

**E 78 GROSSETO - FANO
TRATTO SELCI - LAMA (E 45) - S.STEFANO DI GAIFA
Adeguamento a 2 corsie del tratto Mercatello sul Metauro Ovest -
Mercatello sul Metauro Est (Lotto 4°)**

PROGETTO DEFINITIVO

AN 245

ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

<p>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</p> <p><i>Ing. Ambrogio Signorelli</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111</p> <p><i>Ing. Moreno Panfili</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657</p> <p><i>Ing. David Crenca</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Frosinone n. A1762</p> <p><i>Ing. Giuseppe Resta</i></p> <p>Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629</p>	<p>PROGETTAZIONE ATI: (Mandataria)</p> <p>GPI INGEGNERIA <i>GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl</i></p> <p>(Mandante)</p> <p>cooprogetti</p> <p>(Mandante)</p> <p>engeko</p> <p>(Mandante)</p> <p>AIM <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i></p> <p>IL PROGETTISTA E RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</p> <p><i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035</p>
<p>IL GEOLOGO</p> <p><i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i></p> <p>Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1369</p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</p> <p><i>Ing. Vincenzo Catone</i></p>		
<p>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</p> <p><i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i></p>		

**STUDI ED INDAGINI
GEOLOGIA GEOTECNICA
Sismica
Relazione Sismica**

CODICE PROGETTO		NOME FILE			REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV.PROG	ANNO	T00GE02GEORE01A.			
D	D	22	T00GE02GEORE01			A
D						
C						
B						
A	Emissione		Ottobre '22	Leonardi	Marino	Guiducci
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	2
2. <u>NORMATIVE DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA</u>	2
3. <u>LINEAMENTI GEOLOGICI</u>	3
3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	3
3.2. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO	8
3.2.1. <i>Formazione marnoso-arenacea romagnola</i>	8
3.2.2. <i>Depositi continentali quaternari</i>	18
4. <u>LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI</u>	20
5. <u>LINEAMENTI IDROGEOLOGICI</u>	23
5.1. COMPLESSI IDROGEOLOGICI	24
5.1.1. <i>Complesso dei depositi alluvionali attuali, recenti e antichi</i>	24
5.1.2. <i>Complesso dei depositi eluvio-colluviali, dei detriti di falda e dei fenomeni gravitativi</i>	25
5.1.3. <i>Complesso dei flysch della successione marnoso-arenacea Romagnola</i>	25
6. <u>CARATTERIZZAZIONE SISMICA</u>	25
6.1. INDAGINI ESEGUITE	25
6.1.1. <i>Interpretazione indagini sismiche</i>	25
6.1.2. <i>Campagne di indagini pregresse</i>	27
6.1.3. <i>Campagna di indagini progetto definitivo</i>	28
7. <u>INQUADRAMENTO SISMICO</u>	30
7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	30
7.2. PERICOLOSITÀ SISMICA	31
7.3. SISMICITÀ STORICA	33
7.4. ASPETTI SIMOGENETICI	38
8. <u>SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE</u>	44
8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	44
8.2. AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	45
8.3. VITA NOMINALE.....	46
8.4. CLASSE D'USO.....	46
8.5. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	47
9. <u>STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE</u>	48

1. PREMESSA

La presente relazione ha come finalità la caratterizzazione sismica delle aree interessate dal Progetto Definitivo “S.G.C. E78 GROSSETO - FANO – Tratto Selci lama (E/45) - S.Stefano di Gaifa - Adeguamento a 2 corsie del tratto Mercatello sul Metauro Ovest - Mercatello sul Metauro Est (Lotto 4°)” che si sviluppa interamente all’interno del territorio comunale di Mercatello sul Metauro (PU).. Il lavoro è stato svolto in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, ed è stata eseguita una ricerca bibliografica di eventuali studi specialistici riguardanti la zona in esame presso gli Enti, i Comuni e le Regioni interessati al territorio dell’intervento.

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA

La redazione della seguente relazione è stata eseguita nel rispetto delle normative vigenti in materia di progettazione antisismica e di diverse raccomandazioni tecniche, tra cui:

- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 “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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”. (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale).
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) “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”.
- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- OPCM n.3316 del 02.10.2003 recante modifiche e integrazioni dell'OPCM n. 3274
- OPCM n.3431 del 03.05.2005, Norme Tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici.
- O.P.C.M. 3519 del 2006 Nuova Ordinanza (OPCM 3519/2006) ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale, e ha definito i criteri che le Regioni devono seguire per aggiornare le afferenze dei Comuni alle 4 zone sismiche.
- O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico”;

PROGETTAZIONE ATI:

- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018 pubblicate sul Supplemento ordinario alla “Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20 febbraio 2018;
- Gruppo di lavoro MS (2008). Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome, Dipartimento della protezione civile, Roma;
- NTC 2018 – DM 08/2018 Decreto del Ministero delle infrastrutture dei trasporti n. 8/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni “entrato in vigore il 22 marzo 2018 che ha leggermente modificato le categorie di suolo e di cui in data 21 gennaio 2019 sono state pubblicate le istruzioni per l’applicazione.
- Foti, S., Comina, C., Boiero, D., Socco, L.V. 2009. Non-uniqueness in surface-wave inversion and consequences on seismic site response analyses. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 29, pp. 982-993;
- Y. Hashash, 2014 - DEEPSOIL v. 6.1;
- Kottke, Albert R., and Ellen M. Rathje. (2008). "Technical manual for Strata." Report No.: 2008/10. Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- G. Modoni, A. Gazzellone (2010). Simplified theoretical analysis of the seismic response of artificially compacted gravels. Proc. V Int. Conf. on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, San Diego, USA, Paper No. 1.28a;
- G. Peruzzi, D. Albarello (2016). Stimatori approssimati della componente verticale del moto nelle valutazioni di risposta sismica locale;
- Studio di microzonazione sismica per i comuni del centro Italia colpiti dagli eventi sismici a far data dal 24 agosto 2016 così come previsto con l’ordinanza n° 24 del 12 maggio 2017 del Commissario Straordinario;
- Zaho B., Horike M.; 2003: Simulation of High-Frequency Strong Vertical Motions using Microtremor Horizontal-to-Vertical Ratios. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 93, No. 6, pp. 2546–2553;

3. LINEAMENTI GEOLOGICI

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La Catena Appenninica (Figura 3-1) di cui il territorio di studio occupa una piccola parte ricadente nel settore settentrionale, è risultata dalla chiusura di un bacino oceanico (Tetide occidentale), formatosi nel Giurassico tra le Placche Europea e Africana, e dalla successiva deformazione dei suoi resti (Unità Liguridi) e dei suoi margini continentali. L’assetto geologico-strutturale attuale è stato determinato da una serie di fasi, iniziate nel Triassico, che hanno portato alla formazione delle

PROGETTAZIONE ATI:

catene a pieghe Appenninica, Alpina e Dinarica. A partire dal Cretacico superiore inizia la convergenza tra i margini continentali delle due placche, formandosi una zona di subduzione che, nell’Eocene superiore, determina la totale completa consunzione del bacino oceanico interposto e la collisione tra il Blocco Sardo-Corso, posto sul margine della Placca Europea, e la Placca Adriatica, costituente un promontorio di quella africana incuneato in quella europea. Focalizzando l’attenzione sul territorio di interesse, a partire dal Triassico medio si depositano successioni tipiche di un margine passivo, denominate “Toscane” e “Umbro- Marchigiane” in base della distribuzione geografica delle unità tettoniche di appartenenza. Nel corso dell’Oligocene-Miocene questo margine diviene attivo negli ultimi stadi della convergenza tra la Placca Europea (Blocco Sardo-Corso) e la Placca Adria (Appennino Settentrionale).

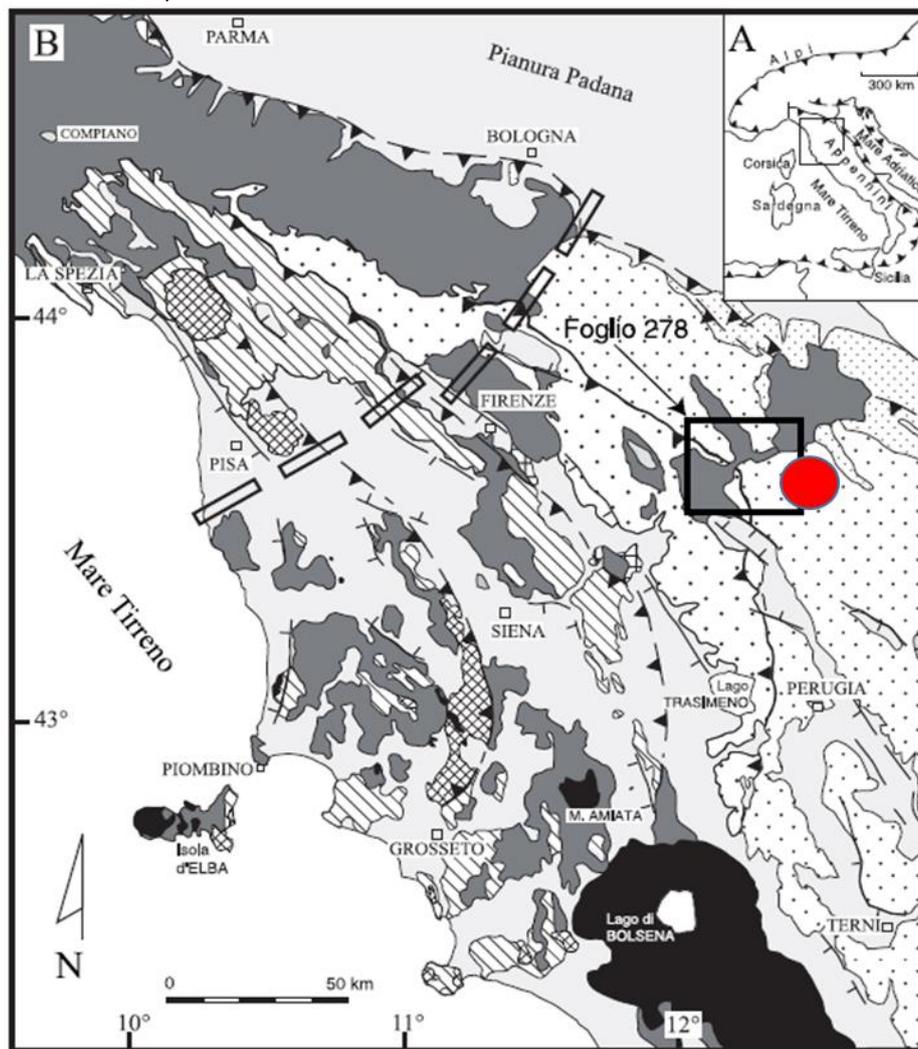


Figura 3-1 Schema geologico-strutturale dell’Appennino Settentrionale e relativa legenda (fonte: Note Illustrative Foglio 278 “Pieve Santo Stefano”, Carta Geologica d’Italia in scala 1:50.000). L’area di studio è schematicamente individuata con il tondo di colore rosso.

Durante la collisione, sulle Unità Toscane giungono le Unità Liguri, a loro volta già sovrapposte le une alle altre. Successivamente le Unità Toscane, con le sovrastanti Liguridi, si sovrappongono a loro volta alle Unità Umbro-Marchigiane, sedimentatesi più ad occidente. I meccanismi di costruzione di questo complesso edificio strutturale, costituito da una pila di unità tettoniche, di origine continentale, sormontata da unità di origine oceanica, probabilmente sono rappresentati da

PROGETTAZIONE ATI:

una serie di successivi sottoscorrimenti, inizialmente legati ad una zona di subduzione oceanica la cui immersione non è univocamente interpretata. Invece tutti gli autori concordano, per quanto riguarda le fasi collisionali ensialiche, su una vergenza verso est con inclinazioni verso ovest dei maggiori thrust crostali, processi che hanno portato alla costruzione dell'attuale edificio orogenico dell'Appennino Settentrionale. Nelle fasi più tardive hanno funzionato meccanismi di tipo prevalentemente gravitativo, che hanno fatto giungere le coltri liguri sulle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole più esterne.

La Figura 3-1 mostra in quale settore dell'Appennino Settentrionale ricade l'area di studio, in particolare all'interno di quale unità tettonica: si tratta del settore di affioramento delle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole, posto poco ad oriente delle Unità Cervarola-Falterona e a meridione delle Unità Liguri. La struttura generale delle Unità Umbro-Marchigiano-Romagnole è caratterizzata, come quella delle Unità Cervarola-Falterona più occidentali, da thrust e pieghe associate, sia anticlinali di tetto che sinclinali di muro, anche in assetto rovesciato. Nel settore di studio la successione Umbro-Marchigiano-Romagnola è rappresentata dalla sola formazione Marnoso-Arenacea, caratterizzata da una complessa articolazione stratigrafica che, come si illustrerà più avanti, i più recenti studi hanno consentito di suddividere e rappresentare cartograficamente, in unità tettoniche, membri e litofacies. Gran parte dell'area di studio e di progetto è rappresentata dall'Unità Pietralunga, facente parte della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola qui presente con alcuni dei suoi membri più tipici: Corniolo, Galeata e Collina. Nella zona più orientale dell'area di studio è presente un'altra unità tettonica che costituisce quella strutturalmente più profonda nell'area, denominata Unità Cà Romano e sottostante all'Unità Pietralunga: è rappresentata dalla Subunità Cà Raffaello, qui rappresentata dal Membro di Civitella.

L'area di studio, come illustrato, ricade nell'ambito dell'Appennino Settentrionale, nel settore di passaggio tra l'Appennino Umbro-Marchigiano e quello Tosco-Romagnolo. La cartografia geologica classica è rappresentata, per il territorio ricadente nell'area di studio, dai fogli della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, 108 "Mercato Saraceno" e 115 "Città di Castello" (Figura 3-2). Tale cartografia evidenzia un substrato rappresentato dall'unità flyschoidale definita genericamente Marnoso-Arenacea (Elveziano-Langhiano Superiore) o Marnoso-Arenacea "Romagnola" (Tortoniano-Langhiano) limitatamente al Foglio 108; in quest'ultimo foglio il settore prevalente, ad est della Marnoso-Arenacea Romagnola, è caratterizzato dalla facies umbro-marchigiana della stessa unità, prevalentemente marnosa, del Tortoniano-Serravalliano. E' evidente, tuttavia, osservando lo stralcio di cartografia in Figura 3-2, che questa suddivisione è il risultato di rilievi eseguiti da scuole e rilevatori diversi, come risulta dalle informazioni relative ai due fogli. Rimane, invece, il dato di base, rappresentato dall'ossatura dei rilievi dell'area di studio, costituita dall'unità torbiditica Marnoso-Arenacea o Marnoso-Arenacea Romagnola, attribuita al Miocene Medio e complessivamente compresa tra il Langhiano e il Tortoniano. Altro elemento che spicca dal punto di vista litostratigrafico è la presenza di depositi alluvionali terrazzati di età pleistocenica e olocenica di diverso ordine, che colmano le valli del Fiume Metauro e del suo affluente di destra Torrente S. Antonio e, infine, alcuni lembi di detriti di falda e frana olocenici posti sui versanti opposti delle valli suddette, oltre ad alcuni piccoli apparati di conoidi alluvionali allo sbocco di brevi corsi d'acqua solcanti i medesimi versanti. L'elemento tettonico dominante è la presenza di uno stile a faglie inverse con vergenza a ENE che evolvono verso est in sovrascorrimenti con associati rovesciamenti sul fronte.

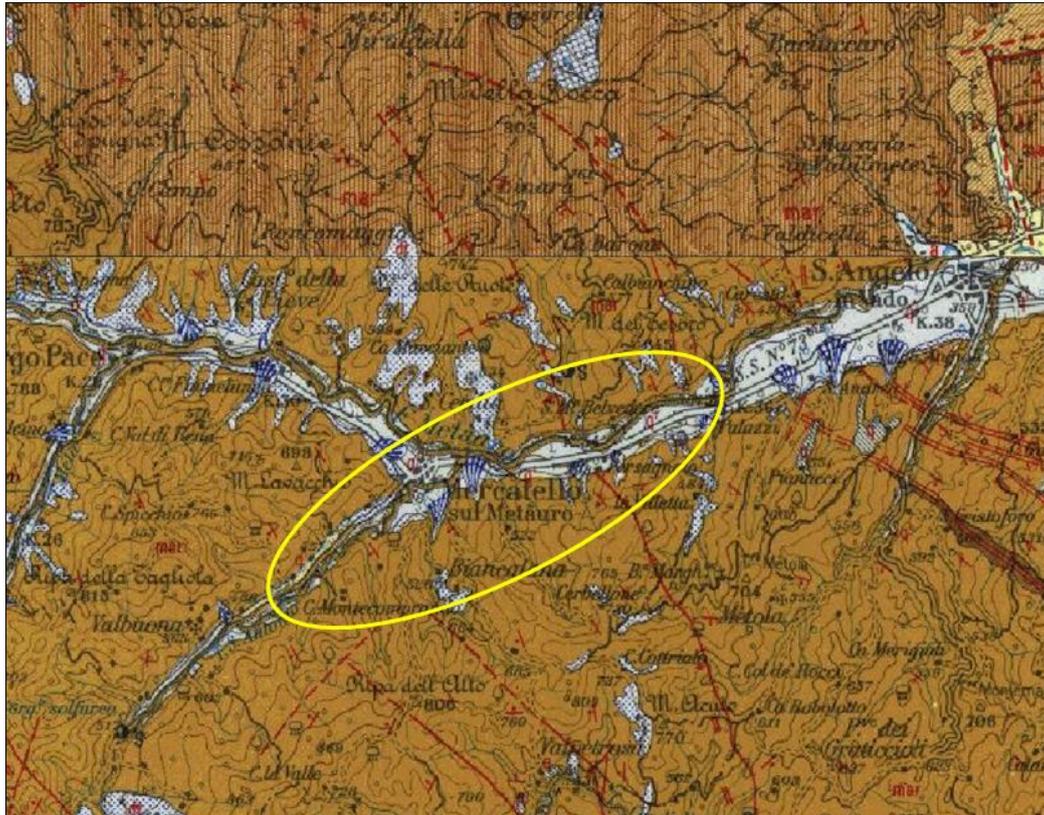


Figura 3-2 Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, Fogli 108 "Mercato Saraceno" e 115 "Città di Castello". Nell'ellisse in giallo è indicata l'area di studio.

In epoca più recente sono stati pubblicati i fogli in scala 1:50.000 della Carta Geologica d'Italia nell'ambito del progetto CARG: l'area di studio è compresa tra i Fogli 278 "Pieve Santo Stefano" e 279 "Urbino" (Figura 3-3). L'unità della Marnoso-Arenacea, con il progredire della ricerca, è stata suddivisa in diverse unità, differenziate per età e per caratteristiche sedimentologiche e stratigrafiche. In primo luogo è stata uniformata la denominazione dell'unità in Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola appartenente all'Unità Tettonica di Pietralunga, nell'area ricadente nel Foglio 278, e alle Unità di Monte Vicino e di Borgo Pace nell'area ricadente nel Foglio 279. La formazione è stata distinta da W ad E in diverse sottounità o membri: membro di Corniolo (FMA2), membro di Galeata (FMA4), membro di Collina (FMA5), membro di Civitella (FMA9). L'età di questi membri è compresa tra il Langhiano Superiore ed il Tortoniano basale (Figura 3-4). I rapporti stratigrafici tra questi indicano l'unità basale FMA2, su cui si sovrappongono FMA4 e FMA5, in parziale eteropia. Il membro di Civitella (FMA9), sedimentatosi più ad oriente, è sormontato tettonicamente dai precedenti membri. Dal punto di vista cronostratigrafico la sequenza ricade nel Langhiano Superiore - Serravalliano Inferiore, per quanto riguarda il membro di Corniolo (FMA2), nel Langhiano Superiore - Serravalliano Superiore, per i membri di Galeata (FMA4) e Collina (FMA5); il membro di Civitella (FMA9) ricade nel Serravalliano p.p. - Tortoniano Inferiore.

PROGETTAZIONE ATI:

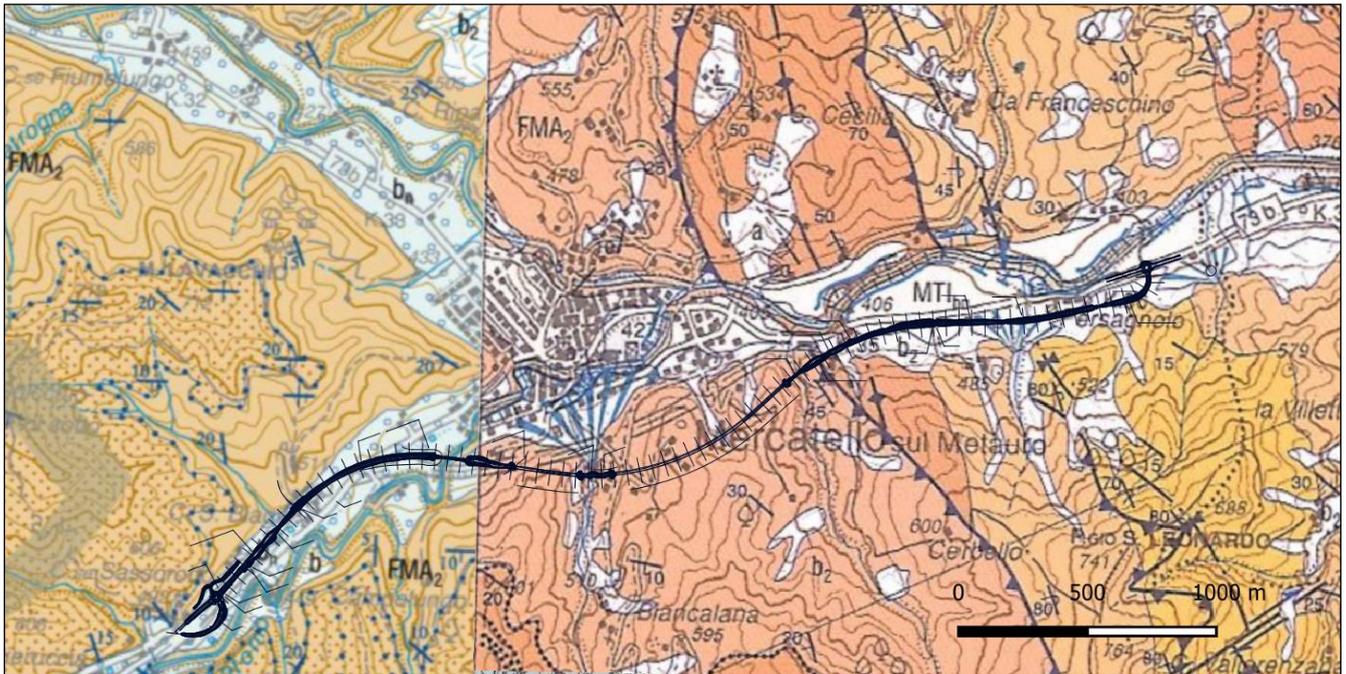


Figura 3-3 Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Fogli 278 "Pieve Santo Stefano" e 279 "Urbino", con indicazione del tracciato

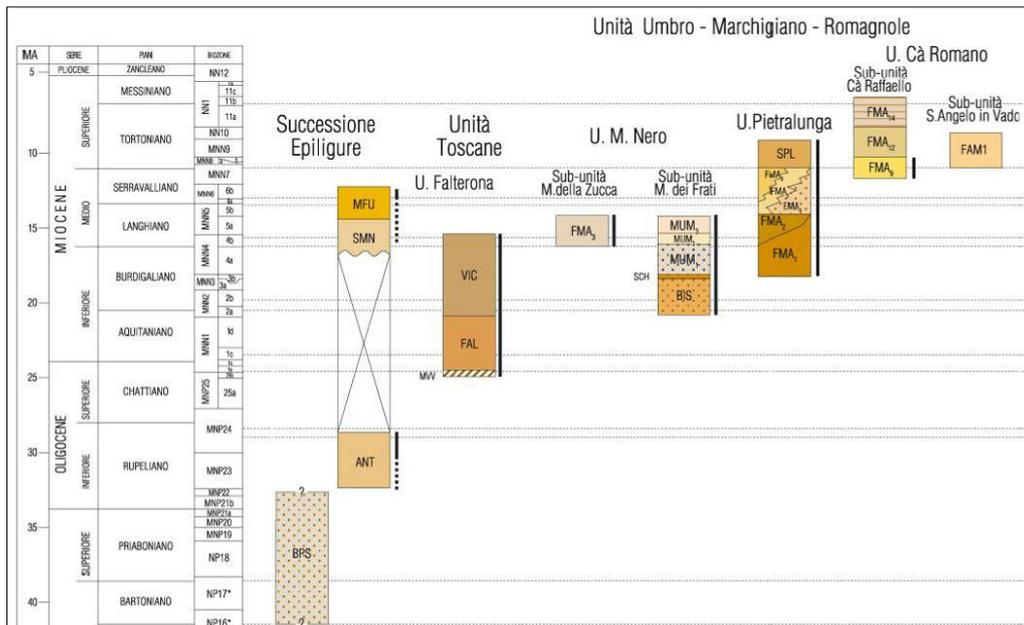


Figura 3-4 Stralcio dello schema cronostatigrafico del Foglio 278 "Pieve Santo Stefano" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

La cronologia delle deformazioni riportata nei documenti geologici ufficiali si basa soprattutto sull'età dei membri e delle litofacies della Marnoso-Arenacea Romagnola. L'età delle unità coinvolte negli accavallamenti varia dall'interno, cioè da SW, verso l'esterno, verso NE, e va dal Miocene Medio in poi. Questa graduale variazione cronologica permette di ipotizzare una migrazione dell'avanfossa

appenninica verso l'avampaese, con le unità occidentali che si sovrappongono tettonicamente a quelle poste ad oriente.

Nel Tortoniano la sedimentazione torbiditica si sposta più a est, dove si sviluppa il bacino della Formazione Marnoso-Arenacea Marchigiana (FAM) (Figura 3-4): si tratta di un'avanfossa complessa, controllata dai processi di thrusting che coinvolgono probabilmente anche il substrato carbonatico. Nelle zone più esterne prosegue, nel Pliocene Inferiore, l'attività compressiva: in questa fase si ha la migrazione verso l'esterno dello scollamento profondo che ripiega le strutture della fase intramessiniana e quindi anche substrato e coltri liguri. L'emersione dell'area avviene tra la fine del Messiniano e la parte terminale del Pliocene Inferiore, dalle zone interne verso quelle esterne. Nel corso del Pleistocene si organizza la rete idrografica e vengono depositi sedimenti fluviali entro le vallate. Nel corso dell'Olocene si verifica la riescavazione dei depositi alluvionali pleistocenici e olocenici e l'approfondimento degli alvei fluviali e torrentizi entro le formazioni del substrato, per un processo di generale sollevamento dell'area; è in questa fase che il ringiovanimento dei versanti determina l'attivazione dei processi erosivi, dell'accumulo di depositi colluviali all'interno delle depressioni e al piede dei pendii e, localmente, l'attivazione dei fenomeni franosi.

3.2. CARATTERI GEOLITOLOGICI DEI DEPOSITI SUPERFICIALI E DELLE FORMAZIONI DEL SUBSTRATO

Di seguito viene descritta la successione stratigrafica affiorante nell'area interessata dal progetto stradale, con le unità elencate in ordine di età decrescente, partendo dal termine più antico per arrivare al più recente. La terminologia utilizzata per le unità del substrato torbiditico corrisponde a quella più recente, che fa riferimento alla cartografia geologica ufficiale in scala 1:50.000 di progetto CARG, riportata nei due fogli in cui ricade l'area, cioè il 278 e il 279: la formazione è quella della Marnoso-Arenacea Romagnola (FMA) suddivisa, a sua volta, in sottunità o membri. Per quanto riguarda le formazioni pleistoceniche ed oloceniche, date le sigle differenti adottate nei due fogli suddetti per unità di simile età ed ambiente di formazione, sono state adottate nuove sigle in luogo di quelle riportate nei fogli geologici della cartografia ufficiale.

3.2.1. FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA ROMAGNOLA

3.2.1.1. Membro di Corniolo (FMA2)

L'unità affiora ampiamente in tutto il settore occidentale e centrale dell'area rilevata, dall'origine fino oltre l'abitato di Mercatello sul Metauro, rappresentando arealmente la formazione maggiormente affiorante nell'area di studio, in una fascia delimitata ad oriente dal "sovrascorrimento di Mercatello", struttura di importanza regionale. Nell'area non ne affiora la base, mentre se ne osserva l'affioramento del tetto in numerose zone ad ovest di Mercatello sul Metauro. In virtù del livello stratigrafico affiorante e dell'assetto giaciturale degli strati, costantemente immergenti verso SW con inclinazioni quasi ovunque di pochi gradi sopra l'orizzonte ad ovest del sovrascorrimento (struttura monoclinale piuttosto regolare), il contatto con il soprastante Membro di Galeata (FMA4) si segue con notevole continuità lungo le curve di livello ed è gradualmente posto a quote decrescenti da est verso ovest, tanto che all'estremità occidentale dell'area di studio si rinviene entro l'alveo del Torrente S. Antonio nei pressi della località Casa Colcello. Come evidenziato anche successivamente, il passaggio al membro soprastante è ancora più evidente in quanto marcato dallo strato guida "Contessa", potente livello calcarenitico affiorante lungo numerosi tratti, posto alla base del Membro di Galeata, di elevato valore sia come livello "reperè" nella successione torbiditica, sia come marker morfologico in quanto su esso si imposta una costante scarpata morfologica. Il Membro

PROGETTAZIONE ATI:

di Corniolo è rappresentato da torbiditi pelitico arenacee con rapporto A/P = 1/3 - 1/4 che può giungere a a 1/6 nei settori orientali. Le areniti sono prevalentemente arenarie, in strati prevalentemente molto sottili (centimetrici) e subordinatamente sottili e medi (da alcuni cm a 10-40 cm), con alcuni strati molto spessi (circa 80 cm), a grana fine e di colore grigiastro. Alla base degli strati arenacei sono ben visibili impronte di corrente tipo flute cast che indicano provenienze da NW, cioè di tipo alpino, mentre quelle misurate sulle areniti ibride hanno direzioni del flusso da E-SE. La porzione pelitica, prevalente, è costituita da marne di colore grigiastro, variamente argillose, sottilmente stratificate, con fratturazione prevalente da concoide ad aciculare. Le marne si presentano prevalentemente in banchi spessi anche molti metri. L'unità è interessata da una coltre di alterazione di colore giallastro spessa fino ad alcuni metri, che si manifesta sia con il locale scompaginamento degli strati che con un processo di degradazione fisica e formazione di patine o bande di ossidazione ocraceo-rossastre, particolarmente sviluppate lungo le superfici di fratturazione. In Figura 3-5 si può apprezzare uno spesso affioramento della parte sommitale del membro, presente lungo una scarpata di erosione a ridosso del Torrente S. Antonio, il cui letto è caratterizzato dall'affioramento del bedrock (Figura 3-6), a sottolineare l'azione erosiva del corso d'acqua. In figura Figura 3-8 è riportata la stratigrafia del sondaggio S2 (2021) eseguito nella piana alluvionale del Torrente S. Antonio, in corrispondenza dell'omonimo ponte in progetto, dove si evince l'esiguo spessore della coltre alluvionale e il passaggio a circa 3 metri tra alluvione e bedrock, costituito da arenarie marnose con grado di fratturazione molto basso. Le microfaune presenti indicano un'età compresa tra il Langhiano p.p. e il Langhiano Superiore.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 3-5 Affioramento della parte sommitale del Membro di Corniolo, spesso circa 30 m, in destra idrografica del Torrente S. Antonio, presso l'origine dei tracciati stradali in località Casa Tabina; sono evidenti gli strati e banchi arenacei, in rilievo sulla superficie della scarpata in quanto più resistenti all'erosione delle peliti circostanti.

PROGETTAZIONE ATI:

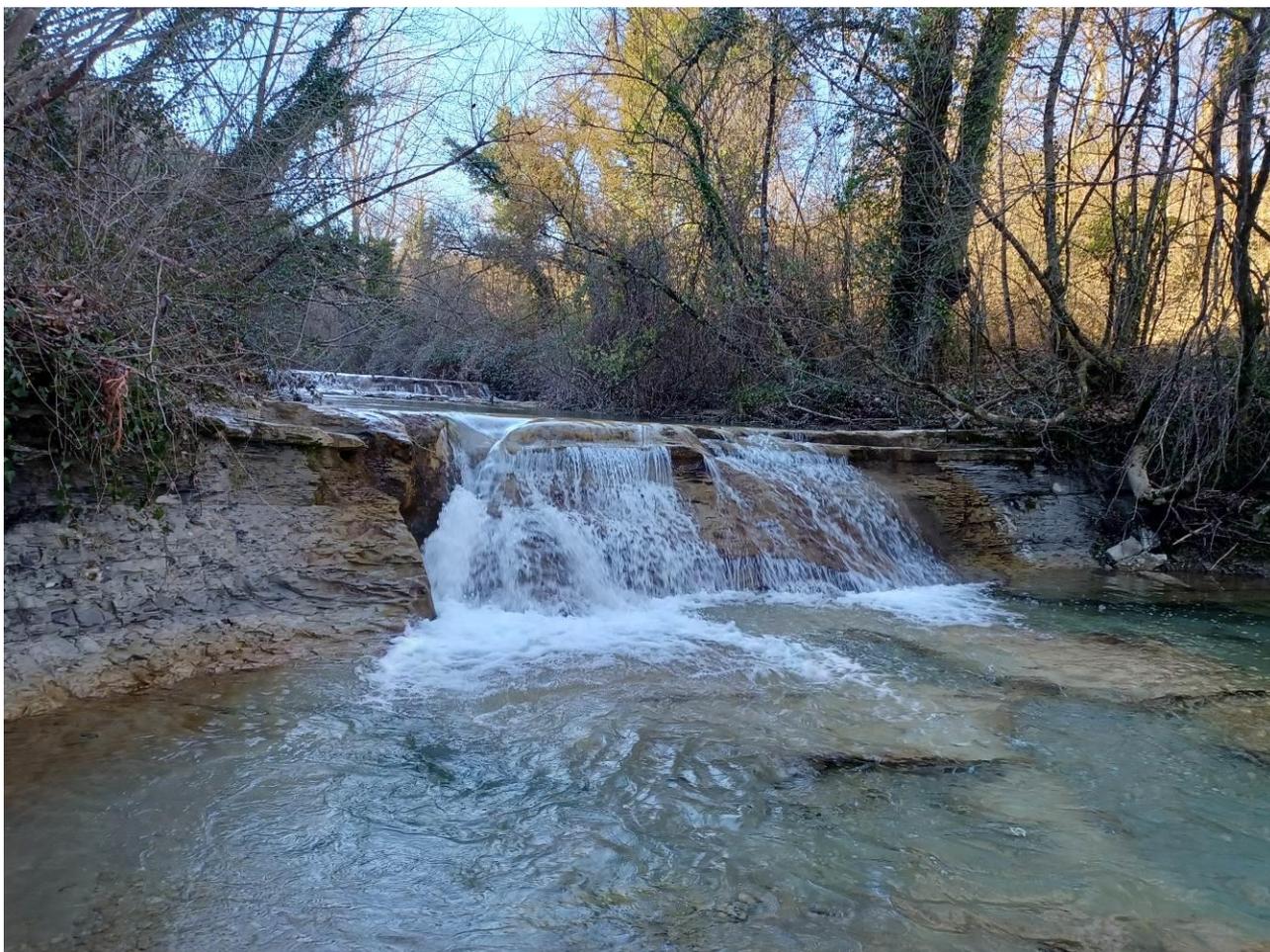


Figura 3-6 Letto del Torrente S. Antonio costituito dal Membro di Corniolo, ad indicare l'azione erosiva del corso d'acqua.

L'unità, è quella maggiormente rappresentata negli elaborati di progetto ed è intercettata dall'asse stradale dalle due gallerie, rispettivamente tra le progressive 1+350 e 1+650 circa e tra 1+750 e 2+550 circa, oltre che, indirettamente, con le fondazioni relative alle opere d'arte: in quest'ultimo caso la principale di queste è rappresentata dal ponte sul Torrente S. Antonio, tra le progressive 1+050 e 1+150 circa.

La formazione è stata caratterizzata dal punto di vista geomeccanico-strutturale attraverso tre stazioni di misura eseguite in campo durante i rilievi dell'attuale fase progettuale, le tre stazioni di misura, SG2, SG3 (Figura 3-7) e SG4, sono state eseguite rispettivamente in corrispondenza del corpo della seconda galleria, all'imbocco est della prima galleria e in un'area che per caratteristiche geostrukturali è assimilabile all'imbocco ovest della prima galleria.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 3-7 Membro del Corniolo, nell'area dell'imbocco est della galleria 1, durante l'esecuzione della SG3

PROGETTAZIONE ATI:

affiora estesamente e presenta spessori massimi di circa 3 m (Figura 3-9). Si tratta di una calcarenite con evidenti paleocorrenti da SE; al tetto nell'area rilevata è quasi sempre visibile una "coda" di marnosiltiti fini grigie che può raggiungere anche gli 8 metri di spessore.



Figura 3-9 Affioramento dello Strato "Contessa", base del Membro di Galeata, nei pressi della località Casa Tabina, in prossimità dell'origine del tracciato. Lo spessore misurato è di circa 3 m.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 3-10 A sinistra, area del sovrascorrimento dove affiora la parte superiore del Membro di Galeata. A destra, area del sovrascorrimento dettaglio strie



Figura 3-11 Bancata di marne grige, spessa circa 8 m, giacente sullo Strato “Contessa”, base del Membro di Galeata, nei pressi della località Casa Tabina, in prossimità dell’origine dei tracciati. E’ evidente in primo piano il tetto dello strato Contessa (foto da PFTE)

Questa unità è interessata da una coltre di alterazione, di colore giallastro, che raggiunge spessori di alcuni metri, rappresentata localmente da una disarticolazione strutturale dell’ammasso, con locale sostituzione della facies lapidea con una coltre limosa e formazione di patine o bande di ossidazione ocraceo-rossastre, particolarmente sviluppate lungo le superfici di fratturazione. L’ambiente deposizionale è di piana bacinale. Le microfaune presenti indicano un’età compresa tra il Langhiano superiore p.p. e il passaggio Serravalliano sommitale-Tortoniano basale.

PROGETTAZIONE ATI:

L'unità non è intercettata in nessun punto ad occidente del sovrascorrimento, poiché affiora ovunque a quote superiori rispetto al tracciato; interessa il progetto nella fascia immediatamente ad E del sovrascorrimento tra le progr. 2+700-3+150 circa dell'Alternativa 1, progr. 2+650-3+300 circa dell'Alternativa 3) dove, lungo i tracciati, il Membro di Galeata soggiace alla coltre di depositi di versante e colluviali (dvc), non incidono sui litotipi del Membro di Galeata interessando, invece, le coperture.

3.2.1.3. Membro di Collina (FMA5)

L'unità affiora al tetto del Membro di Galeata, come si osserva ad E del "sovrascorrimento di Mercatello", nei pressi della località Casa Valdivatica, in destra Metauro. In sinistra il contatto tra le due unità risulta, invece, di origine tettonica, in corrispondenza del secondo sovrascorrimento, anch'esso d'importanza regionale, nei pressi della località Case Nuove, dove il Membro di Collina è posto al muro del Membro di Galeata. In corrispondenza di Casa Valdivatica l'unità si rovescia sul fianco orientale dell'anticlinale, avvicinandosi al secondo sovrascorrimento. L'unità presenta un rapporto A/P medio di 1/10, ed è costituita complessivamente da un'alternanza di peliti dominanti e areniti subordinate, le quali sono prevalentemente arenarie, talora calcareniti e areniti ibride. Gli strati arenacei sono da molto sottili a sottili (10 cm) fino a spessi (50-110 cm). La porzione pelitica è caratterizzata da marne grigie e da livelli calcilutitici, che presentano una fratturazione variabile, da aciculare a concoide. In corrispondenza di Casa Valdivatica si ha un'estesa esposizione del Membro di Collina in posizione rovesciata, immediatamente a monte del tratto terminale del tracciato. Il Membro di Collina è particolarmente esposto lungo il corso d'acqua del Metauro, denotando un'azione erosiva del fiume, dove genera scarpate, e su di una di queste in corrispondenza dell'area terminale del progetto è stata eseguita una stazione geostrutturale-geomeccanica. Le paleocorrenti indicano provenienze da NO per le arenarie e da E-SE per le colombine. L'unità è superficialmente ricoperta da una coltre di alterazione, di colore marrone-giallastro, che giunge a spessori di alcuni metri, caratterizzata da una locale disarticolazione strutturale dell'ammasso, con formazione di una coltre limoso-argillosa e di bande di ossidazione ocraceo-rossastre, particolarmente sviluppate lungo le superfici di fratturazione. L'ambiente deposizionale è di piana bacinale. In base alla microfauna presente l'unità è assegnata al Langhiano Superiore p.p. e al Serravalliano Superiore. Il Membro di Collina è interessato dal tracciato, presso la sua parte terminale (progr. 3+700-4+036 circa), dove è ricoperto dalla coltre dei depositi di versante e colluviali.



Figura 3-12 Scarpata in sinistra idrografica del Fiume Metauro costituita dal Membro di Galeata

3.2.1.4. Membro di Civitella (FMA9)

Questa unità si riscontra nell'area di studio solo in destra Metauro, al tetto del Membro di Collina: il contatto stratigrafico si osserva presso il limite orientale dell'area studiata, quindi nei pressi della terminazione dell'Alternativa 3, in località Casa Fosso Porcai. L'altro contatto, posto poco ad occidente del precedente, nei pressi della località Persagnolo, è invece di carattere tettonico ed è rappresentato dal secondo sovrascorrimento partendo da Mercatello verso oriente: il Membro di Civitella è posto al muro del Membro di Collina e presso il contatto è in posizione rovesciata in corrispondenza del nucleo di una struttura sinclinalica. Nell'area affiora la porzione inferiore dell'unità che presenta in generale un valore variabile del rapporto A/P da 1:2 a 1:3. Le arenarie sono gradate, di colore avana-grigiastro, da medie a fini, con spessori di 5-10 cm rilevati negli affioramenti. Le paleocorrenti misurate nelle arenarie indicano sempre provenienze da NO. Le peliti sono rappresentate da marne di colore grigio, prevalenti negli affioramenti rilevati, e presentano una fratturazione prevalentemente di tipo terroso (Fig. 6.6). Anche questa unità è superficialmente ricoperta da una coltre di alterazione, di colore giallastro, spessa fino ad alcuni metri, caratterizzata localmente da uno scompaginamento della struttura dell'ammasso, con formazione di una coltre limosa e di bande di ossidazione ocraceo-rossastre, particolarmente sviluppate lungo le superfici di fratturazione.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 3-13 Sequenza di peliti dominanti e strati arenace (spessore medio 5 cm), della potenza complessiva di 5 m, presso la località C. Valdivatica, a monte del tratto terminale dell'alternativa di tracciato

Con questa unità si chiude la sequenza stratigrafico-deposizionale della Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola (FMA). I foraminiferi bentonici indicano una minore profondità del bacino, che passa così da ipo o mesobatale a epibatale. Il contenuto microfaunistico indica per l'unità un'età compresa tra il Serravalliano e il Tortoniano Inferiore p.p..

Il Membro di Civitella è interessato dal tracciato presso la sua parte terminale (progr. 3+450-3+750 circa), dove è ricoperto dalla coltre dei depositi di versante e colluviali: in questo tratto potrebbe essere interessato solo da opere minori.

3.2.2. DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

3.2.2.1. Sintema di Matelica – depositi alluvionali terrazzati pleistocenici (ama)

L'unità è presente con estesi affioramenti nelle valli del Torrente S. Antonio e del Fiume Metauro e in alcune vallate affluenti. Si tratta di sedimenti alluvionali riferibili ai terrazzi del 3° ordine tradizionali. Costituiscono superfici pianeggianti, ampie nelle valli principali, strette ed allungate nelle valli secondarie. Attualmente si presentano in erosione, con il substrato flyschoidi affiorante negli alvei attuali del Torrente S. Antonio e del Fiume Metauro: ciò significa che in epoche recenti l'area ha subito un rapido sollevamento che ha portato alla reincisione dei sedimenti fluviali e all'erosione del substrato. L'unità è rappresentata da sedimenti prevalentemente ghiaiosi con intercalazioni di lenti

PROGETTAZIONE ATI:

limoso-sabbiose o sabbioso-ghiaiose. In corrispondenza dei conoidi alluvionali nei sedimenti in questione si riscontrano passaggi di lenti detritiche costituite da pezzame eterometrico di arenarie e marne.

Il tracciato attraversa questa unità nella piana del Torrente S. Antonio dalla prog. 0+000 alla 1+250 con due piccole interruzioni, una in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua, dove in corrispondenza dell'alveo affiora il Membro di Corniolo, e una in corrispondenza della prog. 0+550 dove il tracciato dalla piana devia leggermente sulle colline in sinistra idrografica del corso, dove ancora una volta affiora il Membro di Corniolo. Il tracciato riattraversa il Sintema di Matelica in corrispondenza dell'imbocco est della galleria 1 per un tratto di 20 metri alla prog. 1+650, e nella parte terminale del tracciato, in corrispondenza dell'innesto dell'attuale statale alla prog. 4+068, per circa 30 metri, poiché scende nella piana del Metauro.

3.2.2.2. Sintema del musone – depositi alluvionali terrazzati olocenici (amu)

Questa unità è presente solo in alcune piccole aree, in posizione terrazzata, a ridosso del Torrente S. Antonio e del Fiume Metauro, ed è riconducibile ai terrazzi del 4° ordine della letteratura tradizionale. In alcune aree questi sedimenti raccordano quelli del Sintema di Matelica (unità ama) con il fondovalle dei due corsi d'acqua presenti. I depositi in questione sono rappresentati da ghiaie talora grossolane, intercalate a livelli e lenti sabbiosi, sabbio-ghiaiosi e argillo-sabbiosi. Gli spessori sono modesti.

L'unità non viene interessata in nessun tratto dalle Alternative di tracciato.

3.2.2.3. Depositi di versante e colluviali (dvc)

I depositi in oggetto si riscontrano in tutta l'area di studio e lungo tutti i versanti. Sono presenti entro le depressioni laterali alle due principali valli fluviali (Torrente S. Antonio e F. Metauro) e al piede di alcuni tratti di versante. Questi depositi colmano le depressioni e raccordano i versanti più acclivi con la pianura, determinando un addolcimento della morfologia dell'area. La loro genesi è legata, per lo più, al continuo apporto di detriti provenienti dallo smantellamento fisico dei versanti, in cui l'agente è rappresentato dalla gravità, con il contributo di un modesto trasporto ad opera delle acque di ruscellamento. La composizione di tali depositi è data da uno scheletro di clasti eterometrici a spigoli vivi di arenarie, calcareniti e marne, in abbondante matrice costituita da variabili percentuali di sabbia, limo e argilla. Gli spessori sono estremamente variabili da zona a zona.

I depositi di versante e colluviali sono attraversati dal tracciato in progetto tra le prog. 1+250 e 1+350 circa, in corrispondenza dell'imbocco ovest della galleria 1, nell'area di raccordo tra le due gallerie tra le prog. 1+650 e 1+750 circa ed infine, nell'area di raccordo che si sviluppa in destra idrografica del F. Metauro tra la piana, dello stesso corso, e le colline, tra le prog. 2+600 e 4+020, con una piccola interruzione a cavallo della prog. 2+950 circa, dove il tracciato attraversa un corpo di frana.

3.2.2.4. Depositi di frana (fr)

I depositi di frana sono presenti in corrispondenza di numerosi versanti, soprattutto nei bacini affluenti dei due principali corsi d'acqua. Si tratta quasi integralmente di corpi di frana senza indizi di evoluzione, classificati come quiescenti, risultato di movimenti avvenuti nel passato e i cui segni superficiali hanno subito processi di colmamento e di rimodellamento, quindi attualmente si presentano poco evidenti. Corpi di frana attivi, quindi con segni ancora molto ben evidenti, sono solo alcuni piccoli fenomeni, dovuti in parte alla presenza della viabilità secondaria e alla carente regimazione delle acque di ruscellamento. La composizione di tali depositi è rappresentata da uno scheletro di clasti eterometrici prevalentemente a spigoli vivi di arenarie, calcareniti e marne, in

PROGETTAZIONE ATI:

abbondante matrice costituita da variabili percentuali di sabbia, limo e argilla. Gli spessori sono variabili da zona a zona.

Il tracciato attraversa un corpo di frana tra le prog. 2+900 e 3+100 circa, in un'area al piede di un fenomeno classificato come complesso.

4. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

L'area di studio del presente progetto è rappresentata da rilievi collinari, ad acclività variabile da blanda a sostenuta, ricadenti nell'estremo settore nord-orientale dell'Appennino Umbro-Marchigiano. Il territorio è solcato dalla valle del Fiume Metauro e da quella del suo affluente di destra Torrente S. Antonio. L'area con maggior ampiezza del fondovalle è in corrispondenza della confluenza dei suddetti corpi d'acqua, dove sorge l'abitato di Mercatello sul Metauro (Figura 4-1). Il territorio ricade nella parte alta dei bacini imbriferi suddetti, i rilievi presenti ricadenti nell'area rilevata raggiungono la quota di 600 m slm. circa, mentre il fondovalle è compreso tra 460 m e 380 m s.l.m. circa.

Uno degli elementi geomorfologici più evidenti e significativi del territorio esaminato è la presenza di terrazzi fluviali antichi e recenti lungo il Fiume Metauro ed il Torrente S. Antonio. I due corsi d'acqua sono in accentuata fase erosiva: infatti i loro alvei hanno eroso le alluvioni di fondovalle ed ora incidono il substrato marnoso arenaceo (Figura 4-3 e Figura 4-4).



Figura 4-1 Panoramica da W del territorio di studio (Google Earth).

Il fondovalle è pianeggiante e corrisponde alla superficie superiore dei terrazzi di 3° ordine (a minor quota) o di 4° ordine (a quote più elevate). Tra questi ultimi sono compresi lembi di alluvioni terrazzate presenti nelle vallecole laterali in destra del Metauro, solcate da torrenti, pensili una ventina di metri sopra l'alveo principale, e profondamente incisi nei sedimenti delle coperture

PROGETTAZIONE ATI:

detritiche e nel substrato. L'individuazione dei terrazzi è stata eseguita attraverso l'utilizzo del modello di elevazione del terreno (DTM) fornito dal Geoportale Nazionale (*Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Generale per la Salvaguardia del Territorio e delle Acque*), ed in particolare attraverso una serie di sezioni ortogonali al corso d'acqua.

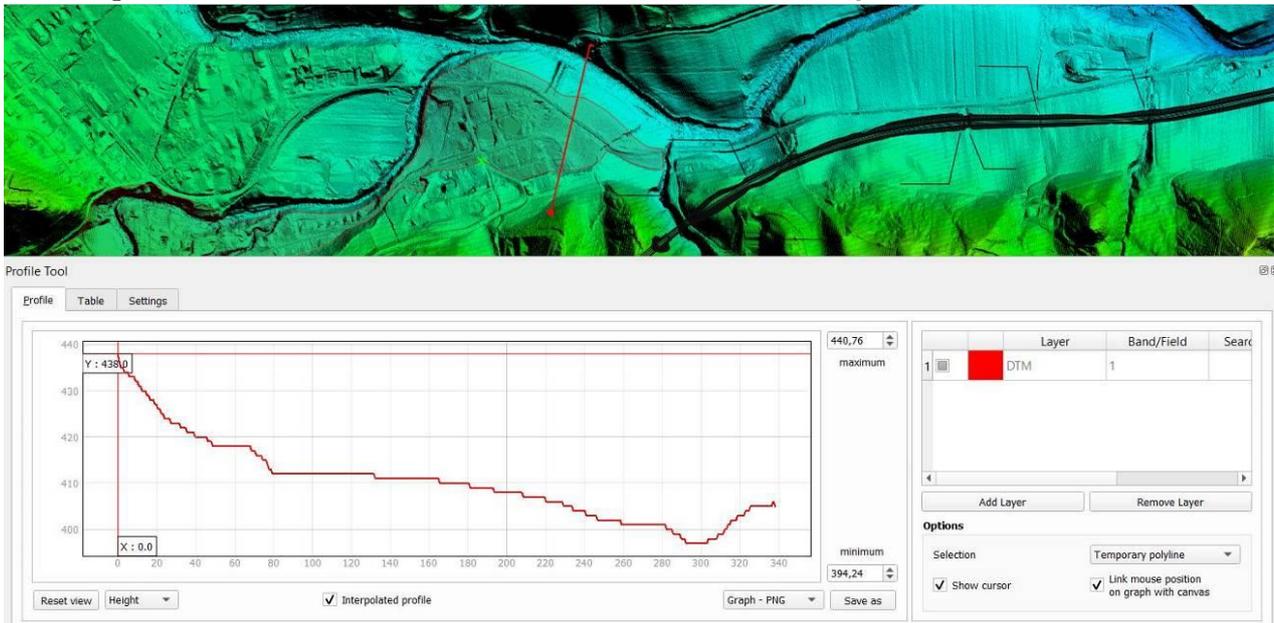


Figura 4-2 Ricostruzione terrazzi alluvionali da sezioni

Le alluvioni sfumano nelle fasce detritiche che ammantano il piede delle pendici dei rilievi che, con la loro elevata pendenza, contrastano e caratterizzano il paesaggio, oppure colmano le depressioni in cui sono incisi i corsi d'acqua minori.

La rete idrografica dei torrenti tributari di destra del Torrente S. Antonio e del Fiume Metauro, incide profondamente i versanti destri dei due corsi d'acqua, attraversati da segmenti dei tracciati, con andamento poco inclinato rispetto alla direzione degli strati marnoso – arenacei. In considerazione di ciò e al fatto che la giacitura è uniforme in termini di immersioni prevalenti (verso SW), il profilo trasversale delle valli secondarie risulta asimmetrico con i versanti di sinistra, dove la giacitura degli strati presenta una non trascurabile componente della giacitura a “reggipoggio”, che presentano una pendenza maggiore rispetto a quelli di destra, dove la giacitura è sostanzialmente a “franapoggio”. L'assetto morfologico e strutturale descritto comporta entità e tipologia di frane diverse. I fenomeni gravitativi più rilevanti, nella generalità dei casi, sono riconducibili a frane per colata o complesse e si sviluppano prevalentemente sui versanti destri come rielaborazione delle coltri detritiche, favoriti dalle giaciture a franapoggio delle formazioni del substrato.



Figura 4-3 Affioramento del Membro di Corniolo nell'alveo del Torrente S, Antonio nei pressi della località Casa S. Biagio.

Invece, sui versanti sinistri, si sono osservati prevalentemente dissesti di piccole dimensioni, costituiti da sottili frane per scorrimento. In questi dissesti è possibile talora osservare la nicchia di distacco mentre il materiale di accumulo spesso manca perché asportato e disperso nell'alveo dei torrenti. Il maggior numero di quest'ultimo tipo di dissesti si osserva lungo il versante sinistro del Fosso Romito. Le frane sono in questo caso classificabili come piccoli scoscendimenti, in parte ancora attivi, ma non interessano le alternative di tracciato. Uno solo dei dissesti osservati è riconducibile ad una colata, di forma trilobata, presente nella parte più alta del fosso. Sul versante destro del Fosso Romito si osserva la colata di maggiori proporzioni della porzione di territorio rilevata. Si tratta di un accumulo franoso molto antico e quiescente i cui limiti sono di difficile definizione, quindi solo pochi elementi morfologici (gibbosità del terreno) aiutano, in una certa misura, a delimitarlo.

Maggiore interesse dal punto di vista progettuale riveste il corpo di frana per colamento quiescente posto ad oriente di Casa Cerbellino in quanto il piede del medesimo dissesto viene intercettata dal tracciato.

Altra frana per colata colma la piccola valle ad oriente di Casa Valdivatica. Pur non interferendo con il tracciato stradale, il piede della stessa giunge poco a monte del tracciato.

Piccoli movimenti per scorrimento attivi sono stati rilevati, infine, nella zona occidentale dell'area di studio e sono legati a fattori locali, quali movimentazione della coltre detritica, erosioni al piede, carente regimazione delle acque; nessuno di questi fenomeni interessa le alternative di tracciato.

PROGETTAZIONE ATI:



Figura 4-4 Alveo Fiume Metauro caratterizzato da alti tassi erosivi costituito dal Membro di Galeata

Nel paragrafo specifico verranno analizzati i fenomeni gravitativi interferenti con il tracciato in progetto, verranno, inoltre riportate le metodologie di individuazione e cartografiche.

L'andamento dei crinali spartiacque tra le valli minori risulta parallela alla direzione degli strati, in quanto i crinali si sono per lo più delineati in corrispondenza delle testate degli strati medesimi.

La pendenza dei versanti varia in funzione della giacitura degli strati. In presenza di strati a "reggipoggio" o a "traversopoggio", i versanti assumono pendenze dell'ordine di 20°-30°. In presenza di pendenze superiori il pendio mostra una maggiore propensione ai dissesti gravitativi. Pendenze inferiori ai 20° sono tipiche quasi esclusivamente dei versanti interessati dai movimenti franosi.

Infine, lungo le parti sommitali dei versanti e/o in corrispondenza di sbancamenti, si notano diffusi fenomeni di erosione accelerata, del tipo ruscellamento areale, in grande prevalenza nei termini di

5. LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Il reticolo idrografico dell'area di interesse è dominato dalla presenza di un'asta fluviale (Fiume Metauro), nel tratto montano del suo corso, e di un suo affluente di destra (Torrente S. Antonio). I due corsi d'acqua, che mostrano un prevalente regime torrentizio, hanno inciso le alluvioni terrazzate pleistoceniche ed oloceniche ed ora incidono anche il substrato marnoso arenaceo. I versanti sono attraversati da fossi orientati in prevalenza in direzione N-S che, a loro volta, hanno inciso le proprie

PROGETTAZIONE ATI:

alluvioni pleistoceniche e ora incidono il substrato o i detriti di falda. Questi elementi indicano una recente ed attuale fase erosiva generalizzata del reticolo idrografico, a causa di un rapido sollevamento del territorio oggetto di studio. Il corso d'acqua principale, attraversato dalle tre alternative di tracciato, è il Torrente S. Antonio, nella parte occidentale dell'area di progetto. Procedendo da ovest verso est, sono numerosi i corsi d'acqua attraversati, tra i quali i principali sono: il fosso che confluisce in destra del Torrente S. Antonio nella zona sud di Mercatello denominata Colombaro, il Fosso Romito che confluisce in destra del Fiume Metauro nei pressi della zona artigianale di località Bolciano.

Dal punto di vista idrogeologico, nell'area in esame si individuano più complessi a comportamento omogeneo, caratterizzati da condizioni e gradi di permeabilità distinte.

Il substrato può essere considerato omogeneo dal punto di vista idrogeologico, quindi è rappresentato dall'insieme dei membri che costituiscono la Formazione Marnoso-Arenacea Romagnola. Nell'insieme è rappresentato da alternanze di strati a consistenza lapidea di natura marnosa, prevalenti, e di natura arenacea, subordinati; la permeabilità, di tipo secondario, per fratturazione, è media nella coltre di alterazione, da bassa a nulla in profondità. In questa unità idrogeologica possono attivarsi piccole falde acquifere sospese, nelle coltri di alterazione, oppure localizzate circolazioni idriche, anche in pressione, in profondità, all'interno di banchi arenacei o calcarenitici fessurati.

Un altro complesso idrogeologico è rappresentato dai depositi alluvionali terrazzati, costituiti da sedimenti sciolti di granulometria variabile da ghiaia ad argilla, in posizione sopraelevata rispetto all'alveo dei corsi d'acqua. La permeabilità è di tipo primario per porosità ed è di grado medio-alto. In questa unità è presente una falda acquifera di tipo freatico di significativa potenzialità idraulica.

Il terzo complesso idrogeologico è costituito dai depositi colluviali e dai corpi di frana, la cui granulometria è complessivamente fine, di tipo limo-argillo-sabbioso, con variabile presenza di uno scheletro clastico di arenarie e marne. La permeabilità è di tipo primario per porosità ed ha un grado medio-basso. In tale complesso possono essere presenti piccole falde di variabile potenzialità idraulica che spesso alimentano la falda acquifera di fondovalle.

5.1. COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Nell'elaborato specifico (T00GE01GEOCI) sono stati distinti tre differenti complessi idrogeologici classificati con il metodo AFTES.

MOLTO ALTA - ALTA $K > 10^{-4}$ m/s	ALTA - MEDIA 10^{-4} m/s > $K > 10^{-5}$ m/s	MEDIA - BASSA 10^{-5} m/s > $K > 10^{-6}$ m/s	BASSA - MOLTO BASSA $K > 10^{-8}$ m/s	COMPLESSO IDROGEOLOGICO
				COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI, RECENTI E ANTICHI
				COMPLESSO DEI DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI, DEI DETRITI DI FALDA E DEI FENOMENI GRAVITATIVI
				COMPLESSO DEI FLYSCH DELLA SUCCESSIONE MARNOSO-ARENACEA ROMAGNOLA

Figura 5-1 Legenda complessi idrogeologici

5.1.1. COMPLESSO DEI DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI, RECENTI E ANTICHI

Il complesso comprende le formazioni geologiche dei depositi alluvionali attuali e recenti (Sintema del Musone) e pleistocenici (Sintema di Metalica) dei fondovalle e dei terrazzi alluvionali. Il complesso

PROGETTAZIONE ATI:

comprende depositi costituiti da ciottoli, ghiaie, sabbie, limi ed argille in proporzioni variabili, organizzata in depositi a geometria lenticolare, con frequenti eteropie laterali e verticali di facies. La permeabilità è di tipo primario per porosità ed è di grado medio-alto. In questa unità è presente una falda acquifera di tipo freatico di significativa potenzialità idraulica.

5.1.2. COMPLESSO DEI DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI, DEI DETRITI DI FALDA E DEI FENOMENI GRAVITATIVI

Il complesso è rappresentato da terreni prevalentemente sciolti costituiti da uno scheletro di dimensioni molto variabili, da ciottoli millimetrici a blocchi, e da una matrice quasi ovunque prevalente di natura limoso-sabbiosa localmente argillosa. Questi depositi sono localizzabili lungo il bordo delle dorsali, nelle zone di raccordo con le piane alluvionali, e nelle aree affette da instabilità gravitativa recente e attuale. . La permeabilità è di tipo primario per porosità ed ha un grado medio-basso. In tale complesso possono essere presenti piccole falde di variabile potenzialità idraulica che spesso alimentano la falda acquifera di fondovalle.

5.1.3. COMPLESSO DEI FLYSCH DELLA SUCCESSIONE MARNOSO-ARENACEA ROMAGNOLA

Il complesso comprende i depositi ascrivibili alla formazione Marnoso-Arenacea Romagnola . La presenza in queste successioni di consistenti sequenze torbiditiche, costituite da potenti banchi di arenarie con intercalazioni marnose-argillose permette l'instaurarsi di una circolazione idrica sotterranea in un sistema acquifero di tipo compartimentato, sia per la presenza delle intercalazioni marnose-argillose, sia per il ruolo svolto dai contatti tettonici, che interrompono la continuità laterale dei livelli acquiferi. Quando lo sviluppo areale delle sequenze permeabili è rilevante può risultare significativa in queste successioni l'aliquota di infiltrazione efficace, che sostiene il flusso di base dei corsi d'acqua drenanti tali strutture, e permette l'instaurarsi di una circolazione idrica sotterranea che può risultare importante. La permeabilità, di tipo secondario, per fratturazione, è media nella coltre di alterazione, da bassa a nulla in profondità. In questa unità idrogeologica possono attivarsi piccole falde acquifere sospese, nelle coltri di alterazione, oppure localizzate circolazioni idriche, anche in pressione, in profondità, all'interno di banchi arenacei o calcarenitici fessurati.

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

6.1. INDAGINI ESEGUITE

Di seguito sono riassunti i risultati e le interpretazioni delle indagini geofisiche realizzate nelle campagne di indagini pregresse e nella campagna di indagini del progetto definitivo utili ai fini della caratterizzazione sismica dell'area di progetto.

6.1.1. INTERPRETAZIONE INDAGINI SISMICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la Normativa Italiana (D.M. 17/01/2018), prevede la valutazione della risposta sismica locale mediante specifiche analisi come definite al §7.11.3 del D.M. 17/01/2018, oppure in assenza di tali analisi, attraverso un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo (Tabella 6-1).

Tabella 6-1 Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (Tab. 3.2.II NTC 2018)

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

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.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Le indagini sismiche eseguite prima del 2018 sono state interpretate in base alle NTC08 (D.M. 14 gennaio 2008). In questa fase progettuale sono state reinterpretate in base alle NTC18 (D.M. 17 gennaio 2018). Nelle tabelle seguenti si riportano entrambe le interpretazioni.

PROGETTAZIONE ATI:

6.1.2. CAMPAGNE DI INDAGINI PREGRESSE

Indagini 1998-1999

Una prima campagna di indagini è stata realizzata nel 1998-99 dalla società *GEOTEC S.p.A.* con sede in Campobasso per conto dell'ANAS – Compartimento per la Viabilità delle Marche. In questa campagna di indagini sono stati realizzati 5 allineamenti sismici a rifrazione, ciascuno della lunghezza di 110 o 230 m.

Allo stato attuale non si ha disponibilità di tali prove geofisiche.

Indagini 2001-2002

In una successiva fase di definizione progettuale sono state realizzate dalla società *POLO GEOLOGICO S.n.c.* con sede in Roma per conto dell'ANAS – Compartimento per la Viabilità delle Marche una campagna geofisica con prospezioni sismiche a rifrazione su 11 stendimenti sismici (B1-B11), ciascuno lungo 110 m.

Indagini comune di Mercatello sul Metauro 1994-2014

Ulteriori indagini considerate sono state fornite dal Comune di Mercatello sul Metauro. Queste indagini, distribuite in un periodo temporale piuttosto ampio consistono essenzialmente in indagini sismiche passive mediante tromografo digitale e prove MASW.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei risultati delle prove eseguite.

Tabella 6-2 Stima della $V_{s,eq}$ e categoria di sottosuolo (campagne di indagini 1994-2014)

Indagine sismica	Profondità del tratto indagato (m)	$V_{s,30}$ [NTC08] (m/s)	$V_{s,eq}$ [NTC18] (m/s)	Profondità del substrato (m)	Categoria di sottosuolo
P65 – HVSR	30	476	476	> 30	B
P79 – HVSR	30	367	367	> 30	B
P87 – HVSR	30	488	488	> 30	B
P90 – HVSR	30	538	538	> 30	B
L2 – MASW	30	987	1196	< 3	A
L3 – MASW	30	636	285	< 30	E

Di seguito si riportano i profili delle V_s ottenuti dai risultati delle prove eseguite.

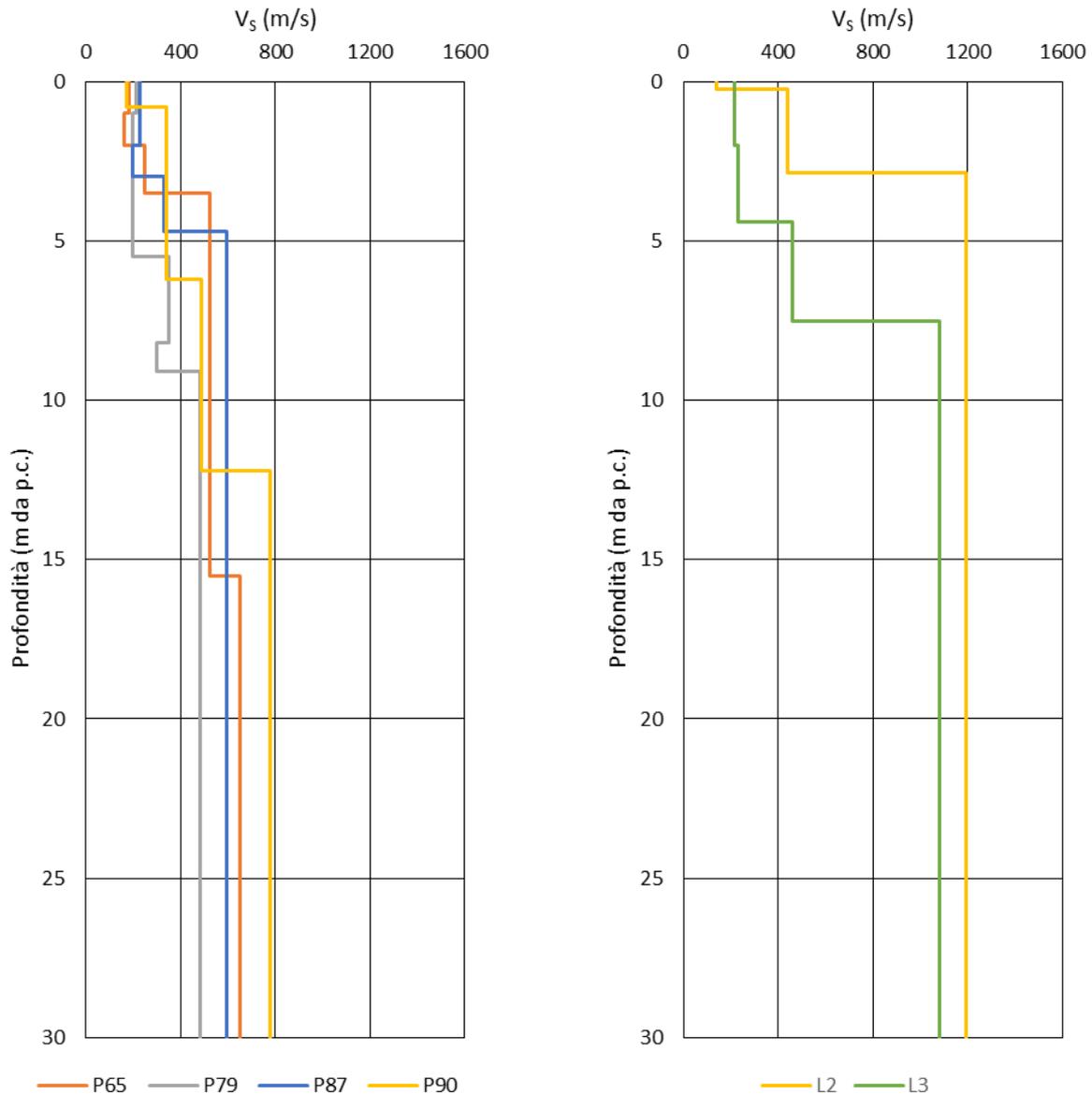


Figura 6-1 Profili delle Vs ottenuti da prove HVSr (sinistra) e MASW (destra)

6.1.3. CAMPAGNA DI INDAGINI PROGETTO DEFINITIVO

Durante l'attuale fase progettuale è stata eseguita una campagna geognostica con l'obiettivo di affinare il modello geologico. L'ubicazione delle indagini ha tenuto conto della posizione delle opere in progetto. In particolare, sono state eseguite le seguenti lavorazioni:

- n. 3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo attrezzati con Down-hole;
- n. 2 sismiche ibride;
- n. 9 stendimenti sismici a rifrazione;
- n. 3 stendimenti sismici MASW.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei risultati delle prove eseguite.

PROGETTAZIONE ATI:

Tabella 6-3 Stima della $V_{s,eq}$ e categoria di sottosuolo (campagna di indagini progetto definitivo)

Indagine sismica	Profondità del tratto indagato (m)	$V_{s,eq}$ [NTC18] (m/s)	Profondità del substrato (m)	Categoria di sottosuolo
MASW1	30	454	< 30	B
MASW2	30	462	< 30	B
MASW3	30	837	< 3	A
S3 DH	30	393	< 30	B
S7 DH	30	426	< 30	B
S9 DH	30	292	< 30	E

Di seguito si riportano i profili delle V_s ottenuti dai risultati delle prove eseguite.

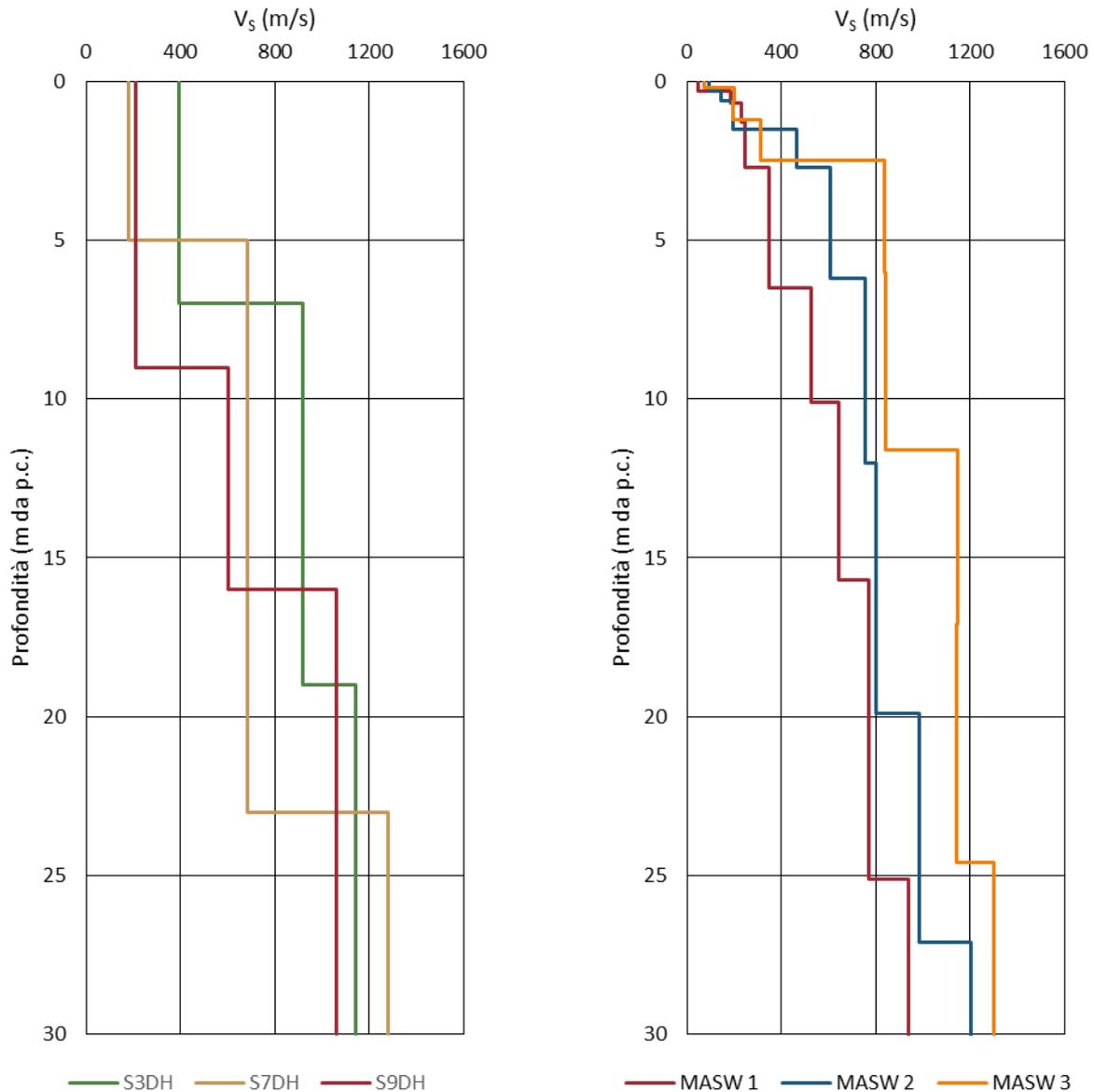


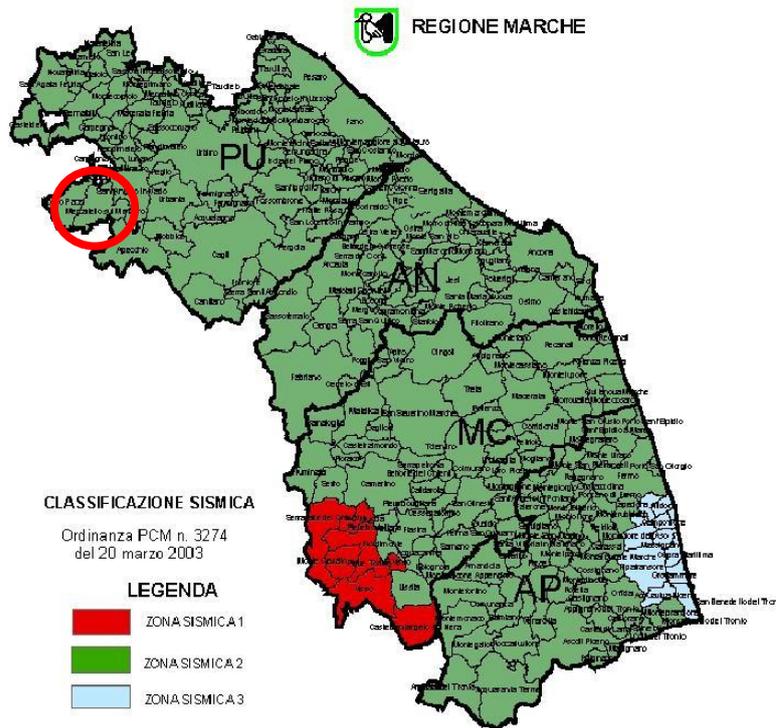
Figura 6-2 Profilo delle Vs ottenuto da prove DH (sinistra) e MASW (destra)

7. INQUADRAMENTO SISMICO

7.1. CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il Comune di Mercatello sul Metauro è inserito, in **Zona Sismica 2** ($a_g = 0,15 \div 0,20 g$) "Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti" (Ordinanza del Consiglio dei Ministri n.3274 del 20 marzo 2003 e della successiva Delibera della Giunta regionale Marche n.1046 del 29/07/2003 e successive modifiche).

PROGETTAZIONE ATI:



7.2. PERICOLOSITÀ SISMICA

L' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale e ha definito i criteri che ciascuna Regione deve seguire per l'aggiornamento della classificazione sismica del proprio territorio.

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido, viene definita mediante un approccio "sito-dipendente" e non più tramite un criterio "zona-dipendente". In sintesi, non si progetta più stimando l'azione sismica a partire dalla "zona", ma calcolandola ad hoc per il sito di progetto, inserendo la localizzazione nella mappa nazionale di pericolosità. Ne consegue che la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica.

Questo strumento normativo, per la prima volta, ha portato a valutare la classificazione sismica del territorio secondo parametri sismologici svincolati dal solo criterio politico del limite amministrativo utilizzato fino a quel momento.

PROGETTAZIONE ATI:

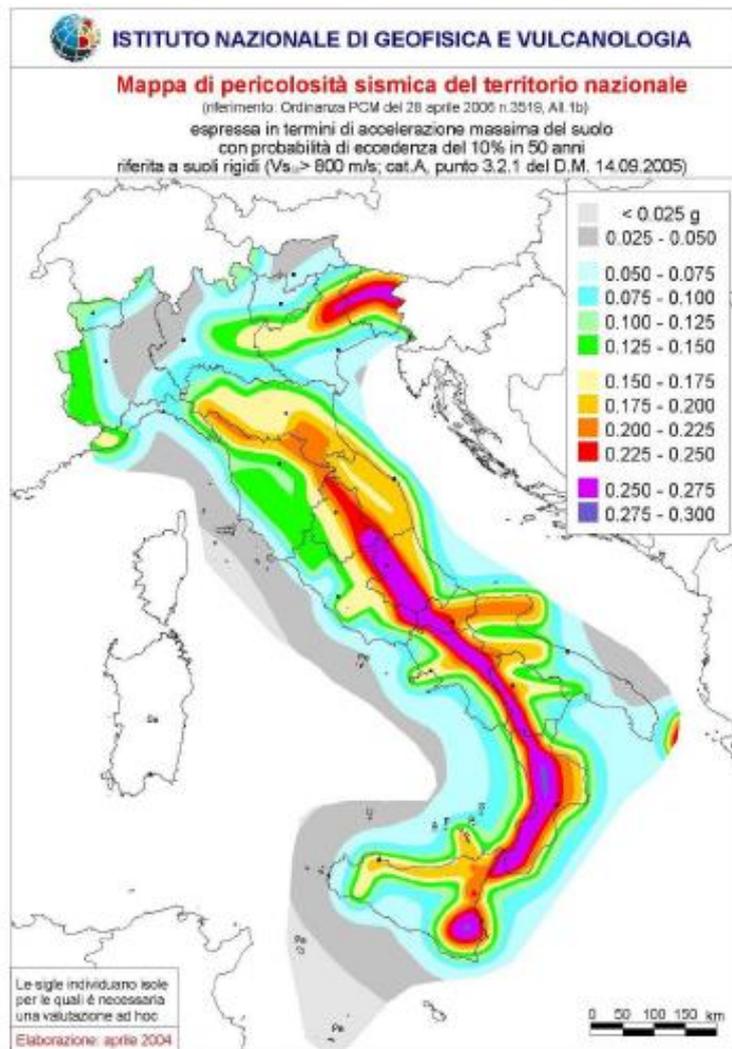


Figura 7-1 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519 2006).

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $-a_g$ accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $-F_0$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $-T_{C^*}$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Nello specifico, tramite applicazione Webgis consultabile on line sul sito dell'I.N.G.V. all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it>, è possibile in maniera interattiva esaminare le mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale. In particolare, come specificato, il territorio del comune di Mercatello sul Metauro si hanno dei valori di accelerazione del suolo, riferiti ai suoli rigidi, (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) compresi tra $0.175 \div 0.225 a_g$ di accelerazione massima del suolo espressa come accelerazione di gravità.

PROGETTAZIONE ATI:

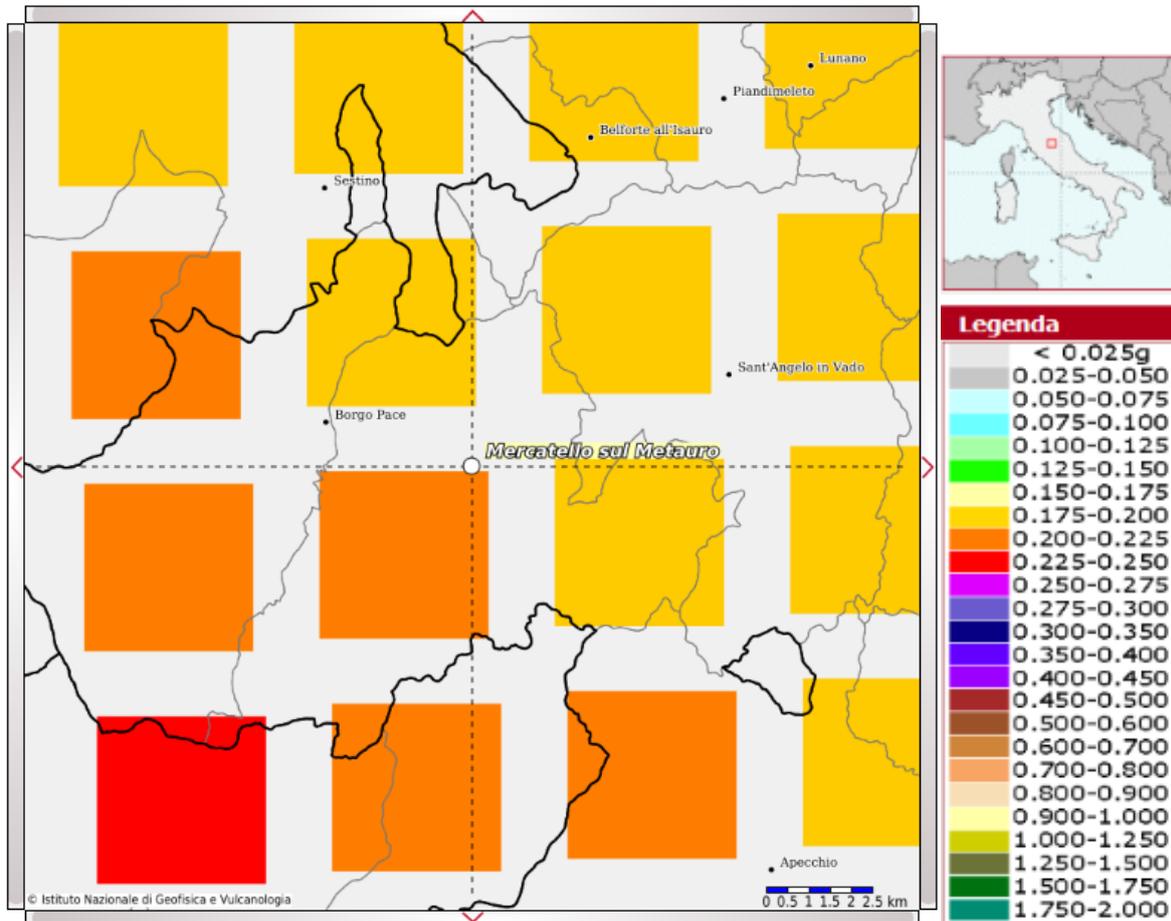


Figura 7-2 Valori di pericolosità sismica (OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) Comune di Mercatello sul Metauro, espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, punto A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

7.3. SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica dell'area interessata dall'opera in progetto sono stati consultati i database disponibili presso il sito INGV:

- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 (CPTI15), redatto dal Gruppo di lavoro CPTI 2015 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questo catalogo fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014
- DataBase Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15), realizzato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

La finestra cronologica coperta dal catalogo CPTI15 e dal database DBMI15 va dall'anno 1000 d.C. circa a tutto il 2014 d.C., ed offre per ogni terremoto una stima il più possibile omogenea della localizzazione epicentrale (Latitudine, Longitudine), dei valori di Intensità massima ed epicentrale, della magnitudo momento e della magnitudo calcolata dalle onde superficiali.

PROGETTAZIONE ATI:

Per la compilazione del CPTI15 sono stati ritenuti di interesse solo i terremoti avvenuti in Italia e quelli che, pur essendo stati localizzati in aree limitrofe, potrebbero essere stati risentiti con intensità significativa all'interno dei confini dello stato.

Per il Comune di Mercatello sul Metauro sono stati identificati i seguenti eventi ricavabili dal database dell'INGV:

Seismic history of		Mercatello sul Metauro									
PlaceID		IT_50556									
Coordinates (lat, lon)		43.647, 12.337									
Municipality (ISTAT 20		Mercatello sul Metauro									
Province		Pesaro e Urbino									
Region		Marche									
No. of reported earthq		51									
Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	DepDef	IoDef	MwDef
7	122	1389	10	18				Alta Valtiberina		9	6,03
4-5	722	1741	4	24	9	20		Fabrianese		9	6,17
8	884	1781	6	3				Cagliese		10	6,51
F	943	1789	9	30	10			Alta Valtiberina		9	5,89
5	1016	1810	9	30				Valle del Metauro		4-5	3,93
4-5	1356	1873	3	12	20	4		Appennino marchigiano		8	5,85
4-5	1741	1898	11	22	23	10		Borgo Pace		4-5	3,93
3	1976	1909	1	13	0	45		Emilia Romagna orientale		6-7	5,36
3	1989	1909	8	25	0	22		Crete Senesi		7-8	5,34
3-4	2033	1911	2	19	7	18	30	Forlivese		7	5,26
2	2037	1911	3	20	15	47		Forlivese		6	5,09
2	2039	1911	3	26	20	20	50	Casentino		6	4,54
3-4	2048	1911	9	13	22	29	2	Chianti		7	5,08
3	2060	1912	5	11	5	14		Cagliese		4-5	3,96
4	2083	1913	7	29	22	24		Casentino		5-6	4,54
2-3	2110	1915	1	13	6	52	43	Marsica		11	7,08
4	2145	1916	5	17	12	50		Riminese		8	5,82
5	2192	1917	4	26	9	35	59	Alta Valtiberina		9-10	5,99
4	2215	1918	3	22	4	43	20	Alta Valtiberina		4	4,13
5	2226	1918	11	10	15	12	28	Appennino forlivese		9	5,96
4-5	2242	1919	10	25	13	51		Alta Valtiberina		6	5,03
4	2363	1927	11	30	2	58	24	Bacino di Gubbio		5	4,29
4	2364	1927	12	1	9	55	37	Bacino di Gubbio		5-6	4,56
5-6	2631	1948	6	13	6	33	36	Alta Valtiberina		7	5,04
2	2767	1957	4	30	6	5	8	Alta Valtiberina		5	4,23
3	3219	1979	9	19	21	35	37	Valnerina		8-9	5,83
NF	3350	1982	10	17	4	50	11	Perugino		5-6	4,36
4-5	3388	1984	4	29	5	2	59	Umbria settentrionale		7	5,62
3	3463	1985	11	24	6	54	4,08	Appennino forlivese	21,2	5-6	4,29
4	3531	1987	7	5	13	12	37,46	Montefeltro	15,4	6	4,44
4-5	3533	1987	7	8	4	29	15,91	Montefeltro	4,3	4-5	3,7
4-5	3589	1989	7	9	3	54	37,25	Montefeltro	4,1	5	4,09
4	3629	1990	5	8	22	33	15,91	Alta Valtiberina	3,7	5	3,77
5	3703	1993	1	17	10	51	23,39	Alta Valtiberina	7,9	5	4,26
3	3708	1993	6	5	19	16	17,02	Valle del Topino	7,7	6	4,72
4-5	3850	1997	9	26	0	33	12,88	Appennino umbro-marchigiano	3,5	7-8	5,66
5	3853	1997	9	26	9	40	26,6	Appennino umbro-marchigiano	9,8	8-9	5,97
5-6	3868	1997	10	2	19	38	2,29	Alta Valtiberina	0,9		4,42
5	3870	1997	10	3	8	55	22,07	Appennino umbro-marchigiano	12		5,22
5-6	3876	1997	10	6	23	24	53,29	Appennino umbro-marchigiano	3,9		5,47
4-5	3890	1997	10	14	15	23	10,64	Valnerina	7,3		5,62
4	3941	1998	4	5	15	52	21,01	Appennino umbro-marchigiano	4,4		4,78
3	3979	1999	1	25	22	45	58,08	Appennino forlivese	27,9	5	4,36
NF	4025	2000	5	10	16	52	11,6	Faentino	23,1	5-6	4,82
3	4034	2000	6	22	12	16	35,58	Bacino di Gubbio	39,6	5	4,47
5	4041	2000	8	1	2	34	31	Montefeltro	26,5	5-6	4,27
4	4116	2001	11	26	0	56	55,46	Casentino	5,5	5-6	4,63
2	4119	2002	2	21	14	36		Casentino		5	4,09
NF	4227	2003	12	7	10	20	33,04	Forlivese	9,2	5	4,18
NF	4274	2005	7	15	15	17	18	Forlivese	22,8	4-5	4,29
3-4	4303	2006	10	21	7	4	10,01	Anconetano	36,3	5	4,21

Figura 7-3 Catalogo sismico del sito di Mercatello sul Metauro. Dati modificati a partire dal gruppo di Lavoro CPTI2015 (Io=intensità ipocentrale Mw = Magnitudo ; Int = Intensità realmente risentita al sito in scala MCS).

PROGETTAZIONE ATI:

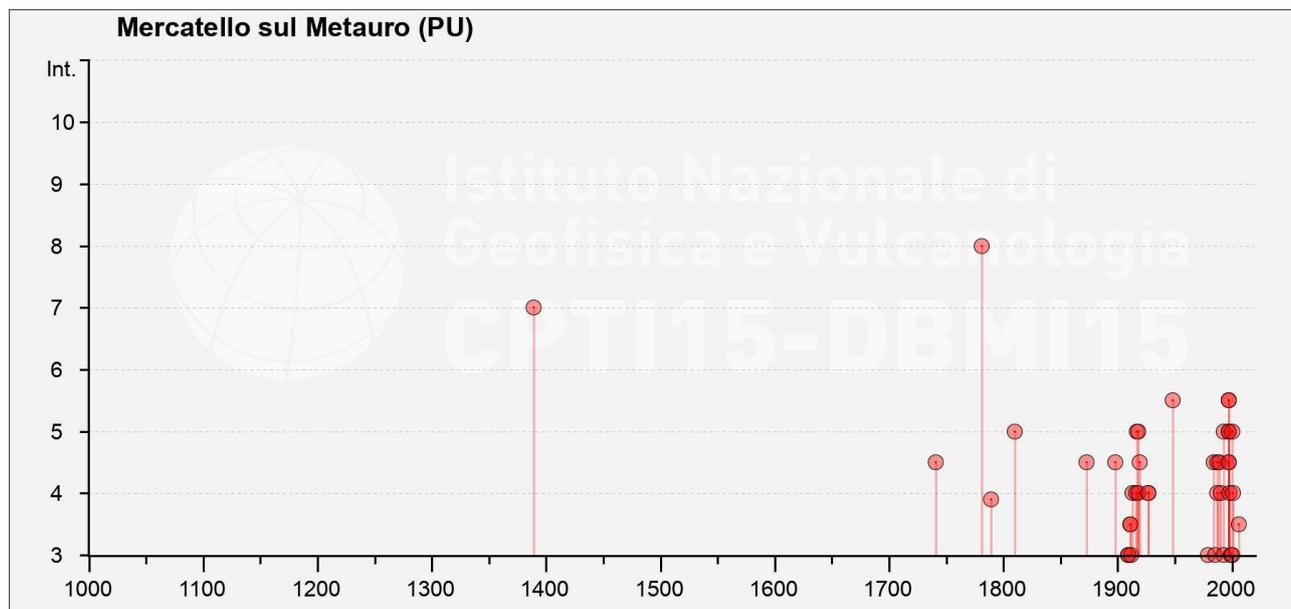


Figura 7-4 Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Mercatello sul Metauro dal 1000 al 2002

Di seguito si riporta una tabella con le massime intensità macrosismiche osservate nella provincia di Pesaro Urbino e una mappa con le stesse massime intensità osservate nella Regione Marche (Dipartimento della Protezione Civile 1996), in cui si può osservare come la massima intensità macrosismica registrata per il comune Mercatello sul Metauro sia $I_{max} = 8$. Per intensità macrosismica si intende la misura degli effetti di un terremoto sulle costruzioni, sull'uomo e sull'ambiente, classificandoli in dodici gradi attraverso la scala Mercalli. L'intensità non è quindi una misura dell'energia di un terremoto, ma del grado di danneggiamento, perché le conseguenze dipendono dalla violenza dello scuotimento ma anche da come sono state costruite le case e da quante persone vivono nell'area colpita.

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
ACQUALAGNA	11	41	1	43.61944	12.67252	>=10
APECCHIO	11	41	2	43.55858	12.41973	9
AUDITORE	11	41	3	43.82066	12.57108	7
BARCHI	11	41	4	43.67184	12.92915	7
BELFORTE ALL`ISAURO	11	41	5	43.71615	12.37689	8
BORGO PACE	11	41	6	43.65799	12.29471	8
CAGLI	11	41	7	43.54591	12.65091	>=10
CANTIANO	11	41	8	43.47303	12.62823	9
CARPEGNA	11	41	9	43.78114	12.33629	8
CARTOCETO	11	41	10	43.76497	12.88335	8
CASTELDELICI	11	41	11	43.79063	12.15523	8
COLBORDOLO	11	41	12	43.82010	12.72259	8
FANO	11	41	13	43.83694	13.01759	8
FERMIGNANO	11	41	14	43.67513	12.64736	>=10
FOSSOMBRONE	11	41	15	43.68817	12.81003	9

PROGETTAZIONE ATI:

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
FRATTE ROSA	11	41	16	43.63239	12.90163	9
FRONTINO	11	41	17	43.76374	12.37714	8
FRONTONE	11	41	18	43.51260	12.73416	9
GABICCE MARE	11	41	19	43.96619	12.75678	8
GRADARA	11	41	20	43.94110	12.77343	8
ISOLA DEL PIANO	11	41	21	43.73644	12.78276	8
LUNANO	11	41	22	43.72782	12.44031	8
MACERATA FELTRIA	11	41	23	43.80240	12.44280	7
MAIOLO	11	41	24	43.87381	12.31063	7
MERCATELLO SUL METAURO	11	41	25	43.64697	12.33702	9
MERCATINO CONCA	11	41	26	43.87003	12.49300	8
MOMBAROCCIO	11	41	27	43.79491	12.85521	7
MONDAVIO	11	41	28	43.67387	12.96937	8
MONDOLFO	11	41	29	43.75125	13.09562	8
MONTECALVO IN FOGLIA	11	41	30	43.81064	12.63224	7
MONTE CERIGNONE	11	41	31	43.84022	12.41324	7
MONTECICCARDO	11	41	32	43.81909	12.80914	8
MONTECOPIOLO	11	41	33	43.84064	12.36041	7
MONTEFELCINO	11	41	34	43.73440	12.83422	8
MONTEGRIMANO	11	41	35	43.86575	12.47311	7
MONTELABBATE	11	41	36	43.84854	12.78949	7
MONTEMAGGIORE AL METAURO	11	41	37	43.73733	12.94640	8
MONTE PORZIO	11	41	38	43.69008	13.04580	8
NOVAFELTRIA	11	41	39	43.89396	12.29014	7
ORCIANO DI PESARO	11	41	40	43.68781	12.96564	7
PEGLIO	11	41	41	43.69546	12.49567	>=10
PENNABILLI	11	41	42	43.81648	12.26470	8
PERGOLA	11	41	43	43.56278	12.83716	9
PESARO	11	41	44	43.90455	12.90505	8
PETRIANO	11	41	45	43.77984	12.73395	7
PIAGGE	11	41	46	43.73248	12.96871	8
PIANDIMELETO	11	41	47	43.72426	12.41412	8
PIETRARUBBIA	11	41	48	43.80420	12.37773	7
PIOBBICO	11	41	49	43.58873	12.51159	>=10
SALTARA	11	41	50	43.75341	12.89730	8
SAN COSTANZO	11	41	51	43.76250	13.06966	8
SAN GIORGIO DI PESARO	11	41	52	43.71786	12.98112	8
SAN LEO	11	41	53	43.89630	12.34483	7
SAN LORENZO IN CAMPO	11	41	54	43.60368	12.94652	9
SANT`AGATA FELTRIA	11	41	55	43.86405	12.20899	8
SANT`ANGELO IN LIZZOLA	11	41	56	43.82663	12.80262	7

PROGETTAZIONE ATI:

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
SANT`ANGELO IN VADO	11	41	57	43.66429	12.41135	>=10
SANT`IPPOLITO	11	41	58	43.68424	12.87162	9
SASSOCORVARO	11	41	59	43.77994	12.49559	8
SASSOFELTRIO	11	41	60	43.89039	12.51166	7
SERRA SANT`ABBONDIO	11	41	61	43.49083	12.77223	9
SERRUNGARINA	11	41	62	43.74635	12.87533	8
TALAMELLO	11	41	63	43.90420	12.28610	7
TAVOLETO	11	41	64	43.84325	12.59377	7
TAVULLIA	11	41	65	43.89782	12.75421	8
URBANIA	11	41	66	43.66757	12.52296	>=10
URBINO	11	41	67	43.72587	12.63619	8

Figura 7-5 Intensità macrosismiche della provincia di Mercatello sul Metauro (DPC1996).

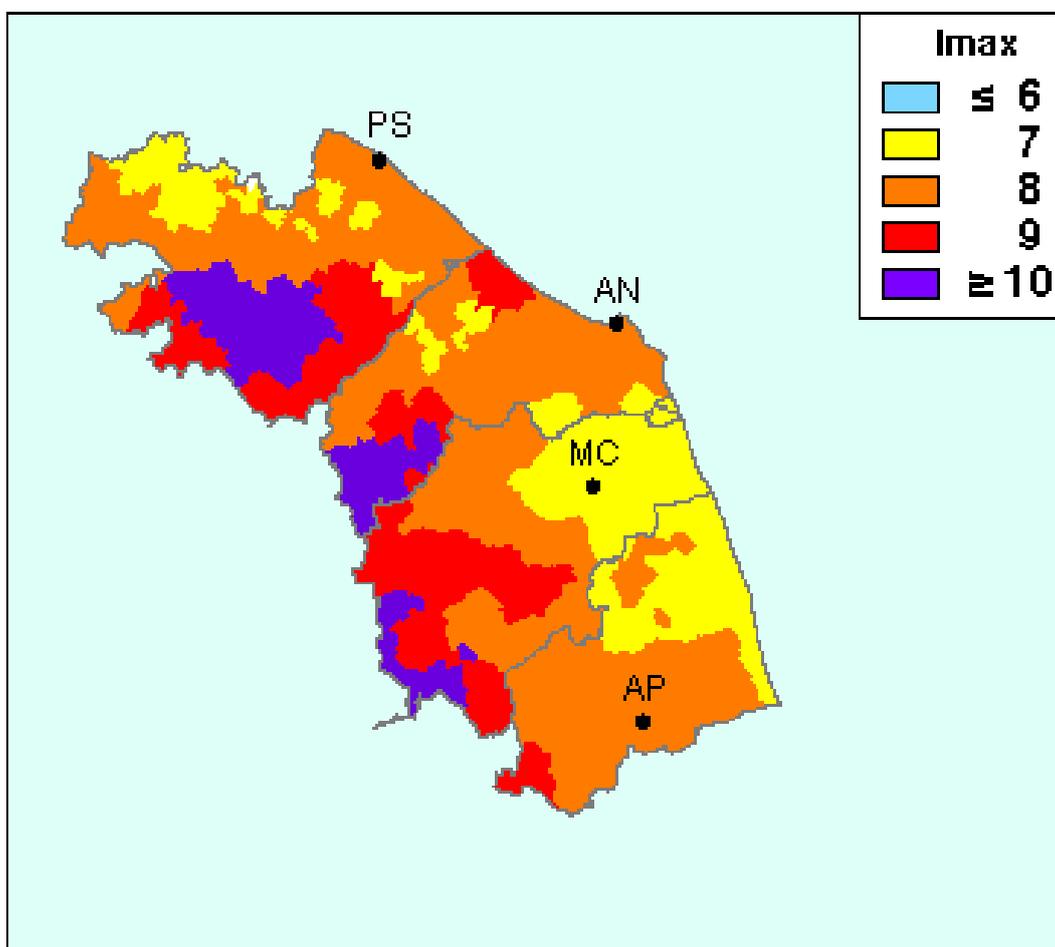


Figura 7-6 Massime intensità macrosismiche della Regione Marche (INGV2016).

PROGETTAZIONE ATI:

7.4. ASPETTI SISMOGENETICI

A seguito dell'Ordinanza P.C.M. 20 marzo 2003 n.3274, All.1, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, con l'istituzione del Gruppo di Lavoro del 2004, ha provveduto alla produzione di una mappa di pericolosità sismica di riferimento, elaborando una nuova zonazione sismogenetica (ZS9). Questa nuova zonizzazione sismogenetica è stata definita a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000), alla luce delle nuove evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

La zonizzazione sismogenetica ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica (ZS), da un meccanismo focale prevalente, da un valore di Magnitudo Momento Massima (Mw), un valore di Magnitudo di Durata massimo (Md) e da un valore di profondità efficace.



Figura 7-7 Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano

PROGETTAZIONE ATI:

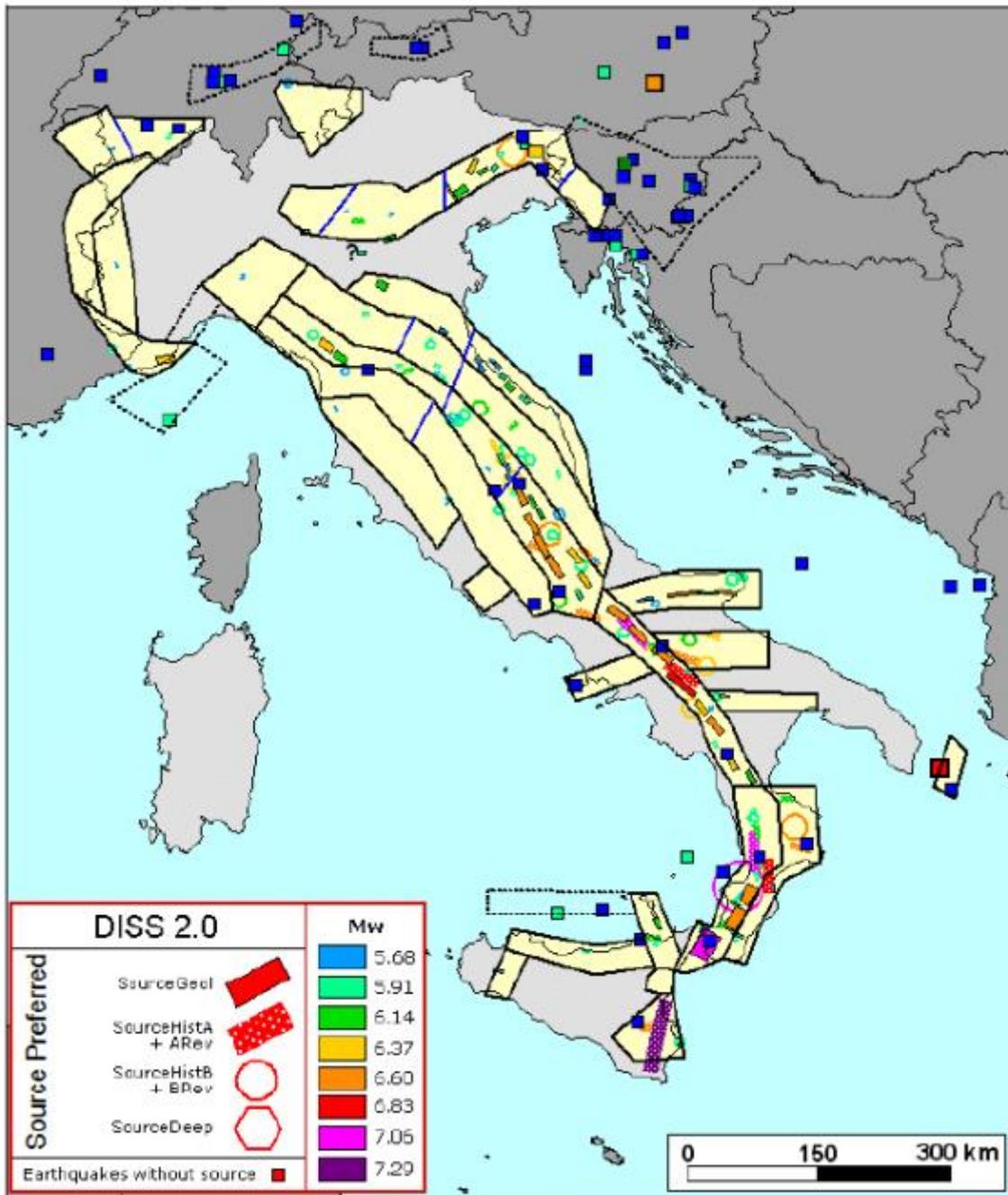


Figura -7-8 Zonazione sismogenetica ZS9 a confronto con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS 2.0. Ogni sorgente è rappresentata utilizzando una scala cromatica che esprime la magnitudo Mw del terremoto atteso per la sorgente stessa. I simboli quadrati indicano terremoti presenti nel catalogo di riferimento (CPTI2) ma non associati ad una specifica sorgente di DISS 2.0. La loro magnitudo viene rappresentata mediante la stessa scala cromatica usata per le sorgenti. Le classi di magnitudo con le quali sono rappresentati i terremoti e le sorgenti sono le stesse utilizzate per il calcolo dei tassi di sismicità.

PROGETTAZIONE ATI:

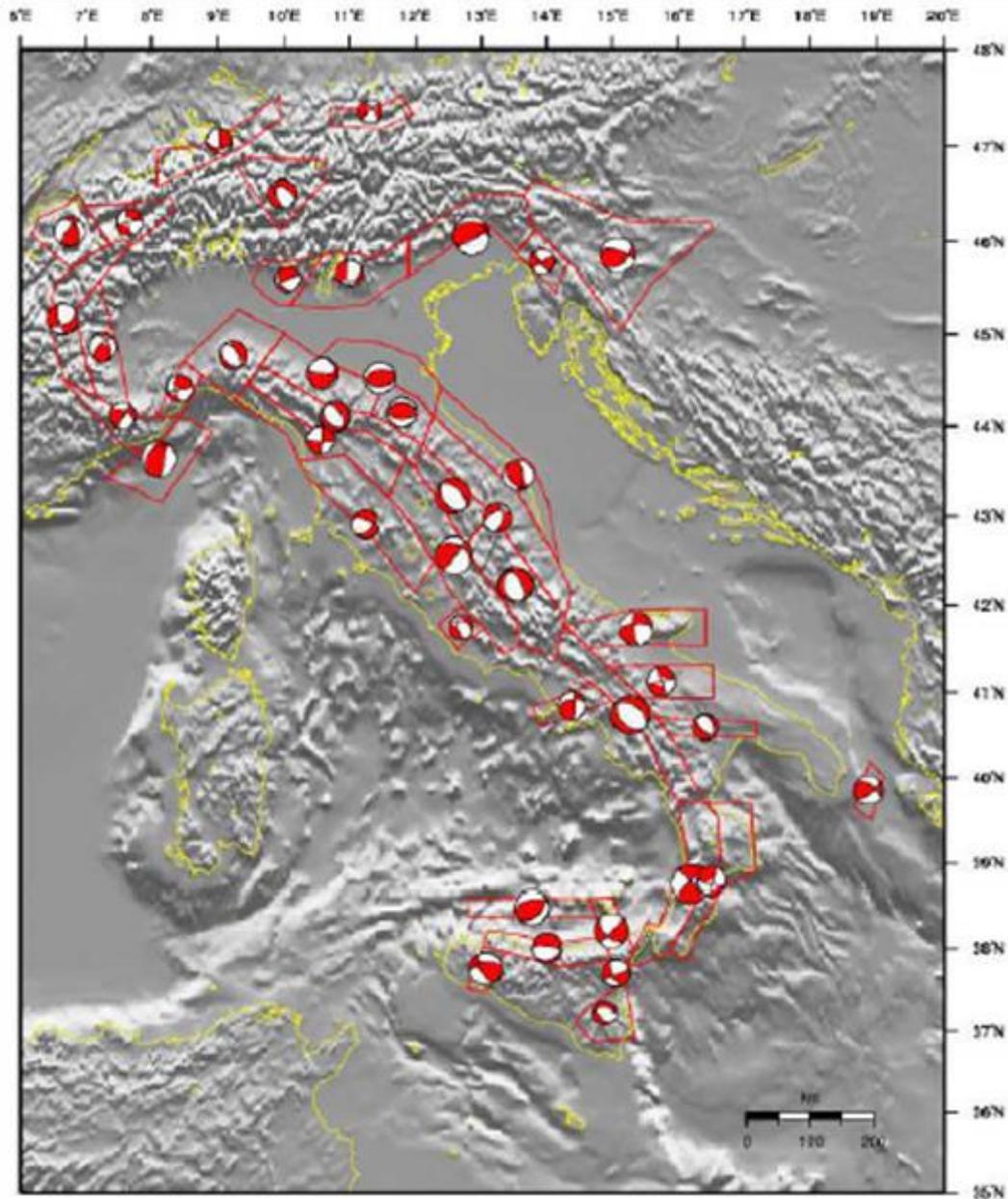


Figura-7-9 Meccanismi focali medi calcolati per tutte le zone sismogenetiche di ZS9 a partire dal database recentemente pubblicato da Vannucci e Gasperini (2003). La dimensione dei simboli è proporzionale al logaritmo del momento sismico complessivo rilasciato all'interno delle singole zone.

Dalla consultazione della zonizzazione sismogenetica ZS9, emerge che l'area in esame ricade all'interno della zona sismogenetica 918.

Le zone 913, 914 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna; lo testimoniano anche quegli eventi che hanno avuto

PROGETTAZIONE ATI:

risentimenti su aree piuttosto vaste (es., eventi del 1799 di Camerino, del 1873 delle Marche meridionali e del 1950 del Gran Sasso, zona 918). Alla zona 918 sono da riferire alcune sorgenti "silenti" (es. M.ti della Laga, Campo Imperatore) legate a fagliazione normale. Studi paleosismologici lungo le espressioni superficiali delle sorgenti suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso dell'Olocene con magnitudo attese che, sulla base della lunghezza della rottura di superficie, vengono stimate tra 6.5 e 7.0 (Galadini e Galli, 2000).

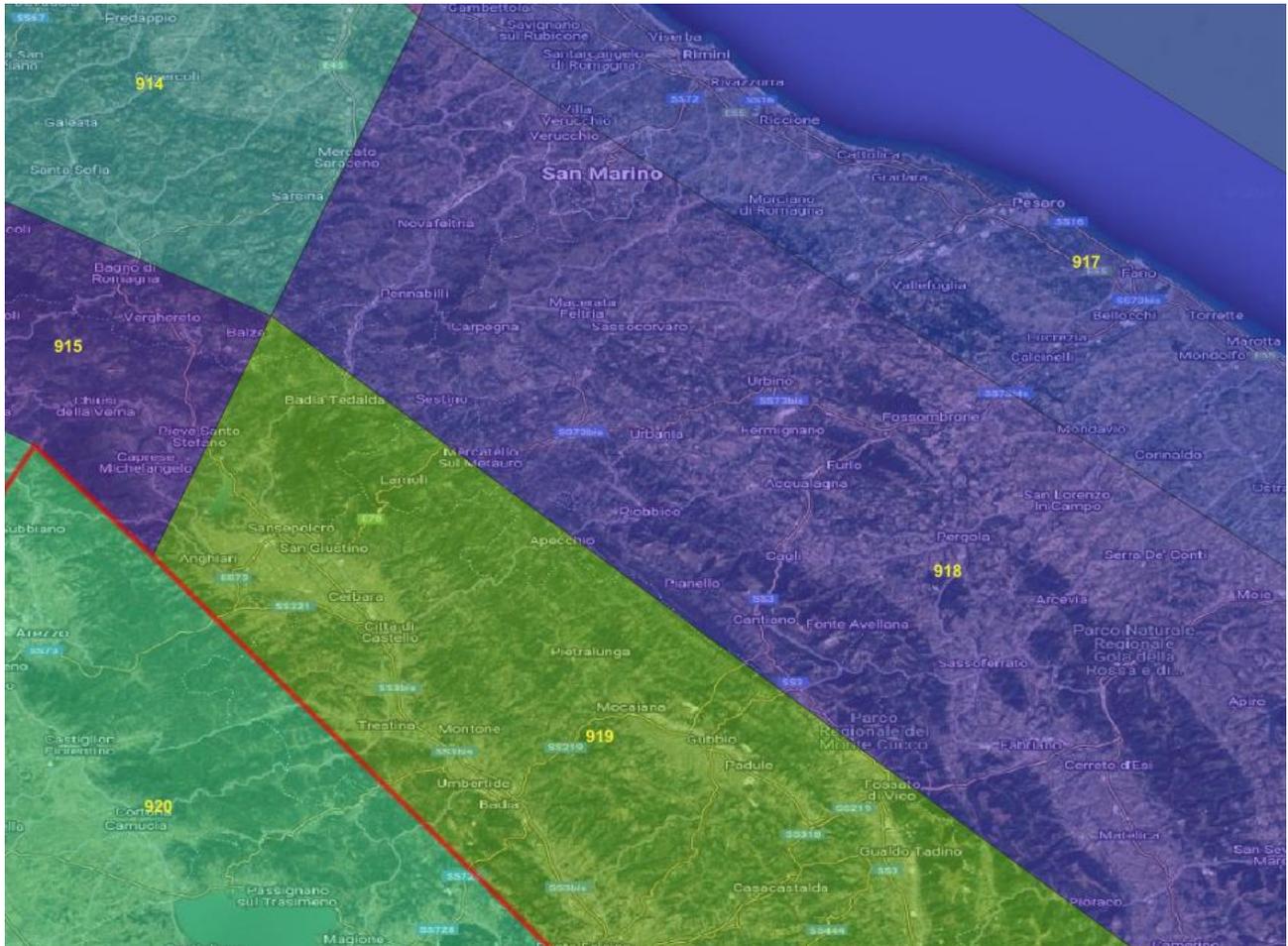


Figura 7-10

Le sorgenti sismogenetiche italiane sono raccolte in un Database (DISS Working Group, 2018), esso comprende un repository georiferito di informazioni di natura sismotettonica. Con il termine sismotettonica si intende il settore disciplinare che si interessa dei rapporti tra la geologia, la tettonica attiva e la sismicità di una data area, e che ha come obiettivo principale l'individuazione delle strutture che generano terremoti – le sorgenti sismogenetiche – e la stima del loro potenziale. L'obiettivo è di simulare in modo accurato, e quindi, in qualche modo, di "prevedere", la distribuzione dello scuotimento del terreno che verrà determinato da un forte terremoto del futuro. Lo scuotimento è in assoluto il principale responsabile del danneggiamento subito dalle opere dell'uomo come le vie di comunicazione e le reti di servizi in occasione di un forte evento sismico e le tecniche di simulazione dello scuotimento del terreno sono oggi alla base dei codici per il calcolo della pericolosità sismica e si avvalgono di dati che descrivono dal punto di vista geologico le faglie in grado di generare forti terremoti.

Per sorgente sismogenetica si intende "una rappresentazione semplificata e tridimensionale di una faglia crostale contenente un numero imprecisato di sorgenti sismogenetiche non individuabili. Le

PROGETTAZIONE ATI:

sorgenti sismogenetiche composite non sono associate a un insieme specifico di terremoti o distribuzione sismica.”



Figura 7-11

L'area di Mercatello sul Metauro è situata lungo una sorgente sismogenetica composta ITCS129 attiva. Le sorgenti sismogenetiche composite rappresentano aree molto estese all'interno delle quali vi sussistono sorgenti sismogenetiche minori associate a specifici terremoti storici.

Tale Sorgente Composita rappresenta il crinale interno del sistema di spinta ereditato umbro-marchigiano, eventualmente invertito e riattivato nell'attuale regime estensionale.

A seguito della sequenza sismica del centro Italia del 2016-17, un numero crescente di evidenze ha suggerito che i sistemi di spinta su larga scala, originati dall'accumulo dell'Appennino durante il Miocene, stiano attualmente vivendo un'inversione cinematica in regime estensionale quaternario (Scognamiglio et al., 2018; Bonini et al., 2019; Buttinelli et al., 2021). Il ruolo attivo del sistema di spinta ereditato nell'attuale regime estensionale è stato confermato anche da esperimenti su modelli analogici (Del Ventisette et al., 2021).

Durante il Miocene questo sistema di faglie controllava l'insorgere delle anticlinali lungo la dorsale interna della catena (tra molti altri, Bally et al., 1986; Cello et al., 1997; Vai, 2001; Basili e Barba, 2007; Barchi et al. al., 2018) comprendente, da nord a sud: l'Anticlinale Montiego-Monte Nerone (Barchi et al., 1998; Mirabella et al., 2008; De Donatis et al., 2020), l'Anticlinale Monte Catria (Tavani et al. , 2008), e il sistema di spinta Monte Igno-Valnerina (Scisciani et al., 2014).

I cataloghi storici e strumentali (Gruppo di lavoro ISIDE, 2007; Guidoboni et al., 2019; Rovida et al., 2021) mostrano un intermedio molto denso ($4,5 < M_w < 5,0$) alla sismicità dannosa all'interno della regione. Inoltre, questa zona dell'Appennino è stata sede di numerosi terremoti distruttivi, tra cui l'Appennino Umbro-Marchigiano del 30 aprile 1279 (M_w 6.2), il 17 aprile e il 22 settembre 1747 (rispettivamente M_w 6.1 e M_w 5.4) Appennino Umbro-Marchigiano, i terremoti dell'Appennino Umbro-Marchigiano del 27 luglio 1751 (M_w 6.4) e del Cagliese del 3 giugno 1781 (M_w 6.5).

PROGETTAZIONE ATI:

GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITCS129		
Name	Piandimeleto-Bavareto		
Compiler(s)	Vannoli P.(1), Valensise G.(1), Maesano F.E.(1)		
Contributor(s)	DISS W.G.(1)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sezione Roma 1; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy		
Created	12/10/2020		
Updated	12/10/2020		
Display map			
Related sources	ITIS047		
PARAMETRIC INFORMATION			
	Parameter	Quality	Evidence
Min depth [km]	1.0	LD	Based on geological data from Barchi et al. (1998).
Max depth [km]	10.0	LD	Based on geological data from Barchi et al. (1998).
Strike [deg] min... max	130...140	LD	Based on various geological, geodetic and seismological data.
Dip [deg] min... max	25...40	LD	Based on geological data from Barchi et al. (1998).
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.5000	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	7.1	ER	Estimated from Leonard's (2014) scaling relations.
LD=Literature Data; OD=Original Data; ER=Empirical Relationship; AR=Analytical Relationship; EJ=Expert Judgement			

Figura 7-12

Le informazioni disponibili per i terremoti storici, quelle di tipo paleosismologico e quelle geologico-strutturali di un'area permettono di individuare le cosiddette "Faglie Capaci", definite come "faglie che potenzialmente possono creare deformazione in superficie". L'elenco delle faglie attive e capaci del catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) evidenzia che non sono presenti tali strutture in prossimità del tracciato.

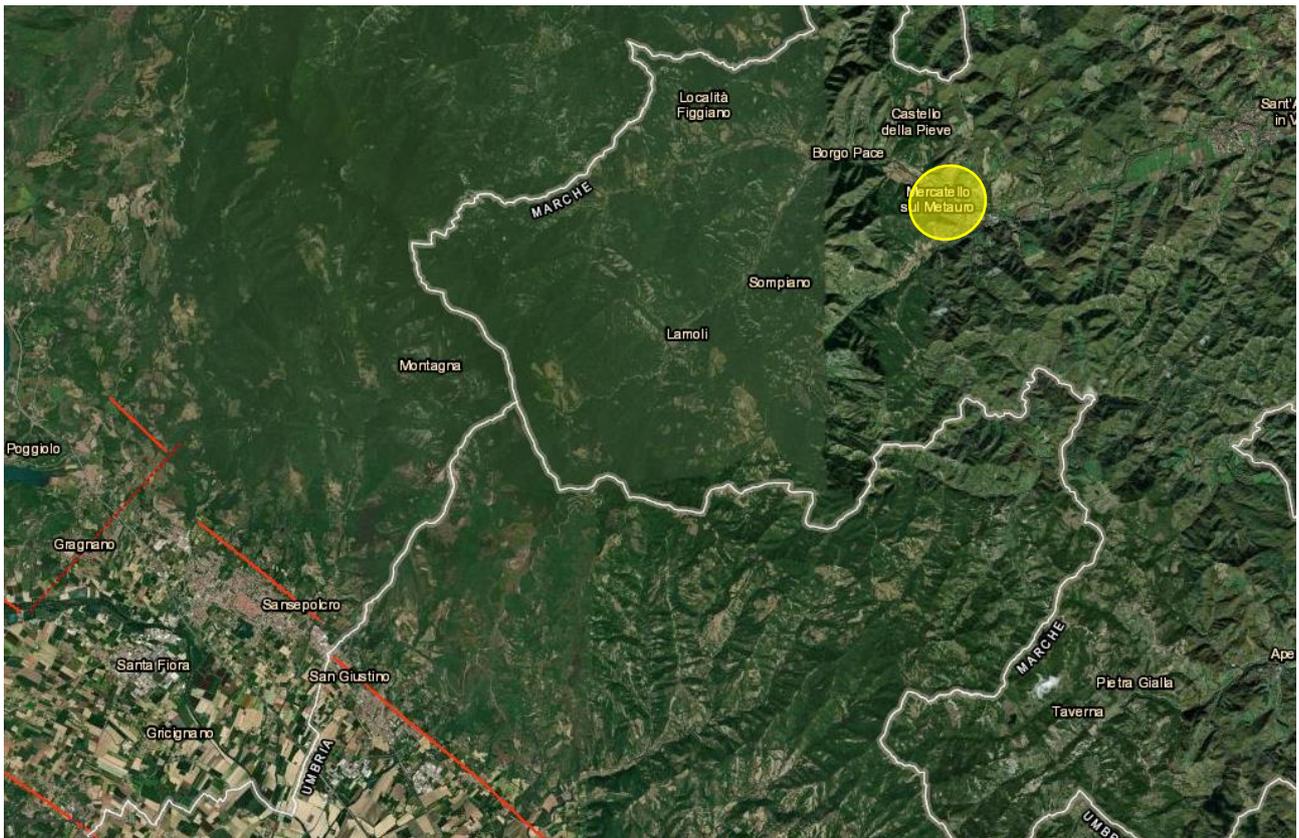


Figura 7-13 Schermata dal portale *Webgis* dell'ISPRA (ITHACA – CATALOGO DELLE FAGLIE CAPACI - <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/viewer/index.html>), modificata con l'indicazione dei codici identificativi del catalogo. Evidenziata in giallo: area del progetto

8. SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE

Per la valutazione dello spettro di risposta elastico (componente orizzontale e componente verticale) dell'area investigata si è fatto riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018).

8.1. AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tabella 8-2, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tabella 8-1 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento. La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella Tabella 8-2, fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

Tabella 8-1 Categorie topografiche (Tab. 3.2.III NTC2018)

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 $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$

PROGETTAZIONE ATI:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 8-2 Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (Tab. 3.2.V NTC 2018)

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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Nella Tabella 8-3 sono riportate le categorie topografiche in funzione della progressiva chilometrica.

Tabella 8-3 Categorie topografiche in funzione della progressiva chilometrica

Progr. iniziale	Progr. finale	Opera	Categoria topografica
0+000,00	1+025,49	Corpo stradale	T1
1+025,49	1+160,30	VI.01 – Ponte "S. Antonio"	T1
1+160,30	1+326,82	Corpo stradale	T1
1+326,82	1+597,78	GN.01 – Galleria naturale	T2
1+597,78	1+714,13	Corpo stradale	T1
1+714,13	2+502,79	GN.02 – Galleria naturale	T2
2+502,79	2+580,34	VI.02 – Ponte Romito	T2
2+580,34	2+800,00	Corpo stradale	T2
2+800,00	4+108,55	Corpo stradale	T1

8.2. AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per tener conto delle condizioni stratigrafiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente stratigrafico S_s e il coefficiente C_c riportati nella Tabella 8-4, in funzione delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 6-1.

Tabella 8-4 Espressioni di S_s e di C_c (Tab. 3.2.IV NTC 2018)

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

Nella Tabella 8-5 sono riportate le categorie di sottosuolo in funzione della progressiva chilometrica.

PROGETTAZIONE ATI:

Tabella 8-5 Categorie topografiche in funzione della progressiva chilometrica

Progr. iniziale	Progr. finale	Opera	Categoria topografica
0+000,00	1+025,49	Corpo stradale	B
1+025,49	1+160,30	VI.01 – Ponte “S. Antonio”	B
1+160,30	1+326,82	Corpo stradale	B
1+326,82	1+597,78	GN.01 – Galleria naturale	B
1+597,78	1+714,13	Corpo stradale	B
1+714,13	2+502,79	GN.02 – Galleria naturale	B
2+502,79	2+580,34	VI.02 – Ponte Romito	E
2+580,34	4+108,55	Corpo stradale	E

8.3. VITA NOMINALE

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tabella 8-6. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tabella 8-6 Valori minimi della vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 8-7 - Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

Per il progetto in esame si considera “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”, da cui:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

8.4. CLASSE D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tabella 8-8.

Tabella 8-8 Valori del coefficiente d'uso C_U (Tab. 2.4.II NTC 2018)

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per il progetto in esame si considera una "Classe d'uso IV", da cui:

$$C_U = 2,0$$

8.5. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 2,0 = 100 \text{ anni}$$

9. STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Per l'UG1 è possibile omettere la verifica a liquefazione in quanto la distribuzione granulometrica dei campioni ricadenti in questa unità (S10CR1) risulta esterna alle zone indicate dalla normativa (§ 7.11.3.4.2 NTC 2018).

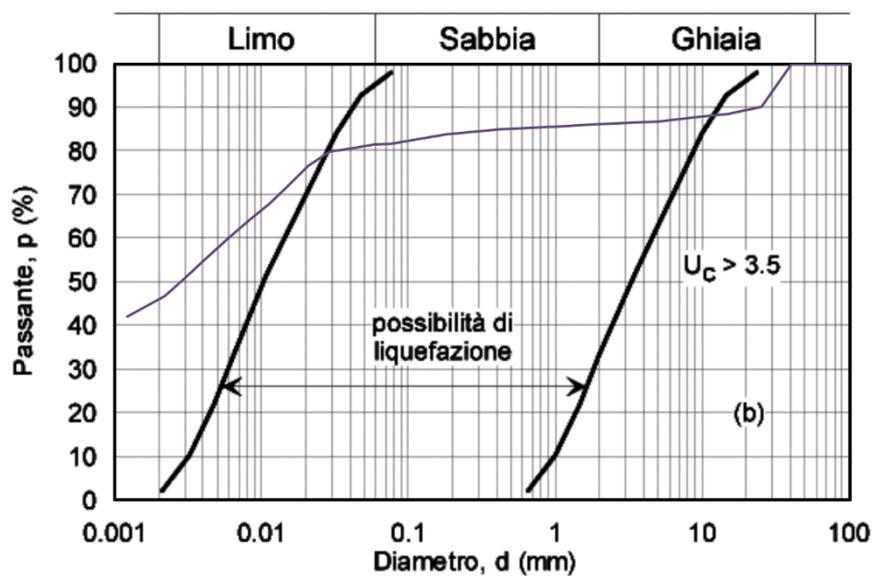


Figura 9-1 Curva granulometrica dei campioni ricadenti nell'UG1 e fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (Fig. 7.11.1b NTC 2018)

Per l'UG2 è possibile omettere la verifica a liquefazione in quanto la distribuzione granulometrica dei campioni ricadenti in questa unità (S1CI1, S1CI2, S1CR2, S1CR2, S5CI1, S5CI2, S8CI1, S13CI1) risulta esterna alle zone indicate dalla normativa (§ 7.11.3.4.2 NTC 2018).

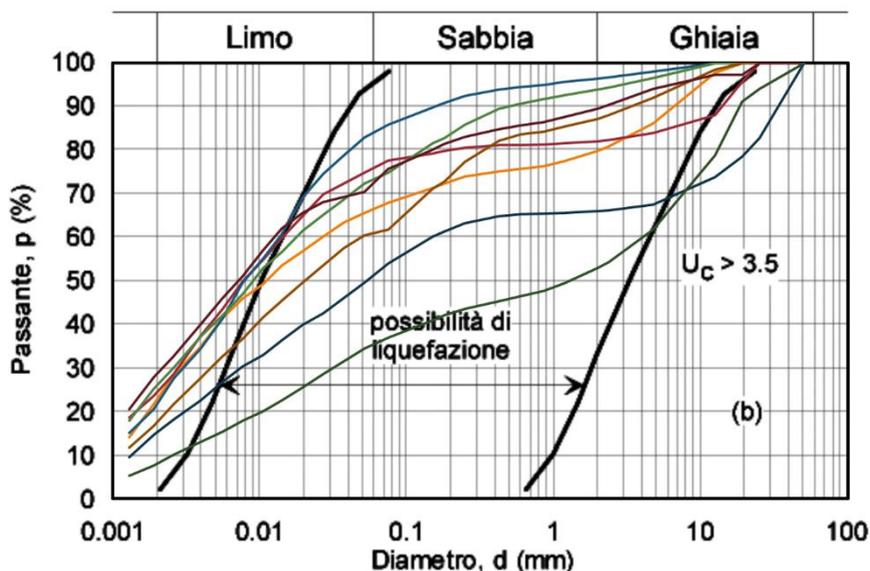


Figura 9-2 Curve granulometriche dei campioni ricadenti nell'UG2 e fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (Fig. 7.11.1b NTC 2018)