

# **G E O E C O S**

## **Dott.Geol. G. MENZIO**

Programmazione Territoriale - Geotecnica - Idrogeologia

**Sede : Loc. Campoforano 17-12020 FRASSINO/Via Cavour 34- 12020 SAMPEYRE (CN)**

Tel/ Fax: **0175977186**-0116967259 Cell. **3402572786** - E-mail: [geoecos@libero.it](mailto:geoecos@libero.it)

Indirizzo di posta elettronica certificata: [geoecos@epap.sicurezzapostale.it](mailto:geoecos@epap.sicurezzapostale.it)

Recapito: Land Studio-Via Beggiani 4 – 12038 Savigliano (CN)-Tel./fax 0172726344

**Comune di BROSSASCO • Provincia di CUNEO**

**Tavola n.10**

**Progetto: IIIa Variante Strutturale al PRGC (Var 11 in Ord.Generale)**

**Committente: Amministrazione Comunale**

**Ottobre 2013**

**Relazione Geologica Illustrativa**

**( Microzonazione Sismica e risultati MASW)**

## **INDICE**

1 – PREMESSA . . . . .	3
2. Inquadramento rispetto alla pericolosità sismica. . . . .	4
3. Dati storici . . . . .	5
4. . . . .	
Descrizione delle cartografie e degli elaborati predisposti . . . . .	6
5. Indagini Geofisiche . . . . .	9
5.1 – METODO D'INDAGINE GEOFISICA . . . . .	11
– Generalità . . . . .	11
– Campo d'applicazione della prova . . . . .	12
– Modalità di esecuzione delle prove . . . . .	15
6 – RISULTATI DELLA PROVA MASW . . . . .	20

## **ALLEGATI**

- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA;
- SCHEMA DELLO STENDIMENTO;
- TAVOLA DI UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO (scala 1: 2.500);
- REPORT DI INDAGINE SISMICA.

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustra l'approccio metodologico utilizzato per la realizzazione della documentazione richiesta dalla normativa vigente per la redazione di **cartografia tecnica di base per il livello 1 della microzonazione sismica**. Il materiale di base è quello individuato dallo strumento urbanistico più recente, attraverso cui si sono individuati gli elementi morfologici e geologici principali, nonché da indagini dirette e indirette realizzate nell'area di approfondimento.

La scelta dell'area da esaminare è ricaduta all'interno del settore maggiormente edificato e delle previste aree di espansione; considerando che per ampi settori di territorio non si disponeva di indagini sufficienti a confutare le ipotesi cartografico-tecniche si è optato per una perimetrazione ridotta dell'area di indagine al fine di minimizzare le semplificazioni (ed errori) connesse alla redazione dello studio.

Il numero esiguo di informazioni di sottosuolo, ed in particolare di dati diretti relativi alla profondità del substrato, soprattutto in corrispondenza dei settori in cui prevalgono le coperture detritiche come in quello di approfondimento, si riflette sul livello di approssimazione che si evince dalle carte tecniche.

E' evidente che per poter fornire indicazioni più significative per la redazione degli elaborati per la microzonazione sismica del territorio, sarebbe necessario avere a disposizione molti più dati o comunque in futuro integrare le informazioni di sottosuolo per precisare maggiormente lo spessore delle diverse coperture detritiche in più punti dell'area di interesse.

## 2. Inquadramento del territorio rispetto alla pericolosità sismica

L'area in esame è rappresentata dal concentrico del Comune di Brossasco (media Valle Varaita) e dalle porzioni edificate prossime ad esso. Tale area è posta tra i comuni di Sampeyre a NW, Martiniana Po, Gambasca e Sanfront a Nord, Frassino e Melle a Ovest, Valmala a SW, Venasca ed Isasca ad Est.

L'area include parte del fondovalle, che ha uno sviluppo altimetrico compreso fra 570 e 620 m s.l.m., mentre i rilievi, esterni all'area di approfondimento, raggiungono quota 1.713 m s.l.m., del Bric La Costa.

Il settore esaminato ha andamento sub-pianeggiante e si estende, con andamento circa Est-Ovest, per una lunghezza di circa 2,5 km ed una larghezza media di 500 metri. Il territorio piemontese è circondato lungo i confini settentrionali, occidentali e meridionali dai rilievi montuosi del sistema alpino occidentale.

**Il contesto tettonico e i regimi geodinamici attivi portano la regione ad essere sede di attività sismica, generalmente modesta dal punto di vista energetico, ma notevole come frequenza.**

**La nuova normativa sismica colloca il territorio comunale in zona 3** (D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011).

Le problematiche connesse alla pericolosità sismica del territorio comunale sono soprattutto in relazione alla presenza di coperture detritiche di varia natura (alluvionali, eluvio-colluviali, corpi detritici prodotti di disaggregazione meccanica, depositi glaciali, ecc...) ed elementi morfologici relazionabili a condizioni di instabilità di versante (frane) e torrentizie (conoidi).

### 3. Dati storici

Le banche dati consultate riportano **oltre 70 eventi sismici** che hanno interessato il territorio di Brossasco in epoca recente (*periodo 2009-2013*), di varia intensità, con epicentro compreso entro i 30 km. e ulteriori 18 eventi occorsi in epoca storica, con analoga massima distanza dall'epicentro.

L'evento recente più significativo è quello del 3 ottobre 2012 che ha fatto registrare una Magnitudo 3,9.

#### **4. Descrizione delle cartografie e degli elaborati predisposti**

**( con specifica delle metodologie utilizzate, i risultati conseguiti, i limiti ed i margini d'incertezza evidenziati, nonché gli sviluppi d'indagine da pianificare)**

Per la realizzazione degli elaborati tecnici si è effettuata la raccolta di tutti i dati geologici, geomorfologici, geologico-tecnici, sondaggi, indagini geofisiche attendibili e disponibili;

Si ritiene necessaria l'intensificazione in futuro di rilevamenti geologici ed indagini di controllo sul terreno necessari alla ricostruzione dell'assetto geologico a scala locale, non solo al fine di approfondire il quadro geologico-tecnico ottenuto per l'area selezionata, ma per estendere la conoscenza alle restanti porzioni di territorio, soprattutto per quelle con possibili interferenze con le aree edificate, anche se esterne ad esse;

Al fine di evidenziare le caratteristiche di alcune zone suscettibili di amplificazioni locali, sarebbe auspicabile individuare gli spessori delle coperture e la profondità del substrato, ove obliterato e di difficile interpretazione, anche in proiezione di una attendibile ricostruzione del modello geologico e geotecnico del terreno. Al momento sono disponibili alcune indagini di sismica superficiale con metodologia MASW, quando non si disponeva di dati geofisici esistenti, espressi in termini di valori di Vs, che potrebbero confrontarsi con i dati integrativi.

La **Carta geologico-tecnica (scala 1:5000)**, è stata realizzata sulla base degli elementi geologi e geomorfologici, nonché degli elementi di instabilità già cartografati ed approfonditi negli elaborati allegati al PRGC, appositamente consultati.

La difficoltà maggiore è stata quella di utilizzare ed adattare legende specifiche, fornite su base nazionale, che spesso trascurano le peculiarità del contesto alpino e delle caratteristiche geo-litotecniche fornendo diciture di difficile adattamento a scala locale.

In particolare, poiché nell'areale esaminato non sono incluse porzioni di territorio con affioramento diretto di substrato, sono state distinte tre aree principali, contraddistinte da diverse tipologie di "terreni di copertura":

- alluvioni recenti;
- depositi eluvio-colluviali;
- settori di conoide.

**Non si sono riscontrate per l'area esaminata faglie attive e capaci**, mentre sono state riportate le principali forme connesse agli elementi morfologici (scarpate, conoidi).

Le altre difficoltà riscontrate nella redazione della carta sono connesse ad un'estrapolazione ad ampia scala di dati, relativi alla profondità substrato e allo spessore delle stesse coperture, disponibili in numero non sufficiente allo scopo.

Sulla base dei dati di sottosuolo, la Carta geologico-tecnica è stata inoltre corredata da sezioni geologiche, orientate in modo significativo rispetto ai principali elementi geologico-morfologici dell'areale esaminato.

**La Carta delle Indagini (scala 1:5000)** riassume i dati conoscitivi dell'areale selezionato; qui è stata omessa per la carenza di dati, che sono stati inseriti nella Carta

Geologico-Tecnica dove state indicate le prove pregresse; queste ultime sono state classificate in base al tipo ed alla profondità raggiunta. Dall'esame dei dati si evincono le evidenti limitazioni conoscitive del sottosuolo.

**La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) (scala 1:5000), per il livello di indagine 1, riassume le diverse aree suscettibili di amplificazione sismica, evidenziando i settori per i quali i dati a disposizione suggeriscono dove si ritiene necessario effettuare ulteriori indagini ed analisi.**

**Nell'ambito delle microzone non si sono cartografate “Zone stabili, senza effetti di modifica***zione del moto sismico* rispetto ad un terreno rigido ( $V_s \geq 800$  m/s) e pianeggiante (pendenza  $< 15^\circ$ ”).

Sono invece state rappresentate 4 distinte aree definite come “Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali in relazione a:

- amplificazioni litostratigrafiche per  $V_s < 800$  m/s e spessori  $> 5$  m
- amplificazioni topografiche.

Nell'areale selezionato **non sono incluse** "Zone suscettibili di instabilità (instabilità di versante, liquefazioni).

Il progetto cartografico realizzato in ArcMap 9.3 è stato associato ad apposite Banche dati contenenti i dati relativi alle carte prodotte, così come indicato dalle prescrizioni normative.

## 5-Indagini Geofisiche-

I capitoli successivi illustrano le risultanze delle indagini sismiche eseguite in comune di Brossasco in data 21/06/2012, in prossimità dell'area cimiteriale.

Le indagini geofisiche integrano le conoscenze sui depositi presenti e sono in particolare finalizzate all'acquisizione del parametro Vs30, che è rappresentativo della velocità di propagazione delle onde di taglio per i primi 30 m di profondità dal piano di campagna.

A tal proposito è stato realizzato uno stendimento geofonico con sviluppo complessivo di 46 m ed interdistanza geofonica 2 m, come si può osservare dall'allegata tavola di ubicazione indagine.

Nei capitoli seguenti si illustrano nel dettaglio:

- la metodologia di analisi dei segnali sismici, prodotti nel corso della prova;
- la strumentazione impiegata;
- i risultati ottenuti dal metodo.

---

*La presente indagine è stata condotta con la collaborazione dei Dott. Geol. Stefano Tuberga.*

*All'elaborazione dati hanno inoltre collaborato i tecnici dell' EEG GEOPHYSICS S.r.l. di Varese.*

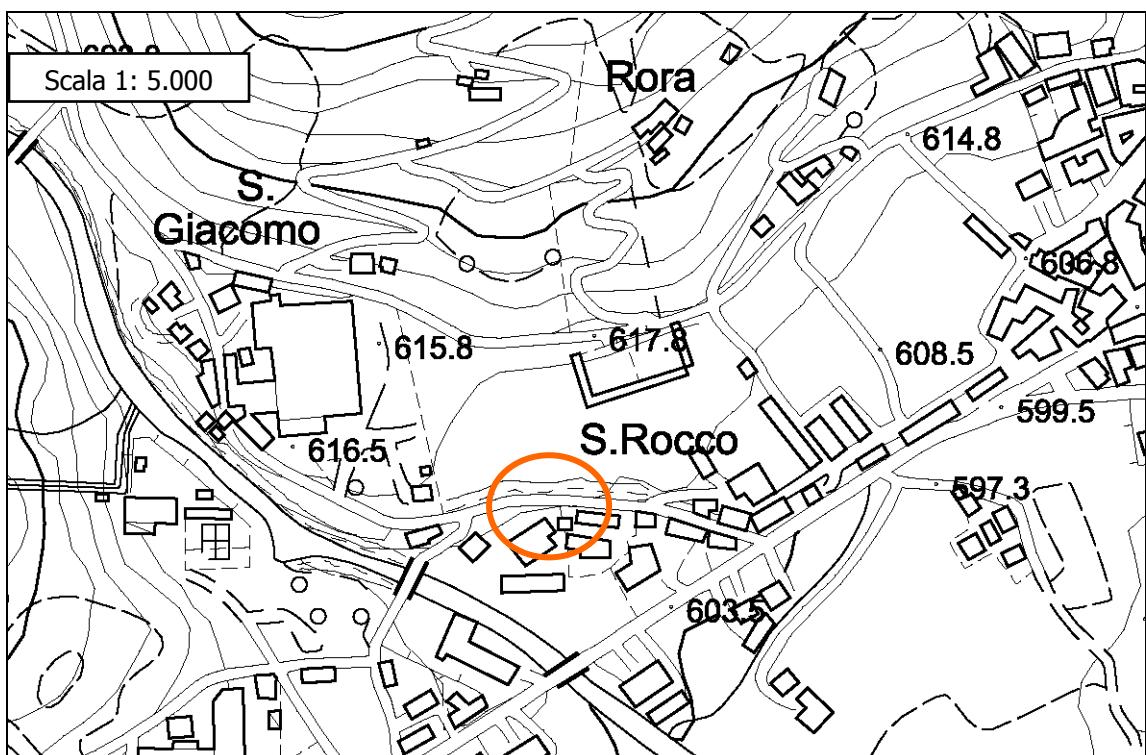
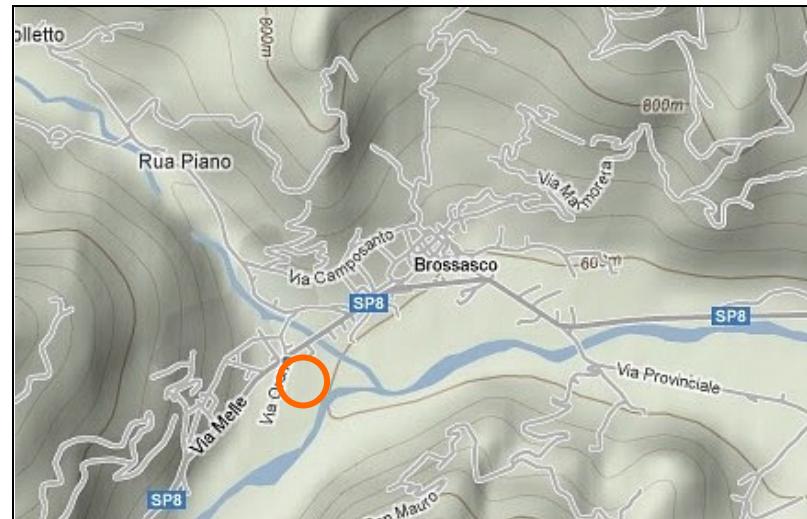
**LOCALIZZAZIONE DEL SITO DI PROVA**

Figura 1: ubicazione del sito d'indagine sismica

## 5.1 METODO D'INDAGINE GEOFISICA

### - GENERALITA'

Lo scopo della prova consiste nel determinare il profilo di rigidezza del sito tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di superficie di *Rayleigh* ( $V_R$ ), a cui segue un successivo processo di inversione.

Nelle analisi di microzonazione sismica, in generale, uno dei parametri più importanti per la caratterizzazione dei terreni e per la modellazione della risposta sismica dei siti è indubbiamente il valore di velocità di propagazione delle onde di taglio nei mezzi, cioè la  $V_S$  (Nunziata et alii, 1997).

Per la determinazione di questo parametro vengono spesso impiegate diverse tecniche quali le prove cross-hole e le prove down-hole, che utilizzano le onde di corpo, e le tecniche SASW o FK (MASW "Multichannel Analysis of Surface Waves"), che si basano sulle onde superficiali.

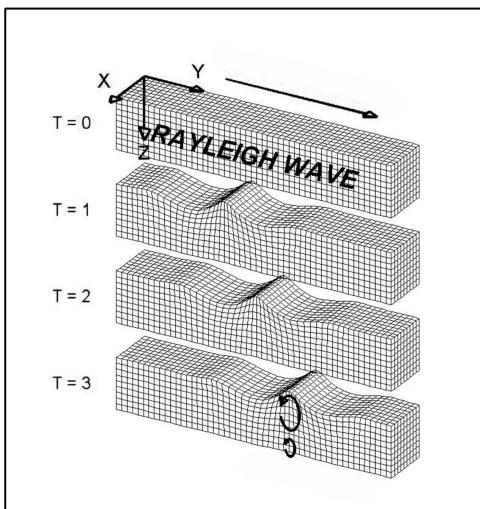
Nel caso di un mezzo quale il terreno, quando le onde di volume (prodotte da una sorgente interna al mezzo) raggiungono la superficie di separazione si generano le **onde di superficie** che si propagano attraverso la superficie stessa.

Le onde di superficie sono principalmente di due tipi:

### -ONDE DI RAYLEIGH

**–ONDE DI LOVE**

Le onde di Rayleigh producono vibrazioni che sono la risultante di una vibrazione polarizzata su un piano verticale, in direzione perpendicolare alla direzione di propagazione, e di una vibrazione orizzontale polarizzata lungo la direzione di propagazione. Il moto risultante è ellittico retrogrado. La deformazione indotta è sia di taglio sia di compressione.

**– CAMPO D'APPLICAZIONE DELLA PROVA**

La prova si applica quando la profondità delle coperture da esplorare è compresa tra i 10 ed i 50 m. Essa si rende necessaria soprattutto quando interessano dati medi relativi ad ampi volumi di terreno e quando i risultati da ottenere devono essere di qualità e precisione buone.

Per l'esecuzione della prova è necessaria una superficie pianeggiante più o meno ampia, in relazione alla profondità di indagine.

### ***Ipotesi alla base della prova***

Si suppone che il volume di terreno, interessato dalle indagini, sia stratificato orizzontalmente e che all'interno di ogni strato il comportamento del terreno possa essere considerato elastico, omogeneo ed isotropo.

### ***Schema della prova***

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione dinamica verticale in un determinato campo di frequenze, opportunamente regolabile, e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

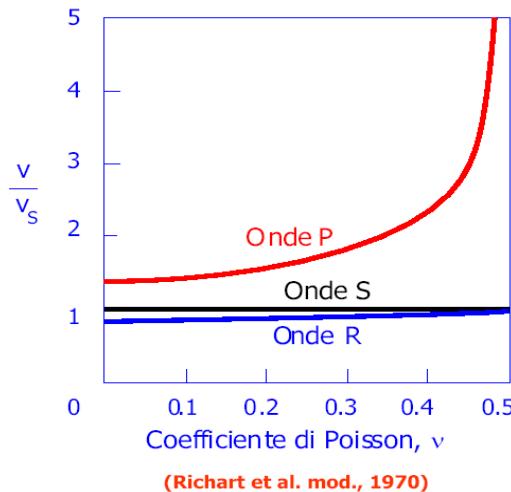
L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di rigidezza può scomporsi in due fasi fondamentali:

–*Deduzione della curva di dispersione* (velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza) caratteristica del sito in esame;

–*Processo di inversione*, finalizzato ad ottenere, partendo dalla curva suddetta, una stima del profilo di rigidezza ad essa associato.

Ai fini di questa prova di tutte le componenti di moto, prodotte nel terreno dalla sorgente, interessano quelle che si trasmettono lungo la superficie (onde superficiali) e di queste quelle di *Rayleigh*, polarizzate sul piano verticale e caratterizzate sia da componenti longitudinali sia trasversali. Tali onde si propagano lungo fronti d'onda cilindrici, coassiali rispetto alla sorgente, con attenuazione proporzionale a  $1/\sqrt{r}$  (dove  $r$  è la distanza dalla sorgente) inferiore all'attenuazione delle onde di volume (proporzionale invece a  $1/r$ ) e perciò già a distanze non molto grandi le onde di superficie tendono a prevalere nettamente su quelle di volume.

La componente verticale del moto, indotta dalle onde di *Rayleigh*, è predominante su quella orizzontale e si attenua con la profondità rapidamente fino a diventare insignificante ad una quota di poco superiore alla lunghezza d'onda  $\lambda$  della sollecitazione indotta. Perciò per indagare profondità sempre maggiori e ricavare la velocità caratteristica delle onde di *Rayleigh* è opportuno aumentare progressivamente la lunghezza d'onda della sollecitazione prodotta dalla sorgente, costruendo così una curva in cui sia riportata al variare della lunghezza d'onda  $\lambda$ , e quindi della profondità investigata, la velocità delle onde di *Rayleigh* calcolata (curva di dispersione). La velocità  $V_R$  risulta sperimentalmente assai prossima a quella delle onde di taglio  $V_S$  (variando in funzione del coefficiente di *Poisson* tra 0,86 e 0,95). Tramite la  $V_R$  si possono ricavare le caratteristiche meccaniche del terreno per mezzo delle relazioni precedentemente citate.



### **Apparecchiatura**

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove è costituita dalle seguenti parti:

- a.sistema sorgente*
- b.sistema di ricezione*
- c.sistema di acquisizione dati*

**a. Sistema sorgente.** La sorgente sismica deve essere di tipo meccanico, a impulsi transitori e varia a seconda del campo di lunghezze d'onda da generare e quindi delle profondità da investigare: si passa da martelli di massa modesta (compresa tra 50 e 500 g), in grado di produrre onde di lunghezza ridotta e quindi con elevato contenuto in frequenza, a elementi di massa notevole (compresi tra 2 e 3 t), fatti cadere da un camion o da una benna da altezze comprese tra 2 e 3 m. In ogni caso è opportuno verificare ogni volta, sperimentalmente, il tipo di sorgente da

adottare in funzione della quantità di energia da produrre, del campo di frequenze da eccitare e delle condizioni della superficie del deposito.

**Nello specifico caso esaminato la prova (energizzazione) è stata eseguita adottando una massa battente (mazza da 5 kg), in caduta su apposita piastra di battuta, dimensionata per un'adeguata trasmissione dell'impulso al terreno.**

**b. Sistema di ricezione.** Tale sistema si compone di almeno due ricevitori verticali (trasduttori di velocità). I trasduttori devono possedere appropriate caratteristiche di frequenza e sensitività tali da poter ricevere in maniera adeguata il treno d'onde prodotto dalla sorgente e vanno quindi selezionati in funzione della banda di frequenza che si intende acquisire (generalmente compresa tra 1 Hz e 10 Hz). La risposta in frequenza dei trasduttori non deve variare più del 5% su un campo di frequenze compreso tra metà e due volte la frequenza predominante del treno d'onde che si propaga all'interno del mezzo.

**In questo caso sono stati adottati due cavi MASW PASI composti da 12 geofoni a 4,5 Hz per un totale di stendimento pari a 24 geofoni, con distanza intergeofonica di 2,0 m.**

**c. Sistema di acquisizione dati.** Si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale, in forma digitale, le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa. Esso è collegato a ciascuno dei trasduttori di velocità e consente quindi di registrare in forma numerica e

visualizzare come forme d'onda, su un apposito monitor, le vibrazioni così come rilevate ai trasduttori dei ricevitori (**Sismografo EEG BR24 - C**).

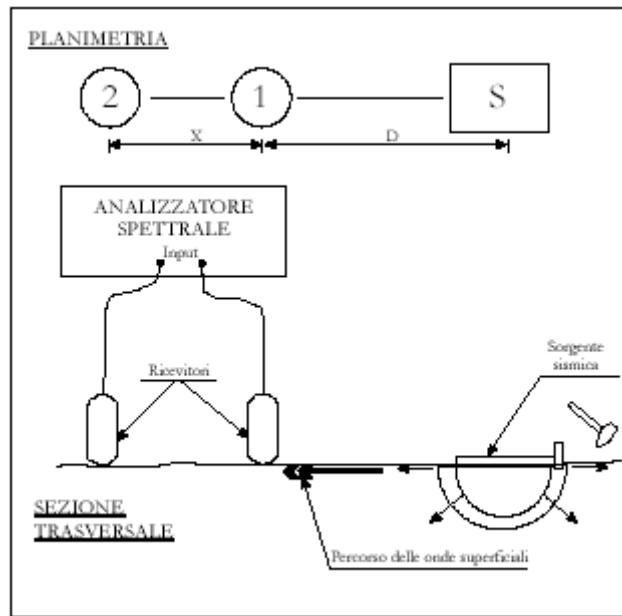
#### **– MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE**

##### **Prova SASW (Spectral Analysis Surface Wave) e prova Multicanale FK (MASW)**

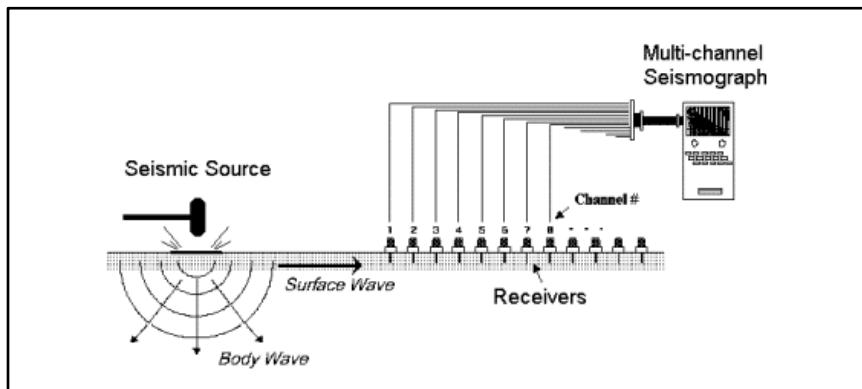
Per una migliore e più corretta acquisizione dei dati la configurazione geometrica più vantaggiosa consiste nel disporre la sorgente e i ricevitori in modo che risultino allineati ed equidistanti tra loro, con i due ricevitori dalla stessa parte rispetto alla sorgente (*common receivers midpoint geometry*).

L'utilizzo di tecniche di analisi multicanale (MASW) presenta diversi vantaggi rispetto all'elaborazione dei segnali a coppie, come usualmente avviene nel metodo SASW. Tali vantaggi derivano essenzialmente dall'utilizzo contestuale di dati rilevati in diversi punti sulla superficie.

Ciò conferisce a questa tecnica una notevole robustezza e fornisce garanzie nei confronti di possibili effetti locali. Proprio tali proprietà consentono l'abbandono della configurazione di prova basata sulla geometria *common receivers midpoint*.



-Schema della prova SASW -



-Schema della prova MASW -

### Determinazione delle velocità d'onda

Per determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche con le tecniche *SASW* o *MASW* si ricorre al metodo della *cross-correlazione* nel dominio della frequenza, sfruttando quindi la presenza di due o più ricevitori.

La funzione di cross-correlazione, associata a due segnali  $h(t)$  e  $g(t)$  registrati dai ricevitori relativamente allo stesso impulso-sorgente, è una funzione del ritardo  $T$ , ottenuta integrando, nel dominio del tempo, il prodotto tra il segnale registrato dal ricevitore più lontano  $h(t)$  e il segnale registrato dal ricevitore più vicino, ritardato però di un tempo  $T$ :

$$CC(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} h(t) \cdot g(t - \tau) \cdot dt$$

Il valore di  $T$ , per cui questo integrale assume valore massimo, rappresenta anche il valore per cui le funzioni  $h(t)$  e  $g(t - \tau)$  sono più simili e perciò lo si assume come tempo di ritardo esistente tra i ricevitori, nella registrazione dello stesso impulso sorgente, nonché tempo di propagazione delle onde sismiche tra i ricevitori.

Anziché ricavare direttamente tale funzione, si preferisce calcolare la sua trasformata di Fourier nel dominio della frequenza  $f$ ,  $CS(f)$ , detta anche spettro di cross-correlazione e dato dal prodotto della trasformata del segnale registrato dal ricevitore più vicino,  $G(f)$ , e dal complesso coniugato della trasformata del segnale registrato dal ricevitore più lontano,  $H(f)$ .

Quindi si considera l'angolo di fase  $\Phi(f)$ , espresso in gradi, dello spettro di cross-correlazione e si ricava, come funzione della frequenza  $f$ , il tempo di viaggio delle onde sismiche tra i ricevitori,  $t(f)$ , e, nota la distanza  $d$ , anche la velocità:

$$t(f) = \frac{\phi(f)}{360 \cdot f} \quad v(f) = \frac{d}{t(f)}$$

Si considera l'intervallo di frequenza all'interno del quale la coerenza dello spettro di correlazione è assai prossima ad 1 e si assumono, come valori accettabili della velocità  $v(f)$ , quelli corrispondenti a tale campo di frequenza, considerandone una media.

La velocità delle onde di Rayleigh  $V_R$  può anche essere rappresentata in termini di lunghezza d'onda  $L_R$ :

$$L_R = \frac{V_R(f)}{f}$$

ottenendo la cosiddetta curva di dispersione.

Una stima approssimata del profilo delle velocità delle onde  $S$  ( $V_S$ ) può essere ottenuta assumendo che  $V_R / V_S = 0.92$  e che la profondità corrispondente a ciascun valore di velocità  $V_R(L_R)$  sia pari a  $1/2 \div 1/3$  la corrispondente lunghezza d'onda. Tale stima può considerarsi valida nel caso di mezzi stratificati aventi rigidezza crescente con la profondità, ma in generale è richiesto un processo di inversione più accurato, basato su metodi di simulazione della propagazione delle onde superficiali.

Nelle tabelle seguenti si riepiloga la configurazione dello stendimento di prova.

**Tab. 1 - Linea sismica ST1**

Geofoni n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanza progressiva (m)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46
Distanza parziale (m)	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Quota media (m s.l.m.)																								616,0

**Tab. 2 – ST1: coordinate UTM-WGS84 dei geofoni G1 e G24**

	Geofono n. 1 (G1)	Geofono n. 24 (G24)
N	4936406	4936361
E	369465	369478

In allegato viene riportato lo schema operativo completo della prova.

## 6. RISULTATI DELLA PROVA MASW

L'elaborazione delle informazioni derivanti dal sismogramma consente l'analisi della seguente serie di dati:

1. definizione dei tempi di propagazione delle onde di taglio, lette in corrispondenza di ciascuno dei 24 geofoni, per ciascuno stendimento;
2. elaborazione della linea indicatrice delle velocità sismiche delle onde S (onde di taglio), ottenuta per le varie profondità di prova, fino alla profondità di 30,0 m da p.c.;
3. definizione della curva di dispersione;
4. determinazione della media pesata delle velocità  $V_s$  per ciascun orizzonte di terreno e definizione del valore richiesto, di  $V_{s30}$ ;
5. determinazione del modulo di taglio dinamico  $G_d$ .

La sopra indicata serie analitica è riprodotta, in modo schematico e completo, nella tavola in allegato. Da questa tavola si ricava, attraverso la media pesata delle varie profondità, il valore della velocità delle onde di taglio.

Per il sito di indagine è stato determinato il seguente parametro:

**$V_{s30} = 566 \text{ m/s}$**

Il valore di Vs30, così determinato, viene messo in relazione con le indicazioni contenute nel D.M. 14/01/2008, al § 3.2.2. In tal modo è possibile assegnare al terreno indagato una delle categorie di sottosuolo indicate nella successiva tabella 3.

**Tab. 3 – Categorie di sottosuolo.**

CATEGORIA	DESCRIZIONE	Vs30	Param. Geotec.
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, 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</i>	> 800 m/s	
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	da 360 m/s a 800 m/s	$N_{SPT,30} > 50$ $C_{u,30} > 250 \text{ kPa}$
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	da 180 m/s a 360 m/s	$15 < N_{SPT,30} < 50$ $70 < C_{u,30} < 250 \text{ kPa}$
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	< 180 m/s	$N_{SPT,30} < 15$ $C_{u,30} < 70 \text{ kPa}$

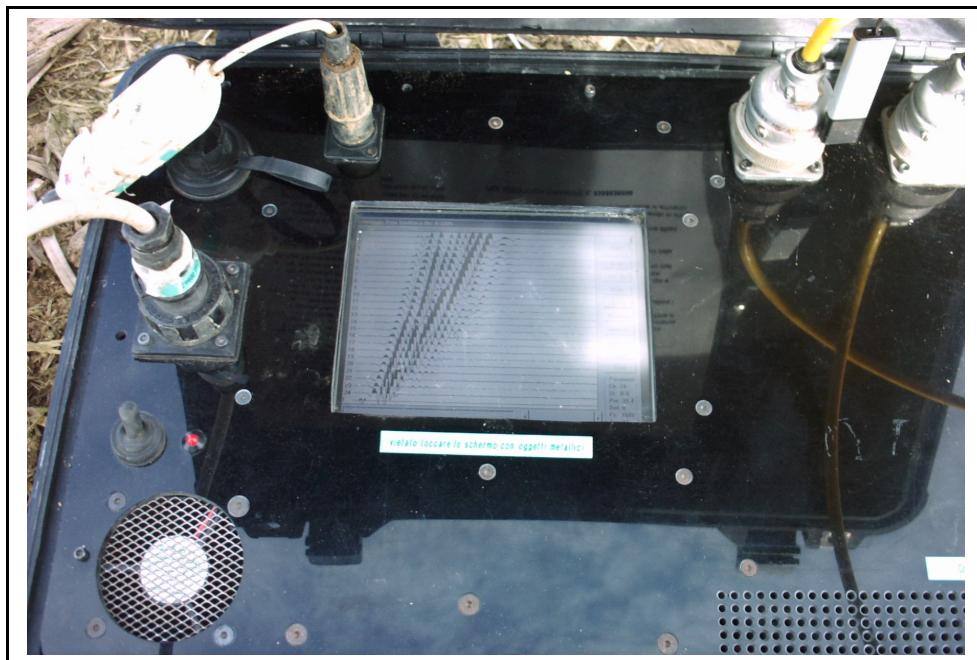
CATEGORIA	DESCRIZIONE	Vs30	Param. Geotec.
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30&gt;800 m/s).</i>	come per categorie C e D	come per categorie C e D
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_{u,30} < 20$ 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.	<100 m/s	$10 < C_{u,30} < 20$ kPa
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.		

Come si può osservare dalla tabella, **la categoria di sottosuolo corrispondente è quella di TIPO B.**

Si precisa infine che l'assenza, entro l'area di indagine, di dati geognostici di sondaggio spinti a profondità di almeno 30 m, non ha permesso di produrre una correlazione che associasse la velocità delle onde S alla stratigrafia locale.

## ALLEGATI

## **DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**



*Centralina di acquisizione dei segnali*



*Fase di realizzazione dell'indagine sismica*



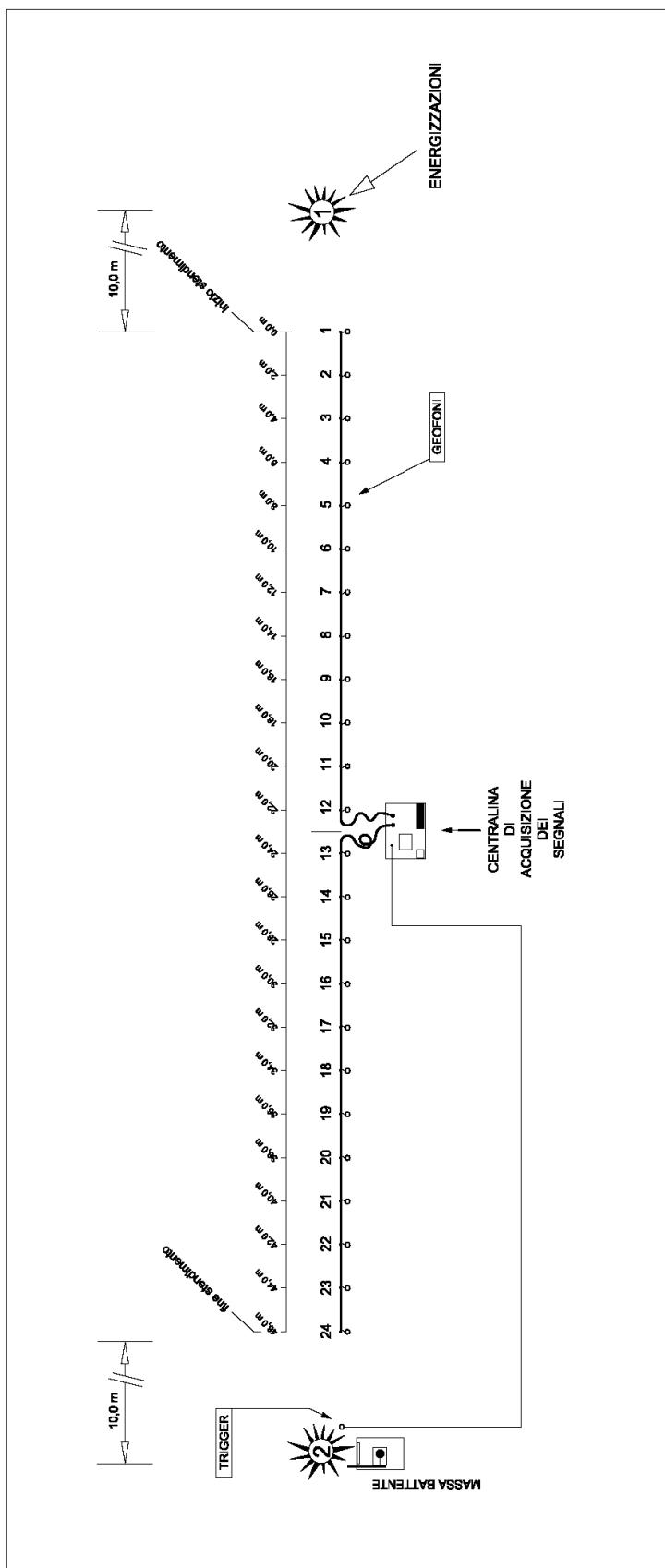
*Fase di realizzazione dell'indagine sismica*

## **SCHEMA DELLO STENDIMENTO**

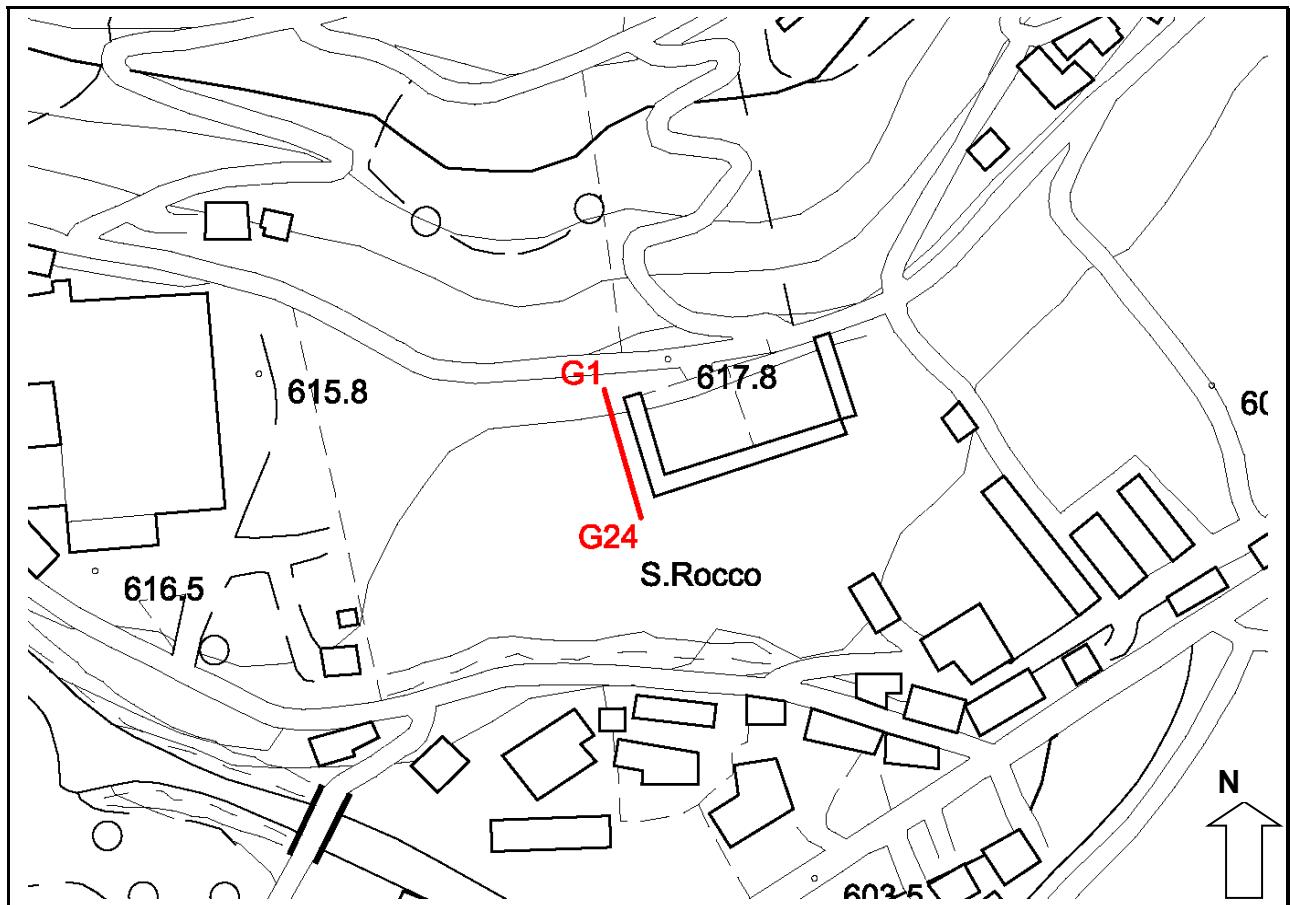
STUDIO GEOECOS	RAPPRESENTAZIONE FUORI SCALA
	DATA INDAGINE 21 giugno 2012

**SCHEMA OPERATIVO PER ANALISI GEOFISICA DELLE ONDE S**

**METODO SISMICO MASW**



## TAVOLA DI UBICAZIONE DELLO STENDIMENTO



*Ubicazione dello stendimento sismico  
(scala 1:2.500)*

## **REPORT DI INDAGINE SISMICA**

