

## COMUNE DI GENOVA

# REALIZZAZIONE DELLA NUOVA CALATA AD USO CANTIERISTICA NAVALE ALL'INTERNO DEL PORTO PETROLI DI GENOVA SESTRI PONENTE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO MOLINASSI

## PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

### RICOLLOCAZIONE COOPERATIVE PESCATORI PRESENTI A MULTEDO IN LOCALITA' PRA'

#### GEOTECNICA

#### RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE E SISMICA

PROGETTISTA INCARICATO DAL COMUNE DI GENOVA

SCALA:



Stantec S.p.A. Centro Direzionale Milano 2 - Palazzo Canova 20090 Segrate (Milano)  
Tel. +39 02 94757240 Fax. +39 02 26924275  
www.stantec.com

-

COMMESSA

4 5 5 0 3 3 0 7

FASE

P D

TIPO DOC.

R

DISCIP.

G E T

LOTTO

D

CONS.

0 0 1

REV

0

PROGETTAZIONE :

Rev.	Descrizione Emissione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
0	Prima Emissione	F. Chillé	30/04/2020	G.Lonardini	30/04/2020	G. Sembenelli	30/04/2020

IL PROGETTISTA

Dott. Ing. G. Sembenelli

VERIFICATO :

VALIDATO : COMUNE DI GENOVA

IL RUP

Dott. Ing. S. Pinasco

ASSISTENTI AL RUP



 COMUNE DI GENOVA	Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Multedo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)
	Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

1.	PREMESSA .....	2
2.	DOCUMENTI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
2.1.	Documentazione .....	3
2.2.	Normative e raccomandazioni .....	3
3.	INDAGINI GEOTECNICHE EFFETTUATE.....	4
4.	BREVE INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO.....	5
5.	SISMICITÀ DELL'AREA.....	6
6.	VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	11
7.	CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENI.....	12
7.1.	Generalità.....	12
7.1.1.	Materiali a grana grossa.....	12
8.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	13
8.1.	Introduzione .....	13
8.1.	Deteminazione dei parametri meccanici da prove SPT.....	13
8.2.	Deteminazione dell'angolo di attrito da prove SPT .....	14
8.3.	Deteminazione della densità relativa Dr da prove SPT.....	14
8.4.	Tabella riassuntiva di caratterizzazione geotecnica .....	14
8.4.1.	Sondaggio ZP2 .....	15
8.4.2.	Sondaggio SA .....	15
8.4.3.	Sondaggio ZP1 .....	16
8.4.4.	Modello geotecnico adottato.....	16
8.5.	Condizioni di carico .....	16

 <p>COMUNE DI GENOVA</p>	<p>Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Multedo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)</p>
	<p>Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori</p>

## 1. PREMESSA

La presente relazione geotecnica illustra ed interpreta i risultati delle indagini geotecniche eseguite dall'area interessata dal progetto definitivo della realizzazione della nuova area pescatori, compresa all'interno del bacino artificiale delimitato dalla diga artificiale di Voltri, in prossimità dei quartieri Prà e Pegli del comune di Genova.

La relazione si articola come segue:

- Il capitolo 2 elenca i documenti, le normative e la bibliografia di riferimento;
- Il capitolo 3 riporta un riepilogo delle indagini geotecniche effettuate;
- Il capitolo 4 riporta un breve inquadramento geologico, geomorfologico dell'area;
- Il capitolo 5 riporta le indicazioni sui parametri sismici quali risultano dall'applicazione della normativa vigente;
- Il capitolo 6 descrive i criteri di interpretazione delle indagini geotecniche effettuate.
- Il capitolo 7 riporta la caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni indicate nei documenti di riferimento, in termini di proprietà fisiche e meccaniche (resistenza al taglio e deformabilità) quale risultano dall'interpretazione delle indagini effettuate.

 <p>COMUNE DI GENOVA</p>	<p>Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Muledo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)</p>
	<p>Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori</p>

## 2. DOCUMENTI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

### 2.1. Documentazione

Nella stesura della seguente relazione si è fatto riferimento alla seguente documentazione:

- Relazione Geologica ed idrogeologica allegata al presente progetto definitivo (rif. PD\_R\_GET\_A\_002);
- Planimetria delle indagini e profilo geologico allegati al presente progetto definitivo (rif. PD\_D\_GET\_D\_001, PD\_D\_GET\_D\_002, PD\_D\_GET\_D\_003);
- Rapporto delle indagini (allegate a PD\_R\_GET\_A001)::
  - ZP1 e ZP2 eseguite nel 2019
  - SA eseguite nel 2014.

### 2.2. Normative e raccomandazioni

Nella progettazione sono state prese in considerazione le normative di seguito indicate:

- Decreto Ministeriale n. 47 (11/3/1988). “Norme Tecniche riguardanti le indagini su terreni e sulle rocce; i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione” - Cir. Dir. Cen. Tecn. n° 97/81.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003. “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316. “Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20.03.03”.
- D.M. 17.01.2018: Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7: Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- EN 1997 Eurocodice 7 “Geotechnical Design”
  - Part 1: General rules
  - Part 2: Standards for laboratory testing
  - Part 3: Standards for field testing.

Raccomandazioni e specifiche

- A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana – “Linee guida - aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” (2005);

 COMUNE DI GENOVA	Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Muledo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)
	Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

### 3. INDAGINI GEOTECNICHE EFFETTUATE

I dati stratigrafici e geotecnici riportati nella presente relazione e nei profili stratigrafico-geotecnici sono stati desunti dai risultati delle indagini geotecniche condotte nell'area durante le campagne di indagine di Febbraio - Marzo 2014 e da quelle eseguite nel 2020.

L'indagine, nel tratto oggetto di interesse è consistita nell'esecuzione di:

- Sondaggi a carotaggio continuo: SA, SB, ZP1, ZP2
- Prove penetrometriche dinamiche in foro
- Prelievo di campioni e classificazione delle terre

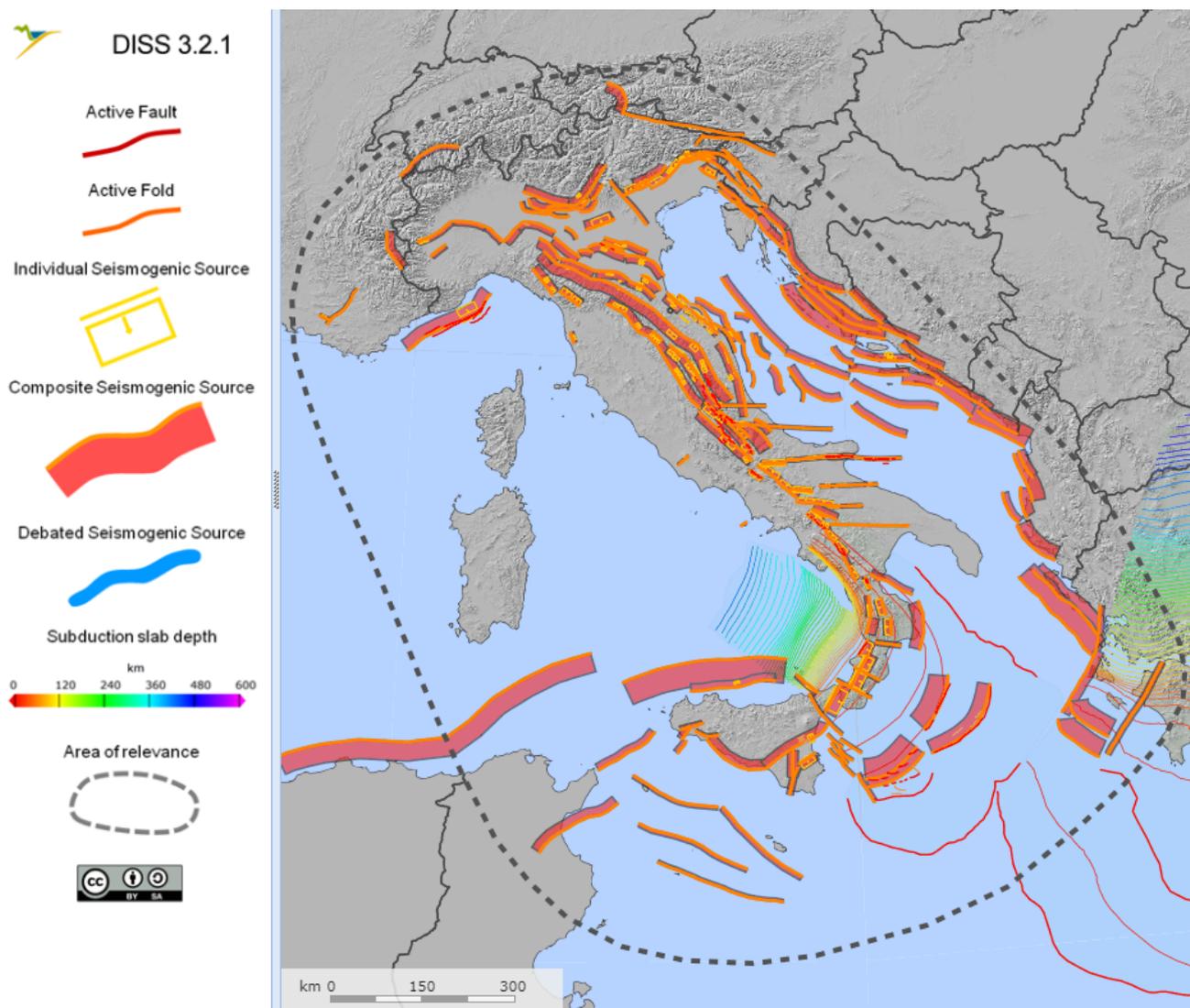
 <p>COMUNE DI GENOVA</p>	<p>Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Multedo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)</p>
	<p>Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori</p>

#### 4. BREVE INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

Le stratigrafie dei sondaggi eseguite permettono il riconoscimento stratigrafico locale dell'area. L'area costiera della località di Prà, presenta caratteristiche pressoché differenti rispetto a quanto osservato in altre aree oggetto di progetto; infatti, si ritrova un leggero spessore di materiali di riporto con granulometria media e ghiaia (circa 1,5 m), passante velocemente a strati ghiaiosi e sabbiosi grossolani con solo qualche intercalazione limosa. Questa successione la si ritrova fino a circa -5,5 – 6,0 m da p.c. Al di sotto, si ritrova un piccolo strato di cappellaccio di alterazione del substrato roccioso (0,70 m di spessore), costituito da materiali grossolani brecciosi, che ricopre gli ammassi in calcescisti e, in profondità, in Serpentiniti (gruppo di Voltri) fortemente fratturati e alterati, con discontinuità fitte.

## 5. SISMICITÀ DELL'AREA

I valori di accelerazione massima su suolo rigido e al piano di imposta delle opere sono stati individuati utilizzando, in accordo con la zonazione definita nei D.M. 17.01.2018 e D.M. 14.01.2008, la mappa di pericolosità sismica del territorio italiano tramite l'impiego del software Spettri-NTC ver1.0.3 distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.





COMUNE DI GENOVA

Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Multedo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)



Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

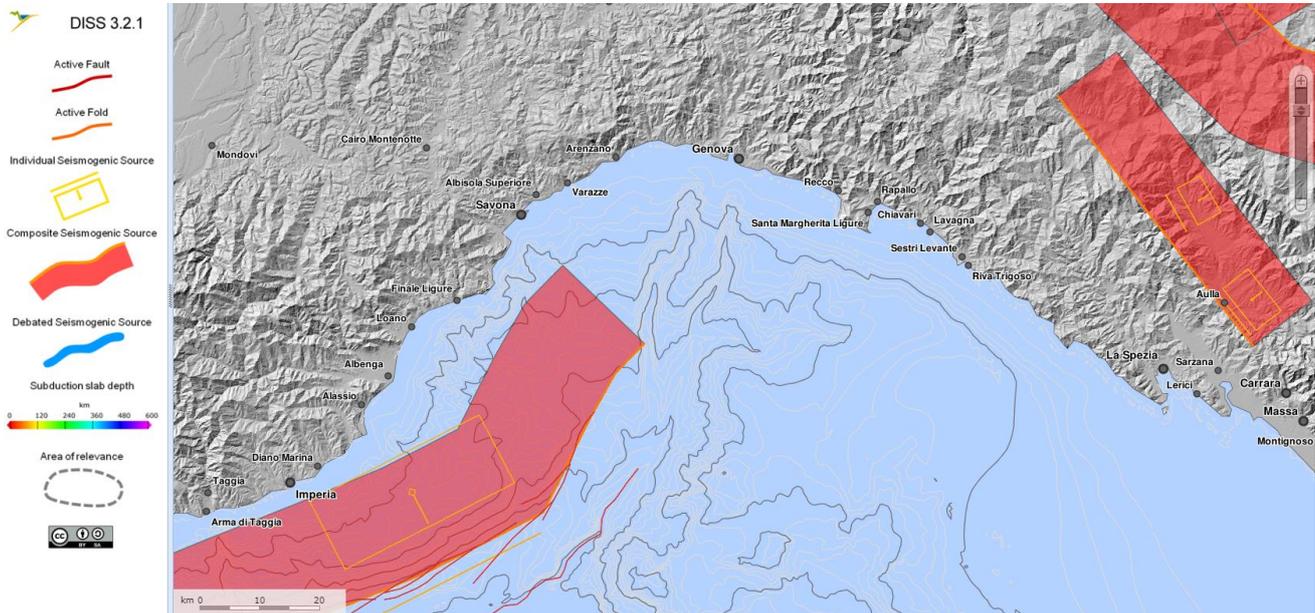


Figura 5.1 - Zone di faglia attive: Imperia (a ovest) e Lunigiana (a est)

Le zone di faglia attiva più vicine al sito sono le seguenti:

- o ITCS026: Lunigiana
- o ITCS022: Imperia

Le distanze dal sito sono rispettivamente pari a circa 75 km e 83km. I dettagli delle faglie sono riportati in seguito:

### General information

<b>Region</b>	Central Mediterranean
<b>Code</b>	ITCS022
<b>Name</b>	Imperia
<b>Compiler(s)</b>	Fracassi U.(1), Mariano S.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Fracassi U.(1), Mariano S.(1)
<b>Created</b>	08/01/2005
<b>Updated</b>	17/05/2012

### Parametric information

	Parameter	Qual.	Evidence
<b>Min Depth (km)</b>	3	LD	Based on instrumental seismicity data.
<b>Max Depth (km)</b>	10	LD	Based on instrumental seismicity data.
<b>Strike (deg)</b>	250 - 270	OD	Based on regional geological data.
<b>Dip (deg)</b>	25 - 35	EJ	Inferred from regional geological data.
<b>Rake (deg)</b>	80 - 100	EJ	Inferred from regional geological data.
<b>Slip Rate (mm/y)</b>	0.1 - 0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude (Mw)</b>	6.3	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

Q-keys:

LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

 COMUNE DI GENOVA	Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Muledo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)
	Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

### General information

<b>Region</b>	Central Mediterranean
<b>Code</b>	ITCS026
<b>Name</b>	Lunigiana
<b>Compiler(s)</b>	Burrato P.(1), Valensise G.(1)
<b>Contributor(s)</b>	Burrato P.(1), Valensise G.(1)
<b>Created</b>	08/01/2005
<b>Updated</b>	14/05/2010

### Parametric information

	Parameter	Qual.	Evidence
<b>Min Depth (km)</b>	1	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
<b>Max Depth (km)</b>	10	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
<b>Strike (deg)</b>	310 - 330	OD	Based on geological data.
<b>Dip (deg)</b>	30 - 45	OD	Based on geological and seismological data from Solarino (2007).
<b>Rake (deg)</b>	260 - 280	EJ	Inferred from geological data.
<b>Slip Rate (mm/y)</b>	0.1 - 1	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude (Mw)</b>	6	EJ	Assumed from regional seismological data.

**Q-keys:** LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement

La magnitudo maggiore attesa è quella relativa alla faglia di Imperia, risultando pari a  $M=6.3$

A favore di sicurezza si trascurano gli effetti di attenuazione della magnitudo con la distanza. La magnitudo di progetto è impostata pertanto a  $M=6.3$ .

Per quanto riguarda l'accelerazione sismica su suolo rigido PGA (ag) da assumere in progetto agli SLV, questa dipende dalla natura e dall'importanza delle singole opere da realizzare.

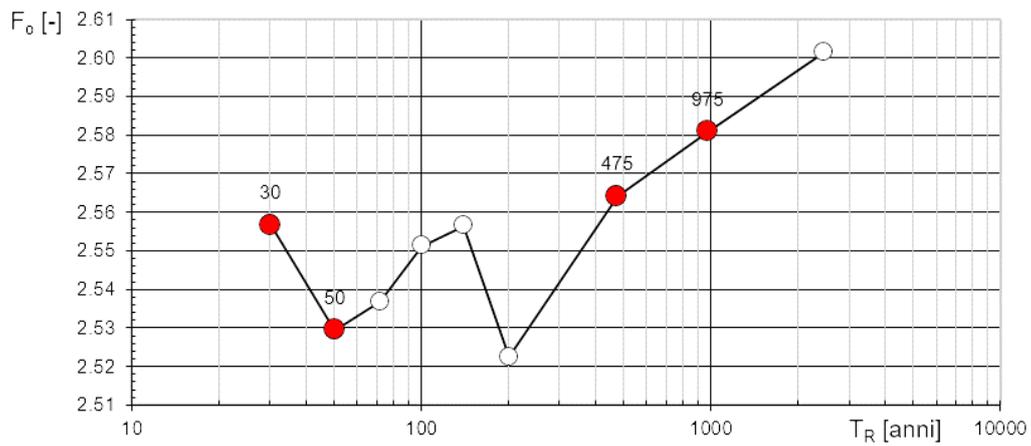
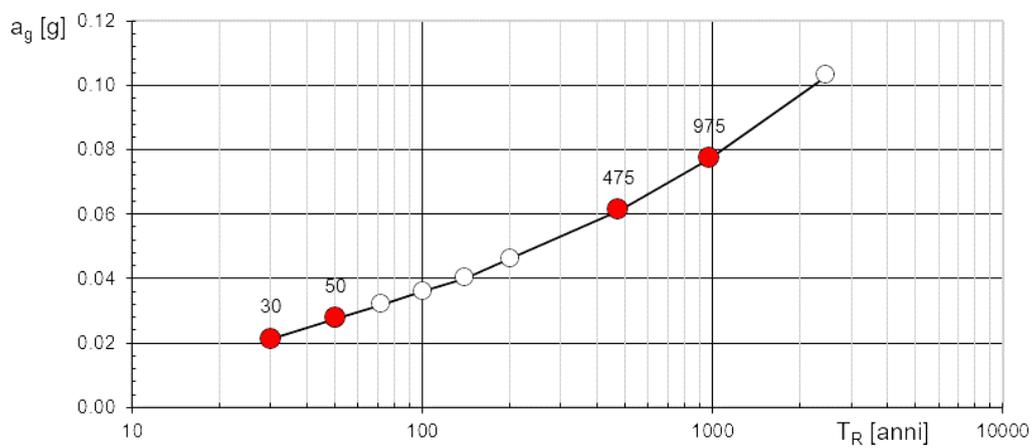
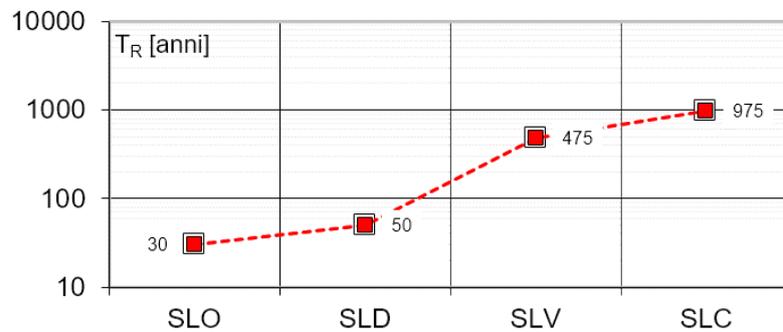
La classificazione delle opere viene condotta secondo il prospetto seguente:

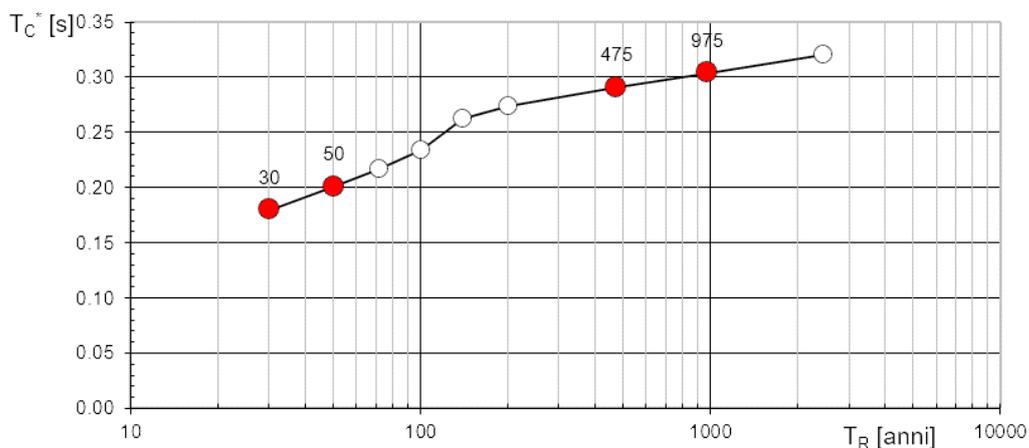
Classificazione dell'opera	Vita nominale	Classe d'uso	Periodo di riferimento per la costruzione	Periodo di ritorno agli SLV
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50 anni	2	50 anni	475 anni

Per l'opera in esame si sceglie di attribuire una vita nominale di 50 anni ed una classe d'uso pari a 2. Ciò comporta un periodo di riferimento per l'azione sismica di 150 anni ed un periodo di ritorno dell'evento sismico pari a 1424 anni in condizioni SLV.

La seguente figura mostra la variazione del periodo di ritorno dell'evento sismico al variare degli stati limite considerati

Strategia di progettazione





L'accelerazione massima attesa su suolo rigido (PGA) in condizioni SLV risulta pari a  $a_g=0.061 \times g$ .

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.021	2.557	0.180
SLD	50	0.028	2.529	0.201
SLV	475	0.061	2.564	0.291
SLC	975	0.077	2.581	0.304

Al fine di valutare la risposta sismica locale e quindi l'accelerazione massima di progetto occorre valutare gli effetti di amplificazione causati dall'assetto stratigrafico del sottosuolo nell'area oggetto di intervento. Tali valutazioni sono effettuate nel successivo capitolo.

 COMUNE DI GENOVA	Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Multedo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)
	Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

## 6. VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

Nel presente paragrafo si valutano gli effetti amplificativi dell'azione sismica generati dalla natura dei terreni del sottosuolo, che si esplica per mezzo del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S$ .

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (successive successiva Tab. 3.2.II)

**Tab. 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Vista la presenza di strati di roccia presenti a profondità ridotta rispetto alla quota di imbasamento delle strutture si può concludere che l'intero sottosuolo del tracciato di caratterizza come appartenente alla categoria A.

In ragione della variabilità degli strati di copertura, che presenta scarse caratteristiche di addensamento, appare tuttavia consigliabile e cautelativo considerare un sottosuolo di **categoria B**. I calcoli geotecnici e strutturali saranno pertanto condotti con tale assunzione.

 COMUNE DI GENOVA	Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Moltedo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)
	Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

## 7. CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA TERRENI

### 7.1. Generalità

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche tengono conto del fatto che nel sito in esame si rinvenivano fondamentalmente depositi e sabbioso-ghiaiosi e rocciosi (calcescisti), nell'ambito dei quali sono state effettuate le prove descritte in precedenza.

Le indagini eseguite consistono, per la parte a mare, in tre sondaggi geognostici a carotaggio continuo, eseguiti con l'ausilio di sonde idrauliche. Per ogni sondaggio è stato possibile definire il profilo stratigrafico del terreno nel punto indagato e, vista la natura granulare dei terreni, eseguite prove in foro con dispositivo a percussione di tipo SPT.

L'individuazione del tipo di terreno, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, verrà fatta principalmente sulla base:

- o della descrizione stratigrafica dei sondaggi;
- o interpretazione tramite correlazioni delle prove eseguite in foro.

#### 7.1.1. **Materiali a grana grossa**

In conseguenza del fatto che nei terreni a grana grossa risulta difficile prelevare campioni indisturbati, la caratterizzazione geotecnica di tali terreni è affidata principalmente all'interpretazione delle prove in sito.

L'interpretazione delle prove in situ queste è finalizzata a determinare principalmente le seguenti caratteristiche:

- stato iniziale del deposito;
- parametri di resistenza al taglio dei materiali;
- parametri di addensamento dei materiali.

 COMUNE DI GENOVA	Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Muledo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)
	Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

## 8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 8.1. Introduzione

Il presente capitolo riporta la caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni individuate lungo il tratto in esame, basata sui risultati:

- degli studi geologici e geomorfologici
- delle indagini geognostiche eseguite
- dell'interpretazione delle indagini in accordo ai criteri descritti in precedenza.

I principali materiali incontrati, con caratteristiche geotecniche relativamente omogenee, sono i seguenti:

- Sabbie limose S(L): riscontrabili negli strati più superficiali di deposito, con spessori contenuti nell'ordine dei 2,5 metri sciolte o poco addensate
- Ghiaia e sabbia G,S: depositi con spessori di circa 2 metri in condizioni di medio addensamento
- Substrato roccioso R: costituito da calcescisti del Gruppo di Voltri di colore grigio scuro con vene e noduli di quarzo e calcite, con vario grado di frantumazione

### 8.1. Deteminazione dei parametri meccanici da prove SPT

Vista la natura prevalentemente granulare dei depositi in sito, sono state eseguite a varie profondità, prove di tipo SPT. L'influenza della tecnica di perforazione e dell'attrezzatura utilizzata modifica i risultati ottenuti dalle prove. Si sono quindi tenuti in conto i seguenti parametri correttivi nella stima del numero di colpi  $N_{SPT}$ :

$$N_{SPT,corr} = Cr \cdot Cw \cdot Cb \cdot N_{60}$$

In cui

- $N_{60} = ER/60 \cdot N_{SPT}$  è la correlazione operata per l'energia di rilascio, in tutte le prove eseguite  $ER = 60$

- $Cr$  è il coefficiente correttivo per lunghezza delle aste

Lunghezza aste	$Cr$
Da 3 m a 4 m	0.75
Da 4 m a 6 m	0.85
Da 6 m a 10 m	0.85
>10 m	1

- $Cs$  è un coefficiente che dipende dal tipo di campionatore utilizzato, nelle prove eseguite è pari a 1
- $Cb$  è il coefficiente che tiene conto delle diametro del foro, nelle prove eseguite è pari a 1

 COMUNE DI GENOVA	Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Multedo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)
	Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

## 8.2. Deteminazione dell'angolo di attrito da prove SPT

La determinazione dell'angolo di attrito è stata eseguita impiegando le seguenti correlazioni

CORRELAZIONE	FORMULA	CAMPI DI UTILIZZO
Japanese National Railway (Shioi e Fukuni, 1982)	$\varphi = 0,3 N_{spt} + 27$	per Sabbie da medie a debolmente ghiaiose Profondità superiori a 8 m non in falda, se in falda superiori a 15 m.
Road Bridge Specification	$\varphi = \sqrt{15 N_{spt}} + 15$	Valida per sabbie fini o limose Applicabilità: Profondità superiore a 8 m non in falda, se in falda superiori a 15 m.
De Mello pressione litostatica efficace in Kg/cm <sup>2</sup>	$\varphi = 19 - 0,38\sigma + 8,73 \text{Log}(N_{spt})$	terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi Valida per fi<38
Sowers (1961)	$\varphi = 28 + 0,28 N_{spt}$	
Malcev (1964) pressione litostatica efficace in Kg/cm <sup>2</sup>	$\varphi = 20 - 5 \text{Log}(\sigma) + 3,73 \text{Log}(N_{spt})$	Valida per fi<38
Peck-Hanson & Thornburn	$\varphi = 27,2 + 0,28 N_{spt}$	
Owasaki & Iwasaki (1959)	$\varphi = \sqrt{20 N_{spt}} + 15$	Sabbie da medie a debolmente ghiaiose Profondità superiori a 8 m non in falda, se in falda superiori a 15 m
Hatanaka & Uchida pressione litostatica efficace in Kg/cm <sup>2</sup>	$\varphi = \sqrt{20 N1} + 20$ $N1 = N_{spt} \left( \frac{1}{\sigma'_{v0}} \right)^{0,5}$	
Meyerhof (1965)	$\varphi = 29,47 + 0,46 N_{spt} - 0,004 N_{spt}^2$ (< 5% di limo) $\varphi = 23,7 + 0,57 N_{spt} - 0,006 N_{spt}^2$ (> 5% di limo)	Profondità inferiori a 5 m non in falda, se in falda inferiori a 8 m. Profondità inferiori a 3 m non in falda, se in falda inferiori a 5 m.

Il valore dell'angolo di attrito ottenuto è stato mediato tra le formule che presentano un campo di validità adeguato alla natura del terreno analizzato.

## 8.3. Deteminazione della densità relativa Dr da prove SPT

La determinazione della densità relativa è stata eseguita impiegando le seguenti correlazioni

CORRELAZIONE	FORMULA	CAMPI DI UTILIZZO
Meyerhof (1956) pressione litostatica efficace in Kg/cm <sup>2</sup>	$D_r = 21 \sqrt{\frac{N_{spt}}{\sigma'_v + 0,7}}$	
Bazaraa (1967) pressione litostatica efficace in Kg/cm <sup>2</sup>	$D_r^2 = \frac{N_{spt}}{20 \cdot (1 + 4,1 \cdot \sigma'_{v0})}$	$D_r^2 = \frac{N_{spt}}{20 \cdot (3,24 + 1,024 \cdot \sigma'_{v0})}$ Se $\sigma'_v > 0,732 \text{ kg/cm}^2$
Schultze & Mezembach (1961)	$\ln DR = 0,478 \cdot \ln N_{SPT} - 0,262 \cdot \ln \sigma'_v + 2,84$	per sabbie da fini a ghiaiose
Gibbs e Holtz pressione litostatica efficace in kPa	$D_R = 1,5 \cdot \left( \frac{N_{SPT}}{F} \right)^{0,222} - 0,6$	$F = 0,65 \cdot \left( \frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right)^2 + 16,8 \cdot \left( \frac{\sigma'_{v0}}{P_a} \right) + 14$

Il valore di densità relativa ottenuto è stato mediato tra le formule che presentano un campo di validità adeguato alla natura del terreno analizzato.

## 8.4. Tabella riassuntiva di caratterizzazione geotecnica

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nelle tabelle seguenti vengono riassunti i parametri medi caratteristici dei materiali ghiaioso sabbiosi prevalenti nella tratta in esame.

Nelle tabelle, si riportano i seguenti parametri:

$Z_{LMM}$  quota rispetto al l.m.m.

$h_s$  altezza dello strato di terreno  
 $\gamma$  peso nell'unità del volume del terreno  
 $c$  coesione  
 $\phi$  angolo di attrito del terreno  
 $Dr$  densità relativa

#### 8.4.1. Sondaggio ZP2

Terreno		$z_{LMM}$	$h_s$	$\gamma$	$c$	$\phi$	$Dr$
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kN/m<sup>3</sup></i>	<i>MPa</i>	<i>°</i>	<i>%</i>
<b>S(G)</b>	Sabbia medio grossolana con ghiaia	1.20	1.40	19.5			
<b>G(S)[L]</b>	Ghiaia eterometrica con sabbia deb. limosa	-0.20	1.80	19.5		29.0	40
<b>S(G)[L]</b>	Sabbia medio-grossolana limosa con ghiaia	-2.00	1.10	19.5		30.8	57
<b>S[G]</b>	Sabbia medio-grossolana localmente debolmente ghiaiosa	-3.10	1.50	19.5		29.4	49
<b>G(S)</b>	Ghiaia eterometrica sabbioso-limosa con ciottoli	-4.60	1.50	19.5		35.00	72
<b>R</b>	Cappellaccio di alterazione del substrato roccioso	-6.10	0.70	19.5			
<b>R</b>	Substrato roccioso	-6.80	14.10	19.5			

#### 8.4.2. Sondaggio SA

Terreno		$z_{LMM}$	$h_s$	$\gamma$	$c$	$\phi$	$Dr$
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kN/m<sup>3</sup></i>	<i>MPa</i>	<i>°</i>	<i>%</i>
<b>G(S)</b>	Ghiaia eterometrica sabbiosa	0.80	0.80	19.5			
<b>C</b>	Ciottoli di calcestruzzo	0.00	0.70	19.5			
<b>S(L)</b>	Sabbia medio-fine debolmente limosa e localmente debolmente ghiaiosa	-0.70	1.40	19.5		29.0	48
<b>G(S)</b>	Ghiaia eterometrica con sabbia eterometrica	-2.10	2.55	19.5		40.0	75
<b>R</b>	Substrato roccioso	-4.65	10.55	19.5		50.0	

 COMUNE DI GENOVA	Progettazione definitiva per appalto integrato e del coordinamento della sicurezza in fase di progettazione delle opere di adeguamento del tratto terminale del Rio Molinassi con spostamento Cooperativa Pescatori Multedo interferenti con la foce Rio Molinassi (Lotto 1) e alla Briglia selettiva (Lotto 3)
	Relazione geotecnica generale e sismica – Nuove strutture cooperative pescatori

### 8.4.3. Sondaggio ZP1

Terreno		$Z_{LMM}$	$h_s$	$\gamma$	$c$	$\phi$	Dr
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kN/m<sup>3</sup></i>	<i>MPa</i>	<i>°</i>	<i>%</i>
<b>S (L)</b>	Sabbia fine limosa	-6.00	1.00	19.5			
<b>S</b>	Sabbia da media a grossolana	-7.00	0.70	19.5		30	65
<b>G (S)</b>	Ghiaia medio-grossolana sabbiosa debolmente limosa	-7.70	0.60	19.5			
<b>R</b>	Substrato roccioso	-8.30	7.10	19.5			

### 8.4.4. Modello geotecnico adottato

Nelle modellazioni geotecniche eseguite, si è adottato il modello del terreno sotto riportato, rappresentativo delle condizioni caratteristiche riscontrabili in situ.

Parametri meccanici adottati							
Terreno		$Z_{LMM}$	$h_s$	$\gamma$	$c$	$\phi$	Dr
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kN/m<sup>3</sup></i>	<i>MPa</i>	<i>°</i>	<i>%</i>
<b>S(L)</b>	Sabbie limose	-1.50	2.50	19.5	0	30	40
<b>G,S</b>	Ghiaia e sabbia	-4.00	2.00	19.5	0	35	75
<b>R</b>	Substrato roccioso	-6.00	>20	19.5	0.2	45	-

I terreni di riempimento o altri terreni riportati dovranno avere caratteristiche non inferiori a quanto mostrato nella seguente tabella:

Caratteristiche dei terreni riportati					
Terreno		$\gamma$	$c$	$c_u$	$\phi$
		<i>kN/m<sup>3</sup></i>	<i>MPa</i>	<i>MPa</i>	<i>°</i>
<b>I</b>	di riempimento	19.50	0.00	0	30
<b>L</b>	altri terreni riportati	19.50	0.00	0	25

### 8.5. Condizioni di carico

Per quanto riguarda i carichi adottati nelle modellazioni, si faccia riferimento alla relazione di calcolo strutturale nel *Capitolo 6 – Analisi dei carichi*.