

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio



Provincia di Pistoia



Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



**Consorzio di Bonifica
"Ombrone Pistoiese - Bisenzio"**



Publiacqua

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed approvvigionamento idropotabile in loc. Gello e Laghi Primavera

STRALCIO II PROGETTO DEFINITIVO

Progetto per la messa fuori servizio provvisoria e movimentazione terre
dell'invaso della Giudea in loc. Gello

R.U.P.

Arch. Francesco Bragagnolo

Via XXVII Aprile, 17 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Publiacqua S.p.A.

Via Villamagna, 90/C
50126 Firenze

GRUPPO DI LAVORO PROGETTO DEFINITIVO:

Direttore tecnico:

Ing. Annaclaudia Bonifazi

Collaborazione alla
progettazione:

Progettisti:

Ing. Giovanni Simonelli

Geom. Luca Iacopini

Indagini Idrauliche
Ing. Leonardo Duranti

Geologia:

Geol. Filippo Landini

Indagini Geologiche
Geol. Carlo Ferri



INGEGNERIE TOSCANE S.R.L.
Via Villamagna 90/c - Firenze
Cod. Fisc. e P. I.V.A. 6111950488
Organizzazione con sistema di gestione certificato
dal RINA in conformità alla normativa
ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000

TITOLO:

INDAGINI STORICHE A DISPOSIZIONE

COD.

STII-G1

DATA **MARZO 2014**



S3

S2

S4

S1

SONDAGGIO: S1**LUNGHEZZA (m): 30,0**

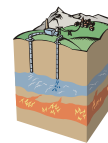
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

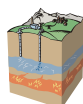
CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 22/01/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Limo argilloso marrone	1,2					
2	Limo sabbioso con inclusi litici e tracce di ossidazione	2,0					
3	Limo argilloso sabbioso grigio scuro debolmente cementato	3,0					
4	Limo argilloso marrone con livelli argillitici diagenizzati grigio scuri						
5							
6	Livello di alterazione delle argilliti di colore grigio scuro marrone	5,6					
7	Argilliti grigio scure con inclusi livelli più marnosi, estremamente friabili	6,2					
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20		20,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S1**LUNGHEZZA (m): 30,0**

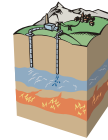
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 22/01/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Granulometria
	Argilliti grigio scure con inclusi livelli più marnosi, estremamente friabili	30,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 0 14 2 7 8 8 0 4 7 9
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S2**LUNGHEZZA (m): 20,0**

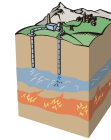
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA INIZIO : 23/01/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Limo argilloso sabbioso marrone	1,5					
2	Limo argilloso marrone chiaro con resti vegetali	3,0					
3	Limo argilloso sabbioso marrone grigio debolmente cementato	5,0					
4	Limo argilloso marrone con livelli argillitici diagenizzati	10,0					
5	Argilliti grigio scure con inclusi livelli più marnosi, estremamente friabili	20,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S3**LUNGHEZZA (m): 20,0**

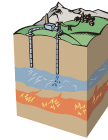
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 08/02/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Terreno vegetale	1,0					
2	Limo sabbioso compatto ocre con clasti arenaceo-siltitici alterati	3,0					
3							
4							C1 3,6-4,0 m
5	Limo argilloso molto consistente grigio-marrone con sporadici inclusi litici siltitici-argillitici	7,3					
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							C2 11,3-11,7 m
13							
14	Argilliti grigio scure con inclusi livelli marnosi, estremamente friabili						
15							
16							
17							
18							
19							
20		20,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S4**LUNGHEZZA (m): 40,0**

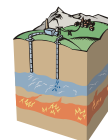
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

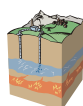
CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 09/02/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Terreno vegetale	1,0					
2	Limo sabbioso compatto ocra con clasti arenaceo-siltitici alterati	4,3					
3							
4							
5	Limo argilloso molto consistente grigio-marrone con sporadici inclusi litici siltitici-argillitici	5,5					
6	Argilliti grigio scure con inclusi livelli marnosi, estremamente friabili						
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S4**LUNGHEZZA (m): 40,0**

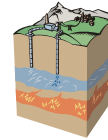
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 09/02/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
	<p>Argilliti grigio scure con inclusi livelli marnosi, estremamente friabili</p>	40,0					


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

SONDAGGIO: S5**LUNGHEZZA (m): 20,0**

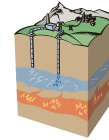
Tip. di perforazione: Carotaggio continuo a rotazione Diam: 101 mm

COMMITTENTE: CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

CANTIERE: BACINO DELLA GIUDEA

LOCALITA': GELLO, PISTOIA

DATA : 12/02/2007


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE		Prof. (m)	Carotaggio (%)	SPT	Pocket (Mpa)	Vane test (kg/cm ²)	Campioni indisturbati
1	Terreno vegetale	1,0					
2	Limo sabbioso compatto ocre con clasti arenaceo-siltitici alterati	3,5					
3							
4							
5	Limo argilloso molto consistente grigio-marrone con sporadici inclusi litici siltitici-argillitici	5,6					
6							
7	Argilliti grigio scure con inclusi livelli marnosi, estremamente friabili	20,0					
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							


**GEOLOGIA &
AMBIENTE S.n.c.**
Indagini Ambientali

 Via Panciatichi 11 - 51100 Pistoia - Tel./Fax 0573366497
 e mail geologiaeambiente@tiscali.it
GEOLOGIA & AMBIENTE snc
 di Naselli Gino & C.
 Via Panciatichi 11 - 51100 PISTOIA
 Tel. - Fax 0573 366497
 P.IVA 01427880479
 e mail: geologiaeambiente@tiscalinet.it

Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio


Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed
approvvigionamento idropotabile in località Gello
e Laghi Primavera

PROGETTO ESECUTIVO

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO

Adempimento prescrizioni lettera S.N.D. Prot.SDI/ 7860 del 16 Dicembre 1996 e verifiche dinamiche

R.U.P.

Dott. Lorenzo Cecchi de' Rossi

Via Traversa della Vergine, 81 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO

Via Traversa della Vergine, 81
51100 Pistoia



GRUPPO DI LAVORO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista

Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista

Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative

Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento ambientale

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris

Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di
modifica degli strumenti vigenti

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici

Geologia e Ambiente S.n.C. : indagini geognostiche

GEOTECNALab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche

Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo,
selezione e trasporto materiale interte

R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per
il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per
l'adeguamento al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche
sismiche (Progettisti: ingg. Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin -
D.L.: ing. Sergio Rizzo)

RELAZIONE GEOLOGICA
All.-Risultati della prova Down-hole nel foro S1/2007
(SO.IN.G.,2007)

COD.

C.3

DATA Luglio 2007

Redatto da: R.T.I. Interstudio - Geotecnica Progetti

Progettisti: Ingg. G. Baldovin, E. Baldovin

3530EAD085-C3-Down-hole

Committente:

GEOLOGIA e AMBIENTE s.n.c.

Cliente:

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

Indagini sismiche down-hole

Sito: Bacino della Giudea - Località Gello - Pistoia

RELAZIONE TECNICA

Ns. Rif.: COM 005/07-OFF_004/07_Geologia e Ambiente_R01

REV	DATA	REDAZIONE	REVISIONE	APPROVAZIONE	DESCRIZIONE
Ø	31/01/07	Dott. Giacomo Luciani	Geol. Enrico Benvenuti	Ing. Paolo Chiara	Emissione

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. SCOPO DEL LAVORO	1
3. INDAGINI SISMICHE DOWN-HOLE (DOWN-HOLE TEST, DHT).	2
3.1 Introduzione	2
3.2 Down-hole Test (DHT).....	2
3.2.1 <u>Premessa</u>	2
3.2.2 <u>Metodologia di misura, strumentazione e piattaforma software impiegati</u>	3
3.2.3 <u>Principi teorici</u>	3
3.3 Risultati delle prove sismiche	5
3.3.1 <u>Introduzione</u>	5
3.3.2 <u>Prova Down-hole</u>	5
4. BIBLIOGRAFIA.....	7

INDICE ALLEGATI

- ALLEGATO 1 – *Indagini geofisiche: misure sismiche*

1. PREMESSA

Secondo le modalità previste nell'offerta "004_07_Geo-Amb-Pistoia_rev00" la scrivente SO.IN.G. Strutture e Ambiente S.r.l. ha ricevuto dalla ditta Geologia e Ambiente s.n.c. l'incarico di condurre la caratterizzazione geofisica con metodologie sismiche down-hole sui terreni in corrispondenza del Bacino della Giudea, in Loc. Gello nel Comune di Pistoia (PT).

I contenuti del presente documento si basano quindi sui risultati emersi dalle attività di acquisizione dati svolte in sito il 26.01.2007. Nel particolare il presente documento si deve intendere basato sui risultati relativi alle seguenti azioni tecniche condotte;

1. Conduzione di prove geofisiche con metodologia sismica down-hole sul foro denominato S1 di profondità pari a 30m.

Tutte le operazioni condotte sono quindi state realizzate secondo gli standard qualitativi richiesti dalla Committenza.

2. SCOPO DEL LAVORO

Lo scopo delle indagini è quello di caratterizzare geodinamicamente i terreni nel sito di indagine. Nel particolare la Committenza ha richiesto il raggiungimento dei seguenti risultati:

- Caratterizzazione delle Velocità di propagazione delle Onde di Compressione e di Taglio delle porzioni di sottosuolo nell'intorno del sondaggio S1, alla base del Bacino idrico della Giudea, fino alla profondità utile del foro pari a 30m;
- caratterizzazione dei principali parametri dinamici relativi al terreno interessato dalla medesima perforazione geotecnica;
- valutazione del parametro Vs30.

3. INDAGINI SISMICHE DOWN-HOLE (DOWN-HOLE TEST, DHT).

3.1 Introduzione

Le indagini DHT sono state condotte con lo scopo di determinare le velocità di propagazione delle onde Vp-Vs e al fine di calcolare i valori dinamici medi relativi ai parametri geotecnici definiti rispettivamente come coefficiente di Poisson, modulo di Young, di Taglio e Compressibilità delle porzioni di terreno indagate. La prova down-hole permette la descrizione del profilo di velocità delle Onde SH lungo i fori di sondaggio, consentendo pertanto di fornire, per fori di lunghezza pari a 30m, le informazioni necessarie al calcolo del parametro Vs30, come stabilito dalla normativa tecnica in materia di progettazione antisismica contenuta nell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 2003.

3.2 Down-hole Test (DHT)

3.2.1 Premessa

La prova sismica DHT è un metodo di indagine sismica finalizzato alla determinazione dei profili di velocità delle onde di taglio SH e di compressione P di depositi di terreno.

I profili di velocità ottenuti dalle misure DHT rappresentano valori di velocità medi sullo spessore degli strati poiché sono calcolati lungo percorsi dei raggi sismici inclinati.

L'importante particolarità di tale metodo è quella di studiare i parametri di stato e di comportamento riferendoli a volumi di terreno rappresentativi dei caratteri megastrutturali dei depositi attraverso misure capaci di dare valori medi e non puntuali dei parametri geotecnici dei geomateriali.

Caratteristica essenziale del metodo sismico utilizzato è quella di consentire la determinazione dei parametri di deformabilità riferendoli a valori molto bassi dei livelli di deformazione ($<10^{-5}m$), al di sotto della soglia di deformazione lineare ciclica.

Per l'interpretazione dei dati è stata usata la tecnica "pseudo-interval", che rappresenta un metodo per intervalli nel quale la velocità delle onde P e SH è calcolata come rapporto tra la distanza di due successive posizioni di ricevitori triassiali e la differenza tra i corrispondenti tempi di percorrenza acquisita su posizioni consecutive dei sensori alle diverse quote di spostamento lungo il foro. Nel nostro caso le misurazioni sono state eseguite ogni metro.

I parametri calcolabili con l'ausilio del metodo DHT sono:

- il Coefficiente di Poisson dinamico,
- il modulo di elasticità dinamico (o di Young),
- il modulo di taglio dinamico (o modulo di rigidità),
- il Bulk modulus (modulo di incompressibilità) e pertanto

- il modulo di compressibilità dinamico.

Le prove sono state eseguite secondo le istruzioni tecniche e le modalità esecutive contenute nelle Istruzioni tecniche fornite dalla Committenza.

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

3.2.2 Metodologia di misura, strumentazione e piattaforma software impiegati

La sorgente del segnale sismico per onde SH è costituita da una barra in legno di circa 2m di lunghezza con un carico verticale applicato di circa 750 Kg. Lo sforzo di taglio è trasmesso colpendo orizzontalmente con una massa battente la barra, alternativamente sui due lati (con lo scopo di trasmettere impulsi a polarità invertite). Lo sforzo di compressione è invece trasmesso attraverso una massa battente verticale su di una piastra in alluminio; i sistemi di energizzazione sono stati posizionati a 1.2m dalla boccaforo. I ricevitori, all'interno del foro di sondaggio, sono stati posti in modo tale che la velocità di propagazione delle onde di volume caratteristica dei vari strati di terreno potesse essere misurata ogni metro.

Spostando i ricevitori (geofoni triassiali solidali da foro) a diverse profondità è possibile ottenere un dettagliato profilo di velocità delle onde SH e P.

L'accoppiamento meccanico tra le pareti del "casing" del foro e i ricevitori all'interno del foro stesso, nell'indagine in oggetto, è stato reso possibile con appositi sistemi di ancoraggio pneumatico.

I ricevitori utilizzati sono costituiti da un sistema tridimensionale composto da tre geofoni, a frequenza propria di 10Hz, della Geospace (USA), orientati nelle tre dimensioni dello spazio.

Il sismografo utilizzato per le misure sismiche è un SUMMIT Compact™, uno strumento della DMT (Germania) con convertitore analogico digitale a 24bit.

I dati sono stati processati su una piattaforma Windows Xp Professional usando il pacchetto software Reflex™ (Germania).

3.2.3 Principi teorici

Per la determinazione dei moduli dinamici a partire dalla distribuzione di velocità delle onde di compressione P e di taglio SH, occorre assumere che il geomateriale indagato sia un mezzo omogeneo, elastico ed isotropo. Nel nostro caso, come per la maggior parte, tale assunzione risulta un'approssimazione.

In ogni caso, facendo riferimento alle supposizioni introdotte, è possibile risalire al coefficiente di Poisson (in tale contesto denominato con σ , in altri comunemente definito con ν), tramite la seguente relazione \diamond

$$\sigma = \frac{\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 2}{2\left[\left(\frac{V_P}{V_S}\right)^2 - 1\right]} \quad \diamond$$

e al modulo di Young tramite la \diamond

$$E = \frac{(1-2\sigma)(1+\sigma)}{(1-\sigma)} \rho V_P^2 \quad \diamond$$

I valori dinamici calcolati con tali tecniche possono risultare differenti dai valori provenienti da prove di tipo statico puntuali (normalmente anche di un ordine di grandezza), specie in tipologie di materiali quali quelli in oggetto.

Sono inoltre esprimibili come funzioni dalle costanti elastiche dinamiche E e σ la compressibilità β e di conseguenza il *Bulk modulus* ($k = 1/\beta$ (Milton B. et alii, 1988), cioè come relazione tra le costanti di dilatazione cubica, risultanti dalla combinazione degli sforzi lineari di compressione e di taglio in dipendenza delle relative costanti:

$$k = \frac{E}{3(1-2\sigma)}$$

e il modulo di rigidità o di taglio μ (altrimenti indicato con la lettera G) :

$$\mu = \frac{E}{2(1+\sigma)}$$

\diamond Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, Introduction to Rock Mechanics, second Edition, John Wiley & Sons

\diamond Milton B. Dobrin, Carl H. Savit, 1988, Introduction to Geophysical Prospecting, fourth Edition, McGraw-Hill International Editions e R.E. Goodman, 1989, Introduction to Rock Mechanics, second Edition, John Wiley & Sons

3.3 Risultati delle prove sismiche

3.3.1 Introduzione

La prova Down-Hole è stata condotta sul foro geotecnico S1 posto alla base della Giudea, nel Comune di Pistoia, in Loc. Gello. Di tale foro S1, eseguito a carotaggio, la stratigrafia essenziale è consultabile negli elaborati forniti dalla Geologia e Ambiente s.n.c..

La profondità disponibile nel foro ai fini dell'esecuzione della prova è stata pari a 30m.

I Risultati completi della prova e l'interpretazione degli stessi, sono reperibili nell'Allegato 1, alle Tavole 1, 2 e 3.

Nelle tavole e nei grafici relativi sono riportati, alle diverse profondità nel sottosuolo indagato, i valori delle velocità delle onde P ed S, i valori del Coefficiente di Poisson (qui indicato col simbolo σ), del Modulo di Young dinamico (E), del Modulo di Rigidità o di Taglio (μ) e la Compressibilità β calcolati così come descritto nel §3.2.3. Nella Tavola 2 sono inoltre state schematizzate le velocità intervallari medie per la lunghezza del foro indagato e i sismogrammi assemblati delle Onde P e SH secondo l'interpretazione corretta per tempi verticali; nella Tavola 3 sono rappresentate le dromocrone relative ai sismogrammi assemblati delle onde P e SH corrette per tempi verticali.

È stato possibile produrre misure efficaci fino a -1m dal piano campagna.

I valori del modulo di elasticità (o di Young) E si riferiscono ad un modulo cosiddetto "dinamico", e sono stati ottenuti facendo riferimento ad un valore medio di densità per le formazioni attraversate così comprese:

Foro S1:

- tra 0m e 6m di profondità da boccaforo è stato utilizzato un valore medio di densità pari a 1900 kg/m³; tra -7m e -18m da boccaforo, pari a 2200 kg/m³; tra -19m e -30m, pari a 2300 kg/m³.

I valori di densità utilizzati scaturiscono da dati di letteratura su medesimi materiali e dall'esperienza della scrivente su valori di campioni reperiti in zona e messi a disposizione dalla Committente.

Come già riferito nei precedenti paragrafi, la prova sismica Down-hole è stata condotta eseguendo le misure lungo il foro di sondaggio, con una frequenza pari ad una lettura ogni 1 metro.

3.3.2 Prova Down-hole

L'analisi dei campi di velocità delle onde di compressione P, (Tavole 1, 2 e 3, Allegato1), delinea valori compresi tra circa 600 m/s e 2980 m/s; i valori delle onde di taglio SH variano in un rango compreso tra circa 250 m/s e 890 m/s.

Foro S1

Si individuano 3 intervalli di velocità medie intervallari a partire dalla quota a -30m dal p.c. fino alla quota -1m dalla boccaforo. Tali intervalli sono caratterizzati dalle seguenti profondità e velocità delle onde P e SH medie:

- Per i terreni compresi tra -30m e -19m, il valore medio di velocità intervallare delle onde P (V_p) è di 2774 m/s, quello delle onde SH (V_s) è di 800 m/s;
- tra -18m e -7m circa, il valore medio di velocità delle onde P (V_p) è di 2511 m/s, quello delle onde SH (V_s) è di 523 m/s;
- tra -6m e -1m circa, il valore medio di velocità delle onde P (V_p) è di 926 m/s, quello delle onde SH (V_s) è di 282 m/s;

I valori medi dei moduli dinamici calcolati con la metodologia Down-hole, (Allegato 1, Tavola 1), permettono di osservare una buona corrispondenza tra l'andamento di questi ultimi e la distribuzione stratigrafica dei materiali ricostruita per mezzo delle carote recuperate dal sondaggio S1 e consultabili negli allegati Geologia e Ambiente s.n.c..

Il parametro V_{s30} , introdotto dalla normativa tecnica in materia di progettazione antisismica "D.P.C.M. n° 3274/2003", calcolato rispetto ai valori medi delle velocità di intervallo al di sotto del piano campagna, è ottenuto mediante l'espressione

$$V_{s30} = 30 \frac{1}{\sum_1^N \frac{h_i}{V_i}}$$

Il valore calcolato del parametro V_{s30} è pari a 506m/s, riconducibile ad un suolo di tipo B.

SO.IN.G. Strutture e Ambiente S.r.l.

Livorno, 31.01.2007

4. BIBLIOGRAFIA

COFFEEN, J.A., 1978. "Seismic exploration fundamentals". Pubb. Co.

DOBRIN, M.B., 1976. "Introduction to Geophysical prospecting". McGraw-Hill Book Co.

GOODMAN R.E., (1989). "Introduction to Rock Mechanics", second Edition, John Wiley & Sons.

MILTON B. DOBRIN, CARL H. SAVIT, (1998). "Introduction to Geophysical Prospecting", fourth Edition, McGraw-Hill International Editions.

NOLET, G., 1987. "Seismic wave propagation and seismic tomography". In Seismic Tomography. G.Nolet (ed.), 1-23. D.Reidel Pub. Co.

TELFORD, W.M., GELDART, P.P, SHERIFF, R.E., KEYS, D.A., 1976: "Applied Geophysics". Cambridge University Press.

YILMAZ, O., 1988. "Seismic data processing". SEG, Society of Exploration Geophysicists.

ALLEGATO 1

Indagini geofisiche: misure sismiche

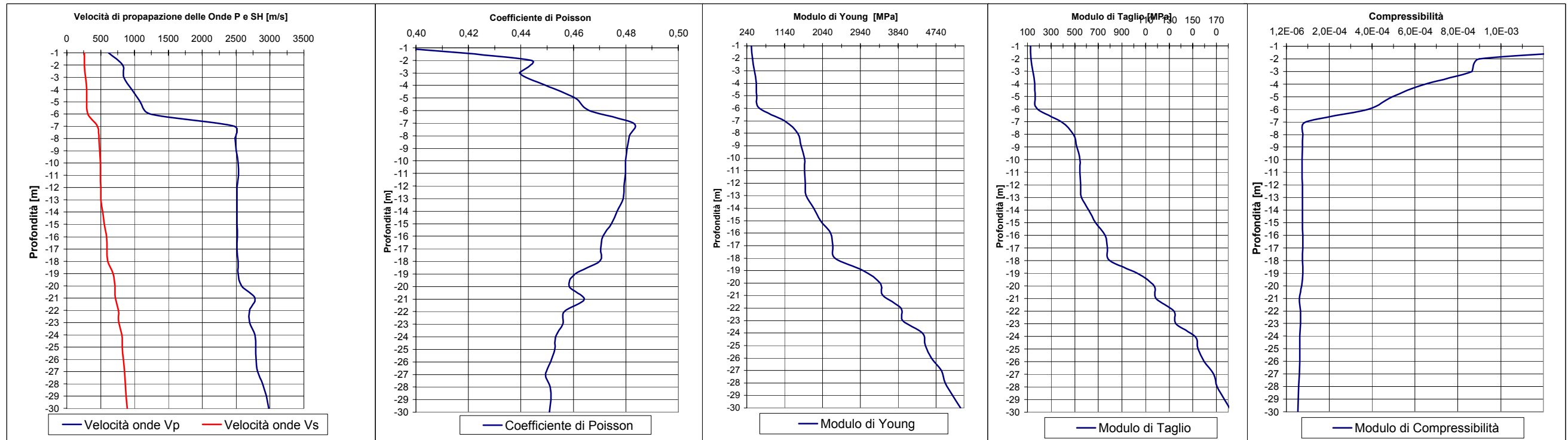
Cantiere: Geologia e Ambiente Snc - Consorzio Ombrone Bisenzio - Loc. Gello Pistoia (PT)

Data misure: 26/01/2007
TAVOLA 1

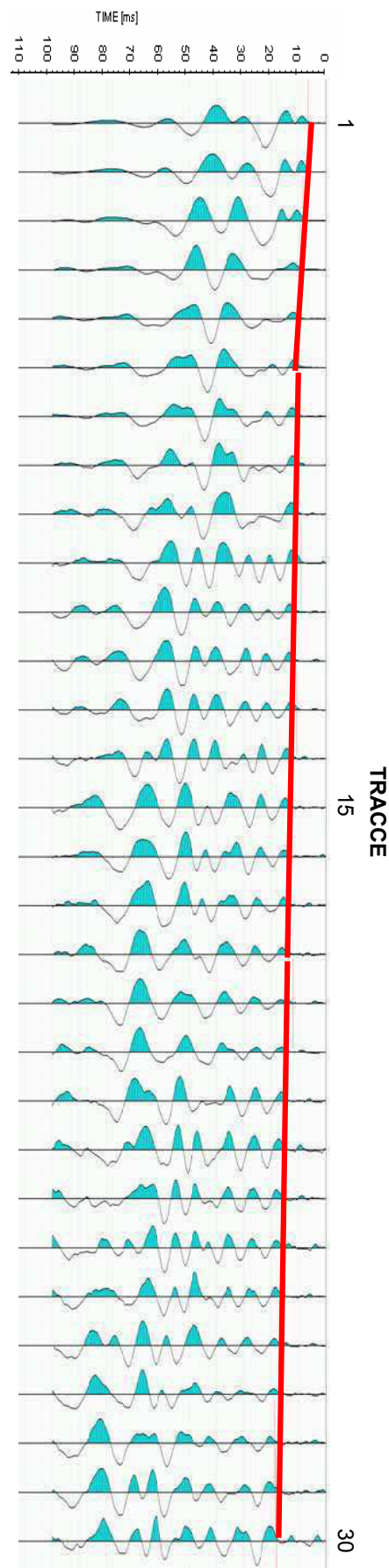
FORO S 1

Lunghezza utile per 30m

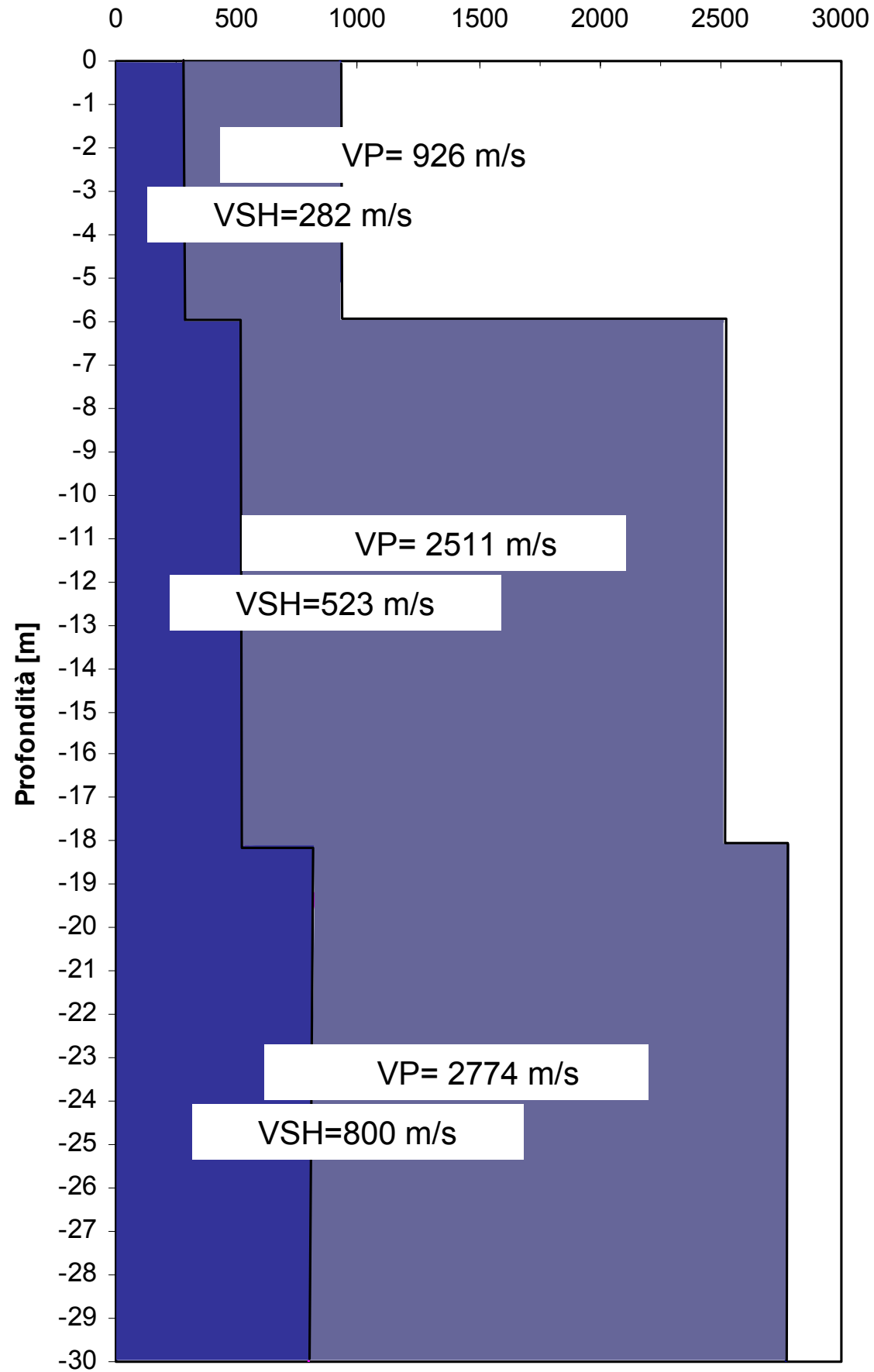
Profondità [m]	Distanza Δx [m]	tempi [s] Vp	tempi [s] Vs	Densità [kg/m3]	Vp [m/s]	Vs [m/s]	(Vp/Vs) ²	Poisson (σ)	Young [MPa] (E)	Taglio [MPa] (μ)	Bulk Modulus [MPa] (κ)	Compressibilità (1/κ)
-30	1	0.016190000	0.0571400	2300	2983	892	11,18	0,45	5314	1831	18029	0,000055
-29	1	0.015855000	0.0560200	2300	2948	877	11,31	0,45	5131	1768	17632	0,000057
-28	1	0.015516000	0.0548800	2300	2888	861	11,24	0,45	4954	1707	16911	0,000059
-27	1	0.015170000	0.0537200	2300	2819	854	10,89	0,45	4864	1678	16039	0,000062
-26	1	0.014815500	0.0525500	2300	2795	833	11,27	0,45	4629	1595	15842	0,000063
-25	1	0.014458000	0.0513500	2300	2791	819	11,61	0,45	4483	1543	15859	0,000063
-24	1	0.014100000	0.0501300	2300	2775	812	11,67	0,45	4410	1518	15691	0,000064
-23	1	0.013740000	0.0489000	2300	2700	768	12,36	0,46	3949	1356	14959	0,000067
-22	1	0.013370000	0.0475900	2300	2699	763	12,51	0,46	3902	1339	14969	0,000067
-21	1	0.012999000	0.0462900	2300	2775	719	14,92	0,46	3477	1188	16131	0,000062
-20	1	0.012640000	0.0449000	2300	2577	713	13,05	0,46	3414	1170	13717	0,000073
-19	1	0.012252500	0.0463000	2300	2531	684	13,70	0,46	3006	1029	12723	0,000079
-18	1	0.011858000	0.0448400	2200	2528	601	17,66	0,47	2340	796	12993	0,000077
-17	1	0.011463000	0.0431800	2200	2514	594	17,91	0,47	2284	777	12872	0,000078
-16	1	0.011066000	0.0415000	2200	2520	587	18,43	0,47	2231	758	12960	0,000077
-15	1	0.010670000	0.0398000	2200	2513	554	20,56	0,47	1993	676	12991	0,000077
-14	1	0.010273000	0.0380000	2200	2512	530	22,43	0,48	1828	619	13057	0,000077
-13	1	0.009876000	0.0361200	2200	2511	503	24,87	0,48	1649	558	13126	0,000076
-12	1	0.009479000	0.0341400	2200	2509	501	25,13	0,48	1631	551	13118	0,000076
-11	1	0.009082000	0.0321500	2200	2533	498	25,90	0,48	1613	545	13389	0,000075
-10	1	0.008689000	0.0301500	2200	2531	497	25,90	0,48	1610	544	13362	0,000075
-9	1	0.008296000	0.0281500	2200	2502	484	26,66	0,48	1529	516	13079	0,000076
-8	1	0.007899000	0.0261000	2200	2484	472	27,70	0,48	1452	490	12923	0,000077
-7	1	0.007500000	0.0240000	2200	2471	449	30,25	0,48	1137	383	11088	0,000090
-6	1	0.007100000	0.0218000	1900	1230	310	15,70	0,47	536	183	2629	0,000380
-5	1	0.006300000	0.0186300	1900	1084	293	13,69	0,46	477	163	2016	0,000496
-4	1	0.005400000	0.0153000	1900	961	291	10,89	0,45	467	161	1539	0,000650
-3	1	0.004400000	0.0120000	1900	842	276	9,27	0,44	418	145	1153	0,000867
-2	1	0.003300000	0.0086500	1900	822	261	9,92	0,44	374	129	1111	0,000900
-1	1	0.002300000	0.0055000	1900	615	257	5,72	0,39	350	126	551	0,001815



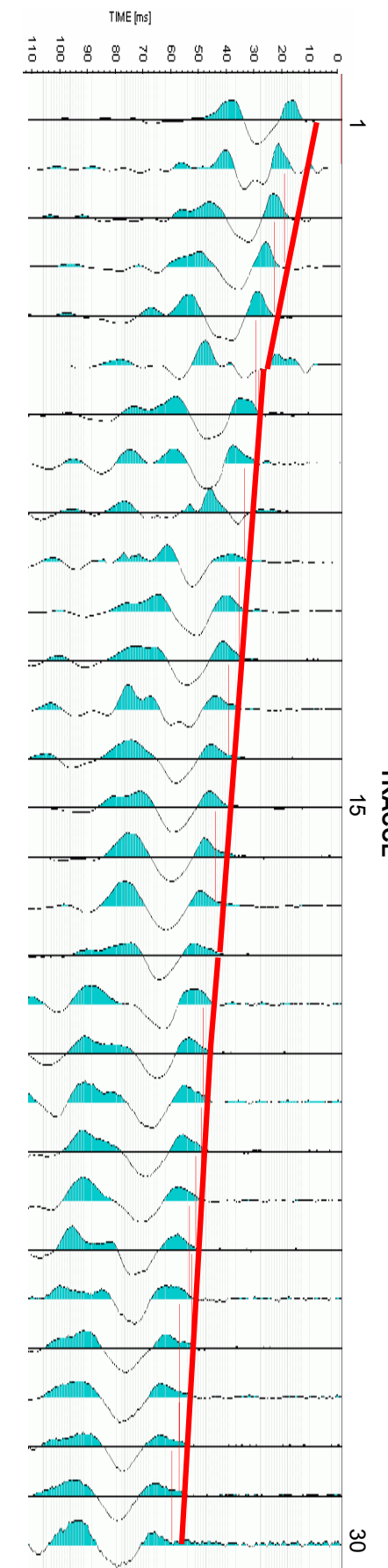
Onde P – Interpretazione



Velocità Intervallari medie – [m/s]



Onde SH – Interpretazione



SO.IN.G. Strutture e Ambiente srl
Via Aiaccia 16° - 57017 Livorno
www.soing.it



PROGETTO

TEST DI CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO CON METODOLOGIE SISMICHE DOWN HOLE

SITO

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO
Loc. GELLO (PISTOIA)
BACINO DELLA GIUDEA

CLIENTE

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

COMMITTENTE

Geologia e Ambiente s.n.c.

RIFERIMENTI INTERNI

COMM005_07 – OFF.004/07

OGGETTO

Indagini sismiche Down-hole (DH)

Sismogrammi Onde P e SH
Interpretazione Tempi Verticali

Interpretazione e
Rappresentazione Velocità
intervallari medie

Pag. 2 di 3

TAVOLA 2

EMISSIONE	DATA	31/01/2007
-----------	------	------------

ELABORAZIONE	G. LUCIANI
VERIFICA	E. BENVENUTI
APPROVAZIONE	P. CHIARA

REVISIONE	N°	00
-----------	----	----

PROGETTO

TEST DI CARATTERIZZAZIONE DEL
SOTTOSUOLO CON METODOLOGIE
SISMICHE DOWN HOLE

SITO

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO
Loc. GELLO (PISTOIA)
BACINO DELLA GIUDEA

CLIENTE

CONSORZIO OMBRONE BISENZIO

COMMITTENTE

Geologia e Ambiente s.n.c.

RIFERIMENTI INTERNI

COMM005_07 – OFF.004/07

OGGETTO

Indagini sismiche Down-hole (DH)

Dromocrone Onde P e SH
Interpretazione Tempi Verticali

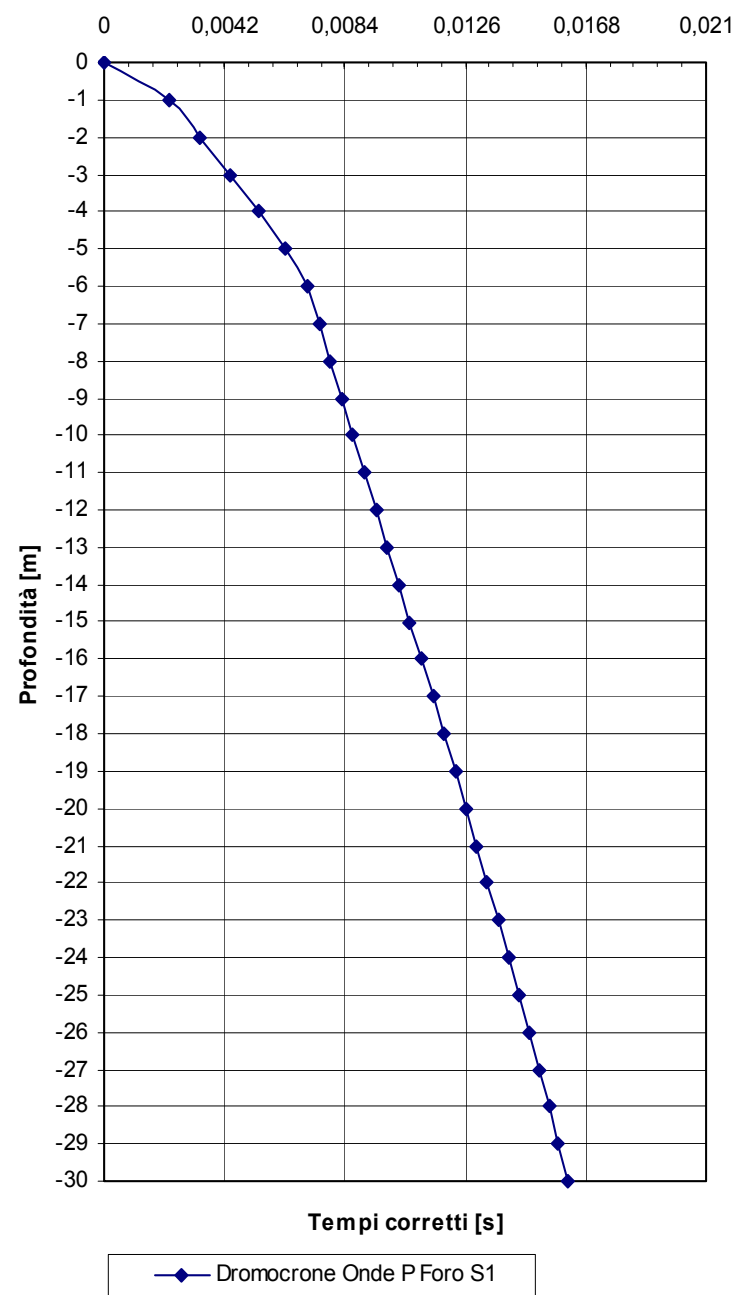
Interpretazione e
Rappresentazione Velocità
intervallari medie

Pag. 3 di 3

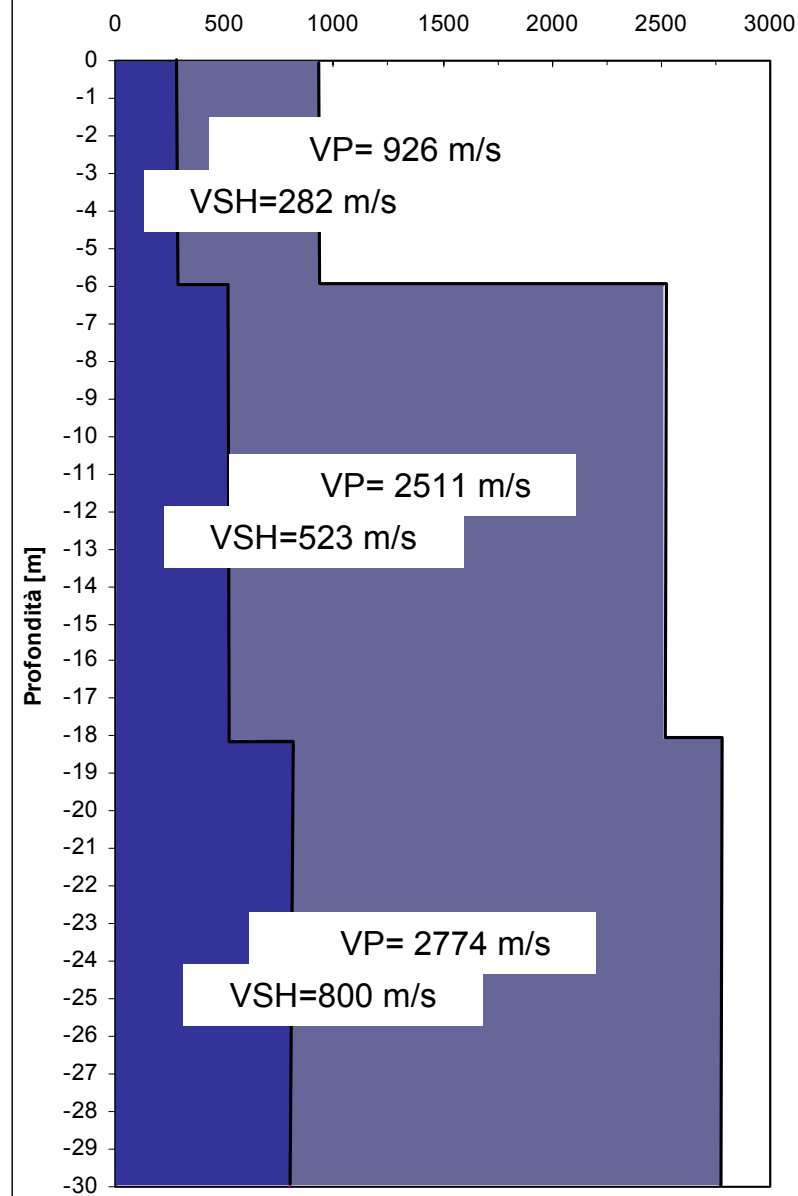
TAVOLA 3

EMISSIONE	DATA	31/01/2007
ELABORAZIONE		G. LUCIANI
VERIFICA		E. BENVENUTI
APPROVAZIONE		P. CHIARA
REVISIONE	N°	00

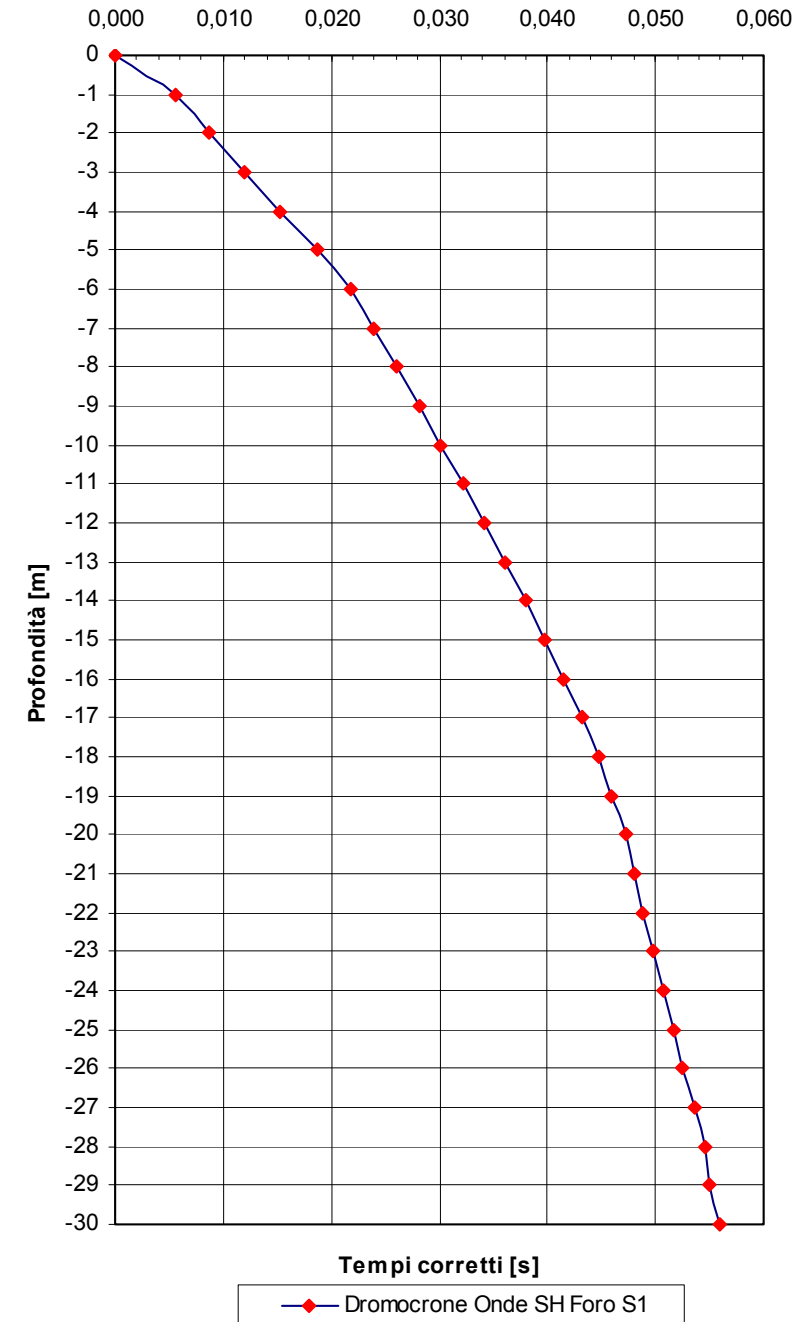
Onde P – Interpretazione



Velocità Intervallari medie – [m/s]



Onde SH – Interpretazione



Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio


Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed
approvvigionamento idropotabile in località Gello
e Laghi Primavera

PROGETTO ESECUTIVO

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO

Adempimento prescrizioni lettera S.N.D. Prot.SDI/ 7860 del 16 Dicembre 1996 e verifiche dinamiche

R.U.P.

Dott. Lorenzo Cecchi de' Rossi

Via Traversa della Vergine, 81 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO

Via Traversa della Vergine, 81
51100 Pistoia



GRUPPO DI LAVORO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista

Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista

Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative

Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento ambientale

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris

Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di
modifica degli strumenti vigenti

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici

Geologia e Ambiente S.n.C. : indagini geognostiche

GEOTECNALab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche

Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo,
selezione e trasporto materiale interte

R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per
il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per
l'adeguamento al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche
sismiche (Progettisti: ingg. Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin -
D.L.: ing. Sergio Rizzo)

RELAZIONE GEOLOGICA

All.-Risultati delle indagini sismiche a rifrazione
eseguite lungo il tracciato della nuova galleria di
scarico in progetto (D.R.E.A.M.,2007)

COD.

C.4

DATA Luglio 2007

Redatto da: R.T.I. Interstudio - Geotecnica Progetti

Progettisti: Ingg. G. Baldovin, E. Baldovin

3530EAD086-C4-Ind_sism

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l.

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

Tel. 0573/365967 – Fax 0573/34714 – bizzarri@dream-italia.it

1. Premessa

La presente nota illustra gli esiti di una campagna sismica a rifrazione eseguita in asse al canale di scarico che dovrà essere realizzato in località Gello, nel Comune di Pistoia, presso il Bacino della Giudea.

Scopo del lavoro è la valutazione della posizione, nel sottosuolo, di rifrattori sismici al fine di fornire una ricostruzione stratigrafica, montata su una sezione ricavata da apposito rilievo topografico di dettaglio, in corrispondenza delle opere in progetto.

Su tale allineamento sono posizionati sondaggi a carotaggio continuo che ci hanno permesso una migliore interpretazione dei risultati e, soprattutto, una più accurata determinazione dei litotipi presenti nel sottosuolo.

2. Principi

La sismica attiva utilizza le onde sismiche (sonore), la cui propagazione dipende dalle caratteristiche elastiche del mezzo e quindi i principi di tale metodologia si fondano sulla teoria dell'elasticità. Le onde sismiche (sonore) viaggiano nel sottosuolo a diverse velocità attraverso i diversi litotipi e subiscono sulle superfici di discontinuità geologica i fenomeni della riflessione, rifrazione e diffrazione. A seconda che si utilizzino le onde riflesse o le onde rifratte (che subiscono solo rifrazioni secondo l'angolo critico) si hanno i due metodi di prospezione sismica: quello a riflessione e quello a rifrazione.

Tutte le metodologie della sismica si basano sulla tecnica di generare onde sismiche in un punto del terreno (tramite piccole cariche esplosive, un apposito fucile esploditore, una mazza battente, etc.) e di rilevarne l'arrivo, mediante sensori (geofoni), in altri punti. Attraverso lo studio dei tempi di percorso e quindi delle velocità si può risalire alla disposizione geometrica e alle caratteristiche meccanico-elastiche dei litotipi presenti al di sotto della zona di indagine.

Un'onda può essere definita come un disturbo elastico che si propaga da punto a punto attraverso un materiale, o sulla sua superficie senza che ciò implichi uno spostamento definitivo di materiale. Tranne che nelle immediate vicinanze di una sorgente sismica naturale, solitamente una faglia, le rocce tornano nella posizione di partenza, dopo il passaggio dei moti transienti prodotti dalla stessa sorgente. Vibrazioni di questo tipo producono piccole deformazioni elastiche, in risposta alle forze agenti all'interno delle rocce (stress). La teoria dell'elasticità lineare fornisce le relazioni matematiche per descrivere, mediante deformazioni e stress, il moto del materiale (chiamato di solito impropriamente suolo o terreno) causato da una sorgente sismica. Applicate le giuste condizioni al contorno tale moto è descrivibile attraverso funzioni oscillanti del tempo (onde).

Nello studio di un mezzo solido un concetto estremamente utile è quello di continuo; la materia è descritta come una quantità distribuita continuamente nello spazio ed omogeneamente lungo le tre dimensioni. La sismologia considera inoltre fenomeni che producono deformazioni piccole avvenute in piccoli periodi di tempo (nel caso specifico pochi millisecondi). In questo modo è possibile applicare, per la descrizione dei nostri fenomeni, la teoria della deformazione infinitesima.

3. Programma di calcolo utilizzato

InterSism è un programma che permette di eseguire l'intero processo di elaborazione di una sezione sismica utilizzando il metodo della rifrazione. Il programma è in grado di eseguire ogni fase

D.R.E.A.M. S.C.R.L.

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

Tel. 0573 365967 Fax 0573 34714

dell'elaborazione in modo completamente automatico, pur lasciando la possibilità di intervenire manualmente per garantire un completo controllo del processo di calcolo.

Il programma InterSism estrae i dati di campagna direttamente da file in formato compatibile oppure permette di inserire direttamente i valori dei Primi Arrivi, richiedendone l'eventuale completamento qualora alcune informazioni, ad esempio la posizione dei geofoni o degli spari, non fossero state memorizzate nello strumento.

La prima fase dell'elaborazione consiste nella determinazione dei Primi Arrivi; il programma utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra i tempi identificati e quelli derivati dall'interpolazione dei geofoni adiacenti. I Primi Arrivi possono quindi essere verificati ed eventualmente corretti manualmente operando direttamente sui segnali originali.

La seconda fase consiste nel calcolo delle dromocrone; InterSism può elaborare fino a nove spari, di cui tre interni allo stendimento, ed utilizza un procedimento di ricerca di minimo sviluppato in forma analitica che garantisce il riconoscimento delle dromocrone che in assoluto presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo precedentemente determinati. E' importante sottolineare che per poter eseguire correttamente le successive fasi della elaborazione è indispensabile che gli spari effettuati alle estremità dello stendimento contengano segmenti di dromocrone relative a tutti gli strati attraversati.

Nella prima fase il programma lavora sulle singole dromocrone, nell'ipotesi che il numero di strati sia quello scelto dall'utente, e determina ogni possibile distribuzione dei punti di ginocchio; quindi confronta i risultati ottenuti per le diverse dromocrone al fine di identificare, fra tutte le possibili combinazioni di punti di ginocchio, quella che minimizza gli scarti quadratici medi delle velocità di ogni strato, riuscendo così ad assegnare i segmenti delle dromocrone ai rifrattori corretti.

Anche in questo caso è possibile intervenire manualmente sia in termini di numero di strati interessati da ciascuno sparo sia in termini di posizione dei punti di ginocchio.

Successivamente alla costruzione delle dromocrone ed alla determinazione della velocità di propagazione del segnale sismico nei diversi strati di terreno, InterSism passa all'applicazione del Metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) per l'identificazione della geometria dei rifrattori: il programma utilizza una procedura automatizzata che, partendo da un valore di XY di tentativo pari a zero (con cui ottiene la funzione tempo-profondità convenzionale) e dalla profondità presunta (precedentemente calcolata al disotto di ciascun geofono), sperimenta diversi valori XY al fine di determinare la distanza XY ottimale, cioè la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergo in prossimità dello stesso punto sul rifrattore.

4. Analisi dei risultati

Le sezioni individuano uno spessore di terreno ad omogenee caratteristiche geofisiche, che in base al risultato delle indagini geognostiche attribuiamo costituito da una coltre detritica di origine eluvio colluviale posta a profondità variabili e comprese da poche decine di centimetri a qualche metro (vedi tabelle allegate all'interpretazione di ciascun stendimento).

A maggiori profondità vi è un livello, con caratteristiche geofisiche migliori, che si interpone tra i materiali di copertura e il substrato, prevalentemente argillitico.

Il sismografo utilizzato è un DOLANG DBS 270 TK a 12 canali con possibilità di incremento e sovrapposizione del segnale di energizzazione, realizzato con mazza battente, e frequenza di campionamento di 2.700 Hz.

La campagna geofisica a rifrazione si è composta di tre stendimenti ubicati (v. Figura in allegato) in asse al canale di scarico della diga indicato in campagna mediante picchetti in legno e, verso la diga, da una stretta fascia di terreno pulita dalla specie arboree ed arbustive.

Gli stendimenti denominati Gello 1, Gello 2 e Gello 3 partono dall'interno del bacino fino a raggiungere la fine del manufatto in progetto per una lunghezza di circa 240 m lineari.

Non ci è stato possibile avvicinarsi, come avremmo voluto, al margine del lago in quanto il terreno, completamente imbevuto di acqua, ci ha impedito di ottenere una efficace energizzazione sismica del suolo.

Nel primo stendimento (Gello 1) abbiamo utilizzato un interasse tra i punti di registrazione, geofoni, di 5 m con una distanza di scoppio, esterna allo stendimento, di 5 m, in andata e in ritorno. Nel secondo (Gello 2) e terzo stendimenti (Gello 3) la distanza intergeofonica è stata pari a 6 m con scoppi esterni ancora a distanza intergeofonica. In tutti gli stendimenti eseguiti si sono realizzati scoppi in posizioni mediane.

L'interpretazione dei risultati è stata effettuata analizzando ciascun treno d'onde, registrato da ogni geofono, misurando il tempo di primo arrivo dei fronti d'onda rifratti.

Nelle tabelle allegate sono riportati i principali dati che hanno permesso l'individuazione di una sezione sismica con individuati gli spessori di terreno caratterizzati da omogenee velocità delle onde sismiche rifratte.

Si è, inoltre, prodotta una sezione che compendia l'intero lavoro interpretativo.

Pistoia Marzo 2007

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

Dott. Geol. Emilia Borelli

Dott. Geol. Paolo Tognelli

D.R.E.A.M. S.C.R.L.

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

Tel. 0573 365967 Fax 0573 34714

Grafici e tabelle relativi all'indagine sismica

D.R.E.A.M. S.C.R.L.

Via Enrico Bindi, 14 – 51100 Pistoia

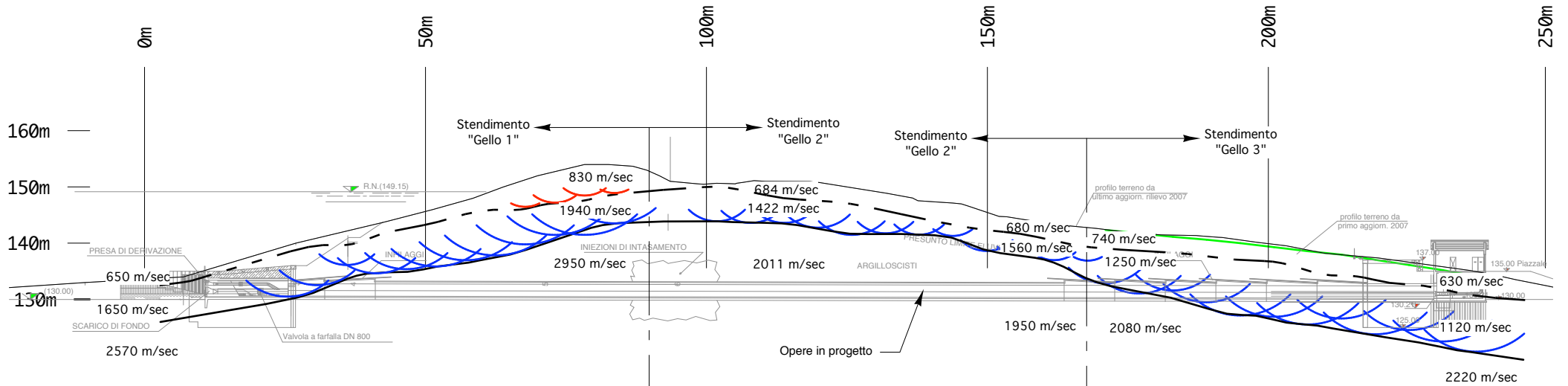
Tel. 0573 365967 Fax 0573 34714

D.R.E.A.M. ITALIA s.c.r.l.

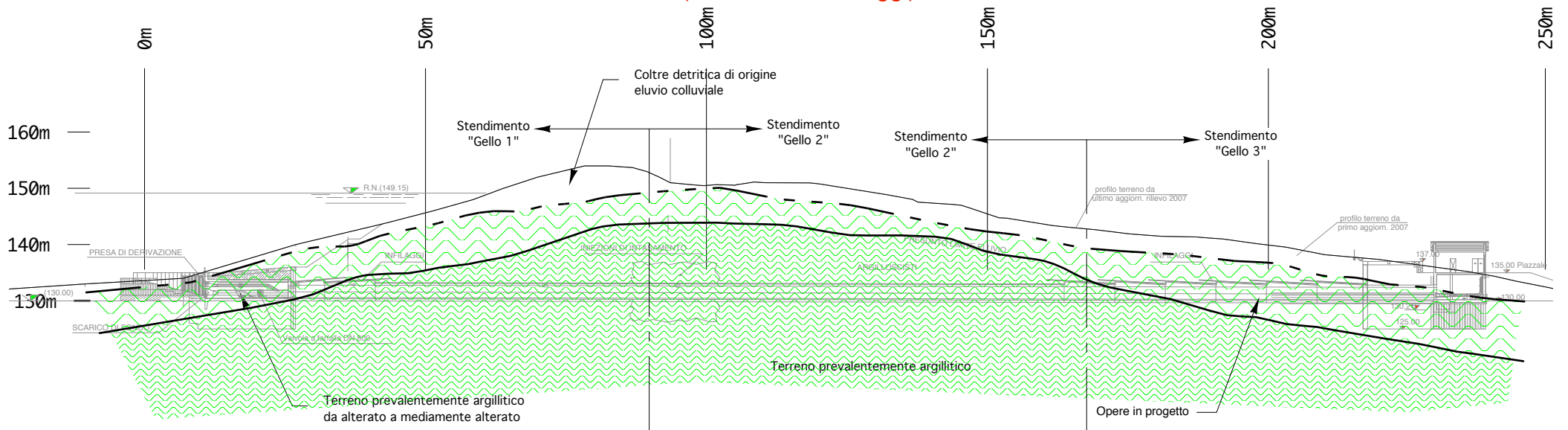
Via Enrico Bindi, 14 - 51100 Pistoia

Dott. Geol. Andrea Bizzarri

PROFONDITA' RIFRATTORI



INTERPRETAZIONE LITOLOGICA (ricavata da sondaggi)



ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 1

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	-1.00	GELLO1_DOL_A.adt
325.00	5.00	GELLO1_DOL_C.cdt
65.00	55.00	GELLO1_DOL_R.rdt

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 32.5 [ms]	FBP da 65 [ms]
1	5.00	1.40	4.44	20.72	33.30
2	10.00	2.60	8.44	18.13	32.56
3	15.00	3.80	13.25	16.28	31.45
4	20.00	5.00	14.21	25.16	28.86
5	25.00	6.30	15.91	14.80	27.38
6	30.00	7.60	18.50	8.51	24.79
7	35.00	9.10	20.72	8.14	22.94
8	40.00	11.00	22.94	23.68	19.98
9	45.00	12.50	24.79	18.87	18.50
10	50.00	13.90	27.01	22.20	15.91
11	55.00	15.10	28.49	26.64	12.14
12	60.00	14.90	29.60	38.48	4.96

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

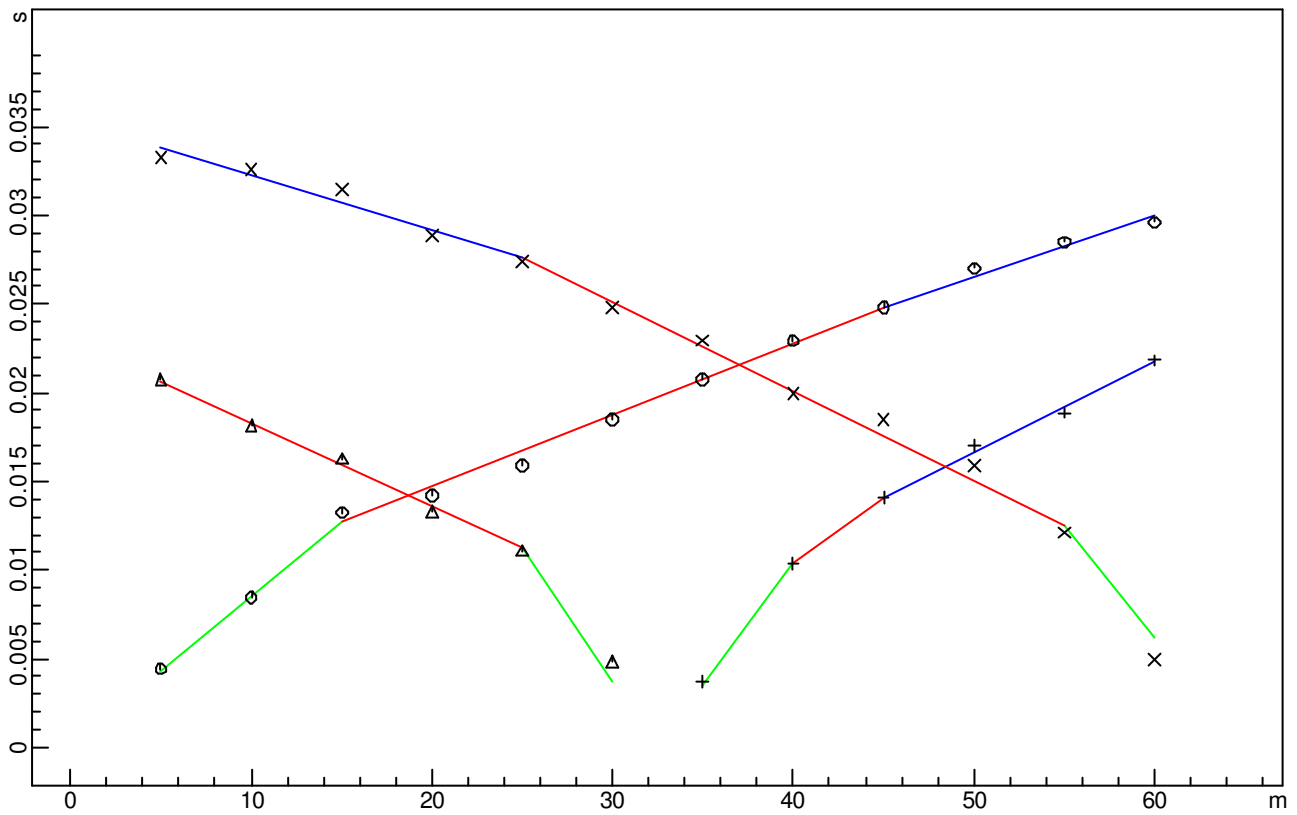
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	0.7	5.9
2	1.5	5.6
3	2.6	4.4
4	1.9	8.5
5	1.9	10.6
6	2.2	10.2
7	2.8	11.1
8	3.1	14.7
9	4.2	14.2
10	5.1	14.0
11	5.4	14.9
12	4.8	13.2

VELOCITA' DEGLI STRATI

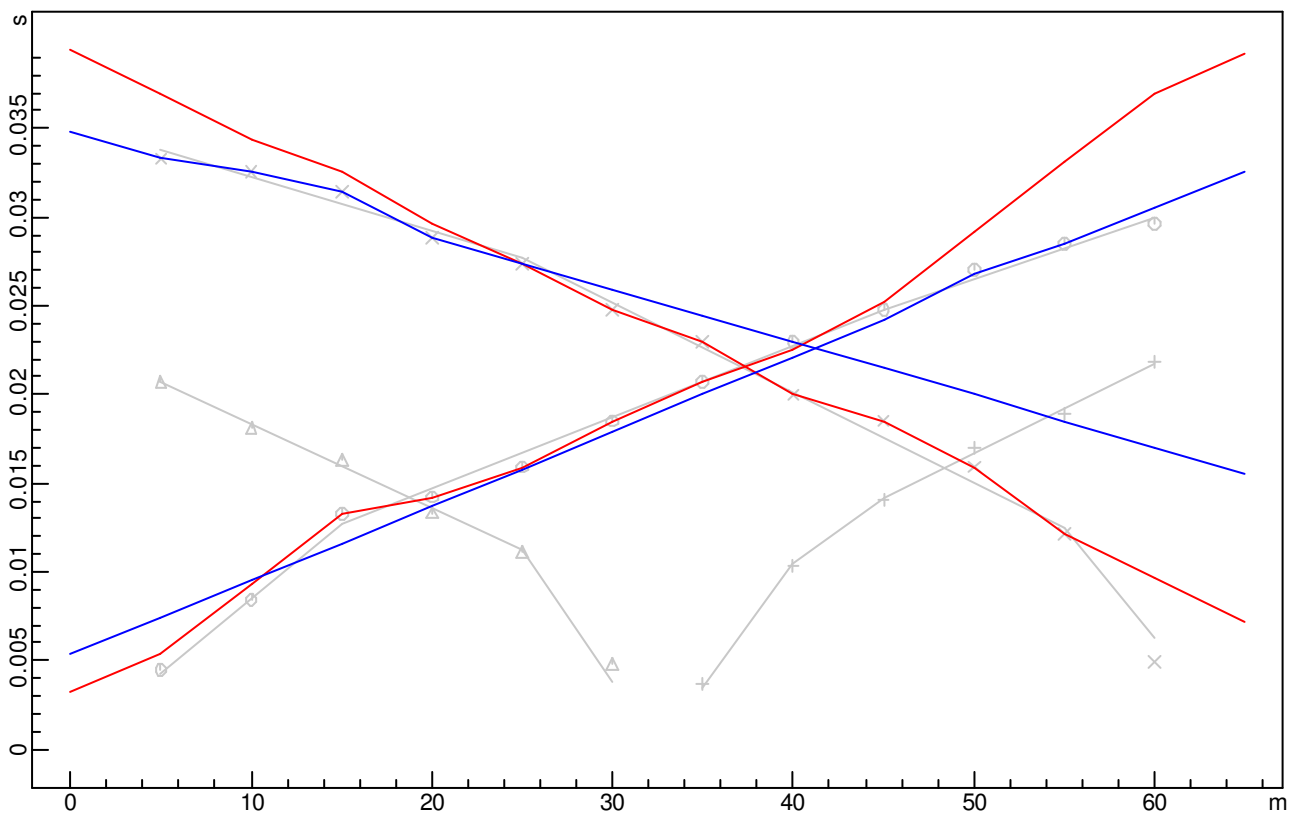
N. Strato	Velocità [m/s]
1	802.9
2	1942.3
3	2754.2

Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 1

DROMOCRONE ORIGINALI

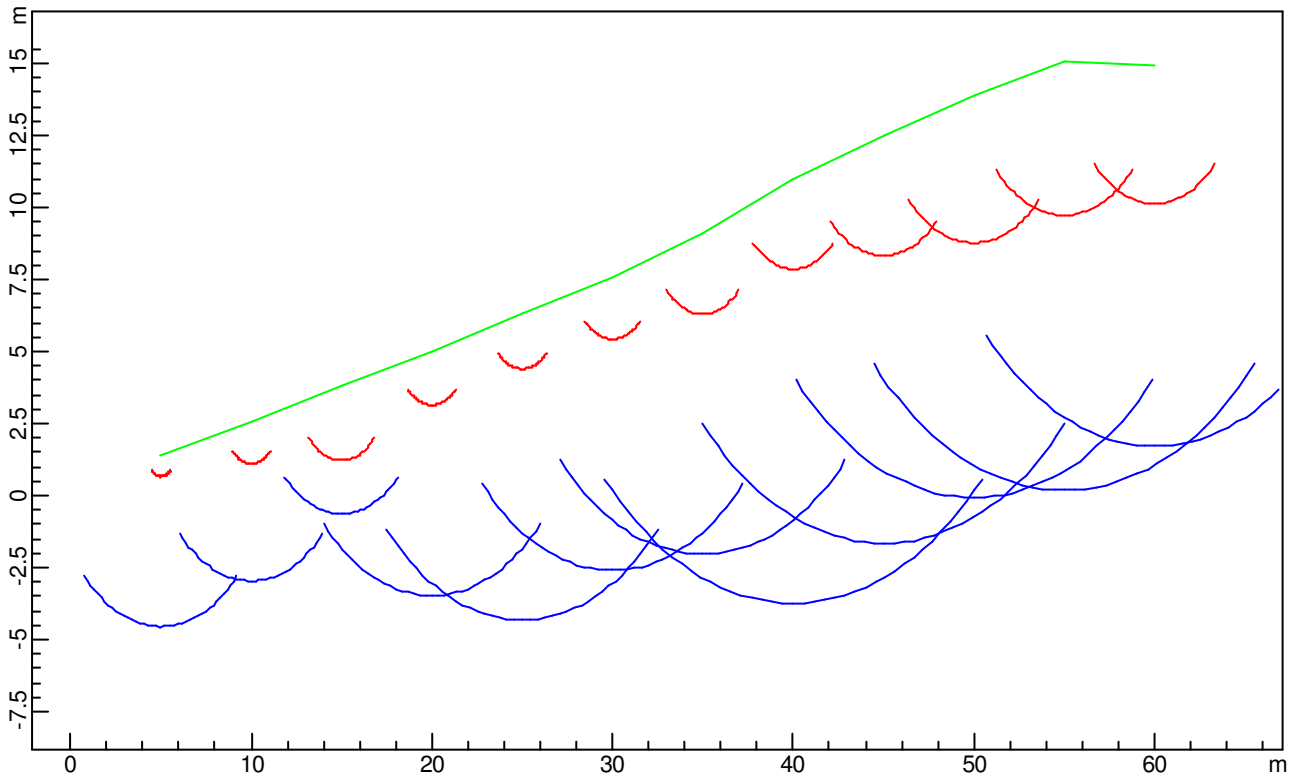


DROMOCRONE TRASLATE

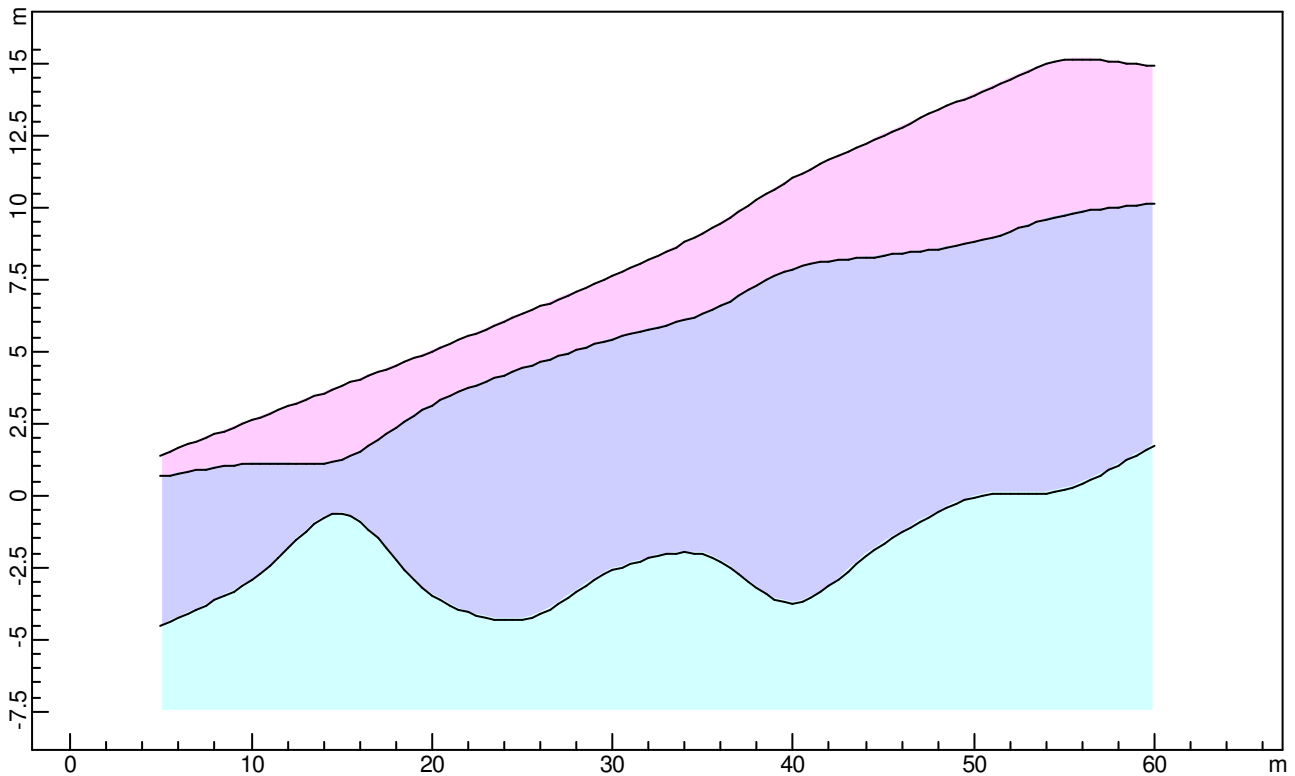


Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 1

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



802.9 m/s 1942.3 m/s 2754.2 m/s

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 2

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	0.00	GELLO2_DOL_A.adt
39.00	-3.00	GELLO2_DOL_C.cdt
78.00	-9.00	GELLO2_DOL_R.rdt

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 39 [ms]	FBP da 78 [ms]
1	6.00	0.00	9.25	29.60	49.21
2	12.00	0.00	12.95	25.53	46.99
3	18.00	0.00	17.76	20.72	43.66
4	24.00	-2.00	19.98	18.13	40.96
5	30.00	-1.20	24.05	13.32	36.26
6	36.00	-2.20	26.64	8.66	33.67
7	42.00	-3.20	30.49	7.40	31.08
8	48.00	-4.00	33.30	14.80	29.97
9	54.00	-5.80	36.41	18.87	26.64
10	60.00	-7.10	39.15	22.57	20.98
11	66.00	-8.10	41.74	25.53	17.39
12	72.00	-8.90	46.03	28.79	10.36

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

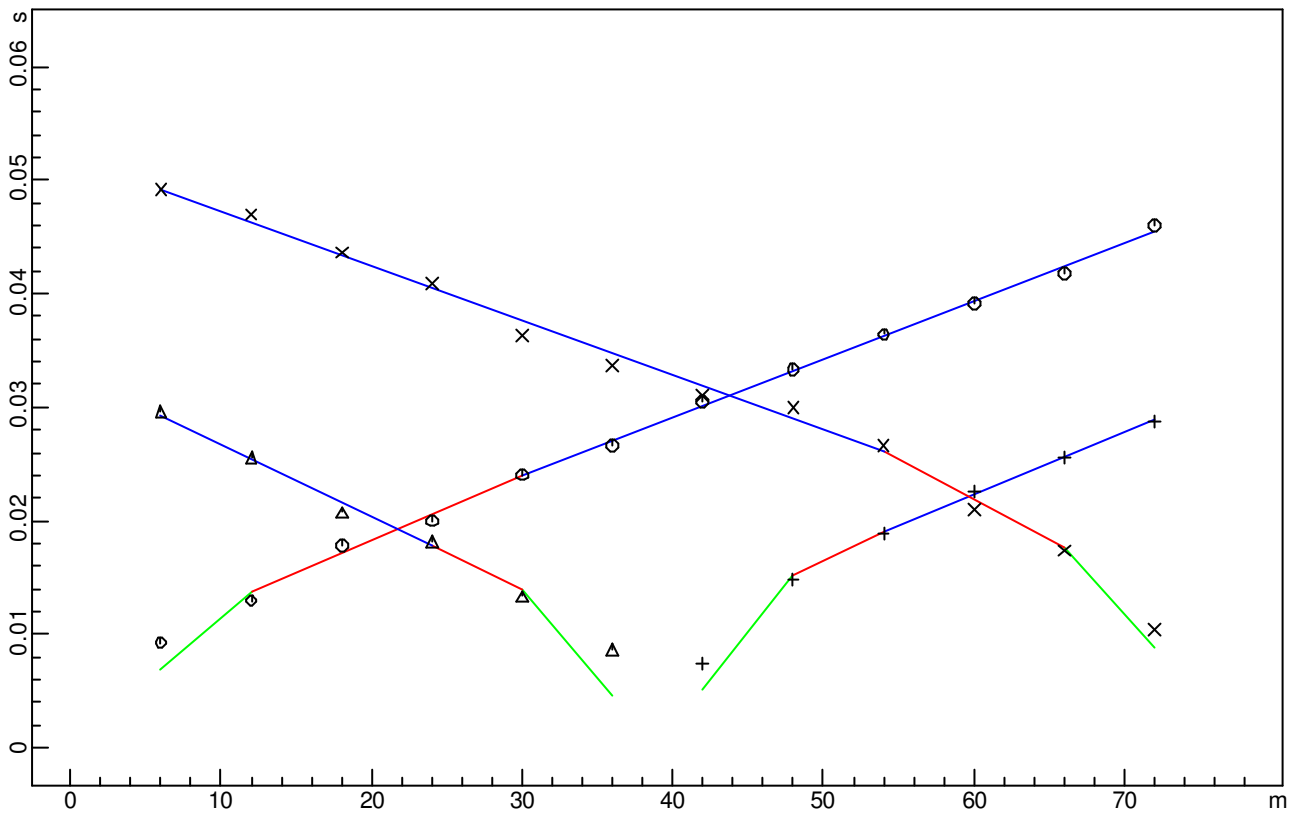
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	0.5	7.1
2	1.8	7.4
3	3.1	7.4
4	3.1	8.0
5	2.7	8.3
6	3.0	7.0
7	3.2	6.3
8	3.7	5.7
9	2.9	6.5
10	2.1	6.1
11	2.4	5.9
12	2.9	5.2

VELOCITA' DEGLI STRATI

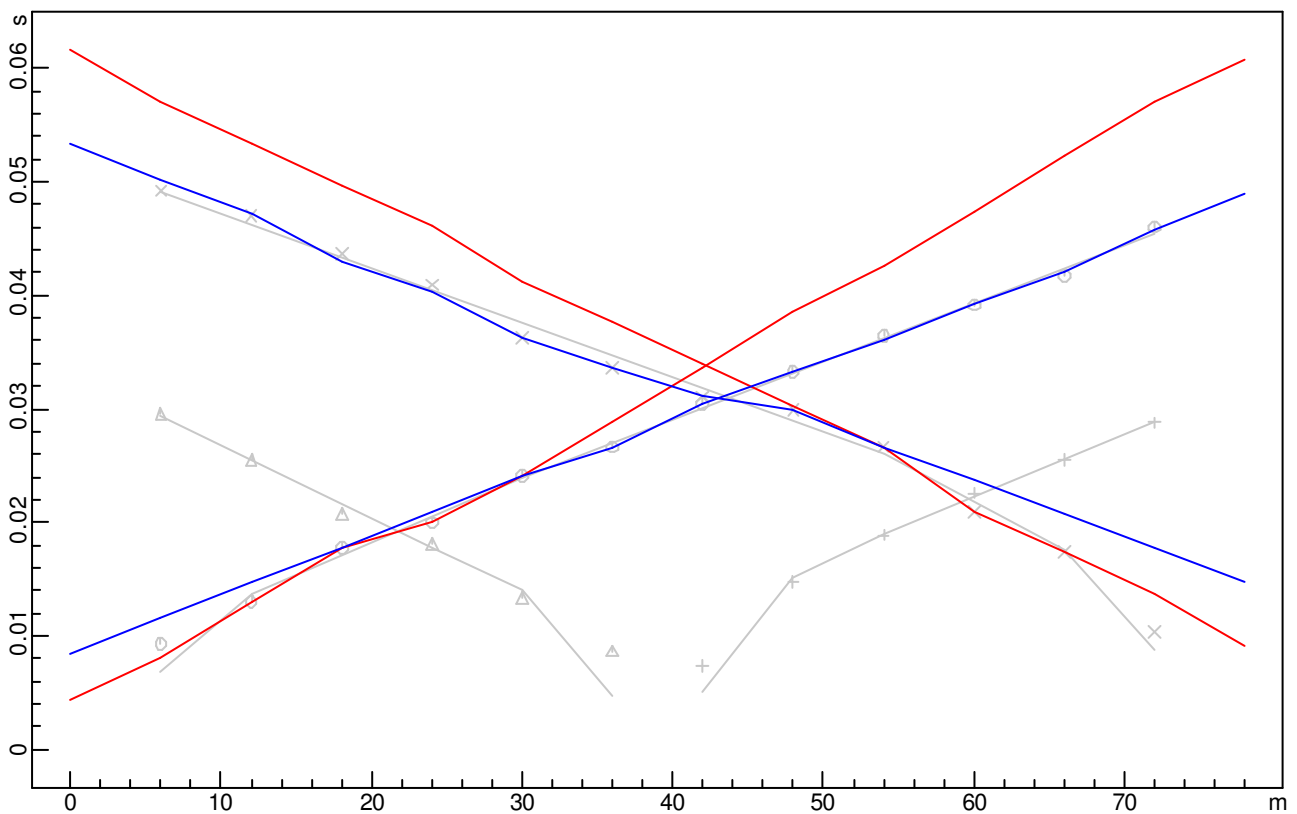
N. Strato	Velocità [m/s]
1	684.2
2	1422.7
3	2011.6

Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 2

DROMOCRONE ORIGINALI

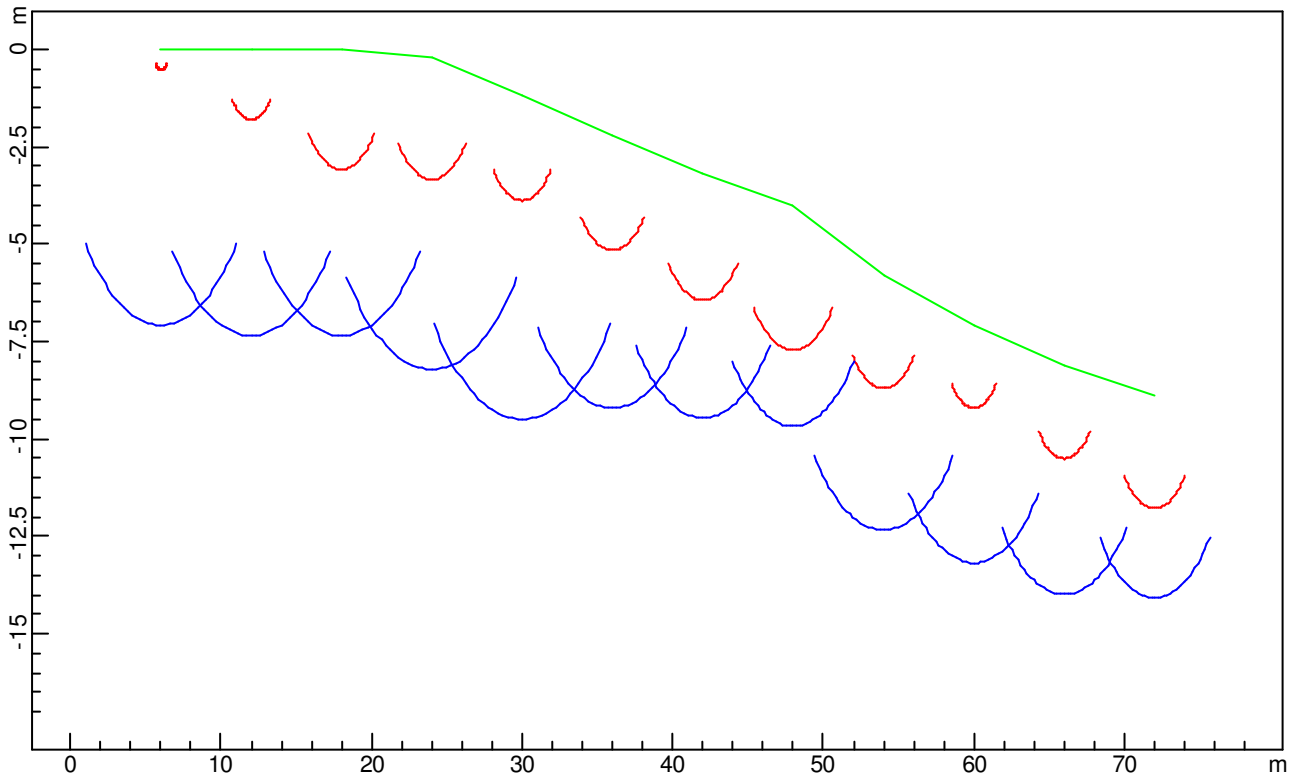


DROMOCRONE TRASLATE

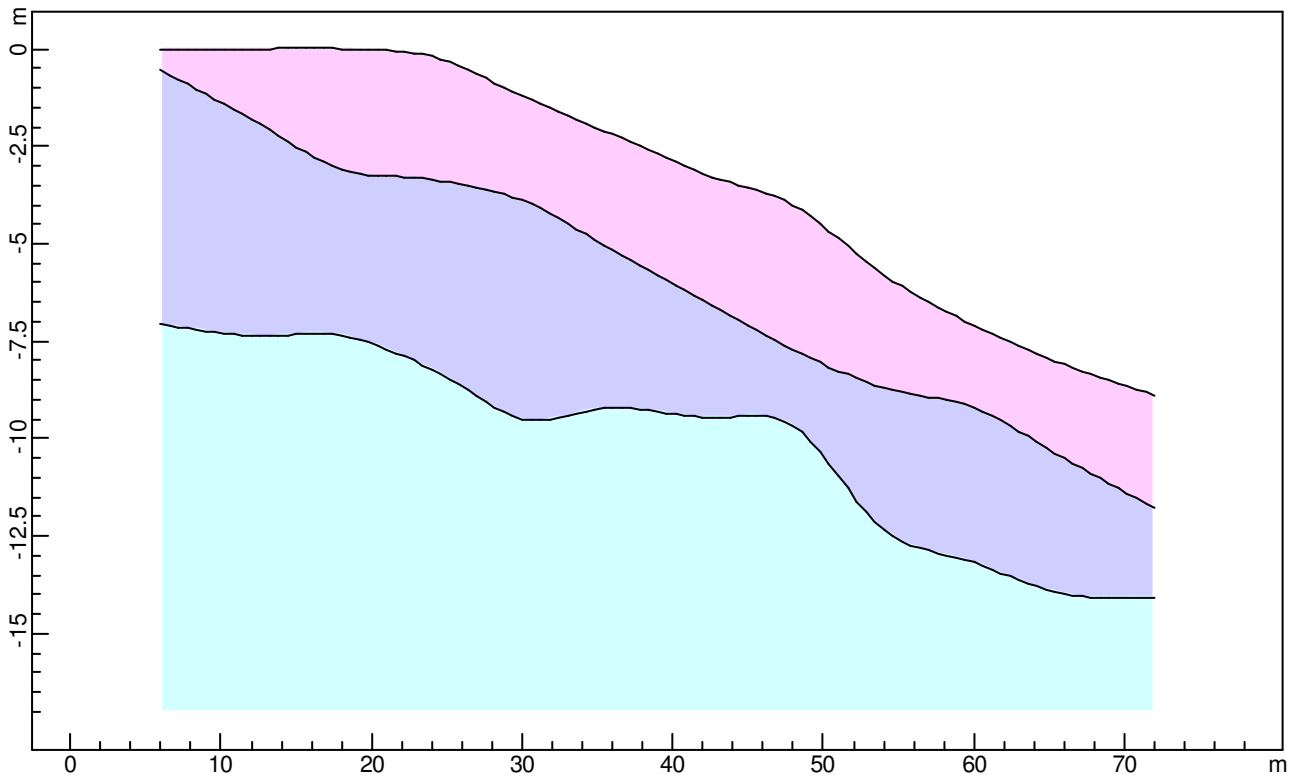


Cantiere: Sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 2

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



684.2 m/s 1422.7 m/s 2011.6 m/s

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

Cantiere: sismica lungo il canale di sfioro
Località: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 3

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	-9.00	GELLO3_DOL_A.adt
39.00	-13.00	GELLO3_DOL_C.cdt
78.00	-18.00	GELLO3_DOL_R.rdt

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 39 [ms]	FBP da 78 [ms]
1	6.00	-9.50	7.77	28.79	50.62
2	12.00	-10.10	16.28	27.31	47.66
3	18.00	-10.70	21.83	24.72	46.03
4	24.00	-11.20	22.94	22.35	43.96
5	30.00	-11.80	25.90	14.58	40.26
6	36.00	-12.50	28.86	7.77	35.45
7	42.00	-13.20	30.71	5.55	33.60
8	48.00	-13.80	35.15	15.10	31.97
9	54.00	-14.70	37.00	20.65	24.94
10	60.00	-15.60	41.07	23.61	22.50
11	66.00	-16.50	42.18	25.83	19.17
12	72.00	-17.60	45.88	30.49	14.58

DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

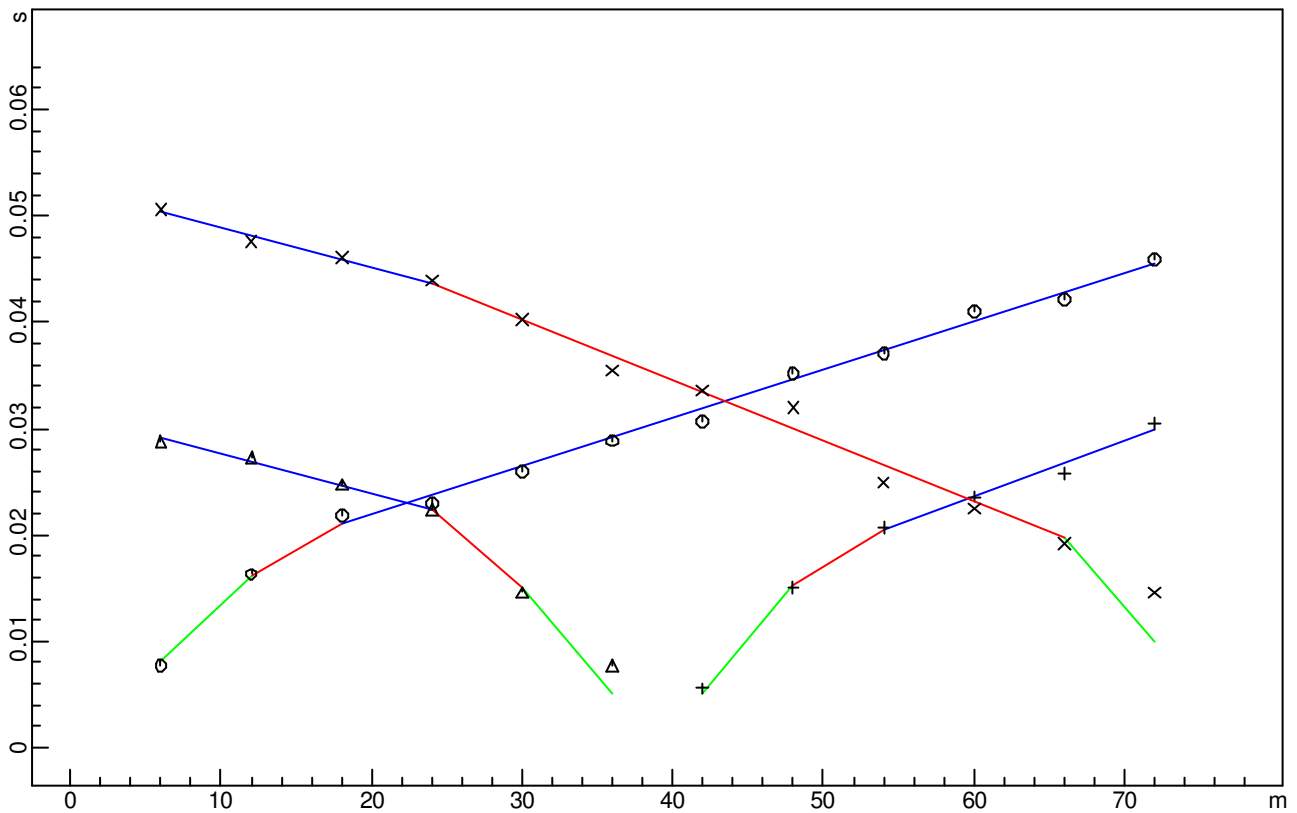
N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	2.3	9.3
2	2.1	10.5
3	2.4	9.3
4	2.2	10.9
5	1.8	12.6
6	1.9	12.1
7	2.7	12.8
8	3.7	11.1
9	3.0	13.0
10	3.3	11.3
11	3.4	12.4
12	2.7	13.1

VELOCITA' DEGLI STRATI

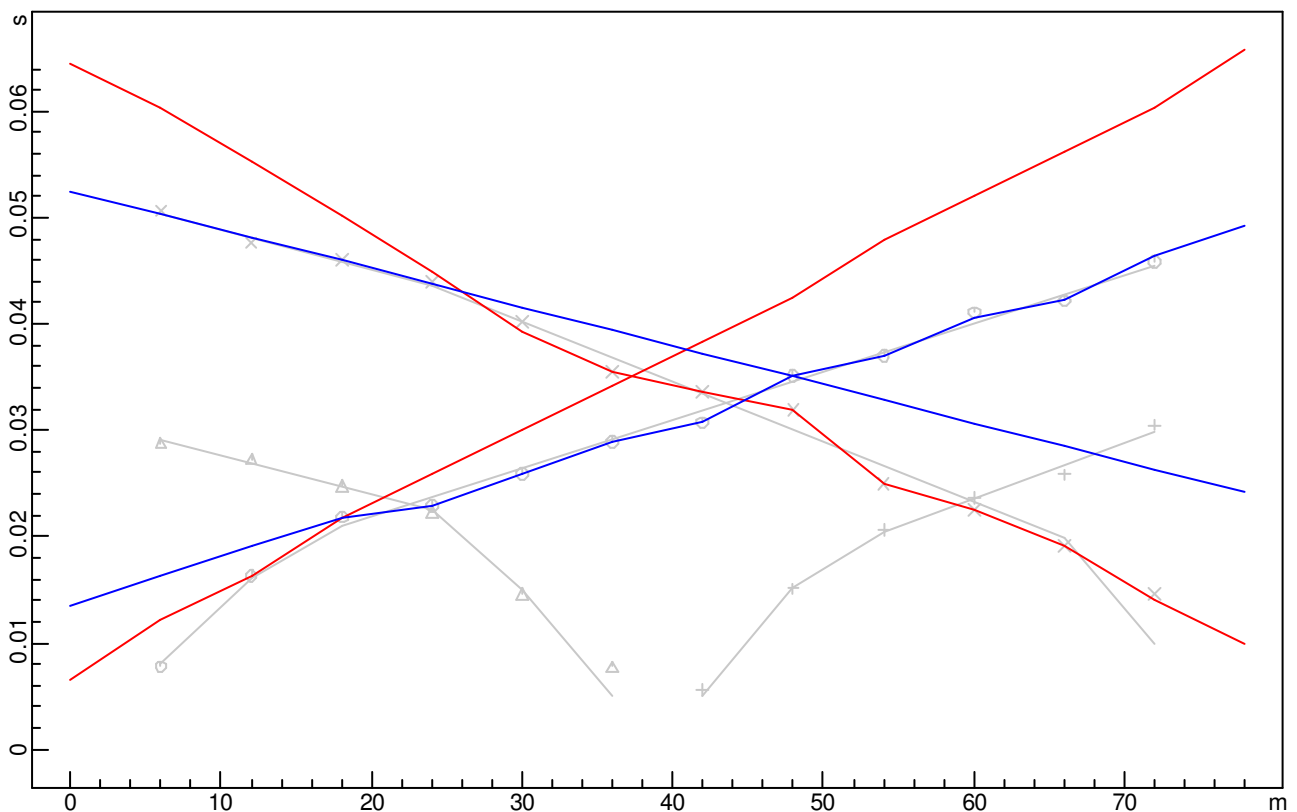
N. Strato	Velocità [m/s]
1	629.0
2	1422.8
3	2444.6

Cantiere: sismica lungo il canale di sfioro
Localita: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 3

DROMOCRONE ORIGINALI

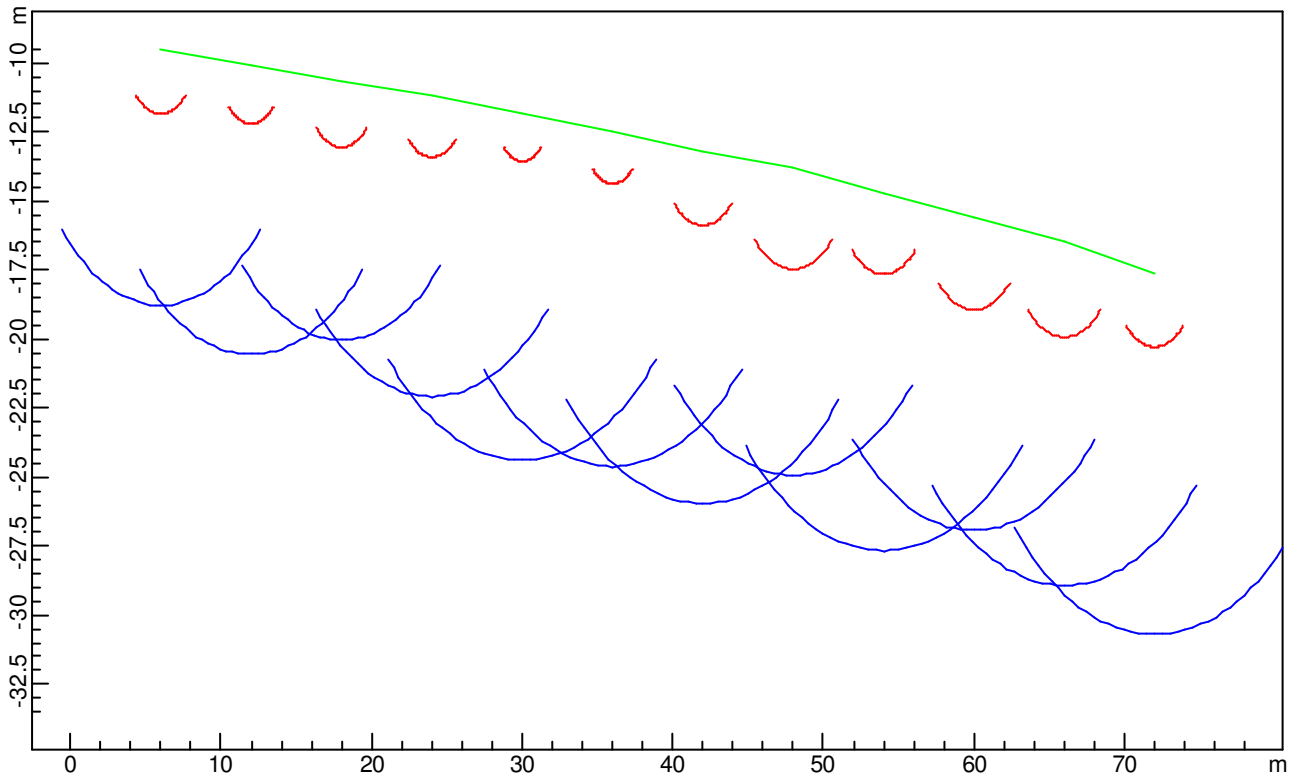


DROMOCRONE TRASLATE

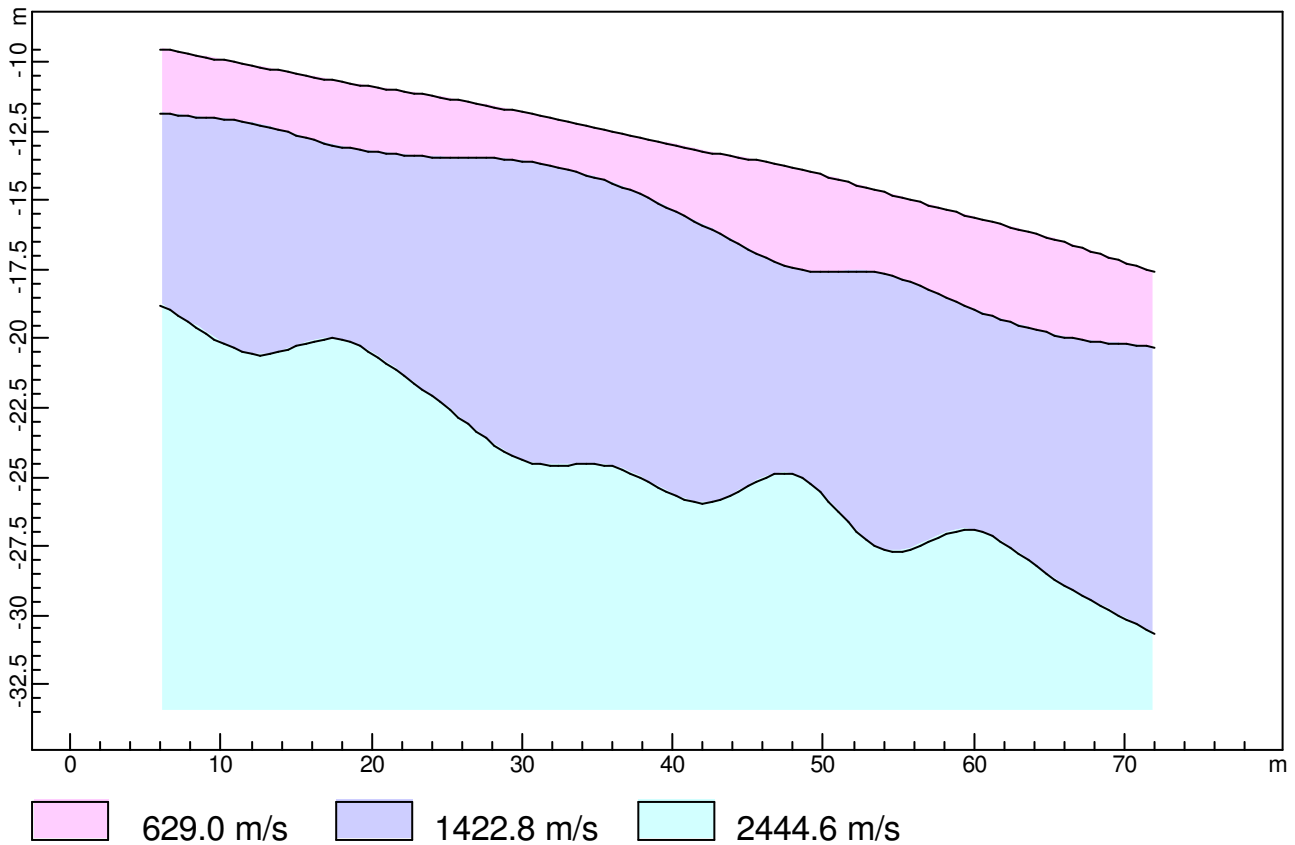


Cantiere: sismica lungo il canale di sfioro
Localita: Bacino della Giudea - Gello - Pistoia
Stendimento 3

PROFONDITA' RIFRATTORI



SEZIONE VERTICALE



Ministero dell'Ambiente
e della Tutela del Territorio


Autorità di Bacino del Fiume Arno



REGIONE TOSCANA
GIUNTA REGIONALE



Provincia di Pistoia



Comune di Pistoia

Opere strutturali di messa in sicurezza idraulica ed
approvvigionamento idropotabile in località Gello
e Laghi Primavera

PROGETTO ESECUTIVO

INVASO GIUDEA IN LOCALITA' GELLO

Adempimento prescrizioni lettera S.N.D. Prot.SDI/ 7860 del 16 Dicembre 1996 e verifiche dinamiche

R.U.P.

Dott. Lorenzo Cecchi de' Rossi

Via Traversa della Vergine, 81 51100 Pistoia (PT)

PROGETTO:

Consorzio di Bonifica Ombrone P.se - Bisenzio

AREA GESTIONE DEL TERRITORIO

Via Traversa della Vergine, 81
51100 Pistoia



GRUPPO DI LAVORO (Decreto del Direttore n° 255 del 18.12.2006):

Ing. Stefano Burchielli : responsabile della progettazione

Ing. Nicola Giusti : progettista

Ing. jr. Matteo Vaccai: progettista

Geom. Stefania Galardini : procedure espropriative

Rag. Giovanna Vassallo : supporto amministrativo

Arch. Riccardo Luca Breschi: studio urbanistico e di inserimento ambientale

Università degli Studi di Firenze - Facoltà di ingegneria
Dipartimento ingegneria Civile: Impatto ambientale
coordinatore attività: prof. Ing. Enio Paris

Arch. Olga Agostini: inquadramento urbanistico e proposta di
modifica degli strumenti vigenti

Geom. Stefano Loli: rilievi topografici

D.R.E.A.M. Italia S.c.r.l. : aspetti geologici

Geologia e Ambiente S.n.c. : indagini geognostiche

GEOTECNALab S.r.l.: prove geotecniche di laboratorio

Ing. Giancarlo Caroli: progettazione opere idrauliche

Interstudio Firenze S.r.l. : ingegnerizzazione attività di scavo,
selezione e trasporto materiale interte

R.T.I. Interstudio Firenze S.r.l. - Geotecnica Progetti S.r.l. :
Invaso Giudea in località Gello - Aggiornamento del progetto per
il ripristino funzionale, per l'aumento della capacità e per
l'adeguamento al D.M. 24.03.1982 n° 44 e delle verifiche
sismiche (Progettisti: ingg. Giuseppe Baldovin, Ezio Baldovin -
D.L.: ing. Sergio Rizzo)

RELAZIONE GEOTECNICA
All.-Risultati indagini MASW sul corpo diga 2007

COD.

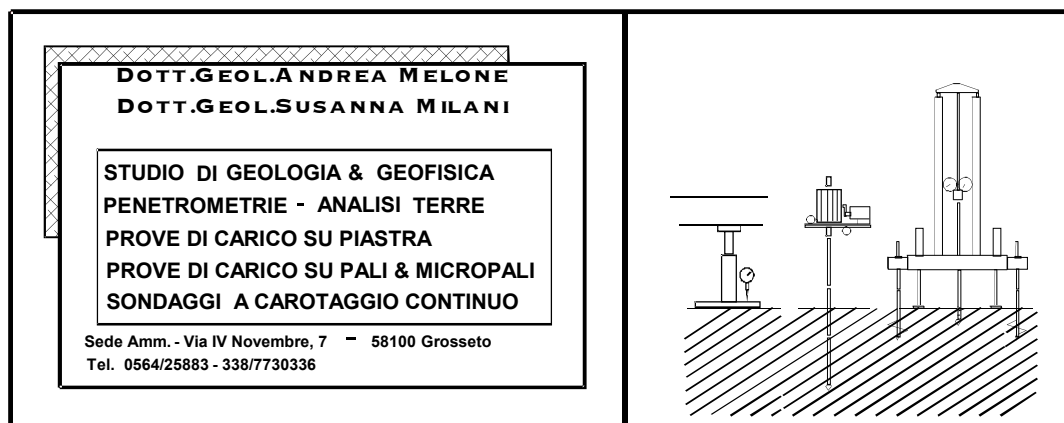
D.8

DATA Luglio 2007

Redatto da: R.T.I. Interstudio - Geotecnica Progetti

Progettisti: Ingg. G. Baldovin, E. Baldovin

3530EAD099-D8-Indag_MASW



COMUNE DI PISTOIA

(Provincia di Pistoia)

Oggetto:

**INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE SISTEMA MASW
SUL PARAMENTO DEL "BACINO DELLA GIUDEA"
IN LOCALITA' GELLO**

Committente: *Consorzio Ombrone e Bisenzio*

**Responsabili
indagini Geofisiche:** *Dott. Geol. Andrea Melone*
Dott. Geol. Susanna Milani

Data: *13/03/2007*

1. PREMESSA

Su incarico del Consorzio Ombrone e Bisenzio di Pistoia la presente indagine geofisica riguarda la determinazione del profilo stratigrafico e sismico alla luce del D.M.14/07/2005, sul paramento del corpo diga del bacino denominato della "Giudea" in località Gello – Comune di Pistoia.

Allo scopo di determinare il profilo stratigrafico di fondazione l'indagine si è articolata in:

1. esecuzione di n.3 profili di sismica a rifrazione in acquisizione onde si superficie (Masw);
2. elaborazione dei dati e modellazione del profilo di Vs in "1D" e "2D".

2. DETERMINAZIONE DEL PROFILO DI $[V_s]$ - METODO MASW

Il profilo verticale delle Vs può essere ricavato per inversione o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love) (Dorman e Ewing, 1962).

Le onde di Rayleigh (1885) costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P-waves) e di taglio verticali (S_v -waves).

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo, e vengono definite pseudo-Rayleigh. Per questioni di esposizione, nel testo qui presentato, verranno chiamate semplicemente di Rayleigh o di superficie.

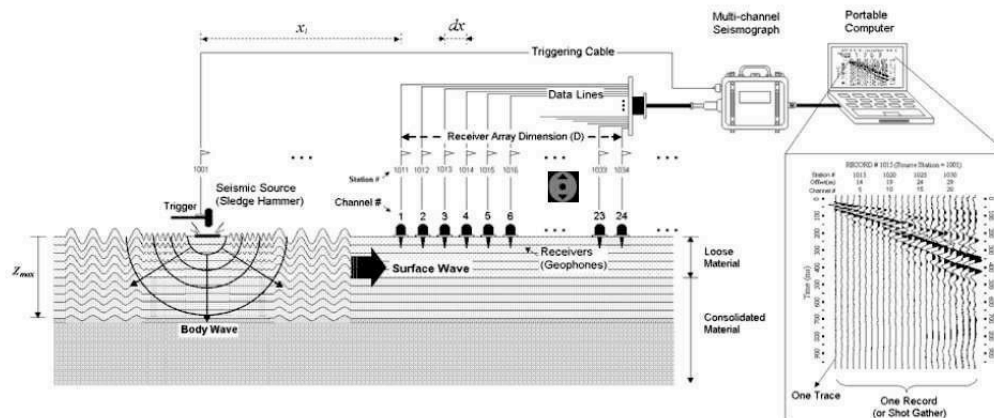
La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Il calcolo del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, $V(\text{fase})/\text{frequenza}$, può essere convertito nel profilo di Vs/profondità.

Le velocità di fase sono ricavate per confronto diretto degli spettri di ampiezza e fase di ciascuna coppia di sismometri, ottenuti istantaneamente in sito tramite un oscilloscopio che esegue una trasformata veloce di Fourier. Poiché il metodo non prevede il salvataggio delle tracce temporali e l'interpretazione è svolta nel dominio delle frequenze, si suppone che gli arrivi più energetici appartengano al treno d'onde di Rayleigh. Nelle situazioni in cui il rumore sovrasta la potenza della sorgente artificiale, o in cui gli arrivi delle onde di pressione sono più energetici, questa metodologia non porta a risultati soddisfacenti per il fatto che, nel dominio delle frequenze, non è possibile separare le onde di Rayleigh da quelle di altra natura.

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del sistema di acquisizione delle onde S attraverso un normale profilo di acquisizione in rifrazione semplice.

Inoltre lo sviluppo di tale metodologia permette di evidenziare all'interno del profilo investigato, inversioni di velocità date da particolari condizioni stratigrafiche (strati molli e/o con caratteristiche meccaniche scadenti, presenza di acqua ecc.), cosa non risolvibile con il sistema di acquisizione tradizionale, se non con prove di tipo Down – Hole dal costo assai oneroso.



Metodo MASW attivo

La metodologia di indagine del profilo di tipo MASW risulta identico, come disposizione sul terreno in fase di acquisizione, ad un profilo di sismica a rifrazione, con la sola differenza nella durata e tipologia di campionamento.

Inoltre per ottenere un segnale più definito, vengono usati geofoni con frequenza di 4.5 Hz.

La disposizione e la modalità di acquisizione è raffigurata nello schema soprastante. Si eseguono tiri coniugati agli estremi dello stendimento; con tale metodologia è possibile evidenziare sul punto di scoppio il profilo verticale e le variazioni della Vs.

Per il lavoro in questione sono stati eseguiti n.3 stendimenti, via via disposti su più quote del paramento del corpo diga, iniziando al coronamento, scendendo via via lungo i gradoni dello sbarramento.

Gli stendimenti sono stati quindi sviluppati secondo la dimensione rispettiva di 80mt e 60mt, utilizzando uno sismografo Pasi 16SG48, a 48 canali. L'interdistanza geofonica è stata di 1.0mt con tiro all'estremo posizionato a circa 10 e 5mt dalla fine del profilo e tiri interni per consentire una restituzione in 2D del profilo.

ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE

La registrazione simultanea di 12 o più canali (separati da 0,5m a 10m) fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità. Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase/frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D. La tecnica prevede inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. Le modalità esecutive e, di conseguenza, i costi si elevano risultando molto simili a quelli delle indagini di sismica a riflessione ad alta risoluzione.

La sperimentazione di inversione delle curve di dispersione misurate (dati del picking) utilizzando il codice Surfseis[®] ha consentito di verificare la generale buona concordanza dei modelli ottenuti. Nelle situazioni dove l'assenza di conoscenze geologiche rende arbitraria la definizione della struttura del sottosuolo, il supporto di una procedura di calcolo semiautomatica può fornire un buon punto di partenza per contribuire a superare i problemi di equivalenza insiti nella modellazione di tipo diretto.

Inoltre è possibile raggiungere profondità di investigazione ben più elevate rispetto alla definizione dei sondaggi geognostici e attraverso la determinazione della Vs individuare la posizione di strati, profondi, cosa accaduta nel presente lavoro.

RISULTATI CONSEGUITI

Nella tavola fuori testo n.1 sono riportati i le restituzioni in "2D" dei profili Masw, e alcuni dei profili verticali più significativi con i valori di Vs rappresentativi della variazione verticale in profondità della velocità delle onde di taglio.

Insieme sono riportate alcune delle curve di dispersione caratteristiche del sito investigato.

Nella relativa restituzione "2D" dei profili si evince la variazione sia laterale che verticale della Vs, che permette di valutare strutture all'interno del paramento, distinguibili per la netta variazione della velocità e per le peculiari caratteristiche morfologiche.

Analizzando il profilo n.1 eseguito in sommità dello sbarramento si evince la presenza di una zona a bassa velocità caratterizzata da valori della Vs tra 120 e 140 m/sec. La distribuzione in senso orizzontale e la successiva morfologia che si rileva, riconduce a tale zona una possibile fascia di terreni allentati, probabilmente a zone di potenziale scollamento dei terreni, come accaduto sul fianco interno del paramento.

Tale situazione viene inoltre confortata dal rigonfiamenti a valle della scarpata, inclinazioni delle linee aree presenti sul fronte.

Sottostante si evincono nuovamente zona a bassa velocità ed interruzioni dell'omogeneità del paramento. La particolare conformazione di una zona presente all'interno del corpo diga fa presumere all'esistenza di condotte tra cui quella eventualmente presente come scarico di fondo e come linea di adduzione e di approvvigionamento idrico.

Tale evidenza viene individuata in tutti i profili eseguiti, riportando inoltre un allineamento verso la centrale ubicata i torno alla quota di 120 m s.l.m.

Grosseto li, 13/03/2007

Dott. Geol. Andrea Melone

Dott. Geol. Susanna Milani

COMUNE DI PISTOIA

PROVINCIA DI PISTOIA

INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE SISTEMA MASW SUL PARAMENTO DEL "BACINO DELLA GIUDEA" IN LOCALITA' GELLO

Committente:
Consorzio di Bonifica Ombrone Pistoiese -
Bisenzio

Dott. Geol. Andrea Melone
Dott. Geol. Susanna Milani

STUDIO DI GEOLOGIA E GEOFISICA
PROVE PENETROMETRICHE - ANALISI TERRE
PROVE DI CARICO SU PIASTRE - PROVE DI CARICO
SU PALI E MICROPALI - SONDAGGI A CAROTAGGIO
CONTINUO

Via IV Novembre, 7 - 58100 - Grosseto
Tel. 0564/25883 - 338/7730336

PLANIMETRIA

Scala 1:2000
Ubicazione profili MASW

