

COMUNE DI CALITRI

PROVINCIA DI AVELLINO

RELAZIONE GEOLOGICA

Località: C.da Isca Ficocchia

Comune: Calitri (AV)

Oggetto: “Relazione geologica per la realizzazione di un impianto di recupero rifiuti non pericolosi provenienti da operazioni di demolizioni, realizzato nel Comune di Calitri (AV).”

Dott. geol. Luigi Zarrilli
Tel. 3338921219 – e-mail: luigizarrilli@tiscali.it

Committente:

Lancieri s.n.c. dei f.lli Antonio & Lorenzo Martiniello, via Sotto le Ripe, 19 Calitri (AV)

Data emissione	Prima redazione	Dott. Geol. Luigi Zarrilli
Calitri, 27 ottobre 2014	Copia n° 1 N° Pagine N° Allegati Tot. Pag. con la copertina	

COMUNE DI CALITRI

PROVINCIA DI AVELLINO

PREMESSA

La presente relazione è stata redatta come supporto alla progettazione per la realizzazione di un impianto di recupero rifiuti non pericolosi provenienti da operazioni di demolizioni, realizzato nel Comune di Calitri (AV). Tale area è conosciuta con il toponimo di C.da "Isca Ficocchia" ; essa è identificabile nella tavoletta IGM, alla scala 1:25.000, - "Monte Mattina - I NE", appartenente al Foglio 186 , della cartografia alla scala 1:100.000, "Sant' Angelo Dei Lombardi" e nella mappa catastale, foglio n. 61, p.lle 998-1579 del Comune di Calitri.

In seguito sono schematizzate le diverse fasi di studio che hanno portato alla redazione del presente elaborato:

1. rilevamento geologico di dettaglio dell'area
2. inquadramento geografico dell'area di costruzione
3. inquadramento geologico e geomorfologico

4. definizione dei principali parametri fisico-meccanici dall'analisi tecnica dei risultati di prove di laboratorio eseguiti in occasione di un lavoro di ricerca scientifica
5. una indagine con la metodologia dei microtremori, con sorgente attiva, MASW, e una con sorgente passiva, Remi (refraction microtremor) al fine di definire la Vs30 utile per classificare il terreno di fondazione.

Il territorio comunale di Calitri rientra nella I Categoria Sismica.

Il rilevamento geologico è stato condotto sul terreno con il supporto della cartografia alla scala 1:5.000 ed ha interessato un'area di circa 4 km² al fine di avere un quadro completo e chiaro dei rapporti stratigrafici tra le litologie affioranti e dell'idrologia e idrogeologia dei luoghi, cioè della circolazione idrica superficiale e sotterranea dell'area in esame. La presente relazione e le risultanze dei metodi di valutazione applicati ai terreni esaminati, seguono quanto dettato dal D.M. 14/1/2008 " *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce.*" e sue successive modifiche ed integrazioni e quanto indicato dalla letteratura specialistica nel campo delle fondazioni in genere (**Bowles J. E.** " *Fondazioni* " ; **Duncan C. Wyllie** " *Foundations on Rock*; " **Lancellotta R.** " *Geotecnica* " ; **Software idrogeologico e geotecnico di Autori Vari**).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

In questo paragrafo vengono descritte le principali caratteristiche dei litotipi che costituiscono la zona di interesse, in particolare la loro origine e composizione litologica.

Il rilevamento geologico gioca un ruolo chiave in questa fase di lavoro; infatti, solamente una scrupolosa indagine di campagna permette di arrivare a definire, con buona accuratezza, la natura dei litotipi caratterizzanti la zona in studio e i rapporti geometrici tra di loro.

La zona d'interesse è caratterizzata dall'affioramento di tre litologie differenti:

1. **Sabbie da poco a mediamente cementate** (membro del complesso arenaceo-sabbioso dell'Astiano) **Pliocene sup.** Lenti e serie di strati color nocciola (nome locale: "Tuoppo") con blocchi e grossi ciottoli di arenarie e microconglomerati ben cementati (nome locale: "Murge").

Complesso degli argilloscisti varicolori (Oligocene Sup.). Si tratta di un'alternanza di strati argillosi rossi e verdi con strati di debole spessore di calcari grigi, calcari silciferi e rare siltiti molto tenaci. Il complesso si presenta estremamente tettonizzato fino a caotico tale da costituire quasi un insieme di clasti, frammenti o pacchi di strati calcareo-argillosi, tenuti insieme da una pseudomatrice di argille scagliettate. Inoltre si ritrovano argilloscisti, marnoscisti e nella parte alta, più o meno sviluppate intercalazioni di calcari detritici, arenarie da rossastre a giallastre e argille a varia componente sabbiosa.

Lo spessore di tale complesso è, in affioramento, molto variabile e mal definibile. Questo complesso si trova entro diversi livelli della serie miocenica e talvolta anche nel Pliocene e costituisce dal punto di vista sedimentario un flisch (deposito sinorogeno), cioè del materiale riversatosi gravitativamente (frane sottomarine) nel bacino di deposizione

della successione sedimentaria marina che costituisce il versante Sud su cui sorge l'abitato di Calitri (bacino di Ariano).

La zona di interesse è caratterizzata dall'affioramento dal punto di vista granulometrico e dei materiali limoso-sabbioso-argillosi.

GEOMORFOLOGIA E IDROGRAFIA DELL'AREA.

Dal punto di vista morfologico l'area presenta delle caratteristiche che dipendono, chiaramente, dai litotipi affioranti, in particolare dalle caratteristiche giaciture e dalla natura di tali materiali.

L'area in esame si trova a una quota sul livello del mare pari a circa 360 metri. In particolare la zona in esame è costituita da materiali sabbioso-argilloso-limosi, che influenzano direttamente lo sviluppo dell'idrografia della area; infatti, considerata l'elevata permeabilità dei materiali costituenti la zona, la rete idrografica è praticamente inesistente se si esclude un vallone a regime stagionale limitrofo al sito in studio.

Spostando l'attenzione sulla zona di stretto interesse bisogna specificare che i materiali affioranti presentano un certo grado di disomogeneità; anche le argille grigio azzurre, che giacciono al di sotto dei litotipi limoso-sabbioso-argillosi, oltre ad avere un'elevata percentuale di sabbia al loro interno vedono la loro continuità giacitura interrotta da vere e proprie sacche di materiale sabbioso di svariata estensione e collocazione spaziale. **L'area di ubicazione delle opere in progetto appartiene alla categoria topografica T1.**

CONCLUSIONI.

La seguente relazione, come già detto, serve da supporto alla progettazione di un impianto di recupero rifiuti non pericolosi provenienti da operazioni di demolizioni.

La zona di stretto interesse è costituita da materiali argilloso-sabbioso-limosi depositati al di sopra di litotipi appartenenti al complesso argilloso-sabbioso, per i quali, i principali parametri fisico-meccanici e di resistenza al taglio sono stati dedotti dall'interpretazione di indagini allegate al P.U.C., di prove di laboratorio eseguite in occasione di un lavoro di ricerca scientifica e di una prova sismica eseguita in sito.

I parametri geotecnici fondamentali, derivati dall'interpretazione da parte dello scrivente dei dati ottenuti dalle indagini sopra elencate, sono riassunti in seguito:

Materiali alluvionali:

- Peso per unità di volume ($\gamma = 1,6 \text{ g/cm}^3$)
- Coesione ($C_u = 0 \text{ Kg/cm}^2$)
- Angolo d'attrito interno ($\phi = 24^\circ$)

Argille grigio-azzurre

- Peso per unità di volume ($\gamma = 1,9 \text{ g/cm}^3$)
- Coesione ($C_u = 0,15 \text{ Kg/cm}^2$)
- Angolo d'attrito interno ($\phi = 23^\circ$)

Inoltre, dalle indicazioni delle indagini sismiche, è stato ricavato il valore delle Vs30, ossia della velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, dato dalla seguente espressione dove h_i e v_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello

strato i-esimo (in m/sec), per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità.

$$\bullet \quad V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

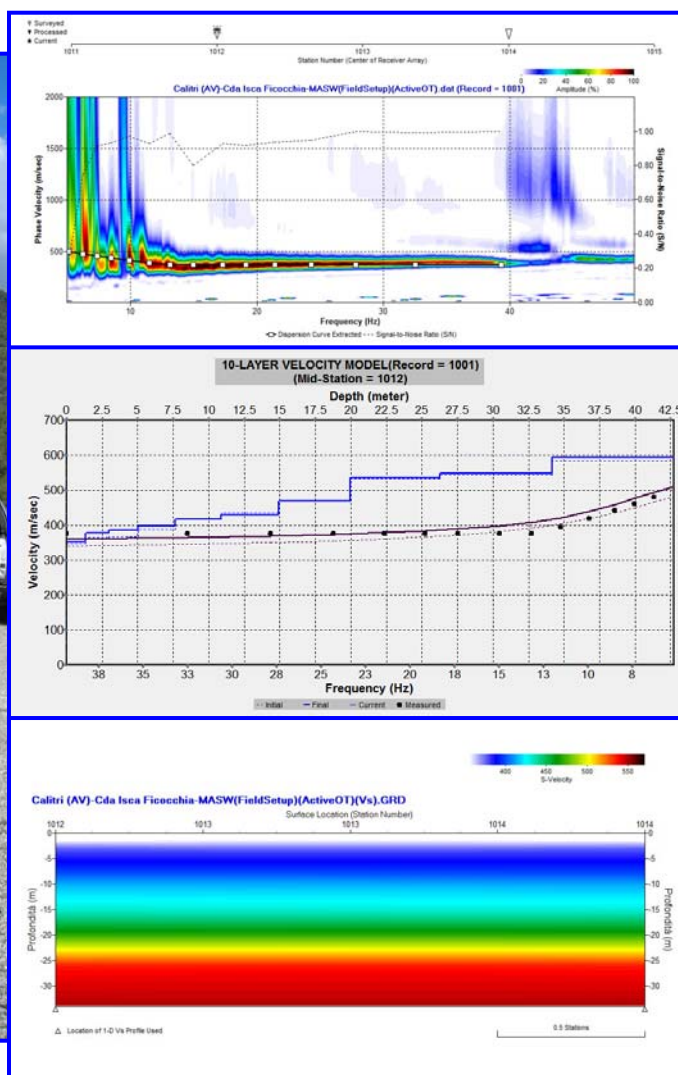
I terreni in oggetto, considerato il valore di Vs30 pari a **450 m/sec**, secondo la nuova normativa tecnica rientrano nella categoria di suolo B. I dati elencati nel presente elaborato sono stati forniti al progettista al fine di chiarire le caratteristiche fisico-meccaniche e sismiche dei terreni in studio.

Calitri, 27 ottobre 2014

Dott. Geologo Luigi Zarrilli

COMUNE DI CALITRI

PROVINCIA DI AVELLINO



RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DI SITO INERENTE AL PROGETTO DI REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI RECUPERO RIFIUTI NON PERICOLOSI PROVENIENTI DA OPERAZIONI DI DEMOLIZIONI.

<p><i>Il Committente</i></p> <p><i>Sig. Lancieri</i></p>	<p><i>Il Tecnico</i></p> <p><i>Dr. Geol. Luigi Zarrilli</i></p>
<p><i>Calitri, ottobre 2014</i></p>	<p><i>REV. 0</i></p>

INDICE

1 - PREMESSA.....	3
2 - PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH	4
3 - PROSPEZIONI SISMICHE MASW	7
4 - INDAGINE ESEGUITA.....	13
5 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI	14
6 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI	19
7 - RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	21
8 - CONCLUSIONI.....	30

1 - PREMESSA

Su incarico del sig. Lancieri, è stata effettuata n°1 prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) per la redazione della relazione geofisica sulla modellazione sismica di sito inerente al progetto di realizzazione di un impianto di recupero rifiuti non pericolosi provenienti da operazioni di demolizioni alla contrada Isca Ficocchia, in catasto: foglio n. 61, p.lle 998-1579. (coordinate geografiche WGS84 del sito 40° 53' 18.10" N - 15° 25' 51.79" E), nel territorio comunale di Calitri (AV) (Fig. 1), al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008).

È stata inoltre condotta un'analisi della risposta sismica del suolo fornendo il calcolo degli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto (D.M. 14 gennaio 2008).



Fig. 1 – Prospezione sismica MASW effettuata in area progettuale.

2 - PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL'ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 2) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92V_S$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92V_S$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).

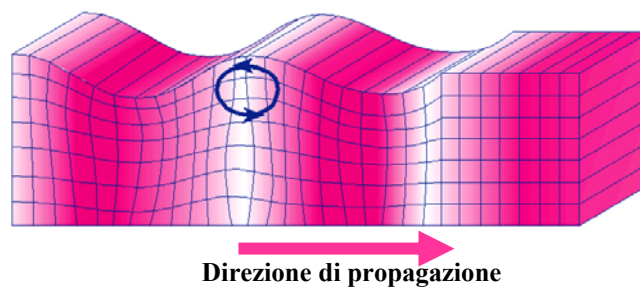


Fig. 2 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio V_S tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da \sqrt{r} e non da r come per le onde di volume.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_P e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_S , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative

antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 14 gennaio 2008). Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_S , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 3).

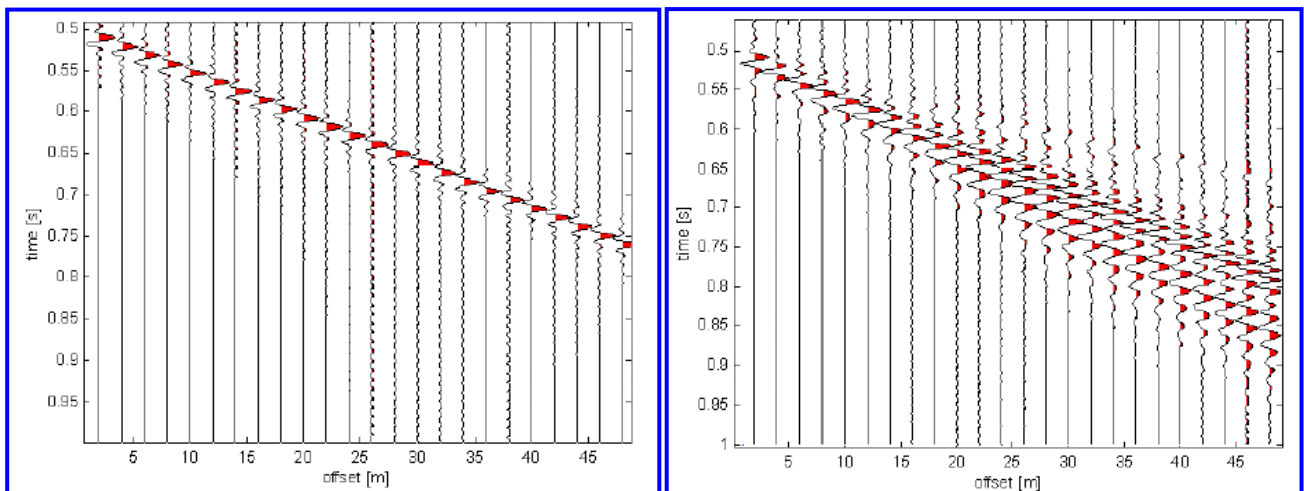


Fig. 3 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (Fig. 4).

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_S). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle $V_S < 15\%$.

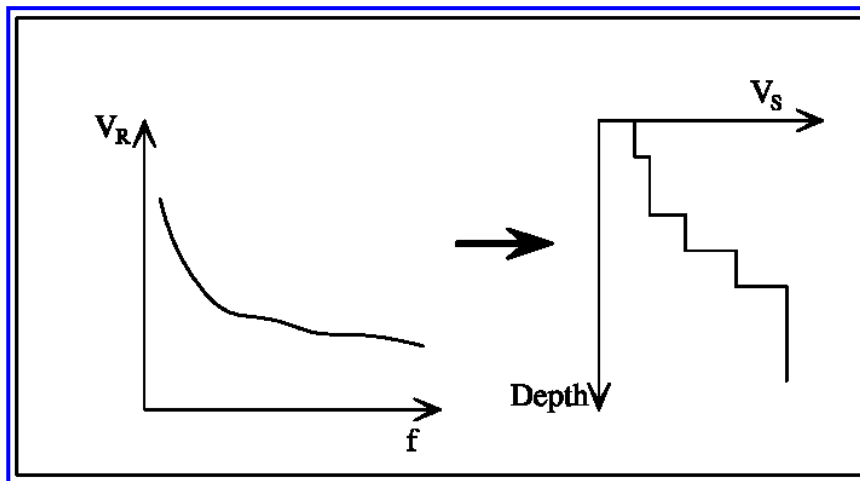


Fig. 4 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d’inversione.

La modellazione del sottosuolo mediante l’impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l’analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica ReMi consente di raggiungere profondità ragguardevoli fornendo un profilo verticale medio delle V_S relative al sottosuolo sotteso dallo stendimento messo in opera. Questa tecnica viene estensivamente utilizzata negli Stati Uniti nell’ambito del NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) tanto che il software fornisce anche direttamente il valore di V_{S30} e la categoria della classificazione del sottosuolo secondo la normativa americana.

Il metodo FTAN per la determinazione delle V_{S30} (basato sull’analisi della velocità di gruppo delle onde superficiali di Rayleigh) ha bisogno di un solo ricevitore e permette la definizione di un profilo medio su distanze di decine-centinaia di metri. Inoltre il metodo fornisce valori di velocità delle onde di taglio in buon accordo con le misure in foro.

Il metodo SASW (basato sull’analisi della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh) viene generalmente impiegato per la determinazione delle V_S di strati superficiali ($<30\text{m}$) e per la determinazione delle proprietà elastiche di strade e pavimentazioni (Stokoe & Nazarian, 1985) e, pertanto, sembra essere tra i metodi non invasivi quello più popolare tra gli ingegneri.

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo.

3 - PROSPEZIONI SISMICHE MASW

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio V_S . Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 5), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (Fig. 6);

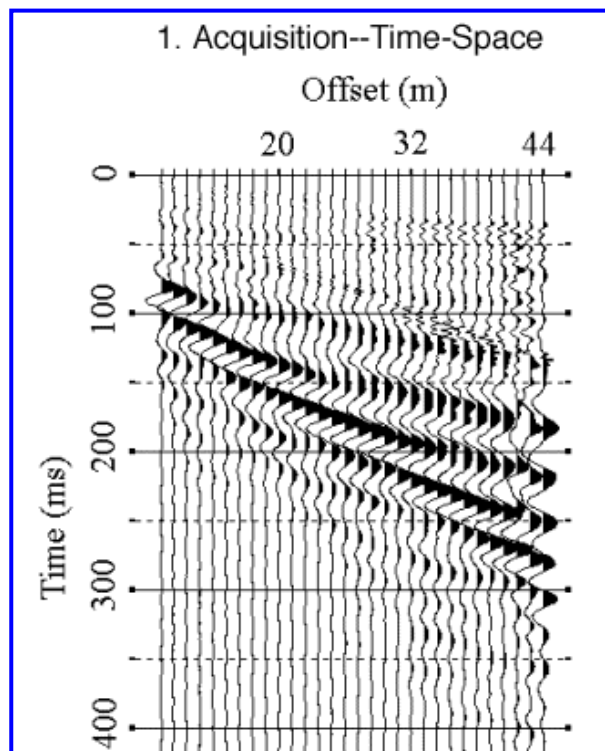


Fig. 5 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

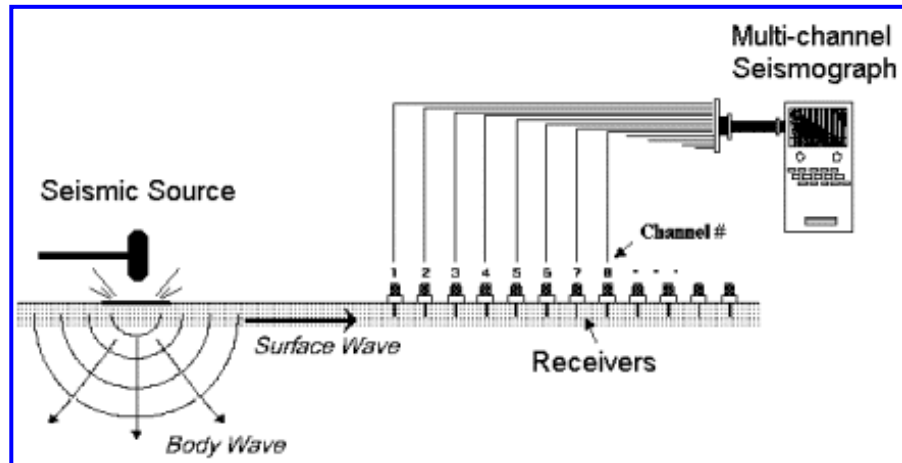


Fig. 6 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

2. Estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 7);

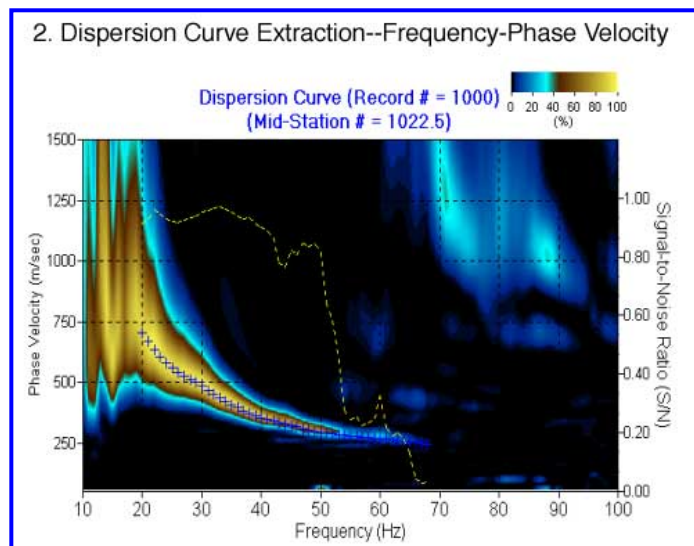


Fig. 7 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_S (Fig. 8) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

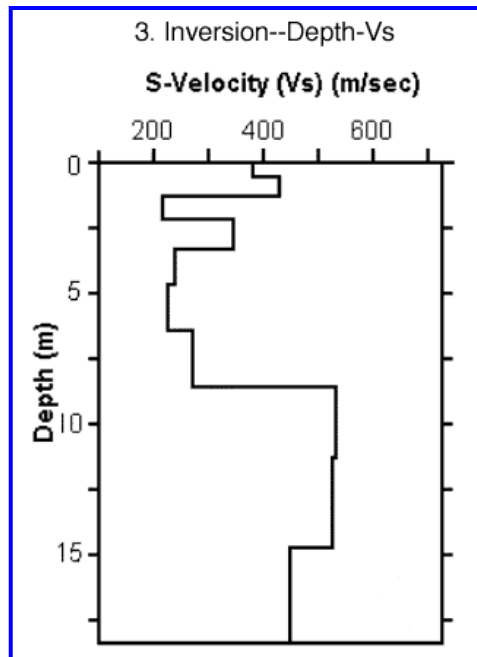


Fig. 8 – Modello di velocità delle onde di taglio (V_S) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1V_R$ (V_R =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa 0.4λ (λ =lunghezza d'onda).

4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_S dei terreni con approccio multicanale (Fig. 9).

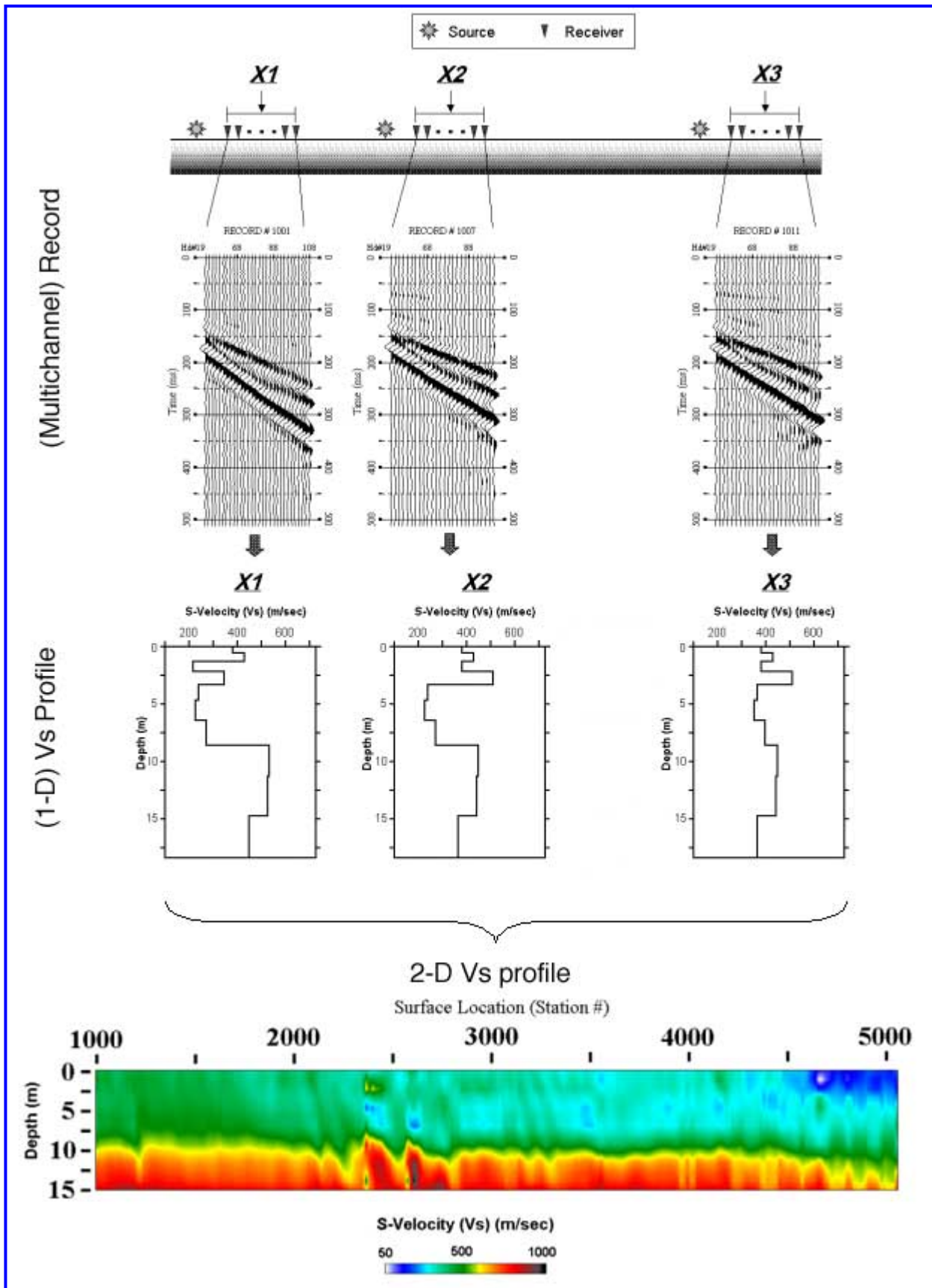


Fig. 9 – Modello 2D di velocità delle onde di taglio (V_s) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e

Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore (Fig. 10).

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana (Fig. 10).

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

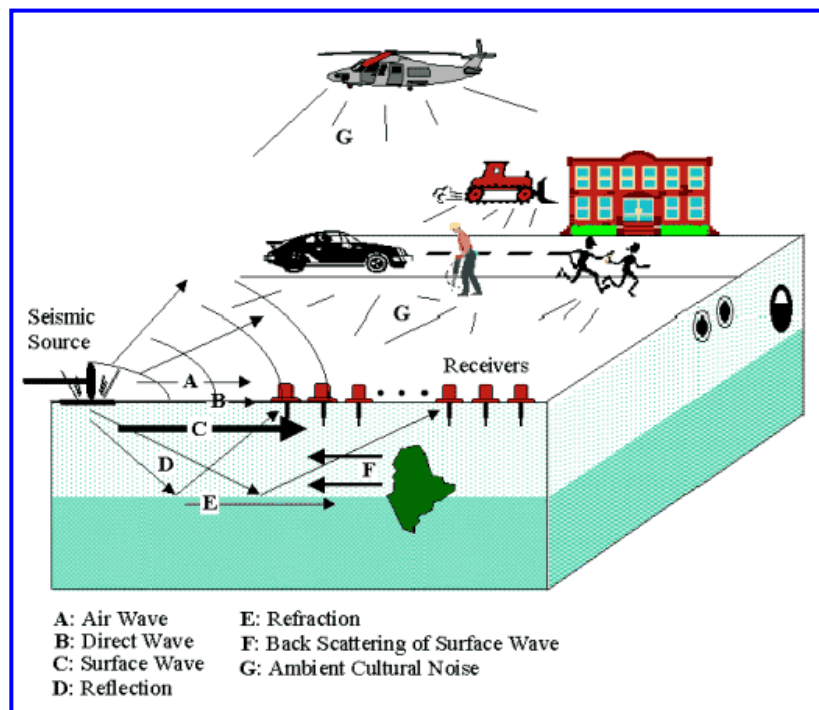


Fig. 10 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti (Fig. 11) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 12).

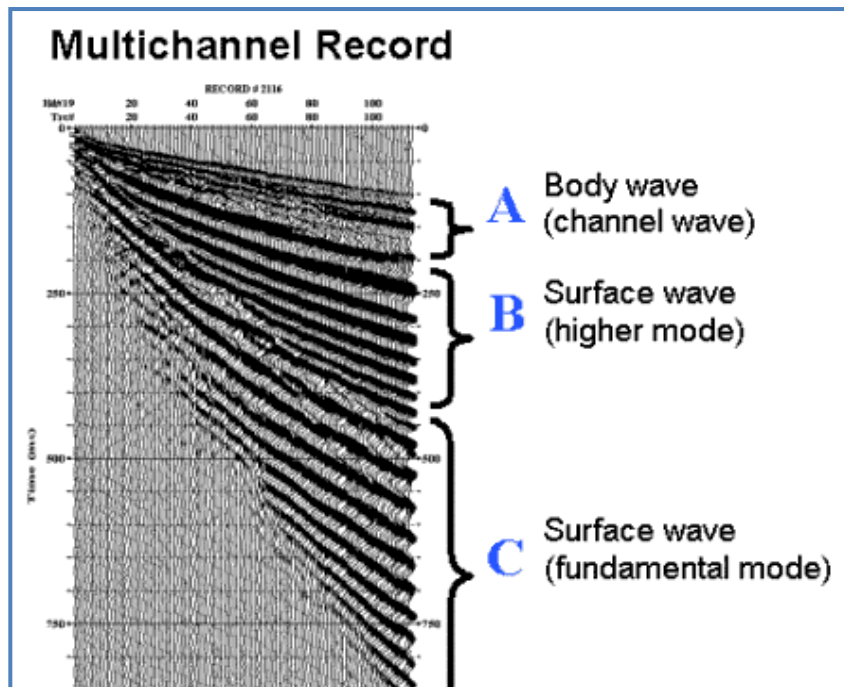


Fig. 11 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

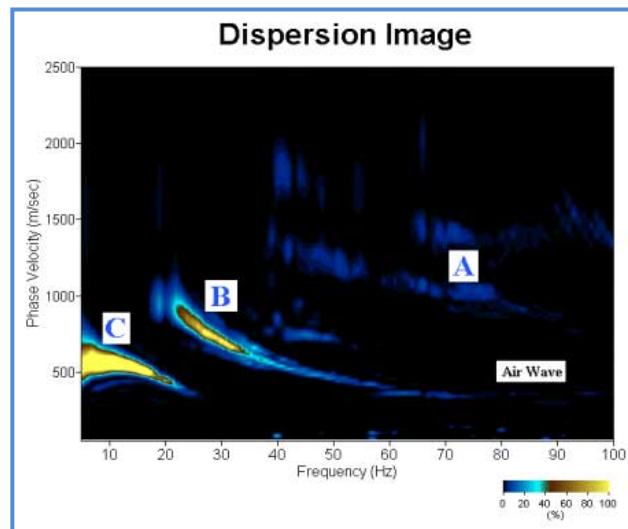


Fig. 12 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 11. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

4 - INDAGINE ESEGUITA

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'area oggetto di indagine, è stata eseguita una prospezione sismica MASW (Fig. 1), con le seguenti caratteristiche (Tab. 1):

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Lunghezza complessiva dello stendimento (m)</i>	<i>Offset e spacing (m)</i>	<i>Direzione</i>
<i>MASW n.1</i>	<i>50.00</i>	<i>2.00</i>	<i>N 297° E</i>

Tab. 1 – Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative allo stendimento geofonico messo in opera.

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo.

L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica (Fig. 13) è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 10kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra.

Quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova veniva ripetuta.

La sorgente è stata posizionata all'inizio e alla fine dello stendimento geofonico, con offset pari a 2.00m, in modo tale da ottenere profili sismici diretti ed inversi. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con spacing predefinito (Fig. 1; Tab. 1). La lunghezza complessiva dello stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto fino alla profondità di 34.2m dal p.c..

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.



Fig. 13 – Sorgente energizzante, costituita da massa battente su piastra di alluminio. Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz.

5 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=2.048s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.5ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{\text{Nyquist}}=1/2dt=1000Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{\text{min}}=1/T=0.488Hz$.

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di n°1 sezione sismostratigrafica 2D delle V_S (Fig. 20).

Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono di seguito riportati (Figg. 14 – 20).

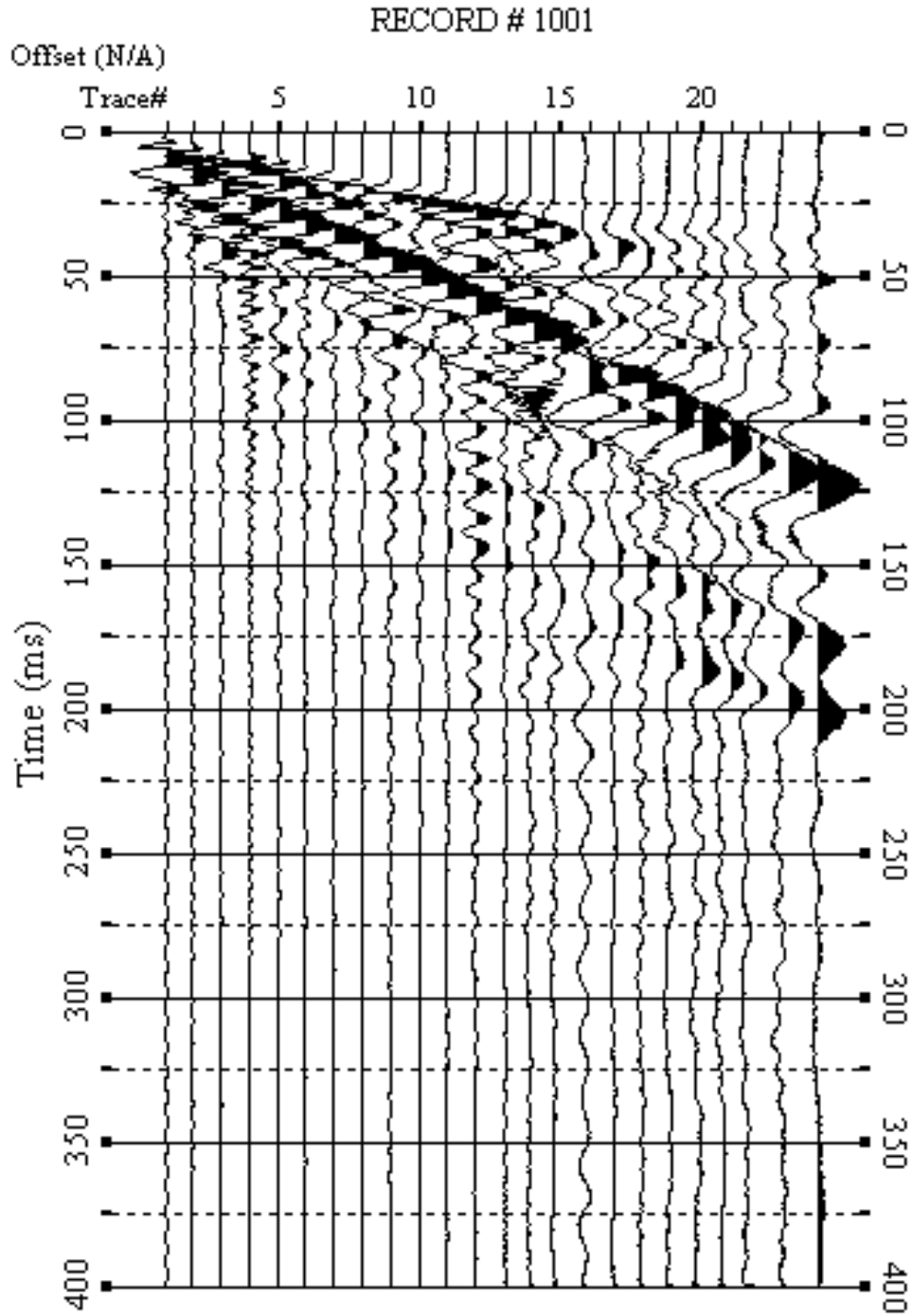


Fig. 14 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-400]ms.

RECORD # 1002

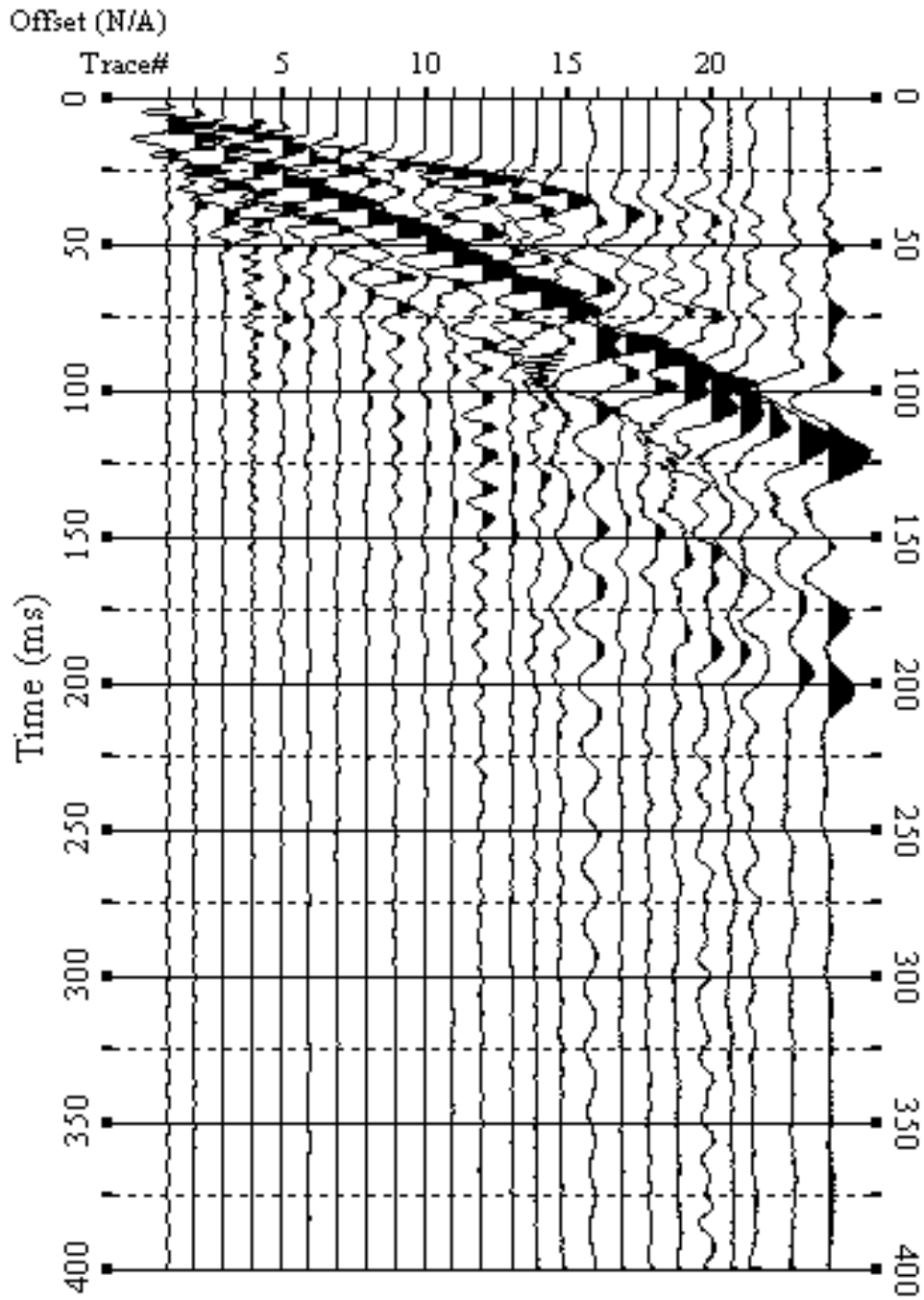


Fig. 15 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-400]ms.

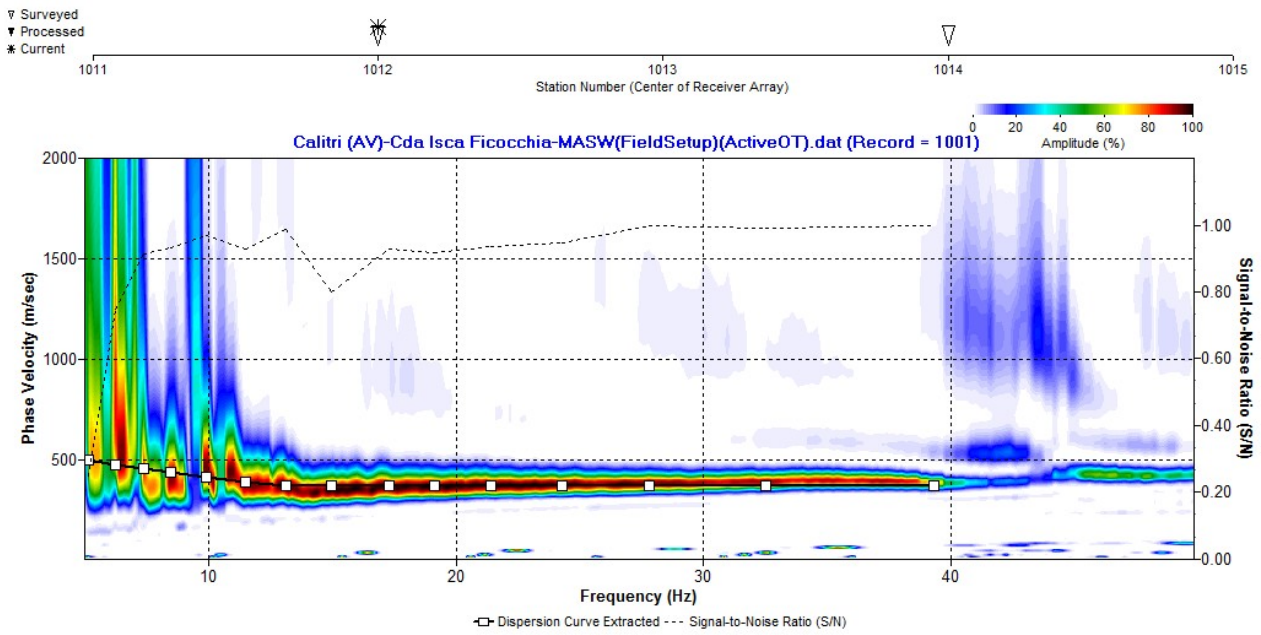


Fig. 16 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1.

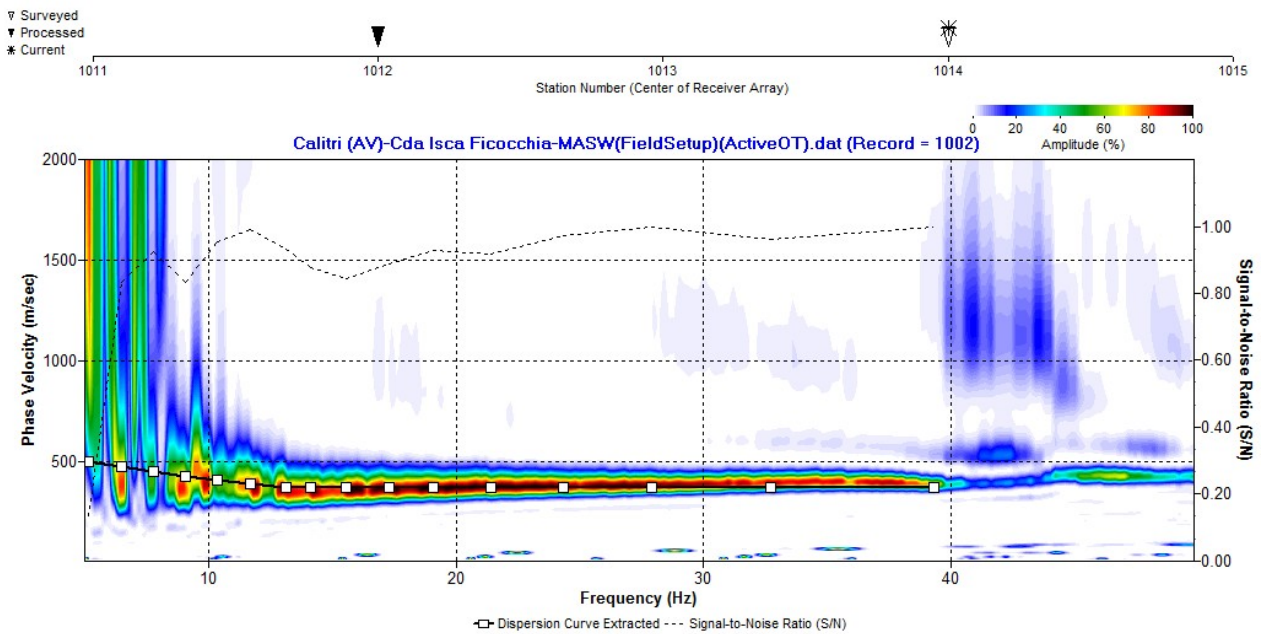


Fig. 17 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2.

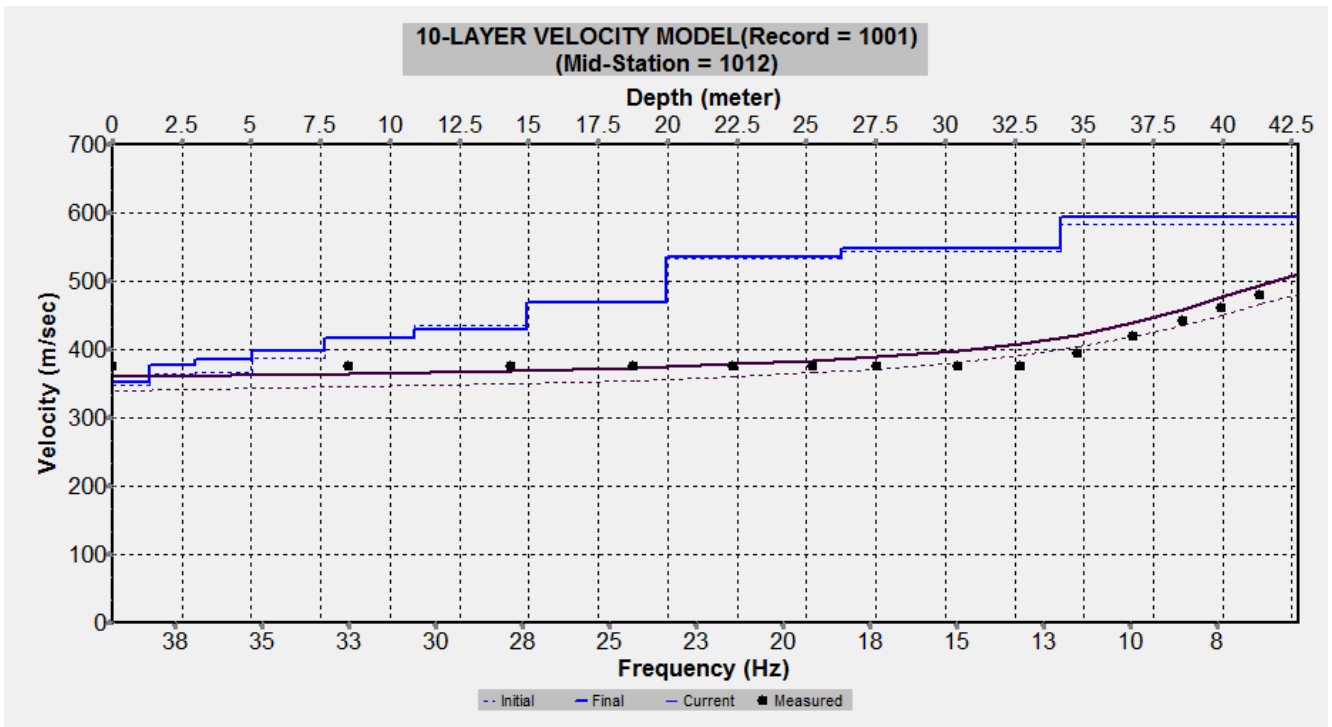


Fig. 18 – Profilo verticale 1D delle V_S ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 1.

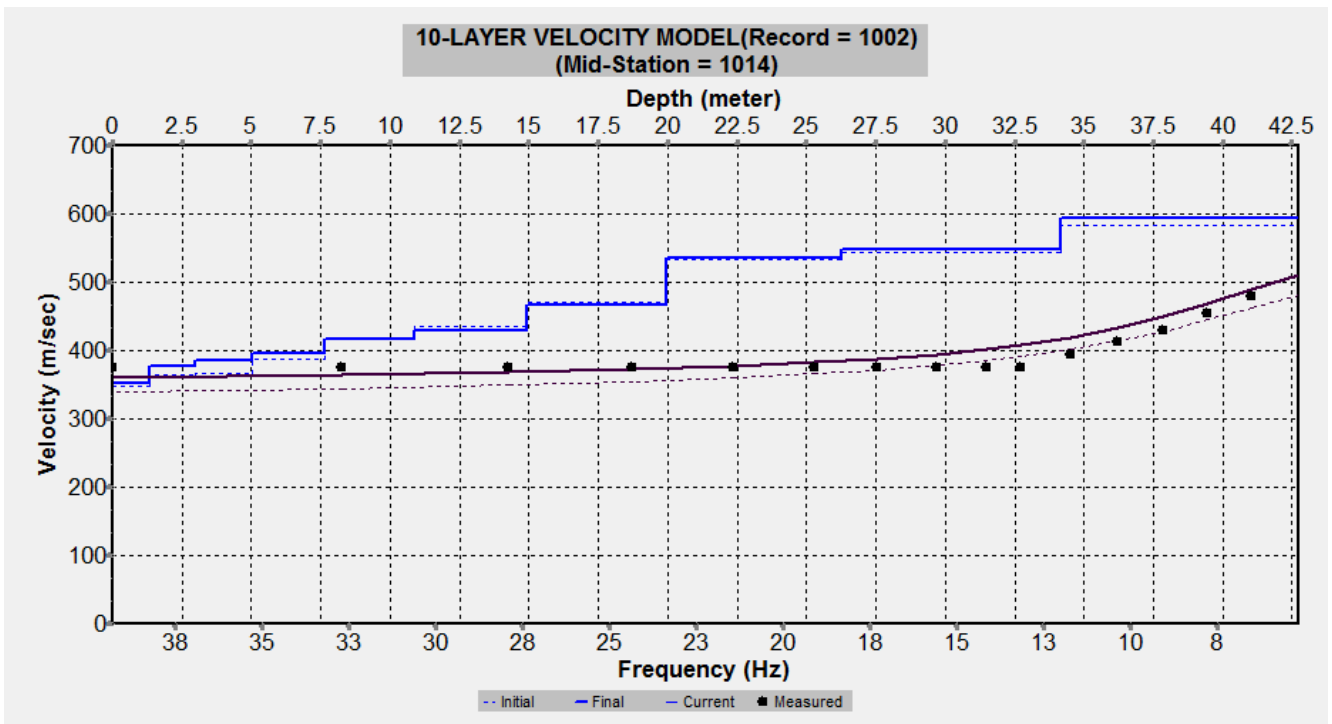


Fig. 19 – Profilo verticale 1D delle V_S ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 2

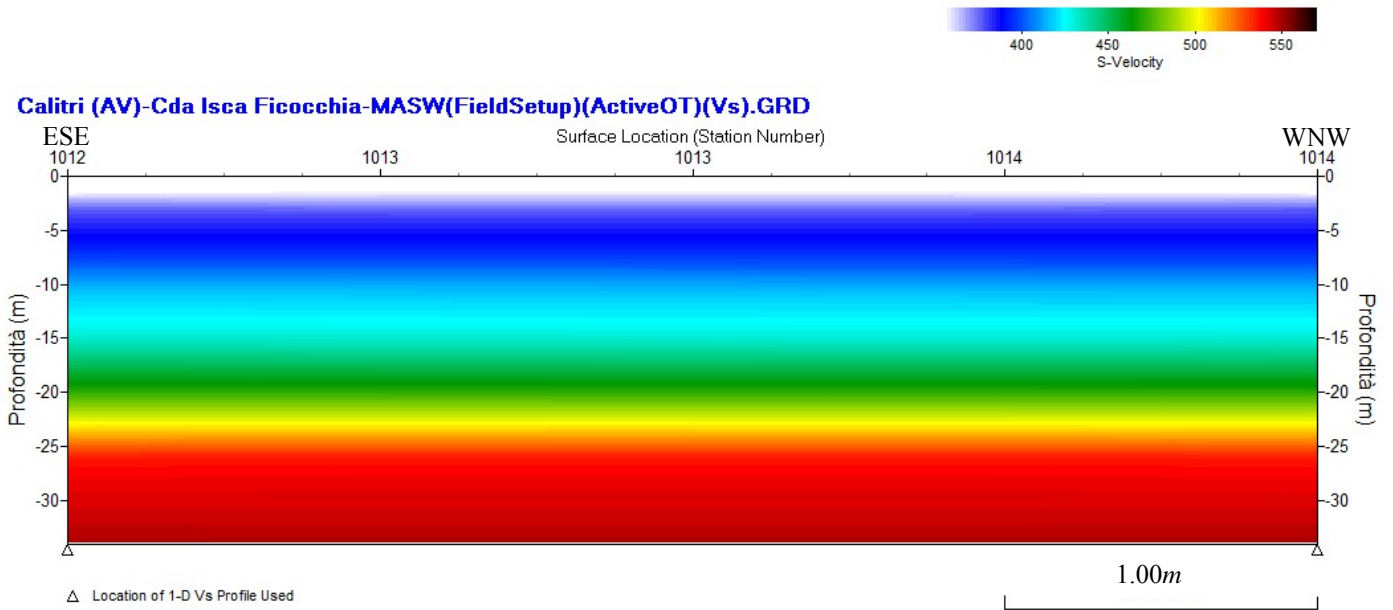


Fig. 20 – Modello sismostratigrafico 2D delle V_S ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 1.

6 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

L'indagine sismica MASW effettuata, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m-30m) dal p.c., ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine nella categoria **B** del D.M. 14 gennaio 2008 (Tab. 2; Tab. 3). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Deposit</i> i 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Deposit</i> i di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Tab. 2 – Categorie Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008).

<i>Prospezione sismica</i>	<i>$V_{S\ 0-30}$ (m/s)</i>	<i>Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14/01/2008)</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>[450 ÷ 451]</i>	<i>B</i>

Tab. 3 – Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata.

Categoria di suolo di fondazione B = *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360m/s e 800m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250kPa$ nei terreni a grana fina).

Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

7 - RISPOSTA SISMICA LOCALE

È noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale; ad esempio, per lo stesso sisma registrato da strumenti identici e a breve distanza reciproca, uno posto su di una coltre alluvionale di 200m di spessore, l'altro su rocce cristalline, fu rilevato un rapporto di ampiezza pari a 5 corrispondente a circa 2 unità della scala sismica delle intensità (Carrara et al., 1992). D'altra parte, lo stesso concetto di magnitudo tiene conto di ciò, legando la sua valutazione all'ampiezza del moto del suolo normalizzata sia mediante una funzione di attenuazione con la distanza, sia mediante un coefficiente di stazione e quest'ultimo è legato, appunto, alla diversa risposta dei siti di registrazione ad uno stesso evento sismico.

Questo fenomeno fu notato per la prima volta un secolo fa quando, durante il tristemente noto terremoto di S. Francisco del 1906, edifici praticamente identici per forma, dimensioni e materiali impiegati, subirono danni sensibilmente diversi (alcuni edifici subirono crolli totali mentre altri subirono danni praticamente trascurabili).

È ormai assodato che le caratteristiche con cui si presenta un sisma in un dato sito sono fortemente dipendenti oltre che dalle caratteristiche della sorgente, dalle modalità di emissione dell'energia e dalla distanza ipocentrale, soprattutto da fattori di risposta locale che modificano la composizione spettrale del sisma.

In sostanza la risposta sismica locale è l'azione di filtro e d'amplificatore esercitata localmente dagli strati più superficiali del terreno sovrapposti ad un basamento roccioso; essa è l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo a una formazione rocciosa di base (substrato o bedrock), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (deposito di copertura) fino alla superficie.

Per una corretta valutazione della risposta sismica locale è quindi indispensabile calcolare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto.

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 14 gennaio 2008, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezione sismica MASW precedentemente descritta.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Tab. 4; Fig. 21).

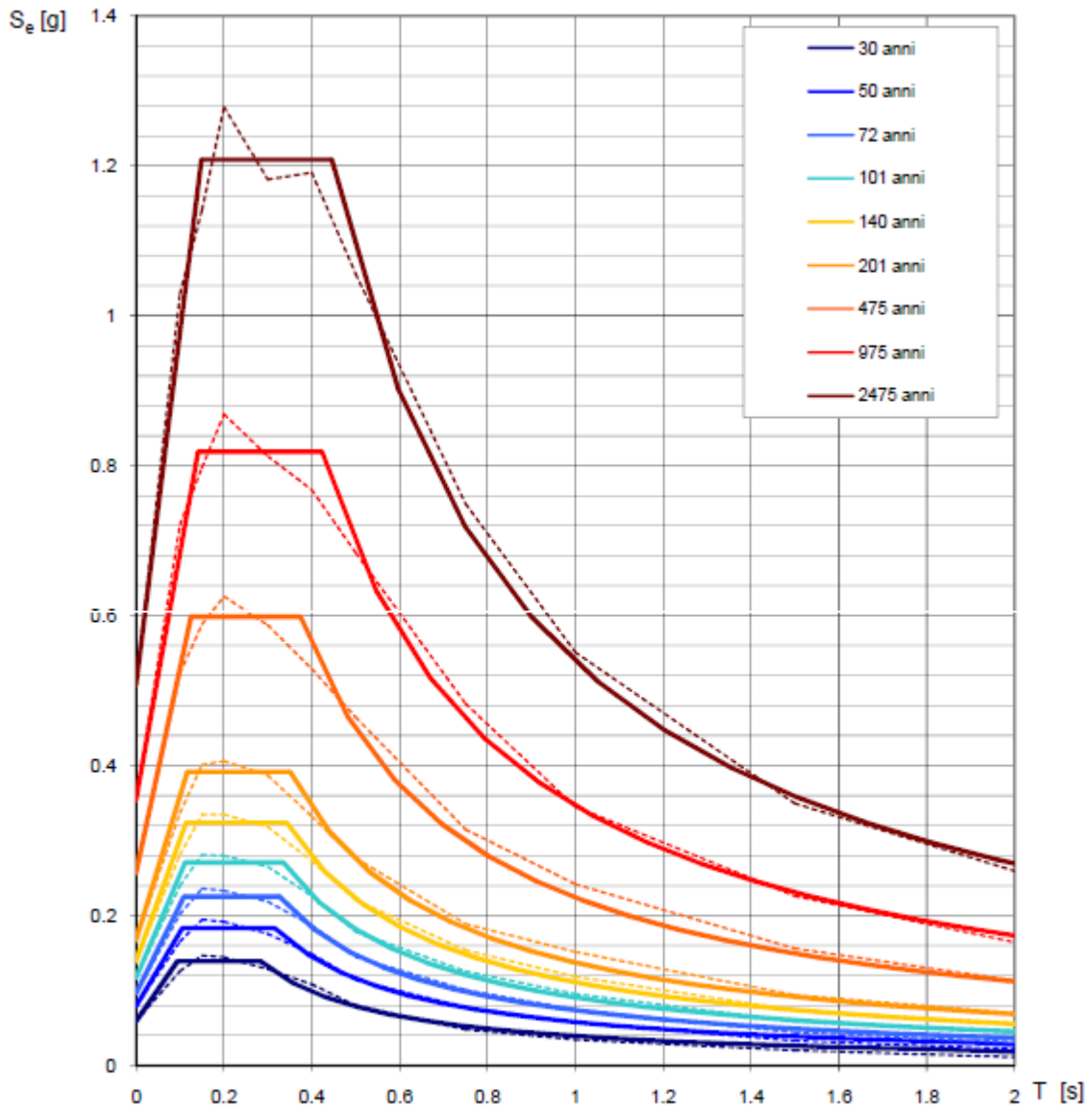
In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ - Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 5 – 8; Figg. 22 – 23).

Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di suolo **B** – categoria topografica **T1**) individuata nell'area oggetto di indagine.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO
PER CATEGORIA DI SUOLO A
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.397719 – LAT. 40.888361 (IN GRADI DECIMALI)**

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.059	2.365	0.283
50	0.079	2.321	0.316
72	0.096	2.340	0.327
101	0.117	2.322	0.335
140	0.139	2.335	0.343
201	0.167	2.341	0.350
475	0.257	2.330	0.374
975	0.354	2.312	0.423
2475	0.507	2.383	0.446

Tab. 4 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 21 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per categoria di suolo A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SUOLO B
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.397719 – LAT. 40.888361 (IN GRADI DECIMALI)**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.079 g
F_0	2.321
T_c^*	0.316 s
S_D	1.200
C_c	1.385
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.146 s
T_C	0.438 s
T_D	1.917 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_d \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_d(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.095
$T_B \leftarrow$	0.146	0.221
$T_C \leftarrow$	0.438	0.221
	0.508	0.190
	0.579	0.167
	0.649	0.149
	0.720	0.134
	0.790	0.122
	0.860	0.112
	0.931	0.104
	1.001	0.096
	1.072	0.090
	1.142	0.085
	1.213	0.080
	1.283	0.075
	1.353	0.071
	1.424	0.068
	1.494	0.065
	1.565	0.062
	1.635	0.059
	1.706	0.057
	1.776	0.054
	1.846	0.052
$T_D \leftarrow$	1.917	0.050
	2.016	0.046
	2.115	0.041
	2.214	0.038
	2.314	0.035
	2.413	0.032
	2.512	0.029
	2.611	0.027
	2.710	0.025
	2.810	0.023
	2.909	0.022
	3.008	0.020
	3.107	0.019
	3.206	0.018
	3.306	0.017
	3.405	0.016
	3.504	0.015
	3.603	0.014
	3.702	0.014
	3.802	0.013
	3.901	0.012
	4.000	0.012

Tab. 5 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. suolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0.030 g
S_g	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.882
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.030
T_B ←	0.050	0.047
T_C ←	0.150	0.047
	0.235	0.030
	0.320	0.022
	0.405	0.017
	0.490	0.014
	0.575	0.012
	0.660	0.011
	0.745	0.009
	0.830	0.008
	0.915	0.008
T_D ←	1.000	0.007
	1.094	0.006
	1.188	0.005
	1.281	0.004
	1.375	0.004
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.003
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.002
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. suolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

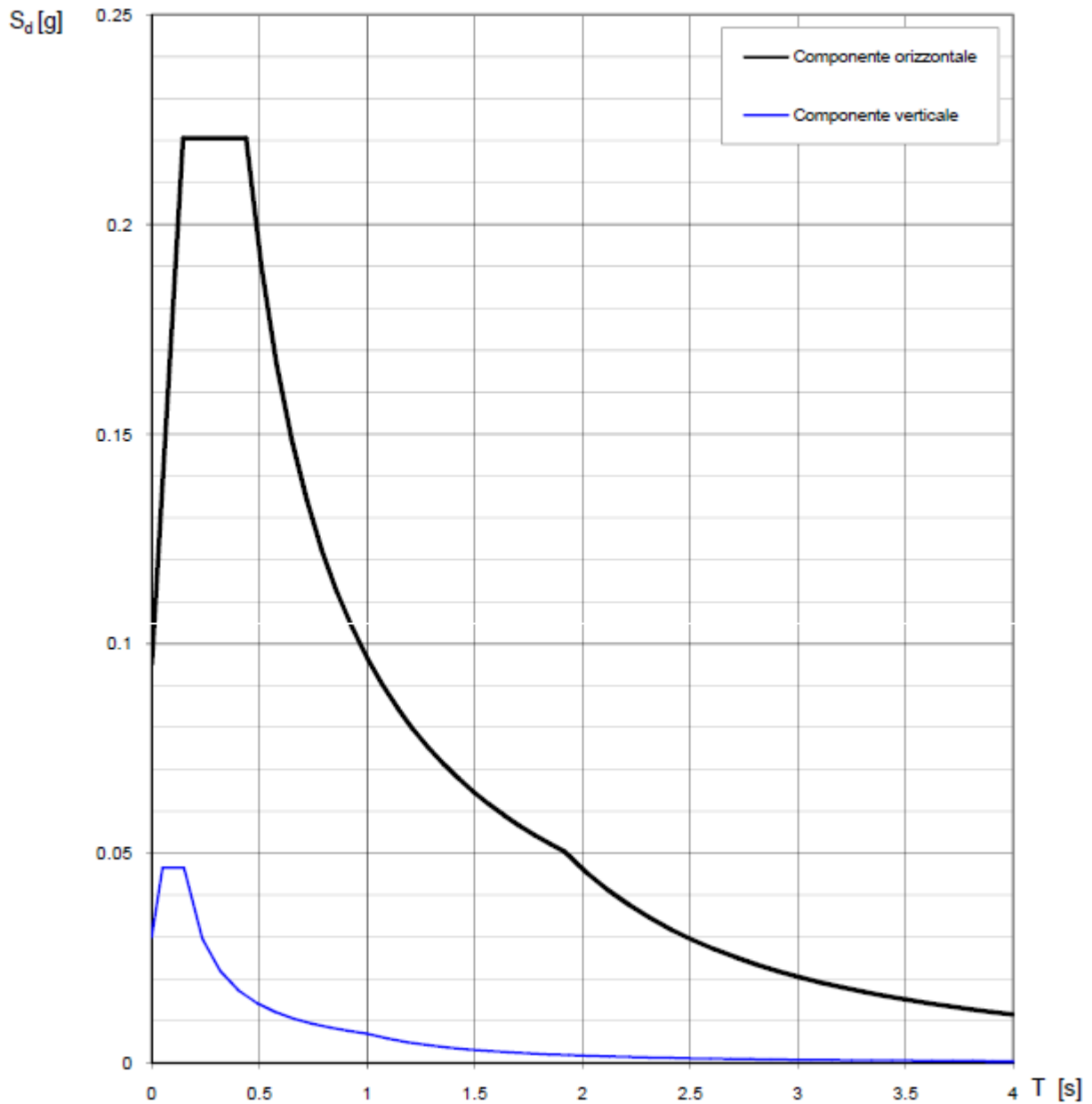


Fig. 22 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. suolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.257 g
F_0	2.330
T_c	0.374 s
S_2	1.161
C_c	1.339
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.161
η	1.000
T_B	0.167 s
T_C	0.501 s
T_D	2.627 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_k \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.298
T_B ←	0.167	0.695
T_C ←	0.501	0.695
	0.602	0.578
	0.704	0.495
	0.805	0.432
	0.906	0.384
	1.007	0.346
	1.109	0.314
	1.210	0.288
	1.311	0.265
	1.412	0.246
	1.513	0.230
	1.615	0.216
	1.716	0.203
	1.817	0.192
	1.918	0.181
	2.020	0.172
	2.121	0.164
	2.222	0.157
	2.323	0.150
	2.425	0.144
	2.526	0.138
T_D ←	2.627	0.132
	2.693	0.126
	2.758	0.120
	2.823	0.115
	2.889	0.110
	2.954	0.105
	3.019	0.100
	3.085	0.096
	3.150	0.092
	3.216	0.088
	3.281	0.085
	3.346	0.082
	3.412	0.079
	3.477	0.076
	3.542	0.073
	3.608	0.070
	3.673	0.068
	3.739	0.065
	3.804	0.063
	3.869	0.061
	3.935	0.059
	4.000	0.057

Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. suolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{2v}	0.176 g
S_g	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.594
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_g \cdot \left(\frac{a_z}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_g} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_q(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.176
T_B ←	0.050	0.273
T_C ←	0.150	0.273
	0.235	0.174
	0.320	0.128
	0.405	0.101
	0.490	0.084
	0.575	0.071
	0.660	0.062
	0.745	0.055
	0.830	0.049
	0.915	0.045
T_D ←	1.000	0.041
	1.094	0.034
	1.188	0.029
	1.281	0.025
	1.375	0.022
	1.469	0.019
	1.563	0.017
	1.656	0.015
	1.750	0.013
	1.844	0.012
	1.938	0.011
	2.031	0.010
	2.125	0.009
	2.219	0.008
	2.313	0.008
	2.406	0.007
	2.500	0.007
	2.594	0.006
	2.688	0.006
	2.781	0.005
	2.875	0.005
	2.969	0.005
	3.063	0.004
	3.156	0.004
	3.250	0.004
	3.344	0.004
	3.438	0.003
	3.531	0.003
	3.625	0.003
	3.719	0.003
	3.813	0.003
	3.906	0.003
	4.000	0.003

Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. suolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

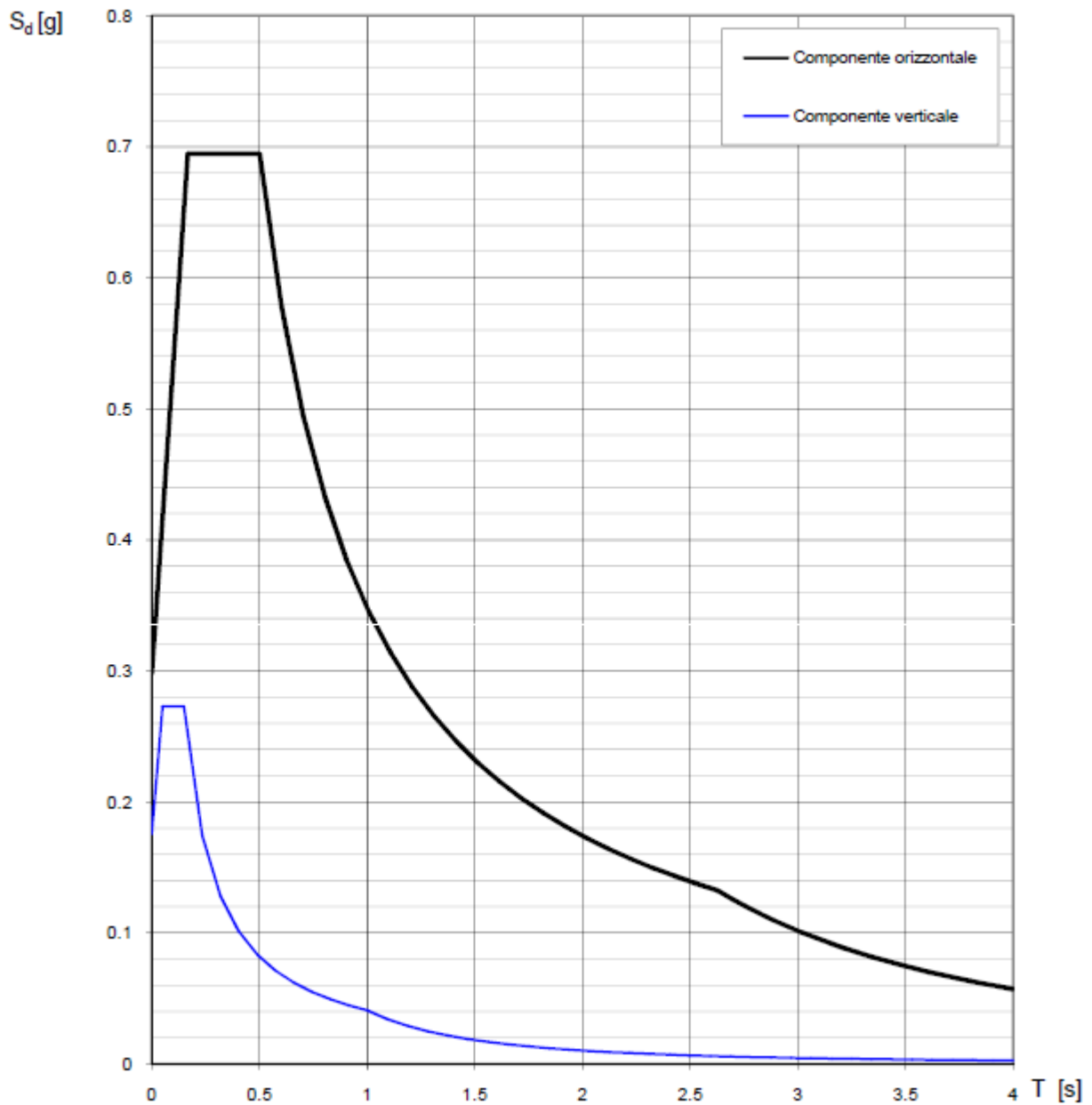


Fig. 23 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. suolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

8 - CONCLUSIONI

Il territorio comunale di Calitri (AV), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in I categoria - $S=12 - a_g=0.35g$ (Fig. 24).

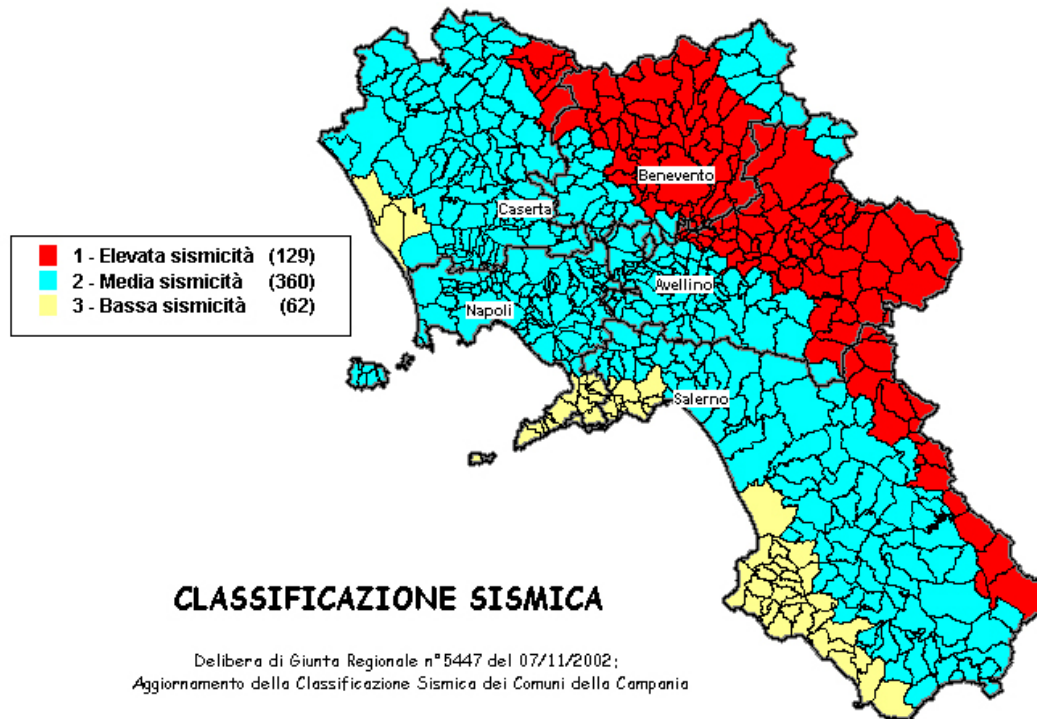


Fig. 24 – Classificazione sismica del 2002 dei Comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 25), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Calitri (AV) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.200 e 0.275 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

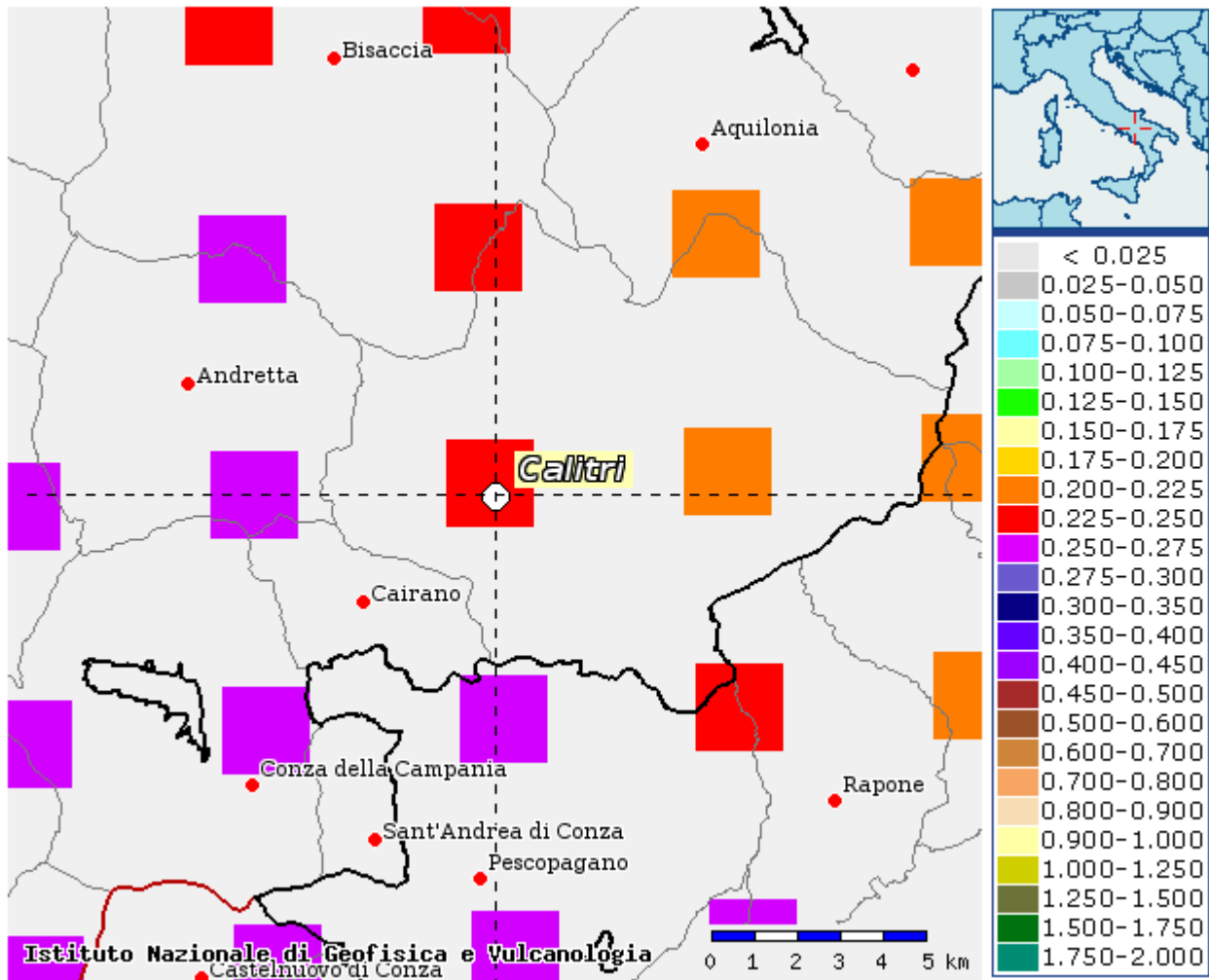


Fig. 25 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell’INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dall’indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto nella categoria **B** (vedi par. 6), con valori di V_{S30} calcolati pari a (Tab. 9):

Prospezione sismica	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
MASW n. 1	[450 ÷ 451]

Tab. 9 – Valori di V_{S30} calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Proprio in funzione della categoria di suolo **B** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d’interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 7).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;

- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al suolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C) (Tabb. 5 – 7 – 10), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

a_g SLD	a_g SLV	S_e [g] SLD	S_e [g] SLV
[0.079]	[0.257]	[0.221]	[0.695]

Tab. 10 – Valori massimi di a_g e S_e [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Di seguito si riportano i valori di V_S per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW (Tab. 11).

Sismostrato	Profondità (m)	V_S (m/s) acquisizione n.1	V_S (m/s) acquisizione n.2
S1	0.0 – 1.3	353	353
S2	1.3 – 3.0	378	378
S3	3.0 – 5.1	386	386
S4	5.1 – 7.6	397	397
S5	7.6 – 10.9	417	416
S6	10.9 – 14.9	430	429
S7	14.9 – 20.0	468	467
S8	20.0 – 26.3	536	536
S9	26.3 – 34.2	548	549

Tab. 11 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_S per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.

Calitri, ottobre 2014

Il tecnico

Dr. Geol. Luigi Zarrilli