

# PSC



## COMUNE DI GASPERINA (Provincia di Catanzaro)



## PIANO STRUTTURALE COMUNALE (Legge Urbanistica Regionale n.19 del 16 Aprile 2002 e s.m.i.)

**QUADRO CONOSCITIVO**

**Tav. Geo 05.4**

**ELABORATI INDAGINI PER LA REDAZIONE DEL P.S.C. DI GASPERINA**

### **Gruppo di Progetto**

Prof. Arch. Francesco di Paola (Capogruppo), Arch. Antonluca Di Paola (Componente)

Dott. Ing. Annamaria Ranieri (Collaboratore)

### **Studio Geomorfologica**

Geol. Fabio Procopio, Geol. Angelo Alberto Stamile (Collaboratore)

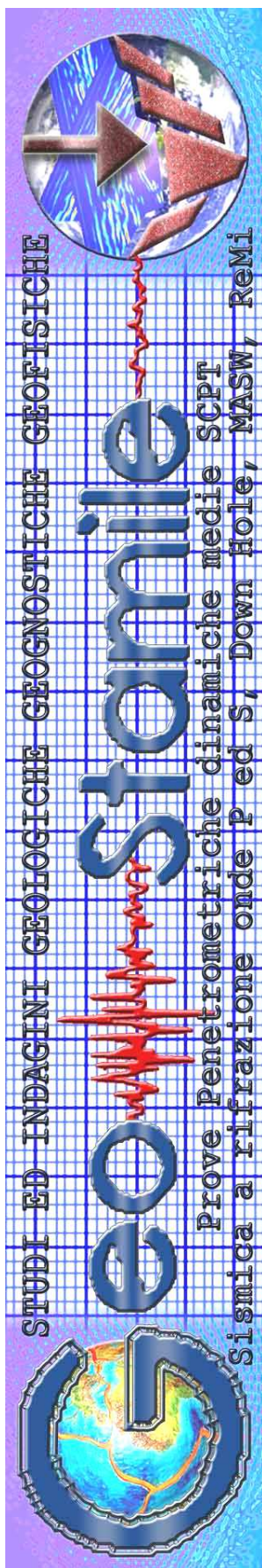
### **Studio Agronomico**

Dott. For. Giovanni Leuzzi

**Il Sindaco:** Gregorio Gallelo

**Il R.U.P.:** Ing. Salvatore Lupica

**Data:** Luglio 2014



# COMUNE DI GASPERINA

Provincia di Catanzaro

## INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

### **PROGETTO:**

Piano Strutturale Comunale (P.S.C.)  
Comune di Gasperina

### **Committente:**

Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

### **Il Tecnico**

Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE



*Angelo Alberto Stamile*

## PREMESSA

Su incarico e per conto del Geol. Fabio PROCOPIO è stata eseguita, nell'ambito degli studi geologici per la redazione del Piano Strutturale Comunale P.S.C. del Comune di Gasperina (CZ), una campagna d'indagine geofisica, a mezzo sismica a rifrazione (Sr1, Sr2, Sr3, Sr4, Sr5) *fig. 1*, per come prescrivono: il **D.M. 11/03/1988** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce e successive modificazioni"; la **Circolare del Min. LL.PP. n.°30483 del 24/09/88** (L. 02/02/74 n.° 64, art. 1 D.M. 11/03/88) "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"; la **L.R. n.° 19 del 16/04/2002 e relative Linee Guida** "Norme per la tutela, governo, ed uso del territorio – Legge urbanistica della Calabria".

Tale campagna d'indagine è stata eseguita al fine di individuare: gli spessori, le geometrie e le caratteristiche elasto-dinamiche dei litotipi presenti nell'area in modo da classificare sismicamente i suoli per come prescrive la seguente recente normativa antisismica: **O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e successive integrazioni e modificazioni** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"; **D.M. del 14/01/2008** "Norme tecniche per le costruzioni".

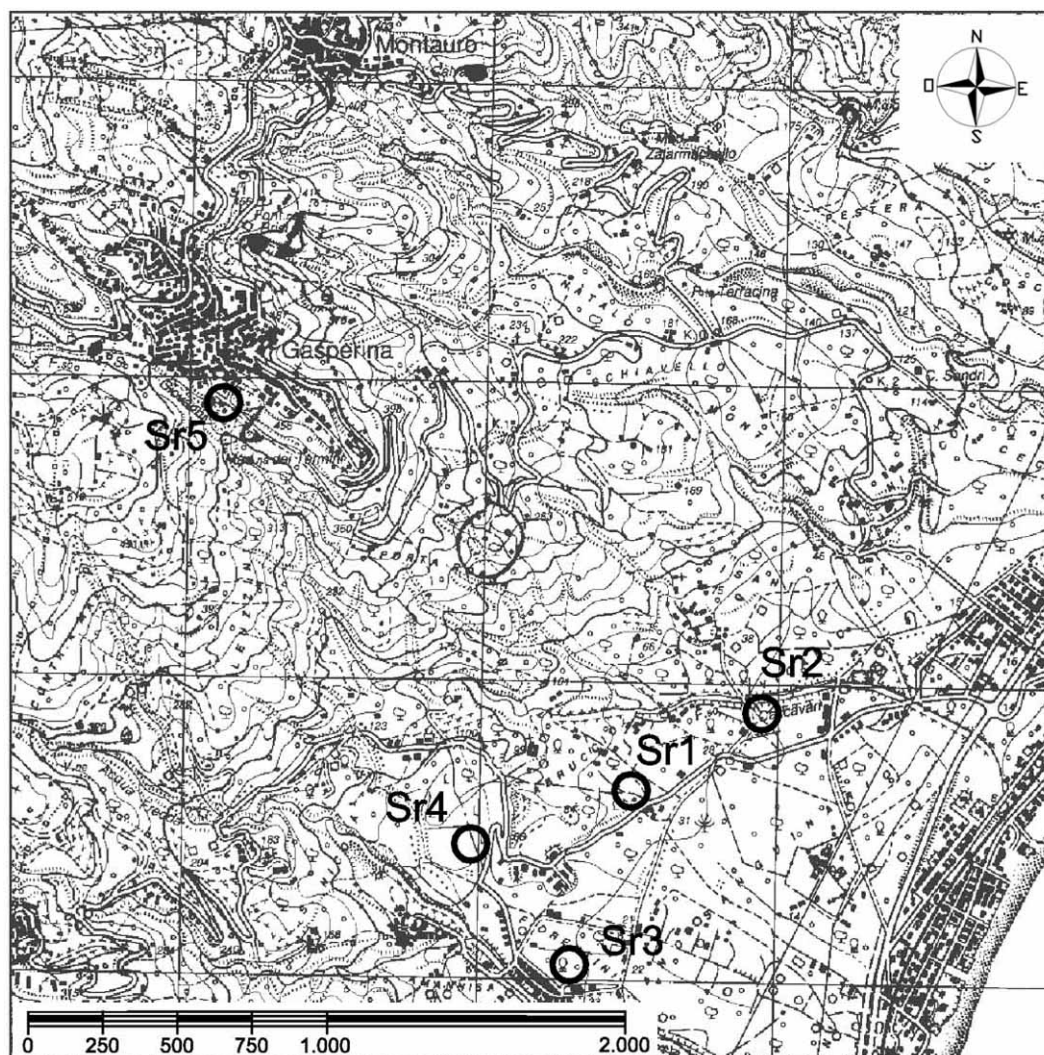


Fig. 1 - Ubicazione indagini sismiche a rifrazione eseguite nel Comune di Gasperina, scala 1:25.000.

# 1. INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE

## 1.1 Principi del metodo e tecniche di prospezione, e parametri rilevabili

Il principale obiettivo dei metodi sismici è quello di individuare le strutture geologiche presenti nel sottosuolo, di ricostruire l'andamento delle discontinuità legate a variazioni delle proprietà elastiche delle rocce, determinare le caratteristiche elasto-dinamiche dei litotipi.

In particolare l'indagine sismica a rifrazione consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) e/o delle onde di superficie (onde di Rayleigh, Love) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisite ( $V_p$ ,  $V_s$  e  $V_r$ ), le proprietà elasto-dinamiche (moduli dinamici) delle litologie investigate.

La sismica di superficie si fonda sul fenomeno fisico secondo cui una perturbazione, prodotta artificialmente mediante cariche esplosive, vibratori o masse battenti, si propaga in un mezzo in modo tale che esista, in ogni suo punto, una dipendenza reciproca tra la posizione e il tempo. La perturbazione potrà identificarsi come lo spostamento, all'interno del mezzo, di una superficie ipotetica (*fronte d'onda*) che abbia in tutti i punti, in un determinato istante, lo stesso valore di fase.

Quando uno sforzo è improvvisamente applicato ad un corpo elastico (per es. viene colpito con una massa battente) e quando lo sforzo viene improvvisamente rilasciato, all'interno del corpo stesso si generano delle piccole deformazioni sotto forma di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni. Le onde elastiche in natura sono di due tipi: le *onde di volume* (onde P ed S) *fig. 2*, che si propagano all'interno del corpo interessato dalla perturbazione, e le *onde superficiali* (onde di Rayleigh e di Love), che si propagano solo lungo la superficie.

Le **onde P** (*di compressione o longitudinali*) si propagano mediante oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità ( $k$ ), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che del modulo di rigidità ( $\mu$ ) e della densità ( $\rho$ ).

Le **onde S** (*trasversali o di taglio*) si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità ( $\mu$ ) detto anche modulo di Taglio ( $G$ ).

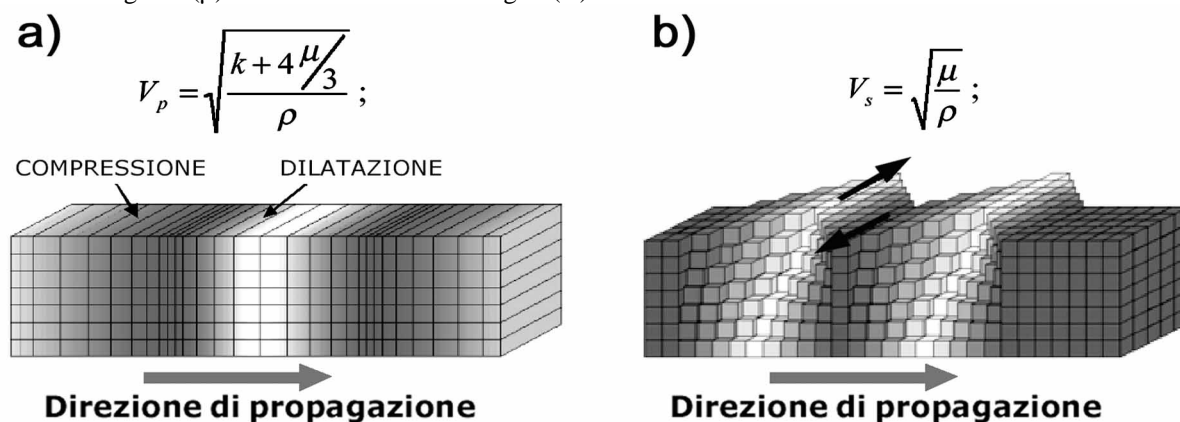


Fig. 2 - Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di a) *Onde longitudinali P* (direzione di oscillazione coincidente con quella di propagazione dell'onda); b) *Onde di taglio S* (direzione di oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda).

Le onde sismiche non sono caratterizzate da un trasporto di materia, ma da un trasferimento di energia. Tenendo presente che lo sforzo impulsivo può ripartirsi in componenti normali e tangenziali, si deduce che le onde longitudinali possono anche essere chiamate onde di compressione in quanto generate dalla reazione elastica che si oppone a variazioni di volume e/o di lunghezza del corpo e di cui sono responsabili le componenti normali dello sforzo. Le onde trasversali sono anche dette onde di taglio in quanto generate da reazione elastica che si oppone a variazioni di forma del corpo e di cui sono responsabili le componenti tangenziali dello sforzo.

Logicamente, onde di compressione e di taglio si generano contemporaneamente in seguito ad uno sforzo impulsivo, ma sono caratterizzate da differenti velocità di propagazione. Attraverso lo studio dei tempi di propagazione delle onde di compressione e di taglio, attraverso le leggi fondamentali dell'ottica, si possono calcolare le velocità di propagazione delle onde sismiche, che, a loro volta, rappresentano la base per la

determinazione della natura, disposizione geometrica (profondità ed inclinazione degli strati, detti anche *sismostrati* o *rifrattori*), caratteristiche elasto-dinamiche dei litotipi presenti nell'area di indagine.

Se il mezzo ha una superficie libera e viene sollecitato acusticamente, oltre alle onde di volume (longitudinali e di taglio) si creano anche delle onde superficiali tra cui le onde di Rayleigh. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde che vengono così generate. La velocità delle onde di Rayleigh, come si sa, è inferiore a quella delle onde di volume ed in particolare  $V_r=0,9 V_s$ .

Tenuto conto che per sottosuoli naturali, a causa della rapidità delle azioni e del fatto che essi si trovano per gran parte sotto falda e quindi in condizioni di drenaggio impedito, il fenomeno sismico produce deformazioni volumetriche trascurabili, rispetto a quelle distorsionali. Per questo appare giustificato ricondurre la modellazione meccanica di un fenomeno sismico all'analisi degli effetti prodotti da un insieme di onde S, che si propagano dal substrato alla superficie, con un campo di spostamenti del terreno praticamente orizzontale. L'assunzione è oltretutto validata dal fatto che, da un punto di vista ingegneristico, il moto più significativo ai fini della verifica sismica dei manufatti è quello orizzontale. In tal senso, a livelli di deformazione bassi, è assunta l'ipotesi che il terreno in esame presenti un comportamento tensione-deformazione di tipo elastico lineare (deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ).

Le prospezioni sismiche a rifrazione, le più diffuse tra le indagini geofisiche, consistono, dunque, nel determinare i tempi di arrivo, mediante un sismografo, delle onde elastiche **longitudinali** e/o **trasversali** rifratte, generate da una sorgente di energia. L'energia prodotta dalla sorgente artificiale si propaga nel sottosuolo sotto forma di onde sferiche che, nel loro cammino, subiranno riflessioni (*onde riflesse*) o rifrazioni (*onde rifratte*) in funzione delle caratteristiche elastiche e delle discontinuità presenti nelle rocce attraversate (fig. 3).

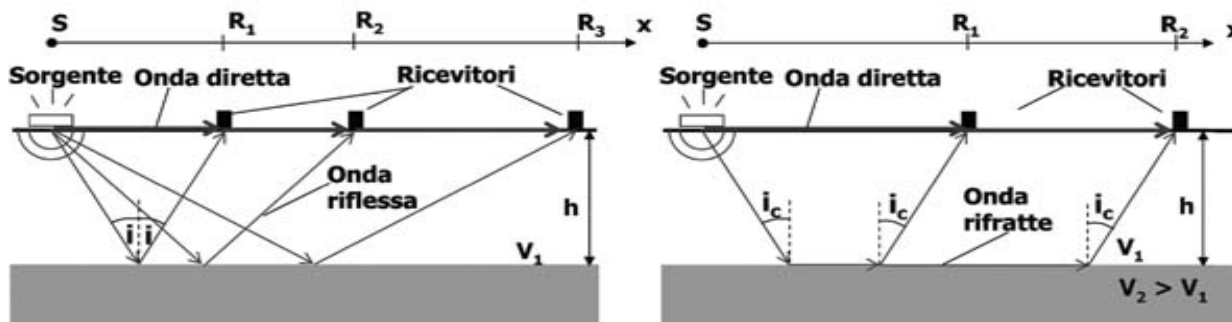


Fig. 3 - Geometria dei percorsi delle onde sismiche riflesse e rifratte nel sottosuolo

Una volta raggiunta la superficie, le onde vengono rilevate da una serie di geofoni posti lungo una linea retta sul terreno, detta "*stendimento sismico*", a distanza crescente dalla sorgente di energia. I geofoni, trasformati gli impulsi d'urto di ritorno in energia elettrica, inviano i segnali elettrici al sismografo registratore che, a sua volta, li restituisce sotto forma numerica e grafica (*sismogramma*).

Il sismogramma è composto da un insieme di linee o tracce che riproducono graficamente il progressivo arrivo in superficie delle onde sismiche riflesse o rifratte. Il numero di tracce corrisponde al numero di geofoni utilizzati per la prova. Lo studio delle tracce del sismogramma consente il calcolo dell'intervallo di tempo tra un'energizzazione e l'arrivo delle onde sismiche ai geofoni.

I tempi di arrivo  $\Delta t$  (sec) delle onde sismiche registrate ai geofoni posti a distanze  $\Delta x$  (m) dalla sorgente costituiranno le coppie di valori base da utilizzare per l'elaborazione del modello interpretativo del sottosuolo. Ogni coppia di valori  $\Delta t$  e  $\Delta x$  individuerà un punto sul diagramma spazio-temporale. Interpolando tutti questi punti si otterrà una polilinea o "*dromocrona*", caratterizzata da segmenti di retta corrispondenti a percorsi effettuati con uguale velocità delle onde sismiche; in pratica ciascun segmento rettilineo rappresenta uno spessore di terreno caratterizzato da un valore medio della velocità delle onde P o delle onde S, il cui valore assoluto è espresso dal reciproco della pendenza della relativa dromocrona.

Dallo studio della dromocrona diretta e reciproca, ottenuta invertendo la posizione del punto di energizzazione dello stendimento, e calcolando sperimentalmente le velocità di ciascun segmento della dromocrona, si potrà ricostruire la profondità, lo spessore, la pendenza e la litologia degli orizzonti sismici presenti nel sottosuolo.

A titolo indicativo, si forniscono nella seguente tabella (tab. 1) alcuni valori di velocità per le onde longitudinali. La tabella mostra che il campo di variazione per uno stesso litotipo è ampio, in quanto la velocità dipende dai parametri elastici intrinseci di ciascun litotipo che possono essere influenzati da numerosi fattori quali, ad esempio: la compattezza o il grado di litificazione, la porosità, la tessitura il contenuto di fluidi, ecc.


Tipo di roccia	Vp (Km/sec)	Tipo di roccia	Vp (Km/sec)
<i>Sedimenti non consolidati</i>		<i>Rocce ignee e metamorfiche</i>	
Argilla	1,0 – 2,5	Basalto	5,3 – 6,5
Sabbia asciutta	0,2 – 1,0	Granito	4,7 – 6,0
Sabbia satura	1,5 – 2,0	Gabbro	6,5 – 7,0
<i>Rocce sedimentarie</i>		Ardesia	3,5 – 4,4
Anidride	6,0	Rocce ultrabasiche	7,5 – 8,5
Calcere tipo chalk	2,1 – 4,5	<i>Altri materiali</i>	
Carbone	1,7 – 3,4	Aria	0,3
Dolomia	4,0 – 7,0	Gas naturale	0,43
Calcere	3,9 – 6,2	Ghiaccio	3,4
Argilla	2,0 – 5,5	Acqua	1,4 – 1,5
Salgemma	4,6	Petrolio	1,3 – 1,4
Arenaria	2,0 – 5,0		

**Tab. 1** - Velocità sismiche nelle rocce (*Esplorazione del sottosuolo – Zanichelli 2003*)

Da un'attenta interpretazione delle dromocrone che si ottengono nei grafici in cui sono riportati, per i diversi geofoni, i tempi di arrivo delle onde sismiche e le rispettive distanze dal punto di energizzazione, è possibile ricostruire l'andamento in profondità dei differenti orizzonti rifrattori. Tale ricostruzione è stata realizzata utilizzando il metodo di elaborazione GRM (Metodo Reciproco Generalizzato; Palmer, 1980) che, rispetto ai comuni metodi di interpretazione consente di ricavare la profondità dal p.c. dei vari rifrattori al di sotto di ogni singolo geofono, fornendo così con estremo dettaglio l'andamento geometrico dei vari orizzonti rifrattori indagati, anche alla presenza di situazioni geologiche complesse ed articolate.

## 1.2 Strumentazione e tipo di elaborazione

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo Echo 24/2002, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) che ha le seguenti caratteristiche:

Number of channels	24	Frequency response	7-950 Hz, filter at 950 Hz
Sampler interval	0,296 msec	Dynamic range	93 dB
A/D Conversion	16 bit	Noise	0,66 uV rms, gain = 55 dB
Amplifiers		Crosstalk	52 dB, gain = 55 dB
Input impedance	1 KOhm	Power	12 V
Gain	10 dB - 100 dB, step 1 dB	<b>Seismic Unit -- Echo 24/2002</b>	
Saturation tension	+/- 2,3 V		
Saturation level	100 dB		
Distorsion	0,01%		
Sampler	25 msec (191 points) 50 msec (383 points) 100 msec (756 points) 200 msec (1530 points) 400 msec (3060 points) 800 msec (6121 points)		
Sampling	130 micro/sec		
Record lenght	25-50 -10 -20 -400-800 millisec		
Filter low pass	from 50 to 950 Hz, step1 Hz		
Digital Filter (Fir) low pass	1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz		
Digital Filter (Fir) high pass	0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz		

Inoltre l'elevata dinamica unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale: Re.Mi. (Refraction Microtremor) - M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves) - S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves). Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise). La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dal fatto che utilizza per l'acquisizione ed il salvataggio dei record un computer portatile in modo da sfruttare tutte le potenzialità del computer. L'ambiente operativo è quello di Microsoft Windows XP. Lo strumento è in grado di effettuare misure a rifrazione con l'utilizzo di 12 o 24 geofoni collegati a cavi con attacchi equidistanziati di 5 metri.

La sorgente sismica è costituita da una massa battente, mazza dal peso di 8kg che funge contemporaneamente da starter poichè collegato a mezzo di trigger al sismografo, che batte su una piastra metallica o da un fucile sismico. Le oscillazioni del suolo sono rilevate da 12 o 24 geofoni (Geospace - 10 Hz) posizionati lungo un profilo sismico di 55 o 120m con offset di 5m che consentono sufficientemente l'identificazione dei sismostrati fino a profondità di 20-30 metri dal p.c.

Lungo lo stendimento vengono eseguite energizzazioni variabili da cinque a sette (stendimento con 12 o 24 geofoni) con battute variabili da quattro esterne ed una centrale a quattro esterne, due interne ed una centrale (energizzazioni dirette, centrale e inverse). Al fine di ridurre il noise e migliorare i segnali acquisiti viene usata la funzione iterazione per somma e vengono eseguiti amplificazioni dei guadagni (gain) in ingresso dei geofoni posti in posizione più lontana dalle energizzazioni.

I segnali sismici acquisiti sono successivamente elaborati analiticamente con calcolo automatico utilizzando un Computer portatile Compaq Presario ed il software **InterSism 2.0** della **Geo&soft** che permettono di determinare la stratigrafia del sottosuolo. Infatti il modello sismico a rifrazione permette la costruzione di dromocroni (tempi verso distanze) dalle quali è possibile calcolare velocità e profondità di interfacce profonde. I tempi rifratti si riferiscono ad onde sismiche che incidono con "angolo critico" le superfici di separazione di due mezzi a velocità differenti (ad esempio  $V_2$  e  $V_1$  con  $V_2 > V_1$ ). Queste onde possono propagarsi lungo tale interfaccia e tornare in superficie fornendo informazioni sugli spessori, variazioni degli stessi, sulle velocità dei due mezzi e sulla pendenza dell'interfaccia. In allegato vengono forniti i tabulati numerici, le dromocroni ed i profili interpretati con i relativi fronti d'onda.

### 1.3 Parametri elasto-dinamici

Le onde di volume P ed S, che attraversano un mezzo omogeneo e isotropo (condizioni ideali) hanno ben definite equazioni di moto. Note le velocità  $V_p$  e  $V_s$  che vengono ottenute tramite misure dirette e nota la densità  $\rho$ , possono essere ricavate alcune proprietà meccaniche, quali il *Modulo di Young dinamico* o *Modulo elastico*  $E_d$ , il *Modulo di rigidezza al taglio*  $G_0$ , il *Coefficiente di Poisson*  $\nu$ , e il *Modulo di bulk* o di *rigidità volumetrica*  $K$ . Le relative equazioni sono le seguenti:

$$\nu = \left(\frac{1}{2}\right) \cdot \left\{ 1 - \left[ \frac{V_s^2}{(V_p^2 - V_s^2)} \right] \right\}; \quad E_d = \frac{\rho V_p^2 (1 - 2\nu)(1 + \nu)}{1 - \nu}; \quad G_0 = \frac{E_d}{2(1 + \nu)}; \quad \rho = \frac{G_0}{V_s^2}; \quad K = \frac{E_d}{3(1 - 2\nu)}$$

Poiché nei fluidi  $V_s=0$ ,  $\nu$  risulta uguale a 0.5. Nei solidi, il valore  $\nu$  varia generalmente da 0.25 a circa 0.35. Pertanto, valori più elevati di  $\nu$  possono essere indicativi della presenza di frazioni di liquido nel mezzo attraversato.

### 1.4 VS30 e categoria stratigrafica del suolo secondo l'O.P.C.M. 3274 e le NTC - D.M. del 14/01/2008

La normativa sismica, **O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003**, oltre a ridefinire la macrozonazione sismica nazionale, classifica i terreni con classi di amplificazione legate alla stratigrafia. Con il **D.M. del 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni"** si ha una ulteriore chiarificazione sulla classificazione stratigrafica dei terreni finalizzata alla valutazione dell'amplificazione sismica del sito. Parametro necessario per poter operare questa classificazione è la velocità sismica media delle onde di taglio relativa ai primi 30 metri di profondità **VS30**. La stima della velocità delle onde di taglio  $V_s$  dei vari sismostrati, con le indagini sismiche a rifrazione, è possibile misurando direttamente le onde di taglio S mediante geofoni orizzontali, in alternativa si misurano le velocità delle onde P e successivamente si stima la velocità delle onde S ( $V_s$ ) mediante la formula che lega il modulo di Poisson ( $\nu$ ) con le velocità delle onde sismiche di compressione ( $V_p$ ).

Una volta acquisiti gli spessori degli strati e le relative velocità dell'onde S si calcola la velocità media relativa ai primi trenta metri di sottosuolo. Le formule adoperate sono le seguenti:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i / V_i} \quad V_s = V_p * \sqrt{\frac{1-2\nu}{2-2\nu}}$$

dove **h<sub>i</sub>** e **V<sub>i</sub>** indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio < 10<sup>6</sup>) dello strato i-esimo, per un totale di **n** presenti nei primi 30 metri di profondità.

La classificazione del sito, deve interessare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato roccioso rigido di riferimento (bedrock), Si effettua sul valore delle velocità medie delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità Vs30 secondo la seguente tabella:

Classe	Descrizione
<b>A</b>	<b>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</b> caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</b> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<b>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</b> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<b>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</b> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<b>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</b> , posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

### 1.5 Tipologia e numero di indagini

Per la caratterizzazione stratigrafica e per la stima dei parametri elasto-dinamici del territorio del Comune di Gasperina (CZ), sono state eseguite numero 5 indagini sismiche a rifrazione (Sr1, Sr2, Sr3, Sr4, Sr5) ubicate in posizioni ritenute particolarmente significative al fine di una completa individuazione delle caratteristiche del sottosuolo. L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo Seismic Unit Echo 24/2002, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione).

I profili sismici sono stati eseguiti con le seguenti caratteristiche geometriche e di acquisizione: Lunghezza stendimento 55,00 mt; geofoni n. 12 con off-set di 5.00 mt; Shot n. 5, quattro esterni ed uno centrale (rispettivamente a distanza di metri: 10, -5, 27.5, 60, 70 dal primo geofono); Energizzazione con mazza da 8 Kg su piastra metallica.

Al fine di ridurre il *noise* e migliorare i segnali acquisiti è stata usata la funzione iterazione per somma e sono state eseguite amplificazioni dei guadagni (*gain*) in ingresso dei geofoni posti in posizione più lontana dalle energizzazioni.

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale T=200ms, sono state effettuate con passo di campionamento dt=0.5ms. La frequenza di campionamento è data da:  $f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000\text{Hz}$ . La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di *Nyquist*, è data da:  $f_{\text{nyquist}}=1/2dt=1000\text{Hz}$ . La frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{\text{min}}=1/T=5\text{ Hz}$ . L'elaborazione dei dati è stata effettuata con il programma Intersism 2.0 della Geo&soft International che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione delle sezioni sismostratigrafiche 2D. La stima dei parametri elasto-dinamici, della Vs30 e della categoria di suolo sono stati stimati con apposito programma basato su foglio elettronico Microsoft Excel.

### Stesa sismica Sr 1

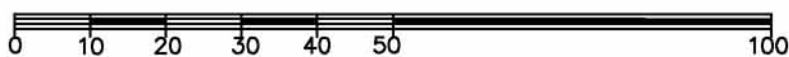
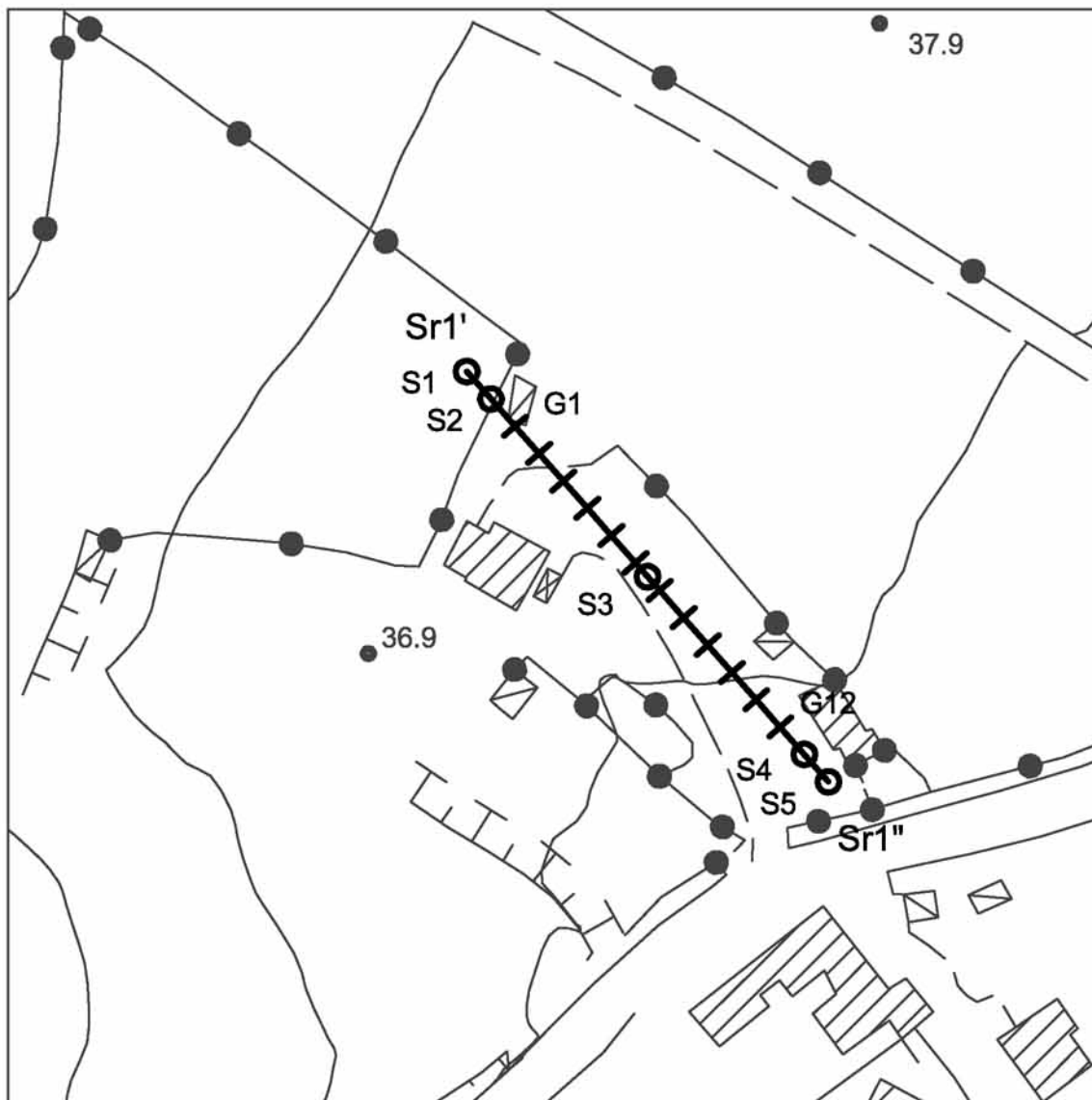
L'indagine sismica è stata eseguita in C.da Zilleria. Nel profilo sismico sono stati riconosciuti due orizzonti significativi con differenti caratteristiche elasto-dinamiche. In particolare è stato individuato:

1. un orizzonte superficiale di spessore variabile da 5,0-8,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 598,6$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche basse, correlabile con uno strato limo-sabbioso-conglomeratico scarsamente addensato.
2. un secondo orizzonte con spessore indefinito in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 2.034,31$  m/s., caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche elevate e correlabile con il substrato locale sabbioso-conglomeratico altamente addensato.

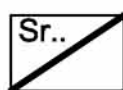
STIMA VALORE Vs30					
Spessore medio sismostrato <b>h (m)</b>	Velocità onde di compressione <b>Vp (m/s)</b>	Modulo di Poisson <b>v</b>	Velocità onde di taglio <b>Vs (m/s)</b>	<b>Vs30 (m/s)</b>	Classe di amplificazione stratigrafica del terreno (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)
7,0	598,6	0,42	222,31	<b>524,60</b>	<b>Classe E</b> Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).
23,0	2.034,3	0,38	894,97		
Amplificazione stratigrafica per il sito <b>Ss</b> (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)			SLO	1,600	
			SLD	1,600	
			SLV	1,451	
			SLC	1,257	



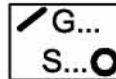
**Ubicazione Indagine Sismica a Rifrazione  
Comune di Gasperina  
Piano Strutturale Comunale  
scala 1:1.000**



**LEGENDA**



**Sr...** Stendimento sismico a rifrazione



**G...** geofoni;  
**S...** punti di energizzazione.

# ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE SR1

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

## POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	37.00	GasperinaPSC_Sr1Shot1.dta
5.00	364.00	GasperinaPSC_Sr1Shot2.dta
375.00	34.00	GasperinaPSC_Sr1Shot3.dta
70.00	32.00	GasperinaPSC_Sr1Shot4.dta
75.00	32.00	GasperinaPSC_Sr1Shot5.dta

## POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 5 [ms]	FBP da 37.5 [ms]	FBP da 70 [ms]	FBP da 75 [ms]
1	10.00	35.90	25.22	16.12	36.79	45.30	48.10
2	15.00	35.40	31.46	25.17	33.93	43.81	46.67
3	20.00	35.00	37.75	29.77	28.08	41.84	44.72
4	25.00	34.70	41.74	35.91	24.96	39.22	41.99
5	30.00	34.40	44.07	39.29	16.38	35.64	38.48
6	35.00	34.10	46.02	41.44	11.05	32.04	34.71
7	40.00	33.80	47.97	43.81	8.58	29.28	31.85
8	45.00	33.50	49.79	45.76	12.39	26.42	28.99
9	50.00	33.20	52.00	47.58	18.65	23.44	26.50
10	55.00	32.90	53.30	50.05	21.62	20.54	24.27
11	60.00	32.60	54.60	51.22	25.35	16.77	21.49
12	65.00	32.30	55.77	52.13	28.47	9.23	18.07

## DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

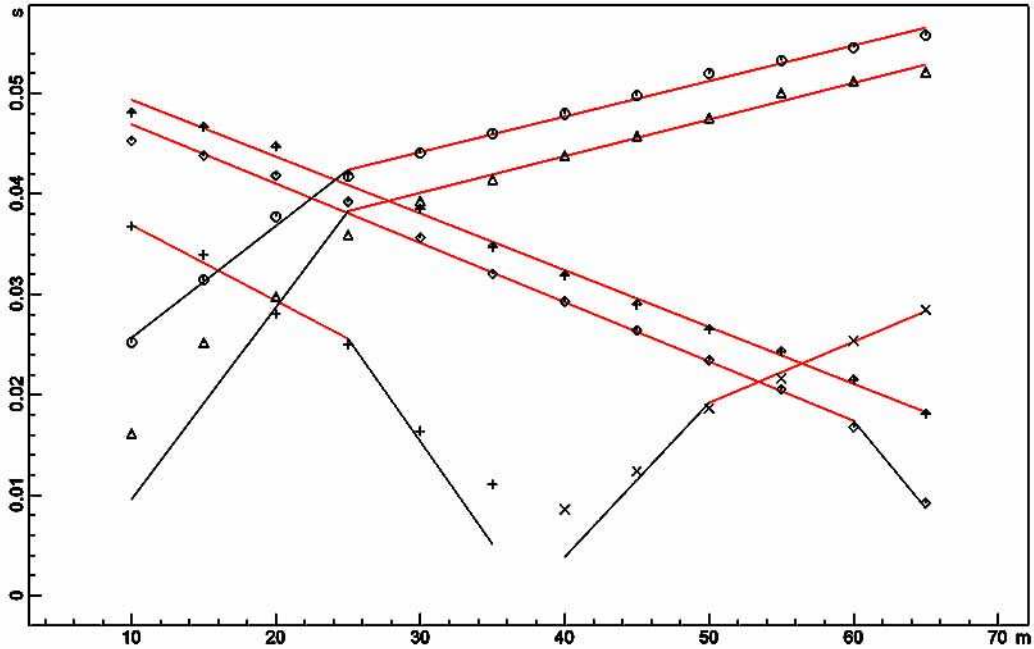
N. Geof.	Dist. Rif. 1 [m]
1	7.9
2	7.7
3	7.3
4	7.0
5	7.1
6	6.6
7	6.4
8	6.2
9	5.7
10	5.6
11	5.3
12	5.0

## VELOCITA' DEGLI STRATI

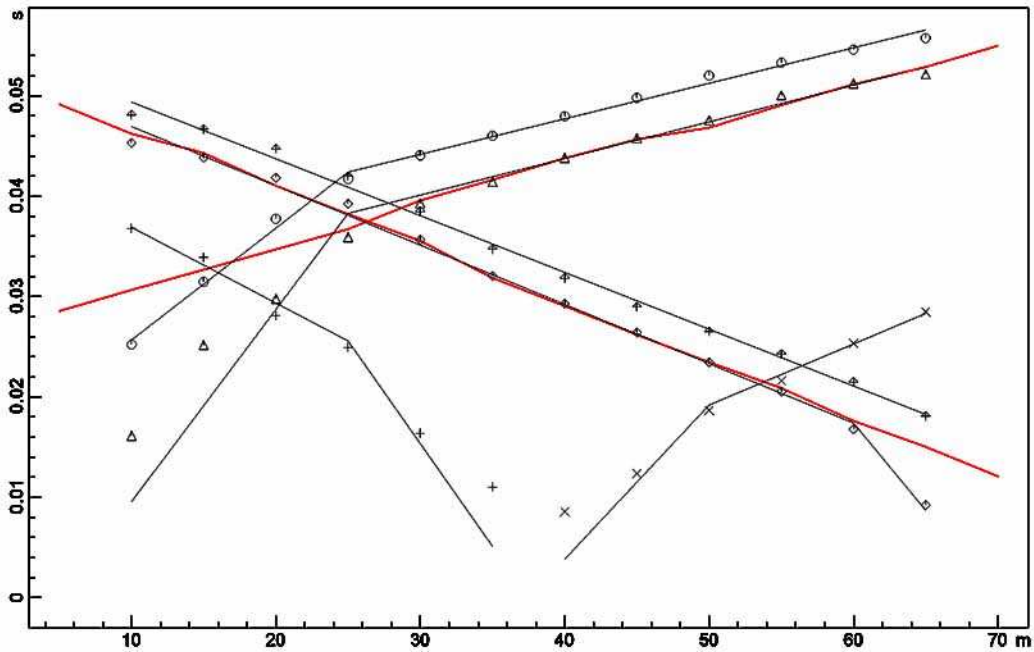
N. Strato	Velocità [m/s]
1	598.6
2	2034.3

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

DROMOCRONE ORIGINALI



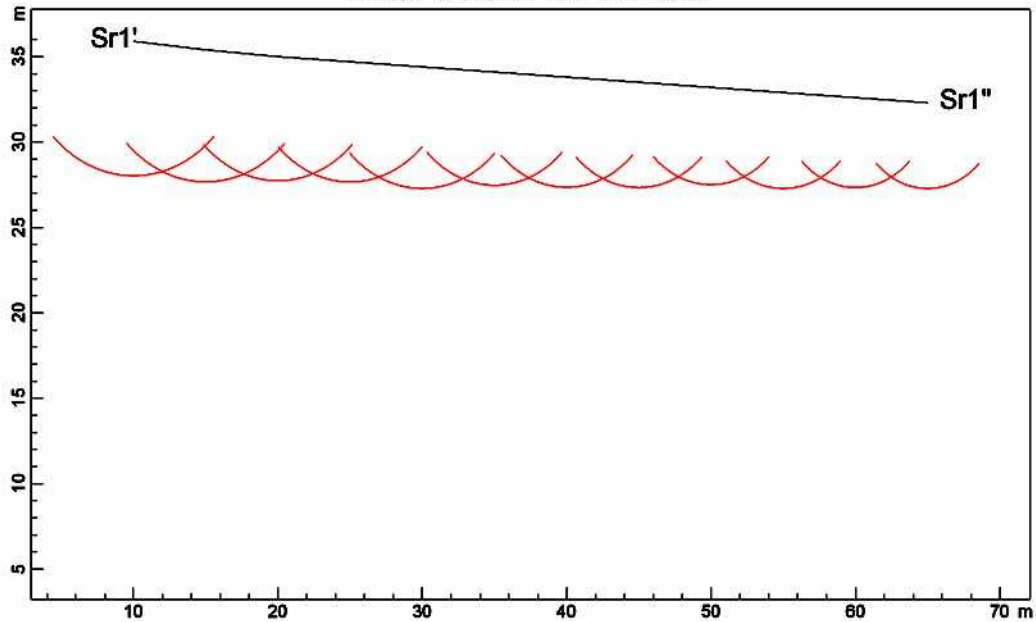
DROMOCRONE TRASLATE



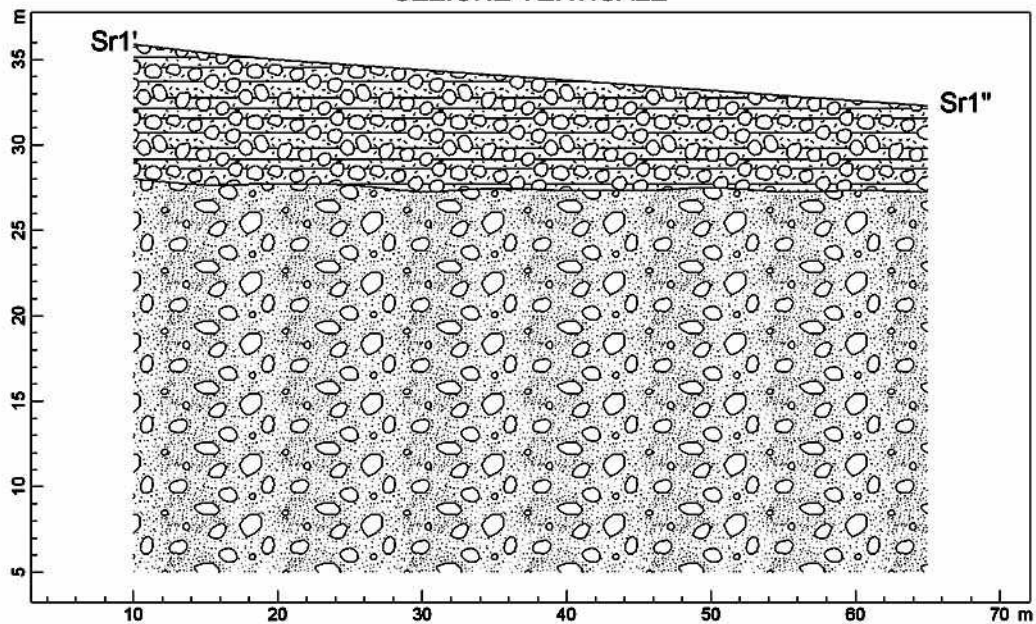
www.geoendsoft.com

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



www.geoendsoft.com

## STIMA PARAMETRI ELASTO-DINAMICI

ModEIDinSpRiEI v. 2.0 2009 -- Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

PARAMETRI NOTI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
SPESSORE STRATI	$H$ (m)	7,00	23,00	0,00	0,00	0,00
MODULO DI POISSON	$P$	0,42	0,38	0,00	0,00	0,00
VELOCITA' ONDE LONGITUDINALI	$Vp$ (m/sec)	598,60	2.034,30	0,00	0,00	0,00
PESO UNITA' DI VOLUME	$\gamma$ (Kg/mc)	1.800,00	2.000,00	0,00	0,00	0,00
PARAMETRI CALCOLATI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
POROSITA' - Rzehevschy e Novic (1971)	$n$ (%)	45,15	31,74	0,00	0,00	0,00
RAPPORTO SPESSORE VELOCITA'	$H/Vs$	0,03	0,03	0,00	0,00	0,00
VELOCITA' ONDE TRASVERSALI	$Vs$ (m/sec)	222,31	894,97	0,00	0,00	0,00
MODULO DI YOUNG DINAMICO (deformazione a taglio)	$Ed$ (MPa)	252,65	4.421,39	0,00	0,00	0,00
MODULO DI YOUNG STATICO (deformazione a taglio) - Rzehevschy e Novic (1971)	$E$ (MPa)	84,22	1.473,80	0,00	0,00	0,00
MODULO DI BULK (rigidità volumetrica)	$K$ (MPa)	526,36	6.140,82	0,00	0,00	0,00
MODULO DI RIGIDEZZA AL TAGLIO	$G_0$ (MPa)	88,96	1.601,95	0,00	0,00	0,00
FREQUENZA DI RISONANZA DELLO STRATO	$Vs/4H$ (Hz)	7,94	9,73	0,00	0,00	0,00
IMPEDENZA SISMICA	$\gamma * Vs$	400,17	1.789,95	0,00	0,00	0,00
Vs30 e CATEGORIA STRATIGRAFICA DI SUOLO						D.M.
14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"						
SOMMATORIA (H)	30,00	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).				
SOMMATORIA (H/Vs)	0,06					
<b>Vs30</b>	<b>524,60</b>					
<b>CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE</b>	<b>CLASSE E</b>					
Conversioni: 1 MPa = 1000 kPa = 10,197 Kg/cmq = 101,97 t/mq = 0,1 KN/cmq = 1000 KN/mq						

### Stesa sismica Sr 2

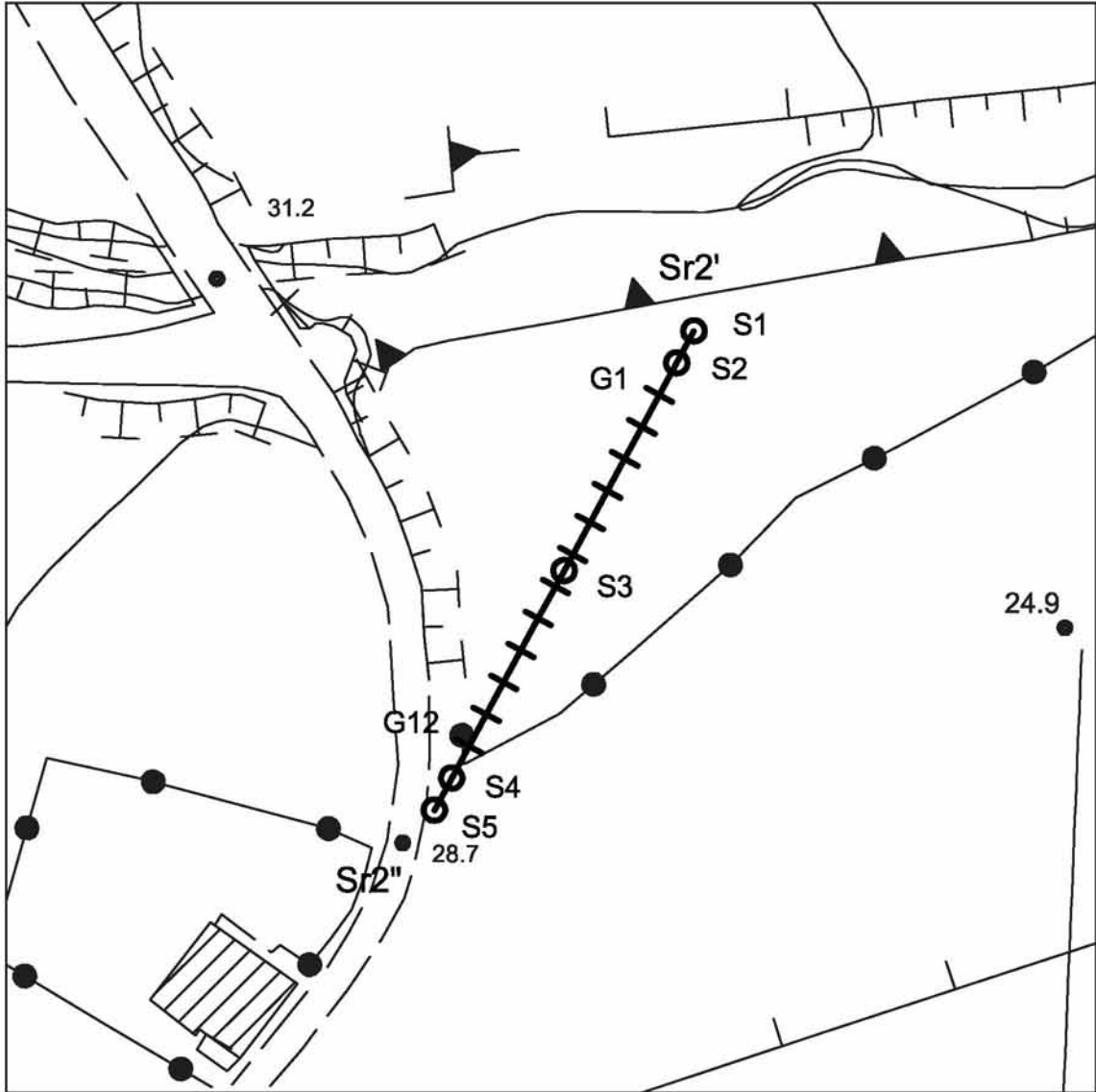
L'indagine sismica è stata eseguita in C.da Zilleria lungo la sponda destra del Fosso Caccavari. Nel profilo sismico sono stati riconosciuti quattro orizzonti significativi con differenti caratteristiche elasto-dinamiche. In particolare è stato individuato:

1. un orizzonte superficiale di spessore circa 4,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 352,9$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche basse, correlabile con uno strato superficiale allentato limo-sabbioso-conglomeratico da sciolto a scarsamente addensato.
2. un secondo orizzonte di spessore variabile da 8,0-9,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 422,5$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche basse, correlabile con uno strato limo-sabbioso-conglomeratico scarsamente addensato.
3. un secondo orizzonte di spessore variabile da 10,0-11,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 1.132,7$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche medie, correlabile con uno strato limo-sabbioso-conglomeratico mediamente addensato.
4. un terzo orizzonte con spessore indefinito in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 2.133,6$  m/s., caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche elevate e correlabile con il substrato cristallino locale altamente fratturato a comportamento litoide.

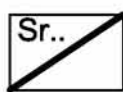
STIMA VALORE Vs30					
Spessore medio sismostrato <b>h (m)</b>	Velocità onde di compressione <b>Vp (m/s)</b>	Modulo di Poisson <b>v</b>	Velocità onde di taglio <b>Vs (m/s)</b>	<b>Vs30 (m/s)</b>	Classe di amplificazione stratigrafica del terreno (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)
4,0	352,9	0,42	131,06	<b>266,36</b>	<b>Classe E</b> Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s).
8,0	422,5	0,42	156,91		
10,0	1.132,7	0,41	442,39		
8,0	2.133,6	0,38	938,66		
Amplificazione stratigrafica per il sito <b>Ss</b> (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)			SLO	1,600	
			SLD	1,600	
			SLV	1,451	
			SLC	1,257	



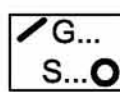
**Ubicazione Indagine Sismica a Rifrazione  
Comune di Gasperina  
Piano Strutturale Comunale  
scala 1:1.000**



**LEGENDA**



**Sr..** Stendimento sismico a rifrazione



**G...** geofoni;  
**S...** punti di energizzazione.

# ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE SR2

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

## POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	28.00	GasperinaPSC_Sr2Shot1.dta
5.00	28.00	GasperinaPSC_Sr2Shot2.dta
375.00	28.00	GasperinaPSC_Sr2Shot3.dta
70.00	28.00	GasperinaPSC_Sr2Shot4.dta
75.00	28.00	GasperinaPSC_Sr2Shot5.dta

## POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 5 [ms]	FBP da 37.5 [ms]	FBP da 70 [ms]	FBP da 75 [ms]
1	10.00	28.00	36.53	18.11	78.52	104.00	107.12
2	15.00	28.00	50.70	31.89	64.61	101.66	105.56
3	20.00	28.00	63.83	46.87	50.31	98.80	103.09
4	25.00	28.00	78.26	59.43	37.57	95.81	100.62
5	30.00	28.00	86.45	73.92	22.23	92.95	98.54
6	35.00	28.00	92.04	84.55	8.32	88.14	95.42
7	40.00	28.00	97.30	89.87	7.24	82.42	91.13
8	45.00	28.00	101.91	93.73	18.29	72.02	84.76
9	50.00	28.00	105.59	97.60	35.43	59.28	76.18
10	55.00	28.00	107.74	100.74	46.93	44.33	62.92
11	60.00	28.00	110.19	103.45	63.05	31.07	50.05
12	65.00	28.00	112.96	104.36	78.58	17.55	38.35

## DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

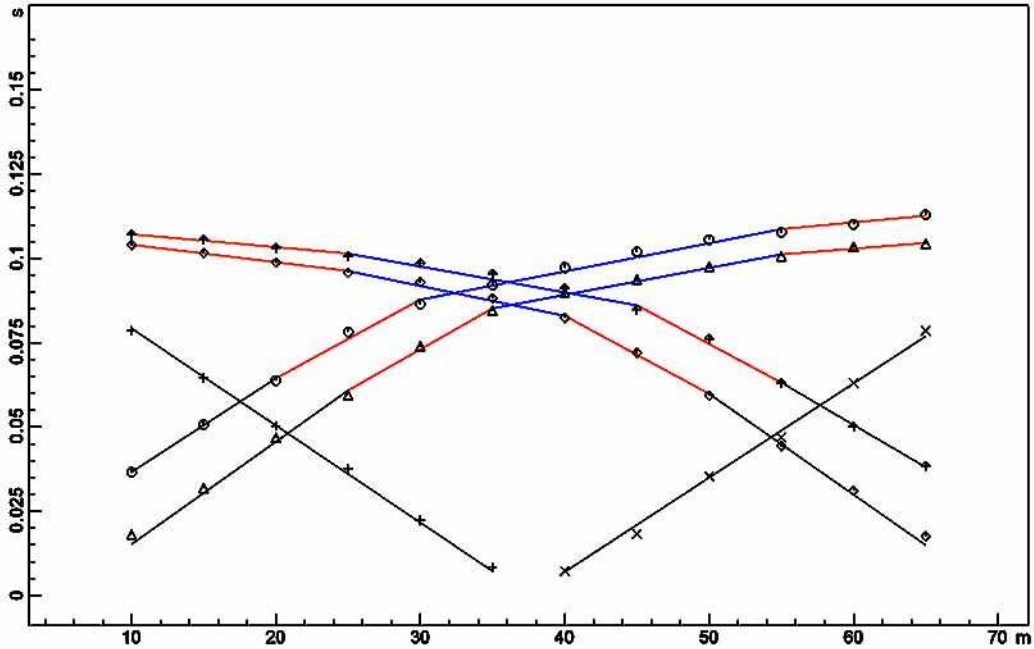
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]	Dist. Rifr. 3 [m]
1	4.3	12.4	23.4
2	4.1	12.3	23.6
3	4.4	12.1	23.6
4	4.2	12.0	24.1
5	4.3	12.3	23.2
6	4.2	12.9	21.5
7	4.1	13.0	21.2
8	4.0	12.8	21.6
9	4.0	12.1	23.0
10	4.3	11.9	22.8
11	4.1	11.9	22.9
12	4.0	11.8	23.0

## VELOCITA' DEGLI STRATI

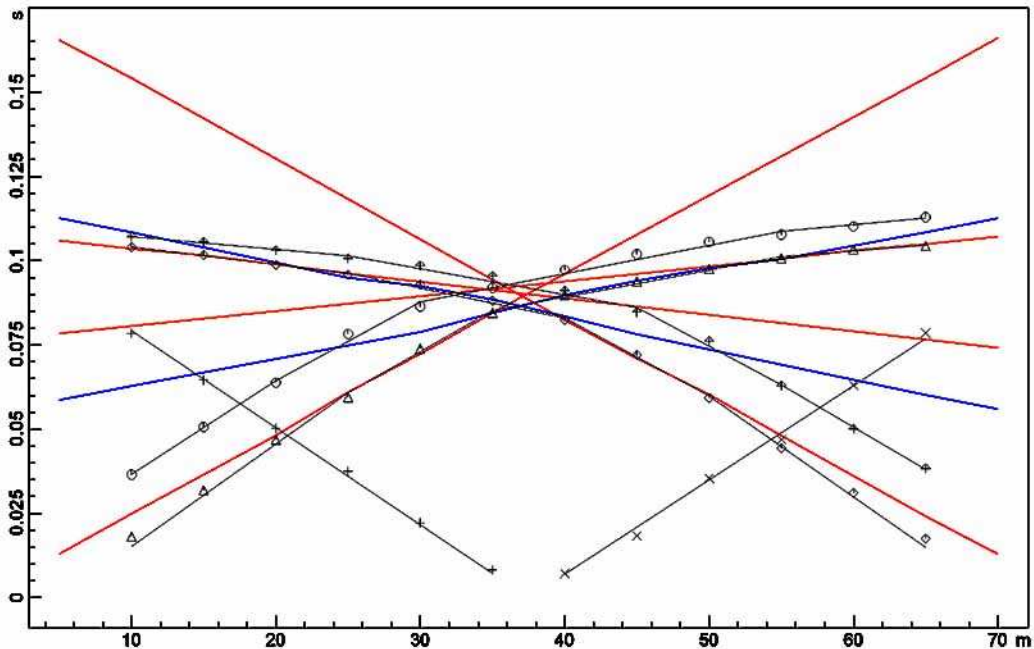
N. Strato	Velocità [m/s]
1	352.9
2	422.0
3	1132.7
4	2133.6

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

DROMOCRONE ORIGINALI



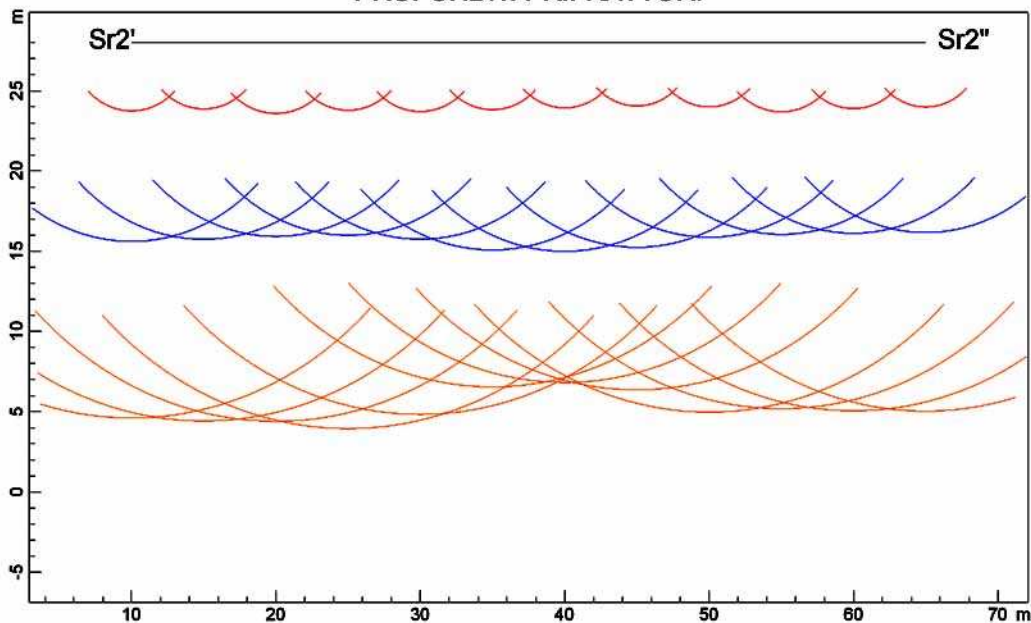
DROMOCRONE TRASLATE



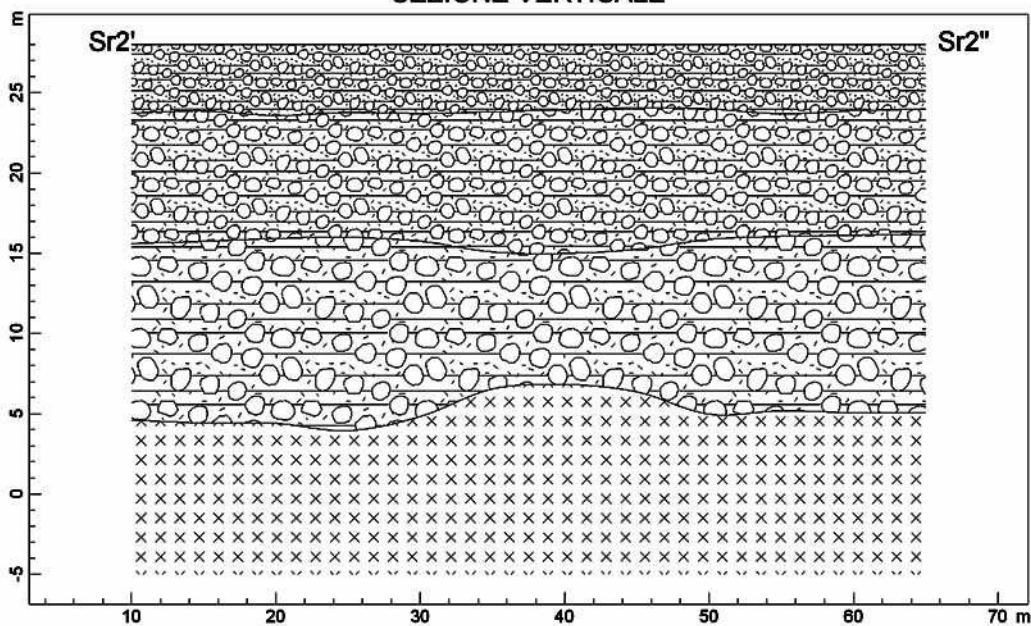
www.geoendsoft.com

**COMUNE DI GASPERINA (CZ)**  
**Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE**  
**Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO**

**PROFONDITA' RIFRATTORI**



**SEZIONE VERTICALE**



352.9 m/s   
 422.0 m/s   
 1132.7 m/s   
 2133.6 m/s

www.geoandsoft.com

## STIMA PARAMETRI ELASTO-DINAMICI

ModEIDinSpRiEI v. 2.0 2009 -- Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

PARAMETRI NOTI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
SPESSORE STRATI	$H$ (m)	4,00	8,00	10,00	8,00	0,00
MODULO DI POISSON	$P$	0,42	0,42	0,41	0,38	0,00
VELOCITA' ONDE LONGITUDINALI	$Vp$ (m/sec)	352,90	422,50	1.132,70	2.133,60	0,00
PESO UNITA' DI VOLUME	$\gamma$ (Kg/mc)	1.750,00	1.800,00	1.850,00	2.000,00	0,00
PARAMETRI CALCOLATI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
POROSITA' - Rzehevschy e Novic (1971)	$n$ (%)	47,45	46,80	40,16	30,81	0,00
RAPPORTO SPESSORE VELOCITA'	$H/Vs$	0,03	0,05	0,02	0,01	0,00
VELOCITA' ONDE TRASVERSALI	$Vs$ (m/sec)	131,06	156,91	442,39	938,66	0,00
MODULO DI YOUNG DINAMICO (deformazione a taglio)	$Ed$ (MPa)	85,37	125,87	1.021,04	4.863,56	0,00
MODULO DI YOUNG STATICO (deformazione a taglio) - Rzehevschy e Novic (1971)	$E$ (MPa)	28,46	41,96	340,35	1.621,19	0,00
MODULO DI BULK (rigidità volumetrica)	$K$ (MPa)	177,86	262,22	1.890,81	6.754,95	0,00
MODULO DI RIGIDEZZA AL TAGLIO	$G_0$ (MPa)	30,06	44,32	362,07	1.762,16	0,00
FREQUENZA DI RISONANZA DELLO STRATO	$Vs/4H$ (Hz)	8,19	4,90	11,06	29,33	0,00
IMPEDENZA SISMICA	$\gamma * Vs$	229,36	282,44	818,43	1.877,32	0,00
Vs30 e CATEGORIA STRATIGRAFICA DI SUOLO						D.M.
14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"						
SOMMATORIA (H)	30,00	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).				
SOMMATORIA (H/Vs)	0,11					
<b>Vs30</b>	<b>266,36</b>					
<b>CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE</b>	<b>CLASSE E</b>					
Conversioni: 1 MPa = 1000 kPa = 10,197 Kg/cmq = 101,97 t/mq = 0,1 KN/cmq = 1000 KN/mq						

### Stesa sismica Sr 3

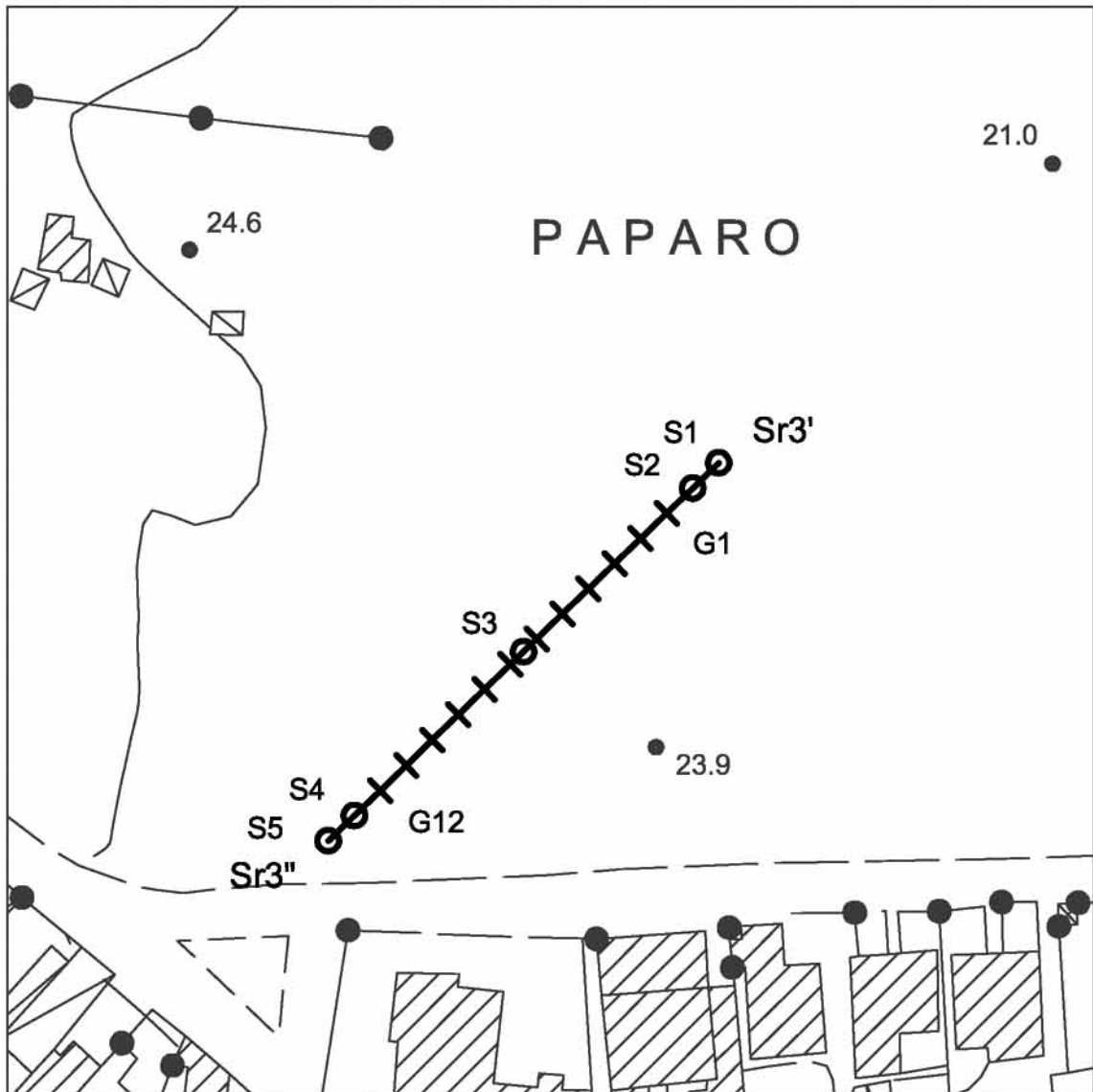
L'indagine sismica è stata eseguita in località Paparo. Nel profilo sismico sono stati riconosciuti quattro orizzonti significativi con differenti caratteristiche elasto-dinamiche. In particolare è stato individuato:

5. un orizzonte superficiale di spessore variabile da 3,0-4,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 378,7$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche basse, correlabile con uno strato superficiale allentato limo-sabbioso-conglomeratico da sciolto a scarsamente addensato.
6. un secondo orizzonte di spessore variabile da 8,0-9,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 529,5$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche basse, correlabile con uno strato limo-sabbioso-conglomeratico scarsamente addensato.
7. un secondo orizzonte di spessore variabile da 4,0-6,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 1.307,9$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche medie, correlabile con uno strato limo-sabbioso-conglomeratico mediamente addensato.
8. un terzo orizzonte con spessore indefinito in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 1.956,1$  m/s., caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche elevate e correlabile con il substrato cristallino locale altamente fratturato a comportamento litoide.

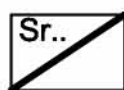
STIMA VALORE $V_{s30}$					
Spessore medio sismostrato $h$ (m)	Velocità onde di compressione $V_p$ (m/s)	Modulo di Poisson $\nu$	Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)	$V_{s30}$ (m/s)	Classe di amplificazione stratigrafica del terreno (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)
4,0	378,7	0,42	140,65	<b>304,75</b>	<b>Classe E</b> Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
9,0	529,5	0,42	196,65		
5,0	1.307,9	0,41	510,82		
12,0	1.956,1	0,39	830,66		
Amplificazione stratigrafica per il sito <b>Ss</b> (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)			SLO	1,600	
			SLD	1,600	
			SLV	1,451	
			SLC	1,257	



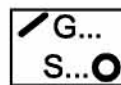
**Ubicazione Indagine Sismica a Rifrazione  
Comune di Gasperina  
Piano Strutturale Comunale  
scala 1:1.000**



**LEGENDA**



**Sr..** Stendimento sismico a rifrazione



**G...** geofoni;  
**S...** punti di energizzazione.

# ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE SR3

## COMUNE DI GASPERINA (CZ)

Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE

Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

### POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	24.00	GasperinaPSC_Sr3Shot1.dta
5.00	24.00	GasperinaPSC_Sr3Shot2.dta
375.00	24.00	GasperinaPSC_Sr3Shot3.dta
70.00	24.00	GasperinaPSC_Sr3Shot4.dta
75.00	24.00	GasperinaPSC_Sr3Shot5.dta

### POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 5 [ms]	FBP da 37.5 [ms]	FBP da 70 [ms]	FBP da 75 [ms]
1	10.00	24.00	30.14	18.57	49.99	84.23	87.75
2	15.00	24.00	42.90	30.63	45.89	82.28	84.76
3	20.00	24.00	52.92	40.71	39.67	79.94	83.33
4	25.00	24.00	63.67	52.17	30.92	76.45	81.25
5	30.00	24.00	68.21	64.02	19.36	73.99	77.61
6	35.00	24.00	72.51	67.58	10.44	69.43	74.75
7	40.00	24.00	75.00	71.93	10.23	66.49	71.63
8	45.00	24.00	77.50	74.89	20.08	62.39	68.38
9	50.00	24.00	81.38	78.05	29.67	51.47	62.92
10	55.00	24.00	83.19	81.02	41.57	40.98	54.60
11	60.00	24.00	84.69	82.80	50.01	31.33	43.42
12	65.00	24.00	86.60	85.36	55.25	17.80	33.54

### DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

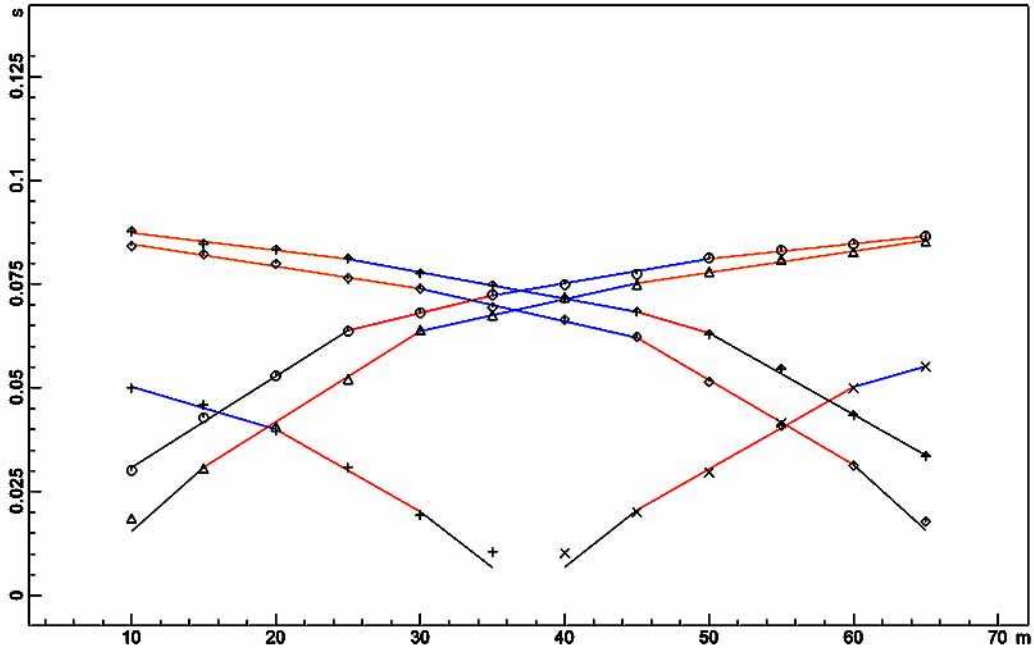
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]	Dist. Rifr. 3 [m]
1	3.0	11.8	18.4
2	3.4	11.5	18.2
3	4.6	10.9	17.9
4	4.4	10.2	19.6
5	2.7	11.1	20.6
6	2.4	11.4	20.2
7	2.8	10.9	21.2
8	3.0	10.9	20.8
9	3.8	10.6	19.6
10	3.9	10.5	19.5
11	3.5	11.0	18.8
12	3.6	10.8	19.1

### VELOCITA' DEGLI STRATI

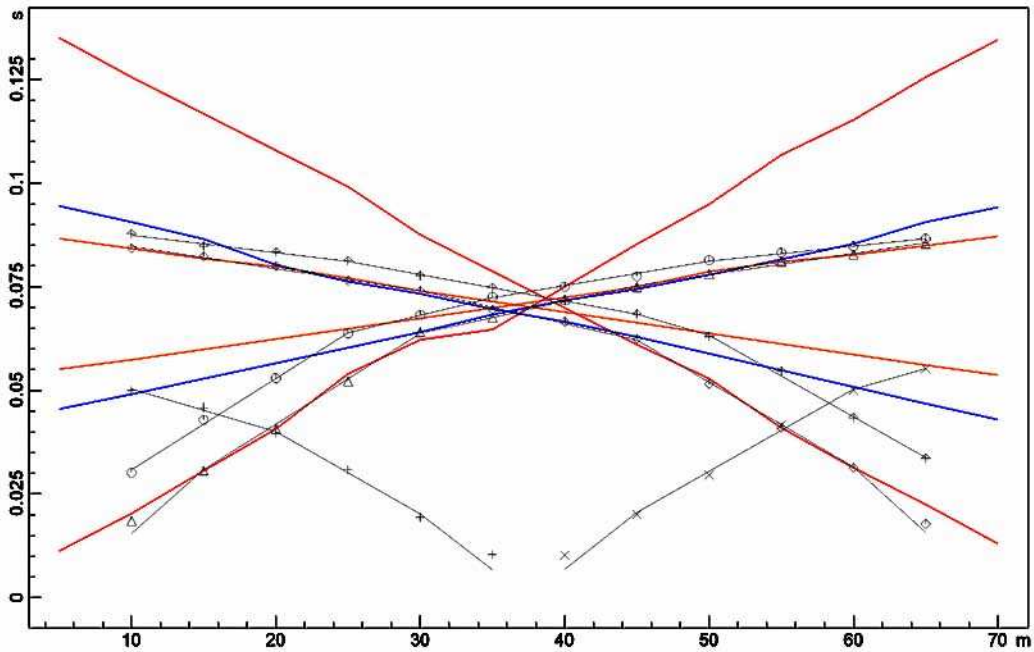
N. Strato	Velocità [m/s]
1	378.7
2	529.5
3	1307.9
4	1956.1

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

DROMOCRONE ORIGINALI



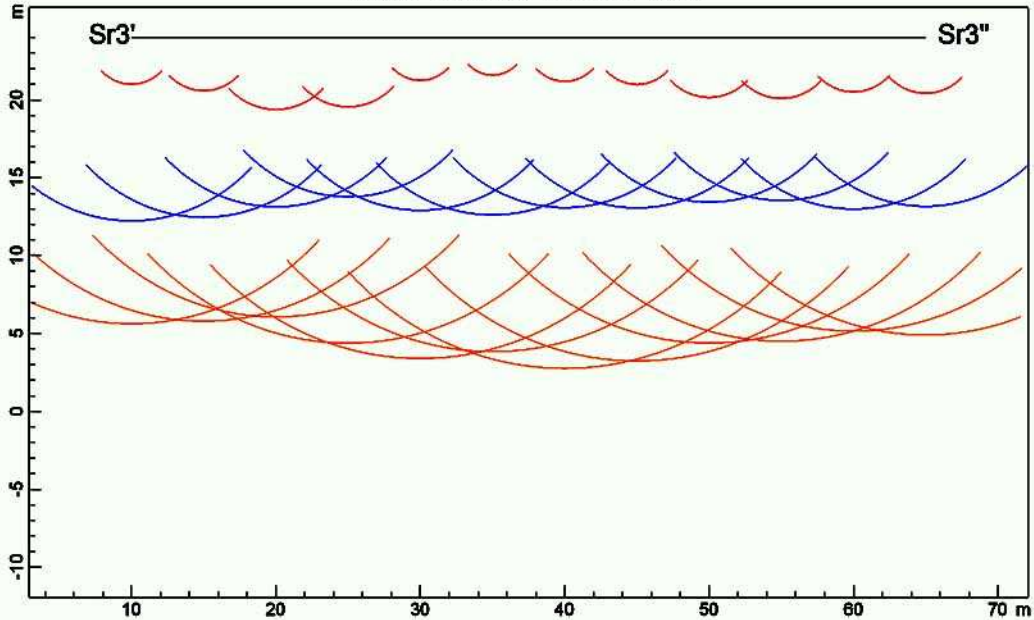
DROMOCRONE TRASLATE



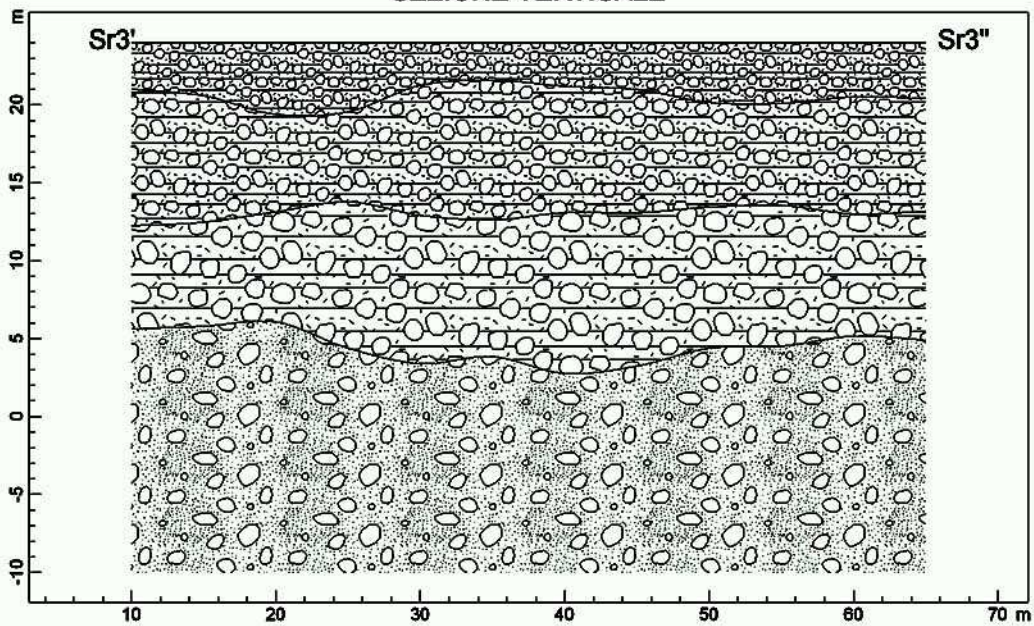
www.geosoft.com





**COMUNE DI GASPERINA (CZ)**  
**Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE**  
**Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO**

**PROFONDITA' RIFRATTORI**



**SEZIONE VERTICALE**



 378.7 m/s  
  529.5 m/s  
  1307.9 m/s  
  1956.1 m/s

www.geosoft.com

## STIMA PARAMETRI ELASTO-DINAMICI

ModEIDinSpRiEI v. 2.0 2009 -- Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

PARAMETRI NOTI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
SPESSORE STRATI	$H$ (m)	4,00	9,00	5,00	12,00	0,00
MODULO DI POISSON	$P$	0,42	0,42	0,41	0,39	0,00
VELOCITA' ONDE LONGITUDINALI	$Vp$ (m/sec)	378,70	529,50	1.307,90	1.956,10	0,00
PESO UNITA' DI VOLUME	$\gamma$ (Kg/mc)	1.750,00	1.800,00	1.850,00	2.000,00	0,00
PARAMETRI CALCOLATI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
POROSITA' - Rzehevschy e Novic (1971)	$n$ (%)	47,21	45,80	38,52	32,47	0,00
RAPPORTO SPESSORE VELOCITA'	$H/Vs$	0,03	0,05	0,01	0,01	0,00
VELOCITA' ONDE TRASVERSALI	$Vs$ (m/sec)	140,65	196,65	510,82	830,66	0,00
MODULO DI YOUNG DINAMICO (deformazione a taglio)	$Ed$ (MPa)	98,31	197,69	1.361,32	3.836,36	0,00
MODULO DI YOUNG STATICO (deformazione a taglio) - Rzehevschy e Novic (1971)	$E$ (MPa)	32,77	65,90	453,77	1.278,79	0,00
MODULO DI BULK (rigidità volumetrica)	$K$ (MPa)	204,82	411,85	2.520,96	5.812,67	0,00
MODULO DI RIGIDEZZA AL TAGLIO	$G_0$ (MPa)	34,62	69,61	482,74	1.379,99	0,00
FREQUENZA DI RISONANZA DELLO STRATO	$Vs/4H$ (Hz)	8,79	5,46	25,54	17,31	0,00
IMPEDENZA SISMICA	$\gamma * Vs$	246,13	353,97	945,02	1.661,32	0,00
Vs30 e CATEGORIA STRATIGRAFICA DI SUOLO						D.M.
14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"						
SOMMATORIA (H)	30,00	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).				
SOMMATORIA (H/Vs)	0,10					
<b>Vs30</b>	<b>304,75</b>					
<b>CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE</b>	<b>CLASSE E</b>					
Conversioni: 1 MPa = 1000 kPa = 10,197 Kg/cmq = 101,97 t/mq = 0,1 KN/cmq = 1000 KN/mq						

#### Stesa sismica Sr 4

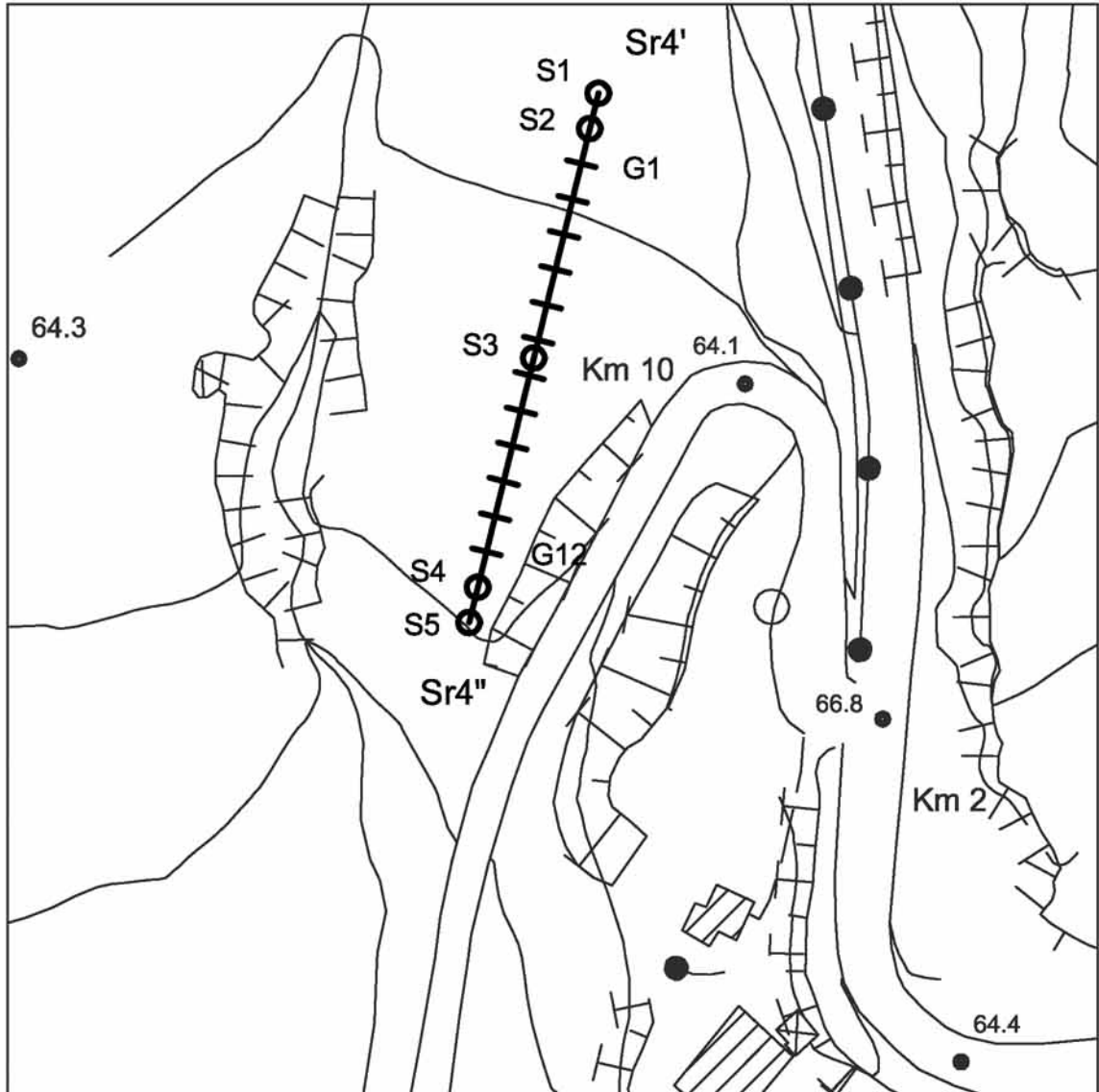
L'indagine sismica è stata eseguita lungo la strada provinciale 116 tra C.da Zillari e località Pilinga. Nel profilo sismico sono stati riconosciuti tre orizzonti significativi con differenti caratteristiche elasto-dinamiche. In particolare è stato individuato:

1. un orizzonte superficiale di spessore variabile da 3,0-5,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 537,7$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche basse, correlabile con uno strato superficiale limo-argilloso scarsamente consistente.
2. un secondo orizzonte di spessore variabile da 5,0-9,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 1.576,7$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche medie, correlabile con uno strato limo-argilloso mediamente consistente.
3. un terzo orizzonte con spessore indefinito in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 2.436,5$  m/s., caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche elevate e correlabile con il substrato locale calcareo-marnoso altamente consistente.

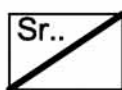
STIMA VALORE $V_{s30}$					
Spessore medio sismico strato $h$ (m)	Velocità onde di compressione $V_p$ (m/s)	Modulo di Poisson $\nu$	Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)	$V_{s30}$ (m/s)	Classe di amplificazione stratigrafica del terreno (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)
4,0	537,7	0,45	162,12	<b>506,47</b>	<b>Classe E</b> Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
7,0	1.576,7	0,44	516,10		
19,0	2.436,5	0,42	904,89		
Amplificazione stratigrafica per il sito <b>Ss</b> (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)			SLO	1,600	
			SLD	1,600	
			SLV	1,451	
			SLC	1,257	



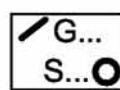
**Ubicazione Indagine Sismica a Rifrazione**  
**Comune di Gasperina**  
**Piano Strutturale Comunale**  
 scala 1:1.000



**LEGENDA**



**Sr..** Stendimento sismico a rifrazione



**G...** geofoni;  
**S...** punti di energizzazione.

# ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE SR4

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

## POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	60.00	GasperinaPSC_Sr4Shot1.dta
5.00	60.00	GasperinaPSC_Sr4Shot2.dta
375.00	62.00	GasperinaPSC_Sr4Shot3.dta
70.00	644.00	GasperinaPSC_Sr4Shot4.dta
75.00	65.00	GasperinaPSC_Sr4Shot5.dta

## POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 5 [ms]	FBP da 37.5 [ms]	FBP da 70 [ms]	FBP da 75 [ms]
1	10.00	60.30	26.13	16.38	32.89	44.81	49.11
2	15.00	60.60	30.42	22.49	31.46	43.28	46.66
3	20.00	60.90	33.41	26.13	29.16	40.95	44.46
4	25.00	61.20	35.88	28.60	25.78	39.00	41.99
5	30.00	61.50	37.70	31.20	19.64	36.92	38.87
6	35.00	61.80	39.91	33.54	13.26	33.93	36.53
7	40.00	62.10	41.73	36.01	15.04	29.77	32.89
8	45.00	62.40	43.94	38.48	18.72	25.09	29.51
9	50.00	62.70	45.76	40.69	22.41	20.80	26.39
10	55.00	63.00	47.27	42.97	24.56	17.55	23.66
11	60.00	63.40	49.11	44.20	27.56	14.17	20.54
12	65.00	63.90	50.03	45.73	28.99	7.93	14.17

## DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

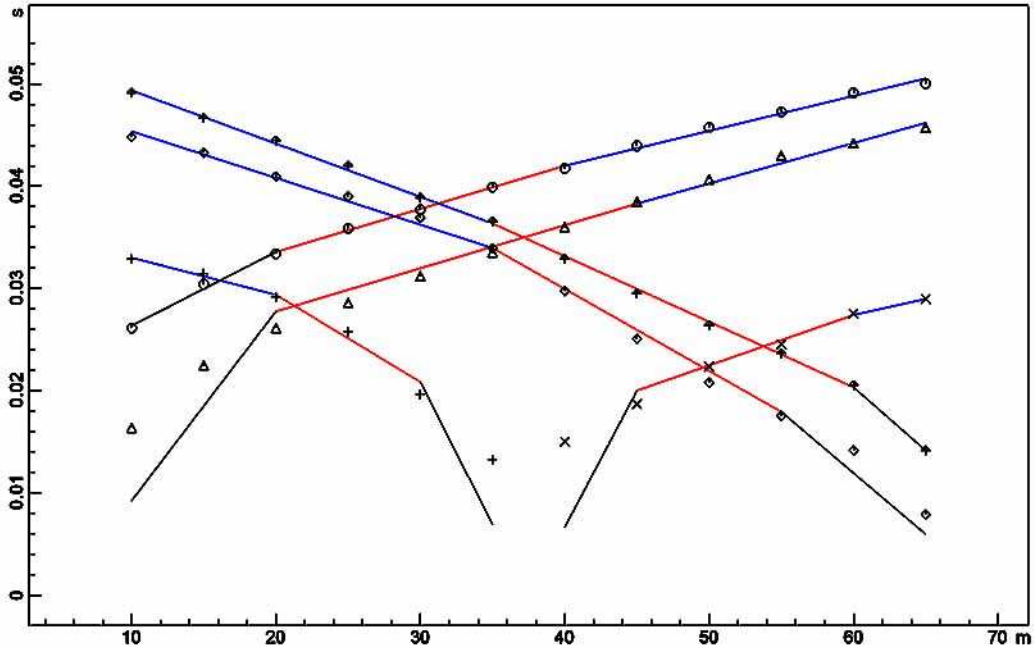
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	5.0	13.0
2	5.3	11.7
3	5.5	10.3
4	5.2	10.9
5	3.9	13.4
6	3.8	13.3
7	3.2	14.1
8	2.8	14.1
9	2.8	13.2
10	2.5	12.8
11	2.8	11.7
12	3.3	10.7

## VELOCITA' DEGLI STRATI

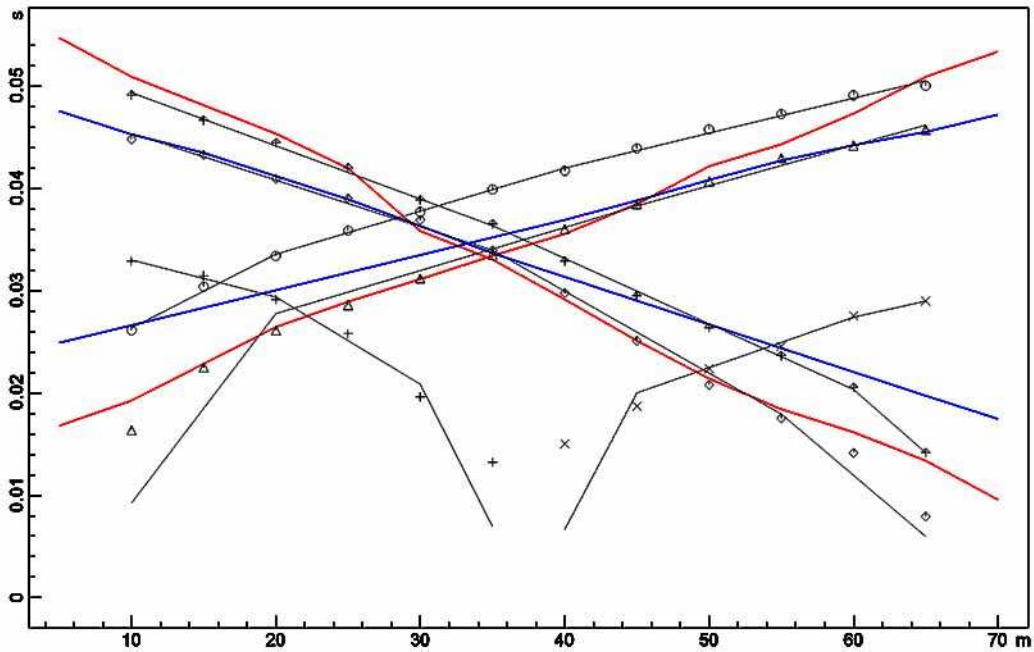
N. Strato	Velocità [m/s]
1	573.7
2	1576.7
3	2436.5

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

DROMOCRONE ORIGINALI

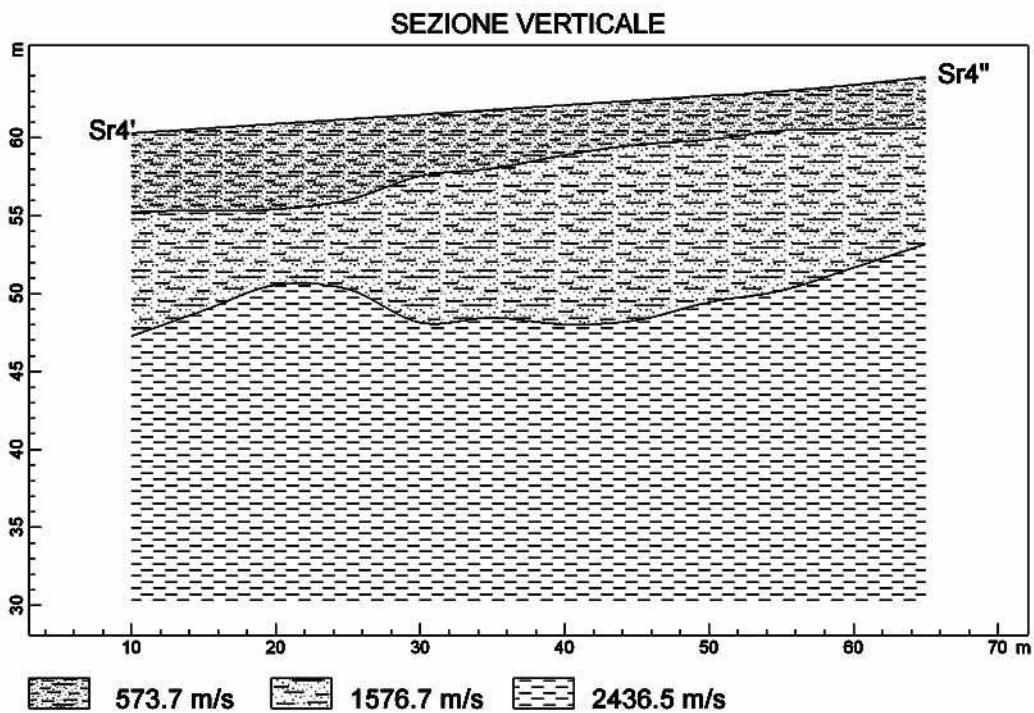
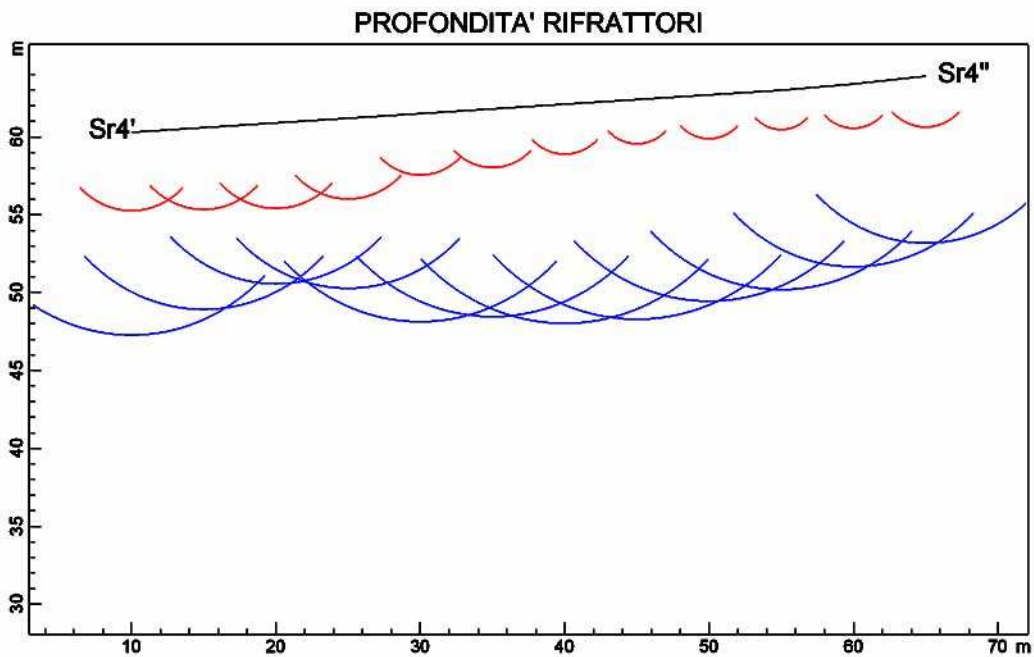


DROMOCRONE TRASLATE



www.geoendsoft.com

**COMUNE DI GASPERINA (CZ)**  
**Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE**  
**Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO**



www.geoendsoft.com

## STIMA PARAMETRI ELASTO-DINAMICI

ModEIDinSpRiEI v. 2.0 2009 -- Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

PARAMETRI NOTI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
SPESSORE STRATI	$H$ (m)	4,00	7,00	19,00	0,00	0,00
MODULO DI POISSON	$P$	0,45	0,44	0,42	0,00	0,00
VELOCITA' ONDE LONGITUDINALI	$Vp$ (m/sec)	537,70	1.576,70	2.436,50	0,00	0,00
PESO UNITA' DI VOLUME	$\gamma$ (Kg/mc)	1.800,00	1.850,00	1.950,00	0,00	0,00
PARAMETRI CALCOLATI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
POROSITA' - Rzehevschy e Novic (1971)	$n$ (%)	45,72	36,01	27,98	0,00	0,00
RAPPORTO SPESSORE VELOCITA'	$H/Vs$	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00
VELOCITA' ONDE TRASVERSALI	$Vs$ (m/sec)	162,12	516,10	904,89	0,00	0,00
MODULO DI YOUNG DINAMICO (deformazione a taglio)	$Ed$ (MPa)	137,20	1.419,14	4.534,69	0,00	0,00
MODULO DI YOUNG STATICO (deformazione a taglio) - Rzehevschy e Novic (1971)	$E$ (MPa)	45,73	473,05	1.511,56	0,00	0,00
MODULO DI BULK (rigidità volumetrica)	$K$ (MPa)	457,34	3.942,06	9.447,27	0,00	0,00
MODULO DI RIGIDEZZA AL TAGLIO	$G_0$ (MPa)	47,31	492,76	1.596,72	0,00	0,00
FREQUENZA DI RISONANZA DELLO STRATO	$Vs/4H$ (Hz)	10,13	18,43	11,91	0,00	0,00
IMPEDENZA SISMICA	$\gamma * Vs$	291,82	954,78	1.764,54	0,00	0,00
Vs30 e CATEGORIA STRATIGRAFICA DI SUOLO						D.M.
14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"						
SOMMATORIA (H)	30,00	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).				
SOMMATORIA (H/Vs)	0,06					
Vs30	<b>506,47</b>					
CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE	<b>CLASSE E</b>					
Conversioni: 1 MPa = 1000 kPa = 10,197 Kg/cmq = 101,97 t/mq = 0,1 KN/cmq = 1000 KN/mq						

### Stesa sismica Sr 5

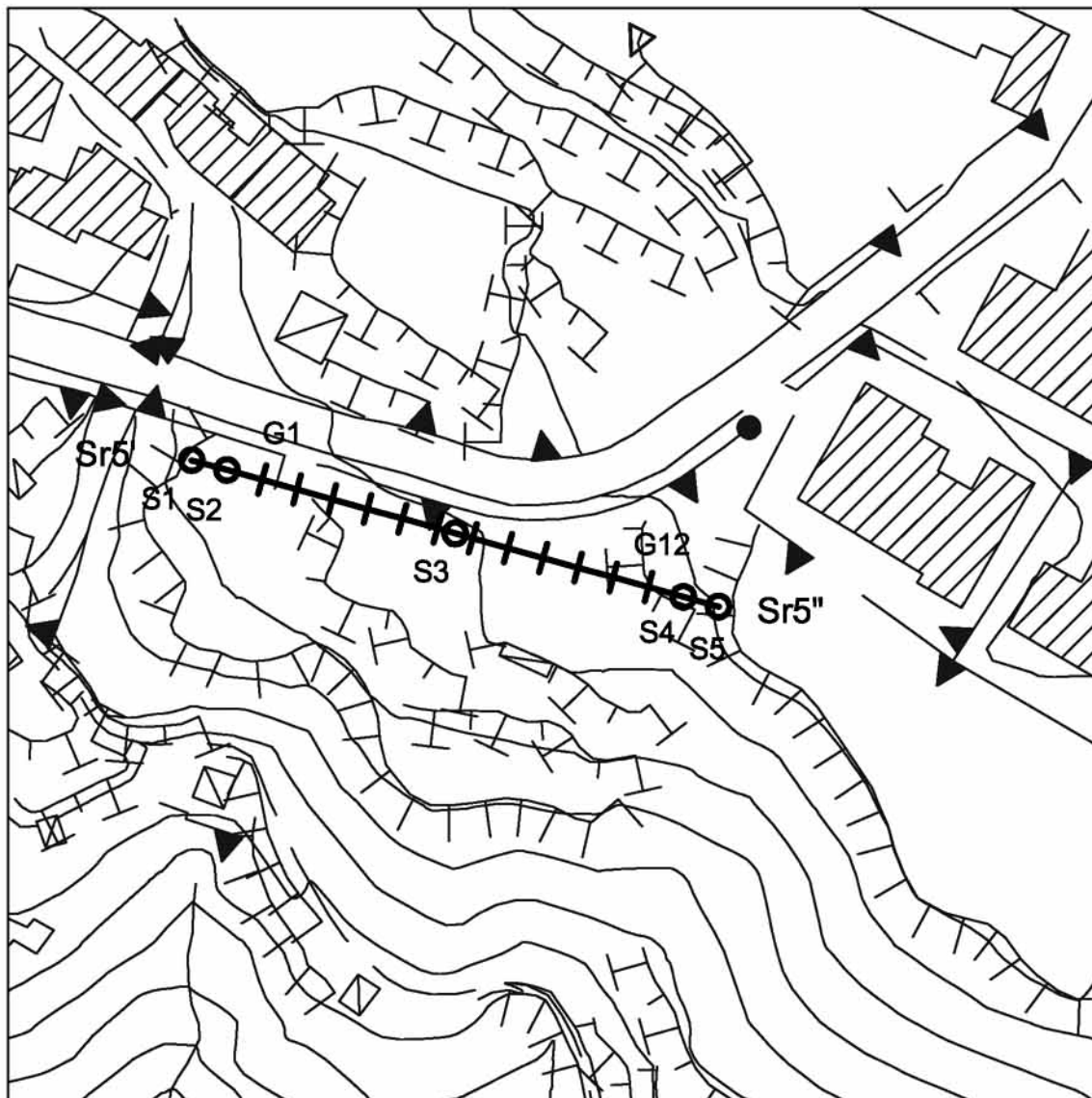
L'indagine sismica è stata eseguita nella periferia SW del centro abitato di Gasperina. Nel profilo sismico sono stati riconosciuti tre orizzonti significativi con differenti caratteristiche elasto-dinamiche. In particolare è stato individuato:

1. un orizzonte superficiale di spessore variabile da 2,0-4,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 536,3$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche basse, correlabile con uno strato superficiale limo-sabbioso-conglomeratico scarsamente addensato.
2. un secondo orizzonte di spessore variabile da 11,0-158,0 metri, in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 846,8$  m/s, caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche medie, correlabile con uno strato sabbioso-conglomeratico mediamente da debolmente a mediamente addensato.
3. un terzo orizzonte con spessore indefinito in cui le velocità delle onde sismiche di compressione sono  $V_{pm} = 2.167,4$  m/s., caratterizzato da proprietà elasto-dinamiche elevate e correlabile con il substrato cristallini locale altamente fratturato a comportamento litoide.

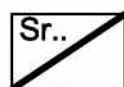
STIMA VALORE $V_{s30}$					
Spessore medio sismostrato $h$ (m)	Velocità onde di compressione $V_p$ (m/s)	Modulo di Poisson $\nu$	Velocità onde di taglio $V_s$ (m/s)	$V_{s30}$ (m/s)	Classe di amplificazione stratigrafica del terreno (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)
3,0	536,3	0,42	199,18	<b>434,46</b>	<b>Classe E</b> Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
13,0	846,8	0,41	330,73		
14,0	2.167,4	0,38	953,53		
Amplificazione stratigrafica per il sito <b>Ss</b> (D.M. del 14/01/2008 – N.T.C.)			SLO	1,600	
			SLD	1,600	
			SLV	1,451	
			SLC	1,257	



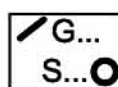
**Ubicazione Indagine Sismica a Rifrazione  
Comune di Gasperina  
Piano Strutturale Comunale  
scala 1:1.000**



**LEGENDA**



**Sr..** Stendimento sismico a rifrazione



**G...** geofoni;  
**S...** punti di energizzazione.

# ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE SR5

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPPIO

## POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	472.00	GasperinaPSC_Sr5Shot1.dta
5.00	472.00	GasperinaPSC_Sr5Shot2.dta
37.50	472.90	GasperinaPSC_Sr5Shot3.dta
70.00	474.50	GasperinaPSC_Sr5Shot4.dta
75.00	475.00	GasperinaPSC_Sr5Shot5.dta

## POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 5 [ms]	FBP da 37.5 [ms]	FBP da 70 [ms]	FBP da 75 [ms]
1	10.00	472.00	19.37	8.32	26.70	66.30	84.10
2	15.00	472.00	28.21	17.55	23.94	64.77	82.26
3	20.00	472.20	34.32	23.01	19.34	62.66	79.50
4	25.00	472.40	41.73	28.86	15.35	58.37	74.62
5	30.00	472.60	48.23	34.06	12.28	54.08	69.68
6	35.00	472.80	56.42	39.26	5.22	47.84	63.57
7	40.00	473.00	65.39	47.84	9.52	41.99	59.28
8	45.00	473.20	74.62	53.43	19.95	38.35	52.13
9	50.00	473.40	81.64	60.19	23.33	33.15	47.58
10	55.00	473.60	85.02	64.77	27.01	25.22	37.70
11	60.00	473.80	86.87	67.83	32.54	20.93	29.51
12	65.00	474.00	88.71	69.06	35.61	15.60	16.90

## DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

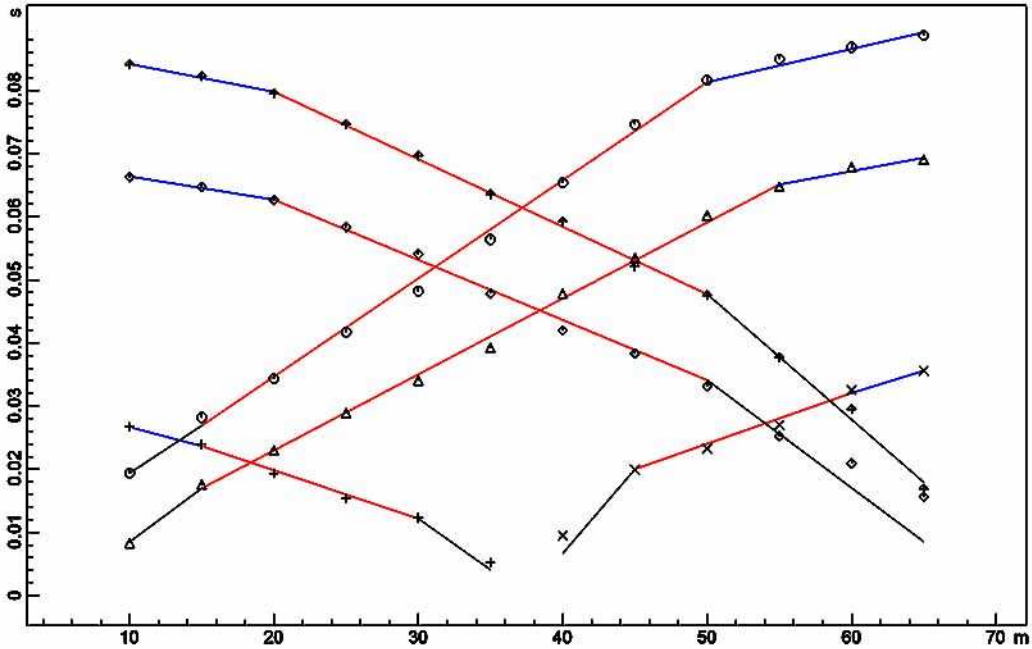
N. Geof.	Dist. Refr. 1 [m]	Dist. Refr. 2 [m]
1	2.0	16.8
2	0.6	17.5
3	1.3	17.3
4	2.0	16.9
5	2.7	16.6
6	2.7	16.7
7	4.0	16.0
8	4.9	15.6
9	5.2	15.8
10	3.5	17.0
11	2.9	17.3
12	1.7	18.3

## VELOCITA' DEGLI STRATI

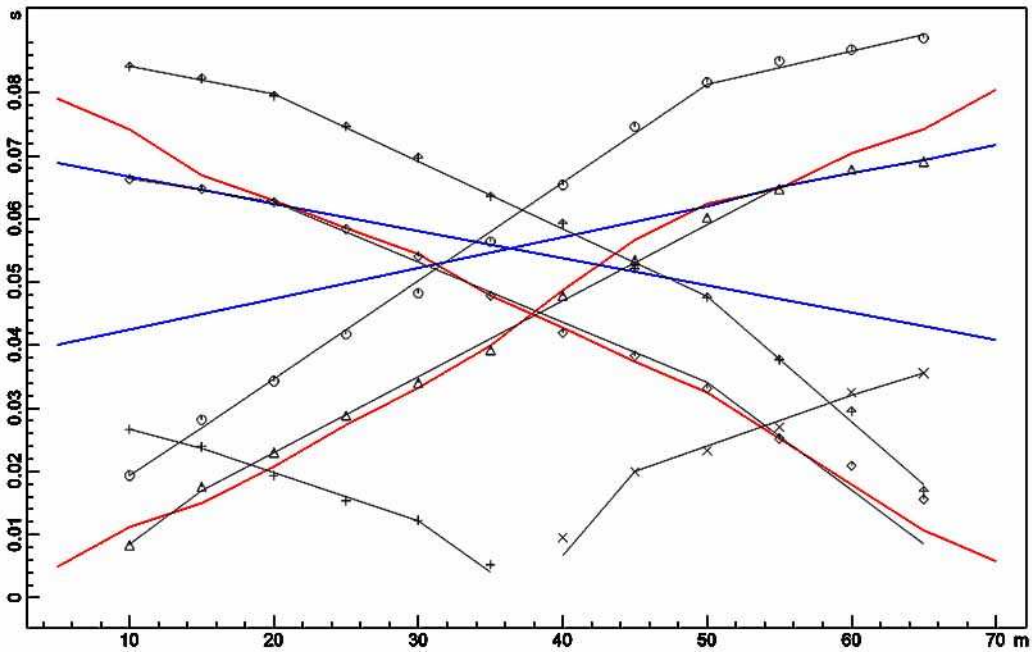
N. Strato	Velocità [m/s]
1	536.3
2	846.8
3	2167.4

COMUNE DI GASPERINA (CZ)  
Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO

DROMOCRONE ORIGINALI



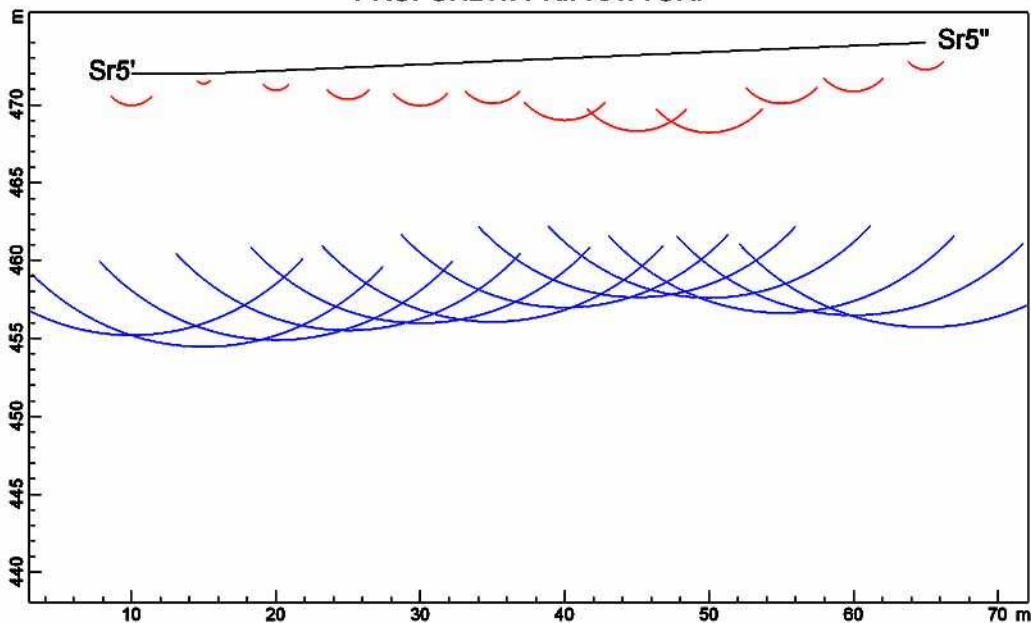
DROMOCRONE TRASLATE



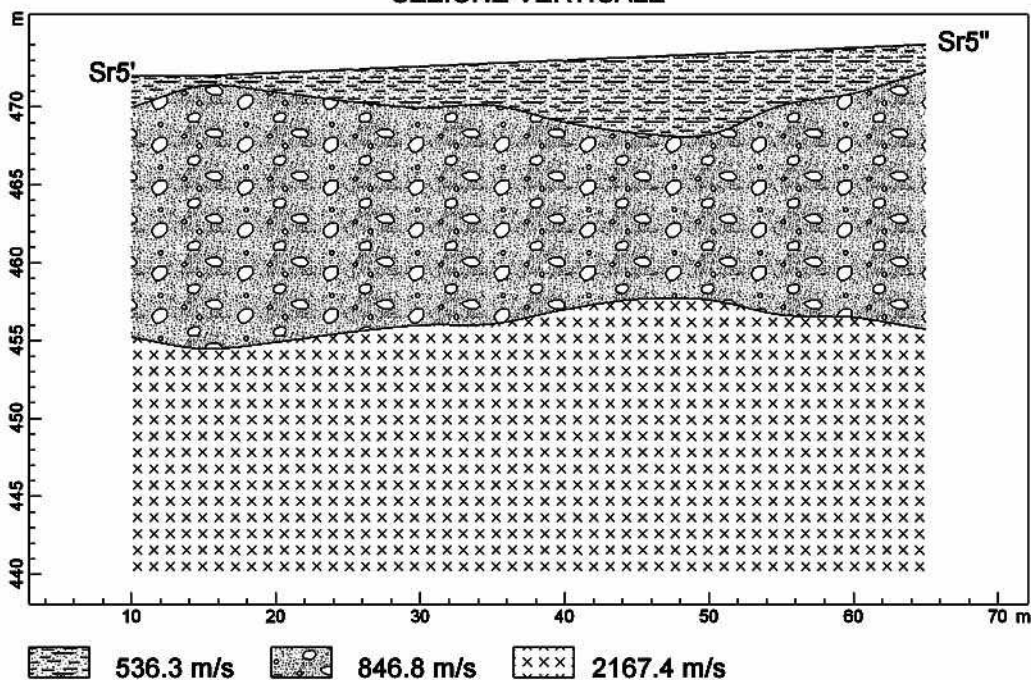
www.geoendsoft.com

**COMUNE DI GASPERINA (CZ)**  
**Progetto: PIANO STRUTTURALE COMUNALE**  
**Committente: Dott. Geol. Fabio PROCOPIO**

**PROFONDITA' RIFRATTORI**



**SEZIONE VERTICALE**



www.geoendsoft.com

## STIMA PARAMETRI ELASTO-DINAMICI

ModEIDinSpRiEI v. 2.0 2009 -- Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

PARAMETRI NOTI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
SPESSORE STRATI	$H$ (m)	3,00	13,00	14,00	0,00	0,00
MODULO DI POISSON	$P$	0,42	0,41	0,38	0,00	0,00
VELOCITA' ONDE LONGITUDINALI	$Vp$ (m/sec)	536,30	846,80	2.167,40	0,00	0,00
PESO UNITA' DI VOLUME	$\gamma$ (Kg/mc)	1.750,00	1.800,00	2.000,00	0,00	0,00
PARAMETRI CALCOLATI		STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3	STRATO 4	STRATO 5
POROSITA' - Rzehevschy e Novic (1971)	$n$ (%)	45,74	42,83	30,49	0,00	0,00
RAPPORTO SPESSORE VELOCITA'	$H/Vs$	0,02	0,04	0,01	0,00	0,00
VELOCITA' ONDE TRASVERSALI	$Vs$ (m/sec)	199,18	330,73	953,53	0,00	0,00
MODULO DI YOUNG DINAMICO (deformazione a taglio)	$Ed$ (MPa)	197,17	555,23	5.018,88	0,00	0,00
MODULO DI YOUNG STATICO (deformazione a taglio) - Rzehevschy e Novic (1971)	$E$ (MPa)	65,72	185,08	1.672,96	0,00	0,00
MODULO DI BULK (rigidità volumetrica)	$K$ (MPa)	410,76	1.028,21	6.970,67	0,00	0,00
MODULO DI RIGIDEZZA AL TAGLIO	$G_0$ (MPa)	69,42	196,89	1.818,43	0,00	0,00
FREQUENZA DI RISONANZA DELLO STRATO	$Vs/4H$ (Hz)	16,60	6,36	17,03	0,00	0,00
IMPEDENZA SISMICA	$\gamma * Vs$	348,56	595,32	1.907,06	0,00	0,00
<b>Vs30 e CATEGORIA STRATIGRAFICA DI SUOLO</b> D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"						
SOMMATORIA (H)	30,00	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).				
SOMMATORIA (H/Vs)	0,07					
<b>Vs30</b>	<b>434,46</b>					
<b>CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE</b>	<b>CLASSE E</b>					
Conversioni: 1 MPa = 1000 kPa = 10,197 Kg/cmq = 101,97 t/mq = 0,1 KN/cmq = 1000 KN/mq						