

**ALPIGEO**

SOCIETA' COOPERATIVA DI GEOLOGIA APPLICATA  
Piazza Antonio Salandra 33/A, 43126, Parma (PR)  
tel. 3513152999  
info@alpigeoconsulting.com  
Iscrizione presso l'Albo Cooperative: A178313  
C.F. e P.I. 02417840341

**LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DELLA SCARPATA DI MONTE SULLA SP 513R  
AL KM 39+900 IN COMUNE DI VETTO CUP: C87H24000210001**

Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU

*Presidenza del Consiglio dei Ministri*



PROVINCIA  
DI REGGIO EMILIA

IL COMMISSARIO STRAORDINARIO ALLA RICOSTRUZIONE

NEI TERRITORI DELLE REGIONI EMILIA-ROMAGNA, TOSCANA E MARCHE

**COMMITTENTE**  
**PROVINCIA DI REGGIO EMILIA**  
**SERVIZIO INFRASTRUTTURE, MOBILITA' SOSTENIBILE PATRIMONIO**

**PDE\_REL\_02 – RELAZIONE GEOLOGICA**

**Dott. Geol. Nicolò Doglioni**

REV	DATA	DESCRIZIONE	INCARICO
	20/02/2025	PDE_REL_02	CIG: B4F461CC39 CUP: C87H24000210001

## INDICE

<b>INDICE</b>	<b>1</b>
<b>1</b> <b>PREMESSA</b>	<b>2</b>
1.1 <b>NORMATIVE E STANDARD DI RIFERIMENTO</b>	<b>2</b>
1.2 <b>SCOPO DELLA RELAZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2</b> <b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>4</b>
2.1 <b>ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO GENERALE DELL'AREA</b>	<b>4</b>
2.2 <b>ASSETTO MORFOLOGICO LOCALE</b>	<b>5</b>
2.3 <b>STRATIGRAFIA LOCALE</b>	<b>10</b>
2.4 <b>IDROGEOLOGIA LOCALE</b>	<b>10</b>
<b>3</b> <b>METODO DI INDAGINE</b>	<b>11</b>
3.1 <b>MATERIALE BIBLIOGRAFICO</b>	<b>11</b>
3.2 <b>CAMPAGNA DI INDAGINE 2025</b>	<b>11</b>
<b>4</b> <b>MODELLO GEOLOGICO DEL VERSANTE</b>	<b>12</b>
<b>5</b> <b>ASPETTI SISMICI</b>	<b>14</b>
5.1 <b>PREMESSA E CENNI NORMATIVI</b>	<b>14</b>
5.2 <b>INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO E PERICOLOSITÀ SISMICA</b>	<b>14</b>
5.3 <b>PERICOLOSITÀ SISMICA</b>	<b>17</b>
5.4 <b>ANALISI STORICA DEGLI EVENTI SISMICI</b>	<b>19</b>
5.5 <b>FAGLIE CAPACI E SORGENTI SISMOGENETICHE</b>	<b>21</b>
5.6 <b>CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO-SITO</b>	<b>23</b>
<b>6</b> <b>ASPETTI GEOTECNICI E GEOMECCANICI</b>	<b>26</b>
6.1 <b>PREMESSA</b>	<b>26</b>
6.2 <b>MODELLO GEOMECCANICO</b>	<b>26</b>
6.3 <b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DELLE DISCONTINUITÀ</b>	<b>27</b>
6.4 <b>CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI</b>	<b>28</b>
<b>7</b> <b>PERICOLOSITÀ GEOLOGICA</b>	<b>36</b>

## 1 PREMESSA

Questo elaborato geologico è sviluppato su richiesta della Provincia di Reggio nell'Emilia (RE), *Servizio infrastrutture, mobilità sostenibile, patrimonio ed edilizia*, in merito ai lavori di consolidamento della scarpata di monte sulla SP 513R al Km 39+900. Il sito di intervento si trova all'interno del territorio amministrativo del Comune di Vetto.

Il versante in oggetto è caratterizzato da dissesto idrogeologico ed è già stato soggetto ad interventi nel recente passato. Il tratto di versante in questione necessita di interventi per il miglioramento della superficie, in modo da evitarne l'erosione; lo stato naturale del versante non consente la ripresa della vegetazione di sottobosco e favorisce un continuo fenomeno di erosione del pendio, che risulta accelerato in corrispondenza di intensi eventi meteorici.

Al fine della caratterizzazione geologica del sito sono stati eseguiti: rilievi geologici e geomeccanici di superficie; rilievi 3D della parete a mezzo drone. Le indagini e l'utilizzo di dati bibliografici hanno permesso di comprendere la natura e la struttura dell'ammasso roccioso e di fare considerazioni riguardo la pericolosità geologica presente al sito.

### 1.1 Normative e standard di riferimento

#### Quadro normativo

- DM 17 gennaio 2018. Ministero Delle Infrastrutture e dei Trasporti. Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni» (NTC18).
- CIRCOLARE n. 7 del 21 gennaio 2019 del C.S.LL.PP con oggetto: Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- DM 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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"
- CIRCOLARE Ministero Lavori Pubblici, 24 settembre 1988, n. 30483 Istruzioni per l'applicazione del DM 11/03/1988
- OPCM n. 3274 del 20.03.2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"
- OPCM n. 3431 del 03.05.2005 "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante «Primi elementi in materia di criteri generali per

la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica»

- OPCM 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
- DGR 146 del 6 febbraio 2023 “Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia-Romagna”, introduzione della nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Emilia-Romagna.
- D.P.R. 5 giugno 2001, n° 328 “Modifiche ed integrazioni della disciplina dei requisiti per l'ammissione all'esame di Stato e delle relative prove per l'esercizio di talune professioni, nonché della disciplina dei relativi ordinamenti”
- Legge 3 febbraio 1963, n. 112 “Disposizioni per la tutela del titolo e della professione di geologo”.
- D. Lgs n° 152, 3 aprile 2006 “Norme in materia ambientale” (che ha abrogato il precedente D. Lgs n° 152/1999)

## 1.2 Scopo della relazione

Lo scopo di questa relazione è quello di individuare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche del sito che concorrono allo sviluppo della pericolosità geologica locale. Verranno inoltre trattati gli aspetti geotecnici e sismici.

Nei capitoli successivi vengono riportati i risultati della campagna di indagine geologica del 2025 e fatti cenni riguardo i precedenti interventi che hanno riguardato il versante in oggetto. In questo documento non vengono trattati gli aspetti di dimensionamento degli interventi né gli aspetti di calcolo.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.1 Assetto geologico e geomorfologico generale dell'area

Il contesto geologico a scala regionale è quello dell'Appennino settentrionale, un tratto distinto della catena orogenica con sviluppo tra la Liguria ed il centro Italia, limitato ad E e SE dall'ampio sistema di dislocazioni noto come "Linea Ancona-Anzio". Il sistema viene comunemente distinto a grande scala in più domini tettonico-strutturali. Semplificando se ne distinguono essenzialmente due: un dominio interno ligure o ligure-emiliano (Liguridi, coltri o falde liguri) e un dominio esterno suddiviso in umbro-marchigiano-romagnolo e toscano.

L'evoluzione della catena appenninica, importante per inquadrare le fasi deformative ed i litotipi costituenti il substrato roccioso, inizia con la chiusura dell'Oceano Ligure-Piemontese che si realizzò circa tra il Cretaceo Superiore e l'Eocene (circa tra 90 e 45 Ma fa): la convergenza tra la placca europea ed il promontorio Adria della placca africana portò alla subduzione della prima sotto la seconda ed al progressivo impilamento di falde che diede origine alla catena orogenica alpina. Durante l'Oligocene, l'instaurarsi di una fase estensionale di rifting portò all'apertura del Bacino Provenzale (Algero-Provenzale, Mar delle Baleari) ed alla conseguente rotazione del blocco sardo-corso ed a progressive spinte compressive verso Est. Si attivò così la subduzione di Adria al di sotto del blocco sardo-corso che portò alla formazione della catena orogenica degli Appennini. A questa fase tettonica compressiva compresa tra l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore (circa 30-16 Ma fa) seguì l'apertura del Mar Tirreno (geologicamente un bacino oceanico) che portò all'instaurarsi di una tettonica estensionale ma anche verso Est all'aumento delle spinte compressive verso Adria e la placca africana determinando un ulteriore impilamento di falde tettoniche ed al sollevamento dell'odierna catena appenninica. Questa fase iniziò circa 8 Ma fa a partire dal Miocene Superiore.

L'effetto di questa complessa storia geologica, nell'ambito dell'Appennino settentrionale portò in generale all'accavallamento da Ovest verso Est (o da SO a NE) del dominio interno delle Liguridi su quelli esterni toscano e umbro-marchigiano-romagnolo. Le Liguridi sono costituite prevalentemente da successioni di ambienti bacinali profondi e dai resti della crosta oceanica (ofioliti) dell'Oceano Ligure-Piemontese. In corrispondenza della chiusura di tale bacino oceanico, nei domini tettonici esterni si osservò una progressiva variazione nel tipo di sedimentazione, da quella mesozoica prevalentemente carbonatica, via via verso una maggiore componente terrigena silicoclastica governata dalle successioni flyschoidi. I flysch sono successioni molto potenti costituite da fitte alternanze di strati e banchi pelitico-arenacei depositatesi in contesti paleoambientali di "scarpata-conoide-piana sottomarina", connessi alle fasi di sollevamento e prima erosione di una catena orogenica in formazione. Durante il Cenozoico i flysch caratterizzarono tutti i domini tettonici dell'Appennino settentrionale, in particolare quello umbro-marchigiano-romagnolo (Formazione Marnoso-Arenacea) e toscano (il Macigno) ma anche quello ligure-emiliano (es. Flysch di Monte Caio).

In questa fase di sollevamento finale della catena appenninica e di contemporaneo progressivo riempimento del relativo bacino di avanfossa (la Pianura Padana), si hanno almeno due importanti eventi deposizionali a scala regionale. In primo luogo nelle successioni dell'Appennino settentrionale è registrata la cosiddetta "crisi di salinità" del Messiniano, verificatasi circa 5-6 Ma fa a seguito della chiusura del Mar Mediterraneo ed il suo isolamento dall'Oceano Atlantico; a testimonianza di ciò vi sono in particolare le rocce costituenti la Formazione Gessoso-Solfifera che costituiscono la ben nota "Vena del Gesso". In secondo luogo, a partire dal Pliocene, a seguito dell'invasione del Mar Mediterraneo da parte delle acque dell'Oceano Atlantico, che superano la soglia dello stretto di Gibilterra, si assiste ad una rapida ingressione marina che segna un ritorno a marcati ambienti deposizionali marini pelagici.

Per quanto concerne la storia geologica più recente, durante il Pleistocene le grandi glaciazioni hanno lasciato sporadiche tracce nel territorio corrispondente all'Appennino settentrionale, assenti sui fronti esterni. Qui l'azione erosiva prevalente e più recente è avvenuta ad opera degli agenti esogeni e in particolare le acque superficiali sia con fenomeni di dilavamento diffuso (depositi colluviali), sia con fenomeni di ruscellamento concentrato che spesso sono favoriti dalla presenza di rocce tenere facilmente erodibili che danno luogo localmente a forme calanchive (in particolare le successioni plioceniche). Di notevole importanza sono inoltre l'erosione ed il trasporto ad opera dei principali corsi d'acqua appenninici che hanno portato alla formazione nei fondovalle di locali importanti pianure alluvionali. Non trascurabili sono infine i fenomeni gravitativi che concorrono molto attivamente all'evoluzione del paesaggio, spesso interessando interi versanti collinari o montuosi.

## 2.2 Assetto morfologico locale

Il sito degli interventi, si colloca nell'Appennino reggiano, a Nord e a valle dell'abitato di Vetto, all'interno dell'omonimo comune, lungo la SP 513R al Km 39+900 in località Cantoniera, presso il fondovalle in destra idrografica del Torrente Enza, tra i 250-350m circa s.l.m. Il versante in oggetto rappresenta una propaggine nord-occidentale del M. Cerri (653m s.l.m.) che appartiene ad una dorsale montuosa con sviluppo circa ONO-ESE interrotta morfologicamente dall'incisione del Torrente Enza, verso Ovest. Questo versante, orientato verso Nord risulta profondamente acclive, con pendenze medie intorno ai 40-42°, ed irregolare, caratterizzato ad oggi da roccia affiorante e subaffiorante al tetto e da modeste coperture detritiche, localmente presenti alla base.

Dal punto di vista geologico e cartografico il sito ricade all'interno del Foglio CARG 218 «Castelnuovo né Monti» alla scala 1: 50.000 ed è coperto dalla cartografia regionale dell'Emilia Romagna, Carta geologica dell'appennino emiliano-romagnolo alla scala 1: 10.000 sezione 218050 «Monchio dell'Olle» (Figura 1-2).

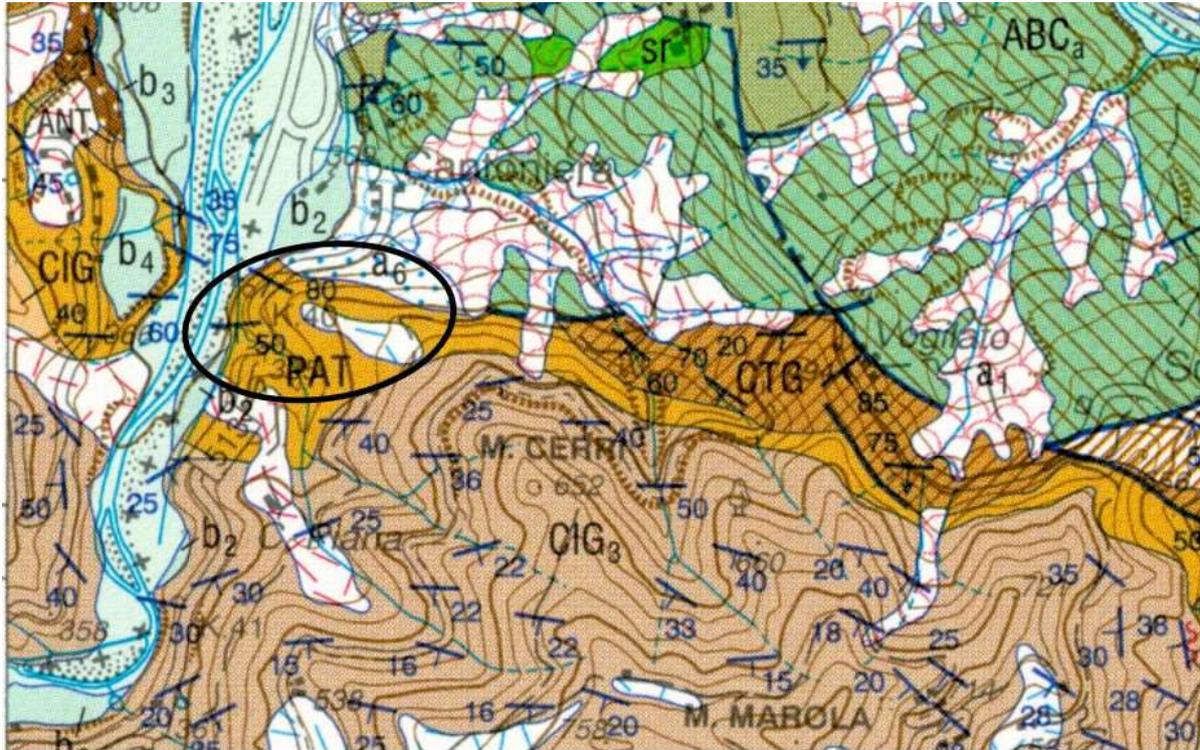
Questo tratto di Val d'Enza, compresa tra l'omonimo corso d'acqua ed il Torrente Tassobbio, verso Est, presenta una struttura generale costituita da un'ampia sinclinale con asse circa ONO-ESE e il sito di interesse si colloca al bordo settentrionale di tale struttura, dove si hanno successioni sedimentarie caratterizzate da una giacitura media verso Sud o SSO con angoli di inclinazione tra 20-40°, che verso il settore a monte del versante raggiungo anche i 50-80°; al piede del versante di interesse è inoltre presente un importante contatto tettonico tra importanti unità tettono-stratigrafiche appenniniche: le unità Liguri e quelle Epiliguri (o Liguri esterne). Ad uno sguardo più ampio, l'area si pone al passaggio fra le zone interne ed esterne della catena appenninica, delimitate a Nord e NE dal "fronte pedeappenninico", che costituisce il sistema di sovrascorrimenti sismicamente attivo cui corrisponde morfologicamente il passaggio fra la pianura reggiana e la collina. L'orogene ancora in formazione mostra un'evoluzione con migrazione progressiva verso Est e NE del fronte e connesse spinte tettoniche. La complessa storia geologica caratterizzata da una storia tettonica polifasica porta localmente all'affioramento di numerose unità litostratigrafiche diverse e alla presenza di numerose faglie di carattere ed età diverse tra loro.

Sulla base delle informazioni bibliografiche e le osservazioni di campagna, al sito sono presenti prevalentemente unità litostratigrafiche di natura terrigena-silicoclastica associabili al dominio Epiligure (unità di Caio), riferibili alla Formazione di Pantano ed alla Formazione di Contignaco, che poggiano attraverso contatto tettonico al di sopra di un substrato più antico corrispondente alle "Argille a blocchi" o alle "Argille Varicolori della Val Samoggia – facies calcarea" del dominio Ligure. La cartografia di riferimento alle diverse scale risulta incongruente sull'attribuzione litostratigrafica delle unità più antiche; si è scelto a tal proposito di utilizzare l'interpretazione della cartografia alla scala di maggiore dettaglio. Le "Argille Varicolori della Val Samoggia – facies calcarea" di età riferibile al Cretaceo inferiore – Paleocene p.p., sono costituite da argilliti varicolori, rosse, nere, verdi, talora marnose, mangesifere, sottilmente stratificate e spesso con struttura caotica perché tettonizzate; queste caratterizzano il settore a valle del tracciato stradale. La Formazione di Contignaco, di età riferibile al Miocene inferiore, è costituita da una successione di marne a contenuto siliceo, in strati sottili e medi, di colore grigio-verdognolo con patine mangesifere, a frattura scheggiata e con diffuse selce in liste e noduli; questa unità caratterizza unicamente il piede del versante a monte del tracciato stradale, non era indicata in bibliografia al sito, ma è stata osservata e distinta. La porzione superiore del versante è costituita dalle arenarie, arenarie marnose e peliti, mal stratificate e generalmente bioclastiche corrispondenti alla Formazione di Pantano, del Miocene inferiore-medio. Il limite stratigrafico tra la Formazione di Contignaco e la Formazione di Pantano sembra graduale rapido, caratterizzato da una zona di transizione in cui si ha l'alternarsi di strati arenacei e marnosi, con questi ultimi che vanno via via assottigliandosi verso l'alto fino a

scompare. Un quadro di sintesi della struttura geologica del tratto di versante oggetto degli interventi è riportato nella sezione geologica riportata in **Figura 3**.

Al sito la roccia affiorante si presenta spesso disturbata per la presenza di molteplici lineamenti tettonici. Anzitutto, circa presso il tracciato stradale, nel substrato si ha il passaggio tra "Argille a blocchi" e Formazione di Contignaco per mezzo di una faglia regionale che si suppone ad alto angolo, con immersione probabile verso Sud. Nella porzione sommitale del versante, sulla base dei dati provenienti dalle relazioni in merito ai precedenti interventi ed alle nuove osservazioni di campagna, si individuano due famiglie di strutture tettoniche principali, a direzione circa perpendicolare tra loro, che caratterizzano l'ammasso roccioso locale. La prima famiglia, a direzione E-SE/O-NO (asse N100 circa), prevalente al sito, influenza in modo determinante le stesse dinamiche di dissesto, soprattutto corticali del versante. A questa famiglia appartiene una faglia ad alto angolo cui è associata una fascia cataclastica di colore rossastro e spessore variabile da 0,50-6,00m circa; questa fascia cataclastica, nel settore orientale del versante (già oggetto di interventi), separa una zona disturbata da una meno, in particolare del complesso arenaceo della Formazione di Pantano ("arenarie corticali" e "arenarie profonde" in precedenti relazioni). A questa prima famiglia di strutture potrebbe essere associato anche il contatto tettonico profondo da unità Liguri ed Epiliguri. La seconda famiglia corrisponde a faglie orientate S-SO/N-NE, circa parallele allo sviluppo dei principali corsi appenninici reggio-emiliano, quale il Torrente Enza; si tratta, pare di faglie ad alto angolo di natura trascorrente che hanno anch'esse un importante controllo sulle dinamiche di dissesto del versante. Pare che in corrispondenza di una di queste faglie, che danno rigetti limitati, si interrompa verso Ovest la continuità della fascia cataclastica che caratterizza il settore orientale della parete; geneticamente questa famiglia di faglie è infatti successiva e tende a dislocare le strutture precedenti.

La morfologia attuale del versante e del tratto vallivo è dovuta al concorso di: tettonica, litologia, processi morfologici connessi all'azione degli agenti esogeni e della gravità. Il substrato roccioso al sito è sostanzialmente affiorante o localmente ricoperto da velature di detriti di versante e coperture colluviali che poco al di sopra del tracciato stradale, nel settore di interesse, costituiscono una coltre spessa alcuni metri. Si tratta di ghiaie, ciottoli e blocchi (da decimetrici a metrici), di forma per lo più subangolosa, isolati in una matrice fine sabbiosa. Questi depositi sono prevalentemente di origine gravitativa ma una certa componente, specie quella matriciale deriva dal dilavamento dei litotipi facilmente erodibili che costituiscono il substrato roccioso affiorante. Fenomeni gravitativi al sito sono testimoniati inoltre anche dagli strumenti di pianificazione territoriale che indicano in loco la presenza di zone di pericolosità geologica ed eventi di caduta massi (si veda per ciò la relazione illustrativa). Al sito si escludono processi geologici particolari quali ad esempio processi carsici.



**FORMAZIONE DI PANTANO**

PAT  
PAT<sub>a</sub>

Areniti, areniti marmose e peliti sabbiose a stratificazione mal distinguibile per bioturbazione, con locali ricche malacofaune a Lamellibranchi, Gasteropodi, Coralli aermatipici. Parzialmente suddivisa nei membri basali di S. Maria, della Pietra e di M. Castellaro. Potenza di oltre 400 m. Contatto inferiore in discontinuità, localmente in discordanza angolare, su MCL e CTG. Ambiente di piattaforma.

BURDIGALLANO p.p.? - LANGHIANO p.p.

**FORMAZIONE DI CONTIGNACO**

CTG<sub>a</sub>  
CTG<sub>1</sub>

Marne a contenuto siliceo, in strati sottili e medi, di colore grigio-verdognolo con patine manganesifere di alterazione, a frattura scheggiata. Selce generalmente diffusa, localmente in noduli e liste; locali sottili livelli vulcanoclastici. Parzialmente suddivisa nei membri eteropici di Carpineti CTG<sub>2</sub> e Villaprara CTG<sub>1</sub>. Potenza variabile da qualche decina di metri a 300m. Passaggio inferiore graduale ad ANT. L'unità costituisce un lito-orizzonte di importanza regionale.

AQUITANIANO TERMINALE - BURDIGALLANO p.p.

**FORMAZIONI PRE-FLYSCH AD ELMINTOIDI**

**"ARGILLE A BLOCCHI"**

ABC  
ABC<sub>a</sub>

Argilliti grigio scure, caotiche per intensa tettonizzazione, recanti "boudins" di calcilutiti biancastre e, subordinatamente, di breccie ofiolitiche (bo), basalti in pillow (bp). Rari livelli di breccie argillose a clasti calcarei, ofiolitici e di diaspri rossi. Presenti lembi ettometrici di serpentiniti. Distinta la litozona ABC<sub>a</sub>, caratterizzata da argilliti varicolorate con blocchi di calcilutiti biancastre. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri. Contatti ovunque tettonici.

CRETACICO SUP.

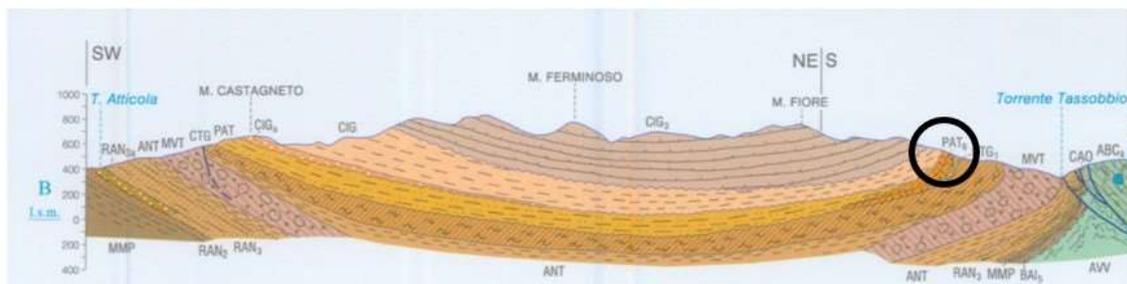
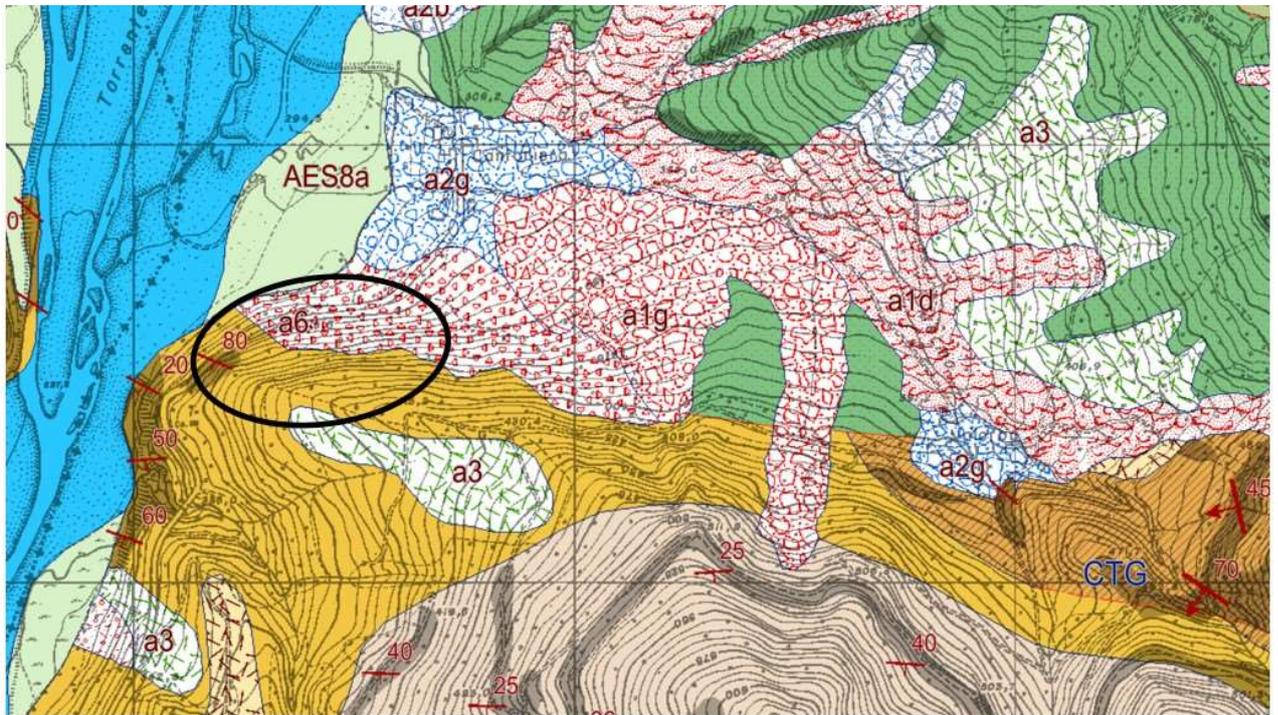


Figura 1 – Estratto della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, Foglio 218 «Castelnuovo né Monti». Con il cerchio nero, la posizione del sito degli interventi, in carta e proiettato lungo una sezione geologica.



- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li> stratificazione a polarità sconosciuta</li> <li> stratificazione contorta con valori medi di immersione ed inclinazione</li> <li> stratificazione dritta</li> <li> stratificazione orizzontale</li> <li> stratificazione rovesciata</li> <li> stratificazione rovesciata orizzontale</li> <li> stratificazione verticale</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li> AES8 - Subsistema di Ravenna</li> <li> AES8a - Unità di Modena</li> <li> a1g - Deposito di frana attiva complessa</li> <li> a2g - Deposito di frana quiescente complessa</li> <li> a3 - Deposito di versante s.l.</li> <li> a6 - Detrito di falda</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> faglia</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <ul style="list-style-type: none"> <li> CIG - Formazione di Cigarellino</li> <li> CIG3 - Formazione di Cigarellino - membro delle Arenarie di Vetto</li> <li> PAT - Formazione di Pantano</li> <li> CTG - Formazione di Contignaco</li> <li> AVSc - Argille Varicolori della Val Samoggia - litofacies calcarea</li> </ul>                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

Figura 2 - Estratto della Carta geologica dell'appennino emiliano-romagnolo alla scala 1:10.000, Sezione 218050 «Monchio dell'Olle». Con il cerchio nero, la posizione del sito degli interventi.

## 2.3 Stratigrafia locale

All'interno dell'area oggetto dei nuovi interventi (settore occidentale del versante), il sito è stato indagato mediante rilievo di superficie e a mezzo drone. Al sito è presente una parete rocciosa affiorante con circa 60m di sviluppo verticale e si osserva la seguente sequenza stratigrafica:

1. Coltre detritica: detrito di versante e minori colluvi composti da ghiaie, ciottoli e blocchi subangolosi, di prevalenti arenarie, di forma subangolosa in una matrice fine di natura sabbiosa; spessore 0-7,0m.
2. Formazione di Pantano: arenarie, arenarie marnose e peliti di colore grigio o grigio chiaro; spessore di diverse decine di metri.
3. Formazione di Contignaco: marne a contenuto siliceo, in strati sottili e medi, di colore grigio-verdognolo.

## 2.4 Idrogeologia locale

Dal punto di vista idrogeologico non vi sono particolari considerazioni da fare. Il reticolo idrografico superficiale nell'area di interesse è ben sviluppato, con la presenza di un collettore principale per le acque meteoriche (il torrente Enza) e numerosi corsi d'acqua secondari che incidono vallecicole locali che si raccordano al fondovalle principale. Il deflusso delle acque superficiali è favorito dalla morfologia del versante e dalle elevate pendenze medie. Per quanto riguarda le acque sotterranee di infiltrazione, esse tendono ad infiltrarsi e circolare all'interno delle coperture quaternarie seguendo la morfologia locale del versante e in particolare l'interfaccia substrato-coperture che corrisponde al principale limite di permeabilità locale. La natura dei depositi quaternari locali, essenzialmente detriti di versante o di falda con debole componente colluviale, con matrice fine sabbiosa, favorisce un rapido deflusso verso il fondovalle. Per la circolazione all'interno degli ammassi rocciosi, schematicamente il versante è suddivisibile in una porzione inferiore argillosa-marnosa che corrisponde sostanzialmente ad un acquiclude e la porzione superiore composta da un mezzo poroso fratturato corrispondente alle arenarie della Formazione di Pantano che costituisce un potenziale acquifero. Le acque sotterranee tendono quindi a scorrere al limite di permeabilità corrispondente al limite litostratigrafico tra Formazione di Contignaco e di Pantano; visto l'immersione locale degli strati, ad alto angolo verso Sud, questa condizione favorisce ulteriormente l'allontanamento delle acque dal versante oggetto degli interventi. Al sito infine non si osservano forme di erosione accelerata legate alla circolazione d'acqua (es. forme calanchive), forme carsiche superficiali o profonde, e non si registra sorgenti o venute d'acqua.

### 3 METODO DI INDAGINE

#### 3.1 Materiale bibliografico

Le campagne di indagini geognostiche, monitoraggi e di interventi previsti lungo il versante tra il 2012-2016 hanno permesso l'acquisizione di numerosi dati, in particolare in riferimento alla struttura profonda del versante stesso, nella sua porzione orientale. Va ricordato che non tutti questi dati risultano effettivamente utilizzabili per i fini di tale progetto che prevede interventi legati a problematiche superficiali dell'ammasso roccioso, sul settore occidentale del versante.

In sintesi, ai fini dell'attuale lavoro, si riassumono i dati raccolti durante le precedenti campagne geognostiche: n°1 sondaggio a carotaggio continuo, con prove SPT (2012); n°2 indagini sismiche tipo MASW (2012); n°2 rilievi geomeccanici (2012); n° 3 sondaggi a carotaggio continuo con prove in foro tipo SPT e prove di permeabilità in foro tipo *Prove Lefranc* a carico variabile (2014); n°2 sondaggi a carotaggio continuo con relative schede di analisi geomeccanica delle carote e analisi di laboratorio di specifici campioni di terreni e rocce (2015); n°2 sondaggi a distruzione di nucleo (2015); n°2 stendimenti geoelettrici lungo la linea di massima pendenza del versante (2015).

#### 3.2 Campagna di indagine 2025

Per la caratterizzazione geologica del sito sono stati svolti più sopralluoghi durante i quali è stato possibile raccogliere diverse tipologie di informazioni relative alla tipologia di rocce e depositi presenti, alla struttura dell'ammasso roccioso, al pericolo di caduta massi. Di notevole importanza anche il lavoro di analisi delle informazioni bibliografiche a disposizione in merito agli interventi precedenti che già hanno interessato la porzione di versante prossima a quella oggetto della presente relazione. In particolare si sono svolte le seguenti attività ed utilizzati i seguenti metodi:

- Indagine di superficie per verificare le caratteristiche del sito e lo stato generale dei versanti
- Indagine a mezzo drone per verificare le caratteristiche del sito e lo stato generale dei versanti; creare un modello tridimensionale globale della parete
- Rilievo geologico e geomeccanico volto a definire l'assetto geomeccanico dell'ammasso roccioso; a tal fine è stata utilizzata una strumentazione classica da geologo (martello, bussola da geologo, lente d'ingrandimento, ...)

## 4 MODELLO GEOLOGICO DEL VERSANTE

I sopralluoghi svolti ex-novo uniti al materiale bibliografico a disposizione in merito ai precedenti interventi e campagne di indagine e monitoraggio annesse (2012-2016) hanno permesso di ricostruire il modello geologico del versante, definire le unità litologiche presenti e l'andamento in profondità delle strutture.

Il versante in oggetto risulta costituito dalle seguenti unità:

Unità litologica	Descrizione
UGT-1	ARENARIE – Arenarie poco fratturate (ascrivibili alla Formazione di Pantano)
UGT-2	MARNE – Alternanze di prevalenti marne grigie con subordinati orizzonti arenacei di spessore metrico (ascrivibili alla Formazione di Contignaco)
UGT-3	ARGILLITI – Argilliti con calciliti e fratture a riempimento calcitico (ascrivibili alla formazione delle Argille Varicolori della Val Samoggia – facies calcarea)
UGT-4	Ghiaie, ciottoli, blocchi, in matrice sabbiosa DETRITO DI VERSANTE

Di seguito, in **Figura 3** si può osservare la sezione tipo del versante oggetto degli interventi.

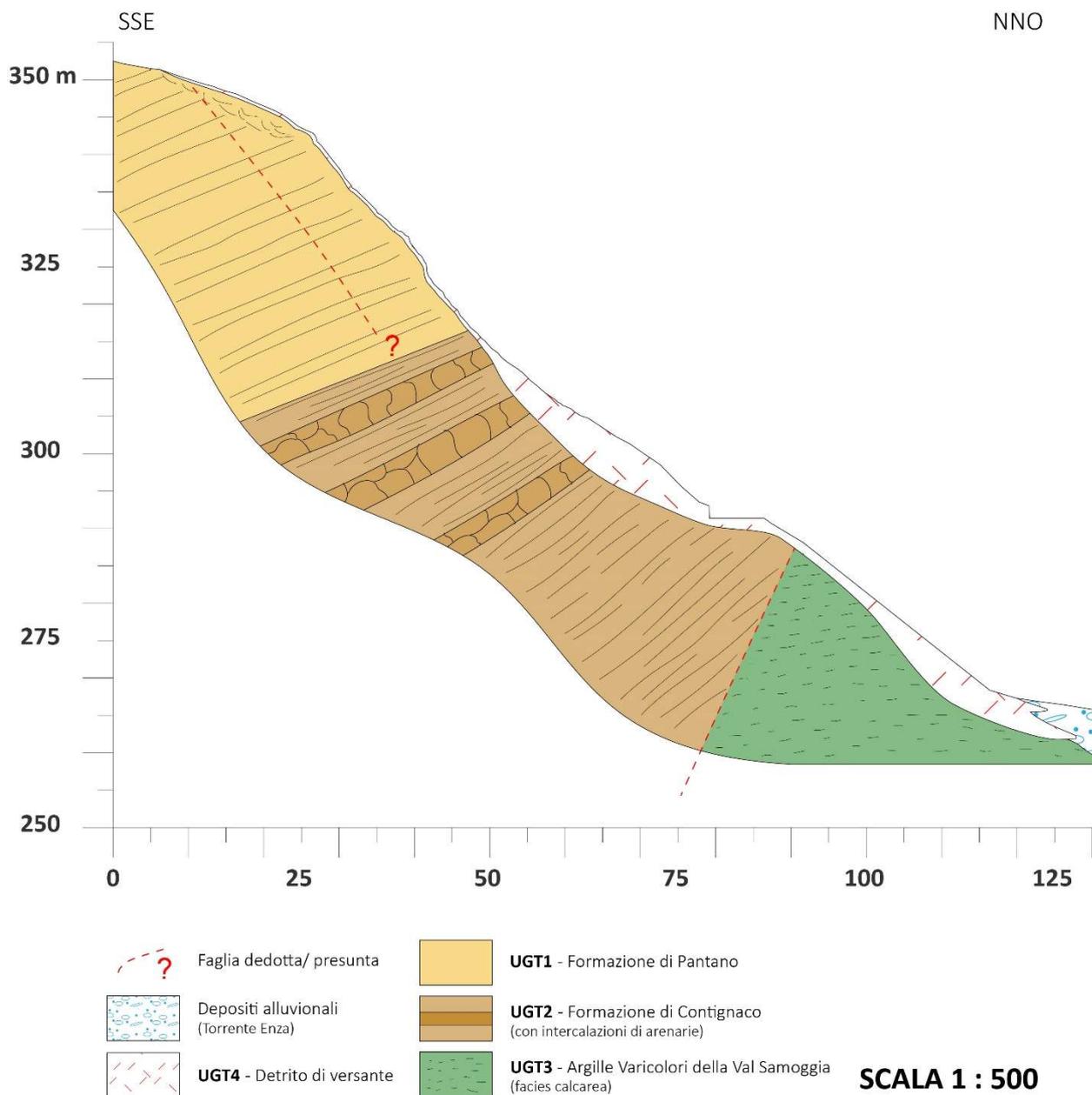


Figura 3 – Sezione geologica tipo del versante oggetto degli interventi.

## 5 ASPETTI SISMICI

### 5.1 Premessa e cenni normativi

Per ridurre gli effetti distruttivi del terremoto nei confronti dell'edificato e dell'edificabile, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio in base all'intensità e alla frequenza dei terremoti del passato e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche. La legislazione antisismica italiana prescrive delle norme tecniche in base alle quali un edificio deve sopportare, senza gravi danni, i terremoti meno forti e senza crollare durante i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

Con la pubblicazione dell'OPCM n.3274/03, le classi sismiche sono diventate quattro:

- Zona 1 - È la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
- Zona 2 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti
- Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
- Zona 4 - È la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 146 del 6 febbraio 2023 "Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia-Romagna" è stata introdotta la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Emilia-Romagna.

### 5.2 Inquadramento sismotettonico e pericolosità sismica

Il territorio di interesse appartiene all'Appennino Settentrionale, catena orogenica a thrust NE-vergenti facente parte del sistema alpino formatasi in gran parte a spese della placca Adria per l'interazione fra le placche Africana ed Euroasiatica.

Dal punto di vista tettonico si possono distinguere, spostandosi dai settori interni al fronte esterno dell'Appennino Settentrionale, tre macrozone o fasce parallele, ad ognuna delle quali corrispondono caratteristiche diverse e diversi tassi attuali di deformazione e spostamento - registrabili con stazioni GPS -, crescenti dall'interno verso l'esterno. Il settore più interno e meridionale definito come "zona ligure-tirrenica", presenta deformazioni minori; quello centrale ed orientale, che comprende l'alto Appennino Tosco-Emiliano,

il settore tosco-romagnolo e i bacini intermontani toscani è chiamato “zona assiale” della catena ed infine il settore più esterno della catena è costituito da una fascia che comprende il basso Appennino Emiliano-Romagnolo, il fronte pedeappenninico e i fronti padani sepolti (settore delle cosiddette Pieghe Emiliane e Ferraresi).

A grande scala l’Appennino Settentrionale è costituito da due unità tettoniche fondamentali, rispettivamente denominate “*dominio Ligure*” (unità Liguri, Liguridi sensu lato) e “*dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo e Toscano*”.

Il dominio Ligure contiene le unità marine (sedimentarie e non) che costituiscono l’Oceano Ligure-Piemontese e che furono poi compresse, variamente impilate e sovrapposte tra il Cretaceo e l’Eocene, e in corrispondenza della fase tettonica eo-alpina, Europa-vergente, che portò all’attivazione della subduzione della litosfera oceanica al di sotto della placca Adria.

Il dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo e Toscano è invece costituito dall’insieme delle successioni sedimentarie legate al margine continentale di Adria e formatesi a partire dal Triassico.

La catena orogenica dell’Appennino Settentrionale inizia a formarsi a partire dall’Oligocene superiore per effetto di una tettonica polifasica che ha portato alla subduzione del margine continentale di Adria al di sotto del settore tirrenico della placca europea. Alla macroscale sono riconoscibili due fasi compressive fondamentali:

- ✓ fase collisionale - Oligocene e Pliocene inferiore - che determina la struttura fondamentale della catena governata dalla presenza di un sistema di avanfossa migrante verso Est e con alimentazione principale di tipo alpino;
- ✓ fase post-collisionale, - dal Pliocene superiore - governata da sistemi di tipo molassico, con alimentazione principale che diventa appenninica.

Localmente la struttura tettonica della catena può risultare molto più complessa e registrare trend e regimi differenti o in aggiunta ai due compressivi fondamentali: in diversi settori, ad esempio, si registra una specifica fase compressiva tardo-miocenica (Tortoniano) che ha portato alla formazione di bacini interni di tipo thrust-top basin. Spesso tali eventi hanno portato alla riattivazione di importanti strutture tettoniche preesistenti, riattivate come thrust o, in particolare durante lo stadio post-collisionale, come motivi tettonici trascorrenti. Lo stadio post-collisionale ha portato localmente alla riattivazione di importanti strutture preesistenti sviluppando anche motivi tettonici trascorrenti. Nella fase successiva alla formazione dei bacini intramontani si è inoltre sviluppata, in particolare nei settori interni della catena, una tettonica estensionale guidata da importanti faglie normali, in genere considerate tuttora potenzialmente sismogeniche.

Il settore di interesse appartiene alla “zona assiale” dell’Appennino Settentrionale ovvero la porzione di territorio che ha subito il maggior sollevamento e la maggiore deformazione per l’effetto della fase tettonica collisionale oligocenico-pliocenica. Nella “zona assiale” si riconoscono almeno 4 unità tettonica distinte: unità alloctone sensu lato; unità delle avanfosse; unità pre-avanfossa; successioni dei bacini plio-quadernari intermontani.

Le cosiddette “unità alloctone” sensu lato, corrispondono alle

- ✓ *unità Liguri*, costituite dalla crosta oceanica dell’Oceano Ligure-Piemontese (Giurassico-Eocene);
- ✓ *unità Subliguri e di Sestola-Vidiciatico*, successioni pelagiche (Cretaceo superiore-Miocene inferiore) del margine della placca Adria;
- ✓ *unità Epiliguri inferiore e superiore*, cioè le successioni dei thrust-top basin (Miocene superiore-Pliocene inferiore).

Di questo raggruppamento fanno inoltre parte le evaporiti triassiche della Val Secchia. Le “*unità alloctone*” sono così definite perché sovrascorse da Ovest verso Est, tra il Miocene ed il Pliocene sulle unità del dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo e Toscano. Per tale motivo queste unità costituiscono oggi la porzione geometricamente superiore dell’Appennino Settentrionale ad Ovest della Valle del Sillaro e nel Montefeltro con uno spessore complessivo assai disomogeneo, dovuto essenzialmente all’effetto di strutture tettoniche più recenti e del sollevamento differenziale, e relativa erosione, dei vari settori della catena

Le “*unità delle avanfosse*” includono al loro interno le successioni di avanfossa del dominio Toscano e del dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo depostesi sulla piattaforma continentale di Adria tra l’Oligocene superiore ed il Miocene superiore. La distribuzione spazio-temporale dei depositi bacinali, in particolare dei sistemi torbiditici, testimonia l’evoluzione tettonica ed in particolare la migrazione da Ovest verso Est del sistema fronte-avanfossa, registrando in particolare il passaggio dal dominio Toscano a quello Romagnolo (fase Burdigaliana) e la chiusura dell’avanfossa del dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo (fase Tortoniano superiore-Messiniano inferiore). Il substrato di tali unità è costituito dalle successioni carbonatiche mesozoiche dei rispettivi domini che risulta in genere scollato in corrispondenza di orizzonti marnosi basali (Scaglia Toscana, Scisti varicolori, Schlier) dove si enucleano sovrascorrimenti NE-vergenti. Questi thrust, spesso di importanza regionale, determinano rapporti discontinui tra queste unità e la ripetizione delle successioni sedimentarie; si tratta per lo più di strutture formatesi tra il Miocene superiore-Pliocene inferiore e in seguito riattivate. Il tetto delle “*unità delle avanfosse*” corrisponde in genere alla superficie di sovrascorrimento dell’insieme delle unità alloctone Liguri e Subliguri; presso il margine appenninico-padano tra le due si interpongono le successioni evaporitiche del Messiniano.

Le “unità pre-avanfossa” riguardano unicamente il dominio Toscano e sono rappresentate in particolare dalla successione carbonatica meso-cenozoica e dalle evaporiti del Triassico superiore, depositatesi su di un substrato paleozoico. L’età di tali unità varia indicativamente dal Triassico superiore fino all’Eocene superiore-Oligocene, periodo in cui si osserva la transizione verso le unità di avanfossa del dominio Toscano. Durante la fase collisionale, avvenuta tra Oligocene e Miocene, l’intera successione si è scollata all’altezza delle evaporiti triassiche formando sovrascorrimenti NE-vergenti. L’intenso impilamento tettonico ha prodotto un ispessimento della crosta e dato luogo al parziale metamorfismo delle unità del dominio Toscano “non scollate”; manifestazione di tale metamorfismo sono le unità affioranti nella finestra tettonica delle Alpi Apuane.

Le successioni dei bacini plio-quadernari intermontani riguardano le unità più giovani della “zona assiale” dell’Appennino Settentrionale e affiorano unicamente all’interno di depressioni tettoniche limitate prevalentemente sviluppate lungo il versante toscano (bacini intermontani della Lunigiana, Garfagnana, Mugello, Casentino). Le successioni poggiano in netta discordanza sulle unità alloctone e sono composte essenzialmente da una successione sedimentaria terrigena a carattere fluvio lacustre nella parte inferiore e alluvionale in quella superiore. Lungo il versante emiliano si hanno solo due limitati bacini di questo tipo: il bacino di Compiano, che presenta una successione stratigrafica del tutto paragonabile a quella dei bacini del versante toscano, e il bacino di Pavullo che è caratterizzato da argille organiche, con livelli di torba, di origine palustre-lacustre di età Pleistocene-Olocene.

Al sito di interesse affiorano successione attribuibili alle “unità alloctone” Liguri (Liguridi).

### 5.3 Pericolosità sismica

Dal punto di vista sismotettonico, a partire dalla fine degli anni ’80 del secolo scorso e con importante sviluppo all’inizio degli anni duemila, si sono susseguiti numerosi studi che hanno permesso la suddivisione del territorio italiano in zone sismogenetiche omogenee sia da un punto di vista tettonico sia sismico (sulla base delle banche dati di riferimento). In base alla zonazione sismica nazionale attualmente adottata dall’INGV (zonazione ZS9), il sito di interesse ricade all’interno della zona sismotettonica ZS913 (Appennino Emiliano-Romagnolo) (**Fig. 4**), vicino al confine meridionale con la ZS915 (Garfagnana-Mugello).

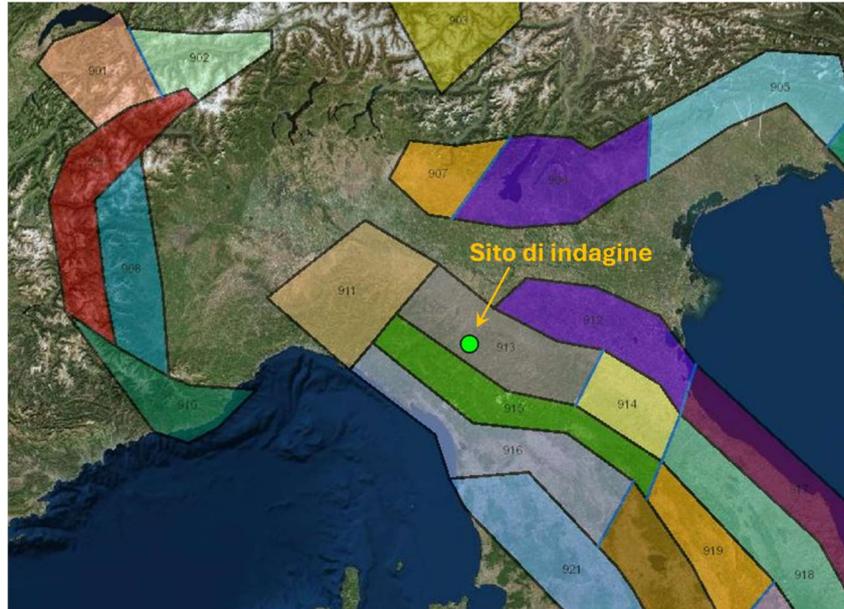


Figura 4 – Zonazione sismotettonica dell'Italia centro-settentrionale

In riferimento al Modello di Pericolosità Sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004), il sito di indagine ricade all'interno del nodo ID **16716** (Fig.5) caratterizzato da un valore di PGA compreso tra gli  $0,150 \div 0,175g$ , dove per PGA o "Peak Ground Acceleration" si intende l'accelerazione massima attesa al suolo in termini di accelerazione di gravità (g) per una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in condizioni di campo libero (free field) e di suolo rigido. Il territorio, ai sensi dell'OPCM n. 3519/2006 ricadrebbe dunque in **zona 2**, per la quale vale un'accelerazione al suolo rigido ( $a_g$ )  $0,150 < a_g \leq 0,250 g$ .

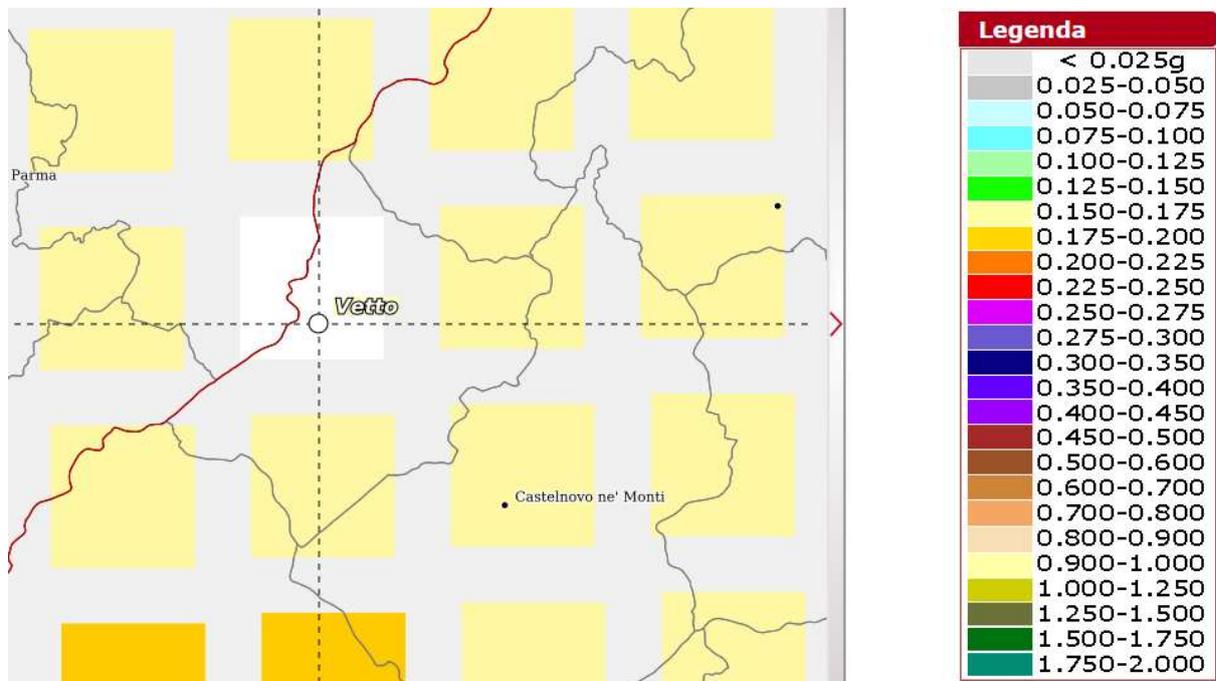


Figura 5 – Estratto del modello di pericolosità sismica, griglia di calcolo identificato con l'ID 15715 (Vetto) posto a centro mappa.

Dal grafico di disaggregazione per il nodo ID 16716 (Fig. 6) si deduce che il valore medio di Mw (magnitudo momento) attesa al sito è di 4.9 per un sisma di progetto con distanza epicentrale di 8.6km.

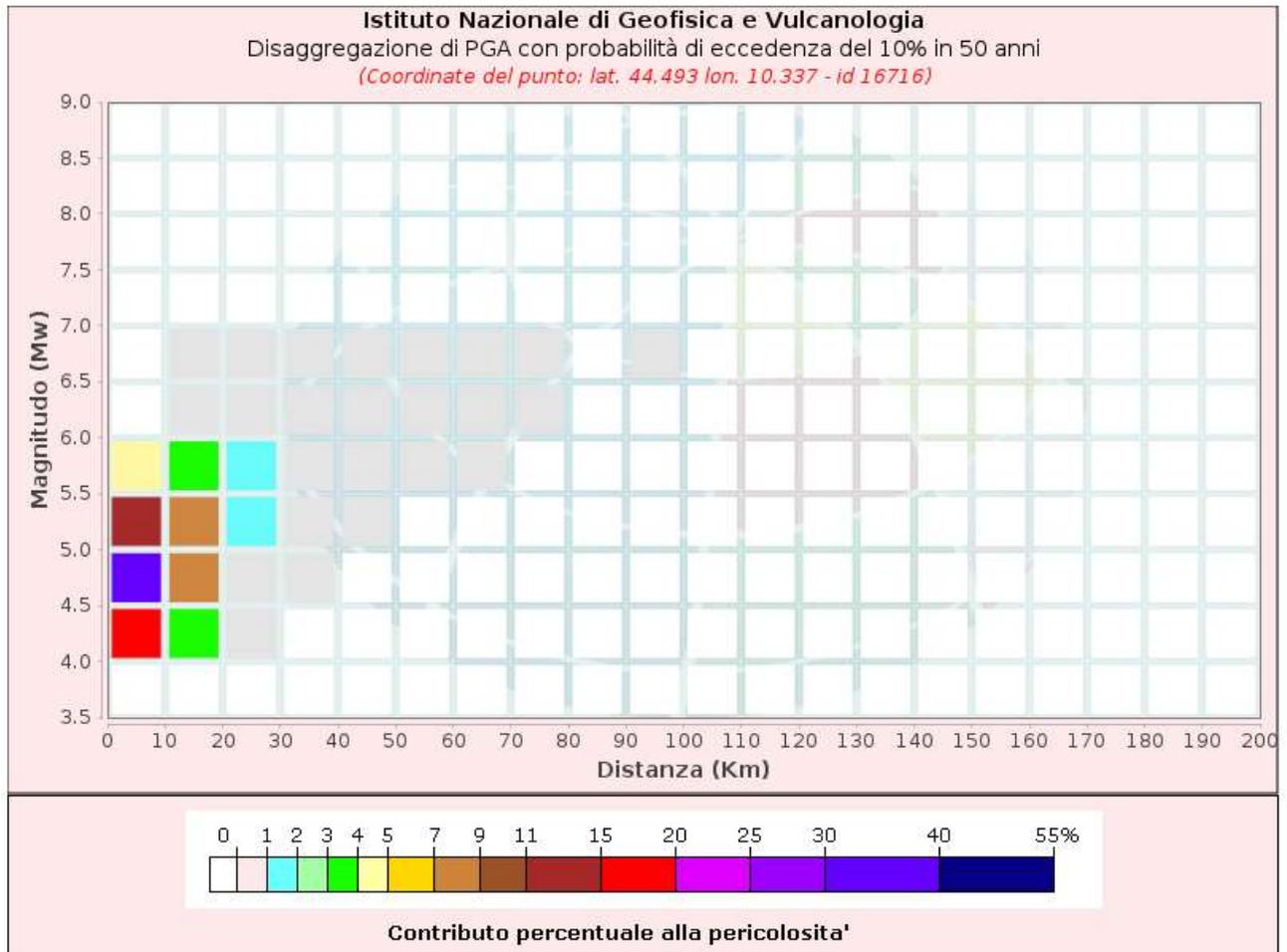


Figura 6 – Grafico di disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni per il nodo ID 16716 (Vetto).

## 5.4 Analisi storica degli eventi sismici

Per l'analisi della sismicità storica dell'area si è fatto riferimento alle banche dati INGV: CPTI15 v.4.0 e DBMI15 v.4.0 (Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani; Database Macrosismico Italiano<sup>1</sup>).

Il territorio comunale di Vetto (RE) Secondo il DBMI15 v.4.0, il territorio comunale di Vetto (RE) ha subito 24 eventi di intensità registrata maggiore o uguale a 4, come si evince dalla tabella in **Figura 7** in cui sono

<sup>1</sup> **Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli B., Gasperini P., Antonucci A. (2022). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).** <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>; **Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(7), 2953-2984.** <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>

riportati i vari eventi sismici storici con l'indicazione: della intensità, in scala MCS, al sito in esame (I), della data in cui si è verificato l'evento, dell'area epicentrale dell'evento, (Io), della Magnitudo momento (Mw) e del numero di dati macrosismici (NMDP).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
2-3	1892	05	17	03	08	1	Carpineti	28	5	4.28
4-5	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
6	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
NF	1902	03	05	07	06		Garfagnana	83	7	4.98
NF	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19
4	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
3	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
3	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2-3	1921	05	07	06	15		Lunigiana	19	6	4.64
5	1927	11	20	10	24	1	Appennino reggiano	16	5	4.29
NF	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
5-6	1937	12	10	18	04		Frignano	28	6	5.30
2	1957	10	25	23	02	0	Appennino reggiano	79	5-6	4.27
4-5	1965	05	10	05	01	5	Appennino reggiano	11	4-5	4.29
4-5	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
3	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
3	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34
4-5	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3-4	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4-5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3-4	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
2	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
2-3	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
NF	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03
5-6	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36

Figura 7 – Eventi di intensità registrata maggiore o uguale a 4 registrati nel Comune di Vetto (RE).

Dalla tabella si evince inoltre come l'evento principale presente in banca dati sia quello del terremoto dell'Irpinia-Basilicata del 23 novembre del 1980 per il quale si è registrata a Vetto una intensità  $I_0=10$  ed una  $M_w = 6.81$ . Il grafico di **Figura 8** ricostruisce la storia sismica di Vetto per terremoti con intensità al sito  $\geq 4$  compresi tra l'anno 1000 ed il 2020.

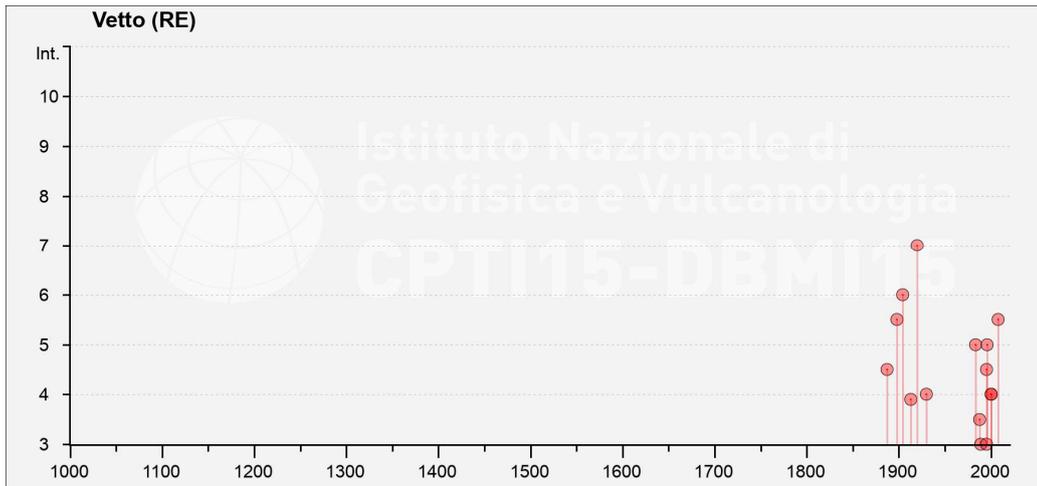


Figura 8 – Storia sismica del Comune di Vetto tra gli anni 1000-2020 per terremoti di intensità  $\geq 4$ .

## 5.5 Faglie capaci e sorgenti sismogenetiche

Per valutare la presenza al sito di faglie capaci e sorgenti sismogenetiche si è fatto riferimento alle banche dati *ITHACA* (ITalian HAZard from CApable faults) e *DISS v.3.3.0* (Database of Individual Seismogenetic Sources).

Per faglia capace si intende una faglia “in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società una deformazione/dislocazione della superficie del terreno e/o in prossimità di essa”. La deformazione attesa può essere ben definita lungo un piano di rottura (fault displacement/offset) oppure una deformazione distribuita (warping). Le faglie capaci possono determinare un significativo pericolo di danneggiamento di strutture antropiche. Per lo studio di queste strutture, l’età dell’ultimo evento di attivazione (last activity) è uno degli elementi discriminanti nella valutazione della “capacità”.

Nella versione attuale del catalogo ITHACA vengono inoltre distinte: faglie capaci, che sicuramente hanno causato deformazione in superficie o in prossimità di essa nell’intervallo Pleistocene superiore ( $\approx 125$  kyrs) ÷ Presente; faglie quaternarie da indagare, che hanno causato deformazione in superficie o in prossimità di essa nel corso del Quaternario anteriormente al Pleistocene superiore (Pleistocene medio per le aree cratoniche), per le quali non si può escludere a priori una riattivazione all’interno del contesto geodinamico attuale in assenza di ulteriori indagini specifiche.

Sulla base del catalogo “ITHACA vicine al sito di indagine sono segnalate le seguenti faglie capaci:

- Faglia Castelmazzano-Roncaglio, posta circa 2.5 km a nord. Faglia diretta appartenente al settore di catena dell'Appennino Emiliano Romagnolo. Magnitudo massima attesa  $M_w=6.4$ .
- Faglia Villalbenza - Reggio Emilia, posta circa 5.7 km a est. Faglia diretta appartenente al settore di catena dell'Appennino Emiliano Romagnolo. Magnitudo massima attesa  $M_w=6.4$ .



Figura 9 – Sito di intervento e faglie capaci.

All'interno del database DISS 3.3.0 il sito di interesse ricade all'interno della sorgente sismogenetica composta ITSD002 «Northern Appenninic Arc» (Fig. 9) che mette in contatto le unità meso-cenozoiche umbro-marchigiane sull'avampaese adriatico. Nella sua parte più orientale, ITSD002 rappresenta il livello di distacco tra le rampe attualmente attive nell'offshore adriatico e nella Pianura Padana.

L'Arco Appenninico Settentrionale rappresenta l'interfaccia tra la catena appenninica nella placca superiore e la litosfera di Adria nella placca inferiore. Questa interfaccia mette a contatto le successioni meso-cenozoiche del Dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo al di sopra dell'avampaese adriatico.

Dati bibliografici indicano un tasso di attività, di raccorciamento crostale, del fronte degli Appennini nell'ordine di 0.6-2.5 mm/yr.

Per questo elemento sismotettonico e sismogenico si ritiene che l'intervallo di profondità cui è riferibile il più elevato rilascio di momento sismico sia compreso tra i 12 ed i 20 km (min-max seismogenic depth).

In Figura 10 è indicata la posizione dell'isobata dei 16 km di profondità per questa sorgente sismogenica: il sito di interesse ricade all'interno della fascia compresa tra i 16 ed i 17 km di profondità.

Sulla base di una relazione empirica (Allen & Hayes, 2017), infine, all'interno dello stesso database DISS 3.3.0 viene fornito un valore massimo stimato di  $M_w=8.1$ .

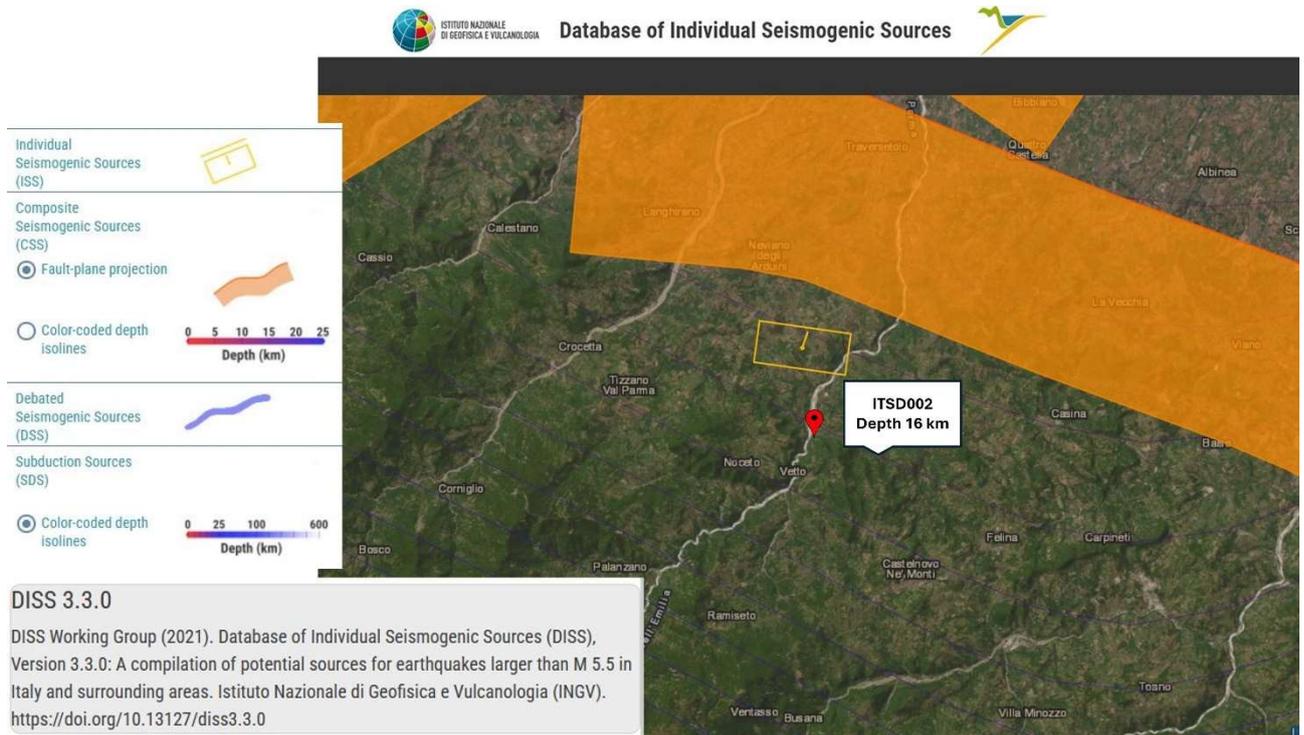


Figura 10 – Sito di intervento e sorgenti sismogenetiche.

## 5.6 Caratterizzazione del terreno-sito

La classificazione sismica dei comuni della Regione Emilia-Romagna contenuta nel D.G.R. n.146/2023 pone il Comune di Vetto (RE) all'interno della **zona sismica 2**. In funzione della mappa della pericolosità riportata dall'OPCM 3519/06 per la zona sismica 2 si considera un'accelerazione al suolo rigido ( $a_g$ ) pari a  $0,150 < a_g \leq 0,250 g$ .

I sopralluoghi svolti ex-novo uniti al materiale bibliografico a disposizione in merito ai precedenti interventi e campagne di indagini e monitoraggio (2012-2016) hanno permesso classificare il sito come:

- Stratigrafia:  
*I terreni coinvolti ricadono nella **classe A**: ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.*
- Topografia: *la zona ricade nella **classe T2**: pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ;*

- Amplificazioni topografiche: Vista l'elevata pendenza del versante, va da sé che ad esso possa essere applicata la **categoria topografica T2**: Pendii con inclinazione media  $i \geq 15^\circ$ . Le amplificazioni e gli effetti di natura stratigrafica sono possono essere considerati omogenei alla scala del sito degli interventi.
- Instabilità per azione sismica: A seguito della consultazione delle banche dati di riferimento, in particolare del catalogo ITHACA, non sono stati identificati lineamenti tettonici attivi e capaci certi in vicinanza al sito di interesse;
- Suscettibilità alla liquefazione: si può escludere al sito la presenza di terreni di fondazione soggetti a fenomeni di liquefazione;

Reticolo di riferimento: applicando la Tab. 1 del DM 14/01/2008 in merito alla pericolosità sismica, valutando i 4 nodi più vicini al sito di progetto, assumendo un tempo di ritorno di 50 anni, si ricava quanto segue:

- Latitudine: 44,504561 [°] - ED50 (44.5036139 [°] – WGS84);
- Longitudine: 10,343149 [°] - ED50 (10.6421333 [°] – WGS84);
- Classe d'uso: 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;
- Tipo di elaborazione: Stabilità di versanti e fondazioni (coordinate geografiche espresse in ED50)
- Vita nominale: 50 [anni]
- Tipo di interpolazione: Media ponderata

**Siti di riferimento:**

	ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
Sito 1	16716	44,493020	10,337190	1367.6
Sito 2	16717	44,494850	10,407180	5191.8
Sito 3	16495	44,544820	10,404650	6619.0
Sito 4	16494	44,542980	10,334560	4325.9

Tabella 1 – Siti di riferimento

**Parametri sismici:**

	Prob. Superamento (%)	Tr (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc (s)
Operatività (SLO)	81	30	0.056	2.482	0.244
Danno (SLD)	63	50	0.069	2.478	0.259
Salvaguardia (SLV)	10	475	0.159	2.520	0.289
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0.201	2.529	0.298

Tabella 2 – Parametri sismici

**Coefficienti sismici:**

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax (m/s <sup>2</sup> )	Beta
SLO	1.000	1.000	1.200	0.013	0.007	0.654	0.200
SLD	1.000	1.000	1.200	0.017	0.008	0.516	0.200
SLV	1.000	1.000	1.200	0.052	0.026	1.876	0.270
SLC	1.000	1.000	1.200	0.072	0.036	2.361	0.300

Tabella 3 – Coefficienti sismici

## 6 ASPETTI GEOTECNICI E GEOMECCANICI

### 6.1 Premessa

L'indagine geomeccanica è stata condotta seguendo le raccomandazioni ISRM 1978, le quali danno una metodologia standard per la descrizione quantitativa delle discontinuità negli ammassi rocciosi.

Il rilievo geostrutturale e geomeccanico è stato condotto su più stazioni di misura opportunamente posizionate in modo da avere una corretta copertura di dati lungo la parete e in modo da caratterizzare le principali discontinuità isolanti masse rocciose critiche.

Al fine di ottenere parametri utili al dimensionamento degli interventi, le discontinuità significative sono state descritte in merito alle seguenti caratteristiche: orientazione spaziale dei giunti; tipo di discontinuità; persistenza e spaziatura; terminazioni; apertura tra le pareti dei giunti; presenza e tipologia di riempimenti; stato di alterazione delle pareti dei giunti; condizioni idriche; rugosità delle pareti dei giunti; resistenza a compressione monoassiale delle pareti dei giunti.

### 6.2 Modello geomeccanico

L'analisi dei dati raccolti e di quelli bibliografici ha mostrato una sostanziale convergenza verso un modello geomeccanico coerente e all'individuazione e definizione di un ristretto numero di famiglie di discontinuità sistematiche. Si individuano quattro famiglie principali di discontinuità, rispettivamente: St – giunti di strato, K1 e K2 – fratture-giunti di discontinuità, F – sistema di faglie principali.

Il versante possiede un generale assetto a reggipoggio, con giunti di strato (famiglia St) immergenti verso Sud o SO con angolo di inclinazione compresi per lo più tra i 20-40°; questo assetto si considera favorevole alla stabilità globale del pendio.

La famiglia K1 possiede un assetto a franapoggio, con inclinazione prossima a quella del pendio, pertanto piuttosto sfavorevole alla stabilità globale, e certamente sfavorevole nei confronti di scorrimenti corticali di singole masse rocciose. La famiglia K2 possiede un assetto a traversobanco, con inclinazione subverticale, pertanto poco significativa in relazione alla stabilità globale del pendio.

La famiglia F possiede un assetto a franapoggio, ma con inclinazione maggiore del pendio: ad essa appartengono tutti i giunti e strutture tettoniche collegate alla fascia cataclastica individuata nel settore orientale del versante. Detta famiglia appare sfavorevole alla stabilità globale del pendio, e in particolare responsabile dell'erosione e scorrimenti corticali cronici nella copertura detritica lungo lo specchio di faglia esposto, che borda a letto la fascia cataclastica.

Di seguito si riportano rappresentazioni sintetiche dei dati geomeccanici raccolti.

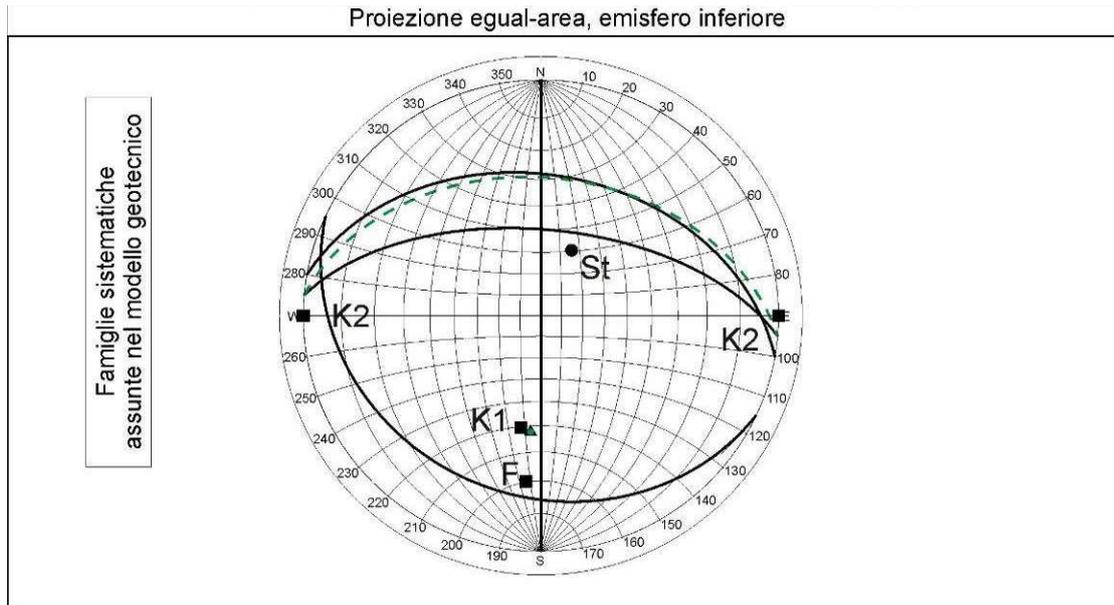


Figura 11 – Stereonet di sintesi delle famiglie di giunti, con proiezione dei piani e relativi poli (proiezione stereografica sull’emisfero inferiore con reticolo equiareale Schmidt-Lambert).

Famiglia di giunti	Direzione d' immersione (dip azimut)	Inclinazione (dip)	Terminazione più frequente	Persistenza	Spaziatura (m)			Rugosità (JRC)	Riempimento
					min	max	freq.		
St	N205	25°	xx	molto alta >20 m	0.3	4	1.5	6-12	Argilloso/ frattura alterata
K1	N010	40°	dd	medio-alta 3-10m	1	10	3	4-6	Breccia / frattura alterata
K2	N090	90°	xd	medio-alta 3-10m	0.5	15	5	8-10	Breccia / frattura alterata
F	N005	60°	xx	molto alta >20 m	0.5	6	1	4-6	Argilloso/frattura molto alterata

Con riferimento alla stabilità globale della parete rocciosa e versanti in esame si dà rilievo a quanto segue.

La stratificazione possiede in generale un assetto a reggipoggio, con inclinazione di 20-30° verso sud-ovest, favorevole alla stabilità globale del pendio.

### 6.3 Caratterizzazione geotecnica delle discontinuità

Si deve ritenere che tutti i riempimenti delle discontinuità presenti negli ammassi rocciosi più superficiali, che hanno subito dislocazione e/o spostamenti presentano condizioni di resistenza prossime allo stato residuo.

Le discontinuità degli ammassi rocciosi più profondi possono essere caratterizzate con valori di resistenza di picco, prossimi a valori normal consolidati del riempimento di alterazione.

Angolo di resistenza al taglio di base(  $\phi_{base}$ )

I valori proposti da Barton per l'angolo di resistenza al taglio di base(  $\phi_{base}$ ) risultano:

- compresi nell'intervallo 26°-35° per il litotipo arenaria;
- compresi nell'intervallo 27°-30° per il litotipo arenaria flyschoidi;
- compresi nell'intervallo 28°-31° per il litotipo marna.

In prima analisi, Hoek e Bray (1955) caratterizzano gli interstrati argillosi del litotipo arenaria con i seguenti parametri di resistenza:

coesione = 0

angolo di resistenza al taglio =27°

Il calcolo dell'angolo di resistenza al taglio residuo viene effettuato utilizzando l'equazione proposta da Barton & Chubey:

$$\phi_{res} = (\phi_{base} - 20^\circ) + 20 \times \left( \frac{r}{R} \right)$$

Sulla base di quanto riportato sopra, e delle evidenze di campagna, nelle analisi di stabilità sviluppate nel presente lavoro, la resistenza delle discontinuità è assunta con i seguenti valori.

GIUNTI DEGLI AMMASSI ROCCIOSI CORTICALI

coesione = 0

angolo di resistenza al taglio =24° (prossimo a valori residui)

GIUNTI DEGLI AMMASSI ROCCIOSI PROFONDI

coesione = 0

angolo di resistenza al taglio =36° (prossimo a valori di picco)

## 6.4 Caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi

Gli ammassi rocciosi costituenti il versante, nel settore oggetto degli interventi, sono stati classificati, ove affioranti, con riconosciuti metodi geomeccanici. In particolare: per l'unità geotecnica **UGT-1** si è applicato il metodo Geological Strength Index (G.S.I.) determinando il parametro **GSI** sulla base dell'indice RQD e dell'indice  $J_{cond89}$  (Hoek, E., Carter, T.G., Diederichs, M.S., 2013); per l'unità **UGT-2** si è applicato lo stesso strumento generale (G.S.I.) ma si è scelto di utilizzare il metodo sviluppato da Marinos P. & Hoek E. (2000) per caratterizzare appositamente gli ammassi rocciosi costituiti da alternanze di litotipi fragili con litotipi duttili, di cui fanno parte gli ammassi rocciosi eterogenei di natura flyschoidi.

Di seguito si riportano in breve le equazioni principali del criterio di rottura generalizzato di Hoek&Brown (2002).

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left[ m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right]^a$$

dove:

$m_b$  è un valore ridotto della costante  $m_i$  per la roccia intatta pari a:  $m_b = m_i e^{\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right)}$ ;

$s$ ,  $a$  sono costanti dell'ammasso roccioso così determinati:

$$s = e^{\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right)}$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left( e^{\frac{-GSI}{15}} - e^{\frac{-20}{3}} \right)$$

GSI è l'indice di resistenza geologica, ordinariamente assunto nei calcoli pari al valore di  $RMR_{BASE}$  (calcolato con  $R5=15$ ) meno 5 punti.

D è un fattore che dipende dal grado di disturbo subito dall'ammasso roccioso:

con  $D=0$ , per ammasso roccioso naturale stabile, non disturbato e/o scavato;

$D=0.7-1.0$  per ammasso roccioso disturbato da scavi meccanici o con esplosivo.

I parametri  $\sigma_{ci}$  e  $m_i$  riferiti alla complessiva sequenza litologica delle formazioni rocciose di natura "flyschoid" (UGT-2) sono stati determinati secondo la metodologia proposta da Marinos & Hoek (2000), che prevede di utilizzare i valori medi pesati dei parametri  $\sigma_{ci}$  e  $m_i$  riferiti alla singola matrice litologica intatta, debitamente parametrizzati come da tabella seguente.

CLASSE DI FLYSCH	Proporzioni dei valori di $\sigma_{ci}$ e $m_i$ per ogni roccia applicati nella determinazione delle proprietà dell'ammasso roccioso
A e B	Valori della roccia rigida/fragile
C	Valori della roccia rigida/fragile ridotti del 20%; valori interi per gli orizzonti pelitici
D e E	Valori della roccia rigida ridotti del 40%; valori interi per gli orizzonti pelitici
F	Valori della roccia rigida ridotti del 60%; valori interi per gli orizzonti pelitici
G e H	Valori della matrice pelitica

Il modulo di deformazione della roccia intatta  $E_i$  può in prima analisi essere determinato in modo analogo, con la formula:

$$E_i = MR \times \sigma_{ci}$$

sulla base dei valori pesati del “modulus ratio” MR riportati in letteratura da Deere, Palmstrom, Singh, di cui si riporta sotto uno stralcio.

Rock type	Class	Group	Texture			
			Coarse	Medium	Fine	Very fine
Sedimentary	Clastic		Conglomerates 300-400 Breccias 230-350	Sandstones 200-350	Siltstones 350-400 Greywackes 350	Claystones 200-300 Shales 150-250 <sup>a</sup> Marls 150-200
		Non-clastic	Carbonates	Crystalline limestones 400-600	Sparitic limestones 600-800	Micritic Limestones 800-1000
		Evaporites		Gypsum (350) <sup>b</sup>	Anhydrite (350) <sup>b</sup>	
		Organic				Chalk 1000+

Il modulo di deformazione dell'ammasso roccioso  $E_{rm}$  può in prima analisi essere determinato con la seguente equazione suggerita da Hoek & Diederichs:

$$E_{rm} = E_i \left( 0.02 + \frac{1 - D/2}{1 + e^{((60+15D-GSI)/11)}} \right)$$

A partire dai parametri di classificazione del metodo GSI, impiegando il programma “RocLab” della Rocscience, Inc., Toronto, si sono desunti i parametri di rottura secondo il criterio di Hoek-Brown ( $m_b$ ,  $s_a$ ) e gli equivalenti parametri di rottura secondo il criterio di Mohr-Coulomb ( $c'$ ,  $\phi'$ ), utili per le verifiche di stabilità globale del pendio.

Di seguito si riassumono i risultati delle elaborazioni eseguite per la caratterizzazione geomeccanica delle diverse unità geotecniche costituenti il versante e di indagini e prove di laboratorio su campioni eseguite nell'ambito dei precedenti lavori svolti sullo stesso versante (campagne 2012-2016).

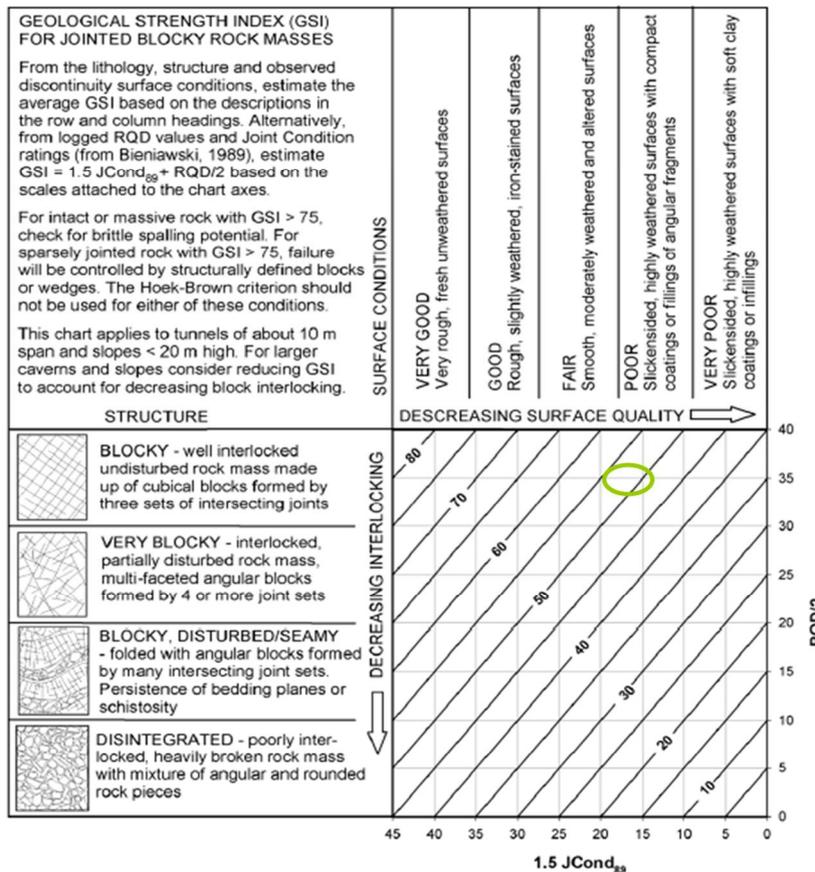
**UNITÀ GEOTECNICA UGT-1**

Arenarie poco fratturate (ascrivibili alla Formazione di Pantano)

RQD: variabile tra 50-95%; medio assunto = 70%  
 V.R.U.: 0.125 mc  
 Peso di volume: 22.7-24.8 KN/mc medio = 23.7 KN/mc  
 Resistenza a compressione monoassiale:  
 roccia alterata = 20 MPa  
 roccia fresca = 30 MPa

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA GSI**

Resistenza a compressione monoassiale $s_{ci}$ (MPa)	30
$m_i$ da tabella di Hoek e Marinos 2000	17±4
Indice RQD assunto	70%
Indice $J_{cond_{89}}$ assunto	11
Indice GSI assunto	51,5



Modulo di deformazione della roccia intatta $E_i$ [GPa]	10,5
Mod. deformazione $E_{rm}$ [GPa] $E_i$ , con $D=0$	3,52684
Mod. deformazione $E_{rm}$ [GPa] $E_i$ , con $D=0,7$	1,24014

Alla tabella seguente i parametri equivalenti di rottura secondo il criterio di Mohr-Coulomb.

Parametri di classificazione con metodo di Hoek&Brown	<b>UCS</b>	<b>GSI</b>	<b>m<sub>i</sub></b>	<b>D</b>	<b>E<sub>i</sub></b>
	30 MPa	51.5	13	0	8.25 GPa
Parametri di rottura secondo il criterio di Hoek&Brown	<b>m<sub>b</sub></b>		<b>s</b>		<b>a</b>
	2.29976		0.00456705		0.505168
Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso	<b>σ<sub>t</sub></b>	<b>σ<sub>c</sub></b>	<b>σ<sub>cm</sub></b>	<b>E<sub>rm</sub></b>	
	-0.059 MPa	1.971 MPa	6.121 MPa	2771.09 MPa	
Condizioni fisiche dell'involuppo a rottura	Altezza versante		σ <sub>3max</sub>		Peso di volume
	20 m		0.429 MPa		23.7 KN/m <sup>3</sup>
	Parametri di rottura equivalenti secondo il criterio di Mohr-Coulomb				
	<b>c</b>	<b>0.319 MPa</b>	<b>φ</b>		<b>55.5°</b>

**UNITÀ GEOTECNICA UGT-2**

MARNE - Alternanze di prevalenti marne grigie con subordinati orizzonti arenacei di spessore metrico (ascrivibili alla Formazione di Contignaco)

RQD: 25%-40%

V.R.U.: 0.05-0.08 mc

Peso di volume naturale: 22. KN/mc

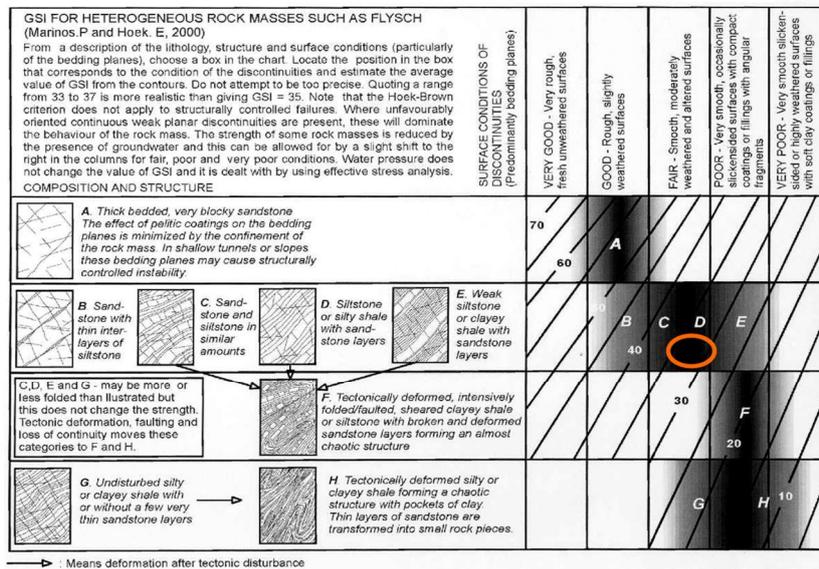
Parametri di resistenza di picco:

Coesione di picco  $C'_{picco} = 50$  kPa

Angolo di resistenza al taglio di picco  $f'_{picco} = 26.7^\circ$

**CLASSIFICAZIONE GEOMECCANICA GSI**

Strati fragili (A) %	20%
Strati duttili (B) %	80%
Resistenza a compressione monoassiale di A $s_{ci(A)}$ (MPa)	30
Resistenza a compressione monoassiale di B $s_{ci(B)}$ (MPa)	10
$m_{i(A)}$ da tabella di Hoek e Marinos 2000	17±4
$m_{i(B)}$ da tabella di Hoek e Marinos 2000	7±2
Resistenza a compressione monoassiale della sequenza $s_{ci(seq)}$ (MPa)	10
$m_{i(seq)}$	7
Indice $RMR_{BASE}$ "anidro" assunto	39
Indice GSI assunto	34



Modulo di deformazione della roccia intatta $E_i$ [GPa]	2,58
Mod. deformazione $E_{rm}$ [GPa] $E_v$ con $D=0$	0,27
Mod. deformazione $E_{rm}$ [GPa] $E_v$ con $D=0,7$	0,11
Mod. deformazione $E_{rm}$ (GPa) per carico perpendicolare agli strati [Foldi & Lunardi]	6,528
Mod. deformazione $E_{rm}$ (GPa) per carico parallelo agli strati [Foldi & Lunardi]	9,504

Alla tabella seguente i parametri equivalenti di rottura secondo il criterio di Mohr-Coulomb.

Parametri di classificazione con metodo di Hoek&Brown	<b>UCS</b>	<b>GSI</b>	<b>m<sub>i</sub></b>	<b>D</b>	<b>E<sub>i</sub></b>
	10 MPa	34	7	0.7	2.480 GPa
Parametri di rottura secondo il criterio di Hoek&Brown	<b>m<sub>b</sub></b>		<b>s</b>		<b>a</b>
	0.186288		7.0126e-005		0.517064
Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso	<b>σ<sub>t</sub></b>	<b>σ<sub>c</sub></b>		<b>σ<sub>cm</sub></b>	<b>E<sub>rm</sub></b>
	-0.00376 MPa	0.0711 MPa		0.5209 MPa	105.944 MPa
Condizioni fisiche dell'inviluppo a rottura	Altezza versante		σ <sub>3max</sub>		Peso di volume
	15 m		0.247 MPa		22.0 KN/m <sup>3</sup>
	Parametri di rottura equivalenti secondo il criterio di Mohr-Coulomb				
	<b>c</b>	<b>0.048 MPa</b>		<b>φ</b>	<b>30.1°</b>

Questi parametri sono validi per il versante oggetto degli interventi. Per quanto riguarda la porzione basale della Formazione di Contignaco, in loco, in profondità, essa è caratterizzata da marne e assenza di alternanze con livelli arenitici. Per la porzione basale di tale unità, nella tabella sottostante si indicano i parametri equivalenti di rottura secondo il criterio di Mohr-Coulomb. Si ricorda che tale unità non sarà interessata dagli interventi di progetto; le caratteristiche geotecniche sono riportate a fini descrittivi e di completezza di informazioni a disposizione.

Parametri di classificazione con metodo di Hoek&Brown	<b>UCS</b>	<b>GSI</b>	<b>m<sub>i</sub></b>	<b>D</b>	<b>E<sub>i</sub></b>
	10 MPa	34	7	0.0	2.480 GPa
Parametri di rottura secondo il criterio di Hoek&Brown	<b>m<sub>b</sub></b>		<b>s</b>		<b>a</b>
	0.662833		0.000653392		0.517064
Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso	<b>σ<sub>t</sub></b>	<b>σ<sub>c</sub></b>		<b>σ<sub>cm</sub></b>	<b>E<sub>rm</sub></b>
	-0.00985 MPa	0.225 MPa		1.013 MPa	262.85 MPa
Condizioni fisiche dell'inviluppo a rottura	Altezza versante		σ <sub>3max</sub>		Peso di volume
	25 m		0.418 MPa		22.0 KN/m <sup>3</sup>
	Parametri di rottura equivalenti secondo il criterio di Mohr-Coulomb				
	<b>c</b>	<b>0.108 MPa</b>		<b>φ</b>	<b>36.9°</b>

### UNITÀ GEOTECNICA UGT-3

ARGILLITI - Argilliti con calcilutiti e fratture a riempimento calcitico (ascrivibili alla Formazione delle Argille Varicolori della Val Samoggia – facies calcarea)

In base a dati bibliografici su prove di laboratorio, si individuano i seguenti parametri geotecnici.

Peso di volume naturale: 22 KN/mc

Parametri di resistenza di picco

Coesione di picco  $C'_{\text{picco}} = 50$  kPa

Angolo di resistenza al taglio di picco  $f'_{\text{picco}} = 26.5^\circ$

L'unità non sarà interessata dagli interventi di progetto (superficiali), costituendo essa il basamento roccioso profondo del versante oggetto di studio; le caratteristiche geotecniche sono riportate a fini descrittivi e di completezza di informazioni a disposizione.

### UNITÀ GEOTECNICA UGT-4

DETRITO DI VERSANTE - Ghiaie, ciottoli, blocchi, in matrice sabbiosa

Peso di volume naturale: 20.00 KN/mc

Peso di volume saturo: 21.00 KN/mc

Parametri di resistenza desumibili da letteratura:

Coesione  $C' = 4 - 7$  kPa

Angolo di resistenza al taglio  $f' = 29^\circ - 32^\circ$

## 7 PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

Sulla base delle indagini condotte e della modellizzazione geologica e geomeccanica del versante, si possono evidenziare più criticità in merito alla pericolosità geologica.

Lungo il versante oggetto degli interventi si rinvencono segnali di instabilità riferibili a due principali tipologie:

- Instabilità corticali, caratterizzate da locali colate di materiale e distacchi di singoli blocchi rocciosi
- Accentuata erosione del versante

L'assetto corticale del versante vede una coltre detritica su cui si è sviluppata la vegetazione d'alto fusto e un sottobosco poco o per nulla sviluppato, un contesto favorevole all'instaurarsi di fenomeni di creep, erosioni superficiali legato agli eventi piovosi, locali liquefazioni di detrito che generano piccole e locali colate e ribaltamento di piante d'alto fusto. Questi fattori di instabilità possono comportare un rischio di dissesto, con la venuta di materiale detritico sul tracciato stradale.

Al sito sono già state effettuate indagini ed interventi nelle aree contigue, sia al fine di agire su fenomeni di instabilità profondi, sia su quelli superficiali. Per proteggere le infrastrutture da crolli e colate di materiale detritico, in particolare sono già presenti nel settore orientale delle barriere paramassi e un vallo di protezione al piede del versante.

Nel tratto di versante oggetto degli interventi (settore E1, si faccia riferimento alla Relazione Illustrativa), si riconoscono unicamente instabilità di tipo superficiale, per le quali o non sono presenti adeguate opere o i locali rafforzamenti corticali risultano ammalorati e da sostituire (settore Ovest, parete appena sopra la SP 513R, a monte di un muro di sostegno). Le indagini hanno individuato anche in questo settore (come in quelli più orientali): la presenza di modesti fenomeni di colate di materiale detritico fino al piede del versante; una locale erosione accentuata del substrato roccioso, in particolare quello di natura marnosa, al piede del versante; una locale erosione accentuata della coltre detritica locale; il difficile sviluppo naturale della vegetazione di sottobosco per effetto dei fenomeni erosivi; la possibilità di distacco di piccole masse rocciose dalle pareti arenacea in sommità al pendio.

Per tutti questi motivi si ritiene necessario intervenire con opere di consolidamento del versante ed in particolare con l'installazione di sistemi di rafforzamento corticale e sistemi antierosivi. A protezione del tracciato stradale, inoltre, si ritiene importante sfruttare la presenza al piede del versante della trincea e del vallo già realizzati per i precedenti interventi; l'estensione dell'attuale trincea verso Ovest potrà fornire adeguata protezione rispetto a colate superficiali di materiale detritico di piccolo calibro e favorire lo smaltimento delle acque superficiali, senza necessità di realizzare nuovi rilevati a piede versante.

Interventi sono resi necessari anche nel settore più ad Ovest dove un rafforzamento corticale è già stato installato su di una parete di 20m di spessore, a monte della SP 513R e di un locale muro di sostegno; qui infatti si sono osservati forti fenomeni erosivi, streeping delle barre e accumuli di tasche di materiale che deformano le reti esistenti fino al limite delle loro capacità di tenuta.

Tutte queste considerazioni sono fatte sulla base dell'oggetto del progetto stesso che ha lo scopo di mitigare il dissesto idrogeologico superficiale lungo le scarpate a monte della SP 513R. **In questo progetto non vengono indagati eventuali fenomeni di dissesto profondo** che comunque non manifestano evidenti sintomi in superficie e che richiederebbero indagini apposite quali sondaggi e inclinometri per essere rilevati.

Per completare il quadro della pericolosità geologica, sebbene al di fuori dello scopo degli interventi, si vuole sottolineare come sia stata individuata, lungo la parete al limite occidentale dell'area di studio, una zona interessata da una probabile faglia minore che interrompe localmente la continuità dell'affioramento roccioso (**Figura 12**). Si tratta probabilmente di una faglia coniugata alla faglia principale che interessa il settore orientale dello stesso versante (al di fuori dell'area di interesse). Non si hanno segni particolari di instabilità legati alla presenza di questo elemento strutturale che, per dovere di completezza, è stato ipoteticamente riportato sulla sezione tipo del modello geologico del versante, unicamente all'interno delle arenarie della Formazione di Pantano (UGT-1).



Figura 12 – Presunta faglia lungo la parete al limite occidentale del settore di studio.