



Autorità di Sistema Portuale
del Mare Adriatico Centrale



Porti di Pesaro, Falconara, Ancona, S.Benedetto, Pescara, Ortona, Vasto

PORTO DI ORTONA

**APPROFONDIMENTO DEI FONDALI MEDIANTE DRAGAGGIO E CONSOLIDAMENTO
DELLA BANCHINA DI RIVA**

C.U.P. J79J21012000006

INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLA BANCHINA - PRIMO TRATTO

**PNRR - Missione M5C3 "Interventi speciali per la coesione territoriale" - Investimento 4
"Interventi infrastrutturali per le Zone Economiche Speciali (ZES)"**

Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica

Il Responsabile unico del procedimento:

Ing. Gianluca Pellegrini

Il Progettista:

 Modimar
Project S.r.l.

Il Geologo:

Dott. Geol. Mattia Ippolito

23

002

FR

004

0

RELAZIONE GEOLOGICA

Data	Rev.	Descrizione	Redatto	Controllato	Verificato
14/06/2023	0	Emissione per Conferenza dei Servizi	Ippolito	Ippolito	Ippolito

SOMMARIO

SOMMARIO.....	1
1. PREMESSA	2
2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO.....	3
3. METODOLOGIA DI INDAGINE.....	4
4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
6. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	13
7. CARATTERI IDROGEOLOGICI.....	15
8. LITOSTRATIGRAFIA DEI TERRENI	16
9. SISMICITÀ DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI	18
10. CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE.....	19
11. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE.....	22
12. CONCLUSIONI	27

1. PREMESSA

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico, eseguito nel territorio comunale di Ortona (CH) a supporto del progetto denominato *"Porto di Ortona - Approfondimento dei fondali mediante dragaggio e consolidamento della Banchina di Riva"*.

L'intervento di cui trattasi interessa la banchina di Riva del porto di Ortona, infrastruttura situata all'interno dello specchio acqueo portuale e destinata al traffico commerciale.

La struttura, realizzata in anni differenti e con tipologie strutturali non omogenee, presenta una lunghezza complessiva di circa 560 m.

Un primo tratto della banchina di Riva, di sviluppo pari a circa 200 m, è stato realizzato negli anni '70 secondo la tipologia in massi sovrapposti, mentre un nuovo tratto di circa 250 m è stato realizzato negli anni '90.

L'obiettivo dell'intervento è quello di riqualificare e potenziare un'infrastruttura non più adeguata ai carichi e ai fondali richiesti per l'accosto dei moderni vettori commerciali marittimi.

L'intervento prevede l'adeguamento strutturale della banchina secondo i criteri previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni in vigore e assumendo una profondità di escavo dei fondali marini almeno sino alla quota di -9,0 m s.l.m.

Lo studio è finalizzato ad una prima valutazione delle litologie presenti, all'individuazione del trend morfoevolutivo, alla ricostruzione dell'ambito geologico, geomorfologico ed idrologico e idrogeologico in cui s'inserisce il sito di progetto.

L'inquadramento geologico e fisiografico dell'areale di studio risulta essere noto sia per la provincia geologica di appartenenza sia per la documentazione bibliografica esistente.

Per la ricostruzione dettagliata della litostratigrafia locale, con conseguente determinazione dei parametri geotecnici, e per la determinazione della categoria di sottosuolo è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche.

2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La normativa nazionale e regionale di riferimento è la seguente:

- D.M. 11/03/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- L.R. 26 Ottobre 1992 N°93 “Norme per lo snellimento di procedure per gli interventi di costruzione riparazione, sopraelevazione e ampliamento nelle zone dichiarate sismiche ai sensi della legge 2 febbraio 1974, n.64.”
- Circ. Dir. Centr. Tecn. N° 97/81 Istruzioni relative alle “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- D.M. 16 gennaio 1996 “Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- O.P.C.M. 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”.
- O.P.C.M. 28 aprile 2006 n° 3519 “criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006).
- O.P.C.M. 13 novembre 2010, n.3907 pubblicata nella G.U. 1 dicembre 2010, n.281, S.O.
- L.R. 16.09.1998 n.81 e L.R. 24.08.2001 n.43 – Servizio Difesa del Suolo – Autorità dei Bacini Regionali – “piano di stralcio di bacino per l’assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale abruzzesi e del bacino interregionale del fiume sangro L. 18.05.1989 n.183 art.17 comma 6 ter. edito dalla Regione Abruzzo Direzione Territorio Urbanistica, Beni Ambientali, Parchi, Politiche e Gestione dei Bacini Idrografici.
- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geognostiche e geotecniche (A.G.I., 1977).
- Testo Unitario sulle Norme Tecniche per le Costruzioni come da S.O. n. 159 pubblicato sulla G.U. del 23 settembre 2005, n.222.
- Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 recante “Norme Tecniche per le Costruzioni”

3. METODOLOGIA DI INDAGINE

Per acquisire le conoscenze anticipate in premessa, ricostruire l'assetto geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, litostratigrafico si è predisposta una metodologia di lavoro per step successivi, propedeutici e consequenziali.

Lo studio è stato quindi condotto attraverso le seguenti fasi:

- Sopralluoghi preliminari;
- Reperimento di materiale bibliografico (cartografia geologica da varie fonti e dal Servizio Geologico d'Italia, geomorfologica e pubblicazioni scientifiche);
- Ricerca di indagini geologiche, studi e rilievi geologici - geomorfologici svolti in precedenza nella stessa zona e in aree limitrofe;
- Esecuzione di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche;
- Elaborazione e interpretazione finale dei dati.

4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito oggetto di studio è ubicato in provincia di Chieti, a est del centro abitato di Ortona, all'interno dell'area portuale di Ortona (Fig.1).

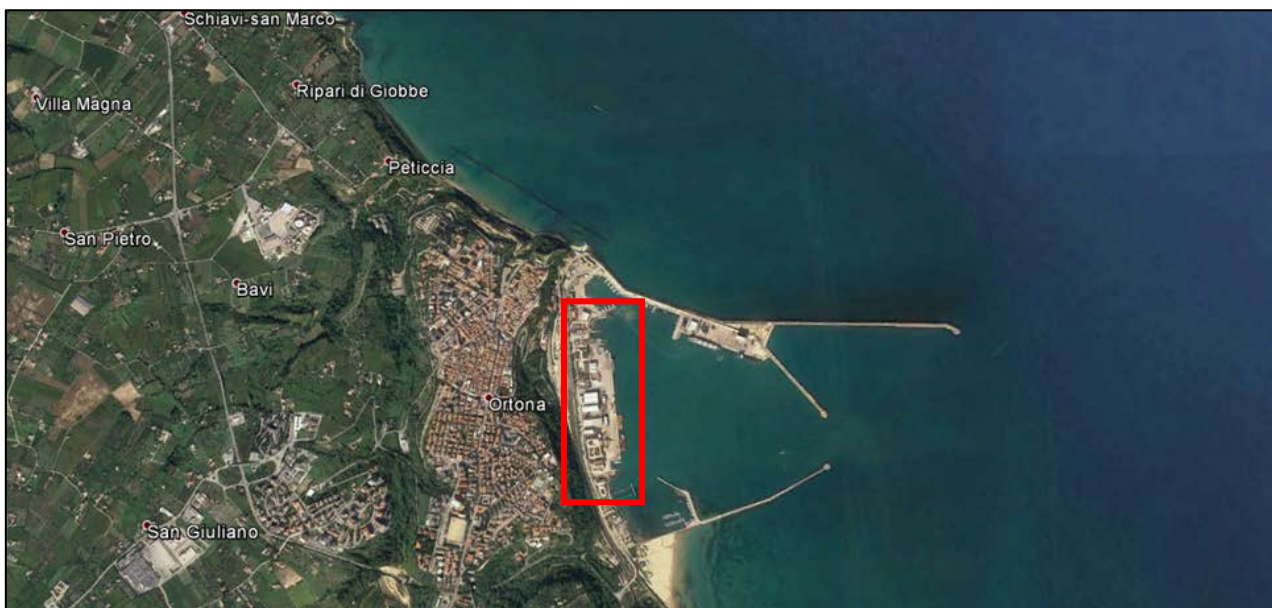


Figura 1 - Inquadramento geografico area di studio, indicata nel riquadro rosso, immagine da Google Earth.

L'area di studio rientra nel foglio 362 Ovest in scala 1:25.000 della Carta Topografica d'Italia di cui si riporta uno stralcio (fig. 2), ed è compresa negli elementi numero 362012, 362023, 362051, 362064 della Carta Tecnica Regionale (CTR) in scala 1:5.000 (fig. 3).

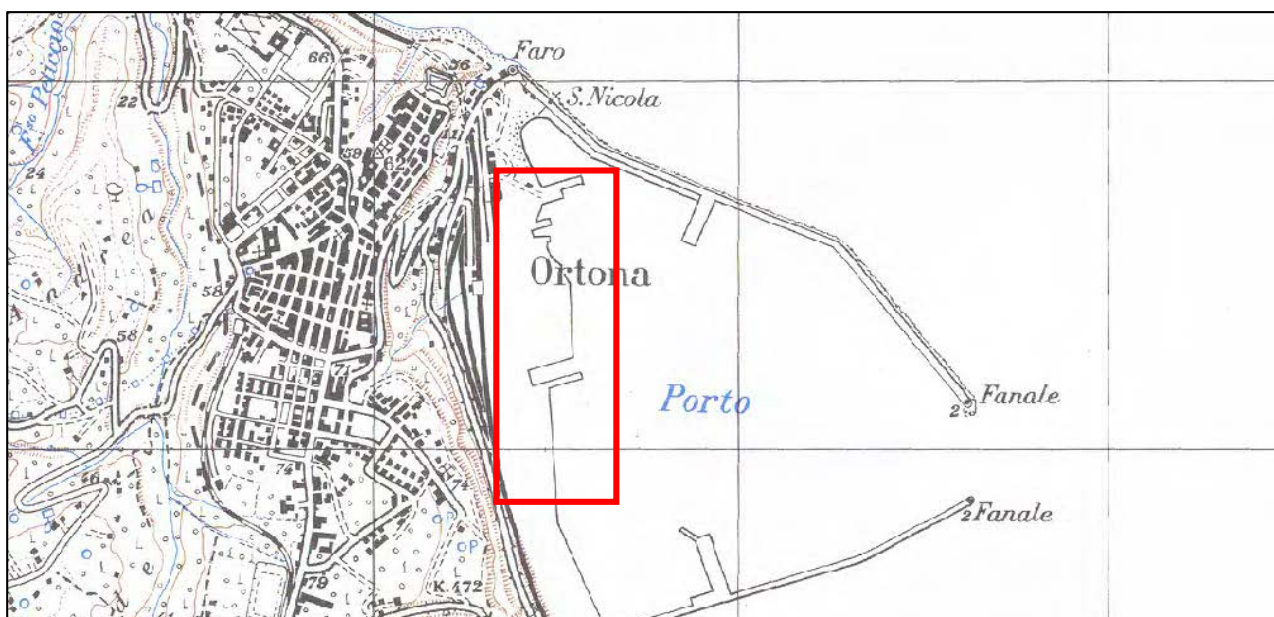


Figura 2 - Stralcio di Foglio 360 Est della Carta Topografica d'Italia in scala 1:25.000, nel riquadro rosso è indicata l'area di progetto.

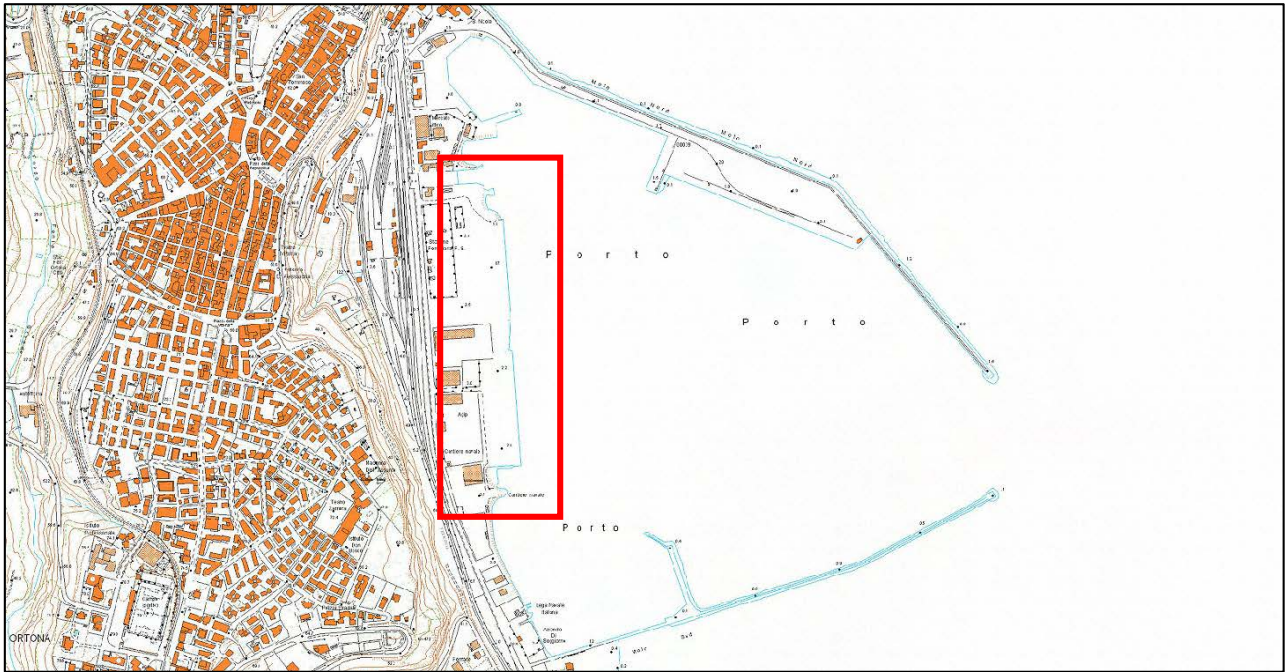


Figura 3 - Stralcio di Carta Tecnica Regionale (scala 1:5.000).

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Ortona si ubica all'interno della successione Plio-Pleistocenica adriatica di origine marina, che comprende una successione terrigena potente fino a 3.000 m e che marca il colmamento del settore centrale dell'Avanfossa periadriatica.

La successione del Plio-Pleistocene si è depositata in un'area a forte subsidenza, denominata "Bacino di Pescara", avente asse orientato circa NW-SE e separato a Sud dal Bacino Molisano mediante l'alto strutturale costituito dalla linea Villalfonsina-Casoli.

Dal punto di vista litologico, tali depositi sono costituiti da alternanze di argille, argille marnose, arenarie e sabbie con episodi clastici più grossolani (conglomerati).

In linea generale la successione presenta caratteristiche abbastanza omogenee, anche se a luoghi sono presenti numerose eteropie e differenti situazioni deposizionali in relazione soprattutto con l'accelerata evoluzione del bacino durante il Pliocene inf. e medio.

Si evidenziano, infatti, contatti di natura diversa con il sottostante Messiniano (in continuità o lacunoso) anche di età differenti.

Il substrato della successione Plio-Pleistocenica è costituito, nella parte occidentale dal Flysch della Laga, mentre ad Est ed a Sud dalla Formazione Gessoso-solfifera.

Il passaggio tra Miocene e Pliocene, pur non essendo ovunque continuo, avviene in continuità di sedimentazione presso i bordi della Maiella, ed è marcato dalla deposizione di un conglomerato di natura calcarea al di sopra del quale sono presenti marne argillose.

Il Pliocene inizia con sequenze argilloso-marnose più o meno limose, di spessore compreso tra poche decine di metri ed un centinaio di metri, attribuita ad una associazione di facies emipelagica.

Sopra tale facies, in continuità stratigrafica, compaiono livelli sabbioso-arenacei di origine torbidity legati all'approfondimento del bacino.

Durante la fase finale di deposizione della sequenza inferiore, il bacino si deforma e si imposta una subsidenza differenziale che causa l'ispessimento dei depositi torbidity nella parte meridionale del bacino, ed una discordanza stratigrafica nel settore settentrionale.

Con l'accentuarsi dell'azione orogenica, si ha un ulteriore spostamento verso Est e Sud dell'asse depocentrale del Bacino di Pescara; la trasgressione che segue questo periodo di deformazione differenziale non è coeva, bensì ringiovanisce spostandosi da NW a SE, passando dal Pliocene medio al Pliocene superiore.

A causa di questa crisi orogenica, la sequenza superiore ha modellato ed obliterato la morfologia precedente.

Si depongono depositi conglomeratici che si presentano in banchi lentiformi, tipici del loro ambiente deposizionale di delta e fan-delta ed anche di ambiente continentale fluviale.

Il resto della sequenza è costituito da argille limose grigio-azzurre.

La sequenza deposizionale Pleistocenica presenta le medesime caratteristiche, con prevalenza di argille grigio-azzurre, a luoghi limose con saltuari episodi sabbioso-conglomeratici. La ricostruzione ai fini applicativi delle situazioni geologiche di porzioni più o meno ampie del territorio non può prescindere da una fase di inquadramento nel più ampio contesto della configurazione geologica della regione.

La configurazione del territorio compreso nei confini del Comune è abbastanza articolata e varia, a luoghi relativamente semplice, a luoghi più complessa.

Essa si può schematizzare come una successione di terreni sedimentari diversi dal punto di vista litostratigrafico, facenti parte della formazione argilloso-sabbioso-conglomeratica di facies adriatica, che si stendono lungo la banda costiera abruzzese, appartenenti al bacino sedimentario della fossa adriatica: ne deriva una variabilità di costituzione del terreno, in termini di situazioni di superficie e di sottosuolo, spesso notevole tra siti posti anche a breve distanza tra loro.

Nell'area in esame affiorano i termini cronostratigrafici marini e continentali dal Pliocene all'Olocene. L'evoluzione sedimentologica procede dalle argille limose più o meno sabbiose del Pliocene superiore-Calabriano inferiore, per chiudersi con la fase di regressione del mare, con la deposizione di sedimenti a grana medio-grossolana.

Parallelamente all'evoluzione sedimentologica procede, con progressione discontinua, la regressione della linea di riva, dal Pliocene al Calabriano superiore.

Secondo le più recenti vedute sull'evoluzione tettonica dell'Appennino (C.N.R.), il territorio abruzzese risulta attraversato da alcune importanti linee di dislocazione tettonica, con andamento grosso modo NO-SE, corrispondenti a fronti di sovrascorrimento di importanza regionale, dal Tirreno all'Adriatico.

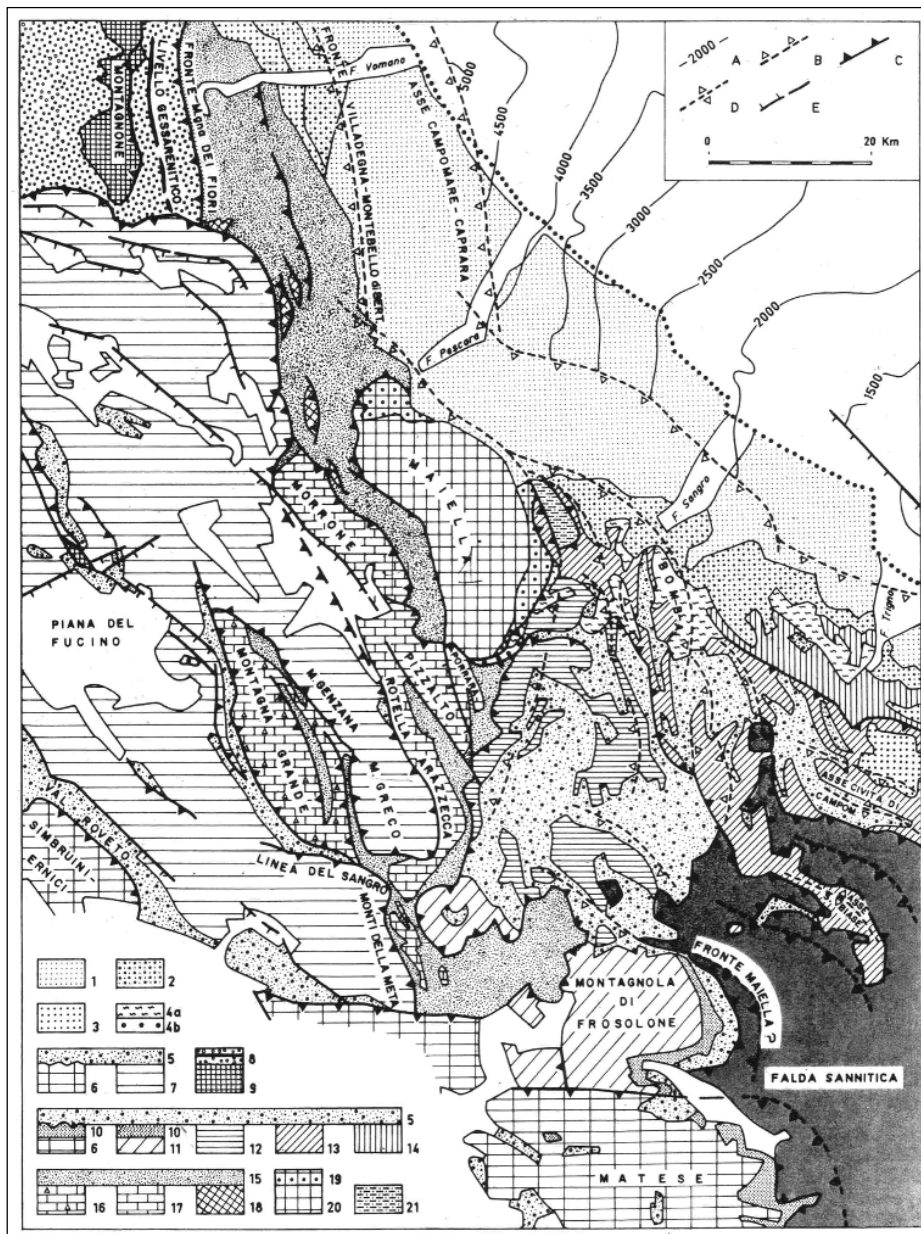
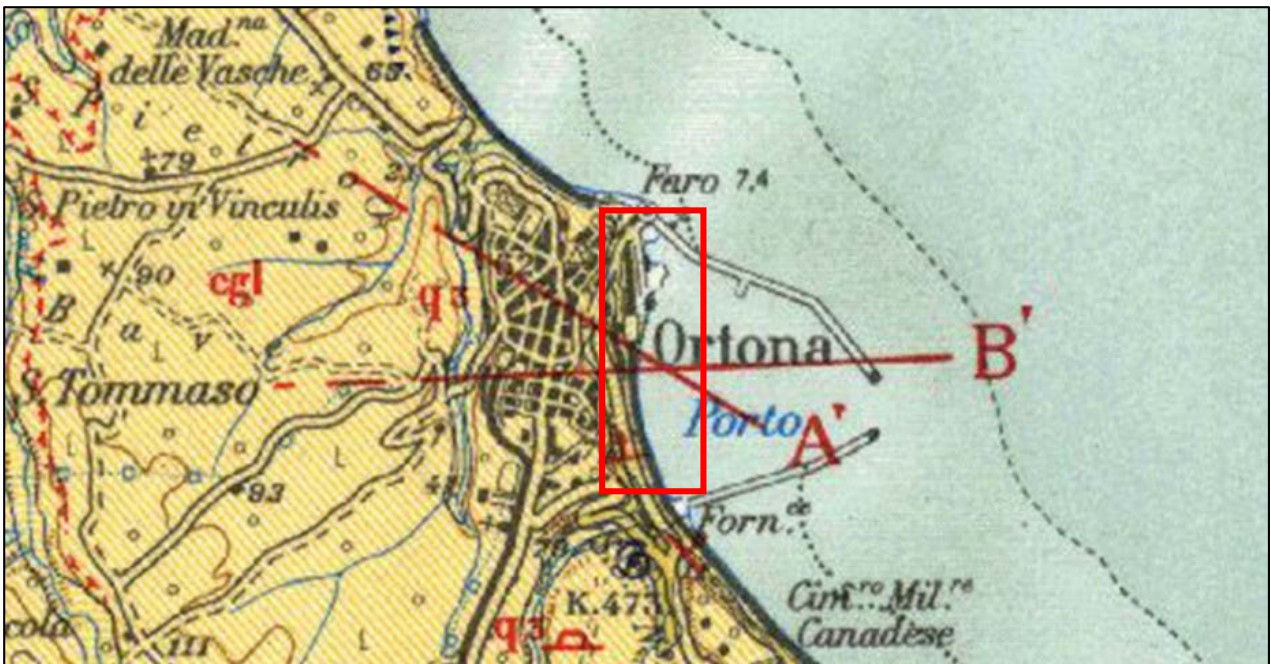


Figura 4 - Schema geologico-strutturale dell'Appennino centrale e parte dell'Adriatico.

A partire dalla fine del Pleistocene inferiore si sono verificati sollevamenti generalizzati delle aree interne preappenniniche fino alla linea di costa, tuttora in atto.

Il sollevamento è accompagnato da faglie con vario rigetto, la cui esistenza è ragionevolmente confermata in superficie da indizi di tipo geologico, morfologico ed idrologico.



LEGENDA

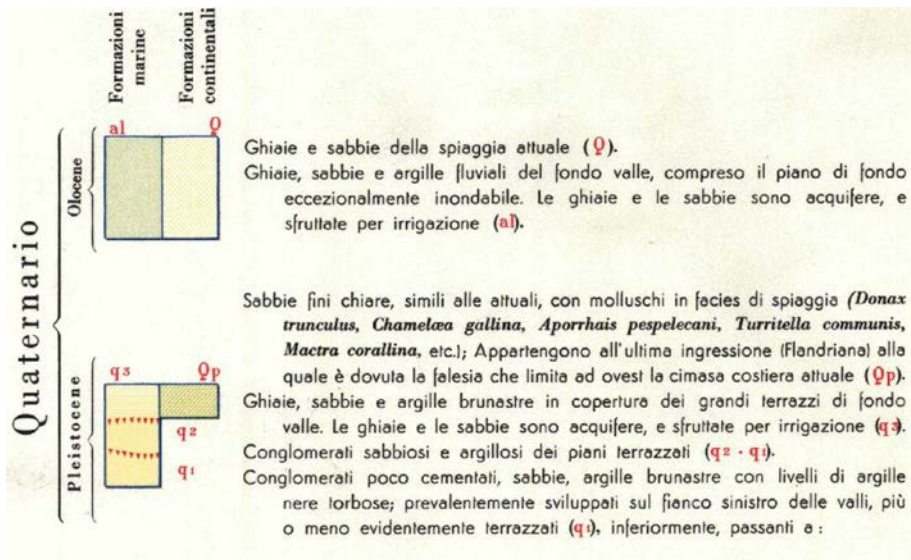
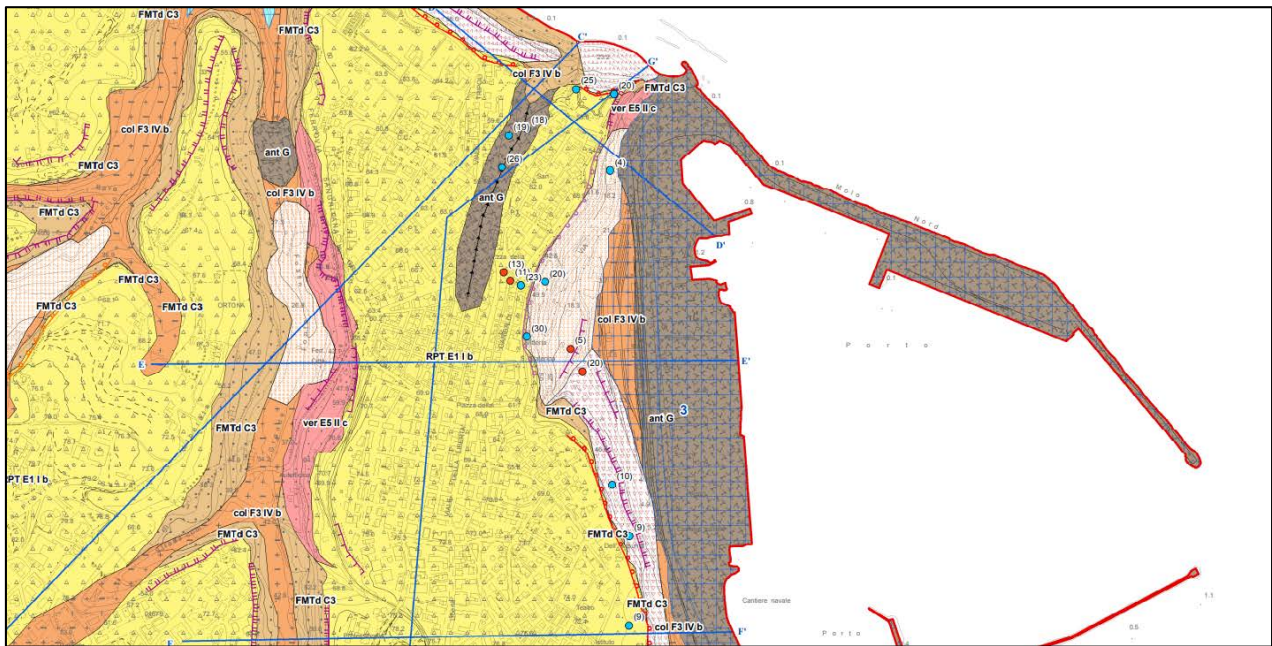


Figura 5 - Carta Geologica D'Italia in scala 1:100.000 con ubicazione dell'area in studio.

Per l'analisi geologica e per la definizione delle litologie affioranti nel sito in esame, sono stati presi in considerazione anche gli studi di microzonazione sismica di 1° livello del Comune di Ortona di cui si riportano gli stralci (fig.6 - 7 - 8).

Da essi si evince che l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di spessori variabili di materiali di riporto utilizzati per il livellamento e la formazione delle banchine portuali. Al di sotto dei materiali di riporto la stratigrafia è caratterizzata dalla presenza di depositi costituiti prevalentemente da sabbie limose ghiaiose, sabbie con limo, limi con sabbia argillosi e limi argilloso sabbiosi.



LEGENDA

(Per definire le caratteristiche geologiche dell'area sono state utilizzate principalmente le seguenti fonti bibliografiche:
 - Carta Geologica d'Italia Foglio 361 "Chieti", scala 1:50.000;
 - Carta Geologica d'Italia Foglio 141 "Pescona", scala 1:100.000;
 - Carta Geologica d'Italia Foglio 147 "Lanciano", scala 1:100.000;
 - Carta Geologica dell'Abruzzo di Ghisetti e Vezzani, scala 1:100.000.)

UNITA' GEOLOGICHE (U.G.)

Unità geologiche continentali e di transizione dal marino al continentale

- ant**
Depositi di origine antropica formati prevalentemente da materiale rimasaggiato. OLOCENE
- all**
Sabbie, ghiaie e limi fluviali, con orizzonti e lenti di argille e torbe, dell'alveo e della piana alluvionale attuale, conglomerati e sabbie dei conoidi alluvionali ad essa eteropici. Sono diffusi lungo il fondovalle dei fiumi Foro e Moto e dei loro affluenti principali. OLOCENE
- col**
Coltri clauvo-colluviali formate da limi, sabbie e limi argillosi con clasti poligenici dispersi nel materiale fine, a luoghi con concrezioni nodulari calcaree. OLOCENE
- fra**
Depositi di frana prevalentemente pellici e pellico sabbiosi in assetto caotico. Localmente possono contenere blocchi di diversa composizione litologica e dimensione. OLOCENE
- spl**
Depositi di spiaggia recenti. OLOCENE
- ver**
Depositi di versante costituiti da detriti e ghiaie eterometrici in abbondante matrice sabbioso-limosa. OLOCENE
- RPT-Argille e conglomerati di Ripa Teatina**
Argille e limi grigio-verdastri di ambiente lagunare o di stagno costiero incisi da corpi ghiaiosi canalizzati a bassa continuità laterale. Dal punto di vista litologico si tratta di ghiaie poligeniche, in matrice sabbiosa o microconglomeratica, con ciottoli eterometrici a prevalente composizione calcarea ed in genere scarsamente organizzati. PLEISTOCENE MEDIO p.p.

Unità geologiche Marine

Successione marina del Pliocene superiore - Pleistocene

- FMTd- Formazione di Matignano - associazione sabbioso-conglomeratica**
Sabbie ed arenarie di colore giallastro, frequentemente tondeggianti, con intercalazioni di livelli di ghiaie e di conglomerati composti da ciottoli di qualche centimetro, sempre ben sciacquati ed embricati, in prevalenza calcarei. Sia le sabbie che i conglomerati sono in genere stratificati in set tabulari. PLOCENE SUPERIORE - PLEISTOCENE p.p.
- FMTc- Formazione di Matignano - associazione sabbioso-pellica**
Alternanza di sabbie e sabbie siliose di colore giallo ocra, a diverso grado di cementazione, ed argille e argille siliose grigiarie sottilmente laminato. In spessore degli strati sabbiosi aumenta dal basso verso l'alto da sottile a medio. PLOCENE SUPERIORE - PLEISTOCENE p.p.

Figura 6 – Stralcio della Carta Geologico-Tecnica degli studi di microzonazione sismica.

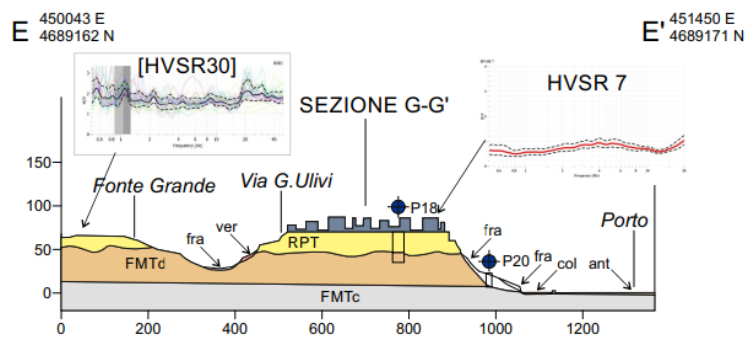
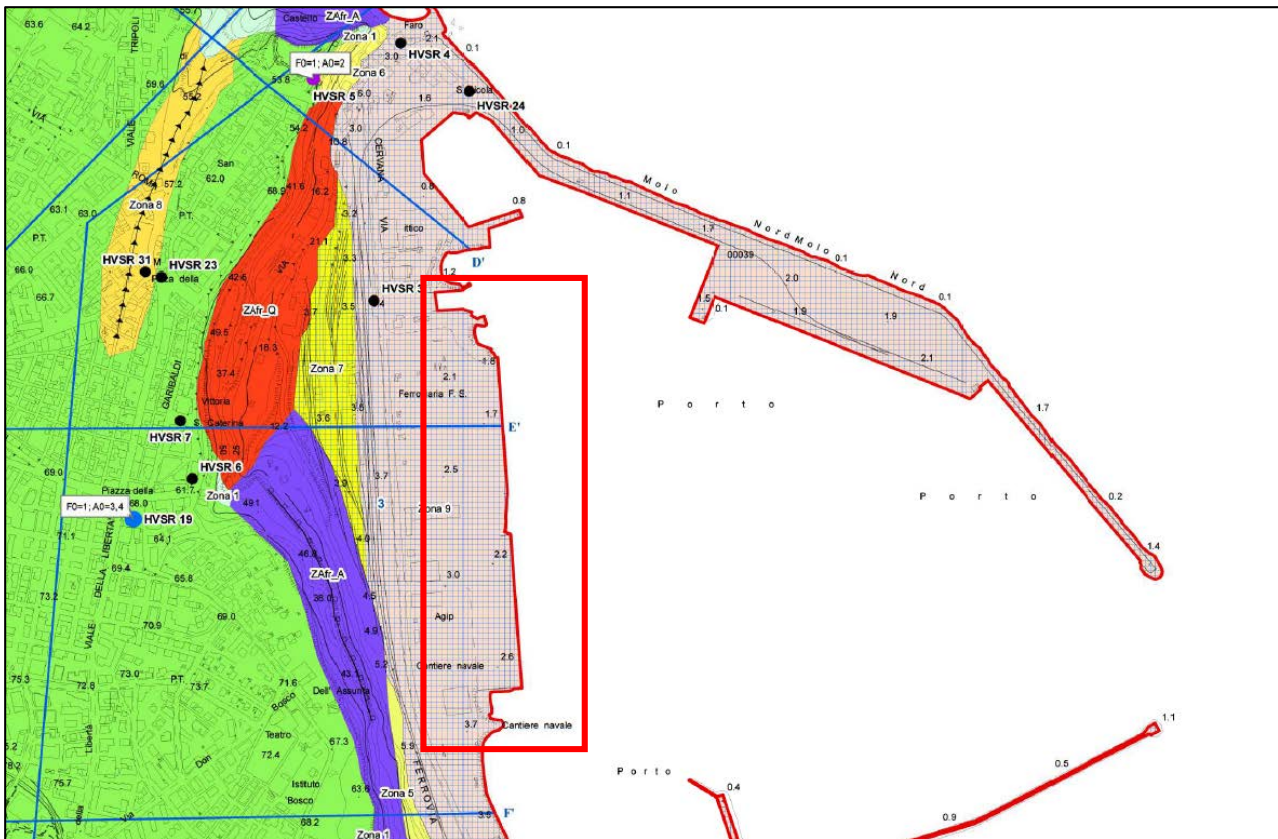


Figura 7 – Sezione geologico-tecnica dell'area oggetto di studio.



LEGENDA

	C3 Sabbie cementate ed arenarie deboli. LINEE GUIDA REGIONALI - Stardard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica v 1.2 (REGIONE ABRUZZO). Corrisponde alla classe GRS (Substrato geologico granulare cementato stratificato). Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica v. 3.0 (DPC).
	E1 Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limose. LINEE GUIDA REGIONALI - Stardard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica v 1.2 (REGIONE ABRUZZO). Corrisponde alla classe GM (Substrato geologico granulare cementato). Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica v. 3.0 (DPC).
	E4-E5 Sabbie (E4) e Sabbie Ghiaiose(E5). LINEE GUIDA REGIONALI - Stardard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica v 1.2 (REGIONE ABRUZZO). Corrispondono alla classe SW (Sabbie pulite e ben assortite, Sabbie ghiaiose). Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica v. 3.0 (DPC).
	E6 Sabbie limose e/o Sabbie argillose. LINEE GUIDA REGIONALI - Stardard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica v 1.2 (REGIONE ABRUZZO). Corrispondono alla classe SM (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo). Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica v. 3.0 (DPC).
	D Argille e limi. LINEE GUIDA REGIONALI - Stardard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica v 1.2 (REGIONE ABRUZZO). Corrispondono alla classe NR (Substrato geologico non rigido). Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica v. 3.0 (DPC).
	F3 Limo-argillosi. LINEE GUIDA REGIONALI - Stardard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica v 1.2 (REGIONE ABRUZZO). Corrispondono alla classe ML (Limi inorganici, limi argillosi di bassa plasticità). Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica v. 3.0 (DPC).
	G Riporti antropici. LINEE GUIDA REGIONALI - Stardard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica v 1.2 (REGIONE ABRUZZO). Corrispondono alla classe RI (Terreni contenenti resti di attività antropica). Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica v. 3.0 (DPC).

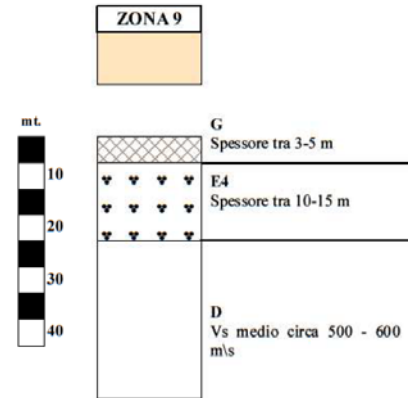


Figura 8 – Stralcio carta MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) del Comune di Ortona.

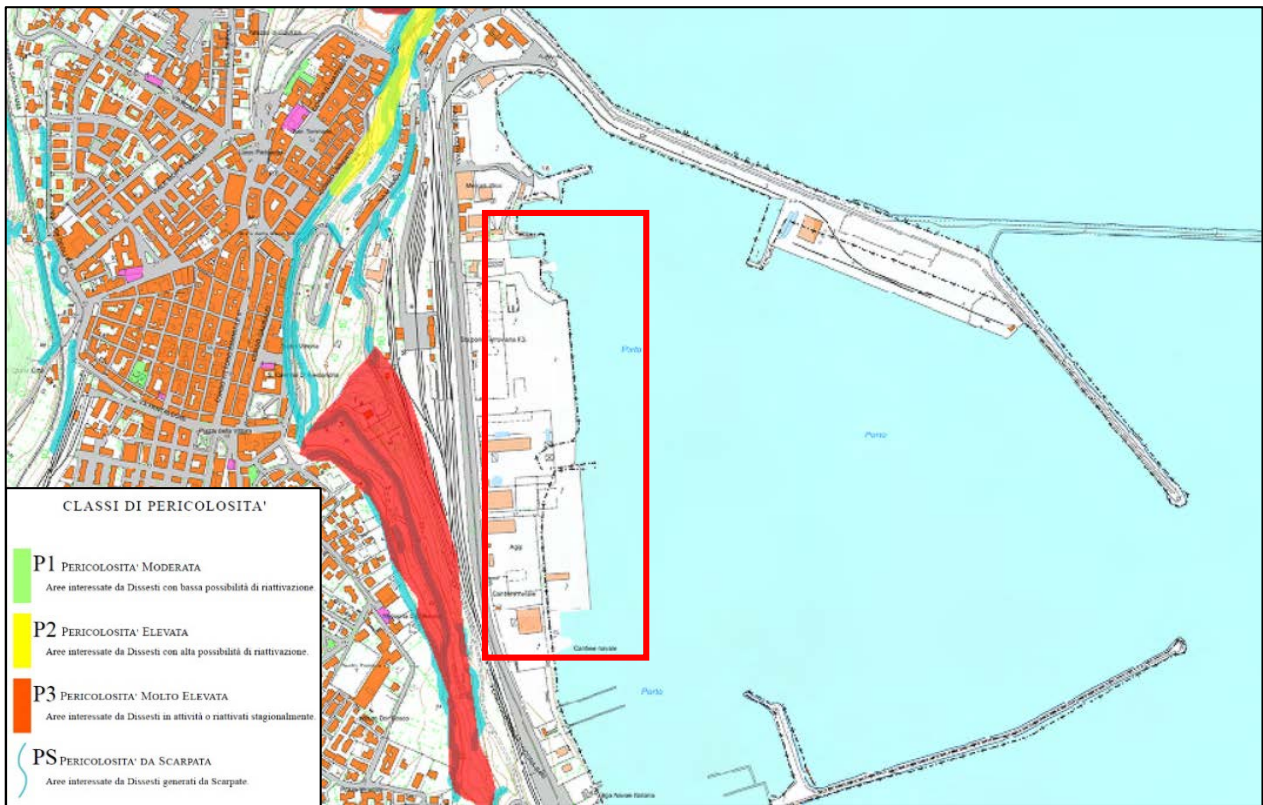


Figura 10 - Stralcio della "Carta della Pericolosità" del PAI, nel riquadro rosso è indicata l'area di progetto.

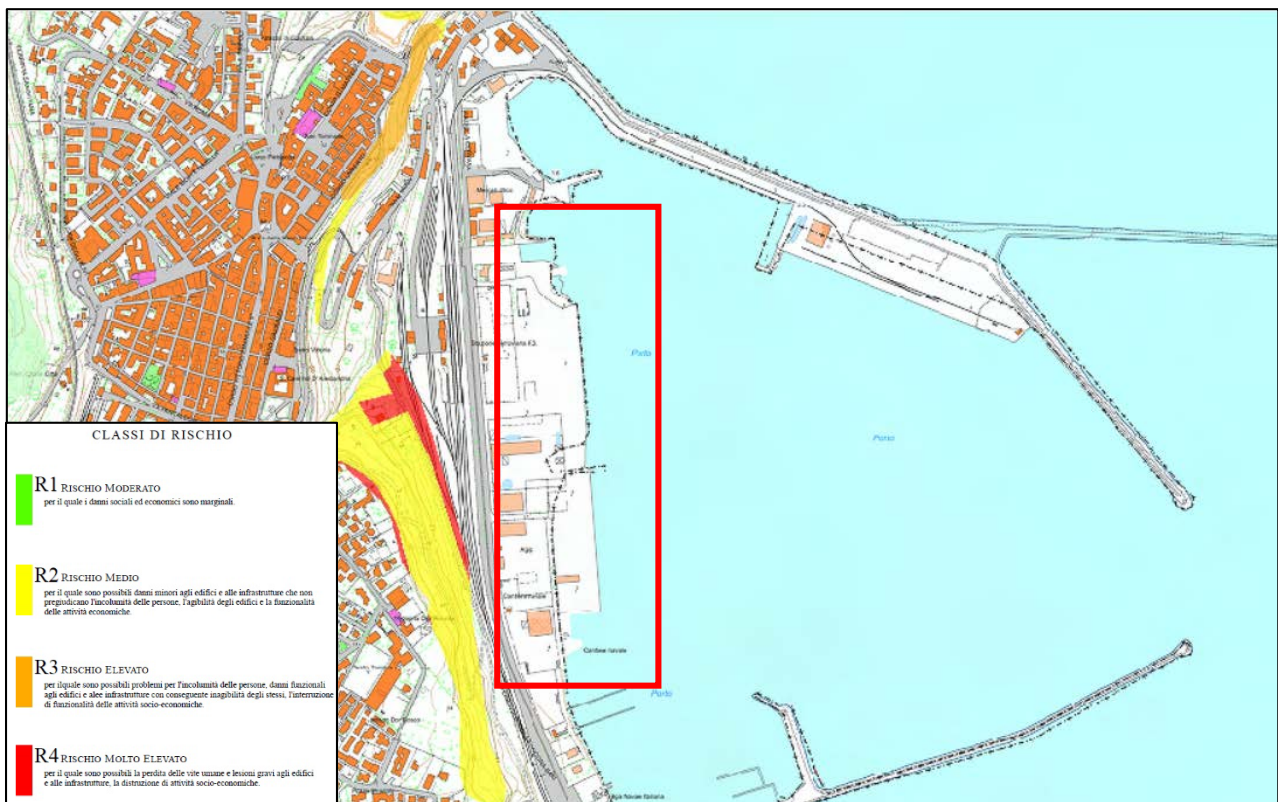


Figura 11 - Stralcio della "Carta del rischio" del PAI, nel riquadro rosso è indicata l'area di progetto.

7. CARATTERI IDROGEOLOGICI

L'area di studio è caratterizzata da litologie prevalentemente sabbiose il cui grado di "permeabilità relativa", per porosità, si può considerare alto, mentre i depositi limoso-argillosi del substrato, hanno valori di permeabilità molto bassi.

I rapporti tra gli accumuli idrici profondi di acqua dolce e quelli superficiali di acqua marina seguono uno schema complesso, derivante dai contrasti di densità esistente e dai differenti gradienti idraulici che vanno a determinarsi nei diversi litotipi.

8. LITOSTRATIGRAFIA DEI TERRENI

Sulla base dei dati esistenti in bibliografia e dai risultati delle indagini geognostiche eseguite, è stato possibile individuare la stratigrafia dell'area di studio.

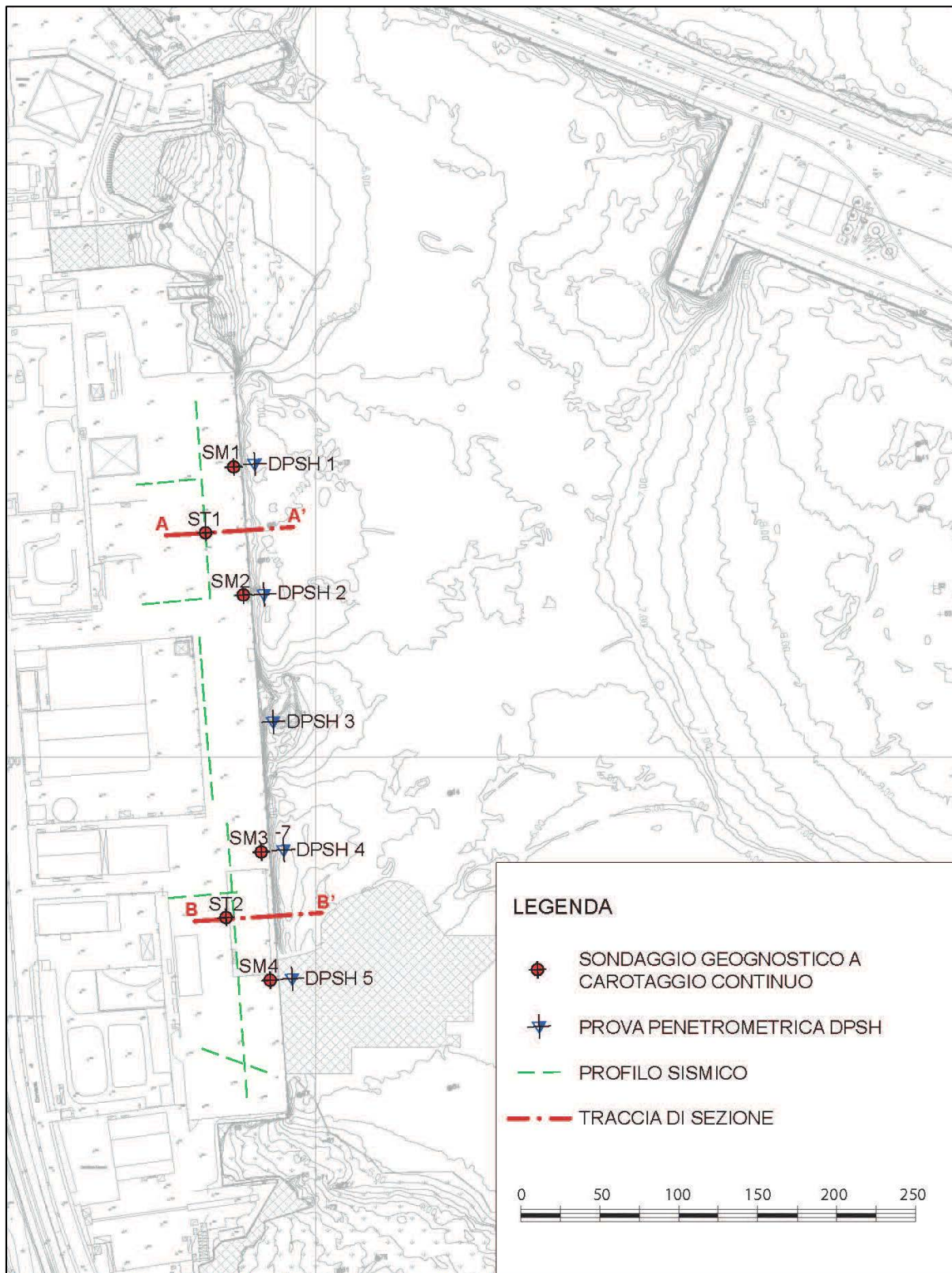
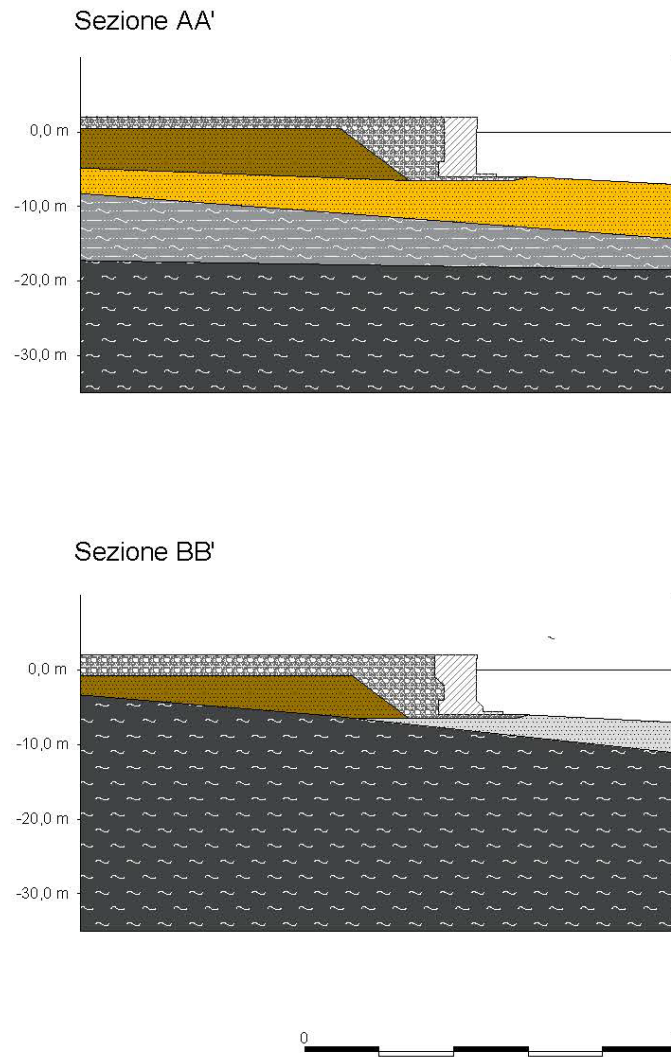


Figura 12 – Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite e delle sezioni stratigrafiche.

Di seguito si riportano le sezioni stratigrafiche dei terreni presenti al di sotto dell'area di progetto



LEGENDA







-  Terreno di riporto prevalentemente ghiaioso-sabbioso con presenza di blocchi.
-  Sabbia limosa ghiaiosa di colore marrone con livelli di colore grigio scuro.
-  Sabbia con limo di colore avana con inclusi ghiaiosi.
-  Sabbia con limo ghiaiosa di colore grigio.
-  Sabbia con limo argillosa di colore grigio.
-  Limo con sabbia argilloso e limo argilloso sabbioso di colore grigio.

Figura 13 – Sezioni stratigrafiche dell'area di studio.

9. SISMICITÀ DELL'AREA E CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI TERRENI

In seguito al ripetersi di eventi sismici calamitosi che hanno investito anche zone ritenute e classificate con la 64/74 non sismiche, per una ridefinizione del rischio sismico, è stata emanata, in data 20 Marzo 2003, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" pubblicata sulla G.U. n. 105 del 8.5.2003.

Alla stessa è allegata la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, articolata in quattro zone, a sismicità alta, media e bassa; mentre per la quarta zona, di nuova introduzione, è data facoltà alla Regione di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

In base alla riclassificazione sismica del territorio, il Comune di Ortona (CH) è individuato in Zona sismica 3 (fig. 14).

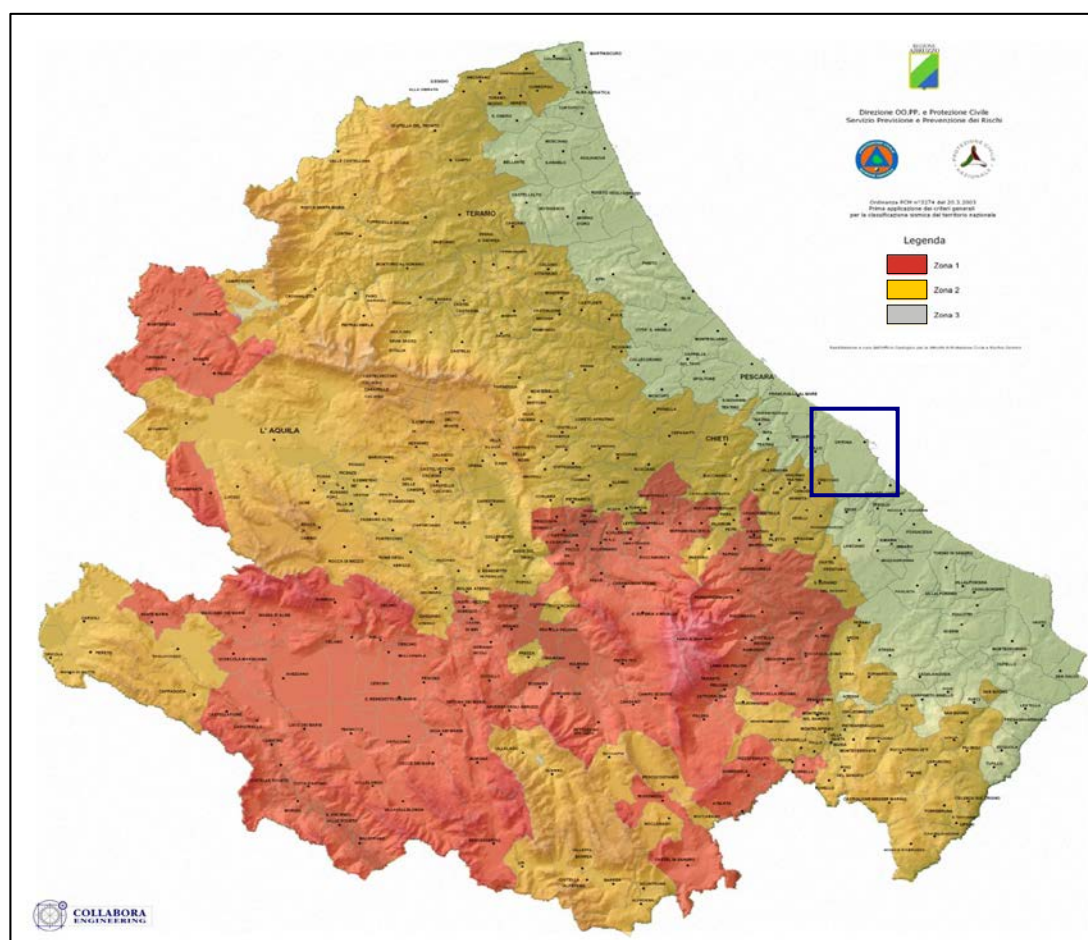


Figura 14 – Carta della classificazione delle zone sismiche della Regione Abruzzo.

10. CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

Il Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 recante “Norme Tecniche per le Costruzioni” raccoglie in modo unitario le norme nazionali che disciplinano la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire criteri univoci di sicurezza e pubblica incolumità.

In particolare, per quanto di nostra competenza, nel decreto sono definiti i modelli per la descrizione delle azioni agenti sulle strutture con particolare riferimento all’azione sismica. Come indicato nel Decreto, le azioni sismiche di progetto sono definite sulla base della “pericolosità sismica di base”, caratteristica del sito di costruzione.

Questa è funzione di diversi parametri:

- **ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F₀** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T_c** valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Allo stato attuale ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di sottosuolo a cui si può fare riferimento per valutare la risposta sismica locale:

- A.** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- B.** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- C.** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- D.** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;

E. Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

L'andamento dello spettro di risposta elastico, oltre che dalla litologia, è anche influenzato dalle condizioni topografiche del sito in esame. Queste ultime sono definite e classificate come mostrato nella tabella seguente:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

La categoria di suolo per i terreni in oggetto è stata valutata mediante l'esecuzione di indagini sismiche a rifrazione, dalle quali è stata individuata, per l'area di progetto, una **categoria di sottosuolo di tipo "B"**.

Per quanto riguarda la categoria topografica all'area di studio può essere attribuita una **categoria "T1"**.

Nella definizione della pericolosità sismica di base è importante evidenziare il comportamento dei valori di a_g/g .

Nel sito ufficiale dell'INGV, attraverso l'applicazione Webgis, è possibile visualizzare tali valori.

In accordo con l'Allegato 7 OPCM 3907/2010, questi sono espressi con rettangoli colorati (in corrispondenza dei nodi della maglia di riferimento) in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi orizzontali ($V_{s30} > 800$ m/s).

Per il territorio comunale di Ortona (CH) tali valori sono compresi tra $0.100 \div 0.125$ g (fig. 15).

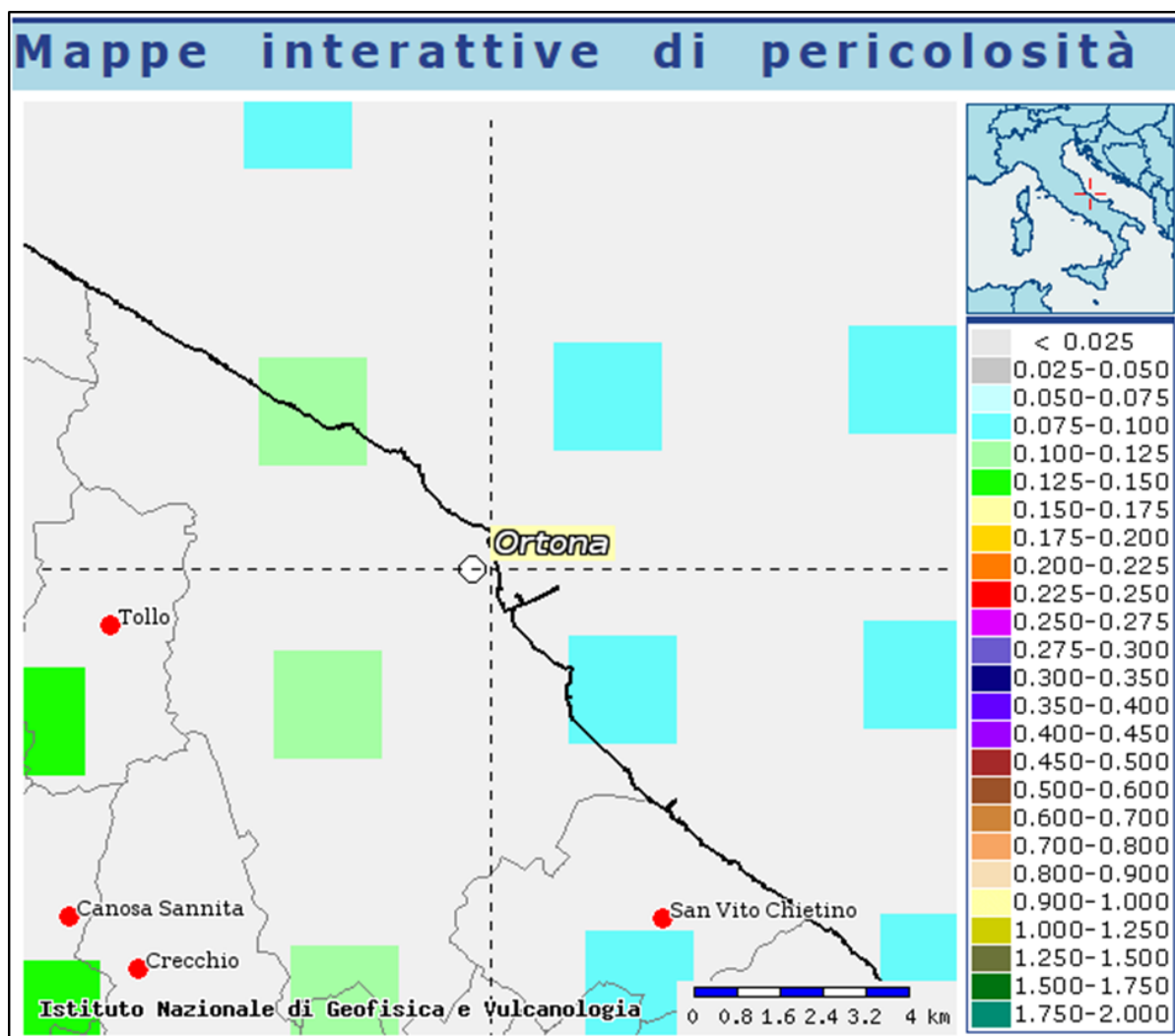


Figura 15 – Mappa interattiva di pericolosità sismica (INGV).

11. VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La liquefazione del terreno durante i terremoti è una delle più importanti cause di danneggiamento e collasso delle costruzioni fondate su terreni sciolti saturi. Alla liquefazione del terreno possono infatti associarsi estesi fenomeni di subsidenza, movimenti di masse fluidificate di terreno, ecc., ma anche effetti meno devastanti (cedimenti differenziali, lesioni negli edifici, ecc.) che tuttavia possono produrre gravissimi danni al patrimonio abitativo e artistico di una località.

La liquefazione di un deposito è il risultato dell'effetto combinato di due principali fattori: le condizioni del terreno (fattore di predisposizione) e la sismicità (fattore scatenante).

Il fenomeno della liquefazione interessa i depositi incoerenti saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio. A seguito di tale evento, le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata al fenomeno comincia ad assestarsi fino al raggiungimento di una condizione di equilibrio compatibile con la nuova resistenza al taglio. Ai fini delle presenti norme, il termine "liquefazione" denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

La causa principale è il sorgere di un notevole aumento delle pressioni interstiziali, che assumono valori prossimi a quelli delle pressioni totali, realizzando condizioni di resistenza al taglio praticamente nulla: il terreno si comporta come un liquido.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre la struttura di un deposito

antico sarà resa più stabile ed omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

Il metodo Seed e Idriss è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati. La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR - *Cyclic Resistance Ratio*) da prove penetrometriche viene stimata nel seguente modo:

$$CRR = \frac{N_a}{90}$$

con

$$N_a = N_1 + N_{SPT} \frac{1,7}{0,7 + \sigma'_v}$$

$N_1 = 0.0$ se $d_{50} < 0.25$

$N_1 = 7.5$ se $d_{50} \leq 0.25$

N_{SPT} numero di colpi della prova penetrometrica standard (Standard Penetration Test)

d_{50} diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50 per cento espresso in millimetri

σ'_v pressione verticale efficace espressa in Kg/cm²

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR / CSR$$

Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta $F_s \leq 1.30$

Di seguito sono riportati i risultati dell'analisi condotte con l'ausilio del software LAN 14.00 - Liquefazione terreni dell'Aztec Informatica srl, utilizzando il metodo di Seed e Idriss.

Dati stratigrafia

Parametri per il calcolo del potenziale di liquefazione

Simbologia adottata

n° Indice dello strato

Descrizione Descrizione strato

h Spessore dello strato espresso in [m]

γ Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

γ_s Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]

C_u Coefficiente di Uniformità

d_{50} Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm]

fine Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%]

n°	Descrizione	h	γ	γ_s	Cu	d ₅₀	Fine noto	fine	S/A
		[m]	[kg/mc]	[kg/mc]		[mm]		[%]	
1	Terreno di riporto prevalentemente ghiaioso-sabbioso	1,50	2000	2000	2,500	0,250	NO	--	--
2	Sabbia limosa ghiaiosa	6,20	2000	2000	7,500	0,140	NO	--	--
3	Sabbia con limo	4,30	2000	2000	32,000	0,160	NO	--	--
4	Sabbia con limo argillosa	7,60	2060	2060	36,000	0,130	NO	--	--
5	Limo con sabbia argilloso	9,10	2064	2064	28,000	0,017	NO	--	--
6	Limo argilloso sabbioso	1,30	2100	2100	28,500	0,030	NO	--	--

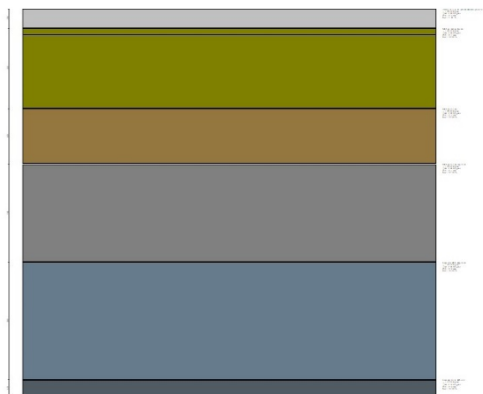


Figura 16 – Stratigrafia utilizzata per il calcolo.

Prova SPT

Simbologia adottata

- n° Numero d'ordine dei valori delle misure della prova
z_i Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m]
N_{SPT} Numero di colpi della prova SPT

n°	z _i	N _{SPT}
	[m]	
1	5,70	31
2	9,00	33
3	13,50	35
4	16,50	39
5	19,50	26
6	22,50	31
7	28,00	39

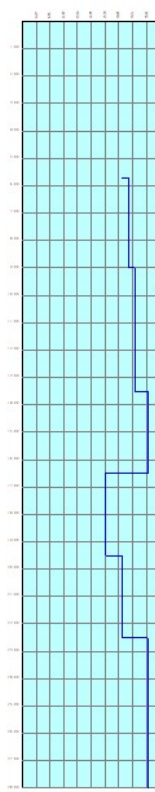


Figura 17 – Prove SPT utilizzate per il calcolo.

Dati Strumento

Fattore correttivo che tiene conto del diametro del foro di sondaggio $C_b=1.00$
 Fattore correttivo che tiene conto della lunghezza delle aste $C_r=0.75$
 Fattore correttivo che tiene conto del tipo di campionatore $C_s=1.00$
 Fattore correttivo che tiene conto dell'efficienza del sistema di infissione usato $C_e=1.00$

Dati Situ

Magnitudo dell'evento sismico	M	7.50	
Accelerazione massima su sito di riferimento rigido a_g		1.182	[m/s ²]
Fattore di amplificazione spettrale	F0	2.71	
Categoria di sottosuolo	B		
Coefficiente amplificazione stratigrafica	Ss	1.200	
Presenza di sovraccarico al piano campagna	p_0	0,00	[kg/mq]
Profondità della falda dal piano campagna z_w		2,00	[m]
Accelerazione massima	a_{max}/g	0.145	

Controlli Normativa

		U.M.	Sito	Minimo normativo	Esito
Magnitudo			7.50	5.00	OK
Accelerazione massima		[%]	0.145	0.100	OK
Profondità media della falda		[m]	2.00	15.00	OK
Numero di colpi prova SPT			0.26	30.00	OK
Granulometria	Strato 1 - Terreno di riporto prevalentemente ghiaioso-sabbioso	[mm]	0,2500	$0,0210 \leq d_{50} \leq 1,9500$	OK
	Strato 2 - Sabbia limosa ghiaiosa		0,1400	$0,0100 < d_{50} \leq 3,2000$	OK
	Strato 3 - Sabbia con limo		0,1600	$0,0100 < d_{50} \leq 3,2000$	OK
	Strato 4 - Sabbia con limo argillosa		0,1300	$0,0100 < d_{50} \leq 3,2000$	OK
	Strato 5 - Limo con sabbia argilloso		0,0170	$0,0100 < d_{50} \leq 3,2000$	OK
	Strato 6 - Limo argilloso sabbioso		0,0300	$0,0100 < d_{50} \leq 3,2000$	OK
					Verifica richiesta

Risultati analisi liquefazione

Simbologia adottata

- z_i Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m]
 σ'_v tensione verticale efficace calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq]
 σ_v tensione verticale totale calcolata alla profondità z_i espressa in [kg/cmq]
 r_d coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z_i
 MSF coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma
 CSR resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica
 CRR sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica
 FS Fattore di sicurezza (rapporto tra CRR e CSR)

Metodo Seed e Idriss (1982) - SPT

n°	z_i [m]	vp	σ'_v [kg/cmq]	σ_v [kg/cmq]	Ic	FC	r_d	MSF	CSR	CRR	FS
1	5,70	43,35	0,77	1,14	0,000	0,000	0,96	1,000	0,133	0,482	3,619
2	9,00	38,67	1,10	1,80	0,000	0,000	0,93	1,000	0,143	0,430	3,000
3	13,50	33,84	1,56	2,71	0,000	0,000	0,81	1,000	0,133	0,376	2,830
4	16,50	33,23	1,88	3,33	0,000	0,000	0,73	1,000	0,122	0,369	3,021
5	19,50	22,77	2,19	3,94	0,000	0,000	0,65	1,000	0,110	0,253	2,292
6	22,50	23,90	2,51	4,56	0,000	0,000	0,57	1,000	0,098	0,266	2,714
7	28,00	24,95	3,10	5,70	0,000	0,000	0,55	1,000	0,095	0,277	2,916

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) 0.00
 Rischio di liquefazione **Molto basso**

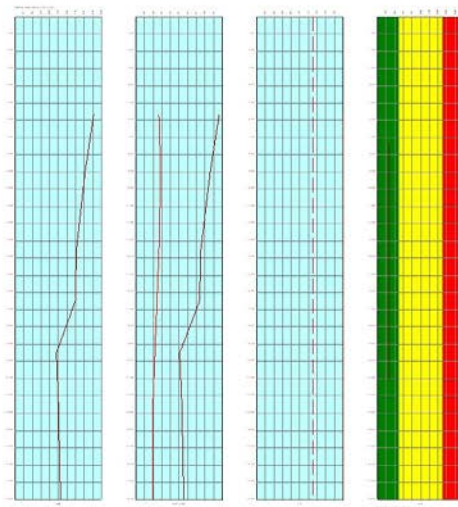


Fig. 18 - Grafico dei risultati della verifica a liquefazione.

12. CONCLUSIONI

Nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geologico, eseguito nel territorio comunale di Ortona (CH) a supporto del progetto denominato "*Porto di Ortona - Approfondimento dei fondali mediante dragaggio e consolidamento della Banchina di Riva*".

La realizzazione di tale elaborato è stata eseguita grazie alle informazioni ricavate dal materiale bibliografico e cartografico esistente, da studi e rilevamenti di carattere geologico - geomorfologico effettuati nell'area di studio e dai risultati delle indagini geognostiche eseguite.

Attraverso la suddetta metodologia di indagine sono stati definiti gli scenari geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito di progetto.

Dalla cartografia del progetto PAI si evince che nell'area di progetto non sono presenti situazioni morfologiche tali da creare situazioni di pericolosità e rischio.

Dalle indagini eseguite si evince che l'area di studio è contraddistinta dalla presenza di spessori variabili di materiali di riporto utilizzati per il livellamento e la formazione delle banchine portuali. Al di sotto dei materiali di riporto la stratigrafia è caratterizzata dalla presenza di depositi costituiti prevalentemente da sabbie limose ghiaiose, sabbie con limo, limi con sabbia argillosi e limi argilloso sabbiosi.

Dal punto di vista sismico il territorio comunale di **Ortona (CH)** risulta classificato come **Zona sismica 3**.

Considerate le condizioni topografiche e morfologiche può essere attribuita una **categoria topografica "T1"**.

Sulla base delle indagini geofisiche eseguite al sito di progetto può essere attribuita una **categoria di sottosuolo "B"**.

Inoltre, considerato il contesto geologico investigato, si è proceduto alla valutazione del potere di liquefazione dei terreni studiati. Tale analisi ha permesso di stabilire che il rischio di liquefazione è molto basso.

In considerazione di quanto sopra esposto si può affermare che le opere da realizzare risultano compatibili dal punto di vista geologico con il sito di intervento.

Dott. Geol. Mattia Ippolito

