

**S.S. 398 "Via Val di Cornia"**  
Bretella di collegamento tra l'Autostrada Tirrenica A12  
e il Porto di Piombino  
LOTTO 1 - Svincolo di Geodetica-Gagno

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. **FI2**

**PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GDG - ICARIA**

**IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:**  
Dott. Ing. Nando Granieri  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351

**IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:**  
**MANDATARIA:**

 Sintagma

 GEOTECHNICAL DESIGN GROUP

 ICARIA  
società di ingegneria

Dott. Ing. N. Granieri  
Dott. Arch. N. Kamenicky  
Dott. Ing. V. Truffini  
Dott. Arch. A. Bracchini  
Dott. Ing. F. Durastanti  
Dott. Geol. G. Cerquiglini  
Geom. S. Scopetta  
Dott. Ing. L. Sbrenna  
Dott. Ing. E. Sellari  
Dott. Ing. E. Bartolucci  
Dott. Ing. L. Dinelli  
Dott. Ing. L. Nani  
Dott. Ing. F. Pambianco  
Dott. Agr. F. Berti Nulli

Dott. Ing. D. Carliaccini  
Dott. Ing. S. Sacconi  
Dott. Ing. G. Cordua  
Dott. Ing. V. De Gori  
Dott. Ing. C. Consorti  
Dott. Ing. F. Dominici

Dott. Ing. V. Rotisciani  
Dott. Ing. F. Macchioni  
Geom. C. Vischini  
Dott. Ing. V. Piunno  
Dott. Ing. G. Pulli  
Geom. C. Sugaroni

**IL PROGETTISTA:**

Dott. Ing. Luca Nani  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A2445

**IL GEOLOGO:**

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini  
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n°108

**IL R.U.P.:**

Dott. Ing. Antonio Scalamandrè

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:**

Dott. Ing. Filippo Pambianco  
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A1373

PROTOCOLLO

DATA

MARZO 2019



**GEOLOGIA E GESTIONE MATERIE**

Indagini geognostiche pregresse: Indagini geofisiche

CODICE PROGETTO

NOME FILE

T00-GE00-GE0-RE05

REVISIONE

SCALA:

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

DPFI12

E

1801

CODICE ELAB.

T00GE00GEORE05

A

-

A

Emissione

29/03/2019

A. Lisetti

G. Cerquiglini

N. Granieri

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

## INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INDAGINI GEOFISICHE IN FORO.....	2
2.1 - Principi generali.....	2
2.2 - Misure di verticalità .....	3
2.3 - Acquisizione dati .....	3
2.4 - Attrezzatura utilizzata.....	4
2.5 - Sintesi dei dati .....	6
2.6 - Classificazione dei terreni in termini di Vs30.....	7
2.7 - Storia del quadro normativo recente in materia antisismica .....	8

## ALLEGATI

- Grafico velocità Vp e Vs
- Tabella valori e grafico coefficiente di Poisson
- Grafico moduli elastici E e G
- Tabella valori e grafico Vs30
- Tabella riepilogativa parametri con stratigrafia sintetica
- Documentazione fotografica
- Misure di verticalità
- Sismogrammi cross-hole

## 1. PREMESSA

Il rapporto tecnico illustra i risultati della prospezione sismica in foro tipo Cross – Hole, denominata SD4ch, eseguita nel quadro delle indagini geognostiche per il progetto di prolungamento stradale della S.S. 389 a Piombino (LI).

La fase di acquisizione dati ha riguardato la misura della verticalità della coppia di fori e la registrazione dei sismogrammi generati con le misure cross-hole.

Dall'elaborazione dei dati di verticalità sono state ottenute le distanze tra i due fori dal p.c. alla base del sondaggio, mentre dall'analisi dei sismogrammi sono stati rilevati i tempi di arrivo delle onde P e S.

Quindi, sono stati calcolati i seguenti parametri:

- velocità delle onde elastiche longitudinali ( $V_p$ )
- velocità delle onde elastiche trasversali ( $V_s$ )
- coefficiente di Poisson
- modulo elastico di Young
- modulo elastico di taglio
- $V_{S30}$  e classificazione del sottosuolo secondo DM 14-01-2008

## 2. INDAGINI GEOFISICHE IN FORO

In questo capitolo si illustreranno i principi generali, le modalità operative, l'attrezzatura utilizzata ed infine un breve analisi dei dati illustrata molto più estesamente con grafici e tabelle presenti negli allegati.

### 2.1 - Principi generali

Le prospezioni sismiche cross-hole consistono in misure di velocità orizzontale delle onde elastiche longitudinali che si propagano nei terreni. Nella pratica ciò è reso possibile utilizzando due o più fori di sondaggio, posti a breve distanza affinché la propagazione delle onde avvenga in terreni simili.

Da uno dei fori si creano sollecitazioni meccaniche dalle quali si generano delle onde elastiche il cui tempo di arrivo è registrato da geofoni tridimensionali posti negli altri fori alla stessa quota dell'energizzatore.

I sismogrammi, registrati a partire da un tempo  $T_0$  fornito dal circuito starter, permettono la rilevazione dei tempi di arrivo delle onde P ed S con i quali, attraverso semplici calcoli si determinano le velocità con cui le onde P e S si propagano nei terreni; attraverso opportune formule si ottengono poi i parametri elastici in regime dinamico, (Young-Taglio-Bulk) e del coefficiente di Poisson.

In genere la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenta con la profondità nell'ambito dello stesso litotipo e può variare per eterogeneità litologiche e/o tessiturali.

Tra i fattori che influenzano la velocità di propagazione delle onde longitudinali e trasversali, e quindi i parametri elastici, vanno ricordati: la fratturazione, la presenza di

fluidi, la porosità, la facies mineralogica e petrografica, il carico litostatico e l'età geologica.

L'obiettivo delle indagini geofisiche in foro è quello di ottenere dalla determinazione delle velocità delle onde longitudinali (P) e trasversali (S) i parametri elasto-meccanici, coefficiente di Poisson ( $\nu$ ), Modulo di Young (**E**), modulo di Taglio (**G**) attraverso l'ausilio di formule matematiche.

$$\nu = 0,5 \cdot [(V_p/V_s)^2 - 2] / [(V_p/V_s)^2 - 1] \quad (7)$$

$$E = \rho \cdot V_p^2 \cdot [(1 + \nu) \cdot (1 - 2\nu)] / (1 - \nu) = 2 \cdot \rho \cdot V_s^2 \cdot (1 + \nu) \quad (8)$$

$$G = \rho \cdot V_s^2 \quad (9)$$

Nota la velocità delle onde S è possibile calcolare il parametro VS30 sulla base della formula indicata nella nuova normativa.

## 2.2 - Misure di verticalità

Per determinare esattamente la distanza tra i fori della coppia attrezzata per la prova Cross-Hole, sono state eseguite, a partire dal piano campagna misure di verticalità fino a fondo foro.

Per effettuare queste misure, in fori attrezzati con tubazioni inclinometrici, è stata impiegata una sonda inclinometrica in grado di misurare l'angolo di scostamento dalla verticale e la direzione verso la quale tale scostamento si verifica.

L'elaborazione ci fornisce, per coppie di fori, ad ogni intervallo di profondità, lo spostamento complessivo dalla verticale espresso in millimetri e la direzione dello spostamento espressa in gradi rispetto al nord.

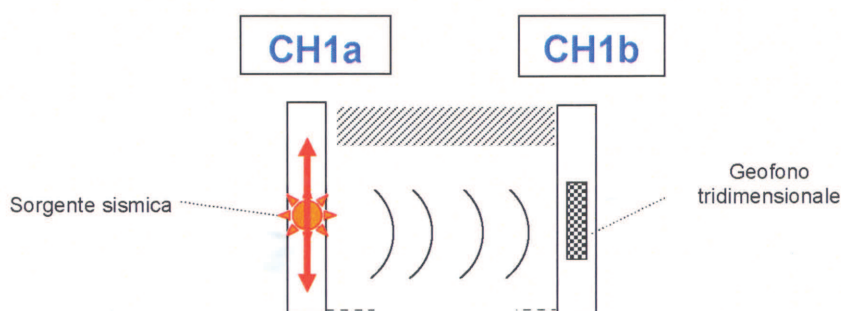
Misurando in campagna la distanza fra i boccafori e la direzione data dall'allineamento dei due fori si valuta anche l'andamento reciproco fra i due fori e si calcola la distanza reale ad ogni profondità di misura.

## 2.3 - Acquisizione dati

Le prospezioni sono state effettuate sfruttando una coppia di fori di sondaggio opportunamente attrezzati. L'intercapedine tra il terreno ed i tubi è stata riempita con miscela cementizia allo scopo di rendere solidale il sistema tubo-terreno ed ottenere una buona continuità acustica tra terreno e sensori.

Le misure sono state eseguite energizzando in un foro e registrando nell'altro.

Di seguito si riporta, a titolo di esempio, lo schema esecutivo relativo ad una coppia di fori



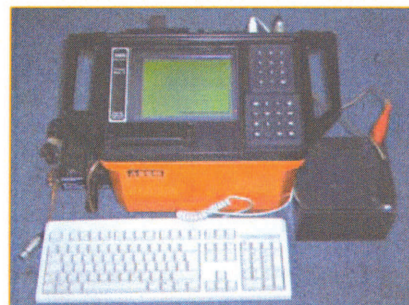
L'impulso sismico è stato generato da un energizzatore meccanico, ancorato alle pareti del foro, con una massa battente in grado di scorrere ed impattare sia verso l'alto che verso il basso; la generazione di un'onda a prevalente componente trasversale, con uguale direzione e verso opposto, permette un rilievo preciso del tempo di arrivo dell'onda S sfruttando il riconoscimento dell'inversione di polarità del relativo treno d'onda.

## 2.4 - Attrezzatura utilizzata

Per le indagini sismiche è stata utilizzata un'attrezzatura costituita da:

➤ Sismografo digitale **ABEM mod.Terraloc MK8** a 24 canali dotato di:

- possibilità di visualizzazione istantanea delle tracce su display 8,4" TFT LCD attivo;
- possibilità di registrazione ad incremento di segnale (stacking);
- funzione di monitoring dei disturbi;
- dispositivi di filtraggio selettivo;
- ritardo di acquisizione preselezionabile;
- zoom delle tracce video;
- computer interno Low power AMD LX800 500 MHz/1 GB RAM (OS Windows XP) con software di acquisizione SeisTW;
- interfaccia USB 2.0 per lo scaricamento dei dati.



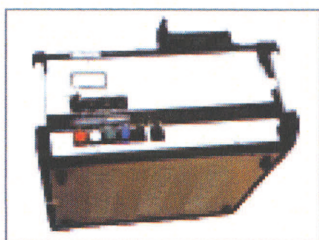
➤ Geofono da pozzo tridimensionale, marca **AMBROGEO** mod **A.5D-TWIN**, a 5 sensori di cui 4 orizzontali disposti ogni 45°

La presenza dei sensori orizzontali ruotati tra di loro di 45° ottimizza l'acquisizione delle onde trasversali laddove i fori risultano attrezzati con tubi lisci. L'uso di un geofono da foro con i sensori orizzontali così disposti permette di aumentare la probabilità di avere un buon allineamento tra uno dei sensori e la direzione di propagazione delle onde polarizzate trasversalmente.

➤ Sorgente di energia sismica:

Per la generazione di onde SH e P è stata utilizzata una sorgente elettrodinamica.

Il sistema è costituito da un generatore di impulsi IPG1005, da una sonda (BIS SH) che viene inserita nel foro ed ancorata alle pareti attraverso un sistema pneumatico e da una centralina RCU che gestisce il sistema monitorando il Trigger.



### Dati tecnici del dispositivo di alimentazione "IPG 1005"

Tensione massima in condizioni operative: 5,3 KV  
Energia lavoro trasmessa alla sonda 1000 Joule  
Corrente d'alimentazione: 230 V - 50 Hz - 2,5 A

### Dati tecnici della sonda "BIS-SH"



Unità sonda BIS-SH: involucro in acciaio inossidabile  
Lunghezza sonda BIS-SH: circa 70cm  
Operativa in fori di diametro compreso tra 76,2 e 125 mm  
Operativa in fori asciutti o con acqua  
Lunghezza cavo: 65m  
Dispositivo di bloccaggio della sonda: tipo pneumatico  
Rotazione sonda assicurata a qualunque profondità da cavo semirigido provvisto di marcatura di riferimento longitudinale

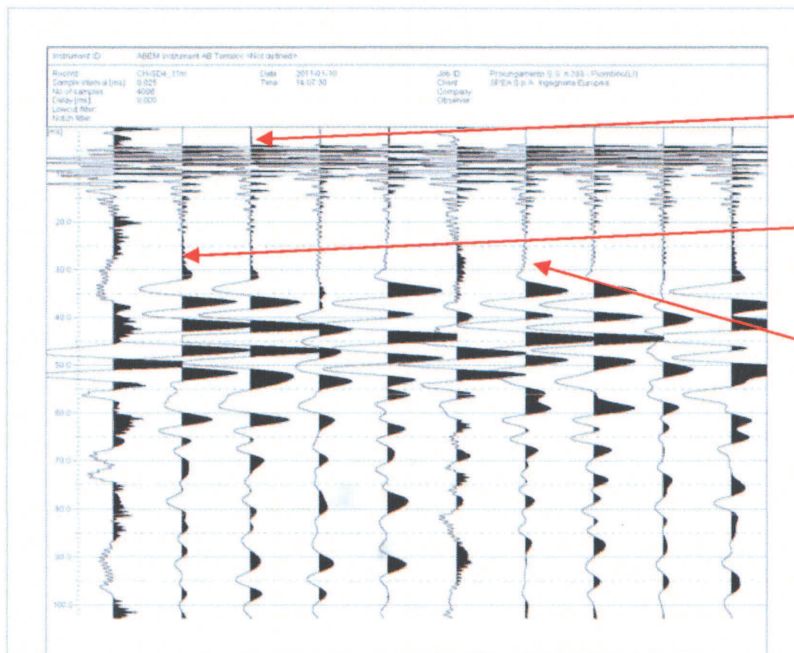
### Dati tecnici del dispositivo di comando "RCU"

Comando e controllo trigger  
Regolazione sensibilità trigger  
Comando attivazione continuo o singolo  
Regolazione intervallo tempo energizzazione in continuo (da 4 a  
Comandi di attivazione dispositivi di sicurezza



7s)

### Esempio di sismogramma



Onda P

Onda S fase +

Onda S fase -

## 2.5 – Sintesi dei dati

I sismogrammi acquisiti in campagna e registrati su hard disk sono stati esaminati per l'acquisizione dei tempi d'arrivo delle onde longitudinali (P) e trasversali (S).

Con le misure di verticalità è stata elaborata la distanza per ogni metro di profondità tra il foro di energizzazione e registrazione.

Quindi, noti i tempi di arrivo delle onde e le distanze tra i fori sono state calcolate le velocità di propagazione per ogni metro di profondità delle onde P ed S.

Infine, inserendo le velocità nelle formule (7) (8) e (9), riportate nell'Appendice **“calcolo parametri elastici”**, sono stati ricavati il coefficiente di Poisson ( $\nu$ ) ed i parametri elastici E e G. Per il calcolo di questi ultimi è stato introdotto un peso di volume naturale stimato.

Le velocità e i parametri elastici dinamici, sintetizzati nelle tabelle e visualizzati nei grafici allegati, sono pertanto i seguenti:

- **V<sub>p</sub>** - Velocità onde longitudinali (m/s)
- **V<sub>s</sub>** - Velocità onde trasversali (m/s)
- $\nu$  - Modulo di Poisson (adimensionale)
- **E** - Modulo elastico (MPa)
- **G** - Modulo di taglio (MPa)

CH_SD4	
Profondità (m)	30
N° misure	30
Distanza tra i fori al piano campagna (m)	5,48
Intervallo di misura (m)	1,0

### Osservazioni sulle velocità delle onde P:

Il profilo di velocità delle onde P mostra 3 livelli di velocità principali:

- il primo livello è rappresentato dal terreno di riporto caratterizzato superficialmente da un valore più alto (1059 m/s) in relazione ad uno strato addensato artificialmente, mentre la porzione inferiore mostra valori intorno ai 600 m/s;
- il livello successivo comprende i terreni sedimentari sabbioso-ghiaiosi e argillosi nei quali le velocità, variando di poco, si attestano mediamente su valori di 1500 m/s, complice anche la presenza della falda che saturandone i pori aumenta di conseguenza il valore di velocità;
- il terzo ed ultimo livello riguarda il substrato litoide con velocità sensibilmente più elevate e comprese tra 2500 e circa 3000 m/s.

Osservando attentamente il profilo di velocità, si notano variazioni di velocità in corrispondenza dei passaggi litologici tra riporti e sedimenti alluvionali e tra questi ultimi ed il substrato litoide.

### Osservazioni sulle velocità delle onde S:

Il profilo di velocità delle onde S è simile a quello delle P, quindi, anch'esso è sintetizzabile con 3 livelli di velocità principali:

- il primo livello è rappresentato dal terreno di riporto caratterizzato superficialmente da un valore più alto (457 m/s) in relazione ad uno strato addensato artificialmente, mentre la porzione inferiore mostra valori intorno ai 200 m/s;
- il livello successivo comprende i terreni sedimentari sabbioso-ghiaiosi e argillosi nei quali le velocità, variando di poco, si attestano di poco al di sotto dei 200 m/s;
- il terzo ed ultimo livello riguarda il substrato litoide con velocità sensibilmente più elevate e comprese tra 1400 e 1600 m/s;

Il profilo di velocità mostra variazioni di velocità in corrispondenza dei passaggi litologici tra riporti e sedimenti alluvionali e tra questi ultimi ed il substrato litoide il cui tetto è certamente la parte più alterata e fratturata dell'ammasso roccioso in esame.

Il panorama completo dei parametri sismici elaborati è rappresentato nelle tabelle e nei grafici presenti tra gli allegati.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva relativa al calcolo della Vs30 eseguito secondo le specifiche del DM 14/01/2008 (NTC 2008)

<b>CROSS-HOLE</b>	<b>VALORE Vs30 m/s</b>	<b>Classificazione secondo DM 14-01-2009</b>
<b>SD4</b>	<b>250</b>	<b>S2</b>

Considerati il valore della Vs30 e il profilo stratigrafico del terreno in esame, si osserva che la categoria di suolo corrispondente è la S2, in base alla descrizione geotecnica dei terreni secondo quanto riportato nella tabella della normativa; la presunta categoria C, rispondente in termini di Vs30, non è attribuibile in quanto prevedendo terreni grossi e fini con spessori superiori ai 30 metri è in contrasto con la stratigrafia del sito dove i terreni di questo tipo hanno spessore di soli 23,60 metri.

## **2.6 – Classificazione dei terreni in termini di Vs30**

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche ed integrazioni, la normativa tecnica europea (Eurocodici EC 7 e EC 8) e le più avanzate normative internazionali, attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni).

La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio Vs degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopracitate normative. Il profilo delle onde di taglio Vs nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno



- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità è possibile determinare una velocità equivalente  $V_{s30}$  rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito come suolo di tipo A, B, C, D, E, S1, S2 secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8.

Il calcolo viene sviluppato utilizzando la stratigrafia  $V_s$  e la seguente formula:

$$V_{s30} = 30 / S_i = 1, N \cdot h_i / V_i$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Di seguito si riporta la tabella contenuta nell'OPCM 3274/2003 in base allo schema di classificazione dei siti.

Classificazione del tipo di suolo secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 14/01/2008		
Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s30}(m/s)$
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	360÷800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	180÷360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	<180
E	Terreni dei sottosuoli tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)	
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	<100
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	

## 2.7 – Storia del quadro normativo recente in materia antisismica

O.P.C.M. n.3274 del 2003

Il recente riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio

nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base al parametro Vs30.

#### **NTC 23 settembre 2005**

Il 23 settembre 2005 vengono pubblicate in Gazzetta Ufficiale le nuove NTC, che contengono tutta la normativa italiana relativa alla progettazione degli edifici.

È previsto che le nuove NTC entrino in vigore il 23 ottobre 2005; per la precisione in tale data inizia un periodo di 18 mesi di applicazione sperimentale durante il quale è possibile far riferimento alla vecchia normativa (legge 1086/1971, legge 64/1974).

#### **DM 14 gennaio 2008**

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, la cui entrata in vigore era prevista per il 5 marzo 2008.

Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC.

La proroga assegnata al decreto non si applica alle verifiche tecniche e alle nuove progettazioni degli interventi relativi agli edifici di **interesse strategico** e alle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile.

Lo stesso vale per gli edifici e le opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso.

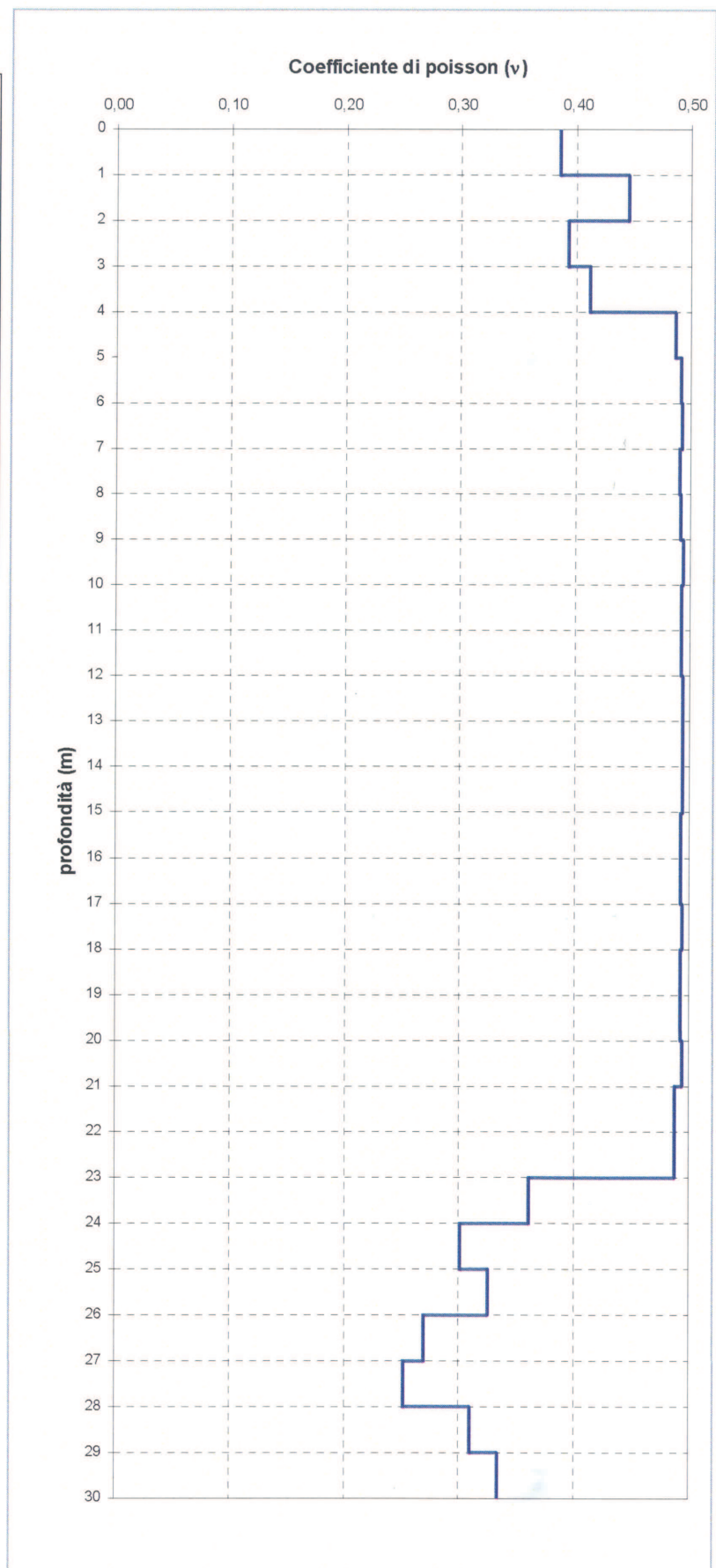
Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la **Circolare 617/2009**, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008, che rappresenta – ha spiegato il Ministero – “la più avanzata espressione normativa a tutela della pubblica incolumità nel settore delle costruzioni”.

L'8 aprile del 2009 la Commissione Ambiente della Camera ha impegnato il Governo a rendere nel più breve tempo possibile obbligatoria l'applicazione del DM 14 gennaio 2008, abrogando la proroga al 30 giugno 2010.

Per ciò che riguarda la normativa della regione Lazio è di recente pubblicazione la “**DELIBERA DI GIUNTA REGIONALE n. 387**” del 22 Maggio 2009 che ha per oggetto la *Nuova classificazione sismica del territorio della Regione Lazio in applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 Aprile 2006 e della DGR Lazio 766/03.*

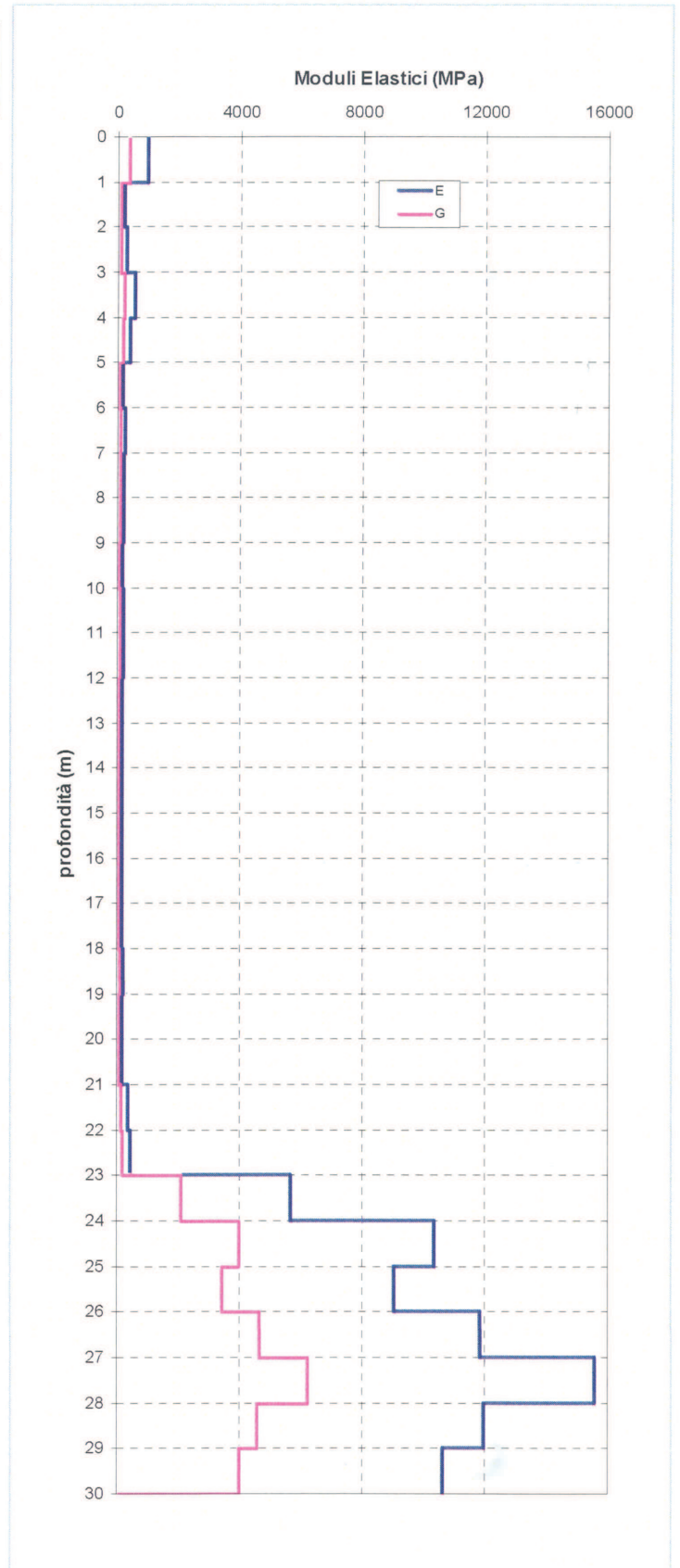
<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Cross – Hole SD4 Coefficiente di POISSON</b>
<b>Cantiere:</b> "Piombino - Prolungamento SS 398"	
<b>Località:</b> Piombino (LI)	
<b>Impresa esecutrice:</b> Sondedile S.r.l.	

Prof. m	$\nu$ valore
1	0,39
2	0,45
3	0,39
4	0,41
5	0,49
6	0,49
7	0,49
8	0,49
9	0,49
10	0,49
11	0,49
12	0,49
13	0,49
14	0,49
15	0,49
16	0,49
17	0,49
18	0,49
19	0,49
20	0,49
21	0,49
22	0,49
23	0,49
24	0,36
25	0,30
26	0,32
27	0,27
28	0,25
29	0,31
30	0,33



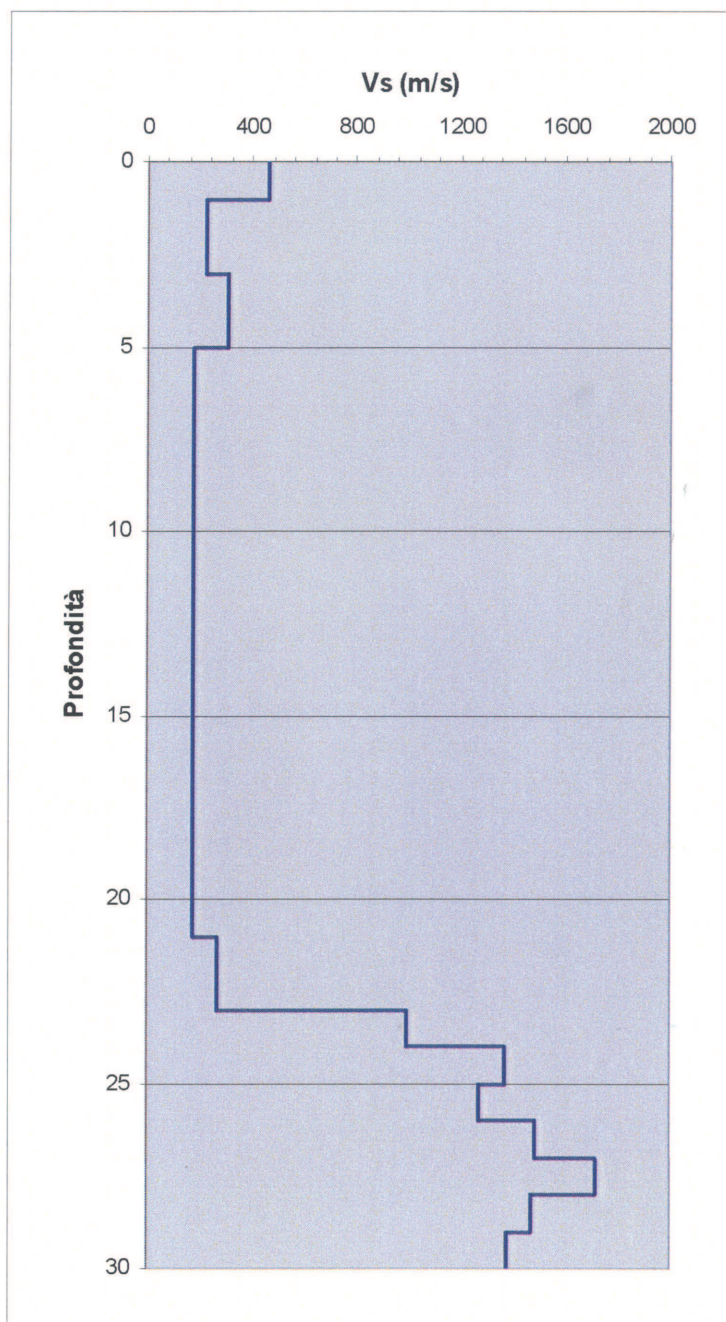
<b>Committente:</b>	SPEA S.p.A.	<b>Cross – Hole SD4</b>
<b>Cantiere:</b>	“Piombino - Prolungamento SS 398”	
<b>Località:</b>	Piombino (LI)	<b>Moduli elastici di Young(E) e di Taglio (B)</b>
<b>Impresa esecutrice:</b>	Sonedile S.r.l.	

<b>E MPa</b>	<b>G MPa</b>	<b>r T/mc</b>	<b>Prof. m</b>
954	344	1,65	1
182	63	1,65	2
273	98	1,65	3
536	190	1,75	4
409	138	1,75	5
175	59	1,85	6
241	81	1,95	7
179	60	1,95	8
196	66	1,95	9
160	54	1,85	10
179	60	1,80	11
188	63	1,80	12
162	54	1,80	13
161	54	1,80	14
167	56	1,80	15
164	55	1,80	16
166	56	1,80	17
172	58	1,85	18
187	63	1,85	19
176	59	1,85	20
171	57	1,85	21
353	119	1,85	22
438	147	1,85	23
5655	2077	2,10	24
10320	3965	2,10	25
9050	3415	2,10	26
11819	4656	2,10	27
15549	6213	2,10	28
11959	4567	2,10	29
10627	3985	2,10	30



<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Cross - Hole SD4</b>
<b>Cantiere:</b> "Piombino - Prolungamento SS 398"	<b>Vs30</b>
<b>Località:</b> Piombino (LI)	
<b>Impresa esecutrice:</b> Sondedile S.r.l.	<b>PRELIMINARE</b>

Prof. (m)	n. strati	Vs (m/s)
1	1	457
2	2	220
3	2	220
4	3	305
5	3	305
6	4	179
7	4	179
8	4	179
9	4	179
10	4	179
11	4	179
12	4	179
13	4	179
14	4	179
15	4	179
16	4	179
17	4	179
18	4	179
19	4	179
20	4	179
21	4	179
22	5	268
23	5	268
24	6	995
25	7	1374
26	8	1275
27	9	1489
28	10	1720
29	11	1475
30	12	1378



**Vs30 = 250 m/s**

**CATEGORIA SUOLO > S2**

"Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti"

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Cross Hole SD4</b>
<b>Cantiere:</b> "Piombino - Prolungamento SS 398"	<b>Tabella Riassuntiva</b>
<b>Località:</b> Piombino (LI)	
<b>Impresa esecutrice:</b> Sondedile S.r.l.	

Prof.	Distanza fori	T(p)	T(s)	V(p)	V(s)	Poisson	E	G	D	Stratigrafia
m	m	ms	ms	m/s	m/s		Mpa	Mpa	T/mc	
1	5,480	5,175	12,00	1.059	457	0,39	954	344	1,65	Terreno di riporto sabbioso-ghiaioso
2	5,473	8,800	28,00	622	195	0,45	182	63	1,65	
3	5,456	9,400	22,40	580	244	0,39	273	98	1,65	
4	5,435	6,400	16,50	849	329	0,41	536	190	1,75	Sabbia fine
5	5,414	3,175	19,30	1.705	281	0,49	409	138	1,75	Argilla
6	5,393	3,950	30,30	1.365	178	0,49	175	59	1,85	
7	5,388	3,075	26,50	1.752	203	0,49	241	81	1,95	Ghiaia in matrice sabbiosa
8	5,383	3,200	30,70	1.682	175	0,49	179	60	1,95	
9	5,379	3,650	29,30	1.474	184	0,49	196	66	1,95	
10	5,374	3,425	31,60	1.569	170	0,49	160	54	1,85	Argilla
11	5,378	3,475	29,50	1.548	182	0,49	179	60	1,80	
12	5,381	3,525	28,80	1.527	187	0,49	188	63	1,80	Sabbia fine
13	5,374	3,575	31,00	1.503	173	0,49	162	54	1,80	
14	5,367	3,500	31,00	1.533	173	0,49	161	54	1,80	
15	5,357	3,450	30,40	1.553	176	0,49	167	56	1,80	
16	5,348	3,575	30,60	1.496	175	0,49	164	55	1,80	
17	5,325	3,725	30,30	1.430	176	0,49	166	56	1,80	
18	5,298	3,450	30,00	1.536	177	0,49	172	58	1,85	
19	5,280	3,375	28,70	1.564	184	0,49	187	63	1,85	
20	5,261	3,425	29,50	1.536	178	0,49	176	59	1,85	
21	5,238	3,400	29,80	1.541	176	0,49	171	57	1,85	
22	5,216	3,275	20,60	1.593	253	0,49	353	119	1,85	
23	5,194	2,925	18,40	1.776	282	0,49	438	147	1,85	
24	5,172	2,425	5,20	2.133	995	0,36	5655	2077	2,10	Arenaria fratturata "Macigno"
25	5,153	2,000	3,75	2.577	1.374	0,30	10320	3965	2,10	
26	5,133	2,050	4,03	2.504	1.275	0,32	9050	3415	2,10	
27	5,100	1,925	3,43	2.649	1.489	0,27	11819	4656	2,10	
28	5,074	1,700	2,95	2.985	1.720	0,25	15549	6213	2,10	
29	5,051	1,800	3,43	2.806	1.475	0,31	11959	4567	2,10	
30	5,028	1,825	3,65	2.755	1.378	0,33	10627	3985	2,10	

<b>T(p)</b> <b>T(s)</b>	Tempi di arrivo delle onde P Tempi di arrivo delle onde S
<b>Vp</b> <b>Vs</b>	Velocità delle onde P Velocità delle onde S
<b>Poisson</b>	Coefficiente di Poisson
<b>E</b> <b>G</b>	Modulo elastico in regime dinamico Modulo di taglio in regime dinamico
<b>D</b>	Peso naturale del terreno

<b>Committente:</b> SPEA S.p.A.	<b>Cross – Hole SD4</b>
<b>Cantiere:</b> “Piombino - Prolungamento SS 398”	<b>DOCUMENTAZINE FOTOGRAFICA</b>
<b>Località:</b> Piombino (LI)	
<b>Impresa esecutrice:</b> Sondedile S.r.l.	



Postazione cross-hole allestita per la misura sismica

Misura di verticalità

