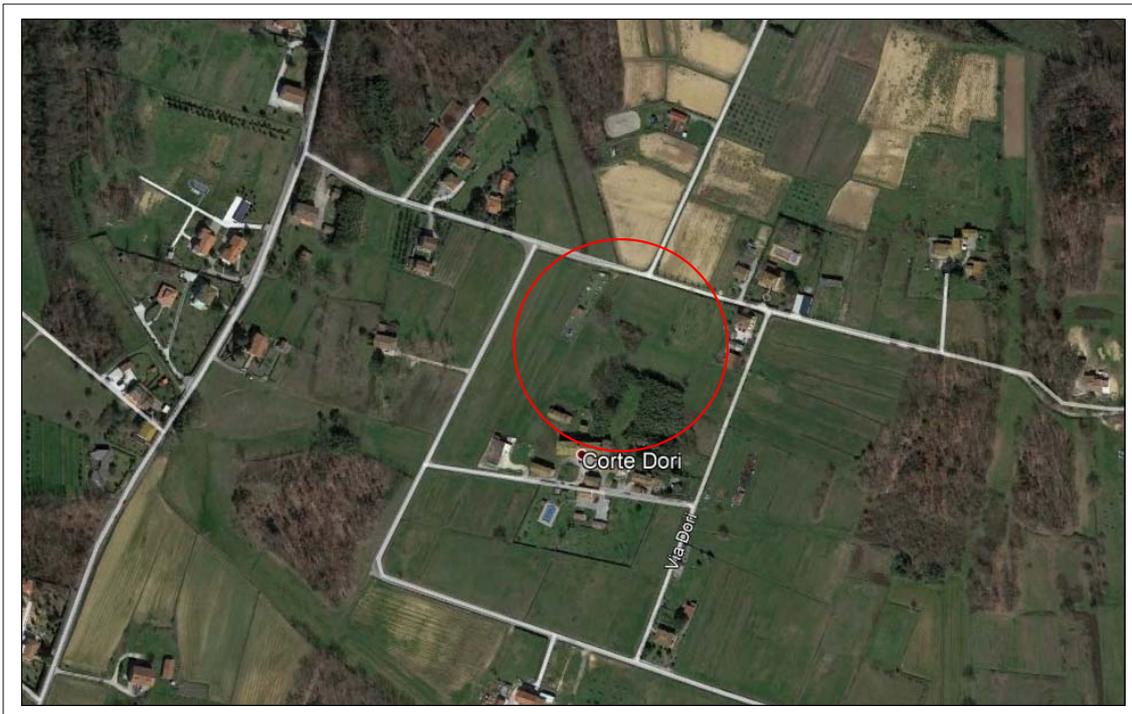




COMUNE DI CASTELFRANCO DI SOTTO
PROVINCIA DI PISA



AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI DIRITTI D'AUTORE, QUESTI ELABORATI NON POTRANNO ESSERE RIPRODOTTI O COMUNICATI AD ALTRE PERSONE O DITTE, ANCHE SOLO PARZIALMENTE, SENZA ESPLICITA AUTORIZZAZIONE DEL DOTT. FRANCESCO FIERA

PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA
DI EDIFICIO RESIDENZIALE POSTO IN LOCALITA' CORTE DORI
COMUNE DI CASTELFRANCO DI SOTTO (PI)

RELAZIONE GEOLOGICA

(ai sensi della L.R. 65/14, D.P.G.R. 53R/11, D.G.R.T. 421/14, D.C.R.72/07, NTC 2018, D.P.G.R. 36R/09)

COMMITTENTE: Vanessa Alexandra Sturino

TECNICO: Geol. Francesco Fiera



INDICE

1 - PREMESSA	3#
2 – INQUADRAMENTO URBANISTICO COMUNALE	3#
2.1 – CLASSIFICAZIONI DI PERICOLOSITA' VIGENTI	6#
3 – INQUADRAMENTO URBANISTICO SOVRAORDINATO	10#
4 –ASPETTI GEOLOGICO STRUTTURALI (sintesi delle conoscenze).....	11#
5 – ELEMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI (approfondimenti).....	11#
6 – ELEMENTI GEOLOGICO E LITOLOGICO-TECNICI	12#
7 – ASSETTO IDROLOGICO-IDRAULICO.....	13#
8 – APPROFONDIMENTI SISMICI	14#
8.1 – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE (sintesi delle conoscenze).....	14#
8.2 – PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (approfondimenti).....	15#
8.3 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO	17#
VALUTAZIONI CONCLUSIVE	18#

TAVOLE ILLUSTRATIVE

TAV. 1 - COROGRAFIA

TAV. 2 - CARTA GEOLOGICA

TAV. 3 - INDAGINI GEOTECNICHE PREGRESSE

TAV. 4 - ASSETTO IDRAULICO

ALLEGATI

ALL. 1 - INDAGINE SISMICA

ALL. 2 - INDAGINI SISMICHE PREGRESSE

ALL. 3 - PROVE PENETROMETRICHE PREGRESSE

**PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA
DI EDIFICIO RESIDENZIALE POSTO IN LOCALITA' CORTE DORI
COMUNE CASTELFRANCO DI SOTTO (PI)**

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMITTENTE: **VANESSA ALEXANDRA STURINO**

1 - PREMESSA

A conclusione del percorso preliminare di compatibilità architettonica della trasformazione urbanistica si rende necessario procedere all'aggiornamento della documentazione geologica originariamente prodotta a supporto del Piano Attuativo in oggetto nel giugno 2019.

L'aggiornamento si rende doveroso in quanto la Regione Toscana con DPGR 5/R del 30 gennaio 2020 ha aggiornato le direttive previste dall'art. 104 della LR 65/2014 per la predisposizione delle indagini atte alla verifica delle condizioni di Pericolosità del territorio e di fattibilità delle trasformazioni con particolare riguardo agli aspetti legati alla definizione del Rischio sismico.

Il Piano di Recupero prevede la delocalizzazione - all'esterno del territorio urbanizzato - di un vecchio fabbricato rurale dalla part. 594 alla part. 140 del Foglio catastale 3 del Comune di Castel Franco di Sotto (PI). L'intervento sarà realizzato attraverso la demolizione della vecchia struttura e la successiva ricostruzione di un nuovo edificio per civile abitazione sempre all'interno della medesima proprietà ubicata presso Via Dori, in Loc. Villa Campanile nel Comune di Castel Franco di Sotto (PI).

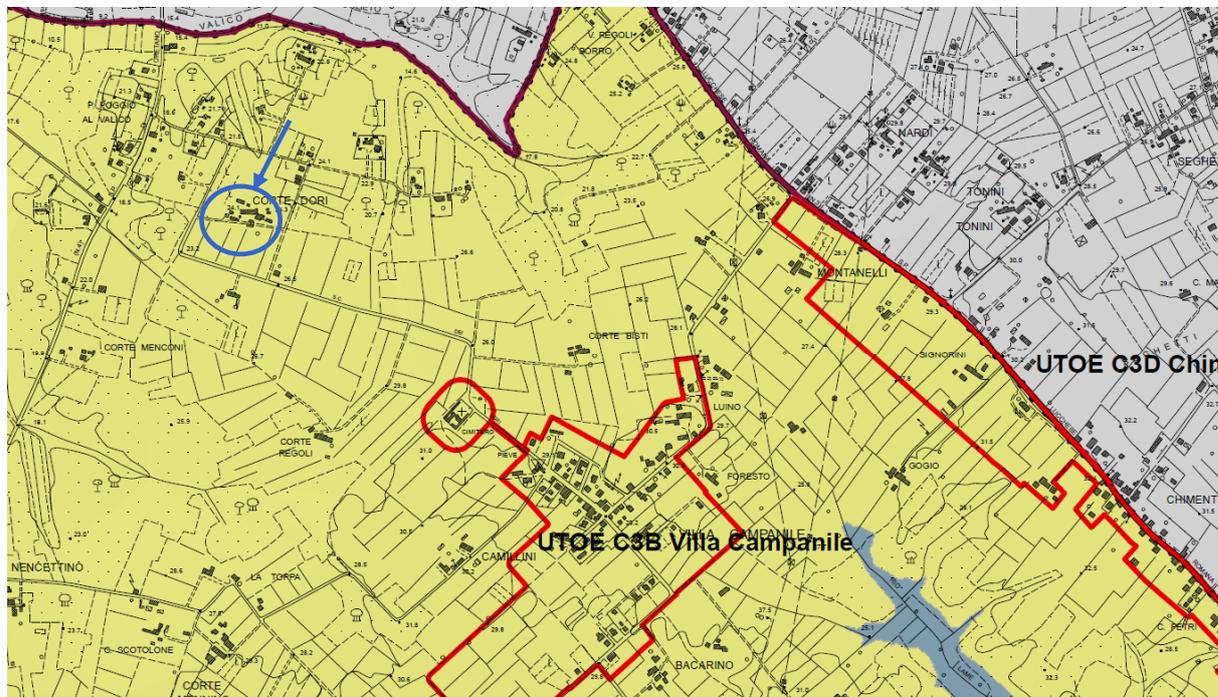
La presente relazione tecnica di fattibilità viene dunque redatta in conformità alle disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche dettate dal Regolamento 5R/2020 di attuazione della LR 65/2014 procedendo alla verifica puntuale delle condizioni di fattibilità della trasformazione nei confronti dell'equilibrio del territorio nelle more dei contenuti aggiornati della pianificazione sovraordinata.

2 – INQUADRAMENTO URBANISTICO COMUNALE

Il Comune di Castel Franco di sotto è dotato di Strumento Urbanistico conforme al DPGR 53R/11 i cui elaborati sono stati prodotti nell'ambito della *Variante al Regolamento urbanistico vigente* del 21.05.2014 (approvata con Del.C.C. 19 del 08.04.2014) successivamente aggiornata dalla Variante semplificata al Regolamento Urbanistico di cui alla Del.C.C. n.33 del 23/09/2020.

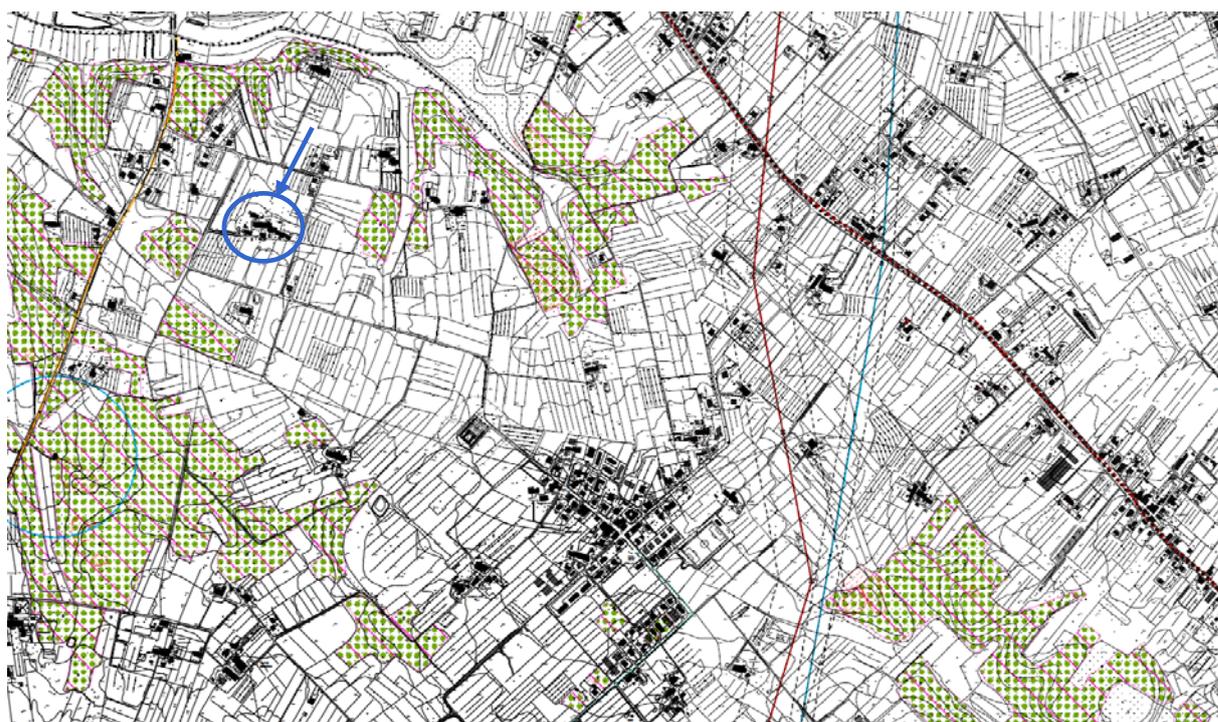
Di seguito si riporta l'inquadramento urbanistico derivante dallo Strumento Generale vigente.

Come indicato nella Tav.01 del Regolamento urbanistico vigente (vedasi figura sotto) l'intervento si colloca nel Sistema Territoriale della Collina (C), sub-sistema territoriale insediativo agricolo e delle Corti (C3) al di fuori delle UTOE.

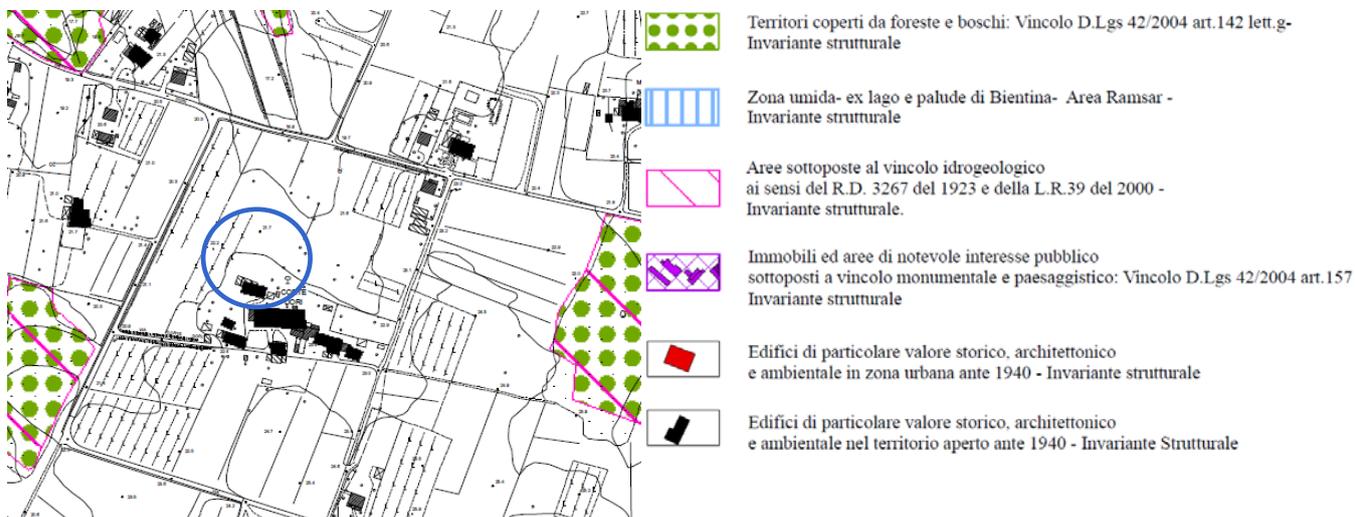


Localizzazione intervento nell'inquadramento territoriale comunale.

Nella figura seguente è riportato uno stralcio della Tav.02c del RU in cui sono indicati i vincoli sovraordinati e le invarianti strutturali presenti nella porzione settentrionale del territorio comunale.

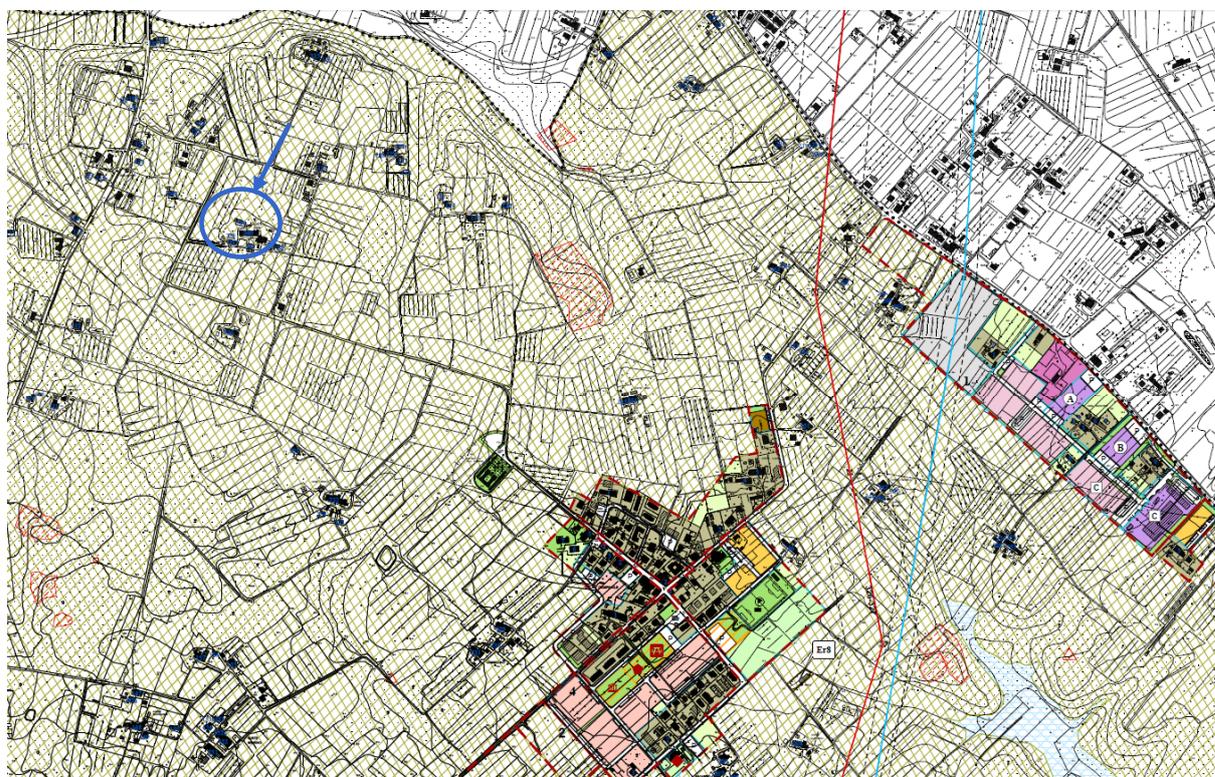


Nella figura successiva è illustrato un dettaglio della Tavola precedente dal quale si evince che l'area in esame non è interessata da specifici vincoli e restrizioni di carattere sovraordinato

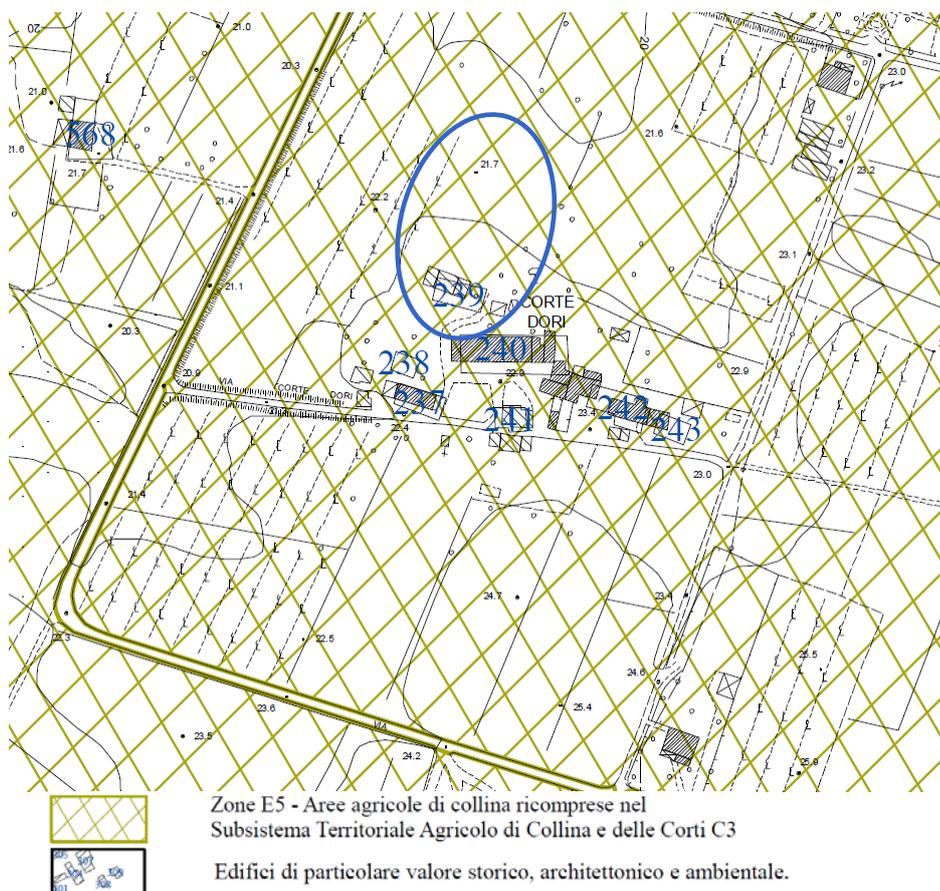


Estratto Tav. 02c "Carta dei Vincoli sovraordinati e delle Invarianti Strutturali"

Nell'immagine successiva è riportato uno stralcio della carta delle strategie per il territorio aperto e per gli insediamenti (Tav.03c RU) dalla quale risulta che la previsione si colloca in **Zona E5 – Aree agricole di collina ricomprese nel Subsistema Territoriale Agricolo di Collina e delle Corti C3**.



Di seguito il dettaglio del contesto in esame



Nella Tav.05a del RU sono individuate le categorie d'intervento ammissibili sul patrimonio edilizio esistente di particolare valore storico, architettonico e ambientale presente nel territorio aperto. Nel caso in oggetto risulta:

<i>N° Edificio</i>	<i>Subsistema</i>	<i>Zona Omogenea</i>	<i>Categoria di Intervento</i>
238	C3	E5	5-6
239	C3	E5	3-6
240	C3	E5	3-6

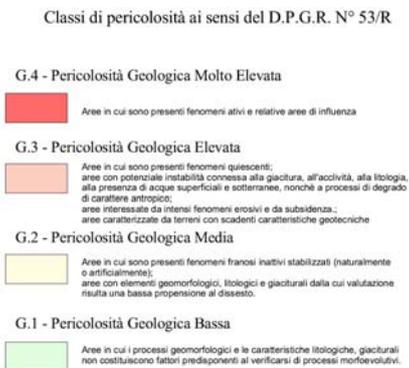
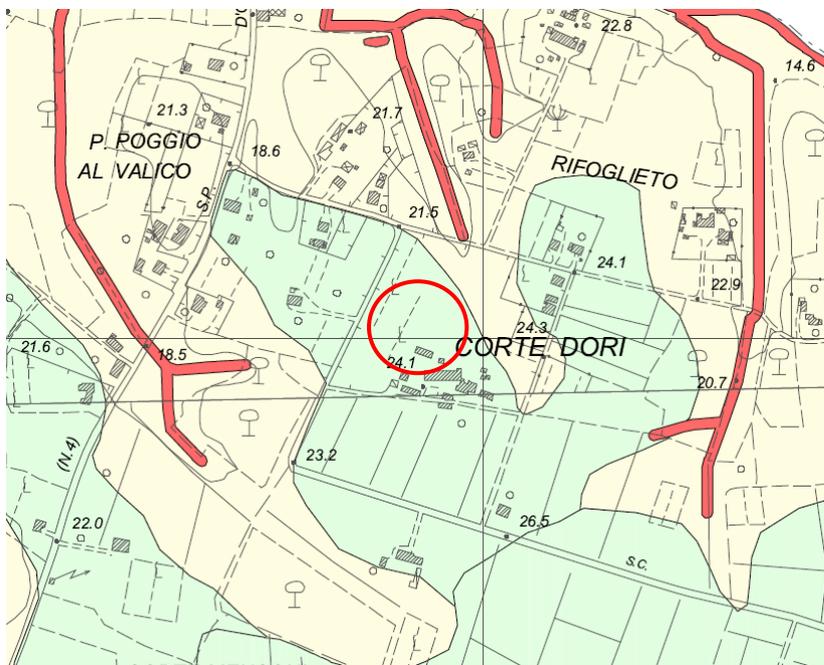
Al fine di poter conseguire un organico intervento di riqualificazione, anche di carattere strutturale, in accordo con l'Amministrazione è stato deciso di presentare il Piano di Recupero d'iniziativa privata al quale la presente si accompagna.

2.1 – CLASSIFICAZIONI DI PERICOLOSITA' VIGENTI

Le attribuzioni di Pericolosità al sito in esame sono state assegnate nello SU vigente ai sensi del DPGR 53R/11. Esse risultano coerenti con quanto rappresentato nella Del.C.C. 19/2014 e non sono state modificate dalla Variante semplificata approvata a settembre del 2020.

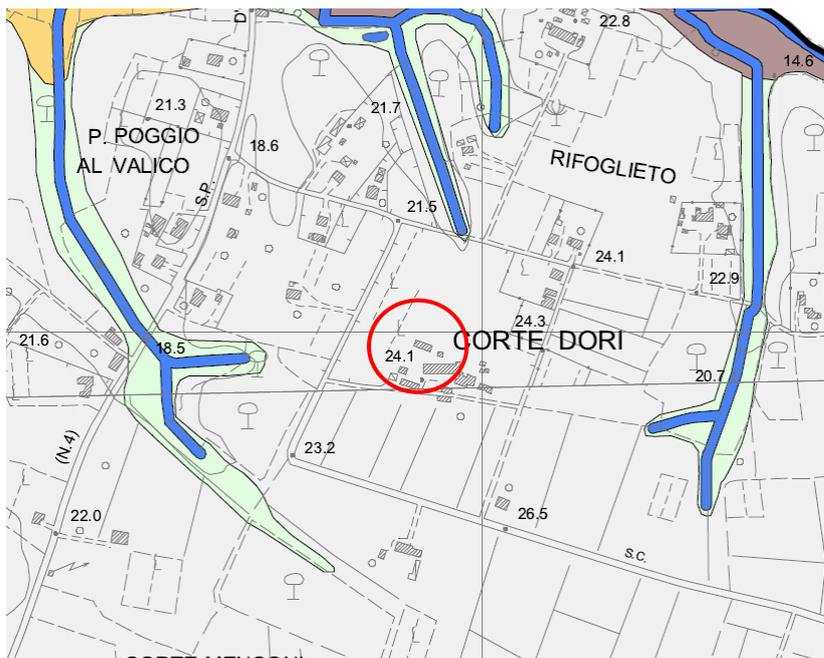
Di seguito se ne riportano gli stralci significativi.

Pericolosità Geologica Bassa Classe G.1 corrispondente ad *“Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi”.*



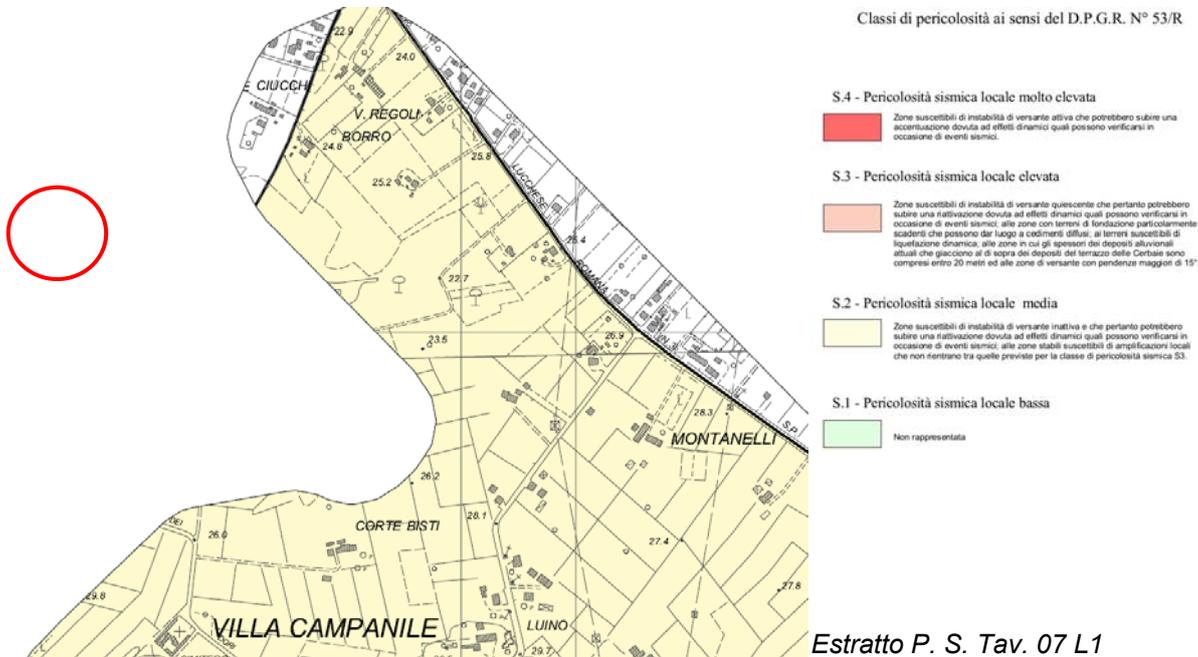
Estratto P. S. Tav. 07 F1

Pericolosità Idraulica Bassa Classe I.1 corrispondente ad *“Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni: a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni; b) sono in situazione favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori di ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda”.*

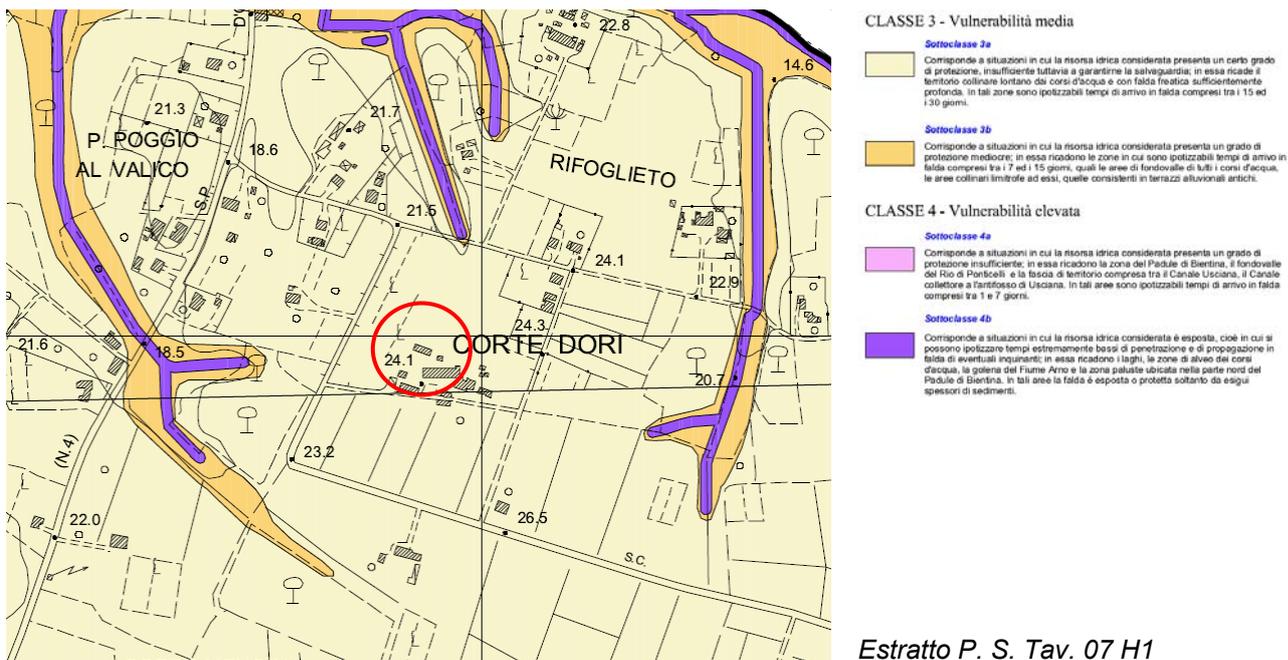


Estratto P. S. Tav. 07 G1

Con riferimento alla classificazione di **Pericolosità Sismica locale** poiché il sito d'intervento non ricade all'interno delle aree "urbanizzate" (cerchio rosso nella figura seguente), gli studi di Piano non hanno proceduto a definirne puntualmente la Classe di Pericolosità Sismica.



Conclude l'inquadramento urbanistico l'assegnazione della Classe di **Vulnerabilità Idrogeologica Media Sottoclasse 3a**, corrisponde a "situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia; in essa ricade il territorio collinare lontano dai corsi d'acqua e con falda freatica sufficientemente profonda. In tali zone sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni".



Le condizioni di attuazione delle trasformazioni previste dal RU, sono indicate come attribuzioni di Fattibilità nella specifica Tavola M della Variante Generale al Regolamento urbanistico di cui alla Del.C.C. 19 del 08.04.2014. Tuttavia, così come per la Pericolosità Sismica, anche per gli interventi nel territorio agricolo non è stata redatta una specifica cartografia bensì è stata definita una matrice che ne consente di ricavare la classe di Fattibilità sulla base della particolare tipologia d'intervento previsto (rif. § 15.1 Tav.07N RU).

Con riferimento proprio a tale matrice, l'intervento in oggetto si configura nella **categoria Rs.E. "Intervento sul patrimonio edilizio esistente – Demolizione con ricostruzione"** e, in virtù delle condizioni di Pericolosità sopra evidenziate risultano le seguenti Classi di Fattibilità:

Classi di Fattibilità relative agli interventi previsti nei Sub-sistemi agricoli									
Trasformazioni ed attività	Classi di Pericolosità idraulica				Classi di Pericolosità Geologica				
	I1	I2	I3	I4	G1	G2	G3	G4	
Interventi sul patrimonio edilizio esistente (Demolizione con ricostruzione - Rs.E.)	1	2	3	N.F.	1	2	4	N.F.	

Ovvero:

Pericolosità	Categoria	Fattibilità	Limitazioni e prescrizioni
I.1	Interventi sul patrimonio edilizio esistente Rs.E.	1	Fattibilità senza particolari limitazioni.
G.1		1	Fattibilità senza particolari limitazioni.

Tabella 1: Assegnazione delle Classi di Fattibilità (da RU Comune di Castelfranco di Sotto)

Non essendo definita la pericolosità sismica locale in ambito di PS non viene neppure assegnata la Classe di Fattibilità Sismica nel RU.

La **Classe di F1** nello SU vigente corrisponde a situazioni caratterizzate da pericolosità geologica e idraulica basse per le quali è definita la condizione di Fattibilità senza particolari limitazioni (sia di carattere geologico che idraulico, *n.d.a.*):

Si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali non sono necessarie prescrizioni specifiche ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Per gli interventi edilizi di modesto impatto che ricadono in questa classe, la caratterizzazione geotecnica del terreno a livello di progetto, può essere ottenuta per mezzo di raccolta di notizie; i calcoli geotecnici, di stabilità e la valutazione dei cedimenti possono essere omessi ma la validità delle soluzioni progettuali adottate deve essere motivata con un'apposita relazione.

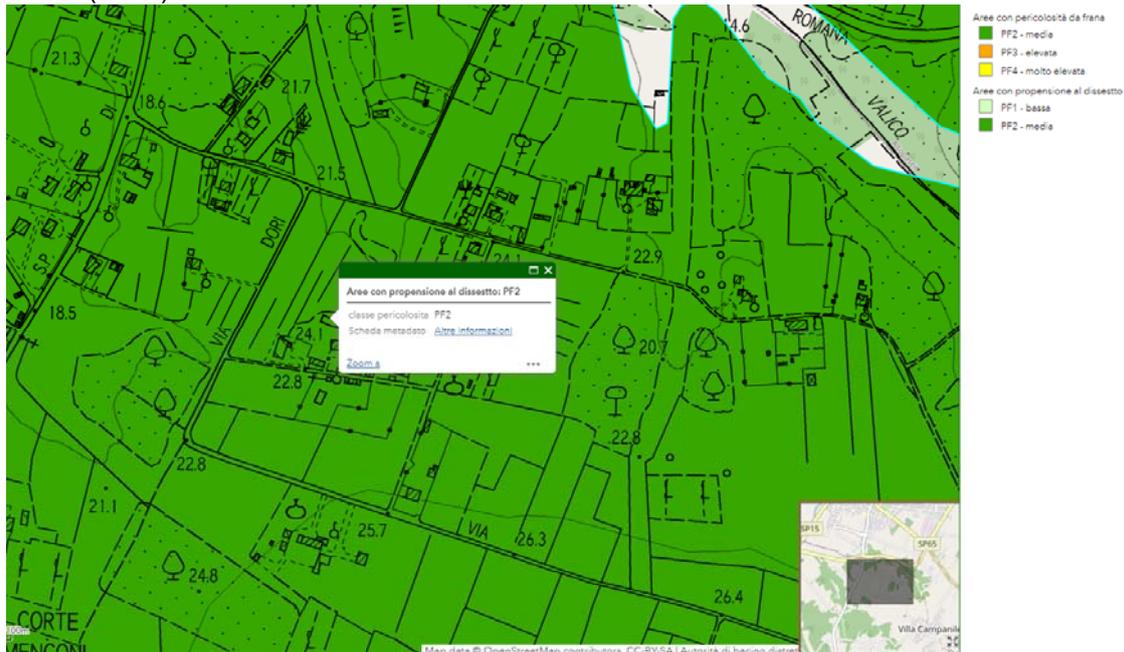
Gli interventi di nuova edificazione, di Ristrutturazione Urbanistica, di Sostituzione Edilizia o di Ristrutturazione Edilizia (con variazione dell'entità e/o della distribuzione dei carichi sul terreno di fondazione) dovranno comunque essere supportati da specifiche ed adeguate indagini geognostiche, che amplino le conoscenze sulle caratteristiche litologiche e le problematiche evidenziate nelle cartografie tematiche inserite nel Quadro Conoscitivo dello Strumento Urbanistico.

Gli interventi previsti dallo Strumento Urbanistico sono attuabili senza particolari condizioni.

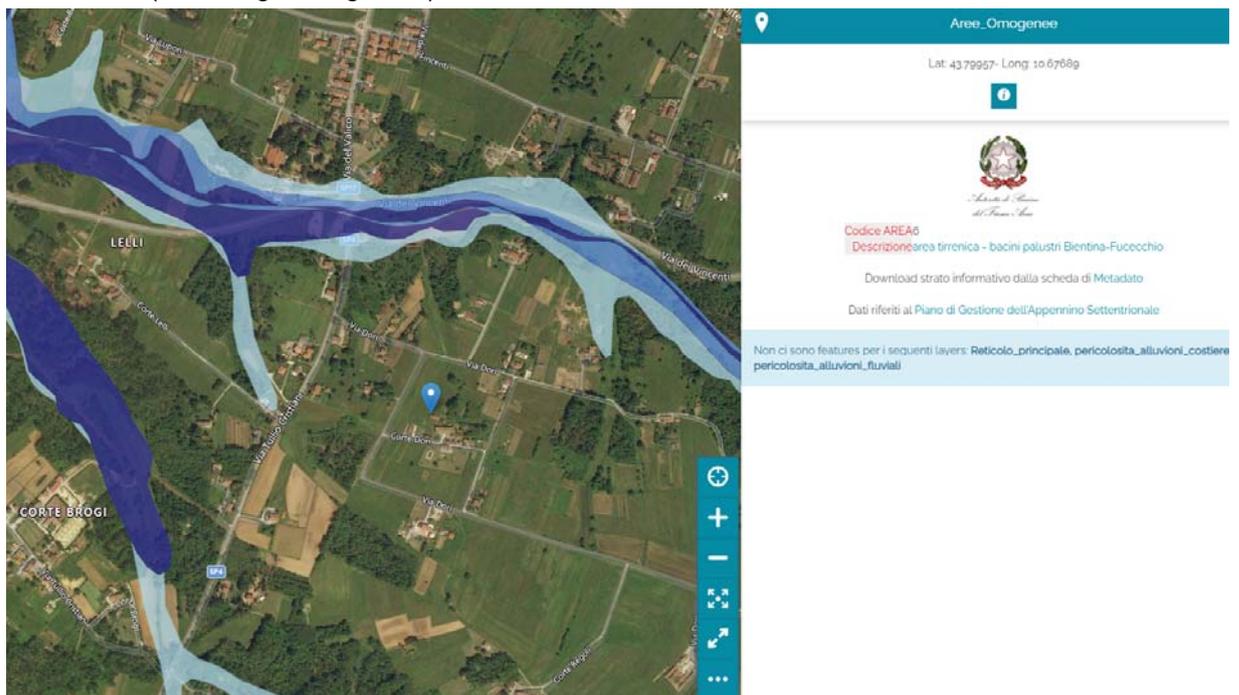
3 – INQUADRAMENTO URBANISTICO SOVRAORDINATO

Il PA è compatibile con le misure di salvaguardia delle opere di derivazione di acque sotterranee destinate al consumo umano previste dal Dlgs 152/06 e s.m.i. ed è conforme alle disposizioni in materia di tutela dei corsi d'acqua di cui alla LR 41/2018.

Nella cartografia di Piano di Bacino Distretto Appennino Settentrionale, Piano Assetto Idrogeologico, l'area è inserita tra quelle con propensione al dissesto e classificata a Pericolosità media (P.F.2).



In virtù della collocazione morfologica favorevole, l'area in esame non è inserita tra quelle esposte alla pericolosità per allagamento e mappate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni di cui al DPCM 27/10/2016 (vedasi figura seguente).



4 – ASPETTI GEOLOGICO STRUTTURALI (sintesi delle conoscenze)

L'assetto geologico strutturale a scala regionale dell'area in esame è il risultato di una serie di eventi tettonici d'età pliocenico-quadernaria.

A seguito della tettonica distensiva che ha interessato parte dell'Appennino Settentrionale si sono formate depressioni tettoniche entro cui si sono sviluppati antichi bacini lacustri. La stessa tettonica distensiva è all'origine della depressione di Lucca - Montecarlo - Vinci (delimitata dal Monte Pisano a Ovest, dal Monte Albano ad Est e dai rilievi delle Pizzorne a Nord) che rappresenta la continuazione dello stesso motivo strutturale della alta, media e bassa Garfagnana che si estende verso Sud nella Val d'Era e nella Val d'Elsa.

Nell'ampio bacino si sono differenziati due ambiti di sedimentazione diversi delimitati dalla congiungente San Ginese – Vinci, a Nord della quale i depositi sono di tipo continentale mentre a Sud prevalgono quelli marini e salmastri. La linea di separazione (San Ginese - Vinci) corrisponde probabilmente a depositi dunali.

I sedimenti della depressione di Lucca - Montecatini - Vinci appartenenti ad un primo ciclo lacustre sono costituiti da argille grigie lignitifere, argille sabbiose e sabbie con livelli di ciottoli ad elementi prevalenti di "Verrucano". Sopra tali sedimenti e a chiusura del ciclo lacustre si sono depositi sedimenti di un ciclo fluviale e fluvio-lacustre caratterizzati nella parte bassa da ciottoli in abbondante matrice argillosa mentre nella parte sovrastante da conglomerati e ciottoli arrossati ad elementi prevalenti di Verrucano, con scarsa matrice sabbiosa. Tali depositi sono stati in seguito interessati da una fase di sollevamento e "tilting" verso E-SE, indotto probabilmente dall'innalzamento della dorsale Montecarlo-Cerbaie. I sedimenti alluvionali attuali e recenti sormontano in discordanza angolare i depositi lacustri e fluvio-lacustri antichi.

5 – ELEMENTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI (approfondimenti)

L'area in esame si colloca ad una quota di circa 21.7 m s.l.m. nella porzione centrale del rilievo collinare delle Cerbaie. La morfologia dell'area, pianeggiante e debolmente inclinata verso N, è testimonianza relitta dell'origine fluviale dei sedimenti in posto. In superficie infatti, al di sotto di una coltre di terreno vegetale di circa 1 m di spessore, sono presenti i depositi fluviali e lacustri della *Formazione delle Cerbaie* (CTB) di età pleistocenica, rimodellati da parte degli stessi corsi d'acqua che li hanno aggradati (terrazzamento).

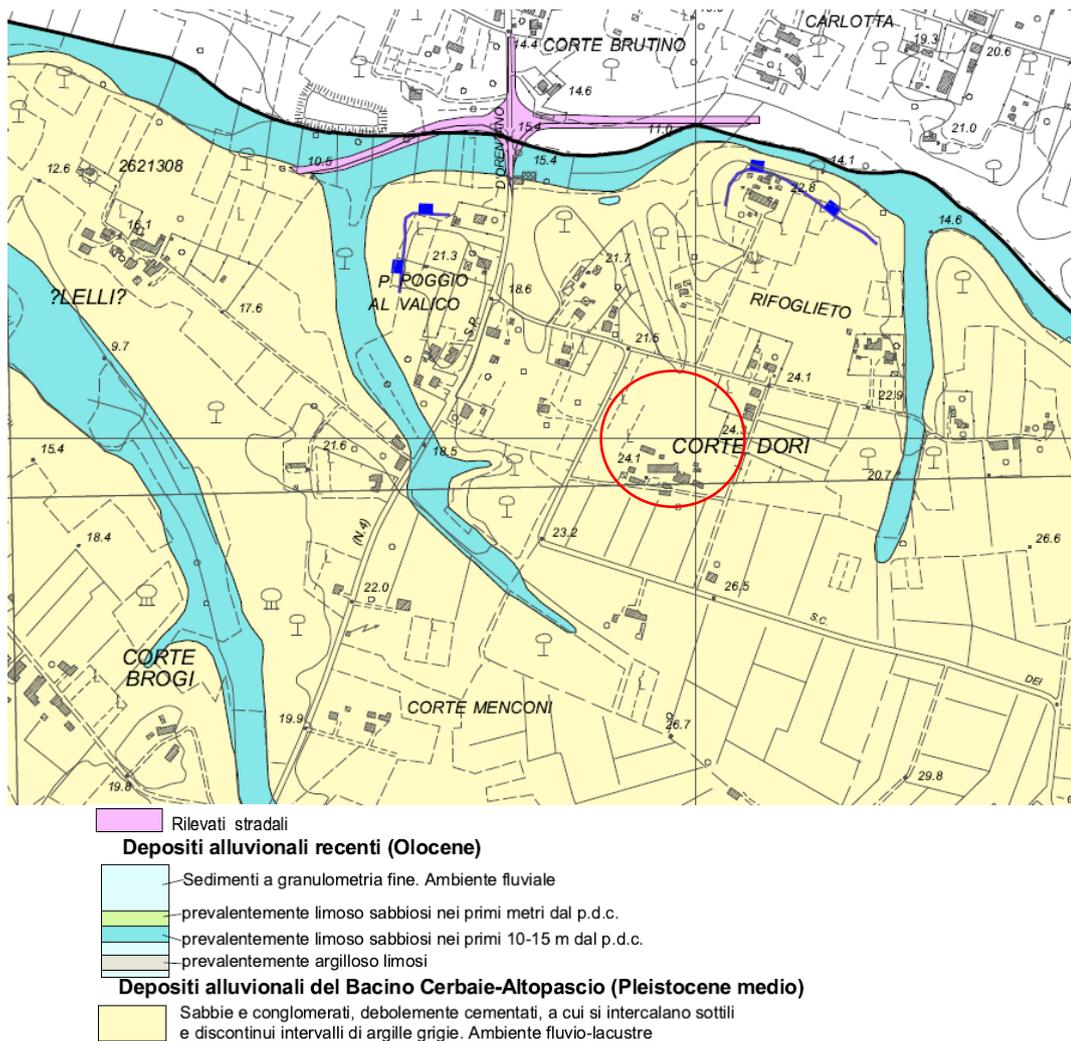
La litologia predominante è costituita da alternanze di limi argilloso-sabbiosi e ciottoli in matrice limo-sabbiosa-argillosa che si distribuiscono in livelli di spessore variabile dai 50 cm al metro. Il colore dei sedimenti varia dal giallo ocre al rosso arancio, mentre i ciottoli, arrotondati e di dimensioni comprese entro i 10 cm, presentano in genere una forte alterazione che si manifesta con la formazione di una patina biancastra superficiale. La litologia prevalente dei clasti appartiene alle Quarziti e subordinatamente al resto delle formazioni della Falda Toscana.

Concordemente con l'assetto morfologico e litologico generale, le osservazioni puntuali condotte in loco anche sull'edificato al contorno indicano condizioni favorevoli alla stabilità generale dell'area.

6 – ELEMENTI GEOLOGICO E LITOLOGICO-TECNICI

Le conoscenze acquisite nell'ambito degli studi di pianificazione comunale forniscono un quadro sufficientemente esaustivo del contesto geologico-tecnico dell'area oggetto di Piano Attuativo.

Nella Carta Geologica e Geomorfológica (vedasi fig. seguente tratta da Tav.07 A1 del RU) è indicata la presenza, per uno spessore prossimo a 50 m, di sedimenti a prevalenza sabbioso-ghiaiosa addensati, debolmente cementati, all'interno dei quali la frazione argillosa (grigia) è presente sia nella matrice che in sottili e discontinui livelli.



Nella Carta litotecnica (Tav.07 C1) tali sedimenti – appartenenti all'Unità litologico-tecnica di copertura E dei *materiali granulari non cementati o poco cementati* – sono stati ulteriormente distinti nella sottoclasse E1-E2.a1-2.t3 - Ciottoli e ghiaie addensate con presenza di frazione fine interstiziale coesiva non sufficiente ad alterare il carattere granulare globale.

Per caratterizzare la porzione superiore di questi sedimenti (corrispondente al potenziale volume geotecnico significativo) si possono utilizzare come riferimento generale i valori di consistenza derivati da prove penetrometriche eseguite al contorno; da queste si ricava un valore medio di resistenza all'infissione della punta dinamica dell'ordine di $N_{DM}=15$ colpi/10 cm, mentre per la punta statica il valore di riferimento è di $Q_c > 20+30$ kg/cm².

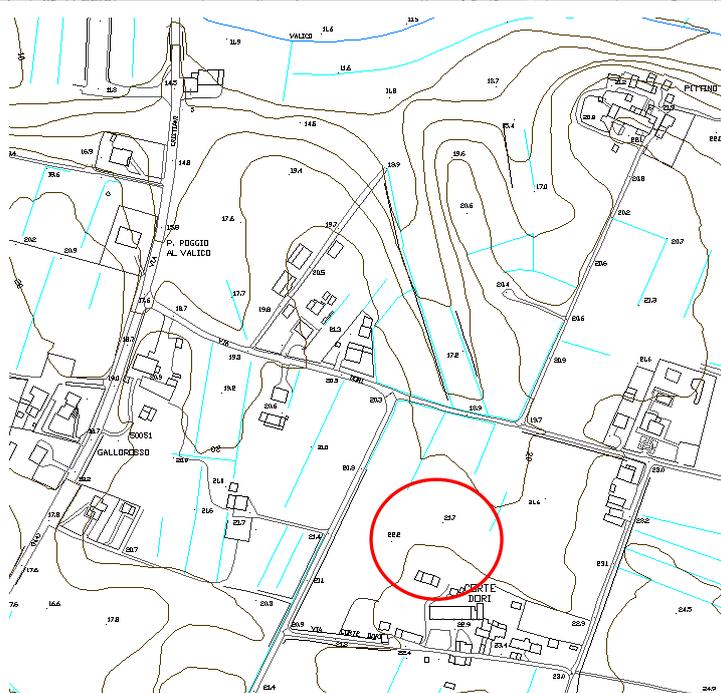
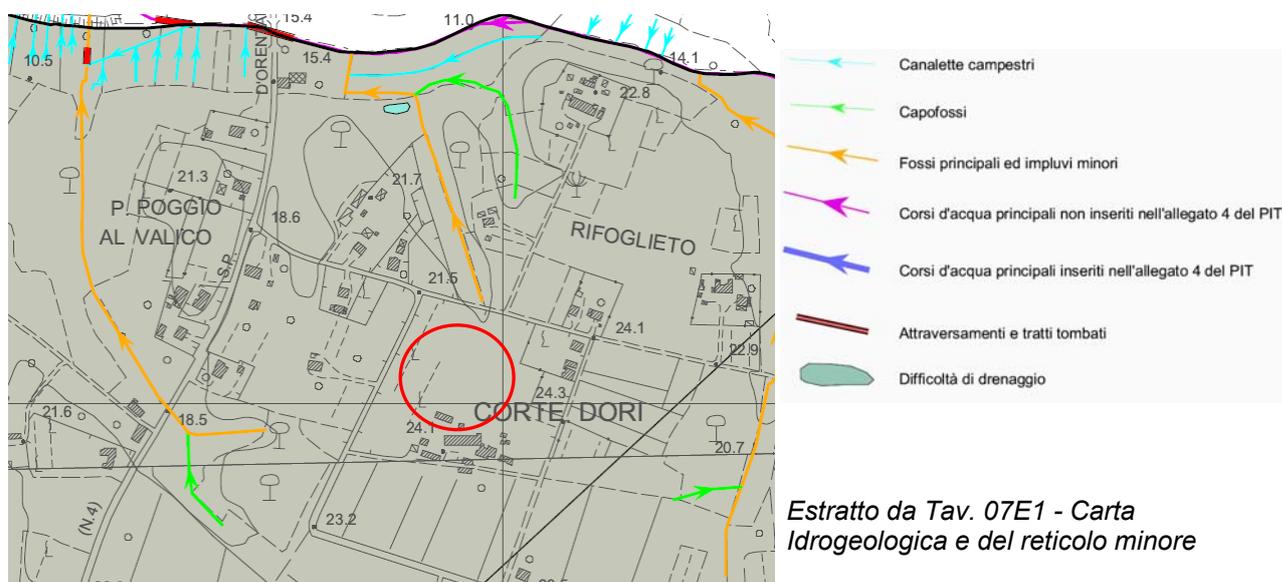
Dott. Geol. Francesco Fiera

Corte Batano 15
55010 Altopascio (LU)

Tel. 393 9043743
e-mail francesco.fiera@alice.it

7 – ASSETTO IDROLOGICO-IDRAULICO

L'area in esame appartiene al Bacino idrografico del Padule di Bientina, a sua volta ricompreso nel limite amministrativo dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale ai sensi della L.183/89. Il reticolo drenante superficiale è costituito dal sistema di scoline campestri, capofossi e collettori secondari che si raccordano tra loro a vario titolo e recapitano le acque incanalate in direzione Nord, dove, a ca. 300 m di distanza dall'area d'intervento, confluiscono in sinistra idrografica nel Rio del Valico Grifoglieto. Quest'ultimo appartiene al reticolo idrografico regionale principale e costituisce il confine amministrativo tra i Comuni di Castelfranco di sotto e Altopascio.



Sopra: stralcio cartografico estratto dalla base CTR Regione Toscana elemento 19G48.

Localmente, le acque meteoriche che non si infiltrano, si allontanano secondo la pendenza della superficie morfologica (verso NE) andando a confluire nella scolina al centro dell'appezzamento non riportata in cartografia.

La discreta permeabilità dei terreni ed il buono stato di manutenzione del sistema scolante impediscono l'insorgenza di problematiche di drenaggio superficiale.

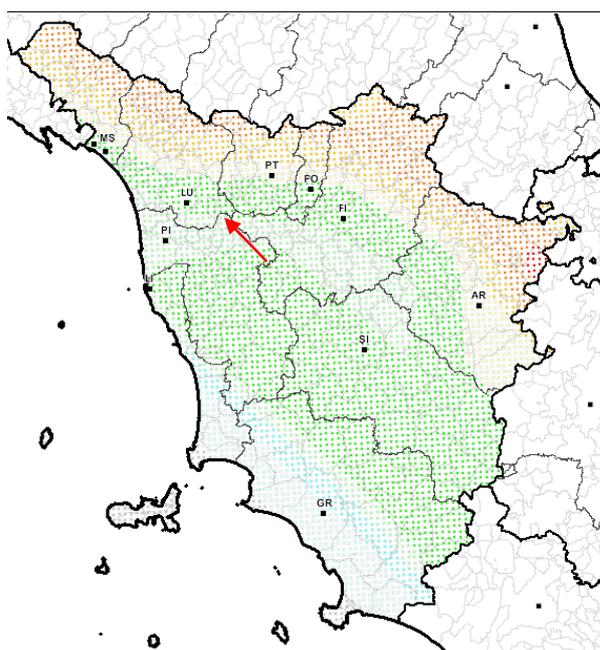
Di ciò se ne ha conferma anche dalla documentazione di Piano così come dalle testimonianze acquisite.

8 – APPROFONDIMENTI SISMICI

8.1 – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE (sintesi delle conoscenze)

L'area in esame si trova nel Comune di Castelfranco di Sotto ed è individuata nel sistema **WGS84** dalle coordinate geografiche: **Lat. 43.8000,** **Lon. 10.6773.**

Nella figura seguente è indicata la posizione su immagine satellitare tratta da Google Earth.



Toscana

< 0.025 g
0.025 - 0.050
0.050 - 0.075
0.075 - 0.100
0.100 - 0.125
0.125 - 0.150
0.150 - 0.175
0.175 - 0.200
0.200 - 0.225
0.225 - 0.250
0.250 - 0.275
0.275 - 0.300

Fonte: MPS04
Griglia: 0.02°

Nelle classificazioni di cui alle OPCM n. 3274 del 2003 e n. 3519 del 2006 sono stati definiti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia i valori di Pericolosità sismica del territorio nazionale in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di tipo rigido.

Nella figura a fianco è riportata la mappa di Pericolosità riferita alla Toscana e con la freccia è indicato il Comune di Castelfranco di sotto.

Nella classificazione sismica nazionale sono quindi state individuate 4 zone principali in cui è stato suddiviso il territorio differenziate tra loro sulla base dei valori di accelerazione di ancoraggio

ZONA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE MASSIMA CONVENZIONALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (a_g)
1	$0.25 < a_g \leq 0.35$	0.35g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25$	0.25g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15$	0.15g
4	≤ 0.05	0.05g

Il Comune di Castelfranco di Sotto è classificato in **Zona sismica 3** ai sensi della Del.G.R.T. n°421/2014 che, in attuazione dell'O.P.C.M. 3519/2006 in materia di classificazione sismica del territorio:



Nella zona 3 la disciplina regionale riunisce quelle parti del territorio le cui condizioni di **Pericolosità sismica di base** risultano essere **medio-basse**: vale a dire avere valori di *accelerazione massima convenzionale al suolo* compresi nell'intervallo $0.125 < A_{g_{max}} \leq 0.15 g$.

Con riferimento a quanto previsto dalle linee guida del DPGR 5R/2020 per la **Classificazione di Pericolosità sismica di Livello 1** l'area d'intervento rientra in **Classe di Pericolosità sismica 1**.

8.2 – PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (approfondimenti)

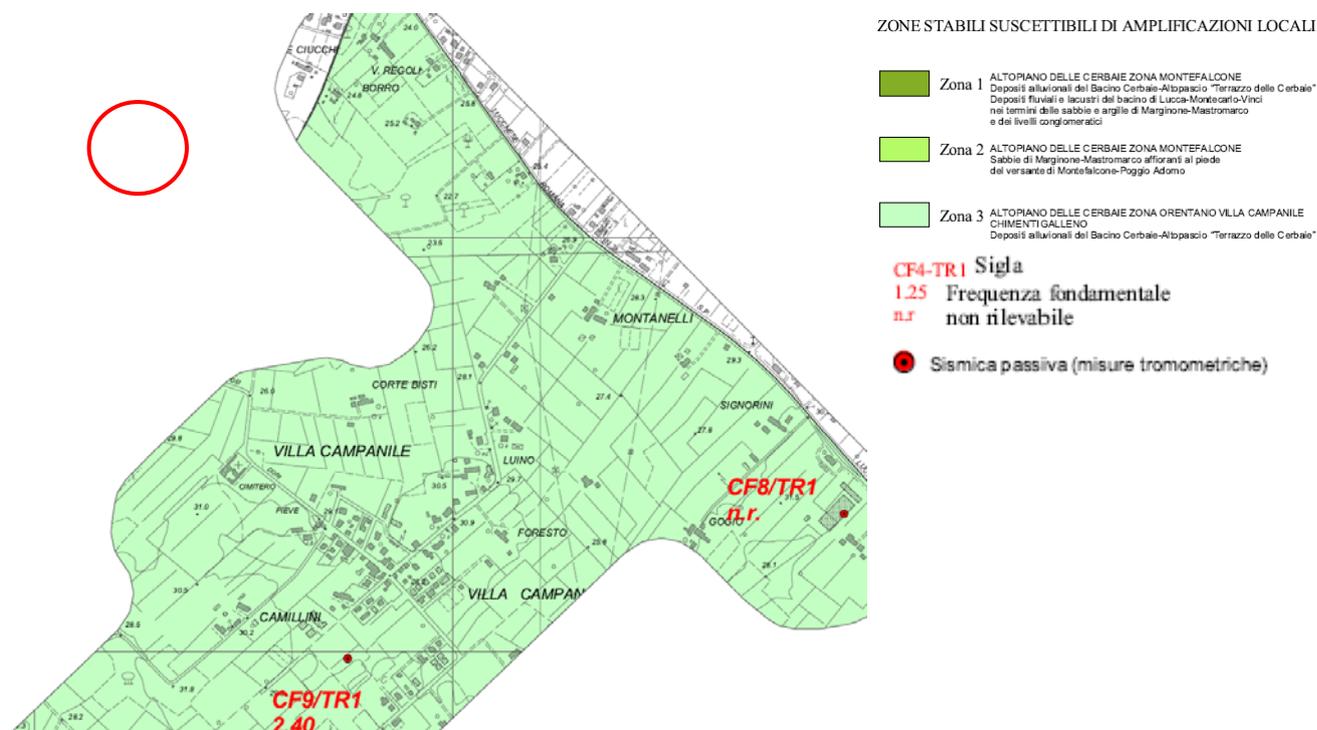
Per la valutazione della Pericolosità sismica di livello 2 - condizione necessaria per la definizione delle condizioni di trasformazione urbanistica ai sensi di quanto previsto dalle direttive tecniche per lo svolgimento delle indagini geologiche, idrauliche e sismiche di cui all'Allegato A della Del.G.R.T. n.31 del 20.01.2020 - si rende necessario incrociare le condizioni di Pericolosità di Base con quelle di Pericolosità Locale definite nell'ambito degli studi di Microzonazione sismica comunale.

Tuttavia, poiché in ambito di pianificazione generale comunale sono rimaste escluse da questi ultimi studi le aree agricole (alle quali appartiene l'area d'interesse), si è reso necessario definire la Pericolosità Sismica locale.

A tal fine si è proceduto attraverso l'esecuzione nel sito in esame di specifiche analisi geofisiche le cui risultanze sono integralmente riportate nel documento allegato (*Report indagine sismica*).

Attraverso la misura puntuale del parametro V_{s30} , associato alla propagazione delle onde di taglio, e la verifica ragionata del profilo sismostratigrafico ottenuto è stato possibile estendere all'area in esame le considerazioni già in essere per quanto riguarda l'individuazione delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) effettuate per le aree contermini, ed individuare così le locali condizioni di potenziale modifica del moto sismico atteso.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione del sito rispetto ad uno stralcio della Carta MOPS (Tav.07 I1 SU vigente).



Nella tabella successiva sono sinteticamente messi a confronto tra loro i risultati delle indagini a supporto della MZ di 1 livello e quelli ottenuti con la rilevazione nel sito.

Origine dati	UTOE	Litologia	Sigla	Frequenza fondamentale (hz)	V_{s30} (m/s)
MS I livello	Galleno	Formazione delle Cerbaie	CF7/TR1	3	329
	Chimenti		CF8/TR1	-	316
	Villa Campanile		CF9/TR1	2.4	341
	Orentano		CF10/TR1	3.75	362
approfondimento	Case sparse (Corte Dori)			ST1	3.59

Se alla omogeneità delle caratteristiche geomorfologiche e delle successioni stratigrafiche associamo la sostanziale coerenza e omogeneità dei dati sopra indicati, risulta lecito estendere l'attribuzione alla **Zona 3 MOPS** (*Altopiano delle Cerbaie e zona Orentano, Villa Campanile, Chimenti, Galleno*) anche **all'area oggetto di Piano Attuativo**.

Sulla base di quanto fin qui indicato si è quindi proceduto alla determinazione della Pericolosità sismica dell'area d'intervento in riferimento alla nuova disciplina in materia. In particolare, la valutazione è stata fatta di Livello 2 (P₂) combinando la Pericolosità sismica di base (P) con l'indice di Pericolosità locale (I_{ploc}):

$$IP = P + I_{ploc} = 2 + 2 = 4$$

Ai sensi del 5R/2020 è possibile quindi assegnare la **Classe di Pericolosità sismica medio-bassa P₂=2** corrispondente alla descrizione del Tipo di suolo definita dagli studi di Microzonazione Sismica di livello 1 dalla Classe Sismica Locale media (S.2):

- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali connessi con contrasti di impedenza sismica attesa oltre alcune decine di metri dal piano campagna e con frequenza fondamentale del terreno indicativamente inferiore a 1hz;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali con fattore di amplificazione (F_x) < 1.4;
- zone stabili suscettibili di amplificazione topografica (pendii con inclinazione superiore a 15 gradi);
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, non rientranti tra quelli previsti nelle classi di pericolosità sismica S.3;

Ciò di fatto conferma, anche ai sensi dell'aggiornamento normativo indicato dal DPGR 5R/2020, quanto già attribuito ai sensi del DPGR 53R/2011 in ambito di Pianificazione comunale.

8.3 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

Volendo fornire una valutazione del Rischio sismico associato alla trasformazione urbanistica proposta, si è fatto riferimento alle indicazioni fornite al riguardo dal SETTORE SISMICA – Prevenzione Sismica della Regione Toscana. Tali indicazioni, che sono state formulate per analisi territoriali a scala comunale e urbana, trovano comunque un loro significativo campo di applicazione anche in un'analisi di dettaglio puntuale come quella in esame.

Per definire la condizione di Rischio sismico occorre innanzitutto valutare la propensione del patrimonio edilizio a subire un danno in caso di terremoto, ovvero la sua Vulnerabilità sismica.

La VULNERABILITA' SISMICA è definita sulla base dell'indice di vulnerabilità

$$I_v = I_e + I_t + I_a + I_u + I_s + I_c$$

Nel caso in esame risulta

	Condizione urbanistica	
	attuale	trasformata
I _e	4	1
I _t	0	-1
I _a	0	0
I _u	0	-2
I _s	0	0
I _c	0	0
I_v	4	-2

da cui si ricava le **Classi di Vulnerabilità sismica (V)**

V	Condizione urbanistica	
	attuale	trasformata
V	4	1

L'ESPOSIZIONE SISMICA esprime la possibilità di subire un danno sociale ed economico sia in termini di vite umane che di beni esposti a seguito del manifestarsi dell'evento sismico atteso. Essa è definita sulla base di un indicatore di Esposizione (IEs) legato alla densità abitativa e alla destinazione produttiva del sito

$$IEs = I_{densità} + I_{destinazione}$$

Nel caso in esame risulta che tale indicatore assume in entrambi i casi il valore 1, pertanto la **Classe di Esposizione sismica (E)** risulta

E	Condizione urbanistica	
	attuale	trasformata
	1	1

Poiché la Classe di Rischio è definita sulla base del valore dell'Indicatore di rischio

$$IR = P + V + E$$

Avremo un decremento dell'indice di rischio dal valore 7 della condizione attuale al valore 4 di quella trasformata. Di seguito mette infine a confronto la condizione ovvero la **Classe di Rischio sismico (R)** attuale e quella post intervento

R	Condizione urbanistica	
	attuale	trasformata
Rischio sismico	2 medio-basso	1 basso

in questo modo evidenziando l'aspetto migliorativo della trasformazione (mitigazione della condizione di rischio). Trasformazione che ricordiamo prevede appunto la demolizione di un vecchio edificio rurale e la sua ricostruzione delocalizzata.

VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Gli approfondimenti condotti nel corso della presente indagine hanno consentito di verificare che non sono intervenute modifiche rispetto al quadro conoscitivo di riferimento relativamente agli aspetti geologico, idraulico e sismico confermando sostanzialmente le condizioni di pericolosità già riscontrate e l'assenza di particolari problematiche. Ciò consente di affermare la fattibilità del piano attuativo senza che sia necessaria la previsione o la contestuale esecuzione di specifici interventi di mitigazione. Trattandosi di intervento ricadente in zona sismica il progetto strutturale dell'edificio dovrà essere comunque corredato dalla specifica documentazione tecnica prevista dal comma 2 dell'art.3 del regolamento regionale 36R del 2009 in materia vigilanza e verifica delle opere e costruzioni in zona sismica.

Altopascio, Luglio 2021



Dott. Geol. Francesco Fiera

AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI DIRITTI D'AUTORE, QUESTI ELABORATI NON POTRANNO ESSERE RIPRODOTTI O COMUNICATI AD ALTRE PERSONE O DITTE, ANCHE SOLO PARZIALMENTE, SENZA ESPLICITA AUTORIZZAZIONE DEL DOTT. FRANCESCO FIERA

Tavole Illustrative

PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA
DI EDIFICIO RESIDENZIALE POSTO IN LOCALITA' CORTE DORI
COMUNE DI CASTELFRANCO DI SOTTO (PI)

COMMITTENTE: Vanessa Alexandra Sturino

Luglio 2021



LEGENDA

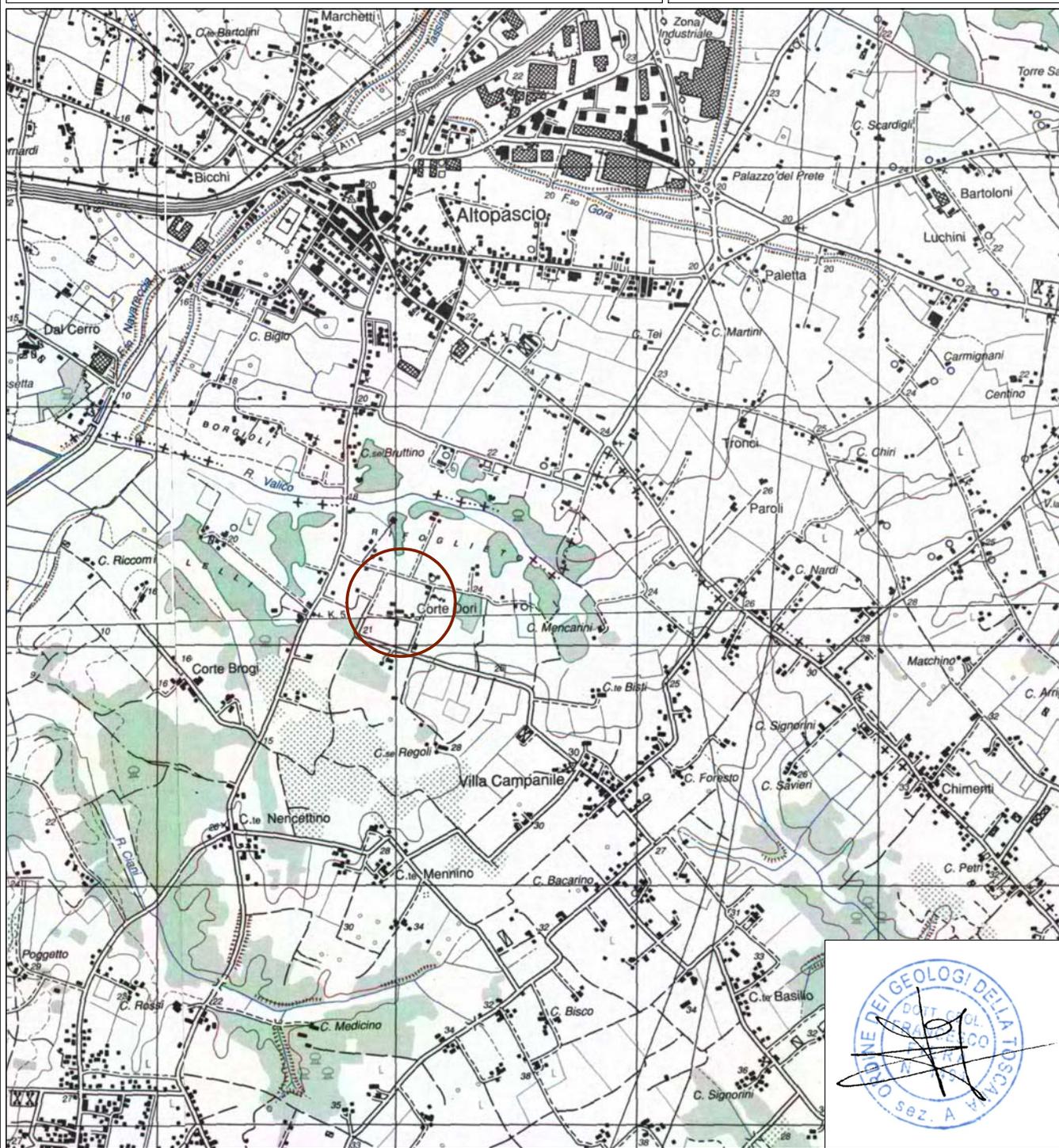
 Ubicazione area d'intervento

TAVOLA 1

Corografia

Estratto cartografia I.G.M.

Scala 1:25.000



**PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA
DI EDIFICIO RESIDENZIALE POSTO IN LOCALITA' CORTE DORI
COMUNE DI CASTELFRANCO DI SOTTO (PI)**

COMMITTENTE: Vanessa Alexandra Sturino

Luglio 2021



LEGENDA

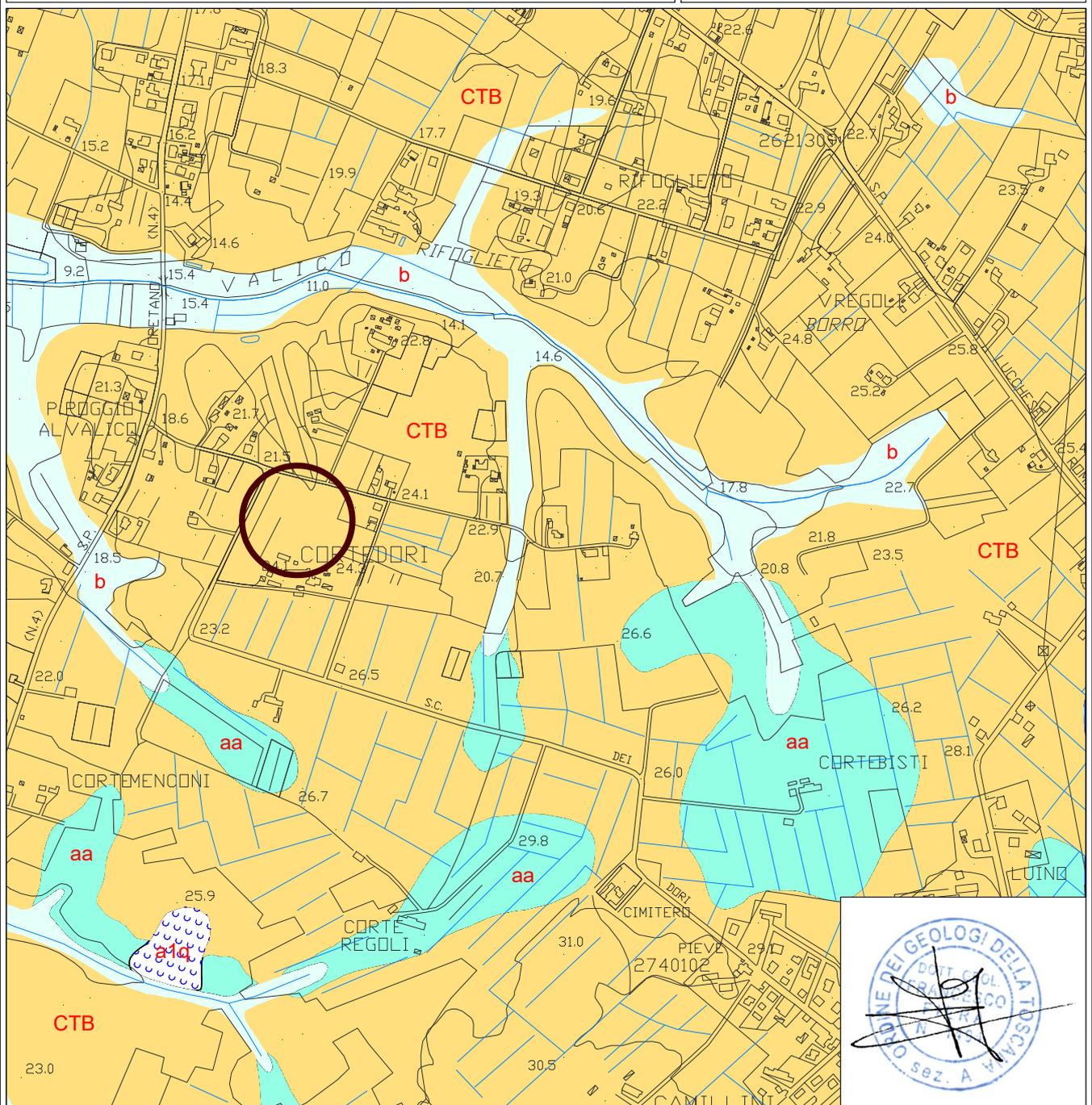
-  corpi di frana senza indizi di evoluzione
-  depositi alluvionali attuali (GS) - Olocene
-  depositi di versante - Olocene
-  Formazione delle Cerbaie - Pleistocene med.

TAVOLA 2

Carta geologica

Estratto da CARG Regione Toscana

Scala 1:10.000



PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA
DI EDIFICIO RESIDENZIALE POSTO IN LOCALITA' CORTE DORI
COMUNE DI CASTELFRANCO DI SOTTO (PI)

COMMITTENTE: Vanessa Alexandra Sturino

Luglio 2021



LEGENDA



prova penetrometrica statica



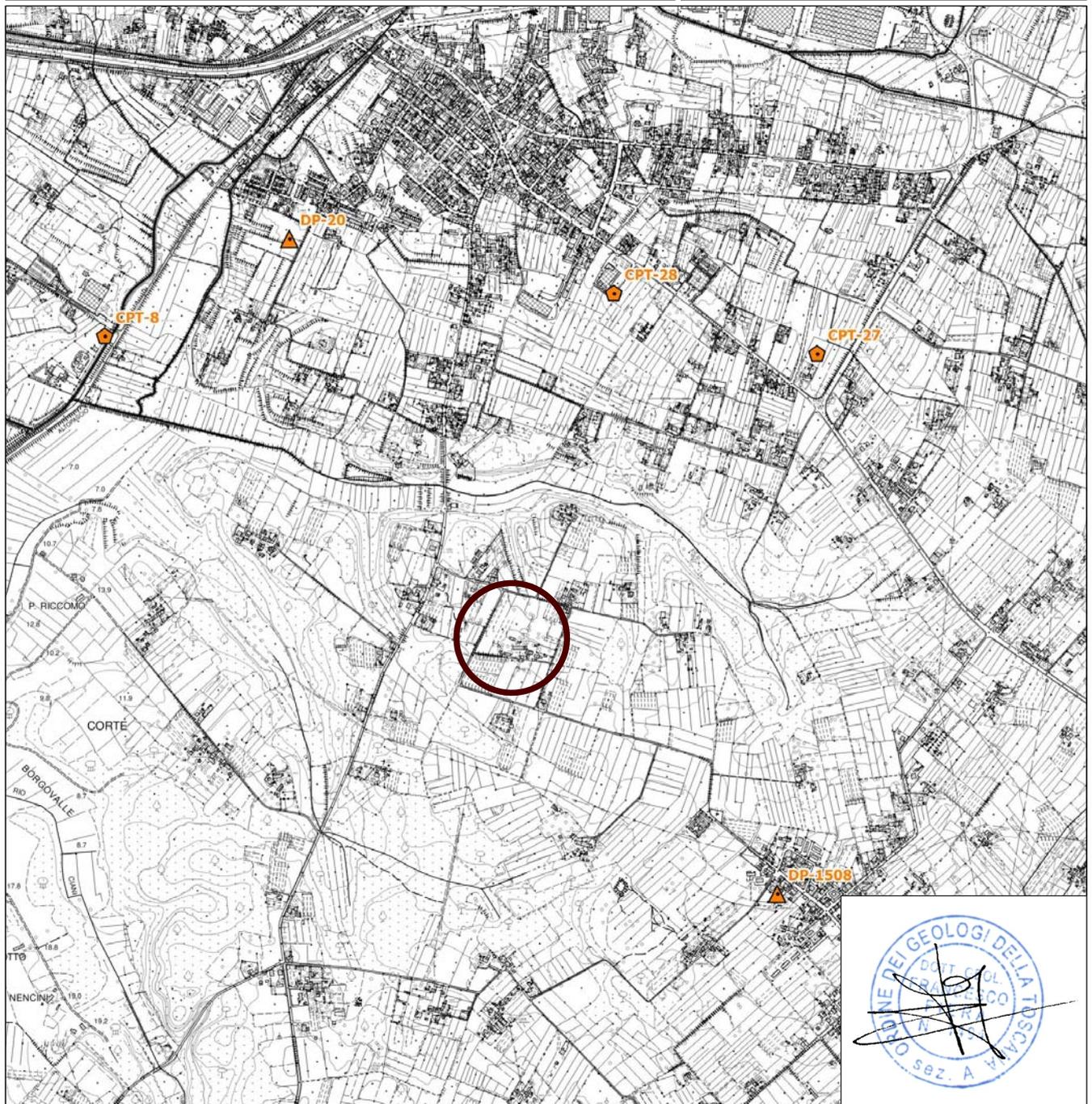
prova penetrometrica dinamica

TAVOLA 3

Indagini geotecniche pregresse

Estratto da Continuum Geologico Regione Toscana

Scala 1:20.000



PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA
DI EDIFICIO RESIDENZIALE POSTO IN LOCALITA' CORTE DORI
COMUNE DI CASTELFRANCO DI SOTTO (PI)

COMMITTENTE: Vanessa Alexandra Sturino

Luglio 2021



LEGENDA

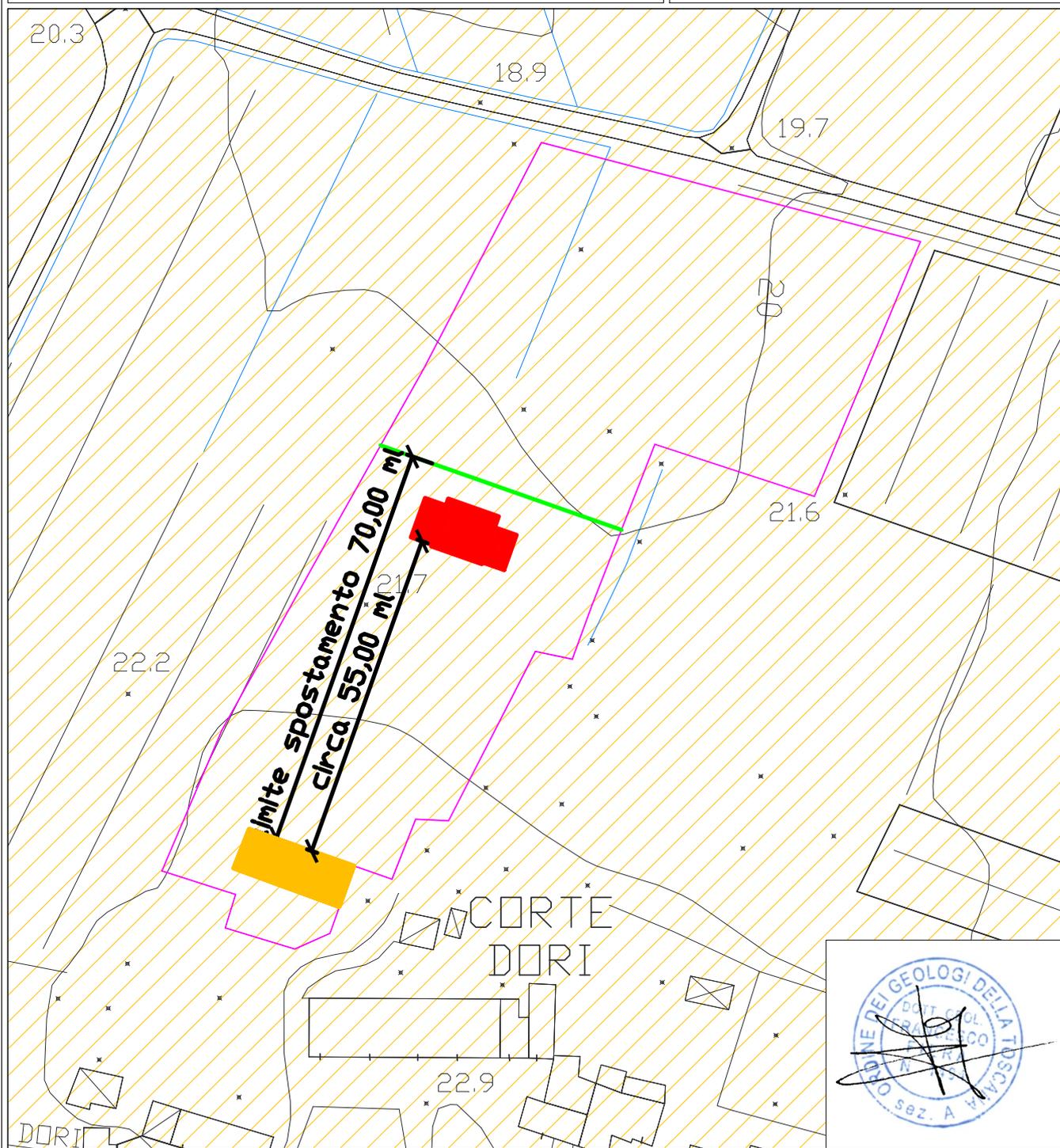
-  Permeabilità Media
-  Impronta fabbricato attuale
-  Impronta fabbricato da realizzare
-  Limite proprietà

TAVOLA 4

Dettaglio morfologico-idraulico

Estratto da CTRT - Elemento 19G48

Scala 1:1000



AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI DIRITTI D'AUTORE, QUESTI ELABORATI NON POTRANNO ESSERE RIPRODOTTI O COMUNICATI AD ALTRE PERSONE O DITTE, ANCHE SOLO PARZIALMENTE, SENZA ESPLICITA AUTORIZZAZIONE DEL DOTT. FRANCESCO FIERA

Allegati

AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI DIRITTI D'AUTORE, QUESTI ELABORATI NON POTRANNO ESSERE RIPRODOTTI O COMUNICATI AD ALTRE PERSONE O DITTE, ANCHE SOLO PARZIALMENTE, SENZA ESPLICITA AUTORIZZAZIONE DEL DOTT. FRANCESCO FIERA

Certificati indagine sismica

Report Indagine Sismica

INDAGINE GEOFISICA
MASW (Onde *di Love*)
HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)



Corte Dori
VILLA CAMPANILE (PI)

COMMITTENTE:
Vanessa Alexandra
Sturino

DIREZIONE INDAGINI:
Geol. Francesco Fiera

[26/04/2019 - 14/07/2021]

INDAGINE GEOFISICA

MASW (Onde *di LOVE*) HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Corte Dori
VILLA CAMPANILE (PI)

26/04/2019 – 14/07/2021

COMMITTENTE: **Vanessa Alexandra Sturino**

DIREZIONE INDAGINI: **Geol. Francesco Fiera**

DITTA ESECUTRICE INDAGINI: **Geo-Ernergizers snc**

PREMESSA

Su incarico della committenza è stata realizzata un'indagine sismica con tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), metodo di acquisizione THF secondo la nomenclatura di *Herrmann* (vedasi Tabella 1), per l'individuazione del profilo verticale di velocità delle onde di taglio V_{sn} , e per la ricerca di eventuali inversioni di velocità nel sottosuolo.

Acronimo	Sorgente	Geofono	Utilità
ZVF	forza verticale: martellato su piastra o caduta di grave	verticale	Acquisizione componente verticale delle onde di Rayleigh
ZEX	sorgente esplosiva	verticale	Acquisizione componente verticale delle onde di Rayleigh
RVF	forza verticale: martellato su piastra o caduta di grave	radiale	Acquisizione componente radiale delle onde di Rayleigh
REX	sorgente esplosiva	radiale	Acquisizione componente radiale delle onde di Rayleigh
THF	sorgente trasversale	trasversale	Acquisizione onde di Love

Tab. 1 – Tipi di acquisizioni per analisi MASW.

L'esecuzione della prospezione sismica di superficie si è svolta in data 26/04/2019. Inoltre in data 14/07/2021 è stata acquisita una misura di rumore sismico mediante la tecnica HVSR. L'ubicazione delle indagini è riportata in Figura 1.

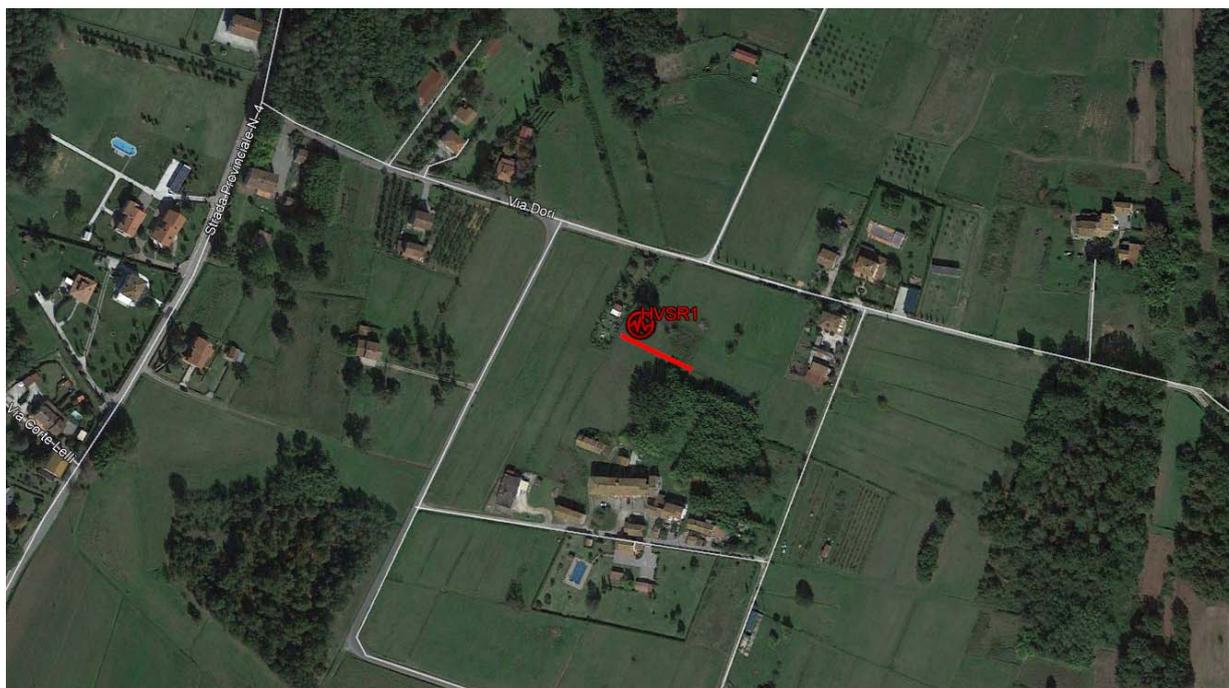


Fig. 1 – Ubicazione centro stesa ST1: Coord. WGS84 Lat. 43.800012; Lon. 10.677448

STRUMENTAZIONE

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati di campagna è la seguente:

Energizzatore	massa da 10 Kg su piattella	generazione segnale
Geofoni vert. (4,5 Hz)	4kOhm 4.5Hz	conversione segnale sismico in elettrico
Sismografo SARA Do.Re.Mi.	digitalizzatori - 24 bit	conversione segnale e registrazione
Interfaccia Do.Re.Mi. master		alimentazione, collegamento PC,
Computer	Acer Aspire One D150-1Bw	visualizzazione, memorizzazione dati

Tab. 2 – Strumentazione di acquisizione per analisi MASW.

La strumentazione è composta da una serie di geofoni ad oscillazione verticale/orizzontale collegati ai canali di registrazione. Questi ultimi ricevono il segnale analogico generato dall'arrivo del treno di onde sismiche, prodotte dal sistema di energizzazione, e lo convertono istantaneamente in formato digitale.

Il dato acquisito viene quindi registrato nell'unità di memoria interna al canale stesso rendendosi disponibile per il successivo *download*, mediante interfaccia *master*, da parte del programma di acquisizione installato su computer portatile.

L'interfaccia *master*, oltre a permettere l'acquisizione dei dati, fornisce l'alimentazione elettrica necessaria allo strumento, registra con precisione il segnale *start* proveniente dalla fonte di energizzazione e consente una corretta comunicazione tra il *personal computer* e i canali di acquisizione.



Fig. 2 – Strumentazione d'acquisizione.

L'acquisizione delle misure HVSR è stata eseguita mediante la seguente strumentazione:

Strumento	modello PF S SR04 GBX-45-NNG	
3 Sensori (4,5 Hz)	Numero canali: 3 Non ortogonalità: < 0.01% Frequenza naturale: 4.5Hz (+/-5%) Banda utilizzabile: 0.2-1000Hz Damping: 0.707 Massa inerziale: 24 g Sensibilità nominale: 80 V/m/s Movimento massa: 0.2mm Certificazioni: CE(EN55022, N55011)	campionamento simultaneo sui 3 canali
Interfaccia Do.Re.Mi.		download dei dati su PC,
Computer	Acer Aspire One D150-1Bw	visualizzazione, memorizzazione dati

Tab. 3 – Strumentazione di acquisizione per analisi HVSR.

Il dispositivo sismico utilizzato per le misure di vibrazione ambientale consiste in un digitalizzatore a 24 bit 3 canali ad altissima risoluzione collegato a un personal computer per il controllo dello strumento e la registrazione dei dati.

Tre supporti a vite regolabili e una livella consentono il posizionamento dello strumento secondo il piano orizzontale; l'alimentazione è garantita da una piccola batteria interna ricaricabile.

I dati acquisiti dai sensori sono trasferiti al PC mediante un cavo elettrico collegato a una porta seriale (RS232) e registrati in digitale da un software dedicato (modulo SEISMOLOG-MT della suite SEISMOWIN) per mezzo di un convertitore con frequenza di campionamento fino a 600 Hz.

Attraverso la specifica funzione di trasferimento è possibile, nel dominio delle frequenze, una correzione strumentale del dato. Di seguito si riporta quella specifica dello strumento utilizzato:

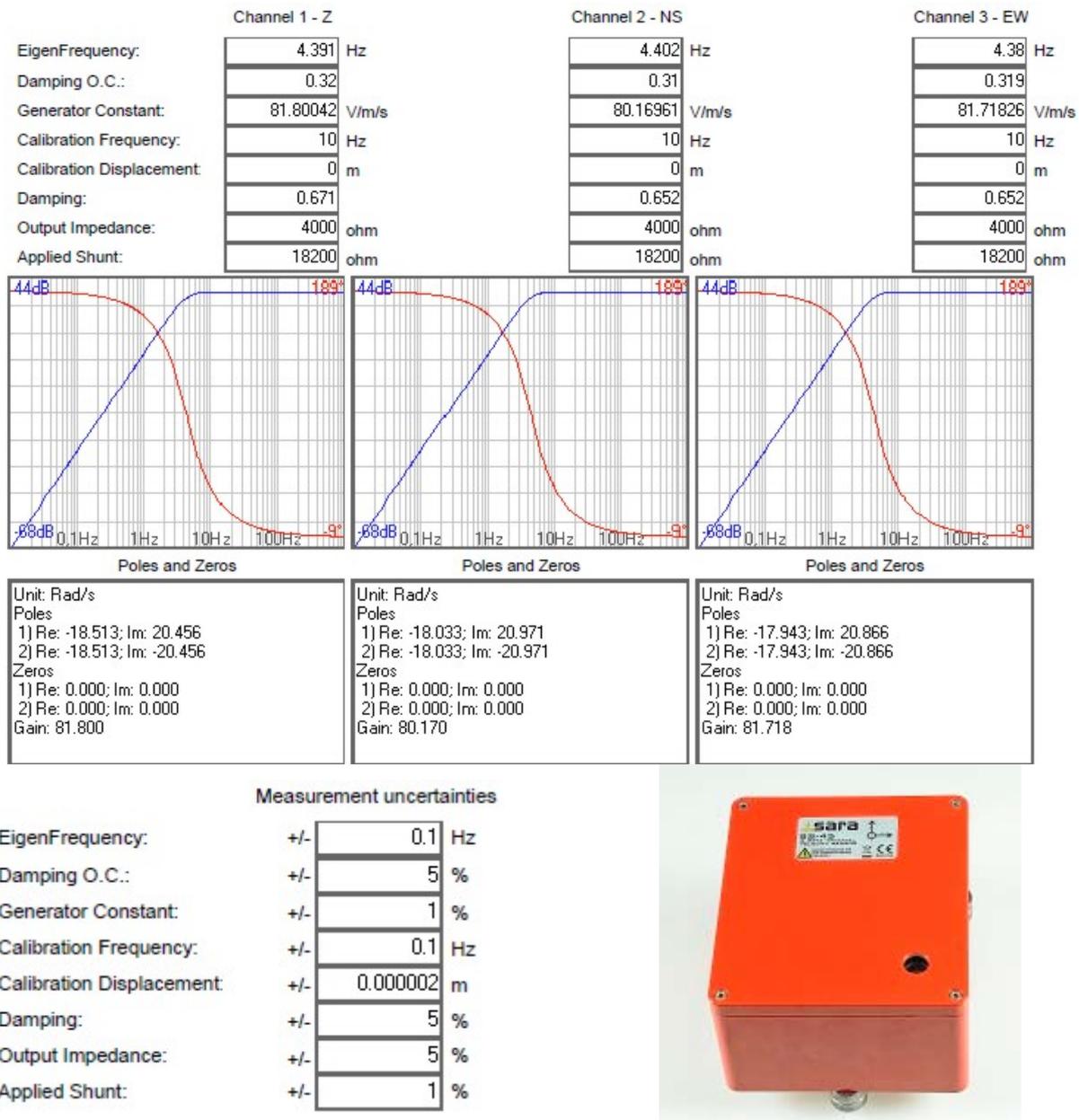


Fig. 3 – Funzione di trasferimento dei sensori del tromografo digitale.

TECNICA MASW

La tecnica MASW è una forma di prospezione sismica che, attraverso la registrazione della modalità di propagazione delle onde di superficie nel sottosuolo, permette di risalire alla velocità di diffusione delle onde di taglio V_{sv} e/o V_{sh} (radiali e trasversali) lungo un profilo verticale per convenzione posizionato al centro dello stendimento.

Da tale profilo, mediante l'applicazione della formula $V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{H_i}{V_{si}}}$ relativa agli spessori e velocità dei singoli orizzonti sismici è possibile ricavare la V_s equivalente dei sismostrati ricoprenti il bedrock. Qualora il substrato rigido si collochi a profondità superiori a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio V_{seq} è definita dal parametro V_{s30} considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

L'indagine geofisica con tecnica MASW è realizzata mediante uno stendimento sismico costituito da 12 a 48 (o più) geofoni allineati e separati tra loro da una distanza intergeofonica costante.

I geofoni registrano l'arrivo delle onde sismiche generate in corrispondenza di un punto di energizzazione posto esternamente allo stendimento (*offset*) a una distanza compresa fra 2 e 20 m circa dal primo, o dall'ultimo, geofono e in allineamento con i geofoni stessi. Ogni singolo elemento ricevente trasmette il segnale sismico rilevato, tramite un cavo schermato, alla stazione di ricezione all'interno della quale avviene la registrazione del treno di onde su cui procedere per le successive elaborazioni e interpretazioni.

La distanza intergeofonica, il numero dei geofoni e dunque la lunghezza totale dello stendimento sono valutate in funzione dello spessore minimo dello strato sismogenetico a velocità V_s costante che si vuole determinare e in funzione della profondità da raggiungere per la specifica indagine.

La profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e la sua frequenza. Tali caratteristiche quindi non dipendono solamente dalla geometria dello stendimento ma altresì dalle caratteristiche della successione litostratigrafica del terreno attraversato.

L'obiettivo della registrazione è l'individuazione del treno di onde superficiali (onde di Rayleigh e/o di Love). Le onde sismiche, attraversando il mezzo, subiscono una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate con la velocità e la frequenza di propagazione delle onde di taglio.

Le caratteristiche di un'acquisizione con la tecnica MASW prevedono una o più energizzazioni con tempi di acquisizione compresi tra 1 e 4 sec e con frequenza di campionamento variabile da 500 a 5000 Hz.

Dal sismogramma, note le caratteristiche geometriche dell'acquisizione, si ricava il diagramma "**velocità di fase - frequenza**" dal quale si ottiene la curva di dispersione.

La curva di dispersione è sottoposta a un processo di *modeling* diretto, ovvero viene ricercata la più sensata coerenza tra distribuzione di energia nello spettro di velocità (che è l'unico dato oggettivo) e curve di dispersione teoriche di un modello che l'utente, a partire dalle eventuali conoscenze stratigrafiche note a priori, testa e modifica con le procedure di "*modellazione diretta*". Generalmente la curva di dispersione riprodotta dai vari software ricostruisce la distribuzione delle energie tra i vari modi secondo un modello puramente elastico sul quale si dovrà operare tenendo presente gli accorgimenti necessari per giungere all'identificazione di un modello reale (ovvero visco-elastico).

Lo scopo è ottenere una valutazione di un possibile assetto sismostratigrafico rispetto allo spettro osservato. Nel caso di situazioni geologiche particolari o complesse (cioè dati sismici di ardua

interpretazione) questo è un modo di procedere pratico e spesso il risultato interpretativo è sufficiente (non essendo poi necessario eseguire l'inversione). In genere è fortemente consigliato utilizzare un modello testato le cui curve di dispersione risultino nell'interpretazione in ragionevole (ma non ancora ottimale) accordo con lo spettro di velocità osservato, come punto/modello di partenza per l'inversione (lo scopo è quello di perfezionare il modello).

Se, nell'interpretazione del dato, l'accordo tra il modello identificato in fase di modellazione diretta e lo spettro è ottimale non sarà necessaria alcuna inversione e sarà possibile fermarsi al modello identificato.

Infine, si precisa che in dipendenza dal tipo di dati che si stanno considerando (cioè da sorgente a impatto verticale e geofoni a componente verticali o a componente orizzontale con asse radiale, o da acquisizioni trasversali, cioè con sorgente di taglio e geofoni orizzontali con componente perpendicolare all'*array*) si andranno ad analizzare diversi tipi di onde: nel primo caso quelle di Rayleigh, nel secondo quelle di Love.

MODALITÀ DI ACQUISIZIONE E RISULTATI TECNICA MASW - Onde di Love (THF)

Le caratteristiche adottate per l'indagine MASW eseguita in questa sede sono quelle riportate in Figura 4 e Tabella 4.



Fig. 4 – Schema d'acquisizione.

stendimento	ST1
n° geofoni	24
distanza intergeofonica (m)	2,0
n° punti di scoppio	2(Onde di Love)
n° scoppi per acquisizione	3 (<i>multistacking</i>)
Offset scoppi (m)	5,00-6,00
tempo di acquisizione (sec)	2,0
Frequenza di campionamento (Hz)	500

Tab. 4 – Parametri e settaggi d'acquisizione.

Il particolare assetto geologico-stratigrafico del sito e le limitazioni legate alla specifica tecnica d'indagine utilizzata hanno permesso di raggiungere un soddisfacente grado di precisione nei primi 20 m dalla superficie mentre oltre tale profondità si ha un maggior grado d'incertezza.

L'elaborazione dei sismogrammi acquisiti è stata effettuata mediante *software* WinMASW 6.0 Pro attraverso il quale si è operato secondo la tecnica della modellazione diretta della curva di dispersione.

Il modello conseguito dall'elaborazione dei sismogrammi individua per il profilo ST1, con riferimento al piano campagna, un valore di **V_{s30} pari a 344 m/sec** (vedasi *report* di sintesi).

In allegato è riportato il profilo delle velocità di taglio, con la profondità, dei vari domini individuati mediante il quale è possibile determinare la categoria di sottosuolo sismico secondo le NTC 2018.

TECNICA HVSR (metodo Nakamura)

Lo scopo di questa particolare tecnica è l'individuazione, attraverso il metodo proposto da Nakamura sul rapporto spettrale H/V, delle discontinuità sismiche nel sottosuolo e la ricerca dell'eventuale *bedrock* geofisico. La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) è totalmente non invasiva, rapida e può essere applicata ovunque non necessitando di alcun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale.

I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza di un sito *free field*;
- la frequenza fondamentale di risonanza di un edificio;
- la velocità media delle onde di taglio Vs (solo se già noti gli spessori dei sismostrati);
- gli spessori della coltre di copertura del substrato litoide (solo se già note le Vs dei sismostrati).

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremori. La forma di un'onda registrata in un determinato sito dallo strumento dipende: dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente *s*; dal percorso dell'onda dalla sorgente *s* al sito *x* (attenuazioni, riflessioni); dalle rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda; dalla risposta dello strumento; ovvero:

segnale registrazione al sito = sorgente * effetti di percorso * funzione trasferimento strumento

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento etc...) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Il rumore sismico viene denominato microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, sensibilmente inferiori a quelle prodotte dai terremoti.

I metodi che si basano sull'acquisizione delle vibrazioni ambientali vengono detti di tipo passivo, in quanto il segnale non è appositamente generato (come avviene per esempio con le energizzazioni della sismica attiva).

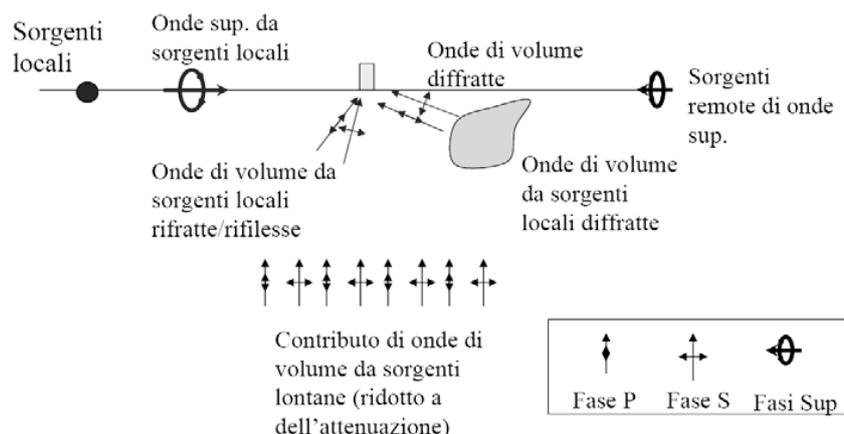


Fig. 5 – Percorsi e tipi di sorgenti dei microtremori.

Nel tragitto dalla sorgente *s* al sito *x* le onde elastiche subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda e attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Di conseguenza l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della

sismica classica.

Diversamente con la tecnica dei microtremori è possibile registrare una parte del segnale di partenza che contiene informazioni relative al percorso effettuato ovvero alla struttura sismostratigrafica in prossimità del sensore. In questo modo il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale da scartare nella sismologia tradizionale, viene sfruttato per ottenere utili informazioni per le analisi sismiche del sottosuolo. Queste risultano mascherate dal rumore casuale e possono essere estratte solo attraverso opportune tecniche di filtraggio.

Una di queste è la teoria dei rapporti spettrali o semplicemente HVSR che consente di fornire stime affidabili delle frequenze fondamentali dei sottosuoli.

RISULTATI HVSR

Per l'acquisizione dei dati sono stati utilizzati n°1 tromometri digitali (modello PF S SR04 GBX-45-NNG) a 3 canali con capacità di registrazione a 24 bit. Attraverso lo strumento, che racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ad alta definizione ortogonali tra loro, si sono registrate le vibrazioni ambientali i cui valori sono stati salvati in tempo reale nella memoria interna di un computer portatile. Gli assi di oscillazione dello strumento sono stati allineati a quelli geografici mediante l'utilizzo di una bussola.

I dati registrati sono stati convertiti in file ASCII nel formato SAF mediante il software Seismolog-MT e successivamente elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza.

Durante il campionamento lo stesso *software* ha permesso di visualizzare in tempo reale la curva H/V e gli spettri assoluti sulle componenti sia verticale che orizzontale e di salvare un secondo file di registrazione già depurato dei transienti individuati durante il campionamento.

Per la postazione di registrazione il rumore sismico è stato acquisito per un periodo di 30 minuti. In fase di elaborazione la registrazione è stata suddivisa manualmente in intervalli della durata di 15 sec all'interno dei quali si è operato un'analisi spettrale nelle tre componenti (Verticale, N-S e E-W).

Per ciascun segmento si è quindi calcolato il rapporto spettrale fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale. Dei valori così ottenuti è stata calcolata la media.

Infine, per verificare che le misure ottenute dall'elaborazione dei dati di campagna fossero una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh si è proceduto a appurare che:

- i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente risultassero stabili, e frutto di un campionamento statistico adeguato,
- gli effetti di sorgente fossero effettivamente mediati, ovvero al netto di eventuali sorgenti dominanti,
- la misura non contenesse errori sistematici (come per esempio quelli generati da un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno).

Definendo i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si può ricavare il valore della frequenza caratteristica del sito (f_0) e la relativa ampiezza (A_0).

Sapendo che a ogni picco in frequenza corrisponde una profondità in metri dell'orizzonte che genera il

contrasto d'impedenza, avendo a disposizione un modello di velocità coerente da altre metodologie d'indagine, si può estrapolare una stratigrafia geofisica rappresentativa del sottosuolo.

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio e della sismostratigrafia di sito, è stato costruito un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante quelle evidenziate dalla registrazione.

In seguito, tramite specifico algoritmo sono state unite le informazioni di carattere sismostratigrafico derivanti dall'indagine MASW con quelle derivanti dall'analisi H/V e si è adattato la curva teorica a quella sperimentale, ottenendo i valori di riferimento degli spessori dei sismostrati e la relativa velocità delle onde Vs. L'interpretazione ha consentito di correlare il valore dei picchi dello spettro di risposta HVSR con i valori di frequenza riguardanti le discontinuità sismiche e i principali cambi litologici presenti nel sottosuolo.

La **frequenza di risonanza del sito** è definita da un picco di frequenza con valore di ampiezza elevato. Tale picco viene generato da una discontinuità localizzata alle alte frequenze ($f_0=51,071 \pm 0,822$ Hz – $A_0=13,967$) associabile a un contatto tra i depositi superficiali scarsamente addensati e un livello più consistente posto a circa 0.9 – 1.0 m di profondità.

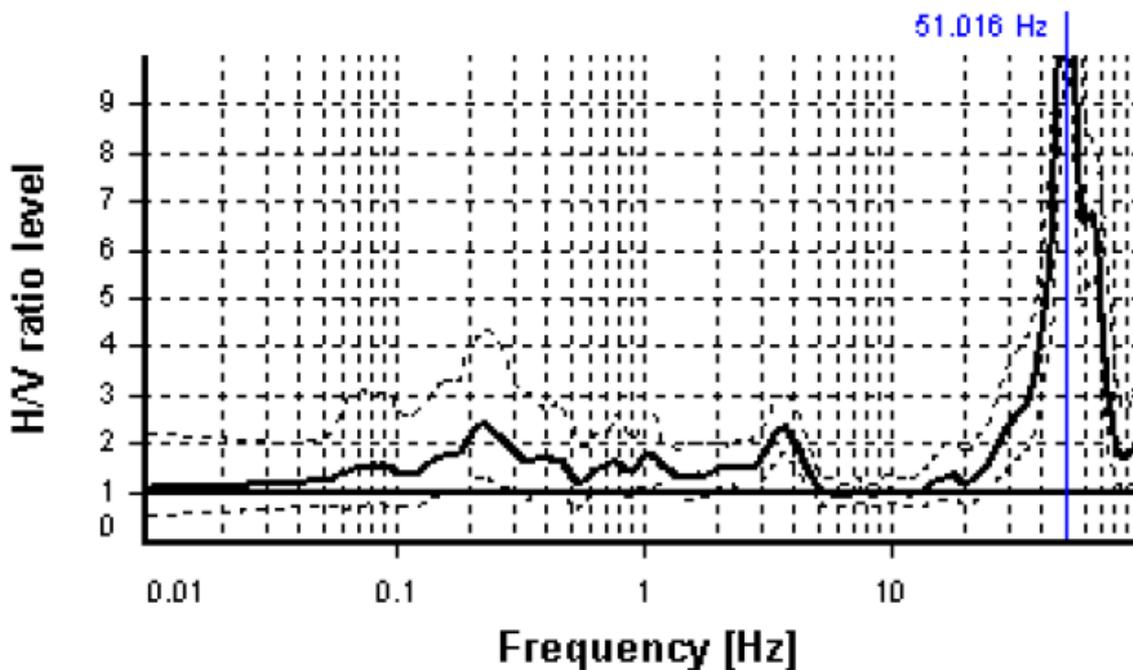


Fig. 6 - Rapporto spettrale H/V medio misurato

Nella successiva Tabella 5 viene rappresentata numericamente la qualità del segnale acquisito sulla base dei principi e delle indicazioni di cui al progetto SESAME 2005 (*Site EffectS assessment using Ambient Excitations*). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere verificati i primi tre criteri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

HVSR curve reliability criteria ($f_0 = 51,071 \pm 0,822$ Hz)		
$f_0 > 10 / Lw$	39 valid windows (length > 0.2 sec) out of 39	OK
$n_c(f_0) > 200$	29844.45 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 149	OK
HVSR peak clarity criteria ($f_0 = 51,071 \pm 0,822$ Hz)		
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	44.83856 Hz	OK
$\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	58.58248 Hz	OK
$A_0 > 2$	13.97 > 2	OK
$F_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	0.93 % \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.82164 < 2.55081	OK
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.32425 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		OK

Tab. 5 – Verifica di attendibilità della curva H/V per $f_0 = 51,017 \pm 0,822$ Hz (criteri Progetto SESAME 2005).

Un secondo picco di frequenza con ampiezza sensibilmente inferiore rispetto al precedente è stato rilevato alle medie frequenze. Tale picco ($f_1 = 3,599 \pm 0,442$ Hz – $A_1 = 2,337$) è associabile a un contatto stratigrafico con modesto contrasto d'impedenza all'interno della Formazione delle Cerbaie posto a circa 25 - 30 m di profondità.

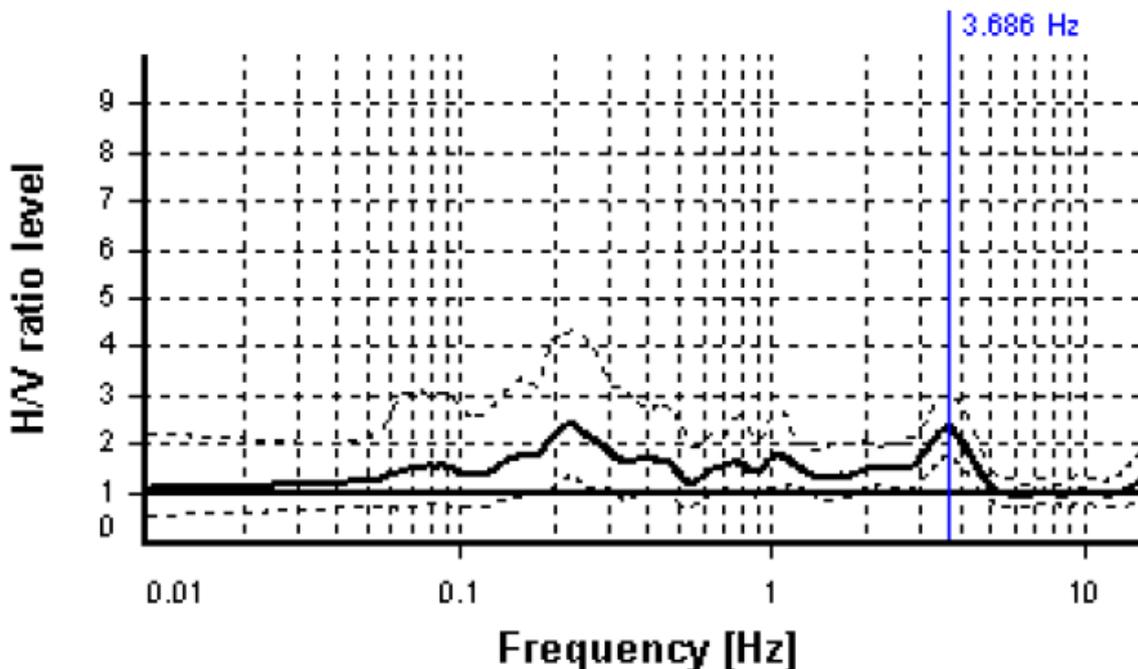


Fig. 7 - Rapporto spettrale H/V medio misurato

Nella successiva Tabella 6 viene rappresentata numericamente la qualità del segnale acquisito sulla base dei principi e delle indicazioni di cui al progetto SESAME 2005 (*Site EffectS assessment using Ambient Excitations*).

HVSR curve reliability criteria ($f_1 = 3,599 \pm 0,442$ Hz)		
$f_0 > 10 / Lw$	39 valid windows (length > 2.71 sec) out of 39	OK
$n_c(f_0) > 200$	2156.37 > 200	OK
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 151	OK
HVSR peak clarity criteria ($f_1 = 3,599 \pm 0,442$ Hz)		
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	4.99688 Hz	OK
$A_0 > 2$	2.34 > 2	OK
$F_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	1.86 % \leq 5%	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.44155 < 0.1843	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.29811 < 1.58	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Tab. 6 – Verifica di attendibilità della curva H/V per $f_1 = 3,599 \pm 0,442$ Hz (criteri Progetto SESAME 2005).

Infine, un terzo picco di frequenza è stato rilevato alle basse frequenze. Tale picco ($f_2 = 0,242 \pm 0,052$ Hz – $A_2 = 2,404$) non è associabile ad alcun contatto stratigrafico in quanto non rispetta i criteri di attendibilità del progetto SESAME (2005) ed essendo direzionale è associabile verosimilmente alla presenza del vento.

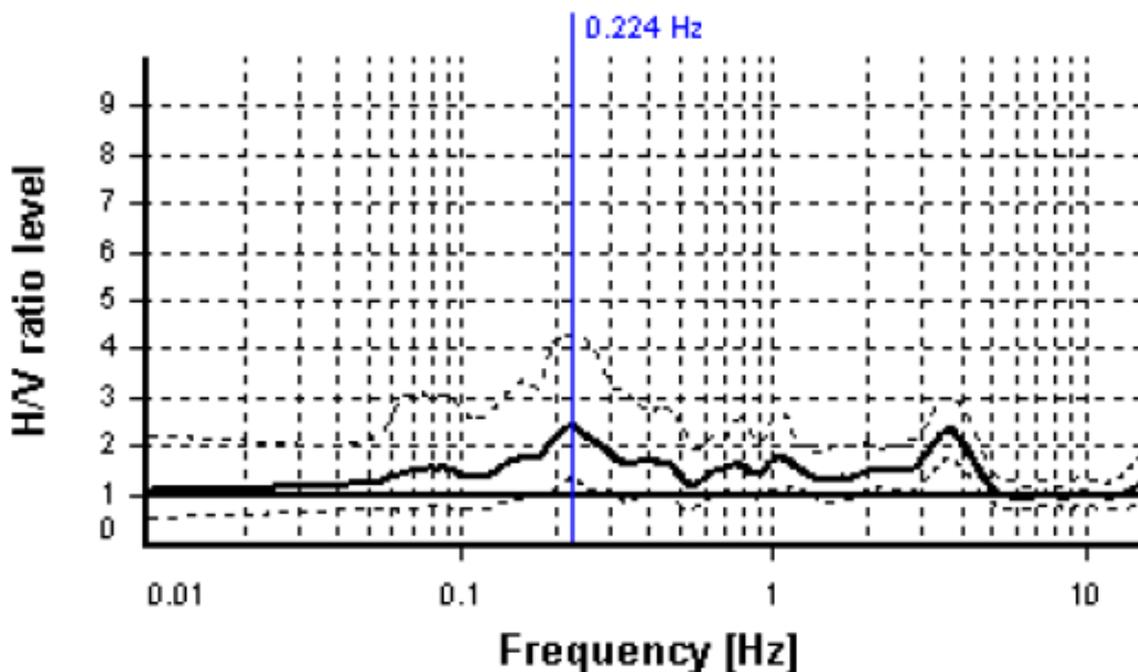


Fig. 8 - Rapporto spettrale H/V medio misurato

HVSR curve reliability criteria ($f_2 = 0,242 \pm 0,052$ Hz)		
$f_0 > 10 / Lw$	0 valid windows (length > 44.74 sec) out of 39	NO
$n_c(f_0) > 200$	$0 < 200$	NO
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$	Exceeded 0 times in 151	OK
HVSR peak clarity criteria ($f_2 = 0,242 \pm 0,052$ Hz)		
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	0 Hz	NO
$\exists f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	0.5367 Hz	OK
$A_0 > 2$	$2.4 > 2$	OK
$F_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$2.8 \% \leq 5\%$	OK
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05182 < 0.04471$	NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.79732 < 2.5$	OK
Overall criteria fulfillment		NO

Tab. 7 – Verifica di attendibilità della curva H/V per $f_2 = 0,242 \pm 0,052$ Hz (criteri Progetto SESAME 2005).

Considerando il range di periodo che riguarda l'ambito ingegneristico ($T = 0.05 - 2$ sec; $F = 0,5 - 20$ Hz) per il sito in esame può essere considerata come frequenza fondamentale quella rilevata alle medie frequenze ovvero $f_1 = 3,599 \pm 0,442$ Hz.

ANALISI CONGIUNTA MASW + HVSR

Utilizzando come modello superficiale (0,0 ÷ 30,0 m) quello derivante dall'indagine MASW, mediante l'utilizzo del "Software Microtremor" (<http://nato.gfz.hr/SW.zip>) di Albarello D. & Lunedei E. (Lunedei E., Albarello D., 2009, *On the seismic noise wavefield in a weakly dissipative layered Earth*, *Geophys. J. Int.*, 177, 1001-1014) attivato attraverso l'interfaccia grafica messa a disposizione dal Software WinMASW 6.0 Pro, è stato ricercato un modello sismostratigrafico la cui curva H/V sintetica fosse compatibile con quella misurata. Confrontando il modello reale con quello ricostruito è stata evidenziata la discontinuità sismica a circa 0.9-1.0 m di profondità dalla superficie ($f_0 = 51,071 \pm 0.822$ Hz).

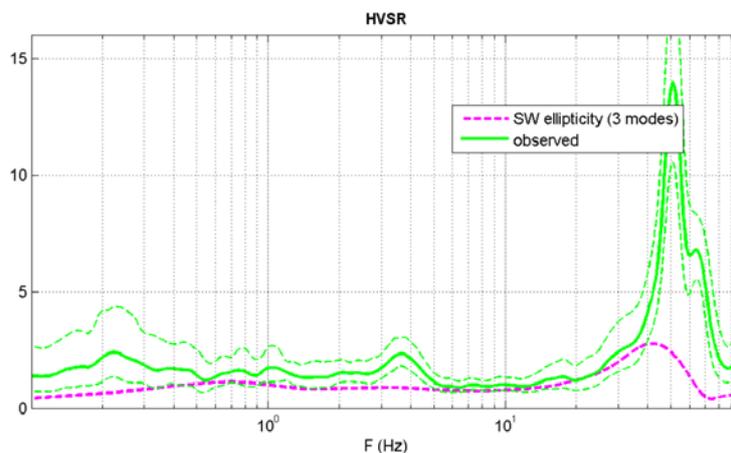


Fig. 9 – Confronto modello H/V osservato e sintetico ricostruito sulla base dell'ellitticità delle Onde Superficiali.

L'aumento di velocità di propagazione delle onde sismiche è direttamente correlabile all'aumento di rigidità del sottosuolo. Il *bedrock* geofisico, nella ricostruzione del modello sismico ipotizzato, non è stato individuato quindi risulterebbe localizzarsi a profondità ben superiori di quelle riscontrate dalle metodologie d'indagine sismica qui eseguite. Il modello d'inversione proposto per il caso in esame è riportato di seguito:

Sismostratigrafia (MASW + HVSR)

Layer	profondità	spessore	Vp	Vs
n°	m	m	m/s	m/s
1.0	1.0	1.0		180
3.0	3.0	2.0		370
5.0	5.0	2.0		340
7.0	7.0	2.0		350
9.0	9.0	2.0		300
17.0	17.0	8.0		330
27.0	27.0	10.0		380
30.0	30.0	3.0		400

Tab. 8 – Sismostratigrafia ricostruita mediante il codice di calcolo di modellazione della curva HVSR.

da cui deriva con riferimento al piano campagna un valore di V_{s30} di tra **344 m/sec** (vedasi *report* di sintesi).

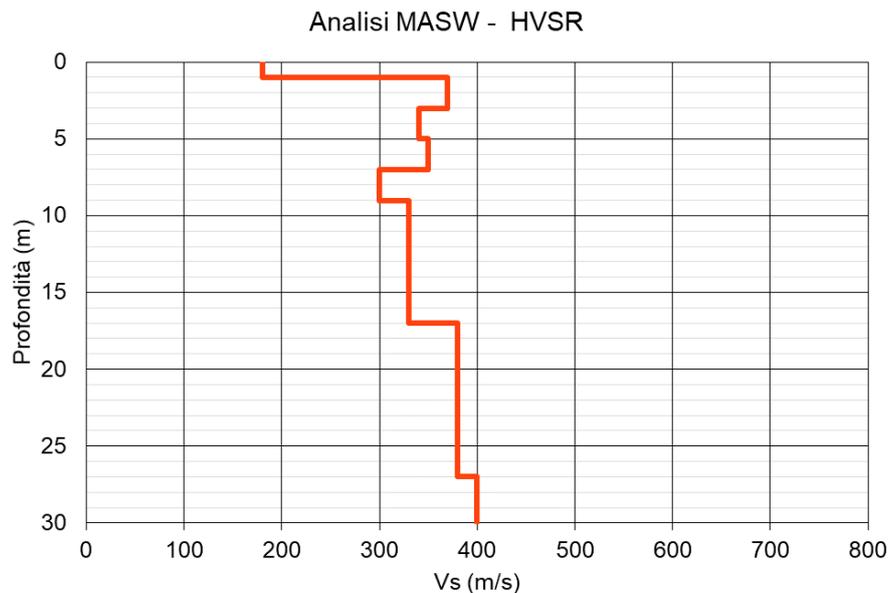


Fig. 10 – Profilo Vs da analisi congiunta.

Documento verificato da:
Dott. Francesco Fiera

Documento approvato da:
Dott. Massimiliano Perini

REPORT ELABORAZIONE MASW (Software WinMASW 6.0 Pro - 26/04/2019)**PROFILO ST1**

Offset minimo: 5,00 m
 Spaziatura geofoni: 2,0 m (1,0 m dopo interlacciamento tracce)
 Frequenza di campionamento: 500 Hz
 Lunghezza di acquisizione: 2,0 sec
 Dataset-Onde di Love: THFdx1mo5.dat

Curva analizzata**MODELLO - ONDE DI LOVE (geofoni orizzontali, sorgente ad impatto laterale)**

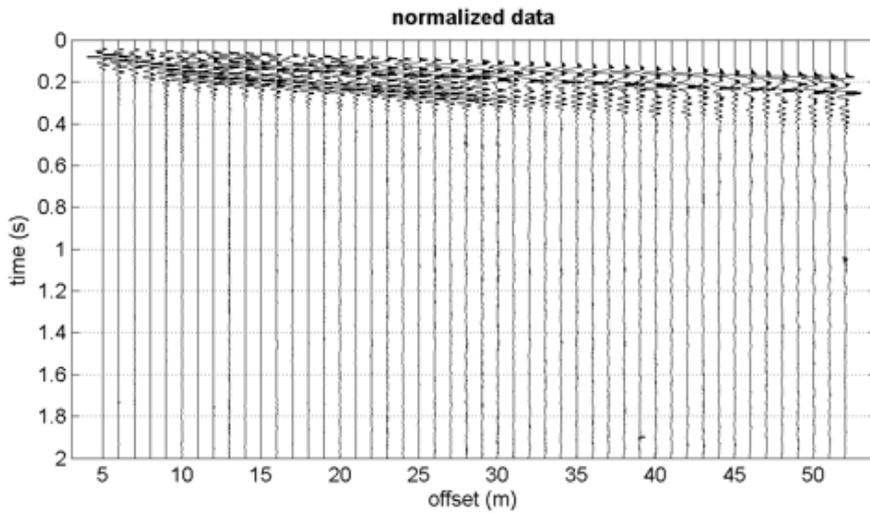
Layer	profondità	spessore	Vp	Vs	γ	n	E	G	B	L
n°	m	m	m/s	m/s	(T/mc)		(Kg/cmq)	(Kg/cmq)	(Kg/cmq)	(Kg/cmq)
1	1.0	1.0	-	180	1.89	-	-	622	-	-
2	3.0	2.0	-	370	2.13	-	-	2965	-	-
3	5.0	2.0	-	340	2.10	-	-	2471	-	-
4	7.0	2.0	-	350	2.11	-	-	2630	-	-
5	9.0	2.0	-	300	2.06	-	-	1885	-	-
6	17.0	8.0	-	330	2.09	-	-	2316	-	-
7	27.0	10.0	-	380	2.14	-	-	3141	-	-
8	30.0	3.0	-	400	2.15	-	-	3508	-	-

Parametri Dinamici

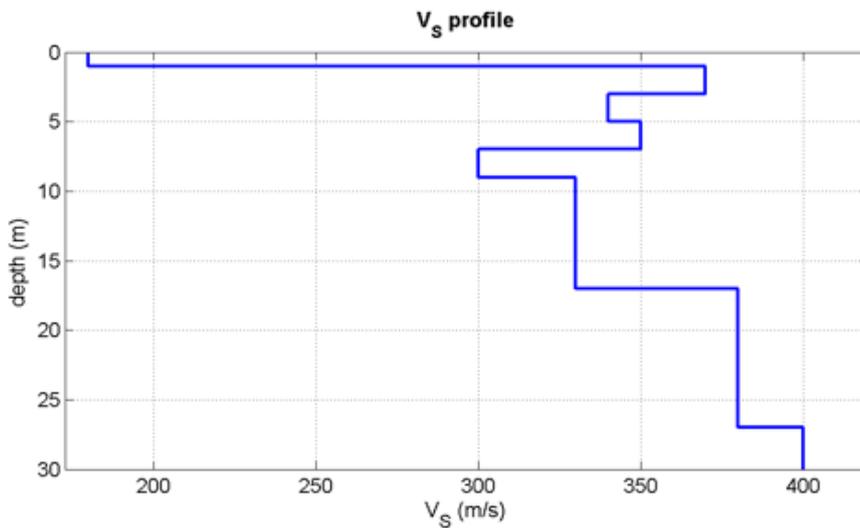
Vp	Velocità onde di compressione
Vs	Velocità onde di taglio
γ	Densità di bulk
n	Modulo di Poisson
E	Modulo di Young
G	Modulo di Taglio
B	Modulo di Bulk
L	Modulo di Lamé

Vs30 (da piano campagna): 344 m/s

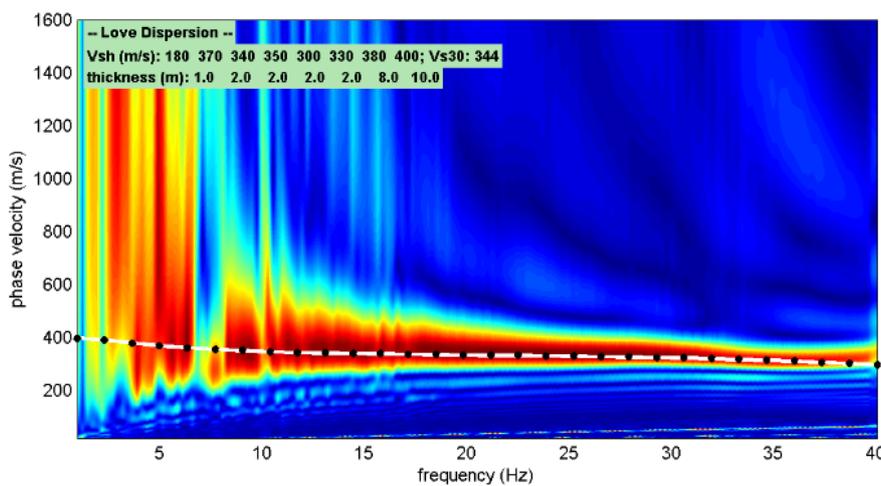
ELABORATI GRAFICI - ONDE DI LOVE



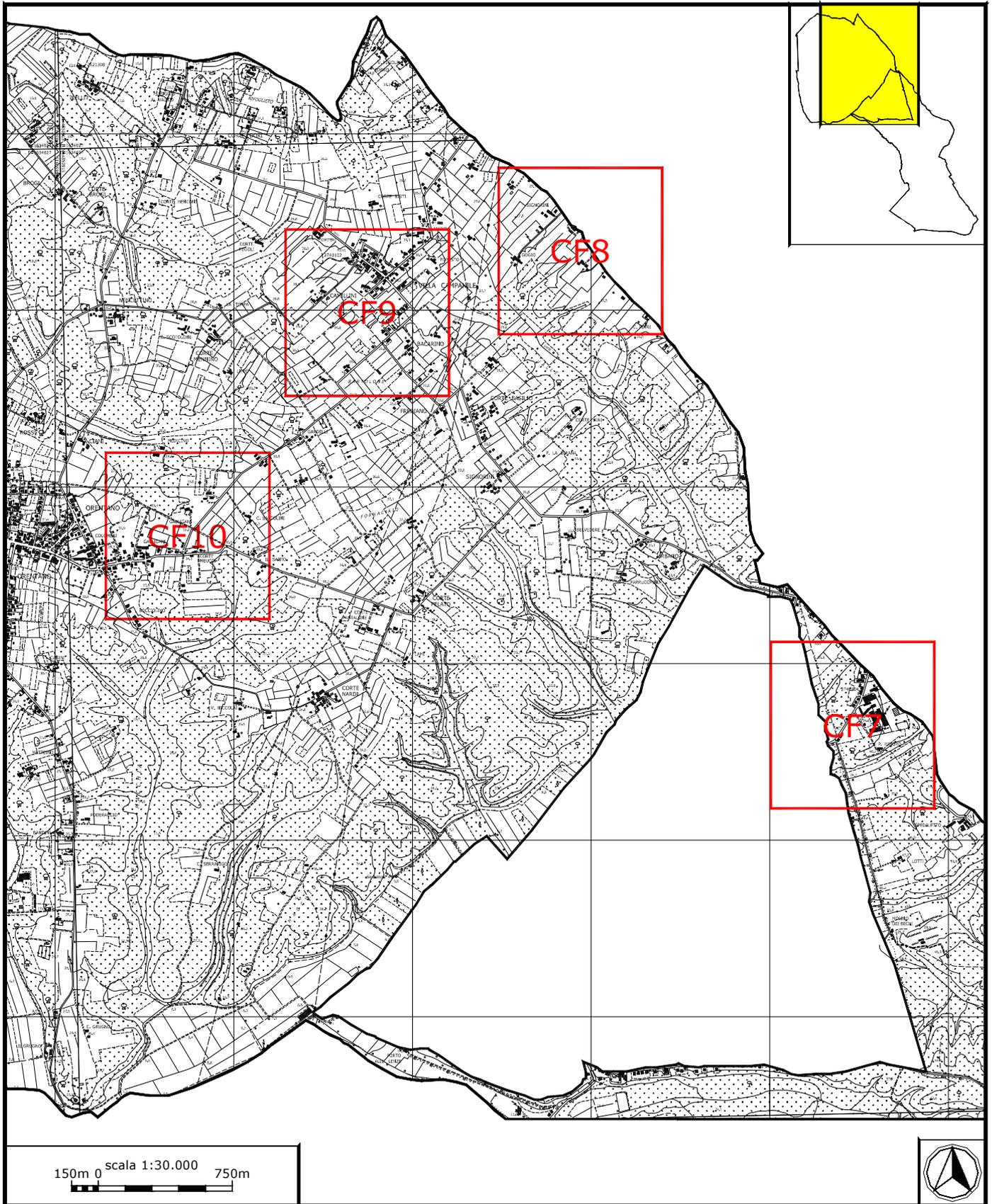
Sismogrammi normalizzati



Profilo VsH



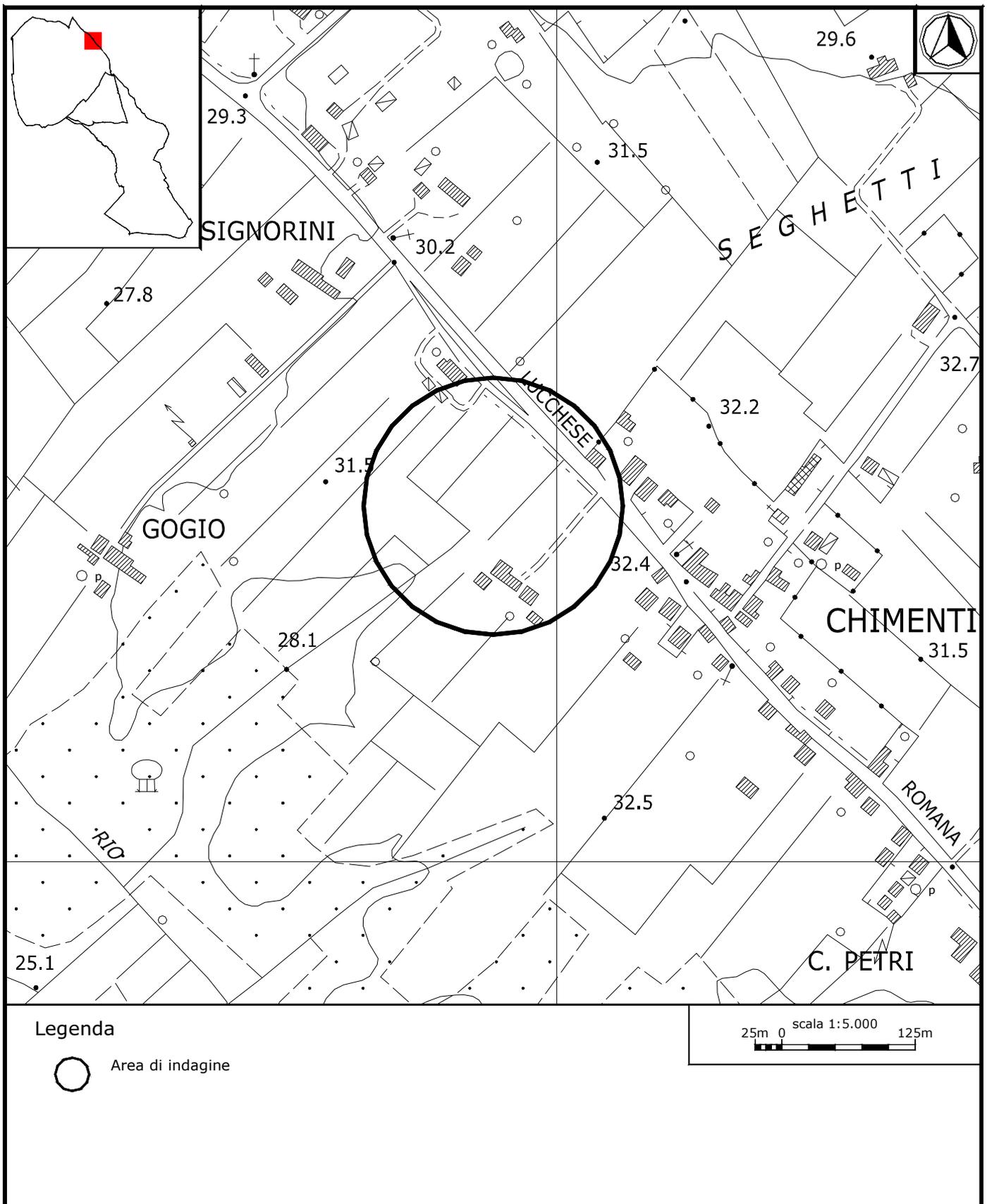
Spettro di velocità



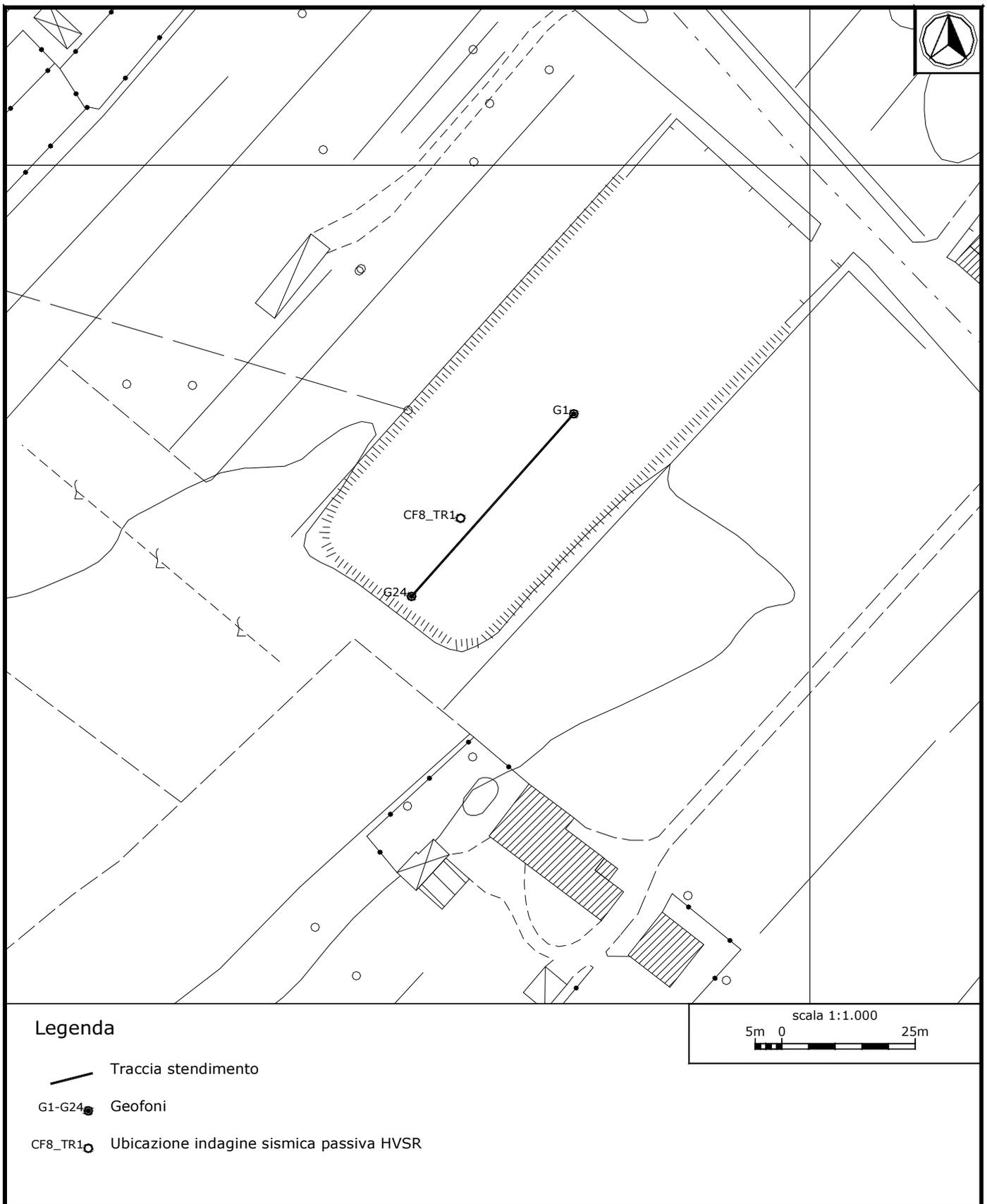
Ubicazione indagini – Inquadramento indagini settore Nord.

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW CF8	
Coordinate GB centro stendimento	1636941; 4850336
Orientazione	SW-NE (N 41)
Dislivello altimetrico tra gli end-shots	0 cm
Lunghezza stendimento	46 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	2 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	G1: 2 m, 4 m, 6 m; G24: 2 m, 5 m, 10 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 μ s

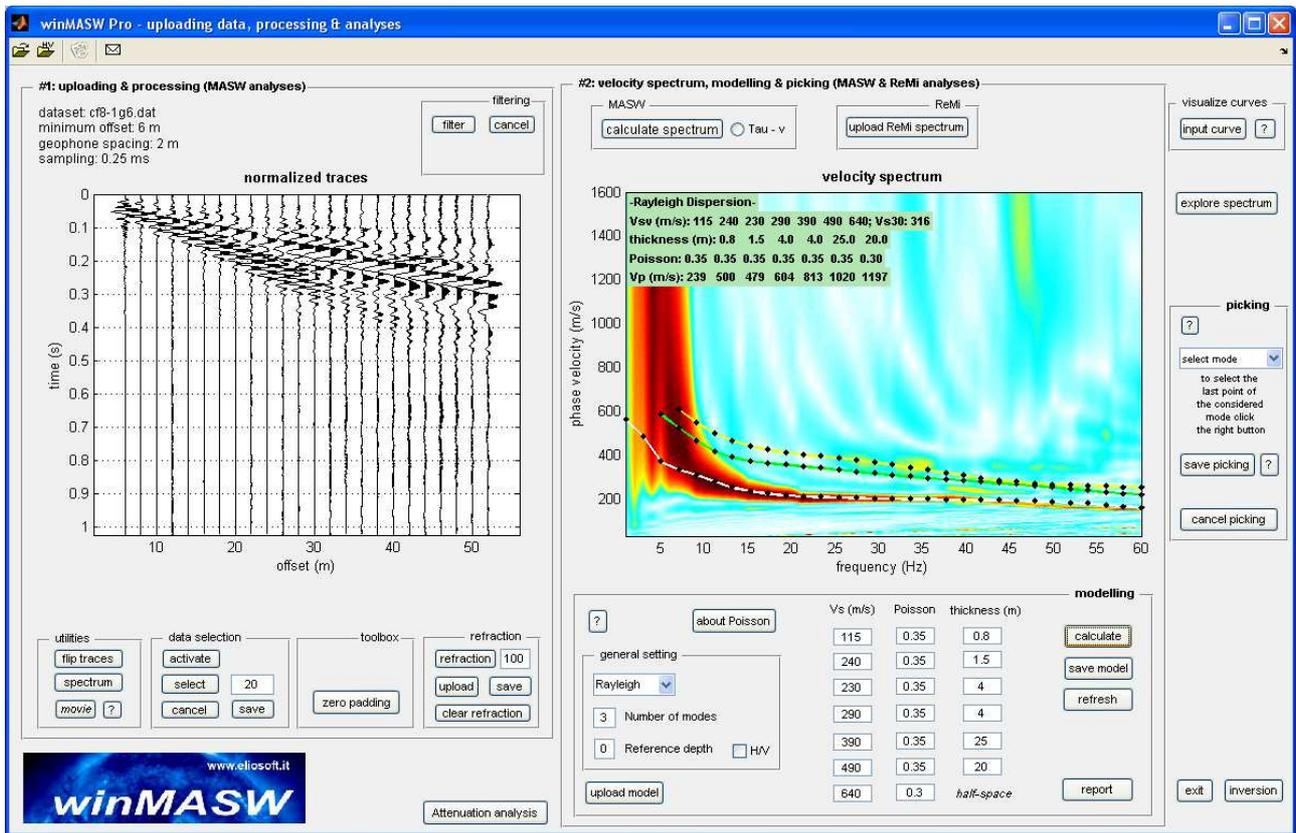
PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE HVSr CF8_TR1				
Denominazione	Coordinate Gauss Boaga		Durata acquisizione	Frequenza di campionamento
CF8_TR1	1636935	4850333	14 min	128 Hz



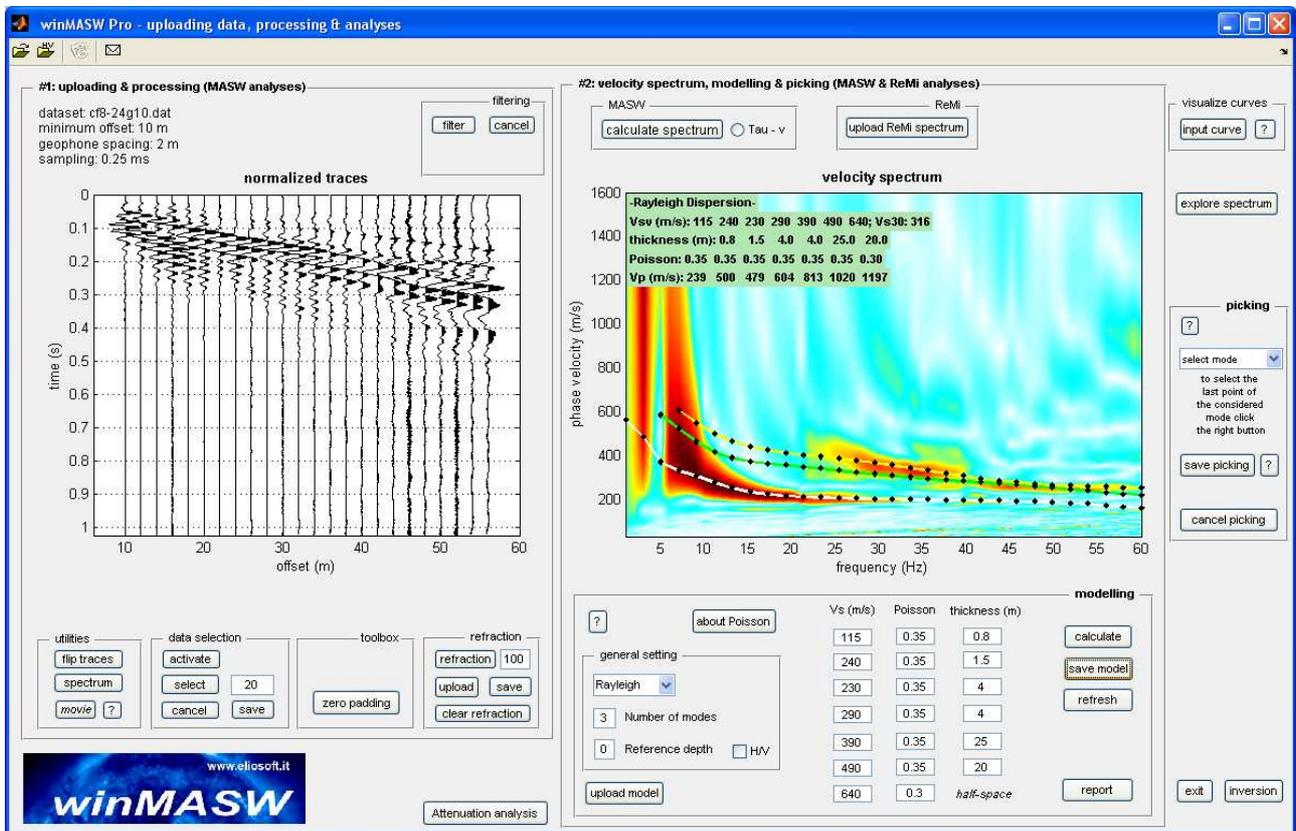
Indagine MASW CF8 e indagine in sismica passiva HVSR CF8_TR1 – Inquadramento.



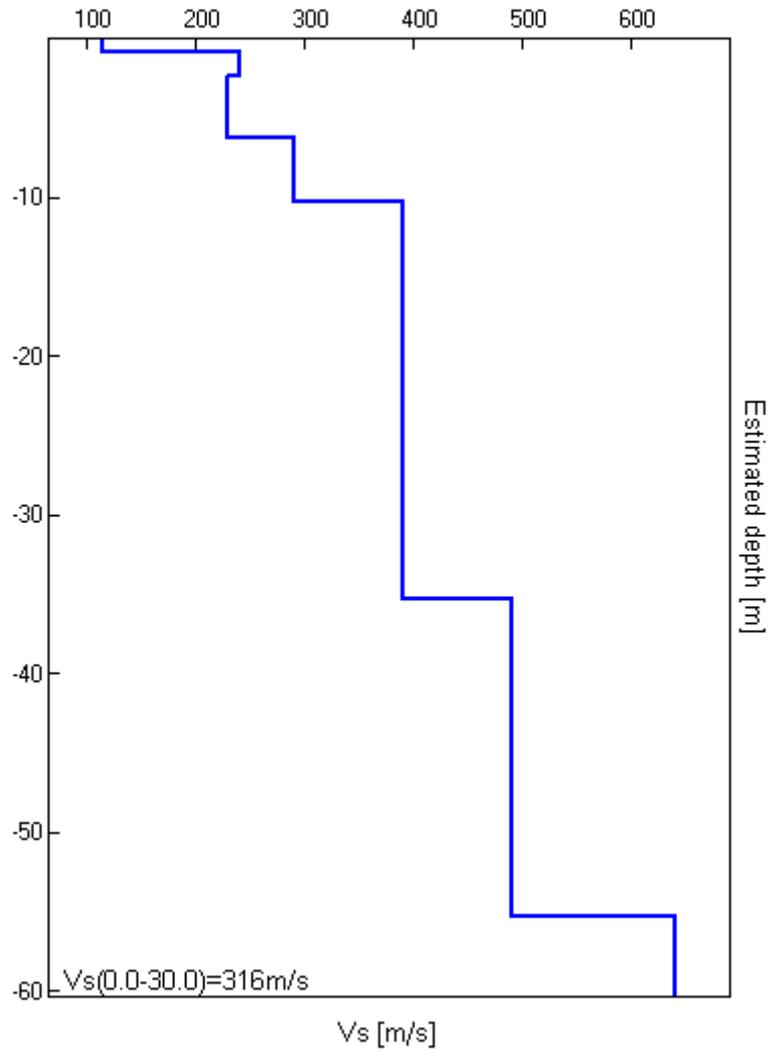
Indagine MASW CF8 e indagine in sismica passiva HVSR CF8_TR1 – Dettaglio.



Indagine MASW CF8. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione relativo ad uno scoppio diretto (su G1).



Indagine MASW CF8. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione relativo ad uno scoppio coniugato (su G24).



Indagine MASW CF8. Profilo verticale delle Vs.

CF8		
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.80	0.80	115
2.30	1.50	240
6.30	4.00	230
10.30	4.00	290
35.30	25.00	390
55.30	20.00	490
inf.	inf.	640
Vs(0.0-30.0)=316m/s		

J11_005_02_02_CASTELFRANCO_CF8_TR, CASTELFRANCO_CF8 TR1

Strumento: TEP-0085/01-10

Inizio registrazione: 02/02/11 10:27:53 Fine registrazione: 02/02/11 10:41:54

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h14'00".

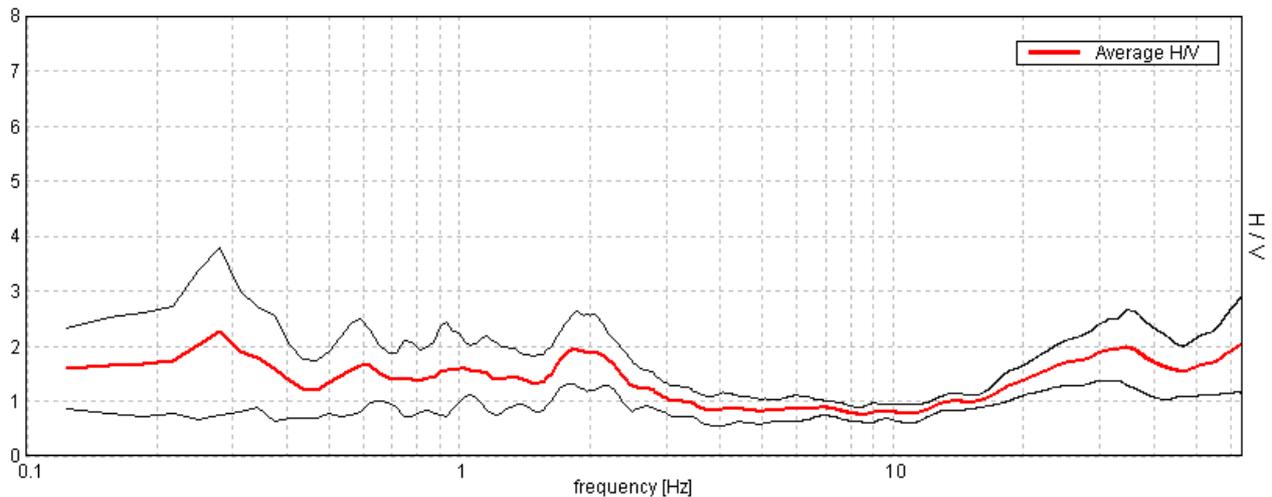
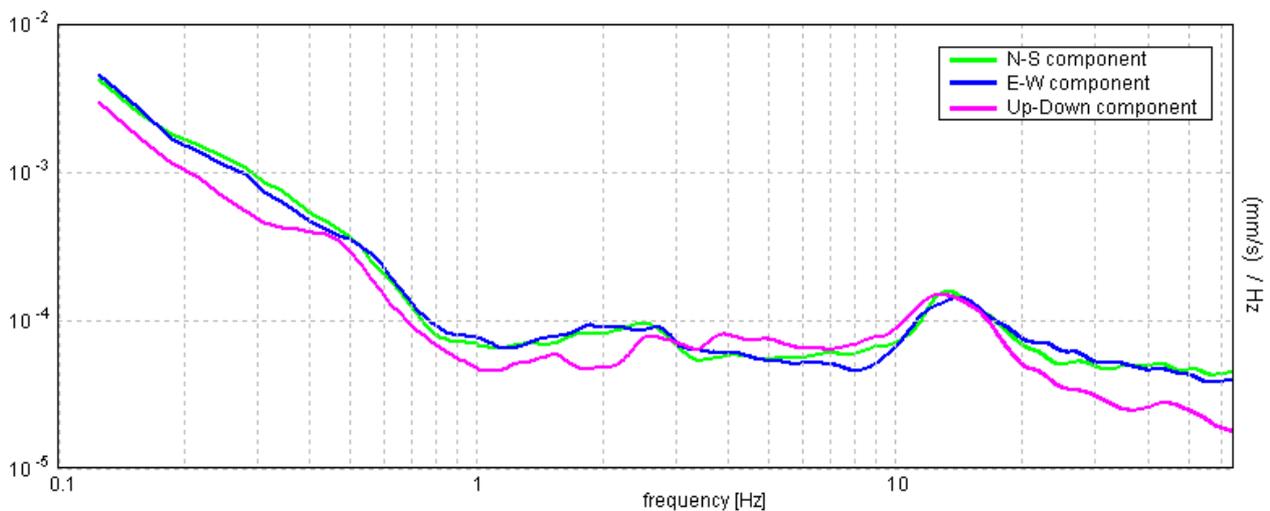
Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

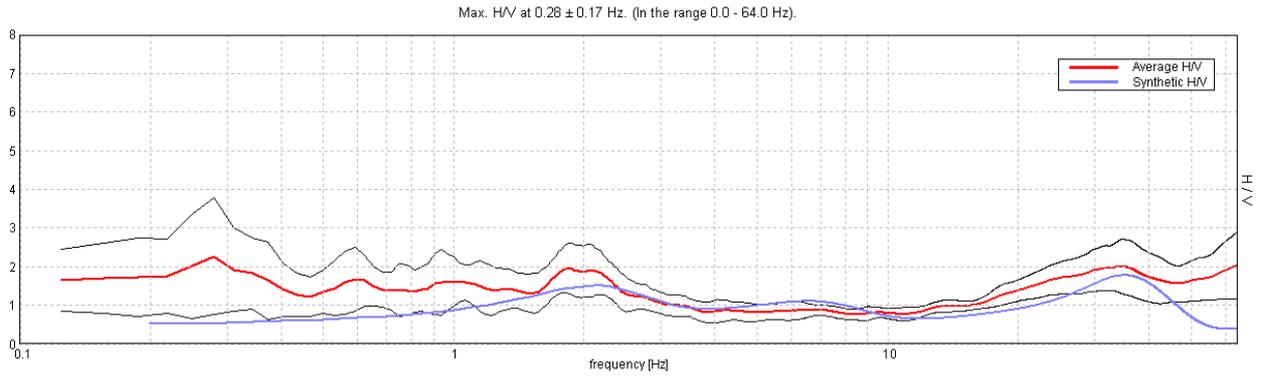
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

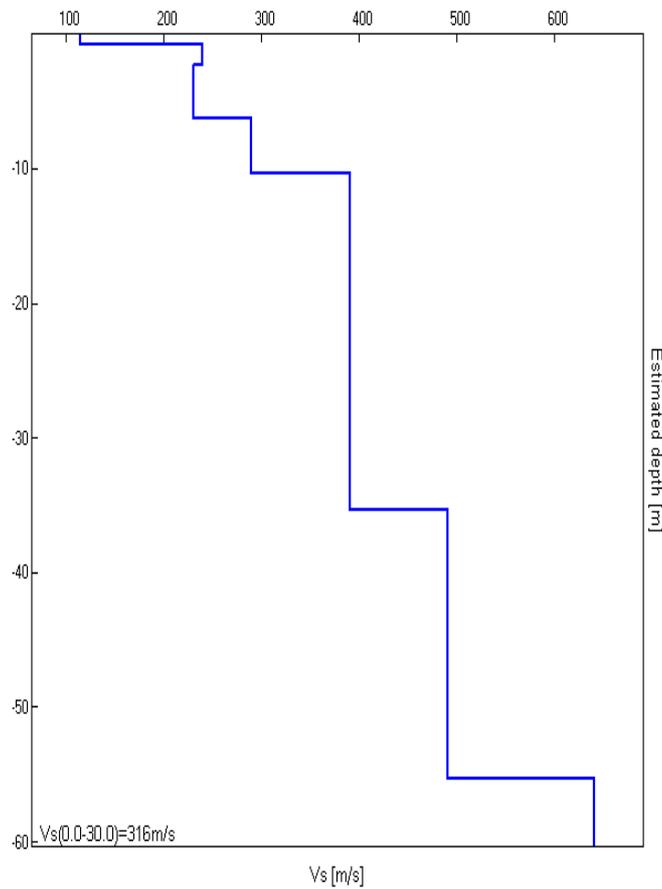
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALEPicco H/V a 0.28 ± 0.14 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



CF8_TR1		
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.80	0.80	115
2.30	1.50	240
6.30	4.00	230
10.30	4.00	290
35.30	25.00	390
55.30	20.00	490
inf.	inf.	640
Vs(0.0-30.0)=316m/s		





Indagine MASW CF8 Documentazione fotografica.

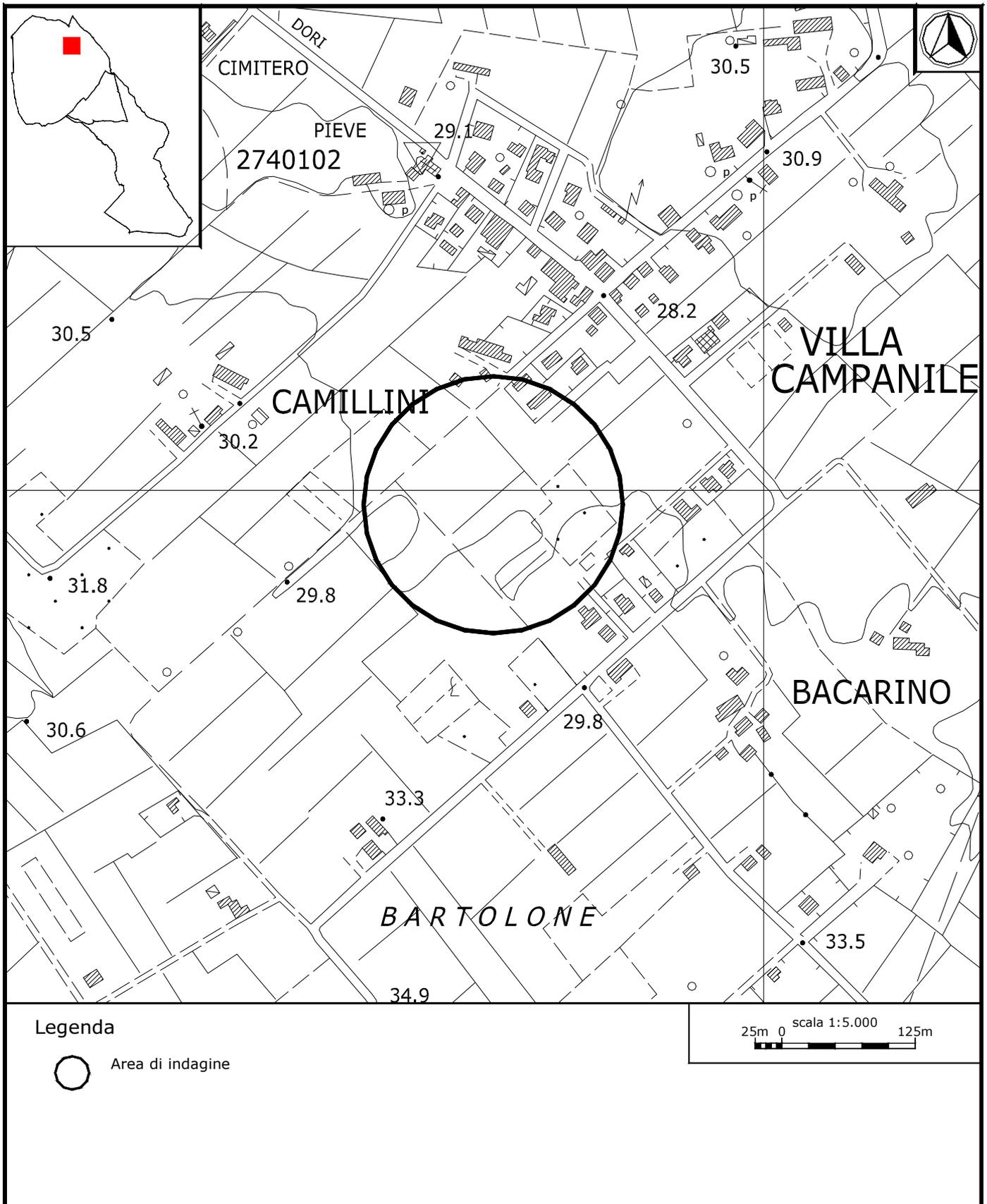
P3 s.n.c

Via delle Sette Volte, 21
56126 PISA
P. IVA 01923910507

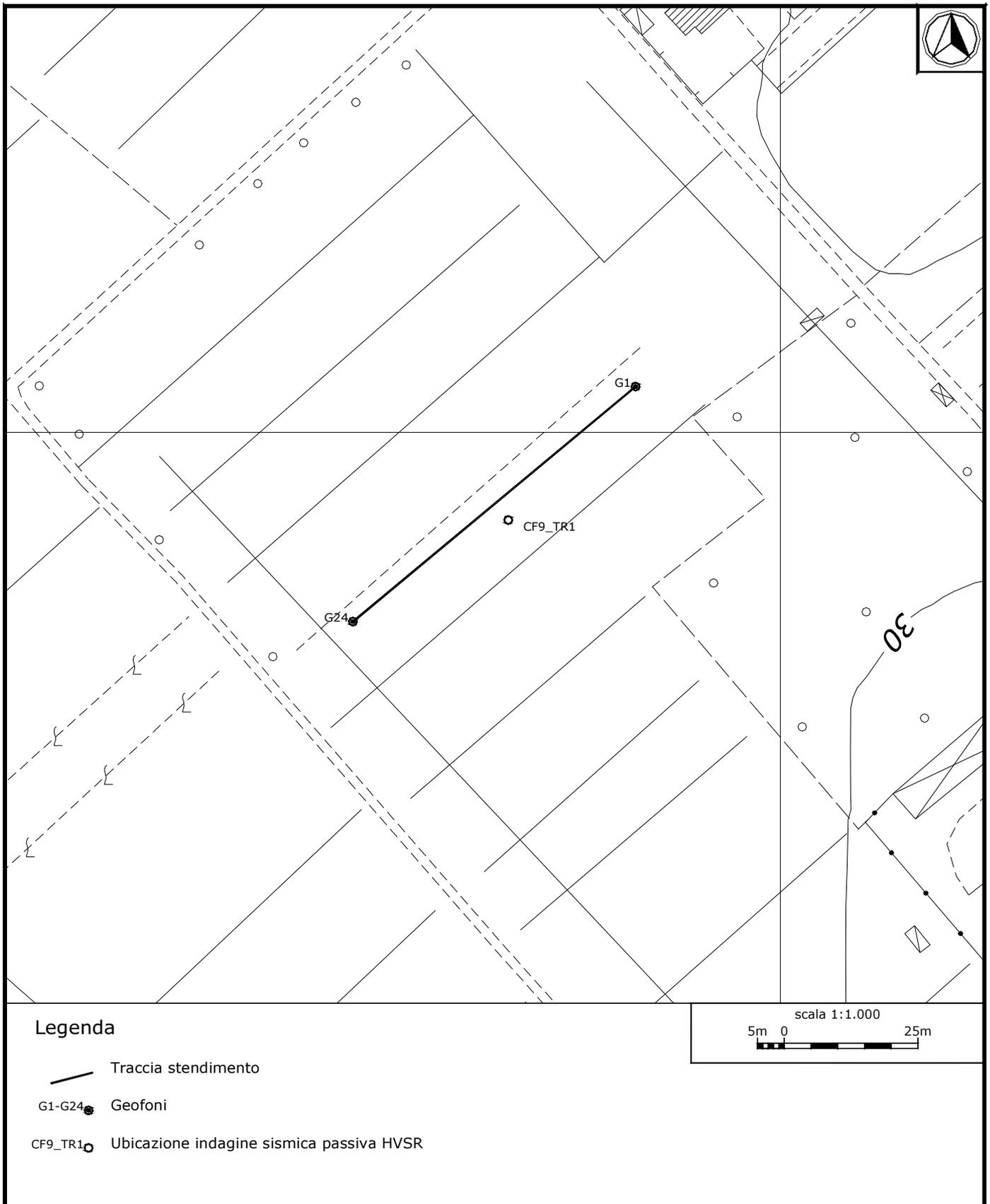
tel: 345 88 41 046 (dott. Benvenuti)
tel: 346 43 25 044 (dott. Carnicelli)
e.mail: posta@p3online.eu
pec: posta@pec.p3online.eu

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW CF9	
Coordinate GB centro stendimento	1635747; 4849986
Orientazione	NE-SW (N 50)
Dislivello altimetrico tra gli end-shots	0 cm
Lunghezza stendimento	69 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	3 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	2 m, 5 m, 10 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 μ s

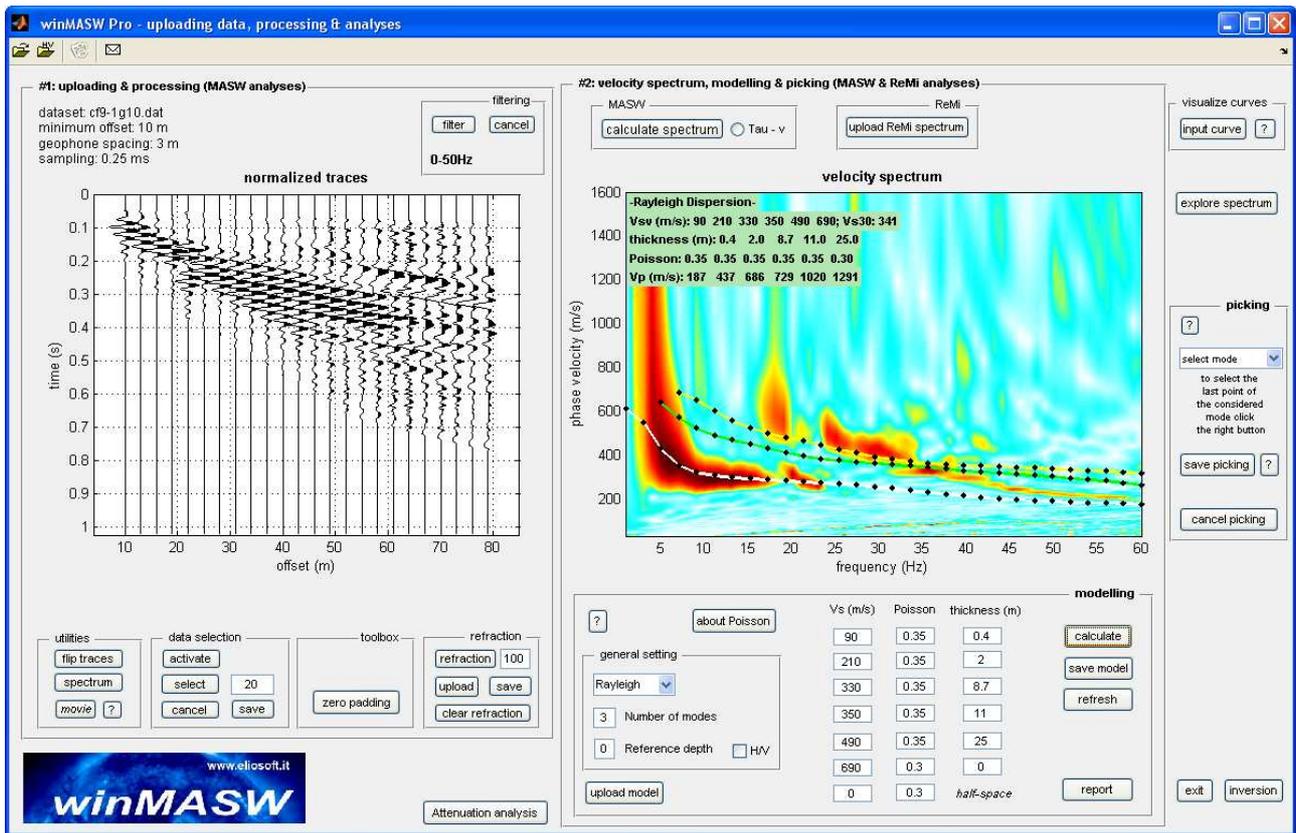
PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE HVSR CF9_TR1				
Denominazione	Coordinate Gauss Boaga		Durata acquisizione	Frequenza di campionamento
CF9_TR1	1635749	4849983	14 min	128 Hz



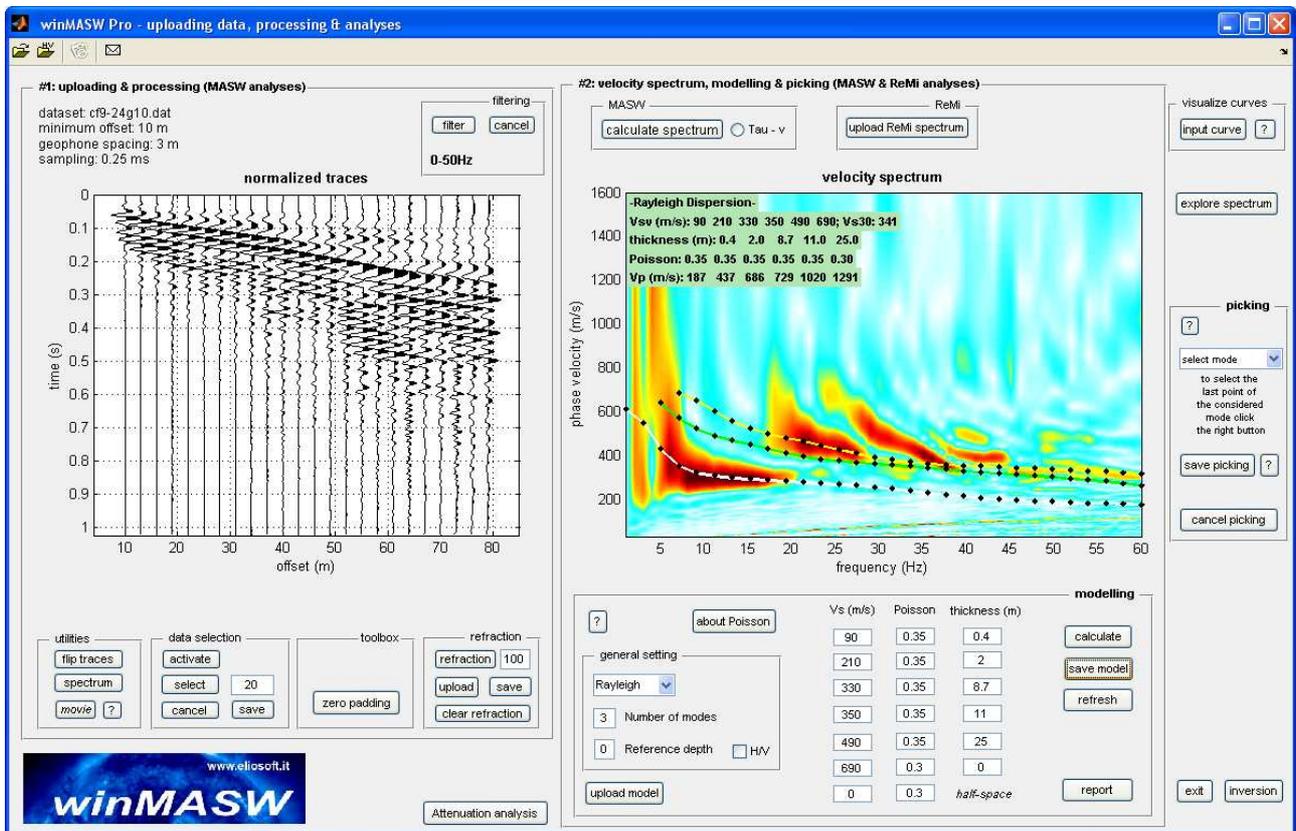
Indagine MASW CF9 e indagine in sismica passiva HVSR CF9_TR1 – Inquadramento.



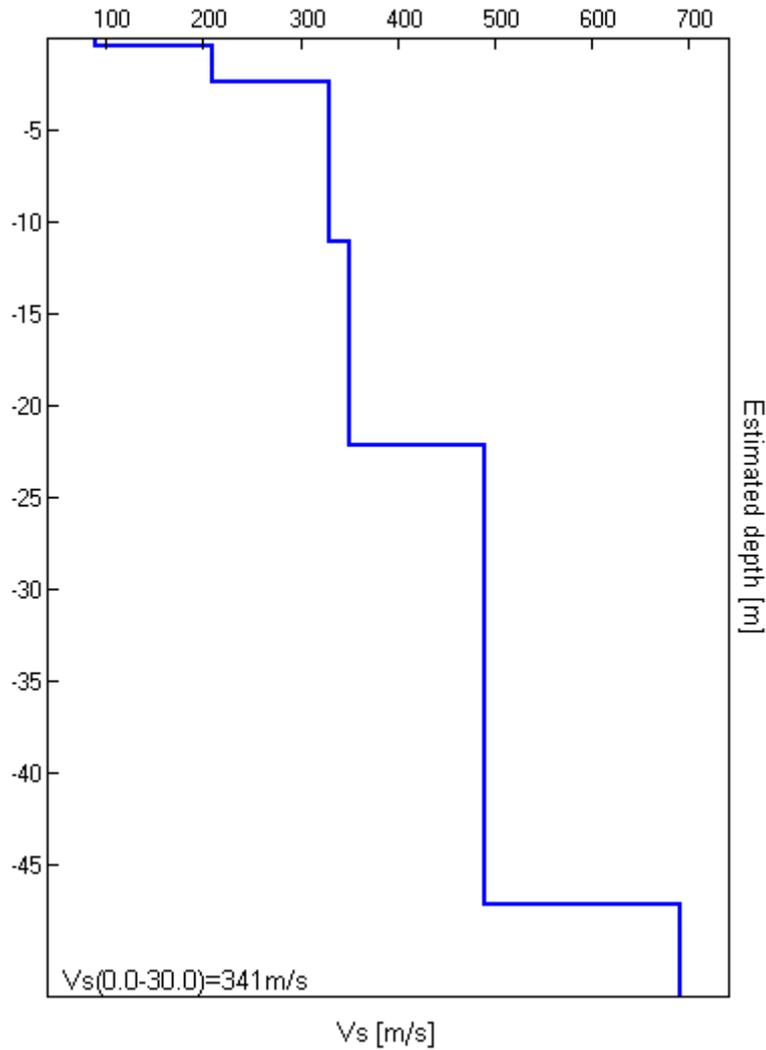
Indagine MASW CF9 e indagine in sismica passiva HVSR CF9_TR1 – Dettaglio.



Indagine MASW CF9. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione relativo ad uno scoppio diretto (su G1).



Indagine MASW C9. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione relativo ad uno scoppio coniugato (su G24).



Indagine MASW CF9. Profilo verticale delle Vs.

CF9		
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.40	0.40	90
2.40	2.00	210
11.10	8.70	330
22.10	11.00	350
47.10	25.00	490
inf.	inf.	690
Vs(0.0-30.0)=341m/s		

J11_005_01_31_CASTELFRANCO_CF9_TR, CASTELFRANCO_CF9 TR1

Strumento: TEP-0085/01-10

Inizio registrazione: 31/01/11 14:37:02 Fine registrazione: 31/01/11 14:51:03

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h14'00".

Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

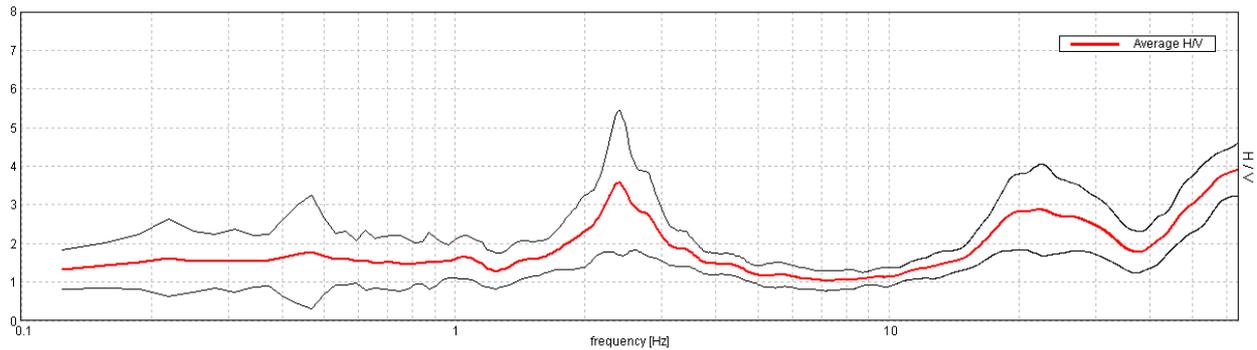
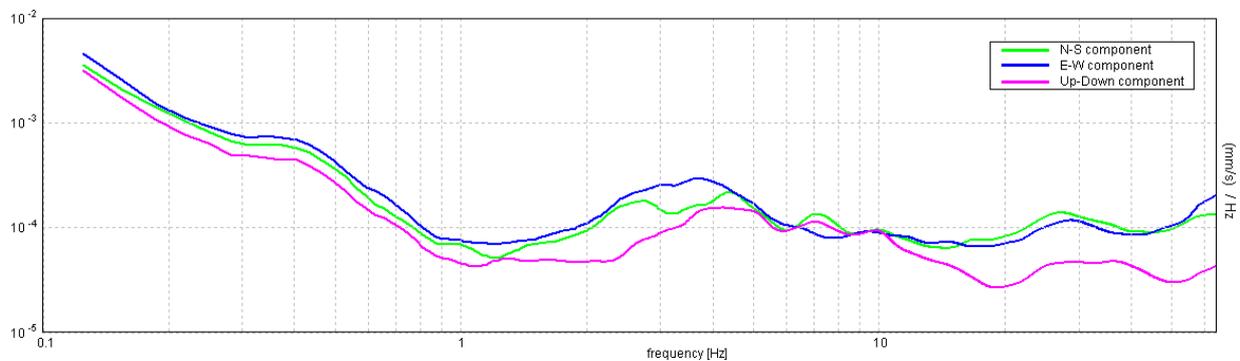
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

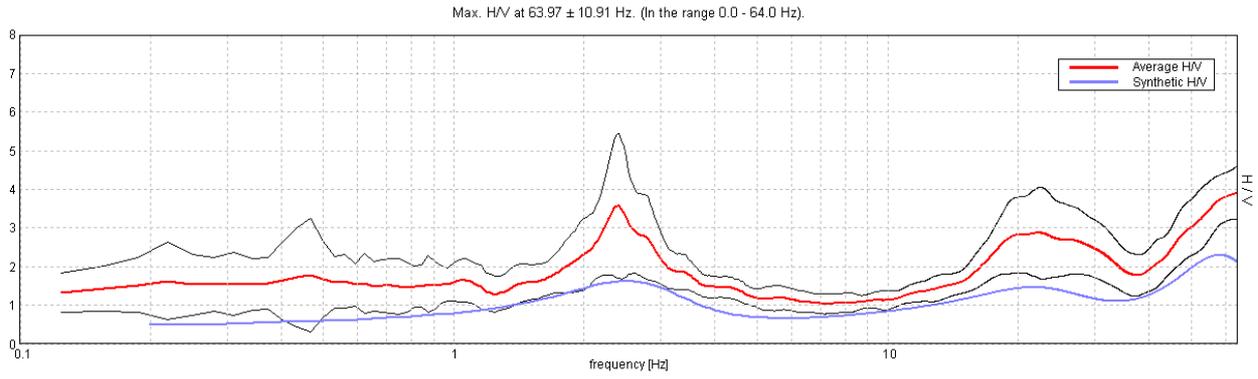
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

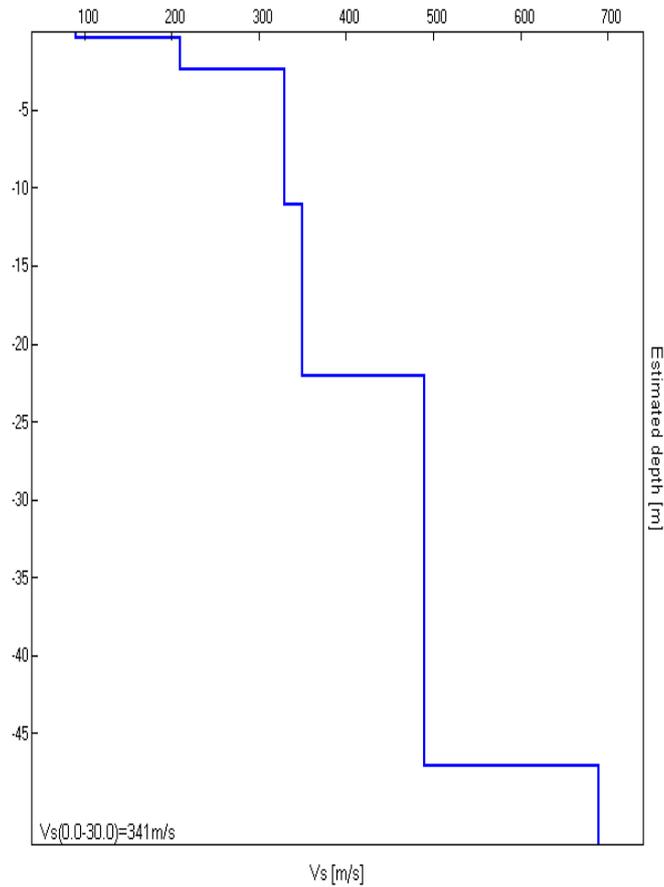
Max. H/V at 63.97 ± 10.91 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



CF9_TR1		
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.40	0.40	90
2.40	2.00	210
11.10	8.70	330
22.10	11.00	350
47.10	25.00	490
inf.	inf.	690
Vs(0.0-30.0)=341m/s		





Indagine MASW CF9 Documentazione fotografica.

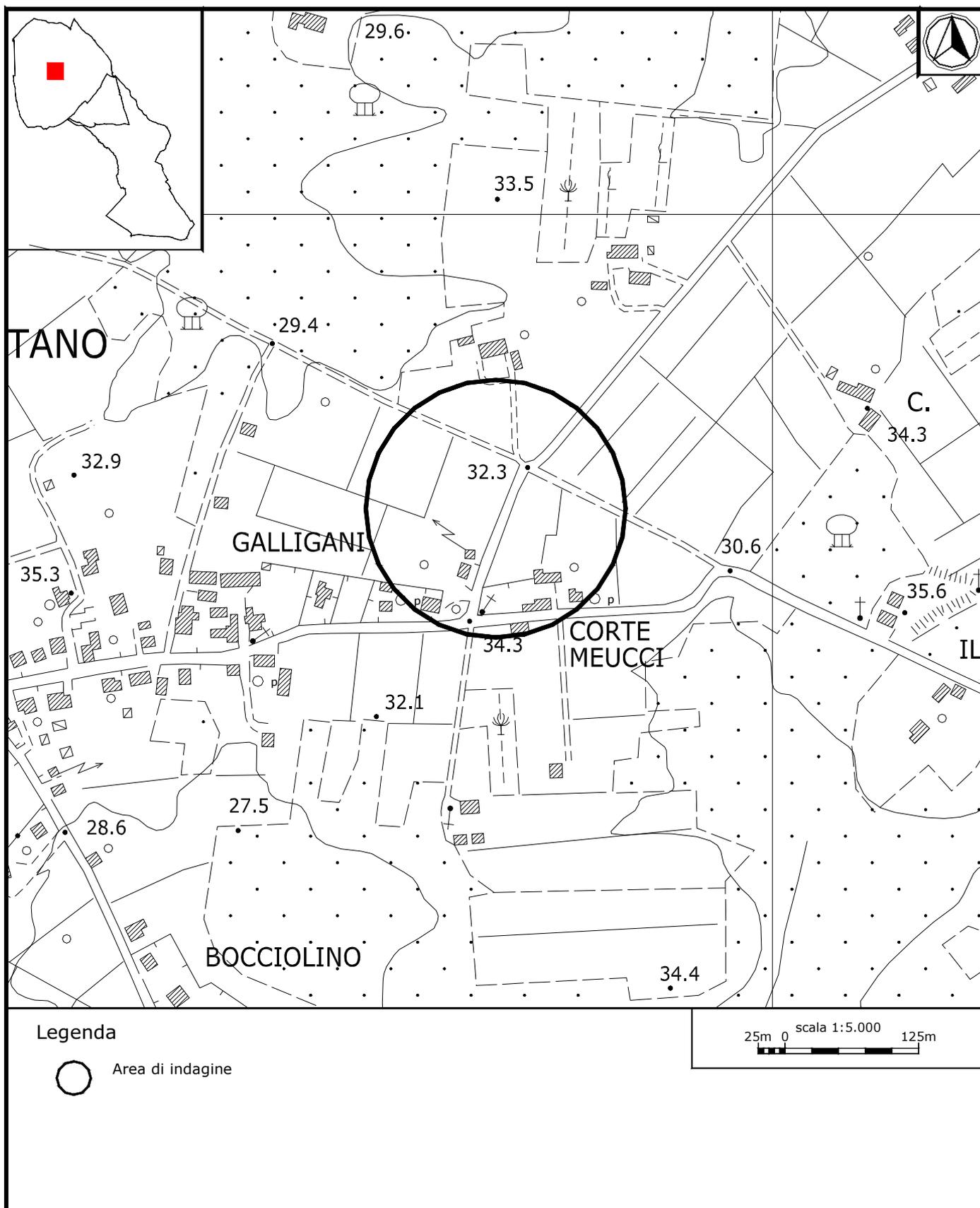
P3 s.n.c

Via delle Sette Volte, 21
56126 PISA
P. IVA 01923910507

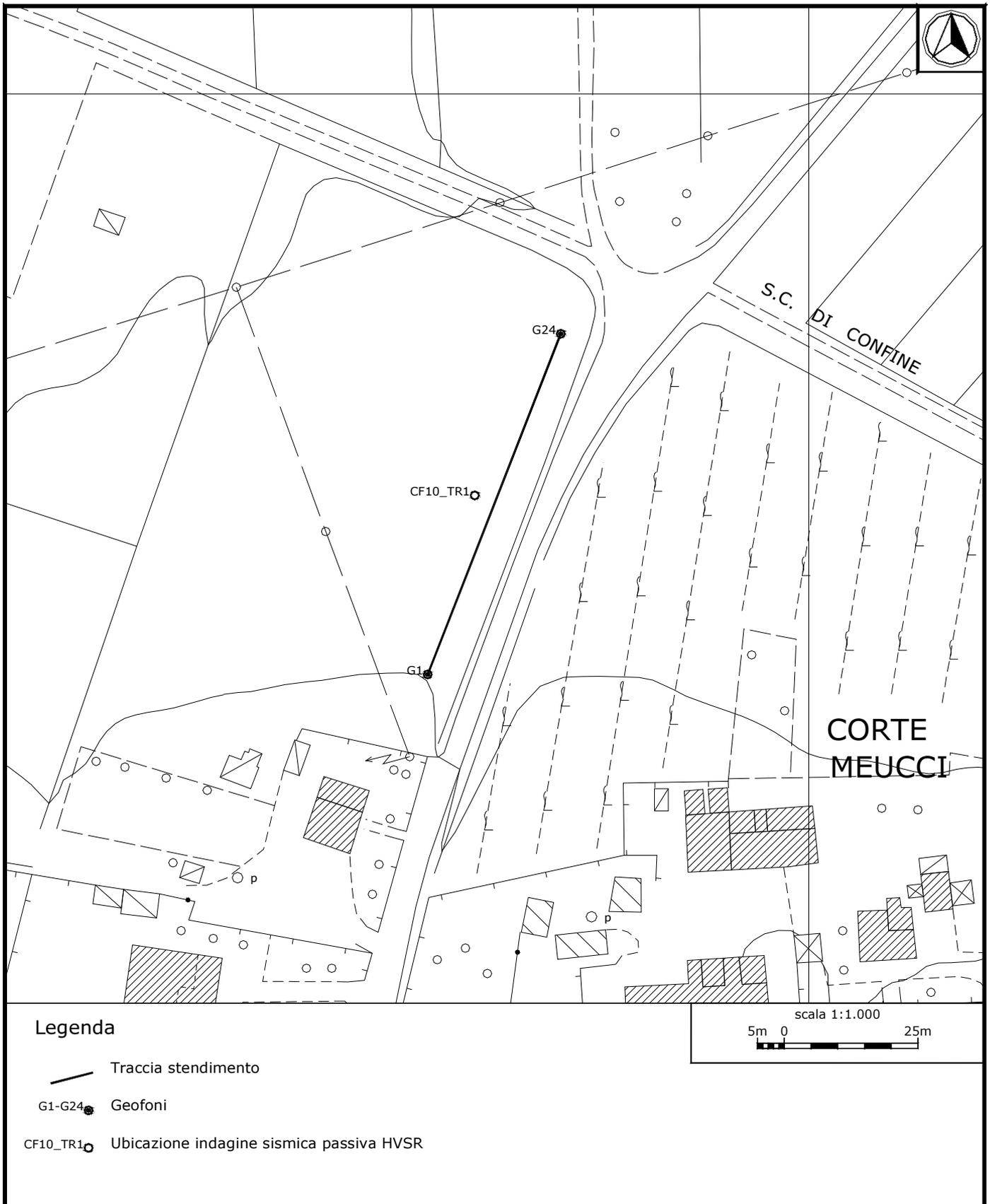
tel: 345 88 41 046 (dott. Benvenuti)
tel: 346 43 25 044 (dott. Carnicelli)
e.mail: posta@p3online.eu
pec: posta@pec.p3online.eu

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE SISMICA MASW CF10	
Coordinate GB centro stendimento	1634741; 4848723
Orientazione	SW-NE (N 21)
Dislivello altimetrico tra gli end-shots	0 cm
Lunghezza stendimento	69 m
Numero Geofoni	24
Distanza intergeofonica	3 m
Numero punti di energizzazione per estremo	3
Off-sets sorgenti (da ciascun estremo)	2 m, 5 m, 10 m
Durata acquisizione	1024 ms
Intervallo di campionamento	250 μ s

PARAMETRI CONFIGURAZIONALI INDAGINE HVSr CF10_TR1				
Denominazione	Coordinate Gauss Boaga		Durata acquisizione	Frequenza di campionamento
CF10_TR1	1634738	4848724	14 min	128 Hz

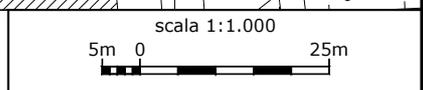


Indagine MASW CF10 e indagine in sismica passiva HVSr CF10_TR1 – Inquadramento.

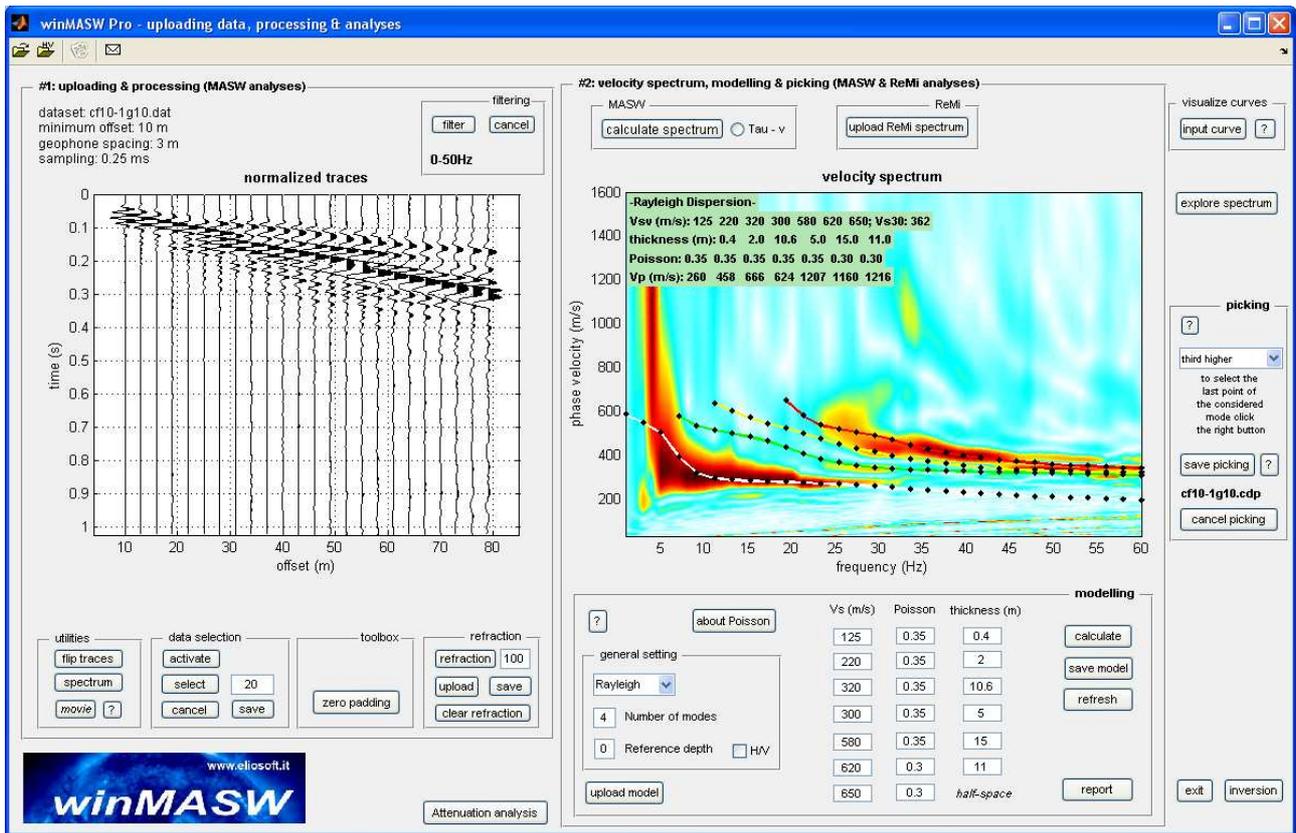


Legenda

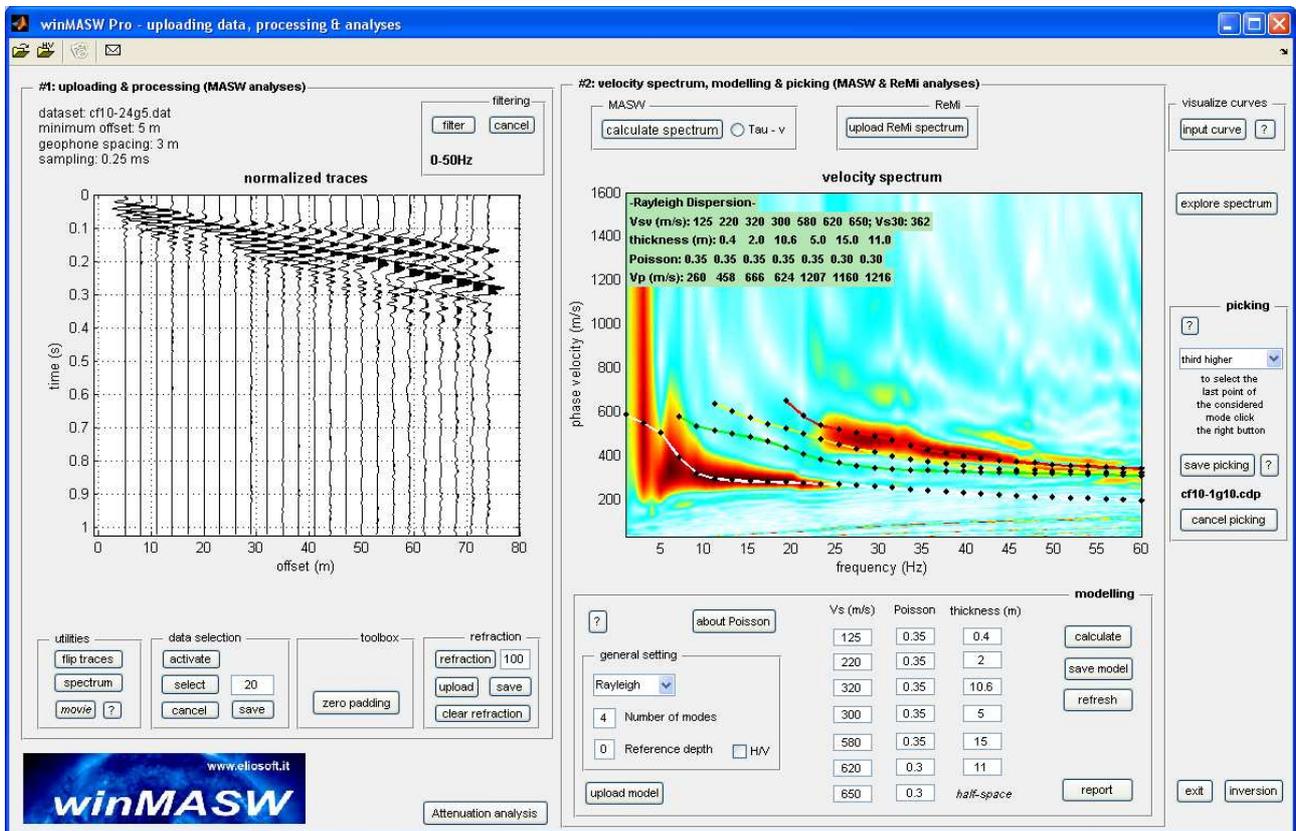
-  Traccia stendimento
-  G1-G24 Geofoni
-  CF10_TR1 Ubicazione indagine sismica passiva HVSR



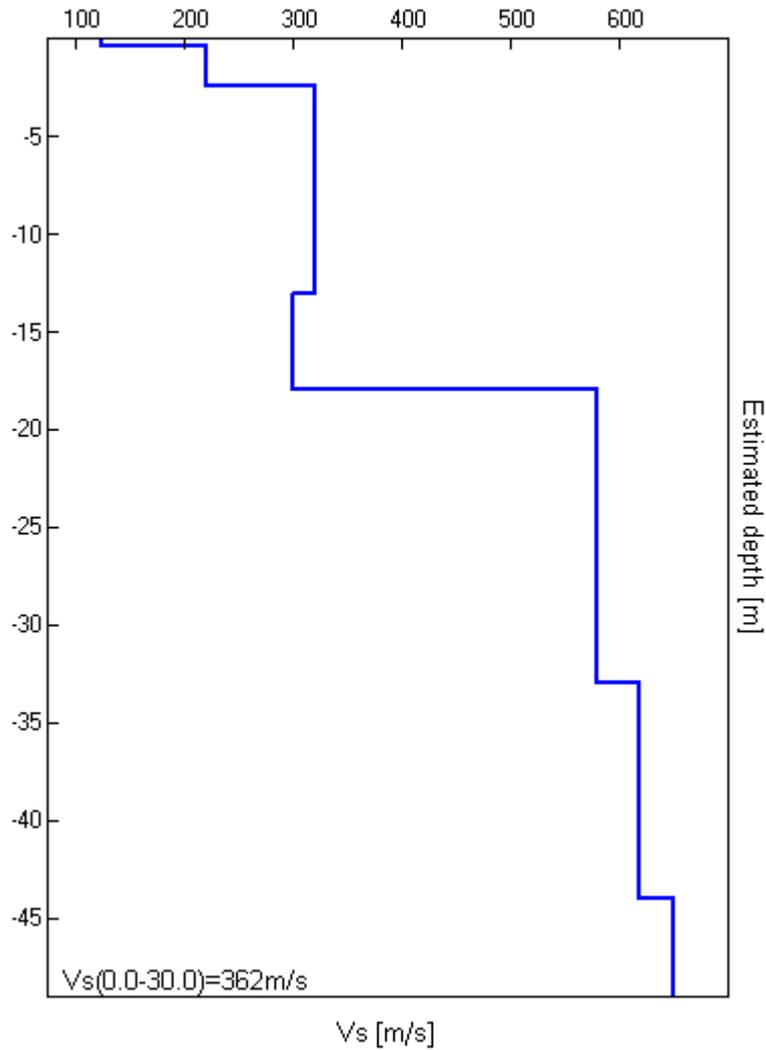
Indagine MASW CF10 e indagine in sismica passiva HVSR CF10_TR1 – Dettaglio.



Indagine MASW CF10. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione relativo ad uno scoppio diretto (su G1).



Indagine MASW CF10. Sismogramma, spettro di velocità e modello di dispersione relativo ad uno scoppio coniugato (su G24).



Indagine MASW CF10. Profilo verticale delle Vs.

CF10		
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.40	0.40	125
2.40	2.00	220
13.00	10.60	320
18.00	5.00	300
33.00	15.00	580
44.00	11.00	620
inf.	inf.	650
Vs(0.0-30.0)=362m/s		

J11_005_02_02_CASTELFRANCO_CF10_TR, CASTELFRANCO_CF10 TR1

Strumento: TEP-0085/01-10

Inizio registrazione: 02/02/11 12:45:25 Fine registrazione: 02/02/11 12:59:26

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

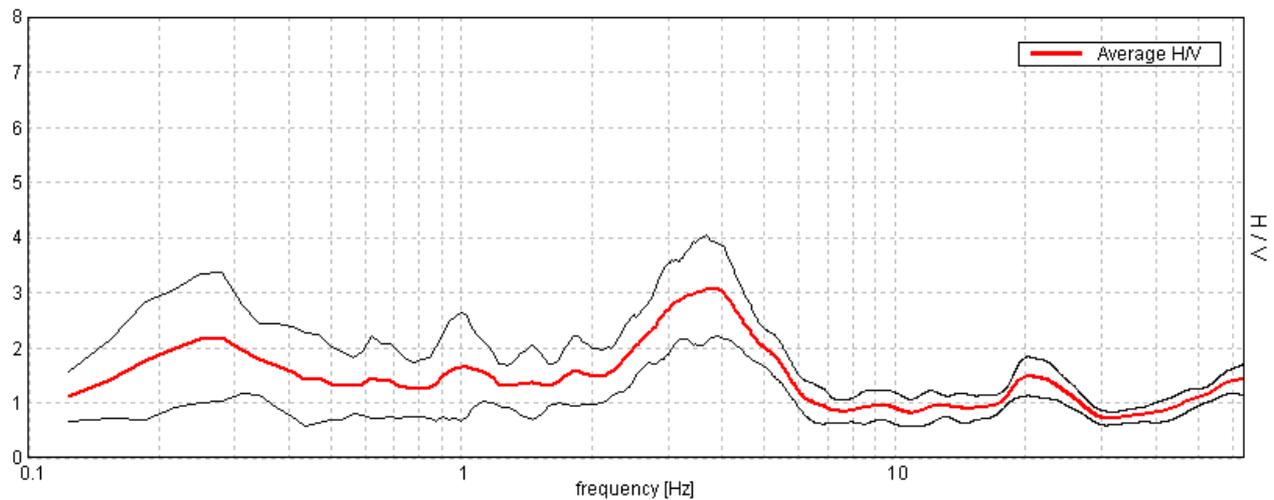
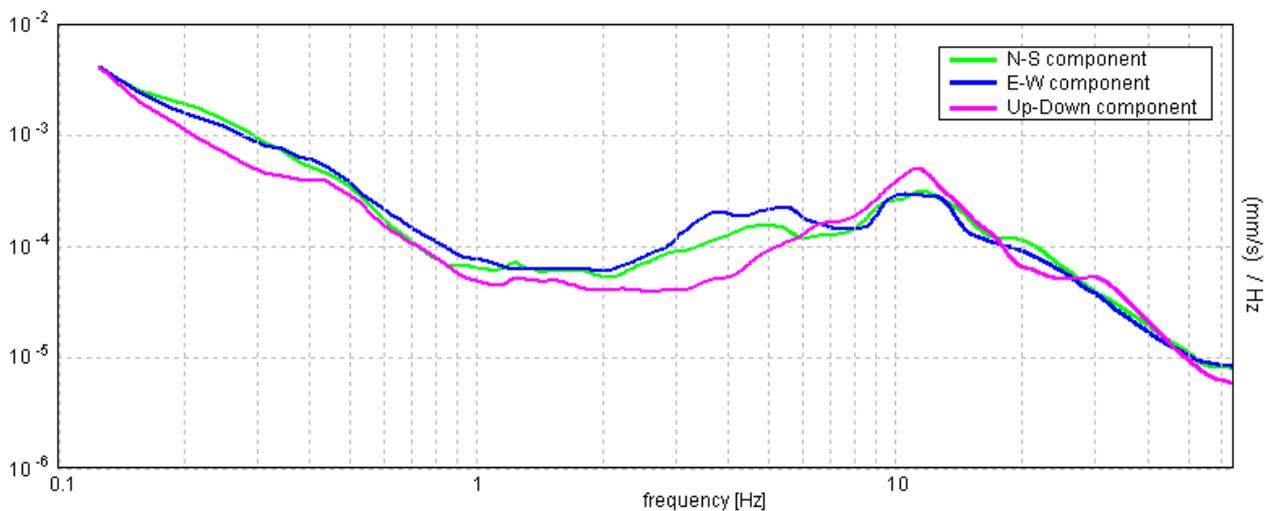
Durata registrazione: 0h14'00". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

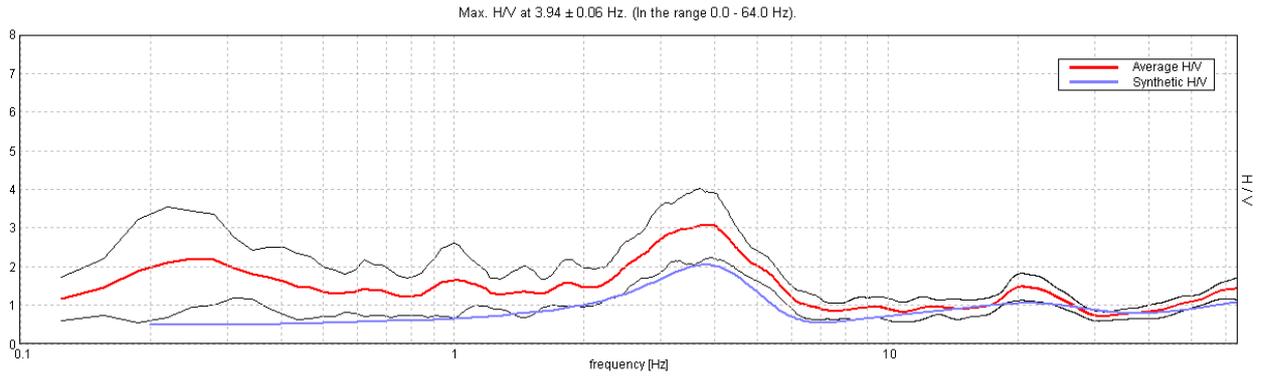
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

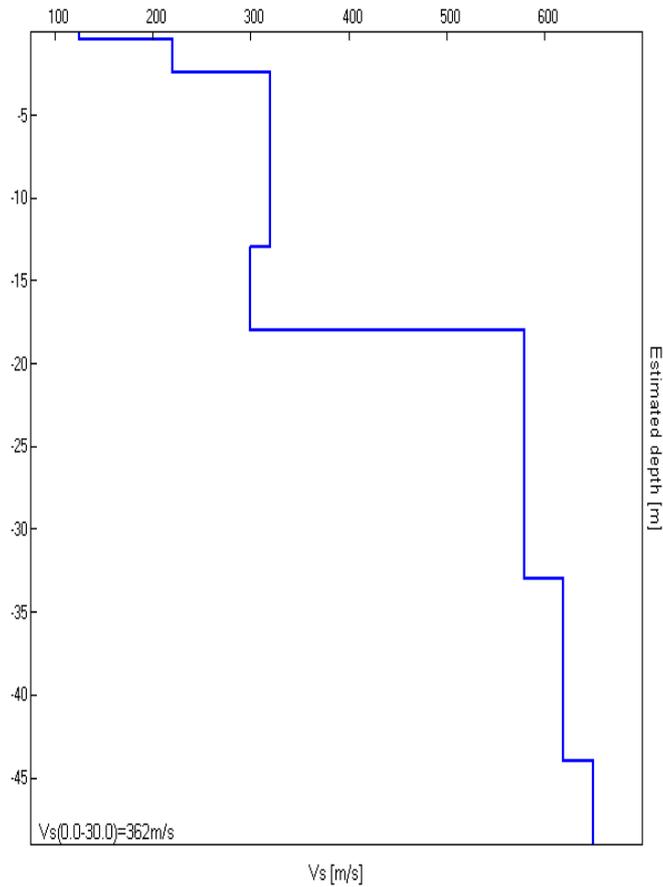
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALEPicco H/V a 3.75 ± 0.02 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



CF10_TR1		
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.40	0.40	125
2.40	2.00	220
13.00	10.60	320
18.00	5.00	300
33.00	15.00	580
44.00	11.00	620
inf.	inf.	650
Vs(0.0-30.0)=362m/s		





Indagine MASW CF10 Documentazione fotografica.

P3 s.n.c

Via delle Sette Volte, 21
56126 PISA
P. IVA 01923910507

tel: 345 88 41 046 (dott. Benvenuti)
tel: 346 43 25 044 (dott. Carnicelli)
e.mail: posta@p3online.eu
pec: posta@pec.p3online.eu

AI SENSI DELLA NORMATIVA VIGENTE IN MATERIA DI DIRITTI D'AUTORE, QUESTI ELABORATI NON POTRANNO ESSERE RIPRODOTTI O COMUNICATI AD ALTRE PERSONE O DITTE, ANCHE SOLO PARZIALMENTE, SENZA ESPLICITA AUTORIZZAZIONE DEL DOTT. FRANCESCO FIERA

Certificati prove penetrometriche



GEOPROVE
DI PAOLO SANI, PIETRO BARBANTI & C.

GEOGNOSTICA - PROVE PENETROMETRICHE STATICHE E DINAMICHE
VIA URBICIANI, 57 - LUCCA - TEL. 0583 / 587929 - C. F. 01066010461

DATA: 22/4/86

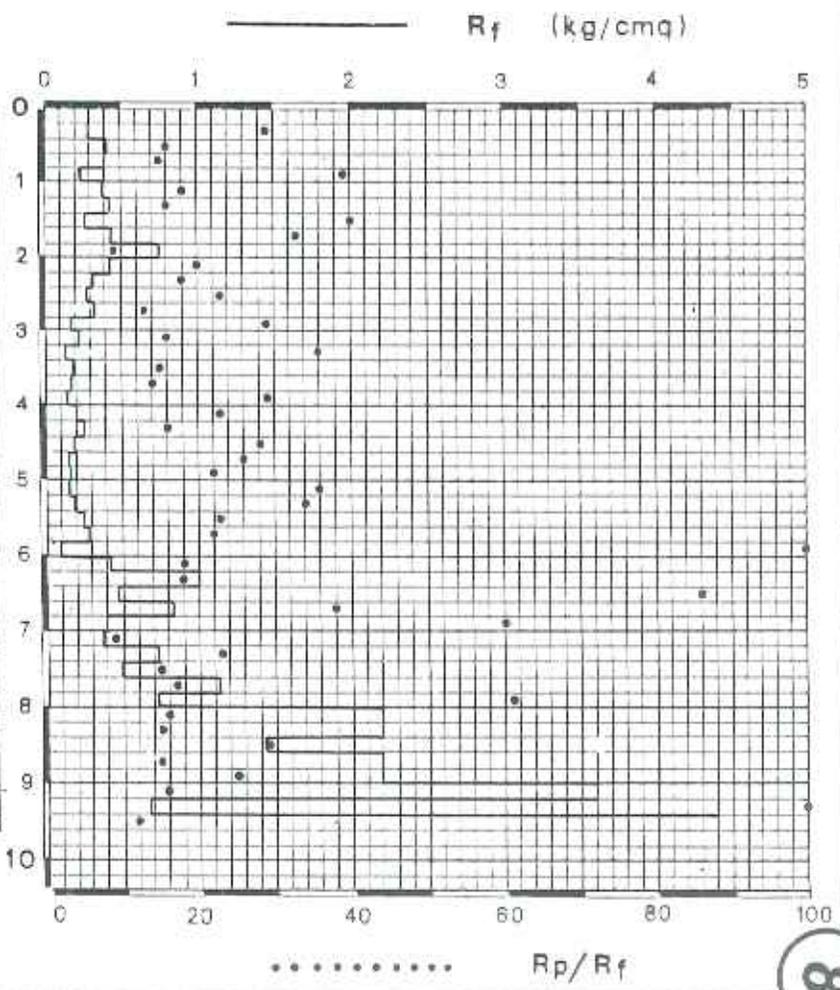
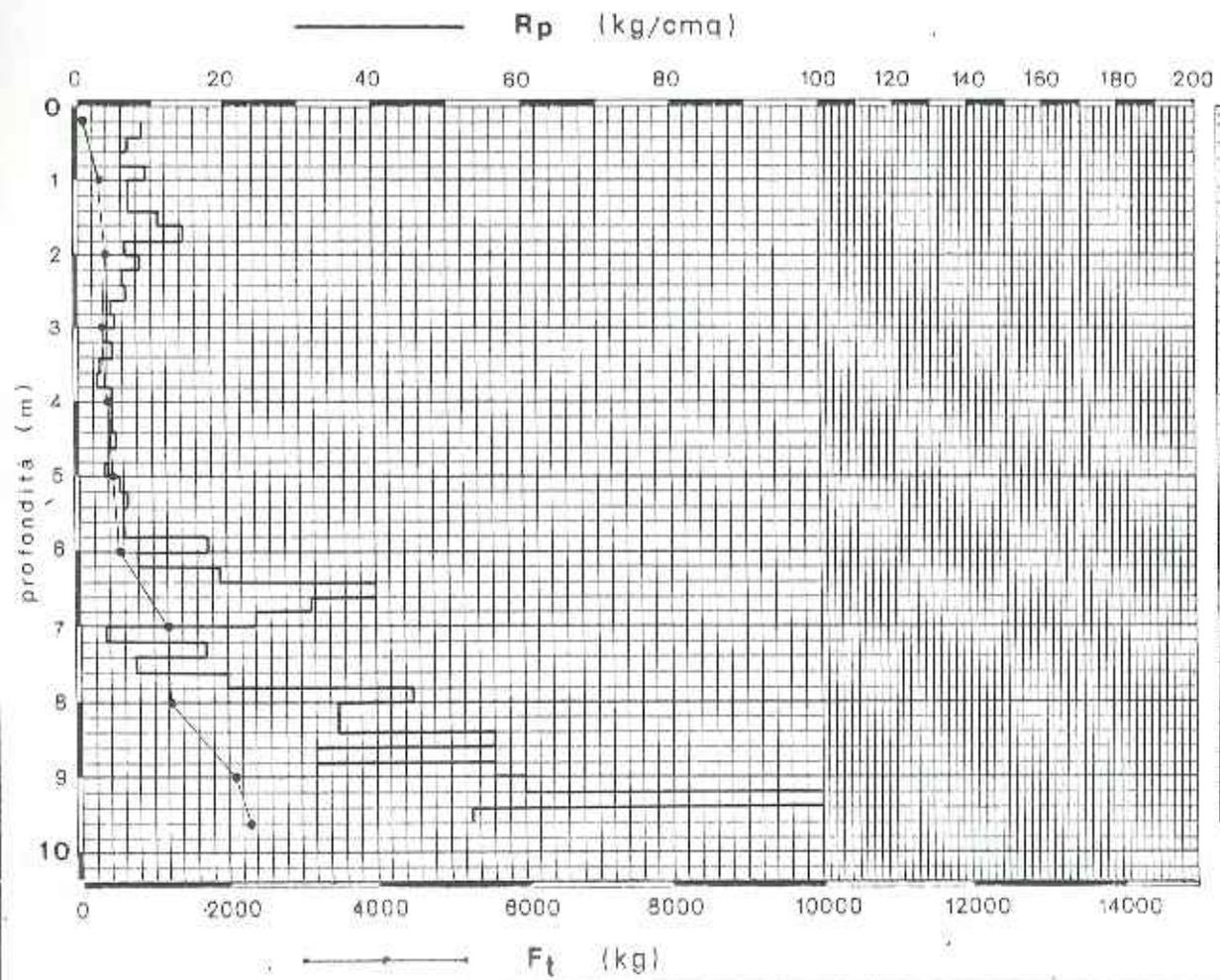
LOCALITA': Via Bientinese - Altopascio

PROVA PENETROMETRICA STATICA n° 1

QUOTA: - 0,6 s.p.c.

COMMITTENTE:

LIVELLO FALDA: --



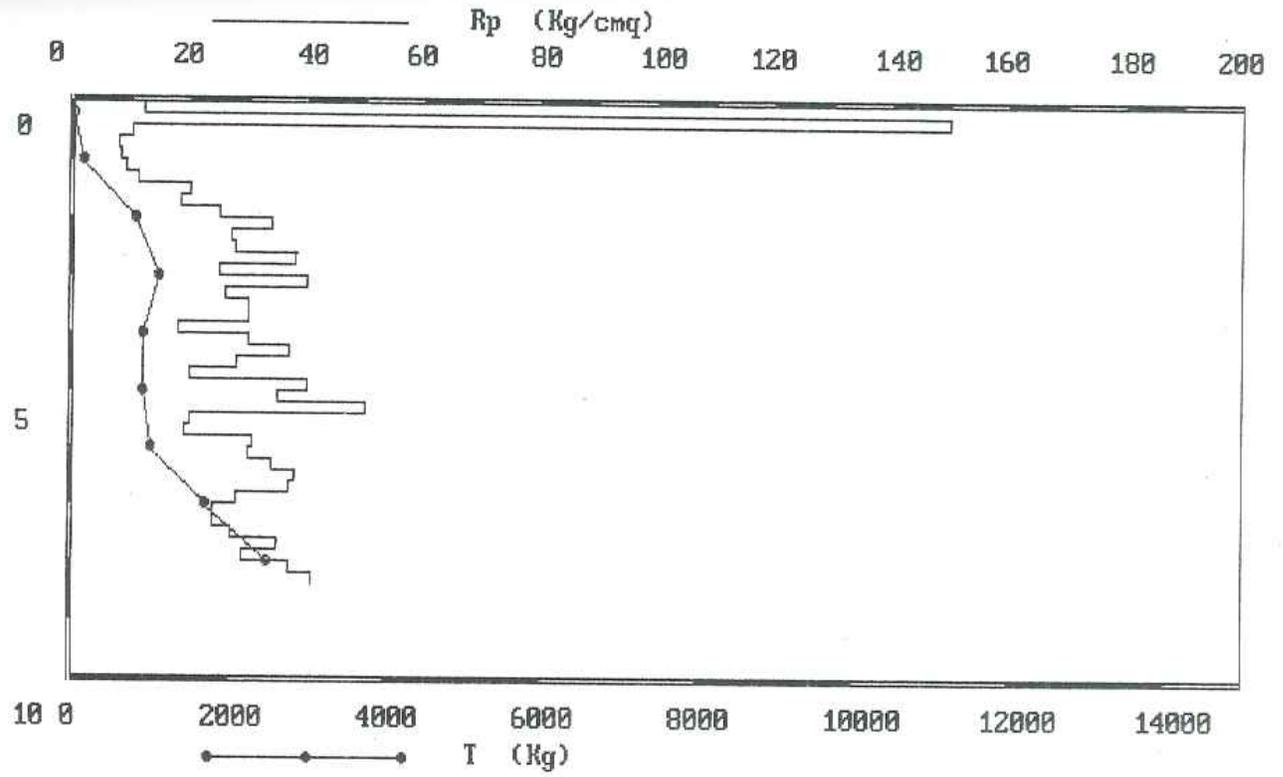
COMMITTENTE :
 LOCALITA' : Altopascio - loc. La Galeotta
 PROVA n° : 1
 DATA : 17-02-98

LETTURE DI CAMPAGNA				VALORI DERIVATI						
prof.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	Ø	Dr	cu	mv
0.20	120	---	0	12.0	---	---	-	---	---	---
0.40	1500	---	180	150.0	---	---	-	---	---	---
0.60	100	160	300	10.0	0.40	25.00	0	0	0.50	0.029
0.80	76	126	188	7.6	0.33	22.80	0	0	0.38	0.038
1.00	80	150	125	8.0	0.47	17.14	0	0	0.40	0.036
1.20	90	120	300	9.0	0.20	45.00	28	13	0.00	0.037
1.40	110	160	360	11.0	0.33	33.00	27	27	0.00	0.023
1.60	200	320	440	20.0	0.80	25.00	0	0	1.00	0.020
1.80	182	410	560	18.2	1.52	11.97	0	0	1.21	0.014
2.00	250	390	800	25.0	0.93	26.79	0	0	1.00	0.013
2.20	340	480	800	34.0	0.93	36.43	28	51	0.00	0.010
2.40	270	510	700	27.0	1.60	16.88	0	0	1.35	0.015
2.60	275	480	750	27.5	1.37	20.12	0	0	1.38	0.015
2.80	380	500	670	38.0	0.80	47.50	30	39	0.00	0.009
3.00	250	410	1100	25.0	1.07	23.44	0	0	1.25	0.016
3.20	400	530	800	40.0	0.87	46.15	31	40	0.00	0.008
3.40	260	500	610	26.0	1.60	16.25	0	0	1.30	0.015
3.60	300	540	1300	30.0	1.60	18.75	0	0	1.50	0.013
3.80	300	390	1000	30.0	0.60	50.00	30	33	0.00	0.017
4.00	180	410	900	18.0	1.53	11.74	0	0	1.20	0.014
4.20	300	510	620	30.0	1.40	21.43	0	0	1.50	0.013
4.40	370	480	710	37.0	0.73	50.45	30	38	0.00	0.014
4.60	280	390	1000	28.0	0.73	38.18	29	46	0.00	0.012
4.80	200	390	1000	20.0	1.27	15.79	0	0	1.00	0.020
5.00	400	670	890	40.0	1.80	22.22	0	0	2.00	0.010
5.20	350	520	1000	35.0	1.13	30.88	27	51	0.00	0.010
5.40	500	670	1000	50.0	1.13	44.12	30	44	0.00	0.007
5.60	200	415	860	20.0	1.43	13.95	0	0	1.33	0.013
5.80	190	350	1200	19.0	1.07	17.81	0	0	0.95	0.015
6.00	308	410	1000	30.8	0.68	45.29	29	33	0.00	0.011
6.20	300	450	1000	30.0	1.00	30.00	27	48	0.00	0.011
6.40	340	510	1190	34.0	1.13	30.00	27	51	0.00	0.010
6.60	380	570	1400	38.0	1.27	30.00	27	54	0.00	0.009
6.80	370	600	1600	37.0	1.53	24.13	0	0	1.85	0.011
7.00	280	480	1700	28.0	1.33	21.00	0	0	1.40	0.014
7.20	240	430	1800	24.0	1.27	18.95	0	0	1.20	0.017
7.40	240	400	1900	24.0	1.07	22.50	0	0	1.20	0.017
7.60	270	450	2200	27.0	1.20	22.50	0	0	1.35	0.015
7.80	350	660	2300	35.0	2.07	16.94	0	0	1.75	0.011
8.00	290	570	2500	29.0	1.87	15.54	0	0	1.45	0.014
8.20	370	690	2800	37.0	2.13	17.34	0	0	1.85	0.011
8.40	410	740	3500	41.0	2.20	18.64	0	0	2.05	0.010

Nota : p.c. Livello di falda :

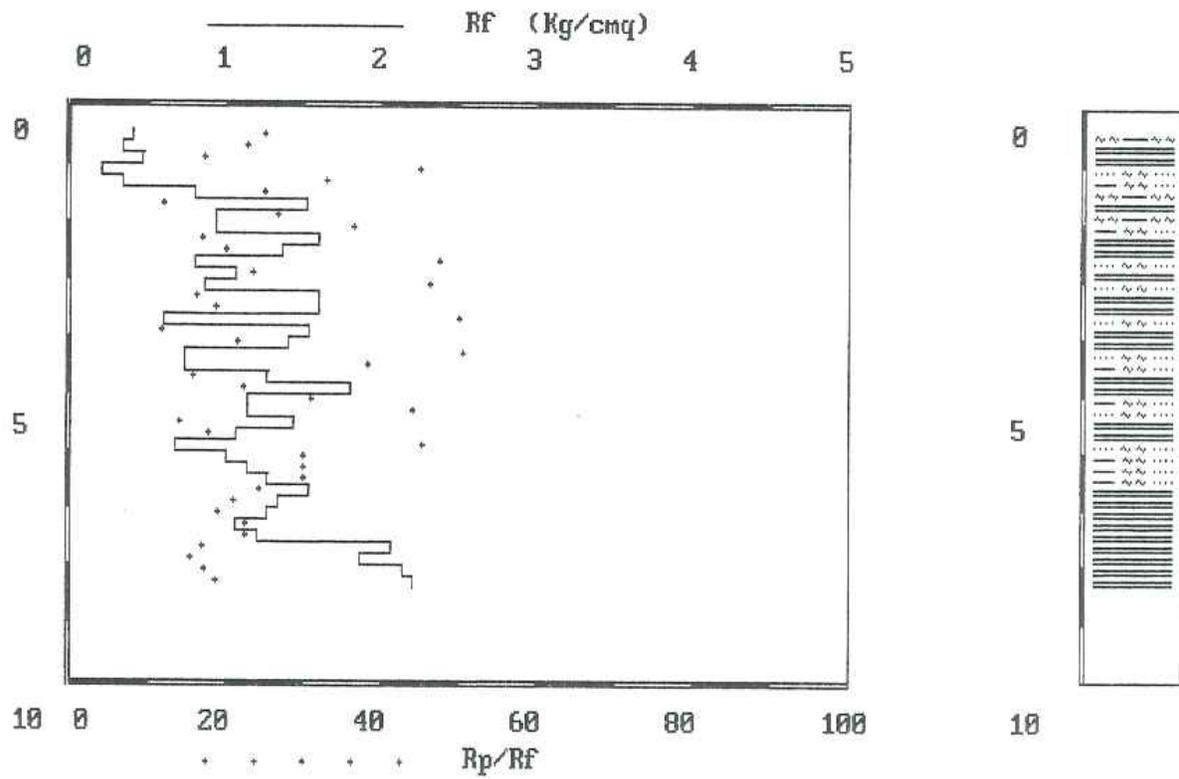
CPT-27

PROVA n° : 1 LOCALITA' : Altopascio - loc. La Galeotta DATA : 17-02-98



CPT-27

PROVA n° : 1 LOCALITA' : Altopascio - loc. La Galeotta DATA : 17-02-98



COMMITTENTE :
LOCALITA' : ALTOPASCIO DATA : 26-03-98

PROVA n° : 1

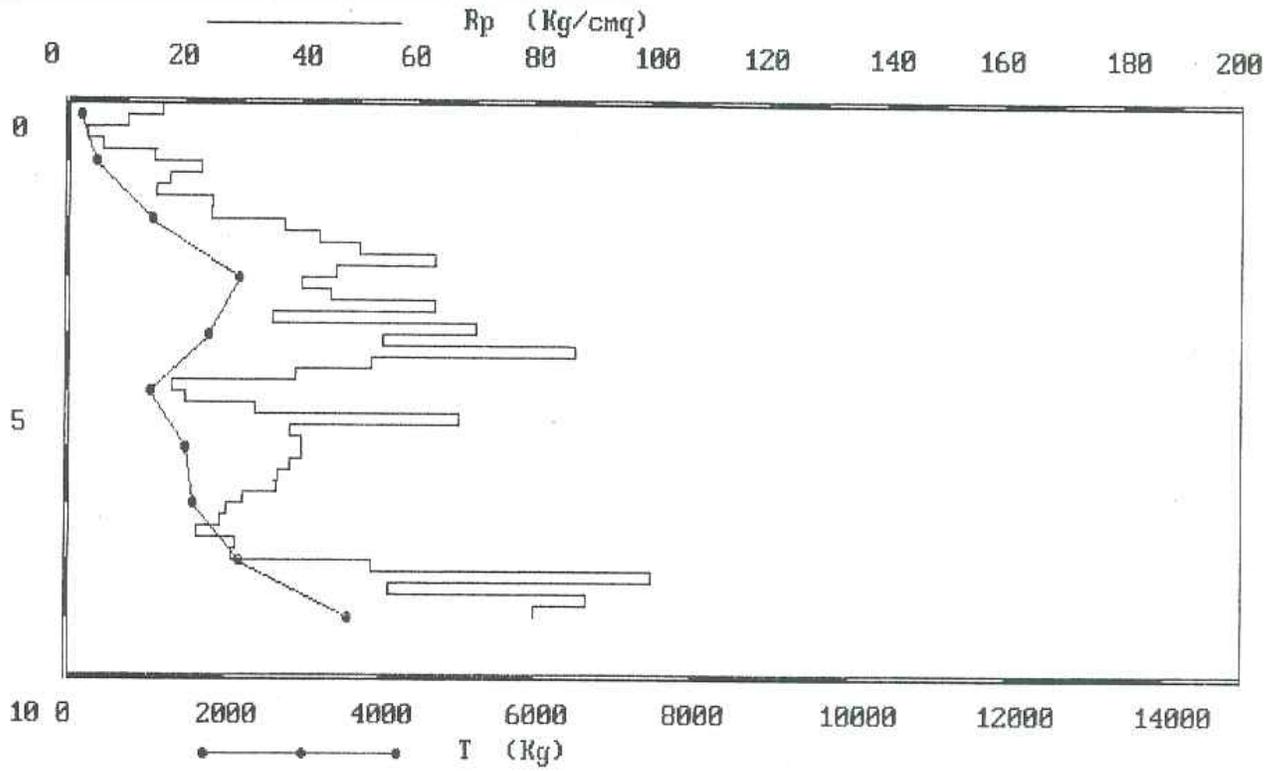
LETTURE DI CAMPAGNA				VALORI DERIVATI							
prof.	A	B	T	Rp	Rf	Rp/Rf	Ø	Dr	cu	mv	
0.20	160	--	140	16.0	--	--	-	--	--	--	
0.40	100	--	105	10.0	--	--	-	--	--	--	
0.60	30	68	360	3.0	0.25	11.84	0	0	0.20	0.083	
0.80	55	78	360	5.5	0.15	35.87	27	18	0.00	0.045	
1.00	147	184	350	14.7	0.25	59.59	30	20	0.00	0.034	
1.20	228	320	490	22.8	0.61	37.17	28	42	0.00	0.015	
1.40	174	370	750	17.4	1.31	13.32	0	0	0.87	0.016	
1.60	150	310	950	15.0	1.07	14.06	0	0	0.75	0.019	
1.80	245	520	1000	24.5	1.83	13.36	0	0	1.23	0.016	
2.00	244	500	1070	24.4	1.71	14.30	0	0	1.22	0.016	
2.20	370	700	1270	37.0	2.20	16.82	0	0	1.48	0.009	
2.40	430	800	1700	43.0	2.47	17.43	0	0	1.72	0.008	
2.60	500	1100	2100	50.0	4.00	12.50	0	0	2.50	0.008	
2.80	630	1100	2300	63.0	3.13	20.11	0	0	2.52	0.005	
3.00	460	1000	2200	46.0	3.60	12.78	0	0	2.30	0.009	
3.20	400	770	2150	40.0	2.47	16.22	0	0	1.60	0.008	
3.40	450	920	1950	45.0	3.13	14.36	0	0	2.25	0.009	
3.60	630	920	1880	63.0	1.93	32.59	28	63	0.00	0.005	
3.80	350	880	2200	35.0	3.53	9.91	0	0	2.33	0.010	
4.00	700	840	1800	70.0	0.93	75.00	35	52	0.00	0.010	
4.20	540	1100	1800	54.0	3.73	14.46	0	0	2.70	0.007	
4.40	870	1160	2300	87.0	1.93	45.00	32	57	0.00	0.004	
4.60	520	1060	1500	52.0	3.60	14.44	0	0	2.60	0.008	
4.80	390	670	1300	39.0	1.87	20.89	0	0	1.56	0.009	
5.00	178	350	1050	17.8	1.15	15.52	0	0	0.89	0.016	
5.20	200	340	890	20.0	0.93	21.43	0	0	0.80	0.017	
5.40	320	410	950	32.0	0.60	53.33	30	34	0.00	0.016	
5.60	670	800	1600	67.0	0.87	77.31	34	51	0.00	0.010	
5.80	380	570	1200	38.0	1.27	30.00	27	54	0.00	0.009	
6.00	400	630	1500	40.0	1.53	26.09	26	55	0.00	0.008	
6.20	400	660	1200	40.0	1.73	23.08	0	0	1.60	0.008	
6.40	380	640	1300	38.0	1.73	21.92	0	0	1.52	0.009	
6.60	360	590	1400	36.0	1.53	23.48	0	0	1.44	0.009	
6.80	355	550	1500	35.5	1.30	27.31	26	52	0.00	0.009	
7.00	300	500	1600	30.0	1.33	22.50	0	0	1.20	0.011	
7.20	270	430	1670	27.0	1.07	25.31	25	45	0.00	0.012	
7.40	260	380	1870	26.0	0.80	32.50	27	45	0.00	0.013	
7.60	220	385	1830	22.0	1.10	20.00	0	0	0.88	0.015	
7.80	285	430	2000	28.5	0.97	29.48	26	46	0.00	0.012	
8.00	280	460	2200	28.0	1.20	23.33	0	0	1.12	0.012	
8.20	520	830	2500	52.0	2.07	25.16	26	59	0.00	0.006	
8.40	1000	1200	2450	100.0	1.33	75.00	35	60	0.00	0.007	
8.60	550	900	2890	55.0	2.33	23.57	25	60	0.00	0.006	
8.80	890	1200	3000	89.0	2.07	43.06	31	57	0.00	0.004	
9.00	800	1100	3600	80.0	2.00	40.00	31	55	0.00	0.000	

CPT-28

Quota : p.c. Livello di falda :

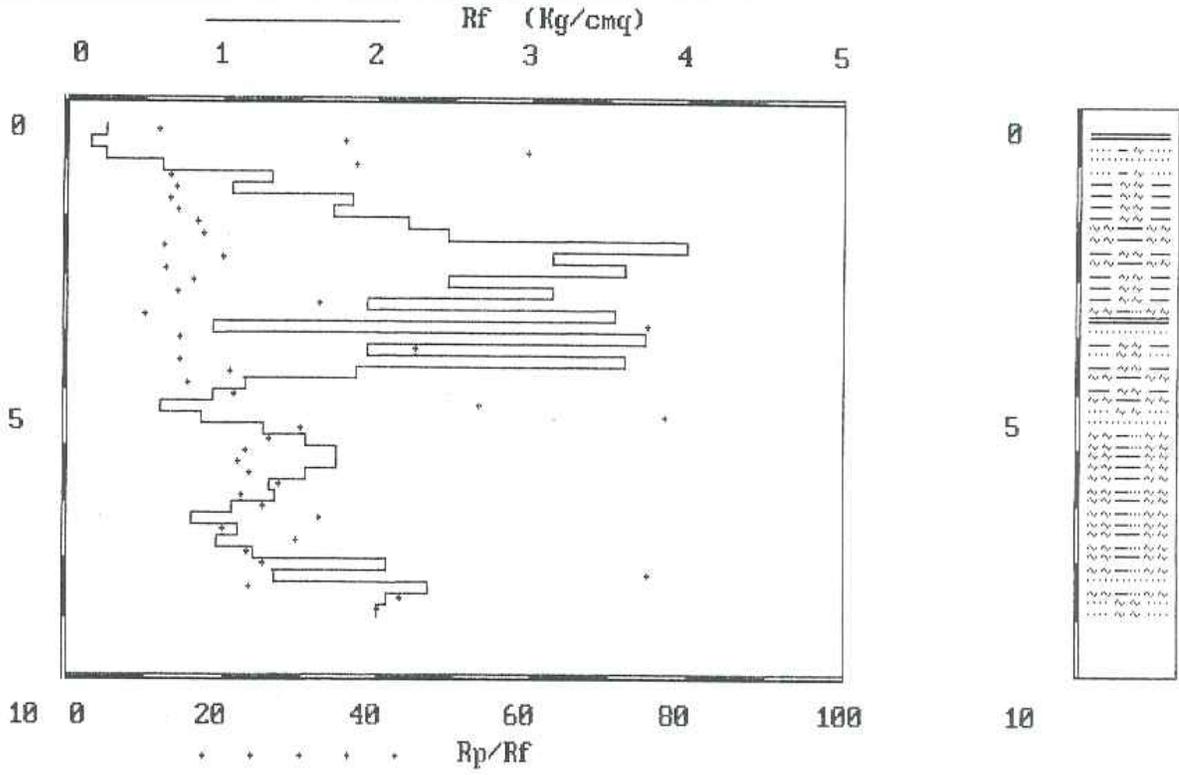
CPT-28

PROVA n° : 1 LOCALITA' : ALTOPASCIO DATA : 26-03-98



CPT-28

PROVA n° : 1 LOCALITA' : ALIOPASCIO DATA : 26-03-98



COMMITTENTE :
 LDCALITA* : ALTOPASCIO

PROVA n° : 50
 DATA : 28-04-94

prof.	n	Rd
0.30	1.0	3.59
0.50	11.0	39.52
0.70	11.0	39.52
0.90	8.0	27.43
1.10	8.0	27.43
1.30	7.0	24.00
1.50	13.0	32.43
1.70	11.0	28.29
1.90	11.0	27.05
2.10	20.0	49.18
2.30	13.0	31.97
2.50	12.0	29.51
2.70	7.0	17.21
2.90	13.0	30.63
3.10	11.0	29.37
3.30	11.0	29.37
3.50	14.0	37.38
3.70	12.0	32.04
3.90	5.0	12.81
4.10	7.0	21.11
4.30	11.0	24.87
4.50	16.0	36.18
4.70	27.0	32.56
4.90	39.0	45.22
5.10	51.0	59.13

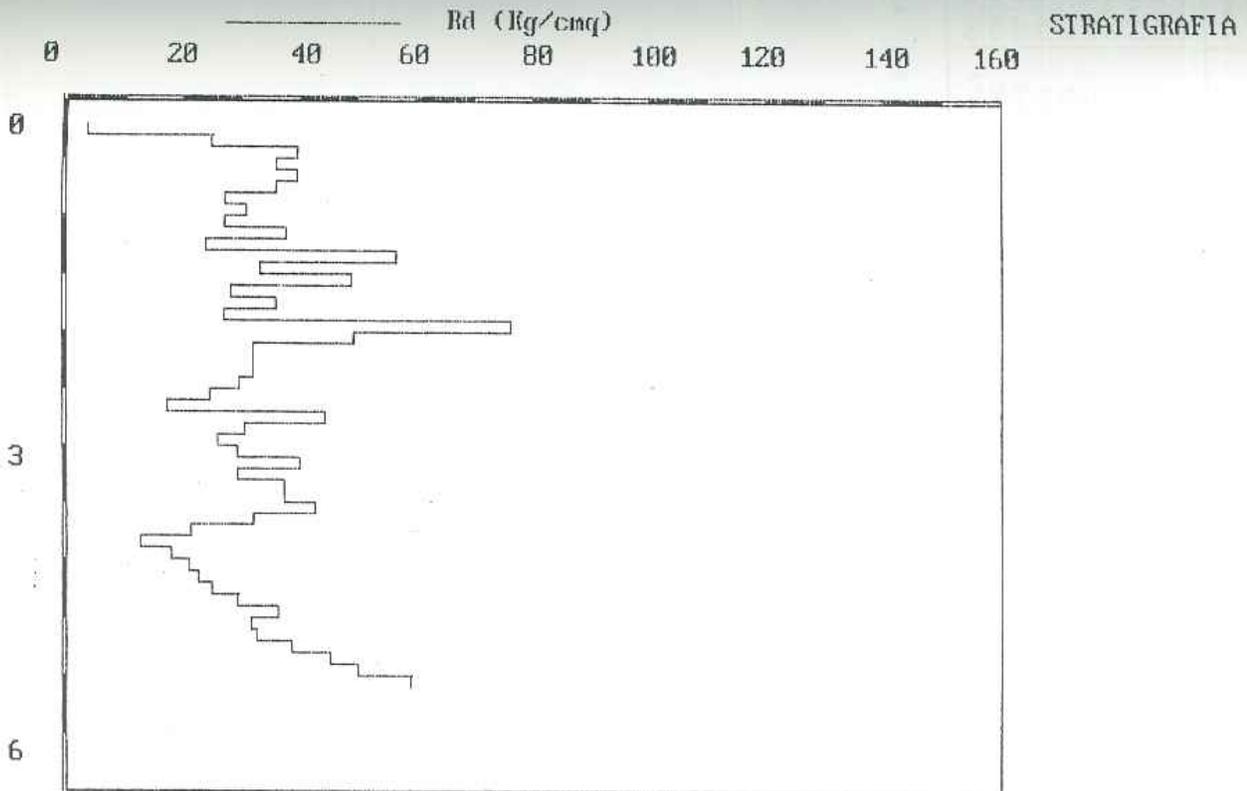
prof.	n	Rd
0.40	7.0	25.15
0.60	10.0	35.93
0.80	10.0	35.93
1.00	9.0	30.86
1.20	11.0	37.71
1.40	22.0	56.57
1.60	19.0	48.86
1.80	14.0	36.00
2.00	31.0	76.23
2.20	13.0	31.97
2.40	13.0	31.97
2.60	10.0	24.59
2.80	18.0	44.26
3.00	11.0	25.92
3.20	15.0	40.05
3.40	14.0	37.38
3.60	16.0	42.72
3.80	8.0	21.36
4.00	6.0	18.09
4.20	10.0	22.61
4.40	13.0	29.40
4.60	21.0	31.66
4.80	32.0	38.59
5.00	43.0	49.86

Quota : p.c.

Livello di falda : -3.00

DP-20

PROVA n° : 5D LOCALITA' : ALTOPASCIO DATA : 28-04-94



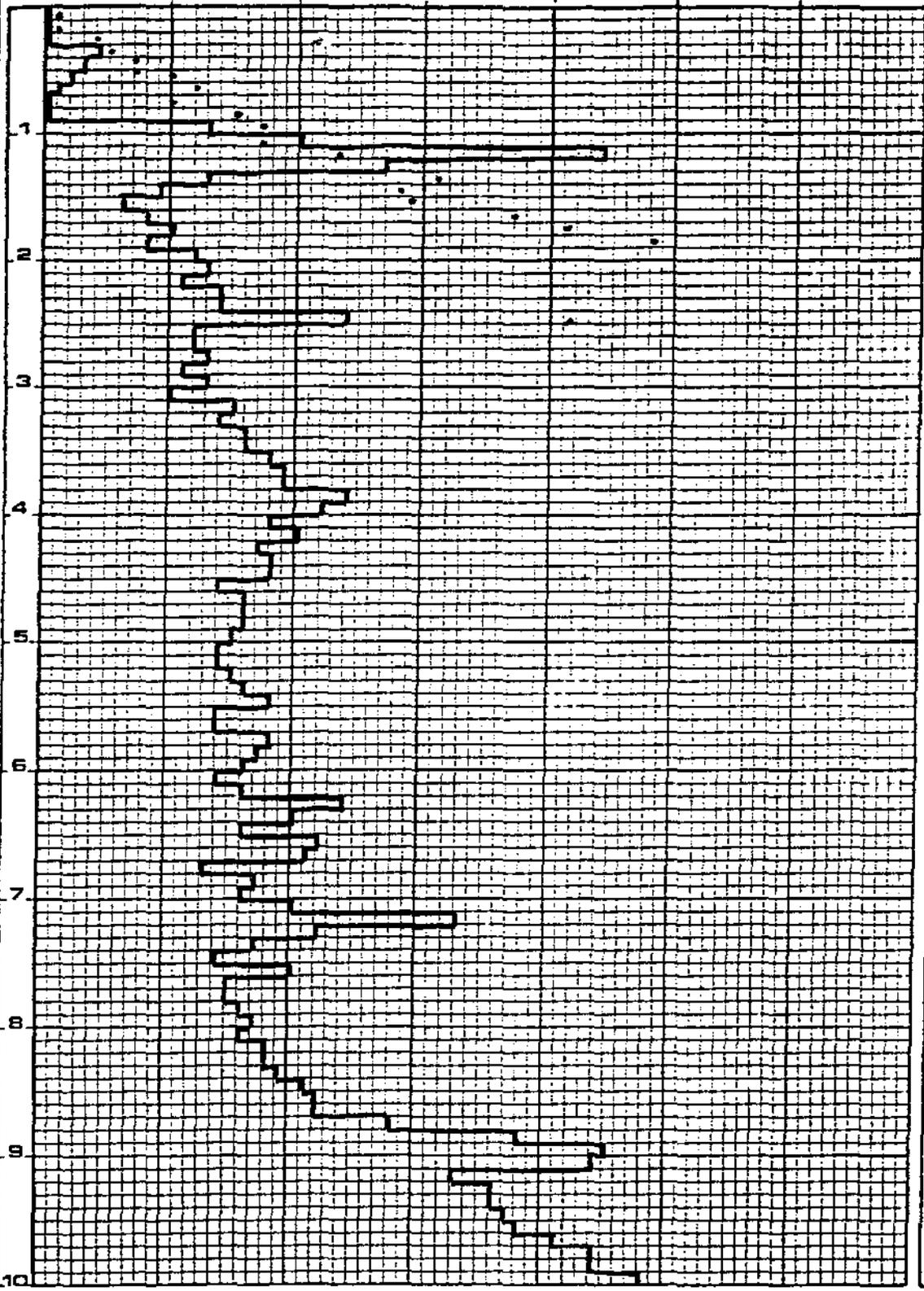
N DL030

DP-1508

DYNAMIC-PENETROMETER TEST

0 10 20 30 40 50 60

Litologia H₂O



Litologia

H₂O

Descrizione: