



COMUNE DI ROSIGNANO M.MO
PROVINCIA DI LIVORNO

Studio di Microzonazione Sismica relativa al territorio comunale di Rosignano marittimo (LI) I livello di analisi

INDAGINI DI BASE

Geoecho snc - Dott. Geol. Andrea Marini

Collaboratori: Dott. Geol. Fausto Capacci Dott. Geol. Jenny Migliorini

PROGETTO

FEBBRAIO 2017

COMUNE DI ROSIGNANO MARITTIMO
PROVINCIA DI LIVORNO

INDAGINE GEOFISICA
DI SISMICA A RIFRAZIONE

DATA

Maggio 2008

RELAZIONE TECNICA

In data 21/05/2008 su incarico del Comune di Rosignano Marittimo, è stata eseguita un'indagine Geofisica di Sismica a Rifrazione in Loc. Sorbetto nel Comune di Rosignano Marittimo.

L'obiettivo era determinare l'andamento delle velocità delle onde P ed SH desumendo il grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e possibilmente individuare eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

Inoltre i risultati prodotti potranno essere utilizzati anche ai fini della classificazione dei terreni di fondazione come previsto dalla D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)

A tale scopo sono stati eseguiti due stendimenti di sismica a rifrazione ubicati secondo la figura 1.

Modalità esecutive della prova.

L'indagine sismica consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali o orizzontali per la generazione di onde di volume (P) od onde di taglio (SH) e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale od orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali.

- a) individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- b) ricostruzione delle relative dromocrone;
- c) interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo.

APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

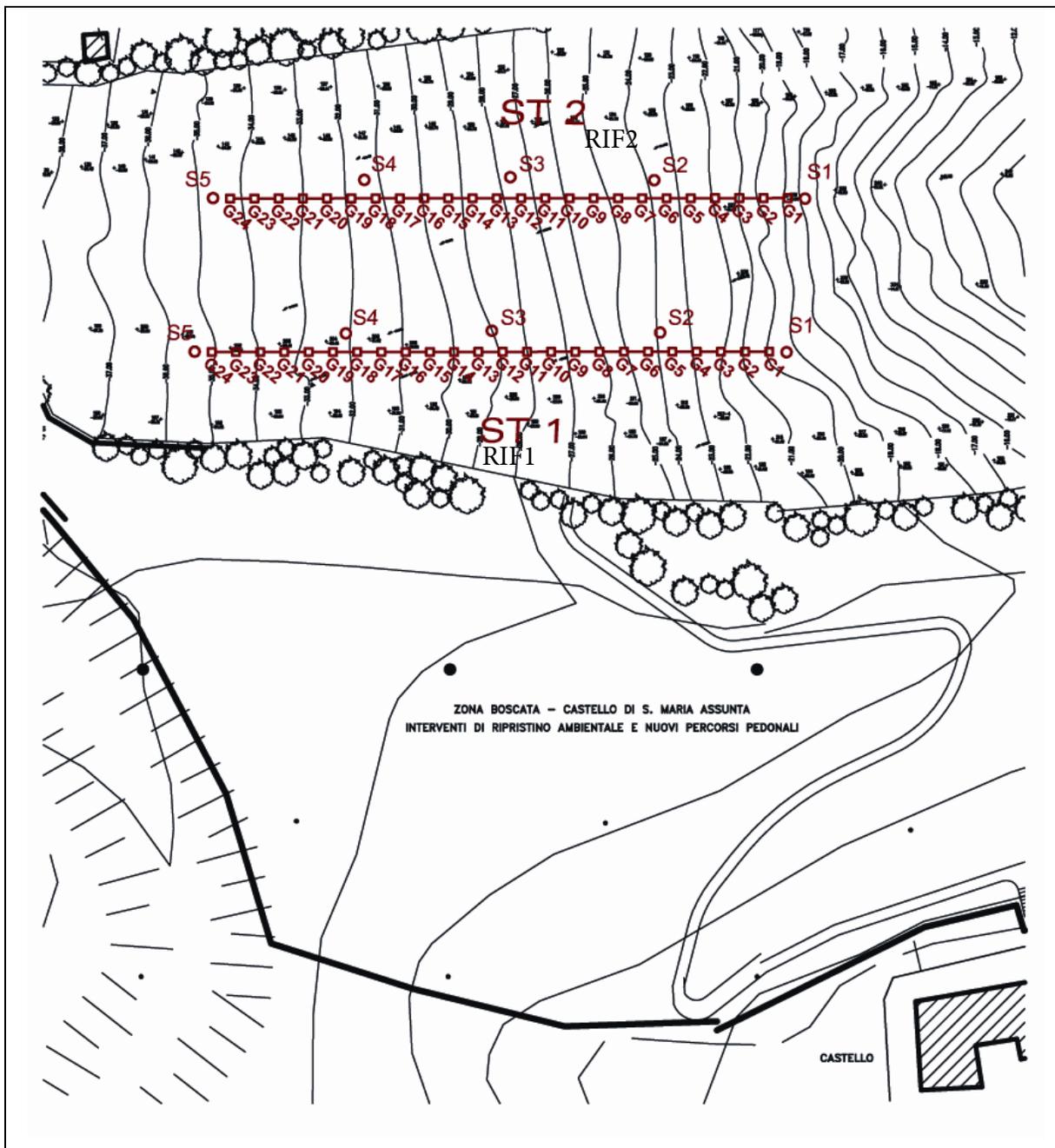


FIG. 1 : UBICAZIONE DELLE INDAGINI (SCALA 1:1000)

Sorgente onde P:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili, con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione, es. grave in caduta libera (massa da 110 kg), in alternativa è possibile utilizzare un cannoncino a cartucce industriali o una mazza di 8 kg adoperata per colpire una piastra di alluminio appoggiata sul terreno.

Sorgente onde SH:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infissione".

I profili sismici a rifrazione sono eseguiti energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente verticale per le onde P, con frequenza propria di circa 14 Hz e da 24 geofoni a componente orizzontale per le onde SH, con frequenza propria di circa 10 Hz. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Sistema di acquisizione dati:

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale Echo 12-24 /2002 a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica. Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire



dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

Interpretazione dei profili sismici

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, consente di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di taglio o di compressione.

RISULTATI:

L'indagine svolta in data 21/05/2008 in Loc. Sorbetto nel Comune di Rosignano Marittimo, ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nell'area, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_P) e di taglio (V_{SH}), e la determinazione della geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

I dati acquisiti sono stati elaborati sia in tecnica tomografica che a rifrazione.

Le elaborazioni fatte hanno messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche schematizzabile secondo tre strati in onde P e secondo due strati in onde SH.

In particolare l'indagine in onde P, ha evidenziato uno strato superficiale dello spessore medio di circa 4.5 m. evidente in entrambe le sezioni, con una velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p) mediata tra le due sezioni di circa 620 m/sec, un secondo strato con velocità di propagazione mediata tra le due sezioni di circa 1780 m/sec. e un terzo strato con velocità di propagazione mediata tra le due sezioni di circa 1960 m/sec.

Con l'indagine in onde SH invece è stato individuato uno strato superficiale dello spessore medio di circa 3.5 m. con una velocità di propagazione delle onde di taglio (V_{sh}) mediata tra le due sezioni di circa 260 m/sec, limitato inferiormente da un secondo strato con velocità V_{sh} mediata tra le due sezioni di circa 605 m/sec.

A scopo indicativo è stata calcolata la $VS/30$ che è risultata essere pari a 525 m/sec.

Il Tecnico:

Simone Taddei

✍

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





LINEA ST 1
INDAGINE DI TOMOGRAFIA SISMICA
ONDE P E SH

SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

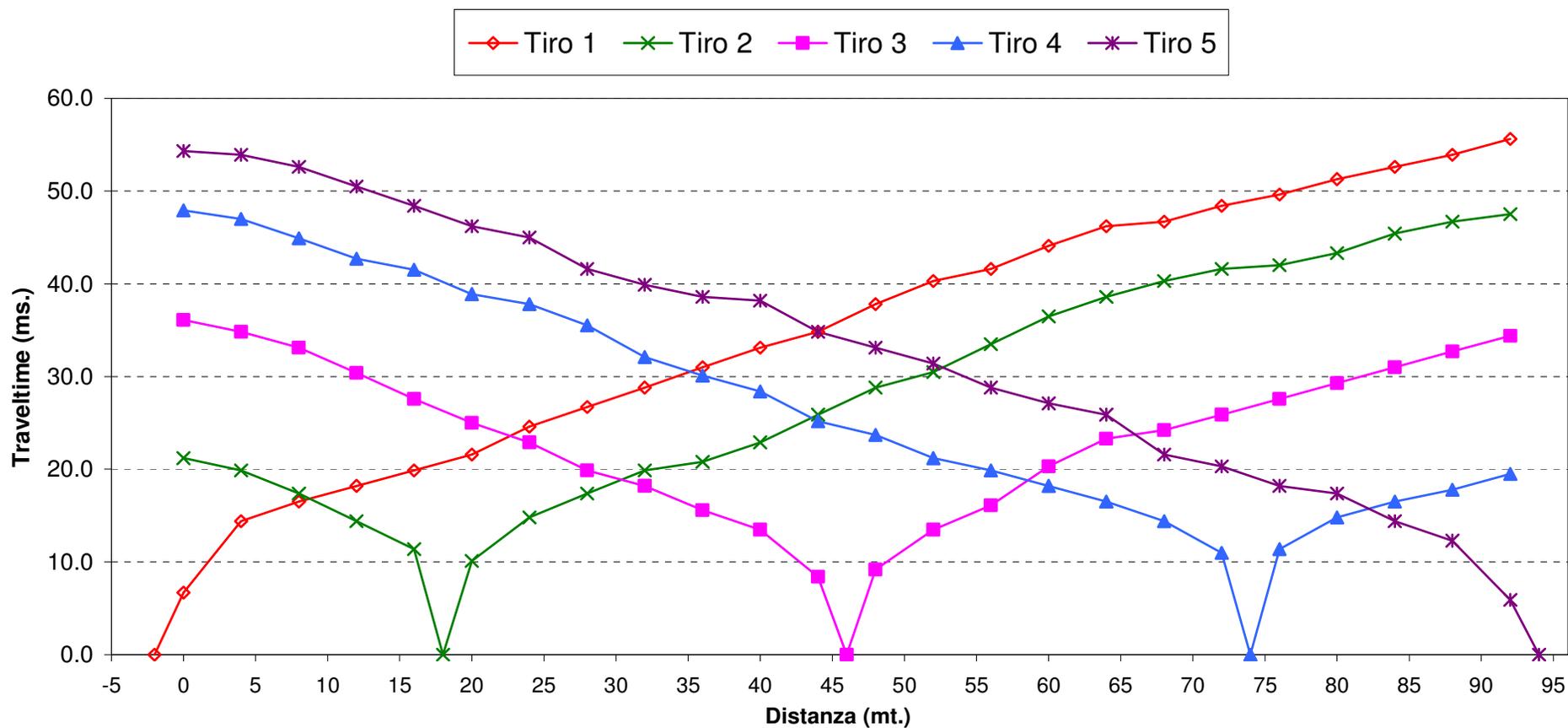
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Geofoni n. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Distanza progressiva (m) | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Dislivello da S1 (m.) | -0.6 | -1.6 | -2.7 | -3.5 | -4.2 | -4.9 | -5.7 | -6.7 | -7.4 | -8.0 | -8.6 | -9.5 | -10.1 | -10.6 | -11.1 | -11.5 | -12.1 | -12.4 | -13.0 | -13.4 | -14.0 | -14.6 | -15.1 | -15.7 |

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE

| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -2,0 | 18,0 | 46,0 | 70,0 | 94,0 |
| DISLIVELLO RISPETTO A S1 (m) | 0 | -4.6 | -9.5 | -13.8 | -16.1 |

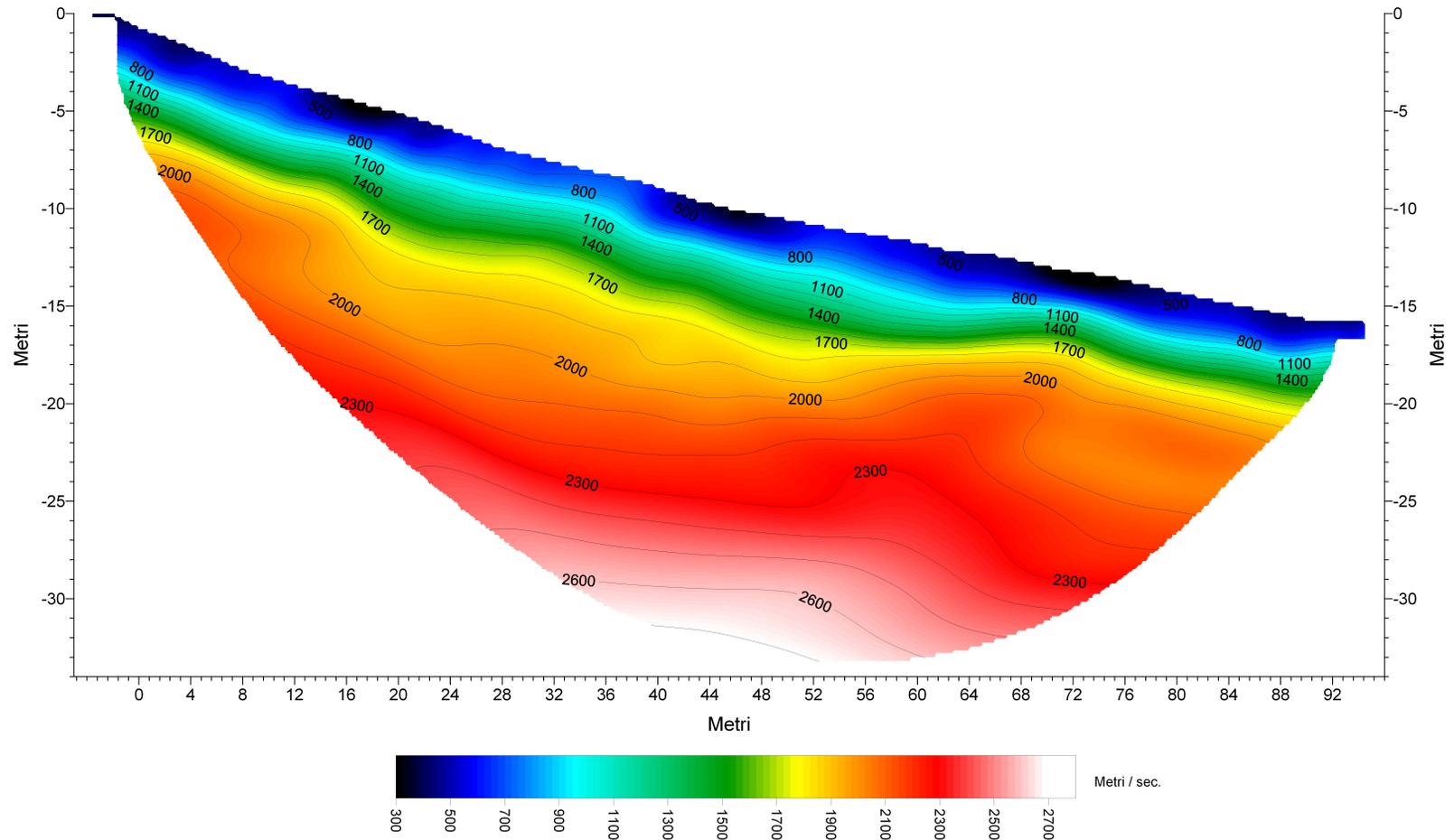


LINEA ST 1 - DROMOCRONE ONDE P





Tomografia sismica ST1 onde P





LINEA SISMICA ST01 SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA: ONDE P

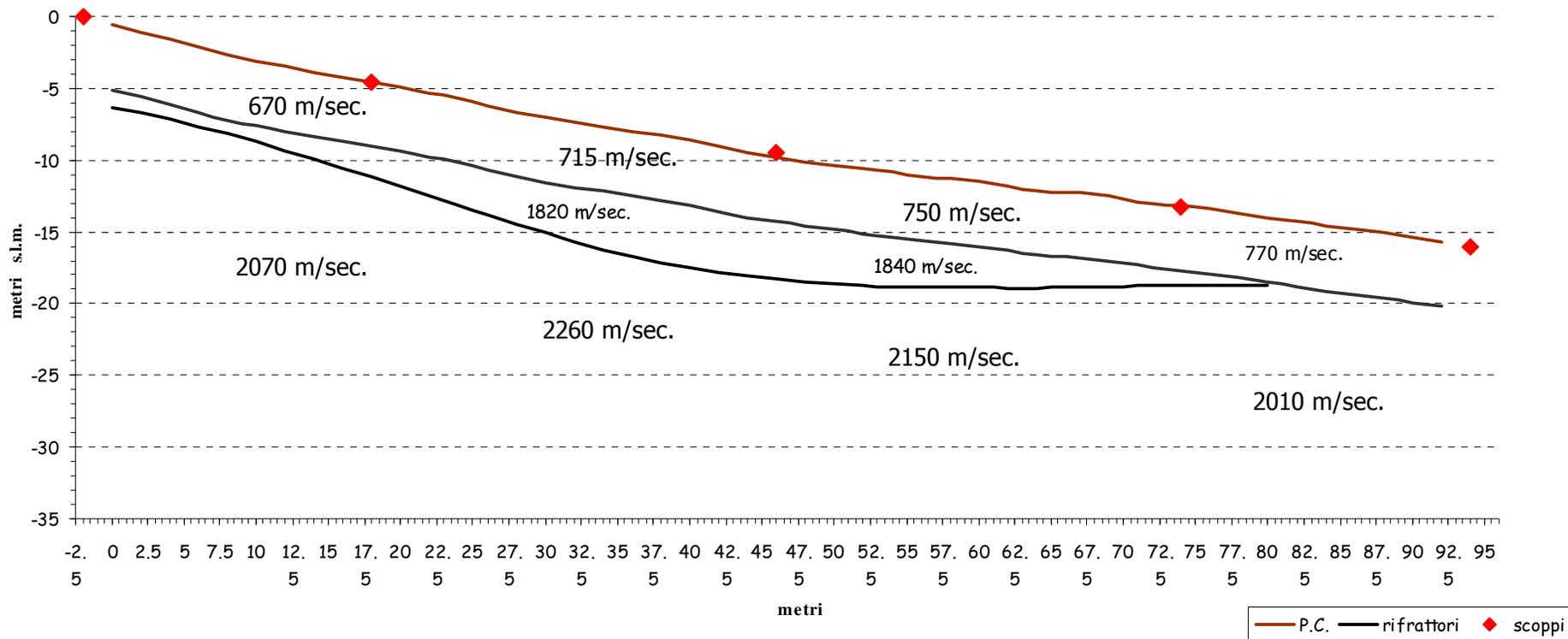


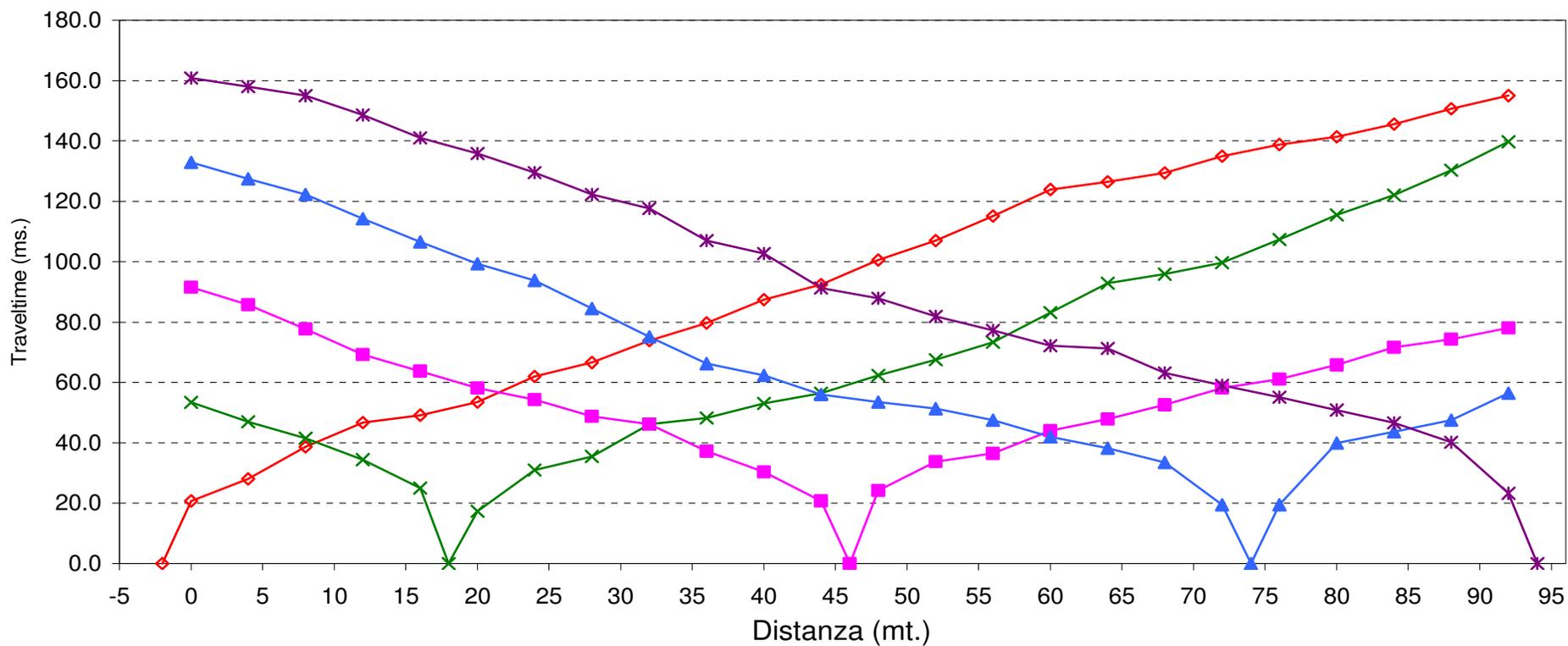
Tabella velocità e spessori Onde P Linea ST01

| Distanza | Quota | V1 | Profondità 1 | V2 | Profondità 2 | V3 |
|------------|-------|-------|--------------|-------|--------------|-------|
| dal geof.1 | | m/sec | m. | m/sec | m. | m/sec |
| 0 | -0.6 | 655 | 4.5 | 1816 | 5.72 | 1982 |
| 2 | -1.1 | 658 | 4.5 | 1816 | 5.63 | 1985 |
| 4 | -1.6 | 661 | 4.5 | 1816 | 5.57 | 1990 |
| 6 | -2.2 | 663 | 4.5 | 1816 | 5.50 | 1992 |
| 8 | -2.7 | 664 | 4.5 | 1816 | 5.47 | 1999 |
| 10 | -3.1 | 667 | 4.5 | 1816 | 5.63 | 2027 |
| 12 | -3.5 | 670 | 4.5 | 1816 | 5.81 | 2062 |
| 14 | -3.9 | 672 | 4.5 | 1816 | 6.07 | 2098 |
| 16 | -4.2 | 675 | 4.5 | 1816 | 6.35 | 2129 |
| 18 | -4.6 | 678 | 4.5 | 1816 | 6.65 | 2159 |
| 20 | -4.9 | 682 | 4.5 | 1816 | 6.97 | 2185 |
| 22 | -5.3 | 686 | 4.5 | 1816 | 7.23 | 2206 |
| 24 | -5.7 | 691 | 4.5 | 1816 | 7.48 | 2222 |
| 26 | -6.2 | 697 | 4.5 | 1816 | 7.64 | 2233 |
| 28 | -6.7 | 703 | 4.5 | 1816 | 7.78 | 2241 |
| 30 | -7.1 | 708 | 4.5 | 1816 | 8.05 | 2249 |
| 32 | -7.4 | 714 | 4.5 | 1816 | 8.30 | 2257 |
| 34 | -7.7 | 718 | 4.5 | 1818 | 8.56 | 2264 |
| 36 | -8.0 | 722 | 4.5 | 1821 | 8.75 | 2269 |
| 38 | -8.3 | 726 | 4.5 | 1823 | 8.87 | 2275 |
| 40 | -8.6 | 730 | 4.5 | 1826 | 8.94 | 2283 |
| 42 | -9.1 | 732 | 4.5 | 1828 | 8.79 | 2288 |
| 44 | -9.5 | 733 | 4.5 | 1831 | 8.61 | 2289 |
| 46 | -9.8 | 735 | 4.5 | 1833 | 8.52 | 2290 |
| 48 | -10.1 | 738 | 4.5 | 1836 | 8.39 | 2290 |
| 50 | -10.4 | 740 | 4.5 | 1838 | 8.27 | 2278 |
| 52 | -10.6 | 742 | 4.5 | 1841 | 8.12 | 2247 |
| 54 | -10.9 | 744 | 4.5 | 1843 | 7.95 | 2213 |
| 56 | -11.1 | 745 | 4.5 | 1843 | 7.74 | 2179 |
| 58 | -11.3 | 750 | 4.5 | 1843 | 7.57 | 2149 |
| 60 | -11.5 | 754 | 4.5 | 1843 | 7.39 | 2120 |
| 62 | -11.8 | 756 | 4.5 | 1843 | 7.10 | 2096 |
| 64 | -12.1 | 758 | 4.5 | 1843 | 6.80 | 2076 |
| 66 | -12.3 | 759 | 4.5 | 1843 | 6.64 | 2061 |
| 68 | -12.4 | 760 | 4.5 | 1843 | 6.46 | 2050 |
| 70 | -12.7 | 762 | 4.5 | 1843 | 6.11 | 2040 |
| 72 | -13.0 | 763 | 4.5 | 1843 | 5.77 | 2030 |
| 74 | -13.2 | 764 | 4.5 | 1843 | 5.53 | 2020 |
| 76 | -13.4 | 765 | 4.5 | 1843 | 5.31 | 2010 |
| 78 | -13.7 | 766 | 4.5 | 1843 | 5.00 | 2001 |
| 80 | -14.0 | 766 | 4.5 | 1843 | 4.71 | 1992 |
| 82 | -14.3 | 768 | 4.5 | 1843 | | |
| 84 | -14.6 | 769 | 4.5 | 1843 | | |
| 86 | -14.9 | 772 | 4.5 | 1843 | | |
| 88 | -15.1 | 775 | 4.5 | 1843 | | |
| 90 | -15.4 | 776 | 4.5 | 1843 | | |
| 92 | -15.7 | 777 | 4.5 | 1843 | | |



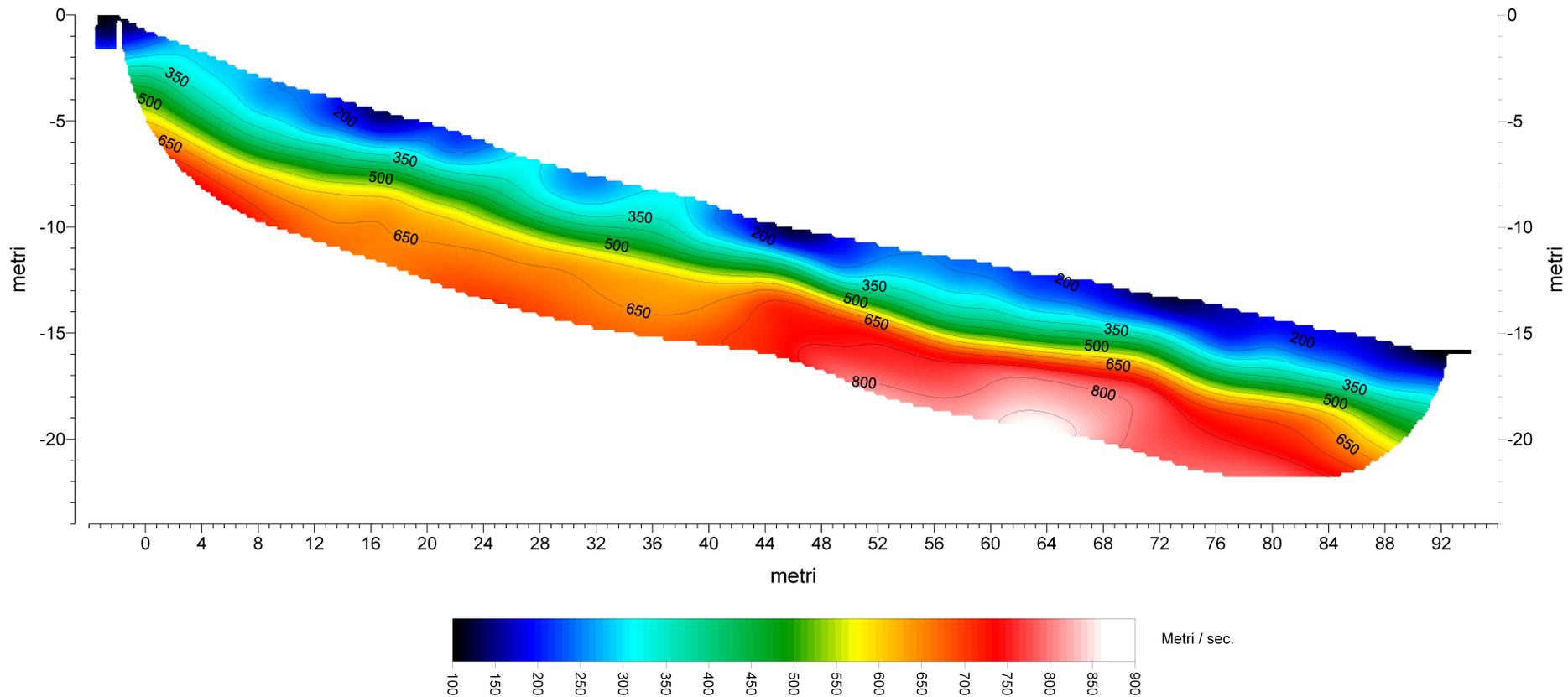
LINEA ST 1 - DROMOCRONE ONDE SH

—◇— Tiro 1 —×— Tiro 2 —■— Tiro 3 —▲— Tiro 4 —*— Tiro 5





Tomografia sismica ST1 onde SH





LINEA SISMICA ST01 SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA: ONDE SH

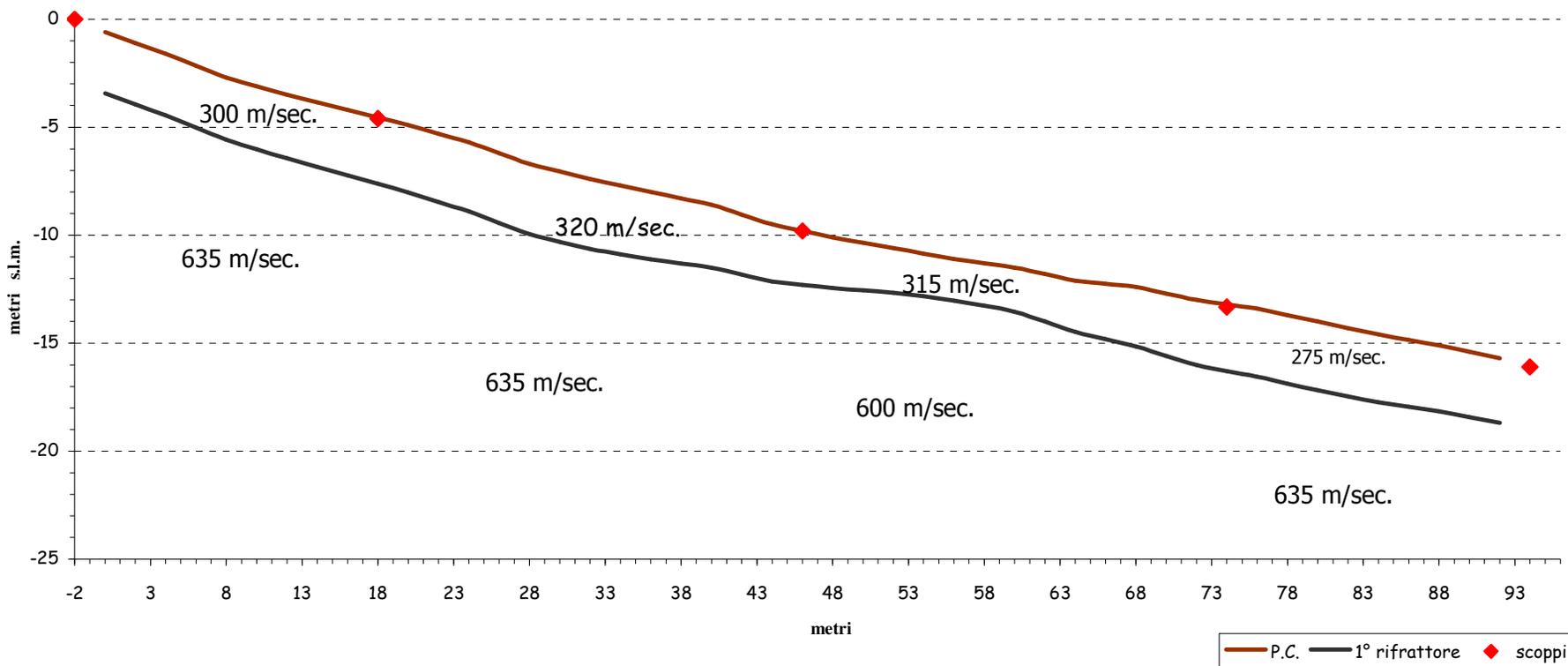


Tabella velocità e spessori Onde SH Linea ST01

| Distanza dal geof.1 | Quota | V1 m/sec | Profondità 1 m. | V2 m/sec | Profondità 2 m. | V3 m/sec |
|------------------------|-------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| 0 | -0.6 | 300 | 2.8 | 629 | | |
| 2 | -1.1 | 300 | 2.8 | 629 | | |
| 4 | -1.6 | 300 | 2.9 | 629 | | |
| 6 | -2.2 | 300 | 2.9 | 630 | | |
| 8 | -2.7 | 300 | 2.9 | 630 | | |
| 10 | -3.1 | 300 | 2.9 | 631 | | |
| 12 | -3.5 | 299 | 2.9 | 632 | | |
| 14 | -3.9 | 299 | 3.0 | 634 | | |
| 16 | -4.2 | 299 | 3.0 | 636 | | |
| 18 | -4.6 | 300 | 3.1 | 639 | | |
| 20 | -4.9 | 301 | 3.1 | 641 | | |
| 22 | -5.3 | 303 | 3.2 | 642 | | |
| 24 | -5.7 | 305 | 3.2 | 643 | | |
| 26 | -6.2 | 307 | 3.2 | 645 | | |
| 28 | -6.7 | 310 | 3.3 | 647 | | |
| 30 | -7.1 | 313 | 3.3 | 649 | | |
| 32 | -7.4 | 316 | 3.2 | 647 | | |
| 34 | -7.7 | 320 | 3.2 | 643 | | |
| 36 | -8.0 | 324 | 3.1 | 638 | | |
| 38 | -8.3 | 323 | 3.0 | 634 | | |
| 40 | -8.6 | 321 | 2.9 | 628 | | |
| 42 | -9.1 | 323 | 2.8 | 619 | | |
| 44 | -9.5 | 324 | 2.6 | 613 | | |
| 46 | -9.8 | 326 | 2.5 | 609 | | |
| 48 | -10.1 | 328 | 2.3 | 603 | | |
| 50 | -10.4 | 328 | 2.2 | 599 | | |
| 52 | -10.6 | 327 | 2.1 | 591 | | |
| 54 | -10.9 | 324 | 2.0 | 586 | | |
| 56 | -11.1 | 322 | 1.9 | 584 | | |
| 58 | -11.3 | 319 | 2.0 | 582 | | |
| 60 | -11.5 | 316 | 2.1 | 586 | | |
| 62 | -11.8 | 315 | 2.2 | 593 | | |
| 64 | -12.1 | 313 | 2.4 | 599 | | |
| 66 | -12.3 | 305 | 2.6 | 607 | | |
| 68 | -12.4 | 298 | 2.8 | 616 | | |
| 70 | -12.7 | 292 | 2.9 | 623 | | |
| 72 | -13.0 | 286 | 3.0 | 629 | | |
| 74 | -13.2 | 282 | 3.1 | 632 | | |
| 76 | -13.4 | 277 | 3.2 | 636 | | |
| 78 | -13.7 | 275 | 3.2 | 638 | | |
| 80 | -14.0 | 272 | 3.2 | 639 | | |
| 82 | -14.3 | 271 | 3.2 | 639 | | |
| 84 | -14.6 | 271 | 3.1 | 637 | | |
| 86 | -14.9 | 271 | 3.1 | 635 | | |
| 88 | -15.1 | 272 | 3.1 | 633 | | |
| 90 | -15.4 | 273 | 3.0 | 631 | | |
| 92 | -15.7 | 273 | 3.0 | 628 | | |



LINEA ST 2
INDAGINE DI TOMOGRAFIA SISMICA
ONDE P E SH

SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

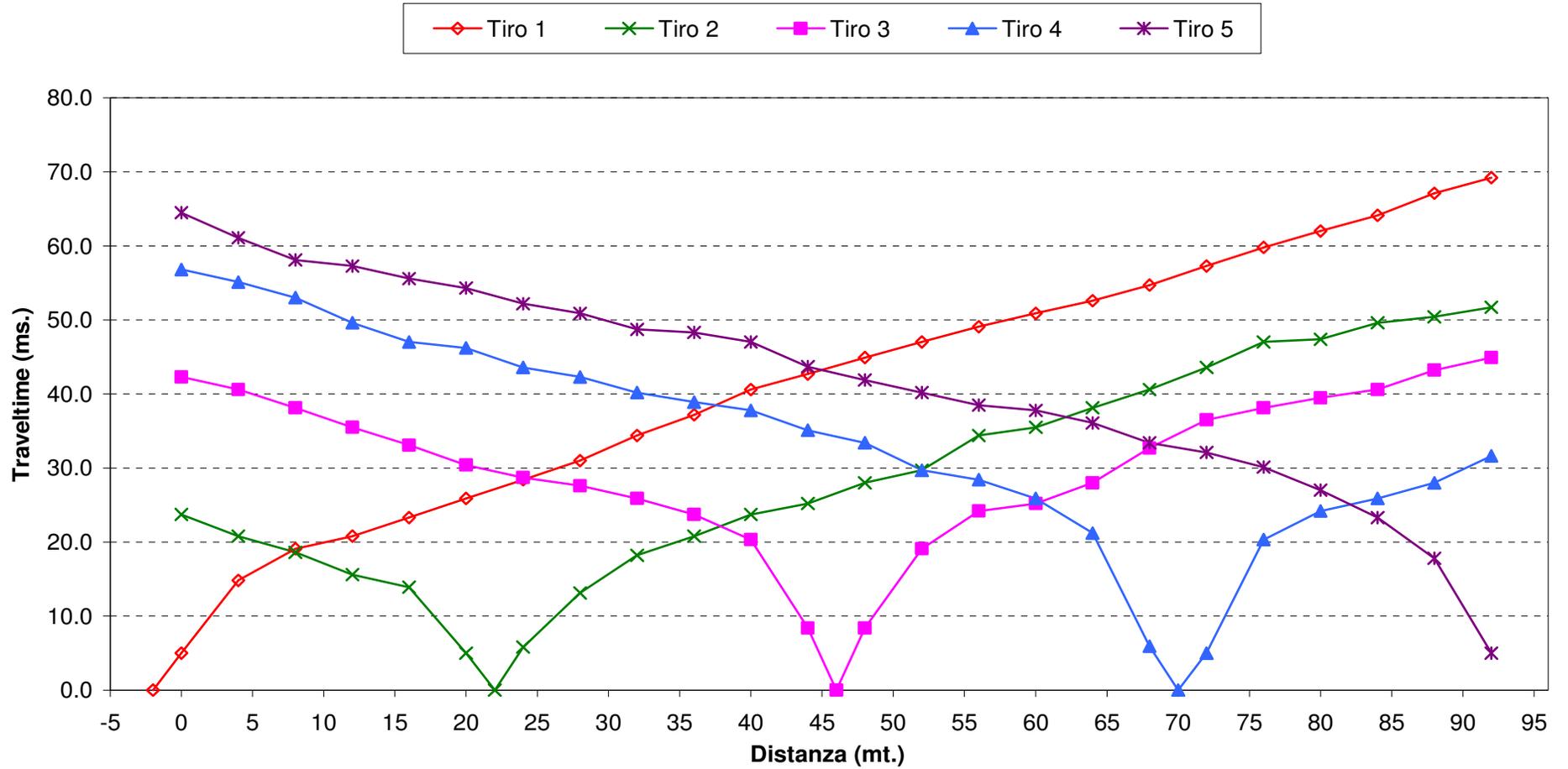
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Geofoni n. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Distanza progressiva (m) | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Dislivello da S1 (m.) | -1.1 | -2.0 | -3.3 | -4.2 | -4.9 | -5.8 | -6.6 | -7.1 | -7.7 | -8.1 | -9.0 | -9.8 | -10.5 | -11.1 | -11.7 | -12.3 | -12.9 | -13.6 | -14.2 | -14.8 | -15.3 | -15.7 | -16.1 | -16.7 |

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE

| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -2.0 | 22.0 | 46.0 | 70.0 | 94.0 |
| DISLIVELLO RISPETTO A S1 (m) | 0 | -5.3 | -10.1 | -13.9 | -17 |

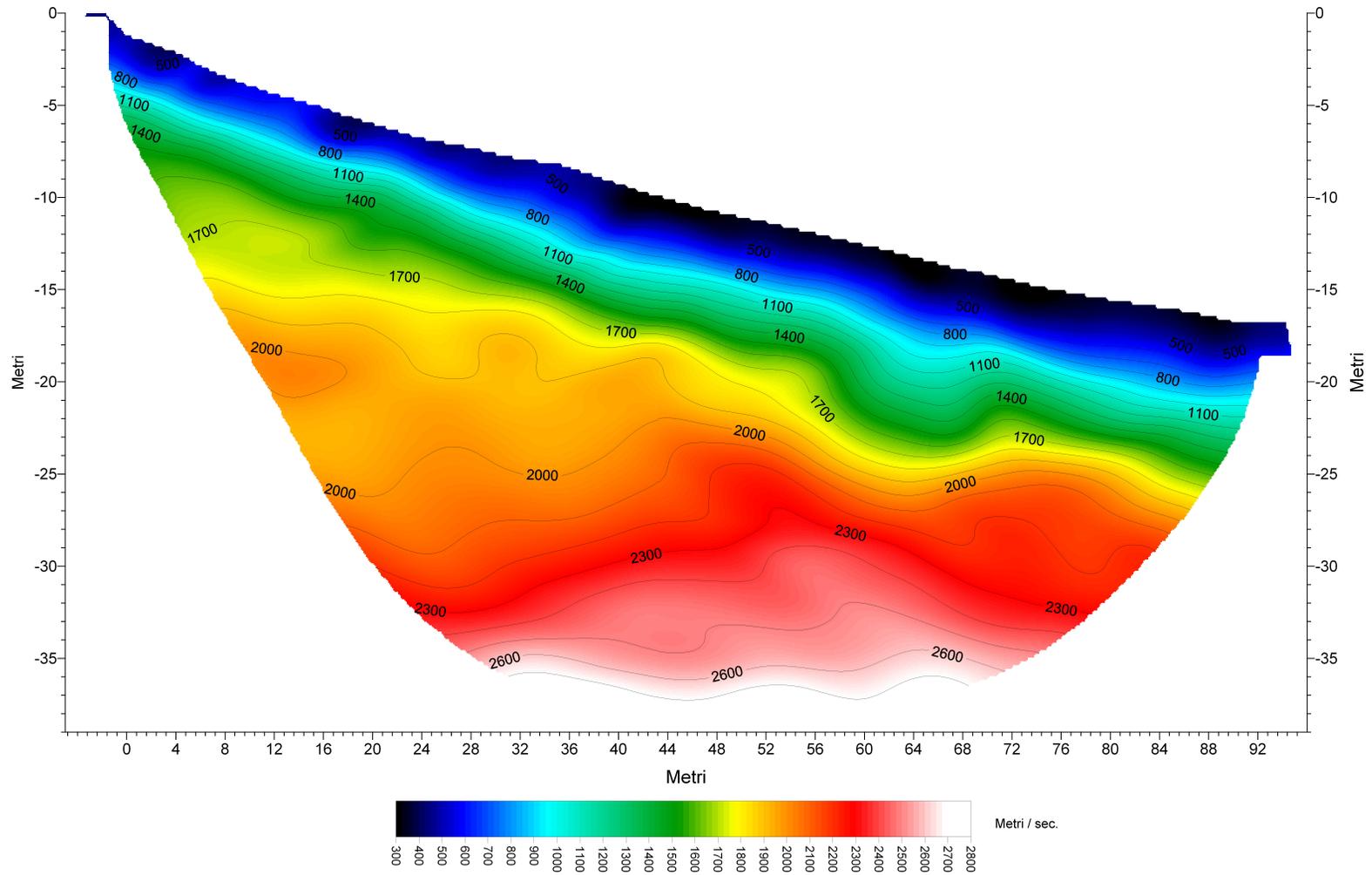


LINEA ST 2 - DROMOCRONE ONDE P





Tomografia sismica ST2 onde P





LINEA SISMICA ST02 SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA: ONDE P

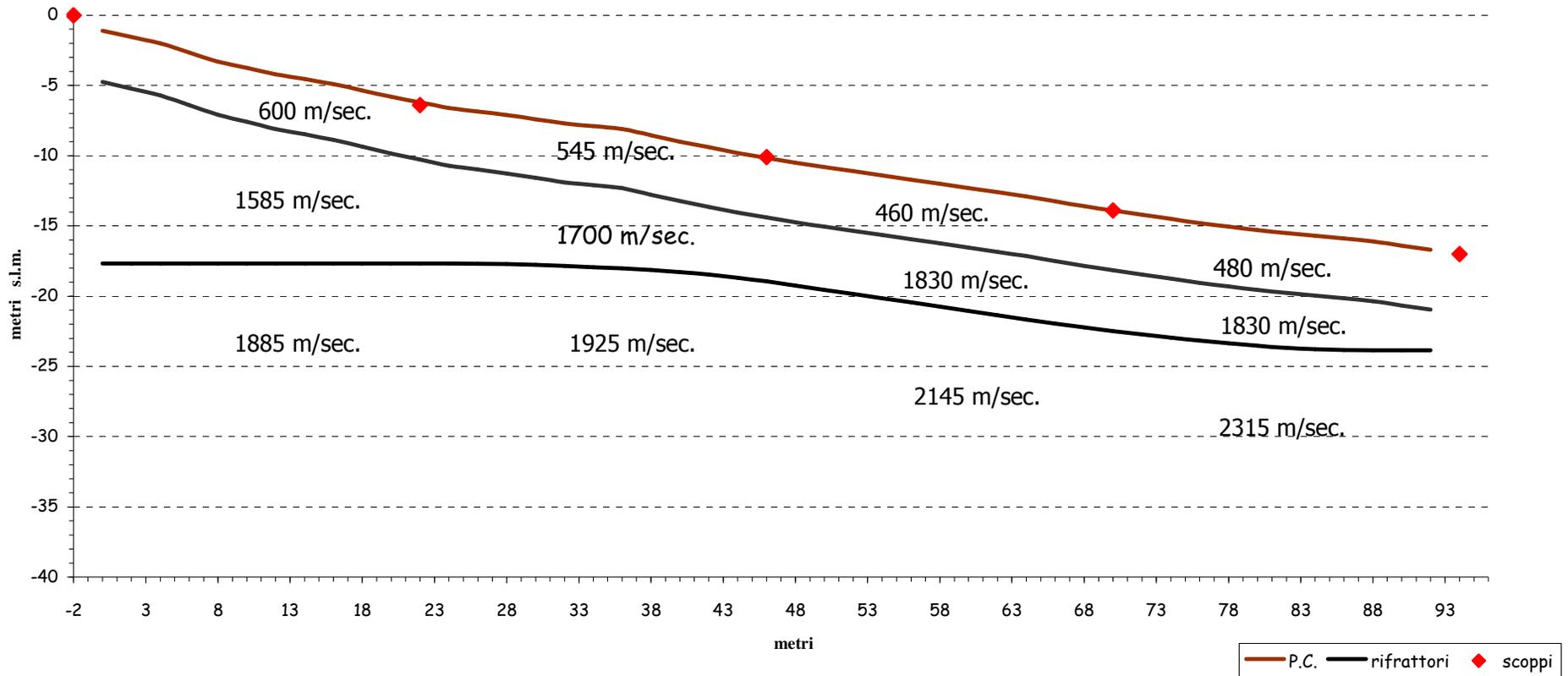
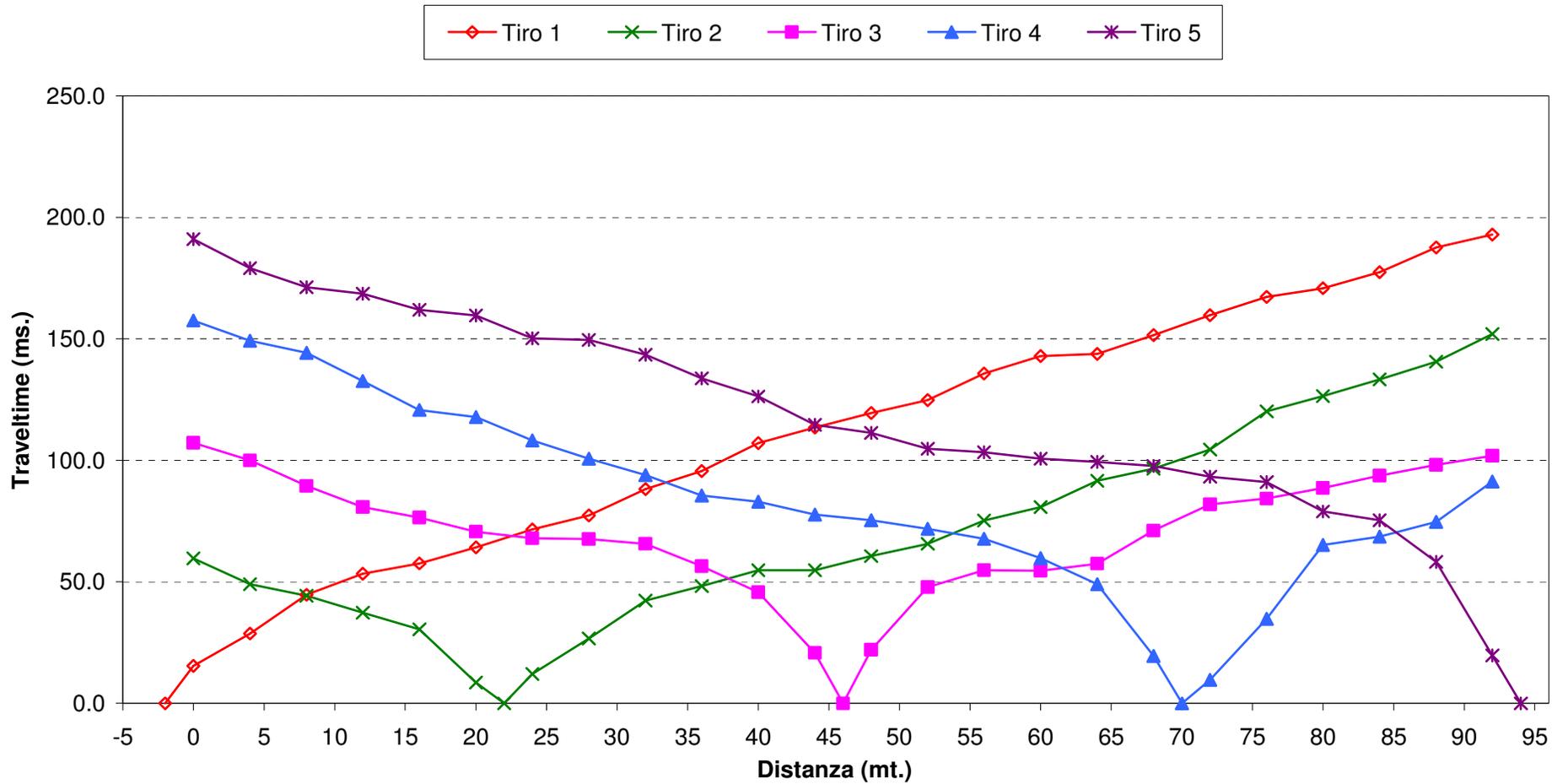


Tabella velocità e spessori Onde P Linea ST02

| Distanza dal geof.1 | Quota | V1 m/sec | Profondità 1 m. | V2 m/sec | Profondità 2 m. | V3 m/sec |
|------------------------|-------|-------------|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|
| 0 | -1.1 | 575 | 3.6 | 1580 | 16.57 | 1886 |
| 2 | -1.6 | 582 | 3.7 | 1579 | 16.12 | 1886 |
| 4 | -2.0 | 589 | 3.7 | 1579 | 15.67 | 1886 |
| 6 | -2.7 | 596 | 3.8 | 1580 | 15.02 | 1886 |
| 8 | -3.3 | 602 | 3.8 | 1581 | 14.37 | 1886 |
| 10 | -3.8 | 607 | 3.8 | 1581 | 13.92 | 1886 |
| 12 | -4.2 | 612 | 3.9 | 1582 | 13.47 | 1886 |
| 14 | -4.6 | 614 | 3.9 | 1583 | 13.12 | 1886 |
| 16 | -4.9 | 617 | 4.0 | 1584 | 12.77 | 1886 |
| 18 | -5.4 | 617 | 4.0 | 1588 | 12.32 | 1886 |
| 20 | -5.8 | 616 | 4.0 | 1592 | 11.87 | 1886 |
| 22 | -6.2 | 609 | 4.1 | 1598 | 11.47 | 1886 |
| 24 | -6.6 | 602 | 4.1 | 1604 | 11.07 | 1886 |
| 26 | -6.9 | 591 | 4.1 | 1612 | 10.84 | 1884 |
| 28 | -7.1 | 580 | 4.2 | 1623 | 10.62 | 1892 |
| 30 | -7.4 | 570 | 4.2 | 1638 | 10.38 | 1897 |
| 32 | -7.7 | 559 | 4.2 | 1661 | 10.15 | 1900 |
| 34 | -7.9 | 548 | 4.2 | 1685 | 10.03 | 1914 |
| 36 | -8.1 | 537 | 4.2 | 1709 | 9.93 | 1929 |
| 38 | -8.6 | 524 | 4.2 | 1731 | 9.59 | 1934 |
| 40 | -9.0 | 512 | 4.2 | 1750 | 9.28 | 1945 |
| 42 | -9.4 | 502 | 4.3 | 1770 | 9.06 | 1955 |
| 44 | -9.8 | 492 | 4.3 | 1787 | 8.89 | 1977 |
| 46 | -10.2 | 484 | 4.3 | 1804 | 8.80 | 2005 |
| 48 | -10.5 | 477 | 4.3 | 1817 | 8.75 | 2028 |
| 50 | -10.8 | 471 | 4.3 | 1826 | 8.75 | 2049 |
| 52 | -11.1 | 465 | 4.3 | 1830 | 8.75 | 2071 |
| 54 | -11.4 | 460 | 4.3 | 1830 | 8.75 | 2092 |
| 56 | -11.7 | 455 | 4.3 | 1830 | 8.75 | 2114 |
| 58 | -12.0 | 451 | 4.3 | 1830 | 8.75 | 2135 |
| 60 | -12.3 | 448 | 4.3 | 1830 | 8.75 | 2157 |
| 62 | -12.6 | 453 | 4.3 | 1830 | 8.76 | 2178 |
| 64 | -12.9 | 458 | 4.3 | 1830 | 8.76 | 2200 |
| 66 | -13.3 | 457 | 4.3 | 1830 | 8.70 | 2222 |
| 68 | -13.6 | 456 | 4.3 | 1830 | 8.63 | 2242 |
| 70 | -13.9 | 456 | 4.3 | 1830 | 8.58 | 2255 |
| 72 | -14.2 | 457 | 4.3 | 1830 | 8.52 | 2274 |
| 74 | -14.5 | 466 | 4.3 | 1830 | 8.45 | 2289 |
| 76 | -14.8 | 475 | 4.3 | 1830 | 8.36 | 2293 |
| 78 | -15.1 | 479 | 4.3 | 1830 | 8.30 | 2304 |
| 80 | -15.3 | 483 | 4.3 | 1830 | 8.23 | 2321 |
| 82 | -15.5 | 480 | 4.3 | 1830 | 8.18 | 2329 |
| 84 | -15.7 | 477 | 4.3 | 1830 | 8.07 | 2337 |
| 86 | -15.9 | 481 | 4.3 | 1830 | 7.93 | 2332 |
| 88 | -16.1 | 485 | 4.3 | 1830 | 7.75 | 2327 |
| 90 | -16.4 | 488 | 4.3 | 1830 | 7.45 | 2327 |
| 92 | -16.7 | 490 | 4.3 | 1830 | 7.15 | 2327 |

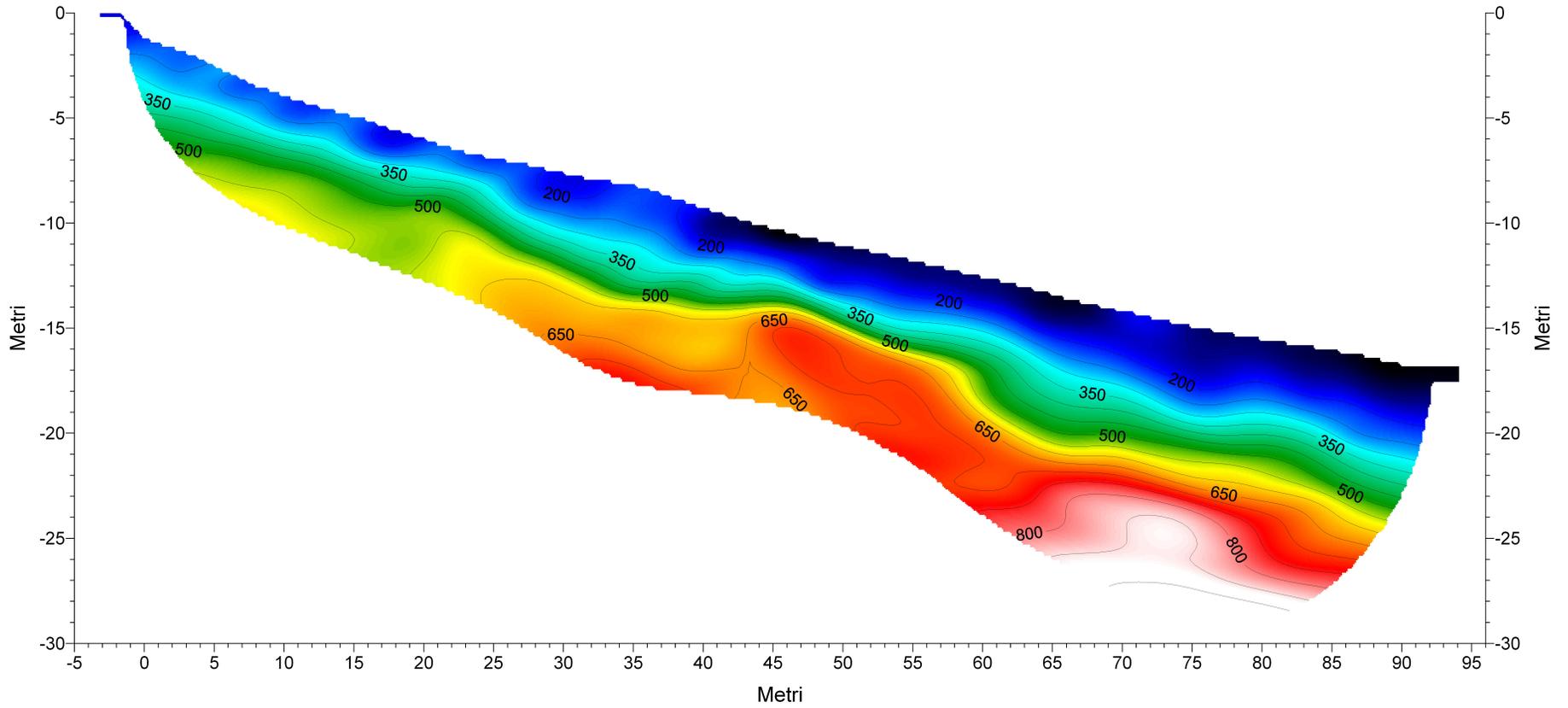


LINEA ST 2 - DROMOCRONE ONDE SH





Tomografia sismica ST2 onde SH





LINEA SISMICA ST02 SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA: ONDE SH

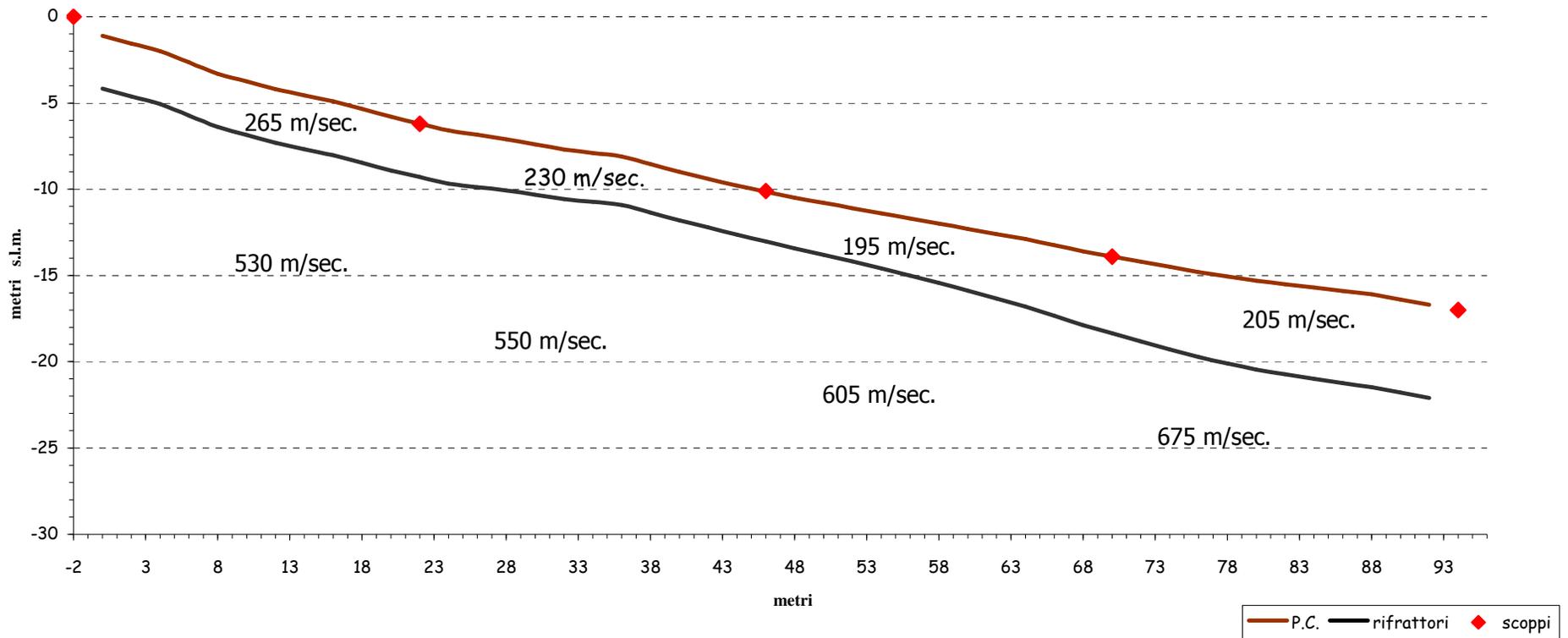


Tabella velocità e spessori Onde SH Linea ST02

| Distanza dal geof.1 | Quota | V1 m/sec | Profondità 1 m. | V2 m/sec | Profondità 2 m. | V3 m/sec |
|------------------------|-------|-------------|--------------------|-------------|--------------------|-------------|
| 0 | -1.1 | 258 | 3.1 | 531 | | |
| 2 | -1.6 | 260 | 3.1 | 528 | | |
| 4 | -2.0 | 262 | 3.1 | 526 | | |
| 6 | -2.7 | 264 | 3.1 | 523 | | |
| 8 | -3.3 | 266 | 3.1 | 521 | | |
| 10 | -3.8 | 266 | 3.1 | 520 | | |
| 12 | -4.2 | 267 | 3.1 | 524 | | |
| 14 | -4.6 | 266 | 3.1 | 527 | | |
| 16 | -4.9 | 266 | 3.1 | 531 | | |
| 18 | -5.4 | 264 | 3.1 | 535 | | |
| 20 | -5.8 | 263 | 3.1 | 538 | | |
| 22 | -6.2 | 259 | 3.1 | 540 | | |
| 24 | -6.6 | 255 | 3.1 | 542 | | |
| 26 | -6.9 | 249 | 3.0 | 544 | | |
| 28 | -7.1 | 244 | 3.0 | 546 | | |
| 30 | -7.4 | 239 | 2.9 | 548 | | |
| 32 | -7.7 | 234 | 2.9 | 550 | | |
| 34 | -7.9 | 229 | 2.8 | 550 | | |
| 36 | -8.1 | 225 | 2.8 | 551 | | |
| 38 | -8.6 | 220 | 2.8 | 552 | | |
| 40 | -9.0 | 215 | 2.8 | 554 | | |
| 42 | -9.4 | 211 | 2.8 | 556 | | |
| 44 | -9.8 | 207 | 2.8 | 559 | | |
| 46 | -10.2 | 204 | 2.9 | 562 | | |
| 48 | -10.5 | 201 | 2.9 | 567 | | |
| 50 | -10.8 | 199 | 3.0 | 572 | | |
| 52 | -11.1 | 196 | 3.1 | 578 | | |
| 54 | -11.4 | 194 | 3.2 | 583 | | |
| 56 | -11.7 | 192 | 3.3 | 588 | | |
| 58 | -12.0 | 191 | 3.4 | 596 | | |
| 60 | -12.3 | 190 | 3.6 | 604 | | |
| 62 | -12.6 | 191 | 3.8 | 611 | | |
| 64 | -12.9 | 192 | 3.9 | 620 | | |
| 66 | -13.3 | 193 | 4.1 | 630 | | |
| 68 | -13.6 | 193 | 4.3 | 640 | | |
| 70 | -13.9 | 195 | 4.5 | 648 | | |
| 72 | -14.2 | 196 | 4.6 | 655 | | |
| 74 | -14.5 | 198 | 4.8 | 663 | | |
| 76 | -14.8 | 200 | 4.9 | 670 | | |
| 78 | -15.1 | 203 | 5.1 | 675 | | |
| 80 | -15.3 | 205 | 5.2 | 677 | | |
| 82 | -15.5 | 205 | 5.2 | 679 | | |
| 84 | -15.7 | 205 | 5.3 | 680 | | |
| 86 | -15.9 | 206 | 5.4 | 680 | | |
| 88 | -16.1 | 206 | 5.4 | 679 | | |
| 90 | -16.4 | 207 | 5.4 | 678 | | |
| 92 | -16.7 | 208 | 5.4 | 677 | | |

INDAGINE GEOFISICA DI SISMICA A RIFRAZIONE

**Committente: Dott. Geol. Massimo Melani
per Società Marno**

Comune di Rosignano Marittimo

Poggibonsi 3/07/2009

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 12/06/2009 su incarico del Dott. Geol. Massimo Melani e per conto della società Marno, è stata eseguita un'indagine Geofisica di Sismica a Rifrazione in località Castelnuovo della Misericordia nel Comune di Rosignano Marittimo per la realizzazione di alcuni fabbricati.

L'obiettivo è stato determinare l'andamento delle velocità delle onde sismiche, desumendo il grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e possibilmente individuare eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche. Inoltre è stata determinata la velocità media delle onde S nei primi trenta metri.

A tale scopo sono stati eseguiti tre stendimenti di sismica a rifrazione, ubicate secondo lo schema presente in allegato.

2 - Metodologia di esecuzione delle indagini

La linee sismiche, sono state realizzate con un gruppo di 24 geofoni spaziate tra loro di 4 m. per le linee ST01 e ST02, mentre la linea ST03 è stata acquisita con spaziatura di 3 m. Questa spaziatura geofonica ha permesso di realizzare linee da 96 e 72 metri ed indagare in profondità per circa 30 metri con risoluzioni elevate. Le linee di sismica ST01 e ST03 sono state acquisite in onde P ed SH mentre ST02 solo in onde P.

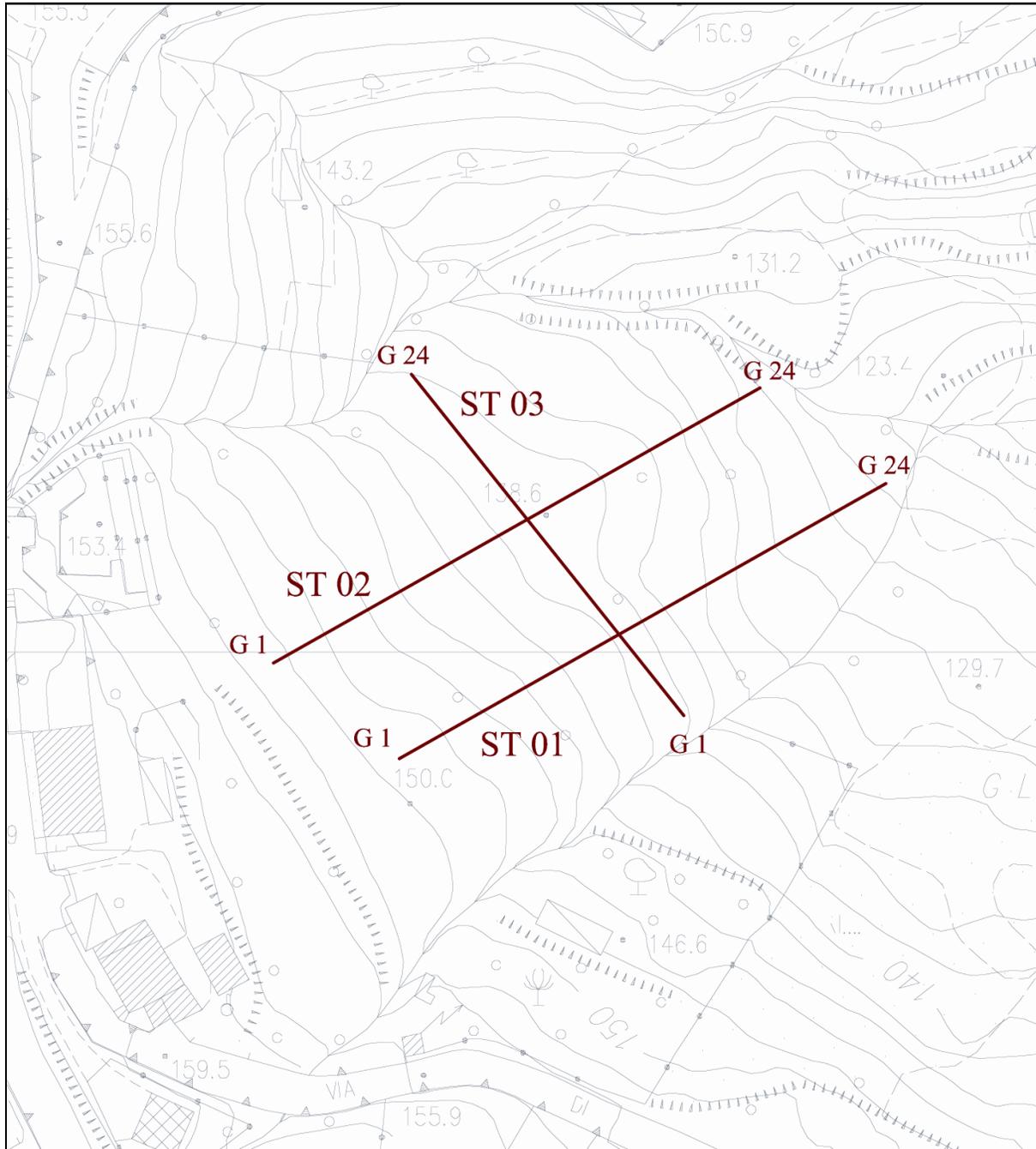
3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

Modalità esecutive della prova.

L'indagine sismica consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione di onde di volume (P) ed orizzontali per la generazione di onde di taglio (SH) e nel registrare le oscillazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale e orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali.

- a) individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- b) ricostruzione delle relative dromocrone;
- c) interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo ;



UBICAZIONE INDAGINI

SCALA 1:1000

APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

Sorgente onde P:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili, con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione, es. grave in caduta libera (massa da 110 kg), in alternativa è possibile utilizzare un cannoncino a cartucce industriali o una mazza di 8 kg adoperata per colpire una piastra di alluminio appoggiata sul terreno.

Sorgente onde SH:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infissione".

I profili sismici a rifrazione sono realizzati energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

I tiri esterni sono disposti in modo da ottenere un compromesso tra la necessità di avere due dromocrone (tempi di arrivo ai vari geofoni) corrispondenti all'orizzonte rifratore più profondo, lo spazio disponibile, e la necessità di avere degli arrivi chiaramente leggibili, poiché l'attenuazione degli impulsi con la distanza è abbastanza pronunciata.

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente verticale per le onde P, con frequenza propria di circa 14 Hz e da 24 geofoni a componente orizzontale per le onde SH, con frequenza propria di circa 10 Hz. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

Sistema di acquisizione dati:

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale con 24 canali a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica. Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Interpretazione dei profili sismici

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, ha permesso di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di taglio, inoltre con l'analisi del gradiente di velocità effettuata sulla sezione tomografica, è stato possibile evidenziare i principali passaggi stratigrafici e/o di consistenza.

Risultati:

L'indagine geofisica di sismica a rifrazione svolta per conto del Dott. Geol. Massimo Melani, in località Castelnuovo della Misericordia, nel Comune di Rosignano Marittimo, ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nell'area, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di volume (V_p) e di taglio (V_s), e la determinazione della geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

I dati acquisiti sono stati elaborati in tecnica tomografica, utilizzando il software Rayfract.

In particolare per il profilo **ST1** che ha raggiunto la profondità di circa 30 m., le elaborazioni hanno messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche schematizzabile secondo due sismostrati. Dalle sezioni tomografiche sia in onde P che SH, si osserva un livello superficiale con velocità medie di circa V_p 500 m/s e V_s 275 m/s, corrispondente alla coltre di areato superficiale e materiali alterati e un rifratore che segna il passaggio allo strato più profondo con velocità media di V_p 2200 m/s e V_s 595 m/s, dove le velocità continuano ad aumentare con la profondità e il gradiente è abbastanza omogeneo, corrispondente probabilmente ai materiali compatti del substrato.

Per il profilo **ST2** che ha raggiunto la profondità di circa 25 m., l'elaborazione ha messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche schematizzabile secondo due sismostrati. Dalle sezione tomografica in onde P, si osserva un livello superficiale con velocità medie di circa V_p 575 m/s, corrispondente alla coltre di areato superficiale e materiali alterati e un rifratore che segna il passaggio allo strato più profondo con velocità media di V_p 2530 m/s, dove le velocità continuano ad aumentare con la profondità e il gradiente è abbastanza omogeneo, corrispondente probabilmente ai materiali compatti del substrato.

Anche per il profilo **ST3** che ha raggiunto la profondità di circa 25 m., le elaborazioni hanno messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche schematizzabile secondo due sismostrati. Dalle sezioni tomografiche sia in onde P che SH, si osserva un livello superficiale con velocità medie di circa V_p 510 m/s e V_s 215 m/s, corrispondente alla coltre di areato superficiale e materiali alterati e un rifratore che segna il passaggio allo strato più profondo con velocità media di V_p 2230 m/s e V_s 630 m/s, dove le velocità continuano ad aumentare con la profondità e il gradiente è abbastanza omogeneo, corrispondente probabilmente ai materiali compatti del substrato.

Le sezioni del gradiente di velocità confermano e danno risalto allo schema sopra descritto.

Inoltre, sulla linea ST01 e ST03, in corrispondenza della zona evidenziata dal tratteggio utilizzando i dati delle elaborazioni tomografiche, è stata calcolata la $V_{S/30}$, (velocità media onde di taglio nei 30 m. più superficiali) che è risultata pari a **700** m/s.

Con tale parametro, a scopo indicativo, possiamo classificare il terreno di fondazione in CATEGORIA B ($360 \text{ m/s} < \underline{V_{S/30}} < 800 \text{ m/s}$) secondo il D.M. 14/09/2005 (Norme tecniche per le costruzioni).

Da notare che la sezione tomografica ST03 in onde SH mostra una marcata eterogeneità laterale con un aumento degli spessori dei materiali più lenti su un substrato notevolmente più veloce. (Lato destro della sezione, ovvero lato Nord-Ovest.)

Questo aspetto potrebbe far ricadere il terreno di fondazione in CATEGORIA E . Anche la parte Sud-Ovest e Nord-Est della Sezione ST01 SH mostra un fenomeno analogo.

Il Tecnico:
GeoEcho s.n.c.

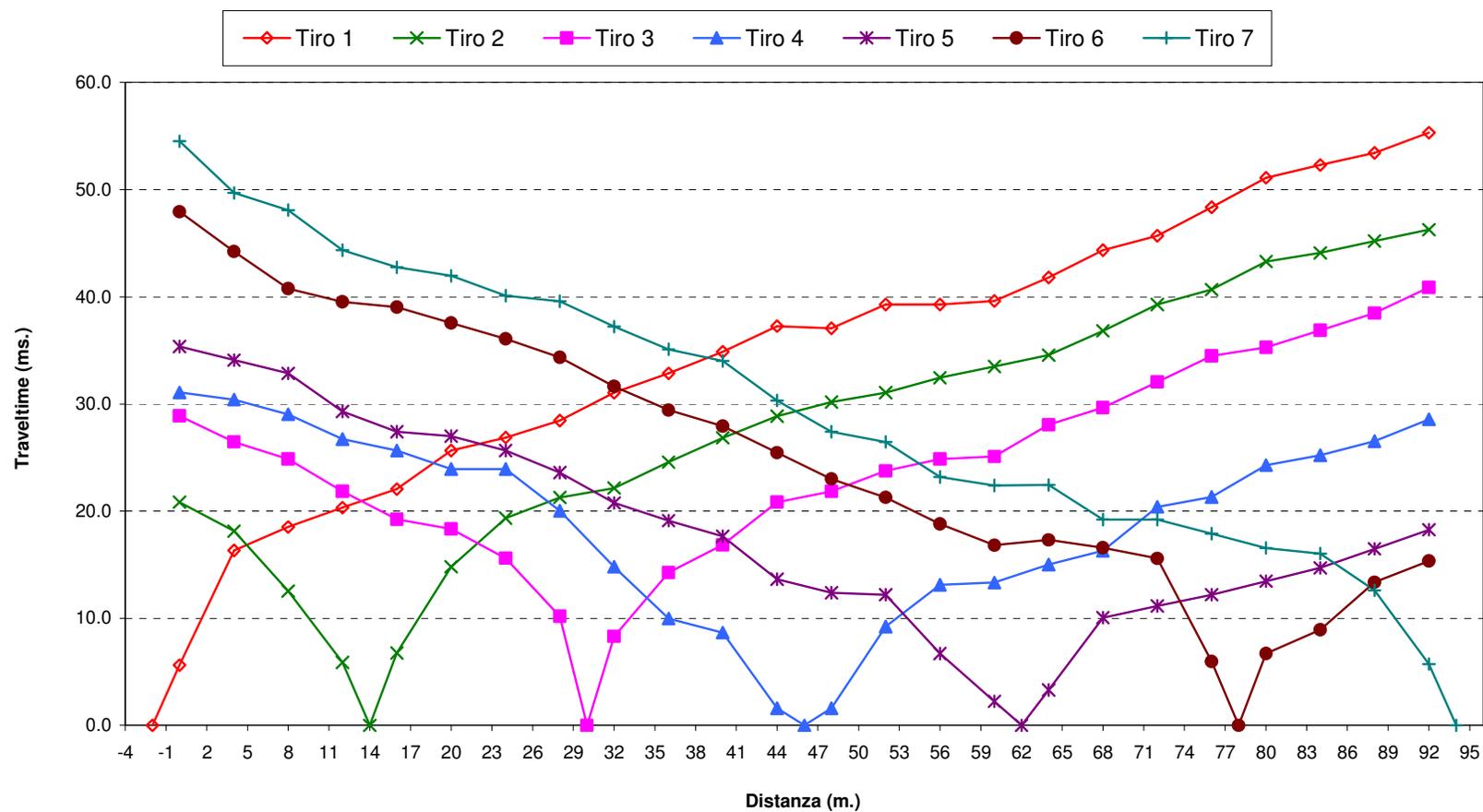
**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST1 ONDE P ED SH
SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

| 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 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Quote geof. (m) | 150.0 | 148.5 | 148.0 | 147.0 | 146.0 | 145.0 | 144.0 | 142.7 | 141.8 | 141.0 | 140.0 | 138.6 | 137.0 | 135.6 | 134.4 | 133.3 | 132.0 | 131.0 | 129.8 | 129.2 | 128.4 | 127.5 | 126.6 | 125.8 |

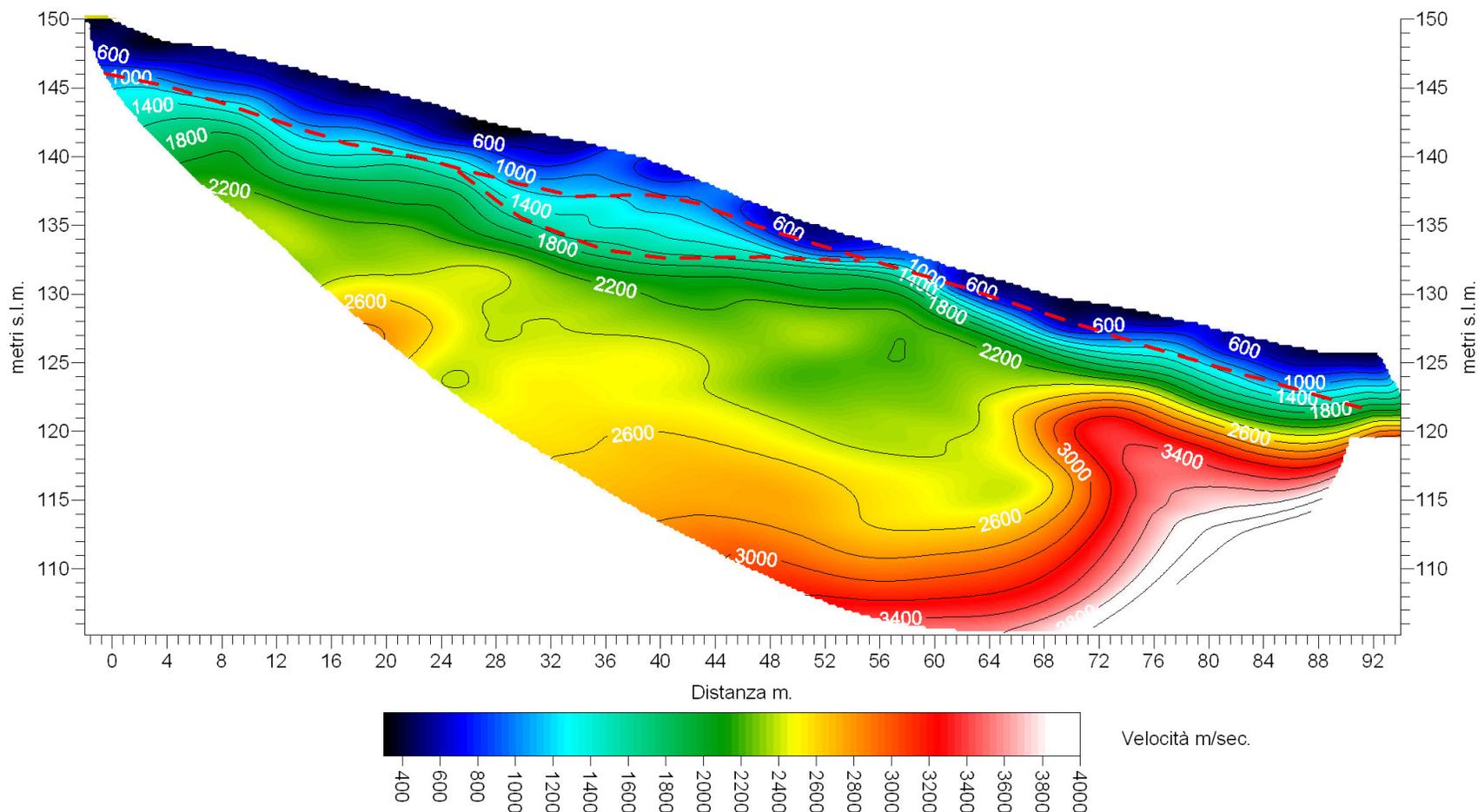
PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P ED SH

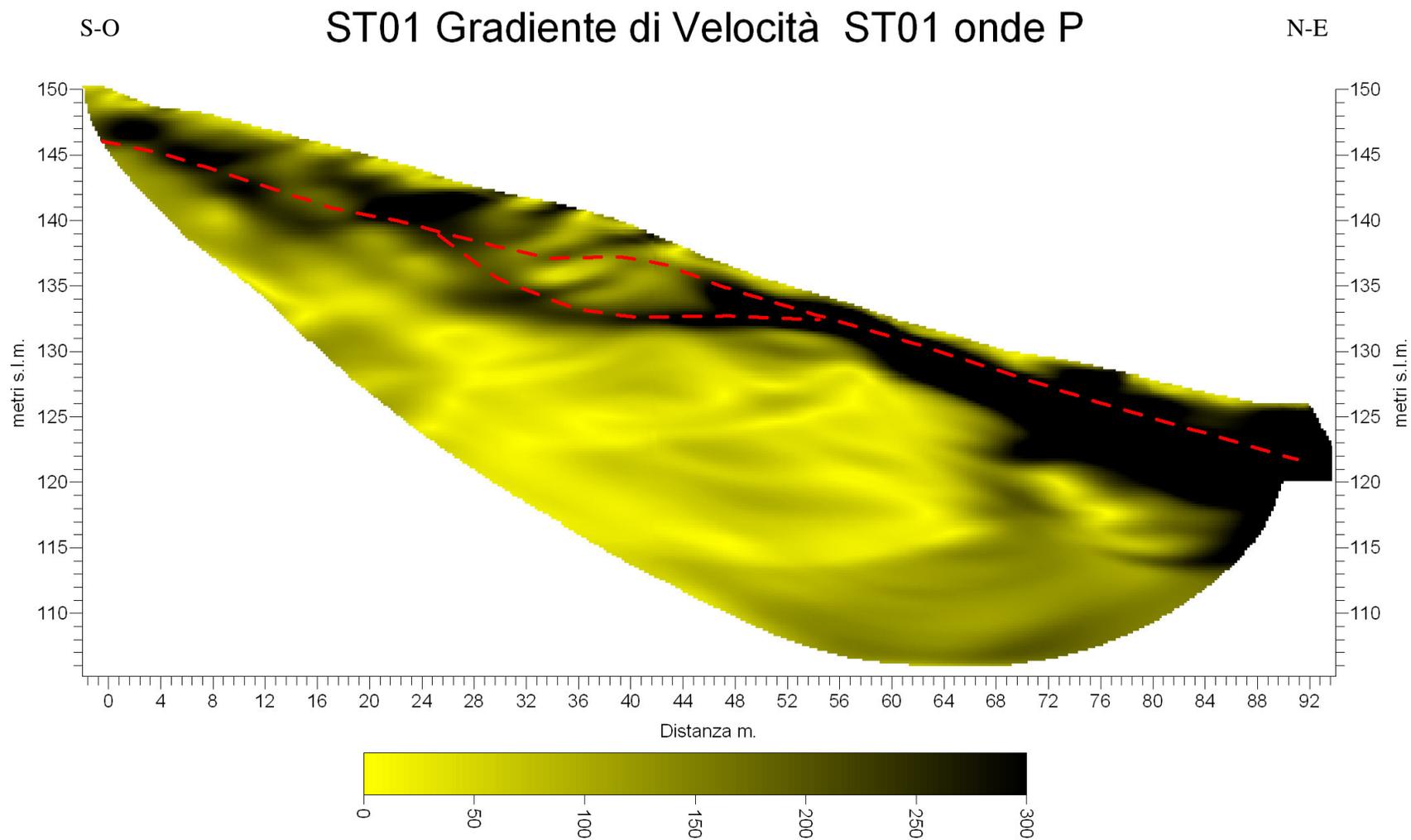
| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -2.0 | 14.0 | 30.0 | 46.0 | 62.0 | 78.0 | 94.0 |
| QUOTA (m s.l.m.) | 150.0 | 146.5 | 142.3 | 137.8 | 132.7 | 128.8 | 125.8 |

DROMOCRONE ST01 ONDE P



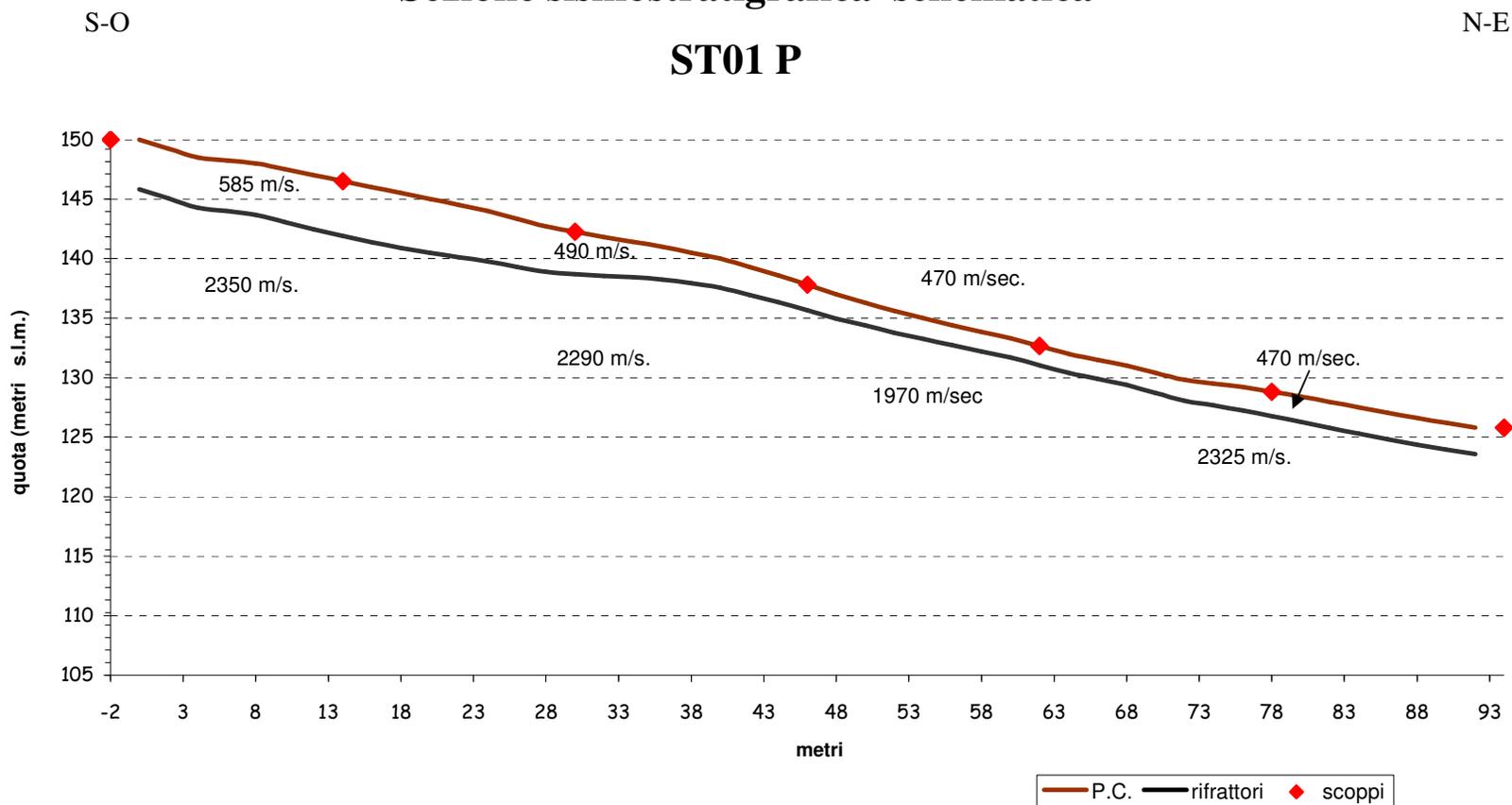
ST01 Tomografia Sismica onde P





Sezione sismostratigrafica schematica

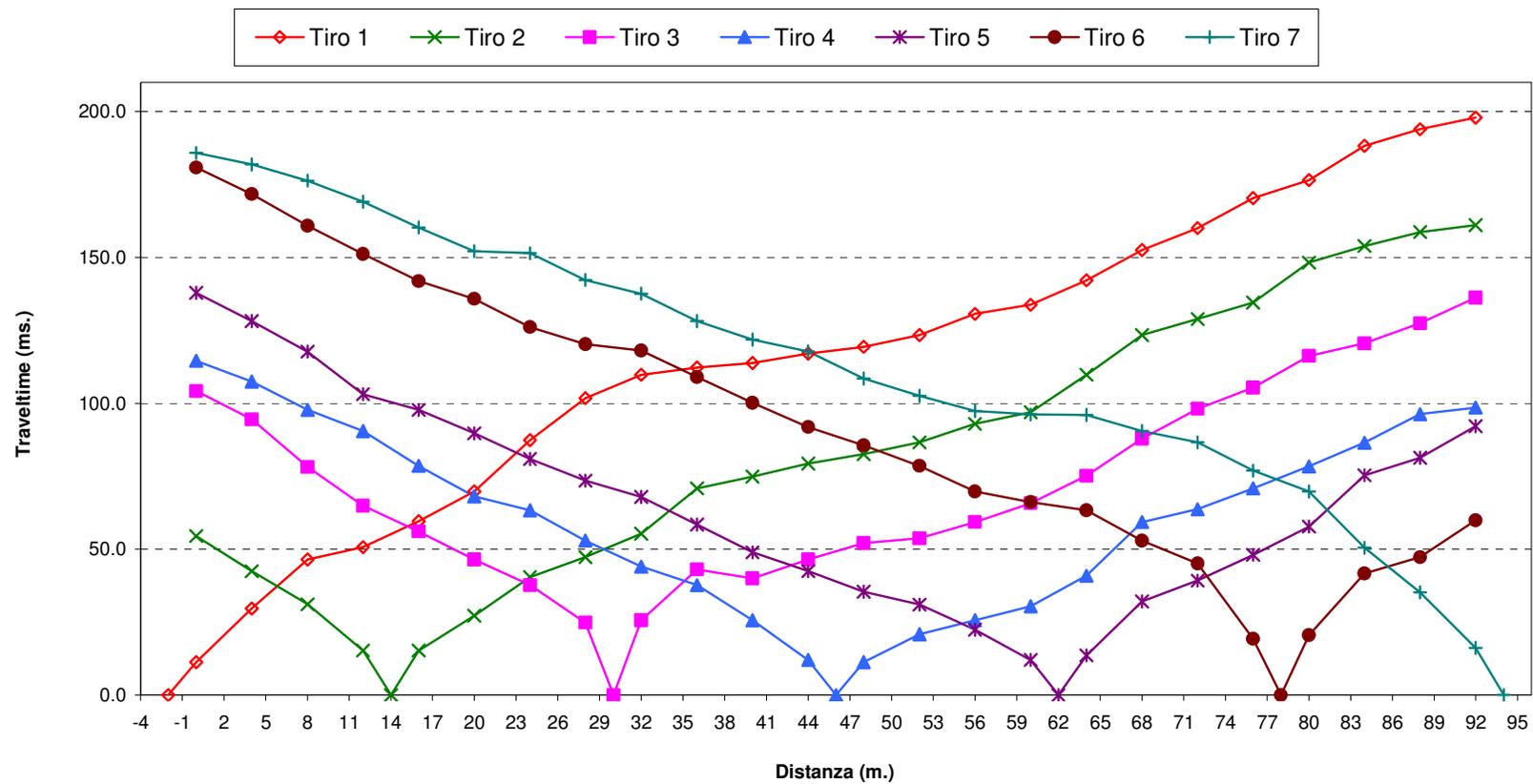
ST01 P



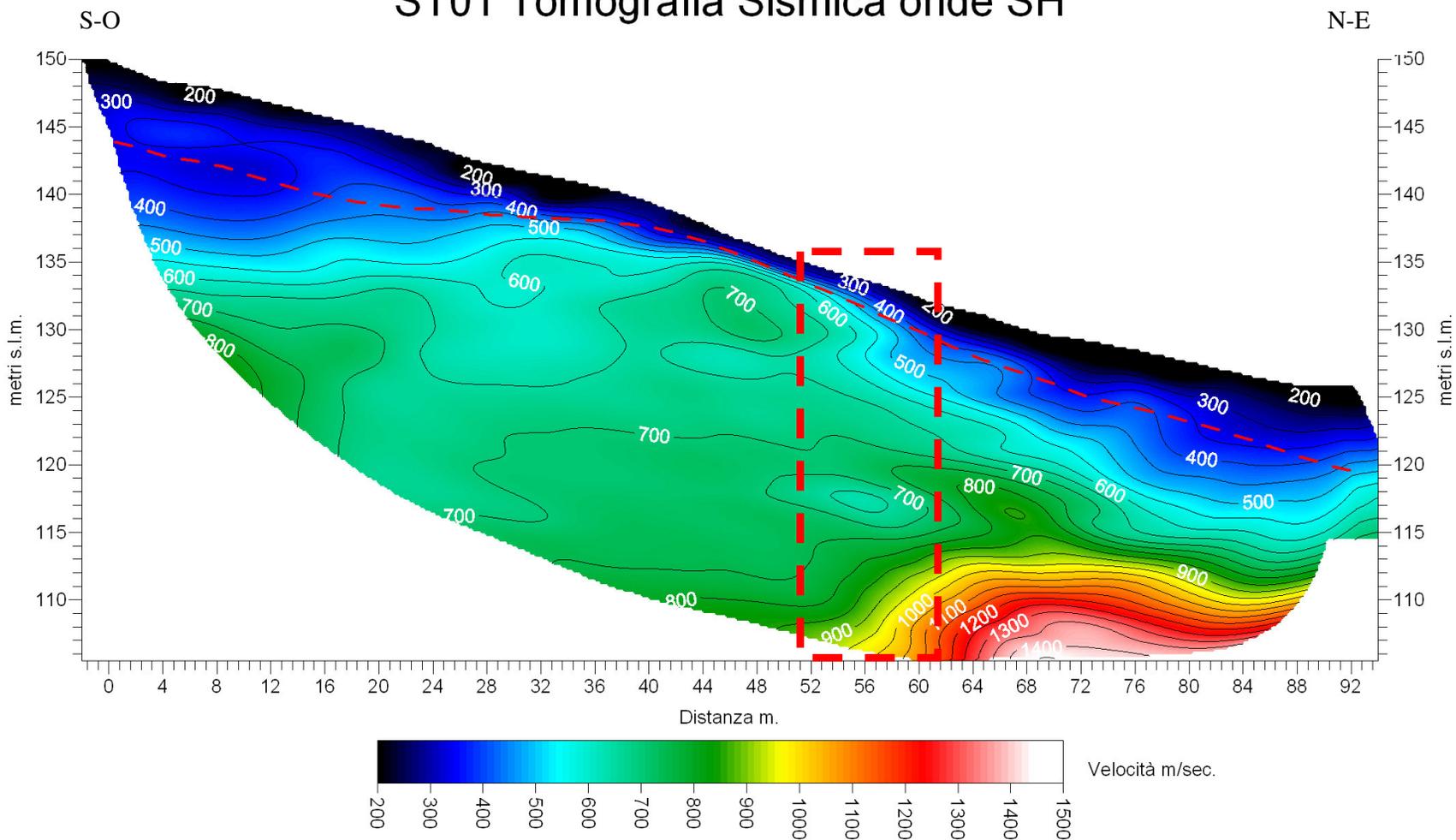
ST 01 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE P

| Distanza dal geof. 1 | Quota (metri s.l.m.) | V1 vel. 1° strato (metri/sec) | profondità rifrattore 1 | V2 vel. rifrattore 1 (metri/sec) |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 0 | 150.0 | 585 | 4.2 | 2224 |
| 2 | 149.3 | 586 | 4.2 | 2216 |
| 4 | 148.5 | 588 | 4.2 | 2210 |
| 6 | 148.3 | 591 | 4.3 | 2211 |
| 8 | 148.0 | 594 | 4.3 | 2219 |
| 10 | 147.5 | 600 | 4.4 | 2236 |
| 12 | 147.0 | 605 | 4.5 | 2328 |
| 14 | 146.5 | 596 | 4.6 | 2419 |
| 16 | 146.0 | 587 | 4.6 | 2489 |
| 18 | 145.5 | 575 | 4.6 | 2544 |
| 20 | 145.0 | 564 | 4.5 | 2574 |
| 22 | 144.5 | 552 | 4.4 | 2537 |
| 24 | 144.0 | 540 | 4.2 | 2539 |
| 26 | 143.4 | 527 | 4.0 | 2544 |
| 28 | 142.7 | 514 | 3.8 | 2523 |
| 30 | 142.3 | 498 | 3.6 | 2468 |
| 32 | 141.8 | 483 | 3.3 | 2383 |
| 34 | 141.4 | 477 | 3.0 | 2296 |
| 36 | 141.0 | 470 | 2.8 | 2212 |
| 38 | 140.5 | 470 | 2.6 | 2155 |
| 40 | 140.0 | 470 | 2.4 | 2129 |
| 42 | 139.3 | 470 | 2.4 | 2117 |
| 44 | 138.6 | 470 | 2.3 | 2091 |
| 46 | 137.8 | 470 | 2.2 | 2068 |
| 48 | 137.0 | 470 | 2.0 | 2033 |
| 50 | 136.3 | 470 | 1.9 | 1993 |
| 52 | 135.6 | 470 | 1.8 | 1957 |
| 54 | 135.0 | 470 | 1.7 | 1932 |
| 56 | 134.4 | 470 | 1.7 | 1931 |
| 58 | 133.9 | 470 | 1.7 | 1932 |
| 60 | 133.3 | 470 | 1.6 | 1948 |
| 62 | 132.7 | 470 | 1.6 | 1955 |
| 64 | 132.0 | 470 | 1.6 | 1966 |
| 66 | 131.5 | 470 | 1.6 | 1984 |
| 68 | 131.0 | 470 | 1.6 | 2008 |
| 70 | 130.4 | 470 | 1.7 | 2029 |
| 72 | 129.8 | 470 | 1.8 | 2092 |
| 74 | 129.5 | 470 | 1.8 | 2155 |
| 76 | 129.2 | 470 | 1.9 | 2219 |
| 78 | 128.8 | 470 | 2.0 | 2289 |
| 80 | 128.4 | 470 | 2.1 | 2350 |
| 82 | 128.0 | 470 | 2.2 | 2381 |
| 84 | 127.5 | 470 | 2.2 | 2408 |
| 86 | 127.1 | 470 | 2.2 | 2423 |
| 88 | 126.6 | 470 | 2.2 | 2422 |
| 90 | 126.2 | 470 | 2.2 | 2416 |
| 92 | 125.8 | 470 | 2.2 | 2407 |

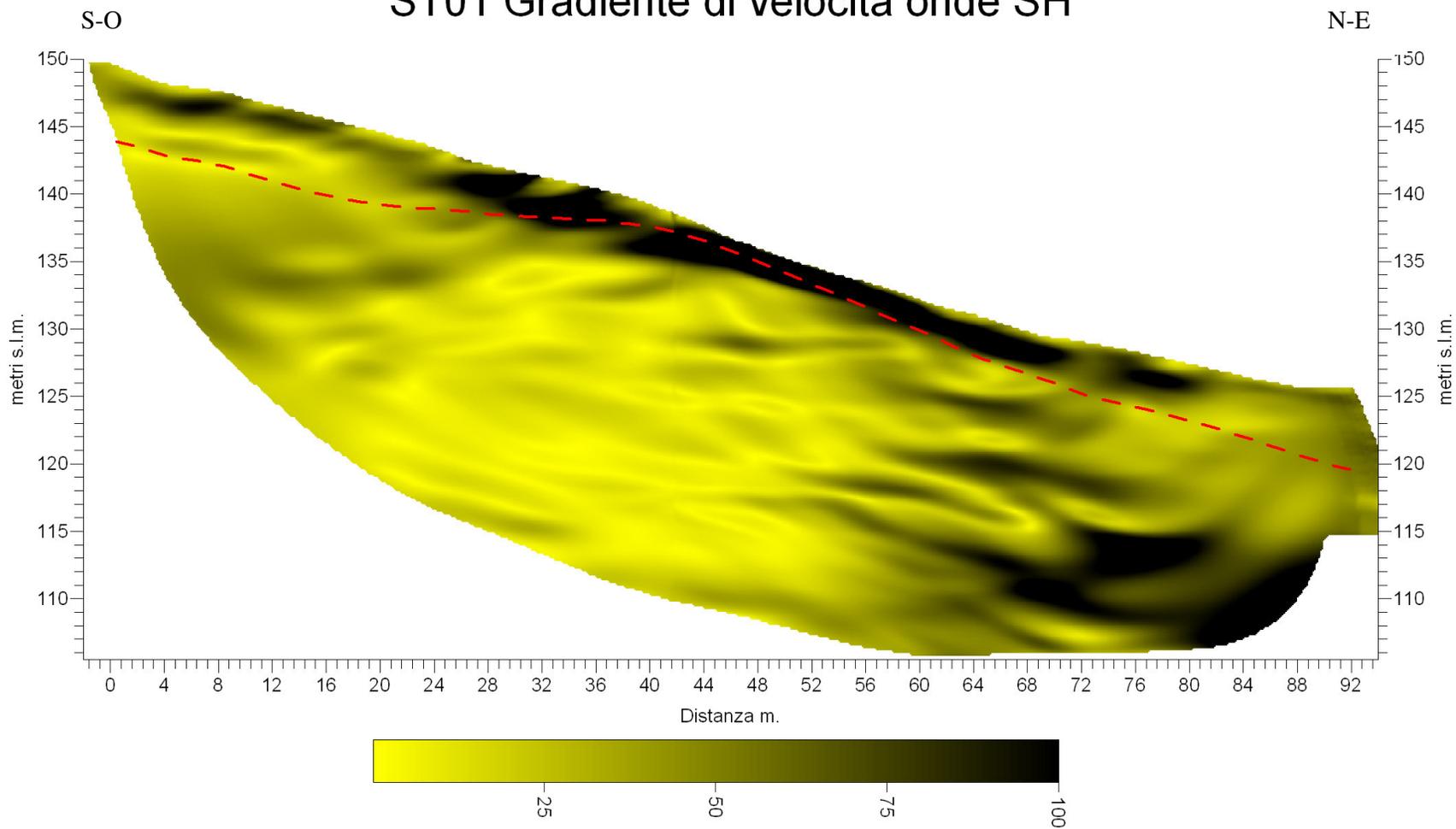
DROMOCRONE ST01 ONDE SH



ST01 Tomografia Sismica onde SH



ST01 Gradiente di velocità onde SH

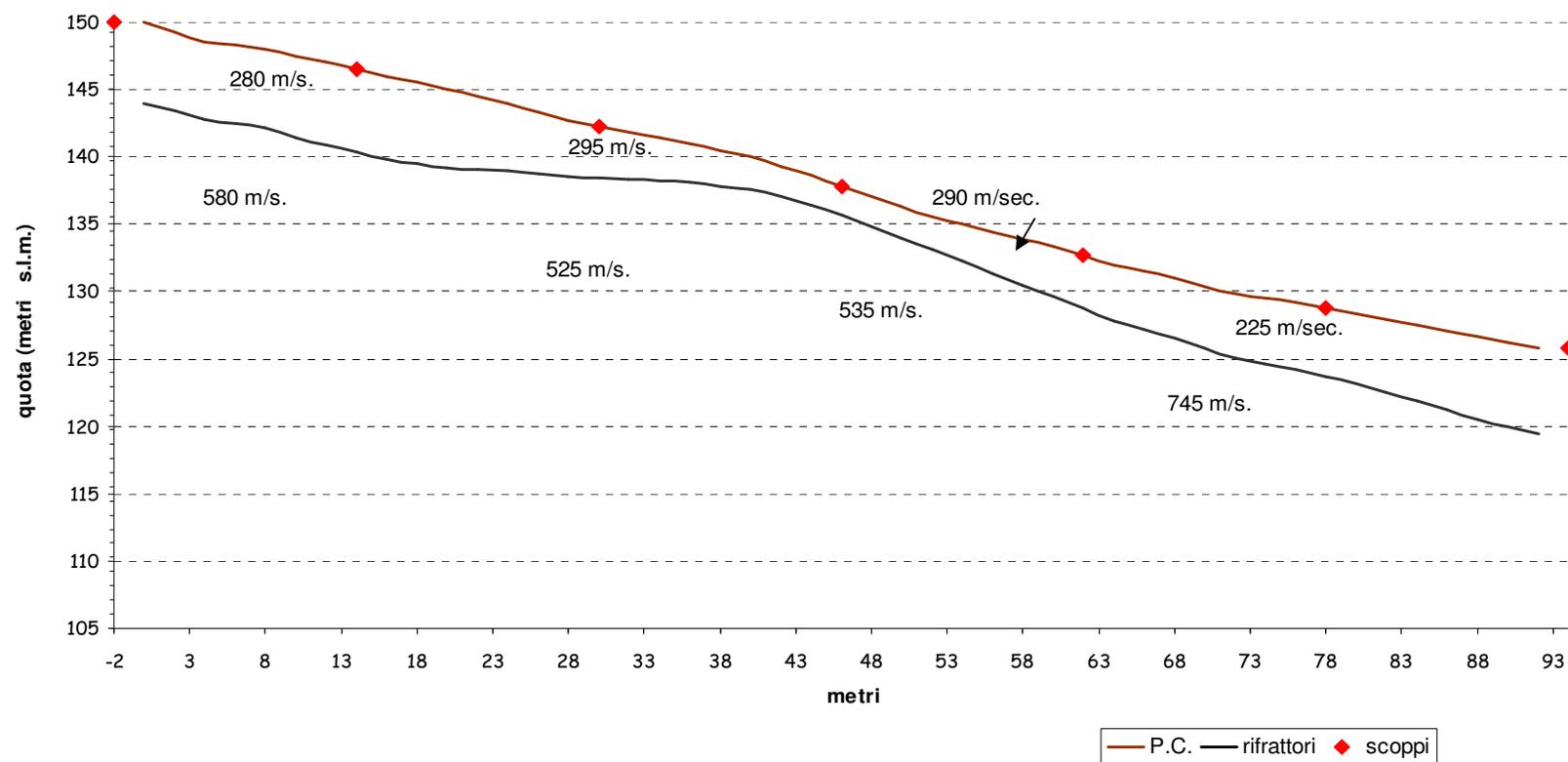


Sezione sismostratigrafica schematica

S-O

N-E

ST01 SH



ST 01 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE SH

| Distanza dal geof. 1 | Quota (metri s.l.m.) | V1 vel. 1° strato (metri/sec) | profondità rifrattore 1 | V2 vel. rifrattore 1 (metri/sec) |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 0 | 150.0 | 283 | 6.1 | 611 |
| 2 | 149.3 | 283 | 5.9 | 568 |
| 4 | 148.5 | 284 | 5.7 | 538 |
| 6 | 148.3 | 286 | 5.8 | 548 |
| 8 | 148.0 | 288 | 5.9 | 561 |
| 10 | 147.5 | 286 | 6.1 | 571 |
| 12 | 147.0 | 285 | 6.2 | 578 |
| 14 | 146.5 | 284 | 6.2 | 587 |
| 16 | 146.0 | 283 | 6.2 | 598 |
| 18 | 145.5 | 281 | 6.0 | 608 |
| 20 | 145.0 | 280 | 5.8 | 611 |
| 22 | 144.5 | 279 | 5.5 | 605 |
| 24 | 144.0 | 277 | 5.1 | 588 |
| 26 | 143.4 | 277 | 4.6 | 570 |
| 28 | 142.7 | 277 | 4.2 | 553 |
| 30 | 142.3 | 281 | 3.8 | 544 |
| 32 | 141.8 | 285 | 3.5 | 536 |
| 34 | 141.4 | 291 | 3.2 | 529 |
| 36 | 141.0 | 298 | 2.9 | 518 |
| 38 | 140.5 | 304 | 2.7 | 508 |
| 40 | 140.0 | 309 | 2.4 | 500 |
| 42 | 139.3 | 314 | 2.3 | 495 |
| 44 | 138.6 | 318 | 2.2 | 489 |
| 46 | 137.8 | 320 | 2.2 | 487 |
| 48 | 137.0 | 322 | 2.2 | 488 |
| 50 | 136.3 | 321 | 2.3 | 489 |
| 52 | 135.6 | 320 | 2.5 | 493 |
| 54 | 135.0 | 314 | 2.7 | 500 |
| 56 | 134.4 | 309 | 3.0 | 511 |
| 58 | 133.9 | 300 | 3.3 | 524 |
| 60 | 133.3 | 292 | 3.6 | 540 |
| 62 | 132.7 | 283 | 3.9 | 553 |
| 64 | 132.0 | 274 | 4.1 | 565 |
| 66 | 131.5 | 266 | 4.3 | 579 |
| 68 | 131.0 | 258 | 4.5 | 593 |
| 70 | 130.4 | 250 | 4.6 | 605 |
| 72 | 129.8 | 243 | 4.8 | 621 |
| 74 | 129.5 | 237 | 4.9 | 636 |
| 76 | 129.2 | 231 | 5.0 | 650 |
| 78 | 128.8 | 227 | 5.2 | 663 |
| 80 | 128.4 | 223 | 5.3 | 676 |
| 82 | 128.0 | 221 | 5.5 | 688 |
| 84 | 127.5 | 219 | 5.6 | 741 |
| 86 | 127.1 | 218 | 5.8 | 804 |
| 88 | 126.6 | 217 | 6.1 | 861 |
| 90 | 126.2 | 217 | 6.2 | 915 |
| 92 | 125.8 | 217 | 6.3 | 953 |

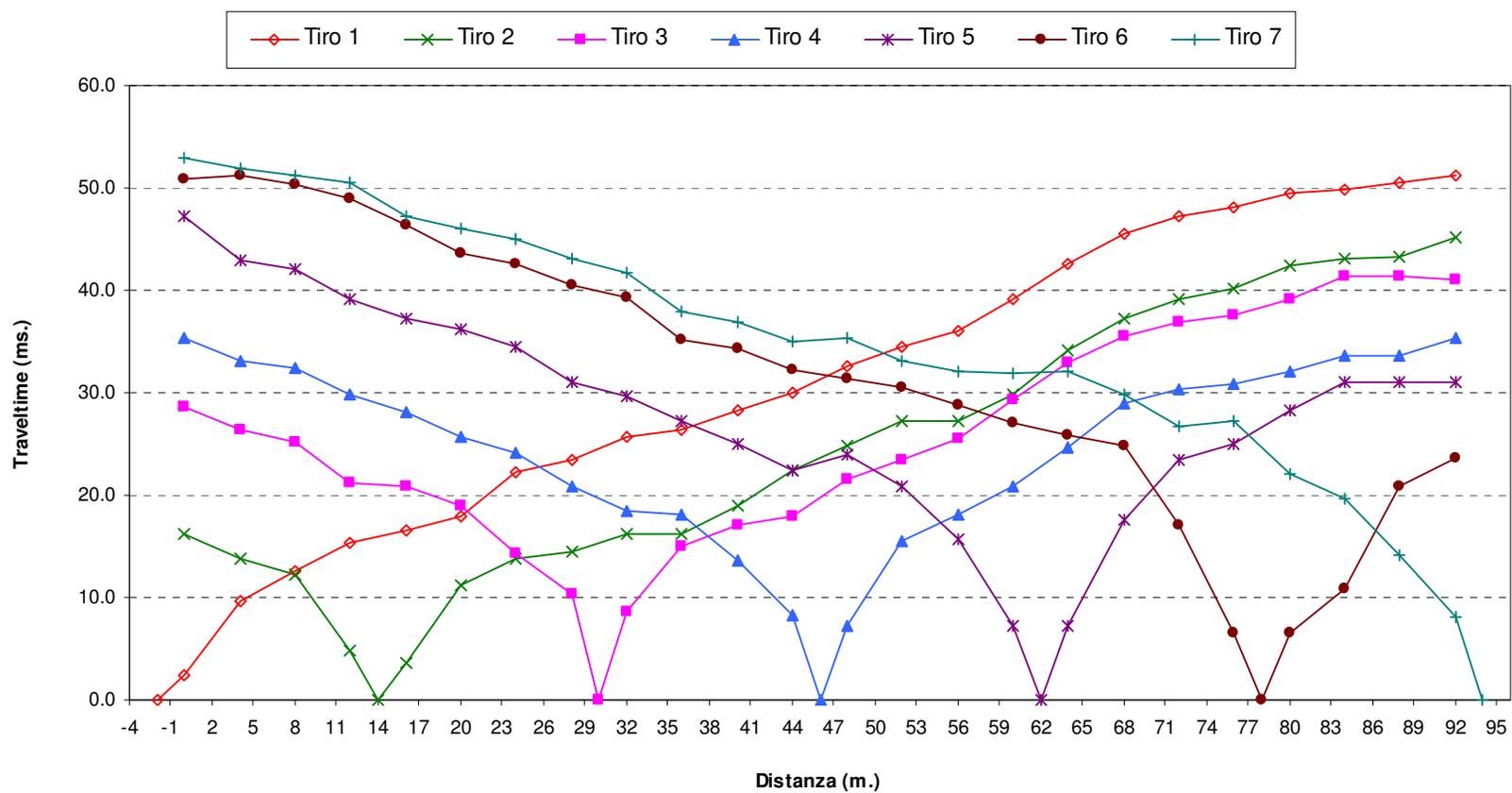
INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST2 ONDE P
SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

| 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 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Quote geof. (m) | 151.00 | 149.50 | 148.50 | 147.50 | 146.50 | 145.20 | 144.00 | 143.20 | 142.30 | 141.50 | 140.50 | 139.70 | 139.00 | 138.60 | 138.40 | 138.20 | 137.70 | 136.50 | 135.80 | 134.20 | 132.00 | 131.00 | 130.00 | 129.00 |

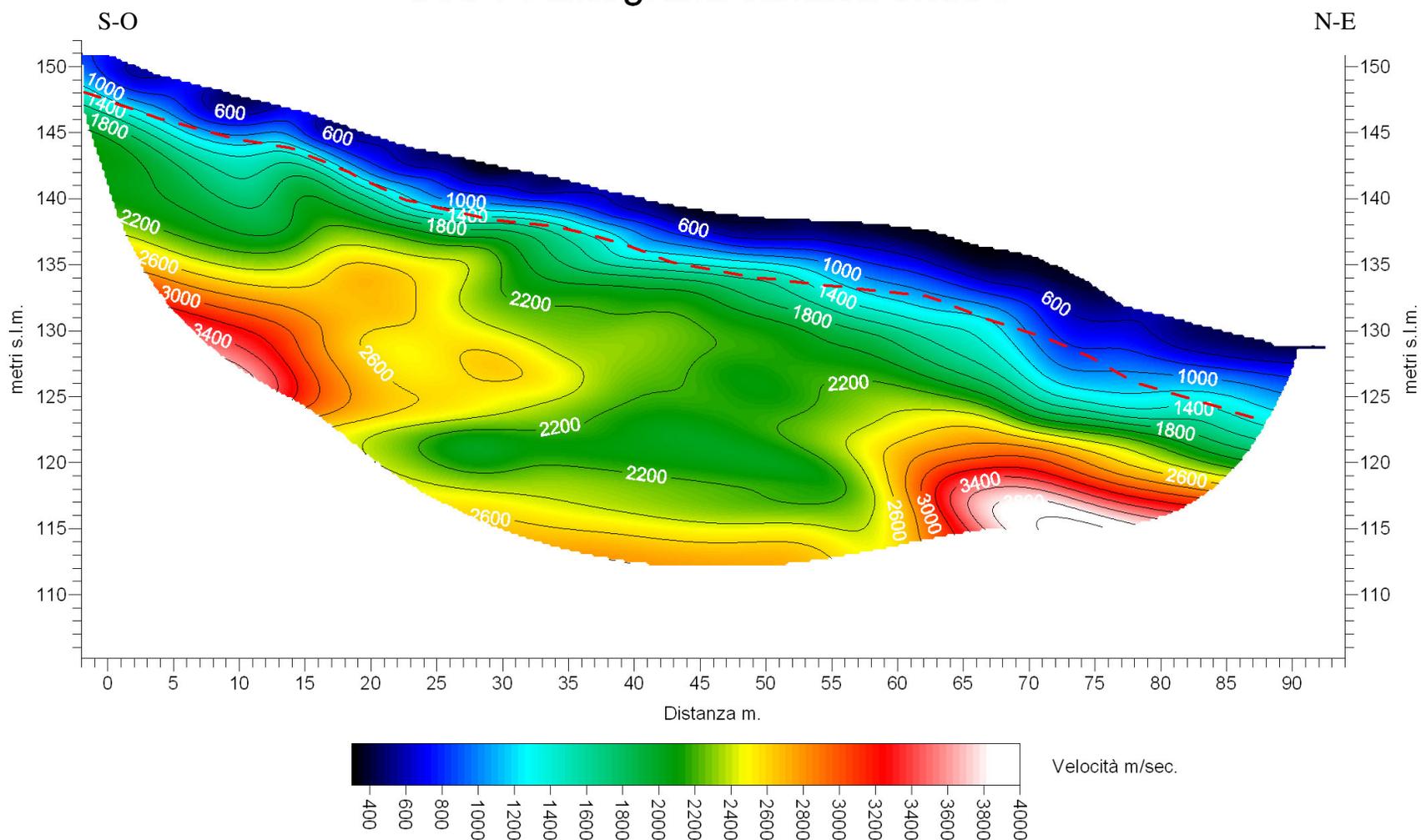
PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P

| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -2.0 | 14.0 | 30.0 | 46.0 | 62.0 | 78.0 | 94.0 |
| QUOTA (m s.l.m.) | 151.0 | 147.0 | 142.8 | 139.4 | 138.0 | 133.1 | 129.0 |

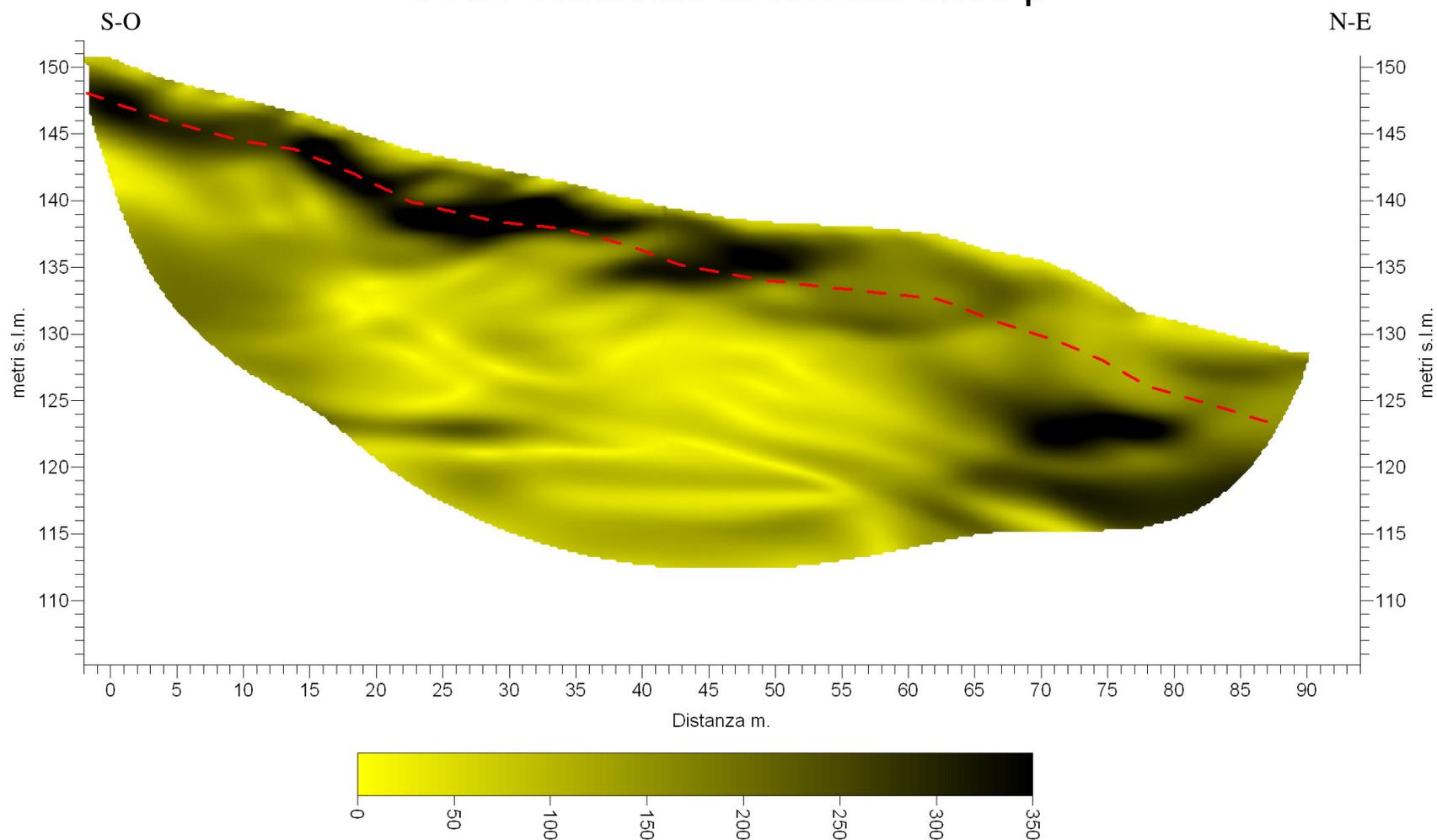
DROMOCRONE ST02 ONDE P



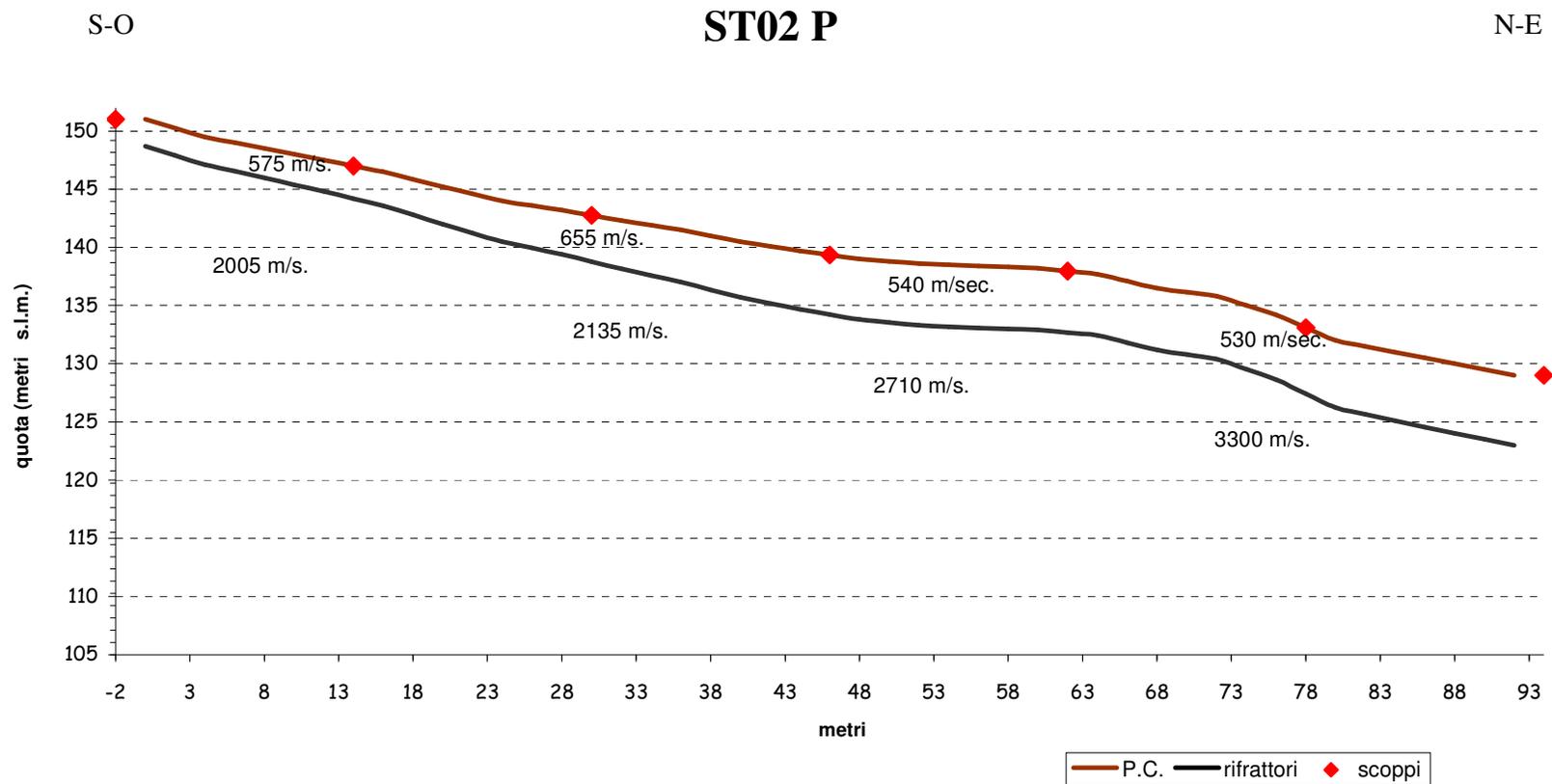
ST02 Tomografia sismica onde P



ST02 Gradiente di velocità onde p



Sezione sismostratigrafica schematica



ST 02 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE P

| Distanza dal geof. 1 | Quota (metri s.l.m.) | V1 vel. 1° strato (metri/sec) | profondità rifrattore 1 | V2 vel. rifrattore 1 (metri/sec) |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 0 | 151.0 | 554 | 2.3 | 1881 |
| 2 | 150.3 | 554 | 2.3 | 1914 |
| 4 | 149.5 | 554 | 2.4 | 1951 |
| 6 | 149.0 | 554 | 2.5 | 1987 |
| 8 | 148.5 | 554 | 2.5 | 2018 |
| 10 | 148.0 | 559 | 2.6 | 2044 |
| 12 | 147.5 | 564 | 2.7 | 2049 |
| 14 | 147.0 | 577 | 2.8 | 2048 |
| 16 | 146.5 | 591 | 2.9 | 2043 |
| 18 | 145.9 | 604 | 3.1 | 2042 |
| 20 | 145.2 | 618 | 3.2 | 2035 |
| 22 | 144.6 | 633 | 3.4 | 2040 |
| 24 | 144.0 | 648 | 3.5 | 2040 |
| 26 | 143.6 | 658 | 3.7 | 2034 |
| 28 | 143.2 | 668 | 3.8 | 2019 |
| 30 | 142.8 | 675 | 4.0 | 2034 |
| 32 | 142.3 | 681 | 4.1 | 2055 |
| 34 | 141.9 | 675 | 4.3 | 2075 |
| 36 | 141.5 | 669 | 4.5 | 2118 |
| 38 | 141.0 | 659 | 4.6 | 2170 |
| 40 | 140.5 | 650 | 4.8 | 2202 |
| 42 | 140.1 | 636 | 4.9 | 2240 |
| 44 | 139.7 | 623 | 5.0 | 2293 |
| 46 | 139.4 | 609 | 5.1 | 2340 |
| 48 | 139.0 | 596 | 5.2 | 2399 |
| 50 | 138.8 | 583 | 5.3 | 2476 |
| 52 | 138.6 | 570 | 5.3 | 2540 |
| 54 | 138.5 | 558 | 5.3 | 2588 |
| 56 | 138.4 | 546 | 5.3 | 2652 |
| 58 | 138.3 | 536 | 5.3 | 2706 |
| 60 | 138.2 | 525 | 5.3 | 2752 |
| 62 | 138.0 | 518 | 5.3 | 2792 |
| 64 | 137.7 | 511 | 5.3 | 2852 |
| 66 | 137.1 | 509 | 5.3 | 2893 |
| 68 | 136.5 | 507 | 5.3 | 2934 |
| 70 | 136.2 | 509 | 5.3 | 2976 |
| 72 | 135.8 | 511 | 5.4 | 3006 |
| 74 | 135.0 | 515 | 5.5 | 3087 |
| 76 | 134.2 | 518 | 5.6 | 3196 |
| 78 | 133.1 | 522 | 5.7 | 3302 |
| 80 | 132.0 | 526 | 5.8 | 3408 |
| 82 | 131.5 | 530 | 5.8 | 3491 |
| 84 | 131.0 | 534 | 5.9 | 3477 |
| 86 | 130.5 | 537 | 6.0 | 3473 |
| 88 | 130.0 | 540 | 6.0 | 3479 |
| 90 | 129.5 | 541 | 6.0 | 3489 |
| 92 | 129.0 | 543 | 6.0 | 3502 |

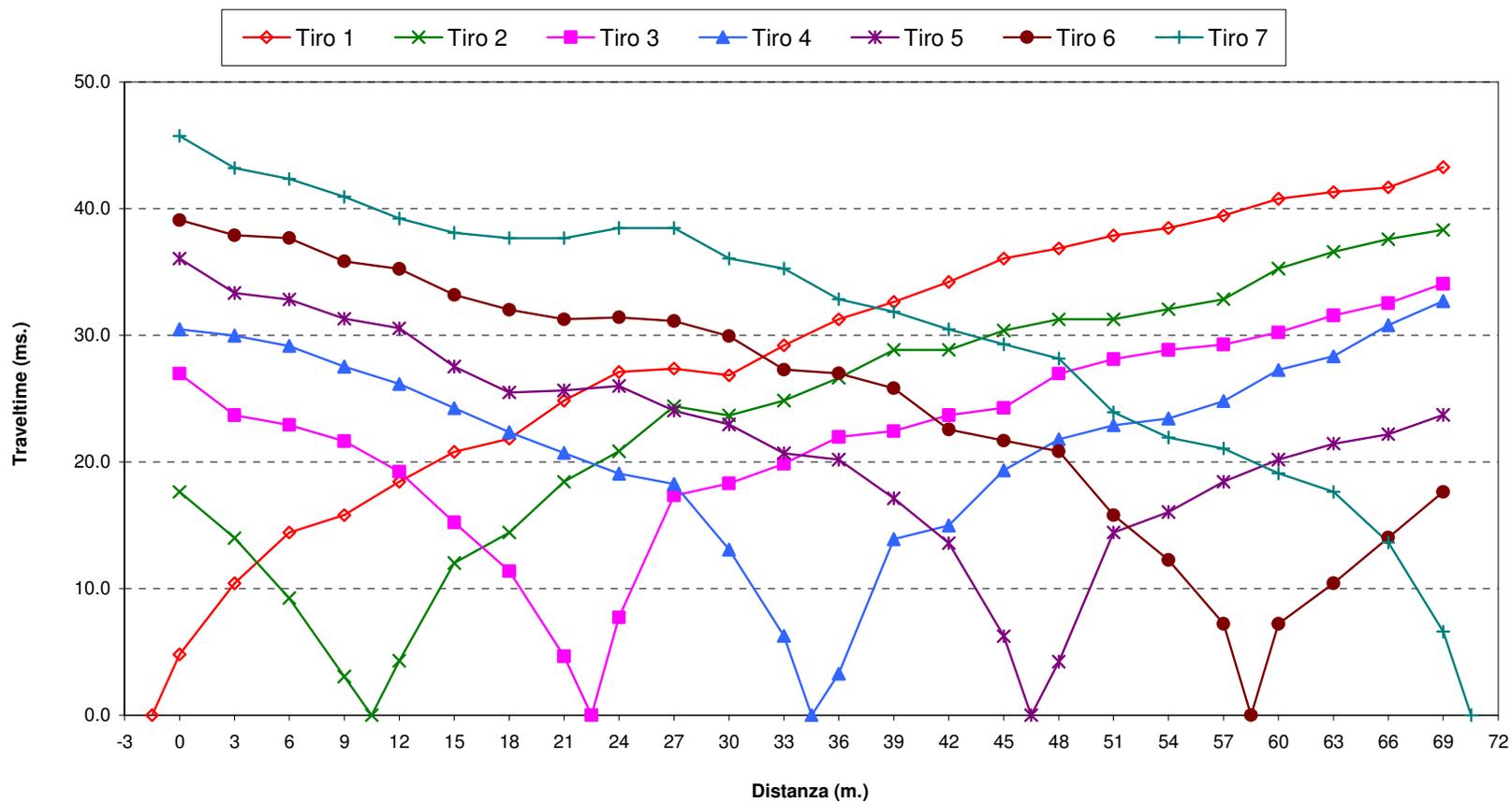
**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST3 ONDE P ED SH
SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

| 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 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 45 | 48 | 51 | 54 | 57 | 60 | 63 | 66 | 69 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Quote geof. (m) | 138.20 | 138.47 | 138.73 | 139.00 | 139.27 | 139.53 | 139.80 | 139.69 | 139.57 | 139.46 | 139.34 | 139.23 | 139.11 | 139.00 | 139.00 | 138.89 | 138.78 | 138.67 | 138.56 | 138.44 | 138.33 | 138.22 | 138.11 | 138.00 |

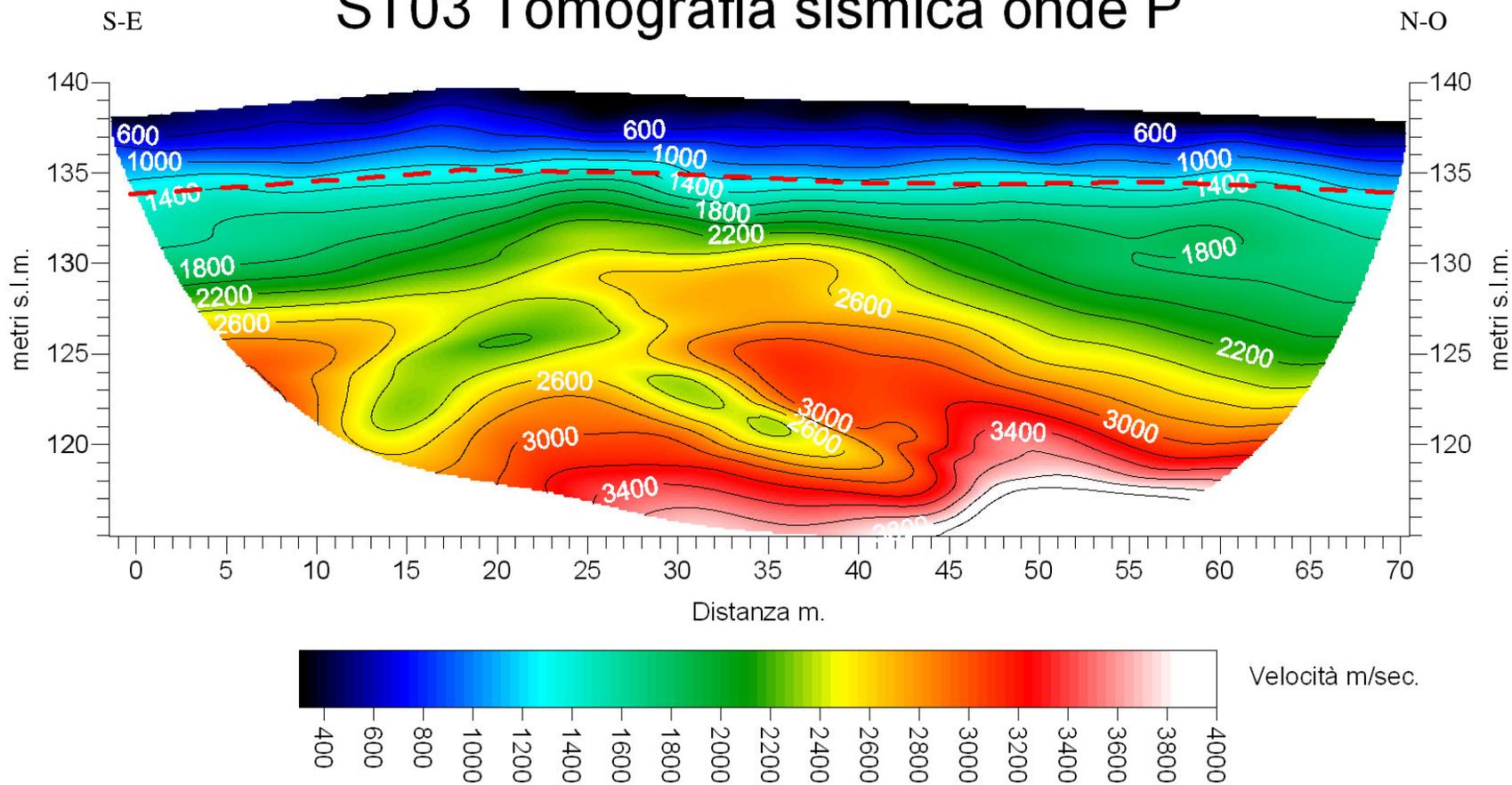
PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P ED SH

| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -1.5 | 10.5 | 22.5 | 34.5 | 46.5 | 58.5 | 70.5 |
| QUOTA (m s.l.m.) | 138.2 | 139.1 | 139.6 | 139.2 | 138.8 | 138.4 | 138.0 |

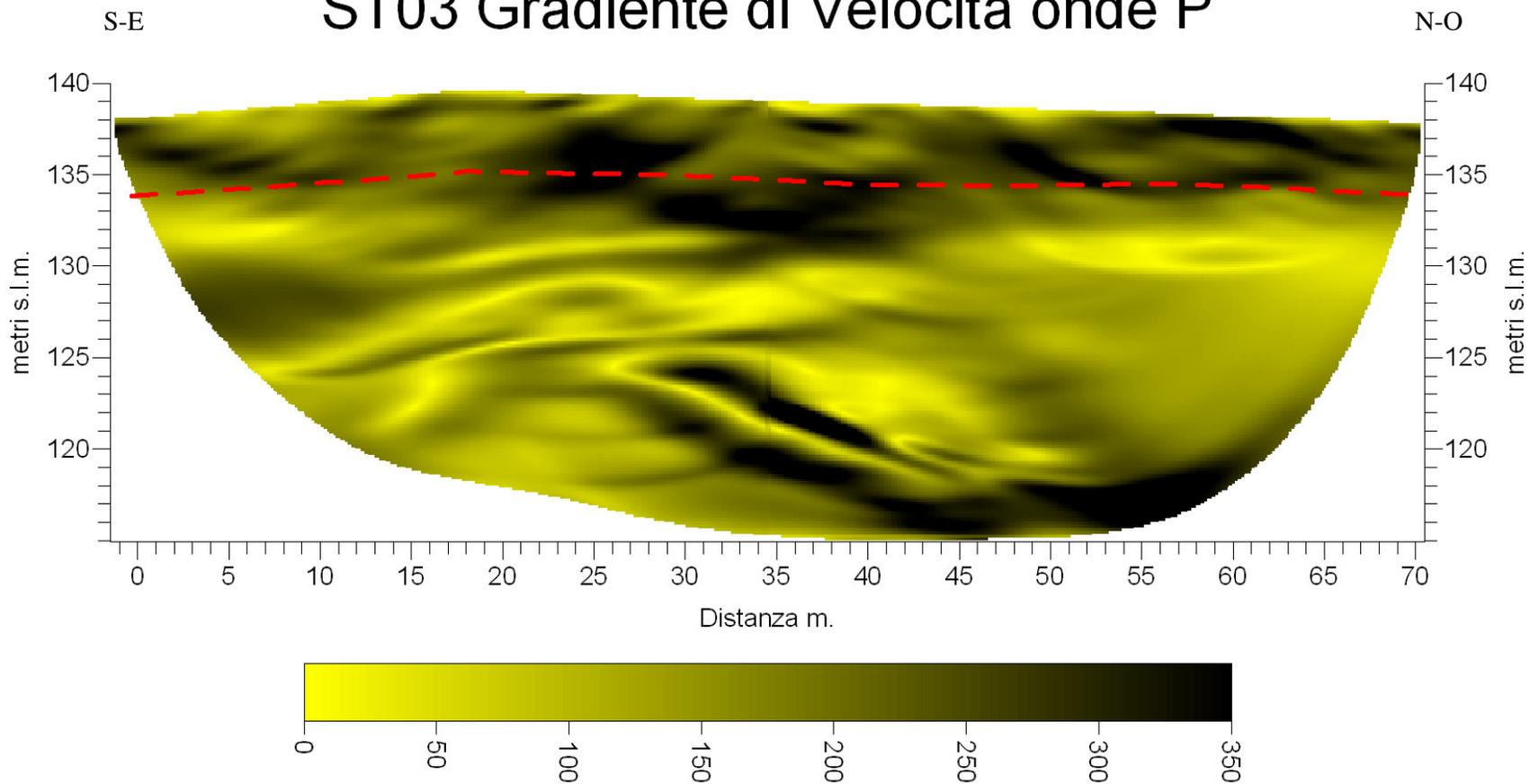
DROMOCRONE ST03 ONDE P



ST03 Tomografia sismica onde P

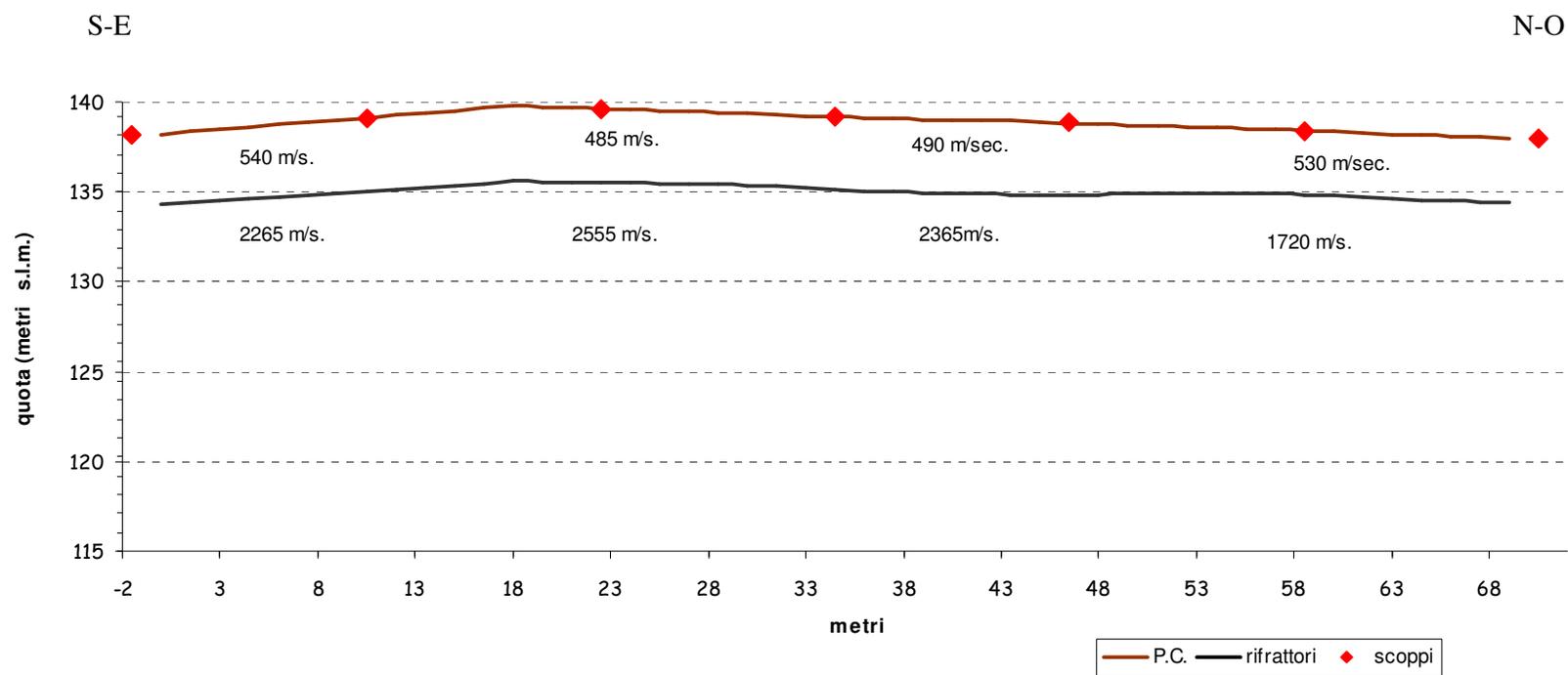


ST03 Gradiente di Velocità onde P



Sezione sismostratigrafica schematica

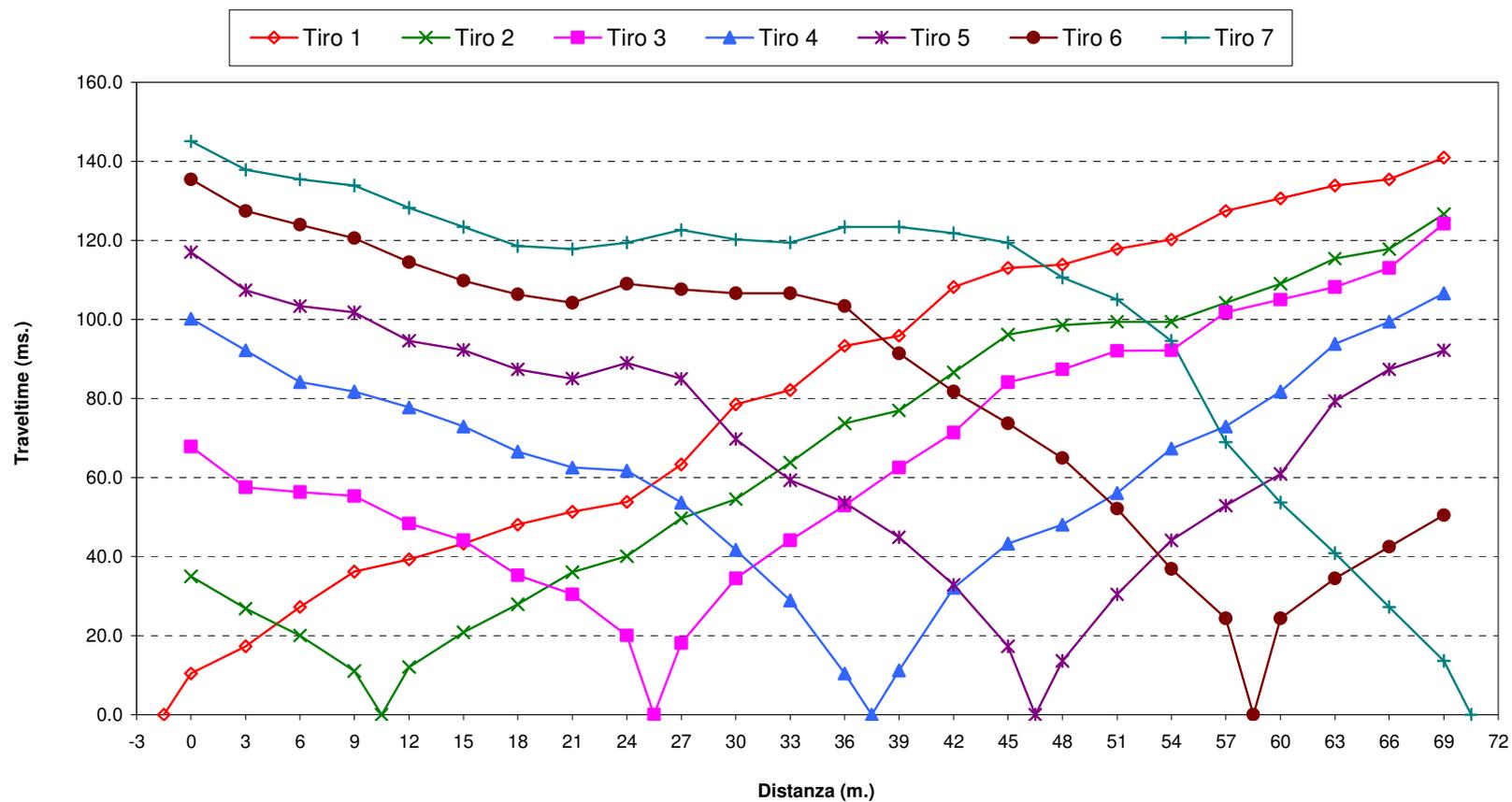
ST03 P



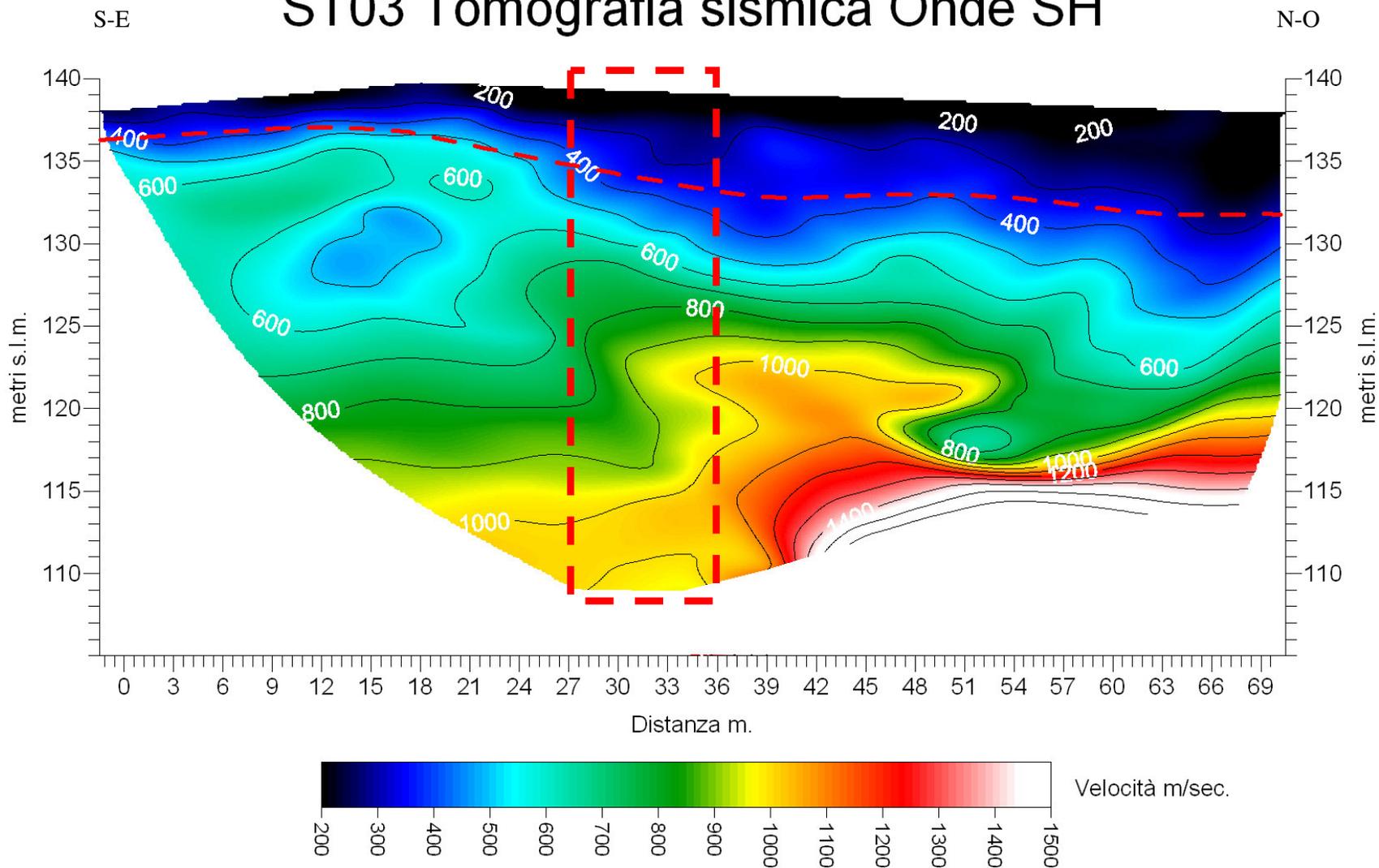
ST 03 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE P

| Distanza dal geof. 1 | Quota (metri s.l.m.) | V1 vel. 1° strato (metri/sec) | profondità rifrattore 1 | V2 vel. rifrattore 1 (metri/sec) |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 0 | 138.2 | 550 | 3.9 | 2162 |
| 1.5 | 138.3 | 549 | 3.9 | 2173 |
| 3 | 138.5 | 549 | 4.0 | 2184 |
| 4.5 | 138.6 | 548 | 4.0 | 2192 |
| 6 | 138.7 | 547 | 4.0 | 2208 |
| 7.5 | 138.9 | 544 | 4.1 | 2224 |
| 9 | 139.0 | 541 | 4.1 | 2230 |
| 10.5 | 139.1 | 536 | 4.1 | 2271 |
| 12 | 139.3 | 531 | 4.2 | 2316 |
| 13.5 | 139.4 | 526 | 4.2 | 2369 |
| 15 | 139.5 | 520 | 4.2 | 2422 |
| 16.5 | 139.7 | 514 | 4.2 | 2462 |
| 18 | 139.8 | 508 | 4.2 | 2492 |
| 19.5 | 139.7 | 502 | 4.2 | 2528 |
| 21 | 139.7 | 495 | 4.2 | 2546 |
| 22.5 | 139.6 | 490 | 4.1 | 2567 |
| 24 | 139.6 | 485 | 4.1 | 2572 |
| 25.5 | 139.5 | 482 | 4.0 | 2547 |
| 27 | 139.5 | 480 | 4.0 | 2545 |
| 28.5 | 139.4 | 478 | 4.0 | 2547 |
| 30 | 139.3 | 477 | 4.0 | 2554 |
| 31.5 | 139.3 | 478 | 4.0 | 2573 |
| 33 | 139.2 | 478 | 4.0 | 2585 |
| 34.5 | 139.2 | 479 | 4.0 | 2589 |
| 36 | 139.1 | 480 | 4.0 | 2599 |
| 37.5 | 139.1 | 481 | 4.1 | 2596 |
| 39 | 139.0 | 482 | 4.1 | 2579 |
| 40.5 | 139.0 | 483 | 4.1 | 2560 |
| 42 | 139.0 | 484 | 4.1 | 2518 |
| 43.5 | 138.9 | 487 | 4.1 | 2486 |
| 45 | 138.9 | 489 | 4.0 | 2441 |
| 46.5 | 138.8 | 492 | 4.0 | 2346 |
| 48 | 138.8 | 495 | 3.9 | 2232 |
| 49.5 | 138.7 | 499 | 3.8 | 2123 |
| 51 | 138.7 | 504 | 3.8 | 2008 |
| 52.5 | 138.6 | 509 | 3.7 | 1902 |
| 54 | 138.6 | 515 | 3.6 | 1833 |
| 55.5 | 138.5 | 520 | 3.6 | 1768 |
| 57 | 138.4 | 526 | 3.6 | 1710 |
| 58.5 | 138.4 | 529 | 3.5 | 1673 |
| 60 | 138.3 | 533 | 3.6 | 1675 |
| 61.5 | 138.3 | 536 | 3.6 | 1682 |
| 63 | 138.2 | 538 | 3.6 | 1694 |
| 64.5 | 138.2 | 539 | 3.6 | 1700 |
| 66 | 138.1 | 539 | 3.6 | 1701 |
| 67.5 | 138.1 | 539 | 3.6 | 1700 |
| 69 | 138.0 | 539 | 3.6 | 1699 |

DROMOCRONE ST03 ONDE SH



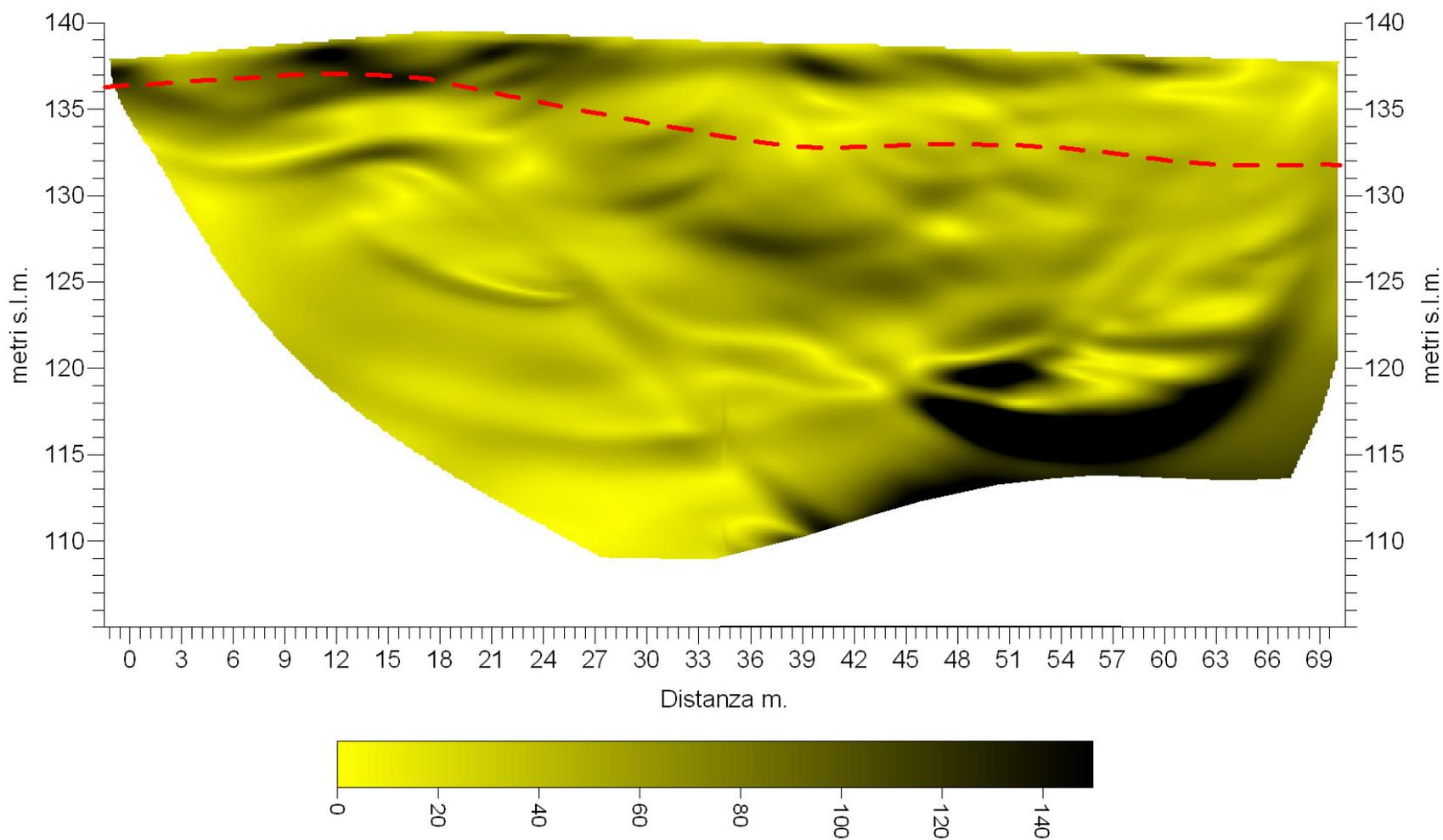
ST03 Tomografia sismica Onde SH



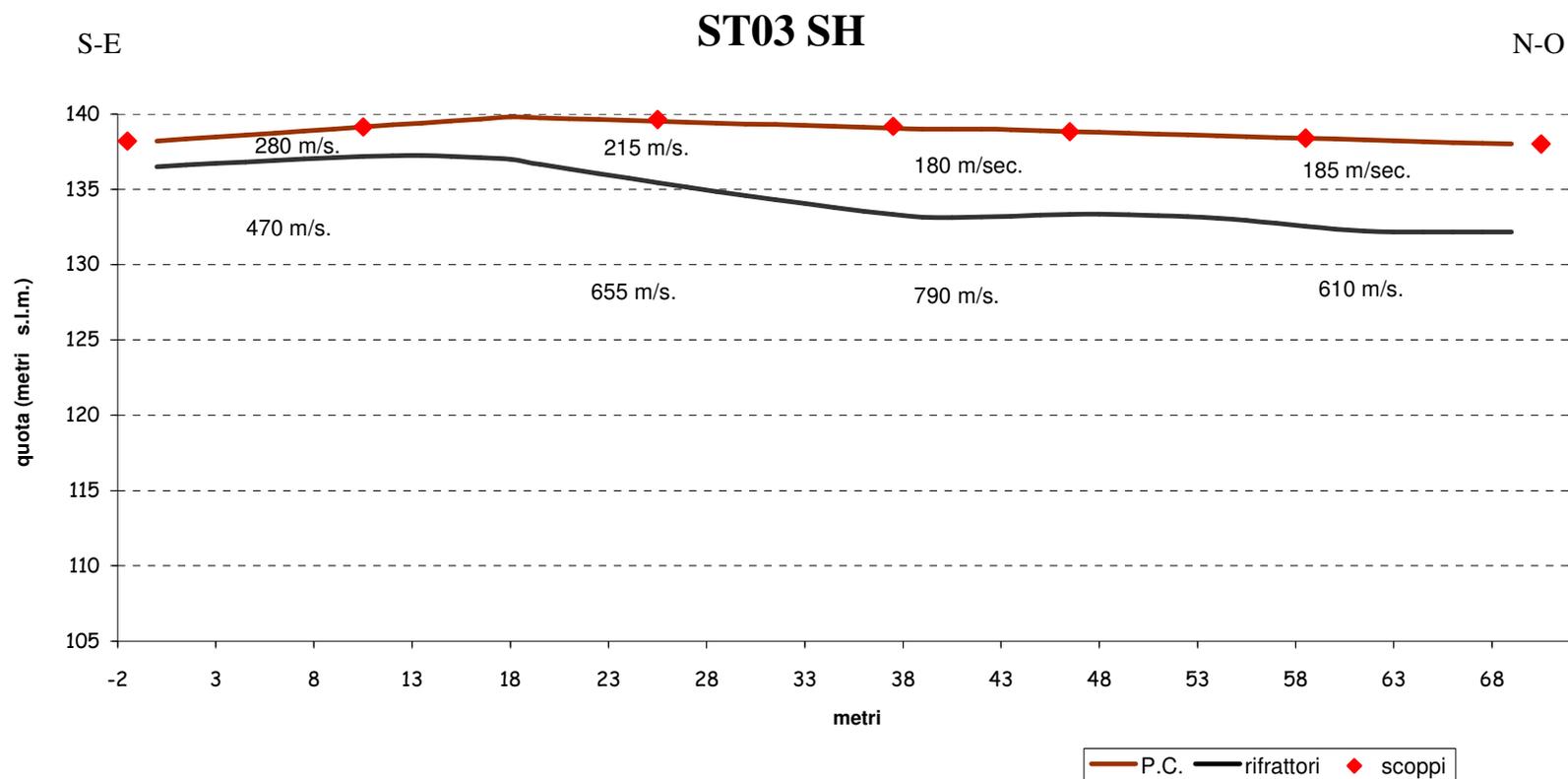
S-E

ST03 Gradiente di velocità onde SH

N-O



Sezione sismostratigrafica schematica



ST 03 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE SH

| Distanza dal geof. 1 | Quota (metri s.l.m.) | V1 vel. 1° strato (metri/sec) | profondità rifrattore 1 | V2 vel. rifrattore 1 (metri/sec) |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 0 | 138.2 | 287 | 1.7 | 462 |
| 1.5 | 138.3 | 287 | 1.7 | 463 |
| 3 | 138.5 | 287 | 1.8 | 464 |
| 4.5 | 138.6 | 287 | 1.8 | 465 |
| 6 | 138.7 | 287 | 1.8 | 466 |
| 7.5 | 138.9 | 286 | 1.9 | 466 |
| 9 | 139.0 | 286 | 1.9 | 466 |
| 10.5 | 139.1 | 282 | 1.9 | 468 |
| 12 | 139.3 | 279 | 2.0 | 471 |
| 13.5 | 139.4 | 274 | 2.2 | 474 |
| 15 | 139.5 | 268 | 2.3 | 483 |
| 16.5 | 139.7 | 262 | 2.6 | 495 |
| 18 | 139.8 | 255 | 2.8 | 511 |
| 19.5 | 139.7 | 247 | 3.1 | 532 |
| 21 | 139.7 | 238 | 3.3 | 554 |
| 22.5 | 139.6 | 229 | 3.6 | 577 |
| 24 | 139.6 | 221 | 3.8 | 602 |
| 25.5 | 139.5 | 213 | 4.1 | 630 |
| 27 | 139.5 | 206 | 4.3 | 663 |
| 28.5 | 139.4 | 202 | 4.5 | 697 |
| 30 | 139.3 | 197 | 4.8 | 730 |
| 31.5 | 139.3 | 194 | 5.0 | 760 |
| 33 | 139.2 | 190 | 5.2 | 793 |
| 34.5 | 139.2 | 188 | 5.4 | 827 |
| 36 | 139.1 | 186 | 5.6 | 864 |
| 37.5 | 139.1 | 184 | 5.7 | 895 |
| 39 | 139.0 | 182 | 5.8 | 918 |
| 40.5 | 139.0 | 181 | 5.9 | 920 |
| 42 | 139.0 | 180 | 5.8 | 887 |
| 43.5 | 138.9 | 180 | 5.7 | 840 |
| 45 | 138.9 | 179 | 5.6 | 784 |
| 46.5 | 138.8 | 179 | 5.5 | 752 |
| 48 | 138.8 | 179 | 5.4 | 717 |
| 49.5 | 138.7 | 179 | 5.4 | 692 |
| 51 | 138.7 | 179 | 5.4 | 671 |
| 52.5 | 138.6 | 180 | 5.4 | 648 |
| 54 | 138.6 | 181 | 5.5 | 606 |
| 55.5 | 138.5 | 182 | 5.6 | 600 |
| 57 | 138.4 | 183 | 5.7 | 603 |
| 58.5 | 138.4 | 184 | 5.8 | 614 |
| 60 | 138.3 | 185 | 6.0 | 631 |
| 61.5 | 138.3 | 185 | 6.1 | 640 |
| 63 | 138.2 | 186 | 6.1 | 635 |
| 64.5 | 138.2 | 186 | 6.0 | 624 |
| 66 | 138.1 | 187 | 6.0 | 605 |
| 67.5 | 138.1 | 187 | 5.9 | 593 |
| 69 | 138.0 | 187 | 5.8 | 586 |

Documentazione Fotografica





COMUNE DI ROSIGNANO MARITTIMO
PROVINCIA DI LIVORNO

INDAGINE GEOFISICA
DI SISMICA A RIFRAZIONE

REALIZZAZIONE DELLA NUOVA BIBLIOTECA COMUNALE

DATA

Dicembre 2008

RELAZIONE TECNICA

In data 23/12/2008 su incarico del Comune di Rosignano Marittimo, è stata eseguita un'indagine Geofisica di Sismica a Rifrazione in via della Costituzione nel Comune di Rosignano Marittimo per la realizzazione della nuova biblioteca comunale.

L'obiettivo era determinare l'andamento delle velocità delle onde P ed SH desumendo il grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e possibilmente individuare eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

Inoltre i risultati prodotti potranno essere utilizzati anche ai fini della classificazione dei terreni di fondazione come previsto dalla D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni)

A tale scopo sono stati eseguiti due stendimenti di sismica a rifrazione ubicati secondo la figura 1.

Modalità esecutive della prova.

L'indagine sismica consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali o orizzontali per la generazione di onde di volume (P) od onde di taglio (SH) e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente verticale od orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali.

- a) individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- b) ricostruzione delle relative dromocrone;
- c) interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo.

APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

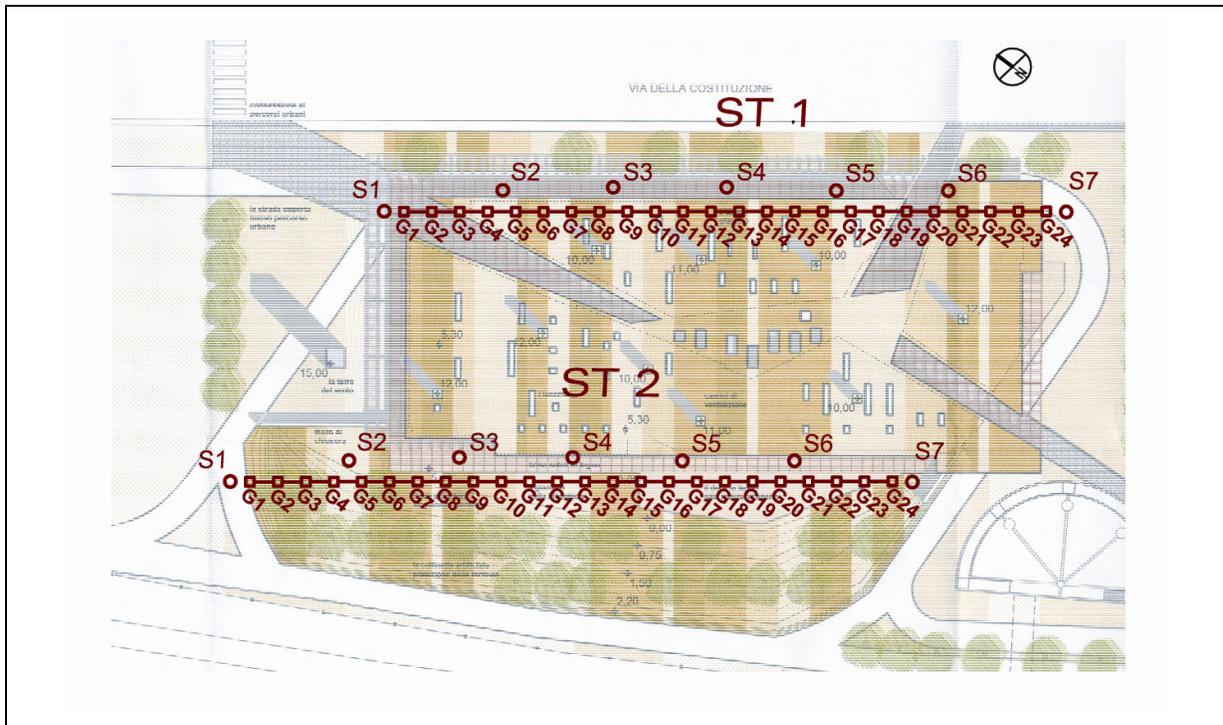


FIG. 1 : UBICAZIONE DELLE INDAGINI (SCALA 1:1000)

Sorgente onde P:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili, con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione, es. grave in caduta libera (massa da 110 kg), in alternativa è possibile utilizzare un cannone a cartucce industriali o una mazza di 8 kg adoperata per colpire una piastra di alluminio appoggiata sul terreno.

Sorgente onde SH:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.



L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infissione".

I profili sismici a rifrazione sono eseguiti energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente verticale per le onde P, con frequenza propria di circa 14 Hz e da 24 geofoni a componente orizzontale per le onde SH, con frequenza propria di circa 10 Hz. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Sistema di acquisizione dati:

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale Echo 12-24 /2002 a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica. Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

Interpretazione dei profili sismici

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, consente di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di taglio o di compressione.

RISULTATI:

L'indagine svolta in data 23/12/2008 ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nell'area, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_P) e di taglio (V_{SH}) e la determinazione della geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).



I dati acquisiti sono stati elaborati sia in tecnica tomografica che a rifrazione.

Le elaborazioni fatte hanno messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche schematizzabile secondo due strati.

In particolare l'indagine ha evidenziato uno strato superficiale dello spessore medio di circa 4.2 m. sulla linea ST 1 e 3,7 m. sulla linea ST 2, con una velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p) mediata tra le due sezioni di circa 590 m/sec e delle onde di taglio (V_{sh}) di circa 310 m/sec, e un secondo strato con velocità di propagazione media delle onde di compressione (V_p) di circa 1550 m/sec e delle onde di taglio (V_{sh}) di circa 670 m/sec.

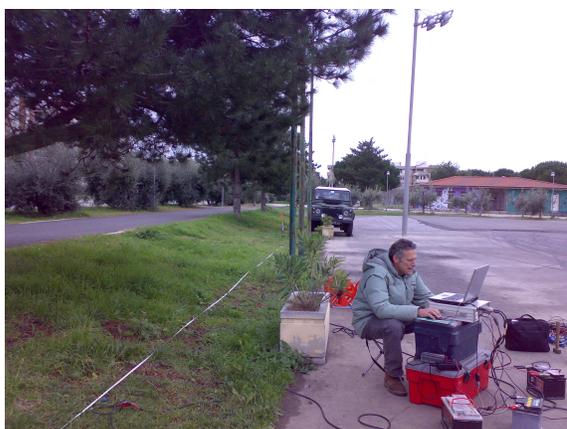
L'indagine ha inoltre permesso di determinare la VS/30 che è risultata pari a 755 m/sec.

Il Tecnico:

Andrea Marini



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





LINEA ST 1
INDAGINE DI TOMOGRAFIA SISMICA
ONDE P E SH

SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

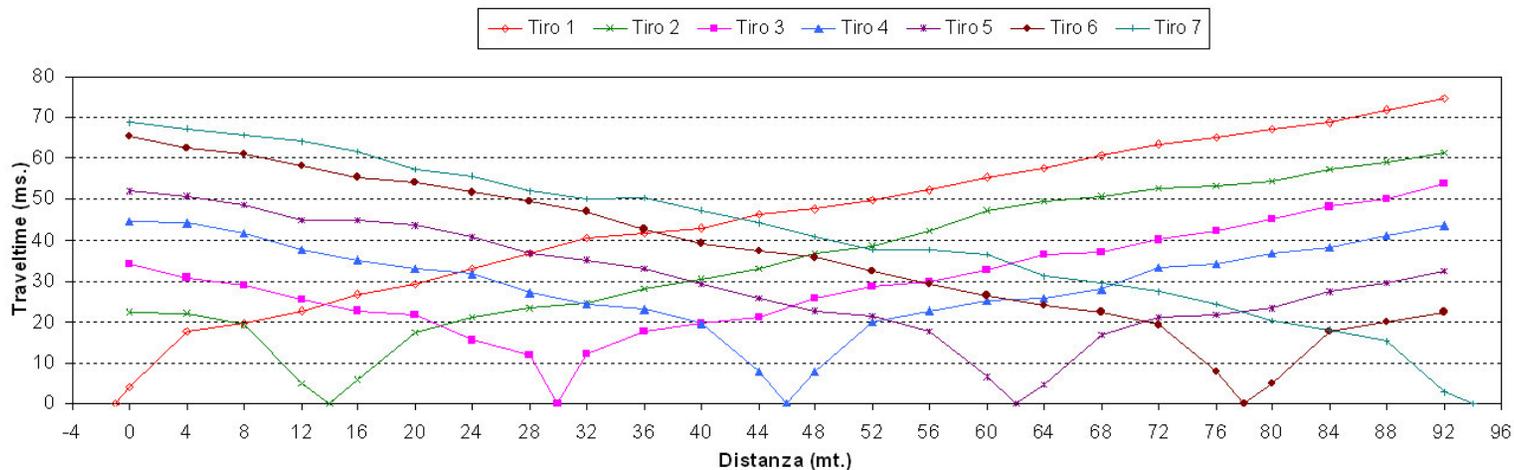
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Geofoni n. | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Distanza progressiva (m) | 0 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Dislivello da S1 (m.) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

PUNTI DI ENERGIZZAZIONE

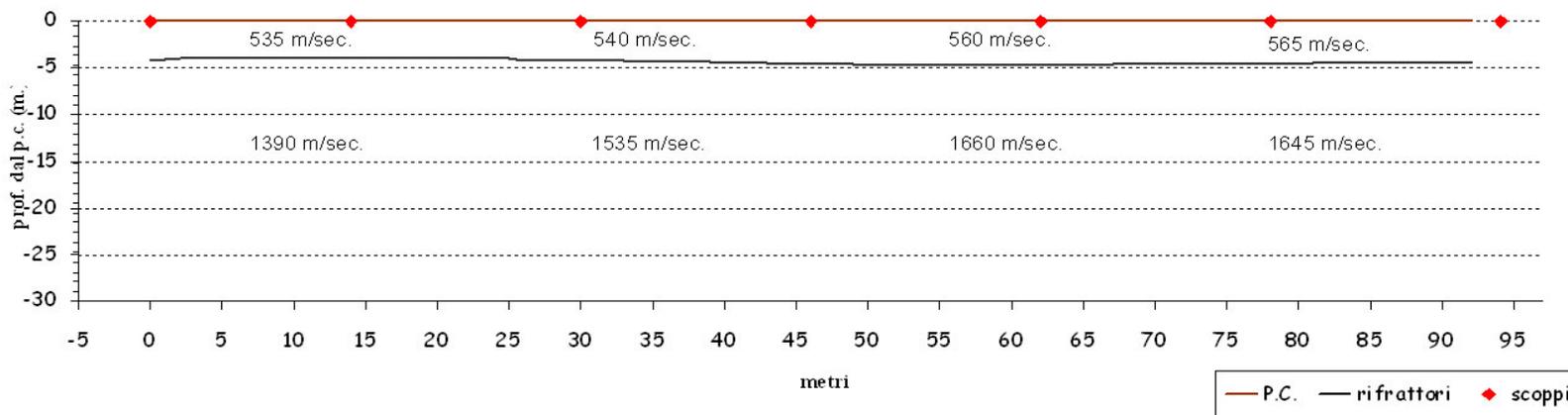
| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | 0,0 | 14.0 | 30.0 | 46.0 | 62.0 | 78.0 | 94.0 |
| DISLIVELLO RISPETTO A S1 (m) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



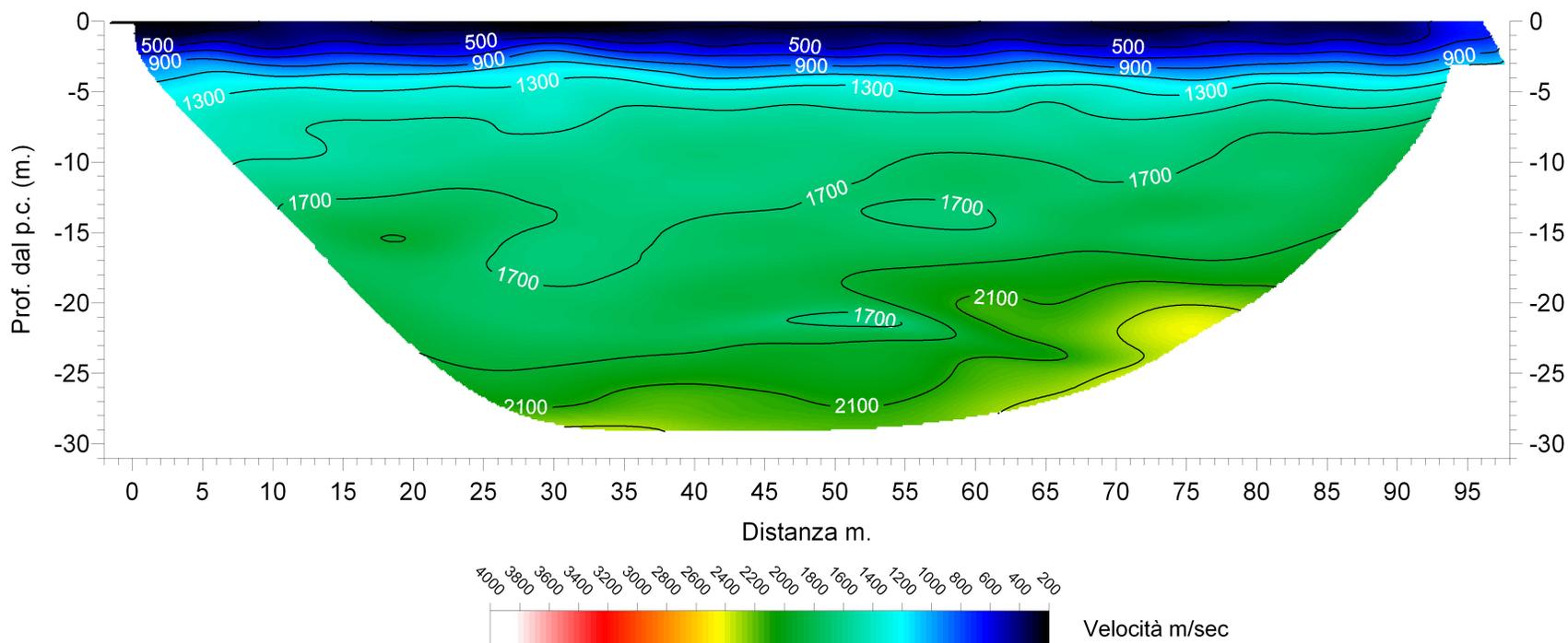
LINEA ST 1 - DROMOCRONE ONDE P



LINEA ST 1 – SEZ. SISMOSTRATIGRAFICA ONDE P



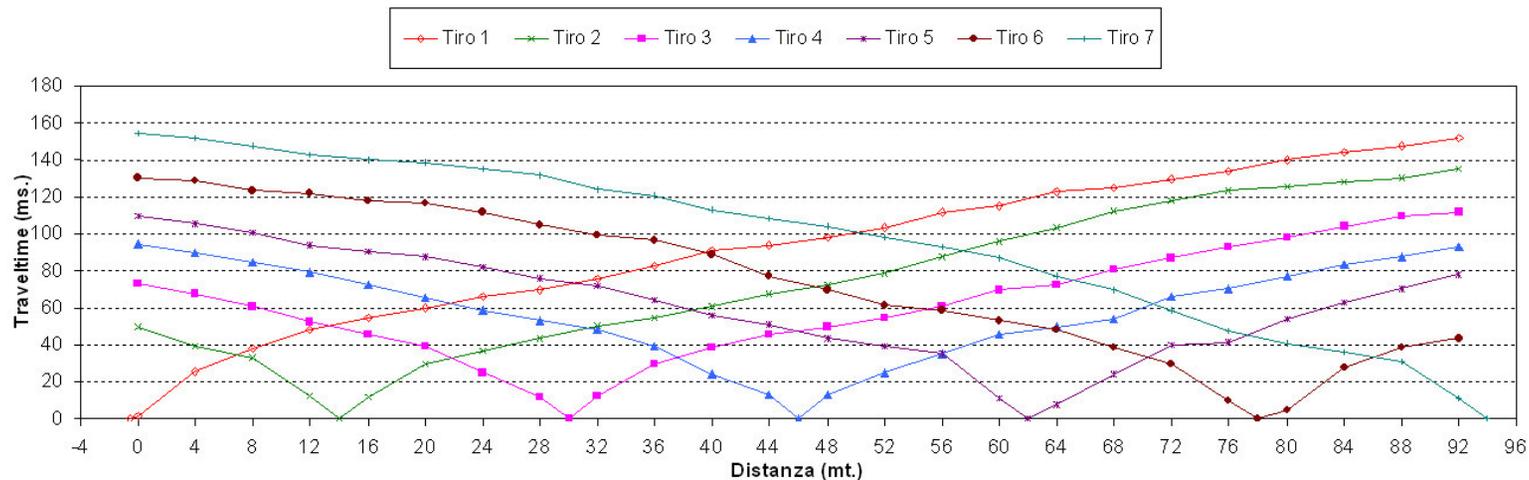
Linea sismica ST01 - Tomografia sismica onde P



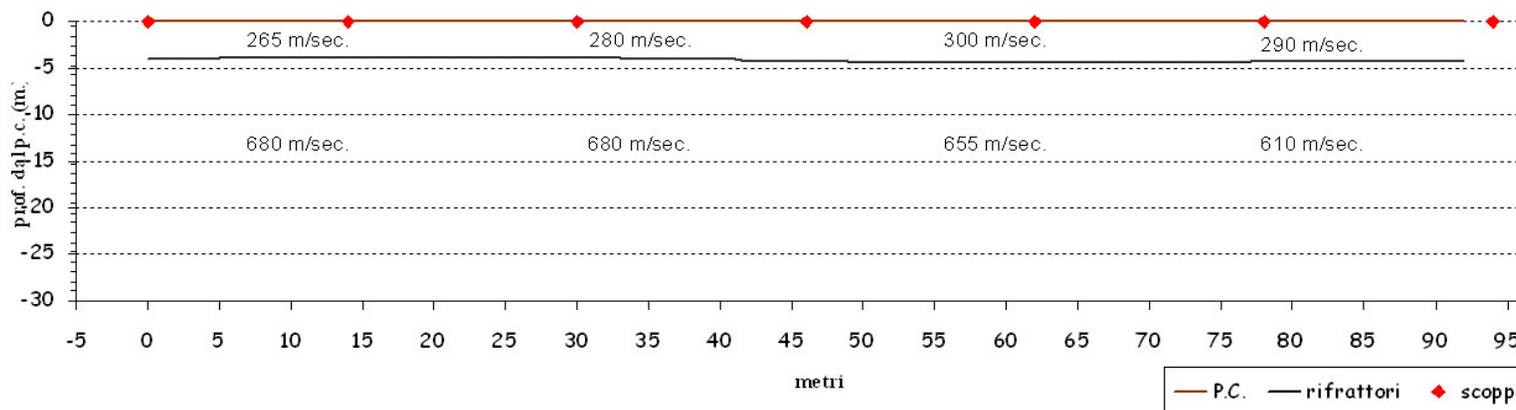
ST 1 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE P

| Distanza dal geof. 1 | Quota | V1 (metri/sec) | Profondità rifrattore 1 | V2 (metri/sec) |
|----------------------|-------|----------------|-------------------------|----------------|
| 0 | 0 | 573.7 | -4.1 | 1374.4 |
| 2 | 0 | 570.8 | -4.1 | 1375.4 |
| 4 | 0 | 567.9 | -4.1 | 1377.7 |
| 6 | 0 | 564.1 | -4.0 | 1380.0 |
| 8 | 0 | 560.3 | -4.0 | 1382.7 |
| 10 | 0 | 544.2 | -4.0 | 1385.7 |
| 12 | 0 | 528.1 | -4.0 | 1389.9 |
| 14 | 0 | 515.9 | -4.0 | 1394.7 |
| 16 | 0 | 503.7 | -4.0 | 1400.0 |
| 18 | 0 | 501.4 | -4.0 | 1406.5 |
| 20 | 0 | 499.1 | -4.0 | 1413.8 |
| 22 | 0 | 491.2 | -4.1 | 1423.4 |
| 24 | 0 | 483.2 | -4.1 | 1438.3 |
| 26 | 0 | 490.7 | -4.1 | 1453.6 |
| 28 | 0 | 498.1 | -4.2 | 1469.2 |
| 30 | 0 | 512.8 | -4.2 | 1486.3 |
| 32 | 0 | 527.6 | -4.2 | 1505.7 |
| 34 | 0 | 545.1 | -4.3 | 1525.1 |
| 36 | 0 | 562.6 | -4.3 | 1545.7 |
| 38 | 0 | 565.9 | -4.4 | 1565.1 |
| 40 | 0 | 569.2 | -4.4 | 1581.4 |
| 42 | 0 | 573.1 | -4.5 | 1595.6 |
| 44 | 0 | 576.9 | -4.5 | 1607.8 |
| 46 | 0 | 574.9 | -4.6 | 1618.2 |
| 48 | 0 | 572.9 | -4.6 | 1628.3 |
| 50 | 0 | 565.5 | -4.7 | 1638.0 |
| 52 | 0 | 558.2 | -4.7 | 1648.0 |
| 54 | 0 | 554.0 | -4.7 | 1656.8 |
| 56 | 0 | 549.7 | -4.7 | 1665.0 |
| 58 | 0 | 550.3 | -4.7 | 1668.9 |
| 60 | 0 | 550.9 | -4.7 | 1671.0 |
| 62 | 0 | 558.1 | -4.7 | 1672.8 |
| 64 | 0 | 565.2 | -4.7 | 1674.3 |
| 66 | 0 | 566.9 | -4.7 | 1675.4 |
| 68 | 0 | 568.7 | -4.6 | 1675.9 |
| 70 | 0 | 568.3 | -4.6 | 1675.0 |
| 72 | 0 | 568.0 | -4.6 | 1671.5 |
| 74 | 0 | 570.6 | -4.6 | 1666.2 |
| 76 | 0 | 573.2 | -4.5 | 1661.2 |
| 78 | 0 | 568.4 | -4.5 | 1655.8 |
| 80 | 0 | 563.7 | -4.5 | 1650.9 |
| 82 | 0 | 562.8 | -4.5 | 1644.4 |
| 84 | 0 | 561.8 | -4.5 | 1638.1 |
| 86 | 0 | 560.2 | -4.5 | 1632.2 |
| 88 | 0 | 558.5 | -4.4 | 1627.3 |
| 90 | 0 | 561.2 | -4.4 | 1622.6 |
| 92 | 0 | 563.8 | -4.4 | 1617.4 |

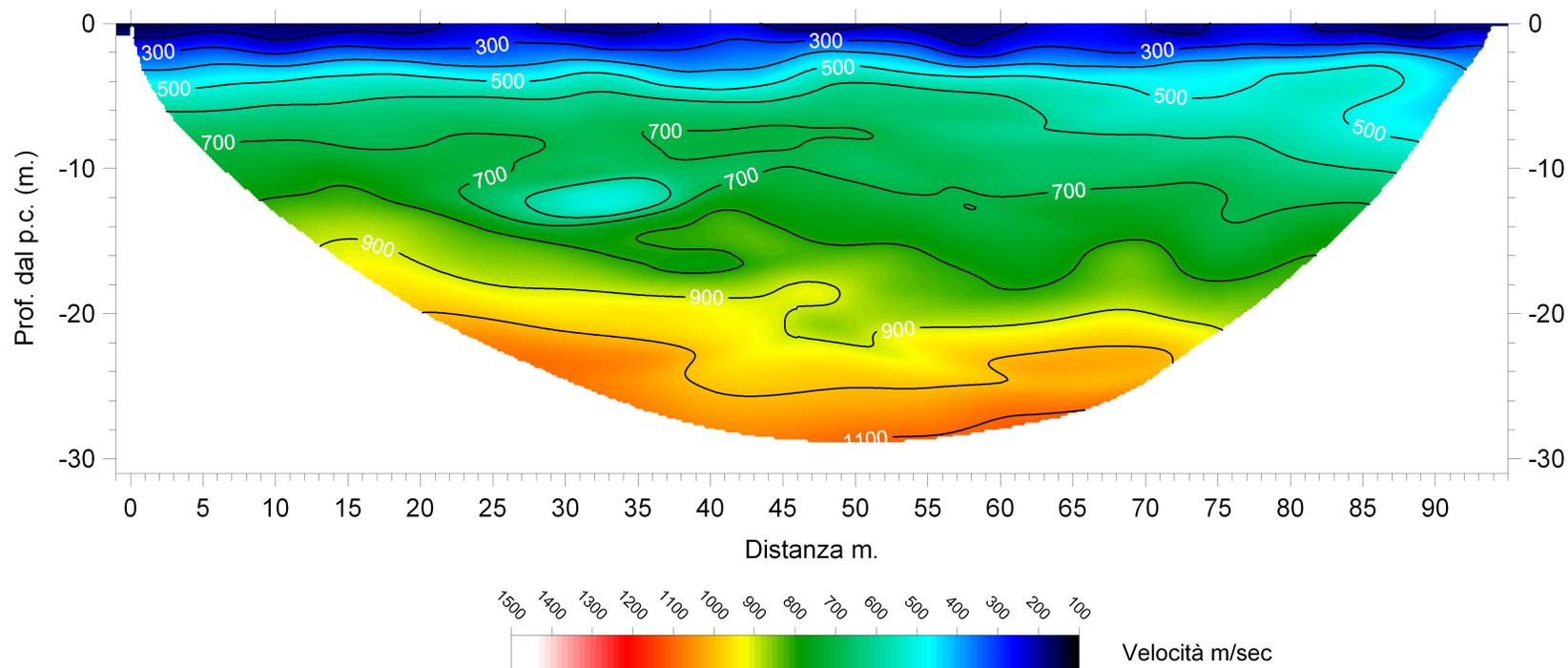
LINEA ST 1 - DROMOCRONE ONDE SH



LINEA ST 1 – SEZ. SISMOSTRATIGRAFICA ONDE SH



Linea sismica ST01 - Tomografia sismica onde SH



ST 1 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE SH

| Distanza dal geof. 1 | Quota | V1 (metri/sec) | Profondità rifrattore 1 | V2 (metri/sec) |
|----------------------|-------|----------------|-------------------------|----------------|
| 0 | 0 | 270.1 | -4.1 | 686.1 |
| 2 | 0 | 270.1 | -4.1 | 685.4 |
| 4 | 0 | 270.1 | -4.1 | 685.2 |
| 6 | 0 | 270.0 | -4.0 | 684.1 |
| 8 | 0 | 270.0 | -4.0 | 683.3 |
| 10 | 0 | 266.1 | -4.0 | 682.3 |
| 12 | 0 | 262.2 | -4.0 | 680.9 |
| 14 | 0 | 259.5 | -4.0 | 680.3 |
| 16 | 0 | 256.7 | -3.9 | 680.8 |
| 18 | 0 | 256.4 | -3.9 | 680.4 |
| 20 | 0 | 256.2 | -3.9 | 679.7 |
| 22 | 0 | 254.1 | -3.9 | 679.5 |
| 24 | 0 | 252.1 | -4.0 | 680.4 |
| 26 | 0 | 254.6 | -4.0 | 680.7 |
| 28 | 0 | 257.2 | -4.0 | 680.7 |
| 30 | 0 | 262.9 | -4.0 | 680.3 |
| 32 | 0 | 268.6 | -4.0 | 679.9 |
| 34 | 0 | 275.9 | -4.0 | 679.4 |
| 36 | 0 | 283.2 | -4.1 | 679.2 |
| 38 | 0 | 287.1 | -4.1 | 678.4 |
| 40 | 0 | 291.1 | -4.1 | 677.7 |
| 42 | 0 | 295.7 | -4.2 | 677.1 |
| 44 | 0 | 300.4 | -4.2 | 677.0 |
| 46 | 0 | 302.6 | -4.2 | 675.3 |
| 48 | 0 | 304.7 | -4.3 | 674.0 |
| 50 | 0 | 304.2 | -4.3 | 670.9 |
| 52 | 0 | 303.6 | -4.3 | 668.5 |
| 54 | 0 | 302.6 | -4.4 | 666.4 |
| 56 | 0 | 301.5 | -4.4 | 663.0 |
| 58 | 0 | 300.5 | -4.4 | 657.1 |
| 60 | 0 | 299.6 | -4.4 | 652.4 |
| 62 | 0 | 299.4 | -4.4 | 647.9 |
| 64 | 0 | 299.2 | -4.4 | 643.5 |
| 66 | 0 | 297.8 | -4.4 | 639.4 |
| 68 | 0 | 296.3 | -4.4 | 635.6 |
| 70 | 0 | 294.5 | -4.3 | 631.6 |
| 72 | 0 | 292.7 | -4.3 | 627.8 |
| 74 | 0 | 292.4 | -4.3 | 624.0 |
| 76 | 0 | 292.2 | -4.3 | 620.2 |
| 78 | 0 | 290.3 | -4.3 | 616.7 |
| 80 | 0 | 288.4 | -4.3 | 613.7 |
| 82 | 0 | 288.4 | -4.3 | 609.7 |
| 84 | 0 | 288.5 | -4.3 | 605.2 |
| 86 | 0 | 288.3 | -4.2 | 600.8 |
| 88 | 0 | 288.2 | -4.2 | 598.0 |
| 90 | 0 | 289.6 | -4.2 | 595.5 |
| 92 | 0 | 291.0 | -4.2 | 594.1 |



LINEA ST 2
INDAGINE DI TOMOGRAFIA SISMICA
ONDE P E SH

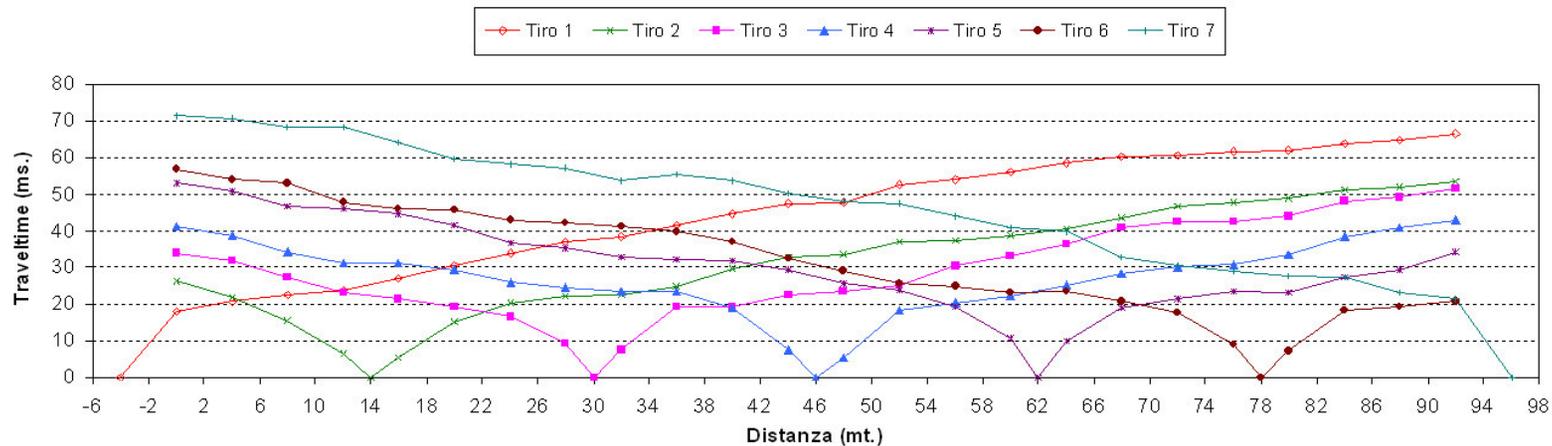
SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 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 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Dislivello da S1 (m.) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

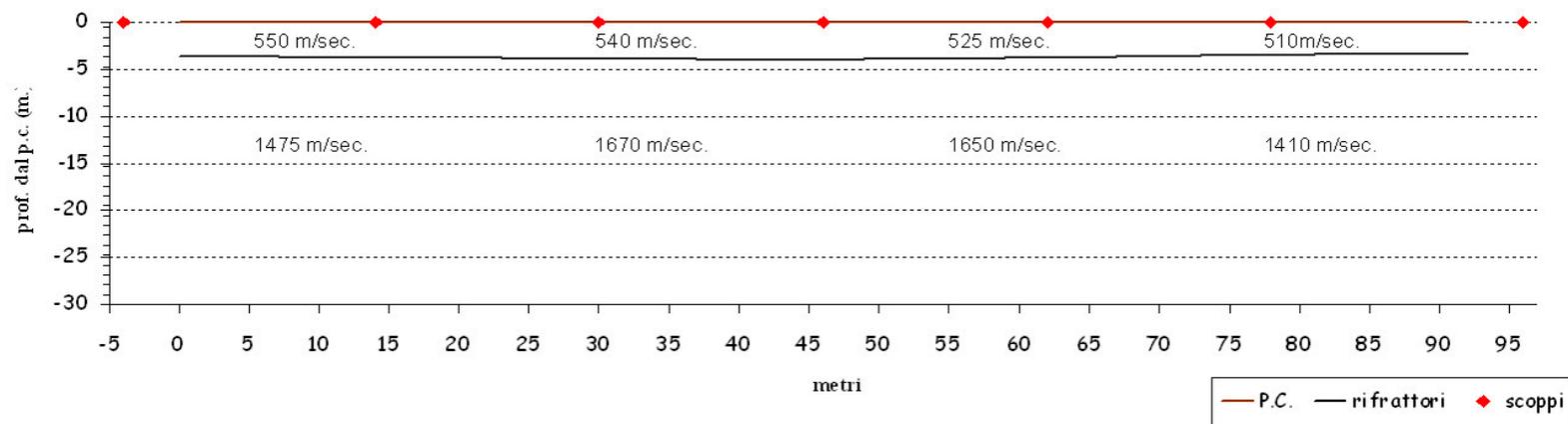
PUNTI DI ENERGIZZAZIONE

| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|-------------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -4,0 | 14.0 | 30.0 | 46.0 | 62.0 | 78.0 | 96.0 |
| DISLIVELLO RISPETTO A S1 (m) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

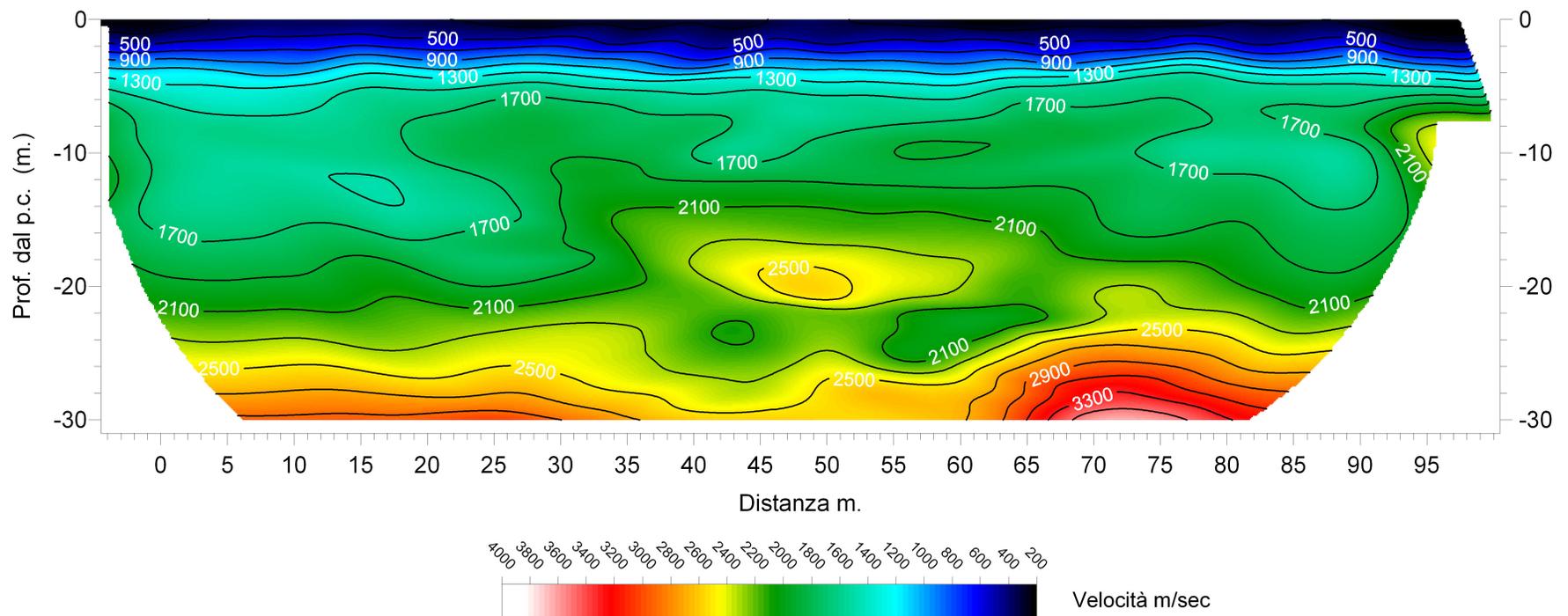
LINEA ST 2 - DROMOCRONE ONDE P



LINEA ST 2 – SEZ. SISMOSTRATIGRAFICA ONDE P



Linea sismica ST02 - Tomografia sismica onde P



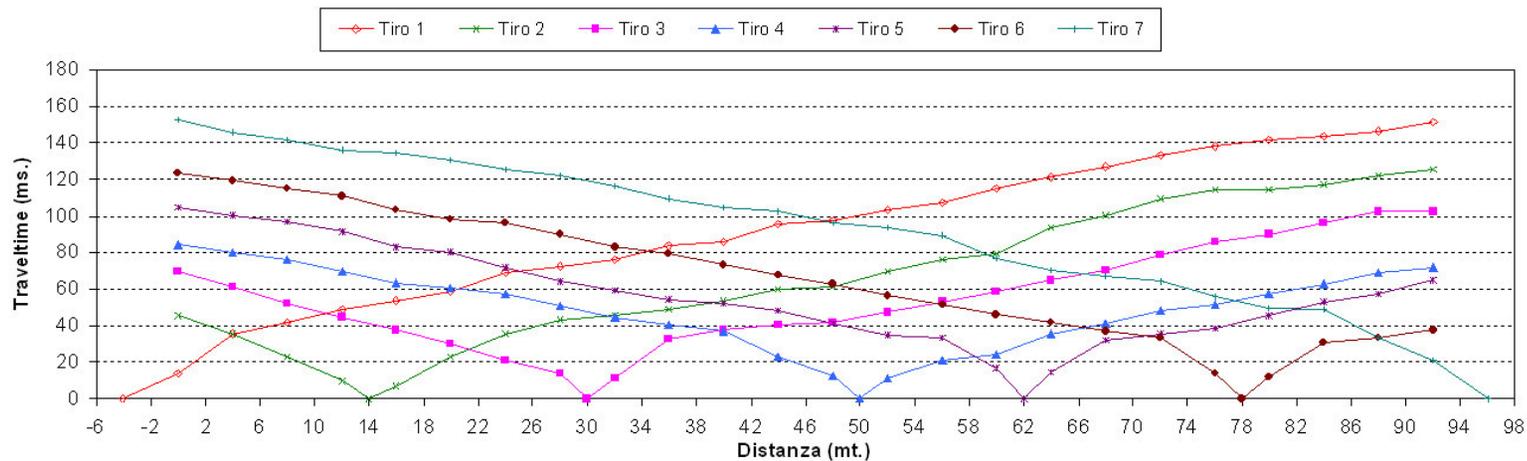


ST 2 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE P

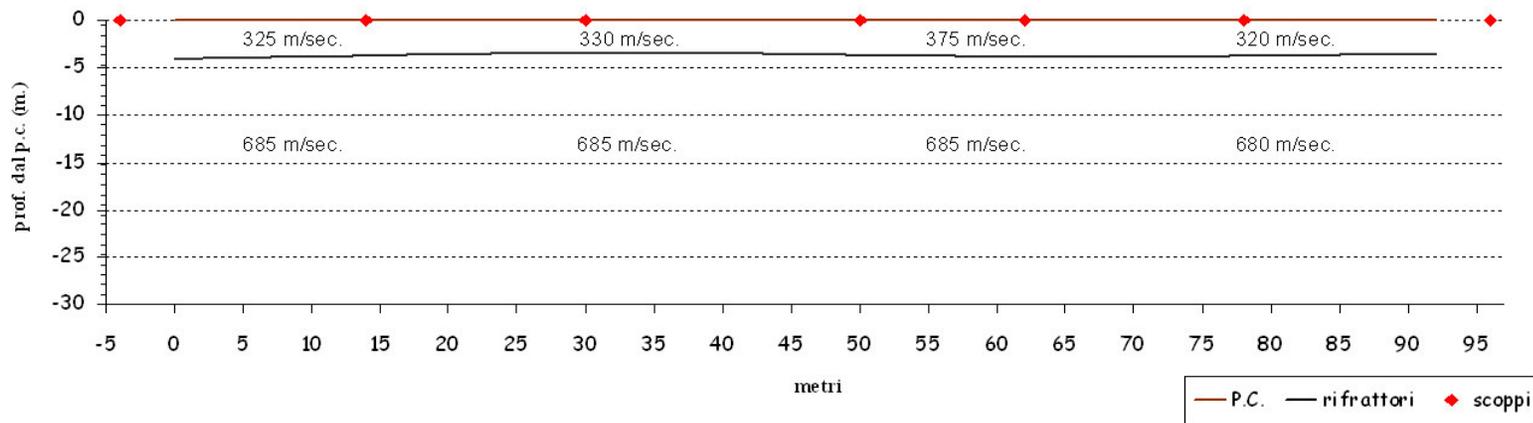
| Distanza dal geof. 1 | Quota | V1 (metri/sec) | Profondità rifrattore 1 | V2 (metri/sec) |
|----------------------|-------|----------------|-------------------------|----------------|
| 0 | 0 | 553.1 | -3.7 | 1435.4 |
| 2 | 0 | 551.9 | -3.7 | 1435.5 |
| 4 | 0 | 550.6 | -3.7 | 1436.2 |
| 6 | 0 | 550.0 | -3.7 | 1441.7 |
| 8 | 0 | 549.5 | -3.7 | 1449.0 |
| 10 | 0 | 548.7 | -3.7 | 1458.1 |
| 12 | 0 | 547.9 | -3.8 | 1467.7 |
| 14 | 0 | 548.1 | -3.8 | 1478.3 |
| 16 | 0 | 548.3 | -3.8 | 1492.1 |
| 18 | 0 | 549.3 | -3.8 | 1507.9 |
| 20 | 0 | 550.3 | -3.8 | 1526.7 |
| 22 | 0 | 551.1 | -3.9 | 1545.9 |
| 24 | 0 | 551.9 | -3.9 | 1566.4 |
| 26 | 0 | 551.2 | -3.9 | 1588.3 |
| 28 | 0 | 550.4 | -3.9 | 1609.3 |
| 30 | 0 | 548.4 | -3.9 | 1629.1 |
| 32 | 0 | 546.4 | -4.0 | 1651.1 |
| 34 | 0 | 543.4 | -4.0 | 1672.8 |
| 36 | 0 | 540.3 | -4.0 | 1691.7 |
| 38 | 0 | 537.0 | -4.0 | 1708.8 |
| 40 | 0 | 533.7 | -4.0 | 1721.3 |
| 42 | 0 | 530.0 | -4.0 | 1729.8 |
| 44 | 0 | 526.4 | -4.0 | 1734.8 |
| 46 | 0 | 523.9 | -4.0 | 1735.7 |
| 48 | 0 | 521.5 | -4.0 | 1732.2 |
| 50 | 0 | 520.5 | -4.0 | 1725.2 |
| 52 | 0 | 519.5 | -4.0 | 1715.5 |
| 54 | 0 | 520.2 | -3.9 | 1707.2 |
| 56 | 0 | 520.9 | -3.9 | 1693.7 |
| 58 | 0 | 522.0 | -3.9 | 1675.5 |
| 60 | 0 | 523.1 | -3.8 | 1653.4 |
| 62 | 0 | 524.1 | -3.8 | 1628.9 |
| 64 | 0 | 525.2 | -3.8 | 1605.3 |
| 66 | 0 | 525.2 | -3.7 | 1580.3 |
| 68 | 0 | 525.2 | -3.7 | 1554.4 |
| 70 | 0 | 523.6 | -3.7 | 1529.3 |
| 72 | 0 | 522.1 | -3.6 | 1506.2 |
| 74 | 0 | 519.3 | -3.6 | 1482.0 |
| 76 | 0 | 516.5 | -3.5 | 1460.0 |
| 78 | 0 | 513.6 | -3.5 | 1440.2 |
| 80 | 0 | 510.8 | -3.5 | 1421.9 |
| 82 | 0 | 508.2 | -3.4 | 1407.1 |
| 84 | 0 | 505.6 | -3.4 | 1396.0 |
| 86 | 0 | 503.5 | -3.4 | 1388.0 |
| 88 | 0 | 501.3 | -3.4 | 1380.8 |
| 90 | 0 | 500.7 | -3.3 | 1374.0 |
| 92 | 0 | 500.1 | -3.3 | 1369.9 |



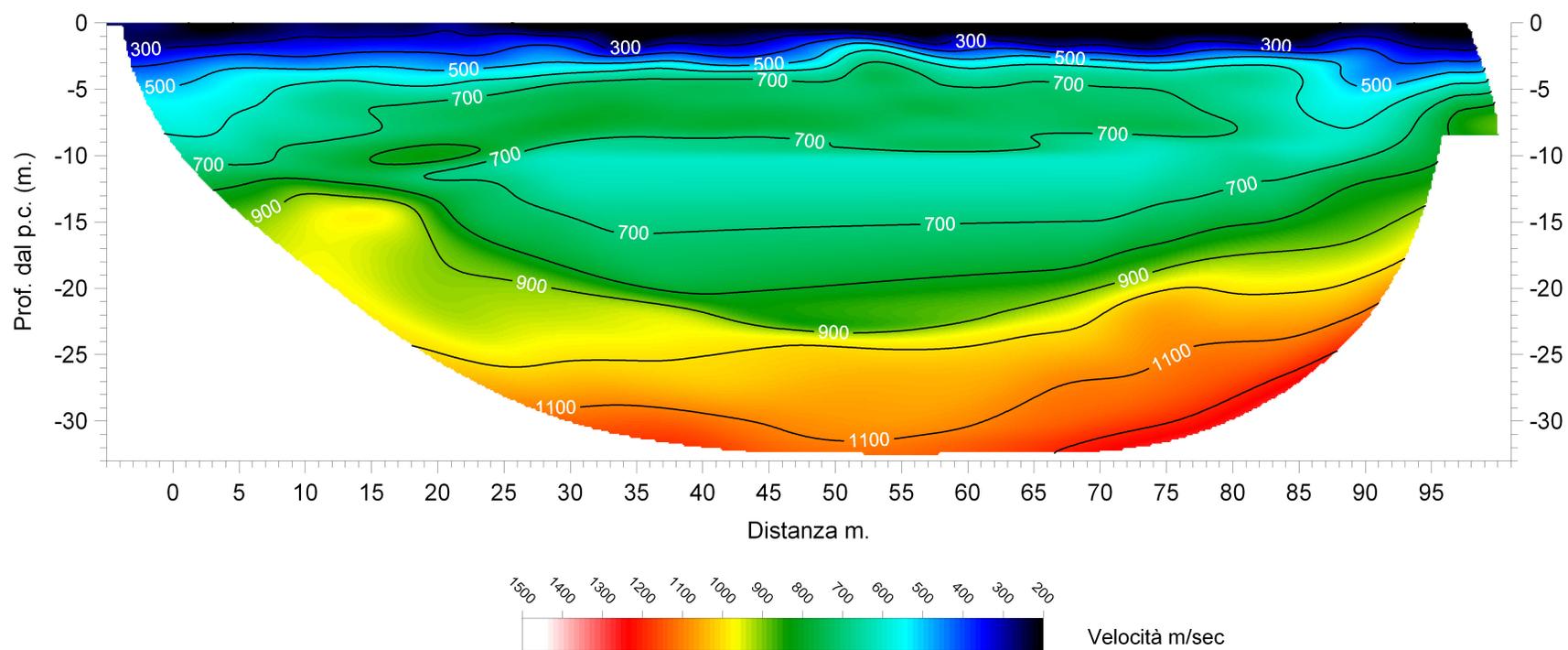
LINEA ST 2 - DROMOCRONE ONDE SH



LINEA ST 2 – SEZ. SISMOSTRATIGRAFICA ONDE SH



Linea sismica ST02 - Tomografia sismica onde SH



ST 2 - TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE SH

| Distanza dal geof. 1 | Quota | V1 (metri/sec) | Profondità rifrattore 1 | V2 (metri/sec) |
|----------------------|-------|----------------|-------------------------|----------------|
| 0 | 0 | 331.4 | -4.1 | 693.7 |
| 2 | 0 | 332.4 | -4.1 | 692.8 |
| 4 | 0 | 333.4 | -4.0 | 692.3 |
| 6 | 0 | 331.3 | -4.0 | 691.8 |
| 8 | 0 | 329.2 | -3.9 | 689.9 |
| 10 | 0 | 328.4 | -3.9 | 687.6 |
| 12 | 0 | 327.5 | -3.8 | 686.0 |
| 14 | 0 | 325.4 | -3.8 | 684.7 |
| 16 | 0 | 323.3 | -3.7 | 684.0 |
| 18 | 0 | 322.0 | -3.7 | 683.2 |
| 20 | 0 | 320.7 | -3.6 | 682.2 |
| 22 | 0 | 317.6 | -3.6 | 681.1 |
| 24 | 0 | 314.6 | -3.6 | 681.0 |
| 26 | 0 | 316.3 | -3.5 | 680.8 |
| 28 | 0 | 317.9 | -3.5 | 680.6 |
| 30 | 0 | 319.1 | -3.5 | 681.0 |
| 32 | 0 | 320.3 | -3.5 | 681.9 |
| 34 | 0 | 323.0 | -3.5 | 682.4 |
| 36 | 0 | 325.7 | -3.5 | 682.6 |
| 38 | 0 | 331.9 | -3.5 | 683.4 |
| 40 | 0 | 338.2 | -3.5 | 684.2 |
| 42 | 0 | 343.2 | -3.6 | 684.7 |
| 44 | 0 | 348.2 | -3.6 | 685.4 |
| 46 | 0 | 354.3 | -3.6 | 685.7 |
| 48 | 0 | 360.4 | -3.7 | 685.4 |
| 50 | 0 | 365.8 | -3.7 | 686.3 |
| 52 | 0 | 371.1 | -3.8 | 686.8 |
| 54 | 0 | 376.5 | -3.8 | 687.2 |
| 56 | 0 | 381.9 | -3.8 | 687.7 |
| 58 | 0 | 383.4 | -3.9 | 686.9 |
| 60 | 0 | 385.0 | -3.9 | 686.3 |
| 62 | 0 | 380.9 | -3.9 | 686.4 |
| 64 | 0 | 376.7 | -3.9 | 686.4 |
| 66 | 0 | 374.7 | -3.9 | 685.5 |
| 68 | 0 | 372.7 | -3.9 | 685.1 |
| 70 | 0 | 365.9 | -3.9 | 684.5 |
| 72 | 0 | 359.0 | -3.9 | 683.3 |
| 74 | 0 | 348.1 | -3.9 | 682.0 |
| 76 | 0 | 337.2 | -3.8 | 681.5 |
| 78 | 0 | 330.3 | -3.8 | 680.9 |
| 80 | 0 | 323.5 | -3.8 | 679.9 |
| 82 | 0 | 317.0 | -3.7 | 679.1 |
| 84 | 0 | 310.4 | -3.7 | 678.5 |
| 86 | 0 | 302.6 | -3.7 | 677.8 |
| 88 | 0 | 294.9 | -3.6 | 677.5 |
| 90 | 0 | 290.1 | -3.6 | 678.4 |
| 92 | 0 | 285.3 | -3.6 | 679.0 |

P.E. 1059/09

COMUNE ROSIGNANO M.MO
PROVINCIA DI LIVORNO

**REALIZZAZIONE DI AMPLIAMENTO DELL'ISTITUTO SCOLASTICO
"I.T.I. MATTEI" DI ROSIGNANO SOLVAY
VIA DELLA REPUBBLICA**

**RELAZIONE GEOLOGICA
(DM 14/01/2008 - NTC)**

COMMITTENZA: PROVINCIA DI LIVORNO

MAGGIO 2009

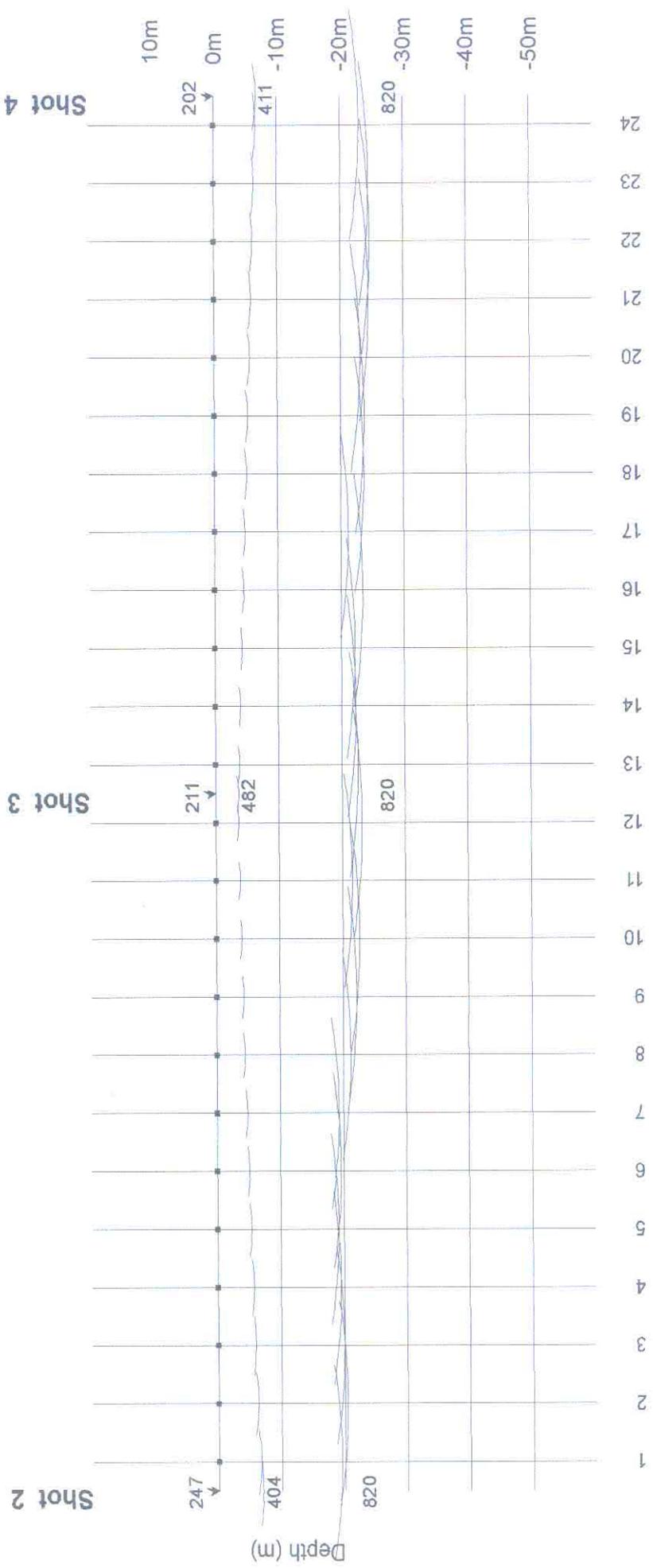
Dott. Geol. MONICA LAQUIDARA
Via Vecchia Fiorentina, 254
Loc. Montidone - Cascina (Pisa) - Cell. 339.3197224
e-mail: monlaq@libero.it



PROFILO SISMICO (metodo ABC)

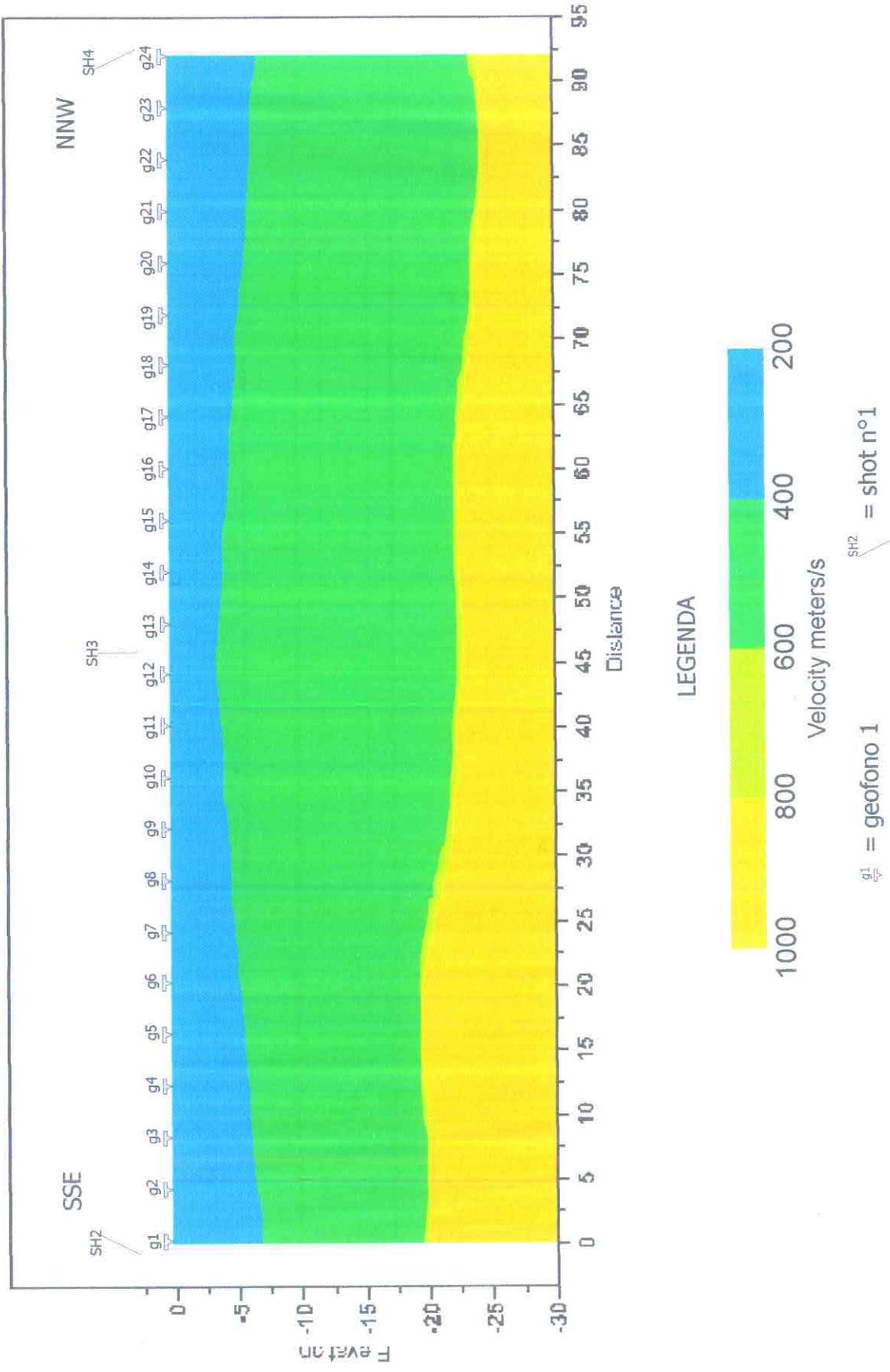
SSE

NNW



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

(stesa ONDE Sh - metodo ABC)



LEGENDA



g1 = geofono 1

SH2 = shot n°1



IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Via di Ugnano, 41/b - Firenze
Tel. 055780705 - Fax 0557320415



Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P

Committente: REGIONE TOSCANA
Dir. Gen. Politiche Territoriali e Ambientali
Area di Coordinamento Difesa del Suolo e Protezione della Natura
Settore Servizio Sismico Regionale

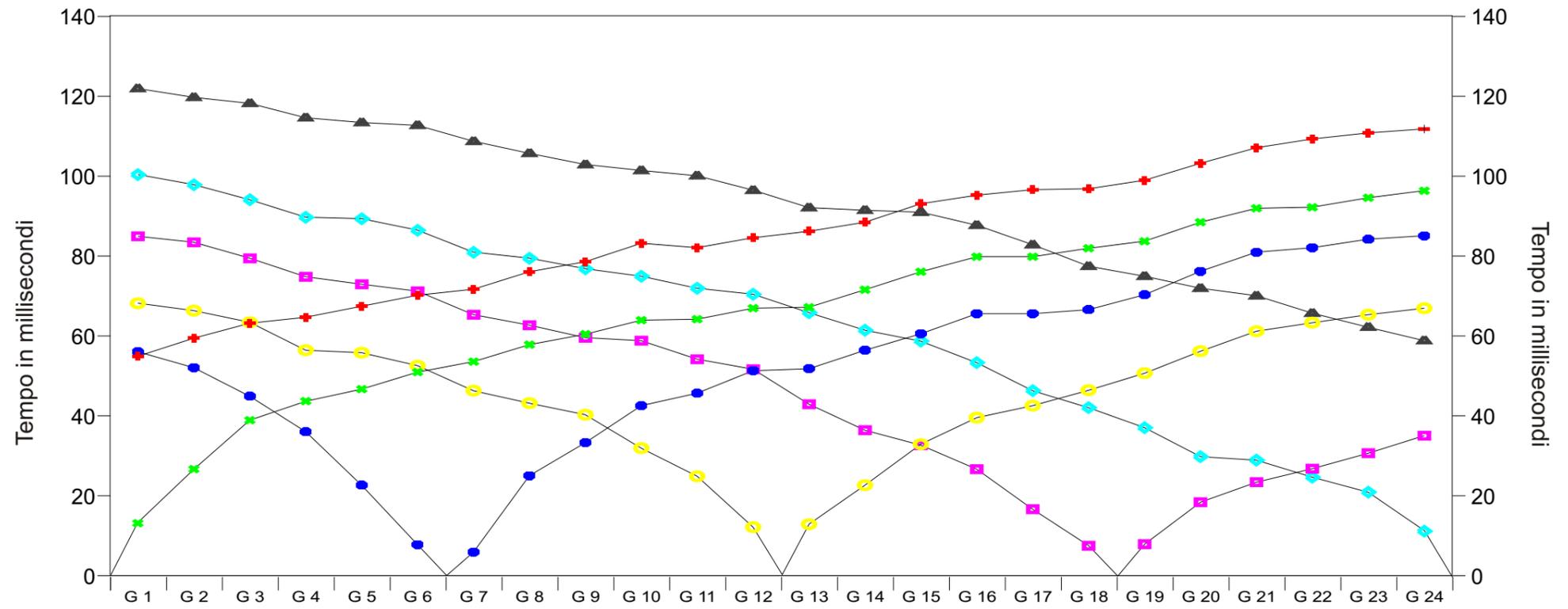
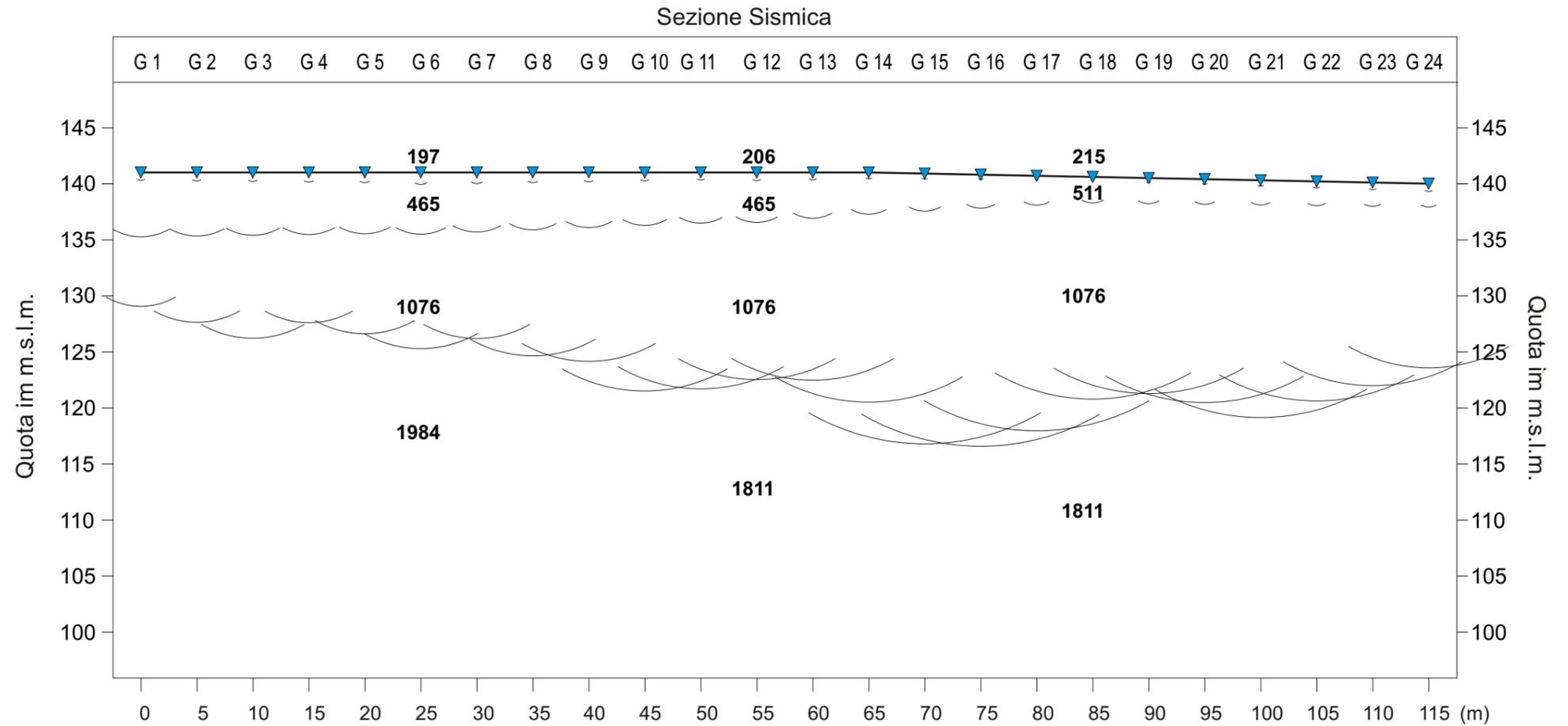
Località: Rosignano Solvay (LI)

Linea: ST 8

Legenda

Scala 1:500

- ▼ G 1 Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- 1250** Velocità in m/sec.
- + A Esterno sinistro
- * B Estremo sinistro
- C Intermedio sinistro
- D Centrale
- E Intermedio destro
- ◆ F Estremo destro
- ▲ G Esterno destro
- ☆ Punto di energizzazione



Geometria della linea





IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Via di Ugnano, 41/b - Firenze
Tel. 055780705 - Fax 0557320415



Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH

Committente: **REGIONE TOSCANA**
Dir. Gen. Politiche Territoriali e Ambientali
Area di Coordinamento Difesa del Suolo e Protezione della Natura
Settore Servizio Sismico Regionale

Località: Rosignano Solvay (LI)

Linea: ST 8

Legenda

Scala 1:500

▼ G 1 Geofono

⤿ Distanza dalla superficie topografica del limite di strato

1250 Velocità in m/sec.

✚ A Esterno sinistro

✚ B Estremo sinistro

● C Intermedio sinistro

● D Centrale

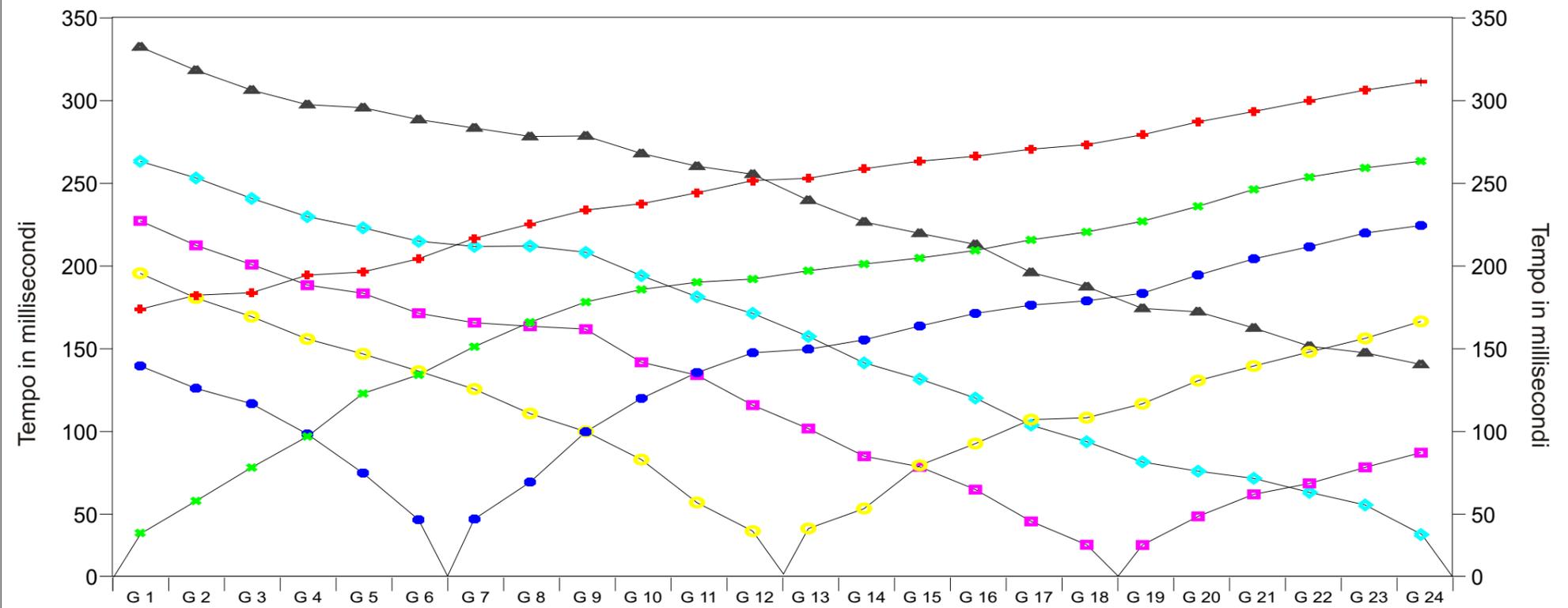
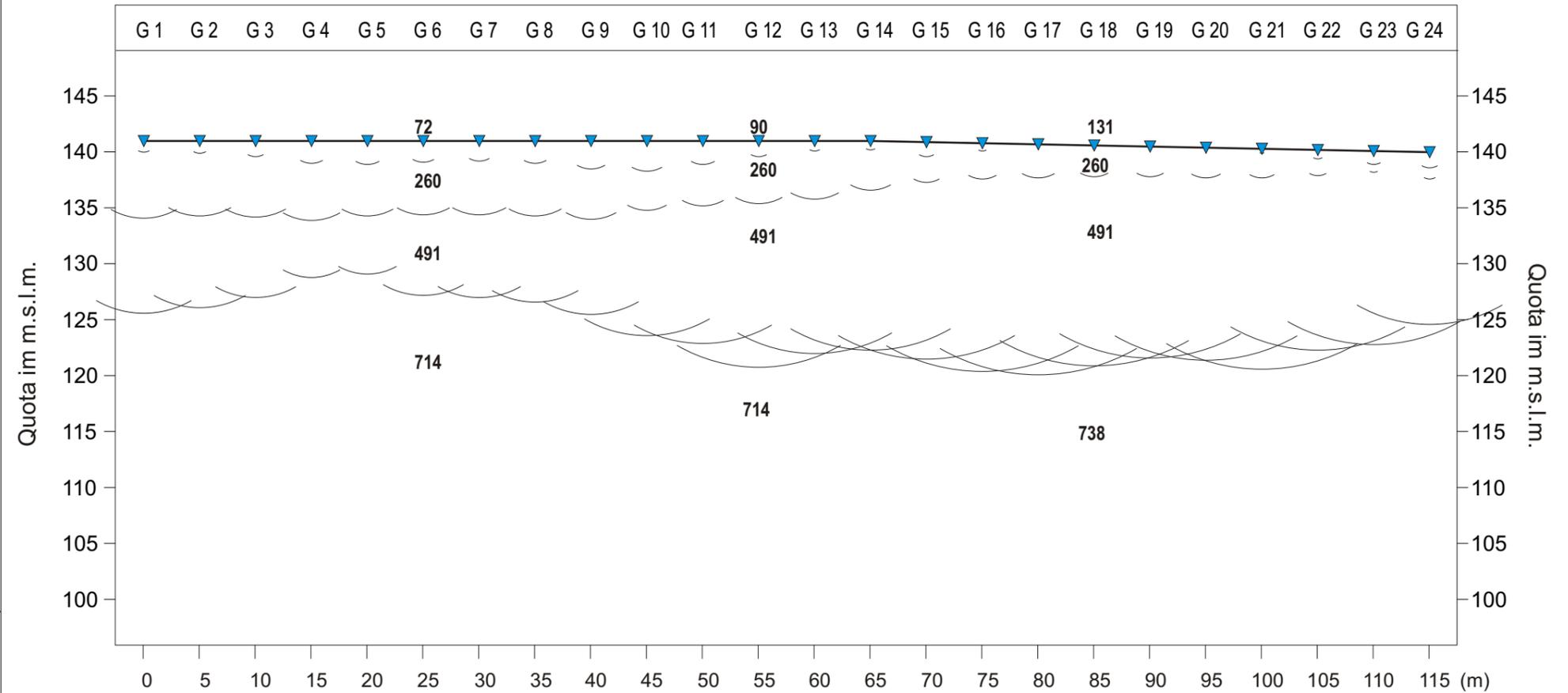
■ E Intermedio destro

◆ F Estremo destro

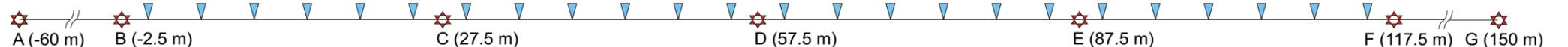
▲ G Esterno destro

☆ Punto di energizzazione

Sezione Sismica



Geometria della linea





Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali
Coordinamento regionale Prevenzione sismica

COMMITTENTE: Regione Toscana
 Ente Finanziatore: Regione Toscana
 DITTA ESECUTRICE: Igetecma s.a.s.

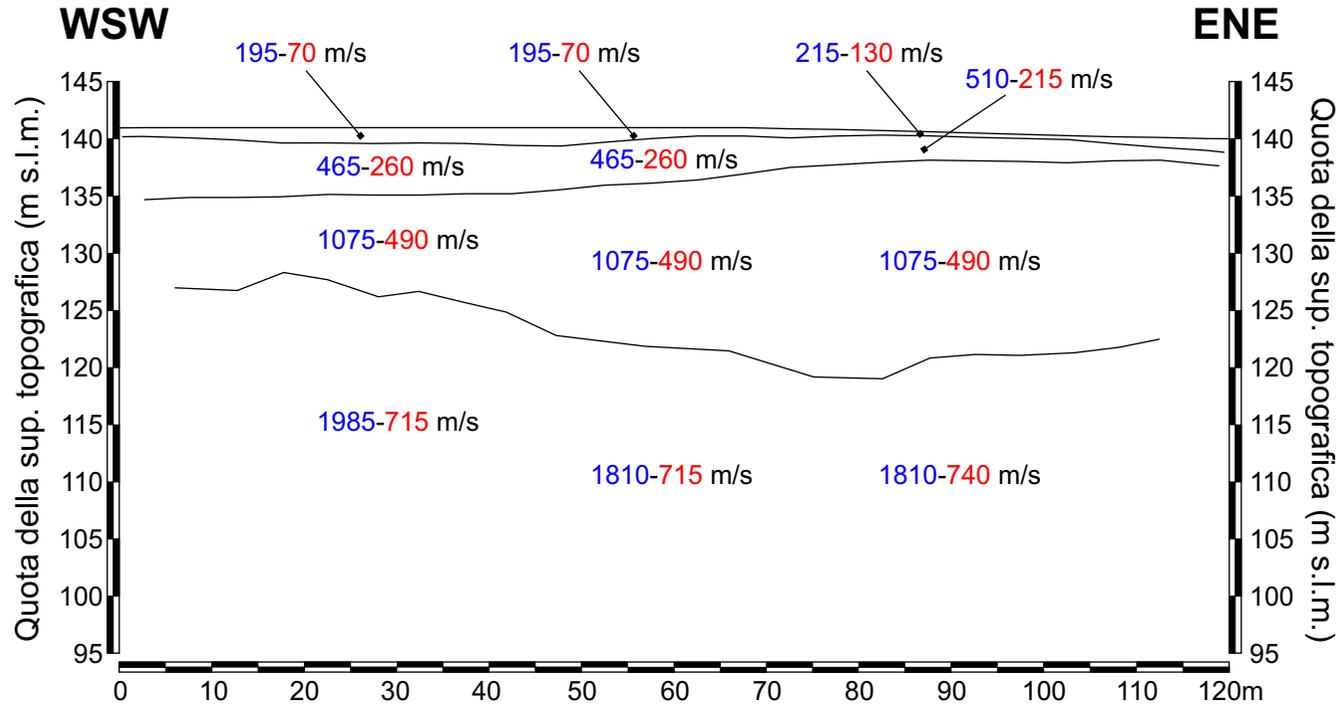
DATA CONSEGNA: novembre 2005
 PROGRAMMA: DOCUP 2000-2006

RIELABORAZIONE E REVISIONE DATI: Vittorio D'Intinosante (11/2008)
 REVISIONE ESEGUITA: conferma della versione fornita dalla Ditta



UNIONE EUROPEA

STESA SISMICA A RIFRAZIONE St8 - ONDE P ed SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Castelnuovo Ovest



Legenda

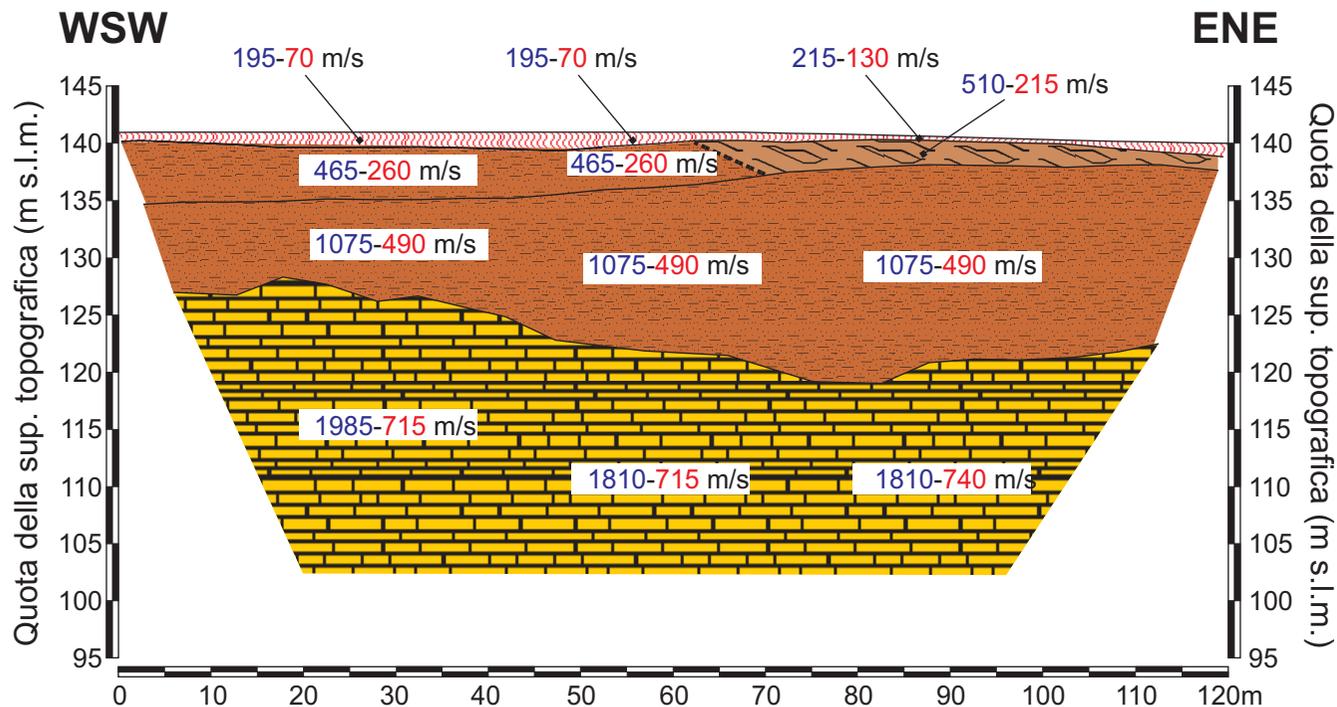
195 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

70 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso).

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St8 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Castelnuovo Ovest



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

--- Discontinuità stratigrafica

Terreno naturale areato (ar)

Tripoli di Paltratico (TRP= m_5 =ROS3) diatomiti, marne e marne-sabbiose

Formazione del Torrente Raquese (RAQ)

Calcare di Rosignano
Membro dei Calcari di Castelnuovo (ROS5 = m_4)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

Il dato sismico discretizza quattro sismostrati, individuando così, al di sotto del terreno naturale e/o areato, tre facies sismiche; la prima con velocità delle onde di taglio molto basse (intorno ai 200-250m/sec) che potrebbe rappresentare la formazione di tripoli di Paltratico (TRP) e la parte più alterata della formazione del T. Raquese (RAQ) come da indicazioni desunte dalla carta geologica dell'area.

La seconda facies con velocità delle onde di taglio intorno ai 500m/sec potrebbe essere assimilata alla formazione del T. Raquese (RAQ) in condizioni sane, mentre la facies più profonda con velocità superiori ai 700m/sec potrebbe rappresentare il passaggio ai Calcari di Rosignano (ROS5) nel Membro dei Calcari di Castelnuovo.

Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.

INDAGINE GEOFISICA DI SISMICA A RIFRAZIONE

Committente: Comune di Rosignano Marittimo

Indagini geofisiche per la realizzazione di una condotta

Loc. Vada

Comune di Rosignano Marittimo

Poggibonsi 20/07/2009

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 07/07/2009 su incarico del Comune di Rosignano Marittimo, è stata eseguita un'indagine Geofisica di Sismica a Rifrazione in località Vada presso il cimitero per la realizzazione di una condotta di sale.

L'obiettivo è stato determinare l'andamento delle velocità delle onde sismiche, desumendo il grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e possibilmente individuare eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

Inoltre è stata determinata la velocità media delle onde S nei primi trenta metri.

A tale scopo è stato eseguito uno stendimento di sismica a rifrazione in onde SH ubicato secondo lo schema presente in allegato.

2 - Metodologia di esecuzione delle indagini

La linea di sismica, è stata realizzata con un gruppo di 24 geofoni spazati tra loro di 4 m.

Questa spaziatura geofonica ha permesso di realizzare una linea da 96 metri ed indagare in profondità per circa 30 metri con risoluzioni elevate. La linea di sismica è stata acquisita con onde di taglio SH.

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine



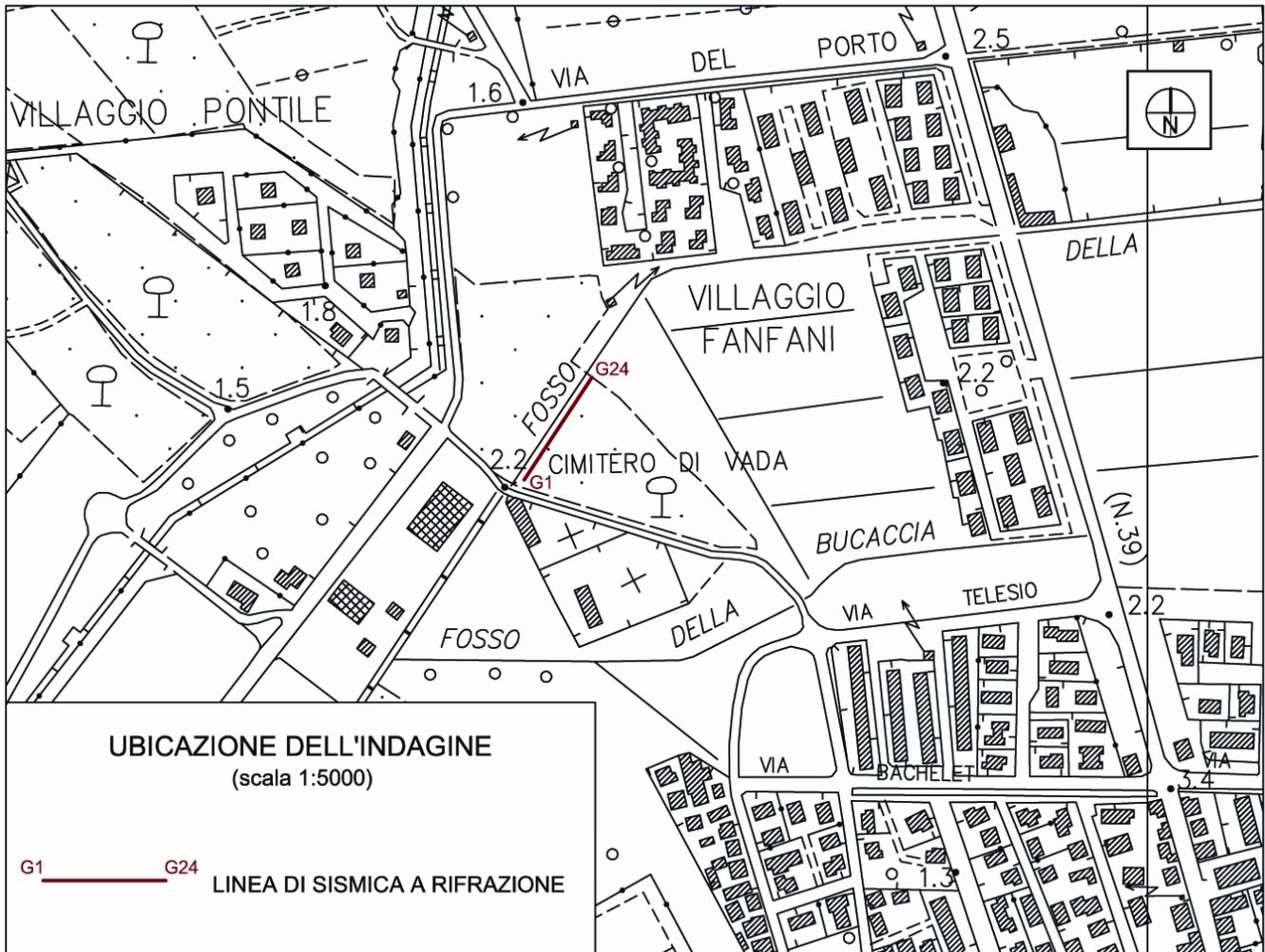
Modalità esecutive della prova.

L'indagine sismica consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche orizzontali per la generazione di onde di taglio (SH) e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e

prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali.

- individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- ricostruzione delle relative dromocrone;
- interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo ;



APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

Sorgente onde SH:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante.

E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infissione".

I profili sismici a rifrazione sono realizzati energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

I tiri esterni sono disposti in modo da ottenere un compromesso tra la necessità di avere due dromocrone (tempi di arrivo ai vari geofoni) corrispondenti all'orizzonte rifratore più profondo, lo spazio disponibile, e la necessità di avere degli arrivi chiaramente leggibili, poiché l'attenuazione degli impulsi con la distanza è abbastanza pronunciata.

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente orizzontale per le onde SH, con frequenza propria di circa 10 Hz. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

Sistema di acquisizione dati:

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale con 24 canali a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica.

Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Interpretazione dei profili sismici

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, ha permesso di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di taglio, inoltre con l'analisi del gradiente di velocità effettuata sulla sezione tomografica, è stato possibile evidenziare i principali passaggi stratigrafici e/o di consistenza.

Risultati:

L'indagine geofisica di sismica a rifrazione svolta per conto del del Comune di Rosignano Marittimo, in località Vada per la realizzazione di una condotta di sale, ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nell'area, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), e la determinazione della geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

I dati acquisiti sono stati elaborati in tecnica tomografica, utilizzando il software Rayfract.

Sul profilo, che ha raggiunto la profondità di circa 33 m., l'elaborazione ha messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche schematizzabile secondo due sismostrati.

Dalla sezione sismostratigrafica in onde SH, si osserva un livello superficiale, dello spessore variabile dai 2 ai 6 metri circa, con V_s media di circa 305 m/s.

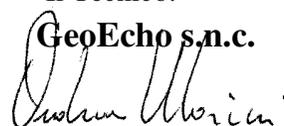
Il rifratore che segna il passaggio allo strato più profondo ha una velocità media di 415 m/s.

La $V_{S/30}$ (velocità media delle onde di taglio nei 30 m. più superficiali) calcolata nel settore centrale del profilo è risultata pari a 480 m/s.

Secondo il D.M. 14/09/2005 (Norme tecniche per le costruzioni), possiamo classificare il terreno di fondazione in CATEGORIA B ($360 \text{ m/s} < V_{S/30} < 800 \text{ m/s}$).

Il Tecnico:

GeoEcho s.n.c.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Andrea Morini".

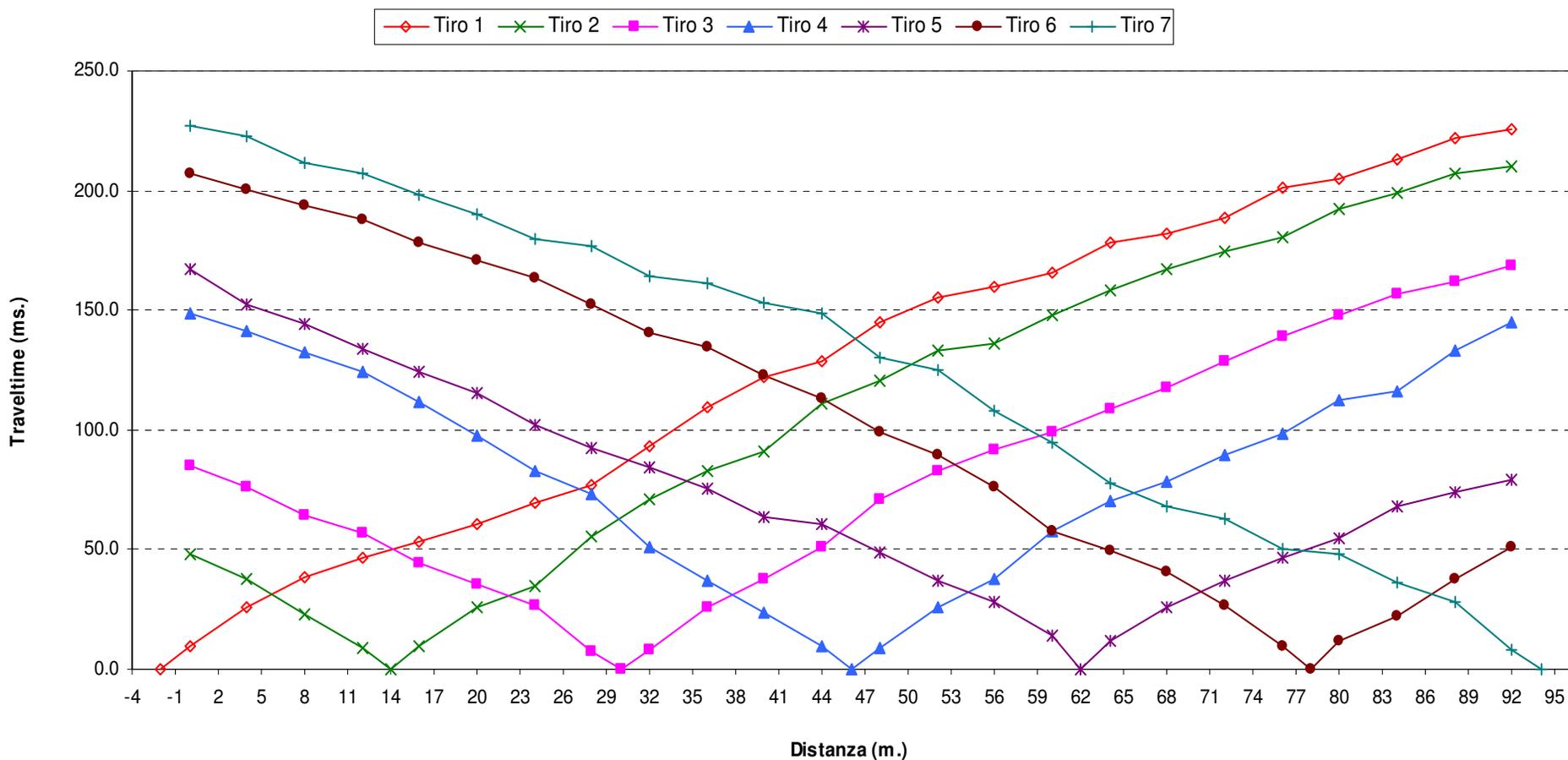
**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE - ONDE SH
SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

| 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 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Quote geof. (m) | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |

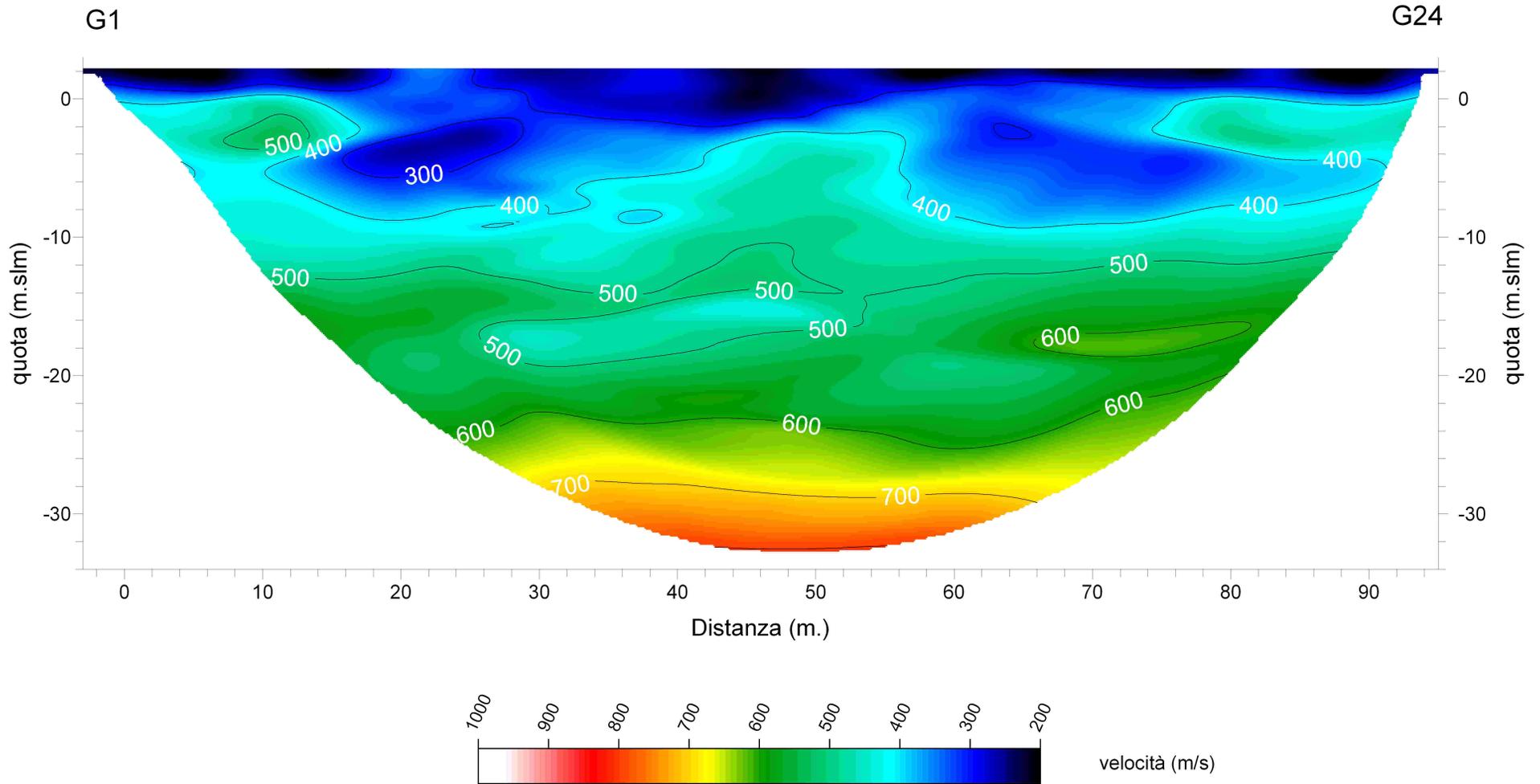
PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE SH

| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -2,0 | 14,0 | 30,0 | 46,0 | 62,0 | 78,0 | 94,0 |
| QUOTA (m s.l.m.) | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |

DROMOCRONE - ONDE SH



Tomografia sismica onde SH



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA - ONDE SH

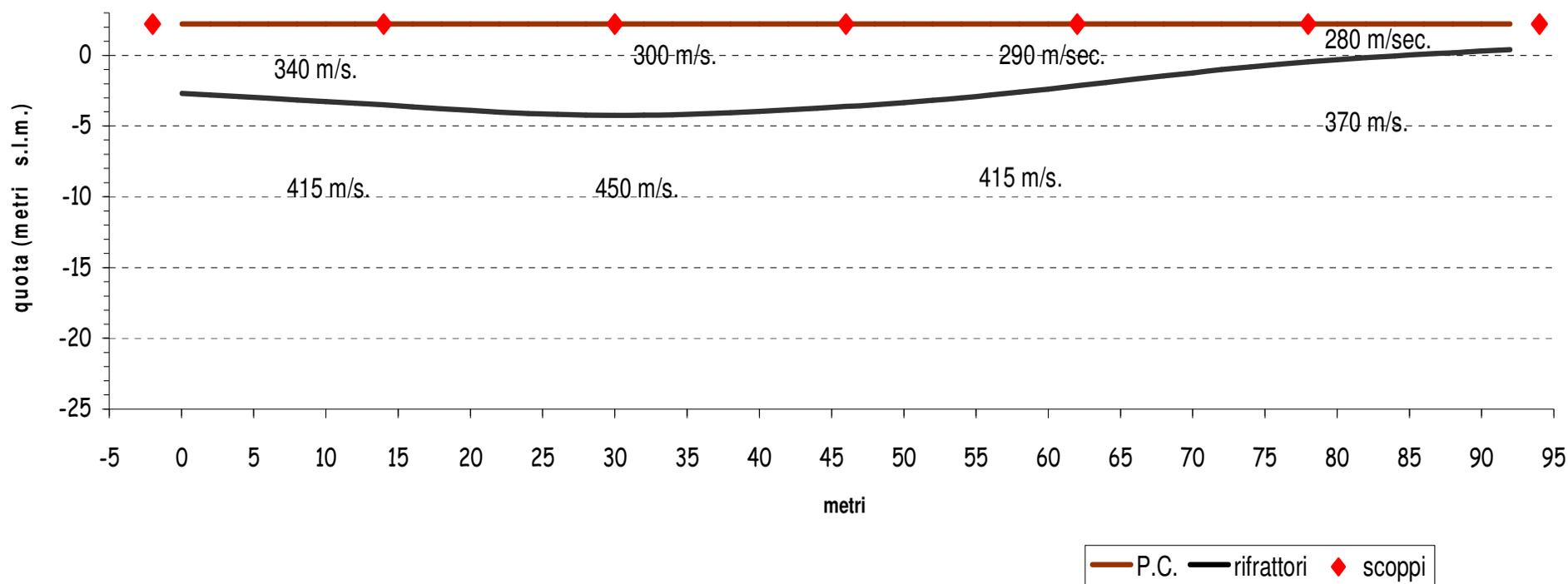


TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE SH

| Distanza dal geof. 1 | Quota (metri s.l.m.) | V1 vel. 1° strato (metri/sec) | profondità rifrattore 1 | V2 vel. rifrattore 1 (metri/sec) |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 0 | 2.2 | 347 | 4.9 | 386 |
| 2 | 2.2 | 347 | 5.0 | 389 |
| 4 | 2.2 | 348 | 5.1 | 395 |
| 6 | 2.2 | 348 | 5.2 | 401 |
| 8 | 2.2 | 347 | 5.3 | 407 |
| 10 | 2.2 | 345 | 5.5 | 413 |
| 12 | 2.2 | 343 | 5.6 | 418 |
| 14 | 2.2 | 339 | 5.7 | 423 |
| 16 | 2.2 | 336 | 5.8 | 427 |
| 18 | 2.2 | 331 | 6.0 | 431 |
| 20 | 2.2 | 327 | 6.1 | 435 |
| 22 | 2.2 | 321 | 6.2 | 439 |
| 24 | 2.2 | 315 | 6.3 | 443 |
| 26 | 2.2 | 311 | 6.4 | 445 |
| 28 | 2.2 | 307 | 6.4 | 447 |
| 30 | 2.2 | 306 | 6.4 | 449 |
| 32 | 2.2 | 304 | 6.4 | 451 |
| 34 | 2.2 | 304 | 6.4 | 453 |
| 36 | 2.2 | 303 | 6.3 | 455 |
| 38 | 2.2 | 301 | 6.3 | 457 |
| 40 | 2.2 | 298 | 6.2 | 457 |
| 42 | 2.2 | 298 | 6.1 | 457 |
| 44 | 2.2 | 297 | 5.9 | 454 |
| 46 | 2.2 | 298 | 5.8 | 449 |
| 48 | 2.2 | 298 | 5.7 | 443 |
| 50 | 2.2 | 297 | 5.5 | 437 |
| 52 | 2.2 | 296 | 5.4 | 431 |
| 54 | 2.2 | 294 | 5.2 | 426 |
| 56 | 2.2 | 293 | 5.0 | 421 |
| 58 | 2.2 | 293 | 4.8 | 415 |
| 60 | 2.2 | 293 | 4.6 | 409 |
| 62 | 2.2 | 292 | 4.4 | 405 |
| 64 | 2.2 | 292 | 4.1 | 401 |
| 66 | 2.2 | 290 | 3.9 | 397 |
| 68 | 2.2 | 289 | 3.7 | 393 |
| 70 | 2.2 | 288 | 3.4 | 390 |
| 72 | 2.2 | 286 | 3.2 | 386 |
| 74 | 2.2 | 285 | 3.0 | 383 |
| 76 | 2.2 | 283 | 2.8 | 378 |
| 78 | 2.2 | 283 | 2.7 | 374 |
| 80 | 2.2 | 284 | 2.5 | 369 |
| 82 | 2.2 | 284 | 2.4 | 366 |
| 84 | 2.2 | 285 | 2.2 | 362 |
| 86 | 2.2 | 285 | 2.1 | 359 |
| 88 | 2.2 | 286 | 2.0 | 357 |
| 90 | 2.2 | 286 | 1.9 | 355 |
| 92 | 2.2 | 286 | 1.8 | 353 |

INDAGINE GEOFISICA DI SISMICA A RIFRAZIONE

Committente: Comune di Rosignano Marittimo

Indagini geofisiche per la realizzazione di una condotta

Loc. Vada

Comune di Rosignano Marittimo

Poggibonsi 20/07/2009

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 07/07/2009 su incarico del Comune di Rosignano Marittimo, è stata eseguita un'indagine Geofisica di Sismica a Rifrazione in località Vada presso il cimitero per la realizzazione di una condotta di sale.

L'obiettivo è stato determinare l'andamento delle velocità delle onde sismiche, desumendo il grado di consistenza dei terreni costituenti il sito in esame e possibilmente individuare eventuali superfici di separazione tra "materiale" con diverse caratteristiche fisico-meccaniche.

Inoltre è stata determinata la velocità media delle onde S nei primi trenta metri.

A tale scopo è stato eseguito uno stendimento di sismica a rifrazione in onde SH ubicato secondo lo schema presente in allegato.

2 - Metodologia di esecuzione delle indagini

La linea di sismica, è stata realizzata con un gruppo di 24 geofoni spazati tra loro di 4 m.

Questa spaziatura geofonica ha permesso di realizzare una linea da 96 metri ed indagare in profondità per circa 30 metri con risoluzioni elevate. La linea di sismica è stata acquisita con onde di taglio SH.

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine



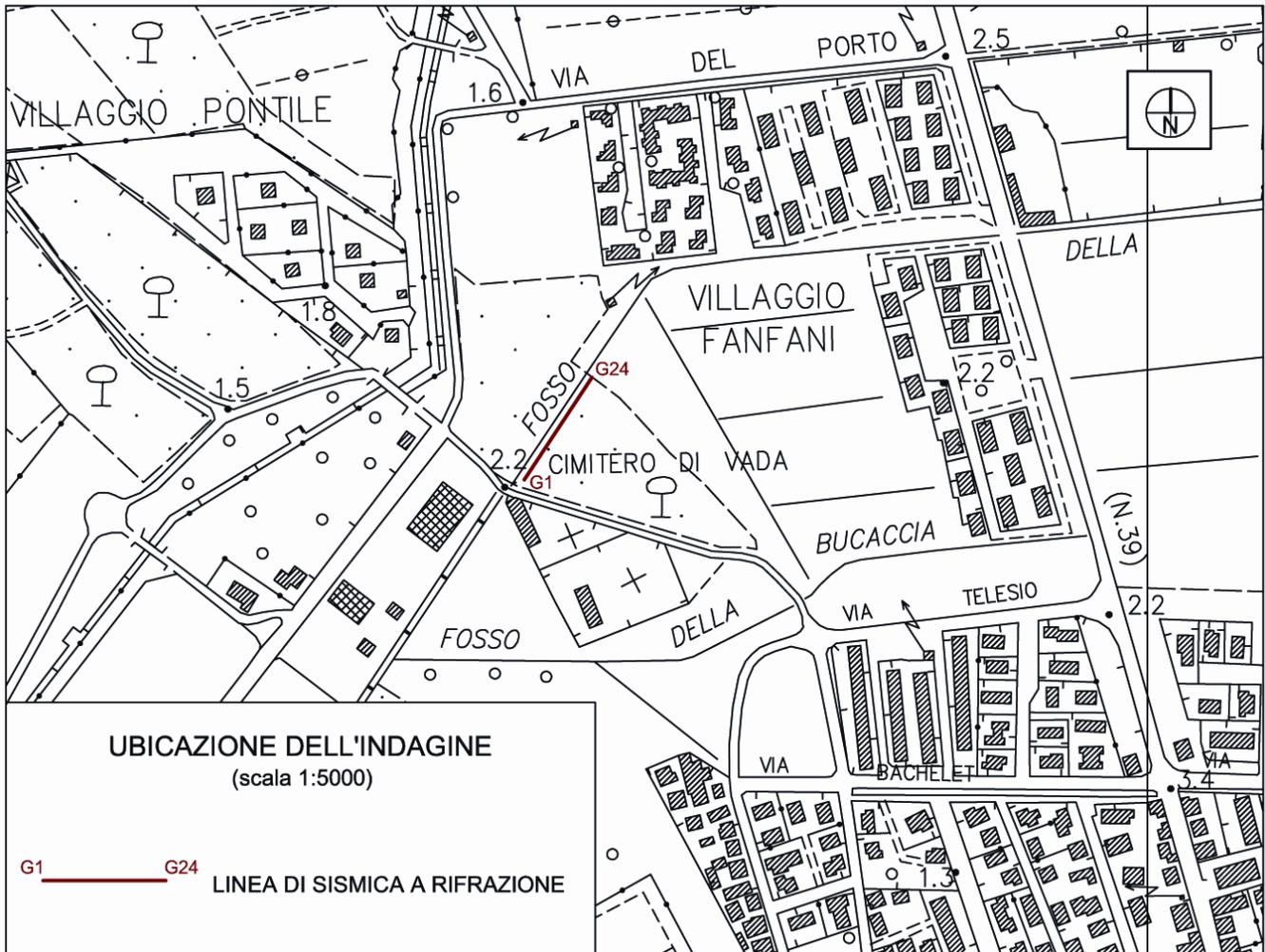
Modalità esecutive della prova.

L'indagine sismica consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche orizzontali per la generazione di onde di taglio (SH) e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e

prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde sismiche, può scomporsi nelle seguenti fasi fondamentali.

- a) individuazione del primo arrivo sui sismogrammi registrati;
- b) ricostruzione delle relative dromocrone;
- c) interpretazione delle dromocrone con conseguente ricostruzione delle geometrie del sottosuolo ;



APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

- Sistema sorgente;
- Sistema di ricezione;
- Sistema di acquisizione dati;
- Trigger.

Sorgente onde SH:

La sorgente deve essere in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di taglio polarizzate sul piano orizzontale.

Tale sorgente è costituita da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpita lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante.

E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpito sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

L'accoppiamento parallelepipedo-terreno è fatto per "contatto" e non per "infissione".

I profili sismici a rifrazione sono realizzati energizzando ad intervalli regolari lungo stendimenti di sensori detti geofoni: ciascuno stendimento multicanale viene denominato base sismica.

I tiri esterni sono disposti in modo da ottenere un compromesso tra la necessità di avere due dromocrone (tempi di arrivo ai vari geofoni) corrispondenti all'orizzonte rifratore più profondo, lo spazio disponibile, e la necessità di avere degli arrivi chiaramente leggibili, poiché l'attenuazione degli impulsi con la distanza è abbastanza pronunciata.

Sistema di ricezione:

Il sistema di ricezione è costituito da 24 geofoni a componente orizzontale per le onde SH, con frequenza propria di circa 10 Hz. Per l'acquisizione i geofoni sono accoppiati al terreno e posizionati verticalmente tramite il puntale di cui sono dotati.

Sistema di acquisizione dati:

Le registrazioni sono state acquisite mediante un sismografo digitale con 24 canali a 16 bit, si tratta di un sistema multicanale in grado di registrare su ciascun canale in modo digitale i segnali provenienti da ogni trasduttore di velocità (geofoni) a cui è collegato e conservarli su memoria di massa dinamica.

Le forme d'onda acquisite sono visualizzabili come tracce a partire dall'impulso inviato dal trigger nel computer portatile ad esso collegato e salvabili in forma numerica in modo definitivo.

Trigger:

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave o la mazza colpisce la base di battuta, consentendo la produzione di un impulso che viene inviato a un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Interpretazione dei profili sismici

I tempi di arrivo delle onde letti in corrispondenza di ciascun geofono hanno permesso di ricostruire i diagrammi spazio-tempo, detti dromocrone. L'interpretazione delle dromocrone fatta attraverso il software Rayfract, ha permesso di definire un modello della stratigrafia del terreno basato sulle variazioni della velocità delle onde di taglio, inoltre con l'analisi del gradiente di velocità effettuata sulla sezione tomografica, è stato possibile evidenziare i principali passaggi stratigrafici e/o di consistenza.

Risultati:

L'indagine geofisica di sismica a rifrazione svolta per conto del del Comune di Rosignano Marittimo, in località Vada per la realizzazione di una condotta di sale, ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti nell'area, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s), e la determinazione della geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

I dati acquisiti sono stati elaborati in tecnica tomografica, utilizzando il software Rayfract.

Sul profilo, che ha raggiunto la profondità di circa 33 m., l'elaborazione ha messo in evidenza una distribuzione delle velocità delle onde sismiche schematizzabile secondo due sismostrati.

Dalla sezione sismostratigrafica in onde SH, si osserva un livello superficiale, dello spessore variabile dai 2 ai 6 metri circa, con V_s media di circa 305 m/s.

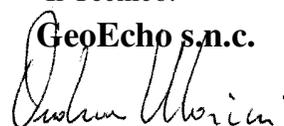
Il rifratore che segna il passaggio allo strato più profondo ha una velocità media di 415 m/s.

La $V_{S/30}$ (velocità media delle onde di taglio nei 30 m. più superficiali) calcolata nel settore centrale del profilo è risultata pari a 480 m/s.

Secondo il D.M. 14/09/2005 (Norme tecniche per le costruzioni), possiamo classificare il terreno di fondazione in CATEGORIA B ($360 \text{ m/s} < V_{S/30} < 800 \text{ m/s}$).

Il Tecnico:

GeoEcho s.n.c.



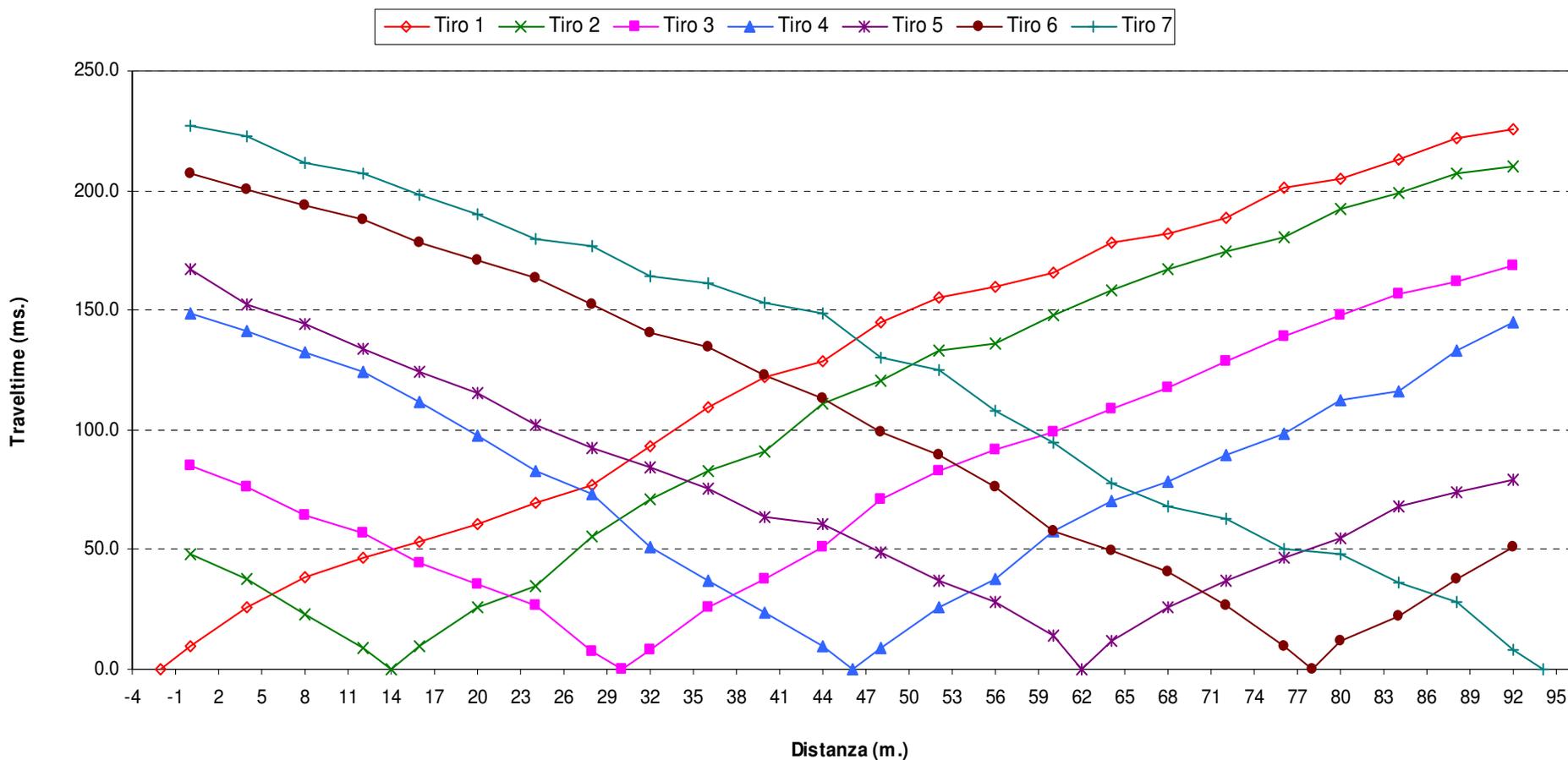
**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE - ONDE SH
SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

| 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 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 |
| Distanza parziale (m) | 0 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Quote geof. (m) | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |

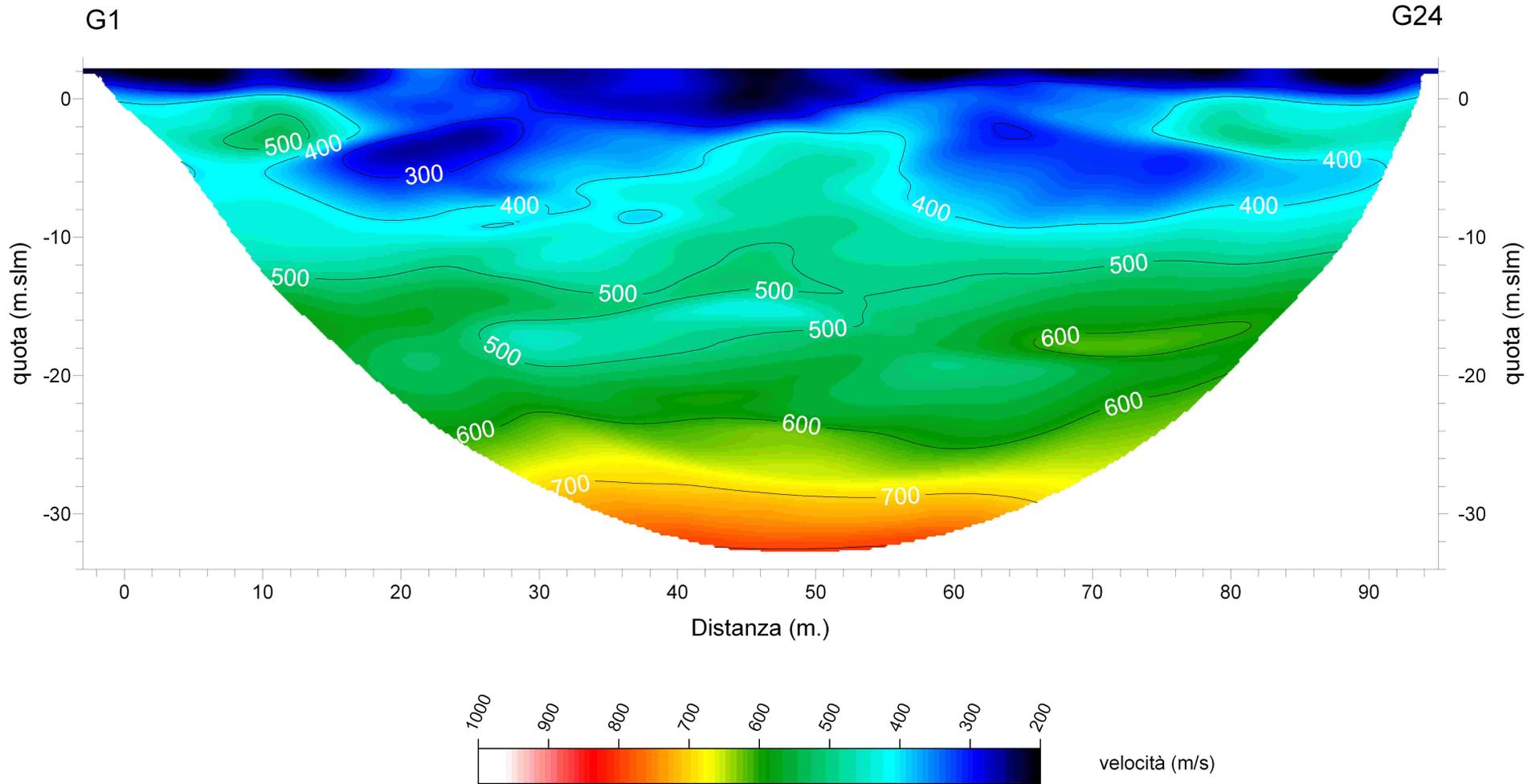
PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE SH

| | SCOPPIO 1 | SCOPPIO 2 | SCOPPIO 3 | SCOPPIO 4 | SCOPPIO 5 | SCOPPIO 6 | SCOPPIO 7 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m) | -2,0 | 14,0 | 30,0 | 46,0 | 62,0 | 78,0 | 94,0 |
| QUOTA (m s.l.m.) | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 |

DROMOCRONE - ONDE SH



Tomografia sismica onde SH



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA - ONDE SH

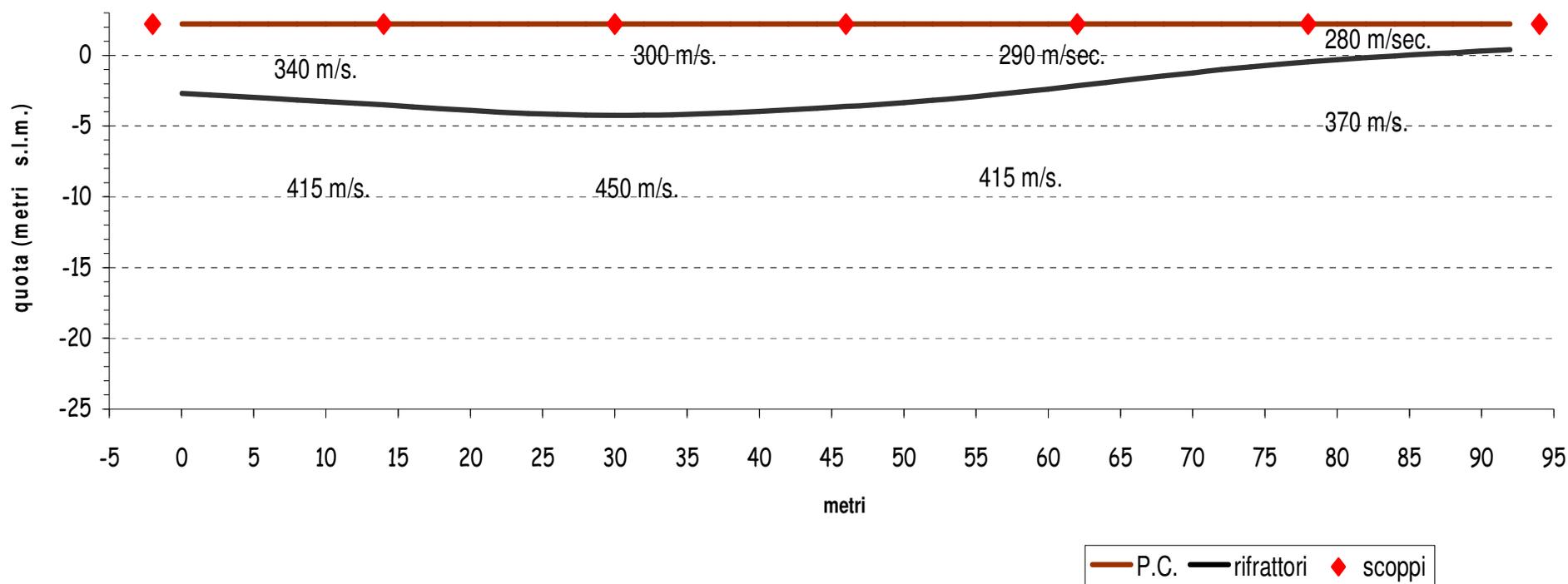


TABELLA VELOCITA' E SPESSORI ONDE SH

| Distanza dal geof. 1 | Quota (metri s.l.m.) | V1 vel. 1° strato (metri/sec) | profondità rifrattore 1 | V2 vel. rifrattore 1 (metri/sec) |
|----------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 0 | 2.2 | 347 | 4.9 | 386 |
| 2 | 2.2 | 347 | 5.0 | 389 |
| 4 | 2.2 | 348 | 5.1 | 395 |
| 6 | 2.2 | 348 | 5.2 | 401 |
| 8 | 2.2 | 347 | 5.3 | 407 |
| 10 | 2.2 | 345 | 5.5 | 413 |
| 12 | 2.2 | 343 | 5.6 | 418 |
| 14 | 2.2 | 339 | 5.7 | 423 |
| 16 | 2.2 | 336 | 5.8 | 427 |
| 18 | 2.2 | 331 | 6.0 | 431 |
| 20 | 2.2 | 327 | 6.1 | 435 |
| 22 | 2.2 | 321 | 6.2 | 439 |
| 24 | 2.2 | 315 | 6.3 | 443 |
| 26 | 2.2 | 311 | 6.4 | 445 |
| 28 | 2.2 | 307 | 6.4 | 447 |
| 30 | 2.2 | 306 | 6.4 | 449 |
| 32 | 2.2 | 304 | 6.4 | 451 |
| 34 | 2.2 | 304 | 6.4 | 453 |
| 36 | 2.2 | 303 | 6.3 | 455 |
| 38 | 2.2 | 301 | 6.3 | 457 |
| 40 | 2.2 | 298 | 6.2 | 457 |
| 42 | 2.2 | 298 | 6.1 | 457 |
| 44 | 2.2 | 297 | 5.9 | 454 |
| 46 | 2.2 | 298 | 5.8 | 449 |
| 48 | 2.2 | 298 | 5.7 | 443 |
| 50 | 2.2 | 297 | 5.5 | 437 |
| 52 | 2.2 | 296 | 5.4 | 431 |
| 54 | 2.2 | 294 | 5.2 | 426 |
| 56 | 2.2 | 293 | 5.0 | 421 |
| 58 | 2.2 | 293 | 4.8 | 415 |
| 60 | 2.2 | 293 | 4.6 | 409 |
| 62 | 2.2 | 292 | 4.4 | 405 |
| 64 | 2.2 | 292 | 4.1 | 401 |
| 66 | 2.2 | 290 | 3.9 | 397 |
| 68 | 2.2 | 289 | 3.7 | 393 |
| 70 | 2.2 | 288 | 3.4 | 390 |
| 72 | 2.2 | 286 | 3.2 | 386 |
| 74 | 2.2 | 285 | 3.0 | 383 |
| 76 | 2.2 | 283 | 2.8 | 378 |
| 78 | 2.2 | 283 | 2.7 | 374 |
| 80 | 2.2 | 284 | 2.5 | 369 |
| 82 | 2.2 | 284 | 2.4 | 366 |
| 84 | 2.2 | 285 | 2.2 | 362 |
| 86 | 2.2 | 285 | 2.1 | 359 |
| 88 | 2.2 | 286 | 2.0 | 357 |
| 90 | 2.2 | 286 | 1.9 | 355 |
| 92 | 2.2 | 286 | 1.8 | 353 |



Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P

Committente: REGIONE TOSCANA
 Dir. Gen. Politiche Territoriali e Ambientali
 Area di Coordinamento Difesa del Suolo e Protezione della Natura
 Settore Servizio Sismico Regionale

Località: Rosignano Solvay (LI)

Linea: ST 10

Legenda

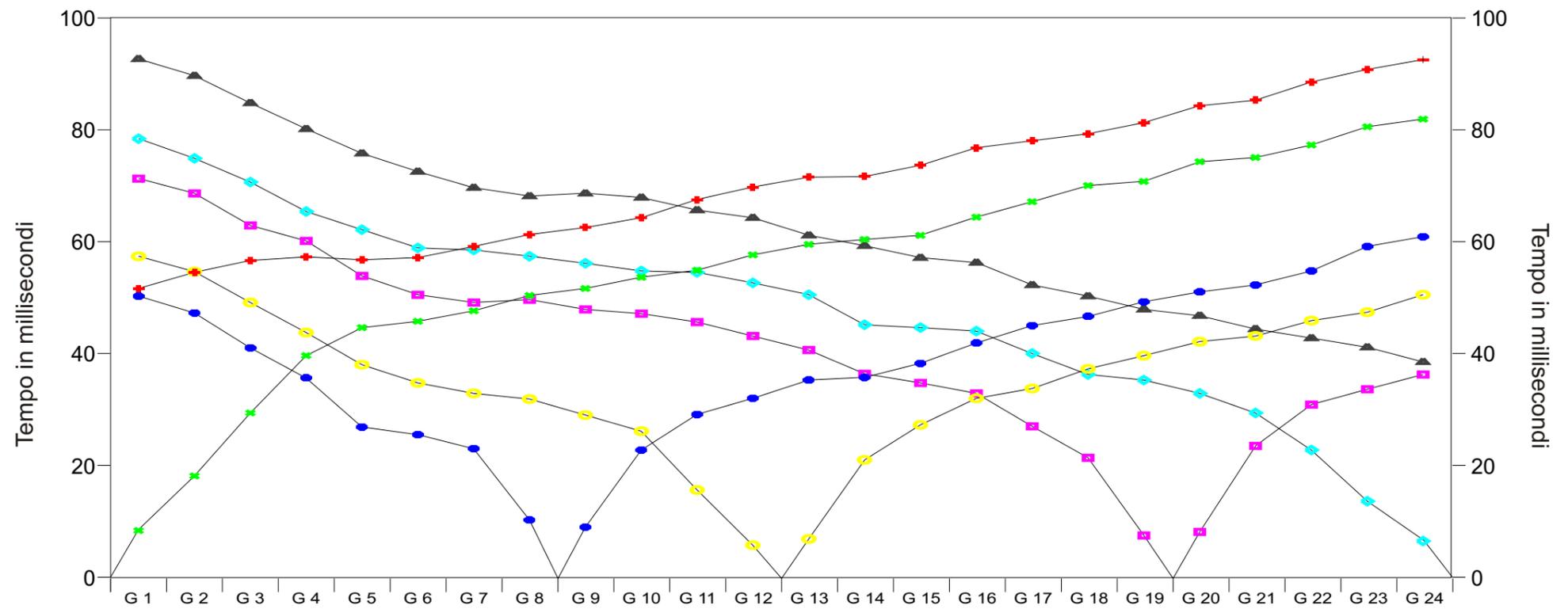
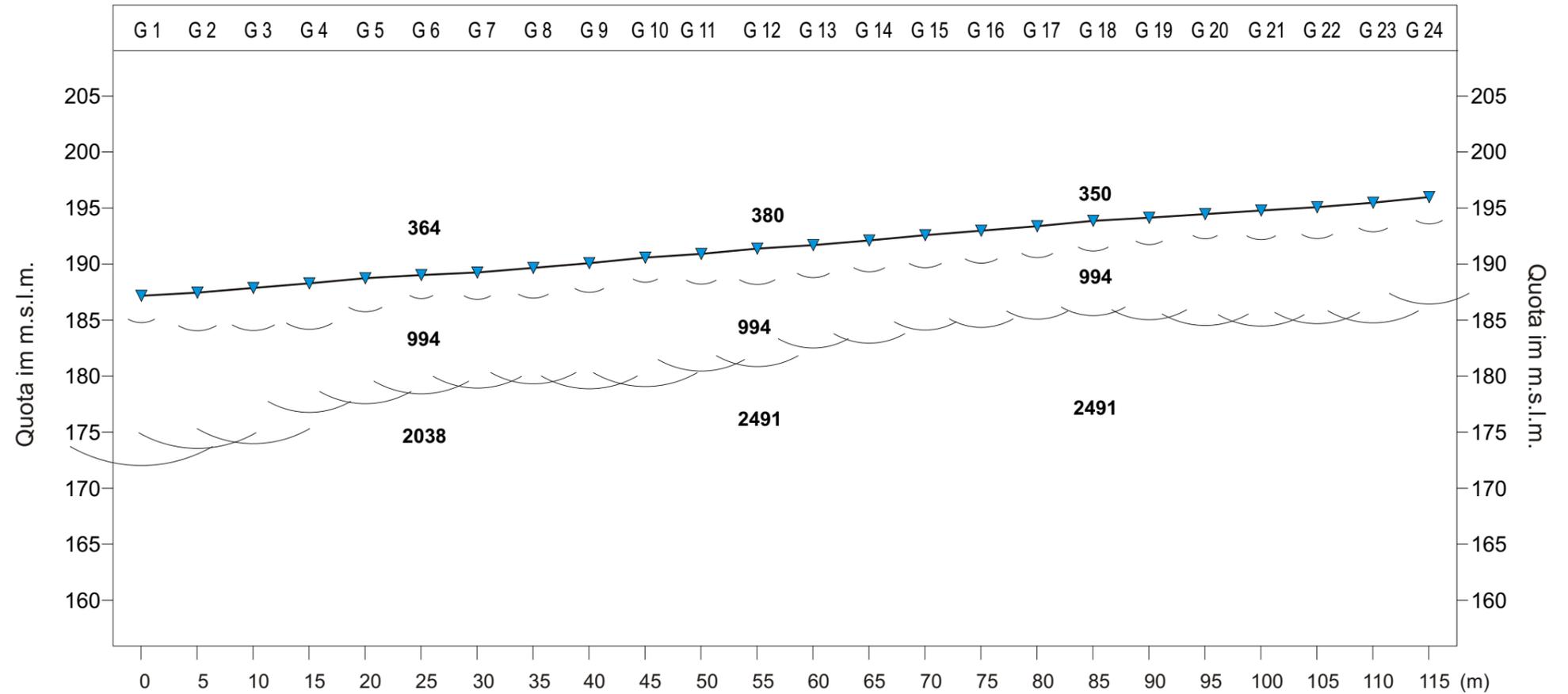
Scala 1:500

- ▼ G 1 Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato

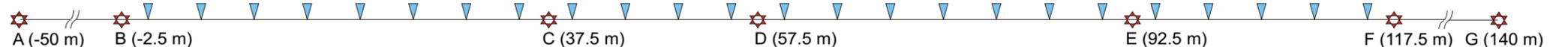
1250 Velocità in m/sec.

- ◆ A Esterno sinistro
- ◆ B Estremo sinistro
- ◆ C Intermedio sinistro
- ◆ D Centrale
- ◆ E Intermedio destro
- ◆ F Estremo destro
- ◆ G Esterno destro
- ☆ Punto di energizzazione

Sezione Sismica



Geometria della linea





IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Via di Ugnano, 41/b - Firenze
Tel. 055780705 - Fax 0557320415



Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH

Committente: REGIONE TOSCANA
Dir. Gen. Politiche Territoriali e Ambientali
Area di Coordinamento Difesa del Suolo e Protezione della Natura
Settore Servizio Sismico Regionale

Località: Rosignano Solvay (LI)

Linea: ST 10

Legenda

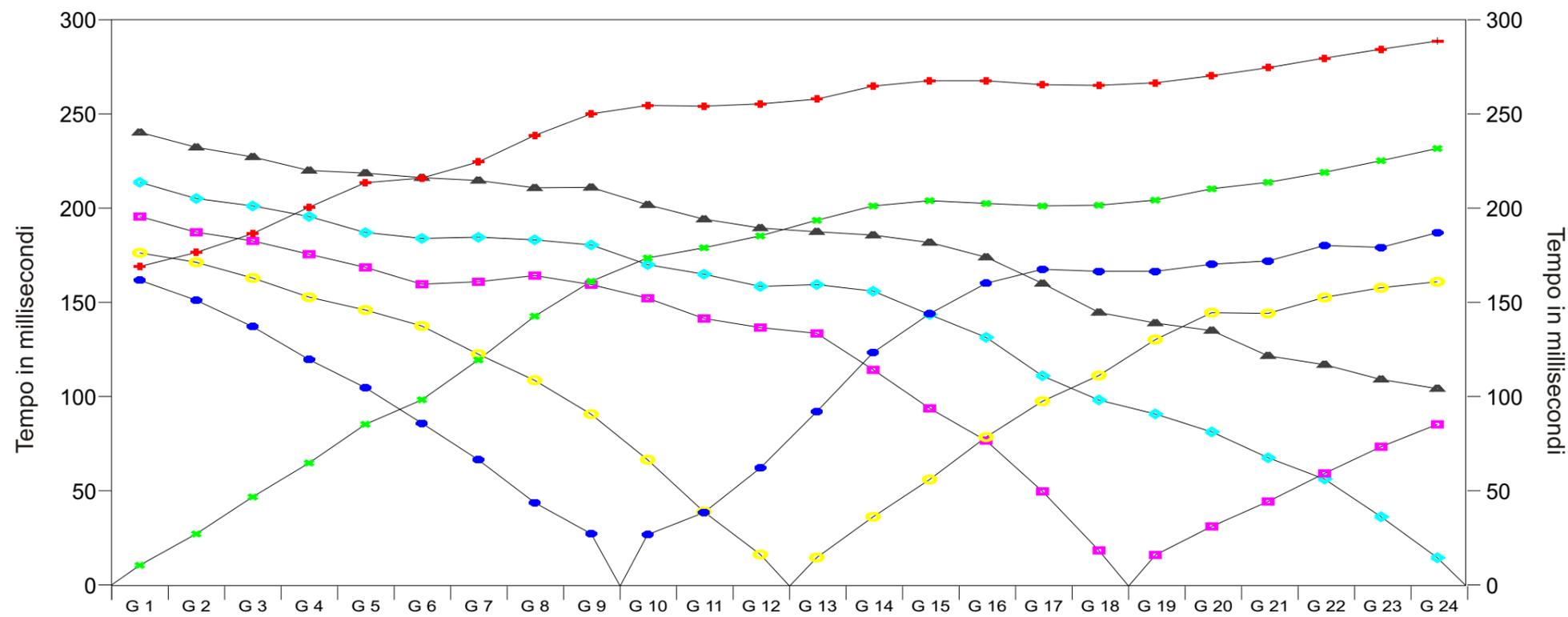
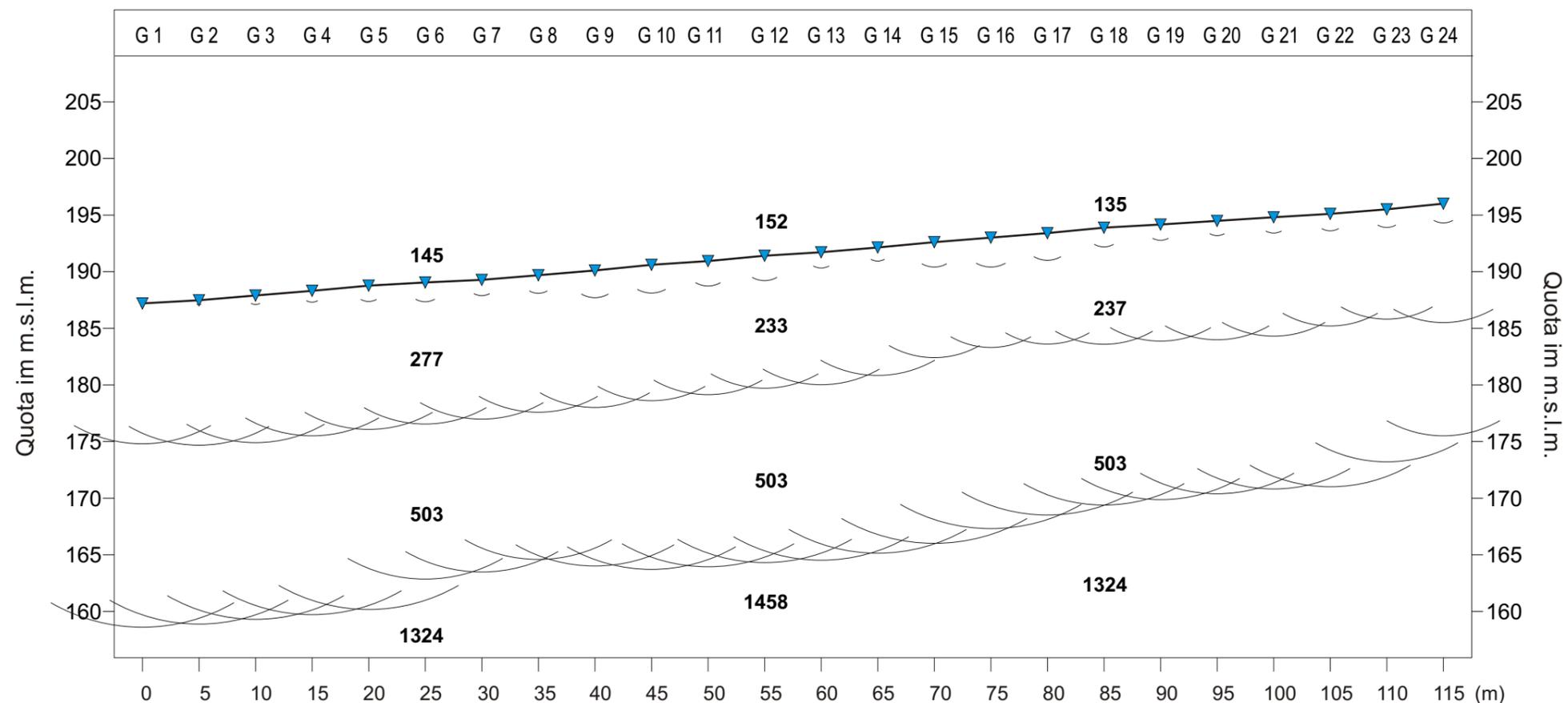
Scala 1:500

▼ G 1 Geofono
Distanza dalla superficie topografica del limite di strato

1250 Velocità in m/sec.

- ✚ A Esterno sinistro
- ✚ B Estremo sinistro
- C Intermedio sinistro
- D Centrale
- E Intermedio destro
- ◆ F Estremo destro
- ▲ G Esterno destro
- ☆ Punto di energizzazione

Sezione Sismica



Geometria della linea





Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali
Coordinamento regionale Prevenzione sismica

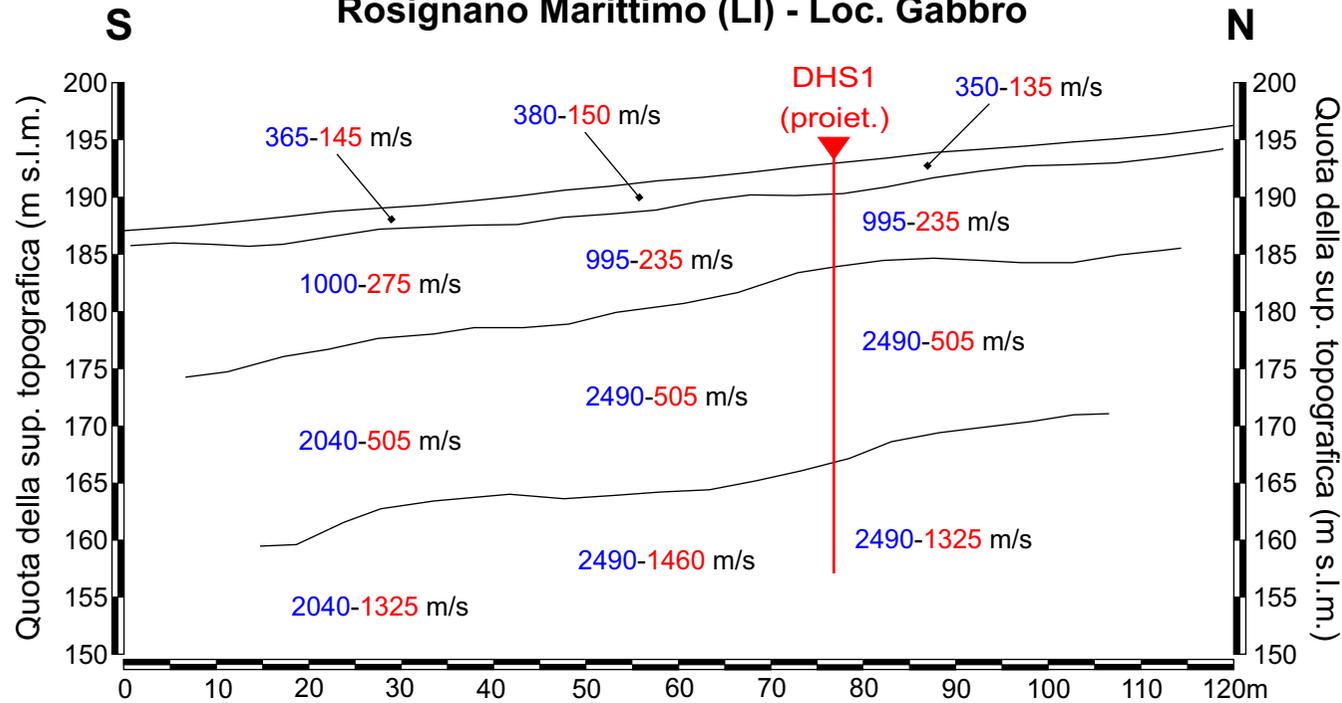
COMMITTENTE: Regione Toscana
 Ente Finanziatore: Regione Toscana
 DITTA ESECUTRICE: Igetecma s.a.s.

DATA CONSEGNA: settembre 2005
 PROGRAMMA: DOCUP 2000-2006

RIELABORAZIONE E REVISIONE DATI: Vittorio D'Intinosante (11/2008)
 REVISIONE ESEGUITA: conferma della versione fornita dalla Ditta



STESA SISMICA A RIFRAZIONE St10 - ONDE P ed SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Gabbro



Legenda

- 365 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo
- 145 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

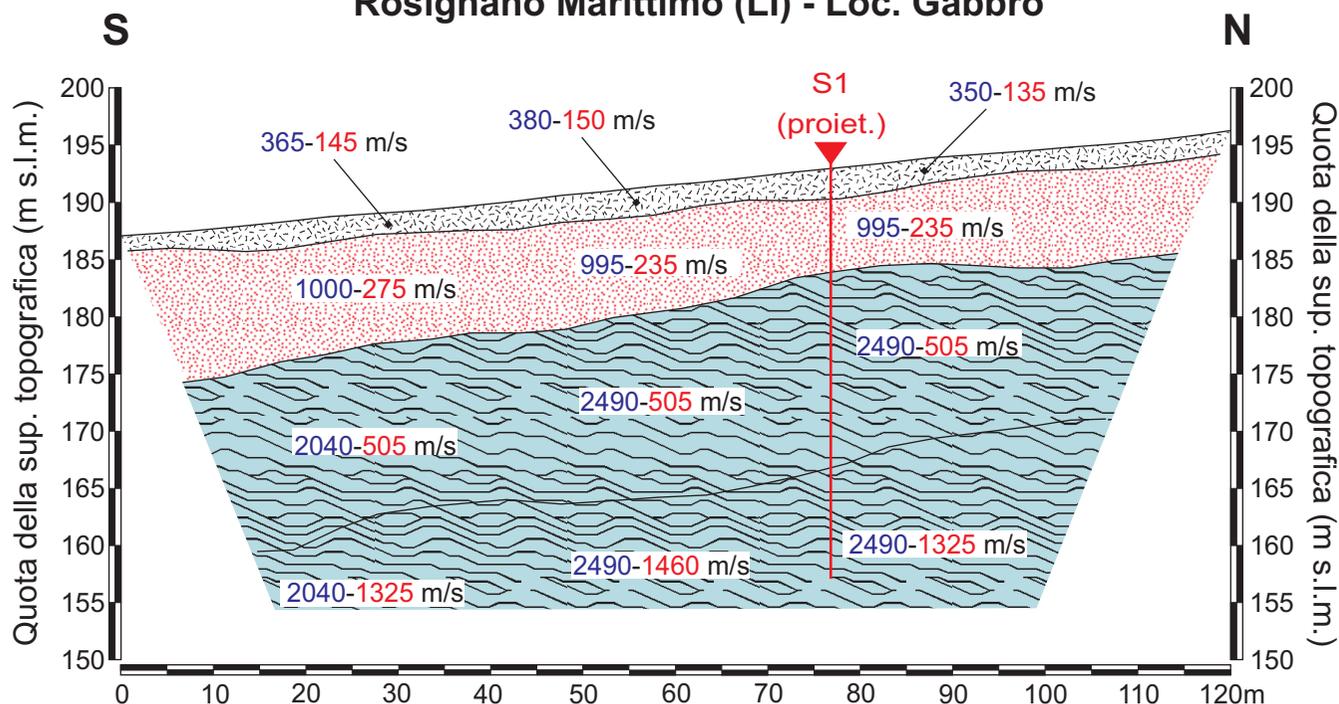


Ubicazione prova down-hole in onde P ed SH

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso). Lungo la sezione è indicato il punto di realizzazione delle indagini geofisiche in foro (prove down-hole in onde P ed SH), con relativa profondità. In particolare, il down-hole DHS1 è ubicato circa 30m a W della stesa sismica in oggetto. Inoltre, buona la correlazione con la stesa sismica a rifrazione St12, posizionata 170m a SE della stesa sismica in oggetto.

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St10 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Gabbro



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

S1

Ubicazione sondaggio geotecnico S1

Terreni di riporto e/o massicciata stradale (hn)

Detrito di versante (a)

Argilliti a Palombini (APA)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

Il dato sismico discretizza quattro sismostrati, individuando così, al di sotto della massicciata stradale e/o riporto (hn), i depositi costituiti dal detrito di versante ($dt = a_{3a}$) con velocità delle onde di taglio variabili tra 235 e 275 m/sec.

Al di sotto è presente il substrato roccioso costituito dalle Argille a Palombini (APA) in due differenti facies: la prima in facies argillitica che non costituiscono un bedrock sismico in quanto presentano delle velocità delle onde di taglio intorno ai 505m/sec e quindi inferiori alla soglia del bedrock sismico; il secondo sismostrato in facies argillitico-calcareo con velocità intorno a 1325-1460m/sec e quindi tipiche di un bedrock sismico. Tale interpretazione è stata possibile grazie alle informazioni di natura stratigrafica desunte dal sondaggio geotecnico S1 realizzato nelle vicinanze dell'area.

Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.



IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Via di Ugnano, 41/b - Firenze
Tel. 055780705 - Fax 0557320415



Prospezione Sismica a Rifrazione con onde P

Committente: REGIONE TOSCANA
Dir. Gen. Politiche Territoriali e Ambientali
Area di Coordinamento Difesa del Suolo e Protezione della Natura
Settore Servizio Sismico Regionale

Località: Rosignano Solvay (LI)

Linea: ST 5

Legenda

Scala 1:500

▼ G 1 Geofono

⌒ Distanza dalla superficie topografica del limite di strato

1250 Velocità in m/sec.

✚ A Esterno sinistro

✚ B Estremo sinistro

● C Intermedio sinistro

● D Centrale

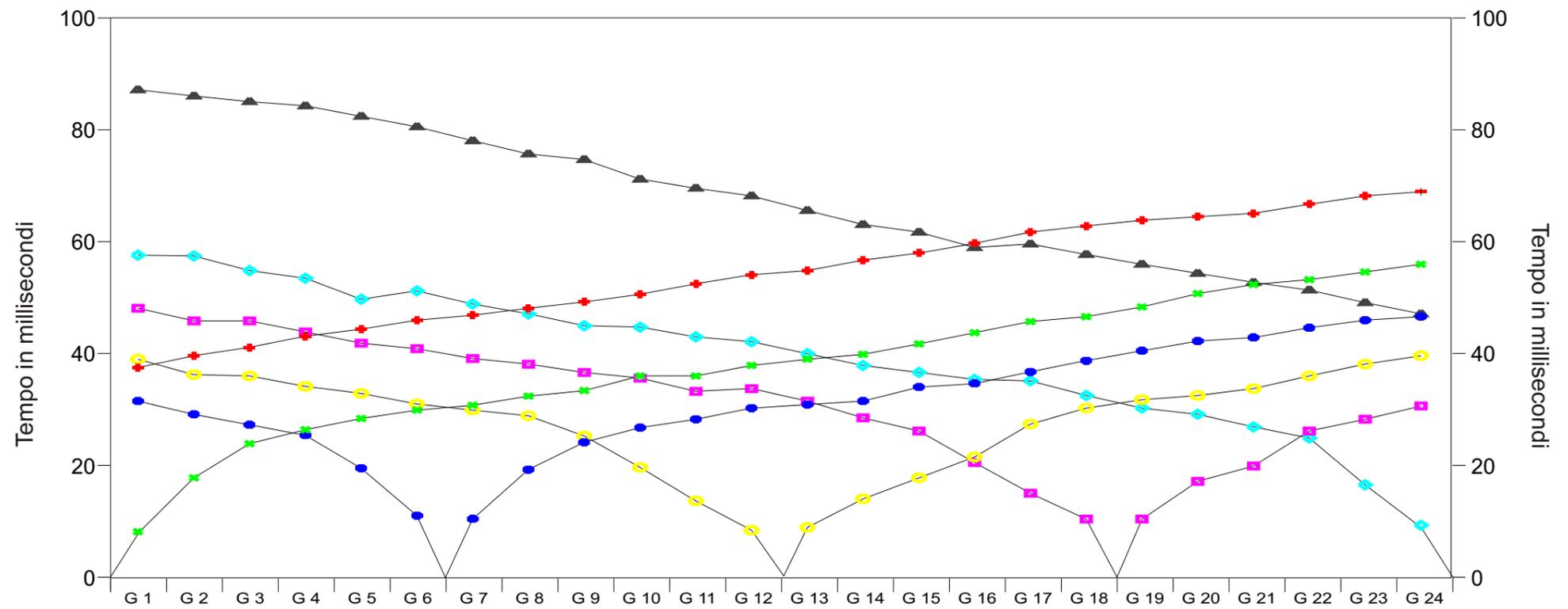
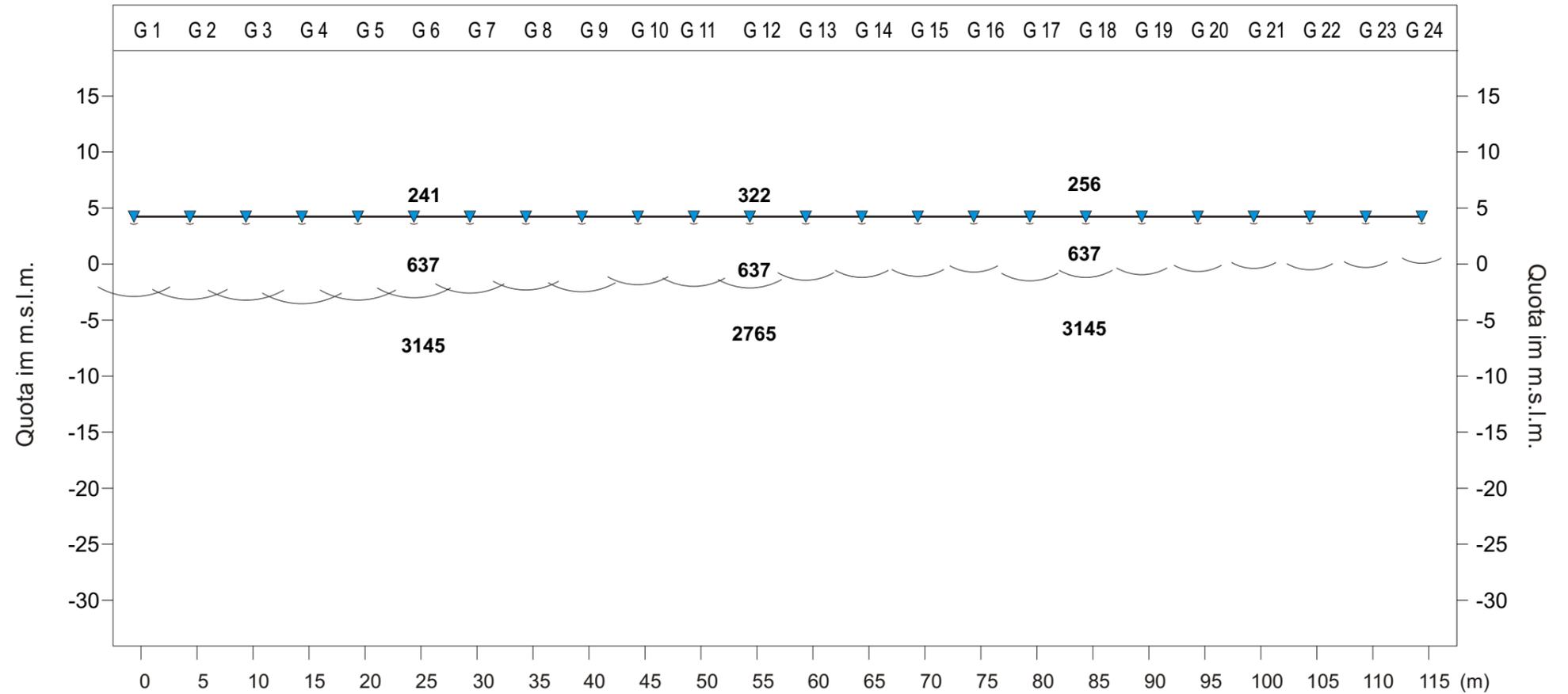
■ E Intermedio destro

◆ F Estremo destro

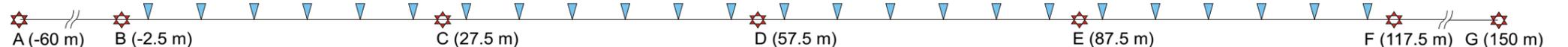
▲ G Esterno destro

☆ Punto di energizzazione

Sezione Sismica



Geometria della linea





IGETECMA s.a.s.
Istituto Sperimentale
Di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali
Via di Ugnano, 41/b - Firenze
Tel. 055780705 - Fax 0557320415



Prospezione Sismica a Rifrazione con onde SH

Committente: REGIONE TOSCANA
Dir. Gen. Politiche Territoriali e Ambientali
Area di Coordinamento Difesa del Suolo e Protezione della Natura
Settore Servizio Sismico Regionale

Località: Rosignano Solvay (LI)

Linea: ST 5

Legenda

Scala 1:500

▼ G 1 Geofono

⌒ Distanza dalla superficie topografica del limite di strato

1250 Velocità in m/sec.

✚ A Esterno sinistro

✚ B Estremo sinistro

● C Intermedio sinistro

● D Centrale

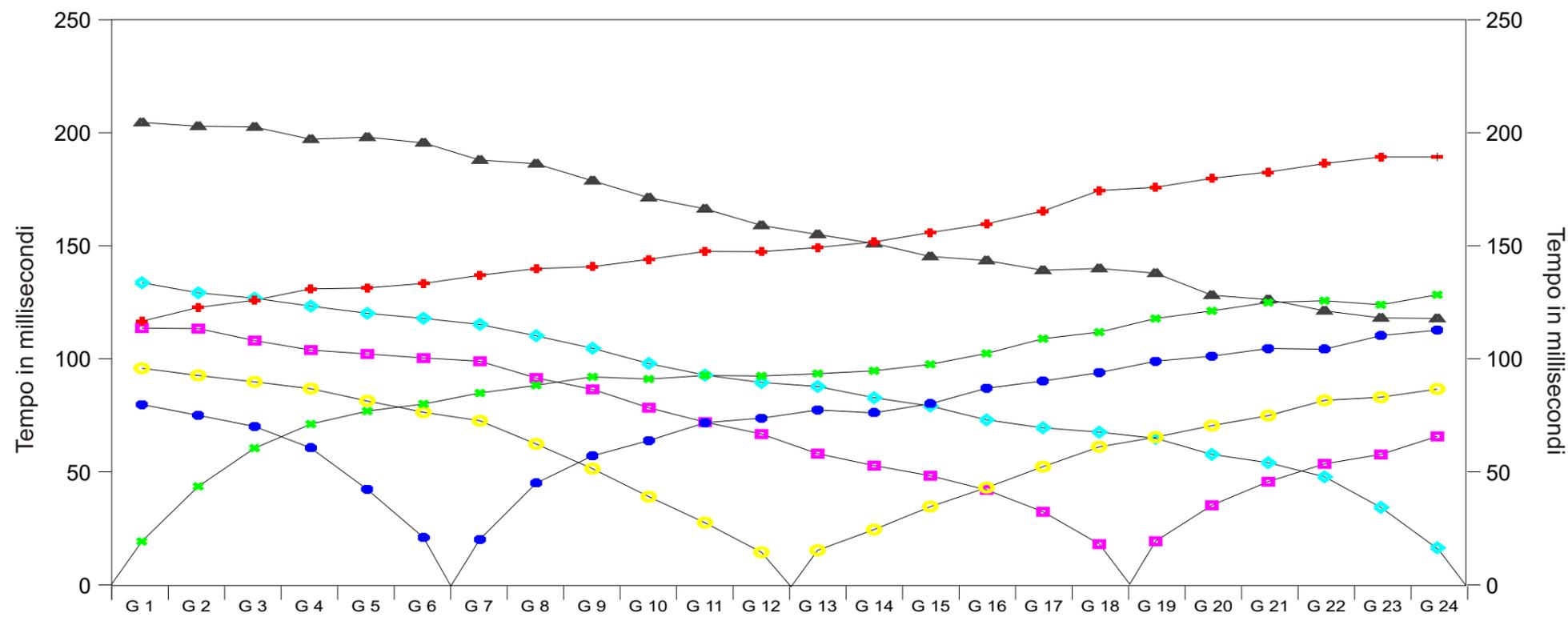
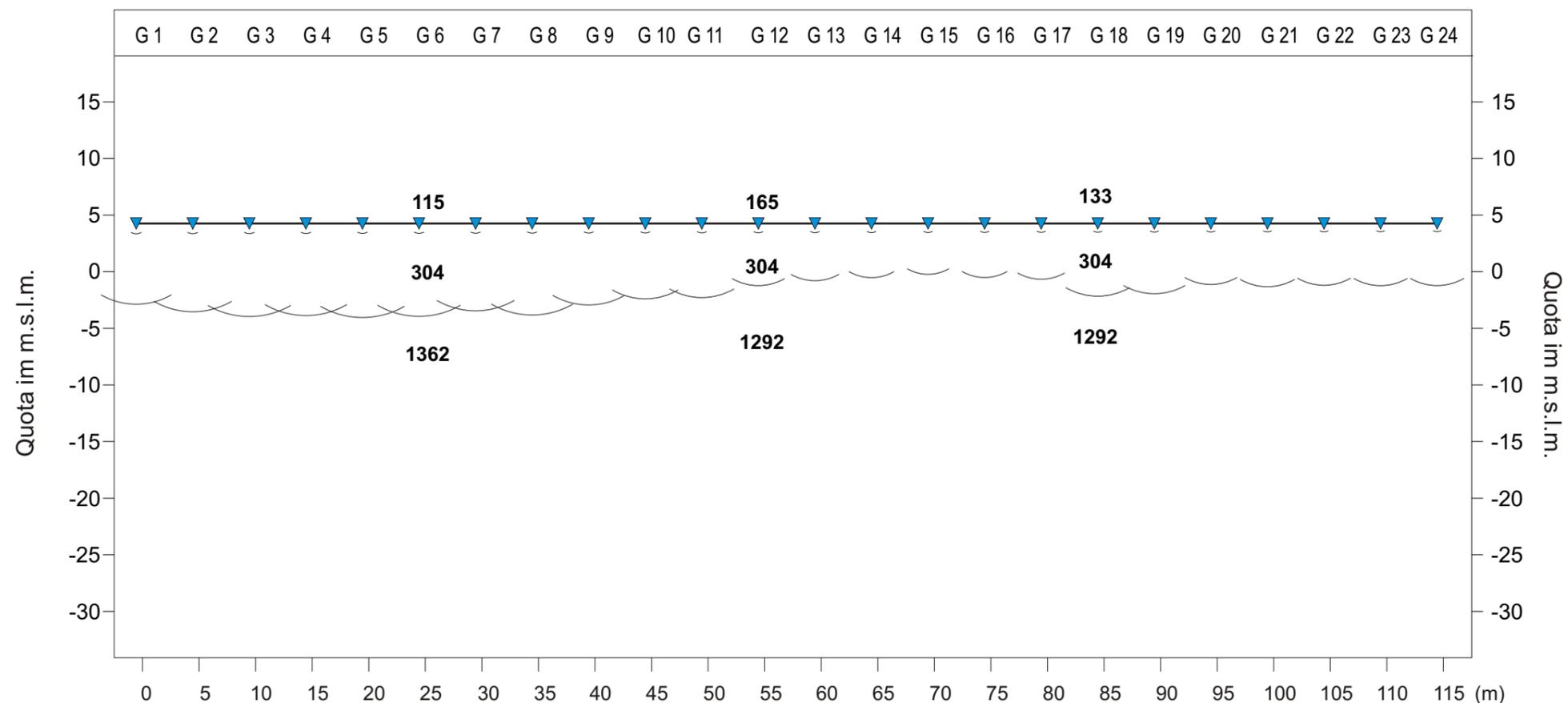
■ E Intermedio destro

◆ F Estremo destro

▲ G Esterno destro

☆ Punto di energizzazione

Sezione Sismica



Geometria della linea





Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali
Coordinamento regionale Prevenzione sismica

COMMITTENTE: Regione Toscana

DATA CONSEGNA: settembre 2005

RIELABORAZIONE E REVISIONE DATI: Vittorio D'Intinosante (11/2008)

Ente Finanziatore: Regione Toscana

PROGRAMMA: DOCUP 2000-2006

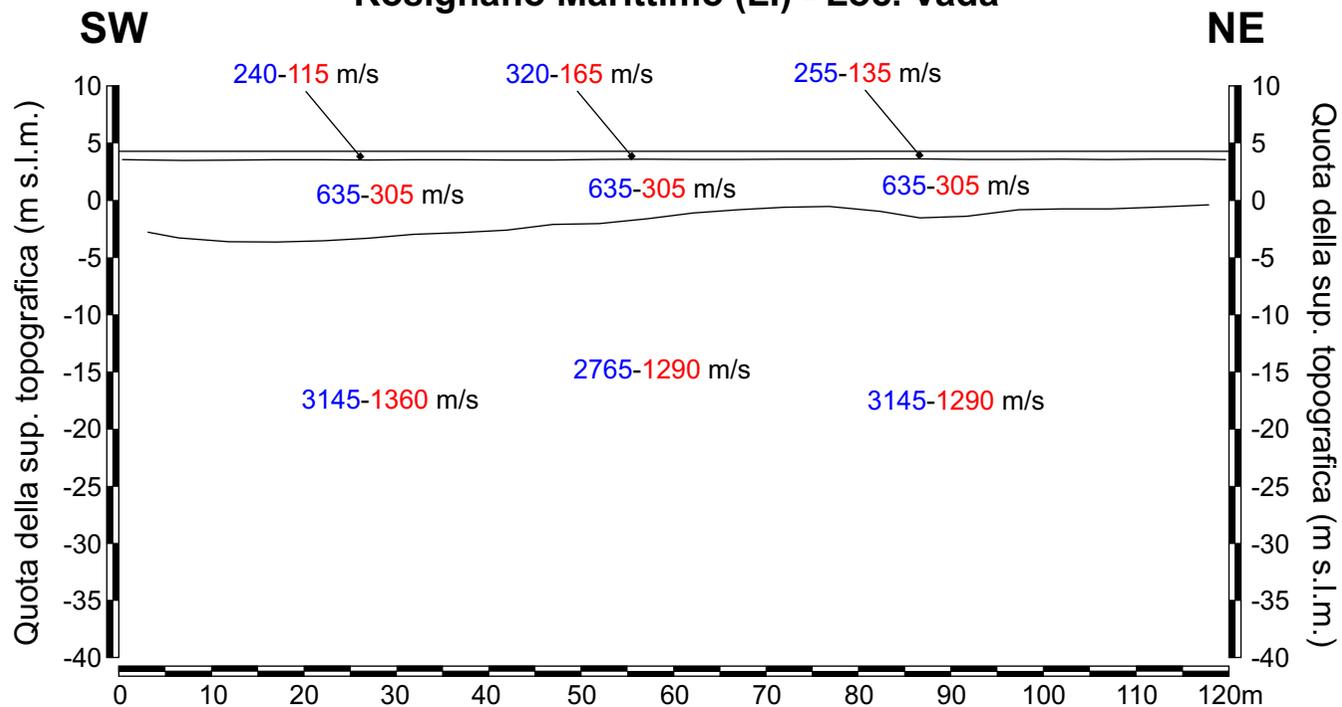
REVISIONE ESEGUITA: conferma della versione fornita dalla Ditta

DITTA ESECUTRICE: Igetecma s.a.s.



UNIONE EUROPEA

STESA SISMICA A RIFRAZIONE St5 - ONDE P ed SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Vada



Legenda

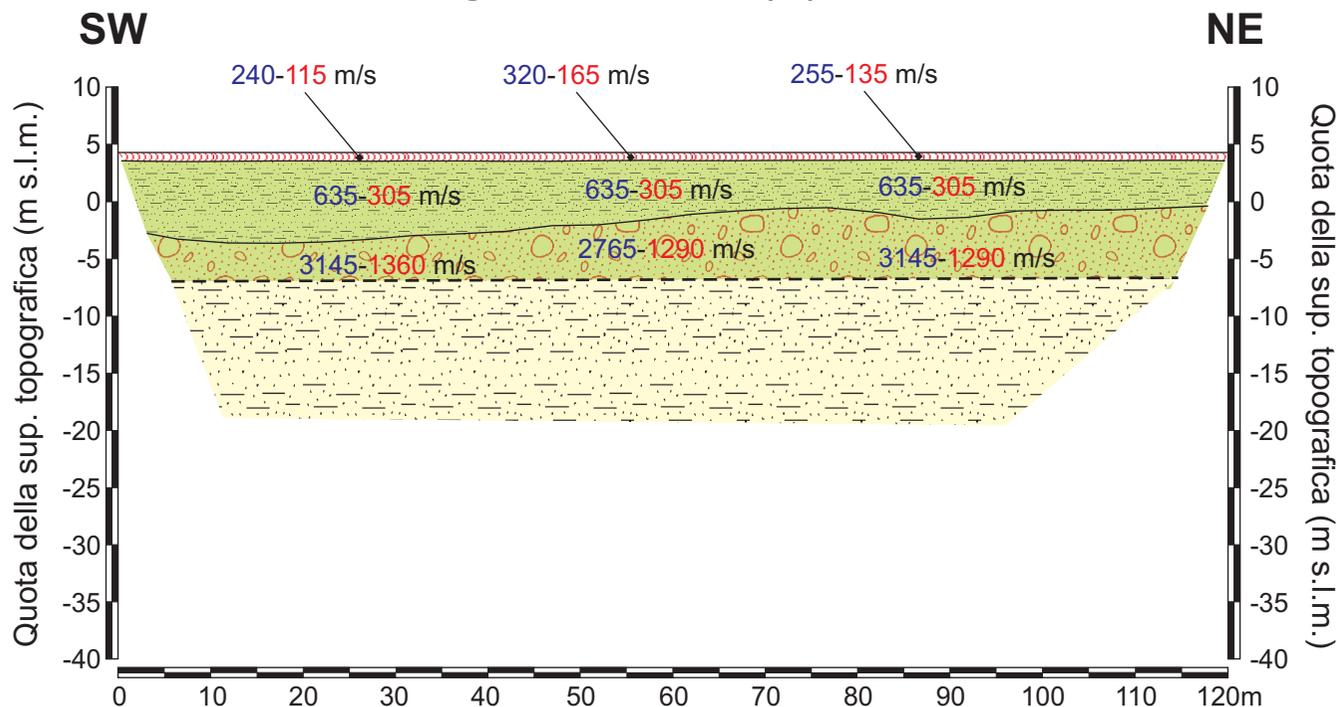
240 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

115 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso). Discreta la corrispondenza con la prova down-hole in onde P ed SH DHS5, ubicata circa 90m a S, sebbene la stesa a rifrazione rilevi per il sismostrato di base velocità di propagazione delle onde sismiche nettamente superiori a quanto risulta dall'elaborazione della prova in foro, probabilmente a causa di una variazione litologica laterale.

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St5 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Vada



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

Orizzonte stratigrafico desunto dal sondaggio S5



Terreno naturale areato (ar)



Sabbie Rosse di Donoratico (QSD = q_9)



Panchina (QCP = q_8) mediamente cementata



Sabbie ed Argille ad *Arctica Islandica* (ART = q_2)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

Il dato sismico discretizza tre sismostrati, individuando così, al di sotto del terreno naturale e/o areato, i depositi di copertura costituiti dalle Sabbie Rosse di Donoratico (QSD = q_9) con spessori massimi 5m e velocità delle onde di taglio circa 305m/sec.

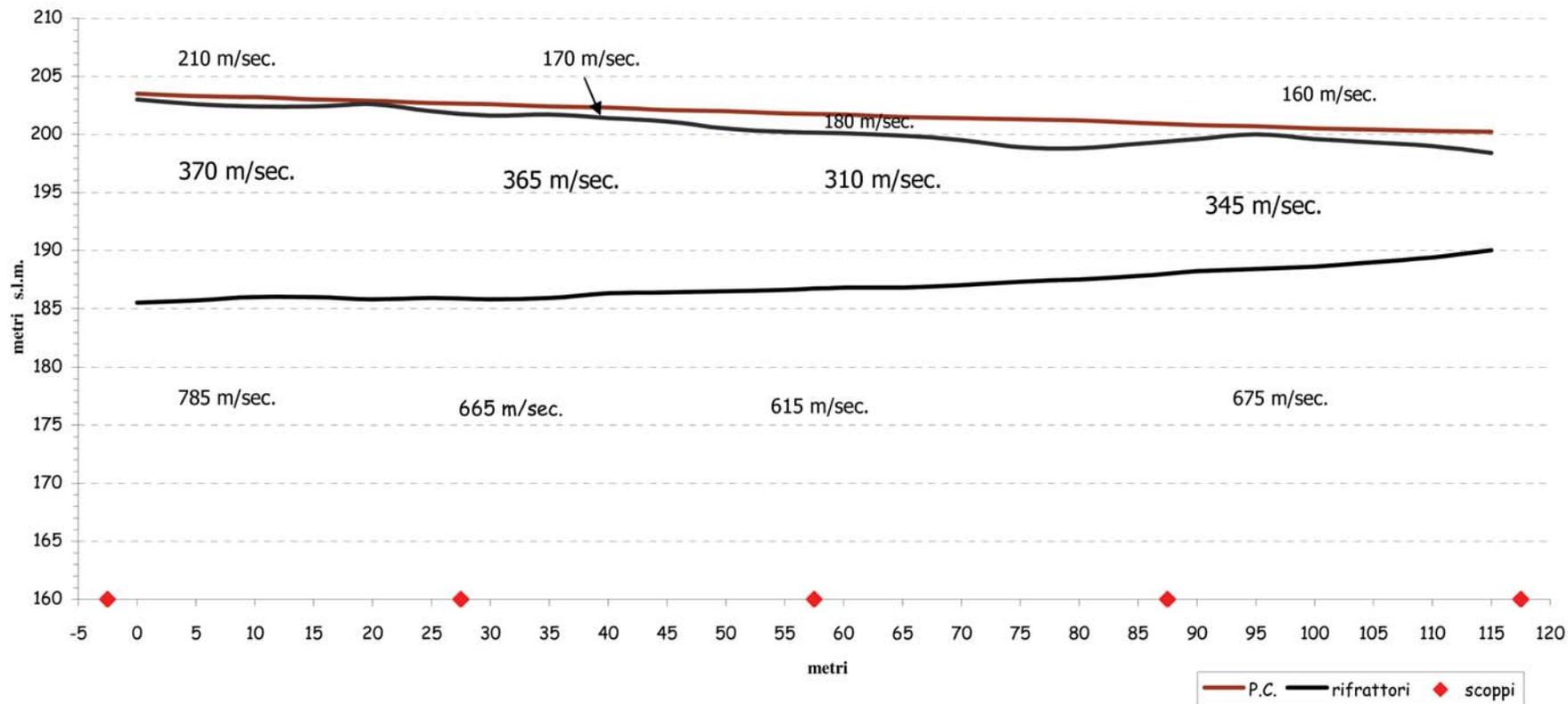
Al di sotto è presente un livello di spessore non definibile di Panchina (QCP= q_8) che in quest'area assume certamente le caratteristiche di un bedrock sismico (velocità delle onde di taglio variabili tra 1290 e 1360m/sec) probabilmente a causa dell'elevato grado di cementazione che presenta tale litologia.

Al di sotto della Panchina è presente la formazione delle Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica* (ART) che rappresenta il substrato non roccioso dell'area. Tale indicazione deriva dalle indicazioni fornite dal sondaggio geotecnico S5.

Naturalmente l'interpretazione sismostratigrafica della stesa a rifrazione non individua il sismostrato assimilabile alle Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica* a causa dell'inversione di velocità.

Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.

LINEA SISMICA ST12
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA: ONDE SH

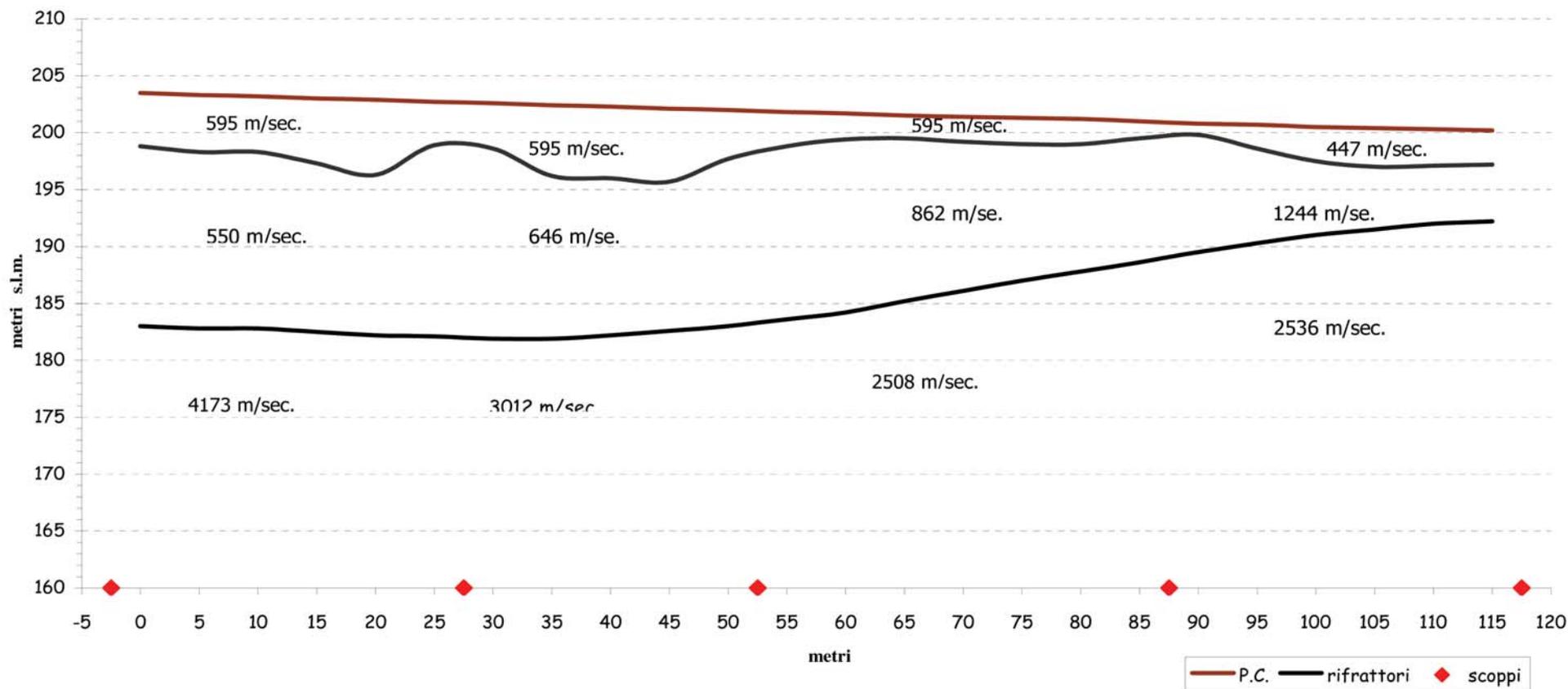


R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025

LINEA SISMICA ST12

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA: ONDE P

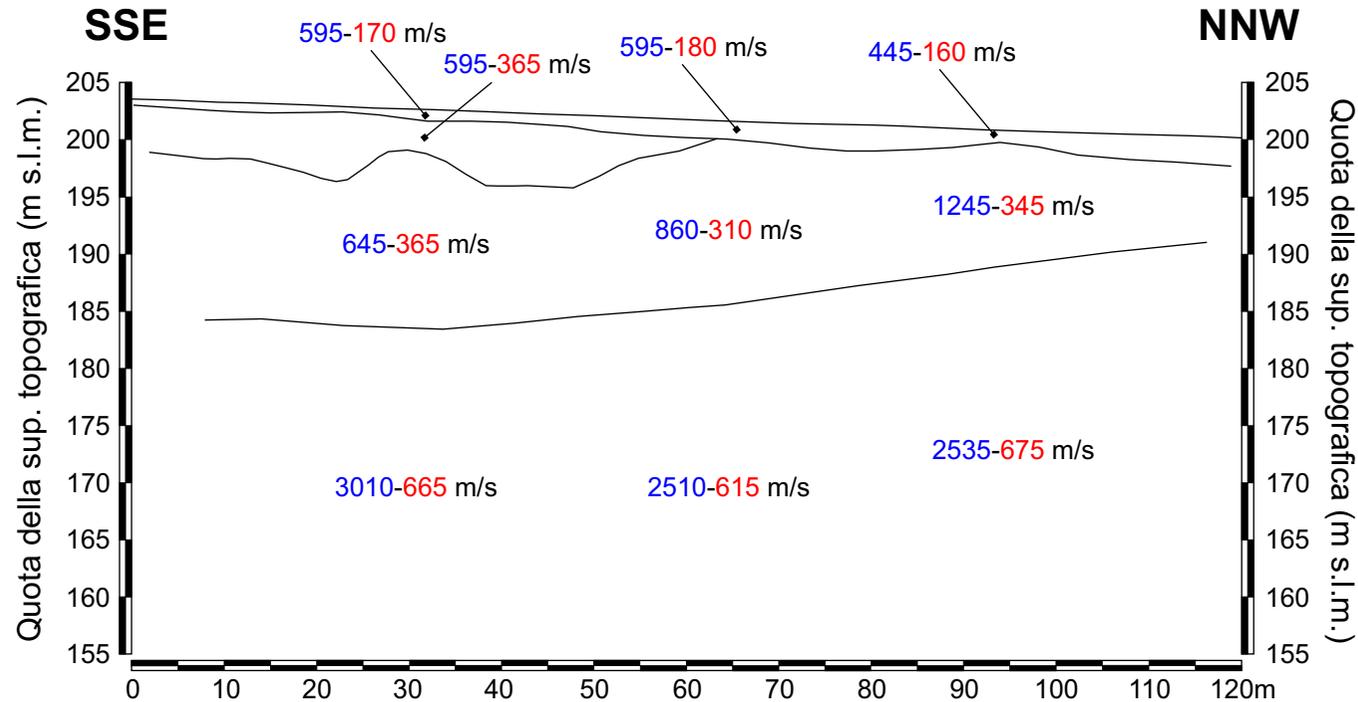


R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F. e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025



STESA SISMICA A RIFRAZIONE St12 - ONDE P ed SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Gabbro



Legenda

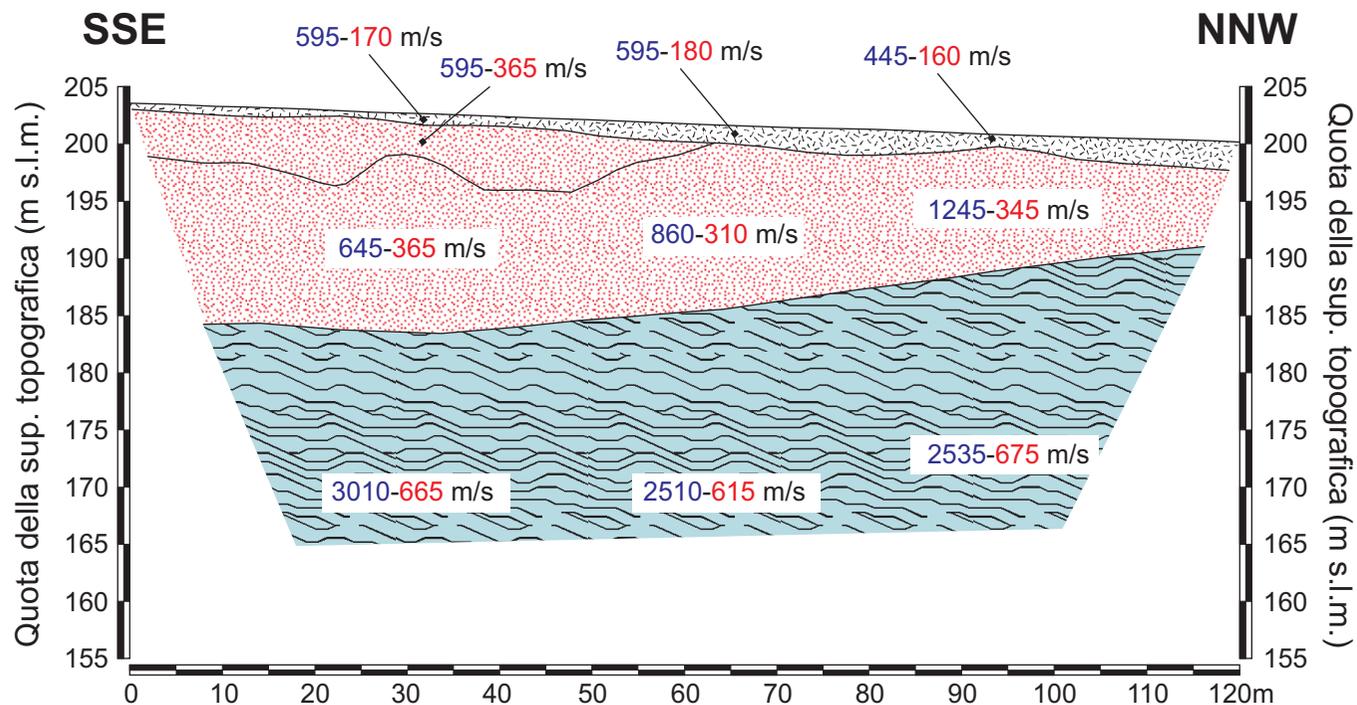
475 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

165 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso). Inoltre, buona la correlazione con la stesa sismica a rifrazione St10, posizionata 170m a NW della stesa sismica in oggetto e con la prova down-hole in onde P ed SH DHS1, realizzata 220m a NW.

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha previsto una differente rielaborazione sismostratigrafica rispetto alla versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Si è operata, inoltre, l'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St12 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Gabbro



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

Terreni di riporto e/o massicciata stradale (hn)

Detrito di versante (a)

Argilliti a Palombini (APA)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

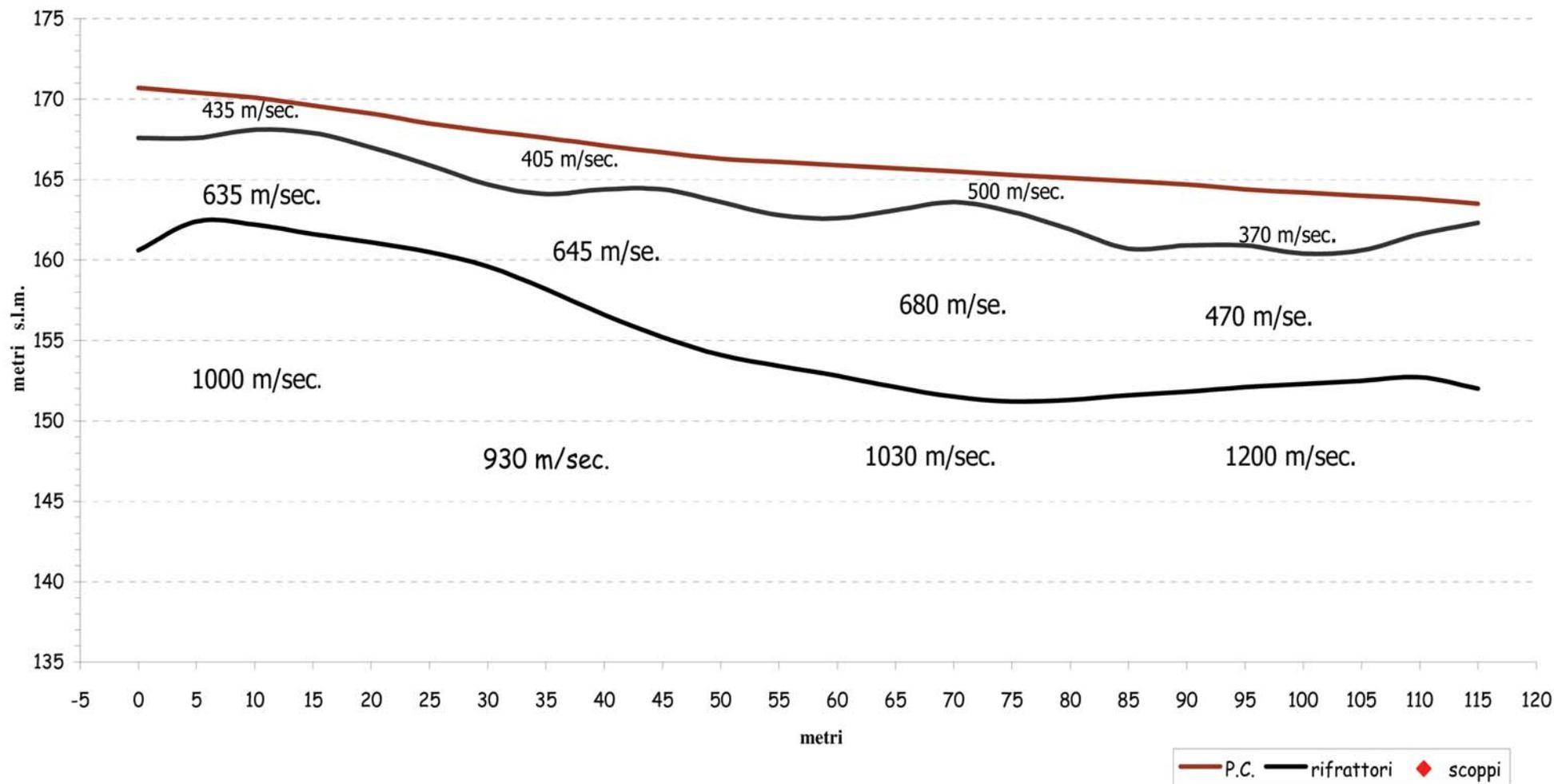
Il dato sismico discretizza tre sismostrati, individuando così, al di sotto della massicciata stradale e/o riporto (hn), i depositi costituiti dal detrito di versante (dt = a_{sa}) con velocità delle onde di taglio variabili tra 310 e 365 m/sec.

Al di sotto è presente il substrato roccioso costituito dalle Argille a Palombini (APA) che tuttavia non costituisce un bedrock sismico in quanto presenta delle velocità delle onde di taglio intorno ai 615-675m/sec e quindi inferiori alla soglia del bedrock sismico.

Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.

LINEA SISMICA ST13

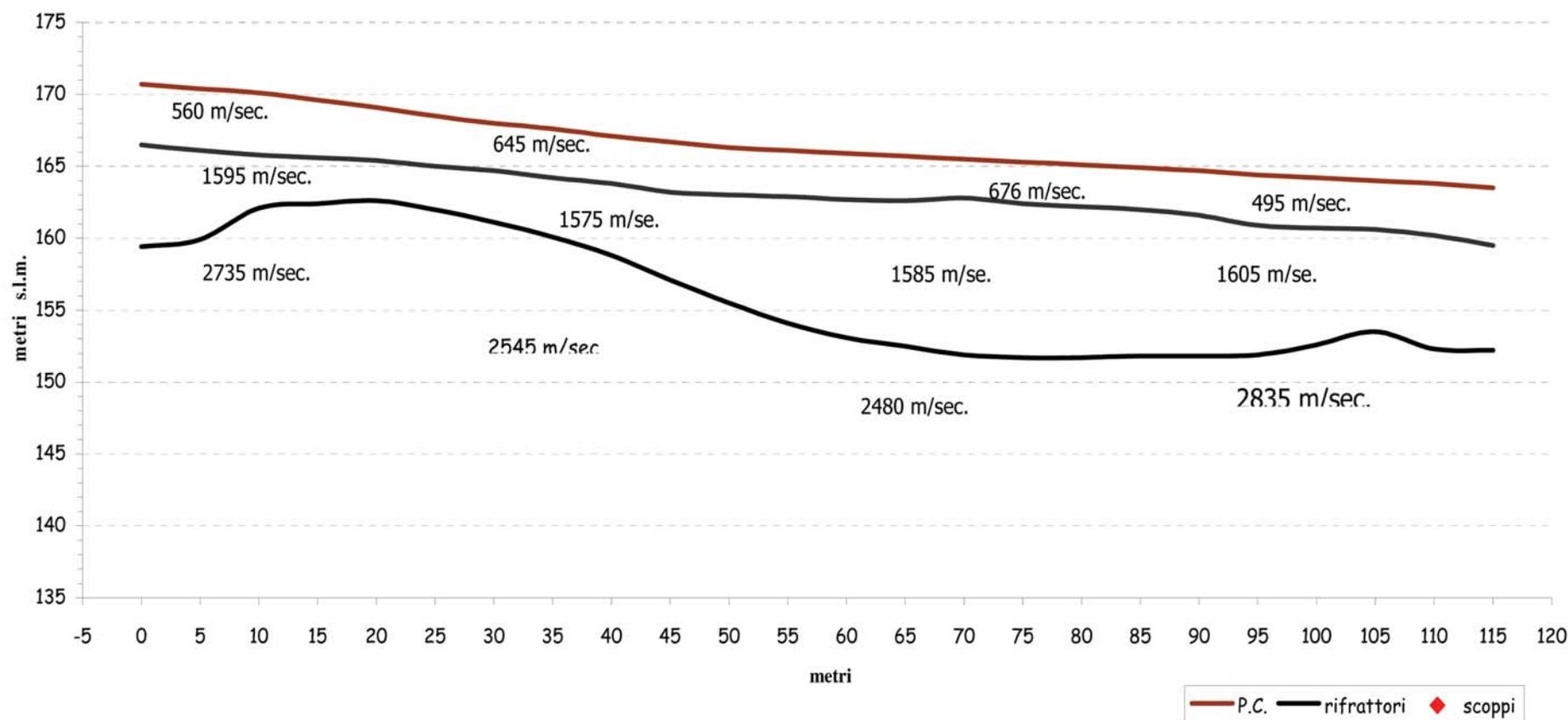
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA: ONDE SH



R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025

LINEA SISMICA ST13
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA: ONDE P

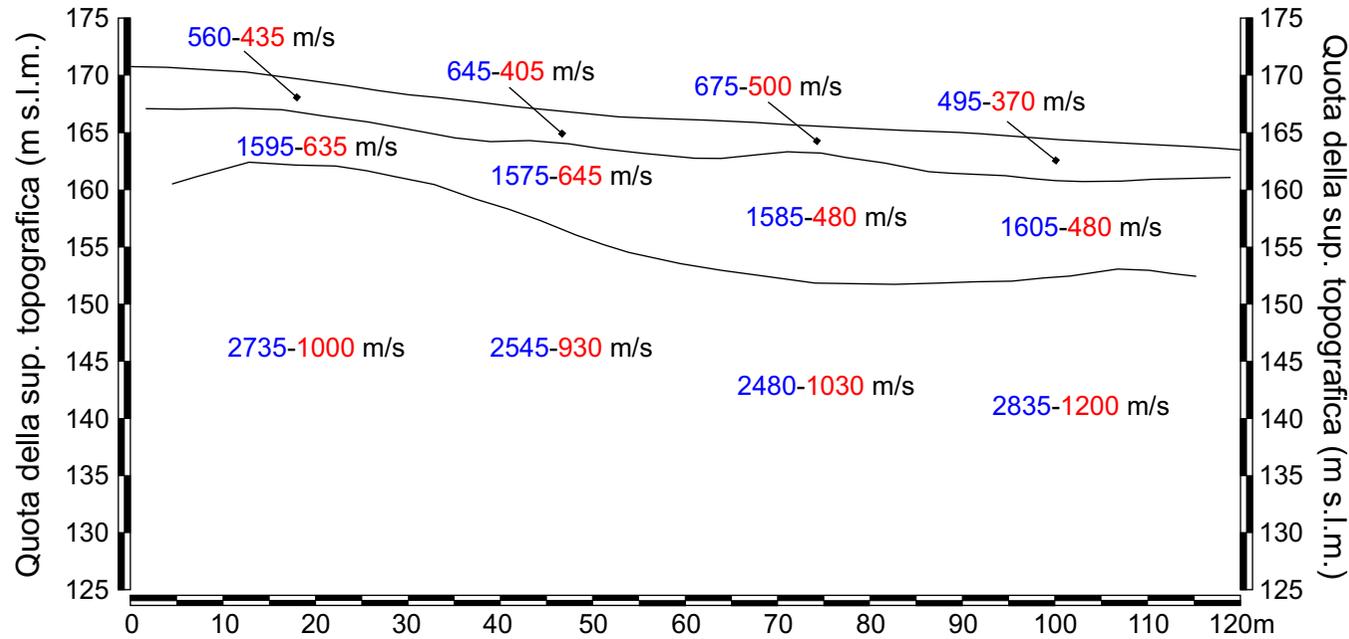


R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025



STESA SISMICA A RIFRAZIONE St13 - ONDE P ed SH
NNW Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Gabbro Est SSE



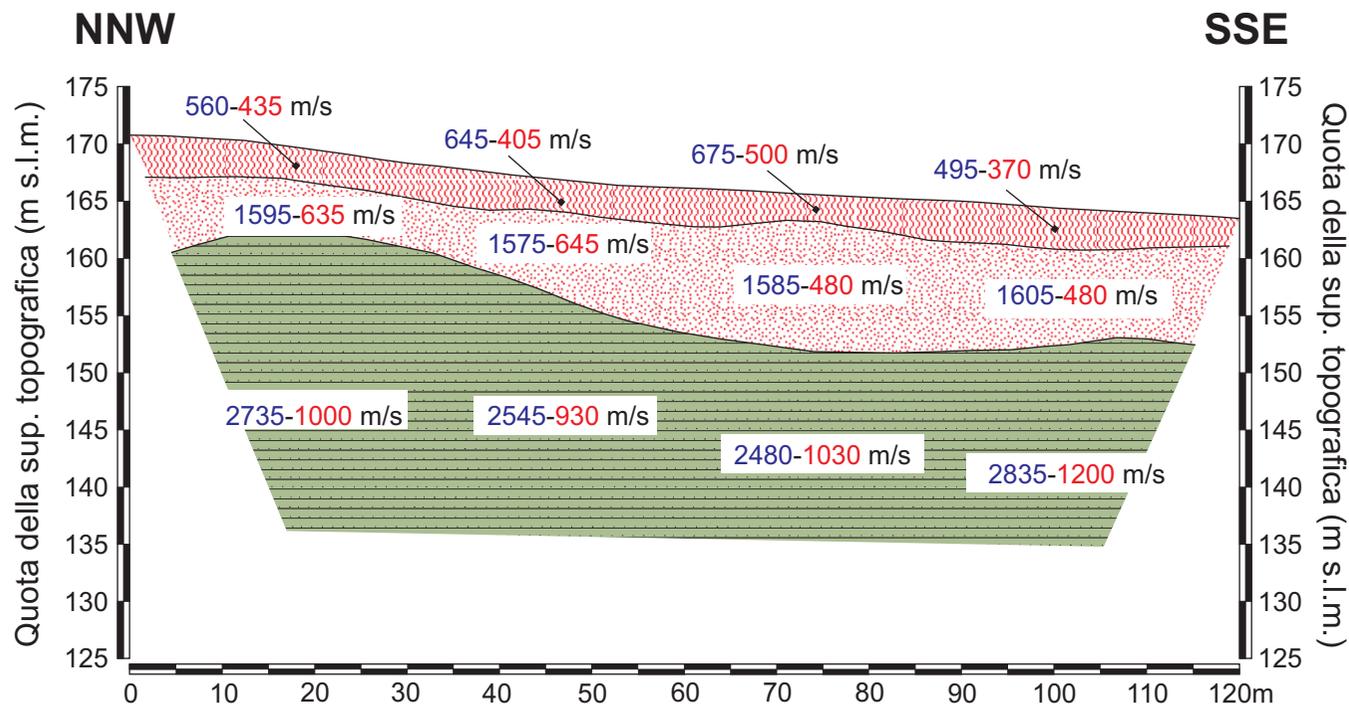
Legenda

560 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo 435 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso).

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St13 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Gabbro Est



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

Terreno naturale areato (ar)

Detrito di versante (a)

Formazione di Lanciaia
Membro delle Arenarie del Fosso di Radicagnoli (CAAr = pe₁)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

Il dato sismico discretizza tre sismostrati, individuando così, al di sotto del terreno naturale e/o areato, un deposito costituito da detrito di versante (dt=a3) con spessore compreso tra 5 e 7m e velocità delle onde di taglio variabili tra 480 e 645m/sec.

Al di sotto, a partire da una profondità di circa 10-12m è presente il bedrock sismico dell'area costituito dalla formazione di Lanciaia (CAAr) - membro delle Arenarie di Fosso di Radicagnoli che presenta velocità delle onde di taglio variabili tra 930 e 1200m/sec

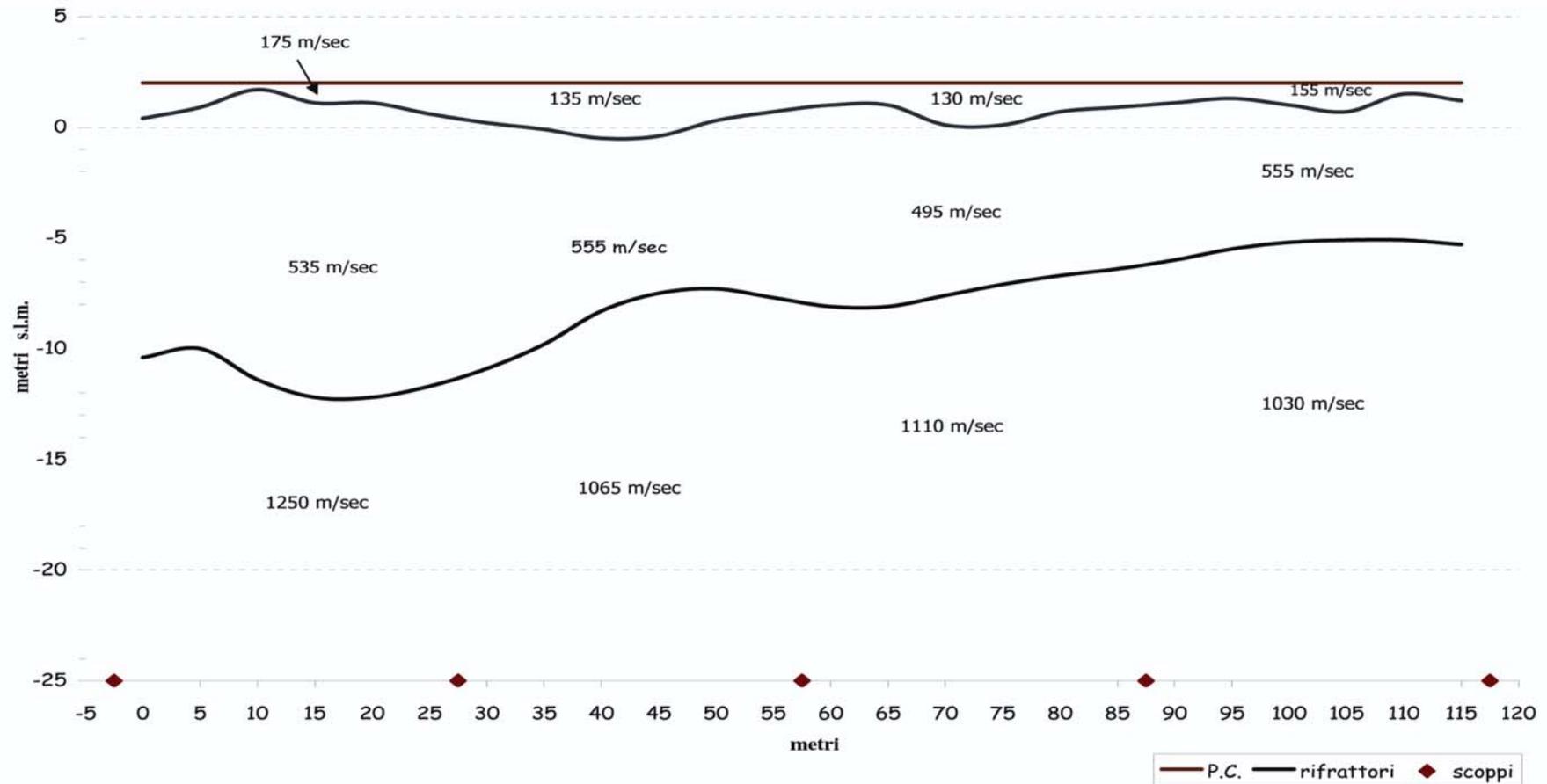
Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.



IGeA S.a.s.



LNEA SISMICA ST17
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA : ONDE SH

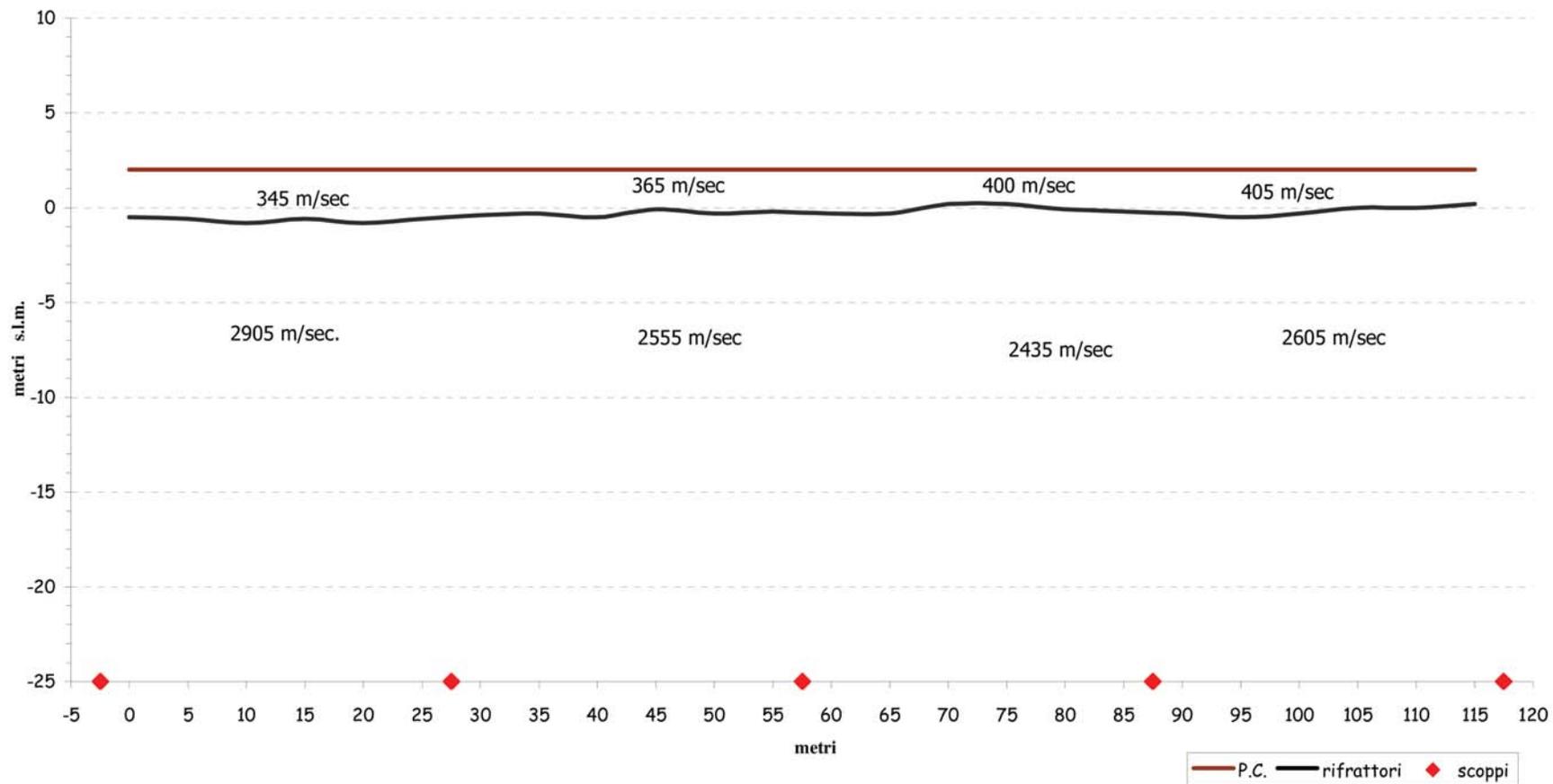


R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025



LNEA SISMICA ST17
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA : ONDE P



R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025



Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali
Coordinamento regionale Prevenzione sismica

COMMITTENTE: Regione Toscana
 Ente Finanziatore: Regione Toscana
 DITTA ESECUTRICE: GeoEcho s.n.c.

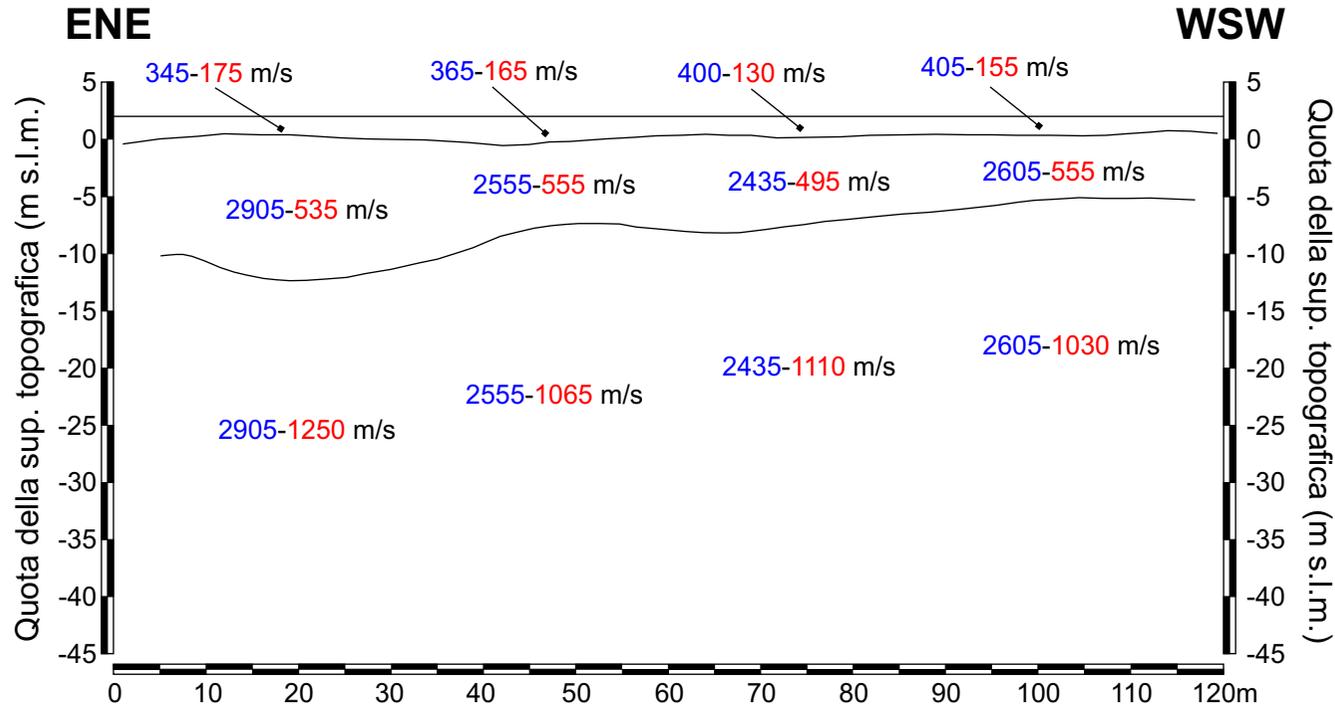
DATA CONSEGNA: ottobre 2006
 PROGRAMMA: DOCUP 2000-2006

RIELABORAZIONE E REVISIONE DATI: Vittorio D'Intinosante (11/2008)
 REVISIONE ESEGUITA: conferma della versione fornita dalla Ditta



UNIONE EUROPEA

STESA SISMICA A RIFRAZIONE St17 - ONDE P ed SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Vada Sud



Legenda

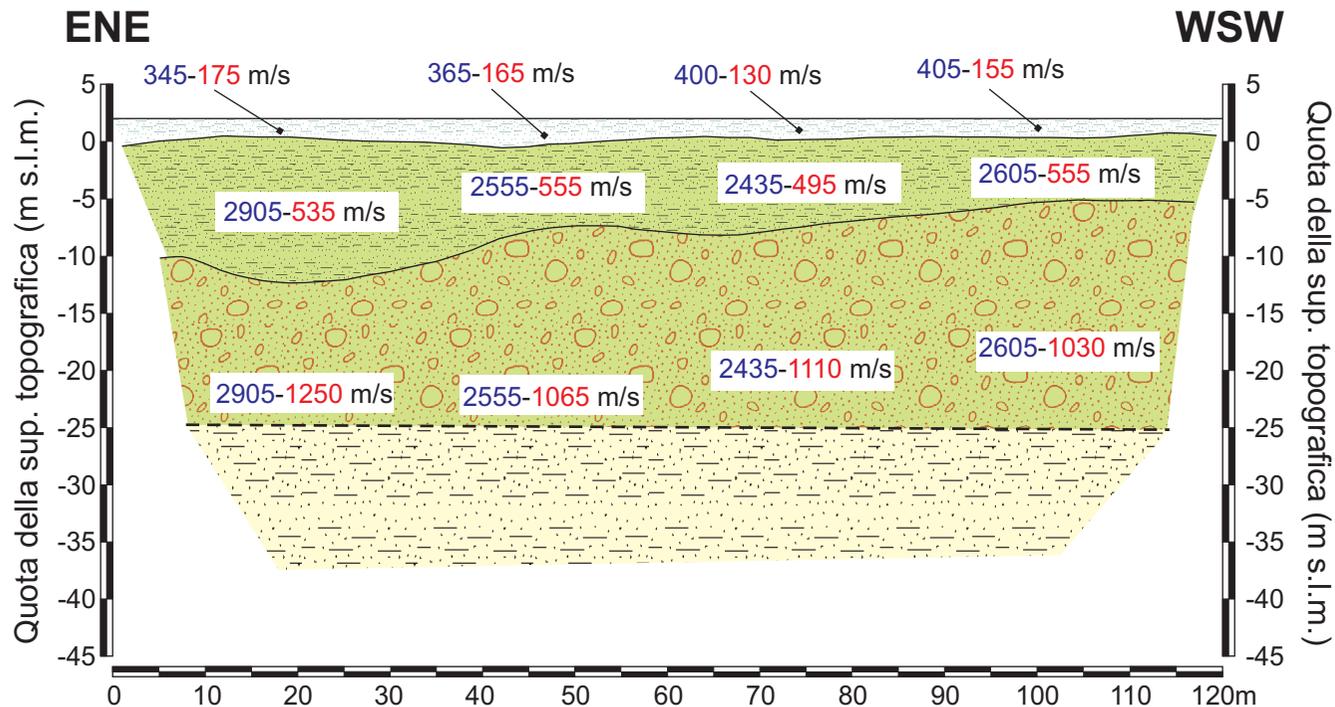
345 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

175 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso).

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St17 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Vada Sud



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo



Orizzonte stratigrafico presunto

Depositi palustri, lagunari, lacustri e torbosi indifferenziati ($e_3 = p$)

Sabbie Rosse di Donoratico ($QSD = q_9$)

Panchina ($QCP = q_8$) mediamente cementata

Sabbie ed Argille ad *Arctica Islandica* ($ART = q_2$)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

Il dato sismico discretizza tre sismostrati, individuando così, al di sotto del terreno costituito da depositi lagunari, costieri e palustri ($e_a = p$) di esiguo spessore, un deposito di copertura costituito dalle Sabbie Rosse di Donoratico ($QSD = q_9$) con spessori massimi 5-10m e velocità delle onde di taglio circa 495-555m/sec.

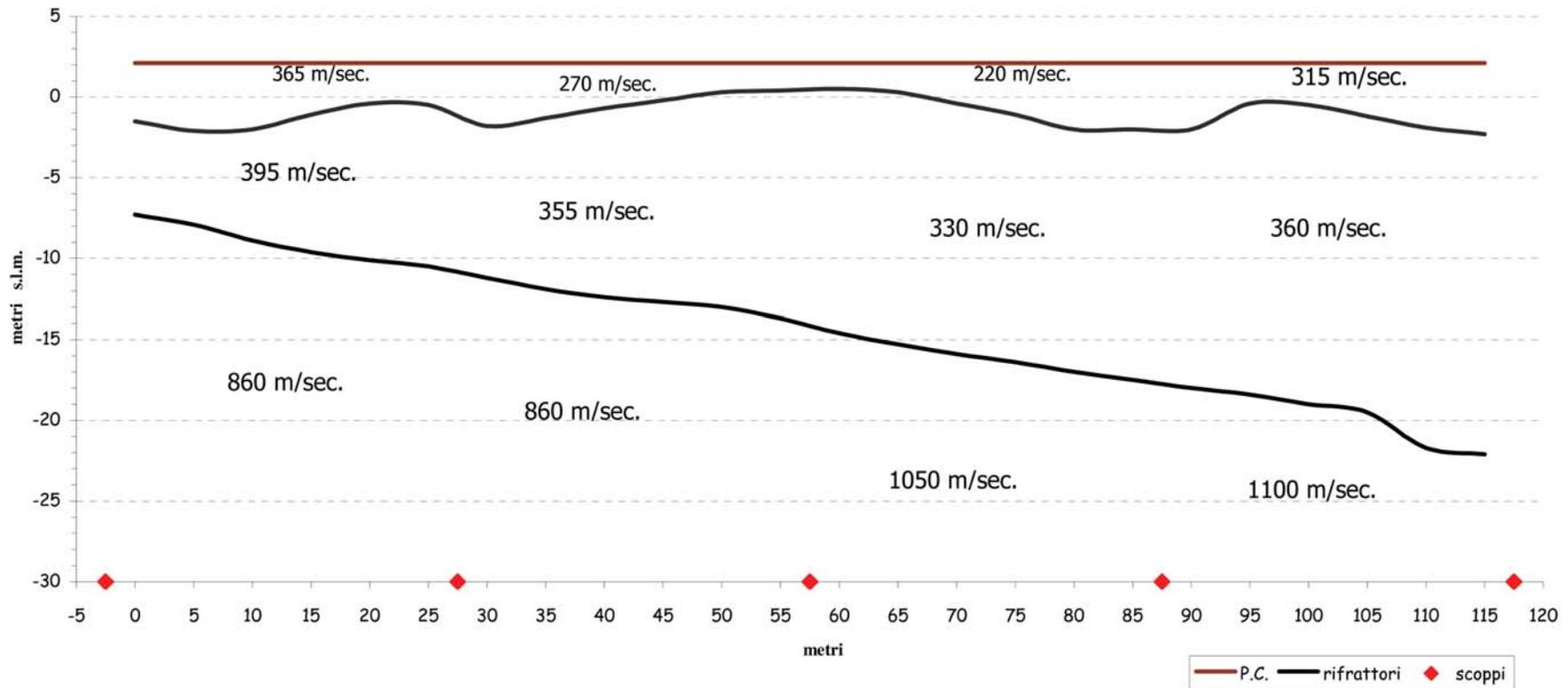
Al di sotto è presente un livello di spessore non definibile di Panchina ($QCP = q_8$) che in quest'area assume certamente le caratteristiche di un bedrock sismico (velocità delle onde di taglio variabili tra 1030 e 1250m/sec) probabilmente a causa dell'elevato grado di cementazione che presenta tale litologia.

Al di sotto della Panchina è probabile che sia presente la formazione delle Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica* (ART) che rappresenta il substrato non roccioso dell'area.

Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.



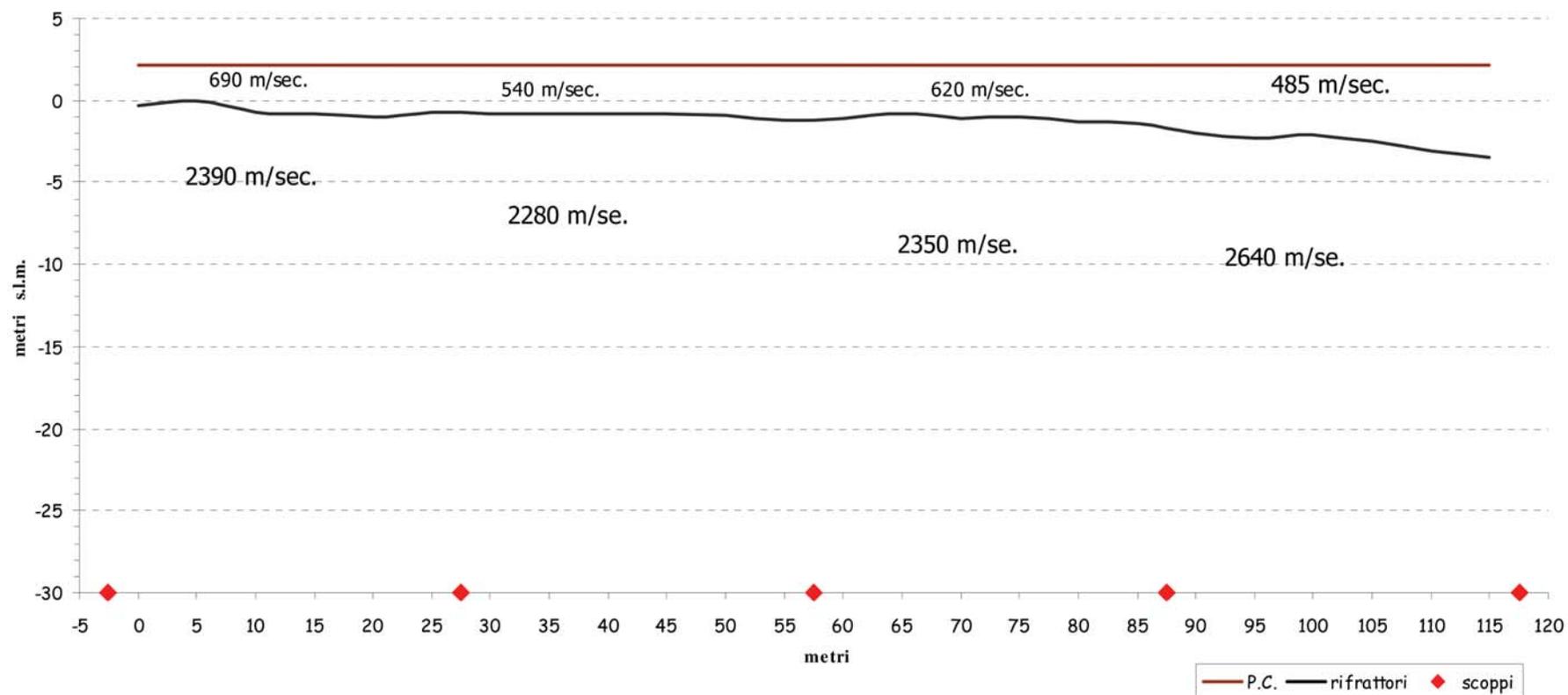
LINEA SISMICA ST18
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE SH



R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025

LINEA SISMICA ST18
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE P

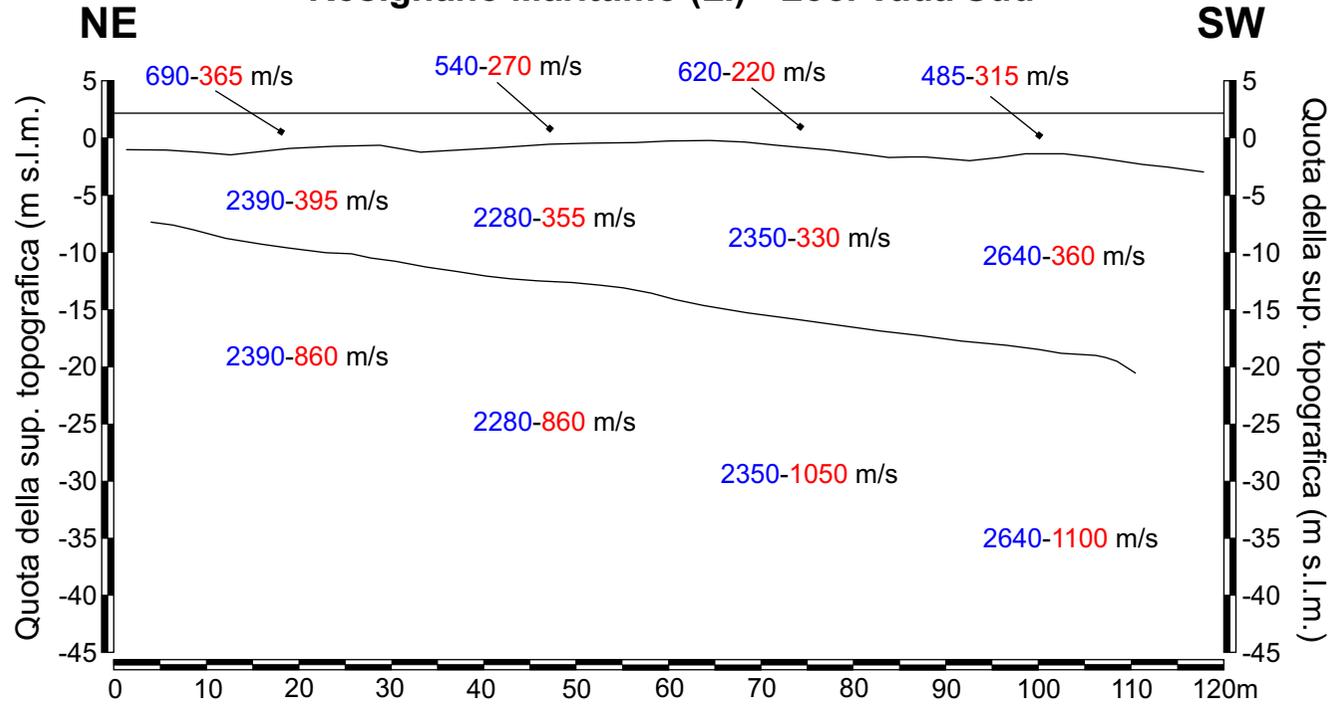


R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025



STESA SISMICA A RIFRAZIONE St18 - ONDE P ed SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Vada Sud



Legenda

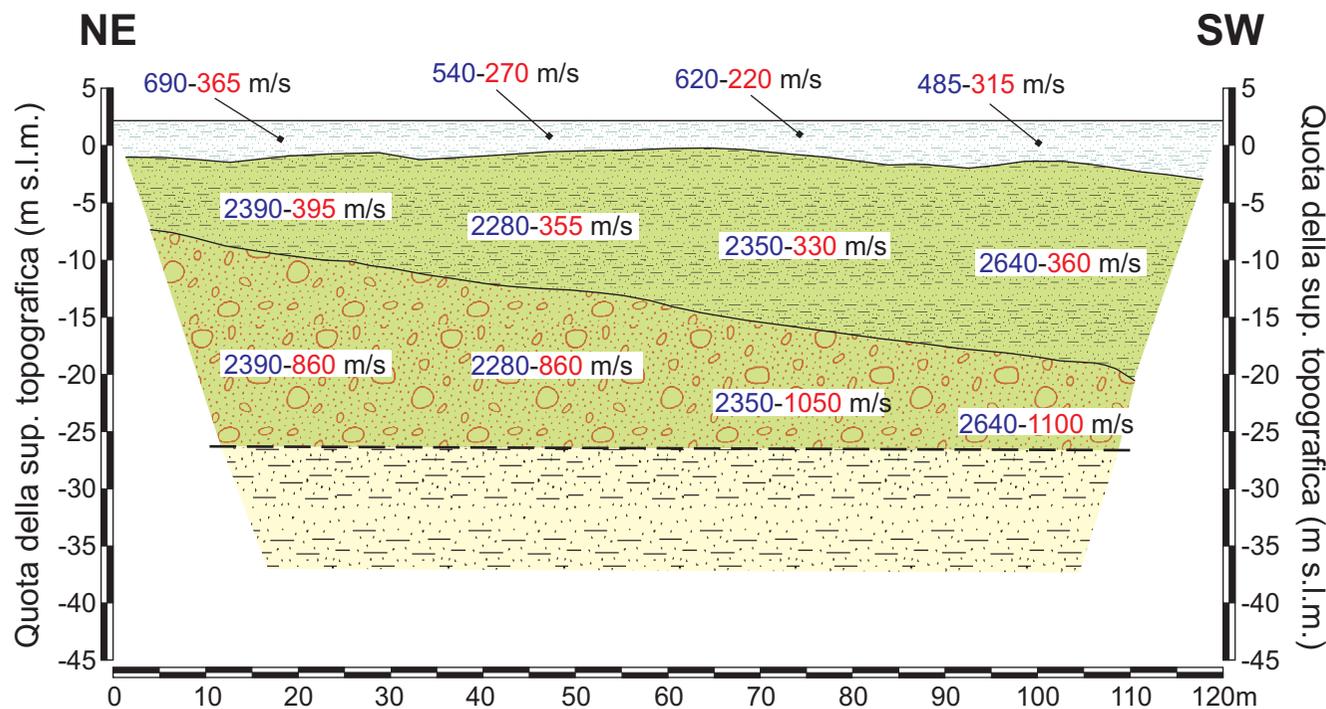
690 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

365 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso).

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St18 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Vada Sud



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo



Orizzonte stratigrafico presunto

Depositi palustri, lagunari, lacustri e torbosi indifferenziati ($e_3 = p$)

Sabbie Rosse di Donoratico ($QSD = q_9$)

Panchina ($QCP = q_8$) mediamente cementata

Sabbie ed Argille ad *Arctica Islandica* ($ART = q_2$)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

Il dato sismico discretizza tre sismostrati, individuando così, al di sotto del terreno costituito da depositi lagunari, costieri e palustri ($e_a = p$) di esiguo spessore, un deposito di copertura costituito dalle Sabbie Rosse di Donoratico ($QSD = q_9$) con spessori massimi 15-20m e velocità delle onde di taglio circa 330-390m/sec.

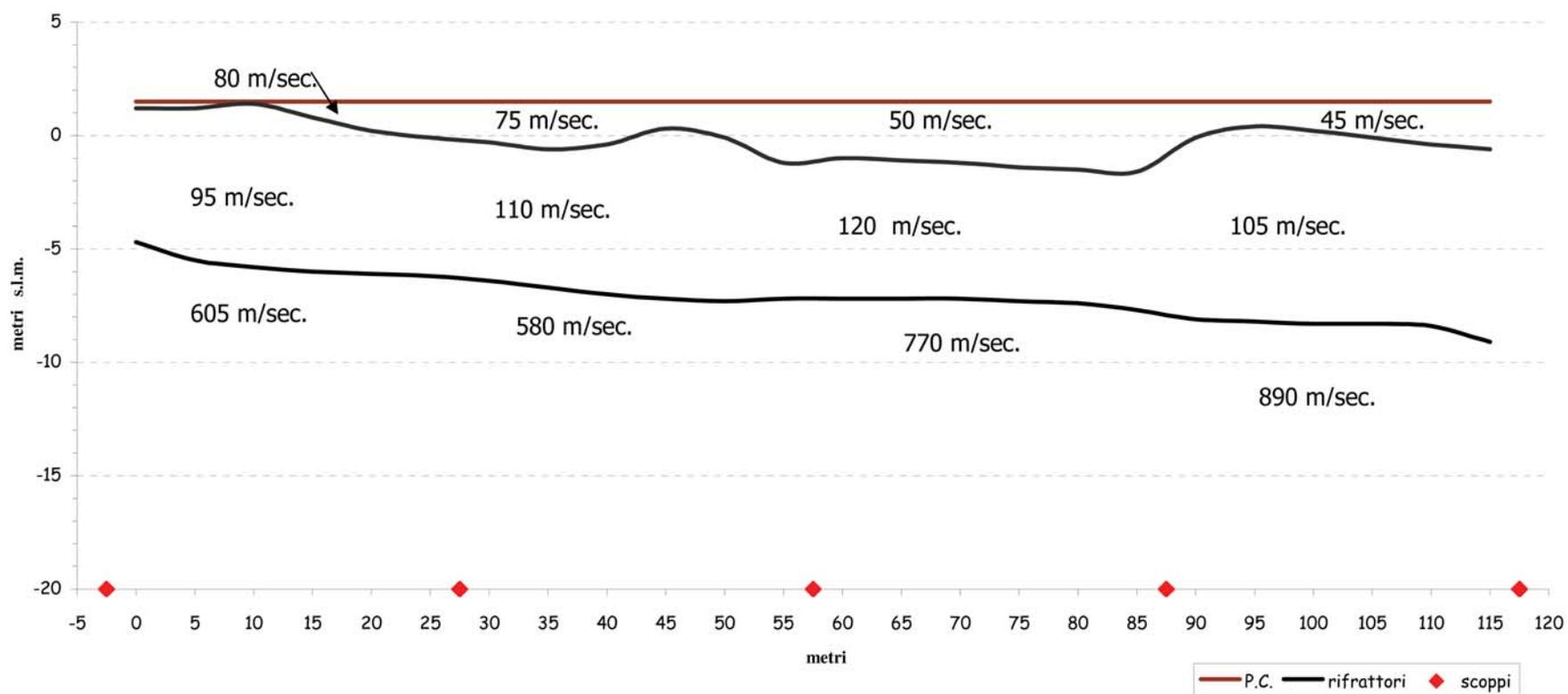
Al di sotto è presente un livello di spessore non definibile di Panchina ($QCP = q_8$) che in quest'area assume certamente le caratteristiche di un bedrock sismico (velocità delle onde di taglio variabili tra 860 e 1100m/sec) probabilmente a causa dell'elevato grado di cementazione che presenta tale litologia.

Al di sotto della Panchina è probabile che sia presente la formazione delle Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica* (ART) che rappresenta il substrato non roccioso dell'area.

Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.



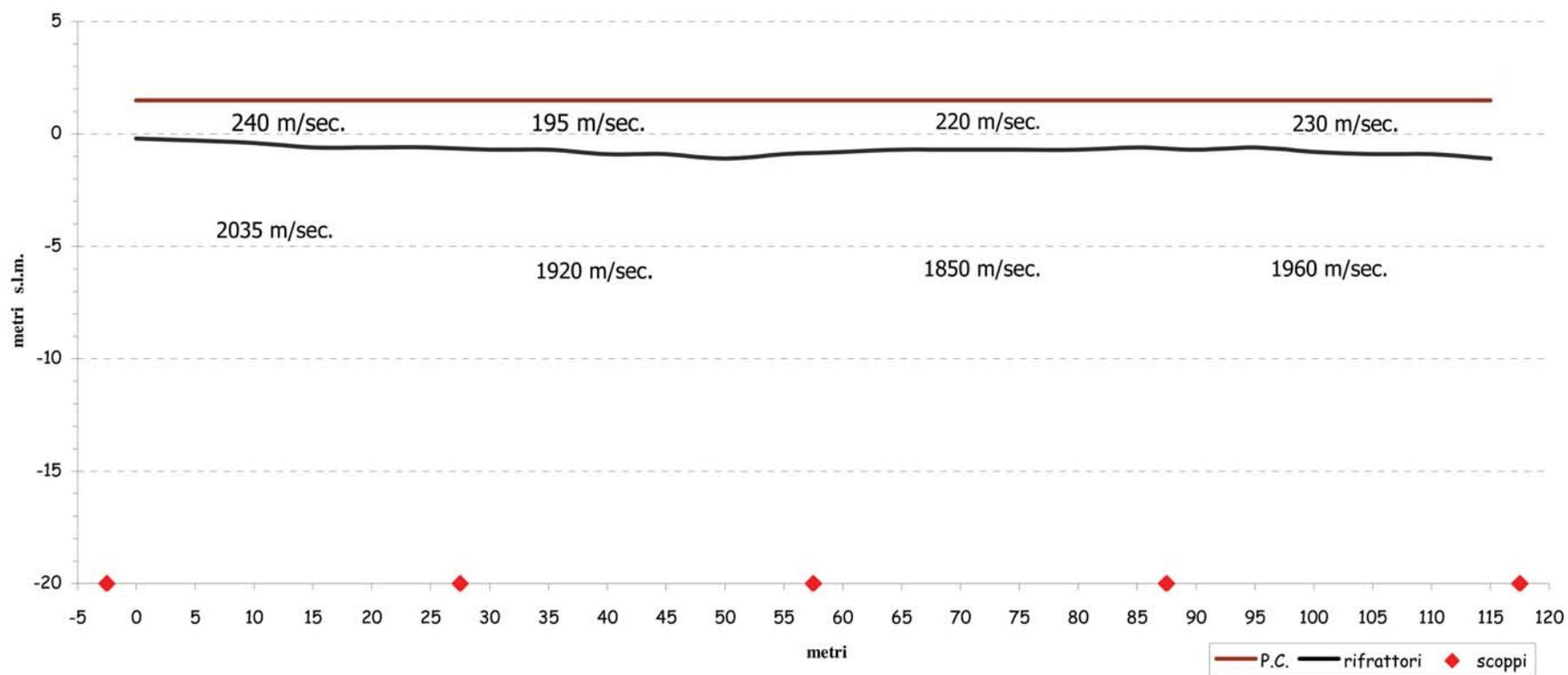
LINEA SISMICA ST19
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE SH



R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025

LINEA SISMICA ST19
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE P

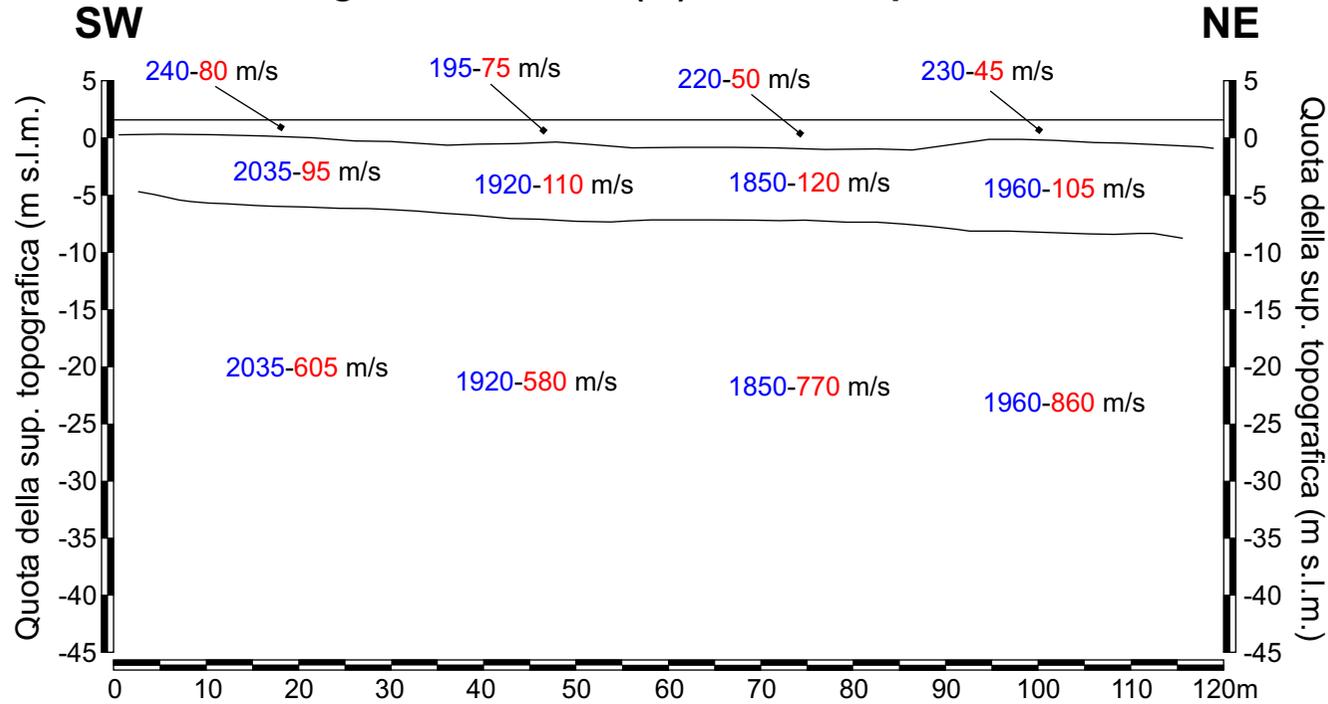


R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025



STESA SISMICA A RIFRAZIONE St19 - ONDE P ed SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Campo dei Fiori



Legenda

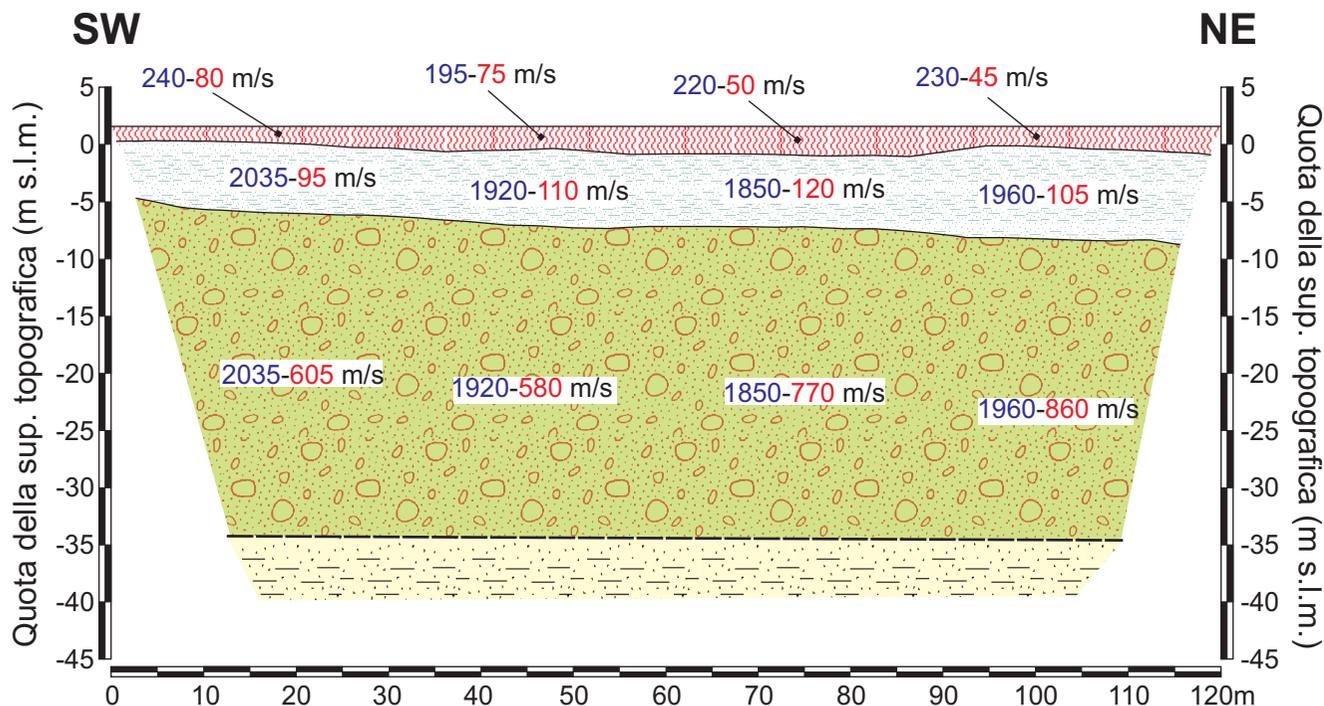
240 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

80 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso).

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St19 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Campo dei Fiori



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

Orizzonte stratigrafico presunto

Terreno naturale areato (ar)

Depositi palustri, lagunari, lacustri e torbosi indifferenziati (e₃ = p)

Panchina (QCP = q₈) mediamente cementata

Sabbie ed Argille ad Arctica Islandica (ART = q₂)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

Il dato sismico discretizza tre sismostrati, individuando così, al di sotto del terreno vegetale e/o areato, i depositi lagunari, costieri e palustri (ea = p) di esiguo spessore con velocità delle onde di taglio molto basse e sempre inferiori a 100m/sec.

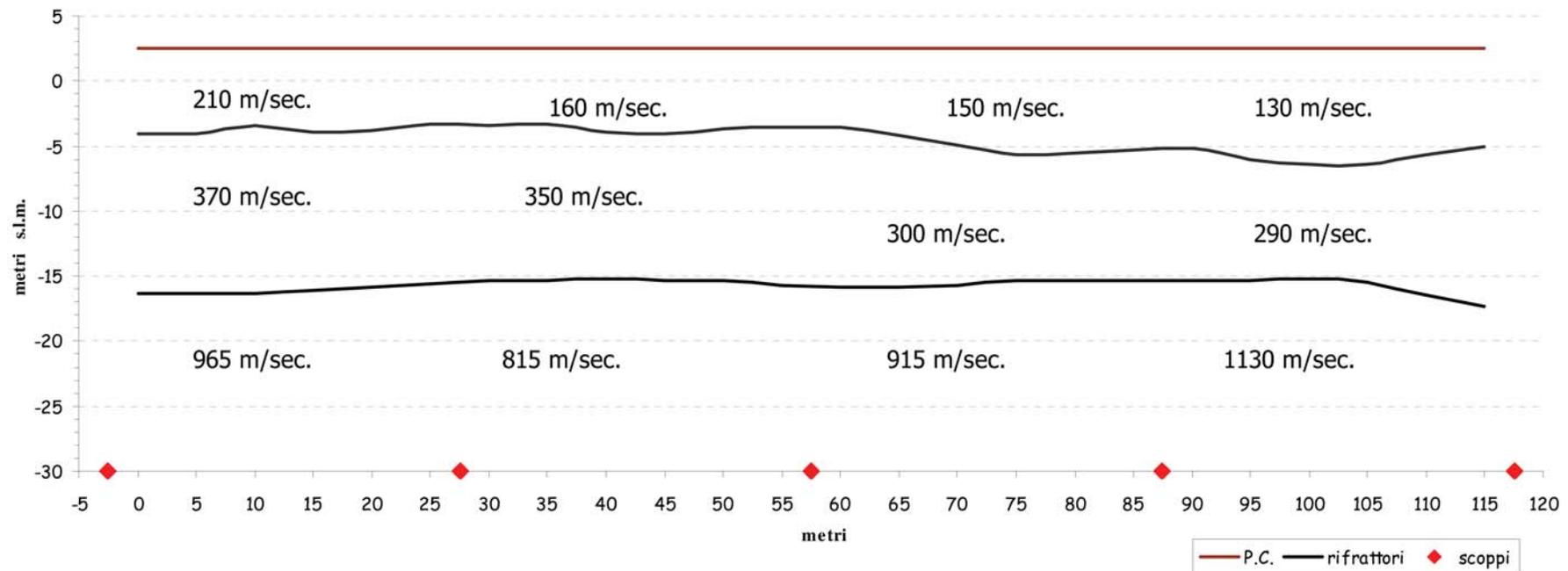
Al di sotto è presente un livello di spessore non definibile di Panchina (QCP=q₈) che in quest'area presenta velocità delle onde di taglio estremamente variabili e comprese tra 580 e 860 m/sec a causa probabilmente dell'estrema variabilità laterale del grado di cementazione.

Al di sotto della Panchina è probabile che sia presente la formazione delle Sabbie ed argille ad Arctica Islandica (ART) che rappresenta il substrato non roccioso dell'area.

Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.



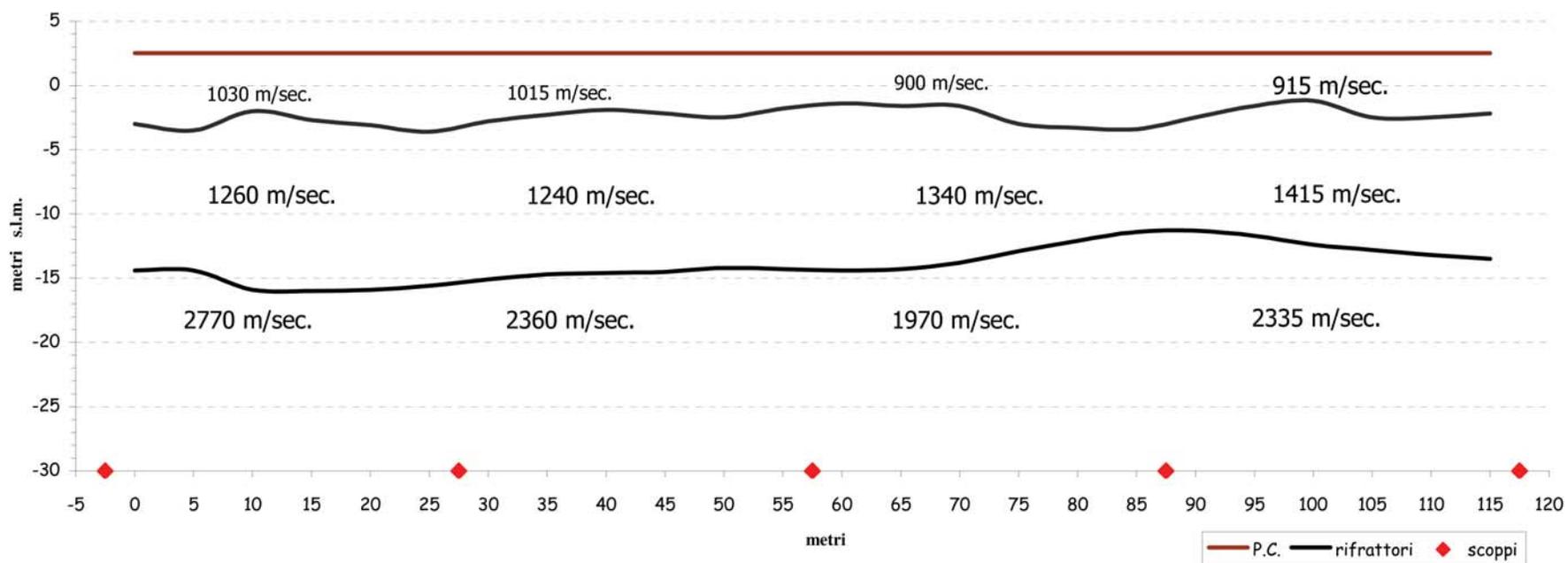
LINEA SISMICA ST20
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE SH



R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025

LINEA SISMICA ST20
SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA ONDE P



R.T.I. GeoEcho s.n.c. – IGEA s.a.s.

Geoecho s.n.c. - Via Giusti, 14/a – 53036 Poggibonsi (SI) – C.F e P.I. 01150550521 Tel. 0577 939386
 IGEA s.a.s. – Via Sagginalese, 128 – 50032 Borgo San Lorenzo (FI) – C.F. e P.I. 05351980486 Tel. 055 844025



Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali
Coordinamento regionale Prevenzione sismica

COMMITTENTE: Regione Toscana

DATA CONSEGNA: settembre 2006

RIELABORAZIONE E REVISIONE DATI: Vittorio D'Intinosante (11/2008)

Ente Finanziatore: Regione Toscana

PROGRAMMA: DOCUP 2000-2006

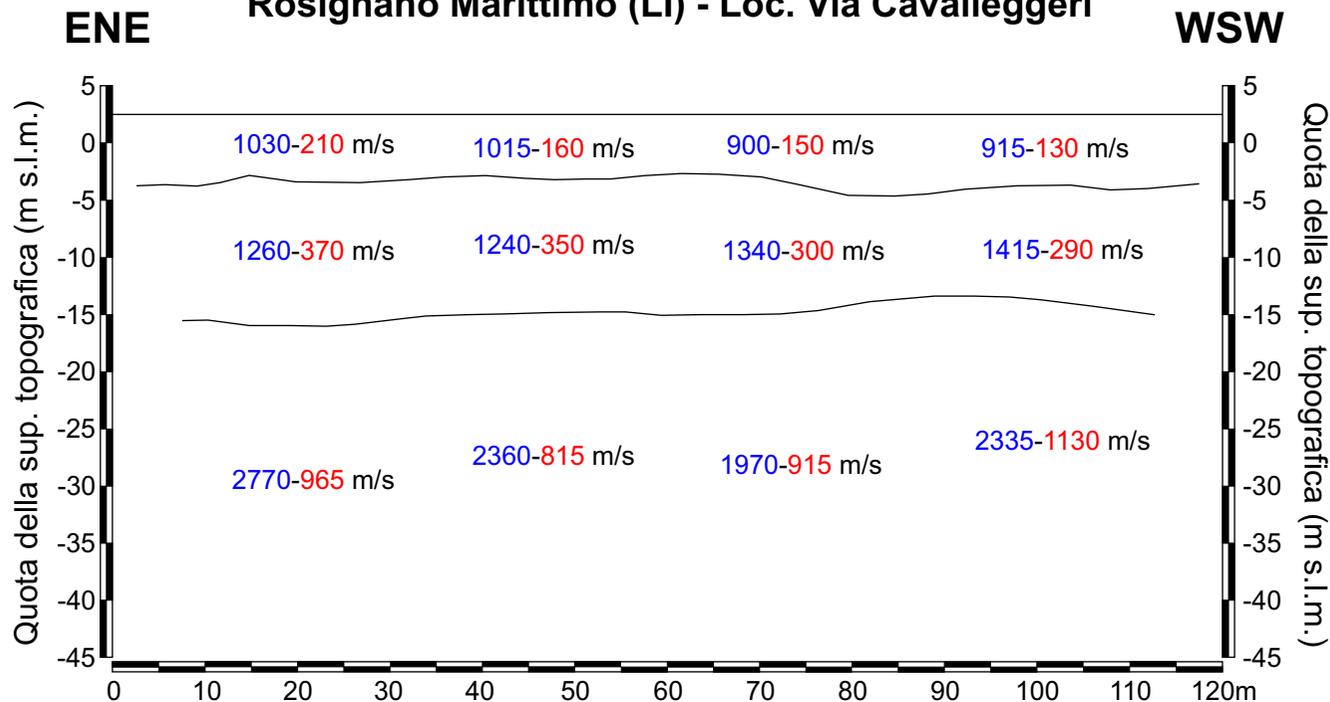
REVISIONE ESEGUITA: conferma della versione fornita dalla Ditta

DITTA ESECUTRICE: GeoEcho s.n.c.



UNIONE EUROPEA

STESA SISMICA A RIFRAZIONE St20 - ONDE P ed SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Via Cavalleggeri



Legenda

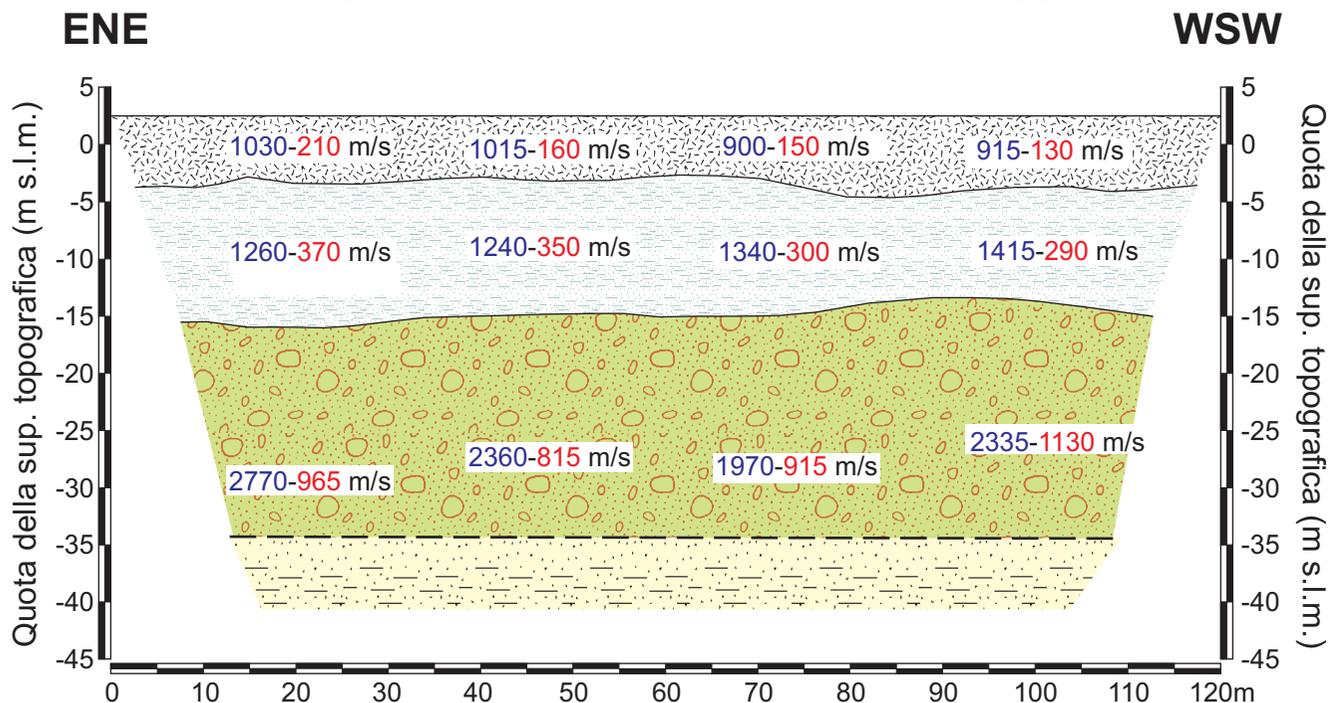
1030 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

210 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

NOTE: L'elaborazione delle dromocrone porta a due sezioni sismostratigrafiche, in onde P ed in onde SH, congruenti. Pertanto viene utilizzata un'unica sezione grafica, valida per entrambe le energizzazioni. Nella sezione vengono rappresentati i sismostrati individuati, indicando le rispettive velocità di propagazione delle onde P (in blu) e delle onde SH (in rosso).

VALIDAZIONE DATI: La ricostruzione della sezione, elaborata nella fase di omogeneizzazione, considerando il quadro geologico di riferimento, ha confermato, per quanto attiene alla sezione sismostratigrafica, la versione fornita dalla Ditta esecutrice dell'indagine. Pertanto, in questo caso si è provveduto soltanto all'omogeneizzazione del formato grafico della sezione.

REVISIONE SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA St20 - onde P e SH Rosignano Marittimo (LI) - Loc. Via Cavalleggeri



Legenda

200 m/s Velocità sismica onde P in metri al secondo

110 m/s Velocità sismica onde SH in metri al secondo

Terreni di riporto e/o massicciata stradale (hn)

Depositi palustri, lagunari, lacustri e torbosi indifferenziati ($e_3 = p$)

Panchina (QCP = q_8) mediamente cementata

Orizzonte stratigrafico desunto dal sondaggio S1 di Cecina

Sabbie ed Argille ad *Arctica Islandica* (ART = q_2)

NOTE: La caratterizzazione geometrica delle formazioni in termini di spessori risulta congruente con le informazioni geologiche dell'area desunte dal rilievo geologico. L'attribuzione litostratigrafica risulta coerente con i valori di velocità sismiche rilevati.

Il dato sismico discretizza tre sismostrati, individuando così, al di sotto della massicciata stradale e/o riporto (hn), i depositi lagunari, costieri e palustri ($e_3 = p$) di spessore intorno ai 10m e con velocità delle onde di taglio variabili tra 300 e 370 m/sec.

Al di sotto è presente un livello di spessore non definibile di Panchina (QCP= q_8) che in quest'area presenta velocità delle onde di taglio elevate, comprese tra 815 e 1130m/sec, quindi sempre superiori alla soglia del bedrock sismico.

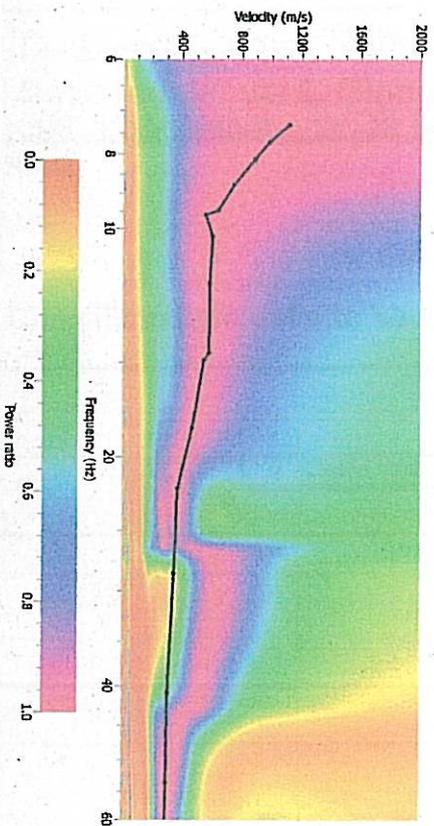
Al di sotto della Panchina è probabile, anche sulla base delle indicazioni fornite dal sondaggio S1 di Cecina, che sia presente la formazione delle Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica* (ART) che rappresenta il substrato non roccioso dell'area.

Si evidenzia che il simbolismo grafico è solamente indicativo della natura litologica, ma non dell'effettiva giacitura.

Elaborati indagine sismica (MASW) - Michele Malanima -loc. Malvozza, Rongiano Mo (U) - Data acquisizione dati: 9/05/2011

dr. geol. Alessandro Canali

Shot at (-4, 0, 0), Line=2011-05-09-10-47-25

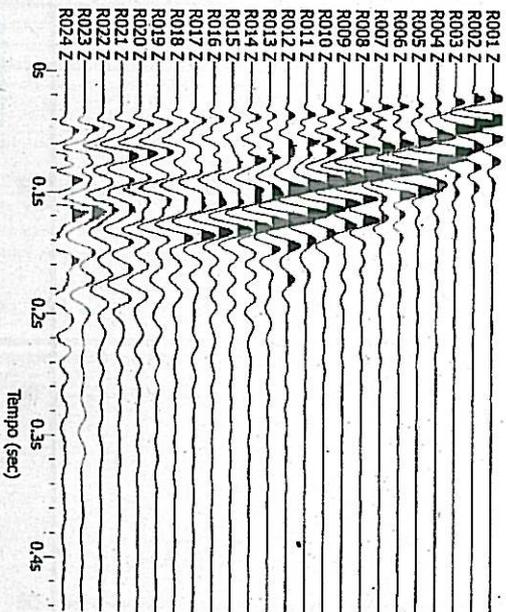


In Figura è fornita una parametrizzazione del rapporto di potenza di risonanza alla varie frequenze. Grafico dello spettro di frequenza espresso come funzione della velocità in relazione alla frequenza. In nero è riportata la curva di picking che segue il massimo della risonanza per la relativa frequenza. Il taglio inferiore è dovuto ad una dispersione di velocità nelle frequenze più basse sopra la frequenza di circa 80 Hz il modo fondamentale risulta non identificabile.

Studio Geologico - Dr. Geol. Alessandro Canali Tel. +39 0585 1940733 / Fax. +39 0585 039162 / e-mail: a.canali@studio-geologico.com

Scale: 3 m/s

Elaborati indagine sismica (MASW) - Michele Malanima -loc. Malvozza, Rongiano Mo (U) - Data acquisizione dati: 9/05/2011



Sismogramma relativo alla indagine oggetto di questa elaborazione



Dott. Geol. Corsini Roberto

Sede legale: via C. Ginori 64/B.1 57023 Cecina

Sede operativa: via De Nittis 15 " " -0586 622572-roberto_c

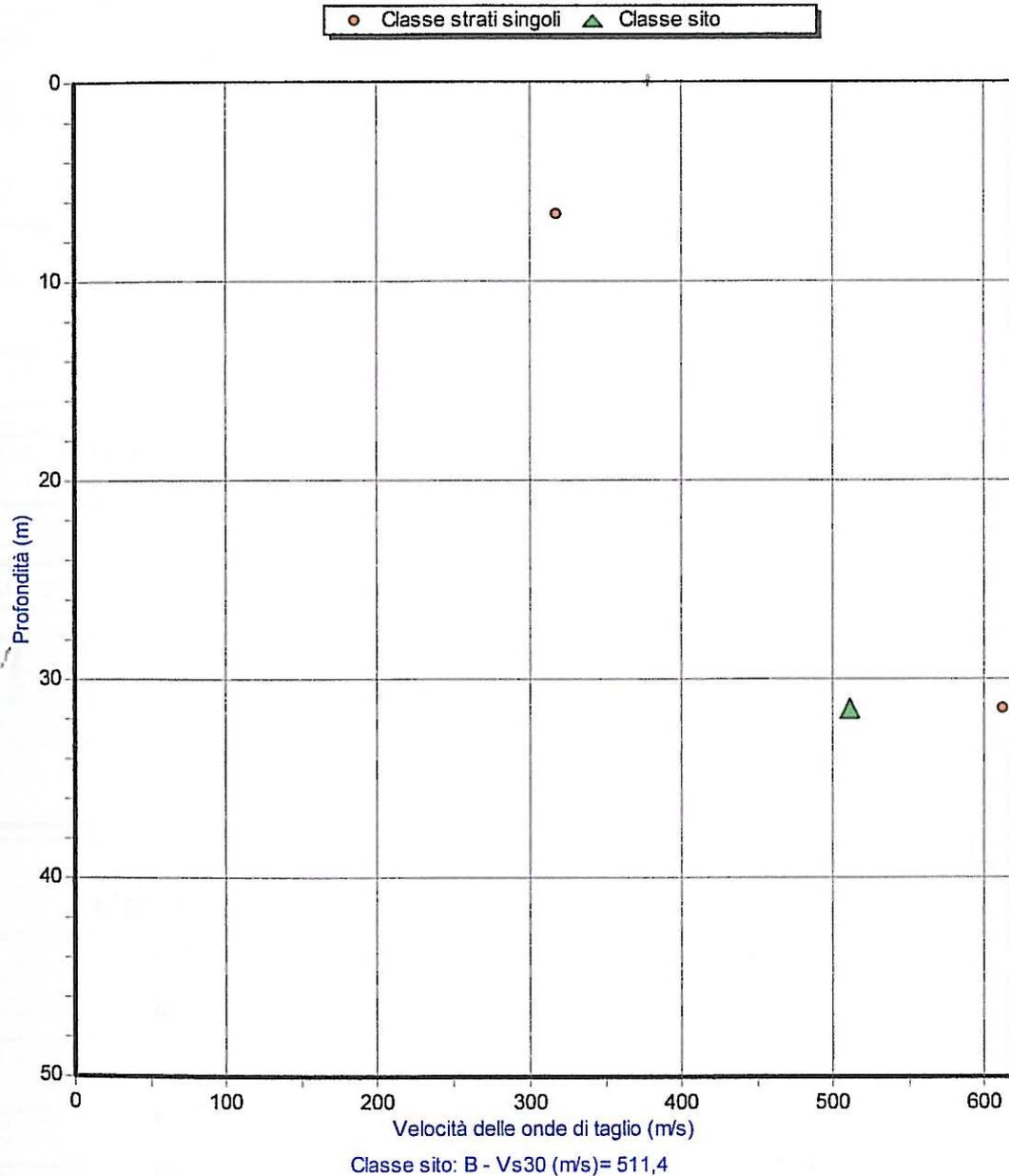
mittente: Malanima Michele

calità: le Stregonie -Gabbro-
te: nuovo villino unifam.

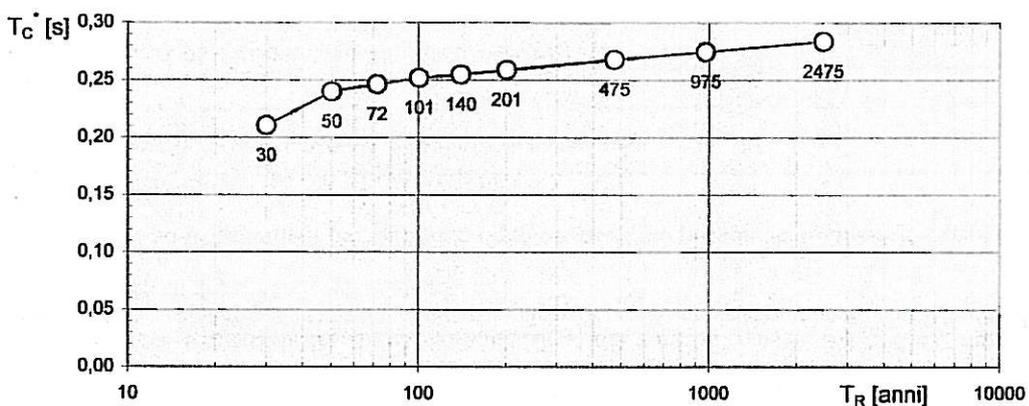
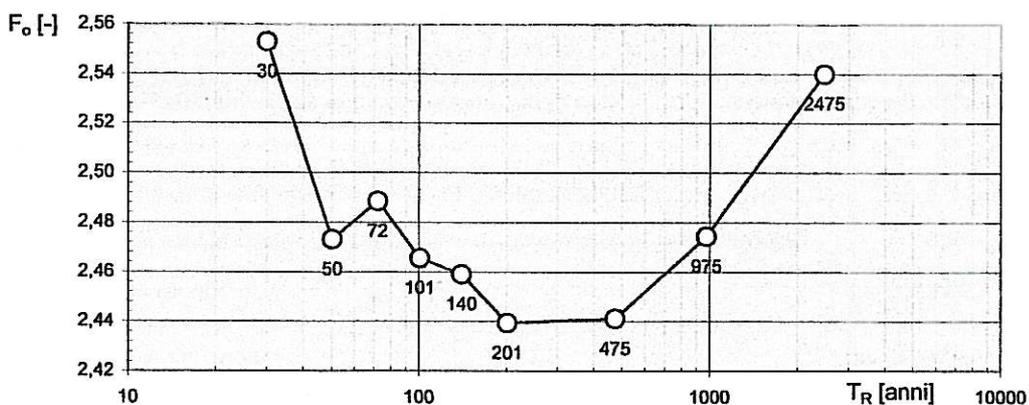
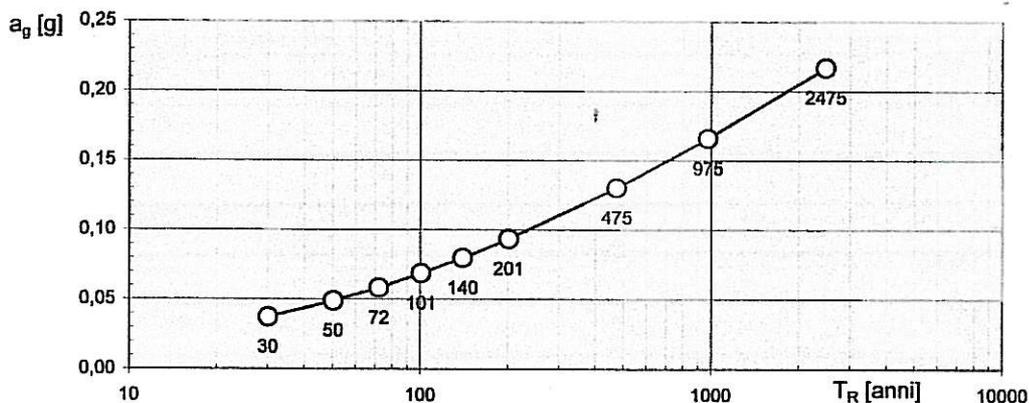
Descrizione: MASW Acq. MAE Sysmatrack

Sigla:

Classificazione del sito secondo il D.M. 14 gennaio 2008



Valori dei parametri a_g , F_o , T_c : variabilità col periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



Dott. Geol. Corsini Roberto

Sede legale: via C. Ginori 64/B.1 57023 Cecina

Sede operativa: via De Nittis 15 " " -0586 622572-roberto_c

mittente: Michele Malanima

calità: e Stregonie-Gabbro-

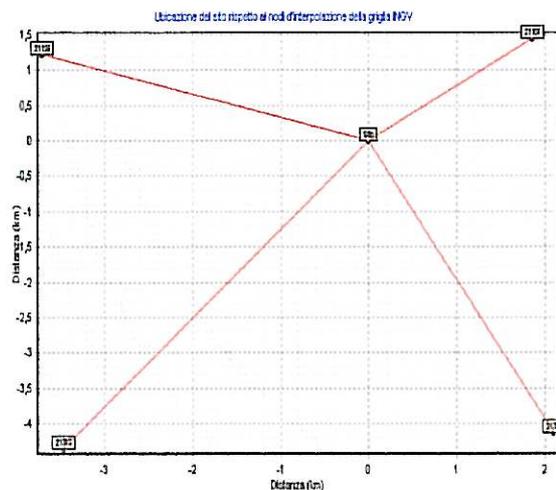
Descrizione: acq. MAE Sysmatrack 24 ch.

te: nuovo villino inif.re

Sigla:

Parametri sismici secondo il D.M.14 gennaio 2008

| | |
|--|----------|
| Longitudine del sito (°): | 10,434 |
| Latitudine del sito (°): | 43,483 |
| Periodo di riferimento (anni): | 50 |
| Probabilità di superamento (%): | 10 |
| ID primo nodo d'interpolazione: | 21157 |
| ID secondo nodo d'interpolazione: | 21156 |
| ID terzo nodo d'interpolazione: | 21379 |
| ID quarto nodo d'interpolazione: | 21378 |
| Accelerazione sismica orizzontale massima al sito (g): | 0,1329 |
| Categoria sottosuolo: | Classe B |
| Fattore di amplificazione stratigrafico: | 1,2 |
| Categoria topografica: | T2 |
| Fattore di amplificazione topografico: | 1,2 |
| Coefficiente di smorzamento (%): | 5 |
| Fattore massimo di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale: | 2,44 |
| Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale(s): | 0,27 |
| Periodo di ritorno del sisma (anni): | 475 |

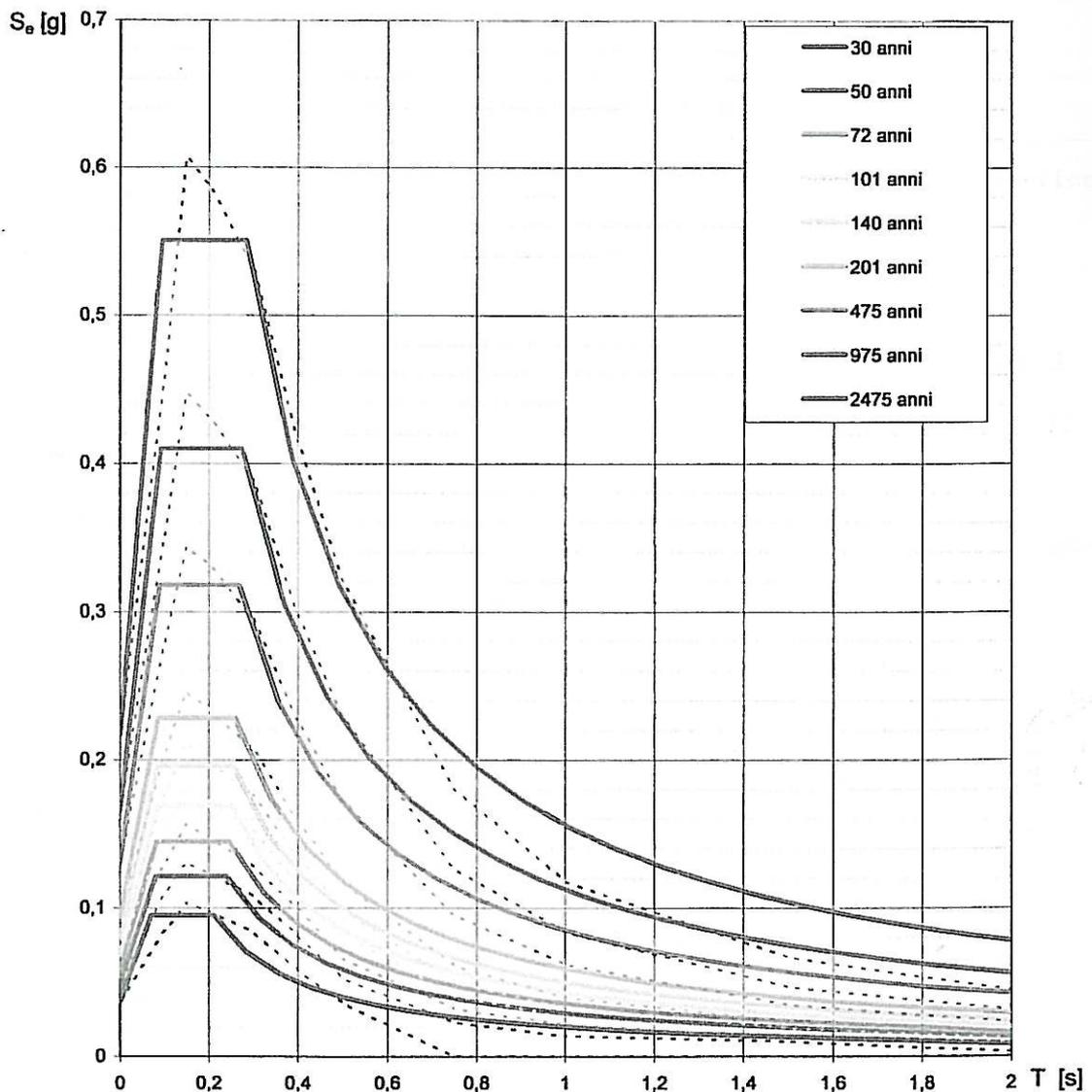


Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

| T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C [s] |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 30 | 0,037 | 2,553 | 0,210 |
| 50 | 0,049 | 2,473 | 0,240 |
| 72 | 0,058 | 2,488 | 0,246 |
| 101 | 0,069 | 2,466 | 0,252 |
| 140 | 0,080 | 2,459 | 0,255 |
| 201 | 0,094 | 2,439 | 0,259 |
| 475 | 0,130 | 2,441 | 0,268 |
| 975 | 0,166 | 2,474 | 0,275 |
| 2475 | 0,217 | 2,540 | 0,284 |

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



| | |
|---|--------|
| Fattore di pericolosità sismica (SLV) | 0,31 |
| Coefficiente di riduzione Ag/g max. (β_s) | 0,24 |
| Ag/g base | 0,132 |
| Ag/g (SLV) per $S_s = 1,2$ e $S_t = 1,2$ | 0,191 |
| Coeff. sismico orizzontale (Kh) | 0,0458 |
| " " verticale (Kv) | 0,0229 |
| Coeff. taglio orizzontale Vh | 0,846 |
| " per incasso Vi | 0,977 |

PARAMETRI GEOTECNICI DERIVATI E VALORI DI RESISTENZE DEL TERRENO (M1-M2)

I valori dei parametri geotecnici caratteristici, intesi come quelli prossimi ai valori minimi, nell'ambito di un ammasso medio significativo, ai fini dello scarico tensionale del fabbricato di progetto, sono stati derivati dal valore di V_s nello strato superficiale, profondo metri 6,70 da p.c.

Per questa correlazione lo scrivente si è avvalso della correlazione di Mai-Yoshimura (1975), che determina un valore di $N_{spt} = 19$.

Da Peck-Hanson-Thornburn : $\varphi^{\circ} = 37^{\circ}$ - attrito interno -

D.R = 58% - densità relative -

Da Schmertmann : $E = 285$ Kg/cmq. modulo di deformazione

$M_v = 3,5 \cdot 10^{-3}$ cmq/Kg. Modulo di compressibilità volumetrico

$C > 4,5$ Kg/cmq. in termini efficaci (coesione drenata)

$\gamma = 2,35$ tonn/mc.

I valori di cui sopra, considerati cautelativi, sono stati ridotti mediante i coefficienti parziali \bar{N}_r , di cui alla tabella 6.2. II del D.M.14/1/08, per il carico di rottura del terreno in caso di fondazioni superficiali.

Il valore del carico limite a rottura è stato calcolato, per terreno misto, sia granulare che coesivo, con utilizzazione della equazione di Hansen.

$$Q_{lim.} = (0,5 \times G \times B \times N_y \times s_y) + (C N_c s_c) + (Q N_q S_q)$$

Per la verifica A1C1 (stru) $R_d = 4,2 \text{ Kg/cmq.}$

" " " A1C2 (geo) $R_d = 1,37 \text{ Kg/cmq.}$

" " " A2 (generale) $R_d = 1,83 \text{ Kg/cmq.}$

In caso sismico l' applicazione dei coefficienti riduttivi V_h e V_i , determina i seguenti valori :

A1C1 (stru) $R_d = 3,47 \text{ Kg/cmq.}$

A1C2 = (geo) $R_d = 1,13 \text{ Kg/cmq.}$

A2 (generale) $R_d = 1,53 \text{ Kg/cmq.}$

In tutti i casi sopra riportati i cedimenti potenziali risultano inferiori a 0,5 cm..

In fig.n° 11 è stato schematizzata la configurazione di fondazione ed il quadro geotecnico di incasso consigliato.

CONSIDERAZIONI DEFINITIVE

Dall'esame delle condizioni generali di pericolosità del sito, esaminati gli aspetti idrogeologici , litotecnici , geotecnici e sismici si deduce la fattibilità dell 'intervento secondo le considerazioni riportate sull' incasso della fondazione e dei rispettivi carichi trasmissibili al terreno .

La sistemazione dei terreni scavati dovrà prevedere già in fase progettuale un adeguato sito di deposito temporaneo ,per riutilizzo finale alle sistemazioni esterne dei piani definitivi. Il sito di accumulo dovrà essere al 'interno della stessa proprietà ,non in area acclive ,in modo tale da non creare ostacolo alle linee di massima pendenza locale.

Dott. Geol. Corsini Roberto

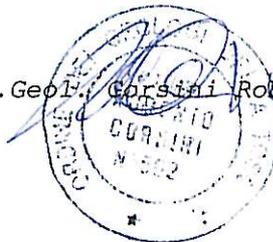
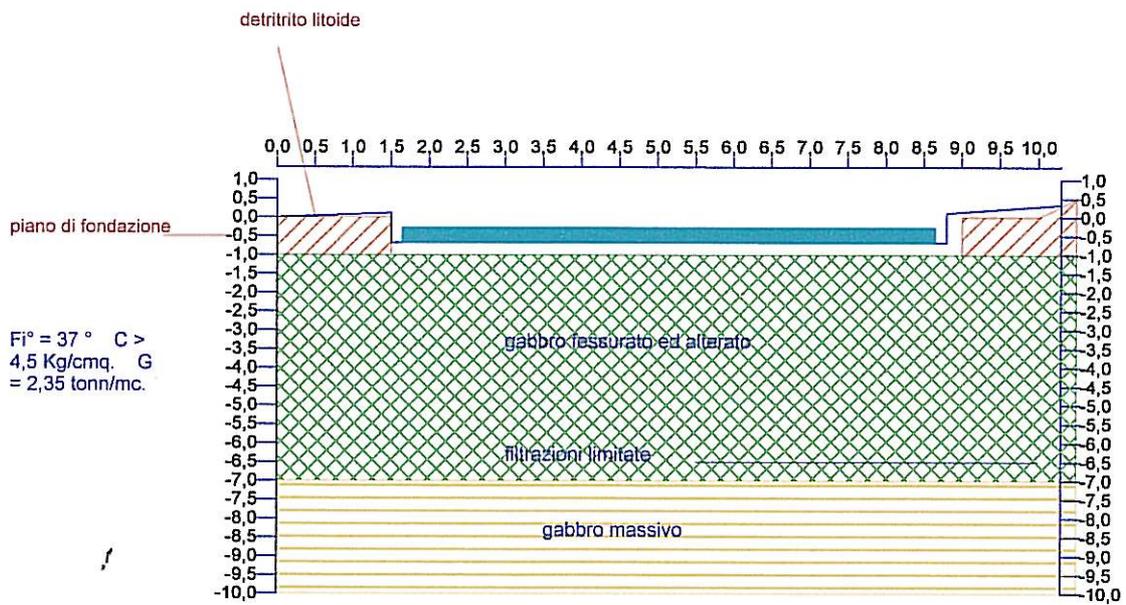


Fig.n° 11: Schmea geotecnico di incasso scala 1:100



INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

Realizzazione di fabbricati abitativi

Committente: Sig. Vincenzo Mannari

Località: Nibbiaia

Comune di Rosignano Marittimo (LI)

Poggibonsi 03/12/2009

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 25/11/2009 su incarico del Dott. Geol. Massimo Melani e per conto del Sig. Vincenzo Mannari, è stata eseguita un'indagine Geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW. L'indagine è stata svolta in località Nibbiaia nel Comune di Rosignano Marittimo (LI) in un terreno dove è prevista la realizzazione di nuovi fabbricati abitativi.

Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 2 m. dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali "con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 1,5 m
- Distanza sorgente 1° geofono 2 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

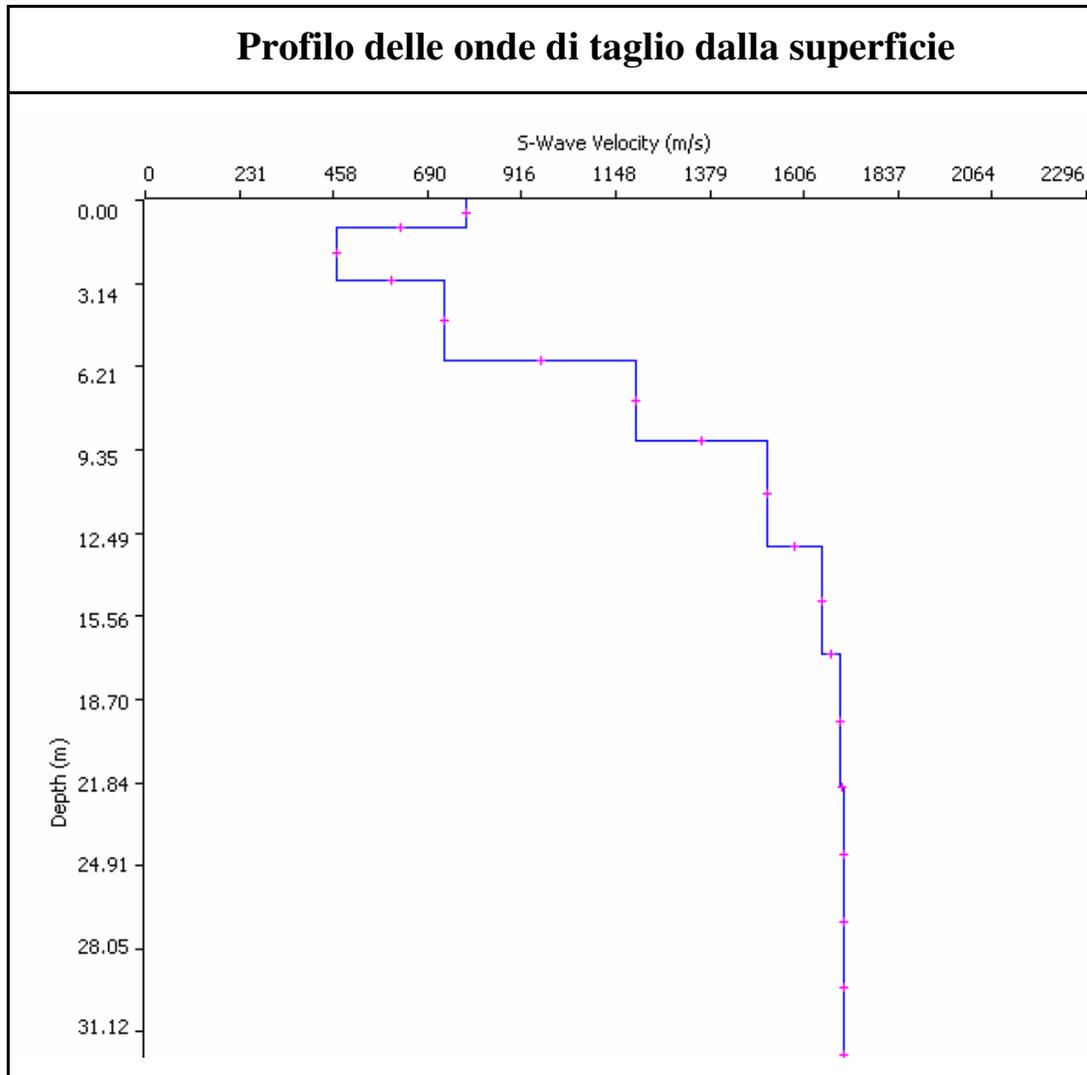
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 34,5 m):

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| 1.0 | 0.0 | 782 | 1562 | 0.33 | 1.80 |
| 2.0 | 1.0 | 467 | 934 | 0.33 | 1.80 |
| 3.0 | 3.0 | 731 | 1462 | 0.33 | 1.80 |
| 3.0 | 6.0 | 1198 | 2394 | 0.33 | 1.80 |
| 4.0 | 9.0 | 1515 | 3028 | 0.33 | 1.80 |
| 4.0 | 13.0 | 1649 | 3296 | 0.33 | 1.80 |
| 5.0 | 17.0 | 1693 | 3384 | 0.33 | 1.80 |
| 5.0 | 22.0 | 1703 | 3403 | 0.33 | 1.80 |
| 5.0 | 27.0 | 1704 | 3406 | 0.33 | 1.80 |
| | 32.0 | 1704 | 3406 | 0.33 | 1.80 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

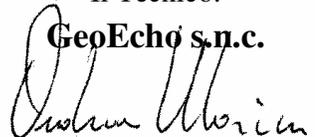
dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale): **Vs30 = 1206 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **A** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

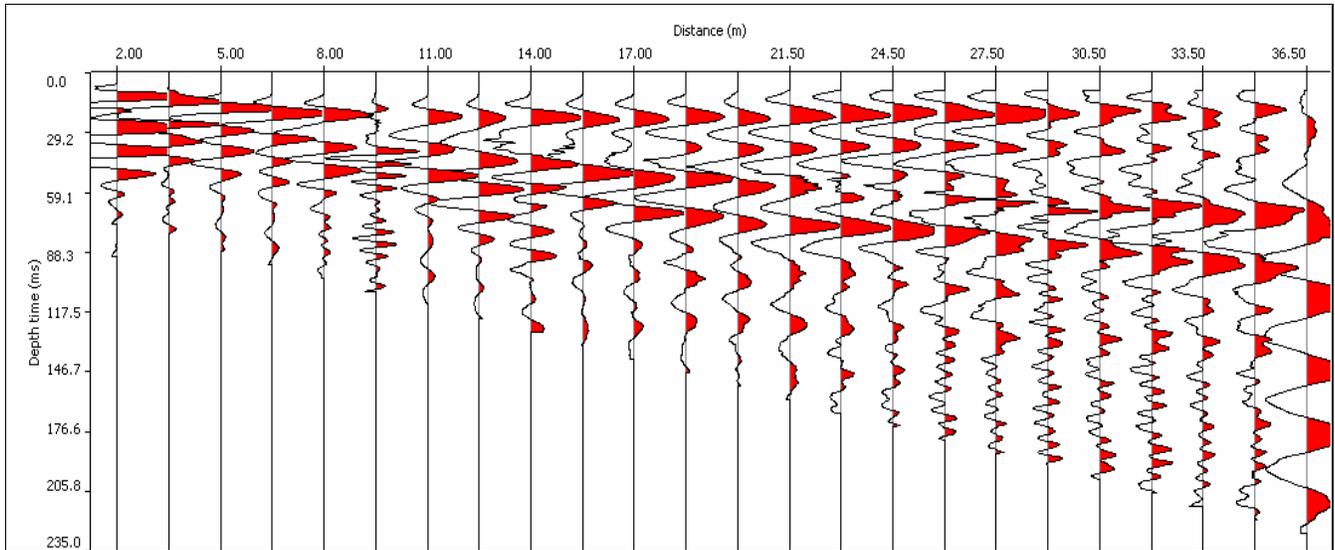
| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:

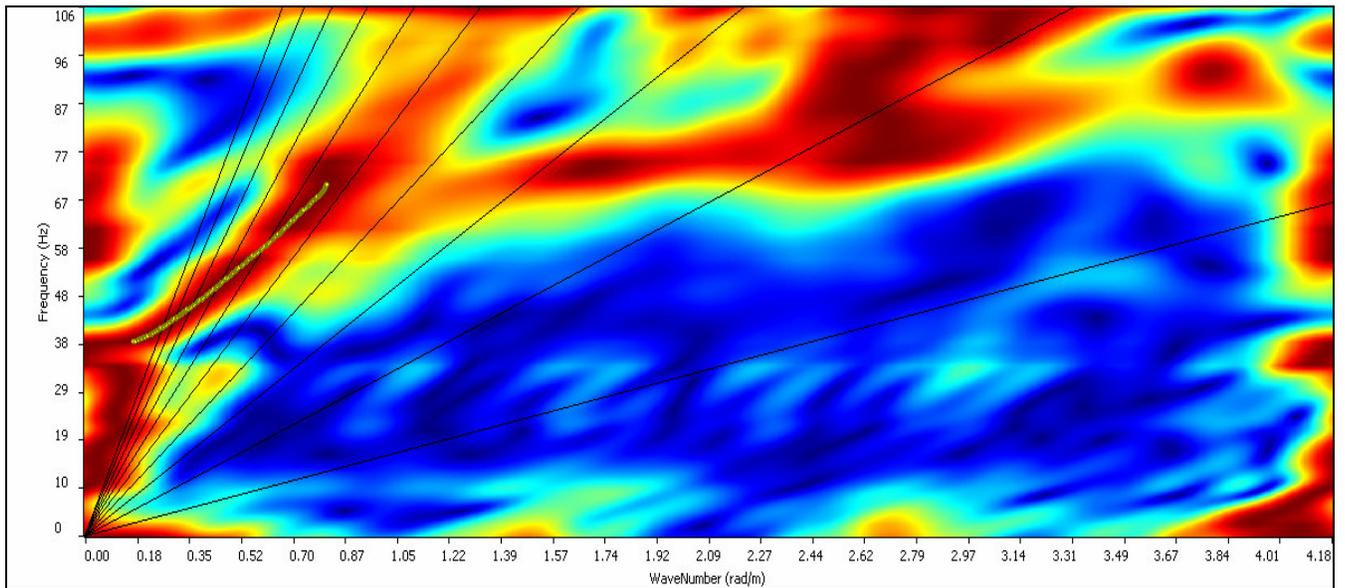
GeoEcho s.n.c.


Allegati

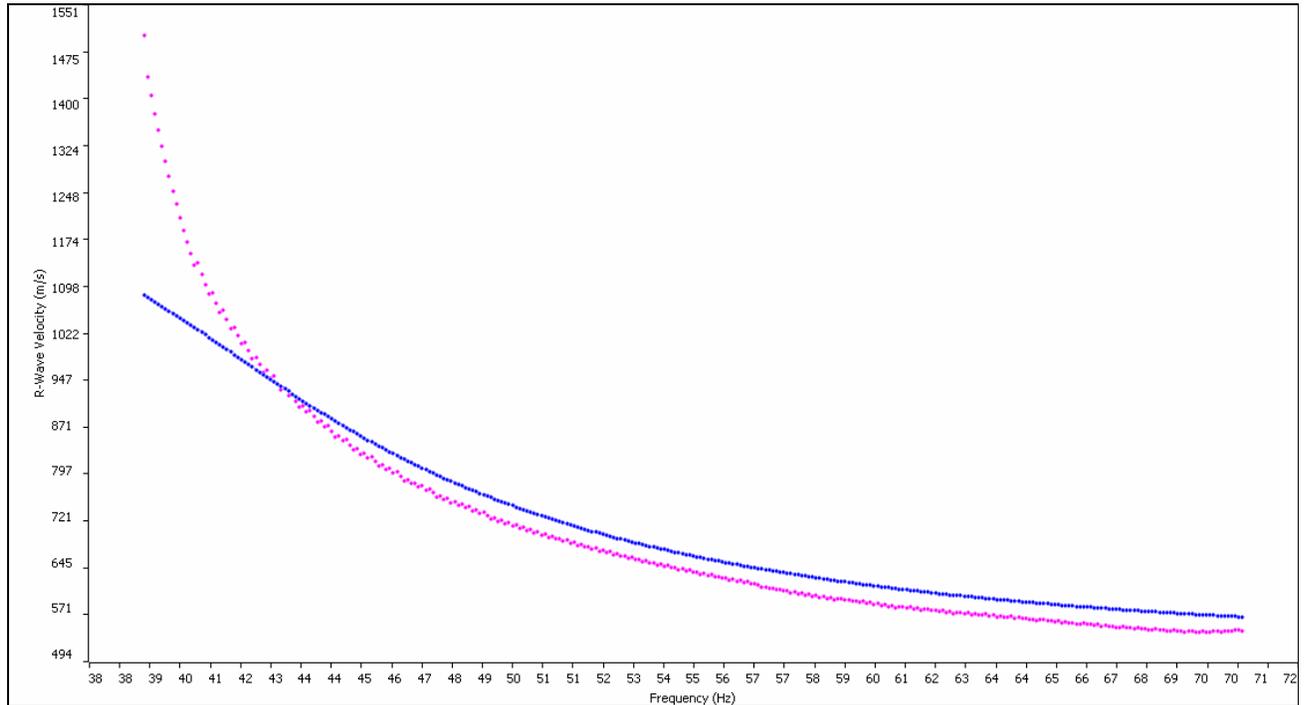
Sismogramma



Spettro F-K



Match Curva di dispersione sperimentale - teorica



Documentazione fotografica



INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

Committente: Comune di Rosignano Marittimo

**Indagini geofisiche per lo studio di una frana
in loc. Nibbiaia nel Comune di Rosignano M.mo (LI)**

Poggibonsi Aprile 2010

Relazione Tecnica

1 - Premessa

Su incarico del Comune di Rosignano Marittimo è stata eseguita un'indagine geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW. L'indagine è stata svolta in località Nibbiaia a supporto dello studio della frana che ha interessato l'area compresa tra la strada provinciale e gli impianti sportivi situati più a valle. (fig. 1).



FIG. 1: UBICAZIONE DELLA LINEA

Scopo dell'indagine era quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 5 e 10 m. dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali "con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2 m
- Distanza sorgente 1° geofono 5 e 10 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

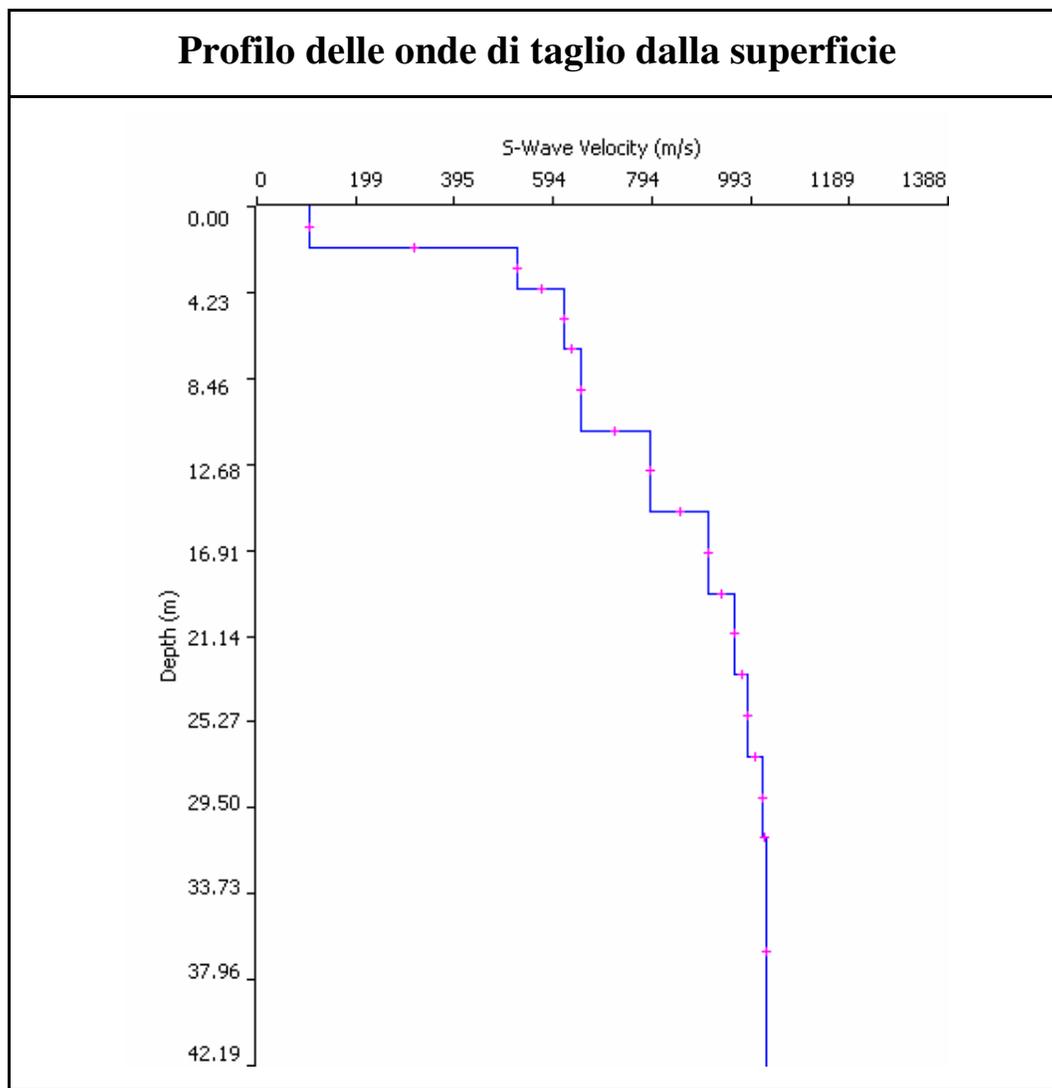
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 46 m):

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| 2 | 0 | 106 | 212 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 2 | 523 | 1045 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 4 | 617 | 1233 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 7 | 649 | 1297 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 11 | 790 | 1579 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 15 | 908 | 1815 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 19 | 959 | 1917 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 23 | 987 | 1973 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 27 | 1014 | 2026 | 0.333 | 1.8 |
| | 31 | 1022 | 2042 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

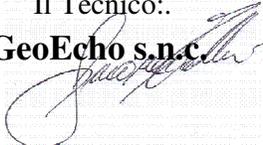
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale): **Vs30 = 552 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

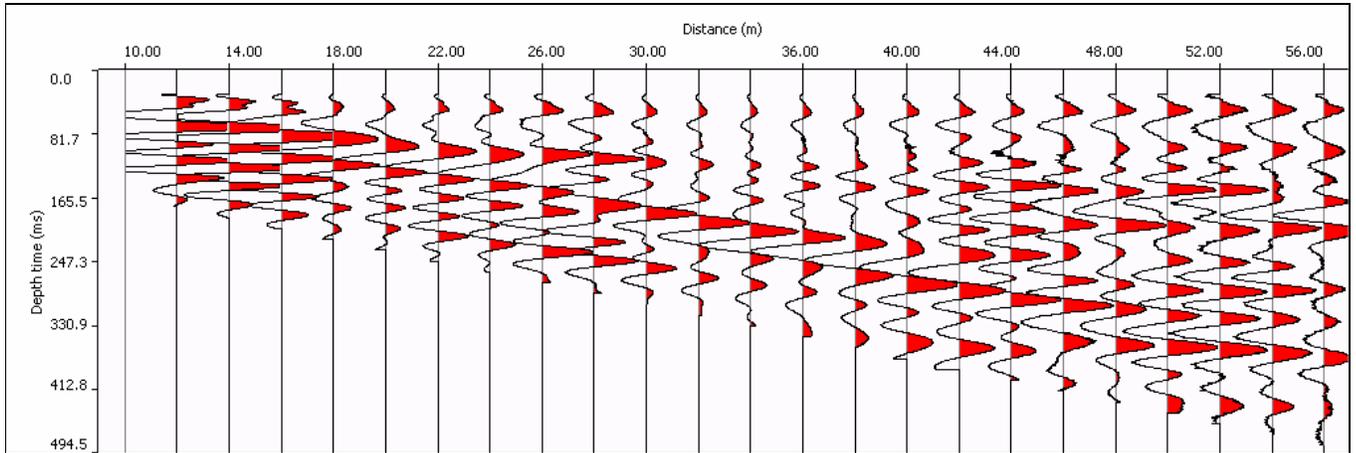
Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

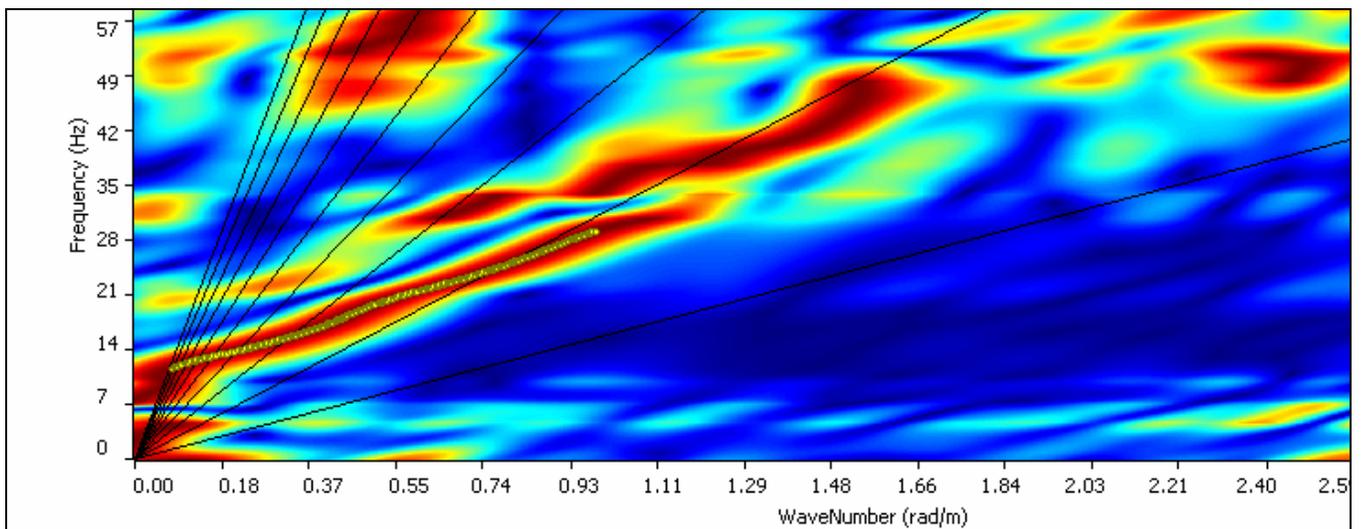
Il Tecnico:..
GeoEcho s.n.c.


Allegati

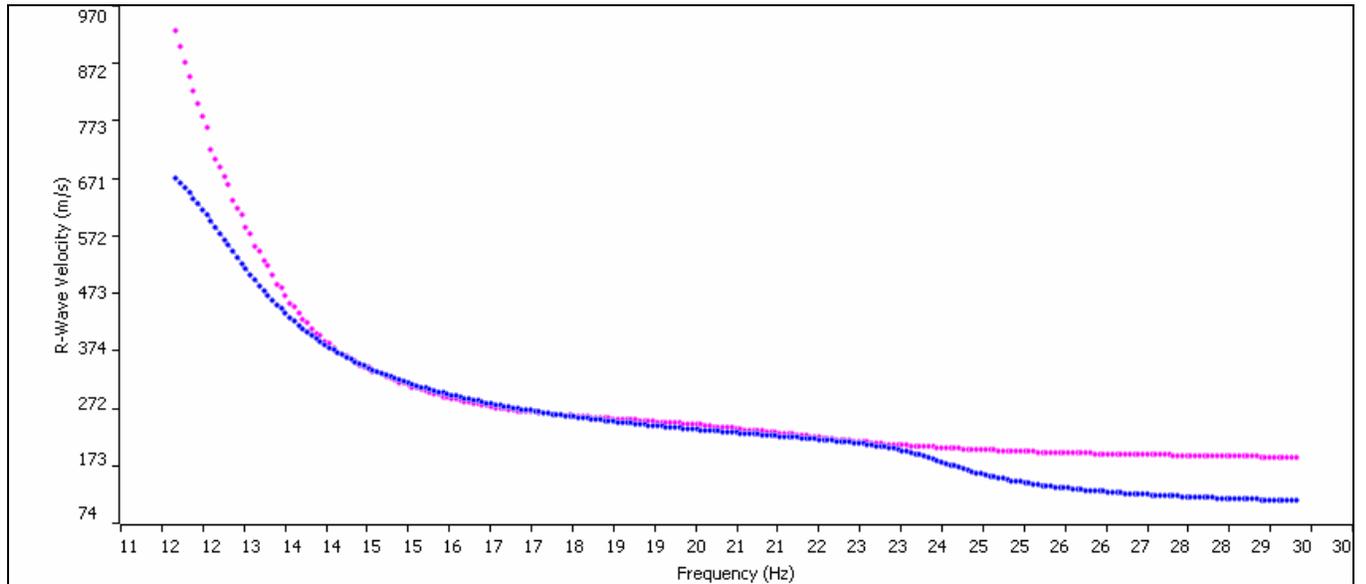
Sismogramma



Spettro F-K



Match Curva di dispersione sperimentale - teorica



Documentazione fotografica



**INDAGINI GEOFISICA
DI SISMICA ATTIVA CON METODOLOGIA MASW
E MISURA A STAZIONE SINGOLA H/V**

**Ubicazione: loc. Le Spianate - Casa Campofreno
Comune di Castiglioncello (Li)**

Direzione lavori: Dr. Geol. Massimo Melani

Committente: Gardenia s.a.s.

Poggibonsi 29/03/2013

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 27/03/2013 su incarico del Dott. Geol. Massimo Melani e per conto della Gardenia s.a.s. è stata eseguita, in un terreno ubicato in loc. Le Spianate - Casa Campofreno nel Comune di Castiglioncello (Li) (fig. 1), una speditiva campagna d'indagini sismiche a supporto dello studio geologico e per la valutazione degli effetti locali del sito dove sono previsti alcuni interventi edilizi su un edificio esistente. Nel dettaglio sono state realizzate un'indagine MASW per ricostruire l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità e una misura di sismica passiva con tecnica a "stazione singola" HVSr per determinare la frequenza di risonanza del sito.



FIG. 1: UBICAZIONE DELLE INDAGINI

2 – Indagine MASW

Il modello sismico monodimensionale costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2.1 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un “metodo attivo”, le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 4.5 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

2.2 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2.5 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

Sono state fatte 3 acquisizioni. Successivamente si è provveduto ad elaborare tutte e 3 le misurazioni valutando la coerenza dei risultati e la loro qualità.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali “con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2.5 m
- Distanza sorgente 24° geofono 10 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

2.3 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

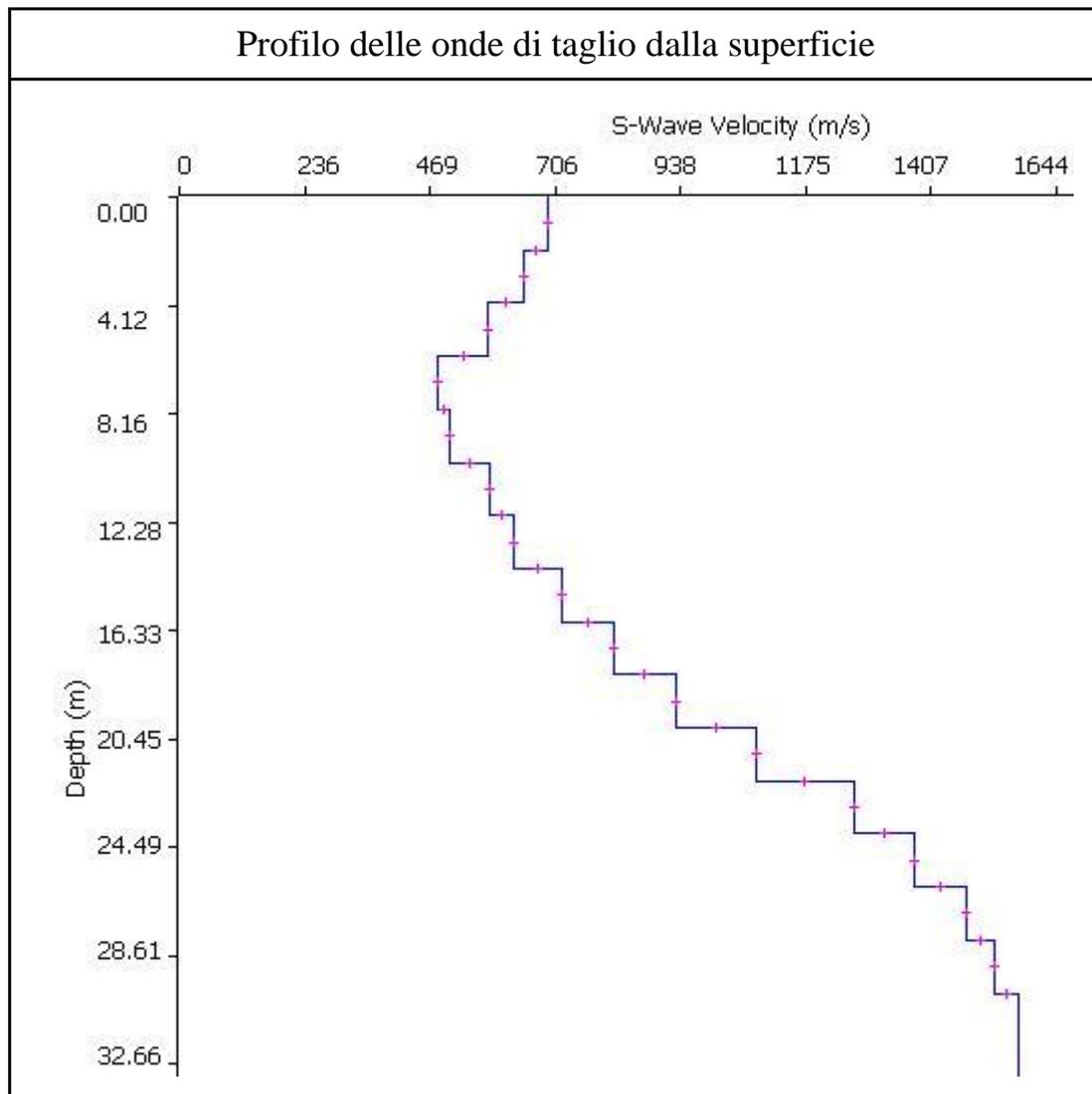
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57.5 m).

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| 2 | 0 | 690 | 1379 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 2 | 647 | 1293 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 4 | 579 | 1157 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 6 | 484 | 967 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 8 | 507 | 1013 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 10 | 583 | 1165 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 12 | 628 | 1255 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 14 | 718 | 1435 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 16 | 814 | 1627 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 18 | 931 | 1861 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 20 | 1080 | 2158 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 22 | 1265 | 2528 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 24 | 1377 | 2752 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 26 | 1475 | 2948 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 28 | 1527 | 3052 | 0.333 | 1.8 |
| | 30 | 1571 | 3140 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



2.4 – Calcolo della Vs₃₀

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs₃₀, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs₃₀ si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs₃₀ = 768 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:.

GeoEcho s.n.c.



3 – Misura con metodologia a stazione singola (HVSr)

Accanto alle tecniche basate sull'impiego di array sismico esistono altre tecniche basate sull'uso di una singola stazione di misura. In questo caso vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superficie del terreno. In particolare viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSr ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") [Bard., 1998] . Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno. In particolare è possibile individuare la frequenza f di questa vibrazione definita di "Risonanza". Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno e la velocità media delle onde sismiche nel sottosuolo (ricavata per esempio dai metodi passivi ad antenna, o attivi come Masw e Rifrazione), attraverso le misure HVSr è possibile risalire allo spessore di questo strato.

Risultati e conclusioni

La misura H/V realizzata è servita a definire la frequenza di risonanza del sottosuolo in maniera tale da prevenire, al verificarsi di un evento sismico, possibili interferenze risonanti, tra il suolo e le strutture da realizzare.

La misura eseguita evidenzia un picco di risonanza nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (1 – 10 Hz) di circa 7,7 Hz ed ampiezza di circa 2.

Esso rappresenta un contrasto di impedenza indicativamente tra i 10 e i 20 m. di profondità.

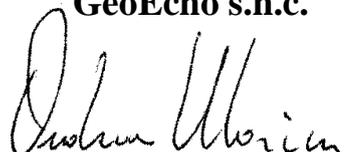
Un altro picco con ampiezza di poco superiore a 2 è osservabile alla frequenza di circa 19 Hz e rappresenta un contrasto di impedenza indicativamente tra i 5 e i 10 m. di profondità.

Volendo valutare con migliore approssimazione la profondità dei primi orizzonti, è possibile utilizzare la relazione semplice fra la frequenza (f), lo spessore (h) e la velocità media (V_s) della parte di materiali sovrastante lo strato rigido:

$$f = V_s / (4h)$$

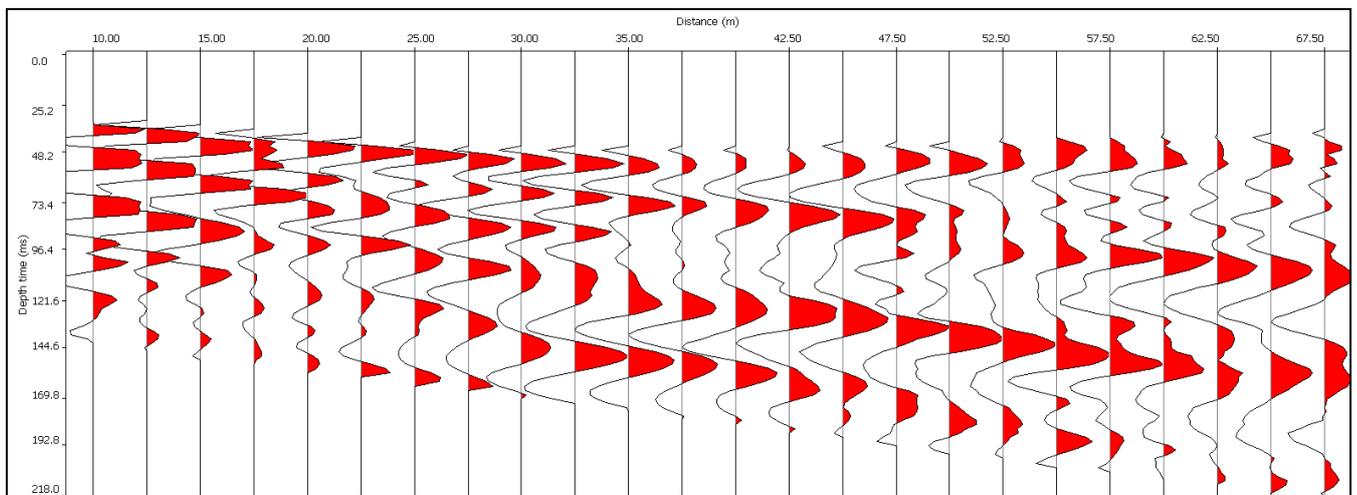
Il Tecnico:.

GeoEcho s.n.c.

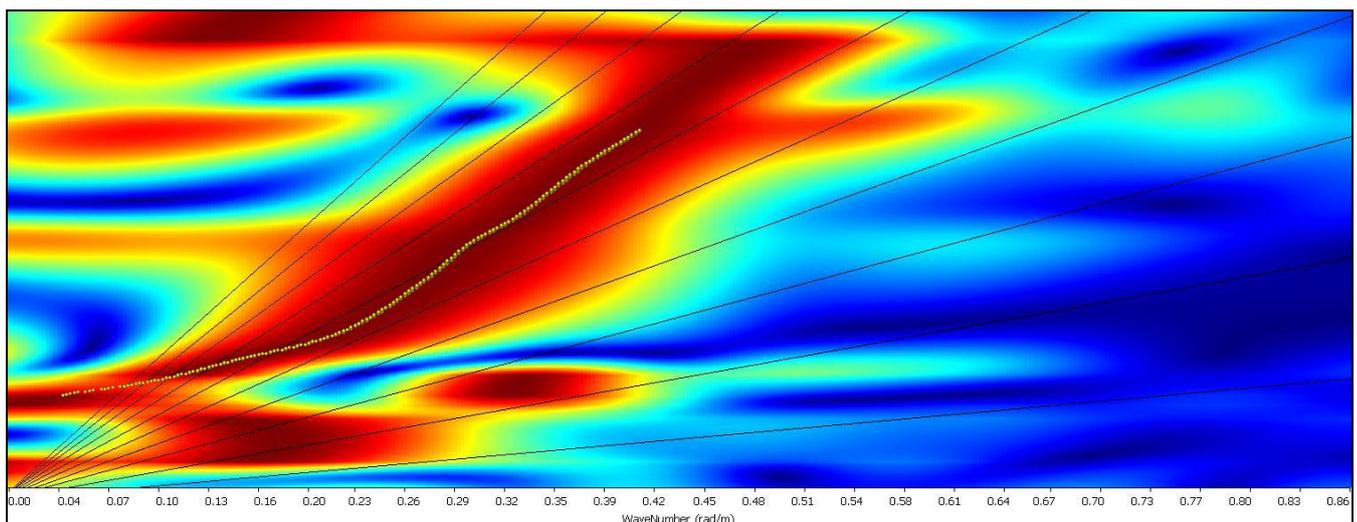


ALLEGATI
ELABORATI GRAFICI PROVA MASW

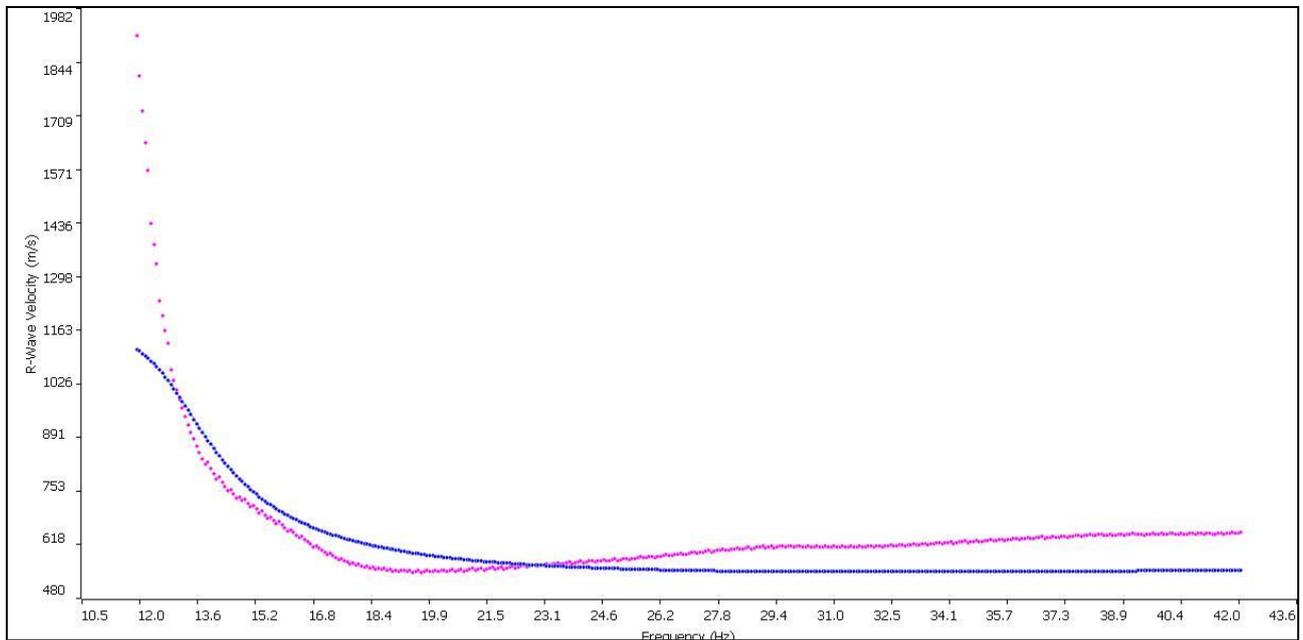
Sismogramma



Spettro F -K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



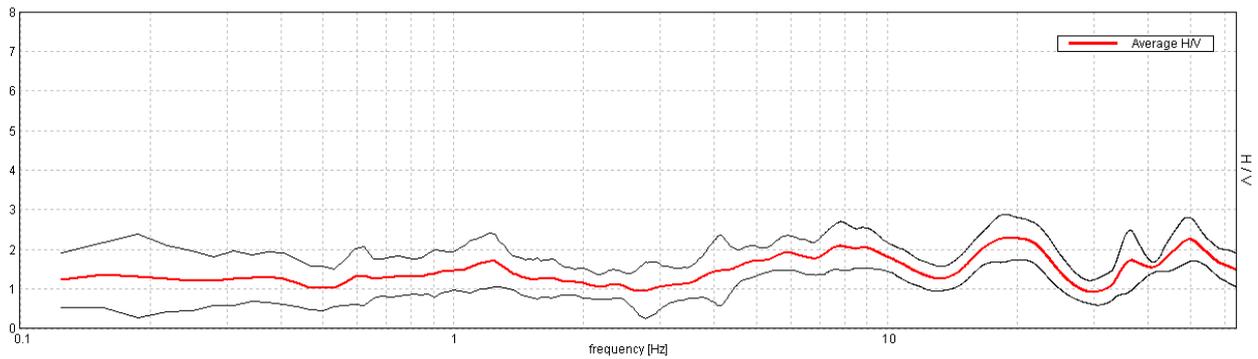
ELABORATI GRAFICI MISURA HVSR: LE SPIANATE, T1

Strumento: TRE-0005/00-06
 Inizio registrazione: 27/03/13 16:06:51 Fine registrazione: 27/03/13 16:26:52
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

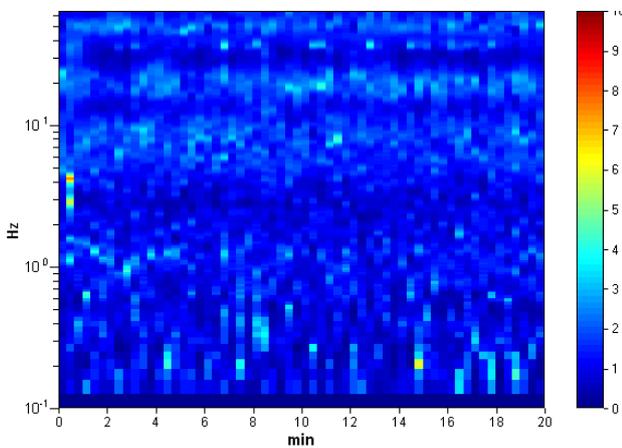
Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

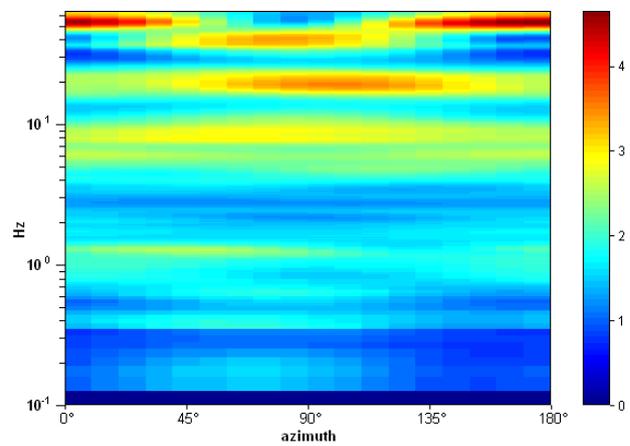
Picco H/V a 19.06 ± 7.93 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).



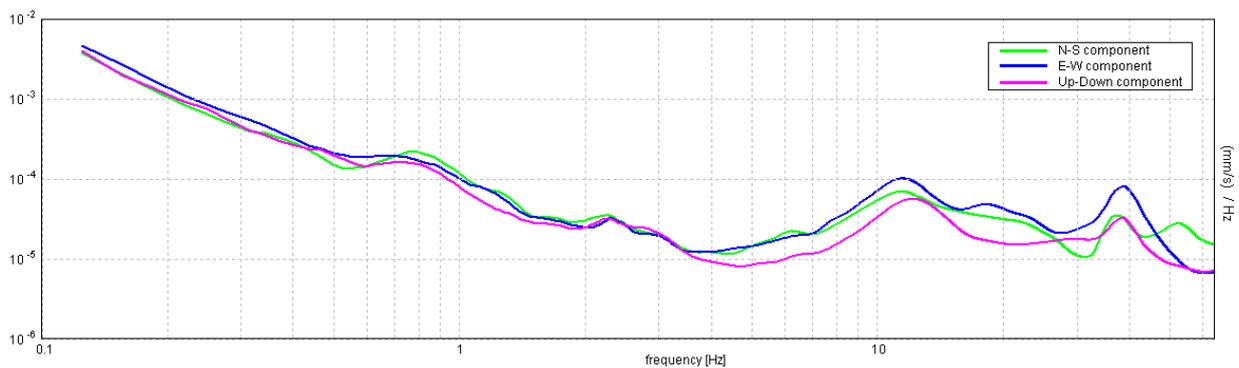
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 19.06 ± 7.93 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).

| Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|--|-------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $19.06 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $22875.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 916 | OK | |
| Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | | | NO |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 26.719 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.29 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.41585 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $7.92719 < 0.95313$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.5847 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

Relazione tipica frequenza - Vs – profondità

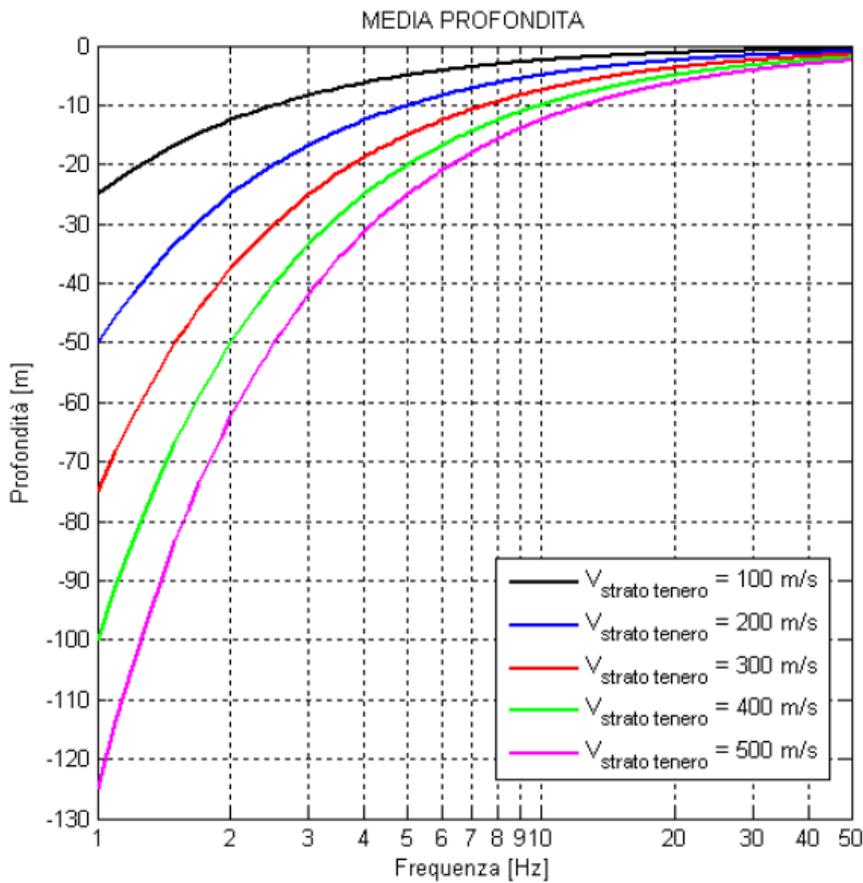


Tabella indicativa spessori

| f_0 (Hz) | h (m) |
|------------|----------|
| < 1 | > 100 |
| 1 – 2 | 50 – 100 |
| 2 – 3 | 30 – 50 |
| 3 – 5 | 20 – 30 |
| 5 – 8 | 10 – 20 |
| 8 – 20 | 5 – 10 |
| > 20 | < 5 |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**INDAGINI GEOFISICA
DI SISMICA ATTIVA CON METODOLOGIA MASW
E MISURE A STAZIONE SINGOLA H/V**

Committente: Sig. Carlo Del Seppia

Ubicazione: loc. Cotone – Rosignano Solvay

Comune di Rosignano Marittimo

Relazione Tecnica

Poggibonsi 29/05/2013

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 21/05/2013 su incarico del Geom. Alessandro Pizzi e del Dr. Geol. Massimo Melani e per conto del Sig. Carlo Del Seppia è stata eseguita, in un terreno ubicato in loc. Cotone – Rosignano Solvay nel Comune di Rosignano Marittimo (Li) (fig. 1), una campagna d'indagini sismiche.

Nel dettaglio sono state realizzate un'indagine MASW per ricostruire l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità e due misure di sismica passiva con tecnica a “stazione singola” HVSR per determinare la frequenza di risonanza del sito.



FIG. 1: UBICAZIONE DELLE INDAGINI

2 – Indagine MASW

Il modello sismico monodimensionale costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2.1 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 4.5 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

2.2 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2.5 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

Sono state fatte 4 acquisizioni. Successivamente si è provveduto ad elaborare tutte e 4 le misurazioni valutando la coerenza dei risultati e la loro qualità.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali "con $f = 4.5$ Hz
- 1 Cavo sismico $L = 57,5$ m.
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2.5 m
- Distanza sorgente 24° geofono 10 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

2.3 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

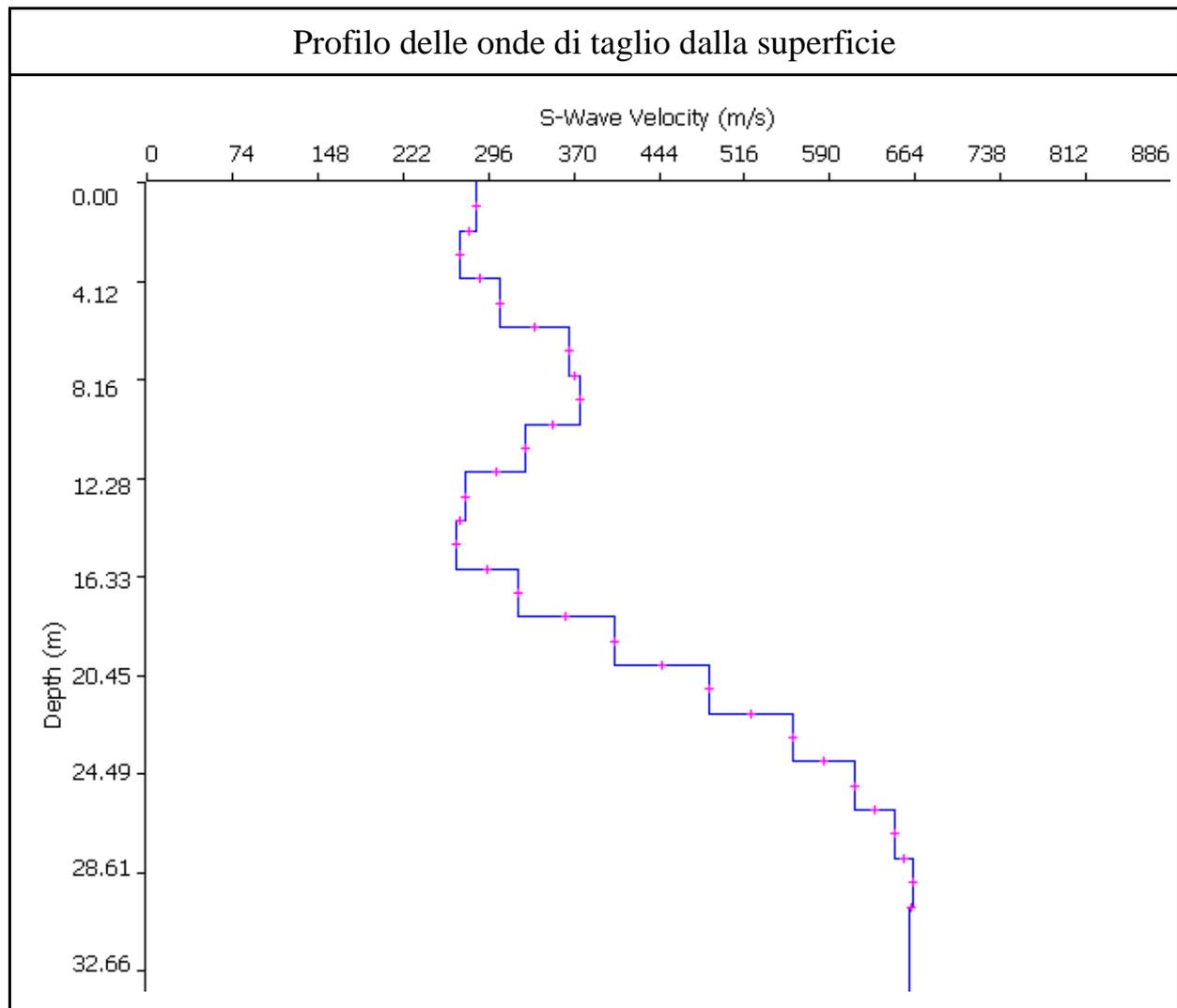
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57.5 m).

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|-----|------|---------|---------|
| 2 | 0 | 285 | 570 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 2 | 271 | 542 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 4 | 306 | 612 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 6 | 365 | 729 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 8 | 375 | 749 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 10 | 328 | 656 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 12 | 275 | 550 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 14 | 268 | 536 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 16 | 321 | 642 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 18 | 404 | 807 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 20 | 487 | 973 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 22 | 559 | 1117 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 24 | 612 | 1223 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 26 | 647 | 1293 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 28 | 662 | 1323 | 0.333 | 1.8 |
| | 30 | 660 | 1319 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



2.4 – Calcolo della Vs₃₀

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs₃₀, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs₃₀ si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs₃₀ = 371 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:.

GeoEcho s.n.c.



3 – Misure con metodologia a stazione singola (HVSr)

Accanto alle tecniche basate sull'impiego di array sismico esistono altre tecniche basate sull'uso di una singola stazione di misura. In questo caso vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superficie del terreno. In particolare viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSr ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") [Bard., 1998] . Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno. In particolare è possibile individuare la frequenza f di questa vibrazione definita di "Risonanza". Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno e la velocità media delle onde sismiche nel sottosuolo (ricavata per esempio dai metodi passivi ad antenna, o attivi come Masw e Rifrazione), attraverso le misure HVSr è possibile risalire allo spessore di questo strato.

Risultati e conclusioni

Le misure H/V realizzate sono servite a definire la frequenza di risonanza del sottosuolo in maniera tale da prevenire, al verificarsi di un evento sismico, possibili interferenze risonanti, tra il suolo e le strutture da realizzare.

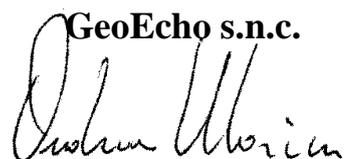
La misura T1 presenta un picco fuori dall'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (1 – 10 Hz) a circa 37.5 Hz con ampiezza di circa 2,5. Esso rappresenta un contrasto di impedenza entro i primi 5 m. di profondità.

La misura T2 presenta un picco nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico a circa 7.5 Hz con ampiezza di circa 2,4. Esso rappresenta un contrasto di impedenza indicativamente tra i 10 e i 20 m. di profondità.

Volendo valutare con migliore approssimazione la profondità dei primi orizzonti, è possibile utilizzare la relazione semplice fra la frequenza (f), lo spessore (h) e la velocità media (V_s) della parte di materiali sovrastante lo strato rigido:

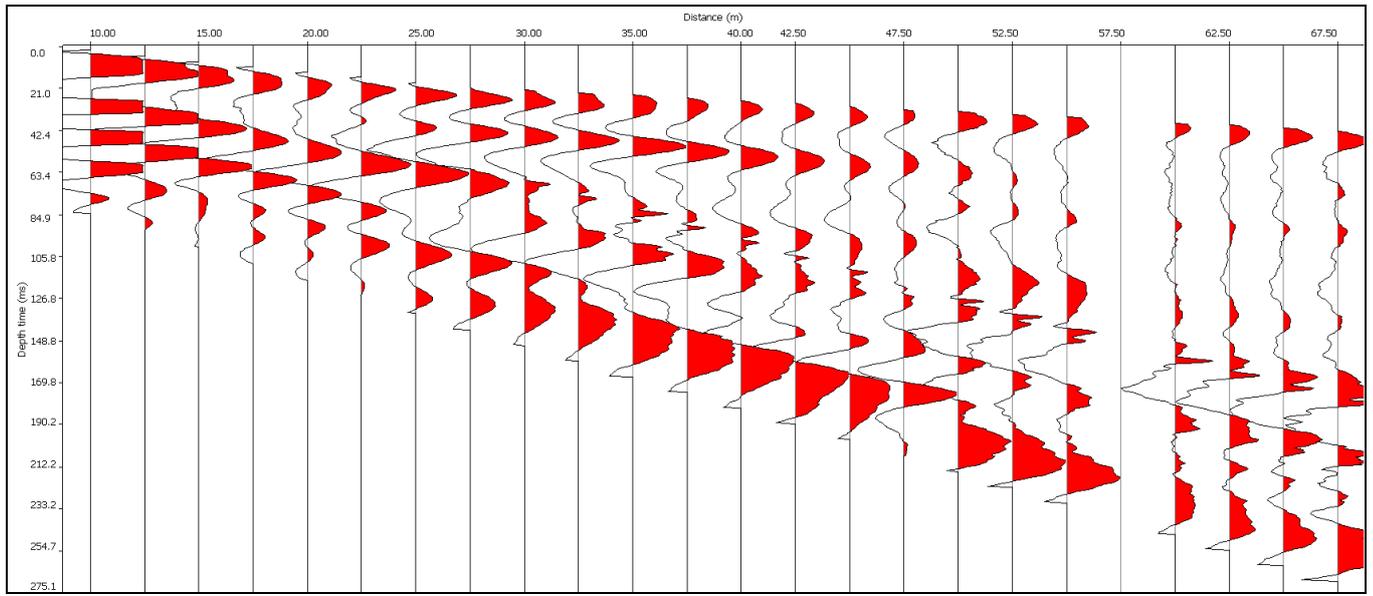
$$f = V_s / (4h).$$

Il Tecnico:.

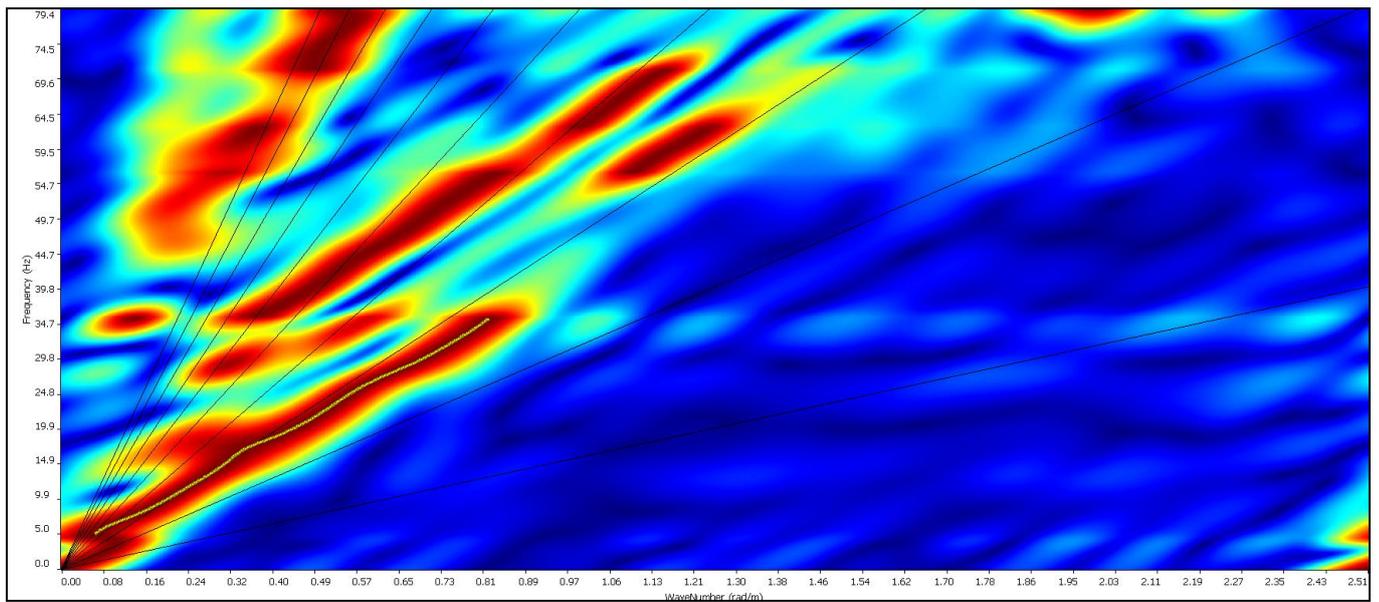
GeoEcho s.n.c.


ALLEGATI
ELABORATI GRAFICI PROVA MASW

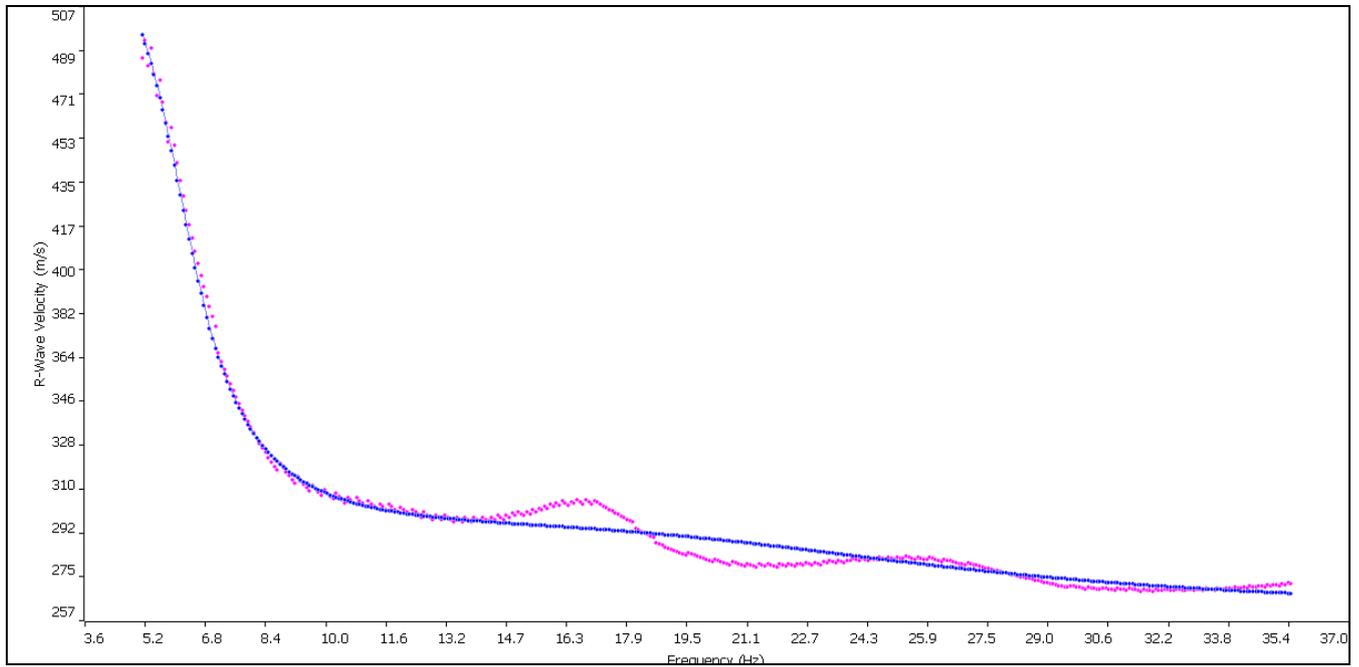
Sismogramma



Spettro F - K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



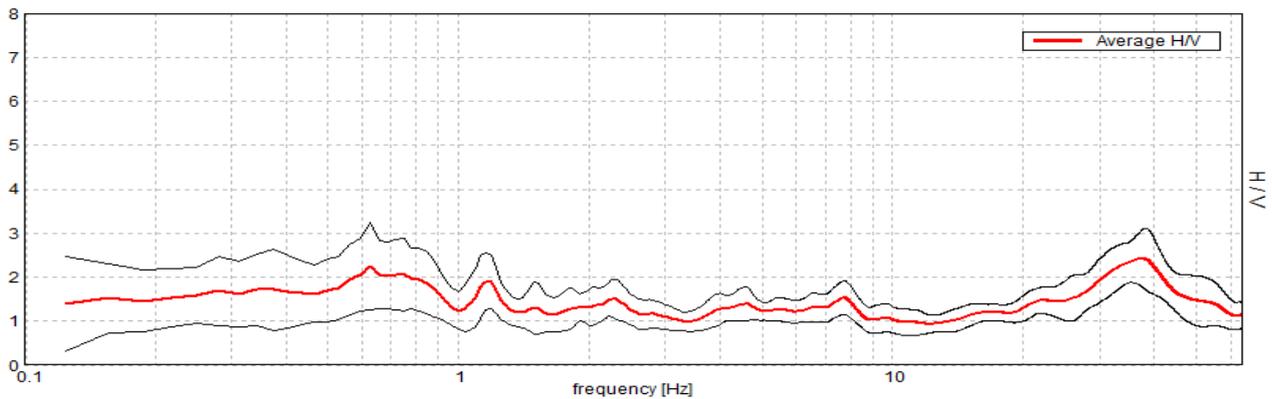
ELABORATI GRAFICI MISURE HVSR

MISURA T1

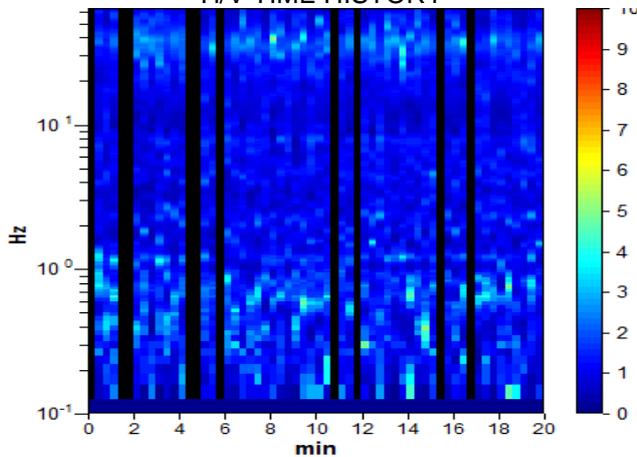
Instrument: TZ3-0001/01-13
 Start recording: 21/05/13 09:36:54 End recording: 21/05/13 09:56:54
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 83% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

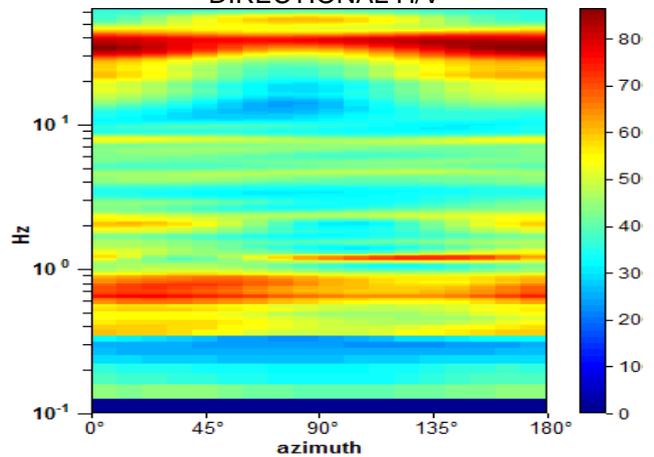
Max. H/V at 37.5 ± 15.58 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



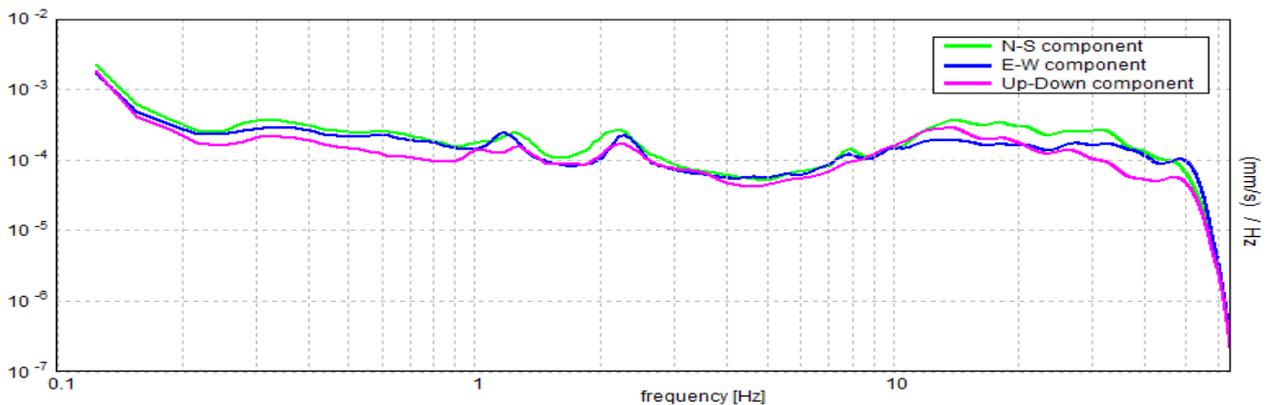
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 37.5 ± 15.58 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|------------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $37.50 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $37500.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 1449 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 19.156 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 58.75 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.42 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.41546 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $15.57992 < 1.875$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.6466 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

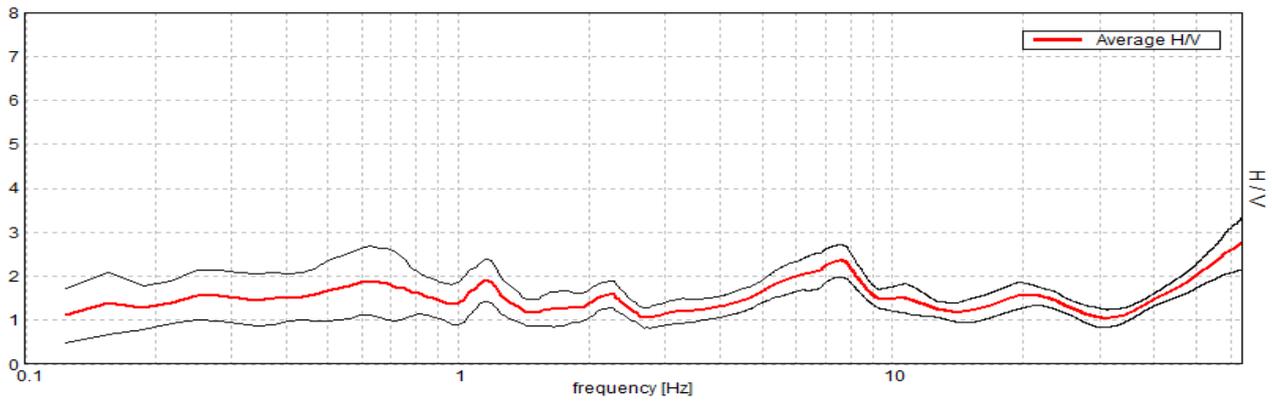
| Freq. range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

MISURA T2

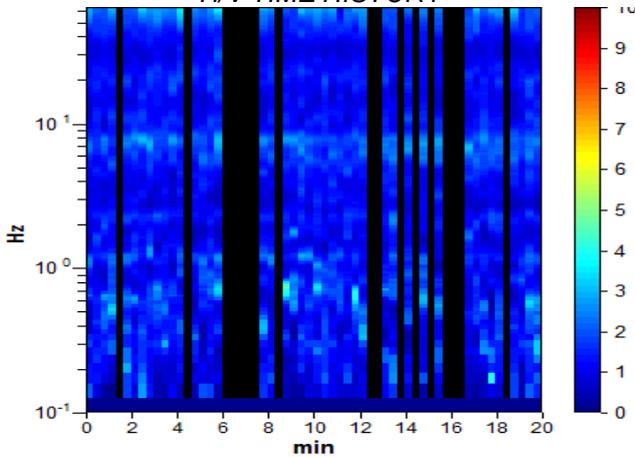
Instrument: TZ3-0001/01-13
 Start recording: 21/05/13 10:08:42 End recording: 21/05/13 10:28:42
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 GPS data not available
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 72% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 15%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

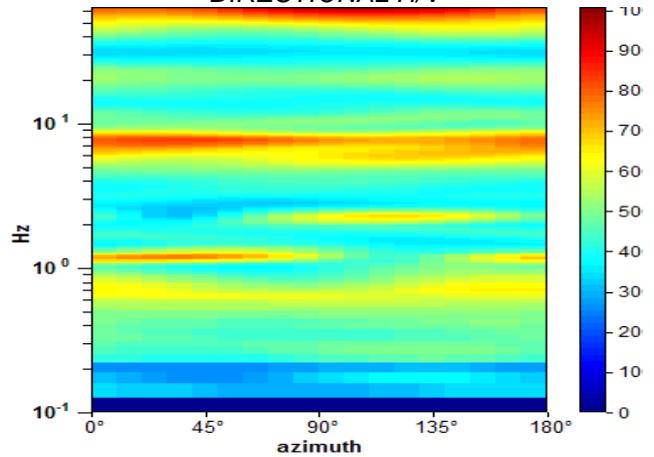
Max. H/V at 7.5 ± 2.32 Hz (in the range 0.0 - 35.0 Hz).



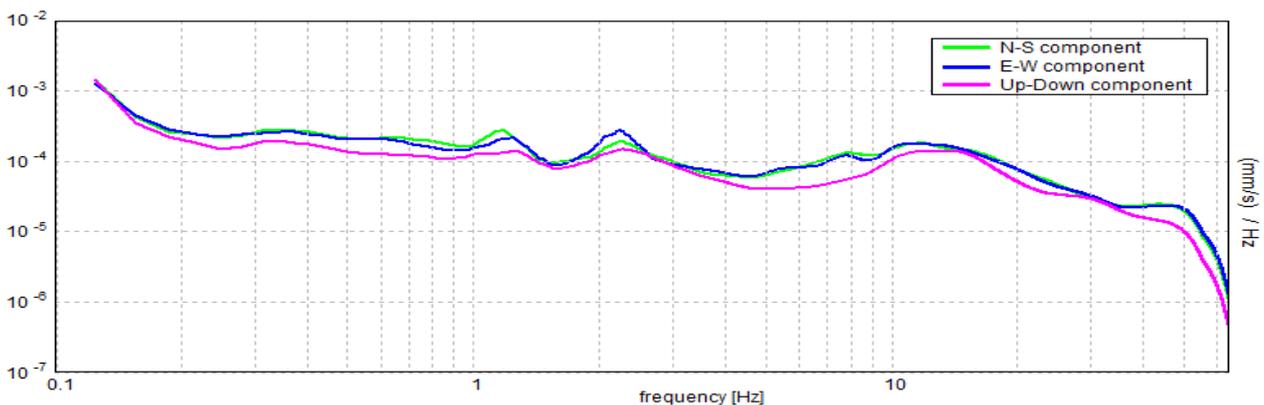
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.**]

Max. H/V at 7.5 ± 2.32 Hz (in the range 0.0 - 35.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

| | | | |
|--|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | 7.50 > 0.50 | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | 6450.0 > 200 | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 361 times | OK | |

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

| | | | |
|---|-------------------|----|----|
| Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 3.063 Hz | OK | |
| Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 27.25 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | 2.35 > 2 | OK | |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.3098 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | 2.3235 < 0.375 | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | 0.3673 < 1.58 | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | window length |
| n_w | number of windows used in the analysis |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | number of significant cycles |
| f | current frequency |
| f_0 | H/V peak frequency |
| σ_f | standard deviation of H/V peak frequency |
| $\varepsilon(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | H/V peak amplitude at frequency f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | H/V curve amplitude at frequency f |
| f^- | frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve |
| $\theta(f_0)$ | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

| Freq. range [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | 0.25 f_0 | 0.2 f_0 | 0.15 f_0 | 0.10 f_0 | 0.05 f_0 |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

Relazione tipica frequenza - Vs – profondità

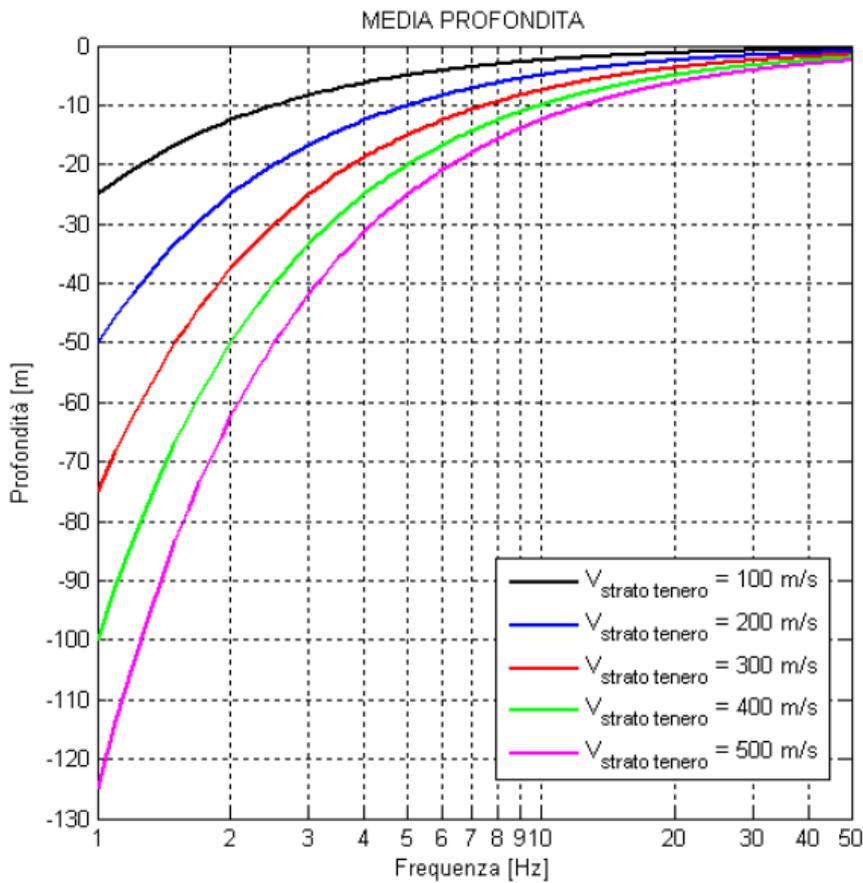


Tabella indicativa spessori

| f_0 (Hz) | h (m) |
|------------|----------|
| < 1 | > 100 |
| 1 – 2 | 50 – 100 |
| 2 – 3 | 30 – 50 |
| 3 – 5 | 20 – 30 |
| 5 – 8 | 10 – 20 |
| 8 – 20 | 5 – 10 |
| > 20 | < 5 |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

Committente: Pagliuca Mauro

Dott. Geol. Massimo Melani

Località: Rosignano Marittimo Lottizzazione "I GAMBINI"

Comune di Rosignano Marittimo (LI)

Poggibonsi 10/11/2009

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 30/10/2009 su incarico del Dott. Geol. Massimo Melani e per conto della ditta Pagliuca Mauro, è stata eseguita un'indagine Geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW. L'indagine è stata svolta in località Rosignano Marittimo presso il Lotto 32 della lott. "I GAMBINI" nel Comune di Rosignano Marittimo (LI).

Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 15 m. dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali "con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2 m
- Distanza sorgente 1° geofono 15 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

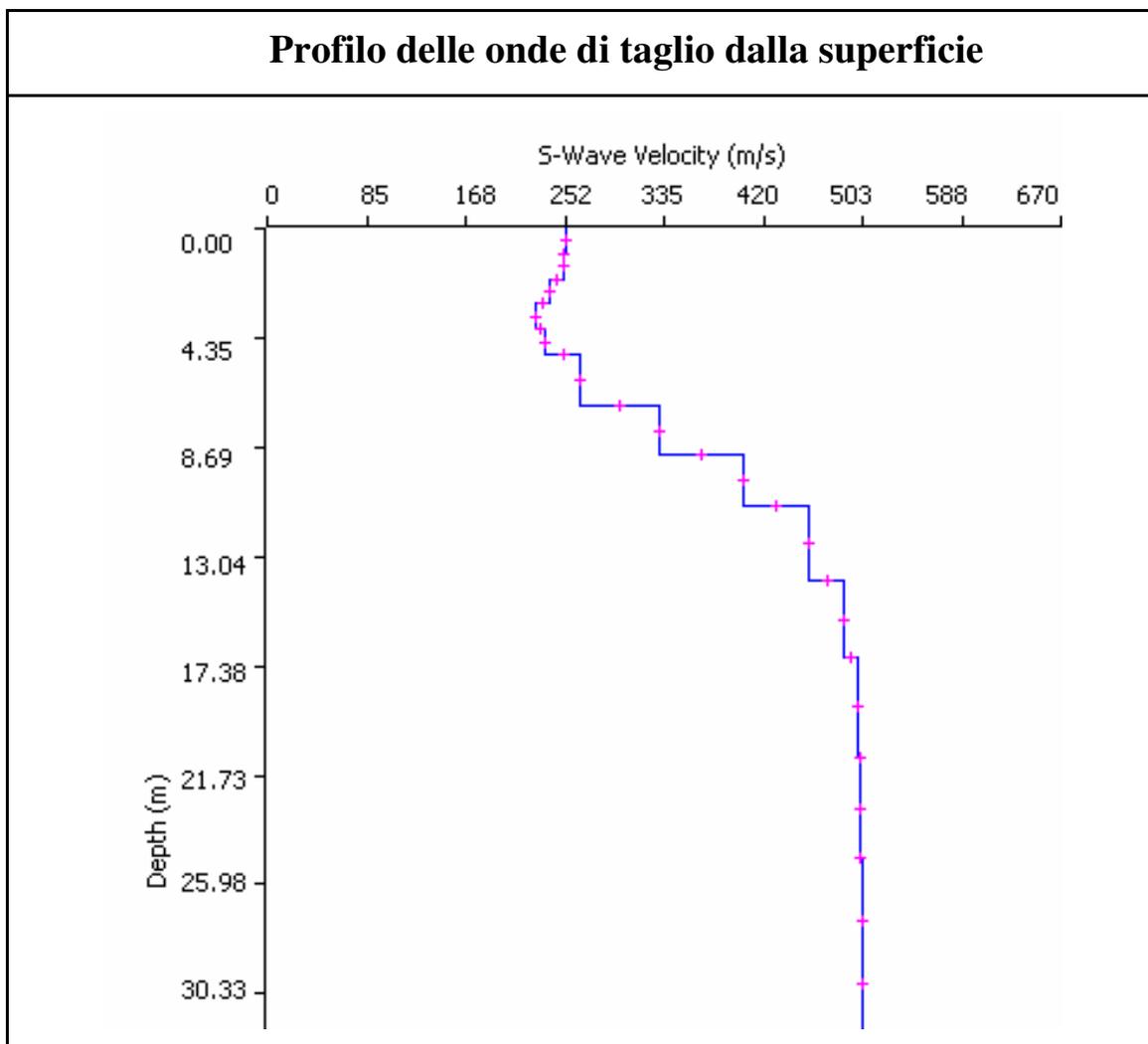
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 46 m):

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|-----|------|---------|---------|
| 1 | 0 | 252 | 504 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 1 | 250 | 500 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 2 | 238 | 476 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 3 | 227 | 454 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 4 | 234 | 468 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 5 | 265 | 530 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 7 | 331 | 662 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 9 | 402 | 803 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 11 | 458 | 915 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 14 | 487 | 973 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 17 | 499 | 997 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 21 | 501 | 1001 | 0.333 | 1.8 |
| 5 | 25 | 502 | 1003 | 0.333 | 1.8 |
| 5 | 30 | 502 | 1003 | 0.333 | 1.8 |
| | 35 | 502 | 1003 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale): **Vs30 = 384 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

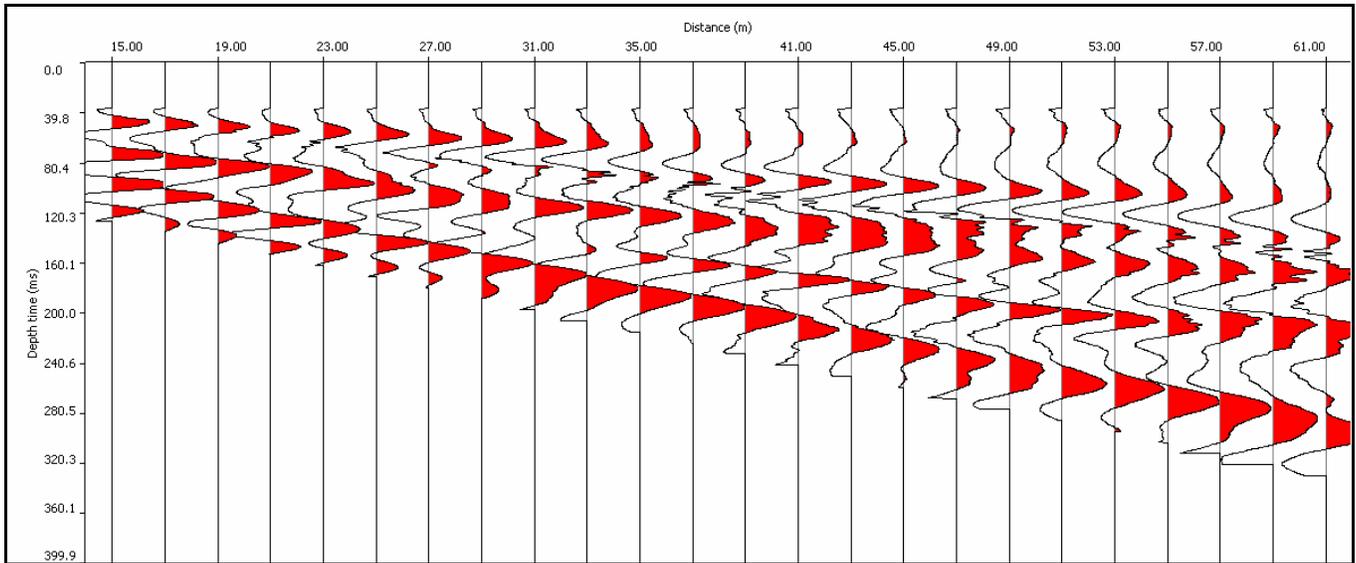
| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:

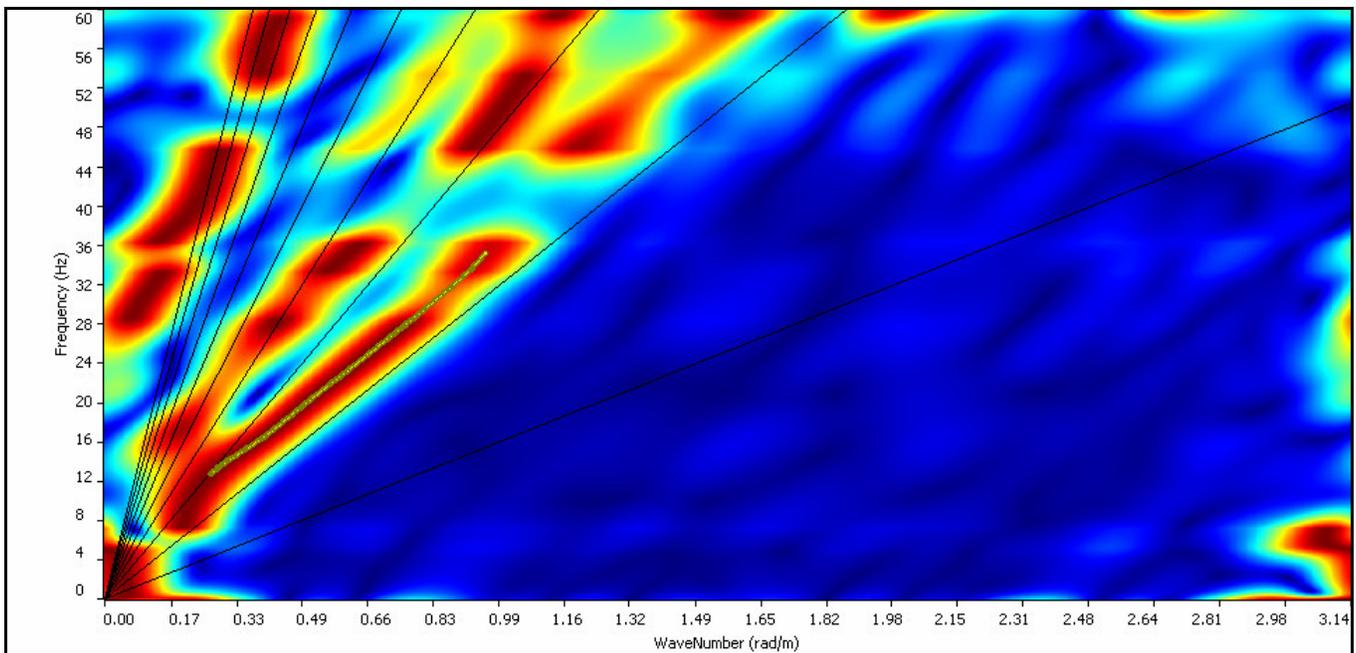
GeoEcho s.n.c.


Allegati

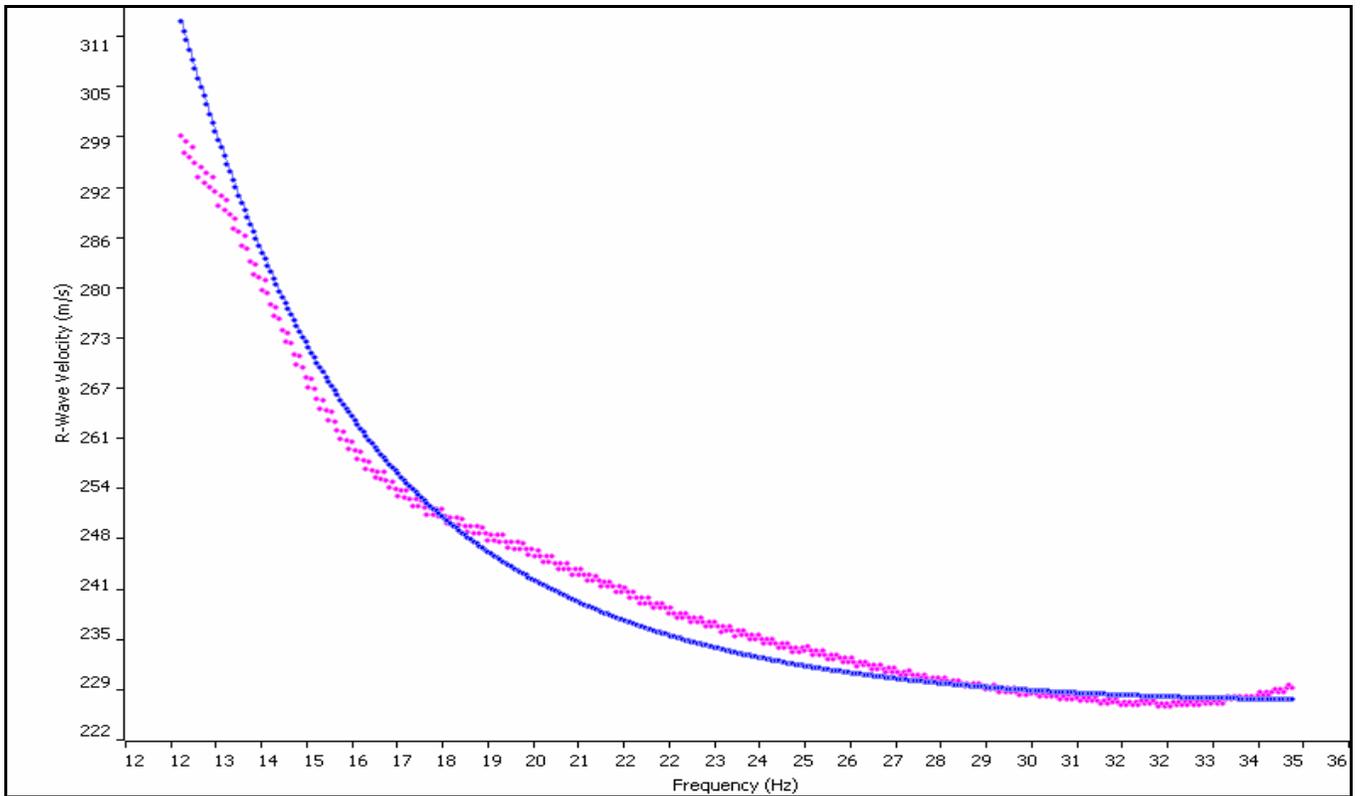
Sismogramma



Spettro F-K



Match Curva di dispersione sperimentale - teorica



**INDAGINE GEOFISICA
CON METODOLOGIA
MASW**

Committente: Pagliuca Mauro

**Ubicazione: Lottizzazione "I GAMBINI"
Comune di Rosignano Marittimo (LI)**

Poggibonsi 06/03/2012

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 05/03/2012 su incarico del . Geol. Massimo Melani e per conto della ditta Pagliuca Mauro, è stata eseguita un'indagine geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW, in un terreno ubicato in località Rosignano Marittimo presso il Lotto 10 della lottizzazione, "I GAMBINI" nel Comune di Rosignano Marittimo (LI). (fig. 1).



FIG. 1: UBICAZIONE DEL'INDAGINE

Scopo dell'indagine era quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un “metodo attivo”, le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2.5 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 5 m dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali “con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2,5 m
- Distanza sorgente 1° geofono 5 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

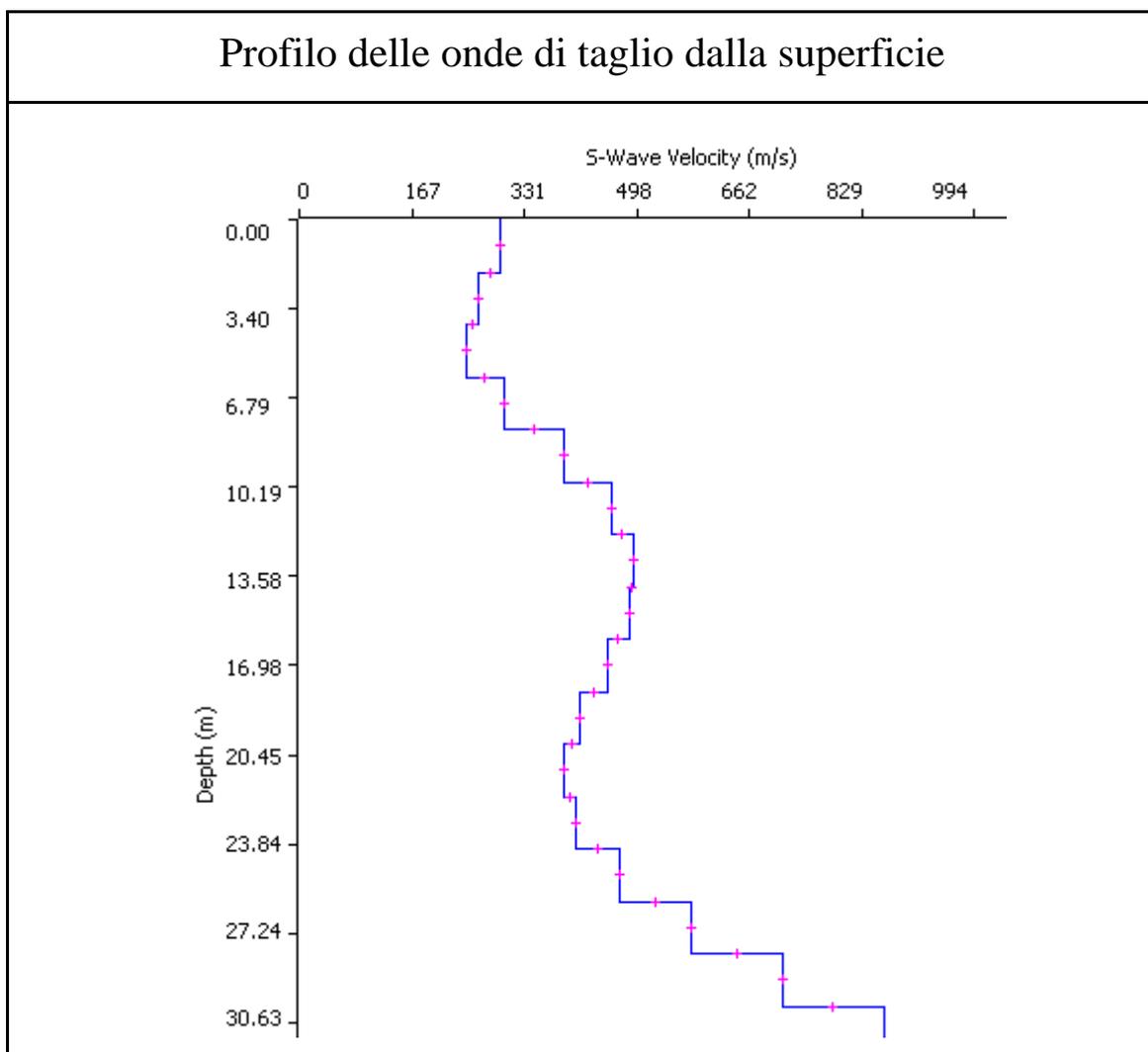
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57.5 m).

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|-----|------|---------|---------|
| 2 | 0 | 297 | 594 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 2 | 263 | 526 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 4 | 245 | 490 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 6 | 302 | 604 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 8 | 391 | 781 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 10 | 460 | 919 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 12 | 492 | 983 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 14 | 486 | 971 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 16 | 453 | 905 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 18 | 413 | 825 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 20 | 390 | 779 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 22 | 406 | 811 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 24 | 471 | 941 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 26 | 577 | 1153 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 28 | 711 | 1421 | 0.333 | 1.8 |
| | 30 | 862 | 1723 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

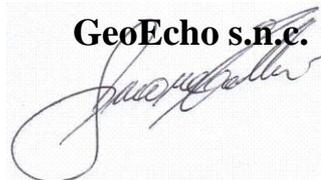
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota iniziale = piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 392 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

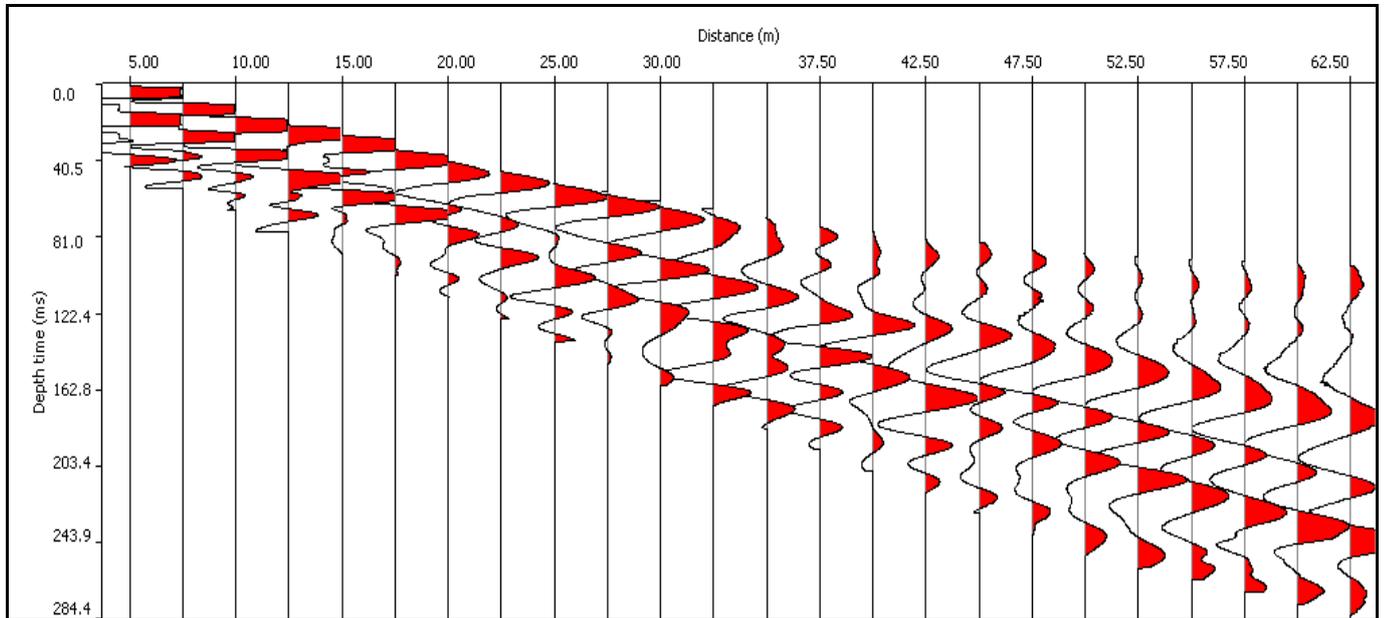
Il Tecnico:.

GeoEcho s.n.c.

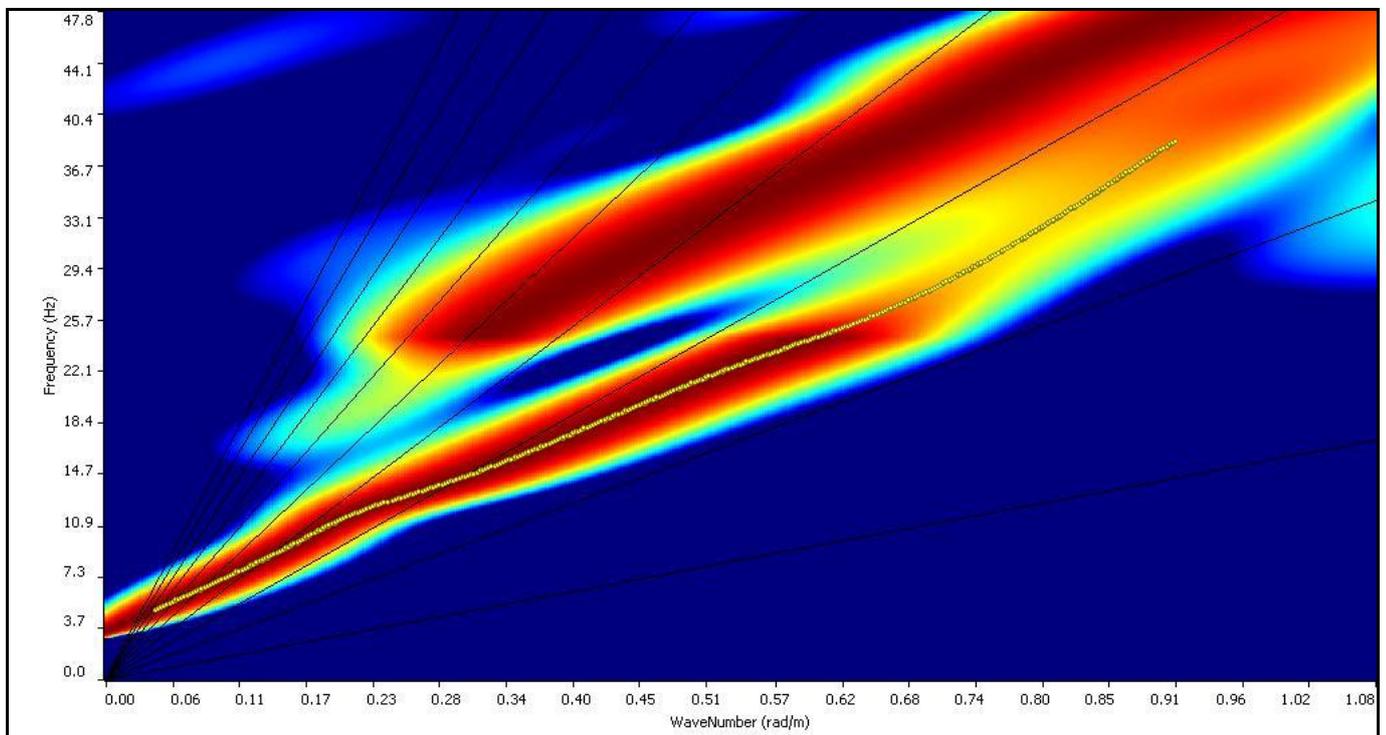


Allegati

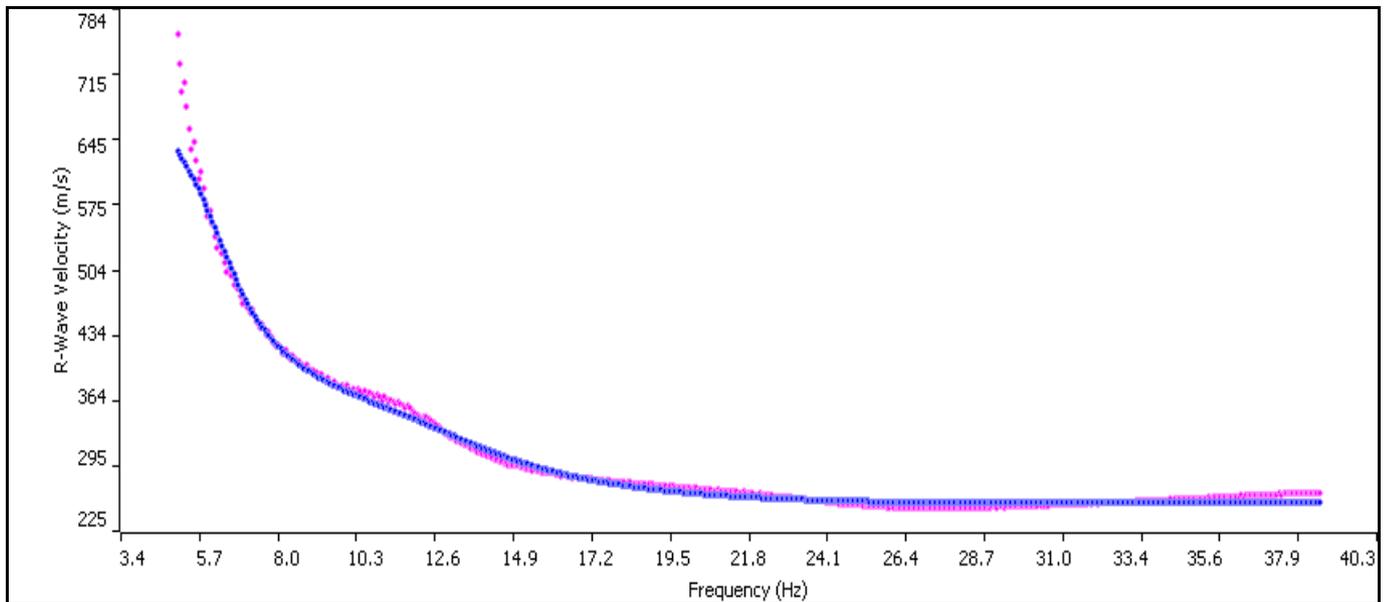
Sismogramma



Spettro F - K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

**Committente: Solvay Chimica Italia S.P.A.
Dott. Geol. Massimo Melani**

Località: Stabilimento Solvay Via Piave - Rosignano Solvay

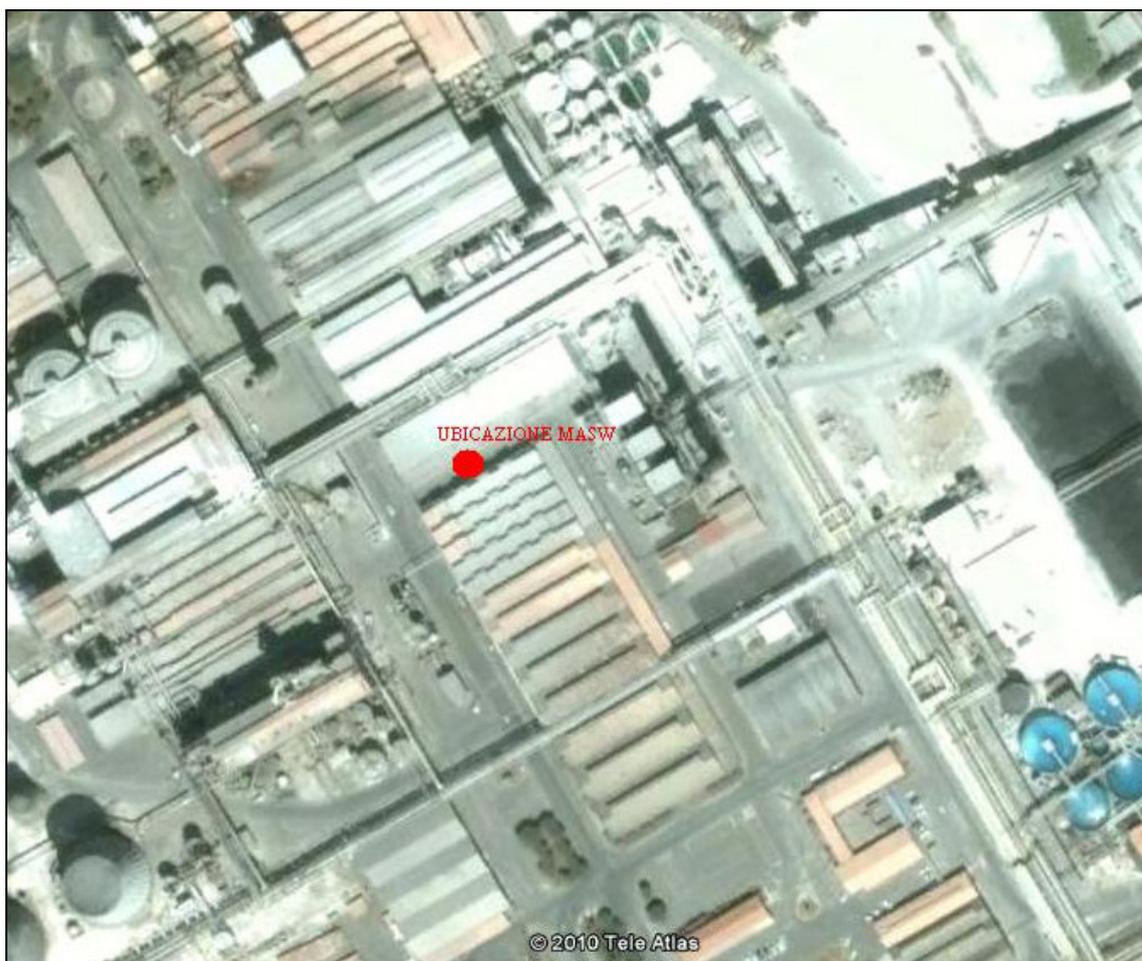
Realizzazione filtro SC D 2901

Poggibonsi 19/10/2010

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 19/10/2010 su incarico del Dott. Geologo Massimo Melani e per conto della ditta Solvay Chimica Italia S.P.A., è stata eseguita un'indagine geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW presso lo stabilimento Solvay in Via Piave a Rosignano Solvay (LI) in corrispondenza della realizzazione del nuovo filtro SC D 2901 nelle vicinanze dell'impianto CaCl_2 . (fig. 1).



Scopo dell'indagine era quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un “metodo attivo”, le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 5 m. dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali “con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2 m
- Distanza sorgente 1° geofono 10 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

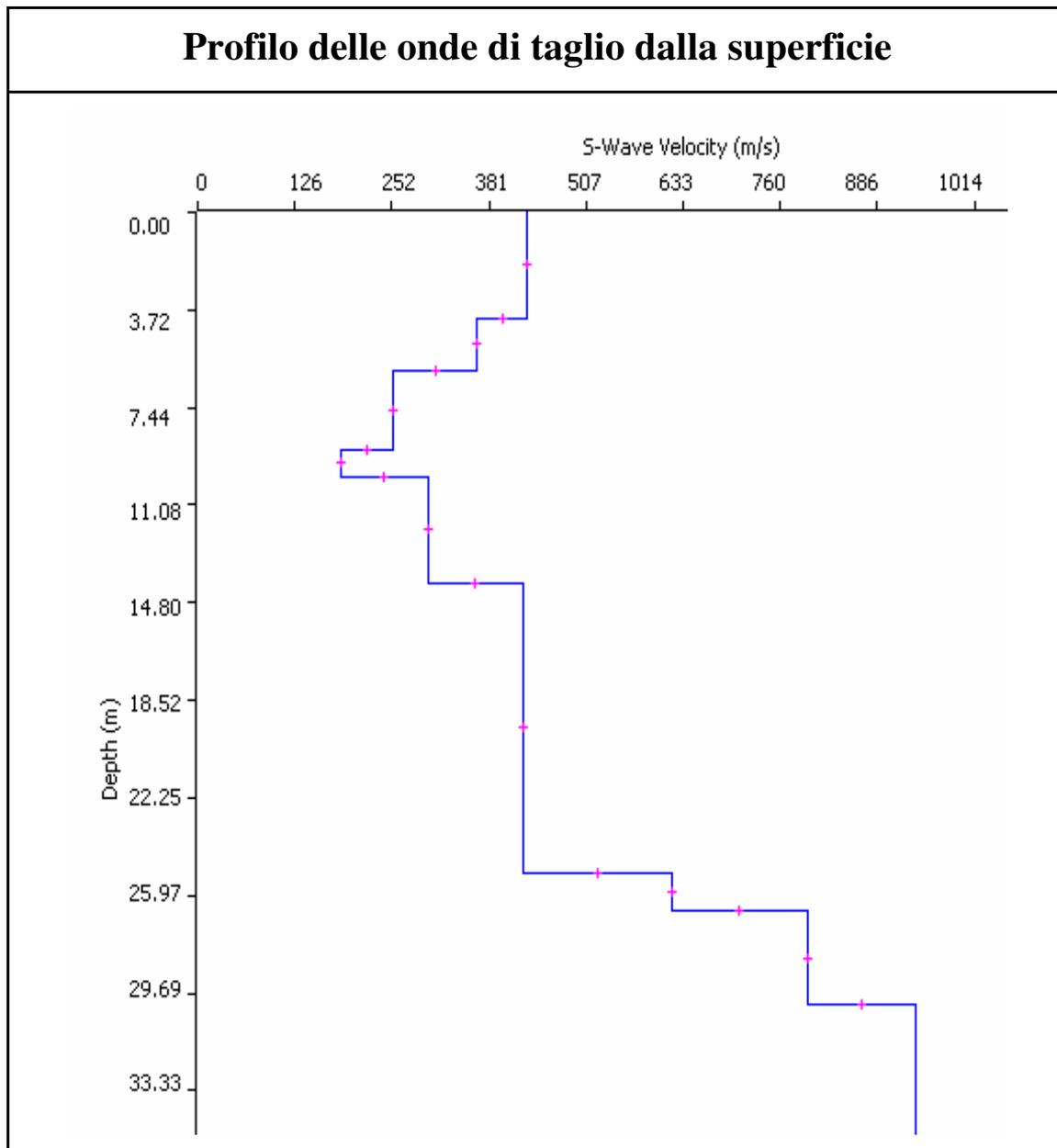
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 46m):

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|-----|------|---------|---------|
| 4 | 0 | 429 | 857 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 4 | 365 | 729 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 6 | 254 | 508 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 9 | 187 | 374 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 10 | 300 | 600 | 0.333 | 1.8 |
| 11 | 14 | 424 | 847 | 0.333 | 1.8 |
| 1.5 | 25 | 618 | 1235 | 0.333 | 1.8 |
| 3.5 | 27 | 795 | 1589 | 0.333 | 1.8 |
| | 30 | 937 | 1873 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

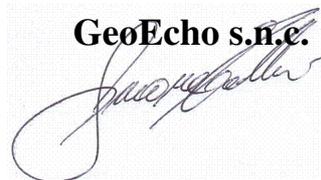
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota iniziale = piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 383 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

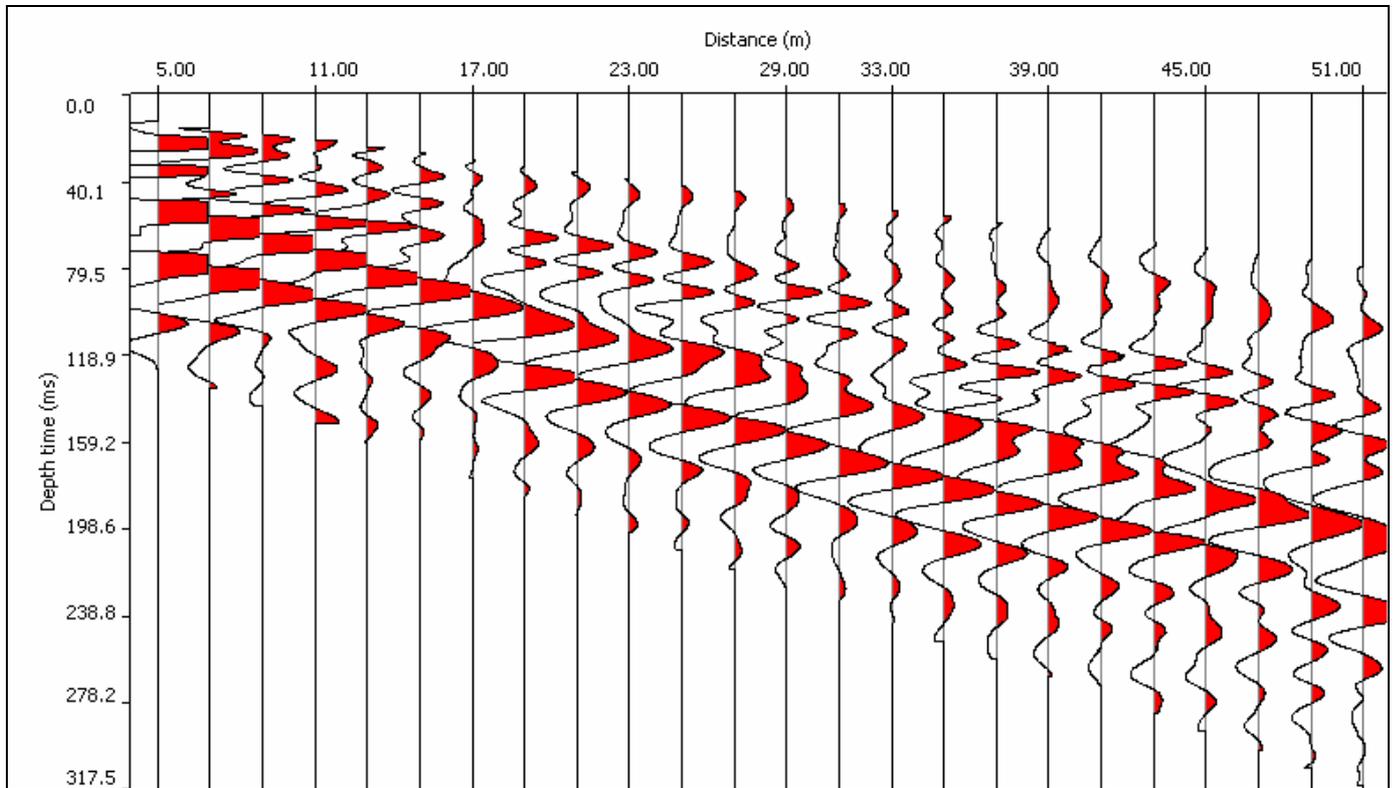
Il Tecnico:.

GeoEcho s.n.c.

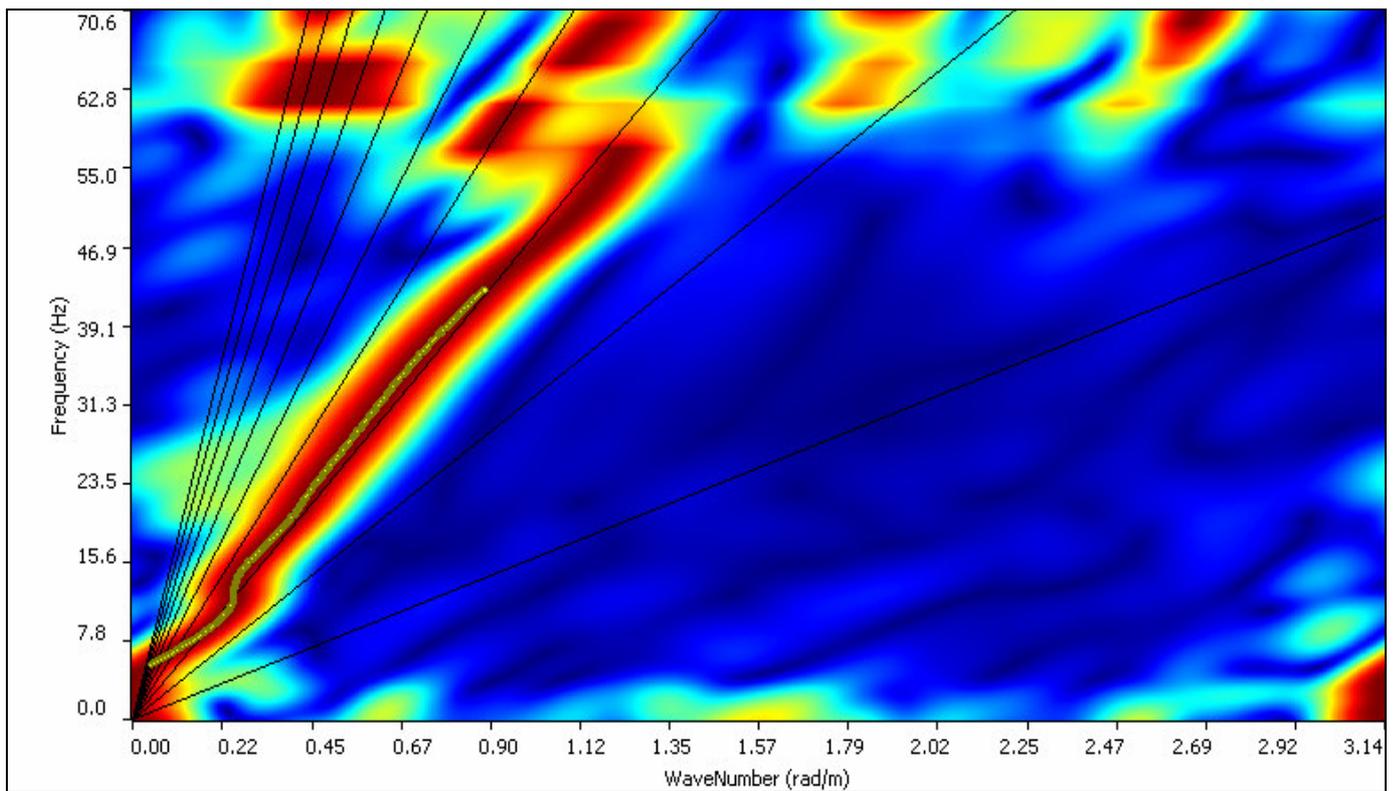


Allegati

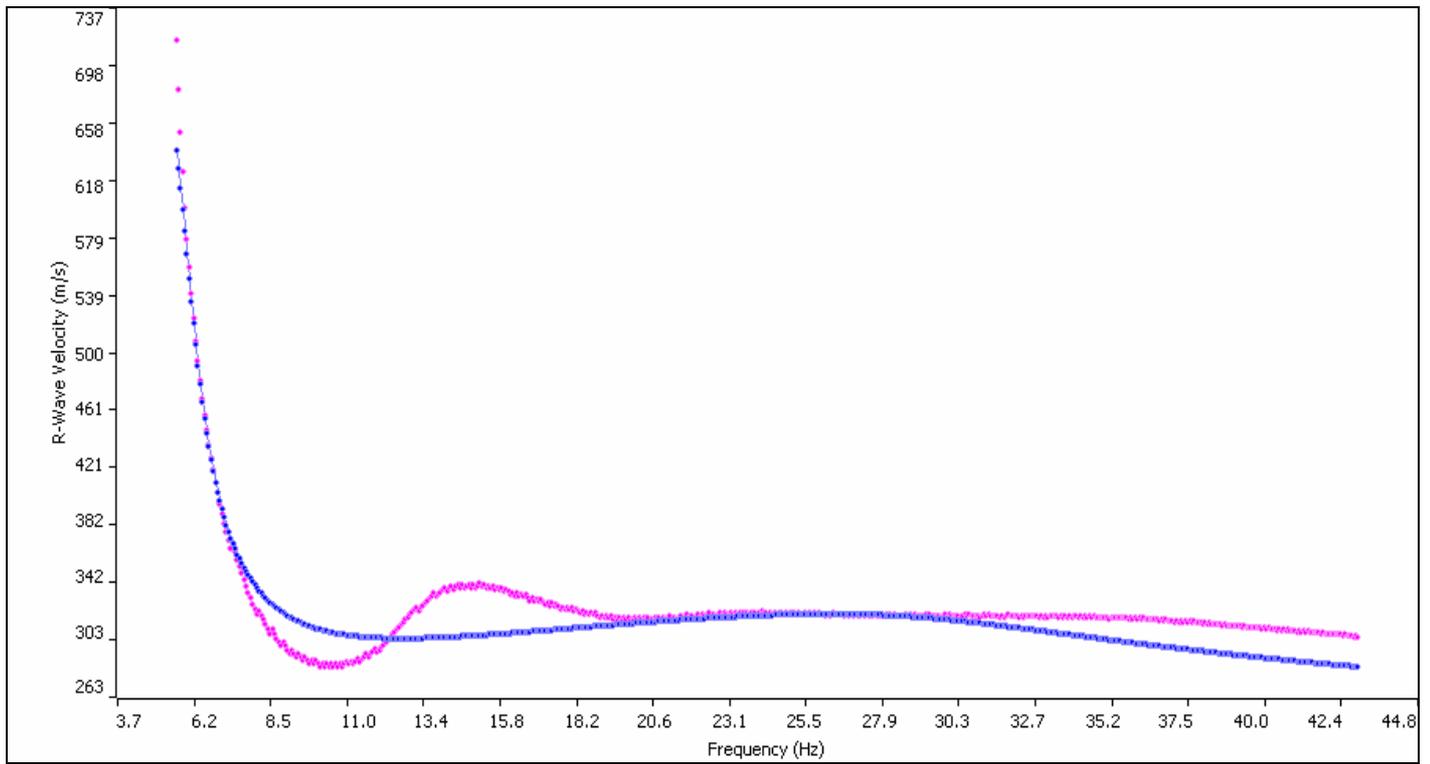
Sismogramma



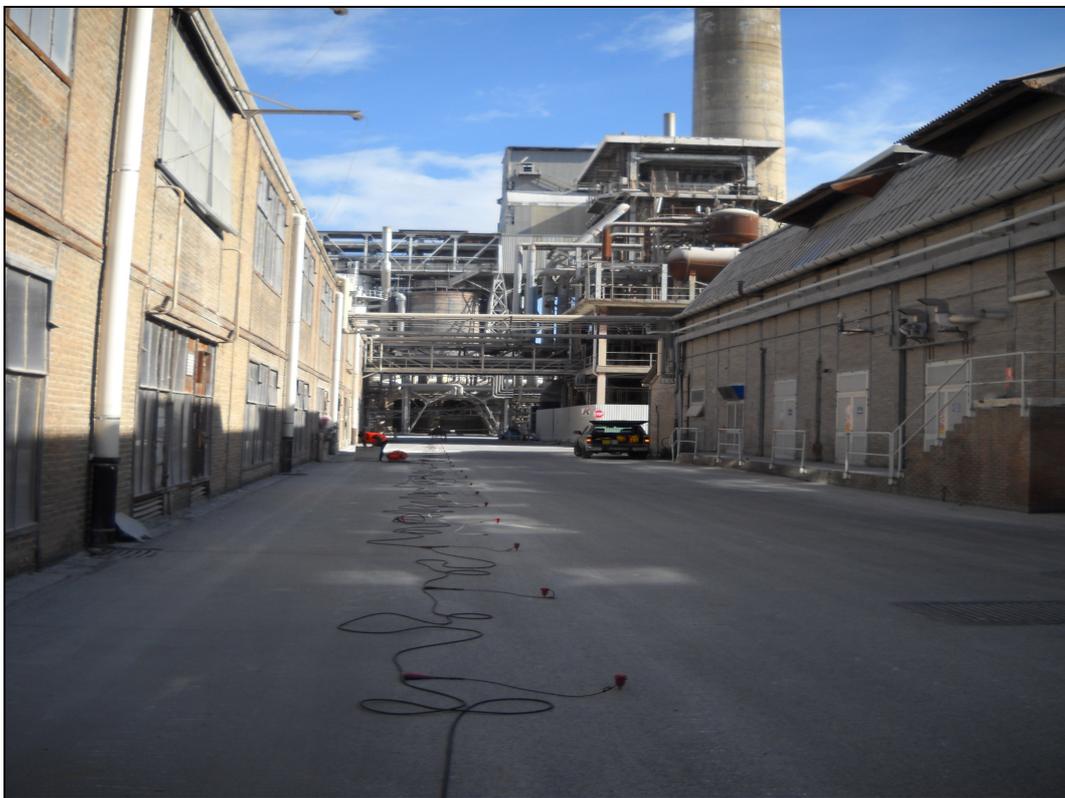
Spettro F-K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



Documentazione fotografica



INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

**Committente: Solvay Chimica Italia S.P.A.
Dott. Geol. Massimo Melani**

Località: Stabilimento Solvay Via Piave - Rosignano Solvay

Sala controllo FCH.

Poggibonsi 19/10/2010

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 21/10/2010 su incarico del Dott. Geologo Massimo Melani e per conto della ditta Solvay Chimica Italia S.P.A., è stata eseguita un'indagine geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW presso lo stabilimento Solvay in Via Piave a Rosignano Solvay (LI) in corrispondenza della sala controllo FCH. (fig. 1).



FIG. 1: UBICAZIONE DEL'INDAGINE

Scopo dell'indagine era quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Data l'elevata rumorosità di fondo del sito di indagine, come sistema di energizzazione è stato utilizzato un grave di 110 kg che cade da un'altezza di circa 3m. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 10 m. dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali "con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Grave da 110 kg
- Spaziatura tra i geofoni 2 m
- Distanza sorgente 1° geofono 10 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

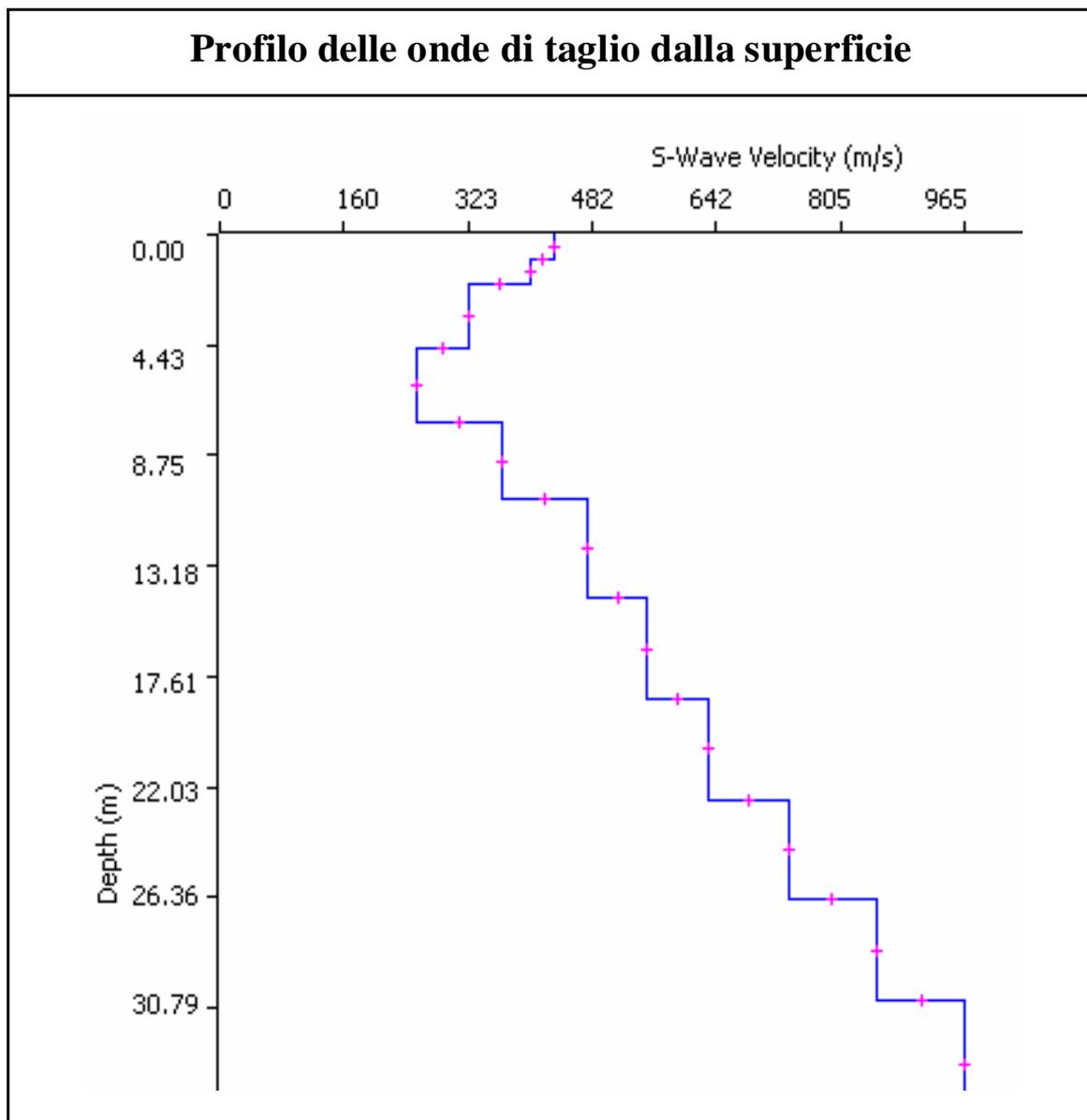
A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 46 m):

:

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| 1 | 0 | 433 | 865 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 1 | 401 | 801 | 0.333 | 1.8 |
| 2.5 | 2 | 321 | 642 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 4.5 | 254 | 508 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 7.5 | 366 | 731 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 10.5 | 477 | 953 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 14.5 | 553 | 1105 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 18.5 | 634 | 1267 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 22.5 | 736 | 1471 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 26.5 | 851 | 1701 | 0.333 | 1.8 |
| 5 | 30.5 | 966 | 1931 | 0.333 | 1.8 |
| | 35.5 | 1072 | 2142 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota iniziale = piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 368 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

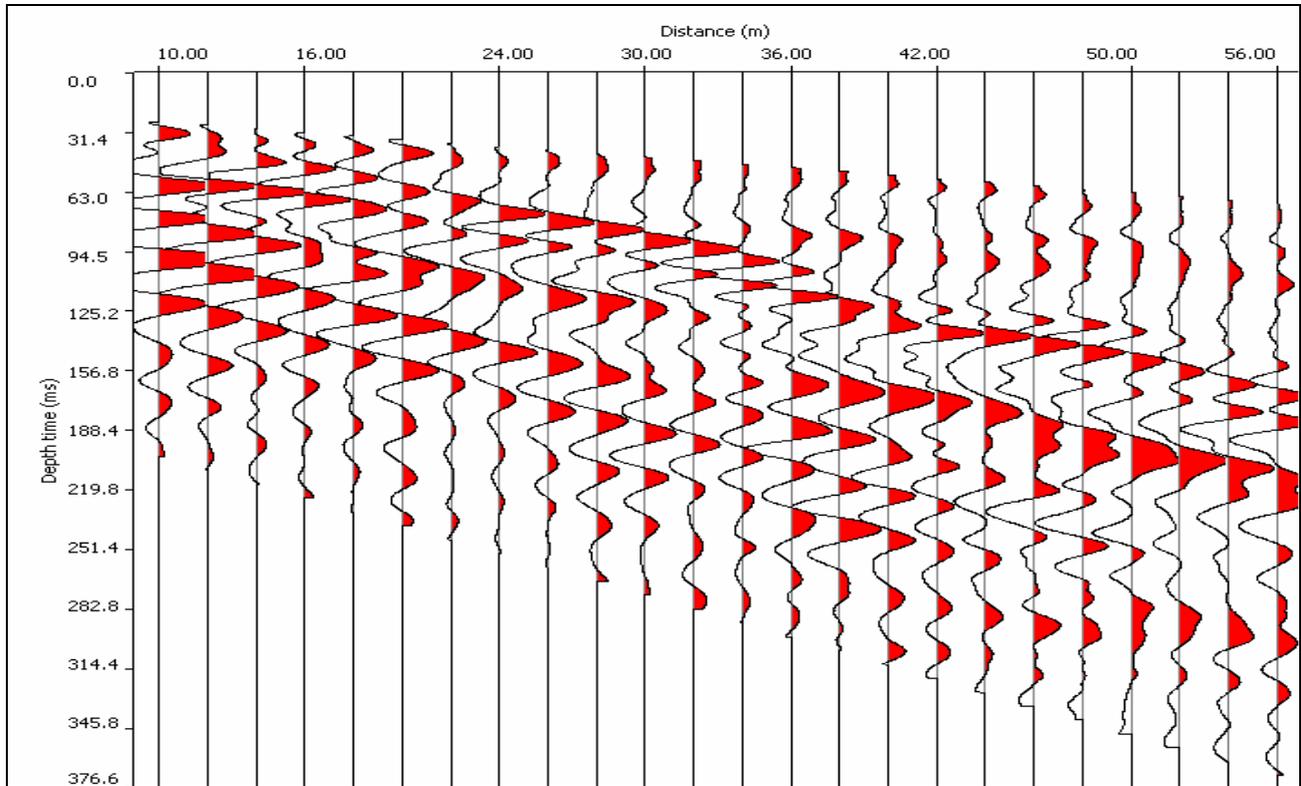
Il Tecnico:.

GeoEcho s.n.c.

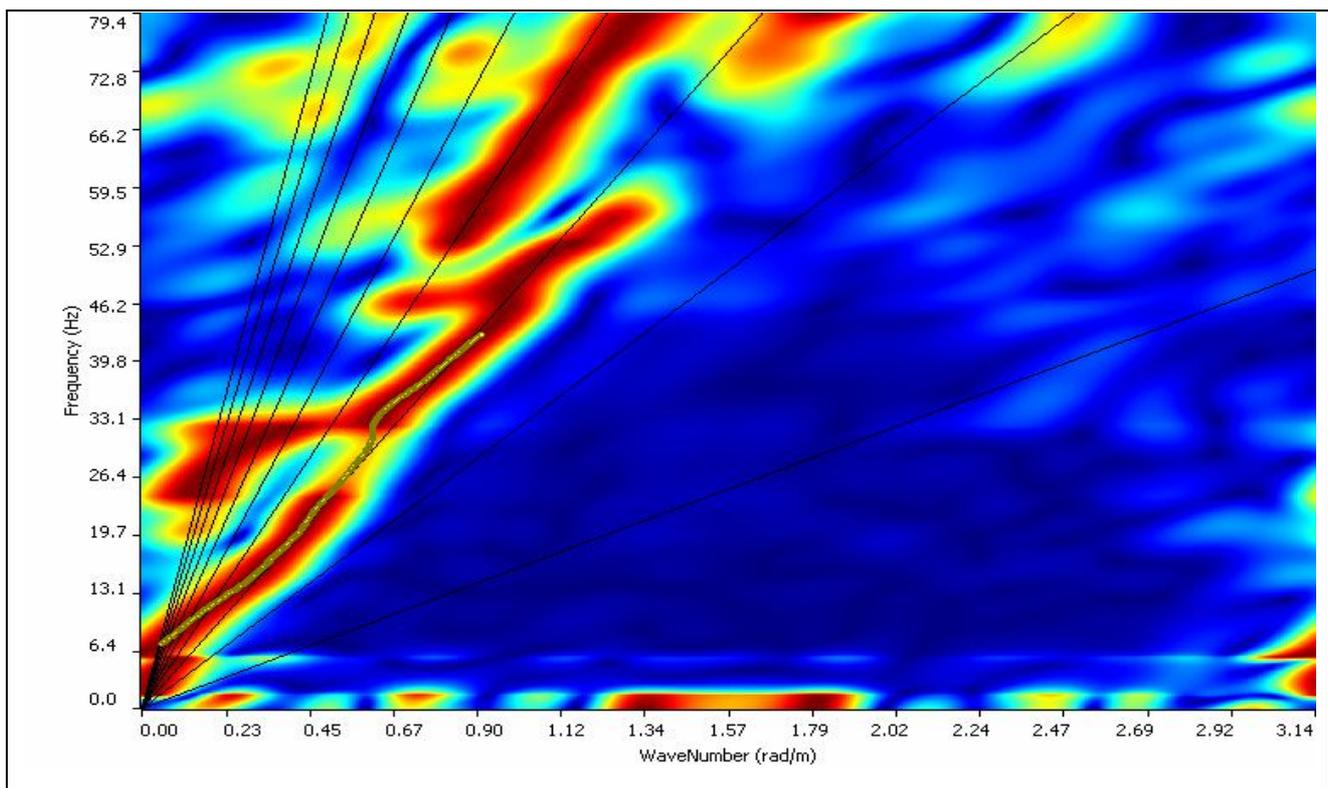


Allegati

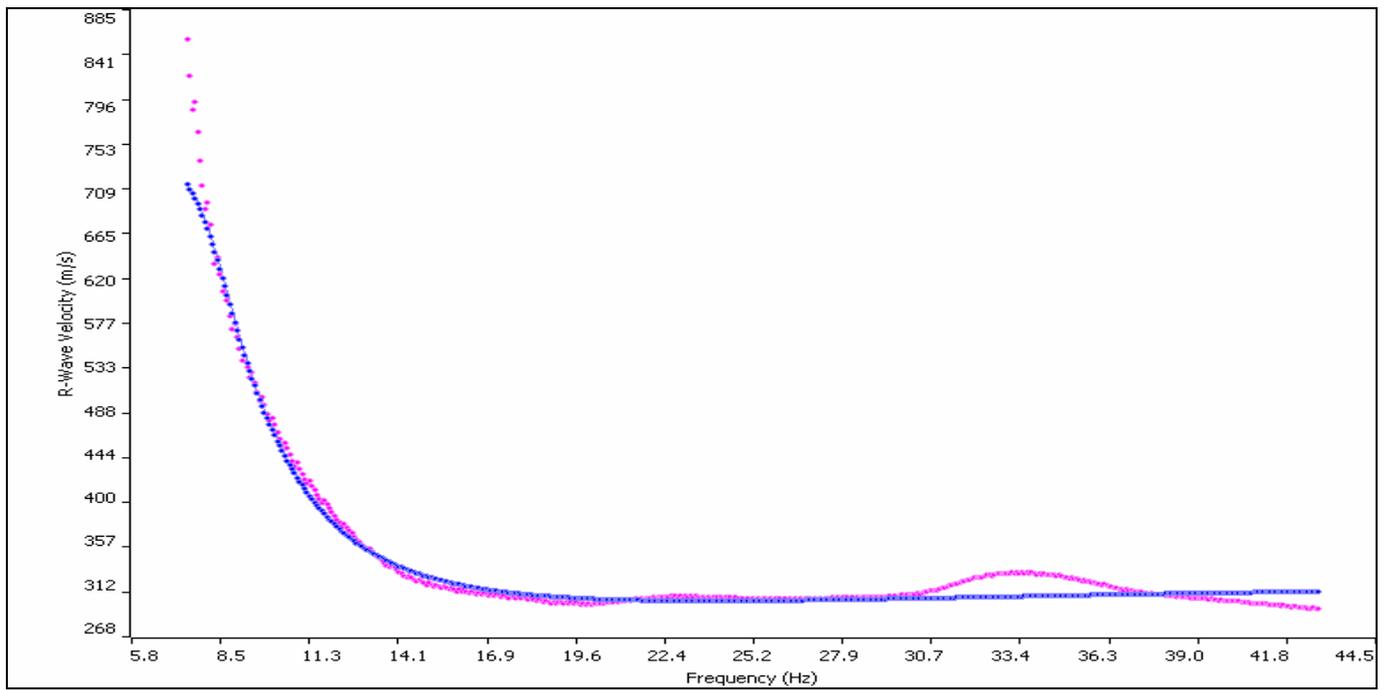
Sismogramma



Spettro F-K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



Documentazione fotografica





INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

Committente: Sig.ra Caterina Ammoscato

**Indagini geofisiche
per la realizzazione di edificio ad uso abitativo
in Via della Lombarda n. 13
nel Comune di Rosignano Marittimo (LI)**

Poggibonsi, Marzo 2010

Relazione Tecnica

1 – Premessa

In data 26/03/2010 su incarico del Dott. Geol Massimo Melani e per conto della Sig.ra Caterina Ammoscato, è stata eseguita un'indagine geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW in via della Lombarda n. 13 nel Comune di Rosignano Marittimo (LI) .

Scopo dell'indagine era quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 4 m. dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali "con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2 m
- Distanza sorgente 1° geofono 4 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

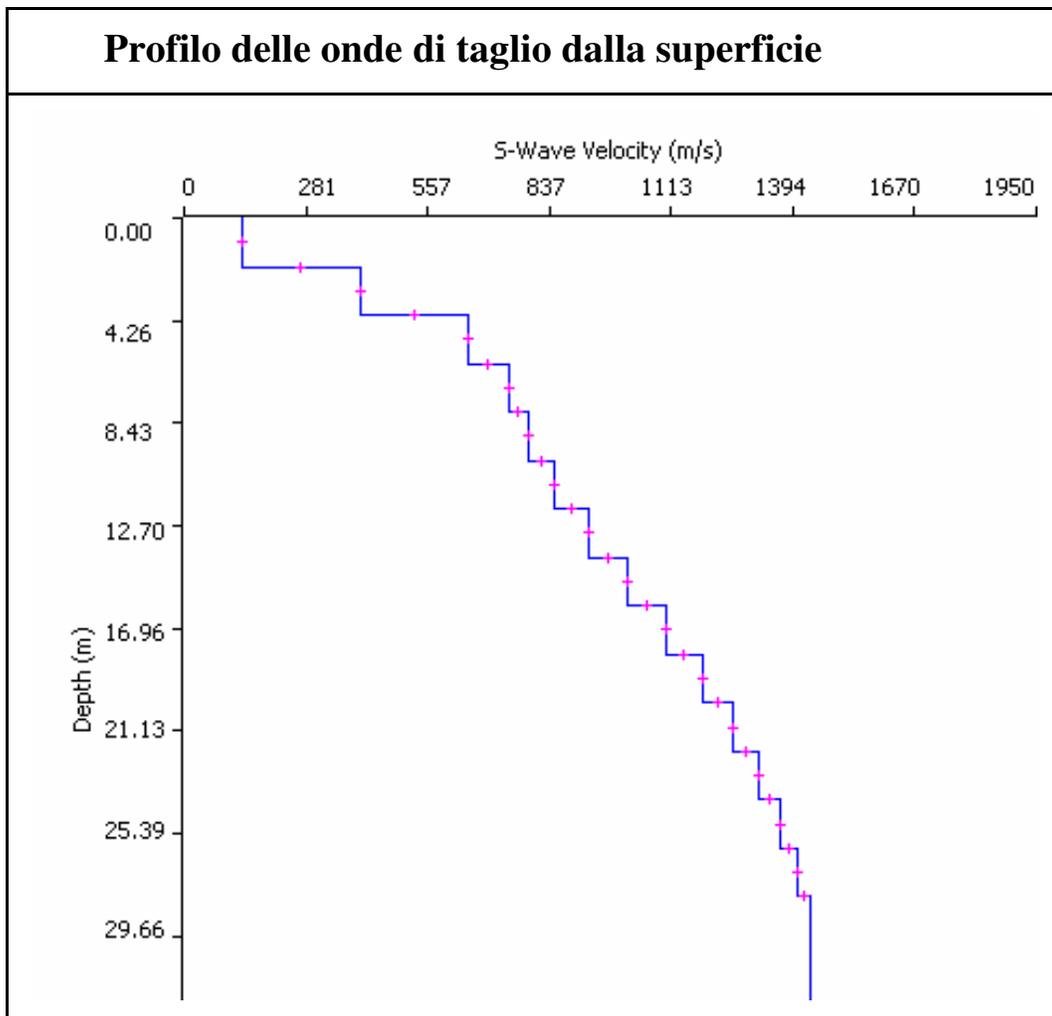
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 46 m):

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| 2 | 0 | 131 | 262 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 2 | 402 | 803 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 4 | 648 | 1295 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 6 | 742 | 1482 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 8 | 786 | 1572 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 10 | 845 | 1689 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 12 | 926 | 1850 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 14 | 1016 | 2030 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 16 | 1104 | 2207 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 18 | 1185 | 2368 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 20 | 1254 | 2507 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 22 | 1313 | 2625 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 24 | 1362 | 2722 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 26 | 1402 | 2803 | 0.333 | 1.8 |
| | 28 | 1435 | 2868 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale): **Vs30 = 653 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

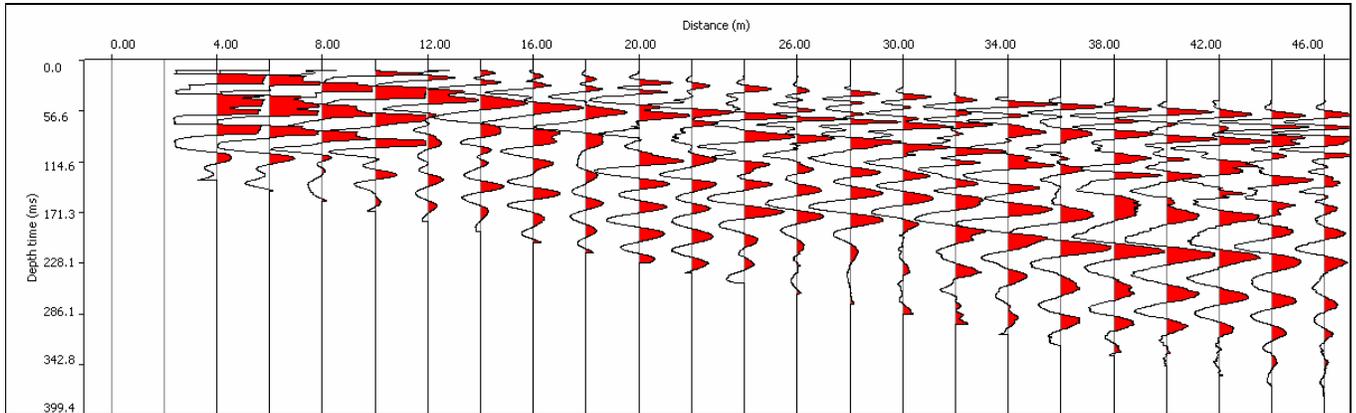
| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:

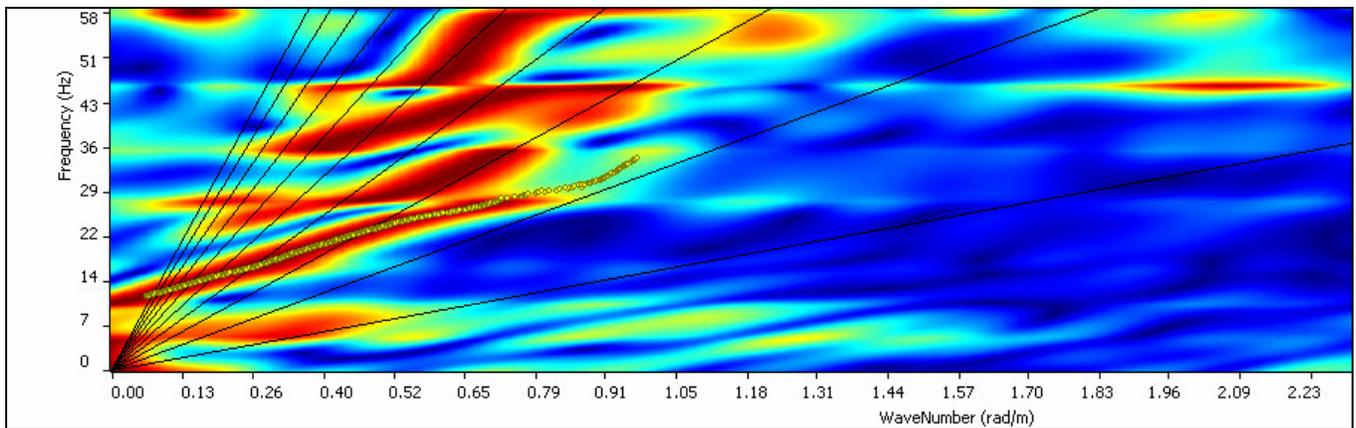
GeoEcho s.n.c.

Allegati

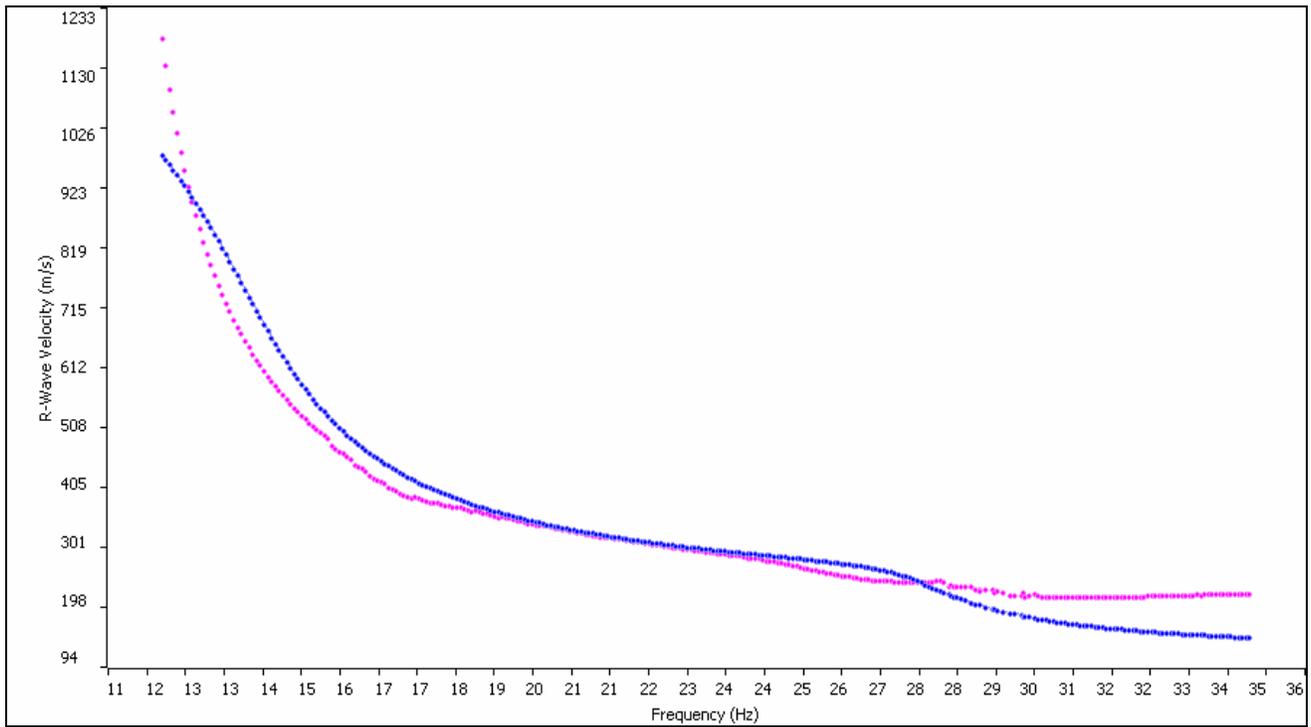
Sismogramma

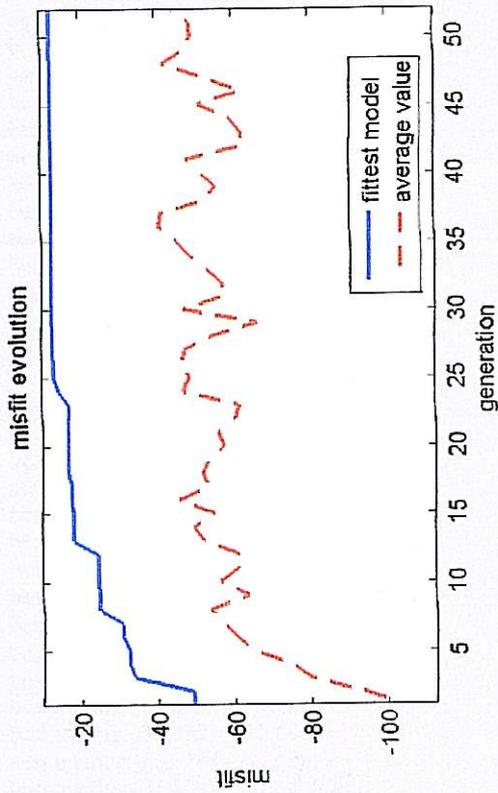
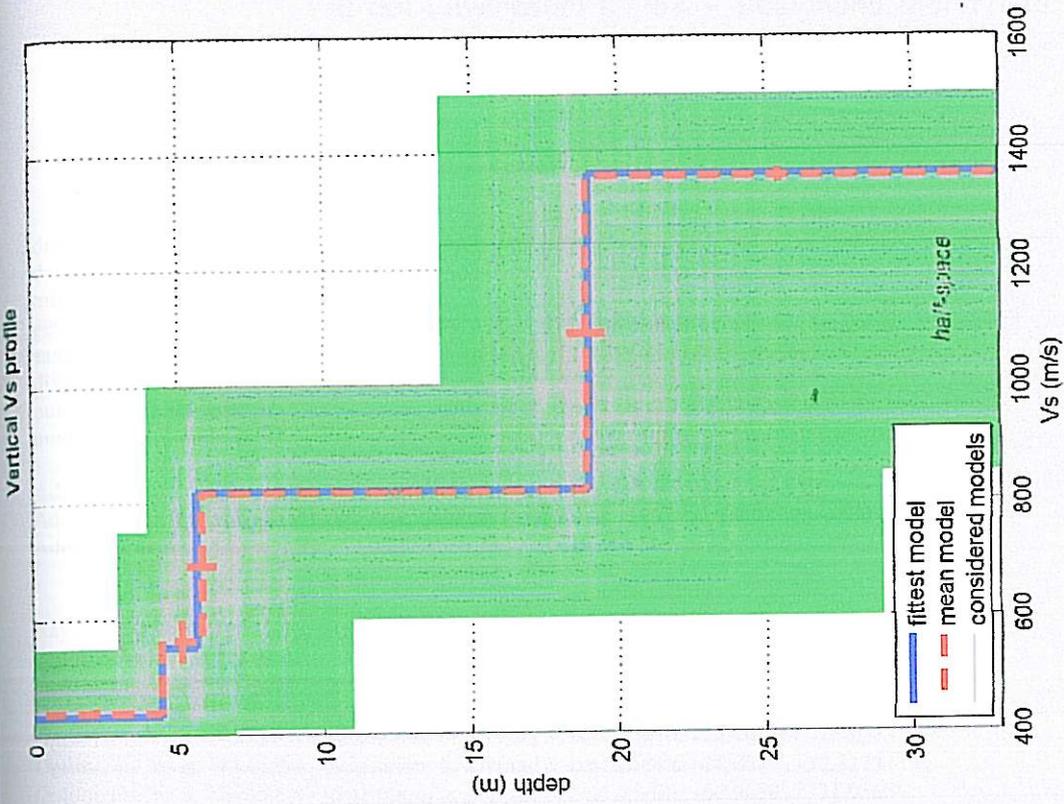
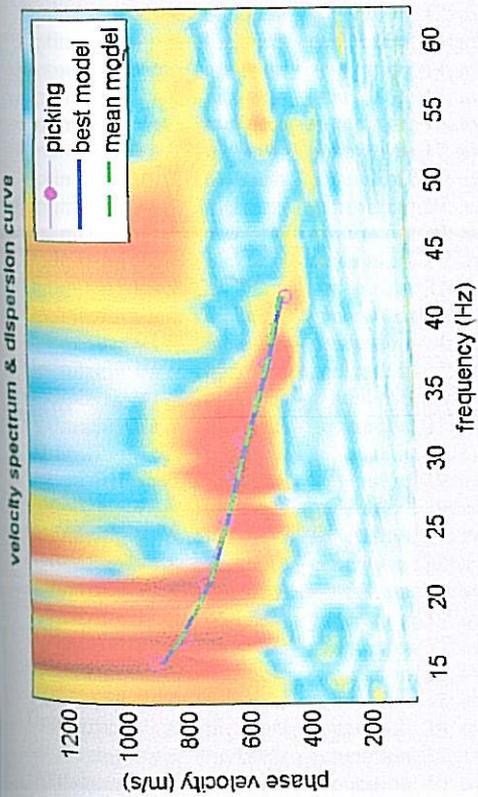


Spettro F-K



Match Curva di dispersione sperimentale - teorica





dataset: 12 metri il lupo.sgy
 dispersion curve: picking 12 metri.cdp
 VS30 (best model): 813 m/s
 VS30 (mean model): 815 m/s



RISULTATI INDAGINE MASW

Via dei Lavoratori n° 32 - Rosignano Marittimo

dispersion curve: number of frequency-velocity points=8
dataset: 12 metri.sgy
minimum offset (m): 12
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
dispersion curve: picking 12 metri.cdp
number of individuals: 30
number of generations: 41

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 400 3 410 1 600 10 850
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 550 7 750 4 1000 18 1500
Adopted Poisson values: 0.35 0.25 0.25 0.25

Rayleigh wave analysis

| | | |
|---|-----------|-----------|
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: | -102.5551 | -49.52907 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: | -92.5298 | -49.5291 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: | -79.8666 | -34.1648 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: | -74.9974 | -32.8273 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: | -65.004 | -32.8273 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: | -60.9058 | -31.0568 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: | -57.1874 | -31.0568 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: | -54.0483 | -25.0123 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: | -64.0363 | -25.0123 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: | -56.4299 | -24.5407 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: | -61.089 | -24.5407 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: | -61.3477 | -24.5407 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: | -52.1772 | -18.1578 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: | -49.5712 | -18.1578 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: | -55.0194 | -18.1578 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: | -45.9511 | -17.9862 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: | -53.5715 | -17.9862 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: | -52.1744 | -17.1867 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: | -53.8071 | -17.1867 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: | -57.7787 | -17.1867 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: | -56.1805 | -17.1867 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: | -60.5067 | -17.1867 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: | -61.5432 | -17.058 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: | -46.9095 | -14.5044 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: | -48.541 | -13.1537 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: | -46.7716 | -13.1537 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: | -47.3003 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: | -54.4218 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: | -66.3971 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: | -47.345 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: | -58.3542 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 32; average & best misfits: | -57.2045 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 33; average & best misfits: | -53.2176 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 34; average & best misfits: | -48.7721 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 35; average & best misfits: | -45.6075 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 36; average & best misfits: | -40.8429 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 37; average & best misfits: | -41.0709 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 38; average & best misfits: | -52.792 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 39; average & best misfits: | -55.6783 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 40; average & best misfits: | -51.8281 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 41; average & best misfits: | -48.1575 | -12.8099 |

Checking the new search space (for the finer search)
Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

| | |
|--|----------|
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -63.0818 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -62.4322 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -59.5659 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -51.3867 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -62.6399 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -52.5379 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -42.1363 | -12.8099 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -47.9423 | -12.6298 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -49.4206 | -12.6298 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -49.0769 | -12.6298 |
| Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -44.3849 | -12.6298 |

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 434 552 818 1362
Poisson: 0.35 0.25 0.25 0.25
Thickness (m): 4.5 1.2 13

Number of models considered to calculate the average model: 12

RESULTS winMASW Pro
#####

Dataset: 12 metri il lupo.sgy
Analyzed curve: picking 12 metri.cdp

MEAN MODEL

VS (m/s): 440 563 817 1358
Standard deviations (m/s): 6 35 5 11
Thickness (m): 4.5 1.4 13.1
Standard deviations (m): 0.0 0.5 0.6

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

| | | | | |
|----------------------|------|------|------|-------|
| Vp (m/s): | 916 | 975 | 1415 | 2352 |
| Density (gr/cm3): | 2.03 | 2.05 | 2.14 | 2.26 |
| Vp/Vs ratio: | 2.08 | 1.73 | 1.73 | 1.73 |
| Poisson: | 0.35 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| Young modulus (MPa): | 1063 | 1623 | 3568 | 10429 |
| Shear modulus (MPa): | 394 | 649 | 1427 | 4172 |
| Lamé (MPa): | 918 | 649 | 1427 | 4170 |
| Bulk modulus (MPa): | 1181 | 1081 | 2378 | 6951 |

Fundamental mode

Mean model
f(Hz) VR(m/s)
15.4494 880.9301
17.0469 826.8648
21.2583 723.8289
25.4697 666.1044
28.8097 629.4946
31.4237 599.573
36.7969 535.0368
41.5892 491.0993

**INDAGINI GEOFISICA
DI SISMICA ATTIVA CON METODOLOGIA MASW
E MISURA A STAZIONE SINGOLA H/V**

**Ubicazione: via dei Lavoraori
Comune di Rosignano Marittimo (LI)**

Committente: Quintavalle Costruzioni s.n.c.

Poggibonsi 27/08/2014

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 03/07/2014, su incarico della Quintavalle Costruzioni s.n.c. e con la direzione dei lavori del Dott. Geol. Massimo Melani, è stata eseguita in un terreno ubicato a Nord dell'abitato di Rosignano Marittimo presso via dei Lavoratori (fig. 1), un'indagine MASW per ricostruire l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.



FIG. 1: UBICAZIONE DELLE INDAGINI

2 – Indagine MASW

Il modello sismico monodimensionale costituisce l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2.1 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un “metodo attivo”, le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 4.5 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

2.2 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2,5 m., compatibilmente con le condizioni logistiche e gli spazi disponibili del sito. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

Sono state fatte 4 acquisizioni che successivamente si è provveduto ad elaborare, valutando la coerenza dei risultati e la loro qualità.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali “con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza di 10 kg battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni: 2,5 m
- Distanze sorgente dal 1° e dal 24° geofono: 5 e 10 m.
- Tempo di registrazione: 1.0 s

2.3 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

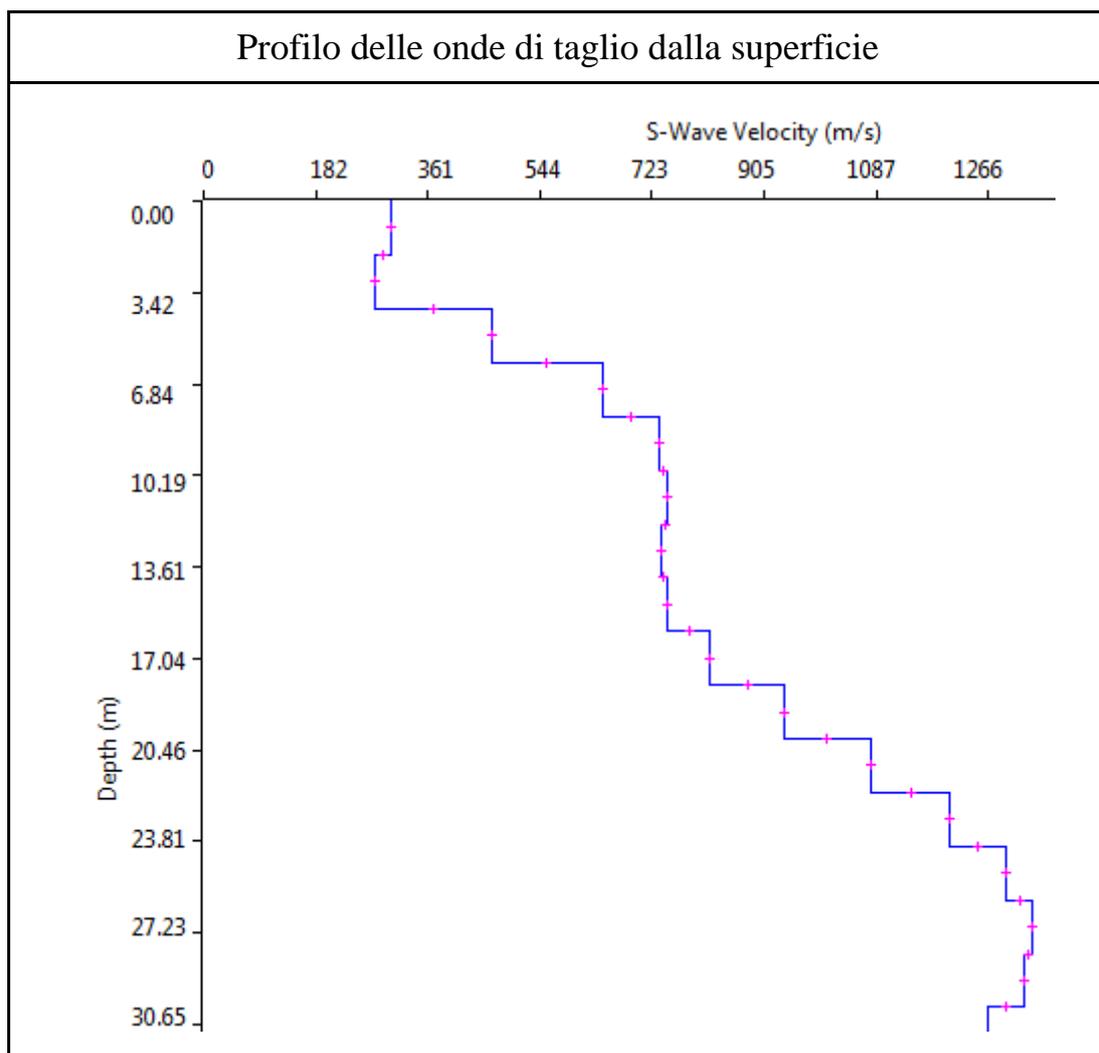
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57,5 m).

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| 2 | 0 | 304 | 608 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 2 | 278 | 556 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 4 | 465 | 929 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 6 | 644 | 1287 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 8 | 735 | 1469 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 10 | 750 | 1499 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 12 | 738 | 1475 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 14 | 749 | 1497 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 16 | 818 | 1635 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 18 | 937 | 1873 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 20 | 1077 | 2152 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 22 | 1205 | 2408 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 24 | 1297 | 2592 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 26 | 1339 | 2676 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 28 | 1326 | 2650 | 0.333 | 1.8 |
| | 30 | 1265 | 2528 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



2.4 – Calcolo della Vs30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 672 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:.

GeoEcho s.n.c.



3 – Misura con metodologia a stazione singola (HVSr)

Accanto alle tecniche basate sull'impiego di array sismico esistono altre tecniche fondate sull'uso di una singola stazione di misura.

In questo caso vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superficie del terreno.

In particolare viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSr ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") [Bard., 1998].

Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno.

In particolare è possibile individuare la frequenza (f) di questa vibrazione definita di "Risonanza".

Risultati e conclusioni

La misura H/V realizzata è servita a definire la frequenza (f) di risonanza del sottosuolo in maniera tale da prevenire, al verificarsi di un evento sismico, possibili interferenze risonanti, tra il suolo e le strutture da realizzare.

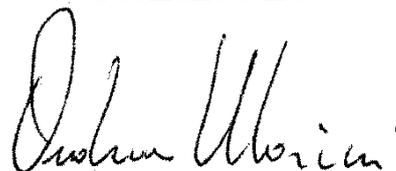
La curva evidenzia un picco di risonanza nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (1 – 10 Hz) a circa 7,28 Hz con ampiezza pari a circa 2,45.

La profondità indicativa del bedrock sismico può essere ricavata sfruttando la relazione fra la frequenza (f), lo spessore (h) e la velocità media (Vs) della parte di materiali sovrastante lo strato rigido ($f = V_s/4h$).

Le velocità della copertura vengono nel caso in esame estratte dall'indagine masw.

Il Tecnico:

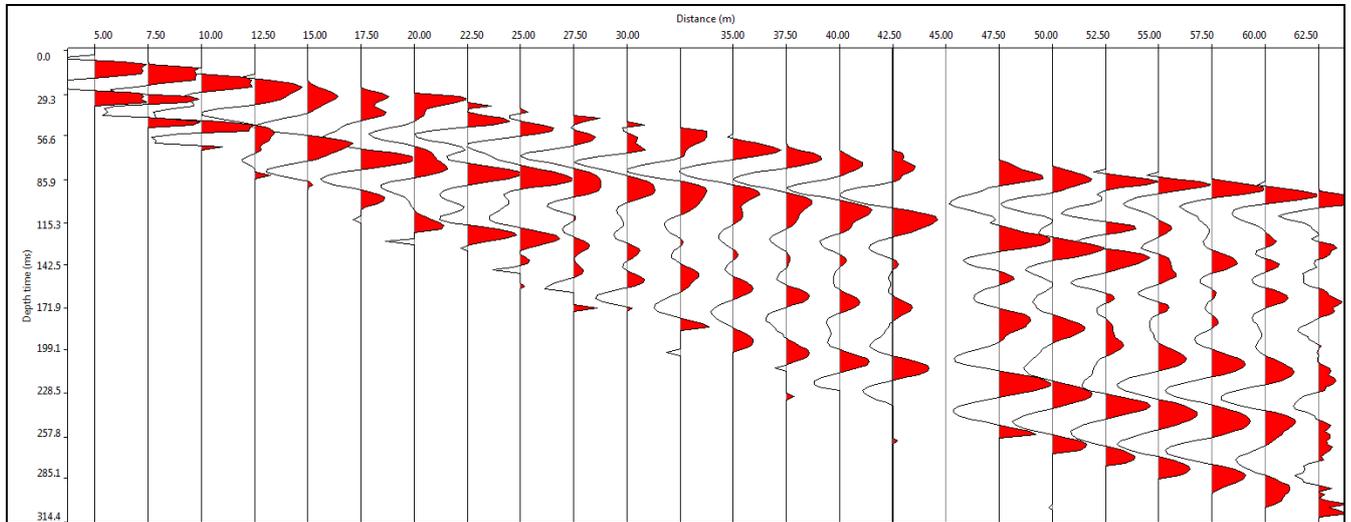
GeoEcho s.n.c.



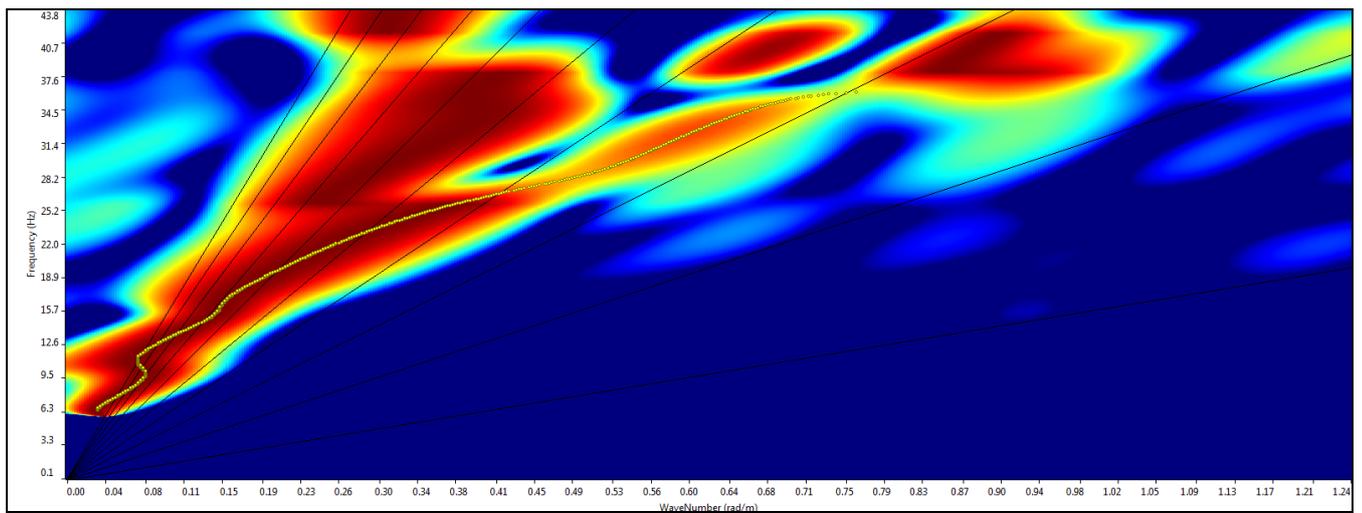
ALLEGATI

ELABORATI GRAFICI PROVA MASW

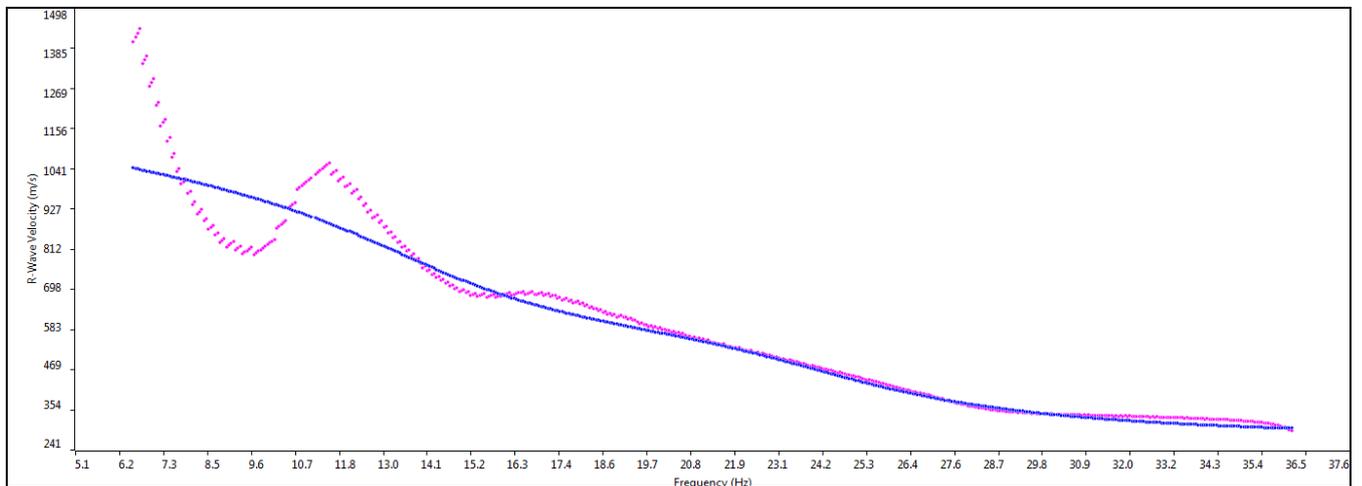
Sismogramma



Spettro F – K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



ELABORATI GRAFICI MISURA HVSR

ROSIGNANO T1

Strumento: TZ3-0001/01-13

Inizio registrazione: 18/08/14 11:24:04 Fine registrazione: 18/08/14 11:44:04

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

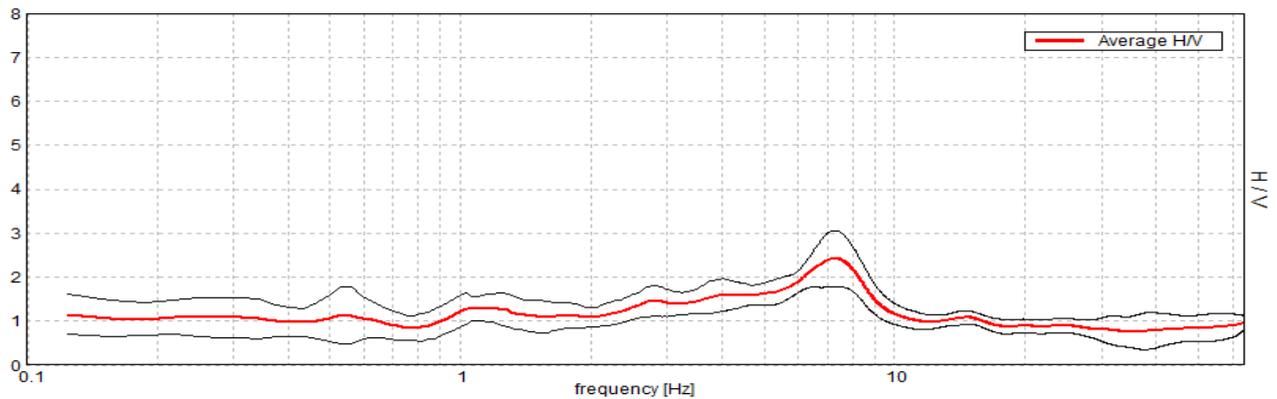
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 15%

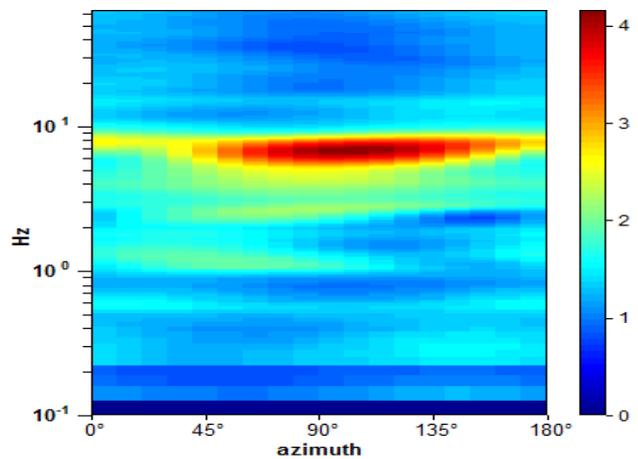
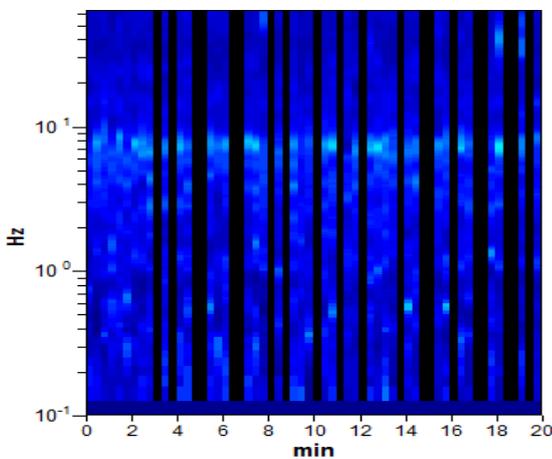
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 7.28 ± 0.29 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).

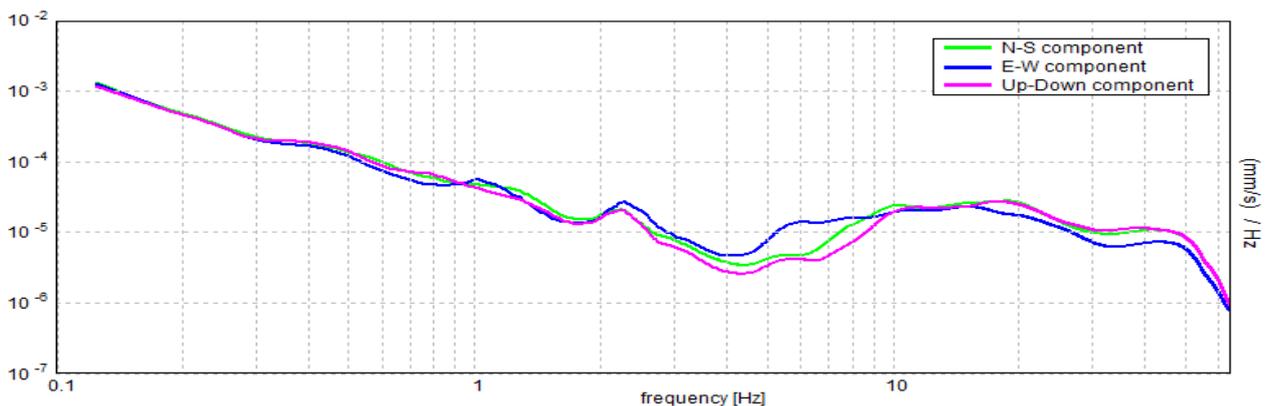


SERIE TEMPORALE H/V

DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 7.28 ± 0.29 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

| Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|--|-------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $7.28 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $5825.0 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 350 | OK | |
| Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 2.313 Hz | OK | |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 9.781 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.42 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.03922 < 0.05$ | OK | |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.28556 < 0.36406$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.6425 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

Committente: Comune di Rosignano Marittimo

Direttore lavori: Dott. Geol. Massimo Melani

Località: Via del Torrione

Comune di Rosignano Marittimo (LI)

Poggibonsi 05/10/2011

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 05/10/2011 su incarico del Comune di Rosignano Marittimo, è stata eseguita un'indagine geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW. Il lavoro è a supporto dello studio geologico per l'ampliamento di un parcheggio e viabilità connessa in un'area ubicata in Via del Torrione a Rosignano Marittimo (LI) (fig. 1).

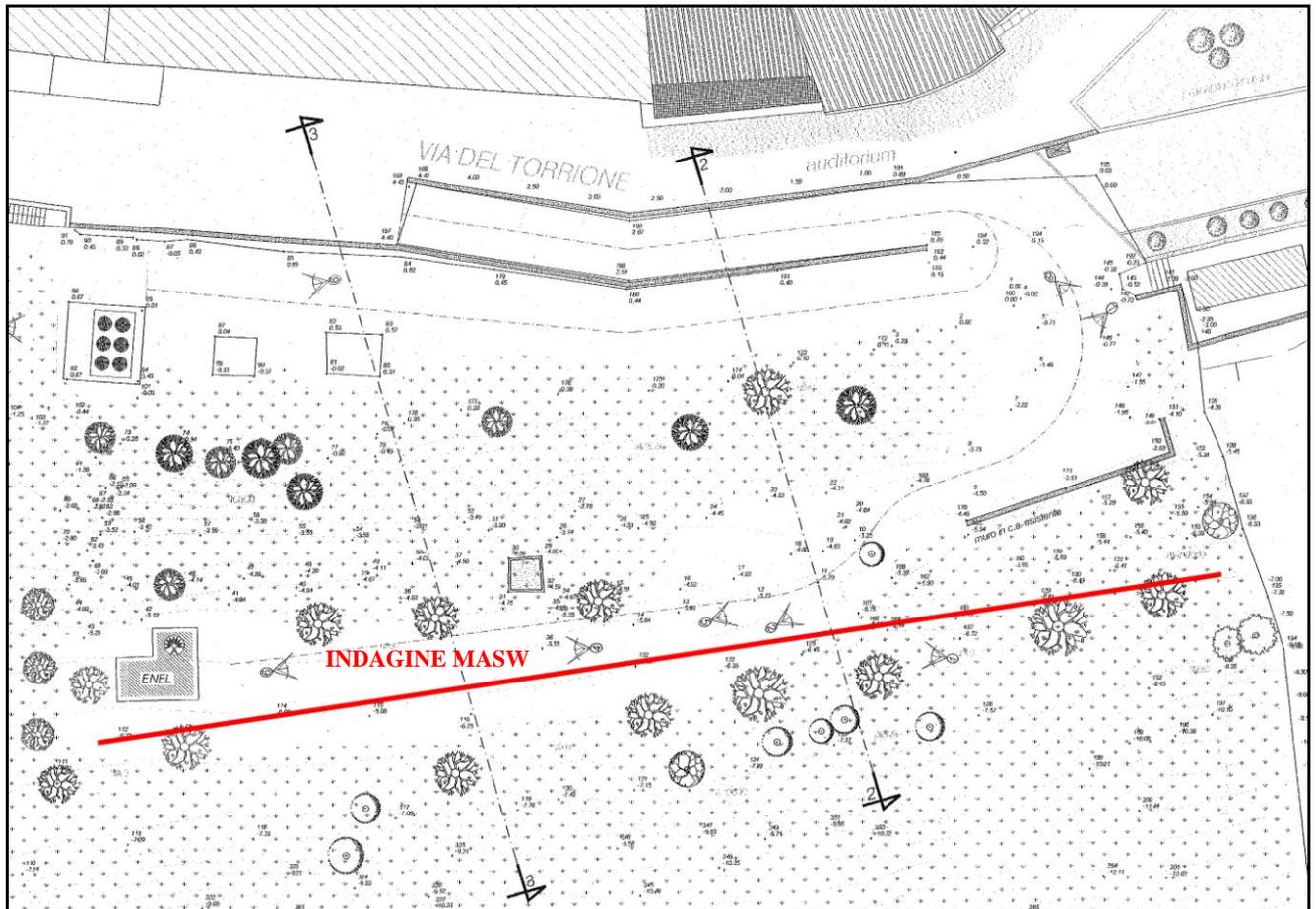


FIG. 1: UBICAZIONE DEL'INDAGINE

Scopo dell'indagine era quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un “metodo attivo”, le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2.5 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 5 m dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali “con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2,5 m
- Distanza sorgente 1° geofono 5 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

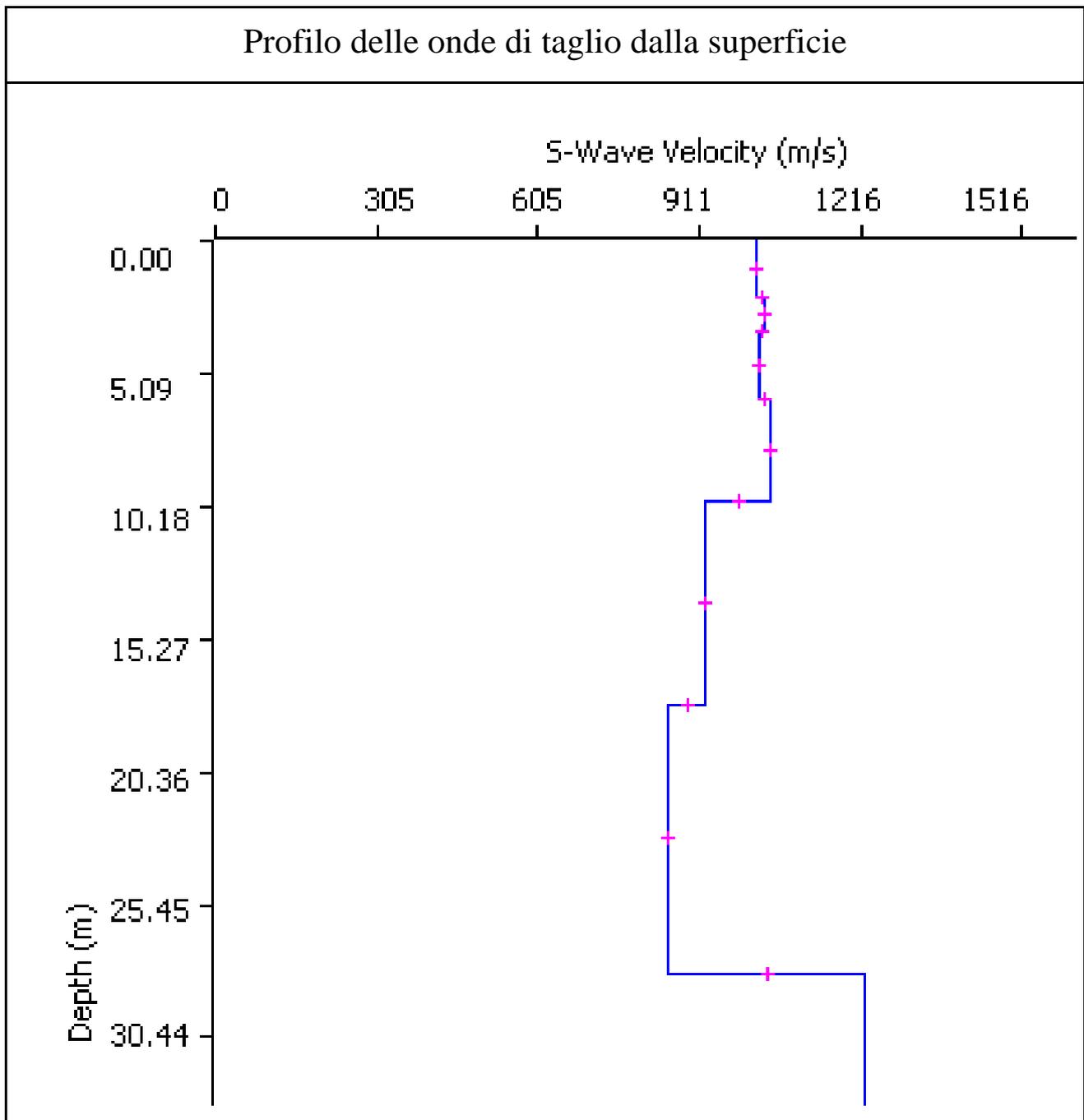
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57.5 m).

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| 2 | 0 | 1018 | 2034 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 2 | 1035 | 2068 | 0.333 | 1.8 |
| 3 | 3 | 1023 | 2044 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 6 | 1045 | 2088 | 0.333 | 1.8 |
| 8 | 10 | 922 | 1843 | 0.333 | 1.8 |
| 10 | 18 | 853 | 1705 | 0.333 | 1.8 |
| 13 | 28 | 1221 | 2440 | 0.333 | 1.8 |
| | 41 | 1375 | 2748 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

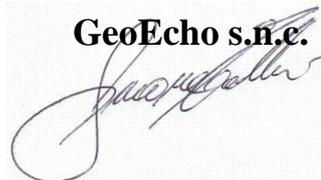
Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota iniziale = piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 944 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **A** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

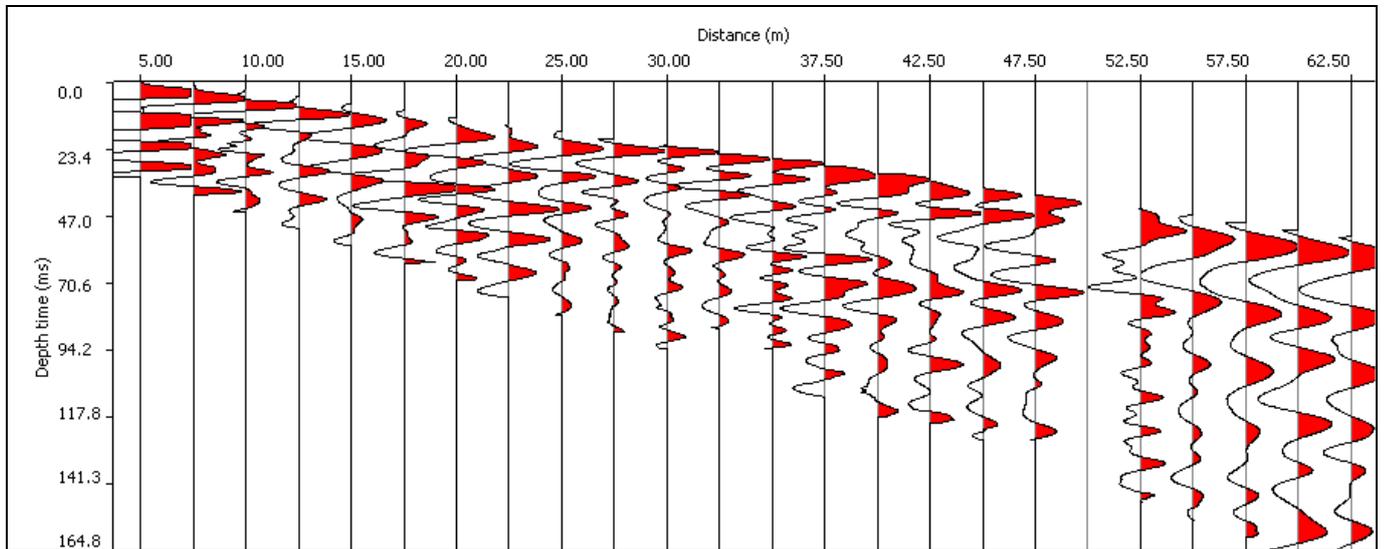
Il Tecnico:.

GeoEcho s.n.c.

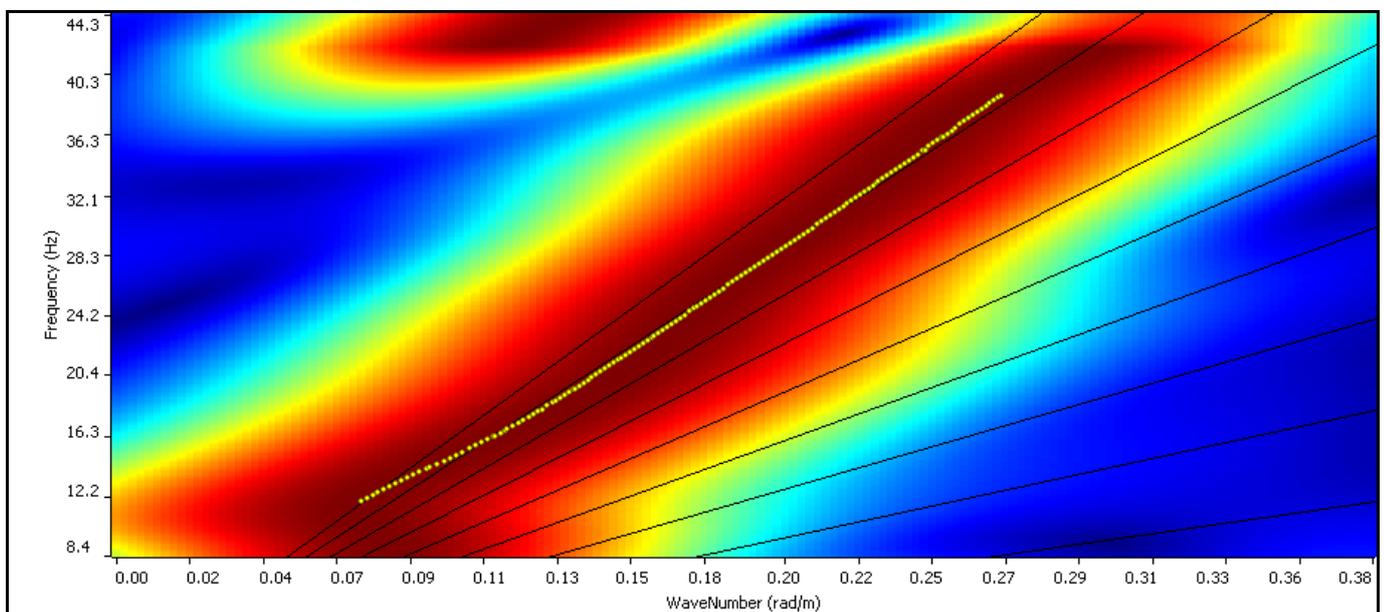


Allegati

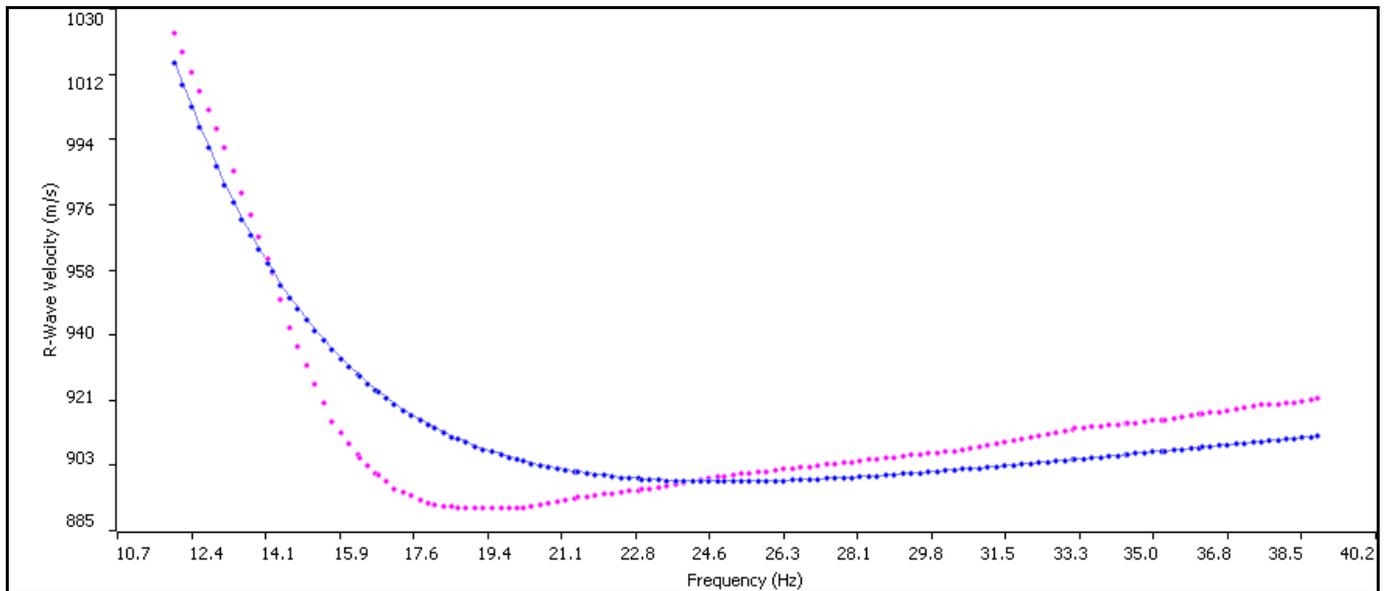
Sismogramma



Spettro F -K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**INDAGINE GEOFISICA
CON METODOLOGIA
MASW**

**Vada Village - Vada
Comune di Rosignano Marittimo (LI)**

Direzione lavori: Dr. Geol. Massimo Melani

Poggibonsi 21/03/2013

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 12/03/2013 su incarico del Dott. Geol. Massimo Melani, e per conto della società Vada Village s.n.c., è stata eseguita un'indagine geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW e due misure di sismica passiva con tecnica a "stazione singola" HVSR per determinare la frequenza di risonanza del sito in un terreno ubicato in Loc. Viale Italia a Vada, nel Comune Rosignano Marittimo (LI) (fig. 1).



FIG. 1: UBICAZIONE DEL'INDAGINE

Scopo dell'indagine era quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un “metodo attivo”, le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 4.5 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2.5 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

Sono state fatte 4 acquisizioni, 2 per ogni lato della linea. Successivamente si è provveduto ad elaborare tutte e 4 le misurazioni valutando la coerenza dei risultati e la loro qualità.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali “con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2.5 m
- Distanza sorgente 24° geofono 10 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

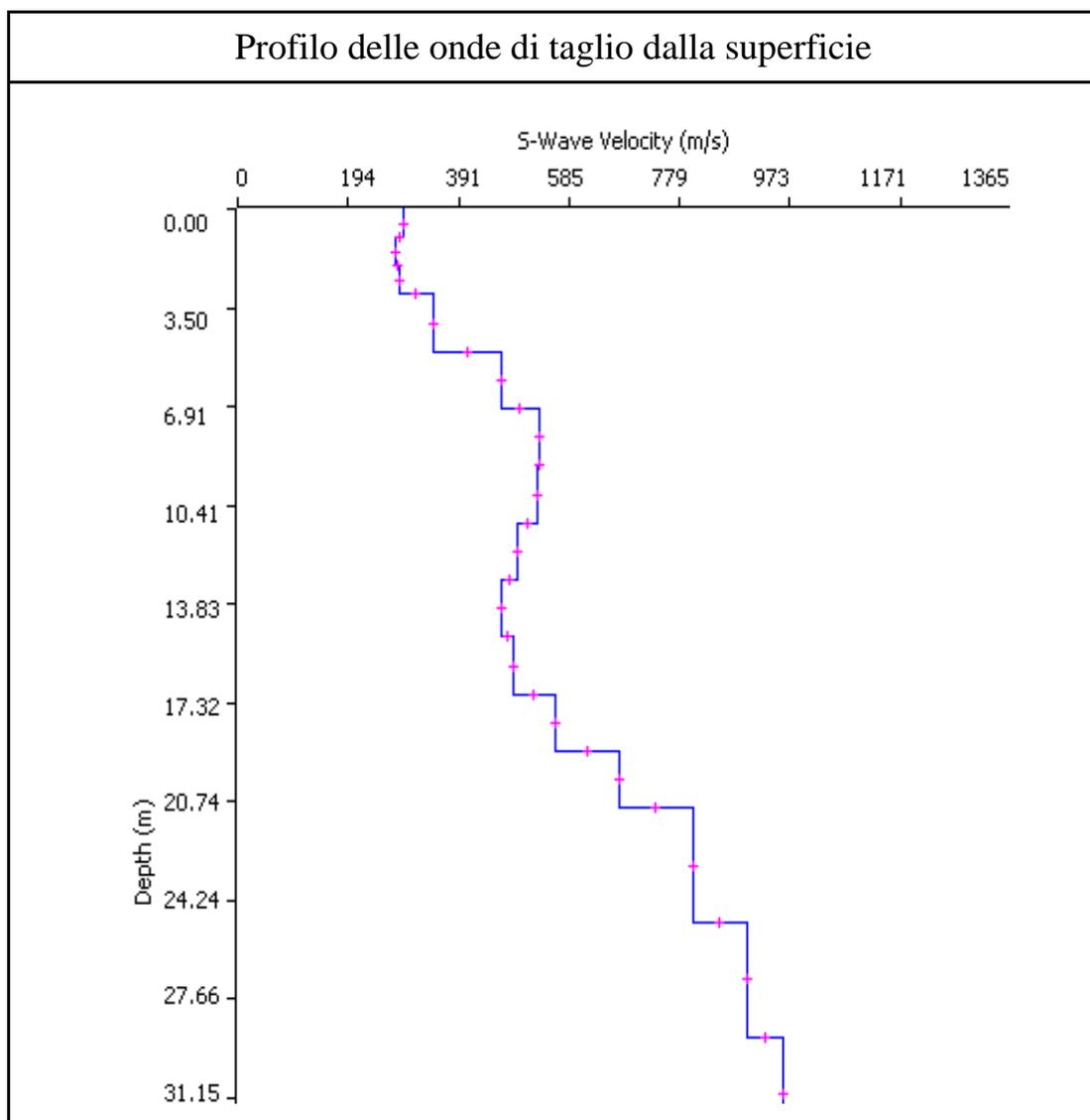
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 57.5 m).

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|------|------|---------|---------|
| 1 | 0 | 293 | 586 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 1 | 279 | 558 | 0.333 | 1.8 |
| 1 | 2 | 284 | 568 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 3 | 346 | 691 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 5 | 465 | 929 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 7 | 532 | 1063 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 9 | 530 | 1059 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 11 | 492 | 983 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 13 | 465 | 929 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 15 | 485 | 969 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 17 | 560 | 1119 | 0.333 | 1.8 |
| 2 | 19 | 673 | 1345 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 21 | 804 | 1607 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 25 | 899 | 1797 | 0.333 | 1.8 |
| 4 | 29 | 962 | 1923 | 0.333 | 1.8 |
| | 33 | 1013 | 2024 | 0.333 | 1.8 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

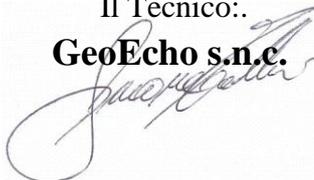
$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove Hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, considerando la quota della fondazione a partire dal piano campagna attuale, si ottiene il seguente valore **Vs30 = 521 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **B** (si veda la tabella seguente).

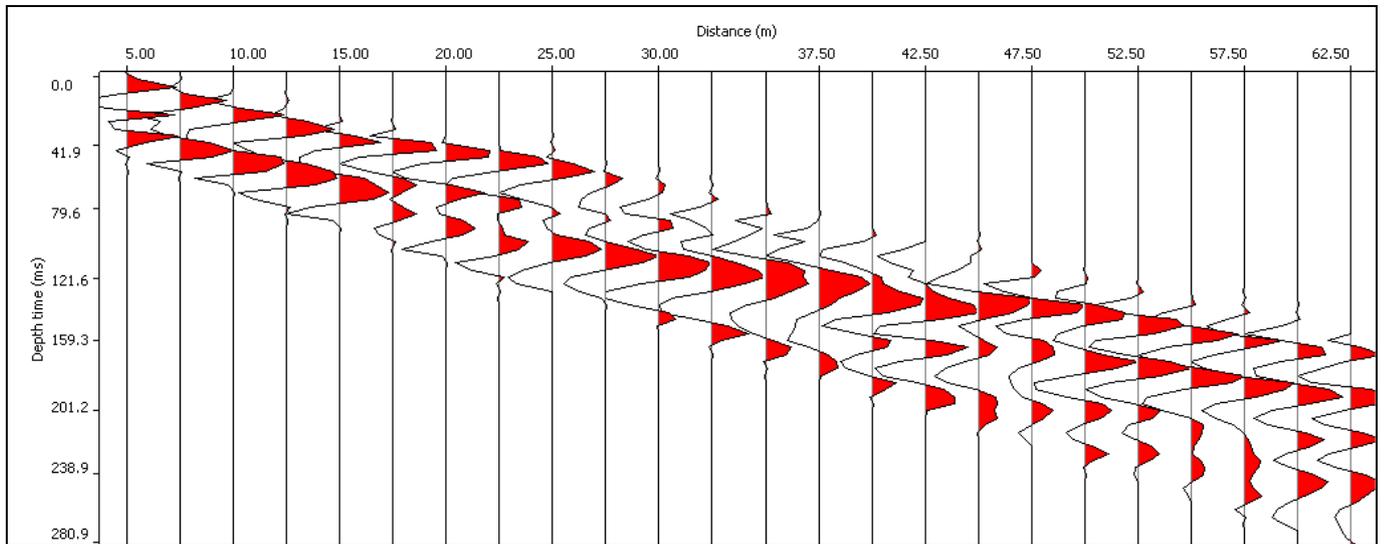
Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | 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 di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

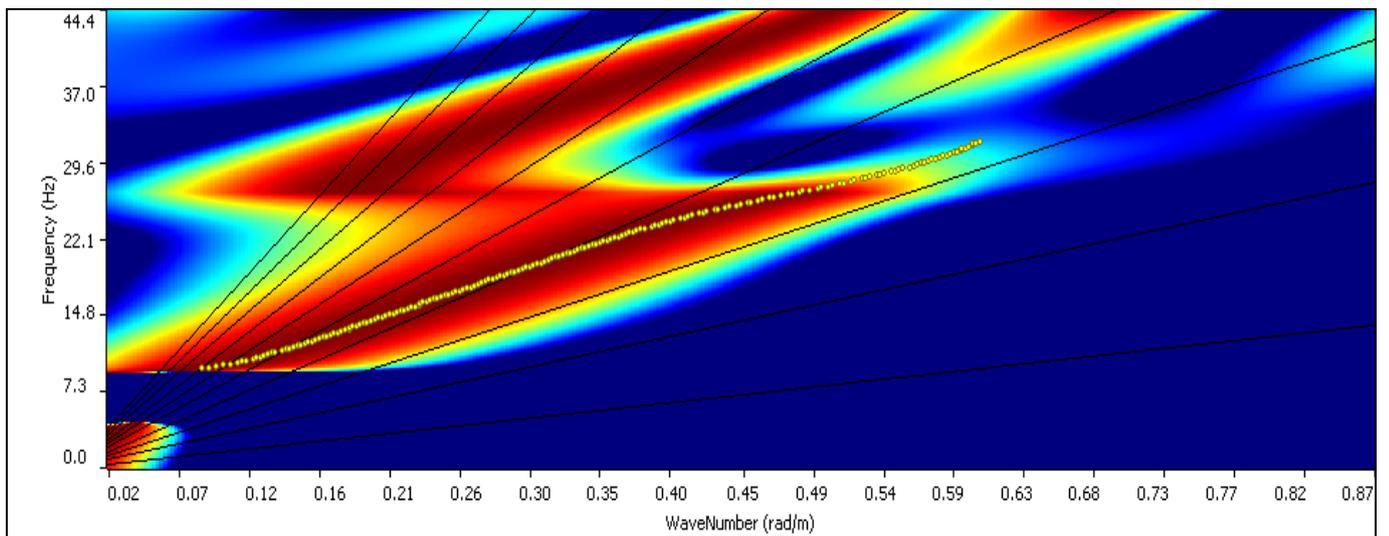
Il Tecnico:
GeoEcho s.n.c.


Allegati

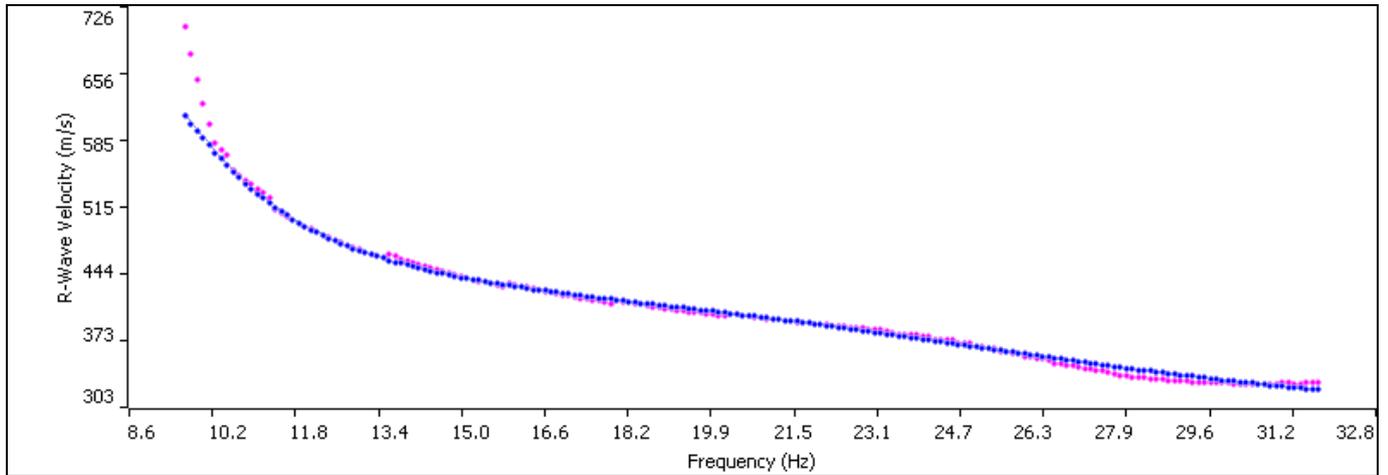
Sismogramma



Spettro F -K



Match Curva di dispersione sperimentale – teorica



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



6. METODOLOGIA A STAZINE SINGOLA (HVSR)

Accanto alle tecniche basate sull'impiego di array sismica esistono altre tecniche basate sull'uso di una singola stazione di misura. In questo caso vengono misurate le vibrazioni ambientali nelle tre direzioni dello spazio attraverso un unico sensore tridirezionale posto sulla superficie del terreno. In particolare viene valutato il rapporto di ampiezza fra le componenti orizzontali e verticali del moto (metodo HVSR ovvero "Horizontal to Vertical Spectral Ratios") [Bard., 1998] . Analizzando misure di questo tipo è possibile identificare le modalità di vibrazione del terreno. In particolare è possibile individuare la frequenza f di questa vibrazione definita di "Risonanza". Sapendo che in generale esiste una relazione semplice fra f , lo spessore della parte più soffice del terreno e la velocità media delle onde sismiche nel sottosuolo (ricavata per esempio dai metodi passivi ad antenna, o attivi come Masw e Rifrazione), attraverso le misure HVSR è possibile risalire allo spessore di questo strato.

Risultati e conclusioni

Le misure H/V realizzate sono servite per definire la frequenza di risonanza del sottosuolo in maniera tale da prevenire, al verificarsi di un evento sismico, possibili interferenze risonanti, tra il suolo e le strutture da realizzare.

Le misure eseguite rispecchiano l'assetto geologico del sito e risultano pressoché piatte nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (1 – 10 Hz) e presentano entrambe un debole picco a circa 0.3 Hz con ampiezza inferiore a 2 ed un picco a circa a 35 Hz per la T1 e 45 Hz per la T2 ed ampiezza poco superiore a 2.

Il picco a bassa frequenza rappresenta un contrasto di impedenza tra i 200 e 300 m. di profondità dovuto al passaggio tra le coperture ed il substrato roccioso, quelli a 35 e 45 Hz potrebbero corrispondere ad un livello superficiale più rigido a quota tra i 1.5 e 3 m.

Volendo stimare con minore approssimazione la profondità di tale orizzonte, è possibile utilizzare la relazione semplice fra f , lo spessore soffice del terreno (ovvero la parte di materiali sovrastante lo strato rigido) e la velocità media (V_s) stimata dalla prova Masw, otteniamo circa 2.2m per T1 e 1.5m per T2 di spessore delle coperture.

$$f = V_s / (4h)$$

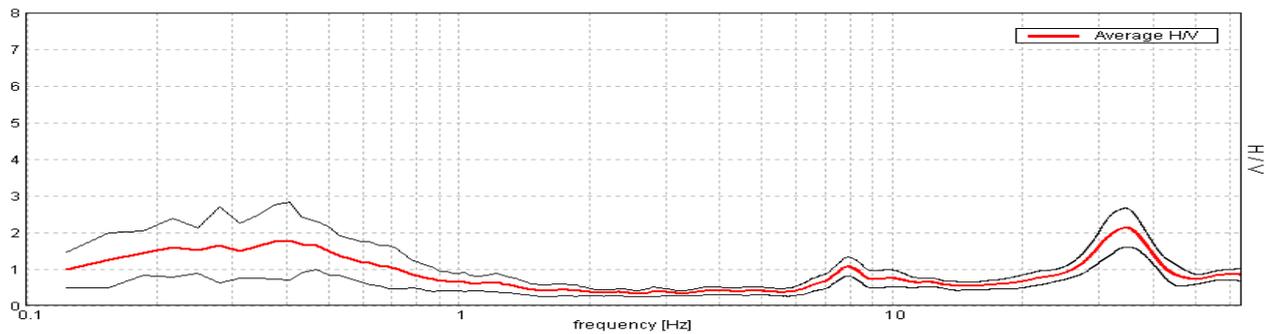
T1 VADA VILLAGE

Strumento: TRE-0005/00-06
 Inizio registrazione: 12/03/13 14:12:03 Fine registrazione: 12/03/13 14:32:04
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

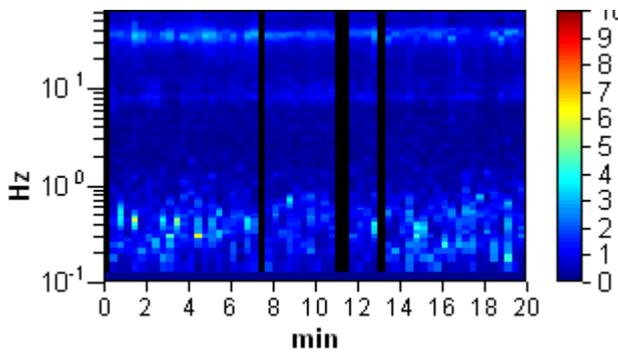
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

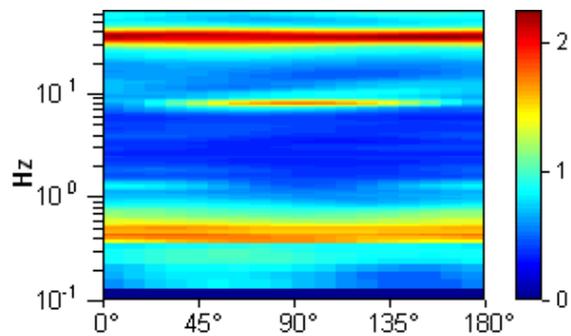
Picco H/V a 34.66 ± 3.99 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).



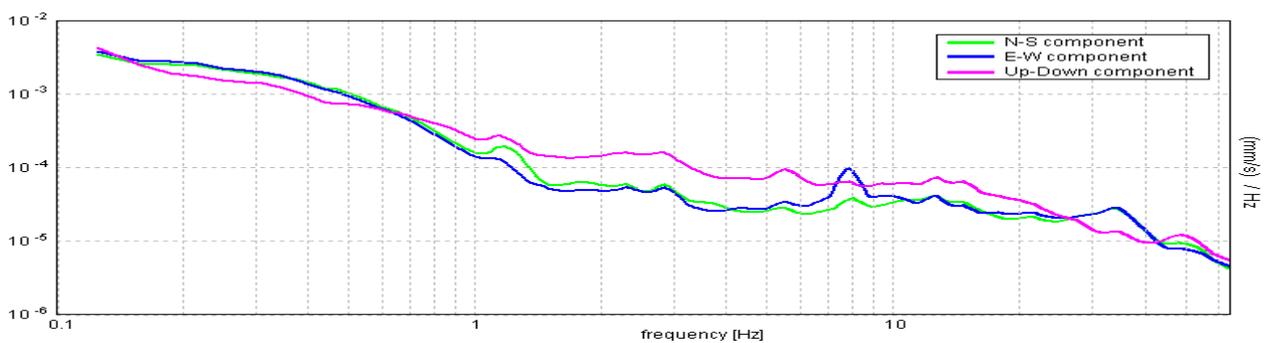
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

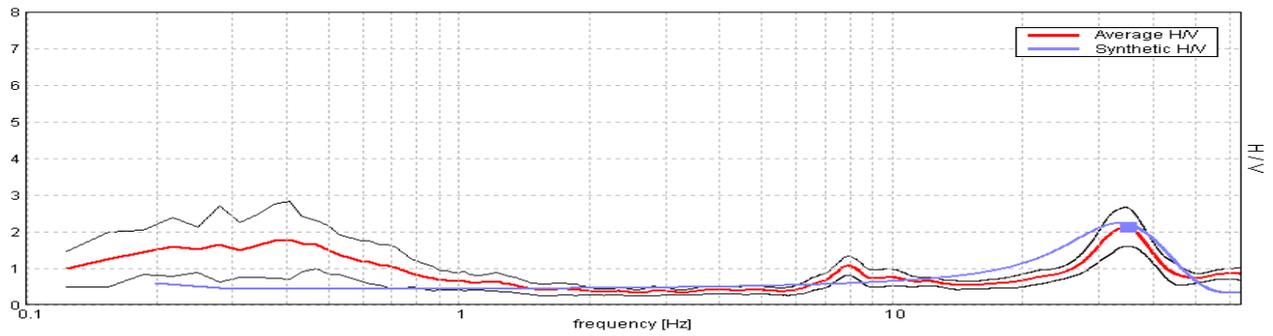


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



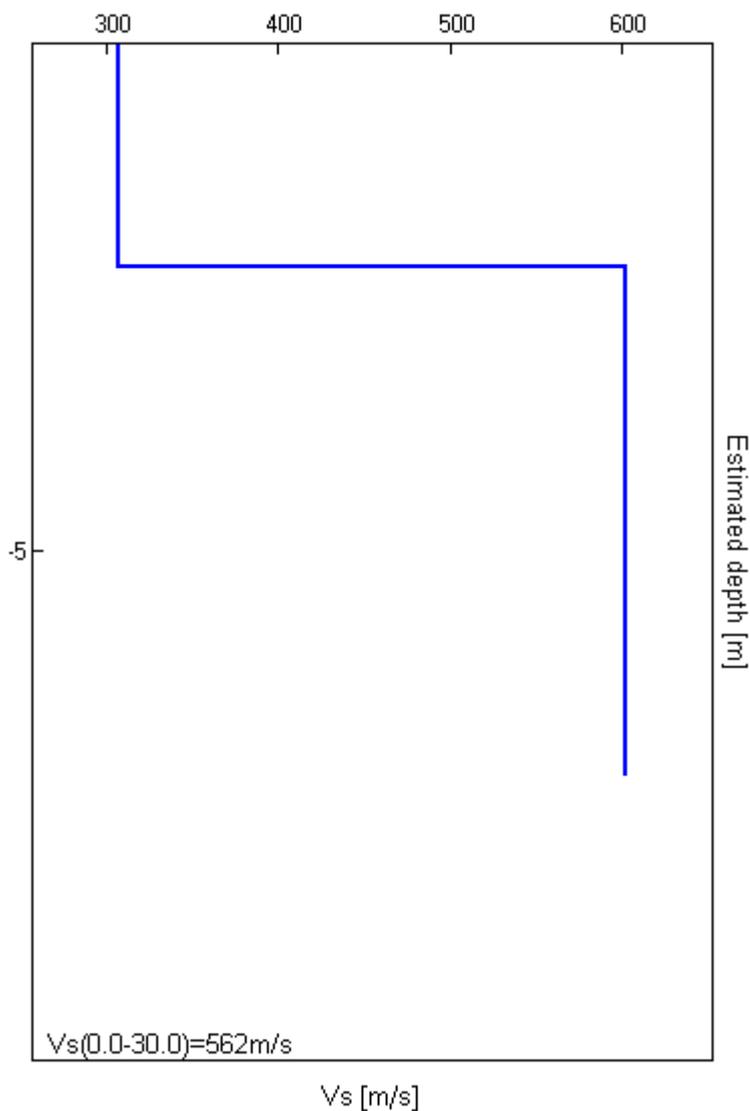
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 34.66 ± 3.99 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 2.20 | 2.20 | 307 | 1.9 |
| inf. | inf. | 602 | 2.0 |

Vs(0.0-30.0)=562 m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 34.66 ± 3.99 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).

| Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|--|--------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $34.66 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $38121.9 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 1494 | OK | |
| Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 26.813 Hz | OK | |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 42.375 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $2.13 > 2$ | OK | |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.05688 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $1.97108 < 1.73281$ | | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.2627 < 1.58$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

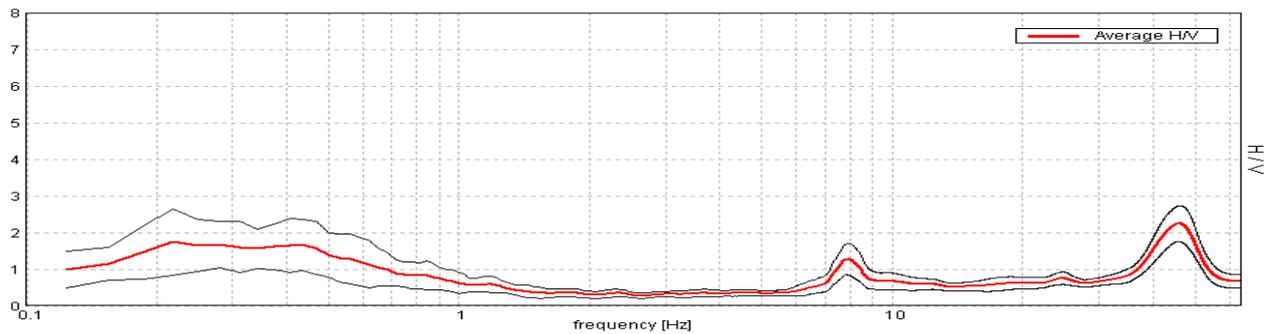
T2 VADA VILLAGE

Strumento: TRE-0005/00-06
 Inizio registrazione: 12/03/13 14:38:54 Fine registrazione: 12/03/13 14:58:55
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Dato GPS non disponibile

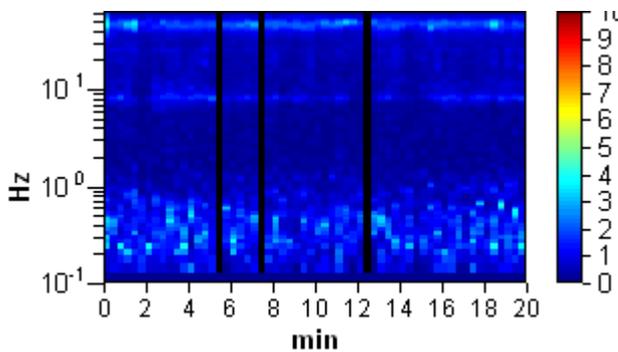
Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 95% tracciato (selezione manuale)
 Freq. campionamento: 128 Hz
 Lunghezza finestre: 20 s
 Tipo di lisciamento: Triangular window
 Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

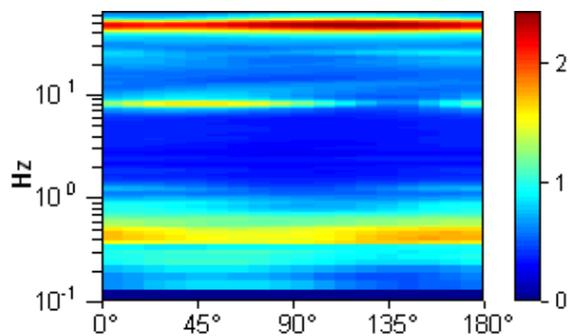
Picco H/V a 0.22 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).



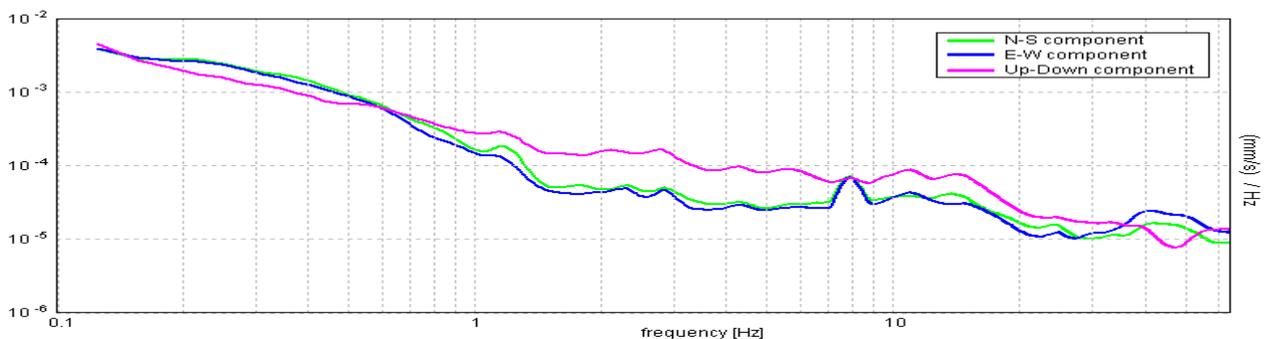
SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

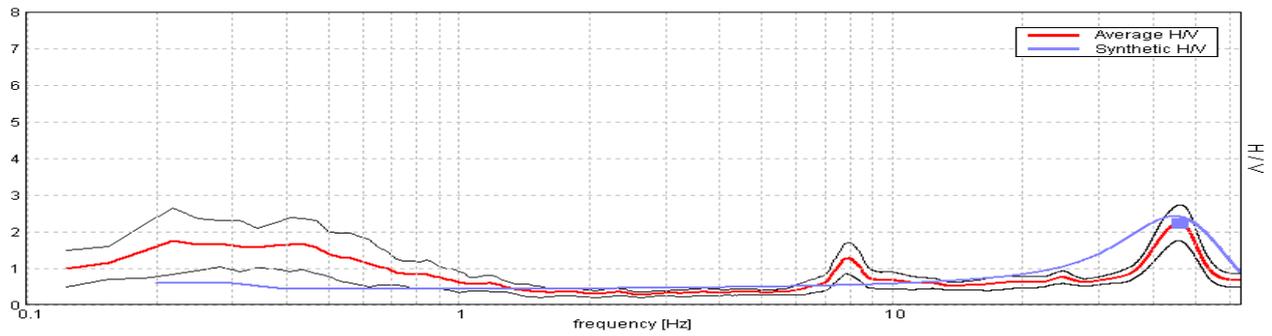


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



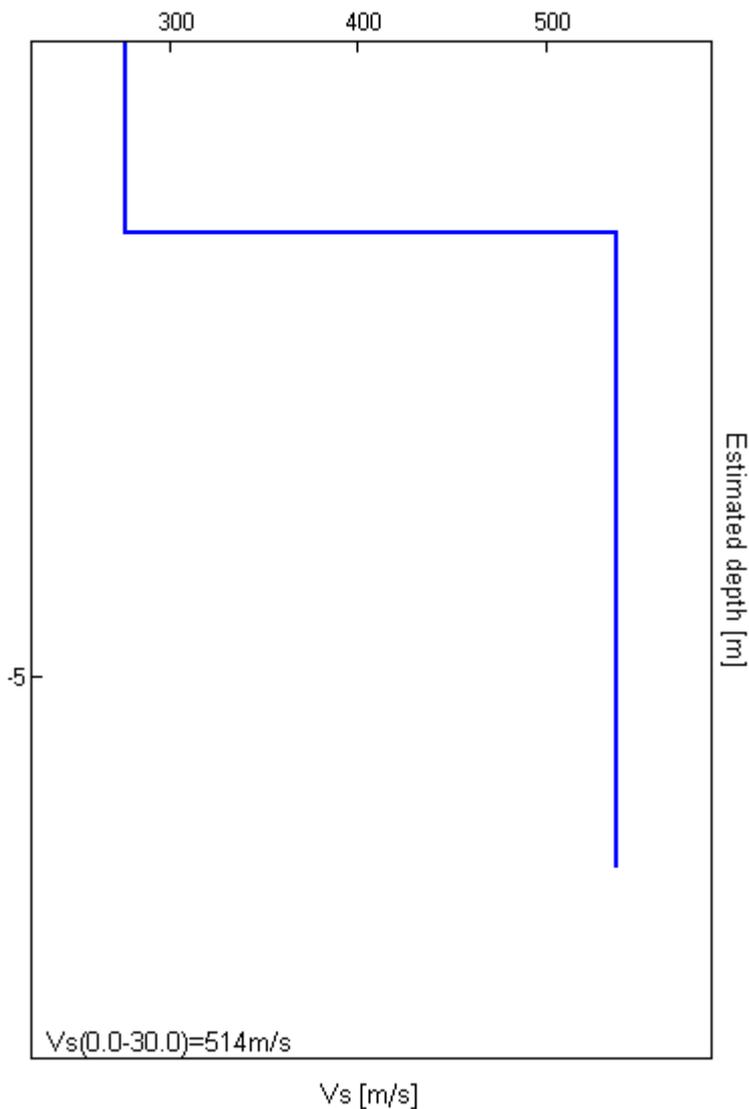
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Picco H/V a 0.22 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).



| Profondità alla base dello strato [m] | Spessore [m] | Vs [m/s] | Rapporto di Poisson |
|---------------------------------------|--------------|----------|---------------------|
| 1.50 | 1.50 | 276 | 0.42 |
| inf. | inf. | 538 | 0.42 |

Vs(0.0-30.0)=514m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. **Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente**].

Picco H/V a 45.81 ± 0.03 Hz (nell'intervallo 0.0 - 35.0 Hz).

| Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti] | | | |
|--|------------------------|-----------|-----------|
| $f_0 > 10 / L_w$ | $45.81 > 0.50$ | OK | |
| $n_c(f_0) > 200$ | $249.4 > 200$ | OK | |
| $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Superato 0 volte su 12 | OK | |
| Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti] | | | |
| Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$ | 0.094 Hz | OK | |
| Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$ | 0.75 Hz | OK | |
| $A_0 > 2$ | $1.74 > 2$ | | NO |
| $f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.07177 < 0.05$ | | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ | $0.0157 < 0.04375$ | OK | |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ | $0.4462 < 2.5$ | OK | |

| | |
|------------------------|---|
| L_w | lunghezza della finestra |
| n_w | numero di finestre usate nell'analisi |
| $n_c = L_w n_w f_0$ | numero di cicli significativi |
| f | frequenza attuale |
| f_0 | frequenza del picco H/V |
| σ_f | deviazione standard della frequenza del picco H/V |
| $\varepsilon(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$ |
| A_0 | ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0 |
| $A_{H/V}(f)$ | ampiezza della curva H/V alla frequenza f |
| f^- | frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ |
| f^+ | frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$ |
| $\sigma_A(f)$ | deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$ |
| $\theta(f_0)$ | valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$ |

| Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$ | | | | | |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Intervallo di freq. [Hz] | < 0.2 | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0 | 1.0 – 2.0 | > 2.0 |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz] | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$ | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 1.78 | 1.58 |
| $\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48 | 0.40 | 0.30 | 0.25 | 0.20 |

INDAGINE GEOFISICA CON METODOLOGIA MASW

Realizzazione di stabilimento balneare

Committente: Sig. Bruno Maria

Località: Stagni - Vada

Comune di Rosignano Marittimo (LI)

Poggibonsi 03/12/2009

Relazione Tecnica

1 - Premessa

In data 27/11/2009 su incarico del Dott. Geol. Massimo Melani e per conto del Sig. Bruno Maria, è stata eseguita un'indagine Geofisica acquisendo un profilo sismico con la metodologia MASW. L'indagine è stata svolta in località Stagni - Vada nel Comune di Rosignano Marittimo (LI) in un terreno dove è prevista la realizzazione di uno stabilimento balneare.

Scopo dell'indagine è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni del sito, (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 14.01.2008).

2 - Metodologia ed esecuzione delle indagini

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW è un "metodo attivo", le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

Il metodo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidezza del suolo).

3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine

L'indagine Masw per l'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica della prospezione sismica a rifrazione disponendo sul terreno 24 geofoni secondo un array lineare con spaziatura pari a 2 m. Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, sono stati utilizzati geofoni da 4.5 Hz.

Come sistema di energizzazione una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore è stata eseguita la somma di più energizzazioni (processo di stacking).

La sorgente è stata posta ad una distanza di 10 m. dal primo geofono. Di seguito si riassumono le principali caratteristiche della strumentazione utilizzata ed i criteri di acquisizione della prova MASW attiva:

Strumentazione e caratteristiche dell'indagine

- 1 Unità di acquisizione sismografo Echo 12/24
- 24 Geofoni verticali "con $f = 4.5$ Hz
- 2 Cavi sismici $L = 60$ m
- 1 Sorgente Mazza battente su piattello metallico
- Spaziatura tra i geofoni 2 m
- Distanza sorgente 1° geofono 10 m
- Tempo di registrazione 1.0 s

4 – Elaborazione dati

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (Swan).

Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi delle onde S con tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, cioè a seguito di una trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale.

In questo dominio, detto dominio trasformato, è semplice andare a separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P o propagazione in aria. L'osservazione dello spettro consente di notare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza dell'onda stessa, questo fenomeno è detto dispersione ed è caratteristico di questo tipo di onde.

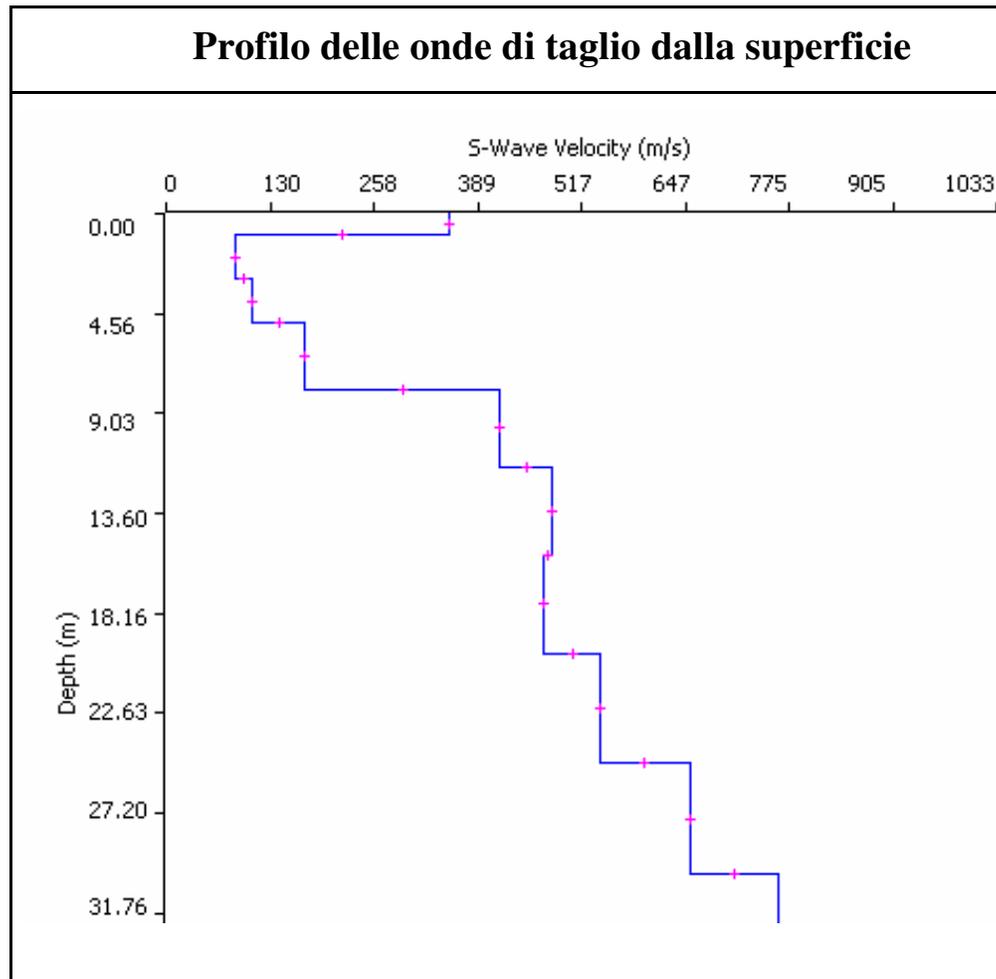
La teoria sviluppata suggerisce di caratterizzare tale fenomeno mediante una funzione detta curva di dispersione, che associa ad ogni frequenza la velocità di propagazione dell'onda. Tale curva è facilmente estraibile dallo spettro del segnale poiché essa approssimativamente passa sui massimi del valore assoluto dello spettro.

A questo punto la curva di dispersione sperimentale deve essere confrontata con quella relativa ad un modello sintetico che verrà successivamente alterato in base alle differenze riscontrate tra le due curve, fino ad ottenere un modello sintetico a cui è associata una curva di dispersione teorica coincidente con la curva sperimentale.

Dall'inversione della curva di dispersione si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativo dell'area investigata (stendimento complessivo di circa 46 m):

| Thickness | Depth | Vs | Vp | Poisson | Density |
|-----------|-------|-----|------|---------|---------|
| 1.0 | 0.0 | 352 | 703 | 0.33 | 1.80 |
| 2.0 | 1.0 | 86 | 172 | 0.33 | 1.80 |
| 2.0 | 3.0 | 108 | 216 | 0.33 | 1.80 |
| 3.0 | 5.0 | 172 | 344 | 0.33 | 1.80 |
| 3.5 | 8.0 | 416 | 831 | 0.33 | 1.80 |
| 4.0 | 11.5 | 479 | 957 | 0.33 | 1.80 |
| 4.5 | 15.5 | 470 | 939 | 0.33 | 1.80 |
| 5.0 | 20.0 | 540 | 1079 | 0.33 | 1.80 |
| 5.0 | 25.0 | 652 | 1303 | 0.33 | 1.80 |
| | 30.0 | 761 | 1521 | 0.33 | 1.80 |

Tabella 1: modello sismico monodimensionale.



5. CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

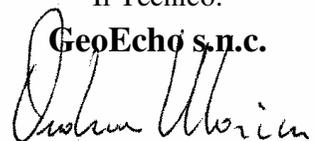
dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale): **Vs30 = 285 m/s** a cui corrisponde la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** (si veda la tabella seguente).

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

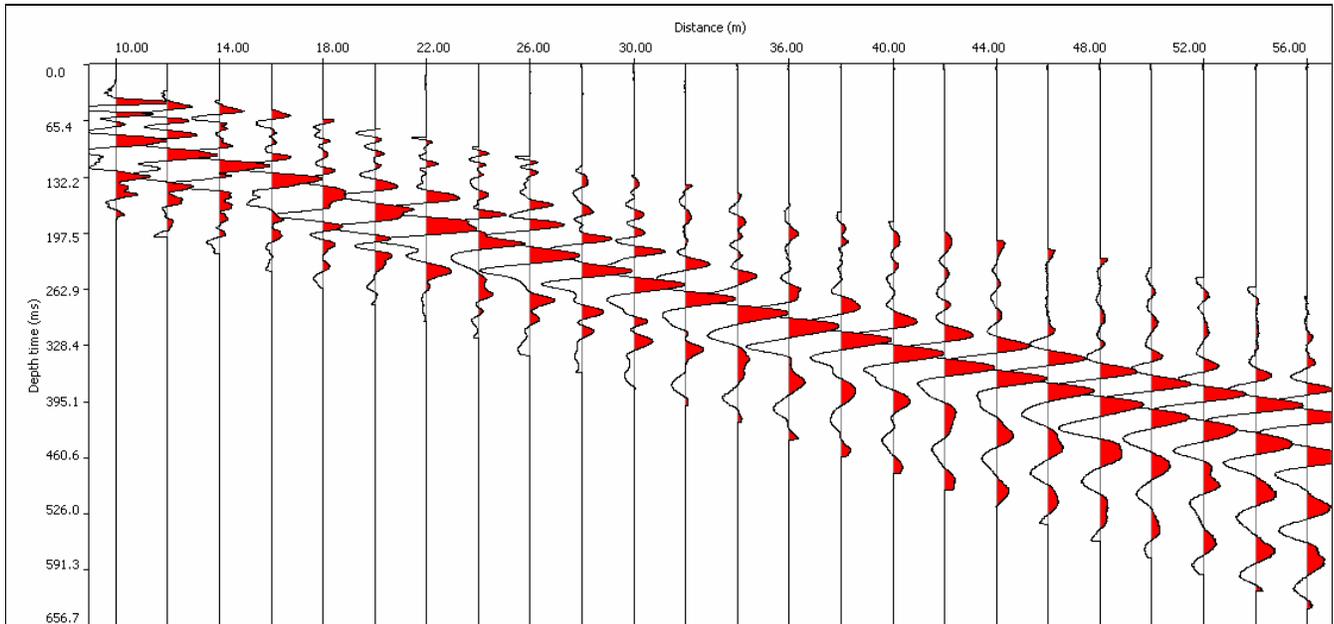
| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | PARAMETRI | | |
|----------|--|-----------------|-------|-------------|
| | | Vs 30 m/sec. | N spt | Cu (Kpa) |
| A | Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m. | > 800 | - | - |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 | >50 | >250 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 | <50 | 70-250 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 | <15 | <70 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | | | |

Il Tecnico:

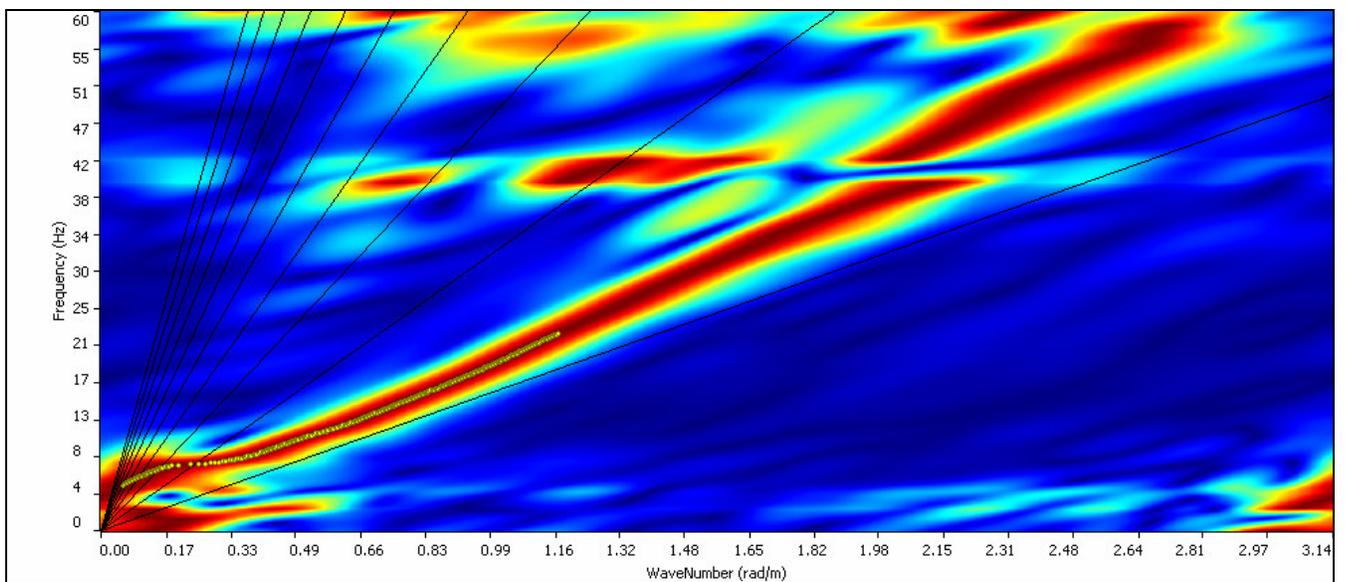
GeoEcho s.n.c.


Allegati

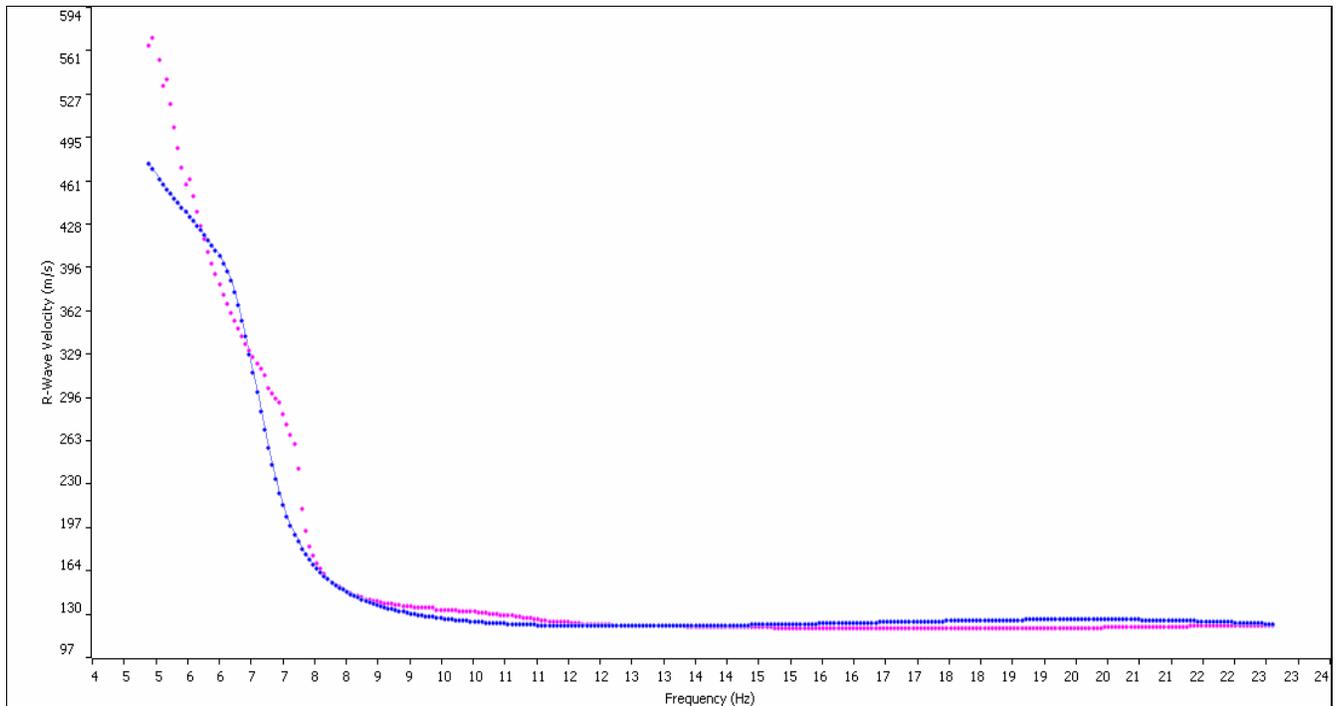
Sismogramma



Spettro F-K



Match Curva di dispersione sperimentale - teorica



Documentazione fotografica





Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali
SERVIZIO SISMICO REGIONALE

DITTA ESECUTRICE: **METHODO** s.r.l.
 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente

DATA ESECUZIONE: 20 Ottobre 2006

UNIONE EUROPEA



Tavola n°:

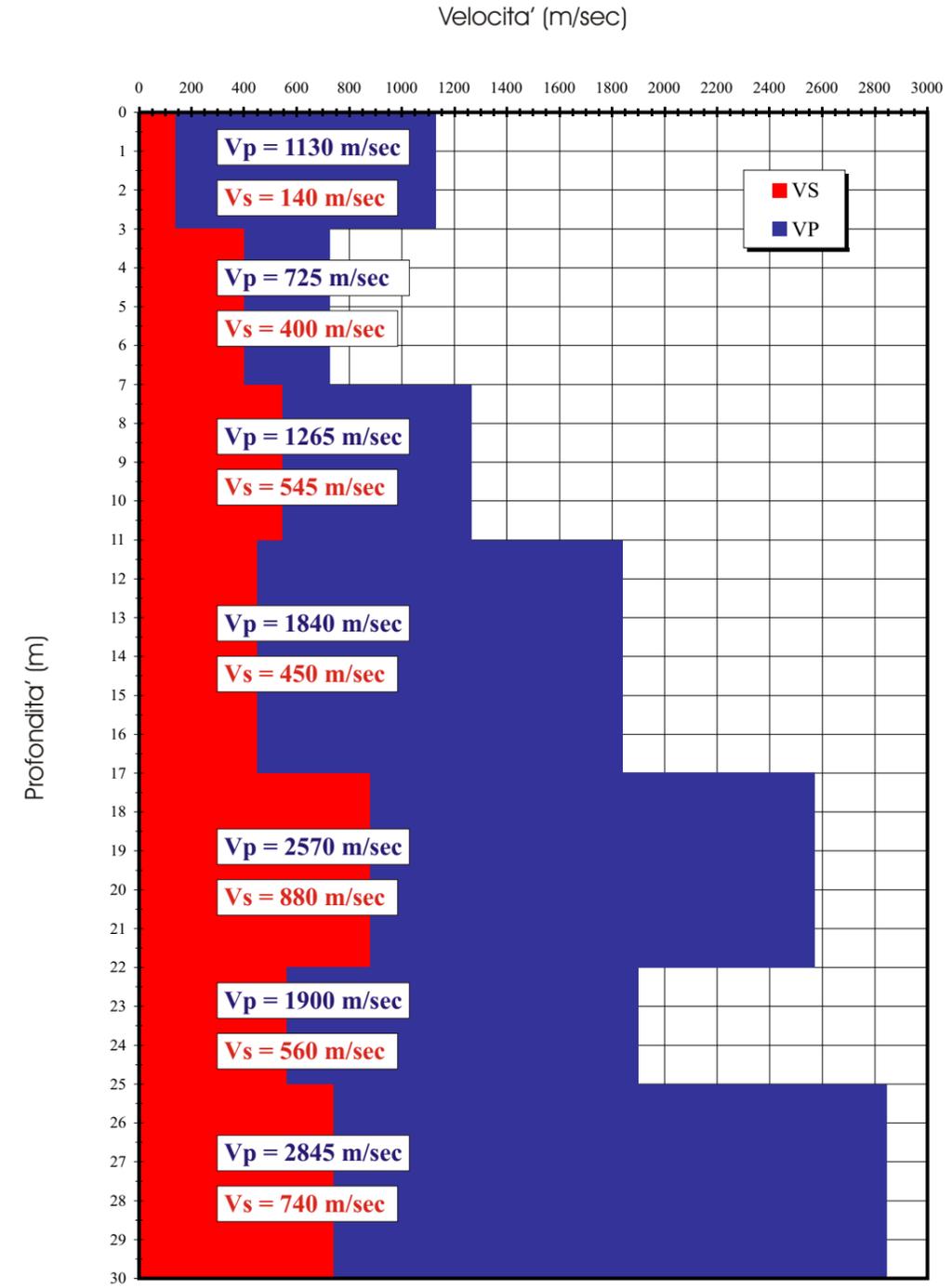
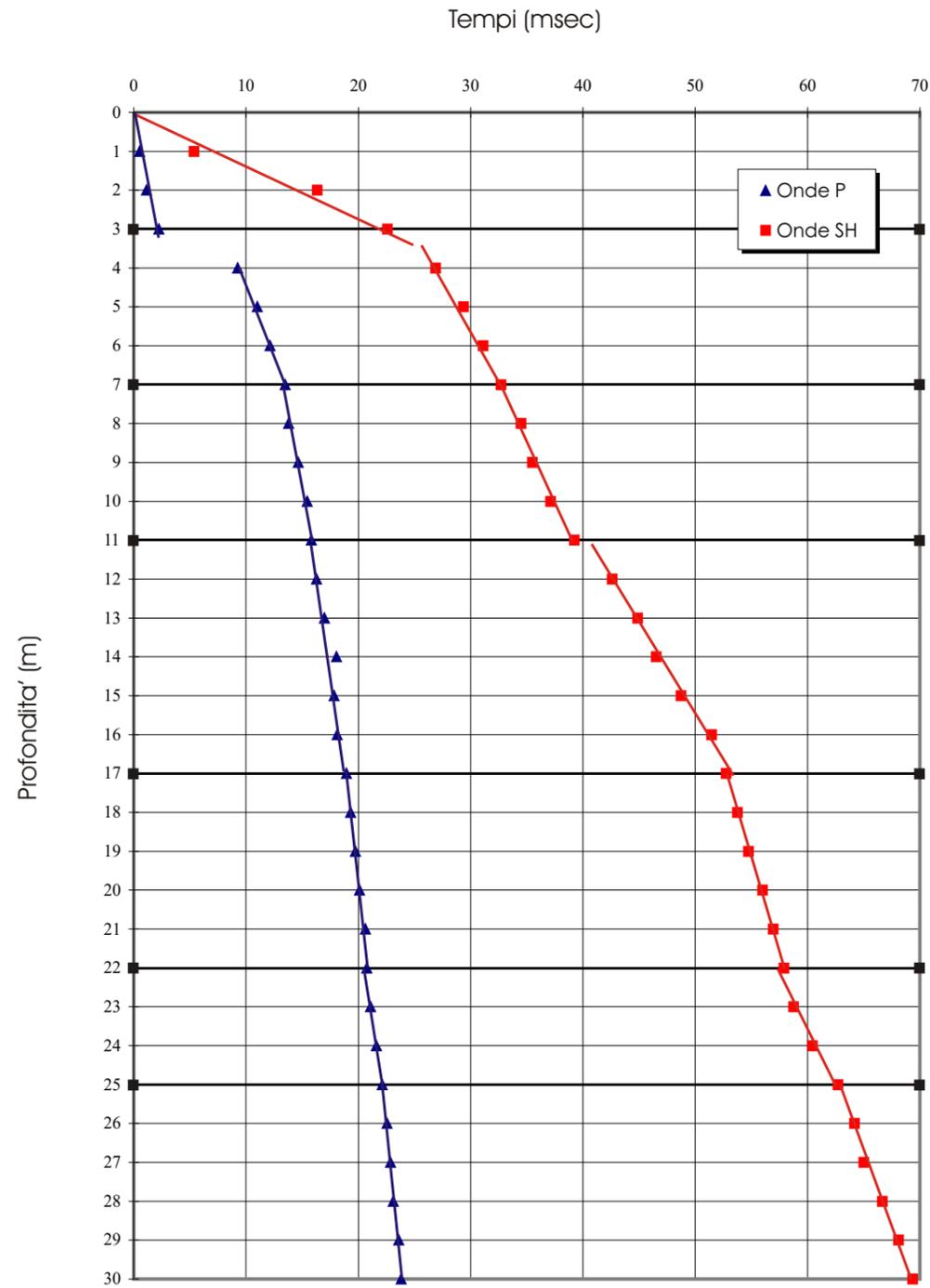
2F

Programma: **DOCUP**

Comune: **Rosignano Marittimo (LI)**

Localita': **Gabbro**

DH1



**INDAGINE DI SISMICA IN FORO
TIPO DOWN HOLE CON ONDE P ED SH**

Proprietà: Soc. SOLVAY Chimica Italiana S.p.a.

Comune di Rosignano Marittimo (LI)

Committente: Soc. SIAD S.p.a.

Cantiere: Impianto CaCl_2 “ex caldaie”

D. L.: Dott. Geol. Massimo Melani

RELAZIONE GENERALE

05/10/2016

PREMESSA

In data 30/09/2016 su incarico della SIAD S.p.a. e con la D.L. del Dott. Geol. Massimo Melani, è stata eseguita una indagine geofisica di sismica in foro mediante il metodo down-hole, all'interno dello stabilimento della SOLVAY Chimica Italiana S.p.a., nel cantiere per l'Impianto CaCl_2 "ex caldaie" (fig. 1).



Area in studio



DOWN HOLE

Ubicazione indagine

Il foro utilizzato, è risultato accessibile fino alla profondità di 31 m. dal piano campagna.

Di seguito vengono esposte le basi teoriche della metodologia adottata, i risultati ottenuti e le seguenti informazioni e documenti:

- sismogrammi integrali in onde P ed SH ricavati dalle singole acquisizioni;
- tabelle dei tempi di arrivo misurati e corretti delle onde P e delle onde SH;
- tavola delle dromocrone relative ai tempi di arrivo corretti
- diagramma delle velocità intervallari onde P e onde SH / profondità.
- diagramma del coefficiente di Poisson calcolato dalle velocità riscontrate
- indicazione della categoria di suolo di fondazione
- tabella riepilogativa dati down-hole

PRINCIPI TEORICI DELLE TECNICHE ADOTTATE

INDAGINE SISMICA IN FORO – DOWN HOLE

Le prove sismiche in foro di tipo down-hole vengono realizzate, in fori di sondaggio appositamente attrezzati con tubo in PVC cementato all'esterno, con l'uso di geofoni da foro di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione.

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione (P) ed orizzontali per onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH) mediante una sorgente meccanica, e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una coppia di geofoni tridimensionali, alloggiati a profondità note nel foro di sondaggio. Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

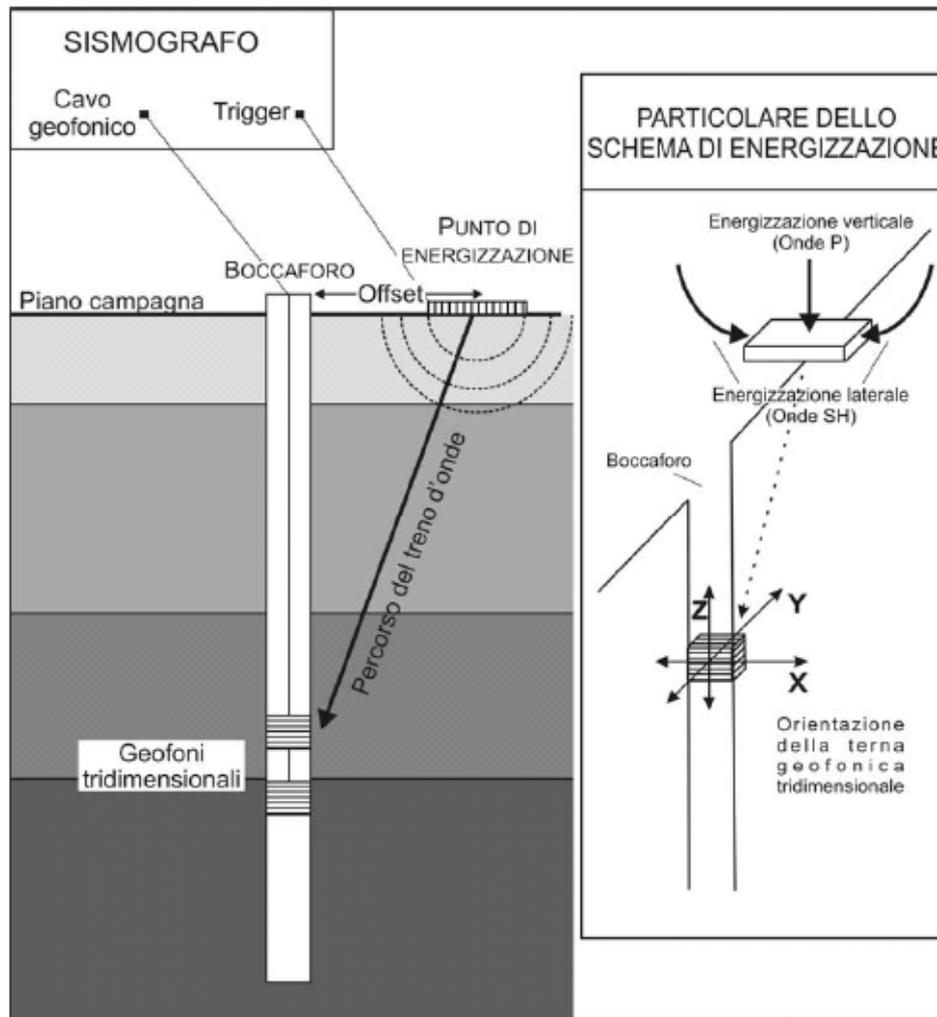
I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) sono in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (o verticali).

Come sorgente per le onde P è stata utilizzata una mazza del peso di 10 Kg usata per colpire una piastra metallica poggiata sul terreno.

Come sorgente per le onde SH è stato utilizzato un parallelepipedo (trave in legno) di forma tale da poter essere colpito lateralmente con una mazza del peso di circa 10 Kg.

Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo che potesse rimanere aderente al terreno sia al momento in cui veniva colpito, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.



Schema semplificato indagine down-hole (Istruzioni Tecniche Regione Toscana)

Il sistema di ricezione si compone di due ricevitori tridimensionali, ciascuno dei quali è costituito da tre trasduttori di velocità orientati secondo le componenti di una terna cartesiana ortogonale e collocati all'interno di un unico contenitore.

I ricevitori tridimensionali sono collegati tra loro e posizionati a distanza di un metro l'uno dall'altro con orientamento parallelo tra i vari sensori.

Il sistema previsto per mantenere costante la distanza e per garantire l'isorientazione dei geofoni è dotato di un giunto centrale in gomma che funge da smorzatore, in modo da evitare qualunque interazione sismica tra i due sensori.

Quattro pistoni pneumatici azionati dalla superficie con aria in pressione a 8 bar garantiscono un ottimo accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento. Per l'orientazione del sistema è stata usata una batteria di aste in p.v.c. calata nel foro insieme al geofono a cui era collegata solidalmente.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, producendo un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei geofoni tridimensionali in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le oscillazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

La strumentazione prevede la funzione "inversione di polarità", poiché nella prova è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra.

La prova down-hole si è sviluppata secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente per onde SH , è stata collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 3,00 m, orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro e gravata con un carico statico addizionale (automezzo). Per la produzione di onde P abbiamo energizzato con massa battente ad impatto verticale mentre per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) è stata percossa lateralmente, generando onde di taglio polarizzate orizzontalmente.

2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema di aste che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie;

3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde SH in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori; Quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.

4. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, innescando il trigger fa partire la registrazione, l'onda generata si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con oscillazioni di tipo P; in seguito (con energizzazione separata e distinta) si generano oscillazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale.

5. E' stata ripetuta la prova ad una profondità inferiore, abbassando di 1 m i ricevitori, e riprodotta la sollecitazione.

Ogni misurazione è stata registrata in forma digitale con il sismografo Ambrogeo ECHO 12/24 con campionamento digitale con dinamica a 16 bit ed intervallo di campionamento di 130 microsecondi per una durata di 200 millisecondi.

Di seguito si riporta lo schema operativo ed i collegamenti attivi con il sismografo per le varie acquisizioni.

Canale n°1: geofono superiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°2: geofono inferiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°3: geofono superiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°4: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°5: geofono superiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°6: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°7: geofono spia

Canale n°8-9-10-11-12: nulli

Risultati

L'indagine Down Hole, è stata condotta a partire dal piano campagna, fino ad una profondità di 31 m. Malgrado il sito sia risultato piuttosto "rumoroso", la prova si è svolta senza particolari problemi, data l'ottima sistemazione del dispositivo di battuta e l'abbondanza di energia utilizzata.

I dati misurati sono di buona qualità, e da questi è stato possibile ricavare le velocità intervallari che caratterizzano i primi metri di sottosuolo, nonché la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri (V_{s30}) a partire dalla quota iniziale di - 1 metro dal piano campagna attuale, risultante uguale a **345 m/s**, a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo C**

Dai valori delle velocità ottenuti sono stati inoltre calcolati i valori del Coefficiente di Poisson attraverso la seguente espressione:

$$\nu = [1/2 (V_p/V_s)^2 - 1] / ((V_p/V_s)^2 - 1)$$

Per il Modulo di Young e il modulo di deformazione a Taglio essendo questi funzione della densità del materiale, per noi non nota, sono state riportate di seguito le formule per poterli calcolare.

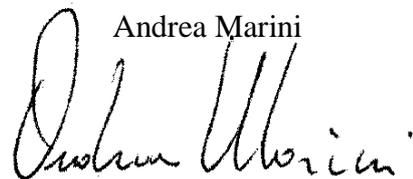
$$\text{Modulo di Taglio } (\text{kg/cm}^2) G = \gamma V_s^2$$

$$\text{Modulo di Young } (\text{kg/cm}^2) E = 2 \gamma V_s^2 (1 + \nu)$$

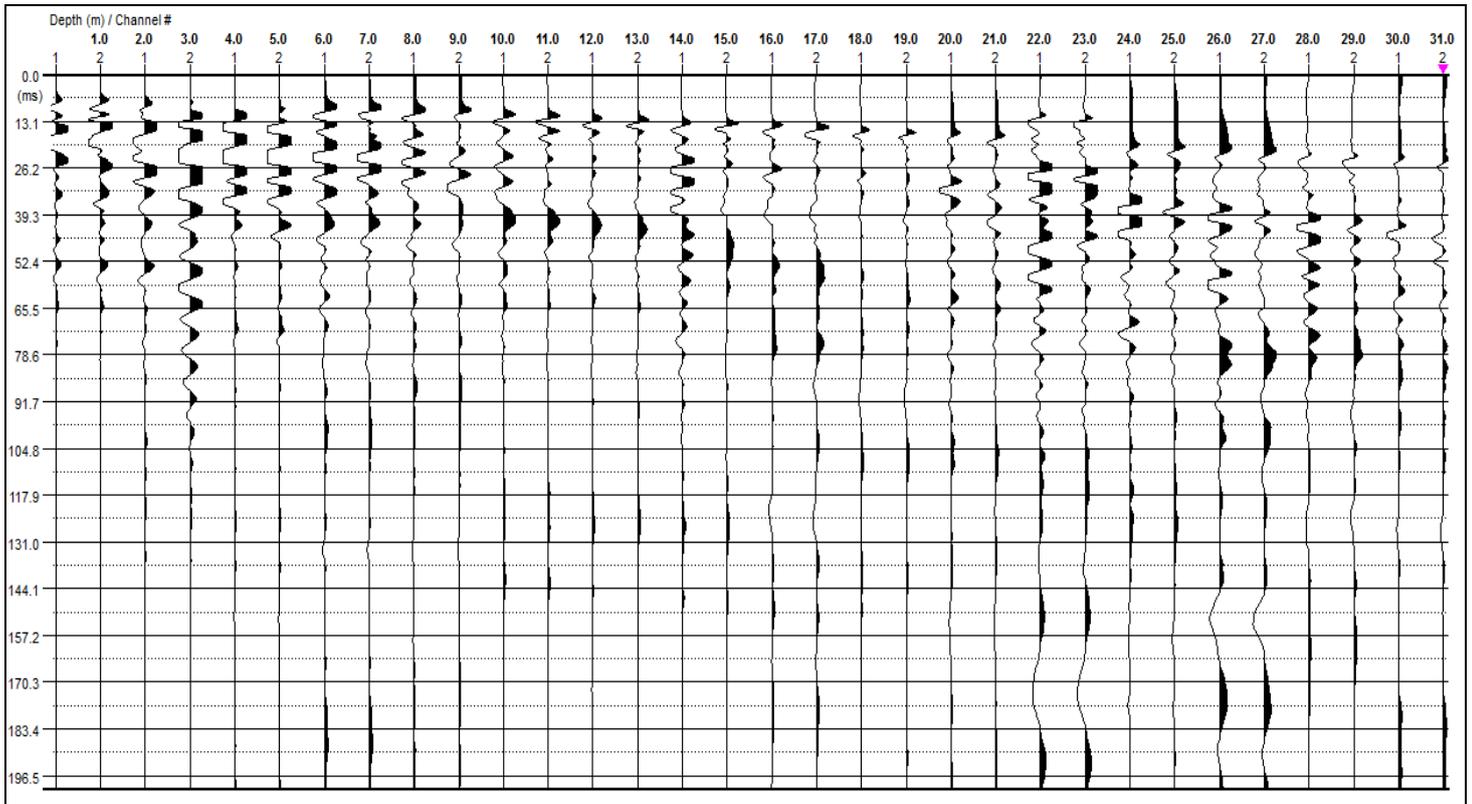
dove: γ : densità del materiale (kg/dm^3), V_p : velocità onde compressionali (m/sec), V_s : velocità onde di taglio (m/sec)

GeoEcho s.n.c.

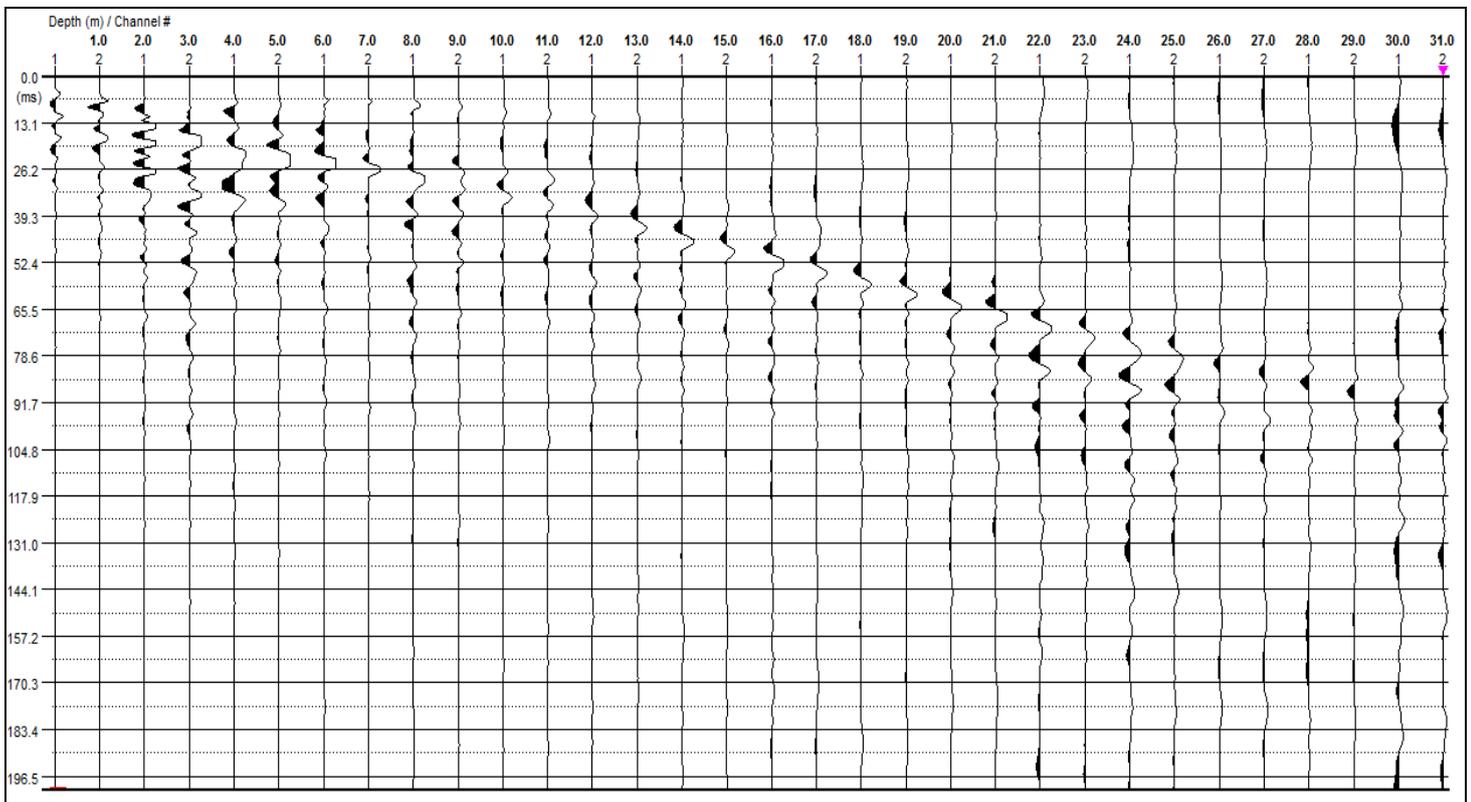
Andrea Marini



Sismogramma onde P

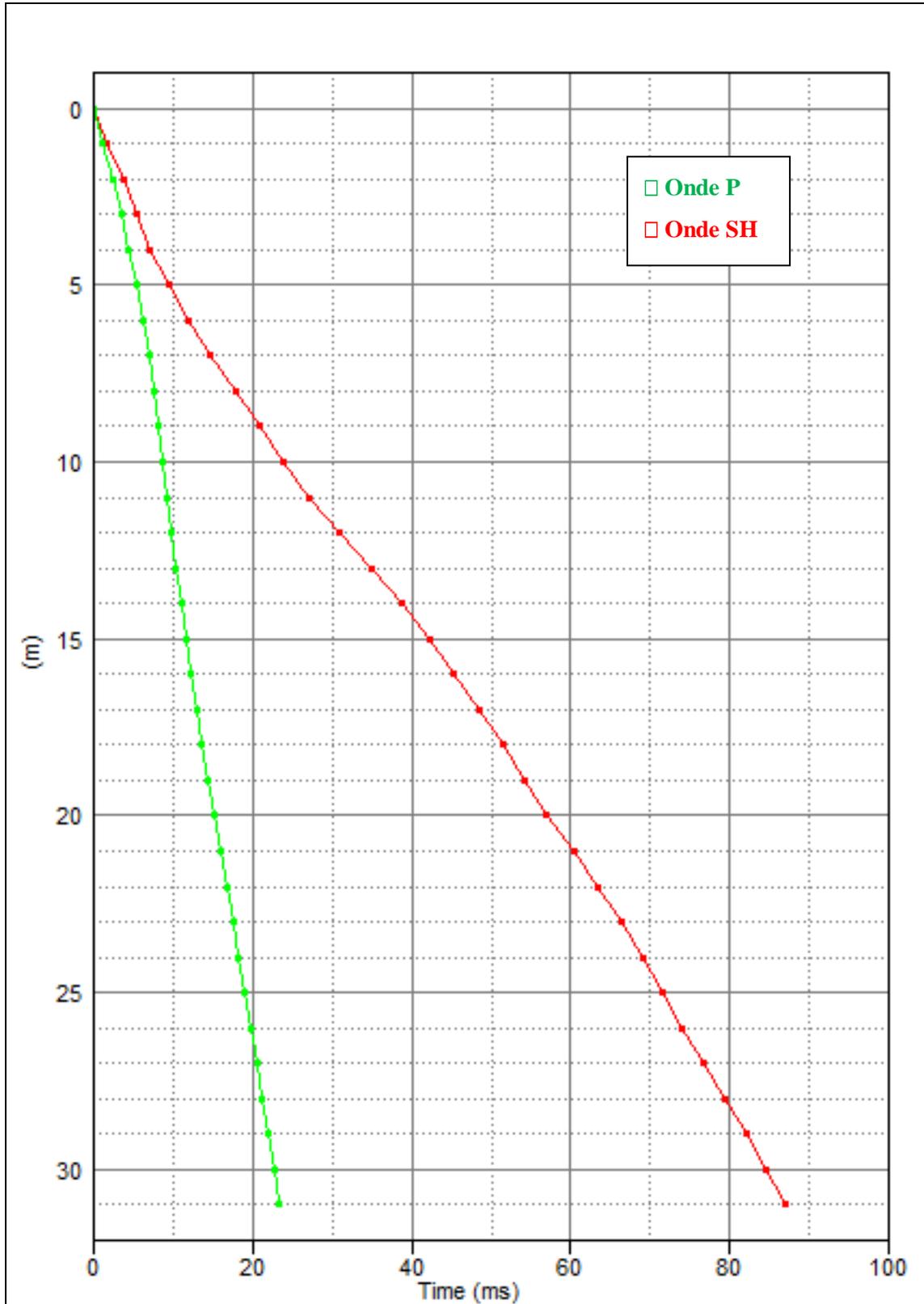


Sismogramma onde SH

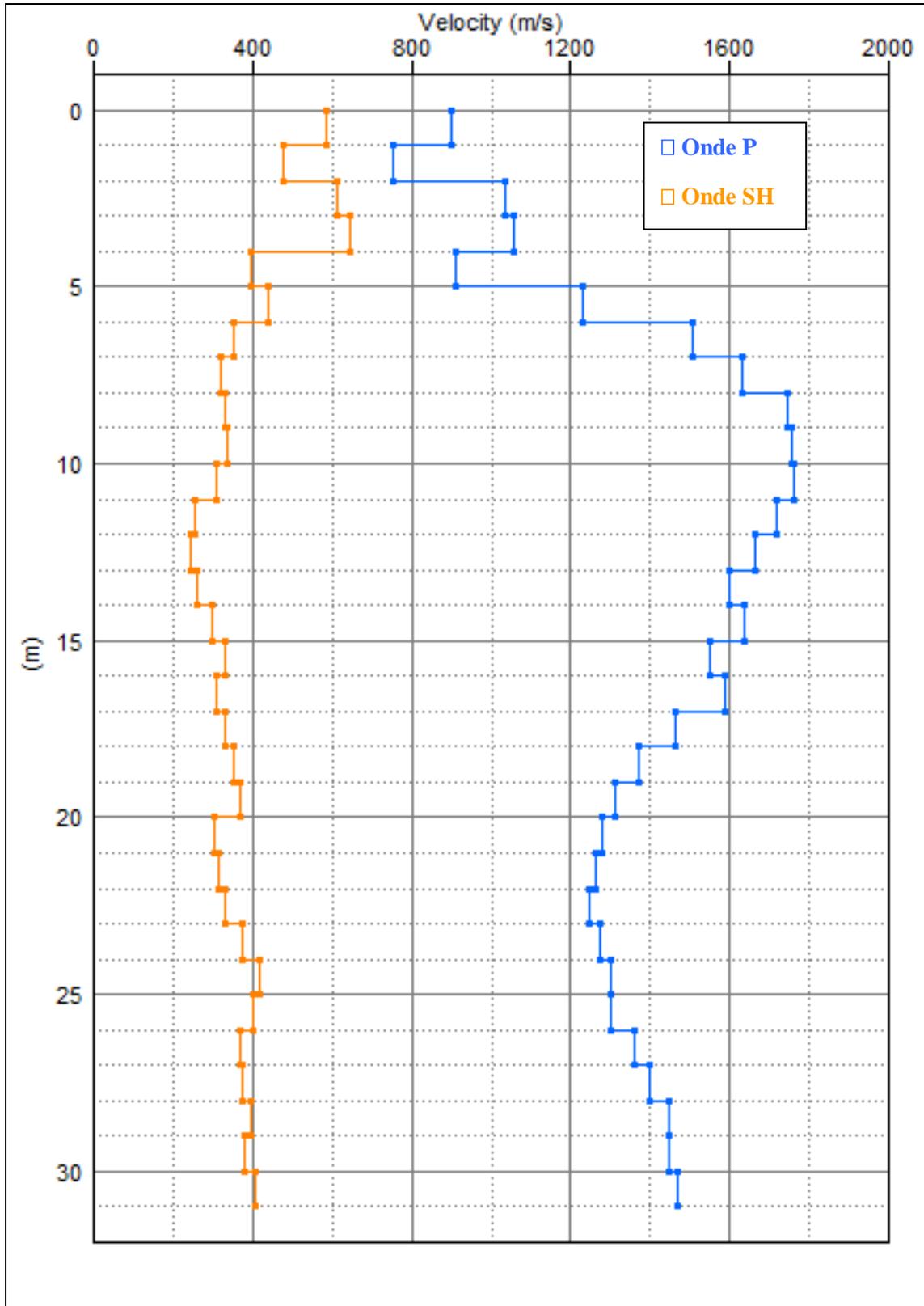


| Tabella Tempi di arrivo | | | | | |
|--------------------------------|--|-----------------|--------------------|-----------------|--|
| Ubicazione: | Stabilimento Solvay nel Comune di Rosignano Marittimo (LI) | | | | |
| DOWN-HOLE | indagine eseguita nel foro del sondaggio | | | | |
| | Dist. Shot-foro m: | 3,00 | Dist. Shot-foro m: | 3,00 | |
| | | ONDE SH | | ONDE P | |
| m dal p.c. | Tempi obliqui | Tempi verticali | Tempi obliqui | Tempi verticali | |
| | (ms) | (ms.) | (ms) | (ms) | |
| 0 | 3.33 | 0.00 | 2.88 | 0.00 | |
| 1 | 5.43 | 1.72 | 3.52 | 1.11 | |
| 2 | 6.89 | 3.82 | 4.40 | 2.44 | |
| 3 | 7.72 | 5.46 | 4.81 | 3.40 | |
| 4 | 8.77 | 7.01 | 5.44 | 4.35 | |
| 5 | 11.12 | 9.54 | 6.35 | 5.45 | |
| 6 | 13.23 | 11.83 | 7.00 | 6.26 | |
| 7 | 15.97 | 14.68 | 7.53 | 6.92 | |
| 8 | 19.00 | 17.79 | 8.05 | 7.54 | |
| 9 | 21.94 | 20.82 | 8.55 | 8.11 | |
| 10 | 24.82 | 23.78 | 9.06 | 8.68 | |
| 11 | 27.99 | 27.00 | 9.59 | 9.25 | |
| 12 | 31.84 | 30.89 | 10.13 | 9.83 | |
| 13 | 35.95 | 35.03 | 10.70 | 10.43 | |
| 14 | 39.72 | 38.83 | 11.31 | 11.05 | |
| 15 | 43.03 | 42.19 | 11.90 | 11.66 | |
| 16 | 46.00 | 45.21 | 12.52 | 12.31 | |
| 17 | 49.21 | 48.46 | 13.14 | 12.94 | |
| 18 | 52.18 | 51.47 | 13.81 | 13.62 | |
| 19 | 54.99 | 54.31 | 14.53 | 14.35 | |
| 20 | 57.68 | 57.05 | 15.28 | 15.11 | |
| 21 | 60.93 | 60.31 | 16.06 | 15.90 | |
| 22 | 64.07 | 63.48 | 16.84 | 16.69 | |
| 23 | 67.06 | 66.50 | 17.64 | 17.49 | |
| 24 | 69.69 | 69.15 | 18.42 | 18.28 | |
| 25 | 72.07 | 71.56 | 19.18 | 19.04 | |
| 26 | 74.55 | 74.06 | 19.95 | 19.81 | |
| 27 | 77.26 | 76.78 | 20.68 | 20.55 | |
| 28 | 79.91 | 79.46 | 21.39 | 21.26 | |
| 29 | 82.42 | 81.98 | 22.07 | 21.96 | |
| 30 | 85.04 | 84.62 | 22.76 | 22.65 | |
| 31 | 87.48 | 87.07 | 23.44 | 23.33 | |

Dromocrone



Velocità intervallari



Coefficiente di Poisson

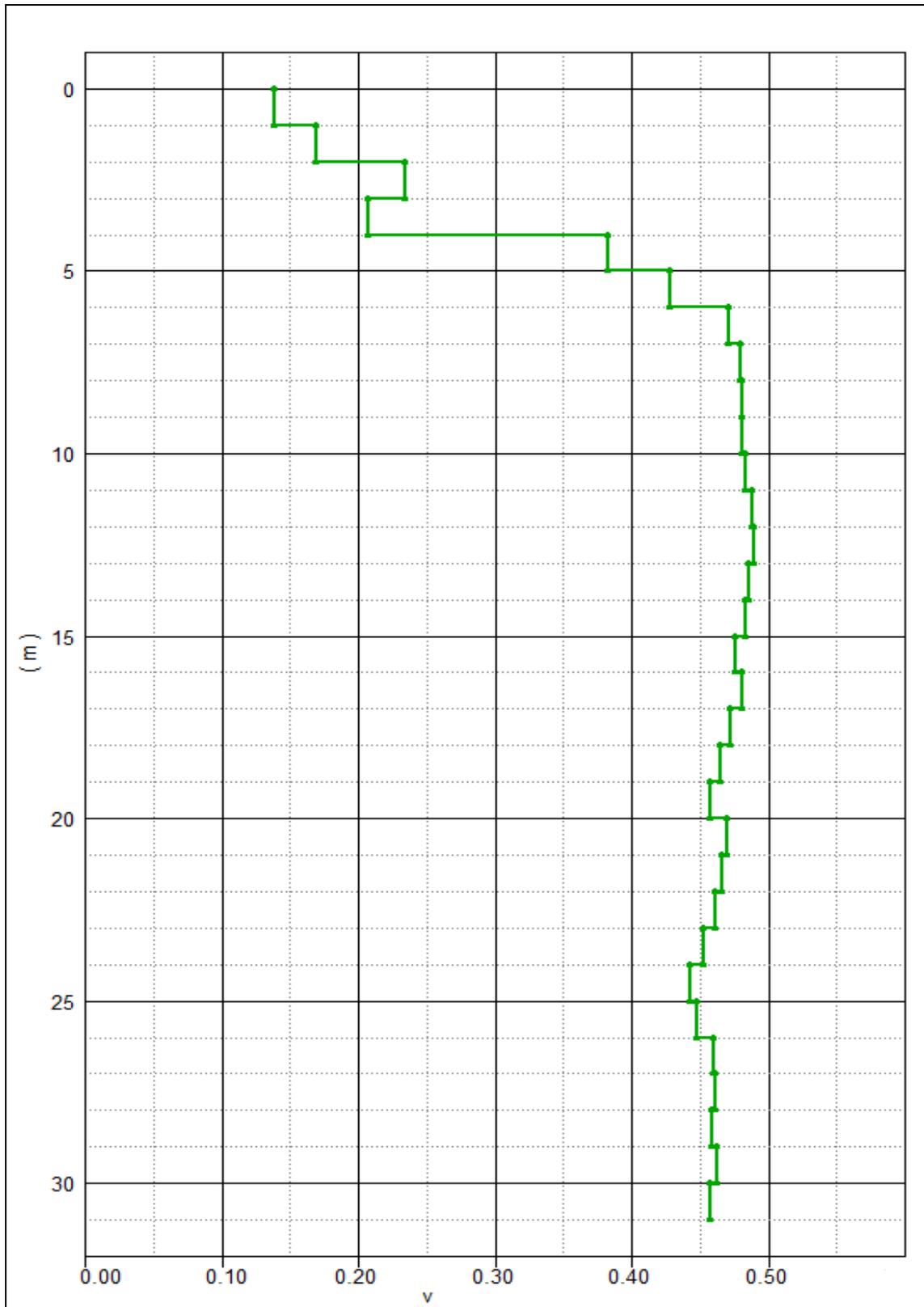


Tabella riassuntiva

| Depth | Ts Pick | Ts Vertical | Vs Interval | Vs Average | Tp Pick | Tp Vertical | Vp Interval | Vp Average | Poisson's Ratio |
|-------|---------|-------------|-------------|------------|---------|-------------|-------------|------------|-----------------|
| 0 | 3.33 | 0.00 | --- | --- | 2.88 | 0.00 | --- | --- | --- |
| 1 | 5.43 | 1.72 | 583 | 583 | 3.52 | 1.11 | 900 | 900 | 0.14 |
| 2 | 6.89 | 3.82 | 475 | 524 | 4.40 | 2.44 | 753 | 820 | 0.17 |
| 3 | 7.72 | 5.46 | 611 | 550 | 4.81 | 3.40 | 1038 | 881 | 0.23 |
| 4 | 8.77 | 7.01 | 643 | 570 | 5.44 | 4.35 | 1058 | 920 | 0.21 |
| 5 | 11.12 | 9.54 | 396 | 524 | 6.35 | 5.45 | 910 | 918 | 0.38 |
| 6 | 13.23 | 11.83 | 437 | 507 | 7.00 | 6.26 | 1232 | 959 | 0.43 |
| 7 | 15.97 | 14.68 | 351 | 477 | 7.53 | 6.92 | 1507 | 1011 | 0.47 |
| 8 | 19.00 | 17.79 | 322 | 450 | 8.05 | 7.54 | 1630 | 1062 | 0.48 |
| 9 | 21.94 | 20.82 | 330 | 432 | 8.55 | 8.11 | 1746 | 1110 | 0.48 |
| 10 | 24.82 | 23.78 | 338 | 421 | 9.06 | 8.68 | 1756 | 1152 | 0.48 |
| 11 | 27.99 | 27.00 | 310 | 407 | 9.59 | 9.25 | 1759 | 1190 | 0.48 |
| 12 | 31.84 | 30.89 | 257 | 388 | 10.13 | 9.83 | 1720 | 1221 | 0.49 |
| 13 | 35.95 | 35.03 | 242 | 371 | 10.70 | 10.43 | 1666 | 1247 | 0.49 |
| 14 | 39.72 | 38.83 | 263 | 361 | 11.31 | 11.05 | 1600 | 1267 | 0.49 |
| 15 | 43.03 | 42.19 | 298 | 356 | 11.90 | 11.66 | 1640 | 1286 | 0.48 |
| 16 | 46.00 | 45.21 | 332 | 354 | 12.52 | 12.31 | 1549 | 1300 | 0.48 |
| 17 | 49.21 | 48.46 | 307 | 351 | 13.14 | 12.94 | 1588 | 1314 | 0.48 |
| 18 | 52.18 | 51.47 | 333 | 350 | 13.81 | 13.62 | 1464 | 1321 | 0.47 |
| 19 | 54.99 | 54.31 | 351 | 350 | 14.53 | 14.35 | 1370 | 1324 | 0.47 |
| 20 | 57.68 | 57.05 | 366 | 351 | 15.28 | 15.11 | 1313 | 1323 | 0.46 |
| 21 | 60.93 | 60.31 | 306 | 348 | 16.06 | 15.90 | 1278 | 1321 | 0.47 |
| 22 | 64.07 | 63.48 | 316 | 347 | 16.84 | 16.69 | 1261 | 1318 | 0.47 |
| 23 | 67.06 | 66.50 | 332 | 346 | 17.64 | 17.49 | 1245 | 1315 | 0.46 |
| 24 | 69.69 | 69.15 | 377 | 347 | 18.42 | 18.28 | 1276 | 1313 | 0.45 |
| 25 | 72.07 | 71.56 | 416 | 349 | 19.18 | 19.04 | 1303 | 1313 | 0.44 |
| 26 | 74.55 | 74.06 | 400 | 351 | 19.95 | 19.81 | 1300 | 1312 | 0.45 |
| 27 | 77.26 | 76.78 | 367 | 352 | 20.68 | 20.55 | 1359 | 1314 | 0.46 |
| 28 | 79.91 | 79.46 | 374 | 352 | 21.39 | 21.26 | 1399 | 1317 | 0.46 |
| 29 | 82.42 | 81.98 | 396 | 354 | 22.07 | 21.96 | 1446 | 1321 | 0.46 |
| 30 | 85.04 | 84.62 | 379 | 355 | 22.76 | 22.65 | 1445 | 1325 | 0.46 |
| 31 | 87.48 | 87.07 | 408 | 356 | 23.44 | 23.33 | 1469 | 1329 | 0.46 |

CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

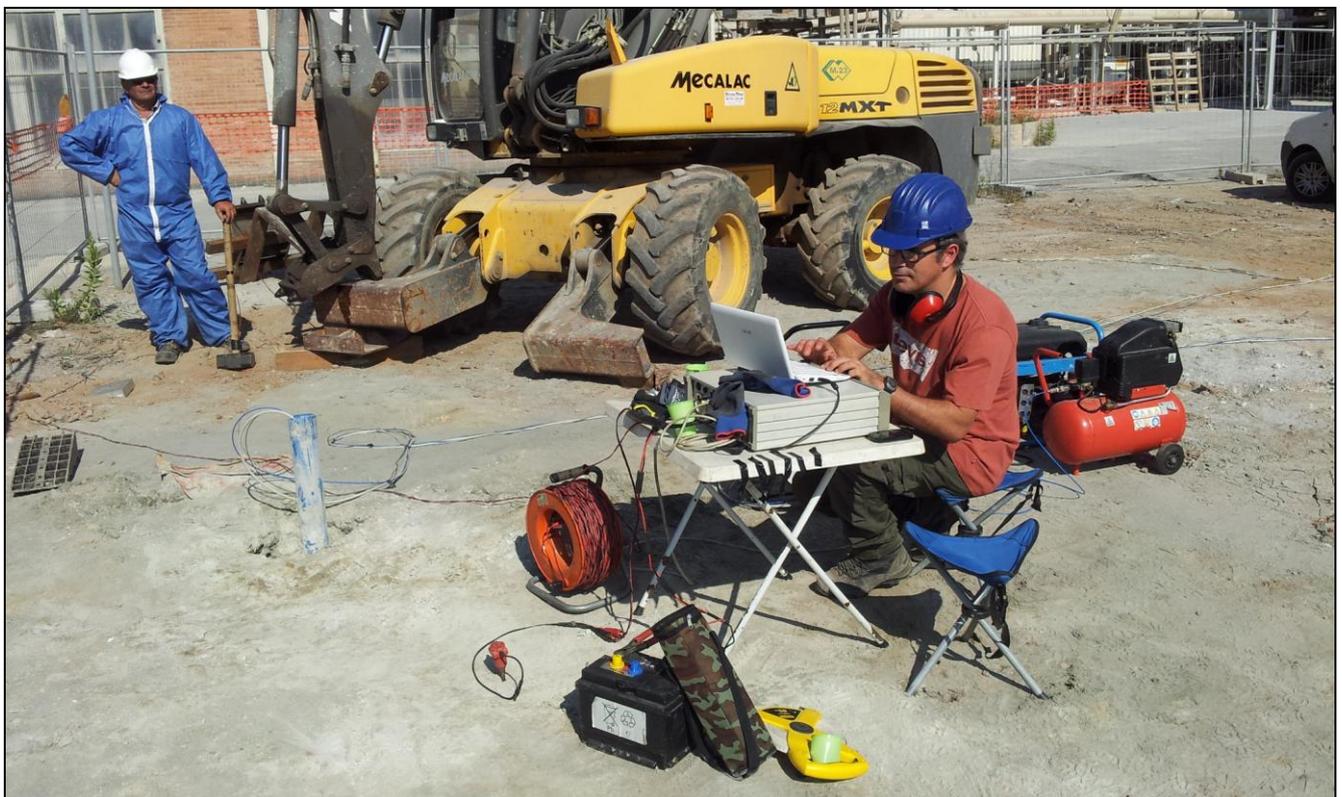
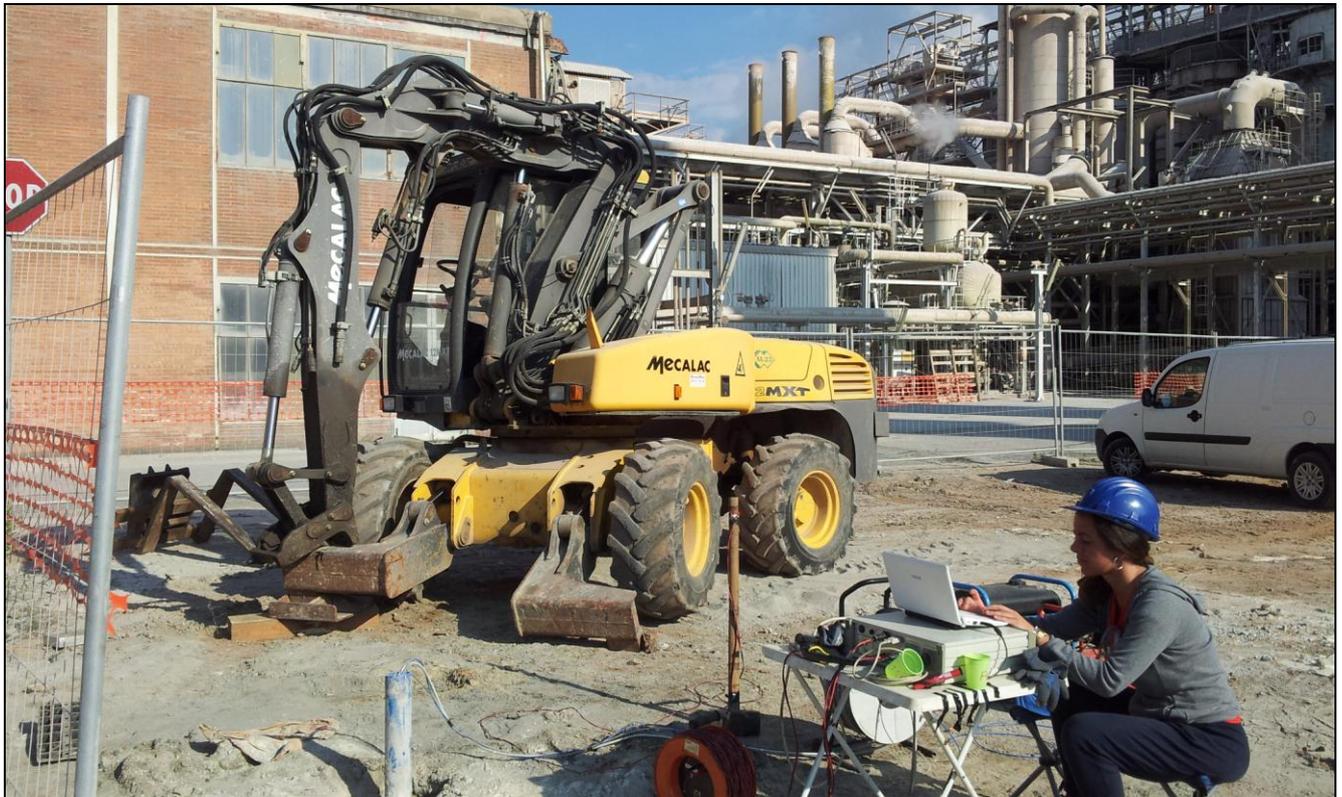
dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, si ottiene il seguente valore (quota iniziale = - 1 metro dal piano campagna attuale): **Vs30 = 345 m/s** a cui corrisponde, la categoria di **suolo di fondazione di tipo C**.

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | Vs 30 (m/s) |
|----------|--|-------------|
| A | 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 di 3 m. | > 800 |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



**INDAGINE DI SISMICA IN FORO
TIPO DOWN HOLE CON ONDE P ED SH**

Oggetto: realizzazione di tettoia

Committente: Solvay S.p.a.

D. L.: Dott. Geol. Massimo Melani

Ubicazione: Stabilimento Solvay

Comune di Rosignano Marittimo (LI)

RELAZIONE GENERALE

29/03/2016

PREMESSA

In data 24/03/2016 su incarico della Solvay S.p.a. e con la D.L. del Dott. Geol. Massimo Melani, è stata eseguita una indagine geofisica di sismica in foro mediante il metodo down-hole, all'interno dello stabilimento della Solvay S.p.a., in un'area adibita a deposito di materie residuali dove è in progetto la realizzazione di una tettoia (fig. 1).



Ubicazione indagine

Il foro utilizzato, è risultato accessibile fino alla profondità di 32 m. dal piano campagna.

Di seguito vengono esposte le basi teoriche della metodologia adottata, i risultati ottenuti e le seguenti informazioni e documenti:

- sismogrammi integrali in onde P ed SH ricavati dalle singole acquisizioni;
- tabelle dei tempi di arrivo misurati e corretti delle onde P e delle onde SH;
- tavola delle dromocrone relative ai tempi di arrivo corretti
- diagramma delle velocità intervallari onde P e onde SH / profondità.
- diagramma del coefficiente di Poisson calcolato dalle velocità riscontrate
- indicazione della categoria di suolo di fondazione
- tabella riepilogativa dati down-hole

PRINCIPI TEORICI DELLE TECNICHE ADOTTATE

INDAGINE SISMICA IN FORO – DOWN HOLE

Le prove sismiche in foro di tipo down-hole vengono realizzate, in fori di sondaggio appositamente attrezzati con tubo in PVC cementato all'esterno, con l'uso di geofoni da foro di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione.

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione (P) ed orizzontali per onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH) mediante una sorgente meccanica, e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una coppia di geofoni tridimensionali, alloggiati a profondità note nel foro di sondaggio. Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

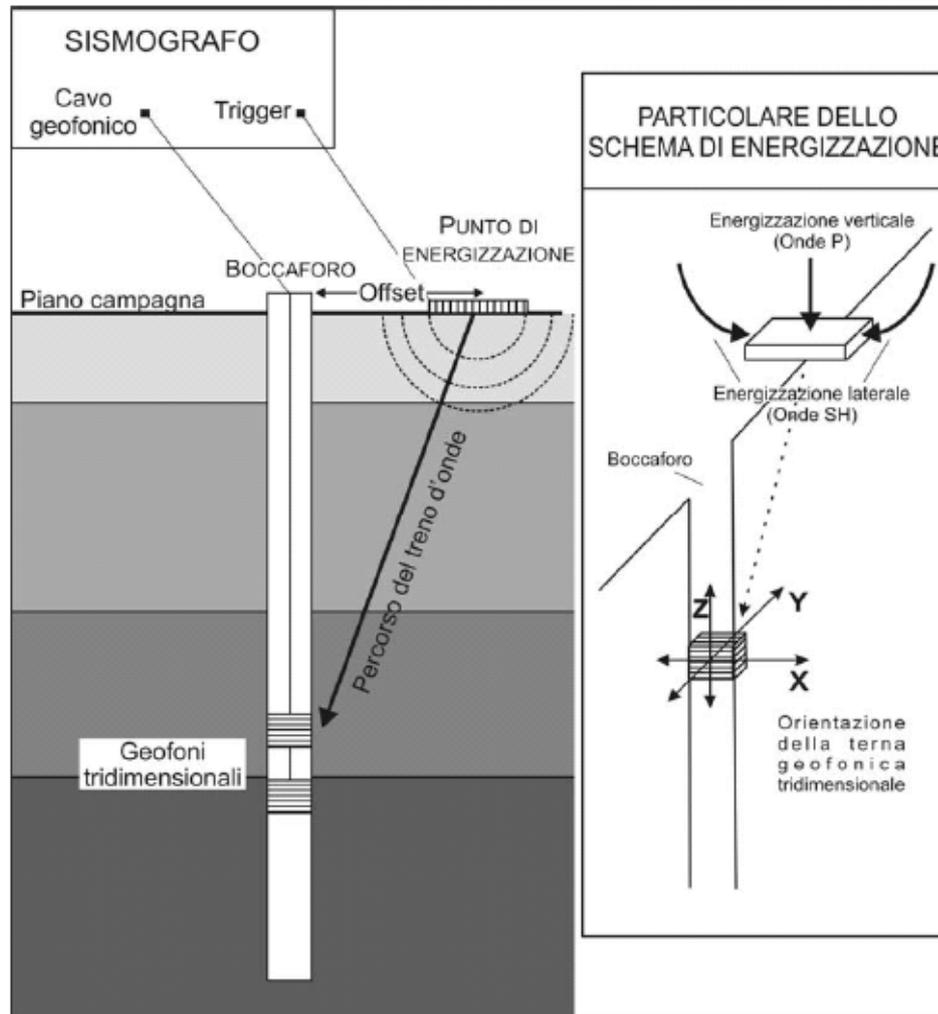
I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) sono in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (o verticali).

Come sorgente per le onde P è stata utilizzata una mazza del peso di 10 Kg usata per colpire una piastra metallica poggiata sul terreno.

Come sorgente per le onde SH è stato utilizzato un parallelepipedo (trave in legno) di forma tale da poter essere colpito lateralmente con una mazza del peso di circa 10 Kg.

Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo che potesse rimanere aderente al terreno sia al momento in cui veniva colpito, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.



Schema semplificato indagine down-hole (Istruzioni Tecniche Regione Toscana)

Il sistema di ricezione si compone di due ricevitori tridimensionali, ciascuno dei quali è costituito da tre trasduttori di velocità orientati secondo le componenti di una terna cartesiana ortogonale e collocati all'interno di un unico contenitore.

I ricevitori tridimensionali sono collegati tra loro e posizionati a distanza di un metro l'uno dall'altro con orientamento parallelo tra i vari sensori.

Il sistema previsto per mantenere costante la distanza e per garantire l'isorientazione dei geofoni è dotato di un giunto centrale in gomma che funge da smorzatore, in modo da evitare qualunque interazione sismica tra i due sensori.

Quattro pistoni pneumatici azionati dalla superficie con aria in pressione a 8 bar garantiscono un ottimo accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento. Per l'orientazione del sistema è stata usata una batteria di aste in p.v.c. calata nel foro insieme al geofono a cui era collegata solidalmente.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, producendo un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei geofoni tridimensionali in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le oscillazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

La strumentazione prevede la funzione "inversione di polarità", poiché nella prova è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra.

La prova down-hole si è sviluppa secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente per onde SH , è stata collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 4,00 m, orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro e gravata con un carico statico addizionale (automezzo). Per la produzione di onde P abbiamo energizzato con massa battente ad impatto verticale mentre per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) è stata percossa lateralmente, generando onde di taglio polarizzate orizzontalmente.

2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema di aste che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie;

3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde SH in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori; Quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.

4. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, innescando il trigger fa partire la registrazione, l'onda generata si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con oscillazioni di tipo P; in seguito (con energizzazione separata e distinta) si generano oscillazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale.

5. E' stata ripetuta la prova ad una profondità inferiore, abbassando di 1 m i ricevitori, e riprodotta la sollecitazione.

Ogni misurazione è stata registrata in forma digitale con il sismografo Ambrogeo ECHO 12/24 con campionamento digitale con dinamica a 16 bit ed intervallo di campionamento di 130 microsecondi per una durata di 400 millisecondi.

Di seguito si riporta lo schema operativo ed i collegamenti attivi con il sismografo per le varie acquisizioni.

Canale n°1: geofono superiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°2: geofono inferiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°3: geofono superiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°4: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°5: geofono superiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°6: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°7: geofono spia

Canale n°8-9-10-11-12: nulli

Risultati

L'indagine Down Hole, è stata condotta a partire dal piano campagna, fino ad una profondità di 32 m. La prova si è svolta senza particolari problemi, data la bassa rumorosità di fondo e l'abbondanza di energia utilizzata.

I dati misurati sono di buona qualità, e da questi è stato possibile ricavare le velocità intervallari che caratterizzano i primi metri di sottosuolo, nonché la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri (Vs30) a partire dalla quota iniziale di - 1 metro dal piano campagna attuale, risultante uguale a **340 m/s**, a cui corrisponde la **categoria di suolo di fondazione di tipo C**

Dai valori delle velocità ottenuti sono stati inoltre calcolati i valori del Coefficiente di Poisson attraverso la seguente espressione:

$$\nu = [1/2 (V_p/V_s)^2 - 1] / ((V_p/V_s)^2 - 1)$$

Per il Modulo di Young e il modulo di deformazione a Taglio essendo questi funzione della densità del materiale, per noi non nota, sono state riportate di seguito le formule per poterli calcolare.

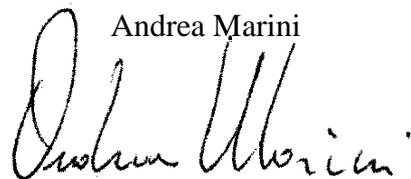
$$\text{Modulo di Taglio } (\text{kg/cm}^2) G = \gamma V^2_s$$

$$\text{Modulo di Young } (\text{kg/cm}^2) E = 2 \gamma V^2_s (1 + \nu)$$

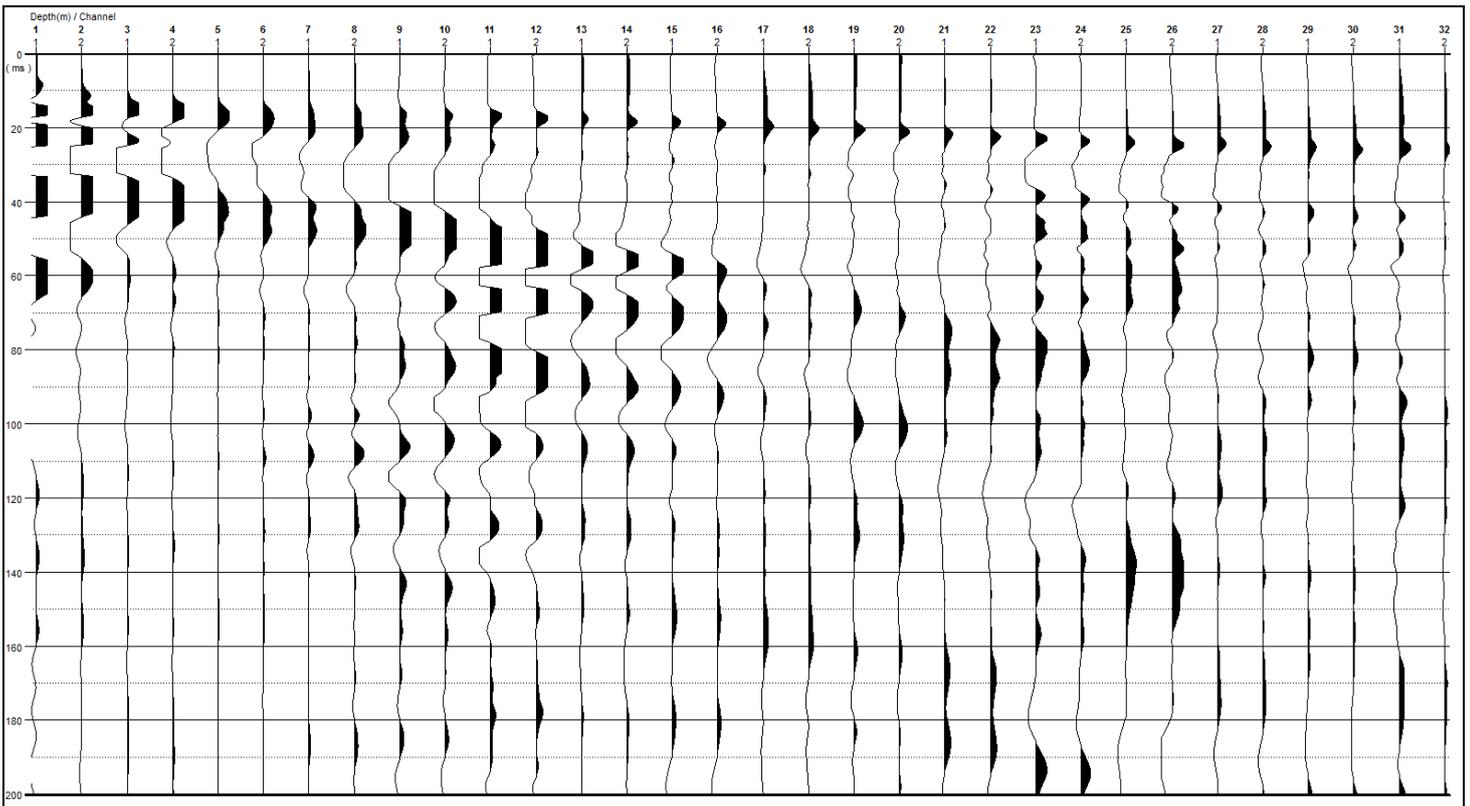
dove: γ : densità del materiale (kg/dm^3), V_p : velocità onde compressionali (m/sec), V_s : velocità onde di taglio (m/sec)

GeoEcho s.n.c.

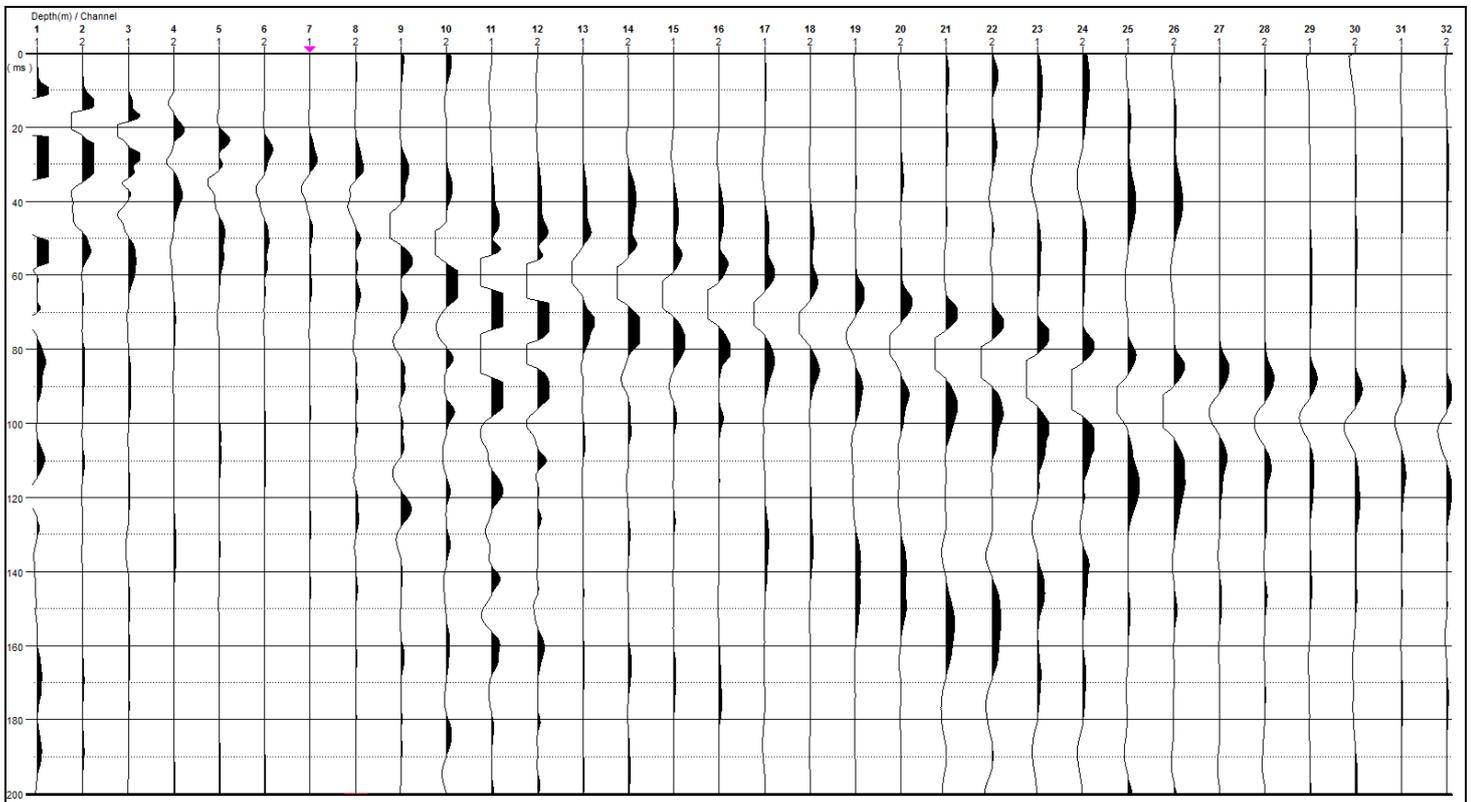
Andrea Marini



Sismogramma onde P

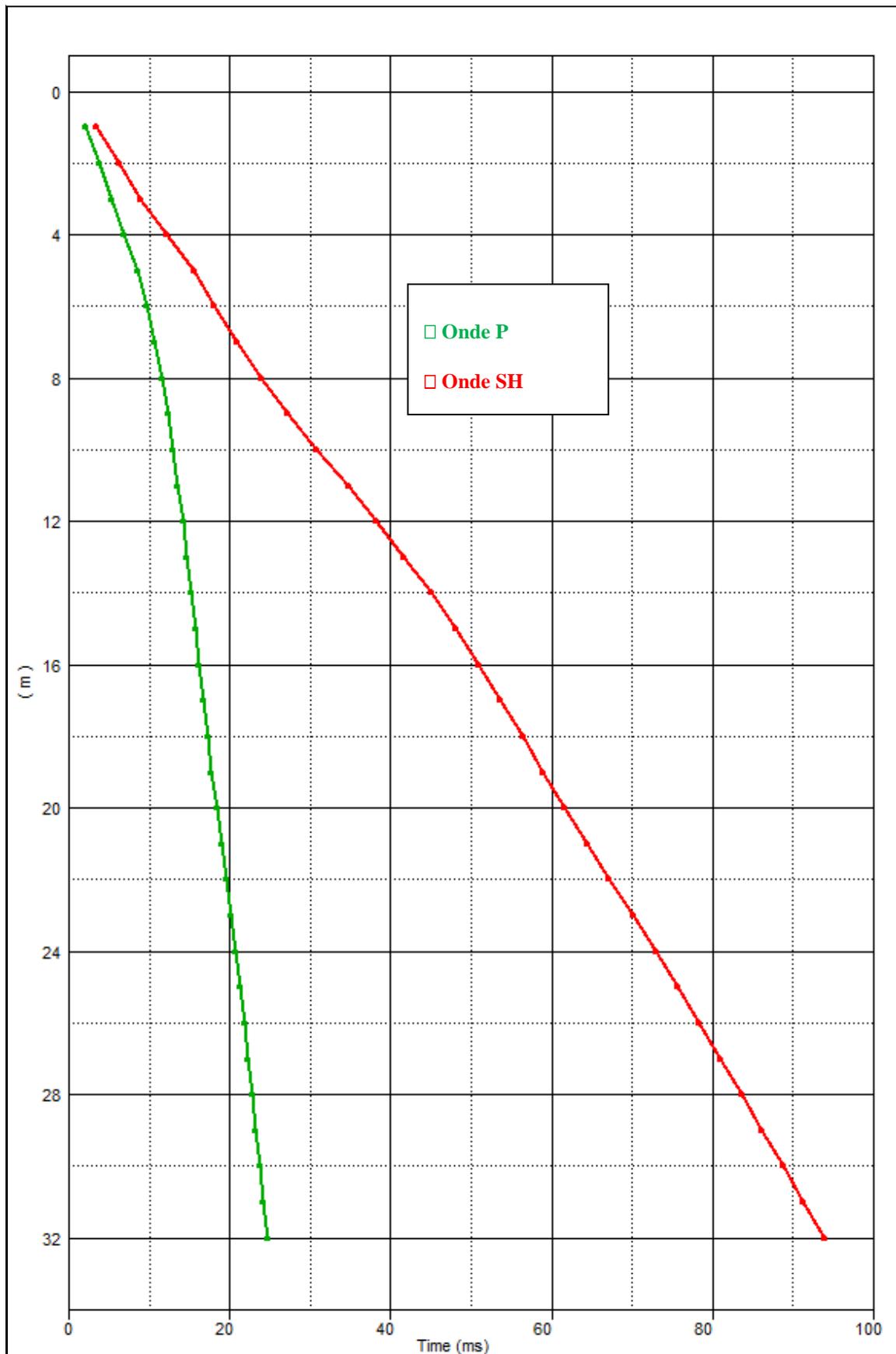


Sismogramma onde SH

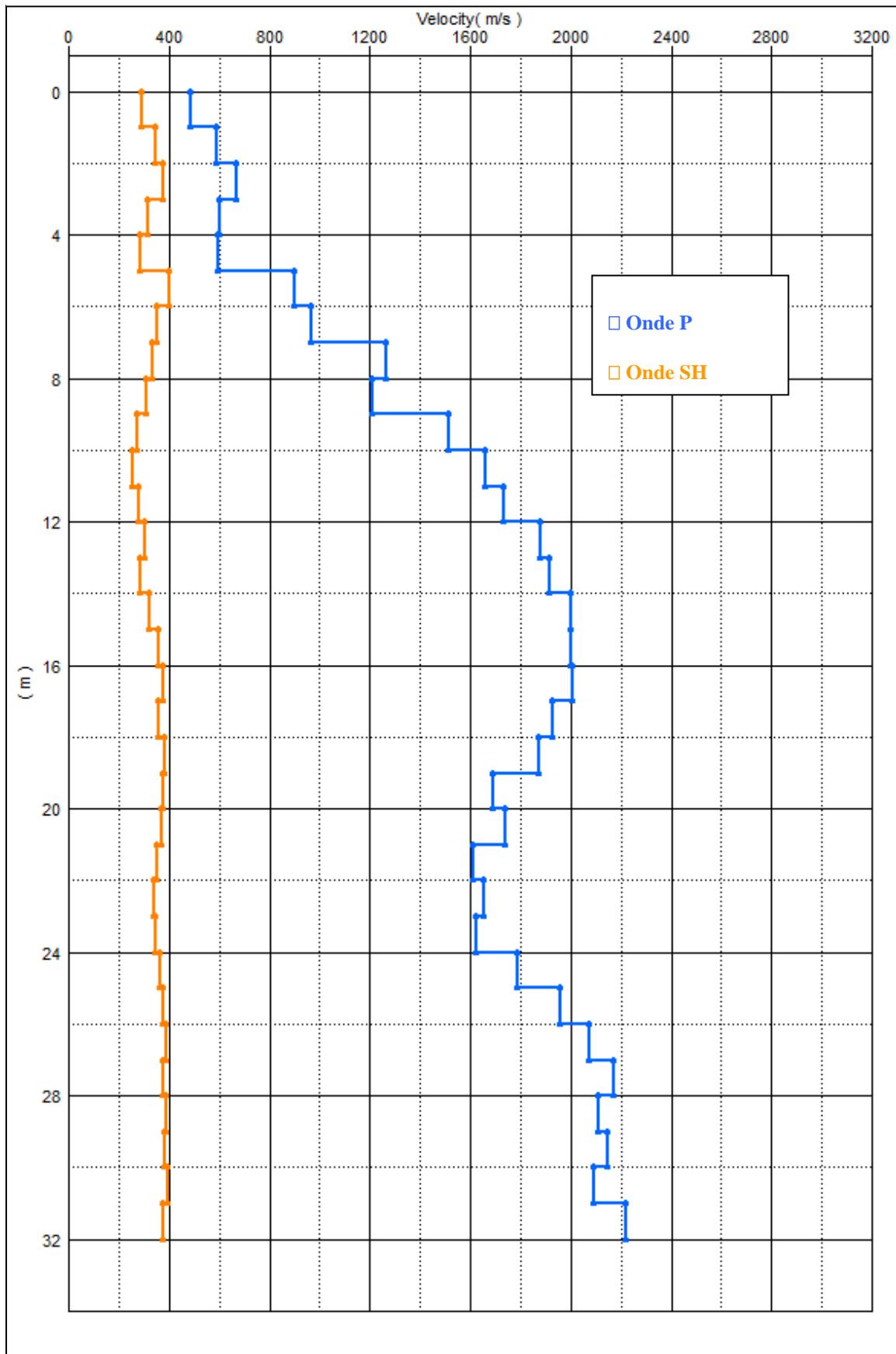


| Tabella Tempi di arrivo | | | | | |
|--------------------------------|--|-----------------|--------------------|-----------------|--|
| Ubicazione: | Stabilimento Solvay nel Comune di Rosignano Marittimo (LI) | | | | |
| DOWN-HOLE | indagine eseguita nel foro del sondaggio | | | | |
| | Dist. Shot-foro m: | 4.00 | Dist. Shot-foro m: | 4.00 | |
| | | ONDE SH | | ONDE P | |
| m dal p.c. | Tempi obliqui | Tempi verticali | Tempi obliqui | Tempi verticali | |
| | (ms) | (ms.) | (ms) | (ms) | |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 1 | 14.1 | 3.4 | 8.5 | 2.1 | |
| 2 | 14.1 | 6.3 | 8.4 | 3.7 | |
| 3 | 14.9 | 9.0 | 8.7 | 5.2 | |
| 4 | 17.1 | 12.1 | 9.8 | 6.9 | |
| 5 | 20.0 | 15.6 | 11.0 | 8.6 | |
| 6 | 21.7 | 18.1 | 11.6 | 9.7 | |
| 7 | 24.1 | 20.9 | 12.3 | 10.7 | |
| 8 | 26.7 | 23.9 | 12.9 | 11.5 | |
| 9 | 29.7 | 27.1 | 13.5 | 12.3 | |
| 10 | 33.2 | 30.8 | 14.0 | 13.0 | |
| 11 | 36.9 | 34.7 | 14.5 | 13.6 | |
| 12 | 40.3 | 38.3 | 14.9 | 14.2 | |
| 13 | 43.5 | 41.6 | 15.4 | 14.7 | |
| 14 | 46.9 | 45.1 | 15.8 | 15.2 | |
| 15 | 49.9 | 48.2 | 16.3 | 15.7 | |
| 16 | 52.6 | 51.0 | 16.7 | 16.2 | |
| 17 | 55.1 | 53.7 | 17.2 | 16.7 | |
| 18 | 57.8 | 56.4 | 17.7 | 17.2 | |
| 19 | 60.3 | 59.0 | 18.2 | 17.8 | |
| 20 | 62.9 | 61.7 | 18.7 | 18.4 | |
| 21 | 65.5 | 64.4 | 19.3 | 18.9 | |
| 22 | 68.3 | 67.2 | 19.9 | 19.6 | |
| 23 | 71.2 | 70.1 | 20.5 | 20.2 | |
| 24 | 74.0 | 73.0 | 21.1 | 20.8 | |
| 25 | 76.7 | 75.7 | 21.6 | 21.3 | |
| 26 | 79.3 | 78.4 | 22.1 | 21.8 | |
| 27 | 81.8 | 81.0 | 22.6 | 22.3 | |
| 28 | 84.5 | 83.6 | 23.0 | 22.8 | |
| 29 | 87.0 | 86.2 | 23.5 | 23.3 | |
| 30 | 89.6 | 88.8 | 23.9 | 23.7 | |
| 31 | 92.1 | 91.3 | 24.4 | 24.2 | |
| 32 | 94.7 | 94.0 | 24.8 | 24.7 | |

Dromocrone



Velocità intervallari



Coefficiente di Poisson

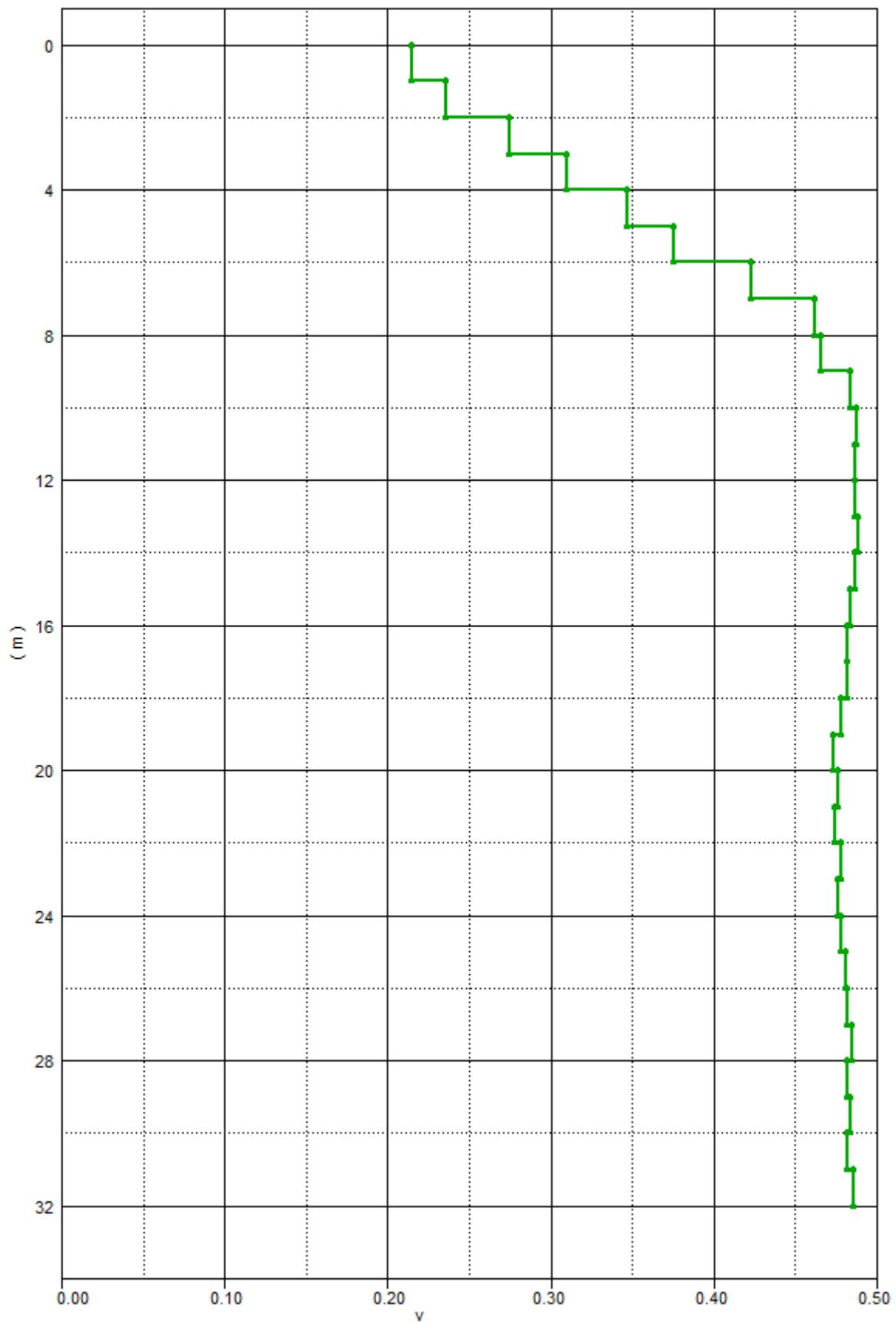


Tabella riassuntiva

| Depth | Ts Pick | Ts Vertical | Vs Interval | Vs Average | Tp Pick | Tp Vertical | Vp Interval | Vp Average | Poisson's Ratio |
|-------|---------|-------------|-------------|------------|---------|-------------|-------------|------------|-----------------|
| 0 | 0.0 | 0.0 | --- | | 0.0 | 0.0 | --- | | --- |
| 1 | 14.1 | 3.4 | 293.2 | 293.2 | 8.5 | 2.1 | 486.7 | 486.7 | 0.215 |
| 2 | 14.1 | 6.3 | 347.5 | 318.1 | 8.4 | 3.7 | 591.2 | 533.9 | 0.236 |
| 3 | 14.9 | 9.0 | 374.2 | 334.8 | 8.7 | 5.2 | 671.4 | 573 | 0.275 |
| 4 | 17.1 | 12.1 | 316.4 | 330 | 9.8 | 6.9 | 602.3 | 580.1 | 0.31 |
| 5 | 20.0 | 15.6 | 288.9 | 320.9 | 11.0 | 8.6 | 597.3 | 583.4 | 0.347 |
| 6 | 21.7 | 18.1 | 400.7 | 331.9 | 11.6 | 9.7 | 898.7 | 619.7 | 0.376 |
| 7 | 24.1 | 20.9 | 354.9 | 335 | 12.3 | 10.7 | 969.4 | 653.3 | 0.423 |
| 8 | 26.7 | 23.9 | 334.2 | 334.9 | 12.9 | 11.5 | 1263 | 695.3 | 0.462 |
| 9 | 29.7 | 27.1 | 309.1 | 331.8 | 13.5 | 12.3 | 1213.6 | 729.9 | 0.465 |
| 10 | 33.2 | 30.8 | 271.4 | 324.6 | 14.0 | 13.0 | 1515 | 769.8 | 0.483 |
| 11 | 36.9 | 34.7 | 256.9 | 317 | 14.5 | 13.6 | 1662.4 | 809.3 | 0.488 |
| 12 | 40.3 | 38.3 | 279.5 | 313.5 | 14.9 | 14.2 | 1736.2 | 847 | 0.487 |
| 13 | 43.5 | 41.6 | 302.2 | 312.6 | 15.4 | 14.7 | 1880.9 | 884.4 | 0.487 |
| 14 | 46.9 | 45.1 | 286.6 | 310.6 | 15.8 | 15.2 | 1916 | 919.8 | 0.489 |
| 15 | 49.9 | 48.2 | 321.1 | 311.3 | 16.3 | 15.7 | 2001.6 | 954.1 | 0.487 |
| 16 | 52.6 | 51.0 | 356 | 313.7 | 16.7 | 16.2 | 2001.2 | 986.4 | 0.484 |
| 17 | 55.1 | 53.7 | 374.8 | 316.8 | 17.2 | 16.7 | 2009.2 | 1016.9 | 0.482 |
| 18 | 57.8 | 56.4 | 361.6 | 319 | 17.7 | 17.2 | 1927.9 | 1044.3 | 0.482 |
| 19 | 60.3 | 59.0 | 386 | 321.9 | 18.2 | 17.8 | 1871.8 | 1069.1 | 0.478 |
| 20 | 62.9 | 61.7 | 379.3 | 324.4 | 18.7 | 18.4 | 1691.3 | 1089.2 | 0.474 |
| 21 | 65.5 | 64.4 | 370 | 326.3 | 19.3 | 18.9 | 1739.9 | 1108.9 | 0.476 |
| 22 | 68.3 | 67.2 | 353.9 | 327.4 | 19.9 | 19.6 | 1613.7 | 1124.9 | 0.475 |
| 23 | 71.2 | 70.1 | 339 | 327.9 | 20.5 | 20.2 | 1655.5 | 1140.8 | 0.478 |
| 24 | 74.0 | 73.0 | 348.2 | 328.7 | 21.1 | 20.8 | 1623.7 | 1155.1 | 0.476 |
| 25 | 76.7 | 75.7 | 365.2 | 330 | 21.6 | 21.3 | 1786.1 | 1171.7 | 0.478 |
| 26 | 79.3 | 78.4 | 378.4 | 331.7 | 22.1 | 21.8 | 1957.8 | 1190.1 | 0.481 |
| 27 | 81.8 | 81.0 | 389.8 | 333.5 | 22.6 | 22.3 | 2074 | 1209.2 | 0.482 |
| 28 | 84.5 | 83.6 | 376.7 | 334.9 | 23.0 | 22.8 | 2171.6 | 1228.6 | 0.484 |
| 29 | 87.0 | 86.2 | 390.7 | 336.6 | 23.5 | 23.3 | 2113.8 | 1246.6 | 0.482 |
| 30 | 89.6 | 88.8 | 382.7 | 337.9 | 23.9 | 23.7 | 2149.1 | 1264.3 | 0.484 |
| 31 | 92.1 | 91.3 | 394.3 | 339.5 | 24.4 | 24.2 | 2091.4 | 1280.6 | 0.482 |
| 32 | 94.7 | 94.0 | 375.9 | 340.5 | 24.8 | 24.7 | 2221.9 | 1297.8 | 0.485 |

CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, si ottiene il seguente valore (quota iniziale = - 1 metro dal piano campagna attuale): **Vs30 = 340 m/s** a cui corrisponde, la categoria di **suolo di fondazione di tipo C**.

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | Vs 30 (m/s) |
|----------|--|-------------|
| A | 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 di 3 m. | > 800 |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | |

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA





Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali
SERVIZIO SISMICO REGIONALE

DITTA ESECUTRICE: **METHODO** s.r.l.
 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente

DATA ESECUZIONE: Ottobre 2006

UNIONE EUROPEA



Tavola n°:

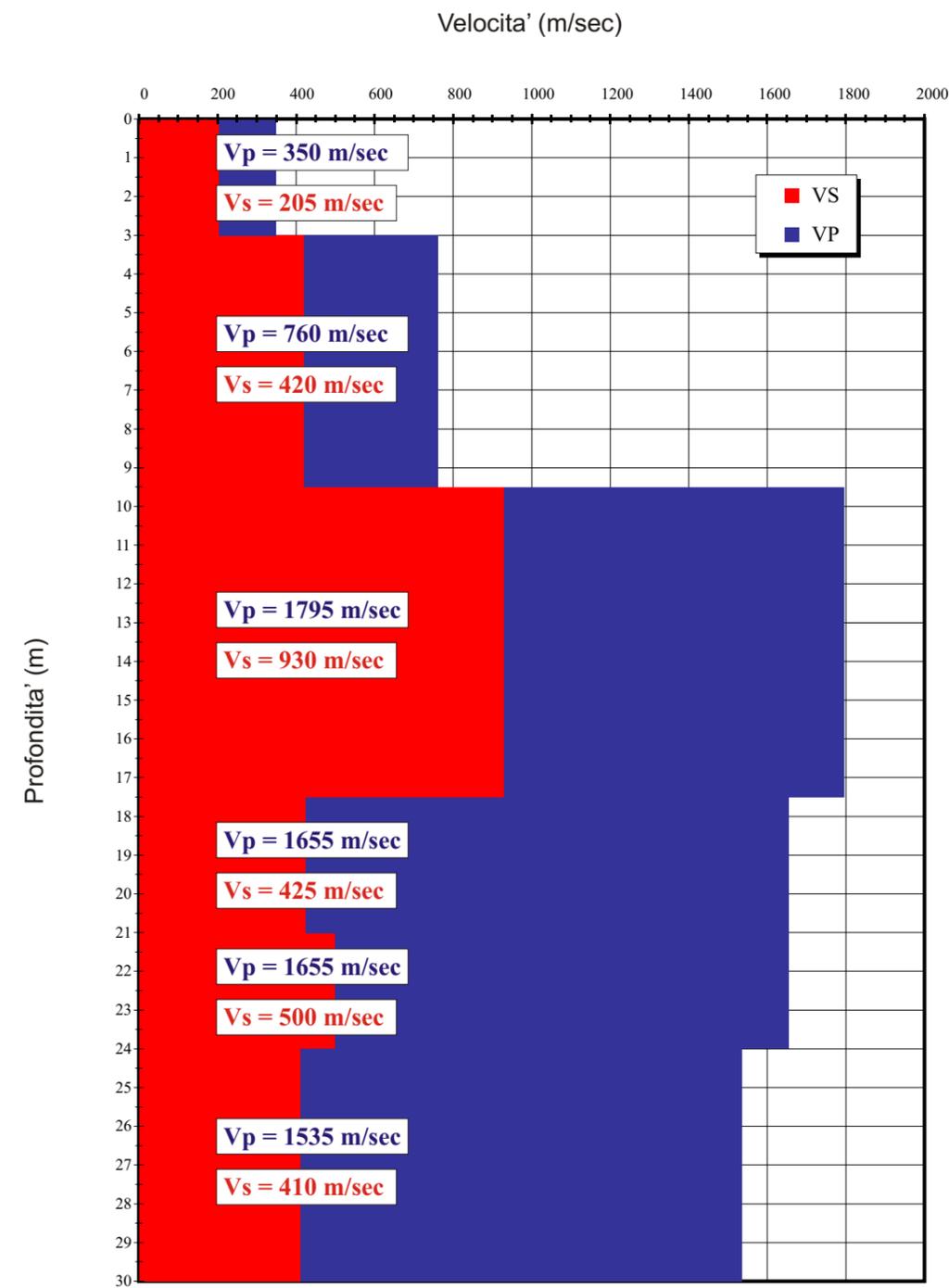
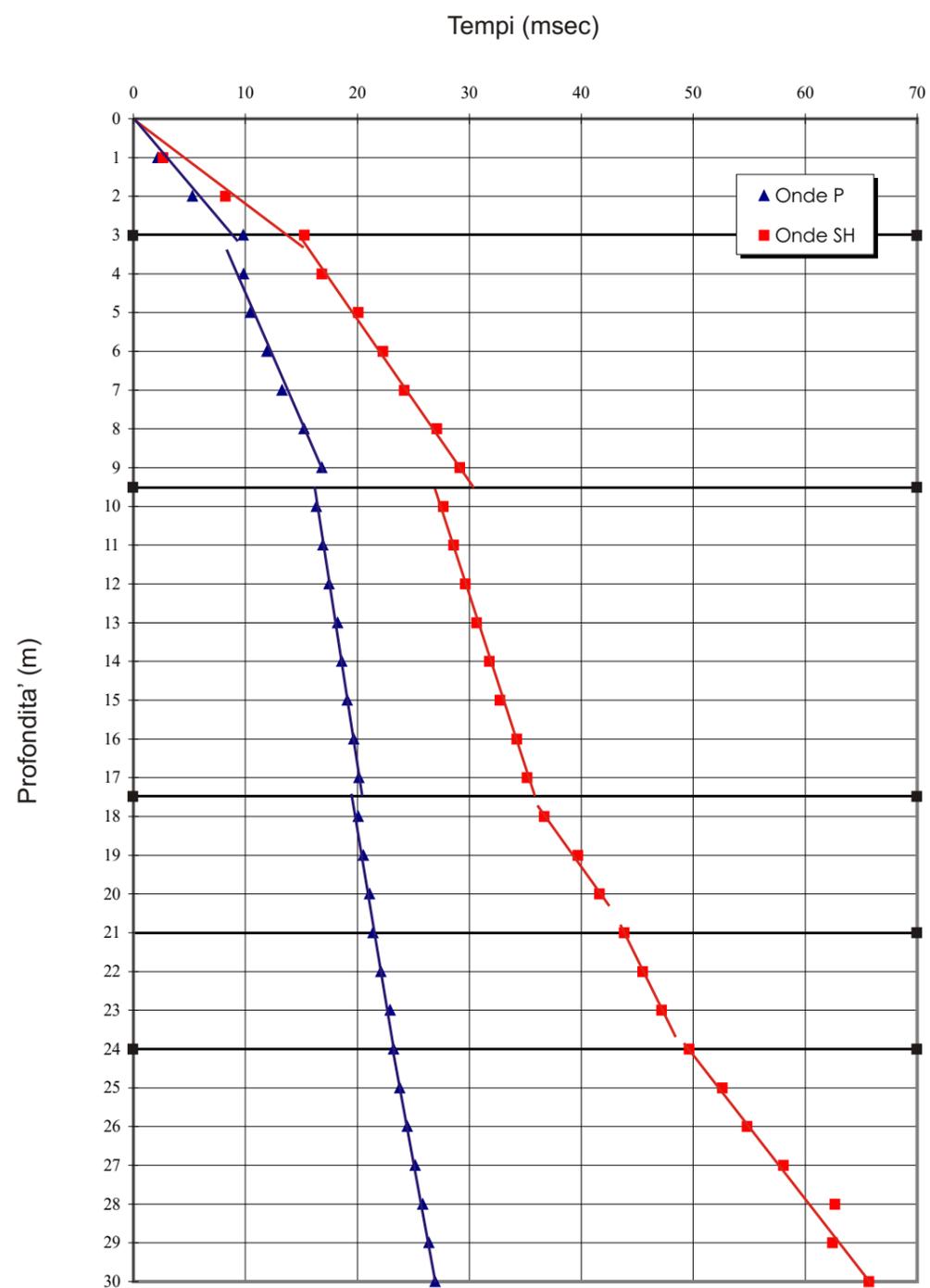
21

Programma: **DOCUP**

Comune: **Rosignano Marittimo (LI)**

Localita': **Morelline**

DH4





Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali
SERVIZIO SISMICO REGIONALE

DITTA ESECUTRICE: **METHODO** s.r.l.
 modelli e tecnologie per la geologia e l'ambiente

DATA ESECUZIONE: Ottobre 2006

UNIONE EUROPEA



Tavola n°:

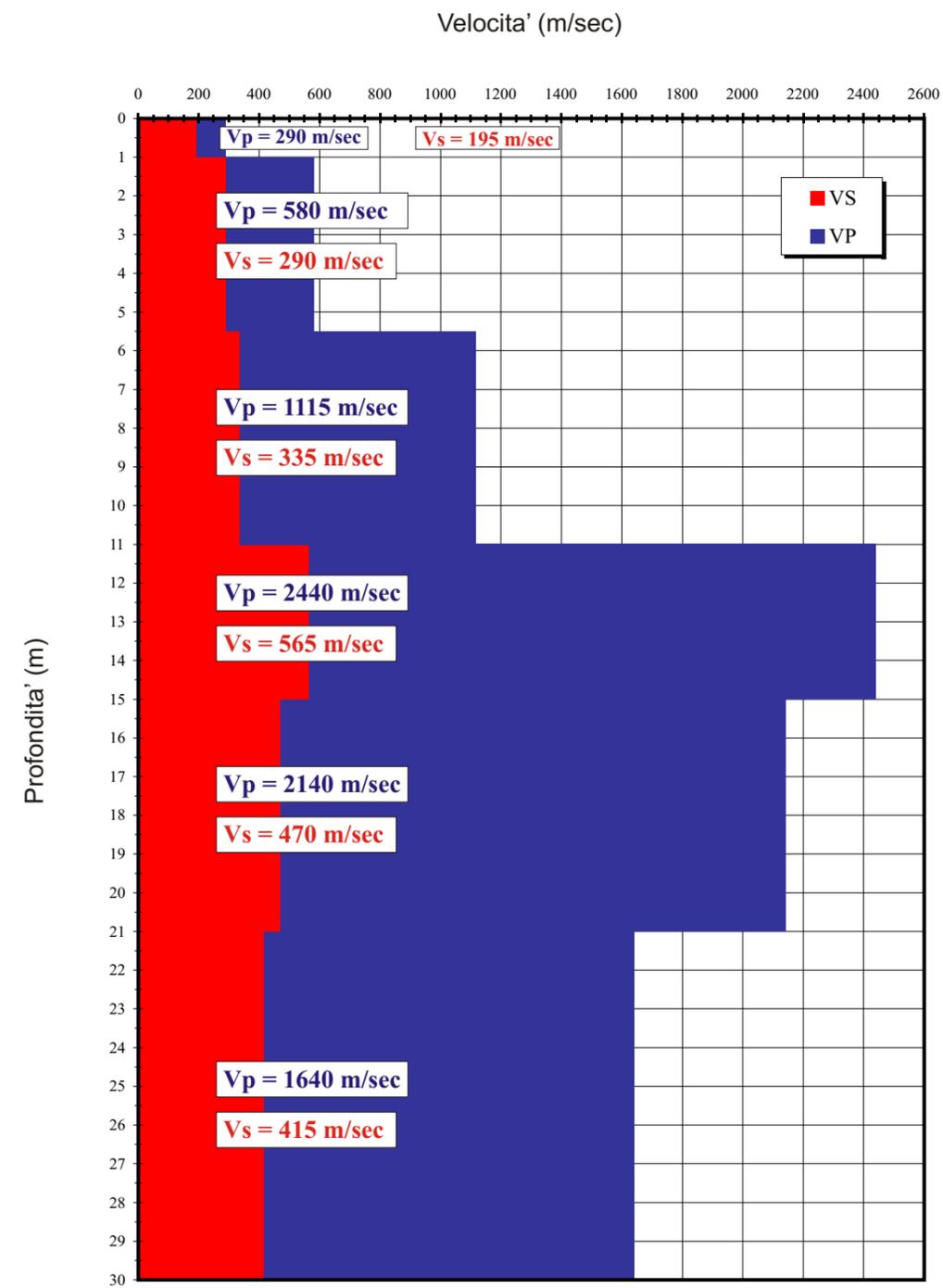
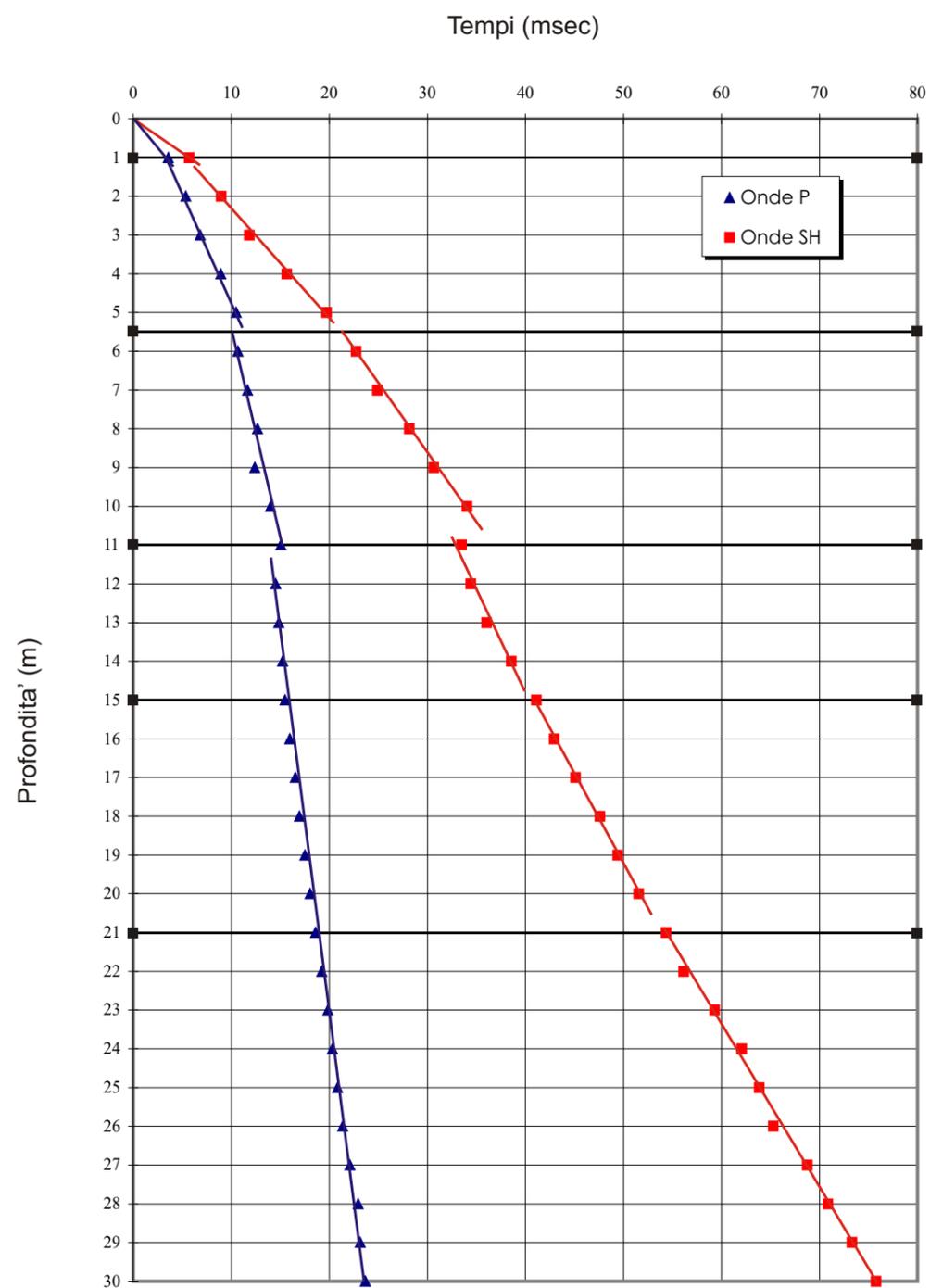
2L

Programma: **DOCUP**

Comune: **Rosignano Marittimo (LI)**

Localita': **Vada**

DH5



So.Ge.T. s.n.c.

N°08012011 – Solvay Chimica Italia SPA

Società di geofisica
 www.sogetsnc.eu - info@sogetsnc.eu
 Tel. 0583057223

| | | | |
|---|------------|---|--|
| Rapporto n°08012011 | | | |
| | | | |
| Committente | | Solvay Chimica Italia SPA | |
| Tipo di indagine | | Indagini sismiche: Down Hole | |
| | | | |
| Cantiere | | Stabilimento Solvay Rosignano | |
| | | | |
| Data misure | esecuzione | 28 luglio 2011 | |
| | | | |
| Data rapporto | emissione | 1 agosto 2011 | |
| | | | |
|  | | <p>Coordinate N 43° 23,182' E 10° 26,734'</p> | |
| Redazione | | Verifica | |
| Dott. Alessandro Bianchi <small>So.Ge.T. di Sartini S., Bianchi A., SNC</small>  | | Dott. Simone Sartini <small>So.Ge.T. di Sartini S., Bianchi A., SNC</small>  | |

1) Scopo dell'indagine

L'indagine in oggetto è stata commissionata e pertanto progettata per la determinazione del parametro Vs30 dei terreni presenti nell'area dello Stabilimento Solvay di Rosignano.

2) Prova Down-Hole (DH)

2.1) Introduzione al metodo

Lo scopo della prova è quello di determinare le velocità di propagazione delle Onde P ed SH in un terreno studiando i tempi di transito fra due punti, la sorgente posta in superficie ed un ricevitore posto ad una certa profondità. L'ipotesi di base di tale prova è che il terreno sia stratificato orizzontalmente e che per ogni strato il comportamento del terreno possa essere considerato elastico, omogeneo ed isotropo. La prova viene eseguita energizzando in superficie mediante sorgenti di onde compressive (P) o di taglio (SH) e misurando i tempi di arrivo delle onde generate ponendo, ogni volta, il sistema di ricezione a profondità differenti all'interno del perforo opportunamente attrezzato.

Come sistema di energizzazione si è impiegata una mazza da 8 Kg incidente su una piastra per generare le onde di compressione mentre per generare le onde di taglio si è utilizzato un parallelepipedo colpito lateralmente da una mazza e appesantito mediante un carico (automezzo) al fine di migliorarne l'accoppiamento con il terreno.

Come sistema di ricezione si è impiegato un sistema costituito da due ricevitori triassiali distanziati 1,0 m calato a differenti profondità nel perforo ed acquisendo il segnale ogni metro. Il sistema costituito dai due ricevitori è stato calato mediante aste a sezione quadrata che hanno consentito di mantenere il sistema stesso sempre nella posizione di acquisizione migliore. In Tav. 2 e 3 sono riportati rispettivamente i sismogrammi relativi alle Onde P ed SH ed i risultati della prova.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT™ Compact, uno strumento della DMT (Germania), a 24 canali e dinamica del convertitore analogico digitale a 24 Bit (Tecnologia Delta Sigma).

2.2) Risultati

Il risultato finale di una prova Down-Hole è un grafico che esprime la variazione della velocità delle onde sismiche con la profondità. In Tav.3 sono riportati gli elaborati relativi, ovvero le dromocrone ed i valori delle velocità degli strati.

Prova Down Hole:

| Tempi di arrivo corretti | | | |
|--------------------------|--------|--------|--------|
| Onde SH | | Onde P | |
| 1 | 0.0033 | 1 | 0.0013 |
| 2 | 0.0059 | 2 | 0.0020 |
| 3 | 0.0078 | 3 | 0.0033 |
| 4 | 0.0098 | 4 | 0.0040 |
| 5 | 0.0105 | 5 | 0.0050 |
| 6 | 0.0114 | 6 | 0.0058 |
| 7 | 0.0134 | 7 | 0.0063 |
| 8 | 0.0185 | 8 | 0.0070 |
| 9 | 0.0233 | 9 | 0.0072 |
| 10 | 0.0256 | 10 | 0.0082 |
| 11 | 0.0299 | 11 | 0.0075 |
| 12 | 0.0326 | 12 | 0.0083 |
| 13 | 0.0373 | 13 | 0.0088 |
| 14 | 0.0411 | 14 | 0.0099 |
| 15 | 0.0439 | 15 | 0.0106 |
| 16 | 0.0481 | 16 | 0.0110 |
| 17 | 0.0500 | 17 | 0.0114 |
| 18 | 0.0527 | 18 | 0.0120 |
| 19 | 0.0575 | 19 | 0.0128 |
| 20 | 0.0595 | 20 | 0.0132 |
| 21 | 0.0625 | 21 | 0.0140 |
| 22 | 0.0647 | 22 | 0.0145 |
| 23 | 0.0681 | 23 | 0.0151 |
| 24 | 0.0704 | 24 | 0.0156 |
| 25 | 0.0734 | 25 | 0.0161 |
| 26 | 0.0760 | 26 | 0.0168 |
| 27 | 0.0805 | 27 | 0.0174 |
| 28 | 0.0824 | 28 | 0.0178 |
| 29 | 0.0854 | 29 | 0.0183 |
| 30 | 0.0888 | 30 | 0.0192 |

| Profondità (m dal p.c.) | Vel Onde SH (m/sec) |
|----------------------------|---------------------------|
| 0.00-7.00 | 616.00 |
| 7.00-16.00 | 266.00 |
| 16.00-30.00 | 343.00 |
| Profondità (m dal p.c.) | Vel Onde P (m/sec) |
| 0.00-7.00 | 1145.00 |
| 7.00-16.00 | 1851.00 |
| 16.00-30.00 | 1721.00 |

3) Proposta di interpretazione dei risultati

Ai sensi della nuova normativa antisismica nazionale (D.M. 14 Gennaio 2008 Norme Tecniche per le costruzioni) è necessario procedere alla determinazione del parametro Vs30, che esprime la velocità media delle onde elastiche di taglio (onde S appunto) nei primi 30 metri di profondità al disotto del piano di fondazione. In particolare, per Vs30, si intende la media pesata della velocità delle onde S determinata come di seguito:

$$V_{S_{30}} = 30 \frac{1}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

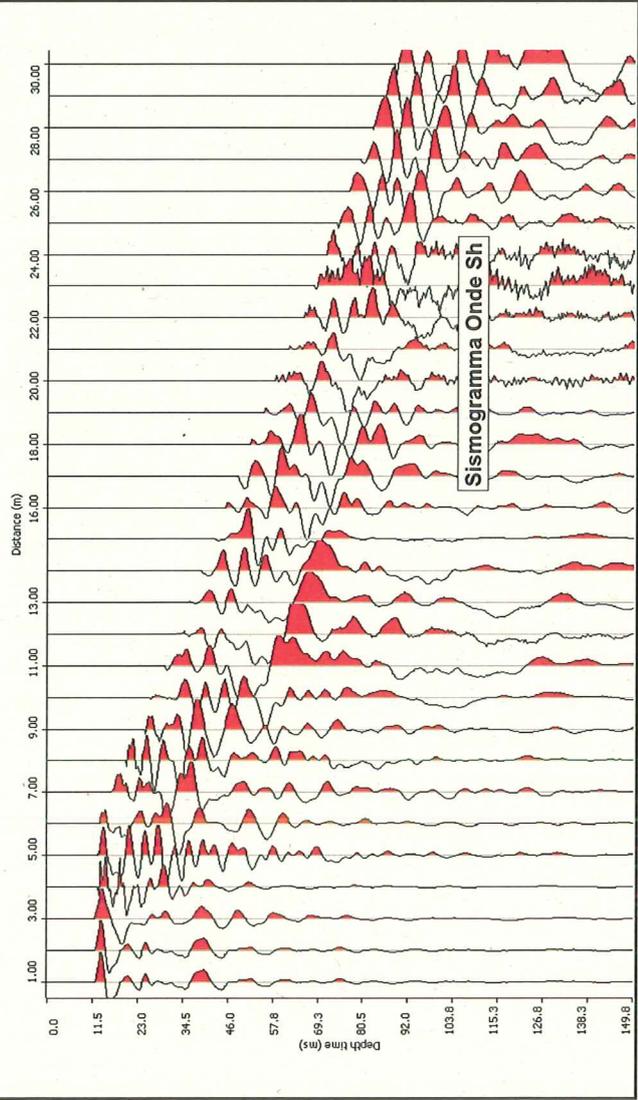
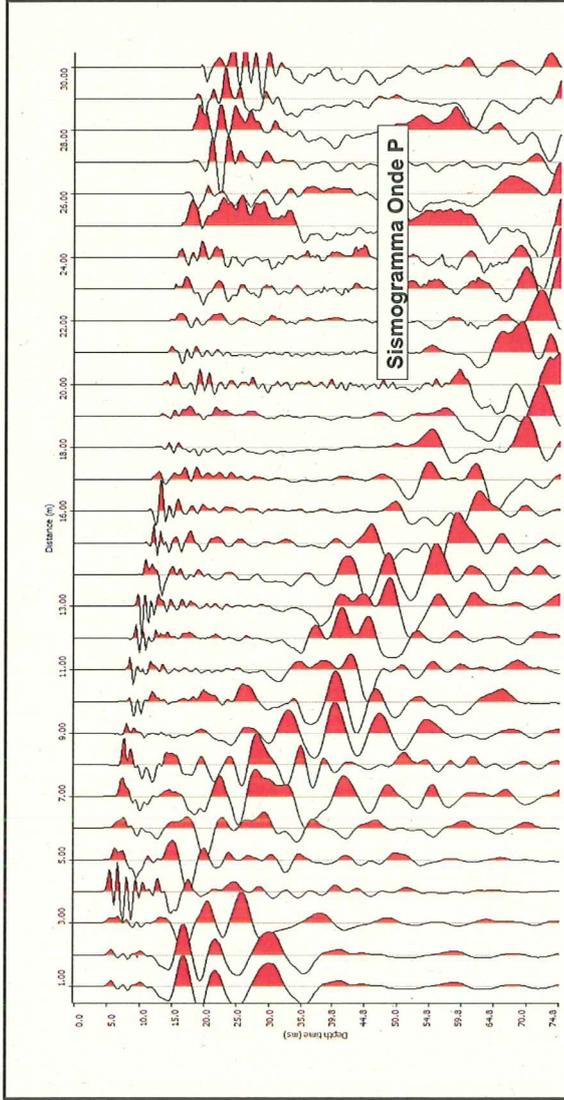
Una volta noto il valore della Vs30 è possibile collocare il terreno interessato dall'intervento all'interno di una delle categorie di suolo previste dalla legge in oggetto e riportate di seguito.

| Suolo di fondazione | Vs ₃₀ | N _{spt} - Cu |
|---|------------------------|---|
| A <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m. | > 800 m/s | |
| B <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina). | > 360 m/s < 800 m/s | N _{spt} > 50 Cu > 250 kPa |
| C <i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT,30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu,30 < 250 kPa nei terreni a grana fina). | > 180 m/s < 360 m/s | 15 < N _{spt} < 50 70 < Cu < 250 kPa |
| D <i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT,30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu,30 < 70 kPa nei terreni a grana fina). | < 180 m/s | N _{spt} < 15 Cu < 70 kPa |
| E 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). | | |
| S₁ Depositati di terreni caratterizzati da valori di Vs,30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,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 | |
| S₂ Depositati di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti. | | |

A conclusione di quanto fin qui scritto, si evidenzia come le analisi eseguite conducano a valori della velocità media delle onde elastiche di taglio nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano di campagna pari a circa 348 m/s che corrisponde, secondo il parametro Vs, ad un suolo di fondazione classificato come di seguito indicato:

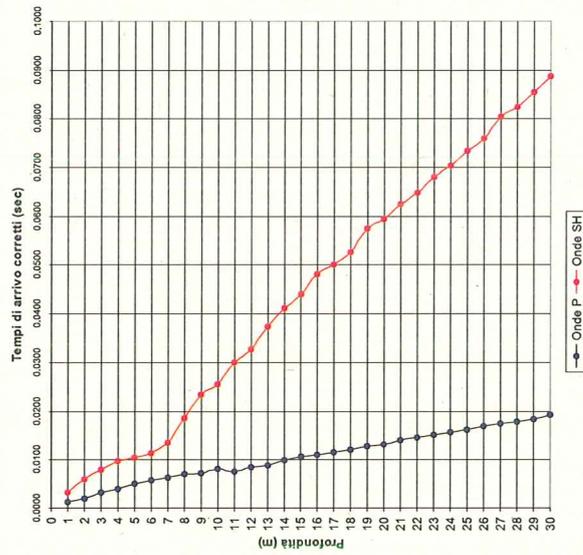
CATEGORIA C

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 e da valori di Vs,30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT,30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu,30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

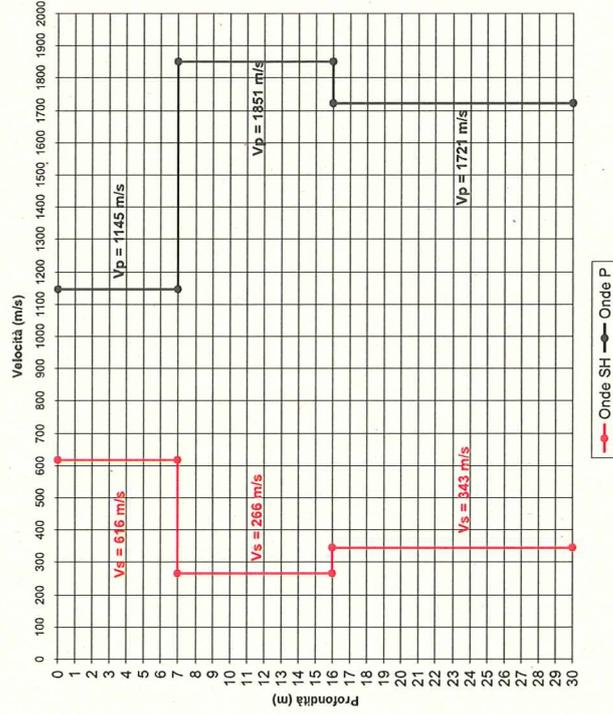


| | | | |
|---|--|-----------------------------|--|
| So.Ge.T. Via dei S. Alessio, 1723/C 55100 S. Alessio (Livorno) P.I./C.F. 02711520466 Società di Geofisica Tel. e Fax. +39 583 343380 www.sogebanc.eu - e-mail: info@sogebanc.eu | | Objetto: Sismogrammi | |
| Committente: Solvay Chimica Italia SPA | | Data: 01 agosto 2011 | |
| Comune: Rosignano Solway | Indirizzo: Stabilimento Solvay Rosignano Livorno | TAV. N° 2 | |
| Formato: A3 | | | |

Dromocrone



Velocità degli strati



So.Ge.T. Società di Geofisica
 Via per S. Alessio, 1733/C
 55100 S. Alessio (Lucca)
 P.I./C.F. 02115540466
 Tel. e Fax. +39 583 343380
 www.sogetsnc.eu - e-mail: info@sogetsnc.eu

| | |
|---|----------------------|
| Comittente: Solvay Chimica Italia SPA | Data: 01 agosto 2011 |
| Comune: Rosignano Solway | TAV. N° 3 |
| Indirizzo: Stabilimento Solvay Rosignano Livorno | |
| Formato: A3 | |



Studio Associato

di Massimo Elitropi - geologo
Renato Caldarelli - geologo
Alberto Frassoni - ingegnere
Roberto Meli - geologo
Lucio Valenti - geologo

PE 467/12

REL. 1-07/12/2010

Carefin S.r.l

Castiglioncello (LI)

Sostituzione edilizia per la realizzazione di un nuovo edificio di civile abitazione plurifamiliare

Relazione geologico - tecnica

La California, 7 dicembre 2011



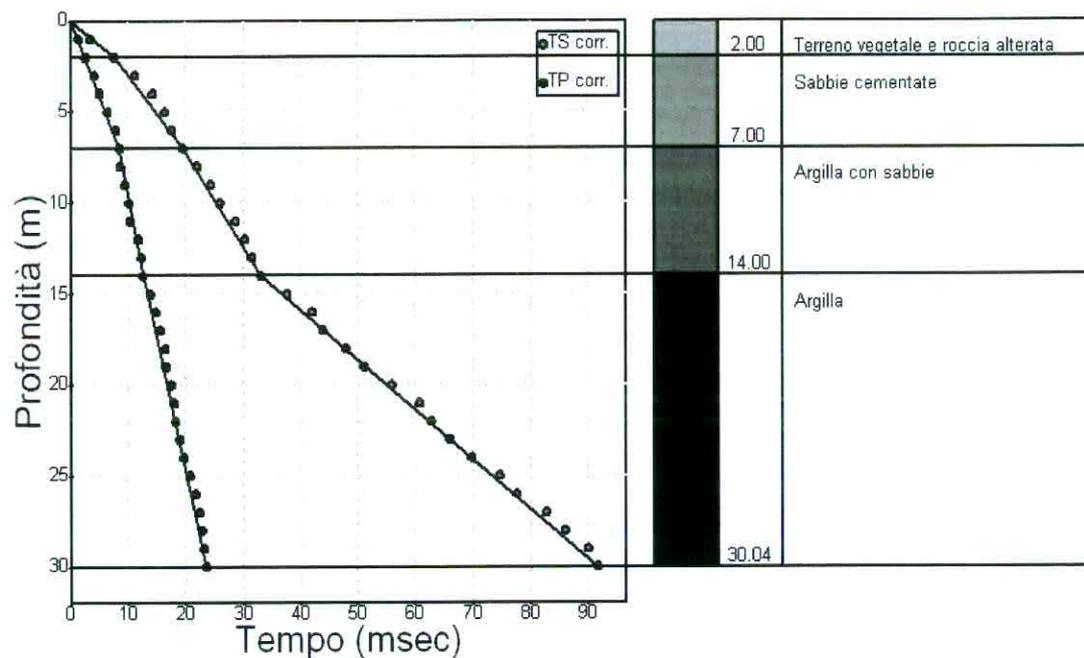


Fig. 7: Dromocrona e Correlazione Sismostratigrafica

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = [327]m/s$$

| Descrizione (-) | Profondità (m) | Vp medio (m/s) | Vs medio (m/s) | g medio (kN/mc) | ν medio | G medio (MPa) | Ed medio (MPa) | E medio (MPa) | Ev medio (MPa) |
|------------------------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Terreno vegetale e roccia alterata | 2.00 | 543.48 | 183.82 | 19.06 | 0.44 | 65.68 | 574.07 | 188.54 | 486.51 |
| Sabbie cementate | 7.00 | 939.85 | 507.61 | 21.74 | 0.29 | 571.35 | 1958.63 | 1478.74 | 1196.83 |
| Argilla con sabbie | 14.00 | 1876.68 | 543.48 | 21.71 | 0.45 | 654.02 | 7798.43 | 1902.2 | 6926.4 |
| Argilla | 30.04 | 1479.7 | 275.22 | 18.68 | 0.48 | 144.32 | 4171.73 | 427.8 | 3979.3 |

Tabella 3 – Sismostrati – Dati interpretazione con metodo diretto

Il valore di velocità colloca i terreni in **categoria C** dell'O.P.C.M. n°3274 del 20.03.2003 e successive modificazioni (Tab. 4).

| Categorie Suoli di fondazione | |
|-------------------------------|--|
| A | $V_{S30} > 800m/s$ |
| B | $360m/s < V_{S30} < 800m/s$ |
| C | $180m/s < V_{S30} < 360m/s$ |
| D | $V_{S30} < 180m/s$ |
| E | Alluvioni di spessore tra 5 e 20 m con V_{S30} simili a C e D su substrato rigido con $V_s > 800m/s$ |
| S1 | $V_{S30} < 100m/s$ |
| S2 | Depositi di terreni soggetti a liquefazione non classificabile nei tipi precedenti |

| | |
|----------|---|
| C | Depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s. |
|----------|---|

Tabella 4 – Categoria di sottosuolo

**INDAGINE DI SISMICA IN FORO
TIPO DOWN HOLE CON ONDE P ED SH**

Oggetto: realizzazione nuovo impianto ITINIRIS

Committente: Società Chimica Italia S.p.a.

D. L.: Dott. Geol. Massimo Melani

Ubicazione: Stabilimento Solvay

Comune di Rosignano Marittimo (LI)

RELAZIONE GENERALE

04/12/2015

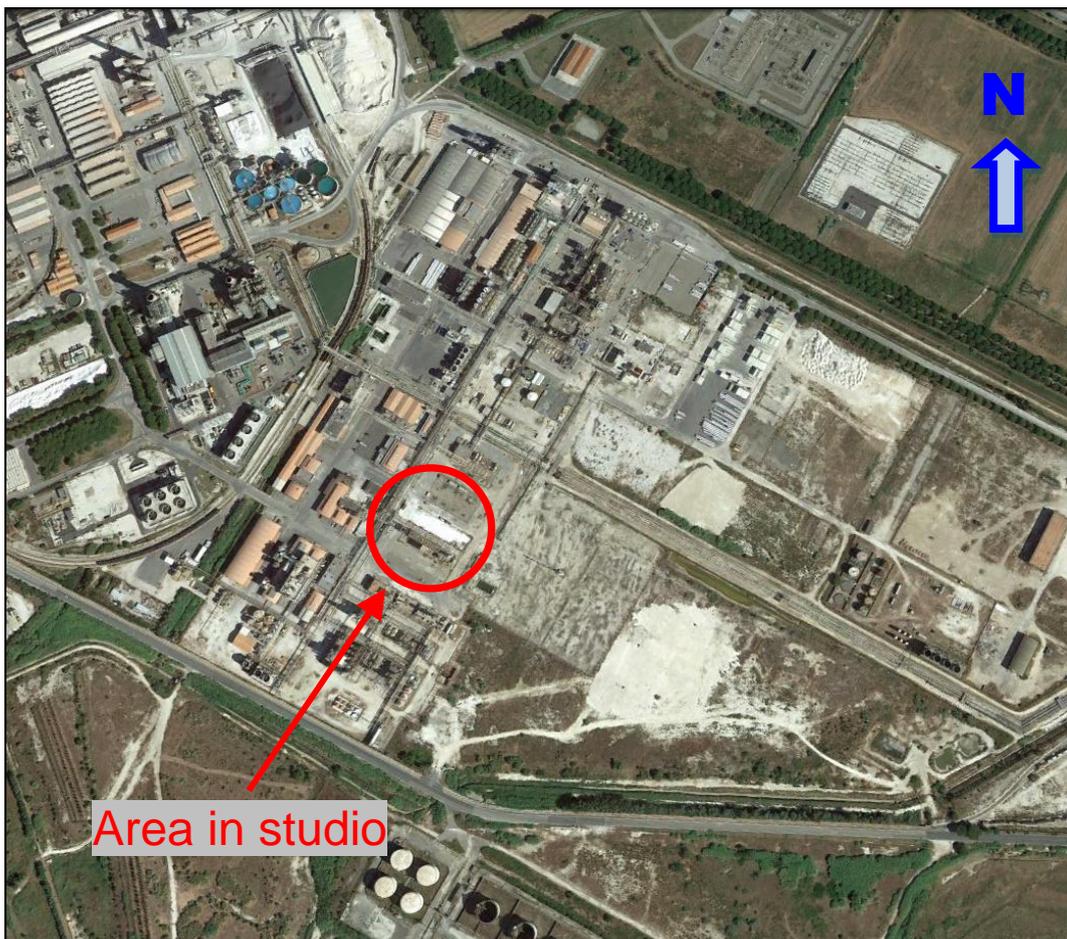
PREMESSA

In data 03/12/2015 su incarico della Società Chimica Italia S.p.a. e con la D.L. del Dott. Geol. Massimo Melani, è stata eseguita una indagine geofisica di sismica in foro mediante il metodo down-hole, in un'area ubicata all'interno dello stabilimento della Solvay nel Comune di Rosignano Marittimo dove è in progetto la realizzazione di nuovo impianto ITINIRIS (fig. 1).

Il foro utilizzato, è risultato accessibile fino alla profondità di 30 m. dal piano campagna.

Di seguito vengono esposte le basi teoriche della metodologia adottata, i risultati ottenuti e le seguenti informazioni e documenti:

- sismogrammi integrali in onde P ed SH ricavati dalle singole acquisizioni;
- tabelle dei tempi di arrivo misurati e corretti delle onde P e delle onde SH;
- tavola delle dromocrone relative ai tempi di arrivo corretti
- diagramma delle velocità intervallari onde P e onde SH / profondità.
- diagramma del coefficiente di Poisson calcolato dalle velocità riscontrate
- indicazione della categoria di suolo di fondazione
- tabella riepilogativa dati down-hole



Ubicazione indagine

PRINCIPI TEORICI DELLE TECNICHE ADOTTATE

INDAGINE SISMICA IN FORO – DOWN HOLE

Le prove sismiche in foro di tipo down-hole vengono realizzate, in fori di sondaggio appositamente attrezzati con tubo in PVC cementato all'esterno, con l'uso di geofoni da foro di tipo tridimensionale ed opportuni sistemi di energizzazione.

La prova consiste nel produrre, sulla superficie del terreno, sollecitazioni verticali per la generazione di onde di compressione (P) ed orizzontali per onde di taglio polarizzate orizzontalmente (SH) mediante una sorgente meccanica, e nel registrare l'istante di primo arrivo del treno d'onde ad un sistema composto da una coppia di geofoni tridimensionali, alloggiati a profondità note nel foro di sondaggio. Conosciuta la distanza tra sorgente e ricevitori e determinato il tempo di propagazione, è possibile stimare in maniera accurata la distribuzione delle velocità sismiche (P ed SH) in corrispondenza della verticale di misura.

L'apparecchiatura utilizzata per questo tipo di prove si compone delle seguenti parti:

- sistema energizzante;
- sistema di ricezione;
- trigger;
- sistema di acquisizione dati.

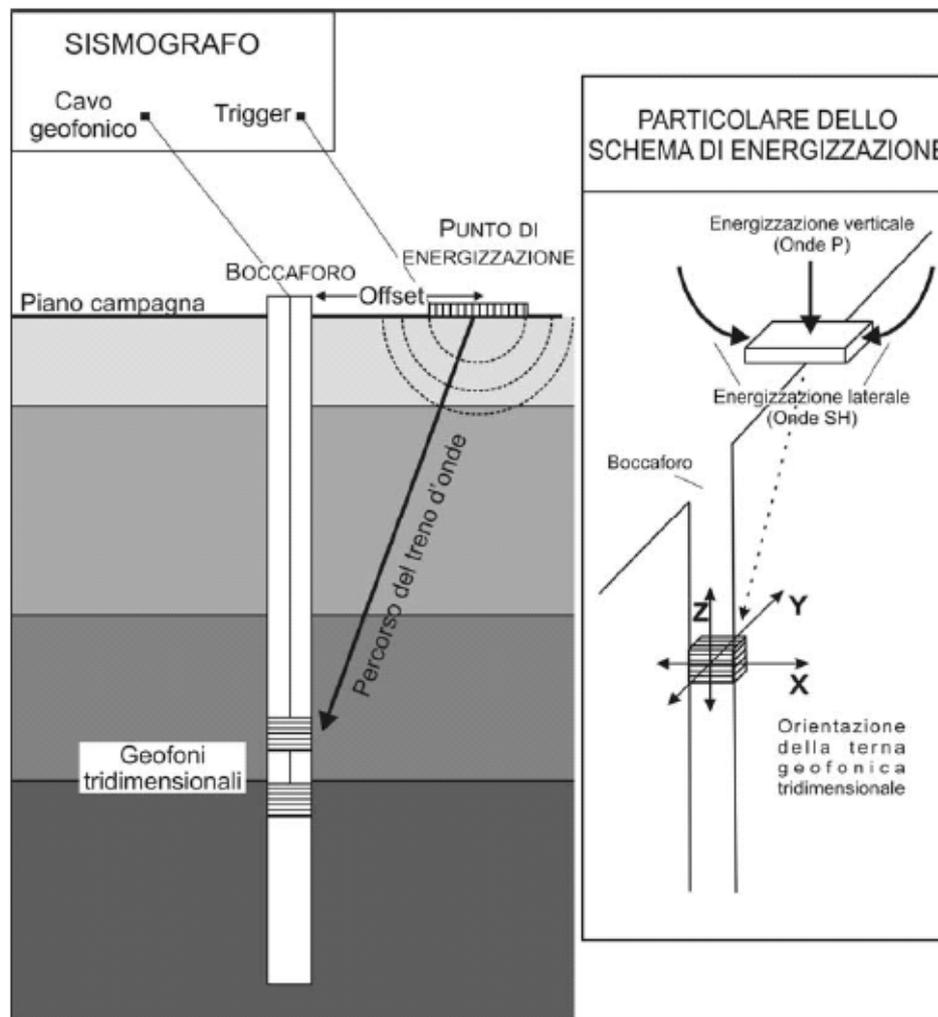
I sistemi energizzanti (sia per la generazione delle onde P sia delle onde SH) sono in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia, con forme d'onda ripetibili e direzionali, ovvero con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione e/o di taglio polarizzate su piani orizzontali (o verticali).

Come sorgente per le onde P è stata utilizzata una mazza del peso di 10 Kg usata per colpire una piastra metallica poggiata sul terreno.

Come sorgente per le onde SH è stato utilizzato un parallelepipedo (trave in legno) di forma tale da poter essere colpito lateralmente con una mazza del peso di circa 10 Kg.

Il parallelepipedo è stato gravato di un carico statico addizionale in modo che potesse rimanere aderente al terreno sia al momento in cui veniva colpito, sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venisse in parte dispersa.

Con questo dispositivo è stato possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.



Schema semplificato indagine down-hole (Istruzioni Tecniche Regione Toscana)

Il sistema di ricezione si compone di due ricevitori tridimensionali, ciascuno dei quali è costituito da tre trasduttori di velocità orientati secondo le componenti di una terna cartesiana ortogonale e collocati all'interno di un unico contenitore.

I ricevitori tridimensionali sono collegati tra loro e posizionati a distanza di un metro l'uno dall'altro con orientamento parallelo tra i vari sensori.

Il sistema previsto per mantenere costante la distanza e per garantire l'isorientazione dei geofoni è dotato di un giunto centrale in gomma che funge da smorzatore, in modo da evitare qualunque interazione sismica tra i due sensori.

Quattro pistoni pneumatici azionati dalla superficie con aria in pressione a 8 bar garantiscono un ottimo accoppiamento in foro tra i ricevitori e le pareti di rivestimento. Per l'orientazione del sistema è stata usata una batteria di aste in p.v.c. calata nel foro insieme al geofono a cui era collegata solidalmente.

Il trigger consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la sorgente viene attivata, producendo un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati; in questo modo è possibile individuare e visualizzare l'esatto istante in cui la sorgente viene attivata e parte la sollecitazione dinamica.

Il sistema di acquisizione dati è un sismografo marca AMBROGEO, modello ECHO 12/24, sistema multicanale (24 canali) in grado di registrare su ciascun canale in forma digitale le forme d'onda e di conservarle su memoria di massa dinamica a 16 bit.

Esso è collegato a ciascuno dei geofoni tridimensionali in foro ed al sensore del trigger e consente quindi di registrare in forma numerica e visualizzare come tracce su un apposito monitor le oscillazioni a partire dall'impulso inviato dal trigger.

La strumentazione prevede la funzione "inversione di polarità", poiché nella prova è necessario eseguire la differenza tra traccia relativa alla battuta destra e quella alla battuta sinistra.

La prova down-hole si è sviluppata secondo le seguenti fasi:

1. Dopo avere predisposto un opportuno piano d'appoggio la sorgente per onde SH, è stata collocata sulla superficie in prossimità del foro ad una distanza di 4,80 m, orientata perpendicolarmente al raggio uscente dal foro e gravata con un carico statico addizionale (automezzo). Per la produzione di onde P abbiamo energizzato con massa battente ad impatto verticale mentre per la produzione di onde SH la sorgente (parallelepipedo, trave) è stata percossa lateralmente, generando onde di taglio polarizzate orizzontalmente.

2. Il sistema, costituito dai due ricevitori (geofoni tridimensionali) equidistanti e con costante orientamento relativo viene calato alla profondità desiderata collegandolo alla superficie mediante un sistema di aste che ne consente l'orientamento assoluto dalla superficie;

3. Il sistema dei ricevitori viene orientato dalla superficie in modo tale che uno dei trasduttori orizzontali di ciascun ricevitore sia orientato parallelamente all'asse della sorgente e quindi alla direzione di polarizzazione delle onde SH in modo da massimizzarne l'ampiezza di ricezione ai ricevitori; Quindi i ricevitori vengono fissati alle pareti del tubo.

4. Viene attivata la sorgente, producendo una sollecitazione che, innescando il trigger fa partire la registrazione, l'onda generata si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con oscillazioni di tipo P; in seguito (con energizzazione separata e distinta) si generano oscillazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale.

5. E' stata ripetuta la prova ad una profondità inferiore, abbassando di 1 m i ricevitori, e riprodotta la sollecitazione.

Ogni misurazione è stata registrata in forma digitale con il sismografo Ambrogeo ECHO 12/24 con campionamento digitale con dinamica a 16 bit ed intervallo di campionamento di 130 microsecondi per una durata di 400 millisecondi.

Di seguito si riporta lo schema operativo ed i collegamenti attivi con il sismografo per le varie acquisizioni.

Canale n°1: geofono superiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°2: geofono inferiore – trasduttore verticale (z)

Canale n°3: geofono superiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°4: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (y)

Canale n°5: geofono superiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°6: geofono inferiore – trasduttore orizzontale (x)

Canale n°7: geofono spia

Canale n°8-9-10-11-12: nulli

Risultati

L'indagine Down Hole, è stata condotta a partire dal piano campagna, fino ad una profondità di 30 m. La prova si è svolta senza particolari problemi, data la bassa rumorosità di fondo e l'abbondanza di energia utilizzata.

I dati misurati sono di buona qualità, e da questi è stato possibile ricavare le velocità intervallari che caratterizzano i primi metri di sottosuolo, nonché la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri che risulta uguale a: **Vs30 = 362 m/s** (quota iniziale = piano campagna attuale) a cui corrisponde, la categoria di **suolo di fondazione di tipo B**

Dai valori delle velocità ottenuti sono stati inoltre calcolati i valori del Coefficiente di Poisson attraverso la seguente espressione:

$$\nu = [1/2 (V_p/V_s)^2 - 1] / ((V_p/V_s)^2 - 1)$$

Per il Modulo di Young e il modulo di deformazione a Taglio essendo questi funzione della densità del materiale, per noi non nota, sono state riportate di seguito le formule per poterli calcolare.

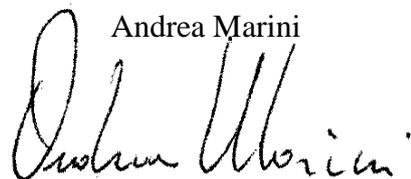
$$\text{Modulo di Taglio (kg/cm}^2\text{)} G = \gamma V_s^2$$

$$\text{Modulo di Young (kg/cm}^2\text{)} E = 2 \gamma V_s^2 (1 + \nu)$$

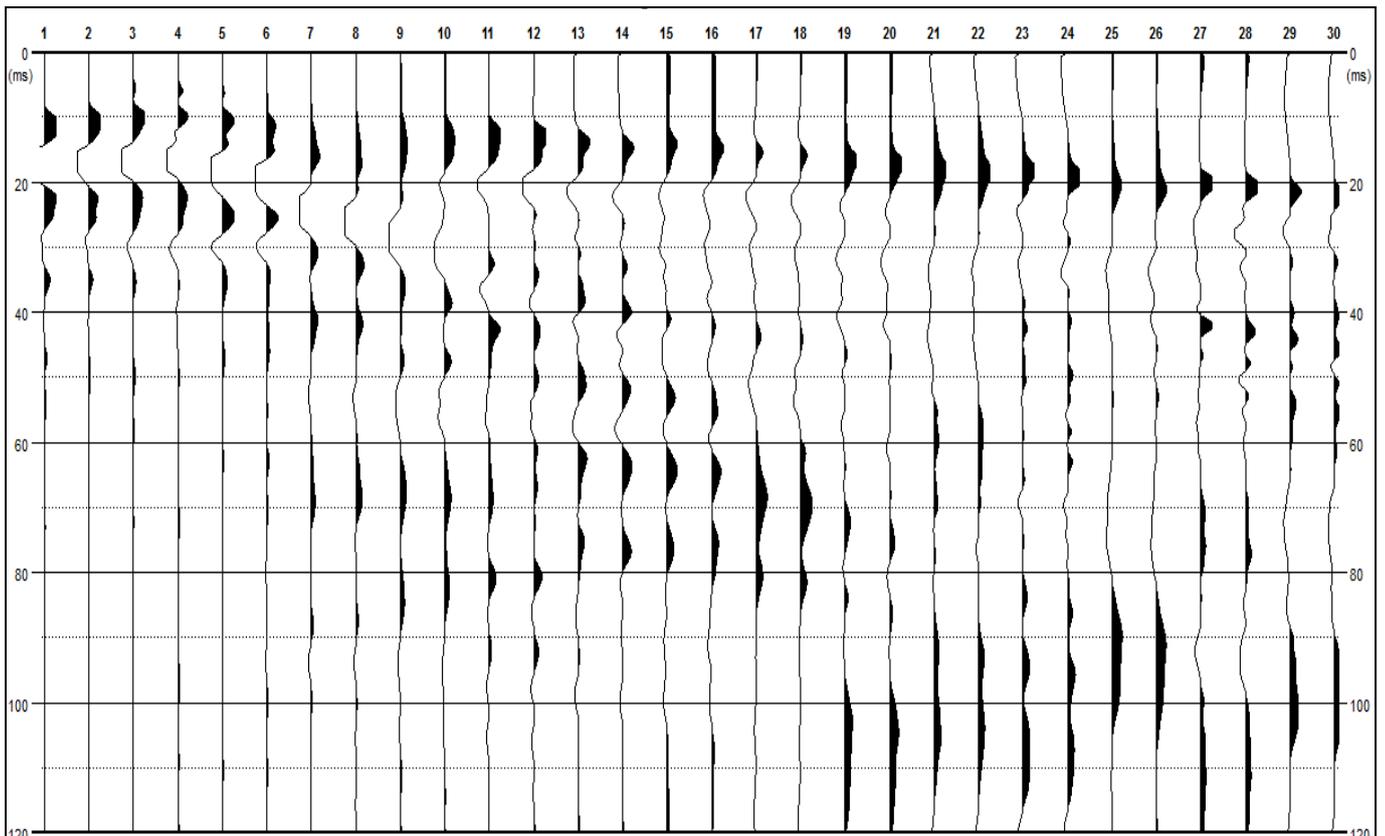
dove: γ : densità del materiale (kg/dm³), V_p : velocità onde compressionali (m/sec), V_s : velocità onde di taglio (m/sec)

GeoEcho s.n.c.

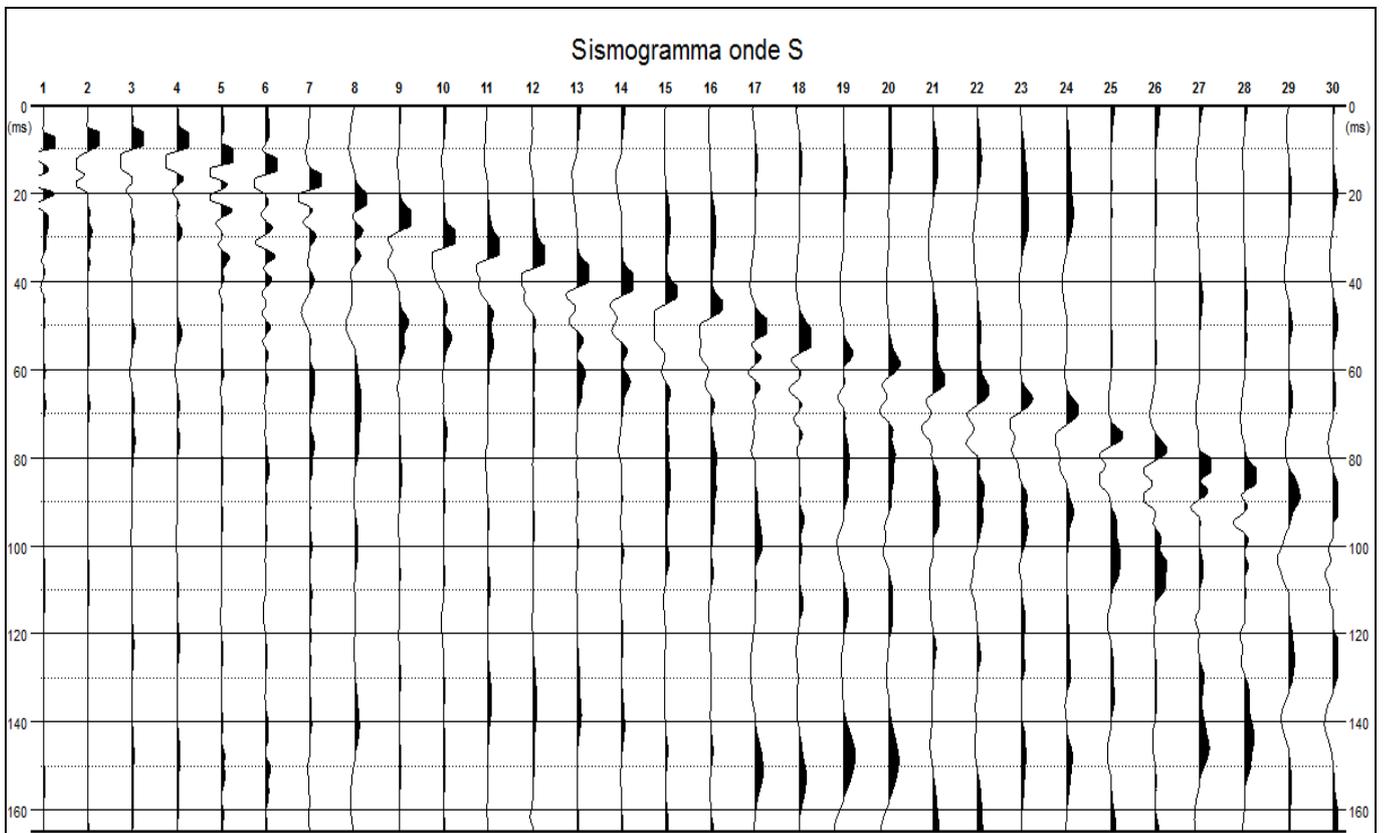
Andrea Marini



Sismogramma onde P

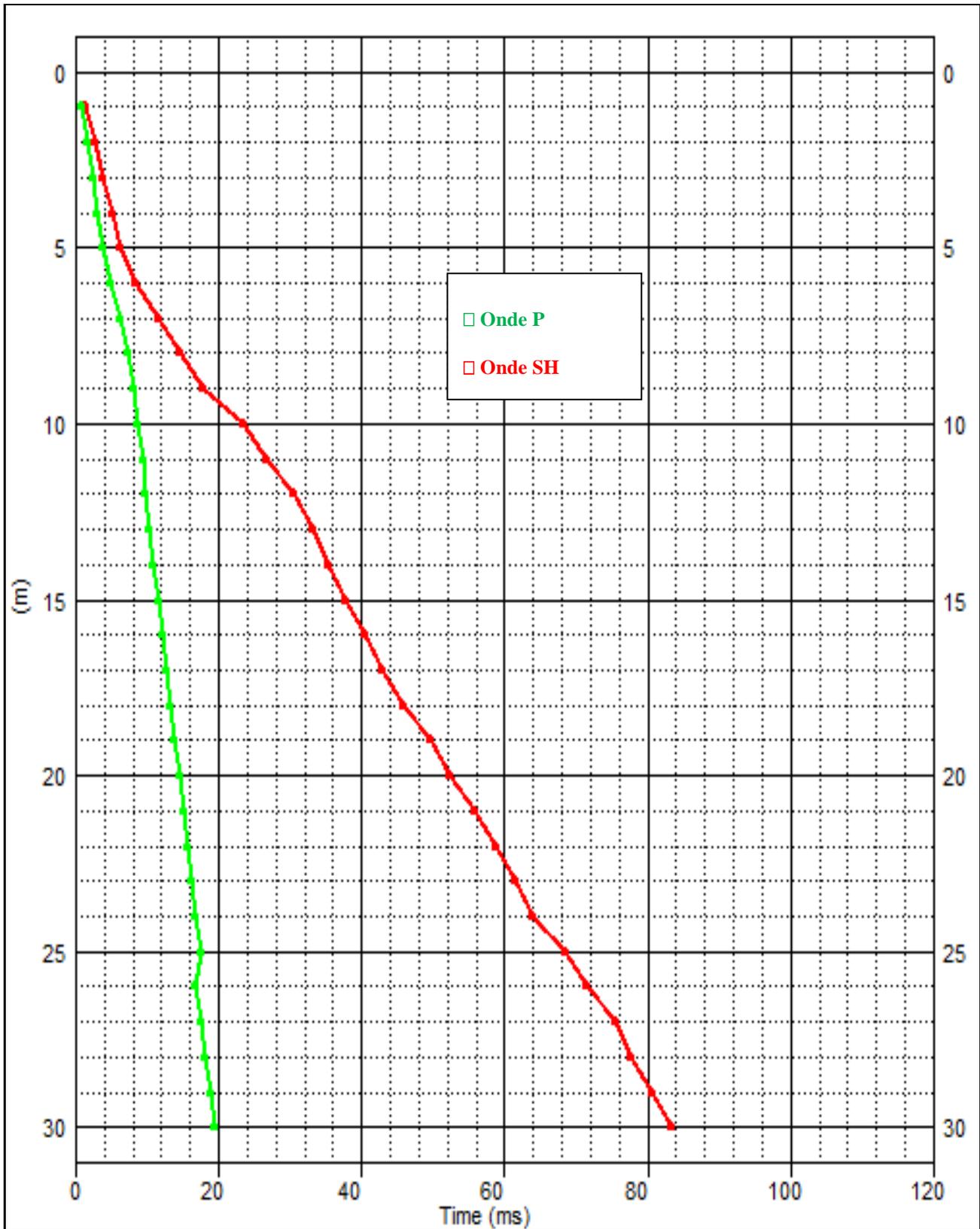


Sismogramma onde SH

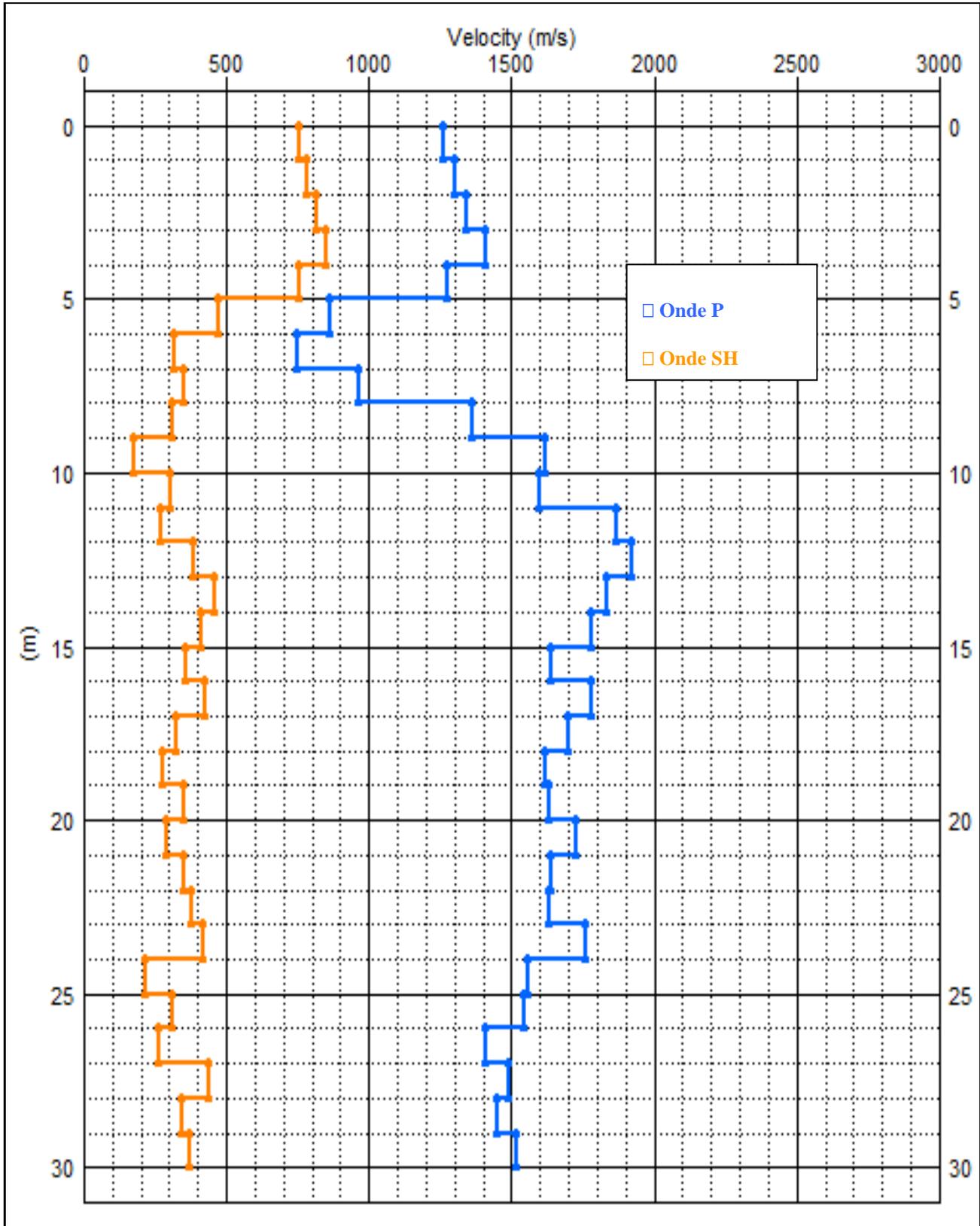


| Tabella Tempi di arrivo | | | | | |
|--------------------------------|--|--------------------------|-----------------------|-------------------------|--|
| Ubicazione: | Stabilimento Solvay nel Comune di Rosignano Marittimo (LI) | | | | |
| DOWN-HOLE | indagine eseguita nel foro del sondaggio | | | | |
| | Dist. Shot-foro m: | 4.80 | Dist. Shot-foro m: | 4.80 | |
| | | ONDE SH | | ONDE P | |
| m dal p.c. | Tempi obliqui (ms) | Tempi verticali (ms.) | Tempi obliqui (ms) | Tempi verticali (ms) | |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 1 | 6.5 | 1.3 | 3.9 | 0.8 | |
| 2 | 6.8 | 2.6 | 4.1 | 1.6 | |
| 3 | 7.2 | 3.8 | 4.4 | 2.3 | |
| 4 | 7.8 | 5.0 | 4.7 | 3.0 | |
| 5 | 8.8 | 6.3 | 5.3 | 3.8 | |
| 6 | 10.8 | 8.4 | 6.4 | 5.0 | |
| 7 | 14.1 | 11.6 | 7.6 | 6.3 | |
| 8 | 16.9 | 14.5 | 8.5 | 7.3 | |
| 9 | 20.1 | 17.7 | 9.1 | 8.1 | |
| 10 | 25.9 | 23.4 | 9.6 | 8.7 | |
| 11 | 29.1 | 26.7 | 10.2 | 9.3 | |
| 12 | 32.8 | 30.4 | 10.6 | 9.8 | |
| 13 | 35.2 | 33.1 | 11.0 | 10.4 | |
| 14 | 37.2 | 35.2 | 11.5 | 10.9 | |
| 15 | 39.5 | 37.6 | 12.0 | 11.5 | |
| 16 | 42.2 | 40.5 | 12.6 | 12.1 | |
| 17 | 44.5 | 42.8 | 13.1 | 12.6 | |
| 18 | 47.5 | 45.9 | 13.7 | 13.2 | |
| 19 | 51.1 | 49.6 | 14.3 | 13.8 | |
| 20 | 53.9 | 52.4 | 14.9 | 14.5 | |
| 21 | 57.3 | 55.9 | 15.4 | 15.0 | |
| 22 | 60.2 | 58.8 | 16.0 | 15.6 | |
| 23 | 62.7 | 61.4 | 16.6 | 16.3 | |
| 24 | 65.1 | 63.8 | 17.2 | 16.8 | |
| 25 | 69.6 | 68.4 | 17.8 | 17.5 | |
| 26 | 72.8 | 71.6 | 17.0 | 16.7 | |
| 27 | 76.6 | 75.4 | 17.7 | 17.4 | |
| 28 | 78.8 | 77.7 | 18.4 | 18.1 | |
| 29 | 81.7 | 80.6 | 19.1 | 18.8 | |
| 30 | 84.4 | 83.3 | 19.7 | 19.5 | |

Dromocrone



Velocità intervallari



Coefficiente di Poisson

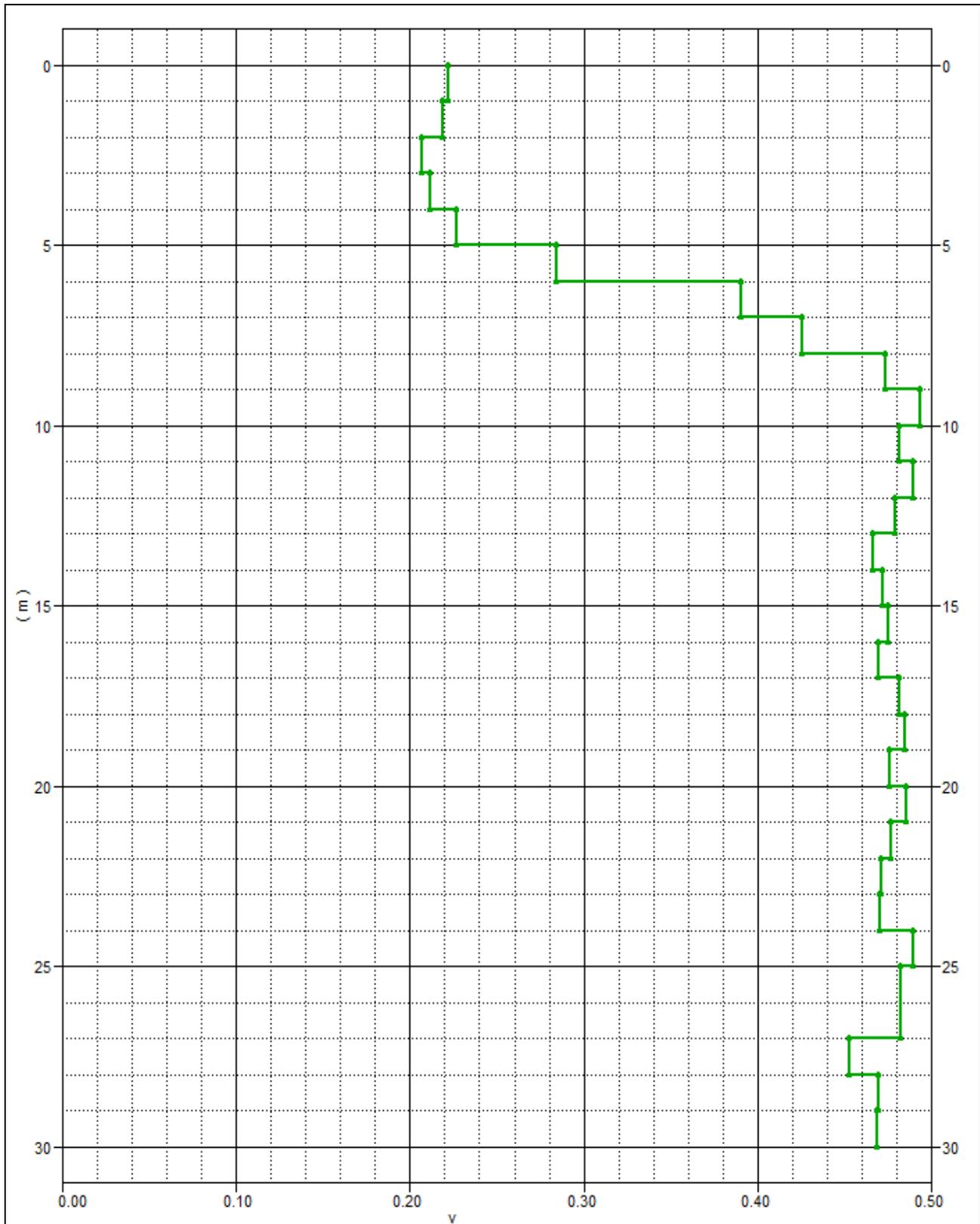


Tabella riassuntiva

| Depth | Ts Pick | Ts Vertical | Vs Interval | Tp Pick | Tp Vertical | Vp Interval | Poisson's Ratio |
|-------|---------|-------------|-------------|---------|-------------|-------------|-----------------|
| 0 | 0.0 | 0.0 | --- | 0.0 | 0.0 | --- | --- |
| 1 | 6.5 | 1.3 | 752 | 3.9 | 0.8 | 1258 | 0.22 |
| 2 | 6.8 | 2.6 | 782 | 4.1 | 1.6 | 1304 | 0.22 |
| 3 | 7.2 | 3.8 | 814 | 4.4 | 2.3 | 1339 | 0.21 |
| 4 | 7.8 | 5.0 | 851 | 4.7 | 3.0 | 1407 | 0.21 |
| 5 | 8.8 | 6.3 | 757 | 5.3 | 3.8 | 1275 | 0.23 |
| 6 | 10.8 | 8.4 | 476 | 6.4 | 5.0 | 864 | 0.28 |
| 7 | 14.1 | 11.6 | 319 | 7.6 | 6.3 | 751 | 0.39 |
| 8 | 16.9 | 14.5 | 349 | 8.5 | 7.3 | 965 | 0.43 |
| 9 | 20.1 | 17.7 | 309 | 9.1 | 8.1 | 1365 | 0.47 |
| 10 | 25.9 | 23.4 | 178 | 9.6 | 8.7 | 1618 | 0.49 |
| 11 | 29.1 | 26.7 | 302 | 10.2 | 9.3 | 1600 | 0.48 |
| 12 | 32.8 | 30.4 | 270 | 10.6 | 9.8 | 1870 | 0.49 |
| 13 | 35.2 | 33.1 | 383 | 11.0 | 10.4 | 1924 | 0.48 |
| 14 | 37.2 | 35.2 | 463 | 11.5 | 10.9 | 1834 | 0.47 |
| 15 | 39.5 | 37.6 | 414 | 12.0 | 11.5 | 1782 | 0.47 |
| 16 | 42.2 | 40.5 | 356 | 12.6 | 12.1 | 1637 | 0.48 |
| 17 | 44.5 | 42.8 | 427 | 13.1 | 12.6 | 1781 | 0.47 |
| 18 | 47.5 | 45.9 | 322 | 13.7 | 13.2 | 1699 | 0.48 |
| 19 | 51.1 | 49.6 | 277 | 14.3 | 13.8 | 1621 | 0.49 |
| 20 | 53.9 | 52.4 | 351 | 14.9 | 14.5 | 1629 | 0.48 |
| 21 | 57.3 | 55.9 | 289 | 15.4 | 15.0 | 1726 | 0.49 |
| 22 | 60.2 | 58.8 | 349 | 16.0 | 15.6 | 1641 | 0.48 |
| 23 | 62.7 | 61.4 | 382 | 16.6 | 16.3 | 1629 | 0.47 |
| 24 | 65.1 | 63.8 | 420 | 17.2 | 16.8 | 1763 | 0.47 |
| 25 | 69.6 | 68.4 | 219 | 17.8 | 17.5 | 1555 | 0.49 |
| 26 | 72.8 | 71.6 | 312 | 17.0 | 16.7 | 1543 | 0.48 |
| 27 | 76.6 | 75.4 | 262 | 17.7 | 17.4 | 1408 | 0.48 |
| 28 | 78.8 | 77.7 | 441 | 18.4 | 18.1 | 1491 | 0.45 |
| 29 | 81.7 | 80.6 | 346 | 19.1 | 18.8 | 1450 | 0.47 |
| 30 | 84.4 | 83.3 | 369 | 19.7 | 19.5 | 1518 | 0.47 |

CALCOLO DELLE VS30

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato, è possibile calcolare il valore delle Vs30, che rappresenta la velocità di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

Utilizzando la formula sopra riportata, si ottiene il seguente valore (quota iniziale = piano campagna attuale): **Vs30 = 362 m/s** a cui corrisponde, la categoria di **suolo di fondazione di tipo B**.

Tabella : Categorie di suolo di fondazione(D.M. 14-09-2005; D.M. 14-01-2008)

| CAT. | DESCRIZIONE PROFILO STRATIGRAFICO | Vs 30 (m/s) |
|----------|--|-------------|
| A | 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 di 3 m. | > 800 |
| B | Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 360-800 |
| C | Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | 180-360 |
| D | Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità | <180 |
| E | E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s). | |

- | | |
|-------------|---|
| 0.00- 1.75 | TERRENO DI RIporto COSTITUITO DA UNA BRECCIA CALCAREA |
| 1.75- 3.20 | ARGILLA DI COLOR MARRONE , MOLTO UMIDA CHE SFUMA AD ARGILLA GRIGIA |
| 3.20- 3.80 | ARGILLA GRIGIA DI MEDIA CONSISTENZA |
| 3.80- 12.00 | ARGILLA GRIGIA MOLTO CONSISTENTE TALORA CON LIVELLI DECIMETRICI DI NATURA CALCAREA INTERPOSTI |

Committente Comune di Rosignano M.mo
 Cantiere Campo Sportivo di Castiglioncello
 Località Via Aurelia*
 Data Inizio 10 Gennaio 2013 Data Fine 11 Gennaio 2013

SONDAGGIO FOGLIO
~~2~~
 Il geologo
 dr Melani

| Stratigrafia | Descrizione | Profondita' | N° colpi SPT | Falda |
|--|--|-------------|--------------|----------|
| x | terreno di riporto a prevalente composizione sabbiosa | | | |
|  | sabbia debolmente limosa | 0.80 | | |
|  | alternanze di livelli calcarenitici misti a sabbia e ghiaietto minuto | 2.30 | 33 | 21 42 |
|  | breccia ofiolitica di colore grigio-verdastro | 2.80 | | |
|  | roccia ofiolitica molto fratturata , talora le fratture sono riempite da una patina argillosa di colore grigio | 3.20 | | 8.70 |
| | | 10.00 | | |

Committente Comune di Rosignano Marittimo
 Cantiere Campo Sportivo di Castiglioncello
 Località Via Aurelia
 Data Inizio 9 Gennaio 2013 Data Fine 10 Gennaio 2013

SONDAGGIO FOGLIO



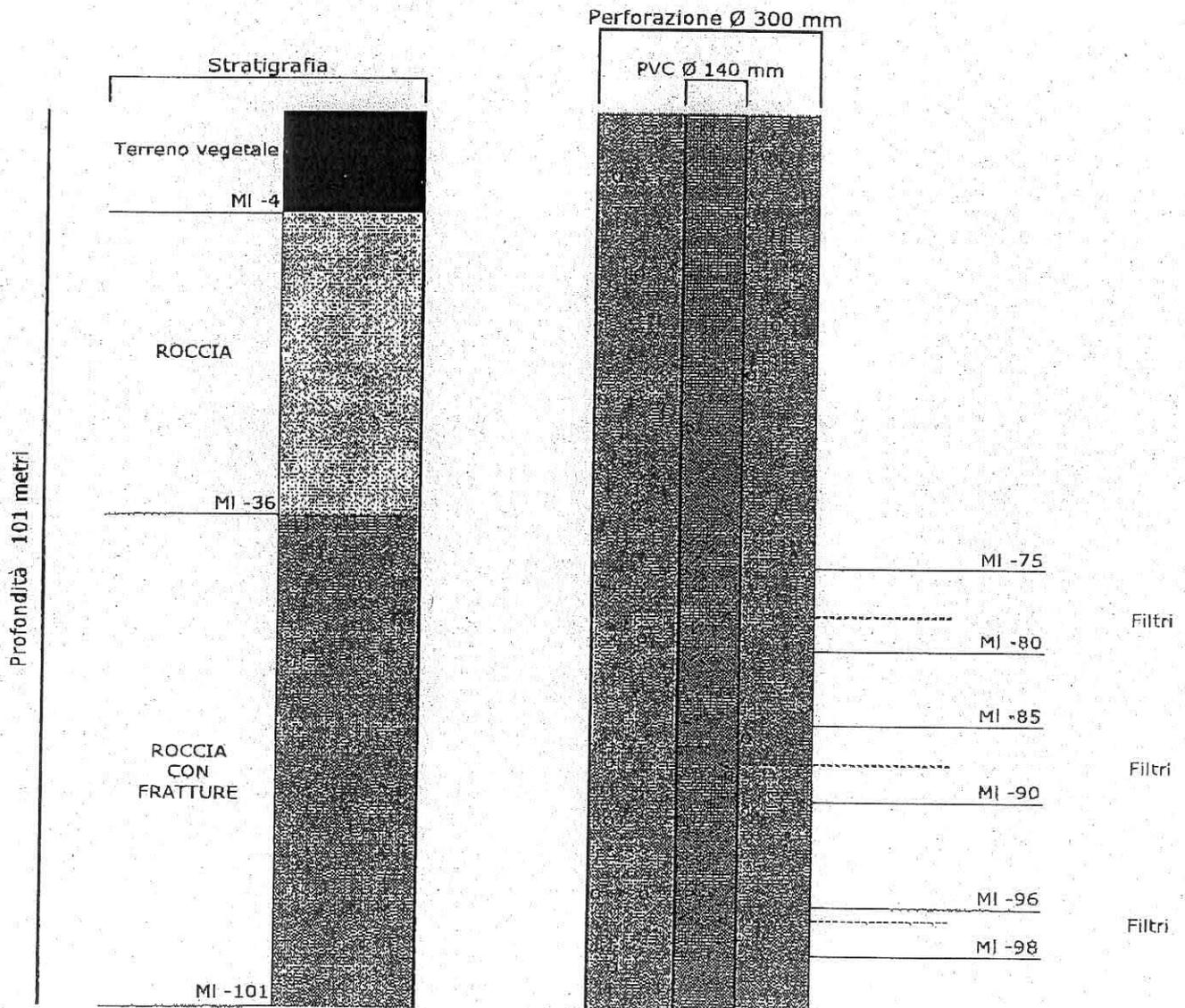
Il geologo
dr. M. Melani

| Stratigrafia | Descrizione | Profondità | N° colpi SPT | Falda |
|--------------|--|------------|--------------|-------|
| | terreno di riporto di varia natura a prevalente composizione sabbiosa di color rossastro | | | |
| | sabbia debolmente limosa | 1.35 | | |
| | alternanze di livelli calcarenitici misti a sabbia e ghiaietto minuto | 1.85 | 27 16 39 | |
| | breccia ofiolitica di color grigio-verdastro | 2.50 | | |
| | rocce ofiolitiche molto fratturate con evidenti segni di fratturazione di colore marrone rossastro, talora con sottili intercalazioni di lenti di argilla grigia | 3.50 | | 7.70 |
| | | 10.00 | | |

84

POZZO ARTESIANO

Pozzo eseguito presso il Campo sportivo di Rosignano M.mo (LI)

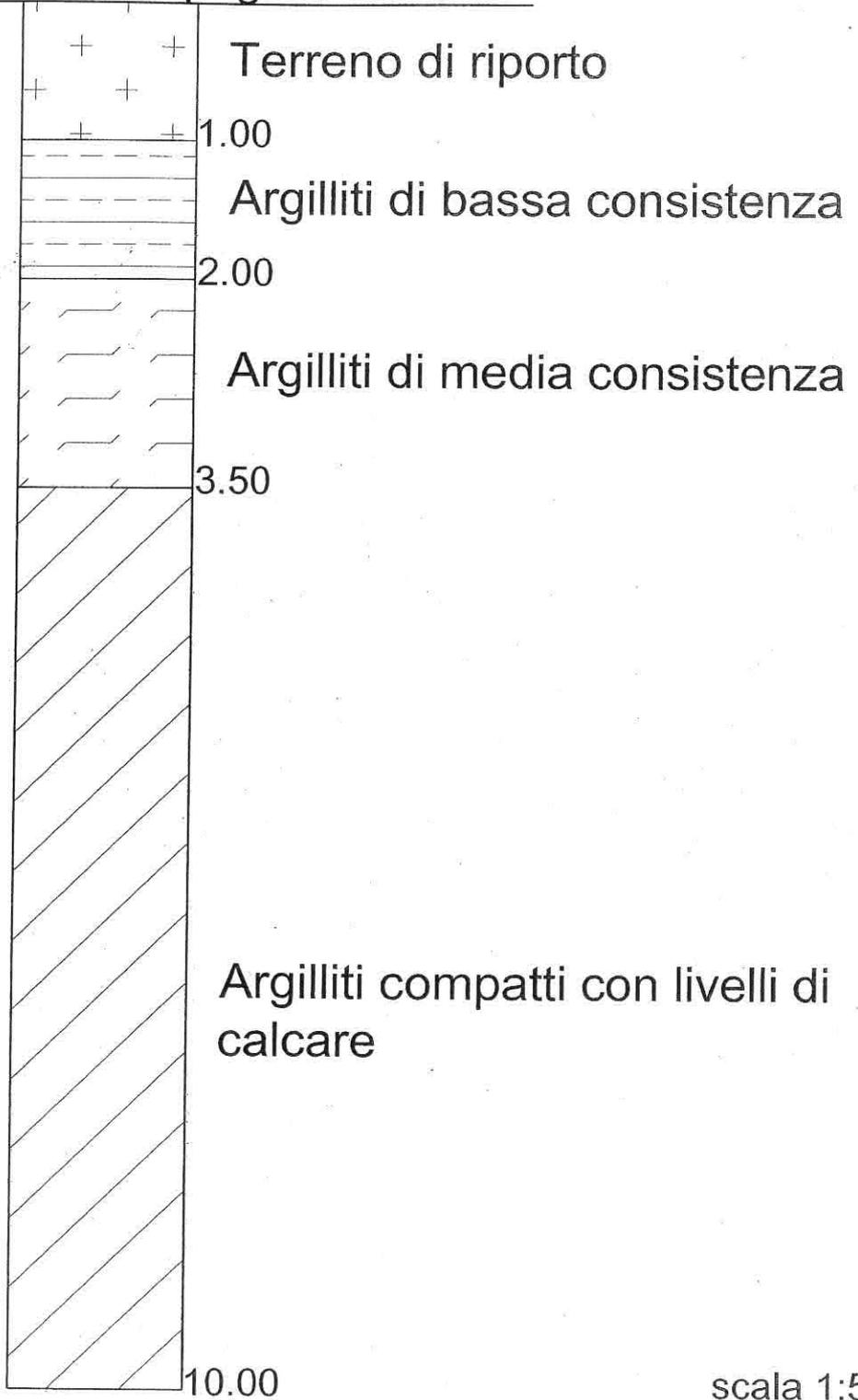


AII. CARATTERISTICHE POZZO

TRIVEL POZZI
di Calzone Salvatore
Mons.
P.I.

58

Piano campagna



scala 1:50

| | | |
|-------------|-------------------------|------------------------|
| Committente | Comune | |
| Cantiere | Sorbetto | |
| Località | Castelnuovo della M.dia | |
| Data Inizio | Gennaio 2006 | Data Fine Gennaio 2006 |

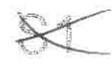
| | |
|----------------------|--------|
| SONDAGGIO | FOGLIO |
| | |
| Il geologo Melani | |

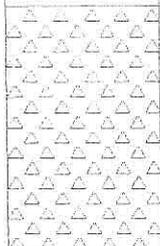
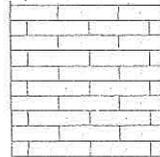
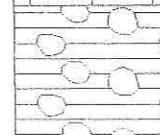
| Scala 1:100 | Stratigrafia | Descrizione | Profondita' | N° colpi SPT | Falda |
|-------------|--------------|--|-------------|----------------------------------|-------|
| 1 | | terreno di riporto (pezzame di materiale calcareo) | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | argilla limosa di colore nocciola di media consistenza | 2.20 | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | argilla grigia compatta | 5.80 | 24 ¹² / ₂₇ | 3.50 |
| 7 | | | | 12 ⁸ / ₁₇ | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | 39 ²¹ / ₄₅ | |
| 11 | | | 10.00 | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |

Committente Comune
 Cantiere Sorbetto
 Località Castelnuovo della M.dia
 Data Inizio Gennaio 2006 Data Fine Gennaio 2006

SONDAGGIO 2 FOGLIO
 Il geologo
Melani

| Scala 1:100 | Stratigrafia | Descrizione | Profondità | N° colpi SPT | Falda |
|-------------|--------------|---|------------|--------------|-------|
| 1 | | terreno di riporto (pezzame di materiale calcareo) | | | |
| 2 | | | | 6 | |
| 3 | | argilla limosa di colore nocciola di media consistenza | 2.50 | 6 | 2.50 |
| 4 | | | | 12 | |
| 5 | | | | 6 | |
| 6 | | argilla molle di colore nocciola -giallastro | 5.00 | 17 | |
| 7 | | sabbia argillosa di colore marrone rossastro con abbondanti clasti al suo interno | 6.00 | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | argilla grigia compatta | 9.50 | | |
| 11 | | | 10.00 | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |

| | | | | | |
|--|-------------|--------------------------|-----------|---|--------------------------|
|  | Committente | Comune di Rosignano M.mo | | SONDAGGIO | FOGLIO |
| | Cantiere | Botro Piastraia | |  | |
| | Località | Castiglioncello | | | |
| | Data Inizio | 12 Marzo 2001 | Data Fine | 12 Marzo 2001 | Il geologo dr. Melani |

| Stratigrafia | Descrizione | Potenza | Campioni | Profondità | Falda | S.P.T | Scala 1:50 |
|--|---|---------|----------|------------|-------|-------|------------|
|  | terreno di riporto di varia natura con prevalente frazione terrigena | 1.60 | | 1.60 | | | 1 |
|  | alternanedi livelli sabbiosi e lastre di arenaria calcarea cementata | 0.90 | | 2.50 | | | 2 |
|  | arenaria calcarea asciutta | 1.00 | | 3.50 | 3.35 | | 3 |
|  | sabbia con livelli calcarenitici con inizio venute d'acqua | 0.50 | | 4.00 | | 3.75 | 4 |
|  | livelli calcarenitici cementati | 0.50 | | 4.50 | | 4.2 | 4 |
|  | argilla compatta di color- marrone brunastro con inclusi abbondanti frammenti litici al suo interno | 0.90 | 5.00 | 5.40 | | | 5 |
|  | breccia di roccia ofiolitica in matrice limosa | 0.60 | c1 | 5.40 | | | 5 |
|  | roccia ofiolitica | 0.50 | | 6.00 | | | 6 |
| | | | | 6.50 | | | |

Committente Amministrazione Comunale

Scala sondaggio 1:50

Perforatore Ditta Scarselli

Geologo Melani Massimo

Coord.

Quota (p.c.)

Metodo perf. Rotazione con diametro da 101 mm

Data ultimazione 8/09/98

| Scala 1:50 | Stratigrafia | Descrizione | Potenza | <ul style="list-style-type: none"> ● SPT (m) $\frac{N}{COE}$ ○ PI (m) $\frac{kg}{cm^2}$ | Carotaggio | Falda |
|------------|--------------|--|---------|---|------------|-------|
| | | terreno di riporto (gabbriccio) | 0.50 | | | |
| 1 | | Argilla limosa di color marrone con concrezioni litiche al suo interno | 1.50 | ○ 100 - 130 | | |
| 2 | | argilla limosa compatta con livelli di matria calcarea al suo interno | 0.50 | ○ 5.00 | | |
| 3 | | argilla limosa compatta con clasti al suo interno | 0.50 | | | |
| 4 | | argilla limosa di color marrone con smescolature di argilla grigia con deboli venute d'acqua | 2.00 | ● 3.00 11 25 30 | | |
| 5 | | argilla grigia compatta foliettata con striature di color marrone | 1.30 | ○ 5.00 | | |
| 6 | | argilla marrone talora limosa con smescolature di argilla grigia ricca in concrezioni litoidi al suo interno | 1.70 | ○ 4.00-5.00 | | |
| 7 | | argillite grigia molto compatta foliettata | 0.50 | | | |
| | | | | ● 8.50 48 50/4cm | | |

- 4.00

813

| | |
|---|---------------------------|
| Cantiere Loc. Nibbiaia | N. sondaggio 2 |
| Committente Amministrazione Comunale | Scala sondaggio 1:50 |
| Perforatore Ditta Scarselli | Geologo Melani Massimo |
| Coord. | Quota (p.c.) |
| Metodo perf. Rotazione con diametro da 101 mm | Data ultimazione 09/09/98 |

| Cota (m) | Stratigrafia | Descrizione | Potenza | SPT | | Carotaggio | Balda | Profondità |
|----------|--------------|---|---------|---------------------------|-------------------------|------------|--------|------------|
| | | | | $\frac{N}{m \text{ cop}}$ | $\frac{m}{Kg/cm^2}$ | | | |
| | | terreno di riporto (gabbriccio) | 0.90 | | | | | |
| 1 | | argilla limosa mediamente compatta con frammenti litici al suo interno | 0.70 | | | | | 0.90 |
| 2 | | argilla limosa marrone con orizzonti ferrettizzati | 0.40 | | | | | 1.60 |
| 3 | | argilla marrone compatta con clasti al suo interno, talora con smescolature grigie | 1.75 | ○ 3.50-4.00 | ● 3.00 15 19 13 | | | 2.00 |
| 4 | | argilla limosa da mediamente compatta a molle con clasti al suo interno con deboli vene d'acqua | 0.35 | | | | | 3.75 |
| 5 | | argilla limosa compatta | 0.70 | ○ 3.60-4.00 | | | - 3.80 | 4.10 |
| 6 | | limo con abbondante materiale litico con vene d'acqua | 0.20 | | | | | 4.80 |
| 7 | | argilla marrone compatta | 0.30 | | | | | 5.00 |
| 8 | | argilla mediamente compatta con materiale litico al suo interno e smescolature grigie | 0.40 | ○ 3.00 | | | | 5.30 |
| 9 | | argilla limosa compatta con clasti al suo interno | 0.80 | | ● 5.70 16 35 50/12cm | | | 5.70 |
| 10 | | argilla limosa mediamente compatta con materiale litico | 0.50 | ○ 3.00 | | | | 6.50 |
| 11 | | argilla limosa compatta marrone con smescolature di color grigio | 0.20 | | | | | 7.00 |
| 12 | | argilla limosa compatta di color grigio | 0.60 | | | | | 7.20 |
| 13 | | argillite grigia molto compatta foliata | 0.20 | | | | | 7.60 |
| 14 | | | | | | | | 8.00 |

S 14

815

Proprietà Dr. TOZZI SICILIA
Via PUGLIESE 44 di

PROFILI STRATIGRAFICI DEI SONDAGGI

SONDAGGIO N°

| QUOTE | PROFONDITÀ (m) | SPESSORE DEGLI STRATI (m) | PROFILO | DESCRIZIONE STRATIGRAFICA | CAMPIONI | NOTE |
|-------|----------------|---------------------------|---------|--|----------|-----------------|
| | 2.00 | 2.00 | | sabbia sabbiosa oscurata | | |
| | 4.00 | 2.00 | | lastre arenarie (tufo) | | |
| | 7.00 | 3.00 | | argilla sabbiosa con frantumi e lastre di tufo | | |
| | 10.00 | 3.00 | | arenarie miste e ghiaietto con sabbia | | |
| | 12.00 | 2.00 | | accumulo loco con ghiaietto e sabbia | | - livello falda |
| | 15.00 | 3.00 | | ARGILLA GALESTROJA MOLTO COMPATTA FINE POZZO | | |



SCARSELLI

CECINA (LI) - Tel. 0586 688452

TRISONDI SAS.

Esposito

* Studio e consolidamento del sottosuolo * Sondaggi e carotaggi * Piezometri * Pali di fondazione * Micropali * Pozzi artesiani

| Scala 1:200 | Stratigrafia | Descrizione | Potenza | Campioni | Pozzo | Profondità | Filtri | Falda |
|-------------|--------------|---|---------|----------|-------|------------|--------|-------|
| 2 | | terreno di riporto misto a terreno vegetale | 0.70 | | | 0.70 | | |
| 4 | | alternanze di bancate di arenaria cementata e livelli di sabbia gialla | 6.80 | | | | | |
| 6 | | argilla sabbiosa frammista a lastre e pez-zame di materiale calcarenitico | 10.50 | | | 7.50 | | |
| 8 | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | |
| 20 | | argillocisti di color grigio nerastro , talora con livelletti di calcareo con debole venute d'acqua | 0.50 | | | 18.00 | | |
| 22 | | argillocisti alternate a livelli di calcare siliceo | 4.50 | | | 18.50 | | |
| 24 | | argillocisti alternate a livelli di calcare siliceo con debole venute d'acqua a partire da 23.50m | 2.00 | | | 23.00 | | |
| 26 | | argillocisti compatte | 5.00 | | | 25.00 | | |
| 28 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | 30.00 | | |

S 16



Committente SOC. SIAD s.p.a.
 Cantiere Rosignano Solvay - Impianto Cloruro di Calcio
 Località Stabilimento Solvay di Rosignano
 Data Inizio 08 Settembre 2016 Data Fine 12 Settembre 2016

SONDAGGIO FOGLIO

S1

Il geologo
dr MELANI

| Stratigrafia | Descrizione | Profondita' | Falda | N° colpi SPT | Campioni |
|----------------------|---|-------------|-------|--------------|------------------------|
| XXXX XXXX XXXX | terreno di riporto | | | | |
| | alternanze di livelli di calcarenite e orizzonti di sabbia di color marrone-avana | 2.70 | 2.20 | 2 | 3 |
| | sabbia grossolana di color marrone rossastro | 3.50 | | 13 | 4 |
| | sabbie di color giallo-arancio con interposti decimetrici di calcarenite | 5.00 | | 8 | 5.80 S1C1 6.00 |
| | sabbia di colore avana con clasti di materiale calcarenitico interposto | 9.00 | | 50 | 9 50 |
| | sabbia grigia grossolana con pezzame di materiale calcarenitico | 10.70 | | 10 | 10 |
| | sabbia grigia con sporadici inclusi di materiale calcarenitico | 11.00 | | 17 | 17 |
| | sabbia grigia grossolana | 12.00 | | | |
| | limo argilloso di colore grigio | 13.00 | | | |
| | argilla grigia debolmente limosa | 14.00 | | | |
| | argilla grigia con inclusioni di materiale organico (torba) | 17.00 | | | 17.00 S1C2 17.35 |
| | limo sabbioso di colore grigio | 21.00 | | | |
| | argilla grigia limosa | 23.00 | | | |
| | argilla grigia | 24.00 | | | |
| | argilla limosa grigia con fossili marini (conchiglie) | 25.00 | | | |
| | argilla grigia compatta talora con passate più limose (28-28.50 m) | 26.00 | | | |
| | | 31.00 | | | |



Committente Soc. Chimica Italia s.p.a
 Cantiere Rosignano *CANTIERE*
 Località Perossidati *ITIMIRIS 3 Dicem 2015*
 Data Inizio 23 Novembre 2015 Data Fine 25 Novembre 2015

SONDAGGIO FOGLIO

6

Il geologo
dr. Melani

| Stratigrafia | Descrizione | Profondita' | Falda | N° colpi SPT |
|--------------|--|-------------|-------|--------------|
| | terreno di riporto | | | |
| | sabbia gialla con livelli di calcarenitici | 4.50 | 5.50 | |
| | lastre di arenaria | 6.50 | | |
| | limi sabbiosi | 8.30 | | 30 |
| | sabbia con ghiaia | 10.00 | | 35 |
| | sabbia con sottili livelli di arenaria di color grigio | 11.80 | | |
| | limo sabbioso di colore grigio | 13.00 | | |
| | limi argillosi di colore grigio con resti conchigliari | 16.00 | | |
| | argilla grigia compatta | 25.00 | | |
| | | 32.00 | | |



REGIONE TOSCANA - DIREZIONE GENERALE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI - SERVIZIO SISMICO REGIONALE
 PROVINCIA DI.....LIVORNO..... COMUNE DI...Rosignano Marittimo.....

| | | | | | |
|---|---|--|---|--|--|
| CANTIERE GABBRO | | SONDAGGIO N. S1 | GEOLOGO INCARICATO PER L' ASSISTENZA AL SONDAGGIO Giuseppe Turrini | GEOLOGO DELL' IMPRESA Matteo Giuliani | SONDATORE - IMPRESA ESECUTRICE A. Golino - Methodo s.r.l. |
| QUOTA ASS. P.C. 187,0 m s.l.m. | COORDINATE X Y E= 1616273 N= 4815591 | TIPO DI SONDA (marca, modello, coppia motrice) ATLAS Copco A52 | TIPO DI FLUIDO acqua | STRUMENTAZIONE IN FORO E SUA PROFONDITA' | |
| DATA INIZIO/FINE 03/10/06 - 05/10/06 | | METODO DI PERFORAZIONE (aste o wire line) aste | CASSE CATALOGATRICI N. 1-2-3-4-5-6 | PROFONDITA' RAGGIUNTA 30 m | |

| Giorni di perforazione | Carotiere | Velocità di avanzamento | MANOVRE | Rivestimento intrasonoro | Profondità dal p.c. (m) | Scala riferimento (m) | STRATIGRAFIA (disegno) | Folce acquifere | DESCRIZIONE DEI TERRENI ATTRAVERSATI ED INDICAZIONE DEGLI SPESSORI | Profondità (m) | S.P.T. Numero colpi | Pochet Permettometer (kg/cm²) | Vane test (kg/cm²) | Altre prove | Campioni | Quota Campioni | Recupero % | R.Q.D. % | Struttura | Resistenza roccia | Inclinazione | Indice di fratturazione | Descrizione delle discontinuità | | | | Note | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|----------------------------------|---------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|---|-----------------|--|----------------|---------------------|-------------------------------|--------------------|-------------|----------|----------------|------------|----------|-----------|-------------------|--------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------|--------------|-------------|------|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Tipo | Forma e scabrezza | Riempiimento | Alterazione | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | | |
| 03/10/06 | Carotiere semplice con corona a widia | Manovre veloci 1-2 min per metro | | | 0.30 | 1.60 | Da 0.0 a 0.3 m asfalto e riparto eterogeneo (fn) 0.3 m | | 27 Da Vari | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 0.3 a 1.0 m limo argilloso grigio verdastro scuro con clasti mm/cm fino a 2 cm (a) | | 25 Da Vari | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 1.0 a 1.6 m limo sabbioso argilloso verdastro (a) | | 40 Da Vari | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 1.6 a 3.55 m sabbia ghiaiosa limosa verdastra con clasti centimetrici di ofioliti, prevalentemente serpentiniti (a) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 3.55 a 7.0 m ghiaia ofiolitica (clasti di gabbri e serpentiniti) in matrice limosa sabbiosa di colore da verde giallastro a verde scuro (a) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 7.0 a 8.6 m clasti di serpentiniti molto abbondanti in matrice limosa sabbiosa verdastra (a) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 8.6 a 11.1 m ghiaia ofiolitica, prevalentemente di serpentiniti, con clasti fino a 7-8 cm, in matrice sabbiosa limosa verdastra marroncina (a) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 11.1 a 13.8 m argilliti grigio e grigio scuro con clasti calcareo marnosi e marnosi (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 13.8 a 14.9 m argilliti grigio scuro con livelletti di argilliti marnose (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | Da 14.9 a 15.7 m argilliti grigio scuro con clasti grossolani calcareo marnosi e vene calcitiche (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Da 15.7 a 17.8 m argilliti ed argilliti marnose grigio scuro (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Da 17.8 a 19.0 m argilliti grigio scuro con rari livelletti di calcari silicei (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Da 19.0 a 19.6 m argilliti grigio scuro con calcari tipo palombino con vene calcitiche (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Da 19.6 a 22.0 m argilliti grigio chiare con livelli di calcareniti di 15-20 cm (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Da 22.0 a 22.45 m argilliti scure, con fitte alternanze di livelletti calcarenitici fini (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Da 22.45 a 28.5 m argilliti con blocchetti calcareo silicei scuri con vene calcitiche e con clasti calcarenitici fini grigio scuri tra 23.8 e 24.5 (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Da 28.5 a 30.0 m argilliti con livelli calcarei di colore grigio più chiaro (APA) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 04/10/06 | Carotiere semplice con corona a widia | 16 S.V. | | | 11.10 | 13.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 05/10/06 | Carotiere semplice con corona a widia | 12 corona a widia | | | 13.80 | 20.80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 23.80 | 24.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 25.30 | 26.60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 27.30 | 28.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 30.00 | 30.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Da 21.9 maggiore difficoltà di avanzamento a secco



STRATIGRAFIA

| | |
|---|-------------------------------------|
| Riferimento: Carefin - la Pace | Sondaggio: S1 |
| Località: Via di Crepatura - Castiglioncello - Rosignano Marittimo (LI) | Quota: |
| Impresa esecutrice: Ichnogeo s.a.s. | Data: 14/10/2011 |
| Coordinate: | Redattore: Eurogeo Studio Associato |
| Perforazione: Carotaggio continuo | |

| Ø mm | R v | A f | Pz | metri batt. | LITOLOGIA | Campioni | RP | VT | S.P.T. | | prof. m | DESCRIZIONE |
|---------|--------|--------|----|----------------|-----------|----------|-----|----|--------|---|------------|---|
| | | | | | | | | | S.P.T. | N | | |
| | | | | 1 | | | | | | | 1,1 | Terreno di riporto con presenza di inerti |
| | | | | 2 | | | | | | | | Sabbie cementate e calcareniti di colore grigio ocre (panchina) |
| | | | | 3 | | | | | | | | |
| | | | | 4 | | | | | | | | |
| | | | | 5 | | | | | | | | |
| | | | | 6 | | | | | | | | |
| | | | | 7 | | | | | | | | |
| | | | | 8 | | | 1.2 | | | | 7.7 | |
| | | | | 9 | | | 1.5 | | | | | |
| | | | | 10 | | | 0.9 | | 5-7-8 | | 15 | Argille con sabbia |
| | | | | 11 | | | 1.7 | | | | 10,5 | |
| | | | | 12 | | | 1.1 | | | | | Argille grigie con venature nere |
| | | | | 13 | | | 1.3 | | 4-7-9 | | 16 | |
| | | | | 14 | | | | | | | 13,5 | Argille con sabbia |
| | | | | 15 | | | 1.2 | | | | 15,1 | |
| | | | | 16 | | | 1.5 | | | | | Argille grigie con venature nere |
| | | | | 17 | | | 1.6 | | | | 16,6 | |
| | | | | 18 | | | | | 7-9-11 | | 20 | Argille grigie plastiche |
| | | | | 19 | | | 1.9 | | | | 17,3 | |
| | | | | 20 | | | 1.8 | | | | | Argille con sabbia |
| | | | | 21 | | | 2.1 | | | | 24,6 | |
| | | | | 22 | | | 1.6 | | | | | Argille plastiche |
| | | | | 23 | | | 2.0 | | | | 26,1 | |
| | | | | 24 | | | 2.1 | | | | | Argille plastiche |
| | | | | 25 | | | 1.7 | | | | | |
| | | | | 26 | | | | | | | | Argille plastiche |
| | | | | 27 | | | 2.3 | | | | | |
| | | | | 28 | | | 2.0 | | | | | Argille plastiche |
| | | | | 29 | | | 2.5 | | | | | |
| | | | | 30 | | | 2.0 | | | | 30,0 | |

Foro attrezzato per prova Down Hole.

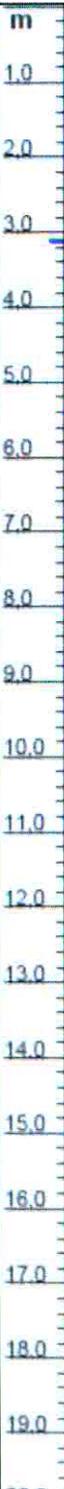
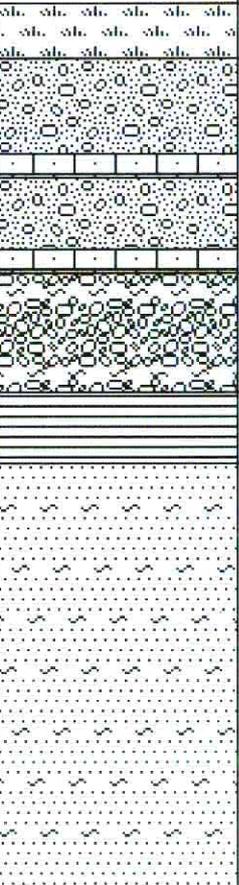
STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Graziano Graziani - Via Einaudi, 1 – 57018 VADA (LI)

*COSTRUZIONE DI UN FABBRICATO DI CIVILE ABITAZIONE***INDAGINE GEOLOGICA E GEOTECNICA****Ubicazione:** *Vada (LI) - Via per Rosignano***Committente:** *Sig.ri Corrado Malfanti e Claudia Ficcanterri***Data:** *Dicembre 2012***Il geologo**

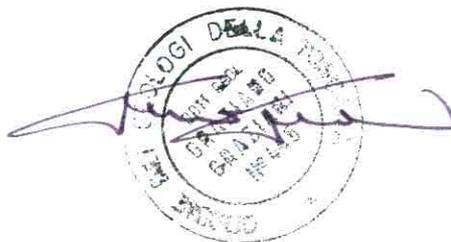
SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

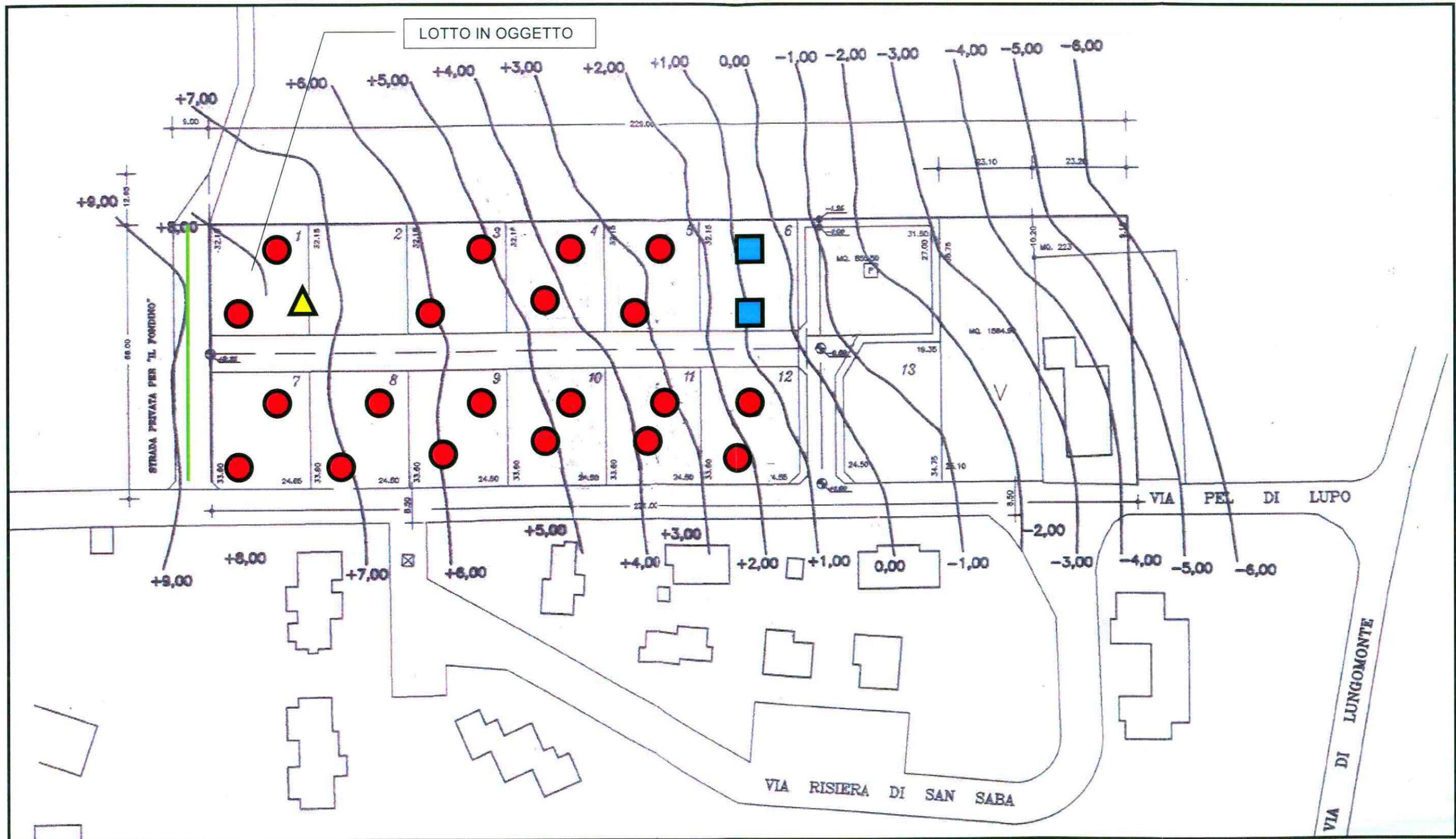
| | |
|--|---|
| DATA: 15 - 11 - 2012 | SONDAGGIO N° 1 |
| UBICAZIONE: Vada (LI) Via per Rosignano | METODO PERFORAZIONE: Carataggio continuo a rotazione |
| COMMITTENTE: Sig. Corrado Malfanti | DITTA ESECUTRICE: Tri. Sond. s.a.s. |

| Prof. dal p.c. | Stratigrafia | Descrizione litologica | Camp. | SPT | H2O |
|--|---|--|--|---|--|
|  | <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 10px;">0.70</div>  </div> | <p><i>Terreno vegetale bruno-rossastro</i></p> <p><i>Sabbie bruno-avana con ciottoli e livelli calcarenitici da -2.0 a -2.20 e da -3.50 a -3.60</i></p> <p><i>Sabbie brune con ciottoli e livelletti conglomeratici</i></p> <p><i>Argille bruno-arancio consistenti</i></p> <p><i>Sabbie/sabbie limose a tratti argillose grigie</i></p> | <p style="text-align: center;">C1 (-7.00/7.50)</p> | <p style="text-align: center;">(-3.0/3.45)</p> <p style="text-align: center;">(-10/10.45)</p> | <div style="text-align: center;">  </div> |
| 12.0 | | | | | |

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Graziano Graziani - Via Einaudi, 1 – 57018 VADA (LI)

*COSTRUZIONE DI UN FABBRICATO DI CIVILE ABITAZIONE***INDAGINE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA****Ubicazione:** *Comune di Rosignano M.mo (LI) – Fraz. Castiglioncello
Lottizzazione Pel di Lupo – lotto n° 1***Committente:** *Pel di Lupo s.r.l.***Data:** *Maggio 2013***Il geologo**



 Penetrometrie dinamiche

 Penetrometrie statiche

 Sondaggio

 Linea MASW

PLANIMETRIA DELLA LOTTIZZAZIONE CON L'UBICAZIONE DI TUTTE LE INDAGINI EFFETTUATE

1:1000

| | |
|--|------------------------------------|
| ESECUTORE SONDAGGIO: MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l. Loc. Biagioni, 60 55010 - Spianate (LU) | COMMITTENTE: PEL DI LUPO s.r.l. |
|--|------------------------------------|

| | | | |
|--------------------|--|--|------------------|
| SONDAGGIO N.° 1 | METODO Carotaggio continuo con sonda a rotazione - carotiere semplice | LOCALITA' Castiglioncello (LI) Lottizzazione via Pel di Lupo | DATA: 21/09/2011 |
|--------------------|--|--|------------------|

| Profondità | | | | Log | Descrizione litologica | H ₂ O | Note |
|------------|-------------|----------|----------|-----|---|------------------|---------------------------|
| dal l.m.m. | dal p. rif. | dal p.c. | parziali | | | | |
| | 0,5 | | | 0 | riporto eterogeneo | | |
| | | | | 1 | | | |
| | | | | 2 | limi sabbiosi bruni | | CAMP (2.20 - 2.70) |
| | 4,2 | | | 4 | | | |
| | 4,9 | | | 5 | limi argillosi avana con frustoli carboniosi | | |
| | 6 | | | 6 | sabbie con livelletti calcarenitici cementati | | |
| | | | | 7 | microconglomerato in matrice limo-argillosa | | SPT (7.5 m) (11-18-26) |
| | 8 | | | 8 | | | |
| | | | | 9 | limi argilloso-sabbiosi bruni con ciottoli e tracce carboniose | | |
| | 10 | | | 10 | | | |
| | | | | 11 | sabbie brune | | |
| | 11,5 | | | 11 | microconglomerato in matrice limo-argillosa | | |
| | | | | 12 | | | |
| | | | | 13 | argille grigio-avana | | |
| | 13 | | | 13 | | | |
| | | | | 14 | sabbie avana | | |
| | 15 | | | 15 | | | |

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Graziano Graziani - Via Einaudi, 1 – 57018 VADA (LI)

PE 237/12

*COSTRUZIONE DI UN CAPANNONE AD USO ESPOSIZIONE
E VENDITA ACCESSORI PER LA NAUTICA*

INDAGINE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Ubicazione: *Comune di Rosignano M.mo (LI) – Via Aurelia Sud*

Committente: *PAMA s.n.c.*

Data: *Febbraio 2012*

Il geologo



| | | |
|--|-----------------------------|--|
| ESECUTORE SONDAGGIO: MAPPO GEOGNOSTICA s.r.l. Loc. Biagioni, 60 55010 - Spianate (LU) | COMMITTENTE: PAMA s.n.c. | |
|--|-----------------------------|--|

| | | | |
|--------------------|--|---|------------------|
| SONDAGGIO N.° 1 | METODO Carotaggio continuo con sonda a rotazione - carotiere semplice | LOCALITA' Vada (LI) Via Aurelia sud n° 62 | DATA: 20/03/2011 |
|--------------------|--|---|------------------|

| Profondità | | | | Log | Descrizione litologica | H ₂ O | Note |
|------------|-------------|----------|----------|-----|-------------------------------------|------------------|-----------------------|
| dal l.m.m. | dal p. rif. | dal p.c. | parziali | | | | |
| | | | | 0 | terreno vegetale/riporto | | |
| | 0,8 | | | 1 | | | |
| | 2,4 | | | 2 | Sabbie bruno marroni con litici | — | CAMP (2.00 - 2.50) |
| | | | | 3 | | | |
| | | | | 4 | Sabbie limose | | |
| | | | | 5 | | | |
| | 6 | | | 6 | | | |
| | 6,5 | | | 7 | Calcarenite | | |
| | | | | 8 | Sabbie con livelletti calcarenitici | | |
| | | | | 9 | | | |
| | 10 | | | 10 | | | |

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 1

- indagine : Variante al R.U.
- cantiere : Via della Lombarda
- località : Rosignano Marittimo (LI)
- note : prova conclusa con rifiuto strumentale

- data : 22/12/2012
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,2 | ---- | 1 | 1,00 - 1,20 | 5 | 48,6 | ---- | 2 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 19,4 | ---- | 2 | 1,20 - 1,40 | 6 | 53,9 | ---- | 3 |
| 0,40 - 0,60 | 8 | 77,8 | ---- | 2 | 1,40 - 1,60 | 5 | 44,9 | ---- | 3 |
| 0,60 - 0,80 | 7 | 68,1 | ---- | 2 | 1,60 - 1,80 | 100 | 897,9 | ---- | 3 |
| 0,80 - 1,00 | 8 | 77,8 | ---- | 2 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 ISM.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

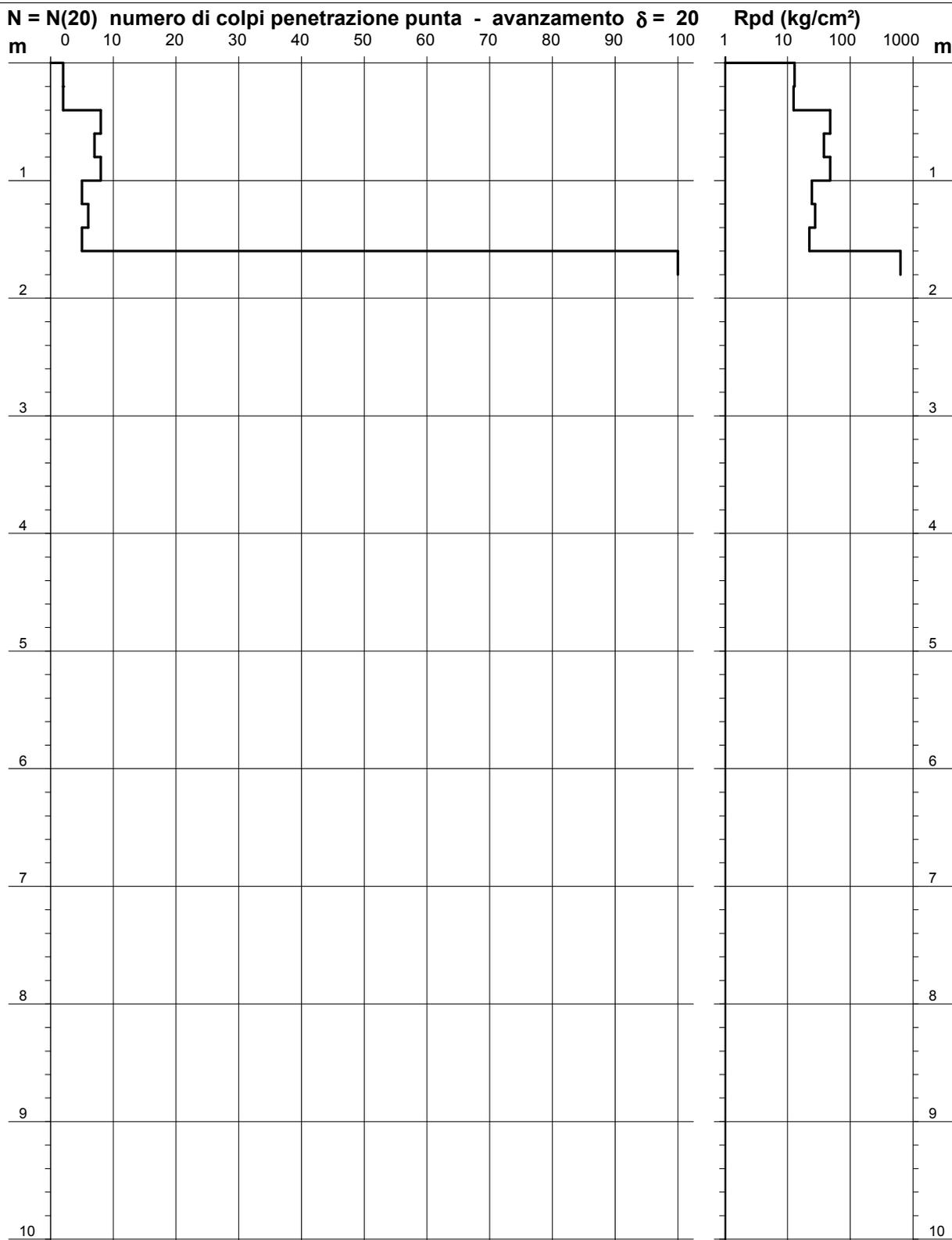
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 1

Scala 1: 50

- indagine : Variante al R.U.
 - cantiere : Via della Lombarda
 - località : Rosignano Marittimo (LI)

- data : 22/12/2012
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 ISM.C**

- M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

n° 2

- indagine : Variante al R.U.
- cantiere : Via della Lombarda
- località : Rosignano Marittimo (LI)
- note : prova conclusa con rifiuto strumentale

- data : 22/12/2012
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta | Prof.(m) | N(colpi p) | Rpd(kg/cm ²) | N(colpi r) | asta |
|-------------|------------|--------------------------|------------|------|-------------|------------|--------------------------|------------|------|
| 0,00 - 0,20 | 2 | 21,2 | ---- | 1 | 0,60 - 0,80 | 8 | 77,8 | ---- | 2 |
| 0,20 - 0,40 | 2 | 19,4 | ---- | 2 | 0,80 - 1,00 | 100 | 972,3 | ---- | 2 |
| 0,40 - 0,60 | 4 | 38,9 | ---- | 2 | | | | | |

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 ISM.C**

- M (massa battente)= **63,50** kg - H (altezza caduta)= **0,75** m - A (area punta)= **20,43** cm² - D(diam. punta)= **51,00** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**20**) [δ = 20 cm]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

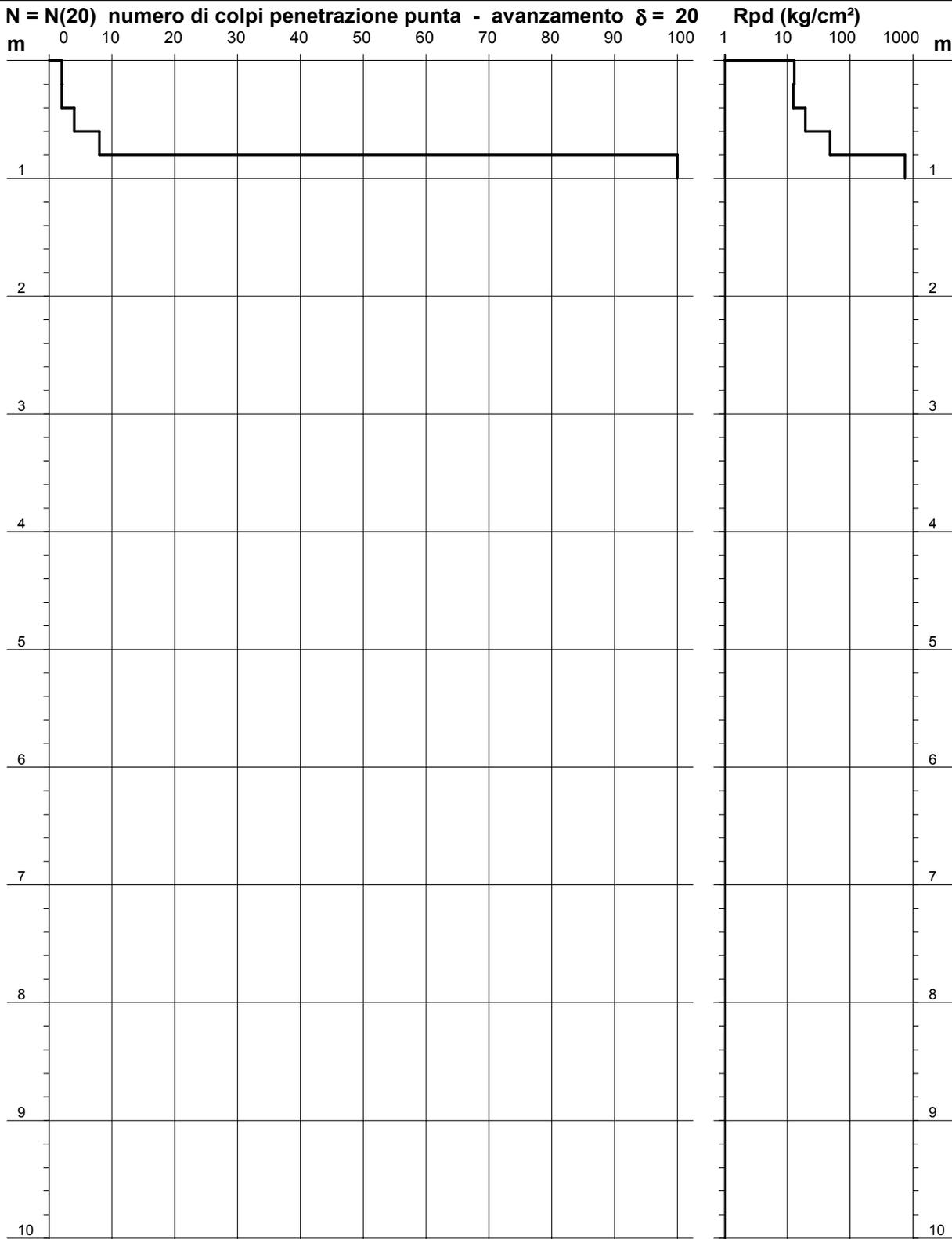
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

n° 2

Scala 1: 50

- indagine : Variante al R.U.
 - cantiere : Via della Lombarda
 - località : Rosignano Marittimo (LI)

- data : 22/12/2012
 - quota inizio : p.c.
 - prof. falda : Falda non rilevata



- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **TG 63-100 ISM.C**
 - M (massa battente)= **63,50 kg** - H (altezza caduta)= **0,75 m** - A (area punta)= **20,43 cm²** - D(diam. punta)= **51,00 mm**
 - Numero Colpi Punta N = N(20) [$\delta = 20$ cm] - Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN Pa

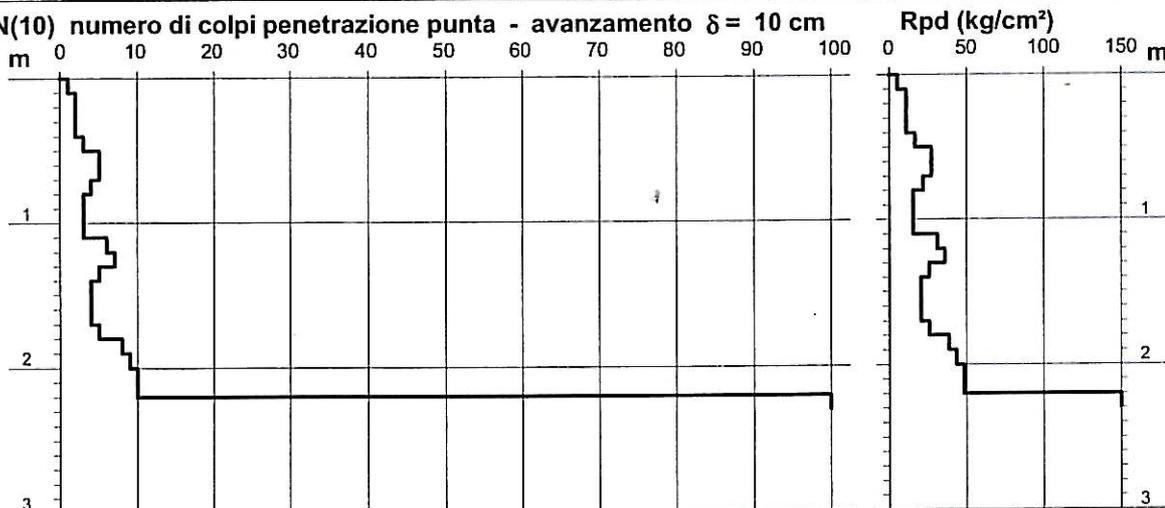
Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Giuseppe PICCIRILLO
- lavoro : Realizzazione piscina privata
- località : Via dei lavoratori 32, Rosignano M.mo

- data prova : 01/04/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 10/09/2010

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

PD4 DIN Pb

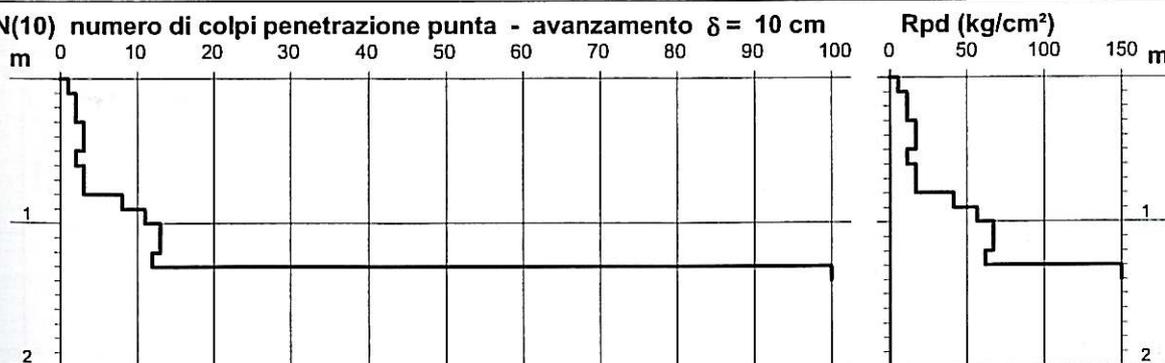
Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Giuseppe PICCIRILLO
- lavoro : Realizzazione piscina privata
- località : Via dei lavoratori 32, Rosignano M.mo

- data prova : 01/04/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 10/09/2010

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10$ cm



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

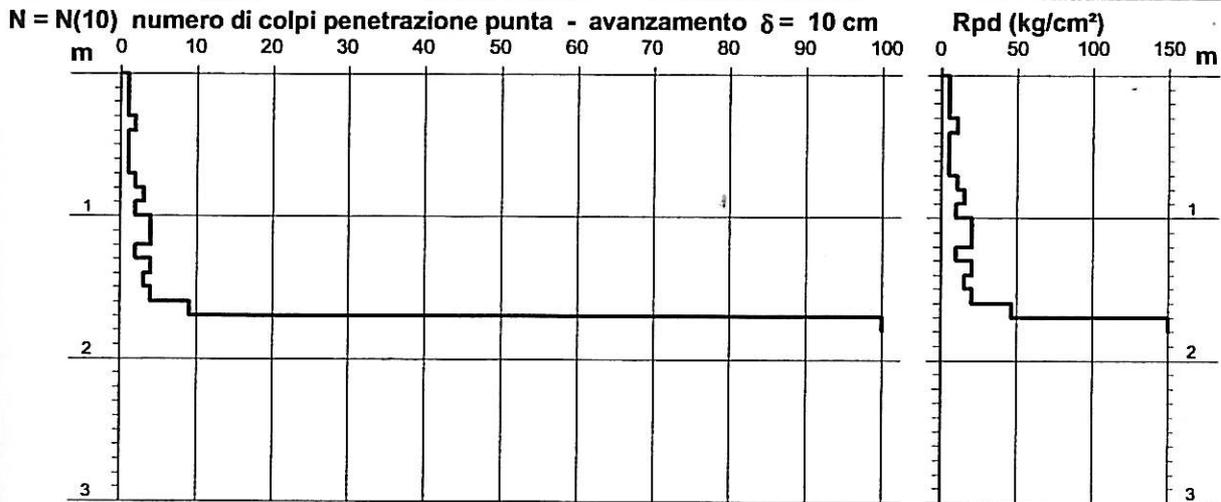
PD5 DIN P1

Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Giuseppe PICCIRILLO
- lavoro : Ristrutturazione edificio
- località : Via dei Lavoratori 32, Rosignano Marittimo

- data prova : 01/04/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 12/04/2010

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

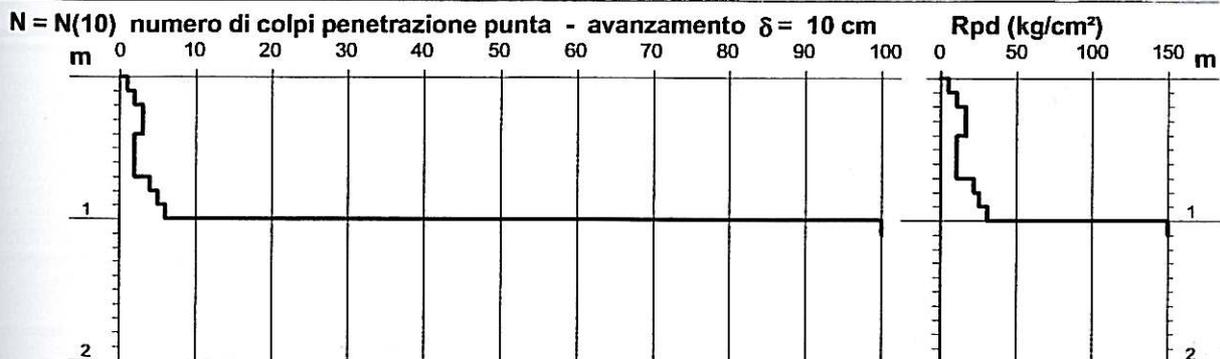
PD6 DIN P2

Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Giuseppe PICCIRILLO
- lavoro : Ristrutturazione edificio
- località : Via dei Lavoratori 32, Rosignano Marittimo

- data prova : 01/04/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 12/04/2010

- note :



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

PD7 DIN P3

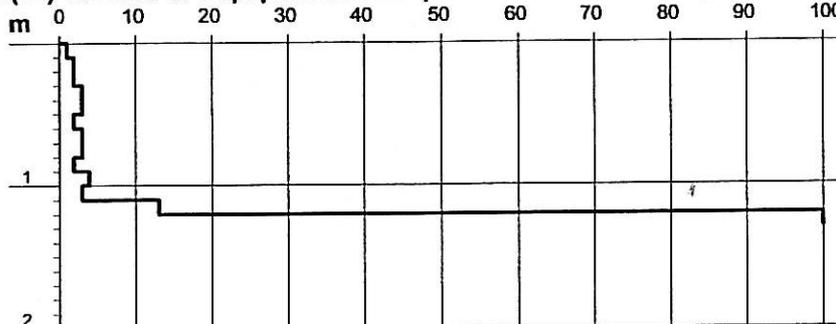
Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Giuseppe PICCIRILLO
- lavoro : Ristrutturazione edificio
- località : Via dei Lavoratori 32, Rosignano Marittimo

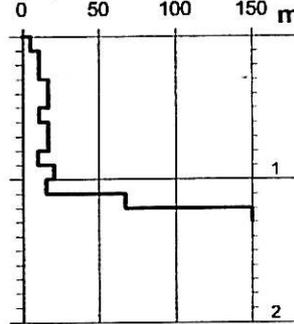
- data prova : 01/04/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 12/04/2010

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10$ cm



Rpd (kg/cm²)



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

PD8 DIN P4

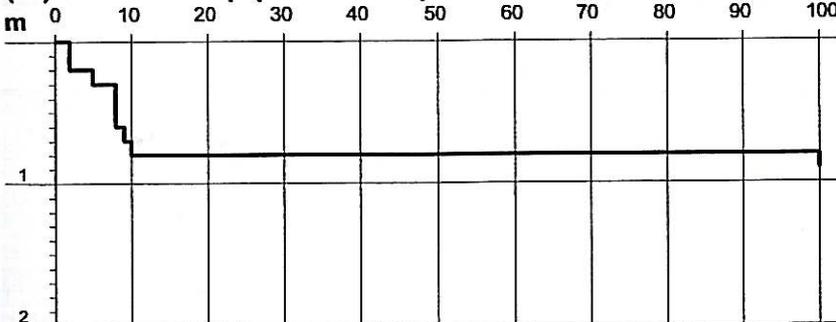
Scala 1: 50

- cantiere : Sig. Giuseppe PICCIRILLO
- lavoro : Ristrutturazione edificio
- località : Via dei Lavoratori 32, Rosignano Marittimo

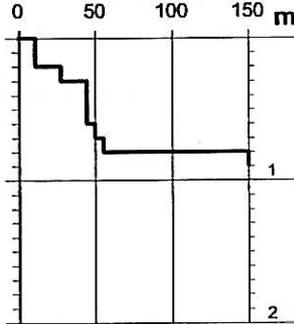
- data prova : 01/04/2010
- quota inizio : p.c.
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 12/04/2010

- note :

N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento $\delta = 10$ cm



Rpd (kg/cm²)



| | Pozzo | ROCCASTRADA 1 | | | | | | | | |
|----|--------------|------------------------|-----------------------|------------------|-------------|----------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|
| | | Acquif da quota | Acquif a quota | Tmax Prof | Tmax | Portata | Tipologia | Produzione | Stato attività | Metodo Temp |
| | | 490 | 1008 | 62 | 1000 | 0 | POZZO DI ESPLORAZIONE | INDUSTRIALMENTE STERILE | CHIUSO TEMPORANEAMENTE | fluido statico in intervallo |
| | Pozzo | ROSELLE 1 | | | | | | | | |
| | | Acquif da quota | Acquif a quota | Tmax Prof | Tmax | Portata | Tipologia | Produzione | Stato attività | Metodo Temp |
| | | 0 | 0 | 25 | 13 | 0 | POZZO DI ESPLORAZIONE | | | |
| P1 | Pozzo | ROSIGNANO 1 | | | | | | | | |
| | | Acquif da quota | Acquif a quota | Tmax Prof | Tmax | Portata | Tipologia | Produzione | Stato attività | Metodo Temp |
| | | 0 | 0 | 26,6299991 | 190 | 0 | POZZO DI GRADIENTE TERMICO | | | |
| P2 | Pozzo | ROSIGNANO 2 | | | | | | | | |
| | | Acquif da quota | Acquif a quota | Tmax Prof | Tmax | Portata | Tipologia | Produzione | Stato attività | Metodo Temp |
| | | 0 | 0 | 25,5799999 | 150 | 0 | POZZO DI GRADIENTE TERMICO | | | |
| P3 | Pozzo | ROSIGNANO 3 | | | | | | | | |
| | | Acquif da quota | Acquif a quota | Tmax Prof | Tmax | Portata | Tipologia | Produzione | Stato attività | Metodo Temp |
| | | 0 | 0 | 24,9300003 | 150 | 0 | POZZO DI GRADIENTE TERMICO | | | |

| | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|---------------------|----------------------|---------------------------|---------------------------|---|-----|------|----------------------------|
| P2 | POZZO | ROSIGNANO 2 | | Unita litologica 1 | Unita litologica 2 | Litologia ARENARIA,SABBIA,ARGILLA SABBIOSA | | | |
| | | DA PROF 0 | A PROF 315 | | | | | | |
| P3 | POZZO | ROSIGNANO 3 | | Unita litologica 1 | Unita litologica 2 | Litologia ARENARIA,SABBIA,CONGLOMERATO ARGILLA SABBIOSA SILTOSA FLYSCH LIGURE | | | |
| | | DA PROF 0 | A PROF 10 | | | | | | |
| | | 10 | 300 | | | | | | |
| | | 300 | 315 | | | | | | |
| POZZO | S.ADRIANA/MR | DA PROF | A PROF | Unita litologica 1 | Unita litologica 2 | Litologia ARGILLITE,CALCARE CALCARE | | | |
| | | | | | | | 0 | 96 | SCAGLIA ROSSA |
| | | | | | | | 96 | 157 | CALCARE MASSICCIO |
| POZZO | S.DALMAZIO 1 | DA PROF | A PROF | Unita litologica 1 | Unita litologica 2 | Litologia ARGILLO-SCISTO CONGLOMERATO,ARGILLA E SABBIA ARGILLO-SCISTO,CALCARE E CALCARE CALCARE E ANIDRITE SCISTO E CALCARE | | | |
| | | | | | | | 0 | 30 | LIGURIDI S.L. |
| | | | | | | | 30 | 240 | FORMAZIONI POSTOROGENICHE |
| | | | | | | | 240 | 830 | LIGURIDI S.L. |
| | | | | | | | 830 | 845 | BRECCIA ANIDRITE E DOLOMIA |
| | | | | | | | 845 | 1189 | VERRUCANO |
| POZZO | S.MARIA 2 | DA PROF | A PROF | Unita litologica 1 | Unita litologica 2 | Litologia ARGILLA,CONGLOMERATO,ARENARIA,GESSO | | | |
| | | | | | | | 0 | 260 | |

Stratigrafia del pozzo n.: 13488

| Spessore | m | Strati | Descrizione |
|----------|-------|--------|--|
| 3 | 3.00 | | Limo sabbioso |
| 7 | 10.00 | | Argille sabbiose intercalanti strati di ghiaia |
| 10 | 20.00 | | Sabbie rosse parzialmente cementate |
| 10 | 30.00 | | Sabbie rosse intercalanti strati di arenaria |
| 5 | 35.00 | | Argille gialle |
| 10 | 45.00 | | Arenaria cementata e fratturata con acqua |