

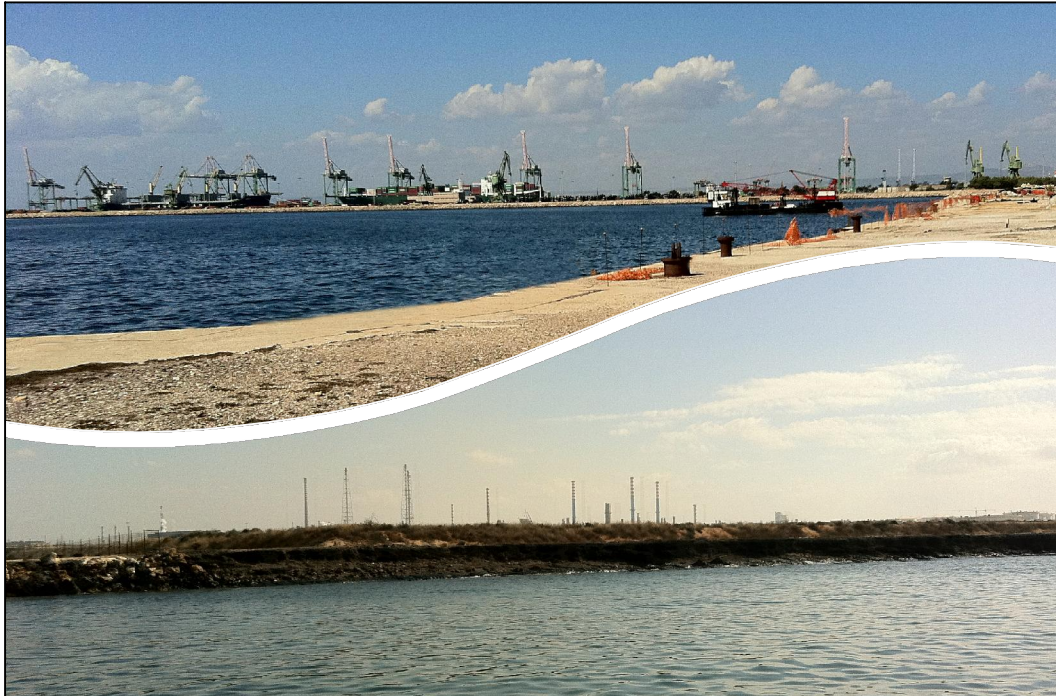
Regione PUGLIA



MINISTERO DELL'AMBIENTE  
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE




Autorità Portuale di Taranto



Convenzione Sogesid S.p.A. - Ministero dell'Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare  
Regione Puglia - Autorità Portuale di Taranto del 19 Luglio 2011

## INTERVENTI PER IL DRAGAGGIO DI 2,3 Mm<sup>3</sup> DI SEDIMENTI IN AREA MOLO POLISETTORIALE E PER LA REALIZZAZIONE DI UN PRIMO LOTTO DELLA CASSA DI COLMATA FUNZIONALE ALL'AMPLIAMENTO DEL V SPORGENTE DEL PORTO DI TARANTO PROGETTO DEFINITIVO

Titolo elaborato					Elaborato					
<b>RELAZIONE SISMICA</b>					<b>ED 010</b>					
Redatto da					GRUPPO DI LAVORO					
 <p><b>IL DIRETTORE TECNICO</b> Ing. Carlo MESSINA</p> <p><b>Responsabile Servizio Operativo</b> Bonifiche e Rifiuti : Ing. Enrico BRUGIOTTI</p> <p><b>Project Manager :</b> Ing. Giuseppe ALFANO</p>					<p>Ing. G. ALFANO - Ing. R. GRADO (Opere Civili, Idraulica e Impiantistica)</p> <p>Geol. P. MARTINES - Geol. V. SPECCHIO (Geologia)</p> <p>Ing. F. LEO (Geotecnica, Sismica e Strutture)</p> <p>Ing. A. LUCIANO (Impianti Trattamento)</p> <p>Ing. M. TARTAGLINI (Opere Marittime)</p> <p>Ing. B. FERRARO (Computi metrici)</p> <p>Dott. C. CORSI - Biol. S.RANIA (Caratterizzazione Ambientale dei Sedimenti)</p> <p>Arch. K. ELIA - Arch. E. CONFORTI - Dott.ssa F. MONCADA - Geom. M. TEMPESTA (Elaborazioni grafiche)</p>					
					<b>Il Responsabile del Procedimento</b>					
Cod. Commessa		Codice			Nome file					
PUG102		PD	ED	0	1	0	rev. 0	PUG102PDED010_0		Data : Ottobre 2012
Rev.	Data	Descrizione modifica					verificato			approvato
0	ott/2012	1 <sup>a</sup> Emissione								

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL SITO</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ASPETTI SISMICI GENERALI</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>AZIONE SISMICA</b> .....	<b>7</b>
4.1	<i>CATEGORIA DI SOTTOSUOLO</i> .....	7
4.1.1	<i>AREA EX YARD BELLELI</i> .....	7
4.1.2	<i>AREA A MARE – CASSA DI COLMATA</i> .....	10
4.2	<i>CATEGORIA TOPOGRAFICA</i> .....	19
4.3	<i>PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA</i> .....	19
4.4	<i>PARAMETRI CARATTERISTICI DELLA SOLLECITAZIONE SISMICA</i> .....	20
4.5	<i>SISMICITÀ DELL'AREA</i> .....	20
4.5.1	<i>AREA EX YARD BELLELI</i> .....	21
4.5.2	<i>AREA A MARE – CASSA DI COLMATA</i> .....	21

## **1 INTRODUZIONE**

La presente relazione sismica si inquadra nell'ambito degli interventi finalizzati alla riqualificazione ambientale delle aree ricadenti nel SIN Taranto ed al contestuale sviluppo infrastrutturale prioritario dell'area portuale di Taranto e per lo sviluppo dei traffici containerizzati nel porto.

Nel caso in esame gli interventi sono finalizzati:

- al dragaggio dei sedimenti del fondale in corrispondenza del Molo Polisettoriale fino alla quota di -16.5 m, in modo da consentire l'attracco di navi di tonnello fino a 100.000 t.
- alla realizzazione della cassa di colmata per l'ampliamento del V sporgente, necessaria per il conferimento di parte dei sedimenti dragati, mediante confinamento, lato mare, con palancoato composito.

L'area oggetto di intervento si trova all'interno del Sito di Interesse Nazionale di Taranto, individuato con legge n. 426 del 9/12/1998 e perimetrato con Decreto del Ministero dell'Ambiente del 10/01/2000 ed in particolare nell'area del Porto di Taranto compresa tra il Molo Polisettoriale e il V sporgente denominata "Darsena Polisettoriale".

Lo studio in esame vuole fornire una caratterizzazione sismica dell'area oggetto di intervento nel rispetto delle Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (D.M. 14 Gennaio 2008), come individuazione della categoria di sottosuolo sulla base dei risultati delle indagini sismiche eseguite nell'area.

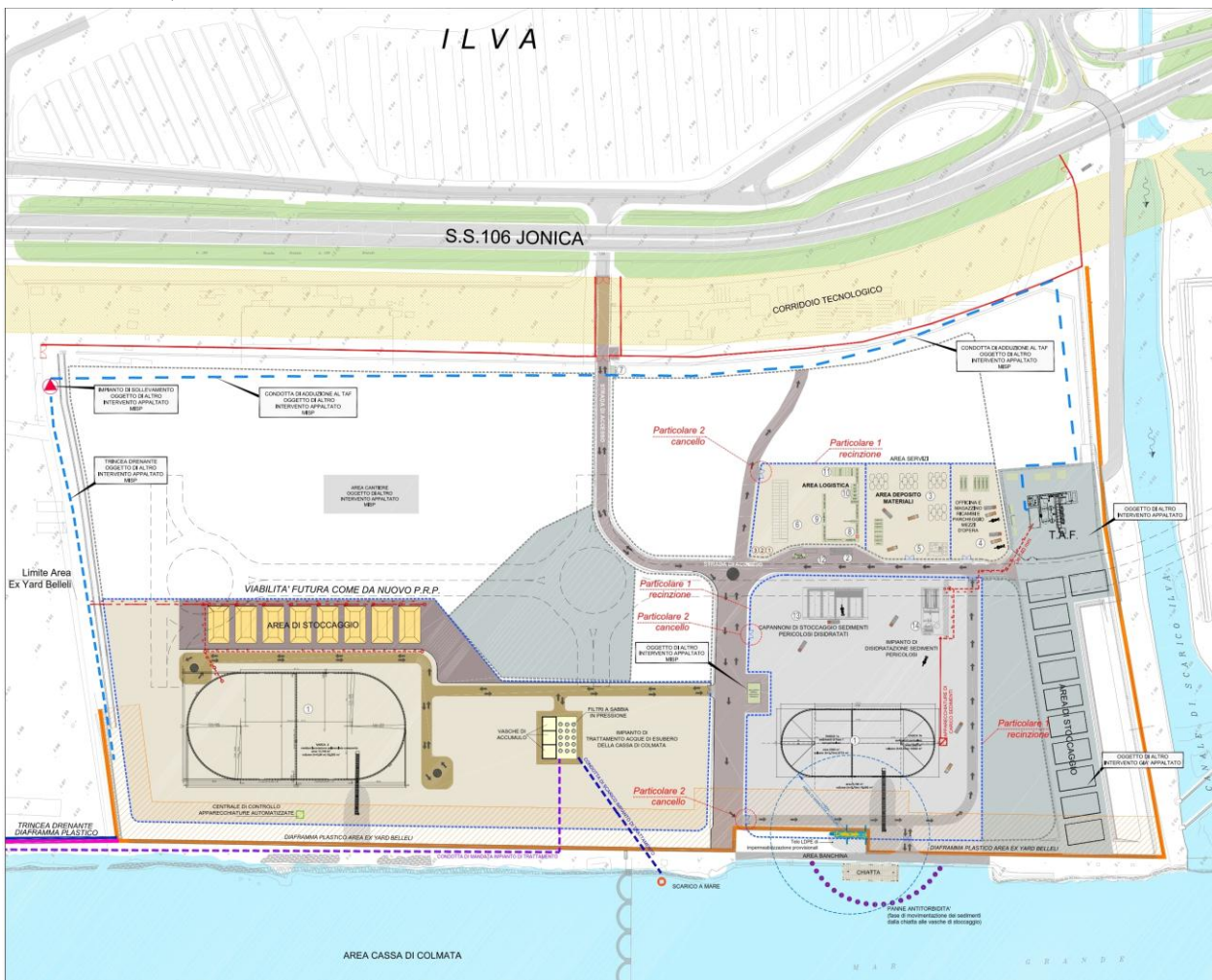
Sulla base dei principi del Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14.01.2008 e s.m.i., riportati dettagliatamente di seguito, viene quindi fornita la stima dei parametri di pericolosità sismica del sito in funzione dei diversi stati limite di esercizio ed ultimi contemplati dalla suddetta normativa.

## 2 INQUADRAMENTO DEL SITO

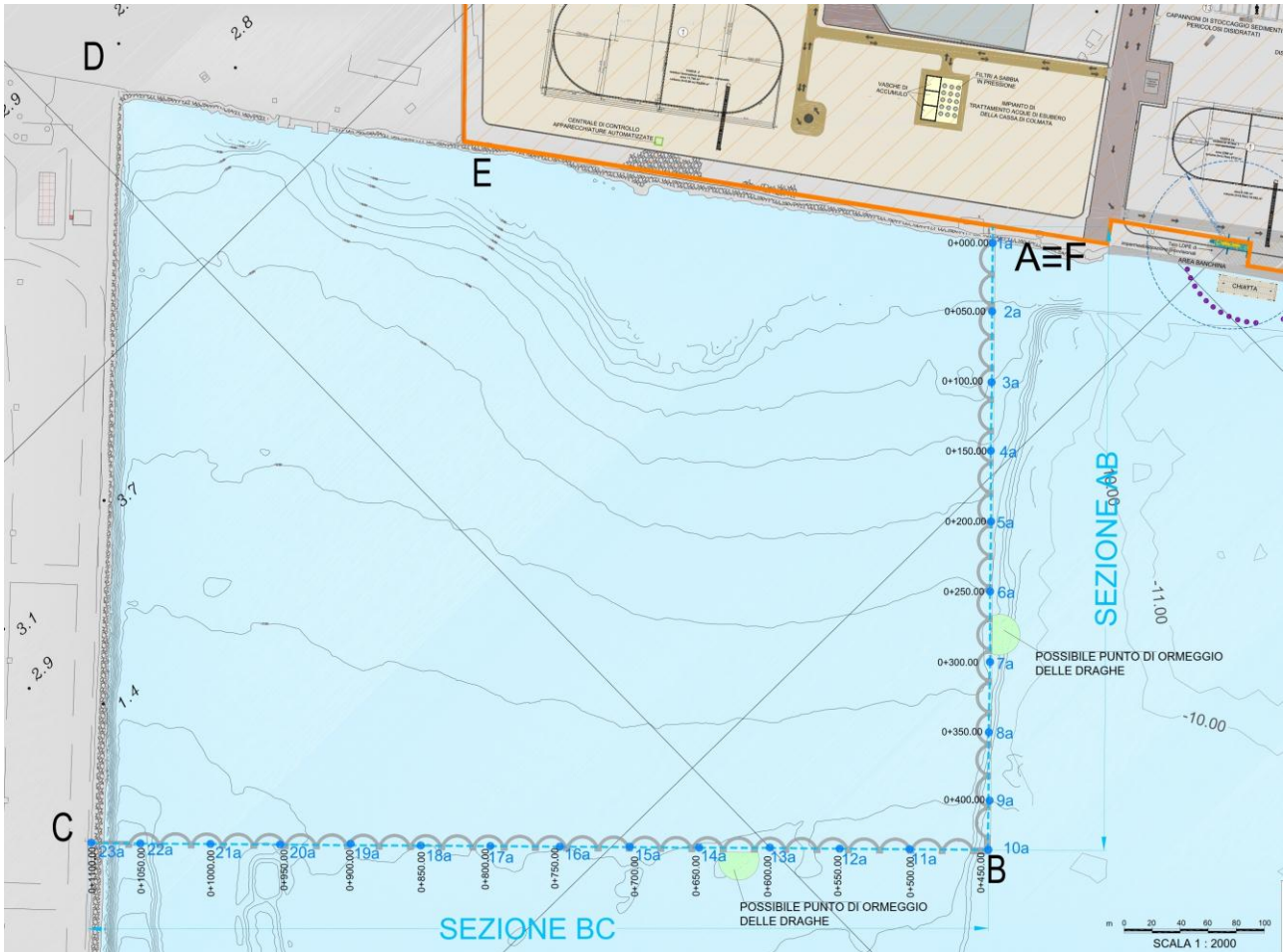
Sulla base delle coordinate topografiche dell'area di intervento essa ricade nell'ambito della località Taranto, Lido Azzurro - Latitudine (deg) 40,5197° (N 40° 31' 11"), Longitudine (deg) 17,1409° (E 17° 8' 27").

Nel presente studio sono state caratterizzate dal punto di vista simico le due aree del sito, ove saranno realizzate le opere in progetto:

- 1) Area dove si prevede l'installazione del cantiere di supporto alle attività di dragaggio di circa 2 milioni di metri cubi della darsena del Molo Polisetoriale del Porto di Taranto localizzato nel cosiddetto "porto fuori rada" a sud del V Sporgente. A servizio delle attività di dragaggio verrà realizzato un cantiere, riportato nella successiva figura, (cfr elaborato PDEG0014) nell'area dell'ex Yard Belleli. In particolare verranno realizzati dei capannoni coperti per lo stoccaggio temporaneo dei sedimenti contaminati disidratati (n.13 nella tavola).



- 2) Area a mare dove sarà realizzata la cassa di colmata con confinamento a mare mediante struttura tipo palancoato composito. L'inquadratura dell'area di intervento è riportata nella figura seguente.



### 3 ASPETTI SISMICI GENERALI

Ai fini della definizione/valutazione dell'azione sismica di progetto secondo quanto riportato nel nuovo DM del 14/01/2008, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante studi specifici. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione sia di categorie di sottosuolo di riferimento che topografiche.

Per la differenziazione delle prime, la classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_s$  ovvero sul numero medio di colpi  $N_{SPT}$  ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media  $C_u$ .

In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

**Tabella 3.2.II** – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie di terreno se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

**Tabella 3.2.III** – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Lo stesso decreto specifica, inoltre, che qualora si è in presenza di un alternanza di terreni coesivi e granulari distribuiti con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità e nel contempo non si

disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio, si può procedere determinando  $N_{SPT,30}$  limitatamente agli strati granulari e  $C_{u30}$  limitatamente agli strati coesivi. Una volta individuate le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri  $N_{SPT,30}$  e  $C_{u30}$  si riferirà il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle specificate.

Nelle definizioni precedenti  $V_{S,30}$  è la velocità media di propagazione entro i 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} \text{ [m/s]}.$$

Allo stesso modo la resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{SPT,30}$  e la resistenza non drenata equivalente  $C_{u30}$  vengono definite dalle seguenti espressioni:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}.$$

$$C_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{C_{u,i}}}.$$

dove  $h_i$  indica lo spessore  $i$ -esimo; mentre  $V_i$ ,  $N_{SPTi}$  e  $C_{ui}$  indicano rispettivamente la velocità delle onde di taglio, il numero di colpi (ultimi 30 cm) alla prova SPT (per i terreni granulari) e la coesione non drenata (per i terreni coesivi) dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Per ciò che concerne invece le categorie topografiche in caso di configurazioni superficiali semplici che non richiedano particolari studi di risposta sismica locale le stesse andranno individuate sulla base della successiva tabella:

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

## **4 AZIONE SISMICA**

### **4.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO**

Nel presente paragrafo vengono stimate le categorie di sottosuolo secondo i criteri del DM del 14/01/2008, sulla base dei risultati delle indagini eseguite nell'ambito delle due aree distinte nel sito in esame.

#### **4.1.1 AREA EX YARD BELLELI**

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità di 30 m ( $V_{s30}$ ) e quindi determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/1/2008 (G.U. 4 febbraio 2008, n.29 – s.o. n.30), sono stati eseguiti due profili RE.MI. in corrispondenza delle basi sismiche appositamente eseguite in area ex Yard Belleli.

Sono state eseguite n. 2 basi sismiche (BS1 e BS2), tutte di lunghezza pari a 75 m con distanza intergeofonica di 3,0 m mentre gli offset, per esigenze legate alla metodologia delle tomografie, non hanno una misura costante per tutta la lunghezza dello stendimento anche se la configurazione geometrica rimane sempre la stessa.

Infatti, lungo ciascun profilo, sono stati effettuati cinque scoppi: due scoppi esterni e tre interni allo stendimento fra il sesto e il settimo geofono, fra il dodicesimo e il tredicesimo, e fra il diciottesimo e il diciannovesimo.

I profili sismici sono stati posti in posizione ortogonale tra loro, in particolare la BS1 è stata orientata in direzione SSW-NNE mentre la BS2 è stata orientata in direzione SE-NW.

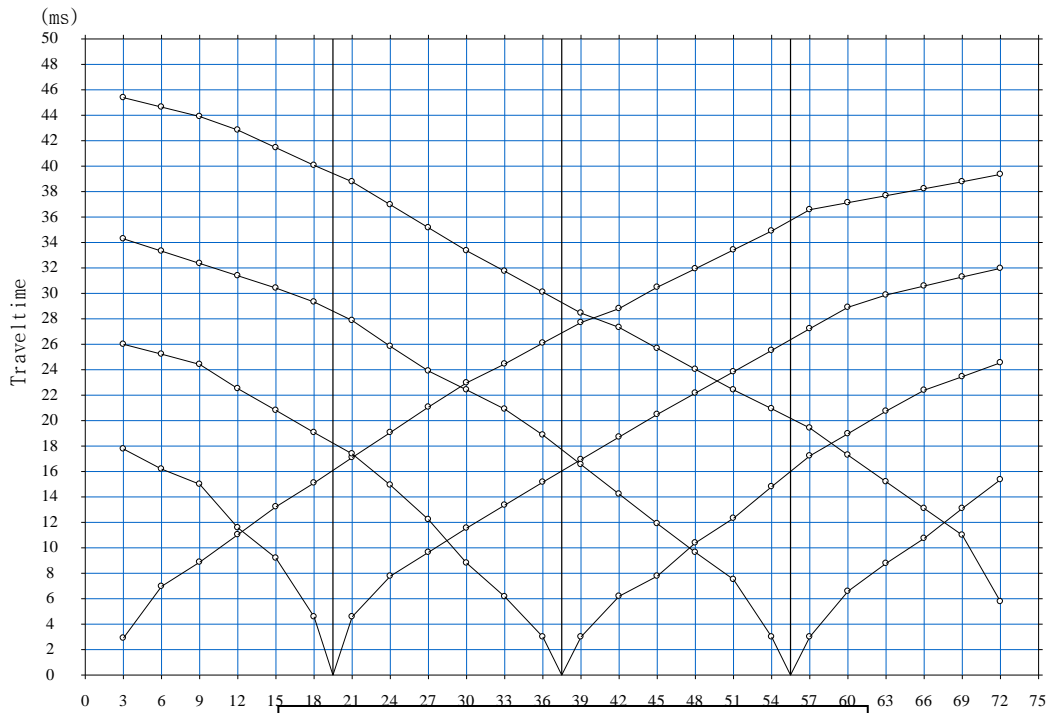
Data la lunghezza degli stendimenti eseguiti è stato possibile investigare il sottosuolo fino ad una massima profondità di circa 1-5 metri a partire dal piano campagna.

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, in generale, è stato possibile ricavare la struttura del sottosuolo distinguendolo in tre sismostrati ciascuno dei quali caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione.

Sulla base dell'interpretazione quantitativa delle dromocrone è stato possibile individuare un primo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di 601m/s attribuibile alla presenza di materiale di riporto mediamente addensato il quale si rileva fino ad una profondità compresa tra circa 1,0m e 1,5 m; in successione un secondo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di 1056 m/s, attribuibile alla presenza di un deposito terroso di riporto da poco a mediamente compatto, il quale si rileva fino ad una profondità compresa tra circa 3,0m e 4,0m; infine un terzo sismostrato con valori della velocità di propagazione delle onde P di 1793m/s attribuibile alla presenza di un deposito terroso di riporto mediamente compatto e/o deposito limoso mediamente compatto il quale quasi certamente si rileva fino alla massima profondità investigata.

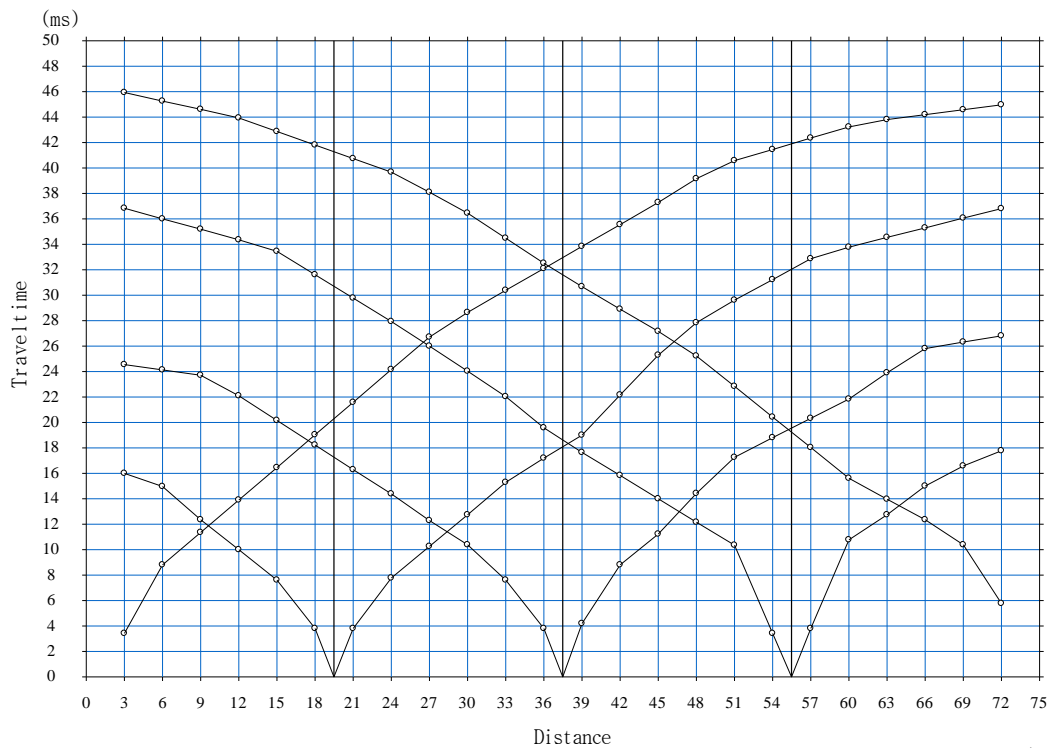


BasE sismica 1 E 2 - dromocrone – onde p



BasE sismica 1 - dromocrone

(m)



BasE sismica 2 - dromocrone

(m)

## Indagine RE.MI.

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità di 30mt ( $V_{S,30}$ ) e quindi determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/1/2008 (G.U. 4 febbraio 2008, n.29 – s.o. n.30), sono stati eseguiti due profili RE.MI. in corrispondenza delle stesse basi sismiche.

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando semplicemente il rumore di fondo ed elaborando il segnale con un opportuno software. A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%).

È così possibile definire con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo " $V_{S30}$ ".

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- predisposizione dello stendimento, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spazati e in linea retta, ciascuno della lunghezza di 69 metri (**RE.MI.1** e **RE.MI.2**);
- esecuzione di 20 registrazioni della durata di 30 sec del rumore ambientale;
- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'A6000/S.

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo. È importante rilevare che il profilo è ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto, ad esempio, con la tecnica down hole, risulta più rappresentativo a larga scala rispetto a quello ottenibile da un rilievo puntuale.

Sulla base delle indagini sismiche eseguite, considerando il profilo stratigrafico dell'attuale piano campagna, è possibile calcolare il parametro  $V_{S,30}$ , applicando l'espressione riportata nel D.M. 14/01/2008:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

il quale risulta compreso tra 578m/s e 602m/s; di conseguenza si può caratterizzare il sito in esame in una delle categorie di suolo di fondazione che in tal caso, nella Nuova Normativa Sismica, corrisponde ad un **suolo di classe "B"**, definito come (punto 3.2.2. cap. 3 tabella 3.2 II del DM 14-01-2008): "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 e da valori di  $V_{S,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

È opportuno precisare che dal profilo RE.MI. si ricavano i valori di velocità delle onde S lungo la verticale a circa metà della lunghezza dello stendimento fino ad una profondità mutevole in

funzione della variazione delle frequenze; generalmente, se non ci sono particolari “accidenti” la profondità di investigazione è pari alla lunghezza dello stendimento; in questo caso i modelli sismostratigrafici riportano una profondità dei sismostrati compresa tra circa 36 e 38m a partire dal piano d’indagine, pertanto non è stato necessario eseguire alcuna estrapolazione del dato relativo alle  $V_{s,30}$ .

#### 4.1.2 AREA A MARE – CASSA DI COLMATA

Al fine di determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14/1/2008, sono stati interpretati i risultati delle indagini CPTU eseguite nell’area in corrispondenza della cassa di colmata prevista in progetto.

A partire dai risultati delle prove CPTU sono stati stimati i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio secondo la relazione proposta da Mayne & Rix (1995):

$$V_s(m/s) = 1.75q_c^{0.627}$$

In cui:

$q_c$  = resistenza alla punta misurata nel corso delle prove CPTU (in kPa).

La determinazione della categoria di sottosuolo è stata condotta facendo riferimento alla seguente relazione che si basa sulla formula 3.2.2. delle NTC2008:

$$V_{s,z} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

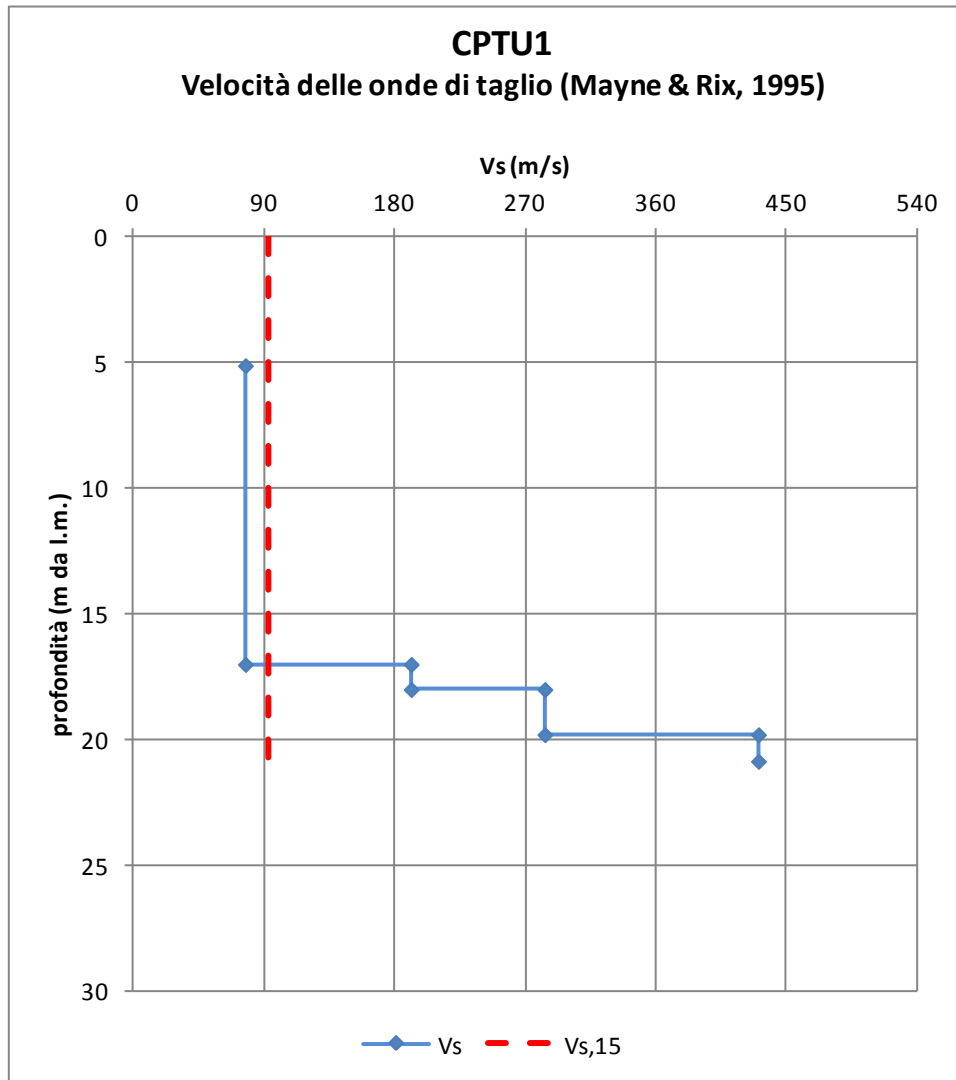
dove al posto della velocità  $V_{s,30}$  viene determinato un parametro  $V_{s,z}$  che rappresenta la velocità media in Z metri di profondità indagati dalla prova.

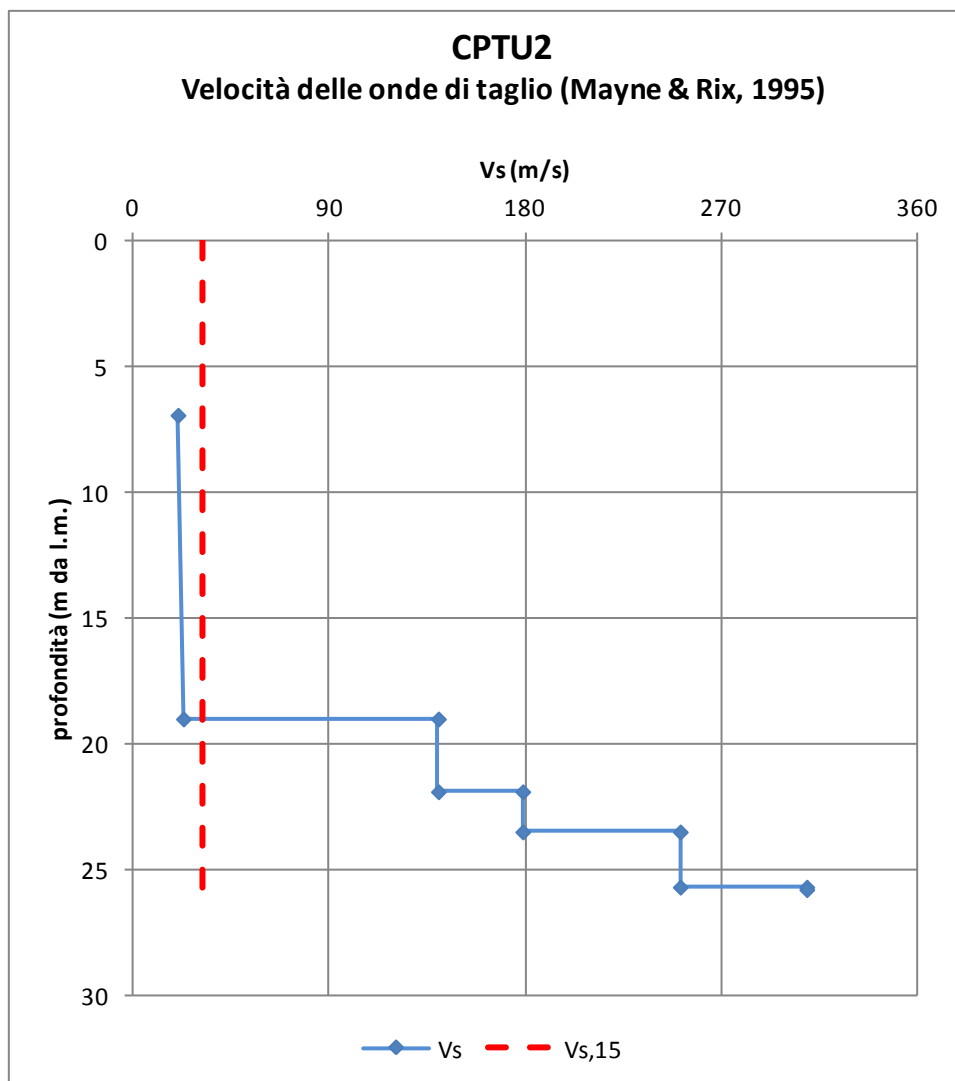
I risultati vengono esposti nella seguente tabella e nei successivi grafici.

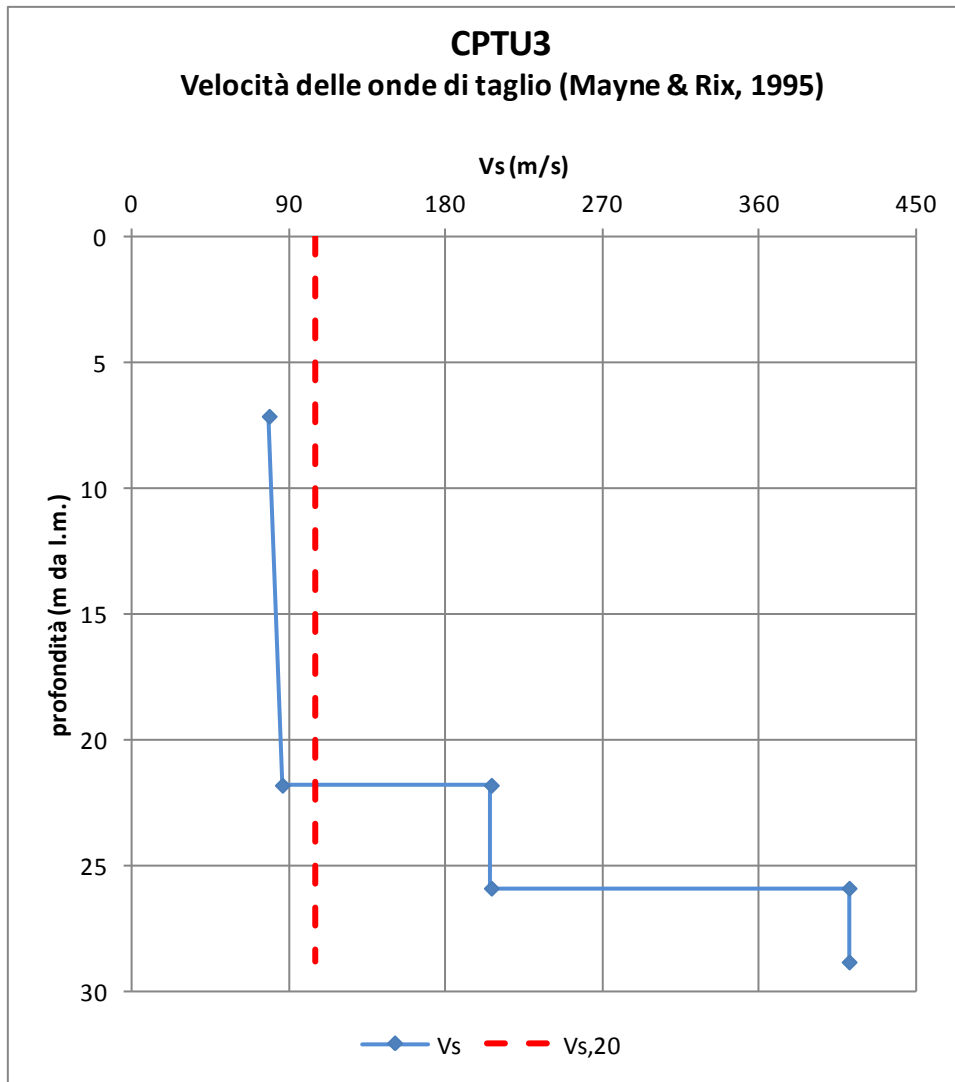
Prova CPTU	$V_{s,z}$ (m/s)	Categoria sottosuolo
CPTU1	$V_{s,15}=93.5$	D
CPTU2	$V_{s,15}=31.5$	D
CPTU3	$V_{s,20}=105.4$	D
CPTU4	$V_{s,20}=113.2$	D
CPTU5	$V_{s,25}=169.8$	D
CPTU6	$V_{s,20}=101.4$	D
CPTU7	$V_{s,15}=101.7$	D
CPTU8	$V_{s,25}=357.6$	C
CPTU8	$V_{s,15}=292.9$	C

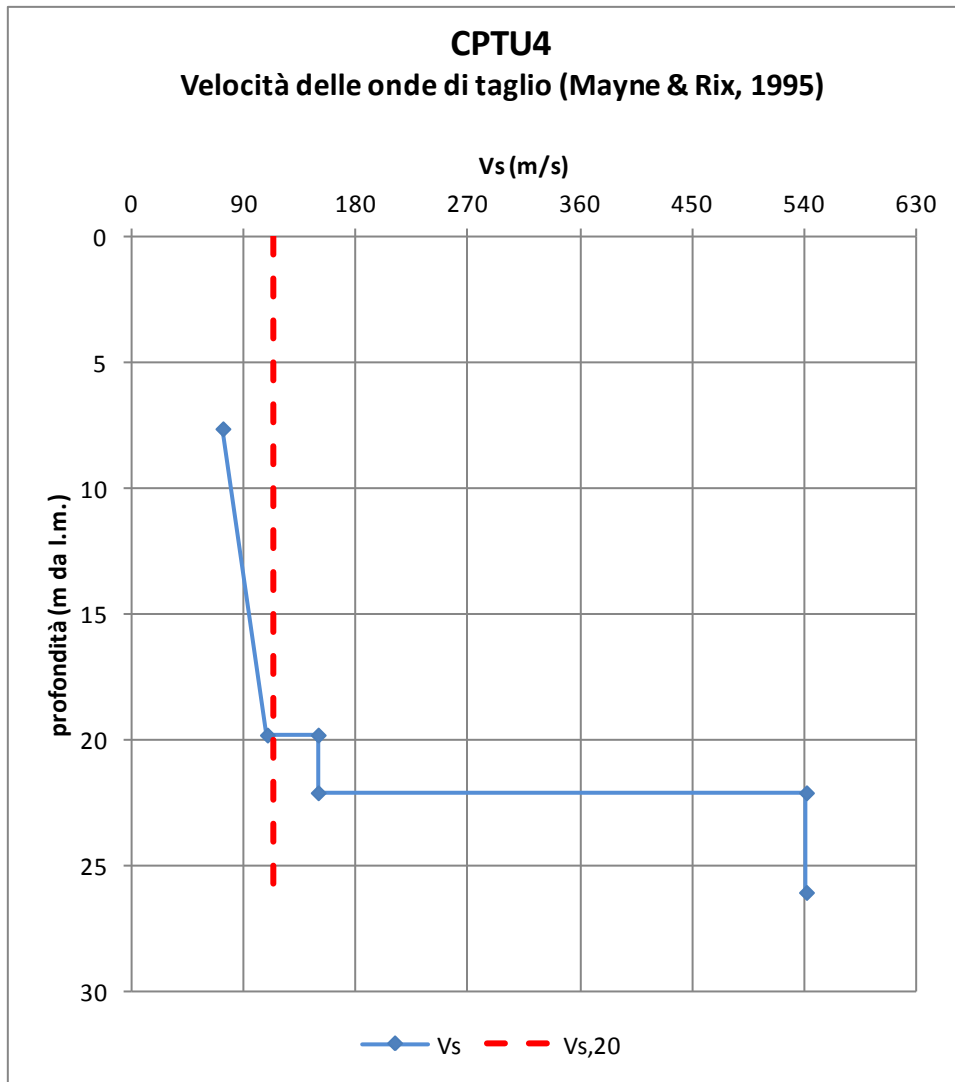
Dai risultati ottenuti, si può assumere per il settore a mare in corrispondenza della cassa di colmata in progetto, una **categoria di sottosuolo di tipo D**.

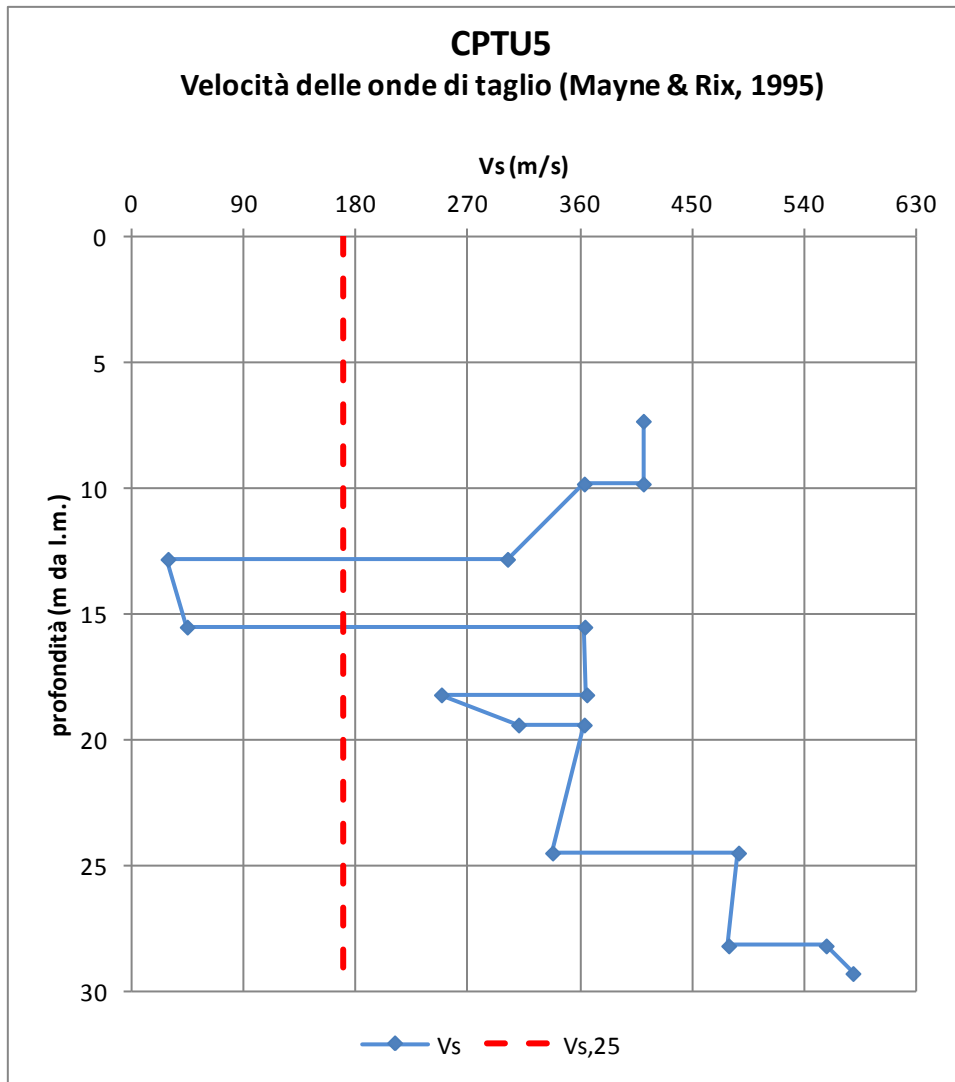
Nei grafici seguenti sono riportati gli andamenti con la profondità delle velocità di propagazione delle onde di taglio stimate a partire dai risultati delle prove CPTU ed i relativi parametri  $V_s, z$ .



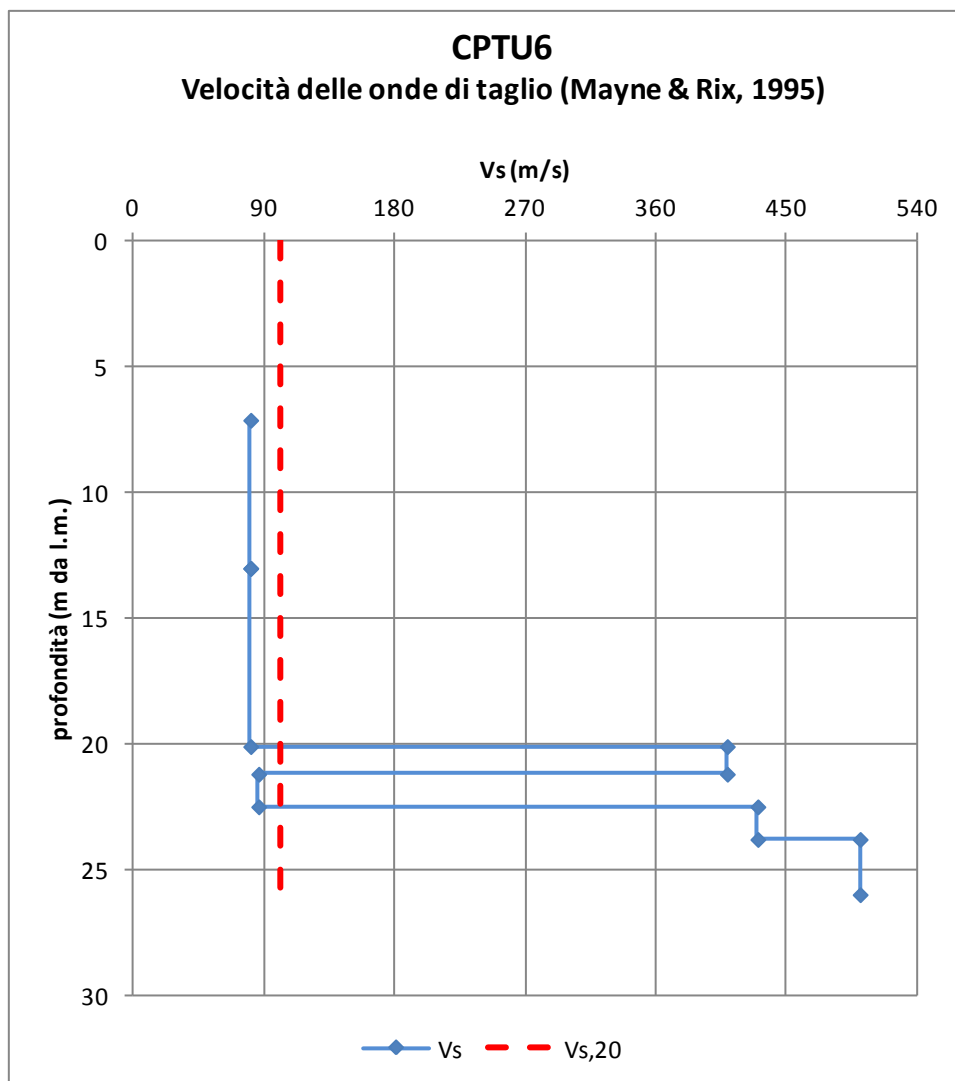


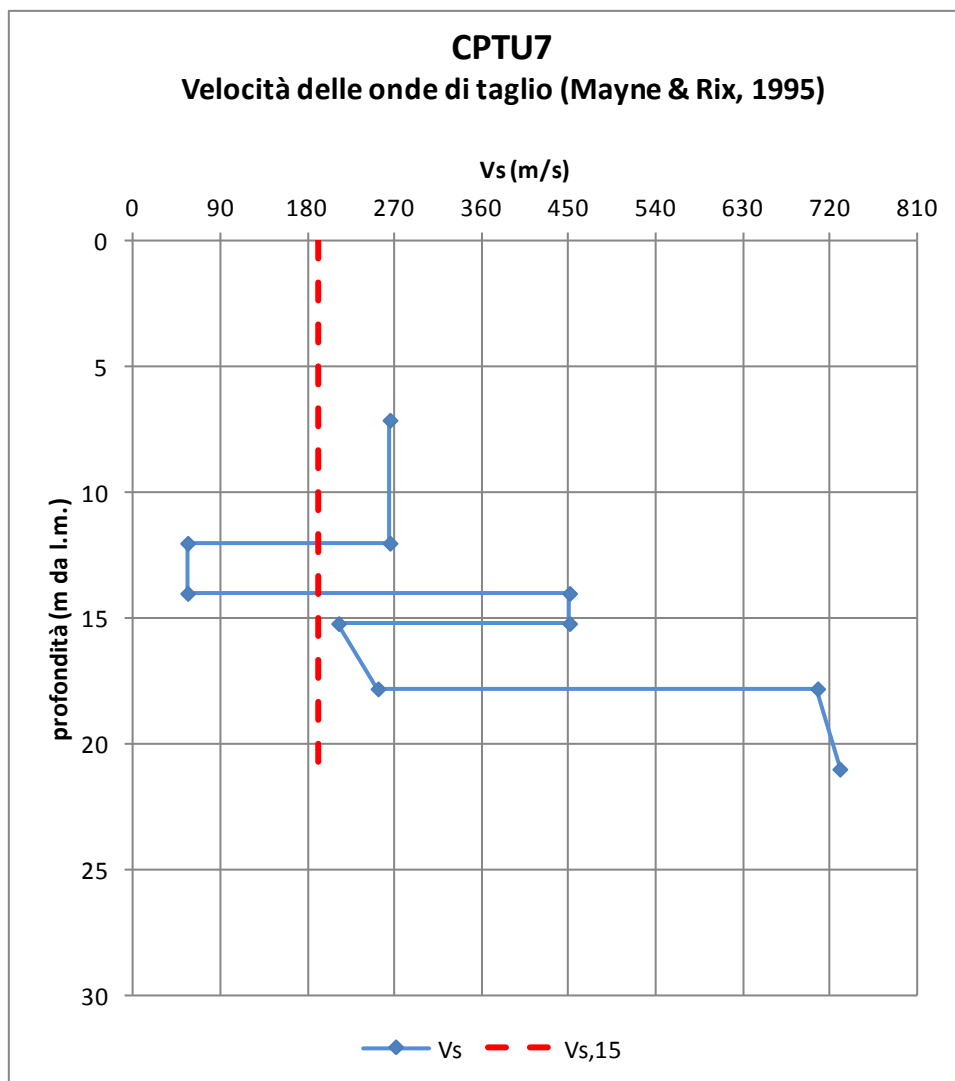


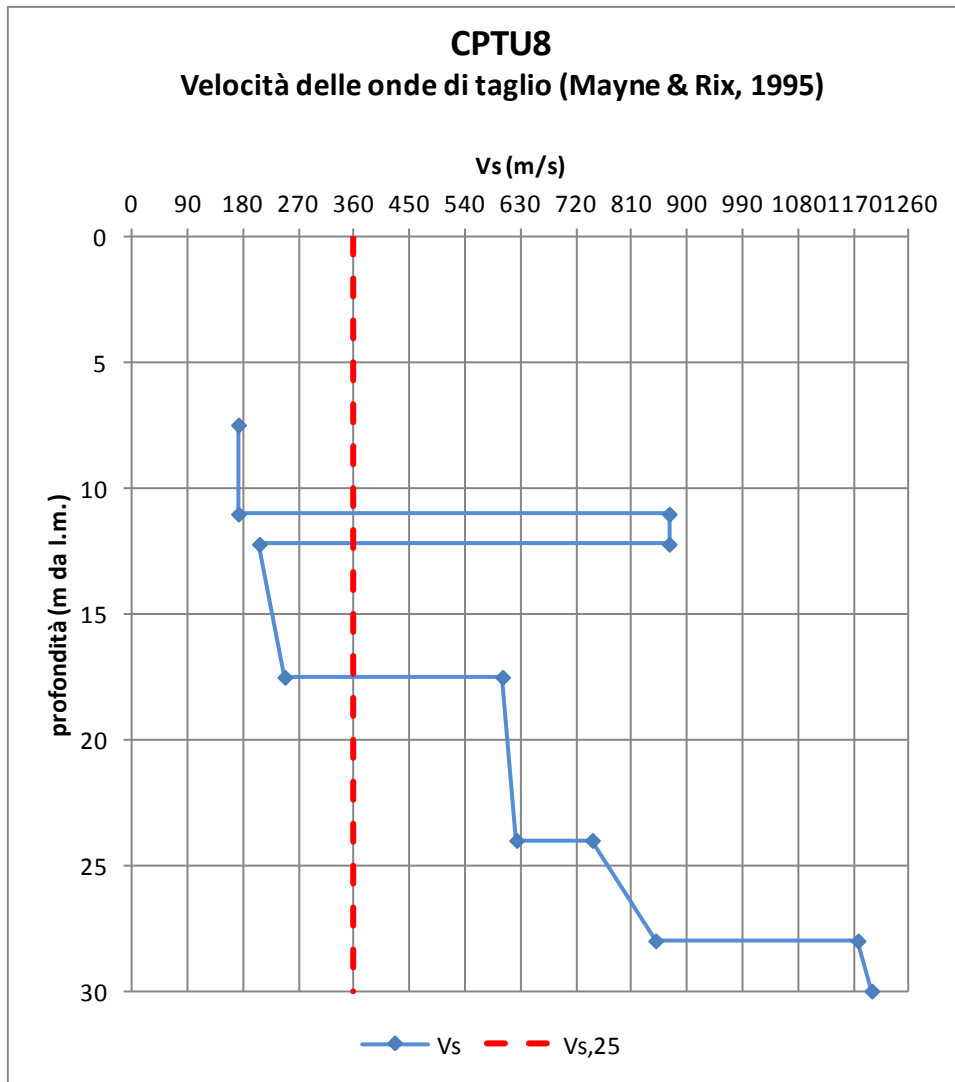


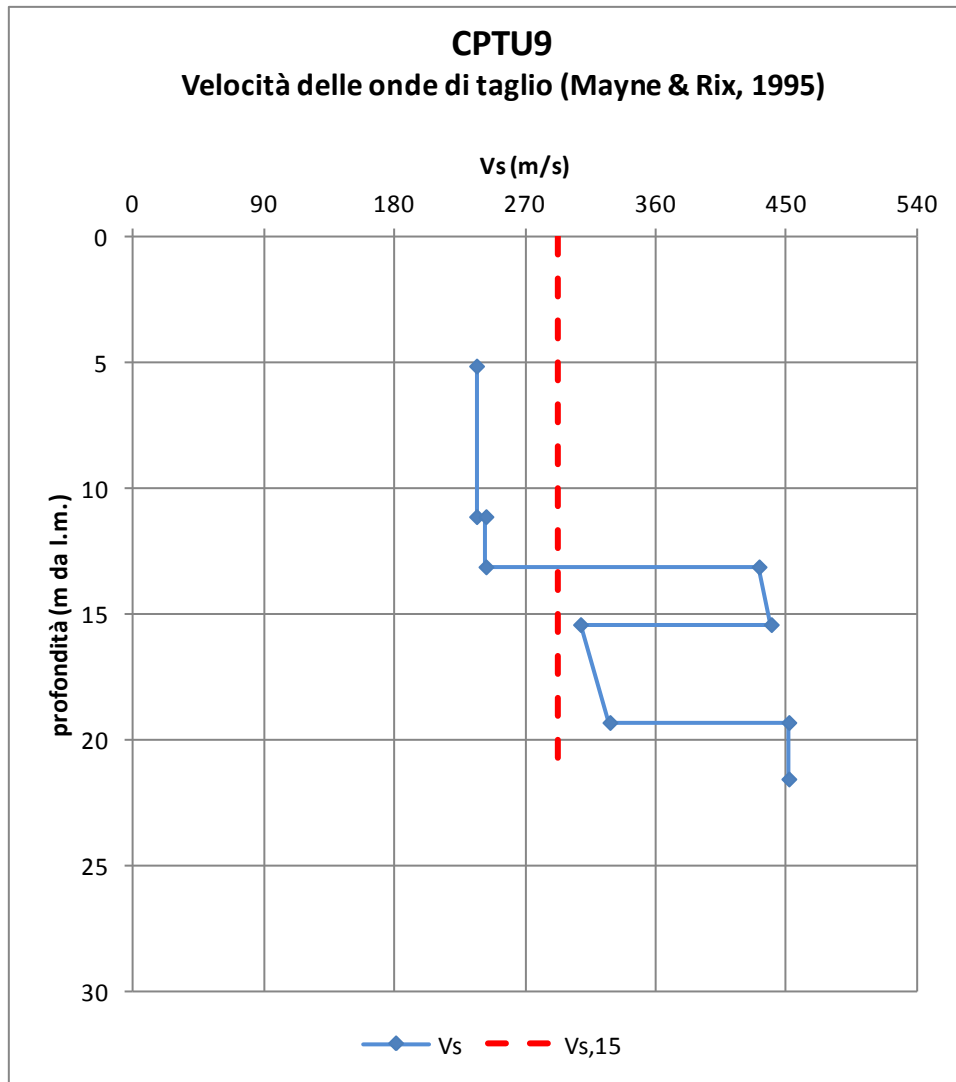












#### 4.2 CATEGORIA TOPOGRAFICA

Il sito è ascrivibile alla Condizione Topografica T1 in quanto si presenta con superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

#### 4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Per quanto concerne gli interventi in progetto sia su banchina sia in mare, è stata assunta una vita nominale dell'opera di  $V_N = 50$  anni e una classe d'uso III (coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ ).

Risulta pertanto:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.5 = 75 \text{ anni}$$

Dove:

- $V_R$  = periodo di riferimento per l'azione sismica;
- $V_N$  = vita nominale dell'opera strutturale. Nel caso in esame è stata assunta una  $V_N \geq 50$  anni: Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $C_U$  = coefficiente d'uso. Nel caso in esame è stata assunta una classe d'uso III per la quale risulta un coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ : Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

#### 4.4 PARAMETRI CARATTERISTICI DELLA SOLLECITAZIONE SISMICA

Nella seguente tabella vengono riportati i parametri caratteristici della sollecitazione sismica associati a ciascuno stato limite:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	45	0,036	2,416	0,291
SLD	75	0,048	2,413	0,326
SLV	712	0,140	2,488	0,324
SLC	1462	0,185	2,476	0,323

In cui:

- $T_R$  = tempo di ritorno
- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido orizzontale
- $F_o$  = fattore che quantifica amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale;
- $T_c^*$  = parametro necessario per la costruzione dello spettro elastico di risposta.

#### 4.5 SISMICITÀ DELL'AREA

Sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche proprie del sito, viene calcolato il valore massimo dell'accelerazione  $a_{max}$  da considerare nelle analisi di progetto.

Tale valore deriva dall'accelerazione massima in condizione di sito di riferimento pianeggiante su suolo rigido, adeguatamente amplificata per tener conto dell'effetto delle specifiche condizioni stratigrafiche e topografiche.

Di seguito viene riportata la determinazione dell'accelerazione sismica massima e dei coefficienti sismici nelle due aree del sito in esame e per lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita.

#### 4.5.1 AREA EX YARD BELLELI

Categoria di sottosuolo: "B" ( $V_{s,30}$  = compresa tra 578 m/s e 602 m/s da indagini RE.MI. eseguite su banchina);

Categoria topografica: T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ );

Vita nominale dell'opera di  $V_N = 50$  anni;

Classe d'uso III (coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ ).

$a_g = 0.140$  g (accelerazione orizzontale massima attesa al sito su suolo di categoria A per lo stato limite ultimo SLV (salvaguardia della vita):

Il valore dell'accelerazione massima orizzontale attesa al sito è dato dalla seguente relazione:

$$a_{\max} = a_g \times S = 0.168 \text{ accelerazione massima orizzontale attesa al sito}$$

dove:

$$S = S_S \times S_T$$

$S_S$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica ( $S_S = 1.200$ )

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica ( $S_T = 1$ )

Il coefficiente  $\beta_s$  riduttivo di  $a_{\max}$ , da impiegare per la determinazione dei coefficienti sismici  $k_h$  e  $k_v$  nelle verifiche di stabilità dei tagli e dei rilevati risulta pari a:

$\beta_s = 0,24$  per  $0.1 < a_g/g \leq 0.2$  per categoria di sottosuolo A,B,C,D,E

$k_h = \beta_s \times a_{\max} / g$  coeff.sismico orizzontale

$k_v = \pm 0.5 k_h$  coeff.sismico verticale

Risulta pertanto:

$$k_h = \mathbf{0.040}$$

$$k_v = \mathbf{\pm 0.020}$$

#### 4.5.2 AREA A MARE – CASSA DI COLMATA

Categoria di sottosuolo: "D" (stimato il parametro  $V_{s,20}$  da indagini CPT eseguite in mare);

Categoria topografica: T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ );

Vita nominale dell'opera di  $V_N = 50$  anni;

Classe d'uso III (coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$ ).

$a_g = 0.140$  g (accelerazione orizzontale massima attesa al sito su suolo di categoria A per lo stato limite ultimo SLV (salvaguardia della vita):

$$a_{\max} = a_g \times S = 0.252 \text{ (accelerazione massima orizzontale attesa al sito)}$$

$$S = S_S \times S_T$$

$S_S = 1.800$  (coefficiente di amplificazione stratigrafica)

$S_T = 1$  (coefficiente di amplificazione topografica)

Il coefficiente  $\beta_s$  riduttivo di  $a_{max}$ , da impiegare per la determinazione dei coefficienti sismici  $k_h$  e  $k_v$  nelle verifiche di stabilità dei tagli e dei rilevati risulta pari a:

$$\beta_s = 0,31 \quad \text{per } 0.2 < a_g/g \leq 0.4 \quad \text{per categoria di sottosuolo A,B,C,D,E}$$

( $\beta_s$  = coefficiente riduttivo di  $a_{max}$ , da impiegare per la determinazione dei coefficienti sismici  $k_h$  e  $k_v$  nelle verifiche di stabilità dei tagli e dei rilevati)

$$k_h = \beta_s \times a_{max} / g \quad \text{coeff.sismico orizzontale}$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h \quad \text{coeff.sismico verticale}$$

$$k_h = \mathbf{0.078}$$

$$k_v = \mathbf{\pm 0.039}$$