

COMMITTENTE



**AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO**  
Porti di Palermo e Termini Imerese

## LAVORI DI COMPLETAMENTO DEL MOLO FORANEO DI SOPRAFLUTTO DEL PORTO DI TERMINI IMERESE

### PROGETTO DEFINITIVO PROGETTO GENERALE

TITOLO

#### RELAZIONE TECNICHE STUDIO SISMICO

ELABORATO	SCALA	NS. RIF	RIF. ARC. - NA4
B.8	-	B_9.doc	AUTAPA11 - 16

DATA	REVISIONE	REDATTORE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
17 giugno 2013	emissione	AL	GI	EC



**AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO**  
Porti di Palermo e Termini Imerese

#### PROGETTAZIONE IMPIANTI

Ing. Salvatore Acquista  
Ing. Enrico Petralia

*Collaboratori per la progettazione  
degli impianti*

Geom. Vincenzo D'Amico  
Geom. Antonino Martorana

IL RESPONSABILE  
DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Sergio La Barbera

COORDINATORE PER  
LA SICUREZZA IN FASE  
DI PROGETTAZIONE

Ing. Paolo Tusa



#### IL PROGETTISTA

*Responsabile dell'integrazione  
tra le prestazioni specialistiche*

Ing. Elio Ciralli

*Coordinamento*  
Ing. Giancarlo Inserra

*Collaboratori*  
Arch. Ivana Lorenzano  
Ing. Alfredo Lucarelli

**AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO**

*Porti di Palermo e Termini Imerese*

**REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO DEI  
LAVORI DI COMPLETAMENTO DEL MOLO FORANEO  
DI SOPRAFLUTTO DEL PORTO DI TERMINI IMERESE**

**PROGETTO DEFINITIVO  
PROGETTO GENERALE**

**STUDIO SISMICO**

**GIUGNO 2013**

VERSIONE:	DESCRIZIONE:	PREPARATO:	APPROVATO:	DATA:
00	EMISSIONE	AL	GI	17 GIUGNO 2013
NOME FILE: B8.DOC			DISTRIBUZIONE: RISERVATA	

## INDICE

---

<b>1. GENERALITÀ</b> .....	<b>2</b>
1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
<b>2. AZIONI SISMICHE</b> .....	<b>3</b>
2.1 STATI LIMITE NEI CONFRONTI DELL’AZIONE SISMICA .....	3
2.2 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	4
2.3 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO .....	5
2.4 VITA NOMINALE .....	8
2.5 CLASSI D’USO.....	8
2.6 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L’AZIONE SISMICA.....	9
2.7 PERIODO DI RITORNO DELL’AZIONE SISMICA .....	9
2.8 INDAGINI E DATI DI RIFERIMENTO.....	9
2.9 IL CRITERIO PER LA CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO .....	12
2.10 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL’AREA, PERIODO DI RIFERIMENTO E ACCELERAZIONI RELATIVE .....	12
2.10.1 <i>Categoria di sottosuolo</i> .....	12
2.10.2 <i>Periodo di riferimento</i> .....	13
2.10.3 <i>Accelerazione di ancoraggio dello spettro (<math>a_s</math>)</i> .....	13

## 1. GENERALITÀ

---

L'Autorità Portuale di Palermo, a seguito di due distinte gare espletate, secondo i principi della procedura negoziata, ex art.125, comma 11, del D.Lgs 163/2006, e secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa, e in virtù dei finanziamenti regionali ex art. 111 della L.R.S. n. 11/2010, ha affidato:

- alla "Progetti e Opere S.R.L." il servizio di redazione del progetto definitivo dei "Lavori di completamento del molo foraneo di sopraflutto del porto di Termini Imerese";
- allo "Studio Mallandrino S.R.L." il servizio di redazione del progetto definitivo dei "Lavori di completamento del molo foraneo di sottoflutto del porto di Termini Imerese".

Sono stati redatti una serie di studi specialistici, tra cui il presente "Sismico".

Di seguito, facendo anche riferimento alle indagini geognostiche effettuate dalla Globalgeo Srl, vengono trattate le questioni connesse alla classificazione sismica del territorio ai fini della determinazione dei parametri utili per le verifiche sismiche delle strutture oggetto della progettazione.

### 1.1 Normativa di riferimento

---

Per la redazione della presente relazione, si è fatto riferimento alle seguenti norme:

- D.M.II.TT. 14.01.2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare M.II.TT. 2.Feb.2009 n.ro 617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.01.2008.

## 2. AZIONI SISMICHE

---

Le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono per l'azione sismica tre componenti traslazionali, due orizzontali ed una verticale, tra di loro indipendenti.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite previsti dalle norme in vigore, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. A partire da questa si definisce lo spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$ , dipendente anche da prefissate probabilità di eccedenza ( $P_{VR}$ ) in un periodo  $V_R$ , detto di riferimento, che viene valutato come specificato nel seguito.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite di esercizio ed ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

### 2.1 Stati limite nei confronti dell'azione sismica

---

In presenza di azione sismica la norma impone che si considerino i seguenti stati limite:

#### Stati limite di esercizio:

Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

#### Stati limite ultimi:

Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  cui riferirsi per individuare l'azione sismica per gli stati limite considerati, sono riportate nella tabella successiva:

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 2.1 – Rif. Tab. 3.2.I D.M.II.TT. 14/01/2008

## 2.2 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale. Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- effetti stratigrafici, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- effetti topografici, legati alla configurazione topografica del piano campagna; la modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche stesse ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende dunque necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, come riportate nelle seguenti tabelle:

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).

**Tabella 2.2 – Rif. Tab. 3.2.II D.M.II.TT. 14/01/2008**

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 fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazioni, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**Tabella 2.3 – Rif. Tab. 3.2.III D.M.II.TT. 14/01/2008**

Mentre la classificazione secondo la Tab. 2.2 si traduce nell'applicazione di coefficienti di amplificazione dell'accelerazione di picco su suolo rigido  $a_g$ , per altro forniti dalle norme, qualora il terreno ricadesse in una delle categorie previste dalla Tab. 2.3 si richiederebbero specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche.

Riguardo alle possibili configurazioni topografiche si può fare riferimento alla seguente classificazione:

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

**Tabella 2.4 – Rif. Tab. 3.2.IV D.M.II.TT. 14/01/2008**

### 2.3 Spettro di risposta elastico

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito dalle seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali  $T$ ,  $S_e$  sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale orizzontale;  $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:

$$S = S_S \cdot S_T$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed  $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, definiti nelle seguenti tabelle:

Categoria sottosuolo	$S_S$
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot a_g/g \leq 1,60$

Tabella 2.5 – Rif. Tab. 3.2.V D.M.II.TT. 14/01/2008

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,1
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,3

Tabella 2.6 – Rif. Tab. 3.2.VI D.M.II.TT. 14/01/2008

Nelle espressioni dello spettro elastico, inoltre,  $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione:

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove:

- $\xi$  (espressa in percentuale) è valutata sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;
- $F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;
- $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$



essendo  $T_C^*$  il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e  $C_c$  un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo tabellato come segue:

Categoria sottosuolo	$C_c$
A	1,00
B	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 2.7 – Rif. Tab. 3.2.V D.M.II.TT. 14/01/2008

$T_B = T_C/3$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$T_D$ , infine, è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 + \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \cdot \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

nelle quali  $T$  e  $S_{ve}$  sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale verticale, mentre  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in funzione dell'accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Per la componente verticale del sisma, i valori di  $S_S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono di seguito riportati:

Categoria sottosuolo	$S_S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 2.8 – Rif. Tab. 3.2.VII D.M.II.TT. 14/01/2008

Per gli **stati limite di esercizio** lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata in Tab. 2.1.

Per gli **stati limite ultimi**, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata in Tab. 2.1, con le ordinate ridotte, sostituendo, nelle formule che esprimono le ordinate spettrali,  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura, funzione della tipologia strutturale dell'opera. Si assumerà comunque:

$$S_d(T) \geq 0,2 \cdot a_g$$

## 2.4 Vita nominale

La vita nominale di un'opera  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere utilizzata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tabella 2.9.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Tabella 2.9 – Rif. Tab. 2.4.I D.M.II.TT. 14/01/2008

## 2.5 Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi così come definite di seguito:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** 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.

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

## 2.6 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascuna costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$  definito in funzione della classe d'uso secondo i valori riportati nella Tabella 2.10.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 2.10 – Rif. Tab. 2.4.II D.M.II.TT. 14/01/2008

## 2.7 Periodo di ritorno dell'azione sismica

A partire dal periodo di riferimento  $V_R$  e dalla probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento si può calcolare il Periodo di Ritorno dell'azione sismica al variare dello stato limite da considerare. Il periodo di ritorno  $T_R$  è valutabile attraverso la seguente relazione

$$T_R = \frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

## 2.8 Indagini e dati di riferimento

Ai fini della classificazione del terreno secondo le tipologie riportate nella Tab. 2.2 si fa riferimento, trattandosi di terreni coesivi, ai risultati delle prove su campioni indisturbati per la valutazione della coesione non drenata. La ubicazione dei punti di prelievo dei campioni indisturbati è riportata nella planimetria seguente. I dati di coesione non drenata sono ricavati dai documenti che descrivono le indagini geotecniche a cura di Globalgeo srl (cfr. "Indagini geognostiche a carotaggio continuo, indagini ambientali, prove S.P.T. e DPSH in foro, prelievo campioni, relative al progetto di completamento del molo di sopraflutto nel porto di Termini Imerese (PA)" – Globalgeo srl – novembre 2012)

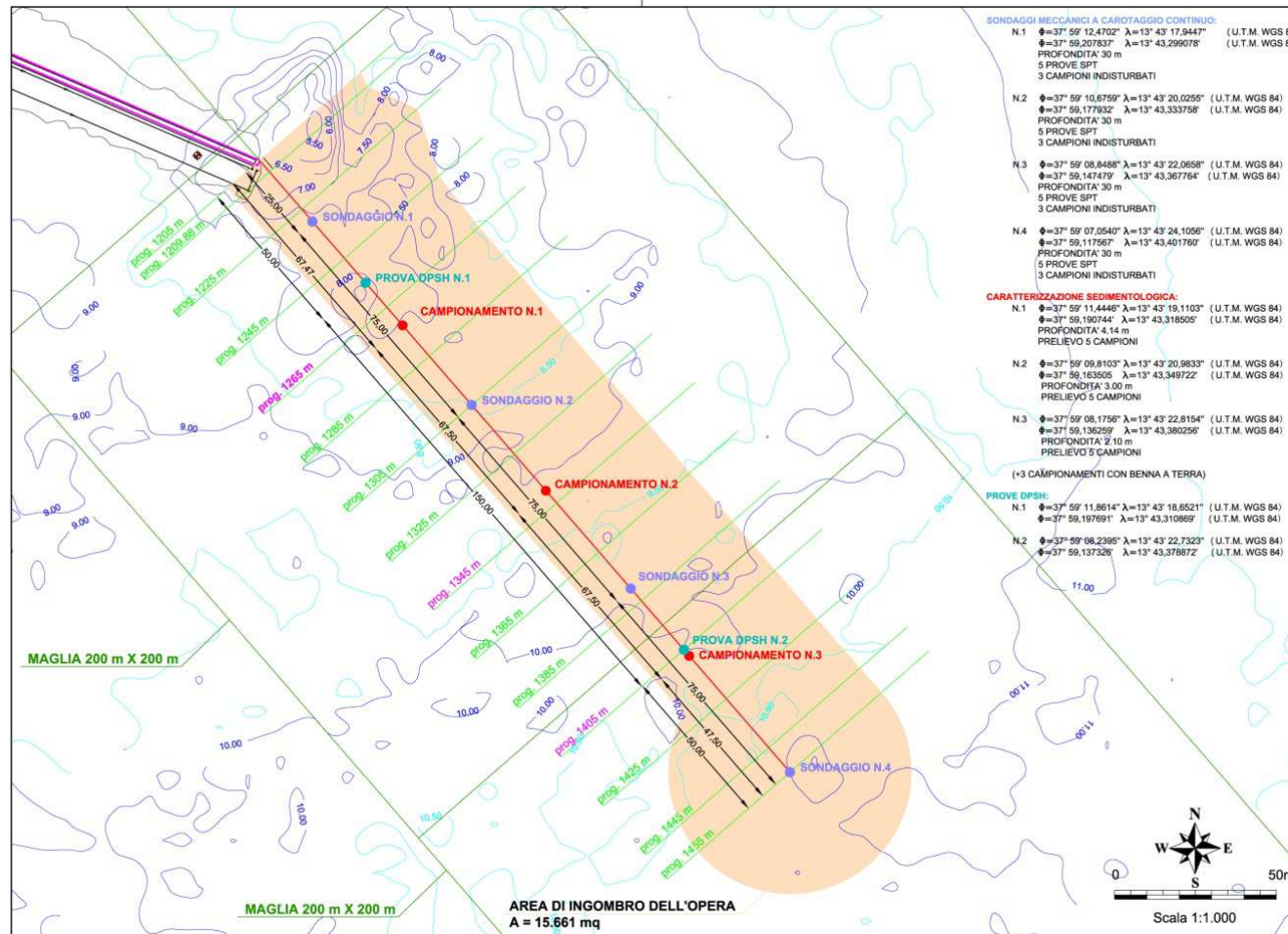


Figura 2.1 – Planimetria con localizzazione sondaggi

In Fig. 2.1 i sondaggi sono indicati con la sigla S seguita dal numero che individua il sondaggio.

Di seguito si ripete la descrizione degli strati qualitativamente individuati nel corso delle indagini geologico/geotecniche.

#### **Sondaggio S1 – 20/10/2012 – Profondità del fondale: 8,00 m**

- 00,00 – 1,00 Sabbie debolmente limose di colore grigio-nerastro, a grana grossolana poco addensate;
- 1,00 – 2,50 Calcestruzzo e frammenti litoidi di natura calcilutitica di colore grigastro a spigoli vivi e di dimensioni centimetri;
- 2,50 – 6,00 Sabbie debolmente ghiaiose di colore marrone, poco addensate. La porzione ghiaiosa è costituita da frammenti litoidi di natura calcilutitica di colore grigastro a spigoli vivi e dimensioni centimetriche;
- 6,00 - 30,00 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio-verdastro, a grana fine, poco addensati, compressibili, a luoghi dilavati dal carotaggio. Da metri 7,00 a metri 11,50 e da metri 17,00 a metri 20,00 si riscontra un livello limo argilloso molto plastico e poco consistente.

#### **Sondaggio S2 – 20/10/2012 – Profondità del fondale: 8,50 m**

- 00,00 – 3,50 Sabbie sciolte di colore marrone-verdastro, a grana grossolana;
- 3,50 – 30,00 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio-verdastro, a grana fine, poco addensati, compressibili, a luoghi dilavati dal carotaggio. Si riscontrano inclusioni millimetriche di gusci di fossili di molluschi.

#### **Sondaggio S3 – 21/10/2012 – Profondità del fondale: 10,00 m**

- 00,00 – 45,00 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio-verdastro, a grana fine, poco addensati, compressibili, a luoghi dilavati dal carotaggio. Da metri 12,00 a metri 14,00 si riscontra un livello limoso debolmente argilloso, molto plastico e poco consistente. Inoltre si riscontrano inclusioni millimetriche di gusci di fossili di molluschi.

#### **Sondaggio S4 – 19/10/2012 – Profondità del fondale: 11,00 m**

- 00,00 – 27,00 Sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio-verdastro, a grana fine, poco addensati, compressibili, a luoghi dilavati dal carotaggio. Da metri 5,00 a metri 8,00 si riscontra la presenza di ciottoli di natura eterogenea, aventi dimensioni centimetriche e forma sub-arrotondata. Inoltre si riscontrano inclusioni millimetriche di gusci di fossili di molluschi. La componente limosa aumenta con la profondità.

## 2.9 Il criterio per la classificazione del sottosuolo

La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua sulla base della velocità equivalente della propagazione delle onde secondarie di taglio entro i primi 30 m di profondità. Nel caso in cui tale determinazione non è disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della Prova Penetrometrica Dinamica (SPT)  $N_{SPT,30}$  nei terreni a grana grossa o facendo riferimento al valore della coesione non drenata medio pesato calcolato nei primi 30 m di profondità ( $c_{U,30}$ ) nel caso di terreni a grana fine.

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è definita dall'espressione

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

mentre la resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{SPT,30}$  è definita dall'espressione:

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

d'altro canto l'espressione di  $c_{U,30}$  è quella di seguito riportata

$$c_{U,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{U,i}}}$$

in cui i simboli indicati hanno il seguente significato:

- $h_i$  spessore in metri dell'*i*-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio dell'*i*-esimo strato;
- $N_{SPT,i}$  numero di colpi  $N_{SPT}$  dell'*i*-esimo strato;
- $c_{U,i}$  resistenza non drenata nell'*i*-esimo strato;
- N** numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
- M** numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
- K** numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità.

Nel caso in esame essendo quelli interessati terreni a grana fine il parametro di riferimento equivalente a  $V_{s,30}$  è la coesione non drenata media ponderata  $c_{U,30}$ .

## 2.10 Classificazione sismica dell'area, periodo di riferimento e accelerazioni relative

### 2.10.1 Categoria di sottosuolo

L'analisi della relazione geologico tecnica evidenzia che, alla data di redazione della presente, sugli 11 campioni prelevati è stata valutata la coesione non drenata (valutando la resistenza a taglio nelle condizioni in cui il terreno si trova in sito – prova UU). Fra questi solo in

un caso la coesione non drenata è risultata maggiore di 70 kPa dunque la categoria di sottosuolo è la D della Tab. 2.2 di questa relazione.

### 2.10.2 Periodo di riferimento

Così come determinato dall'autorità committente nella riunione del 07/06/2013, la vita nominale viene assunta pari a 50 anni trattandosi di opere infrastrutturali di dimensioni contenute e importanza normale; per la classe d'uso si assume la II in quanto il collasso di tali manufatti non determina conseguenze rilevanti. Il coefficiente d'uso  $C_U$  risulta dunque essere pari a 1.

È possibile ora determinare il periodo di riferimento secondo la relazione seguente:

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,00 = 50 \text{ anni}$$

### 2.10.3 Accelerazione di ancoraggio dello spettro ( $a_s$ )

In definitiva si è ottenuto dunque:

- Classe d'uso dell'opera: II
- Vita Nominale dell'opera ( $V_N$ ) = 50 anni
- Periodo di riferimento per l'azione sismica ( $V_R$ ) = 50 anni
- Categoria di sottosuolo = D

L'utilizzo dei parametri sopra indicati ha portato, per il sito in oggetto (lat. 37,987760°, long. 13,722149° – Figura 2.2), ai seguenti valori di  $a_g$ .



Figura 2.2 – Immagine aerea del sito con indicazione delle coordinate del punto in verde

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,047	2,336	0,246
SLD	50	0,064	2,325	0,261

SLV	475	0,179	2,376	0,293
SLC	975	0,232	2,416	0,308

**Tabella 2.11 – Parametri sismici del sito corretti**

Determinato il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e ponendo il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,00$  si ottengono i valori di accelerazione di ancoraggio degli spettri ( $a_s$ ), per i diversi stati limite:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

I valori ottenuti sono riportati nella seguente tabella.

	$S_s$	$C_c$	$S_t$	$K_h$	$K_v$	$a_{\max}$ [m/s <sup>2</sup> ]	beta
SLO	1,80	2,52	1	0,017	0,008	<b>0,831</b>	0,2
SLD	1,80	2,45	1	0,023	0,012	<b>1,128</b>	0,2
SLV	1,76	2,31	1	0,076	0,038	<b>3,089</b>	0,2
SLC	1,56	2,25	1	0,101	0,051	<b>3,542</b>	0,2

**Tabella 2.12 – Accelerazioni di ancoraggio dello spettro ( $a_{\max}$ )**