



**LEGA NAVALE PESCARA**  
**Sezione di Pescara**

*Ente pubblico sotto l'alto Patrocinio del Presidente della Repubblica  
Ente Culturale Ambientale e Promozione Sociale*



**IL PROGETTISTA INCARICATO**

**Arch. Maria Mascarucci**

**IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO**

**Geom. Angelo Giuliani**

Firma/timbro: .....

Firma/timbro: .....

Pescara, 12/07/2019

ARCHITETTI  
MASCARUCCI

- **Arch. Maria Mascarucci**  
Corso Manthonè, 7  
65127 Pescara  
iscritta all'Ord. Architetti di Chieti  
col n° 915 di matricola  
tel: 338 44 70 900  
e-mail: maria.mascarucci@gmail.com  
pec: maria.mascarucci@archiworldpec.it

**PROGETTO DEFINITIVO**

TITOLO DELL'OPERA:

**Proposta progettuale per la riqualificazione  
della Sede di Pescara della Lega Navale**

OGGETTO DELLA TAVOLA:

- Relazione geologica e idrogeologica

**CONCEPT DESIGN**

Questo disegno è da considerarsi un preliminare di cui è necessaria una revisione prima dell'utilizzo per la costruzione. Lay-out, caratteristiche, elementi, materiali, dimensioni e specifiche possono essere soggetti a modifiche. Tutti i diritti riservati. Il progettista, in accordo con la legge, si riserva la proprietà di questo disegno. La riproduzione e/o la diffusione anche parziale senza autorizzazione scritta non è permessa.

PROG. N°

DIS. N°

SCALA \_

AGG. 1° 2° 3° 4°

TAVOLA N° LNI\_PD\_Re03\_D/1

|   |                            |                           |              |
|---|----------------------------|---------------------------|--------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |              |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 2 di 58 |

## INDICE

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO.....  | 3  |
| 2     | DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO.....   | 4  |
| 3     | LINEE GUIDA PER LA STESURA DELLO STUDIO E NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....                               | 6  |
| 4     | INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEI LUOGHI DI INTERVENTO.....  | 7  |
| 5     | VINCOLI RIGUARDANTI LE AREE A PERICOLOSITA' DA FRANA E IDRAULICA.....                                 | 8  |
| 6     | STUDI DI RIFERIMENTO E INDAGINI GEOGNOSTICHE .....  | 9  |
| 6.1   | Prova penetrometrica dinamica DPSH.....   | 10 |
| 6.2   | Misura sismica passiva HVSR.....  | 11 |
| 7     | METODOLOGIA DI STUDIO .....   | 13 |
| 8     | CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO .....   | 14 |
| 8.1   | Inquadramento geologico regionale .....   | 14 |
| 8.2   | Sismicità .....   | 15 |
| 9     | RISULTATI DELL'INDAGINE .....   | 19 |
| 9.1   | Modello geologico locale .....  | 19 |
| 9.1.1 | Stratigrafia.....   | 19 |
| 9.1.2 | Geomorfologia .....   | 21 |
| 9.1.3 | Idrogeologia .....  | 21 |
| 9.2   | Modellazione geotecnica del sottosuolo.....   | 22 |
| 9.2.1 | Parametri geotecnici nominali delle sabbie superficiali derivanti dalle prove penetrometriche DPSH .. | 22 |
| 9.2.2 | Parametri geotecnici caratteristici.....  | 25 |
| 9.3   | Sintesi della modellazione geologica e geotecnica .....   | 28 |
| 9.4   | Modellazione sismica.....   | 28 |
| 9.4.1 | Sismicità storica.....  | 28 |
| 9.4.2 | Pericolosità sismica di base.....   | 29 |
| 9.4.3 | Analisi della Risposta Sismica Locale .....   | 30 |
| 9.4.4 | Cenni sulla valutazione della Risposta Sismica Locale con approccio numerico .....                    | 34 |
| 9.5   | Stabilità dei terreni nei confronti del fenomeno della liquefazione .....                             | 36 |
| 10    | ANALISI DEGLI SCENARI DI PERICOLOSITA'.....   | 39 |
| 11    | RIEPILOGO RISULTATI E CONCLUSIONI.....  | 40 |
| 12    | ALLEGATI.....   | 42 |
| 13    | BIBLIOGRAFIA.....   | 43 |

|   |                            |                           |              |
|---|----------------------------|---------------------------|--------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |              |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 3 di 58 |

## **1 PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO**

La Lega Navale Italiana -- Sede di Pescara -- intende riqualificare l'area in concessione ubicata in Via Paolucci, angolo Lungomare Matteotti.

A tale scopo, a corredo della progettazione strutturale degli interventi, la ditta ha affidato l'incarico allo scrivente per la consulenza geologica dell'area d'interesse.

Lo studio è finalizzato alla definizione del modello geologico di riferimento, alla caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo e alla definizione del modello sismico locale in conformità con le Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) e con la Legge sismica regionale (L.R. n. 28 del 11/08/2011).

Il lavoro si basa sull'analisi dei dati presenti in letteratura e su prove geotecniche e geofisiche eseguite in sito.

## 2 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Il progetto prevede sinteticamente la realizzazione dei seguenti interventi:

- Riqualificazione, ampliamento e messa a norma delle strutture attualmente presenti all'interno della sede, fatiscenti e in stato di degrado
- Realizzazione di un pontile di accesso diretto al fiume lungo un tratto di banchina sul molo nord
- Installazione di un'area di birdwatching.

In particolare, le attuali strutture precarie e fatiscenti saranno sostituite con nuovi locali da adibire a:

- Spazio polifunzionale (area didattica, area fitness, conferenze, eventi) di mq. 300
- Deposito vele per atleti, area istruttori di mq. 50
- Spogliatoi, segreteria, servizi igienici di mq. 300
- Area per attività sociale di mq. 130
- Ristorante, punto di primo soccorso, deposito vele e motori, officina di mq. 300.

Le strutture suddette saranno in legno, monopiano, prefabbricate, temporanee e removibili.

Di seguito si riportano la pianta con la disposizione delle nuove strutture e le sezioni di ciascun manufatto, rimandando agli elaborati di progetto per maggiori dettagli riguardanti gli aspetti architettonici e strutturali degli interventi.

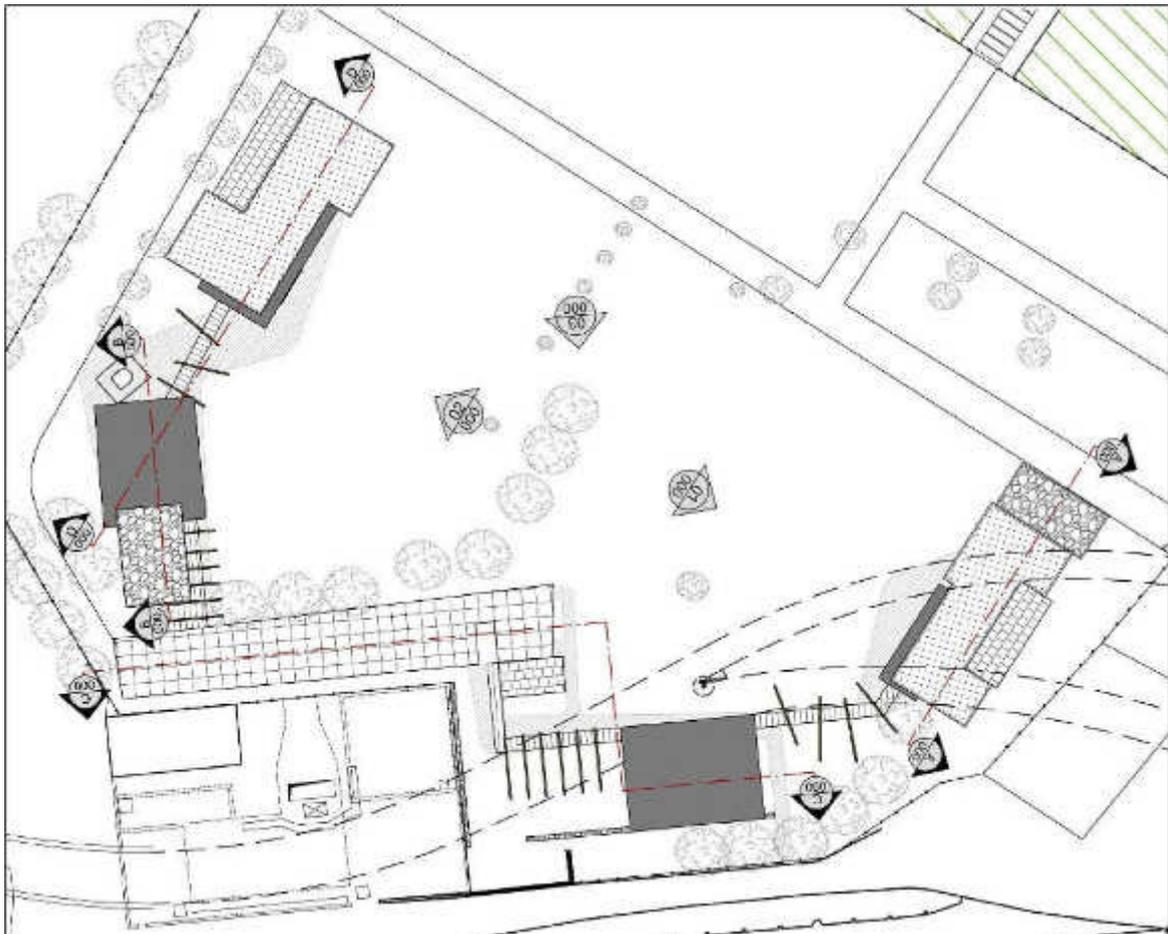


Fig. 2.1 Pianta di progetto



Fig. 2.2 Sezioni di progetto

|   |                            |                           |              |
|---|----------------------------|---------------------------|--------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |              |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 6 di 58 |

### 3 LINEE GUIDA PER LA STESURA DELLO STUDIO E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo Studio è redatto sulla base dei principali contenuti ed indirizzi tecnici indicati nelle *Linee guida per la stesura delle relazioni specialistiche*, a cura del Gruppo Interregionale dell'Ordine dei Geologi (2010), e secondo gli *standard metodologici e di lavoro* proposti nel Progetto Qualità 2010 curati dal Consiglio Nazionale dei Geologi.

La Normativa tecnica di riferimento è la seguente:

**Legge 18.05.1989, n.183**

Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo

**Eurocodice 7 (1997)**

Progettazione geotecnica

**Eurocodice 8 (1998)**

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture

**Decreto Ministeriale 14.01.2008**

Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni

**Circolare del 02.02.2009 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

**Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica

**Delibera Giunta Regionale n. 438 del 29 marzo 2003**

Atto di recepimento della Classificazione sismica nazionale

**Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n.3519 28.04.2006**

Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone

**Delibere Consiglio Regionale n. 94//7 e 94/5 del 29 gennaio 2008 e s.m.i.**

Approvazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e del Piano Stralcio Difesa dalle Alluvioni (PSDA)

**Legge Regione Abruzzo n. 28 del 11 agosto 2011**

Norme per la riduzione del rischio sismico e modalità di vigilanza e controllo su opere e costruzioni in zone sismiche

**Decreto Giunta Regionale n.3 del 05.08.2015**

Regolamento attuativo della Legge Regionale 11 agosto 2011, n.28

**Decreto Presidente Giunta Regione Abruzzo n.3/REG. del 30/12/2016**

Regolamento attuativo della Legge Regionale 11 agosto 2011, n.28

|   |                            |  |                           |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> |  | Codifica LNI_PD_Re04      |
|   |                            |  | Rev. 00<br>del 08/05/2017 |

#### 4 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEI LUOGHI DI INTERVENTO

Nell' ALLEGATO 01 - TAVOLE - si riporta l'ubicazione territoriale del sito nella Carta Tecnica Regionale Elemento 351112 (scala 1.5.000) di cui si riporta uno stralcio nella Fig. 4.1.

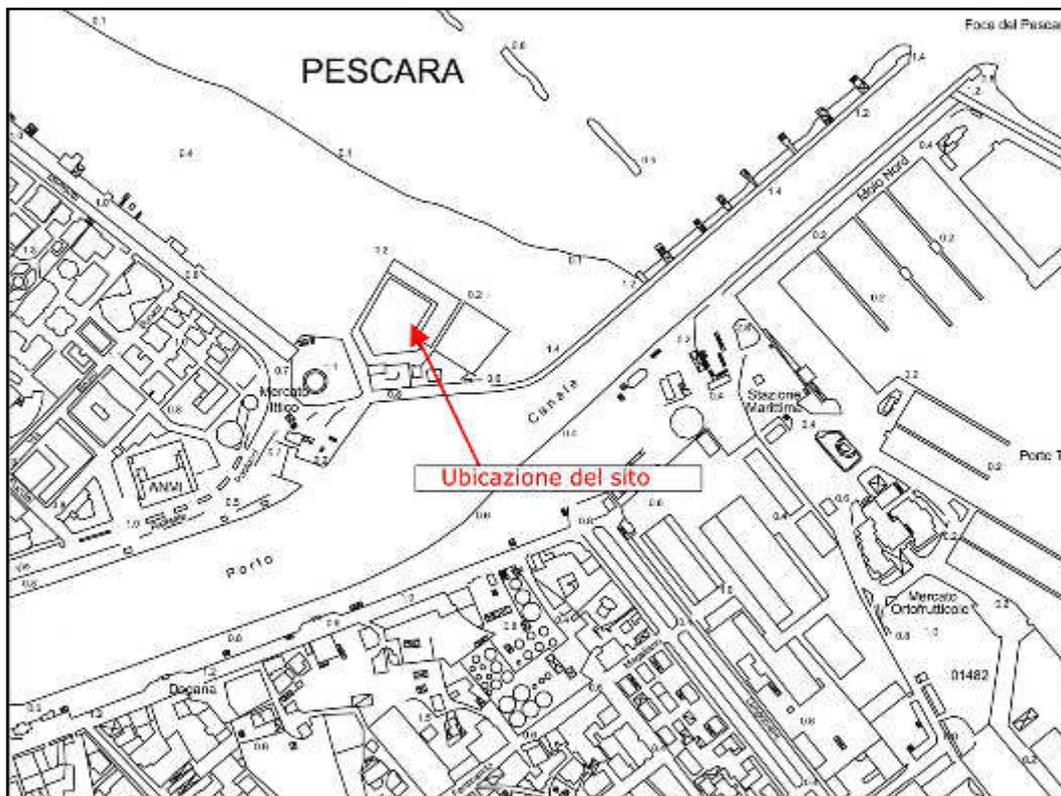


Fig. 4.1 Ubicazione del sito nella C.T.R.

La sede di Pescara della Lega Navale è ubicata in Via Paolucci, angolo Lungomare Matteotti, nei pressi della foce del fiume Pescara in riva Nord.

Il sito è caratterizzato inoltre dai seguenti riferimenti geografici.

|   |   |
|---|---|
| <i>Regione:</i>                                 | <i>Abruzzo</i>                            |
| <i>Provincia:</i>                               | <i>Pescara</i>                            |
| <i>Comune:</i>                                  | <i>Pescara</i>                            |
| <i>Foglio I.G.M. (scala 1:25.000):</i>          | <i>F° 141 III NE.</i>                     |
| <i>Carta Tecnica Regionale (scala 1:5.000):</i> | <i>Elemento 351112</i>                    |
| <i>Bacino idrografico principale:</i>           | <i>Fiume Pescara</i>                      |
| <i>Intervallo di quota (s.l.m.):</i>            | <i>1 m ca.</i>                            |
| <i>Vie di comunicazione principali:</i>         | <i>Via Paolucci – Lungomare Matteotti</i> |
| <i>Coord. geografiche UTM WGS84 Fuso 33T</i>    | <i>Lat. 4701973 N; Long. 436200 E</i>     |

## 5 VINCOLI RIGUARDANTI LE AREE A PERICOLOSITA' DA FRANA E IDRAULICA

Le norme regionali che disciplinano l'uso del suolo nelle aree sottoposte a pericolosità/rischio da frana fanno riferimento al **Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini idrografici di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume Sangro**, mentre le aree soggette al pericolo/rischio inondazione sono indicate nel **Piano Stralcio di Difesa dalle Alluvioni (PSDA)**.

L'area di studio è posta nella piana costiera adriatica e non è soggetta a fenomeni gravitativi e/o erosivi.

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, sul BURA n.35 del 7 settembre 2016 è stata pubblicata la D.G.R. n.408 del 29 giugno 2016 con la quale sono state adottate le modifiche delle perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica del PSDA relative al tratto terminale del fiume Pescara. Nello stralcio della nuova Carta della pericolosità riportato di seguito si evince che l'area d'intervento è ricompresa in un'area a Pericolosità idraulica elevata P3.

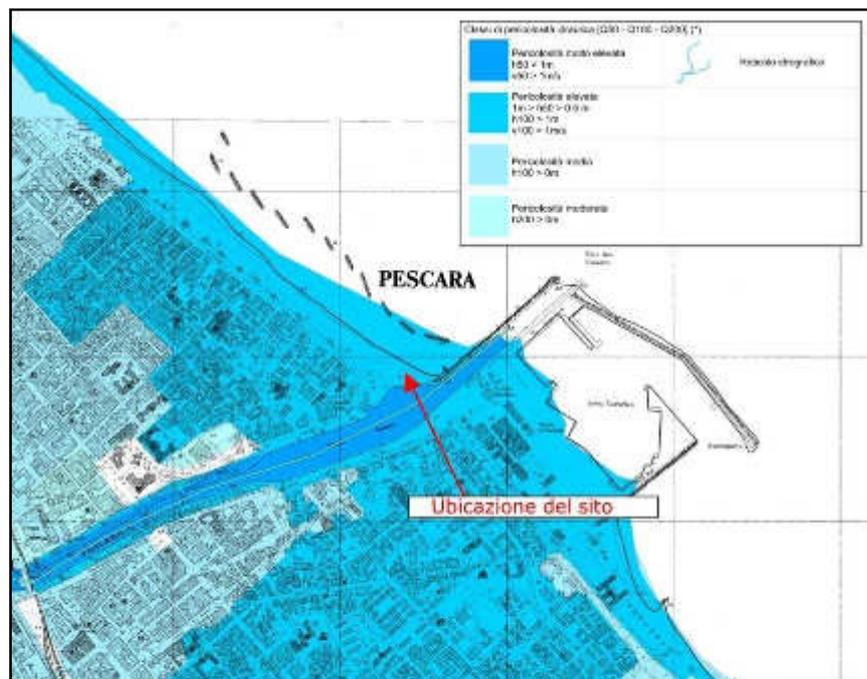


Fig. 5-1: Carta della pericolosità idraulica alla foce del fiume Pescara (aggiornamento PSDA 2016)

Nelle aree sottoposte a pericolosità idraulica l'uso del suolo è disciplinato dalle Norme di attuazione. In particolare, gli interventi da realizzare sono consentiti in quanto rispettano i criteri stabiliti nell'art. 20 comma 1 lettera e) che permette la costruzione nelle aree a pericolosità idraulica P3 di nuovi manufatti o strutture di assistenza e servizio, mobili e temporanei, per il ristoro di persone posti alla quota del piano campagna, attrezzature per il tempo libero, la fruizione dell'ambiente, le attività sportive e gli spettacoli all'aperto localizzati in zone di verde urbano attrezzato, in parchi urbani e in altre aree su indicazione dei piani regolatori generali, a condizione che non ostacolino il deflusso delle acque e siano compatibili con i piani di protezione civile.

Per tali interventi non è richiesto lo studio di compatibilità idraulica, ai sensi dell'art. 20 comma 2.

|   |                            |  |                           |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> |  | Codifica LNI_PD_Re04      |
|   |                            |  | Rev. 00<br>del 08/05/2017 |

Secondo le indicazioni dei progettisti, allo stato attuale l'intervento è consentito perché, trattandosi di edifici conformi all'art.20 lettera e) delle Norme di Attuazione del PSDA, non sarebbe richiesto lo studio di compatibilità idraulica, ma, siccome l'intervento prevede una variante urbanistica, è necessario acquisire il parere del Genio Civile il quale, in sede di conferenza di servizi, ha dato parere positivo, ma condizionato ad uno studio di compatibilità idraulica.

## 6 STUDI DI RIFERIMENTO E INDAGINI GEOGNOSTICHE

Gli interventi da realizzare sono di modesta entità e pertanto lo studio si è basato sui dati di letteratura, sulle risultanze di lavori pregressi pubblici e privati, che hanno interessato aree limitrofe e comprese in analogo contesto geologico, e sulle indagini in sito minime che hanno consentito di ottenere dati significativi sulla modellazione geologica, geotecnica e sismica del sottosuolo compreso nel *volume significativo* (cfr. NTC08).

In particolare, la documentazione tecnica di riferimento è la seguente:

- Studio geologico a corredo del Progetto definitivo per la realizzazione del Ponte del Mare di attraversamento ciclo-pedonale del Porto canale di Pescara, a cura del geol. E. Rossetti, 2007
- Studio di Microzonazione sismica di Pescara, a cura del geol. E. Scurti, 2015.

Per quanto riguarda le indagini in sito sono state eseguite:

- **n.2 prove penetrometriche dinamiche continue DPSH**
- **n.1 misura passiva del rumore sismico di fondo elaborata secondo la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*).**

Le indagini sono ubicate nella pianta di progetto seguente.

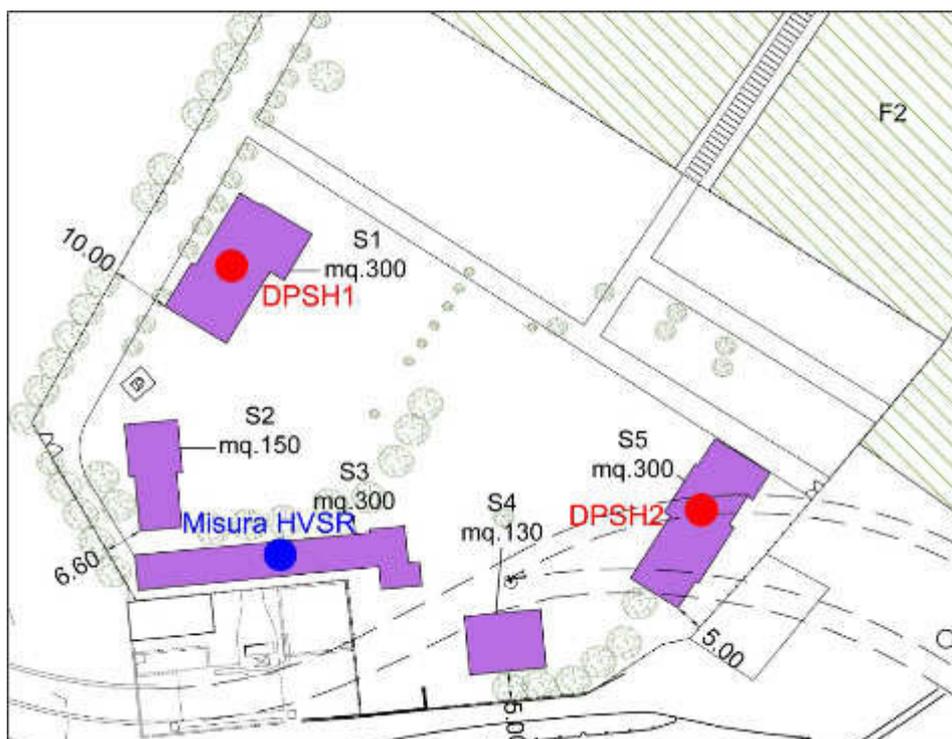


Fig. 6-1: Ubicazione indagini geognostiche

|   |                            |  |                           |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> |  | Codifica LNI_PD_Re04      |
|   |                            |  | Rev. 00<br>del 08/05/2017 |

Di seguito si descrivono le principali caratteristiche tecniche delle metodologie di analisi utilizzate e le modalità operative delle prove svolte.

### 6.1 Prova penetrometrica dinamica DPSH

In superficie sono presenti sedimenti prevalentemente incoerenti e pertanto una metodologia di prova che consente di acquisire informazioni sullo stato di addensamento dei granuli e sulle caratteristiche di resistenza è quella penetrometrica dinamica continua. La prova consiste nel determinare il numero di colpi necessari ad ingfiere una punta conica nel terreno per successive profondità costanti, utilizzando metodologie ed attrezzature standardizzate. Infatti, un oggetto conico infisso mediante battute successive incontra durante la penetrazione una resistenza che è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo ed è direttamente proporzionale al numero dei colpi (N) per una data penetrazione. Se il mezzo attraversato è il terreno, questa resistenza dipende dalle caratteristiche fisico-meccaniche nel quale esso si trova allo stato naturale e, pertanto, per terreni incoerenti dipende prevalentemente dallo stato di addensamento dei granuli, mentre, per i terreni coesivi dipende dal contenuto di umidità naturale.

L'attrezzatura usata ha le seguenti caratteristiche tecniche:

- Peso della massa battente M = 63.5 Kg;
- Altezza di caduta libera H = 0,75 m (costante);
- Peso del sistema di battuta Ms = 0.63 Kg;
- Diametro della punta conica D = 51.0 mm;
- Area base punta conica A = 20.43 cmq;
- Angolo di apertura della punta  $\alpha$  = 60°;
- Peso aste per metro Ma = 6.31 Kg/m.
- Avanzamento della punta  $\delta$  = 0.20 m

Con questo tipo di prova quindi è possibile ricavare il valore della resistenza dinamica alla punta Rpd che è funzione diretta del numero dei colpi N e che può essere ottenuta dalla *formula olandese*:

$$Rpd = M^2 H / [A e (M + P)] = M^2 H N / [A \delta (M + P)]$$

Oltre al valore della resistenza dinamica la prova consente di ricavare i principali parametri geotecnici degli strati incoerenti presenti nel sottosuolo.

Le due prove sono state spinte fino alla profondità di 10 m.

Le tabelle e i grafici sono riportati nell'Allegato 2 mentre i risultati sono descritti nel paragrafo 9.2.1. Nella documentazione fotografica seguente sono visibili le postazioni di prova e la strumentazione utilizzata.



Foto 6.1: Prova DPSH 1



Foto 6.2: Prova DPSH 2

## 6.2 Misura sismica passiva HVSR

Per l'individuazione della Categoria di sottosuolo e per verificare l'eventuale frequenza fondamentale di vibrazione del sito è stata eseguita una misura del rumore sismico di fondo elaborata secondo la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratios*). La misura del rumore sismico ambientale o della sismicità di fondo consente di analizzare la variazione della risposta sismica di un sito al variare delle condizioni lito-stratigrafiche. Le analisi degli spettri mediante tale tecnica permettono di evidenziare eventuali risonanze sismiche e di stimare le frequenze alle quali il moto del terreno può essere amplificato. Il metodo consente di valutare qualitativamente l'entità dell'amplificazione fornendo l'ampiezza del picco HVSR ( $A_0$ ) e la frequenza di vibrazione ( $f_0$ ). La conoscenza dei parametri di picco  $A_0$  e  $f_0$  assume grande importanza nella progettazione in quanto la frequenza di vibrazione della struttura deve discostarsi da quella di sito per evitare fenomeni di risonanza. Inoltre è possibile stimare approssimativamente la *Velocità media delle onde di taglio Vs* tramite un apposito codice di calcolo per la creazione di curve H/V sintetiche purché, per l'affidabilità del risultato, si conosca la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.), riconoscibile nella curva H/V. Il modello, opportunamente applicato, può essere considerato uno stimatore del profilo di Vs, con errori confrontabili con quelli di metodi più tradizionali, per lo meno nei primi 30 m di profondità e consente quindi di definire la Categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme. La documentazione fotografica seguente evidenzia la strumentazione utilizzata e il punto di misura.



Foto 6.3: particolare del sistema di acquisizione dati (Tromino)



Foto 6.4: punto di misura

I risultati della misura sismica sono riportati nell'Allegato 3 e nel paragrafo 9.4.3.

|   |                            |                           |               |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 13 di 58 |

## **7 METODOLOGIA DI STUDIO**

Sulla base dei dati di letteratura e di quelli derivanti dalle indagini in sito è stato sviluppato il presente Studio che si articola in una parte descrittiva delle caratteristiche generali del territorio in cui è compresa l'area d'intervento, in una in cui sono riportati i risultati delle indagini con particolare riferimento alle proprietà geologiche, geomorfologiche, geotecniche e sismiche locali, e in un'ultima parte in cui è valutata la fattibilità geologica delle opere in un quadro di analisi dei vari elementi di pericolosità e di criticità presenti nel territorio.

|   |                            |                           |               |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 14 di 58 |

## 8 CARATTERISTICHE GENERALI DEL TERRITORIO

Sono di seguito descritte le caratteristiche generali del territorio in cui è compresa l'area, con riferimento agli aspetti geologici e alle caratteristiche sismiche della zona nel quadro normativo nazionale e regionale di settore vigente.

### 8.1 Inquadramento geologico regionale

L'area di studio è compresa nel foglio n. 351 "PESCARA" della Carta Geologica d'Italia, Progetto CARG, di cui si riporta uno stralcio di seguito.



Fig. 8.1: stralcio del Foglio 351 Pescara della Carta Geologica d'Italia (fonte: Progetto CARG)

Le nuove strutture della Lega Navale saranno realizzate in prossimità della foce del fiume Pescara, lungo la piana costiera adriatica caratterizzata dalla presenza delle sabbie oloceniche a granulometria medio-fine, sciolte o addensate, ghiaie con ciottoli eterometrici da arrotondati a sub-arrotondati, generalmente appiattiti, che coprono i sedimenti pelitici dell'Associazione pelitico-sabbiosa di base della *Formazione di Mutignano (FMTa)*. Infatti i depositi che caratterizzano il territorio a livello regionale in cui è compresa l'area d'intervento si collocano in quella successione stratigrafica di tipo emipelagico che ha rappresentato, durante il Pliocene medio - Pleistocene inferiore, il riempimento della depressione periadriatica allungata in direzione circa N-S, delimitata a O dalla catena appenninica in fase di sollevamento. Nel Pliocene sup. un regime distensivo arrivava ad interessare la dorsale appenninica, mentre risultava in compressione il bordo adriatico. Questa situazione si protraveva durante il Pleistocene basale. Nel Pleistocene inf. i meccanismi di migrazione verso E della coppia compressione-distensione si esaurivano così che, alla fine di questo periodo, tutta l'area dal Tirreno fino alla fascia periadriatica e l'Adriatico stesso erano uniformemente interessati da una tettonica distensiva secondo direzioni in prevalenza appenniniche. Successivamente, un nuovo regime di compressione coinvolgeva l'area e nello stesso tempo si aveva un generale e rapido sollevamento. Già

a partire dal Pliocene sup. il mare iniziava il suo graduale, ma deciso ritiro verso E. Tale fenomeno si accentuava nel Pleistocene, fino a raggiungere l'attuale configurazione del Mare Adriatico.

Il succedersi delle varie fasi tettoniche che hanno interessato il territorio hanno prodotto una sequenza stratigrafica "regressiva" di un ciclo marino post-orogenico. Tale successione litologica è nota in letteratura come "Formazione di Mutignano" (G. Donzelli, 1997) ed è costituita, dal basso verso l'alto, da depositi prevalentemente pelitici (*Associazione pelitico-sabbiosa*), arenaceo-pelitici (*Associazione sabbioso-pelitica*) e da orizzonti sabbioso-conglomeratici di chiusura del ciclo (*Associazione sabbioso-conglomeratica*).

Nell'area d'intervento si rinvencono alla profondità di 52 m i sedimenti pelitici di base della Formazione di Mutignano (FMTa) costituiti prevalentemente da argille ed argille marnose di colore grigio o grigio-azzurro, massive o laminate, con intercalazioni di lamine e straterelli sabbiosi e sabbioso-limosi, frequentemente fossiliferi, il cui spessore è valutabile in almeno 300 m, mentre affiorano i depositi di ambiente dunale e tidale, di retroduna o retrobarra, costituiti da sabbie limose e limi sabbiosi con inclusioni di livelli e lenti argilloso-siltose e sabbioso-ghiaiose talvolta ricchi in materiale organico.

Di seguito si riporta lo stralcio della Carta geologico-tecnica allagata allo Studio di microzonazione sismica.

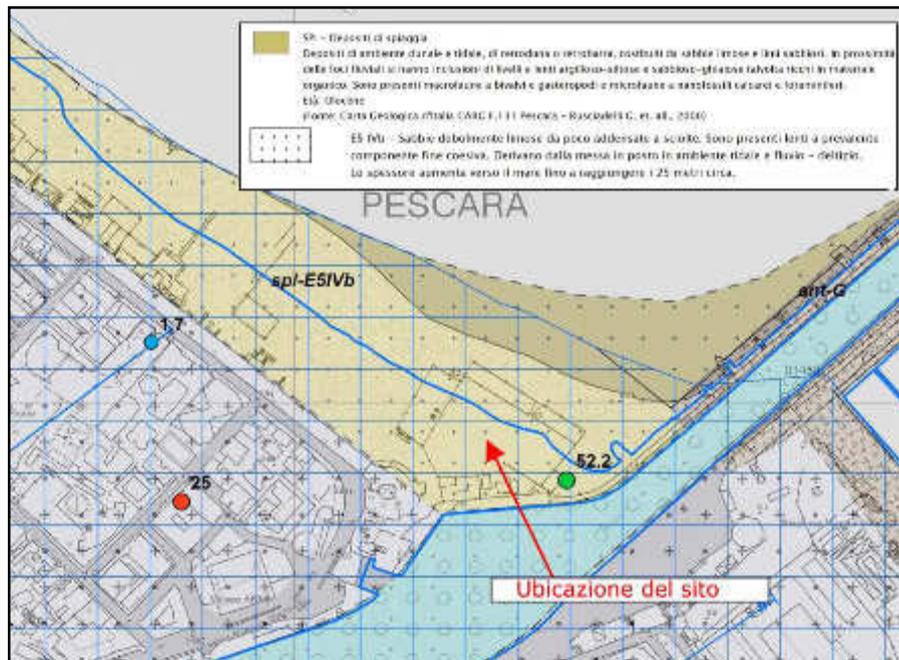


Fig. 8.2: stralcio della Carta geologico-tecnica (fonte: Studio di MS, 2015)

## 8.2 Sismicità

Con l'OPCM 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" il territorio nazionale è stato riclassificato dal punto di vista sismico in base al grado di pericolosità definito sull'analisi della probabilità che una certa area venga interessata in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità

o magnitudo. In base a questa classificazione sono state distinte 4 Zone a pericolosità sismica decrescente. A ciascuna Zona viene attribuito un valore dell'azione sismica espresso in termini di accelerazione massima su roccia.

In seguito, nel rispetto degli Indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno riclassificato il proprio territorio adottando delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità locali.

La Regione Abruzzo ha recepito la classificazione sismica nazionale con D.G.R. n. 438 del 29 marzo 2003 e non ha adottato sottozone.

La Classificazione sismica nazionale, aggiornata a marzo 2015, è riportata nella figura seguente da cui si evince che Pescara ricade nella Zona 3 dove i forti terremoti sono rari e il valore dell'accelerazione di picco su suolo rigido  $a_g$  è compreso tra 0.05 e 0.15.

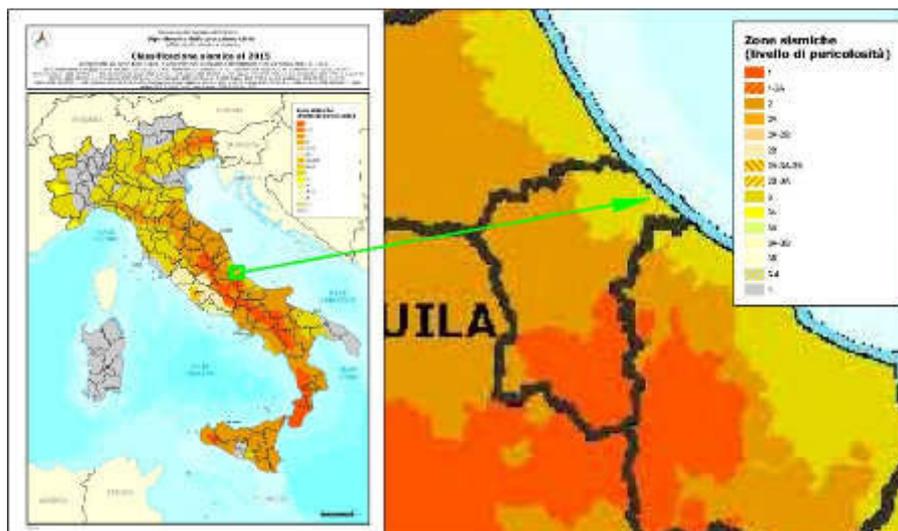


Fig. 8.3: Classificazione sismica nazionale OPCM n.3274/2003 aggiornata al 2015

Ulteriori approfondimenti condotti dal Gruppo di Lavoro (di seguito GdL) dell'INGV (2004) hanno condotto ad una rielaborazione di una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, che è stata realizzata basandosi su di un modello cinematico di riferimento per il Mediterraneo centrale, sulle evidenze emerse dai più recenti studi di tettonica attiva e sulla individuazione delle sorgenti sismogenetiche e sul catalogo dei terremoti CPTI04. La zonazione ZS9 è alla base della Mappa della pericolosità sismica nazionale, in vigore dal 2006.

Le sorgenti sismogenetiche di riferimento per la mappatura della pericolosità sismica nazionale sono raccolte nel *Database of Individual Seismogenetic Sources DISS*, a cura dell'INGV, che raccoglie le potenziali sorgenti (individuali, composite, dibattute o di subduzione) per terremoti di magnitudo maggiori di 5.5 in Italia e nelle aree circostanti.

La versione più aggiornata del Database (ver. 3.2.2) del 30 giugno 2015 è consultabile sul sito <http://diss.rm.ingv.it>. La Mappa integrale del Database e lo stralcio che indica la posizione dell'area di studio sono riportati di seguito (Fig. 8.4).

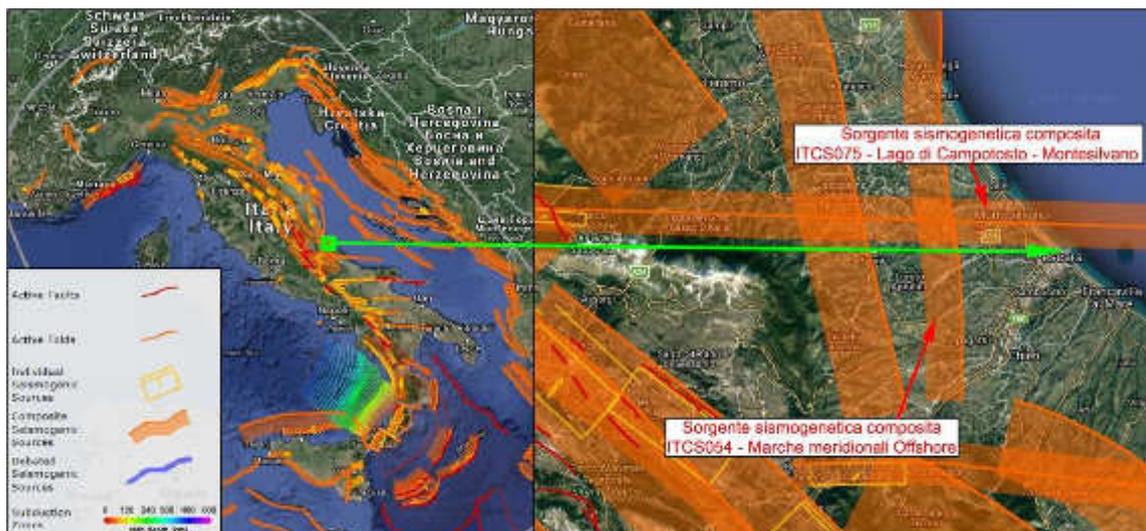


Fig. 8-4: Database of Individual Seismogenic Sources DISS (INGV, 2015)

L'area della Lega Navale è di poco esterna alla *Sorgente sismogenetica ITCS075 Lago di Campotosto-Montesilvano*. Questa sorgente composta ha direzione O-E e si estende dal bordo settentrionale del Gran Sasso fino alla zona di mare poco a largo di Pescara. La sorgente ha la profondità compresa tra 11 e 20 km e immerge a S con angolo quasi verticale. Sia i cataloghi di sismicità storica sia quelli di sismicità strumentale (*Boschi et al. 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007*) hanno mostrato una scarsa sismicità nell'area. Non ci sono eventi rilevanti associati alla struttura ad eccezione di quello del 5 settembre 1950 (Mw 5.7, Gran Sasso), avvenuto nel settore orientale della sorgente. La Magnitudo massima è Mw 5.7 ed è stata stimata confrontando la magnitudo delle più grandi sorgenti individuali associate alla sorgente composta.

Lo studio sulle sorgenti sismogenetiche ha quindi condotto il GdL alla redazione della **Zonazione sismogenetica ZS9** nazionale composta da 36 aree poligonali, caratterizzate da un comportamento tettonico e cinematico omogeneo, ossia l'attività sismica è riconducibile alla medesima struttura o sorgente tettonica e agli stessi meccanismi di fagliazione.

La Zonazione sismogenetica ZS9 e un particolare dell'area in studio sono riportati nella Fig. 8-5.

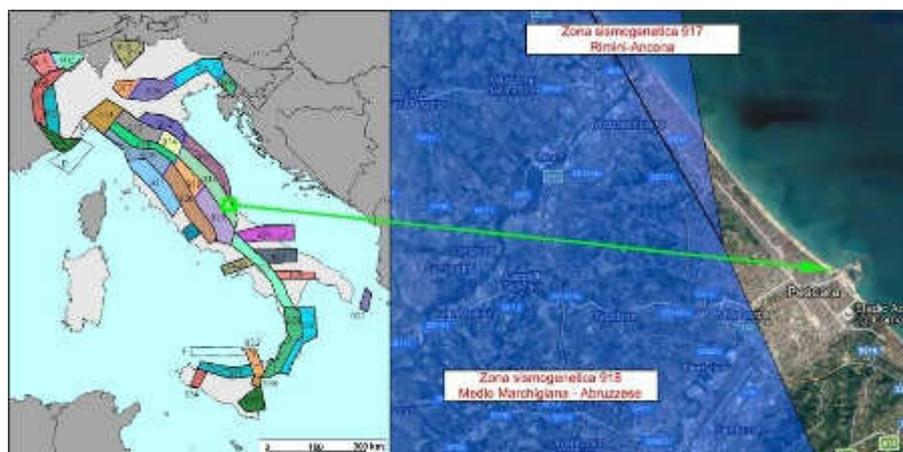


Fig. 8-5: Zonazione sismogenetica ZS9 (GdL, 2004)

Il sito d'intervento è prossimo alla Zona 918 Medio-Marchigiana Abruzzese che è caratterizzata da un meccanismo di fagliazione indeterminato e da uno strato sismogenetico efficace di 12-20 km, inteso come l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti, ovvero quell'intervallo in cui presumibilmente avverranno i prossimi eventi sismici. La Magnitudo massima attesa nella Zona 918 è Mw 6.37.

L'elaborato conclusivo prodotto dal GdL che trae origine da ZS9 è la **Mapa della pericolosità sismica del territorio nazionale**, approvata con l'OPCM n.3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", in cui la pericolosità di una certa area è definita da intervalli di accelerazione ( $a_g$ ) massima al suolo con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni riferita a suolo rigido ( $V_s > 800$  m/s).

Nella Fig. 8-6 si evidenzia come il territorio comunale di Pescara comprende zone con pericolosità sismica di base caratterizzate da intervalli di  $a_g$  che vanno da 0.125g a 0.150g.

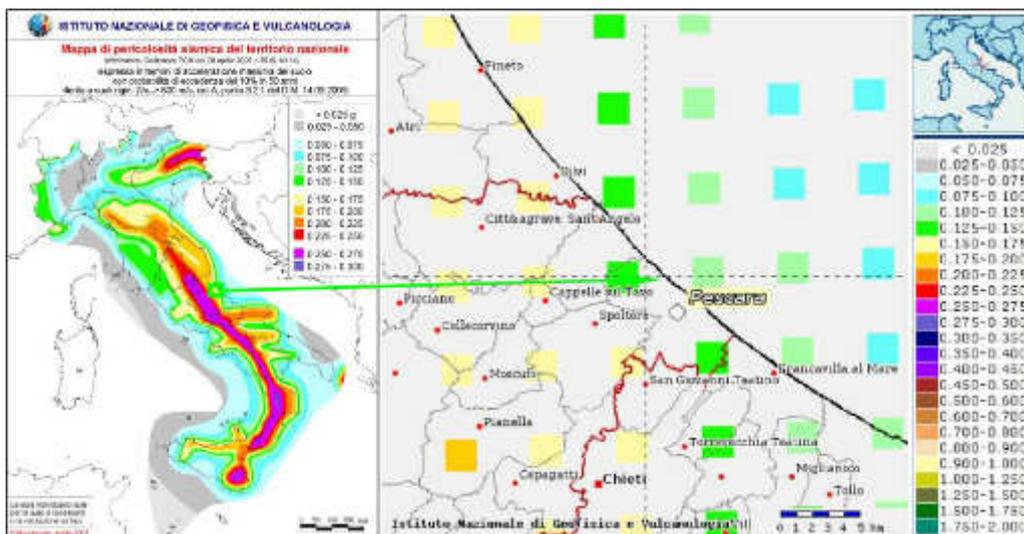


Fig. 8-6: Mapa della pericolosità sismica (GdL, 2006)

## 9 RISULTATI DELL'INDAGINE

Di seguito si forniscono i risultati dello Studio, con particolare riferimento alla modellazione geologica e geotecnica del sottosuolo. Inoltre si forniscono i dati della pericolosità sismica di base del sito e l'azione sismica definita con l'approccio semplificato previsto dalle norme.

### 9.1 Modello geologico locale

La modellazione geologica locale comprende la ricostruzione dell'assetto stratigrafico, la descrizione dei principali elementi geomorfologici presenti nei dintorni dell'area e la descrizione delle caratteristiche idrogeologiche dei litotipi.

#### 9.1.1 Stratigrafia

L'assetto stratigrafico locale può essere ricostruito fino al substrato pelitico dai dati di due sondaggi realizzati nell'ambito del Progetto del Ponte del Mare, la cui pila N è posizionata proprio all'interno dell'area in concessione alla Lega Navale.

L'ubicazione e le stratigrafie dei due sondaggi sono riportate di seguito.

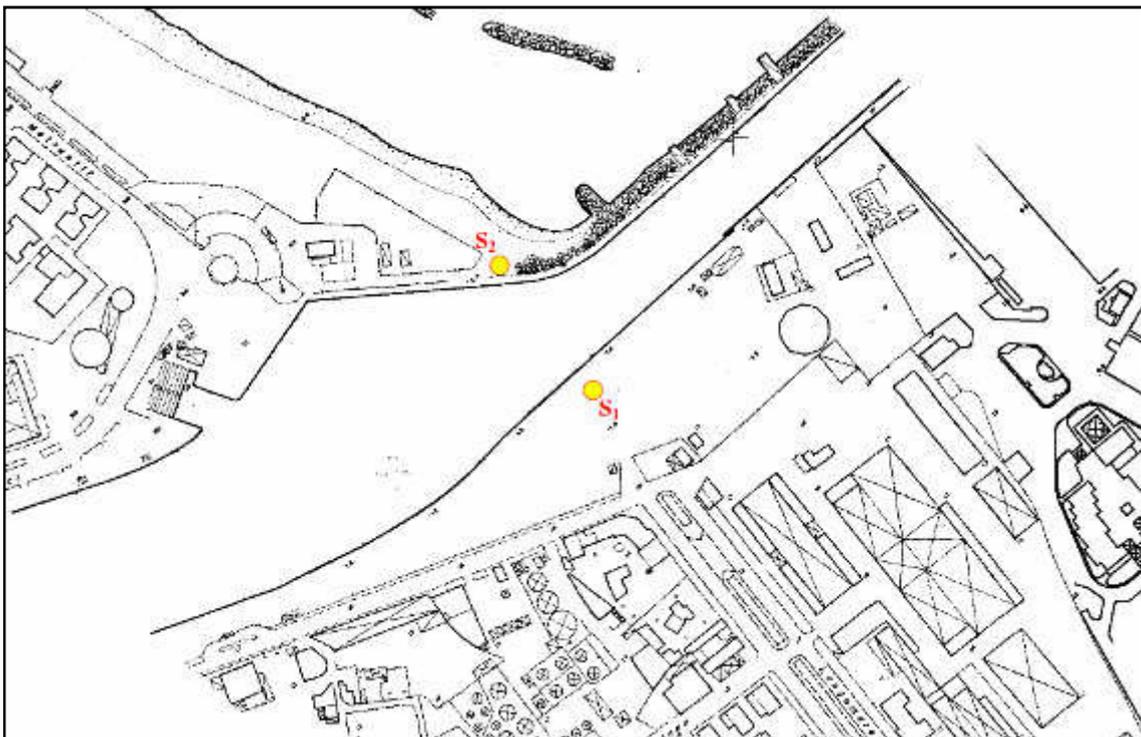


Fig. 9-1: Ubicazione dei sondaggi di riferimento (fonte: Relazione geologica Ponte del Mare, 2007)

| SONDAGGIO S11  |              |              |  |           |                          | SONDAGGIO S12      |                |  |                |              |              |  |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
|----------------|--------------|--------------|--|-----------|--------------------------|--------------------|----------------|--|----------------|--------------|--------------|--|---|--------------------------|--------------------|----------------|------|--|--|--|--|--|
| Profondità (m) | Spessore (m) | Stratigrafia | DESCRIZIONE LITOLOGICA   | Falda (m) | Rp (kg/cm <sup>2</sup> ) | Revoluzioni S.P.T. | Velocità (m/s) | Note   | Profondità (m) | Spessore (m) | Stratigrafia | DESCRIZIONE LITOLOGICA   | Falda (m)   | Rp (kg/cm <sup>2</sup> ) | Revoluzioni S.P.T. | Velocità (m/s) | Note |  |  |  |  |  |
| 1.6            |              |              | Riperto limoso sabbioso di colore brunostraw, con frammento pietrisco.   |           |                          |                    |                | I campioni ("carote") estratti nel corso del sondaggio sono stati sistemati in n° 11 cassette catalogatrici delle quali si allega documentazione fotografica.<br><br>SPT N°1 f.f. 7.0 m<br>N1=11<br>N2=16 } Nspt=37<br>N3=21<br><br>SPT N°2 f.f. 11.5 m<br>N1=35<br>N2=52 } Rif.<br>N3=50<br><br>SPT N°3 f.f. 20.0 m<br>N1=19<br>N2=21 } Nspt=41<br>N3=20<br><br>Sono stati prelevati, mediante campionatore a pressione (Shelby) n°2 campioni di terreno indisturbato alla profondità:<br>S1/C1 m 22.5 - 23.0<br>S1/C2 m 34.5 - 35.0<br>S1/C3 m 43.5 - 44.0 | 1.6            |              |              |  |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  | I campioni ("carote") estratti nel corso del sondaggio sono stati sistemati in n° 12 cassette catalogatrici delle quali si allega documentazione fotografica.<br><br>SPT N°1 f.f. 13.0 m<br>N1=32<br>N2=37 } Nspt=85<br>N3=69<br><br>SPT N°2 f.f. 22.0 m<br>N1=7<br>N2=8 } Nspt=20<br>N3=12<br><br>SPT N°3 f.f. 43.0 m<br>N1=11<br>N2=15 } Nspt=32<br>N3=17<br><br>Sono stati prelevati, mediante campionatore a pressione (Shelby) n°2 campioni di terreno indisturbato alla profondità:<br>S2/C1 m 24.5 - 25.0<br>S2/C2 m 37.5 - 38.0<br>S2/C3 m 55.7 - 56.2 |
| 4.6            |              |              | Sabbia avana grigia con frammento pietrisco nella parte alta e sporadici frammenti di gusci di piccoli molluschi.              |           |                          |                    |                |  |                | 2.1          |              |  | Deposito di spiaggia (sabbia) con frammenti piccoli ciottoli, detriti e frammenti di conchiglie nella parte bassa.                                  |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
| 6.2            |              |              | Ghiaia di dimensioni eterometriche sub-arrotondata arrotondata in matrice sabbiosa grigiastro.                                 |           |                          |                    |                |  |                | 3.2          |              |  | Sabbia avana con frammenti ciottoli sub-arrotondati arrotondati (eterometrici) nella parte bassa.   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
| 9.6            |              |              | Sabbia grigiastro moderatamente addensata (torbosa), maleodorante; sono presenti frammenti sparsi di gusci di piccoli bivalvi. |           |                          |                    |                |  |                | 3.8          |              |  | Sabbia di colore grigio con frammenti gusci di dimensioni eterometriche sub-arrotondati arrotondata, passare gradualmente a sabbia di colore avana. |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
| 10.5           |              |              | Limo torboso di colore grigio (Torba).   |           |                          |                    |                |  |                | 7.8          |              |  | Sabbia di colore avana con frammenti gusci di dimensioni eterometriche.   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
| 20.1           |              |              |  |           |                          |                    |                |  | 12.4           |              |              | Sabbia di colore grigio.   |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
| 27.4           |              |              |  |           |                          |                    |                |  | 19.2           |              |              |  |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
| 47.5           |              |              |  |           |                          |                    |                |  | 24.1           |              |              | Limo torboso di colore grigio (Torba).   |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
| 55.0           |              |              | Ghiaia di natura calcarea di dimensioni eterometriche (anche dell'ordine del centimetro), sub-arrotondata, arrotondata.        |           |                          |                    |                |  | 25.8           |              |              |  |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
|                |              |              |  |           |                          |                    |                |  | 48.8           |              |              | Ghiaia di natura calcarea di dimensioni eterometriche (anche dell'ordine del centimetro), sub-arrotondata, arrotondata in matrice limosa biancastra. |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
|                |              |              |  |           |                          |                    |                |  | 52.2           |              |              | Argilla grigia con sporadici ciottoli ghiaiosi nella parte alta.   |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |
|                |              |              |  |           |                          |                    |                |  | 56.2           |              |              |  |   |                          |                    |                |      |  |  |  |  |  |

Con riferimento al Sondaggio S2, realizzato nelle immediate vicinanze dell'area d'intervento, la successione stratigrafica schematica locale è la seguente:

**Strato 1 da 0 a 2,1 m:** depositi di spiaggia attuali, sabbiosi, con ciottoli e detriti di varia natura

**Strato 2 da 2,1 a 22,1 m:** sabbia avana e grigia, variamente addensata, con ghiaia sparsa eterometrica costituita da ciottoli calcarei sub-arrotondati

**Strato 3 da 22,1 a 46,9 m:** limo torboso di colore grigio

**Strato 4 da 46,9 a 52,2 m:** ghiaia eterometrica costituita da clasti eterometrici sub-arrotondati in matrice limosa biancastra

**Strato 5 da 52,2 a 56,2 m:** argilla grigia (substrato geologico).

Nel caso specifico, trattandosi di strutture di modesta dimensione anche il volume significativo sarà ridotto e pertanto il modello geologico di riferimento potrà essere considerato fino a 10 m e costituito da due strati:

➤ **Strato 1 da 0 a 1,8 m:** depositi di spiaggia attuali sabbiosi, addensati. In corrispondenza della prova DPSH1 è presente del terreno di riporto ghiaioso di circa 50 cm di spessore

|   |                            |                           |               |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 21 di 58 |

- **Strato 2 da 1,8 a 10 m:** sabbia variamente addensata, satura, con qualche sottile livello ghiaioso sparso. In particolare la sabbia risulta moderatamente addensata fino a circa 5,8 m di profondità e offre maggiore resistenza alla penetrazione fino a 10 m.

### 9.1.2 Geomorfologia

La conformazione di una certa area è determinata dall'azione dei processi esogeni di modellamento geomorfologico (erosione, trasporto, deposito) e dalla tipologia dei sedimenti sui quali tali processi agiscono.

I depositi di spiaggia affiorano con continuità lungo tutto il litorale abruzzese; essi sono interrotti unicamente dalla foce dei principali corsi d'acqua, costituiscono gran parte della piana costiera e sono interessati da una intensa antropizzazione. Tali sedimenti sono stati trasportati dal reticolo fluviale principale e secondario fino al mare dove sono strati ridistribuiti lungo la costa dalle correnti marine. Lo spessore e la granulometria di questi depositi varia anche notevolmente da luogo a luogo a seconda della direzione del trasporto solido dei sedimenti lungo riva che dipende dal moto ondoso frangente e dalle opere che interrompono il transito sedimentario, come ad esempio i porti che suddividono le unità fisiografiche naturali in più sub-unità artificiali.

La morfologia sulla fascia costiera è interrotta e modellata da ampie vallate riempite da successioni continentali quaternarie costituite per lo più da ghiaie calcaree, talora cementate, con intercalazioni sabbiose. La varietà del paesaggio interno abruzzese condiziona le forme presenti sulla costa: laddove il paesaggio interno mostra segni di spiccata erosione e di attività morfodinamica, la costa è caratterizzata da depositi litoranei molto estesi; dove il paesaggio interno rivela una certa stabilità (colline argillose) i depositi litoranei sono molto più ridotti o del tutto assenti (*Crescenti V., 1972; Rapisardi, 1978; Ciaranfi et alii, 1977; Carloni et alii, 1980*).

La dinamica della linea di riva consente di delineare il quadro evolutivo della costa abruzzese, con le importanti fasi di erosione ed arretramento, interrotte da momentanee fasi di avanzamento. Tale dinamica è stata fortemente condizionata dall'evoluzione degli apparati delle foci fluviali, in rapporto alle variazioni degli apporti sedimentari. Fra queste cause si annoverano il diminuito apporto a mare di sabbie e ghiaie da parte dei fiumi imputabile principalmente agli interventi antropici succedutisi in corrispondenza delle aste fluviali e sui versanti, insieme all'intensa urbanizzazione dei vari tratti della fascia litoranea.

La realizzazione in più fasi successive di opere di difesa ha determinato un forte condizionamento della dinamica del litorale sia per i tratti direttamente protetti sia per quelli adiacenti dando come risultato una continua migrazione delle aree in erosione e in accumulo.

### 9.1.3 Idrogeologia

Le caratteristiche di permeabilità dei sedimenti sopra descritti, ossia la capacità che hanno i terreni di lasciarsi attraversare dall'acqua quando questa è sottoposta ad un carico idraulico, dipendono,

prevalentemente, dalla loro composizione granulometrica: nel caso specifico, i sedimenti sabbiosi delle fasce costiere sono molto permeabili ( $k= 10^{-3}\div 10^{-5}$  m/s) e agevolano la percolazione verso il basso delle acque meteoriche, al contrario le argille di base sono pressoché impermeabili ( $k < 10^{-7}$  m/s) e fungono da acquiclude. Tale assetto stratigrafico e la vicinanza del sito al mare favoriscono l'instaurarsi della falda freatica che è rinvenibile in superficie ad una profondità di circa 2 m.

## 9.2 Modellazione geotecnica del sottosuolo

I numerosi dati di letteratura e le prove geotecniche eseguite in sito consentono di ricostruire la modellazione geotecnica del sottosuolo. In questo caso il modello geotecnico non corrisponde a quello geologico composto da soli due strati; infatti i dati delle prove penetrometriche distinguono **tre Unità geotecniche** costituite da sabbie, ma con diversi gradi di addensamento: l'Unità 1 si rinviene fino alla profondità di circa 1,8 m e corrisponde ai depositi sabbiosi di spiaggia, l'Unità 2 è presente fino a circa 5,8 m e comprende le sabbie sottostanti moderatamente addensate e l'Unità 3 raggiunge la profondità di 10 m ed è composta dalle sabbie con un grado maggiore di addensamento.

Dai parametri geotecnici nominali ottenuti dalle prove e dai campi di valori peculiari dei litotipi presenti in letteratura, si ricavano i valori geotecnici caratteristici ( $k$ ) necessari per la progettazione strutturale delle opere, secondo quanto richiesto dalla normativa vigente.

### 9.2.1 Parametri geotecnici nominali delle sabbie superficiali derivanti dalle prove penetrometriche DPSH

La prova DPSH consente di correlare il numero di colpi ottenuti  $N$  durante l'avanzamento della punta con l'equivalente valore di  $N_{spt}$ :

$$N_{spt} = \beta t N$$

dove  $\beta t$  è il rapporto tra l'energia specifica per colpo nella prova DPSH, che dipende dall'attrezzatura utilizzata (standard), con quella riferita alla prova SPT.

I parametri geotecnici calcolabili attraverso correlazioni dirette con i valori ottenuti dalla prova DPSH sono i seguenti:

| Parametro                              | Correlazione   | Autori  |
|--|--|---|
| Angolo di resistenza al taglio $\phi'$ | $\phi = \sqrt{15N_{spt}} + 15$   | Shioi e Fukuni (1982)   |
| Densità relativa $D_r$                 | $D_r = \sqrt{\frac{N_{spt}}{20(1 + 0,04p_0)}}$ $D_r = \sqrt{\frac{N}{20(3,25 + 0,01p_0)}}$ | Peck e Bazaraa (1967)<br><i>per <math>\sigma_v \leq 75</math> KPa</i><br><i>per <math>\sigma_v &gt; 75</math> KPa</i> |
| Modulo di Young $E$                    | $E = 2B N_{spt}$ dove $B = 6$ per sabbia media   | Schmertmann (1978)  |

Sulla base dei risultati ottenuti si ottengono i seguenti parametri geotecnici nominali:

### PROVA DPSH1

|   | Profondità (m) | Numero di colpi | N <sub>SPT</sub> | φ (°) | Dr (%) | E (MPa) |
|---|----------------|-----------------|------------------|-------|--------|---------|
| Riporto   | 0,2            | 5               | 8                | --    | --     | --      |
|   | 0,4            | 23              | 35               | --    | --     | --      |
| Unità geot. 1:<br>depositi di spiaggia                | 0,6            | 20              | 30               | 36    | 100,0  | 35,3    |
|   | 0,8            | 19              | 29               | 36    | 96,6   | 33,6    |
|   | 1,0            | 15              | 23               | 33    | 81,8   | 26,5    |
|   | 1,2            | 12              | 18               | 31    | 70,1   | 21,2    |
|   | 1,4            | 13              | 20               | 32    | 70,1   | 23,0    |
|   | 1,6            | 10              | 15               | 30    | 59,3   | 17,7    |
| Unità geotecnica 2:<br>sabbie moderatamente addensate | 1,8            | 8               | 12               | 28    | 51,2   | 14,1    |
|   | 2,0            | 6               | 9                | 27    | 43,0   | 10,6    |
|   | 2,2            | 7               | 11               | 28    | 45,0   | 12,4    |
|   | 2,4            | 7               | 11               | 28    | 43,8   | 12,4    |
|   | 2,6            | 6               | 9                | 27    | 39,4   | 10,6    |
|   | 2,8            | 5               | 8                | 26    | 35,1   | 8,8     |
|   | 3,0            | 5               | 8                | 26    | 34,3   | 8,8     |
|   | 3,2            | 9               | 14               | 29    | 44,9   | 15,9    |
|   | 3,4            | 10              | 15               | 30    | 46,3   | 17,7    |
|   | 3,6            | 8               | 12               | 28    | 40,5   | 14,1    |
|   | 3,8            | 6               | 9                | 27    | 34,4   | 10,6    |
|   | 4,0            | 5               | 8                | 26    | 30,8   | 8,8     |
|   | 4,2            | 4               | 6                | 25    | 27,3   | 7,1     |
|   | 4,4            | 5               | 8                | 26    | 30,4   | 8,8     |
|   | 4,6            | 6               | 9                | 27    | 33,1   | 10,6    |
|   | 4,8            | 4               | 6                | 25    | 27,0   | 7,1     |
| 5,0   | 5              | 8               | 26               | 30,0  | 8,8    |         |
| 5,2   | 4              | 6               | 25               | 26,7  | 7,1    |         |
| 5,4   | 2              | 3               | 22               | 18,8  | 3,5    |         |
| 5,6   | 3              | 5               | 23               | 22,9  | 5,3    |         |
| Unità geotecnica 3:<br>sabbie addensate               | 5,8            | 10              | 15               | 30    | 41,7   | 17,7    |
|   | 6,0            | 11              | 17               | 31    | 43,5   | 19,5    |
|   | 6,2            | 15              | 23               | 33    | 50,6   | 26,5    |
|   | 6,4            | 11              | 17               | 31    | 43,1   | 19,5    |
|   | 6,6            | 6               | 9                | 27    | 31,7   | 10,6    |
|   | 6,8            | 13              | 20               | 32    | 46,5   | 23,0    |
|   | 7,0            | 17              | 26               | 35    | 52,9   | 30,1    |
|   | 7,2            | 17              | 26               | 35    | 52,7   | 30,1    |
|   | 7,4            | 21              | 32               | 37    | 58,4   | 37,1    |
|   | 7,6            | 18              | 27               | 35    | 53,8   | 31,8    |
|   | 7,8            | 15              | 23               | 33    | 48,9   | 26,5    |
|   | 8,0            | 11              | 17               | 31    | 41,7   | 19,5    |
|   | 8,2            | 18              | 27               | 35    | 53,2   | 31,8    |
|   | 8,4            | 15              | 23               | 33    | 48,3   | 26,5    |
|   | 8,6            | 9               | 14               | 29    | 37,3   | 15,9    |
|   | 8,8            | 23              | 35               | 38    | 59,4   | 40,7    |
|   | 9,0            | 25              | 38               | 39    | 61,7   | 44,2    |
|   | 9,2            | 27              | 41               | 40    | 63,9   | 47,8    |
| 9,4   | 25             | 38              | 39               | 61,2  | 44,2   |         |
| 9,6   | 21             | 32              | 37               | 55,9  | 37,1   |         |
| 9,8   | 22             | 33              | 37               | 57,0  | 38,9   |         |
| 10,0  | 18             | 27              | 35               | 51,4  | 31,8   |         |

### PROVA DPSH2

|   | Profondità<br>(m) | Numero di<br>colpi | N <sub>SPT</sub> | φ<br>(°) | Dr<br>(%) | E<br>(MPa) |
|---|-------------------|--------------------|------------------|----------|-----------|------------|
| Unità geotecnica 1:<br>depositi di spiaggia           | 0,2               | 4                  | 6                | 25       | 52,9      | 7,1        |
|   | 0,4               | 4                  | 6                | 25       | 49,5      | 7,1        |
|   | 0,6               | 11                 | 17               | 31       | 77,4      | 19,5       |
|   | 0,8               | 11                 | 17               | 31       | 73,5      | 19,5       |
|   | 1,0               | 23                 | 35               | 38       | 100,0     | 40,7       |
|   | 1,2               | 23                 | 35               | 38       | 97,1      | 40,7       |
|   | 1,4               | 22                 | 33               | 37       | 91,2      | 38,9       |
|   | 1,6               | 22                 | 33               | 37       | 87,9      | 38,9       |
| Unità geotecnica 2:<br>sabbie moderatamente addensate | 1,8               | 22                 | 33               | 37       | 85,0      | 38,9       |
|   | 2,0               | 14                 | 21               | 33       | 65,6      | 24,8       |
|   | 2,2               | 11                 | 17               | 31       | 56,4      | 19,5       |
|   | 2,4               | 10                 | 15               | 30       | 52,3      | 17,7       |
|   | 2,6               | 9                  | 14               | 29       | 48,3      | 15,9       |
|   | 2,8               | 10                 | 15               | 30       | 49,6      | 17,7       |
|   | 3,0               | 10                 | 15               | 30       | 48,4      | 17,7       |
|   | 3,2               | 14                 | 21               | 33       | 56,0      | 24,8       |
|   | 3,4               | 10                 | 15               | 30       | 46,3      | 17,7       |
|   | 3,6               | 7                  | 11               | 28       | 37,9      | 12,4       |
|   | 3,8               | 5                  | 8                | 26       | 31,4      | 8,8        |
|   | 4,0               | 5                  | 8                | 26       | 30,8      | 8,8        |
|   | 4,2               | 3                  | 5                | 23       | 23,7      | 5,3        |
|   | 4,4               | 3                  | 5                | 23       | 23,5      | 5,3        |
|   | 4,6               | 6                  | 9                | 27       | 33,1      | 10,6       |
|   | 4,8               | 5                  | 8                | 26       | 30,1      | 8,8        |
| Unità geotecnica 2:<br>sabbie addensate               | 5,0               | 4                  | 6                | 25       | 26,8      | 7,1        |
|   | 5,2               | 4                  | 6                | 25       | 26,7      | 7,1        |
|   | 5,4               | 3                  | 5                | 23       | 23,0      | 5,3        |
|   | 5,6               | 3                  | 5                | 23       | 22,9      | 5,3        |
|   | 5,8               | 8                  | 12               | 28       | 37,3      | 14,1       |
|   | 6,0               | 13                 | 20               | 32       | 47,3      | 23,0       |
|   | 6,2               | 13                 | 20               | 32       | 47,1      | 23,0       |
|   | 6,4               | 6                  | 9                | 27       | 31,8      | 10,6       |
|   | 6,6               | 7                  | 11               | 28       | 34,3      | 12,4       |
|   | 6,8               | 14                 | 21               | 33       | 48,3      | 24,8       |
|   | 7,0               | 14                 | 21               | 33       | 48,0      | 24,8       |
|   | 7,2               | 14                 | 21               | 33       | 47,9      | 24,8       |
|   | 7,4               | 15                 | 23               | 33       | 49,3      | 26,5       |
|   | 7,6               | 14                 | 21               | 33       | 47,5      | 24,8       |
|   | 7,8               | 16                 | 24               | 34       | 50,5      | 28,3       |
|   | 8,0               | 13                 | 20               | 32       | 45,4      | 23,0       |
| 8,2   | 13                | 20                 | 32               | 45,2     | 23,0      |            |
| 8,4   | 18                | 27                 | 35               | 53,0     | 31,8      |            |
| 8,6   | 18                | 27                 | 35               | 52,7     | 31,8      |            |
| 8,8   | 13                | 20                 | 32               | 44,7     | 23,0      |            |
| 9,0   | 17                | 26                 | 35               | 50,9     | 30,1      |            |
| 9,2   | 17                | 26                 | 35               | 50,7     | 30,1      |            |
| 9,4   | 20                | 30                 | 36               | 54,8     | 35,4      |            |
| 9,6   | 23                | 35                 | 38               | 58,5     | 40,7      |            |
| 9,8   | 25                | 38                 | 39               | 60,8     | 44,2      |            |
| 10,0  | 25                | 38                 | 39               | 60,5     | 44,2      |            |

|   |                            |  |                           |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> |  | Codifica LNI_PD_Re04      |
|   |                            |  | Rev. 00<br>del 08/05/2017 |

I risultati mostrano corrispondenza di valori nelle due prove e le tre Unità geotecniche sono correlabili lateralmente. Il terreno di riporto presente nella prova DPSH1 avendo spessore modesto non assume significato dal punto di vista geotecnico.

I risultati sono riportati anche graficamente nell'Allegato 2.

### 9.2.2 Parametri geotecnici caratteristici

Ai fini della progettazione geotecnica delle nuove strutture, si forniscono di seguito i valori caratteristici (k) delle tre Unità presenti nel sottosuolo.

Secondo la definizione dell'EC7, il valore caratteristico di un parametro del terreno è una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. Esso può essere calcolato applicando metodi statistici in cui il valore caratteristico è ricavato in maniera tale che la probabilità calcolata di valori più sfavorevoli, che determinano la manifestazione dello stato limite, non sia maggiore del 5%.

Nella trattazione seguente, pertanto, la stima dei parametri caratteristici è eseguita secondo un approccio probabilistico. I valori caratteristici rappresentano la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove. I parametri geotecnici sono trattati come variabili casuali e l'insieme dei valori assunti dai parametri come una popolazione statistica. Si assume che tutte le grandezze indagate varino in modo casuale all'interno del volume di terreno significativo che risente degli interventi in progetto. La derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata del valore più sfavorevole che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5%. Il valore caratteristico può essere scelto in riferimento al volume di terreno coinvolto (presenza o meno di compensazione "spaziale") e/o alla rigidità della struttura a contatto con il terreno (presenza o meno di compensazione "strutturale").

Nel caso di fondazioni superficiali in cui sono coinvolti grandi volumi di terreno che inducono variazioni tensionali all'interno di una porzione sufficientemente elevata di sottosuolo, si avranno delle Resistenze compensate, ossia le zone di terreno a resistenza minima e massima sono sollecitate contemporaneamente e quello che emerge è un comportamento meccanico intermedio fra i due estremi. In presenza di compensazione i valori caratteristici saranno ubicati in prossimità dei valori medi ( $X_k(\text{comp})$ ) (5° percentile della media, ossia valore medio con grado di attendibilità del 95%).

Nel caso specifico, il numero complessivo di valori ottenuti nelle due prove DPSH riguardanti l'*angolo di attrito*  $\phi$ , il *modulo di Young*  $E$  e la *densità relativa*  $D_r$  riferiti alle tre Unità geotecniche consentono di applicare il metodo statistico classico (distribuzione normale) caratterizzato da media e deviazione standard:

$$X_k = X_m \pm t_{n-1}^{0.95} \left( \frac{s}{\sqrt{n-1}} \right)$$

dove:

$X_k$  = valore caratteristico

|   |                            |  |                           |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> |  | Codifica LNI_PD_Re04      |
|   |                            |  | Rev. 00<br>del 08/05/2017 |
|   |                            |  | Pag. 26 di 58             |

$X_m$  = valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzando uguale al valore medio del campione

t = valore della distribuzione di Student a n-1 gradi di libertà con probabilità  $u = 95\%$

s = deviazione standard del campione

n = numero di dati

Per i valori del *peso di volume e della coesione efficace*, non disponendo di dati diretti, si forniranno i valori medi facendo riferimento all'esperienza e ai dati di letteratura.

La parametrizzazione seguente fornirà i valori utilizzabili nel caso di fondazioni dirette (5° percentile della media e Resistenze compensate).

Di seguito si riassumono i risultati ottenuti.

**Unità geotecnica 1 (spessore 1,8 m): depositi sabbiosi di spiaggia**

|                     |
|---------------------|
| Dati di riferimento |
| Prove DPSH1 e DPSH2 |

|   | Angolo di resistenza al taglio [°] | Densità relativa [%]   | Modulo di Young [MPa]  |
|---|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Tipo di elaborazione                              | Distribuzione standard             | Distribuzione standard | Distribuzione standard |
| Valore caratteristico (5° percentile delle media) | <b>31</b>                          | <b>72,39</b>           | <b>22,22</b>           |
| Minimo  | 25,00                              | 49,50                  | 7,10                   |
| Massimo   | 38,00                              | 100,00                 | 40,70                  |
| Valore medio                                      | 33,13                              | 79,49                  | 27,24                  |
| Varianza  | 18,98                              | 279,88                 | 139,48                 |
| Deviazione standard                               | 1,12                               | 4,32                   | 3,05                   |
| Deviazione standard media                         | 1,12                               | 4,32                   | 3,05                   |
| C.O.V.  | 0,13                               | 0,21                   | 0,43                   |

Per quanto riguarda il *peso di volume naturale  $\gamma$*  si assume il valore medio di *19 KN/mc* mentre la *coesione efficace è nulla*.

**Unità geotecnica 2 (spessore 3,8 m): sabbie moderatamente addensate**

|                     |
|---------------------|
| Dati di riferimento |
| Prove DPSH1 e DPSH2 |

|   | Angolo di resistenza al taglio [°] | Densità relativa [%]   | Modulo di Young [MPa]  |
|---|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Tipo di elaborazione                              | Distribuzione standard             | Distribuzione standard | Distribuzione standard |
| Valore caratteristico (5° percentile delle media) | <b>26</b>                          | <b>33,96</b>           | <b>10,07</b>           |
| Minimo  | 22,00                              | 18,80                  | 3,50                   |

|                           |       |        |       |
|---------------------------|-------|--------|-------|
| Massimo                   | 33,00 | 65,60  | 24,80 |
| Valore medio              | 26,95 | 36,87  | 11,45 |
| Varianza                  | 7,18  | 125,59 | 27,86 |
| Deviazione standard       | 0,42  | 1,77   | 0,83  |
| Deviazione standard media | 0,42  | 1,77   | 0,83  |
| C.O.V.                    | 0,10  | 0,30   | 0,46  |

Per quanto riguarda il *peso di volume naturale*  $\gamma$  si assume il valore medio di *18 KN/mc* mentre la *coesione efficace* è nulla.

### Unità geotecnica 3 (spessore 4,4 m): sabbie addensate

|                     |
|---------------------|
| Dati di riferimento |
| Prove DPSH1 e DPSH2 |

|  | Angolo di resistenza<br>al taglio<br>[°] | Densità relativa<br>[%]   | Modulo di Young<br>[MPa]  |
|--|--|---------------------------|---------------------------|
| Tipo di elaborazione                                 | Distribuzione<br>standard                | Distribuzione<br>standard | Distribuzione<br>standard |
| Valore caratteristico<br>(5° percentile delle media) | <b>33</b>                                | <b>47,92</b>              | <b>26,28</b>              |
| Minimo   | 27,00                                    | 31,70                     | 10,60                     |
| Massimo  | 40,00                                    | 63,90                     | 47,80                     |
| Valore medio   | 33,91                                    | 49,86                     | 28,63                     |
| Varianza   | 10,51                                    | 59,62                     | 87,96                     |
| Deviazione standard                                  | 0,49                                     | 1,18                      | 1,43                      |
| Deviazione standard media                            | 0,49                                     | 1,18                      | 1,43                      |
| C.O.V.   | 0,10                                     | 0,15                      | 0,33                      |

Per quanto riguarda il *peso di volume naturale*  $\gamma$  si assume il valore medio di *19 KN/mc* mentre la *coesione efficace* è nulla.

### 9.3 Sintesi della modellazione geologica e geotecnica

Lo schema seguente riassume il modello geologico e geotecnico di riferimento compreso nel volume significativo di 10 m.

| MODELLO GEOLOGICO |          |                                       | MODELLO GEOTECNICO |              |  |
|-------------------|----------|---------------------------------------|--------------------|--------------|--|
| Strato            | Spessore | Descrizione                           | Unità              | Spessore (m) | Parametri geotecnici caratteristici k  |
| 1                 | 1,8      | Depositi sabbiosi di spiaggia attuali | 1                  | 1,8          | $\gamma = 19 \text{ KN/mc}$<br>$\phi' = 31^\circ$<br>$c' = 0 \text{ KN/mq}$<br>$Dr = 72\%$<br>$E = 22,2 \text{ KN/mq}$ |
| 2                 | 8,2      | Sabbie moderatamente addensate        | 2                  | 3,8          | $\gamma = 18 \text{ KN/mc}$<br>$\phi' = 26^\circ$<br>$c' = 0 \text{ KN/mq}$<br>$Dr = 34\%$<br>$E = 10,1 \text{ KN/mq}$ |
|                   |          | Sabbie addensate                      | 3                  | 4,4          | $\gamma = 19 \text{ KN/mc}$<br>$\phi' = 33^\circ$<br>$c' = 0 \text{ KN/mq}$<br>$Dr = 48\%$<br>$E = 26,3 \text{ KN/mq}$ |

Analizzando quanto sopra espresso numericamente, si evince che le Unità geotecniche sabbiose 1 e 3 hanno caratteristiche geotecniche superiori a quelle dell'Unità intermedia 2, ma nel complesso le caratteristiche di resistenza, di compressibilità e di capacità portante dei litotipi sono certamente compatibili con i modesti carichi indotti dalle strutture da realizzare.

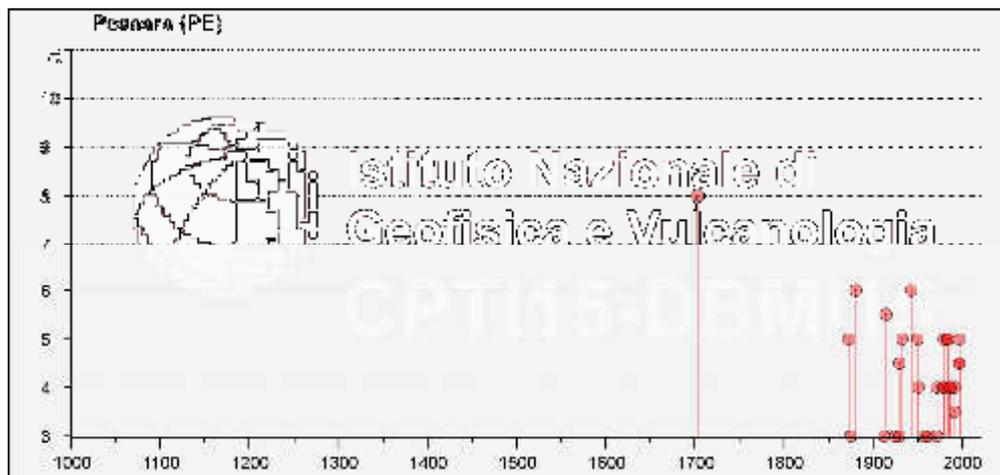
La composizione granulometrica delle sabbie è prettamente incoerente; di conseguenza, il decorso tensionale avverrà in condizioni drenate ( $C_u=0$ ;  $\phi' \neq 0$ ) ed in termini di tensioni efficaci sia nel breve sia nel lungo periodo.

### 9.4 Modellazione sismica

In questo paragrafo si ripercorre la storia sismica di Pescara, si forniscono i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base e si analizza la Risposta Sismica Locale RSL con l'approccio semplificato previsto dalla normativa (Categorie di sottosuolo).

#### 9.4.1 Sismicità storica

La sismicità storica di Pescara è ricostruita dall'interrogazione del Database Macrosismico Italiano versione 2015 dell'INGV DBMI15 (*a cura di M. Locati et alii, 2016*) che elenca i principali terremoti con intensità massima  $\geq 5$  nella finestra temporale 1000-2014 in una certa area provenienti da diverse fonti. Dall'interrogazione del DBMI15 è emerso che a Pescara (lat. 42.461; long. 14.213) dal 1703 al 2003 sono stati registrati 33 terremoti tra cui spicca quello del 2 febbraio 1703 di Intensità 8 della Scala Mercalli MCS con epicentro L'Aquila ( $I_0=10$  e  $M_w=6.67$ )



#### 9.4.2 Pericolosità sismica di base

Pescara, come detto, è a medio-basso rischio sismico e rientra nella Zona sismica 3 in cui i forti terremoti sono rari. L'accelerazione massima su suolo rigido in questa zona ha valori compresi di  $a_g$  tra 0,1 e 0,150.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14/01/2008 la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite 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, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica. La Pericolosità sismica di base di un generico sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (Periodo di riferimento  $T_r$ , espresso in anni), nel sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato (Probabilità di eccedenza  $P_{vr}$ ).

I valori di pericolosità sismica sono espressi in termini di:

- ✓ accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (Categoria A), con superficie topografica orizzontale (Categoria T1)
- ✓ 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  $T_r$ .

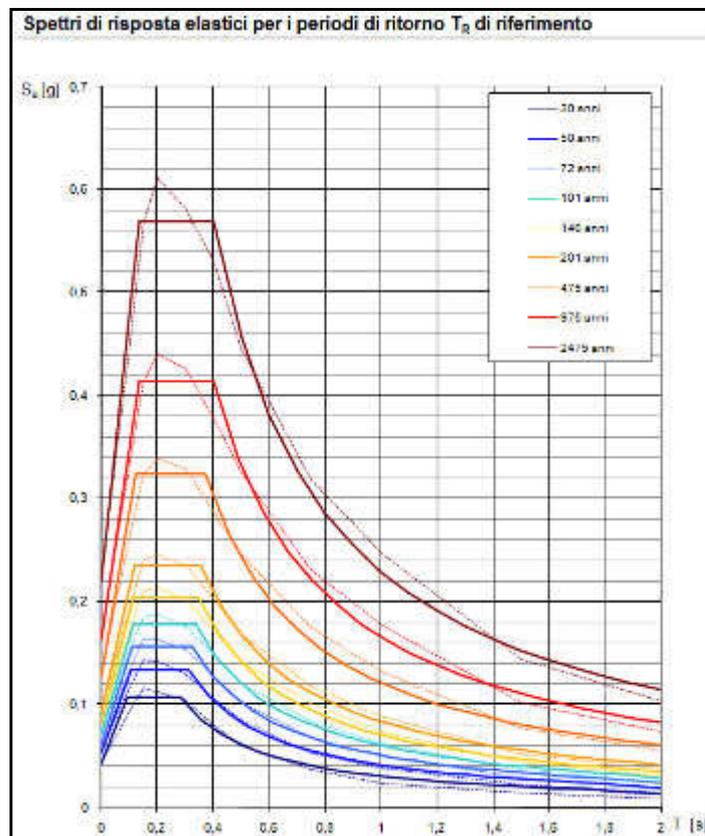
Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{vr}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓  $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- ✓  $F_0$  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.

Per un generico sito, la stima della pericolosità sismica di base su reticolo di riferimento di 10751 nodi nell'intervallo di riferimento viene fornita dal Dipartimento della Protezione Civile e dal Consiglio Superiore dei LL.PP sulla base dei dati forniti dall'INGV.

Con riferimento al sito d'intervento (lat. 42,468446; long. 14,224718 coordinate ED50), la terna di valori che definisce la pericolosità sismica di base e gli spettri per i periodi di ritorno  $T_r$  di riferimento sono riportati a seguire.

| <b>Tr (anni)</b> | <b>a<sub>g</sub> (g)</b> | <b>F<sub>o</sub> (-)</b> | <b>T*c (s)</b> |
|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| 30               | 0,043                    | 2,486                    | 0,284          |
| 50               | 0,054                    | 2,475                    | 0,310          |
| 72               | 0,062                    | 2,515                    | 0,326          |
| 101              | 0,071                    | 2,499                    | 0,337          |
| 140              | 0,081                    | 2,525                    | 0,346          |
| 201              | 0,093                    | 2,522                    | 0,356          |
| 475              | 0,127                    | 2,547                    | 0,373          |
| 975              | 0,163                    | 2,530                    | 0,401          |
| 2475             | 0,222                    | 2,568                    | 0,402          |



#### 9.4.3 Analisi della Risposta Sismica Locale

L'azione sismica così individuata in condizioni ideali per un determinato sito varia in funzione della *RSL* che tiene conto delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite dal segnale sismico trasmettendosi dal substrato rigido alla superficie e prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche e dalla morfologia del sito.

##### *Microzonazione sismica*

A seguito del sisma del 6 aprile 2009, la Regione Abruzzo, in attuazione della Legge 24 giugno 2009 n. 77, ha intrapreso un programma pluriennale di attività di prevenzione del rischio sismico. Tra le attività promosse e finanziate dalla Regione rientrano gli Studi di microzonazione sismica di Livello 1 (di

seguito MS) da effettuare sul territorio regionale. Lo Studio di MS ha come obiettivo la prevenzione, la mitigazione e la riduzione del rischio sismico, ed ha lo scopo di individuare le *Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)* nelle quali il segnale sismico trasmesso in superficie può presentare fenomeni di amplificazione rispetto allo scuotimento registrabile su suolo rigido e pianeggiante. Tali amplificazioni possono essere prodotte dalla presenza di particolari successioni stratigrafiche, morfologiche e geomorfologiche. Nella Figura 9-3 è indicata l'area d'intervento nella Carta delle MOPS dello Studio di MS di Pescara in cui sono riportate le *Zone stabili suscettibili di amplificazione* per effetti locali di tipo litologico.

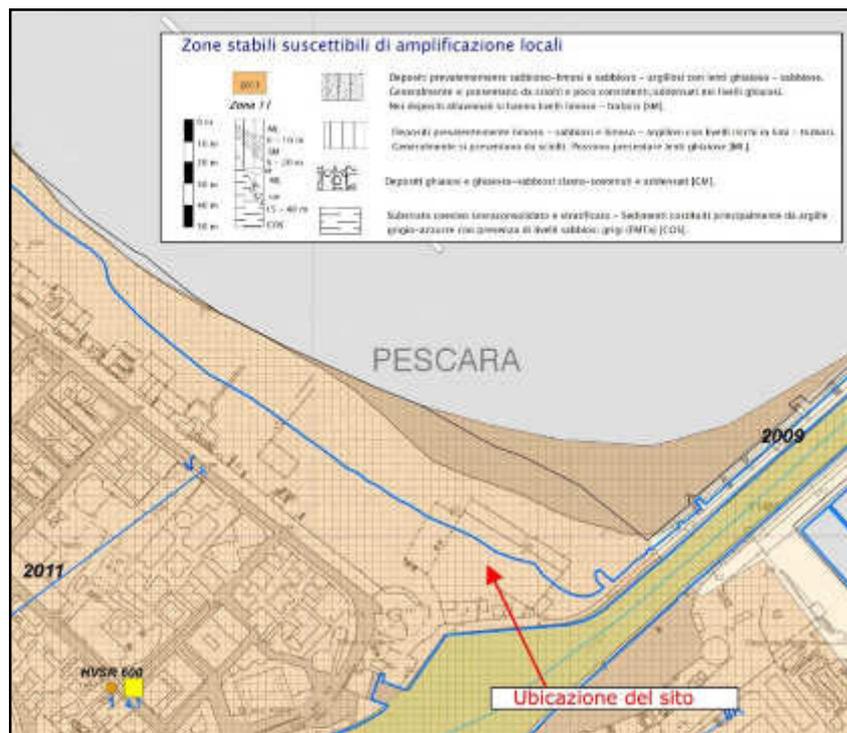


Fig. 9-3: Carta delle MOPS (fonte: Studio di MS Comune di Pescara)

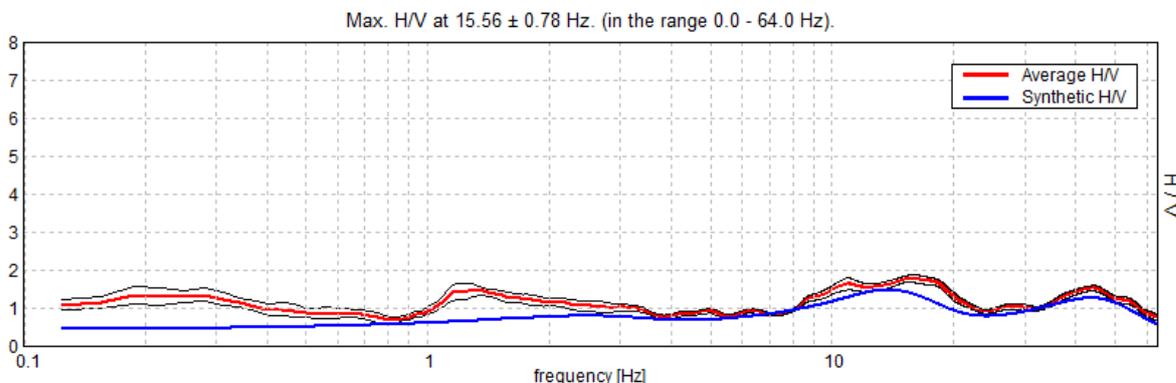
L'area è compresa nella *Zona 11 caratterizzata dall'affioramento di sabbie recenti e attuali, con spessore compreso tra 5 e 20 m, sovrastanti depositi limoso-torbosi e ghiaioso-sabbiosi. Tali sedimenti ricoprono il substrato coesivo stratificato e sovraconsolidato delle argille grigio-azzurre rinvenibile tra 15 m e 40 m di profondità.* Il sovrassegno quadrettato indica inoltre la possibilità che i terreni possono essere soggetti a fenomeni di liquefazione (v. oltre).

#### *Analisi della Risposta Sismica Locale con approccio semplificato*

Per definire l'azione sismica di progetto si valuta l'effetto della RSL mediante specifiche analisi (cfr. § C7.11.3.1 Circolare 2009). In assenza di tali analisi le norme prevedono che si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di Categorie di sottosuolo di riferimento (cfr. Tab. 3.2.II e 3.2.III del D.M.) e sulle Condizioni topografiche (cfr. Tab. 3.2.IV). Ai fini della definizione della velocità media di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,30}$  e della **Categoria di sottosuolo**, come previsto dal D. M. 14.01.2008, è stata condotta l'indagine sismica consistita in una *prova a stazione singola di*

*microtemori*, elaborata secondo la tecnica HVSR. La descrizione degli aspetti teorici del metodo e le specifiche tecniche sono state illustrate nel § 6.2, mentre i principali risultati sono riassunti a seguire.

### Grafico rapporto spettrale H/V



La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato in campagna mentre quella blu è la curva sintetica generata dal codice di calcolo. Il modello d'inversione proposto è il seguente

| Strato [n] | Profondità [m] | Spessore [m] | Coeff. di Poisson [-] | Velocità onde di taglio [m/s] |
|------------|----------------|--------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1          | 0.6            | 0.6          | 0.35                  | 110                           |
| 2          | 3.6            | 3.0          | 0.35                  | 200                           |
| 3          | 30.6           | 27           | 0.35                  | 335                           |
| 4          | Inf.           | Inf.         | 0.35                  | 650                           |

Applicando la formula per il calcolo della  $V_{s,30}$  seguente:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{si}}}$$

dove:

$h_i$  = spessore (in metri) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m)

$V_{si}$  = velocità (in m/s) dello strato  $i$ -esimo (fino alla profondità di 30 m)

il valore della velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio registrato è pari a  **$V_{s,30} = 302 \text{ m/s}$** .

Sulla base dei valori di velocità ottenuti, la **Categoria di sottosuolo è la C**, così come definita nelle NTC08, ossia:

*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$  nei terreni a grana fina).*

La curva H/V inoltre non evidenzia picchi di amplificazione del segnale sismico in tutto l'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (1÷10 Hz) in quanto il rapporto H/V è minore di 2.

Si rimanda ai grafici e alle tabelle riportati nell'Allegato 3 per la visione dettagliata dei risultati ottenuti.

Per quanto riguarda la **Categoria topografica**, le norme prevedono che ai fini della valutazione della RSL, per configurazioni superficiali semplici, come nel caso in esame, si possono adottare le Categorie

topografiche riportate nella Tabella 3.2.IV del DM, da cui si evince che il sito indagato rientra nella **Categoria topografica T1: superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione  $i \leq 15^\circ$ .**

I parametri strutturali che influenzano l'azione sismica di progetto per ogni Stato limite, andranno considerati, nel caso di una costruzione ordinaria di Classe d'uso II, Vita nominale dell'opera  $V_N$  50, Coefficiente d'uso 1, i Tempi di ritorno ( $T_r$ ) di 30, 50, 475 e 975 anni con una probabilità di superamento del 81%, 63%, 10% e 5%. Sulla base dei dati sopra indicati, i parametri significativi ai vari SL e gli Spettri di Normativa (componenti orizzontali e verticali) per lo Stato limite SLV sono di seguito riportati:

|               | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| $T_r$ [anni]  | 30    | 50    | 475   | 975   |
| $a_g$ [g]     | 0,043 | 0,054 | 0,127 | 0,163 |
| $F_o$         | 2,486 | 2,475 | 2,546 | 2,530 |
| $T_c^*$ [s]   | 0,284 | 0,310 | 0,373 | 0,401 |
| $S_s$         | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,452 |
| $S_t$         | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| $S$           | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,452 |
| $C_c$         | 1,591 | 1,545 | 1,454 | 1,420 |
| $T_B$ [s]     | 0,151 | 0,160 | 0,181 | 0,190 |
| $T_C$ [s]     | 0,452 | 0,480 | 0,542 | 0,569 |
| $T_D$ [s]     | 1,773 | 1,816 | 2,109 | 2,254 |
| $Se(0)$ [g]   | 0,065 | 0,081 | 0,191 | 0,237 |
| $Se(T_B)$ [g] | 0,161 | 0,200 | 0,486 | 0,600 |

Tab. 9-1: Parametri significati degli Spettri di Normativa per i vari SL

dove, oltre alle già note grandezze  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_c^*$ , si ha:

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica (v. Tab. 3.2.V)

$S_t$  = coefficiente di amplificazione topografica (v. Tab. 3.2.VI)

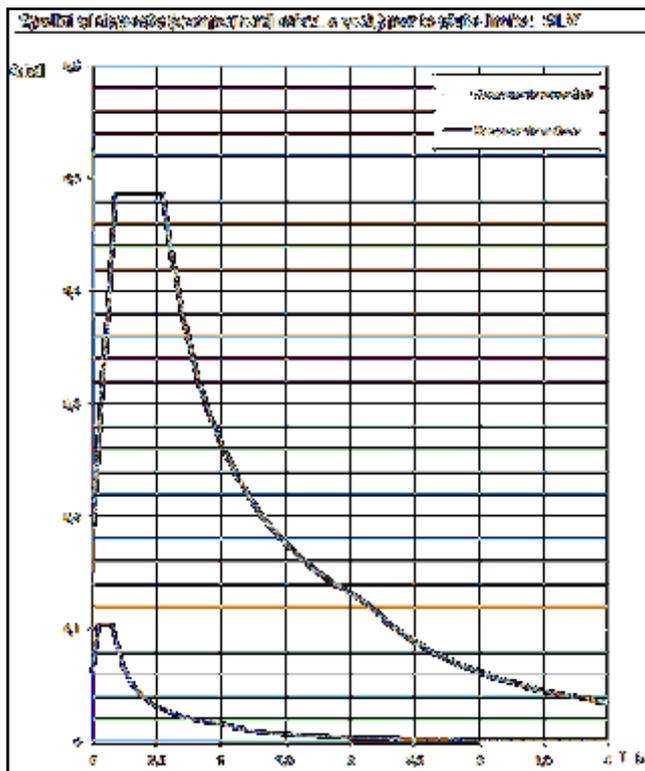
$S = S_s \times S_t$

$C_c$  = coefficiente funzione della Categoria di sottosuolo (v. Tab. 3.2.V)

$T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  = grandezze che corrispondono ai vari periodi che definiscono lo spettro di risposta elastico

$Se(0) = a_g \times S$  al tempo  $T(0)$

$Se(T_B) = a_g$  al tempo  $(T_B)$



Infine, i **Coefficienti sismici ai vari SL** sono indicati nella tabella seguente:

|      | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|------|-------|-------|-------|-------|
| Kh   | 0,013 | 0,016 | 0,047 | 0,058 |
| Kv   | 0,007 | 0,008 | 0,024 | 0,029 |
| Beta | 0,200 | 0,200 | 0,240 | 0,240 |

Tab. 9-2: Coefficienti sismici

dove:

Beta= Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (cfr. Tab. 7.11.I NTC08)

Kh= Coefficiente azione sismica orizzontale

Kv= Coefficiente azione sismica verticale

#### 9.4.4 Cenni sulla valutazione della Risposta Sismica Locale con approccio numerico

Nel caso in cui la verifica strutturale intenda operare un'analisi più approfondita della RSL, mediante l'impiego di modelli di calcolo, per descrivere in termini numerici di confronto il processo di propagazione delle onde sismiche attraverso il substrato ed i depositi superficiali, è necessario definire, oltre alla modellazione geologica e geotecnica locale, l'input sismico di base (accelerogrammi). In altri termini, i codici di calcolo (ad es. Shake 2000, EERA, RSL III etc.) consentono di determinare il moto sismico atteso, in superficie ed al variare della profondità, lungo la verticale (caso monodimensionale) o lungo una sezione (caso bidimensionale), e di esprimere tale moto in forma completa. Il risultato delle analisi numeriche consistono in sintesi nella comparazione tra accelerogrammi spettro compatibili ottenuti in superficie (output) con gli spettri di riferimento alla base del deposito (input) per ogni stato limite considerato e per i vari tempi di ritorno  $T_r$  e di sintetizzarne il contenuto attraverso, ad esempio, il picco massimo di accelerazione, cioè calcolando il rapporto tra il valore massimo in superficie e alla



|   |                            |  |                           |
|---|----------------------------|--|---------------------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> |  | Codifica LNI_PD_Re04      |
|   |                            |  | Rev. 00<br>del 08/05/2017 |

L'accelerogramma di input rappresentativo del moto sismico atteso sul sito di riferimento rigido affiorante potrà essere *estratto* da archivi nazionali e internazionali tramite specifici software (es. REXEL) e confrontato con gli accelerogrammi di output spettro compatibili per la quantificazione numerica di eventuali fenomeni di amplificazione locali.

### 9.5 Stabilità dei terreni nei confronti del fenomeno della liquefazione

Considerando che il sito è compreso nello Studio di MS nella Zona sismica 11, potenzialmente soggetta a fenomeni di liquefazione, e in accordo con quanto stabilito dalle norme (cfr. § 7.11.3.4 NTC08), è stata verificata la stabilità dei terreni nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate (terremoti).

Le norme prevedono che la verifica può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. Eventi sismici attesi di *magnitudo*  $M$  inferiore a 5
2. *Accelerazioni massime attese* al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g
3. *Profondità media stagionale della falda* superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali
4. Depositi costituiti da sabbie pulite con *resistenza* penetrometrica normalizzata  $(N)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N)_{60}$  è il valore alla resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle norme nelle Figure 7.11.1a/b delle NTC, cui si rimanda.

Quando nessuna delle precedenti condizioni risulti soddisfatta occorre valutare il coefficiente di sicurezza alla liquefazione. La valutazione può essere eseguita o con procedure di analisi avanzate o con metodi semi-empirici semplificati (cfr. § C7.11.3.4 Circolare 2009) in cui il coefficiente di sicurezza  $F_s$  viene definito dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione CRR e la sollecitazione indotta dal terremoto di progetto CSR

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

Nel caso specifico, è stato utilizzato il metodo di *Andrus & Stoke (2000)* basato su prove sismiche in cui:

$$CRR = 0,022 \cdot \left( \frac{K_c \cdot V_{s1}}{100} \right)^2 + \frac{2,8}{(V_{s1C} - K_c \cdot V_{s1})} - \frac{2,8}{V_{s1C}}$$

$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

I calcoli sono stati eseguiti inoltre tenendo conto dei seguenti dati di input:

- assetto sismostratigrafico ottenuto fino a 15 m di profondità dalla misura HVSR e con i parametri caratteristici dei terreni ( $V_s$ ;  $\gamma$ )
- accelerazione massima:  $a_{max}=0,191g$
- magnitudo massima attesa:  $M_w=5.42$
- distanza epicentrale del terremoto di riferimento:  $R=19,7$  Km
- profondità falda dal p.c.: 2 m

I risultati ottenuti con il software EPC sono di seguito rappresentati:

**VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**

**DATI INSERITI**

$N_{max} = 2$      $N_{max}g = 0,191$      $M_w = 5,42$     **EPC EDITORE**

**STRATIGRAFIA TERRENO**     $R_{vs} = 15,00$

| PRIMO STRATO     |                   | SECONDO STRATO    |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Parametri        | Parametri         | Parametri         | Parametri         |
| $H_1 = 0,8$      | $H_2 = 1$         | $H_3 = 11,4$      | $H_4 = 3$         |
| $\gamma = 1,8$   | $\gamma = 1,5$    | $\gamma = 1,8$    | $\gamma = 1,5$    |
| $V_s = 191,683$  | $V_s = 242,376$   | $V_s = 324,489$   | $V_s = 191,683$   |
| $V_{vs} = 214$   | $V_{vs} = 214$    | $V_{vs} = 214$    | $V_{vs} = 214$    |
| $S_u = 0,0$      | $S_u = 0,0$       | $S_u = 0,0$       | $S_u = 0,0$       |
| $I_d = 1$        | $I_d = 1$         | $I_d = 1$         | $I_d = 1$         |
| $V_{vs} = 57,01$ | $V_{vs} = 242,11$ | $V_{vs} = 242,11$ | $V_{vs} = 242,11$ |

**TEORIE DI CALCOLO**

ANALISI SISMOLOGICA (2000)

Committente: LEGA NAVALE ITALIANA  
 Riferimento: SEDE DI PESCARA  
 Località: PESCARA    Prov: PE  
 Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

MENU PRINCIPALE    ANALISI SISMOLOGICA

**VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE**  
 (DA PROVE SISMICHE)

**EPC EDITORE**    **METODO DI ANDRUS E STOKOE (2000)**

**FORMULE:**

$$V_{vs} = V_s \left( \frac{1}{\sigma'_{vs}} \right)^{0,25}$$

$$CRR = 0,022 \left[ \frac{K_c \cdot V_{vs}}{100} \right]^{1,5} \left( \frac{2,8}{V_{vs} - K_c \cdot V_{vs}} \right)^{1,5} \frac{2,8}{V_{vs}}$$

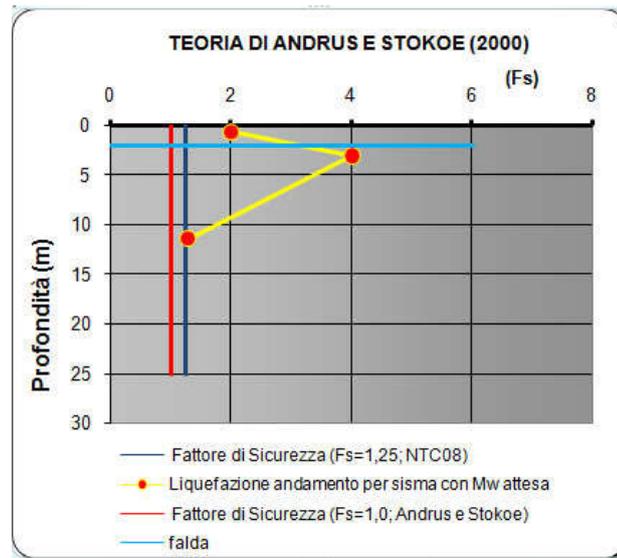
$$CSR = \frac{\tau_{av}}{\sigma'_{vs}} = 0,65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \frac{\sigma_{vs}}{\sigma'_{vs}} \cdot r_d \cdot \frac{1}{MSF}$$

**RISULTATI:**

| Spessore   | 1° STRATO                   | 2° STRATO          | 3° STRATO      |                |
|--|-----------------------------|--------------------|----------------|----------------|
| Spessore   | 0,8                         | 3                  | 11,4           |                |
| $V_{vs}$   | 191,683                     | 242,376            | 324,489        |                |
| $CRR$  | 0,084                       | 0,202              | 0,087          |                |
| $CSR$  | 0,042                       | 0,050              | 0,068          |                |
| $I_d$  | 1,00                        | 0,98               | 0,87           |                |
| $1 < F_s = CRR \cdot CSR$  | $M_w = 5,42$ $F_s$          | 1,904              | 4,004          | 1,289          |
|  |                             | Assenza di Falda   | Venivole       | Venivole       |
| $1,25 < F_s = CRR \cdot CSR$                                     | $M_w = 5,42$ $F_s$ (minimo) | 1,904              | 4,004          | 1,289          |
|  |                             | Assenza di Falda   | Venivole       | Venivole       |
| <b>RISCHIO di Liquefazione (Iwasaki et al. 1978)</b>             |                             | <b>Molto Basso</b> |                |                |
| <b>PROBABILITA' di Liquefazione (Jiang et al. 2001) [P, (%)]</b> |                             | 0,00               | 0,00           | 0,13           |
| <b>SUSCETTIBILITA' di Liquefazione (Jiang et al. 2001)</b>       |                             | Liquid incerta     | Liquid incerta | Liquid incerta |

Committente: LEGA NAVALE ITALIANA  
 Riferimento: SEDE DI PESCARA  
 Località: PESCARA    Prov: PE  
 Oggetto: STUDIO GEOLOGICO

STRATIGRAFIA 3



Dai calcoli eseguiti si evince che i depositi sabbiosi presenti nel sottosuolo fino a 15 m di profondità ed oltre non sono liquefacibili in quanto il Fattore di sicurezza  $F_s$  è sempre maggiore di 1,25, stabilito dalle NTC08.

## 10 ANALISI DEGLI SCENARI DI PERICOLOSITA'

Nella tabella seguente sono riepilogati gli scenari di pericolosità che interessano l'area della Lega Navale su cui sono previsti gli interventi di riqualificazione.

| <b>Pericolosità idrogeologica</b> |                 | Note  |
|-----------------------------------|-----------------|---|
| pericolosità da frana             | assente         |   |
| pericolosità da esondazione       | <b>presente</b> | Area a pericolosità idraulica elevata P3      |
| pericolosità da erosione          | assente         |   |
| pericolosità per crollo massi     | assente         |   |
| <b>Pericolosità per cavità</b>    | assente         |   |
| <b>Pericolosità sismica</b>       |                 |   |
| <u>vicinanza a faglie attive</u>  | assente         |   |
| <u>fenomeni d'instabilità</u>     |                 |   |
| - pendii                          | assente         |   |
| - frane e scarpate                | assente         |   |
| - versanti rocciosi               | assente         |   |
| - liquefazione                    | assente         | Fs>1,25                                       |
| <u>fenomeni di amplificazione</u> |                 |   |
| - effetti di bordo (versante)     | assente         |   |
| - effetti topografici             | assente         | St=1  |
| - effetti stratigrafici           | <b>presente</b> | Fattore di amplificazione da normativa Ss=1,5 |

## 11 RIEPILOGO RISULTATI E CONCLUSIONI

Si riepilogano di seguito i risultati delle indagini e degli studi geologici eseguiti nell'area in cui sono previsti gli interventi per la riqualificazione della sede di Pescara della Lega Navale.

- Il modello geologico e geotecnico locale è sintetizzato nello schema seguente

| MODELLO GEOLOGICO |          |                                       | MODELLO GEOTECNICO |              |  |
|-------------------|----------|---------------------------------------|--------------------|--------------|--|
| Strato            | Spessore | Descrizione                           | Unità              | Spessore (m) | Parametri geotecnici caratteristici k  |
| 1                 | 1,8      | Depositi sabbiosi di spiaggia attuali | 1                  | 1,8          | $\gamma = 19 \text{ KN/mc}$<br>$\phi' = 31^\circ$<br>$c' = 0 \text{ KN/mq}$<br>$Dr = 72\%$<br>$E = 22,2 \text{ KN/mq}$ |
| 2                 | 8,2      | Sabbie moderatamente addensate        | 2                  | 3,8          | $\gamma = 18 \text{ KN/mc}$<br>$\phi' = 26^\circ$<br>$c' = 0 \text{ KN/mq}$<br>$Dr = 34\%$<br>$E = 10,1 \text{ KN/mq}$ |
|                   |          | Sabbie addensate                      | 3                  | 4,4          | $\gamma = 19 \text{ KN/mc}$<br>$\phi' = 33^\circ$<br>$c' = 0 \text{ KN/mq}$<br>$Dr = 48\%$<br>$E = 26,3 \text{ KN/mq}$ |

Le Unità geotecniche sabbiose 1 e 3 hanno caratteristiche geotecniche superiori a quelle dell'Unità intermedia 2, ma nel complesso le caratteristiche di resistenza, di compressibilità e di capacità portante dei litotipi sono certamente compatibili con i modesti carichi indotti dalle strutture da realizzare.

La composizione granulometrica delle sabbie è prettamente incoerente; di conseguenza, il decorso tensionale avverrà in condizioni drenate ( $C_u=0$ ;  $\phi' \neq 0$ ) ed in termini di tensioni efficaci sia nel breve sia nel lungo periodo.

- L'azione sismica di progetto è stata definita con l'approccio semplificato della RSL previsto dalla normativa. La velocità media delle onde di taglio entro 30 m di profondità  $V_{s30}$ , ricavata dalla misura sismica HVSR eseguita in sito, è di 302 m/s che porta a classificare il sottosuolo nella **Categoria C**. Dal punto di vista della pericolosità sismica, l'area è Stabile ma suscettibile di amplificazione per effetti stratigrafici (cfr. Studio di MS) e il Fattore di amplificazione  $S_s$  di normativa è pari a 1,5. Non vi sono effetti di amplificazione dovuti all'assetto topografico in quanto il sito è pianeggiante e la **Categoria topografica è la T1** ( $St=1$ ); conseguentemente l'accelerazione massima attesa al suolo  $Se(0)$  allo SLV è pari a 0,191g.

Si riepilogano di seguito i parametri sismici significativi che definiscono l'azione sismica ai vari SL.

|           | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Tr [anni] | 30    | 50    | 475   | 975   |
| ag [g]    | 0,043 | 0,054 | 0,127 | 0,163 |
| Fo        | 2,486 | 2,475 | 2,546 | 2,530 |

|   |                            |  |  |                           |               |
|---|----------------------------|--|--|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> |  |  | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            |  |  | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 41 di 58 |

|            |       |       |       |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| Tc* [s]    | 0,284 | 0,310 | 0,373 | 0,401 |
| Ss         | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,452 |
| St         | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| S          | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,452 |
| Cc         | 1,591 | 1,545 | 1,454 | 1,420 |
| TB [s]     | 0,151 | 0,160 | 0,181 | 0,190 |
| TC [s]     | 0,452 | 0,480 | 0,542 | 0,569 |
| TD [s]     | 1,773 | 1,816 | 2,109 | 2,254 |
| Se(0) [g]  | 0,065 | 0,081 | 0,191 | 0,237 |
| Se(TB) [g] | 0,161 | 0,200 | 0,486 | 0,600 |
| Kh         | 0,013 | 0,016 | 0,047 | 0,058 |
| Kv         | 0,007 | 0,008 | 0,024 | 0,029 |
| Beta       | 0,200 | 0,200 | 0,240 | 0,240 |

- La verifica numerica alla liquefazione, condotta sulla base dei risultati della misura sismica, ha evidenziato Fattori di sicurezza  $F_s > 1,25$ . Pertanto si esclude la possibilità di liquefazione nei depositi sabbiosi presenti. Si escludono inoltre nell'area esaminata scenari di pericolosità per la riattivazione di frane, per erosione, per crollo massi, per cavità, per la vicinanza di faglie attive
- L'area di studio è indicata nel PSDA regionale a pericolosità idraulica elevata P3. Pertanto, gli interventi da realizzare dovranno essere conformi a quanto disposto nell'art. 20 delle Norme di attuazione.

In conclusione, lo Studio condotto ha accertato la fattibilità geologica dei lavori di riqualificazione previsti. La progettazione strutturale delle opere dovrà tener conto della modellazione geologica, geotecnica e sismica locale emersa dallo Studio e il calcolo andrà verificato in virtù della combinazione delle azioni strutturali, geotecniche e di equilibrio (A+M+R) in modo che il valore di progetto dell'*Effetto delle azioni Ed* sia inferiore o uguale alla *Resistenza di progetto Rd*.

**geol. Armando MAZZEI**

|   |                            |                           |               |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 42 di 58 |

## 12 ALLEGATI

Alla presente relazione si allegano:

### **Allegato 1: Tavole**

- Tav. 1: ubicazione del sito su base C.T.R.
- Tav. 2: stralcio della Carta della pericolosità idraulica (PSDA, 2016)
- Tav. 3: stralcio della Carta geologica d'Italia, Progetto CARG, Foglio 351 "Pescara"
- Tav. 4: stralcio della Carta geologico-tecnica dello Studio di MS di Pescara
- Tav. 5: stralcio della Carta delle MOPS dello Studio di MS di Pescara

### **Allegato 2: Prove penetrometriche dinamiche DPSH**

### **Allegato 3: Misura sismica passiva HVSR**

|   |                            |                           |               |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 43 di 58 |

### 13 BIBLIOGRAFIA

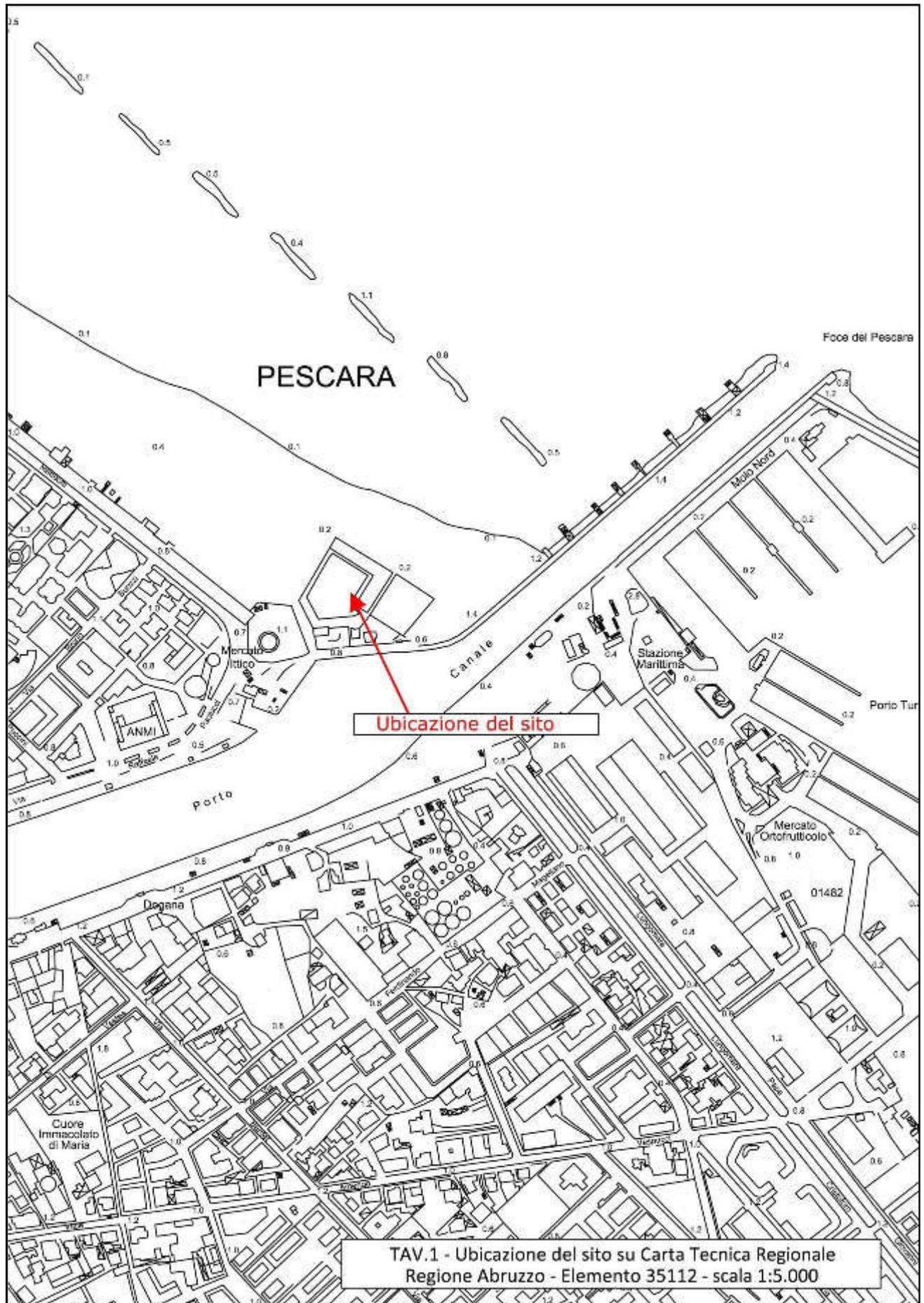
- Alberti A., Lipparini T., Stampanoni G. (1967)* – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 141 (Pescara). Servizio Geologico d'Italia
- Ambrosetti P., Carraro F., Deiana G., Dramis F. (1982)* – Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore ed il Pliocene medio. Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl. n. 513 del P. G. Geod. C.N.R.
- Argani A., Artoni A., Ori G.G. & Roveri M. (1991)* – L'avanfossa centro-adriatica. Stili strutturali e sedimentazione. Studi Geologici Camerti, vol. spec. (1991/1), 371-381
- Balduzzi A., Crescenti U., D'Amato C., Tonna M. (1980)* – Il Plio-Pleistocene del sottosuolo Abruzzese-Marchigiano tra Ascoli Piceno e Pescara. Geol. Rom. n. 19
- Barsanti P., D'Intinosante V., Ferrini M. & Signanini P. (2000)* – Note sulla sismica a rifrazione con onde di taglio per la caratterizzazione sismica dei terreni. Atti del XIX Convegno Nazionale GNGTS, Roma.
- Bigi S. et alii (1995)* – La fascia periadriatica marchigiano-abruzzese dal Pliocene medio ai tempi attuali: evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologica. Studi Geologici Camerti, vol. spec. (1996/1)
- Bigi S., Centamore E. & Nisio S. (1996/b)* – Caratteri geologico-strutturali dell'area pedeappenninica marchigiano-abruzzese durante il Pleistocene. Studi Geologici Camerti, 14
- Cantalamessa G., Casnedi R., Centamore E., Chiocchini U., Colalongo M. L., Crescenti U., Micarelli A., Nanni T., Pasini G., Potetti M., Ricci Lucchi F. in collaborazione dell'AGIP Minerariae di Cristallini C. e di Di Lorito L. (1986)* – Il Plio-pleistocene marchigiano abruzzese Cong. Soc. Geol. d'Ital. 73
- Casnedi R., Crescenti U., Tonna M. (1982)* – Evoluzione dell'avanfossa adriatica meridionale nel Pleistocene sulla base dei dati del sottosuolo abruzzese. Mem. Soc. Geol. d'Ital. 24
- CNR-GNDT (1986)* – Attività nel settore della difesa dai terremoti.
- Del Monte M., Di Bucci D. & Trigari A. (1996)* – Assetto morfotettonico della regione compresa tra la Maiella e il Mare Adriatico. Mem. Soc. Geol. It, 51
- Dramis F. (1992)* – Il ruolo dei sollevamenti tettonici a largo raggio nella genesi del rilievo appenninico. Studi Geologici Camerti, vol. spec. 1992/1
- Gruppo di Lavoro (2004)* – Redazione della Mappa di pericolosità sismica prevista dall'OPCM 3274/2003. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile.
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale* – Carta geologica d'Italia 1:50.000 Foglio 351 Pescara – Progetto CARG
- Locati M., et alii (2015)* – Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani DBMI15.
- Rovida A., et alii (2015)* – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15
- Nakamura Y. (1989)* – A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Q.R. of R.T.R.I.
- Regione Abruzzo: Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (2008)*
- Sesame project (2004)* – Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements processing and interpretation.
- Vezzani L., Ghisetti F. (1998)* – *Regione Abruzzo: Carta geologica dell'Abruzzo*

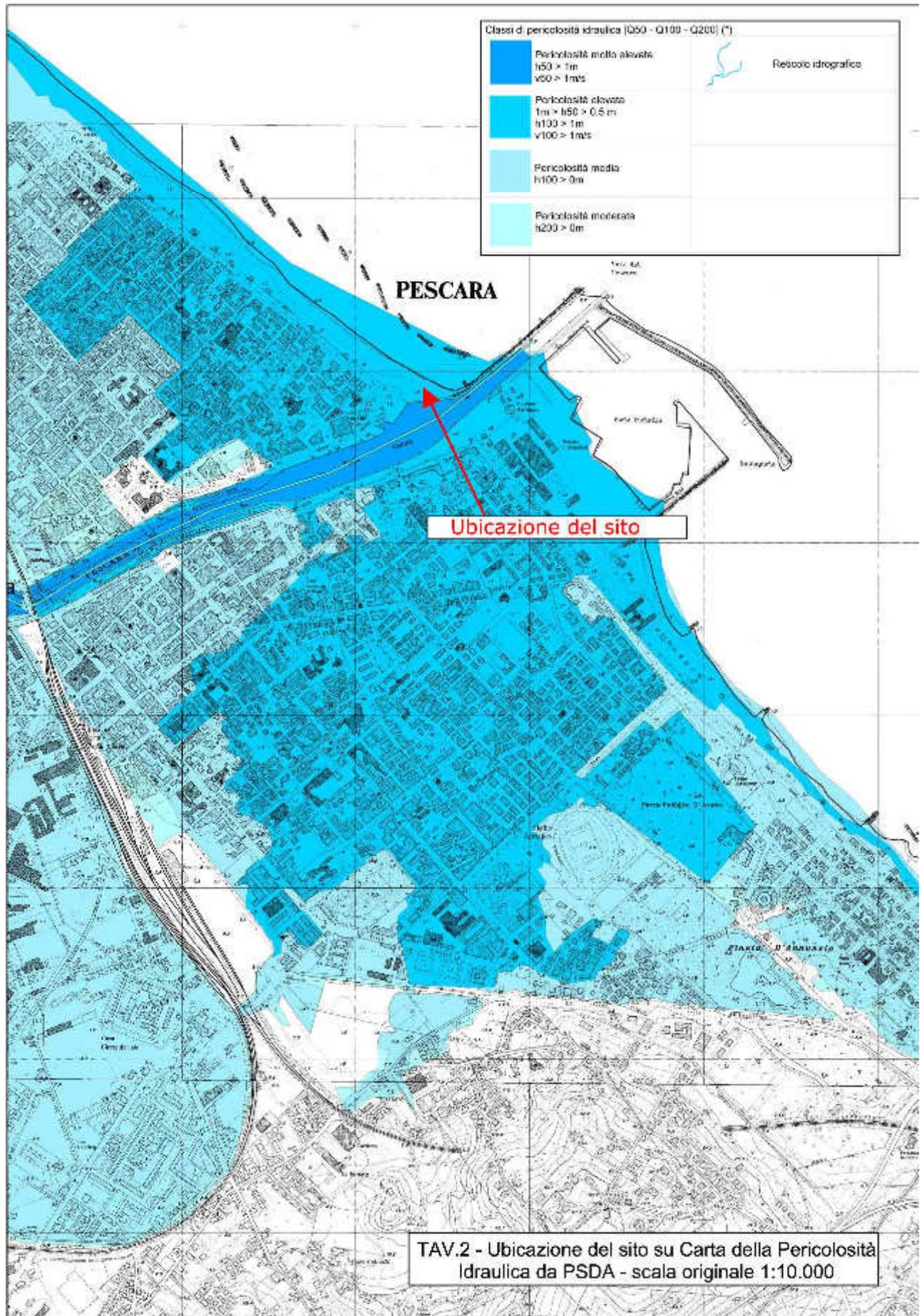
#### PRINCIPALI SITI INTERNET CONSULTATI

- <http://autoritabacini.regione.abruzzo.it>
- <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>
- <http://esse1.mi.ingv.it/>
- <http://www.regione.abruzzo.it>

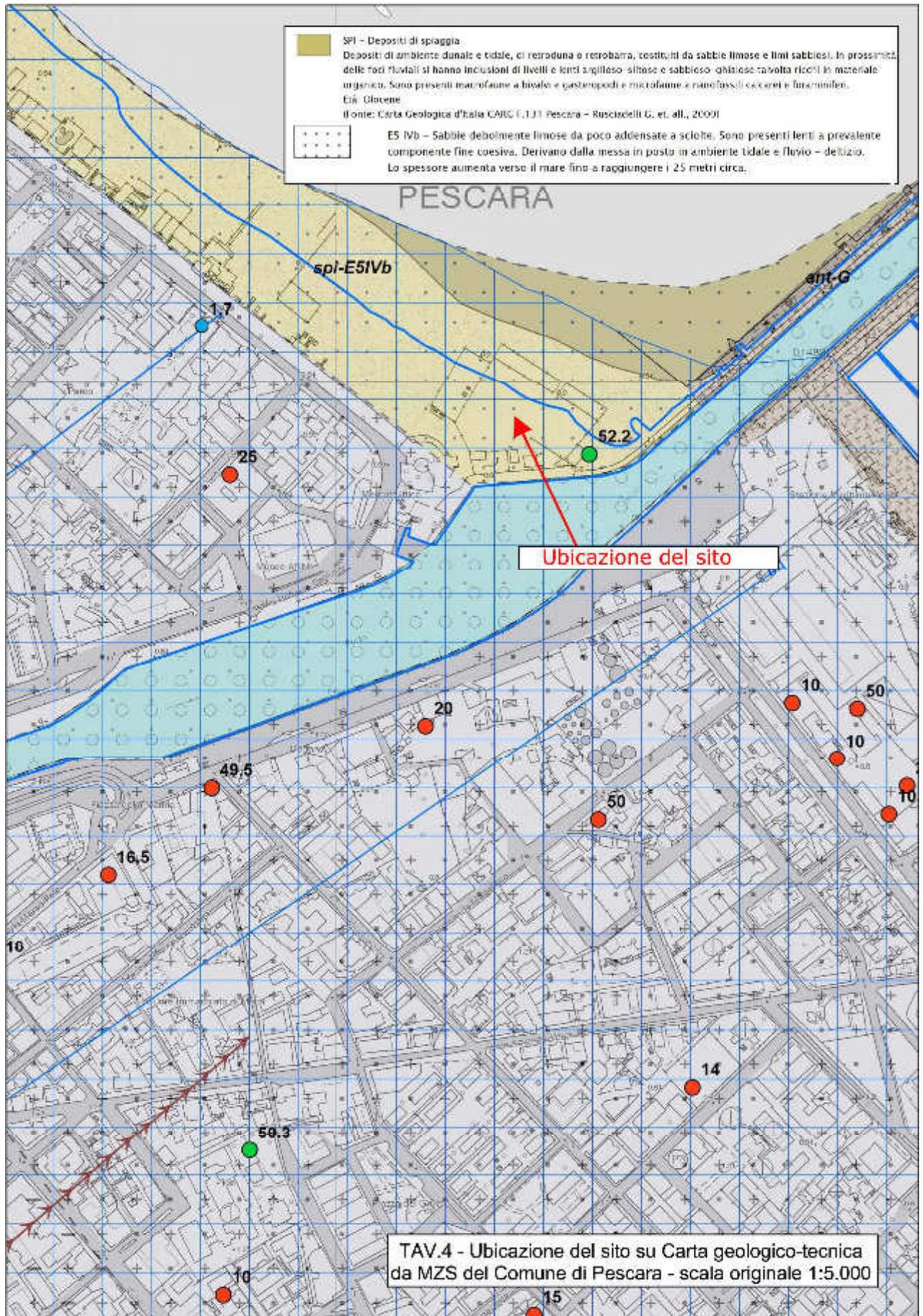
|   |                            |                           |               |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 44 di 58 |

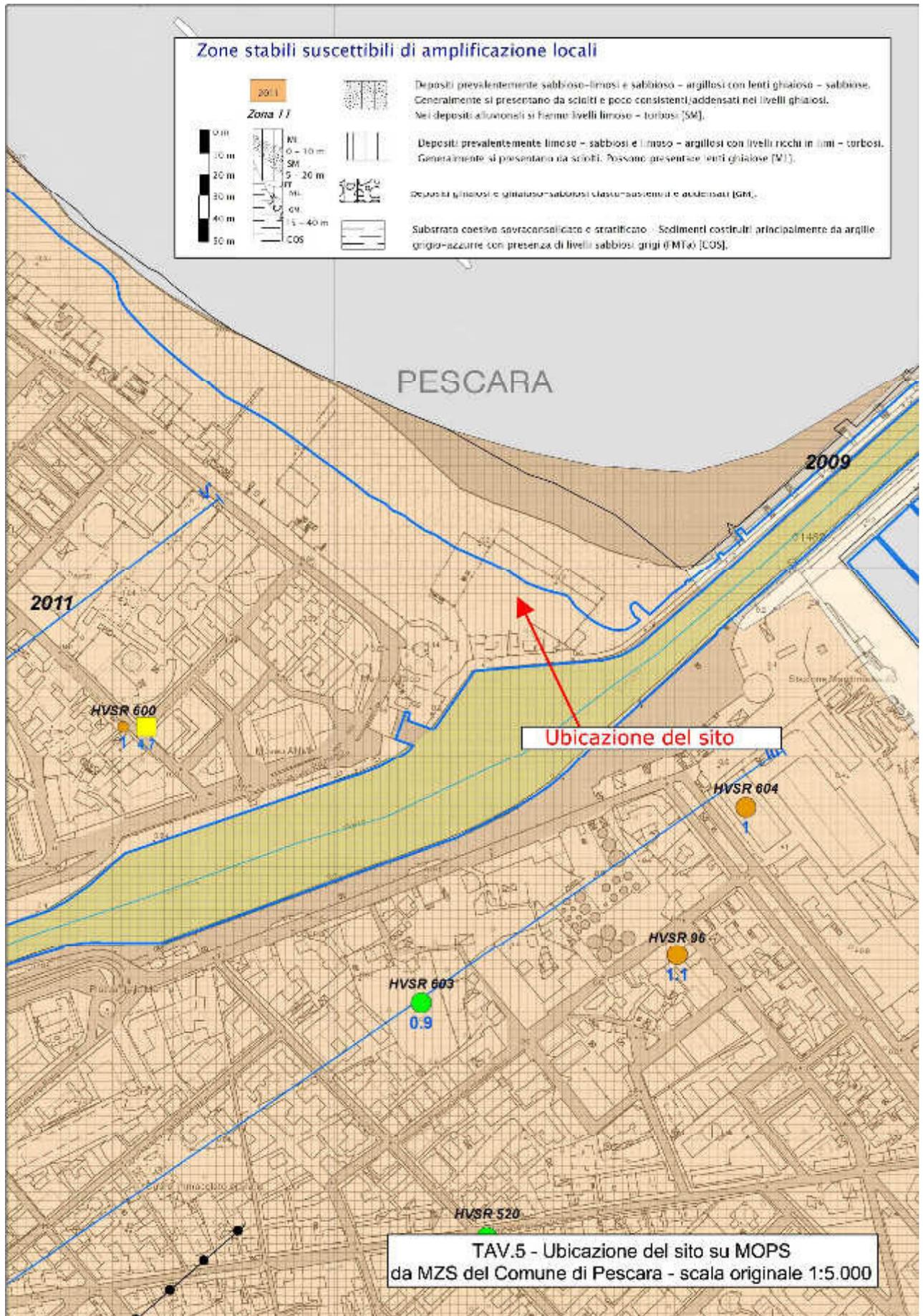
## ALLEGATO 1: Tavole











|   |                            |                           |               |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 50 di 58 |

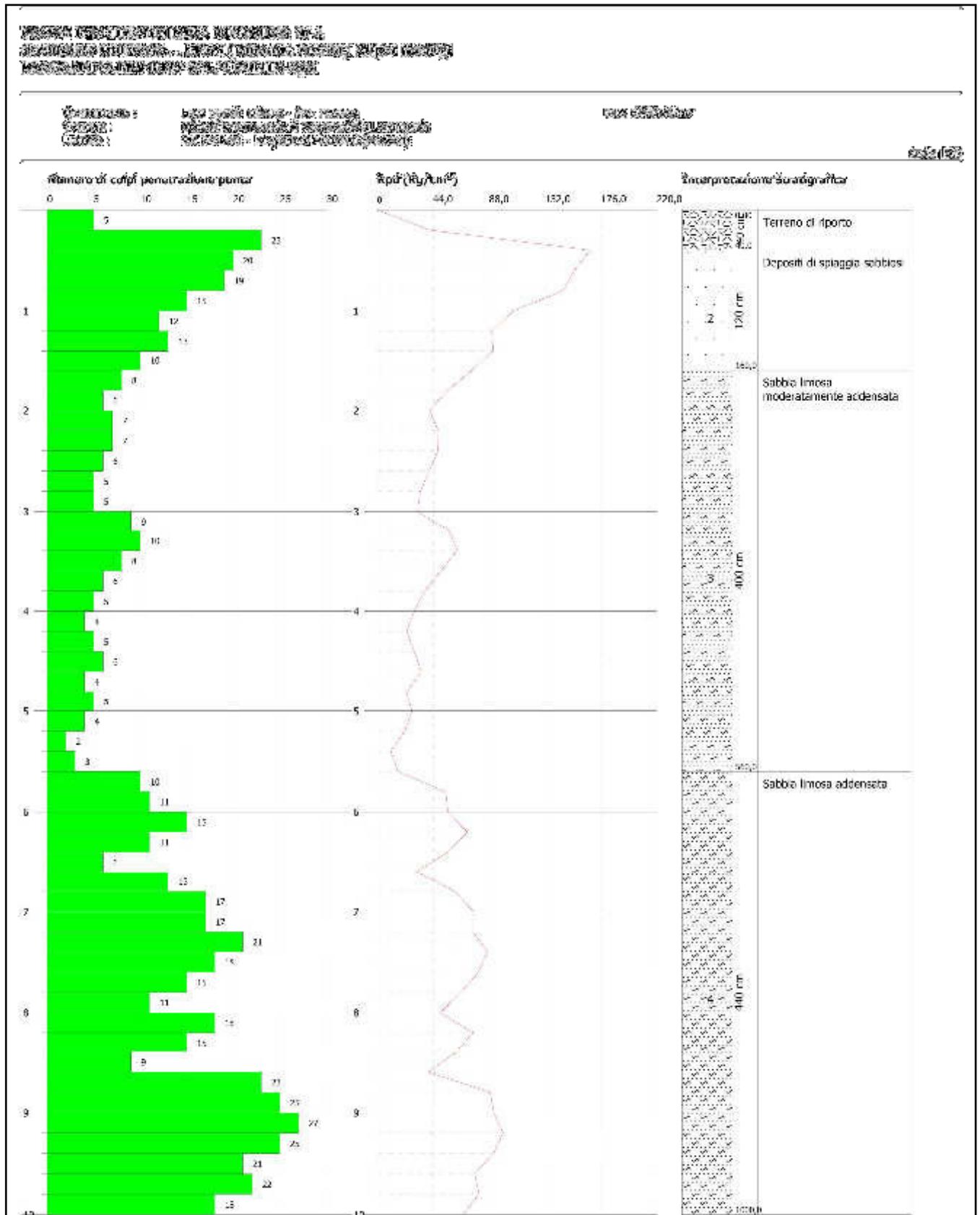
## ALLEGATO 2: Prove penetrometriche dinamiche DPSH

## PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Committente: Lega Navale – Sede di Pescara  
Cantiere: proposta progettuale per interventi di riqualificazione  
Località: Via Paolucci - Pescara  
Data prove: 03/05/2017

### Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

|                                 |                    |
|---------------------------------|--------------------|
| Rif. Norme                      | DIN 4094           |
| Peso Massa battente             | 63,5 Kg            |
| Altezza di caduta libera        | 0,75 m             |
| Peso sistema di battuta         | 8 Kg               |
| Diametro punta conica           | 50,46 mm           |
| Area di base punta              | 20 cm <sup>2</sup> |
| Lunghezza delle aste            | 1 m                |
| Peso aste a metro               | 6,3 Kg/m           |
| Profondità giunzione prima asta | 0,80 m             |
| Avanzamento punta               | 0,20 m             |
| Numero colpi per punta          | N(20)              |
| Coeff. Correlazione             | 1,504              |
| Rivestimento/fanghi             | No                 |
| Angolo di apertura punta        | 90 °               |



## PROVA DPSH1

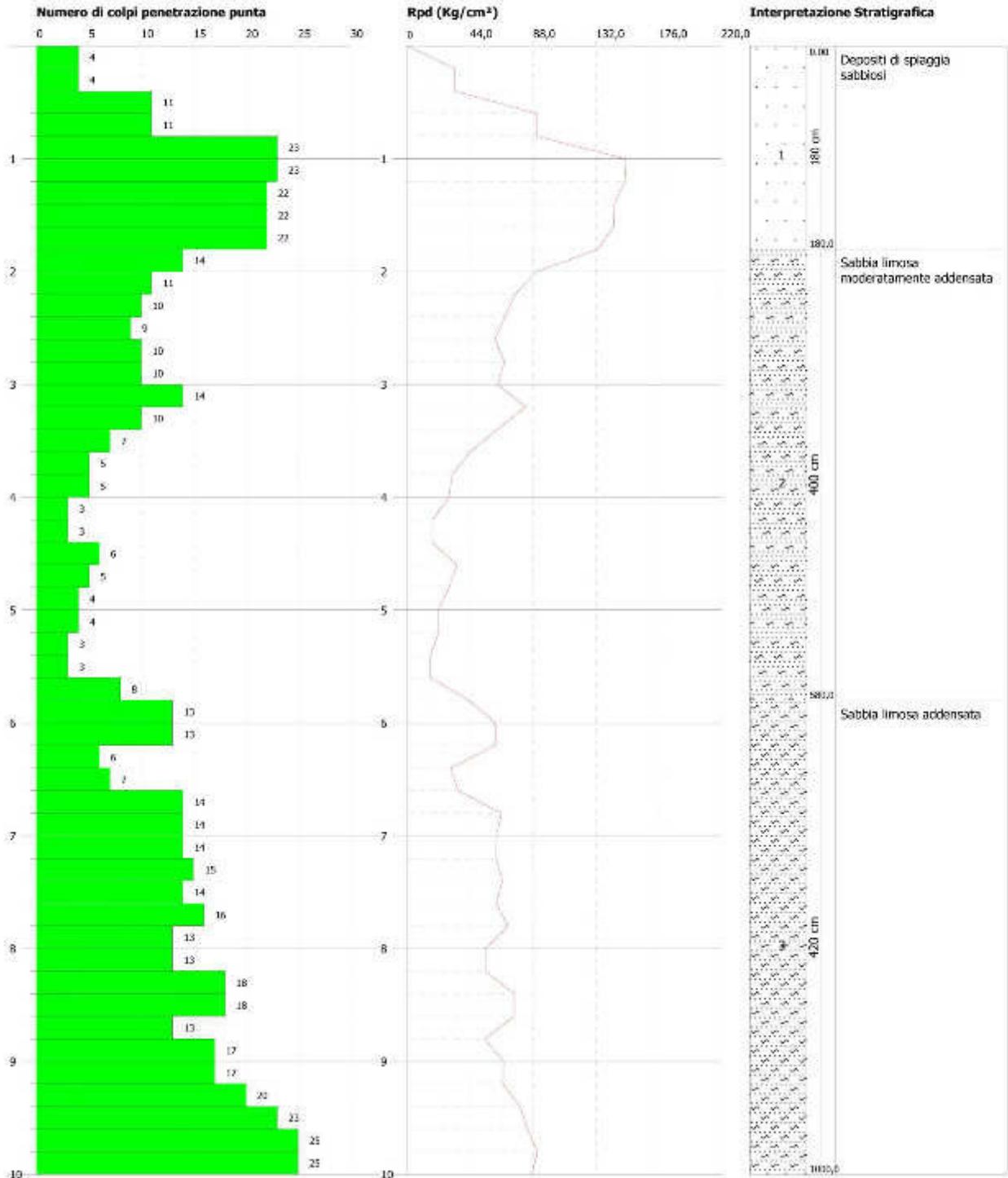
| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 0,20           | 5         | 0,855                              | 41,53                                       | 48,59                               |
| 0,40           | 23        | 0,751                              | 167,80                                      | 223,51                              |
| 0,60           | 20        | 0,797                              | 154,90                                      | 194,36                              |
| 0,80           | 19        | 0,793                              | 146,48                                      | 184,64                              |
| 1,00           | 15        | 0,790                              | 106,50                                      | 134,85                              |
| 1,20           | 12        | 0,836                              | 90,21                                       | 107,88                              |
| 1,40           | 13        | 0,783                              | 91,49                                       | 116,87                              |
| 1,60           | 10        | 0,830                              | 74,58                                       | 89,90                               |
| 1,80           | 8         | 0,826                              | 59,43                                       | 71,92                               |
| 2,00           | 6         | 0,823                              | 41,31                                       | 50,18                               |
| 2,20           | 7         | 0,820                              | 48,01                                       | 58,54                               |
| 2,40           | 7         | 0,817                              | 47,84                                       | 58,54                               |
| 2,60           | 6         | 0,814                              | 40,86                                       | 50,18                               |
| 2,80           | 5         | 0,811                              | 33,93                                       | 41,82                               |
| 3,00           | 5         | 0,809                              | 31,61                                       | 39,09                               |
| 3,20           | 9         | 0,806                              | 56,72                                       | 70,37                               |
| 3,40           | 10        | 0,803                              | 62,81                                       | 78,18                               |
| 3,60           | 8         | 0,801                              | 50,09                                       | 62,55                               |
| 3,80           | 6         | 0,798                              | 37,45                                       | 46,91                               |
| 4,00           | 5         | 0,796                              | 29,22                                       | 36,70                               |
| 4,20           | 4         | 0,794                              | 23,30                                       | 29,36                               |
| 4,40           | 5         | 0,791                              | 29,05                                       | 36,70                               |
| 4,60           | 6         | 0,789                              | 34,76                                       | 44,04                               |
| 4,80           | 4         | 0,787                              | 23,11                                       | 29,36                               |
| 5,00           | 5         | 0,785                              | 27,15                                       | 34,59                               |
| 5,20           | 4         | 0,783                              | 21,66                                       | 27,67                               |
| 5,40           | 2         | 0,781                              | 10,81                                       | 13,83                               |
| 5,60           | 3         | 0,779                              | 16,17                                       | 20,75                               |
| 5,80           | 10        | 0,777                              | 53,77                                       | 69,17                               |
| 6,00           | 11        | 0,775                              | 55,79                                       | 71,94                               |
| 6,20           | 15        | 0,724                              | 71,00                                       | 98,10                               |
| 6,40           | 11        | 0,772                              | 55,54                                       | 71,94                               |
| 6,60           | 6         | 0,770                              | 30,23                                       | 39,24                               |
| 6,80           | 13        | 0,719                              | 61,11                                       | 85,02                               |
| 7,00           | 17        | 0,717                              | 75,62                                       | 105,44                              |
| 7,20           | 17        | 0,716                              | 75,46                                       | 105,44                              |
| 7,40           | 21        | 0,664                              | 86,50                                       | 130,25                              |
| 7,60           | 18        | 0,713                              | 79,57                                       | 111,64                              |
| 7,80           | 15        | 0,711                              | 66,17                                       | 93,03                               |
| 8,00           | 11        | 0,760                              | 49,30                                       | 64,87                               |
| 8,20           | 18        | 0,709                              | 75,22                                       | 106,15                              |
| 8,40           | 15        | 0,707                              | 62,56                                       | 88,46                               |
| 8,60           | 9         | 0,756                              | 40,12                                       | 53,08                               |
| 8,80           | 23        | 0,655                              | 88,81                                       | 135,64                              |
| 9,00           | 25        | 0,653                              | 91,83                                       | 140,53                              |
| 9,20           | 27        | 0,652                              | 99,00                                       | 151,77                              |
| 9,40           | 25        | 0,651                              | 91,50                                       | 140,53                              |
| 9,60           | 21        | 0,650                              | 76,72                                       | 118,04                              |
| 9,80           | 22        | 0,649                              | 80,24                                       | 123,67                              |
| 10,00          | 18        | 0,698                              | 67,44                                       | 96,65                               |

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2**  
**Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)**  
**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd**

Committente : Lega Navale Italiana - Sez. Pescara  
 Cantiere : Riqualificazione sede di Pescara della Lega navale  
 Località : Via Paolucci - Lungomare Matteotti (Pescara)

Data :03/05/2017

Scale 1:50



## PROVA DPSH2

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 0,20           | 4         | 0,855                              | 33,22                                       | 38,87                               |
| 0,40           | 4         | 0,851                              | 33,07                                       | 38,87                               |
| 0,60           | 11        | 0,847                              | 90,54                                       | 106,90                              |
| 0,80           | 11        | 0,843                              | 90,15                                       | 106,90                              |
| 1,00           | 23        | 0,740                              | 152,96                                      | 206,77                              |
| 1,20           | 23        | 0,736                              | 152,24                                      | 206,77                              |
| 1,40           | 22        | 0,733                              | 144,94                                      | 197,78                              |
| 1,60           | 22        | 0,730                              | 144,29                                      | 197,78                              |
| 1,80           | 22        | 0,726                              | 143,65                                      | 197,78                              |
| 2,00           | 14        | 0,773                              | 90,53                                       | 117,09                              |
| 2,20           | 11        | 0,820                              | 75,45                                       | 92,00                               |
| 2,40           | 10        | 0,817                              | 68,34                                       | 83,63                               |
| 2,60           | 9         | 0,814                              | 61,29                                       | 75,27                               |
| 2,80           | 10        | 0,811                              | 67,86                                       | 83,63                               |
| 3,00           | 10        | 0,809                              | 63,23                                       | 78,18                               |
| 3,20           | 14        | 0,756                              | 82,75                                       | 109,46                              |
| 3,40           | 10        | 0,803                              | 62,81                                       | 78,18                               |
| 3,60           | 7         | 0,801                              | 43,83                                       | 54,73                               |
| 3,80           | 5         | 0,798                              | 31,21                                       | 39,09                               |
| 4,00           | 5         | 0,796                              | 29,22                                       | 36,70                               |
| 4,20           | 3         | 0,794                              | 17,48                                       | 22,02                               |
| 4,40           | 3         | 0,791                              | 17,43                                       | 22,02                               |
| 4,60           | 6         | 0,789                              | 34,76                                       | 44,04                               |
| 4,80           | 5         | 0,787                              | 28,89                                       | 36,70                               |
| 5,00           | 4         | 0,785                              | 21,72                                       | 27,67                               |
| 5,20           | 4         | 0,783                              | 21,66                                       | 27,67                               |
| 5,40           | 3         | 0,781                              | 16,21                                       | 20,75                               |
| 5,60           | 3         | 0,779                              | 16,17                                       | 20,75                               |
| 5,80           | 8         | 0,777                              | 43,01                                       | 55,34                               |
| 6,00           | 13        | 0,725                              | 61,68                                       | 85,02                               |
| 6,20           | 13        | 0,724                              | 61,53                                       | 85,02                               |
| 6,40           | 6         | 0,772                              | 30,29                                       | 39,24                               |
| 6,60           | 7         | 0,770                              | 35,27                                       | 45,78                               |
| 6,80           | 14        | 0,719                              | 65,81                                       | 91,56                               |
| 7,00           | 14        | 0,717                              | 62,27                                       | 86,83                               |
| 7,20           | 14        | 0,716                              | 62,14                                       | 86,83                               |
| 7,40           | 15        | 0,714                              | 66,44                                       | 93,03                               |
| 7,60           | 14        | 0,713                              | 61,88                                       | 86,83                               |
| 7,80           | 16        | 0,711                              | 70,58                                       | 99,24                               |
| 8,00           | 13        | 0,710                              | 54,43                                       | 76,67                               |
| 8,20           | 13        | 0,709                              | 54,32                                       | 76,67                               |
| 8,40           | 18        | 0,707                              | 75,08                                       | 106,15                              |
| 8,60           | 18        | 0,706                              | 74,94                                       | 106,15                              |
| 8,80           | 13        | 0,705                              | 54,03                                       | 76,67                               |
| 9,00           | 17        | 0,703                              | 67,23                                       | 95,56                               |
| 9,20           | 17        | 0,702                              | 67,11                                       | 95,56                               |
| 9,40           | 20        | 0,701                              | 78,82                                       | 112,42                              |
| 9,60           | 23        | 0,650                              | 84,03                                       | 129,29                              |
| 9,80           | 25        | 0,649                              | 91,18                                       | 140,53                              |
| 10,00          | 25        | 0,648                              | 86,95                                       | 134,24                              |

|   |                            |                           |               |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------|
| <b>Geol. Armando Mazzei</b><br>Via Madonna degli Angeli, 75<br>66100 CHIETI<br>Tel. 0871.071162/338.5902384<br>e-mail:armandomazzei@virgilio.it | <b>RELAZIONE GEOLOGICA</b> | Codifica LNI_PD_Re04      |               |
|   |                            | Rev. 00<br>del 08/05/2017 | Pag. 56 di 58 |

## ALLEGATO 3: Misura sismica HVSR

**Committente: Lega Navale Italiana - Sede di Pescara**  
**Cantiere: Proposta progettuale per interventi di riqualificazione**  
**Località: Via Paolucci - Pescara**

Strumento: TEP-0028/01-09

Inizio registrazione: 03/05/17 09:20:18 Fine registrazione: 03/05/17 09:36:19

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

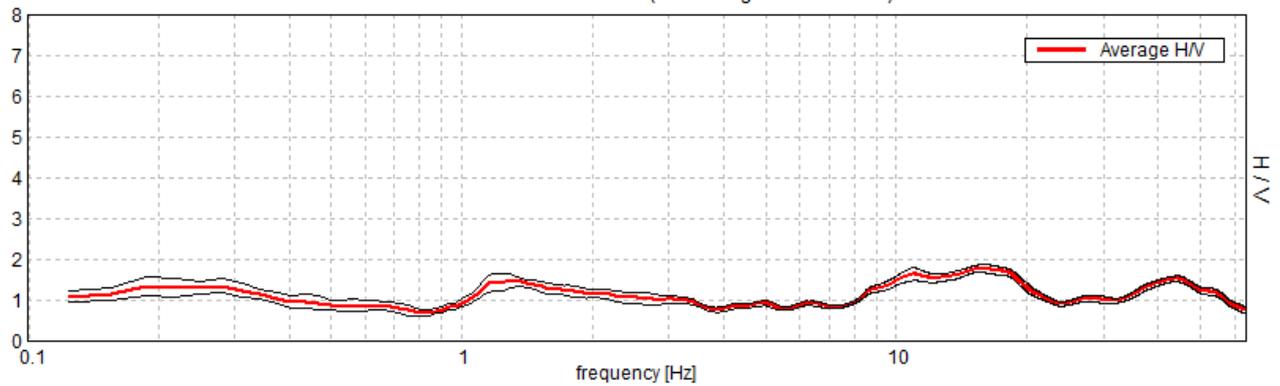
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

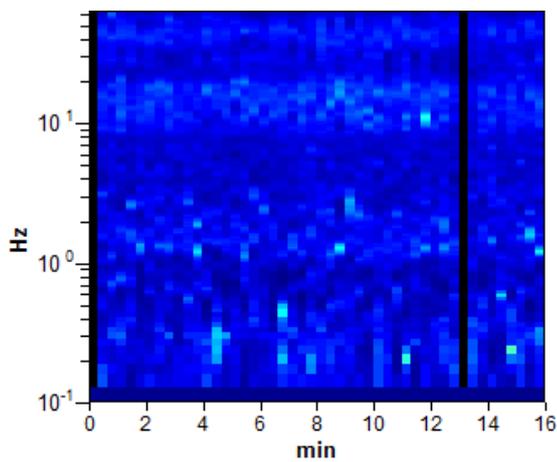
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

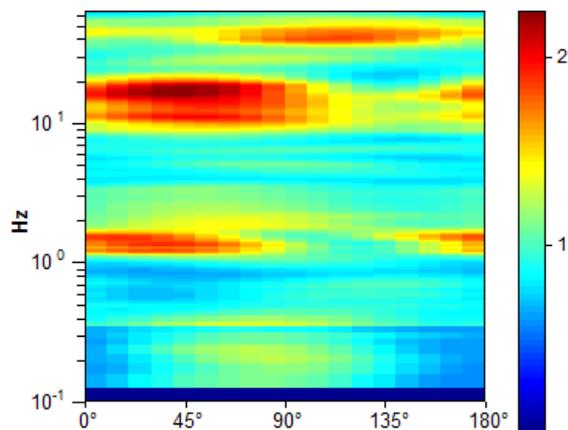
Max. H/V at 15.56 ± 0.78 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



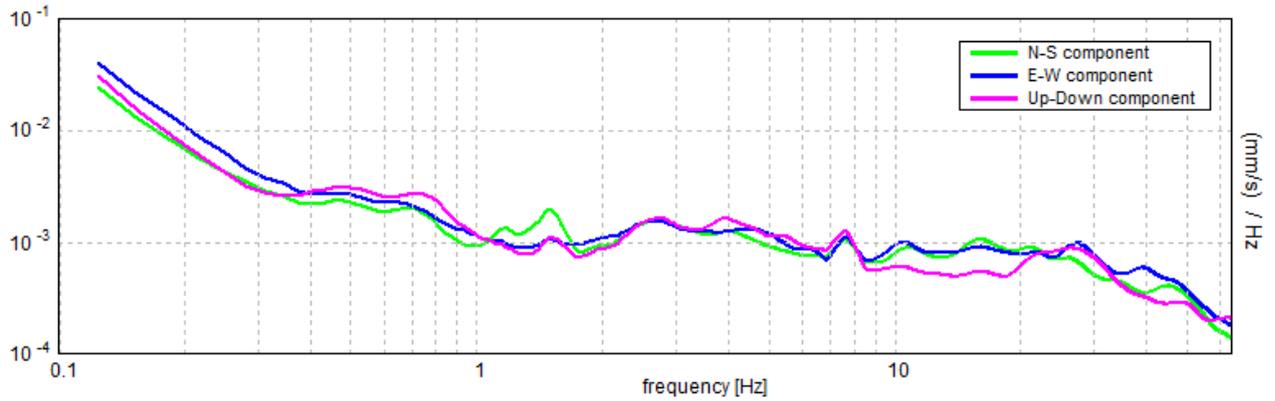
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

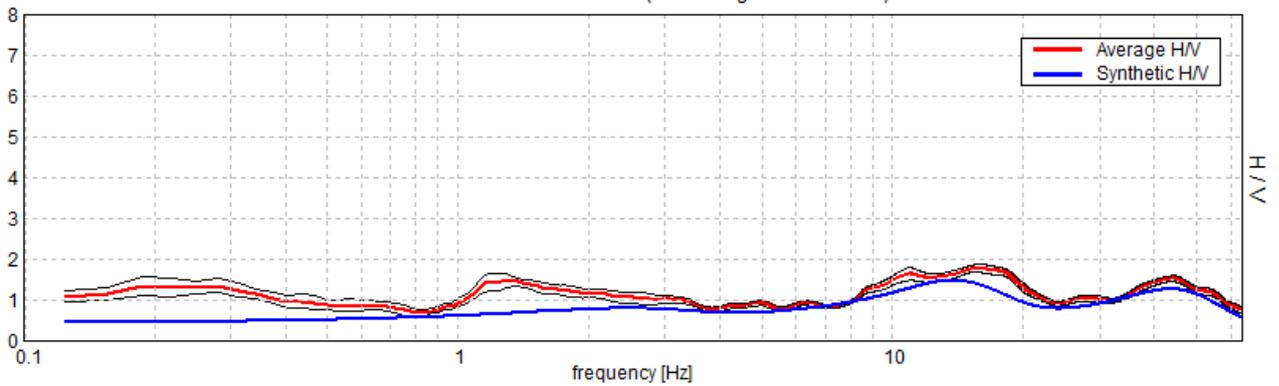


**SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI**



**H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO**

Max. H/V at 15.56 ± 0.78 Hz. (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



**Profondità alla base dello strato [m]**

0.60  
 3.60  
 30.60  
 inf.

**Spessore [m]**

0.60  
 3.00  
 27.00  
 inf.

**Vs [m/s]**

110  
 200  
 335  
 450

**Rapporto di Poisson**

0.35  
 0.35  
 0.35  
 0.35

**Vs(0.0-30.0)=302 m/s**

