

SOGGETTO ATTUATORE - Art.7 D.L. 11 novembre 2016, n. 205 (già art.15 ter del D.L. 17 ottobre 2016, n.189, convertito dalla L. 15 dicembre 2016, n.229)

ex OCDPC 408 del 15 novembre 2016 - art.4

Disposizioni per la messa in sicurezza ed il ripristino della viabilità delle infrastrutture stradali interessate dagli eventi sismici che hanno colpito il territorio delle Regioni Lazio, Marche, Umbria e Abruzzo a partire dal 24 agosto 2016

PRIORITA' 4 - INTERVENTO 15
SP20 " Trisungo - Spelunga - Colle"
SP07 "Boscomartese" - SP195 "Fleno" - SP83 "Subappennina"
Lavori di ripristino del corpo stradale, barriere e protezioni, opere complementari e opere d'arte

PROGETTO ESECUTIVO

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Geol. Sergio Storoni Ridolfi

VISTO: IL DIRETTORE DI ESECUZIONE

Dott. Ing. Andrea Crugnale

PROGETTAZIONE



LEGOROCK STUDIO ASSOCIATO

VIA DEL RAN...
TEL: 075.808...
ING. CARLO OLIVANTI
ING. FRANCESCA PAGNETTI



PROTOCOLLO

DATA

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

CODICE PROGETTO

PROGETTO

LIV. PROG.

N. PROG.

NOME FILE

T00GE00GEORE01_Relazione Geologica e Geotecnica

REVISIONE

SCALA

CODICE
ELAB.

T00GE00GEORE01

A

VARIE

A

EMISSIONE

Nov. 2024

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione degli interventi di ripristino del corpo stradale, realizzazione di barriere e protezioni, opere complementari e opere d'arte in corrispondenza di vari tratti stradali delle SP20 " Trisungo - Spelonga - Colle", SP07 "Boscomartese", SP195 "Fleno" e SP83 "Subappennina" inserito nel Piano "Priorità 4 Intervento 15" relativo ai dissesti succedutisi in corrispondenza della rete viaria a seguito della crisi sismica iniziata il 24 agosto del 2016.

Gli interventi in progetto sono collocati in una vasta area che comprende i territori di ben quattro comuni: Montemonaco, Montegallo, Arquata del Tronto e Acquasanta Terme.

Gli studi eseguiti hanno avuto pertanto l'obiettivo di inquadrare in un contesto geologico vasto l'area e scendendo nel dettaglio, definire il modello geologico e geomorfologico dei siti di intervento e comprendere la natura e la tipologia dei dissesti segnalati.

Gli studi eseguiti sono stati basati sulle seguenti indagini e fonti bibliografico tecniche:

- Esame degli studi e dei dati bibliografici riguardanti l'area;
- Rilievi delle evidenze geologiche nelle aree interessate dai dissesti;
- Esecuzione di una esaustiva campagna di indagini sui siti di intervento sia con indagini dirette a carotaggio continuo che indirette di tipo geofisico;

La presente relazione è stata redatta secondo i disposti:

- Legge del 2/02/74 n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- A.G.I. 1977 "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- Legge Regione Marche n.33 del 3 novembre 1984 "Norme per le costruzioni in zone sismiche";
- D.M. 11/3/88, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare Ministeriale Applicativa n. 30483 del 24/09/88, "Istruzioni per l'applicazione delle norme di cui al D.M. 11/3/88";
- Circolare del Ministero dei LL.PP. n. 218/24/3 del 09/01/96, "Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";

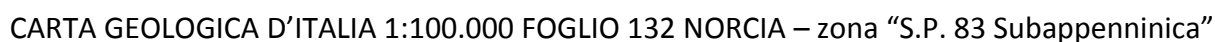
- Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Ordinanza n. 3431 del 03/05/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri “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»”;
- D.M. 14/9/05, “Norme Tecniche per le costruzioni”;
- Ordinanza n. 3519 del 29/04/06 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- D.M. 14/1/08, “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”, entrato in vigore con Legge n. 77 del 24/06/09;
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- Legge n. 77 del 24 giugno 2009, “Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico”;
- Ordinanza n. 3907 del 13/11/10 della Presidenza del Consiglio dei Ministri “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico”;
- Ordinanza n.24 del 12 maggio 2017 del Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione nei territori dei Comuni delle Regioni di Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria interessati dall’evento sismico del 24 agosto 2016 “Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016 e proroga di termini di cui all’ordinanza n. 13 del 9 gennaio 2017”;
- Ordinanza n.29 del 9 giugno 2017 del Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione nei territori dei Comuni delle Regioni di Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria interessati dall’evento sismico del 24 agosto 2016 “Modifiche ed integrazioni...omissis...all’ordinanza n.24/2017”;

- Ordinanza n.55 del 24 aprile 2018 del Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione nei territori dei Comuni delle Regioni di Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria interessati dall'evento sismico del 24 agosto 2016 "Modifiche alle ordinanze .24 e n.39 ...omissis...";
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)".

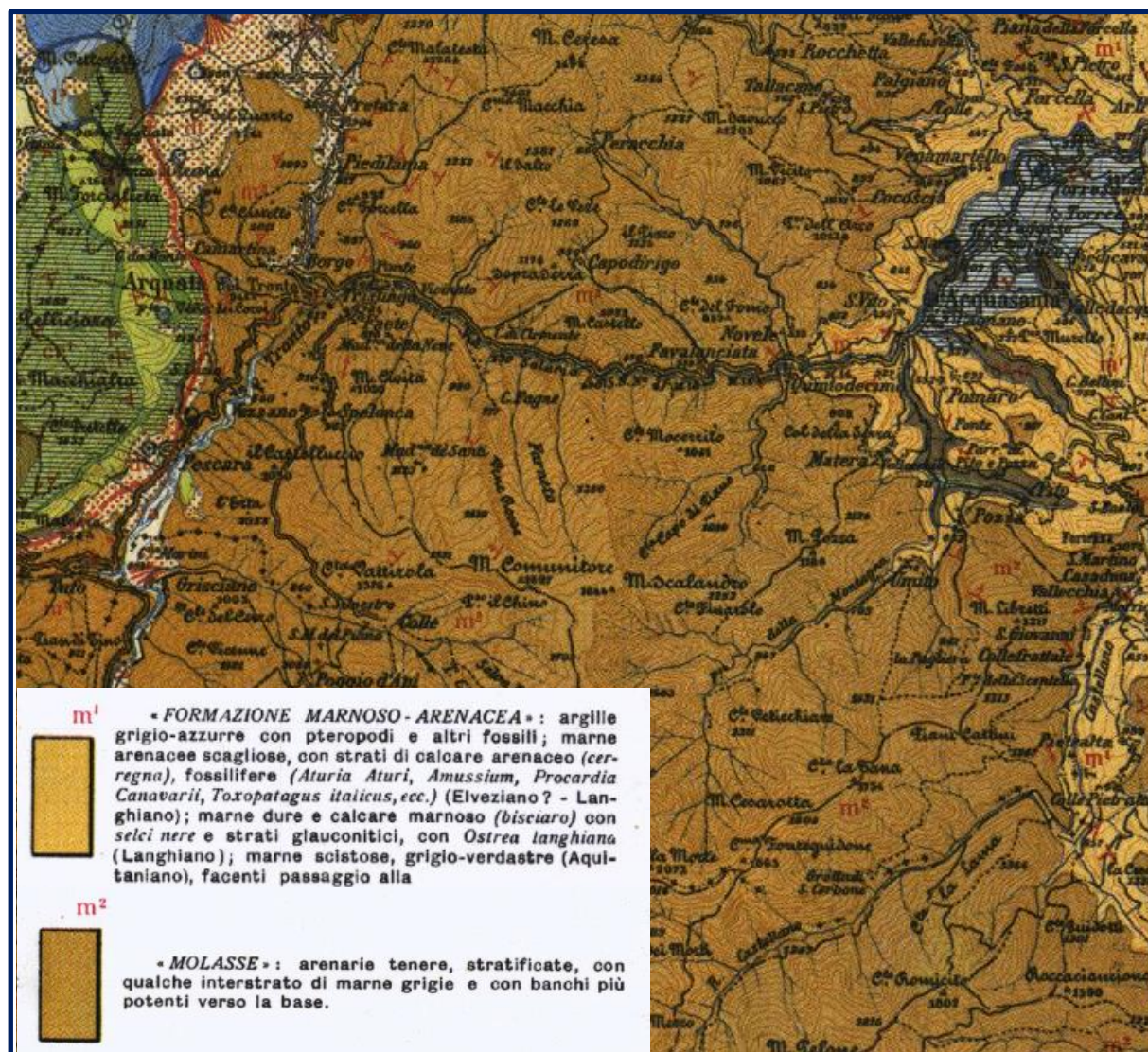
INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area oggetto di studio si colloca nel settore centrale della catena appenninica e più precisamente nel settore ascolano dell'appennino lungo il margine esterno, dove la serie sedimentaria mesozoica umbro-marchigiana (Giurassico-Eocene) sovrascorre sulle unità più esterne costituite da torbiditi silicoclastici della Formazione della Laga (Miocene superiore).

Tale settore è caratterizzato da due sistemi di faglie: il fronte compressivo di sovrascorrimento dei Monti Sibillini (compressivo, NE-SW e ormai inattivo) e il sistema di faglie estensive dirette, orientate sempre in direzione appenninica, attualmente attivo e responsabile della sismicità recente.



Gli interventi sulle SP20 " Trisungo - Spelunga - Colle", SP07 "Boscomartese", SP195 "Fleno" sono collocati in un settore più meridionale e precisamente nel settore compreso nei territori dei comuni di Arquata del Tronto e Acquasanta Terme che risultano più distanti dalla linea demarcata dai sovrascorrimenti della parte alta della catena appenninica.



CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000 FOGLIO 132 NORCIA – zona SP20 " Trisungo - Spelunga - Colle", SP07 "Boscomartese", SP195 "Fleno"

Di seguito si fornisce una breve descrizione della genesi delle strutture a pieghe, sovrascorrimenti e faglie dirette che caratterizza il settore centrale dell'appennino ove si inseriscono gli interventi di progetto.

Lo sviluppo della catena ha coinvolto inizialmente i domini paleogeografici più occidentali, e successivamente quelli orientali strutturandosi dapprima come un multilayer a pieghe con sinclinali e anticlinali.

Il progredire della compressione ha determinato lo sviluppo di faglie inverse e sovrascorrimenti e la successiva migrazione verso est della strutturazione dell'arco appenninico.

Successivamente, a partire dai settori di retroarco, si è impostata una tettonica distensiva che ha dislocato in distensione le strutture compressive precedentemente formatesi generando dei bacini intramontani (come ad esempio il bacino del Pian Grande ai piedi del M.te Vettore).

L'assetto tettonico attuale mostra le unità occidentali umbro-sabine tettonicamente sovrapposte ai domini più esterni lungo un sovrascorrimento ad andamento arcuato, con convessità rivolta verso est corrispondente, verso sud, alla "Linea Olevano-Antrodoco-Posta" e verso nord, al "fronte di sovrascorrimento dei Monti Sibillini".

La strutturazione del settore di catena appenninica, entro cui ricadono i siti oggetto di intervento si è realizzata in un intervallo di tempo compreso tra il Miocene superiore e la fine del Pliocene inferiore secondo una sequenza che procede da Ovest (retroarco) verso Est (avanzfossa).

In particolare, sui siti oggetto di indagine, gli Autori indicano la presenza di "Molasse" che rappresentano la parte superiore dalle formazioni silicoclastiche legate alla deposizione terrigena di arenarie ad opera di correnti di torbida; Tali "Molasse" altro non sono che la formazione del Flysch della Laga che è presente praticamente in tutti i siti di intervento che andremo ad analizzare nelle sue differenti facies.

Le coperture presenti nell'area, generalmente di ridotto spessore, non sono facilmente individuabili e sono costituite da terreni sabbioso limosi derivanti dalla alterazione della roccia madre.

UBICAZIONE DEL SITO E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

Da un punto di vista generale, il modellamento del paesaggio e la morfologia dei rilievi dell'area sono legati a diversi fattori, tra cui la natura litologica, i processi di sollevamento regionale e l'attività tettonica.

In generale possiamo dire che il contesto geomorfologico delle aree esaminate è caratterizzato da Frane diffuse che interessano i versanti con rocce costituite dal Flysch della Laga con coperture alterate che mostrano franosità elevata (scorrimenti, colate, riattivazioni pluvio-indotte).

Nel bacino del Tronto sono censite oltre 1700 aree in dissesto e questo dato è emblematico relativamente alla vulnerabilità idrogeologica delle aree.

I fenomeni gravitativi, sia attivi che quiescenti, che interessavano i depositi clastici quaternari, sono stati riattivati dalla crisi sismica del 2016 e possono essere classificati come instabilità co-sismiche.

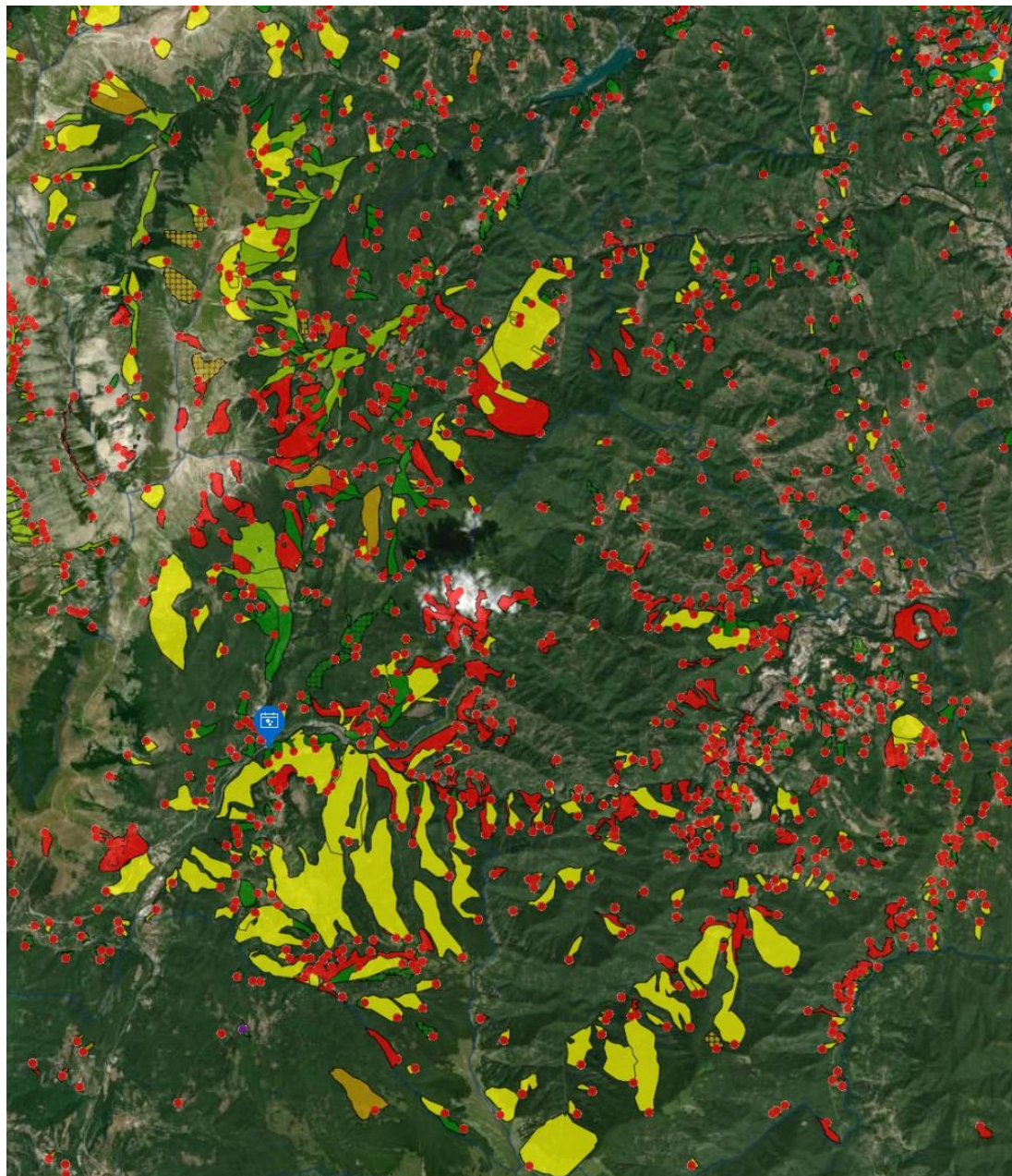
Per quanto riguarda il pericolo di allagamento, i siti oggetto di intervento non ricadono in aree potenzialmente esondabili.

Per quanto riguarda le coperture a valle delle strade che sono state realizzate a mezzacosta si osserva generalmente la presenza di coltri di riporto antropico nelle scarpate di valle.

La crisi sismica ha generalmente interessato tali coltri evidenziando rotture del piano stradale in corrispondenza del contatto tra coltre di riporto antropico e terreni più consolidati o substrato roccioso.

L'immagine seguente, tratta dal sito dell'ISPRA da un'idea della notevole franosità dell'area in questione.





CARTOGRAFIA IFFI INVENTARIO FENOMENI FRANOSI

In pratica abbiamo rappresentati in prevalenza i crolli/ribaltamenti seguiti dagli scivolamenti traslazionali e minoritariamente, frane per colata rapida e lenta.

IDROGEOLOGIA DELLE AREE DI INTERVENTO

I caratteri idrogeologici dell'area di intervento sono fortemente condizionati dalla presenza della formazione del Flysch della Laga.

Tale formazione è costituita da alternanze di bancate di arenarie alternate a peliti e marne.

Mentre le arenarie hanno permeabilità discreta, prevalentemente dovuta alla loro fratturazione, le peliti e le marne hanno permeabilità molto bassa e fungono da livelli di confinamento.

Ne risulta un acquifero multistrato, anisotropo e disomogeneo, con falde discontinue e scarsa capacità di immagazzinamento.

L'assetto stratificato arenarie-peliti, comporta quindi a una forte anisotropia idraulica con linee di permeabilità concentrate lungo i contatti tra le arenarie e le peliti in corrispondenza dei quali emergono sorgenti a carattere prevalentemente temporaneo.

INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO

Di seguito, per ogni sito di intervento si riporta una descrizione delle caratteristiche geologiche derivata dai risultati dalle indagini geognostiche, dalle prove di laboratorio e dalle osservazioni di campagna.

In corrispondenza della "S.P.20 Trisungo-Spelunga-Colle" sono in progetto tre interventi uno dei quali consiste nella realizzazione di una paratia, mentre gli altri due sono costituiti da gabbionate.

SP20 Intervento al Km 3+300

In corrispondenza del Km 3+300 della S.P. 20 si osservano numerose lesioni sul piano viabile che interessano tutta la carreggiata.

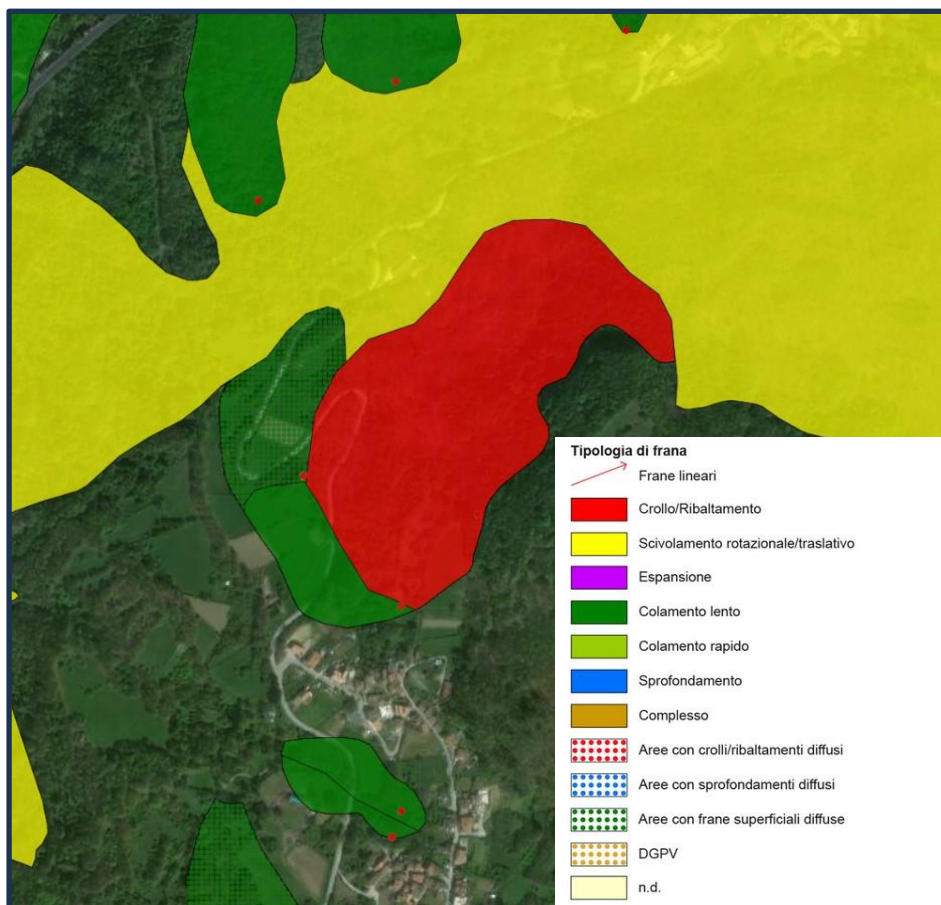
La cartografia IFFI, riporta l'area completamente interessata da una frana che possiamo definire intermedia fra un movimento rototraslazionale e un colamento lento (erroneamente la carta IFFI riporta una frana per ribaltamento che si ritiene un errata attribuzione).

Le indagini geognostiche sono consistite nell'esecuzione del sondaggio S2, a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 15 m, (dei quali gli ultimi 5 hanno perforato il substrato litico in posto) e nell'esecuzione di una tomografia sismica.

Le prove di laboratorio sono state eseguite sul campione C1 prelevato alla profondità di m 2.25-2.65 e sul campione litoide di calcarenite prelevato alla profondità di m 11.00-11.40.

I dati disponibili per l'elaborazione del modello geologico evidenziano una spessa coltre di copertura di terreni piuttosto eterogenei e caratterizzati da caratteristiche geotecniche che in vari livelli sono più scadenti; tale modello è compatibile con i fenomeni osservati in superficie dovuti al colamento della coltre di copertura.

Pertanto il quadro geologico geomorfologico che caratterizza il sito suggerisce la realizzazione di un intervento che possa raggiungere il substrato litico e stabilizzare la coltre di copertura caratterizzata da livelli eterogenei (si noti una inversione della velocità delle onde sismiche piuttosto profonda) e da periodici e progressivi colamenti.



Cartografia IFFI e area di intervento



Di seguito si riporta la tabella di riferimento dei parametri geotecnici derivati dalla elaborazione dei dati della campagna geognostica e dalle prove di laboratorio eseguite.

SP20_ Km3+300 – Sondaggio S2							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 - 1.6	Materiale antropico			19.5	0	30	0
1.6 - 5	Limo sabbioso	CI1	11 26	19.7	20	34.33	
5 - 8.2	Ghiaia Argillosa		8		10	28	
8.2 - 10.2	Argilla sabbiosa				50	30	
Da - 10.2	Calcarenite	CR1		26	2000	38	66.7

SP20 Intervento al Km 5+200

Rispetto all'intervento precedente, che è posto in un versante piuttosto acclive, l'intervento al Km 5+200 si colloca in un'area con morfologia caratterizzata da pendenze blande che non necessitano di consolidamenti del versante spinti in profondità.

La carreggiata mostra un quadro fessurativo piuttosto marcato che denota delle scadenti caratteristiche geotecniche del materiale che costituisce il rilevato stradale.

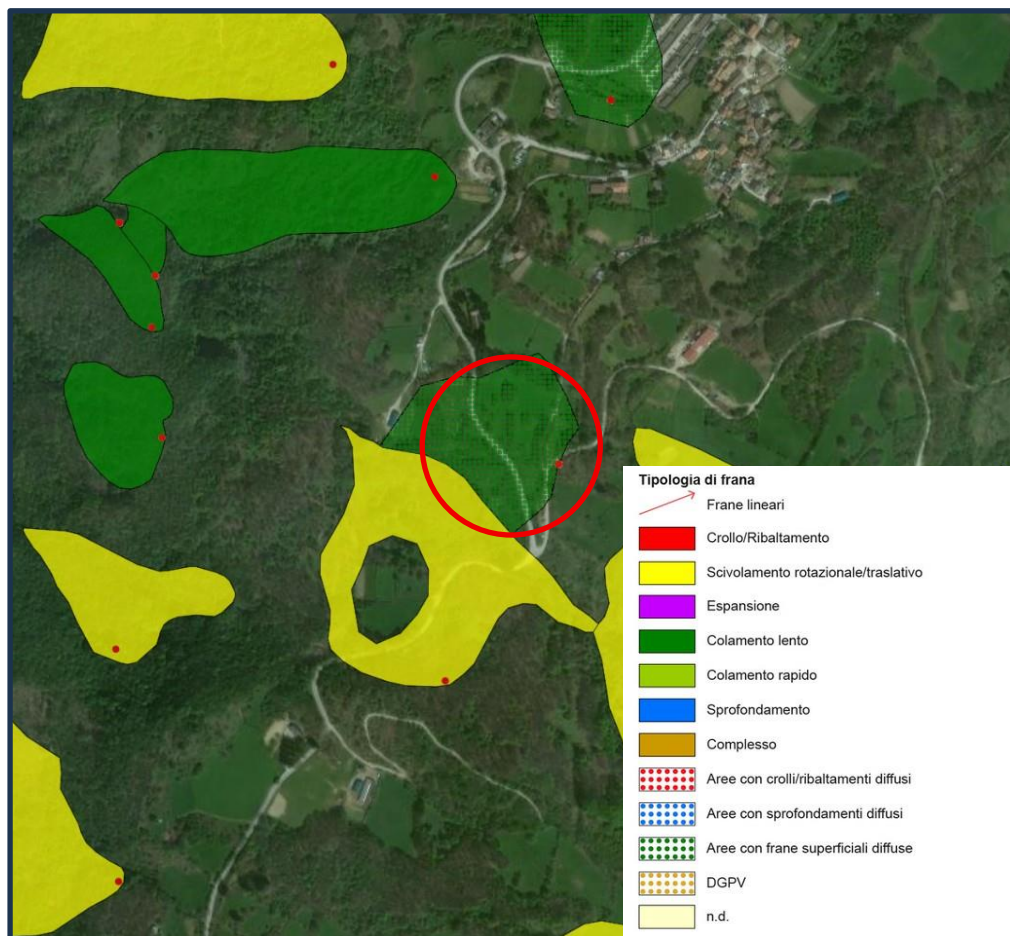
Anche in questo sito per la caratterizzazione geotecnica è stato eseguito il sondaggio S3 a carotaggio continuo, spinto fino a 13 m di profondità, una tomografia sismica, e delle prove di laboratorio sul campione C1 prelevato a m 2.0 – 2.6.

La cartografia IFFI riporta nell'area una generica indicazione per franosità diffusa ma date le pendenze piuttosto blande e la assenza di indicatori morfologici che possano far ricondurre il fenomeno ad una frana vera e propria si è interpretato un modello geologico costituito da una coltre deformabile con uno spessore di circa 5 m al di sotto della quale i terreni presenti sono costituiti dalla alterazione del substrato presente.

La indagine sismica come anche i dati SPT del sondaggio confermano tale modello.

Con un modello geologico di questo genere si è preferito ricorrere alla esecuzione di gabbionate a sostegno della carreggiata.

Per ottimizzare l'intervento, si consiglia da una sostituzione del materiale terroso presente al di sotto del piano viabile per uno spessore minimo di 60 cm avendo cura di compattare lo strato di appoggio della bonifica.



Cartografia IFFI e area di intervento

Di seguito si riporta la caratterizzazione geotecnica dei litotipi indagati nel sito.

SP20_Km5+200 Sondaggio S3							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	s [MPa]
0 - 0.9	Materiale antropico			19.5	0	30	0
0.9 – 3.6	Sabbia	CI1	9	19.1	16.1	31.9	
3.6 – 10.0	Argilla compattata	CR1	72 R	23.2			4.61
Da – 10.0	Calcarenite	CR2		24.2			7.52
		CR3		24.5			9.98

SP20 Intervento al Km 6+950

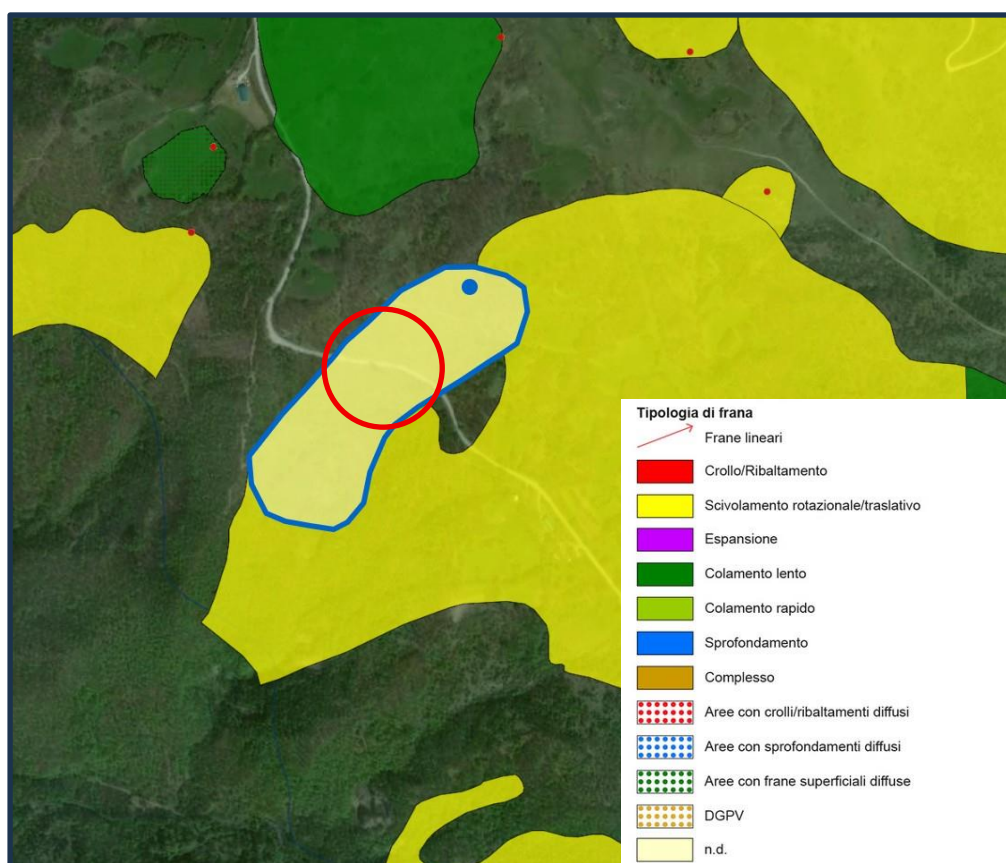
Questo intervento si inserisce in un contesto caratterizzato da un andamento della strada piuttosto pianeggiante lungo l'asse longitudinale.

Le scarpate di valle hanno una pendenza modesta.

Il rilievo geomorfologico evidenzia che molto vicino all'area di intervento, a monte della carreggiata, vi sono degli affioramenti della formazione della Laga caratterizzati da abbondanti marne e sottili strati arenacei; la roccia appare piuttosto alterata e fratturata ma indubbiamente in posto e non interessata da fenomeni di frana.

Proseguendo in direzione "Colle" gli affioramenti scompaiono mentre si osservano delle gabbionate a monte della carreggiata.

Tale osservazione collima con la cartografia inventario dei fenomeni franosi dell'IFFI che riporta per l'area oggetto di intervento una frana rototraslazionale.



Cartografia IFFI e area di intervento

Tuttavia, l'entità del fenomeno e la modesta incidenza dello stesso sul piano viabile, fa ritenere sufficiente un intervento da realizzarsi tramite una gabbionata posta a valle della carreggiata.

Si osserva infatti che nel sondaggio S4 che è stato realizzato in questo sito, unitamente alla tomografia sismica e alle prove di laboratorio, indicano la presenza del bed rock a partire dalla profondità di 8,5 m circa e comunque i valori delle SPT eseguite a 3 e 5 m di profondità indicano una coltre di copertura con buone caratteristiche geotecniche.

Si ritiene che la causa principale dei fenomeni lamentati sia dovuta a difetti di drenaggio delle acque di piattaforma stradale e alla deformabilità della coltre di copertura che ricopre il bed rock.

Anche la tomografia sismica mostra un regolare aumento delle velocità che già a 5 m di profondità superano i 400 m/s.

Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP20_Km6+950 – Sondaggio S4							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 1.8	Materiale antropico			19.5	0	30	0
1.8 – 5.0	Ghiaia moderatamente addensata		24			33.92	
5.0 – 7.6	Argilla compattata		71 70		15 15	26 26	
Da – 7.6	Calcarenite	CI1 CR1 CR2		24.6 24.3 24.7			8.11 4.21 8.18

SP07 Intervento al Km 12+000

In corrispondenza di questo tratto, prima della frazione di San Martino, la strada si sviluppa con dei tornanti per perdere quota.

Geologicamente si osserva la generale presenza di affioramenti del Flysch della Laga nella facies arenacea caratterizzata da spessi banconi che a monte della carreggiata hanno comportato l'esigenza di realizzare barriere paramassi.

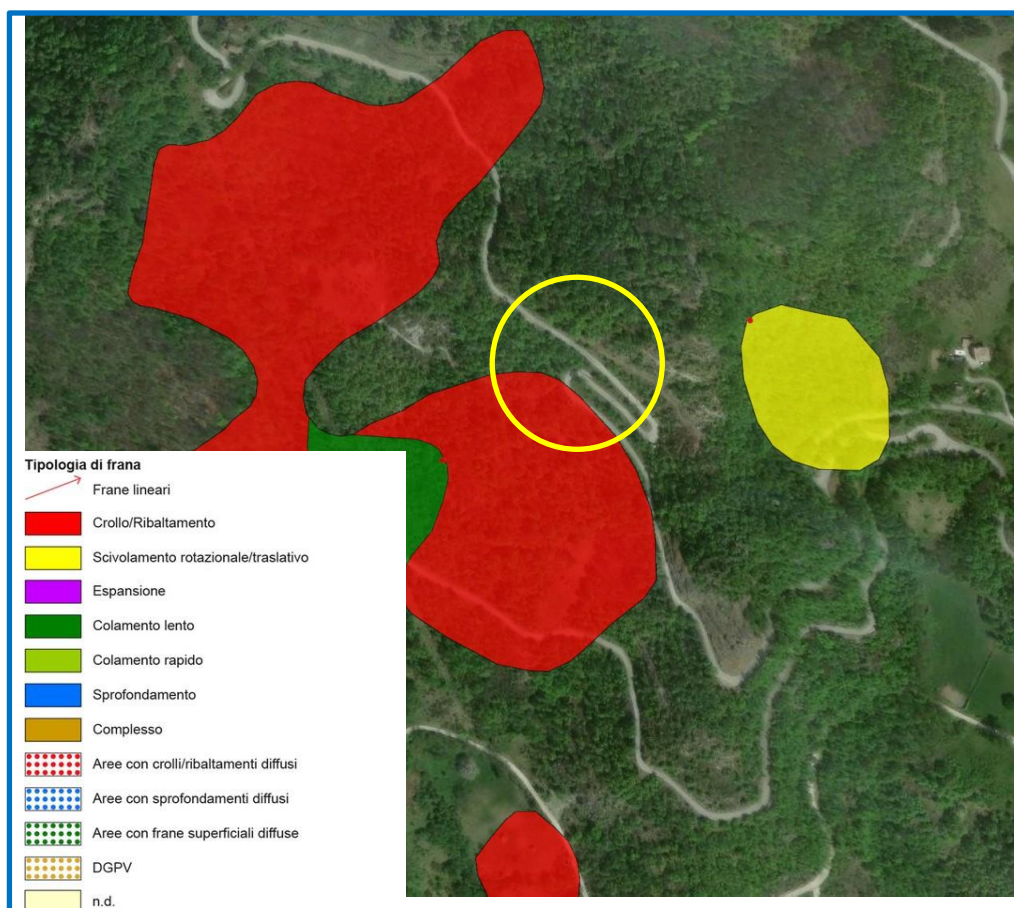
L'esigenza di raccordare le quote in un versante piuttosto acclive ha sicuramente comportato significativi accumuli antropici dovuti allo "scavo e riporto" durante la costruzione della strada e di conseguenza la cedevolezza della parte di valle della carreggiata che nel tempo ha mostrato deformazioni anche sensibili aggravatesi durante la crisi sismica del 2016.

A valle della carreggiata la carta inventario dell'IFFI riporta la presenza di una frana per crollo/ribaltamento che in queste zone è un fenomeno piuttosto diffuso ma che non ha molto a che vedere con la deformazione osservata nel piano stradale.

Anche in questo caso le indagini geognostiche sono consistite nella realizzazione di un sondaggio a carotaggio continuo, denominato S7, spinto fino alla profondità di 20 m, e una sismica MASW che individuano una coltre di copertura che ricopre il bed rock con uno spessore di circa 7 m.

In definitiva il versante che ospita la strada è globalmente stabile, se pur soggetto a potenziali crolli di blocchi rocciosi, ma la carreggiata è cedevole a causa degli accumuli antropici realizzati al momento della sua costruzione che si deformano progressivamente.

Pertanto l'intervento individuato è stato quello di realizzare un cordolo su paratia di micropali che possa contenere la deformazione della coltre di copertura.



Cartografia IFFI e area di intervento

Si fa presente che il sondaggio a carotaggio ha evidenziato che i terreni di copertura sono saturi o molto umidi (con valori di SPT modesti) e questo suggerisce l'esigenza di realizzare una adeguata regimazione idrica.

Non di rado infatti a seguito della deformazione della carreggiata le acque di piattaforma stradale vengono scaricate in corrispondenza dei punti più depressi alimentando il fenomeno deformativo. I terreni presenti infatti hanno caratteristiche eterogenee che vanno dalle ghiaie a delle argille limose e questa eterogeneità favorisce l'infiltrazione, ove i terreni sono in prevalenza ghiaiosi, e la saturazione con conseguente scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni ove vi sono limi e limi argillosi.

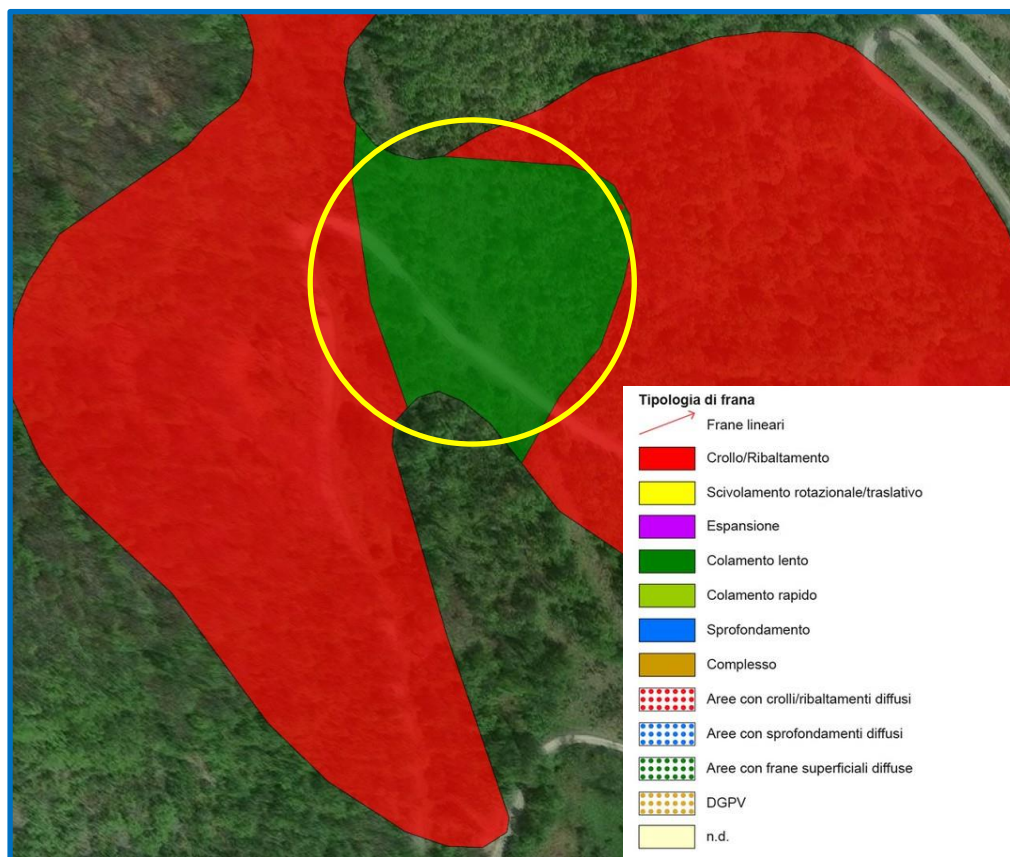
Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP07_Km12+000 Sondaggio S7							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 1.0	Materiale antropico			19.5	0	30	0
1.0 – 2.9	Sabbia con ghiaia		19	19.5		32	
2.9 – 11.4	Sabbia limosa - Calcarenite		Rif	20	30	32	
Da 11.4	Arenaria tenera - Marna	C1	21	20	200	30	

SP07 Intervento al Km 13+800

L'intervento previsto al km 13+800 della SP07 si colloca nei pressi di un fossato, ove la cartografia IFFI censisce correttamente una frana per colamento lento che è molto evidente sul piano stradale formando una nicchia di distacco che assesta il movimento della coltre di copertura che scorre sul substrato roccioso in posto.

La frana tuttavia trae origine a monte della carreggiata dove è presente un muretto di contenimento in pietra.



Cartografia IFFI e area di intervento

Il movimento della coltre è anche registrato nella rotazione della gabbionata presente a valle della carreggiata.

L'elevata acclività del versante e lo scorrimento delle acque in corrispondenza del fosso di valle che ne vanno ad erodere la base, sono da ricercare come i motori principali del dissesto.

Va rilevato inoltre che l'esecuzione del sondaggio S8, i cui risultati sono congrui con quelli della MASW INT 16 realizzata nel sito, evidenzia dei terreni plastici da umidi a molto umidi probabilmente in quanto a molte della coltre dei terreni di copertura, che qui raggiungono spessori di circa 14 m, vi è una alimentazione proveniente dai banconi di arenaria, permeabile per fratturazione, che scaricano il loro contenuto di acque sotterranee all'interno dei depositi eluvio-colluviali.

Con tale modello geologico appare sensato realizzare una paratia di micropali a quinconce accompagnata dalla esecuzione di drenaggi a monte della carreggiata per diminuire il grado di umidità dei terreni.

Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP07_Km13+800 Sondaggio S8							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 0.9	Materiale antropico			19.5	0	30	0
0.9 – 4.5	Ghiaia umida	C1	25	18.10	13.45	27.25	
4.5 – 14.5	Argilla limosa umida	C2	23 29	18.63	12.42	23.47	
14.5 – 16.9	Arenaria tenera						
16.9 – 19.5	Argilla marnosa molto umida						
19.5 – 20	Calcere						

Si fa presente che la MASW INT 16 indica un valore della $V_{s,eq}=375$ m/s configurando nella categoria B il sottosuolo del sito in oggetto.

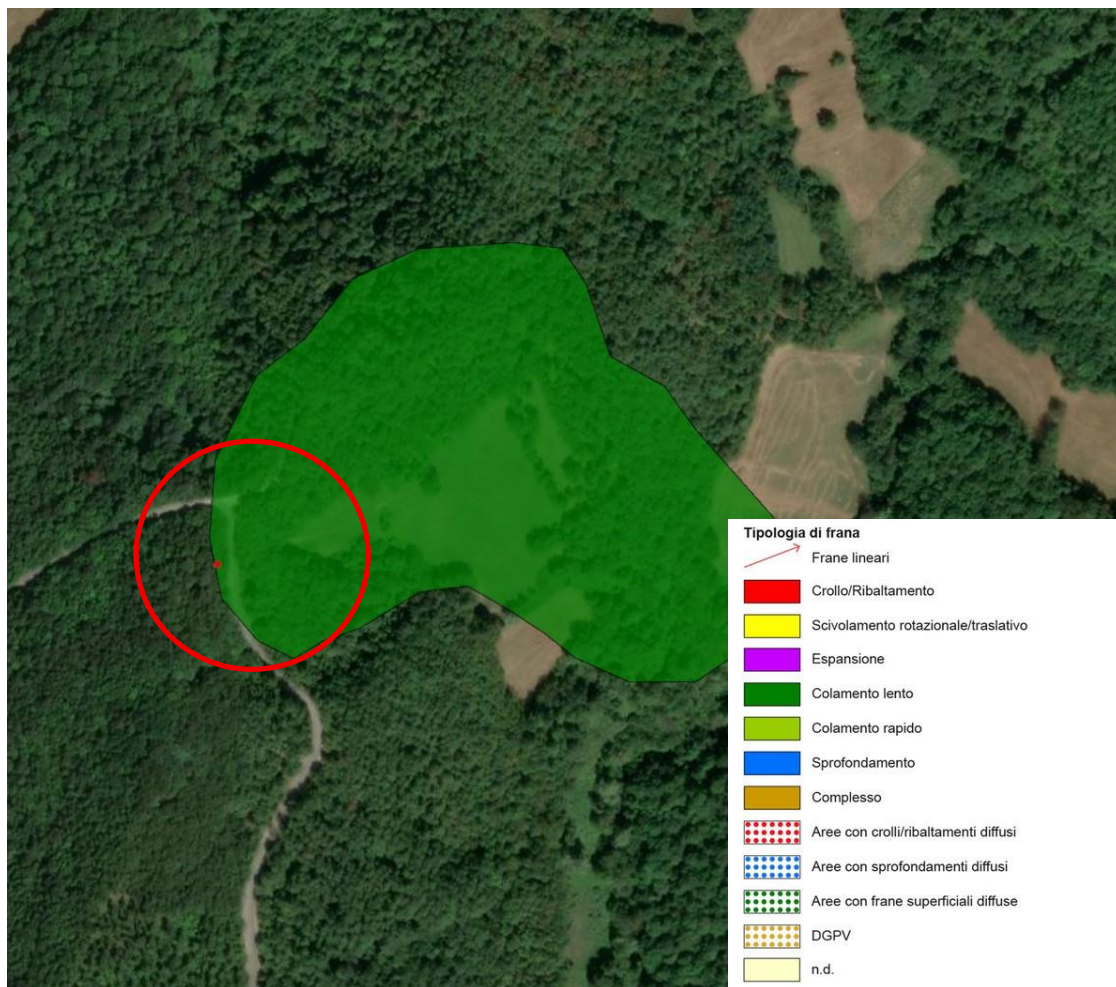
SP83 Intervento al Km 21+450

L'intervento si colloca in corrispondenza di una vallecchia con morfologia ad anfiteatro ove il rilievo di superficie non evidenzia affioramenti significativi.

Le forme del paesaggio indicano la presenza di paleofrane di una certa rilevanza che attualmente si sono evolute in fenomeni di colamento lento con deformazione del piano stradale lungo un tratto di circa 70 – 80 m di lunghezza.

La cartografia IFFI segnala lungo il tratto interessato dall'intervento una frana per colamento lento che effettivamente trova riscontro nei dati di campagna.

Lesioni perpendicolari rispetto al tracciato stradale, indicano movimenti differenziali della coltre di copertura.



Cartografia IFFI e area di intervento

Per quanto riguarda le indagini geognostiche sono stati eseguiti un sondaggio a carotaggio continuo S2, e una MASW che indica una categoria di suolo C con velocità tipiche della copertura e di livelli alterati della formazione del Flysch della Laga.

Si ritiene che la copertura abbia uno spessore totale di circa 9 m e al di sotto di essa si riscontra il bed rock con livelli di alterazione.

L'intervento in progetto, viste le condizioni del sito, è rappresentato da una paratia di micropali a quinconce.

Si fa notare che la cartografia IFFI corrisponde molto bene con le evidenze di deformazione del piano stradale e che pertanto si ritiene che la frana da essa riportata sia coincidente con l'area di intervento.

Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP083_Km 24+200 Sondaggio S2							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 0.5	Materiale antropico			19.5	0	30	0
0.5 – 9.6	Argilla limosa		20 43			32.3 39.9	
		C1		18.10	22.14	32.9	
Da 9.6	Alternanza argille , livelli arenacei- marnosi			26.14 sat	26.54	23.41	

SP83 Intervento al Km 24+200

Il sito di intervento si colloca in un versante con esposizione EST ove la strada è stata realizzata in scavo e riporto.

La scarpata di monte mostra una buona esposizione del Flysch della Laga con spessi banconi arenacei e giunti di discontinuità a franapoggio, poco frequenti ma molto continui.

Le evidenze geomorfologiche indicano che il versante non presenta segnali di instabilità o frane di natura rototraslazionale o tipo colamento.

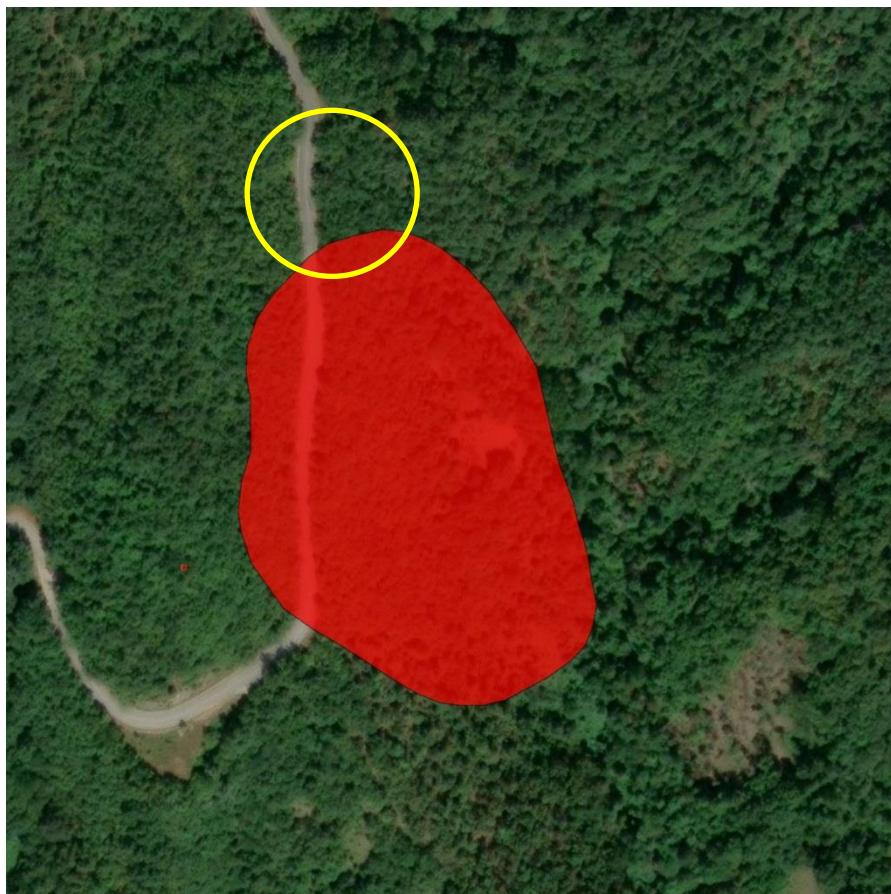
Si rileva che la cartografia IFFI segnala in adiacenza all'area di intervento, una potenziale instabilità per crollo o ribaltamento di blocchi rocciosi che tuttavia i rilievi eseguiti limitano tale possibilità in ristrette aree della scarpata a monte della carreggiata.

Il livello di rischio, per frana da crollo lungo la scarpata, appare accettabile e quindi si è optato prioritariamente per un intervento di stabilizzazione della scarpata di valle dove le deformazioni sono dovute alla instabilità dei terreni di riporto accumulati al di sopra della roccia, che è sub affiorante anche a valle della carreggiata.

Il sondaggio S1, spinto alla profondità di 20 m, e la MASW eseguita, con risultati concordi, indicano uno spessore dei terreni di copertura di circa 7 m.

A valle della carreggiata sono presenti dei gabbioni posti in un breve tratto che verrà parzialmente interessato dall'intervento di consolidamento; la presenza dei gabbioni indica che anche in passato la strada ha avuto dei problemi di cedimento della porzione di valle.

Considerate le problematiche da risolvere, anche in questo caso l'intervento ritenuto più idoneo è rappresentato dalla realizzazione di una paratia di micropali posizionati a quinconce con cordolo sommitale per una lunghezza di circa 30 m.



Cartografia IFFI e area di intervento

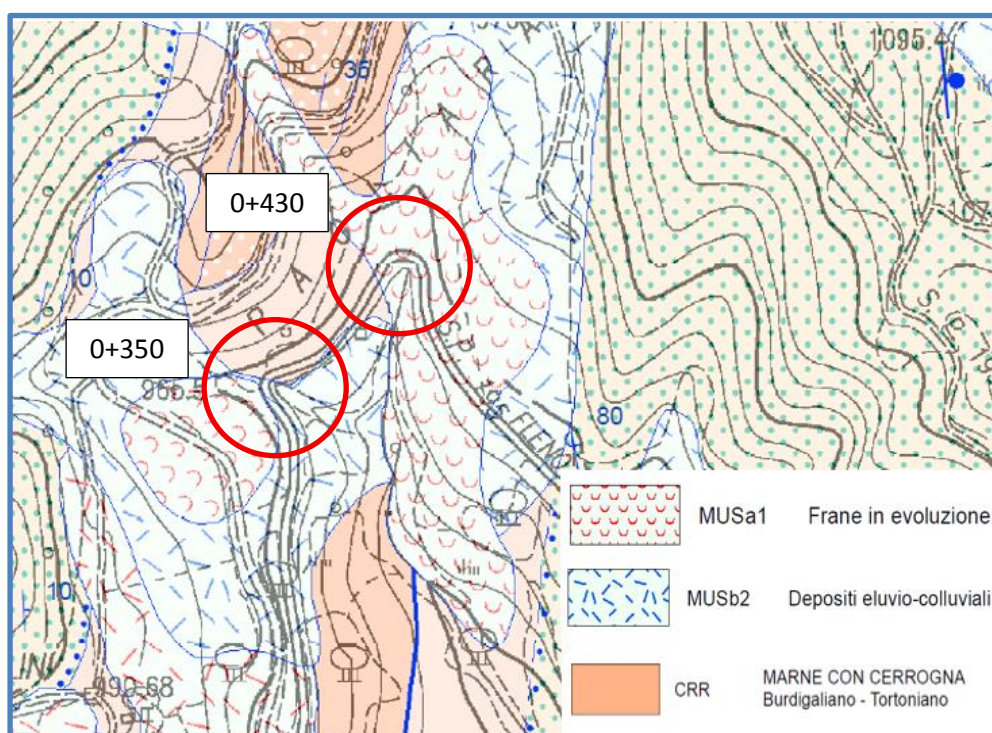
Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP83_Km 24+200 Sondaggio S1							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 1.0	Materiale antropico						
1.0 – 8.5	Argilla limosa	C1	28 23	18.80	28.15	20.64	
Da 7.0	Alternanza argille , livelli arenacei- marnosi	C2 C3	29	18.28	29.49	21.34	

SP195 Intervento al Km 0+350 e al Km 0+430

Si tratta di due interventi distinti che non hanno a che fare con dissesti o cedimenti del piano stradale legati a caratteristiche dei terreni, ma piuttosto che mirano a consolidare le interferenze tra la strada e due torrenti che la attraversano.

I rilievi di superficie non evidenziano particolari criticità al di là di lenti movimenti di creep e reptazione limitati alla coltre di copertura.



Carta geologica Regione Marche e aree di intervento

Il sondaggio S2, alla Pk 0+350, evidenzia la presenza di terreni sciolti fino alla profondità di 20 m tuttavia la consistenza di tali terreni, che presentano una coesione significativa, li rende idonei ad ospitare pali di fondazione ove poggiare una soletta armata che fungerà a tutti gli effetti da ponte scavalcando i torrenti.

La caratterizzazione geotecnica è di seguito riportata.

SP0195_Km 0+350 Sondaggio S2							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 0.2	Materiale antropico						
0.3 – 3.0	Argilla limosa	C1	18	19.11	19.78	22.63	
3.0 – 12.0	Sabbia areanacea	C2	23	19.92	23.92	21.55	
12.0 –	Limo argilloso	C3	34	21.00	50	30	

La MASW eseguita alla p.k 0+350 evidenzia sismostrati a bassa velocità fino alla profondità di 15 m circa con un valore di $V_{s,eq}=353$ al limite alto della categoria di suolo C.



Cartografia IFFI e area di intervento

Il sondaggio S3 alla p.k. 0+430 evidenzia terreni molto compatti già a profondità di 2 m con valori della prova SPT a rifiuto e la profondità del substrato litico (formazione delle Marne con Cerrognà) si stima tra 5 e 7 m.

Pertanto il progetto di realizzare una soletta armata, che farà da ponte, fondata su pali che avranno profondità di 10 m è perfettamente idoneo al tipo di substrato intercettato con il sondaggio.

Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, ed indagini sismiche.

SP0195_Km 0+350 Sondaggio S2							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 0.2	Materiale antropico			1.65	0	30	
0.2 - 7.0	Argilla limosa		rif	1.95	30	27	
Da 7.0	Calcare marnoso			2.3	40	35	

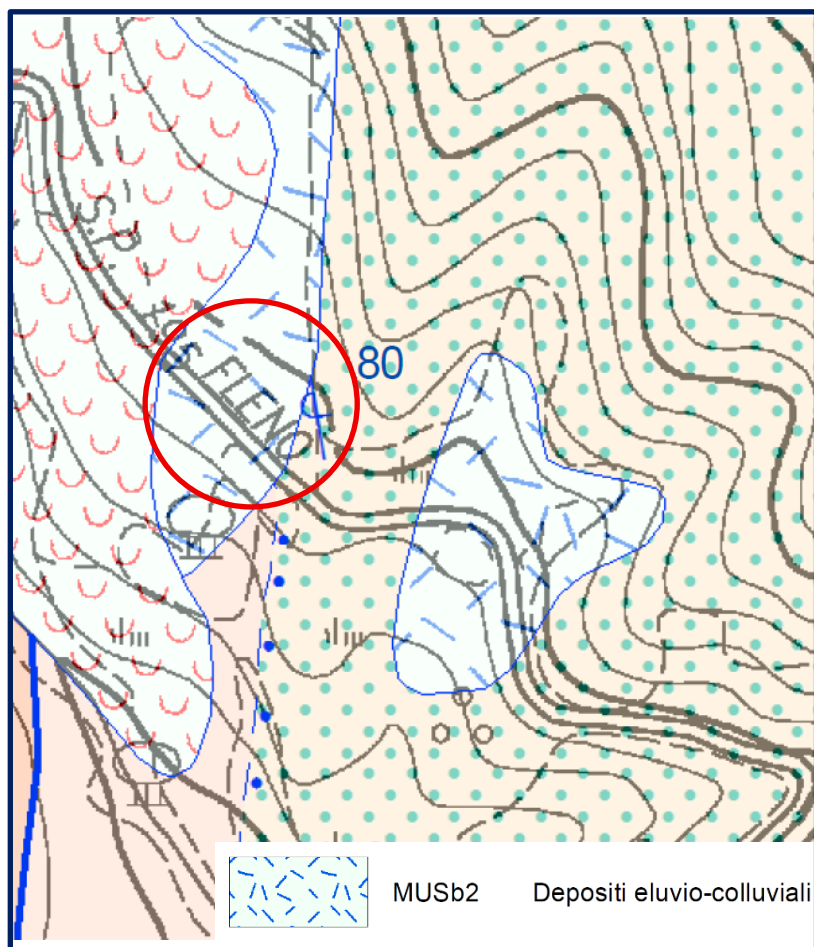
SP195 Intervento al Km 0+700

In corrispondenza di tale progressiva si verificano, periodicamente, cedimento della sede stradale che comportano frequenti interventi di manutenzione.

La cartografia geologica della Regione Marche, indica la presenza di una coltre di terreni eluviocolluviali con comportamento plastico (essendo derivati da alterazioni di formazioni marnose – Marne con Cerrognà).

Tali terreni sono stati indagati con due prove penetrometriche e una indagine MASW che concordemente indicano uno spessore di tali terreni deformabili di circa 4 m al di sotto dei quali si rinvenivano terreni molto consistenti (probabile bed rock)

Pertanto sarà più che sufficiente realizzare una gabbionata di valle, che viste anche le modeste pendenze del versante, sosterrà efficacemente la carreggiata.



Carta geologica Regione Marche

PREMESSA

La presente relazione riguarda la progettazione degli interventi di ripristino del corpo stradale, realizzazione di barriere e protezioni, opere complementari e opere d'arte in corrispondenza di vari tratti stradali delle SP20 " Trisungo - Spelunga - Colle", SP07 "Boscomartese", SP195 "Fleno" e SP83 "Subappennina" inserito nel Piano "Priorità 4 Intervento 15" relativo ai dissesti succedutisi in corrispondenza della rete viaria a seguito della crisi sismica iniziata il 24 agosto del 2016.

Gli interventi in progetto sono collocati in una vasta area che comprende i territori di ben quattro comuni: Montemonaco, Montegallo, Arquata del Tronto e Acquasanta Terme.

Gli studi eseguiti hanno avuto pertanto l'obiettivo di inquadrare in un contesto geologico vasto l'area e scendendo nel dettaglio, definire il modello geologico e geomorfologico dei siti di intervento e comprendere la natura e la tipologia dei dissesti segnalati.

Gli studi eseguiti sono stati basati sulle seguenti indagini e fonti bibliografico tecniche:

- Esame degli studi e dei dati bibliografici riguardanti l'area;
- Rilievi delle evidenze geologiche nelle aree interessate dai dissesti;
- Esecuzione di una esaustiva campagna di indagini sui siti di intervento sia con indagini dirette a carotaggio continuo che indirette di tipo geofisico;

La presente relazione è stata redatta secondo i disposti:

- Legge del 2/02/74 n.64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- A.G.I. 1977 "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- Legge Regione Marche n.33 del 3 novembre 1984 "Norme per le costruzioni in zone sismiche";
- D.M. 11/3/88, "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Circolare Ministeriale Applicativa n. 30483 del 24/09/88, "Istruzioni per l'applicazione delle norme di cui al D.M. 11/3/88";
- Circolare del Ministero dei LL.PP. n. 218/24/3 del 09/01/96, "Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica";

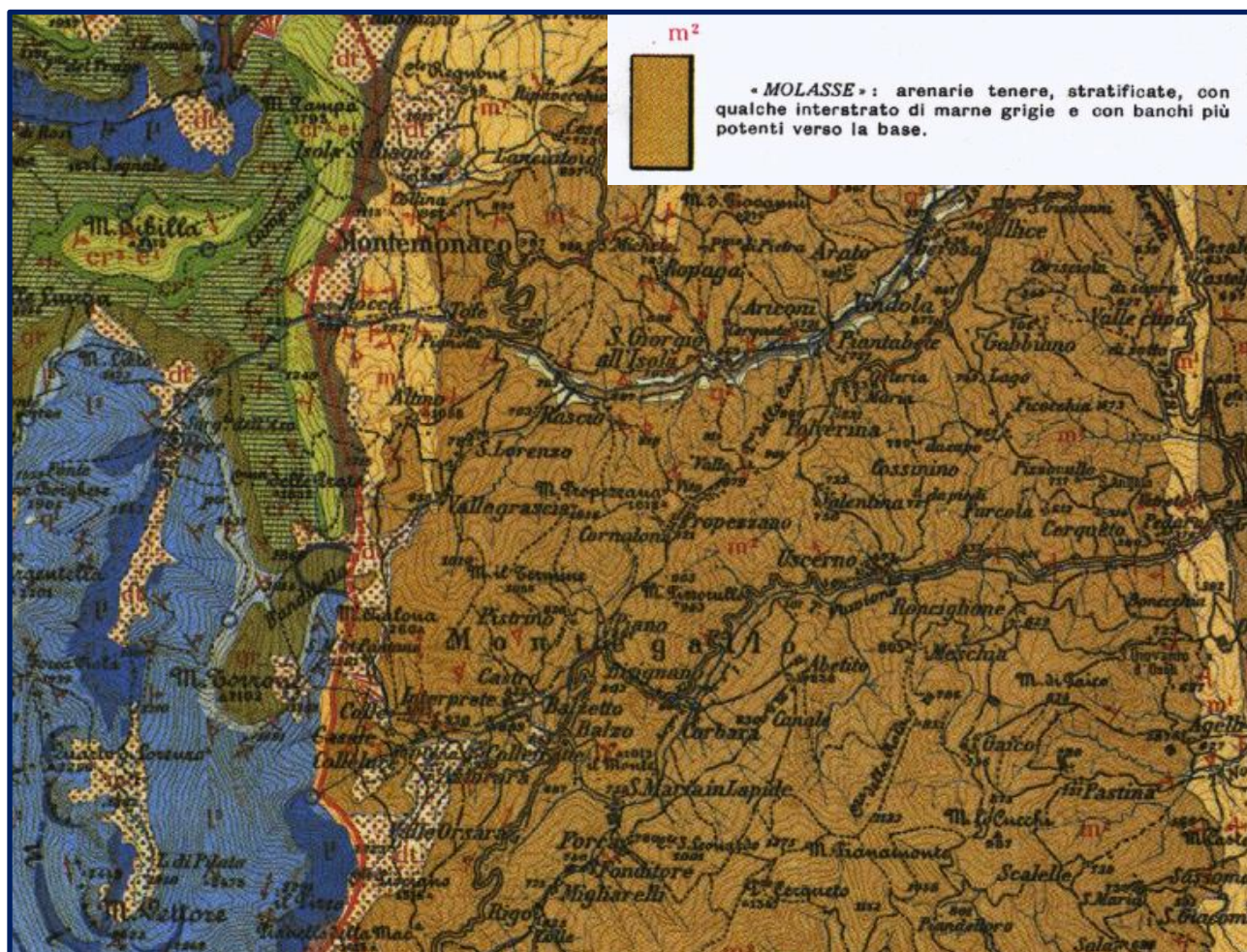
- Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- Ordinanza n. 3431 del 03/05/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri “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»”;
- D.M. 14/9/05, “Norme Tecniche per le costruzioni”;
- Ordinanza n. 3519 del 29/04/06 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- D.M. 14/1/08, “Nuove Norme Tecniche per le costruzioni”, entrato in vigore con Legge n. 77 del 24/06/09;
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- Legge n. 77 del 24 giugno 2009, “Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico”;
- Ordinanza n. 3907 del 13/11/10 della Presidenza del Consiglio dei Ministri “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico”;
- Ordinanza n.24 del 12 maggio 2017 del Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione nei territori dei Comuni delle Regioni di Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria interessati dall’evento sismico del 24 agosto 2016 “Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016 e proroga di termini di cui all’ordinanza n. 13 del 9 gennaio 2017”;
- Ordinanza n.29 del 9 giugno 2017 del Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione nei territori dei Comuni delle Regioni di Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria interessati dall’evento sismico del 24 agosto 2016 “Modifiche ed integrazioni...omissis...all’ordinanza n.24/2017”;

- Ordinanza n.55 del 24 aprile 2018 del Commissario straordinario del Governo per la ricostruzione nei territori dei Comuni delle Regioni di Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria interessati dall'evento sismico del 24 agosto 2016 "Modifiche alle ordinanze .24 e n.39 ...omissis...";
- Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018)".

INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA

L'area oggetto di studio si colloca nel settore centrale della catena appenninica e più precisamente nel settore ascolano dell'appennino lungo il margine esterno, dove la serie sedimentaria mesozoica umbro-marchigiana (Giurassico-Eocene) sovrascorre sulle unità più esterne costituite da torbiditi silicoclastici della Formazione della Laga (Miocene superiore).

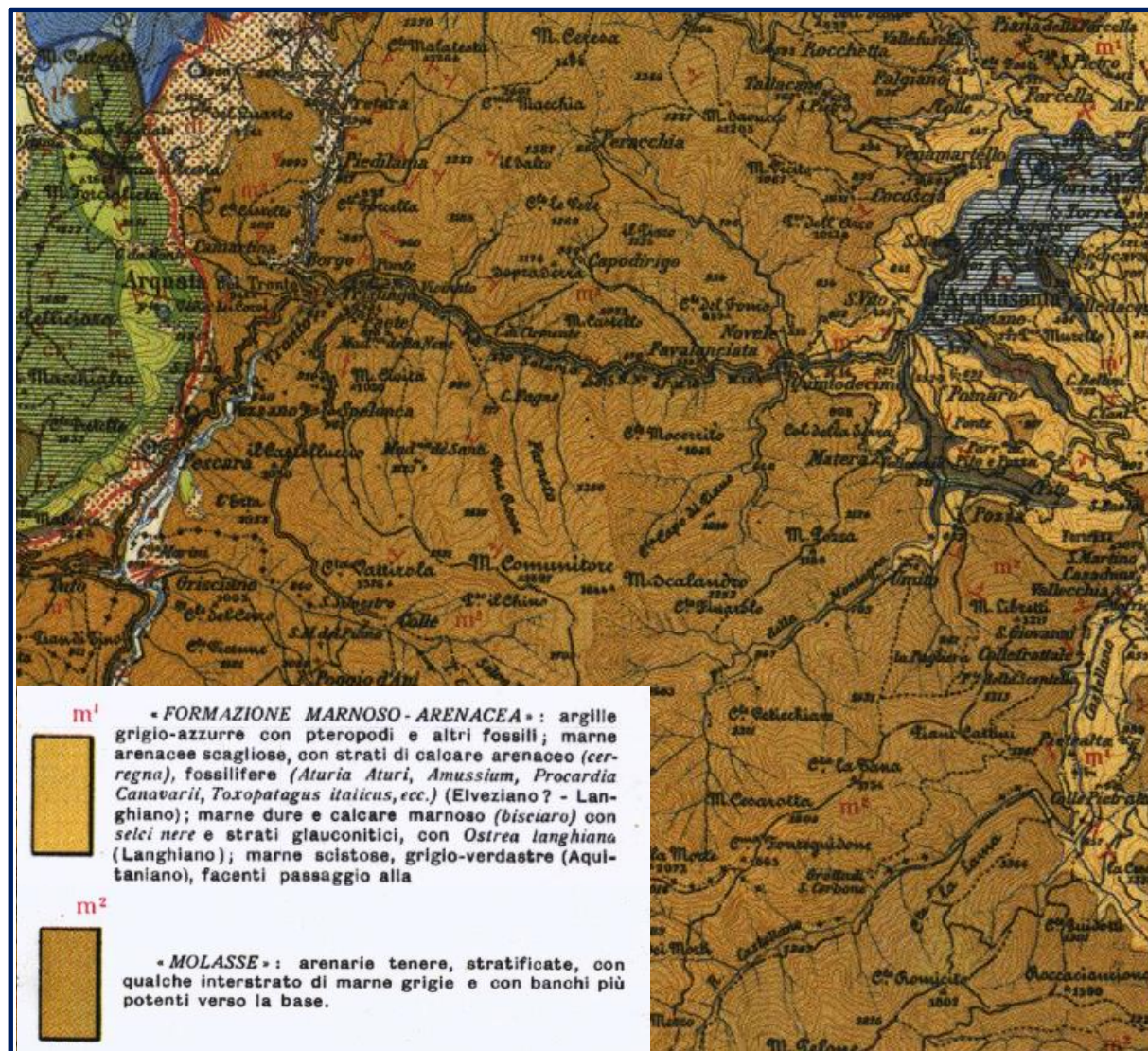
Tale settore è caratterizzato da due sistemi di faglie: il fronte compressivo di sovrascorrimento dei Monti Sibillini (compressivo, NE-SW e ormai inattivo) e il sistema di faglie estensive dirette, orientate sempre in direzione appenninica, attualmente attivo e responsabile della sismicità recente.



CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000 FOGLIO 132 NORCIA – zona "S.P. 83 Subappenninica"

In particolare gli interventi sulla "S.P. 83 Subappenninica" si collocano immediatamente nel settore sottostante il sovrascorrimento dei Monti Sibillini e integralmente sulla formazione del Flysch della Laga e sui terreni che caratterizzano le sue coperture.

Gli interventi sulle SP20 "Trisungo - Spelonga - Colle", SP07 "Boscomartese", SP195 "Fleno" sono collocati in un settore più meridionale e precisamente nel settore compreso nei territori dei comuni di Arquata del Tronto e Acquasanta Terme che risultano più distanti dalla linea demarcata dai sovrascorrimenti della parte alta della catena appenninica.



CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1:100.000 FOGLIO 132 NORCIA – zona SP20 " Trisungo - Spelunga - Colle", SP07 "Boscomartese", SP195 "Fleno"

Di seguito si fornisce una breve descrizione della genesi delle strutture a pieghe, sovrascorrimenti e faglie dirette che caratterizza il settore centrale dell'appennino ove si inseriscono gli interventi di progetto.

Lo sviluppo della catena ha coinvolto inizialmente i domini paleogeografici più occidentali, e successivamente quelli orientali strutturandosi dapprima come un multilayer a pieghe con sinclinali e anticlinali.

Il progredire della compressione ha determinato lo sviluppo di faglie inverse e sovrascorrimenti e la successiva migrazione verso est della strutturazione dell'arco appenninico.

Successivamente, a partire dai settori di retroarco, si è impostata una tettonica distensiva che ha dislocato in distensione le strutture compressive precedentemente formatesi generando dei bacini intramontani (come ad esempio il bacino del Pian Grande ai piedi del M.te Vettore).

L'assetto tettonico attuale mostra le unità occidentali umbro-sabine tettonicamente sovrapposte ai domini più esterni lungo un sovrascorrimento ad andamento arcuato, con convessità rivolta verso est corrispondente, verso sud, alla "Linea Olevano-Antrodoto-Posta" e verso nord, al "fronte di sovrascorrimento dei Monti Sibillini".

La strutturazione del settore di catena appenninica, entro cui ricadono i siti oggetto di intervento si è realizzata in un intervallo di tempo compreso tra il Miocene superiore e la fine del Pliocene inferiore secondo una sequenza che procede da Ovest (retroarco) verso Est (avanzata).

In particolare, sui siti oggetto di indagine, gli Autori indicano la presenza di "Molasse" che rappresentano la parte superiore delle formazioni silicoclastiche legate alla deposizione terrigena di arenarie ad opera di correnti di torbida; Tali "Molasse" altro non sono che la formazione del Flysch della Laga che è presente praticamente in tutti i siti di intervento che andremo ad analizzare nelle sue differenti facies.

Le coperture presenti nell'area, generalmente di ridotto spessore, non sono facilmente individuabili e sono costituite da terreni sabbioso limosi derivanti dalla alterazione della roccia madre.

UBICAZIONE DEL SITO E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

Da un punto di vista generale, il modellamento del paesaggio e la morfologia dei rilievi dell'area sono legati a diversi fattori, tra cui la natura litologica, i processi di sollevamento regionale e l'attività tettonica.

In generale possiamo dire che il contesto geomorfologico delle aree esaminate è caratterizzato da Frane diffuse che interessano i versanti con rocce costituite dal Flysch della Laga con coperture alterate che mostrano franosità elevata (scorrimenti, colate, riattivazioni pluvio-indotte).

Nel bacino del Tronto sono censite oltre 1700 aree in dissesto e questo dato è emblematico relativamente alla vulnerabilità idrogeologica delle aree.

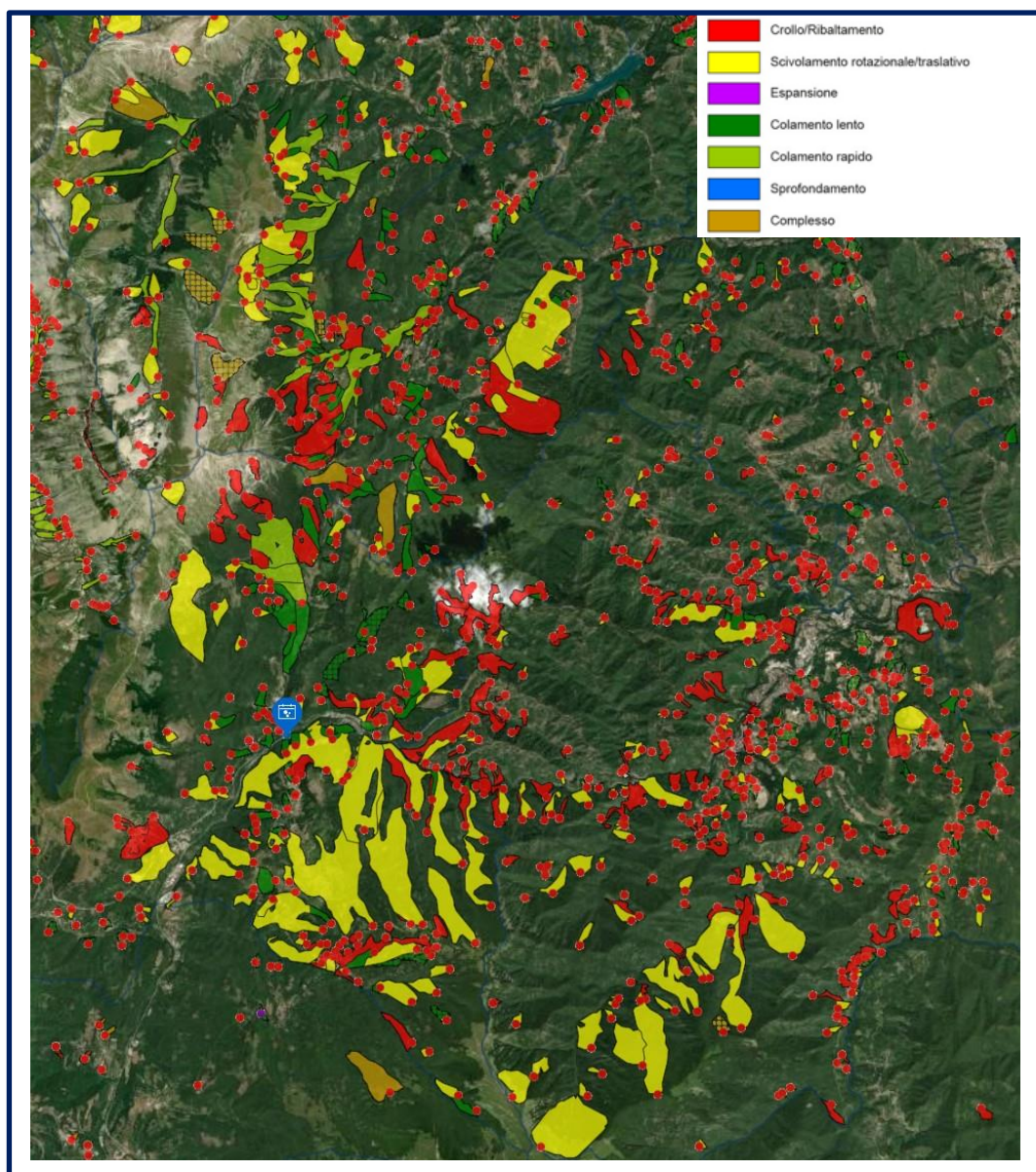
I fenomeni gravitativi, sia attivi che quiescenti, che interessavano i depositi clastici quaternari, sono stati riattivati dalla crisi sismica del 2016 e possono essere classificati come instabilità co-sismiche.

Per quanto riguarda il pericolo di allagamento, i siti oggetto di intervento non ricadono in aree potenzialmente esondabili.

Per quanto riguarda le coperture a valle delle strade che sono state realizzate a mezzacosta si osserva generalmente la presenza di coltri di riporto antropico nelle scarpate di valle.

La crisi sismica ha generalmente interessato tali coltri evidenziando rotture del piano stradale in corrispondenza del contatto tra coltre di riporto antropico e terreni più consolidati o substrato roccioso.

L'immagine seguente, tratta dal sito dell'ISPRA da un'idea della notevole franosità dell'area in questione.



CARTOGRAFIA IFFI INVENTARIO FENOMENI FRANOSI

In pratica abbiamo rappresentato in prevalenza i crolli/ribaltamenti seguiti dagli scivolamenti traslazionali e minoritariamente, frane per colata rapida e lenta.

IDROGEOLOGIA DELLE AREE DI INTERVENTO

I caratteri idrogeologici dell'area di intervento sono fortemente condizionati dalla presenza della formazione del Flysch della Laga.

Tale formazione è costituita da alternanze di bancate di arenarie alternate a peliti e marne.

Mentre le arenarie hanno permeabilità discreta, prevalentemente dovuta alla loro fratturazione, le peliti e le marne hanno permeabilità molto bassa e fungono da livelli di confinamento.

Ne risulta un acquifero multistrato, anisotropo e disomogeneo, con falde discontinue e scarsa capacità di immagazzinamento.

L'assetto stratificato arenarie-peliti, comporta quindi a una forte anisotropia idraulica con linee di permeabilità concentrate lungo i contatti tra le arenarie e le peliti in corrispondenza dei quali emergono sorgenti a carattere prevalentemente temporaneo.

INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO

Di seguito, per ogni sito di intervento si riporta una descrizione delle caratteristiche geologiche derivata dai risultati dalle indagini geognostiche, dalle prove di laboratorio e dalle osservazioni di campagna.

In corrispondenza della "S.P.20 Trisungo-Spelunga-Colle" sono in progetto tre interventi uno dei quali consiste nella realizzazione di una paratia, mentre gli altri due sono costituiti da gabbionate.

SP20 Intervento al Km 3+300

In corrispondenza del Km 3+300 della S.P. 20 si osservano numerose lesioni sul piano viabile che interessano tutta la carreggiata.

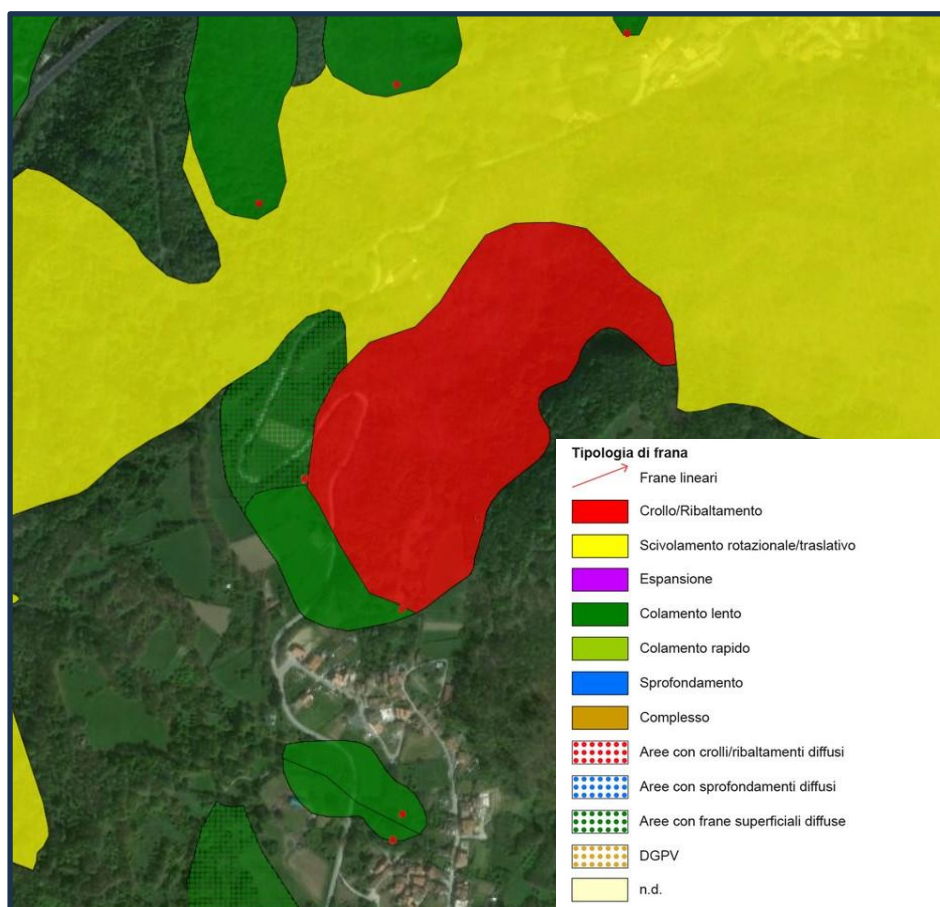
La cartografia IFFI, riporta l'area completamente interessata da una frana che possiamo definire intermedia fra un movimento rototraslazionale e un colamento lento (erroneamente la carta IFFI riporta una frana per ribaltamento che si ritiene un errata attribuzione).

Le indagini geognostiche sono consistite nell'esecuzione del sondaggio S2, a carotaggio continuo spinto fino alla profondità di 15 m, (dei quali gli ultimi 5 hanno perforato il substrato litico in posto) e nell'esecuzione di una tomografia sismica.

Le prove di laboratorio sono state eseguite sul campione C1 prelevato alla profondità di m 2.25-2.65 e sul campione litoide di calcarenite prelevato alla profondità di m 11.00-11.40.

I dati disponibili per l'elaborazione del modello geologico evidenziano una spessa coltre di copertura di terreni piuttosto eterogenei e caratterizzati da caratteristiche geotecniche che in vari livelli sono più scadenti; tale modello è compatibile con i fenomeni osservati in superficie dovuti al colamento della coltre di copertura.

Pertanto il quadro geologico geomorfologico che caratterizza il sito suggerisce la realizzazione di un intervento che possa raggiungere il substrato litico e stabilizzare la coltre di copertura caratterizzata da livelli eterogenei (si noti una inversione della velocità delle onde sismiche piuttosto profonda) e da periodici e progressivi colamenti.



Cartografia IFFI e area di intervento



Di seguito si riporta la tabella di riferimento dei parametri geotecnici derivati dalla elaborazione dei dati della campagna geognostica e dalle prove di laboratorio eseguite.

SP20_ Km3+300 – Sondaggio S2							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 - 1.6	Materiale antropico			19.5	0	30	0
1.6 - 5	Limo sabbioso	CI1	11 26	19.7	20	34.33	
5 - 8.2	Ghiaia Argillosa		8		10	28	
8.2 - 10.2	Argilla sabbiosa				50	30	
Da - 10.2	Calcarenite	CR1		26	2000	38	66.7

SP20 Intervento al Km 5+200

Rispetto all'intervento precedente, che è posto in un versante piuttosto acclive, l'intervento al Km 5+200 si colloca in un'area con morfologia caratterizzata da pendenze blande che non necessitano di consolidamenti del versante spinti in profondità.

La carreggiata mostra un quadro fessurativo piuttosto marcato che denota delle scadenti caratteristiche geotecniche del materiale che costituisce il rilevato stradale.

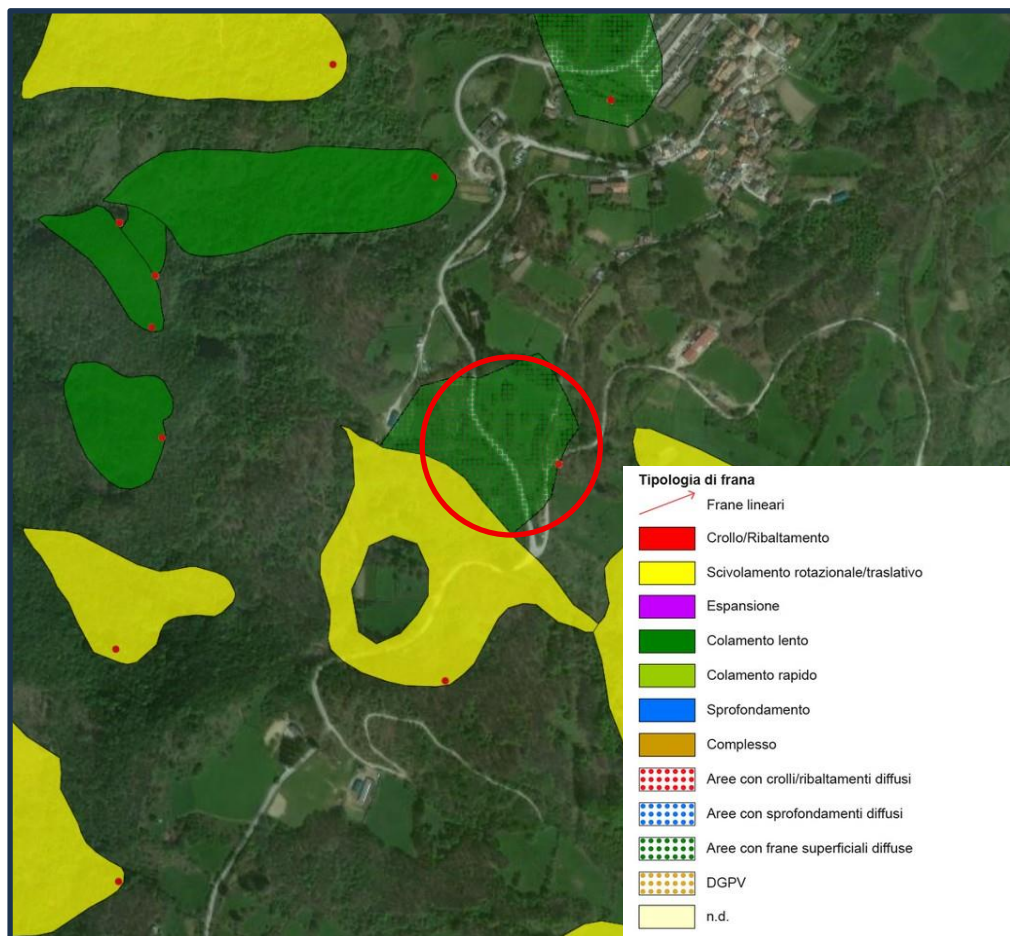
Anche in questo sito per la caratterizzazione geotecnica è stato eseguito il sondaggio S3 a carotaggio continuo, spinto fino a 13 m di profondità, una tomografia sismica, e delle prove di laboratorio sul campione C1 prelevato a m 2.0 – 2.6.

La cartografia IFFI riporta nell'area una generica indicazione per franosità diffusa ma date le pendenze piuttosto blande e la assenza di indicatori morfologici che possano far ricondurre il fenomeno ad una frana vera e propria si è interpretato un modello geologico costituito da una coltre deformabile con uno spessore di circa 5 m al di sotto della quale i terreni presenti sono costituiti dalla alterazione del substrato presente.

La indagine sismica come anche i dati SPT del sondaggio confermano tale modello.

Con un modello geologico di questo genere si è preferito ricorrere alla esecuzione di gabbionate a sostegno della carreggiata.

Per ottimizzare l'intervento, si consiglia da una sostituzione del materiale terroso presente al di sotto del piano viabile per uno spessore minimo di 60 cm avendo cura di compattare lo strato di appoggio della bonifica.



Cartografia IFFI e area di intervento

Di seguito si riporta la caratterizzazione geotecnica dei litotipi indagati nel sito.

SP20_Km5+200 Sondaggio S3							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	ϕ' [°]	s [MPa]
0 - 0.9	Materiale antropico			19.5	0	30	0
0.9 – 3.6	Sabbia	CI1	9	19.1	16.1	31.9	
3.6 – 10.0	Argilla compattata	CR1	72 R	23.2			4.61
Da – 10.0	Calcarenite	CR2		24.2			7.52
		CR3		24.5			9.98

SP20 Intervento al Km 6+950

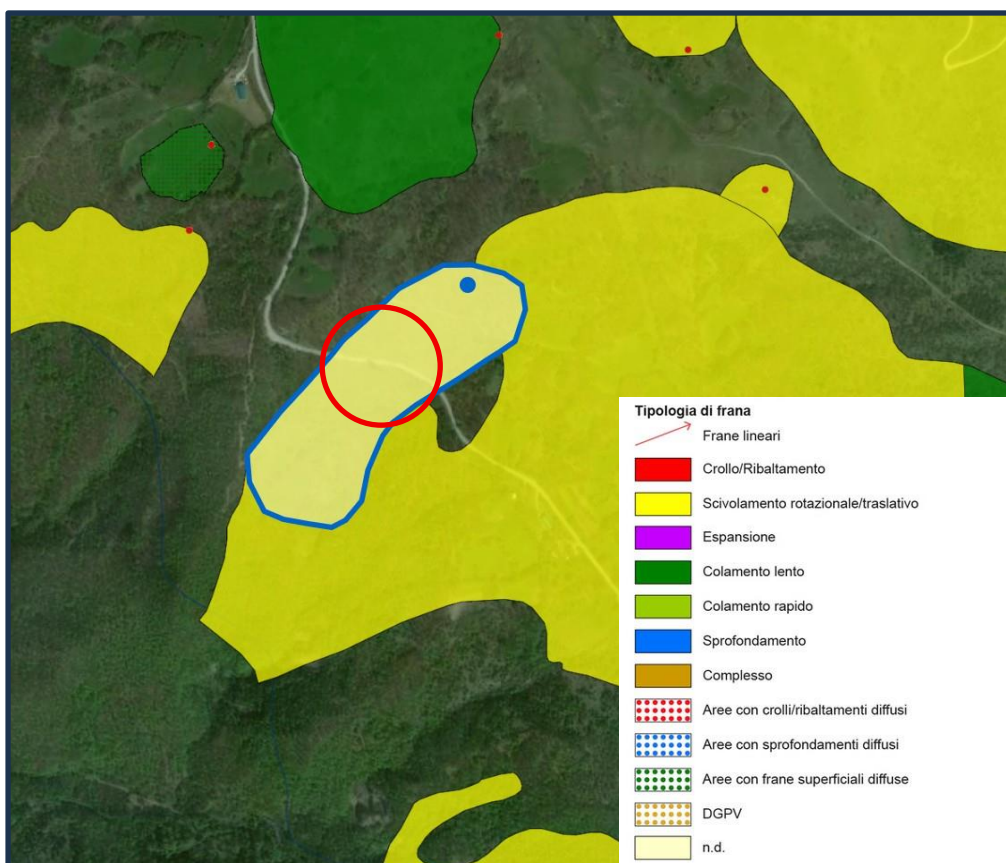
Questo intervento si inserisce in un contesto caratterizzato da un andamento della strada piuttosto pianeggiante lungo l'asse longitudinale.

Le scarpate di valle hanno una pendenza modesta.

Il rilievo geomorfologico evidenzia che molto vicino all'area di intervento, a monte della carreggiata, vi sono degli affioramenti della formazione della Laga caratterizzati da abbondanti marne e sottili strati arenacei; la roccia appare piuttosto alterata e fratturata ma indubbiamente in posto e non interessata da fenomeni di frana.

Proseguendo in direzione "Colle" gli affioramenti scompaiono mentre si osservano delle gabbionate a monte della carreggiata.

Tale osservazione collima con la cartografia inventario dei fenomeni franosi dell'IFFI che riporta per l'area oggetto di intervento una frana rototraslazionale.



Cartografia IFFI e area di intervento

Tuttavia, l'entità del fenomeno e la modesta incidenza dello stesso sul piano viabile, fa ritenere sufficiente un intervento da realizzarsi tramite una gabbionata posta a valle della carreggiata.

Si osserva infatti che nel sondaggio S4 che è stato realizzato in questo sito, unitamente alla tomografia sismica e alle prove di laboratorio, indicano la presenza del bed rock a partire dalla profondità di 8,5 m circa e comunque i valori delle SPT eseguite a 3 e 5 m di profondità indicano una coltre di copertura con buone caratteristiche geotecniche.

Si ritiene che la causa principale dei fenomeni lamentati sia dovuta a difetti di drenaggio delle acque di piattaforma stradale e alla deformabilità della coltre di copertura che ricopre il bed rock.

Anche la tomografia sismica mostra un regolare aumento delle velocità che già a 5 m di profondità superano i 400 m/s.

Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP20_Km6+950 – Sondaggio S4							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 1.8	Materiale antropico			19.5	0	30	0
1.8 – 5.0	Ghiaia moderatamente addensata		24			33.92	
5.0 – 7.6	Argilla compattata		71 70		15 15	26 26	
Da – 7.6	Calcarenite	CI1 CR1 CR2		24.6 24.3 24.7			8.11 4.21 8.18

SP07 Intervento al Km 12+000

In corrispondenza di questo tratto, prima della frazione di San Martino, la strada si sviluppa con dei tornanti per perdere quota.

Geologicamente si osserva la generale presenza di affioramenti del Flysch della Laga nella facies arenacea caratterizzata da spessi banconi che a monte della carreggiata hanno comportato l'esigenza di realizzare barriere paramassi.

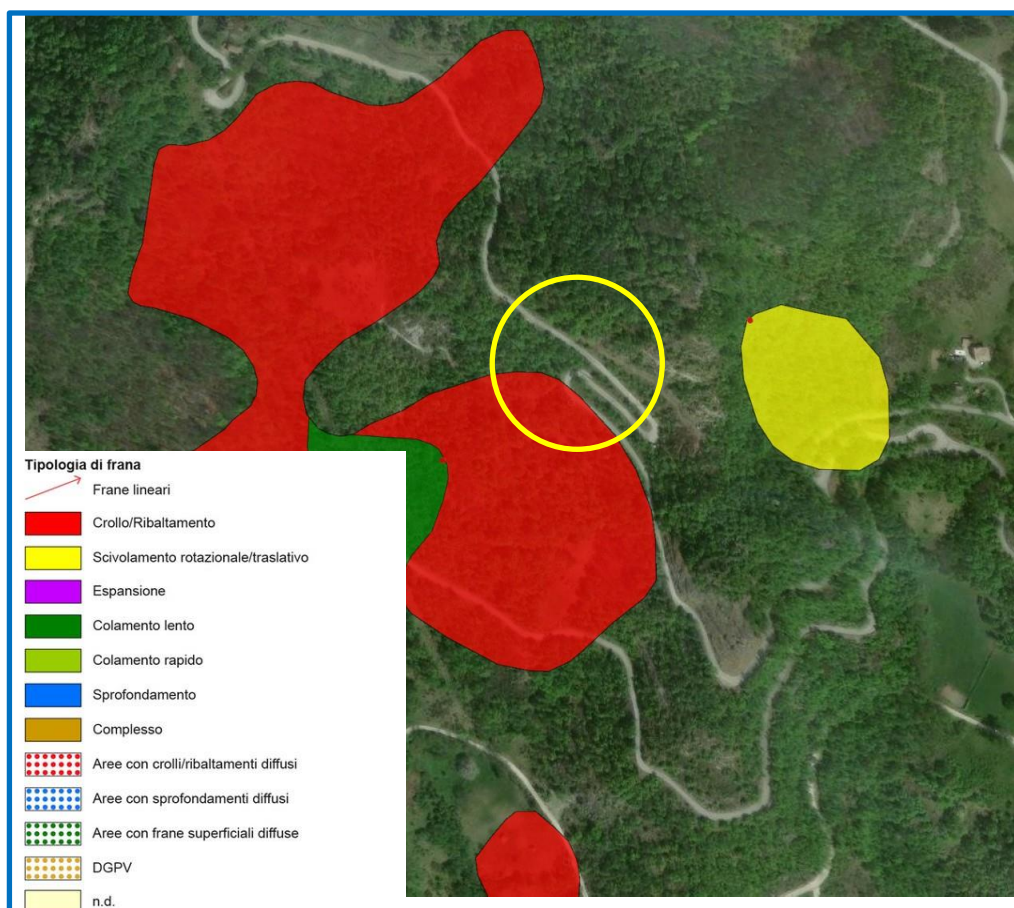
L'esigenza di raccordare le quote in un versante piuttosto acclive ha sicuramente comportato significativi accumuli antropici dovuti allo "scavo e riporto" durante la costruzione della strada e di conseguenza la cedevolezza della parte di valle della carreggiata che nel tempo ha mostrato deformazioni anche sensibili aggravatesi durante la crisi sismica del 2016.

A valle della carreggiata la carta inventario dell'IFFI riporta la presenza di una frana per crollo/ribaltamento che in queste zone è un fenomeno piuttosto diffuso ma che non ha molto a che vedere con la deformazione osservata nel piano stradale.

Anche in questo caso le indagini geognostiche sono consistite nella realizzazione di un sondaggio a carotaggio continuo, denominato S7, spinto fino alla profondità di 20 m, e una sismica MASW che individuano una coltre di copertura che ricopre il bed rock con uno spessore di circa 7 m.

In definitiva il versante che ospita la strada è globalmente stabile, se pur soggetto a potenziali crolli di blocchi rocciosi, ma la carreggiata è cedevole a causa degli accumuli antropici realizzati al momento della sua costruzione che si deformano progressivamente.

Pertanto l'intervento individuato è stato quello di realizzare un cordolo su paratia di micropali che possa contenere la deformazione della coltre di copertura.



Cartografia IFFI e area di intervento

Si fa presente che il sondaggio a carotaggio ha evidenziato che i terreni di copertura sono saturi o molto umidi (con valori di SPT modesti) e questo suggerisce l'esigenza di realizzare una adeguata regimazione idrica.

Non di rado infatti a seguito della deformazione della carreggiata le acque di piattaforma stradale vengono scaricate in corrispondenza dei punti più depressi alimentando il fenomeno deformativo. I terreni presenti infatti hanno caratteristiche eterogenee che vanno dalle ghiaie a delle argille limose e questa eterogeneità favorisce l'infiltrazione, ove i terreni sono in prevalenza ghiaiosi, e la saturazione con conseguente scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni ove vi sono limi e limi argillosi.

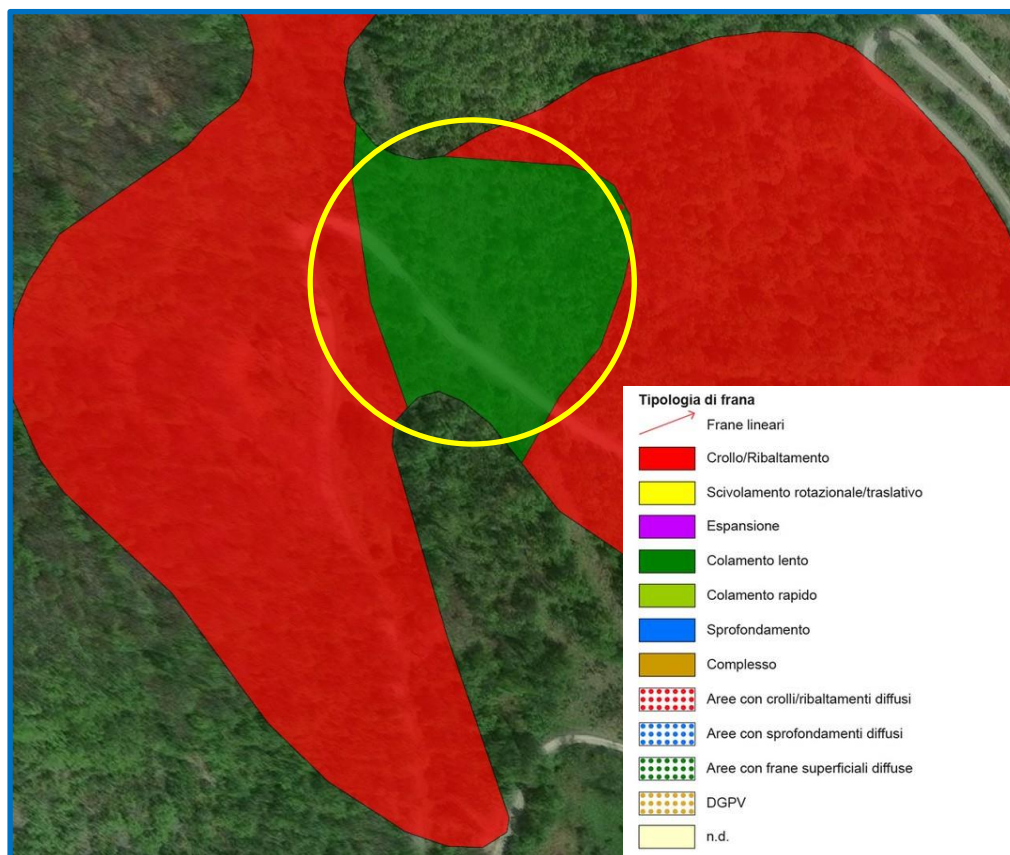
Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP07_Km12+000 Sondaggio S7							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 1.0	Materiale antropico			19.5	0	30	0
1.0 – 2.9	Sabbia con ghiaia		19	19.5		32	
2.9 – 11.4	Sabbia limosa - Calcarenite		Rif	20	30	32	
Da 11.4	Arenaria tenera - Marna	C1	21	20	200	30	

SP07 Intervento al Km 13+800

L'intervento previsto al km 13+800 della SP07 si colloca nei pressi di un fossato, ove la cartografia IFFI censisce correttamente una frana per colamento lento che è molto evidente sul piano stradale formando una nicchia di distacco che assesta il movimento della coltre di copertura che scorre sul substrato roccioso in posto.

La frana tuttavia trae origine a monte della carreggiata dove è presente un muretto di contenimento in pietra.



Cartografia IFFI e area di intervento

Il movimento della coltre è anche registrato nella rotazione della gabbionata presente a valle della carreggiata.

L'elevata acclività del versante e lo scorrimento delle acque in corrispondenza del fosso di valle che ne vanno ad erodere la base, sono da ricercare come i motori principali del dissesto.

Va rilevato inoltre che l'esecuzione del sondaggio S8, i cui risultati sono congrui con quelli della MASW INT 16 realizzata nel sito, evidenzia dei terreni plastici da umidi a molto umidi probabilmente in quanto a molte della coltre dei terreni di copertura, che qui raggiungono spessori di circa 14 m, vi è una alimentazione proveniente dai banconi di arenaria, permeabile per fratturazione, che scaricano il loro contenuto di acque sotterranee all'interno dei depositi eluvio-colluviali.

Con tale modello geologico appare sensato realizzare una paratia di micropali a quinconce accompagnata dalla esecuzione di drenaggi a monte della carreggiata per diminuire il grado di umidità dei terreni.

Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP07_Km13+800 Sondaggio S8							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 0.9	Materiale antropico			19.5	0	30	0
0.9 – 4.5	Ghiaia umida	C1	25	18.10	13.45	27.25	
4.5 – 14.5	Argilla limosa umida	C2	23 29	18.63	12.42	23.47	
14.5 – 16.9	Arenaria tenera						
16.9 – 19.5	Argilla marnosa molto umida						
19.5 – 20	Calcere						

Si fa presente che la MASW INT 16 indica un valore della $V_{s,eq}=375$ m/s configurando nella categoria B il sottosuolo del sito in oggetto.

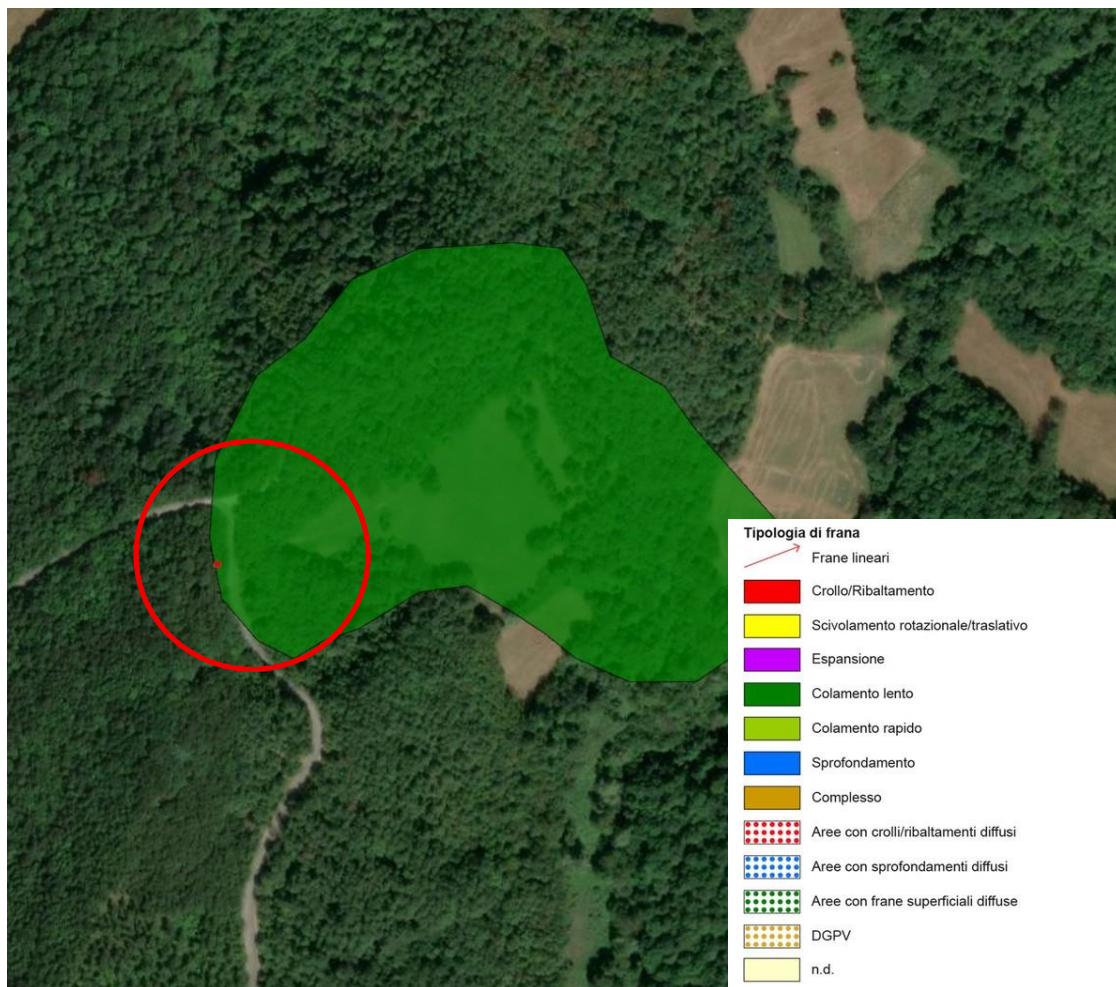
SP83 Intervento al Km 21+450

L'intervento si colloca in corrispondenza di una vallecchia con morfologia ad anfiteatro ove il rilievo di superficie non evidenzia affioramenti significativi.

Le forme del paesaggio indicano la presenza di paleofrane di una certa rilevanza che attualmente si sono evolute in fenomeni di colamento lento con deformazione del piano stradale lungo un tratto di circa 70 – 80 m di lunghezza.

La cartografia IFFI segnala lungo il tratto interessato dall'intervento una frana per colamento lento che effettivamente trova riscontro nei dati di campagna.

Lesioni perpendicolari rispetto al tracciato stradale, indicano movimenti differenziali della coltre di copertura.



Cartografia IFFI e area di intervento

Per quanto riguarda le indagini geognostiche sono stati eseguiti un sondaggio a carotaggio continuo S2, e una MASW che indica una categoria di suolo C con velocità tipiche della copertura e di livelli alterati della formazione del Flysch della Laga.

Si ritiene che la copertura abbia uno spessore totale di circa 9 m e al di sotto di essa si riscontra il bed rock con livelli di alterazione.

L'intervento in progetto, viste le condizioni del sito, è rappresentato da una paratia di micropali a quinconce.

Si fa notare che la cartografia IFFI corrisponde molto bene con le evidenze di deformazione del piano stradale e che pertanto si ritiene che la frana da essa riportata sia coincidente con l'area di intervento.

Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP083_Km 24+200 Sondaggio S2							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 0.5	Materiale antropico			19.5	0	30	0
0.5 – 9.6	Argilla limosa		20 43			32.3 39.9	
		C1		18.10	22.14	32.9	
Da 9.6	Alternanza argille , livelli arenacei- marnosi			26.14 sat	26.54	23.41	

SP83 Intervento al Km 24+200

Il sito di intervento si colloca in un versante con esposizione EST ove la strada è stata realizzata in scavo e riporto.

La scarpata di monte mostra una buona esposizione del Flysch della Laga con spessi banconi arenacei e giunti di discontinuità a franapoggio, poco frequenti ma molto continui.

Le evidenze geomorfologiche indicano che il versante non presenta segnali di instabilità o frane di natura rototraslazionale o tipo colamento.

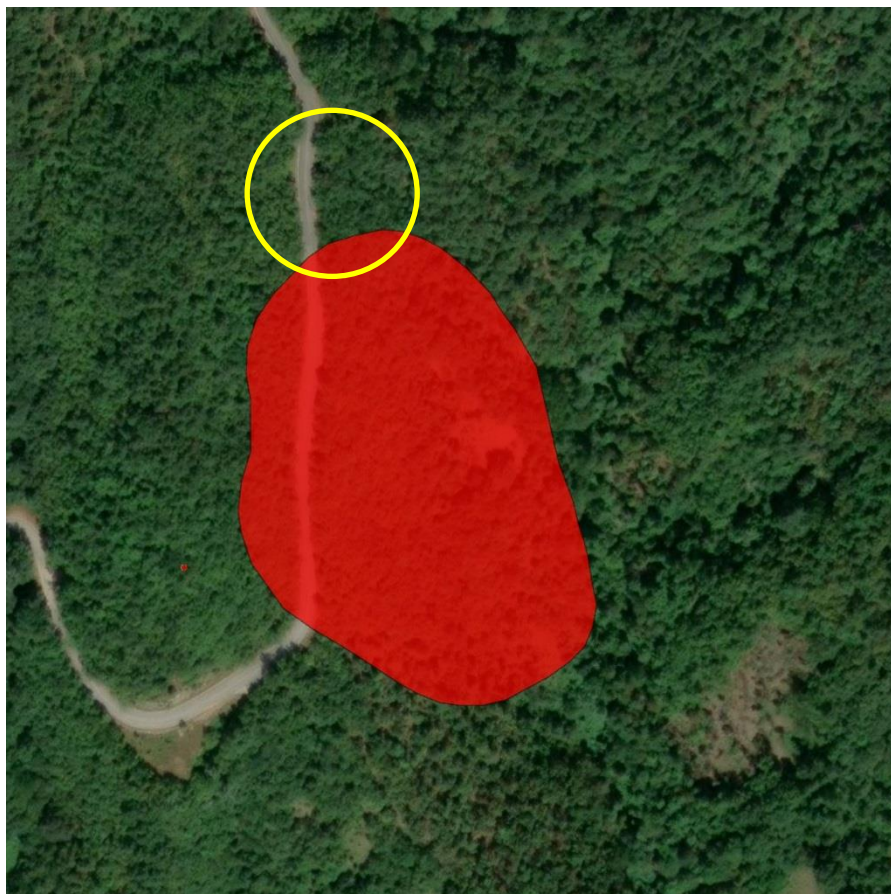
Si rileva che la cartografia IFFI segnala in adiacenza all'area di intervento, una potenziale instabilità per crollo o ribaltamento di blocchi rocciosi che tuttavia i rilievi eseguiti limitano tale possibilità in ristrette aree della scarpata a monte della carreggiata.

Il livello di rischio, per frana da crollo lungo la scarpata, appare accettabile e quindi si è optato prioritariamente per un intervento di stabilizzazione della scarpata di valle dove le deformazioni sono dovute alla instabilità dei terreni di riporto accumulati al di sopra della roccia, che è sub affiorante anche a valle della carreggiata.

Il sondaggio S1, spinto alla profondità di 20 m, e la MASW eseguita, con risultati concordi, indicano uno spessore dei terreni di copertura di circa 7 m.

A valle della carreggiata sono presenti dei gabbioni posti in un breve tratto che verrà parzialmente interessato dall'intervento di consolidamento; la presenza dei gabbioni indica che anche in passato la strada ha avuto dei problemi di cedimento della porzione di valle.

Considerate le problematiche da risolvere, anche in questo caso l'intervento ritenuto più idoneo è rappresentato dalla realizzazione di una paratia di micropali posizionati a quinconce con cordolo sommitale per una lunghezza di circa 30 m.



Cartografia IFFI e area di intervento

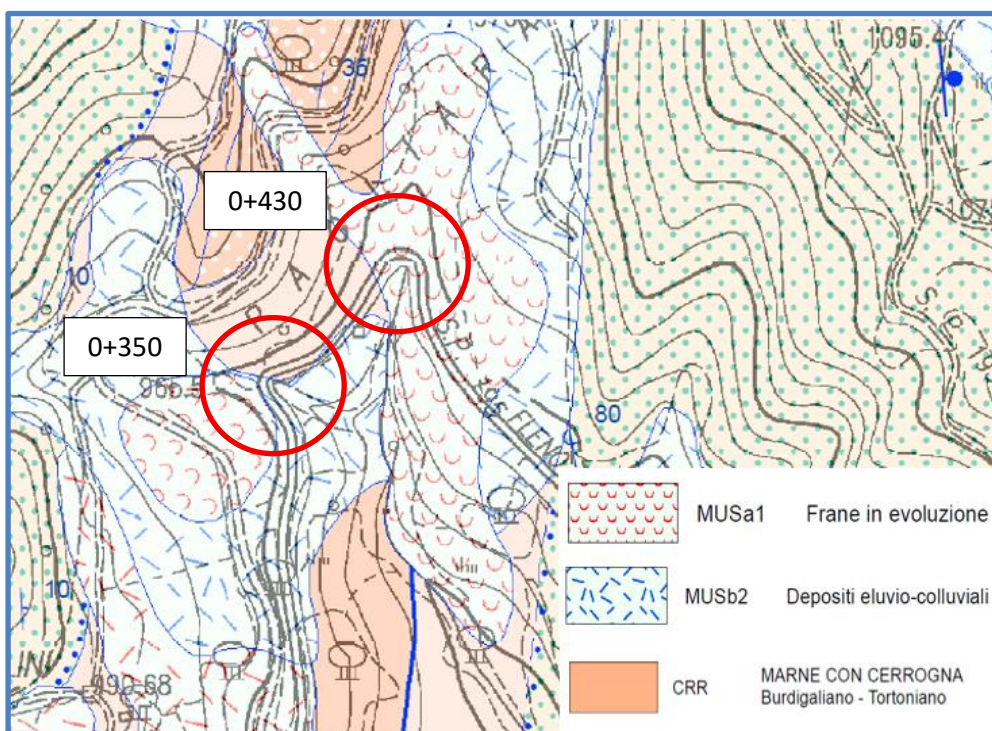
Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, prove di laboratorio ed indagini sismiche.

SP83_Km 24+200 Sondaggio S1							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 1.0	Materiale antropico						
1.0 – 8.5	Argilla limosa	C1	28 23	18.80	28.15	20.64	
Da 7.0	Alternanza argille , livelli arenacei- marnosi	C2 C3	29	18.28	29.49	21.34	

SP195 Intervento al Km 0+350 e al Km 0+430

Si tratta di due interventi distinti che non hanno a che fare con dissesti o cedimenti del piano stradale legati a caratteristiche dei terreni, ma piuttosto che mirano a consolidare le interferenze tra la strada e due torrenti che la attraversano.

I rilievi di superficie non evidenziano particolari criticità al di là di lenti movimenti di creep e reptazione limitati alla coltre di copertura.



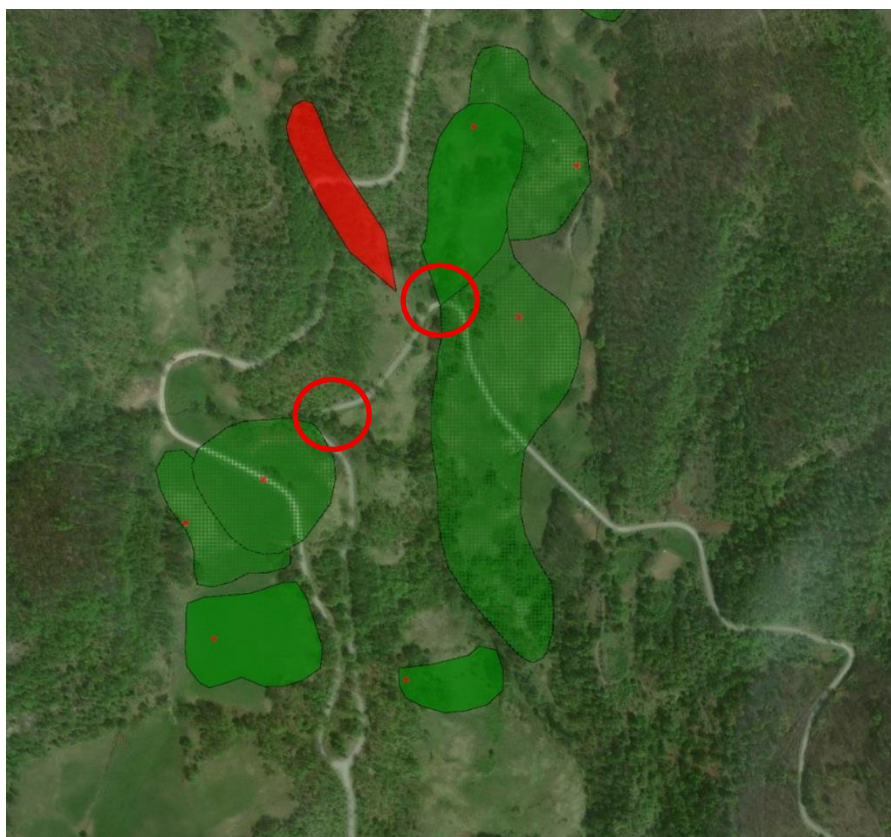
Carta geologica Regione Marche e aree di intervento

Il sondaggio S2, alla Pk 0+350, evidenzia la presenza di terreni sciolti fino alla profondità di 20 m tuttavia la consistenza di tali terreni, che presentano una coesione significativa, li rende idonei ad ospitare pali di fondazione ove poggiare una soletta armata che fungerà a tutti gli effetti da ponte scavalcando i torrenti.

La caratterizzazione geotecnica è di seguito riportata.

SP0195_Km 0+350 Sondaggio S2							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 0.2	Materiale antropico						
0.3 – 3.0	Argilla limosa	C1	18	19.11	19.78	22.63	
3.0 – 12.0	Sabbia areanacea	C2	23	19.92	23.92	21.55	
12.0 –	Limo argilloso	C3	34	21.00	50	30	

La MASW eseguita alla p.k 0+350 evidenzia sismostrati a bassa velocità fino alla profondità di 15 m circa con un valore di $V_{s,eq}=353$ al limite alto della categoria di suolo C.



Cartografia IFFI e area di intervento

Il sondaggio S3 alla p.k. 0+430 evidenzia terreni molto compatti già a profondità di 2 m con valori della prova SPT a rifiuto e la profondità del substrato litico (formazione delle Marne con Cerrognà) si stima tra 5 e 7 m.

Pertanto il progetto di realizzare una soletta armata, che farà da ponte, fondata su pali che avranno profondità di 10 m è perfettamente idoneo al tipo di substrato intercettato con il sondaggio.

Di seguito si riporta una tabella dei valori geotecnici derivati dalla elaborazione delle prove SPT, ed indagini sismiche.

SP0195_Km 0+350 Sondaggio S2							
Prof. [m]	Descrizione	Prelievi	Parametri				
			Nspt	γ [kN/m ³]	c' [kPa]	φ' [°]	σ [MPa]
0 – 0.2	Materiale antropico			1.65	0	30	
0.2 - 7.0	Argilla limosa		rif	1.95	30	27	
Da 7.0	Calcere marnoso			2.3	40	35	

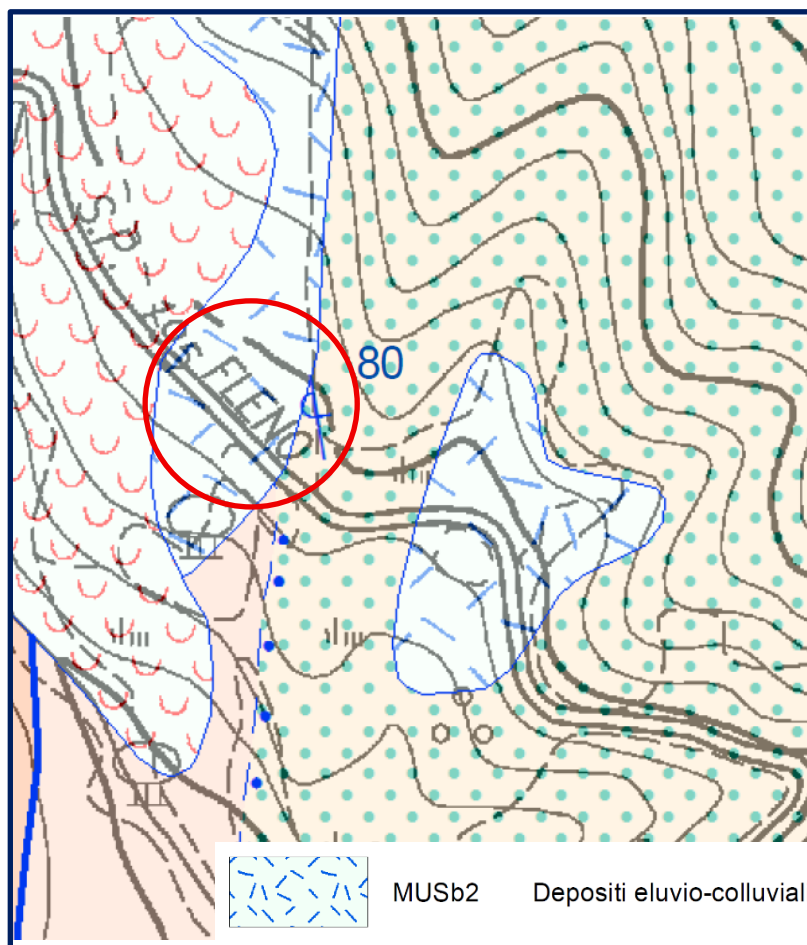
SP195 Intervento al Km 0+700

In corrispondenza di tale progressiva si verificano, periodicamente, cedimenti della sede stradale che comportano frequenti interventi di manutenzione.

La cartografia geologica della Regione Marche, indica la presenza di una coltre di terreni eluviocolluviali con comportamento plastico (essendo derivati da alterazioni di formazioni marnose – Marne con Cerrognia).

Tali terreni sono stati indagati con due prove penetrometriche e una indagine MASW che concordemente indicano uno spessore di tali terreni deformabili di circa 4 m al di sotto dei quali si rinvenivano terreni molto consistenti (probabile bed rock)

Pertanto sarà più che sufficiente realizzare una gabbionata di valle, che viste anche le modeste pendenze del versante, sosterrà efficacemente la carreggiata.



Carta geologica Regione Marche