



COMUNE DI CASTIGLIONE DELLA PESCAIA



**MARINA DI PUNTA ALA S.P.A.**

LOCALITA' IL PORTO SNC  
PUNTA ALA - CASTIGLIONE DELLA PESCAIA (GR)  
42°48',48 N - 10°44,22 E

# AMPLIAMENTO DEL PORTO TURISTICO DI PUNTA ALA STRALCIO FUNZIONALE OPERE CIVILI MARITTIME

# B.10

## PROGETTO DEFINITIVO

RILIEVI, INDAGINI E STUDI SPECIALISTICI

## RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA

20

012

DR

B

010

0

Committente

Marina di Punta Ala S.p.a.

sede legale:  
Castiglione della Pescaia (GR)  
Loc. Il Porto - Punta Ala

Progettazione opere marittime:



MODIMAR s.r.l. Via Monte Zebio 40 - 00195 ROMA  
06.3269461 - www.modimar.it



Modimar Project S.r.l.  
Via Asmara 72 - 00199 Roma

Progettazione:

Ing. Marco TARTAGLINI  
Ing. Marco DEL BIANCO  
Ing. Andrea SANZONE

Gruppo di lavoro:

Ing. Alessio CAMUSI  
Ing. Valerio TRULLI  
Dott.ssa Sara SCRIMIERI

Consulenza geotecnica:

AGiS Ingegneria s.r.l.  
Ing. Giuseppe IORIO

05.04.2024	0	EMISSIONE	G.I.	M.D.B.	M.T.
Data	Rev.	DESCRIZIONE	Redatto:	Verificato:	Approvato:

La MODIMAR s.r.l. si riserva la proprietà di questo documento con la proibizione di riprodurlo o trasferirlo a terzi senza autorizzazione scritta.  
This document is property of MODIMAR s.r.l. Reproduction and divulgation forbidden without written permission

**PREFAZIONE**

*Il seguente elaborato posto a base della progettazione fa riferimento ad una configurazione planimetrica di progetto che risulta superata in quanto è stata successivamente ottimizzata.*

Cliente:



**AMPLIAMENTO DEL PORTO TURISTICO DI PUNTA ALA**  
**STRALCIO FUNZIONALE OPERE MARITTIME**  
**PROGETTO DEFINITIVO**

**RILIEVI, INDAGINI E STUDI SPECIALISTICI A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE**  
**B.10 – RELAZIONE DI MODELLAZIONE SISMICA**



Modimar srl - Via Monte Zebio 40  
 00195 - Roma

06-3269361 telefono  
 06-32694630 fax  
 info@modimar. email  
 www.modimar. web



Modimar Project srl - Via Asmara, 72  
 00199 - Roma

Consulenza geotecnica:

**AGiS Ingegneria**

## Sommario

<b>Capitolo 1</b>	<b>Premesse .....</b>	<b>4</b>
<b>Capitolo 2</b>	<b>Quadro geologico .....</b>	<b>5</b>
<b>Capitolo 3</b>	<b>Sismicità dell'area .....</b>	<b>7</b>
<b>Capitolo 4</b>	<b>Azione sismica di riferimento ai sensi delle NTC18.....</b>	<b>9</b>
4.1	Pericolosità sismica di base.....	9
4.2	Magnitudo attesa al sito .....	10
4.3	Categoria sismica di sottosuolo .....	12

## Capitolo 1 Premesse

Scopo della presente Relazione è di fornire gli elementi propedeutici alla progettazione sismica delle opere d'arte previste per l'ampliamento del Marina di Punta Ala.

Considerata la bassissima sismicità dell'area, lo studio di risposta sismica locale finalizzato alla determinazione delle accelerazioni su cui basare il dimensionamento delle opere marittime è stato eseguito secondo il metodo semplificato previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, di cui al DM 17-01-2018.

Le nuove opere si inseriscono in un quadro geologico ed ambientale nell'insieme ben studiato e supportato da dati e studi precedentemente eseguiti.

In particolare, per la definizione della categoria sismica dei terreni di imposta sono stati ripresi i risultati di una specifica e mirata campagna di indagine di progetto definitivo che hanno consentito di definire un modello geotecnico sufficientemente rappresentativo.

## Capitolo 2 Quadro geologico

Come un più ampio inquadramento geologico preliminare della zona consente di evidenziare, il promontorio di Punta Ala ricade nell'ambito di affioramenti ascrivibili al complesso del Flysch marnoso-arenaceo (Formazione del Macigno) costituito da alternanze irregolari di banchi arenacei a comportamento meccanico di tipo litoide e di livelli di terreni a grana fine e finissima (argilliti, siltiti e marne scagliose). La componente litoide a composizione prevalentemente quarzosa-feldspatica si presenta in strati e banchi fratturati, di spessore variabile da alcuni decimetri fino ad oltre il metro, con frequenti episodi di calcite secondaria. La componente fine è invece caratterizzata da un limo-argilloso sovente a struttura scistosa.

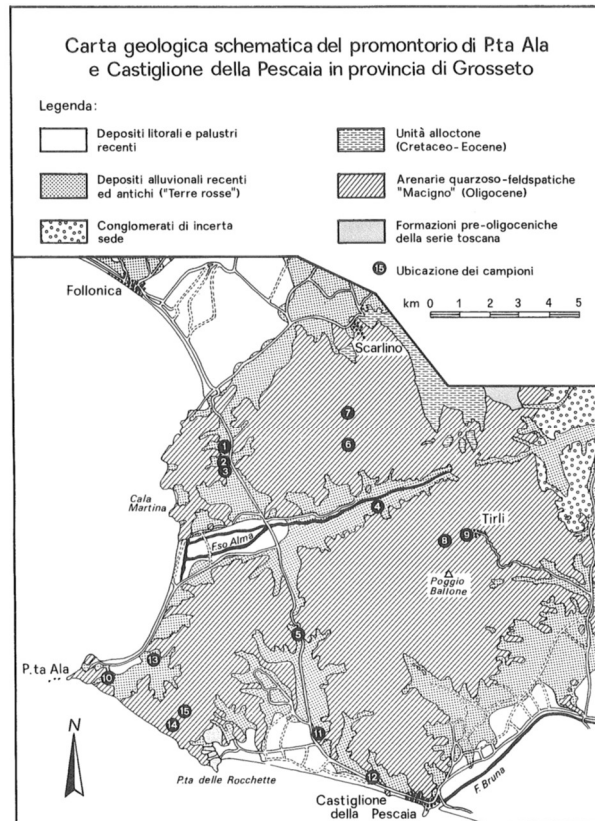


Fig. 1 - Carta geologica schematica.

Figura 1. Inquadramento geologico del promontorio di Punta Ala (da Gandolfi e Paganelli, 1990)

Nelle zone a terra le dorsali flyschoidi si riversano verso il mare con morfologie a tratti accidentate, in parte obliterate dalla intensa urbanizzazione che caratterizza la zona collinare a ridosso del porto. Comune è la presenza di incisioni morfologiche favorite dall'alterazione e erosione del substrato, colmate da alluvioni terrazzate e conoidi che degradano progressivamente verso mare.



Figura 2. Promontorio di Punta Ala sopra il Porto

Le quote del rilievo tendono ad aumentare verso nord-est, fino a raggiungere il colmo in prossimità di Torre Hidalgo; in prossimità del porto è invece presente una falesia verticale.

Nella fascia costiera, sovrapposti al complesso dei Flysch, risultano infine presenti, in sommità, importanti complessi sedimentari di età ed origine diversa, difficilmente riconducibili ad un unico e semplice schema stratigrafico, collegati alle diverse fasi della evoluzione della stessa linea di costa. Questi sono costituiti da variegati strati e banchi di terreni a composizione variabile tra quella di sabbie medio fini, limose, a tratti ghiaiose, da poco a moderatamente addensate, fino a tratti molto addensate, e quella delle sabbie limose argillose contenenti resti di posidonia sepolta, scarsamente addensate. I contatti tra i diversi complessi non sono sempre di semplice interpretazione, non escludendo che possano anche essere di origine tettonica.

## Capitolo 3 Sismicità dell'area

Studi riguardanti la distribuzione delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Locati et al. 2019, [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description\\_DBMI15.htm](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/description_DBMI15.htm)) indicano, per il Comune di Castiglione della Pescaia, come eventi sismici che hanno avuto un grande risentimento, quelli riportati nello schema di seguito allegato di intensità compresa tra 4 e 5.

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1909	08	25	00	22	Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1948	06	13	06	33	Alta Valtiberina	142	7	5.04
5	1980	09	08	19	41	1 Costa Grossetana	55	5-6	4.44
NF	1984	04	29	05	02	Umbria settentrionale	709	7	5.62
NF	1987	01	22	05	10	5 Costa pisano-livornese	157	5-6	4.1

Tabella 1 – Storia Sismica di Castiglione della Pescaia

Il rischio sismico per la zona di Punta Ala in genere è dunque assai modesto.

I dati di pericolosità sismica prodotti da INGV (MPS04 e successive integrazioni prodotte nell'ambito del progetto INGV-DPC S1, disponibili sui siti web <http://zonesismiche.mi.ingv.it/> e <http://esse1.mi.ingv.it/>) hanno fornito una prima risposta, che ha avuto un riconoscimento ufficiale nell'Ordinanza PCM 3519/06 aventi per oggetto i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

Nella figura seguente è riportato uno stralcio della Carta della Classificazione Sismica regionale (Con Deliberazione GRT n. 421 del 26.05.2014, pubblicata sul BURT n. 22 del 04.06.2014 Parte Seconda). L'area in studio è classificata, nell'ambito della zonazione vigente, come categoria 4 (Figura 3).



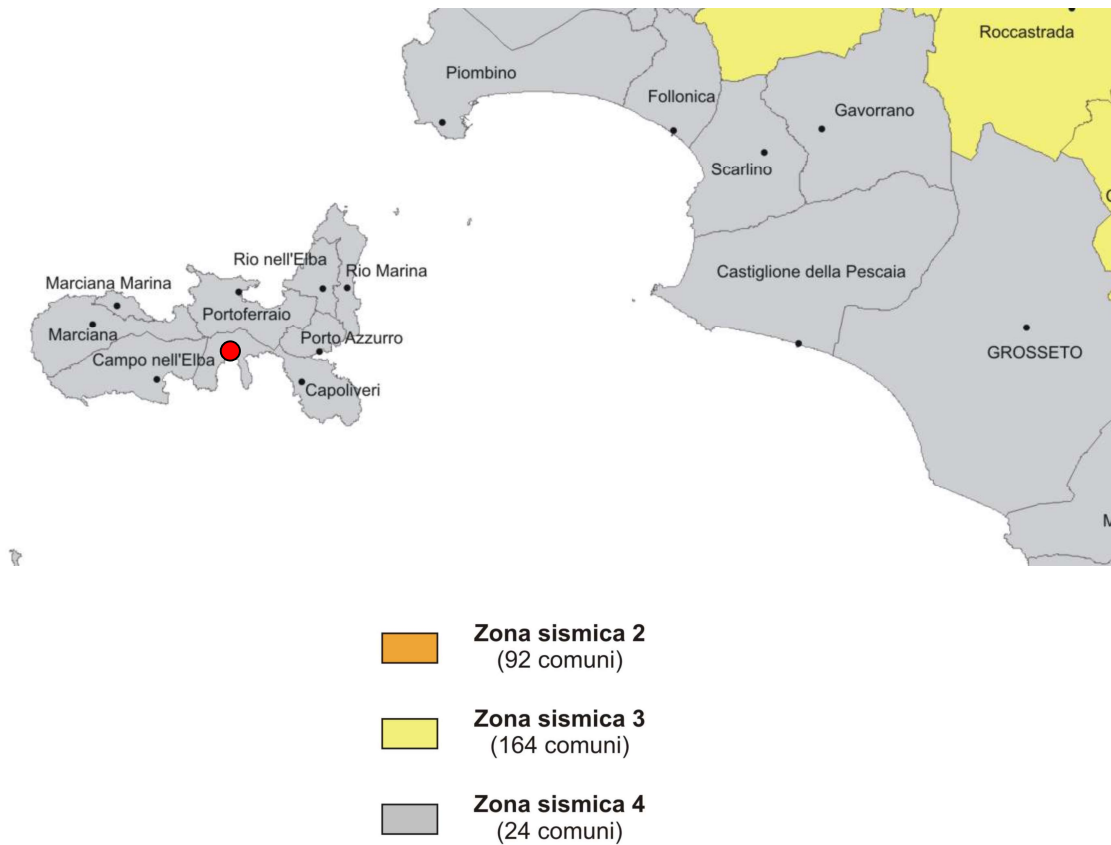


Figura 3. Zonazione sismica della Regione Toscana con dettaglio sulla classe d'appartenenza

Dalla Carta dei Valori di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale (stralcio in Figura 4), si osserva che l'accelerazione orizzontale massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi, è compresa per la zona d'esame nell'intervallo  $0.025 \div 0.050$  (Accelerazione orizzontale massima attesa:  $a_g=0.044$  g per il Porto di Punta Ala).

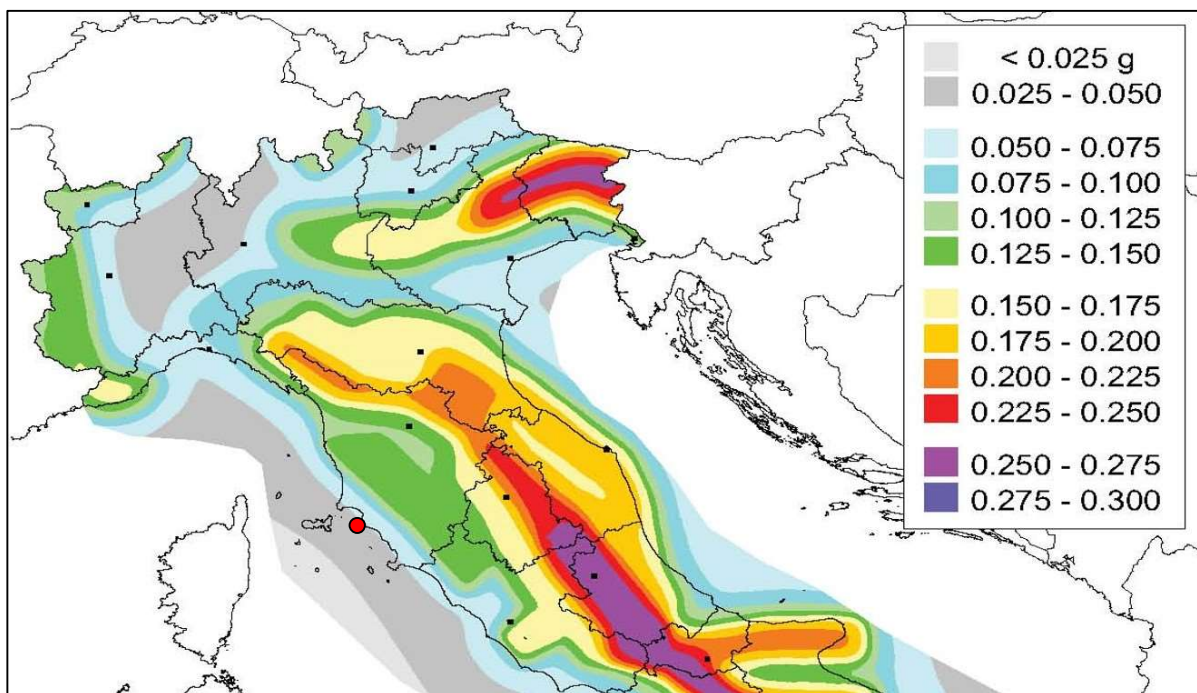


Figura 4. Carta dei valori di pericolosità sismica del territorio nazionale.

## Capitolo 4 Azione sismica di riferimento ai sensi delle NTC18

Uno specifico studio ha riguardato la definizione dell'azione sismica secondo le modalità previste dalla normativa vigente, sulla base della quale si è proceduto a valutare le condizioni di stabilità degli interventi.

### 4.1 Pericolosità sismica di base

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$ , in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

La pericolosità sismica del sito è stata eseguita seguendo la procedura utilizzata dall'INGV per lo studio di pericolosità sismica a scala nazionale basato sull'impiego dei risultati dello studio di disaggregazione (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) condotto per il territorio nazionale da Spallarossa e Barani (2007).

Le informazioni estratte sono state utilizzate per ottenere le coppie magnitudo-distanza rappresentative della sismicità dell'area in esame. Queste coppie sono state quindi impiegate per la verifica delle condizioni di stabilità di sito in condizioni sismiche.

Considerando che la vita nominale dell'opera ( $V_N$ ) è pari a 50 anni e che il coefficiente d'uso  $C_u$  è pari a 1.0, si ha quale periodo di riferimento per l'azione sismica:  $V_R = C_u \cdot V_N = 50$  anni. Il periodo di ritorno dell'azione sismica si ricava con la seguente espressione:

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

dove  $P_{VR}$  è la probabilità di superamento nel periodo di riferimento, che è tabellata in funzione dello stato limite considerato:

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 – Parametri azione sismica.

Per le opere geotecniche, il dimensionamento deve essere eseguito con riferimento allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Considerando la probabilità di superamento corrispondente a SLV, si ottiene un tempo di ritorno pari a 475 anni circa. A tale tempo di ritorno nel sito in esame corrisponde una accelerazione massima attesa su sito di riferimento rigido  $a_g$  pari a 0.044 g circa.

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g/g[-]$	$F_o[-]$	$T^*_c[s]$
Operatività	30	0.0211	2.65	0.17
Danno	50	0.0256	2.66	0.19
Salvaguardia Vita	475	0.0462	2.82	0.28
Prevenzione Collasso	975	0.0542	2.84	0.3

Tabella 3 – Punta Ala: parametri sismici per  $V_N=50$  anni e  $C_U=1.0$

Nelle figura seguente è riportata la mappa dell'area in esame con l'indicazione dei punti del reticolo di riferimento relativi all'accelerazione su suolo rigido attesa con tempo di ritorno di 475 anni (SLV).

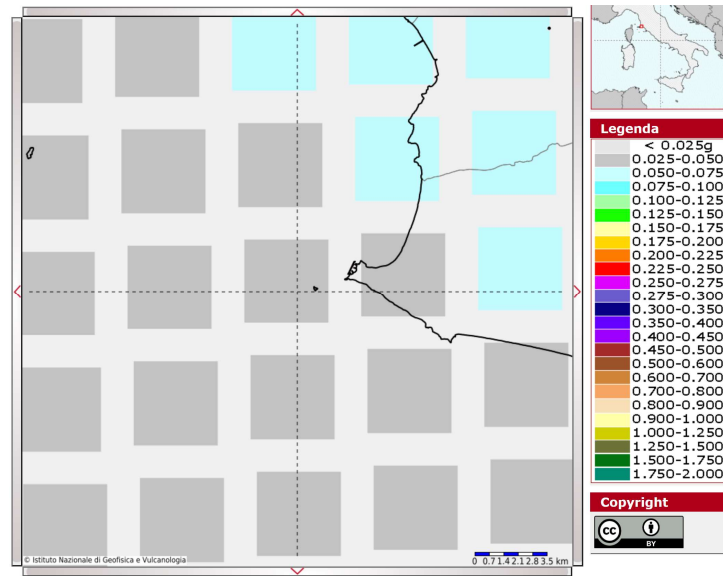


Figura 5. Mappa di pericolosità sismica dell'area per  $TR=475$  anni (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

## 4.2 Magnitudo attesa al sito

Le finestre magnitudo-distanza di riferimento, individuata come rappresentative della sismicità dell'area e propedeutiche alla scelta di accelerogrammi da impiegare nelle verifiche secondo gli stati limite di riferimento sono state individuate la procedura utilizzata dall'INGV per lo studio di pericolosità sismica a scala nazionale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

L'analisi della disaggregazione dei valori di PGA riporta, per ogni nodo della griglia di calcolo, la valutazione del contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo e distanza; questa informazione è riportata sia in forma grafica sia in forma tabellare. Per ogni nodo della griglia sono anche riportati, dopo la tabella, i valori medi di magnitudo, distanza ed epsilon ( $M-D-\epsilon$ ). Quest'ultimo parametro è legato alla deviazione dello spettro del segnale sismico al sito rispetto a quanto predetto da una opportuna legge di attenuazione.

Questo tipo di analisi è utile nell'individuazione della sorgente sismogenetica che contribuisce maggiormente a produrre il valore di scuotimento stimato in termini probabilistici ed è utile in analisi di microzonazione. In tal modo è possibile separare i diversi contributi alla pericolosità sismica, espressa da un determinato parametro (ad es. l'accelerazione su suolo rigido  $a_g$ ) e quindi di identificare per un alcuni prefissati tempi di ritorno, quale sorgente sismica contribuisce maggiormente alla pericolosità.

Sul sito dell'INGV sono riportati i valori di pericolosità sismica in PGA relativi a 9 probabilità di superamento in 50 anni (2%, 5%, 10%, 22%, 30%, 39%, 50%, 63%, 81%), valutati su tre percentili (16, 50,

84). Per questi valori è disponibile anche la relativa disaggregazione. i valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione per diversi periodi spettrali, SA, relativi a 10 periodi di interesse ingegneristico (0.1, 0.15, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5, 2.0 secondi) e a 9 probabilità di superamento in 50 anni (2%, 5%, 10%, 22%, 30%, 39%, 50%, 63%, 81%), valutati su tre percentili (16, 50, 84).

Nel caso dello Stato limite di Salvaguardia della Vita SLV, assumendo una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, si ottiene un tempo di ritorno pari a 475 anni circa, a cui competono le terne (M-D-ε) che, con riferimento al caso più gravoso costituito dall'84° percentile, forniscono i seguenti valori:

$$T_R = 475 \text{ anni: } M \approx 5.06; R \approx 60 \text{ km}$$

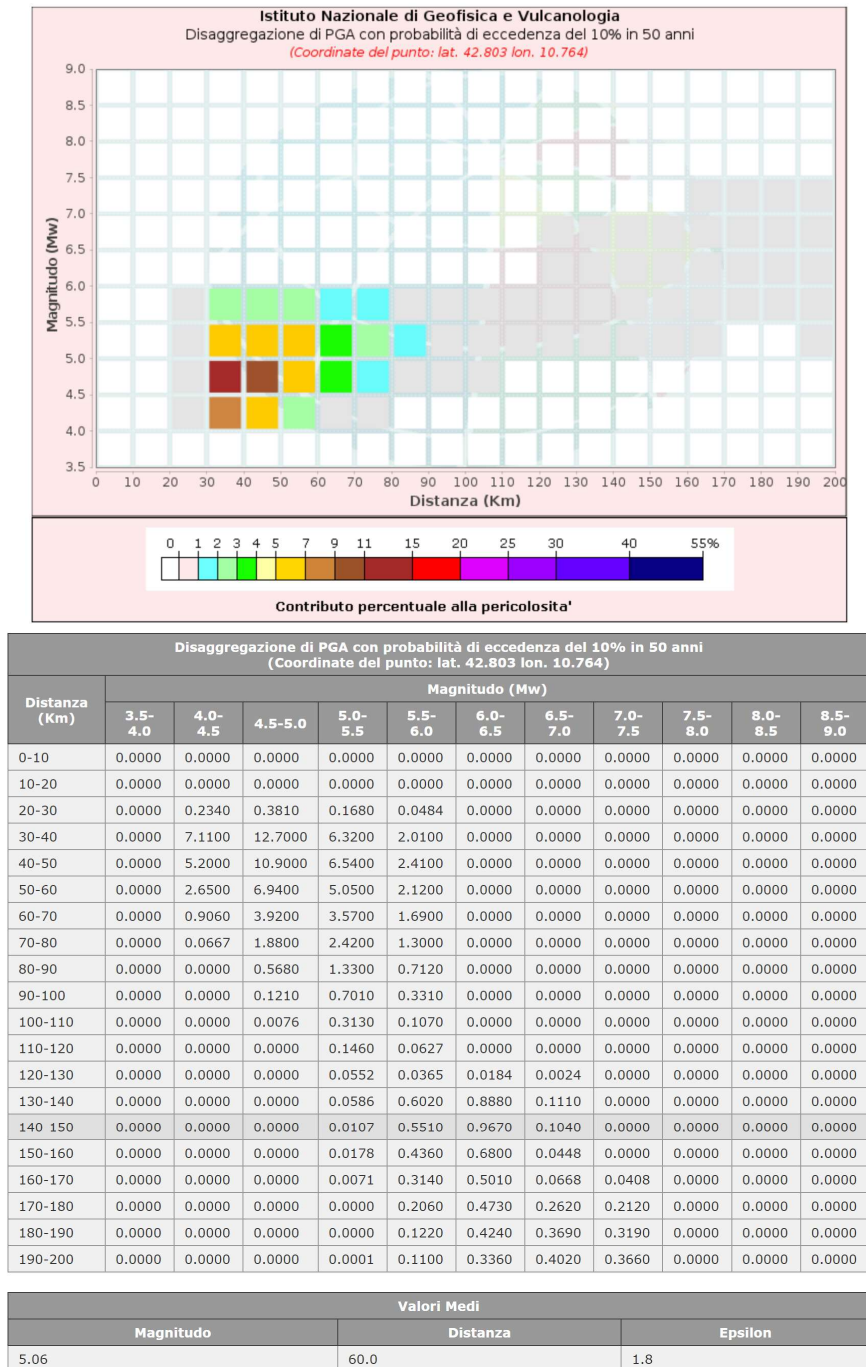


Figura 6. Grafico di disaggregazione di ag con probabilità di eccedenza con TR=475 anni

### 4.3 Categoria sismica di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, da adottare nelle verifiche di stabilità, si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 del DM 17/01/2018.

Il valore massimo dell'accelerazione  $a_{max}$  è calcolato sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche proprie del sito, attraverso la relazione:

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

in cui:

- $S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica calcolato secondo la Tabella 3.2.IV del DM 17/01/18, variabile per ogni stato limite di riferimento;
- $S_T$  = coefficiente di amplificazione topografico calcolato considerando le condizioni topografiche del sito secondo Tabella 3.2.V.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione può essere effettuata ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$ , definita dall'espressione (Tab. 3.2.II):

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

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</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

**Tabella 4 – Azione sismica ai sensi NTC18 - Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo.**

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per la classificazione sismica dei terreni di imposta sono stati utilmente impiegati i risultati della prova *Down-Hole* eseguita nel sondaggio ST1 a cui, con un valore  $V_{S,30}$  pari a circa 230 m/s, compete una classe di sottosuolo C, per la quale può essere assunto un valore di  $S_s$  pari a 1.50.

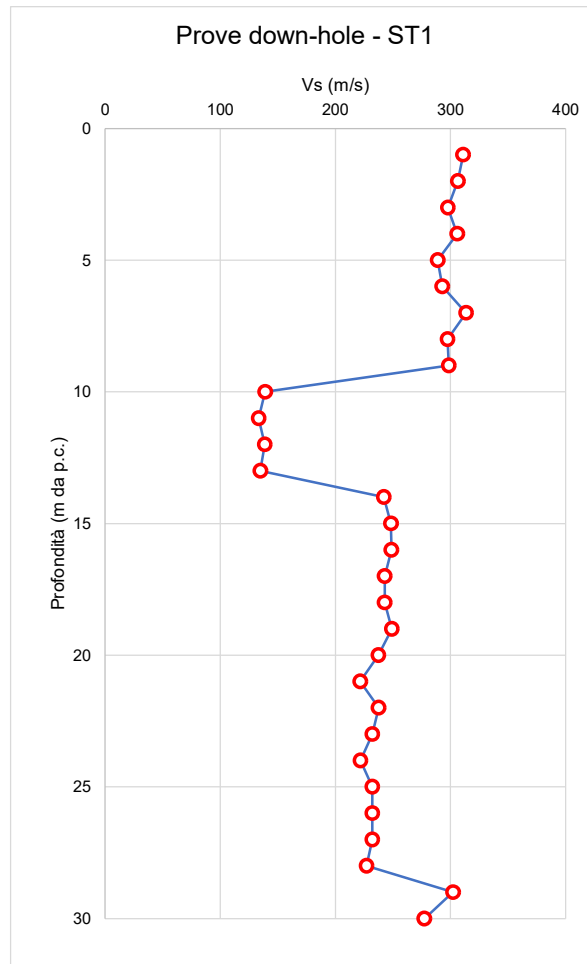


Figura 7. Prova down-hole – sondaggio ST1

Estrapolando prudenzialmente tale classe anche al tratto a terra, ed imponendo un valore del coefficiente di amplificazione topografica pari a  $S_T = 1.0$ , ne deriva un valore dell'accelerazione massima attesa in superficie  $a_{max}$  pari a:

$$a_{max} = 1.0 * 1.5 * 0.044 = 0.0693 \text{ g}$$

$a_g/g$	Classe sottosuolo	$S_s$	$S_t$	$a_{max}/g$
0.0462	C	1.5	1.0	0.0693

Tabella 5 – Accelerazione massima