

rif: 210610-230221

Studio Geologico Secondo NTC/18 per  
Progetto di Riqualificazione Campeggio "ROMA"

### Relazione sulla Caratterizzazione e Modellazione Geologica del Sito

**(6.2.1 NTC 2018)**

### Relazione sulle Indagini, Caratterizzazione e Modellazione Geotecnica

**(6.2.2 NTC 2018)**

Committente : AGAPANTHUS s.r.l.

Località : Via Rodi – Via Emilia

Comune : Alba Adriatica (TE)

**Questo elaborato è composto di n° 40 facciate**

*Geologo Massucci Dr. Mario*



Questo elaborato è di proprietà della Committenza, pertanto non può essere riprodotto né interamente né in parte senza l'autorizzazione scritta dello stesso. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

## **Sommario**

Premessa .....	3
Modello Geologico Introduttivo.....	4
Analisi Geomorfologica del Sito.....	6
Condizioni topografiche .....	6
Piano delle Indagini .....	7
Modello Litologico e Caratterizzazione Geotecnica .....	10
Modulo di Winkler .....	11
Determinazione del Volume Significativo .....	11
Categoria del Sottosuolo .....	12
Definizione Della Pericolosità Di Base e Degli Eventi Di Riferimento .....	13
Mappa dei forti terremoti degli ultimi 150 anni .....	13
Valutazione del potenziale sismogenetico e probabilità di forti terremoti .....	14
MappeTematiche DISS 3.1.0 .....	15
Storia Sismica di Alba Adriatica (TE) .....	16
Pericolosità sismica del sito (NTC/18) .....	18
Parametri Sismici Generali .....	20
Parametri Sismici .....	22
Prova Sismica Passiva HVSR.....	23
Idrogeologia.....	24

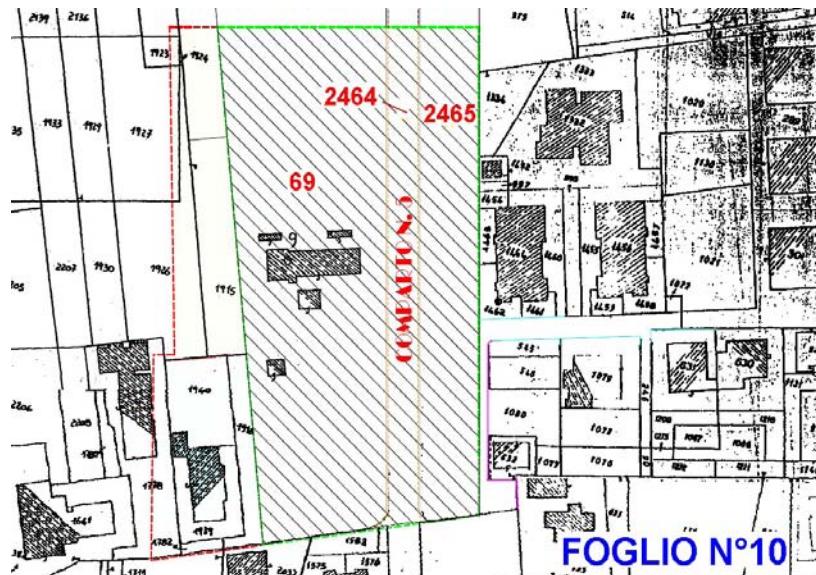
Lo studio geologico in oggetto è stato effettuato:

- ✓ su incarico dell'Ing. Romolo Quirino;
- ✓ per conto della AGAPANTHUS s.r.l.;
- ✓ nell'area sita in Via Rodi – Via Emilia in Comune di Alba Adriatica (TE), come mostrato nella cartografia allegata ;
- ✓ ricadente nelle p.lle catastali n.º 69, 2464 e 2465 del foglio di mappa n.º 10; finalizzata alla riqualificazione del Campeggio “ROMA”. Detto studio, eseguito in ottemperanza al D.M. 17/01/18 *Norme tecniche per le costruzioni*, ha permesso la:
  - caratterizzazione e modellazione geologica del sito (cfr. § 6.2.1 NTC18);
  - caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce presenti nel volume significativo (cfr. § 6.2.2. NTC18);
  - definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo (cfr. § 3.2.2 NTC18);
  - condizioni geomorfologiche del sito;
  - condizioni idrologiche del sito.

al fine della caratterizzazione geologica del sito e della modellazione geotecnica dei terreni nel volume significativo del sottosuolo, anche in considerazione delle sollecitazioni sismiche indotte dal sisma, ricadendo in territorio considerato in [Zona 3](#) secondo l'O.P.C.M. n. 3274/03.

---

Planimetria Catastale



## Modello Geologico Introattivo

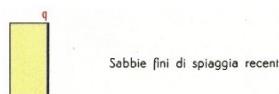
I terreni del substrato sono costituiti da depositi marini terrigeni di età plio-pleistocenica, rappresentati da **argille limo-sabbiose grigio-azzurre (Q<sub>a</sub><sup>1</sup>** nella C.G.d'I. Foglio 133-134 "Ascoli P.-Giulianova"); le condizioni strutturali sono caratterizzate da una giacitura monoclinale immersa ad oriente di pochi gradi (10°-15°), e nell'area e nelle sue vicinanze, dall'**assenza di faglie che giungono in superficie**.

Su questo sono stati sedimentati **depositi di spiaggia** frammisti ad **alluvioni fluviali (q** nella medesima C.G.d'I.), qui costituiti da limi e sabbie; verso il basso divengono prevalenti le sabbie con ghiaie.

L'area risulta esterna alla cartografia CARG attualmente disponibile.

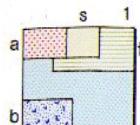
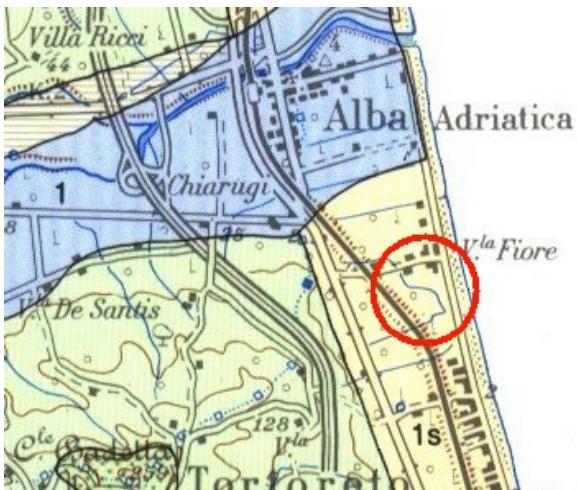
Si allega stralcio della citata Carta Geologica d'Italia, della Carta Geologica d'Abruzzo e della carta Geologico-Tecnica della Microzonazione Sismica di Primo Livello, ingrandite per una più agevole comprensione del contesto geologico.

### Carta Geologica d'Italia



Conglomerati marini (Q<sub>c</sub><sup>1</sup>) con ciottoli per lo più fortemente appiattiti, passanti inferiormente e lateralmente a sabbie gialle stratificate (Q<sub>b</sub><sup>1</sup>); verso il basso queste sono in eteropia con argille sabbiose grigio-azzurre (Q<sub>a</sub><sup>1</sup>), nelle quali si rinviengono intercalazioni di lenzi sabbioso-conglomeratiche (Q<sub>bc</sub><sup>1</sup>) ubicate in diversi livelli. Microfonna rappresentata da: *Cassidulina sicula* SEGUENZA, *Bolivina catanensis* SEGUENZA, *Globigerina pachyderma* (BRA), *Spirorbis terebrans* (BRA), *Uvigerina wrighti* SILVESTRINI, *Bulimina fusiformis* WILLIAMS, *Hyalinea bathymatica* (SCHROETTER), *Globorotalia scitula* (BRA), *G. inflata* (D'ORS), *Virgulina tenuis* (SEGUENZA), *Bolivina usensis* CONATO, CALABRIANO.

## Carta Geologica d'Abruzzo



Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi; depositi fluviali e fluvio-glaciali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi; travertini (1). Depositi sabbiosi delle piane costiere (s). Depositi alluvionali terrazzati (t). Detriti di falda e coperture detritico-colluviali; depositi residuali; terre rosse (a). Sedimenti morenici (b). Olocene - Pleistocene superiore.

## Carta Geologico-Tecnica -MSZ



### Legenda

— Traccia di sezione geologico tecnica

#### Unità geologiche continentali e di transizione

spi - Deposito di spiaggia. Sabbia limosa e/o argillosa (Olocene).

#### Unità litotecniche

+ \* E6 - Sabbia limosa e/o sabbia argillosa poco addensate.

Grado di addensamento delle unità litotecniche granulari non cementate o poco cementate - E:

III - Poco addensato - Può essere scavato con la pala con difficoltà;

Distinzione in ragione della presenza di inclusi:

c) frazione fine interstiziale coesiva, ma non sufficiente ad alterare il carattere granulare;

### Legenda

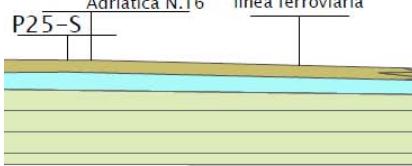
#### Unità geologiche continentali e di transizione

- fra - Deposito di frana, scorrimento rotazionale, inattivo
- all - Deposito alluvionale e fluvio-glaciale
- col - Coltre eluvio colluviale
- spi - Deposito di spiaggia

#### Unità geologiche marine

- Q1a-D2 - Argille sabbiose grigio-azzurre del Pleistocene

A'  
Strada Statale  
Adriatica N.16 linea ferroviaria



P13-DS HVS P33 HVS P17



## Analisi Geomorfologica del Sito

L'area d'indagine ricade nella piana costiera a Sud del F.Vibrata, costituita da un'area estesamente pianeggiante, in ambiente geologico di spiaggia, intercalato da depositi alluvionali; non presenta forme indicanti fenomeni geomorfici in evoluzione, come pure, allo stato attuale, sono da ritenersi improbabili eventi erosivi che possano giungere ad interessare l'area di intervento.

Risulta esterna alle aree esondabili del [Piano Stralcio Difesa Alluvioni](#) della Regione Abruzzo, pertanto non necessita lo Studio di Compatibilità Idrologica, ed alle aree individuate come pericolose per "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi" nel [Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico](#) ... della Regione Abruzzo, pertanto non esige lo Studio di Compatibilità Idro-geologica; si è ritenuta non necessaria la verifica del coefficiente alla stabilità geomorfologica potenziale nei confronti dell'azione sismica di progetto .

### Condizioni topografiche

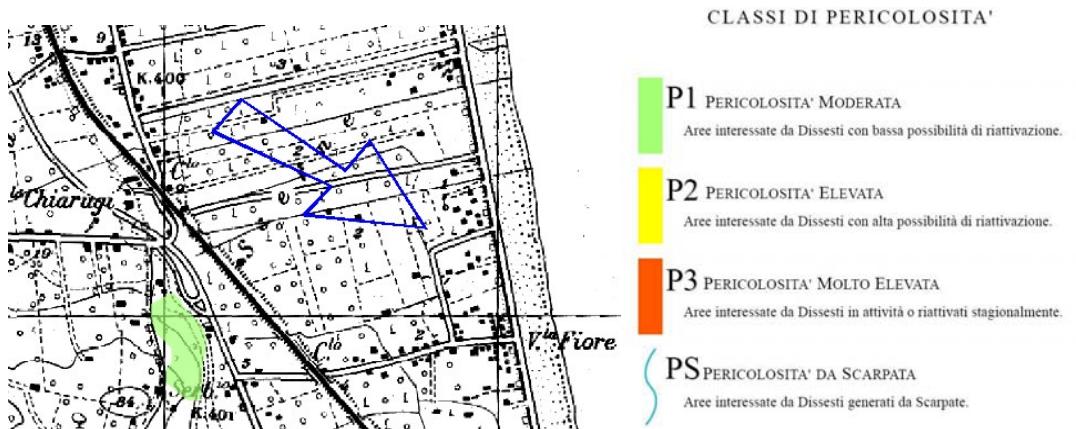
In merito alla risposta sismica locale in relazione alle condizioni topografiche (definite in § 3.2.2 delle NTC/18), ricadendo in un sito dalla configurazione superficiale semplice, compresa nella Tabella 3.2.III - *Categorie topografiche*, si può adottare la seguente classificazione:

Tabella 3.2.III - *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

### Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico - Carta della Pericolosità

LIMITE TERRITORIO AUTORITA' DI BACINO



I caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali sono risultati dello studio effettuato, rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica, dedotti da specifiche indagini effettuate sul sito, e sono esposti in questa relazione geologica, di cui al § 6.2.1.

Le specifiche indagini, definite dal progettista in base alla tipologia dell'opera o dell'intervento e alle previste modalità esecutive, sono stati estesi a tutta la zona di possibile influenza e riguardano il volume significativo, al fine di accertarne le condizioni di pericolosità geologica, anche in relazione agli effetti derivanti dalla realizzazione delle opere.

La procedura progettuale operativa per definire il programma delle indagini si è articolata nelle seguenti fasi:

1. si è verificato che il sito in esame è compreso nella **Microzona 2001 “stabile, ma suscettibile di amplificazione locale - Zona di attenzione per liquefazione di tipo 2”** indicata nella cartografia di MZS di 1° livello attualmente disponibile, che si allega;
2. stante i risultati riferiti alla microzona, e che quindi il requisito di affidabilità viene soddisfatto, si sono programmate le indagini sulla base di:
  - a. esperienze e conoscenze pregresse del sito, ricadendo in zona ben conosciuta dal punto di vista geotecnico;
  - b. vicinanza delle indagini riportate nella carta di MS;
  - c. affidabilità delle indagini svolte.
- Per la caratterizzazione geomecanica del sottosuolo si è fatto riferimento a **sondaggi penetrometrici** dinamici (**DPSH**) e statici (**CPT**) eseguiti tutto intorno all'area d'interesse, in considerazione dell'EC7 sulla qualità delle indagini geotecniche, mediante penetrometro Pagani GT 63-200 kN, le cui caratteristiche sono riportate in seguito ed il relativo grafico ed analisi in allegato, ed ubicato come mostrato in planimetria.
- Per la caratterizzazione sismica diretta del sottosuolo, sono state effettuate **prospezioni geofisiche di superficie** mediante la registrazione ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale (microtremori) mediante Tromino (Micromed), poi elaborato secondo la tecnica di Nakamura (rapporti spettrali o HVSR) tramite il software dedicato (Grilla) .

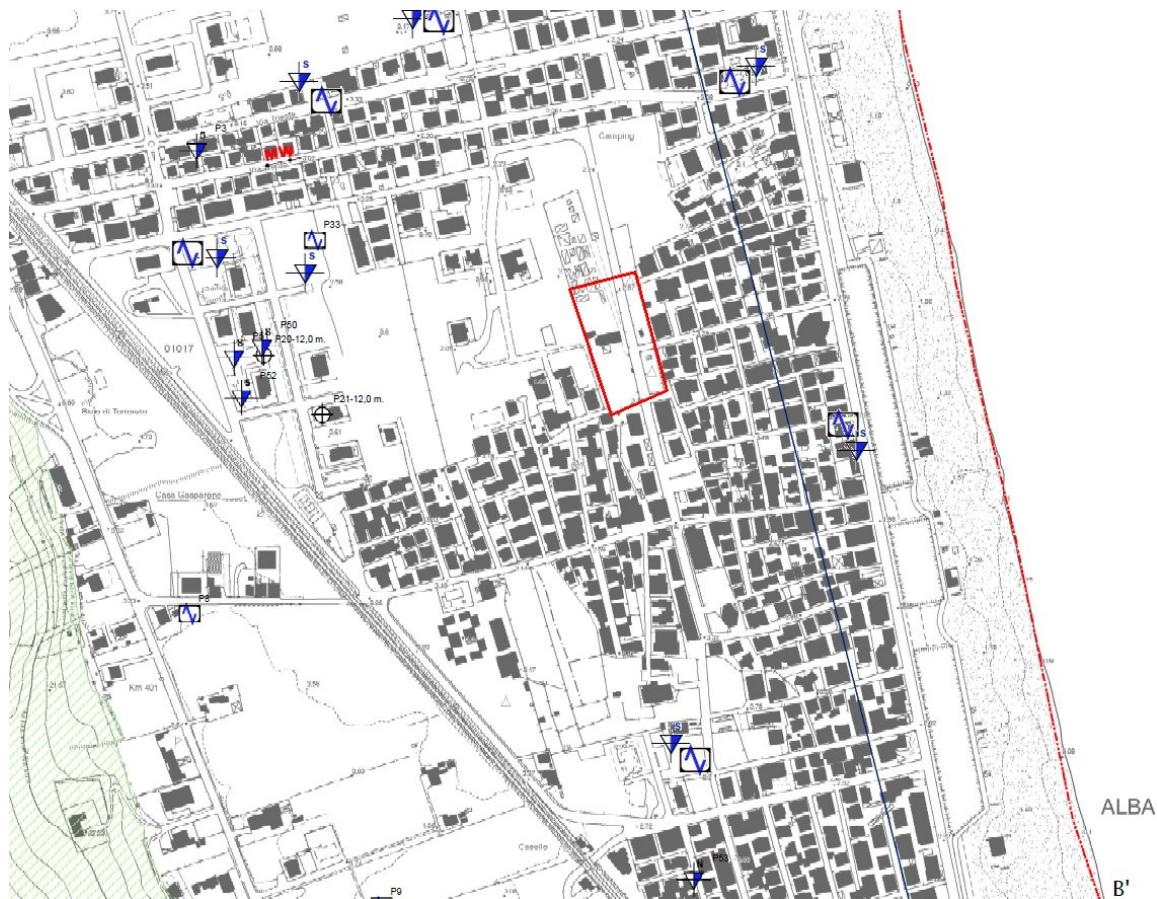
Ai sensi della L. 112/63 art. 3 comma b) e del D.P.R. 328/2001 art. 41 comma 5, le indagini geognostiche e geotecniche in situ, sono state dirette e controllate dal sottoscritto, e sono state eseguite nel pieno rispetto di quanto previsto dalle Norme UNI EN/1997-2.

Per approfondimenti sul metodo, tecniche e metodologie adottate si rimanda all'allegato che costituisce parte integrante della presente.

Si è ritenuto che le osservazioni compiute abbiano esaurientemente validato:

- la modellazione geologica del sito, orientata alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio in cui ricadono le opere in oggetto - si allega modulo stratigrafico;
- la modellazione geotecnica del sottosuolo di sedime, definendo uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo di cui al § 3.2.2 delle NTC, accertando che il sito di costruzione ed i terreni di fondazione sono esenti da pericoli d'instabilità dei pendii, liquefazione, eccessivo addensamento in caso di terremoto, nonché di faglia in superficie - si allega grafico penetrometrico.

Pertanto, si sono ritenute, in questa fase, non necessarie ulteriori indagini e prove eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/01, facenti parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture, come previsto nel cap. 6.2.2 *INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA* del D.M. 14/01/18 *Norme tecniche per le costruzioni (NTC)*.



## Legenda

### Indagini puntuali

-  DN – Prova penetrometrica dinamica media
  -  DS – Prova penetrometrica dinamica super pesante
  -  HVS – Stazione microtremore a stazione singola
  -  SD – Sondaggio a distruzione di nucleo (*Profondità raggiunta in m. dal pc*)

**(stralcio dello Studio MZS + indagini effettuate dallo scrivente)**

## ***Modello Litologico e Caratterizzazione Geotecnica***

Dall'analisi dei dati geognostici si sono valutati i parametri fisici da attribuire ai livelli meccanicamente omogenei di seguito indicati, espressi attraverso i valori caratteristici, desunti dall'elaborazione dei risultati di prove e misure in situ effettuate.

Al di sotto del ridotto intervallo di **terreno vegetale**, si rinvengono terreni limosi e sabbiosi, passanti rapidamente a **sabbia prevalentemente calcarea**, ad elementi arrotondati e granulometria medio-fine, sciolta ma mediamente addensata, immersa in falda (il livello piezometrico statico è posto intorno al -2.20 m.) con livelli limosi; il valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, di cui alla Tab. 6.2.II delle NTC pertanto, assume i seguenti valori:

<b>PARAMETRO</b>	<b>GRANDEZZA</b>	<b>VALORE CARATTERISTICO</b>		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	0.52 - 0.48		
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	00.0 - 10.0	kPa	
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	1.9 - 2.1	$t/m^3$	
<i>Coeff. di sotofondo</i>	(K)	4.0 - 7.0	$t/m^3$	

A profondità comprese tra 7.50 m. e 8.50 m., è presente un intervallo di **limi argillosi e sabbiosi**, di spessore ridotto e resistenza geomeccanica inferiore, che incrementa la comprimibilità, e consiglia di contenere il carico sul terreno;

<b>PARAMETRO</b>	<b>GRANDEZZA</b>	<b>VALORE CARATTERISTICO</b>		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	0.30 - 0.33		
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	10.0 - 30.0	kPa	
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	1.80 - 1.90	$t/m^3$	
<i>Modulo di Young</i>		100 - 140	$Kg/cm^2$	
<i>Modulo Edometrico</i>		40 - 50	$Kg/cm^2$	

Il **substrato geologico** è costituito dalle argille limose e sabbiose grigio-azzurre, di età plio-pleistocenica, poste a profondità superiori a 15 metri; il valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, di cui alla Tab. 6.2.II delle NTC pertanto, assume i seguenti valori:

<b>PARAMETRO</b>	<b>GRANDEZZA</b>	<b>VALORE CARATTERISTICO</b>		
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	0,42 - 0,46		
<i>Coesione efficace</i>	$c'_k$	50.0 - 80.0	kPa	
<i>Resistenza non drenata</i>	$c_{uk}$	70.0 - 110.0	kPa	
<i>Peso dell'unità di volume</i>	$\gamma$	2.1 - 2.2	$t/m^3$	

Il valore del coefficiente di sottofondo (Winkler) da adottarsi nel calcolo, nella direzione di Z ( $K_z$ ) può essere compreso tra  $3 < K_o < 6$  Kg/cm<sup>3</sup>; nelle direzioni degli assi del riferimento globale X ( $K_x$ ), Y ( $K_y$ ) i valori sono il 70% dei precedenti.

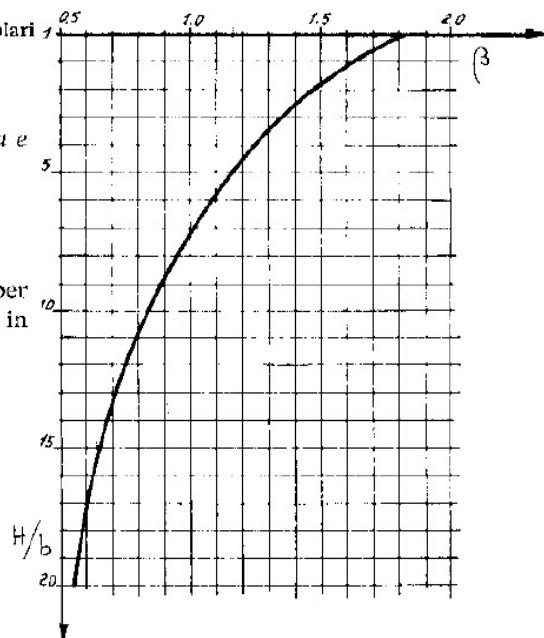
Può anche essere determinato in relazione con il Modulo di Compressibilità Edometrica  $E_{ed}$  che nell'intervallo di sedime assume valori dell'ordine di 65 Kg/cm<sup>2</sup>.

**Fig. 2 - Valori del coefficiente  $\beta$  per fondazioni rettangolari in funzione dello spessore dello strato di terreno.**

— fondazione nastroiforme di lunghezza infinita e larghezza  $b$ :

$$(8) \quad K_s = \beta \frac{E'}{b}$$

in cui  $\beta$  è un coefficiente variabile tra 1,82 per  $H/b = 1$  e 0,54 per  $H/b = 20$ , come indicato in fig. 2.



#### **Determinazione del Volume Significativo**

Il volume significativo di cui al § 3.2.2 delle NTC cui è stata estesa la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ovvero la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso, risulta compresa tra una profondità uguale e doppia del lato minore del rettangolo a cui approssimare la pianta dell'opera ( $B < V_s < 2B$ ) che nel nostro caso è pari a 10 m.

## **Categoria del Sottosuolo**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (definita al § 3.2.3), come indicato nel § 7.11.3 delle NTC, si è proceduto all'individuazione della categoria (Tab. 3.2.II) di appartenenza del sottosuolo influenzato:

- 1) in considerazione delle sollecitazioni sismiche indotte da eventuali terremoti, ricadendo in **Zona 3** secondo l'O.P.C.M. n. 3274/03,
- 2) mediante verifica che il sito in esame è compreso nella **microzona 2001 "stabile, ma suscettibile di amplificazione locale"** indicata nella cartografia di MZS di 1° livello attualmente disponibile, che si allega,
- 3) mediante una prospezione geofisica passiva HVSR (Metodo di Nakamura) che ha consentito la determinazione diretta della velocità equivalente  $V_{s_{rq}}$  di propagazione delle onde di taglio nei 30 metri di profondità, mediante l'acquisizione di rumore sismico per una finestra temporale di registrazione in continuo non inferiore a 20 minuti e registrato con geofono 3D con periodo di oscillazione non superiore a 1 Hz.
- 4) Mediante verifica dell'assenza di substrato rigido ( $V_{s_{eq}} > 800$  m/sec) entro i trenta metri di profondità;

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo</b>
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m.</i>	

Per approfondimenti sul metodo, tecniche e metodologie adottate si rimanda all'allegato che costituisce parte integrante della presente.

---

## **Carta delle MOPS - Microzonazione Sismica**



### **Legenda**

Zone di attenzione per instabilità

ZALQ2 – Zona di attenzione per liquefazione di tipo 2

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

#### **Zona 2001**

Spessori:

max: 8,4 m.

min: 6 m.

max: 5,2 m.

min: 1,8 m.



Deposito di spiaggia  
costituito da sabbia limosa e/o argillosa  
poco addensata  
con frazione fine interstiziale coesiva

spi – E6IIIC: non sufficiente ad alterarne il carattere granulare.



spi – E5IIC: Deposito di spiaggia

costituito da sabbia-ghiaiosa  
moderatamente addensata  
con frazione fine interstiziale coesiva  
non sufficiente ad alterarne il carattere granulare.



Q1a – D2: Argille sabbiose grigio azzurre  
molto o estremamente consistenti.

## **Definizione della Pericolosità di Base e degli Eventi di Riferimento**

Al fine di avere un quadro esaustivo di dettaglio del territorio in cui ricade l'edificio in esame sotto l'aspetto sismico e quindi fornire una valutazione della compatibilità, si è proceduto alla ricostruzione della storia sismica del Comune di Alba Adriatica, attraverso i dati forniti dall'INGV (Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia), i vari database e progetti sviluppati in merito alla pericolosità sismica, la registrazione degli eventi sismici, la valutazione del potenziale sismogenetico e la probabilità dei forti terremoti.

## **Mappa dei forti terremoti degli ultimi 150 anni**

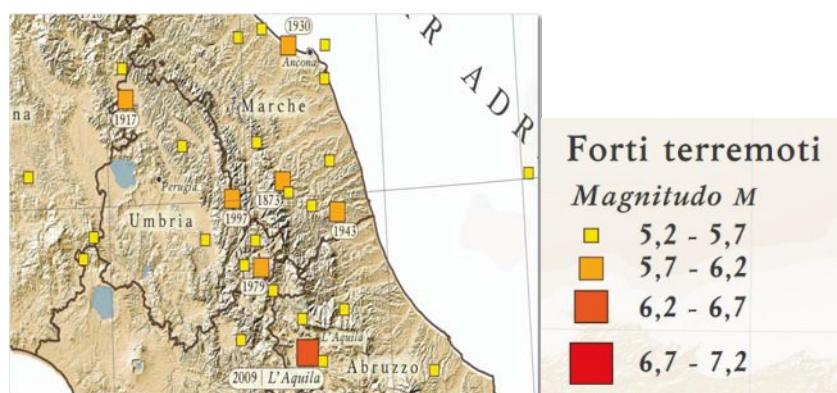
Da 150 anni ad oggi il nostro Paese è stato colpito da più di 170 terremoti forti, fortissimi o addirittura catastrofici. Di questi 12 sono stati distruttivi (Intensità massima MCS [Mercalli-Cancani-Sieberg]  $I_{max}>X$ ) e hanno provocato complessivamente più di 130 mila vittime.

Il terremoto del 1908 (M 7.2,  $I_{max}$  X-XI) a Messina e Reggio Calabria è stato il più forte di questi ultimi 150 anni con più di 80 mila vittime e la distruzione quasi totale delle due città che si affacciano sullo Stretto. I più recenti sono quelli avvenuti in Abruzzo il 6 aprile 2009 (M 6.3,  $I_{max}$  IX-X) e quelli in Emilia Romagna del 20 maggio 2012 (M 5.9,  $I_{max}$  IX-X) e del 29 maggio 2012 (M 5.8,  $I_{max}$  IX-X).

In Italia ci sono zone con caratteristiche di sismicità molto diverse:

- aree in cui i terremoti si verificano spesso, con energia generalmente moderata, ma che possono produrre danni;
- zone dove avvengono molti terremoti deboli e pochi terremoti più violenti, in media ogni secolo, i cui effetti possono raggiungere o superare intensità IX MCS;
- aree con forti terremoti e pochi terremoti più deboli.

Dalla registrazione di tali eventi sismici si evidenzia come l'area di intervento non sia stata direttamente interessata da eventi sismici con Magnitudo  $M>5.2$ .



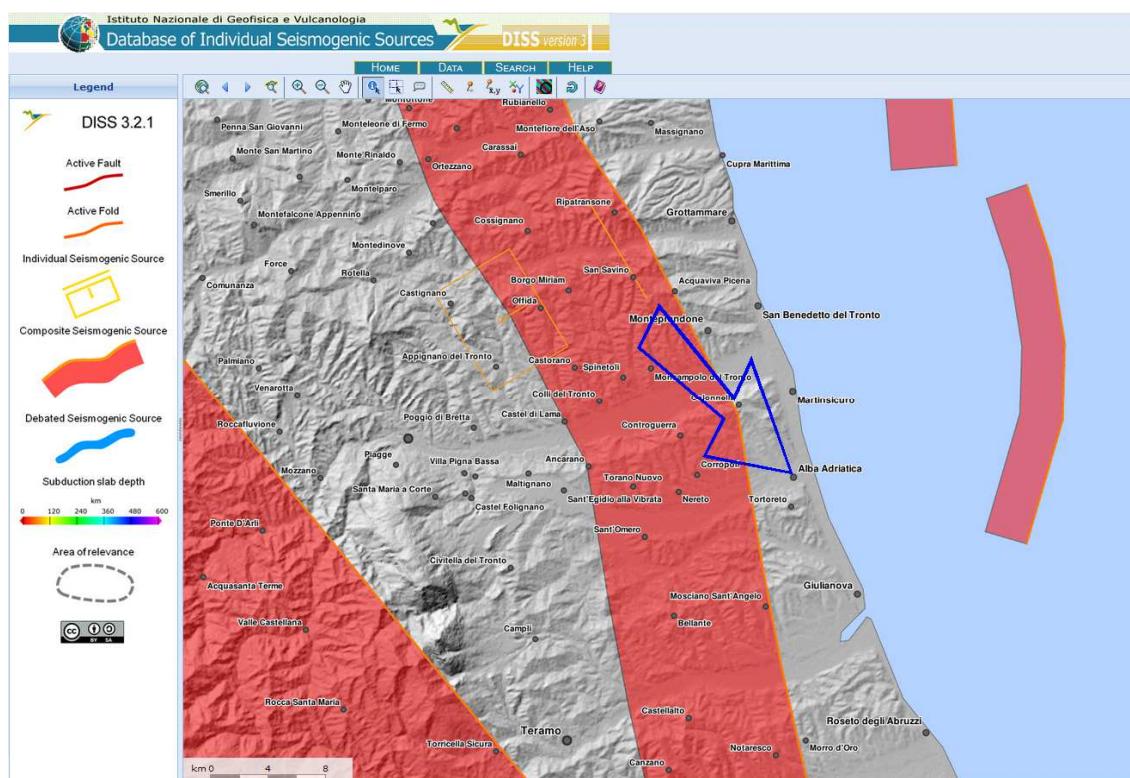
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) Mappa dei 150 anni di storia sismica d' Italia.

## Valutazione del potenziale sismogenetico e probabilità di forti terremoti

Tale valutazione viene ripresa dal Database delle Singole Sorgenti Sismogenetiche - Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), il cui software originale e tutti i relativi testi ed elaborazioni sono il risultato delle elaborazioni dei ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia INGV.

Il database a cui si fa riferimento include una grande quantità di materiale originale e è pubblicato sulle principali fonti sismogenetiche d'Italia insieme a dati di natura geografica, sismologica, geologica ed informazioni tettoniche, progettato come "work in progress", e come tale è aperto a continue aggiunte e miglioramenti.

Tale lavoro costituisce nelle sue varie fasi di elaborazione, dal 2009 ad oggi, l'ultimo ed il più aggiornato strumento a scala nazionale per la valutazione, individuazione ed analisi delle Sorgenti Sismogenetiche.



Assenza di Sorgenti Sismogenetiche all'interno del territorio comunale di Alba Adriatica (TE)

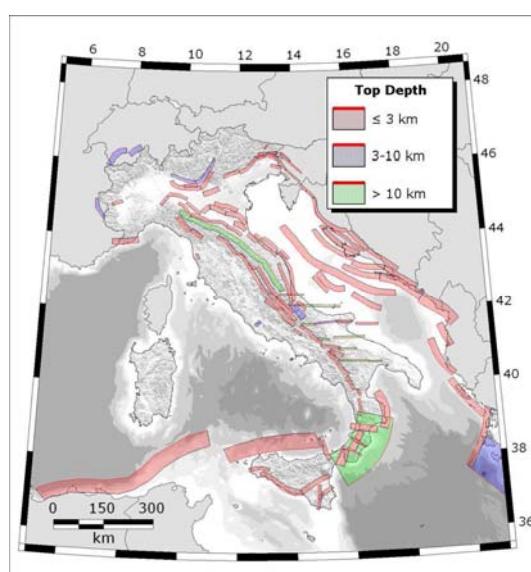
Dall'analisi della documentazione disponibile emerge, per l'area di studio è interessata dalla Sorgente Sismogenetica di Sauthern Marche - ITCS 020.

## MappeTematiche DISS 3.1.0

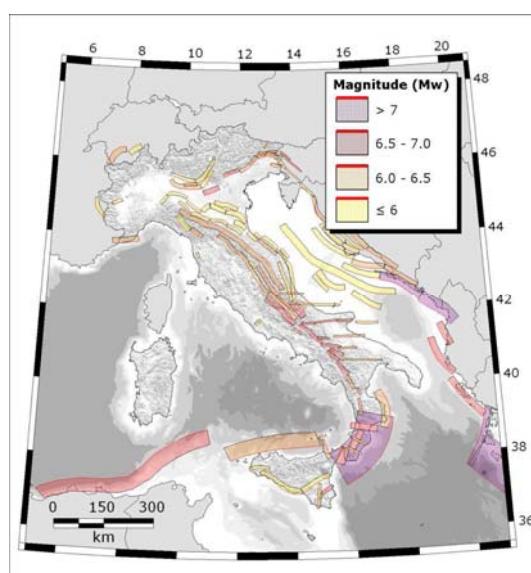
Si allegano di seguito le mappe tematiche relative al Database delle Singole Sorgenti Sismogenetiche - Database of Individual Seismogenic Sources (DISS 3.1.0) relativamente alla minima profondità delle sorgenti sismogenetiche ed alla relativa magnitudo massima attesa.

Basili, R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, and E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*, 453, 20-43, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014.

### **TOP DEPTH – Minima Profondità Sorgenti Sismogenetiche**



### **Magnitude – Magnitudo massima Sorgenti Sismogenetiche**

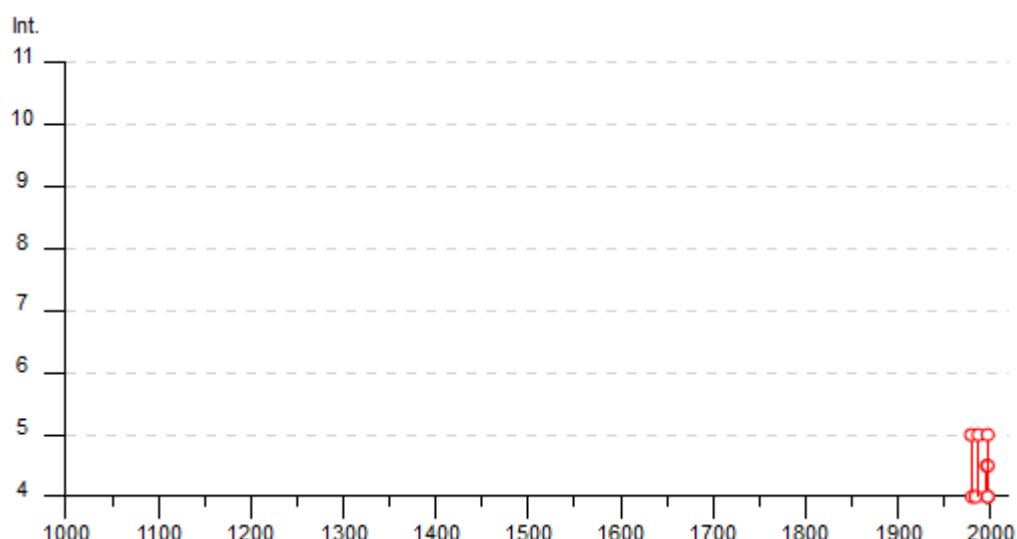


## Storia Sismica di Alba Adriatica (TE)

Il territorio contiene, come si è già visto, una Sorgente Sismogenetica; ha risentito principalmente degli effetti di terremoti con origine esterna alla provincia, e tra questi, gli eventi che hanno avuto un più significativo impatto sono legati a sorgenti sismogenetiche appenniniche.

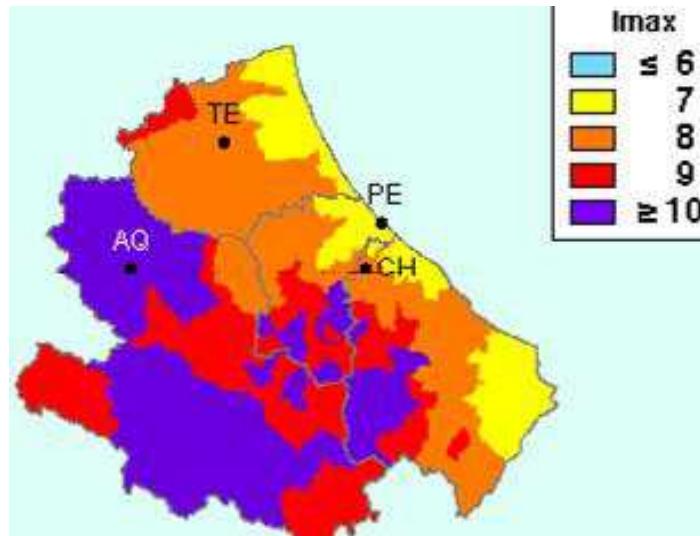
Il comune di Alba Adriatica (cod. ISTAT 067001) è classificato, secondo l'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* integrata con il D.M. pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n.29 del 04/02/2008 e successivo O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"* quale **Zona Sismica 3** e quindi con livello di pericolosità sismica medio.

Qui di seguito viene riportata sinteticamente la storia sismica del comune di Alba Adriatica.



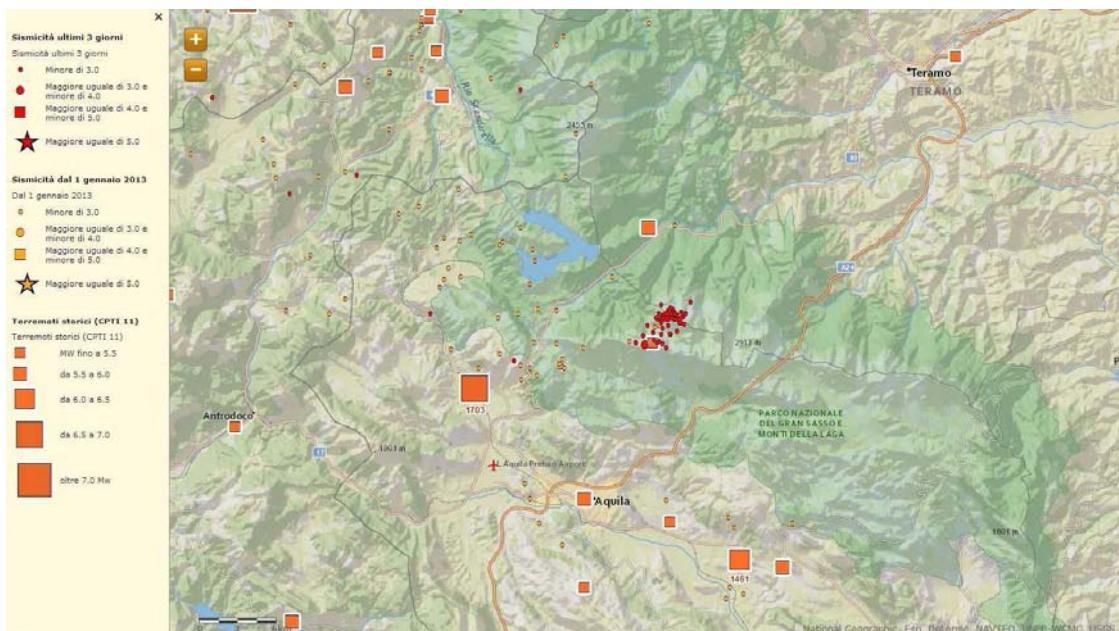
Storia sismica di Alba Adriatica (fonte INGV: Database Macroscismico Italiano - DBMI15).

Dall'analisi della "Mappa delle massime intensità macroscismiche osservate nei comuni italiani" (GNDT-ING-SSN, 1996), si rileva che il Comune di Alba Adriatica è caratterizzato da un'intensità macroscismica pari a 5.



*Mappa massime intensità macroseismiche osservate nella Regione Abruzzo*

L'area del **Gran Sasso** è stata interessata nel passato da terremoti piuttosto forti, anche se con magnitudo minore di 6: tra questi si possono ricordare i terremoti del 5 settembre 1950 di magnitudo Mw 5.7 e quello dell'8 agosto 1951 di magnitudo Mw 5.3, tutti raccolti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani e rappresentati nella mappa dei terremoti storici.



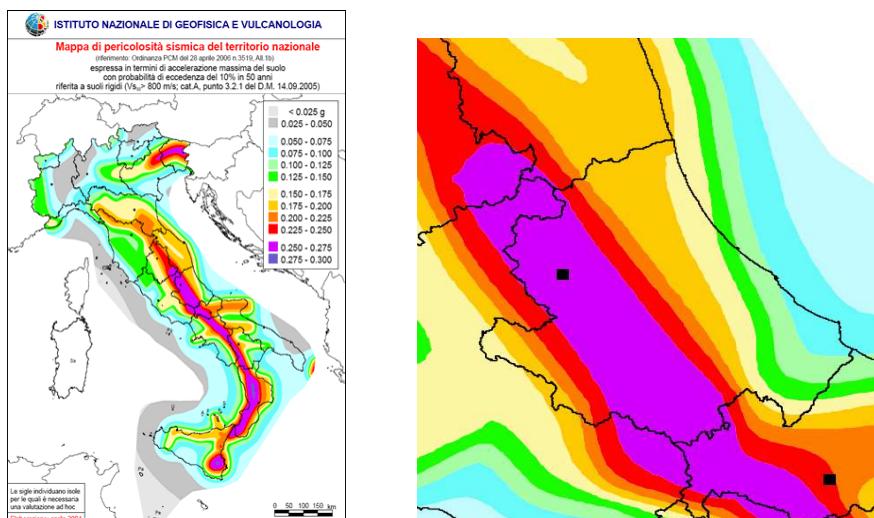
*Mappa dei terremoti storici dall'anno 1000 (CPTI11, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>)*

*In rosso i terremoti avvenuti dal 17 febbraio ad oggi.*

## Pericolosità sismica del sito (NTC/18)

Con l'entrata in vigore del D.M. 17 Gennaio 2009, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio *sito dipendente* e non più tramite un criterio *zona dipendente*.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione, viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito di costruzione che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione della azione sismica. Nell'Aprile 2004 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha presentato alla Commissione Grandi Rischi, Sezione Rischio Sismico, una nuova mappa di pericolosità sismica (MPS04) elaborata secondo i criteri proposti dall'Ordinanza PCM 3274; si riporta la mappa ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.



*Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni. Riferimento normativo all'Ordinanza del PCM del 28 aprile 2006 n. 3519; (Fonte: Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia - INGV).*

Nel corso del 2006 una nuova Ordinanza (OPCM 3519/2006) ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale e ha definito i criteri che le Regioni devono seguire per aggiornare le afferenze dei Comuni alle 4 zone sismiche. In tale quadro, la Regione Abruzzo ha classificato il territorio comunale di Alba Adriatica come **zona sismica 3**.



Direzione OO.PP. e Protezione Civile  
Servizio Previsione e Prevenzione dei Rischi



Ordinanza PCM n°3274 del 20.3.2003  
Prima applicazione dei criteri generali  
per la classificazione sismica del territorio nazionale

Zona 1

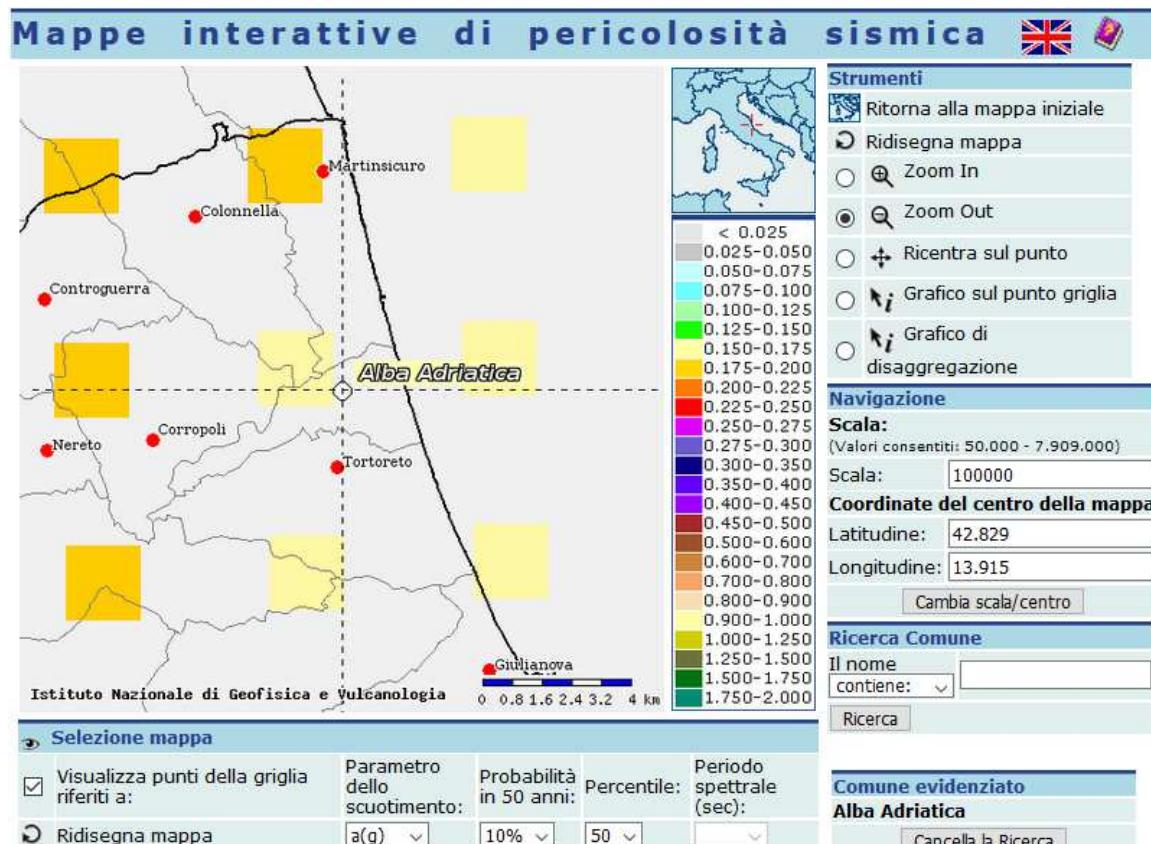
Zona 2

Zona 3

Realizzazione a cura dell'Ufficio Geologico per le Attività di Protezione Civile e Rischio Sismico

Legenda e riferimenti della Mappa di classificazione sismica del territorio nazionale. Riferimento PCM n. 3274 del 20.03.2003 - Prima applicazione dei criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. A cura dell'Ufficio Geologico per le attività di Protezione Civile e Rischio Sismico.

Nell'area di studio, i valori espressi in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno **ag**, con probabilità d'eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi orizzontali ( $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ ), sono di **0,150 - 0,175 g**.



Stralcio della mappa di pericolosità sismica dell'INGV, con indicati i valori di accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante; il territorio comunale di Alba Adriatica ricade nell'intervallo di valori compreso tra 0.150 g ÷ 0.175 g (Fonte: Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia - INGV).

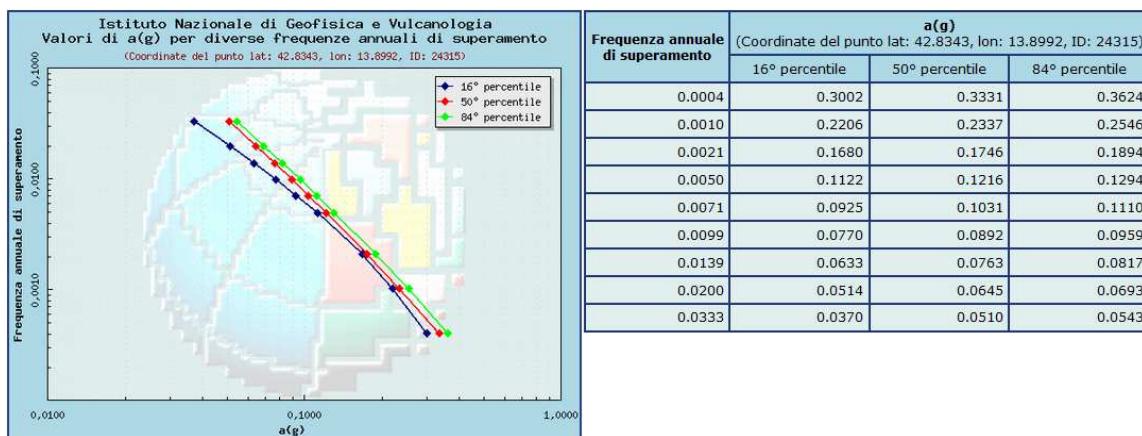
## Parametri Sismici Generali

In riferimento all'ubicazione dell'intervento, si sono quantizzate le azioni sismiche di progetto e si è stimata la pericolosità sismica basata su una terna di valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale; in allegato le determinazioni.

La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (es. McGuire, 1995; Bazzurro e Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza ( $M-R$ ) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza  $R$  capaci di generare terremoti di magnitudo  $M$ . espresso in altri termini il processo di disaggregazione in  $M-R$  fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo  $M$  a distanza  $R$  dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

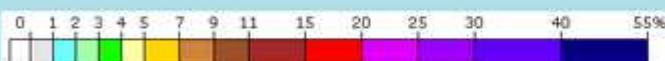
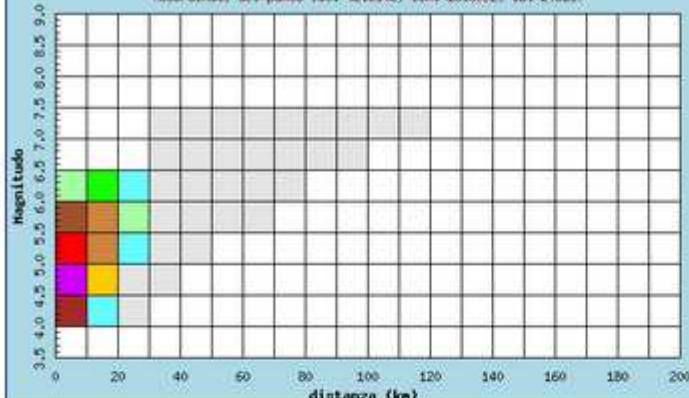
Sono stati disaggregati i valori mediani di scuotimento (relativi a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA), corrispondenti a 9 periodi di ritorno (RP): 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni. Per ciascun sito, i risultati sono stati restituiti in termini di distribuzioni  $M-R-\epsilon$  da cui sono stati ricavati i valori medi e modali di tali parametri. Da questi sono state elaborate le mappe di  $M$ ,  $R$  ed  $\epsilon$  per l'intero territorio nazionale.

I risultati evidenziano che all'aumentare del periodo di ritorno aumenta il contributo alla pericolosità di un dato sito da parte di terremoti forti a brevi distanze. I risultati ottenuti in questo studio possono risultare utili nella selezione di accelerogrammi a scopi di progettazione e/o per analisi dinamiche (es. analisi numeriche di risposta sismica locale).



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**  
**Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza**  
**del 10% in 50 anni**

(Coordinate del punto lat: 42.8343, lon: 13.8992, ID: 24315)



Contributo percentuale alla pericolosita'

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.8343, lon: 13.8992, ID: 24315)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.000	23.600	16.600	10.000	2.900	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.820	6.470	7.990	7.670	3.100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.012	0.385	1.300	2.060	1.340	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.001	0.138	0.576	0.578	0.064	0.052	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.002	0.111	0.321	0.348	0.315	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.100	0.251	0.274	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.131	0.186	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.100	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.010	0.052	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Valori medi											
Magnitudo	Distanza	Epsilon									
5.190	10.000	0.773									



## Parametri Sismici

In riferimento all'ubicazione dell'intervento, si sono quantizzate le azioni sismiche di progetto e si è stimata la pericolosità sismica basata su una terna di valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- **T\*C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

### Stati limite

■ Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e...

■ Vita Nominale 50

■ Interpolazione Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	ag [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.050	2.440	0.276
Danno (SLD)	50	0.063	2.464	0.293
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.174	2.436	0.335
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.234	2.454	0.338

Periodo di riferimento per 50 l'azione sismica:

WG84: Lat 42.825028 - Lng 13.931773      ED50: Lat 42.825986 - Lng 13.932680



### Coefficienti sismici

Coefficients	SLO	SLD	SLV	SLC	Type	Stabilità dei pendii e fondazioni	
					us (m)	0.1	
<span style="color: #0070C0;">■</span> Cat. Sottosuolo	C						
<span style="color: #0070C0;">■</span> Cat. Topografica	T1						
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,45	1,36			
CC Coeff. funz. categoria	1,61	1,57	1,51	1,50			
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00			
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s <sup>2</sup> ]	0.6						
Coefficients	SLO	SLD	SLV	SLC			
kh	0.015	0.019	0.061	0.089			
kv	0.008	0.009	0.030	0.044			
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.736	0.929	2.478	3.116			
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280			

### **Prova Sismica Passiva HVSR**

Per la registrazione ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale (microtremori), nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 200 Hz delle vibrazioni, è stato utilizzato il Tromino (Micromed). I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri orientati N-S, E-W, e verticalmente, che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore avente dinamica 24 bit equivalente. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico.

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie della Terra, è generato, oltre che dall'attività dinamica del pianeta, dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ( $10-15 \text{ m/s}^2$  in termini di accelerazione), inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino.

Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso pianeggiante presenta dei picchi a 0.14 e 0.07 Hz, comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di fenomeni di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito viene elaborato secondo la tecnica di Nakamura (rapporti spettrali o HVSR) tramite il software dedicato (Grilla) il quale, per ciascuna delle tre componenti del moto registrate, permette di:

- suddividere la registrazione in intervalli di qualche decina di secondi ciascuno;
- eseguire l'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti;
- calcolare i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontali e verticale;
- calcolare i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

## Idrogeologia

La situazione idrogeologica superficiale del sito è caratterizzata dalla presenza, a breve distanza, della linea di costa; tale fattore influenza anche le condizioni idrogeologiche del sottosuolo.

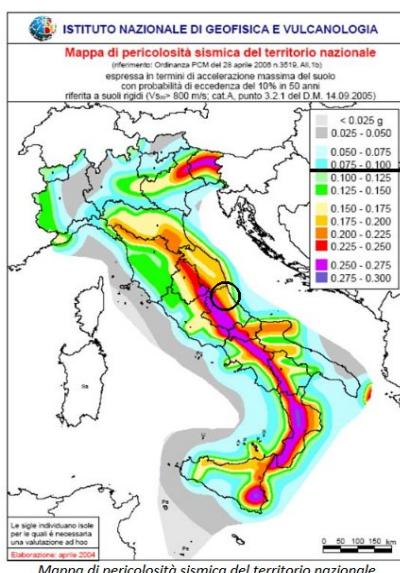
La successione litologica è sintetizzabile in due livelli principali:

- ✓ lo **strato superficiale** è costituito da terreni a granulometria medio-grossolana caratterizzato da valori medi della Permeabilità, per porosità, e sono sede di una falda acquifera di tipo freatico, la cui soggiacenza è al di sotto di 2 metri di profondità dal p.c.;
- ✓ il livello di base di ogni circolazione idrica sotterranea è rappresentato dal **substrato geologico**, costituito dai terreni prevalentemente argilosi, in cui il valore del Coefficiente di Permeabilità è dell'ordine di  $K = 10^{-7} \text{ } 10^{-9} \text{ cm/sec}$ .

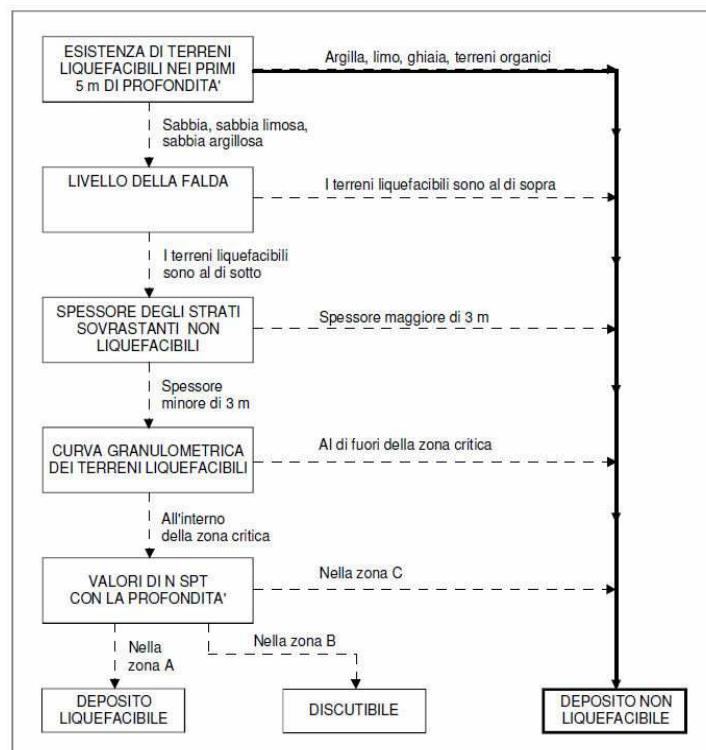
La superficialità della falda in relazione alla profondità di posa delle opere, può influenzare le operazioni di realizzazione, rendendo necessario l'**abbassamento controllato del livello piezometrico** al di sotto della quota di posa dell'opera, ottenendo in tal modo anche l'ulteriore stabilizzazione delle pareti di scavo.

## Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione è stata omessa (NTC18 par. 7.11.3.4.2) sebbene non risulti soddisfatta la circostanza/condizione 1. *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g* (è l' $a_{g\ max} = a_g \cdot Ss \cdot ST$  free field), in quanto in questa zona  $a_{g\ max} = 1.50 - 2.00$ .

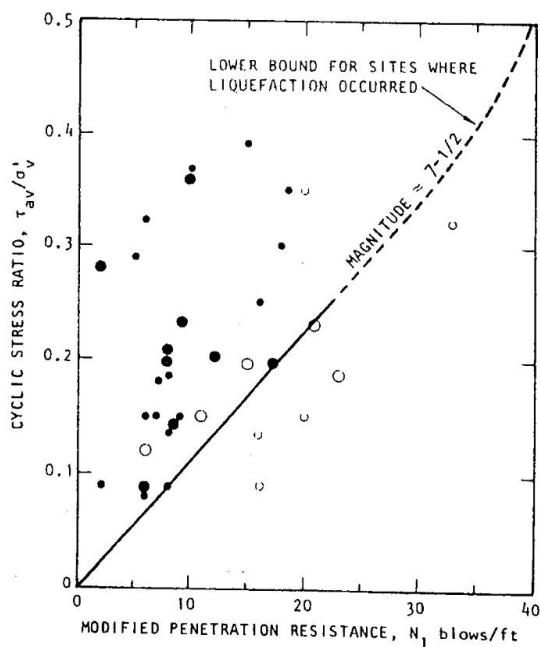


Nella procedura di esclusione alla verifica a liquefazione si è seguito il seguente diagramma :



Tra i metodi in situ più efficaci vi sono quelli che si rifanno all'impiego di risultati ottenuti da prove penetrometriche; il riferimento è costituito dagli studi di Seed ed Idriss (1971), rivisti da Seed negli anni seguenti (1979 e 1983).

Di seguito è utilizzata la correlazione individuata dal Metodo di Seed.



E' possibile definire il coefficiente di sicurezza nei confronti della liquefazione (SF = Safety Factor) come il rapporto tra la forza di liquefazione  $\tau_{liq}$  e la tensione tangenziale indotta dal sisma,  $\tau_{media}$ .

$$SF = \frac{\tau_{liq}}{\tau_{media}}$$

In base al fattore di sicurezza possiamo affermare:

$SF > 1.2 \Rightarrow$  il potenziale di liquefazione è basso;

$1 < SF < 1.2 \Rightarrow$  il potenziale di liquefazione è moderato;

$SF < 1 \Rightarrow$  il potenziale di liquefazione è elevato.

Avendo misurato direttamente il **Coefficiente di Sicurezza Fs** mediante la DPSH effettuata nell'area, **si può escludere l'eventualità di fenomeni di liquefazione** che possano generare deformazioni significative durante lo scuotimento sismico.

Liquefazione					
Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1) terreno vegetale sabbioso limoso	6,17	0,00-1,00	6,17	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2) sabbia con livelli limosi	10,11	1,00-9,20	10,11	Seed e Idriss (1971)	1,216
Strato (3) sabbia debolmente ghiaiosa	21,8	9,20-10,40	18,4	Seed e Idriss (1971)	1,55

Inoltre, la prova sismica passiva effettuata, mediante il rilievo dei microtremori con il metodo di Nakamura a stazione singola (HVSР) ha determinato la forma dello spettro risultante dalla struttura del sottosuolo. Nello spessore che potrebbe andare in risonanza si ha intrappolamento della perturbazione sismica, con possibile raggiungimento della perdita di struttura del materiale (**liquefazione**), ma se il contrasto d'impedenza è minimo, parte dell'energia intrappolata è poi ritrasmessa al materiale rigido (da D.Albarello - 2012). Questo metodo consente la Classificazione sismica secondo il DM 2005- OPCM 2003, che individua la sola classe **S2 Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti**, mentre i terreni per i quali si è misurata Cat.C non sono soggetti a liquefazione .

## Indicazioni sulla fondazione

Dalle analisi geologica e geotecnica e dalla elaborazione dei dati acquisiti anche da sondaggi eseguiti precedentemente nelle vicinanze dell'area in esame, risulta che:

- ☞ l'area è in condizioni geomorfologiche stabili;
- ☞ la successione stratigrafica del sottosuolo, ricadente in categoria C, presenta sabbie gialle, addensate, ghiaiose, con intercalato un livello di limi argillosi, poggiante sul substrato argilloso plio-pleistocenico .
- ☞ la circolazione idrica sotterranea non genera fenomeni di liquefazione; nello specifico, la prevalenza di terreni a carattere granulare, e trattandosi di edificio con fondazione superficiale e profondità della falda freatica posta a quote maggiori, come confermato dalle prove penetrometriche effettuate, delineano una situazione in cui viene esclusa la possibilità di liquefazione dei terreni stessi e può quindi essere omessa la verifica della suscettibilità a liquefazione .

Potranno adottarsi fondazioni dirette, preferibilmente continue, dimensionate sulla base dei parametri geotecnici forniti; sono state eseguite elaborazioni geotecniche orientative, calcolando la capacità portante di una fondazione diretta poggiante oltre 1.50 m., all'interno dei terreni sabbiosi;

**Metodo di Terzaghi**  $Q_{ult} = 5.10 \text{ Kg/cm}^2$   $Q_{amm} = 1.10 \text{ Kg/cm}^2$

Fattori di capacità portante	$N_c = 29.236$	$N_q = 15.896$	$N_{\gamma a} = 17.218$
------------------------------	----------------	----------------	-------------------------

Fattori di forma	$s_c = 1.0$	$s_q = 1.0$	$s_{\gamma a} = 1.0$
------------------	-------------	-------------	----------------------

**Metodo di Meyerhof**  $Q_{ult} = 3.96 \text{ Kg/cm}^2$   $Q_{amm} = 1.32 \text{ Kg/cm}^2$

Fattori di capacità portante	$N_c = 23.942$	$N_q = 13.199$	$N_{\gamma a} = 9.463$
------------------------------	----------------	----------------	------------------------

Fattori di forma	$s_c = 1.053$	$s_q = 1.027$	$s_{\gamma a} = 1.027$
------------------	---------------	---------------	------------------------

Fattori di profondità	$d_c = 1.326$	$d_q = 1.163$	$d_{\gamma a} = 1.163$
-----------------------	---------------	---------------	------------------------

Si consiglia di contenere il carico sul terreno entro valori di  $Q_{amm} 1.20 \text{ (Kg/cm}^2)$ ; per tali carichi si è calcolato un cedimento che è risultato inferiore a quello ammissibile (2.5 cm.) dalle normali strutture.

Bellante, Febbraio 2021

Geologo Massucci Dr. Mario





## INDAGINI IN SITO

- Prova Penetrometrica Dinamica Super Pesante (DPSH) P1
- Misura Microtremori a Stazione Singola (HVSR, H/V)

Committente: Geol. Mario Massucci

Cantiere: AGAPANTHUS srl

Località: Alba Adriatica (TE)

INGEO SAS di D'Ambrosio Roberto & C.

Via Marche 1/a 64014 Martinsicuro (TE)

[ingeosas@tiscali.it](mailto:ingeosas@tiscali.it) [ingeosas@pec.it](mailto:ingeosas@pec.it)

3401798332 / 3401798333

INGEO S.A.S.  
di D'Ambrosio Roberto & C.  
Via Marche, 1/A - 64014 MARTINSICURO (TE)  
Part. IVA: 01577770676  
Cod. fisc.: 91026950676



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA INDAGINI IN SITO



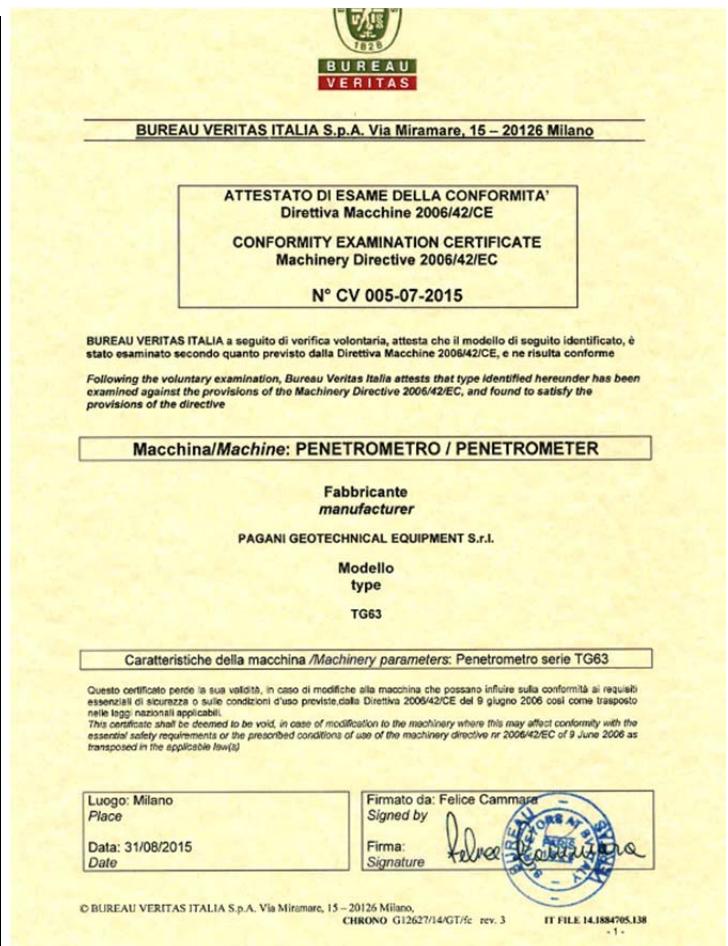
Figura 2 - Ubicazione della prova penetrometrica dinamica super pesante P1



Figura 3 - Ubicazione misura di microtremori a stazione singola (HVSR, H/V).

**DPSH TG 63-200 PAGANI****Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda:****DPSH TG 63-200 PAGANI**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Angolo di apertura punta	90 °

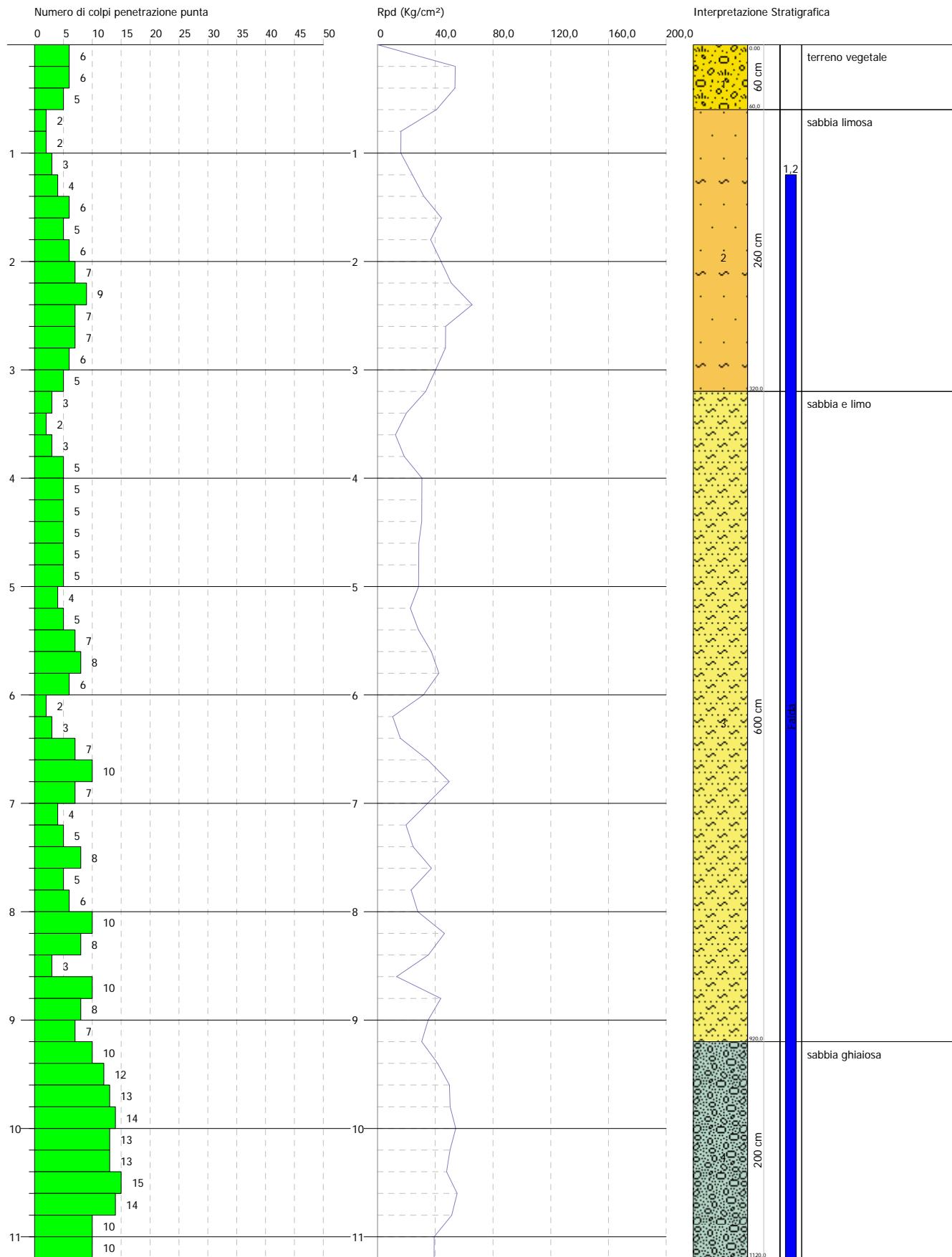


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
 Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Geol. Mario Massucci  
 Descrizione: Time srl  
 Località: Alba Adriatica (TE)

Data: 04/09/2019

Scala 1:50



## PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...  
 Prova eseguita in data  
 Profondità prova  
 Falda rilevata

DPSH TG 63-200 PAGANI

04/09/2019

11,20 mt  
1,20 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	6	0,855	53,88	63,04	2,69	3,15
0,40	6	0,851	53,64	63,04	2,68	3,15
0,60	5	0,847	40,84	48,22	2,04	2,41
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	4	0,833	32,13	38,57	1,61	1,93
1,60	6	0,830	44,35	53,47	2,22	2,67
1,80	5	0,826	36,82	44,55	1,84	2,23
2,00	6	0,823	44,01	53,47	2,20	2,67
2,20	7	0,820	51,16	62,38	2,56	3,12
2,40	9	0,817	65,53	80,20	3,28	4,01
2,60	7	0,814	47,20	57,97	2,36	2,90
2,80	7	0,811	47,04	57,97	2,35	2,90
3,00	6	0,809	40,18	49,69	2,01	2,48
3,20	5	0,806	33,38	41,41	1,67	2,07
3,40	3	0,803	19,96	24,85	1,00	1,24
3,60	2	0,801	12,39	15,47	0,62	0,77
3,80	3	0,798	18,53	23,21	0,93	1,16
4,00	5	0,796	30,79	38,68	1,54	1,93
4,20	5	0,794	30,70	38,68	1,53	1,93
4,40	5	0,791	30,61	38,68	1,53	1,93
4,60	5	0,789	28,64	36,28	1,43	1,81
4,80	5	0,787	28,56	36,28	1,43	1,81
5,00	5	0,785	28,48	36,28	1,42	1,81
5,20	4	0,783	22,73	29,03	1,14	1,45
5,40	5	0,781	28,34	36,28	1,42	1,81
5,60	7	0,779	37,27	47,84	1,86	2,39
5,80	8	0,777	42,50	54,67	2,12	2,73
6,00	6	0,775	31,80	41,00	1,59	2,05
6,20	2	0,774	10,58	13,67	0,53	0,68
6,40	3	0,772	15,83	20,50	0,79	1,03
6,60	7	0,770	34,82	45,20	1,74	2,26
6,80	10	0,769	49,64	64,58	2,48	3,23
7,00	7	0,767	34,68	45,20	1,73	2,26
7,20	4	0,766	19,78	25,83	0,99	1,29
7,40	5	0,764	24,67	32,29	1,23	1,61
7,60	8	0,763	37,35	48,97	1,87	2,45
7,80	5	0,761	23,30	30,60	1,16	1,53
8,00	6	0,760	27,91	36,73	1,40	1,84
8,20	10	0,759	46,43	61,21	2,32	3,06
8,40	8	0,757	37,08	48,97	1,85	2,45
8,60	3	0,756	13,19	17,45	0,66	0,87
8,80	10	0,755	43,90	58,17	2,20	2,91
9,00	8	0,753	35,07	46,54	1,75	2,33
9,20	7	0,752	30,63	40,72	1,53	2,04
9,40	10	0,751	43,69	58,17	2,18	2,91
9,60	12	0,750	49,88	66,51	2,49	3,33
9,80	13	0,699	50,35	72,05	2,52	3,60

10,00	14	0,698	54,14	77,59	2,71	3,88
10,20	13	0,697	50,19	72,05	2,51	3,60
10,40	13	0,696	50,11	72,05	2,51	3,60
10,60	15	0,694	55,13	79,39	2,76	3,97
10,80	14	0,693	51,38	74,09	2,57	3,70
11,00	10	0,742	39,29	52,92	1,96	2,65
11,20	10	0,741	39,23	52,92	1,96	2,65

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Kg/cm <sup>2</sup> )	Tipo	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )	Tensione efficace (Kg/cm <sup>2</sup> )	Coeff. di correlaz. con Nspt	NSPT	Descrizione
0,6	5,67	58,1	Incoerente	1,67	1,91	0,05	1,47	8,33	terreno vegetale
3,2	5,31	46,71	Incoerente	1,65	1,9	0,26	1,47	7,81	sabbia limosa
9,2	5,7	37,8	Incoerente	1,79	1,93	0,66	1,47	8,38	sabbia e limo
11,2	12,4	67,78	Incoerente	1,92	1,96	1,03	1,47	18,23	sabbia ghiaiosa

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Meyerhof 1957	69,98
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Meyerhof 1957	59,83
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Meyerhof 1957	52,16
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Meyerhof 1957	65,02

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	29,38
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	29,23
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	29,39
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956)	31,75

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Schmertmann (1978) Sabbie	99,96
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Schmertmann (1978) Sabbie	93,72
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Schmertmann (1978) Sabbie	100,56
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Schmertmann (1978) Sabbie	199,38

## Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	44,57
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	43,51
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	44,68
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	61,59

## Classificazione AGI

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Classificazione AGI
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

## Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Meyerhof et al.	1,67
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Meyerhof et al.	1,65
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Meyerhof et al.	1,67
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Meyerhof et al.	1,92

## Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Sastro (t/m <sup>3</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,96

## Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	(A.G.I.)	0,34
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	(A.G.I.)	0,32

## Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Ohsaki (Sabbie pulite)	476,78
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Ohsaki (Sabbie pulite)	448,75
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Ohsaki (Sabbie pulite)	479,47
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Ohsaki (Sabbie pulite)	912,40

## Liquefazione

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Fs liquefazione
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Seed e Idriss (1971)	--
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Seed e Idriss (1971)	1,314
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Seed e Idriss (1971)	1,013
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Seed e Idriss (1971)	1,253

## Coefficiente spinta a Riposo K0=SigmaH/P0

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	K0
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Navfac 1971-1982	1,74
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Navfac 1971-1982	1,63
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Navfac 1971-1982	1,75
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Navfac 1971-1982	3,43

## Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
Strato (1) terreno vegetale	8,33	0,00-0,60	8,33	Robertson 1983	16,66
Strato (2) sabbia limosa	7,81	0,60-3,20	7,81	Robertson 1983	15,62
Strato (3) sabbia e limo	8,38	3,20-9,20	8,38	Robertson 1983	16,76
Strato (4) sabbia ghiaiosa	18,23	9,20-11,20	16,615	Robertson 1983	33,23



## ELABORAZIONE INDAGINE HVSR IN SITO

### METODO NAKAMURA, HVSR, H/V



Una parte significativa dei danni osservati nei terremoti distruttivi di tutto il mondo è associato con l'amplificazione delle onde sismiche a causa di effetti di sito locale. L'analisi della risposta del sito è quindi una parte fondamentale nella valutazione del rischio sismico nelle aree soggette a terremoti. Per valutare gli effetti di sito locale è necessaria una serie di indagini. Tra i metodi empirici, quello dei rapporti spettrali H/V sulle vibrazioni ambiente è probabilmente uno degli approcci più comuni. Il metodo, chiamato anche tecnica "Nakamura" (Nakamura, 1989), è stato introdotto da Nogoshi e Igarashi (1971) sulla base degli studi iniziali di Kanai e Tanaka (1961). Da allora, molti ricercatori in diverse parti del mondo, hanno condotto un gran numero di applicazioni. Un requisito importante per l'attuazione del metodo H/V è una buona conoscenza della sismologia, combinata con informazioni di base sulle condizioni geologiche locali supportate da dati geofisici e geotecnici. Il metodo è generalmente applicato negli studi di microzonazione e nell'inchiesta della risposta locale di siti specifici.

## HVIlab report

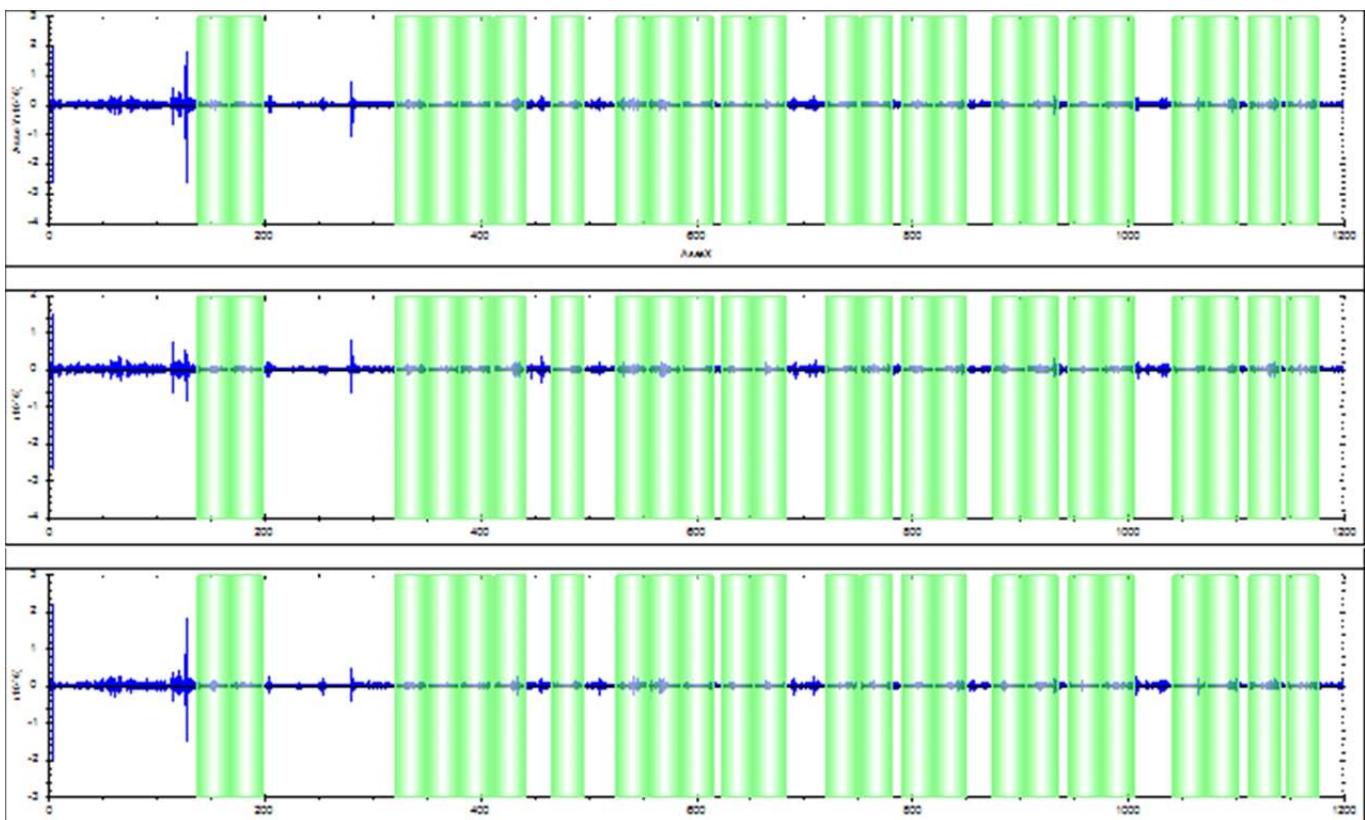
### DETTAGLI ACQUISIZIONE

strumento: M.A.E. Vibralog

file: 04084053.BIN

data: 04/09/2019 15:26:53

durata: 00:20:00



### ELABORAZIONE

frequenza di campionamento: 250 Hz

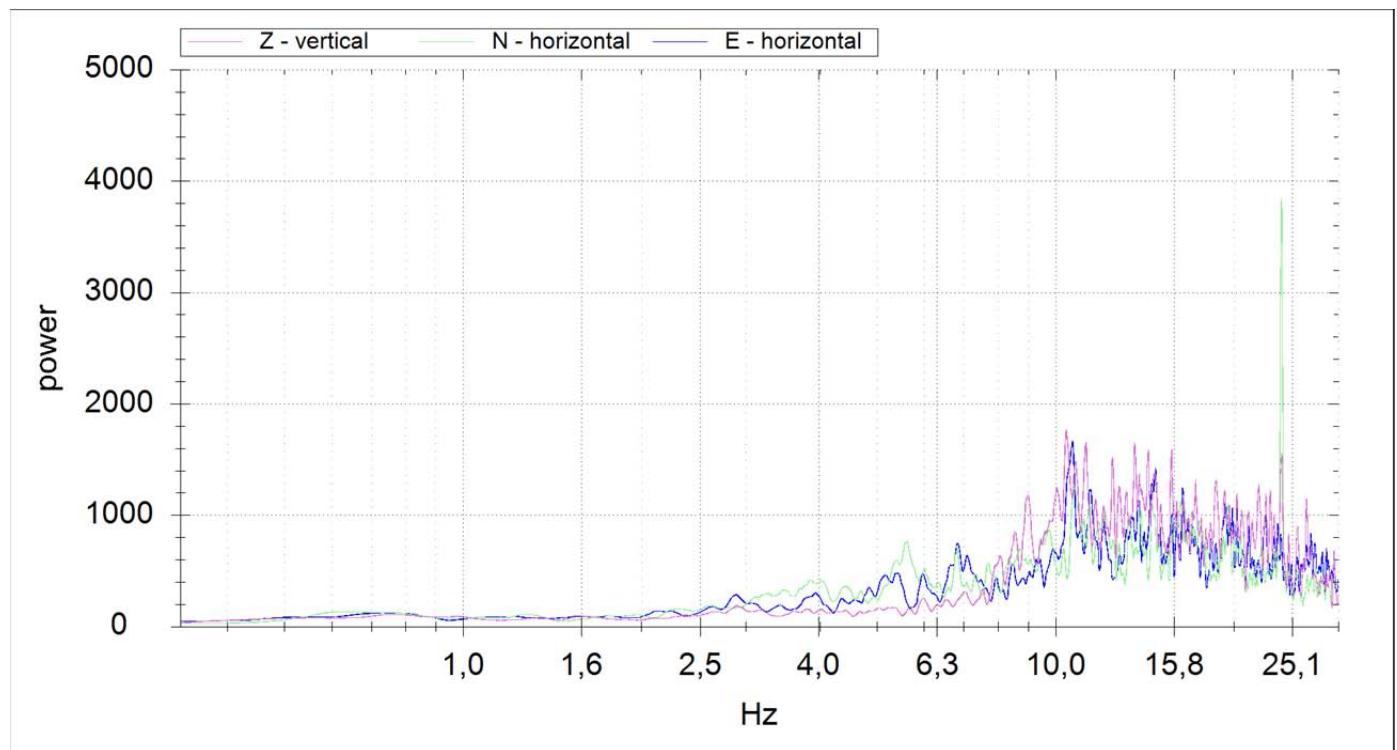
finestre temporali (nw): 24

tempo di ogni finestra (Lw): 30 s

intervallo di ricerca: 0,3-30,0 Hz

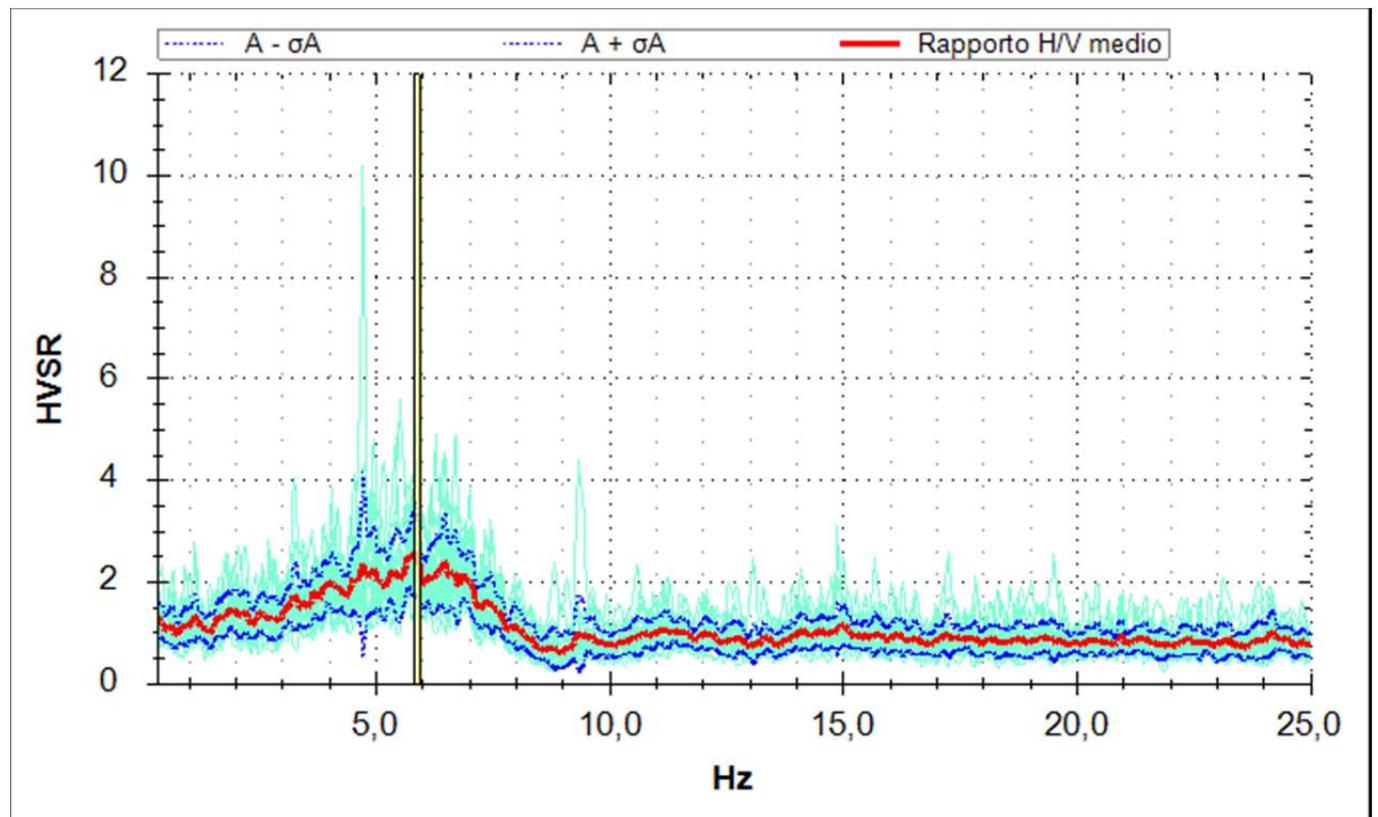
costante di lisciamento: 7

Spettri di potenza della finestra temporale: 00:02:17-00:02:47



## RISULTATI

curve HVSR:



**frequenza di picco (fo):** **5,86 ± 0,18 Hz**

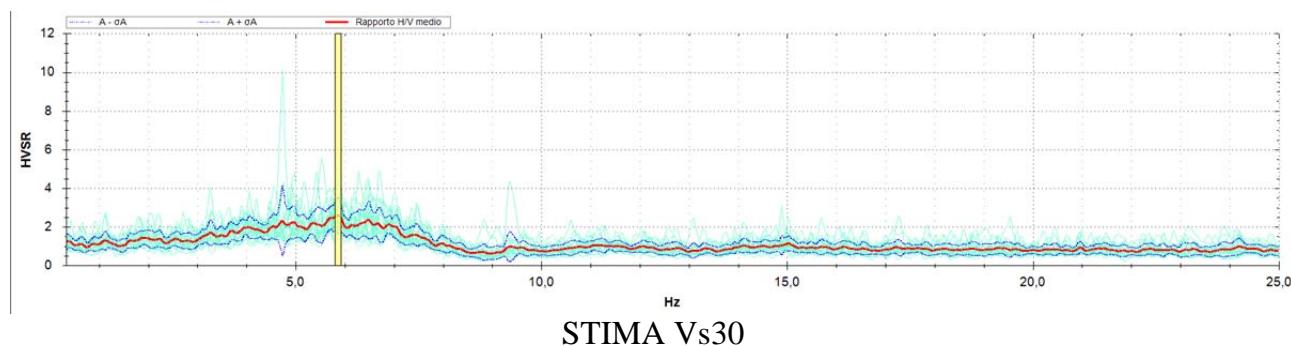
classificazione picco: evidente

dettagli affidabilità:

- 1) fo > 10/Lw: SI (5,86 > 0,33)
- 2) nc(fo) > 200: SI (4219 > 200)
- 3) per  $fo/2 < f < 2fo$ ,  $\sigma A(f) < 2$ : SI (max  $\sigma A(f) = 1,8$ )

dettagli evidenza:

- 1)  $A(f-) < Ao/2$ : SI ( $f- = 1,46$  Hz)
- 2)  $A(f+) < Ao/2$ : SI ( $f+ = 7,69$  Hz)
- 3)  $Ao > 2$ : SI ( $Ao = 2,6$ )
- 4)  $f_{peak}[A(f) \pm \sigma A(f)] = fo \pm 5\%$  NO ( $Df = 0,92$ )
- 5)  $\sigma f < \varepsilon(fo)$  SI ( $\sigma f = 0,18$ ;  $\varepsilon(fo) = 0,29$ )
- 6)  $\sigma A(fo) < \theta(fo)$  SI ( $\sigma A(fo) = 0,90$ ;  $\theta(fo) = 1,58$ )



spessore strato di copertura (H): 15,0 m

velocità del bedrock (Vs1) 400 m/s

velocità strato di copertura (Vs0): 281 m/s

**velocità media (Vs30): 342 m/s**

alluvioni spesse tra 5 e 20 metri su substrato rigido (Vs1>800m/s): NO

terreno liquefacibile: NO



### Categoria C

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

## Appendice: tipo di suolo

### Categorie di sottosuolo

Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

#### **Categoria A**

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.

#### **Categoria B**

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

#### **Categoria C**

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

#### **Categoria D**

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 m/s e 180 m/s

#### **Categoria E**

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 30m.