

# B P i a n o e r a t i v o

## COMUNE DI VOLTERRA

**Il Sindaco:** Giacomo Santi

**L'assessore al Governo del Territorio:** Roberto Castiglia

**Il Responsabile del Procedimento:** arch. Alessandro Bonsignori

**Il Garante della Comunicazione:** geom. Vinicio Ceccarelli

**Progettazione urbanistica:**

responsabile incaricato: arch. Antonio Mugnai

arch. Roberta Ciccarelli

**Aspetti geologici :**

geol. Emilio Pistilli

**Aspetti idraulici:**

ing. Jacopo Taccini

### INDAGINI GEOLOGICHE DI SUPPORTO ALLA PIANIFICAZIONE DEL TERRITORIO

Allegato <b>4</b>	Indagini sismiche effettuate nel campo sportivo di Volterra
----------------------	---



**GEOPROGETTI**  
Studio Associato

# **INDAGINE GEOFISICA DI SISMICA A RIFRAZIONE**

**Committente: Comune di Volterra**

**Indagini geofisiche per lo studio  
del dissesto del campo sportivo**

**Poggibonsi 19/10/2008**

## **Relazione Tecnica**

### **1 - Premessa**

Su incarico del Comune di Volterra, il giorno 13/10/2008 è stata eseguita un'indagine geofisica di sismica a rifrazione presso il campo sportivo comunale di Volterra.

Questo lavoro era mirato all'analisi del dissesto del terreno che ha interessato particolarmente l'area compresa fra il campo di calcio e la pista d'atletica nella zona sud-ovest del sito.

L'indagine ha permesso di caratterizzare dinamicamente, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di compressione (VP), le unità litologiche presenti nell'area di indagine determinandone anche la geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

### **2 - Metodologia di esecuzione delle indagini**

Le linee di sismica, in tutto 5, sono state realizzate con gruppi di 24 geofoni spazati tra loro di 2,5 metri. Queste spaziature geofoniche hanno permesso di realizzare linee da 60 metri ed indagare in profondità per 15 - 20 metri con risoluzioni elevate.

Le linee eseguite sono state rilevate con **G.P.S. topografico Topcon** per una più corretta ubicazione sulle aree d'indagine e per definirne con precisione il profilo morfologico.

Le ubicazioni delle indagini sono riportate di seguito su topografia in scala.

### **3 - Caratteristiche delle apparecchiature e principi generali dell'indagine**

#### **Modalità esecutive della prova.**

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

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

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

#### APPARECCHIATURA USATA E SCHEMA DELLA PROVA.

L'apparecchiatura utilizzata si compone delle seguenti parti:

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

#### Sorgente onde P:

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

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

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

#### Sistema di ricezione:

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

#### Sistema di acquisizione dati:

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

Trigger:

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

### **Interpretazione dei profili sismici**

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

## **Risultati**

L'indagine geofisica di sismica a rifrazione svolta per il Comune di Volterra, nell'area del campo sportivo comunale, ha permesso di caratterizzare dinamicamente le unità litologiche presenti, tramite la misura della velocità di propagazione delle onde di volume ( $V_p$ ) e la determinazione della geometria nel sottosuolo (spessori e superfici di contatto).

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

In particolare lo scopo dello studio consisteva nel definire il volume del materiale di riporto che ha rimodellato il pendio immediatamente a sud-est del campo sportivo, individuando eventuali superfici di discontinuità, possibili cause del dissesto in atto.

Su tutte le sezioni si nota un livello superficiale più lento con spessori variabili tra i 5 e i 10 metri, le velocità aumentano rapidamente segnando il passaggio a terreni più consolidati.

In base all'osservazione delle sezioni tomografiche di velocità e di gradiente è stata fissata in 800 m/s la soglia tra la velocità del volume superficiale e quella del substrato.

Successivamente, al fine di ricostruire la morfologia precedente alla realizzazione dello stadio, è stata redatta una planimetria dove è sovrapposta la topografia di dettaglio (ricavata dal rilievo GPS) alle isolinee che rappresentano la superficie con velocità sismica pari a 800 m/s.

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

**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST8 ONDE P**  
**SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

Geofoni n.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Distanza progressiva (m)	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55	57.5
Distanza parziale (m)	0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Quote geof. (m)	465.0	465.0	465.0	465.0	465.0	465.0	465.0	464.9	464.9	464.9	464.9	464.9	464.9	464.8	464.8	464.7	464.7	464.6	464.3	461.3	461.5	459.9	460.0	460.0

**PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P**

	SCOPPIO 1	SCOPPIO 2	SCOPPIO 3	SCOPPIO 4	SCOPPIO 5	SCOPPIO 6	SCOPPIO 7
POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m)	-1.25	8.75	18.75	28.75	38.75	48.75	58.75
QUOTA (m s.l.m.)	465.0	465.0	464.9	464.9	464.7	461.4	460.0

**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST9 ONDE P**  
**SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

<b>Geofoni n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m)</b>	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55	57.5
<b>Distanza parziale (m)</b>	0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
<b>Quote geof. (m)</b>	465.03	464.91	464.89	464.87	464.88	464.85	464.86	464.81	464.76	464.74	464.73	464.75	464.73	464.45	464.38	461.47	461.55	459.10	456.88	456.22	456.27	455.54	454.10	453.90

**PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P**

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>
<b>POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m)</b>	-1.25	8.75	18.75	28.75	38.75	48.75	58.75
<b>QUOTA (m s.l.m.)</b>	465.0	464.9	464.8	464.7	461.5	456.2	453.9

**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST10 ONDE P**  
**SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

<b>Geofoni n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m)</b>	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55	57.5
<b>Distanza parziale (m)</b>	0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
<b>Quote geof. (m)</b>	464.9	464.9	464.9	464.9	464.9	464.8	464.8	464.8	464.8	464.7	464.7	464.8	464.7	464.6	464.4	462.5	462.5	462.6	461.5	459.5	458.1	457.2	456.0	455.0

**PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P**

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>
<b>POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m)</b>	-1.25	8.75	18.75	28.75	38.75	48.75	58.75
<b>QUOTA (m s.l.m.)</b>	464.9	464.9	464.8	464.7	462.5	458.8	455.0

**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST11 ONDE P**  
**SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

<b>Geofoni n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
<b>Distanza progressiva (m)</b>	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55	57.5
<b>Distanza parziale (m)</b>	0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
<b>Quote geof. (m)</b>	464.9	464.9	464.9	464.9	464.9	464.9	464.9	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.7	464.6	464.4	462.6	462.5	462.6	462.3	461.6	460.9	460.1	459.4	458.5

**PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P**

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>
<b>POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m)</b>	-1.25	8.75	18.75	28.75	38.75	48.75	58.75
<b>QUOTA (m s.l.m.)</b>	464.9	464.9	464.8	464.7	462.5	461.3	458.5

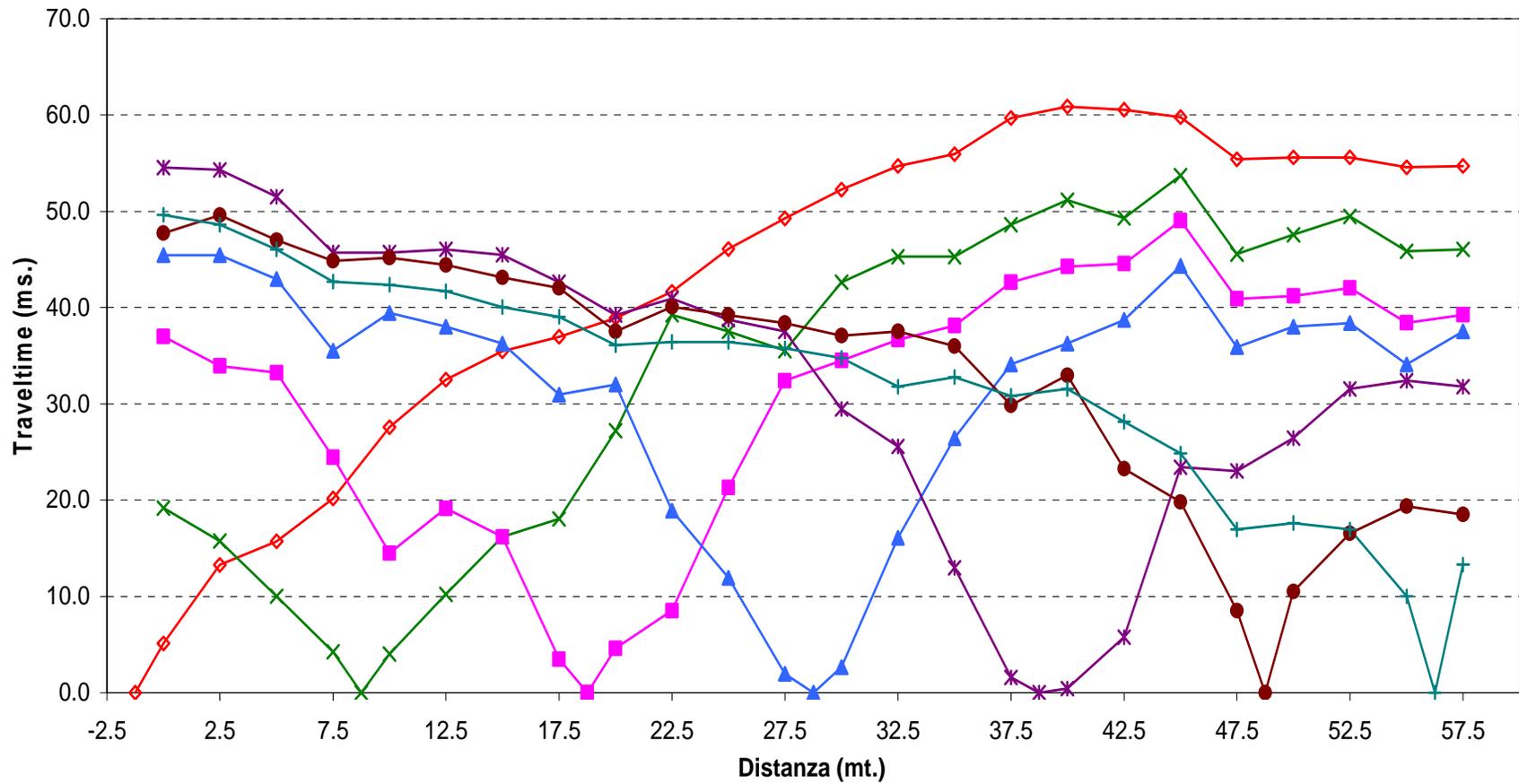
**INDAGINE DI SISMICA A RIFRAZIONE ST12 ONDE P**  
**SCHEMA DETTAGLIATO DELLA LINEA DI ACQUISIZIONE**

<b>Geofoni n.</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	
<b>Distanza progressiva (m)</b>	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	22.5	25	27.5	30	32.5	35	37.5	40	42.5	45	47.5	50	52.5	55	57.5	
<b>Distanza parziale (m)</b>	0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	
<b>Quote geof. (m)</b>	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.7	464.7	464.8	464.7	464.7	464.7	464.7	464.7	464.6

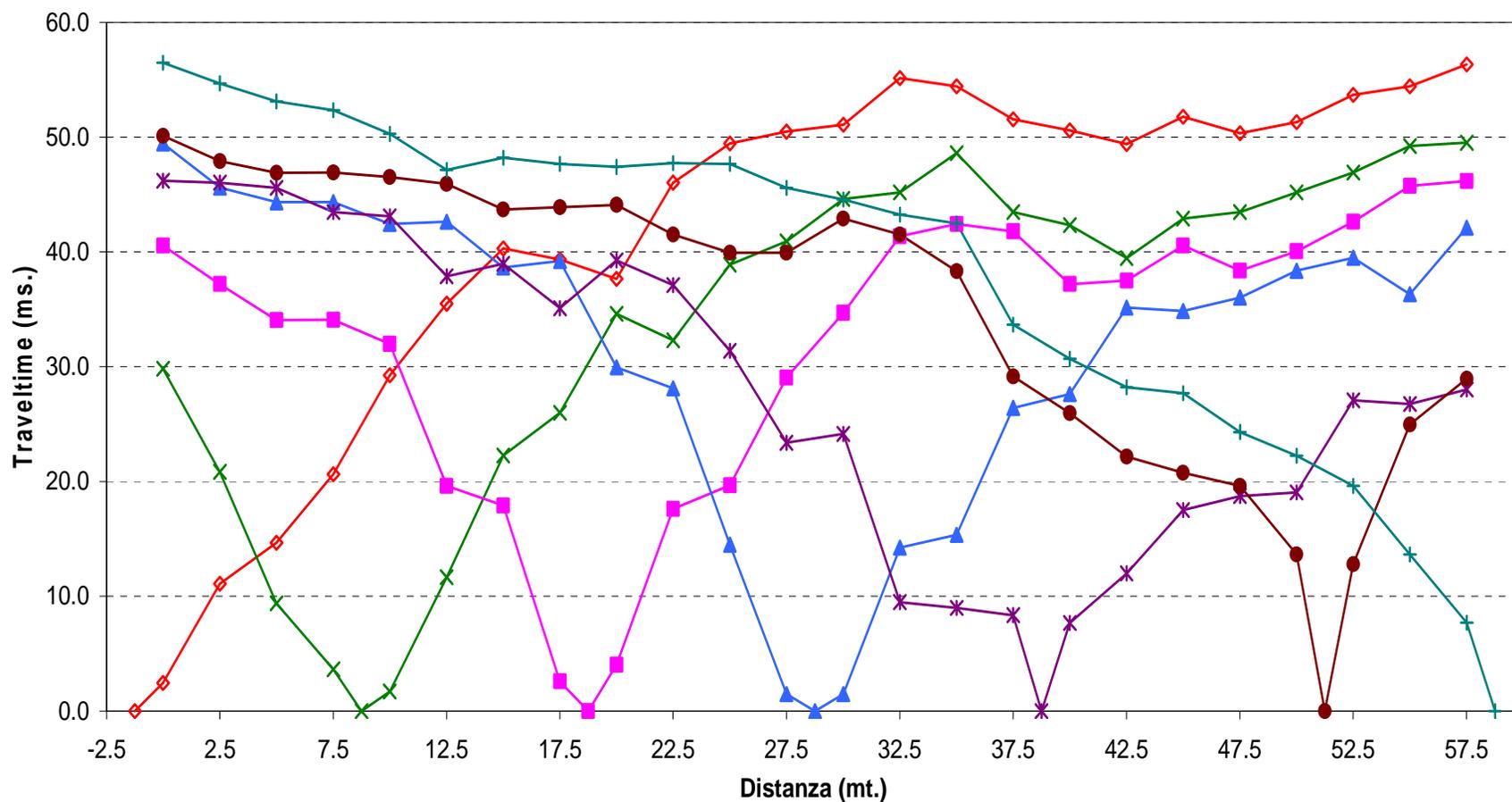
**PUNTI DI ENERGIZZAZIONE ONDE P**

	<b>SCOPPIO 1</b>	<b>SCOPPIO 2</b>	<b>SCOPPIO 3</b>	<b>SCOPPIO 4</b>	<b>SCOPPIO 5</b>	<b>SCOPPIO 6</b>	<b>SCOPPIO 7</b>
<b>POSIZ. DAL GEOF. N 1 (m)</b>	-1.25	8.75	18.75	28.75	38.75	48.75	58.75
<b>QUOTA (m s.l.m.)</b>	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	464.7	464.6

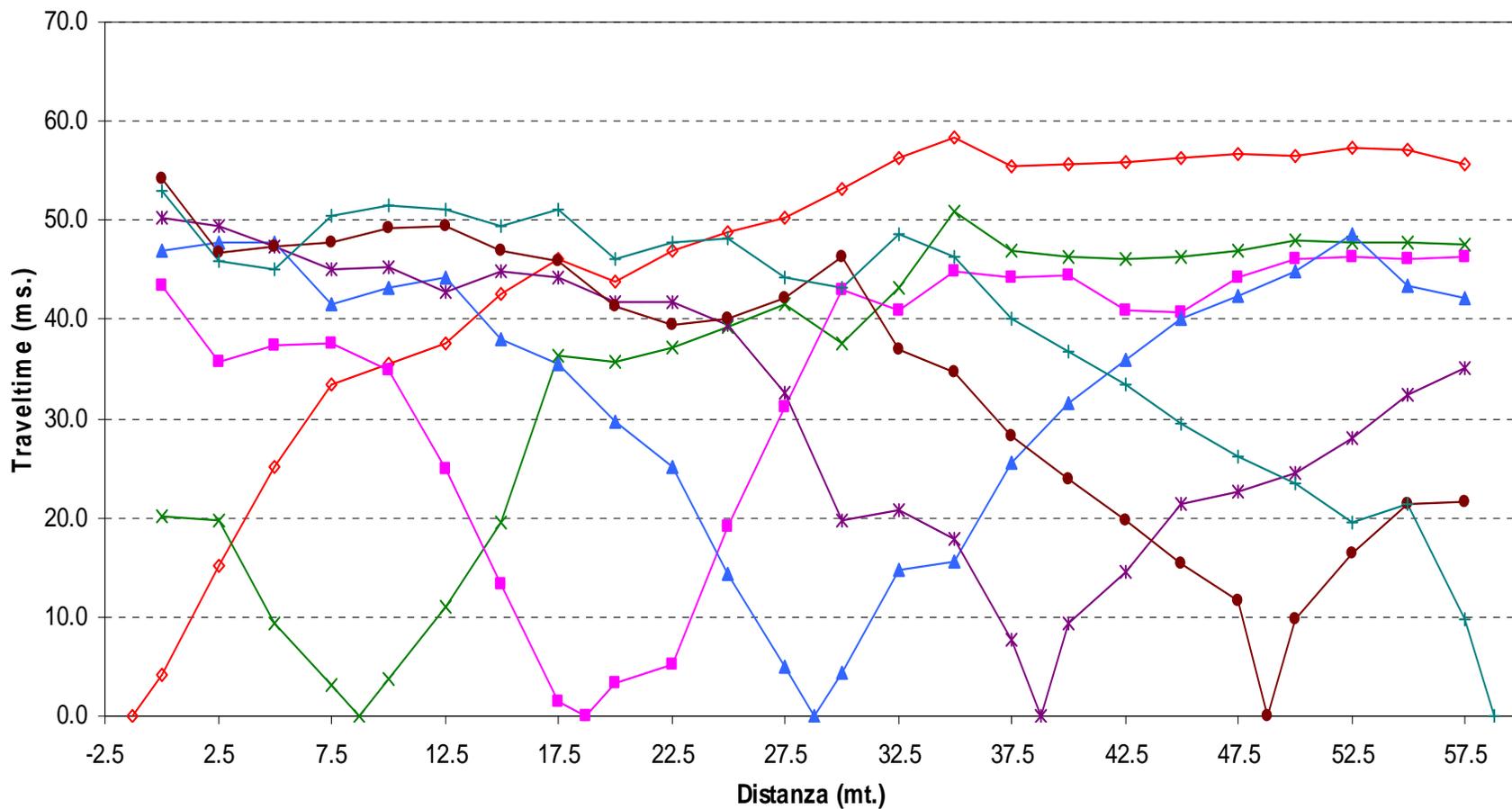
### DROMOCRONE ST 8 ONDE P



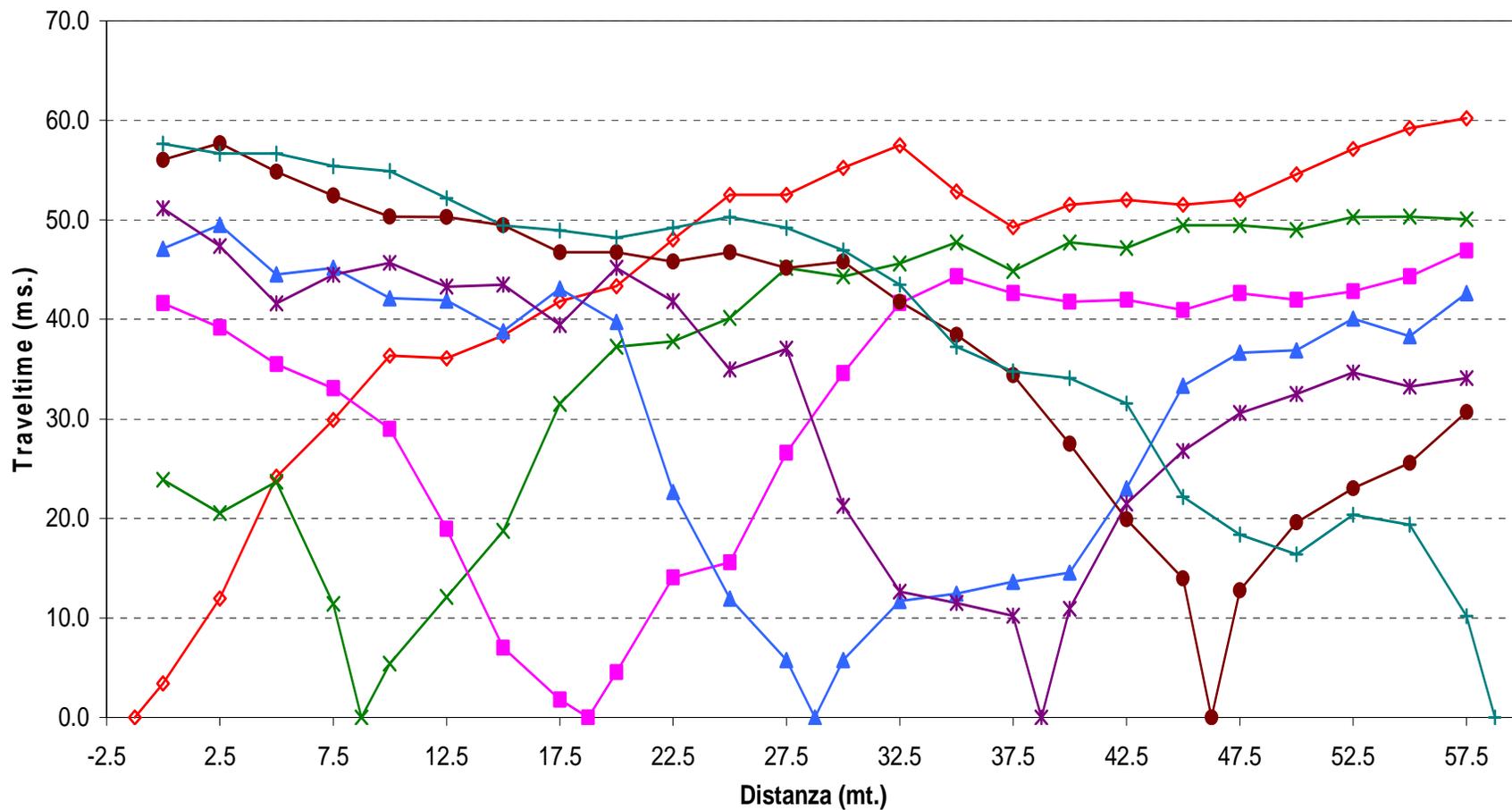
### DROMOCRONE ST 9 ONDE P



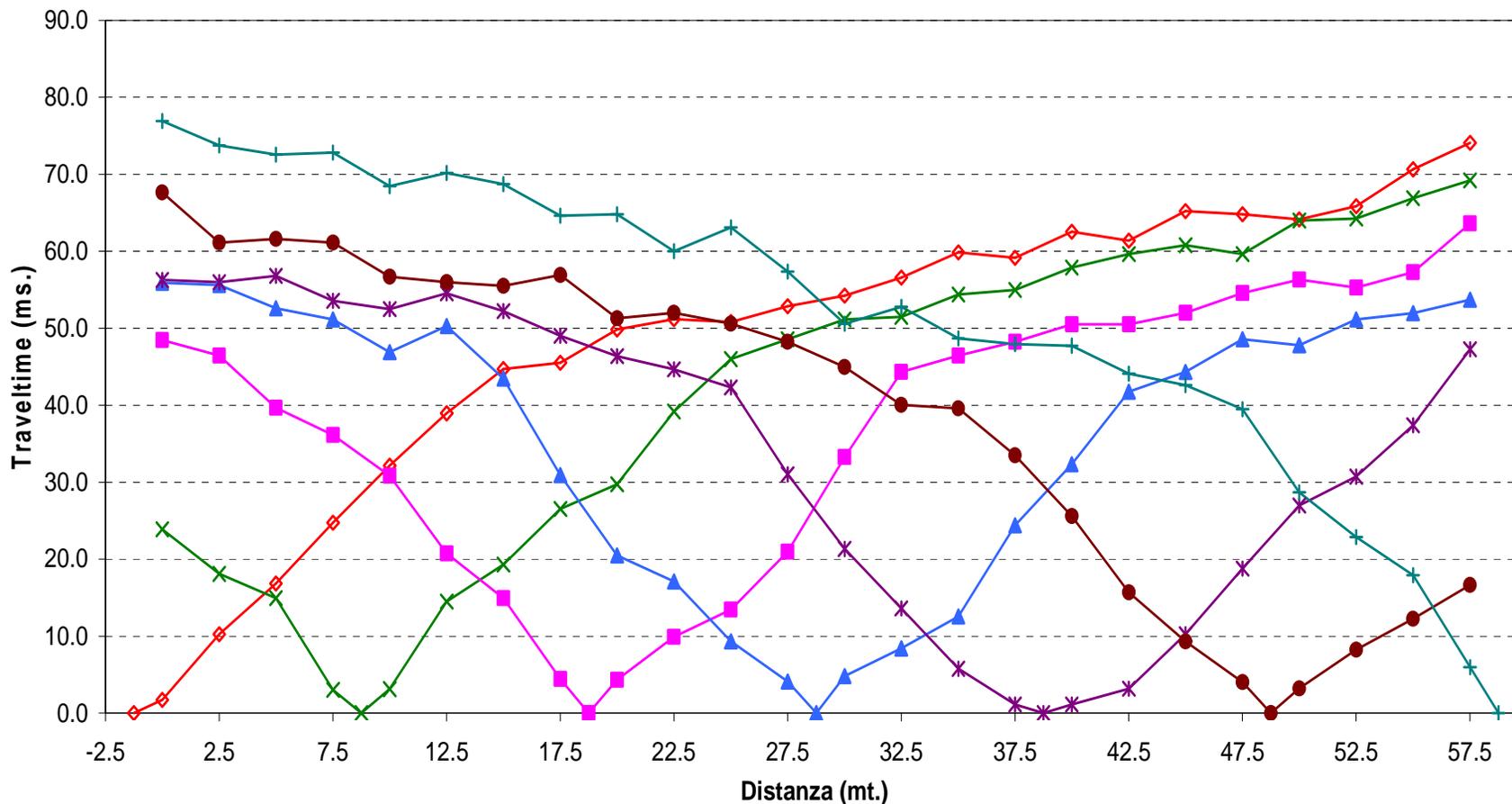
### DROMOCRONE ST 10 ONDE P



### DROMOCRONE ST 11 ONDE P

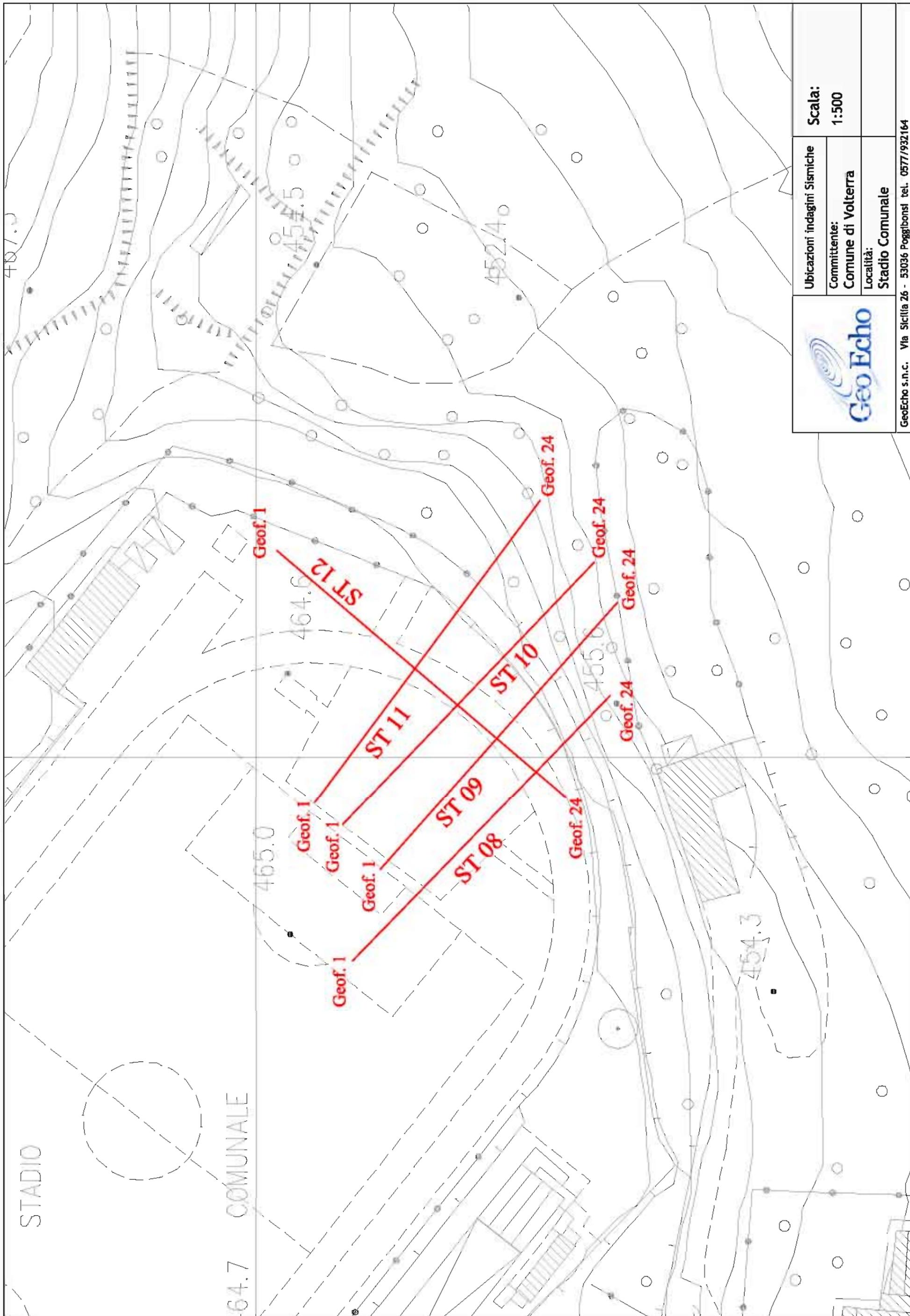


### DROMOCRONE ST 12 ONDE P

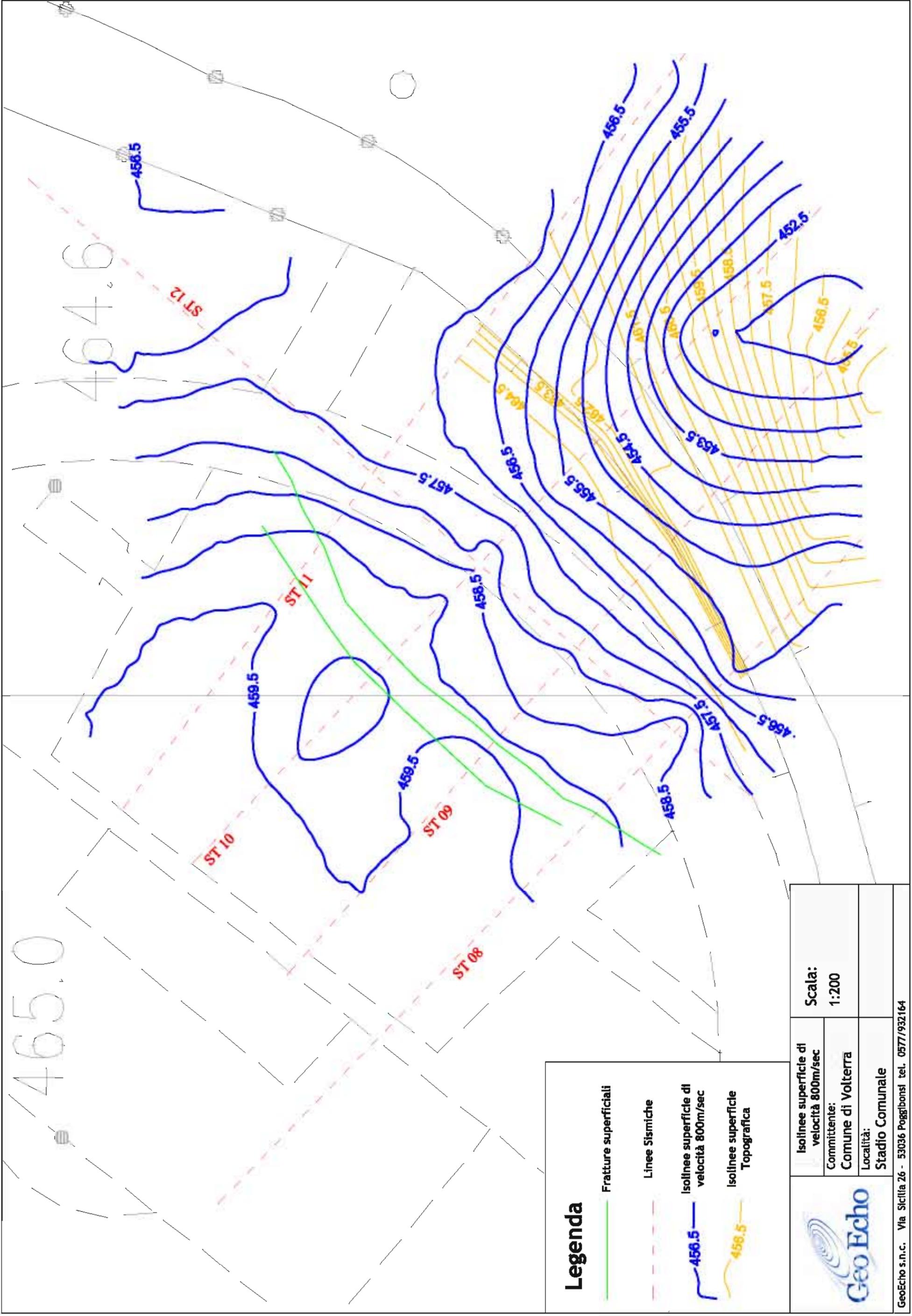


Documentazione Fotografica





		<b>Ubicazioni indagini Sismiche</b> <b>Scala:</b> 1:500	
		<b>Committente:</b> <b>Comune di Volterra</b>	<b>Località:</b> <b>Stadio Comunale</b>
GeoEcho s.n.c. Via Sicilia 26 - 53036 Poggibonsi tel. 0577/932164			



**Legenda**

-  Fratture superficiali
-  Linee Sismiche
-  Isolinee superficie di velocità 800m/sec
-  Isolinee superficie Topografica

Isolinee superficie di velocità 800m/sec

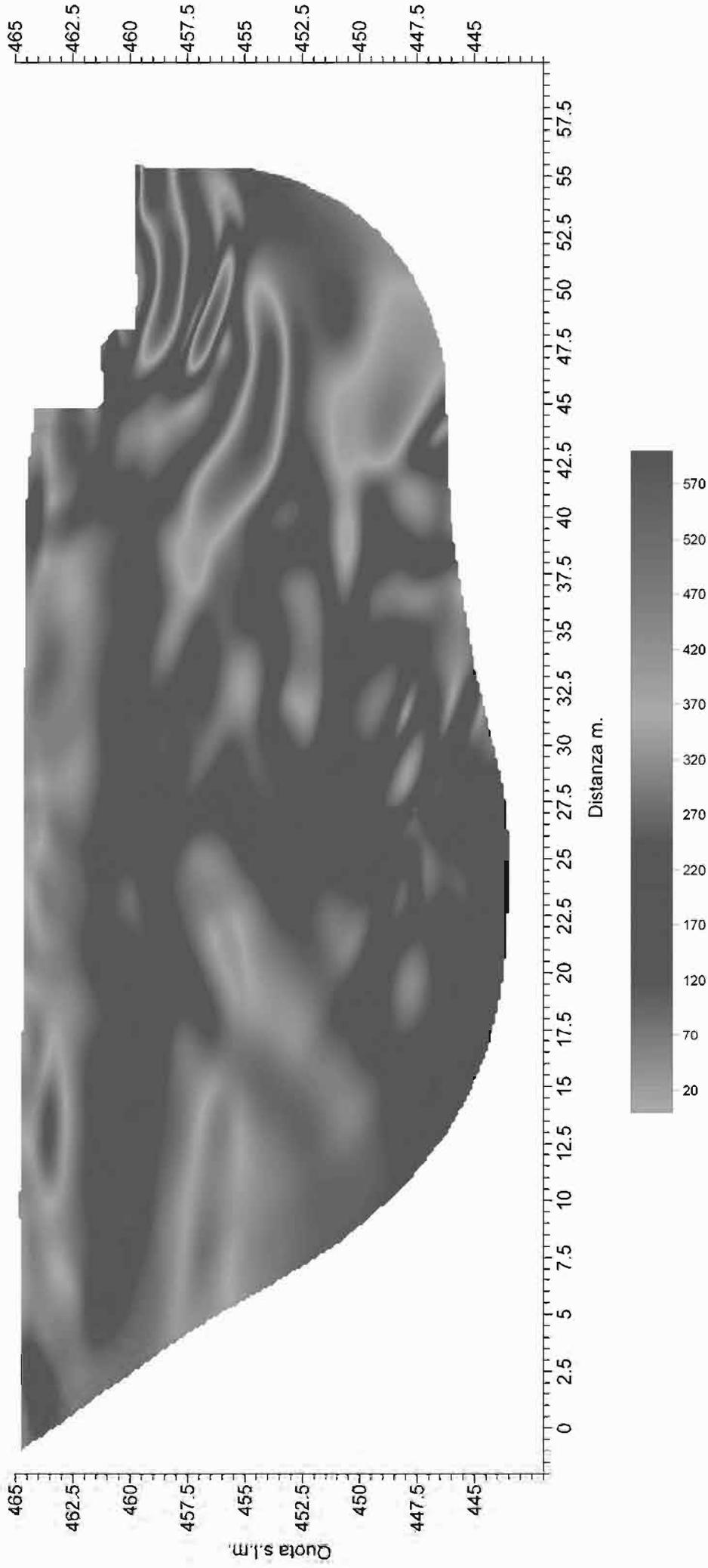
Committente:  
Comune di Volterra

Località:  
Stadio Comunale

Scala:  
1:200

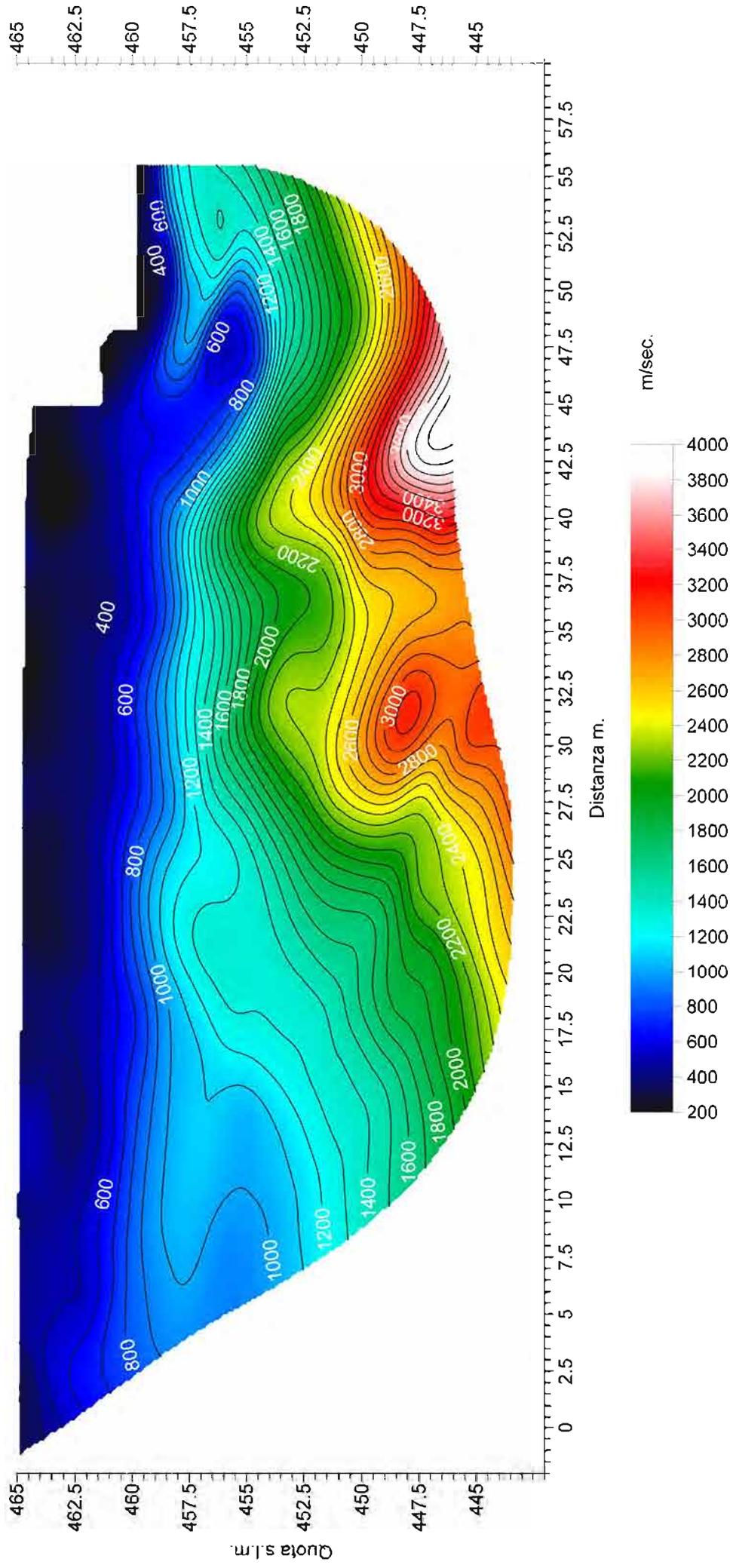


# Linea Sismica ST 08 Gradiente di Velocità onde P



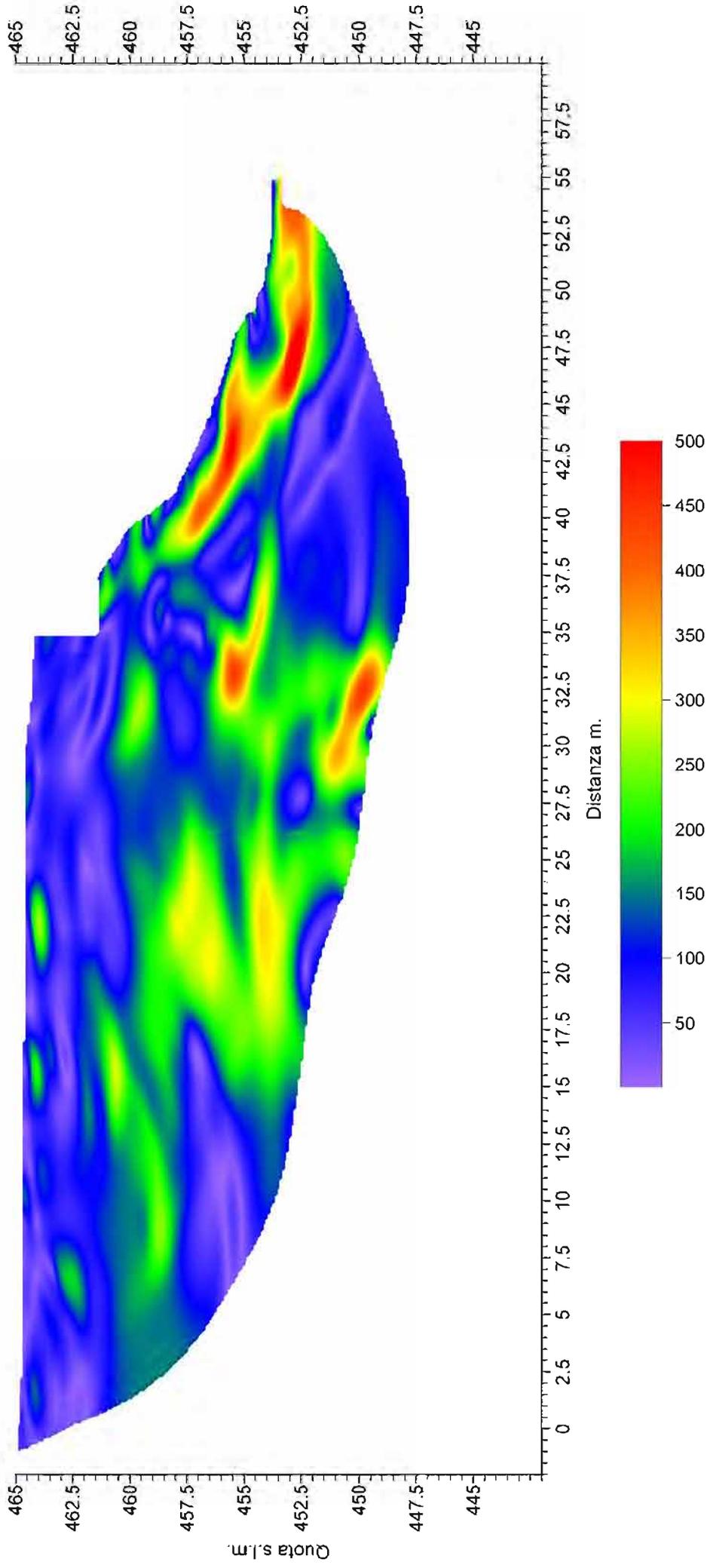
	Indagine Sismica a Rifrazione		Scala:
	Committente: Comune di Volterra		1:250
Località: Stadio Comunale		Tavola Gradiente ST08 onde P	
GeoEcho s.n.c. - Via Salaria 26 - 53036 Poggibonni tel. 0577/932164			

# Linea Sismica ST 08 Tomografia onde P



	Indagine Sismica a Rifrazione	Scala:
	Committente: Comune di Volterra	1:250
Località: Stadio Comunale		Tirata 508 onde P
GeoEcho s.n.c. - Via Sicilia 26 - 53036 Poggibonni tel. 0577/932164		

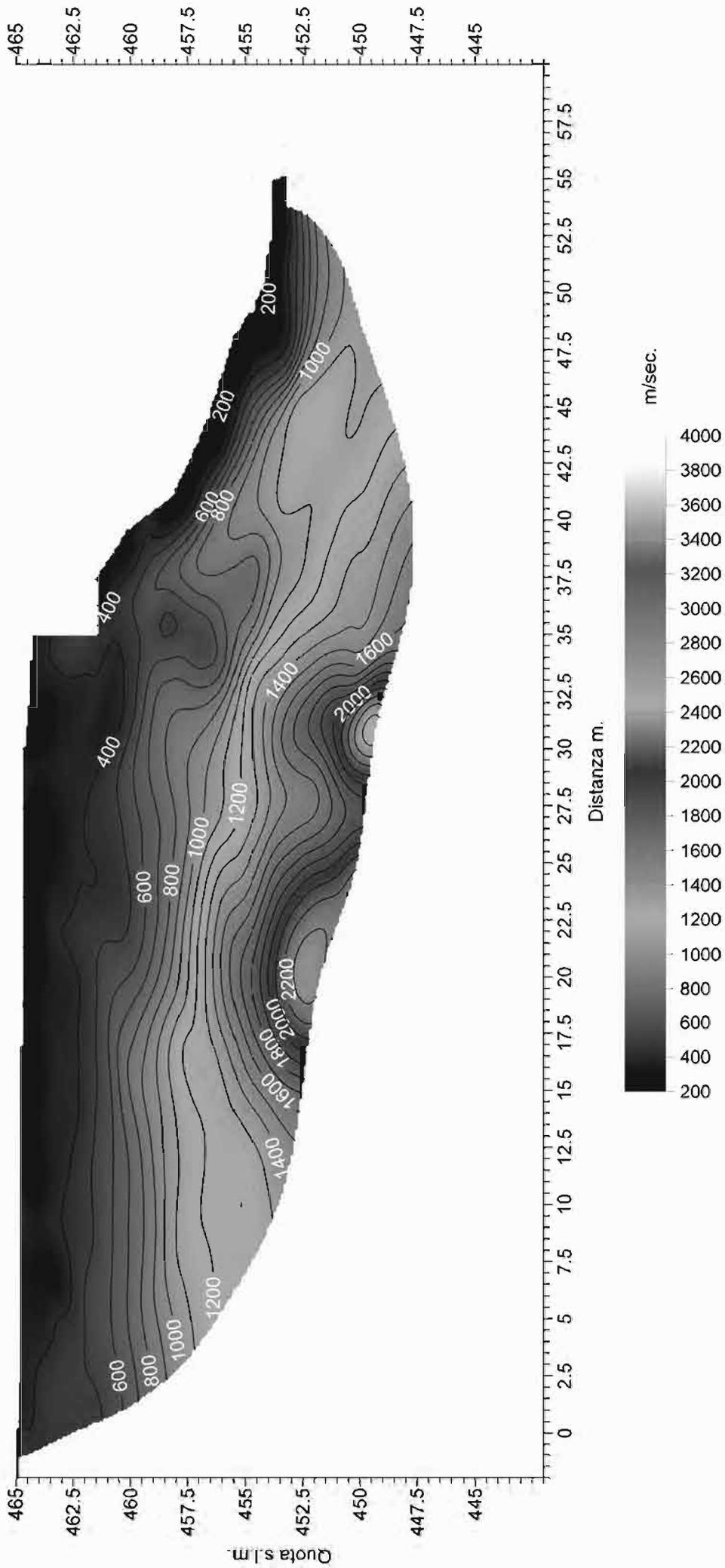
# Linea Sismica ST 09 Gradiente di Velocità onde P



Indagine Sismica a Rifrazione  
Committente:  
Comune di Volterra  
Località:  
Stadio Comunale

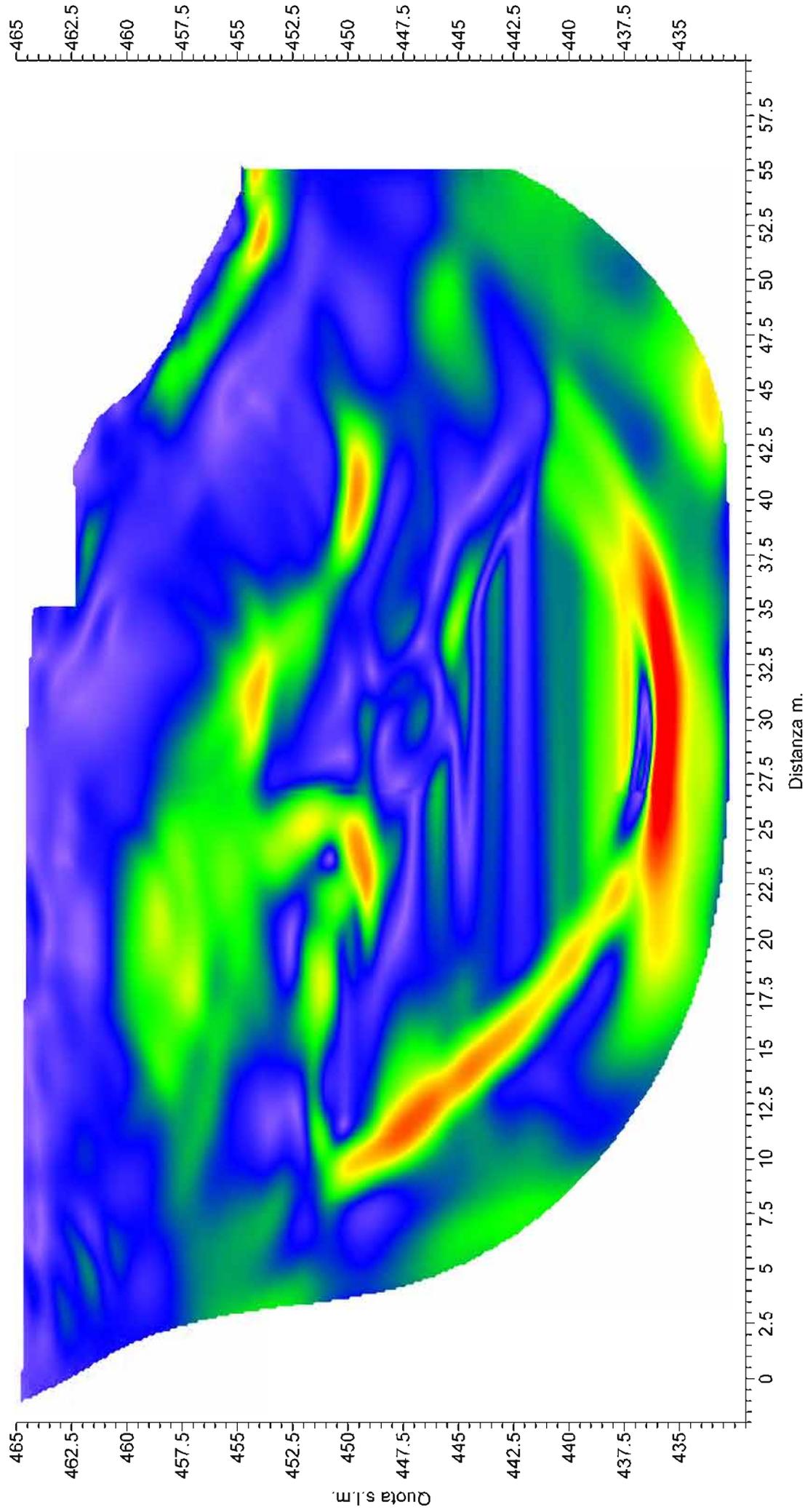
Scala:  
1:250  
Tavola  
Gradiente STD09 onde P

# Linea Sismica ST 09 Tomografia onde P

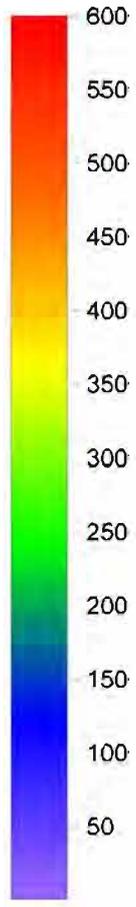


	Indagine Sismica a Rifrazione	Scala:
	Committente: Comune di Volterra	1:250
	Località: Stadio Comunale	Tavola ST09 onde P
GeoEcho s.n.c. - Via Sicilia 76 - 53036 Poggibonse Tel. 0577/932164		

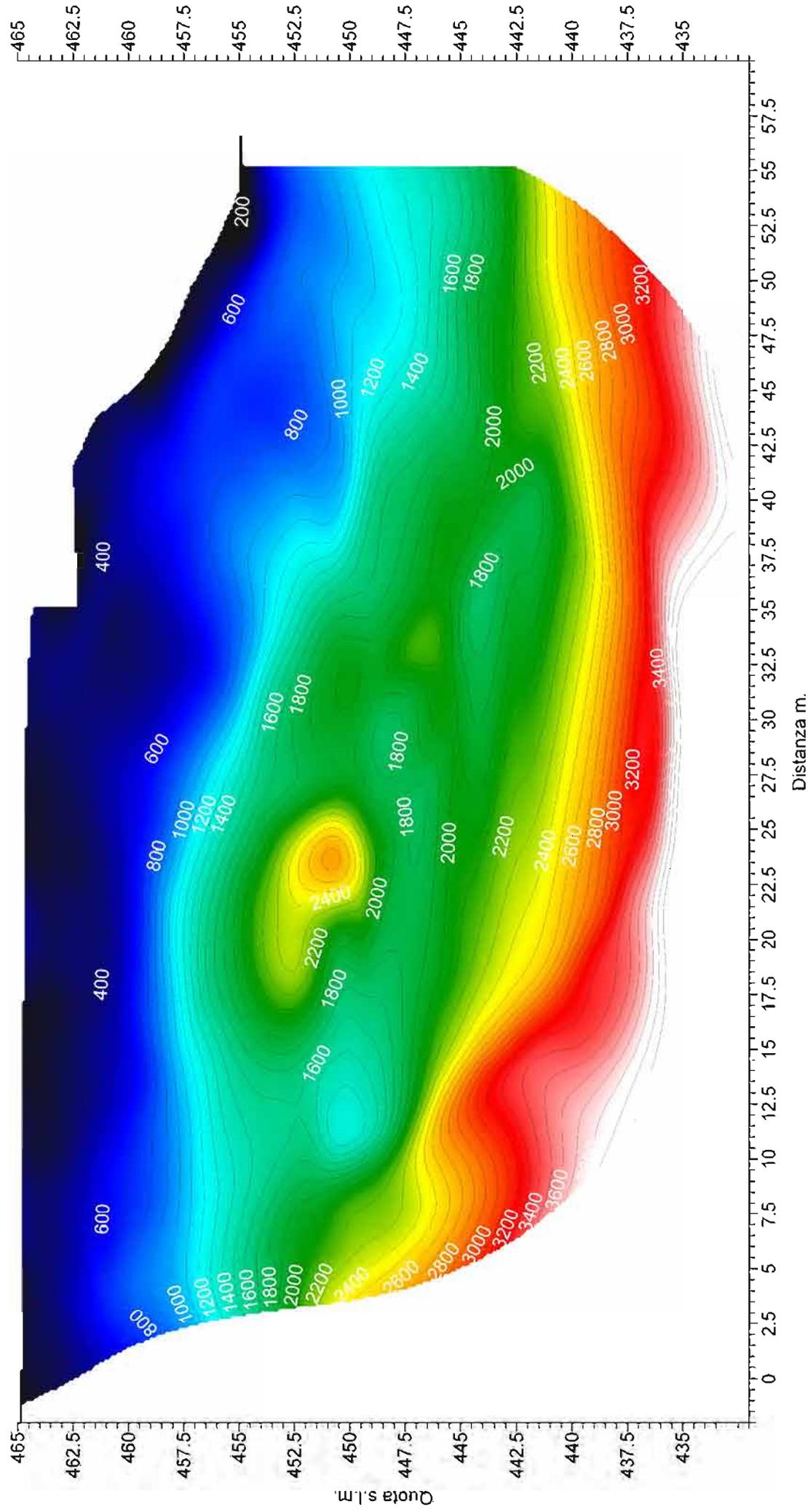
# Linea Sismica ST 10 Gradiente di Velocità onde P



Indagine Sismica a Rifrazione	Scala:
	1:250
Committente:	Comune di Volterra
Località:	Stadio Comunale
Tavola Gradiente ST10 onde P	
GeoEcho s.n.c. - Via Scilla 26 - 53036 Poggibonsi tel. 0577/932164	

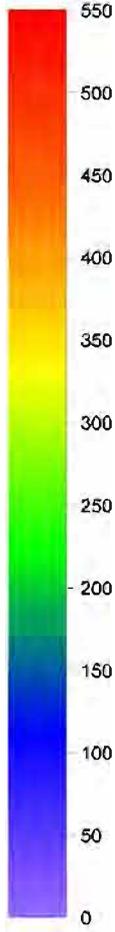
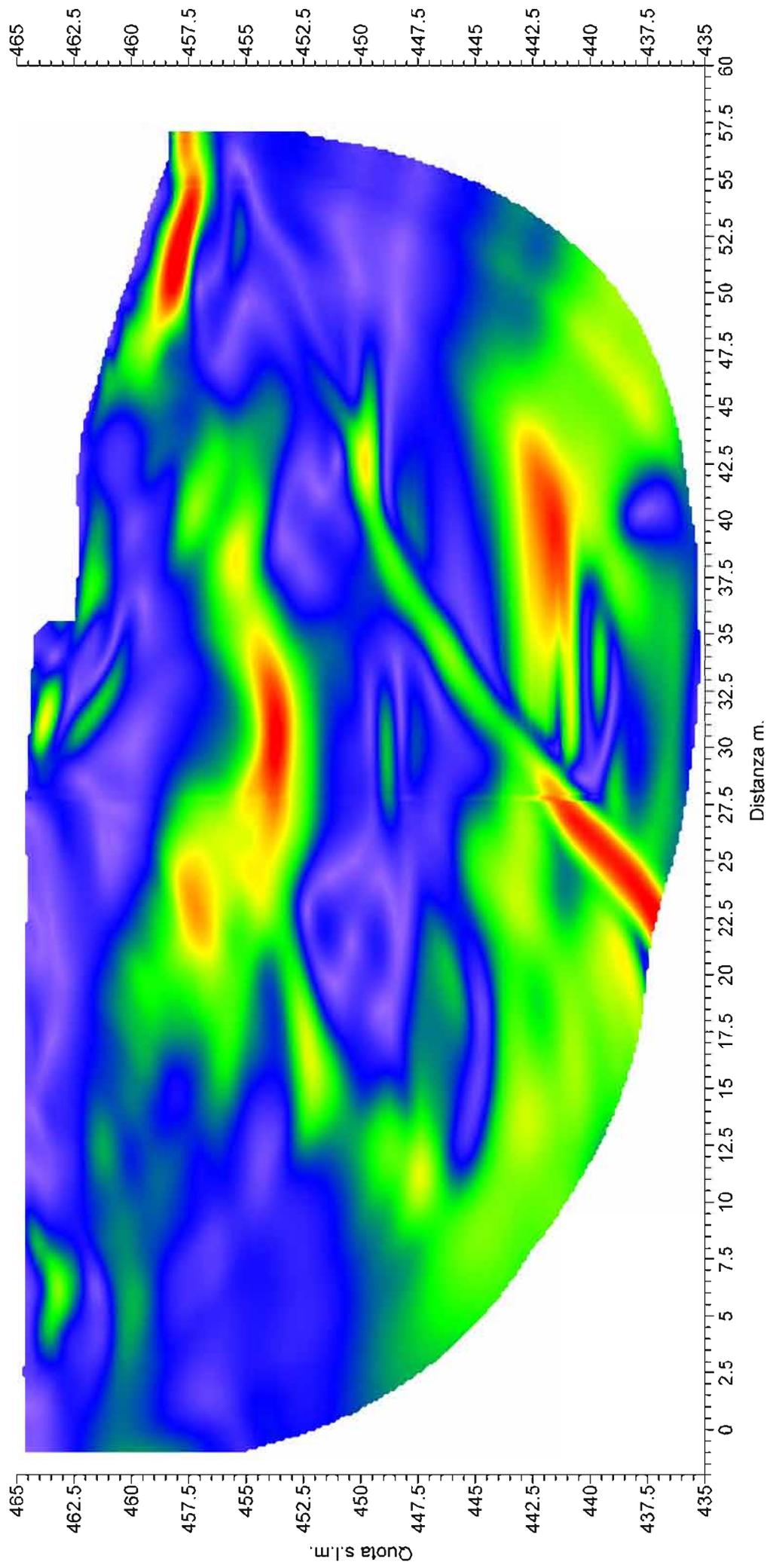


# Linea Sismica ST 10 Tomografia onde P



Indagine Sismica a Rifrazione	Scala:	1:250
	Comittente:	Comune di Volterra
Geofisico s.p.a.	Località:	Stadio Comunale
	Terza ST10 onde P	
GenECHO s.n.c. - Via Sicilia 26 - 53036 Poggibonni tel. 0577/932164		

# Linea Sismica ST 11 Gradiente di Velocità onde P

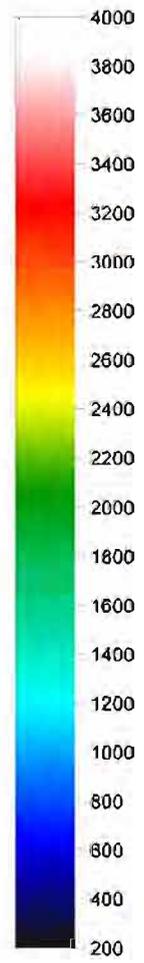
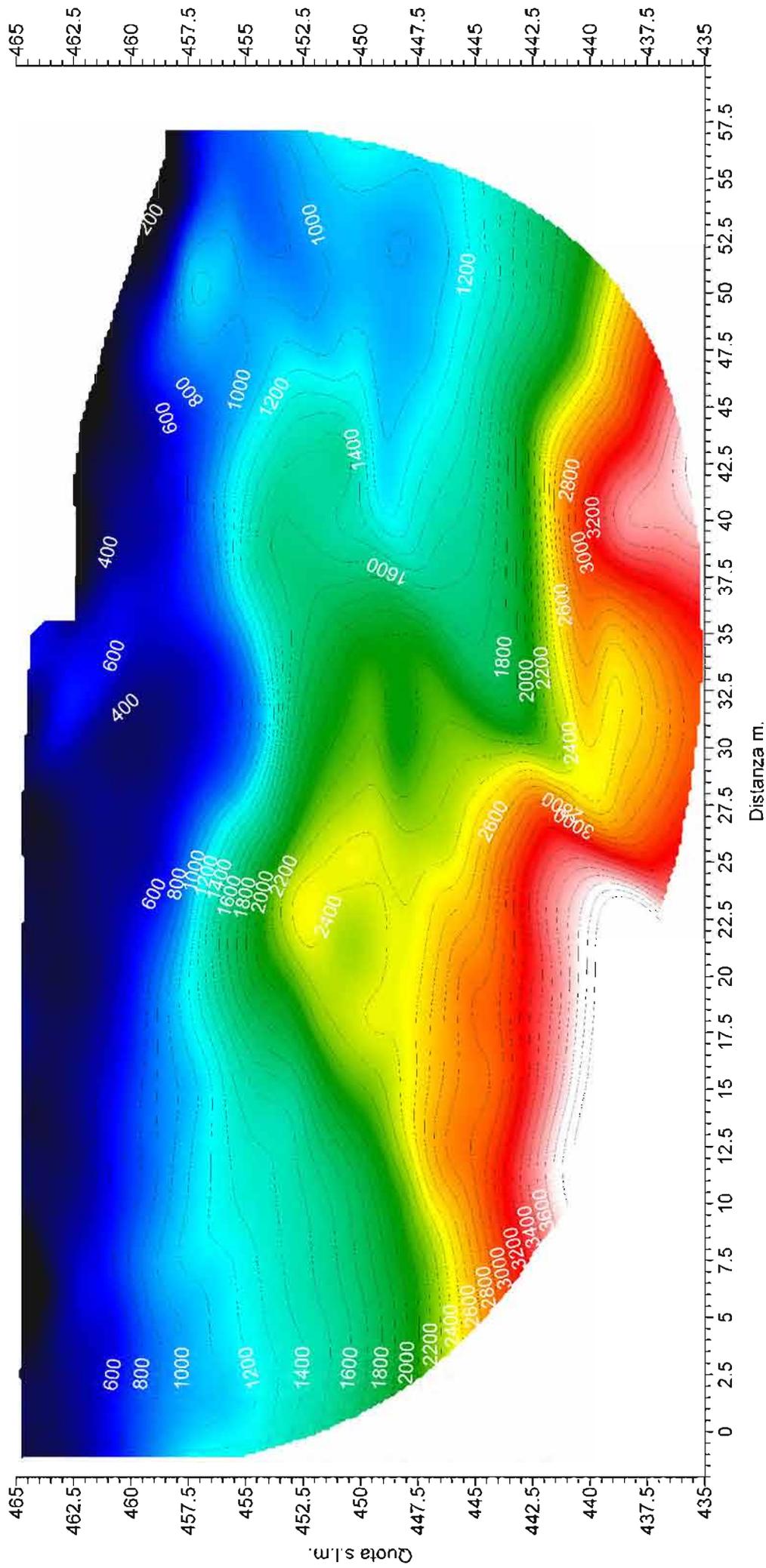


Indagine Sismica a Rifrazione  
Committente:  
Comune di Volterra  
Località:  
Stadio Comunale

Scala:  
1:250

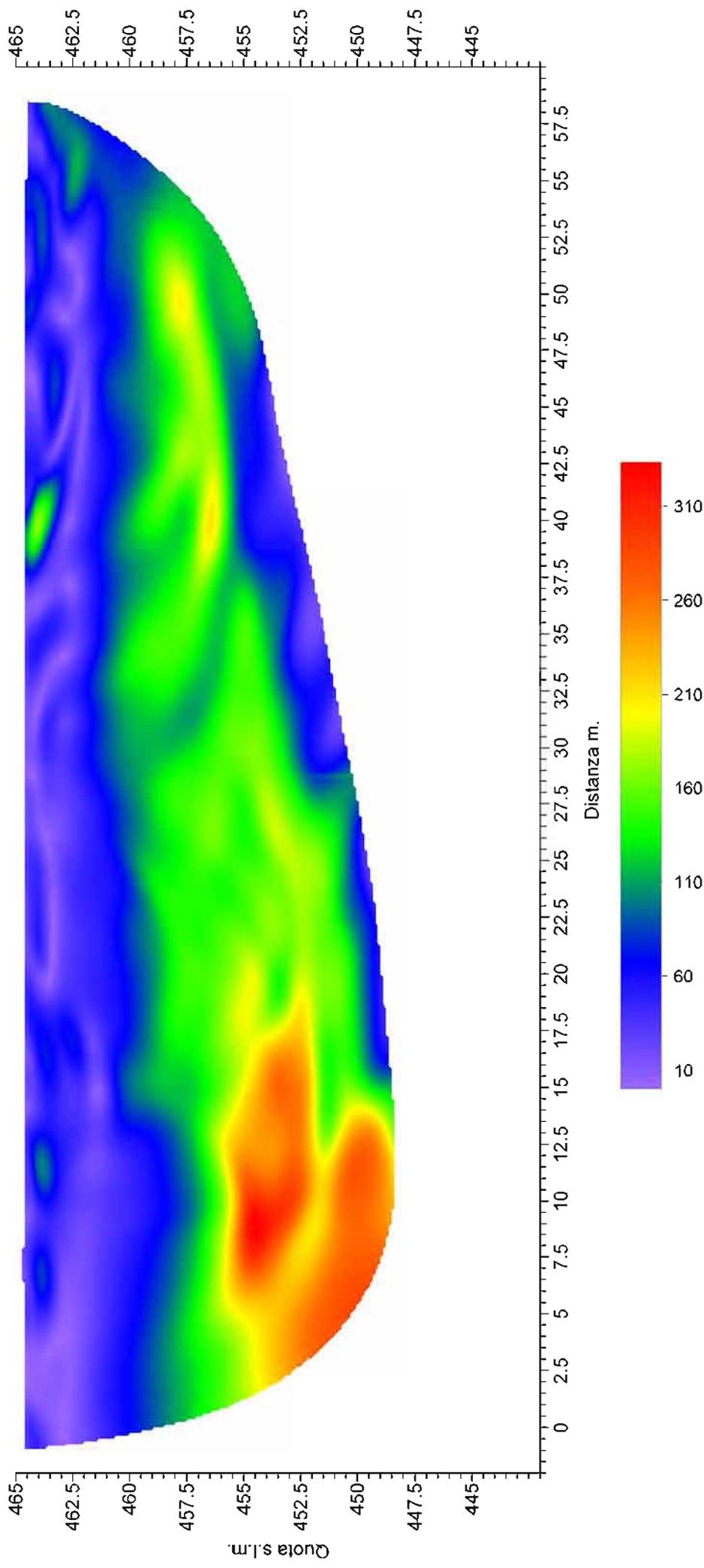
Tavola  
Gradiente ST11 onde P

# Linea Sismica ST 11 Tomografia onde P



	<b>Indagine Sismica e Rifrazione</b> Scala: 1:250	
	Committente: Comune di Volterra	Località: ST11 orole P
	Località: Stadio Comunale	
GeoEcho s.n.c. - Via Sicilia 26 - 53036 Poggibonsi tel. 0577/932164		

# Linea Sismica ST 12 Gradiente di Velocità onde P

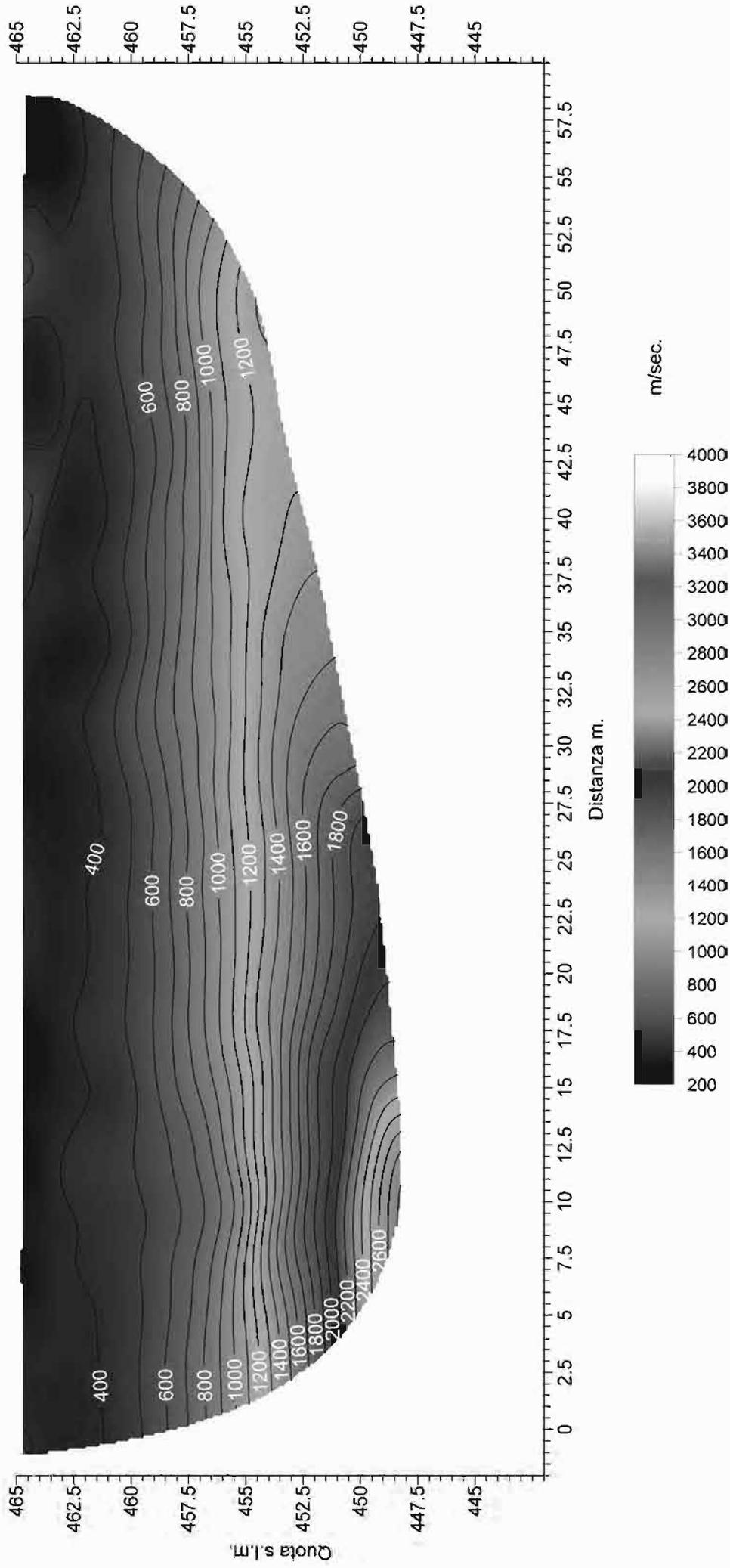


Indagine Sismica a Rifrazione  
Committente:  
Comune di Volterra  
Località:  
Stadio Comunale

Scala:  
1:250

Tavola  
Gradiente ST12 onde P

# Linea Sismica ST 12 Tomografia onde P



	<b>Indagine Sismica a Rifrazione</b>		<b>Scala:</b> 1:250
	<b>Committente:</b> Comune di Volterra		<b>Tavola</b> ST12 onde P
	<b>Località:</b> Stadio Comunale		
GeoEcho s.n.c. - Via Sicilia 26 - 53036 Poggibonsi tel. 0577/932164			