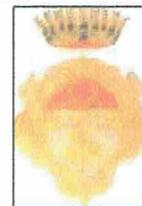




REGIONE LAZIO

# COMUNE DI LENOLA

Provincia di Latina



COMUNE DI LENOLA

## "CINE-TEATRO LILLA"

Progetto di spazio funzionale: intervento di recupero architettonico, messa a norma, sostenibilità ambientale, abbattimento barriere architettoniche dell'antico cine-teatro Lilla

**COMMITTENTE:** Comune di Lenola

**PROGETTO ESECUTIVO**

*RELAZIONI SPECIALISTICHE*

**ELAB  
B**

*Data:* SETTEMBRE 2015

**PROGETTAZIONE:**

Edi engineering srl  
*il tecnico incaricato*  
**Dott. Ing. Giovanni SCIACCA**

**VISTO:**

Servizio Lavori Pubblici  
Comune di Lenola  
*il RUP Geom F. MASTROBATTISTA*

**RELAZIONE TECNICA**  
**IMPIANTO ELETTRICO**

## **OGGETTO DELLA RELAZIONE TECNICA DI PROGETTO**

La presente relazione tecnica di progetto ha per oggetto la fornitura e posa in opera dei materiali e delle apparecchiature necessarie alla realizzazione/rifacimento al teatro Lilla a Lenola (LT) di:

- impianto elettrico e relativa messa a terra;
- illuminazione interna ed esterna;
- alimentazione ascensore e servoscala;
- alimentazione impianto antincendio;
- impianto luci emergenza.

In particolare:

- 1 locale destinato a ufficio/biglietteria;
- 1 locale destinato ad ingresso;
- 2 locali w.c.;
- 1 locale centrale termica;
- 1 camerino con deposito;
- 1 locale pompa antincendio.

Infine si precisa che la stessa evidenzia quanto indicato nei seguenti punti:

1.1 Riferimenti normativi e legislativi

2.1 Dati progettuali (schemi elettrici nell'allegato)

3.1 Criteri di progetto

4.1 Caratteristiche generali dell'impianto elettrico

5.1 Prescrizioni tecniche generali

6.1 Impianto di terra

7.1 Protezione delle condutture

8.1 Protezione dai contatti diretti e indiretti

9.1 Impianto di illuminazione

## ***1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI***

L'impianto è stato progettato secondo le vigenti norme CEI e le 3 disposizioni di leggi in vigore, in particolare si è fatto riferimento alle seguenti norme:

CEI 0 - 2 “ Guida alla documentazione di progetto”.

CEI 16 - 4 “Individuazione dei conduttori isolati e dei conduttori nudi tramite colori”

CEI 17 13 “Apparecchiature assiemate di protezione e manovra per bassa tensione”

CEI 64 – 8 –“Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V in corrente alternata e 1500 V in corrente continua.

D.Lgs 81/08 e smi: Norme per la prevenzione degli infortuni sui luoghi di lavoro.

DM 37/08: Norme per la sicurezza degli impianti.

Legge 186/68: Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazione impianti elettrici ed elettronici.

Le altre norme a cui si farà riferimento verranno indicate negli elaborati allegati e/o citati nel corso dell'esposizione.

## ***2.1 DATI PROGETTUALI***

Committente: COMUNE DI LENOLA (provincia di LATINA)

Denominazione Impianto: Progetto di rifacimento impianto elettrico teatro Lilla.

Scopo del Lavoro: Progettazione impianto elettrico

Potenza installata: 50 kW

Tensione di alimentazione: 400 V

Correnti di corto circuito: 20 kA

Frequenza : 50 Hz

Sistema di distribuzione : TN

Tipologia di posa: a parete in tubo e sottotraccia

Sezioni minime ammesse: come da Norme CEI

Caduta di tensione % ammessa: 3 % linee montanti – 3 % linee secondarie

Illuminamenti: come da norme UNEL

### ***3.1 CRITERI DI PROGETTO***

L'impianto, oggetto della presente relazione, è stato dimensionato tenendo presente tutte le esigenze connesse non solo al funzionamento iniziale, ma anche alle modifiche, che possono intercorrere nell'arco della vita presunta dell'impianto.

A tal uopo e per ottimizzare la parte tecnica con quella economica, il progetto è stato elaborato per rispondere ai seguenti requisiti:

- sicurezza ed affidabilità;
- capacità di ampliamento;
- funzionalità;
- accessibilità;
- flessibilità;
- facilità di gestione ed economicità.

### ***4.1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO ELETTRICO***

#### ***4.1.1 SISTEMA DI DISTRIBUZIONE PRIMARIA RETE NORMALE/PREFERENZIALE:***

L'impianto ha origine subito a valle del contatore ENEL, da ubicarsi in apposito vano all'esterno dell'edificio, dal quale per mezzo di cavo tipo FG7R della sezione di 10 mm<sup>2</sup> si dipartono 3 montanti di alimentazione dei 4 quadri di distribuzione (QE), atto a servire tutte le utenze del complesso: illuminazione, forza motrice e sottoquadri elettrici.

#### ***4.1.2 DIMENSIONAMENTO DEI CARICHI***

Il dimensionamento dei carichi è analizzato nel documento allegato con gli schemi elettrici.

Totale potenza impegnata = 50 kW

Considerando un coefficiente di contemporaneità e utilizzazione di 0,6 risulta che la potenza necessaria è pari a 30 kW.

### ***5.1 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI***

#### ***5.1.1 SCATOLE DI DERIVAZIONE***

Le cassette di derivazione in relazione alla classificazione degli ambienti saranno:

- Scatole in materiale plastico autoestinguente, con coperchio in materiale plastico antiurto fissato con viti, esecuzione con grado di protezione non inferiore ad IP 40 per posa sottotraccia e IP 44 per posa esterna, aventi pareti continue ad impronte sfondabili. Tutte le scatole saranno contrassegnate con adatto codice, per individuare l'impianto o il servizio di appartenenza.

### *5.1.2 SISTEMI DI FISSAGGIO*

Le scatole incassate, dovranno essere installate a filo del rivestimento esterno e saranno dotate di coperchio “a perdere”; i coperchi definitivi saranno montati a ultimazione degli interventi murari e di finitura. Il coperchio avrà funzione di coprifilo per almeno 20 mm, oppure sarà prevista una cornice in plastica o materiale inossidabile.

Le scatole a parete verranno fissate in modo amovibile per mezzo di opportuni tasselli ad espansione.

### *5.1.3 SISTEMI DI GIUNZIONE*

Le giunzioni all’interno delle scatole saranno eseguite con appositi dispositivi di connessione (morsetti con o senza vite) e non saranno effettuate giunzioni con attorcigliamento e nastratura.

La misura delle scatole da installare, inoltre, dovrà risultare tale da ospitare un numero di cavi il cui volume all’interno della cassetta stessa, non dovrà essere superiore al 50% (CEI 64-8/5 art.522.8.1.7).

### *5.1.4 TUBI PROTETTIVI*

Le tubazioni in relazione al tipo di posa saranno:

- in PVC, flessibile tipo leggero, autoestinguente, per posa sottotraccia, conformi alle norme CEI-23/55;
- in PVC, rigido, autoestinguente, per posa a parete, conformi alle norme CEI 23/54;

Le tubazioni avranno un andamento parallelo agli assi delle strutture, riducendo al minimo i percorsi diagonali e gli accavallamenti.

Le curve delle tubazioni saranno eseguite con largo raggio, in relazione anche alla flessibilità delle condutture contenute. Non saranno ammesse le curve stampate o prefabbricate. In ogni caso il raggio di curvatura non sarà mai inferiore a 6 volte il diametro esterno del tubo.

Le derivazioni delle tubazioni saranno eseguite esclusivamente mediante l’impiego di scatole di derivazione. Non saranno ammesse le derivazioni a “T”.

Per tratti di tubazioni particolarmente lunghi, dovranno essere previste opportune scatole rompitratta a discrezione della ditta installatrice.

Le tubazioni alle estremità, saranno lavorate e lisce onde evitare danneggiamenti ai conduttori durante l’operazione d’infilaggio.

### *5.1.5 CAVI ELETTRICI*

#### *5.1.5.1 TIPOLOGIA*

Tutti i conduttori impiegati saranno costruiti da primaria casa, rispondenti alle norme dimensionali UNEL e dotati del Marchio Italiano di qualità IMQ.

All'interno delle derivazioni e dei quadri elettrici di distribuzione, dovranno essere marchiati ed identificati da terminali in materiale plastico colorato e da fascette numerate per contraddistinguere i vari circuiti e le funzioni di ogni conduttore.

I cavi elettrici da utilizzare, in relazione alla classificazione degli ambienti, alle condizioni di posa ed al servizio svolto saranno:

- cavi flessibili unipolari, tipo N07V-K 450/750 V, del tipo autoestinguente, aventi tensione di isolamento non inferiore a 450/750 V, conformi alle norme CEI 20-22 II;
- cavi flessibili unipolari/multipolari, tipo FG7OR, isolati in gomma G7, del tipo autoestinguente, aventi tensione di isolamento non inferiore a 0,6/1 kV, conformi alle norme CEI 20-22 II.

#### *5.1.5.2 POSA DELLE CONDUTTURE:*

La posa dei conduttori sarà effettuata:

- entro tubazioni sottotraccia;
- in tubazioni a parete.

Indipendentemente dal tipo di posa le tubazioni avranno dimensioni e conformazioni dei passaggi tali da consentire un comodo infilaggio e sfilaggio dei cavi contenuti.

Le superfici interne saranno sufficientemente lisce e prive di spigoli affinché lo sfilaggio e l'infilaggio non danneggi le guaine isolanti.

#### *5.1.5.3 QUADRI ELETTRICI*

I quadri elettrici dovranno essere realizzati secondo le prescrizioni tecniche della norma CEI 17-13/1, ed in particolare si rispetteranno i seguenti requisiti:

ogni componente impiegato per l'esecuzione del quadro, sarà nuovo di fabbrica, non presenterà rotture né deformazioni e sarà completo di ogni sua piccola parte o accessorio.

Prima della consegna sarà effettuato il collaudo, nel corso del quale tutti i circuiti del quadro saranno sottoposti a misura d'isolamento e rigidità verso massa. L'esito favorevole del collaudo verrà comunicato alla consegna, quando questo non sia svolto alla presenza della Committente. Le misure di isolamento e rigidità precederanno il collaudo funzionale.

Insieme al quadro verranno consegnati gli schemi elettrici unifilari e funzionali completi e aggiornati, le chiavi delle serrature o di altri organi esistenti per i quali occorrono attrezzi speciali.

La carpenteria del quadro, il sistema di chiusura delle portelle, il tipo e il montaggio degli apparecchi sulle portelle assicureranno un grado di protezione minimo:

- IP 40 per posa in locali interni;

- IP 55 per posa in locali esterni.

Opportune predisposizioni e modalità esecutive saranno adottate perché il grado di tenuta sopra descritto sia assicurato anche in seguito al collegamento al quadro di tutte le linee elettriche e l'innesto in esso delle canalizzazioni di protezione delle predette linee.

Le cerniere e gli attacchi delle parti mobili saranno realizzate in modo da evitare sfregamenti delle parti durante il movimento.

I vari apparecchi verranno fissati su pannelli interni al quadro mediante viti o bulloni che facciano presa in fori filettati. Sono da escludere dadi e controdadi. Nel caso in cui si faccia uso di apparecchi con montaggio a scatto su profilati normalizzati, si avrà cura di fissare saldamente e rigidamente i predetti profilati ai pannelli porta-apparecchi.

Il montaggio degli apparecchi sarà fatto utilizzando tutti i punti di fissaggio previsti dal costruttore dell'apparecchio.

Per quanto riguarda la disposizione, soprattutto per la parte di potenza, si cercherà di raggruppare gli apparecchi appartenenti ad uno stesso circuito.

L'accesso alle parti interne dovrà tenere conto della sicurezza delle persone e della possibilità di venire accidentalmente a contatto con parti sottotensione.

Sul quadro dovranno essere installati e collegati elettricamente le apparecchiature di sezionamento, comando e protezione degli impianti a valle.

La base del quadro dovrà consentire l'accesso dei conduttori di alimentazione in maniera agevole e senza pericoli di danneggiamento.

Gli apparecchi non saranno montati a ridosso tra loro ed a ridosso delle pareti del quadro o dei cassetti, ma sarà sempre lasciato uno spazio in modo che sia permesso, oltre all'eventuale ventilazione del componente, un agevole smontaggio in caso di guasto. In particolare, gli apparecchi non saranno montati a ridosso della canalina portafili, ma sarà lasciato uno spazio adeguato tra questa e l'apparecchio, spazio che non sarà mai inferiore a 40 mm.

Come già detto, tutti gli apparecchi saranno fissati all'interno, mentre sulla portella anteriore saranno previste le sole manovre frontali. Sarà ammesso il montaggio diretto sulle portelle dei soli pulsanti e interruttori dei circuiti di comando.

Ogni apparecchio sarà contraddistinto da una sigla, richiamata nello schema elettrico.

La disposizione degli apparecchi visibili dal fronte quadro sarà fatta in modo che risulti ordinata e sia immediato il reperimento dei vari comandi.

Per tutti gli apparecchi e dispositivi presenti sul fronte del quadro, saranno installate delle targhette indicanti la funzione del singolo apparecchio.

Ogni quadro sarà provvisto di una targa chiaramente leggibile, con indicato:

- nome del costruttore
- anno di costruzione
- normativa seguita
- tensione nominale
- frequenza nominale
- corrente nominale
- corrente di cortocircuito
- grado di tenuta sull'involucro

Inoltre , ogni pannello o portella comunque apribili, saranno provvisti di:

- targa triangolare con segnale di pericolo
- targa ammonitrice con la proibizione di aprire da parte di personale non addestrato e prima di aver tolto tensione.

Il cablaggio corrisponderà a quello dello schema unifilare nei minimi particolari, sia come connessioni che per il tipo degli apparecchi e tarature.

Il cablaggio sarà realizzato esclusivamente con conduttori in rame flessibile isolati con materiale termoplastico di unico colore, posti entro apposite canaline porta fili.

Ogni conduttore avrà una propria sigla di identificazione, richiamata nello schema elettrico.

Il collegamento tra gli apparecchi posti all'interno dei quadri ad apparecchi posti su portelle o parti mobili sarà eseguito con tutti i conduttori riuniti in un unico fascio dalla parte della cerniera e sagomati in modo da permettere la completa apertura della portella. L'eventuale morsettiera sarà posta orizzontalmente nella parte inferiore o superiore del quadro. I morsetti saranno del tipo componibile su guida a norme DIN. La parte frontale dei morsetti sarà inclinata in modo da facilitare l'esecuzione delle connessioni esterne. Le morsettiere saranno sempre provviste di morsetti di terra per le varie linee in partenza ed in arrivo.

Ogni morsetto avrà una propria sigla in posizione chiaramente leggibile. La sigla sarà uguale a quella dei conduttori che al morsetto fanno capo; questo contrassegno sarà richiamato nello schema elettrico accanto al simbolo indicante il morsetto.

## **6.1 IMPIANTO DI TERRA**

La progettazione dell'impianto di terra, di seguito descritta, è stata realizzata nel rispetto della normativa vigente ed in ossequio alla norma CEI 64/8 sez.7.

### **6.1.1 DISPERSORE**

- I 2 dispersori di terra saranno realizzati in acciaio dolce zincato a caldo, spessore minimo dell'acciaio 5 mm, dimensione trasversale 50 mm, interrati.

### **6.1.2 CONDUTTORE DI TERRA**

- Il dispersore verrà collegato all'impianto generale dell'edificio mediante un cavo tipo FG7OR della sezione pari a 16 mm<sup>2</sup>.

### **6.1.3 MASSE ESTRANEE**

- All'impianto di terra si dovranno collegare tutte le masse estranee entranti nell'edificio (tubazioni idriche, gas, etc) mediante cavi del tipo FG7OR della sezione non inferiore a 6 mm<sup>2</sup>.

## **7.1 PROTEZIONE DELLE CONDUTTURE**

Le linee di alimentazione, in partenza dal quadro generale e da i sottoquadri, saranno protette contro i sovraccarichi, i corto circuiti dagli interruttori automatici posti sui quadri stessi.

### **7.1.1 PROTEZIONE DAI SOVRACCARICHI**

La protezione contro i sovraccarichi sarà effettuata in ottemperanza alle prescrizioni delle Norme CEI 64-8 art.433.

In particolare, i conduttori sono stati dimensionati in modo che la loro portata ( $I_z$ ) sia superiore o almeno uguale alla corrente di impiego ( $I_b$ ) (valore di corrente calcolato in funzione della massima potenza da trasmettere in regime permanente). Gli interruttori magnetotermici, previsti in fase progettuale, quale protezione, hanno una corrente nominale ( $I_n$ ) compresa fra la corrente di funzionamento ( $I_f$ ) minore o uguale a 1,45 volte la portata ( $I_z$ ), in modo da poter soddisfare le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$I_f \leq 1,45 \leq I_z$$

Si precisa infine che, la seconda delle due disuguaglianze sopra indicate è automaticamente soddisfatta nel caso di impiego di interruttori automatici conformi alle norme CEI 23-3 e CEI 17-5.

### **7.1.2 PROTEZIONE DAI CORTOCIRCUITI**

La protezione dei conduttori dai cortocircuiti, sarà realizzata mediante gli stessi interruttori automatici citati quali protezioni per i sovraccarichi, in grado di interrompere le correnti di cortocircuito che possono verificarsi nell'impianto in modo tale da garantire che, nel conduttore protetto, non si raggiungano temperature pericolose secondo la relazione:

$$I_2 t \leq I^2 K_s^2$$

CEI 64/8 art.434.4.

La corrente di corto circuito ( $I_{ccM}$ ) nel punto di installazione dell'interruttore sarà quella permanente, calcolata secondo la formula:

$$I_{ccM} = 0,8 U S K$$

$$1,5 r 2L$$

ove:

0,8 è il fattore che tiene conto di un 20% di abbassamento della tensione nel punto considerato, per effetto del corto circuito;

U è la tensione tra i conduttori interessati al corto circuito in volt;

S è la sezione della conduttura in  $\text{mm}^2$ ;

K uguale ad 1 se i conduttori hanno la stessa sezione e uguale a 0,67 se il neutro ha sezione metà del conduttore di fase;

1,5 è il fattore che tiene conto dell'aumento della temperatura del conduttore a  $120^\circ\text{C}$  circa per effetto del corto circuito e del conseguente aumento della resistenza;

r è la resistività del metallo dei conduttori a  $20^\circ\text{C}$  in  $\text{Wm}/\text{mm}^2$ ;

L è la lunghezza della conduttura in metri.

## **8.1 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI E INDIRETTI**

### **8.1.1 PROTEZIONE DAI CONTATTI DIRETTI**

La protezione contro i contatti diretti sarà realizzata, mediante isolamento delle parti attive (in generale per cavi), o protezione mediante involucri o barriere (in generale per apparecchiature di comando, protezione e manovra, morsettiere e apparecchi utilizzatori).

### **8.1.2 PROTEZIONE DAI CONTATTI INDIRETTI**

Tutte le parti metalliche accessibili dell'impianto elettrico e degli apparecchi utilizzatori, normalmente non in tensione, ma che per cedimento dell'isolamento principale o per altre cause accidentali, potrebbero trovarsi sotto tensione (masse), debbono essere protette contro i contatti

indiretti.

Tale protezione sarà realizzata mediante l'interruzione automatica del circuito, secondo un opportuno coordinamento tra: il sistema di messa a terra, i conduttori di protezione e i dispositivi di protezione.

## **9.1 IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE**

### *9.1.1 CARATTERISTICHE GENERALI*

Il progetto illuminotecnico dei vari ambienti è stato realizzato secondo le indicazioni delle norme UNI 12464-1 e norma EN 13032-2.

In particolare il progetto è stato redatto in modo da garantire:

1. il valore di illuminamento medio previsto dalle norme;
2. la resa del colore nella scelta della lampada;
3. la limitazione del fenomeno di abbagliamento parametro UGR previsto dalle norme;
4. l'uniformità di illuminamento.

Lenola 17/09/2015

Il tecnico

*EDI engineering s.r.l.*

**Ing. Giovanni SCIACCA**

**Progetto**  
Cine-teatro Lilla  
**Disegnato**

**N° Disegno**

**Tensione di esercizio**  
400/230

**Distribuzione**  
TN

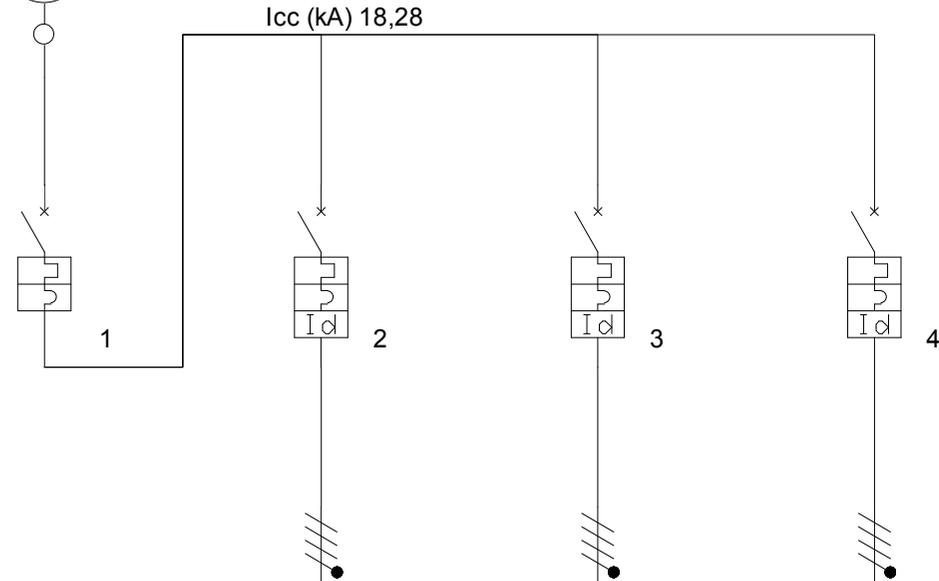
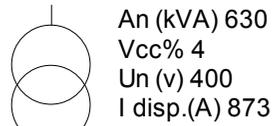
**Quadro**  
Q0 - QE0

**P.I. secondo norma**  
CEI EN 60947-2 Icu

**Norma posa cavi**  
CEI UNEL35024

**Stato progetto**  
Calcolato

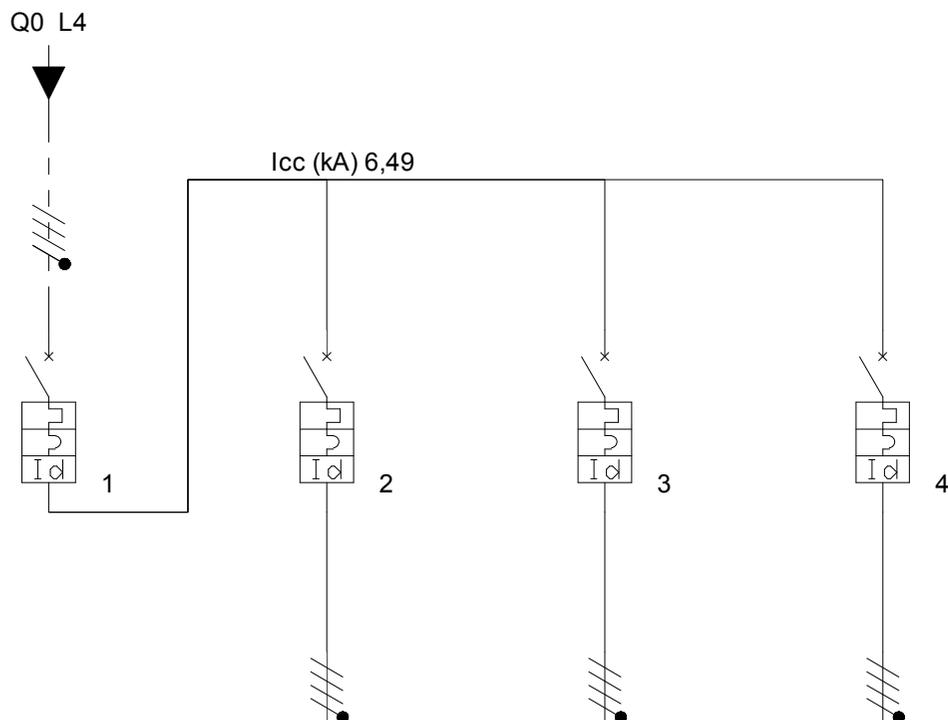
Data: 17/09/2015



Descrizione		Linea QE1	Linea QE3 locale antincendio	Linea QE4 ascensore servoscala		
Potenza totale	46,950 kW	27,700 kW	6,000 kW	13,250 kW		
Fasi della linea	L1L2L3N	L1L2L3N	L1L2L3N	L1L2L3N		
Corrente nominale In (A)	50,00	50,00	16,00	32,00		
Corrente regolata di fase Ir (A)	1 x In = 50,00	1 x In = 50,00	1 x In = 16,00	1 x In = 32,00		
Coeff Utilizz./Contemp. Ku/Kc	0,34/1	0,48/1	0,25/1	0,1/1		
Potenza effettiva	16,235 kW	13,360 kW	1,500 kW	1,375 kW		
Corrente di impiego Ib (A)	32,14742	26,11013	3,343955	3,386878		
Iz nominale cavo di fase (A)	57	57	20	32		
Cos $\phi$	0,91	0,95	0,76	0,72		
c.d.t. massima ammessa (%)	3	3	3	3		
c.d.t. effett. tratto/impianto (%)	0,07 / 0,07	0,38 / 0,45	0,19 / 0,26	0,02 / 0,09		
Potere di interruzione (kA)	25	25	25	25		
Sezione di fase (mm <sup>2</sup> )	10	10	2,5	4		
Sezione di neutro (mm <sup>2</sup> )	10	10	2,5	4		
Sezione di PE (mm <sup>2</sup> )	10	10	2,5	4		
Portata cavo di fase (A)	57	57	20	32		
Lunghezza linea a valle (m)	1	15	18	3		
Sezione cablaggio interno fase	25	25	4	10		
Sigla cavo	FG7	FG7	FG7	FG7		
Tipo di cavo	Multipolare	Multipolare	Multipolare	Multipolare		

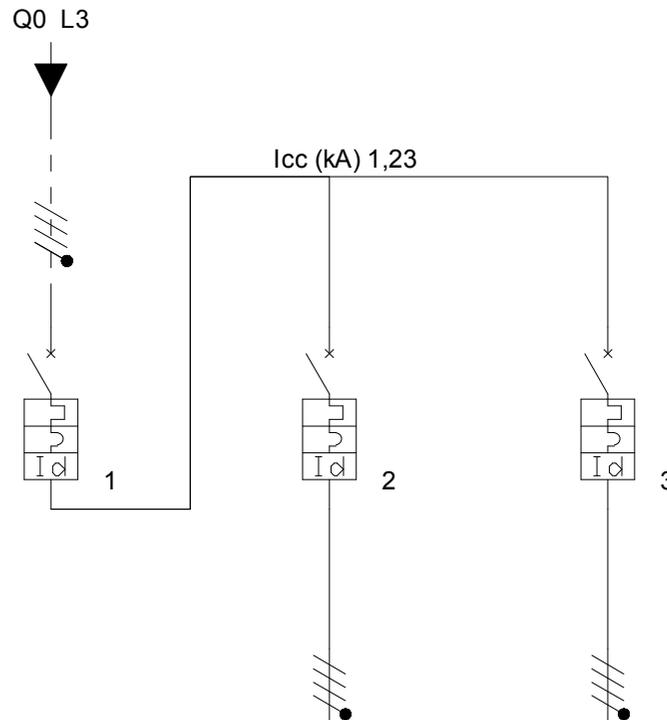
**Progetto**  
Cine-teatro Lilla  
**Disegnato**  
**N° Disegno**  
**Tensione di esercizio**  
400/230  
**Distribuzione**  
TN  
**Quadro**  
Q2 - QE2 Ascens+Servoscala

**P.I. secondo norma**  
CEI EN 60898 Icu  
**Norma posa cavi**  
CEI UNEL35024  
**Stato progetto**  
Calcolato  
Data: 17/09/2015



Descrizione		Linea ascensore	Linea servoscala	Linea presa 380		
Potenza totale	13,250 kW	9,500 kW	0,750 kW	3,000 kW		
Fasi della linea	L1L2L3N	L1L2L3N	L1L2L3N	L1L2L3N		
Corrente nominale In (A)	32,00	10,00	6,00	6,00		
Corrente regolata di fase Ir (A)	1 x In = 32,00	1 x In = 10,00	1 x In = 6,00	1 x In = 6,00		
Coeff Utilizz./Contemp. Ku/Kc	0,21/0,5	0,25/1	0,1/1	0,1/1		
Potenza effettiva	1,375 kW	2,375 kW	0,075 kW	0,300 kW		
Corrente di impiego Ib (A)	3,386878	6,13	0,19	0,48		
Iz nominale cavo di fase (A)	32	41	32	32		
Cos ø	0,72	0,7	0,7	0,9		
c.d.t. massima ammessa (%)	3	3	3	3		
c.d.t. effett. tratto/impianto (%)	0,01 / 0,10	0,03 / 0,14	0,00 / 0,10	0,00 / 0,10		
Potere di interruzione (kA)	10	10	10	10		
Sezione di fase (mm²)	4	6	4	4		
Sezione di neutro (mm²)	4	6	4	4		
Sezione di PE (mm²)	4	6	4	4		
Portata cavo di fase (A)	32	41	32	32		
Lunghezza linea a valle (m)	1	2,5	10	1		
Sezione cablaggio interno fase	10	2,5	2,5	2,5		
Sigla cavo	FG7	FG7	FG7	FG7		
Tipo di cavo	Multipolare	Multipolare	Multipolare	Multipolare		

**Progetto**  
 Cine-teatro Lilla  
**Disegnato**  
**N° Disegno**  
**Tensione di esercizio**  
 400/230  
**Distribuzione**  
 TN  
**Quadro**  
 Q3 - QE3 Loc. Antincendio  
**P.I. secondo norma**  
 CEI EN 60898 Icu  
**Norma posa cavi**  
 CEI UNEL35024  
**Stato progetto**  
 Calcolato  
 Data: 17/09/2015



Descrizione		Linea quadro segnalat. allarmi/avvisatori	Linea pompa 2		
Potenza totale	6,000 kW	2,000 kW	4,000 kW		
Fasi della linea	L1L2L3N	L1L2L3N	L1L2L3N		
Corrente nominale In (A)	16,00	6,00	6,00		
Corrente regolata di fase Ir (A)	1 x In = 16,00	1 x In = 6,00	1 x In = 6,00		
Coeff Utilizz./Contemp. Ku/Kc	0,25/1	0,25/1	0,25/1		
Potenza effettiva	1,500 kW	0,500 kW	1,000 kW		
Corrente di impiego Ib (A)	3,343955	0,8	2,58		
Iz nominale cavo di fase (A)	27	24	32		
Cos ø	0,76	0,9	0,7		
c.d.t. massima ammessa (%)	3	3	3		
c.d.t. effett. tratto/impianto (%)	0,01 / 0,27	0,17 / 0,45	0,02 / 0,29		
Potere di interruzione (kA)	4,5	6	6		
Sezione di fase (mm²)	4	2,5	4		
Sezione di neutro (mm²)	4	2,5	4		
Sezione di PE (mm²)	4	2,5	4		
Portata cavo di fase (A)	27	24	32		
Lunghezza linea a valle (m)	1	60	3		
Sezione cablaggio interno fase	4	2,5	2,5		
Sigla cavo	FG7	FG7	FG7		
Tipo di cavo	Multipolare	Multipolare	Multipolare		







24/09/2015

**Progetto**

Arch183. 09/2015

**Richiedente**

Edi Engineering s.r.l.

# Relazione Geologica su modellazione sismica di sito e geotecnica ai sensi del Regolamento Regionale n. 02/12



Comune di Lenola



Provincia di Latina



Regione Lazio



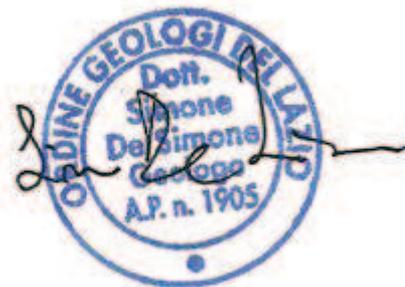
## OGGETTO:

Realizzazione di una scala esterna e di un ascensore, presso il "Cinema Lilla" sito nel Comune di Lenola, in Corso Vittorio Emanuele n.33.

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Colonna	Spessore (m)	Peso (daN/m <sup>3</sup> )	Peso eff. (daN/m <sup>3</sup> )	Nspt	Qc (daN/cm <sup>2</sup> )	φ (°)	C (daN/cm <sup>2</sup> )	Cu (daN/cm <sup>2</sup> )	E (daN/cm <sup>2</sup> )	G (daN/cm <sup>2</sup> )	Eed (daN/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.70	17000	-	4-7	9-13	23-25	0,20	0,29-0,41	25994	9993	21-30
Strato 2	indefinito	2300	-	-	-	28-33	0,40-0,60	-	46958	16208	500

Sezione Stratigrafica dall'Imposta delle fondazioni a -30	Prove di caratterizzazione del sottosuolo	
		Indagini geofisiche indirette - MASW & Tomografia sismica
Categoria sottosuolo di fondazione	A	
Parametri individuazione sottosuolo di fondazione	Vs30 = 1582 m/sec	
Categoria Topografica	T2	

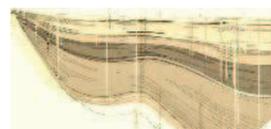


**Dott. Geologo Simone De Simone**

Tel. 039.328.8621427  
Ass. RC Professionale n. 182 Torus  
Insurance (UK) Limited

Via Flacca km 12.000  
04029 Sperlonga (Lt)

[Info.geodesimone@gmail.com](mailto:Info.geodesimone@gmail.com)  
[simone\\_desimone@pec.geologilazio.it](mailto:simone_desimone@pec.geologilazio.it)  
[simonedesimone@hotmail.it](mailto:simonedesimone@hotmail.it)



## INDICE

1 – PREMESSA

2 – DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO

3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

4 – SISMICITÀ DELL'AREA – INDAGINE MASW –

4.1 PROSPEZIONI SISMICHE BASATE SULL' ANALISI DELLE ONDE SUPERFICIALI DI RAYLEIGH

4.3 – PROSPEZIONI SSMICHE MASW

4.4 – INDAGINE ESEGUITA

4.5 – ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

4.6 – INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

5 – PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

5.1 TOMOGRAFIE SISMICHE

5.2 – INDAGINE ESEGUITA

5.3 – ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

6 – RISPOSTA SISMICA LOCALE

7 – DEFINIZIONE DELLA QUALITÀ DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

8 – CONCLUSIONI, PARAMETRI LITOTECNICI, TIPOLOGIE DI INTERVENTO,  
RACCOMANDAZIONI E CONSIDERAZIONI FINALI

## ALLEGATI

TAV01\_CTR Scala 1:2.000 sez. 402142

TAV02\_CARTA DELLE INDAGINI Scala 1:500

TAV03\_SCHEMA STRATIGRAFICO INTERPRETATIVO

## 1 – PREMESSA

Su incarico della società Edi Engineering s.r.l. è stata effettuata n°1 prospezioni sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh), per la redazione della relazione geologica sulla modellazione sismica di sito inerente il progetto di *“realizzazione di una scala esterna e ascensore presso il Cinema Lilla”*, sito in Via Vittorio Emanuele n.33 (coordinate geografiche WGS84 del sito 41° 24' 24.30.14" N - 13° 27' 41.49" E), nel territorio comunale di Lenola (LT), al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 14 gennaio 2008 - D.G.R. Lazio n. 545 del 26 Novembre 2010).

È stata inoltre condotta un'indagine tomografica sismica a rifrazione con particolare riferimento alle velocità delle onde longitudinali ( $V_P$ ).

Infine è stata eseguita 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).

Si ricorda altresì che le indagini geofisiche e nella fattispecie le prospezioni sismiche non sono contemplate nella Circolare 8 settembre 2010 n. 7619 e, conseguentemente, secondo le N.T.C. 2008 (D.M. 14/01/2008) non sono soggette a certificazione.

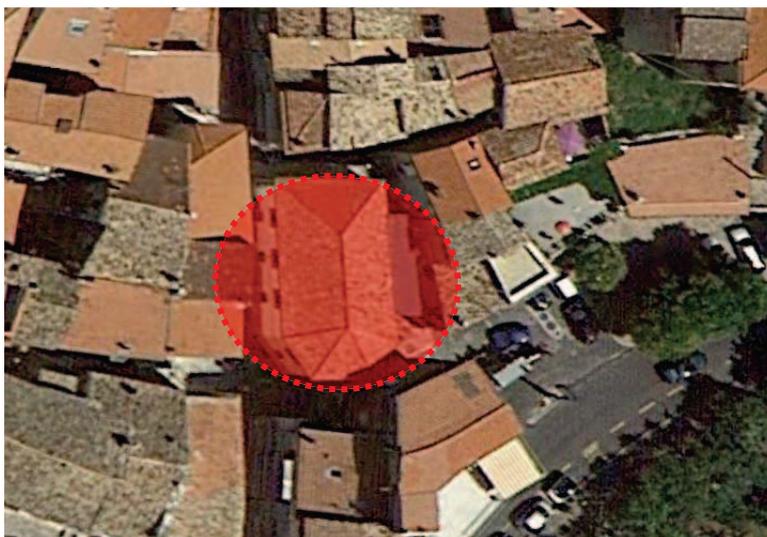


Fig. 1 – Area d'interesse (Google Earth)

## 2 – DETERMINAZIONE DELLA CLASSE DI RISCHIO

In riferimento alla pericolosità geologica, la morfologia del sito in esame è rappresentata da un'area collinare, con inclinazioni superiore a 15°, per la quale non si rilevano dissesti in atto né potenziali che possano interagire con le strutture dell'opera che si andranno a realizzare.

In relazione alla natura geologia del sito, l'area è interessata da una formazione litoide stratificata mesozoica, caratterizzata da calcari cristallini stratificati, scompaginati superficialmente, con buone caratteristiche litotecniche.

Non sono evidenti zone suscettibili alla liquefazione, zone in subsidenza o che presentano cedimenti differenziali.

Inoltre non sono evidenti, nel sito in esame, eteropie orizzontali sia stratigrafiche che tettoniche tra litotipi con caratteristiche meccaniche e sismiche differenti; né fenomeni di inversione delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ ; né situazioni litostratigrafiche particolari quali presenza consistente di riporti antropici.

Da quanto affermato, l'area in esame ricade in Bassa Pericolosità Geologica - Tipo A.

Sulla base dell'interazione tra Pericolosità Geologica e Classe d'Uso dell'opera si individua la Classe di Rischio Geologico.

L' intervento riguarda una costruzione ricadente in Classe d'Uso II; in quanto trattasi di una costruzione il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali.

CLASSI DI RISCHIO GEOLOGICO				
	Pericolosità geologiche	Tipo A Bassa	Tipo B Media	Tipo C Alta
Classi d'uso		Zone Sismiche 3A – 3B o casi comma 2 art. 4	Zone Sismiche 2B – 3A – 3B o casi particolari Tipo B	Zone Sismiche 1 – 2A o casi particolari Tipo C
1 (punto 2.4.2 DM 14.01.2008)		Rischio Basso	Rischio Basso	Rischio Medio
2 (punto 2.4.2 DM 14.01.2008)			Rischio Medio	Rischio Medio-Alto
3 (All. 2 DGR Lazio 387/09)		Rischio Medio	Rischio Medio-Alto	Rischio Alto
4 (All. 2 DGR Lazio 387/09)				

Fig. 2 – Classi di Rischio Geologico.

L'area in esame ricade nella Classe di Rischio Geologico Basso.

Il territorio comunale di Lenola (LT), a seguito della riclassificazione sismica del 2010 effettuata dalla Regione Lazio, è classificato nella Sottozona Sismica 3A – 59 UAS (Fig. 3).

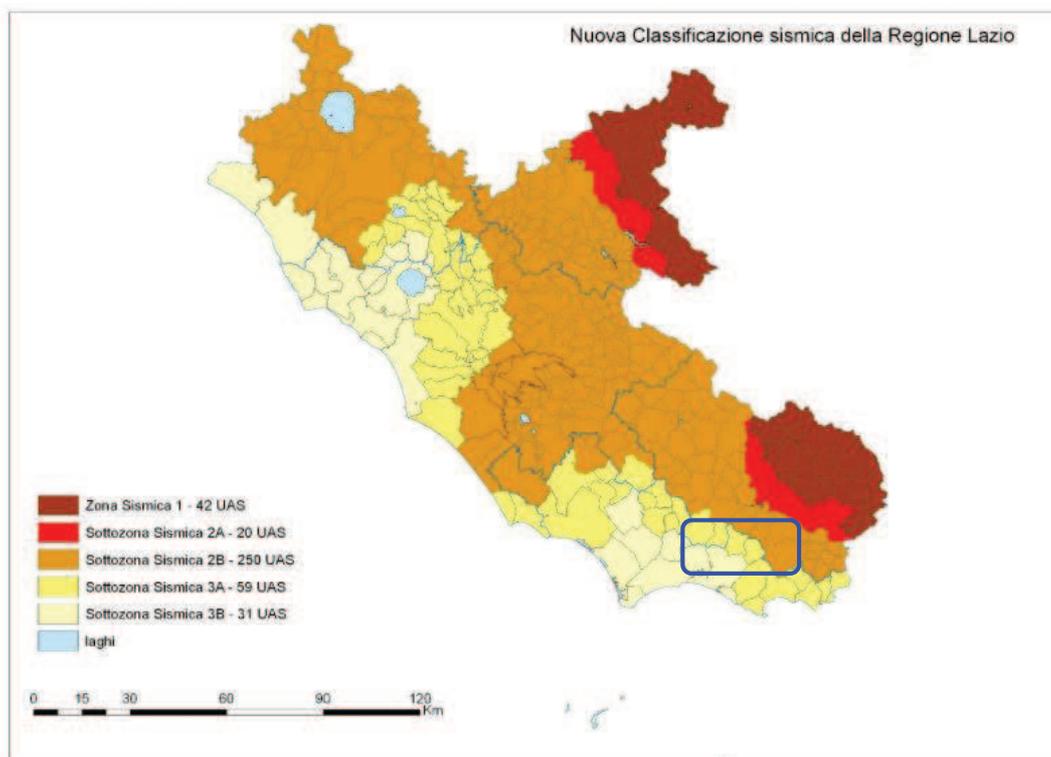
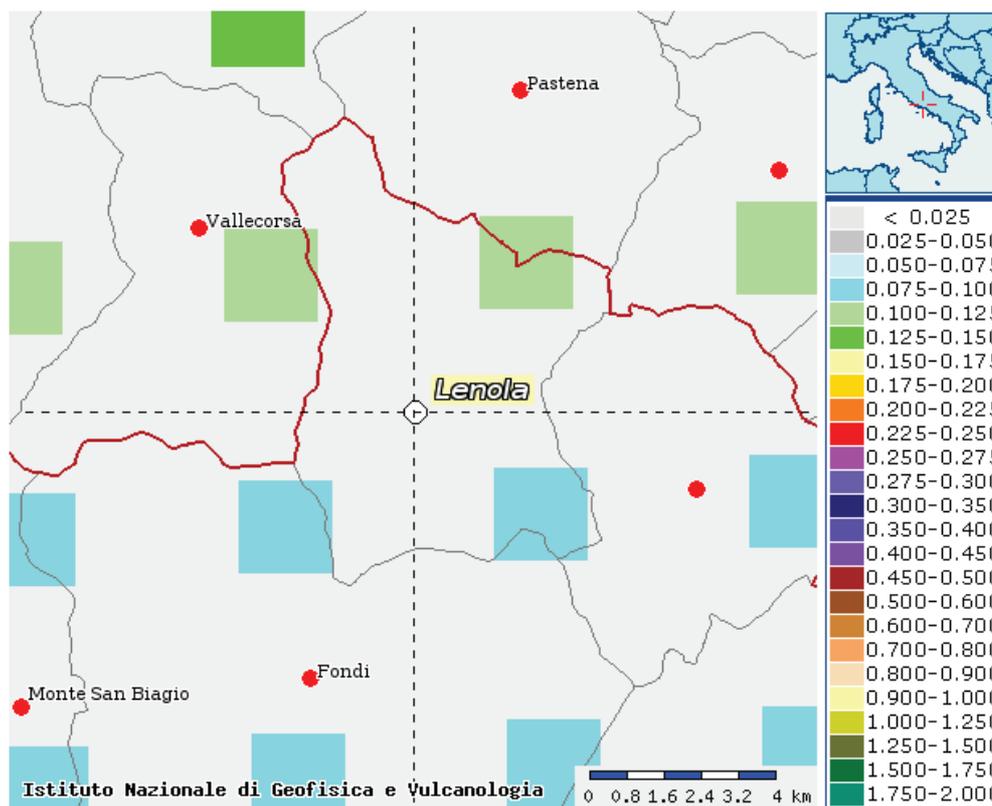


Fig. 3 – Classificazione sismica del 2010 dei comuni della Regione Lazio.

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 4), 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 Lenola (LT) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.075 e 0.125 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



*Fig. 4 – 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.*

### 3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO



*Fig. 5 – Area oggetto di studio*

Il sito in esame ricade nel centro cittadino della città di Lenola (LT), ovvero, geomorfologicamente, in un'area collinare.

Più precisamente il sito è ubicato in Via Vittorio Emanuele n.33, a circa 450 mt. sul livello del mare e individuato dalle coordinate UTM 4.585.233 N – 371.411 E.

I riferimenti cartografici sono:

- Sez. 402142 della Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio in scala 1:5000
- Foglio 159 (Frosinone) della Carta Geologica in scala 1:100.000

Il sito risulta caratterizzato geologicamente dalla presenza di una formazione carbonatica (A) di età Creta sup. caratterizzata da calcari cristallini stratificati e fessurati in superficie a modo di cataclasiti con spessori a volte superiori a 1,0 mt. per singolo strato.

L'inclinazione della formazione varia a causa dell'effetto plicativo della messa in posto di dette formazioni e dello stress subito da pseudorizzontale e debolmente inclinato.

Per tutta l'area di sedime è molto facile seguire gli affioramenti a causa della mancanza di vegetazione.

Nelle aree intravallive, si rilevano lembi di materiale di disfacimento e detritico, misto a un deposito eluvio colluviale derivante principalmente dall'alterazione del substrato calcareo "Terre rosse" (B), per alcuni versi insignificanti ai fini del progetto, dello spessore variabile compreso tra 0,3-0,7 metri.



*Fig. 6 – Carta geolitologica*

Si richiama l'attenzione sullo stile plicativo che detta area presente; infatti nelle immediate vicinanze del sito l'immersione degli strati varia in direzione ed in entità, questo non deve trarre in inganno, infatti lo stile plicativo dell'intera regione geologica può creare in aree attigue caratteri sensibilmente differenti da quello analizzato.

La compagine carbonatica assume caratteristiche buone sotto il profilo geomeccanico.

La morfologia rilevata risulta tipica dell'area collinare di questo lembo del territorio del comune di Lenola.

Le acclività rilevate e su cui sono state verificati i parametri di stabilità variano dai 2% ai 10%.

Alla luce di quanto rilevato in sito, non si individuano condizioni di dissesto in atto o potenziale ad eccezione di fenomeni naturali di lisciviazione superficiale dovuto sostanzialmente ai fattori antropici (terrazzamenti, stradelli, urbanizzazioni) che vanno ad alterare se pur modestamente lo stato tensionale delle esigue coltri superficiali del resto molto esigue negli spessori.

L'idrogeologia superficiale risulta praticamente assente, ovvero, in casi di forti precipitazioni le acque si vanno a distribuire per le quantità non infiltrate e/o evapotraspirate, su tutte le aree di impluvio naturali anche se modesti.

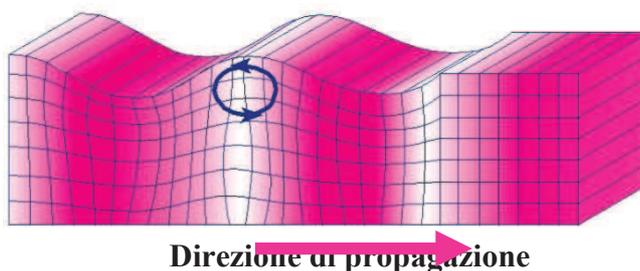
L'idrologia profonda vede una falda basale nei carbonati captata in alcuni pozzi nelle immediate vicinanze a circa 0,0 -10,0 mt. dal livello del mare con portate d'esercizio variabili da 4,0 a 7,0 l/sec.

#### 4 – SISMICITÀ DELL'AREA – INDAGINE MASW –

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

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 6) 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).



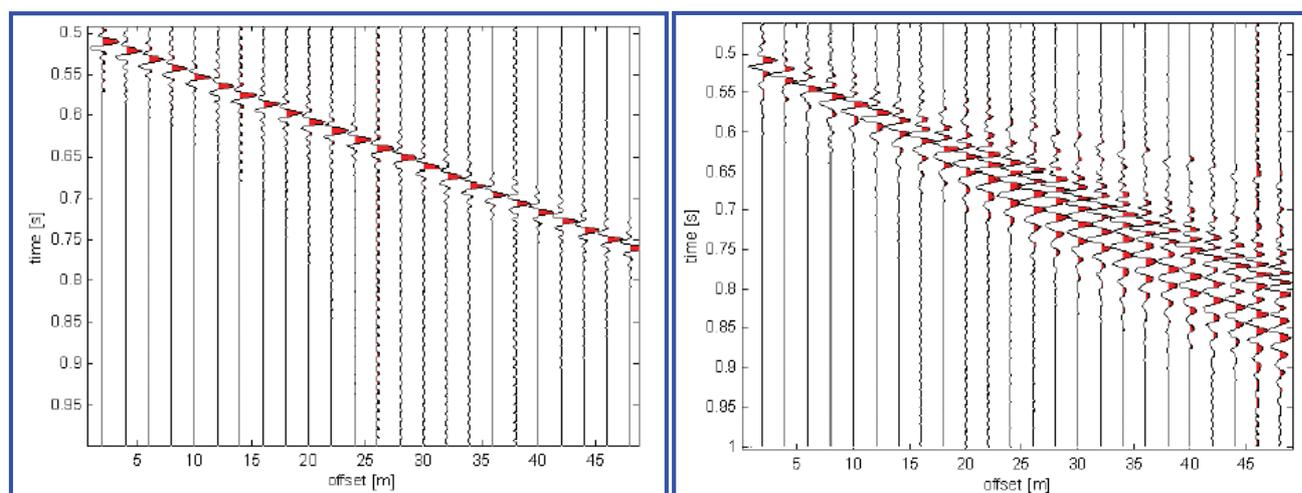
**Fig. 6 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.**

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 VP e dalla densità, è funzione innanzitutto della VS, 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.

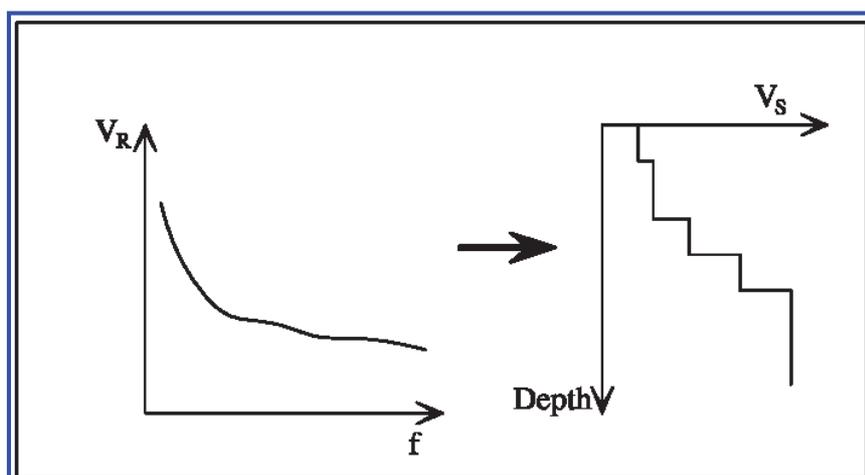
La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle VS, è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 7).



**Fig. 7 – 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. 8).

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. 8 – 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 volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento (non rettilineo) 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 VS30 e la categoria della classificazione del sottosuolo secondo la normativa americana.

Il metodo FTAN per la determinazione delle VS30 (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 VS di strati superficiali (<30m) 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.

#### 4.2 – 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. 9), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (Fig. 10);

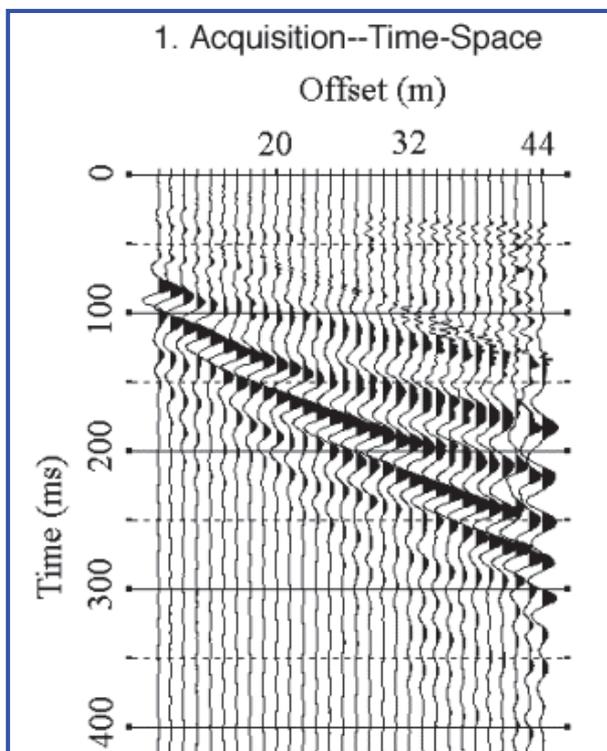


Fig. 9 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

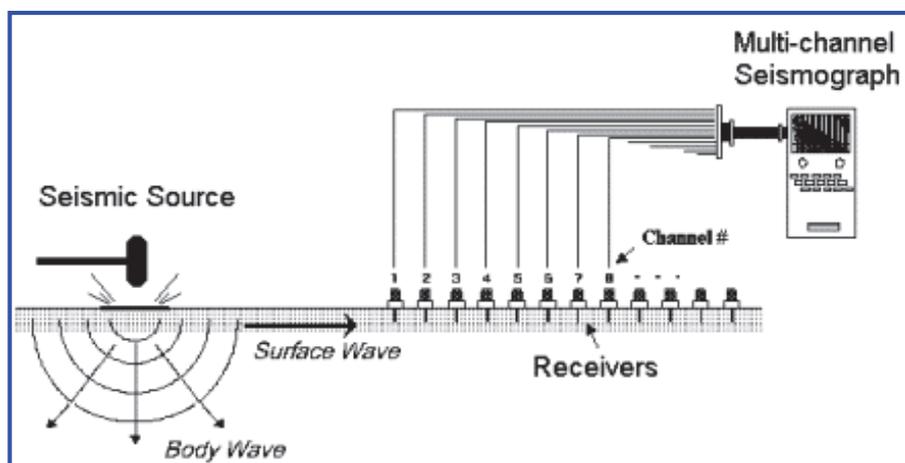
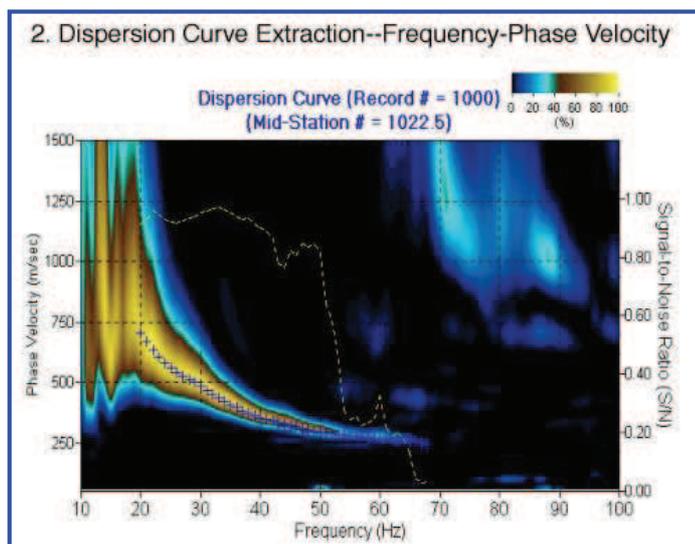


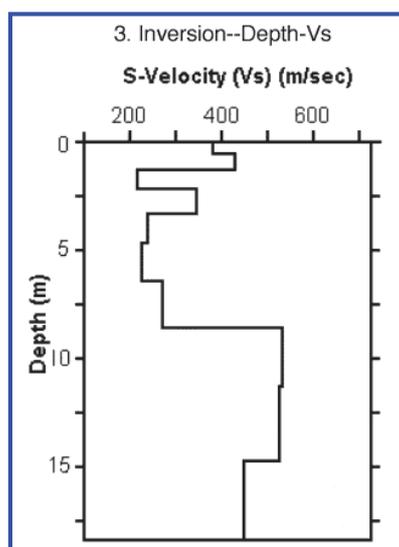
Fig. 10 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

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. 11);



**Fig. 11 – 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. 12) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);



**Fig. 12 – 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  $0.4\lambda$  ( $\lambda$ =lunghezza d'onda).**

4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle  $V_s$  dei terreni con approccio multicanale (Fig. 13).

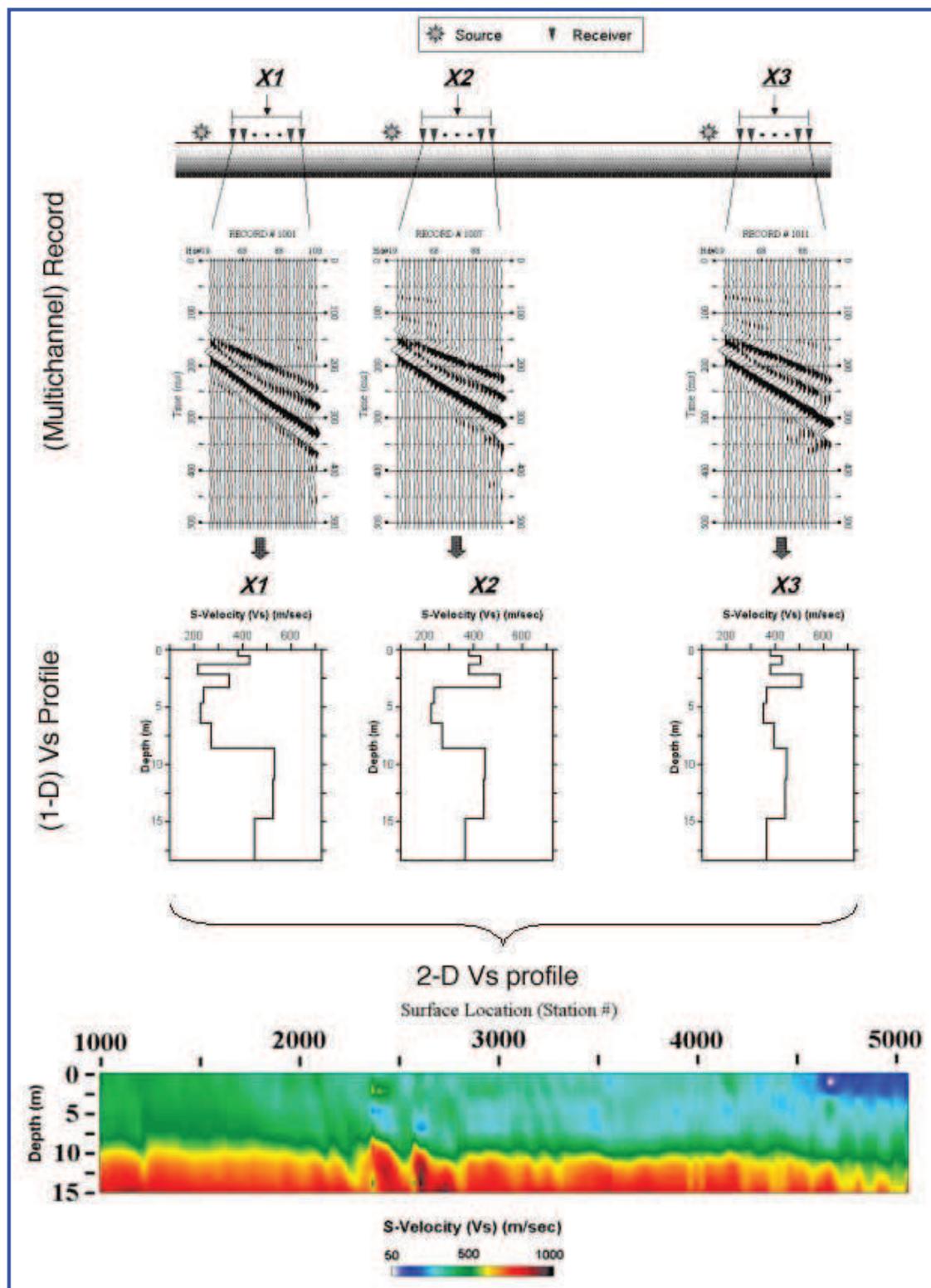
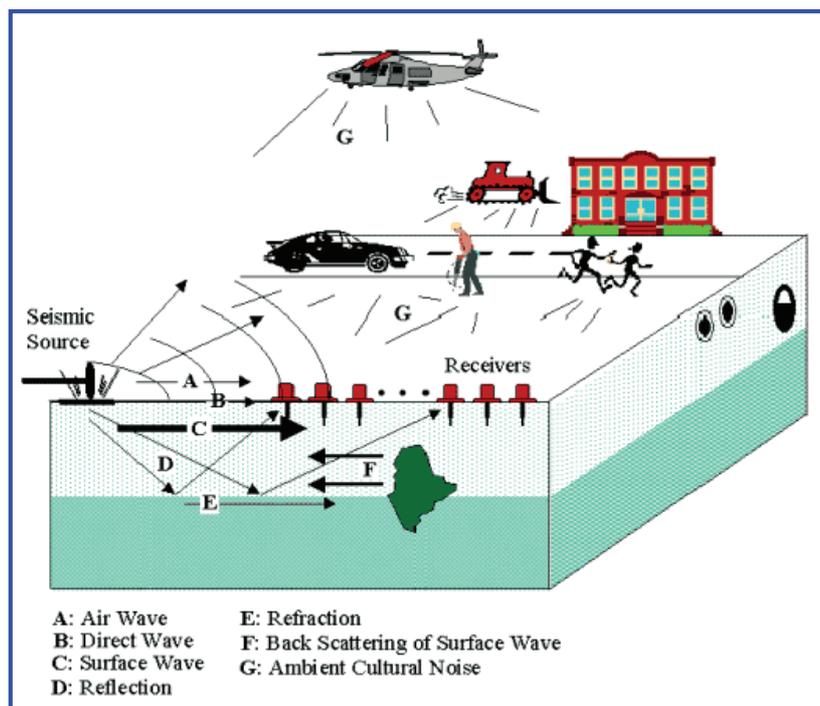


Fig. 13 – Modello 2D di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

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. 14).

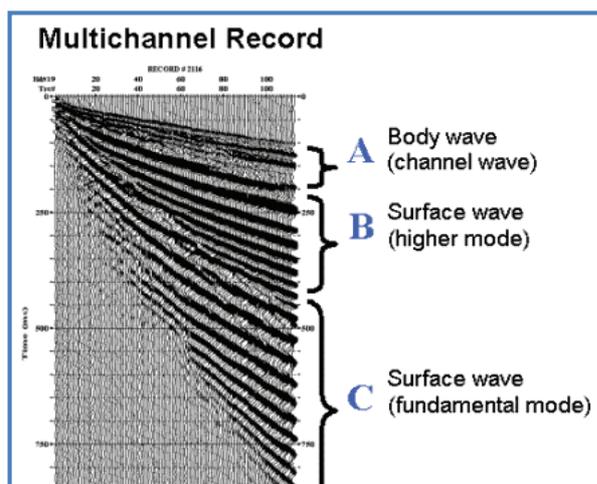
Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana (Fig. 14).

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.

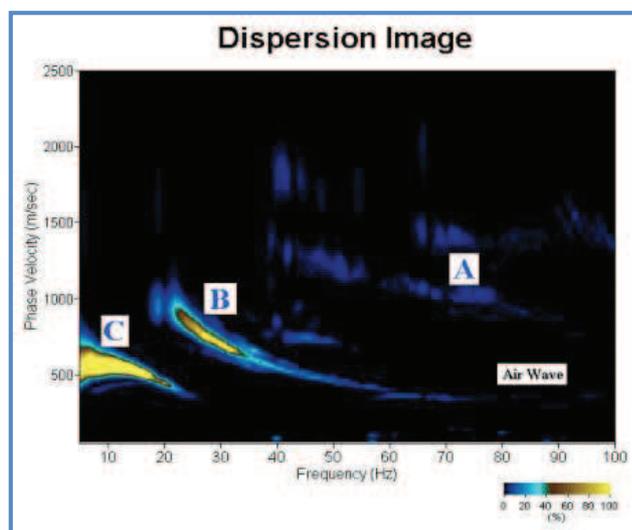


**Fig. 14 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.**

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. 15) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 16).



**Fig. 15 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).**



**Fig. 16 – 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.

#### 4.3 – INDAGIENESEGUITA

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'area oggetto di indagine, è stata eseguita una prospezione sismica MASW, 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>37.50</i>	<i>1.50</i>	<i>N 30° 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 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 1.50m, 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 (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 34.1m dal p.c..

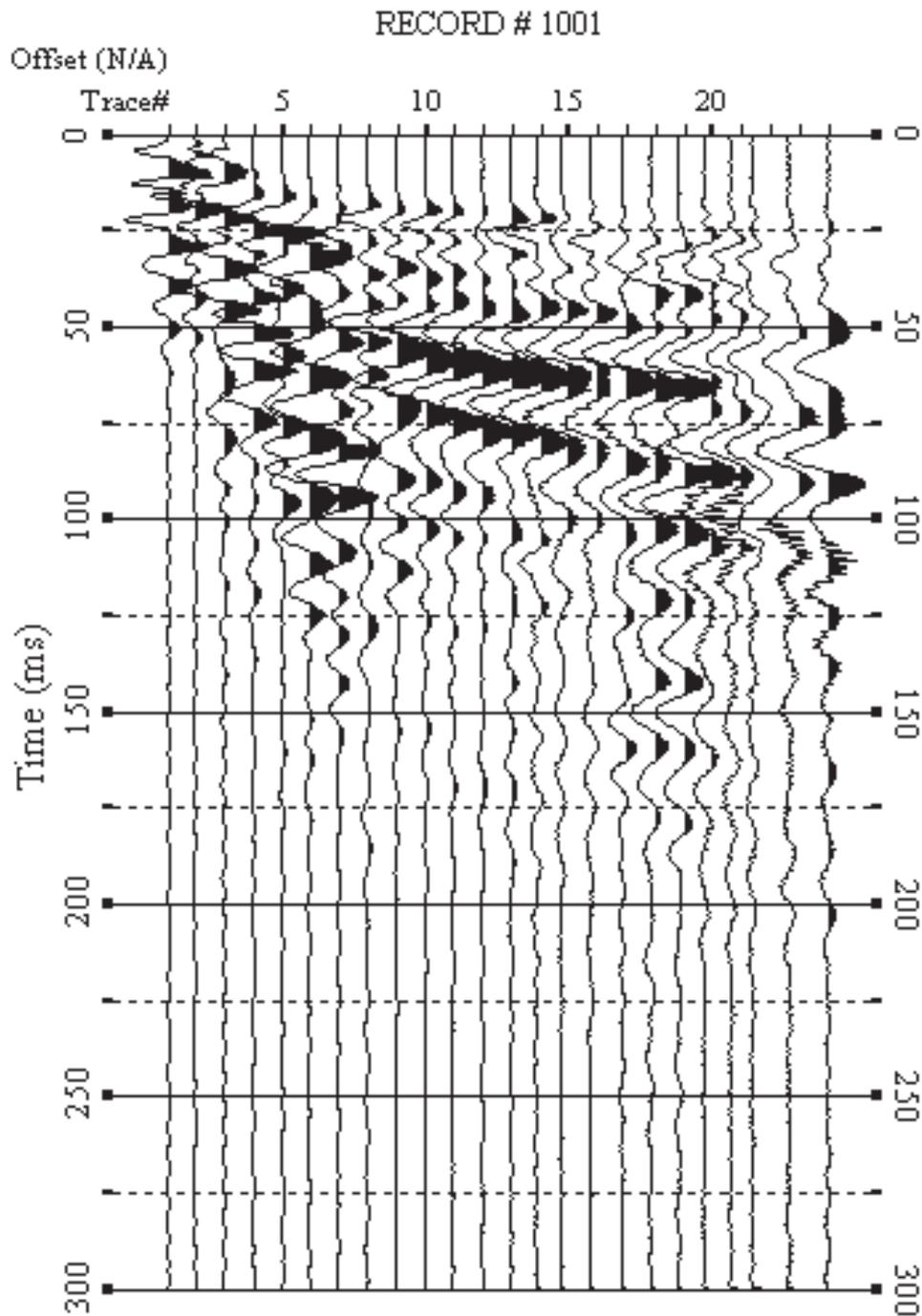
I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.

#### 5.5 – ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

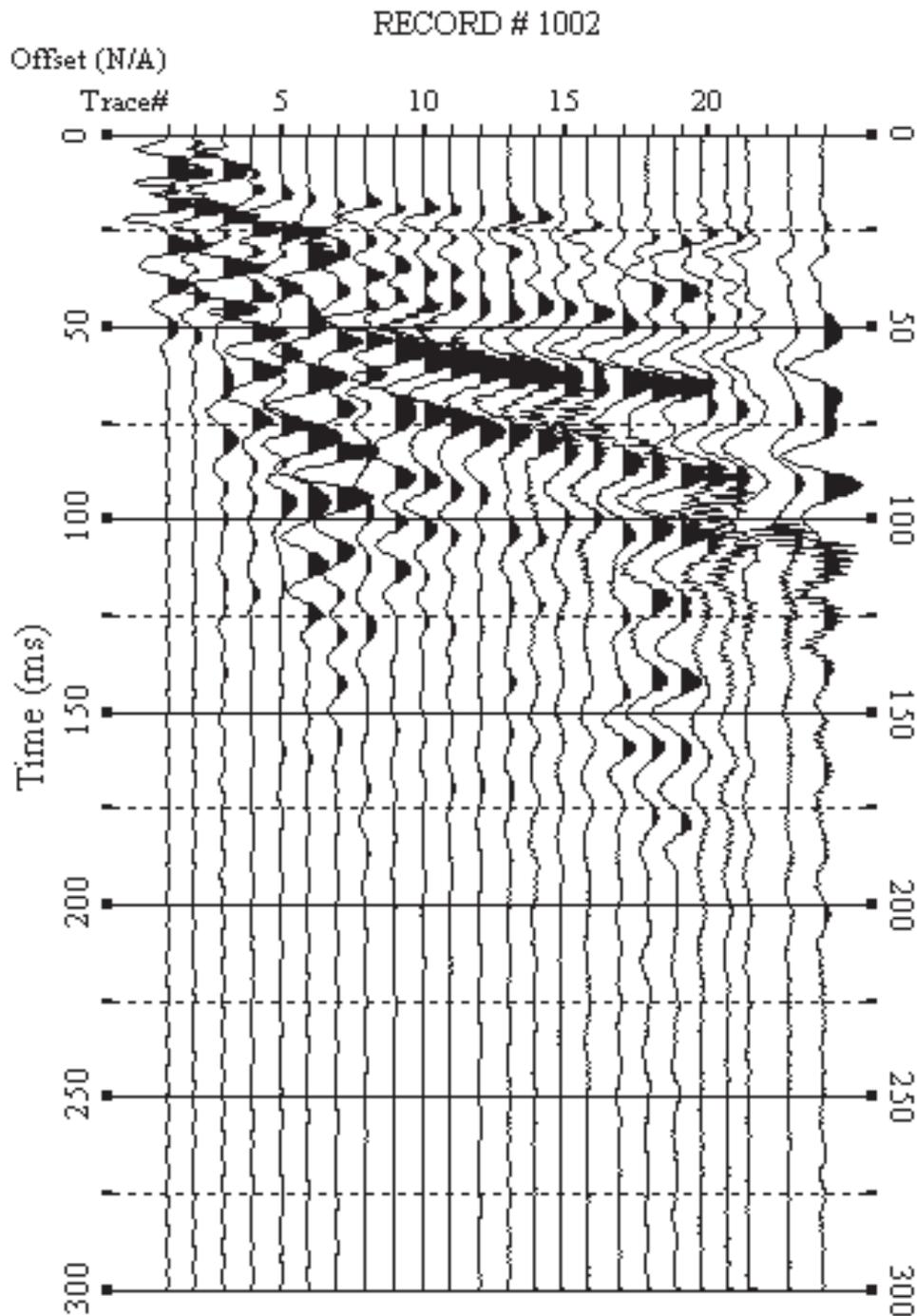
Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale  $T=2.048s$ , sono state effettuate con passo di campionamento  $dt=0.5ms$ . La frequenza di campionamento è data da:  $f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000Hz$ . La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{\text{Nyquist}}=1/2dt=1000Hz$ . 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. 23).

Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono di seguito riportati (Figg. 16 – 22).



**Fig. 16 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-300]ms.**



**Fig. 17 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-300]ms.**

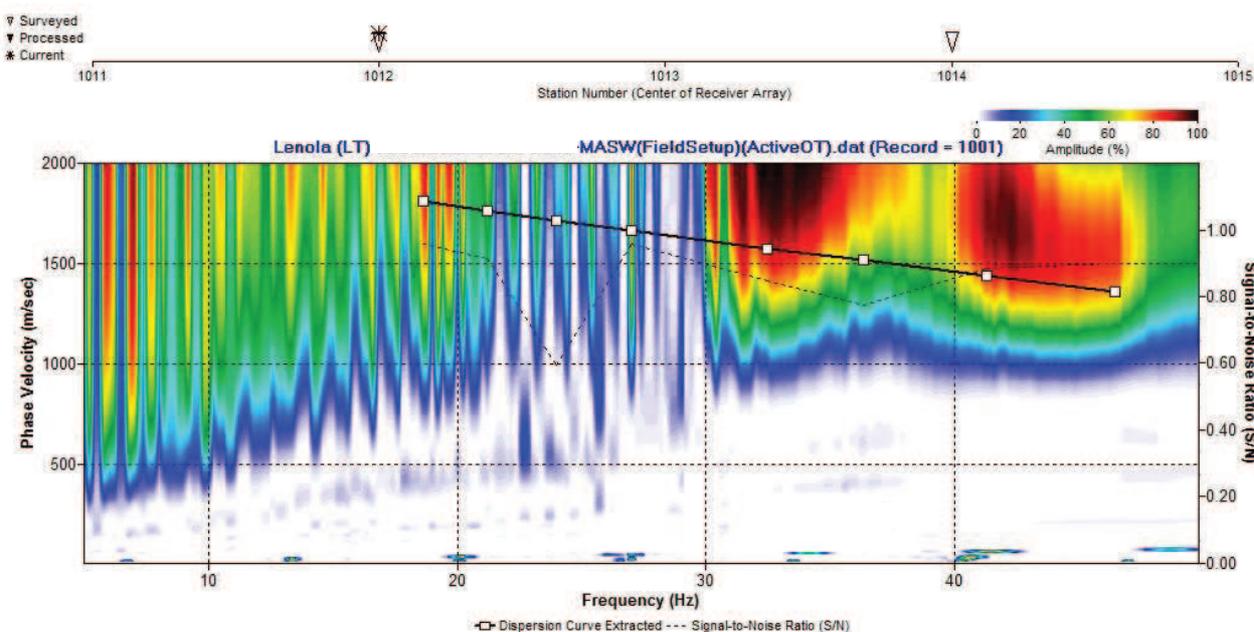


Fig. 18 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1.

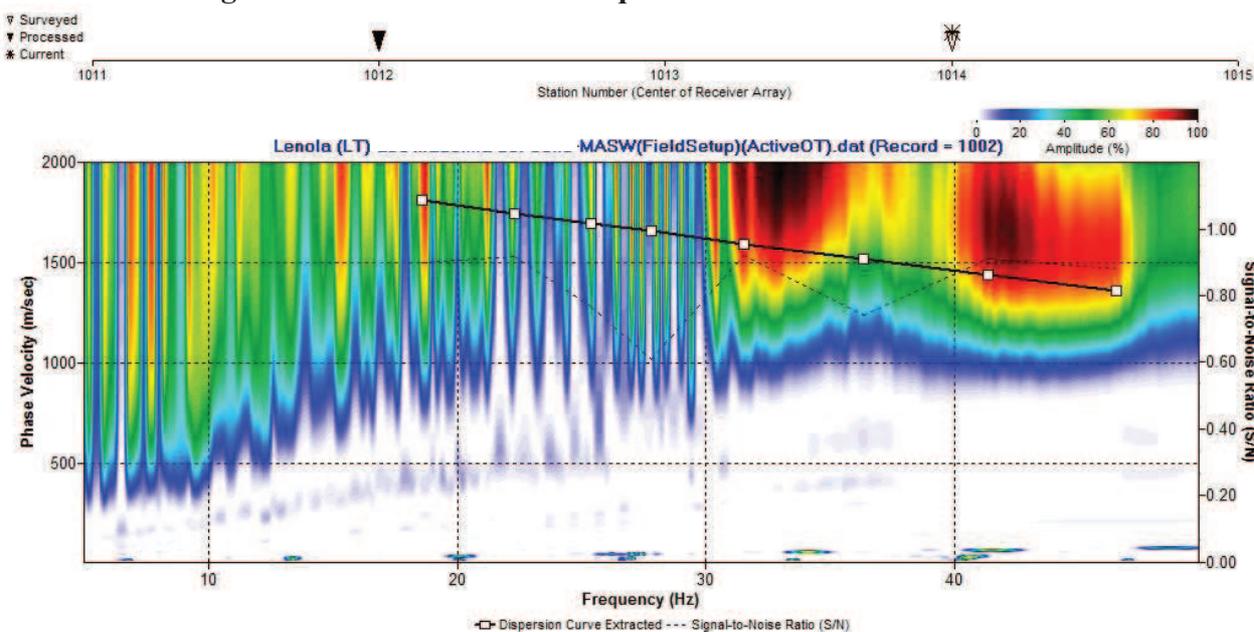


Fig. 19 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2.

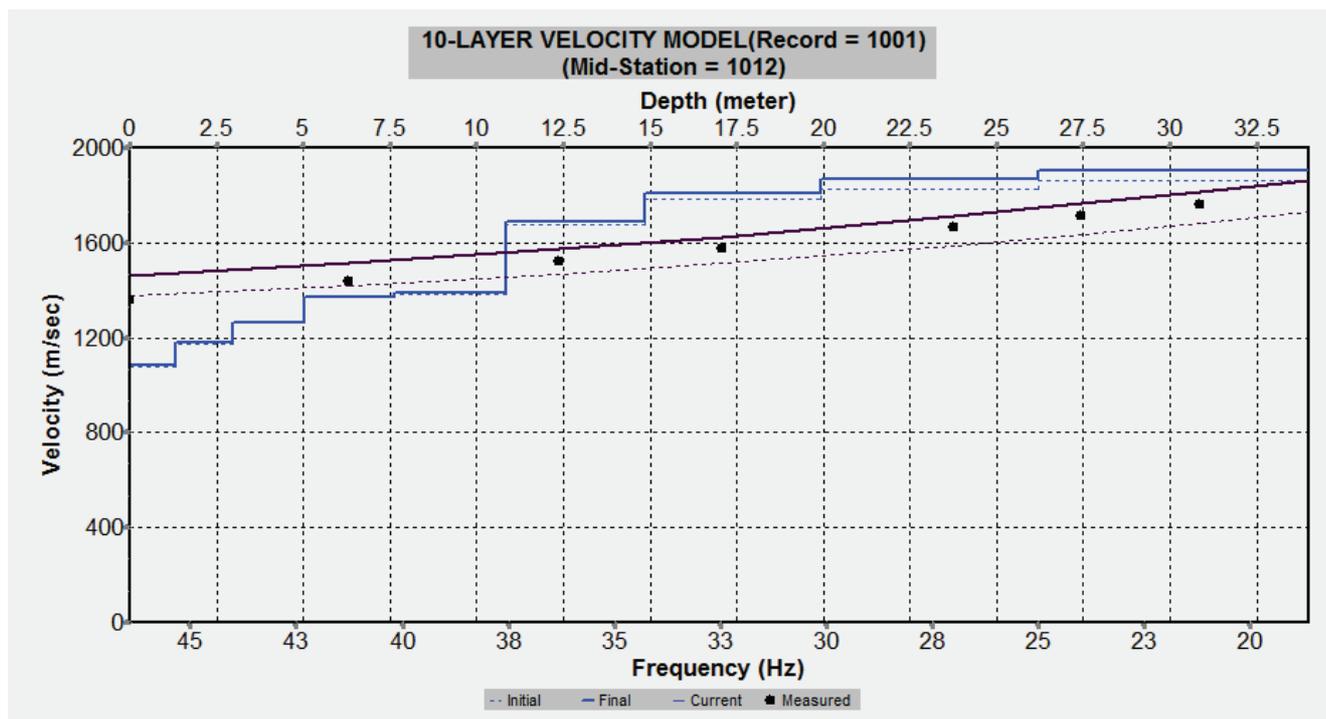


Fig. 20 – Profilo verticale 1D delle VS ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 1.

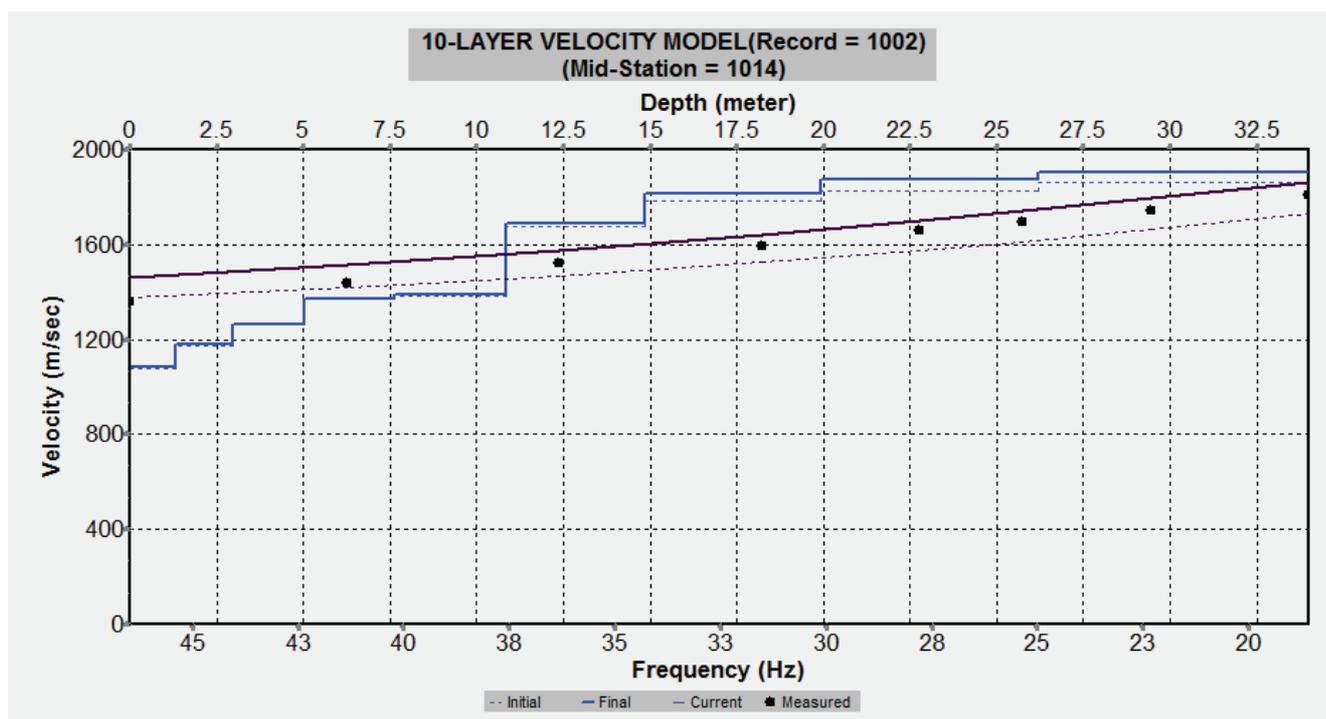
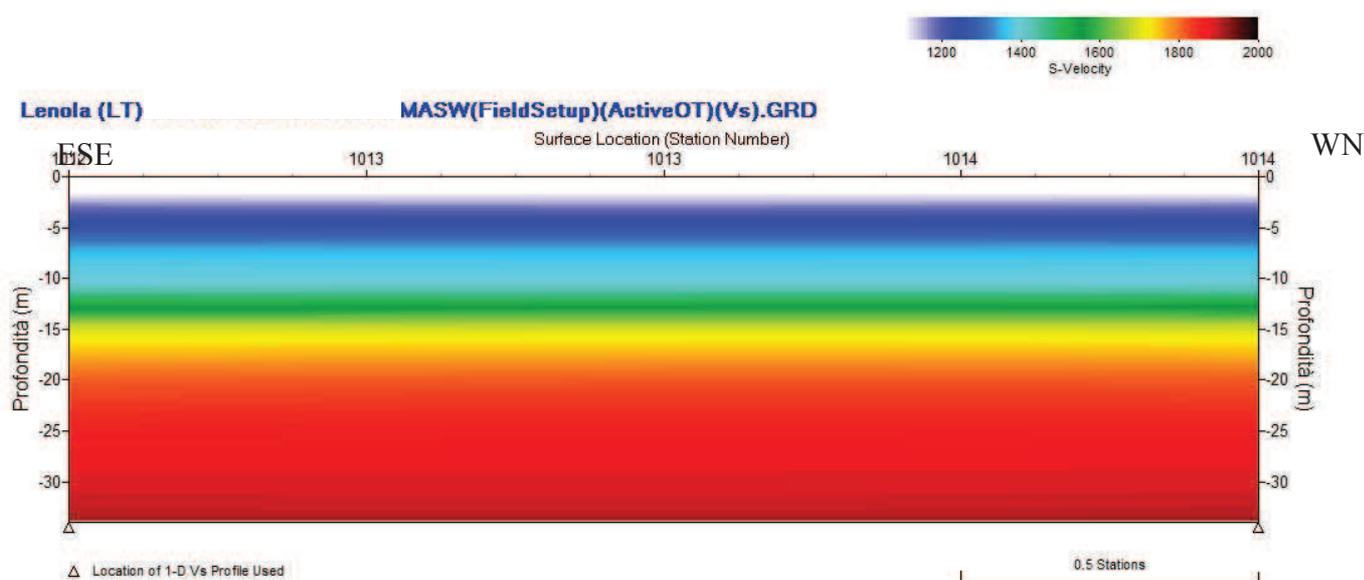


Fig. 21 – Profilo verticale 1D delle VS ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 2



**Fig. 22 – Modello sismostratigrafico 2D delle VS ottenuto dall’indagine Sismica MASW n. 1.**

#### 5.6 – INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

L’indagine sismica MASW effettuata, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m-30m) dal p.c. e fino alla profondità di 31m (1m-31m) dal p.c., ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d’indagine nella categoria **A** 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
<b>A</b>	<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>B</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).
<b>C</b>	<i>Depositi 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 $V_{s,30}$ 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).
<b>D</b>	<i>Depositi 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 $V_{s,30}$ 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).
<b>E</b>	<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
<b>S1</b>	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.
<b>S2</b>	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>	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	<i>Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14/01/2008)</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>[1582 ÷ 1583]</i>	<i>A</i>

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

**Categoria di suolo di fondazione A** = *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*, caratterizzati da valori di  $V_{S30}$  superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m.

**Categoria topografica T2** = Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$  ( $h/H = 0.94$  dove  $h$  = quota sito e  $H$  = quota massima del versante).

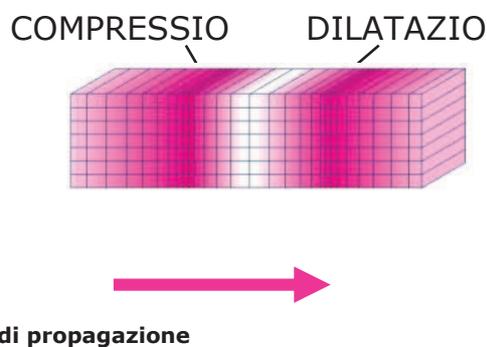
## 5 – PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE

Lo scopo di tali indagini consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde  $P$ ) attraverso l'utilizzo di geofoni verticali e/o di taglio (onde  $S$ ) con l'utilizzo di geofoni orizzontali ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisiti ( $V_P$ ,  $V_S$ ), le proprietà meccaniche (moduli dinamici) delle litologie investigate.

Le metodologie in oggetto si basano sulla tecnica di generare onde sismiche in un punto del terreno (tramite piccole cariche esplosive, un apposito fucile esploditore, una massa battente etc.), e di rilevarne l'arrivo, mediante sensori (geofoni) in altri punti.

L'energizzazione genera onde elastiche longitudinali ( $P$ ) e trasversali ( $S$ ) che si propagano in tutte le direzioni; in particolare le onde longitudinali  $P$  (Fig. 26) si propagano mediante oscillazioni delle particelle che costituiscono il mezzo attraversato nella stessa direzione della propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto principalmente a sforzi di compressione e dilatazione e la velocità dell'onda sarà anche funzione del modulo di incompressibilità ( $k$ ), che esprime la resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, oltre che del modulo di rigidità ( $\mu$ ) (detto anche modulo di taglio ( $G$ )) e della densità ( $\rho$ ):

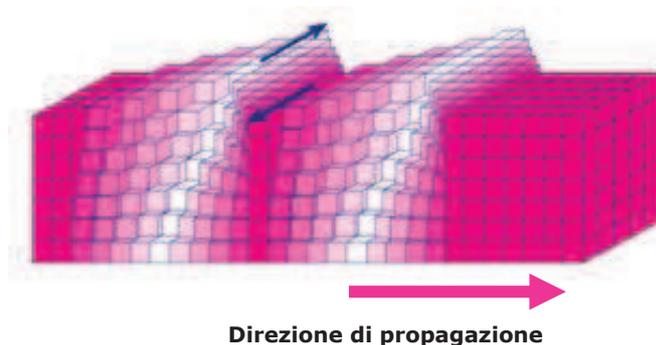
$$V_p = \sqrt{\frac{k + 4\mu/3}{\rho}};$$



**Fig. 23 - Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde longitudinali P (direzione di oscillazione coincidente con quella di propagazione dell'onda).**

Le onde trasversali  $S$  (Fig. 27) si propagano mediante oscillazioni delle particelle del mezzo perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda. Di conseguenza, il mezzo sarà soggetto a sforzi di taglio e la velocità delle onde sarà funzione della resistenza del mezzo a questo tipo di sforzo, che è espressa dal modulo di rigidità ( $\mu$ ):

$$V_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} ;$$



**Fig. 24 - Rappresentazione grafica delle direzioni di oscillazione delle particelle che costituiscono il mezzo nel caso della propagazione di onde di taglio S (direzione di oscillazione perpendicolare alla direzione di propagazione dell'onda).**

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

Le onde trasversali sono anche dette onde di taglio in quanto generate da reazione elastica che si oppone a variazioni di forma del corpo e di cui sono responsabili le componenti tangenziali dello sforzo.

Logicamente, onde di compressione e di taglio si generano contemporaneamente in seguito ad uno sforzo impulsivo, ma sono caratterizzate da differenti velocità di propagazione.

Attraverso lo studio dei tempi di percorso delle onde di compressione e di taglio e quindi delle velocità, si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti nell'area di indagine.

#### 5.1 – TOMOGRAFIE SISMICHE

La metodologia d'indagine più recente che sfrutta le onde sismiche rifratte è il metodo Tomografico. Rispetto alla convenzionale sismica a rifrazione, tale tecnica limita i problemi interpretativi dovuti agli strati ad inversione di velocità (orizzonte fantasma) o di ridotti spessori.

La modellizzazione tomografica non individua la geometria di isolati rifrattori bensì ricostruisce un'immagine 2D del sottosuolo (tomogramma) in modo continuo considerando tutti i fenomeni (rifrazione, diffrazione e riflessione) a cui possono essere sottoposte le onde sismiche. Le immagini ottenute possono essere utilizzate non solo per individuare il bedrock ma per individuare caratteristiche quali la fratturazione della roccia e la escavabilità della roccia con l'uso del ripper, la presenza di trovanti immersi nella coltre, morfologia complessa del substrato, ecc.

Le operazioni di misura sono simili alle prove a rifrazione ma richiedono un maggior numero di energizzazioni (almeno 5 scoppi). La profondità nominale raggiunta dalla sezione è proporzionale alla lunghezza della linea.

L'elaborazione tomografica e la restituzione del modello geofisico vengono effettuate con software che eseguono l'inversione tomografica con il metodo WET (Wavepath Eikonal Traveltime tomography processing - Schuster 1993 Geophysics – September 1993 – Vol. 58 Issue 9 pp. 1314-1323; Watanabe – SEG meeting 1999).

## 5.2 – INDAGINE ESEGUITA

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'area oggetto di indagine, è stata eseguita n°1 tomografia sismica a rifrazione, con le seguenti caratteristiche (Tab. 4):

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Lunghezza complessiva dello stendimento (m)</i>	<i>Spacing (m)</i>	<i>Offset (m)</i>	<i>Direzione</i>
<i>Tomografia sismica n.1</i>	37.5	1.5	<i>shot 1 = 1.5m da G1</i> <i>shot 2 = 0.75m (tra G6 e G7)</i> <i>shot 3 = 0.75m (tra G12 e G13)</i> <i>shot 4 = 0.75m (tra G18 e G19)</i> <i>shot 5 = 1.5m da G24</i>	<i>N 282° E</i>

**Tab. 4 – 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 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.

Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo sismico con lunghezza, offset e spacing predefiniti (Tab. 4).

Energizzando il terreno in superficie e misurando i tempi di arrivo delle onde  $P$  sono state determinate le velocità  $V_P$  dei litotipi e la loro disposizione geometrica bidimensionale.

Lungo lo stendimento sono state eseguite varie energizzazioni con battute in 5 diversi punti (Tab. 4).

Per le acquisizioni dei segnali è stata evitata la sommatoria sincrona dei segnali (stacking verticale) poiché il sito era quasi totalmente privo di rumore incoerente (noise random ovvero rumore casuale).

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito software (RAYFRACT 3.9) utilizzando il metodo GRM (Metodo Reciproco Generalizzato) per la determinazione della sismostratigrafia delle  $V_P$  del sottosuolo.

Il Generalized Reciprocal Method (GRM) consente di delineare rifrattori ondulati, ad ogni profondità e di numero infinito da dati sismici a rifrazione in linea che consistano di tempi-distanza in andata e ritorno. I tempi di arrivo a due sensori distinti e per profili in andata e ritorno sono combinati per ottenere la velocità del rifrattore, il calcolo della sezione tempi-profondità ed il fattore di conversione in profondità. Il fattore di conversione, e quindi il metodo, è indipendente dalla pendenza degli strati. Il GRM in definitiva è un metodo di interpretazione globale e sintetico per il quale molti dei metodi esistenti, e nella fattispecie il metodo tomografico, sono dei casi particolari.

### 5.3 – ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale  $T=0.546s$ , sono state effettuate con passo di campionamento  $dt=0.266ms$ . La frequenza di campionamento è data da:  $f_{campionamento}=1/dt=3750Hz$ . La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da:  $f_{Nyquist}=1/2dt=1875Hz$ . La frequenza minima dei segnali è data da:  $f_{min}=1/T=1.831Hz$ .

Il processing dei dati è stato effettuato con il programma RAYFRACT 3.9 che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di n.1 sezione tomografica 2D delle  $V_P$ .

Gli elaborati relativi sono di seguito riportati in forma grafica e numerica (Figg. 25 – 32).

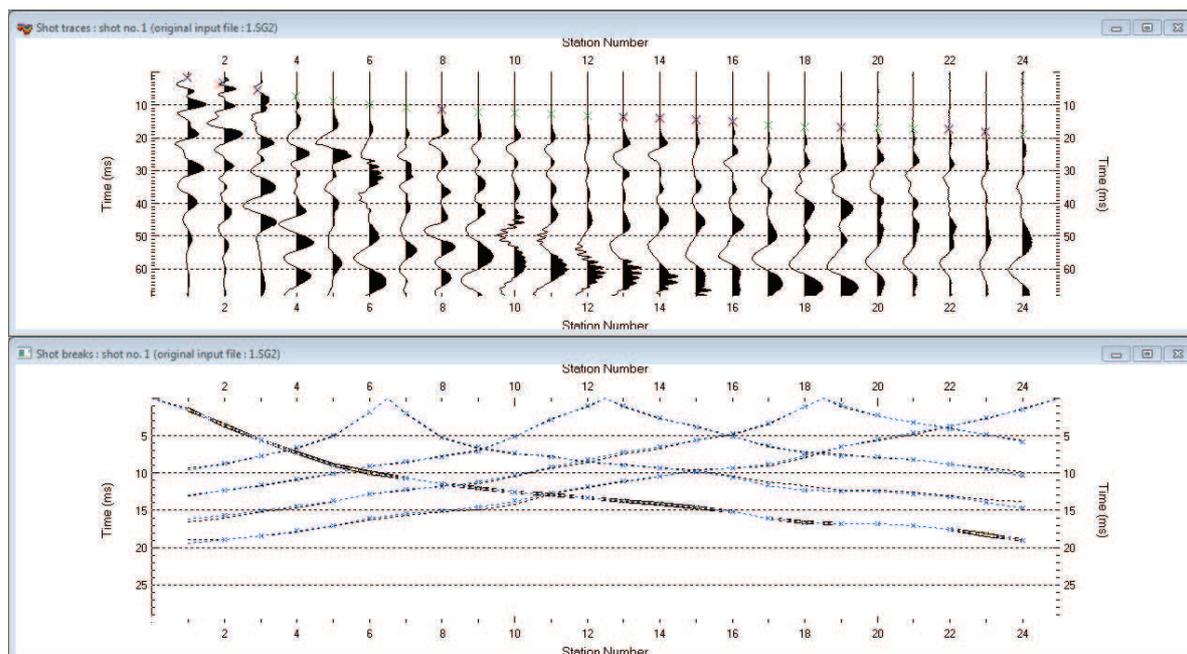
COMUNE DI LENOLA (LT) - LOCALITÀ VIA VITTORIO EMANUELE  
PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

POSIZIONE DEGLI SPARI

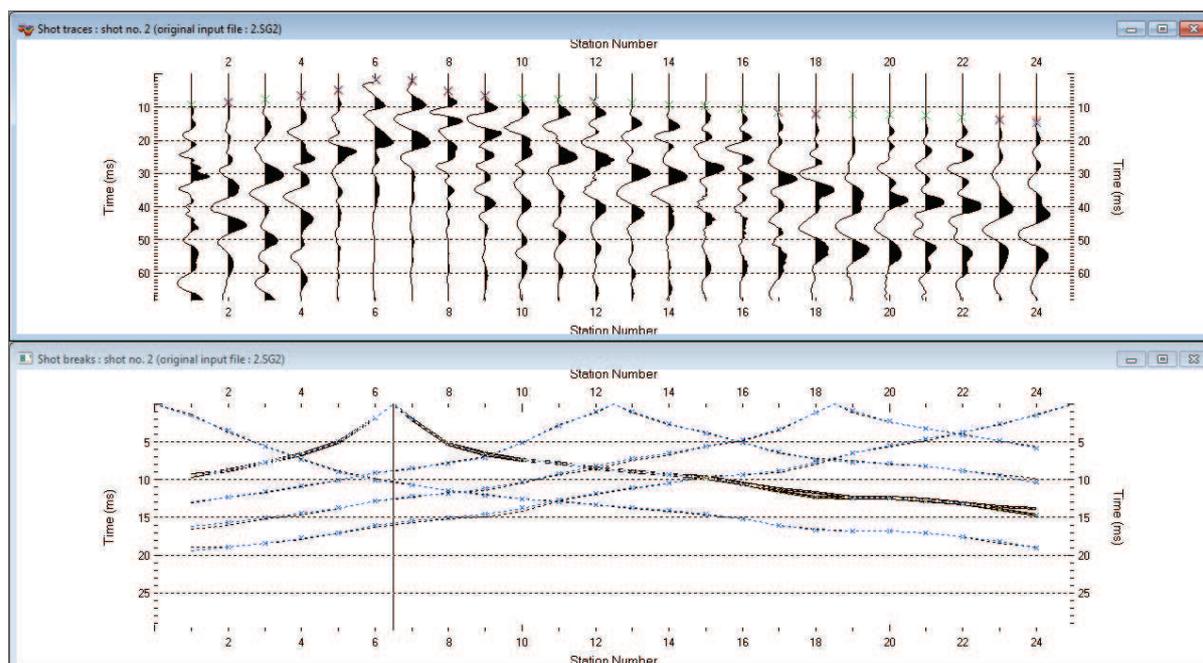
Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	1.sg2
9.75	-0.26	2.sg2
18.75	-0.50	3.sg2
27.75	-0.74	4.sg2
37.50	-1.00	5.sg2

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

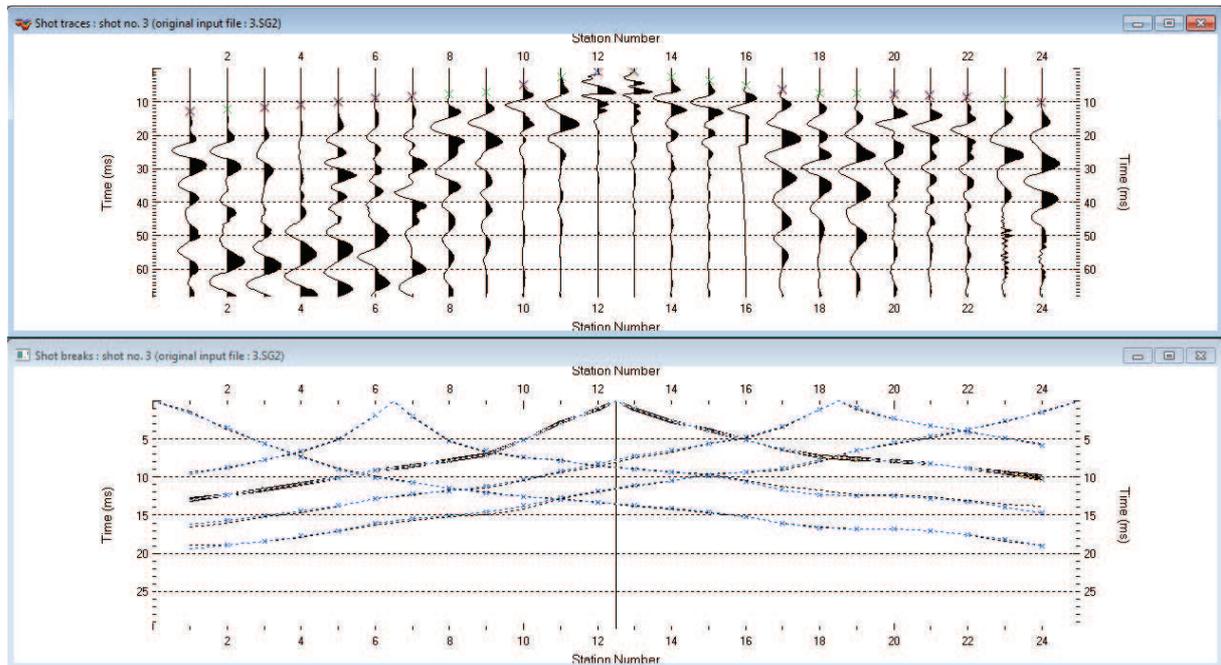
N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 9.75 [ms]	FBP da 18.75 [ms]	FBP da 27.75 [ms]	FBP da 37.5 [ms]
1	1.50	-.04	1.33	7.99	11.04	15.59	16.39
2	3.00	-.08	4.27	7.27	10.63	15.15	16.08
3	4.50	-.12	5.87	6.51	10.27	14.83	15.74
4	6.00	-.16	7.47	5.77	9.85	14.29	15.40
5	7.50	-.20	8.80	3.82	9.36	13.60	15.10
6	9.00	-.24	9.91	0.59	8.89	13.10	14.68
7	10.50	-.28	10.64	1.75	8.37	12.45	14.34
8	12.00	-.32	11.25	4.11	7.88	11.95	13.81
9	13.50	-.36	11.82	5.72	7.00	11.33	13.28
10	15.00	-.40	12.30	6.50	5.39	10.71	12.74
11	16.50	-.44	12.91	7.05	2.54	9.94	11.99
12	18.00	-.48	13.56	7.32	0.54	9.25	11.53
13	19.50	-.52	14.13	7.77	0.27	8.41	10.81
14	21.00	-.56	14.52	8.20	2.25	7.54	10.32
15	22.50	-.60	15.04	8.53	3.59	6.70	9.75
16	24.00	-.64	15.57	8.89	4.64	5.10	9.10
17	25.50	-.68	16.05	9.38	5.92	3.31	8.34
18	27.00	-.72	16.48	9.89	6.51	0.53	7.78
19	28.50	-.76	17.00	10.31	6.88	0.53	7.17
20	30.00	-.80	17.44	10.71	7.23	1.33	6.13
21	31.50	-.84	17.83	11.04	7.48	2.67	5.07
22	33.00	-.88	18.09	11.46	7.80	3.20	4.00
23	34.50	-.92	18.54	11.77	8.09	4.00	2.93
24	36.00	-.96	18.84	12.11	8.34	4.53	1.29



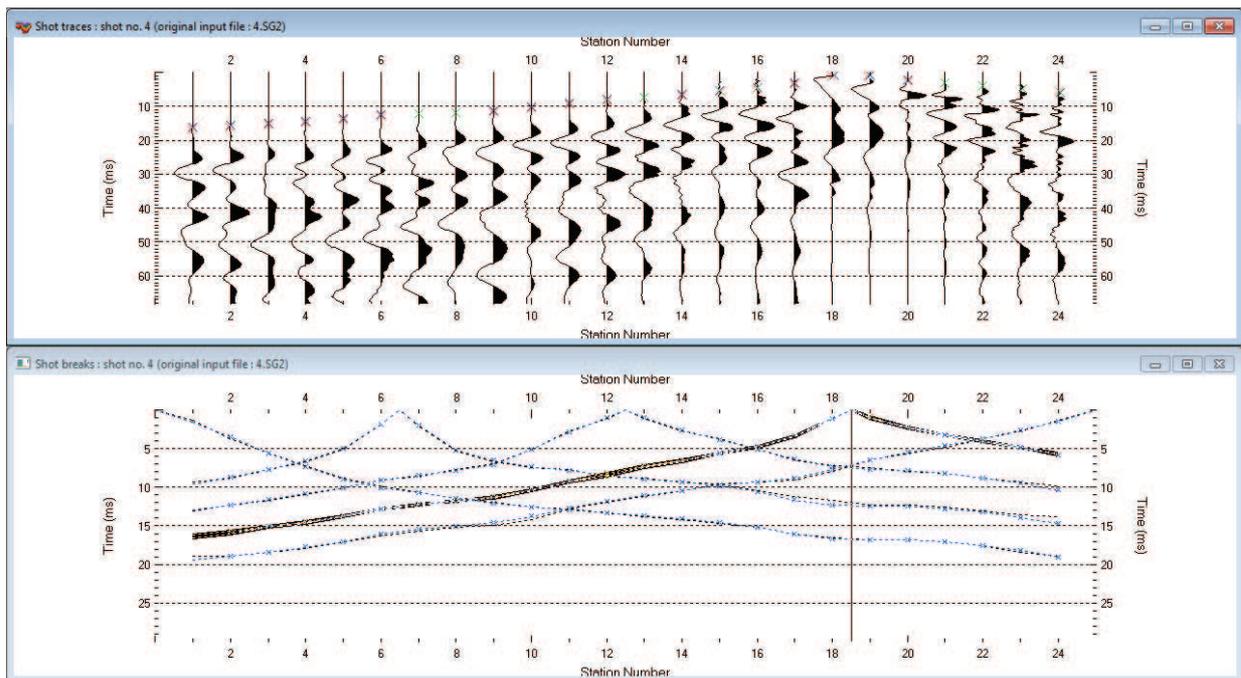
**Fig. 26 - TOMOGRAFIA SISMICA N.1 – PICKING SHOT 1 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).**



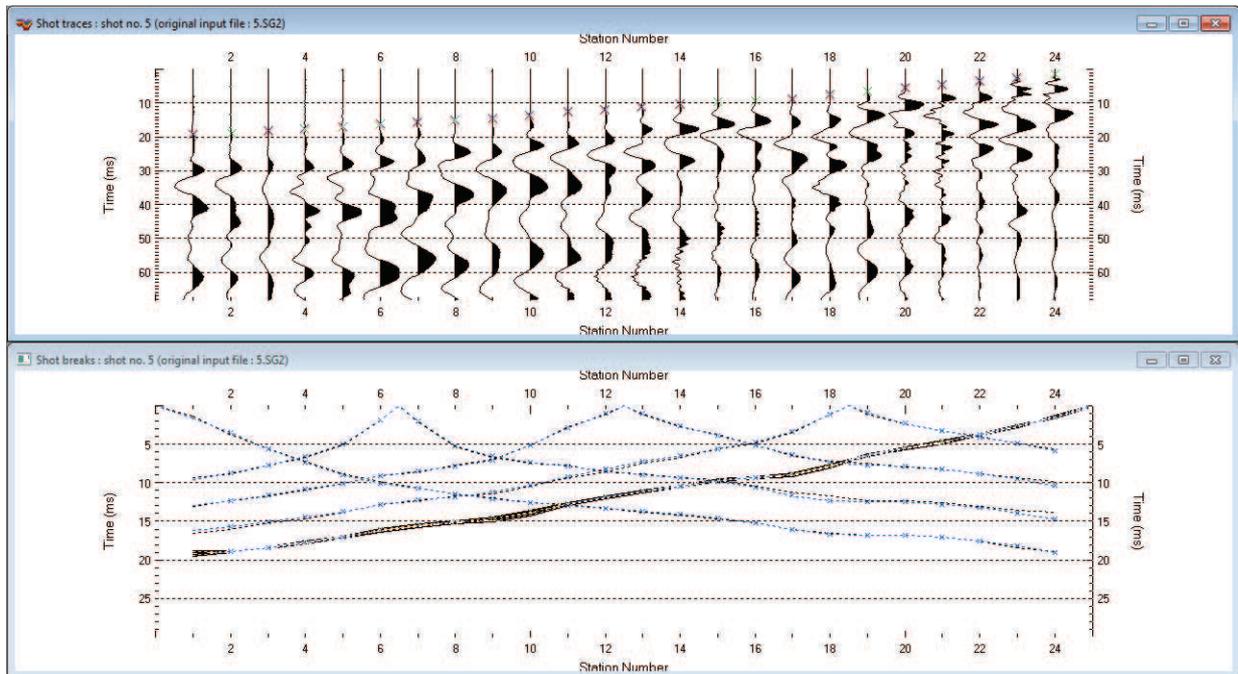
**Fig. 27 - TOMOGRAFIA SISMICA N.1 – PICKING SHOT 2 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).**



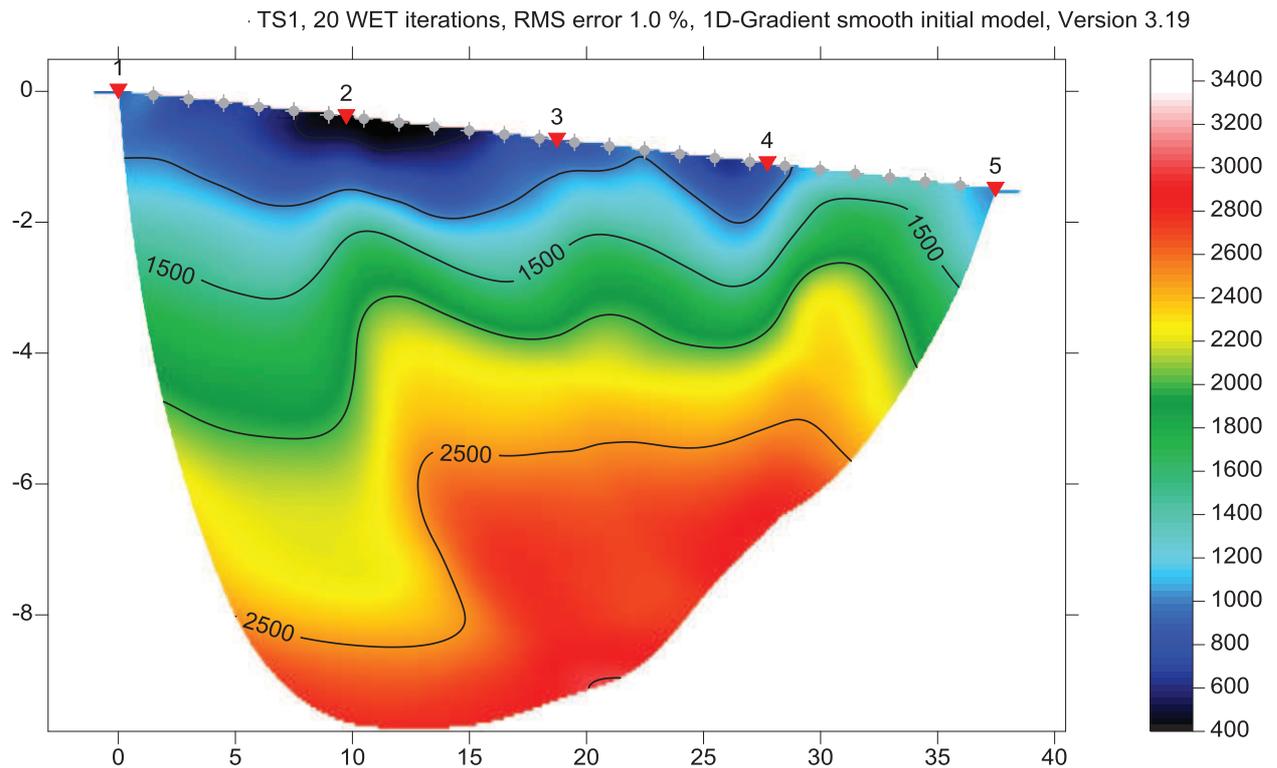
**Fig. 28 - TOMOGRAFIA SISMICA N.1 – PICKING SHOT 3 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).**



**Fig. 29 - TOMOGRAFIA SISMICA N.1 – PICKING SHOT 4 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).**



**Fig. 30 - TOMOGRAFIA SISMICA N.1 – PICKING SHOT 5 - TRAVELTIMES (DROMOCRONE).**



**Fig. 31 - TOMOGRAFIA SISMICA N.1 – SEZIONE TOMOGRAFICA 2D.**

SISMICA A RIFRAZIONE N. 1 – MODELLO SISMOSTRATIGRAFICO DELLE  $V_p$   
SEMPLIFICATO. ELABORAZIONE EFFETTUATA CON SOFTWARE INTERSISM 2.1  
GEO&SOFT.

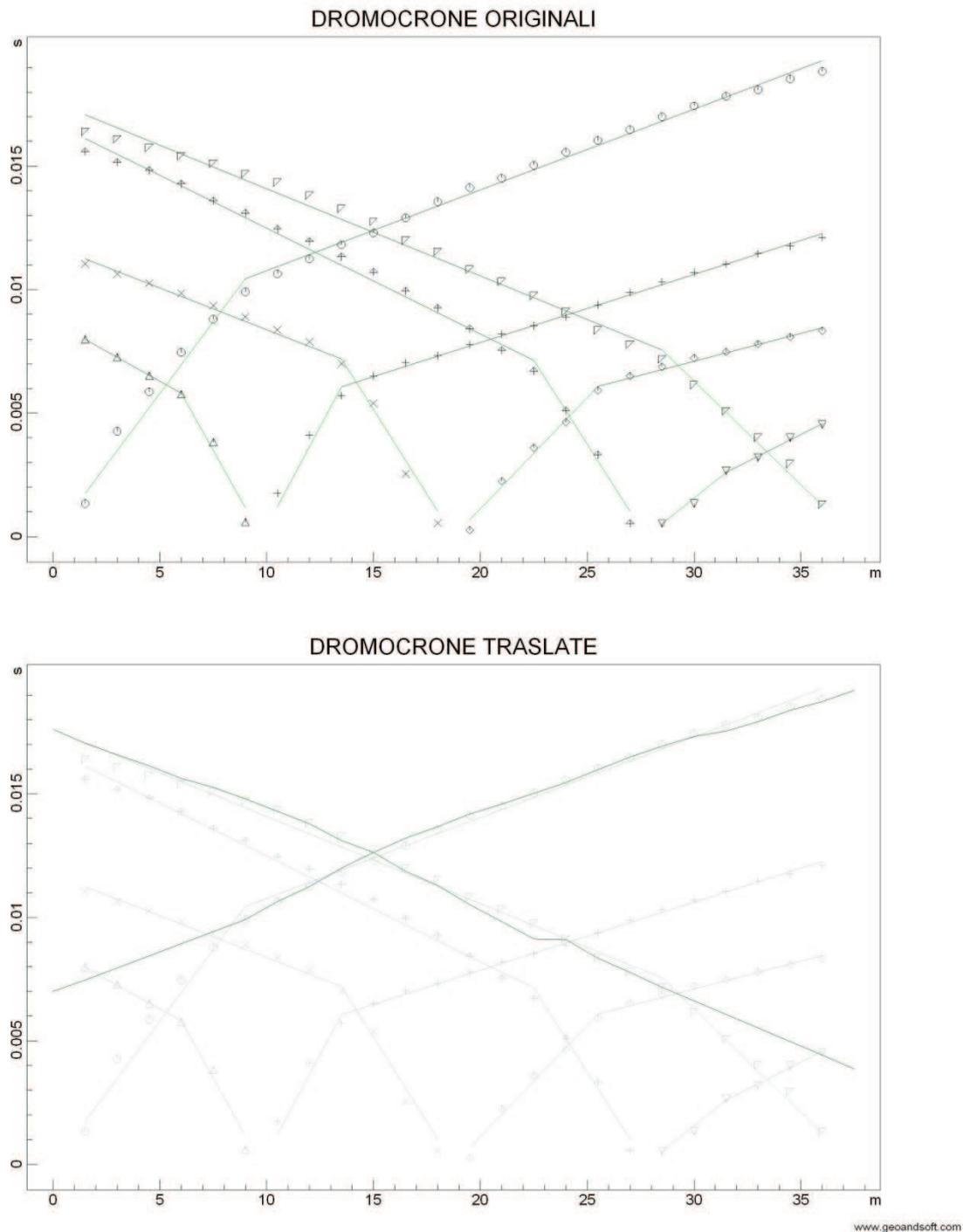
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	2.2
2	2.2
3	2.2
4	2.2
5	2.2
6	2.3
7	2.4
8	2.5
9	2.6
10	2.5
11	2.5
12	2.4
13	2.3
14	2.2
15	2.1
16	2.0
17	2.2
18	2.1
19	2.0
20	1.8
21	1.7
22	1.7
23	1.6
24	1.6

VELOCITA' DEGLI STRATI

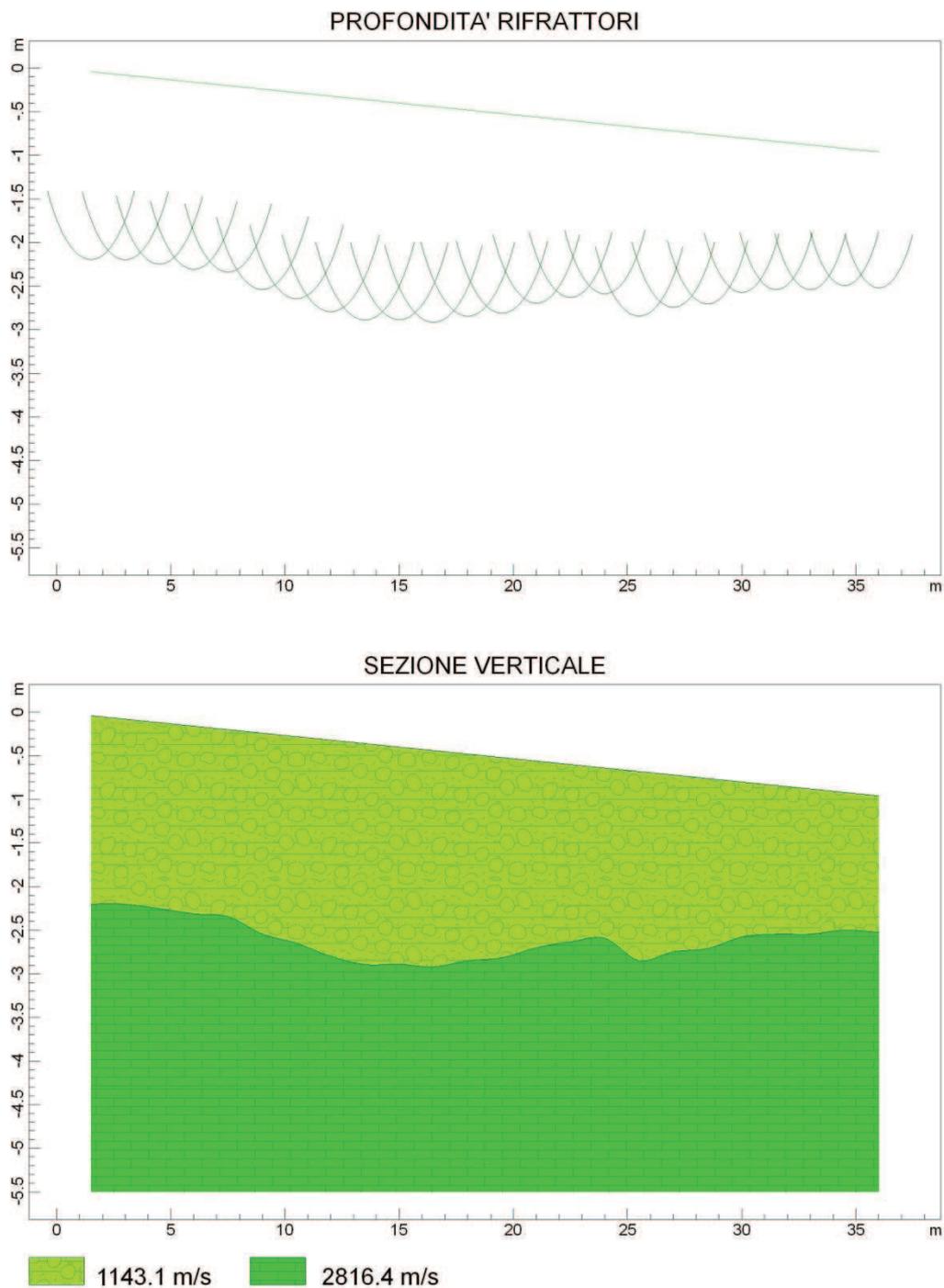
N. Strato	Velocità [m/s]
1	1143.1
2	2816.4

## Prospezione sismica a rifrazione



**Fig. 32 - PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE N.1 – DROMOCRONE ORIGINALI E TRASLATE; ELABORAZIONE SEMPLIFICATA EFFETTUATA CON SOFTWARE INTERSISM 2.1.**

## Prospezione sismica a rifrazione



**Fig. 33 - PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE N.1 – PROFONDITÀ RIFRATTORE E SEZIONE 2D DELLE  $V_p$ ; ELABORAZIONE SEMPLIFICATA EFFETTUATA CON SOFTWARE INTERSISM 2.1.**

## 6 – 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. 5; Fig. 38).

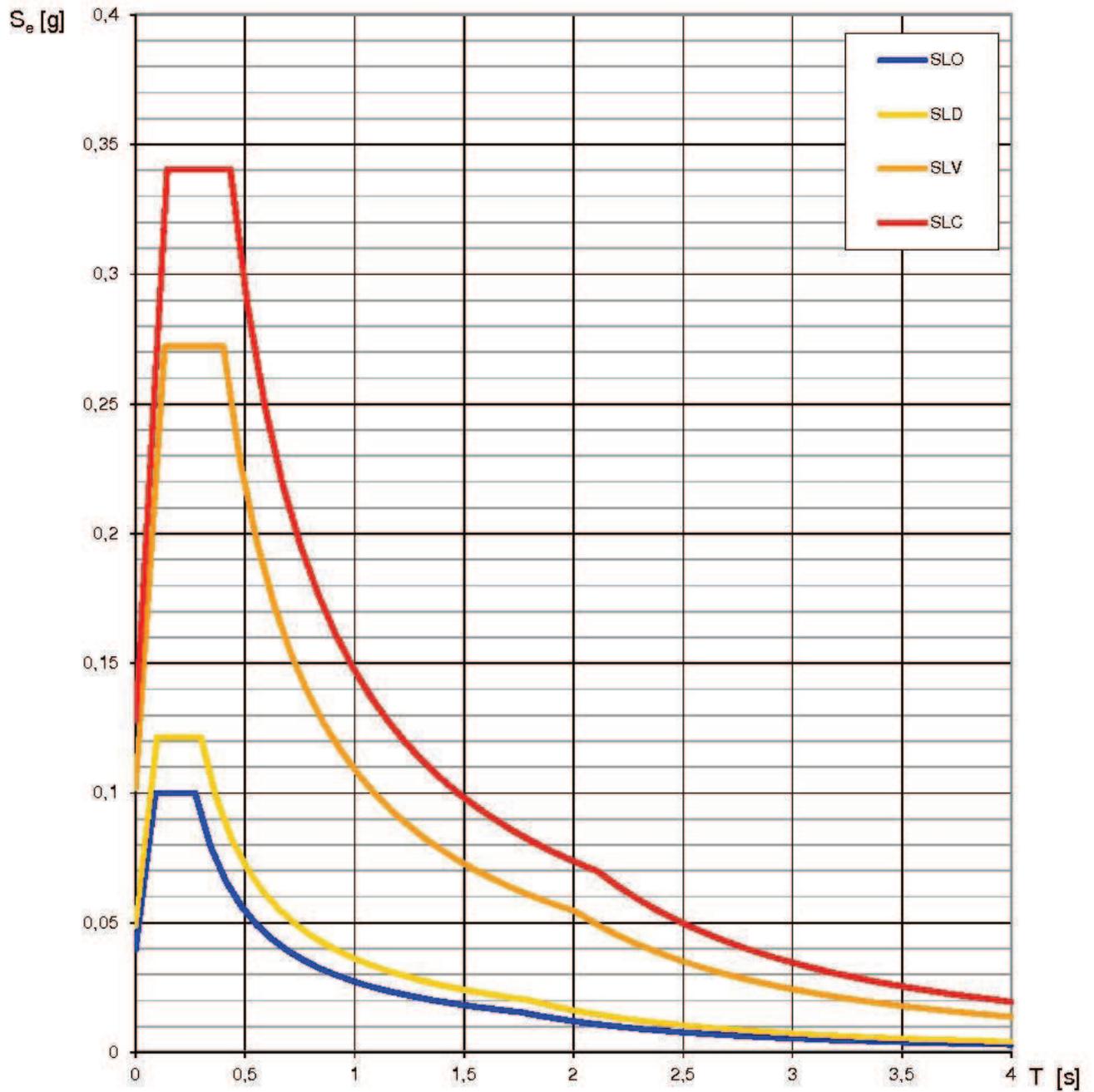
In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione -  $V_N \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U = 1,0$  – Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 6 – 9; Figg. 39 – 40).

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 **A** – categoria topografica **T2** 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. 13.461515 – LAT. 41.408364 (IN GRADI DECIMALI)**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C$ [s]
SLO	30	0,040	2,525	0,272
SLD	60	0,049	2,505	0,297
SLV	475	0,102	2,678	0,400
SLC	875	0,128	2,664	0,432

Tab. 5 - 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.



**Fig. 38 – 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 A  
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1  
PUNTO DI COORDINATE LONG. 13.461515 – LAT. 41.408364 (IN GRADI DECIMALI)**

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_g$	0,049 g
$F_0$	2,505
$T_C$	0,297 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,567
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	1,000
$T_B$	0,155 s
$T_C$	0,465 s
$T_D$	1,794 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  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	0,073
$T_B$ ←	0,155	0,182
$T_C$ ←	0,465	0,182
	0,529	0,161
	0,592	0,143
	0,655	0,130
	0,719	0,118
	0,782	0,109
	0,845	0,100
	0,908	0,093
	0,972	0,087
	1,035	0,082
	1,098	0,077
	1,161	0,073
	1,225	0,069
	1,288	0,066
	1,351	0,063
	1,415	0,060
	1,478	0,057
	1,541	0,055
	1,604	0,053
	1,668	0,051
	1,731	0,049
$T_D$ ←	1,794	0,047
	1,859	0,042
	2,004	0,038
	2,109	0,034
	2,214	0,031
	2,319	0,028
	2,424	0,026
	2,529	0,024
	2,634	0,022
	2,740	0,020
	2,845	0,019
	2,950	0,018
	3,055	0,016
	3,160	0,015
	3,265	0,014
	3,370	0,013
	3,475	0,013
	3,580	0,012
	3,685	0,011
	3,790	0,011
	3,895	0,010
	4,000	0,010

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 del

**Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. suolo A. Categ. topografica T2. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1,0$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLD
$a_w$	0,014 g
$S_S$	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**

$F_v$	0,745
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

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

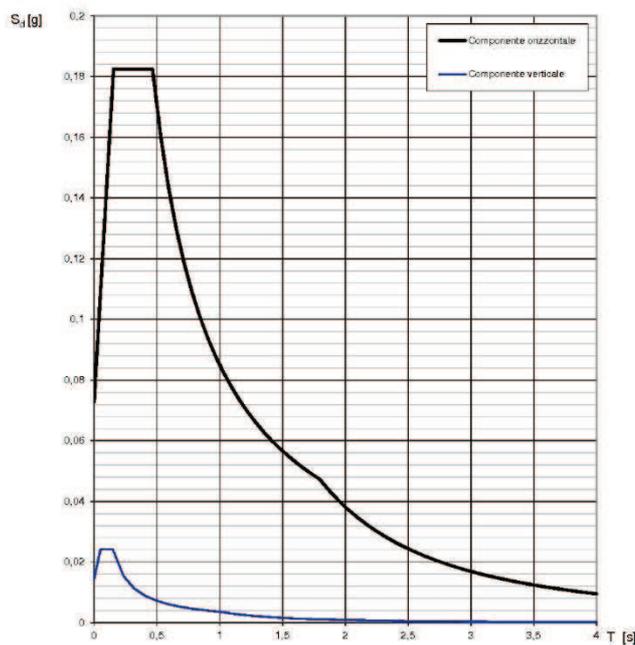
**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,014
$T_B$	0,050	0,024
$T_C$	0,150	0,024
	0,235	0,015
	0,320	0,011
	0,405	0,009
	0,490	0,007
	0,575	0,006
	0,660	0,005
	0,745	0,005
	0,830	0,004
	0,915	0,004
$T_D$	1,000	0,004
	1,094	0,003
	1,188	0,003
	1,281	0,002
	1,375	0,002
	1,469	0,002
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	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	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

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.

**Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. suolo A. Categ. topografica T2. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1,0$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver.1.0.2"

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD**

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.

**Fig. 37 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. suolo A. Categ. topografica T2. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1,0$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

**Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,102 g
$F_0$	2,678
$T_0$	0,400 s
$S_s$	1,500
$C_c$	1,420
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,500
$\eta$	1,000
$T_B$	0,190 s
$T_C$	0,569 s
$T_D$	2,006 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad \left\{ \begin{array}{l} S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \end{array} \right.$$

$$T_B \leq T < T_C \quad \left\{ \begin{array}{l} S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \end{array} \right.$$

$$T_C \leq T < T_D \quad \left\{ \begin{array}{l} S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \end{array} \right.$$

$$T_D \leq T \quad \left\{ \begin{array}{l} S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \end{array} \right.$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le vertiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  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	0,152
$T_B$ ←	0,190	0,408
$T_C$ ←	0,569	0,408
	0,637	0,384
	0,706	0,329
	0,774	0,300
	0,843	0,276
	0,911	0,255
	0,979	0,237
	1,048	0,222
	1,116	0,208
	1,185	0,196
	1,253	0,185
	1,322	0,176
	1,390	0,167
	1,459	0,159
	1,527	0,152
	1,596	0,146
	1,664	0,140
	1,733	0,134
	1,801	0,129
	1,870	0,124
	1,938	0,120
$T_D$ ←	2,006	0,116
	2,101	0,105
	2,196	0,097
	2,291	0,089
	2,386	0,082
	2,481	0,076
	2,576	0,070
	2,671	0,065
	2,766	0,061
	2,861	0,057
	2,956	0,053
	3,051	0,050
	3,146	0,047
	3,241	0,044
	3,335	0,042
	3,430	0,040
	3,525	0,037
	3,620	0,036
	3,715	0,034
	3,810	0,032
	3,905	0,031
	4,000	0,029

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 dell'

**Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. suolo A. Categ. topografica T2. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1,0$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

Elaborazioni effettuate con "Spettri NTC ver. 1.0.2"

**Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV****Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_{sv}$	0,044 g
$S_s$	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**

$F_v$	1,153
$S$	1,000
$\eta$	0,667

**Espressioni dei parametri dipendenti**

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

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

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

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

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

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

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

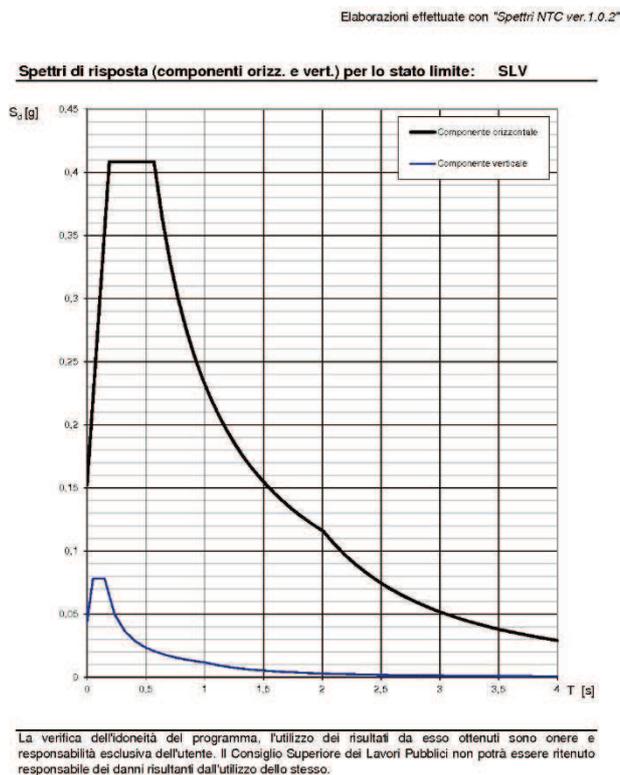
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,044
$T_B$ ←	0,050	0,078
$T_C$ ←	0,150	0,078
	0,235	0,050
	0,320	0,037
	0,405	0,029
	0,490	0,024
	0,575	0,020
	0,660	0,018
	0,745	0,016
	0,830	0,014
	0,915	0,013
$T_D$ ←	1,000	0,012
	1,094	0,010
	1,188	0,008
	1,281	0,007
	1,375	0,006
	1,469	0,005
	1,563	0,005
	1,656	0,004
	1,750	0,004
	1,844	0,003
	1,938	0,003
	2,031	0,003
	2,125	0,003
	2,219	0,002
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,002
	2,594	0,002
	2,688	0,002
	2,781	0,002
	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	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

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.

**Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. Suolo A. Categ. topografica T2. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1,0$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**



**Fig. 38 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. suolo A. Categ. topografica T2. Vita nominale della costruzione -  $VN \geq 50$  anni; Coefficiente d'uso della costruzione -  $CU = 1,0$  – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura  $q = 1.5$ .**

## 7 – DEFINIZIONE DELLA QUALITÀ DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

Tutti gli elementi raccolti durante la campagna d'indagine vengono utilizzati per valutare la qualità, in termini di caratteristiche geomeccaniche, dell'ammasso carbonatico.

### – CLASSIFICAZIONE DI BARTON o “Q-System” (1974)

La classificazione di Barton si basa sull'analisi di 200 casi reali e prevede la definizione di parametri definiti in base alle caratteristiche dell'ammasso roccioso. Il dettaglio con cui sono state stilate le tabelle per la definizione numerica dei parametri limita estremamente la soggettività delle scelte.

Tale metodo definisce l'indice di qualità Q (Rock Mass Quality), che si ricava dalla seguente relazione:

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

(Jw / SRF) non verranno considerati in questa determinazione in quanto riguardano espressamente scavi in galleria.

Le grandezze espresse al secondo membro hanno il seguente significato:

- **RQD % (Rock Quality Designation)** in un sondaggio rappresenta la percentuale di carota intatta, calcolata nei soli campioni di lunghezza superiori ai 10 cm, nell'intera carota di perforazione. Quando non sono disponibili carote può essere stimato attraverso la seguente relazione empirica:  $RQD = 115 - 3,3 J_v$ , dove  $J_v$  è il numero di discontinuità per unità di volume ( $1 \text{ m}^3$ ) (Palmstrom 1982).

Definizione	RQD %
Molto Scadente	0 - 25
Scadente	25 - 50
Discreta	50 - 75
Buona	75 - 90
Eccellente	90 - 100

Tab. 9 Definizione del parametro RQD % (da Barton, 1974)

Nel nostro caso si assume un valore dell'RQD pari al 40%

- **J<sub>n</sub> (Joint Set Number)** indica il numero di famiglie di giunti presenti nell'ammasso roccioso

Definizione	J <sub>n</sub>
Roccia Massiccia	0,5 - 1,0
Un sistema di discontinuità	2
Due sistema di discontinuità, più altre casuali	3
Due sistema di discontinuità	4
Due sistema di discontinuità, più altre casuali	6
Tre sistema di discontinuità	9
Tre sistema di discontinuità, più altre casuali	12
Quattro o più sistemi di discontinuità	15
Roccia Frantumate	20

Tab. 10 Definizione del parametro J<sub>n</sub> (da Barton, 1974)

Nel nostro caso è stato determinato un valore di 4

- **J<sub>r</sub> (Joint Roughness Number)** rappresenta la scabrezza delle superfici dei giunti distinguendo tra pareti a contatto o non.

	Definizione	J <sub>r</sub>
<i>Superficie del giunto a contatto oppure contatto possibile per scorrimento del giunto posto a distanza inferiore a 10 cm</i>	Discontinuità brevi	4
	Discontinuità scabre o irregolari, ondulate	3
	Discontinuità lisce e ondulate	2
	Discontinuità levigate e ondulate	1,5
	Discontinuità scabre o irregolari, piane	1,5
	Discontinuità lisce e piane	1,0
	Discontinuità levigate e piane	0,5
<i>Assenza di contatto fra le superfici anche nel caso di scorrimenti</i>	Minerali argillosi di riempimento con spessore sufficiente a prevenire il contatto fra le superfici	1,0
	Zona sabbiosa o brecciata con spessore sufficiente a prevenire il contatto tra le superfici	1,0

Tab. 11 Definizione del parametro J<sub>r</sub> (da Barton, 1974)

Nel nostro caso è stato determinato un valore di 1,5

- **J<sub>a</sub> (Joint Alteration Number)** si riferisce all'alterazione e al riempimento dei giunti, distinguendo sempre tra pareti a contatto e non.

Definizione	J <sub>r</sub>	Φ <sub>r</sub> <sup>°</sup>
A Pareti discontinuità a contatto		
1 - Riempimento impermeabile, duro, strettamente cicatrizzato	0,75	-
2 - Bordi fratture inalterati, superfici autoreggenti	1,0	25° - 35°
3 - Bordi fratture leggermente alterati, rivestiti di sabbia	2,0	25° - 30°
4 - Rivestimento limoso-argilloso o sabbioso-argilloso	3,0	20° - 25°
5 - Rivestimento di minerali ammorbiditi con argille rigonfianti	4,0	8° - 16°
B Pareti discontinuità a contatto con scorrimento di taglio < 10 cm		
6 - Particelle sabbiose, roccia disgregata libera da argilla	4,0	25° - 30°
7 - Riempimenti di minerali argillosi non rigonfianti, continui	6,0	16° - 24°
8 - Riempimenti di minerali argillosi ammorbiditi	8,0	12° - 16°
9 - Riempimenti di minerali argillosi rigonfianti	8,0 - 12,0	6° - 12°
C Pareti discontinuità non a contatto		
10 - Fasce di roccia frantumata con presenza di argilla	6,0 - 8,0 o 8,0 - 12,0	6° - 24°
11 - Fasce di roccia ridotta a un silt o a una sabbia argillosa	5,0	6° - 24°
12 - Sottili ma continue fasce argillose	10 - 20	6° - 24°

Tab. 12 Definizione del parametro J<sub>a</sub> (da Barton, 1974)

Nel nostro caso è stato determinato un valore pari a 1

- **Jw (Joint Water Number)** è un fattore di riduzione legato alla presenza di acqua nei giunti

Definizione	J <sub>w</sub>
1 – Acqua assente o scarsa (localm. venute < 5 l/min)	1,0
2 – Venute d’acqua limitate o a media pressione, con occasionale dilavamento dei materiali di riempimento delle discontinuità	0,66
3 – Venute d’acqua forti o ad alta pressione in roccia coerente con discontinuità aperte	0,5
4 – Venute d’acqua forti o ad alta pressione con notevole dilavamento del materiale di riempimento delle discontinuità	0,33
5 - Venute d’acqua eccezionalmente forti o ad altissima pressione dopo le volate, ma decrescenti nel tempo	0,2 – 0,1
6 - Venute d’acqua eccezionalmente forti o ad altissima pressione dopo le volate, senza apprezzabile diminuzione nel tempo	0,1 – 0,005

Tab. 13 Definizione del parametro Jw (da Barton, 1974)

Parametro non determinato perché non indispensabile

- **S.R.F (Stress Reduction Factor)** è un fattore di riduzione che tiene conto delle sollecitazioni tensionali presenti all’interno dell’ammasso. Si possono avere quattro principali situazioni: presenza di zone di debolezza che interrompono la continuità dell’ammasso; rocce compatte rigide; rocce spingenti a comportamento plastico; rocce rigonfianti;

Definizione	SRF
A – Zone di roccia debole, in cui potrebbe verificarsi il distacco di massi in calotta durante lo scavo	
1 – Zone deboli multiple con rocce disgregate chimicamente	10,0
2 – Singole zone deboli con rocce disgregate chimicamente Prof di scavo < 50 m	5,0
3 – Come al punto 2 ma con prof. di scavo > 50 m	2,5
4 – Zone di frattura multiple in rocce competenti, senza argilla	7,5
5 - Singole zone di frattura in rocce competenti, senza argilla Prof. di scavo < 50 m	5,0
6 - Come il punto 5 ma con prof. di scavo > 50 m	2,5
7 - Giunti allentati aperti, rocce intensamente fratturate	5,0
B – Rocca coerente, con problemi dovuti a tensioni residue	
8 - Tensione bassa vicino alla superficie	2,5
9 - Tensione media	1,0
10 - Tensione alta, struttura molto compatta	0,5 – 2,0
11 - Scoppi di roccia moderati	5 - 10
12 - Scoppi di roccia forti	10 – 20

C – Rocce spingenti; fenomeni di plasticizzazione di rocce non coerenti sotto l'azione di forti pressioni	
13 - Flusso plastico medio, pressione moderata	5 - 10
14 - Flusso plastico forte, pressione forte	10 - 20
D – Rocce spingenti; effetto spingente per rigonfiamento dovuto a presenza d'acqua	
15 - Pressione di rigonfiamento media	5 - 10
16 - Pressione di rigonfiamento forte	10 - 20

Tab. 14 Definizione del parametro S.R.F. (da Barton, 1974)

Parametro non determinato perché non indispensabile

Relativamente a questa classificazione, si può osservare che il primo prodotto della relazione ( $RQD/J_n$ ) esprime il volume unitario, il secondo ( $J_r/J_a$ ) dà indicazioni sulla resistenza allo scorrimento lungo i giunti e l'ultimo ( $J_w/SRF$ ) è relativo alla pressione attiva a cui è soggetto l'ammasso.

Ottenuto il valore di  $Q$  (variabile da 0,001 a 1000), si determina quindi l'appartenenza a una delle classi di roccia distribuite lungo una scala logaritmica.

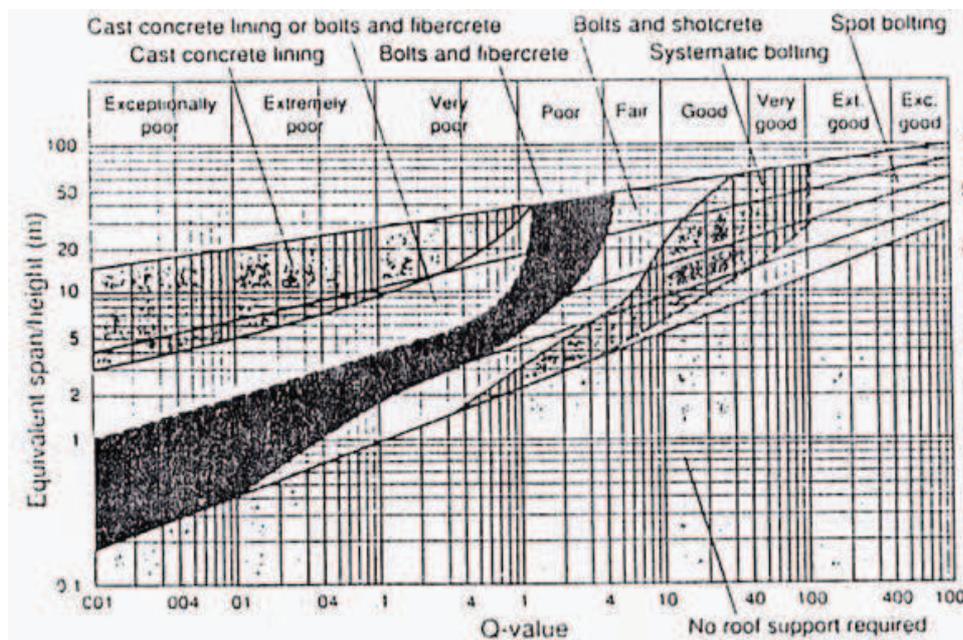


Fig. 39 Parametro  $Q$  e qualità della roccia (Barton, 1974)

Q system	1000 – 400	400 – 100	100 - 40	40 - 10	10 - 4
Descrizione	Ottimo	Buonissimo	Molto Buono	Buono	Discreto
Classe	I	II	III	IV	V
Q system	4 – 1	1 – 0,1	0,1 – 0,01	0,01 – 0,001	
Descrizione	Scadente	Molto Scadente	Scadentiss ima	Pessima	
Classe	VI	VII	VIII	IX	

Tab. 15 Classi di roccia (Barton, 1974)

Alla luce di quanto rilevato si individua un

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF} = 15, \text{ ovvero un ammasso roccioso di classe IV}^\circ \text{ (qualitativamente Buono).}$$

## 8 – CONCLUSIONI, PARAMETRI LITOTECNICI, TIPOLOGIE DI INTERVENTO, RACCOMANDAZIONI E CONSIDERAZIONI FINALI

Il territorio comunale di Lenola (LT), a seguito della riclassificazione sismica del 2010 effettuata dalla Regione Lazio, è classificato nella Sottozona Sismica 3A – 59 UAS (Fig. 40).

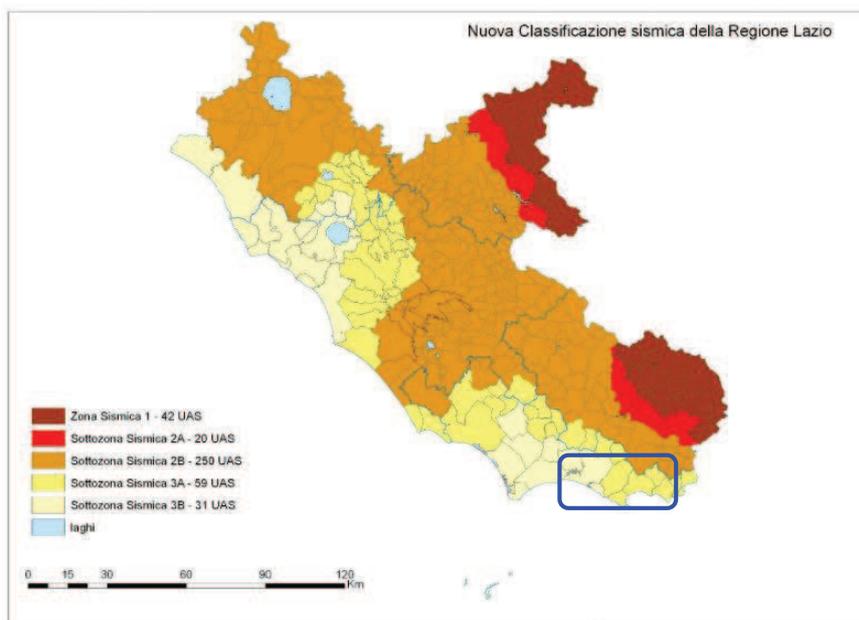


Fig. 40 – Classificazione sismica del 2010 dei comuni della Regione Lazio.

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 41), 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 Lenola (LT) rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.075 e 0.125 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

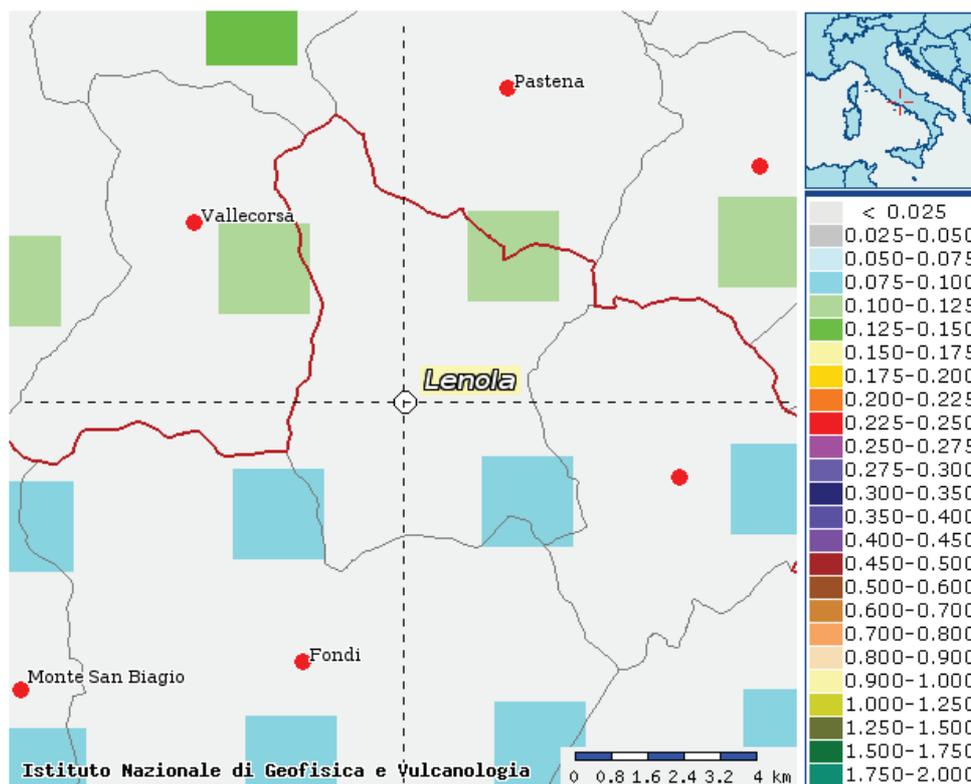


Fig. 41 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto nella categoria **A** (vedi par. 6), con valori di  $V_{S30}$  calcolati pari a (Tab. 16):

Prospezione sismica	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
MASW n. 1	[1582 ÷ 1583]

Tab. 16 – Valori di  $V_{S30}$  calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Proprio in funzione della categoria di suolo **A** e della categoria topografica **T2** ( $h/H = 0.94$ ) sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 6).

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
[0.048]	[0.101]	[0.121]	[0.270]

**Tab. 17 – 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. 18).

Sismostrato	Profondità (m)	VS (m/s)	
		acquisizione n.1	acquisizione n.2
S1	0.0 – 1.3	1086	1087
S2	1.3 – 3.0	1182	1182
S3	3.0 – 5.0	1266	1266
S4	5.0 – 7.6	1370	1370
S5	7.6 – 10.8	1392	1392
S6	10.8 – 14.9	1690	1691
S7	14.9 – 19.9	1811	1814
S8	19.9 – 26.2	1869	1873
S9	26.2 – 34.1	1906	1908

**Tab. 19 - Prospetto delle determinazioni dei valori di VS per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW.**

Il presente studio ha individuato, anche, le caratteristiche sismiche dei materiali superficiali e profondi dell'area interessata dal progetto di realizzazione fabbricato in loc. Madonna del Colle nel territorio comunale di Lenola (LT).

L'indagine geofisica di superficie, effettuata mediante sismica a rifrazione in onde P ed elaborazione tomografica, ha permesso di identificare le variazioni verticali e laterali dei differenti tipi litologici del sito.

La sismostratigrafia 2D delle  $V_P$  dell'area di indagine risulta adeguatamente rappresentata nelle sezioni tomografiche (Fig. 10 – Fig. 12) precedentemente riportate.

L'analisi della prospezione sismica a rifrazione effettuata evidenzia la presenza di due sismostrati ben definiti (Tab. 20).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità media top sismostrato</i>	<i>Spessore medio (m)</i>	<i>VP (m/s)</i>
<i>S1</i>	<i>0m dal p.c.</i>	<i>2.1</i>	<i>1143.1</i>
<i>S2</i>	<i>-2.1m dal p.c.</i>	<i>indefinito</i>	<i>2816.4</i>

**Tab. 20 – Riepilogo sismostratigrafia onde P prospezione n.1.**

Alla luce di quanto illustrato, si possono fare le seguenti considerazioni:

- Il progetto sarà realizzato su di un sito interessato superficialmente da una formazione litoide stratificata mesozoica caratterizzata da calcari cristallini stratificati, scompaginati superficialmente, con ottime caratteristiche litotecniche.
- L'assetto geostrutturale di detta formazione risulta stabile in quanto questa è contenuta in una orografia mediamente acclive; per scavi non superiori a 3,0 metri ad eccezione del detrito incoerente, la formazione rocciosa non necessita di contenimento (malgrado ciò, gli eventuali scavi andranno sempre fatti supervisionati da un geologo il quale relazionerà circa le condizioni di sicurezza).
- Per eventuali verifiche litotecniche di portanza delle fondazioni, le caratteristiche litotecniche possono essere così assunte:

- **dal piano campagna a 0,70 metri : materiale detritico e di disfacimento misto a terreno di riporto**

- ✓ peso dell'unità di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) = 1,70 g/cm<sup>3</sup> ;
- ✓ peso dell'unità di volume secco ( $\gamma_d$ ) = 1,40 g/cm<sup>3</sup> ;
  - ✓ coesione ( c ) = 0,20 kg/cm<sup>2</sup>;
  - ✓ angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 23°-25°;
  - ✓ Modulo edometrico (Ed) =21-30 kg/cm<sup>2</sup> .

- **Da 0,70 metri si rinviene: Substrato roccioso**

- ✓ peso dell'unità di volume saturo ( $\gamma_{nat}$ ) = 2,10 T/m<sup>3</sup> ;
  - ✓ coesione ( c ) = 0,00 – 0,04 kg/cm<sup>2</sup>;
  - ✓ angolo di attrito interno ( $\Phi$ ) = 33° - 38°;
  - ✓ Modulo edometrico (Ed) = 500 kg/cm<sup>2</sup> .

Ai fini di una corretta modellazione litotecnica, le caratteristiche fisico-volumetriche e meccaniche possono essere così schematizzate:

Colonna	Spessore (m)	Peso (daN/m <sup>3</sup> )	Peso eff. (daN/m <sup>3</sup> )	Nspt	Qc (daN/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	C (daN/cm <sup>2</sup> )	Cu (daN/cm <sup>2</sup> )	E (daN/cm <sup>2</sup> )	G (daN/cm <sup>2</sup> )	Eed (daN/cm <sup>2</sup> )
Strato 1	0.70	17000	-	4-7	9-13	23-25	0,20	0,29-0,41	25994	9993	21-30
Strato 2	indefinito	2300	-	-	-	28-33	0,00-0,04	-	46958	16208	500

Durante le fasi di scavo è necessaria la presenza di un geologo in cantiere al fine di controllare la eventuale presenza di eteropie sia laterali che verticali e relazionarne alla d.l.

Per profondità di imposta delle fondazioni, il sottoscritto rimane a vostra completa disposizione.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.

Fondi li Settembre 2015

Il Tecnico

Geologo dott. Simone De Simone





COMUNE DI LENOLLA  
LOCALITÀ VIA VITTORIO VENETO

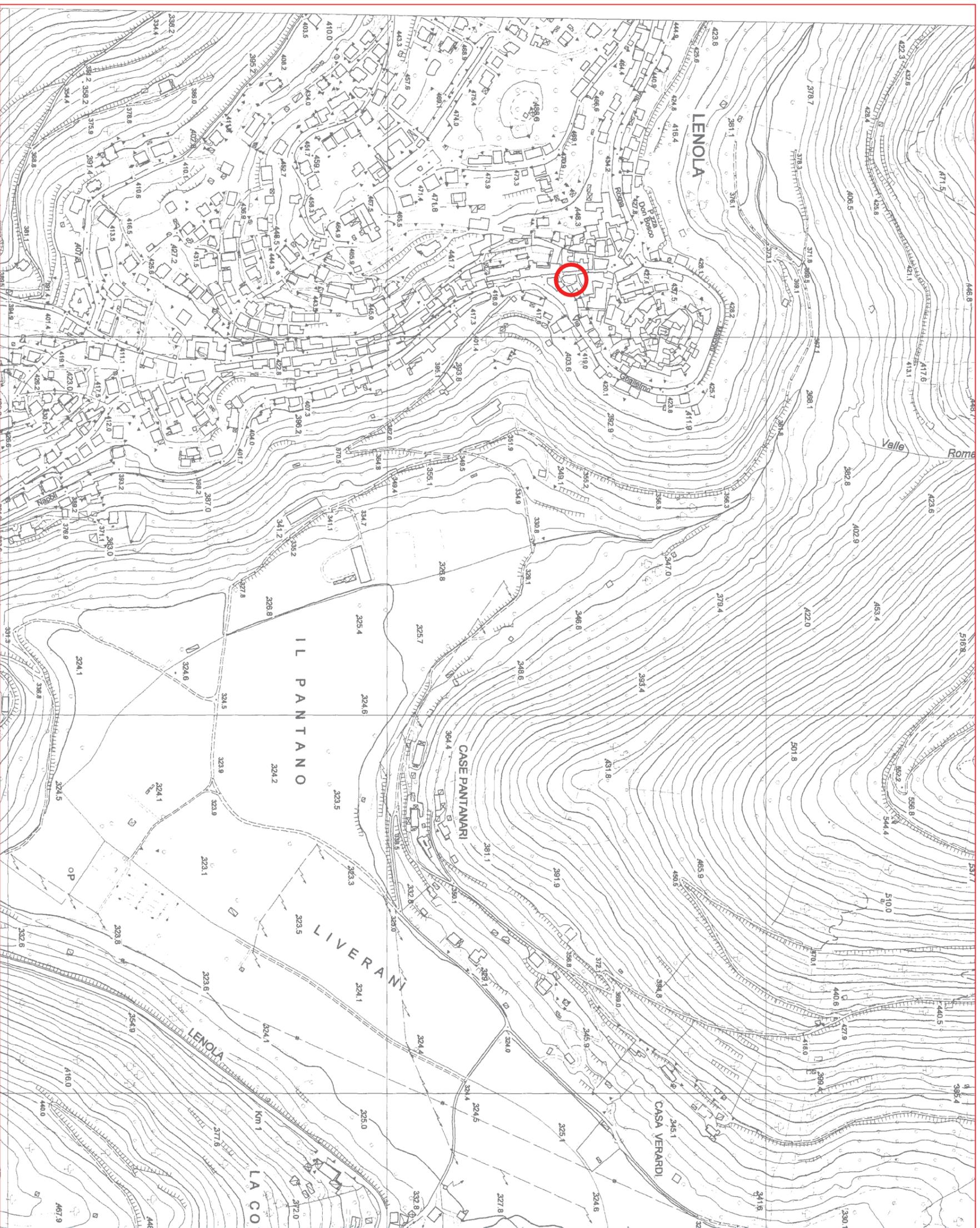
DATA: SETTEMBRE 2015

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**"Realizzazione di una scala esterna e di un ascensore"**

**Stralcio da CTR sez. 402143**

*con ubicazione dell'area in esame*



**COMMITTENTE:**  
**Edi Engineering srl**



Delimitazione Area d'interesse

**Tav. 1**

scala 1:2000



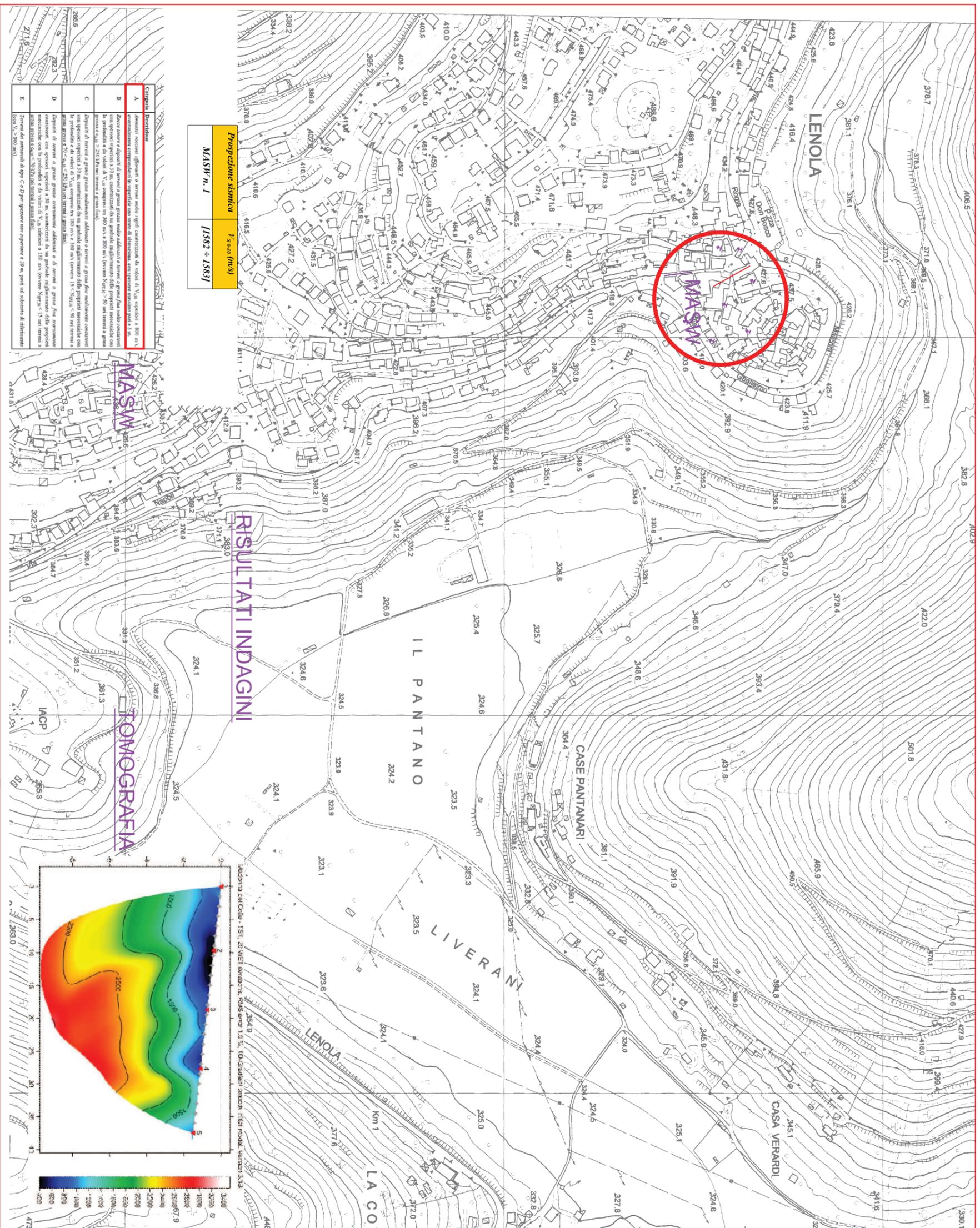
**COMMITTENTE:**  
Edi Engineering srls

Delimitazione Area d'interesse

Indagini sismiche eseguite  
(indicazione stendimenti)  
MASW e TOMOGRAFIA SISMICA

Rilevamento  
Geologico-Geomorfologico

5° - 20°  
Giacitura degli strati

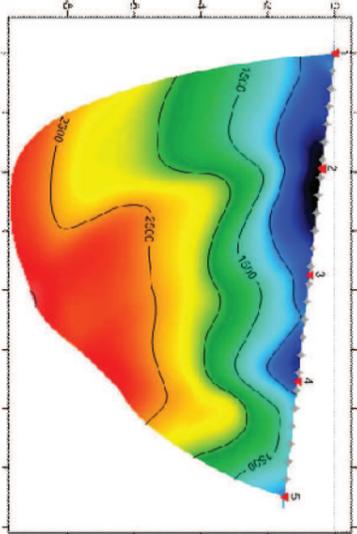


Proiezione sismica  
1 s.s.w (m/s)  
MASW n. 1  
1582 ÷ 1583

Lettera	Contenuto	Previdibile
A	Analisi sismica	Analisi sismica
B	...	...
C	...	...
D	...	...
E	...	...

### RISULTATI INDAGINI

### TOMOGRAFIA



COMUNE DI LENOLA  
LOCALITA' VIA VITTORIO EMANUELE  
DATA: SETTEMBRE 2015

RELAZIONE GEOLOGICA  
"Realizzazione di una scala esterna e di un ascensore"  
Carta delle Indagini  
con ubicazione dell'area in esame



Scala (metri)	Litostratigrafia	Descrizione	Parametri geotecnici
0,0 1,0		Terre rosse residuali (Olocene)	
2,0 3,0 4,0 5,0 6,0 7,0 8,0 9,0 10,0 11,0 12,0 13,0 14,0 15,0 16,0 17,0 18,0 19,0 20,0 21,0 22,0 23,0 24,0 25,0 26,0 27,0 28,0 29,0		<p>Formazione calcarea (Cretaceo)</p> <p>Calcarei a pasta fine o detritici di colore bianco o avana stratificati talora massivi e carsificati, presentando la parte superficiale molto alterata e catadassizzata. In parte mascherati dal terreno vegetale</p>	<p><math>\gamma = 2,25 - 2,4 \text{ T/mc}</math></p> <p><math>c' = 0,4 - 0,6 \text{ Kg/cmq.}</math></p> <p><math>\phi = 28^\circ - 33^\circ</math></p>