

INDAGINI GEOFISICHE A CORREDO DELLE ATTIVITA' DI PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Su incarico di SILEC S.p.A., tra Gennaio e Marzo 2013 sono state realizzate delle indagini geofisiche per caratterizzare l'area di svincolo autostradale della S.S. 155 con la S.S. 114. Il sottosuolo lungo il tracciato del nuovo collegamento è stato caratterizzato mediante indagini superficiali di **tomografia sismica a rifrazione** (determinazione delle velocità delle onde compressionali P) e delle **prospezioni MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** per definire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio S tramite l'analisi della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh, e per determinare il parametro Vs30. Sono state svolte altresì delle **prove sismiche down-hole** per determinare le velocità di propagazione delle onde P ed S al fine di definire le proprietà meccaniche dei materiali indagati e il parametro Vs30.

**STRUMENTAZIONE**

Per le indagini sismiche a rifrazione, le prove MASW e down-hole sono stati utilizzati **sismografi a 24 canali**. Come sorgente di energizzazione si è utilizzato un **sistema a massa battente**. Nelle indagini sismiche a rifrazione e nelle prove MASW come ricevitori sono stati impiegati n. **24 geofoni** verticali di tipo elettromagnetico a massa sospesa, mentre per le prove down-hole invece, è stato utilizzato un **geofono triassiale** dotato di unità di controllo e sistema di ancoraggio meccanico alle pareti del foro.

**RILIEVO e DATI**

**Sismica a rifrazione** – Sono stati eseguiti n. 166 stendimenti da n. 24 geofoni con interdistanza pari a 5 m. L'energizzazione è stata effettuata in corrispondenza di n. 5 posizioni disposte simmetricamente e reciprocamente rispetto allo stendimento. L'acquisizione dati è stata realizzata con passo di campionamento pari a 0,128 ms e ogni tiro è stato ripetuto più volte per migliorare la qualità del segnale.

L'analisi dei tempi di primo arrivo (acquisiti in formato SEG2) e l'elaborazione tomografica sono state realizzate con il software *Rayfract*, basato sul metodo di inversione WET (*Wavepath Eikonal Traveltime*). Per il modello di velocità, rappresentato attraverso interpolazione geometrica 2D, si è ritenuto opportuno scegliere una scala colore con range 200-4000 m/sec (Figura 1).

I risultati ottenuti dall'indagine hanno permesso di identificare tre differenti **sismostrati**, distinti in base al modello cromatico delle velocità. In particolare, la bassa velocità (200-

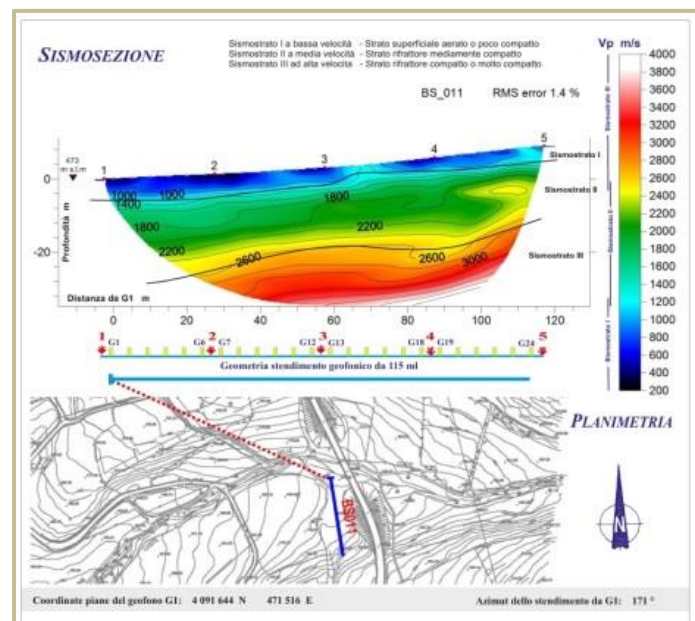


Figura 1 – Un esempio di sismosezione (RMS error 1.4%).

1300 m/s) del primo sismostrato testimoniava la presenza di **materiali superficiali aerati o poco compatti**. La velocità del secondo sismostrato (1200-2600 m/s) indicava **materiali mediamente compatti**, mentre quella del terzo (2500-4000 m/s) **materiali compatti o molto compatti**.

**MASW** – Sono state eseguite n. 97 prospezioni sismiche MASW. Ogni stendimento è stato realizzato con 24 geofoni disposti a 2 m tra loro, per un'estensione lineare di 46 m. L'energizzazione è stata eseguita in 2 punti posti a circa 10 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono dello stendimento.

Dai dati acquisiti (formato SEG2) mediante il software WinMasw Standard si è ricavato lo spettro delle velocità. Dalle curve di

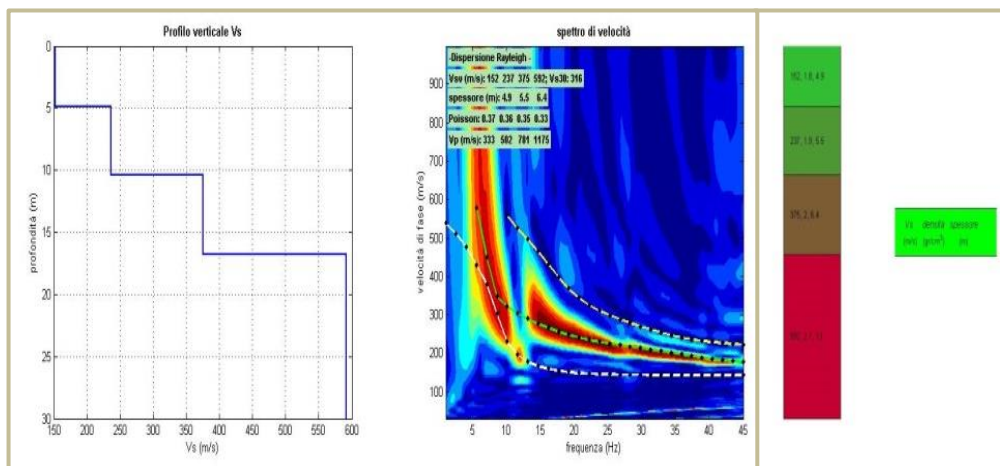
dispersione ottenute dal *picking* dello spettro di velocità è stato calcolato con modellazione diretta un modello di sottosuolo, coerente con la distribuzione di energia dello spettro, le curve di dispersione teoriche, e la stratigrafia del sito. L'elaborazione dei dati ha fornito un profilo verticale delle onde S definito come successione di strati con differenti spessori e velocità (Figura 2).

**Down-hole** - Sono state eseguite n. 46 prospezioni sismiche in foro di tipo down-hole in risalita (da fondo foro fino al piano campagna) per l'intera verticale di ciascun sondaggio, con passo di misura pari a 1 m. La piastra per l'energizzazione delle onde P e la trave per le onde S sono state posizionate a una distanza variabile dal sondaggio (1-4 m).

Determinando i tempi di arrivo diretti dell'impulso delle onde P e delle onde S ai ricevitori a ogni profondità sono state calcolate le velocità P ed S lungo le verticali di sondaggio, così come le velocità pseudo-intervallari e i parametri dinamici di elasticità e taglio. Per il peso di volume ( $\gamma$ ) dei materiali investigati sono stati usati valori compresi tra 18 e 23 kN/m<sup>3</sup>. Sulla base della stratigrafia e dei sondaggi, valori fino a 21 kN/m<sup>3</sup> sono stati attribuiti a **depositi sedimentari**, e i restanti valori (21-24 kN/m<sup>3</sup>) a **rocce sedimentarie e vulcaniche**.

## CONCLUSIONI

Come dettato dalla normativa italiana (DM del 14/01/08 NTC e S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 04/02/08) la valutazione della risposta sismica locale va eseguita con specifiche analisi o assegnando il sottosuolo alle categorie **A, B, C, D, E** in funzione del parametro Vs30, ovvero della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 m di profondità dal piano d'imposta della fondazione dell'opera o dalla testa dei pali della fondazione. In questo rapporto, non conoscendo il piano d'imposta, si è sempre riferito Vs30 al piano campagna. Tra i risultati compaiono, inoltre, le due categorie **S1 e S2** per le quali occorre analizzare le cause dell'inversione di velocità nel profilo delle Vs. Siccome il terreno rigido sovrastava stratigraficamente un terreno soffice con rapporto  $\frac{V_{s\text{ rig}}}{V_{s\text{ sof}}} > 2$  e con Vs dello strato più rigido maggiore di 500 m/s e, dal momento che il sottosuolo era assimilabile a un modello 1D con strati piano paralleli e orizzontali, omogenei e a comportamento viscoelastico, è stato possibile riclassificare parte dei modelli, ottenendo classi di suolo (A, B, C, D o E) per le quali è stata applicata la procedura semplificata di risposta sismica locale ("Criteri delle Linee Guida del Dipartimento della Protezione Civile per la Microzonazione Sismica").



**Figura 2 - Un esempio di profilo verticale delle onde S ottenuto dalla prova MASW.**