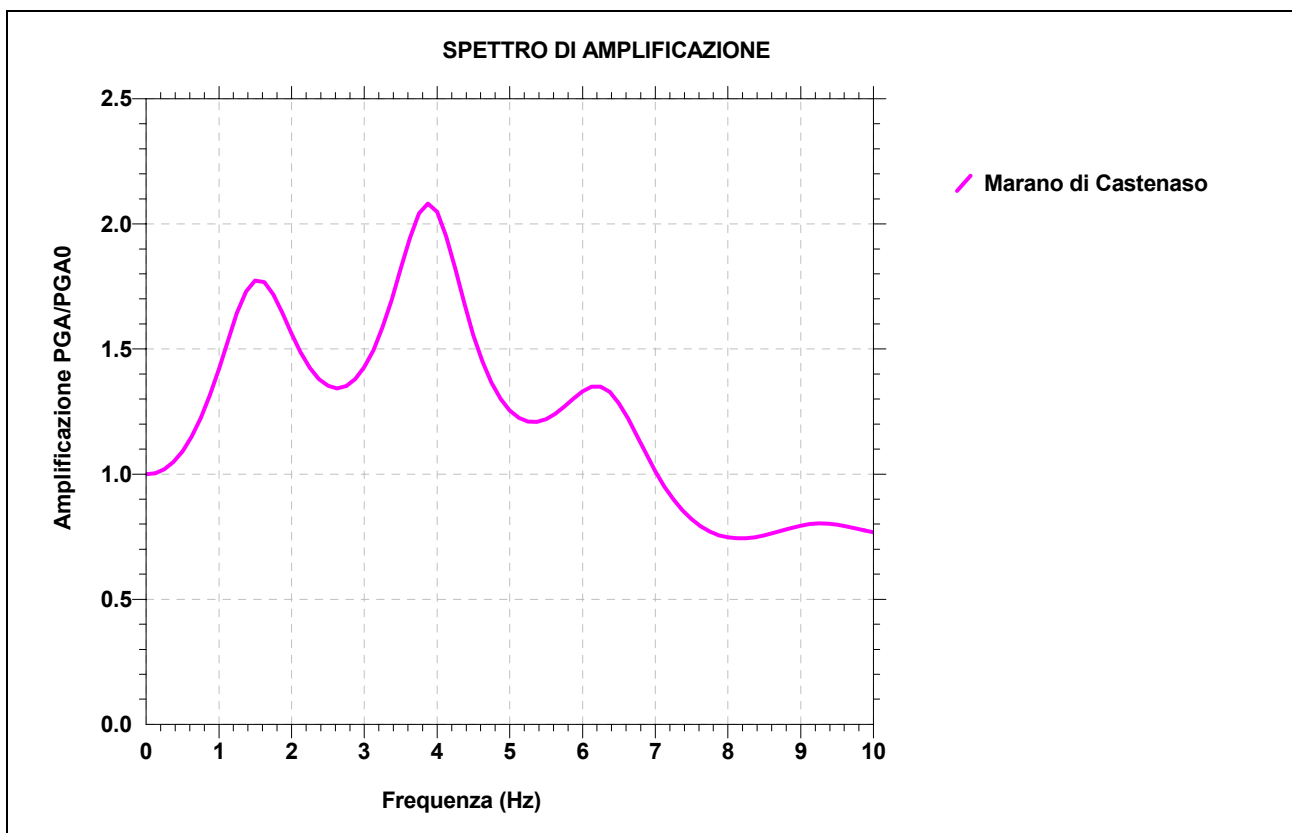


Figura 5.3 Funzione di trasferimento del moto oscillatorio del sisma lungo tutta la colonna litologica tipo

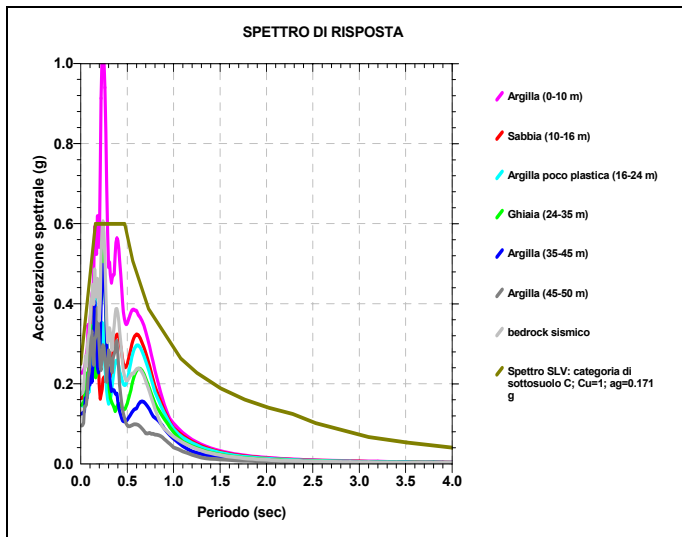


Figura5.4 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000046

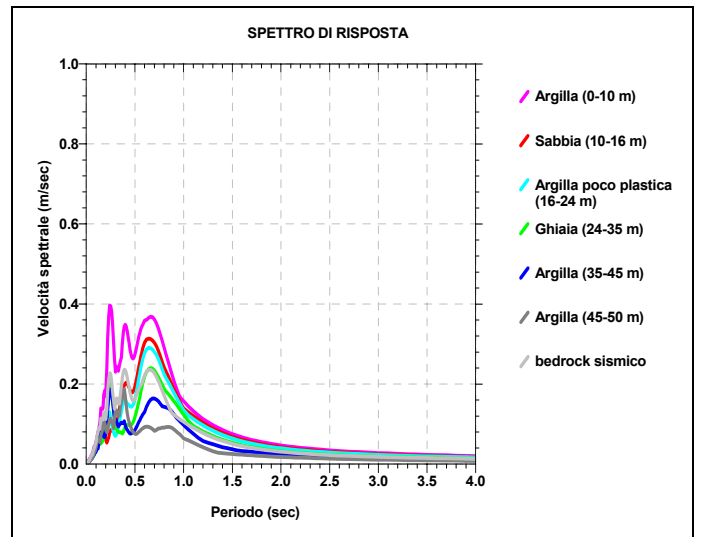


Figura5.5 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000046

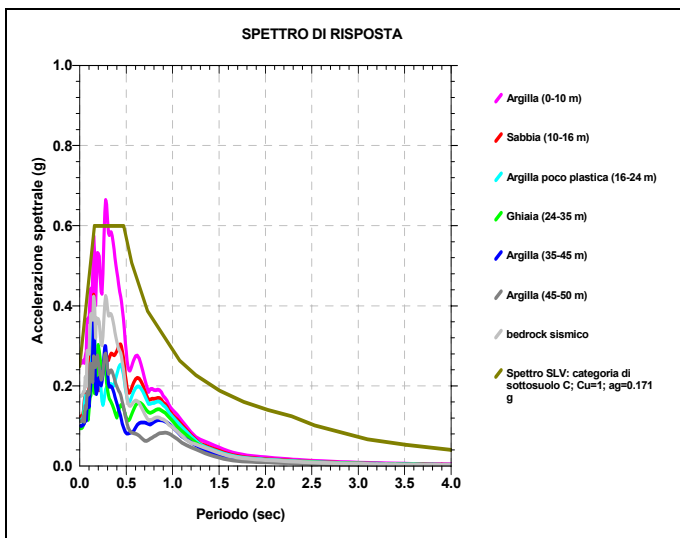


Figura5.6 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000126

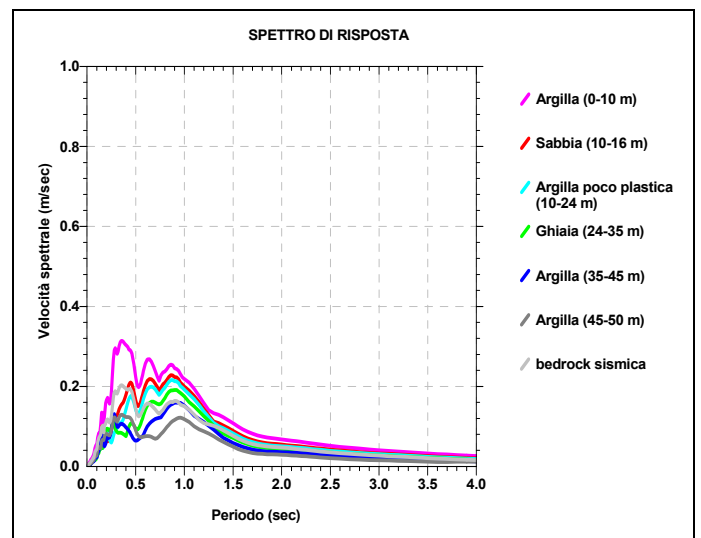


Figura5.7 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000126

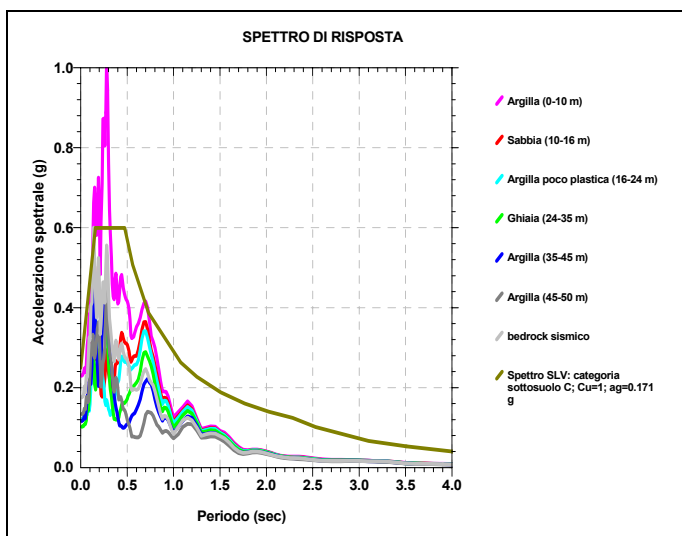


Figura5.8 Spettro di risposta relativo alla pseudoaccelerazione PSA, confronto con spettro SLV-INPUT 000354

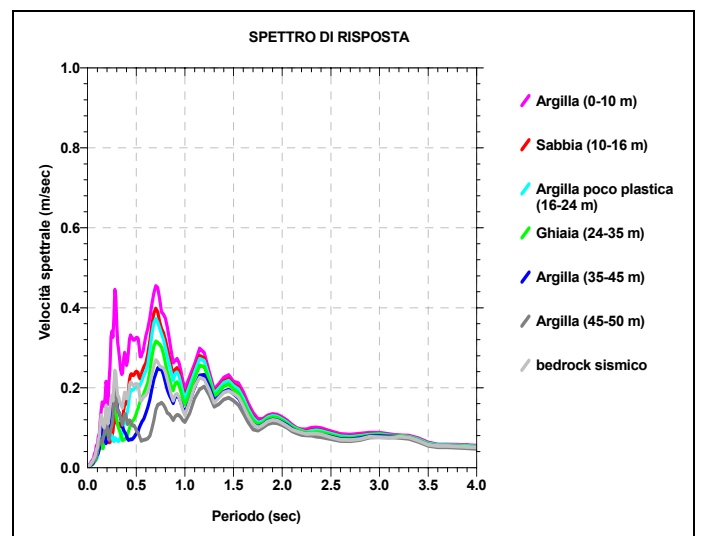


Figura5.9 Spettro di risposta relativo alla pseudovelocità PSV- INPUT 000354

6. PROPOSTA NORMATIVA

Art. 1 – Per ogni PUA sono obbligatorie indagini geognostiche finalizzate alla definizione del livello statico della falda locale, alla stima delle sue fluttuazioni massime (anche su base bibliografica), alla determinazione dei parametri geomeccanici locali. Il numero delle verticali d'indagine e la loro profondità dovranno essere congrui all'importanza delle opere di progetto (D.M. del 14/01/2008, D.M. 159/2005). Dette indagini dovranno comunque essere spinte in profondità fino a garantire un intervallo di conoscenza di almeno 10 metri sotto il presunto piano di incastro delle strutture di fondazione, anche in presenza di strati granulari grossolani impenetrabili dalle punte dei penetrometri statici e/o dinamici, al fine di accertare la continuità verticale dei sedimenti granulari grossolani per uno spessore congruo alle strutture di progetto;

Art 2 - L'esecuzione delle indagini geotecniche consentirà anche una parziale verifica della zonizzazione sismica predisposta con il POC. In particolare, nei primi 15 metri sotto il piano di incastro delle strutture di fondazione, l'eventuale rinvenimento di strati continui di sedimenti saturi di spessore superiore al metro obbliga a prelevare campioni da sottoporre ad analisi granulometrica, il cui esito sarà da inserire nelle fasce granulometriche riportate in figura 1 dell'allegato A3 della Delibera Regionale n. 112/2007. In presenza di fusi granulometrici ricadenti all'interno delle fasce granulometriche indicate nella citata figura, le analisi condotte per il PUA dovranno spingersi al terzo livello di approfondimento per quanto riguarda la liquefazione (Delibera Regionale n.112/2007).

Art. 3 – I PUA potranno variare la zonizzazione ed i fattori di amplificazione attribuiti ad ogni ambito di POC, così come riportati nella Relazione Geologica e Sismica, solamente a seguito di approfondite indagini geognostiche e prospezioni geofisiche, eseguite con strumentazione rispondente agli standard (ISRM, ASTM, BS, AGI) richiamati nella Circolare del 16/12/1999 n. 349/STC D.P.R. n. 246 del 21.4.93, art. 8 comma 6 *<Concessione ai laboratori per lo svolgimento delle prove geotecniche sui terreni e sulle rocce ed il rilascio dei relativi certificati ufficiali>*. Questo documento di riferimento, richiama l'utilizzazione soltanto di alcune tra le più diffuse prove geotecniche in sito *<<per le quali esiste un consolidato bagaglio di conoscenze tecniche>>*. Per gli standard di fabbricazione di questi strumenti d'indagine e per le norme d'esecuzione delle prove, la Circolare fa riferimento alle "raccomandazioni" dell'Associazione Geotecnica Italiana (AGI), versione 1977.

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Castenaso
Ciotti trentadue
Marano
Viel & Sangiorgi
13-gen-09

Falda

2 m

Sigla della Punta
Azzeramento
Ultimo taratura guadagno
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707
Inizio prova
12-gen-2008
4-ago-2008



Società di
Geologia
Territoriale

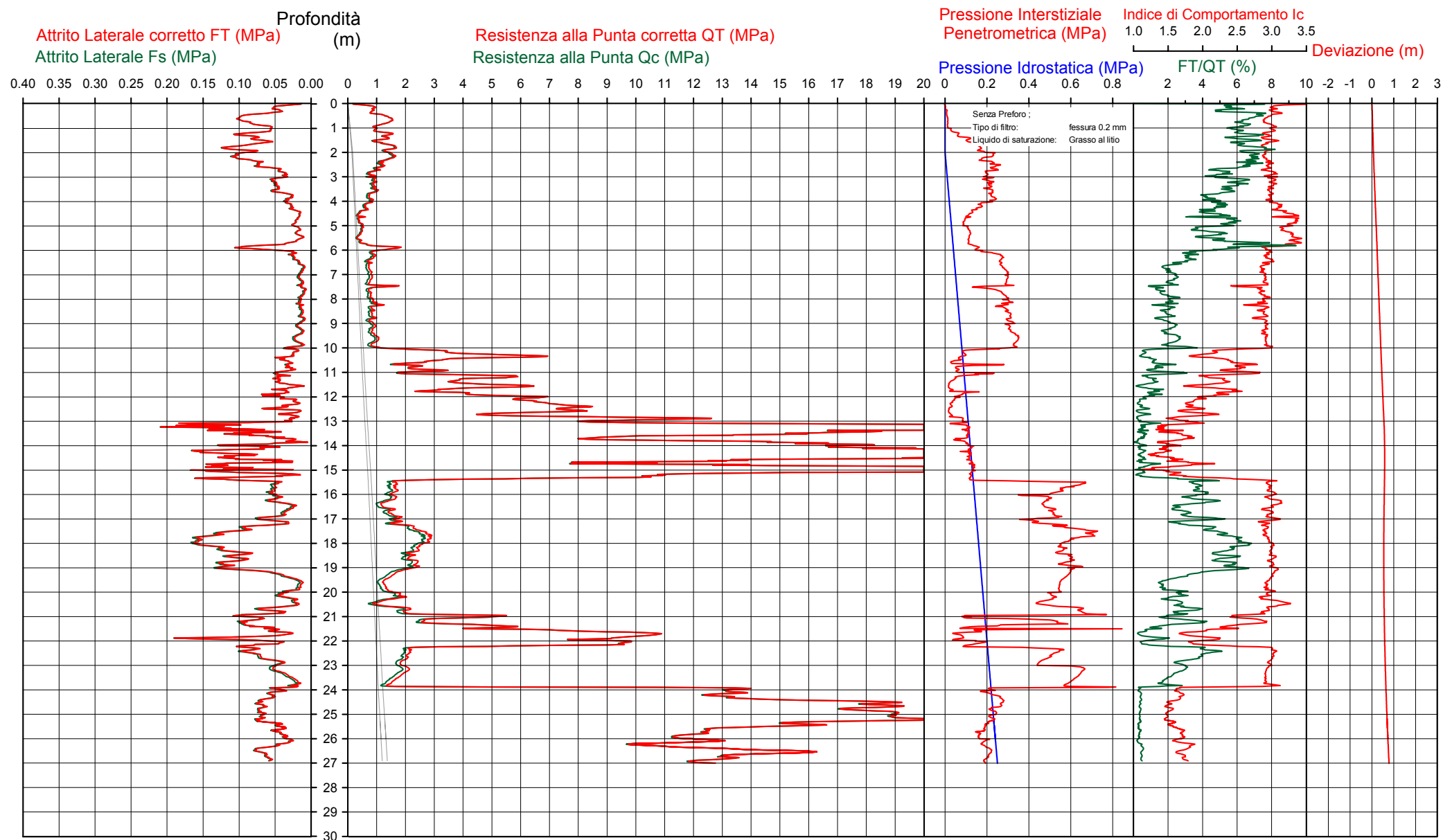
S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com

CPTU

1



Vs27
183

QT	Cc-IN limes & Bt den/m²	FT den/m²	FTRnet %	lc Robert calcolato da Cc-IN limes	Litologia Roberton 1990 basato su F+V Cc-IN	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabha) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tasduka 1990 %	Angolo Attrito Kulhwaj & Mehta den/m²	Coesione Bemsi den/m²	OCR Robertson	Modulo Edometrico Bemsi den/m²	Velocità Vs Baird (sabha) Mayne & Rix (arg. inase)
8.6	14.6	0.53	6.2	3.08	argilla-argilla limosa				Molle-plastica (Soffice)			0.58	37.46	48.3	117
14.7	25.0	0.95	6.5	2.91	limo argilloso-argilla limosa	0.50			Plastica			0.87		81.9	169
10.5	17.8	0.64	6.2	3.00	argilla-argilla limosa	0.80			Plastica			0.68	11.59	58.9	137
						1.20									
14.0	23.8	0.89	6.5	2.92	limo argilloso-argilla limosa	1.40			Plastica			0.84		78.1	164
11.2	19.1	0.68	6.3	2.98	argilla-argilla limosa	1.60			Plastica			0.71	8.23	62.8	142
15.0	25.5	0.98	6.6	2.90	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.88		83.5	171
11.6	19.6	0.67	6.0	2.95	argilla-argilla limosa	2.30			Plastica			0.73	5.67	65.1	145
						2.70			Molle-plastica (Soffice)			0.60	3.86	51.1	124
9.0	15.3	0.44	5.2	3.00	argilla-argilla limosa										
7.6	12.8	0.32	4.6	3.03	argilla-argilla limosa	3.50			Molle-plastica (Soffice)			0.52	2.75	43.7	110
4.1	6.8	0.18	5.6	3.29	argilla-argilla limosa	4.40			Fuido-plastica (Molto Soffice)			0.31	1.18	27.9	76
5.1	8.0	0.22	5.1	3.21	argilla-argilla limosa	4.90			Molle-plastica (Soffice)			0.37	1.46	34.1	88
4.6	6.9	0.21	5.7	3.29	argilla-argilla limosa	5.10			Fuido-plastica (Molto Soffice)			0.34	1.19	31.5	80
14.4	19.5	0.82	6.3	2.97	argilla-argilla limosa	5.80			Plastica			0.86	4.13	80.9	168
9.0	12.3	0.26	3.2	2.94	limo argilloso-argilla limosa	6.00			Molle-plastica (Soffice)			0.60		52.8	125
7.7	10.4	0.19	2.9	2.98	argilla-argilla limosa	6.30			Molle-plastica (Soffice)			0.53	1.92	44.3	113
7.8	10.0	0.13	1.9	2.89	limo argilloso-argilla limosa	6.50			Molle-plastica (Soffice)			0.53		31.9	114
14.0	16.9	0.14	1.3	2.60	limo argilloso-argilla limosa	7.40			Plastica			0.84		48.2	164
8.7	9.9	0.13	1.8	2.88	limo argilloso-argilla limosa	7.50			Molle-plastica (Soffice)			0.58		33.8	121
10.5	11.1	0.22	2.5	2.91	limo argilloso-argilla limosa	9.50			Plastica			0.68		51.6	137
8.9	9.3	0.14	1.9	2.92	limo argilloso-argilla limosa	9.70			Molle-plastica (Soffice)			0.59		36.1	123
10.0	10.3	0.25	3.0	2.98	argilla-argilla limosa	9.90			Molle-plastica (Soffice)			0.65	1.72	58.3	133

13 gennaio 2009
Ciotti trentadue
Marano
Castenaso
2.00

Vs27
183

QT	QC-IN	FT	FTQnet	IC Robert	Litologia Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione	OCR	Modulo Edometrico	Velocità Vs
	Idross & B.	dell'ing.	%	calcolato da QC-IN ed H	basato su FT e QC-IN	M				Taaleuka 1990	Kulhavy & May Benassi	dell'ing.	Robertson	Benassi	Basili (sabbie) Mayne & Rix (arg. insec.)
28.7	29.2	0.23	1.0	2.33	sabbia limosa-limo sabbioso	10.20			Sciota	26.4	33.7			93.5	263
56.0	56.4	0.29	0.6	1.97	sabbia-sabbia limosa	10.40			Medamente Addensata	48.1	36.9			171.9	345
31.5	31.5	0.35	1.2	2.36	sabbia limosa-limo sabbioso	10.60			Sciota	28.8	34.1			105.9	271
18.5	18.4	0.31	1.9	2.66	limo argilloso-argilla limosa	10.70			Plastica			1.02		74.7	166
24.9	24.5	0.32	1.5	2.50	sabbia limosa-limo sabbioso	11.00			Sciota	20.6	32.9			89.8	236
24.4	23.7	0.47	2.3	2.63	limo argilloso-argilla limosa	11.10			Solido-plastica (Duro)			1.21		113.4	233
56.4	55.0	0.38	0.7	2.04	sabbia-sabbia limosa	11.20			Medamente Addensata	47.3	36.7			173.9	352
41.2	38.7	0.43	1.1	2.26	sabbia limosa-limo sabbioso				Medamente Addensata	36.5	35.2			137.2	326
61.6	59.3	0.17	0.3	1.82	sabbia-sabbia limosa	11.50			Medamente Addensata	49.7	37.1			185.6	358
41.1	38.9	0.42	1.1	2.28	sabbia limosa-limo sabbioso	11.60			Medamente Addensata	35.9	35.1			137.3	307
67.5	63.3	0.30	0.5	1.69	sabbia-sabbia limosa	12.00			Medamente Addensata	51.9	37.4			205.7	368

CPTU

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

13 gennaio 2009
Cioti rentadue
Marano
Castenaso
2.00

1



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas.
di Veni Zuphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo05.com

Vs27
183

QT	Qc-IN	FT	FTQnet	lc Robert	Litologia Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione	OCR	Modulo Edometrico	Velocità Vs
daN/mmq	Idras & Bv	daN/mmq %	%	calcolato da Qc-IN Idras	basato su FT e Qc-IN	m			%	1990Kulhawy & May	Bernesi	Robertson	Bernesi	Paoli (sabbie), Mayne & Rix (argilli)	m/sec
						20.30		Plastica							
11.5	7.0	0.23	2.9	3.13	argilla-argilla limosa	20.60		Plastica			0.73	0.87		65.7	144
20.8	13.1	0.54	3.1	2.91	limo argilloso-argilla limosa	20.90		Solido-plastica (Duro)			1.10			121.5	210
43.5	29.8	0.83	2.2	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso	21.10		Socia	27.0	34.1				189.7	332
27.9	17.9	0.89	3.7	2.85	limo argilloso-argilla limosa	21.30		Solido-plastica (Duro)			1.31			162.0	253
57.8	40.7	0.65	1.3	2.28	sabbia limosa-limo sabbioso	21.60		Mediamente Addensata	37.3	35.5				199.3	384
103.3	79.4	0.38	0.4	1.76	sabbia-sabbia limosa	21.80		Mediamente Addensata	59.4	38.2				312.9	447
89.8	67.0	1.16	1.4	2.12	sabbia limosa-limo sabbioso	22.00		Mediamente Addensata	53.8	37.5				314.3	440
89.3	66.4	0.58	0.7	1.96	sabbia-sabbia limosa	22.20		Mediamente Addensata	53.5	37.5				279.7	441
22.7	13.7	0.80	4.4	2.99	argilla-argilla limosa	22.70		Solido-plastica (Duro)			1.16	1.89		130.9	221
18.9	10.9	0.47	3.1	2.98	argilla-argilla limosa	22.70		Plastica			1.03	1.47		110.2	198
20.6	11.9	0.49	2.9	2.93	limo argilloso-argilla limosa	23.00		Solido-plastica (Duro)			1.09			117.8	209
17.2	9.6	0.26	2.0	2.91	limo argilloso-argilla limosa	23.30		Plastica			0.97			70.7	186
14.4	7.8	0.18	1.8	2.96	argilla-argilla limosa	23.60		Plastica			0.86	0.97		55.8	167
40.5	27.4	0.22	1.4	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso	23.90		Socia	24.3	33.5				143.8	320
134.0	104.3	0.52	0.4	1.67	sabbia-sabbia limosa	24.40		Mediamente Addensata	68.4	39.2				406.3	475
180.3	150.3	0.65	0.4	1.52	ghiaia-sabbia	24.40		Mediamente Addensata	80.5	40.5				545.8	498
126.6	93.7	0.49	0.4	1.71	sabbia-sabbia limosa	25.50		Mediamente Addensata	64.9	38.7				384.0	482

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Castenaso
Frullo
Castenaso
Viel & Sangiorgi
13-Jan-09

Falda

2.2 m

Sigla della Punta
Azzeramento
Ultimo taratura guadagno
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707
Inizio prova
12-gen-2008
4-ago-2008

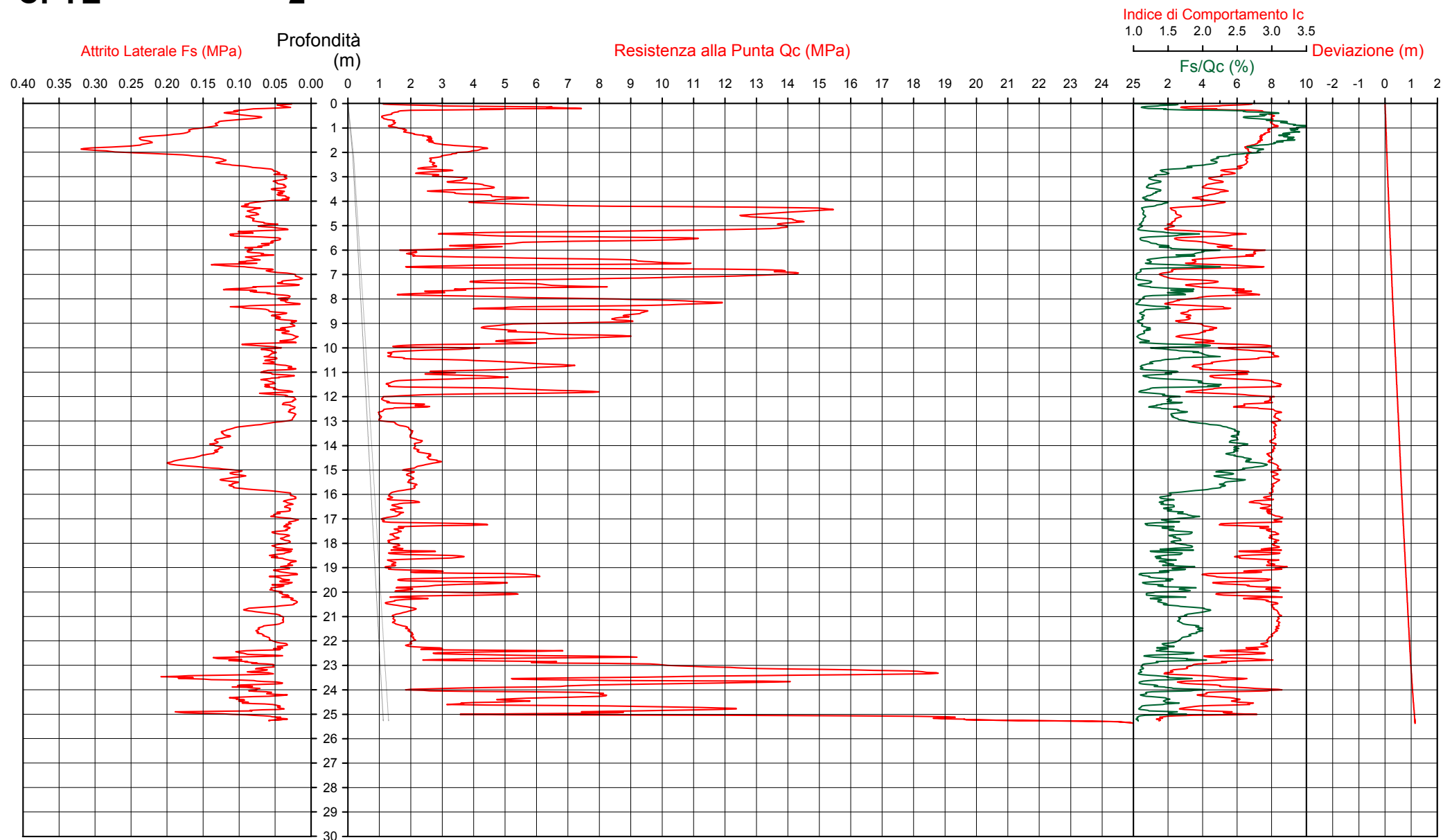


**Società di
Geologia
Territoriale**

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com

CPTE

2



CPTe

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

2

13-Jan-09
Fullio
Castenaso
Castenaso
2.20

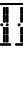
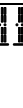
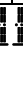
Oc		Oc-IN		Fs	Fs/Cinet	lc	Robertson 1990	H	L itologia grafica		Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)		Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione	OCR	Modulo Edometrico	Velocità Vs
Oc-IN		Oc-IN		ds & Bv	ds & Bv	ds & Bv	ds & Bv	ds & Bv	ds & Bv		ds & Bv	ds & Bv		ds & Bv	ds & Bv	ds & Bv	ds & Bv	ds & Bv	ds & Bv
42.3	72.0	0.40		1.4	2.12	sabbia limosa-limo sabbioso	0.20					Molto addensata		56.1	44.9			147.7	164
31.9	54.2	0.94	3.6	2.47	sabbia limosa-limo sabbioso	0.30						Addensata		46.8	41.5			185.4	275
14.6	24.8	1.24	8.5	2.99	argilla-argilla limosa							Plastica				0.87	21.43	77.8	167
25.8	43.9	2.22	8.7	2.83	limo argilloso-argilla limosa	1.20						Solido-plastica (Duro)				1.25		136.8	240
40.2	66.9	2.85	7.2	2.65	terreni duri a grana fine	1.70						fortemente sovraconsolidato				1.58		221.2	318
28.6	46.9	1.47	5.2	2.64	limo argilloso-argilla limosa	2.00						Solido-plastica (Duro)				1.33		163.1	256
30.5	46.5	0.53	1.9	2.32	sabbia limosa-limo sabbioso	2.50												121.5	254
44.1	61.9	0.37	0.8	2.03	sabbia-sabbia limosa	3.30						Mediamente Addensata		51.2	37.4			140.0	276
38.4	53.9	0.43	1.2	2.17	sabbia limosa-limo sabbioso	3.40						Mediamente Addensata		46.6	36.7			129.3	273
53.3	70.7	0.32	0.6	1.91	sabbia-sabbia limosa	3.80						Mediamente Addensata		55.5	38.2			164.6	289
52.1	68.2	0.73	1.5	2.14	sabbia limosa-limo sabbioso	3.90						Mediamente Addensata		54.4	38.0			186.1	305
136.3	153.4	0.72	0.5	1.59	sabbia-sabbia limosa	4.20						Addensata		81.1	42.3			417.4	338
47.7	58.3	0.98	2.4	2.33	sabbia limosa-limo sabbioso	5.20						Mediamente Addensata		49.2	37.1			226.0	303
83.5	96.0	0.56	0.8	1.84	sabbia-sabbia limosa	5.40						Mediamente Addensata		65.7	39.7			263.6	327
38.5	46.6	0.73	2.2	2.37	sabbia limosa-limo sabbioso	5.70						Mediamente Addensata		41.8	35.9			171.2	293
20.5	25.6	0.76	3.9	2.74	limo argilloso-argilla limosa	6.00						Solido-plastica (Duro)				1.09		119.1	209
31.1	37.3	0.78	2.8	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso	6.20						Socia		34.4	34.8			171.2	271
87.0	96.6	0.97	1.7	1.95	sabbia-sabbia limosa	6.30						Mediamente Addensata		65.9	39.6			289.4	338
27.4	32.3	1.07	4.4	2.71	limo argilloso-argilla limosa	6.70						Solido-plastica (Duro)				1.30		157.9	250
111.1	119.3	0.61	0.8	1.76	sabbia-sabbia limosa	6.90						Mediamente Addensata		72.8	40.7			352.0	351
131.6	139.8	0.26	0.2	1.42	ghiaia-sabbia	7.10						Addensata		78.1	41.5			395.8	363
83.6	90.7	0.14	0.2	1.59	sabbia-sabbia limosa	7.10						Mediamente Addensata		63.8	39.3			251.2	344
43.4	48.5	0.35	0.9	2.12	sabbia limosa-limo sabbioso	7.30						Mediamente Addensata		43.1	36.1			138.1	317
61.8	67.3	0.39	0.7	1.93	sabbia-sabbia limosa	7.50						Mediamente Addensata		54.0	37.8			191.5	332
40.5	44.5	0.92	2.7	2.45	sabbia limosa-limo sabbioso	7.70						Mediamente Addensata		40.3	35.7			209.7	311
25.3	28.0	0.62	2.7	2.61	limo argilloso-argilla limosa	7.80						Solido-plastica (Duro)				1.24		131.3	238
29.6	32.4	0.36	1.7	2.42	sabbia limosa-limo sabbioso	7.90						Socia		29.8	34.2			111.9	253
94.3	98.6	0.40	0.5	1.71	sabbia-sabbia limosa							Mediamente Addensata		66.5	39.6			287.5	357
47.4	50.1	0.93	2.0	2.34	sabbia limosa-limo sabbioso	8.30						Mediamente Addensata		44.2	36.3			198.1	353
81.3	83.5	0.40	0.5	1.81	sabbia-sabbia limosa	8.40						Mediamente Addensata		61.1	38.8			248.5	356
46.5	47.2	0.37	0.8	2.12	sabbia limosa-limo sabbioso	9.10						Mediamente Addensata		42.2	36.0			147.1	335
64.5	64.5	0.29	0.5	1.89	sabbia-sabbia limosa	9.30						Mediamente Addensata		52.5	37.5			197.0	352
30.2	29.6	0.67	2.9	2.61	limo argilloso-argilla limosa	9.80						Semi solida (Molto duro)				1.37		167.0	261

CPTe

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

2

13-Jan-09
Fullio
Castenaso
Castenaso
2,20

Qc	Qc-IN	Fs	Fs/Onet	lc Robert	Litologia Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda	Addegnamento (Sabbia)	Densità	Angolo	Coesione	OCR	Modulo	Velocità Vs
	lides & Bq	dalNcmq	%	calcolato da Qc-IN lides	basato su F r e Qc-IN	m		idrica	Consistenza (Argilla)	Relativa Trasversa 1990	Attrito Kulhawy & Mayne	Bertassi dalNcmq	Robertson	Edometrico Bertassi dalNcmq	Baldi (sabbie), Mayne & Rix (argille) m/sec
15.6	15.1	0.52	3.9	2.92	limo argilloso-argilla limosa	10.10			Plastica			0.91		90.7	176
13.9	13.3	0.57	4.8	3.02	argilla-argilla limosa	10.20			Plastica			0.83	2.27	79.5	163
36.7	35.2	0.54	1.8	2.44	sabbia limosa-limo sabbioso	10.40			Soclia	32.5	34.6			144.9	282
61.1	58.6	0.37	0.6	1.98	sabbia-sabbia limosa	10.60			Mediamente Addegnata	49.4	37.0			188.9	359
35.2	32.9	0.52	1.7	2.42	sabbia limosa-limo sabbioso	10.90			Soclia	30.3	34.3			135.8	290
14.3	12.8	0.58	4.9		argilla-argilla limosa	11.30			Plastica			0.85	2.12	81.6	166
58.8	54.4	0.47	1.0	2.09	sabbia limosa-limo sabbioso	11.60			Mediamente Addegnata	46.9	36.7			189.7	363
17.4	15.4	0.35	2.5	2.80	limo argilloso-argilla limosa	12.00			Plastica			0.98		85.0	189
11.4	9.8	0.24	2.6	2.97	argilla-argilla limosa	12.20			Plastica			0.72	1.53	57.1	144
18.6	16.1	0.30	2.0	2.73	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			1.02		78.5	193
10.4	8.7	0.27	3.3	3.07	argilla-argilla limosa	12.50			Plastica			0.67	1.30	60.8	137
															
17.1	14.2	0.83	5.5	3.04	argilla-argilla limosa	13.00			Plastica			0.96	2.29	96.7	185
21.4	17.4	1.27	6.7	3.03	argilla-argilla limosa	13.30			Solido-Plastica (Duro)			1.12	2.83	118.7	214
															
26.1	21.0	1.47	6.3	2.95	limo argilloso-argilla limosa	14.30			Solido-Plastica (Duro)			1.26		146.4	243
22.2	17.2	1.35	6.9	3.04	argilla-argilla limosa	14.40			Solido-Plastica (Duro)			1.14	2.72	122.7	217
															
16.2	11.9	0.55	3.9	3.00	argilla-argilla limosa	15.70			Plastica			0.93	1.79	93.8	178
13.5	9.7	0.24	2.3	2.94	limo argilloso-argilla limosa	16.10			Plastica			0.82		61.9	161
13.2	9.4	0.25	2.4	2.97	argilla-argilla limosa	16.20			Plastica			0.80	1.36	63.4	158
17.1	12.3	0.32	2.4	2.86	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			0.97		79.8	185
															
13.9	9.7	0.37	3.4	3.04	argilla-argilla limosa	16.60			Plastica			0.84	1.39	81.2	162
															
30.4	22.4	0.33	1.5	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso	17.10			Soclia	17.7	32.8			110.3	267
15.2	10.3	0.39	3.3	3.01	argilla-argilla limosa	17.30			Plastica			0.89	1.46	86.5	172
															
18.2	12.3	0.34	2.6	2.89	limo argilloso-argilla limosa	18.20			Plastica			1.01		93.3	193
															
30.1	21.1	0.49	2.0	2.64	limo argilloso-argilla limosa	18.40			Semi solida (Molto duro)			1.37		126.1	263
15.1	9.8	0.33	3.0	3.01	argilla-argilla limosa	18.60			Plastica			0.89	1.36	87.0	171
															
26.5	17.9	0.39	1.8	2.66	limo argilloso-argilla limosa	19.10			Solido-Plastica (Duro)			1.27		103.8	245
54.1	39.5	0.36	0.8	2.16	sabbia limosa-limo sabbioso	19.20			Mediamente Addegnata	36.3	35.3			169.4	387
18.2	11.8	0.37	2.6	2.90	limo argilloso-argilla limosa	19.40			Plastica			1.01		90.8	194
37.7	26.2	0.38	1.3	2.44	sabbia limosa-limo sabbioso	19.70			Soclia	22.8	33.6			130.2	306
21.3	13.8	0.48	3.1	2.89	limo argilloso-argilla limosa	20.00			Solido-Plastica (Duro)			1.12		127.2	213

CPTe

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

2

13-Jan-09
Fullio
Castenaso
Castenaso
2.20



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas.
di Ven Zuphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo05.com

Vs25
240

Qc	Qc-IN	Fs	Fs/Qnet	lc	Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addegnamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione	OCR	Modulo	Velocità Vs
Qc	Idris & Belding	Idris & Belding	%	calcolato da Qc-IN Idris	basato su F r e Qc-IN Idris	m				%	Kulhawy & Mayne	Banassi	Robertson	Banassi	Baird (sabbie), Mayne & Rix (argille)
50.7	35.8	0.39	0.8	2.23	sabbia limosa-limo sabbioso	20.10		Mediamente Addensata		33.1	34.9			160.4	402
20.6	13.1	0.31	2.0	2.80	limo argilloso-argilla limosa	20.30		Solido-Plastica (Duro)				1.09		86.4	209
16.9	10.3	0.53	3.8	3.04	argilla-argilla limosa			Plastica				0.96	1.42	97.9	182
14.6	8.6	0.40	3.7	3.10	argilla-argilla limosa	20.90		Plastica				0.86	1.14	84.6	168
17.7	10.6	0.63	4.5	3.08	argilla-argilla limosa	21.20		Plastica				0.99	1.44	101.7	189
20.5	12.3	0.65	3.9	2.99	argilla-argilla limosa	21.60		Solido-Plastica (Duro)				1.09	1.70	118.6	209
21.5	12.8	0.45	2.6	2.87	limo argilloso-argilla limosa	21.90		Solido-Plastica (Duro)				1.12		108.9	213
44.7	29.4	0.76	2.2	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso	22.30		Sciolti		26.6	34.1			199.2	333
57.3	39.1	1.02	2.4	2.46	sabbia limosa-limo sabbioso	22.60		Mediamente Addensata		36.0	35.3			270.0	376
110.2	83.3	0.58	0.5	1.82	sabbia-sabbia limosa	23.10		Mediamente Addensata		61.0	38.4			338.0	459
167.0	138.9	0.80	0.5	1.61	sabbia-sabbia limosa	23.40		Mediamente Addensata		77.8	40.3			510.7	486
77.1	54.0	1.57	2.3	2.35	sabbia limosa-limo sabbioso	23.60		Mediamente Addensata		46.7	36.6			353.2	473
109.8	82.3	0.64	0.7	1.86	sabbia-sabbia limosa	23.80		Mediamente Addensata		60.6	38.3			341.1	461
45.1	28.8	0.78	2.6	2.60	sabbia limosa-limo sabbioso	24.10		Sciolti		25.9	34.0			228.3	316
81.2	56.0	0.48	0.6	2.00	sabbia-sabbia limosa	24.20		Mediamente Addensata		47.8	36.8			250.8	447
59.0	38.3	0.91	1.8	2.39	sabbia limosa-limo sabbioso	24.50		Mediamente Addensata		35.3	35.2			230.5	392
36.7	21.7	0.69	2.2	2.63	limo argilloso-argilla limosa	24.80		Semi solida (Molto duro)				1.51		160.9	301
105.2	76.4	0.46	0.5	1.83	sabbia-sabbia limosa	25.10		Mediamente Addensata		58.1	38.0			320.8	464
73.8	49.7	1.32	2.1	2.35	sabbia limosa-limo sabbioso	25.00		Mediamente Addensata		43.9	36.3			313.1	431
168.3	137.5	0.60	0.4	1.56	sabbia-sabbia limosa	25.10		Mediamente Addensata		77.5	40.2			510.1	496
210.5	172.2	0.49	0.2	1.38	ghiaia-sabbia			Addensata		84.9	41.2			633.8	511

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Castenaso
Frullo
Castenaso
Viel & Sangiorgi
13-Jan-09

Falda

3.5 m

Sigla della Punta
Azzeramento
Ultimo taratura guadagno
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707
Inizio prova
12-gen-2008
4-ago-2008



Società di
Geologia
Territoriale

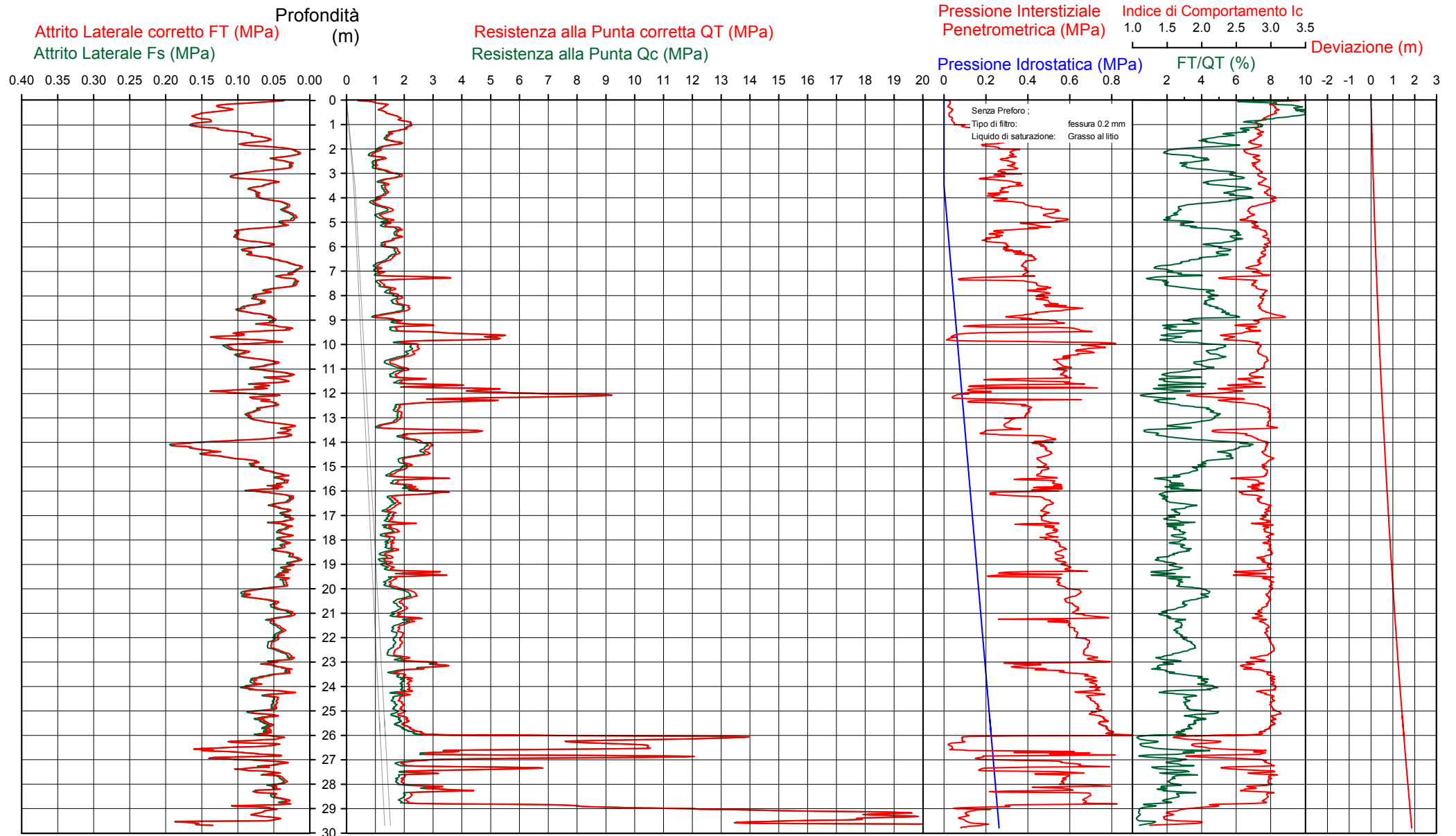
S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com

CPTU

3



CPTU

3

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

13-Jan-09
Fulvio
Castenaso
Castenaso
3.50



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas.
di Ven Zuphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo05.com

Vs29
201

QT	Qc-IN Idrica & Bv	FT dN/mcm %	FTcnet %	lc Robert saturato da Qc-IN Idrica	Litologia Robertson 1990 Usato sul r tra Qc-IN	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Falda Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa % Trascura 1990Kulhawy & May	Angolo Attrito Robertson	Coestione Bertassi dN/mcmq	OCR k=20 Robertson	Modulo Edometrico Bertassi dN/mcmq	Velocità Vs Betti (sabbie), Mayne & Rix (argilli) m/sec
16.8	14.9	0.59	3.9	2.93	limo argilloso-argilla limosa	10.50						0.95		97.1	183
20.5	18.0	0.69	3.7	2.84	limo argilloso-argilla limosa	10.90						1.09		118.9	208
17.6	15.3	0.26	1.8	2.72	limo argilloso-argilla limosa	11.10						0.98		69.1	189
20.8	18.0	0.44	2.4	2.73	limo argilloso-argilla limosa	11.30						1.10		98.8	210
33.0	28.7	0.66	2.4	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso	11.60								156.0	281
50.7	44.7	1.06	2.3	2.40	sabbia limosa-limo sabbioso	12.00								229.1	367
85.7	77.5	0.57	0.7	1.90	sabbia-sabbia limosa	12.10								286.8	391
45.6	39.6	0.64	1.6	2.37	sabbia limosa-limo sabbioso	12.10								170.5	324
18.8	15.3	0.55	3.4	2.87	limo argilloso-argilla limosa	12.40						1.03		109.4	197
18.3	14.7	0.75	4.7	2.98	argilla-argilla limosa	12.60						1.01	2.37	105.0	194
12.4	9.6	0.28	2.8	3.00	argilla-argilla limosa	13.20						0.77	1.45	67.4	152
36.7	30.1	0.33	1.2	2.36	sabbia limosa-limo sabbioso	13.40								122.9	287
25.9	20.2	1.17	4.8	2.86	limo argilloso-argilla limosa	13.60						1.26		148.8	240
23.8	18.1	1.21	5.7	2.97	argilla-argilla limosa	14.60						1.19	2.87	134.3	229
19.8	14.8	0.85	4.9	2.99	argilla-argilla limosa	14.80						1.06	2.31	113.2	204
21.1	15.7	0.72	3.9	2.91	limo argilloso-argilla limosa	14.80						1.11		122.5	213
17.0	12.3	0.44	3.1	2.93	limo argilloso-argilla limosa	15.10						0.96		101.8	185
28.9	21.6	0.41	1.6	2.57	sabbia limosa-limo sabbioso	15.40								107.4	269
18.1	13.0	0.34	2.2	2.83	limo argilloso-argilla limosa	15.70						1.01		80.8	193
24.2	17.5	0.56	2.6	2.76	limo argilloso-argilla limosa	15.70						1.21		124.2	231
31.6	23.3	0.53	1.8	2.57	sabbia limosa-limo sabbioso	16.00								124.4	274
17.7	12.3	0.29	2.0	2.82	limo argilloso-argilla limosa	16.10						0.99		72.9	190
16.0	10.9	0.40	3.0	2.97	argilla-argilla limosa	16.50						0.92	1.59	93.8	178
16.6	11.0	0.34	2.5	2.92	limo argilloso-argilla limosa	16.80						0.95		81.1	182
15.5	9.9	0.34	2.8	2.98	argilla-argilla limosa	17.70						0.90	1.40	83.2	175
14.7	9.1	0.18	1.6	2.88	limo argilloso-argilla limosa	18.60						0.87		54.1	169
15.2	9.4	0.29	2.4	2.97	argilla-argilla limosa	18.90						0.89	1.30	72.7	173
24.8	15.9	0.37	1.9	2.72	limo argilloso-argilla limosa	19.20						1.22		100.9	235
17.0	10.4	0.33	2.4	2.93	limo argilloso-argilla limosa	19.50						0.86		80.8	186
16.3	9.9	0.40	3.0	3.00	argilla-argilla limosa	20.00						0.94	1.37	96.9	180

CPTU

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

3

13-Jan-09
Fullio
Castenaso
Castenaso
3.50



S.G.T. sas.
di Ven Zuphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo05.com

Vs29
201

QT	Qc-IN Idrica & B d4N/m3	FT d4N/m3 %	FTQnet	lc Robert caricato da Qc-IN Idrica	Litologia Robertson 1990 basato su FT e Qc-IN	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addegnamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa % Tassoka 1990	Angolo Attrito (Kulhawy & May Berasi)	Coesione d4N/cm2	OCR k=20 Robertson	Modulo Edometrico Berasi d4N/cm2	Velocità Vs Betti (sabbie), Mayne & Rix (argille) m/sec
23.0	14.3	0.85	4.4	2.97	argilla-argilla limosa	20.20		Solido-plastica (Duro)				1.17	2.05	132.6	224
24.1	14.9	0.87	4.3	2.95	limo argilloso-argilla limosa	20.30		Solido-plastica (Duro)				1.20		139.0	231
19.8	11.9	0.57	3.5	2.97	argilla-argilla limosa	20.60		Plastica				1.07	1.68	115.4	204
19.3	11.5	0.35	2.2	2.87	limo argilloso-argilla limosa	20.60		Plastica				1.05		85.6	201
22.6	13.5	0.48	2.5	2.85	limo argilloso-argilla limosa	21.10		Solido-plastica (Duro)				1.16		112.4	222
18.8	10.8	0.40	2.7	2.94	limo argilloso-argilla limosa	21.40		Plastica				1.03		98.4	198
18.1	10.1	0.45	3.2	3.00	argilla-argilla limosa	21.90		Plastica				1.00	1.36	105.5	192
22.3	12.6	0.33	1.8	2.79	limo argilloso-argilla limosa	22.70		Solido-plastica (Duro)				1.15		87.6	218
29.4	17.1	0.43	1.7	2.67	limo argilloso-argilla limosa	23.00		Solido-plastica (Duro)				1.35		112.0	259
18.5	10.0	0.35	2.4	2.94	limo argilloso-argilla limosa	23.30		Plastica				1.02		87.2	196
21.4	11.7	0.75	4.3	3.04	argilla-argilla limosa	23.60		Solido-plastica (Duro)				1.12	1.57	123.6	215
20.5	11.0	0.38	2.3	2.89	limo argilloso-argilla limosa	24.10		Solido-plastica (Duro)				1.09		94.4	208
19.1	10.0	0.53	3.6	3.04	argilla-argilla limosa	24.30		Plastica				1.04	1.30	111.3	200
20.8	10.8	0.60	3.7	3.02	argilla-argilla limosa	25.20		Solido-plastica (Duro)				1.10	1.41	121.1	211
24.6	12.9	0.56	2.8	2.89	limo argilloso-argilla limosa	25.70		Solido-plastica (Duro)				1.22		134.3	234
91.0	62.0	0.80	1.2	2.10	sabbia limosa-limo sabbioso	25.90		Mediamente Addensata		51.2	37.1			309.8	460
39.2	22.1	0.81	2.8	2.70	limo argilloso-argilla limosa	26.60		Semi solida (Molto duro)				1.56		214.8	310
106.2	73.1	0.94	1.0	1.99	sabbia-sabbia limosa	26.90		Mediamente Addensata		56.6	37.8			345.0	479
29.7	15.8	0.71	2.8	2.84	limo argilloso-argilla limosa	27.10		Solido-plastica (Duro)				1.36		159.2	263
19.7	9.6	0.42	2.8	3.00	argilla-argilla limosa	27.20		Plastica				1.06	1.21	106.9	203
47.8	27.4	0.76	2.1	2.65	sabbia limosa-limo sabbioso	27.40		Socia		24.3	33.9			204.6	362
21.4	10.4	0.44	2.7	2.96	argilla-argilla limosa			Solido-plastica (Duro)				1.12	1.32	111.7	213
32.4	16.7	0.56	2.1	2.73	limo argilloso-argilla limosa	28.00		Semi solida (Molto duro)				1.42		139.4	277
22.4	10.7	0.51	2.9	2.96	argilla-argilla limosa	28.30		Solido-plastica (Duro)				1.15	1.36	127.9	221
21.1	9.9	0.34	2.1	2.91	limo argilloso-argilla limosa	28.50		Solido-plastica (Duro)				1.11		91.1	213
32.3	16.7	0.32	1.5	2.66	limo argilloso-argilla limosa	28.70		Semi solida (Molto duro)				1.42		116.3	277
79.5	48.6	0.83	1.1	2.18	sabbia limosa-limo sabbioso	28.80		Mediamente Addensata		43.2	36.2			263.4	469
160.5	122.6	0.64	0.4	1.64	sabbia-sabbia limosa			Mediamente Addensata		73.8	39.6			461.7	513
162.9	144.3	0.46	0.3	1.46	ghiaia-sabbia	29.30		Mediamente Addensata		79.1	40.2			551.1	525
155.4	115.5	1.22	0.9	1.78	sabbia-sabbia limosa	29.40		Mediamente Addensata		71.8	39.4			493.7	515
305.3	280.3	1.49	0.5	1.40	ghiaia-sabbia	29.60		Addensata		>90	42.6			936.1	563

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Castenaso
Ponte Ferrovia
Castenaso
Viel & Sangiorgi
13-Jan-09

Falda

8.2 m chiuso a 8.00m

Sigla della Punta
Azzeramento
Ultimo taratura guadagno
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707
Inizio prova
12-gen-2008
4-ago-2008

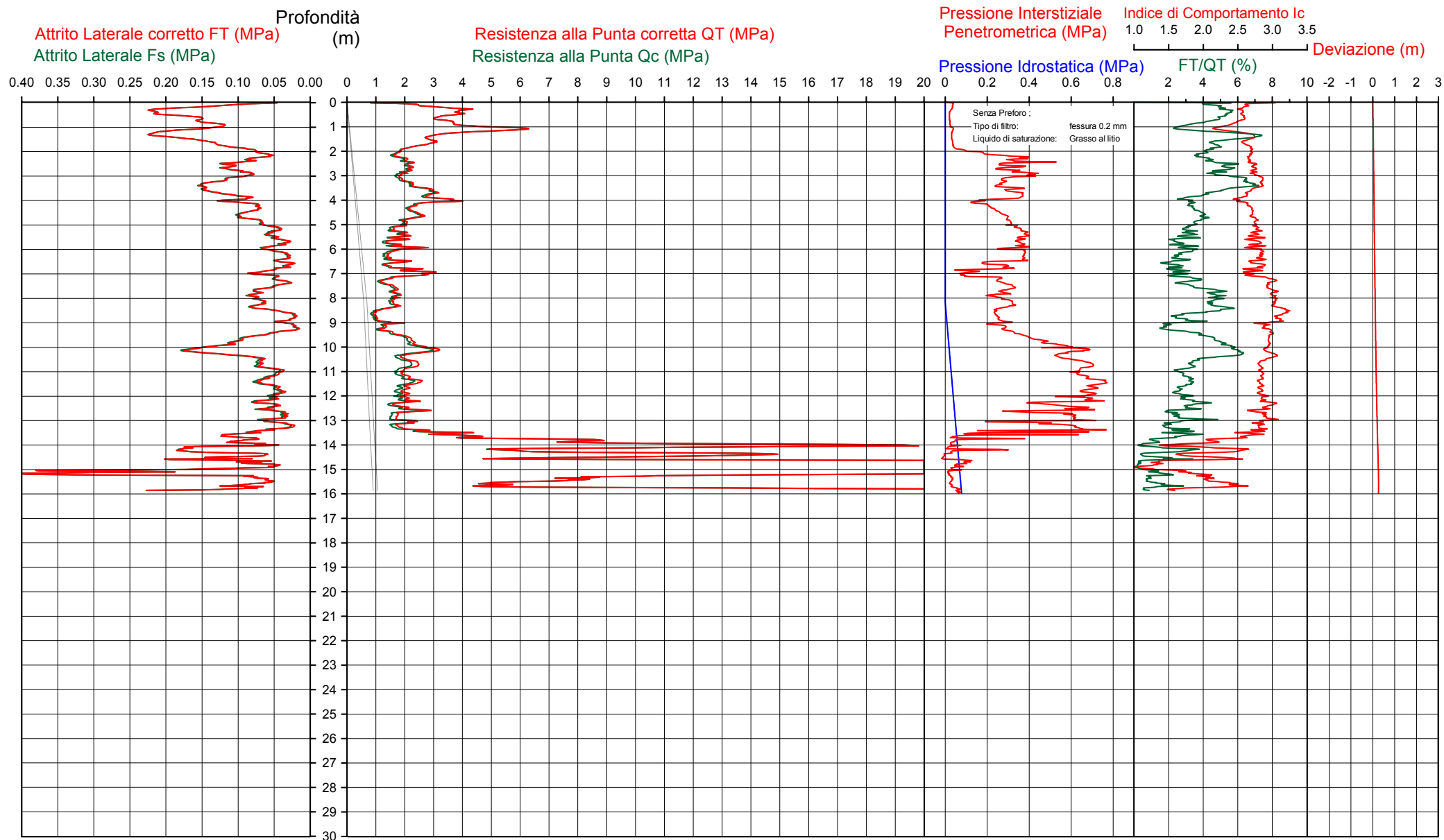


Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com

CPTU

4



CPTU

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

13-Jan-09
Ponte Ferrovia
Castenaso
Castenaso
8.20
chiuso a 8.00m

4



Società di
Geologia
Territoriale

S.G.T. sas.
di Ven Zuphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo05.com

Vs16
225

QT	Qc-IN Idras & Bv	FT d4N/mq %	FTQnet %	lc Robert saturato da Qc-IN Idras	Litologia Robertson 1990 basato su FT e Qc-IN	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Adensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa % Tabulosa 1990/Kulhawy & May Bennasi	Angolo Attrito Bennasi	Coesione d4N/cm ²	OCR h=20 Robertson	Modulo Edometrico Baldi d4N/cm ²	Velocità Vs Baldi (sabbie), Mayne & Rix (argille) m/sec
23.6	40.1	1.08	4.6	2.67	limo argilloso-argilla limosa	0.20		Solido-plastica (Duro)				1.19		135.4	223
41.0	69.7	1.70	4.3	2.46	sabbia limosa-limo sabbioso	0.20		Mediante Addensata	55.1	40.3				236.3	297
30.8	52.4	1.90	6.2	2.67	limo argilloso-argilla limosa	1.20		Semi solida (Molto duro)			1.38			172.9	268
29.6	50.4	1.32	4.5	2.58	sabbia limosa-limo sabbioso	1.70		Mediante Addensata	44.4	36.7				170.5	263
23.3	39.6	1.10	4.8	2.67	limo argilloso-argilla limosa	1.90		Solido-plastica (Duro)			1.18			133.4	225
18.1	30.7	0.68	3.8	2.68	limo argilloso-argilla limosa			Plastica			1.00			104.9	193
21.5	33.9	1.00	4.8	2.71	limo argilloso-argilla limosa	2.30		Solido-plastica (Duro)			1.12			123.2	215
18.7	27.5	1.00	5.5	2.82	limo argilloso-argilla limosa	2.90		Plastica			1.03			106.3	197
26.4	34.8	1.37	5.5	2.74	limo argilloso-argilla limosa	3.20		Solido-plastica (Duro)			1.27			150.1	243
32.7	39.7	0.96	3.1	2.54	sabbia limosa-limo sabbioso	3.80		Mediante Addensata	36.5	35.1				197.5	278
22.9	26.2	0.79	3.6	2.71	limo argilloso-argilla limosa	4.10		Solido-plastica (Duro)			1.17			133.0	223
17.7	18.1	0.45	2.7	2.77	limo argilloso-argilla limosa	5.00		Plastica			0.99			93.7	189
23.6	22.7	0.65	2.9	2.71	limo argilloso-argilla limosa	5.90		Solido-plastica (Duro)			1.19			134.3	228
16.1	14.6	0.36	2.4	2.81	limo argilloso-argilla limosa	6.00		Plastica			0.83			75.7	178
23.1	19.9	0.59	2.8	2.74	limo argilloso-argilla limosa	6.90		Solido-plastica (Duro)			1.17			123.7	220
12.5	10.2	0.36	3.1	3.00	argilla-argilla limosa	7.20		Plastica			0.78		1.73	73.3	153
16.0	12.8	0.48	3.3	2.93	limo argilloso-argilla limosa	7.40		Plastica			0.92			93.2	178
16.3	12.5	0.71	4.8	3.04	argilla-argilla limosa	7.60		Plastica			0.94		2.09	93.6	180
9.6	6.8	0.30	3.7	3.18	argilla-argilla limosa	8.50		Molle-plastica (Soffice)			0.63		1.06	55.7	129
11.3	8.0	0.29	2.9	3.07	argilla-argilla limosa	8.70		Plastica			0.71		1.29	63.6	142
13.5	9.6	0.21	1.7	2.89	limo argilloso-argilla limosa	9.00		Plastica			0.82			52.0	160
15.7	11.1	0.47	3.3	2.98	argilla-argilla limosa	9.30		Plastica			0.91		1.81	91.4	176
23.0	16.5	1.03	4.8	2.95	limo argilloso-argilla limosa	9.50		Solido-plastica (Duro)			1.17			131.6	223
						10.00									

H2C

4

13-Jan-09
Ponte Ferrovia
Castenaso
Castenaso
8.20

Vs16	
225	

S.G.T. sas.
di Van Zulphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com

QT	Gc-IN Innes & B.	FT den/ing	FTQnet %	lc Robert den/ing %	Litologia Robertson 1990 basato su F + v Gc-IN	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa Tasduka 1990	Angolo Attrito Kulhavy & Mayne	Coesione Benassi den/ing	OCR Robertson	Modulo Edometrico Benassi	Velocità Vs Baldi (sabbie) Mayne & Rix (argille) inase
30.5	22.3	1.63	5.7	2.90	limo argilloso-argilla limosa	10.20			Semi solida (Mollo duro)			1.38		172.8	268
21.4	15.0	1.13	5.7	3.03	argilla-argilla limosa	10.40			Solido-plastica (Duro)			1.12	2.42	121.1	213
19.7	13.6	0.66	3.7	2.94	limo argilloso-argilla limosa	10.50			Plastica			1.06		114.4	204
23.3	16.2	0.65	3.0	2.83	limo argilloso-argilla limosa				Solido-plastica (Duro)			1.18		138.1	226
19.2	13.0	0.40	2.3	2.84	limo argilloso-argilla limosa	10.90			Plastica			1.04		88.7	200
21.4	14.3	0.52	2.7	2.84	limo argilloso-argilla limosa	11.10			Solido-plastica (Duro)			1.12		110.8	214
18.5	11.9	0.58	3.5	2.98	argilla-argilla limosa	12.40			Plastica			1.02	1.84	107.9	195
23.3	15.2	0.55	2.7	2.82	limo argilloso-argilla limosa	12.60			Solido-plastica (Duro)			1.18		122.1	224
17.9	11.3	0.35	2.2	2.88	limo argilloso-argilla limosa				Plastica			1.00		80.3	191
21.4	13.6	0.53	2.8	2.87	limo argilloso-argilla limosa	12.90			Solido-plastica (Duro)			1.12		116.5	214
18.0	11.1	0.26	1.7	2.82	limo argilloso-argilla limosa	13.10			Plastica			1.00		67.9	192
31.6	20.7	0.83	2.9	2.74	limo argilloso-argilla limosa	13.30			Semi solida (Mollo duro)			1.40		178.1	270
67.3	48.8	0.95	1.6	2.29	sabbia limosa-limo sabbioso	13.60			Medamente Addensata	43.3	36.2			252.0	391
161.7	137.6	0.59	0.4	1.56	ghiaie-sabbia	13.90			Medamente Addensata						
141.5	117.2	1.46	1.2	1.89	sabbia-sabbia limosa	14.00			Medamente Addensata	77.5	40.4			490.2	473
66.3	47.4	1.67	2.9	2.45	sabbia limosa-limo sabbioso	14.10			Medamente Addensata	72.2	39.7			474.2	466
121.5	96.5	0.87	0.8	1.85	sabbia-sabbia limosa	14.30			Medamente Addensata	42.4	36.1			386.9	431
86.5	65.8	1.46	2.1	2.28	sabbia limosa-limo sabbioso	14.50			Medamente Addensata	65.8	38.9			385.6	458
280.9	275.7	0.87	0.3	1.25	ghiaie-sabbia	14.60			Medamente Addensata	53.2	37.3			367.4	515
182.8	161.0	2.61	1.4	1.89	sabbia-sabbia limosa	15.00			Medamente Addensata	>90	42.9			847.9	513
62.3	42.3	0.73	1.3	2.27	sabbia limosa-limo sabbioso	15.30			Medamente Addensata	82.7	40.8			645.4	484
									Medamente Addensata	38.6	35.6			216.6	399
166.1	140.7	1.00	0.7	1.71	sabbia-sabbia limosa	15.70			Medamente Addensata						
279.2	234.5	1.90	0.8	1.55	ghiaie-sabbia	15.80			Adensata	78.3	40.3			515.1	486
									Adensata	>90	42.8			875.6	520

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Castenaso
Cà Belfiore
Madonna di Castenaso
Viel & Sangiorgi
15-gen-09

Falda

8.2 m

Sigla della Punta
Azzeramento
Ultimo taratura guadagno
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707
Inizio prova
12-gen-2008
4-ago-2008



**Società di
Geologia
Territoriale**

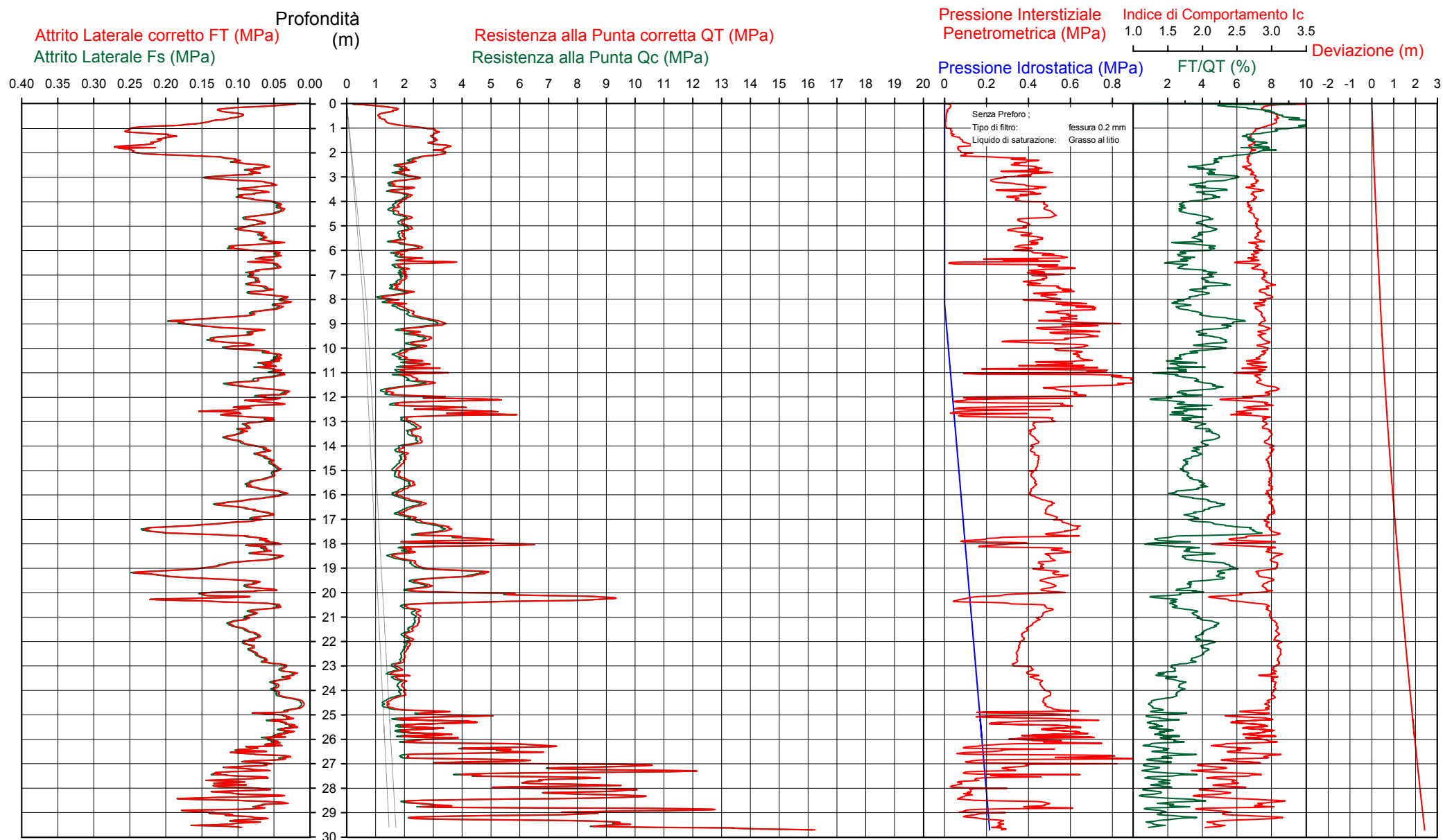
S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com

CPTU

5



Vs29
231

[illegible]

CPTU

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

5

15 gennaio 2009
Ca Belfiore
Madonna di Castenaso
Castenaso
8,20



S.G.T. sas.
di Ven Zuphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo55.com

Vs29
231

QT	Qc-IN lonas & Bc	FT dabNong %	FTQnet %	lc Robert sancatoct Qc-IN RRS	Litologia Robertson 1990 basato su r r e qc-IN	H m	Litologia grafica	Falda idrica	Adensamento (Sabbia) Consistenza (Argilla)	Densità Relativa % Tassoka 1990(Kulraway & Ma)	Angolo Attrito & Ma Berasai	Coesione Berasai dabNcmq	OCR b-20 Robertson	Modulo Edometrico Berasai dabNcmq	Velocità Vs Betti (sabbie), Mayne & Rix (argilli) m/sec
72.4	46.0	1.45	2.2	2.39	sabbia limosa-limo sabbioso			Mediamente Addensata		41.4	36.0			321.0	442
								Solido-plastica (Duro)				1.18		118.5	225
23.3	11.8	0.51	2.6	2.91	limo argilloso-argilla limosa	20.40		Solido-plastica (Duro)				1.23	1.73	143.8	236
24.9	12.6	0.90	4.3	3.00	argilla-argilla limosa	20.70		Solido-plastica (Duro)							
21.5	10.3	0.81	4.6	3.10	argilla-argilla limosa	21.30		Solido-plastica (Duro)				1.12	1.39	123.6	215
								Plastica				1.00	1.07	103.2	192
18.1	8.2	0.42	2.9	3.06	argilla-argilla limosa	22.70		Plastica							
								Plastica				1.02		69.7	196
18.6	8.4	0.23	1.6	2.93	limo argilloso-argilla limosa	23.40		Plastica				1.03	1.11	100.7	198
18.9	8.5	0.41	2.7	3.03	argilla-argilla limosa			Plastica							
								Plastica				1.06	1.14	106.8	203
19.6	8.7	0.43	2.8	3.03	argilla-argilla limosa	23.80		Plastica							
								Plastica				0.87	0.76	48.9	170
14.8	6.2	0.12	1.1	2.96	argilla-argilla limosa	24.30		Plastica							
								Solido-plastica (Duro)				1.23		87.4	226
24.9	11.5	0.27	1.4	2.79	limo argilloso-argilla limosa	24.70		Solido-plastica (Duro)				1.34		140.3	260
29.1	13.6	0.57	2.5	2.83	limo argilloso-argilla limosa	25.90		Solido-plastica (Duro)				1.06	1.09	82.1	203
40.8	20.5	0.32	0.9	2.47	sabbia limosa-limo sabbioso	25.10		Solido-plastica (Duro)				1.06	1.09	82.1	203
19.6	8.5	0.31	2.0	2.96	argilla-argilla limosa	25.20		Solido-plastica (Duro)				1.28		93.1	243
39.5	19.5	0.45	1.4	2.56	sabbia limosa-limo sabbioso	25.30		Solido-plastica (Duro)							
26.9	12.3	0.28	1.3	2.74	limo argilloso-argilla limosa	25.60		Plastica				1.06	1.08	81.4	204
								Solido-plastica (Duro)				1.35		118.3	269
19.8	8.5	0.30	2.0	2.96	argilla-argilla limosa	25.70		Solido-plastica (Duro)				1.17	1.30	122.9	225
29.3	13.5	0.45	1.9	2.78	limo argilloso-argilla limosa			Solido-plastica (Duro)							
								Solido-plastica (Duro)							
23.1	10.1	0.50	2.7	2.97	argilla-argilla limosa	26.10		Solido-plastica (Duro)							
53.0	27.6	0.74	1.7	2.50	sabbia limosa-limo sabbioso	26.00		Solido-plastica (Duro)							
								Solido-plastica (Duro)							
23.8	10.3	0.40	2.2	2.91	limo argilloso-argilla limosa	26.60		Solido-plastica (Duro)				1.19		106.0	228
58.2	30.3	0.64	1.2	2.37	sabbia limosa-limo sabbioso	26.80		Solido-plastica (Duro)							
43.2	21.2	0.69	2.0	2.63	limo argilloso-argilla limosa	26.90		Solido-plastica (Duro)				1.64		196.6	402
93.9	56.9	0.80	1.0	2.09	sabbia limosa-limo sabbioso	27.00		Solido-plastica (Duro)						302.9	495
								Solido-plastica (Duro)							
79.1	46.2	1.23	1.9	2.36	sabbia limosa-limo sabbioso	27.30		Solido-plastica (Duro)							
43.4	20.7	1.18	3.1	2.75	limo argilloso-argilla limosa	27.50		Solido-plastica (Duro)				1.64		317.2	487
79.3	44.2	0.96	1.4	2.27	sabbia limosa-limo sabbioso			Solido-plastica (Duro)						281.7	334
								Solido-plastica (Duro)						276.8	470
								Solido-plastica (Duro)							
								Solido-plastica (Duro)							
48.1	23.6	1.49	3.8	2.79	limo argilloso-argilla limosa	28.40		Solido-plastica (Duro)				1.72		278.5	356
21.3	8.6	0.52	3.2	3.06	argilla-argilla limosa	28.60		Solido-plastica (Duro)				1.12	1.07	124.5	214
34.3	15.3	0.63	2.3	2.79	limo argilloso-argilla limosa			Solido-plastica (Duro)				1.47		157.7	266
118.8	74.2	1.08	0.9	1.99	sabbia-sabbia limosa	28.80		Solido-plastica (Duro)						382.1	517
63.8	46.4	1.36	1.8	2.33	sabbia limosa-limo sabbioso	28.90		Solido-plastica (Duro)						324.6	503
33.9	15.0	0.82	3.2	2.89	limo argilloso-argilla limosa	29.10		Solido-plastica (Duro)				1.45		197.8	286
91.8	51.8	1.08	1.3	2.19	sabbia limosa-limo sabbioso	29.30		Solido-plastica (Duro)						313.5	503

Comune
Via
Localita'
Committente
Data

Castenaso
Campo Sportivo
Predio Villanova
Viel & Sangiorgi
28-apr-08

Falda

6.4 m

Sigla della Punta
Azzeramento
Ultimo taratura guadagno
Ultimo taratura per deriva termica

Tecnopenta 100707
Inizio prova
7-gen-2008
7-gen-2008



**Società di
Geologia
Territoriale**

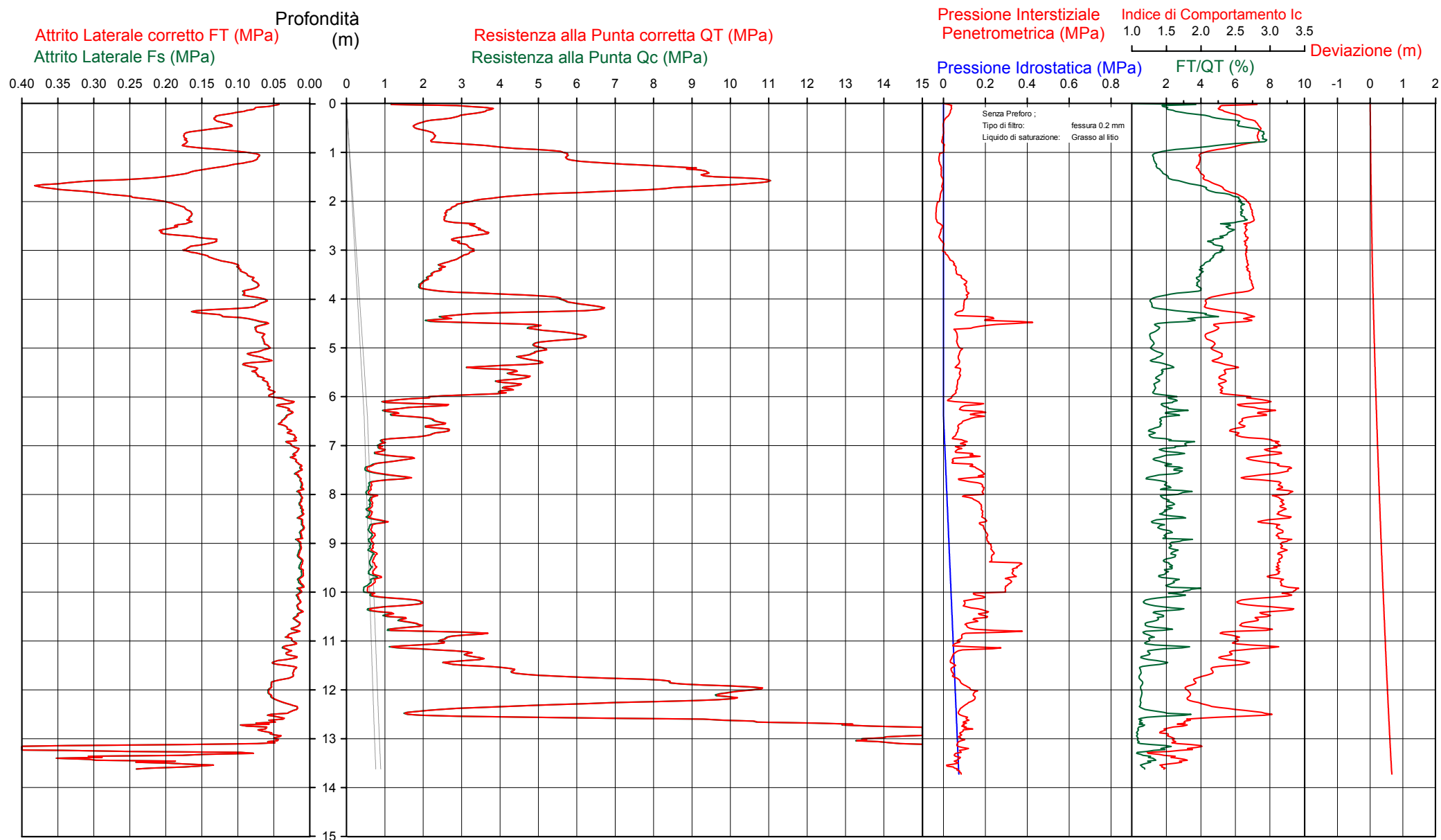
S.G.T. sas
di Van Zutphen Albert & C.

Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)

www.geo55.com

CPTU

1



CPTU

1

Data
Cantiere / Via
Località
Comune
Profondità falda idrica m.

28 aprile 2008
Campo Sportivo
Piedò Villanova
Castenaso
6.40



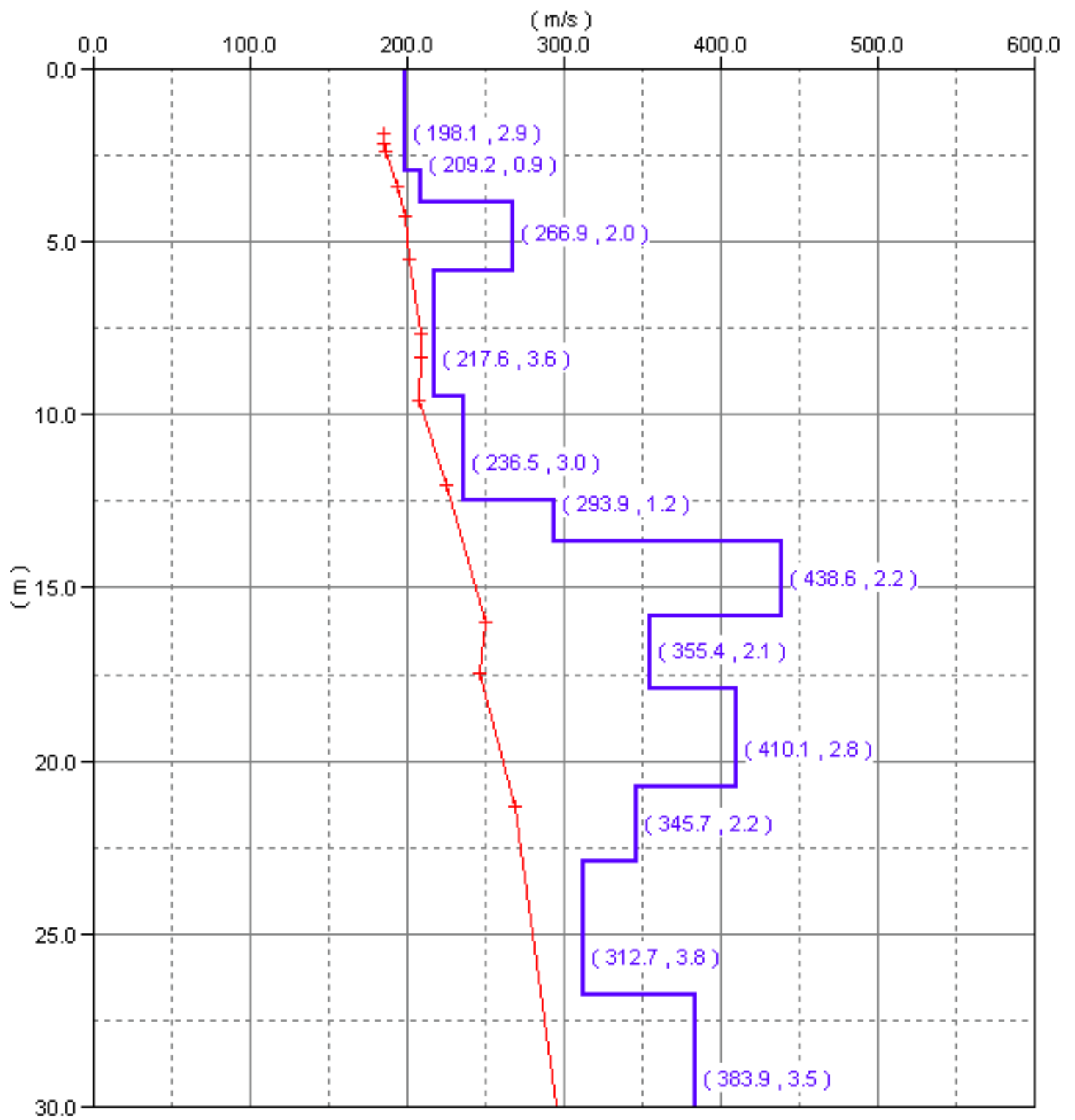
S.G.T. sas.
di Veni Zuphen Albert & C.
Via Matteotti 50
48012 Bagnacavallo (RA)
www.geo05.com

Casternaso															
6.40															
Profondità falda idrica m.															
QT	Qc-IN	FT	FTQnet	lc Robert	Litologia Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda idrica	Addensamento (Sabbia)	Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione	OCR	Modulo	Velocità Vs
Idras & Br	Idras & Br	daN/cm²	%	calcolato co Qc-IN idras	basato su F r + s Qc-IN	m			Consistenza (Argilla)	%	Kulhawy & Mayne	daN/cm²	Robertson	Edometrico Kulhawy & Mayne	Baldi (sabbie), Mayne & Rix (arg)
31.5	53.5	0.93	3.1	2.43	sabbia limosa-limo sabbioso			Addensata		46.4	42.6			259.5	272
21.1	35.9	1.48	7.0	2.82	limo argilloso-argilla limosa	0.30		Solido-plastica (Duro)				1.11		173.3	212
43.7	74.3	1.42	3.6	2.36	sabbia limosa-limo sabbioso	0.80		Mediamente Addensata		57.2	40.0			359.2	247
64.7	106.1	0.86	1.3	1.97	sabbia-sabbia limosa	1.00		Addensata		69.0	41.3			532.3	230
92.9	134.0	1.68	1.8	1.99	sabbia-sabbia limosa	1.30		Addensata		76.7	42.5			764.2	255
108.1	146.7	2.86	2.5	2.07	sabbia limosa-limo sabbioso	1.60		Addensata		79.7	43.0			889.5	268
75.9	108.8	3.27	4.6	2.37	sabbia densa a sabbia argillos	1.90		fortemente sovraconsolidato		69.8	41.0			623.3	352
35.8	58.6	2.23	6.3	2.64	limo argilloso-argilla limosa	2.00		Semi solida (Molto duro)				1.50		292.1	295
26.8	44.1	1.73	6.5	2.74	limo argilloso-argilla limosa			Solido-plastica (Duro)				1.28		218.1	247
32.0	46.4	1.69	5.3	2.66	limo argilloso-argilla limosa	2.40		Semi solida (Molto duro)				1.41		259.8	275
24.9	33.6	1.03	4.2	2.68	limo argilloso-argilla limosa	3.10		Solido-plastica (Duro)				1.23		200.1	234
19.8	25.7	0.74	3.9	2.74	limo argilloso-argilla limosa	3.60		Plastica				1.06		157.5	204
51.6	59.7	0.93	2.1	2.26	sabbia limosa-limo sabbioso	3.80		Mediamente Addensata		50.0	37.2			420.0	316
27.0	31.4	1.10	4.2	2.70	limo argilloso-argilla limosa	4.30		Solido-plastica (Duro)				1.29		216.4	248
45.6	47.3	0.66	1.6	2.29	sabbia limosa-limo sabbioso			Mediamente Addensata		42.3	36.0			368.2	321
21.3	19.1	0.30	1.5	2.61	limo argilloso-argilla limosa			Solido-plastica (Duro)				1.12		165.9	208
9.1	7.8	0.22	2.8	3.07	argilla-argilla limosa	6.90		Molle-plastica (Soffice)				0.61	1.31	64.8	126
15.7	13.6	0.22	1.5	2.72	limo argilloso-argilla limosa	7.20		Plastica				0.91		118.9	177
7.7	6.4	0.15	2.5	3.12	argilla-argilla limosa	7.30		Molle-plastica (Soffice)				0.53	1.03	52.2	110
14.4	12.2	0.14	1.1	2.69	limo argilloso-argilla limosa	7.60		Plastica				0.86		107.7	167
6.5	5.2	0.11	2.3	3.17	argilla-argilla limosa	7.70		Molle-plastica (Soffice)				0.46	0.79	41.8	102
9.4	7.5	0.10	1.3	2.92	limo argilloso-argilla limosa	8.50		Molle-plastica (Soffice)				0.62		64.6	128
7.0	5.3	0.12	2.3	3.16	argilla-argilla limosa	8.60		Molle-plastica (Soffice)				0.49	0.78	44.0	106

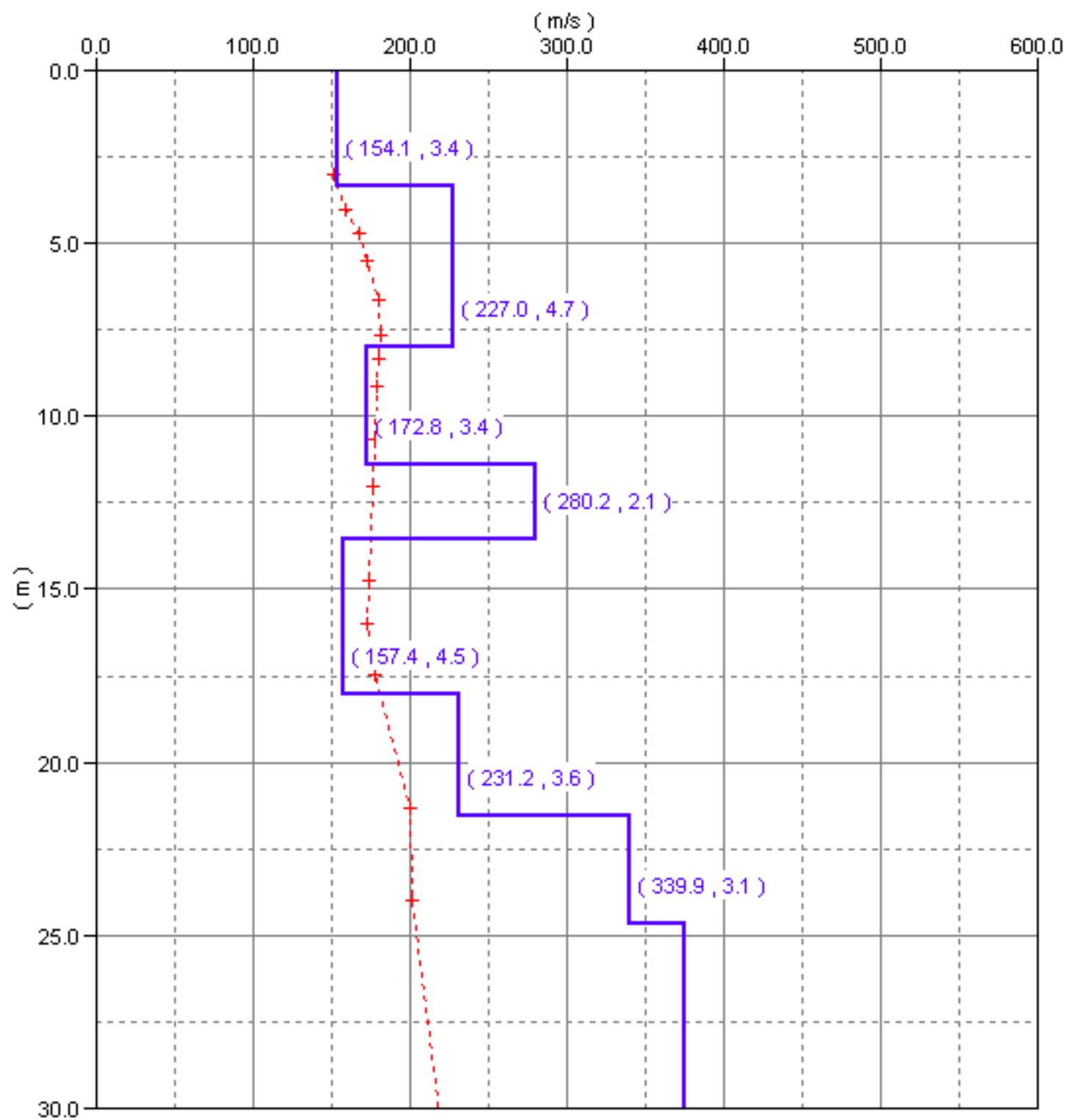
Vs13
199

QT	QC-IN	FT	FT/Qtet	lt Robert	Litologia Robertson 1990	H	Litologia grafica	Falda	Adensamento (Sabbia)	Densità Relativa	Angolo Attrito	Coesione	OCR	Modulo	Velocità Vs
diN/cm²	(dires & B4	diN/cm²	%	calcolato da QC-IN dires	basato su F r vs QC-IN	m		idrica	Consistenza (Argilla)	1atsucka 1999 %	Kulhavy & Mayne	diN/cm²	Robertson	Edometrico diN/cm²	Batol (sabbie), Mayne & Rix (argille) m/sec
13.2	9.9	0.16	1.6	2.86	limo argilloso-argilla limosa	10.10			Plastica			0.81		94.0	151
						10.60									
18.7	14.0	0.14	0.9	2.60	sabbia limosa-limo sabbioso	10.70			Scolita	2.1	30.7			138.4	197
14.5	10.7	0.20	1.8	2.84	limo argilloso-argilla limosa	10.80			Plastica			0.86		104.1	168
28.9	22.1	0.26	1.0	2.45	sabbia limosa-limo sabbioso	11.00			Scolita	17.2	32.7			222.2	257
20.3	15.1	0.28	1.8	2.71	limo argilloso-argilla limosa	11.20			Solida-Plastica (Dura)			1.08		151.4	207
36.0	27.5	0.29	1.0	2.34	sabbia limosa-limo sabbioso				Scolita	24.4	33.7			280.0	304
						11.70									
81.1	66.5	0.43	0.5	1.93	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Adensata	53.5	37.5			651.1	392
						12.40									
17.6	12.2	0.39	2.6	2.88	limo argilloso-argilla limosa	12.50			Plastica			0.99		127.1	190
16.2	99.2	0.59	0.6	1.80	sabbia-sabbia limosa				Mediamente Adensata	66.7	39.1			939.6	431
						12.80									
178.0	159.8	0.57	0.3	1.46	ghiaia-sabbia	12.90			Adensata	82.5	41.2			1449.4	461
164.1	146.1	1.78	1.0	1.72	sabbia-sabbia limosa	13.20			Mediamente Adensata	79.5	40.7			1337.4	457
						13.30			Adensata	>90	43.3			2332.4	494
285.1	279.7	1.83	0.7	1.42	ghiaia-sabbia				Adensata	>90	42.7			2035.6	486
249.1	237.8	2.32	1.0	1.64	sabbia-sabbia limosa	13.50			Adensata	>90	43.4			2357.4	497
288.2	283.3	1.85	0.6	1.44	ghiaia-sabbia										

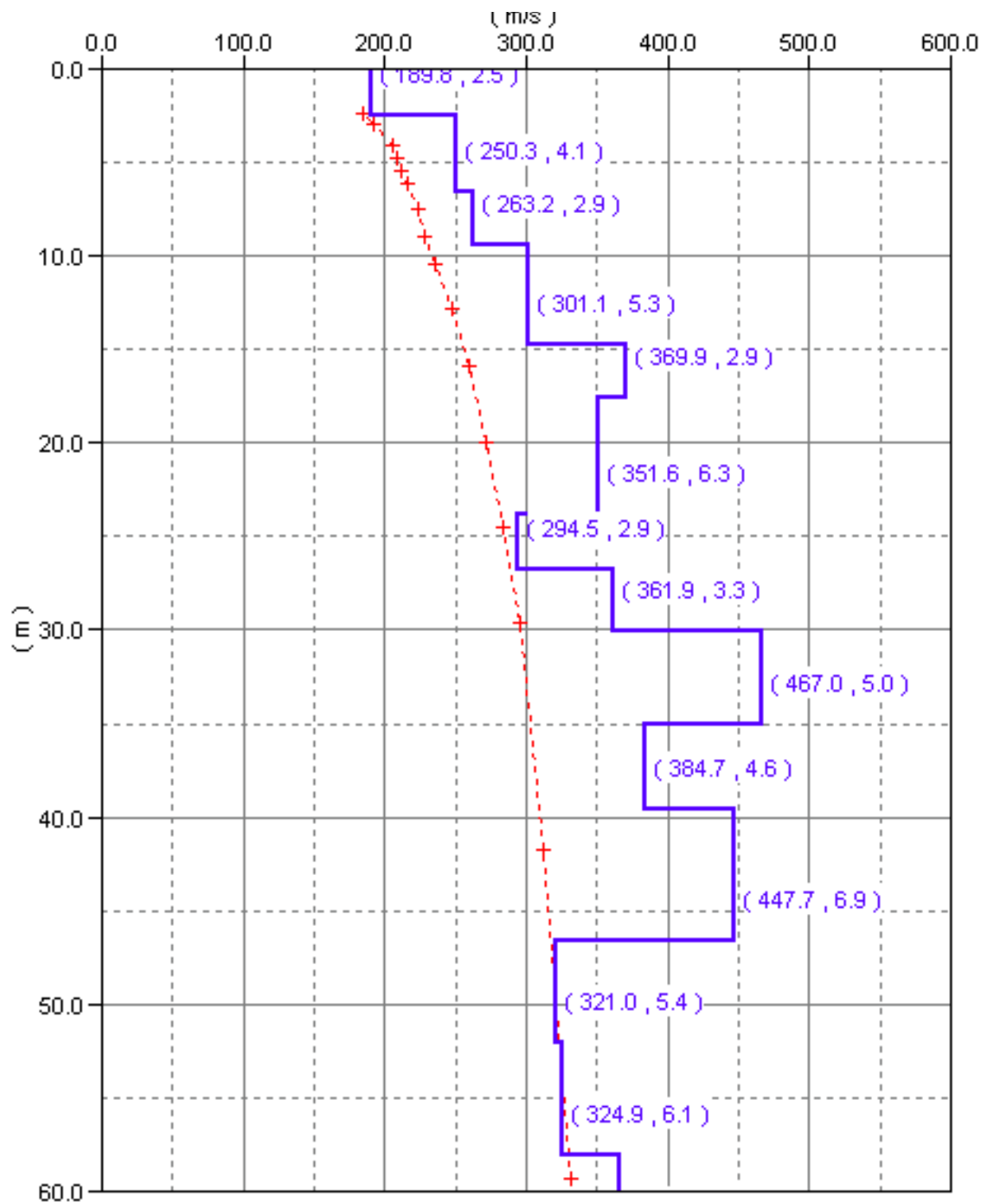
MASW 4



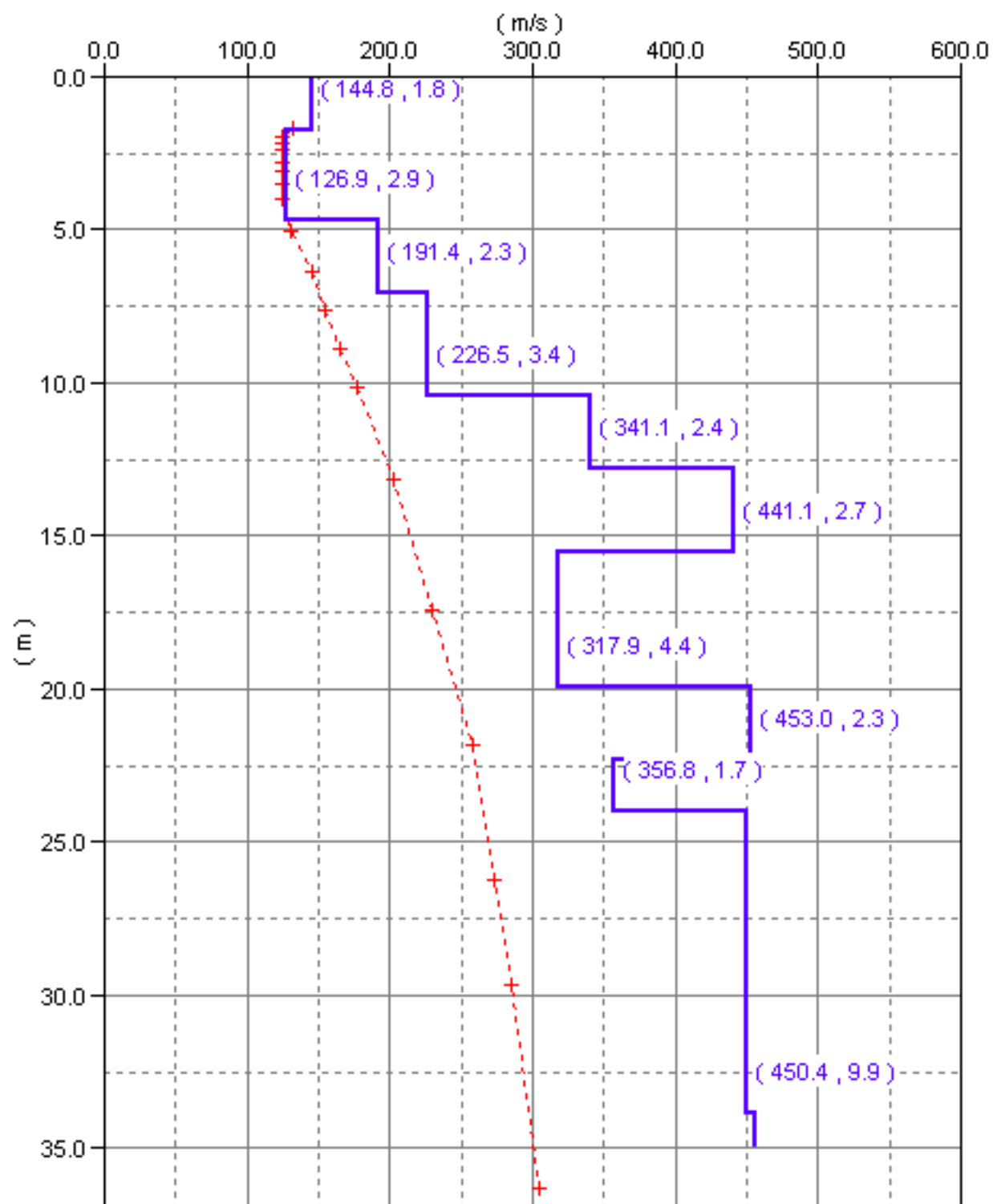
MASW 3



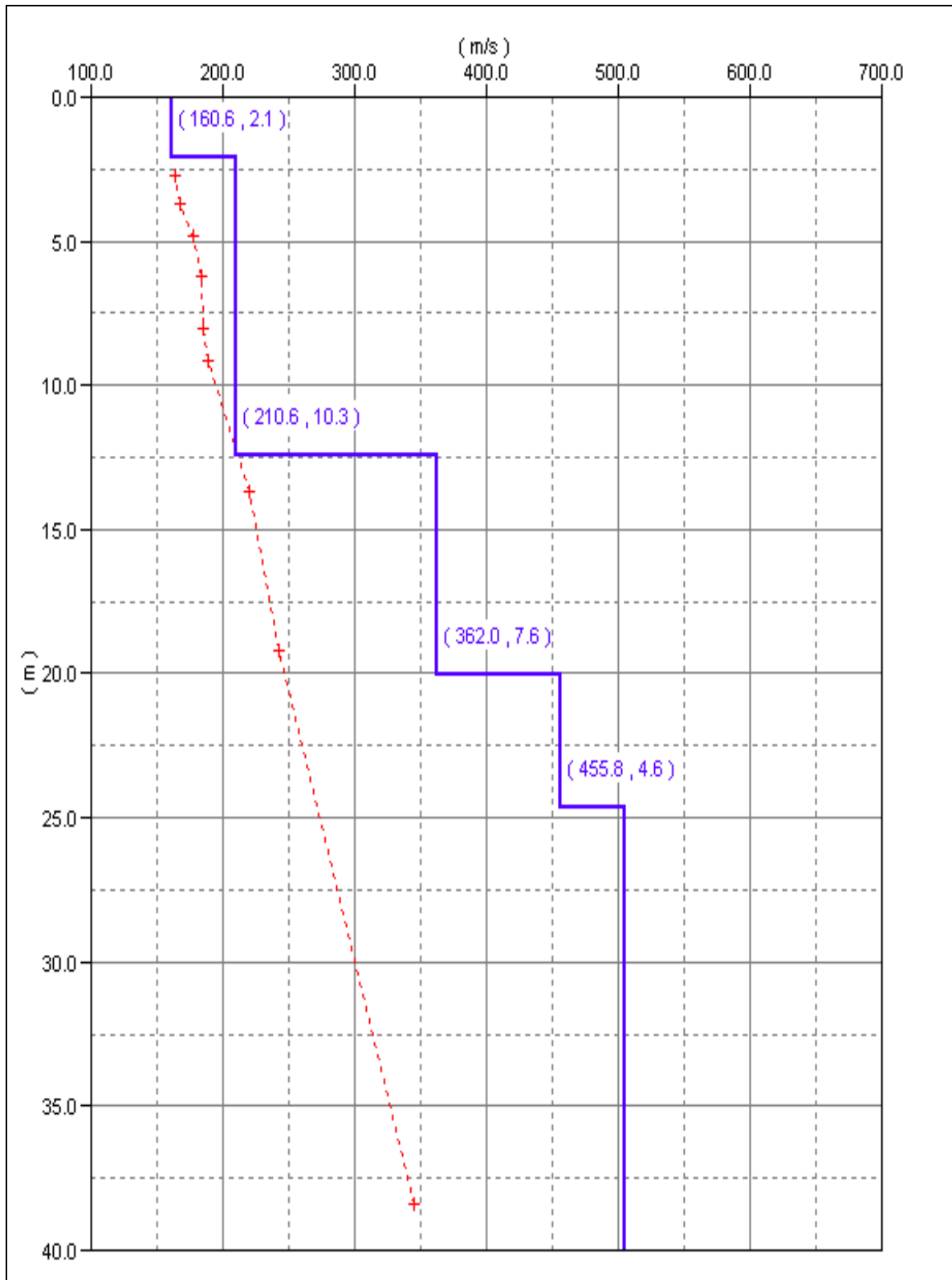
MASW-ReMi 2



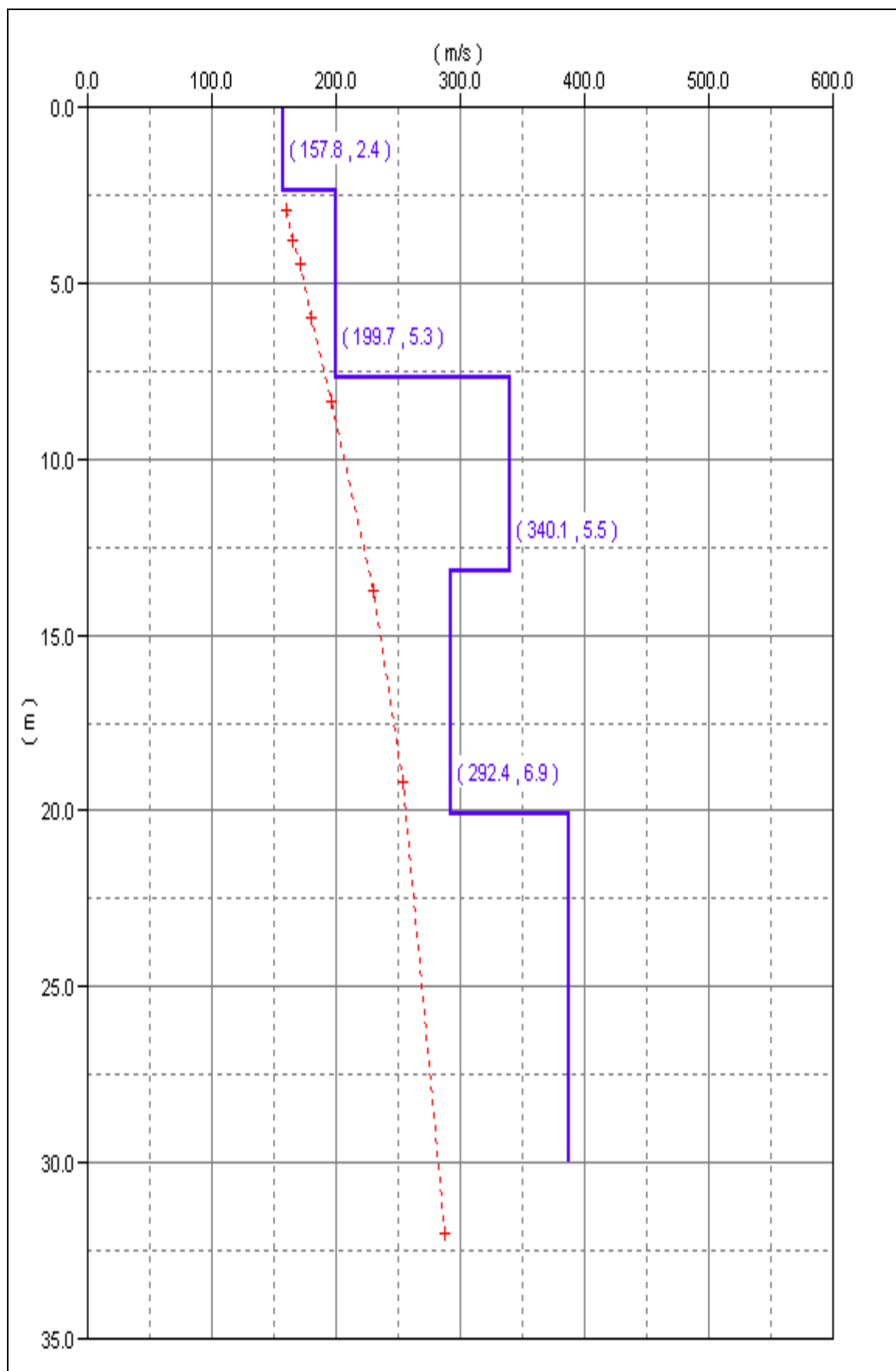
MASW-ReMi 1



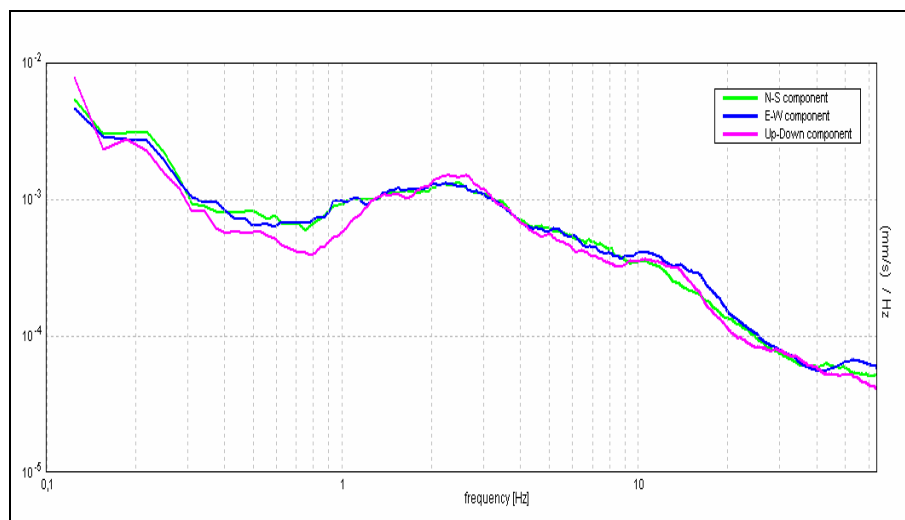
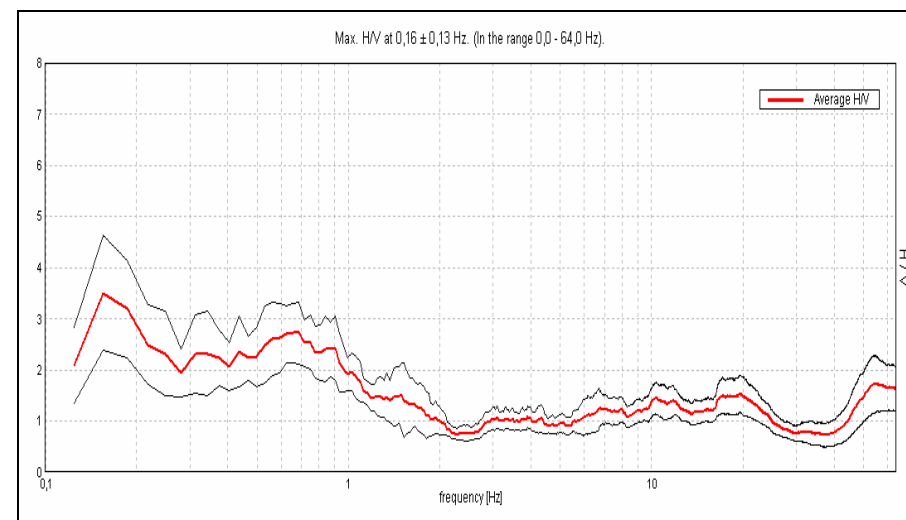
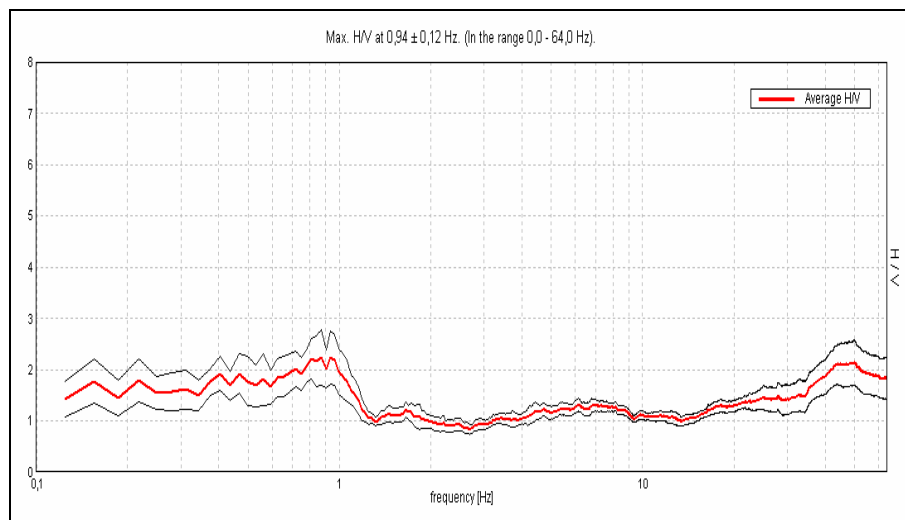
MASW 1-PSC



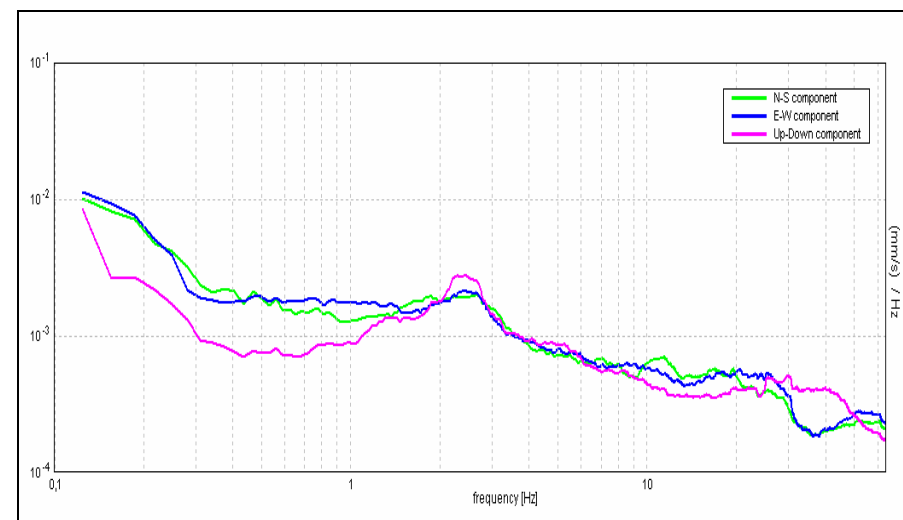
MASW 2-PSC



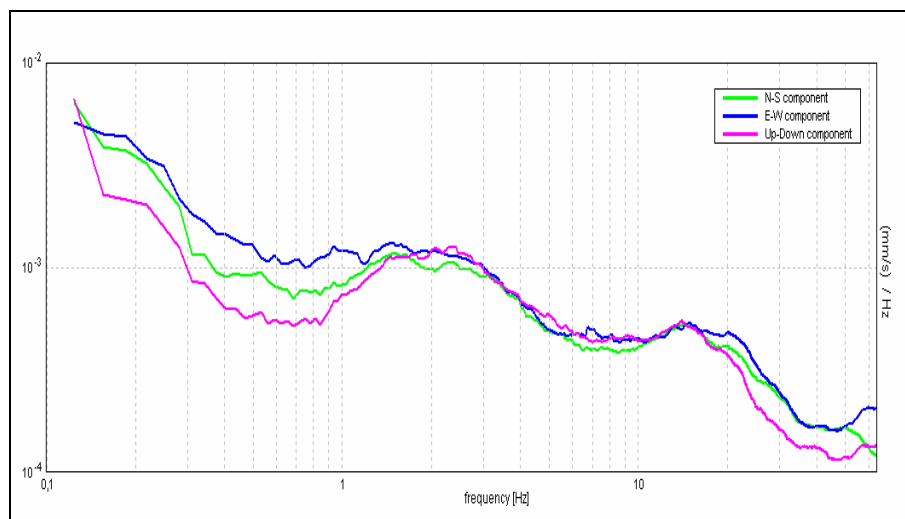
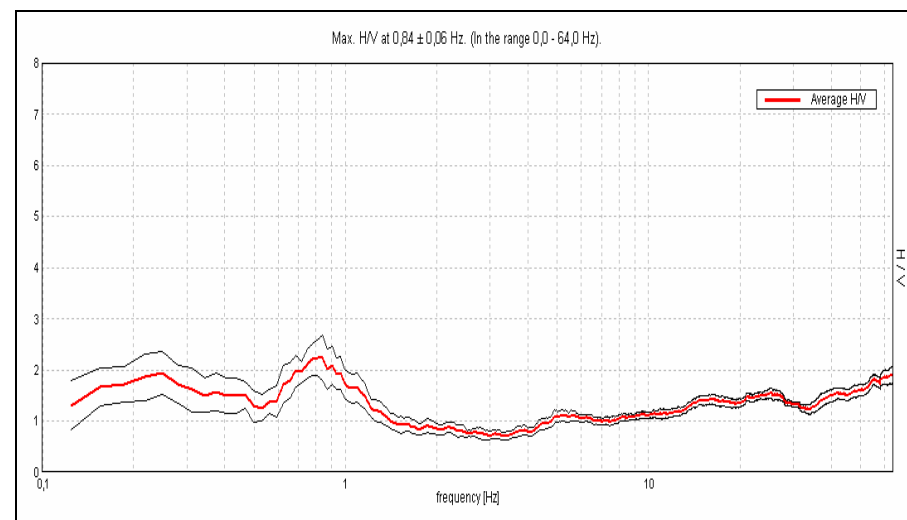
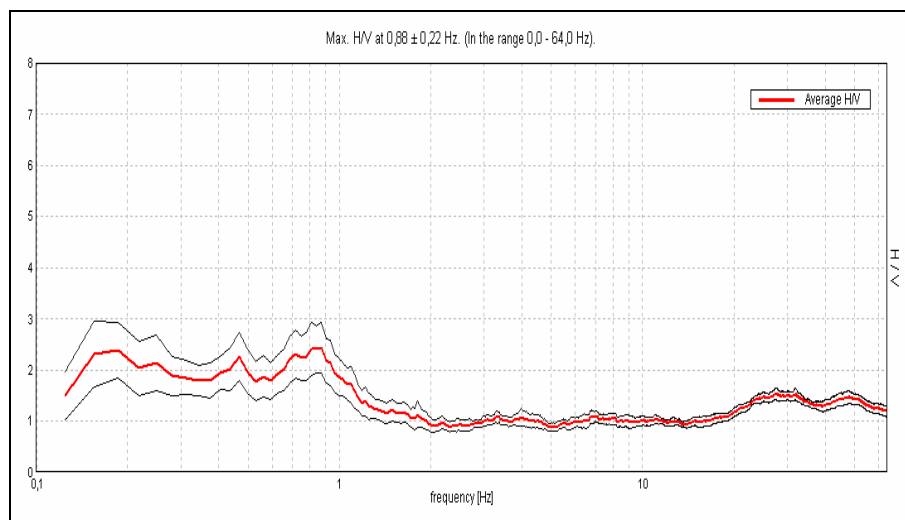
COMUNE DI CASTENASO



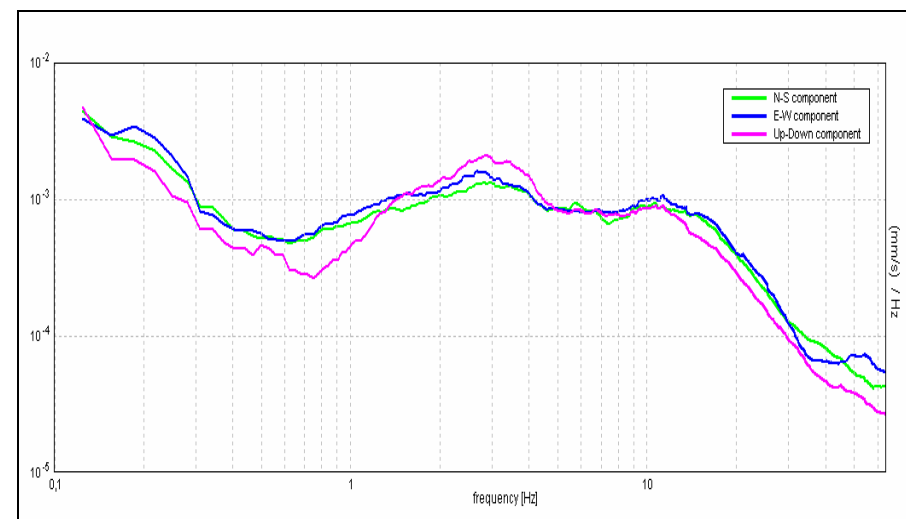
Tr 1



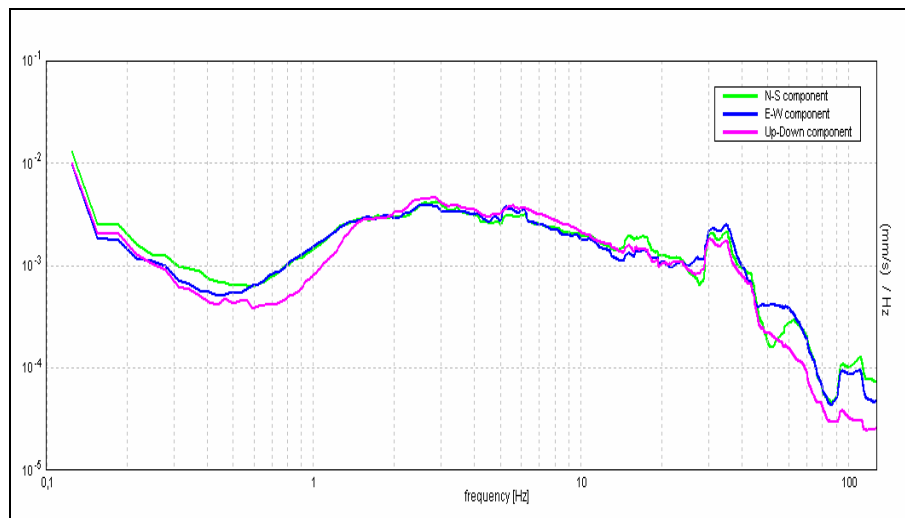
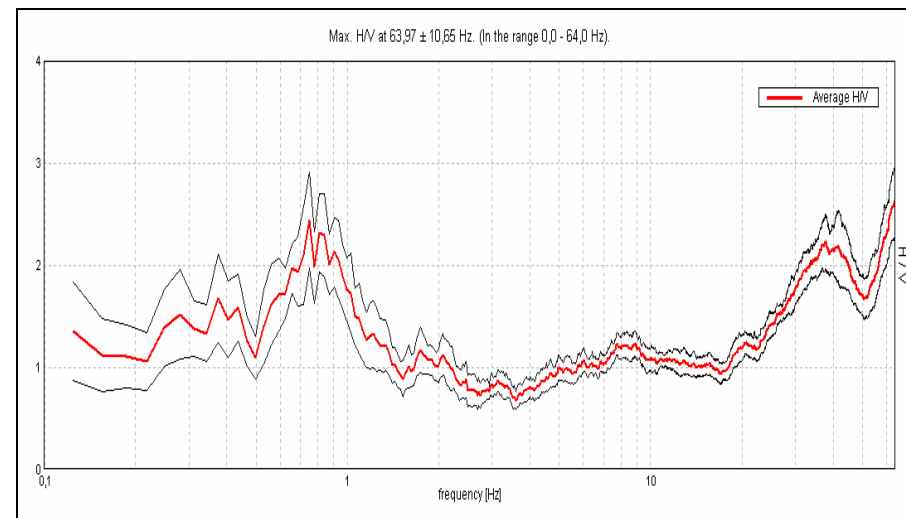
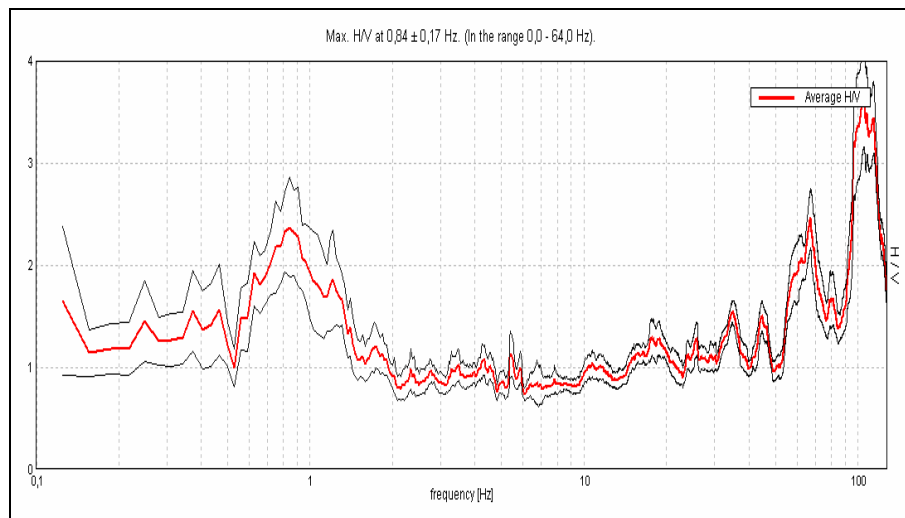
Tr 2



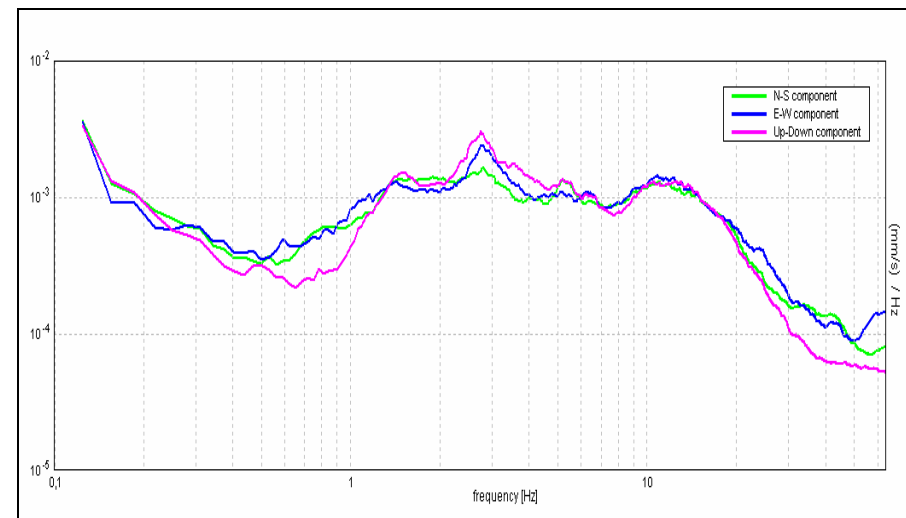
Tr 2a



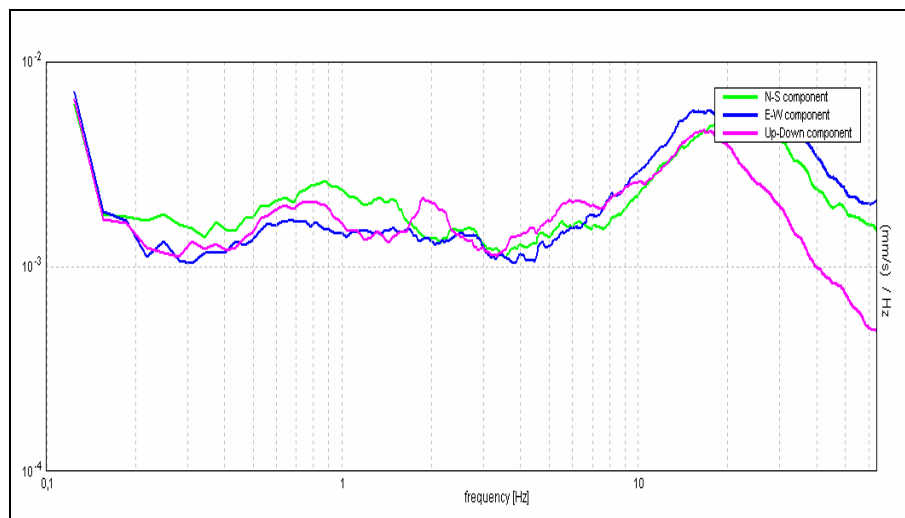
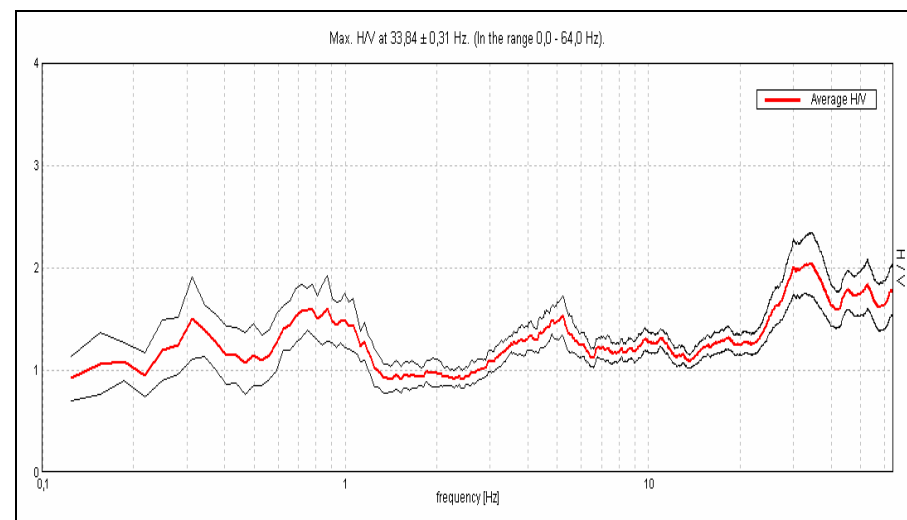
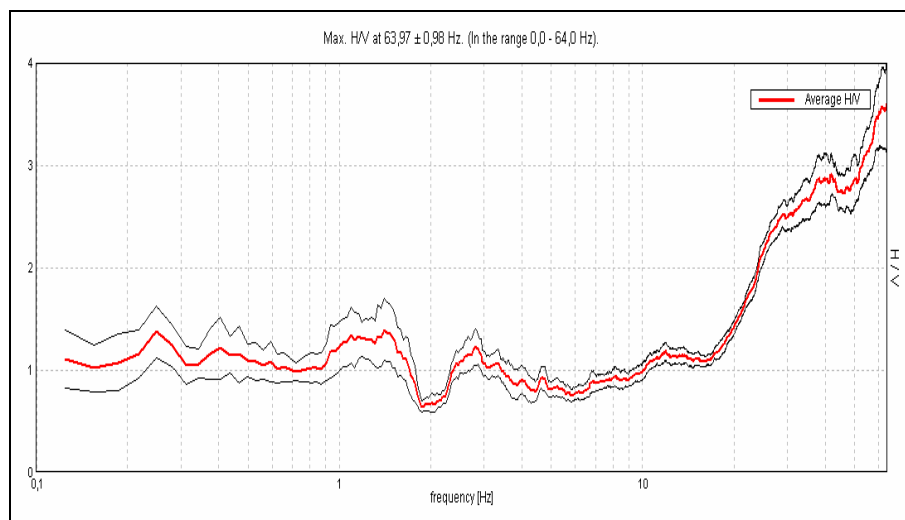
Tr 3



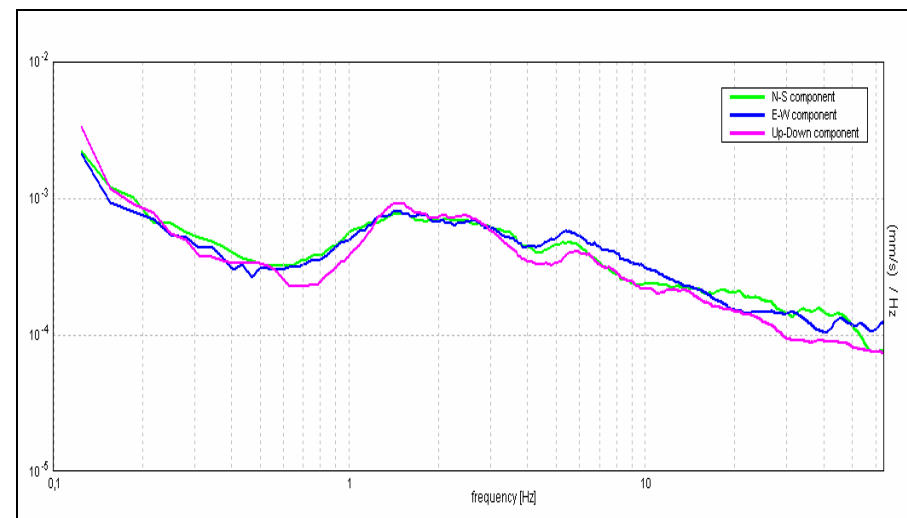
Tr 1-PSC



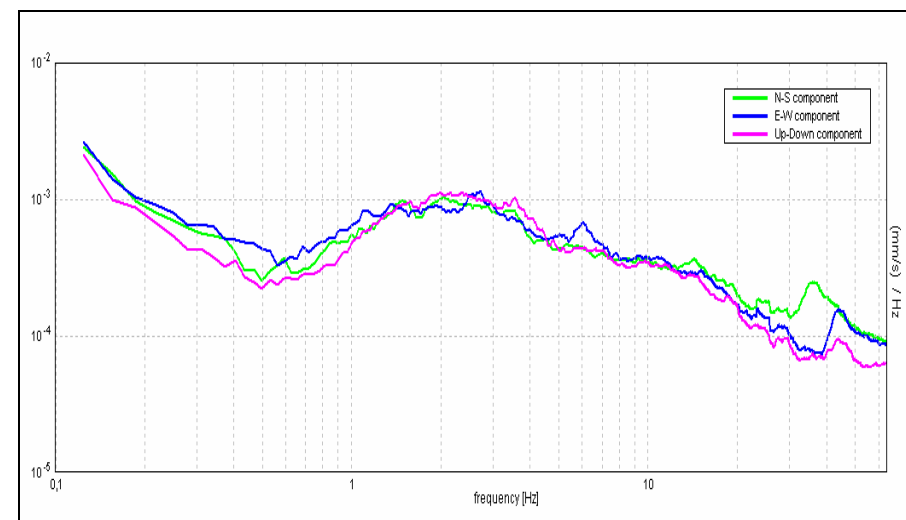
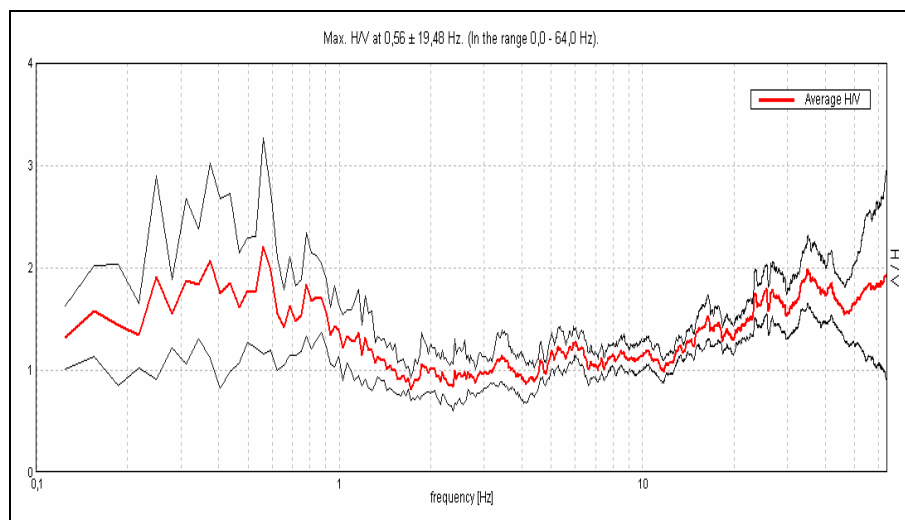
Tr 7-PSC



Tr 10-PSC



Tr 13-PSC



Tr 17-PSC