



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Struttura di Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali



AMMODERNAMENTO A N° 4 CORSIE DELLA S.S. 514
"DI CHIARAMONTE" E DELLA S.S. 194 RAGUSANA
DALLO SVINCOLO CON LA S.S. 115 ALLO
SVINCOLO CON LA S.S. 114.

(C.U.P. F12C03000000001)

PROGETTO DEFINITIVO

PARTE GENERALE
GEOLOGIA E GEOTECNICA
Piano indagini - indagini geofisiche
Relazione generale sulle indagini eseguite in Novembre 2016

Il Progettista	Supporto specialistico
Responsabile di progetto ed incaricato delle integrazioni tra le varie prestazioni:  <i>Ing. Santa Monaco - Ordine Ing. Torino 5760H</i>	Ottimizzazione della cantierizzazione delle opere  <i>Ing. Gianmaria De Stavola - Ordine Ing. Venezia 2074</i>

Consulenze specialistiche			
Geologo:		Geotecnica e opere d'arte minori:	
Dott. Geologo Fabio Melchiorri Ordine Geologi del Lazio A.P. n 663		Ing. Antonio Alparone 	
Opere d'arte principali:		Opere di mitigazione dell'impatto ambientale:	
Viadotti <i>Ing. G. Mondello</i> 	Gallerie <i>Ing. G. Guiducci</i> 	Ecosistemi e paesaggio 	Rumore, vibrazioni ed atmosfera 

RIFERIMENTO ELABORATO							DATA	
FASE	TR/LT	DISCIPLINA/OPERA	DOC	PROGR.	ST.REV.	FOGLIO	GENNAIO '17	
D01	T100	GG000	1	RZ	007	0A	01	DI 01
							SCALA	
							-	
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDATTO/CONSULENTE	VERIFICATO	APPROVATO
A	GENNAIO '17	Emissione				Dott. Monaco	Salucci	Monaco

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO	IL CONCESSIONARIO		L'ENTITA' COSTRUTTRICE
	SARC SRL		VISTO PER ACCETTAZIONE

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

Indice

1. PREMESSA	3
2. SISMICA A RIFRAZIONE	4
2.1 PRINCIPIO FISICO	4
2.2 STRUMENTAZIONE ED ELABORATI FORNITI	4
2.3 PRINCIPALI APPLICAZIONI	5
2.4 ELABORAZIONE MEDIANTE TOMOGRAFIA SISMICA.....	6
3. UBICAZIONI INDAGINI	7
3.1 LOTTO 1 - TOMOGRAFIA SISMICA TS01	7
3.2 LOTTO 4 -TOMOGRAFIA SISMICA TS02	7
3.3 LOTTO 4 -TOMOGRAFIA SISMICA TS02 BIS	8
3.4 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS03	8
3.5 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS04	9
3.6 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS05	9
3.7 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS06	10
3.8 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS07	10
3.9 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS08	11
3.10 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS09	11
3.11 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS10	12
3.12 LOTTO 6 -TOMOGRAFIA SISMICA TS11	12
3.13 LOTTO 8 -TOMOGRAFIA SISMICA TS12	13
4. CONCLUSIONI	14

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

1. PREMESSA

Nel presente documento sono illustrati i metodi e le procedure utilizzati durante le indagini geofisiche, mediante Tomografie Sismiche, eseguite nei Lotti 1, 4, 6 e 8 nei giorni 28, 29 e 30 del mese di novembre 2016, nell'ambito del progetto relativo al "Collegamento autostradale Ragusa-Catania ammodernamento a n. 4 corsie della s.s. 514 "di Chiaramonte" e della s.s.194 Ragusana dallo svincolo con la s.s.115 allo svincolo con la s.s.114".

Più in particolare, complessivamente sono stati eseguiti n. 13 stendimenti sismici a rifrazione con interpretazione tomografica con denominazione, caratteristiche e coordinate geografiche (Sistema WGS84), indicate nella tabella sottostante.

CORRIDOIO AUTOSTRADALE RAGUSA-CATANIA									
LOTTO [n.]	TOMOGRAFIA SISMICA [n.]	ESECUZIONE Data	GEOFONI [n.]	Distanza [m]	LUNGHEZZA m. ^(*)	SCOPPI [n.]	COORDINATE GEOGRAFICHE WGS84 (World Geodetic System, 1984)		
							Geofono n. 1	Geofono n. 12	Geofono n. 24
1	TS01	28/11/2016	12	5	55	5	N 36° 59' 41,21" - E 14° 40' 1,54"	N 36° 59' 39,52" - E 14° 40' 1,41"	----
4	TS02	28/11/2016	24	5	115	7	N 37° 9' 2,48" - E 14° 40' 22,60"	----	N 37° 8' 58,83" - E 14° 40' 22,16"
	TS02 Bis	29/11/2016	24	4	92	7	N 37° 8' 59,77" - E 14° 40' 22,21"	----	N 37° 9' 0,51" - E 14° 40' 18,66"
6	TS03	29/11/2016	24	5	115	7	N 37° 11' 23,34" - E 14° 47' 17,75"	----	N 37° 11' 25,34" - E 14° 47' 21,61"
	TS04	29/11/2016	24	5	115	7	N 37° 11' 26,05" - E 14° 47' 23,38"	----	N 37° 11' 28,41" - E 14° 47' 26,93"
	TS05	30/11/2016	12	5	115	7	N 37° 11' 38,92" - E 14° 47' 55,48"	N 37° 11' 37,95" - E 14° 47' 53,65"	----
	TS06	29/11/2016	24	5	115	7	N 37° 11' 43,16" - E 14° 48' 14,93"	----	N 37° 11' 42,14" - E 14° 48' 10,38"
	TS07	29/11/2016	12	5	55	7	N 37° 11' 43,83" - E 14° 48' 9,59"	N 37° 11' 42,15" - E 14° 48' 10,07"	----
	TS08	30/11/2016	24	5	115	7	N 37° 11' 38,22" - E 14° 47' 54,42"	----	N 37° 11' 41,20" - E 14° 47' 51,76"
	TS09	30/11/2016	24	5	115	7	N 37° 11' 36,68" - E 14° 47' 41,23"	----	N 37° 11' 39,65" - E 14° 47' 38,46"
	TS10	28/11/2016	24	5	115	7	N 37° 11' 26,80" - E 14° 47' 28,15"	----	N 37° 11' 29,89" - E 14° 47' 25,49"
	TS11	28/11/2016	24	5	115	7	N 37° 11' 23,72" - E 14° 47' 22,13"	----	N 37° 11' 26,67" - E 14° 47' 19,32"
	8	TS12	28/11/2016	24	5	115	7	N 37° 19' 9,61" - E 15° 1' 39,06"	----

^(*) La lunghezza dello stendimento è riferita alla distanza tra i geofoni n. 1 e n. 24 (e/o n.12), non includendo la distanza utilizzata per gli scoppi esterni.

TAB. 1 - DENOMINAZIONE, CARATTERISTICHE ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE.

RELAZIONE GENERALE SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.

2. SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini geofisiche eseguite con l'impiego di prospezioni sismiche a rifrazione, consistono fondamentalmente nel trasmettere nel terreno un impulso elastico, ed attraverso lo studio della propagazione di tali onde elastiche, generate in superficie e rilevati da una serie di sensori "geofoni", definirne le caratteristiche.

Più in particolare, con la sismica a rifrazione, si può determinare con buona approssimazione la stratigrafia del sottosuolo, la geometria, la profondità del substrato roccioso, nonché la possibilità d'individuare eventuali anomalie presenti nei terreni ovvero alla possibile presenza di strutture tettoniche.

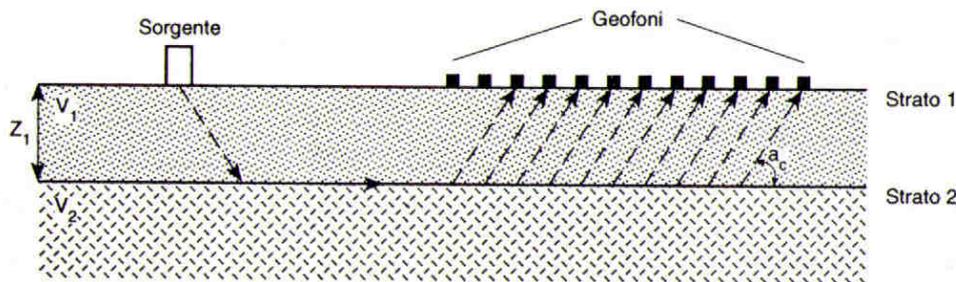


FIG. 01 -ESEMPIO DI TERRENO A DUE STRATI CON $V_1 < V_2$ ED INTERFACCIA PARALLELA ALLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA.

2.1 PRINCIPIO FISICO

Il metodo è basato principalmente nell'energizzare il terreno mediante un'onda d'urto prodotta con una massa metallica (generalmente una mazza di alcuni Kg), generando in questo modo le onde elastiche.

L'utilizzo del sismografo serve a misurare il tempo impiegato dalla perturbazione sismica indotta nel terreno a percorrere la distanza tra la sorgente e ciascun geofono, opportunamente spaziato lungo un profilo, mentre, la velocità di propagazione dell'onda sismica dipende dalle caratteristiche elastiche del sottosuolo e della sua conformazione; la relazione tra velocità dell'onda e distanza sorgente-geofono (dromocrona) consente di risalire agli spessori degli strati esistenti nel sottosuolo. A seguito dell'energizzazione del terreno mediante l'onda d'urto prodotta dall'impatto di una mazza di battuta (6 kg), su una piastra metallica in lega di alluminio, il sismografo misurerà i tempi impiegati dall'onda sismica indotta per raggiungere i vari geofoni, opportunamente spaziati lungo un profilo.

2.2 STRUMENTAZIONE ED ELABORATI FORNITI

L'apparecchiatura per l'acquisizione per sismica a rifrazione utilizzata è costituita da un acquisitore sismico computerizzato multicanale "sismografo" MAE A6000S-24 bit, a 12-24 canali (massimo stendimento 115 ml) di alta precisione con segnale incrementale e da un gruppo di geofoni verticali, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Le caratteristiche tecniche del sistema sopra descritto sono:

- ✓ campionamento: da 125 a 50.000 c/s;
- ✓ campioni per canale 10.000;

RELAZIONE GENERALE SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.

- ✓ Processore 500 Mhz;
- ✓ Hard Disk on C.F. 2 Gb;
- ✓ Risoluzione: 24 bit –largh. Di banda da 0 a 25 Khz –max segnale IN: 2V;
- ✓ sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break)
- ✓ filtri High Pass e Band Reject
- ✓ “Automatic Gain Control”
- ✓ convertitore A/D a 16 bit
- ✓ periodo proprio sensore 4.5 Hz;



FIG. 02 – SISMOGRAFO UTILIZZATO MAE A6000S

Per le operazioni di campo, inerenti l'esecuzione dell'indagine sismica di superficie sono stati inoltre utilizzati i seguenti accessori:

- N. 2 cavi in pur a 12 prese con possibilità di interasse max di 5 m;
- N. 24 geofoni verticali da 4,5 Hz;
- N. 01 mazza da 6 kg;
- N.01 piastra metallica in allumer.

I vantaggi promessi da questo metodo sono molteplici:

- è molto veloce e semplice da organizzare;
- è molto economico rispetto ai metodi più invasivi;
- raggiunge una buona profondità e risoluzione di indagine;
- permette di ottenere migliori risultati in ambienti particolarmente urbanizzati.

2.3 PRINCIPALI APPLICAZIONI

- ✓ geologia-ambientale (frane e risanamento di zone dissestate, cave, discariche, microzonazioni sismiche).
- ✓ Determinazione della profondità del substrato roccioso (bedrock)
- ✓ Indagini preliminari;
- ✓ Valutazione depositi di ghiaia, sabbia, argilla;

RELAZIONE GENERALE SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.

2.4 ELABORAZIONE MEDIANTE TOMOGRAFIA SISMICA

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. Ogni profilo sismico viene registrato con non meno di n.5 energizzazioni in linea (shots) ed è costituito generalmente da almeno n.5 sismogrammi.

L'elaborazione tomografica e la restituzione del modello geofisico delle traverse sismiche eseguite, è stata effettuata con il software Rayfract ver. 3.17, che esegue per 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).

I risultati dell'elaborazione dell'analisi di velocità sono stati visualizzati sotto forma di una sezione bidimensionale mediante una scala cromatica (univoca per tutte le elaborazione), illustrante i risultati del processo di inversione tomografica con indicazione delle iterazioni di calcolo effettuate, nonché dell'errore RMS.

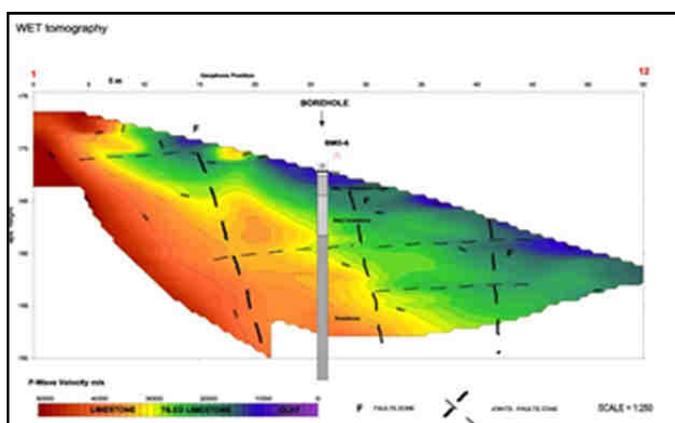


FIG. 03 – ESEMPIO DI CARATTERIZZAZIONE DI UN VERSANTE CON LA TOMOGRAFIA SISMICA.

RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.

3. UBICAZIONI INDAGINI

3.1 LOTTO 1 - TOMOGRAFIA SISMICA TS01



FIG. 04 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS01.

3.2 LOTTO 4 - TOMOGRAFIA SISMICA TS02

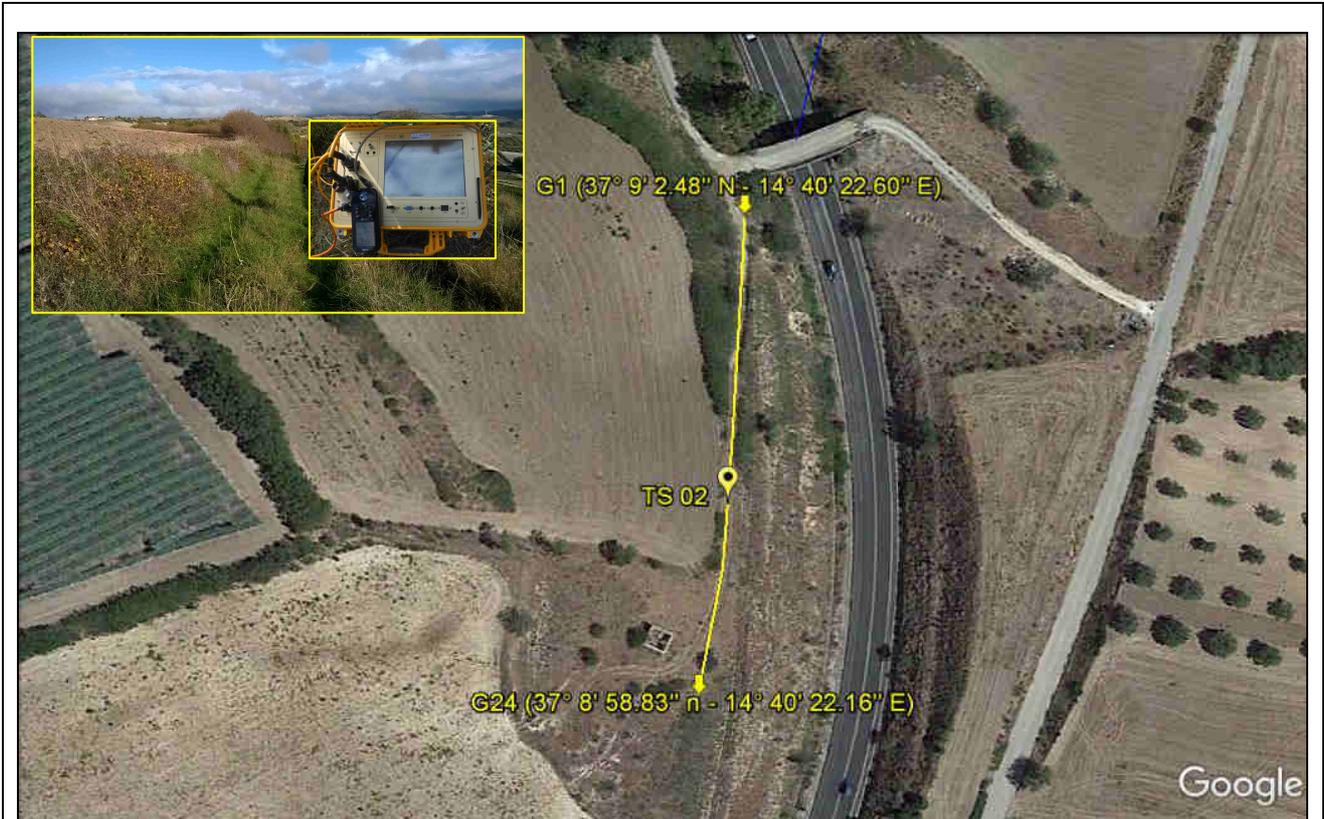


FIG. 05 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS02.

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

3.3 LOTTO 4 - TOMOGRAFIA SISMICA TS02 BIS



FIG. 06 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS02 BIS.

3.4 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS03



FIG. 07 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS03.

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

3.5 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS04



FIG. 08 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS04.

3.6 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS05



FIG. 09 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS05.

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

3.7 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS06



FIG. 10 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS06.

3.8 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS07



FIG. 11 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS07.

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

3.9 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS08

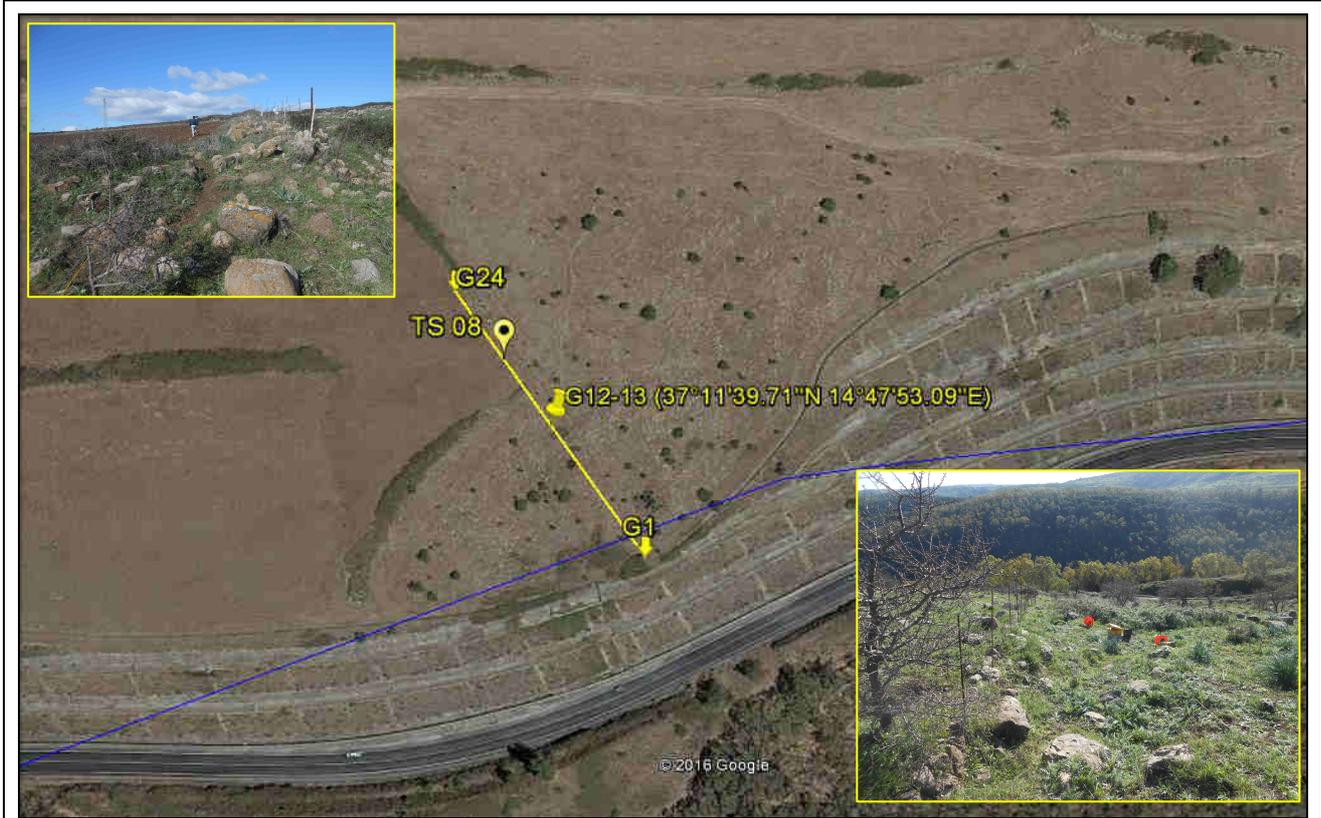


FIG. 12 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS08.

3.10 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS09

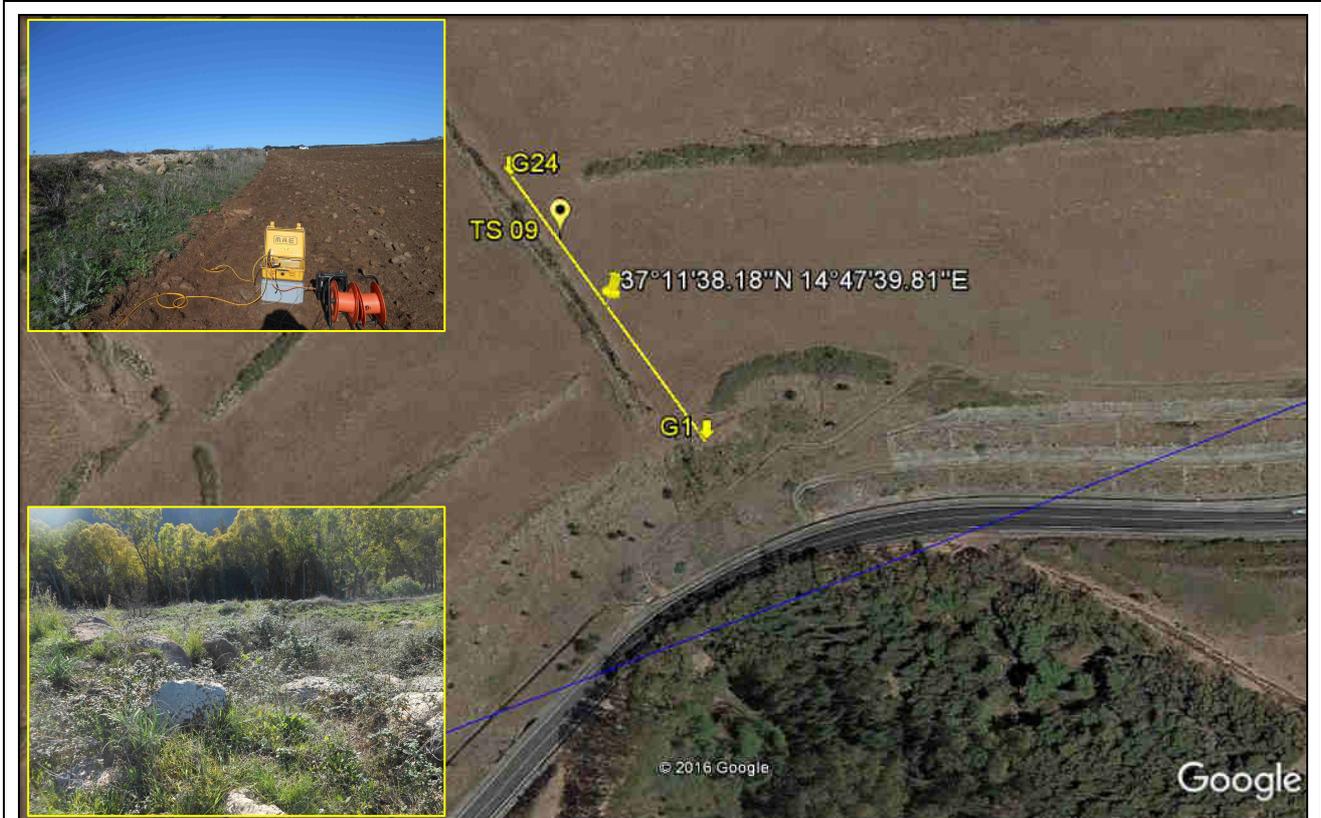


FIG. 13 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS09.

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

3.11 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS10

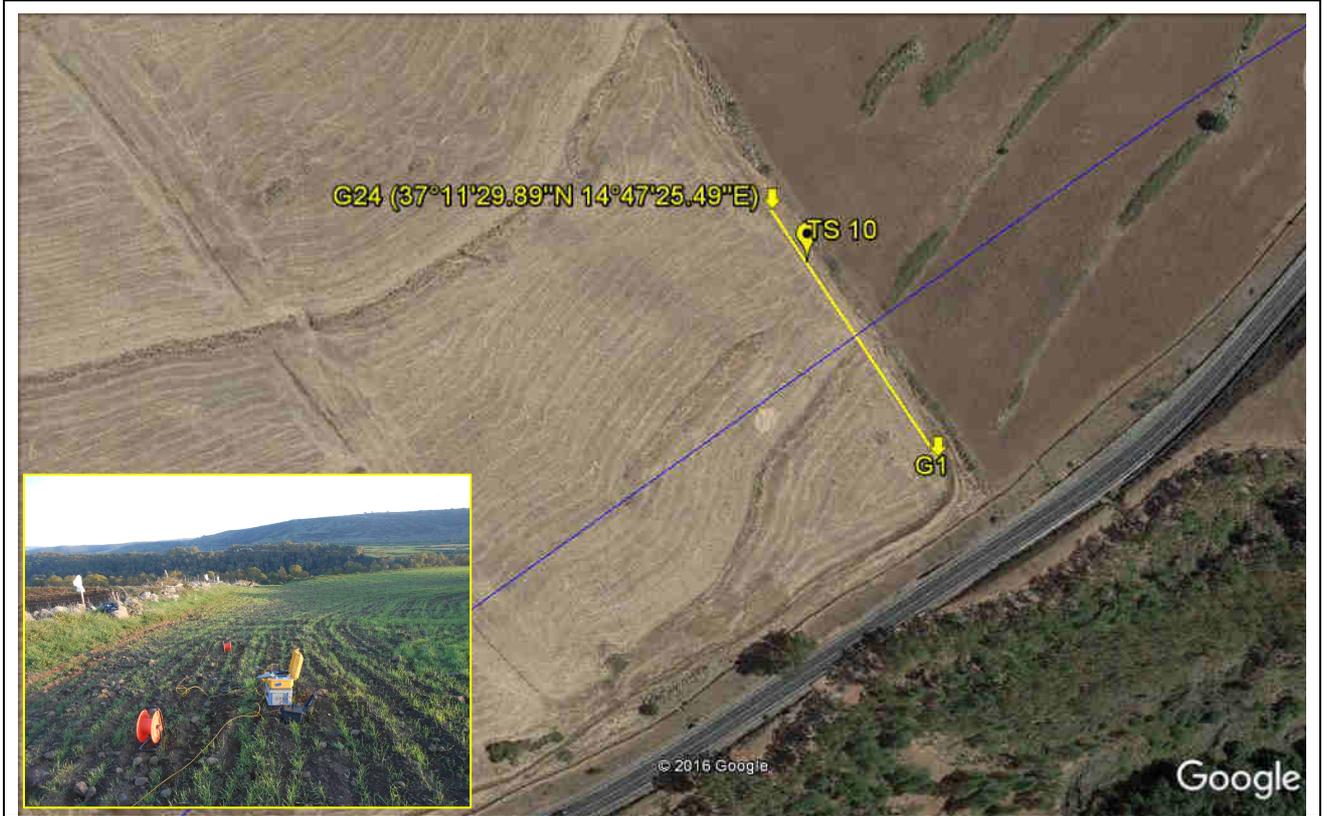


FIG. 14 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS10.

3.12 LOTTO 6 - TOMOGRAFIA SISMICA TS11

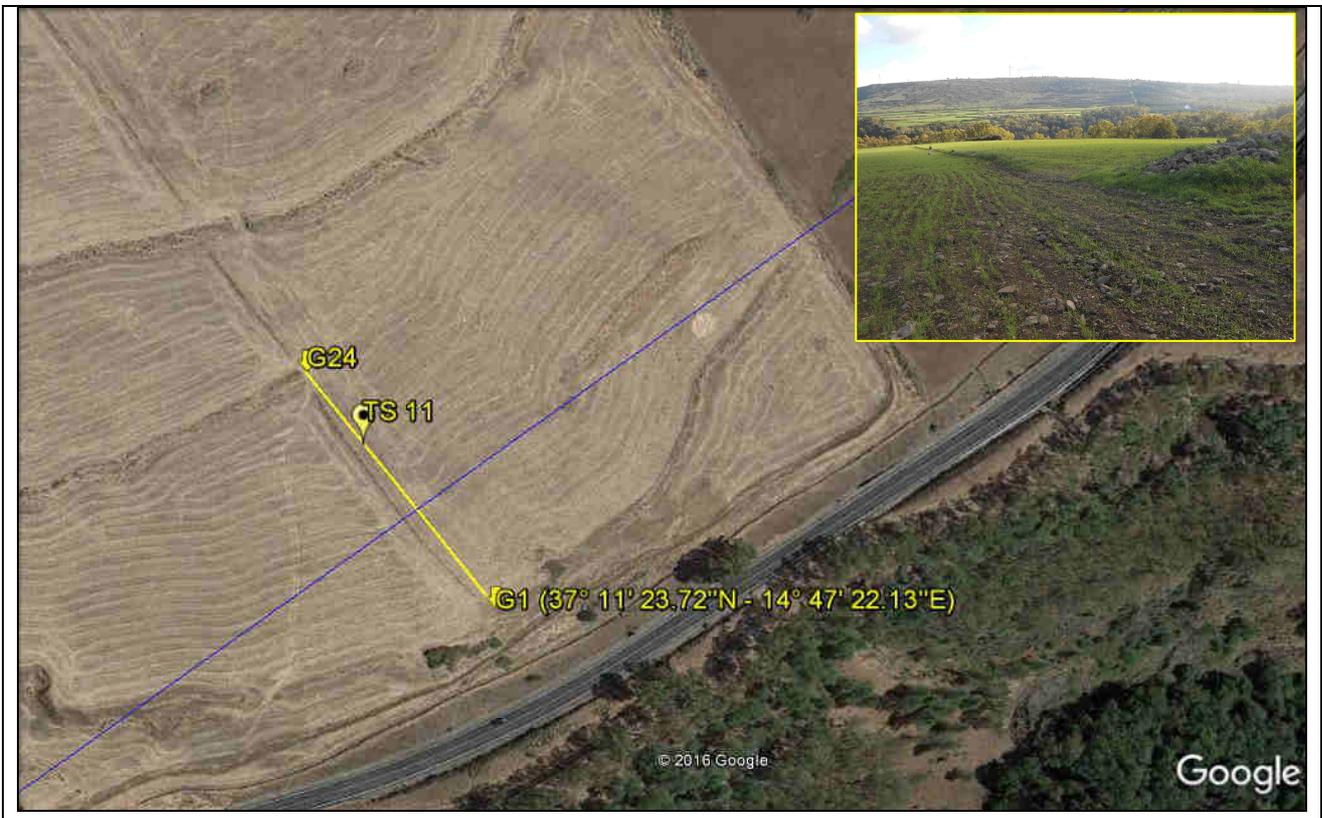


FIG. 15 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS11.

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

3.13 LOTTO 8 - TOMOGRAFIA SISMICA TS12



FIG. 16 - UBICAZIONE PLANIMETRICA DELLA TRAVERSA SISMICA TS12.

**RELAZIONE GENERALE
SULLE INDAGINI GEOFISICHE LOTTI 1 - 4 - 6 - 8.**

4. CONCLUSIONI

Analizzando i dati relativi alle traverse sismiche mediante interpretazione tomografica, è stato possibile individuare valori della velocità V_p nei vari sismostrati fino ad una profondità massima di circa 50,00 m dal p.c..

Si può nettamente distinguere una zona aerata individuata da valori di velocità V_p minori di 450 m/s, con spessori variabili e talora assenti, con sottostanti sismostrati più competenti e con grado di fratturazione variabile in funzione della litologia.

Più in particolare nei vari lotti si possono distinguere:

- **Lotto 1: (TS01)**
 - a) una zona depositi alluvionali e/o detritici di spessore valutabili fino a 8-10 m. (TS01);
- **Lotto 4: (TS02 -TS02 bis)**
 - a) una zona aerata (V_p minori di 450 m/s), con livelli di spessore variabili da 2,00 m fino a 5,00 m.;
 - b) più in profondità (25-30m), un livello sismostratigrafico costituito da litotipi più competenti (TS02, TS02 bis).
- **Lotto 6: (TS03, TS04, TS05, TS06, TS07, TS08, TS09, TS10 e TS11)**
 - a) una zona aerata (V_p minori di 450 m/s), con livelli generalmente assenti e variabili fino a circa 1,0 m. di spessore;
 - b) più in profondità un'ulteriore livello sismostratigrafico è stato individuato fino al raggiungimento delle velocità V_p prossime a 2.000,00-2.200,00 m/s., che rappresentano litotipi di origine vulcanica da fortemente fratturati a fratturati;
 - c) un terzo livello stratigrafico è riconoscibile oltre le velocità V_p superiori a 2.000,00-2.200,00 m/s., e caratterizzato sempre da vulcaniti con un livello di fratturazione da poco fratturati a compatte.
- **Lotto 8: (TS12)**
 - a) una zona aerata (V_p minori di 450 m/s), costituita da terreni di origine alluvionale con spessore costante mediamente intorno ai 4,00 m., con punte di 5,0-6,0 m.;
 - b) al di sotto della zona aerata si collocano alluvioni più addensati;
 - c) oltre i 20,0 m di profondità i litotipi che presentano velocità $V_p >$ di 2.000,00 m/s potrebbero indicare litotipi di origine carbonatica.

Maggiori dettagli in merito ad ogni singola tomografia sismica eseguita in situ, sono stati riportati su singoli report di prova relativi ad ogni singolo lotto analizzato dall'indagine sismica e facenti parte integrante della presente relazione generale (Allegati: **IG.Lotto 1; IG.Lotto 4; IG.Lotto 6; IG.Lotto 8**).

Messina li, 6 Dicembre 2016

Il tecnico
Dott. Sebastiano G. MONACO
SEMA S.R.L.S.
Geological Engineering
P. IVA 03526600834

SOFTWARE UTILIZZATI:

- ✓ **SURFER 9 Software** s.n. WS101922qqir, Copyright © è rilasciato sotto licenza da Golden Software inc.
- ✓ **RAYFRACT** Versione 3.17 (32 bit) licenze s.n. 5431664, Copyright © 1996-2009 è rilasciato sotto licenza da Intelligent Resources INC. e distribuito da IGS.