

# RELAZIONE GEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA – GEOTECNICA

<b>1. Premessa .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Lineamenti geologici generali .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Inquadramento geologico – morfologico locale.....</b>	<b>4</b>
3.1. <i>Inquadramento geologico .....</i>	4
3.2. <i>Assetto tettonico dell'area.....</i>	6
3.3. <i>Situazione geologica del sito .....</i>	7
3.4. <i>Geomorfologia.....</i>	11
<b>4. Idrogeologia e idrologia locale.....</b>	<b>12</b>
4.1. <i>Inquadramento idrogeologico.....</i>	12
4.2. <i>Caratteristiche idrogeologiche dell'area in esame .....</i>	16
<b>5. Vincoli esistenti.....</b>	<b>18</b>
5.1. <i>Sismicità.....</i>	18
5.1.1. <i>Sismicità storica .....</i>	18
5.1.2. <i>Sismicità recente .....</i>	19
5.1.3. <i>Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci .....</i>	21
5.2. <i>Piano Assetto Idrogeologico (PAI) .....</i>	24
<b>6. Microzonazione sismica.....</b>	<b>26</b>
6.1. <i>Definizione dell'azione sismica di base.....</i>	27
6.2. <i>Definizione dell'azione sismica di base per l'area di studio .....</i>	28
<b>7. Indagini prese ad esame per la ricostruzione geologico - stratigrafica.....</b>	<b>30</b>
7.1. <i>Conclusioni.....</i>	32
7.1.1. <i>Amplificazione topografica .....</i>	33
7.1.2. <i>Accelerazione massima orizzontale al suolo.....</i>	34
<b>8. Ricostruzione geologico – stratigrafica.....</b>	<b>36</b>
<b>9. Riferimenti normativi e bibliografici .....</b>	<b>38</b>
<b>10. Conclusioni.....</b>	<b>39</b>

## 1. Premessa

La presente relazione è stata redatta a supporto del progetto di variante al PRG vigente.

Il presente studio è finalizzato all'illustrazione degli aspetti idrogeologici dell'area occupata dall'Ospedale Muraglia, ubicato in Comune di Pesaro, lungo Via Cesare Lombroso, nella zona posta a sud-est del capoluogo.



**Figura 1** – Individuazione dell'area di intervento

Nel presente studio, l'esame degli aspetti idrologici ed idraulici è avvenuto tramite le informazioni disponibili in bibliografia e la consultazione di studi già effettuati sull'area in esame, che hanno permesso di ricostruire le condizioni del sito e di un suo intorno al fine di definire pericolosità ed azioni mitigative.

## 2. Lineamenti geologici generali

Dal punto di vista topografico ci si trova in corrispondenza di una fascia sub-pianeggiante con quote comprese tra 14-16 m s.l.m., posta in destra idrografica al Fosso Genica, circondata da rilievi collinari che raggiungono quote di poco superiori ai 100 m s.l.m.

L'area è compresa nella seguente cartografia:

- Tavola IGM alla scala 1:25.000 n. 268 I denominata "Pesaro" (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**);
- Sezione CTR alla scala 1:10.000 n. 268120 denominata "Novilara" (Figura 2).

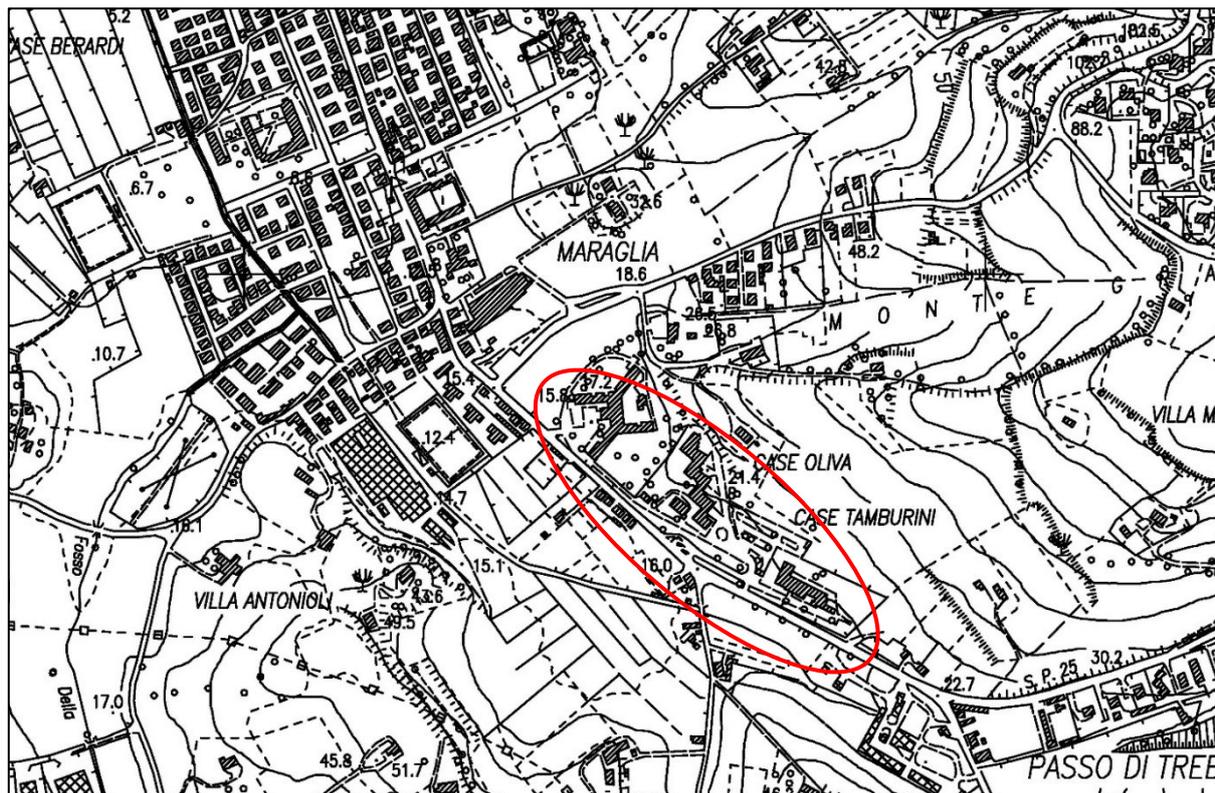


Figura 2 – Ubicazione dell'area d'intervento (C.T.R. della Regione Marche, Sezione 1:10.000 n. 268120 "Novilara")

### 3. Inquadramento geologico – morfologico locale

Per la redazione dello studio si è esaminata la documentazione bibliografica disponibile. I dati analizzati per definire l'inquadramento geologico e geomorfologico dell'area in esame sono stati reperiti dai seguenti documenti:

- Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000 Foglio 268 "Pesaro" e relative Note Illustrative (Progetto CARG);
- Carta Geologica Regionale a scala 1:10.000 Sezione 268120 Novilara (Regione Marche);
- Cartografia online del Comune di Pesaro.
- Profilo fisico del territorio, Protezione Civile - Provincia di Pesaro Urbino.

#### 3.1. Inquadramento geologico

La storia geologica del territorio della Provincia di Pesaro e Urbino, ove si colloca l'area in esame, è legata alle vicende geo-strutturali che hanno interessato la Regione Marche in un arco di tempo che va da circa 195 milioni di anni fa, dall'inizio del Periodo Giurassico inf. (Era Mesozoica), in ambiente di avanfossa, di mare poco profondo in lenta subsidenza, sino all'Epoca Pliocene (Era Cenozoica), ed oltre (Era Quaternaria).

Lo stile tettonico predominante è rappresentato dal dominio della Catena avanfossa marchigiana: un bacino subsidente che si individua sul fronte di un'area deformata, ma non ancora sollevata. E' questa una porzione della crosta terrestre mobile, generalmente allungata che si sviluppa in una geosinclinale e si deforma dando origine a piegamenti e faglie.

Le pieghe dello stile della "Catena" sono divise da faglie subparallele agli assi strutturali; ambedue hanno poi direzione NO-SE nella Provincia di Pesaro Urbino e NNO-SSE nella parte meridionale della Regione. In genere il fianco orientale delle pieghe si presenta più ripido di quello occidentale.

Il periodo della storia geologica del territorio della Regione Marche caratterizzato dalla subsidenza ha visto anche la deposizione di sedimenti calcareo-organogeni. Con lo scorrere del tempo si è venuto a formarsi uno spessore di sedimenti di centinaia di metri (800 circa).

Con l'innescarsi di tutti quei processi che hanno caratterizzato la diagenesi (assestamento del sedimento, compattazione, cementazione, formazione di minerali, ecc.), si sono originate le varie formazioni, la più antica delle quali affiorante è il "Calcare Massiccio".

Con il proseguire della sedimentazione sopra il "Massiccio" vi è stata la costituzione di materiali che si possono considerare di notevole plasticità, soprattutto rispetto al basamento.

La reazione del Massiccio alle spinte tettoniche avrebbe provocato, in un primo momento ampie curvature, preludio di quelle che saranno in seguito le maggiori strutture (pieghe appenniniche), in un secondo momento con la deposizione delle formazioni plastiche sovrastanti il Massiccio, si sarebbe venuto formando lo stile tettonico a pieghe e taglie con direzione degli assi strutturali, sinclinali e anticlinali NO-SE, quasi subparalleli alla linea di costa attuale.

Da quanto esposto, cronologicamente, si possono evidenziare due distinti momenti: quello determinato dalle azioni sul basamento "Massiccio", con ampie sinclinali e pieghe e quello determinato dai terreni plastici delle varie formazioni che, assorbendo parte dei sistemi di faglie, hanno dato origine, adattandosi, all'attuale sistema a pieghe, con una alternanza più o meno ritmica di strette sinclinali e ripide anticlinali.

Appare evidente che la storia geo-tettonica del territorio pesarese è legata ai fenomeni disgiuntivi che hanno interessato i calcari rigidi del Mesozoico, tanto che si parla di una tettonica dei rilievi mesozoici. Tali rilievi, strutturalmente, costituiscono le grandi anticlinali presenti nel territorio quali: M.Petriano M.Cucco, M.Nerone-M.Petrano-M. Catria, Montiego, Furlo, e Cesano; solo per

citarne qualcuna. Nei rilievi Nerone-Catria e Furlo, affiora la formazione del “Calcare Massiccio”, al Montiego affiora la formazione della Corniola ad Aqualagna ed alle Cesane il “Calcare Rupestre” che rappresenta un salto morfologico; all’ Abbadia di Naro affiorano le “Scaglie”.

La struttura dei rilievi mesozoici, e non solo, è stata determinata, come accennato in precedenza, dal complesso del Massiccio basale: un complesso litologico di grande spessore dotato di una notevole rigidità a causa non solo del suo spessore, ma anche per l’assenza di netti piani di stratificazione. Questo complesso sottoposto alle spinte tettoniche si è curvato secondo pieghe ad ampio raggio, poi aumentando gli sforzi compressivi si è rotto secondo faglie che si differenziano secondo tre gruppi in relazione alla loro posizione e orientamento rispetto alle pieghe principali:

- faglie longitudinali marginali sui fianchi delle anticlinali;
- faglie longitudinali in cerniera;
- faglie trasversali o oblique in zone di particolare sollecitazione.

Questi sistemi di faglie, per la loro forte presenza nell’ambito delle strutture geologiche, hanno un effetto positivo per quanto riguarda la capacità di alimentazione idrica degli acquiferi profondi, e un effetto negativo per quanto concerne la sismicità dell’area appenninica e sub appenninica del territorio provinciale.

La zona di Pesaro e nello specifico la zona in esame, si colloca nel settore più orientale dell’Appennino Umbro-Marchigiano settentrionale, l’area di catena che caratterizza le Zone Esterne dell’Appennino settentrionale. Nell’area, che è caratterizzata dalla presenza dei termini della Successione umbro-marchigiano-romagnola, ricadono la parte più esterna della catena carbonatica appenninica e il passaggio con le antistanti avanfosse mio-plioceniche deformate marchigiana e adriatica.

Con riferimento alla Carta geologica schematica della Regione Marche riportata in Figura 3, nella zona in esame si ritrovano depositi prevalentemente appartenenti alla successione marina del Pliocene inferiore-superiore, caratterizzati da argille e argille marnose con intercalazioni di arenarie. Al di sotto di questa unità, si ritrovano depositi di età miocenica caratterizzati da arenarie e argille marnose, affiorante nelle aree sud-occidentali in corrispondenza di una struttura anticlinalica.

Procedendo verso la catena appenninica, si incontrano alternanze di forme anticlinaliche e sinclinaliche con terreni di età sempre più antica. Nelle aree di fondovalle dove scorrono i principali corsi d’acqua, sono presenti depositi continentali del quaternario, caratterizzati da tipologie variabili tra ghiaie, sabbie e argille.

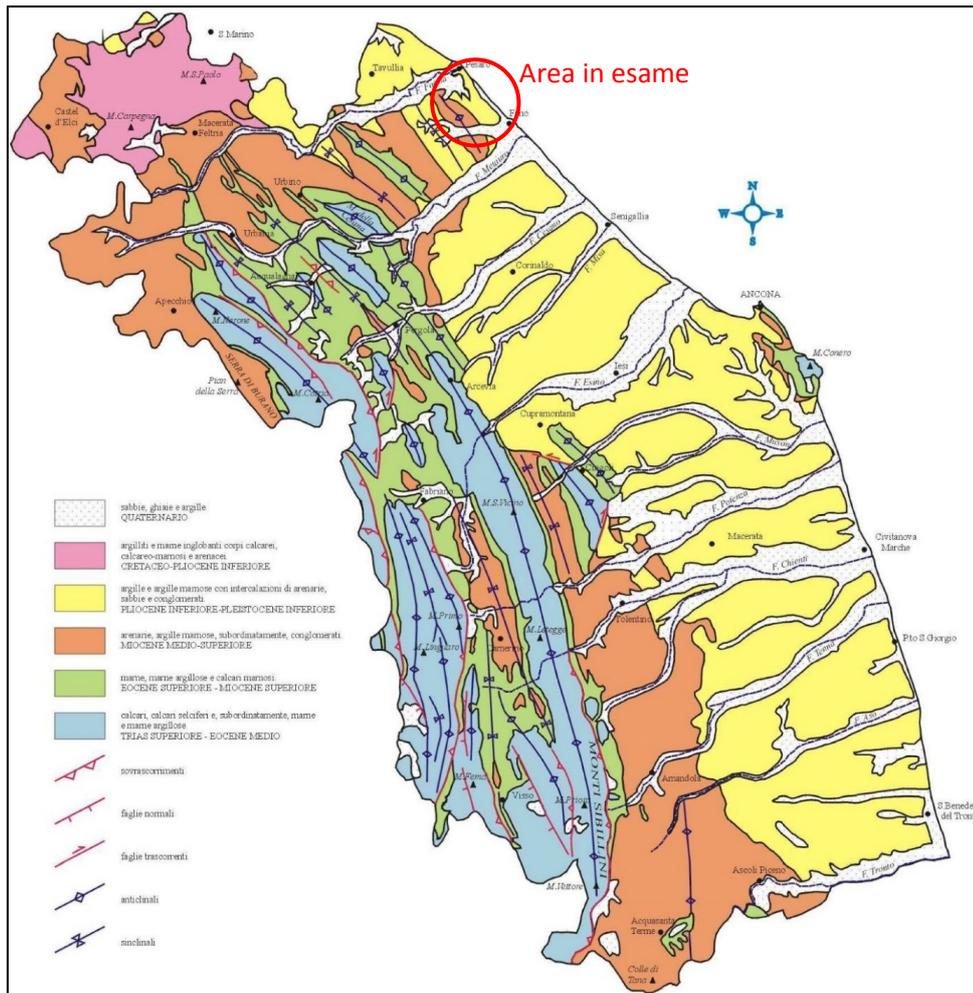


Figura 3 – Carta Geologica schematica della Regione Marche (Deiana et al., 2002)

### 3.2. Assetto tettonico dell'area

Il territorio marchigiano in esame ricade nella porzione esterna del settore dell'Appennino Umbro-Marchigiano e comprende la zona a cavallo tra il fronte della catena carbonatica e l'antistante avanfossa pliocenica.

L'Appennino Umbro-Marchigiano rappresenta un sistema a pieghe e sovrascorrimenti disposti a formare un arco con vergenza orientale, delimitato verso oriente dal fronte dei Monti Sibillini e dal suo prolungamento verso nord. Il sistema è costituito da anticlinali asimmetriche, orientate mediamente NO-SE, per lo più fagliate e prevalentemente a vergenza orientale, che interessano una successione sedimentaria mesozoico-terziaria al cui nucleo affiorano terreni miocenici; le anticlinali sono separate da più strette sinclinali anch'esse, spesso, fortemente asimmetriche, caratterizzate da sedimenti terrigeni pliocenici.

Queste strutture sono legate alla tettonica compressiva che ha portato alla strutturazione della catena appenninica e che ha interessato l'area a partire dal Miocene superiore.

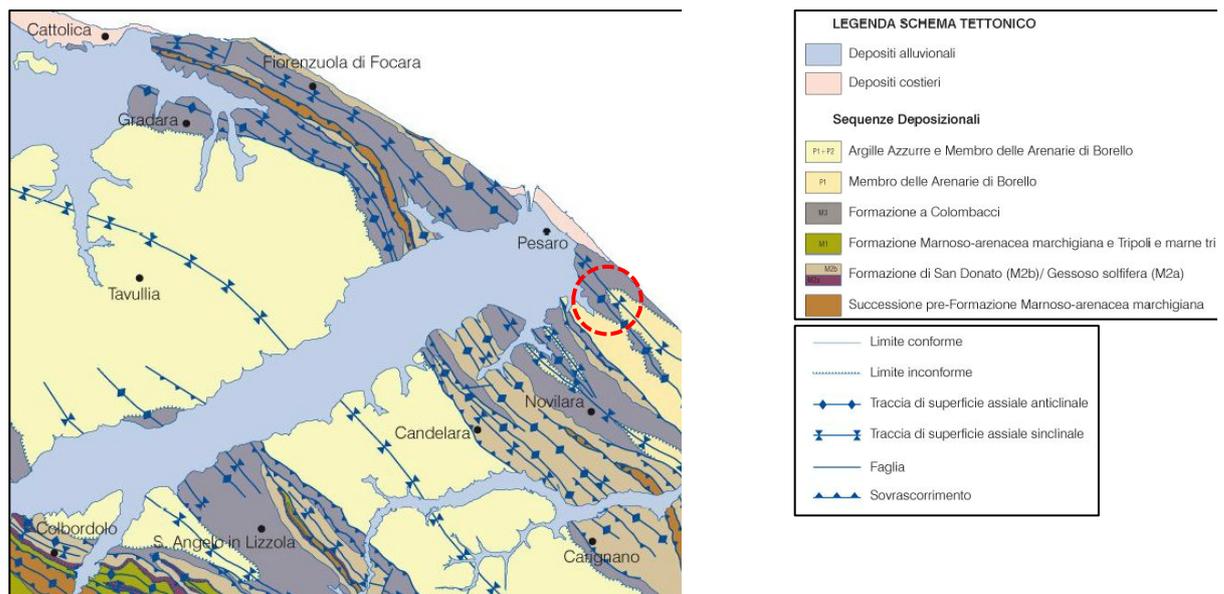


Figura 4 – Schema tettonico del territorio pesarese, in rosso l’area in esame (Carta Geologica d’Italia a scala 1:50.000, Foglio 268 “Pesaro” – Progetto CARG)

La struttura anticlinale più orientale delle Marche settentrionali è quella di Gabicce-Pesaro, la più limitrofa all’area in esame. Tale struttura prosegue a SE del Fiume Foglia tra Pesaro e Fano, nell’area dell’immediato entroterra. Questo settore rappresenta una zona strutturalmente molto complessa, caratterizzata da numerose pieghe antiformali e sinformi e dalla presenza di sovrascorrimenti.

In quest’area si osserva una caratteristica struttura pop-up, che determina la presenza di una fascia in cui affiorano terreni dello Shiler e della formazione Gessoso-Solfifera. Questo pop-up è localizzato all’interno di una struttura più ampia, denominata di Candelara-Cuccurano, caratterizzata principalmente dalla presenza della Formazione di San Donato e subordinatamente dalla Formazione a Colombacci, interessate da una serie di anticlinali e sinclinali. La struttura rappresenta la prosecuzione della parte interna della struttura Gabicce-Pesaro. Il suo settore settentrionale segue mediamente l’orientazione NNO-SSE dalla parte meridionale della struttura Gabicce-Pesaro, per poi assumere, verso S, una orientazione dapprima NO-SE e successivamente, ruotando bruscamente, ancora disponendosi NNO-SSE. Sul lato SO la struttura di Calderara-Cuccurano è caratterizzata da un back-thrust che ne determina il contatto tettonico con le Argille Azzurre o, verso SE, con la Formazione a Colombacci. A NE essa invece sovrascorre i termini più esterni in cui si osservano, nell’ambito di una struttura che costituisce una struttura embriicata, la successione messiniana e i termini delle arenarie di Borello deformati con uno stile strutturale ad antiformali e sinformi e che, a loro volta, sovrascorrono verso NE lungo l’allineamento Trebbianatico-Palombara.

Al letto di quest’ultimo sovrascorrimento, che sembra rappresentare il limite NE della prosecuzione della Struttura Gabicce Pesaro, si osserva un’ampia e complessa struttura a pieghe che caratterizza tutta l’area costiera a SE di Pesaro. Questa è caratterizzata da una serie di anticlinali e sinclinali da andamento appenninico. Al nucleo delle sinclinali si riscontrano i termini arenitico-pelitici del Membro delle Arenarie di Borello, che sono diffusi in tutto il settore sud-orientale dell’area pesarese.

### 3.3. Situazione geologica del sito

La successione stratigrafica della zona in esame si può suddividere in due intervalli principali: una “Successione marina” ed una successione costituita dai “Depositi continentali quaternari”.

La prima successione è suddivisa in due intervalli stratigrafici denominati “Depositi calcareo-marnosi” comprendenti le diverse formazioni di età dall’Eocene superiore al Miocene superiore, e “Depositi silicoclastici” di età dal Miocene superiore al Pliocene superiore.

La seconda successione costituita dai “Depositi continentali quaternari” è suddivisa in supersintemi e sintemi che comprendono le diverse unità alluvionali terrazzate e i depositi costieri.

Nell’area in esame affiorano le unità litostratigrafiche della Successione Umbro-Marchigiano-Romagnola marina, rappresentata da terreni mio-pliocenici e dalle unità dei depositi continentali quaternari (Figura 5).

Le unità litostratigrafiche appartengono alla Successione Umbro-Marchigiano-romagnola marina, che nell’area in esame è rappresentata dalla Formazione di San Donato (FSD) e Formazione a Colombacci (FCO) per quanto riguarda i depositi di età miocenica, e dalle Argille Azzurre (FAA2) per quanto riguarda quelli di età pliocenica. L’assetto strutturale caratterizzato da alternanze di sinclinali e anticlinali disposte secondo un allineamento NO-SE, comporta alternanze anche negli affioramenti delle formazioni geologiche tipiche della zona.

Nello specifico, procedendo dall’estremo occidentale dell’area verso quello orientale (Figura 5) affiora la Formazione di San Donato in sovrascorrimento sulla Formazione a Colombacci, a sua volta in sovrascorrimento sul Membro delle Arenarie di Borello; oltre i depositi quaternari alluvionali caratterizzanti il fondovalle del Fosso Genica, la morfologia ricomincia a salire e riaffiorano terreni appartenenti alla Formazione a Colombacci che passano al Membro delle Arenarie di Borello nella porzione più alta del rilievo.

La *Formazione di San Donato (FSD)* è un’unità torbiditica costituita da strati di areniti feldspatolitiche, talora in spessi banchi, in alternanza con marne, marne argillose e marne siltose muscovitiche di colore grigio azzurro. Le areniti sono prevalentemente fini, con spessori da centimetrici a metrici (fino a 3 m), con un grado di cementazione variabile. La formazione poggia in discontinuità stratigrafica sui sottostanti termini del Gruppo Gessoso-Solfifero; il passaggio alla sovrastante Formazione a Colombacci di norma è di tipo stratigrafico. La potenza massima della formazione raggiunge circa 250 m. L’ambiente deposizionale è riferibile a un’area bacinale di avanfossa che rappresenta la prosecuzione verso nord del Bacino della Laga, che caratterizza buona parte delle Marche meridionali. L’età è riferibile al Messiniano.

La *Formazione a Colombacci (FCO)* è costituita da una successione arenitico-pelitica, con areniti nettamente prevalenti, caratterizzata da diversi cicli regressivo-trasgressivi, ognuno dei quali costituito da una tipica successione verticale. La granulometria delle areniti è medio fine e la cementazione variabile, di norma poco cementata. La formazione poggia sulla suddetta FSD, e al tetto si trova in discontinuità stratigrafica con i sovrastanti sedimenti pliocenici in facies arenitica della Formazione delle Argille Azzurre. La potenza massima della formazione raggiunge i 250 m. L’ambiente di sedimentazione è di mare poco profondo, riferibile ad un’area litorale e contrassegnato da un consistente apporto silicoclastico. L’età è riferibile al Messiniano.

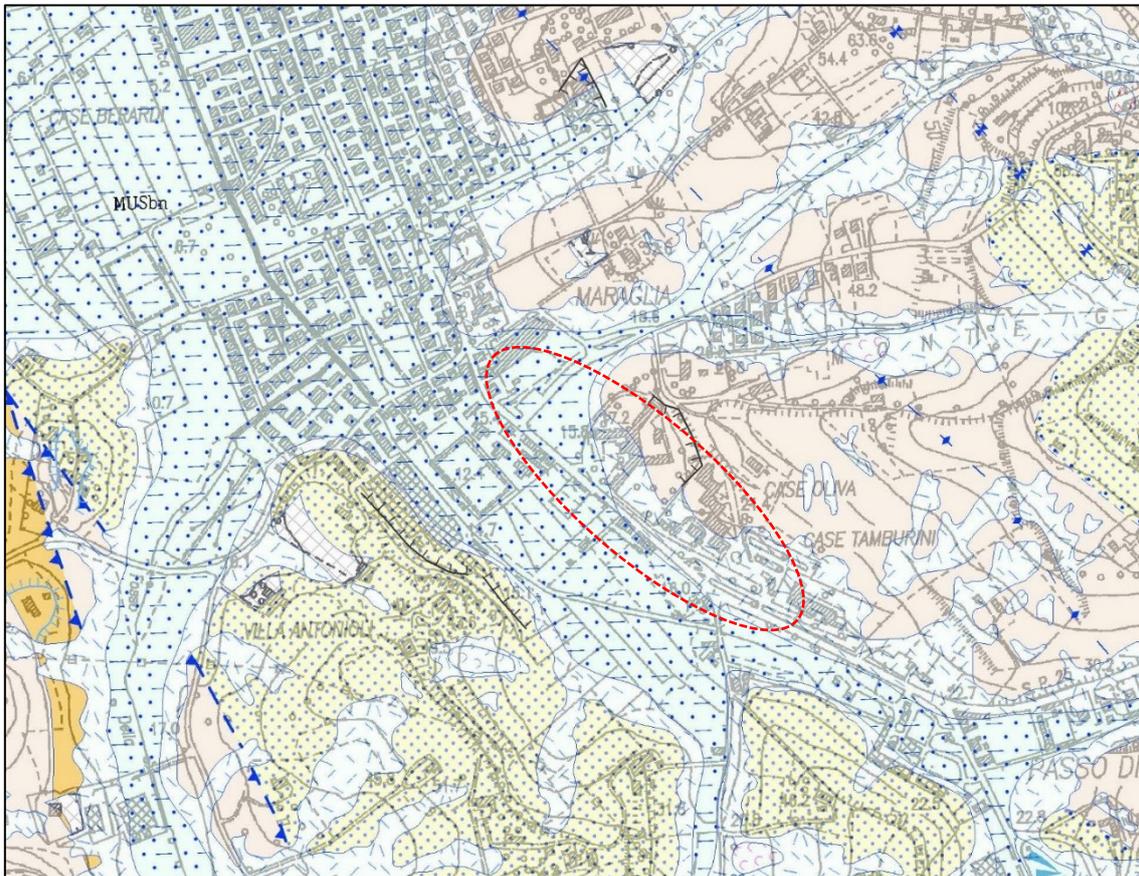
La Formazione delle Argille Azzurre, qui rappresentata dal *Membro delle Arenarie di Borello (FAA2)* caratterizzato da prevalenti areniti giallo-ocracee, a granulometria da grossolana a medio-fine, a cementazione variabile, a cui si intervalano subordinati livelli centimetrici di peliti grigio azzurre. Gli strati sono da spessi a molto spessi. Il tetto del membro corrisponde ad una discontinuità stratigrafica, mentre alla base si ritrova la suddetta FCO. Lo spessore può raggiungere un massimo di 300 m. L’ambiente di sedimentazione è riferibile ad un’area di piattaforma. L’età è riferibile al Pliocene inferiore-Pliocene medio.

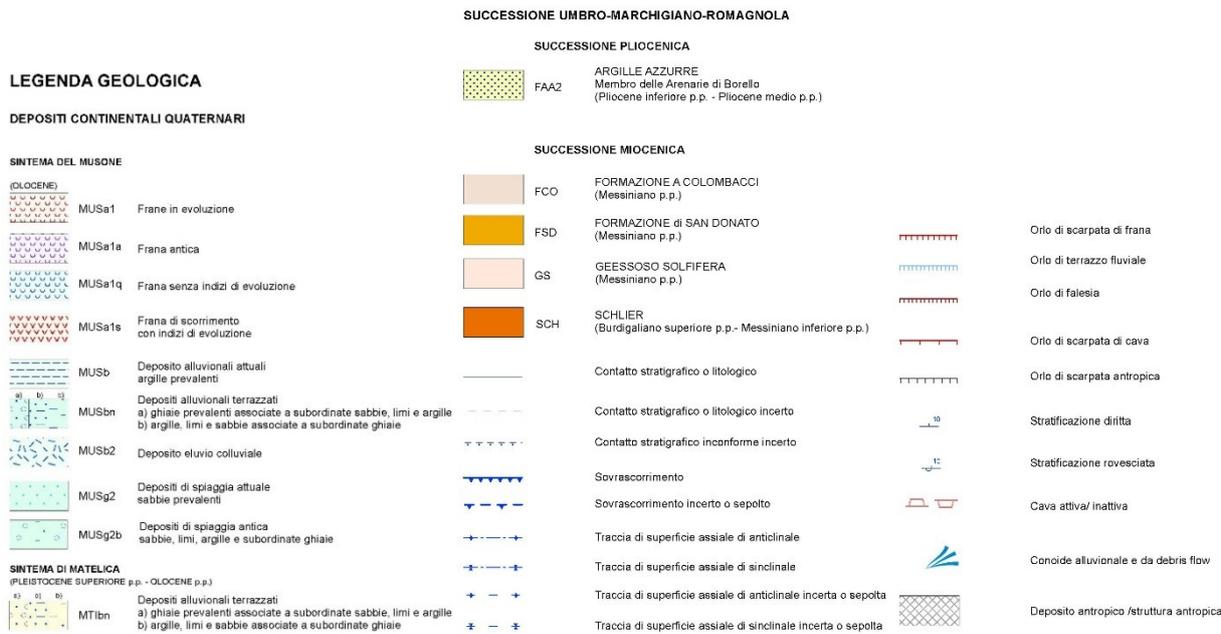
Nello specifico dell’area in esame, con riferimento alla cartografia geologica riportata in Figura 5, nella zona orientale dell’area affiorano terreni prevalentemente arenacei, appartenenti alla

Formazione a Colombacci, che caratterizzano buona parte del rilievo che si erge verso est. La restante porzione centro occidentale della zona in esame è caratterizzata da terreni che si sono imposti sul fondovalle del Fosso Genica, ove affiorano depositi quaternari continentali.

Nello specifico, si riconosce una fascia di *Coltre eluvio-colluviale* (**MUS<sub>b2</sub>**) sviluppata in corrispondenza del passaggio fra il versante e la piana alluvionale di fondovalle, caratterizzata da sedimenti eterometrici, prevalentemente sabbioso-limoso-argillosi con subordinate lenti ghiaiose, dovuti all'azione prevalente del dilavamento con spessori variabili da pochi decimetri ad oltre 10 m, di età del Pleistocene superiore i corpi più spessi e dell'Olocene i corpi più sottili.

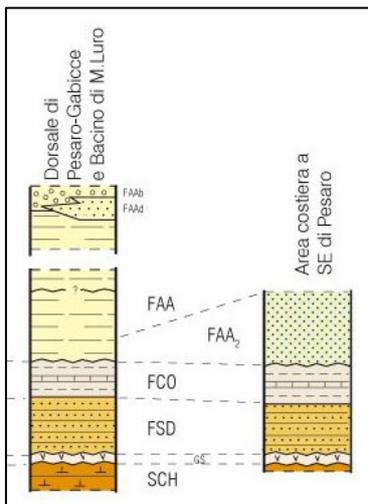
Procedendo verso il corso del Fosso Genica sono presenti depositi delle alluvioni terrazzate tipiche delle maggiori valli fluviali dell'area: si tratta di depositi continentali quaternari che giacciono in discordanza sui termini marini cenozoici. In particolare, trattasi di *Depositi alluvionali terrazzati* (**MUS<sub>bn</sub>**), con superficie dei terrazzi da 2 m a 15 m al di sopra dell'alveo attuale, ascrivibili al Sintema del Fiume Musone (Olocene). La litologia è varia, e nell'area in esame caratterizzata da argille, limi e sabbie associate a subordinate ghiaie.





**Figura 5 – Estratto Carta Geologica Regionale, 1:10.000 Sez. 268120 “Novilara” (Regione Marche)**

Nella zona di studio, il rapporto stratigrafico tra le suddette formazioni geologiche è rappresentato in Figura 6, nella colonna stratigrafica di destra.



**Figura 6 – Schema dei rapporti stratigrafici (Carta Geologica d’Italia a scala 1:50.000, Foglio 268 “Pesaro” – Progetto CARG)**

Per una migliore definizione del modello geologico dei terreni della zona in studio, le informazioni reperite dalle carte geologiche sono state integrate dai risultati di prove geognostiche reperibili in bibliografia ed effettuate sui terreni limitrofi all’area in esame (cfr. Relazione Geotecnica redatta per il presente studio).

Nello specifico dell’area in esame, la sequenza geolitologica dei terreni può essere così riassunta:

- Uno strato superficiale di 1-2 m di spessore costituito da terreno vegetale;
- Una coltre di depositi alluvionali e di versante a litologia variabile da sabbie ad argille con subordinate ghiaie di terrazzo alluvionale, con spessori presumibilmente dell’ordine di 10-20 metri sul lato occidentale dell’area (lato di via Cesare Lombroso), che via via si assottigliano procedendo verso il rilievo collinare posto sul lato orientale;

- Un substrato costituito da terreni sabbiosi-arenacei che si ritrova ad una profondità variabile: da una profondità massima di circa 10-20 m dal p.d.c. nell'area occidentale, risale sino ad affiorare sul lato orientale in corrispondenza dei rilievi collinari.

### 3.4. Geomorfologia

La morfologia del territorio pesarese mostra un forte contrasto tra la parte occidentale e quella orientale. Procedendo da ovest verso est si distinguono una fascia montuosa con importanti rilievi che costituisce la dorsale Umbro-Marchigiana, una fascia collinare Subappenninica e Periadriatica ed una terza fascia costiera pianeggiante.

Le pianure alluvionali sono generalmente poco sviluppate, tranne quelle dei principali fiumi nei tratti più prossimi alla foce, ove tuttavia non si raggiungono sezioni trasversali di più di qualche chilometro. Nella Provincia di Pesaro, l'assetto prevalentemente collinare del territorio è interrotto dall'ampia piana del fondovalle del Fiume Foglia che, con andamento sub-rettilineo, attraversa interamente la provincia pesarese con direzione SSO-NNE, sino a sfociare nel Mare Adriatico in corrispondenza della città di Pesaro.

La zona in esame ricade nella fascia collinare periadriatica dove la morfologia è caratterizzata prevalentemente da morfosculture rotondeggianti, poco accentuate, con rilievi che raggiungono altezze medie non superiori ai 200 m s.l.m. Nello specifico, l'area è ubicata nella porzione terminale di un fondovalle inciso dal corso del Fosso Genica, che si sviluppa all'interno dei rilievi posti a sud-est della città di Pesaro. La zona in esame si colloca su un terrazzo alluvionale sub-pianeggiante che si fonde con l'antistante piana alluvionale pesarese che si estende verso nord.

L'attuale assetto geomorfologico dell'area è frutto del modellamento dovuto agli agenti morfogenetici naturali (scorrimento delle acque, tettonica, gravità) ed antropici.

I versanti dei rilievi collinari presenti nei dintorni dell'area sono incisi da diversi fossi, i quali convogliano le acque meteoriche intercettate nei fossi e i torrenti principali che scorrono nei fondovalle. La zona in esame è interessata nella porzione più settentrionale dal corso di un piccolo fosso senza nome che scende dalla collina orientale e prosegue parzialmente interrato verso ovest; a circa 80-150 m di distanza dal lato occidentale della zona in esame scorre con direzione principale sud-nord il principale corso d'acqua dell'area, rappresentato dal Fosso Genica, che confluisce più a nord nel Rio Genica, il quale conclude il suo corso sfociando in Mar Adriatico.

Nel territorio provinciale di Pesaro si riscontrano numerosi fenomeni legati alla franosità, concentrati soprattutto nelle aree montane e collinari ove affiorano le litologie di terreni maggiormente erodibili, prevalentemente caratterizzati da terreni detritici ed argille sabbiose-marnose.

Nell'area in esame, così come per tutta la fascia costiera pesarese, non si riscontrano fenomeni franosi, a meno di piccoli dissesti a carattere superficiale, poiché il territorio è costituito da terreni poco erodibili, rappresentati da litologie arenacee e calcaree.

In tempi recenti, la naturale morfologia dell'area è stata alterata dall'intervento antropico, che ha concentrato lo sviluppo urbanistico principalmente nelle aree pianeggianti di fondovalle. La zona in esame, infatti, si è sviluppata sul terrazzo in sponda destra del Fosso Genica, e rappresenta la prosecuzione verso sud-est del centro urbano di Pesaro, dove hanno trovato collocazione gli edifici dell'attuale complesso ospedaliero. La naturale forma del terrazzo alluvionale è in buona parte alterata e nascosta dall'intervento antropico, così come il fronte del rilievo collinare adiacente che è stato interessato da scavi e sbancamenti per consentire lo sviluppo edilizio.

#### 4. Idrogeologia e idrologia locale

Il sistema idrografico dell'area è rappresentato dal reticolo di drenaggio di piccoli bacini che si concentrano in corrispondenza del fondovalle ove scorre il Fosso Genica, che con direzione SE-NO confluisce nel Torrente Genica e quindi sfocia in Mare Adriatico.

Il clima è caratterizzato, nel periodo 1998-2013, da precipitazioni totali annue, in media, di 797,6 mm e temperature medie annue di 14,4°C, pari, rispettivamente, ad una variazione di +12,6 mm e +0,7°C rispetto al periodo 1901-2000 (Comune di Pesaro, Servizio Qualità Ambiente, Osservatorio "Valerio").

##### 4.1. Inquadramento idrogeologico

L'assetto idrogeologico dell'intera regione è illustrato nelle tavole dello "Schema idrogeologico della Regione Marche in scala 1:100.000" redatto dalla regione in collaborazione con l'Università di Ancona, di cui un estratto per l'area in esame è riportato in Figura 7.

Complessi idrogeologici sono definiti come un insieme di termini litologici generalmente simili, aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un prevalente tipo di permeabilità generalmente comune ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene generalmente in un campo di variazione piuttosto ristretto.

Sulla base del differente grado di permeabilità, nel territorio regionale è possibile distinguere i complessi idrogeologici *acquiferi* da quelli non *acquiferi*. Per quanto riguarda primi, nell'ambito regionale possono essere suddivisi in due macro categorie:

- **Acquiferi principali**

nei complessi idrogeologici carbonatici del Massiccio, della Maiolica e della Scaglia, dove l'alternarsi di fasi tettoniche compressive e distensive ha prodotto un fitto reticolo di fratture omogeneamente distribuite, sul quale si è impostato un carsismo molto esteso e ramificato, sia a piccola che a grande scala, a sviluppo prevalentemente verticale;

nei depositi permeabili costieri, fluvio-lacustri e delle pianure alluvionali.

- **Acquiferi minori**

nei complessi idrogeologici arenacei e marnoso-calcarenitici di alcune formazioni terrigene e torbiditiche (Formazione Marnoso-Arenacea; Formazione Gessoso-Solfifera; Colata della Val Marecchia; bacini minori intra-appenninici; depositi arenacei intercalati alle argille pliopleistoceniche);

nei complessi idrogeologici dei depositi detritici di versante ed eluvio-colluviali.

Per quanto riguarda l'area in esame, con riferimento alla cartografia riportata in Figura 7, i complessi idrogeologici che interessano la zona di studio sono rappresentati dal Complesso idrogeologico delle alluvioni (in colore azzurro) e dal Complesso idrogeologico Messiniano-Pleistocenico (in colore marrone).

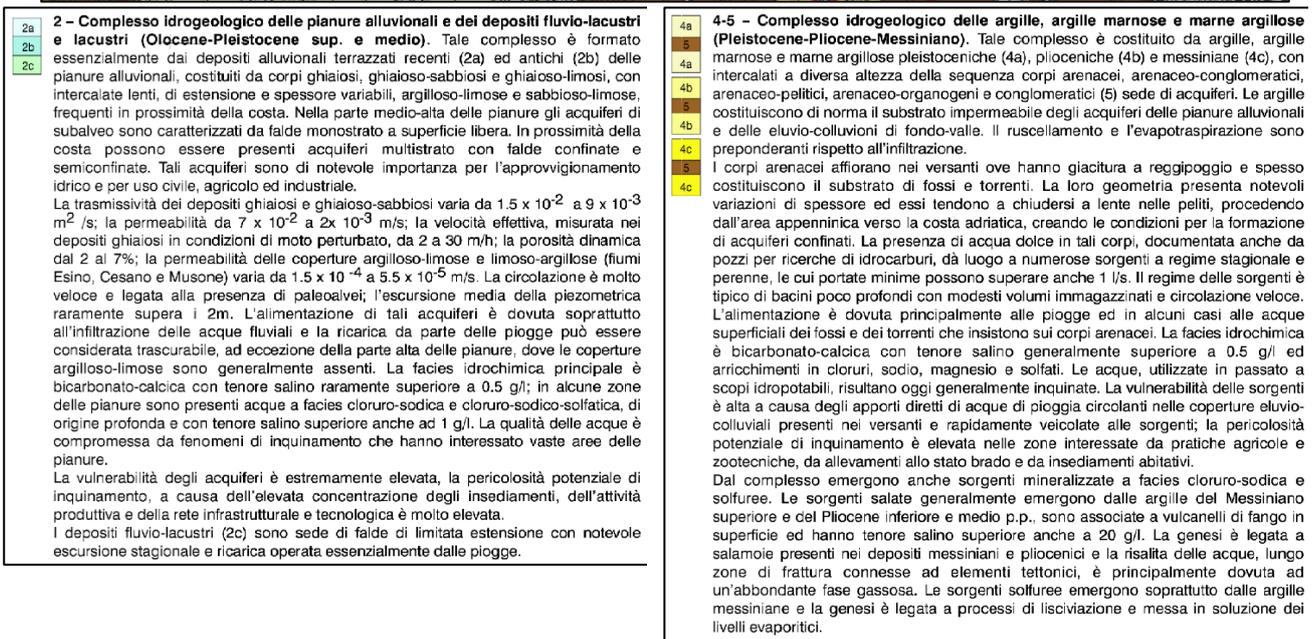
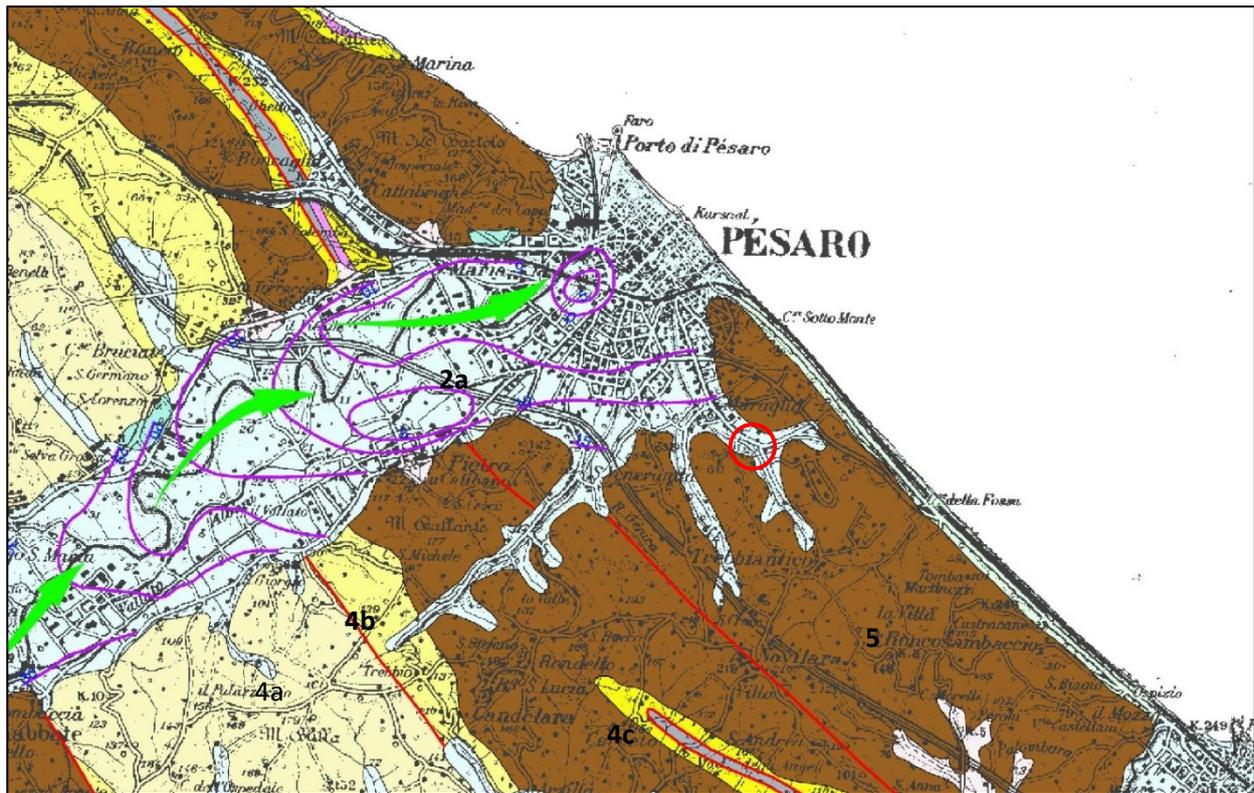


Figura 7 – Schema idrogeologico della Regione Marche (Tavola 1-A.1.3 del PTA, Regione Marche e Università di Ancona, 2002); l'area in esame (cerchio rosso) si colloca al passaggio tra il Complesso idrogeologico delle alluvioni (2a) ed il Complesso idrogeologico Mio-Pliocenico (5).

- **Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali e dei depositi fluvio-lacustri e lacustri (Pleistocene medio-superiore – Olocene)**

Tale complesso è formato essenzialmente dai depositi alluvionali terrazzati recenti (2a) ed antichi (2b) delle pianure alluvionali, costituiti da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi, con intercalate lenti, di estensione e spessore variabili, argilloso-limose e sabbioso-limose, frequenti in prossimità della costa. I depositi fluvio-lacustri (2c) sono sede di falde di limitata estensione con notevole escursione stagionale e ricarica operata essenzialmente dalle piogge.

Nei depositi alluvionali delle pianure dei fiumi marchigiani hanno sede acquiferi significativi, dai principali dei quali vengono captate le acque per uso idropotabile, industriale ed agricolo della maggior parte dei comuni della zona collinare e della fascia costiera. In generale i depositi alluvionali, antichi e recenti, sono formati da corpi ghiaiosi, ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi con intercalate lenti, di varia estensione e spessore, argilloso-limose e sabbioso-limose. La distribuzione di questi litotipi varia sensibilmente all'interno di ciascuna pianura così come risultano molto variabili gli spessori delle alluvioni tra le diverse pianure. Nella parte medio-alta delle pianure gli acquiferi alluvionali sono caratterizzati da falde monostrato a superficie libera, mentre in prossimità della costa possono essere presenti acquiferi multistrato con falde prevalentemente semiconfinate, subordinatamente confinate. L'alimentazione degli acquiferi è data principalmente dall'infiltrazione delle acque fluviali e la ricarica da parte delle piogge può essere considerata trascurabile, ad eccezione della parte alta delle pianure, dove le coperture argilloso-limose sono generalmente assenti.

La facies idrochimica principale è bicarbonato-calcica con tenore salino raramente superiore a 0.5 g/l. In alcune zone delle pianure sono presenti anche acque a facies clorurosodica e cloruro-sodico-solfatica con tenore salino superiore anche ad 1 g/l. Nei fondovalle e nelle pianure, associati ai numerosi affluenti dei fiumi principali, si hanno depositi di argille limose siltoso-sabbiose a permeabilità bassa, sedi di acquiferi con forte escursione stagionale della piezometrica, che alimentano, oltre il reticolo idrografico, anche gli acquiferi delle pianure. Gli acquiferi delle pianure alluvionali costituiscono una delle principali fonti di approvvigionamento idrico delle Marche. L'importanza di tali acquiferi è, quindi, enorme per l'economia marchigiana, anche se il progressivo inquinamento delle acque sotterranee li rende sempre meno utilizzabili ai fini idropotabili. Infatti, la vulnerabilità degli acquiferi di subalveo è estremamente alta, così come la pericolosità potenziale di inquinamento a causa dell'elevata concentrazione degli insediamenti, dell'attività produttiva e della rete infrastrutturale e tecnologica.

- **Complesso idrogeologico delle argille, argille marnose e marne argillose (Messiniano – Pleistocene)**

È costituito da argille, argille marnose e marne argillose di età messiniana (4c), pliocenica (4b) e pleistocenica (4a), con intercalati a diversa altezza della sequenza corpi arenacei, arenaceo-conglomeratici, arenaceo-pelitici, arenaceo-organogeni e conglomeratici (5), sede di acquiferi. Le argille costituiscono di norma il substrato impermeabile degli acquiferi delle pianure alluvionali e delle eluvio-colluvioni di fondovalle.

Il ruscellamento e l'evapotraspirazione sono preponderanti rispetto all'infiltrazione. I corpi arenacei affiorano nei versanti ove hanno giacitura a reggipoggio e spesso costituiscono il substrato di fossi e torrenti. La loro geometria presenta notevoli variazioni di spessore ed essi tendono a chiudersi a lente nelle peliti, procedendo dall'area appenninica verso la costa adriatica, creando le condizioni per la formazione di acquiferi confinati. La presenza di acqua dolce in tali corpi, documentata anche da pozzi per ricerche di idrocarburi, dà luogo a numerose sorgenti a regime stagionale e perenne, la cui portate minime possono superare anche 1 l/s. Il regime delle sorgenti è tipico di bacini poco profondi con modesti volumi immagazzinati e circolazione veloce. L'alimentazione è dovuta principalmente alle piogge ed in alcuni casi alle acque superficiali dei fossi e dei torrenti che insistono sui corpi arenacei. La facies idrochimica è bicarbonato-calcica con tenore salino generalmente superiore a 0,5 g/l ed arricchimenti in cloruri, sodio, magnesio e solfati. Le acque utilizzate in passato per scopi idropotabili, risultano oggi generalmente inquinate.

La vulnerabilità delle sorgenti è alta a causa degli apporti diretti di acque di pioggia circolanti nelle coperture eluvio-colluviali presenti nei versanti e rapidamente veicolate alle sorgenti; la pericolosità potenziale di inquinamento è elevata nelle zone interessate da pratiche agricole e zootecniche, da allevamenti allo stato brado e da insediamenti abitativi.

Nel territorio pesarese, il C.I. delle pianure alluvionali è principalmente rappresentato dal bacino del Fiume Foglia, il quale nel settore a monte della città di Pesaro viene sfruttato a scopi idropotabili mediante il prelievo da diversi pozzi poco profondi (Figura 8), con portate comprese tra 6-7 l/s. Nello specifico dell'area in esame, tale C.I. è rappresentato dal bacino del Rio Genica ed in particolare da quello del Fosso Genica, un corso d'acqua minore le cui alluvioni terrazzate sono di spessore modesto, caratterizzate da alternanze di terreni argillosi e sabbiosi, con rare ghiaie, che non viene sfruttato a scopi acquedottistici.

Il C.I. Mio-Pliocenico si estende dalla parte interna della provincia sino alla costa (Figura 9). Nello specifico dell'area in esame, tale complesso idrogeologico è caratterizzato dai corpi arenacei della Formazione delle Argille Azzurre che affiorano nei rilievi collinari della zona. Tale C.I., per la sua scarsa potenzialità non viene sfruttato a scopi acquedottistici, come si nota dall'assenza di pozzi in tali aree; nella zona in esame si individua solo una sorgente posta ad est.

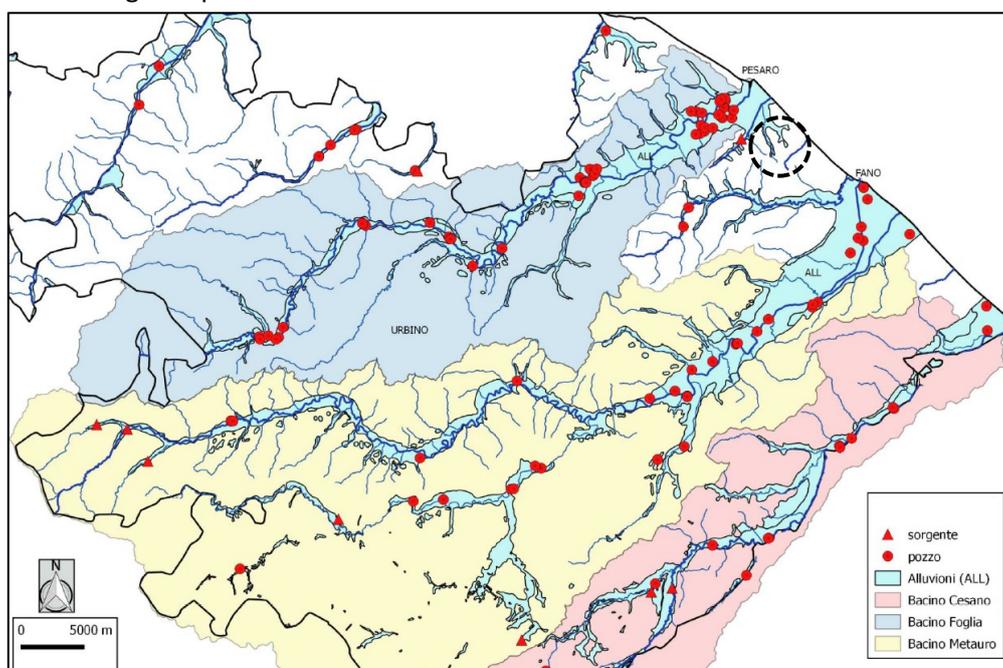
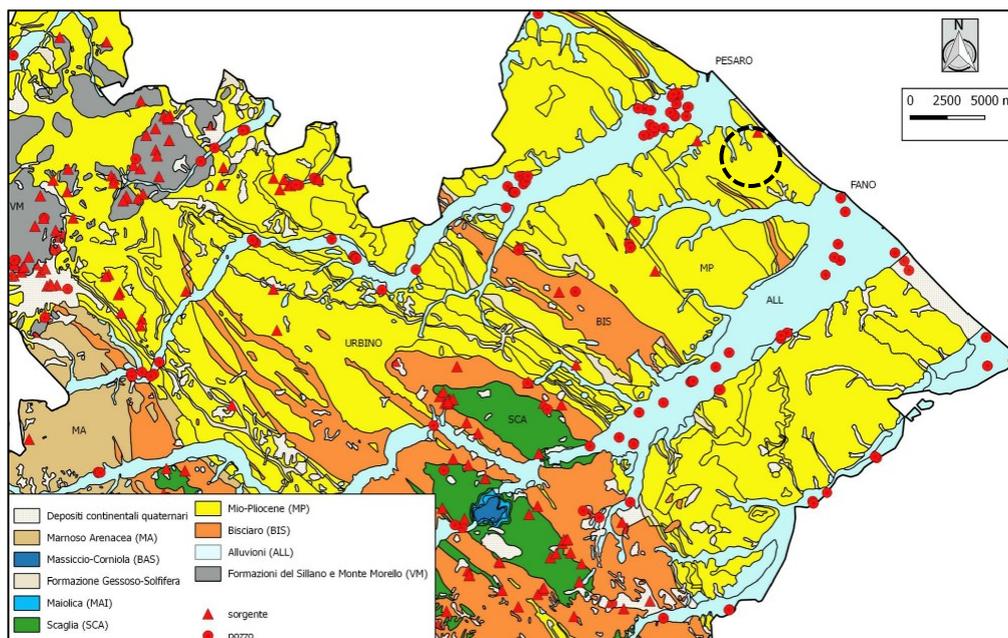


Figura 8 – Carta del Complesso Idrogeologico delle Pianure Alluvionali (Caldarella, Database geografico delle Acque Sotterranee della Provincia di Pesaro e Urbino (ASPU), 2015-2016)



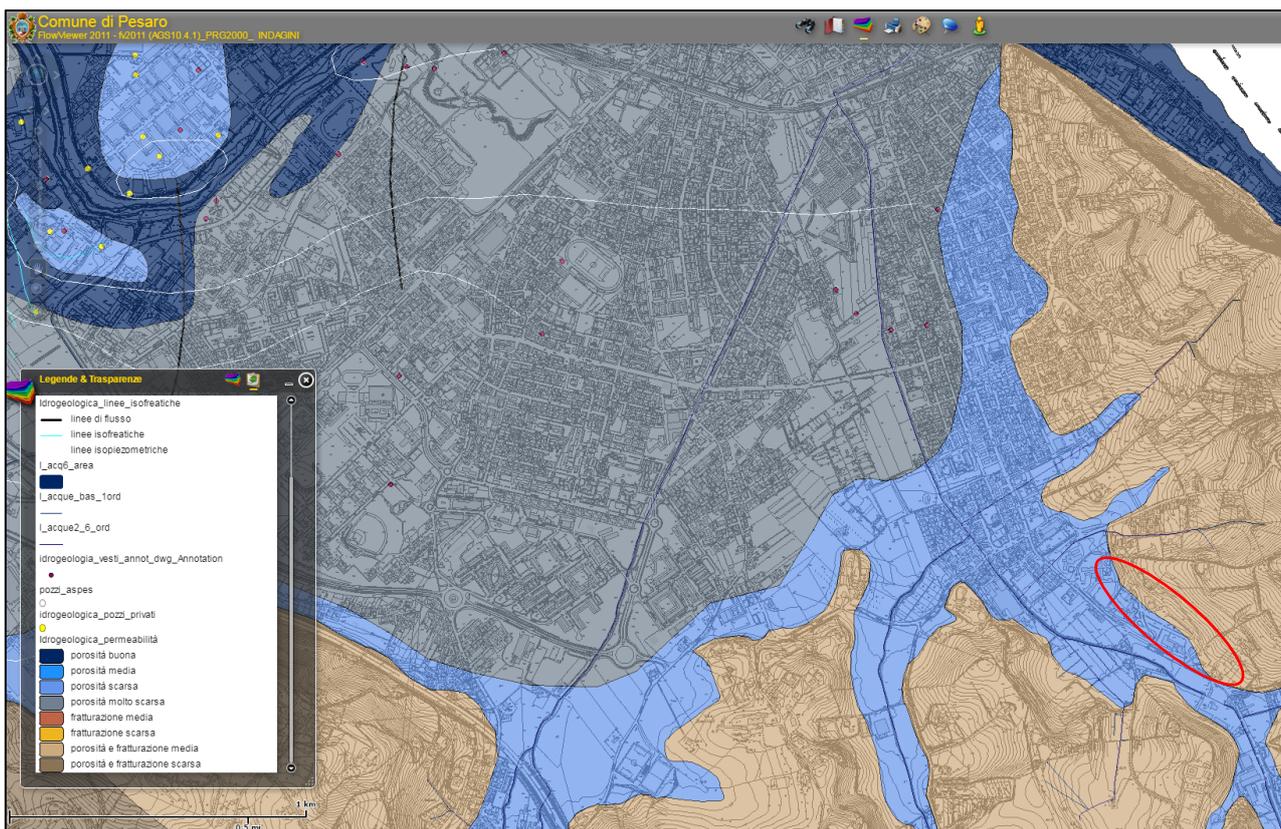
**Figura 9 – Carta del Complesso Idrogeologico Mio-Plioceno (Caldarella, Database geografico delle Acque Sotterranee della Provincia di Pesaro e Urbino (ASPU), 2015-2016)**

#### **4.2. Caratteristiche idrogeologiche dell'area in esame**

Il terrazzo alluvionale sul quale si colloca la zona in esame fa parte del complesso idrogeologico delle pianure alluvionali, che caratterizza tutto il fondovalle compreso la pianura antistante sulla quale si sviluppa la città di Pesaro.

Così come riportato nella Carta idrogeologica del PRG di Pesaro (Figura 10), nella zona in esame e in tutta la fascia più prossima ai rilievi collinari tale complesso idrogeologico è caratterizzato in superficie da una permeabilità scarsa, dovuta alla presenza di litologie superficiali fini argillo-limose. Procedendo a nord-est verso il corso del Fiume Foglia, la permeabilità diminuisce ulteriormente, per poi aumentare notevolmente in corrispondenza del corso d'acqua e nelle sue aree limitrofe, ove si ha la presenza di depositi superficiali con litologie prevalentemente sabbiose-ghiaiose.

I rilievi collinari presenti nell'area in esame, rappresentati da litologie arenaceo-pelitiche ed appartenenti al complesso idrogeologico mio-plioceno, sono caratterizzati da una porosità e da una fratturazione classificata come media.



**Figura 10 – Estratto carta idrogeologica del PRG di Pesaro; in rosso è cerchiata l’area in esame**

Sempre con riferimento alla Figura 10, nell’area in esame ed in un suo intorno significativo non sono presenti pozzi, sia privati sia ad uso acquedottistico. I pozzi acquedottistici più limitrofi alla zona di studio sono ubicati circa 1 km a nord, ai lati del corso del Fosso Genica ove presumibilmente la maggiore potenza dei depositi grossolani rispetto alle aree più a monte, favorisce l’instaurarsi di una falda sfruttabile a scopi acquedottistici. Altri pozzi si individuano nella pianura pesarese antistante l’intervento in oggetto, ma la maggior concentrazione si riscontra nella porzione mediana della pianura, in corrispondenza del corso del Fiume Foglia. La direzione di flusso delle acque sotterranee è infatti principalmente orientata verso questa area, ove i prelievi idrici sono maggiori.

Nell’area in esame è presente una falda libera contenuta nei depositi alluvionali terrazzati che ricoprono le formazioni arenaceo-pelitiche mio-plioceniche del substrato, le quali possono considerarsi come un substrato impermeabile che limita la circolazione dell’acquifero sovrastante. Tale falda è generalmente alimentate il corso d’acqua del Fosso Genica, che scorre con l’alveo inciso nel terrazzo alluvionale.

Il livello piezometrico nell’area in esame, desunto da informazioni bibliografiche, si attesta sui 10 m s.l.m. nella zona più settentrionale dell’area. Dal punto di vista della soggiacenza, si stima che il livello della falda si attesti sui 3-4 m di profondità dal piano di campagna.

## 5. Vincoli esistenti

### 5.1. Sismicità

La Regione Marche è interessata da una diffusa e frequente attività sismica, sia in tempi storici che attuali.

L'attività sismica dell'area è legata ai movimenti che hanno portato alla formazione dell'Appennino centro-settentrionale e che sono ancora in atto.

In particolare, continua la spinta tra la placca Africana e quella Euroasiatica e prosegue il processo di rotazione in senso antiorario della catena appenninica. Il modello strutturale elaborato dal C.N.R. (Gruppo Finalizzato Geodinamica) suddivide l'Appennino in 3 settori in base al tipo di movimento a cui è sottoposto:

- Catena esterna a carattere compressivo;
- Catena principale caratterizzata da stabilità e sollevamento, zona di transizione tra movimenti compressivi e distensivi;
- Catena interna a carattere distensivo.

Secondo questo modello, i caratteri macrosismici del territorio di interesse sono legati ai terremoti che nascono da meccanismi distensivi della catena interna e trascorrenti relativi alla fascia pedeappenninica.

#### 5.1.1. Sismicità storica

La sismicità storica dell'area è stata analizzata consultando l'ultima versione del Database Macrosismico Italiano dell'INGV (DBMI15, Locati et al., 2015) che fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2014.

Nella Figura 11 sono rappresentati i maggiori terremoti avvenuti nell'intorno dell'area in esame, generalmente localizzati sui rilievi dell'Appennino Umbro-Marchigiano e nell'area riminese dell'entroterra e sulla costa.

In Tabella 1 sono riportate le osservazioni macrosismiche riferite alla città di Pesaro contenuti nel DBMI15; per facilità di rappresentazione, sono elencati solo i terremoti che hanno registrato una intensità al sito uguale o maggiore di 5 MCS.

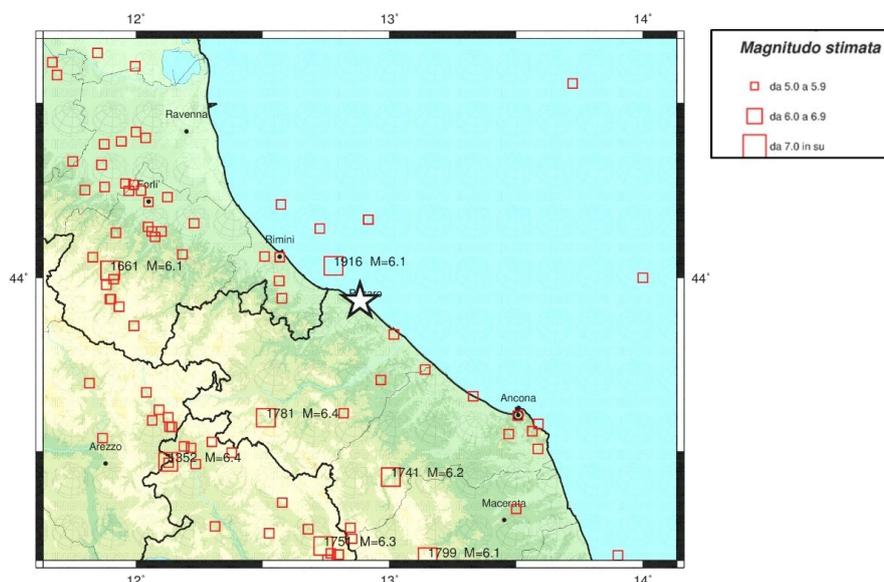


Figura 11 – Rappresentazione grafica dei terremoti dall'anno 1000 al 2006 di magnitudo  $\geq 5$  (CPTI11); con la stella è indicato l'evento di riferimento del 31-12-2016 magnitudo 2.7 ubicato in località Pesaro

Intensità	Anno Me Gi Ho	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1672 04 14 15 45	Riminese	92	8	5,59
7	1741 04 24 09 20	Fabrianese	135	9	6,17
7	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5,74
7	1916 08 16 07 06	Riminese	257	8	5,82
7	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5,83
6-7	1786 12 25 01	Riminese	90	8	5,66
6-7	1838 06 23	Costa pesarese	4	6	4,63
6-7	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5,82
6	1781 06 03	Cagliese	157	10	6,51
6	1972 02 04 02 42	Costa anconetana	75		4,57
5-6	1756 10 06 20	Costa pesarese	7	4-5	3,93
5-6	1897 09 21	Marche settentrionali	44	7	5,4
5-6	1972 11 30 11 25	Costa pesarese	30		4,52
5	1717 03 31	Costa pesarese	1	5	4,16
5	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6,68
5	1744 05 25	Costa pesarese	5	5	4,59
5	1752 07 13 21 40	Appennino umbro-	11	5	4,61
5	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5,85
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna	867	6-7	5,36
5	1916 06 16 01 27	Riminese	17	6	4,82
5	1924 01 02 08 55	Senigallia	76	7-8	5,48
5	1937 11 26 21 58	Costa pesarese	7	5	4,16
5	1972 01 25 20 24	Costa anconetana	24	6	4,49
5	1979 09 19 21 35	Valnerina	694	8-9	5,83

Tabella 1 – Osservazioni macrosismiche di intensità pari o superiore a 5, riferite alla città di Pesaro (DBMI15, Locati et al., 2015)

Dai dati delle osservazioni macrosismiche, si evince come le massime intensità registrate al sito corrispondano generalmente a terremoti con area epicentrale nel Riminese, avvenuti negli anni 1672, 1786 e due nel 1916, tutti con intensità epicentrale pari a 8 MCS e magnitudo maggiore di 5.5, che hanno fatto registrare delle intensità al sito comprese tra 6-8 MCS. Altri terremoti che hanno fatto registrare intensità al sito di 7 MCS sono quelli avvenuti nel Fabrianese del 1741 con magnitudo pari a 6.2, nella Costa Romagnola del 1875 con magnitudo pari a 5.7, a Senigallia del 1930 con magnitudo pari a 5.8.

Il terremoto più forte che si è registrato nell'area pesarese è quello del 3 giugno 1781, con area epicentrale nella Provincia di Pesaro ed in particolare nel Comune di Cagli, con intensità al sito di 10 MCS e magnitudo 6.5.

### 5.1.2. Sismicità recente

Come visto, il territorio Pesarese ove ricade l'area in esame, è stato interessato in passato da terremoti di notevole intensità, risentendo soprattutto di sismi con epicentro nelle aree limitrofe

all'area provinciale, situate sia nella Regione Marche sia in quelle vicine. Le informazioni sulla sismicità recente sono state reperite da dal sito INGV che riporta l'attività sismica degli ultimi terremoti.

In Figura 12 è riportata la distribuzione degli epicentri dei terremoti con magnitudo  $\geq 2.5$  localizzati dalla Rete Sismica Nazionale dal 1985 ad oggi. La grandezza del cerchio indica le diverse classi di magnitudo. Il maggior numero di epicentri, compresa la maggior parte di quelli a più alto magnitudo, si localizzano ad est dell'area in esame, distribuiti lungo la fascia dell'Appennino Umbro-Marchigiano e nell'area della Romagna.

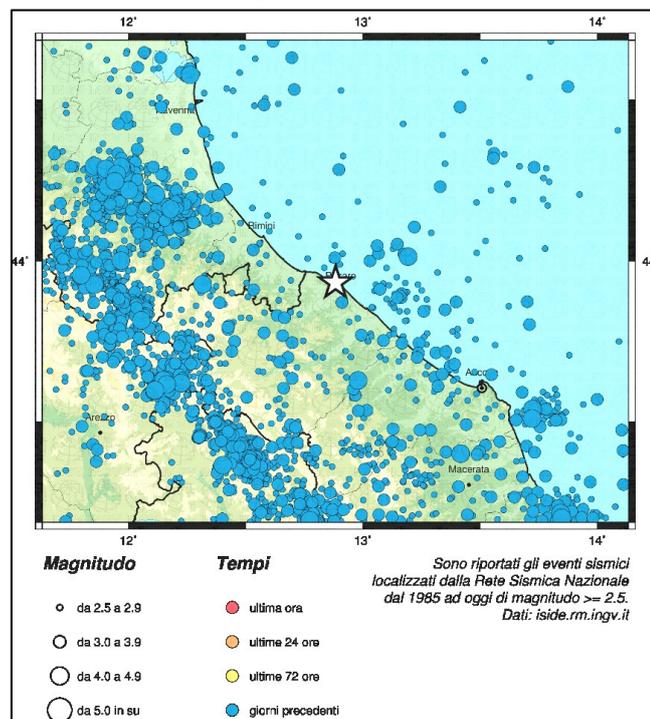


Figura 12 – Epicentri dei terremoti dal 1985 ad oggi (sito INGV); la stella è indica la zona di Pesaro

Anche se l'area in esame si trova nella porzione settentrionale della Regione Marche, si ritiene opportuno menzionare gli eventi sismici più forti e recenti del Centro Italia, tra cui la sequenza sismica del 1997 che ha interessato la porzione meridionale delle Marche al confine con l'Umbria, e la sequenza sismica ancora più recente del 2016-2017 che ha interessato una porzione di territorio posta più a sud, interposta tra la prima sequenza e quella dell'Aquila del 2009 (Figura 13). I terremoti più forti di tali sequenze sismiche hanno fatto registrare valori di magnitudo vicini o di poco superiori a 6.

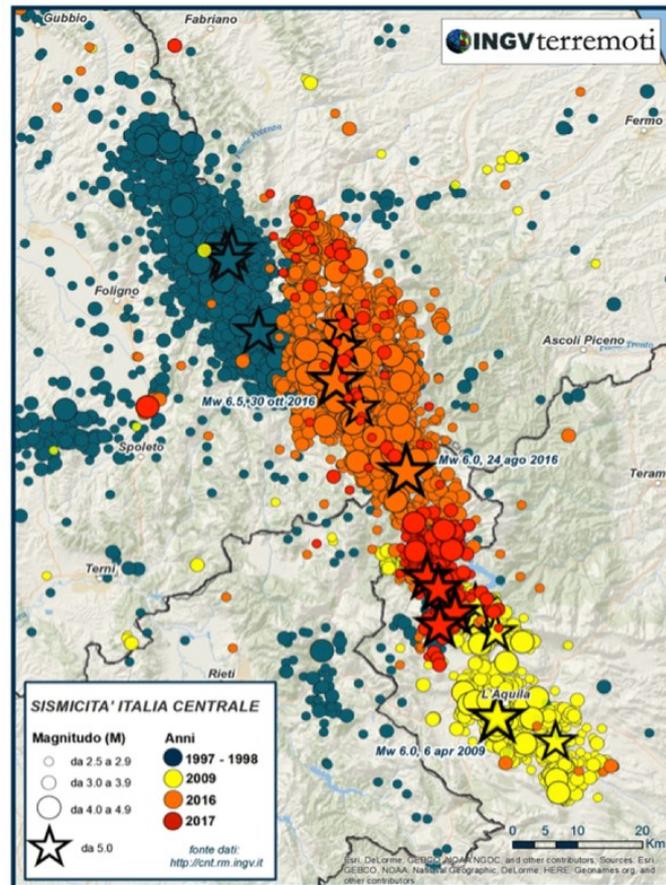


Figura 13 – Mappa epicentrale delle sequenze sismiche in Italia centrale dal 1997 al 2017 (INGV)

### 5.1.3. Sorgenti sismogenetiche e faglie capaci

Gli studi condotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9 (Meletti et al., 2004), che prevede una suddivisione in 36 zone, i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

Le zone sismogenetiche sono porzioni della crosta o del mantello terrestre da cui possono originarsi i terremoti, in altre parole identificano le strutture geologiche attive a livello regionale da cui si originano i sismi più violenti.

L'identificazione di tali sorgenti permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Secondo la zonazione sismogenetica ZS9, l'area in esame ricade all'interno della zona sismogenetica 917, che assieme alla zona 912 rappresentano la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale. La zona 917 comprende le sorgenti sismogenetiche principali della fascia appenninica esterna, in cui è possibile associare la sismicità della costa romagnola e marchigiana, che sembra evidenziare l'andamento del fronte compressivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po). Il numero di terremoti che ricadono nella zona 917 è decisamente inferiore a quello degli eventi della zona 912.

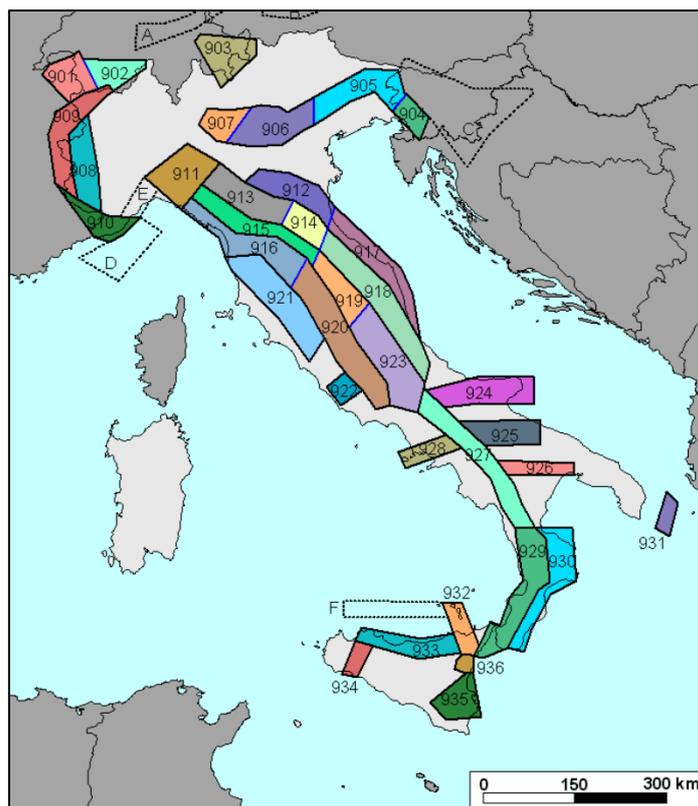


Figura 14 – Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, Meletti et al., 2004); l'area in esame ricade all'interno della ZS n. 917

Una fonte importate sulle sorgenti sismogenetiche del territorio nazionale è rappresentata dal *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS 3.2) il quale contiene materiale pubblicato e originale sulle sorgenti sismogenetiche italiano con un potenziale per terremoti di M 5.5 e superiore.

Una sorgente sismogenetica individuale (ISS) è definita da dati geologici e geofisici ed è caratterizzata da parametri geometrici, cinematici e sismologici. Una sorgente sismogenetica composita (CSS) è una regione allungata che si estende su un numero imprecisato di ISS che non possono essere individuate singolarmente.

L'area in esame ricade nella zona della sorgente sismogenetica composita ITCS032 Pesaro-Senigallia (Figura 15), ritenuta capace di produrre sismi con Mw pari a 6.1 (derivata dalla massima magnitudo delle sorgenti sismogenetiche individuali in essa compresa).

La geometria di quest'area sismogenetica è determinata dalla geometria delle singole sorgenti individuali in essa contenute: lo strike varia da 105° a 145°; il dip varia da 25° a 35° verso SO; il rake è assunto corrispondente ad un sovrascorrimento tra 80° e 100°; la slip rate varia da 0,2 a 0,5 mm/anno.

La ISS più limitrofa all'area in esame, e ricompresa nella suddetta CSS, è la ITIS031 Fano Ardizio, individuata dal riquadro giallo più prossimo al cerchio verde in Figura 15.

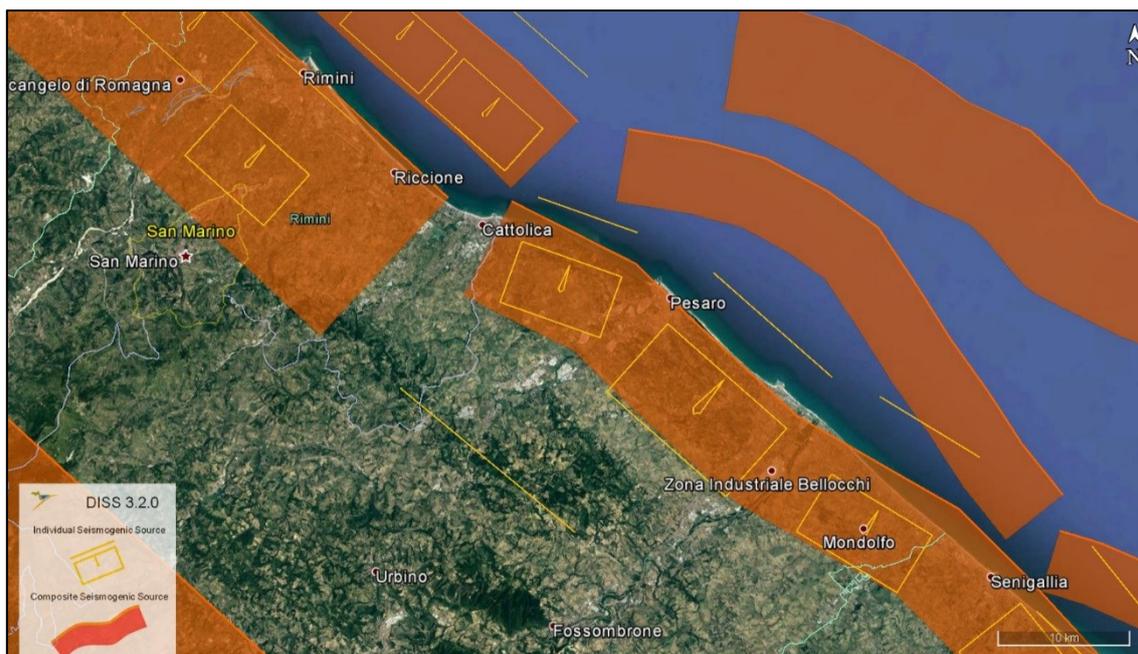


Figura 15 – Sorgenti sismogenetiche (DISS 3.2); in verde è evidenziata l’area in esame

Nell’analisi della tettonica dell’area, si è consultato anche il database del progetto ITHACA (*ITaly HAZard from CAPable faults*, ISPRA) contenente le principali “faglie capaci”, ossia quelle faglie attive che sono rilevanti dal punto di vista degli effetti che inducono direttamente in superficie.

Le faglie capaci costituiscono un importante elemento nella composizione del quadro provinciale degli effetti di sito che possono determinarsi in caso di sisma.

Per quanto riguarda l’area di studio, in Figura 16 cerchiata in verde, nelle sue vicinanze si individuano 2 faglie inverse poste a sud e a nord, con andamento NO-SE, la prima denominata “Novilara” (codice 43303) e la seconda denominata “Senigallia” (codice 43300).

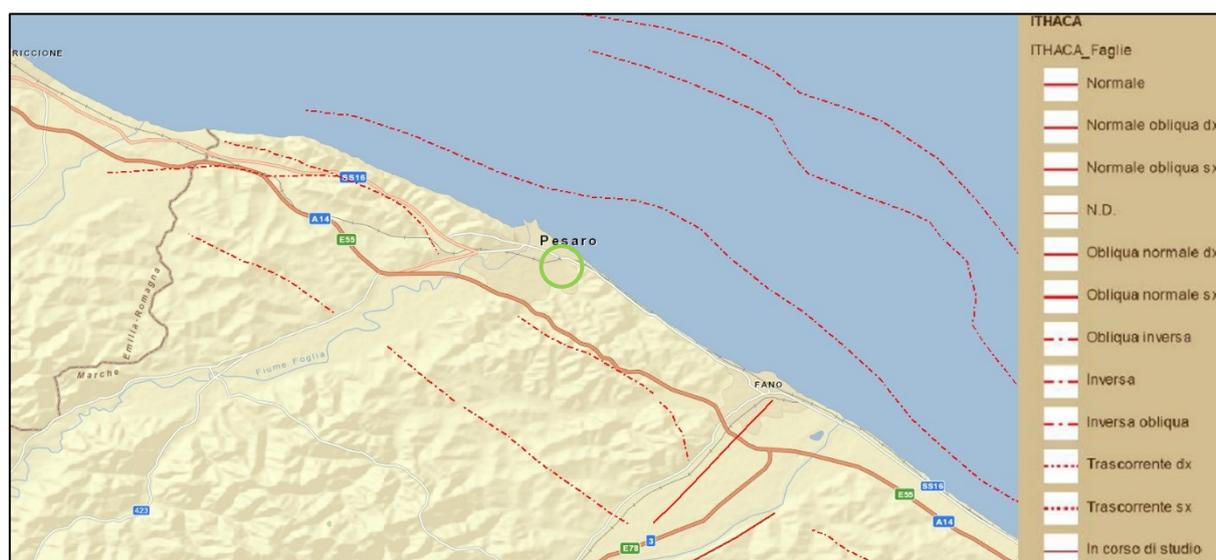


Figura 16 – Estratto del database ITHACA con raffigurate le principali faglie capaci; in verde è cerchiata l’area in esame

## 5.2. Piano Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano per l'assetto idrogeologico (PAI), richiesto dalle LL. 267/98 e 365/00, si configura come stralcio funzionale del settore della pericolosità idraulica ed idrogeologica del Piano generale di bacino previsto dalla L. 183/89 e dalla L.R. 13/99.

L'ambito di applicazione del PAI è relativo ai bacini idrografici regionali elencati e cartografati nell'Allegato B della L.R. 13/99. In tali bacini ricadono anche territori della Regione Umbria e pertanto per l'applicazione del PAI in tali aree dovrà essere seguita la procedura prevista dall'art. 20 della Legge 183/89.

Il progetto di piano è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 13 del 30/04/2001.

Il PAI è stato adottato, in prima adozione, con Delibera n. 15 del 28 giugno 2001. A seguito delle osservazioni alla prima adozione del piano e alle loro istruttorie, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino ha adottato definitivamente il PAI, con Delibera n. 42 del 7 maggio 2003 (seconda e definitiva adozione).

La Giunta Regionale con DGR n. 872 del 17/06/2003 ha trasmesso il Piano al Consiglio Regionale e con DGR n. 873 del 17/06/2003 ha approvato le "Misure di Salvaguardia".

Successivamente all'approvazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dei bacini di rilievo regionale sono stati approvati degli atti che modificano parte degli elaborati allegati al PAI di cui alla Deliberazione di Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004.

Il PAI 2016 è un aggiornamento che riguarda il quadro conoscitivo del dissesti censiti dal Piano; restano invariate le Norme di Attuazione (NA). In particolare:

- nel piano per l'assetto dei versanti (frane e valanghe), si è provveduto ad integrare le aree di dissesto già perimetrate con quelle presenti nelle indagini specifiche redatte per la redazione di circa 60 strumenti urbanistici comunali (PRG), ricadenti prevalentemente nella Provincia di Macerata, non precedentemente acquisiti o non presenti nel Piano (elenco PRG inseriti);
- nel Piano per l'assetto idraulico (aree esondabili), si è provveduto ad integrare le aree già perimetrate con altre rilevate in sito in occasione degli eventi alluvionali che hanno interessato il territorio regionale negli ultimi anni (per la quasi totalità dal 2011 in poi).

Sono inoltre stati controllati/revisionati:

- alcuni livelli di pericolosità e di rischio di dissesti già presenti nel Piano,
- aspetti cartografici dei poligoni delle aree in dissesto, anche in relazione alle nuove tecnologie informatiche disponibili.

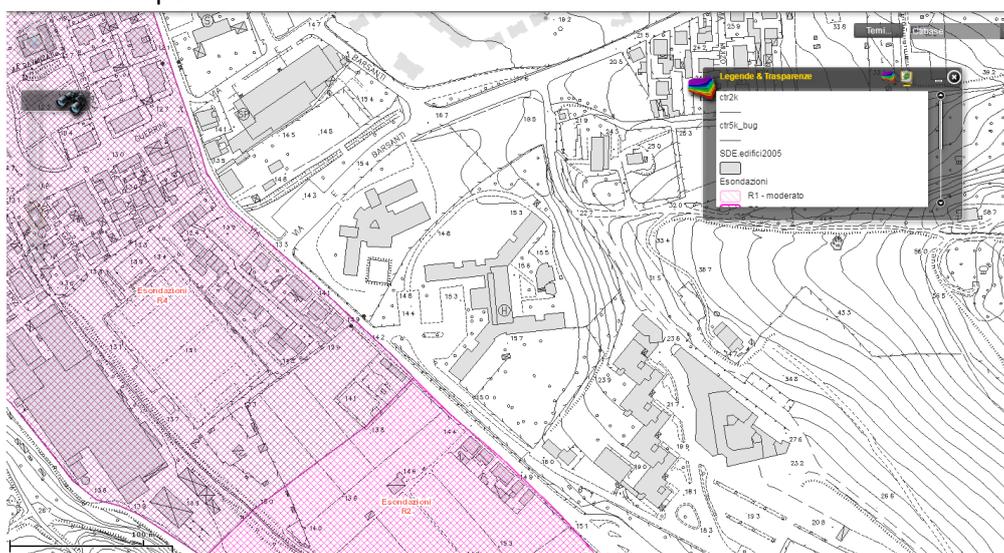


Figura 17: PAI 2016 Decr. 49 Adozione – (fonte: SIT Comune Pesaro)

Dall'analisi del PAI 2016 per quanto riguarda le aree inondabili, risulta che l'area dell'ospedale non ricade tra le aree a rischio anche se in prossimità di un'area a rischio esondazione R4-R2.

L'area oggetto di variante, come si desume dall'elaborato grafico riportato, non è interessata dal rischio idrogeologico. L'area antistante, invece, è un'area con un rischio medio/molto elevato di inondazione.

## 6. Microzonazione sismica

Come visto precedentemente, la Regione Marche è interessata da una sismicità che può essere definita medio-alta relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 6 e 7 della scala Richter e intensità del IX-X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

A tale proposito l'Ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., "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 Gazzetta Ufficiale n° 105 del 08 Maggio 2003), ha stabilito la nuova classificazione sismica di tutto il territorio nazionale, e disciplinato la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento e miglioramento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni.

Con l'entrata in vigore, il 23 ottobre 2005, delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.09.2005, le cui norme tecniche includono tra le referenze tecniche essenziali anche l'Ordinanza n. 3274/2003 e s.m.i., è diventata obbligatoria la progettazione antisismica per tutto il territorio nazionale, facendo riferimento alle zone sismiche di cui alla OPCM 3274/2003.

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche, a ciascuna delle quali è assegnato un intervallo di valori dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni; in particolare, per la determinazione delle azioni sismiche, risulta assegnato un valore ( $a_g / g$ ), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, diverso per ogni zona sismica. Il Comune di Pesaro ricade nella zona 2 a sismicità media (

Figura 18), a cui è associato un valore della massima accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico di  $a_g = 0,25g$ .

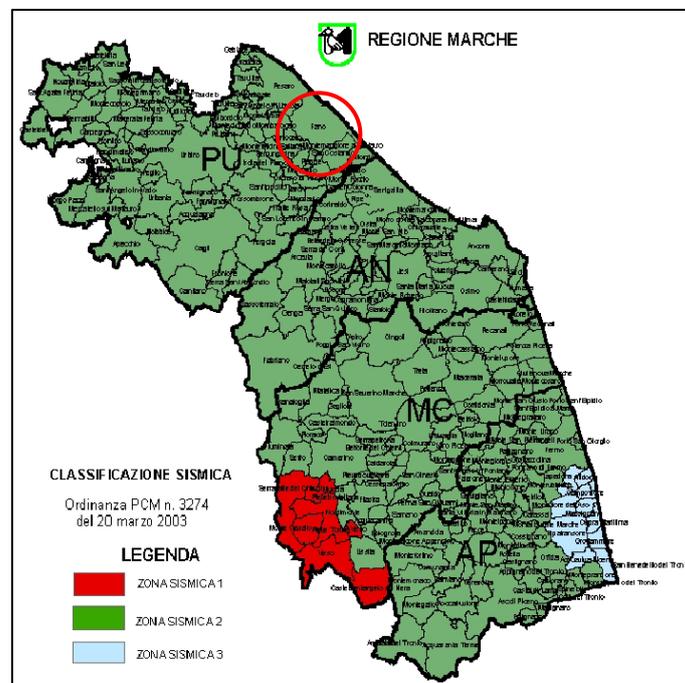


Figura 18 – Classificazione sismica della Regione Marche, Ordinanza PCM n. 3274/2003; in rosso è cerchiato il Comune di Pesaro

I valori di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono:

Zona	Valore di $a_g$
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

In relazione al rischio sismico si è fatto riferimento alla cartografia contenuta nel PRG del Comune di Pesaro, che classifica la porzione più meridionale dell'area in esame come soggetta ad amplificazione sismica media. Per tali aree vengono richieste indagini specifiche per la definizione della categoria di suolo e del valore di Vs30, che verranno eseguite in una successiva fase di progettazione.

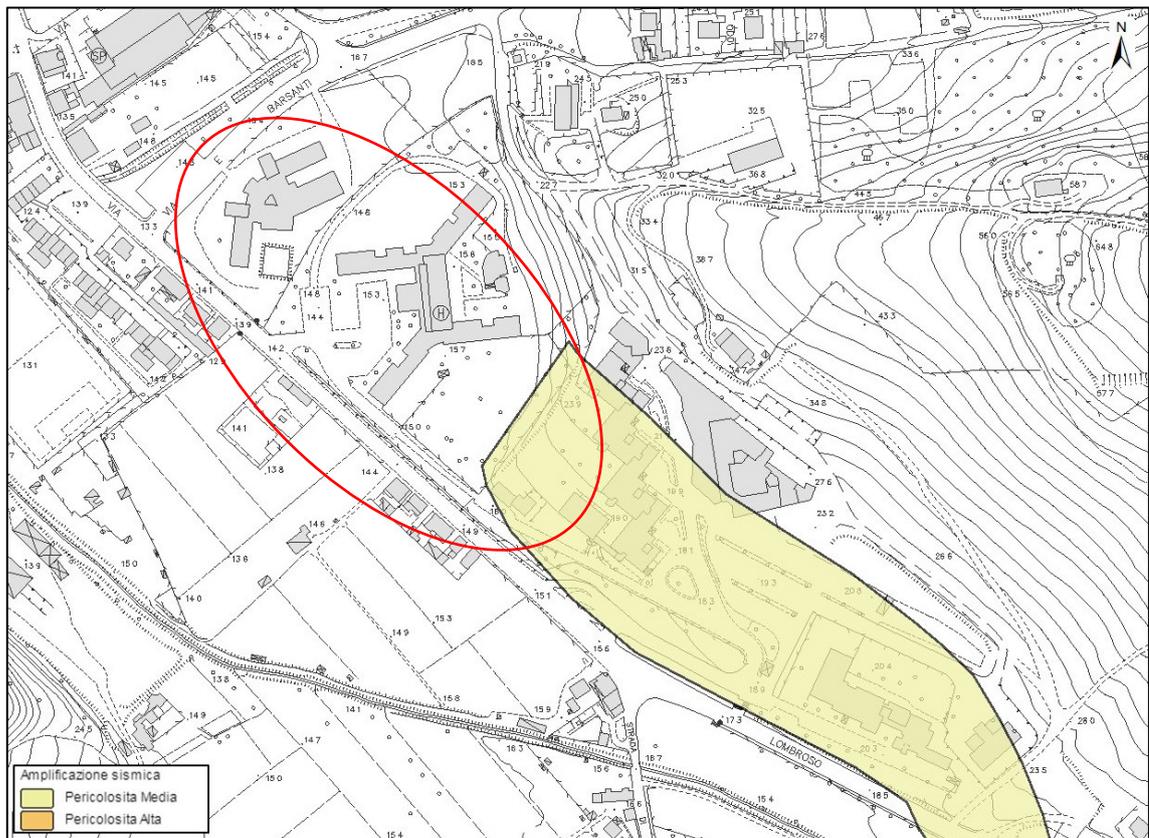


Figura 19 - Estratto della cartografia dei Vincoli Geologici contenuta nel PRG di Pesaro; in rosso è cerchiata l'area in esame

### 6.1. Definizione dell'azione sismica di base

La pericolosità sismica di base è quella componente di pericolosità dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area. Essa fornisce, in termini probabilistici, per una certa regione e per un determinato periodo di tempo, i valori, corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza, dei parametri che descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto. Si riferisce a condizioni ideali di suolo roccioso affiorante e privo di irregolarità morfologiche e fornisce le caratteristiche del terremoto di riferimento atteso al sito.

Tali caratteristiche sono definite quando sono noti l'accelerazione di picco orizzontale ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, entrambi riferiti a condizioni di suolo rigido e superficie topografica orizzontale.

La possibilità di descrivere l'azione sismica in forma di accelerogrammi è ammessa solo a condizione che essi siano compatibili con le predette caratteristiche del moto sismico.

La pericolosità sismica di base è definita secondo una procedura basata sui risultati dello studio dell'INGV, disponibili sul sito web nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica". In tali mappe, la pericolosità si sgancia dalle divisioni amministrative e viene distribuita sui 10751 nodi, a distanza reciproca non superiore a 10 km, di un reticolo geografico regolare. Ogni nodo è caratterizzato da specifiche curve di pericolosità che definiscono la frequenza media annua di occorrenza di una serie di terremoti caratterizzati da diversi livelli di severità, espressa, ad esempio, in termini di  $a_g$ .

Anche la definizione di spettro elastico (attraverso 3 parametri di controllo) varia da punto a punto del reticolo e in funzione del periodo di ritorno dell'azione sismica.

Dal punto di vista temporale, la pericolosità non è più definita con riferimento ad un singolo valore del periodo di ritorno,  $TR = 475$  anni, ma in corrispondenza di 9 valori, ovvero  $TR = 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975$  e  $2475$  anni. Questo coerentemente con un approccio prestazionale alla progettazione, basato sull'assunzione che, a fronte di un'azione sismica di intensità variabile e pertanto caratterizzata da un periodo di ritorno variabile, si richiedano alle strutture livelli di prestazione diversi.

I 3 parametri che definiscono la pericolosità sismica di base, in condizioni ideali di sito di riferimento, sono  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_c$ , rispettivamente definiti come: *accelerazione orizzontale massima del terreno, valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale, periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.*

Essi sono necessari per la definizione dello spettro di risposta elastico rispetto ad uno specifico periodo di ritorno. Per ogni nodo del reticolo INGV sono forniti i grafici relativi alle curve di pericolosità e gli spettri di risposta a pericolosità uniforme (isoprobabili), corrispondenti alle diverse probabilità di eccedenza in 50 anni.

Si fa notare che, qualora il periodo di ritorno calcolato nell'approccio prestazionale fosse inferiore al valore minimo nello studio di pericolosità sismica dell'INGV (30 anni) o superiore al valore massimo considerato (2475 anni), si porrà pari a 30 anni nel primo caso e pari a 2475 anni nel secondo caso.

## **6.2. Definizione dell'azione sismica di base per l'area di studio**

I parametri di pericolosità sismica possono essere automaticamente ricavati, come espresso nella Circolare NTC08, dal software "Azioni sismiche – Spettri di risposta" scaricabile dal sito web del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che effettua le operazioni di interpolazione sia geografica, sia temporale richieste per la valutazione dell'azione sismica.

Come risultato, il software restituisce i 9 spettri di risposta elastici delle NTC08 (su roccia) e i 9 spettri a pericolosità uniforme dai quali sono stati derivati, per il sito in questione e per i 9 periodi di ritorno considerati.

Si riportano, di seguito, i valori dei parametri di riferimento che definiscono gli spettri di risposta elastici caratteristici del sito in esame per i 9 periodi di ritorno di riferimento ( Tabella 2).

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0,047	2,426	0,275
50	0,061	2,583	0,276
72	0,076	2,483	0,281
101	0,093	2,439	0,282
140	0,108	2,467	0,284
201	0,128	2,443	0,285
475	0,182	2,471	0,296
975	0,237	2,514	0,309
2475	0,332	2,496	0,320

Tabella 2 – Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento

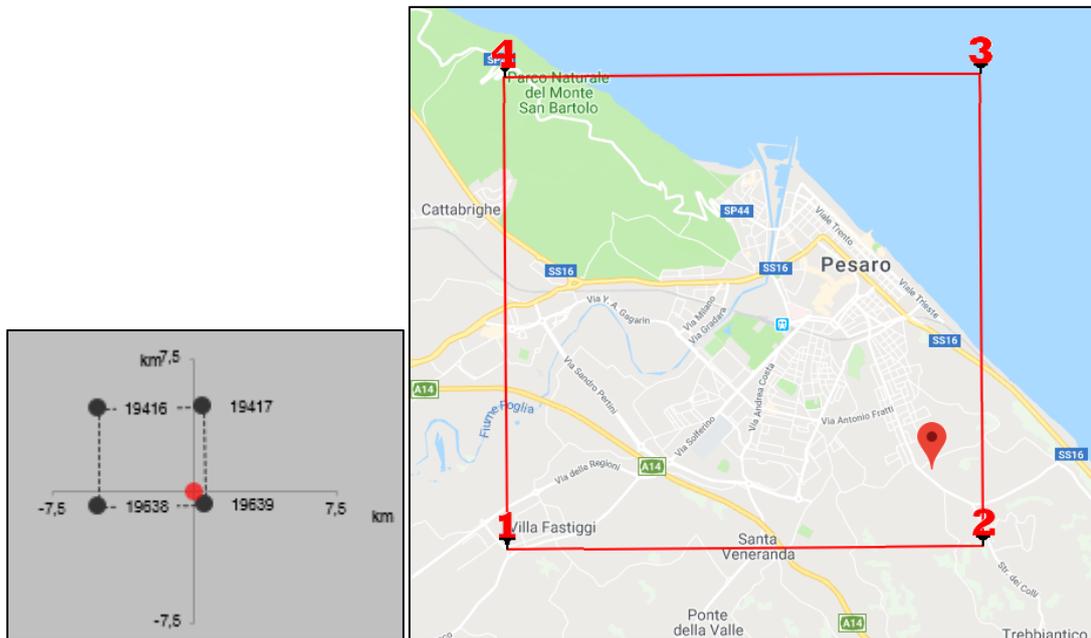


Figura 20 – Coordinate geografiche dei 4 punti della griglia INGV entro i quali ricade il sito in esame (Lat: 43,89149 – Long: 12,92767) e distanza, in km, del sito da essi

## 7. Indagini prese ad esame per la ricostruzione geologico - stratigrafica

Per la redazione di questo studio si è fatto riferimento esclusivamente a prove geognostiche pregresse, effettuate per opere limitrofe all'area in esame e disponibili per la consultazione.

In sede di progettazione esecutiva saranno effettuate indagini geognostiche specifiche sul sito in esame, al fine di ricavare i parametri geotecnici dei terreni che saranno interessati dalle fondazioni dell'edificio ospedaliero e del parcheggio multipiano posto a sud.

Nello specifico, si sono analizzate le prove geognostiche contenute nel PSC del Comune di Pesaro, per le quali si dispone solo dell'ubicazione, e le prove geognostiche effettuate per il progetto autostradale di ampliamento alla terza corsia della A14 nel tratto Cattolica-Fano. Inoltre, si sono analizzati i contenuti della relazione di "Indagine geologico-tecnica per un edificio monopiano prefabbricato a servizio della divisione di oncologia dell'azienda ospedale San Salvatore di Pesaro" reperita per conoscenze professionali.

L'ubicazione delle indagini geognostiche utilizzate per il presente studio è riportata in Figura 21.

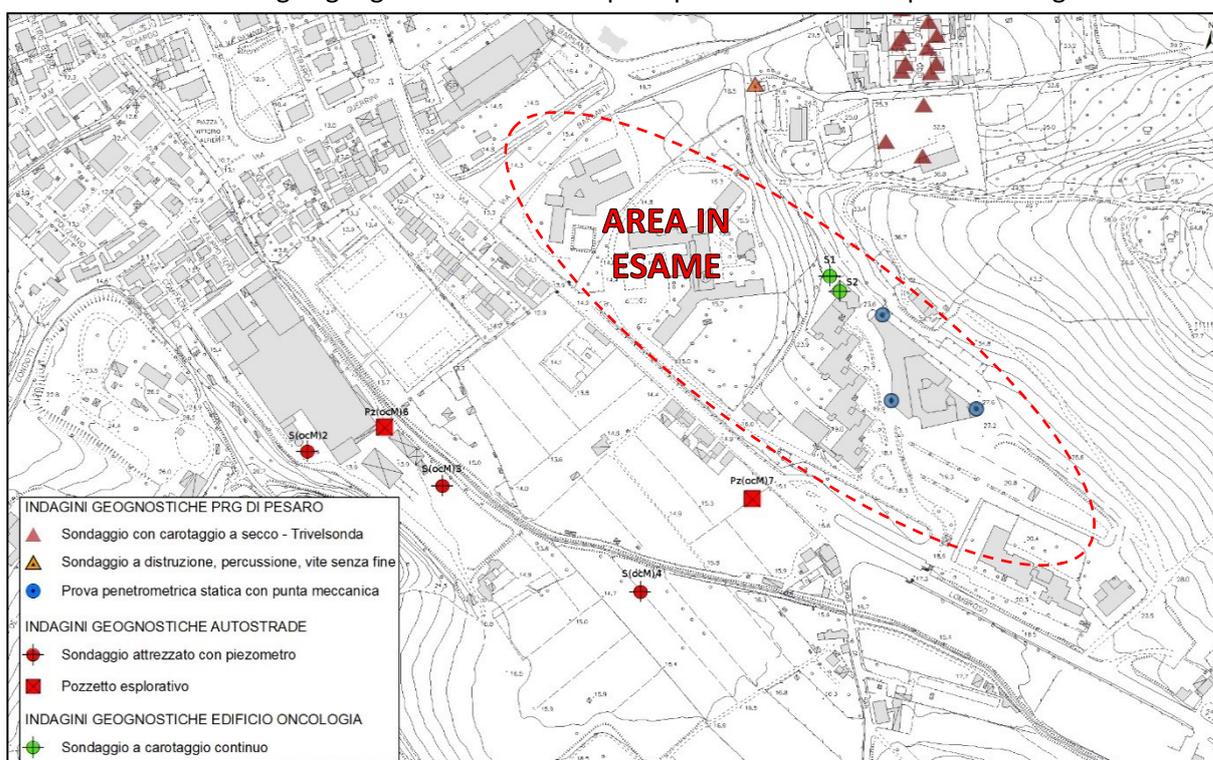
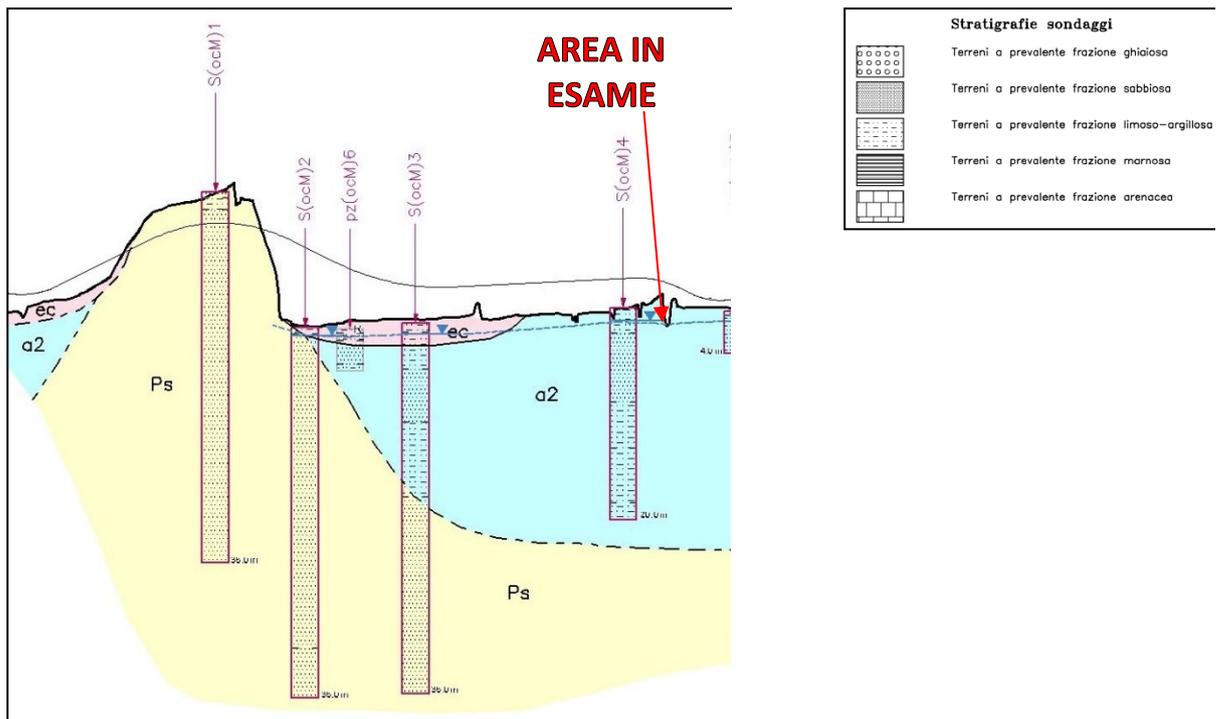


Figura 21 – Ubicazione delle indagini geognostiche reperibili per l'area in esame: per le indagini geognostiche del PRG di Pesaro si conosce solo l'ubicazione; per le indagini geognostiche effettuate da Autostrade e per l'ampliamento del reparto di oncologia sono disponibili anche i risultati)

Le uniche indagini che ricadono nell'area di studio delle quali è stato possibile reperire anche i risultati, sono due sondaggi a carotaggio continuo (S1 e S2) spinti alle profondità massime di 4-6 m dal p.d.c.

Altre indagini limitrofe all'area di studio sono un pozzetto esplorativo spinto sino a 4 m di profondità dal piano di campagna ubicato sul lato sud di via Cesare Lombroso denominato Pz(ocM)7, e 3 sondaggi a carotaggio attrezzati con piezometro spinti sino alle profondità di 20-35 m dal p.d.c. ed ubicati più ad ovest, sempre sulla stessa piana alluvionale ma sulla sponda opposta del corso del Fosso Genica, denominati S(ocM)2, S(ocM)3, S(ocM)4.



**Figura 22 – Profili geologici dell’area in esame Ubicazione delle indagini geognostiche reperibili per l’area in esame (da Progetto autostradale di ampliamento alla terza corsia della A14 nel tratto Cattolica-Fano)**

Gli unici due carotaggi che ricadono nell’area in esame sono stati effettuati sulla fascia a ridosso del rilievo collinare a nord-est; il sondaggio S1 evidenzia la presenza di una coltre di materiale argilloso eluvio-colluviale variabile di circa 3 m di spessore, al di sotto della quale si rinviene il substrato composto da argille marnose con livelli di sabbie e arenarie, substrato che risulta sub-affiorante nel sondaggio S2.

Le altre indagini pregresse hanno permesso di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo dell’area in esame (Figura 22). Sono stati presi in considerazione i sondaggi più vicini all’area in esame contenuti nella documentazione del progetto di Autostrade, i quali identificano nel sottosuolo una coltre di copertura di terreni a prevalente frazione limo-argillosa a cui sono intercalati terreni sabbiosi, a cui seguono terreni sabbioso-arenacei del substrato posti a profondità variabili: nelle zone prossime al centro del fondovalle, il substrato sabbioso-arenaceo si incontra a profondità presumibilmente anche maggiori ai 20 m dal p.d.c.; nelle zone limitrofe ai rilievi collinari, la superficie di tale strato tende a ritrovarsi a quote sempre minori, sino ad affiorare in corrispondenza dei versanti collinari.

L’area in esame è ubicata all’estremo destro della sezione riportata in Figura 22, ma è possibile ritenere che la situazione stratigrafia del sito sia del tutto simile a quella illustrata alle pendici del rilievo riportato sulla sinistra della suddetta figura: in corrispondenza del rilievo affiora il substrato sabbioso-arenaceo la cui superficie si approfondisce sino a valori prossimi ai 20 m dal p.d.c. procedendo verso il centro del fondovalle.

I terreni dell’area in esame sono caratterizzati da un substrato sabbioso-arenaceo subaffiorante in corrispondenza delle aree orientali prossime al rilievo collinare, il quale si approfondisce man mano che si procede verso ovest ove affiora una coltre di depositi alluvionali con terreni a litologia variabile da argillosi a sabbiosi con spessori che raggiungono anche i 20 m.

## 7.1. Conclusioni

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo di cui al paragrafo § 3.2.2. delle NTC08 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di  $a_{max}$  può essere ricavato dalla relazione  $a_{max} = S_s \cdot a_g$  dove  $a_g$  è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed  $S_s$  è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Per categorie speciali di sottosuolo (Tab. 3.2.III - § 3.2.2. delle NTC08), per determinati sistemi geotecnici o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante specifiche analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Tabella 3.2.II.-III delle NTC08, Categorie di sottosuolo**

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V (§3.2.3.2. delle NTC08), nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

**Tabella 3.2.V delle NTC08, Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Senza l'utilizzo di specifiche indagini geognostiche in situ che permettano la corretta definizione della categoria di suolo, sulla base delle litologie presenti nel sottosuolo, si è assunto che il terreno di fondazione sia classificabile in **Categoria C**.

Di seguito si riportano i valori del fattore di amplificazione stratigrafica  $S_s$  per il sito in esame, per la categoria di suolo "C" e per ogni Stato Limite, calcolati con l'approccio semplificato consentito dalle NTC08.

<b>COMPONENTE ORIZZONTALE</b>	
<b>Parametri indipendenti</b>	
Stato limite - <b>SLO</b>	
$a_g$	0,101 g
$F_0$	2,454
$T^*_C$	0,283 s
$S_s$	1,5
$C_C$	1,590
$S_T$	1,2
<b>COMPONENTE ORIZZONTALE</b>	
<b>Parametri indipendenti</b>	
Stato limite - <b>SLD</b>	
$a_g$	0,128 g
$F_0$	2,444
$T^*_C$	0,286 s
$S_s$	1,590
$C_C$	1,590
$S_T$	1,2
<b>COMPONENTE ORIZZONTALE</b>	
<b>Parametri indipendenti</b>	
Stato limite - <b>SLV</b>	
$a_g$	0,302 g
$F_0$	2,501
$T^*_C$	0,317 s
$S_s$	1,250
$C_C$	1,530
$S_T$	1,2
<b>COMPONENTE ORIZZONTALE</b>	
<b>Parametri indipendenti</b>	
Stato limite - <b>SLC</b>	
$a_g$	0,332 g
$F_0$	2,495
$T^*_C$	0,320 s
$S_s$	1,200
$C_C$	1,530
$S_T$	1,2

### 7.1.1. Amplificazione topografica

Considerando le condizioni topografiche e morfologiche dell'area di studio (fondovalle, superficie topografica sub-orizzontale ai piedi di un rilievo collinare), il coefficiente di amplificazione

topografica  $S_T$  può essere assunto pari ad **1,2** corrispondente a *Pendii con inclinazione media  $>15^\circ$* , sulla base delle categorie individuate dalle NTC08 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

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 $i > 30^\circ$	

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

**Tabelle 3.2.IV-VI delle NTC08, Categorie topografiche e Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

### 7.1.2. Accelerazione massima orizzontale al suolo

La determinazione dell'**accelerazione massima orizzontale al sito**, per i 4 stati limite, sarà data dalla formula:

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \cdot 9,81$$

e sarà rispettivamente pari a:

SLO:  $1,777 \text{ m/sec}^2$

SLD:  $2,268 \text{ m/sec}^2$

SLV:  $4,439 \text{ m/sec}^2$

SLC:  $4,693 \text{ m/sec}^2$

I **coefficienti sismici orizzontale e verticale**, per il sito in esame, sono dati rispettivamente dalle seguenti formule:

$$k_h = \frac{\beta_s \cdot a_{\max}}{g}$$

dove:  $\beta_s$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla sottostante tabella:

	<b>Categoria di sottosuolo</b>	
	<b>A</b>	<b>B, C, D, E</b>
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0.30	0.28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0.27	0.24
$a_g (g) \leq 0,1$	0.20	0.20

$$K_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Pertanto, i coefficienti sismici orizzontali e verticali per i 4 stati limite saranno:

Stato limite	$k_h$	$k_v$
<b>SLO</b>	0,043	$\pm 0,022$
<b>SLD</b>	0,056	$\pm 0,028$
<b>SLV</b>	0,127	$\pm 0,063$

<b>SLC</b>	0,134	±0,067
------------	-------	--------

In una successiva fase di progettazione si renderà necessario determinare i parametri sismici da utilizzare nella progettazione delle strutture attraverso specifiche indagini in situ ed in laboratorio nonché eseguire una specifica analisi di Risposta Sismica Locale.

## 8. Ricostruzione geologico – stratigrafica

I parametri geotecnici dei terreni presenti nell'area in esame sono stati stimati sulla base dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche e di laboratorio contenute negli elaborati del progetto autostradale suddetto, correlati anche attraverso parametri dei terreni contenuti in bibliografia.

Come illustrato nella Relazione Geologica e Sismica, il sottosuolo dell'area in esame può essere suddiviso in due orizzonti principali, uno caratterizzato da depositi alluvionali con litologie miste da argille e sabbie (orizzonte A), l'altro caratterizzato da terreni del substrato con litologie sabbioso-arenacee (orizzonte B). Il primo orizzonte può essere ulteriormente suddiviso in due livelli, uno con terreni prevalentemente fini (A1 – argille e limi), ed uno con granulometrie più grossolane (A2 – sabbie e argille-limi sabbiosi) che generalmente si ritrova intercalato al primo.

Sulla base di tale differenziazione litologica, di seguito si sono ipotizzati i principali parametri geotecnici per i terreni interessati dall'intervento in progetto, desunti dalla relazione geotecnica redatta per il Progetto autostradale di ampliamento alla terza corsia della A14 nel tratto Cattolica-Fano (il valore dell'angolo di attrito contrassegnato con il simbolo \* è stato ricavato da bibliografia).

### **Orizzonte A1** (*depositi alluvionali a granulometria fine*)

- Resistenza prove SPT in foro  $5 \leq N_{SPT} \leq 25$  colpi/30 cm
- Limiti di Atterberg  $LL = 25\% \div 55\%$   
 $LP = 16\% \div 27\%$   
 $IP = 7\% \div 31\%$
- Peso di volume naturale  $\gamma_n = 18 \div 20.5$  kN/m<sup>3</sup>
- Contenuto naturale d'acqua  $W_n = 20\% \div 35\%$
- Indice dei vuoti iniziale  $e_0 = 0.44 \div 0.95$
- Coesione non drenata  $C_u = 24 \div 86$  kPa (profondità 0-10 m)  
 $C_u = 240 \div 400$  kPa (profondità > 10 m)
- Modulo edometrico  $E'_{edo} = 3.0 \div 6.8$  MPa
- Modulo elastico  $E' = 2.55 \div 5.78$  MPa
- Angolo di attrito\*  $\varphi' = 25^\circ \div 28^\circ$

### **Orizzonte A2** (*depositi alluvionali a granulometria grossolana*)

- Resistenza prove SPT in foro  $15 \leq NSPT \leq 50$  colpi/30 cm
- Peso di volume naturale  $\gamma_n = 19 \div 20$  kN/m<sup>3</sup>
- Stato di addensamento  $Dr = 30\% \div 80\%$
- Angolo di attrito  $\varphi' = 36^\circ \div 42^\circ$
- Velocità delle onde di taglio  $V_s = 110-280$  m/s
- Modulo di Young  $E_o = 100-400$  MPa

### **Orizzonte A3** (*depositi mio-pleistocenici, granulometria grossolana*)

- Resistenza prove SPT in foro  $NSPT > 25$  colpi/30 cm, generalmente 50 colpi/30 cm
- Peso di volume naturale  $\gamma_n = 20 \div 22$  kN/m<sup>3</sup>
- Stato di addensamento  $Dr > 50\%$
- Angolo di attrito  $\varphi' = 35^\circ \div 45^\circ$
- Velocità delle onde di taglio  $V_s = 240-375$  m/s
- Modulo di Young  $E_o = 400-750$  MPa

Per quanto riguarda la fascia al piede del rilievo collinare, dalla relazione "Indagine geotecnica per un edificio monopiano prefabbricato a servizio della divisione di oncologia dell'azienda ospedale San Salvatore di Pesaro" (reperita per conoscenze professionali), risulta che il sottosuolo

può essere suddiviso in tre orizzonti, per i quali di seguito si sono ipotizzati i principali parametri geotecnici, desunti dalla suddetta relazione:

**Orizzonte 1** (*terreno eluvio-colluviale costituito da argilla, argilla-limosa; 0÷2 m dal p.d.c.*)

- Peso di volume naturale  $\gamma_n = 16,7 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito  $\varphi' = 22^\circ \div 23^\circ$

**Orizzonte 2** (*argilla, argilla-limosa a media consistenza; 2÷3 m dal p.d.c.*)

- Peso di volume naturale  $\gamma_n = 18,6 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito  $\varphi' = 24^\circ \div 25^\circ$

**Orizzonte 3** (*substrato consistente e compatto, argille-marnose con livelli arenaceo-sabbiosi; 3÷6 m dal p.d.c.*)

- Peso di volume naturale  $\gamma_n = 19,6 \div 20,6 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito  $\varphi' = 26^\circ \div 28^\circ$
- Coesione  $c' = 3 \div 5 \text{ t/m}^2$
- Coesione non drenata  $C_u = 15 \div 30 \text{ t/m}^2$

## **9. Riferimenti normativi e bibliografici**

- C.T.R. della Regione Marche
- Carta Geologica della Regione Marche
- Carta Geologica d'Italia
- PTA Regione Marche
- PAI Regione Marche
- PRG di Pesaro
- INGV
- Progetto autostradale di ampliamento alla terza corsia della A14 nel tratto Cattolica-Fano
- NTC2008

## **10. Conclusioni**

Da un attento esame della documentazione vincolistica esistente, dalle condizioni geologiche e geomorfologiche in cui ricade il sito di nostro interesse e dal punto di vista sismico, si ritiene la variazione del PRG vigente compatibile con l'attuale condizione dei terreni riscontrata.